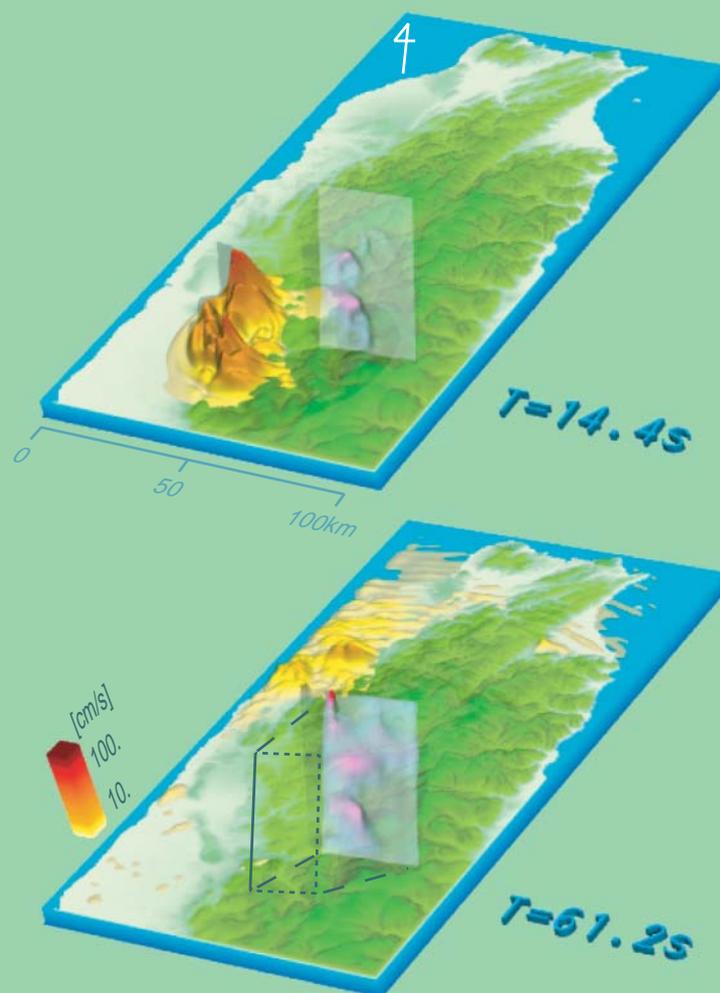


東京大学 地震研究所 要覧

2001 - 2002



Earthquake Research Institute
University of Tokyo

目次 Contents

| | |
|---|-----|
| 1 . 所長挨拶..... | 1 |
| Director Prof. Teruo Yamashita's Greeting | |
| 2 . 沿革..... | 3 |
| History of the Earthquake Research Institute | |
| 3 . 組織..... | 4 |
| Organization | |
| 4 . 職員..... | 6 |
| Staffs | |
| 5 . ハイライト研究..... | 11 |
| Recent Research Highlights | |
| 6 . 共同研究..... | 32 |
| Cooperative Researches | |
| 7 . 近年の地震と火山活動研究..... | 44 |
| Researches of Earthquakes and Volcanic Eruptions in the Recent Few Years | |
| 8 . 研究部門，センター，図書室，技術開発室の紹介..... | 60 |
| Research Activities of Divisions, Research Centers, Library and Laboratory for Technical Support and Development | |
| 9 . 教育活動と学生の活動 | 104 |
| Educational Activities | |
| 10 . 広報活動と出版物 | 106 |
| Open House, Open Lectures and Bulletins | |
| 11 . 共同利用と文部省科学研究費研究一覧 | 108 |
| Lists of Cooperative Researches and Researches Supported by Scientific Grant-in-Aid from the Ministry of Education, Science, Sports and Culture (Monbusho) | |
| 12 . 附属研究施設配置図 / 予算 / 定員 | 114 |
| Locations of Observatory Facilities/Budget/Number of Regular Staffs | |
| 13 . 本所平面図 / Floor Plan of ERI | 115 |

表紙説明 1999年台湾集集地震 (Mw7.6) の強震動シミュレーション
Numerical simulation of strong ground motion for the 1999 Chi-Chi, Taiwan earthquake.

所 長 挨拶

所長 山下輝夫

Director Prof. Teruo YAMASHITA's Greeting



地震研究所は、地震及び火山噴火に関する諸現象の解明とこれらに起因する災害の軽減のための研究を推進してまいりました。本研究所は、創立以来75年にも及ぶ長い歴史がありますが、その間、近代地震学の確立などに主導的な役割を果たしてきました。最近では、研究の新たな展開を目指し、所内での議論を通じて新たな研究プロジェクトを策定しました。これらの研究プロジェクトは、1昨年に行われた外部評価において革新的との評価を頂いております。今後は、これらの研究を強力に推進し、新しい地震像・火山像の創成に地震研究所が主導的役割を果たすべく努力を行っていきたく思っております。

地震・火山現象の根源的な理解のためには、全地球的な視点も必要となりますが、このような研究は多くの研究者の緊密な共同作業により有効に推進されるものです。地震研究所は全国共同利用研究所として、国内国外を問わず多くの地震・火山に関する研究者に交流の場を提供し、共同研究の推進をはかっています。また、本所は、大学での地震予知研究や火山噴火予知研究の中核的機関として、全国の関連研究者と共同して予知研究を推し進めています。今後とも、共同研究の一層の推進を図る所存であり、引き続き、関係のみなさまからの研究計画の提案や参加をお願いする次第です。

地震研究所の教官は、大学院教育にも大きく関わっています。本所では、多くの先端的な野外観測や室内実験が行われており、教育の途上で、このような研究活動に参加することにより、大学院生諸君は地球の「息吹」を身を持って実感できるものと思えます。研究科とも協力しながら、本研究所は今後とも特色のある大学院教育を推進していきたく思っています。

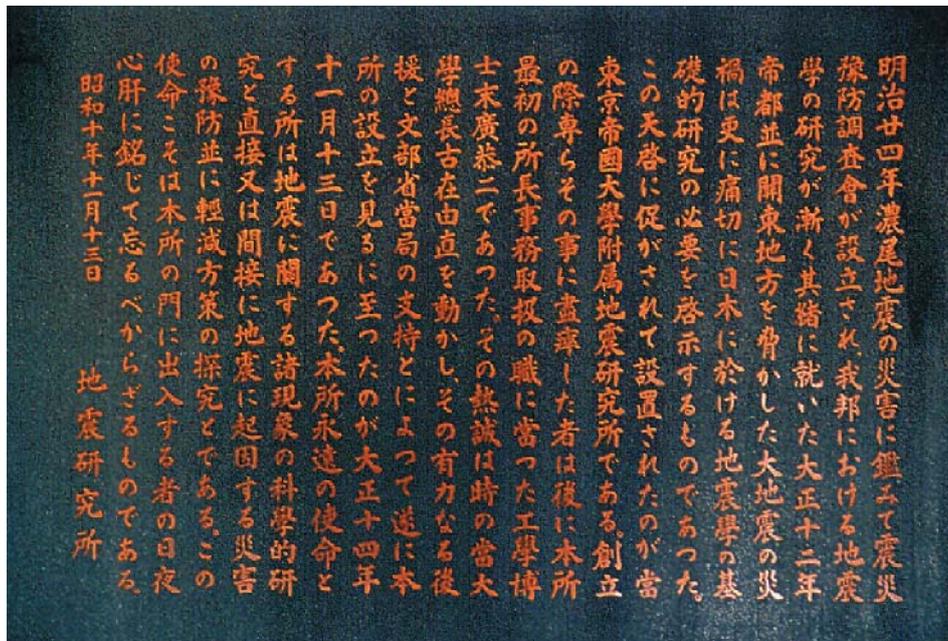
The mission of the Earthquake Research Institute (ERI) has been to investigate earthquakes and volcanic eruptions and to develop methods mitigating disasters caused by earthquakes. ERI played a leading role in the establishment of modern seismology in its long history exceeding 75 years. Recently new research plans have been made to extend the frontiers of earth sciences through deep discussion in the institute. These research plans were evaluated as being innovative in the external review that was made in 1999. We are directing our efforts to promote these research plans in order to play a leading role in the production of new ideas about earthquakes and volcanic eruptions.

A global view about the Earth is required for the fundamental understanding of phenomena related to earthquakes and volcanic eruptions. Such studies could be efficiently carried out in close cooperation with many researchers. As a "Shared Institute of Japanese Universities", ERI is making an effort to promote close collaboration among researchers. ERI is also recognized as a core institute for the research of earthquake prediction and volcanic eruption prediction, and we are promoting the prediction research cooperatively with related researchers over the nation. We will continue to contribute to the development of earth sciences in collaboration with researchers throughout the nation.

Faculty members of ERI are actively involved in the education of graduate students at the University of Tokyo. ERI is characterized by advanced field and laboratory researches. Graduate students at ERI could feel a "breath" of the Earth, joining such research programs. We will continue to promote education characterized by the above features in collaboration with graduate schools of the University of Tokyo.



東京大学地震研究所全景
General View of the Earthquake Research Institute



地震研究所創立10周年を機に，寺田寅彦によって撰せられた銅板の碑文
Monumental Inscription Composed by Prof. Torahiko TERADA (1878-1935)

2. 沿革 History

地震研究所は、大正14年11月13日に創立された。それまで30余年にわたり日本の地震学発展に貢献した文部省震災予防調査会の研究業務は、このとき本所に引きつがれた。昭和3年6月には、東京帝国大学（当時）の構内に、本庁舎が完成し、本所は、同大学附属の研究所として、その基礎を定めたのである。

第2次世界大戦の苦難の時期を経て昭和24年5月31日には、国立学校設置法が制定され、本所は東京大学附属の研究所となった。戦後の復興と共に、国内外の研究の進展にもめざましいものがあった。本所でも研究規模の増大に伴い、創立当時の庁舎は次第に手狭になり、研究活動に支障をきたすにいたったため、農学部構内に昭和45年3月に現在の庁舎が建設された。

現庁舎完成以後、本所は地震学・火山学の基礎研究を行うとともに、わが国における地震予知・火山噴火予知計画推進の一翼を担ってきた。昭和54年度には地震予知観測センターが地震予知観測情報センターへと改組され、地震予知研究に必要な観測研究の他に、全国の大学の地震予知計画に係わる観測データの集積、整理、提供等による研究も行われるようになった。

近年、全国の大学が合同で実施する集中観測や海底観測、全国微小地震観測網のデータ流通とそれに基づく各種プロジェクト研究、海底ケーブル利用による地震津波電磁気観測や、広帯域地震計による海外観測網の整備（POSEIDON計画）など、地震研究所が全国の大学機関と共同して運営しなければとうてい実現しないような大きな研究計画が立案開始されるようになり、これを担うに足る体制が地震研究所に要求されるようになった。このような状況を背景として平成6年6月、地震研究所は改組されて、東京大学附置の全国共同利用研究所となった。地震研究所は4部門、6センター・施設の組織となり、客員教授制が採用され、全国から研究協力者を集めた各種の共同研究が行われるなど、より「開かれた研究所」として新たな出発をすることになった。

平成9年4月、これまでのPOSEIDON計画の地震観測ネットワークを発展的に継承し、地球電磁気学や測地・地殻変動などの分野の総合的地球規模観測ネットワークを構築して、国内外の研究者と共同して観測研究する目的で、新たに海半球観測研究センターが発足した。

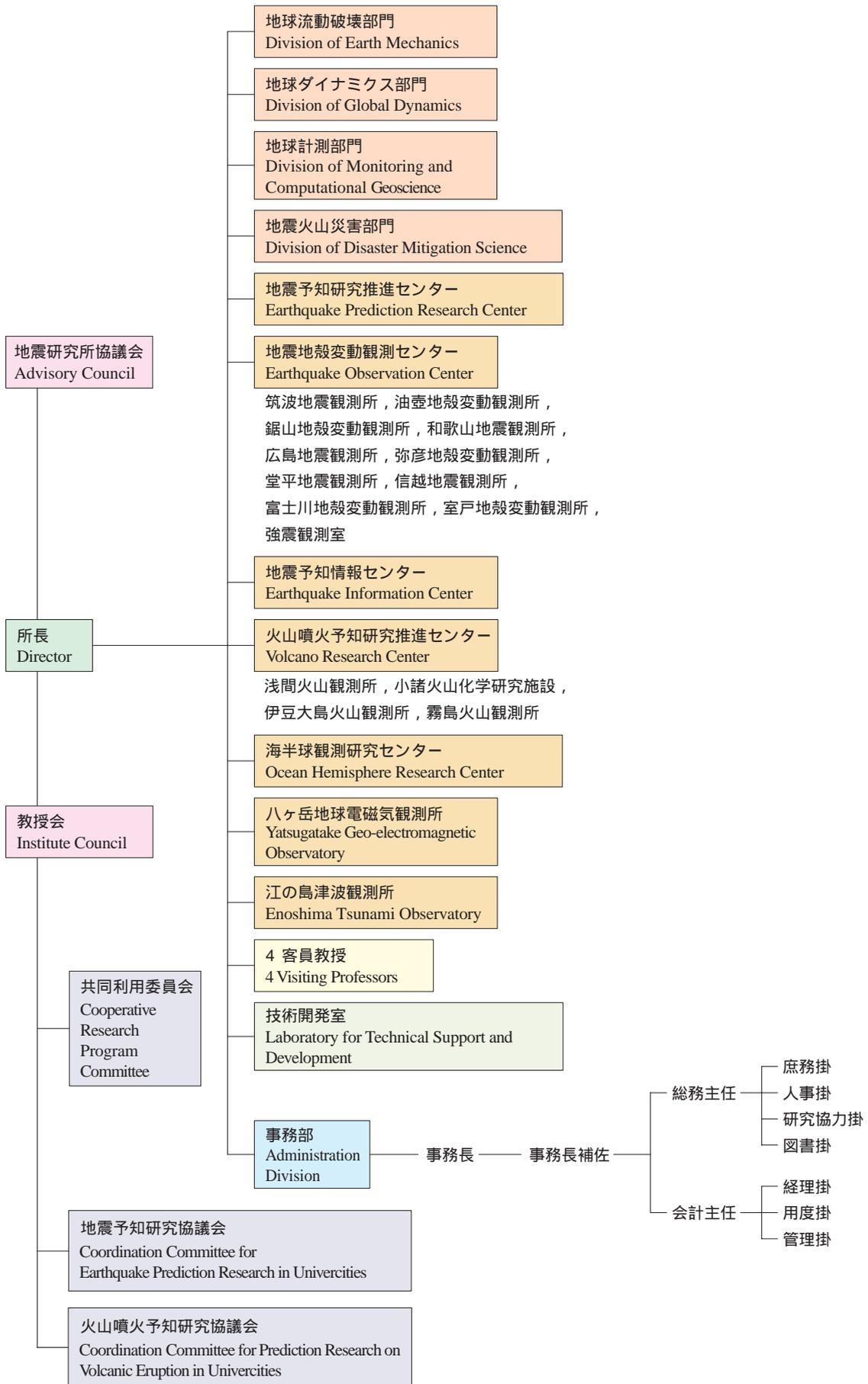
Earthquake Research Institute was established on November 13th, 1925, as a part of Tokyo Imperial University. The decade and a half since the establishment of ERI was a period that witnessed the rise of modern seismology in Japan. After World War II, the institute was re-established as one of the research institutes of the University of Tokyo. Following the nation wide cooperative Earthquake Prediction Program started in 1965 and Volcanic Eruption Prediction Program in 1974, ERI played a core role in bearing the heaviest responsibility for their implementation, as well as serving as the central institute for fundamental geophysical researches in Japan.

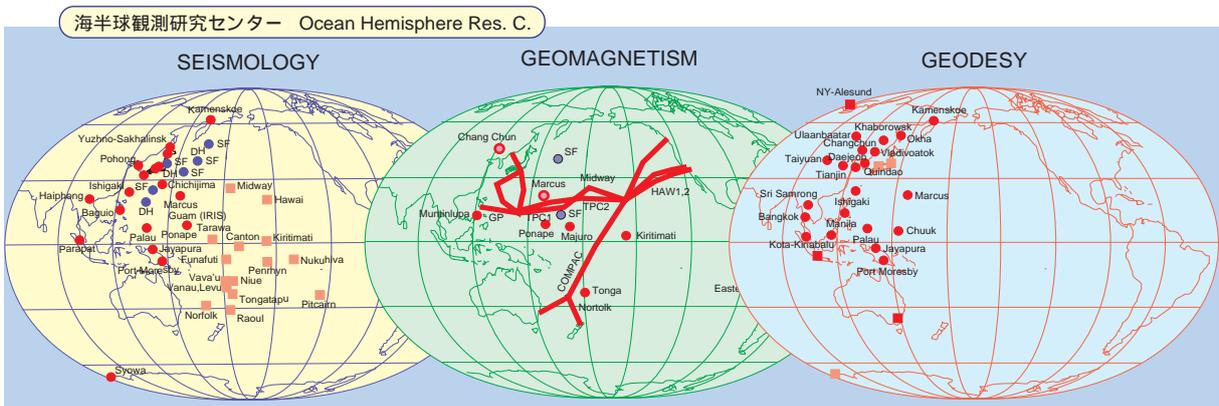
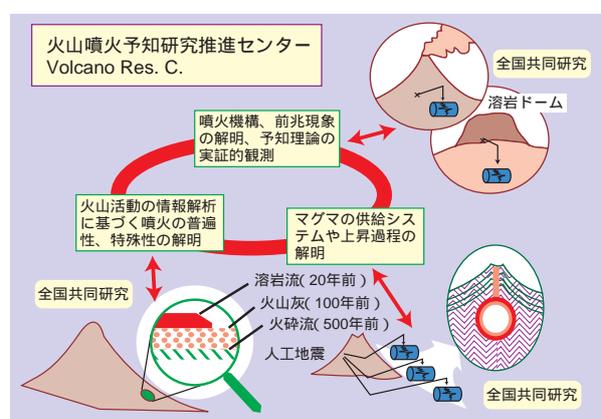
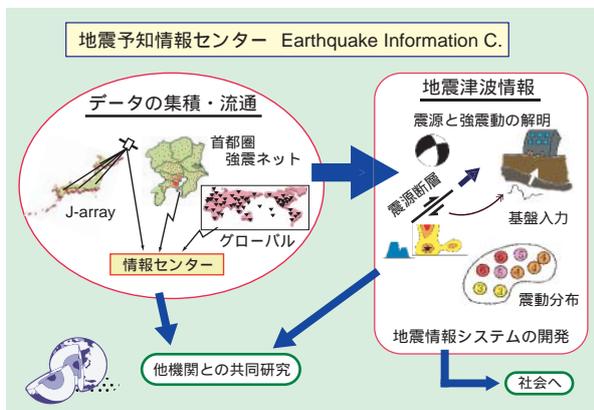
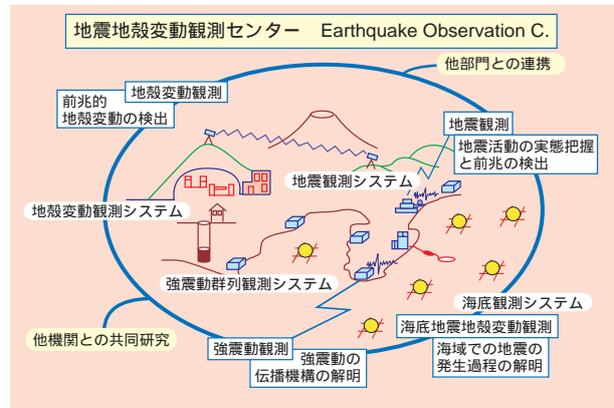
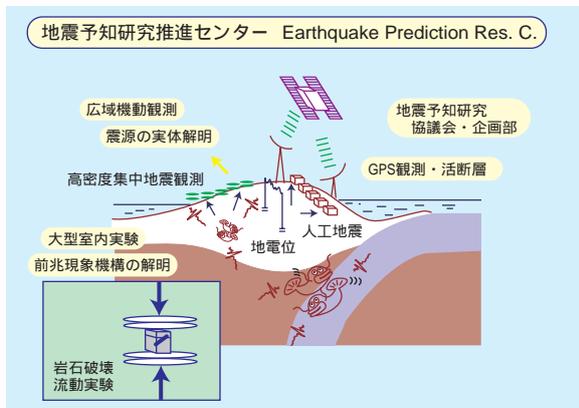
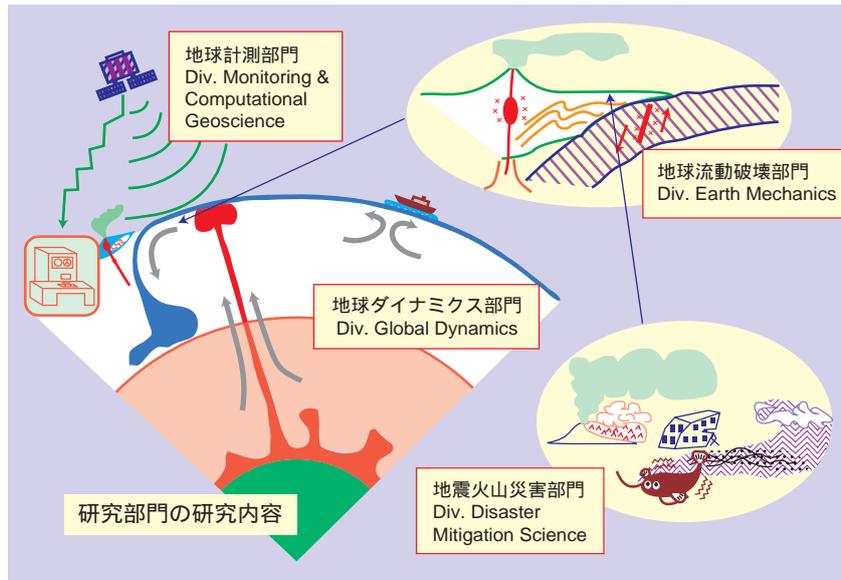
In the last few decades, various cooperative studies, such as seismic observations in several inland areas, seismic and geophysical observations in the ocean, application of Global Positioning System (GPS), seismic observations by a network covering the whole of the western Pacific under the Poseidon Plan, and experiments on volcanic structure and magma supply system, have been planned and conducted as joint researches of universities and institutes in Japan. To further promote these projects, ERI was re-organized in 1994 as a shared institute of the University.

The re-organization of ERI formed four divisions and centers, provided positions for visiting professors, and formulated a system of cooperative studies.

In April 1997, Ocean Hemisphere Research Center was established to develop and operate a global multidisciplinary network in the Pacific hemisphere consisting of seismic, geoelectromagnetic, and geodetic observations.

3. 組織 Organization





Notice: Div.=Division, Res.C.=Research Center, C.=Center

4 . 職員 Staffs

平成13年4月1日現在

April 1, 2001

所長 山下輝夫
Director Prof. Teruo YAMASHITA

事務部

Administration Division

事務長 高橋忠世
Chief Tadayo TAKAHASHI
事務長補佐 安岡邦信
総務主任 渡邊正昭
会計主任 西尾勉

庶務掛

掛長(併) 渡邊正昭
事務官 土屋雅史

人事掛

掛長 伊藤晃
事務官 野口知行

研究協力掛

掛長 小林利和
事務官 穴倉さつき

図書掛

掛長 長田重信
事務官 島村ひろ子
同 米倉和枝
同 後藤俊彦

経理掛

掛長 佐納悠司
事務官 黒崎めぐみ
同 高木博史

用度掛

掛長(併) 西尾勉
掛主任 西田芳見
事務官 浦川誠太郎
同 滝井洋一

管理掛

掛長 柳澤茂孝
事務官 樽谷茂徳
技官 春日智明

研究部

地球流動破壊部門

Division of Earth Mechanics

教授 島崎邦彦
Chief Dr. Kunihiko SHIMAZAKI
助教授 山科健一郎
同 堀宗朗
助手 三浦弥生
同 遠田晋次
同 小屋口康子
同 小國健二
技術官 渡辺トキエ

地球ダイナミクス部門

Division of Global Dynamics

教授 瀬野徹三
Chief Dr. Tetsuzo SENO
同 藤井敏嗣
同 兼岡一郎
助教授 中井俊一
助手 吉田満
同 安田敦
同 折橋裕二

地球計測部門

Division of Monitoring and Computational Geoscience

教授 大久保修平
Chief Dr. Shuhei OKUBO
同 東原紘道
同 山下輝夫
助教授 宮武隆
同 孫文科
助手 新谷昌人
同 古屋正人
技術官 加藤育子

地震火山災害部門

Division of Disaster Mitigation Science

教授 壁谷澤寿海
Chief Dr. Toshimi KABEYASAWA
助教授 工藤一嘉
同 都司嘉宣
同 纈纈一起
同 古村孝志
助手 飯田昌弘
同 境有紀
技術官 工藤和子
同 坂上実

技術開発室

Laboratory for Technical Support and Development

助手 大竹雄次
技術官 小山茂
同 内田正之

附属研究施設

地震予知研究推進センター Earthquake Prediction Research Center

センター長 教授 加藤 照之
Chief Dr. Teruyuki KATO
教授 平田 直
助教授 佐藤 比呂志
同 吉田 真吾
同 飯尾 能久
同 上嶋 誠
助手 小竹 美子
同 一ノ瀬 洋一郎
同 藏下 英司
同 宮崎 真一
技術官 石川 良宣
同 荻野 スミ子
同 望月 裕峰
同 坂 守

地震地殻変動観測センター Earthquake Observation Center

センター長 教授 金沢 敏彦
Chief Dr. Toshihiko Kanazawa
教授 武尾 実
同 笠原 順三
同 岩崎 貴哉
同 佐野 修
同(併) 大久保 修平
助教授 佃 爲成
同 卜部 卓
同 篠原 雅尚
同(併) 工藤 一嘉
助手 萩原 弘子
同 中尾 茂
同 酒井 慎一
同 井出 哲
同 山田 知朗
技術官 松本 滋夫
同 酒井 要
同 平田 安廣
同 荻野 泉
同 芹澤 正人

和歌山地震観測所
Wakayama
Seismological
Observatory

助手 瀬戸 憲彦
技術官 田上 貴代子

広島地震観測所
Hiroshima Seismological
Observatory

技術官 井上 義弘
同 三浦 禮子
同 三浦 勝美

信越地震観測所
Shin'etsu Seismological
Observatory

技術官 小林 勝
同 羽田 敏夫
同 橋本 信一

富士川地殻変動観測所
Fujigawa Geophysical
Observatory

技術官 渡邊 茂

地震予知情報センター Earthquake Information Center

センター長 教授 阿部 勝征
Chief Dr. Katsuyuki ABE
教授 菊地 正幸
助教授 鷹野 澄
助手 山中 佳子
同 鶴岡 弘
技術官 野口 和子

火山噴火予知研究推進センター Volcano Research Center

センター長 教授 渡辺 秀文
Chief Dr. Hidefumi Watanabe
教授 井田 喜明
同 中田 節也
助教授 鍵山 恒臣
助手 萩原 道德
同 金子 隆之
同 及川 純
同 大湊 隆雄
技術官 竹田 豊太郎
同 長田 昇
同 井本 良子

浅間火山観測所
Asama Volcano
Observatory
技術官 小山 悦郎

小諸火山化学研究施設
Komoro Observatory of
Volcano-Chemistry
技術官 辻 浩

伊豆大島火山観測所
Izu-Oshima Volcano
Observatory
助手 坂下 至功
技術官 下村 高史

霧島火山観測所
Kirishima Volcano
Observatory
技術官 増谷 文雄

海半球観測研究センター Ocean Hemisphere Research Center

センター長 教授 歌田 久司
Chief Dr. Hisashi UTADA
教授 深尾 良夫
同 川勝 均
同(併) 金沢 敏彦
助教授 山野 誠
同 森田 裕一
同 塩原 肇
助手 飯高 隆
同 綿田 辰吾
同 清水 久芳
同 竹内 希代
技術官 松嶋 信代

八ヶ岳地球電磁気観測所
Yatsugatake
Geo-Electromagnetic
Observatory
所長(併) 歌田 久司

江の島津波観測所
Enoshima Tsunami
Observatory
所長(併) 都司 嘉宣
助手 小山 盛雄

教授・助教授メンバー Professors and Associate Professors

平成13年 3月1日現在

April. 1. 2001

地球流動破壊部門 Division of Earth Mechanics



教授 島崎邦彦
プレートと地震,
地震の繰り返し
SHIMAZAKI,
Kunihiko,
Prof.
Seismic Cycle and
Plate Motion,
Earthquake
Recurrence



助教授 山科健一郎
地震・火山物理学,
予測地震・火山学
YAMASHINA,
Ken'ichiro,
Assoc. Prof.
Physics of Earthquake
and Volcanic
Eruption, Prediction
Oriented Seismology
and Volcanology



助教授 堀 宗朗
地震と断層の力学,
地殻工学
HORI, Muneo,
Assoc. Prof.
Mechanics of
Earthquake and Fault,
Crustal Engineering



教授 藤井敏嗣
マグマ学,
実験岩石学
FUJII, Toshitsugu,
Prof.
Magmatology,
Experimental
Petrology



教授 兼岡一郎
同位体地球惑星科学,
地球進化学
KANEOKA, Ichiro,
Prof.
Isotope Geo and
Planetary Sciences,
Study on the Evolution
of the Earth



教授 瀬野徹三
プレートテクトニクス,
地球多圏相互作用
SENO, Tetsuzo,
Prof.
Plate Tectonics,
Multisphere
Interaction, Tectonic
Effects on Earth's
Environment



助教授 中井俊一
同位体地球化学
NAKAI, Shun'ichi,
Assoc. Prof.
Isotope Geochemistry

地球計測部門 Division of Monitoring and Computational Geoscience



教授 東原紘道
耐震・制震構造,
地殻工学
HIGASHIHARA,
Hiromichi,
Prof.
Intelligent Seismic
Load Reduction,
Devices of Structures,
Remote Sensing of
Shallow Crusts



教授 山下輝夫
理論地震学,
震源工学
YAMASHITA, Teruo,
Prof.
Theoretical
Seismology,
Earthquake Source
Mechanics



教授 大久保修平
地球ダイナミクス,
測地学
OKUBO, Shuhei,
Prof.
Geodynamics,
Geophysical Geodesy



助教授 宮武 隆
計算地震学,
地震発生過程論
MIYATAKE, Takeshi,
Assoc. Prof.
Computational
Seismology, Physics
of Earthquake Source
Process



助教授 孫 文科
測地学,
地球ダイナミクス
SUN, Wenke,
Assoc. Prof.
Physical Geodesy,
Geodynamics

地震火山災害部門 Division of Disaster Mitigation Science



教授 壁谷澤寿海
耐震工学,
鉄筋コンクリート構
造
KABEYASAWA,
Toshimi,
Prof.
Earthquake
Engineering on
Structures, Reinforced
Concrete Structures



助教授 工藤一嘉
強震動地震学,
地震工学
KUDO, Kazuyoshi,
Assoc. Prof.
Strong Motion
Seismology,
Engineering
Seismology



助教授 都司嘉宜
津波・高潮,
史料地震学
TSUJI, Yoshinobu,
Assoc. Prof.
Tsunamis and Storm
Surges, Historical
Earthquakes



助教授 纈織一起
応用地震学,
地震波動論
KOKETSU, Kazuki,
Assoc. Prof.
Applied Seismology,
Seismic Wave Theory



助教授 古村孝志
応用地震学,
強震動シミュレーション
FURUMURA,
Takashi,
Assoc. Prof.
Applied Seismology,
Numerical Simulation
of Strong Ground
Motion

地震予知研究推進センター
Earthquake Prediction Research Center



教授 加藤照之
固体地球物理学，
地殻変動論
KATO, Teruyuki,
Prof.
Geophysics, Crustal
Dynamics

教授 平田 直
観測地震学，
地殻構造論
HIRATA, Naoshi,
Prof.
Observational
Seismology,
Engineering
Seismology

助教授 佐藤比呂志
活断層，
テクトニクス
SATO, Hiroshi,
Assoc. Prof.
Active Fault, Active
Tectonics

助教授 吉田真吾
実験地震学，
地震発生過程の物理
YOSHIDA, Shingo,
Assoc. Prof.
Experimental
Seismology, Physics
of Earthquake
Generation Process

助教授 飯尾能久
観測地震学，
地震発生過程の物理
IIO, Yoshihisa,
Assoc. Prof.
Observational
Seismology, Physics
of Earthquake
Generation Process

助教授 上嶋 誠
固体地球物理学，
地球電磁気学
UYESHIMA, Makoto,
Assoc. Prof.
Solid Earth
Geophysics, Geo-
electromagnetism

地震地殻変動観測センター
Earthquake Observation Center



教授 金沢敏彦
地震予知，
海底地震学
KANAZAWA,
Toshihiko,
Prof.
Marine Seismology

教授 武尾 実
地震発生過程論，
火山地震学
TAKEO, Minoru,
Prof.
Physics of Earthquake
Source Process,
Volcano-Seismology

教授 笠原順三
海洋地震学，
地震予知
KASAHARA, Junzo,
Prof.
Marine Seismology,
Seismological
Investigation in Ocean and
Engineering Development
for Ocean Bottom Seismic
Measurements, Seismo-
tectonics in Oceanic
Region

教授 岩崎貴哉
地殻構造論，
制御震源地震学
IWASAKI, Takaya,
Prof.
Crustal Structure

教授 佐野 修
観測地殻物理，
地殻物性
SANO, Osamu,
Prof.
Observational Crustal
Physics,
Physical Properties of
Crustal Materials



助教授 佃 為成
地震予知，
地震学
TSUKUDA,
Tameshige,
Assoc. Prof.
Earthquake Prediction,
Seismology

助教授 卜部 卓
地震学，
地震計測
URABE, Taku,
Assoc. Prof.
Seismology,
Seismometry

助教授 篠原雅尚
海洋地震学
SHINOHARA,
Masanao,
Assoc. Prof.
Marine Seismology

地震予知情報センター
Earthquake Information Center



教授 菊地正幸
地震発生機構論,
リアルタイム地震学
KIKUCHI, Masayuki,
Prof.
Earthquake Source
Process, Realtime
Seismology

教授 阿部勝征
地震活動,
津波発生機構
ABE, Katsuyuki,
Prof.
Earthquake
Seismology, Tsunami
Seismology

助教授 鷹野 澄
情報地震学,
地震情報システム
TAKANO, Kiyoshi,
Assoc. Prof.
Network Seismology,
Seismic Information
System

火山噴火予知研究推進センター
Volcano Research Center



教授 渡辺秀文
火山物理学,
地球内部物理学
WATANABE,
Hidefumi,
Prof.
Volcanology, Solid-
Earth Geophysics

教授 井田喜明
火山物理学,
地球内部物理学
IDA, Yoshiaki,
Prof.
Volcano Geophysics,
Physics of the Earth's
Interior

教授 中田節也
火山岩石学
NAKADA, Setsuya,
Prof.
Petrology of
Volcanoes

助教授 鍵山恒臣
火山物理学
KAGIYAMA,
Tsuneomi,
Assoc. Prof.
Volcano Geophysics

海半球観測研究センター
Ocean Hemisphere Research Center



教授 深尾良夫
地球内部構造論,
地震発生過程論
FUKAO, Yoshio,
Prof.
Physics of the Earth's
Interior, Physics of
Earthquake Source
Process

教授 歌田久司
個体地球物理学,
地球電磁気学
UTADA, Hisashi,
Prof.
Solid Earth
Geophysics,
Geoelectro-Magnetism

教授 川勝 均
グローバル地震学,
火山地震学
KAWAKATSU,
Hitoshi,
Prof.
Global Seismology,
Volcano Seismology

助教授 山野 誠
地球熱学,
テクトニクス
YAMANO, Makoto,
Assoc. Prof.
Geothermics, Tectonics

助教授 森田裕一
地球内部構造,
地震火山計測学
MORITA, Yuichi,
Assoc. Prof.
Seismology
Seismometry

助教授 塩原 肇
海底地震学,
テクトニクス
SHIOBARA, Hajime,
Assoc. Prof.
Marine Seismology,
Tectonics

5. ハイライト研究 Recent Research Highlights

5-1. 地震予知

5-1-1. プレート内部の地殻活動・構造不均質に関する研究

内陸に発生する大地震の発生機構を解明する為には、プレート間相互作用による応力が島弧地殻にどのように蓄積して地殻を变形させ、さらにその地殻变形によって、どのようにして応力が特定の断層に集中して破壊に至るのかを解明しなければならない。地震研究所では、この一連のプロセスの中の最初の段階、即ち“島弧地殻の变形過程”の解明のための研究を推進している。

島弧地殻变形過程プロジェクトは種々の研究分野にまたがる学際的なものであり、以下の項目について精力的な研究を行っている。

- (1) 島弧の地殻構造及びその不均質性、地殻の物性等を、主として地震学的手法を用いた探査・観測から明らかにする。
- (2) 対象領域の地震学的構造に関する知見と地質学・岩石学的知見と総合させ、地殻の形成や改編の様式、地殻内断層系の形状やその物理的特性を明らかにする。
- (3) (1) 及び (2) と平行して対象領域において高密度地震観測を実施し、精度のよい震源分布を求め、断層系や地質的構造線等の地殻内不均質構造と地殻活動の対応関係を明らかにする。

1997-1998年には、東北日本弧の地殻構造とその变形過程を解明する目的で、大規模な観測・実験が行われた(図1)。この探査では、屈折法、浅層反射法、深部反射法、高密度臨時自然地震観測が密接な連携のもとに実施された。屈折法地震探査は、日本探査対象領域の大規模構造を明らかにする目的で、海溝から東北日本弧を経て日本海に至る全長500kmにわたる測線で行われた。深部反射法探査は、東北

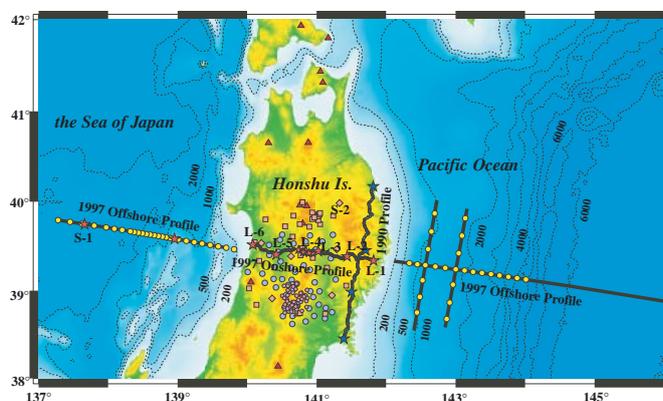


図1. 実験図。星印はショット点。黒線が人工地震探査測線。
Fig.1. Map of 1997-1998 experiments. Stars and solid lines indicate shot points and profile lines of seismic survey, respectively.

5-1. Researches for Earthquake Prediction

5-1-1. Research on the deformation process and heterogeneous structure of the island arc crust

The physical mechanism of the occurrence of intra-earthquakes is controlled by a series of processes including stress accumulation by plate motion, stress concentration at fault zones, rupture nucleation and dynamic rupture propagation. ERI has been conducting a project of proposed "the deformation process of the island arc crust" in the earthquake prediction program.

The research of this project consists of the following three items covering broad fields in geology and geophysics.

- (1) Determine heterogeneous structure of island arc crust and its physical properties with seismic expeditions
- (2) Elucidate processes of crustal evolution and development of major fault systems by synthesizing seismic crustal structure and other geological/petrological implications
- (3) Examine detailed seismic activity in relation to major heterogeneous structure and fault system

In 1997-1998, an extensive seismic expedition was undertaken in Northern Honshu Arc (Fig.1). This expedition was composed of well organized experiments involving a seismic refraction/wide-angle reflection survey, a seismic reflection survey and a microearthquake observation by a dense seismic network. The profile line of the refraction/wide-angle reflection experiment was set about 500 km in length from the Japan Trench to the Sea of Japan to investigate large-scale structural variations in this island arc system. The seismic reflection line was undertaken in the backbone range in Northern Honshu to map the deep crustal inhomogeneities involving major faults and crustal reflectors. The microearthquake observation was aimed at delineating precise seismic activities and their relation with the structural inhomogeneity.

The crustal section of Northern Honshu Arc from the refraction/wide-angle reflection experiment shows clear structural variations in EW direction (Fig. 2). The structure west of the backbone range has remarkable deformations by the Miocene back arc spreading. The upper crustal velocity is 5.8-5.9 km/s, clearly lower than in the eastern part of the profile (the Kitakami Mts.). The Moho is located at 27 km in the western edge of the profile, and 32-35km beneath the backbone range. This indicates the crustal thinning associated with the backarc

日本弧脊梁部の断層帯の精密なイメージング及び地殻深部までの反射帯構造の解明を目指すものである。更に、地殻最浅部での形状、表層地質構造との対応関係を調べる目的で、浅層反射法地震探査も実施された。また、高密度自然地震探査は、地殻の構造不均質と地震活動の関係を明らかにし、地殻の力学的特性、地殻内の応力状態の解明を目的としている。

屈折法で得られた東北日本弧の地殻構造断面を図2に示した。東北日本弧の構造は、東西方向に著しい変化を示す。即ち、脊梁山地の西側は中新世の日本海生成時の伸張場により、地殻浅部が著しく変形を受けている。またモホ面は、日本海側で27km、脊梁山地下で32-35kmとなり、日本海生成に伴う地殻薄化を示している。さらに、上部地殻の速度は5.8-5.9km/sで、測線東部(北上山地)のそれに比べて明らかに遅い。一方、北上山地の構造は単純であり、また、地殻深部には多くの反射体が存在している(反射的地下地殻)。

脊梁山地で実施された反射法地震探査では、同地域に発達している主要断層の形状が明らかになった(図3)。即ち、脊梁山地の西側の千屋断層、東側の上平断層に対応する反射面が明瞭である。これらの断層は、深さとともにその傾きが緩やかになり、地殻内反射面が発達している深さ12kmで、ほぼ水平となる。このような形状は、地殻内のレオロジーを

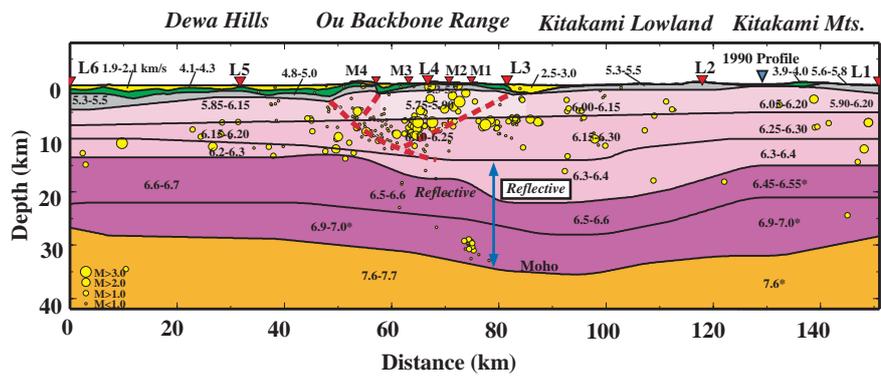


図2. 屈折法地震探査による速度構造モデル。黄丸は、稠密地震観測網で決められた震源。

Fig.2. Crustal model from the seismic refraction experiment. Yellow circles indicate hypocenters determined from the dense seismic network.

spreading. The structure in the Kitakami Mts. is rather simple, characterized by a number of reflectors within its middle/lower crust.

The seismic reflection experiment clearly imaged the geometry of major faults of Senya and Uwandaira developing under the backbone ranges. These faults show listric geometry, and become almost flat at a depth of 12 km beneath which a number of reflectors are situated. Probably, this reflects the difference in rheological properties within the crust.

5-1-2. Comparison between the rupture processes of the 1968 Tokachi-oki earthquake and the 1994 Sanriku-Haruka-oki earthquake

Using teleseismic data and strong motion data, we derived large slip areas (asperities) for the two large earthquakes: the 1968 Tokachi-oki earthquake and the

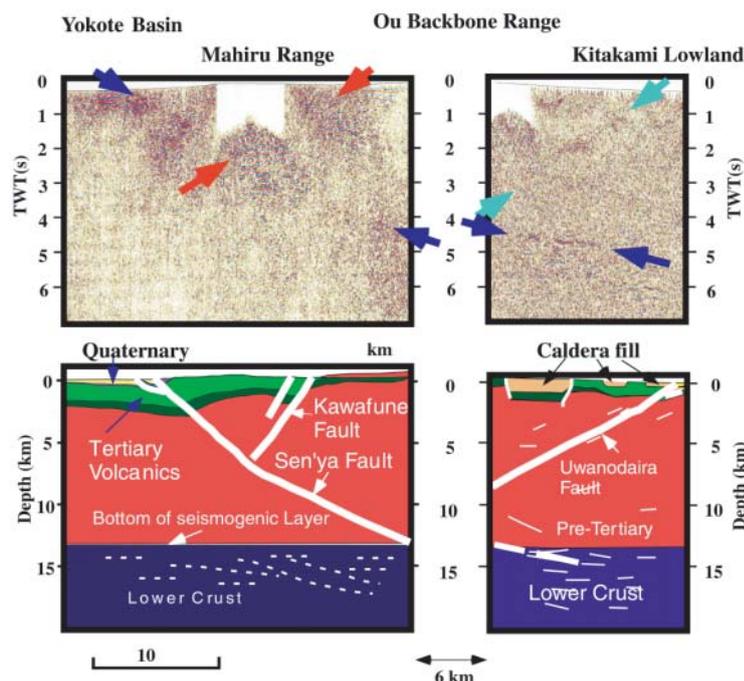


図3. 反射法地震探査による構造断面図及び解釈図。

Fig.3. Crustal section from the seismic reflection experiment and its interpretations.

反映しているものであろう。

5-1-2. 地震発生の繰り返しの規則性と複雑性の解明 三陸はるか沖地震と十勝沖地震の震源過程 の比較

震源域が重なる2つの地震：1968年5月16日十勝沖地震（M7.9）と1994年12月28日三陸はるか沖地震（M7.5）について、遠地と近地の地震波解析によりアスペリティ分布を調べた。その結果、十勝沖地震では2つのアスペリティで断層すべりが起こったが、そのうちの1つが1994年三陸はるか沖地震でも大きくすべったこと、また、この領域のサイスミックカップリング率はほぼ100%であることがわかった（図4）。

5-1-3. 横ずれ断層の変位量の測定

活断層から発生した過去の地震規模を知るためには、一度に活動した断層の長さとともに、地震時のずれの量を検出する必要がある。ところが、従来のトレンチ掘削手法では地震発生時期の検出が優先され、掘削規模を大きくせざるを得ず、変位量に関する情報が破棄されていた。そこで、本研究では地層採取装置と考古学的掘削を組み合わせる手法を開発した。これにより、小規模掘削にもかかわらず多くの地質情報を得ることができ、地層に記録された過去の地震のずれの量を3次元的に検出することができる。この適用性を検討するために、この手法を丹那断層で試行した（図5）。調査では複数の断層が多数の掘削平面・断面に露出した。断層の多くは、丹那断層全体のトレンドに対して反時計回りに10°～40°の走向を示していた。断層を横切る複数のチャネル堆積物のずれから、1930年北伊豆地震とそれに先行する地震一回分の横ずれ量をそれぞれ同じ40±10cmと見積もることができた。これにより、丹那断層による最近2回の地震規模はほぼ同等であった可能性が示唆される。

5-1-4. 破壊に伴う電磁気シグナル発生メカニズムの解明

地震前あるいは地震と同時に電磁場変動が観測されたという報告がかなりあるが、地震に関連した電磁気シグナルの発生メカニズムは充分には理解されていない。破壊核成長過程のどの段階にどのような電磁気シグナルがどのようなメカニズムにより発生するかを定量的にモデリングできれば、力学的データだけではわからない破壊核の成長に関する情報を電磁気的データから得られるようになるだろう。またどのような観測を行えば検出できるかを示せるだろう。地震研究所では、理化学研究所と共同で、電磁気シグナル発生メカニズムを解明するための室内実験を行っている。地殻中に大量に含まれている石英の圧

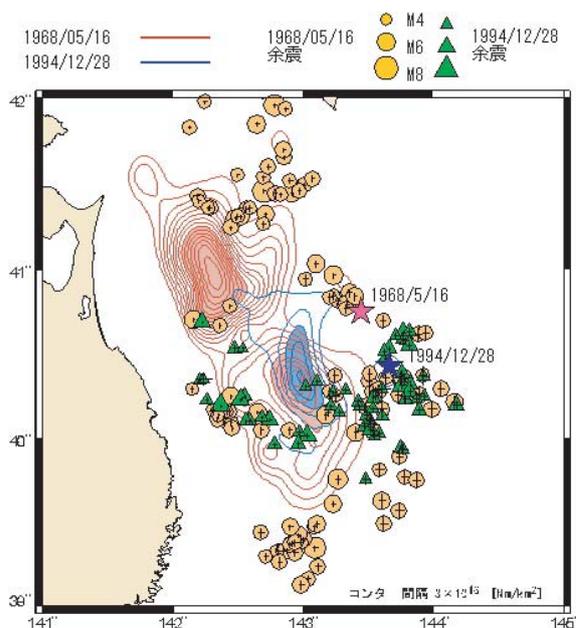


図4. 三陸はるか沖地震と十勝沖地震の震源過程の比較。
Fig.4. Comparison between the rupture processes of the 1968 Tokachi-oki earthquake and the 1994 Sanriku-Haruka-oki earthquake.

1994 Sanriku-Haruka-oki earthquake. It is shown that one of asperities of the Tokachi event coincides with that of the Sanriku event, and the seismic coupling there is nearly 100%(Fig.4).

5-1-3. Measurement on Coseismic Slip for Paleoeathquakes due to Strike-Slip Faulting

The key parameters to estimate the size of paleoeathquakes are rupture length and amount of displacement. However, typical Japanese-style trenching which consists of a deep trench with gently sloping walls is not suitable for reconstructing lateral offsets associated with earthquakes in the past. Thus, we have designed a new technique that combines three-dimensional trenching and soil sampling by Geoslicer. The new technique can restore 3D geological structure effectively without widespread destruction of the surface. We have applied this technique to the Tanna fault that ruptured during the M7.3 Kita-Izu earthquake of 1930(Fig.5). We then found that right-stepping en echelon faults, striking 10° to 40° CCW from the overall trend of the Tanna faults. From the evidence for offset buried channels, we could almost the same amounts of offsets 40 ± 10 cm caused by the most recent 1930 Kita-Izu earthquake and penultimate event in the sediments. Thus, we would estimate magnitude of the penultimate event by the Tanna fault is the same as the Kita-Izu shock.

5-1-4. Research on the generation mechanism of electric signals accompanied by fractures

An attempt to clarify the interaction between the

電効果,あるいは地殻内流体の移動による界面動電効果(流動電位)が電磁気信号発生に寄与すると考えられているが,ここでは地殻内流体に焦点をあてた研究を紹介する.岩石中の間隙水圧が高くなると破壊核成長が促進され,また,破壊核の成長は震源域の流動特性や間隙圧の変化を引き起こすので,地殻内流体と破壊との相互作用を明らかにすることが地震の準備過程を考えるうえで非常に重要である.破壊現象を流体移動および電磁気現象と関連づけて実験的に調べるために,岩石試料部を周囲から電気的に絶縁させた状態で,岩石中の間隙水圧をサーボコントロールできる特別仕様の岩石破壊装置を開発した.その実験装置を使い,岩石試料に流れ込む水の流量,体積歪変化,岩石試料に発生する電流などを測定しながら,岩石を破壊させた実験結果を図6に示す.応力が破壊強度に近づくと電流が流れ始めているが,この電流はダイラタンシー,およびそれにより引き起こされた間隙水の流動と非常に相関を示しているのがわかる.このような実験により,破壊前にダイラタンシーが急速に成長し,間隙水の流動が起こって界面動電効果により電流が発生することが実証された.電磁気観測データから地殻中の流体移動を定量的に推定できるようにするために,岩石の流動電流係数などのパラメータが実際の震源域の条件下でどのような値をとるのか実験により明らかにしつつある.

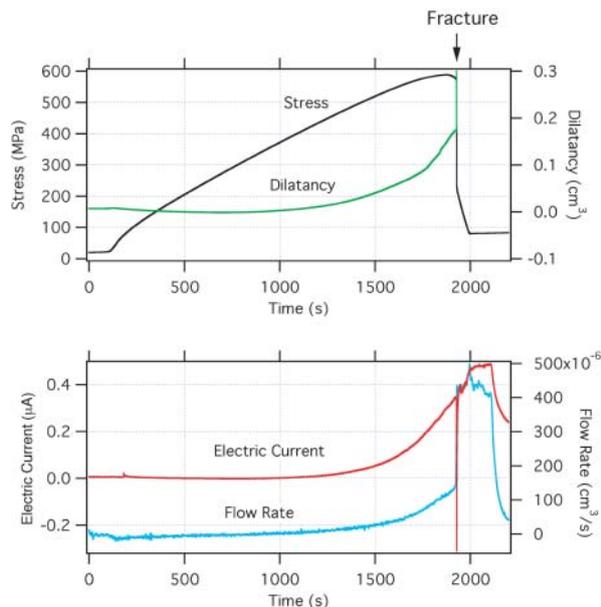


図6. 岩石破壊実験で得られた記録例. 破壊前にダイラタンシーが急速に成長し,間隙水の流動が起こって界面動電効果により電流が発生したことがわかる.

Fig.6. An example of experimental results. The electric current flowed before the main fracture, showing good correlation with the dilatancy rate and the water flow rate.

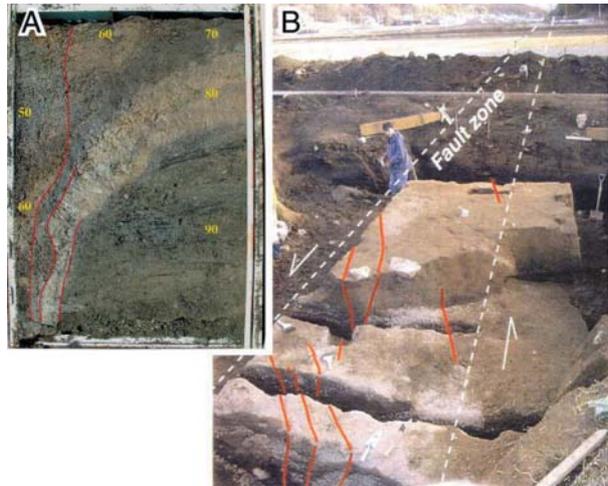


図5. 丹那断層での地層抜き取りサンプル(A)と3Dトレンチ掘削調査(B).

赤線は断層を示す.地層の抜き取りや大小多数の平面・断面の観察から,三次元的に断層周辺の地質構造を復元した.ミ型に雁行した断層形態や地震時の横ずれ変位量が検出された.

Fig.5. A sample extracted by Geoslicer (A), and three dimensional archaeological trench excavation (B) across the Tanna fault. A red line indicates a fault. As a result of the survey, we found evidence for the paleoearthquakes involving with right-stepping en echelon faults and lateral offsets of some layers.

mechanical failure of rock and other phenomena such as movement of fluids and generation electromagnetic fields would be one of the purpose of investigation of seismogenic process. Such an interaction may have a significant contribution not only to the fracture process but also to its preparatory process. At ERI, laboratory experiments have been performed to study the generation mechanism of electric signals in collaboration with RIKEN, with the focus on the effects of pore water movement during rupture nucleation process. We have developed a new apparatus specially designed for this kind of experiment. This apparatus has a number of advantages such as servo-controlling ability of the pore pressure, electrical insulation of rock sample from surroundings. Figure 6 shows an example of experimental results conducted by this apparatus. We can recognize that electric current starts to flow prior to the fracture. This electric current can be interpreted as caused by an electrokinetic effect due to the flow of pore water induced by pressure gradient associated with accelerating growth of dilatancy before fracture.

5-2 . 火山噴火予知

これまで火山噴火予知の研究では、噴火の前兆現象をとらえることに多くの努力を払ってきた。その結果、普段から観測を続けている火山では、多くの場合噴火の前に異常を捉えることができるようになってきた。しかし、確実な噴火予知にはまだ程遠いのが現状である。その理由は、マグマそのものや火山噴火のメカニズムがまだ完全には理解できていないことにある。火山活動の仕組みについての理解を深め、活動予測をもっと確実なものとするために、いくつかの新しい試みを行っている。

5-2-1 . 火山の構造とマグマ供給システムの研究

これまでに、霧島、雲仙、磐梯、阿蘇火山などを対象に火山体構造探査が実施された。これらの調査でマグマや熱水に対応すると思われる異常領域が捉えられ、地震や火山性微動、熱消磁などの噴火の前兆現象の発生との関係が注目されるようになってきた(6-8 火山体構造探査参照)。また、地震波がマグマ溜りやその近傍を通る際に波形が乱されることを利用して地下構造を調べる方法を開発し、伊豆大島火山のカルデラの地下約5 kmおよび8 ~ 10 km付近にマグマ溜りと解釈される領域を捉えることができた(8-8 火山噴火予知研究推進センター参照)。

5-2-2 . 火口近傍観測とカルデラボーリング

構造調査で捉えられる異常領域が噴火の前兆の発生とどのように関係しているかを知るには、異常現象を精確に観測することが不可欠である。より精確なデータを安全に得るため、アルゴス衛星システムを利用して、火口周辺での噴気温度や地磁気の高密度観測を開始している。三宅島火山では、2000年8月29日の火砕流発生直後に南西山腹にプロトン磁力計を設置した(図1)。停電や火山ガスにより多くの



図1 . 三宅島火山でのアルゴス衛星システムを用いた全磁気観測
Fig.1. ARGOS geomagnetic observation system at Miyakejima volcano.

5-2. Researches to Predict Volcano Eruptions

Intense, modern monitoring of volcanoes has brought advances in volcanology, allowing some precursors to be identified prior to eruptions. However, precise prediction of eruption still cannot be achieved scientifically. The following researches are being carried out to understand volcanic processes and magma supply systems under volcanoes.

5-2-1. Joint Experiment on Volcano Structure and Magma Supply System

Since 1994, joint experiments have been conducted in several volcanoes in Japan to reveal the structure and magma supply system by a group of scientists from national universities under the National Research Project for Prediction of Volcanic Eruptions. Anomalous zones were found beneath some volcanoes by electromagnetic surveys and seismic exploration experiments (see, 6-8 Joint experiment on volcano structure). At Izu-Oshima volcano, we could detect magma bodies at depths of 5 and 8-10km beneath the caldera with a new technique of seismic waveform tomography (see, 8-8 Volcano Research Center).

5-2-2. Observations with ARGOS System and Drilling Project in a Caldera

We have developed the telemetry system using ARGOS satellite to obtain safely precise data of geomagnetic field and fumarolic temperature variations from the area closest to active craters. We deployed the ARGOS geomagnetic observation system at the southwestern slope of Miyakejima volcano just after the eruption on August 29, 2000, to detect geomagnetic total force variations caused by temperature change beneath the summit crater (Fig.1) (see, 7-3 Miyakejima eruption). To detect small changes associated with the ascent of magma and volcanic gas, a 1km-deep hole was drilled within the summit caldera of Izu-Oshima volcano. Since 1999, we have started a 3D-array observation by installing seismometers, a hydrophone and an electrical conductivity-temperature meter in it (Fig.2). Borehole geophysical measurements and analysis of rock samples collected during drilling yielded a new insight into the structure and origin of the caldera and the eruption history of the volcano.

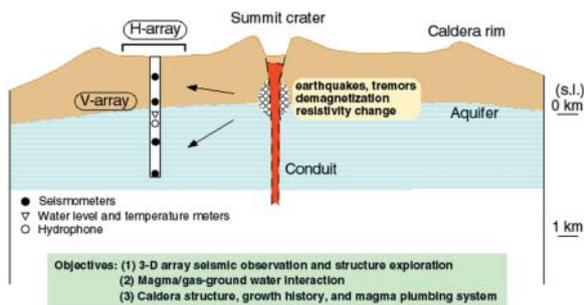


図2. 伊豆大島火山カルデラ内総合観測井.
Fig.2. Scientific drilling within the caldera of Izu-Oshima volcano.

観測が中断する中、このシステムは順調に全磁力データを送りつづけている(7-3 三宅島噴火参照).

伊豆大島火山のカルデラ内に掘削した深さ1 kmのボーリング孔内に地震計, 水中マイクロフォン, 水質計, 温度計などを多点設置し, 地表の観測点とあわせて3次元的な観測を1999年以来行っている(図2). これは世界でも初めての試みである. これによって, 噴火前後に火口直下で発生する地震や微動の震源を精密に決定すると同時に, 火道を上昇してきたマグマや火山ガスがもたらすさまざまな現象を解明することができる. また, 掘削孔を用いた検層や採取した岩石資料の地質岩石学的な分析によって, カルデラの構造と成因, 噴火活動史とマグマ供給のしくみについて新たな知見が得られた.

5-2-3. 噴火の中長期予測の研究

数十年おきに噴火する火山で, 噴火と噴火の間に地下で起こっている現象が解析されつつある. 伊豆大島火山では, 1986年噴火以降も山頂カルデラおよび北山腹を横断する測線の長さがすべてほぼ一定の速度で伸びている(図3). これは地下でマグマの蓄積が進んでいるために起こると解釈される. また, 2000年6月26日以来活動を開始した三宅島火山でも, 噴火前にマグマの蓄積に伴う山体膨張が起こっていることがGPS観測によって捉えられた(7-3 三宅島噴火参照).

噴火の古記録が残っている火山でも, これまでの噴火と異なり, それを上回る規模で起こることがある. このような場合や, 噴火の古記録が存在しない火山においては, 火山成長史を地質学的に解析することによって, 噴火予測に役立てることができる. 火山毎に長期にわたる一定の溶岩噴出率があることを利用して, 雲仙普賢岳では, 5年近く続いた噴火活動の溶岩の供給停止が判定された(図4). また, 火山の発達段階や噴火様式の違いで, 噴出する溶岩の組成に差が見い出されることもある. そのため, 本格的噴火に先立って放出されたマグマ物質の特徴から, 引き続き噴火の様式を予測する研究も行っている.

5-2-3. Researches on Mid- to Long-term Predictions

In Izu-Oshima, which recently erupted every several tens of years, a continuous inflation of the volcanic body, indicating the steady storing of magma at a depth of 6 to 9km, has been detected by repeated EDM and GPS observations (Fig.3). We also detected a continuous inflation of Miyakejima volcano before the beginning of its activity on June 26, 2000 (see, 7-3 Miyakejima eruption). Even without any historic eruption records, a geological analysis of the volcano can sufficiently help us with long-term predictions of eruptions (Fig.4). As the modes of eruption may reflect magma compositions, analyzing products erupted in the earlier stage is also important to know the mode of successive eruptions.

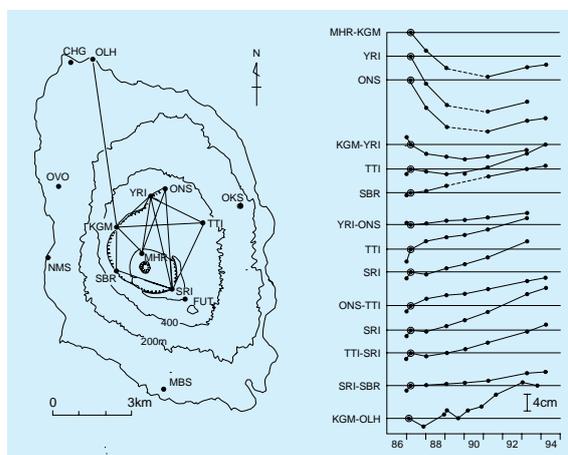


図3. 伊豆大島火山のカルデラおよび北山腹を横断する測線の距離の変化.
Fig.3. Distance changes of base lines across the caldera and northern slope after the 1986 eruption of Izu-Oshima volcano.

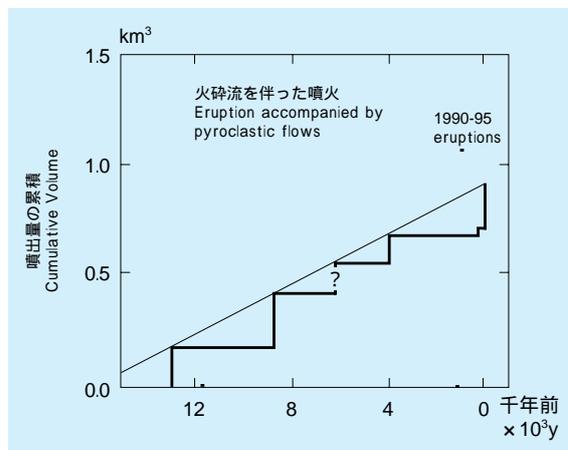


図4. 雲仙普賢岳における積算噴出量と噴出年令を示す階段図.
Fig.4. Cumulative volume-time diagram for eruption products at Fugen-dake in Unzen volcano.

5-3 . 海半球ネットワーク計画

本計画は、西太平洋を中心とする太平洋半球（海半球）に地震・地球電磁気・測地からなる地球物理観測網を展開し、従来最大の観測空白域であった海洋底から直接地球の中を覗き込もうとするものである。計画は平成8年度より科研費新プログラム「創成的基礎研究」5カ年計画としてスタートした。この計画を全国共同で推進するにあたって拠点的役割を果たすが、平成9年度に発足した地震研究所海半球観測研究センターである（部門・センター紹介の「海半球観測研究センター」項参照）。本来、この計画は平成12年度をもって終了する筈であったが、これまでの実績が評価され、海底観測点の設置が完了する平成13年まで1年間の延長が認められた。以下、これまでの成果の概要を報告する。

5-3-1 . 観測網建設

海半球ネットワークは、地震観測網・地球電磁気観測網・測地観測網からなる。現在までに陸域観測点は当初予定通りないし当初予定を越えて建設が進んでいる。海底観測点に関しては来年度中に予定した観測点の建設が完了する予定である。センター紹介の項に現在までにそれぞれどれだけ観測点が整備されたかを表にまとめるとともに図示した。

5-3-2 . 観測システム開発

OHP計画では観測網建設に必要なシステム開発が重要な課題となっている。以下、開発したシステムを列挙すると、a) 海洋島標準地震観測システム、b) 陸上広帯域地震機動観測システム、c)



図1 . 自己浮上型長期広帯域海底地震計(BBOBS)の外観 .
Fig.1. Self pop-up type long-term broadband ocean bottom seismometer (BBOBS).

5-3 . Ocean Hemisphere network Project (OHP)

The purpose of this project is to establish geophysical observation networks centered on the western Pacific for seismology, geo-electromagnetism, and geodesy, and to look directly into the Earth through the ocean bottoms where the density of geophysical observations had been sparse. OHP started as a five-year project in 1996. The Ocean Hemisphere Research Center, which was inaugurated as one of research centers in the Earthquake Research Institute in 1997, acts as the center to promote OHP as collaborative nationwide research activities. Originally, this project was scheduled to end in the year of FY 2000, but the program committee has approved to extend this project up to FY2001. We report what progress the project shows for 4 and half years.

5-3-1. Network Construction

The OHP network consists of seismic, electromagnetic, and geodetic networks. Up to the present, land stations have been established on schedule or even with the number exceeding the original plan. Ocean bottom stations will be completed in the next fiscal year.

5-3-2. Observational system development

The various types of system development required for constructing the observational networks are important

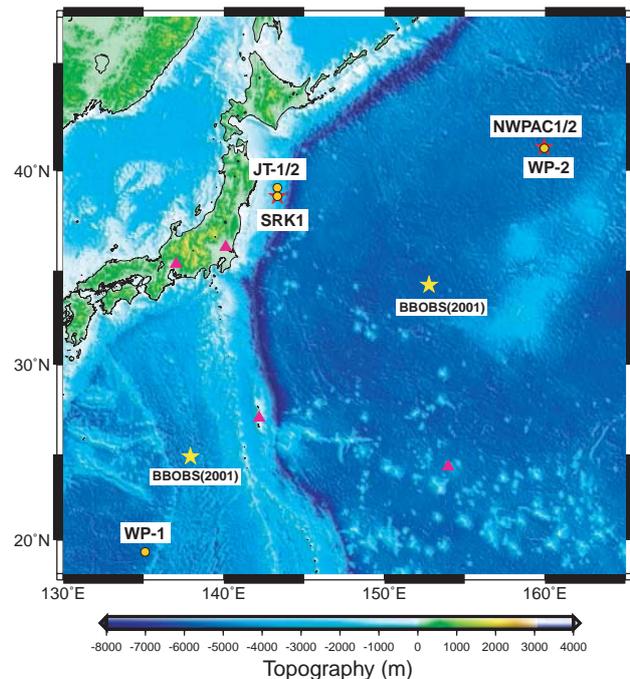


図2 . BBOBS (星印)および海底孔内観測点(丸)の配置図 . 陸上観測点は三角で示されている .
Fig.2. Location map of BBOBSs (stars) and borehole stations (circles). Triangles indicate land stations.

海洋島標準地磁気観測システム，d) 海底孔内地球物理観測システム，e) 機動的な海底地震観測システム，f) 海洋底電磁気観測所，g) 海底地殻変動観測システム，h) 海底地殻熱流量観測システム，などである．d) については後述の海底孔内計測実験で紹介する．以下，その他について抜粋して開発状況等を述べる．

海洋島標準観測システムについては，既に開発は終了していたが，Y2K問題の対応や装置の改良のためのバージョンアップを行った．

海外観測に適した高可搬性，高操作性，低消費電力の特性を持つ陸上広帯域地震機動観測システムを開発した．このシステム4台を1998年10月に中国に設置した（後述，5-3-7）．これは本計画におけるはじめての海外での臨時観測で，現在も継続されている．

海洋島標準地磁気観測システムを開発し，太平洋地域の7カ所の観測点に設置して長期連続観測を行っている．これは，高感度かつ長期的に安定な地磁気観測を行なうことを目的に開発したものである．1998年から装置の長期的な安定性を確認するために，1台の装置を用いて3年間の試験観測を実施した．その結果，地磁気3成分のドリフトは年間5nT以下であり，当初の目標を充分達成していることがわかった．

海域で広帯域地震観測を多点展開するため，機動的な海底地震観測システムとして自己浮上型の長期広帯域海底地震計（BBOBS）を開発し（図1），1999年より図2に示す地点で観測を開始した．図3に示すような記録が取れており，2001年には新規2箇所での長期観測を開始する予定である．

海底堆積物中の間隙水の流動とその時間変動を捉えること，及び水深の浅い海域で地殻熱流量を測定

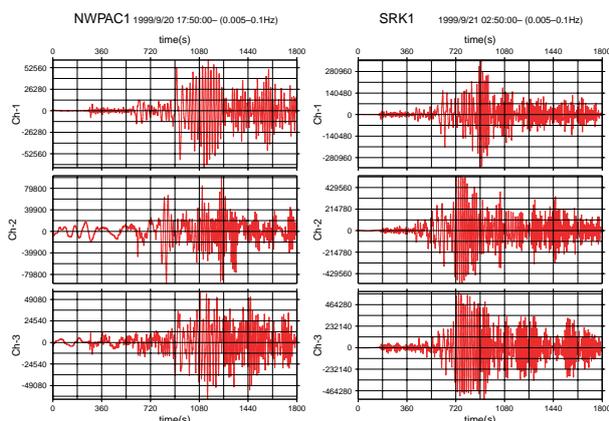


図3．北西太平洋(NWPAC1)と三陸沖(SRK1)に設置したBBOBSで得られた，1999年9月20日17:47:19(UTC)に台湾で発生した集集地震(Ms7.6)の記録．SRK1は日本標準時刻．

Fig.3. Seismic records of the earthquake occurred in Taiwan (1999/9/20 17:47:19, Ms7.6), obtained by two BBOBSs.

issues. In the following we report the current status of system development, (a) standard seismic observational system for oceanic islands, (b) mobile broadband seismic observation system, (c) standard electromagnetic observation system for oceanic islands, (d) ocean bottom borehole geophysical observation system, (e) mobile ocean bottom seismic observation system, (f) ocean bottom electromagnetic observatory, (g) ocean bottom crustal movement observation system, and (h) ocean bottom heat flow monitoring system. The system, (d), is explained in the next section.

The standard seismic observation system for oceanic islands was already completed four years ago, and were improved for solving the Y2K problems in this year.

We developed the mobile broadband seismic observation system. It has characteristics of high mobility, easy operation, and low power consumption, and is suitable for observation in foreign countries. We installed four systems in China on Oct. 1998 (the details are described in 5-3-7). It is our first project of the temporally installed seismic observation in a foreign country. This project is still continued, now.

We developed the standard electromagnetic observation system for oceanic islands and have been carrying out long-term continuous observations at seven sites in the Pacific area. System design aimed a high sensitivity and long-term stability. In order to examine its stability, long-term test was performed for three years since 1998 by using one of the instruments. Result indicated that baseline drift in each component does not exceed 5 nT/year, which is better than our expectation.

For the ocean bottom broadband seismic observation by several locations, a self pop-up type broadband ocean bottom seismometer (BBOBS) has been developed and deployed in 1999 (Fig. 1, 2 and 3). We have a plan to start new observations at 2 new locations during 2001.

Instruments for long-term monitoring of temperature profiles and pore-pressure gradients in seafloor sediments have been developed for purposes of detecting possible temporal variations of pore fluid flow and heat flow measurements in shallow sea areas. With the temperature monitoring instrument, we could obtain one-month record of good quality and are conducting measurements for a longer period. The pore-pressure instrument has been almost completed and will be deployed for a long-term monitoring test in 2001.

5-3-3. Ocean bottom geophysical observation

It is becoming clearer that emplacement of seismometers inside a borehole can provide low noise environments in the ocean. In addition, the strainmeter

することを目的として、堆積物中の温度分布と間隙水圧勾配を長期計測する装置の開発を進めてきた。温度計測装置に関しては、既に試験観測で1か月間の良質なデータが得られており、現在、半年～1年の長期観測を行っている。間隙水圧については、海底での計測・設置・回収の技術をほぼ確立できたため、2001年には長期計測試験を実施する予定である。

5-3-3. 海底孔内計測実験

近年、海洋底における広帯域長期地震観測において、海底掘削孔にセンサーを設置することが、もっともよい観測環境を与えることがわかってきた。また、歪や傾斜を計測するためには、岩盤にセンサーをしっかりと固定する必要があり、掘削孔への設置が望まれる。これらの観点から、海半球ネットワーク計画では、観測網の海底リファレンス観測点として、掘削孔内観測点を設置することを計画し、システムの開発、陸上におけるボーリング孔への設置実験などの準備を進めてきた。これらの経緯を経て、国際深海掘削計画（ODP）により、1999年度に三陸沖に海底孔内地球物理観測点（JT-1, JT-2）、2000年度には北西太平洋海盆において海底孔内広帯域地震観測点（WP-2）の設置に成功し、その後無人潜水艇による観測システムの起動を行った。

三陸沖JT-1の観測システム概要を図1に示す。センサー群は孔底に設置され、セメントにより固定される。信号はケーブルによって海底に導かれ、海底

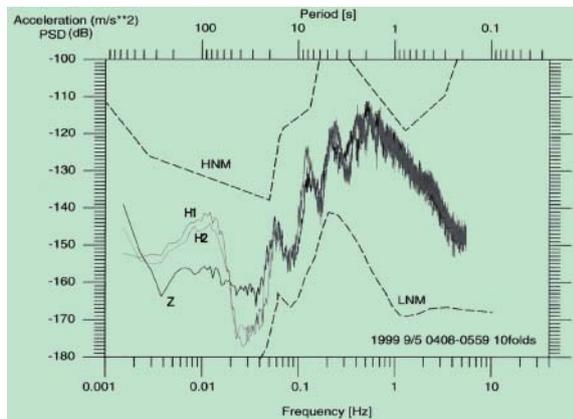


図5. JT-1における雑微動のスペクトル(Zが上下動, H1とH2が水平動)。HNMとLNMは、それぞれ陸上観測点での雑微動が高い観測点と低い観測点における代表的なノイズスペクトル。JT-1での雑微動は、数秒の帯域ではHNMに近いが、数十秒よりも長い帯域ではLNMに近く、良好な観測点であることを示している。

Fig.5. Seismic noise spectra from the borehole seismometers at JT-1. Z and H1,H2 denote the noise spectra estimated from the vertical component and the horizontal components respectively. HNM and LNM indicate typical noise spectra from the land observatories. The noise spectra at JT-1 show that JT-1 can provide good quality data.

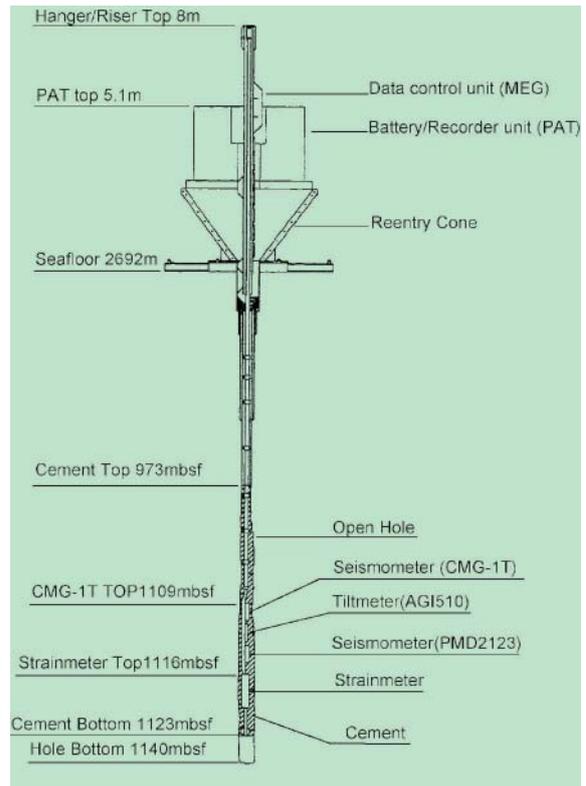


図4. JT-1における孔内地球物理観測システム全体の配置図。他の観測点のシステムもほぼ同様である。

Fig.4. Schematic of equipments used in the borehole installation at JT-1. Other stations have fundamentally the same configuration.

and tiltmeter, because of their principles of operation, need to be grouted inside boreholes ideally to behave completely the same as the surrounding rocks. Ocean Hemisphere Project (OHP) planned to install four ocean floor borehole geophysical observatories in three areas of the western Pacific. The main objective of installation of borehole stations is to obtain high quality data for a high-resolution image beneath the western Pacific. Two borehole geophysical observatories (JT-1 and JT-2) on the landward slope of the Japan Trench were successfully installed in July and August 1999 during ODP Leg 186. In August 2000, the installation of a seismic observatory (WP-2) in the northwestern Pacific Basin was completed by ODP Leg 191. The observatories were activated by a ROV.

Fig. 4 shows the arrangement of the sensor and the seafloor packages for JT-1. Sensors were placed near the bottom of the hole and were grouted by cement. The signals from the sensors are sent to the sea floor packages by the cables. The seafloor packages consist of the recorder and the Sea Water Batteries. For JT-1 and JT-2, the sensors consist of a strainmeter, a tiltmeter, and two broadband seismometers. Two same seismometers are used at WP-2. The maintenance of the observatories is

にはシステムを動作させる電池とデータを記録するレコーダが置かれる。センサーは、JT-1, JT-2では歪計, 傾斜計, 広帯域地震計2種であり, WP-2では広帯域地震計2台である。観測点の保守を無人潜水艇により行えるよう, 海底におかれた各ユニットは水中脱着コネクタにより回収・再設置が可能である。現在までのところ, JT-1, JT-2およびWP-2共に試験的な観測を行い, 短時間ではあるが, 孔内の地震記録が得られている。図2にJT-1における雑音スペクトルを示す。これらの結果から, 海底孔内は, 地震観測を行うに十分な程度にノイズが小さいことがわかった。2001年3~4月には, 西フィリピン海盆に海底孔内広帯域地震観測点(WP-1)を設置する予定であり, 海半球計画による孔内観測網が完成する。

5-3-4. 西太平洋域GPS観測

1995年頃からスタートした, 西太平洋からアジアにかけての地域におけるGPS連続観測網の建設により, これまでに10点以上の新観測点を建設すると共に, 他機関・プロジェクトによる観測点とあわせ, 同地域に大きな観測網を建設することができた。連続観測網はこの地域のテクトニックな変位速度場を概括的に明らかにしたうえに, 特にプレート境界域のテクトニクスに関連した臨時GPS観測のための基準点としても利用されつつある。

図6は地震研究所が中心となって実施した連続観測網と臨時観測の成果を集大成したものである。太平洋プレート, フィリピン海プレートの運動が精密に求められているのをはじめ, これら海洋プレートの沈み込む領域での島弧の背弧拡大などが明らかにされつつある。また, フィリピン海からインドネシアに至る島弧地域や北海道からシベリアにかけての地域においても他大学との共同観測研究によりプレート境界地域の変位速度場が次第に明らかになりつ

performed by a ROV. Because the seafloor packages are connected using the Under Water Matable Connectors, each unit can be recovered by a ROV for the maintenance. From the preliminary data of JT-1 and WP-2, we found that boreholes at the sea floor provide quiet environments for seismic observation (Fig. 5). For completion of the network construction, installation of a seismic station in the western Philippine Basin is scheduled in April, 2001 during ODP Leg 195.

5-3-4. GPS observations in the western Pacific

Regional permanent GPS array has been established in the western Pacific and eastern Asia since around 1995 and was named as WING (Western Pacific Integrated Network of GPS). The newly established sites are more than ten until the end of 2000. Together with otherwise established sites, more than 40 GPS sites have been routinely analysed.

Fig. 6 shows a summary of thus estimated GPS velocity field in the area. The figure includes results from repeated survey conducted mainly by ERI group. Established GPS array has been able to delineate overall displacement rate field in the area as well as used as reference sites for local arrays of repeated surveys. Fig. 6 indicates rigid motions of Pacific and Philippine Sea plates that moves toward west. In addition, back-arc spreading and other plate boundary deformations along the converging plate boundaries in the western Pacific are readily visible. On the other hand, Chinese continent shows areal deformations due to collision of Indian continent toward north.

In order to further investigate tectonics and dynamics of the crust and the upper mantle in the area, the network is still planned to augment in the future. This network shall be used not only for solid earth physics but also used for meteorology, climatology, hydrology and ionospheric researches.

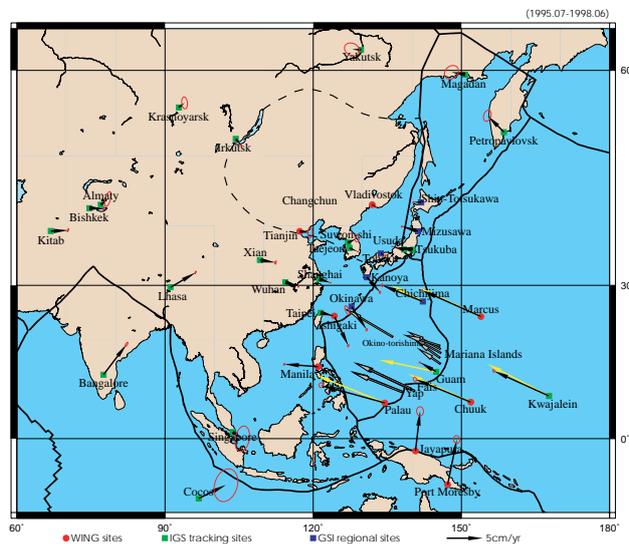


図6. 西太平洋GPS観測網(WING)とユーラシア安定地塊を基準とした変位速度ベクトル。黒矢印: 連続観測点における変位速度, 白抜き矢印: 繰り返し観測による変位速度, 黄色矢印: プレート運動モデルからの推定値。なお, 設置してから日が浅い観測点やデータが不足している観測点は除いた。

Fig.6. Western Pacific Integrated Network of GPS (WING) and velocity vectors referred to stable Eurasia. Black arrows: velocities at permanent sites, White arrows: velocities by repeated surveys, Yellow arrows: estimated velocities from plate motion models. Sites of short history and those without sufficient data are not included.

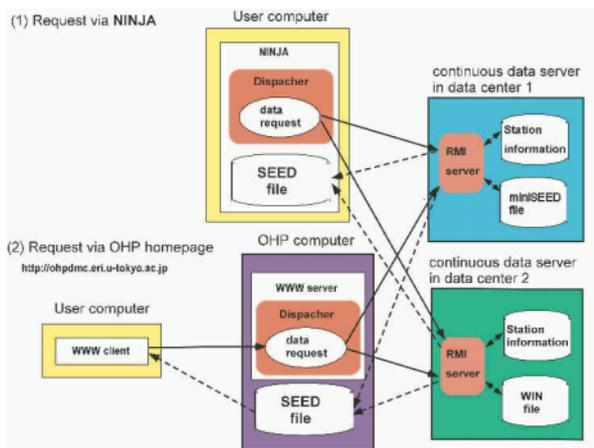


図7. 海半球データセンターで開発されたネットワークデータセンターのシステム。
Fig.7. Networked data distribution system developed by OHP data management center.

つある。一方中国大陸では、インド大陸の衝突に伴う大規模な変形が次第に明らかになりつつある。

西太平洋からアジアにかけての地域は、地球上でもっとも複雑かつ興味深い変動が進行しており、より詳しいテクトニックな変形を明らかにして地殻・上部マントルのダイナミクスを解明するため、さらに観測点の建設を進めている。また、GPS観測が大気や電離層の研究に重要であることを考慮し、関連研究者グループとの共同研究も進めている。

5-3-5. データセンター

海半球データセンターでは、海半球ネットワークで取得される分野横断的な地球物理観測データの公開システムを構築し、データ公開を開始した。また、以下のような活動を通じて、地震波形データ流通のさらなる促進に貢献した。

a) ネットワークデータセンターの構築

現在、日本の機関により様々な広帯域地震ネットワークが展開されているが、それらのデータは様々なデータセンターから様々なデータフォーマット・ユーザーインターフェースで公開されている。この不便を解消するため、ネットワークを介した分散処理の技術を応用し、様々なネットワークのデータを単一ユーザーインターフェース・国際標準フォーマットで提供するデータ公開システムを開発した(図7)。またこのシステムを通じて、海半球ネットワークデータだけでなく、様々な国内外の観測網のデータを取得できるようにした。開発したデータ取得用ソフトウェアをCD-ROMにし、世界中の研究者に配布した(図8)。

b) 国際広帯域地震観測網連合(FDSN)へのデータ報告

日本の広帯域地震観測網のデータを国際標準フォーマットに変換し、データ交換のための国際連合組

5-3-5. Data Center

Ocean Hemisphere Project Data Management Center (OHPDMC) constructed the data distribution system for interdisciplinary OHP network data and began to open them to the public. OHPDMC also contributed to the further promotion of seismic waveform data circulation via the following activities:

a) Construction of Network Data Center

Various broadband seismograph networks are being operated by Japanese institutes, but their data are distributed from various data centers in various data format with various user interfaces. To solve this inconvenience we developed networked data distribution system providing various networks data with a unified user interface in international standard data format (Fig. 7). We also set up the system so as to be able to integrate not only OHP network data but also various international and domestic networks data. We made CD-ROM (Fig. 8) of this integration software and distributed it to researchers in the world.

b) Data Report to Federation of Digital Broadband Seismograph Networks (FDSN)

We converted Japanese broadband seismic networks data to the international standard format, and reported them to the international union for data exchange (FDSN) as a representative of Japan.

5-3-6. Data analysis

The first objective of OHP is to complete the Ocean Hemisphere networks. Besides, the major science target is to extract new information related to the Earth's interior by analyses of data from being constructed and existing networks. Outcome of such researches includes: (a) development of a new efficient data analysis method, (b) study of electrical conductivity structure of the mantle

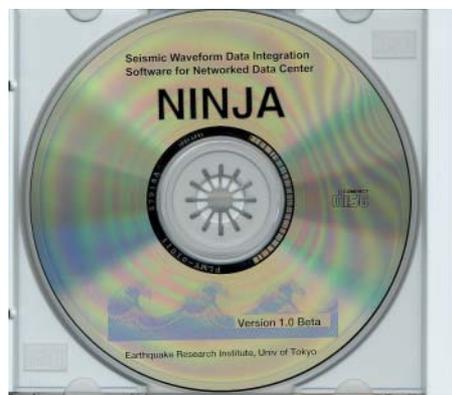


図8. ネットワークデータシステムを通じてデータ取得するソフトウェアのCD-ROM。
Fig.8. CD-ROM of the software integrating data via the networked data distribution system.

織(FDSN)に日本を代表してデータ報告をした。

5-3-6 . データ解析

海半球計画の第1の目的は海半球ネットワークを完成させることにあるが、建設途中で得られるデータあるいは既設の観測網から得られるデータを解析して、地球内部に関する新しい情報を引き出すことも大きな目的となっている。以下、成果を列挙すると、(a)高精度・高速理論波形計算法の地球内部構造推定への応用、(b)中国東北部のマンテル電気伝導度構造の解明、(c)西太平洋域のプレート運動の解明、(d)西太平洋域のマンテル遷移層の微細構造解明、(e)常時地球自由振動現象の発見(5-5を参照)、(f)マンテル・トモグラフィ解像度の向上など。

例えば(b)では、電話回線を利用した地電位差の時間変動観測を、中国東北部において行っている(図9上)。得られたデータを解析してマンテルの電気伝導度構造を調べた。異なる2つの手法で解析した結果、600kmから800km付近で電気伝導度が急増する構造が明らかになりつつある(図9下)。(d)では、日本列島に展開されている高密度の広帯域地震計観測網のデータ解析から、地震学的に決定するのが困難とされているマンテル遷移層密度パラメータのその場観察(日本弧下の)に世界に先がけて成功した。その結果標準密度モデルに比べて有意に小さな密度不連続が観測された(図10)。(f)では、P波のデータに加え新たにPP波の走時を読みとることで、上部マンテルのトモグラフィ解像度の格段の向上に成功した(図11)。その結果ハワイの直下に上部マンテルに局在した低速度領域があることが判明した。

5-3-7 . 中国大陸-フィリピン海 地震電磁気機動観測

海半球計画の一環として、西太平洋から中国大陸に至る、いわゆるマンテル下降流地域の構造を詳しく調べる目的で、図12に示すような中国大陸からフ

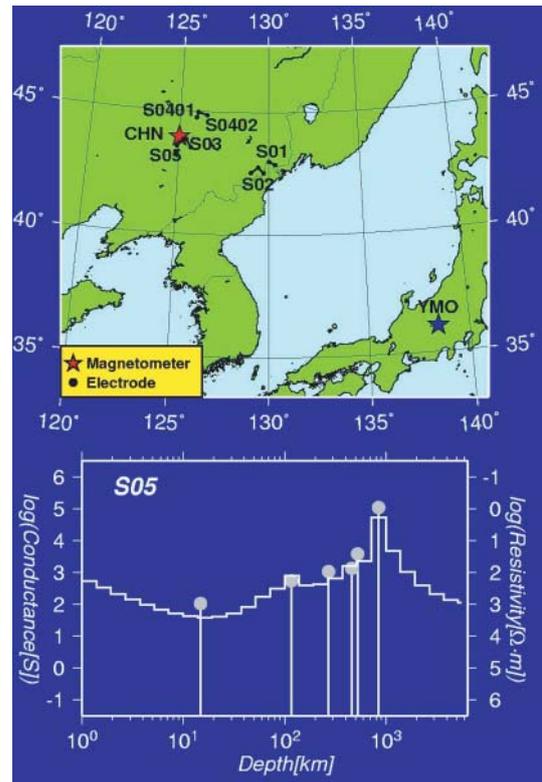


図9 . (上) 中国東北部の地電位差観測点 . (下) S05で推定された電気伝導度構造 . 滑らかに変化するように推定されたモデルと電気伝導度が急変する深さを推定するモデル .

Fig.9. (Top) Electric observation sites in NE China. (Bottom) The inferred 1-D electrical conductivity models beneath S05. Two different models are shown; one with smoothness constraints and the other expressed by delta functions of conductance.

beneath NE China, (c) elucidation of plate motions in the western pacific region, (d) detailed study of the mantle transition zone in the western Pacific region, (e) discovery of the Earth's background free oscillations (cf. 5-5), (f) improvement of the resolution of seismic tomography.

For example, in (b), observation of long-baseline telluric field variations is carried out by using telephone lines in northeastern China (Fig. 9). Data obtained from this experiment were analyzed to study electrical conductivity structure of the mantle beneath this area. Two different methods were applied and both indicated a similar model with a sudden conductivity increase at the depth of 600-800 km (Fig. 9). In (d), by analyzing data from the high density broadband seismic networks in Japan, first in situ seismological estimation of the density jump across the transition

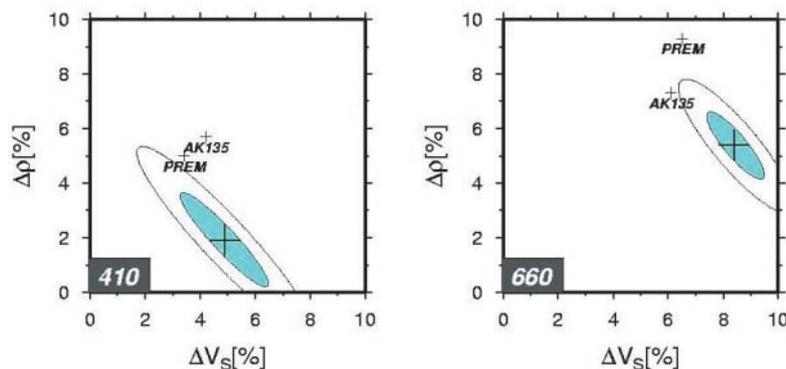


図10 . マンテル遷移層不連続面での密度・S波速度不連続 .
Fig.10. Density and S-wave velocity jumps at the mantle transition zone discontinuities.

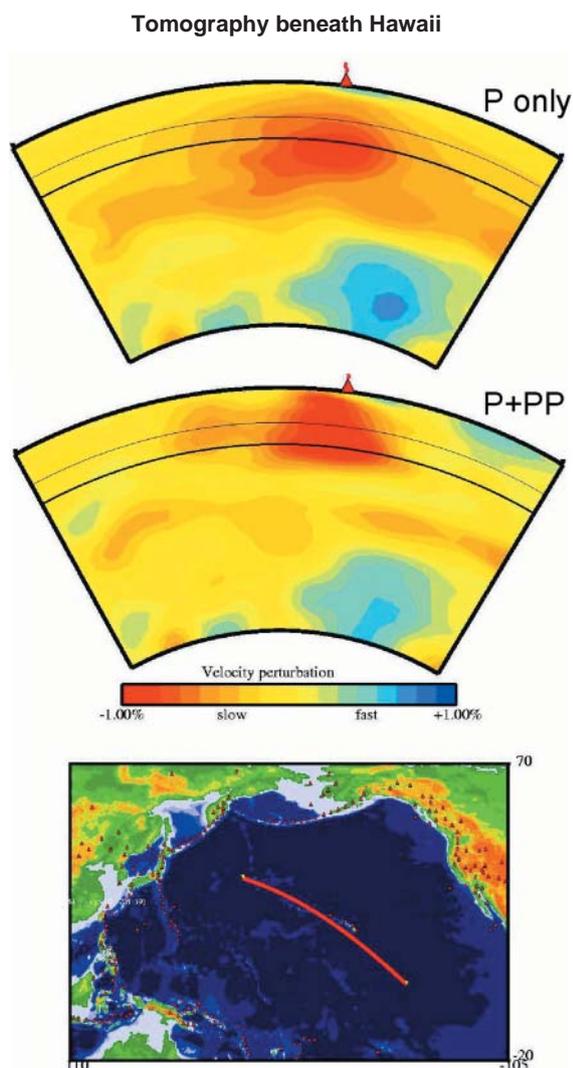


図11 . 太平洋ハワイ島下のマントル地震波速度構造 . (上) P波走時による今までのモデル . (中) PP波走時データを加えた新しいモデル . (下) 上のモデルは、この図の赤線の下のマントル構造 .
 Fig.11. Seismic velocity structure beneath Hawaii. (top) old model with direct P wave data only. (middle) new model with P+PP wave data. (bottom) cross sections above are along the red line in this map.

イリピン海を横断する測線による地震電磁気海陸機動観測を実施した .

海底観測は1999年11月（設置）から2000年7月（回収）までの約8ヵ月間にわたって行なった . 海底地震観測では15台の長期海底地震計（LTOBS）を約100海里間隔で展開した . LTOBSは低消費電力な稍広帯域のセンサーであるPMD社製のWB2023LPと、直径50cmのチタン球耐圧容器を採用することで長期観測を可能としたものである . PDEカタログから選んだ震央距離70度以内・Mb5.5以上の地震は十分なS/Nで記録されていることを確認した . 伊豆マリアナやフィジーの深発地震、一部のアラスカでの地震などの注目すべきイベントも捉えられていることがわかった .

海底電磁気観測は、海底地震観測と同じ測線に6

zone discontinuities, which is known to be very difficult, is performed beneath Japanese islands, and density jumps significantly smaller than the reference earth models are obtained (Fig. 10). In (f), PP wave travel time data are newly obtained from broadband waveforms to improve existing P wave tomography model, especially in the upper mantle. The new model, for example, shows a slow velocity region beneath Hawaii, which appears localized in the upper mantle (Fig. 11).

5-3-7. Seismic and electromagnetic array observation along the Philippine Sea-China profile

As a part of the Ocean Hemisphere network Project, we performed long term seismic and electromagnetic (EM) array observation along the Philippine Sea-China profile (Fig. 12) to reveal more detailed image of inhomogeneous mantle structure of so-called the zone of down-going mantle flow.

Ocean bottom seismic observation was carried out for eight months from Nov. 1999 until July 2000 by using 15 semi-broad band ocean bottom seismometers (LTOBS) along a profile of about 2800 km length. The LTOBS contains a semi broad-band sensor (WB2023LP, PMD) in a pressure case made of titanium sphere (D=50cm), which enables us long-term observations up to one year. The data quality was preliminarily examined using PDE catalog. Events with Mb 5.5 or larger within epicentral distances of 70 degrees are well recorded with adequately high S/N. We found that several deep events in Japan, Izu-Mariana and Fiji and some events in Alaska are well recorded.

Along the same profile and during the same period, ocean bottom EM observation was also carried by using 6 ocean bottom electro-magnetometers (OBEM). Each OBEM measures variations of three components of the geomagnetic field and two components of the electric field every minute. All the instruments were safely recovered, and good records were obtained.

On-land broad-band seismic observation was started at four stations in China by a collaboration with the Analysis and Prediction Center, China Seismological Bureau. The observation was originally planned to have 16 sites, which had to be reduced due to several difficulties. However, this will not cause serious problem because data from the network in China (CDSN) became available.

In Jilin Province of northeast China, we have performed observation of electric field variations by using telephone lines (Network-MT) by collaborating with Institute of Geology, China Seismological Bureau. The observation area is known to its recent active volcanism,

台の海底電磁力計（OBEM）を設置して実施した。OBEMは3成分の地磁気と2成分の電位差変化を1分毎測定する。すべての装置が回収され、ほぼ全観測期間にわたって良好な電磁場変動の記録が得られた。

海底地震計の設置と時期を合わせて、中国地震局分析預報中心と共同で中国において臨時広帯域地震観測を4観測点で開始した。当初、海底地震観測点の間隔と同程度の間隔で16台の地震計を設置する予定であったが、諸般の事情により観測計画を縮小せざるを得なかった。しかし研究者に公開されている中国国内の観測網（CDSN）のデータを併せて利用することにより、観測計画の縮小をある程度カバーできると考える。

中国東北地方の吉林省では、日本国内で実行中のネットワークMT観測と同様の電話回線を用いた地電位差変化観測を、中国地震局地質研究所との共同で行なった。この地域は、大陸性の活発な火山活動があり、その地下構造との関連も注目される。この観測は、対象を周辺地域に広げて継続する。

今後は観測データの解析をすすめ、最終的には地震学及び電磁気学的モデルの融合を図り、より確からしい西太平洋領域のマントル構造モデルを構築する予定である。

and its relation to deep structure is one of the most interesting targets. This project will be continued for the coming several years to extend the study area.

Our new data set from seismic and EM observations will provide unique opportunity to investigate the upper mantle structure in the western Pacific region in more details.

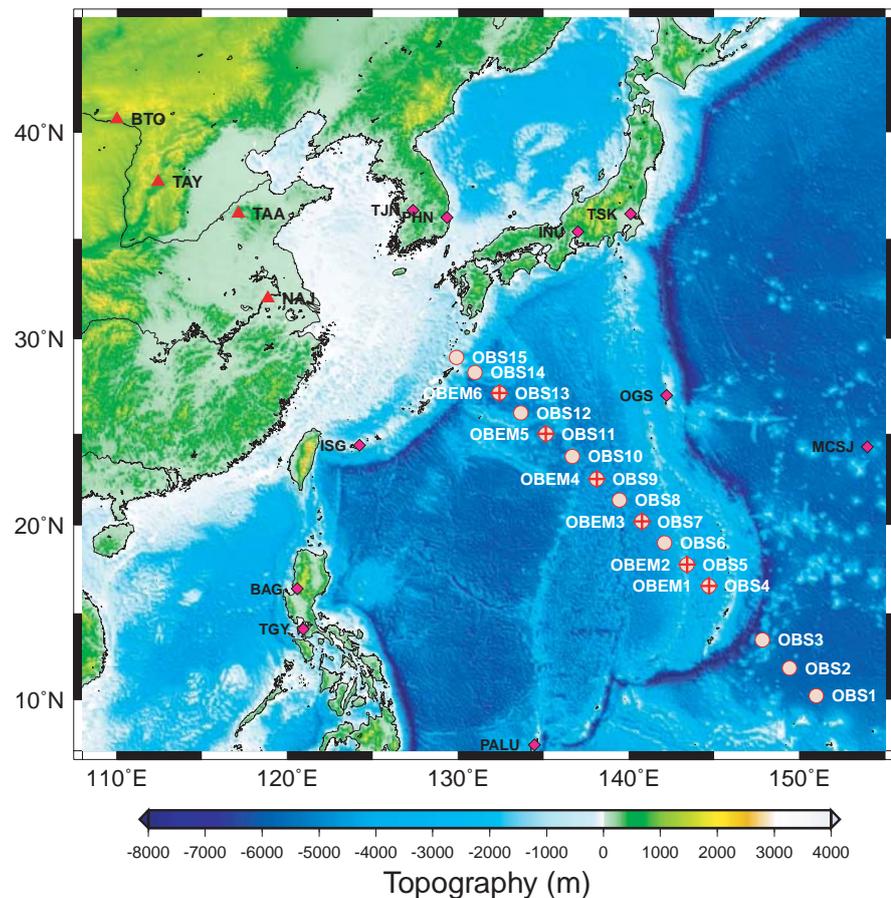


図12. フィリピン海の下底観測点と中国における地震観測点の配置。
Fig.12. Locations of ocean bottom sites in the Philippine Sea and on-land seismic sites in China.

5-4 . 準リアルタイム海底観測システム

日本周辺の海域で発生する地震の場を研究するため、機動性の高い自己浮上型海底地震計による臨時観測及び海底ケーブル式海底地震計による定常観測をこれまでに開発し推進してきた。しかし、大地震の余震活動や突発した群発地震の推移を海域で正確に知るためには、臨時の設置が可能でかつリアルタイムな観測データの入手が必要である。その点で上記の二方式では片方の条件を満たせない。この隙間を埋めるべく、地震地殻変動観測センターでは水中音響通信と人工衛星テレメータの技術を組み合わせた準リアルタイムな海底地震地殻変動観測システムの開発を1996年より開始し、1998年12月に実地試験を行った後、試験運用を2000年8～9月に新島・神津島近海の群発地震観測で実施した。

本観測システムの構成(図1)は、1)海底で連続して地震観測を行い収録する海底部、2)海底部と水中音響通信し陸上との衛星通信を行う係留ブイ部、3)これらの制御と観測記録の受信を行う陸上部、からなっている。海底部では、広帯域高精度3成分加速度計と圧力計の計測値が容量16GBのハードディスクに連続(100Hz, 24bit)で記録される。時刻は高精度の水晶発振器と係留ブイ部のGPSによる時間差測定により、必要十分な精度が確保される。海底部と係留ブイ部の間では電波が使えないため、水中音響通信による高速データ伝送(～13200bps)を行う。係留ブイ部には陸上部と衛星通信するための船舶用NTT衛星電話装置及び時刻とブイの位置を知るためのGPS等を装備している。海上のブイは動揺が大きいため、信号追尾型アンテナを静止衛星の方向へ保持する専用の2軸ジンバル機構も組み込まれている。海底部・係留ブイ部ともに電源は大容量のリチウム電池で賄われる。陸上部との衛星デー

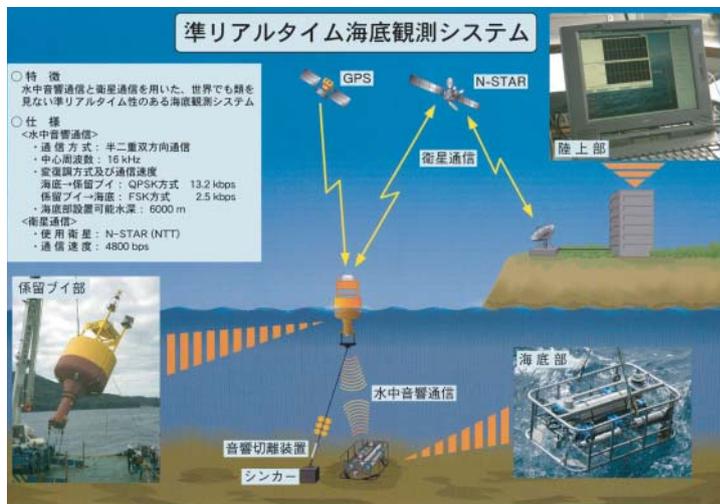


図1 . システム構成図 .
Fig. 1. The system construction.

5-4. Semi Realtime Ocean Bottom Observation System

For the research of off shore "stages" where many earthquakes have occurred around Japan, we have developed pop-up ocean bottom seismometers (OBS) with high mobility for temporal dense observations and ocean bottom cable systems for stationary geophysical observations. But, it is necessary to have an observation system with mobility and realtime data acquisition for precise research of transitions of aftershock or earthquake swarm activities. In these points, two observation systems mentioned above are not adequate. For this reason, the Earthquake Observation Center has started a development of the semi realtime ocean bottom seismic and geodetic observation system by using technology of an underwater acoustic communication and a satellite telemetry from 1996. After the field test which was performed in 1998, this system was deployed for the swarm observation off Nijijima-Kozu islands in the summer of 2000.

The construction of this system (Fig. 1) contains, 1) the ocean bottom unit (OBU) that acquires and records seismic signals, 2) the moored buoy unit (MBU) that performs underwater acoustic communication with the OBU and the satellite telemetry, and 3) the land control unit (LCU) that receives the acquired data and controls the OBU and the MBU. Measured values from the broadband precision 3-component accelerometer and the pressure gauge of the OBU are continuously stored in hard disks (16GB) with a high resolution digitizing (100Hz, 24bit). The time accuracy of the OBU is kept as



図2 . 新島沖に設置された本システム .
Fig.2. The MBU of this system deployed off Nijijima island.

夕通信は最高4800bpsの伝送速度がある。陸上部では、地震記録の受信だけでなく海底部・係留ブイ部のほぼ全ての設定を制御可能である。受信した地震記録は陸上観測ネットワークと併し直ちに解析される。地震記録の信号はデータ量が多く、本システムの通信速度では完全なリアルタイム観測を行うことは電源容量の点からも困難である。そのため、通常は陸上部から指示した時間窓のデータのみを海底部にある連続記録から抜き出して受け取る仕組みとなっている。

試験観測は1998年12月に駿河湾北東部の江梨沖(水深100m)で実施した。この際は、陸上部の代わりに作業船上の衛星電話装置を利用し、係留ブイ部との通信を行った。本試験では、海中雑音の測定・音響通信出力の調整によって水中音響通信の能力を確認した。その結果、本システムは水深4000mまで実用的な信号対雑音比を確保可能であることが分かった。

2000年6月末に始まった三宅島噴火活動では、地震活動が新島・神津島近海へと海域に広がったため、多数の自己浮上型海底地震計による短期間繰り返し観測を実施したが、群発地震活動の推移をリアルタイムに把握するために本システムを8月に水深300mの地点に設置した(図2)。島にある陸上観測点だけでは海域の震源域での震源の深さが正確に得られなかったが、この1観測点の地震記録が加わることで震源が浅く分布していることを準リアルタイムに把握できた(図3)。この観測により、本システムの有用性を明確に示すことが出来た。

better than 10ms by the combination of the DTCXO and the time difference measurement between the GPS on the MBU and the OBU Clock. As it is impossible to use electric waves in the deep sea, the high-speed underwater acoustic communication system (~13200bps) is used between the OBU and the MBU. The NTT satellite phone system (N-STAR) and the GPS for location and time are equipped on the MBU, which also has a two axes gimbal mechanism for the tracking antenna of the satellite phone due to large sway of the buoy. Both the OBU and the MBU have large capacity lithium cells for the power source. The speed of satellite data communication is 4800bps (maximum). The LCU can control almost all parameters of the OBU and the MBU. The received data is analyzed with the land seismic network data immediately. It is still impossible to perform a true realtime (continuous) ocean bottom observation, because of the limited speed of the communication and the capacity of the power source. So that only the data of preset time windows is received in usual operations.

The field test was performed at the northeast part of the Suruga Bay in December of 1998. In this test, a satellite phone on the ship was used instead of the LCU, and the ability of the underwater acoustic communication system was examined by measuring of the noise level and variation of the output acoustic power. As the result, this system is operative up to the depth of 4000m with enough signal to noise ratio.

Short term and repeated observations by using many pop-up OBSs were performed during the swarm off Nijima-Kozu islands after the eruption of the Miyake island since June of 2000. This system was deployed in the center of this area to detect changes of the swarm activity in August (Fig. 2). True, shallow distribution of epicenters were revealed in semi realtime, those were uncertain only by the data of observatories on near islands (Fig. 3). Usefulness of this system is clearly indicated by this observation.

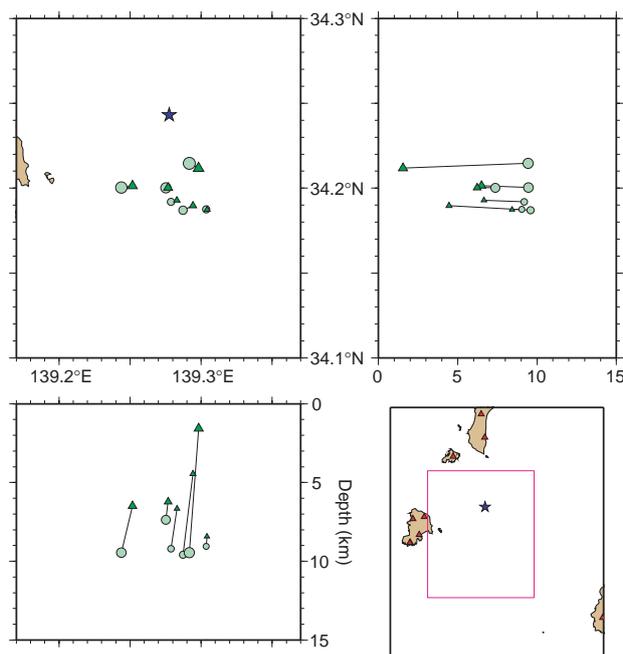


図3. 本システムにより改良された震源分布と観測点配置図(右下)。観測点は陸上三角、本システムが星印。震源は丸(殆ど初期値の深さ)から三角の位置へ改良された。

Fig.3. Improved epicenter distribution and map of observatories (lower right). Locations are indicated as triangles (land) and a star (this system). Epicenters are changed from circles (almost initial depths) to triangles.

5-5 . 地球と大気の共鳴振動

地震活動が静穏な期間においても、数100秒の周期帯で地球は揺れ続けている事が分かってきた。我々はこの現象を常時自由振動と呼んでいる。観測された振動は伸び縮み基本モードに対応する。励起振幅はngal程度の大きさであり、数多くの小さな地震ではその大きさの説明がつかない。励起の統計的特徴から大気擾乱が有力な励起源であると考えられている。我々はこの現象をより詳しく調べ、(1) 大気音波と固体地球の共鳴を発見すると共に(2) 励起振幅の年変動を検出した。

1991年ピナツポ火山の噴火時に、共鳴周波数に対応する卓越周期周期225s, 270sの振動が観測された。このように大気中の現象が大気自由振動を励起すると、大気音波と固体地球の共鳴が起こると予測される(図1)。常時自由振動の励起振幅も詳しく解析してみると、共鳴周波における振幅が10~20%他のモードより大きい事がわかった(図2)。励起源が地表付近の大気に存在すると、この超過振幅の大きさを説明できる。

Kobayashi and Nishida [1998]の大気励起理論に基づく励起振幅は7月をピークに5%程度年変動するはずである。実際に励起振幅を詳しく解析すると(図2), 10%程度年変動が観測された。位相振幅ともに理論と調和的である。

常時自由振動現象の存在と今回の共鳴現象・年変動の発見は大気と固体地球とを1つの系として捉える事の重要性を物語る。

参考文献

- [1] Kanamori, H. and J.Mori, Geophys. Res. Lett., 19, 721, 1992.
- [2] Kobayashi, N. and K. Nishida, Nature, 395, 357-360, 1998.
- [3] Nishida, K. and N. Kobayashi, J. Geophys. Res., 104, 28741, 1999.
- [4] Nishida, N., Kobayashi and Y. Fukao, Science, 287, 2244-2246, 2000.

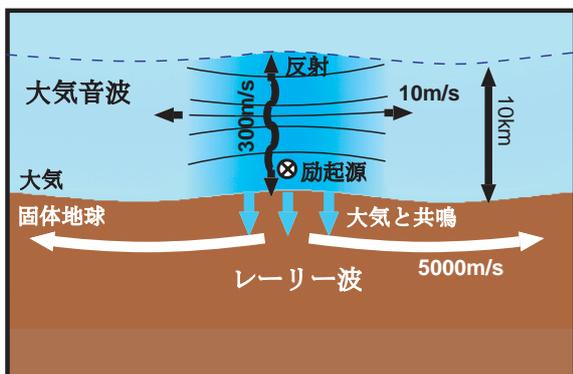


図1 . 大気音波と固体地球の共鳴の概念図 .
Figure 1. Schematic figure showing our idea of the excitation mechanism of acoustic coupling.

5-5. Resonant oscillations between the earth and the atmosphere

Earth's background free oscillations have now been firmly established. They comprise the fundamental spheroidal modes with amplitudes on the order of 0.5 ngal. The cumulative effects of many small earthquakes are too small to explain the modal amplitudes. The statistical examination of the excited normal modes suggests that atmospheric disturbance may be an excitation source. Here we report (1) evidence of the annual variation of this phenomenon and (2) evidence of acoustic resonance of these seismic free oscillations.

Preferential excitation of the seismic modes that can couple atmospheric acoustic modes has been reported. For example, Rayleigh waves with particular periods of about 225 and 270 s were observed to be associated with the volcanic eruption of Mount Pinatubo. Thus, some excess excitations at these frequencies are expected if atmospheric phenomena excite the oscillations (Figure 1). From the analysis of seismic records we found the evidence for greater amplitudes of the two acoustic coupled modes than the other modes (Figure 2). The resonant amplitudes suggest that the excitation source is at or just above the Earth's surface.

A dimensional analysis by Kobayashi and Nishida [1998] indicates that atmospheric disturbance can generate Earth's free oscillations at a ngal-level with a possible annual variation of intensities on the order of 10% (Figure 2).

The phenomenon can be understood only if the two systems of the solid Earth and atmosphere are viewed as a coupled system.

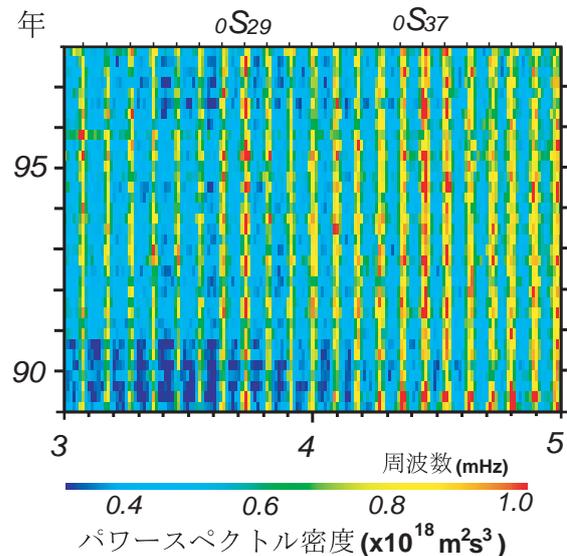


図2 . 地震静穏期におけるスペクトログラム .
Figure 2. A spectrogram on seismically quiet days.

5-6 . 火山での広帯域地震観測

火山での地震観測といえついで最近までは、1秒より短い周期しか計ることのできない短周期地震計によって行われるのが常であった。このような地震計による観測と、傾斜計・伸縮計などによる測地学的な(地殻変動)観測の間には、観測周波数帯域に大きな空白があり、1秒から数百秒の周波数帯域における火山の変動は今までほとんど観測されてこなかった。我々は1991年から他の研究機関(地質調査所, 気象研究所, 東京工業大学, 京都大学)と共同で活動的火山(桜島, 阿蘇山)における広帯域地震観測を行ってきた。このような観測により、火山における広帯域地震観測の重要性が近年認識されるようになってきた。

図1は阿蘇火山が1994年に水蒸気爆発を起こした時に広帯域地震計によって観測された地震波形である。この図で、上向き(正)の変位は地面が膨らんでいることに対応するので、それを考慮してこの地震波形を見ると、水蒸気爆発(現地では土砂噴出と呼ぶ)とは以下のような現象であることが読みとれる: 火口から土砂が吹き上げる50秒ほど前から、周期20秒ほどのパルス的な変動をしながら全体としてはゆっくりと地面が膨らみ始める; 地下での圧力を支えきれなくなると、火口から土砂の噴出が起こり、地面はゆっくりとしぼんでいく; 土砂が吹き出す過程に対応して短周期の地震波がでるが、これは、火道を土砂や水蒸気が激しい早さで通るときに出る地震波である; 短周期の地震波放出、すなわち土砂の噴出が終わると、地面の膨らみは元に戻って、土

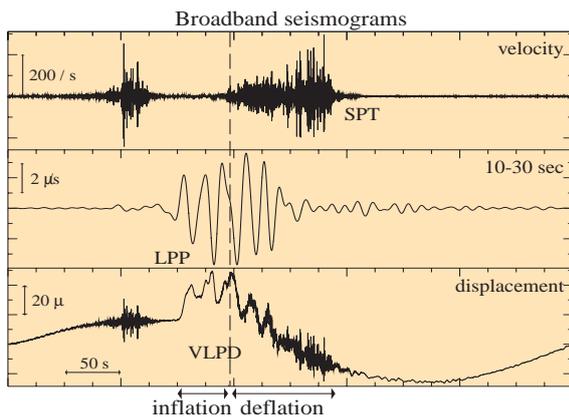


図1. 土砂噴出の広帯域地震波形。火口から1.4km離れた観測点の上下動の記録。(上)原記録(速度波形)(中)長周期のバンドパス・フィルターを掛けたもの(下)積分した変位記録。

Fig.1. Broadband seismograms (vertical component) of a phreatic eruption observed at a station 1.4km away from the active crater. (top) raw velocity seismogram; (middle) velocity seismogram bandpass filtered between 10s and 30s; (bottom) displacement obtained by integrating the top record. The vertical broken line indicates the time of the eruption.

5-6. Broadband Seismometry at Active Volcanoes

Seismic wavefields observed near active volcanoes contain plenty of information about volcanic activities in the frequency range between 0.01 Hz and 1.0 Hz, where, until recently, conventional geophysical monitoring of volcanoes had not paid much attention except for a few rare cases. The physics operating in a volcano is extremely complex; in different frequency bands, different physical processes dominate the wavefield, which makes broadband seismic observations essential to unravel the physical processes of volcanic activity using seismic data.

Since 1991, we have been conducting a series of observations in two active volcanoes in Japan: Sakurajima and Aso. A series of deployments of broadband instruments in Sakurajima not only convinced us of the importance of broadband seismic observations at volcanoes, but also led us to another volcano by observing strange long period 10s wave trains apparently generated near the Aso volcano located 150km away

Aso Long Period Tremor

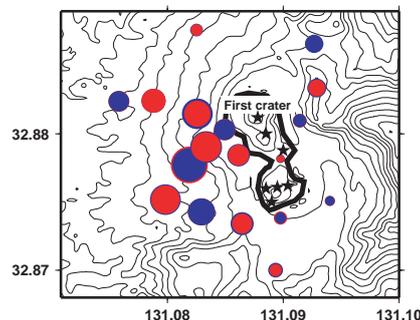
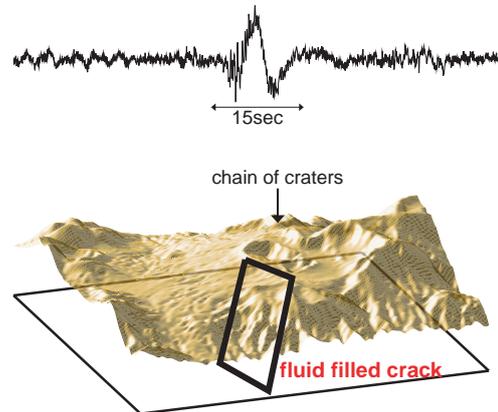


図2.(上)阿蘇山の長周期微動。(中)阿蘇山中岳周辺の鳥瞰図と求められた亀裂構造。(下)長周期微動の振幅分布(青:観測,赤:理論)。

Fig.2. (top) A typical long period tremor (in velocity); (middle) the inferred crack-like conduit; (bottom) the observed and the model-predicted amplitudes of LPT are respectively represented as red and blue circles whose radii are proportional to LPT amplitudes.

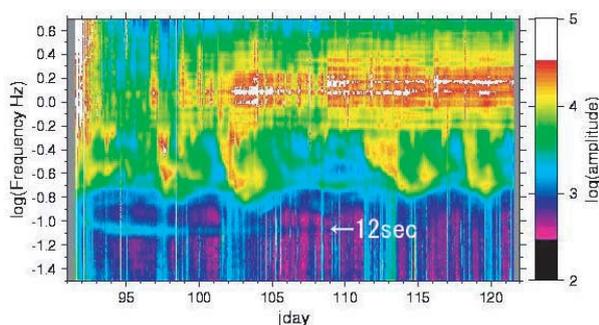
砂噴出の一過程が終了する．このように広帯域地震計により水蒸気爆発の全貌が明らかになった．

さらに，静穏期の観測から，15秒を基本周期にして，7.5秒，5秒，3秒と倍音関係にある固有周期の微弱な揺れ（長周期微動，図2）があることがわかっている．長周期微動を詳細に調べることで震動源の正体分かり，火口直下の南北に延びたクラック状のものとなる．この走向は，地表の火口列の方向と一致する．すなわち南北に連なる火口列は地下にある亀裂構造がもたらしたものである（図2）．またこの亀裂構造が，水蒸気爆発直前の膨らみを起こしている．このように広帯域地震計による観測で，地表の噴火活動を規定する火口直下の構造が明らかになった．さらに，爆発前の地下の膨らみを捉えることで，爆発の直前予測も出来る可能性がひらけてきた．

有珠2000：

有珠山は2000年3月31日に約20年ぶりに噴火を起こした（7-2を参照）．地震観測体制の整っていない有珠山では，阿蘇の場合のような質の良いデータを得ることは出来なかったが，噴火の直前10分前（！）に広帯域地震計を1台，昭和新山のふもとに設置することが出来た（北大理学部との共同研究）．図3はその地震計によって観測された，噴火10分前から一月間のスペクトルをまとめたものである．矢印で示した部分に，周期10-12秒の震動の存在が確認できる．噴火直後に10秒ほどであったものが徐々に周期を12秒に伸ばしつつ震幅を大きくし，一週間程大きな震動を起こしている．この長周期微動源の位置は西山の南南東約1-1.5kmに決まる．この微動源の位置は，GPS観測などから求められる地下の圧力源の位置とほぼ一致している．また深さについては，不確定性が大きいものの，これまで観測されている他の火山の長周期微動源の深さ（～2km）より深く，火山直下のマグマの運動に関係した長周期微動とも考えられる．

このように阿蘇山で初めに発見された周期約10秒の長周期微動は多くの活動的火山で観測され（三宅2000の成果については7-3を参照），火山活動について様々な新しい情報・知見を与えることが広帯域地震観測により明らかになりつつある．日本中の活火山に広帯域地震計を設置し，モニターすることが望ましい．



from Sakurajima. Deployment of a dense network of broadband seismometers in Aso revealed a hydrothermal reservoir 1 to 1.5 kilometers beneath the crater that is continually resonating with periods as long as 15s, even when there is no apparent surface activity at the crater. When phreatic eruptions are observed, broadband seismograms elucidate vividly the whole eruption process: gradual pressurization and long-period (about 20s) pulsations of the reservoir during the 100-200s before the initiation of the discharge, followed by gradual deflation of the reservoir concurrent with the discharging flow. The observed spatial variation of the signal amplitudes reveals that the source of 15s long period tremors (LPTs) consists of an isotropic expansion (contraction) and an inflation (deflation) of an inclined tensile crack with a strike almost parallel to the chain of craters. The extension of the buried crack plane meets the crater chain, including the active fumarole at the surface, suggesting that the crack has played an important role in transporting steam (gasses) and/or lava to the craters from below. This work also demonstrates a powerful usage of broadband seismometers as geodetic instruments to constrain subsurface structures at active volcanoes.

Our results so far demonstrate the high potential for broadband seismic observation near active volcanoes to add essential information which has been missed by conventional seismometry. There is now much evidence from volcanoes of the world indicating the presence of long-period volcanic signals. We feel that volcanology should embrace state-of-the-art developments, and broadband seismometers as well as other instruments, such as infra-sonic microphones, should be installed as standard equipment for monitoring volcanic activities.

USU2000:

Mt. Usu erupted at ~13:10 (JST) on March 31, 2000 after twenty-some years of quiescence (cf. 7-2). We (with a team from Hokkaido Univ.) were able to install a broadband seismometer just 10 minutes (!) before the eruption ~3.5km from the eruption site. Broadband seismograms of this eruption (magma-phreatic) indicate that no precursorly slow deformation, which was observed in Aso, exists for this eruption. On the other hand, we were able to observe 12sec long period tremors apparently emitted from the observed pressure source region at about 4km depth (Fig. 3).

Long period tremors first observed in Aso appear to be a common feature of many active volcanoes, which proves importance of broadband seismometry at active volcanoes (see also 7-3 for the Miyake eruption).

図3．有珠2000噴火のスペクトログラム．噴火直後から一月分．
Fig.3. One-month spectrogram of the broadband records of the Uzu2000 eruption.

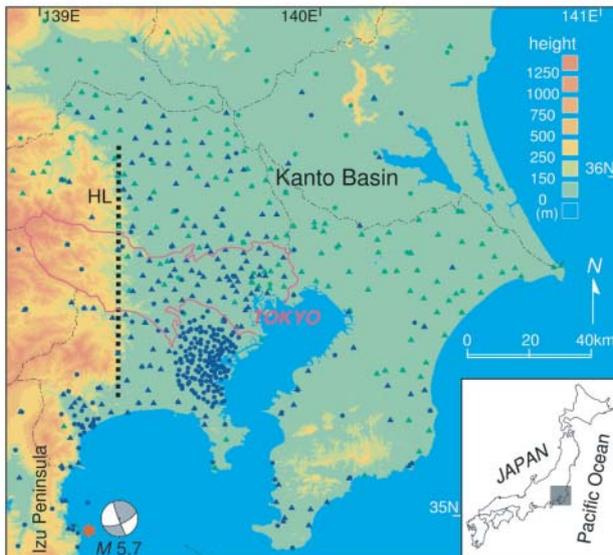
5-7 . 地震動の伝わり方

地震動（地震による地面の揺れ）は震源で発生して地下構造を伝わってくるので、地下構造が複雑ならば地震動も複雑な伝わり方をする。大規模な堆積平野である関東平野は、その西側で硬い基盤が露頭していて、そこから東京湾に向って厚い堆積層が分布する複雑な地下構造になっている。

地震研究所を含む各機関により、この平野とその周辺には600台を越える強震計が近年整備されてきた（図1）。1998年5月に伊豆半島沖の深さ3kmで発生したM5.7の地震は、そのうちの384台で観測されている。このような浅い地震では、ラブ波と呼ばれる長周期の表面波がしばしば発達し、関東平野でも周期8秒程度のものが明瞭に見られる。384台という非常に多数の観測によって、これらラブ波に伴う地震動の伝播を可視化することが可能となった。

この波を強調するために、まず観測機器で記録された加速度記録を速度波形に変換し、周期5秒までのローパスフィルタを適用した（図2A）。次に地震の発生から10秒ごとに、水平面内の地震動の軌跡を地図の上にプロットした（図2A～D）。ラブ波はその波面に平行な（波線に垂直な）地震動を発生させるので、各観測点における地震動の軌跡から、そこでの波面や波線を特定できる。なお、西側では地盤による増幅がなく振幅が小さくなってしまっているので、すべての軌跡は記録時間全体での最大振幅で正規化されて描かれている。

波面がここであるという判断は、地震動の振幅と軌跡の急激な変化を見て行った（図2中の弧）。図2をA B C Dと見れば、山地を通る西側の波面は秒速3.5から4 kmで伝わっているのに対して、平野の中心部ではわずか1 km/s程度の速度で伝播しているに過ぎない。この速度の違いが波面の不連続となり、この不連続を埋めるような形で、西側から



5-7. Propagation of Seismic Ground Motion

Since seismic ground motion propagates from an earthquake through subsurface structures, its propagation should be complex in a complex subsurface structure. The large-scale Kanto basin has such complex structures that firm basement is exposed in the west and thick sediments are distributed to the Tokyo bay.

Several institutions including ERI have installed more than 600 strong motion instruments in the basin and its surroundings, recently (Fig. 1). An M5.7 earthquake at a depth of 3km off the Izu peninsula was observed by 384 out of them in May, 1998. Such a shallow earthquake often generates long-period surface Love waves, and these waves are seen in the Kanto basin with periods of about 8s. The 384 observations enabled us to visualize the propagation of the ground motion associated with these Love waves.

To emphasize these waves we first converted the records to velocity seismograms and applied a low-pass filter with a period of 5s (Fig. 2A). Then we plotted the trajectories of ground motion in the horizontal plane for 10s intervals after the earthquake on a map (Fig. 2A-D). The Love wave generates ground motion parallel to its wavefront (perpendicular to its ray), and so the trajectories can help us identify the wavefront and ray. We normalized each trajectory to the maximum amplitude for the recording duration, to make small ground motions in the west visible.

We identified wavefronts by noting abrupt changes in the amplitude and trajectory. The wavefront to the west travels with a speed of 3.5 - 4 km/s, while that in the center of the basin propagates as slow as 1.0 km/s (Fig. 2 A B C D). The difference between the speeds causes a discontinuity between the wavefronts, and a part of the Love wave in the west is refracted into the basin in order to heal the wavefront discontinuity (Fig. 2B-C). The process is analogous to the generation of a head wave at an interface. The refracted surface wave is dominant around the basin edge and appears to propagate from there rather than from the epicenter.

Numerical simulations and localized array analyses suggest the presence of such surface waves which do not come directly from the epicenter, but here it is verified by actual records for the first time. The physical

図1 . 関東平野の地形と強震観測点約600点の分布 (Koketsu and Kikuchi, Copyright 2000 by Science).
Fig.1. Topography of the Kanto basin and the distribution of about 600 strong motion stations (Koketsu and Kikuchi, Copyright 2000 by Science).

盆地に向って屈折するラブ波が発生する．これは地下構造の境界面で屈折波（ヘッドウェーブ）が発生するのと類似の現象である．この屈折ラブ波は盆地の端とその付近で地震動の主要な部分を占めており，この波は地震の震央からではなく，盆地境界から伝わってくるように見える．

こうした震央からでない方向から伝わる表面波の存在は，数値シミュレーションや小規模なアレイ観測などで示唆されていたが，実際の地震の記録で確かめられたのは本研究が初めてである．また，その発生の物理的なメカニズムも，波面の不連続を補償する屈折表面波の発生と初めて明らかにされた．

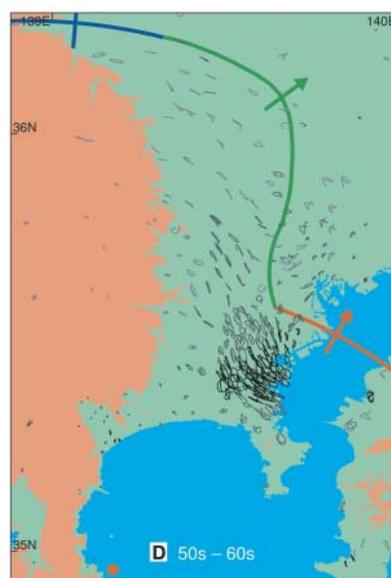
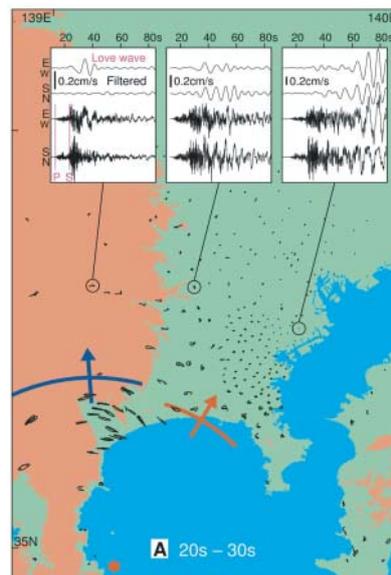
以上のような地震動の伝播様式の解釈を確かめるため，関東平野の地下構造モデルにおけるラブ波の波線追跡を行った．地下構造探査の結果からS波速度構造を推定し，グリッドを置いて各点ごとの水平成層構造を抽出する．ローカルモードの近似に基づいて，それらに対して周期8秒におけるラブ波基本モードの位相速度を計算し，この位相速度分布の中で地震発生後40秒まで波線追跡した（図2C中の紫線）．波線先端を結んだ理論波面は観測された波面によく一致している．

mechanism of their generation is also interpreted as refraction to compensate for a wavefront discontinuity.

To confirm the above ground motion pattern, ray tracing has been carried out for the Love waves. The S-wave velocities are estimated from the results of geophysical explorations, and horizontally layered models are retrieved at grid points. The phase velocities of the fundamental mode of the Love wave are then calculated at a period of 8s using the local-mode approximation. Rays are traced in their distribution to 40s (Fig. 2C). The wavefronts connecting the tips of the rays agree well with the observed wavefronts.

図2．地震発生の(A) 20秒，(B) 30秒，(C) 40秒，(D) 50秒後，10秒間の水平地震動の軌跡（Koketsu and Kikuchi, Copyright 2000 by Science）．

Fig.2. Trajectories of ground motion in the horizontal plane for 10s intervals (A) 20s, (B) 30s, (C) 40s and (D) 50s after the earthquake (Koketsu and Kikuchi, Copyright 2000 by Science).



6. 共同研究 Cooperative Researches

6-1. 島弧地殻変形過程

地震研究所は、全国の研究者との共同研究により、人工地震及び自然地震の合同観測・実験を行ってきた。1950年に始まった大規模な人工地震による地下構造調査は、わが国の地球科学における大型共同研究の代表的なものとして知られており、当初から地震研究所がその世話役を務めてきた。このほぼ半世紀の間、全国の研究者との共同研究により明らかにされてきた全国各地の地下構造は、もっとも基礎的な情報として地球科学の諸分野で活用されてきた。日本列島の地殻構造の全体像も、人工地震の調査により始めて明らかにされたのである。更に、地震研究所は1993年以来、日本列島の内陸部で起こる地震の発生様式を理解するための稠密自然地震観測研究を全国の研究者と共同で行ってきた。1993年は日光周辺域、1995年は兵庫県南部、1996年は中部山岳地域（飛騨）での観測が実施され、例えばマグマや流体に起因する地殻内反射体についての知見が深まった。

このような共同研究の実績を踏まえ、1997年からは、地殻内の様々なスケールの不均質構造を多面的な観測・実験から解明し、地殻活動発生メカニズムを不均質構造との関連性から明らかにする新しいプロジェクト、“島弧地殻の変形過程”を発足させた。このプロジェクトは、これまでに行われてきた屈折法地震探査、稠密自然地震観測の他に反射法地震探査を加え、これらを密接に連携させ、上述の目的に迫るものである。

1997 - 1998年の実験・観測は、東北日本で実施された。この探査により、日本海溝から東北日本弧を経て日本海にいたる詳細な地殻構造断面が明らかになるとともに、東北脊梁山地下に発達している深部断層系のイメージングに成功した（ハイライト研究5-1参照）。一方、自然時震観測においては、衛星通信を用いた地震観測テレメタリングシステムによる大規模な合同地震観測を東北奥羽山地で全国の研究者と共同で実施した。50個所の臨時テレメタ観測点において約2年間の臨時観測を行った。このような大規模な合同観測は、衛星通信システムを用いて初めて可能となった。内陸地震の発生機構を理解するために、高精度の震源分布、トモグラフィー法による地殻のイメージングなどの研究が行われた。図1には、トモグラフィーの結果を示した。この図から、脊梁山地（第4紀火山列）にそった低速度体の存在が確認される。また、対象領域の東側（即ち北上山地）は、総じて高速度域であり、屈折法地震探査の結果と調和的である。

6-1. Deformation processes of island arc

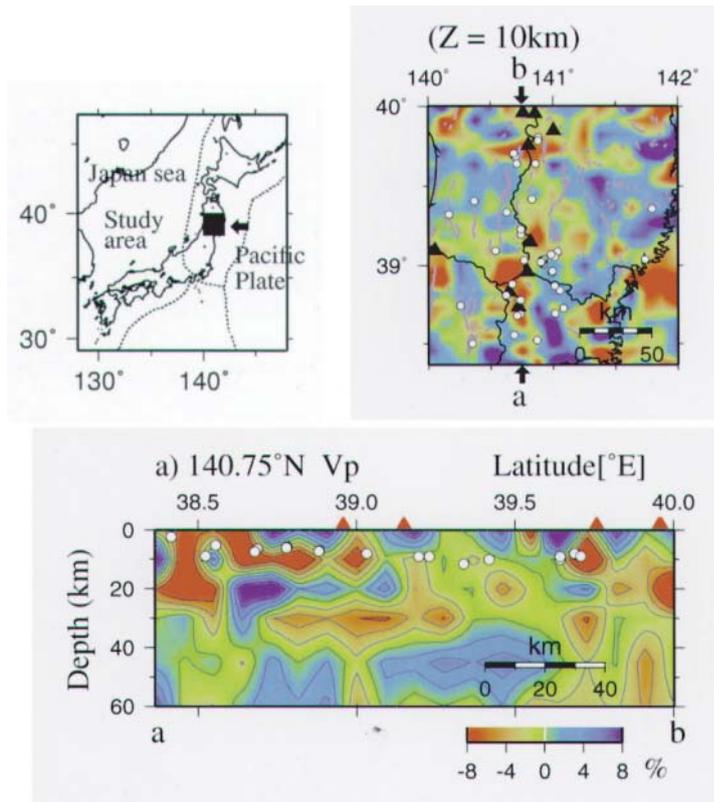
Research on the crustal structure using an explosion seismic technique in Japan was started in 1950 as an important cooperative research in geoscience. The cooperative research of many universities and institutes was arranged by ERI. Results of investigations conducted in many regions of the Japanese Islands have been referred as basic geophysical information by scientists in various fields of geosciences.

Since 1993, ERI has been also conducted intensive seismic observations under nationwide cooperation with other universities and institutions to investigate physical mechanism of earthquake occurrence. In 1993, we installed a dense seismic array in the Nikko area; in 1995, the Hyogo-ken Nanbu earthquake region was surveyed; and, in 1996, we surveyed the Japan Alps region. Through these studies, we have revealed important structural features involving mid-crustal reflectors probably related by fluid or magma within the crust.

Based on the projects mentioned above, we started a new project of "Deformation processes of island arc crust" in 1997 to elucidate the crustal inhomogeneities from multidisciplinary experiments and observations, and investigate the mechanisms for crustal activities in relation to the inhomogeneous structures. In 1997-1998, an extensive seismic expedition was undertaken in Northern Honshu Arc. From seismic refraction/reflection surveys, a detailed crustal section of this arc was presented (See Recent Research Highlights). In the microearthquake observation, we used a sophisticated telemetry system using satellite communication. The data for 2-year observation revealed a precise microearthquake distribution and 3D images of crustal inhomogeneity. Fig. 1 shows the result from the tomography study. In this figure, we see a trend of low velocity material along the backbone range (the Quaternary volcanoes). The eastern part of the surveyed area is characterized by a high velocity body, which is consistent with the result from the seismic refraction study.

In 1999-2000, an extensive seismic expedition was undertaken in Hidaka region, Hokkaido, where the Kuril Forearc is colliding against the Northern Honshu Arc. A 227-km long seismic refraction/wide-angle reflection survey revealed a eastward dipping plane within the Kuril Forearc and the velocity inversion occurring west of

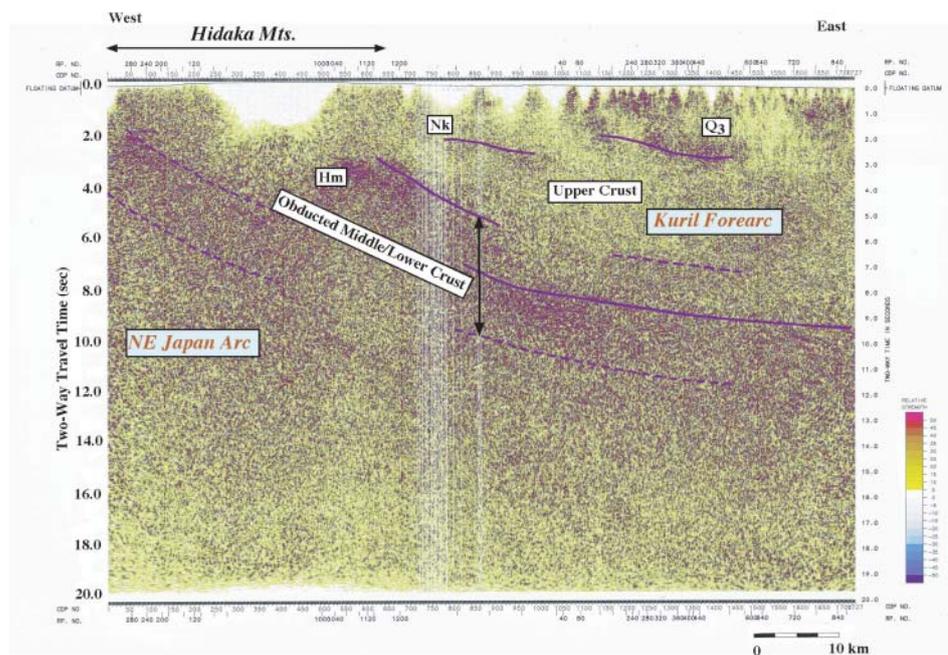
1999-2000年には、北海道日高地域を中心とした観測・実験を実施した。この地域は、千島前弧と東北日本弧の衝突が進行している興味深い地域である。全長227kmの屈折法探査によれば、千島弧側には、西上りの幾つかの広角反射面が存在している。一方、日高山脈の西側の構造は極めて複雑で、低速度帯の存在が指摘されている。また、日高山脈東側で行われた反射法地震探査では、東傾斜の反射面が明瞭な形でイメージングされた(図2)。この反射面は、西に向かって衝上する千島弧の地殻内反射面であると考えられる。



the Hidaka Mts. A seismic reflection survey clearly imaged eastward dipping planes within the Kuril Forearc, which strongly suggests the westward obduction of the Kuril Forearc.

図1. 東北脊梁山地の稠密地震観測によるトモグラフィの結果。(a) 調査地域図。(b) 水平断面図(深さ10km)。(c) 垂直断面図((b)のa-b)。
Fig.1. Result from tomographic imaging in Northern Honshu. (a) Surveyed area. (b) Horizontal section at a depth of 10km. (c) Vertical section along a-b in (b).

図2. 北海道日高衝突帯で行われた反射法地震探査結果。マイグレーション処理を行っている。
Fig.2. Crustal section (migrated) in Hidaka collision zone.



6-2 . 反射法地震探査による活断層の地下構造

活断層の地下構造を明らかにすることは、地震発生のメカニズムや、シナリオ地震の想定などにとって重要である。地震研究所には兵庫県南部地震以降、反射法地震探査システムが導入され、内陸活断層の地下構造を明らかにするための研究を全国の研究者と共同で進めてきた。これらの研究は、島弧地殻変形過程のプロジェクトと有機的に結合し、地震発生域から地表近傍まで活断層の構造を総合的に明らかにすることを主眼として研究を行ってきた。1997-98年は東北地方、1999-2000年は北海道の活断層系で調査を実施してきた(図1)。また、この他に平均変位速度が大きい内陸活断層系である糸魚川-静岡構造線や中央構造線活断層系についての探査も進めている。これらの探査を通じて、東北地方に多い地殻最上部での断層のフラット・ランプ構造(図2)や、地下に主要断層が伏在する断層起因褶曲の実態(図3)など、地表の活断層と地下の震源断層を結びつける上で重要な構造形態が明らかになりつつある。

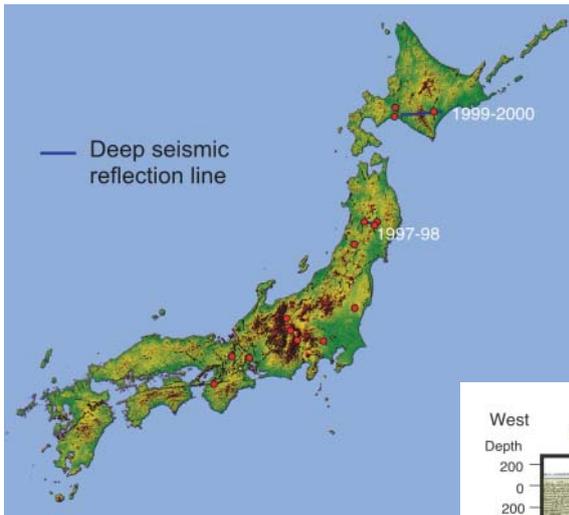
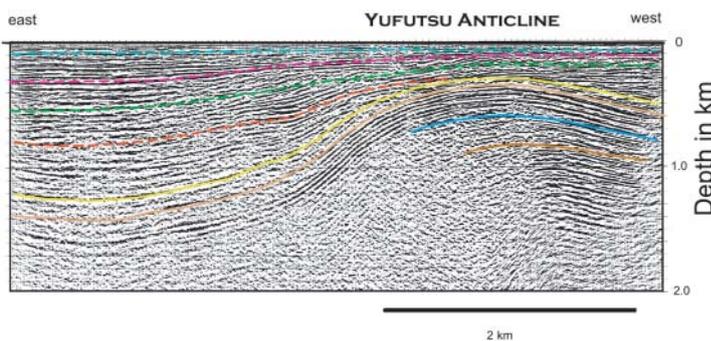


図1 . 浅層反射法地震探査測線。青線は島弧変形過程のプロジェクトで実施した深部地殻反射法地震探査測線。

Fig.1. Location of shallow reflection seismic profiles acquired by cooperative projects.



6-2. Imaging of active faults by seismic reflection profiling

Knowledge of the subsurface geometry of active faults, especially the geometry of seismogenic faults, is key to understanding active tectonic processes and assessing the future's destructive earthquakes. To reveal the relationship between surface active-faults and deep seismogenic faults, a seismic reflection profiling system was introduced to the Earthquake Research Institute after the Hyogo-ken Nanbu earthquake of 1995. Since 1996 seismic reflection profiling across active faults has been carried out under cooperation with groups of Japanese universities and government research institutions (Fig. 1). The active faults in Northern Honshu and Hokkaido have been focused as one of the programs of multidisciplinary investigations on deformation processes of island arc crust. Seismic reflection profiles were also acquired from active faults which show the higher slip rate, such as Itoigawa-Shizuoka Tectonic line and Median Tectonic line active fault systems. Through seismic reflection profiling, subsurface geometry of active faults has been revealed, such as a flat and ramp structure in the upper most crust (Fig. 2) and active growth fold by blind thrust (Fig.3).

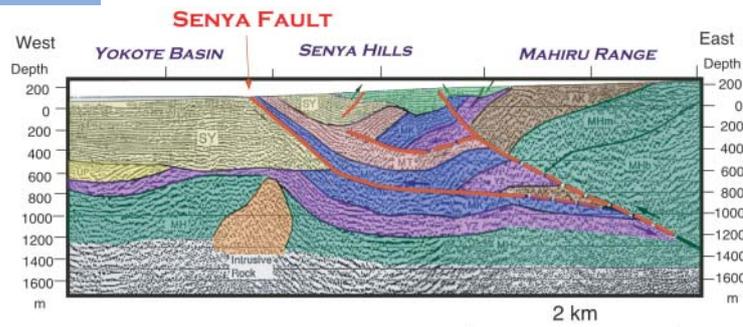


図2 . 千屋断層を横切る反射法地震探査断面
Fig.2. Seismic reflection profile across the Senya fault, northern Honshu, Japan.

図3 . 北海道苫小牧東部、勇払背斜を横切る反射法地震探査断面
Fig.3. Seismic reflection profiles across the Yufutsu anticline, eastern Tomakomai, Hokkaido, Japan.

6-3 . 日本列島周辺海域における海・陸プレート境界域における研究観測

日本海溝や南海トラフのような沈み込みプレート境界では歴史上巨大な地震を発生し大被害を及ぼしてきた。このプレート境界付近での地震発生メカニズムを解明するために、水と物性に注目した観点から海底地震計と制御震源、自然地震を用いた観測研究を行っている。

1995年以降、南海トラフ、三陸沖、日本海東縁、伊豆小笠原沖において観測を実施した。南海トラフでは、東南海地震と南海地震の境界付近の陸側プレート内に不連続的地殻構造があることがわかった。三陸沖の北緯38度40分～39度の地震空白域に相当するプレート境界では強い地震反射波を観測した(図1)。これはそこに薄い流体が存在することで説明可能であり、流体によりプレート境界では大地震を起こしにくい。31度の伊豆小笠原海溝付近ではマントルウエッジが蛇紋石化している結果を得た(図2)。低温型蛇紋石がプレート境界に存在すればそこでは大地震を起こしにくいと考えられ、伊豆小笠原の大地震発生の傾向を説明できる。三陸沖における観測では、北緯40度の地殻構造に不連続があることがわかった。この構造不連続より北側は1968年十勝沖地震と1994年三陸はるか沖地震の主破壊域に相当する。40度以北にある地殻内の地震波速度の低下は流体の移動に関係している可能性がある。

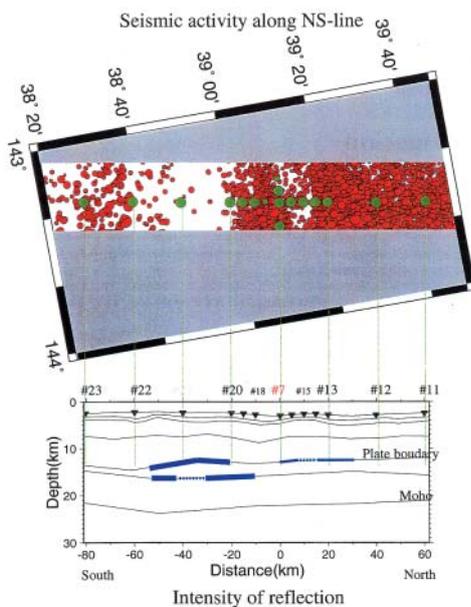


図1 . 三陸沖の沈み込みプレート境界の反射強度が強い場所で地震活動が低い(北緯38度40分～39度)。

Fig.1. Seismic reflections were intense for the aseismic zone located at 38°40'-39°N.

6-3. Seismic observations at the plate boundaries around Japanese islands

The plate boundaries at the subduction zones around Japanese islands have generated destructive earthquakes in past. To study the earthquake generation mechanism in viewpoints of physical properties and role of water at the plate boundaries, we have carried out seismic experiments using ocean bottom seismometers since 1995. At the Nankai Trough, we found the structural discontinuity between the 1944-Tonankai and the 1946-Nankai earthquakes. At the Japan Trench, we observed strong seismic reflections from the plate boundary at 38°40' and 39°N for the aseismic region (Fig. 1). This observation can be interpreted by existence of fluid, which might release strains at the plate boundary. By the experiment at the Izu-Bonin Trench, we estimated the serpentinized mantle wedge (Fig. 2). The serpentine at the plate boundary reduces occurrence of large earthquakes. By the experiment at 39-41°N of the forearc slope of the Japan Trench, we found the structural discontinuity at the lower crust at 40°N, where coincides to the major moment release regions for the 1968-Tokachi-Oki and the 1994-Sanriku-Haruka-Oki earthquakes.

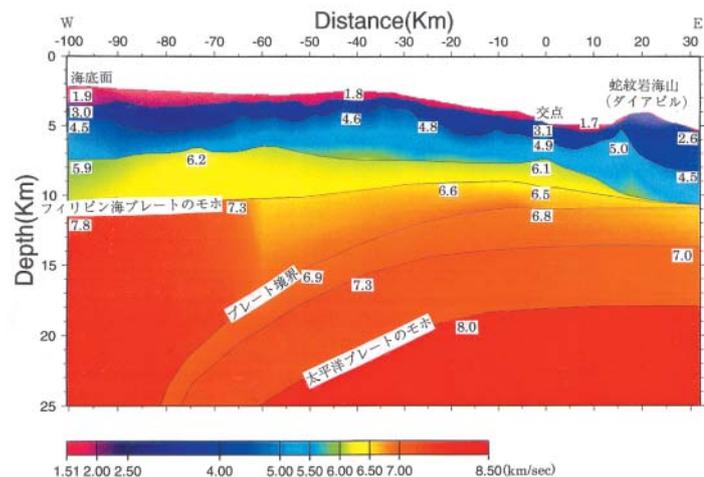


図2 . 北緯31°の伊豆小笠原のプレートの沈み込み境界に蛇紋岩化した物質と考えられる低い地震波速度の物質が存在する。

Fig.2. Serpentinized materials with low seismic velocities seem to exist at the Izu-Bonin subducting plate boundary of 31°N.

6-4 . 古地震

地震発生の繰り返しの実態の解明は、地震の長期予測のために、そして地震発生の場における定常的運動及びその揺らぎの解明のためにも重要である。地震の繰り返しの間隔は数百年から数千年に及ぶ場合が多く、地質学的手法を取り入れた活断層調査、津波痕跡調査及び歴史地震調査を、各大学の研究者とともに共同して実施している。このような研究は、対象とした震源断層の物理的性質（震源の静的・動的パラメータ、破壊伝播様式、破壊強度分布等）の解明にも貢献している。

活断層の地形・地質・地球物理学的調査

単に発生時だけではなく、地震時のずれの量やその空間分布等を推定して、地震発生の繰り返しモデルの検討や、強震動予測に役立つ震源モデルの推定手法の開発等を行っている。

地質学的手法による古津波調査

津波痕跡調査により、歴史時代、先史時代の東海地震や南海地震、また十勝沖地震など、海溝型地震の発生履歴の解明を行っている。

史料地震学調査による断層モデルの推定

1854年安政伊賀上野地震、1847年善光寺地震など、



図1．ジオスラサーによる丹那断層の調査（広島大学近藤久雄撮影）。

Figure 1. 'Geoslicer' survey of the Tanna fault (by Hisao Kondo, Hiroshima Univ).

6-4. Paleoearthquake Studies

Understanding of recurrence behavior of large earthquakes is essential for long-term earthquake forecast and also important for studies on earthquake generating mechanism, especially on its steady-state nature and various disturbances affecting it. Repeat time of large earthquakes ranges from hundred years to several thousand years or more and cooperative researches among university researchers on active faults, paleotsunamis, and historical earthquakes are carried out. Our findings are also helpful to estimate properties of a seismic fault such as static and dynamic parameters, mode of rupture propagation, and spatial distribution of asperities.

Geomorphological, Geological, and Geophysical Survey of Active Faults

Not only occurrence time of paleoearthquake, but also co-seismic slip and its spatial variation will be estimated for examination of recurrence models and constructing seismic fault models for strong motion prediction.

Geological Paleotsunami Studies

Historical and prehistoric Tokai and Nankai



図2．パイプロコアリングによる浜名湖の津波堆積物調査（高知大学松岡裕美撮影）。

Figure 2. Vibro-coring survey of tsunami deposit at Lake Hamana (by Hiromi Matsuoka, Kochi Univ).

地震による発生事象一件ごとの詳細位置確定，データベース化を推進し，地質・地盤情報との相互検証を行い，それらの地震の発生機構を解明している．



図3．十勝海岸を17世紀に襲った津波の堆積物（北海道大学 平川一臣撮影）．
黒土が下にあることから，津波によって剥ぎ取られた凍土層の塊が逆転して堆積したことがわかる．この土塊を黄土色の火山灰（1667年樽前）が覆っている．

Figure 3. Tsunami deposit (rip-up clast) of the 17th century tsunami attacking the coastal area of Tokachi (by Kazuomi Hirakawa, Hokkaido Univ)
A mass of frozen ground was overturned by the tsunami and later covered by volcanic ash identified as Ta-b (the 1667 eruption of the Tarumae volcano).

earthquakes and Tokachi-Oki earthquakes are studied by examining geological paleotsunami evidence for better understanding of the recurrence of interplate great earthquakes.

Fault Model of Historical Earthquakes Estimated from Historical Documents

Exact location of each reported feature is identified and database is constructed for the 1854 Iga-Ueno and the 1848 Zenkoji earthquakes. Comparison of the data with surface geology improves our understanding of faulting mechanism.

6-5 . GPSによる総合観測研究

GPS (Global Positioning System) は極めて応用範囲の広い技術であり、数 km 程度の広がり火山体の地殻変動から地球全体の変形まで、様々なスケールの地球表層の変動現象を明らかにすることができる。このためGPSは測地学・地球物理学の分野で基本的な観測手段として急速に導入されつつある。地震研究所のGPS研究グループは、全国の関連研究者と共に1988年頃「GPS大学連合」を結成し、日本列島の地殻変動の観測や周辺のプレート運動の観測など、多数の受信機と研究者を必要とするような大規模なプロジェクトを企画立案し、国内外の研究者と共同して、観測研究を実施してきた。

特に力を注いできたのは、西太平洋～東アジアにかけての地域におけるGPS観測網の構築 (5-3 海半球計画の項参照)、伊東市周辺域における稠密アレイの構築、及び地震・火山活動に伴う臨時観測の実施、などである。図1、2は伊東市東方沖に発生した1997年3月の群発地震に関するGPSデータ等を解析して得られた断層面上の開口速度の時間発展を示したものである。このような地殻変動の数理解析の他、キネマティックGPSを応用した海底地殻変動の検出やGPS津波計の開発あるいは、大気遅延量推定を通じての気象学・気候学への応用など、GPSの応用分野はさらに広がる可能性を秘めており、地震研究所では全国の研究者と共同しつつこれらの先端的・実験的研究を推進している。

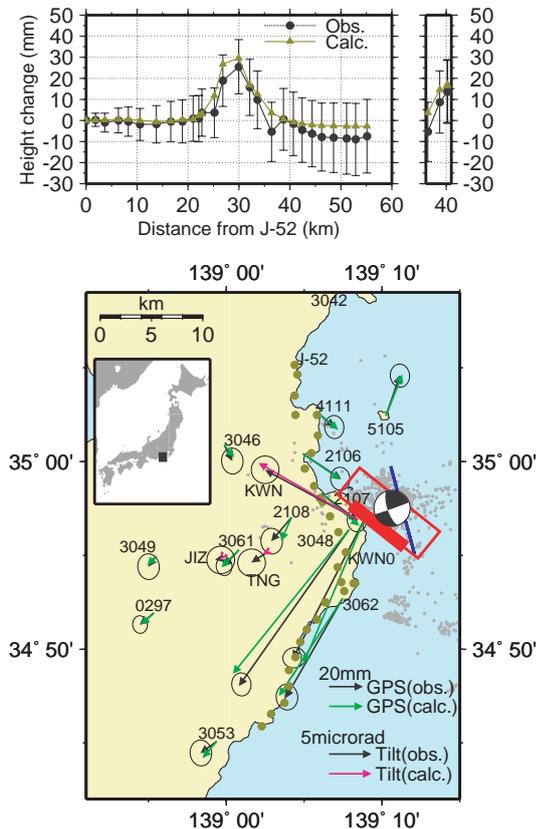


図1 . 伊東市東方沖に発生した群発地震に伴う地殻変動。矢印はGPSによる水平変位、折れ線グラフは水準測量結果を示す。観測値と計算値を重ねて示している。

Figure 1. Crustal deformation observed at a swarm activity that occurred in March, 1997 off Ito area. Arrows are the horizontal displacements by GPS and dotted curve in the above inset are the levelling results (Aoki et al., 1999).

6-5. Application of the Global Positioning System

The Global Positioning System (GPS) is a space geodetic technique to estimate accurate ground coordinates and their temporal changes. The GPS research team in ERI established a nationwide research group called Japanese University Consortium for GPS Research (JUNCO) among related GPS researchers in 1988. The group has promoted and conducted a variety of GPS projects of different scale of crustal deformations. Local dense array project in the Izu peninsula and the deformation monitoring project after the 1995 Hyogoken-Nanbu earthquake are the examples. In addition JUNCO has established an international permanent GPS network in the western Pacific area (see the part of the Ocean Hemisphere Project, 5-3). Numerical analysis based on the observed geodetic data is of special interest of the ERI group. Figure 1 shows the crustal deformations due to a swarm activity off Ito that occurred in March 1997, and Figure 2 shows the estimated temporal evolution of open crack on the source plane based on the geodetic data. This approach may be important for help understanding crustal process as well as for providing basic database for forecasting crustal activity. Other basic researches include applications of kinematic GPS for detecting sea-floor crustal deformations and to GPS buoy and applications to meteorology, climatology.

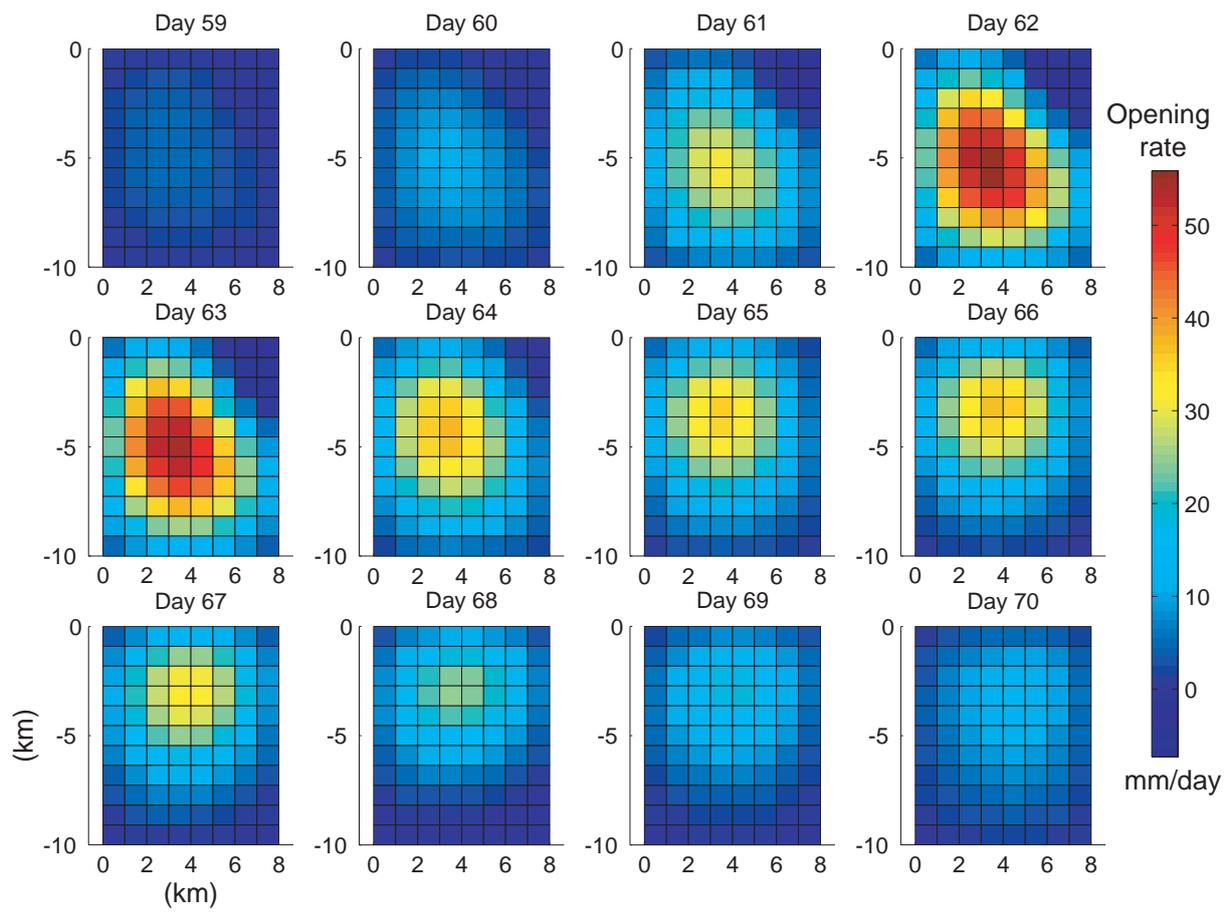
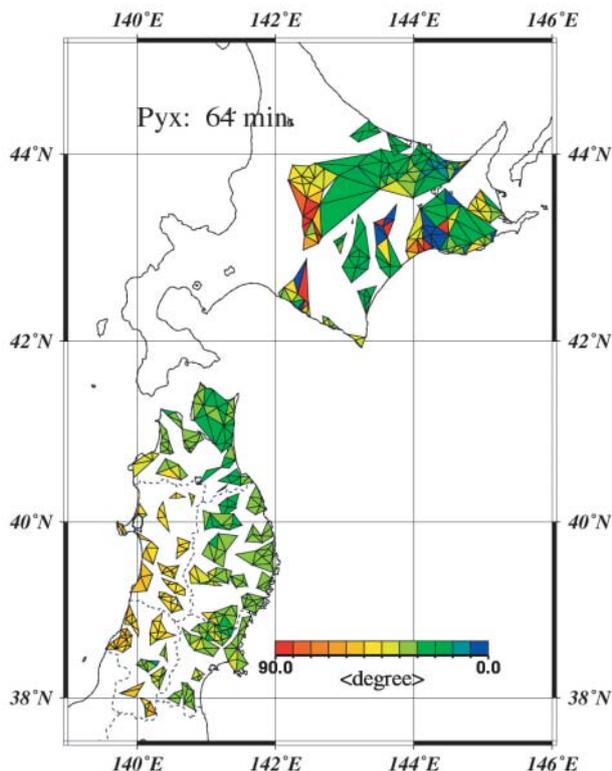


図2 . 西北西－東南東走向の群発地震の断層面上の開口速度変化 . 最大開口位置が地表に向かって移動しているのが見える .

Figure 2. Daily evolution of open crack velocity distribution on the source area of the swarm that runs WNW-ESE. Upward migration of the centroid open crack is visible, which may indicate the upward dike intrusion (Aoki et al., 1999).

6-6. ネットワークMT観測

日本列島全域の平均的な電気比抵抗分布を明らかにしようという試みが第7次地震予知計画の一環として平成6年度からスタートし、現在に引き継がれている。地震研究所が独自に開発したネットワークMT法観測を、全国の電磁気学研究者が力を結集して共同で実施しようという計画である。この計画は、電磁気的手法による地震予知研究を行う上で最も基礎となる情報を得るための作業という意味で、いわば比抵抗による日本地図作りとみなすことができ、世界で初の試みである。ネットワークMT法の電位差観測は、8回線程度の観測網で構成されるローカルネットワークが2～3ヵ月おきに場所を変えて全国を移動する。図1にこれまでに行われたネットワークMT観測の測線分布を示す。地震予知計画では北大理・東北大理・秋田大工学資源・東工大理・東大理・名大理・京大防災研・京大理・神戸大理・鳥取大教養・高知大理などの参加により、赤丸で示された地点で観測を実施した。2001年現在でのべ1000測線以上での観測が行われ、図2に示されるように列島スケールのMT電磁場変動の特徴が明らかになりつつある。これらのデータをもとに、列島スケールの上部マントルに至る大局的な比抵抗構造が明らかになるものと期待される。



6-6. NETWORK-MT Project

NETWORK-MT is one of the major components of the Earthquake Prediction Program. This experiment aims to reveal the mean nation-wide distribution of electrical conductivity in the Earth. Major experimental efforts focus on measuring electric field variations over 10-30 km distances using commercial telephone lines. Scientists from eleven universities and institutions in Japan are collaborating in this project.

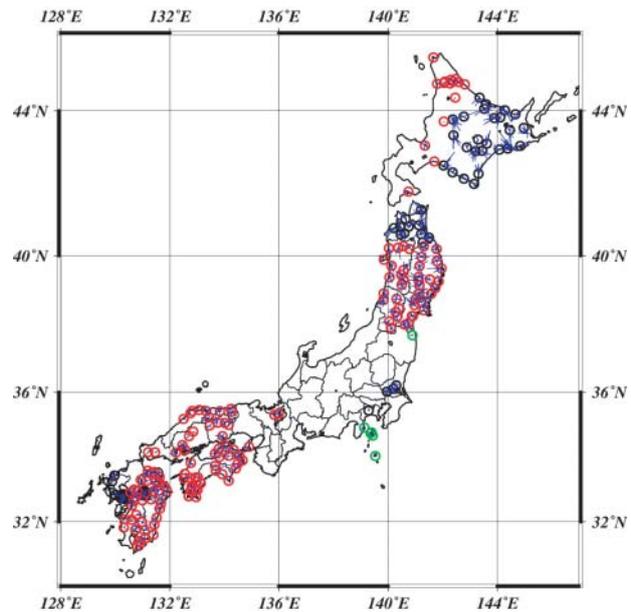


図1. ネットワークMT観測実施状況。赤丸で示された地点（東北地方，琵琶湖西部，中国・四国，九州）は平成6～12年度に観測を実施した地域。北海道東部および青森県は平成2年度に実施した。緑丸で示された福島県鹿島，伊豆東部，伊豆大島，三宅島などでは連続観測を継続している。伊豆大島，三宅島の観測の一部は火山噴火予知計画によって行われている。

Fig.1. Cumulative plots of the sites in which NETWORK-MT observations were made since 1994 under the Earthquake Prediction Research program (in red circles). Green circles indicate the sites of continuous monitoring of the telluric voltage differences. Measurements in other areas were taken in 1989-1993 in other projects.

図2. ネットワークMT観測によって決定された東北日本における周期64分の位相分布。電場が東西，磁場が南北に変化する時の電磁場間の位相差を示し，位相差が大きいほど地下深部に低比抵抗部が存在することを示す。東北地方背弧側に島弧の走向に沿って高位相帯が認められる。

Fig.2. Spatial distribution of phase of Network-MT impedances in NE-Japan (period: 64 minutes). Impedances, whose electric and magnetic field directions are respectively EW and NS, are shown here. Larger phase value indicates the existence of lower resistivity bodies in the deeper portion. Such high phase values are detected in the backarc side of Tohoku district along the strike of the Tohoku arc.

6-7. 地殻比抵抗構造の研究

地震活動や火山活動の活発な地域の地下構造を知ることが、それらの活動の場を把握しメカニズムを理解するために必要である。このような場所で地殻の比抵抗構造を調べることにより、地下の温度や地下水の分布などに関する情報を得ることができる。地震や火山噴火の予知計画では、全国の大学が協力して地殻比抵抗構造探査を実施している。地震研究所は、それらの共同研究の中核的役割を果たすとともに、新しい観測手法や構造の解析手法の開発などを行っている。

活断層などの地震活動域の構造探査は、地震予知研究推進センターが中心となって進めている。自然の電磁場変動の観測によるMT法の群列観測や、制御された人工的な電磁場を用いた手法などを適用する。特に後者は、ノイズの影響の著しい場所の地殻深部の探査を可能にするために開発した方法である。最近の共同観測は、奥羽脊梁山脈（平成10年度）・出羽丘陵（平成11年度）・日高衝突帯（平成12年度）・伊豆半島東部（平成7, 9, 10, 11, 12年度）などにおいて実施された。いくつかの地域では、微小地震が比抵抗構造の境界付近に分布していることや、断層に沿って低比抵抗帯が連続していることを示唆する結果が得られている。

火山における研究は火山噴火予知研究推進センターおよび地震予知研究推進センターが協力して進めている。最近では、雲仙火山や霧島火山など、九州の火山の構造探査を対象として、火山体浅部の地下水の分布と噴火前兆現象の発現との関係の解明や、マグマ溜りの存在する深さと噴火様式との関係などについて研究がなされている。

6-7. Study on Crustal Resistivity Structure

The crustal resistivity structure is investigated in areas of high seismic and volcanic activities. The results from seismically active areas indicate a relation between distribution of microearthquakes and/or deep seated active faults and crustal resistivity. In volcanic areas, investigations aim to clarify the relations between ground water distribution and precursory signal generation, depth to magma source and features of volcanic eruption.

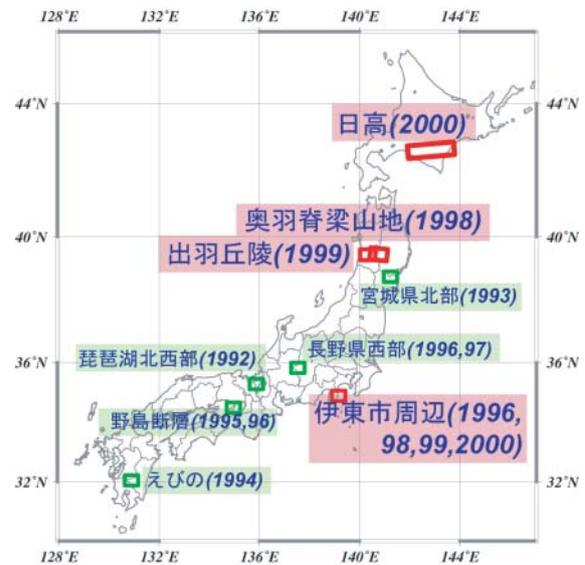


図1. 地殻比抵抗研究グループによる構造調査域。
Fig.1. Sites of resistivity structure investigations performed by research group for resistivity structure.

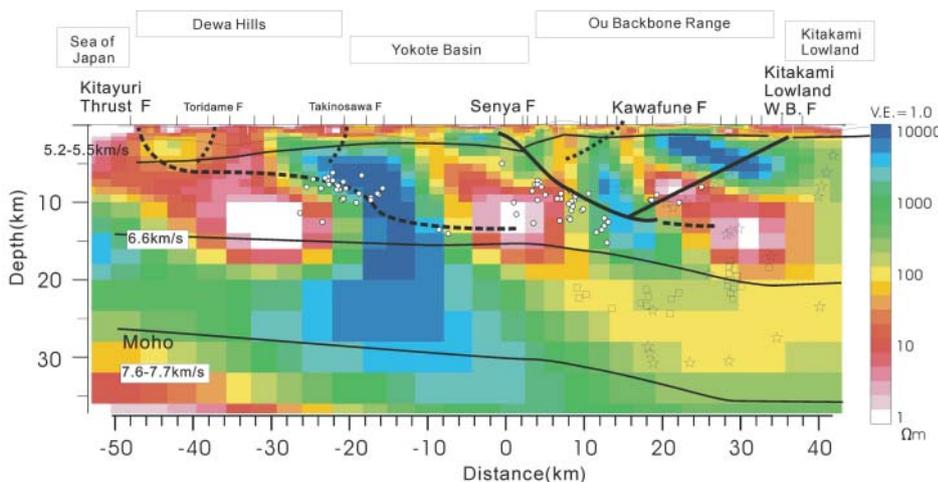


Fig.2. 2-D resistivity cross section determined by analysis of wide-band MT survey performed at Ou Backbone Range and Dewa Hills. Also shown are seismicity data after Umino et al.(2000) (circles), S-wave reflectors (squares) & P-wave scatterers (stars) determined by Asano(1998), seismic relection result after Hirata et al.(1999), and seismic refraction result after Iwasaki et al.(1999).

図2. 奥羽脊梁山地、出羽丘陵における広帯域MT観測データの解析によって得られた2次元比抵抗断面。微小地震震源分布（海野他，2000）を丸で示し、S波反射面とP波散乱体の分布（浅野，1998）をそれぞれ四角と星で示している。反射法から推定された地下の断層面（平田他，2000）と岩崎他（1999）による地震波速度構造をあわせて示している。

6-8 . 火山体構造探査

火山噴火を理解し、噴火予知の信頼性を高めるには、火山の地下がどうなっているかを知ることが重要である。マグマはどこにあるか？噴火の前にはどのように上昇してくるか？その時、噴火の前兆現象はどこでどのように発生するのか？こうした疑問に答えるため、火山噴火予知計画の一環として、平成6年から火山体構造探査が始められた。この実験は、全国の火山研究者の共同研究として実施され、地震研究所の火山噴火予知研究推進センターが推進している。これまでに図1に示す霧島、雲仙、磐梯、阿蘇、伊豆大島、岩手の各火山において探査が行われ、毎年全国から90名余りの研究者が参加している。

実験は、地震や電磁気、その他の地球物理学的手法で行われているが、探査手法の開発も含めた幅広い視点で実施している。人工地震による探査は、火山周辺の6ヶ所で爆破を行い、それによって生じる振動をおよそ300ヶ所に設置した地震計で観測する。観測データは、不均質性の強い火山の構造を解明するために本研究グループによって開発された波線追跡法によって精密な3次元インバージョンを行い、火山の地下およそ3 kmまでの詳細な速度構造が明らかにされるようになってきている。しかしマグマ溜りが存在すると考えられている地下3 km以深の構造を明らかにするには探査深度が不足しており、人工地震データに加えて自然地震データを利用した探査を併用する手法を開発中である。地震計を100台以上設置して長期に観測を行う実験を行ったり、重力データを加えて構造を決定する手法の開発も行っている。図2は、伊豆大島において重力データも加えて推定した速度構造である。深さ5 kmほどにマグマ溜りと考えられる低速度域が検知されたほか、ダイクの集合体と考えられる高速度域が深さ1 kmほどに見出されている。

電磁気構造探査では、多くの火山の地下10km程度に抵抗の低い層が広がっており、火口直下では浅くなっている事が判明した。この層は、マグマ、あるいは火山ガスの上昇域に対応していると考えられる。また、地表付近に抵抗の低い層が広がっており、熱水を多く含む層あるいは熱変質を受けた層と考えられている。深部から上昇してきたマグマや火山ガスは、この層と接触して、火山性微動や地熱異常などさまざまな噴火の前兆を引き起こしている。

6-8. Joint volcanological experiment on volcanic structure and magma supply system

Since 1994, joint experiment has been conducted in several volcanoes in Japan to reveal the structure and the magma supply system by the scientist group of national universities under the National Research Project for Prediction of Volcanic Eruptions (Fig.1). Volcano Research Center conducts and promotes this experiment. The experiment was carried out by seismological, electromagnetic and other geophysical methods.

Seismic explosion experiments succeed to determine a precise velocity structure up to 3km in depth by high-density observation network and newly developed seismic tracing method. In recent years, new method, which combines teleseismic and gravity data, succeeded in detecting some anomalous regions related to magmatic activity in Izu-Oshima Volcano (Fig.2).

Electromagnetic survey found that the deep low resistivity region about 10 km below the surface, and the shallow low resistivity region about 1 km below the surface. Shallow low resistivity region, which is interpreted as a water-saturated porous layer, plays an important role in controlling types of eruption and in generating precursory phenomena of volcanic eruptions.

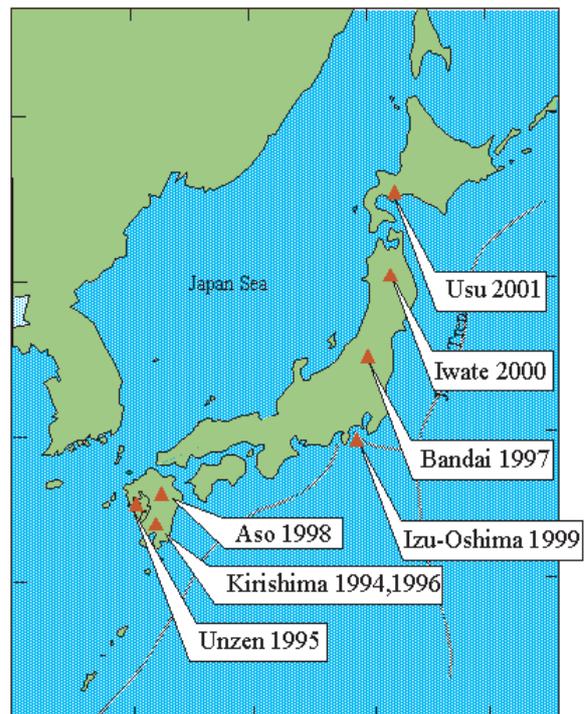


図1 . 火山体構造探査実施火山 .

Fig.1. Joint volcanological experiment on volcanic structure and magma supply system in Japan.

P-wave Velocity

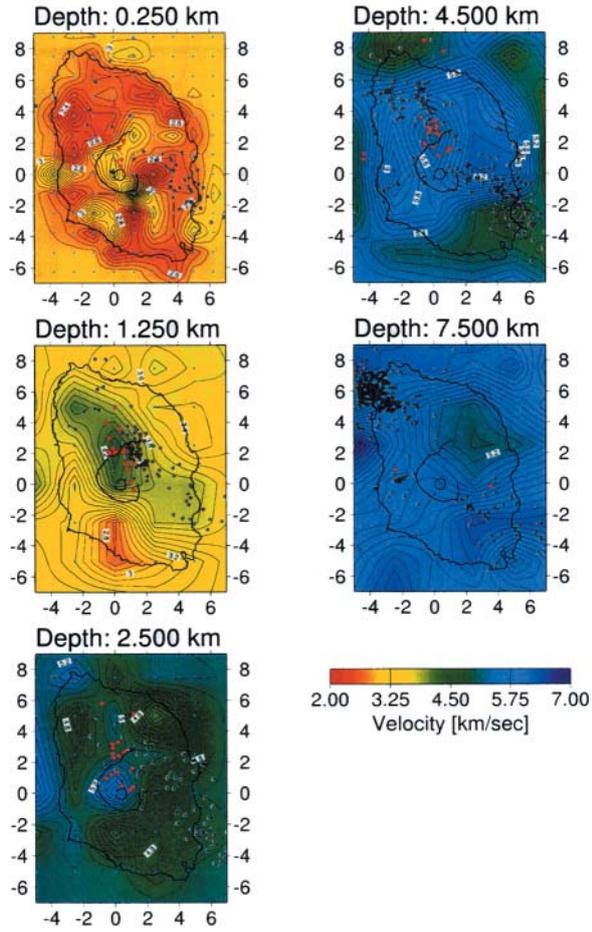


図2 . 伊豆大島火山の速度構造 .
Fig.2. Velocity structure of Izu-Oshima Volcano.

7．近年の地震と火山活動研究 Researches of Earthquakes and Volcanic Eruptions in the Recent Few Years

7-1．台湾地震

1999年9月21日午前1時47分（現地時間）ごろ、台湾中部でMw7.7の大地震が発生し、6800棟以上の建物が倒壊した。震源地は南投県集集鎮付近であった。地震による被害は震源に近い南投県や周辺の台中市などの台湾中部に集中し、死者は2297人に及んだ。長さ80kmにわたって縦ずれ成分に富む地表地震断層が出現した。断層の一部は川を横切り、落差8mの滝をつかった（図1）。



図1．地震断層は豊原市大甲溪に滝をつくり、橋を壊した（1999年9月23日撮影）。

Fig.1. The Tachia River in Fengyuan was cut by an 8 m displacement that created a new waterfall and destroyed a bridge.

台湾はフィリピン海プレートの上ののったルソン弧と中国大陸との衝突帯である。大陸とルソン弧の間にたまった堆積物が衝突で掻き上げられて付加体となって隆起し、逆断層で切られている。そのような断層の一つがこの大地震を引き起こした車籠埔断層である（図2）。衝突が若いので海溝陸側の付加体構造と類似し、海溝系地震ともみなすことができる。

この大地震はどのような歪み場の中で発生したのであろうか。台湾で本地震前に実施されたGPS観測データから推定した歪み速度分布を図3に示す。この地震は台湾東部と南西部のひずみ速度の比較的大きな地域から少しはずれたひずみ速度が比較的小さな場所で発生したことがわかる。

東京大学地震研究所は、地震発生直後から情報の収集に努め、まずグローバル広帯域地震観測網の遠地実体波記録を用いて震源過程を調べ、結果をいち早くホームページで公開した。その後、台湾全土の高密度強震計データを加えて波形解析を行い、図4のような詳細な震源過程を得た。震源断層は南北80kmにわたり、その北西端で約9mの最大ずべりを生じた。

7-1. The 1999 Chi-Chi, Taiwan, Earthquake

In the early morning of September 21, 1999, the destructive earthquake of Mw7.7 struck central Taiwan near the small town of Chi-Chi. There were 2297 deaths and about 6800 buildings destroyed. It was accompanied by extensive faulting, which trends about north-south and was traced for about 80 km along the Chelungpu fault. The principal surface expression of faulting appeared on the riverbed and it created a new waterfall (Fig. 1).

Taiwan is located in a collision zone between the Asian continent and the Luzon Arc on the Philippine Sea plate. The Tertiary sediments on the continental margin have been off-scraped and sliced by thrusts due to the collision, forming the uplifted mountain range. One of the thrusts is the Chelungpu fault on which the Chi-Chi earthquake occurred (Fig.2). Because the collision is young, the geological structure is close to that of the subduction zone.

In order to help understand tectonic background of the

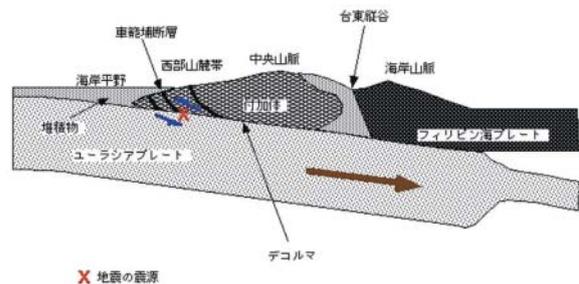


図2．台湾中部の地質構造東西断面。台東縦谷が衝突の縫合線であるが、プレート相対運動のかなりの部分は、西部山麓帯の下の付加体を切る逆断層で消費されている。1999台湾大地震をおこした車籠埔断層もそのような逆断層の一つである。

Fig.2. Geological cross-section of central Taiwan. The Longitudinal Valley is the suture zone of the collision, but the relative plate motion is also consumed at the thrusts and the decollement beneath the Western Foothills. The ChiChi earthquake occurred on one of such thrusts.

1999 Chichi, Taiwan earthquake, ERI analyzed data from the repeated GPS surveys conducted during a period of 1990-1995 in Taiwan. Figure 3 shows obtained pattern of maximum shear strain in the period. Shallow earthquakes in the same period are also shown. The figure indicates that the 1999 earthquake occurred in the area of relatively low strain rates between the eastern Coastal range and the southwestern area of high strain rates.

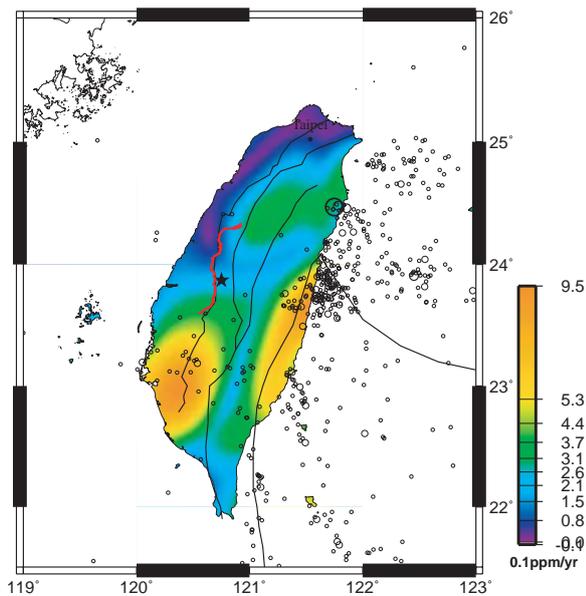


図3 . GPSデータに基づく最大ずりひずみ速度分布 (1990-1995) . 同期間の浅い地震の震源も示す (d 30km, M 4.0) . 印は1999年集集地震の震源 . 黒い線は活断層 . 赤線は地震断層の位置を示す .

Fig.3. Maximum shear strains of the Taiwanese islands estimated by the Least Square Prediction method for the period 1990-1995. Shallow earthquakes (d 30km) of magnitude greater than or equal to 4.0 for the period from 1990 to 1995 are plotted (ISC database). Black asterisk shows the epicenter of the Chi-chi earthquake and the red line denotes the surface faults.

この高密度強震計データによれば、車籠埔断層、特にその北側部分の近傍で異例に大きく、長周期成分に富んだ地動速度が観測されているが、この地震動による被害はそれほど大きくなかった。それに対して、断層より10kmから20km以上離れた震央付近からその東側にかけての地域で、甚大な被害が発生し、速度・加速度ともに大きい強震動が観測された。地震研究所ではこれらの強震動記録が得られた地点付近の学校建物の被害調査を行うとともに、強震記録を入力とする地震応答解析を行い、実際の被害と強震動の関係を明らかにした。

集集地震は台湾中部の褶曲-衝上断層帯で発生した地震であり、地震にともなって大規模な地表地震断層が出現した。地震研究所では、この地震断層の正確な実変位量・変位方向と地震断層の性状を記載するために現地調査をおこなった。精密測量によって復元された変位ベクトルは北部で大きく10.1mである。変位ベクトルの方向はGPSによる調査の結果と調和的であった。地震断層は一部区間を除いて、変動地形的に認定される活断層とよく一致している。また、数万年間の平均的な地殻変動を明らかにするために、震源域周辺の変動地形調査をおこなった。車籠埔断層はその西側の彰化断層とともに東傾斜の衝上断層系をなしており、過去10万年間の累積した変形ではともに同程度の変形量を示している。

地震研究所では、本震発生15日後に20台の地震計

Soon after the earthquake, ERI set up the special page on the web site, and tried to provide information about relevant researches and surveys on the Chi-Chi earthquake. A preliminary result of the source process was obtained on the following days from teleseismic data, notifying that the major moment release occurred about 40 km north of the epicenter. Figure 4 shows a spatial distribution of the fault slip obtained from the joint analysis of teleseismic data and strong motion data. The maximum slip amounts to about 9 m near the end of seismic fault.

In the strong motion data, we find very large long-period ground velocities around the northern part of the Chelungpu fault, but they did not cause very severe damage. Damaging ground motions with large velocities and accelerations happened in the epicentral area and the east of it, which are 10 to 20 km or more away from the fault. ERI investigated the damage to the buildings close to observation stations, and derived the relation between the actual damage and strong ground motion by carrying out earthquake response analyses with strong motion records as inputs.

The surface ruptures with a large displacement, associated with the Chi-Chi earthquake, appeared along the Chelungpu fault, which is an out-of-sequence thrust in the fold-and-thrust belt in the western Taiwan. To determine the exact amount of net-slip and direction, ERI carried out field survey in October 1999. The maximum amount of net-slip obtained was 10.1 m in the northern part of the fault. The slip directions are concordant with those from GPS measurements. The surface ruptures occurred along the pre-existing active faults determined

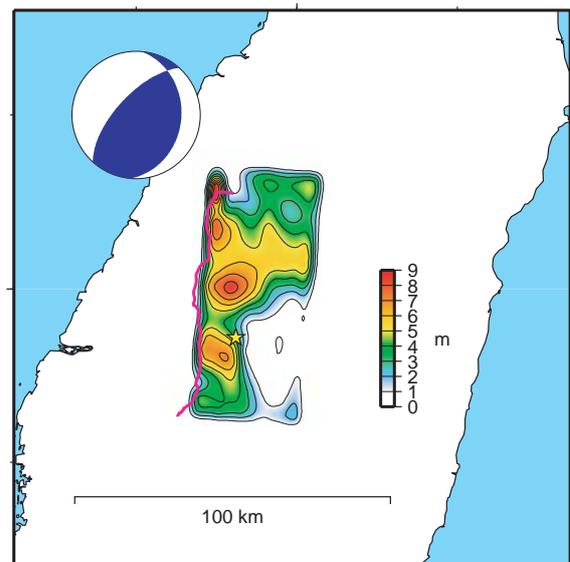


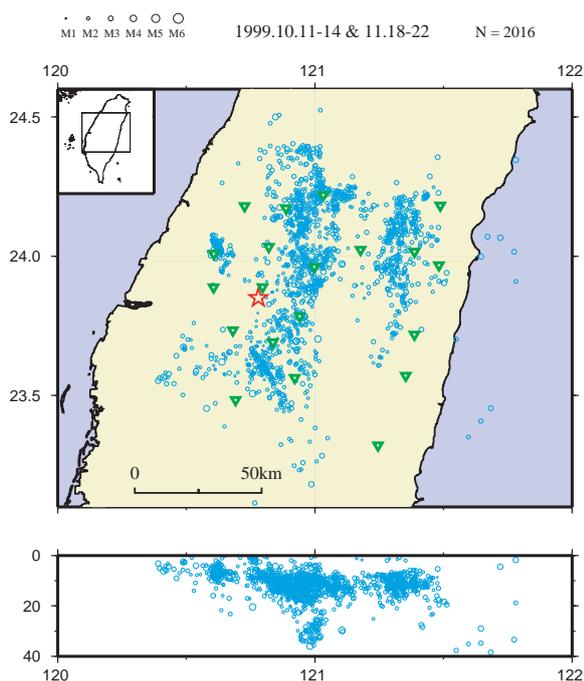
図4 震源断層上の断層すべり分布。遠地実体波と近地強震計記録の解析によって得られた。印は震央。

Fig.4. Spatial distribution of the fault slip obtained from teleseismic data and strong motion data. Star indicates the epicenter and solid curve indicates the Chelungpu fault

を現地へ持ち込んで約2ヵ月半の余震観測を行った。20,000個以上の地震が観測され、約2,000個の地震に対して、地殻内の速度構造の不均質を考慮して震源再決定を行った(図5)。余震は、東に約30度で傾く面上に分布し、深さ約15kmでは水平に広がり、更に、本震直下約30km付近にも分布している。これらの震源分布は、この地震がユーラシアプレートの付加体下部で発生したことを示している。

余震の活発さをあらかじめ明らかにすることは、防災の見地から必要であり、住民の抱く過度の不安の除去に役立つ。そこで、この大地震の余震活動の特徴を速やかにとらえ、予め定めた期間にある大きさ以上の余震が何回起こるか予測することを試みた。余震活動の経過を改良大森公式に当てはめ、設定した期間に起こる余震数の期待値を求めた。本震から2ヵ月の期間に計13回の予測を行い、11回は予測幅の範囲に収まった。

地震研究所では、地震後の余効的地殻変動を観測するために2周波GPS受信機2台と本研究所で開発された小型1周波GPS受信機8台を地震発生約3週間後に設置した。約6ヵ月後の2000年3月下旬に撤収した。小型1周波GPS受信機は低消費電力であるため、商用電源を使用せず自動車用バッテリーと太陽電池パネルを用いることができる。そのため、商用電源の有無にかかわらずGPS受信機を設置することができた。観測点は地表に現れた地表断層の北部にあたる台中市から東方に直線状に配置した。地表断層をはさんで下盤(西側)での変位は観測されなかったが上盤(東側)では一月平均で1~1.5cm西へ移動していることが観測された。台湾中央科学研究院による震央付近におけるGPS余効変動観測ではここで求められた値の4~6倍の変位が得られており、余効変動が空間的に均一ではないことがわかった。



by tectonic geomorphology, except for the short segment in the northern part of the fault. The survey of tectonic geomorphology across the Chelungpu fault in 2000, revealed the vertical crustal movement last 100 ka, suggesting that the amount of slip along the frontal thrust (Changhua fault) is as large as one of the out-of-sequence thrust (Chelungpu fault).

ERI have conducted an aftershock observation of the 1999 Chi-Chi, Taiwan, Earthquake. We deployed 20 seismographs in and around the focal area. For two months observation we recorded a large number of aftershocks. Taking the lateral heterogeneity in the crustal structure into account, we have a clear distribution of aftershocks (Fig.5). There are three particular trends in an east-west cross section: an east dipping distribution, a very low angle distribution, and a deeper distribution. They correspond to the fault plane of the main shock, the supposed decollement between the accretionary wedge and the upper boundary of the Eurasian Plate, and activities in the Eurasian plate.

A plausible range of the number of major aftershocks of the 1999 Chi-Chi, Taiwan earthquake was tried to predict. Based on the modified Omori formula, the number expected in a certain time period was estimated. Among 13 trials of prediction, 11 cases were successful during 2 months after the main shock. Such an attempt will contribute to the temporary planning of disaster prevention and elimination of over-anxiety among the people in the epicentral area.

In order to observe postseismic deformation, ERI deployed eight single frequency and two dual frequency GPS receivers about three weeks after the Chi-Chi Earthquake. The single frequency receiver is developed in ERI. Ten GPS receivers formed the linear array perpendicular to the strike of the earthquake fault. This GPS line array crosses the fault trace on the surface from Taichung City to central mountain area because the surface projection of the maximum slip area on the fault is about 40 km east of Taichung City. We detected the movement to the west at the sites on the hanging wall in the eastern area, while no movement on the footwall in the western area. The displacement rates are 1 to 1.5 cm/month, suggesting heterogeneous postseismic deformation.

図5 . 1999年台湾集集地震の余震分布。観測点補正値を加えて再決定した震央分布とその東西断面図。本震の位置は星印、観測点は逆三角で表した。

Fig.5. Aftershock distribution with a station correction. Epicenters (upper) and a depth distribution (lower) are shown. A star and inverse triangles indicate the main shock and observation stations, respectively.

7-2 . 有珠山2000年噴火

今度の有珠山の噴火では、顕著な地震活動が前駆するという有珠山特有の性質を活かして噴火の開始を上手く予知できたことが、大学の火山観測研究史において画期的な事件であった。有珠山では噴火の4日前からの急激な地震活動の活発化が見られた。その後、山頂部の隆起に引き続いて、2000年3月31日、北西山腹（西山西麓）でマグマ水蒸気爆発が発生した。翌4月1日にはその北の金毘羅山でも噴火が始まった。噴火の勢いは時間とともに減少し、噴火は火口から勢いの良い土砂噴出を伴うタイプの水蒸気爆発（図1）を経て、火口の直上で泥が炸裂するタイプへと移行した。水蒸気爆発によって、多数の火口が出現した。西山西麓では4月3日頃から顕著な地割れを伴って隆起現象が観察され、その隆起率は時間と共に減少した。今回の噴火は、一旦、山頂直下に貫入したマグマが北西方の浅部に移動して開始したと考えられる。また、噴火には地下水が強く関与し、火口下への水の供給が時間と共に減少したため、噴火様式が変化したものと考えられる。今回の噴火は1910年に水蒸気爆発を起こして潜在ドームを使った明治噴火と良く似たパターンであった。



図1 . 有珠山西麓での水蒸気爆発。手前が西山火口、奥が金毘羅山火口。背後は洞爺湖と温泉街。4月10日陸上自衛隊ヘリコプターから撮影。

Figure 1. Phreatic eruptions at the western flank of Usu volcano. Craters locate at west Nishiyama (in front) and Kompirayama. Background is Lake Toya and the hot spring resort. Taken from a helicopter of Ground Self-Defense Force on April 10, 2000.

7-2. Usu 2000 eruption

A commencement of eruption at Usu in 2000 was predicted successively, empirically using the eruptive behavior of this volcano. This was an epoch making event in the history of university researches on volcanic eruptions. Seismic activity had become high in level at Usu volcano four days before eruption. Following inflation of the summit area, eruption started with phreatomagmatic eruption at the northwestern flank of the volcano (west Nishiyama) on March 31, 2000. The next day eruption also began in Kompirayama north of the first eruption. The scale of eruption had decreased with time, changing from issuing cock's tail jet (Fig. 1) to explosion of mud just above the craters. Multiple craters appeared by repeating phreatic explosions. Uplifting of west Nishiyama became clear on April 3, being accompanied with many faults, though the rate of uplifting decreased with time. It is considered that the eruption started, following the northwestward migration of magma that once intruded just beneath the summit. Temporal change of the eruption mode is likely to have reflected gradual decreasing in water inflow into the vent. The scenario of this eruption was close to the 1910 eruption that formed a cryptodome being associated with phreatic eruptions.

ERI supported the national university's emergent research project on this eruption, serving observation equipment, securing travel expenses for researchers, establishing emergent observation system, making applications for observation researches to the Ministry of Education, and so on. ERI itself organized the examination committee for maintaining its functions in emergent events, and set the steering office for the Usu eruption on March 30, a day before the eruption. The office gathered information related to the eruptive activity and provided it inside and outside the institute, and, as the cooperative research center of national universities, made communication and negotiation with the outside. Homepage of Usu eruption in the ERI server functioned effectively to distribute information on the research activity outside. Apart from the researches, ERI loaned four satellite telemetry systems to Japan Meteorological Agency for monitoring the eruptive activity, and dispatched technicians to install them.

Seismic and tilt observation: We have conducted broadband seismic observation at Usu volcano since just before the first eruption on March 31, 2000 in cooperation with other universities. In the broadband seismic observations, 13 broadband sensors were installed with continuous recording mode. Spectral analysis of the broadband data revealed the existence of very-long-period seismic tremor with dominant period longer than 10 sec, which cannot be detected by conventional short-period seismometer (for details, see 5-6 Broadband seismic observation of volcanoes). We also installed 3 tiltmeters in April 14-17 around Usu volcano. Recording and analysis of tilt data have been conducted at Usu Volcano Observatory, Hokkaido

地震研究所は、この噴火に関して、大学の観測研究支援を行った。すなわち、観測体制の整備支援、観測班の旅費の確保、緊急観測体制整備に関する調査、および文部省への申請書類の作成などである。さらに、「緊急時における研究所の機能確保のための指針規則」にしたがって、3月30日に検討会を設置した。検討会では、連絡本部を地震研究所内部に設置し、現地調査観測活動の状況把握と支援、情報の収集と提供、文部省などとの対外折衝、他機関との情報交換などを目的とした。情報発信にはホームページが有効に使われた。大学の火山観測とは別に、火山活動監視のために、気象庁から地震研究所へ衛星テレメータ装置（合計4台）の貸与申し込みがあり、装置設置のための技術官の派遣も行った。

地震・傾斜観測： 3月31日に噴火を開始した北海道有珠山において、噴火直前から他大学と共同で広帯域地震計による観測を実施した。この観測では、CMG-3T, STS-2, CMG-40T等の広帯域地震計を、のべ13箇所に設置し、無線テレメータおよび現地収録方式で連続観測を行った。波形解析から、活動初期に周期10秒以上の長周期微動が西山付近を震源として発生していることがわかり、熱水の寄与の可能性が議論されている（詳細は、5-6 火山での広帯域地震観測を参照）。このような長周期の微動は、通常の地震計では観測することができない。傾斜観測では、2000年4月14-17日に有珠山周辺の3点に傾斜計を設置した。その後、データ収録・解析は有珠火山観測所に引継がれた。

稠密GPS連続観測： 有珠火山およびその周辺の地殻変動を把握するために北海道大学を中心として東北大学、名古屋大学、九州大学と共同で2周波GPS観測点を6点設置した。これにより約5kmの平均基線長を持つGPS観測網を設置することができた。この観測網で観測されたデータから地殻変動を準リアルタイムで得ることができ、変動を監視するために北大と共同でGPS自動解析システムを構築した。これは6時間ごとに各観測点からGPSデータを携帯電話で回収し、Bernese GPS Software Ver 4.0 BPEを用いて解析を行い、結果を北大のホームページで公開した。このシステムにより噴火口にもっとも近い観測点で5月上旬までは約20cm/月、その後5月中旬から変動が小さくなったことが観測された。

重力観測： 噴火後の5月から1カ月以上の間、北大と共同で、火口から2kmの地点で絶対重力の連続観測を世界に先駆けて実施した（図2）。5月20日頃までは減少傾向が続いていたのが、それ以降は増加傾向に転じたことが明瞭に捉えられた。高精度な絶対重力計による測定によって初めて可能となった結

University.

GPS: To observe the deformation in and around the Usu Volcano dual frequency GPS receivers were deployed at six sites whose averaged baseline length is about 5km. Our institute collaborated with Hokkaido University, Tohoku University, Nagoya University and Kyushu University in this operation. To detect deformation of the volcano every day we construct the automatic analysis system of the GPS data with Hokkaido University. This system get the GPS data every 6 hours using a mobile phone, then calculate the deformation with Bernese GPS software Ver. 4.0 BPE. Finally, the figures of the time-series are upload on the Home Page of the Hokkaido University. We can detect about 20cm/month at the nearest site to the crater until the begging of May 2000 and deformation rate is decrease in middle May. It became possible that the position of the sites could get every several hours by this system.

Gravity: After the eruption of 2000 Usu volcano, we carried out an absolute gravity measurement in conjunction with Hokkaido University for more than 1 month since 14 May, 2000; the site is only 2 km away from the eruption vent. Figure 2 clearly illustrates a gravity decrease until around 22 May, followed by an increasing trend; such a small but significant gravity change could never be detected until we used a high

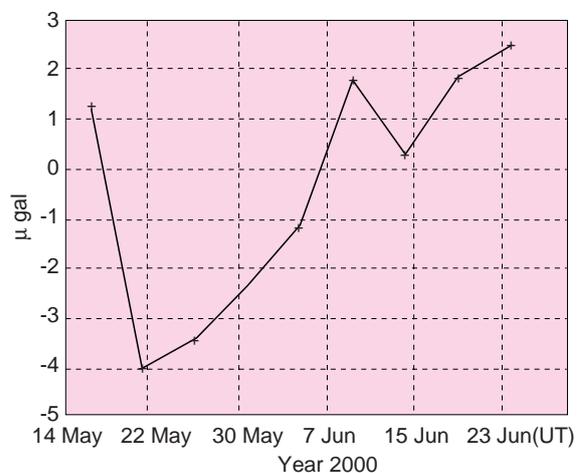


図2. 北大有珠火山観測所（火口から2km）における絶対重力変化（単位はマイクロガル = 10^{-6}cm/s^2 ）；絶対重力の平均値は980423007.7マイクロガル。5月22日頃まで重力が減少し、それ以降に増加しているのは、周辺の地殻の隆起が沈降に転じたことに対応していると考えられる。

Figure 2. Absolute gravity change (unit in microgal = 10^{-6}cm/s^2) at Usu Volcano Observatory, Hokkaido University, which is only 2 km away from the eruption vent; mean absolute gravity is 980423007.7 microgal. Gravity continued to decrease until around 22 May, when it begins to increase. This probably reflects a commencement of subsidence after the preceding uplift of nearby ground surface.

果である．周辺地域の地殻変動が，このころを境に隆起から沈降に転じていたこととも整合する．

熱観測： 有珠山の総合観測の一環として，有珠火山北西部の新火口群から放出される噴煙の映像を解析して放熱量を推定した．放熱量は間欠的に噴火が発生していた噴火当初はあまり大きくなく，常時噴煙をあげるようになった4月7日頃急速に増大し，その後徐々に減少した．噴火開始から1ヶ月間の放熱量の平均は約2GWで，前回の1977～78年噴火時よりおよそ1桁大きい．このことは，マグマが貫入した領域に地下水が豊富に存在し，マグマとの間に活発な熱交換が行われたために放熱量が1桁大きくなり，その結果として噴火活動が短期間に終了するようになったと考えられる．この他に噴煙の赤外映像を解析する基礎的な研究も行った．

写真観測： 噴火による山体の変動を明らかにするため，定点を設けてデジタルカメラで撮影を繰り返した．西山火口群から西へ15-16kmほど離れた豊浦町の観測地点から4月3日に撮影を開始し，4月4日には火口付近が1日あたり1m以上の速さで隆起していることが時間差実体視で明らかとなった．隆起は日を追って減速したものの，その量は合計で10m以上に達した．変動には南向きの成分が大きく，その向きを逆にたどると，西山火口群中央部付近の地下の比較的浅いところにマグマが上昇し，周辺を押し上げたことが示唆された．

precision absolute gravimeter. The detected absolute gravity change is consistent with the changes in ground deformation measured around the Usu volcano.

Geothermal observation: Heat discharge rate from the newly opened craters on the northwestern part of Usu Volcano is estimated by analyzing video images of the volcanic smoke as a part of the joint observation. The heat discharge rate was rather small at the beginning stage of the eruption, which has intermittent explosions, but increased rapidly on about April 7, which has continuous eruptions, and decreased gradually within one month. The amount of the heat discharge for 1-month from the beginning of the eruption is estimated about 2GW in average, which is 10 times of the discharge rate in the last eruption in 1977-78. The large discharge rate caused by the intense interaction of ground water and magma may make eruptions to finish in a short time. The fundamental research of analyzing the infrared imagery of the volcanic smoke was also done.

Time-differential stereoscopy observation: Volcanic deformation was tried to detect by digital photographs taken exactly at the same location. At Toyoura town about 15-16km west of the Nishiyama craters, it was possible to observe a part of the craters. Using a pair of photographs taken at this point after April 3, 2000, remarkable uplift more than 1 m per day was proved on April 4 around the craters by a time-differential stereoscopy. The uplift attained more than 10 m in total with gradual decrease in rate. Considering the direction of the uplift with southward shift of the ground surface, a certain amount of magma was suggested to intrude at a shallow depth beneath the middle of the Nishiyama craters.

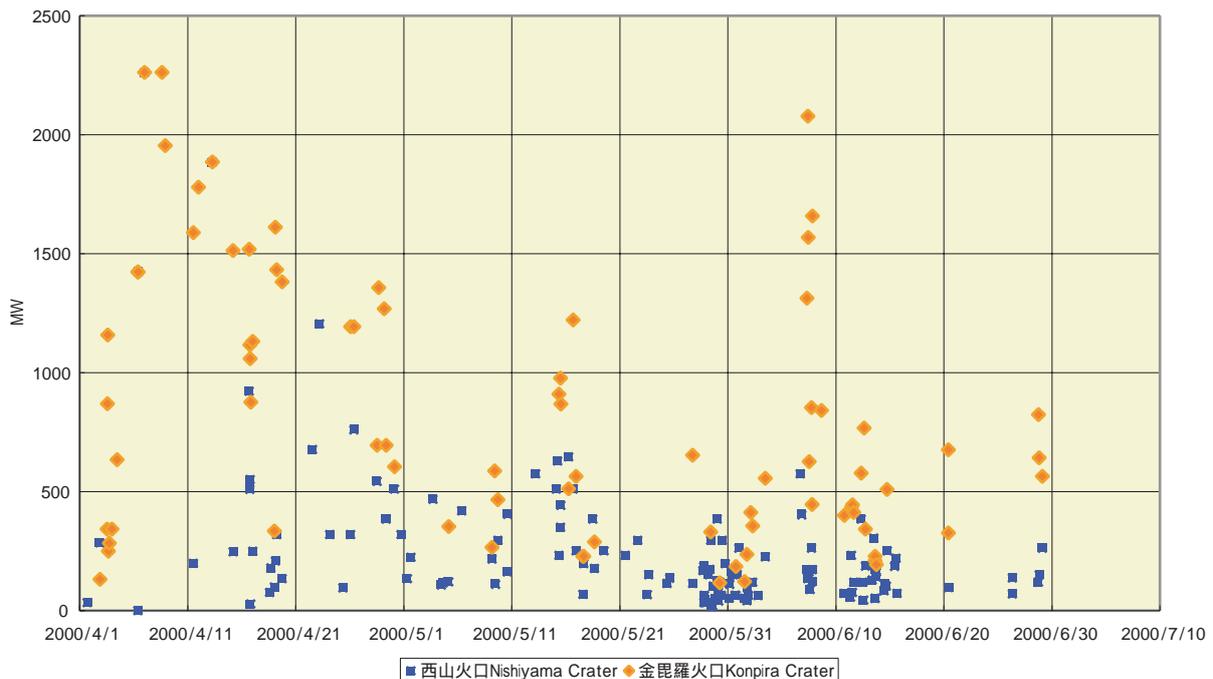


図3．有珠火山の放熱量の変化．

Figure 3. Variation of the heat discharge rate of Usu Volcano.

<<調査観測の支援体制>>

地震研究所の対応

2000年6月26日午後7時30分、気象庁より臨時火山情報第1号が出された。地震研究所はこれに呼応して同夜10時、「三宅島火山活動に関する連絡本部」(本部長：情報センター長、構成員：火山センター及び情報センターの教職員)を立ち上げた。連絡本部は、同夜ただちに三宅島に向かった電磁気観測班との連絡を皮切りに、出張者の把握、連絡、情報の収集、研究報告会の実施、広報(HPやマスコミ対応)など、調査観測研究の後方支援を行ってきた。火山活動は6月末に終息に向かうかに見えたが、連絡本部としては規模を縮小しつつも体制を継続した。結果的にはこのことが後の本格的な火山噴火及び神津島新島群発地震活動に際しても機敏な対応・情報提供を可能にした。その後、火山ガスの大量放出という更なる火山活動の展開や泥流の発生によるライフライン被害の現実を前に、9月4日全島避難措置がとられることとなった。これを契機に大学としてはより本格的な観測研究体制の構築を図るべく大学総合観測班を立ち上げた。

大学総合観測班の活動

2000年の三宅島噴火前から、多くの火山研究者は21世紀初頭には次の噴火が発生すると考えていた。そのため、様々な調査研究が精力的に行なわれてきた。全磁力の観測から地下の温度上昇を捉えた事などはその1例である。噴火発生後は、火山研究者は精密観測を速やかに実行し、観測結果を報告したり、データの解釈にあたって助言を行うなどして、監視業務にあたる気象庁の支援に個別に貢献してきた。しかし、三宅島の活動が活発化したため、大学総合観測班が組織化された。観測班は、地震、地殻変動、重力、熱電磁気、火山ガス、地質物質科学の6分野と連絡調整からなり、地震研究所は総合観測班の活動拠点として事務局機能を果たした。総合観測班の観測・研究の目的は、およそ3000年ぶりに三宅島で進行しつつある活動の全貌を把握し、活動の予測のための物理過程の究明とモデルの検証を行うことである。総合観測班は、総合・研究の方針を決定し、方針に基づく予算要求のとりまとめや気象庁との観測調査の調整などを行っている。観測班の活動によって、わが国や世界の類似の火山活動に対する先導的研究が進みつつあり、高度化した観測や観測データの解釈、将来の活動予測などによって幅広く監視業務を担当する気象庁を支援している。総合観測班の活動状況や観測研究の方向性は随時ホームページに掲載されている。これらの内容は、火山研究者や

<<Organizations>>

• Immediate Response of ERI

On the evening of June 26, 2000, Japan Meteorological Agency (JMA) issued a caution of the Miyake-jima volcanic activity. A few hours later, ERI organized the steering office to support various kinds of geological and geophysical observations. The office gathered information on the eruptive activity as well as earthquake swarm which was induced probably by the migration of magma. Special page was set up on the ERI web site, where research activity and relevant information were provided in and outside ERI. The office also arranged temporal meetings for data examination and interpretation.

• University Consortium for the Integrated Volcanological Observation

Before the 2000 eruption of Miyake-Jima Volcano, many volcanologists thought that the next eruption would occur in the beginning of the next century. Therefore, various investigation researches have been done vigorously. After the beginning of the present volcanic activity, volcanologists started precise observations and contributed individually to JMA which has a responsibility to watch the volcanic activity by reporting the observations and advising on the interpretations. However since the activities of Miyake-Jima became high, University Consortium for the Integrated Volcanological Observation on the Miyake-jima has been organized. It consists of Head, coordinator, and six observation units (seismology, crustal movement, gravity, geothermal and electromagnetic research, volcanic gas, geology, and material science). ERI fulfilled a bureau function of this observation group. The purpose of this group is to observe the whole volcanic activities and to construct and verify a physical model of the Miyake-Jima eruption to predict the future activity.



図1 総合観測班の事務局機能

Fig.1. Bureau function of the University Consortium for the Integrated Volcanological Observation

防災・報道関係者のみならず，三宅島島民，市民からも高い評価を得ている．

<<調査観測研究で明らかになったこと>>

噴火と陥没火口の時間経過

三宅島では6月27日に小さな海底噴火が起こった．その後，7月8日に突然の山頂部の陥没が起こり（図2），断続的な噴火活動へと移行した．地質グループは噴火毎の噴出物の野外調査と室内での岩石学的解析を行うと共に，火山活動の観測を空からも続けた．最初に噴火したマグマは前回噴火と同じ化学組成を持つ．山頂の陥没口は8月中旬まで次第に拡大し続けた．その最終的な大きさは直径約1.6km深さ500mでその容積は0.5km³に達する．山頂からの噴出物量はわずかに0.01km³で陥没量に比べてはるかに小さい．このことは，今回の陥没イベントが，陸上噴火を伴わずに地下に大きな空洞ができたために生じたことを物語っている．噴出物は細粒の火山灰であり，明らかにマグマ物質と思われるものを含まず，熱水が強く絡んだ噴火であることを示す組成的特徴を持っていた．8月18日には噴煙が約15kmの高さまで上昇する最大規模の噴火であり，全島を火山灰が覆いつくし，住宅地にまで噴石が降り注いだ（図3）．また，8月29日の噴火では噴煙が「火砕流」様に横方向に流れ北岸の住宅地にまで達した．9月に入って噴火活動がほぼ収まったが，激しい脱ガスが続いている．



図2 2000年7月8日に出現した三宅島山頂陥没口．7月9日午前，海上保安庁機から撮影．

Fig.2. Collapsed crater at the summit of Miyake-jima volcano that appeared on July 8, 2000. Taken from an aircraft of Japan Coast Guard on the July 9 morning.

三宅島・神津島近海の地震活動の推移

三宅島から始まった地震活動は，すぐに三宅島の北西海域に移動し，M6級の地震5個を含む活発な

The bureau of the observation group decides the policy of the research and a budget requirement, and makes the adjustment of the observation with the JMA. The activity of this group is leading the research for the similar volcanic activity in Japan and in the world, and widely supports the JMA by the advanced observations and interpretation of the data. The activity of the observation group and the aim of the research are presented on the homepage. These pages get high evaluation not only from the community but also from Miyake-Jima islander and the citizen.

<< Research reports >>

• Sequence of the Summit Collapse and Eruptions

The eruption started with a small submarine eruption on 27 June 2000. A sudden collapse of the summit area on July 8 developed into intermittent eruptions from the summit (Fig. 2). Geologist group inspected products of each event, studied their petrology, and kept monitoring the eruptive activity from the air. The lava of the submarine eruption is close to that of the 1983 eruption. The dimension of the summit collapsed crater increased until mid-August; its final dimension is about 1.6 km across, 0.5 km deep and 0.5 km³. The total volume of eruptives is 0.01 km³, much smaller than the former. These strongly indicate the formation of large open space under the volcano prior to and during the eruptions. The products are fine volcanic ash, and unlikely contain essentials of this eruption, but have compositions showing strong contribution of hydrothermal fluid. The largest eruption whose ash cloud rose about 15 km above the summit took place on August 18. Volcanic ash of it fell over the whole Miyake-jima and stones were showered on the residential area. Ash clouds moved slowly such as pyroclastic flows, and enveloped houses in the northern coast on August 29 (Fig. 3). Though the eruptive activity itself had declined in September, strong degassing had continued since then.

• Earthquake swarm started under the Miyake Island

Earthquake activity spread toward the northwestern oceanic region. It includes five large earthquakes with the magnitude larger than 6.0 and a huge number of earthquakes. To get better resolution for the spatial and temporal changes in the activity, we conducted a series of pop-up and buoy telemetering ocean bottom seismometer observations. The epicenter distribution obtained strongly indicates a northwest-southeastern lineament. The vertical cross-section shows two trends; the deeper (7-13km) distribution forms a very thin zone

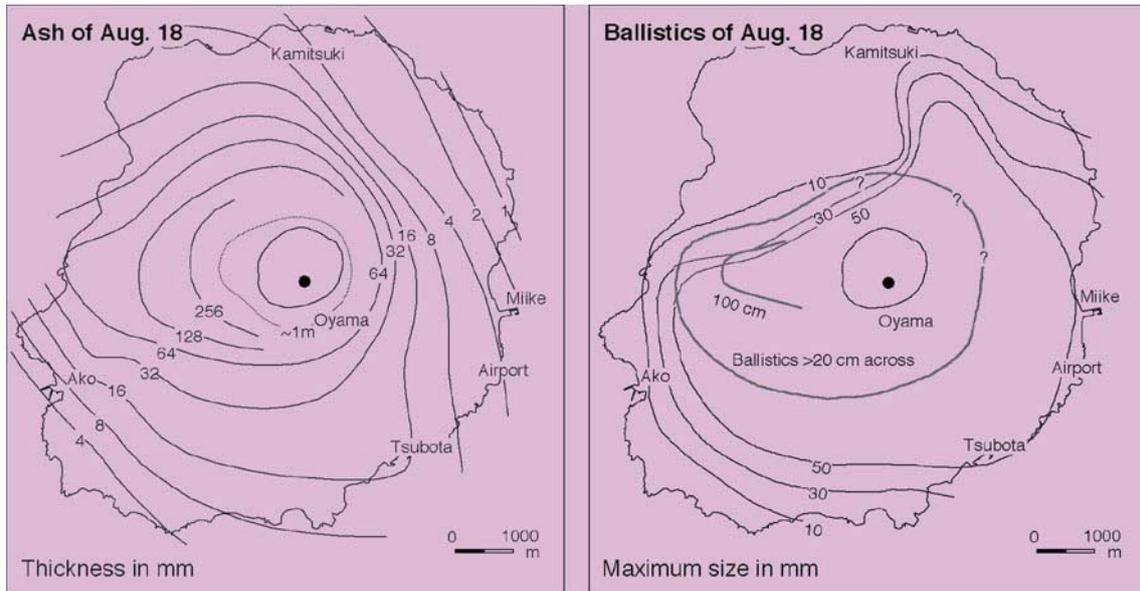


図3 . 8月18日噴火による火山灰および噴石の等層厚線図 .

Fig. 3. Deposition of eruption products of the August 18 eruption. Left: volcanic ash. Right: ballistics and cinders.

活動が三宅島・神津島近海およびその周辺部で発生した。これらの地震活動は海域で発生したため、自己浮上型の海底地震計とテレメータブイ方式の海底地震計を設置して詳細な震源分布を求めた。その結果、震源は深部で薄い板状の分布になっていて、地下のマグマの移動を示唆する重要な情報になっている(図4, 5)。

三宅島・神津島・新島・式根島での機動強震観測によって得られた減衰(Q^{-1})トモグラフィもマグマの移動を示唆する減衰帯の存在を示す(図6)。

and the shallower ($< 7\text{km}$) distribution is much thicker (Figs. 4, 5). This feature is important for understanding the behavior of the magma migration.

Several strong motion seismometers were also installed at the Izu-islands in the early stage of the earthquake swarm. The tomography of Q^{-1} obtained from these data clearly indicates high attenuation area in the straight between Miyake-jima and Kouzu-shima (orange area in Fig. 6).

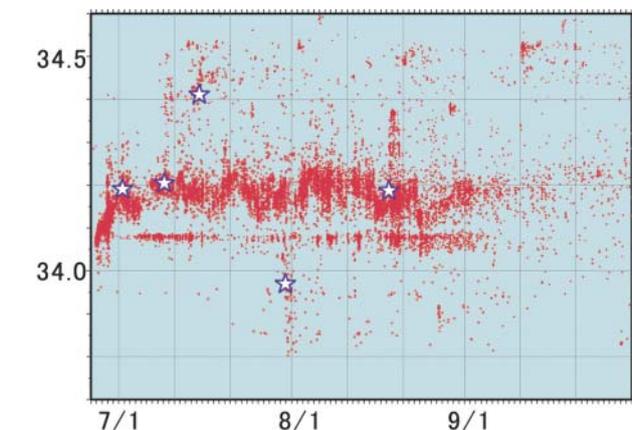
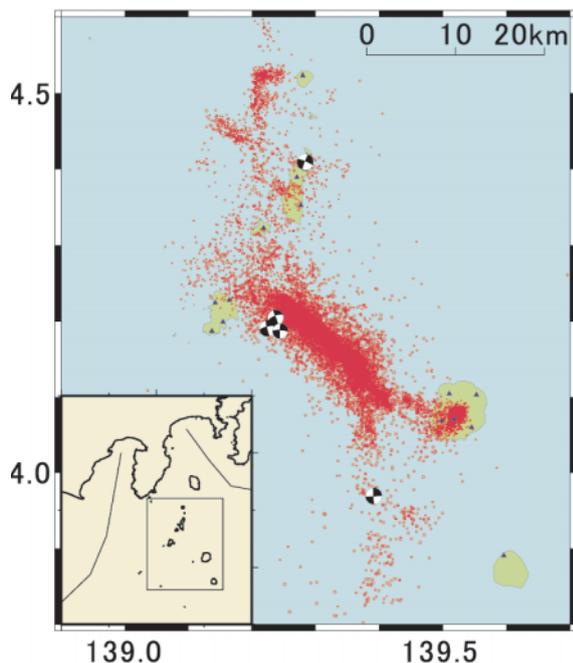


図4b . 震源の移動 (6月26日~9月30日) .

Fig. 4b. Time-space distribution (Jun. 26 - Sep. 30).

図4a . 震央分布図 (6月26日~12月31日) と主な地震のメカニズム解 .

Fig. 4a. Epicenter distribution (Jun. 26 - Dec. 31) and focal mechanisms.

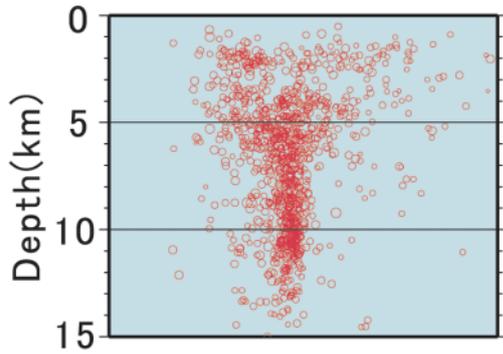


図5 . 50度回転して南西から見た深さ断面図 (精度の良いものだけ).

Fig.5. Cross-section rotated 50 degrees.

長周期地震波の発生源

7月8日の山頂陥没に伴う噴火の後, 同月11日ごろから長周期の地震波パルスが観測された. 地震波パルスの発生は防災科学技術研究所の設置した傾斜計で観測された山上がりの傾斜ステップと完全に対応している. 地震研究所が島内に設置した地震計の速度記録によると, 振幅はパルス毎に異なるものの, パルス幅は40~50秒とほぼ一定している(図7). 発生頻度は, 初めは1日に2~3回であったが, 次第に1~2日に1度の発生となり, 8月18日の噴火以降は発生していない. 震源位置は山頂火口の南~南西方向1km, 深さは2~3km程度と推定されている. この地震波パルスの多くは, モーメントマグニチュードMwで5に達し, 日本中の広帯域地震計で観測された. 波形解析からは, 10^7m^3 に達する体積膨張を伴うメカニズムが得られている. 長周期パルスの震源モデルについては, 直径数百m, 長さ2~3kmのピストン状の岩塊が火道内を間欠的に滑り落ちていき, 降下時にピストンがマグマ溜りに押し込まれることにより膨張パルスが発生するという「ピストン降下モデル」(図8)や, 大量の地下水がマグマの熱で急激に加熱され膨張してパルスを生じさせるという「地下水急膨張モデル」(図9)が提案されている.

図7 . 長周期地震波パルス. 最上段は三宅島内の広帯域地震計の記録, 下2段は本州の広帯域地震計(防災科技研)の記録.

Fig.7. Example of 50s-seismic pulses (2:10 July 14th). KAS: broadband seismometer in the Miyake-jima, JIZ and FUJ (NIED): broadband seismometer in Honshu.

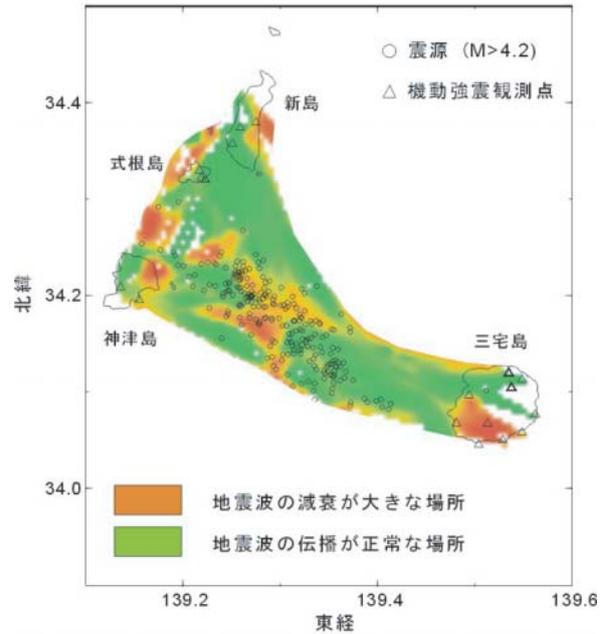
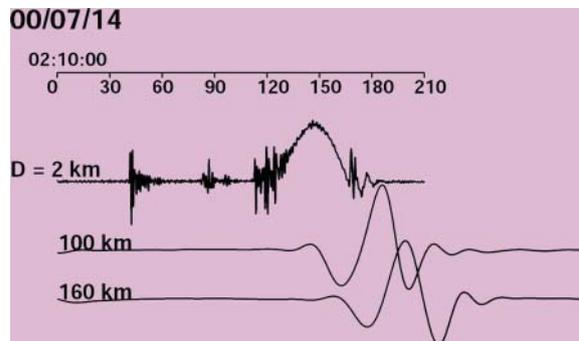


図6 . 強震データの解析による減衰トモグラフィ.

Fig.6. Tomography image obtained from strong motion data.

• Source Process of the long-period seismic pulses

Very-long-period seismic pulses (VLP pulses) were observed a few times a day from July 8 to Aug 18, 2000, synchronized with the step-like tilt increase (Fig. 7). The pulse width is 40 to 50 sec and is almost constant regardless their amplitude. The occurrence of VLP pulses completely ceased after the summit eruption on Aug 18. Waveform analyses of these signals show that the source mechanism of these pulses is characterized by large volume expansion of 10^7m^3 . Several models have been proposed. One is an intermittent subsidence of a piston in the volcanic conduit (Fig. 8). Another is an underground vapor expansion model (Fig. 9).



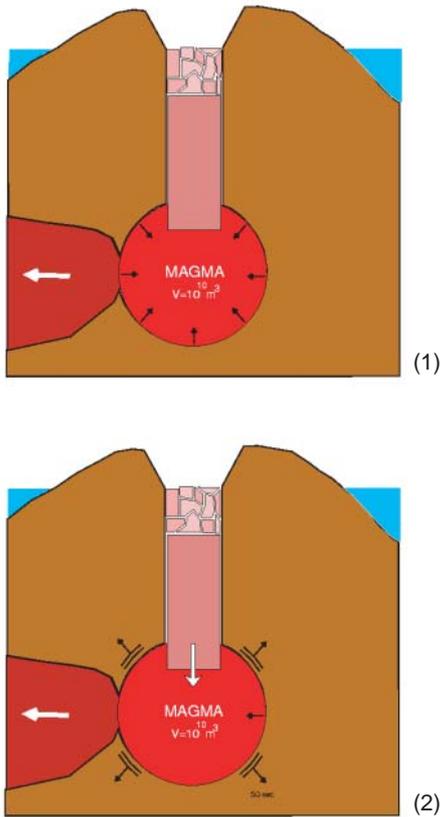


図8 . ピストン降下モデル：(1) マグマの流出によりマグマ溜り圧が徐々に下がるが、火道との摩擦で支えられてピストンは動かない。(2) 更なるマグマの流出で火道の摩擦がピストンを支えられなくなり、降下を開始。マグマ溜りへのピストンの突入に伴い、長周期地震波が発生する。

Fig. 8. "Piston drop model". Step 1: Pressure in the magma reservoir gradually decreases with steady magma flow from the reservoir. Piston has not yet started descending due to reservoir pressure and friction. Step 2: As reservoir pressure decreases down to some threshold, side friction is not enough to stop the piston from sliding down. The piston slammed into the magma causing reservoir pressure increase which generates a very-long-period seismic pulse.

稠密GPS観測が捉えたマグマ移動

三宅島では、地下浅部に上昇してくるマグマの動きを地殻変動からとらえるために、1995年からGPSによる観測が行われてきた。観測は毎年行われており、観測点は約45点に及ぶ。うち3点は地震研究所までテレメータされている連続観測点である。今回の三宅島における一連の火山活動の間中にも、GPSによって地殻変動が観測された。最初のイベントである6月26日に始まった群発地震前後の地殻変動(図10)からは、山頂直下に存在していたマグマが阿古地区の地下より西北西方向へ貫入したことが推定された。また、その後の地殻変動(図11)からは、三宅島の山頂からやや南ないし南西側の地下に減圧力源が存在していることがわかり、地下のマグマや地下水の流出過程と関連づけられている。島内

非断層性長周期地震 震源モデル

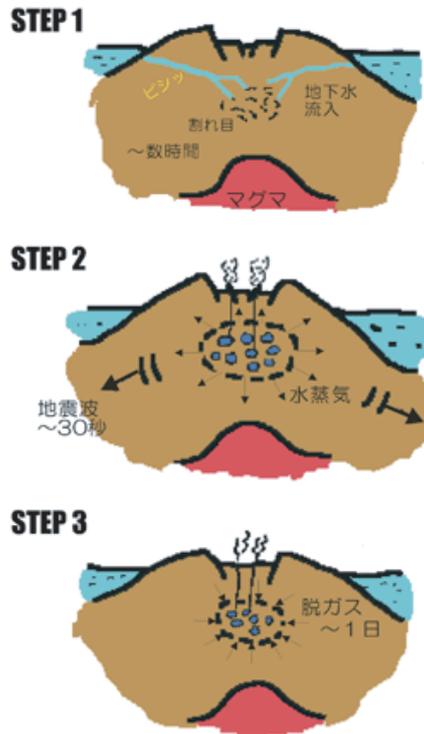


図9 . 地下水急膨張モデル：(1) 高温部に向かって地下水が流入し、微小地震が多発する。(2) 急激に熱せられた水蒸気の圧力が一定値を超え山体が膨張し、長周期パルスが発生する。(3) 水蒸気が水に戻る過程で山体はゆっくり収縮する。

Fig.9. "Underground vapor expansion model". Step 1: The groundwater gradually permeates the cracks under the summit and approaches high-temperature region. Micro earthquakes are triggered at this stage. Step 2: The groundwater is heated into a state of overheating inflation, which causes very-long-period pulse. Step 3: While the expanded steam passes through the cracks, it is cooled into water. Accordingly Mt. Oyama is slowly contracted.

• Magma Intrusion inferred from a dense GPS network

To observe crustal deformation in the Miyake Island, GPS observations have been extensively carried out since 1995. Total number of observation points is about 45. Three permanent stations were deployed and the data are collected through public telephone lines every morning and store on a hard-disk of a Unix machine. On June 26, 2000 we can detect the magma intrusion in Ako region in the Miyake Island accompanied with the earthquake swarm using GPS data (Fig.10). The crustal deformation accompanied with the summit collapse was observed in July (Fig.11). To check how crustal deformation occur automatic GPS analysis system was constructed. On this system GPS RINEX data are gotten from the Unix machine and then are analyzed by Bernese

期間
 M103-M248: Aug.28/29, 1999 - Jul. 1/2, 2000
 SMY2,CND,AKO,SBN: Aug.28/29, 1999 - Jul. 1/2, 2000
 LNC,IZM,JGK,MAP,SAN: Aug.28/29, 1999 - Jul. 1/2, 2000
 ST2: Aug.28/29, 1999 - Jul. 10, 2000
 MSN: Aug.28/29, 1999 - Jul. 12, 2000

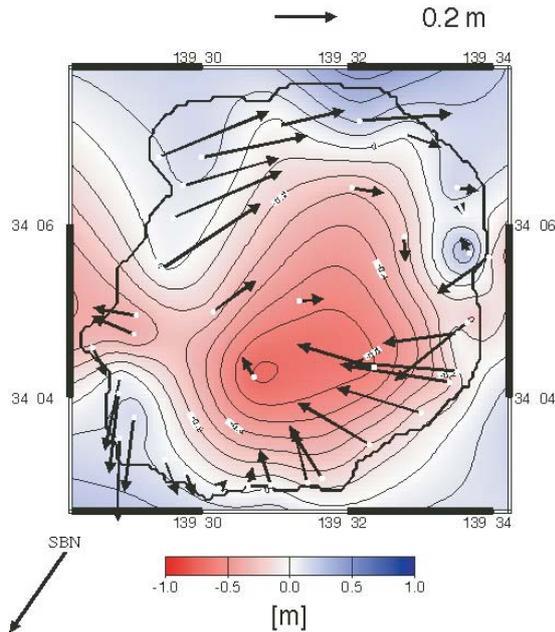


図10 . GPS測量から明らかにされた2000年6月26日の群発地震発生前後の地殻変動 . 矢印は水平変動 , 色およびコンターは上下変動を表す .

Fig.10. Crustal deformation detected by GPS observation on June 26, 2000. Arrows show horizontal displacements. Vertical displacements are indicated by contour lines and color.

の地殻変動がどのように変化しているかを知るために , 1日1回起動されるGPS観測データの自動解析システムを構築した . 解析はBernese GPS Software Ver.4.2 BPEを用い , 4時間毎にデータを区切って行い , 結果をホームページで閲覧できるようにした .

重力場の時空間変動

2000年6月の三宅島火山活動開始以降 , 10ないし30日に1度の割合で , 絶対重力測定と相対測定と組み合わせ , いわゆるハイブリッド測定を世界に先駆けて実施した . 観測の結果 , 2000年7月6日には , 山頂部に約150マイクロガルの重力減少域を検出し , 山頂直下の空洞生成の兆候をとらえた (図12a) . その2日後の7月8日には , 果たして山頂カルデラが一気に200メートル以上も陥没するというイベントが発生している . 陥没後まもない7月11日の再測定では , わずか5日の間に山頂部に1100マイクロガルも重力が減少していることを見出した (図12b) . この変化は当初の山頂陥没だけでは説明がつかないことを報告し , 山頂直下に1億立方メートル以上の空洞がさらに生じていることを指摘した . この指摘どおり , 山頂部は陥没を続け , 8月末には6億立方メートルもの山頂部の陥没が実際に起こっている .

期間
 M103-M248: Jul. 1/2 - Aug. 5/6
 SMY2,CND,AKO,SBN: Jul. 1/2 - Aug. 5/6
 LNC,IZM,JGK,MAP,SAN: Jul. 1/2 - Aug. 5/6
 A008,NGO1,NGO2,NGO3,NGO4,ST2: Jul. 10 - Aug. 5/6
 MSN: Jul. 12 - Aug. 5/6
 補足 : 7月31日の地震による変動を補正 .

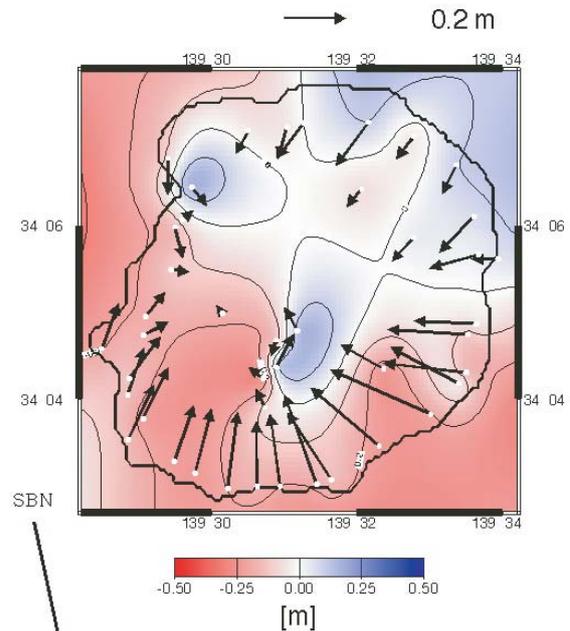


図11 . GPS測量から明らかにされた2000年7月から8月にかけての地殻変動 . 矢印は水平変動 , 色およびコンターは上下変動を表す .

Fig.11. Crustal deformation detected by GPS observation in July, 2000. Arrows show horizontal displacements. Vertical displacements are indicated by contour lines and color.

GPS Software Ver.4.2 BPE. Then the result of the analysis are upload on the Home page of our institute.

• Spatio-temporal Gravity Variation associated with Volcanic Activity

Since the onset of volcanic activity of the Miyake-jima volcano, Japan in June 2000, we have been carrying out frequent (once per 10 days) gravity measurements around the volcano. Combined use of an absolute gravimeter FG5 with two LaCoste-Romberg gravimeters enables us to trace the accurate and high-resolution spatio-temporal gravity variation caused by the event. It exhibits a peculiar and informative spatial pattern for each volcanic phase.

<Phase 1> (intrusion and pre-collapse): Dyke intrusion associated with deflation of a deep magma chamber clearly left gravity increase exceeding 100 microgals around the supposed dyke. We also find 150 microgals decrease on the caldera floor that was destined to collapse in two days after our measurement (Fig.12a). The signal can be well modeled in terms of a cavity created at 2 km beneath the caldera.

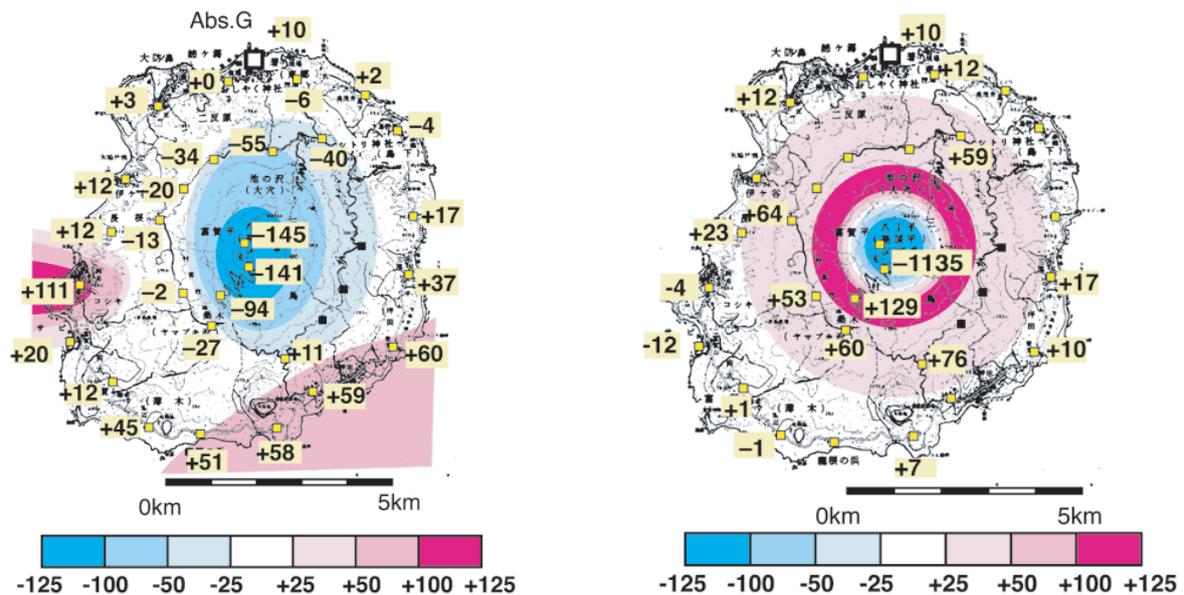


図12. 三宅島火山の重力変化．単位はマイクロガル．
 (a) 噴火前の1998年6月-2000年7月6日までの変化．山頂部の150マイクロガルの減少は陥没の前兆．
 (b) 7月8日の陥没開始をはさむ前後数日(7月6日-7月11日)の重力変化．山頂部で1000マイクロガルを超える超ド級の変化は、陥没の一層の進行を指し示す．
 Fig. 12. (a) Telltale gravity decrease originates from the cavity growing beneath the caldera.
 (b) Extraordinary gravity change exceeding 1000 microgal suggested ever growing caldera collapse since July to Aug. 2000.

以上のことから、火山活動推移を予測する上で、高頻度ハイブリッド重力測定がきわめて有効であることが実証されたと考えている．また、2000年8月までの絶対重力測定の解析から、三宅島のマグマは山頂直下にドレインバックしたのではなく、神津島周辺の群発地震域にマグマが吸い出されていったと考えるほうが合理的であるとする結果を得た．

2000年10月前後から三宅島では停電が続いているため、途絶えている地殻変動観測も少なくない．この間もハイブリッド重力測定は毎月1度というペースではあるにしても、火山活動推移予測の基礎データを提供しつづけている．

火山を透視する電磁気観測

三宅島においてはプロトン磁力計8点、短基線自然電位計3点、NTT電話回線を利用して島内9ヶ所の電極を結んだ長基線自然電位計測、という電磁気連続観測を1995年から開始した．また自然電位の面的測量とMT法による比抵抗構造探査を、全国大学およびフランスLGO-OPGC、アメリカUSGSの研究者達と共同で実施してきた．

- 1) 1996年7月頃から2年間、雄山山頂と南斜面の全磁力がそれぞれ増加および減少を示した(図13)．山頂カルデラの南縁直下700mあたりで、熱消磁が起こっていたと推定される．
- 2) 2000年7月8日の水蒸気爆発に伴う山頂陥没は、わずか4分以内に完了したことが全磁力観測から確認された．7月1日から当日の陥没まで、

<Phase 2> (implosion): The summit caldera steadily continued to collapse in 2 months (from July 8) to have a diameter of 1500 meter or more with depth of 450 meter in September 2000. The loss of mass (exceeding 1.200 billion tons) caused systematic gravity decrease exceeding 1100 microgals (Fig. 12b).

<Phase 3/4> (explosion/degassing): The gravity measurement continued to provide information on volcanic activity since September 2000, when crustal deformation observations suffered from problems of power supply and telecommunication systems; the Miyake-jima island was evacuated in early September 2000.

• Electromagnetic observations

- 1) The geomagnetic total intensity observation revealed a paired anomalous change, at OYM and TRK since mid-1996 (Fig. 13). This was ascribed to thermal demagnetization at a depth of 700 m beneath around the southern rim of the summit caldera.
- 2) Total intensity data indicated that the initial sinkhole was formed within 4 minutes at the time of the steam explosion on July 8. Magnetic data suggest that a non-magnetic area (i.e. vacancy) was generated initially at a depth of 2 km and moved toward the summit.
- 3) SP variations very similar to the velocity waveform of VLP pulses were observed, together with step-like changes in the total intensity. SP changes are

三宅島の南北中心軸に沿ったプロトン磁力計は、顕著な全磁力変化を示した。これらの変化は磁化消失領域（空洞）が、山頂の直下2 kmあたりから次第に上昇して行ったことを示す。

- 3) 7月8日以降に発生するようになった傾斜ステップに伴い、広帯域地震計の速度波形とそっくりな自然電位の変化が長基線電場に、また傾斜計（地震計変位）記録と同様な全磁力の段差状変化が、いずれも繰り返し観測された。このことは水蒸気あるいは水が膨張力源から周囲に、強制的に注入され拡散していることを強く示唆する。
- 4) 7月8日以降、島内の各所で全磁力が大きな変化を記録した（図14）。島の東西での全磁力の増加、南北中心軸での減少が特徴である。そして8月18日の大規模噴火を境に、変化が横ばいになった。また、噴火時に自然電位分布が大きく変化したところから、三宅島火山内部に存在した大規模な熱水対流系が、この噴火で大きく変化した可能性がある。

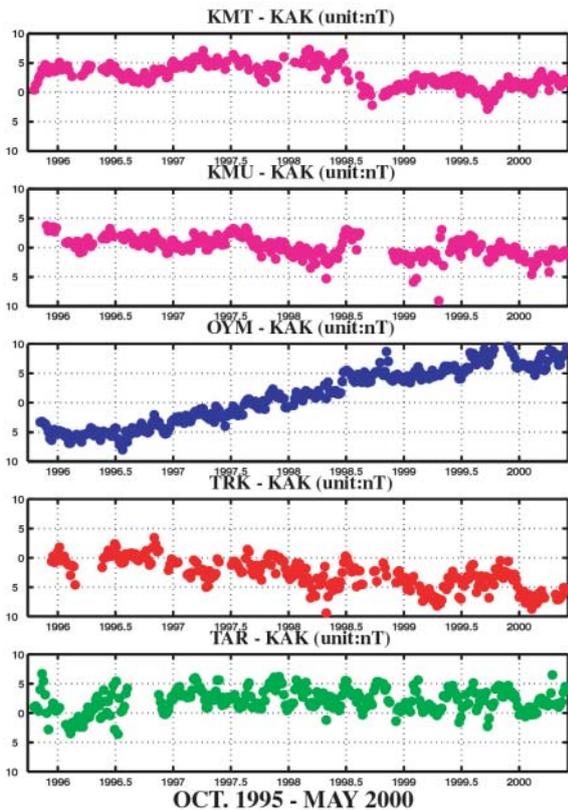


図13. 三宅島火山の全磁力変化（1995年10月 - 2000年5月）。柿岡(KAK)を基準とした単純差の5日平均。雄山(OYM)は山頂カルデラ内に、また大路池北(TRK)は雄山の南山腹に位置する。

Fig.13. Changes in the geomagnetic total intensity in Miyake-jima volcano (Oct., 1996 - May, 2000). 5-day means of simple differences relative to KAK are plotted. OYM is located in the summit caldera, while TRK on the southern slope of the central cone Mt Oyama.

attributed to the movement of water, while the magnetic field to the piezomagnetic effect. SP variations strongly suggest that the forced injection of vapor and/or water should take place into the surrounding rocks around the source of the VLP pulses.

- 4) Since July 8, the total intensity showed a large amount of changes at several stations and it became flat after the largest eruption on August 18 (Fig. 14). The model estimate by approximating the hole as a demagnetized disk cannot fully explain the observations: Thermal demagnetization at depth should have proceeded until August 18 and then it weakened. A large-scale hydrothermal system might have collapsed by the Aug. 18 eruption, as inferred from changes in SP during the eruption.

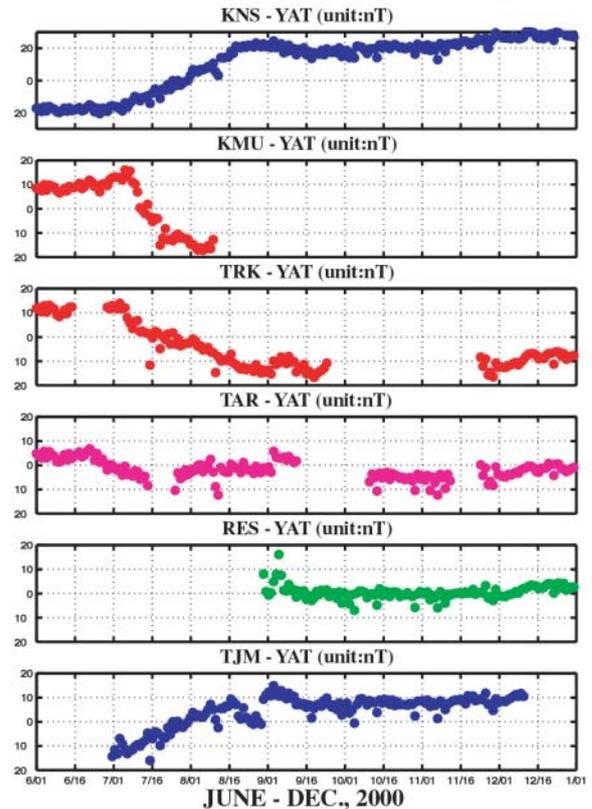


図14. 三宅島の代表的な観測点の2000年6月から12月までの全磁力変化。ハヶ岳(YAT)を基準とした単純差日平均。KNS, RES, TJMは島の東西に位置し、KMU, TRK, TARは島の南北中心軸沿いに分布している。

Fig.14. Changes in the total intensity at representative stations on Miyake-jima island (June - Dec., 2000). Daily means of simple differences relative to YAT are plotted. KNS, RES and TJM are located on the east and west sides, while KMU, TRK and TAR along the central N-S line of the volcano.

7-4 . 2000年鳥取県西部地震

2000年10月6日、鳥取県西部を震源とするM7.3(暫定値)の地震が発生した。2001年1月16日までの余震分布を図1に示す。京都大学および防災科学技術研究所のデータを統合して震源決定を行なった。余震分布は、北北西-南南東走向に長さ約30km、深さ約15km以浅に広がっている。本震の震源は、約5kmに決定されている。図中DATは、精細な地殻構造やメカニズム解などを明らかにするために、鳥取県西部合同地震観測グループにより設置されたDAT方式の臨時観測点である。

鳥取県西部地震の破壊過程を、震源域近傍の強震記録から逆解析により求めた結果を図2に示す。断層面は、震源より南側で走向N142°E、長さ14km、幅13kmを、北側で走向N158°E、長さ16km、幅13kmを想定して解析した。大きな滑りを起こした領域は震央付近の深さ2kmから6kmに位置しており、最大すべりは4mである。この地震の地震モー

7-4. 2000 Tottoriken-Seibu earthquake

The 2000 Tottoriken-Seibu earthquake (M7.3, temporally determined) occurred on October 6. Figure 1 shows an aftershock distribution from Oct. 6 to Jan. 16, 2001, located by the combined DPRI's data(KYT) with Hi-net. The aftershock distribution was about 30 km long in the direction of NNE-SSW, and shallower than 15 km. The mainshock hypocenter was determined at a depth of about 5 km. Yellow circles indicate the temporal microseismic observation stations installed by the Japanese university group of the urgent joint observation for the 2000 Tottoriken-seibu Earthquake in order to investigate precise crustal structure and focal mechanisms and etc..

The rupture process of the Tottoriken-Seibu earthquake is revealed using strong motion seismograms installed around the source region. The spatial distribution of final slip is shown in Fig. 2. The fault plane on the south side of the epicenter has 14 km long and 13 km wide with the strike of N142°E, and that on

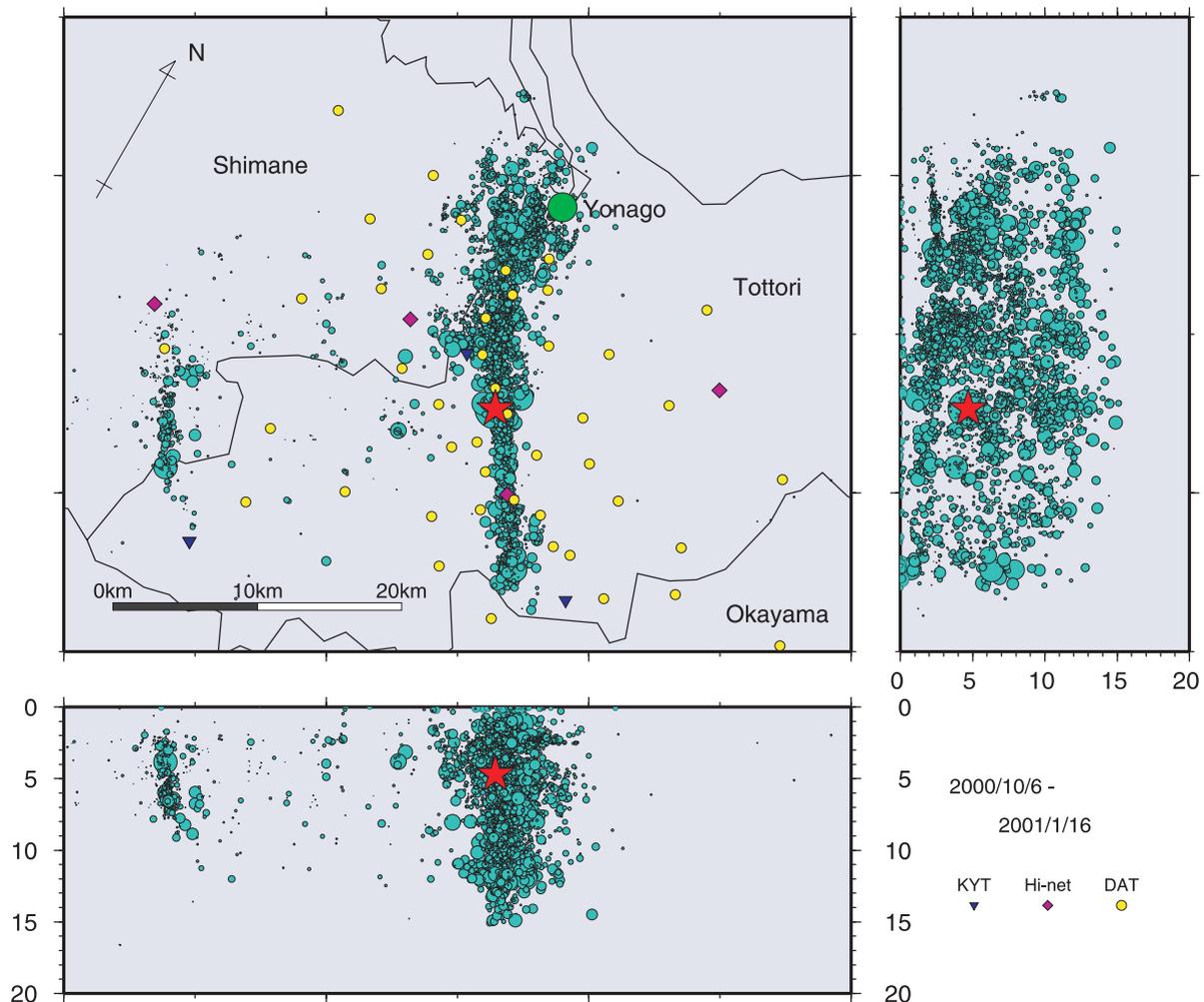


図1 . 鳥取県西部地震の余震分布図(2000年10月6日~2001年1月16日)。京都大学(KYT)、防災科学技術研究所(Hi-net)のデータを統合して震源決定を行なった。

Fig.1. Aftershock distribution of an earthquake of October 6, 2000 in the Western Part of Tottori Prefecture (Oct. 2000 - Jan. 2001). The aftershocks were located in shallower than 15 km by the combined DPRI's data(KYT) with Hi-net.

メントは 1.2×10^{19} Nmである。

余効性地殻変動を観測するために地震発生から5日後の10月11日から12月27日まで地震研究所で開発した1周波受信機を用いてGPS観測を行った。観測点は地震断層に直交するような直線状とし、震央の位置を中心とし断層の西側、東側にそれぞれ4点ずつ設置した。観測点の間隔は500mから1200mである。図3に観測点の位置と各観測点の水平変動を示す。地震時の変位と同じ向きの余効変動が観測された。

the north side has 16 km long and 13 km wide with the strike of N158°E. The large slip area lies around the hypocenter with the depth of 2 km to 6 km deep. The largest slip and the seismic moment are 4m and 1.2×10^{19} Nm, respectively.

To observe the postseismic deformation we deployed newly developed one frequency GPS receivers from October 11 to December 27, 2000. The linear GPS array was constructed around the epicenter and it is perpendicular to the aftershock distribution. Figure 3 shows the average horizontal displacement from October 11 to November 2, 2000. The postseismic deformation was observed.

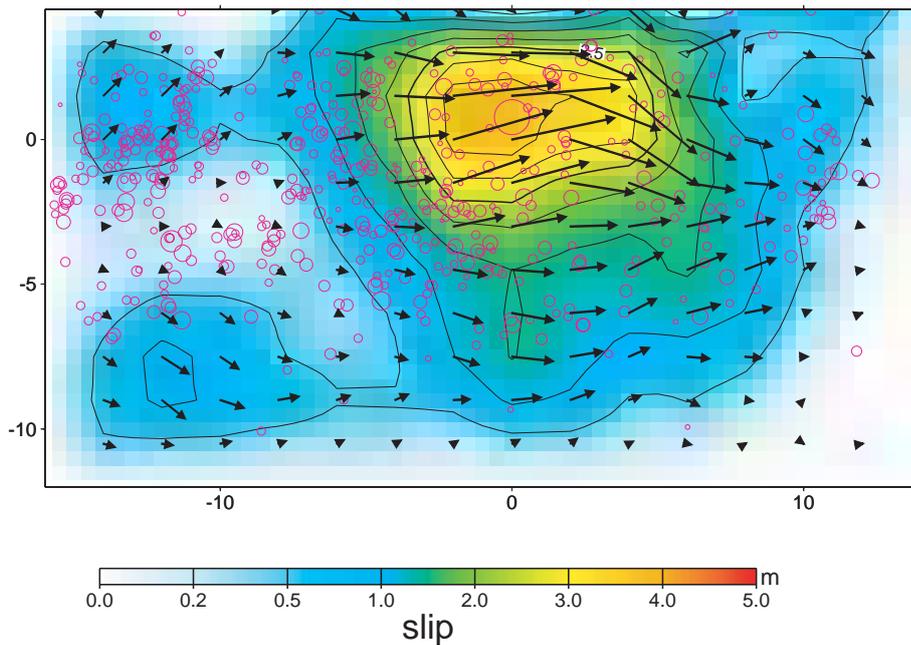


図2. 鳥取県西部地震の破壊過程。断層の西側から見ている。

Fig.2. Rupture process of the Tottoriken-Seibu earthquake viewing from the west.

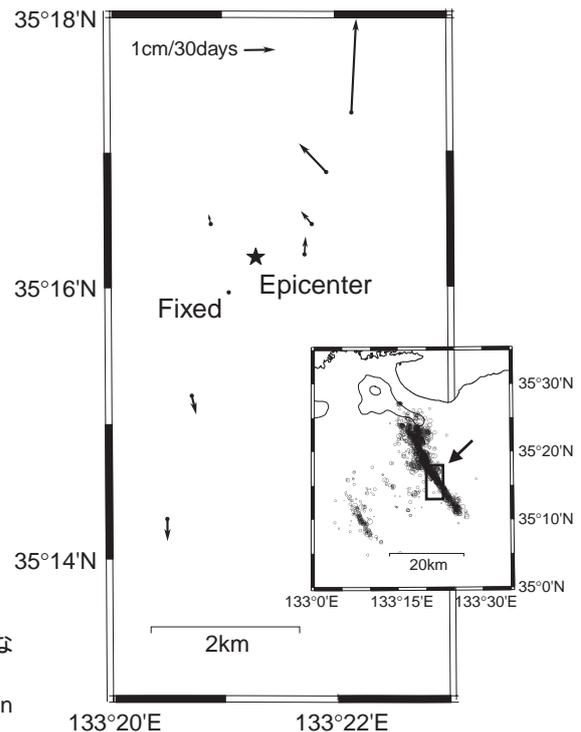


図3. 10月11日から11月2日までの各観測点の平均的な水平変動ベクトル。

Fig.3. Average horizontal deformation vector between October 11 and November 2.

8. 研究部門, センター紹介 Research Activities of Divisions and Research Centers

8-1. 地球流動破壊部門

本部門では、地震・火山に関連した現象を、地球内部の流動・破壊現象としてとらえる視点に立って、観測、実験、および理論的研究をおこなっている。最近の主な研究を紹介する。

固体液体集合体の力学的性質

岩石の流動・破壊現象には水やメルトなど流体の存在が大きな影響を与えている。地球の流動や地震の発生における流体の役割を解明し、また、地震波を用いて地球内部の流体を検出するための基礎として、固体-液体集合体の力学的性質を理論的考察と室内実験により研究している。本物の岩石を用いる熔融実験は千度C以上の高温を必要とする非常に難しい実験であるが、本研究ではマンツルの岩石によく似た性質を持つ有機物のアナログ物質を用いることで実験を簡単化することに成功し、他の実験グループに負けない精度の良い実験を行なっている。

揮発性元素による惑星物質科学

揮発性元素のひとつである希ガスは、化学的に不活性なため物理的プロセスを探求するのに有用なトレーサーである。地球および地球外物質中の希ガス濃度・同位体組成を調べることにより、マグマ活動における物質移動や熱史に関する制約、地表における浸食レートの推定、小惑星や火星上での火成活動史や地球外物質の起源の解明、などの研究を進めている。また、K-Ar年代やPu-Xe年代を通して火山活動や惑星形成に関する年代学的研究も行っている。

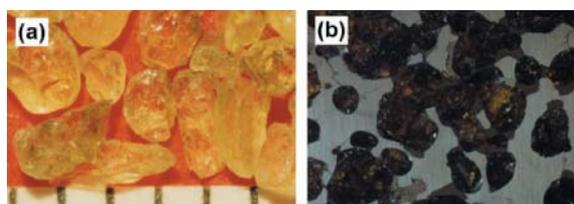


図1. 希ガス分析試料の例。(a) マンツル起源希ガスを含むかんらん石試料。写真横幅は約6mm。(b) 石鉄隕石(かんらん石とそれを取り囲む鉄ニッケル合金から成る)。写真横幅は約3cm。

Fig.1. Samples we analyzed for noble gases. (a) olivine with mantle-derived noble gases. Photograph is 6 mm wide. (B) stony-iron meteorite (olivine is surrounded with Fe-Ni metal). 3 cm wide.

大規模活断層系の地震評価手法の確立

糸魚川-静岡構造線活断層系など、複数の断層から構成される大規模な横ずれ断層系からは、M8級

8-1. Division of Earth Mechanics

This division performs integrated studies on earthquakes and volcanoes with the view that earthquake and volcanic processes are flow and fracture phenomena in the Earth. Recent projects are outlined below.

Mechanical Properties of Solid-liquid Composites

Mechanical behaviors of solid-liquid composites are studied both theoretically and experimentally. Special attention is paid to the partially molten rocks and rock plus fluid systems kept at elevated temperatures, which are characterized by the reaction rate rapid enough to achieve textural equilibrium. Experimental studies on the acoustic wave propagation and the development of stress-induced anisotropy in partially molten media were performed using an analog sample (a binary eutectic system of organic compounds), which partially melts near room temperature.

Noble gas Geo-/cosmo-chemistry

Noble gases are useful tracers of physical processes because they are little influenced by chemical processes. Isotopic compositions of noble gases in terrestrial and extra-terrestrial materials are analyzed to study their origins, mechanism of magmatic differentiation processes, thermal histories, and surface erosion rates. Chronological studies using K-Ar and Pu-Xe methods have also been carried out for clarifying volcanism and planetary formation.

Seismic Risk Assessments for Large Active Fault Systems

To evaluate the seismic risk caused by a large active fault system, such as the Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line, we study fault segmentation using paleoseismological data, and propose the new evaluation method. For example, the 1999 Izmit and Duzce earthquakes, which occurred on the north Anatolian fault system, give us the opportunity to examine if the fault system has behaved simply or complicatedly through the seismic cycle. We thus perform trench excavations across the north Anatolian fault system to reveal the paleoseismic behavior.

Recurrence of Large Earthquakes

To estimate magnitude of large paleoearthquakes, we

の内陸地震の発生が懸念されている。1999年にトルコで発生したM7.4イズミット地震，M7.1デュズジェ地震は，北アナトリア断層系の活動によるものであるが，一度に長大な区間が活動せずに，時間をおいて連鎖的に活動した。当部門では，横ずれ断層系の大地震の繰り返し発生挙動を解明するために，北アナトリア断層系でトレンチ掘削調査を行い，過去の地震発生パターンと1999年の地震発生パターンとの類似や相違を調査している。

大地震の繰り返し発生

活断層から発生した過去の地震規模を知るためには，地震の際のずれの量を検出する必要がある。当部門では，地層採取装置と考古学的掘削手法を組み合わせることによって，地層に記録された過去の地震のずれの量を3次元的に検出する手法を開発している。そのケーススタディサイトとして丹那断層（静岡県函南町田代地区）を選び，841年および1930年北伊豆地震の地震一回分の横ずれ量をそれぞれ復元した。また，活断層から将来発生する地震規模の予測のために，活断層の長さとそので起こった歴史地震の規模を比較した。

地表地震断層問題

直下地震の脅威の一つに，地表地震断層の形成に伴う大変形がある。地震断層の発生や変形を予測するため，断層形成過程の数値シミュレーションの開発を試みている。

モデル実験によって明らかにされた形成過程のメカニズムに基づき，地表構造の不確実性や断層のばらつきを考慮した確率有限要素法を構築中である。

断層進展問題

断層進展挙動の支配メカニズム解明を目指して，物質内部での応力場を非接触・非破壊で計測する手法を開発中である。この手法を用いてモデル実験を行い，断層において不安定かつ三次元的に成長する破壊過程を解析する。現在までに実験装置の基本部分の開発を終え，計測データから応力場を得るための解析手法を開発中である。

群発地震および余震活動予測評価手法の開発

大規模なマグマ活動や大地震によって周辺の応力場が変化し，地震活動がそれに伴って変化する。顕著な群発地震活動や余震活動などがその例である。したがって，事象発生後の応力場の変化を即座に計算することにより，今後の地震活動度の変化を予測することが可能である。当部門では，1999年トルコイズミット・デュズジェ地震，2000年伊豆諸島群発地震，2000年鳥取県西部地震等において，事象発生後1～3日中に応力場の変動を計算し，その後の地震

need to know the amount of displacement due to the surface faulting by an earthquake. We have designed a new excavation technique which combines three-dimensional archaeological trenching and soil sampling by Geoslicer. Using this technique on the Tanna fault, central Japan, we have found the offsets caused by the most recent 1930 Kita-Izu earthquake and penultimate event in the sediments. Further, we compared the size of a historical earthquake which took place on an active fault with the length of the fault for forecasting the size of a future earthquake which will take place on an active fault.

Surface Earthquake Fault Problem

The formation of surface earthquake faults is a fatal hazard to nearby structures. For a reliable prediction of such surface faults, we are developing a numerical

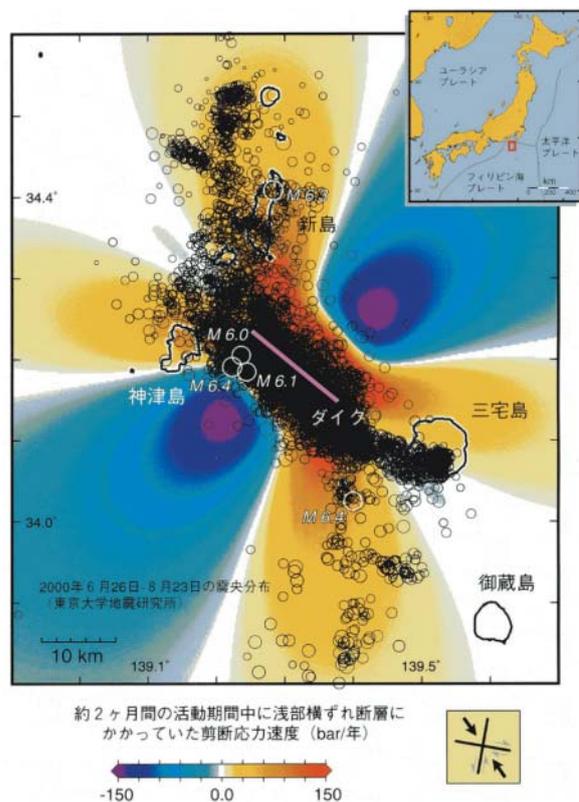


図2. 2000年伊豆諸島群発地震活動期間中に深部のダイク貫入により横ずれ断層に加わった剪断応力速度（深度4 kmでの計算値）。約2ヶ月間の地震は応力速度の大きな地域に分布する。この地域の通常の応力速度は約0.1bar/年と推定され，活動期間内に地震発生域には数百～数千倍もの応力が加わっていたことがわかる。地震活動度もこれに比例して増加し，通常の数百～数千倍になった。

Fig.2. Calculated shear stressing rate due to a dike inflation and observed seismicity during the 2000 Izu Islands swarm events (June 26- August 23). Most of the strike-slip shocks have been triggered by the sudden jump of the loading rate. We found that the seismicity rate proportionally increased with the shear stressing rate.

活動予測を試験的に行った。現在、これらのケーススタディを通じて評価手法の妥当性や有用性を検討している。

地震・火山活動予測と変動検出

地震および火山活動の経過を力学的な視点や確率過程としての視点から分析し、2000年伊豆諸島の地震の活動予測や鳥取県西部地震の余震頻度の予測を試みるなど、活動を予測する方法について検討している。また、必要に応じて時間差実視法を利用した地殻変動検出にも努め、2000年有珠山噴火では、西側山麓における顕著な隆起をいち早く明らかにした。

プレート衝突帯におけるひずみ蓄積過程のモデル化

プレート運動によって、プレート境界ではひずみが年々蓄積していく。食い違い理論を用いて、衝突境界でのひずみ蓄積を始めて定式化した。東西からのプレート衝突による本州中央部での変形を理論的に求めた結果、GPS観測結果を良く説明することがわかった。

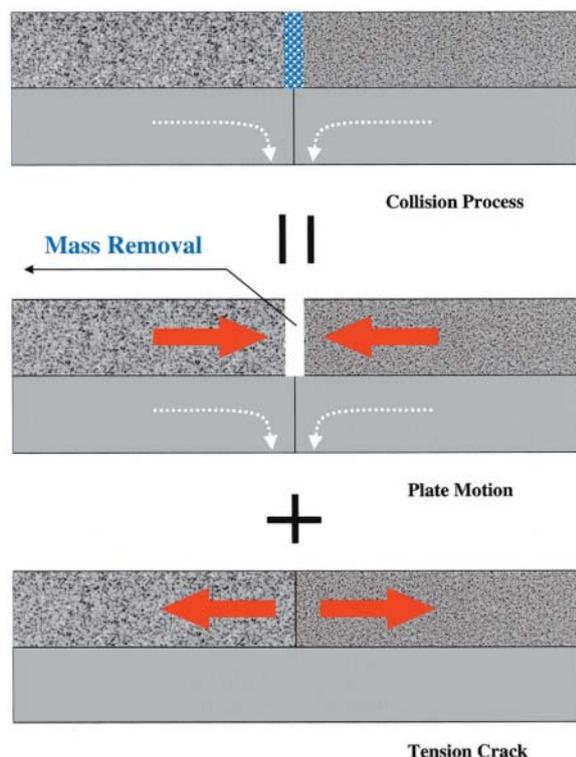


図3 プレート衝突帯におけるひずみ蓄積の重ね合わせモデル。中段のプレートの剛体運動を維持するには、物質除去が必要であり、除去された物質は、下段の割れ目破壊に充填される。

Fig.3. Superposition model of strain accumulation at a collision zone. Removal of excess mass is necessary to maintain a rigid plate motion, which is compensated by a tensile crack dislocation.

simulation tool that is based on the mechanisms that is clarified in model experiments. The simulation uses a stochastic finite element method to account for the uncertainty of underground structures and the variability of the fault.

Fault Evolution Problem

New non-destructive, no-contact measuring method for 3D stress field in materials is being developed. This method is intended to serve as a tool for revealing the governing mechanism of the fault behavior. Unstable, three dimensional evolution of the fault surface can be analyzed by this method. Currently, experimental setup has been completed and analysis method for identification of the 3D stress field using experimental data is being developed.

Development of Earthquake Forecast System for Swarm and Aftershock Activity

Seismicity succeeding to a significant volcanic event or large earthquake corresponds to the static stress changes due to the event. We intend to implement the relationship between stress change and seismicity rate change into the long-term probabilistic earthquake forecast. To test our method, we have calculated the stress changes and evaluated seismicity rates after or during the 1999 Izmit and Duzce shocks, 2000 Tottori-ken-seibu earthquake, and 2000 Izu Islands earthquake swarms.

Prediction of Seismic and Volcanic Activities with Crustal Deformation Survey

On the mechanical and probabilistic viewpoints, seismic and volcanic activities are analyzed to find available methods for prediction: e.g. the activity of the 2000 Izu Islands earthquakes and the frequency of the aftershocks of the 2000 western Tottori Prefecture earthquake. Also we tried to obtain crustal movements using time-differential stereoscopy. At Usu volcano, remarkable uplift was detected in the western foot of the mountain within several days after the commencement of the eruption in 2000.

Dislocation Model for Strain Accumulation at a Plate Collision Zone

Strain accumulation process taking place in a zone of plate collision is formulated with dislocation models. The theoretically calculated result reproduces well the result of GPS observation in a central part of Honshu, Japan.

地殻変動モニタ

地殻変動モニタは、時々刻々と変化する列島各地域のひずみと応力を調べるものである。常時計測されるGPSデータを利用して地域の平均的なひずみを計算するとともに、新しい逆解析手法を適用して応力の分布を推定する。モニタが提供するひずみと応力のデータを基に、より信頼度の高い列島の物理モデルを構築し、地殻変動や地震発生のシミュレーションに利用する予定である。

高分解能都市強震動シミュレータ

都市の防災や危機管理を立案するためには、強震動を高い分解能で予測する技術が必須である。階層型解析理論に基づき、高い時空間分解能を持つ新しい強震動シミュレータを開発中である。これは、断層破壊から個々の地点での揺れという一連の地震過程を計算するもので、最新の数値解析手法を適用し、高精度化を図っている。横浜市を対象としたシミュレーションでは観測データの良好な再現に成功している。

Crustal Deformation Monitor

The crustal deformation monitor is to examine the strain and stress state over the Japanese Islands which change daily and yearly. The monitor calculates regional average strain and estimate regional stress applying new inverse analysis methods. The data provided by the monitor will be used to construct a reliable model of Japan, as well as to simulate future crustal deformation and earthquake events.

Strong Motion Simulator for Metropolis

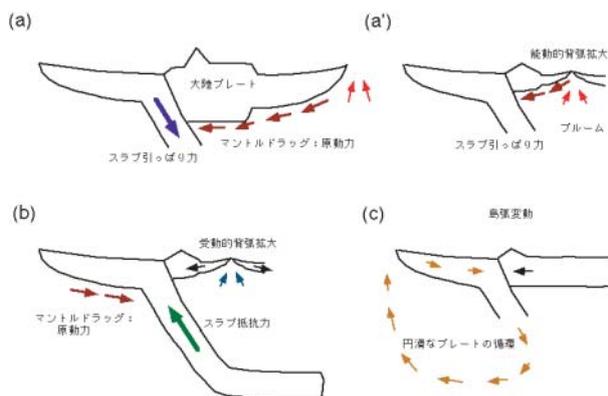
The prediction of strong motion is essential for the hazard mitigation and the emergency control. We are developing a new analysis tool of the strong motion with the aid of multi-scale analysis theory. The tool is to simulate the whole processes of an earthquake, i.e., from a source fault to a target point. Data measured at Yokohama City are well reproduced by the analysis tool, with sufficient spatial and time resolution.

8-2. 地球ダイナミクス部門

本部門は、地震・火山などに関連した現象を、地球全体からみた視点において明らかにすることを目的として、理論、データ解析、観測、室内実験等の方法を用いて総合的な見地から探ることを行っている。

地球テクトニクス分野では、地球表面の各所でおきる多様なテクトニクスをグローバルな地球内部変動の視点から理解することを研究目標としている。地球内部の熱の排出にともなう地表への現れがテクトニクスであるが、現在の地球ではこれはプレートテクトニクスの形態をとっていると考えられている。プレートテクトニクスは、プレート境界が力学的に弱いことで特徴づけられるが、その場合プレートをのせたマンテル対流の形態は一樣粘性の対流の形態に近い。しかし実際のプレートに働いている力を地震のメカニズムなどから見てみると、これからはずれることが多い。そしてはずれる場合に大陸分裂や背弧海盆拡大など活発なテクトニクスが起きている。このことは、むしろプレートテクトニクスからのずれが多様なテクトニクスをもたらしていることを示唆している(図1)。現在の研究テーマは次の通りである。1) 日本付近のプレート運動, 2) プレート・スラブ内応力場, 3) プレート運動原動力, 4) スラブ地震の発生メカニズム, 5) 太古代のテクトニクスと環境変動。

マグマ学分野では、岩石学や高温高压実験(図2)の手法を用いてマグマに関する研究を行っている。個々の火山におけるマグマ組成の変遷を解明することによって、その火山で将来起こりうる噴火の様式を予測するための重要な手がかりが得られる。また、火山活動の源となるマグマの一部は上部マンテルの部分溶融により生成され、部分溶融の程度や深さの違いなどによって多様性が生じているため、このようなマグマの研究を通じて地球内部の温度条件や化学組成などを推定することができる。さらに地球初期には地球の表面を覆う深いマグマの海が存在し、このマグマの海における結晶・固化の過程で現在の地球内部構造の大局が形成されたと考えられている。



8-2. Division of Global Dynamics

In this division, we are investigating the mechanism of phenomena related to earthquakes and volcanism on a global scale based on theoretical, observational, and experimental studies, including data analyses and laboratory work.

In the Global Tectonics Group, the aim is to reveal origins of various types of tectonics on the Earth's surface from the viewpoint of the global dynamics of the Earth's interior. Tectonics is the surface expression of the mechanical work done in association with the evacuation of the heat generated within the Earth's mantle. It is believed that the tectonics of the present Earth has a form of plate tectonics. Plate tectonics is characterized by weak plate boundaries, and in this case, the form of the mantle convection with plates is close to the convection of a fluid with uniform viscosity. However, the actual states of stresses within plates indicate that this is not the case; in many cases, the convection style deviates from the uniform viscosity one. Active tectonics, such as the continental drifts and back-arc spreading, is seen in such cases. This indicates that the deviation from plate tectonics is rather the cause of the various active tectonics seen on the Earth's surface (Fig.1). The following themes are currently investigated: (1) Plate motions around the Japanese islands, (2) stresses within plates and slabs, (3) driving forces of plates, (4) mechanisms of slab earthquakes, and (5) Archean tectonics and evolution of environment.

In the Magma Research Group, various studies on magmas have been conducted based on field studies and high pressure experiments (Fig.2). Temporal variations in magmatic composition of several active volcanoes have been studied to understand the mode of their future eruptions. Studies on the genesis of primary magmas have been conducted to understand the thermal condition and

図1. テクトニクスの三つの形態: (a), (a')スラブ引っ張り力が大きく衝突力と釣り合っている。(b)負のスラブ引っ張り力=スラブ押し力が海洋プレートの駆動力とつりあっている。(c)プレートはスムーズにマンテル対流とともに循環しており、定期的な島弧変動が起きる。地表でめばしいテクトニクスが起きるのは(c)からのずれがある場合である。

Fig.1. Three categories of tectonics (a) and (a') Slab pull force is dominant and balanced with the collision force. (b) Negative slab pull force is balanced with the mantle drag force beneath the oceanic plate. (c) Plate recycles in a smooth way along with the mantle convection, and normal island arc tectonism occurs in the upper plate. Non-trivial tectonics occurs in the cases other than case (c).



図2 超高压発生装置 (PREM) . 内部に8個の超合金製のアンビルが組み込まれており, 中心部の2-10mm³の正八面体の容積に25GPaまでの圧力と2500°Cまでの高温を発生できる .

Fig.2. Ultra-high pressure apparatus (PREM). By assembling eight anvils made of WC, it can generate pressure up to 25 GPa and temperature up to 2500°C in the octahedral volume of 2-10 cubic millimeters at the central part.

ので, 地球の進化を理解するためにも, さまざまな圧力におけるマグマの挙動を理解することが不可欠である. 以上のような観点からマグマに関する様々な研究を行ってきた. 地球内部では水がマグマに似た振る舞いをするを最近発見したので, 高压下での水も主要な研究対象となっている. 最近の研究テーマとして次のようなものがある. (1) デカン洪水玄武岩の調査・研究. (2) 洪水玄武岩マグマの発生に関する実験的研究. (3) マントル物質と共存する水の化学組成とその挙動. (4) 伊豆大島火山, 浅間火山, 三宅島火山等のマグマ組成の変遷. (5) 島弧マグマの結晶過程における水の役割. (6) 三宅島2000年噴火マグマの岩石学的研究.

地球物質進化学分野では, グローバルな規模で生じる火山活動や地球深部における揮発性元素の存在とその役割, 物質循環を含む地球内部での物質移動などやそれらの過程を明らかにすることを通じて, 地球における物質進化を解明することを目指している. 地球内部における揮発性元素の存在がマントル物質などの物性に与える影響は大きく, その存在度や化学・同位体組成などは地球の進化過程を強く反映している. 地球物質の進化の過程を明らかにするため, 岩石や鉱物の化学・同位体 (希ガス, ベリリウム10/ベリリウム9) 組成, 放射年代 (カリウム-アルゴン, アルゴン-アルゴン, 放射性炭素14法), 鉱物組成の解析などを手段として, 各種の噴出岩や捕獲岩として得られるマントル構成岩石・鉱物, さらには地球初期物質の状態を推定するために隕石などの地球外物質なども対象として研究を行っている (図3). 現在は以下のような課題を分野としての研究テーマとして研究を行っている. 1) 地球内部の揮発性元素の存在と地球進化との関係, 2) キンバライト中の揮発性元素の成因, 3) ホット・スポット火山とマントル・ブルームとの関係, 4) 地球内部における物質循環と地球内部の化学的構造, 5) 洪水玄武岩の生成とマントル・ブルームの関連, 6) 拡大系における地球内部からの物質移動とその化学的特徴, 7) ベリリウム10を用いた日本列島下のマグマへの堆積物の寄与の実証.

地球化学グループは, 火山の諸現象や地球の物質

the chemical composition of upper mantle. Experimental studies on magmas at high pressures have also targeted to understand the crystallization process of the magma ocean in the early stage of the Earth. As we recently found aqueous fluids behave like magma at high pressure, aqueous fluids in mantle condition became our research targets. Our recent research themes are as follows. (1) Study on Deccan flood basalts, (2) Experimental study on the genesis of continental flood basalt magma, (3) Experimental study of the composition and the behavior of aqueous fluid in the mantle, (4) Temporal variations of magmatic compositions of Izu-Oshima, Asama, and Miyake-jima volcanoes, (5) Role of water in the crystallization of island-arc magmas, (6) Petrological study of Miyakejima 2000 eruption.

In the Group Researching the Evolution of Terrestrial Materials, the aim is to reveal the evolution of the Earth through the study of volcanism on a global scale and the role of volatile elements in the Earth's interior. Since the presence of volatile elements in the mantle will affect the characteristics of mantle materials seriously, it is important to examine the present and the past states of volatile elements in the Earth's interior, which has not well been studied. To reveal such points, chemical and isotope (noble gases, ¹⁰Be/⁹Be) compositions, radiometric



図3 . 希ガス同位体分析用質量分析計 (VG5400) .
Fig.3. Noble gas mass spectrometer (VG5400).

循環・進化などを探求する研究を，行っている．現在の中心課題は 1) マグマの発生から移動の諸現象にタイムスケールをつけることと，2) 火山岩中の微小部分，例えば個々の斑晶鉱物やメルト包有物，更には鉱物結晶の累帯構造の各部分に残された記録を読みといて，マグマの生成から移動，マグマ溜り内での貯留，さらに噴火にいたるメカニズムを解明することである．1) についてはウラン238放射壊変系列の核種の放射能非平衡現象を利用した研究を行っている．島弧の火山活動は沈み込むスラブからの脱水が重要な寄与を果たしていると考えられているが，その際に初生マグマに流体とともに移動しやすいウランが付け加わる．こうして生じたウラン238-トリウム230間の放射非平衡を利用すればマグマが生じてから地表に達するまでの時間に制約をつけることができる．本所に設置された多重検出器磁場型ICP質量分析計(図4)による，ウラン238-トリウム230放射非平衡の分析技術を確立した．本法を伊豆島弧をテストフィールドとして適用する研究を開始した．2) についてはレーザーアブレーションICP-MSによる微量元素分析技術を確立するとともに，斑晶の微小部分の同位体測定技術を開発している．これらを雲仙の試料に適用し，マグマ溜りの化学進化の解明に用いる研究を行っている．その他に沈み込み地域での物質循環の解明のためにリチウム，鉛同位体をトレーサとした研究を目的として分析技術の開発を行い手法を確立した．また初期地球におけるコマチアイトの成因を考察するためのLu-Hf同位体トレーサ系の分析技術，コア マントル相互作用を検証することを目的とした白金族元素の微量分析技術の開発にも取り組んでいる．

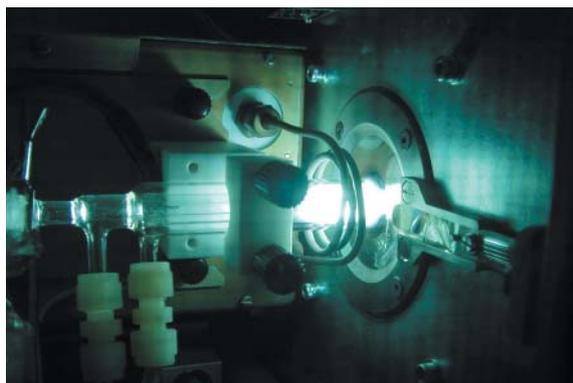


図4．磁場型ICP質量分析計(Micromass IsoProbe)のイオン源．本装置をTh, Pb, Li, Srなどの同位体測定に使用している．ICPイオン源により10ng程度の微量トリウムの同位体測定が可能になった．

Fig.4. Ion source of Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometer (Micromass IsoProbe). This mass spectrometer produces precise isotopic data for Th, Pb, Li, Sr and other elements. The ICP ion source of this mass spectrometer enabled isotopic analysis for small amount of thorium (10ng).

(K-Ar, Ar-Ar, ^{14}C) ages, and mineral compositions have been investigated for mantle-derived rocks and minerals, in addition to extra-terrestrial materials (Fig.3). The following themes are being investigated at present: (1) Present state of volatile elements in the Earth's interior, (2) Origin of volatile elements in kimberlites, (3) Relationship between a hotspot volcano and a mantle plume, (4) Recycled materials in the Earth's interior and the chemical structure of the Earth, (5) Relationship between plateau formation and mantle plumes and formation ages of plateaus, (6) Material transfer and chemical characteristics at a spreading system, (7) Verification for the contribution of sediments to the arc magma under the Japanese Islands based on ^{10}Be .

In the Geochemistry Group, we investigate the geochemical evolution of the earth and material transfer including phenomena related to volcanic activity. Our current main topics are 1) to put geochronological constraints on the time scale of volcanisms in subduction zones, and 2) to reconstruct the course of the chemical evolution of a magma, during production, as well as the transportation, and the eruption of magma by micro-analytical techniques to read geochemical records in volcanic products. We will tackle the first target by uranium radioactivity disequilibrium method. It is considered that magmatism in subduction zones is triggered by addition of fluid expelled from a subducting slab. The addition of uranium by the dehydration events forms radioactivity disequilibrium between ^{238}U and ^{230}Th . Taking advantage of the phenomenon, we can put constraints on the time scale of magma movements from magma formation to eruption. We have established a procedure to analyze the radioactivity disequilibrium by using an multi-collector Inductively Coupled Mass Spectrometer (MC-ICP-MS) installed in ERI (Fig.4). We just started to apply this method to Izu arc as a test field. For the second target, we have established analytical protocols for trace elements by a Laser Ablation system coupled with an ICP-MS. We also established a micro-drilling technique for Sr isotopic analysis in a plagioclase phenocryst. We applied the two techniques to plagioclase samples extracted from volcanic products from Unzen. Apart from the two projects, we established analytical schemes for Li and Pb isotopic analysis. Two elements will work as powerful tracers to investigate material transfer in subduction areas. In addition, we have undertaken the developments of analytical procedures for Hf isotopic analysis to investigate genesis of Archean komatiites and of Platinum Group Elements analysis to investigate core-mantle interaction.

新たな地球計測機器の開発

(1) レーザー干渉を利用した観測機器

新しく高性能・高信頼度の測器が開発されたとき、新しい地球物理学の研究分野が開かれる。この信念のもとに、われわれが新たに開発した機器の一つが「マイケルソン型レーザー干渉式広帯域短周期地震計」である(図1)。千分の一秒という短周期の振動まで見逃さぬよう、1kHzまでもの平坦な出力特性を誇っている(図2)。われわれはさらに、レーザー歪計や海底傾斜計、六成分地震計等の開発を進めている。

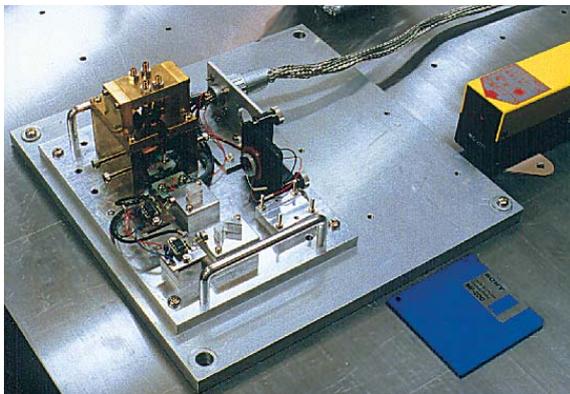


図1. マイケルソン型レーザー干渉式広帯域短周期地震計。

Fig.1. Wideband short-period seismometer using a Michelson laser interferometer.

(2) ACROSS(精密制御回転震源による地下トモグラフィ)の開発

精密な調和弾性波を用いたトモグラフィ技術を開発している。このシステムは震源のフェイズドアレイと地震計アレイから成る。震源を回転する偏心質量によって実現し、堅固な地面または地下に固定する。偏心質量は精密なサーボモータで駆動され、回転周波数を精密に一定に保つ。全体としてコヒーレントな波動場を作り出し、震源の位相と出力をコントロールして波を集束したり走査できる。地震記録は即時スタッキングによってSN比を高める。

ACROSSのトモグラフィは調和波動場での逆問題であるが、セプストラム解析によってイベントを識別すれば、従来の物理探査法と同じように地震波の速度を推定できる。また多数の震源のフェイズドアレイ運用によって直接に散乱構造を同定する場合には、照射波の集束とモード制御によって空間分解能を高くできる。

震源はシステム開発の中心であり、偏心質量を長時間にわたって高速回転し速度を制御することは未踏技術であり、製作には多くのノウハウが織り込ま

Development of Brand-new Geo-monitoring Instruments

(1) Laser Interferometers

A new instrument with high performance or high reliability often opens up new fields of geophysics. With this belief, we developed new instruments. Shown in Fig.1 is a wideband short-period seismometer using a Michelson laser interferometer. To detect short-period vibrations down to 1ms, the frequency response of the output signal has a flat performance up to 1kHz (Fig.2). We are also trying to develop other types of instruments, such as a laser strainmeter, an ocean-borehole tiltmeter, and a seismometer which can sense six degrees of vibration components.

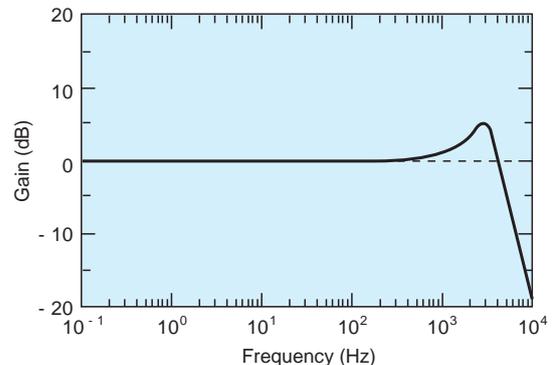


図2. 地震計の周波数特性。

Fig.2. Frequency response of the seismometer.

(2) ACROSS (Accurately Controlled Rotary Seismic Source) Tomography

We are developing a tomography based on accurately harmonic elastic wave. This system is composed of a phased array of artificial seismic sources and an array of seismographs. The source is an oscillator in which an eccentric mass is driven by a servomotor and is installed under the ground. We maintain the frequency of the sources constant. We also deploy sensors in a dense array. Recorded data are stacked immediately and the SN ratio of the data is augmented.

The mathematical feature of the ACROSS tomography is an inversion of the harmonic wave field. This is a young subject and a lot have to be exploited. But we can transform it mathematically to a conventional velocity tomography. Another approach is a phased array operation of many sources in which resolution is expected to be significantly improved. In this approach, the scattering structure is identified directly.

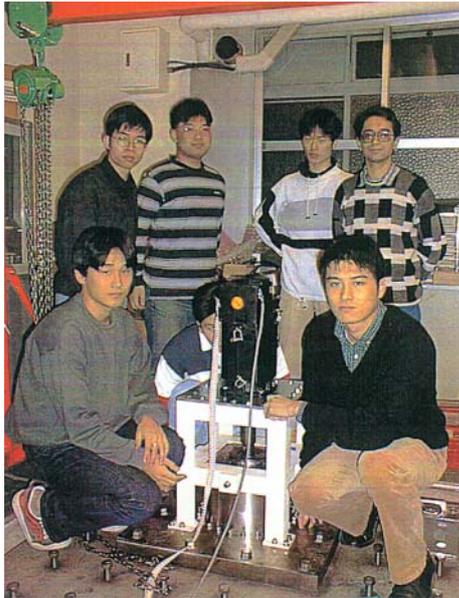


図3 . 出力1トン級小型精密制御震源 .
Fig.3. Accurately Controlled Source with 1 ton Force

れている . 1998年に震源の原形機が完成し、現在室内試験を進めている (図3) . さらに、山梨県東部の地震活動域に近い東京電力・葛野川揚水発電所の深部トンネルに実証試験モデルを設置して性能試験を進めている .

重力場の時間変化と空間分布の観測と理論研究

マグマの上昇や、地盤の隆起・沈降に伴って、万有引力を及ぼすみなもとの地下の物質の移動がおこる . このとき生じる、ごく微少な重力の変化に着目して、火山噴火予知や地震予知の基礎研究のため、以下の3つのテーマに取り組んでいる .

- (1) ヨウ素安定化レーザーと原子時計という最先端技術を組み合わせた絶対重力計 (図4) や、高精度スプリング重力計を駆使して、国内各地で重力を10億分の1までの超高精度で測定している . 各観測点は年1回以上の頻度で繰り返し測定を行い、時間変化を監視している .
- (2) 海底付近で起きる巨大地震の研究には、陸域だけの観測では不十分である . 大地震の前後で、震源域直上では、海底の高さが数cm程度上下することを利用して、人工衛星海面高度計データの解析をすすめ、海の地震の実像を明らかにする研究を行っている .
- (3) 活断層の周辺では、過去の地震活動の影響を受けて、重力に特徴的な空間パターンが生じる . このパターンを解析することにより、地下に潜在する活断層の検出や、断層活動様式の研究を行っている (図5) .

The source undoubtedly is the center of concern. High-speed rotation of an eccentric mass with accurately constant velocity for a long time is an unexplored technology and many inventions have been needed. We made the first model in 1998 and have been examining it in the laboratory (Fig.3). We also completed improved and stronger sources, installed them in a deep tunnel of Kazunogawa Power Station, eastern part of Yamanashi prefecture, of Tokyo Electric Power Company and currently conducting experiments.

Theoretical and Observational Studies on Temporal and Spatial Variations of the Gravity Field

Minute gravity changes occur when crustal deformation and/or transport of underground materials occurs: ascent of magma, co-seismic uplift/subsidence, pre-seismic groundwater migration. We try retrieving information on the subsurface deformation from observed surface gravity.

- (1) Gravity field monitoring at tectonically active regions.

We repeat gravity measurements several times a year at the Tokai subduction area, Asama Volcano, Izu Peninsula and other locations. The combination of an absolute gravity measurement (FG5 gravimeter in Fig.4) and a relative one (LaCoste & Romberg gravimeter) enables us to determine spatio-temporal gravity changes with an accuracy and a precision of 1-5 microgals. We apply the elastic/viscoelastic dislocation theory to the observed gravity change to estimate the underground deformation process.

- (2) Physical interpretation of gravity anomaly around



図4 . FG5型高精度絶対重力計 .
Fig.4. The FG5 high-precision absolute gravimeter.

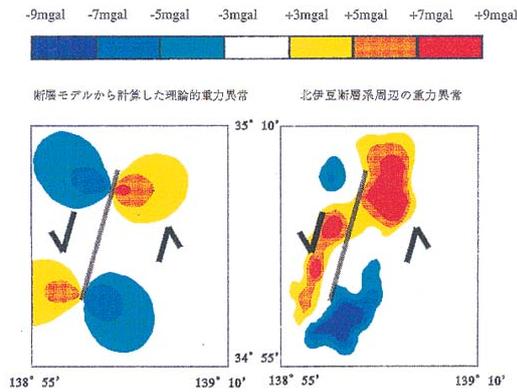


図5 . 北伊豆断層周辺の重力異常 .
Fig.5. Gravity anomaly around the Northern Izu Fault System. (left) Gravity anomaly expected from the accumulation hypothesis. (right) Observed gravity anomaly after removing the regional trend.

地震破壊の理論的研究

本部門における研究活動の柱の一つである理論的および数値モデリングに関する研究とその基礎となる数学的手法の開発を行っている．現在の研究課題は地震破壊の理論的研究と、断層破砕帯の力学的特性の評価手法の開発研究の二つに大別される．

(1) 地震破壊の理論的研究

現実の地震が発生する地殻は、様々の大きさの力学的に弱い面（一般に亀裂と呼ばれる）を含むことが知られている．密に分布する亀裂は、一般に、強い影響を及ぼしあう．これを相互作用と呼ぶが、この相互作用こそが、地震破壊を特徴づける重要な要因であろうと我々は考えている．この考えに基づき、関連の理論解析手法を開発しながら、種々の地震破壊現象にあたる相互作用の影響について考察してきた．この一連の研究により、相互作用という概念のもと、大地震の始まりから停止にいたる過程のみならず、地震活動の統計的諸性質までもが統一的に理解できるようになってきた．

大地震が繰り返し起きているような場所は、断層帯という一種の破砕帯が形成されていることが知られている．また、このような断層帯内部では、亀裂密度がたいへん高くなっていることが知られている．このような断層帯内で開始した破壊の成長の様子をモデル計算した例を図6に示す．相互作用のため、多くの破壊を引き起こしながら成長を開始し、全体としては、ゆっくりした速度で破壊の成長が始まることわかる．これは最近の精度の良い観測結果とたいへん調和的である．

(2) 地震波を用いた断層破砕帯の力学的特性の評価手法の開発

「地震破壊の理論的研究」の研究成果に基づくと、

active faults. A peculiar gravity anomaly pattern often occurs around active faults. We postulate the hypothesis that the current gravity anomaly manifests as a result of an accumulation of repeated co-seismic gravity changes in the past. In particular, the gravity anomaly around the Northern Izu Fault System is explained well by geomorphologically determined offset and seismic fault parameters of the 1930 Kita-Izu earthquake (Fig.5).

Theoretical Study of Earthquake Ruptures

(1) Theoretical Study of Earthquake Faulting

It is well known that the shallow part of the Earth's crust, where a large majority of earthquakes occur, is permeated by a number of pre-existing cracks of various sizes. In general, densely distributed cracks interact mechanically with each other. We have theoretically and numerically studied the effects of crack interactions on various aspects of earthquake ruptures. We also have developed mathematical methods of analysis forming the basis of such studies. It has been revealed that crack interactions can be a key element characterizing earthquake ruptures; we can understand in a unified way

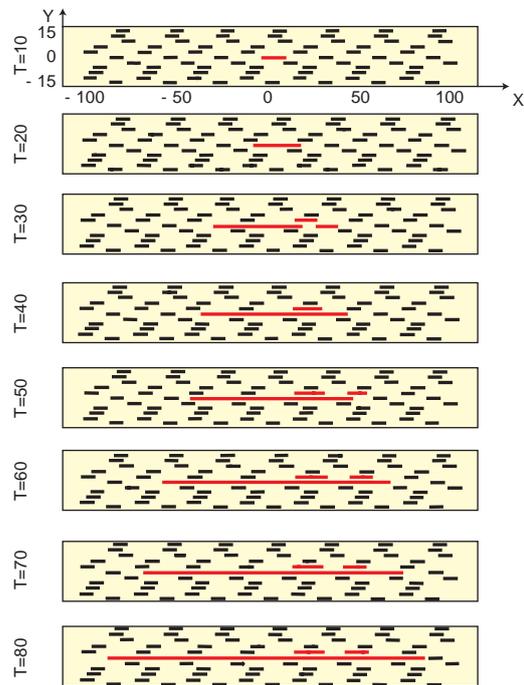


図6 . 断層破砕帯内 (-100<X<100, -15<Y<15) の破壊の成長の様子のスナップショット．Tは時間を表し、T=0ではすべての亀裂は同じ長さである．赤は成長をおこした亀裂である．

Fig.6. Snapshot of rupture growth in a fault zone (-100<X<100, -15<Y<15), where T is non-dimensional time. All the cracks have the same length at T=0. The red line segments denote propagation-experienced cracks.

地震の発生予測のためには断層帯内部の亀裂分布特性を評価することが重要となる。予測手法として、最も効果的なものは、断層帯に弾性波を入射させてその応答を調べることであろう。このような考えに基づき、密に分布する亀裂群による散乱特性についての一連の理論的研究を行ってきた。これにより、断層帯内を伝わる地震波の精度よい観測により断層帯の特性が評価できる可能性があることがわかってきた。

地震発生過程・強震動のシミュレーション

(1) 地震発生過程・強震動のコンピュータシミュレーション

スーパーコンピュータを用いたモデリングによる現象の解明を行っている。その例として破壊力学にもとづく地震発生過程解析がある。この研究では、地震発生の仕方をコントロールする断層パラメータ（強度分布、応力解放量分布）を直接推定し、得られたパラメータを用いて地震発生場のダイナミクス、テクトニクスを考察する。このような破壊力学にもとづく震源モデルを使うと、この震源近傍の強振動評価も可能になる。図7はこのようにして得られた1984年長野県西部地震の断層運動（縦の断面）と地動（横の断面）のシミュレーションの結果である。地表での最大地動加速度は赤で示した部分で生じているが、現地調査によれば断層真上のまさにこの場所に大加速度域が発見されている。

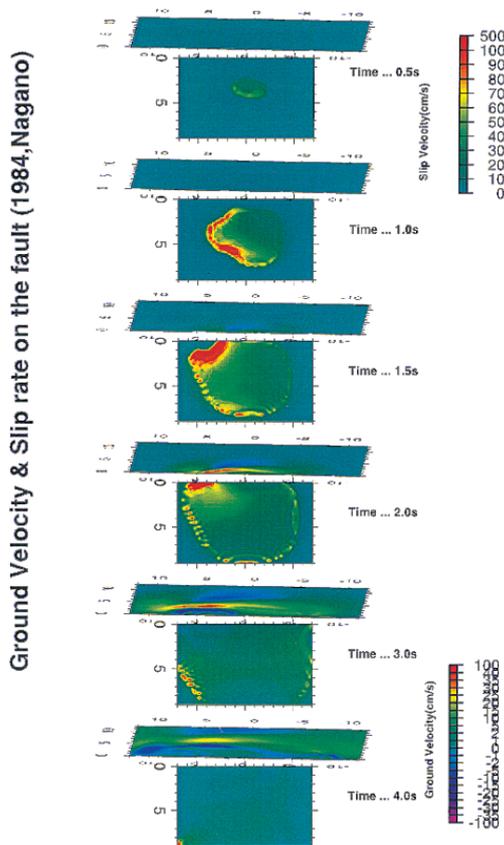


図7 . 1984年長野県西部地震の断層運動（縦の断面）と地動（横の断面）。

Fig.7. The slip velocity on the fault and the ground velocity at each time step for the 1984 Naganoken-seibu earthquake.

not only an earthquake rupture process from its nucleation to arresting, but also from the statistical properties of earthquake activity from the concept of the interaction.

A fracture zone called a fault zone is formed where shallow earthquakes occur repeatedly. It is known that crack distribution density is very high there. Rupture growth in such a fault zone is simulated, and an example of the result is illustrated in Fig.6. This figure shows that the earthquake rupture begins growth by exciting some subsidiary ruptures because of intense crack interactions. It is also shown that the overall rupture velocity is quite slow at the stage of dynamic rupture nucleation, which is also due to the crack interactions. This explains recent seismological observations quite well.

(2) Development of Method to Estimate the Mechanical Properties of a Fault Zone

Our study of earthquake rupture suggests that it is crucial to estimate crack distributions in a fault zone for predicting an earthquake. It would be most effective to investigate the response of a fault zone to incident seismic waves. A series of theoretical studies has been carried out on the scattering property of a fault zone, and the possibility has been suggested that the mechanical property of a fault zone can be estimated by precise seismological observations of seismic waves propagating in the fault zone.

Simulation of Seismic Source Processes and Applications to Design of Structures

(1) Computer Simulation of Rupture Process and Generation of Strong Motion

An inversion of seismic waveforms has been used to infer distributions of kinematic parameters, e.g., slips or moment release or rupture time on the fault. It is based on kinematic fault models that include some arbitrary assumptions. We have proposed an efficient method to reconstruct physically a reasonable dynamic rupture process with the constraint of kinematic inversion results and applied it to several earthquakes. The heterogeneous distributions of stress drop and fault strength excess have been revealed. In the method, ground motions near the fault are also calculated. Fig.7 shows snapshots of slip velocity on the fault and ground motions generated for the 1984 Naganoken-seibu earthquake.

(2) 強烈な直下地震動に適合する耐震構造の設計法の研究

兵庫県南部地震の経験に立って、我が国の構造物の設計では、直下地震による極めて強い地震動に対して、損傷制御と振動制御を核とする精密な設計・施工によって構造物の安全性を確保することになった。しかし、この新しいコンセプトは、従来の設計法(許容応力度法)を根本的に変更するものでありながら、データの不足、発生確率が低い事象についての費用対効果の評価の困難さ、などのために、なお確立にはほど遠い段階にある。

この新しい設計法は、地震動の予測精度を要するだけでなく、構造案に応じて危険な地震波が異なるため、地震学と構造力学の知見を総合的に運用して、地震発生過程・強震動のシミュレーションと構造物の弾塑性地震応答シミュレーションを連携することにより、震源近傍の大型構造物の耐震設計を可能にする方法論の構築をめざしている。

(2) New Design Methodology of Structures against Strong Near Earthquakes

The concept of L2 design seismic load, which was introduced into the design of civil engineering structures, has not been thoroughly investigated, and serious confusion exists among engineers. Our basic idea to establish a rational design method is 1. to develop a highly reliable structural analysis based on the integration of earthquake sciences and structural mechanics, and 2. to control vibration and damage. Following this strategy, we are designing new large structures located in the neighborhoods of active faults and are accumulating and analyzing detailed data.

耐震工学

耐震工学の目的は、地震災害、特に建造物の被害を防止または軽減することである。建造物や地盤の耐震設計、補修、補強技術等に応用するために、1) 設計用地震動、2) 地震時挙動、3) 耐震性能評価、4) 被災度判定、5) 被害想定、等に関する理論的研究あるいは実用的研究を行っている。具体的な研究手法として、1) 地震被害調査、2) 強震記録の収集、3) 実建造物の計測、4) 動的破壊実験(図1)、5) 静的破壊実験(図2)、6) 数理解析、7) 物理・統計理論、等がある。

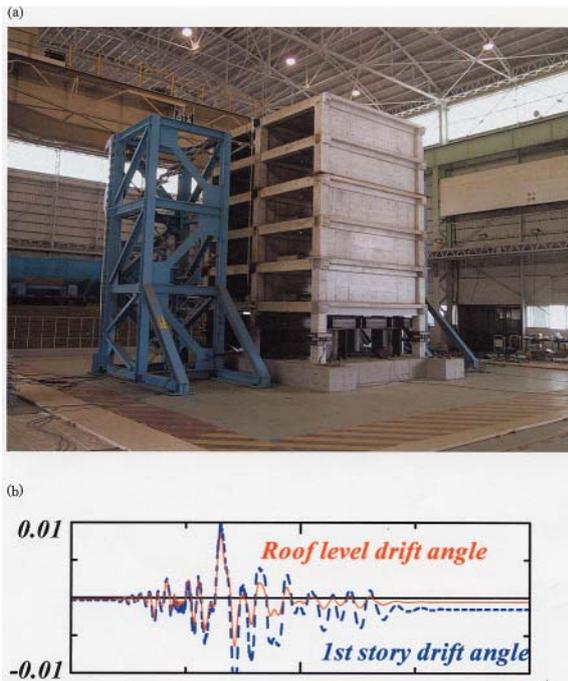


図1 . 6層1/3スケール鉄筋コンクリート壁フレームピロティ構造の震動実験(2000.7)。(a) 加震前の試験体、(b) 最大入力Takatori 135 kine 相当に対する全体と1層の層間変形の応答。

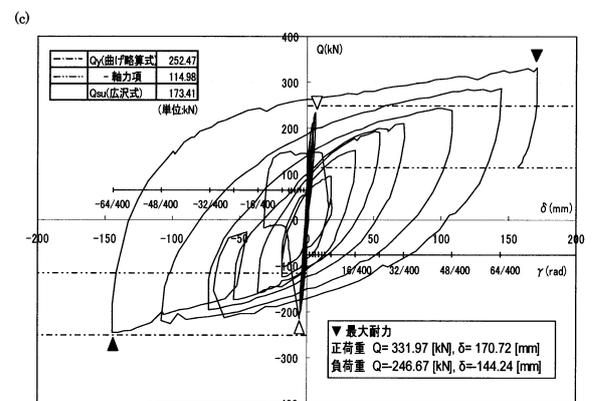
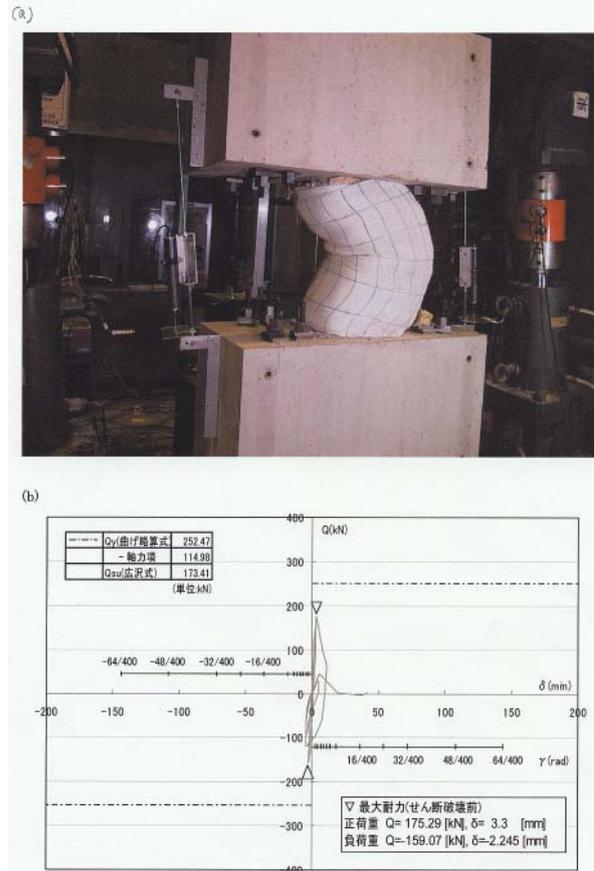
Fig.1. Shaking table test of 6-story one-third scale reinforced concrete wall-frame building structure with soft first story, July 2000. (a) Test specimen before test. (b) Response of overall and first story drift angles to the maximum input motion of equivalent Takatori 135 kine.

図2 . 大地震による既存建物の柱の軸圧縮崩壊を防止するための簡易で経済的な補強方の性能確認実験(2000.8)。(a) シート補強試験体の最終破壊状況。(b) 無補強試験体の復元力特性(せん断破壊とともに軸圧縮破壊)。(c) シート補強試験体の復元力特性(極めて大変形まで軸力を保持)。

Fig.2. Performance verification test on a simple and economical method of strengthening reinforced concrete columns against axial load collapse during major earthquake, August 2000. (a) Reinforced concrete specimen strengthened with sheet after cyclic lateral load test. (b) Hysteresis of reinforced concrete column specimen without strengthening failed in shear and axial load collapse. (c) Hysteresis of the column specimen strengthened with sheet maintaining axial load capacity until amazingly high drift.

Earthquake Engineering

The objective of earthquake engineering is to prevent or mitigate disasters, especially damage to structures, caused by earthquakes. Academic or practical methods of simulating or evaluating 1) design earthquake motion, 2) response, 3) seismic performance, 4) damage, or 5) risk, are developed and improved through observation, experiment (Fig. 1 and Fig. 2), analysis, and theory, for application to seismic design, repair and strengthening of structures and ground.



地震動の破壊力

地震災害を減らすには、地震動および構造物に関する研究に加えて、その両者をむすびつけて、地震動の破壊力、即ち、どのような地震動が構造物に大きな被害をもたらすか、について検討しなければならない。地震動の破壊力、即ち、地震被害は、地震動と構造物の強さの相対関係によって決まるので、その両者を把握する必要がある。その成果の一部は、例えば、計測震度のような、地震動の破壊力を表現する指標として還元される。そのような指標は、1995年兵庫県南部地震の場合でもわかるように、どの位の被害が生じているかを迅速かつ正確に把握し、震災直後の素早い対応をするために不可欠なものである。しかしながら、そのような検討には、同じ構造物条件下で多くの強震記録が得られることが必要で、今までは十分な検討が難しかった。

1999年台湾集集地震では、同じ構造物条件下で多くの強震記録が得られ、実際の被害の大きさも様々で、地震動の破壊力指標について実際の被害から検討することが初めて可能となった。実際の被害（周辺被災度）と既往の地震動の破壊力指標および、提案する1秒程度の弾性応答値の関係についてそれぞれ図3、4に示す。既往の地震動の破壊力の指標は、いずれも実際の被害との相関があまりよくない。これに対して、提案する1秒程度の弾性応答値は、実際の被害と相関がよく、地震動の破壊力指標として適していることが確認される。

応用地震学

地震災害を軽減することが地震学の社会的使命とすれば、地震発生時の地震動を正確に予測することは地震学の最重要課題のひとつである。本研究室はこの課題に係るあらゆる問題に取り組んでおり、最近の研究テーマは次の通りである。

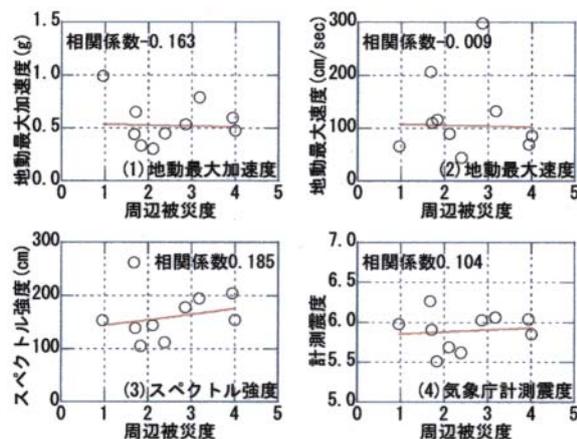


図3. 地震動の破壊力指標と周辺被災度の関係
Fig.3. Relation between index of representing damageability and area damage level

Damageability of strong ground

In order to mitigate earthquake disaster, we have to investigate damageability of strong ground motions in addition to investigation of strong ground motions and structures. Damageability of strong ground motions, i.e., structural damage, is determined by the relationship between intensity of strong ground motions and strength of structures, therefore, we have to grasp characteristics of both strong ground motions and structures. The result of the investigation leads to index of representing damageability of strong ground motions, such as J.M.A. (Japan Meteorological Agency) seismic intensity. Such index is essential to grasp actual structural damage rapidly and accurately for quick post-disaster response. Slow post-disaster response enlarged human damage in the 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake. However, many strong ground motions records are need to be obtained under the same structural condition for such investigation. In the 1999 Chi-Chi earthquake, Taiwan, many strong ground motions records were obtained under the same structural condition. This made it possible to investigate index of representing damageability of strong ground motions from actual structural damage for the first time. The relationship between often used index and proposed index (elastic response with a 5% damping factor around 1.0 sec) and actual damage (area damage level) is shown in Figs. 3 and 4, respectively. Almost no correlation was found for PGA and a weak correlation for PGV, SI and JMA intensity whereas, there is good correlation for proposed index with area damage level.

Applied Seismology

Seismologists are responsible for mitigating earthquake disasters, so precisely estimating seismic ground motions is one of our most important tasks. We are working on any problems related to this task, and our recent research subjects are as follows:

- 1) Modeling earthquake faults and their rupture processes as sources of seismic ground motions (e.g. Rupture

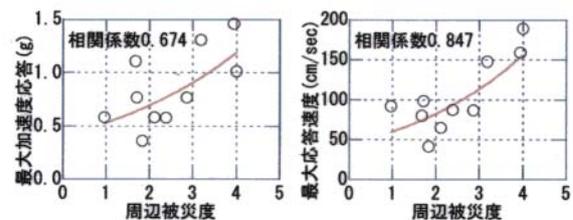


図4. 弾性応答(周期1秒(左)0.8秒(右)、減衰5%)と周辺被災度の関係
Fig.4. Relation between elastic response (5% damping for period 1s (left) and 0.8s (right)) and area damage level.

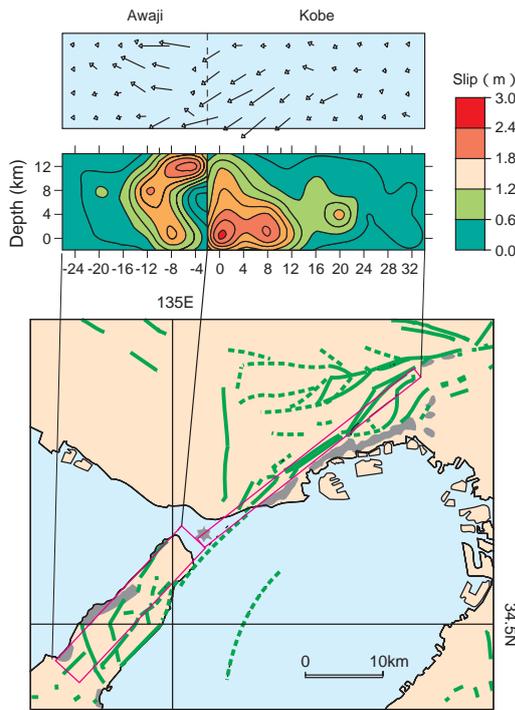


図5 . 1995年兵庫県南部地震の断層モデル（下）とそのすべり量分布（上）(吉田・纈纈・他, 1996による)。

Fig.5. Fault model (lower) and its slip distribution (upper) for the 1995 Kobe earthquake (after Yoshida, Koketsu et al. 1996).

- 1) 地震動の源となる震源断層のモデル化と破壊過程の解明（兵庫県南部地震の震源過程の解析など・図5）。
- 2) 地震動に大きな影響を与えるリソスフェアや堆積層の構造解析（沈み込み帯における3次元レイトレーシングや人工地震データのトモグラフィック解析など）
- 3) 1)の断層モデルや2)の3次元不均質構造における地震動のシミュレーション（阪神淡路大震災「震災の帯」のシミュレーションなど・図6）。

強震動地震学

強震動の観測を通じて、震源近傍での強震動の特性把握、表層地質構造の複雑さによる強震動の地域的変動の解明に主力を注いでいる。震源のごく近傍では、図7に示すように加速度記録には短周期の地震動が複雑かつ豊富に含まれていることがわかり、一方では変位波形に見られるようにS波の前に近地項によると考えられる準静的な動きが顕著である。また、単純な破壊を想定させる地震もある。図8はその例であるが、2つの地震は単純で良く似ている。しかし、良く見ると高周波数でのスペクトル形状が異なり、パルス形状の波形の後半部に違いが見られる。破壊の減速モデル（中村・工藤, 1997）でこの差を説明出来そうである。

表層地質構造の強震動に与える影響は極めて大き

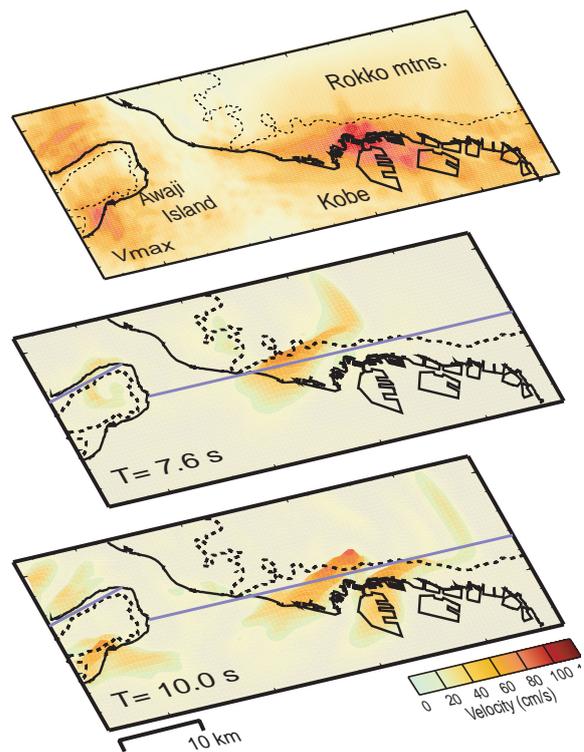


図6 . 1995年兵庫県南部地震による地震動の数値シミュレーション。上は最大速度の分布、下はその時間推移（古村・纈纈, 1998による）。

Fig.6. Numerical simulation of seismic ground motion caused by the 1995 Kobe earthquake. The upper and lower diagrams represent the distribution of peak ground velocities and their temporal snapshots, respectively (after Furumura and Koketsu, 1998).

process of the 1995 Kobe earthquake, Fig. 5).

- 2) Exploring detailed images of underground structures, which should influence seismic ground motions (e.g. three dimensional ray tracing in a subduction zone and tomographic analysis of explosion data).
- 3) Numerical simulation of seismic ground motion caused by fault rupture in a three dimensional heterogeneous structure (e.g. simulation of strong ground motion caused by the 1995 Kobe earthquake, Fig. 6).

Strong Motion Seismology

The major objectives of our research group are to understand the nature of near-field strong ground motions and to quantitatively estimate the effects of complex surface geology on strong motions by mainly observational approaches. Strong ground motions at the near-field contain high frequencies in the accelerogram (Fig. 7, the first trace) as well as quasi-static movements due to near field terms before the S-wave arrival in the displacement, as shown in Fig.7 (the third trace). On the other hand, events that are supposed to be simple rupture have also been observed. Figure 8 shows the example of

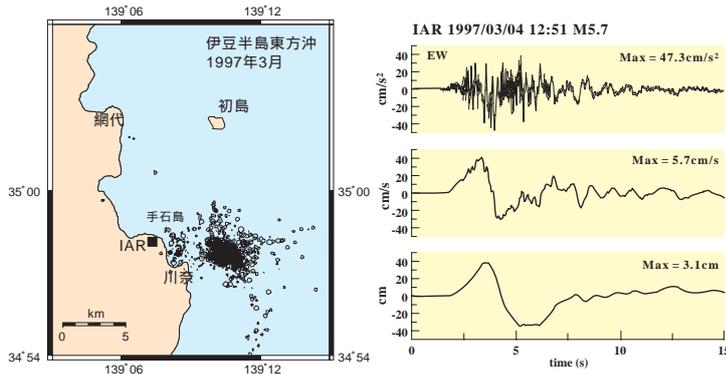


図7. 1997年伊東沖の地震 (M5.7左図) の伊東市新井 (IAR) での観測記録. 右図 (EW成分, 上から加速度, 速度, 変位).
Fig.7. Observed acceleration, integrated velocity and displacement (EW) at IAR from the 1997 Ito-oki earthquake (M5.7).

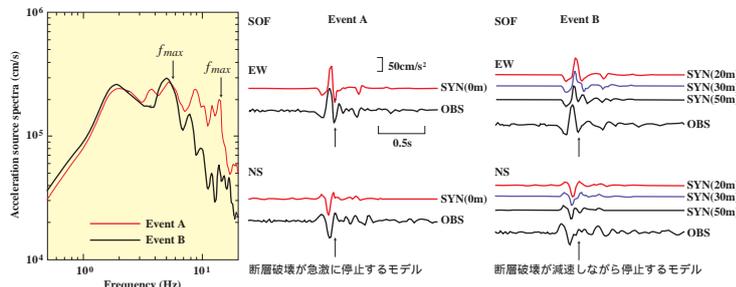


図8. 震源スペクトルが高周波側でのみ大きく異なる2つの地震. A地震では断層破壊が急激に停止し, B地震では30m程度の破壊減速域があるモデルで波形(右図)とスペクトルの違いが説明できる.
Fig.8. Two simple events differ at only high frequency. The difference can be interpreted as that the rupture stops suddenly (event A) and its velocity decelerates during 30m (event B).

い. 足柄平野に展開している観測から, 周期1-2秒の揺れやすさ分布を求め, 図9, 10に示している. 平野の中央部, 南西部に揺れやすい地域があり, 表層の深さ分布に大きく依存している.

強震動評価

強震動は, 地震の原因である震源断層, 地震波の伝播経路, 変化に富む地表近くの地盤, の相乗効果で決まる. 構造物の設計や都市防災を考える際には, 強震動特性を理解する必要がある. 地震時に危険度の高い軟弱地盤では, 動的相互作用を考える必要がある. 図11は, 地表近くの超軟弱地盤により, 地震波の加速度が増幅(地下86m, 地下30m, 地表)していく様子を示している.

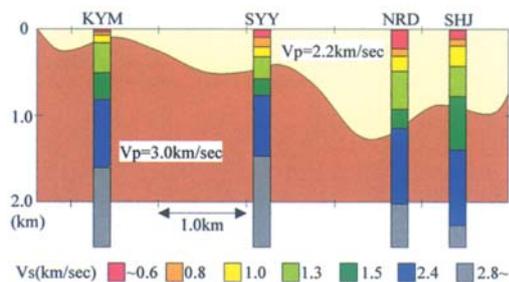


図10. 揺れやすさ指標の高い平野中央部の地下構造推定. 2層構造は屈折法探査, 柱状図は微動探査による(神野・他, 1998).
Fig.10. Underground structure models estimated by refraction surveys and array microtremor measurements (Kanno et al., 1998)

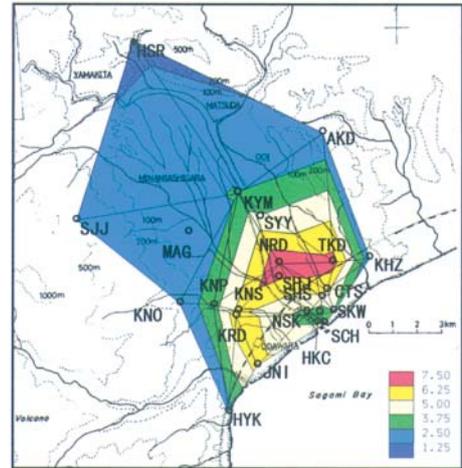


図9. 遠距離大地震記録を足柄平野の周期1-2秒の揺れやすさ分布(植竹・工藤, 1998).

Fig.9. Distribution map of relative intensity of 1-2 sec. motions in Ashigara valley estimated by using the records of remote and large earthquakes (Uetake and Kudo, 1998).

simple and similar accelerograms, however, their high frequency spectra and the waveform at later parts of pulses are significantly different. This difference can be interpreted by introducing a rupture deceleration model (Nakamura and Kudo, 1997).

Surface geology affects very much on strong ground motions. Figures 9 and 10 shows the relative intensity of 1-2 seconds ground motions in Ashigara valley referring to a rock site. Areas showing high intensity are found in the central and in the south-west of the valley and they are correspond to a deepness of sedimentary basin.

Strong Motion Estimates

Strong ground motion depends upon the causal earthquake fault, the propagation path, and a variety of local sites near the ground surface. We need to understand strong motion characteristics for earthquake-resistant structure design and urban earthquake-disaster prevention. Structure-soil interaction effects must be taken into account in a soft soil area with a high seismic risk. Fig. 11 shows the acceleration amplification of seismic wave (-86m, -30m, 0m) due to very soft surficial layers.

Numerical simulation of strong ground motion

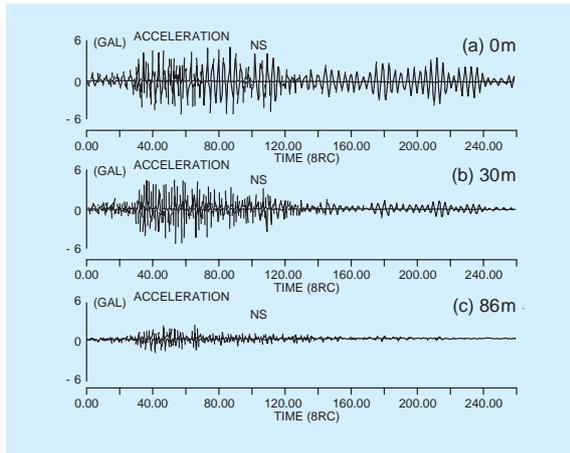


図11. 地震波の加速度が地表に近づくにつれて大きくなる様子。

Fig.11. Acceleration amplification due to very soft surficial layers.

強震動シミュレーション

地震動は、震源近傍そして伝播経路における地殻の3次元不均質性の影響を大きく受けている。このような効果は、大規模な3次元地震波動伝播のコンピュータシミュレーションにより評価することができる。私たちは擬似スペクトル法を水平方向に、そして鉛直方向に差分法を用いた「ハイブリッド型」のシミュレーション手法を開発した。これにより多数の演算プロセッサを用いた並列計算で高い演算性能が達成される(図12)。西南日本の詳細な3次元地下構造モデルを用いて行った計算結果(図13)は、たとえば1946年南海地震のような、海溝型地震の波動伝播特性を考察する上で有効である。

津波の研究

津波は海の地震で起きる。地震のマグニチュード

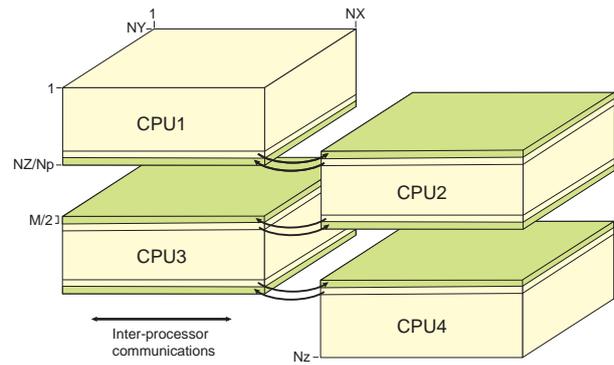
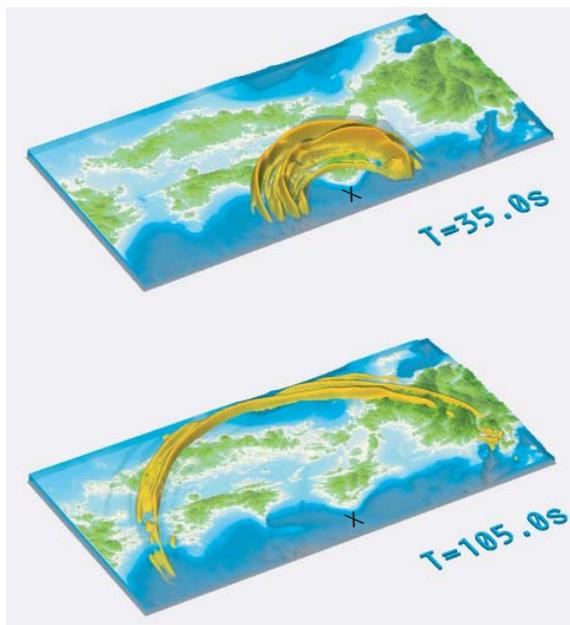


図12. PSM/FDMハイブリッド計算の模式図。ハイブリッド型並列計算では多数の演算プロセッサを用いて高い演算性能が得られる(古村・纈纈・竹中, 2000)。

Fig.12. Schematic illustration of the PSM/FDM hybrid calculation. The hybrid method offers fairly good speed up rate even using large number of processors (Furumura, Koketsu and Takenaka, 2000).

The seismic wavefield is significantly affected by 3D variations in crustal structure both in the source zone itself and in propagation to some distance. Such effects can be modeled in large-scale numerical 3D simulation of seismic wave propagation by using parallel computers. We developed a hybrid simulation code with pseudospectral representation for horizontal coordinates and finite-difference in depth. This arrangement improves parallel efficiency with high speed-up rate using large number of processors (Fig. 12). Numerical modeling of strong ground motion with a realistic 3D model for structure in western Japan (Fig. 13) provide a good understanding of seismic wave propagation from a subduction zone event such as the 1946 Nankai earthquake.

Tsunamis

A tsunami is a sea wave generated by a submarine earthquake. It has been clarified that the magnitude of tsunamis in the sea regions of Indonesia and Philippines exceed by one to two grades larger than those generated by earthquakes of the same magnitude of the sea region of the Japanese Islands (Fig. 14).

At midnight on June 3, 1994 an earthquake with a magnitude of 7.6 occurs in the sea region of East Java, and the inhabitants of Pancer village felt a small tremor, but a huge wave with a height of 9 meters washed away

図13. 南海地震の3次元波動伝播シミュレーションのスナップショット(水平動速度分布)(Kennett and Furumura, 2000)。

Fig.13. Snapshots of horizontal ground motion from 3D simulation of wave propagation from a Nankai subduction earthquake (Kennett and Furumura, 2000).

8-5. 地震予知研究推進センター

平成6年6月の地震研究所の改組に際し新設された地震予知研究推進センターの役割は、基礎研究に責任を負う大学が中心となって実施すべき地震予知に関する全国的共同研究プロジェクトや国際共同研究の推進にある。また、当センターには平成12年より、地震予知研究の全体計画の取りまとめを担う地震予知研究協議会企画部が置かれている。

地震予知研究協議会・企画部

1. 新体制の経緯と目的

平成10年8月に、測地学審議会から『地震予知のための新たな観測研究計画の推進について』が建議され、とくに大学における観測研究については、「全国共同利用研究所と各大学の地域センター等で構成されるネットワークの強化」と「関連研究者が広く参加すること」の重要性が指摘された。これを受け平成12年4月1日、新体制の地震予知研究協議会が発足した(図1)。

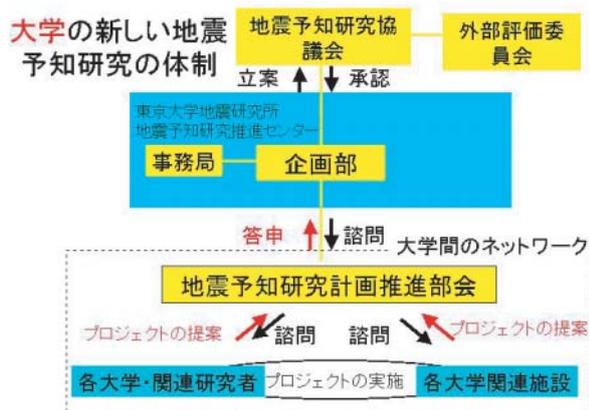


図1. 大学の新しい地震予知研究の体制。

Fig.1. New organization of Universities for an earthquake prediction research.

2. 企画部と計画推進部会の役割

新しい協議会は、地震予知研究計画全般を審議する「意志決定機関」と位置づけられた。計画の立案と実行を機能的に行うために、協議会の下に企画部と計画推進部会が置かれた。研究計画の進捗状況と結果の評価を行うために、協議会とは独立の「外部評価委員会」が置かれた。企画部は地震予知研究の全体計画の取りまとめ、計画の進捗状況を把握するため当センターに常置の組織となり、4人の専任教官と1人の客員教官がこの任にあっている。計画推進部会は、研究計画の実施にあたりとともに、研究課題ごとの実行計画を立て、企画部に提案する機能を持つ。建議の事業内容に基づき7つの部会が設けられた。

8-5. Earthquake Prediction Research Center

The Earthquake Prediction Research Center (EPRC) was established in 1994 as a core facility to promote national or international research projects on earthquake prediction. To establish a scientific method for predicting a large earthquake, we still need basic researches for which university scientists bear responsibility. A major role of EPRC is to coordinate individual large-scale research projects on earthquake prediction so that they are carried out effectively. In 2000, the coordinating committee of the Earthquake Prediction Research Committee was established at EPRC.

Earthquake Prediction Research Committee and Coordinating Committee

In 1998, the Japanese Geodesy Council submitted a recommendation titled as “Promotion for the new Program of the Study and Observation for Earthquake Prediction” to the Ministry of Education, Culture, Sports, and other related ministries. This is the 5-year national program since 1999. Following the recommendation, Japanese universities established a new structure toward the earthquake forecast study (Fig.1). In September 1999, the Earthquake Prediction Research Committee was established in the Earthquake Research Institute of the University of Tokyo, which is a shared institute of Japanese universities. The EPRC promotes the earthquake prediction researches in Japanese universities to plan, conduct, and evaluate the research programs (Fig.2). The EPRC includes a coordinating committee and seven standing panels (Program Promotion Panels) for promotion of individual programs. The coordinating committee has both full-time and part-time researchers proposes basic research plans. The committee allows representatives from academic institutes outside ERI to coordinate earthquake forecast research efforts among them. The ERRC also has an external evaluation committee to evaluate the scientific merit of the university programs.

(<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/YOTIKYO/index.htm>)

Cooperative Researches

1. Laboratory Experiment on Earthquake Generation Process

For physical modeling of a large earthquake for predictive purposes, it is critical to understand in terms of the underlying physics how and under what conditions a large-scale earthquake rupture is nucleated in a

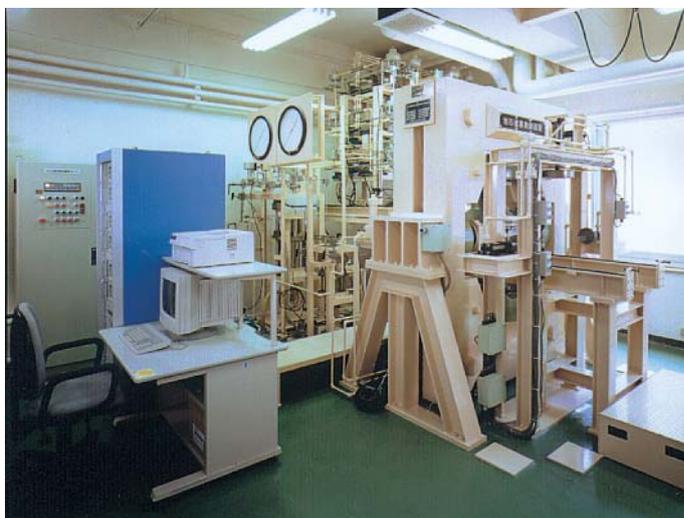
3. これまでと今後の活動

企画部は、研究の進捗状況を日常的に把握するためにインターネット等を用いた調査や、各種ワークショップ、シンポジウムを企画・実施し、年度末には、成果報告シンポジウムを開催している。平成11年度末のシンポジウムには、地震研究所内外から90余名が参加し、地震予知研究の成果と今後の地震予知研究の方向性について議論した。この議論の内容は、「11年度年次報告」としてまとめた。同時に企画部は、新年度の実施計画を調整し、研究の方向を提案している(図2)。全国の地震予知研究者は、これに基づいてそれぞれの研究計画を立て実施する。その内容は、随時、地震研究所のホームページを通じて公開されている(<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/YOTIKYO/index.htm>)。

共同研究プロジェクト

1. 室内実験に基づく地震発生の物理過程と予測モデル

大地震の発生を科学的に予測するには、地震を引き起こす原因となる破壊現象はどのような法則に支配されているのか、支配法則は地震が現実に発生する地殻環境要因の影響をどのように受けるのか、地震はどのような経過をたどって発生し、その過程で地震発生場の状態は変わるのか変わらないのか、必然的に付随する現象は存在するのかわらないのか、過去に観測された地震先行現象は地震発生場がどのような条件を満たしていると発現するのか、などについて科学的に理解し、これを系統的に整理し、地震発生に至る過程について時間軸に沿ったシナリオ(予測モデル)を用意する必要がある。シナリオ構築のためには、合目的な基礎的研究が必要である。以上のような研究上の要請に応えるため、世界に例のないユニークな岩石破壊実験装置を、高度な技術を有するメーカーの技術陣と共同開発した(図3)。



地震発生に至る地殻活動解明のための観測研究(4つの柱)



図2. 地震に至る地殻活動解明のための4つの研究の柱。
Fig.2. Study and observation of the processes in the earth's crust leading to earthquakes.

seismogenic environment at the final stage where enough elastic strain energy has been stored, what factors determine the size of the nucleation zone and its timescale for major earthquakes, and whether or not there are any precursory phenomena necessarily associated with the nucleation process. One of the current research projects focuses on establishing the constitutive law that governs earthquake generation processes, and thereby modeling the earthquake generation process in a lithospheric environment. To this end, a unique, state-of-the-art testing apparatus with a high-pressure and temperature spherical cell was constructed (Fig.3) to investigate constitutive properties of shear failure of rock in the brittle to brittle-plastic transition regimes under lithospheric conditions.

2. Deformation Process of Island Arc Crust

The EPRC and EOC have been a responsible organization for multi-disciplinary project of "Deformation process of island arc crust". This project is

図3. 地震発生環境条件下における岩石の破壊の構成特性を調べる目的で開発された実験装置。

Fig.3. Testing apparatus constructed to reveal constitutive properties of shear failure of rock in the brittle to brittle-plastic transition regimes under lithospheric conditions.

目下、この装置を使って地震が発生する場と同等な環境条件を実験室に再現し、脆性から脆性-塑性遷移過程における破壊法則の確立を目指し、国際的な共同研究を推進している。これと平行して、破壊核形成過程に関する研究、破壊現象固有のスケール依存性物理量のスケールリング則の確立、岩石破壊に伴う電磁放射に関する研究などを推進している。また、高感度地殻応力計による試験観測も行っている。

2. 島弧地殻変形過程

地震が発生するに至る過程は、地震発生場の状態、構造不均一と密接に関係している。したがって、地震発生層の物性及びその空間的不均質性は、地震予測の視点から重要である。当センターは、地震・地殻変動観測センターとともに、制御震源構造探査と稠密自然地震を密接に連携させた“島弧地殻の変形過程に関する総合集中観測”プロジェクトを推進してきた。平成9-10年には、東北日本弧の詳細な構造と地殻活動発生様式を解明するための大規模実験・観測が実施された。その結果、東北日本弧西部では、日本海生成時の伸張応力場による変形が明瞭な形で残されていることがわかった。また、地殻は、脊梁山地東縁で最大の33-35kmとなり、西に向かって地殻薄化を起こしていることが判明した。また、日本海側と太平洋側での海底地震探査結果と統合した、東北日本弧の構造を提出した。平成11-12年度は、北海道の日高衝突帯を研究主題とし、島弧-島弧衝突に伴う地殻の変形様式を解明するための観測・実験を行った。全長230kmに及び屈折法地震探査と、日高山脈を中心として実施した反射法地震探査から、千島前弧の東北日本弧への衝上が、地殻構造の面から鮮明になった。また、自然地震観測については、約50点の定常地震観測網に加え、47点の臨時観測点が設置され、現在も観測が進行中であり、詳細な地震活動や応力場の情報が集積しつつある。

3. 活断層構造

内陸大規模被害地震は、地下15kmほどの地震発生層底部付近で発生する。したがって、大規模被害地震の評価や発生メカニズムを理解するには、地震発生層底部から表層に至る領域の断層構造を理解する必要がある。このため、当センターでは平成9年度から活断層研究をスタートさせ、地殻スケールから極浅層に至る反射法地震探査による活断層の地下構造の解明に主眼をおいた研究を進めている。平成9-10年の奥羽脊梁山地横断構造探査では、千屋断層・上平断層に境された脊梁山地のポップアップ構造や地震発生層下限のデタッチメント、断層系の地震発生層底部から表層にいたるイメージングに成功した。この他、全国の活断層研究者との共同研究として、地表近傍の活断層・活褶曲のデータから震源

aiming at elucidating various scale structural inhomogeneity from well-organized seismic expeditions using active and passive seismic sources. The 1997-1998 expeditions provided a new image of crustal structure across Northern Honshu Arc. Particularly, in the western part of Honshu, crust has been highly deformed by the Miocene back-arc spreading. In 1999-2000, an extensive seismic expedition was undertaken in central Hokkaido to investigate the deformation process associated with arc-arc collision. Refraction and reflection surveys succeeded in imaging obducting Kuril Forearc to a depth range of 10-15 km.

3. Active Fault Researches

EPRC has conducted active fault researches since 1997. Since destructive inland earthquakes tend to occur near the base of the seismogenic layer, revealing the entire fault structure from a shallow depth to the depth of the base of seismogenic layer is crucial to elucidate a possible mechanism of destructive earthquake generation, and thereby to infer damage from a destructive earthquake. Hence, the entire structures of active faults have been studied using very shallow to crustal-scale seismic reflection profiling. The deep to shallow seismic reflection profiling, conducted in 1997 and 1998 across the Ou Backbone Range in northern Honshu, revealed the geometry and the connectivity of an entire active fault system. In 1999-2000 seismic reflection profiling was carried out across the Hokkaido axial zone and its western fold and thrust belt. Seismic profiles revealed an entire geometry of active thrust system in seismogenic layer, including shallow blind thrust at the front. Joint research projects on shallow seismic reflection profiling were undertaken with several universities. EPRC has also performed researches on the surface earthquake faults associated with destructive earthquakes, such as 1999 Chi-Chi earthquake in Taiwan and 2000 Tottori-ken-seibu earthquake in SW Japan.

4. Study on Electric Resistivity Structure

EPRC plays an important role in cooperative projects to study the electric resistivity structure in and around Japan. The NETWORK-MT experiment, which was developed in the Earthquake Research Institute, aims to study the relation between mean resistivity structure and features of crustal activity in Japan. A detailed survey is also carried out in a tectonically active area. Basic studies are also being undertaken to develop instruments for surveys, methods of field observations, and methods of analysis and modeling. The generating mechanisms of earthquakes, volcanic eruptions, and slow crustal

断層の動きを理解するために必要な活断層の浅層構造のイメージングを実施している。また、被害地震の調査も積極的に実施している。

4. 電磁気観測と比抵抗構造

当センターは日本列島および周辺の電気比抵抗構造研究プロジェクトの中心的役割もはたしている。地震研究所で開発したネットワークMT法の調査を全国の研究者と協力して行い、日本列島全域にわたる平均的な電気比抵抗構造と地殻活動との関連を調べている。また、特定の地殻活動域において高密度の観測を行い、電気比抵抗構造を詳細に調べる共同研究も行っている。これらの観測研究を実施するために、構造探査観測装置や測定手法および解析手法の開発を行っている。また、海域の地下構造や地殻活動に関連する電磁気現象の観測研究も行っている。地震、火山活動、広域地殻変動に伴う電磁気現象を観測して、これらの発生機構を解明しようとする研究も行われている。伊豆半島の群発地震と異常隆起、伊豆諸島の火山活動を主な研究対象として、プロトン磁力計による全磁力観測（図4）や、人工電流法による比抵抗変化の観測、NTT電話回線を用いた長基線電場観測も行っている。

平成11-12年においては、1)北海道中北部、中国地方西部、四国西部のネットワークMT観測、2)千屋断層とその西方延長の広帯域MT法観測で活断層に特有な比抵抗構造を明らかにした、3)伊豆半島東部の隆起・群発に関連する特異な全磁力変化の調査、4)伊豆半島と三重県飯高町の群発地震発生域のTDEM法による比抵抗構造探査、5)三宅島火山の全磁力および自然電位の連続観測で、2000年噴火活動に先行あるいは伴った顕著な変化を検出し、噴火過程の解明に寄与した、等の研究を行っている。

5. GPS観測と地殻ダイナミクス

プレートの変形を実測し、地殻の変形過程を追跡する手段として、GPS（全地球測位システム）は最も有力の武器である。しかも、手軽に高精度の地殻変動計測ができるので、近年急速にその利用範囲が広まってきた（図5）。当センターでは、全国の大学の地殻変動研究者で組織する「GPS大学連合」の本部・事務局をつとめるほか、各種の国内・国際共同研究の企画・調整・推進、世界的な研究組織への窓口と世界データの収集なども行っている。また、西太平洋GPS連続観測網を設置して日本周辺のプレート運動やプレート内変形の観測調査を実施しているほか、巨大地震の震源近傍でのGPS観測による地震の発生過程の研究や海底地殻変動観測への応用などの基礎的な研究も行っている。更に、GPSの上下方向測定精度向上を目指し、科学技術振興調整費「GPS気象学」に参加して、日本列島上空の可降水



図4. プロトン磁力計のセンサー（三宅島）.
Fig.4. Proton precession magnetometer (Miyake-jima Volcano).

deformations have been studied through various electromagnetic observations. In particular, our major targets of observations are intermittent swarm earthquakes and anomalous crustal uplift in the eastern part of the Izu Peninsula and some active volcanoes in the Izu-Bonin Arc. EPRC has also conducted observations of geomagnetic total intensity with proton precession magnetometers (Fig.4), ground resistivity using natural and controlled sources, and self electric potential (SP) with long-distance telephone cables.

For the period 1999 - 2000, we carried out the following work: 1) Network MT observations in the north-central Hokkaido, western Chugoku and western Shikoku districts, 2) To have clarified the resistivity structure of a most typical active fault, Sen-ya fault and its western vicinity, 3) Investigation of the anomalous geomagnetic total intensity changes in a rather local area in eastern Izu Peninsula, 4) Resistivity soundings in two active earthquake swarm region by TDEM method, i.e. the eastern Izu and Iitaka-Town, Mie Prefecture, 5) To have observed remarkable changes in the total intensity and self potential prior to and associated with the 2000 eruption of Miyake-jima volcano, which contributed to realize the eruption processes.

5. GPS Researches on Crustal Deformation Process

The Global Positioning System (GPS), a space



図5 . GPS観測風景 .
Fig.5. Global positioning system.

量分布とその時間変化に関する研究を進めると共に、
GPSを用いた津波計の開発にも取り組んでいる。

geodetic technique to measure crustal deformation accurately, has been widely deployed in Japan, and GPS is a powerful tool to monitor crustal deformations of a variety of scales (Fig.5). EPRC serves as the headquarters of the Japanese University Consortium for GPS Research (JUNCO), not only to promote various cooperative GPS projects in Japan, but also to establish an international GPS network in the western Pacific area to monitor plate motions (see 6-5 Application of GPS). The deformation process of the Japanese islands has been studied based on dense GPS arrays; for instance, post-seismic recovery of the 1995 Kobe earthquake was monitored with a dense GPS array by JUNCO, and a GPS array was deployed in the Ito area under the supervision of JUNCO. A new type of tsunami-meter using GPS has been developed. EPRC has joined a new project called "GPS meteorology", which started in 1997 as a project run by the Science and Technology Agency.

8-6. 地震地殻変動観測センター

地震地殻変動観測センターは平成6年の地震研究所の改組に伴い、観測を主体とする部門、センター、および観測所を統合して発足した。現在のセンターは、陸・海の地震、地殻変動、および強震動の四観測研究分野で構成され、観測拠点としての地震観測所、地殻変動観測所がある。地震研究所の設置目的「地震及び火山噴火の現象の解明及び予知並びにこれらによる災害の防止及び軽減に関する研究」を達成するため、各観測拠点における地震活動、地殻変動の観測と、強震動、機動的な海・陸地震観測の協力体制により地球物理学的研究、地震予知研究、地震工学的研究をはじめ各種の研究を進めている。また、地震予知観測研究の地域センター（関東・東海・甲信越・南海）として地殻活動の常時観測および地震現象・異常地殻活動の研究を進めるとともに、全国共同利用研究所のセンターとして地震予知観測研究の進展のために全国の大学との共同研究の推進及びその拠点としての役割を担っている。

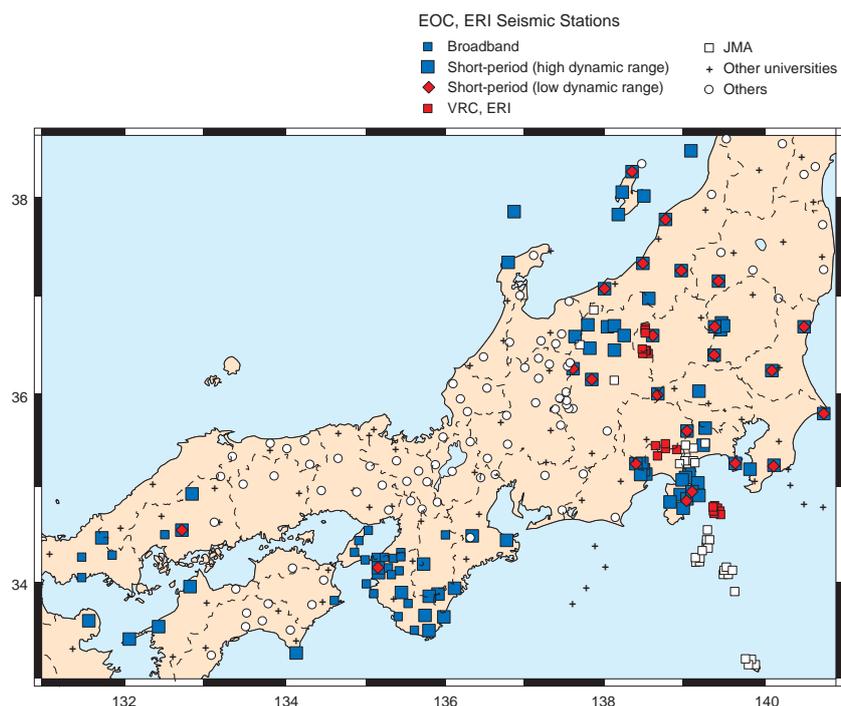
地震観測研究分野

関東甲信越から伊豆諸島地域、紀伊半島、瀬戸内海西部地域に約100点の高感度地震観測点を設置して、広域の地震活動や地殻構造の研究を進めている。伊豆半島東方沖にはケーブル式海底地震計を3台設置して特に観測精度を高め、繰り返し発生する群発地震活動の詳細な把握とその成因と考えられるマグマ活動の解明を進めている。関東甲信越地震観測網のうち19観測点では短周期地震計だけでなく広帯域の高精度地震計も設置して観測の高度化と高ダイナミックレンジ化を図り、小地震の破壊過程と構造の不均質との関連の研究により地震発生にいたる過程の解明を進めている。

リアルタイムに収集している膨大な地震観測データは、開発したワークステーション自動処理および検出システムを用いて効率的にその処理・解析、アーカイブを行っている。同時に開発した衛星通信利用の地震データ伝送システムは全国大学に導入され広域の定常観測と機動的観測に利用されている。これに

図1. 地震地殻変動観測センターの地震観測点分布。

Fig.1. Map of the seismic stations of the Earthquake Observation Center.



8-6. Earthquake Observation Center

The Earthquake Observation Center was established by integrating the observation divisions, the earthquake prediction observation center and the observatories when the Earthquake Research Institute was reorganized in 1994. At present, the center is composed of the four observational research groups for earthquakes, crustal movements, and strong motions. The center has ten observatories and the large-scale regional observation networks covering the districts of Kanto-koshin'etsu, Kii Peninsula, Shikoku, and the western Seto inland sea regions. The center, in order to approach earthquake prediction and disaster mitigation, has been actively conducting observational researches to clarify the mechanisms and the processes of earthquake generation, and has been developing observational techniques and instruments. The Earthquake Observation Center has been also conducting the collaborative observational researches with universities and other related institutions to promote earthquake-prediction program.

Earthquake Research Group

Seismic activities, rupture processes of earthquakes and heterogeneous crustal structures have been investigated using the high-sensitivity seismic networks of more than one hundred stations covering the areas of Kanto-koshin'etsu, Kii Peninsula, and western Seto inland. A data telemeter system utilizing a satellite has been developed and has been in operation since 1996, which has ensured to establish a real-time transfer of a huge

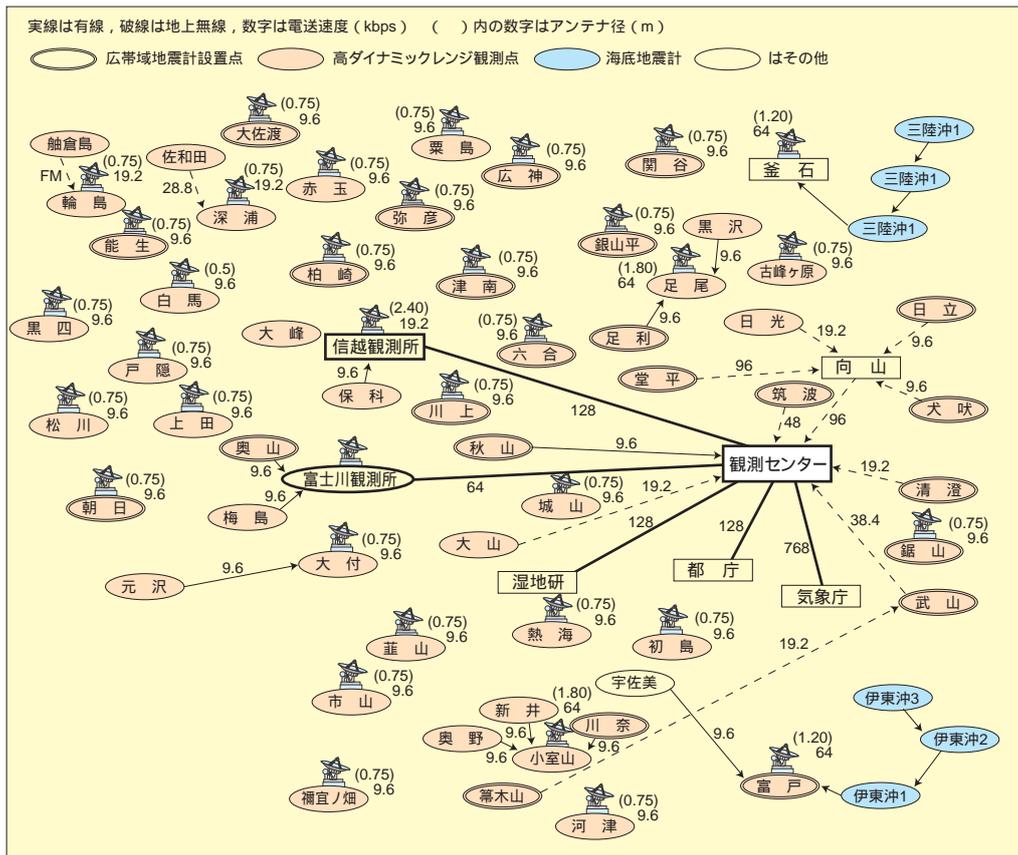


図2 . 関東甲信越地域の地震観測網系統図 .

Fig.2. System diagram of the seismic observation network in the Kanto-koshin'etsu area.

よって地震データのリアルタイム流通による有効利用が可能になるとともに、特定の地域における目的を絞った稠密観測研究を機動的に行うことが可能となった。本センターは衛星通信テレメタリングシステム運用の全国センターの機能を果たしている。1999年からは、地殻構造調査と自然地震稠密観測を総合した大規模機動観測を北海道で実施している。本センターは地震予知研究推進センターと協力してこのような観測の中核的役割を果たしている。

海域地震観測研究分野

三陸沖の海底地震観測所三点と津波観測所二点を光海底ケーブルでつないで地震・津波をリアルタイムに観測するほか自己浮上型海底地震計による機動的な観測を併用して、歴史的に津波地震が発生してきた海陸境界域の詳細な地震活動とプレート間相互作用の解明を東北大学と協力して進めている。伊豆諸島、東海沖、三陸沖など日本周辺海域において短周期や広帯域の高精度自己浮上型海底地震計を用いた機動的な海底観測を行い、地殻構造の不均質や地殻活動を明らかにしようとしている。また、準リアルタイムの海域観測を展望して衛星通信と水中音響通信を利用するブイテレメータ海底観測システムを開発した。平成12年の神津島・新島近海の群発地震観測に使用してその有用性を示した。また、準定常

amount of earthquake waveform data. The data telemeter system has been also effectively utilized in mobile seismic observations. The Earthquake Observation Center is responsible for the cooperative researches using the satellite-telemeter system.

Earthquake swarms, having repeatedly occurred off the East coast of the Izu Peninsula, have been intensively studied to clarify the mechanisms using the dense network of land stations and the optic-cable linked ocean-bottom seismometer network system that was deployed in 1994.

The Earthquake Observation Center has been the responsible organization since 1999 for the extensive researches composed of the well-organized seismic refraction/reflection profiling and the seismic studies with an off-line dense array in Hokkaido area.

Marine Earthquake Research Group

Seismic activities and tsunami off Sanriku, Tohoku district, where tsunami earthquakes have historically and repetitively occurred, have been studied using the optic-cable linked ocean-bottom seismic stations and pop-up ocean-bottom seismometers. Moreover, seismic activities and geodynamics at the plate boundaries around Japan have been studied with

的な海域地震観測のために一年間以上連続観測の可能な海底地震計を開発したほか、海底での地殻変動観測装置の開発をすすめている。

地殻変動観測研究分野

南関東・東海・伊豆・南海の地域などにおいて地殻の変動すなわち歪・傾斜などの連続観測を行うとともに光波測量・GPS観測、地下水観測と合わせて地震発生と地殻変動の関係や地殻のダイナミクスに関する研究を行っている。主力装置としてポアホール地殻活動総合観測装置（歪水平3成分、傾斜2成分、温度、加速度3成分、速度3成分、ジャイロ方位計などから構成）を開発した。この装置は、これまで3回の伊豆群発地震の前兆変動と最初の大きな地震の前兆的異常変動および地震時の変動を記録しており、深部ポアホールにおける総合観測の重要性と威力を認識させた。最近、名古屋大学および東濃地震科学研究所と共同で小口径（外径60mm）ながら斜め2成分および鉛直成分を組み込んだ3次元歪観測装置を開発し各地に設置した。地磁気の4成分の観測も可能であり、地震前兆検出の効率化と経費節減を実現した。地震発生研究において応力の絶対値の測定が重要であるが、深部ポアホールにおけるオーバーコアリングによる応力測定を可能にするインテリジェント回収型歪計を名古屋大学と共同で開発し、深度500 mの応力測定に成功した。

強震動観測研究分野

地震は極めて広帯域の現象であり、単一の測定器では現象の一部を理解出来るに過ぎない。強震動観測研究分野では、大地震の近傍で発生する強震動現象を捉え、大地震の発生と破壊伝播の詳細を知り、さらに強震動に与える地下構造・表層構造の影響を定量評価するための強震計による観測とその記録の解析に中心課題を置いている。現時点での強震計の守備範囲は最強の地震動（重力加速度の2倍程度を想定）からほぼ有感となる地震動（重力加速度の千分の一程度）である。観測の対象は、M8クラスの地震の発生が予想されている駿河湾地域、地震活動の活発な伊豆半島地域および表層構造が複雑な足柄平野などである。足柄平野では表層地質の影響を定量評価するために地盤上での高密度アレイ観測を実施しており、その他の地域では露岩上での観測に特徴を持っている。観測記録は基本的に学術研究の目的に使用されるが、強震動情報は発災直後の応急復旧に極めて重要であり、現在、一般公衆回線を用いた準リアルタイム波形伝送を実現し、強震動情報を即時に自治体・関連機関等へ伝達するシステムの開発に取り組んでいる。これらの研究は地震火山災害部門と密接に協力して進めている。

using a pop-up ocean-bottom seismometer array.

For the long-term seismic observations, the high-quality pop-up ocean-bottom seismometers with the life of >1-year continuous recording have been developed. For the marine quasi-real-time observations, the telemeter buoy system utilizing the satellite- and acoustic-communication links has been developed, which were temporarily deployed off Kozu-shima, Izu-islands, Tokyo in 2000 for observing the earthquake swarms associated with the magma activities of the Miyake-jima eruptions.

The ocean-bottom instruments measuring crustal movements such as strain and tilts have been developed and installed in the Nokogiriyama examination wells for marine crustal movements observation tools.

Crustal Movements Research Group

Crustal dynamics and relationship between crustal movements and earthquake occurrence have been investigated by using data obtained from observation stations monitoring continuous crustal movements, and EDM and GPS array stations, together with groundwater measurements. Multi-component borehole observation instruments have been developed and enabled us to record six components of strain, two components of tilt, temperature, and three components of seismic waves. They are equipped with a newly developed gyro for positioning the instruments when installed in deep boreholes. They have been deployed at areas where earthquake swarms occur and next destructive earthquakes may occur in the future as Kanto-Tokai and Nankai areas, being installed in deep boreholes at depths from 150 m to 800 m.

Strong Motion Research Group

Major objectives are: (1) to understand the generation and the propagation of strong ground motions from large earthquakes through strong motion observations at rock sites surrounding Suruga Bay where a large earthquake of M8 is anticipated and Izu Peninsula regions, and (2) to evaluate the effects of surface geology on strong motions using the array observation data at Ashigara valley. A quasi real-time information system for strong ground motions is under development. This system will focus on dispatching additional data that will allow a local government or other organization to respond quickly. The group collaborates with the Division of Disaster Mitigation Science.

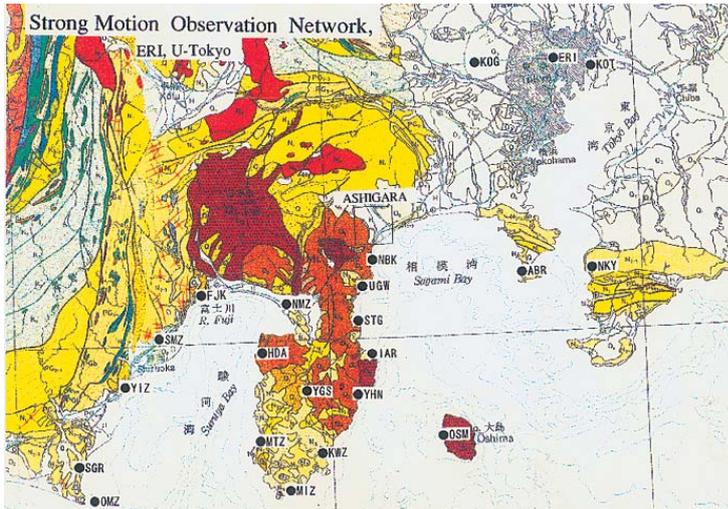


図3. 関東・東海地方における強震動観測網(地質図は地質調査所による)。
Fig.3. Strong motion observation network of the Earthquake Observation Center in the Kanto-Tokai area plotted on the geological map by the Geological Survey of Japan.

Ashigara Valley Strong Motion Instrument Array

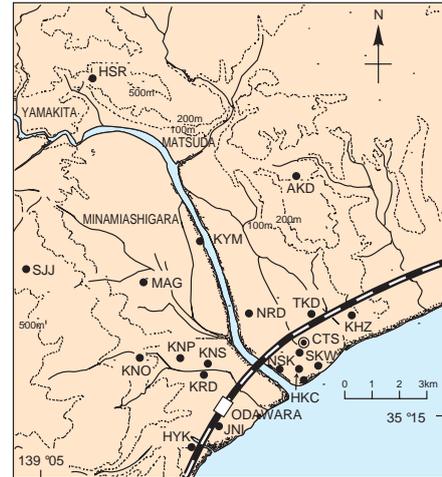


図4. 足柄平野におけるアレイ強震動観測。
Fig.4. Array strong motion observation in Ashigara valley.

筑波地震観測所

Tsukuba Seismological Observatory

大正10年震災予防調査会により設立され、その後昭和2年地震研究所に所管替えとなり現在に至っている、地震研究所で最も古い観測所である。観測施設は東京の北東約70kmにある筑波山の中腹の花崗岩層上にあり、関東地方で最も地震活動の活発な地域の一つに位置している。

和歌山地震観測所

Wakayama Seismological Observatory

昭和3年、今村明恒博士が来るべき南海道大地震に供えて紀伊半島および四国地方の地殻活動を観測する目的で設立した南海地動研究所をその前身とする。太平洋戦争のため観測を一時中断したが、地震研究所が昭和27年に観測を再開し、昭和39年和歌山微小地震観測所として正式に発足した。昭和53年度に全観測点のテレメータ化と処理システムの導入が

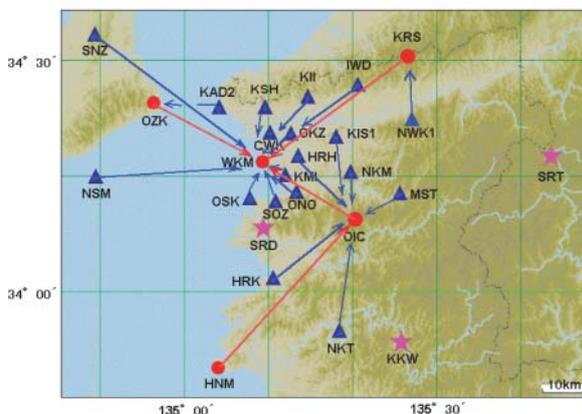


図5. ローカルな地震観測網の例(和歌山地震観測所)。
Fig.5. Local seismic observation network in the Kii peninsula operated by the Wakayama Seismological Observatory.

行なわれ同時に局舎を移転し、南海地域における地震観測の中心としての機能が整えられた。平成6年6月、地震研究所の改組に伴い和歌山地震観測所となった。

広島地震観測所

Hiroshima Seismological Observatory

昭和38年米国沿岸測地局より国際標準地震計を設置するよう依頼があり学会議はこれを受け入れるよう勧告した。地震研究所はこの勧告に基づいて昭和40年度に白木微小地震観測所を新設した。現在は、広島を中心として四国や九州にも観測点を設置し、瀬戸内海西部地域の地震活動の観測研究を目的としている。平成6年6月、地震研究所の改組に伴い広島地震観測所となった。

堂平地震観測所

Dodaira Seismological Observatory

局地、近地、遠地の大小の地震について広い周期範囲の地震波を観測する近代的な総合地震観測所として昭和39年度に堂平微小地震観測所が設置された。秩父堂平山に短周期地震計の群列観測網を持つとともに関東地方に衛星観測点をもって、無線テレメータ観測を始めた。平成6年6月、地震研究所の改組に伴い堂平地震観測所となり、関東甲信越地震観測網の一翼を担っている。

信越地震観測所

Shin-etsu Seismological Observatory

北信微小地震地殻変動観測所(昭和42年度設置)と柏崎微小地震観測所(昭和43年度設置)の両観測所を統合し昭和60年度に信越地震観測所となった。新潟県南西部、長野県北部の特定観測地域を含む中部日本に地震観測網を展開するとともに、日本海東縁部の地震活動の観測研究にも寄与する。平成6年

6月、地震研究所の改組に伴い信越地震観測所となった。地震研究所本所と専用回線で結ばれ、関東甲信越地震観測網として波形データが統合されている。

油壺地殻変動観測所

Aburatsubo Geophysical Observatory

戦後の昭和22年理学部の臨海実験所構内の地下壕(元の特種潜行艇の発進地)を利用して地殻変動連続観測の研究が開始された。これが油壺観測所の始まりである。昭和24年9月より観測が始められ、昭和52年2月に現在の庁舎および観測坑が完成した。三浦半島南端近くの油壺地殻変動観測所は東方20 kmの房総半島の鋸山に設置されている鋸山地殻変動観測所との相互の変動を比較することにより、地震に関連した異常地殻変動の検知能力を向上させている。

鋸山地殻変動観測所

Nokogiriyama Geophysical Observatory

昭和34年1月より現観測所の約1 km北にある観測坑において観測を開始し、30年以上の観測を続けた。1年間の並行観測の後、平成5年10月から現在地の観測所に移転した。油壺地殻変動観測所との傾斜データの比較解析により20m/年で東から西へ移動する超低速の地殻変動が初めて見いだされている。標準的な地殻変動観測所における観測計器、水管傾斜計・水晶管伸縮計のほかに強震計・重力計・水晶振

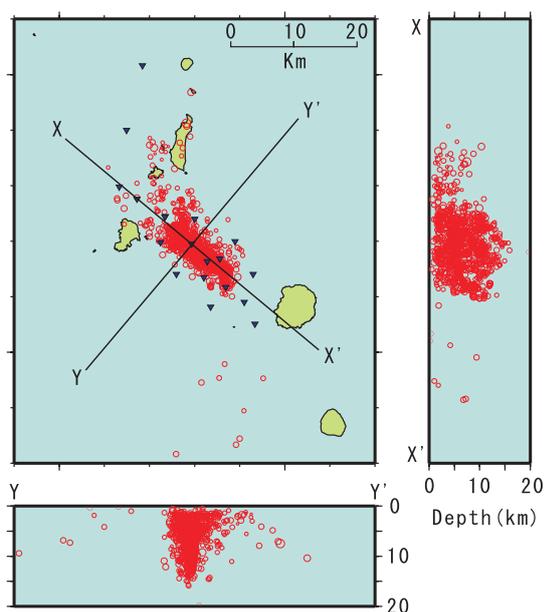


図6. 三宅島・神津島近海の地震の詳細な震源分布。海底地震計のデータを利用して震源再決定した。深さ7km以深では厚さ約2kmの薄い板状の分布になっている。

Fig.6. Hypocentral distributions between the Miyakejima Island and the Kozu-shima Island.

The hypocenters are the relocated ones using the station corrections determined by the ocean bottom seismometer observations. The deeper distributions (>7 km) of the hypocenters look like almost-vertically standing thin-plates of the width of about 2 km.

動式応力計・STS地震計やボアホール多成分歪計などの観測を行っており、また、海岸には検潮所が設置され、地球物理総合観測所としての観測を進めている。平成8年に海底掘削孔と同孔径の試験観測井を設け、海底地殻変動観測手法の開発を進めている。

弥彦地殻変動観測所

Yahiko Geophysical Observatory

前身となる間瀬観測所が昭和27年に設置され、水管傾斜計が新潟地震の数年前から異常傾斜を記録していたことは注目すべきことである。日本海沿岸の地震は太平洋側に発生するプレートの沈み込みに伴う巨大地震とは異なる。このことを考慮して昭和39年に発生した新潟地震(M=7.5)後の昭和40年に地震予知計画の一環として弥彦地殻変動観測所が設置された。

富士川地殻変動観測所

Fujigawa Geophysical Observatory

富士川地殻変動観測所は、西南日本から延びる南海トラフが深く駿河湾内に入り込み上陸する地点に位置し、プレートの異常運動から東海地震に関連した変動を検知する目的で昭和44年地震予知計画の一環として設置された。地殻変動連続観測の他に5ヶ所の観測点の微小地震の観測を行っている。

室戸地殻変動観測所

Muroto Geophysical Observatory

四国の室戸岬最南端に平成7年度完成した全長150 mの横坑の観測点である。本州最南端にある和歌山県の潮岬観測点における250mのボアホールの3成分歪・2成分傾斜などの観測との比較により、21世紀に再び発生すると考えられる南海道大地震に関連する現象を観測するために設置された。

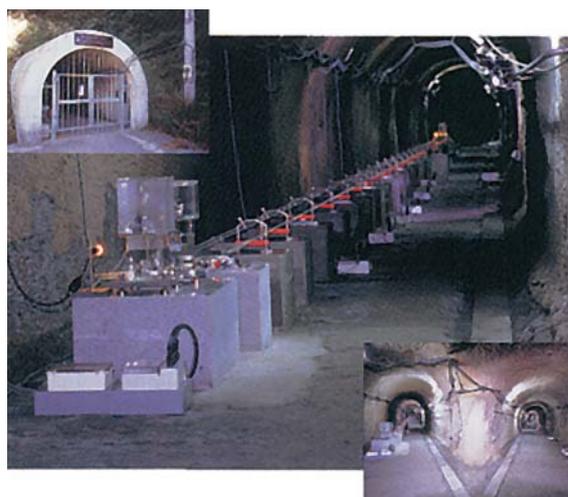


図7. 鋸山地殻変動観測所、観測坑内の水管傾斜計・伸縮計(中央)、観測坑入口(左上)、観測坑内分岐点(右下)。

Fig.7. Nokogiriyama Geophysical Observatory: Watertube tiltmeter and extensometer (center), the inside view of the observation vault (right lower), and the entrance of the observation vault (left upper).

8-7. 地震予知情報センター

地震予知情報センターは、全国地震予知研究情報ネットワークの全国センターとしての任を負い、全国規模で得られた地震予知観測データの収集、整理、提供を行うとともに、地震に関する情報流通基盤の整備を推進している。

また地震や津波の発生メカニズムの研究、国内外の地震データを用いたリアルタイム地震学の研究、インターネットを用いた地震情報提供システムの研究、首都圏の強震計データを使った地盤特性、地震防災の研究など、自然地震学から情報科学までの幅広い研究活動ならびに全国共同研究を行っている。

<<全国地震予知研究情報ネットワーク>>

国立大学観測網地震カタログ (JUNEC)

全国の国立大学により運営されてきた地震予知観測情報ネットワークの観測網で得られた再検測地震データを統合処理し、「国立大学観測網地震カタロ

8-7. Earthquake Information Center (EIC)

Earthquake Information Center (EIC) has a central role of Japan University Network for the Earthquake Prediction Program, making archives of all seismic data observed in Japan. EIC also creates a database and develops software to analyze the database.

To utilize this database, EIC coordinates various collaborative projects among domestic and international researchers, concerning the source process of earthquakes and tsunamis, real-time seismology, and the communication system for earthquake information.

<<Earthquake Information Network>>

• Japan University Network Earthquake Catalog (JUNEC)

The data obtained from the observation networks of the earthquake prediction information have been combined for alignment by the newly inaugurated Japan University

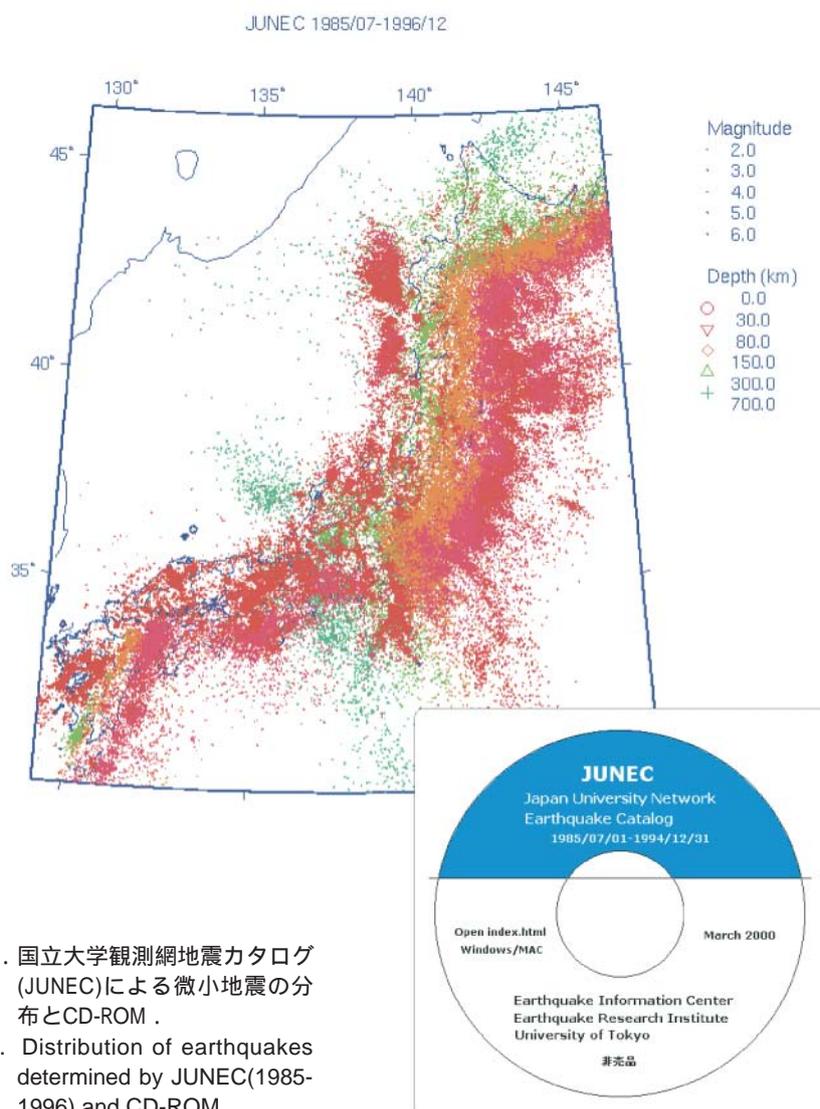


図1. 国立大学観測網地震カタログ (JUNEC)による微小地震の分布とCD-ROM.

Fig.1. Distribution of earthquakes determined by JUNEC(1985-1996) and CD-ROM.

グ(通称JUNEC)」を作成し、公開している。1999年からは、作成したデータをCD-ROM化し、研究者から申請があった場合に提供を行っている(図1)。

全国地震データ流通ネットワーク

本センターでは、1980年頃から全国の大学地震観測データの流通システムを開発し提供してきた。1980年代は、アナログ専用回線を用いて全国ネットワークを構築し、隣接大学間の波形データの交換、自動処理システムの開発の推進と自動震源情報の本センターへの収集などを行っていた。1993年には、インターネット技術を用いて64Kbpsのデジタル専用回線を用いて全国ネットワークを再構築し、全国の研究者と標準地震波形データ転送方式の開発、それによる近接の大学間の波形データ交換、気象庁各管区とその隣接大学との波形データ交換、各大学における高感度地震波形データ利用システムの開発と公開、新J-array地震波形データベースと利用システムの開発と公開など数々の成果を上げた(図2)。1996年には、衛星通信技術を用いた全国地震データ流通ネットワーク(衛星テレメータ)に移行し、全国の観測点の波形データが、全国のどこの大学でも利用できるという画期的な地震データ流通ネットワークシステムが構築され運用されている。各大学の高感度地震波形データベース、および、本センターの新J-array地震波形データベース(<http://jarray.eri.u-tokyo.ac.jp>)も、衛星テレメータ化によりデータベースの内容が一層充実された。

並列計算機(<http://www.eric.eri.u-tokyo.ac.jp/computer/>)

本センターでは、共同利用研究所の計算機センターとして地震や火山の研究のための全国共同利用計算機を導入している。1999年3月には、64台のCPUからなる並列計算機SGI Origin 2000システムが導入された。このシステムになって処理能力が大幅に向上したことにより、従来では困難であった中規模から大規模のシミュレーション計算が可能になっている。大規模計算の処理件数や利用者は徐々に増加し、月間のCPU稼働率は、導入当初30~40%前後であったものが、2年目にして80~90%と処理能力の限界まで日常的に利用されている(図3)。地震予知計画の建議でも、地殻活動予測のための「地殻活動シミュレーション手法」の研究が推進されていることなどから、全国の共同利用研究者による計算需要は今後も増え続けると予想される。すでに処理能力の限界まで利用されていることから、早急に処理能力の大幅増強を実施する必要がある。

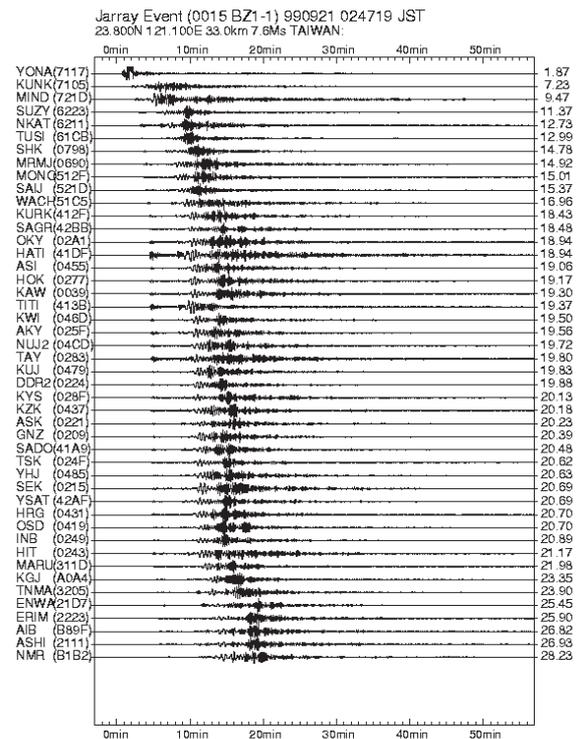


図2. J-arrayで得られた1999年台湾地震の広帯域地震波形。

Fig.2. J-array broadband waveform data of the 1999 Taiwan earthquake.

Network Earthquake catalogue (JUNEC). The data are made available by CD-ROM since 1999 (Fig.1).

• Communication Network of Seismic Data (<http://jarray.eri.u-tokyo.ac.jp/>)

EIC has been engaged in developing access systems for a waveform database to provide every researcher with the seismic waveform database via the Internet. Using this system, data gathered by the center are publicized as new J-array seismic waveform data, and are available via the WWW (Fig. 2).

Taking account of the fact that a satellite telemetry system started operation to make data available to every researcher, all of the new J-array waveform data have been compiled in EIC since March 1998.

• Parallel computer (<http://www.eric.eri.u-tokyo.ac.jp/computer/>)

Parallel computer SGI Origin 2000 System that consists of 64 CPU's was introduced in March 1999. The capacity is drastically improved by this system, and it is possible to calculate the large-scale simulation. Now the CPU working rate in the monthly is daily utilized to the limit to the capacity with 80-90% (Fig. 3). It is required urgently to increase the capacity.



図3. 並列計算機利用状況.

Fig.3. Change in number of users of the parallel computer.

[EICニュースレター \(http://www.eic.eri.u-tokyo.ac.jp/NEWSLETTER/\)](http://www.eic.eri.u-tokyo.ac.jp/NEWSLETTER/)

当センター施設利用者への情報提供や連絡用として、1997年12月より『EICニュースレター』発行している。およそ2ヶ月に1回のペースで、2001年1月に第20号を発行した。内容は、ソフト・データベースなどの利用資源に関する情報、センターの利用状況、センタースタッフによる地震学情報、センターからの連絡事項などである。

<<リアルタイム地震学研究>>

準リアルタイムに集められる地震データから詳細な震源情報を早期に決定し、震源と強震動についての理解を深めるとともに、地震津波災害の軽減に役立つ研究を進めている。グローバルな地震をも対象とし、主要な地震については特集HPの立ち上げと連動し、迅速に情報提供をしている。

特集HPによる大地震、火山活動解析情報公開

世界で起こった大地震や被害地震、あるいは日本の火山噴火が起きた場合に、それらの地震・火山活動に対する解析結果や情報などを特集HPとして世界に発信している(図4)。海半球観測研究センターと共同で開発した表面波を使った自動CMT解(ERI AutoCMT解)システムでの解析結果(http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/http/AUTO_CMT/Jauto_cmt.html)やEIC地震学ノートなどもリンクしている。三宅島噴火では地震研での各分野の成果を公開するとともに、所内の調査観測活動連絡の役割も果たした。

[EIC地震学ノート \(http://www.eic.eri.u-tokyo.ac.jp/EIC/EIC_News/\)](http://www.eic.eri.u-tokyo.ac.jp/EIC/EIC_News/)

M7以上の大きい地震、あるいは、大きくなくても重要と思われる地震、興味ある地震について、震源の破壊過程を遠地実体波を用いて解析し、「EIC地震学ノート」として、Web上で公開している。

• EIC newsletter (<http://www.eic.eri.u-tokyo.ac.jp/NEWSLETTER/>)

To support smooth notification of the users of the center, the EIC newsletter has been published almost once per two months since December 1997. Edition No.20 was issued in January 2001. The edition contains information concerning usable resources such as software and database, users' activity, and seismological information.

<< Real-time Seismology >>

Quick information about earthquake source and strong ground motion is obtained by analyzing quasi real-time seismic data, which can support a prompt emergency response to mitigate earthquake hazards.

• Special Home Page for large earthquakes

For large and damage earthquakes or volcanic eruption, our analytical results have been published on Special HP (Fig. 4). CMT solutions ("ERI Auto CMT solutions") by automatically using waveform data from IRIS-DMC are also published on Special HP.

• EIC Seismological Note (http://www.eic.eri.u-tokyo.ac.jp/EIC/EIC_News/)

For interesting earthquakes such as those with the magnitude greater than seven or those believed to be important regardless of their magnitude, the rupture process of the earthquake source is analyzed using teleseismic body waves. The results are edited for publication with the title "EIC Seismological Note".

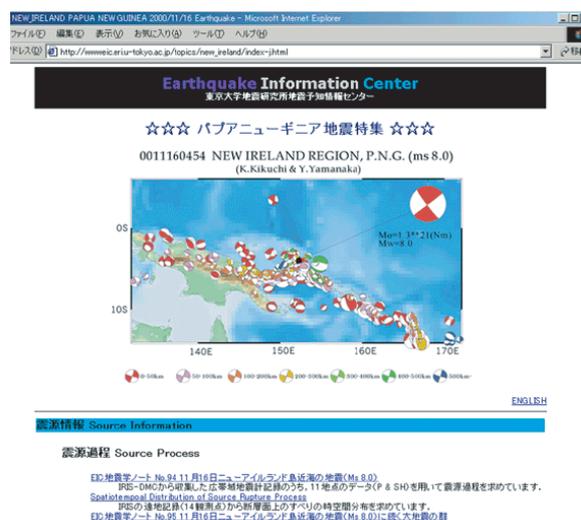


図4. 特集HP (2000年11月16日パプアニューギニアの地震).

Fig.4. Special Event Page (Nov.16, 2000 Papua New Guinea Earthquake).

2000/06/03 CHIBA Earthquake (Mj5.8)

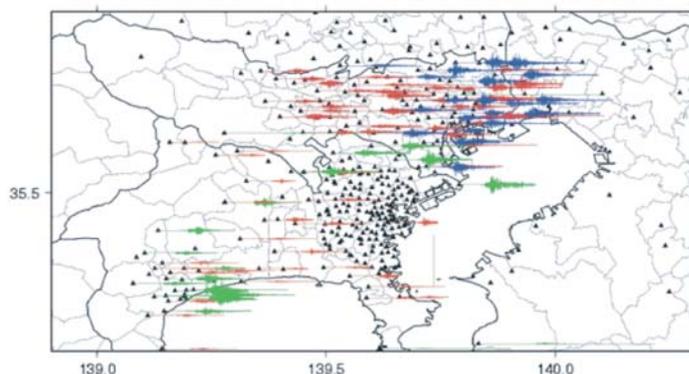


図5 . 強震動ネット波形例 .

Fig.5. Seismic Kanto Strong Motion Network..

首都圏強震計ネットワーク

2000年より地方自治体等の協力を得て、阪神大震災以降地方自治体等によって首都圏に設置された強震計・震度計の波形データを収集するシステムを構築し、広域かつ高密度の『首都圏強震計ネットワーク』を立ち上げた。対象となる強震計・震度計観測点は450点にのぼる(図5)。

<<地震データベース>>

地震研煤書き地震記象データベース化

地震研究所には、1890年代からの本郷における煤書式の地震記録、約20万枚が保存されている。これらの記象のマイクロフィルム化およびデータベース化を行っている。これまで1899年から1934年までの記録(約15万枚)がマイクロフィルム化された。またこれらの記象のデータベース検索システムも構築している(図6)。

WWSSN地震記録と地震観測報告書

WWSSNの記録が、1963年から1978年までは35mmフィルム、1978年から1988年まではマイクロフィッシュの形で保存されているほか、カナダの地震記録フィルム(1981~1989年)などが保存されている。また、ISSやISCの地震カタログ、USGSの各種地震報告のほか、トルコ、フィリピン、中国など諸外国の観測報告が多数ある。また、日本のものとしては、明治22年以降の地震報告などが保存されている。これらは本センターで管理し、ユーザーへの提供を行っている。

図6 . 1930年北伊豆地震の記録 東大地震学教室2号B(NS成分) .

Fig.6. Northern Izu Earthquake of Nov. 26,1930 recorded at Hongo, Tokyo.

• Seismic Kanto Strong Motion Network

After the 1995 Kobe Earthquake, local governments installed strong motion seismometers and seismic intensity meters in metropolitan area. EIC constructed the system "Seismic Kanto Strong Motion Network" which collects these strong motion waveform data by getting cooperation with local governments. The network covers a wide area (the Kanto area) with high density (450 observation stations) (Fig. 5).

<<Old Seismographs and Seismological Bulletins>>

EIC preserves many historical seismograms recorded at Hongo, Tokyo, from 1899 to 1942. The preserved seismograms reach the 200,000 sheets. The seismograms were copied on microfilms. Database retrieval system of these seismograms has also been constructed. EIC also preserves records of the World-Wide Standardized Seismograph Network (WWSSN) from 1978 to 1988 in the form of 35mm films and microfiches. In addition, many old seismological bulletins such as the International Seismological Center and other foreign observatories, are maintained by the Earthquake Information Center and the Earthquake Prediction Research Center.



8-8 . 火山噴火予知研究推進センター

本センターでは、火山やその深部で進行する現象の素過程や基本原理を解き明かし、火山噴火予知の基礎を築くことを目標として、各種の観測や調査、理論や数値シミュレーション、流体実験など多様な方法を用いて、火山の形成過程、噴火の発生機構、マグマの動態、マグマの移動や蓄積と関連した物理・化学現象などの諸研究を幅広く推進している。

センターに附属する常設的な施設として、浅間山、霧島山、伊豆大島に火山観測所があり（別項参照）、富士山（図1）、草津白根山（図2）、三宅島に常設観測網をもつ。これらの火山では、地震動（全火山）、地殻変動（浅間山、霧島山、伊豆大島、富士山、三宅島）、電磁気（霧島山、伊豆大島、三宅島）などのデータが常時得られる。常時観測に加えて、研究テーマや火山の活動度に応じて、地震、地殻変動、重力、地磁気、地熱などの臨時観測や火山噴出物などの調査を随時行っている。特に、2000年に噴火活動を開始した有珠山と三宅島においてはさまざまな観測研究を実施している（7-2、7-3を参照）。また、火山噴火予知計画の重要な基礎研究課題である火山体構造探査および特定火山での集中観測等の共同観測研究を推進している（6-8を参照）。これらの観測データは、火山現象に関する所内外の研究に基礎データを提供するとともに、火山噴火予知連絡会などで各火山の活動を評価をする際に活用されている。地震、地殻変動などの物理観測は、主に、現在の火山の状態や、現在地下で進行中の現象を解明することに役立つ。もっと長期にわたる噴火の歴史や火山の形成過程を解き明かすのは、過去の噴出物の調査である。活動期や休止期を含む火山の一生を理解し、噴火を長期的に予測する基礎を築くために、本センターでも地質学的な調査を重視している。

さらに、噴火の前兆現象、噴火機構、火山体の構

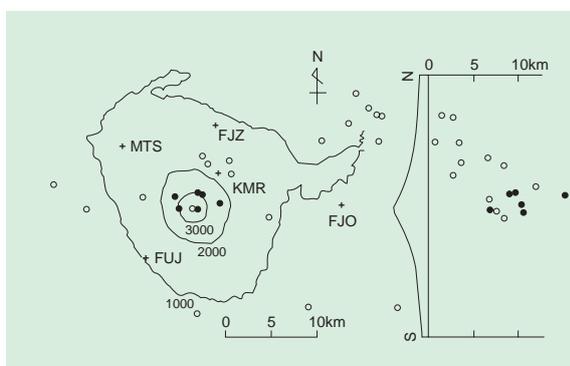


図1．富士山の常設的な観測点と震源分布．黒丸は低周波地震．

Fig.1. Permanent stations and hypocenter distribution at Fuji volcano. Solid circles show hypocenters of low-frequency earthquakes.

8-8. Volcano Research Center

Our Research Center is promoting a wide range of scientific research, with a view to elucidating the elementary processes and fundamental principles of various phenomena going on in and beneath volcanoes, and thereby forming a basis for the prediction of volcanic eruptions. Our research subjects include the formation processes of volcanoes, eruption generation mechanisms, motion of magma, and physico-chemical phenomena related to magma migration and accumulation, while our approaches range from measurements and surveys, through theoretical and numerical simulations, to fluid experiments.

Volcano observatories at Asama, Kirishima and Izu-Oshima are permanent facilities attached to our Research Center, while we dispose of permanent measurement networks at Fuji, Kusatsu-Shirane and Miyakejima. At these volcanoes, data on seismic motion (at all volcanoes), ground deformation (at Asama, Kirishima, Izu-Oshima, Fuji and Miyakejima) and electromagnetism (at Kirishima, Izu-Oshima and Miyakejima) are registered on a permanent basis. In addition to permanent measurements, we carry out special sessions of seismic, ground deformation, gravity, geomagnetic and geothermal measurements and volcanic ejecta surveys, according to our research subjects and the level of volcanic activity. For the recent eruptions of Usu and Miyakejima volcanoes in 2000, see 7-2 Eruption of Usu volcano, and 7-3 Eruption of Miyakejima volcano. We are also promoting joint observational research including volcanic structure explorations and intensive observations at selected volcanoes, which are defined as key subjects for basic research in the National Program for the Prediction of Volcanic Eruptions. Data from these

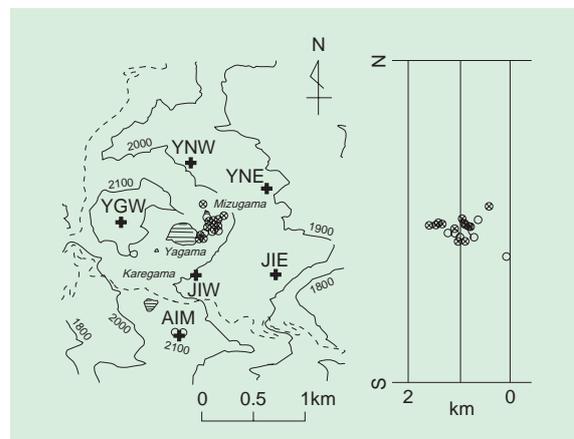


図2．草津白根山の常設的な観測点と震源分布．白丸は地震，それ以外は火山性微動．

Fig.2. Permanent stations and hypocenter distribution at Kusatsu-Shirane volcano. Open circles represent hypocenters for earthquakes while others for volcanic tremor.

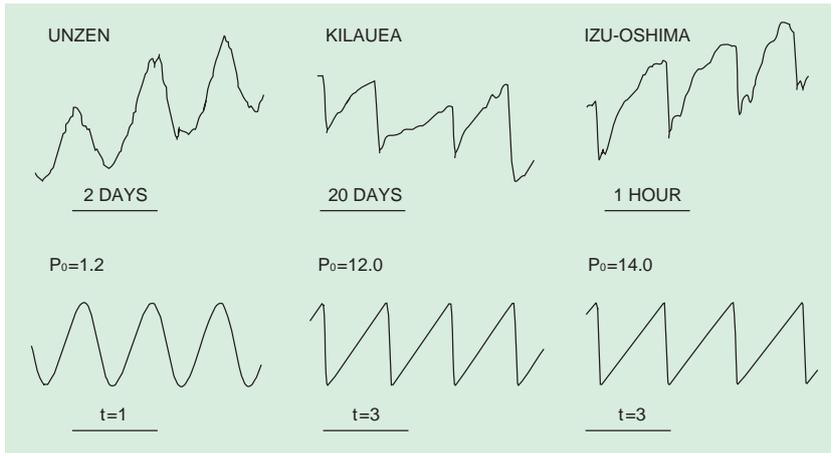


図3. マグマ噴出に伴う周期的な地殻変動の観測（上）と理論（下）.
Fig.3. Observed (above) and theoretical (below) deformations associated with cyclic magma effusions.

造，噴火活動史の解明などの突破口を開くことをめざして，伊豆大島火山のカルデラ内に総合観測井を掘削し（5-2を参照），雲仙火山における科学掘削国際共同研究などを推進している。

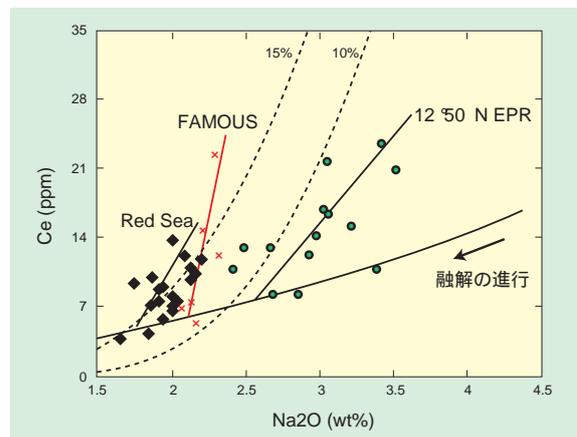
また，国内外の噴火情報や意見の交換を目的として，全国の火山研究者を対象にしたメーリングリスト「funka」を運営し，火山センターのホームページの中では「日本の火山噴火の速報」を英文で掲載している。このWebサイトは米国スミソニアン自然史博物館が運営する世界的な噴火情報「Global Volcanism Network」にとっても，日本の火山噴火に関する重要な情報源となっている。

マグマがどのような機構で噴出し，噴火を起こすかについて，各種の理論的な研究もなされる。マグマの噴出は，時に極めて周期的で，規則的な地殻の膨張や収縮を伴う（図3上）。このような変動は，マグマだまりの圧力の増減に対応して，マグマの出口が開閉することで説明がつく（図3下）。その詳しいメカニズムが解明されれば，噴火の発生時期を予測する理論的な手がかりになる。

地球の更に深部で，どのようなマグマが形成されるかを知ることも重要である。マグマはマンテル対流の上昇流の中で生まれ，岩石の間を移動しながら，その組成を変えていく。理論的な計算によると，マグマが岩石の間を上下に移動する場合と，水平に移動する場合で，マグマの組成変化の様式が異なる（図4）。海洋底の海嶺で採取される玄武岩の組成の多様性は，この理論によって説明することができる。

図4. マグマの上昇過程における組成変化の計算結果と，海嶺玄武岩の組成の実測値。

Fig.4. Chemical composition change of the mid-ocean ridge basalt compared with the theoretical result due to magma migration.



observations are providing basic data for volcanological research in and out of the Earthquake Research Institute (ERI), and they are also made full use of in the evaluation of individual volcanoes by the Coordinating Committee for the Prediction of Volcanic Eruptions (CCPVE) and other organs.

To achieve further progress on several problems in the basic research on the volcanic activity and eruption prediction, we have drilled an 1km-deep observation well within the caldera of Izu-Oshima volcano (see, 5-2 Researches to Predict Volcano Eruptions), and have been promoting the international scientific drilling project at Unzen volcano.

We also operate, with a view to exchanging opinions and information on eruptions home and abroad, an electronic mailing list "funka" consisting of volcanologists all over the nation, and we publish a prompt report "Current Volcanic Eruptions in Japan" in English in our official homepage. This Web site is providing valuable information on Japan's volcanic eruptions for the worldwide eruption database "Global Volcanism Network" operated by the U.S. National Museum of Natural History, Smithsonian Institution.

Progress was also made in the theoretical study on the mechanisms governing magma generation and ascent as well as volcanic eruptions. We proposed a model of magma plumbing mechanism, comprising an elastically responding magma chamber and a vent opening and closing with viscosity, to account for ground deformation data obtained during periodic recurrence of eruptions (Fig.3). A basic theoretical framework was also formed on the influence which relative motion of magma within rock may have on its own chemical composition (Fig.4).

浅間火山観測所

Asama Volcano Observatory

浅間山は、爆発的な噴火をするわが国の代表的な火山である。天仁（1108年）と天明（1783年）の噴火では、大量の火山灰とスコリアを成層圏にあげ、山腹に火砕流を出して、広い範囲に多大の被害を生んだ。噴火活動が活発なことから、古くから火山観測の対象となってきた。地震研究所の付属施設として、浅間火山観測所が蜂の茶屋に設立されたのは、1933年のことである。観測所の初期の成果としては、火山性地震を波形や震源から分類し、それを噴火予知に応用しようとした研究が有名である。

浅間山の活動は、1960年代以降は相対的に静穏な状態にあるが、その間にも1973年にマグマが直接関与する噴火が起き、高く上がった噴煙は関東地方の各県に降灰をもたらした（図5）。火山噴火予知計画によって、1980年代に観測体制が整備されると、火山性地震の震源の決定精度が上がり、波形の研究も進んだ。図6に、現在の常設的な地震観測点の配置と、典型的な震源分布を示す。山頂火口の真下には、地震の多発領域が細長く伸びている。この部分は、地震の頻度が火山の活動度に応じて大きく変動することから、マグマの通り道にあたるものと考えられる。地震観測以外に、地殻変動の観測も定期的に行われている。最近十数年間にわたって北東山腹で繰り返された水準測量によると、山頂方向は沈降を続けている。

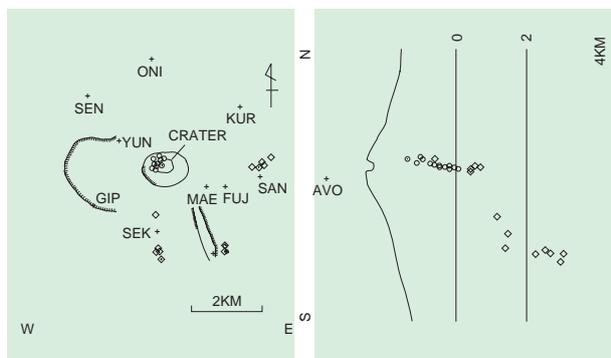


図6．浅間山の地震観測点と典型的な震源の分布．
Fig.6. Permanent stations and typical hypocenter distribution at Asama volcano.

小諸火山化学研究施設

Komoro Observatory of Volcano-Chemistry

浅間山の山麓には、地球化学、地質学、岩石学の立場から火山を研究する目的で、1955年に小諸火山化学研究施設が設立され、地下水の水位、水質、溶存成分の測定が行われてきた。最近では、浅間火山観測所と一体化して、浅間山の火山活動を総合的に研究する一翼を担っている。



図5．浅間山1973年の噴火．
Fig.5. The 1973 eruption of Asama volcano.

霧島火山観測所

Kirishima Volcano Observatory

霧島山は、鹿児島と宮崎の県境に位置する二十数个の火山群から成り、最近数百年間は、新燃岳と御鉢で大小の噴火を繰り返している。火山群の北には、加久藤カルデラが隣接する。1959年に新燃岳で噴火が起き、1961年に加久藤カルデラで群発地震が発生したのを契機に、昭和38年にえびの高原に霧島火山観測所が設置された。それ以降顕著な噴火活動は起きていないが、1968年えびの群発地震を始めとして、新燃岳や霧島山の周辺などで、群発地震がくり返された。観測所では、群発地震の研究を通じて、この地域の置かれている広域応力場の特徴が研究されてきた。また、硫黄山周辺の地熱地帯などで、地熱調査や電磁気学的な構造探査を行い、火山と熱水活動の関係について研究が進められた。

1991年には、新燃岳の火口内で微噴火が発生した（図7）。これは、噴火としては小規模な水蒸気爆発



図7．1991年に霧島山新燃岳で発生した微噴火．
Fig.7. A small eruption in 1991 at Shinmoe-dake, Kirishima volcano.

であったが、噴火に対応して火口周辺で多項目の観測が展開された。その結果、様々な観測項目に、火山の活動度を反映した微小な変化が見いだされた(図8)。噴火予知計画による火山体内部の研究が始まり、平成6年度および8年度には、全国の研究者が共同で行う構造探査のテストフィールド火山として、霧島山が選ばれた。構造の研究を軸に、火山の内部で進行する諸現象の解明が進められようとしている。

伊豆大島火山観測所

Izu-Oshima Volcano Observatory

伊豆大島は、フィリピン海プレートの沈み込み境界に近く、その境界の南東方向の延長上では、太平洋、フィリピン海、ユーラシアの3プレートが、世界でも珍しい海溝三重点として会合する。伊豆大島火山は、粘性が低く磁性鉱物を豊富に含む玄武岩質溶岩を噴出する。歴史的には大きな噴火を平均百数十年おきに繰り返す、中央火山丘の三原山は、安永の大噴火(1777 - 1792)でできたとされている。

伊豆大島火山観測所は、第3次火山噴火予知計画によって、地磁気、津波の両観測所を統合する形で、昭和59年度に発足した。火山とその環境の特徴を考慮して、観測所では次のようなテーマを中心に研究が進められている。(1) 種々の火山現象の解明と噴火予知への応用、(2) 火山と周辺の地下構造の探査、(3) 火山活動とテクトニクスの関連。

1986年には、山頂火口から溶岩が流出し、さらにカルデラ内外で割れ目噴火が発生した(図9)。この噴火に際して、全国の研究者の協力による総合的な観測が実施され、翌年の小噴火も含めて、噴火の前兆現象やマグマの活動に関する高精度なデータが大量に得られた。その後も地震、地殻変動、潮位、電磁気等の観測が全島で強化されている。この観測網を用いた波形のトモグラフィによって、伊豆大島地下の地震波散乱強度分布が得られた(図10)。深さ5kmおよび8-10km付近の強い散乱は、マグマの存在を示唆するものである。

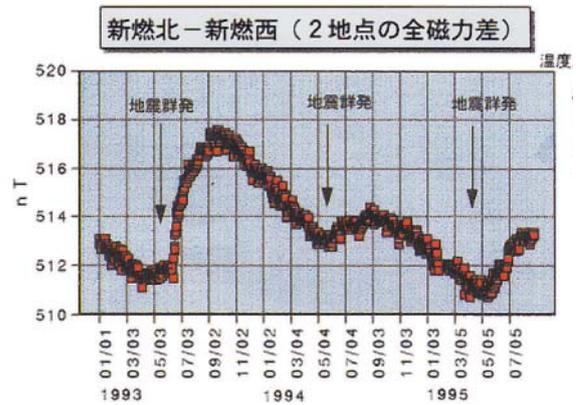


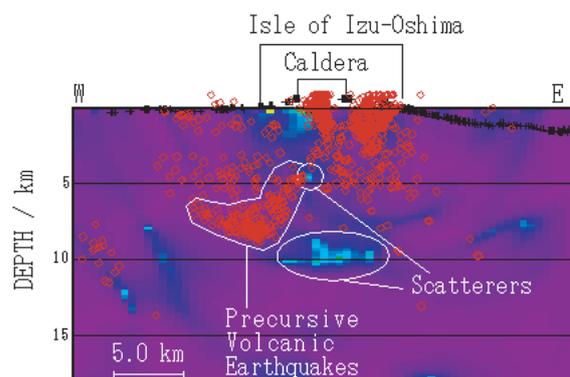
図8. 霧島山新燃岳の地下浅部の温度上昇を示すと考えられる地磁気の変化。

Fig.8. Geomagnetic changes at Shinmoe-dake, Kirishima volcano, showing underground temperature elevation.



図9. 伊豆大島火山1986年11月21日の割れ目噴火。

Fig.9. Fissure eruption on November 21, 1986 at Izu-Oshima volcano.



Hypocenter Map

APR. 1, 1985 0: 0 - DEC. 31, 1993 23: 59

図10. 伊豆大島カルデラ中央部の東西断面で見た地震波散乱強度の分布。

Fig.10. Distribution of seismic-wave scattering intensity in the east-west cross-section across the central caldera area of Izu-Oshima volcano.

8-9. 海半球観測研究センター

海半球観測研究センターは平成9年4月に発足したばかりの、地震研究所でもっとも新しい組織である。ここでは、これまでのポセイドン計画の地震観測ネットワークを発展的に継承し、地震学に加えて地球電磁気学や測地・地殻変動などの分野の総合的地球規模観測ネットワークを太平洋地域に展開して、国内外の研究者と共同して観測研究を実施する。

近年、地球活動の認識があらたまりつつある。すなわち、地球のさまざまな活動は局所的に閉じたものではなく、地球内部と大気・海洋さらには地球外天体までもが密接に相互作用を及ぼしあっていることが明らかになってきた。全地球規模のマントル対流が、日本列島の地震や火山の活動を引き起こし、地球環境変動にも影響を与える。このような新しい地球認識の潮流に対応し、地球上に起こる自然現象を真に理解するためには、一地域・一分野にとられない、地球全体を見渡す観測研究が必須であることは、多くの研究者の意見の一致するところである。そして、地球全体を見回したとき、地球表面の70%を覆う海洋底は大陸地殻の複雑さにじゃまされずに地球内部を覗くための窓ととらえることができる。しかしながら、同時に海洋地域は陸域に比べるとあらゆる地球観測にとっての観測空白域になっており、特に最大の面積を占める太平洋の観測空白域の存在が新しい地球観の創造に最大の障害となっていることがわかる。日本は太平洋を取り囲む環太平洋地域に位置し、太平洋広域観測の前線基地としてネットワークの拠点となり、海半球観測を行うための絶好の場所にある。このような観点から平成8年度に5ヵ年計画で「海半球ネットワーク」プロジェクトがスタートした。当センターは、本学大学院理学系研究科および海洋研究所の協力を得て、太平洋を中心とする地域（海半球）に地球規模の地球物理観測網を構築・維持し、そのデータを国際的に交換することにより、地震・火山・地磁気などさまざまな地学現象の根源であるマントルとコアの運動とその原動力を解明するため、関連観測研究の中心拠点として設置された。

センターには大きく分けて4つの役割がある。まず、海半球ネットワークの地球観測を構築して観測を実行する役割がある。長期的な観測ネットワークは、地震観測・測地観測（重力・GPSなど）・電磁気観測という3本柱で構成される。海半球観測の多くは太平洋に点々と存在する海洋島において行うが、それぞれの観測点の設置・整備や観測の維持は全国の研究者との協力によってなされる。さらに長期的な観測に加えて、必要に応じて陸域や海域において機動的なアレー観測等を実施する。第二に、さまざまな地球観測をこれまでにない精度・感度で行うために、従来の装置を使用するだけでなく、独自の観測装置や周辺機器の開発を行う役割がある。特に

8-9. Ocean Hemisphere Research Center

The Ocean Hemisphere Research Center (OHRC) is the newest component of the Earthquake Research Institute. This center carries out a five-year project "Ocean Hemisphere Network" to develop and operate a global multidisciplinary network in the Pacific hemisphere consisting of seismic, geoelectromagnetic, and geodetic observations. Research on the Earth's interior is intensively carried out using the observation network, not only by the staff of this center but also scientists from other institutes and departments both of University of Tokyo and of other Universities. This center also serves as a data center that distributes data in the international science community and makes as complete a database as possible through data exchanges with other geophysical networks.

In the recent years, the dynamic nature of the Earth's interior has been recognized as a result of various interactions. It is necessary to have an observation network of a global scale in order to fully understand physical phenomena on and within the Earth. From this viewpoint, ocean, which covers about 70% of the Earth's surface, can be regarded as a window to look into the Earth's interior without disturbance from complicated geological noises of the continental crust. At the same time, oceans, especially the Pacific, which is the largest on the globe, prevents us from building geophysical observation stations. In fact there have been few attempts to construct a geophysical network in the Pacific due to various difficulties. In the "Ocean Hemisphere Network", great efforts will be made to build a well-spread seismic, geomagnetic and geodetic networks in the Pacific to investigate the structure and the dynamics of the mantle and the core, and to reveal the physics of the Earth's activities.

There are four major activities of this center.

(1) Observation and maintenance of the seismic, geomagnetic and geodetic networks,

Because most long-term observation stations are built on islands in the Pacific, their maintenance require collaboration between institutions. A temporal array study, either on land or on the ocean bottom, will be done to support network observations.

(2) Development of new instruments and sensors.

It is obvious that stations on islands are not sufficient to build a network with the ideal configuration. Long-term sea floor stations for seismic and magnetic measurements are going to be developed to overcome this problem. A borehole seismic sensor will be developed to make a high-quality seismic observations

「海半球」のネットワークには海底における長期観測は不可欠の要素であり、長期型海底地震計・電磁力計や長期型海底孔内地震計など、これまでにない性能の装置を開発する必要がある。次に、観測データの解析を行い地球内部の構造やダイナミクスの研究を行う。さまざまな観測データを総合的に用いることにより、地球活動の真の解明を目指す。最後にデータセンターとしての役割をあげることができる。観測データが内外のできるだけ多くの研究者に利用されるべく円滑なデータ流通をはかるとともに、国際的なデータ交換の窓口となり国際貢献を果たす必要がある。

on the sea floor.

- (3) Data analysis and study on the structure and dynamics of the Earth's interior,
- (4) Data distribution and exchange,

The data center is committed to distributing data to as many scientists as possible, not only in Japan but also in other countries, to make a sufficient contribution to the international scientific community.

Present Status of the OHP Network (December, 2000)

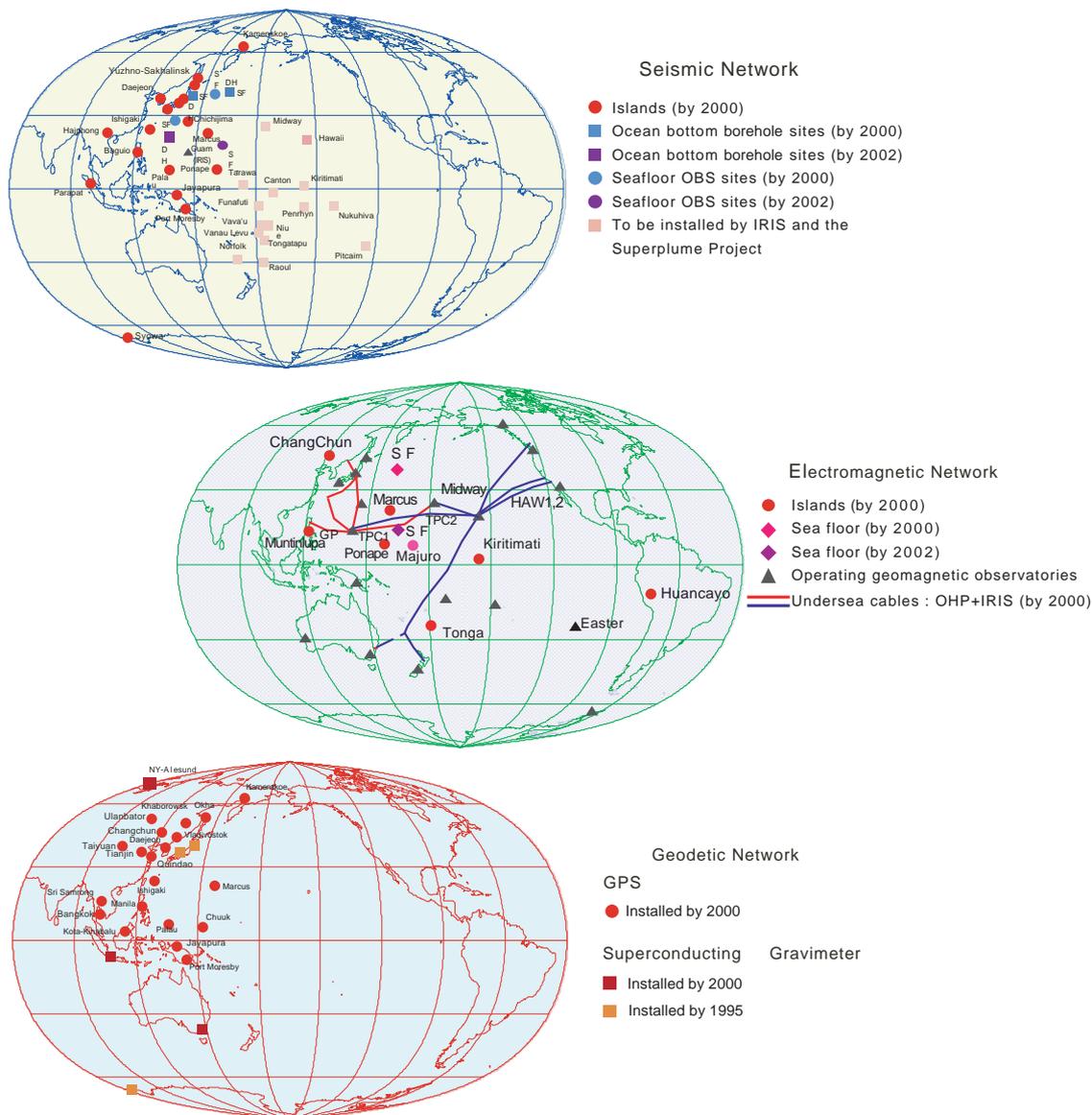


図1 .(上) 海半球地震観測ネットワーク。赤丸(陸上)および青丸(海底)が海半島の観測点で、赤四角および青三角は他のプロジェクト等による観測点。(中) 海半球電磁気観測ネットワーク。赤丸(陸上)および青丸(海底)が地磁気観測、青三角は現在観測中の地磁気観測所。米国と共同で海底ケーブルによる電位差観測も行う。(下) 海半球測地観測ネットワーク。GPS観測(赤丸)および超伝導重力観測(赤四角)。青三角は、他のプロジェクトなどによるGPS観測点。

Fig.1 (Top) Ocean hemisphere seismic observation network. (Middle) Ocean hemisphere geomagnetic and geoelectric observation network. (Bottom) Ocean hemisphere geodetic observation network.

表1 OHP地震観測点リスト (2000年3月現在)

| Station | Location | Code | Lat | Lon | Type | Remarks | Operation |
|-----------------|------------------|------|-------|-------|------------|--------------|---------------|
| Baguio | Philippines | BAG | 16.4 | 120.6 | VBB,24-bit | | 1998/3- |
| Inuyama | Japan | INU | 35.3 | 137.0 | VBB,24-bit | GEOSCOPE/OHP | 1998- |
| Ishigaki | Japan | ISG | 24.4 | 124.2 | VBB,24-bit | | 1995/3- |
| Jayapura | Indonesia | JAY | -2.5 | 140.7 | VBB,24-bit | | 1997/12- |
| Kamenskoe | Russia | KMS | 62.5 | 166.2 | VBB,24-bit | | 1995/9-1996/2 |
| Minamitorishima | Japan | MCSJ | 24.3 | 154.0 | BB,16-bit | JMA/OHP | 1996/12- |
| Chichijima | Japan | OGS | 27.1 | 142.2 | VBB,24-bit | | 1992/7- |
| Palau | Palau | PALU | 7.3 | 134.5 | VBB,24-bit | | 1996/4-1997/5 |
| Ponpei | Micronesia | PATS | 6.8 | 158.3 | VBB,24-bit | | 1995/6- |
| Pohan | Korea | PHN | 36.0 | 129.4 | VBB,22-bit | | 1991/3-1996/8 |
| Port Moresby | Papua New Guinea | PMG | -9.4 | 147.1 | VBB,24-bit | IRIS/OHP | 1993/9- |
| Parapat | Indonesia | PSI | 2.7 | 98.9 | VBB,24-bit | | 1993/3- |
| Syowa Station | Antarctica | SYO | -69.0 | 39.6 | VBB,24-bit | | 1990/1- |
| Tagaytai | Philippines | TGY | 14.1 | 120.9 | VBB,24-bit | | 1992/2-1995/5 |
| Taejon | Korea | TJN | 36.4 | 127.4 | VBB,22-bit | Event only | 1997/12- |
| Tsukuba | Japan | TSK | 36.2 | 140.1 | VBB,22-bit | | 1989/10- |

表2 西太平洋GPS観測網

| Site name | Country | Lat | Lon | Operation |
|--------------------------|------------------|------|-------|-----------|
| Ishigaki | Japan | 24.4 | 124.2 | 1995/11- |
| Taejeon | Korea | 36.4 | 127.4 | 1995/4- |
| Marcus | Japan | 24.3 | 154.0 | 1995/7- |
| Manila | Philippines | 14.6 | 121.0 | 1995/8- |
| Chuuk | Micronesia | 7.4 | 151.9 | 1995/11- |
| Vladivostok | Russia | 43.2 | 131.9 | 1996/2- |
| Palau | Palau | 7.3 | 134.5 | 1996/5- |
| Okha | Russia | 53.6 | 142.1 | 1995/7- |
| Yuzhno-Sakhalinsk | Russia | 47.0 | 142.2 | 1995/7- |
| Port Moresby | Papua New Guinea | -9.4 | 147.2 | 1996/4- |
| Jayapura | Indonesia | -2.5 | 140.7 | 1997/3- |
| Khabarovsk | Russia | 48.5 | 135.1 | 1997/3- |
| Kota Kinabalu | Malaysia | 6.0 | 116.1 | 1997/11- |
| Uglegorsk | Russia | 49.1 | 142.0 | 1997/4- |
| Kamenskoe | Russia | 62.5 | 166.1 | 1996/10- |
| Kluch | Russia | 56.3 | 160.9 | 1996/8- |
| Essa | Russia | 55.9 | 158.7 | 1996/8- |
| Kortberg | Russia | 56.3 | 162.7 | 1996/8- |
| Tigili | Russia | 57.8 | 158.6 | 1997/8- |
| Komandorskiye Island | Russia | 55.2 | 165.8 | 1997/8- |
| Petropavlovsk-Kamchatkiy | Russia | 53.1 | 158.6 | 1996/8- |
| Khabarovsk | Russia | 48.2 | 135.1 | 1996/4- |

表3 OHP超伝導重力計観測点

| Site name | Country | Lat | Lon | Instrument | Operation |
|-------------|------------|-------|-------|------------|-----------|
| Syowa Base | Antarctica | -69.0 | 39.5 | SG016 | 1993/3- |
| Canberra | Australia | -35.5 | 149.0 | CT031 | 1997/1- |
| Bandung | Indonesia | -6.9 | 107.5 | SG008 | 1997/12- |
| Spitzbergen | Norway | 78.9 | 11.9 | CT031 | 1999/9- |

表4 OHP電磁気観測点

| Station Name | Code | Geographic Lat, Lon | Geomagnetic Lat, Lon | Associ. Inst. | Observ. Period |
|--------------|------|---------------------|----------------------|---------------|----------------|
| Ponape | PON | 7.00, 158.33 | -0.24, -131.26 | PATS | 1997/3- |
| Kiritimati | KTM | 2.05, -157.50 | 2.66, -87.05 | NASDA | 1997/8- |
| Huancayo | HUA | -12.06, -75.20 | -1.07, -4.20 | IGP | 1997/7- |
| Changchun | CHC | 43.91, 125.30 | 33.26, -166.09 | SBC,China | 1998/7- |
| Tonga | TNG | -21.10, -175.10 | -23.40, -99.77 | MLSNR,Tonga | 1999/9- |
| Marcus | MRQ | 24.18, 153.58 | 16.12, -138.29 | JMA | planned |
| Majuro | MJR | 7.10, 171.20 | 1.87, -118.66 | - | planned |
| Biak | BAK | -1.20, -122.20 | 5.68, -166.60 | - | planned |

表5 海底ケーブルによる電位差観測網

| 区 間 | 記録装置 | 電極位置(1) 緯度, 経度 | 電極位置(2) 緯度, 経度 | 給 電 | 観測期間 |
|--------------|------|-------------------|-------------------|------|----------|
| グアム - 二宮 | グアム | 13.6, 144.9 | 35.3, 139.3 | あり | 1991/12- |
| グアム - フィリピン | グアム | 13.6, 144.9 | 15.8, 121.6 | なし | 1993/9- |
| グアム - ミッドウエイ | グアム | 13.6, 144.9 | 28.2, -17.4 | なし | 1995/3- |
| グアム - 沖縄 | 沖縄 | 26.1, 127.8 | 13.8, 143.9 | あり | 1996/3- |
| 直江津 - ナホトカ | ナホトカ | 42.8, 132.8 | 37.7, 138.0 | なし | 1996/4- |
| 沖縄 - 二宮 | 沖縄 | 26.1, 127.8 | 35.3, 139.3 | 当面なし | 1997/2- |
| 天草 - 上海 | 天草 | 32.5, 130.1 | 30.2, 128.2 | 当面なし | 1998/11- |

表6 OHP海底孔内地震観測点

| 観測点 | 海 域 | 緯 度 | 経 度 | 水 深 | 設 置 |
|------|-----------------|-------|--------|-------|-------------------|
| JT-1 | 日本海溝・地震活発域 | 39.18 | 143.33 | 2700m | 1999/11 |
| JT-2 | 日本海溝・地震非活発域 | 38.75 | 143.35 | 2123m | 1999/11 |
| WP-1 | フィリピン海・西フィリピン海盆 | 19.30 | 135.10 | 5640m | 2001/4(掘削), 7(設置) |
| WP-2 | 北西太平洋海盆 | 41.08 | 159.96 | 5548m | 2000/7 |

表7 OHP機動の海底広帯域地震観測点

| 観測点 | 緯 度 | 経 度 | 水 深 | 観測期間 |
|--------|-------|--------|-------|----------------|
| NWPAC1 | 41.12 | 159.93 | 5599m | 1999/8-2000/5 |
| SRK1 | 38.75 | 143.33 | 2180m | 1999/9-1999/10 |
| NWPAC2 | 41.12 | 159.93 | 5589m | 2000/5-2000/10 |

8-10 . 八ヶ岳地球電磁気観測所

当観測所は、1970年に地震予知計画の一環として「八ヶ岳地磁気観測所」として設置され、東海・甲信越地方の地磁気観測の基準観測所として役割を果たしてきた。近年の地震予知研究では、地磁気観測に限らず地電位差や電気抵抗などの諸観測・研究の重要性も増してきたことから、1994年に名称を「八ヶ岳地球電磁気観測所」と改称した。観測は、ノイズの影響を避けるため観測所庁舎から約5km離れた八ヶ岳山麓（138 27 E, 36 04 N, 標高1,170m）で行っている。主要観測設備は、プロトン磁力計（通常型およびオーバーハウザー型、各精度1nT・感度0.1nT）、フラックスゲート型磁力計2台（3成分精度1nT・感度0.1nT）、高感度3成分フラックスゲート型磁力計（感度0.01nT）絶対観測用磁気セオドライト（角度精度0.1分）、地電位差計（2成分、分解能各10mV）などとなっている。データは観測所庁舎までリアルタイムで伝送し収録している。全磁力観測データは、地震予知計画による全磁力永年変化精密観測の中部日本を代表するデータとして地震予知連絡会に報告されている。

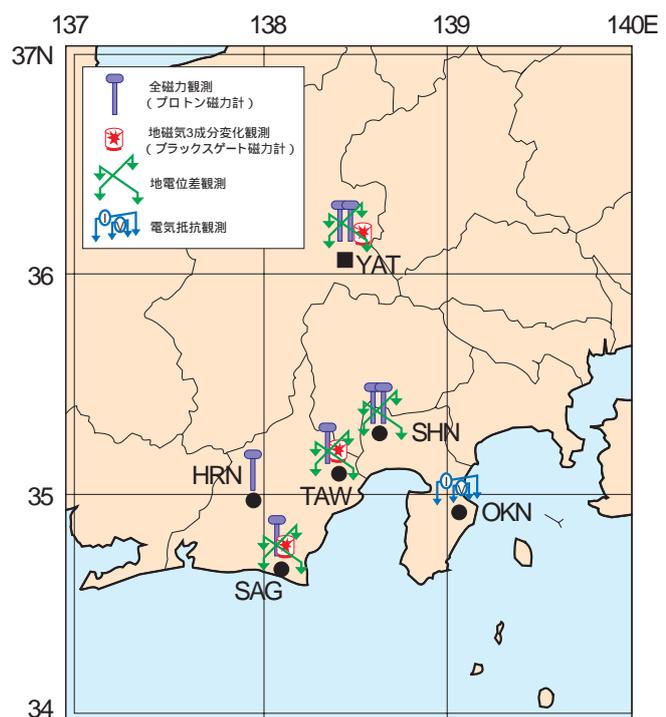
当観測所の役割として、基準観測所としての観測のほかに、地殻活動に関連した電磁気現象の研究を行うことがあげられる。そのために1980年以降は、地震予知計画により伊豆・東海地方において地磁気全磁力・地磁気地電位差・電気抵抗変化の連続観測などを行っている。また、全国の研究者と共同して実施するネットワークMT観測や地殻比抵抗構造精密探査などの共同観測においても、基準点として当観測所の果たす役割は大きい。

8-10. Yatsugatake Geo-Electromagnetic Observatory

This is the former Yatsugatake Geomagnetic Observatory, which had been a standard magnetic observatory in the central part of Japan since 1970. The observatory changed its name to the Geo-Electromagnetic Observatory in 1994, recognizing the great importance of electric measurements, as well as magnetic ones, in earthquake prediction research. Accurate observations of electric and magnetic fields are taken continuously at the eastern foot of Mt. Yatsugatake in Nagano Prefecture. The observatory acts as a reference station for various kinds of electromagnetic research in Japan. Meanwhile, magnetic and electric field variations are continuously monitored at a number of satellite stations in the Tokai and Izu regions to study crustal activities.

図1 . 八ヶ岳地球電磁気観測所 (YAT) の担当する東海・伊豆地域の連続観測点、富士宮篠坂 (SHN)・依峰 (TAW)・春野 (HRN)・相良 (SAG)・奥野 (OKN)。

Fig.1. Satellite electric and magnetic stations (SHN, Fujimiya-Shinosaka; TAW, Tawaramine; HRN, Haruno; SAG, Sagara) and a resistivity station (OKN, Okuno) in Tokai and Izu regions.



8-11. 江ノ島津波観測所

内湾の影響を受けない、津波の良い記録を得るという目的で、宮城県女川町の沖合い14キロにうかぶ、三陸地方唯一の湾外有人島である宮城江ノ島でブイ式長波計による定常的津波観測が初めて試みられたのは、昭和16年であった。この観測施設は翌17年の台風で倒壊したが、昭和29年に津波観測が再開され、31年には「地震研III型津波計」による観測が始められた。昭和41年に恒久的な鉄筋の建物を整備して、水温観測のほか風力、気圧など気象観測をも含めた総合的な観測所となった。チリ津波・三陸地方を襲った大小の津波の観測が行われたほか、津波計の改良研究が進められ、昭和50年代の終わりには、「地震研V型津波計」が作り出された。また、空気室を備えた海底放置型の津波計が製作され、核実験のさい生じた小津波の観測等が行われた。昭和60年から、半年ほどの長期観測に耐える海底放置型津波計が製作され、これによる津波観測が試みられるようになった。昭和63年から地震観測が始められている。近年はGeO-TOC観測に供される地震計、電磁気計、深海津波計などのセンサーの試験観測が、当観測所から2 kmにわたって海底ケーブルを敷設して行われている。

三陸海岸は、明治29年（1896）、昭和8年（1933）の2度の大津波に襲われ、それぞれ約22,000人、約3,000人の死者、行方不明者を出した。平成2年から、津波の第1波の初動をいち早く捕らえ、適切な避難の誘導が行えるように、津波に襲われた歴史経験のある沿岸の市町村役場や消防署に設置して、海面水位の変動を常時監視するシステムの開発を始めた。岩手県田老町、普代村、気仙沼市などと協力して、これら各地に津波早期検知装置が設置され、津波の早期検知技術の開発を進めている（図2）。



図1. 海底津波計の投入作業。
Fig.1. Testing of sea bottom tide gauge.

8-11. Enoshima Tsunami Observatory

To obtain good tsunami records without coastal noise, Miyagi-Enoshima Island, 14 kilometers off the Sanriku coast, Onagawa town, Miyagi Prefecture, about 60 km north east of Sendai, was selected as a tsunami observation point in 1941. In 1966, a building with a tide gauge well was established, and various oceanographical and meteorological observations were started. Several types of tide gauges were designed, improved, and tested. Finally, the “ERI-V type sensor” was invented in 1974, with which micro-tsunamis generated by nuclear explosions were observed. Tests of sea bottom tide gauges began in 1985.

The Sanriku coast was hit by two huge tsunamis in 1896 and in 1933, which killed 22,000 and 3,000 persons, respectively. A tsunami detection network was planned as a joint project with municipalities on the Sanriku coast in 1992. At the beginning of February 1995, the first tsunami detection system using an ultrasonic type tide gauge was installed in Fudai village, Iwate prefecture. Up to February 1997, tsunami detection systems employing the same type of sensor were equipped at eight municipalities, including Miyako city, where the sensor is set up at Chikei fishing port, 2 km SW from the Cape of Todo, the most easterly point of Honshu.

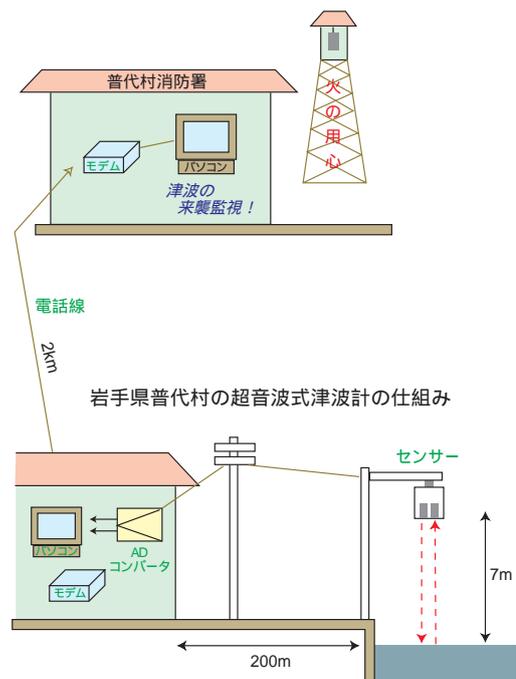


図2. 普代村設置の超音波式津波常時監視システム。
Fig.2. The tsunami detection system installed in Fudai village.

8-12. 図書室

地震研究所図書室は地震，地球惑星物理，地質，火山，地震工学の分野を中心に，これらに関する数学，物理学，工学などの広範囲にわたる資料を所蔵している．2000年4月1日現在のおもな資料は以下のようなものである．

単行書：和書 18,224冊 洋書 29,107冊

雑誌：和雑誌 855種 洋雑誌 815種

地図類：地質図（地質調査所等），地形図（国土地理院），海の基本図（海上保安庁），土地分類基本調査（地方自治体），その他 約20,000点
別刷コレクション：主として坪井忠二収集 約10,000点

16mm映画フィルム・ビデオ：大正3年の桜島噴火，関東大震災，松代地震，日本海中部地震，サンフランシスコ大地震などのもの 約50点

和古書類：瓦版，江戸時代や明治時代の刊本，筆写本等 約600点

写真：関東大震災，新潟地震，1906年カリフォルニア地震等の記録 約300点

ホームページでは，利用案内とともに定期的に新着図書を紹介し，図書室所蔵の和古書・瓦版・鯉絵の目録と画像データを「和古書類目録」として提供している．また，「地震研究所彙報」を（年4冊発行）の編集事務および彙報と国内・外その他機関と交換業務を行っている．

利用時間

月曜日～金曜日 9:00-17:00（12:00-13:00を除く）

ホームページ

<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/~http/TOSHO/lib.html>



8-12. Library

The ERI library has the collection of publications listed below and supports research in all fields of seismology, physics of earth and planets, geology, volcanology, and earthquake engineering. The collection includes additional fields of mathematics, physics and engineering. As of April 1, 2000 Library possesses;

- Books: 18,224 Japanese volumes and 29,107 foreign ones,
- Scientific magazines: 855 Japanese serial titles and 815 foreign ones,
- Maps: Geological, topographic and fundamental bathymetric maps around Japan. Fundamental land utility maps of Japan and others. Total of about 20,000 sheets,
- Tsuboi collection: 10,000 reprints of Prof. Chuji Tsuboi.
- 16 mm films, videos: 50 titles,
- Archives (Including old Japanese drawings like Namazu-e and Kawaraban): 600 titles,
- Photographs (Kanto earthquake, Niigata earthquake, 1906 California earthquake): 300 photos.

Please use our Web homepage, which has user's guide to the ERI library and information of newly accepted books regularly.

<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/~http/TOSHO/lib-e.html>

We have also published "Bulletin of Earthquake Research Institute" quarterly since 1926, and distribute it to other libraries of a great number of institutes in Japan and overseas.

Open hours

Monday ~ Friday 9:00am-5:00pm (except 12:00am-1:00pm)



8-13 . 技術開発室

技術開発室には、木工・金属工作関連と電子回路関連のグループがあります。主な仕事は以下のものがあります。

1. ユーザーが利用するための工作機械や電子計測器の維持・保守。
2. ネジ・抵抗などのユーザーにとって共通的な部品の常備。
3. 金工・木工に関する依頼工作。
4. 技術的なコンサルティング。
5. 工作講習会や電子回路講習会の主催。
6. 他部門との共同または、部門独自の機器開発研究。

東京大学地震研究所（以下、地震研）では、地震計の所内横断プロジェクトで代表される機器開発が盛んに行われている。この機器開発に対応する高度な技術を持つこととユーザーの利便性を向上させるために、最新の工作機械や電子計測器の整備にも努めている。以下にその例として、現状で維持・整備している機器を示す。

工作機械関連：マシニングセンタ 1 台、旋盤 4 台（マグネスケール付き 2 台）、フライス盤 4 台（マグネスケール付き 1 台）、帯鋸盤 3 台（インバータ制御のもの 1 台）、シャーリングマシン 1 台、汎用ボール盤 5 台、デジタルボール盤 1 台、小型放電穴加工機 1 台、可搬型ガス溶接機 1 台、自動巻線機 1 台、高精度はかり 1 台。

電子回路関連：オシロスコープ 6 台、ファンクションジェネレータ 5 台、デジタルマルチメータ 6 台、直流電源 5 台、精密電圧発生装置 1 台、信号発生器 2 台、周波数カウンタ 1 台、FFT アナライザ 1 台、精密 LCR メータ 1 台、ガウスメータ 2 台、NC 基板加工機 1 台、レーザー干渉計による変位校正システム 1 式、光パワーメータ 1 台、GP-IB データ収集ユニット 1 台。

導入されたマシニングセンタと工作講習会の写真を下に示す。



写真 1 . マシニングセンタ“ひとつぼ君”。
Photo 1. Machining Center "HITOTUBO-KUN".

8-13. Laboratory for Technical Support and Development (LTSD)

LTSD comprises mechanical machining group, woodworking group, and electronics group. The main tasks are as follows.

1. Maintenance of machine tools and electronic apparatus in the workshop for users.
2. Keeping standard parts such as screws and resistors for users.
3. Manufacturing parts to order from users.
4. Technical consultation with users.
5. Hosting short training courses on using machine tools and designing and building electronic circuits.
6. Development of observational and experimental apparatus with other divisions and / or by ourselves.

The developments of observational and experimental instruments such as seismometers are now proceeding as an inter division and center research project at ERI. To play vital roles in these developments and to improve services for users, the following machine tools and electrical equipment are maintained.

Machine tools: one machining center, four lathes (with two digital scales), four milling machines (with one digital scale), three band saws (with one inverter control), one shearing machine, five drill presses, one digital drillpress, one portable welder, one compact electro-discharge machine tool, one automatic coil-winding machine, one high-precision weight scale.

Electronic equipment: six oscilloscopes, five function generators, six digital multi-meters, five dc power supplies, one standard dc power supply, two signal generators, one frequency counter, one FFT analyzer, one LCR meter, two magnetic fluxmeters, one NC milling machine for circuit boards, one laser interferometer system for displacement calibration, one optical power meter, one GP-IB data processing unit.

The machining center and a scene from the short training courses for using machine tools are shown in the photographs below.



写真 2 . 工作機械講習会。
Photo 2. A scene from the short training courses for using machine tools.

9. 教育活動 Educational Activities

Table. Number of Graduate Students

| 年度 Academic Year | 大学院生 MC+DC | 学振特別研究員 JSPS-PD | 外国人研究員 FR/RS | 大学院研究生 RS | 本所研究生 ERI-RS | 受託研究員等 |
|---------------------|---------------|--------------------|-----------------|--------------|-----------------|--------|
| 1998年度 | 89 | 9 | 12 | 2 | 6 | 1 |
| 1999年度 | 84 | 9 | 20 | 2 | 9 | 3 |
| 2000年度 | 93 | 14 | 12 | 0 | 3 | 0 |

本学理学系，工学系大学院における教育：

地震研究所は，本学理学系研究科の地球惑星科学専攻，及び工学系研究科の社会基盤工学専攻，建築学専攻からの大学院生・研究生を受け入れており，本研究所の教官はこれらのいずれかの専攻の教官として，多くの講義や研究指導などを通じて大学院教育に深く関与している．またそれぞれの研究科大学院研究生に相当するものとして，地震研究所としての研究生を受け入れており，地震研究所研究生として各研究科の大学院生及び研究生と同様の教育・研究を行っている．その他，学術振興会特別研究員，COE研究員，外国人研究生・研究員，受託研究生などを受け入れている．



図1．大学院授業風景：「地球観測実習」での学生の発表。
Fig.1. Classroom scene: a student is making a report after a field observation.

教養学部前期課程（駒場）における教育：

教養学部前期課程の1，2年生に対して駒場で開講される「全学自由研究ゼミナール」については，高校卒業程度の知識を有した学生に対して，地震学や火山学に対する興味をおこさせ，その内容を紹介する絶好の機会であることから，これらの分野に対する基礎的な教育の一環としてとらえている．1999年度からは，地磁気観測，地震計，GPS，などの野外観測を，数日間フィールド（草津白根山，大島）に出で行う形式の全学ゼミナールを実施している．また総合科目の講義枠が宇宙地球科学から提供されたのを受けて，2000年度から2名の教官が一つの授

Education of graduate students:

The Earthquake Research Institute (ERI) accepts graduate students and research students of the Graduate School of Sciences (Earth & Planetary Science) and the Graduate School of Engineering (Civil Engineering and Architecture). Professors and associate professors of our institute belong to one of the above graduate schools and undertake teaching and supervisions of graduate and research students. ERI also accepts research students of its own, similarly to those belonging to the graduate schools, and conducts teaching of them. Besides them, ERI accepts JSPS (Japan Society for Promotion of Sciences) special researchers, COE researchers, foreign research students and researchers, and research students from private or governmental institutions.

Education at College of Arts and Sciences of University of Tokyo:

A "free seminar" is given to students of College of Arts and Sciences at the Komaba campus by professors of various disciplines. ERI faculty members have been participating in this seminar, and giving lectures. From 1999, we started a new type of free seminar, which will be conducted in the field away from Tokyo, where students can practice geophysical and geological observations in electrical conductivity measurement, seismometry, GPS, and so on. In addition, from 2000 we have started an introductory course in the solid earth science at Komaba campus, which is conducted by a few professors.

"Danwakai", Friday Seminar:

ERI holds "Danwakai", a monthly meeting where its members present their most recent academic and technical achievements, on the last Friday of every month. Danwakai is open to the public, with its program announced via e-mail, fax, and surface mail in advance. On Fridays (except when Danwakai is held), ERI holds a weekly "Friday Seminar" where researchers are invited from outside ERI to give lectures on up-to-date

業を担当する講義（「地震・火山とプレートテクトニクス」）を行っている。

academic topics. In addition, visiting scientists sometimes give "colloquium" when possible.

地震研究所談話会・金曜セミナー：

地震研究所では毎月1回、「談話会」という名称で公開の研究発表会を行っている。また談話会の行われぬ金曜日には、所内外の最先端の研究者を招いてセミナーが開かれている（「金曜セミナー」）。その他、随時、所を訪れた研究者によるコロキウムも行われている。



図2．教養学部前期課程・全学自由研究ゼミナール「地震と火山の観測入門」での観測風景（大島）。（左）赤外映像による火口温度測定，（右上）筆島，（右下）火山地質の説明風景。

Fig.2. Field trip in Oshima for undergraduate students of College of Arts and Sciences.

10. 広報活動・他 Open House, Open Lectures and Bulletins

公開講義

1991年の雲仙普賢岳で発生した火砕流や1995年1月に発生した兵庫県南部地震では多くの尊い命が失われ、我が国は地震や火山噴火の脅威に常にさらされてきたことをあらためて認識させられた。地震研究所では、地震や火山の基礎研究、地震予知・噴火予知研究や災害防止に関する研究を直接的に社会に伝達することも重要な責務であると考え、1992年より一般公開とともに、社会人を対象とした公開講義を始めた。下表に示すように、公開講義は2000年で9回目になる。

公開講義・一般公開の案内は都下23区の広報紙、商業紙の読者欄で宣伝するとともに、学内の広報紙や全国の大学の地球科学系学科において掲示していただいたポスター等で宣伝している。更に、東京及び隣接県の高校や都道府県庁の防災関係課へは一般公開と公開講義案内のダイレクトメールも出している。これらによって、例年多くの方面の方々から多くの聴講希望が集まる。

毎回幅広い年齢層の方々に聴講していただいている。最も多いのは40歳代で社会的に多忙な年代ながらわざわざ聴講していただいたことを講師をはじめ所員一同大変喜んでいる。また、10歳代の若い学生・生徒の聴講も目立ち、将来当研究所で研究を推進する人材が聴講者から生まれる可能性も大いにあることを大変喜ばしく思う。受講者の大半は東京とその隣接の千葉、埼玉、神奈川県在住者であるが、県庁や市役所の防災関係者を中心に近畿、中国、九州地方などの遠方からの聴講もあった。公務員、教員、会社員、主婦、学生・生徒等様々な分野の方々

Open Lectures held by ERI

The pyroclastic flow at Mt. Unzen in 1991 and the Hyogo-ken Nanbu earthquake in 1995 remind the Japanese people that there have been many natural disasters caused by large earthquakes and volcanic eruptions. In 1992, the ERI began "Open lectures" as well as "Open house", for public people who are interested in on seismology, volcanology and Earth science. The open lectures are held once a year, and the ninth one was held on July 27, 2000. The program of the lecture is advertised through newspapers, posters, web-site and direct mail to public offices, organizations concerned and high schools.

Every time, audience of more than several hundreds attend the open lecture not only from Tokyo and its neighboring prefectures (Chiba, Kanagawa, and Saitama), but also from prefectures of Kinki and Kyushu areas. The ages of participants varies from 10's through 80's, mostly in 40's. Occupations of the participants are students in college, high school or junior high school, teachers, especially in earth science, public servants and researchers, for example in charge of disaster prevention, and others. We hope that some of the student audience will be interested and join in the field of research activities in our Institute.

Most of the audience was satisfied with the open lecture, although some requested that the contents of the lecture be more detailed and more systematic. We are going to make efforts to improve the contents of the open lectures.

| 開催日 | テーマ・講師 | 会場 | 受講者数 | 開催日 | テーマ・講師 | 会場 | 受講者数 |
|-----------------------|---|------------------------|------|-----------------------|--|--------------------|------|
| 第1回 1992年 12月3日 | 「地震・火山と共に生きるために」 阿部勝征...地震を知る 井田喜明...火山を知る 太田 裕...防災の工夫 | 地震 研究所 第1 会議室 | 138 | 第5回 1996年 7月26日 | 「地震と火山 - 地球を知ることからはじめよう」 瀬野徹三...プレートテクトニクスと日本列島付近の地震 南 忠夫...建造物の地震被害と耐震対策 | 文京区 シビック ホール | 290 |
| 第2回 1993年 7月27日 | 「地球を測る」 木下 肇...海に出て地球を眺める 村田一郎...地球を測る 吉井敏剋...日本列島の地下を探る 深尾良夫...地震の波から | 地震 研究所 第1 会議室 | 138 | 第6回 1997年 7月25日 | 「ふれてみよう 地球科学の最前線」 笠原順三...深海底6000mにおける地震の観測 山下輝夫...地震はどのようにしておきているのだろうか | 安田講堂 | 700 |
| 第3回 1994年 7月29日 | 「地震・火山 - どこまでわかった、何が分からない」 溝上 恵...東海・南関東地域の地震 - 注目される異常活動とプレート運動 大中康誉...地震はどのように発生するか - 実験による支配法則の探求 藤井敏嗣...マグマを知る - より確実な噴火予知へのキーワード | 安田講堂 | 456 | 第7回 1998年 7月30日 | 「地球の声を聴こう！」 大久保修平...地震・火山噴火研究のための測地学の工具箱 菊地正幸...大地震の起こり方とその予測可能性「兵庫県南部地震に学ぶ」 | 安田講堂 | 457 |
| | | | | 第8回 1999年 8月2日 | 「地球を斬る！」 平田 直...活断層の深部構造と内部構造の発生 渡辺秀文...マグマの動きと噴火の予測 | 安田講堂 | 730 |
| 第4回 1995年 8月25日 | 「兵庫県南部地震に学ぶ」 島崎邦彦...内陸地震と活断層 嶋本利彦...断層と地震被害 東原紘道...都市直下地震 - リスクの評価と対策 | 文京区 シビック ホール | 228 | 第9回 2000年 7月27日 | 「読みとろう地球の鼓動」 兼岡一郎...「同位体」で地球を見ると？ - 構造と進化 都司嘉宣...元禄16年(1703)の関東震災 | 安田講堂 | 329 |

に受講されている。

2000年は7月27日に東京大学安田講堂で約330名の受講者が参加して行われた。聴講後のアンケート結果によると、「講義を聴いて良かった」、「来年も聴講したい」との多くの好意的な意見の一方で、「もっとわかりやすく」、「焦点を絞った話を聞きたい」等の内容の充実を望む声もあり、こうした一般の方々からの期待に今後とも応えていく事が必要であろう。



写真1．特別企画によるモデル実験。

Photo 1. A cooperative program of staff and students for model experiments.

一般公開

東京大学地震研究所では、学生や市民の方を対象に研究活動の公表の場として「一般公開」を実施している。平成12年度の「一般公開」は第9回にあたり、「読みとろう 地球の鼓動」を共通テーマとして7月27日・28日の2日間開催された。計測や実験に関する最新の成果を中心として、各部門・センターの研究活動の紹介が行われた。参加者は約500人と例年より少なかったが、各階に設けられた展示会場は活発な質疑応答がかわされた。

展示の中では、例年のように、学生と教官の共同で行った特別企画によるさまざまな実験や有珠・三宅の活動が注目を浴びたようである。幅広い年齢層の参加者から、面白い、わかりやすい、という感想を受けていた。また、今年度より、ほぼ全ての展示内容の概要や詳細のホームページが作成され、地震研ホームページに一般公開の特設リンクが設けられた。ホームページをより充実させる機会、という一般公開の新しい役割も期待されている。

Open House

The Earthquake Research Institute holds an "Open House" every year. This is for the public announcement of various activities in all fields of earthquake researches that have been carried out in the institute. The 9-th Open House was held July 27-28th, with the main theme of "Read Beats of the Earth." About five hundred people visited the institute and exchange questions-and answers with staff and students of ERI. A number of visitors also indicated their special interest in volcanic eruptions and seismic activities of Mt. Usu and Miyake Island occurring in 2000. The cooperative program of staff and students for model experiments attracted visitors of all generations. Their scientific interest was also stimulated by other events. The programs and displays used in "Open House" are put on the web site of the institute. The "Open House" is contributing to upgrading the contents of the web site.

出版物 Bulletins and Reports

| | | | | | |
|---------------------|----|--------|-----|---------|---------|
| 東京大学地震研究所彙報（季刊） | 創刊 | 1926年， | 最新号 | 第75号第2冊 | 2000年 |
| 東京大学地震研究所彙報別冊（不定期刊） | 創刊 | 1934年， | 最新号 | 第8号 | 1992年 |
| 東京大学地震研究所研究速報（不定期刊） | 創刊 | 1943年， | 最新号 | 第14号 | 1974年 |
| 地震研究所広報（3か月に1回程度） | 創刊 | 1992年， | 最新号 | 第32号 | 2001年3月 |
| 地震研究所年報 | 創刊 | 1993年， | 最新号 | 第8号 | 2001年4月 |
| 東京大学地震研究所技術報告 | 創刊 | 1996年， | 最新号 | 第6号 | 2000年 |

11. 共同利用と文部省科学研究費研究一覧

Lists of Cooperative Researches and Researches Supported by Scientific Grant-in-Aid from the Ministry of Education, Science, Sports and Culture (Monbusho)

平成12年度共同利用一覧 List of Cooperative Researches in 2000

客員教官 Visiting Professors (共同利用)

| 氏名 | 所属・職名 | 担当教官 | 研究課題 |
|-------------------------|--------------------------|---------|---|
| 松澤 暢 | 東北大学大学院理学研究科・助教授 | 平田 直 | 新しい地震予知研究計画の企画とその推進 |
| 趙 大 鵬 | 愛媛大学理学部・助教授 | 纈 纈 一 起 | Determination of detained 3-D P and S velocity and Poisson's ratio structure under Japan Islands and its implications for seismic and volcanic dynamics |
| 白 崎 勇 一 | 株式会社国際海洋エンジニアリング・代表取締役社長 | 笠 原 順 三 | 海底ケーブルの科学的利用に伴うエンジニアリングの研究 |
| 高 原 (GAO Yuan) | 中国国家地震局分析予報中心・助教授 | 森 田 裕 一 | 中国大陸直下のマントル構造に関する研究 |
| 鄭 斬 華 (ZHENG Si-hua) | 中国国家地震局分析予報中心・教授 | 森 田 裕 一 | 東アジア地域のマントルのアン・アイソトロピー構造に関する研究 |

特定共同研究 (A)

Joint Researches of Universities and Institutes for Predictions of Earthquakes and Volcanic Eruptions

(地震予知, 火山噴火予知計画等のプロジェクトへの, 全国の研究者の参加支援)

| 代表者名 | 所属機関 | 担当教官 | プロジェクト名 |
|---------|------|---------|--------------------------------|
| 笠 原 順 三 | 地震研 | 笠 原 順 三 | 日本列島周辺海域における海・陸プレート境界域における研究観測 |
| 歌 田 久 司 | 地震研 | 歌 田 久 司 | ネットワークMT観測 |
| 歌 田 久 司 | 地震研 | 歌 田 久 司 | 地殻比抵抗構造精密探査 |
| 島 崎 邦 彦 | 地震研 | 島 崎 邦 彦 | 古地震 |
| 佐 藤 比呂志 | 地震研 | 佐 藤 比呂志 | 反射法地震探査による活断層の地下構造 |
| 金 沢 敏 彦 | 地震研 | 金 沢 敏 彦 | 海底地殻変動観測手法の開発 |
| 佃 為 成 | 地震研 | 佃 為 成 | 内陸直下地震の予知 |
| 笠 原 順 三 | 地震研 | 笠 原 順 三 | 海底ケーブルネットワークによる広域海底・海洋物理的研究 |
| 笠 原 稔 | 北大理 | 笹 井 洋 一 | 短期的地震前兆の発現機構の研究 |
| 加 藤 照 之 | 地震研 | 加 藤 照 之 | GPSによる総合観測研究 |
| 吉 井 敏 尅 | 地震研 | 吉 井 敏 尅 | 島弧地殻の変形過程に関する総合集中観測 |
| 加 藤 照 之 | 地震研 | 加 藤 照 之 | 地殻活動予測シミュレーション |
| 井 田 喜 明 | 地震研 | 鍵 山 恒 臣 | 火山体構造探査 |
| 井 田 喜 明 | 地震研 | 渡 辺 秀 文 | 特定火山集中総合観測 |
| 菊 地 正 幸 | 地震研 | 菊 地 正 幸 | 震源過程と強震動生成メカニズムの解明 |

特定共同研究 (B)

Joint Researches of Universities and Institutes for Developing Studies

(全国的な規模のグループが実施する, 地震予知・噴火予知計画等の事業費に基づかない萌芽的研究プロジェクト)

| | | | |
|---------|--------|---------|-------------------------------|
| 吉 岡 直 人 | 横浜市立大理 | 大 中 康 譽 | 地震サイクルと大地震の準備過程に関する総合的研究 |
| 中 田 節 也 | 地震研 | 中 田 節 也 | 高噴火ポテンシャル火山における噴火の規模・様式に関する研究 |

| 代表者名 | 所属機関 | 担当教官 | プロジェクト名 |
|--------|---------------|---------|--------------------------|
| 瀬川 爾 朗 | 東海大海洋研 究所 | 大久保 修 平 | 航空重力測定法の開発と僻地における重力測定 |
| 堀内 茂 木 | 防災科学技術 研究所 | 鷹野 澄 | 地震波形データの準リアルタイム解析システムの研究 |
| 鈴木 貞 臣 | 九州大理 | 深尾 良 夫 | 九州・琉球背弧の深部構造とテクトニクスの研究 |
| 中西 一 郎 | 京都大院理 | 菊地 正 幸 | すすから光へ：古い地震気象へのデジタル化と解析 |
| 小菅 正 裕 | 弘前大理工 | 山下 輝 夫 | 短波長不均質構造と高周波地震波の輻射特性 |
| 藤井 直 之 | 名古屋大理 | 大久保 修 平 | 差分干渉SARによる地殻変動測定の高精度定量化 |

一般共同研究

Joint Researches by Small Groups

(所内外の研究者からなる少人数のグループで協力して進める共同研究)

| | | | |
|--------------------------|----------------------------|----------------------------|---|
| 佐野 修 | 山口大工 | 深尾 良 夫 歌田 久 司 | 神奈川県油壺における弾性波速度変化と比抵抗 変化の比較観測研究(II) |
| 柳谷 俊 | 京大防災研 | 歌田 久 司 | 比抵抗の平面内3方向成分の高感度測定法の確立と それをつかった岩盤応力状態のモニタリング |
| 新正 裕 尚 金田 義 行 | 東京経済大経営 海洋科学技術 センター | 中井 俊 一 平田 直 | 西南日本・中期中新世の珪長質火成活動の成因 東北・北海道東部日本海溝海陸部における地下構造 の研究 |
| 鍵 裕 之 | 東大大理 | 藤井 敏 嗣 安田 敦 | 含水マントル構成物質が高圧下で形成する水素結合 の分光学的研究 |
| 山下 茂 | 岡山大固体地球 研究センター | 藤井 敏 嗣 | 含水珪酸塩メルトの高温「その場」赤外光吸収特性の 決定 |
| 小山 順 二 | 北大大理 | 大久保 修 平 | 絶対重力・GPS連続観測による実時間プレート運動 の検出 |
| 小野 重 明 山本 圭 吾 | 東大物性研 京大防災研 | 藤井 敏 嗣 大久保 修 平 | 下部マントル中の化学組成に起因する層構造の解明 絶対重力測定による桜島の火山活動に伴う山体内部 の密度変化の検出 |
| 神田 径 | 京大防災研 | 鍵山 恒 臣 | 南九州の活火山の浅部熱水系と活動度との関連性に 関する比較観測 |
| 佐野 有 司 藤 浩 明 亀 伸 樹 | 広島大理 富山大理 九州大大理 | 兼岡 一 郎 歌田 久 司 山下 輝 夫 | 火成岩のIn situ Rb-Sr年代測定 3次元不均質球内の電磁誘導問題を解く 地震の動的破壊の開始から停止まで - 破壊基準によ る違い - |
| 石原 靖 湯元 清 文 | 横浜市立大理 九州大大理 | 菊地 正 幸 歌田 久 司 | 自然地震の波形記録を活用した平野部地下構造の解析 地磁気変化観測と海底ケーブル誘導電圧との比較解 析研究 |
| 加藤 工 | 筑波大地球科 学系 | 安田 敦 | 高圧Fe系メルトの粘性測定実験 |
| 村上 章 岡村 眞 尾形 良 彦 | 岡山大環境理工 高知大理 統計数理研究所 | 堀 宗 朗 都 司 嘉 宣 鶴 岡 弘 | GPS応力場逆解析手法の検証のためのモデル実験 紀伊半島沿岸の湖沼の湖底堆積物中の津波痕跡の検出 ETASモデルを用いた相対的地震活動静穏化域自動 検出のためのアルゴリズム開発 |
| 福田 明 西村 裕 一 佐藤 利 典 | 静岡大工 北大大理 千葉大理 | 鷹野 澄 都 司 嘉 宣 笠原 順 三 | 流星バースト通信による離島からのデータ転送 渡島大島1741年噴火と津波 - 物証による古文書の検証 海底地震計を用いた三陸沖における自然地震活動の 観測研究 |
| 清水 洋 | 広島大理 | 中井 俊 一 | 岩石・鉱物の微小領域 in-situ 微量元素分析方法の確立 |

研究集会

Scientific Meetings

(全国の研究者が地震・火山関連分野のテーマについて集中的に討議する研究会)

| 代表者名 | 所属機関 | 担当教官 | 研究集会名称 |
|-------|-------|----------------|---|
| 藤井直之 | 名大大理 | 菊地正幸 | 地震予知研究の戦略 |
| 井田喜明 | 地震研 | 井田喜明 | 爆発的噴火の素過程：理学と工学の接点 |
| 伊藤谷生 | 千葉大理 | 岩崎貴哉・佐藤比呂志・平田直 | 最新の地震探査・観測から見た島弧衝突のテクトニクス - 北海道中軸帯・伊豆・台湾を例して |
| 福田洋一 | 京大大理 | 大久保修平 | 衛星重力ミッションについての研究集会 |
| 木股文昭 | 名大大理 | 渡辺秀文 | 噴火時期を迎える三宅島 - なすべき課題 - |
| 小屋口剛博 | 東大新領域 | 深尾良夫 | 惑星物質の非平衡現象とパターン形成 |
| 須藤靖明 | 京大大理 | 鍵山恒臣 | 九州の活火山における火山研究の到達点と今後の課題 - 雲仙・阿蘇・九重・霧島・南西島弧の噴火機構と地下構造 - |
| 吉井敏尅 | 地震研 | 吉井敏尅 岩崎貴哉 | 石淵爆破から50年：日本の地殻構造研究 |
| 田中良和 | 京大大理 | 笹井洋一 | 伊豆半島における地殻活動電磁気学 |
| 井上徹 | 愛媛大理 | 藤井敏嗣 | 21世紀の地球惑星物質科学 |
| 安井真也 | 日大理 | 中田節也 | 安山岩質マグマの爆発的噴火を中心とした火山の噴火様式と噴火機構に関する研究 |
| 山本昌宏 | 東大数理 | 桧山澄子 | 地球物理学における逆問題 - 数学と地震学とのインターセクションを求めて - |

平成12年度科学研究費補助金一覧 List of Researches Supported by Scientific Grant-in-aid in 2000

| 研究種目 | 審査区分 | 研究代表者名 | 研究課題 |
|---------|------|--------|---|
| 特別研究促進費 | | 平田直 | 地震・火山噴火予知研究成果の防災対策への活用方策に関する調査研究 |
| 特別研究促進費 | | 金沢敏彦 | 三宅島・神津島・新島近海群発地震活動に関する調査研究 |
| 特定領域(B) | | 壁谷澤寿海 | 性能基盤型設計法の開発 |
| 地域連携 | | 加藤照之 | GPS津波計測システムを用いた津波防災システムの構築 |
| 基盤(A) | 一般 | 川勝均 | 阿蘇山の火口直下に存在する圧力源の実体と噴火活動における役割の解明 |
| 基盤(A) | 一般 | 島崎邦彦 | 繰り返し注水実験による野島断層の強度回復の検出及び誘発地震発生メカニズムの解明 |
| 基盤(A) | 一般 | 佐藤比呂志 | 地殻構造探査にもとづく東北日本の地殻変形・改変過程の研究 |
| 基盤(A) | 展開 | 加藤照之 | RTK-GPSを用いた津波検知システムの開発 |
| 基盤(A) | 一般 | 中田節也 | 火山噴火に伴うマグマの挙動に関する岩石学的研究 |
| 基盤(A) | 一般 | 壁谷澤寿海 | 普及型地震計による構造物の耐震性能検証手法に関する研究 |
| 基盤(A) | 展開 | 武尾実 | 光計測技術を用いた高性能回転地震計の試作 |
| 基盤(A) | 海外 | 平田直 | 台湾における衝突型プレート境界大地震の研究 |
| 基盤(B) | 一般 | 深尾良夫 | 水中音波・水中多重反射波のアーレー観測に基づく海底地殻活動のモニタリング |
| 基盤(B) | 一般 | 大久保修平 | 人工衛星海面高度計と合成開口レーダーの統合運用による、新しい巨大地震像の構築 |
| 基盤(B) | 一般 | 纈纈一起 | 群発地震地域の稠密強震観測による詳細震源過程と強震動生成機構の研究 |
| 基盤(B) | 一般 | 加藤照之 | GPS総合処理によるアジア～太平洋のテクトニクスの研究 |
| 基盤(B) | 一般 | 東原紘道 | コヒーレントな弾性波トモグラフィ装置の波形精度の飛躍的な向上に向けた開発研究 |

| 研究代表者名 | 研究課題 |
|-------------------|---------------------------------------|
| 市村 強 | 都市全域対象の超高分解能・階層型強振動シミュレーターの開発 |
| 市来 雅 啓 | 東シナ海背弧拡大域の電気伝動度構造に関する研究 |
| 吉田 昌 樹 | 数値シミュレーションを用いた地球マントル対流と表層運動のダイナミクスの解明 |
| 三部 賢 治 | マントル物質の融解関係の精密決定とその地球分化への応用 |
| 八木 勇 治 | 沈み込み帯における不均一応力蓄積過程と大地震の震源過程との関係の解明 |
| 小林 励 司 | 太平洋上の観測点における表面波のポーラリゼーション異常 |
| 加藤 照 之 | 最小二乗予測法を用いた日本列島の地殻変動の研究 |
| (El-Fiky, G. S.) | |
| 大久保 修 平 | GPS/SARの統合処理による地震発生領域のひずみ場の推定 |
| (Reddy, C. D.) | |
| 笹井 洋 一 | 日本列島中央部での応力場変動による地磁気変化の検出 |
| (Kostrov, N. P.) | |
| 深尾 良 夫 | ロシア極東、カムチャッカ地域の地震テクトニクスの研究 |
| (Martcehnkov, A.) | |
| 中井 俊 一 | 珪酸塩岩石中の親銅元素・白金族元素の分析法の開発 |
| (Sahoo, Y.) | |

平成12年度受託研究一覧 List of Research Cooperation between Universities and Industry in 2000

| 研究代表者 | 受託研究題目 | 委託者 | 研究期間 | 受入金額(円) |
|---------|---|-----------------|--------------------|------------|
| ト 部 卓 | 東京都伊豆諸島火山観測データによる地殻活動に関する研究 | 東京都総務局 | 12.4.1 - 13.3.31 | 19,059,600 |
| 東 原 紘 道 | 大地震の即時情報システム支援データベースの開発研究 | 理化学研究所 | 12.6.16 - 13.3.31 | 11,185,000 |
| 古 村 孝 志 | 3次元地震波動伝播の統合的並列シミュレーションに関する研究 | (財)高度情報科学技術研究機構 | 12.7.25 - 13.3.31 | 1,296,000 |
| 佐 藤 比呂志 | フィリピン海プレート周辺地域における地震断層に関する調査研究「地震断層の不均質構造の推定」 | (財)地震予知総合研究振興会 | 12.8.3 - 13.3.31 | 3,121,000 |
| 中 田 節 也 | 火道内マグマ脱ガス及び固結機構の解明「元素分布の解析」 | 工業技術院地質調査所 | 12.10.13 - 13.3.31 | 4,295,000 |
| 飯 高 隆・ | 西太平洋沈み込み帯構造の解明による | 工業技術院地質調査所 | 12.10.13 - 13.3.31 | 1,190,000 |
| 山 中 佳 子 | 「スーパーコールドブルーム」の研究 | 工業技術院地質調査所 | 12.10.13 - 13.3.31 | 315,000 |
| 佐 藤 比呂志 | 制御震源を用いた深部構造調査 | 工業技術院地質調査所 | 12.10.13 - 13.3.31 | 315,000 |
| 鍵 山 恒 臣 | 電磁気探査に基づく火山体構造解析 | 気象研究所 | 12.8.24 - 13.3.30 | 10,235,000 |
| 壁谷澤 寿 海 | 鉄筋コンクリート架構の損傷評価 | 建築研究所 | 12.9.1 - 13.3.21 | 9,467,000 |
| 鷹 野 澄 | 国際地震波形データ流通システムの開発と運用 | 防災科学技術研究所 | 12.10.26 - 13.3.23 | 3,679,000 |
| 加 藤 照 之 | 「GPS気象学：GPS水蒸気情報システムの構築と気象学・測地学・水文学への応用に関する研究」のうち中国大陸におけるGPS可降水量の評価 | 気象庁 | 12.10.16 - 13.3.30 | 3,274,000 |
| 纈 纈 一 起 | GPS等による地殻変動観測 | 防災科学技術研究所 | 12.10.1 - 13.3.23 | 7,560,000 |
| 平 田 直 | 中周期海底地震計等による地震観測 | 防災科学技術研究所 | 12.10.1 - 13.3.23 | 18,182,000 |

| 研究代表者 | 受託研究題目 | 委託者 | 研究期間 | 受入金額 (円) |
|-------|--|-----------|-----------------------|-------------|
| 篠原 雅尚 | 応力源等の総合解析 | 防災科学技術研究所 | 12.10.26 - 13.3.23 | 3,642,000 |
| 宮武 隆 | 動力学モデルとモデル実験による地表面における断層変位の発生特性と予測手法に関する研究 | 土木研究所 | 12.12.4 - 13.3.28 | 7,623,000 |
| 合 計 | | | | 104,123,600 |

国際交流 List of International Scientific Cooperation

○国際学術交流協定

- ・ウッズホール海洋研究所（米国ボストン）との学術交流協定
共同研究：海底ケーブルの利用による地球科学的研究（笠原順三・歌田久司）
- ・パリ地球物理研究所（仏国パリ）との学術交流協定
共同研究：地球内部の希ガス同位対比に関する研究（兼岡一郎）
電磁気的手法による地震・火山噴火予知研究（笹井洋一）
- ・ロンドンユニバーシティカレッジ数理物理学部（英国ロンドン）との学術交流協定
共同研究：地震発生場環境条件下におけるせん断破壊過程を支配する構成則の確立（大中康馨）
- ・中国地震局地質調査所（中国北京）との学術交流協定
共同研究：中国東北部の地下構造・ダイナミクスの研究（歌田久司）
- ・ロシア科学アカデミーウラル支所地球物理研究所（ロシアエカチェリンブルグ）との学術交流協定
共同研究：日本列島中央部での応力場変動による地磁気変化の検出（笹井洋一）

○日米科学協力事業（平成12年度）

- ・ロングバレー・カルデラの電磁気共同観測
笹井洋一・Malcolm JOHNSTON（米国地質調査所研究員）
- ・最新の深部地震探査に基づく日本島弧の地殻構造・地震活動・テクトニクスの研究
平田 直・Larry BROWN（コーネル大学大陸地殻研究所教授）
- ・太平洋地域のマントル電気伝導度構造の研究
歌田久司・Alan CHAVE（ウッズホール海洋研究所主任研究官）

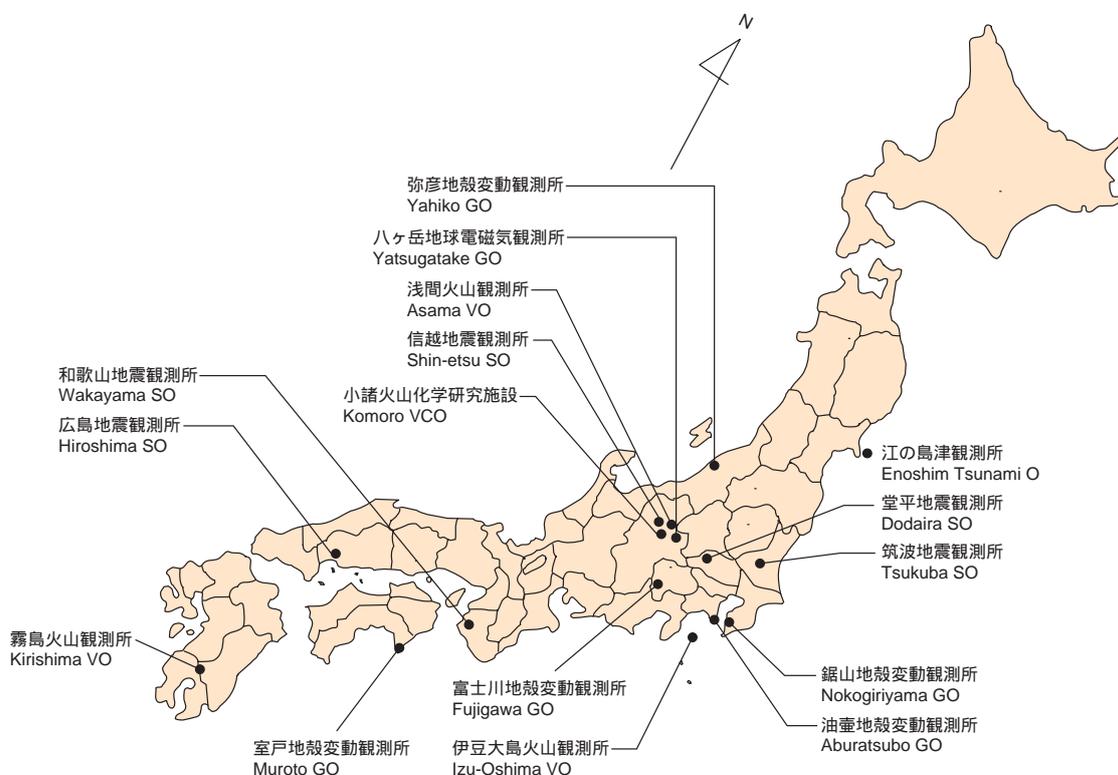
○海半球観測研究センターによる太平洋地域における観測事業（代表 深尾良夫）

○国際シンポジウム（地震研究所主催）

- ・雲仙シンポジウム：防災10年火山の科学掘削（平成9年5月26～29日）
- ・海半球計画：地球内部を覗く新しい目（平成9年11月4～7日）
- ・GPS国際シンポジウム～地球科学への応用～（平成11年10月18～22日）
- ・海半球計画：OHP/ION合同シンポジウム（平成13年1月21～27日）

12 . 附属研究施設配置図 / 予算 / 定員 Locations of Observatory Facilities/Budget/Number of Regular Staffs

附属研究施設配置図 Locations of Observatory Facilities



GO: Geophysical Observatory, O: Observatory, SO: Seismological Observatory, VO: Volcano Observatory, VCO: Volcano-Chemical Observatory

予 算 Yearly Budget

(単位：千円)

| 項目/年度 | 人件費 | 物件費 | 計 | 科学研究費 | 奨学寄付金 |
|--------|-----------|-----------|-----------|---------|--------|
| 平成9年度 | 1,456,232 | 1,594,977 | 3,051,209 | 466,693 | 15,013 |
| 平成10年度 | 1,391,369 | 1,822,833 | 3,214,202 | 430,274 | 14,802 |
| 平成11年度 | 1,360,526 | 1,771,546 | 3,132,072 | 447,283 | 17,986 |

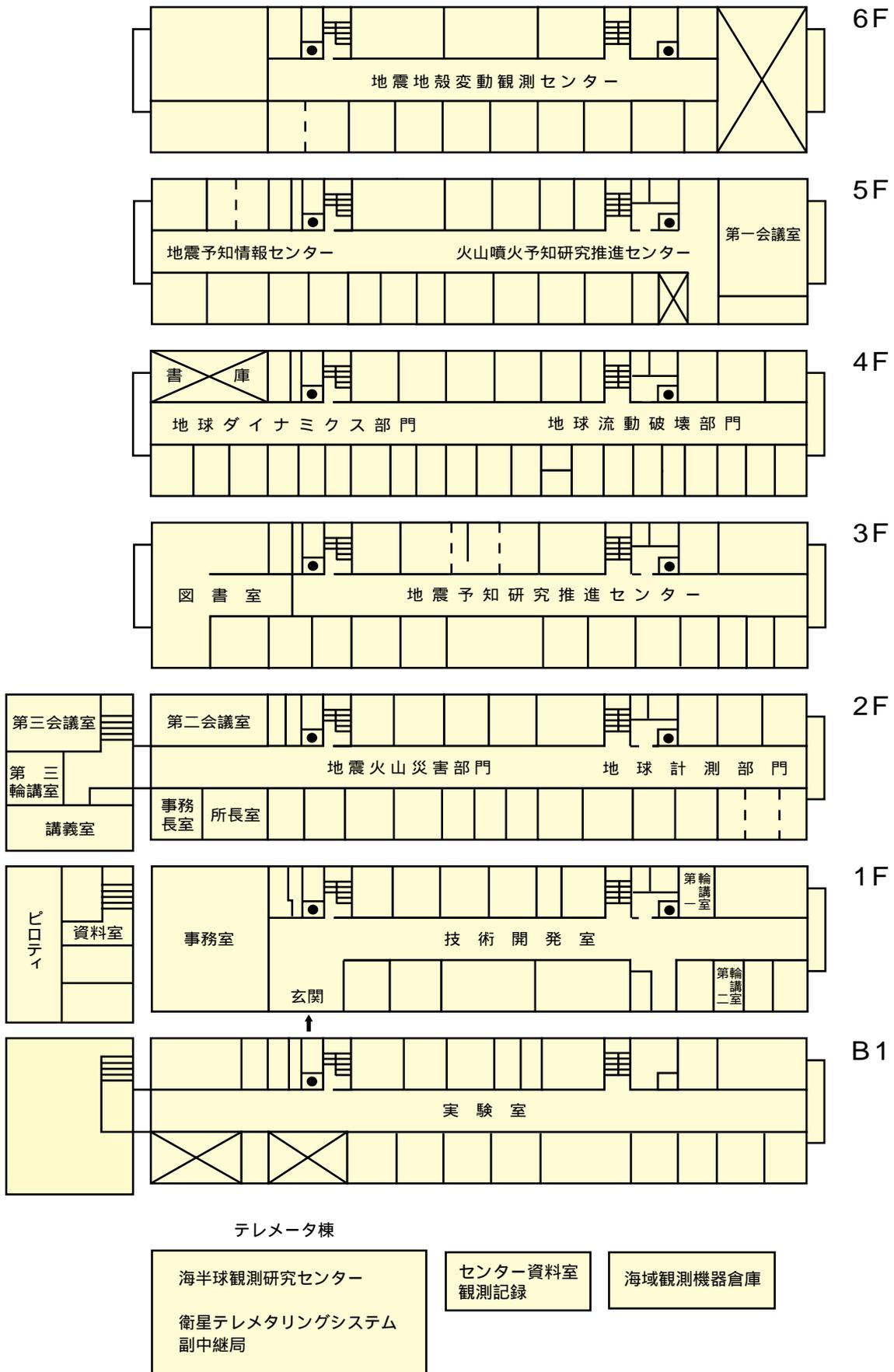
定 員 Number of Regular Staffs

(平成13年4月1日現在)

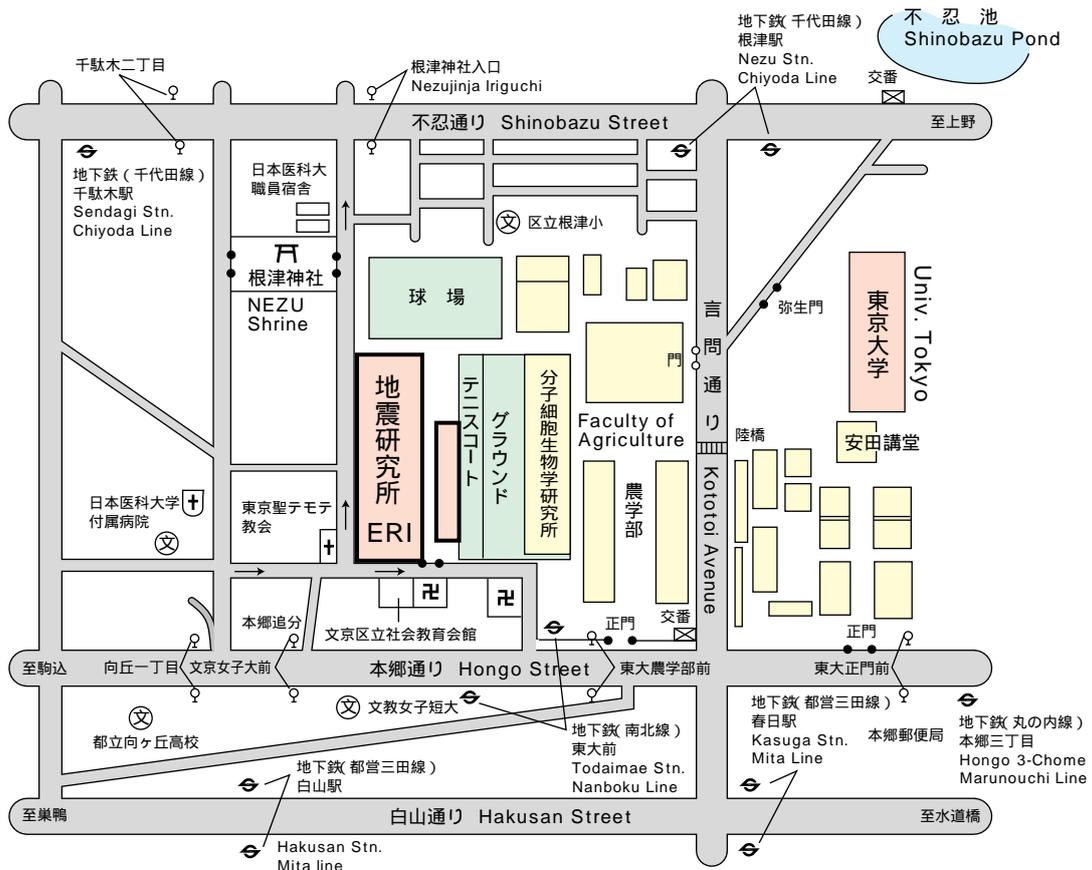
| 職 名 | 予算定員 | 現 員 |
|--------|------|------|
| 教 授 | 27人 | 23人 |
| 助 教 授 | 26人 | 21人 |
| 助 手 | 37人 | 34人 |
| 事務官・技官 | 53人 | 54人 |
| 合 計 | 143人 | 132人 |

13 . 本所平面図 Floor Plan of ERI

2001年 4月 1日 April 1, 2001



東京大学地震研究所へのご案内 How to reach ERI



地下鉄 千代田線「根津」下車徒歩10分

地下鉄 南北線「東大前」下車徒歩5分

Subway about 10 minutes walk from Nezu Stn., Chiyoda line,
and about 5 minutes walk from Todai-mae Stn., Nanboku line.

東京大学地震研究所

〒113-0032 東京都文京区弥生1丁目1番1号

電話 (03) 5841-5666

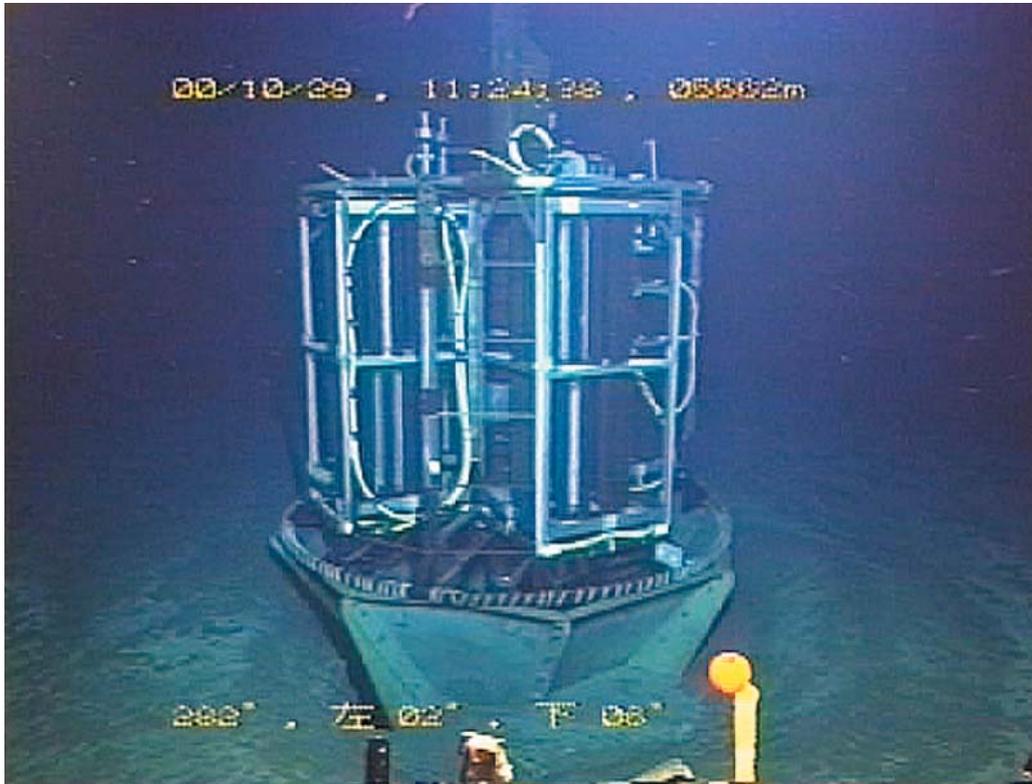
FAX (03) 3816-1159・5689-4467 庶務掛

Earthquake Research Institute, University of Tokyo

Yayoi 1-1-1, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-0032, JAPAN

Tel +81-3-5841-5666

Fax +81-3-3816-1159, +81-3-5689-4467



北西太平洋の深海底(水深5548m)に設置された、海半球ネットワークの孔内地震観測点(WP-2) .
海洋科学技術センターの無人潜水艇「かいこう」による映像 .
An ocean bottom borehole seismic observatory of the OHP network in the deep sea basin of
the northwestern Pacific. This picture was taken by a ROV, KAIKO in Jamstec.

平成13年4月発行

編集発行：東京大学地震研究所

広報委員会 委員長 岩崎貴哉・要覧編集担当 塩原 肇

東京都文京区弥生1丁目1番1号

電話(03)5841-5666

印刷所：株式会社 三 協 社

東京都中野区中央4丁目8番9号

電話(03)3383-7281

