

3.3.9 地下構造モデル化の研究（強震観測）

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 高密度強震観測によるモデル化

(b) 担当者

| 所属機関 | 役職 | 氏名 | メールアドレス |
|-----------------|---------|-------|---------------------------------------|
| 東京大学地震研究所 | 助教授 | 鷹野 澄 | takano@eri.u-tokyo.ac.jp |
| 東京大学地震研究所 | 教授 | 瀧澤 一起 | koketsu@eri.u-tokyo.ac.jp |
| 東京大学地震研究所 | 学振特別研究員 | 三宅弘恵 | hiroe@eri.u-tokyo.ac.jp |
| 北海道大学大学院 | 助教授 | 笹谷 努 | sasatani@ares.sci.hokudai.ac.jp |
| 京都大学防災研究所 | 助教授 | 松波孝治 | matunami@egmdpri01.dpri.kyoto-u.ac.jp |
| 京都大学防災研究所 | 助手 | 大見士朗 | ohmi@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp |
| 九州大学大学院 | 助教授 | 竹中博士 | takenaka@geo.kyushu-u.ac.jp |
| 独立行政法人防災科学技術研究所 | 特別技術員 | 大井昌弘 | ooi@bosai.go.jp |

(c) 業務の目的

高精度の強震動予測を行うためには、震源モデルの構築、広域地下構造モデルの構築、表層地下構造モデルの構築などの高精度化を進める必要がある。これを進めるにあたって必要不可欠なものが、大都市圏をカバーする広域かつ高密度の強震観測網の観測波形データである。広域かつ高密度の強震観測網から得られる観測データは、震源モデルと地下構造モデルから推定される強震動推定値と比較することによって、これらのモデルの検証や改善を可能にする。また、強震動シミュレーションから得られる理論波形データと観測波形データを比較することによって、シミュレーション手法の検証と改善を可能にする。

平成 11 年度の補正予算により、6 大都市圏の各拠点大学に、大都市圏強震動総合観測ネットワークが整備され、これまでほとんど収集がされていなかった自治体等の震度計の強震波形データの収集が、大都市の自治体等の協力のもとに開始された。首都圏においてもこれまで 5 都県市の震度計の波形データが東大地震研に収集され、首都圏強震動総合ネットワーク (SK-net) として整備されている。データが揃いはじめた平成 15 年度からは、地震研究所の共同利用を利用した共同研究体制もスタートしている。また、近畿圏においても京都大学防災研究所が中心となって、京阪神地域の大阪府、京都市、滋賀県の震度計の波形データが収集され整備されている。

今回の大大特プロジェクトにおいて、我々は、これまでの大都市圏強震動総合観測ネットワークを強化して高密度強震波形データベースを充実していく予定である。またそれにより、高密度強震観測データを用いた、地下構造モデルの検証、モデルの高精度化のための手法の開発、強震動の伝播特性の解明、強震動シミュレーションの検証、等の研究を推進していく予定である。

(d) 5 年間の年次実施計画

1) 平成14年度：

- ・大都市圏強震動総合観測ネットワークのデータベースの充実

東大地震研では、首都圏強震動総合ネットワーク SK-net について、これまでの5都府市のみのデータではまだ不十分であることから、首都圏周辺の自治体の震度計の波形データの収集に着手し、山梨県の協力のもと、県の震度計64点の波形データの収集システムを県庁に設置させて頂き、ダイヤルアップによる収集を開始した。京都大学防災研究所では、これまで近畿圏を対象として、大都市圏強震動総合観測ネットワークを整備して、これまでに、大阪府と滋賀県の計測震度情報ネットワークと京都市消防局ネットの波形データを収集した。

- ・強震観測データを用いた地下構造モデルの検証ならびに高精度化

北海道大学では、今年度、札幌市が平成13年度に市内に展開した震度計ネットワークの観測データを解析して、札幌市地下構造モデルの検証を行った。

東大地震研では、高密度強震波形データを用いて、地下構造モデルの高精度化のための手法の開発を行った。

- ・強震観測データを用いた強震動の伝播特性の解明、強震動シミュレーションの検証

東大地震研や横浜市大のグループでは、高密度強震波形データを用いて首都圏における表面波の伝播過程を解明し、伝播経路に起因する強震動の生成過程の解明を進めている。

また東大地震研では、震源モデルと地下構造モデルを仮定して強震動シミュレーションを行い、実際の観測波形データと比較検討し、強震動シミュレーションの検証を行った。

2) 平成15年度：

大都市圏強震動総合観測ネットワークのデータベースの充実としては、首都圏において、周辺の自治体の震度計の波形データの収集を進め、群馬県59点の波形収集システムを開発し、地震研究所からの夜間ダイヤルアップ収集を開始した。また、群馬県以外にも、栃木県、茨城県、静岡県周辺の各自治体と、波形データ収集の実現に向けた協議を行った。

首都圏における地盤増幅特性の研究では、横浜市内の観測点の地盤増幅特性を逐次解法によって精度よく求めることができた。近畿圏においては、滋賀県観測網を使って予察的に増幅度分布を調べ、琵琶湖東岸沿いに増幅度の大きい地域が見られること、湖岸沿いでも局所的に増幅度の小さい地域が点在することなどについて地盤構造などから考察した。

3) 平成16年度：

大都市圏強震動総合観測ネットワークのデータベースの充実としては、引き続き周辺の自治体の震度計の波形データの収集を進めデータベースを充実する。また高密度強震観測データを用いた、地下構造モデルの検証、モデルの高精度化のための手法の開発、強震動の伝播特性の解明、強震動シミュレーションの検証、等の研究を推進していく。

4) 平成17年度：

平成17年度以降も引き続き、大都市圏の周辺の自治体等の強震波形データの収集を進めデータベースを充実する。また、最近のIT技術を利用して展開することを目的とした次世代強震観測システムの研究を進める。高密度強震観測データを用いた、地下構造モデルの検証、モデルの高精度化のための手法の開発、強震動の伝播特性の解明、強震動シミュレーションの検証、等の研究を推進していく。

5) 平成18年度：

観測された高密度強震観測データや、開発された地下構造モデル高精度化の手法を首都圏などの地下構造に適用し、当該地域における強震動予測手法の高度化に貢献する。

(e) 平成16年度業務目的

- ・大都市圏強震動総合観測ネットワークのデータベースの充実

大都市圏の広域高密度強震観測データは、地下構造モデルの検証と高精度化に必要不可欠なものである。このため、平成16年度も引き続き、大都市圏周辺の自治体等の強震波形データの収集を進めデータベースを充実する。

東大地震研では、首都圏を対象として、これまでに山梨県と群馬県の波形データを収集・整備した。今後、栃木県、茨城県、静岡県など首都圏周辺の自治体等の協力を得て、可能なところから収集・整備を行う。

京都大学防災研究所では、近畿圏を対象として、これまでに、大阪府と滋賀県の計測震度情報ネットワークと京都市消防局ネットの波形データを収集・整備した。今後、京都府、兵庫県、奈良県等にも協力を呼びかけ、可能なところから波形データの収集・整備を行う。

これら既存の自治体等の観測点の波形収集に加えて、より高密度のネットワークを最近のIT技術を利用して展開することを目的とした次世代強震観測システムの研究開発を行う。

- ・強震観測データを用いたモデル化研究の推進

東大地震研では、首都圏強震動総合ネットワーク SK-net を利用した全国共同研究を推進している。取組んでいる研究課題は、高密度強震観測データを用いた地下構造モデルの検証、強震観測データを用いた地下構造モデルの高精度化のための手法の開発、強震観測データを用いた強震動の伝播特性の解明、強震観測データを用いた強震動シミュレーションの検証などである。また、その他の大都市圏においても、同様なモデル化研究が進められており、高精度化が進むものと期待される。

東大地震研では、震源モデルと地下構造モデルを仮定して強震動シミュレーションを行い、実際の観測波形データと比較検討する。多くの高密度観測データを利用することで、強震動シミュレーションと、地下構造モデルの検証と改良が進むものと期待される。また、シミュレーション結果と実際のデータとの比較から、地表面における強震動波形データのサイト増幅特性の問題についても研究の進展が期待される。

(2) 平成16年度の成果

(a) 業務の要約

首都圏強震動総合ネットワーク SK-net を強化して高密度強震波形データベースを充実するために、引き続き首都圏周辺の各自治体のデータ収集を進めた。各自治体は、独自には波形データを収集していないので、各自治体の保守業者等と相談して、既存の自治体システムに影響を与えない形で、観測点から波形データを収集するシステムの設計開発を行った。平成16年度は、栃木県と茨城県の波形データの収集・整備を進めた。また、長野県からも協力が得られたので、長野県の波形データ収集の実現に向けた協議を行った。更に、これら既存の自治体等の観測点の波形収集に加えて、より高密度のネットワークを最

近のIT技術を利用して展開することを目的として、安価なLAN接続型強震計の開発を行った。また高密度強震観測データを用いた、地下構造モデルの検証、モデルの高精度化のための手法の開発、強震動の伝播特性の解明、強震動シミュレーションの検証、等の研究を実施した。

(b)業務の成果

首都圏強震動総合ネットワーク(SK-net)^{1,2)}については、前年度までの山梨県64点、群馬県59点に加えて、平成16年度には、栃木県47点、茨城県79点が追加されて、現在9都県市の11の強震観測網から合計734点の震度計・強震計の強震波形データが収集されるようになった(図1)。これは、首都圏のK-net/KiK-net観測点と気象庁震度観測点の合計約340点の2倍以上に及ぶ。なお、SK-netの場合、各観測網のデータは、各自治体等の観測システムの現状に応じて、オンラインやオフラインで数日から1年遅れで収集されて、共通のデータフォーマットに変換されて保存されている。このため全部のデータが集まり、利用可能になるには、1年以上かかっている。

首都圏強震動総合ネットワーク観測点分布

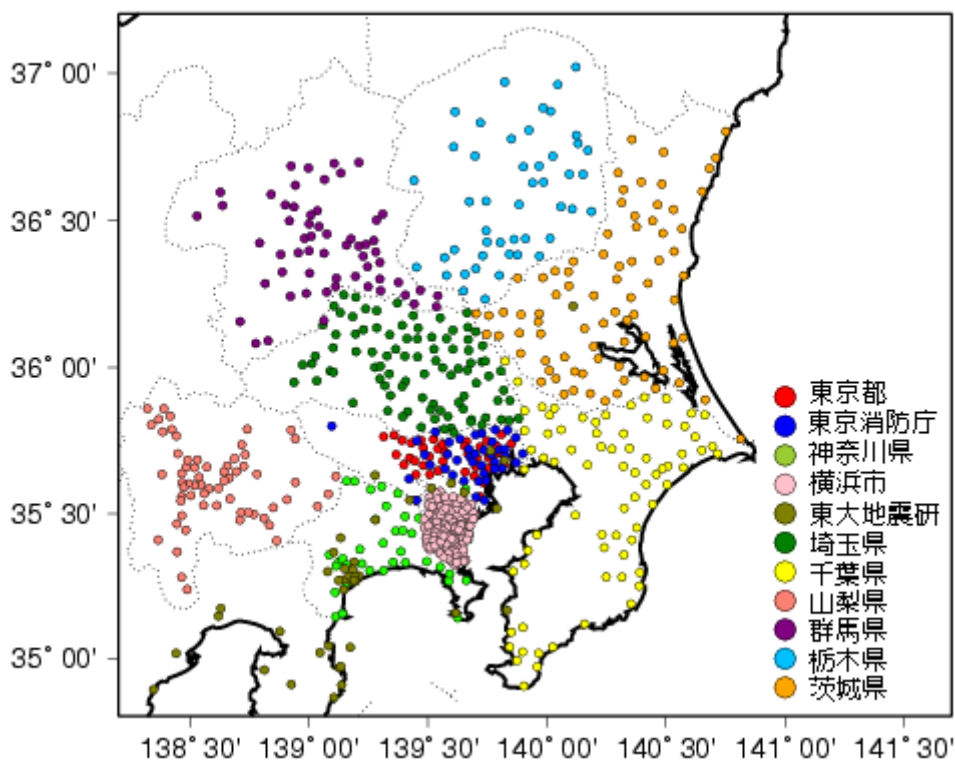


図1 首都圏強震動総合ネットワーク(SK-net)で収集している観測点

これら既存の自治体等の観測点の波形収集に加えて、より高密度のネットワークを最近のIT技術を利用して展開することを目的とした次世代強震観測システムの研究開発を開始した。高密度観測の実現の為に、1台150万円から200万円もする強震計のコストの低下が必要である。このため、センサー、AD変換器、時刻校正機構などについて徹底的にコスト低下を追及し、現在のところ1台40万円程度にまでコストを下げた、安価な

LAN 接続型強震計を設計・開発した。今後、これを多数利用した次世代の高密度強震観測システムの研究を進める予定である。

このほか、高密度強震観測データを用いた、地下構造モデルの検証、モデルの高精度化のための手法の開発、強震動の伝播特性の解明、強震動シミュレーションの検証、等の研究を実施した。北海道大学のグループでは、2003年十勝沖地震（M8）による北海道から首都圏までの広域における広帯域強震動特性について検討した（図2）。それにより、方位と周期に応じて、震源・伝播経路・サイト特性の影響の現れ方が異なること（図3）、また、遠地における応答スペクトルを見ると、伝播経路やサイト特性によって減衰の仕方に大きな違いが見られ、それらを調べるのに有用であることなどを示した（図4）。

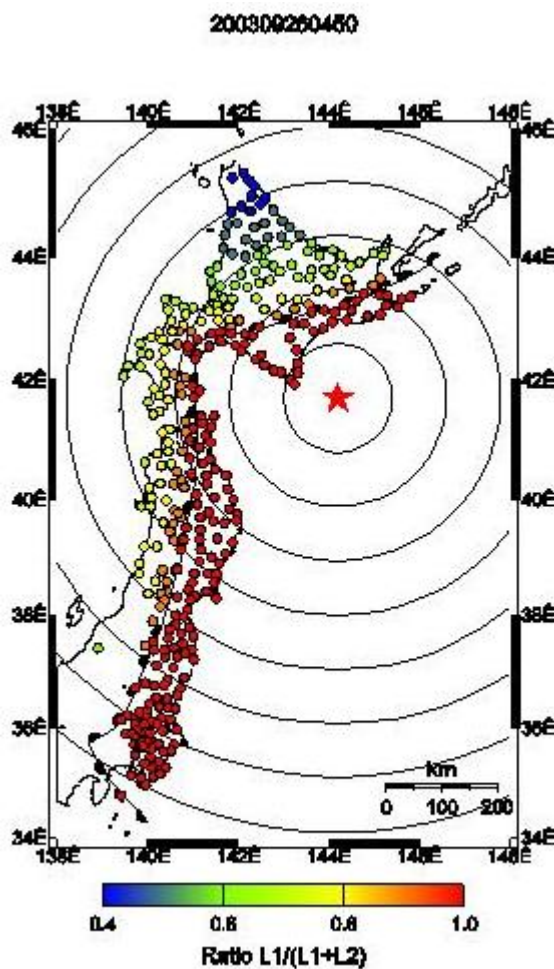


図2 2003年十勝沖地震（M8）における広域の広帯域強震動観測記録

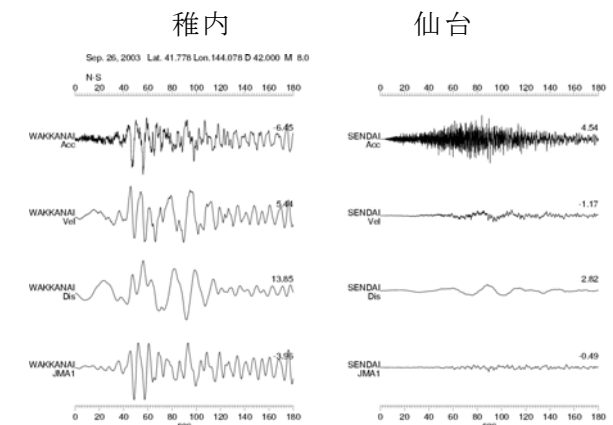


図3 同じ距離でも稚内の方が10倍大きい

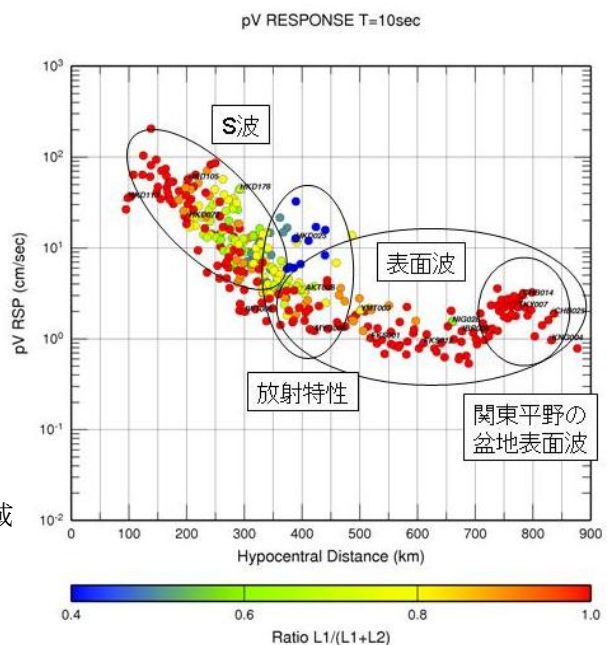


図4 最大速度応答スペクトルの距離減衰
伝播経路やサイト特性によって減衰の仕方が大きく変化している様子が見れる

また、本年度9月の紀伊半島南東沖地震が発生させた長周期地震動は、首都圏・中京圏・

関西圏の各大都市圏で観測された。その卓越周期は大都市圏が立地する平野の特性が反映され、関西圏（大阪平野）や中京圏（濃尾平野）では周期 5 秒の長周期地震動が卓越するのに対して、首都圏（関東平野）では周期 7 秒あるいはそれよりさらに長い周期の地震動が卓越した（図 5）。首都圏での地震動は首都圏強震動総合ネットワーク SK-net で観測され、K-NET, KiK-net 等だけではとらえきれない詳細な応答スペクトル分布が明らかになった。図 6 に SK-net があった場合となかった場合の比較を示す。その結果、大局的な応答スペクトルの分布は基盤構造と一致しているが、詳細な分布を見ると基盤だけでなく浅い堆積層構造などに影響されていることがわかった。

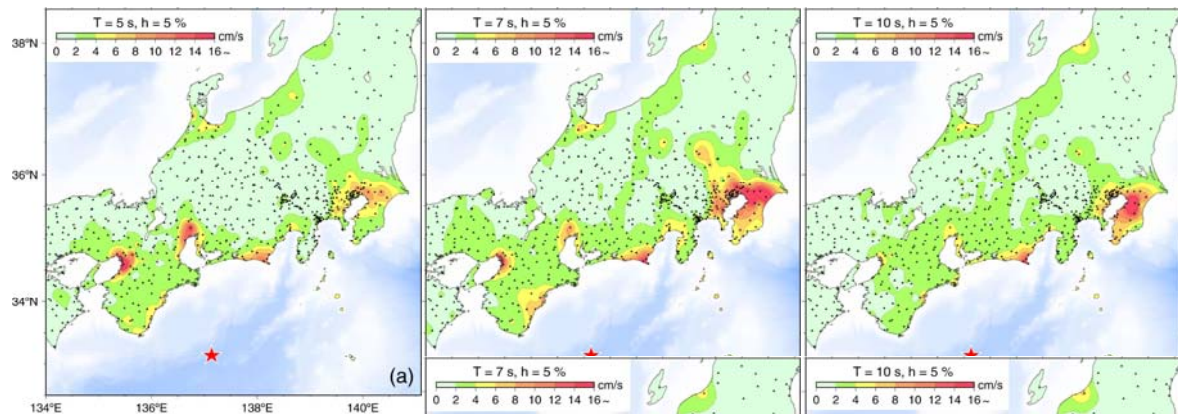


図 5. 紀伊半島南東沖地震による長周期地震動の周期 (a) 5 秒、(b) 7 秒および (c) 10 秒における擬似速度応答スペクトルの分布。

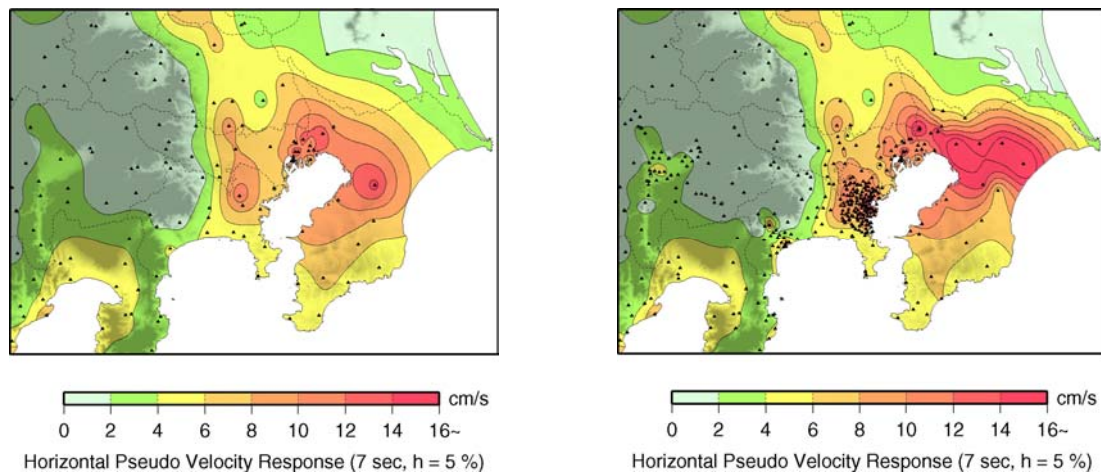


図 6. SK-net が存在する場合（右）と存在しない場合（左）の周期 7 秒の擬似速度応答スペクトル分布の比較。

(c) 結論ならびに今後の課題

首都圏では、周辺自治体の協力のもとにデータベースが充実しつつある。また、さらにその周辺の長野県や静岡県からも協力が得られる見通しであり、首都圏の広域地下構造モデルを構築するためのデータ収集の準備がようやく整いつつある。ただ、自治体によっては、データ収集に最大 1 年ぐらい遅れるとか、観測点で保存できる波形データが少なく、新しい地震が観測されると波形データが上書きされて消失してしまうという問題もあり、

首都圏の広域地下構造モデル研究に使えるような条件の良いデータセットはまだ多くはないので、今後引き続きデータ収集と整備を継続する必要がある。

また、既存の観測網の収集だけでなく、より高密度な強震観測を推進するためには、ブロードバンド時代に適した安価な強震計の開発と普及が重要であることから、次世代の高密度強震観測システムの研究を推進する必要がある。更に、得られた高密度強震観測データを充実し整備していき、地下構造モデルの検証、モデルの高精度化のための手法の開発、強震動の伝播特性の解明、強震動シミュレーションの検証、等の研究を一層推進していく。

(d) 引用文献

- 1) 鷹野澄・菊地正幸・山中佳子・瀬瀬一起・古村孝志・工藤一嘉・ト部卓・武尾実：首都圏強震動総合ネットワークと Seismic Kanto プロジェクト，震災予防，No.184，pp.22-25，2002.
- 2) 首都圏強震計ネットワーク報告書，平成 15 年 7 月，東京大学地震研究所，2003.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

| 著者 | 題名 | 発表先 | 発表年月日 |
|----------------------------------|---|-------------------------------|-------------------|
| 鷹野澄・瀬瀬一起・工藤一嘉・古村孝志・山中佳子・ト部卓・土井恵治 | 首都圏強震動総合ネットワーク SK-net | 記念シンポジウム「日本の強震観測 50 年」—歴史と展望— | 平成 16 年 11 月 9 日 |
| 鷹野澄・伊藤貴盛・原徹夫 | IT 強震計 —その概念と試作— | 日本地震学会 2004 年秋季大会 | 平成 16 年 10 月 9 日 |
| 三宅弘恵・瀬瀬一起 | 2004 年紀伊半島南東沖地震による長周期地震動 | 日本地震学会 2004 年秋季大会 | 平成 16 年 10 月 10 日 |
| Miyake, H. and K. Koketsu | Long-period ground motions from a large offshore earthquake: The case of the 2004 off the Kii peninsula earthquake, Japan | Earth, Planets and Space | 平成 17 年 5 月 |

(f) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

- 1) 特許出願
なし
- 2) ソフトウェア開発
なし
- 3) 仕様・標準等の策定
なし

(3) 平成17年度業務計画案

首都圏を中心とした大都市圏の周辺の自治体等の強震波形データの収集を、引き続き進めデータベースを充実するとともに、最近のIT技術を利用して展開することを目的とした次世代強震観測システムの研究を進める。また、高密度強震観測データを用いた、地下構造モデルの検証、モデルの高精度化のための手法の開発、強震動の伝播特性の解明、強震動シミュレーションの検証、等の研究も引き続き推進していくが、特に強震波形データのスペクトルから地下構造を逆解析する手法の開発をめざす。