

様式 6

平成 16 年度共同利用実施報告書(研究実績報告書)

1 . 研究種目名 特定共同研究(A) 2 . 課題番号 2004-A-16

3 . 研究課題(集会)名 和文：地震発生_の素過程
英文：Elementary Process of Earthquake Occurrence

4 . 研究期間 平成 16年 4月 1日 ~ 平成 17年 3月 31日

5 . 研究場所 東大地震研究所他

6 . 研究代表者所属・氏名 東京大学地震研究所・吉田真吾
(地震研究所担当教員名) (吉田真吾)

7 . 共同研究者・参加者名(別紙)

8 . 研究実績報告(成果)(別紙にて約1,000字A4版(縦長)横書)(別紙)

10 . 成果公表の方法(投稿予定の論文タイトル、雑誌名、学会講演、談話会、広報等)
(別紙)

7. 共同研究者・参加者名

No	氏名	所属機関	官職名	備考
1	吉岡直人	横浜市立大学	教授	
2	増田俊明	静岡大学・理学部	教授	
3	大槻憲四郎	東北大学・大学院	教授	
4	渡邊 了	富山大学・理学部	助教授	
5	佐藤博樹	大阪大学・大学院	助教授	
6	田中秀実	東京大学・大学院	講師	
7	角森史昭	東京大学・大学院	助手	
8	清水以知子	東京大学・大学院	助手	
9	加藤愛太郎	東大地震研	助手	
10	中谷正生	東京大学地震研	助手	
11	土屋範芳	東北大学・大学院	助教授	
12	加藤護	京大大学院人間・環境学研究科	助手	
13	川方裕則	京大防災研	助手	
14	道林克禎	静岡大学・理学部	助教授	
15	矢部康男	東北大院理	助手	
16	堤昭人	京大院理	助手	
17	増田幸治	産総研	主任研究員	
18	堀高峰	JAMSTEC	研究員	
19				

8. 研究実績報告

- (a) 東大地震研では、既設の高温高压試験機で、 V_p , V_s , 比抵抗を測定できるように改造し、予備的測定を開始した。富山大では、蛇紋岩の常圧低圧 (<200MPa) における超音波測定を行い、蛇紋岩の塑性変形により 30%に達する V_p の方位異方性、 V_s の偏向異方性が形成されることを明らかにした。高温高压でも超音波測定ができるよう高压セルを開発した。また、蛇紋岩の常圧高温 (<600°C) における電気伝導度測定を行い、細粒のマグネタイトが濃集した部分では局所的に高い伝導度を示すが、一般にはカンラン岩とほぼ同程度の伝導度であることを明らかにした。更に、地震波の周波数領域 (とくに 0.1-10Hz) での弾性・非弾性を測定するためのねじり試験機のプロトタイプを製作し、モーターおよび制御系の問題点を解析した。
- (b) 沈み込み帯構成岩石の弾性波速度と減衰係数(Q 値)を高温高压下で含水量の関数として決定し、その結果から地殻・上部マントルの地震波速度構造と Q 値構造を定量的に解釈し、低速度層・低 Q 値層の含水量を求めることを目的として、大阪大と東大地震研で実験装置を開発中である。ピストンシリンダー型超高压発生装置の昇温のために、容量の大きな温度コントローラの設計・製作を行った。
- (c) 静岡大と東大理では、固体圧式 3 軸変形試験機を整備し、石英岩をもちいた予備実験を開始した。本試験機は、モホ面付近に相当する高温高压条件での変形実験を可能とする。本年度は軸変位駆動系と温度・圧力計測系を一新し、変形中の差応力を精密に決定することに成功した。また、岩石-流体系および岩石-メルト系の物性を規定する要因として、流体やメルトの分布形態を支配する固液 2 面角の温度・圧力・組成依存性を統計熱力学的に解析した。理論計算モデルの結果は 2 元金属系の実験データと調和的であり、地殻下部における石英-水系の濡れ挙動を定性的に説明することができることを示した。
- (d) き裂内部における流体流動特性は、き裂面形状に起因するき裂間隙幅と、その分布であるき裂間隙構造に強く依存すると考えられ、さらにき裂間隙構造は、き裂面が受ける垂直応力やせん断応力、き裂を構成する岩石種に影響されるであろう。地殻応力下におけるき裂内部の流体流動現象や、その因子となるき裂間隙構造を把握するためには、室内実験の結果と、これと比較することが可能なシミュレーションモデルの構築が必要不可欠である。東北大院環境科学では高封圧下でのき裂透水率測定を行うために、高封圧をゴム材で発生させる実験装置を設計・製作した。花崗岩き裂の透水率測定実験の予備実験を行った結果、流体入口と出口との差圧測定から透水係数の測定が可能であること、流体流動が基本的にダルシー則に従うことを確認した。
- (e) 現在地表に露出する断層帯で、注意深く震源域の構造を保存しているものを選んで調査を行った場合、断層帯の組織とその幾何学的形態およびその分布が得られる。これ

らのデータから物理過程を逆解きして行く場合、物理過程と同時に組織形成過程を直視する必要がある。そこで、東大理では顕微三軸試験機の開発に着手した。この装置によって得られる結果から、野外と実験室は比較的スムーズに連携をとれるようになると考えられ、素過程を考察する上で重要な役割を持つだろう。本年度は、日高変成帯南部の地質調査、特に震源域断層近傍の調査を綿密に行った。その結果、高速破壊を起こす断層面は、それらがより地下深部の延性的な環境にあるうちからすでに準備されていることがわかった。母岩に胚胎されている局所的なマイロナイト帯では、アルカリ長石の分解と、雲母類の生成が同時に観察されることから、カリ長石—雲母—水系の化学反応が、断層帯の軟化過程に深く関与していることを示した。京大理では、高圧下での透水率測定実験で決定した、天然の断層の透水率構造を用いて、摩擦発熱に伴う間隙圧上昇と有効応力低下に起因した断層強度低下の機構を検討した。その結果、この強度低下の機構においては、断層内部の浸透率分布と変形集中域の幅に関する情報が重要であることが明らかになりつつある。また、摩擦熔融を伴うような高速すべり速度領域での摩擦実験を行って、垂直応力が摩擦特性に及ぼす影響を調べるための実験を開始した。

(f)その他、京大防災研では三軸圧縮試験において、震源核とその周囲で発生するAEの特徴を抽出し、震源核の成長を明らかにすることを目的にした実験を開始した。また、京大院人間・環境学では、岩石破壊に伴う発光現象を光学的、電磁気学的、鉱物学的な観点から解析し、その機構を明らかにするため、岩石発光画像の解析を行い、発光分布を試料の鉱物分布と対応させる解析手法を確立した。並行して破壊後試料(カコウ岩)を鉱物学的に解析する解析に着手した。

10. 成果公表

- Bangs, N., T. Shipley, S. Gulick, G. Moore, S. Kuramoto, Evolution of the Nankai Trough decollement from the trench into the seismogenic zone: Inferences from three-dimensional seismic reflection imaging, 32(4), 273-276, 2004.
- Goldberg, D., T. Brewer, and S. Kuramoto, Logging for the Integrated Ocean Drilling Program, *Petrophysics*, 40(4), 386-390, 2004.
- 平野・渡邊・土屋, ゴムを圧力媒体とした封圧発生装置の開発および透水試験, *資源・素材学会誌* (投稿中), 2005.
- Ito, K., H. Sato, H. Kanazawa, O. Tamada, T. Kitazawa, M. Koike and H. Takei, Simple practical processing of a large single crystal from a large amount of a complete stoichiometric mixture in two-component system, *J. Crystal Growth*, 271, 398-402, 2004.
- Iwasa, K. and N. Yoshioka, Observation of transmission waves across a simulated fault in the whole loading process up to a dynamic fracture, *Proc. 1st Intern. Workshop on Active Monitoring in the Solid Earth Geophys.*, 343-346, 2004.
- Iwasa, K. and N. Yoshioka, Monitoring the contact state of a simulated fault by transmission waves --- A laboratory experiment ---, *Proc. CSNI Workshop on Seismic Input Motions, Incorporating Recent Geological Studies*, in press, 2005.
- Kameda et al., *J. Colloid. Interface. Sci.*, **275**, 225-228, 2004.
- Kato, A., A. Sakaguchi, S. Yoshida, H. Yamaguchi, and Y. Kaneda, Permeability structure around an ancient exhumed subduction-zone fault, *Geophys. Res. Lett.*, 31, L06602, doi:10.1029/2003GL019183, 2004.
- Kato, A., S. Yoshida, M. Ohnaka, and H. Mochizuki, The dependence of constitutive properties on temperature and effective normal stress in seismogenic environments, *Pure Appl. Geophys.*, 161, N.9/10, 2004.
- Koizumi, Y., K. Otsuki, A. Takeuchi, H. Nagahama, Frictional melting can terminate seismic slips: experimental results of stick-slips, *Geophys. Res. Lett.*, 31, L21605, doi:10.1029/2004GL020642, 2004.
- Kugimiya, Y., S. Umino, T. Masuda, and Y. Matsuda, Kanonaite from the metamorphic sole of the Oman ophiolite: evidence for high-f(O₂) conditions during retrograde metamorphism. *Canadian Mineralogist*, 42, 143-153, 2004.

- 雷 興林・佐藤隆司, 岩石破壊と地震 - 地震素過程の解明における室内岩石破壊実験の役割 -, 地質ニュース, No.597, 26-36, 2004.
- Lei, X., O. Nishizawa, A. Moura, and T. Satoh, Hierarchical fracture process in brittle rocks -- by means of high-speed monitor of AE hypocenter, Progress in Acoustic Emission XII, 345-351, 2004.
- Lei, X, T. Satoh, and O. Nishizawa, Three-stage fracturing model for granitic rocks under triaxial compression-role of microcrack density and stress rate on fault formation, Seismology, 26, 436-449, 2004.
- 増田幸治, 実験室で探る断層深部のすべりと変形, 産総研シリーズ「活断層と地震 - 過去から学び, 将来を予測する - 」 (丸善), 146-154, 2004.
- 増田幸治・新井崇史・高橋美紀・重松紀生, 高温高压実験による地震発生の素過程の解明, 地質ニュース, 597, 21 - 25, 2004.
- 増田幸治・新井崇史, ガス圧式高温高压変形実験装置を用いた破壊 - 摩擦実験, 構造地質, 48, 25-30, 2004.
- Masuda, T. and N. Kimura, Can Newtonian viscous-matrix model be applied to the microboudinage of columnar mineral grains in quartzose metamorphic tectonites?. *Journal of Structural Geology*, 26, 1749-1754, 2004.
- Masuda, T., T. Shibutani, T. Ochiai, S. Akagi, H. Yamaguchi, Y. Kugimiya, and T. Miyake, Microboudin structures of piemontite along the Sambagawa metamorphic belt, Japan: implications for lateral variation of differential stress during regional metamorphism. *Journal of Metamorphic Geology*, 22, 199-205, 2004.
- Masuda, T., N. Kimura, B. Fu, and Li, Validity of the microboudin method for palaeo-stress analysis: application to extraordinarily long sodic amphibole grains in a metachert from Aksu, China. *Journal of Structural Geology*, 26, 203-206, 2004.
- Masuda, T., S. Nakayama, N. Kimura, K. Onodera, and A. Okamoto, Triaxial stress state deep in orogenic belts: an example from Turkey. *Journal of Structural Geology*, 26, 2203-2209, 2004.
- Nakatnai, M. and Shcolz, C., Frictional healing of quartz gouge under hydrothermal conditions 1: Experimental evidence for solution-transfer healing mechanism., *JGR VOL. 109*, B07201, doi:10.1029/2001JB001522, 2004.
- Nakatnai, M. and Shcolz, C., Frictional healing of quartz gouge under hydrothermal conditions 2: Quantitative interpretation with a physical model., *JGR VOL.*

109, B07202, doi:10.1029/2003JB002938, 2004.

Nakatani, M., T. Yamauchi, H. Ogasawara, T. Ward, T. Ito, J. Takeuchi, N. Shimoda, W. Zibi, O. Kuwano, K. Otsuki, H. Kawakata, A. Kato, S. Nakao, F. du Plessis, H. Hoogenboezem, P. Lenegan, P. Mountfort, J. Danilowicz, K. Nagata, K. Morishita, R. McGill, Y. Iio, The Research Group for SeeSA, A 3 km deep on-fault thermometer array for measuring the heat generated by forthcoming earthquakes in a South African gold mine., *2005 Chapman Conference on Radiated Energy and the Physics of Earthquake Faulting*, 2005.

根本・森谷・新妻, 誘発せん断すべり模擬実験装置の開発と性能評価, 日本地熱学会誌, 27(1), 41-51, 2004.

Saruwatari et al., *Phys. Chem. Min.*, **31**, 176-182, 2004.

Sato, H., K. Ito and Y. Aizawa, Simultaneous velocity and attenuation measurements applicable to various solids at high pressures and temperatures up to 1200 , *Meas. Sci. Technol.*, **15**, 1787-1793, 2004.

Shimizu, I. and Y. Takei, Thermodynamics of interfacial energy in binary metallic systems: Influence of adsorption on dihedral angles, *Acta Material.*, **53**, 811-821, 2005.

Shimizu, I. and Y. Takei, Temperature and compositional dependence of solid-liquid interfacial energy: Application of the Cahn-Hilliard theory, *Physica B*, in press, 2005.

Toki, T., U. Tsunogai, T. Gamo, S. Kuramoto, and J. Ashi, Detection of low-chloride beneath a cold seep field on the Nankai accretionary wedge off Kumano, south of Japan, *E.P.S.L.*, **228**, 37-47, 2004.

Watanabe, N., N. Hirano, and N. Tsuchiya, Permeability measurement for Large Rock Fracture using Rubber-Confining Pressure Vessel, *Proceedings of 26th Annual NZ Geothermal Workshop*, CD-ROM, 2004.

Yoshida, S. and T. Ogawa, Electromagnetic emissions from dry and wet granite associated with acoustic emissions, *J. Geophys. Res.*, **109**, B09204, doi:10.1029/2004JB003092, 2004.

Yoshida, S., A. Kato, N. Kato, and M. Nakatani, Interpretation of various slip modes on a plate boundary based on laboratory and numerical experiments, *Earth Planets Space*, **56**, 795-801, 2004.