

様式 6

平成19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. 課題番号または共同利用コード 2007-A-14
3. 研究課題(集会)名 和文： 地震発生の素過程
英文： Elementary processes of earthquake generation
4. 研究期間 平成19年4月1日～平成20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・中谷正生
(地震研究所担当教員名) 中谷正生
7. 共同研究者・参加者名
東京大学地震研・吉田真吾・中谷正生・武井康子・平賀岳彦・波多野恭弘/ 東北大院環境科学・土屋範芳, 根本克己, 渡邊則昭/東北大理・大槻憲四郎/富山大理・渡辺了/東大院理・田中秀美, 清水以知子/静岡大理・増田俊明, 道林克禎/京大院人間環境学・加藤護/京大防災研・柳谷 俊/京大院理・堤昭人/兵庫県立大生命理学・佐藤博樹/千葉大理・金川久一/広島大・星野健一/立命館大・川方裕則/横浜市立大学・国際総合科学研究科・吉岡直人/独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部変動研究センター・阪口秀・堀高峰
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)

A. Tsutsumi and K. Mizoguchi, Effect of melt squeezing rate on shear stress along a simulated fault in gabbro during frictional melting, *Geophysical Research Letters*, doi:10.1029/2007GL031565, 2007

Otsuki, K., 2007, Dependence of surface fracture energy on earthquake size: a derivation from hierarchical self-similar fault zone geometry. *GRL*, 34, L20305, doi:10.1029/2007GL031419.

Kuwano, O., M. Nakatani, and S. Yoshida (2007), Reply to comment by A. Revil on 'Effect of the flow state on streaming current', *Geophys. Res. Lett.*, 34, L09312, doi:10.1029/2006GL029136.

Nagata, K., M. Nakatani, and S. Yoshida, Monitoring frictional strength with acoustic wave transmission, *Geophys. Res. Lett.* (accepted)

新谷陽一郎, 延性領域における岩石強度への中間主応力の影響. 東京大学修士論文

秋葉麻実, 高温高圧下における岩石試料の弾性波速度測定. 東京大学修士論文.

桑野修, Origin of geoelectrical signal associated with very long-period seismic pulses observed in Miyakejima. 東京大学博士論文.

Watanabe, T., H. Kasami, and S. Ohshima, Compressional and shear wave velocities of serpentinized peridotites up to 200 MPa, *Earth Planets Space*, 59, 233-344, 2007

(別紙)

研究実績報告：

(a) (蛇紋岩の観測可能性) 西南日本のような温かい沈み込み帯のウエッジ・マントルに期待される高温型蛇紋岩のS波速度測定法をほぼ確立し、その温度依存性を示唆するデータがとれはじめた。これとあわせて、鉱物微細構造の解析をおこなっており、速度異方性からウエッジ・マントルでの変形進行を読みとるための基礎データ収集が軌道にのりはじめた。(富山大理・静岡大理)

(b) (蛇紋岩の変形特性)：「水」が沈み込み帯の岩石の力学的性質に及ぼす影響を調べるため、高封圧(800 MPa)下における蛇紋岩と、H₂Oを含む石英岩(メノウ)の変形実験を行なってきた。これまでの固体圧試験機を用いた高温高压変形実験により、蛇紋岩の脱水反応による顕著なクリープ挙動の変化や間隙生成、剪断帯の形成が明らかになってきた。石英岩の変形実験では、歪エネルギーに駆動される再結晶による石英粒子の結晶方位選択配向がみられた。平成19年度にはより高压(～2GPa)の実験を行なうため、東大理に新たな固体圧式変形試験機を開発・導入した。(東大理・静岡大理)

(c) (高温高压下での弾性波速度測定)：大容量シリンダーにより、直径20mm、長さ20mmの大型花崗岩試料について480MPa,650°Cまでの高温高压下での縦波速度測定に成功した。アルファ石英の軟化による縦波速度の低下など、花崗岩試料についてこれまでに報告されている値と調和的な結果がえられ、大容量シリンダーでの縦波測定の技術が確立されたと考えられる。(兵庫県立大生命理学)

(d) (断層内流体流動)：せん断すべりをともなう模擬断層の封圧(5 MPa)下透水実験を引き続き実施し、データの蓄積を行った。また、その試料の顕微鏡観察により確認された変色部位が、実験室規模のアスペリティにおける摩擦熔融である可能性が理論的に示唆された。さらに150度程度での岩石き裂の熱水流動実験を実施し、岩石-熱水反応によるき裂開口・閉塞挙動によるき裂透水性の変化を検討した。(東北大環境科学)

(e) (高速摩擦特性)：沈み込み帯における物質の中一高すべり速度領域における摩擦特性を明らかにすることを目的として、付加体の主要構成岩石であるチャート(珪質岩)の摩擦実験を、ロータリー式摩擦試験機を用いた行った。変位速度2.6mm/s～180mm/s、垂直応力<1.0MPaの条件で行った実験の結果、チャートの摩擦は数百mのすべり距離を経て緩やかに減少し、定常的な摩擦に達すること、定常状態での摩擦係数はすべり速度に対して強い負の依存性を示すこと、初期のすべり軟化に、磨耗粉形成プロセスが関与している可能性のあることなどが明らかになりつつある(京大理)。/固着すべり実験におけるflash meltingの定量データから新たな摩擦構成則を導きだした。さらに、模擬ガウジ層をもつ固着すべり実験によりリーデルシアで震源核が形成される様子を定量的に明らかにした。また、独自に開発した地殻流体状態方程式実験装置によって、臨界点付近における水の状態がliquid-likeからgas-likeに変化する様子を高精度でとらえた。(東北大理)

(f) (広帯域AE計測)：稲田花崗岩試料を用いて封圧80MPa常温下で三軸圧縮試験を実施し、広帯域センサでのAEの波形収録をおこなった。収録された波形のうち、低周波数側で互いに高相関を示す大小のAEの記録を用い、小AEを経験的グリーン関数として、大AEの破壊継続時間を推定した。AEの継続時間は約10μ秒となった。AEの震源サイズを1-5mmと仮定すると、通常の地震のスケーリングからは1-10μ秒程度の継続時間が予想され、本研究の結果はこれとよく一致した。AEの破壊継続時間が推定されたのは初めてであり、AEのスケーリング解明の大きな手がかりが得られた。

(g) (岩石の破壊にともなう発光現象)：短時間でかつ弱い発光現象の分光手法の完成には至らず、次年度以降も継続して行いたい。19年度にはあらたに岩石破壊に伴う電磁波放射測定法の開発を行った。非破壊の衝撃的加圧を単成分系圧電物質に与えた場合については十分な感度を持つ測定系の開発した。また、破壊発光について大気圧条件下以外の条件での実験を可能とするためのプレス装置の改良を行った。

(h) (高温高压下における岩石-水破壊反応過程)：本年度は粉碎実験装置ごと暖める大型の定常恒温槽の設計と製作に費やされた。本年度前半に設計、製作を終了する予定であったが、大型の恒温槽内を定温に保つ技術開発に予想外難航し、20年1月にほぼ所定の性能を満たす恒温槽が出来上がった。このため、実験は半年ほどの遅れをとっている。来年度前半には、19年度に予定された実験を行なう予定である。

(i) (組織形成過程の直視観察と動的物理過程のリンク):実験機の改造が継続している。リング剪断時に粘土鉱物が剪断面に圧着し、剪断している石英ガラスプレートを破壊してしまうトラブルが押さえきれない。プレートをルビーに変更して試験を続行している。

(j) (南海トラフ地震発生断層): IODP第315次研究航海,同第316次研究航海(12/19~2/5)で「ちきゅう」に乗船し、熊野海盆、斜面堆積盆および付加体前縁部の掘削地点で、掘削コア試料の構造の記載および物性の測定を行い、またコア試料から研究用の試料採取を行った。熊野海盆(掘削地点C0001)では海底下475~1057 m、斜面堆積盆では海底下0~500 m、付加体前縁部では海底下0~600 mの掘削コア試料が得られた。第316次研究航海では、斜面堆積盆掘削地点で巨大分岐断層浅部、付加体前縁部掘削地点でプレート境界断層浅部、をそれぞれ掘削し、断層帯の試料も得られている。地震発生深度での温度条件での高速摩擦特性を解明するための試験機が導入され、来年度からの稼働が期待できる。(千葉大理)

(k) (高緻密・極細粒鉱物多結晶体作成法の開発) 岩石物性測定に用いる天然試料はそれが地上にでてくる際の応力開放によってできたクラックを含むという問題があり、このためにクラックフリー細粒多結晶体を得るための合成法を開発した。平均粒径が約1ミクロン、緻密99%以上のフォルステライトのみからなる多結晶体を得られた。

(l) 摩擦構成則のレートパラメータの絶対値を決める新手法を開発した。従来いわれていたよりもかなり大きな値がえられたが、この結果は、摩擦状態の弾性波透過率による観察結果を定量的に説明できる。また、熱活性化過程の観点からもよりもっもらしい。また、中越地震の断層の影響をみるためのデータ解析をはじめ、断層面をとるレイバスを同定した。

(m) 大深度鉱山での微小破壊観測ネットワーク観測を本格運用し、破壊サイズが10cm以下から、100mまでさまざまな活動を観測した。これは、世界ではじめての成果である。また、本ネットワークのデータを解析するためのソフトウェアを作成した。また、微小破壊観測ネットワーク内の弾性波物性を、現場で超音波透過試験をおこなって特定した。

(n) せん断力を受ける粉砕クォーツ中の弾性透過波の振る舞いを調べる実験においては、試験機と初期状態の作成手順に改良を加えることで荷重、変位などの力学諸量の他、透過波の減衰特性について実験毎の再現性を格段に高めることに成功した。この再現性が得られたことで、せん断方向に3つの震源と受信点を並べて配置しその組み合わせを変えることで、波の透過方向による減衰特性の違いを詳細に比較することが可能となった。その結果、最大主応力方向に発達していると仮定される応力鎖に直行する方向に波を通した場合、明らかに強い減衰が見られ、逆に、平行な方向では減衰が弱いか僅かに増幅も見られた。この事実は、応力鎖の存在のみならず、応力鎖による内部不均質構造が、透過波の減衰に影響していることを陽に物語っている。この影響は、せん断歪み0.01%程度の微小な変位レベルでも検知されることも分かった。一方、同実験を模擬したDEMによる数値シミュレーションでは、透過波を周波数領域に分解して解析した結果、せん断開始後、比較的早期の段階で、低周波側から減衰が始まっていることが明らかになった。これにより、透過波の減衰は内部構造の不均質性が起因する散乱が原因ではないかという結論に至った。