

(1) 実施機関名：

東京大学地震研究所

(2) 研究課題（または観測項目）名：

（和文）実験・理論的アプローチによる断層ダイナミクスの高度化

（英文）Advancing the fault dynamics: laboratory and theoretical approaches

(3) 関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究

(3) 地震発生過程の解明とモデル化

(4) その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究

(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化

ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震

イ. 内陸地震

2 地震・火山噴火の予測のための研究

(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）

ア. プレート境界巨大地震の長期予測

イ. 内陸地震の長期予測

(2) 地震発生確率の時間更新予測

ア. 地震発生の物理モデルに基づく予測と検証

イ. 観測データに基づく経験的な予測と検証

3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

(2) 地震の災害誘因の即時予測手法の高度化（重点研究）

ア. 地震動の即時予測手法

(5) 令和5年度までの関連する研究成果（または観測実績）の概要：

石英の転移クリープと組織発達の関係性を明らかにした。地震発生層最下部の条件でも軟岩である石灰岩が高間隙水圧によって延性から準脆性に遷移することを確認した。粘弾性母岩中の断層のサイクル計算手法を開発し、プレートの相対運動が母岩の粘性流動でまかなわれて断層が永久固着する可能性を指摘した。高速地震とスロー地震を摩擦特性で統一的にマッピングする理論を作った。弱鉱物の摩擦は、鉱物の構造や弱鉱物の含有率により、通常の鉱物の摩擦より低くなる場合としない場合があることを見出した。マイロナイト構造を考慮して脆性滑りと塑性流動に変形を分配する物理モデルを作った。ガウジ摩擦において、時間効果による強度増加と粒子再配置による強度増加では、付随する音波透過率変化への反映効率が大きく違うことを見出した。フラッシュヒーティングの局所温度を光学的に正確に測り、低い法線応力でも融点に近い温度を見出した。空間ドメインでの境界積分計算の高性能な時間発展スキームを開発した。熱弾性の理論計算によって、法線応力の不均質が、摩擦発熱を介した正のフィードバックによって自己加速的に成長するための下限滑り速度は、不均質の波長が長いほど低いことを見出し、実験での動的弱化速度の試料サイズ依存性を説明した。間隙弾性をサイクル計算に取り込む手法を開発した。付加体構造を模した境界積分法によるモデルを作り、断層載荷プレートへの剛性率の影響を確認した。実際の沈み込み体構造を用いた応力計算で、やや大きな地震のもつトリガ能力を評価した。連続体モデルで予測されるSSEから地震までの短い遅れ時間は、1自由度ばねブロックモデルではおきないことを見出し、連続体における応力集中の重要性を指摘した。様々なRSF則の下で期待される定応力下3次クリープ挙動を導出した。P波前重力波を検出するの

に、重力勾配や地殻歪みなど重力変化の空間微分に反応する観測量なら検出感度がずっと良いはずであることを理論的に指摘した。

(6) 本課題の5か年の到達目標：

物理モデルによる地震発生予測や先行現象の物理的理解への貢献を念頭に、以下A-Hのサブテーマを進める。

A. 非常に長時間のヒーリングと非常に低速での滑りの実験により、延性域から断層浅部にわたる摩擦素過程の交代を調べる。

B. 固着の剥れ-震源核という中短期予測で重要なステージを中心に、摩擦状態発展則の違いの地震サイクルへの影響を探る。また、動的弱화가地震サイクルに与える影響を調べる。

C. 巨視的な物性不均質をもつ地殻中の巨視的に曲がった断層のモデル計算によって、構造がコントロールする地震発生の局面の抽出を試みる。

D. 数理・数値モデルで、温度や間隙水圧と滑りの相互作用の理解を深化する。

E. OFCモデルのような本質的に離散的なシステムが、GR則のような幅広いサイズの地震からなる活動を産み出すメカニズムを明らかにする。

F. 地震破壊エネルギーの地震サイズ依存性のメカニズムを理解するために、ガウジ層で数ミクロンから数mという広い範囲のDcが見つかったガウジ層の摩擦において、長短のDcに対応する状態変化の物理的実体を探る。

G. マントルウエッジ程度までの条件での岩石の流動則を確立し、地震発生への影響を検討する。

H. 地震の即時予測を超早期化する可能性のあるP波前重力波について、新たな手法による信号検知の向上と信号利用の方向性を検討する。

(7) 本課題の5か年計画の概要：

サブテーマA-Hについて、下記のように実験と理論研究を連携して行う。

A. (1-3年目)三軸試験機で石英ガウジの圧力溶解ヒーリングを非常に長時間まで行う。長い滑り距離と低い滑り速度の実験ができる回転式試験機の試料アセンブリ、計測制御系を改良する。(3-5年目)アルバイトガウジ、板状鉱物の長時間固結実験。回転試験機においては、非常な低速を含む様々な速度の実験から、ヒーリングと剪断弱化メカニズムの関係を調べる。

B. (1-2年目)RSF発展則としてNagata則を使ったサイクル計算を行い、Slip lawやAging lawの結果と比較する。(3-5年目)動的弱화가震源核形成に与える影響をサイクル計算で調べる。

C. (1-3年目)不均質構造中での断層破壊計算手法をサイクル計算に実装する。(4-5年目)沈み込む高剛性プレートと低剛性付加体からなる付加体地震サイクルモデル計算を行い、構造がコントロールする地震発生の局面を抽出する。

D. (1-3年目)滑りと温度や間隙水圧の相互作用を、連続体やBKモデルなどの断層運動計算モデルに組込む。また、現在これらの効果を含まない方程式系の数理解析で行っている断層滑りモードの統一解析にこれらの効果を組込む。また、熱弾性を考慮した摩擦の時間発展を計算する手法を開発する。(4-5年目)シミュレーション、数理解析から、これらの相互作用の、前震から本震、あるいはゆっくり地震から高速地震の遷移条件を含む地震サイクルの様々な局面への影響を抽出する。

E. (1-3年目)離散的な地震活動モデルを連続体モデルに近づけていって、どこでGRが出なくなるかを調べる。(3-5年目)上記の一連のモデルで、応力場、強度場の特徴や時間発展を調べる。

F. (1-3年目)熱活性化の時間依存ヒーリングと、時間に依存しない機械的過圧密による強度獲得が共起するガウジ実験データを、音波透過率の変化も参考にしてモデル化する。透明セル式回転試験機で機械的過圧密を再現するための予備実験を行う。また、透明セル式回転試験機で過去に見られた10m程度の長大Dcが発現する条件を探る。(3-5年目)透明セル式試験機のシステム改修を行い、上記長大Dcの滑り弱化中の個別粒子追跡により具体的なメカニズムをさぐる。また、1mm程度のDcをもつ機械的過圧密の解消過程も個別粒子追跡で調べる。

G. (1-2年目)固体圧式変形試験機の改修を行い、実験品質の向上をはかる。(2-5年目)海洋地殻物質およびマントル物質のレオロジー則を実験と理論で拡充する。母岩流動の断層運動への影響を地震発生のさまざまな局面で調べる。

H. P波前重力波については、新規の観測方法を開発している物理系のグループの必要に応じて信号強度の理論的評価を行う。

(8) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

中谷 正生（東京大学地震研究所）, 亀 伸樹（東京大学地震研究所）

他機関との共同研究の有無：有

清水 以知子（京都大学理学研究科）, 野田 博之（京都大学防災研究所）, 鈴木 岳人（高千穂大学人間科学部）, 桑野 修（海洋研究開発機構）, 永田 広平（気象庁）

(9) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学地震研究所 地震・火山噴火予知研究協議会 企画部

電話：03-5841-5787

e-mail：yotikikaku@eri.u-tokyo.ac.jp

URL：https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/YOTIKYO/

(10) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：中谷正生

所属：東京大学地震研究所