

(1) 実施機関名：

京都大学防災研究所

(2) 研究課題(または観測項目)名：

岩石摩擦の物理的素過程に関する実験的研究

(3) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(4) 地震発生・火山噴火素過程

ア．岩石の変形・破壊の物理的・化学的素過程

(4) その他関連する建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(4) 地震発生・火山噴火素過程

イ．地殻・上部マントルの物性の環境依存性

ウ．摩擦・破壊現象の規模依存性

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

高速・大変位の条件及び摩擦滑り面上のアスペリティの分布(摩擦強度の時空間的不均質)のそれぞれに着目して地震発生に関わる摩擦挙動を理解することを目的とする。0.1 mm/s 程度の中速から 1 m/s 程度の高速までの幅広い速度条件で、かつ大変位の摩擦実験を行って、様々な地殻物質について地震性滑りにおける摩擦特性を明らかにする。また、自然の断層面上に存在すると考えられているアスペリティを実験室で再現し、そのせん断応力の作用に伴う時空間変化の解析から、アスペリティの物理的背景、特に地震波の解析から提出される「応力降下量の大きいところ」というアスペリティ像と接触面上の強度の不均質との関係を解明する。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

平成 21 年度は、高速・大変位班では、岩石試料、沈み込み帯物質などについて、すでに開発した摩擦試験機を用いた、0.1 mm/s 程度の中速から 1 m/s 程度の高滑り速度の条件下でかつ大変位の摩擦実験を行う。速度・変位の条件を変えながら繰り返し実験することより、多様な条件下における岩石摩擦の概要を明らかにする。また、中・高速条件における速度急変実験を行うことのできる実験システム構築を目指した技術開発に取り組む。アスペリティ班では、岩石試料(もしくは岩石を模擬した材料)どうしの接触面にせん断応力を作用させながら、透過弾性波、透過光などによる接触面の固着状態の可視化と、ひずみ測定、光弾性などを利用した面上のひずみ分布の 2 次元的な把握を同時に行うことができるせん断時接触面モニターシステムを開発する。

平成 22 年度～平成 25 年度は、高速・大変位班では、引き続き、幅広い速度、変位条件での摩擦実験を行って、岩石試料、沈み込み帯物質などについて摩擦特性を明らかにする。また、定常摩擦の速度依存性を明らかにすることを目的とした実験を行う。さらに、摩擦面の変形組織を解析することで、物質変化や変形と摩擦特性との関係を明らかにするための研究を進める。アスペリティ班では、初年度に開発したシステムにより、2 つの試料を接触させた模擬断層の 2 軸せん断実験を行いながら、接

触面の固着状態と変形（滑り）速度のそれぞれの時空間分布を測定し，面上の個々の点での滑りの構成関係を調べることができるよう，せん断試験装置を調整・改良する．マクロな変位速度や応力などの測定量と接触状態の関係を調べる．実験室の透過弾性波では mm オーダーの強度の不均質に敏感であること，自然の地震断層のアスペリティが数～数十 km オーダーであることを考慮し，実験の時空間スケールを調整する．単純にふたつの試料を接触させるだけでなく，接触面間にガウジ物質をはさんで，アスペリティをより強調した状態での同様の実験を実施する．

(7) 計画期間中（平成 21 年度～25 年度）の成果の概要：

高速・大変位班では，回転式中～高速摩擦試験機を用いて，付加体物質（チャート，泥質岩，南海掘削試料）の摩擦実験を行い，幅広い滑り速度（0.003 mm/s ～ 1 m/s）における摩擦特性を調べた．珪質岩であるチャートの中～高速滑り時には，顕著な滑り弱化和速度弱화가認められる．摩擦生成物の詳細な分析を行った結果，断層面に水和化非晶質シリカを含むガウジ物質が形成されることが明らかになった．平成 21 年度には，泥質岩の摩擦構成則パラメータ推定を目的とした，低～中速での滑り速度急変実験を開始した．平成 22 年度には，南海掘削で得られた粘土質断層試料中に，滑り速度が～30 mm/s の中速条件において，摩擦が正の速度依存性を示す試料と負の速度依存性を示す試料の存在することが明らかになった．平成 23 年度は紀伊半島沖南海トラフ付加体中に発達する巨大分岐断層浅部および前縁断層先端部から採取された断層物質について，低速から数 10 mm/s の滑り速度で実験を行い，正の速度依存性を示す試料には，一様に分散した剪断変形組織が発達するのに対して，負の速度依存性を示す試料においては，断層に平行に近い剪断面が多数発達する様子が認められた．平成 24～25 年度は，統合国際深海掘削計画（IODP）Exp.334 において，中米海溝コスタリカ沖の沈み込みインプットサイト（Site U1381A）にて採取されたココスプレート上の生物起源堆積物について行った摩擦実験の結果，数 10 mm/s より高速の滑り速度条件で前摩擦係数が 0.2 以下の値に低下するという著しい速度弱化的性質を示すことが明らかになった．また，0.003 mm/s ～ 0.3 mm/s の滑り速度条件下で摩擦実験をおこなった結果，最上部の粘土質堆積物の摩擦は正の速度依存性を示すのに対して，その下位の珪質かつ石灰質の軟泥堆積物の摩擦は，負の速度依存性を示すことが明らかになった．

アスペリティ班では，岩石試料どうしの接触面にせん断応力を作用させながら，透過弾性波による接触面の固着状態の可視化，ひずみ測定を利用した面上のひずみ，および，接触面で発生する AE の分布の 2 次元的な把握を同時に行うことができるせん断時接触面モニターシステムの開発を行った．平成 21 年度は AE 波形の高速サンプリング連続記録システムを構築した．平成 22～23 年度は多チャンネル同時サンプリングシステムの構築を行い，透過弾性波および静ひずみの測定を行う装置を構築した．また，花崗岩試料による複数パスでの透過弾性波の測定結果の検討を行った．平成 24～25 年度は AE を測定しながらのせん断実験を実施した．せん断試験機にロードセルを組み込み，載荷点での荷重を測定できるよう改良した．アクリル試料により装置を調整したのち，アルミナ試料および花崗岩試料でのせん断実験を行った．実験装置の開発・改良は実施できたものの，接触面間にガウジ物質をはさんだ実験には到達できなかった．

(8) 平成 25 年度の成果に関連の深いもので、平成 25 年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

Tanikawa, W., H. Mukoyoshi, O. Tadai, T. Hirose, A. Tsutsumi, and W. Lin, 2012, Velocity dependence of shear-induced permeability associated with frictional behavior in fault zones of the Nankai subduction zone, *Journal of Geophysical Research*, doi:10.1029/2011JB008956.

(9) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

担当者：加納靖之（京都大学防災研究所）

<高速・大変位班> 担当者：堤 昭人（京都大学大学院理学研究科）

<アスペリティ班> 担当者：加納靖之（京都大学防災研究所）・川方裕則（立命館大学）

他機関との共同研究の有無：無

(10) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先
部署等名：京都大学防災研究所地震予知研究センター
電話：0774-38-4216
e-mail：kano@rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp
URL：http://www.rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp/

(11) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者
氏名：加納靖之
所属：京都大学防災研究所地震予知研究センター