

論文の内容の要旨

論文題目 A study on frictional sliding processes of faults from a micromechanical point of view
—A laboratory experiment to monitor the contact state of a fault by transmission waves and a verification by computer simulation—

(マイクロメカニクスの観点からの断層の摩擦すべり過程の研究
—透過波動による断層の接触状態をモニターする室内実験とコンピュータ・シミュレーションによる検証—)

氏名 岩佐幸治

摩擦すべり現象をより深く解明するには、すべり面には顕著な凹凸があり、お互いの面はアスペリティで接触していることを考慮しなければならない。Holm(1946)の真実接触面積の概念の登場により、粗い面どうしが重なり合っできる真実接触部分は、見かけの接触面積に比べて極めて小さいことが明らかにされた。そのような小さな接触点における力学の総和が、マクロな現象としての摩擦などを支配していることが明らかにされてきた。本研究は、接触面および摩擦すべり現象をアスペリティ接触というミクロな観点から捉え、断層運動の挙動を予測することを目的とする。

これまでの実験的・理論的研究により、動的な破壊の前にはゆっくりとした前兆的なすべりが存在することが明らかにされてきた。そのような前兆的にすべっている領域（および段階）と固着している領域（および段階）とは、何らかの物理的なコントラストが存在すると考えられる。インデンテーションの実験ではインデンターの接触面積が静的接触時間の対数に比例して増加することが明らかにされている。すなわちアスペリティ接触というミクロな観点に基づく、固着している領域では個々のアスペリティ接触は静的接触時間によってその接触面積が増加し、スティッフネスも増大すると考えられる。一方、前兆的なすべりが開始した領域では、接触の置きかわりが始まり、静的接触時間がリセットされ、固着した領域よりスティッフネスが小さくなることが期待される。

断層のスティッフネスを見積もる方法の一つに断層面に弾性波を透過させる実験がある。透過波動は断層のスティッフネスに敏感であることが明らかにされている。本研究では、透過波動の静的接触時間に対する変化と、せん断応力に対する変化を調べる実験を行った。

図1に試料および装置の概略図を示す。試料の材質は真鍮である。局所的なせん断応力

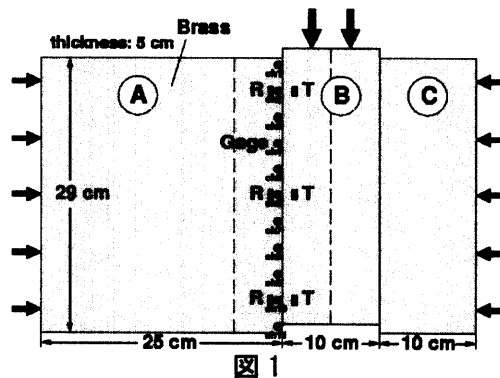


図1

の変化を観測するために断層面に沿って歪ゲージを 11 枚貼った。また試料内部 3 箇所にて透過波の発信・受信を行うセラミック振動子を設置した。実験は 3 通り行った：(1) 法線応力を約 3 時間一定に保ち、その間の透過波の変化を観察する実験 (NSHT)。 (2) 法線応力を一定に保ちつつ、stick-slip が起こるまでせん断応力を徐々に加えて行く実験 (SSIT)。 (3) せん断応力を断層のせん断強度の半分程度まで上昇させ、徐々に減少させる実験 (SSUDT)。この実験は、SSIT の補助的実験である。

NSHT では透過波の振幅は静的接触時間の対数に比例して増加し、その増加率は 1 万秒の接触時間で数%であった (図 2)。これは静摩擦力やインデントの接触面積が静的接触時間の対数に比例して増加した過去の研究と調和的である。

SSIT では、透過波の変化について特徴的な 2 つの結果が得られた (図 3)。一つはせん断応力の増加とともに透過波の振幅が著しく上昇したことである。大きい方で 2 倍、小さい方でも 3 割の上昇があり、数百秒の静的接触時間に対してこの変化は大きい。これは creep による効果ではなく、Tabor(1957)の言う "junction growth" による真実接触面積の増加で説明できる。Junction growth が生じるには、法線応力がかかった状態で塑性変形が起こっている必要がある。コンピュータ・シミュレーションによると、多くの接触点がこの条件を満たすことがわかった。もう一つは、局所的な前兆すべりの開始とともに透過波の振幅の上昇率が減少したことである。これは、静的接触時間のリセットの効果が現われたものと考えられる。

透過波の周波数依存性を調べたところ、高周波成分の波は、せん断応力の変化に敏感であることがわかった。これは透過率の理論解析で説明できる。また、低周波成分の波は、局所的なせん断応力の変化に対応した変化をし、前兆的なすべりに敏感であることがわかった。この原因については現在考察中である。

Phase の変化も、前兆的なすべりの開始とともに変化が鈍った。透過波の振幅も phase-shift の変化についても、Pyrak-Nolte et al.(1990)による透過率の理論を通して統一的に解釈できる。

透過波は、前兆的なすべり、断層の接触状態の変化を知る良い indicator である。

これまでの地震予知研究は、断層およびその周辺から発せられる自然からの情報 (地殻変動、電磁気学的変化、地震活動など) をキャッチしようという受動的なものであったように思われる。この実験は、波を強制的に透過させ、その情報によって変化を検出するというより能動的な方法としても重要な試みの一つである。

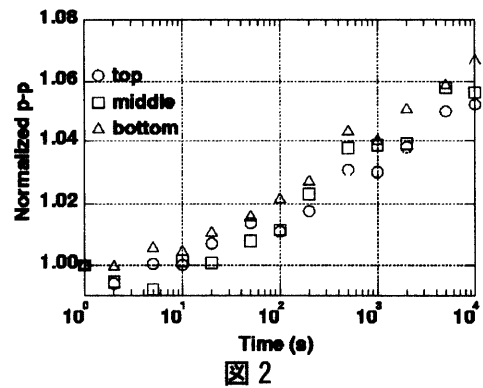


図 2

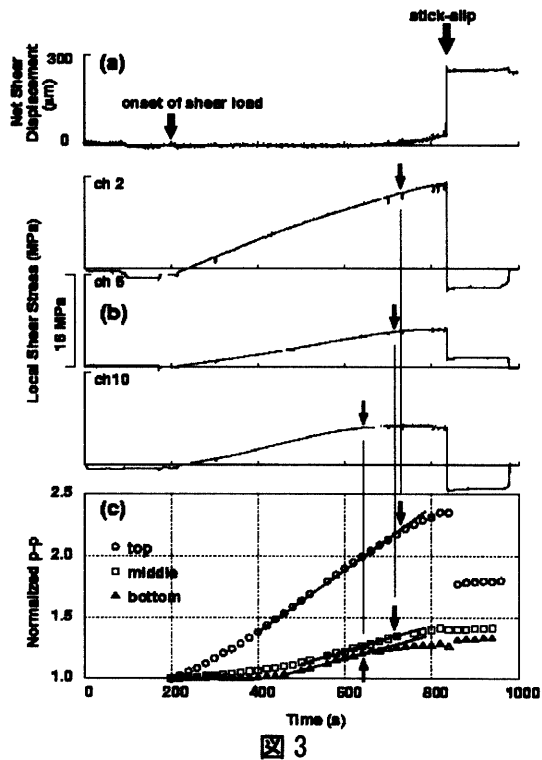


図 3