

熊野灘沖南海トラフにて採取された 付加体前縁断層上盤物質の摩擦特性

若手技術者・学生・研究者交流会
プレゼンテーション

平成22年 6月24日

津久井 敦也

研究概要

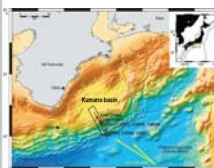
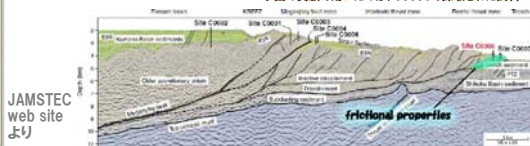


図1 南海トラフにおける掘削サイト

※ 熊野灘沖南海トラフにて採取された付加体前縁断層上盤物質の摩擦特性解明を目的とした実験 (IODP exp316航海)

図2 南海トラフにおける掘削サイト付近の断面図
今回の実験で用いたのは、C0006で採取された試料



付加体物質の摩擦研究の意義

- ※ すべり速度が1 mm/s以下の低速摩擦については、速度・状態依存摩擦則によって断層摩擦の性質が記述され、この性質に基づいて断層のすべり挙動が議論されている。
 - 渡辺 (2009) 0.003~3 mm/sにおける付加体物質(ガウジ)の摩擦構成則パラメータの推定、内部変形構造を解析。
 - 付加体物質のガウジについて、より高速の摩擦の性質は明らかにしていない
- ※ プレート境界断層において深部破壊が発生した際に、付加体浅部のさまざまな性質を持つ断層がどのように挙動するのかを明らかにする。

0.026-260 mm/sの速度における付加体断層物質の摩擦特性を明らかにする

目次

- ※ 試料の概要
- ※ 先行研究
- ※ 実験の設定条件
- ※ 垂直応力依存実験
 - 実験手法
 - 実験結果
- ※ すべり速度依存実験
 - 実験手法
 - 実験結果
- ※ 考察
- ※ 結論

C0006E-31x-4
(使用した試料を含むコア)の一部
IODP Web siteより



試料の概要

※ C0006E-31x-4
Depth CSF: 233.34m
(CSF = core depth below seafloor)
Lithology: silty clay
Texture: Sand 2%,
Silt 28%,
Clay 70%
XRD data: Clay 42.0%,
Quartz 24.1%,
Plagioclase 33.9%,
Calcite 0.0%
Stratigraphic age: Pleistocene
IODP Web siteより

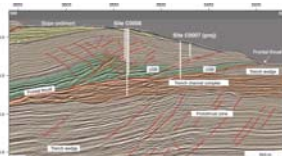


図3 掘削孔付近の断面図

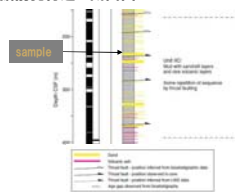
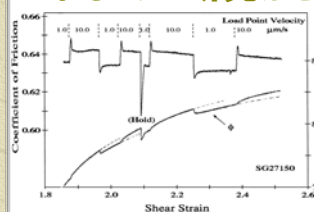


図4 掘削孔中の試料の位置

これまでの研究から



摩擦係数と孔隙 (Marone et al, 1990)

- ※ ガウジ物質の摩擦強度はすべり速度に対して正の依存性を示す(速度強化) (Marone et al., 1990)
- ※ 断層浅部の非地震性領域(安定すべり)は、ガウジの性質によるとする議論 (Scholz, 1998)

※ 低速域においては左図のように、速度を上げるとPorosityの値が大きくなり、それに伴って摩擦係数が大きくなることが分かっている。

実験手法

- ※ 回転式剪断摩擦試験機を用いた
- ※ ガウジには乾燥処理を施した
60℃/30時間
- ※ 大気圧下・室温

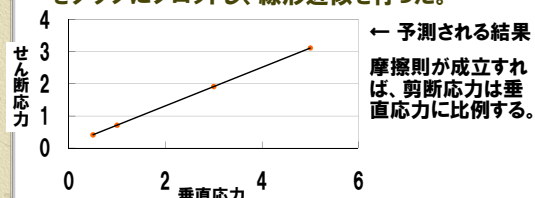


主な実験条件は以下の通りである

	試料分量	試料粒径	垂直荷重 (MPa)	すべり速度 (mm/s)	花崗岩の直径 (mm)	すべり面粗さ
垂直応力依存	0.500g	#150	0.5~5	0.262	24.98	#180
すべり速度依存			1	0.026~260	24.95	#80

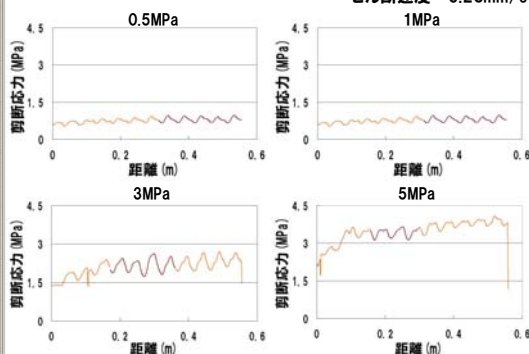
垂直応力依存性 - 実験内容

- ※ 垂直荷重をそれぞれ0.5, 1, 3, 5MPaと設定した。
- ※ 実験はおのおの40分間行い、試料の剪断応力を測定した。
- ※ 各実験で測定された定常摩擦時の剪断応力値をグラフにプロットし、線形近似を行った。



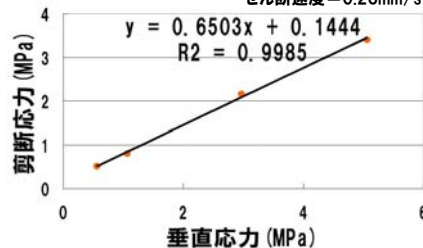
試料の定常摩擦(垂直荷重別の剪断応力)

せん断速度=0.26mm/s



試料の定常摩擦

せん断速度=0.26mm/s



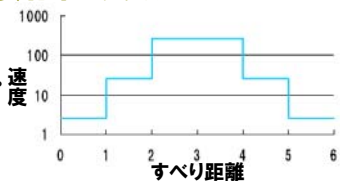
- ※ 摩擦則が成り立つ
- ※ 直線の傾きが定常摩擦係数、Y軸切片はテフロンリングによる抵抗である (Mizoguchi et al., 2007)

すべり速度依存性-実験内容

速度急変の例 →

このように、階段状に速度を変化させた。

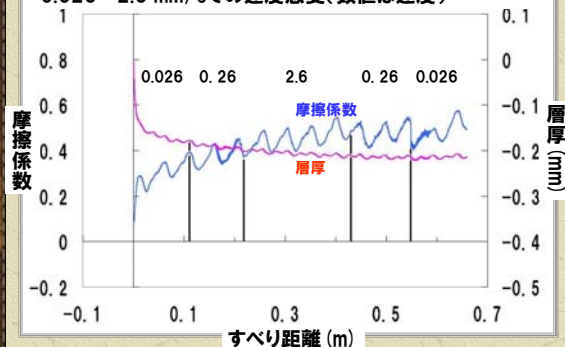
これは、2.6, 26, 260, 26, 2.6 mm/sと速度を変えたとき



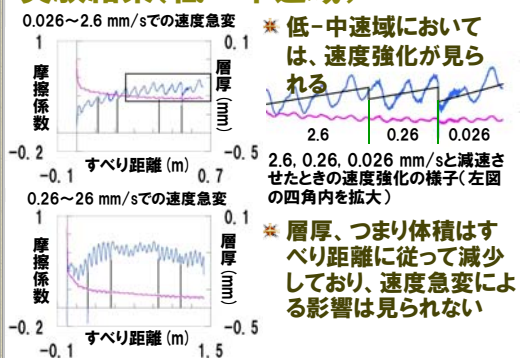
- ※ 速度急変実験では、上図のように速度を変化させた。
- ※ 今回は、0.026~2.6 mm/s, 0.26~26 mm/s, 2.6~260 mm/s で、それぞれ一桁ずつ速度を上げた実験、および速度をランダムに変えた実験を行った。
- ※ 摩擦挙動および層厚のデータを測定した。
 - 層厚は、すべり距離が0のときを基準とした。
- ※ 垂直応力は、すべて1MPaとした。

実験結果(低 - 中速域)

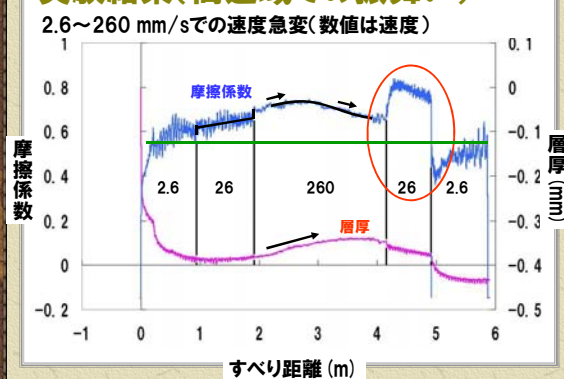
0.026~2.6 mm/sでの速度急変(数値は速度)



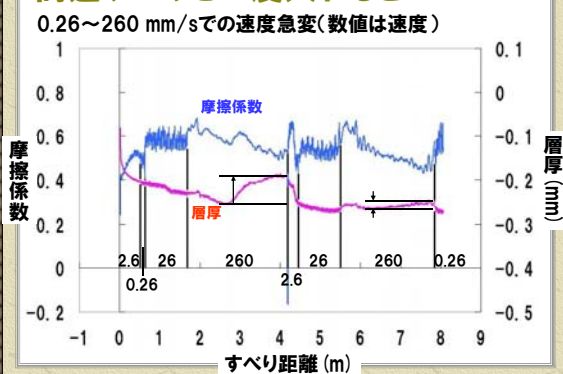
実験結果(低 - 中速域)



実験結果(高速域での振舞い)

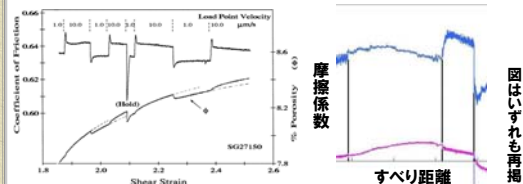


高速すべりを二度入ると・・・



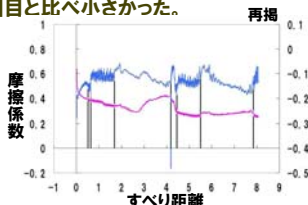
考察

- ※ 層厚の増加は、体積の増加を表している。
- ※ 低速域ではPorosityと摩擦係数の間に図のような相関性があるが、高速域では摩擦係数の減少と層厚の増加が起こった。
- ※ 原因として、発熱に伴う脱水による間隙圧上昇・有効応力低下や、ダイヤタンスー、粒子破碎などが考えられる。

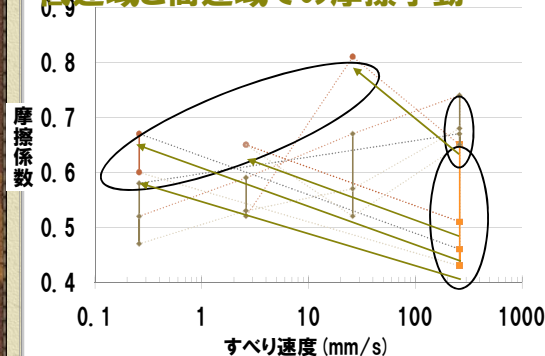


考察(高速域)続き・・・

- ※ 有効応力低下による挙動である場合、脱水反応が起こるためこの摩擦挙動は再現しないと思われる。
- ※ しかし高速すべりを2回実施した実験の結果より、二度目の高速すべりの際にも一度目と同様の摩擦挙動が現れたため、挙動に再現性があると考えられる。
- ※ 層厚には一度目と同じような挙動はするものの、二度目の層厚変化量は一回目と比べ小さかった。
- ※ 試料の脱水によってこの摩擦挙動が起こるとする場合、層厚にわずかながら変位があることから、少量の脱水でも同じような結果が出ると考えることができる。



低速域と高速域での摩擦挙動



結論

- ※ 本実験で用いた試料は、低-中速域においては速度強化の性質を持つ。
- ※ 260 mm/sに速度急変直後の摩擦は高くなるが、定常摩擦係数は低-中速域よりも低くなった。すなわち速度弱化的性質を示す。
- ※ 高速域からすべり速度を落とすと、急変後の速度に関係なく摩擦係数が増加する。
- ※ 260 mm/sの次の速度ステップに見られる摩擦係数の減少は、時間ではなく、すべり距離に対して同じ割合で減少している。
- ※ 本実験のガウジと同様の物質が断層を形成していた場合、低-中速域においては速度強化である。
- ※ 高速すべりにおいては、すべりに伴って断層の性質が速度強化から速度弱化的に転じる可能性がある。
- ※ 今後の課題として、試料の温度変化に伴う物質変化の影響を明らかにする必要がある。

Thank you for your
attention !

考察(低 - 中速域)

- ※ 低～中速域では速度強化が見られる。またすべり距離に伴って摩擦係数が大きくなっていく傾向があるが、これと軸変位が連動しているため、この要因としてガウジ試料の圧密が考えられる。

考察

- ※ 例の摩擦が変わる図を入れるよ。
- ※ 低速域での速度強化
- ※ 通常、岩石は速度弱化的を示す
- ※ ガウジは速度強化が多い(余談)
 - 粒状体の特徴ゆえに。応力鎖もそのひとつ

考察

- ※ 高速での内容
 - 発熱
 - 云々
 - 粘土の脱水(120-150℃になればスメクタイトの脱水がおこる)
 - 応力鎖(早くなると膨張するというやつ)でもこれではゆっくり層厚が増えるわけではないし、その後の速度弱化的を説明できない
 - ...
 - 平衡