

固体地球圏

地球の地面より下の部分
…だけど、流体圏・電磁気圏との相互
作用などもあります

キーワード

地震・活断層・地殻変動・火山・地球内
部熱学・重力

手法

- ①フィールド観測調査・室内実験
- ②衛星観測を含む大規模データセットの
解析やモデリング
- ③理論・数値シミュレーション



コースツリーでいうと

1回生(導入)

2回生(基礎)

3回生(発展)

4回生(応用)



固体希望でも、他の3回生配当地物系科目を履修のこと(+興味に応じて地磁系や他系も)

3回生配当の講義について

地球物理学のためのデータ解析法(前月3, 平原)

データ+モデルから興味ある量を推定・予測する方法
(逆問題, データ同化。地球物理全分野向け)

弾性体力学(前金4, 宮崎)

弾性体の変形, 弾性体中に起こる波動の伝播と励起
(めんどくさい数式がいっぱいですが... ^^;)

固体地球物理学A(後金3, 中西・鍵山)

地震学と火山物理学の基礎

固体地球物理学B(後月1, 福田・林)

測地学と活構造学の基礎

地形学(後金1, 堤)

地形の分類・構成物質・形成作用・発達過程

課題演習と課題研究

3回生前期：課題演習DA 水曜日3・4限

測地・活構造・地震・熱学の観測やデータ解析を3週間ずつ履修
→ フィールド観測・調査や基礎的なデータ解析になじむ

3回生後期：課題演習DC 水曜日3・4限

提示される約5課題から1つの課題を選択し、半年間履修
→ 各分野の観測とそのデータ解析，弾性数値計算など

4回生：課題研究T3

測地，活構造，地震，火山・熱学から研究室（先生）を選び，
自分で興味のあるテーマを設定して，研究の最先端に挑む

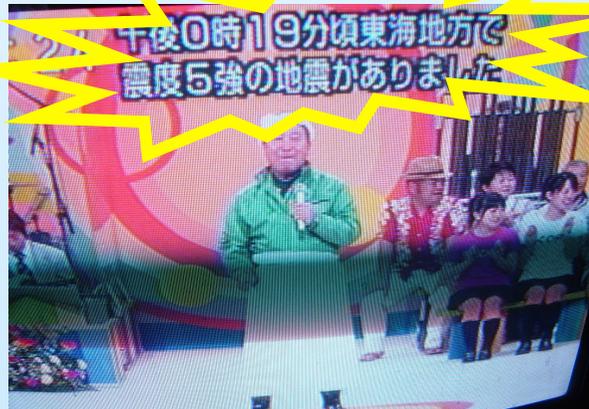
前期 課題演習DA 水曜日3・4限(各課題3週)



1 測地学:測量実習、データ解析



2 活構造:野外巡検、地震の化石の観察など



3 地震学:地震波を用いた震源決定(計算機)



4 地球熱学:温度測定
(実習はキャンパス内)

後期 課題演習DC 水曜日3・4限(1課題選択)

「活断層と内陸直下型地震」



花折断層破碎帯の観察



地形測量

「マグマから噴火まで」



阿蘇山火口赤外
可視映像解析



有馬高槻構造線断層岩の観察

「計算弾性力学」

不均質な弾性体の変形
弾性波動の伝搬
(偏微分方程式の数値解法)

「地球の鼓動を探る」

「測地技術で高さを測る」



地震計を設置



阿蘇山で地震観測
→ 大学で解析
→ 震源をモデリング



白浜で測地観測
→ 大学で解析
英語の教科書の輪読もやります

課題研究T3の題目(平成26年度)

- 六甲高雄観測室の水管傾斜計のデータ解析(測地)
- Relaxを用いた粘弾性緩和におけるスラブの効果の計算(測地)
- 花折断層の運動像(活構造)
- 地震電磁波の理論(活構造)
- GISを用いた和泉山脈の地すべり地形の分布・特徴に関する研究(活構造)
- 間隙流体を考慮したバネ-ブロックモデル(地震)
- GPSデータを用いた2003年十勝沖地震の粘弾性解析(地震)
- アンサンブルカルマンフィルタに基づく時間発展インバージョン手法の実装(地震)
- 阿蘇火山における火山性微動の発生位置推定(熱学)
- 火山噴火の時間間隔の確率モデル(熱学)

地球物理ホームページ <http://www.kugi.kyoto-u.ac.jp/>
教育→学部カリキュラム→課題研究→過去の課題研究 T3

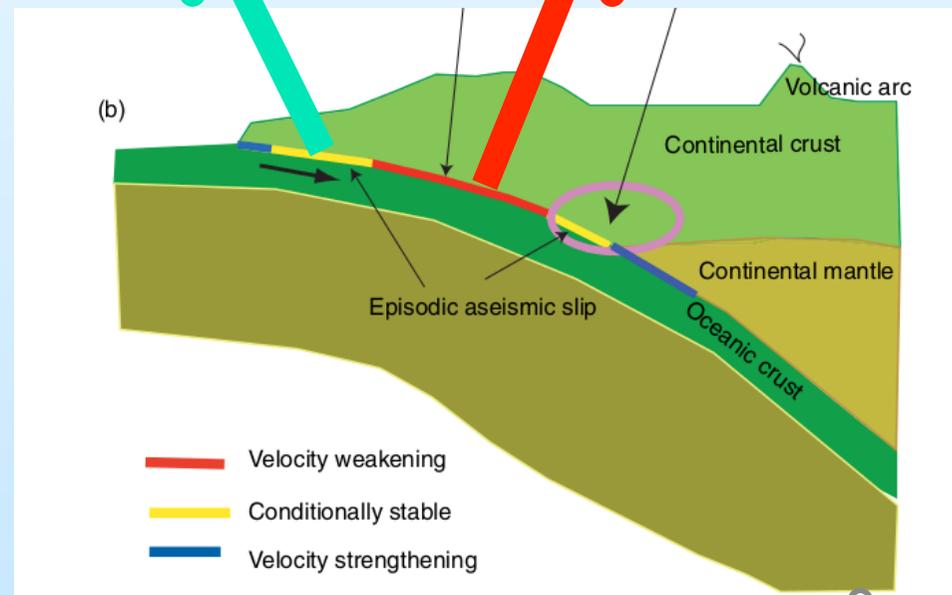
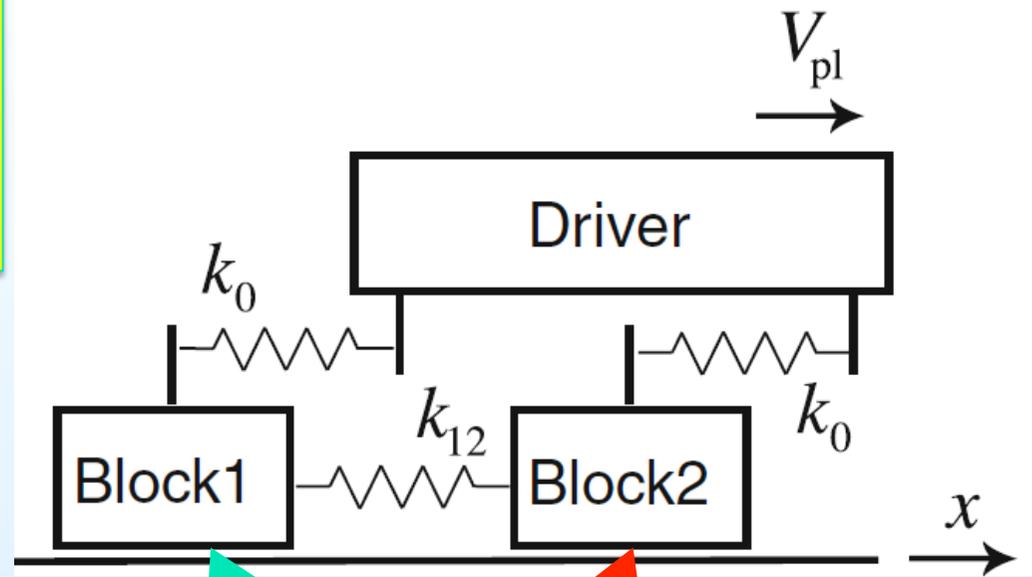
課題研究の例(地震学)
「間隙流体を考慮した
バネ-ブロックモデル」

沈み込みで引っ張られる力が
岩石どうしの接触面における
摩擦を超えたら地震が起こる

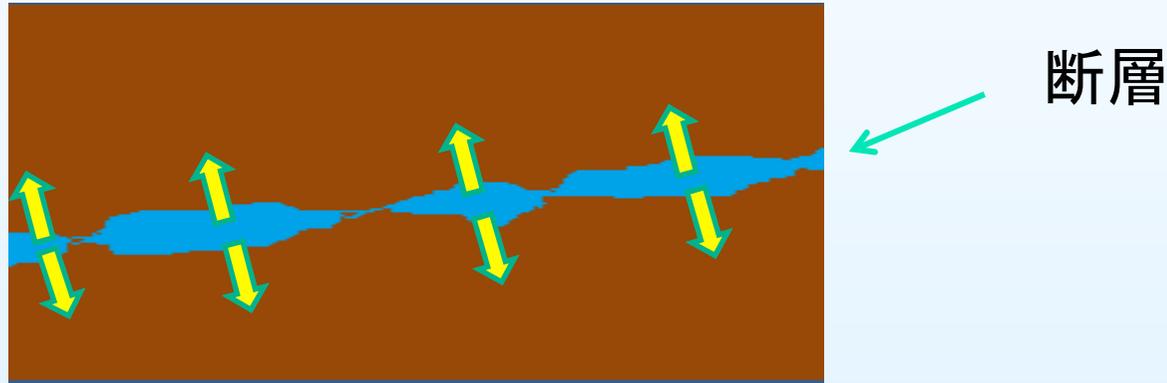
モデル化

Block 1: ゆっくりすべる領域

Block 2: 地震発生域



断層帯内の流体(間隙流体)を考慮



- 間隙流体圧力 p_{fluid}
断層面の法線応力に影響
有効法線応力 σ^{eff} は以下

$$\sigma^{eff} = \sigma - p_{fluid}$$

$$\tau = \mu \sigma^{eff}$$

σ : 巨視的な法線応力 μ : 摩擦係数 τ : せん断応力

弾性体の運動方程式，摩擦構成則（非線形→数値計算）

$$\mu\sigma^{eff} = \tau_0 + k(v_{pl}t - u) - \frac{G}{2V_s}v$$

$$\frac{du}{dt} = v$$

$$\frac{d\theta}{dt} = 1 - \frac{v}{L}\theta - \frac{\alpha\theta}{b\sigma^{eff}} \frac{d\sigma^{eff}}{dt}$$

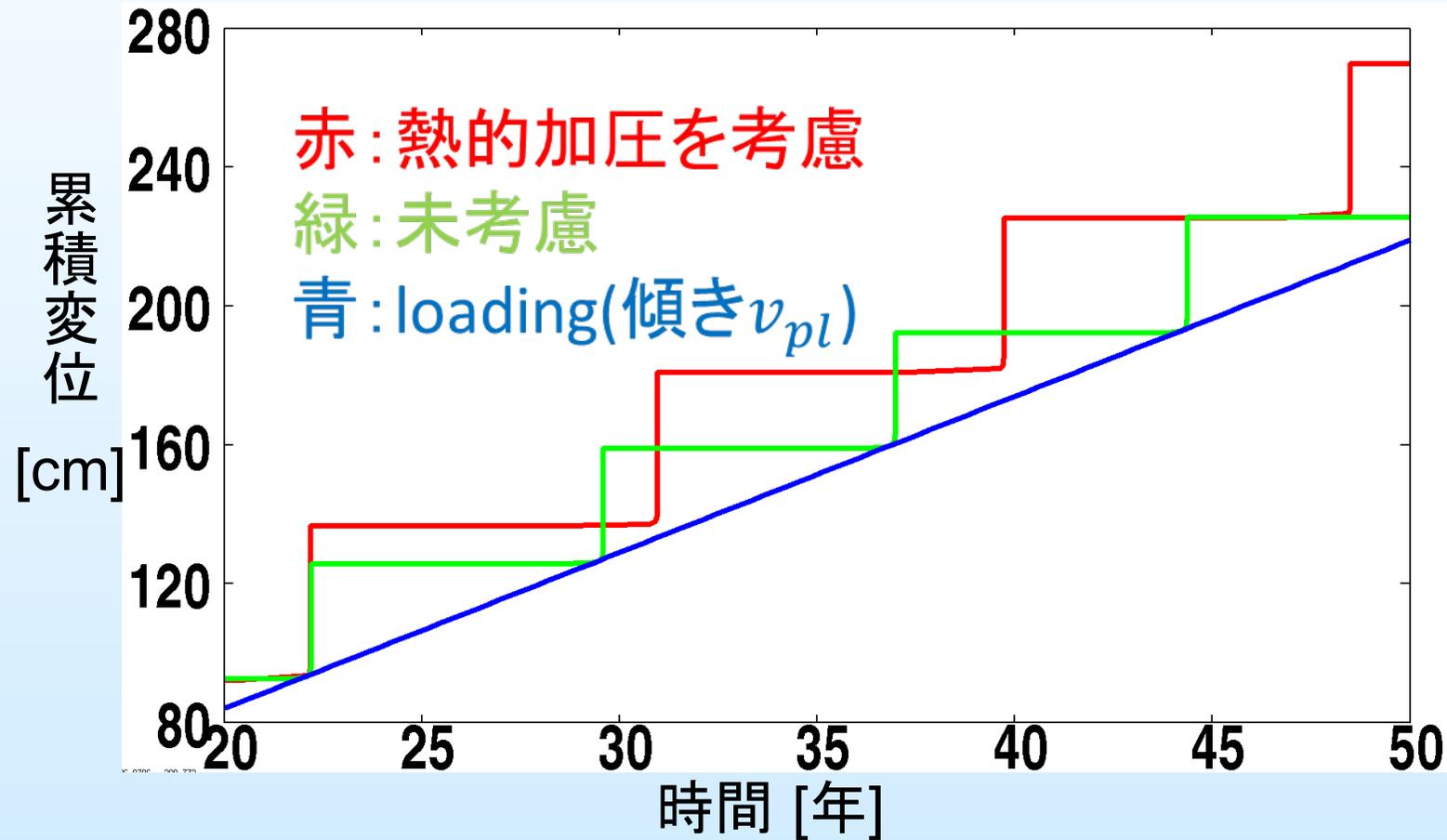
$$\mu = \mu_0 + a \log\left(\frac{v}{v_0}\right) + b \log\left(\frac{v_0}{L}\theta\right)$$

p_{fluid}

$= p_0$ 毎ステップ積分を計算！

$$+ \frac{A}{w} \int_0^{t-\varepsilon} dt' \left[-\frac{\chi}{\omega - \chi} \operatorname{erf} \left(\frac{w}{4\sqrt{\chi(t-t')}} \right) \right. \\ \left. + \frac{\omega}{\omega - \chi} \operatorname{erf} \left(\frac{w}{4\sqrt{\omega(t-t')}} \right) \right] [\mu\sigma^{eff}v] \Big|_{t'}$$

計算結果



結果: 地震の規模大, 発生間隔大

問題点: プレート沈み込みより大きなすべり

課題研究T3担当教員

固体地球物理学講座

平原 和朗 (地震)
中西 一郎 (地震)
久家 慶子 (地震)
福田 洋一 (測地・熱学)
宮崎 真一 (測地・地震)
風間 卓仁 (測地・火山)
林 愛明 (活構造)
堤 浩之 (活構造)

地球熱学研究施設

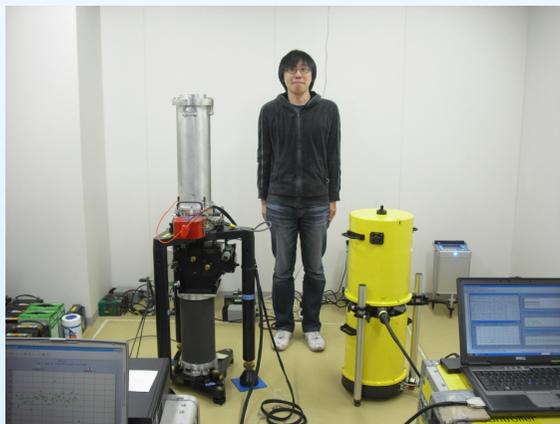
大倉 敬宏
(火山・熱学・地震)
鍵山 恒臣 (火山・熱学)
竹村 恵二 (熱学・活構造)
古川善紹 (火山・熱学)
川本 竜彦 (熱学)
柴田 知之 (熱学)
横尾 亮彦 (火山・熱学)

<http://www.kugi.kyoto-u.ac.jp/>

<http://www.vgs.kyoto-u.ac.jp/>

測地学講座

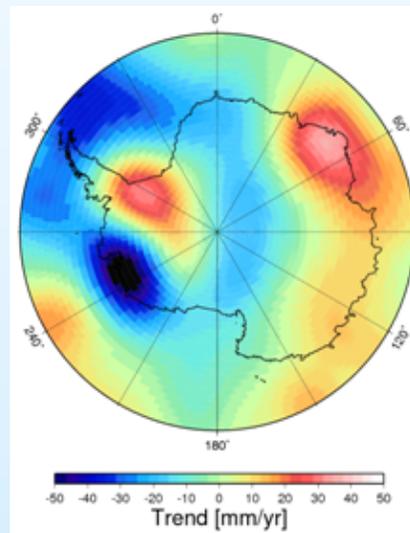
重力測定



絶対重力計と
風間さん

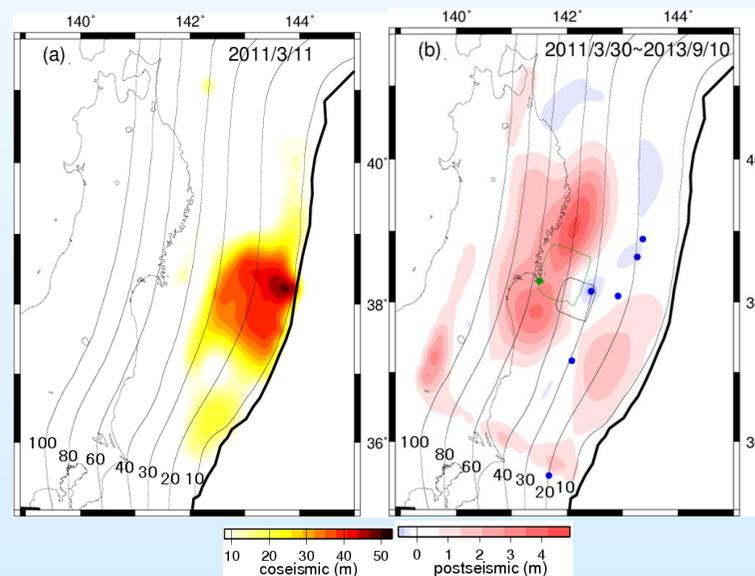
火山噴火
氷河の変動
地下水の流動

衛星重力



GRACEが捉えた
南極の氷床変動

地殻変動



GPSから求めた東北地方
太平洋沖地震時と地震後の
断層すべり

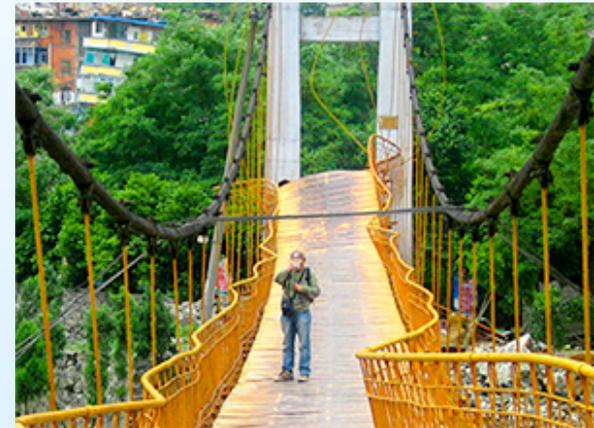
活構造学講座

地形学的手法

地質学的手法 「地震の化石」



トレンチ
調査法



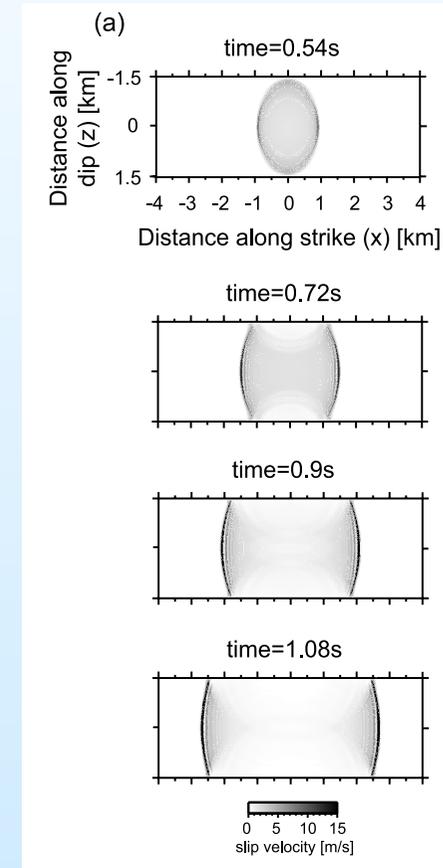
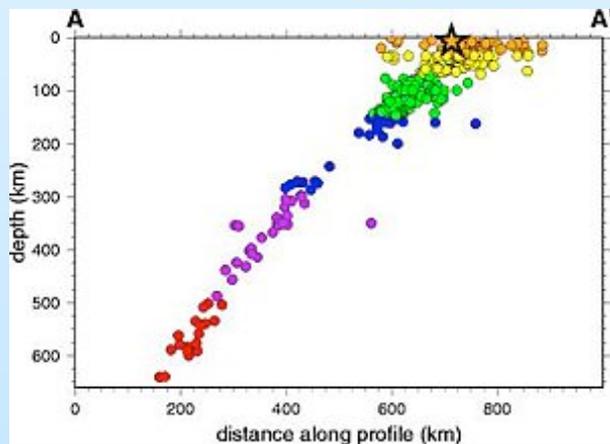
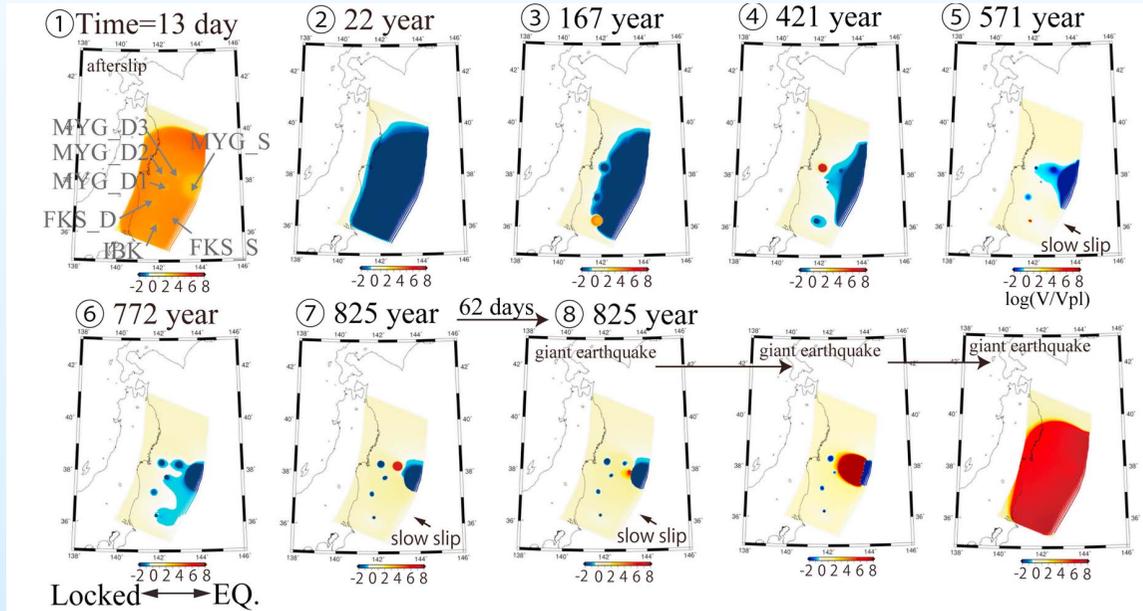
活断層
衛星画像解析
空中写真の
実体視



断層帯における
地震発生の証拠

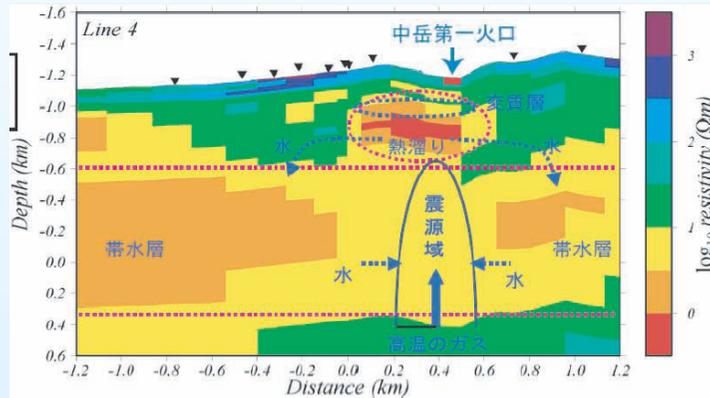
地震学講座

シミュレーション 深発地震 歴史地震



地球熱学・火山物理(地球熱学研究施設)

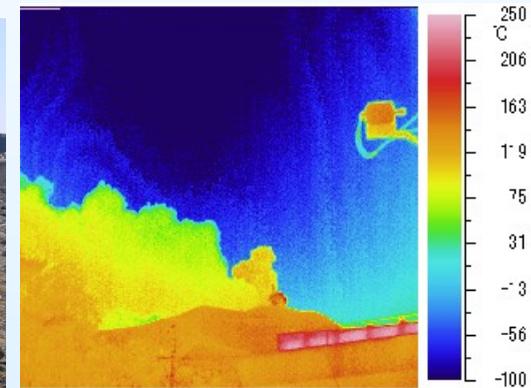
—地熱・火山現象に関する研究手法をより深めて理解する—



電磁気観測で見る(鍵山)



水の分析で見る(大沢:T2)



噴煙・噴気の赤外・可視
映像解析で見る(鍵山)

高圧での相転移を眼と
ラマン分光で観察する

ダイヤモンドアンビルセル

高圧実験で見る(川本)

岩石の年齢を質量分析計で測定。
または、ワインの微量成分分析。

質量分析計

噴出物の分析で見る(柴田・竹村)

これ以外の内容について
も希望により応相談

- 全般的な学習: 金曜2限3限のセミナーで行う
- 個別の研究項目を選択し深める

問い合わせ

kagiyama@aso.vgs.kyoto-u.ac.jp