

# 地球はおもしろい

山岡耕春

名古屋大学大学院環境学研究科

地震火山研究センター

# Personal History

- 1958.9.30生まれ（静岡県浜名郡湖西町鷺津＝今の湖西市）
- 1977.3 岐阜県立大垣東高校卒業
- 1977.4 名古屋大学理学部入学
- 1979.4 名古屋大学理学部地球科学科進学
- 1981.3 名古屋大学理学部卒業
- 1986.3 名古屋大学大学院理学研究科博士課程修了（理学博士）
- 1986.4-1990.12 東京大学地震研究所伊豆大島火山観測所
- 1991.1-2003.3 名古屋大学理学部→理学研究科→環境学研究科
- 2004.3-2007.3 東京大学地震研究所
- 2007.4-2024.3 名古屋大学環境学研究科

# 科学を目指した少年の夢

アニメ・SFの中の英雄が博士だった時代

哲学的背景

- ・科学・技術に関する考え方
- ・正義
- ・人類の幸福

鉄腕アトム（手塚治虫）→ ロボット研究

悩める鉄腕アトムとお茶の水博士

日本沈没（小松左京）→ 地球科学・地震・火山

田所博士が日本人を救う



小松左京「日本沈没 上」小学館（2006）

世界中の人々の中でも、とりわけはげしい、気も転倒せんばかりの興奮の渦に巻き込まれていたのが、世界じゅうの地質学者、地球物理学者たちだったことは言うまでもない。… 科学者たちにとっては、これは、まさに、「千載一遇」の大異変だった。… それが、近年ようやくその基礎がかたまりだした動態地球学に、はかり知れない問題を投げかける「希有な現象」であることが、明らかだったからである。

— 小松左京 「日本沈没」より

# 最初の本格的な「調査・研究」

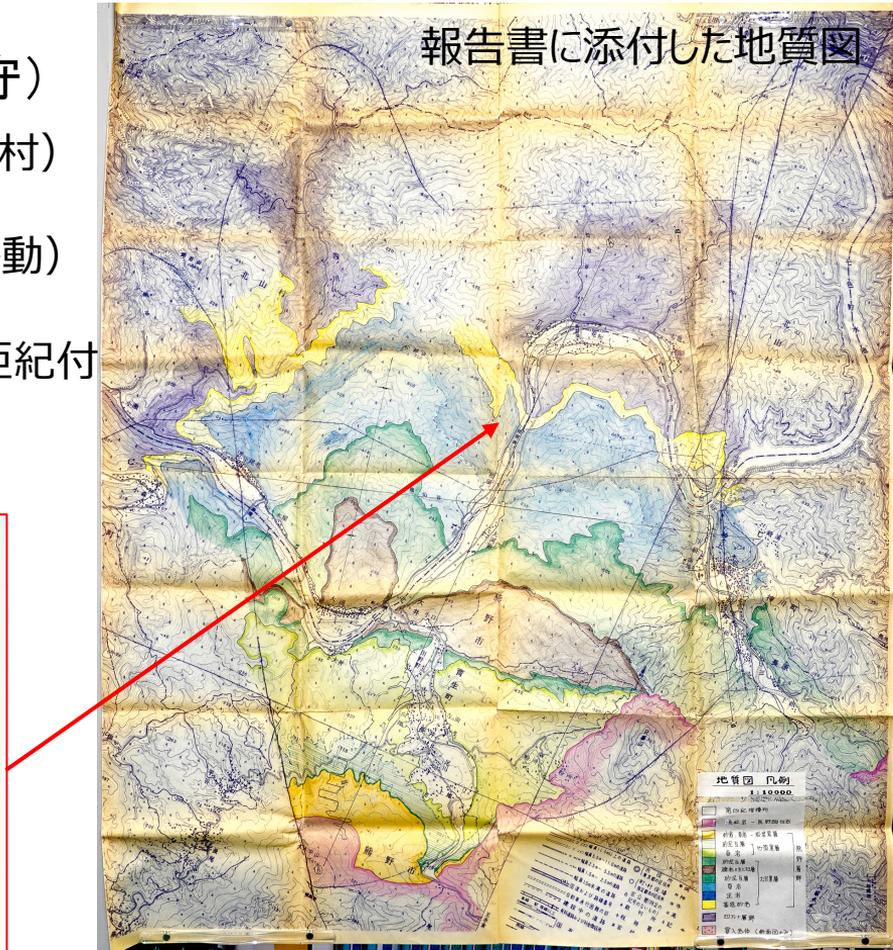
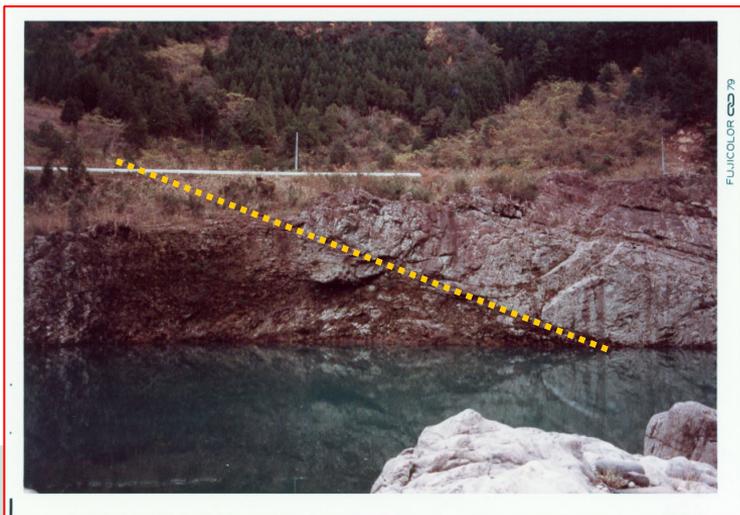
## 3年生地質調査実習（指導 吉田鎮男・足立守）



熊野（三重県熊野市と和歌山県北山村）  
夏休み3週間、秋休み1週間  
3人チーム（学生所有の自動車で移動）

新第三紀（熊野層群）とその下の白亜紀付  
加体との不整合探しに難航した  
熊野酸性岩までを調査

足立守先生

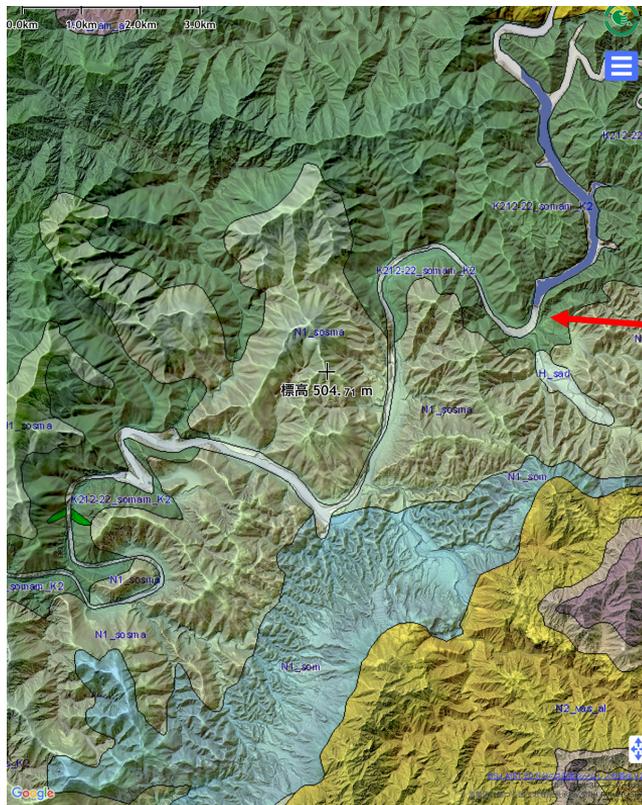


# 最初の本格的な「調査・研究」

3年生地質調査実習（指導 吉田鎮男・足立守）

シームレス地質図  
との比較

だいたい合ってい  
るが少しでも意見  
が合わない



報告書に添付した地質図



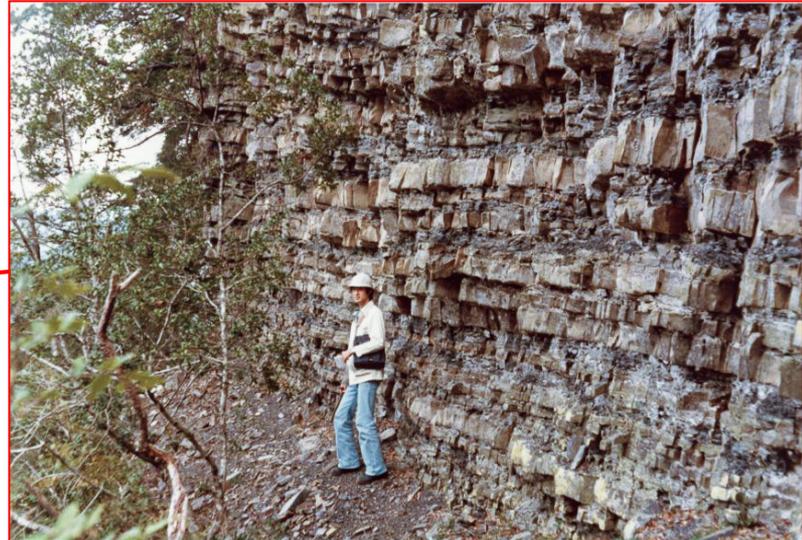
隣のグループのフィールドまで出張して見解のすりあわせ

写真は同級生の堀さん



手前が中新世の熊野層群、奥が白亜紀の付加体堆積物（四万十）

# 砂泥互層の安定性



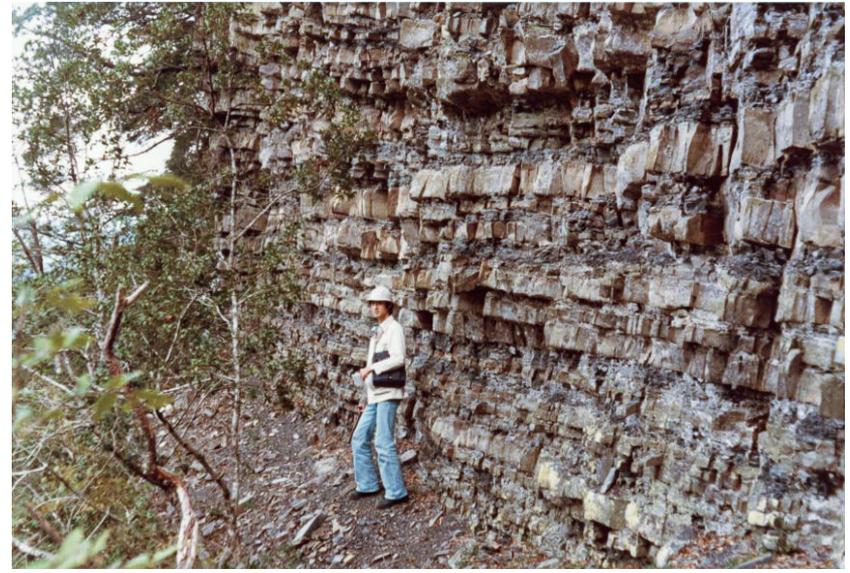
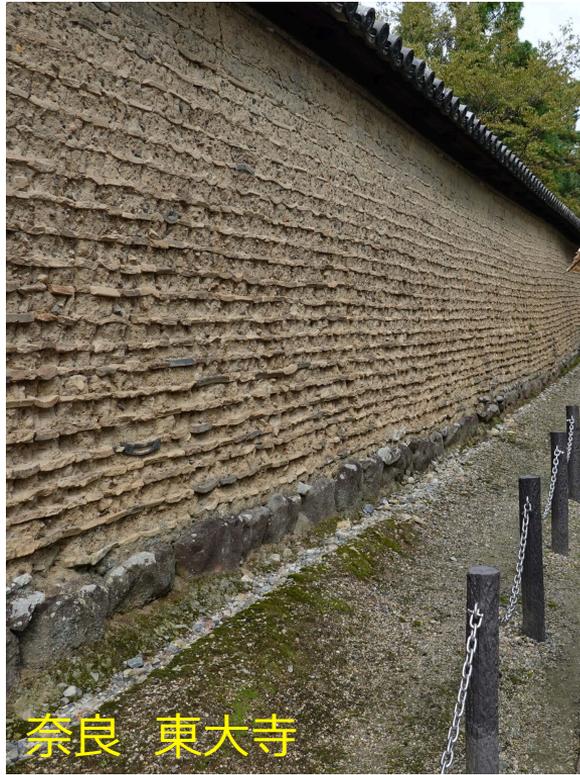
同級生の辻君

南傾斜の砂泥互層  
北側に垂直な崖ができています

地理院地図

# 砂泥互層の安定性

互層が垂直の壁を安定させることは、土塀職人は経験的に知っていたようだ

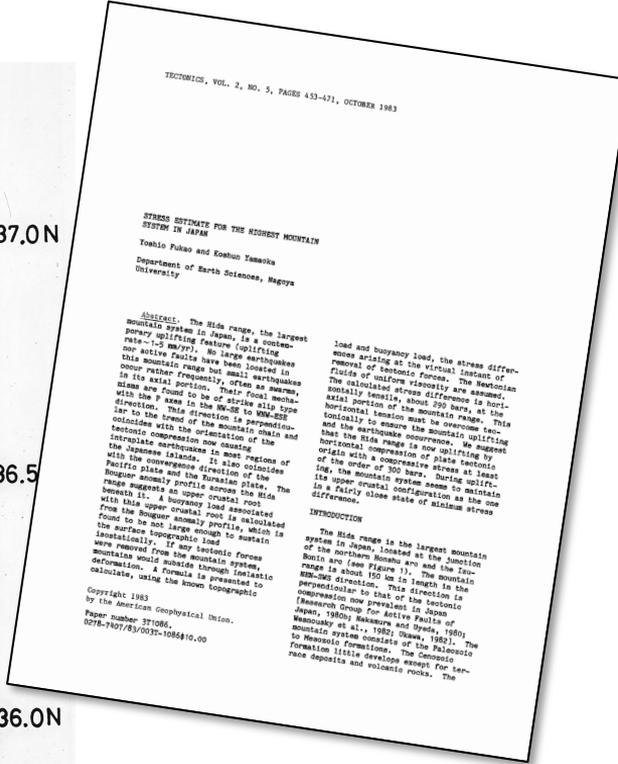
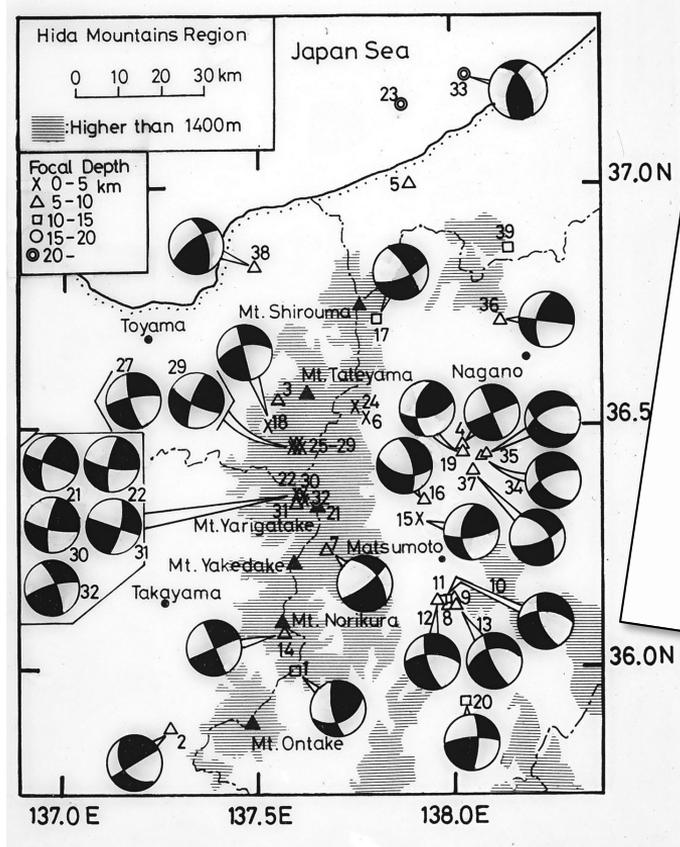


# 卒論と最初の論文



深尾先生（平成2年）  
Photoshop ニューラルフィルター

名古屋大学・名大高山観測所・  
京大上宝観測所・東大地震研  
北信観測所のデータを出向いて  
集めて統合した



Fukao & Yamaoka (1983)

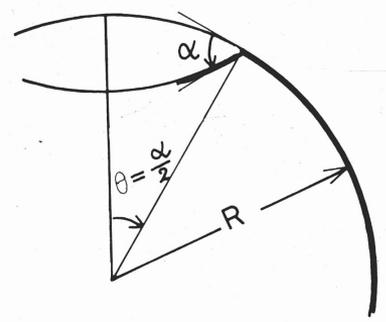
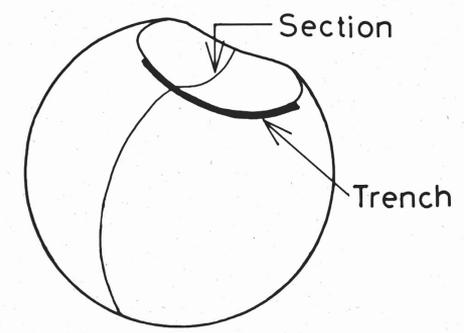
沈込みが弧状になる理由

水谷・熊澤両先生の議論を横で聞いていて即断

「おもしろそう」

→ 深尾先生に相談

熊澤先生にも指導を受ける。



Frank's Law (1968)

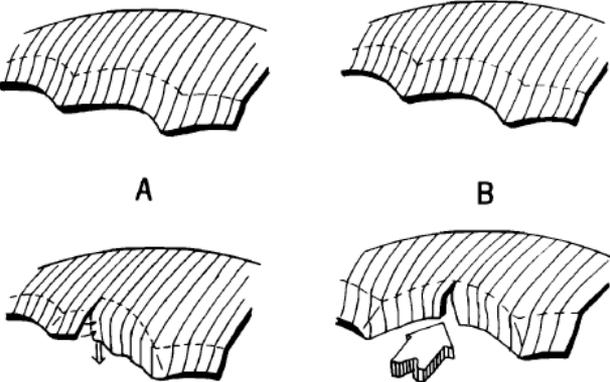


# 球殻テクトニクス

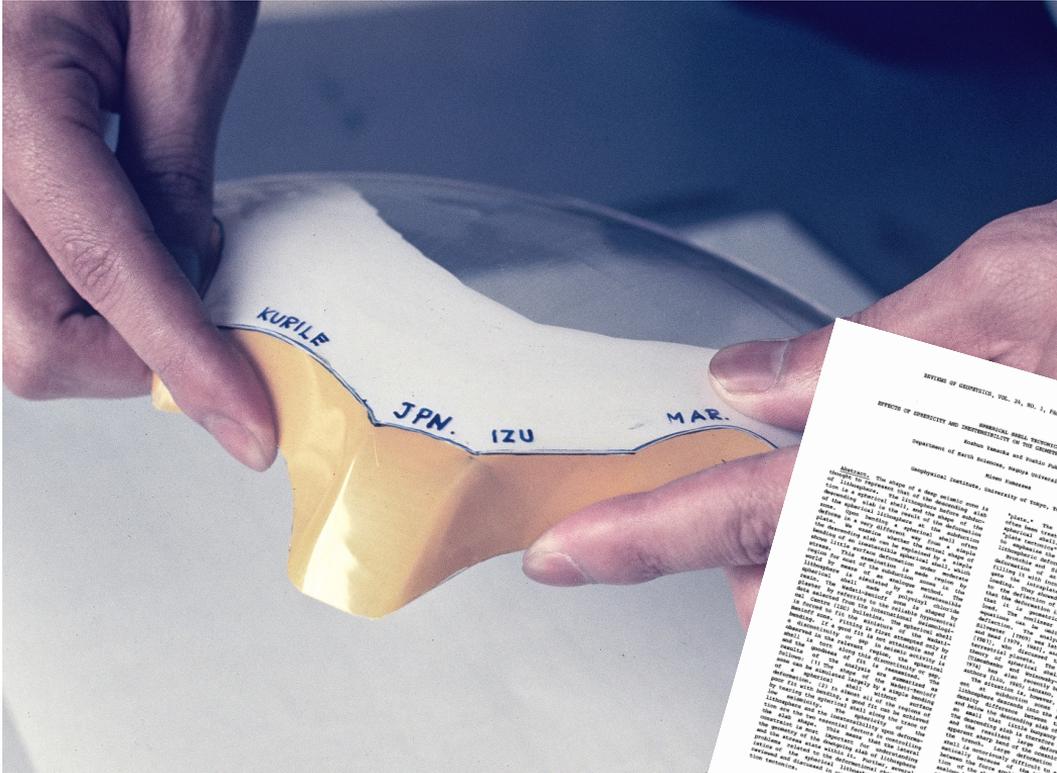
東北日本のプレート形状は、千島と伊豆・小笠原弧に挟まれて制約された形状となっている。



球殻造りから始めた



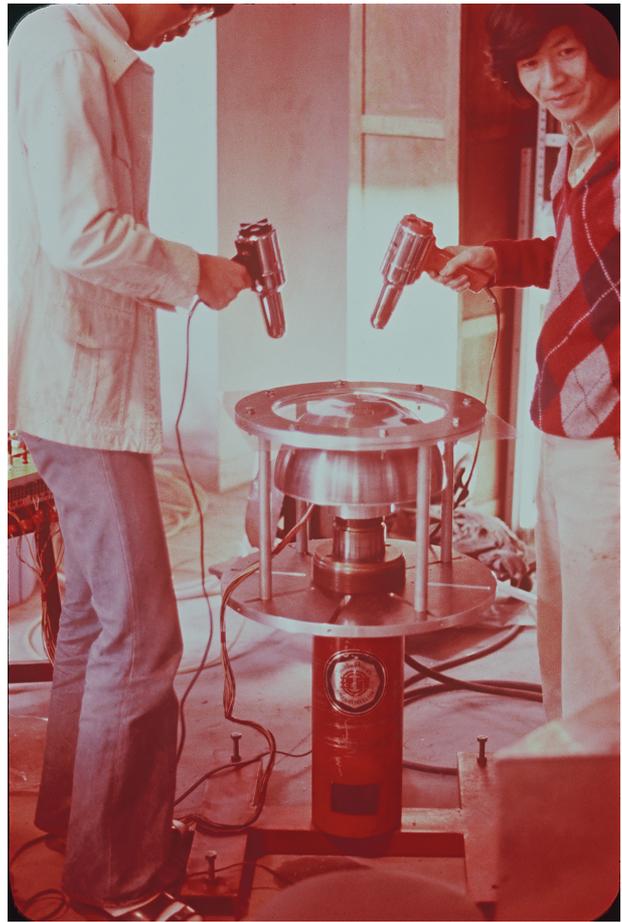
背弧海盆拡大モデル



Fukao & Yamaoka (1986)

# 球殻テクトニクス

球形ヒータ

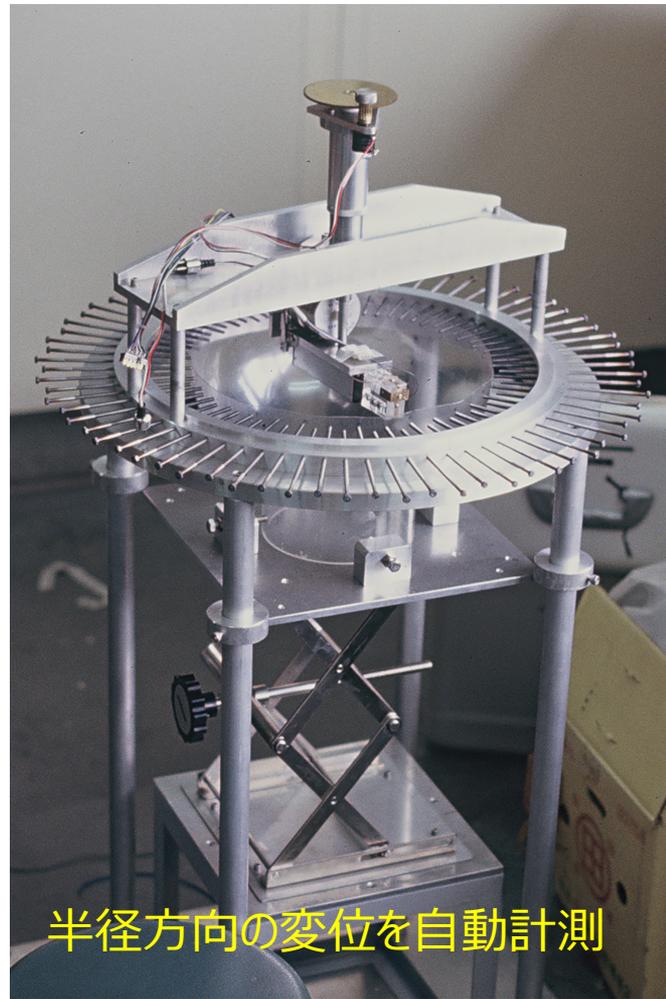
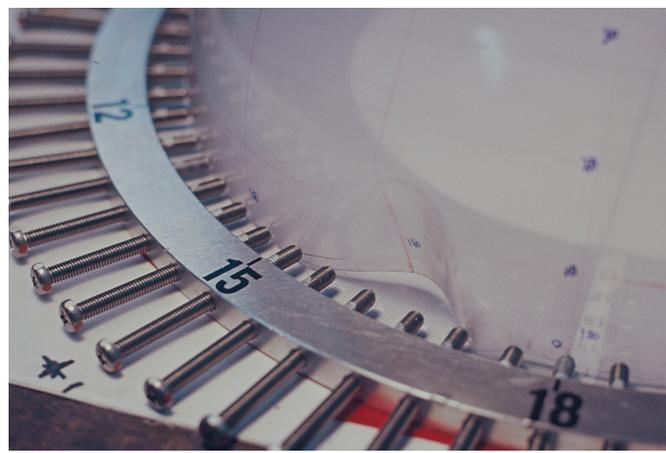
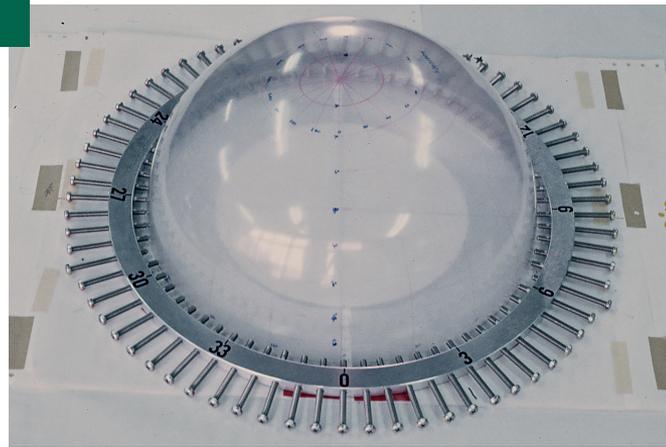


# 球殻テクニクス

球殻を变形させる  
実験



「座屈現象」を知る



半径方向の変位を自動計測

# 球殻テクトニクス

球殻を变形させる  
実験



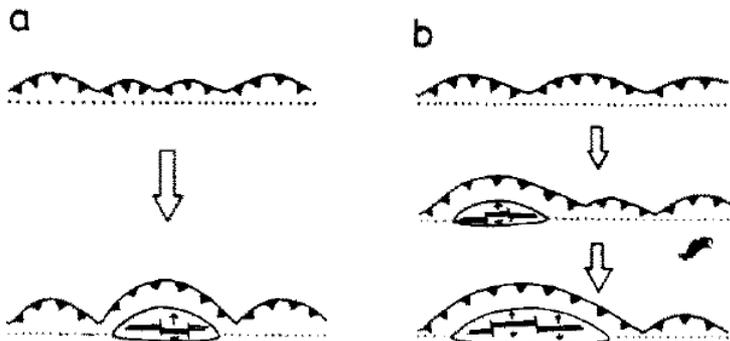
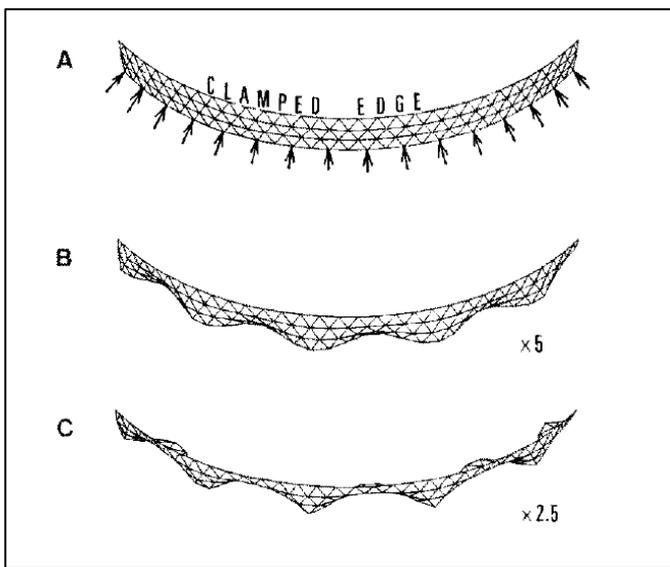
「座屈現象」を知る



座屈のシミュレーション



背弧海盆拡大モデル  
(その2)



# 球面プロッター

理学部金属工作室  
の助けを借りて作る。

パルスモータをパソ  
コン(PC9801)で  
制御して動かす



鳥居さん

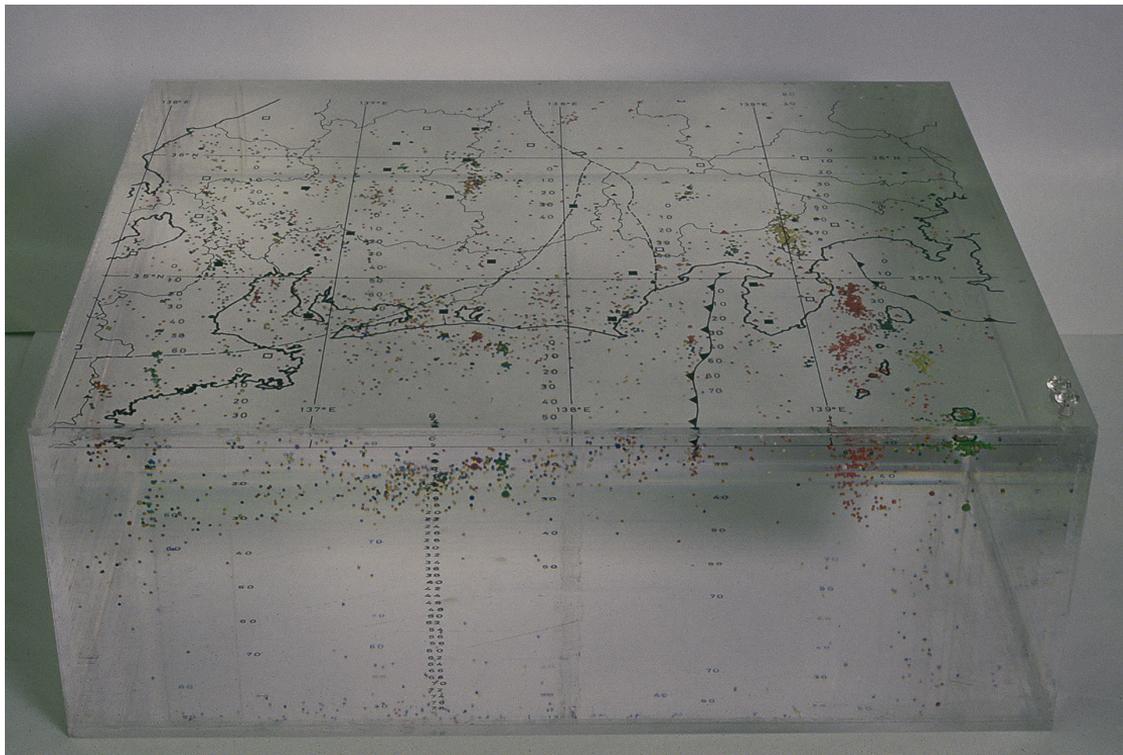


当時の自分の机

井上公さん（建築研→防災科研）と一緒に作る  
→ Tectonophysics



アクリル板を、屈折率を調整したシリコンオイルと流動パラフィンの液体につける



# 1986. 4 伊豆大島赴任

## 東京大学地震研究所伊豆大島火山観測所



井田喜明先生

私の居室



2024.2.16撮影

## 1986年11月の噴火



Beginning of the fissure eruption on the caldera floor, at 16:15, Nov. 21, 1986. Photo by K. Abe.



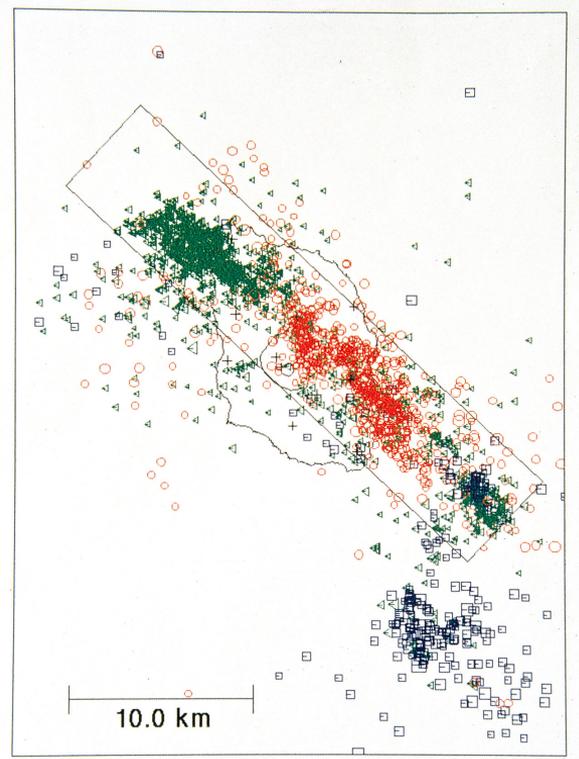
The fissure extends southwards (to the left) in echelon. 16:34, Nov. 21, 1986. Photo by K. Abe.



Fire fountains seen from the same spot as above. Photo by K. Abe.

阿部先生の写真

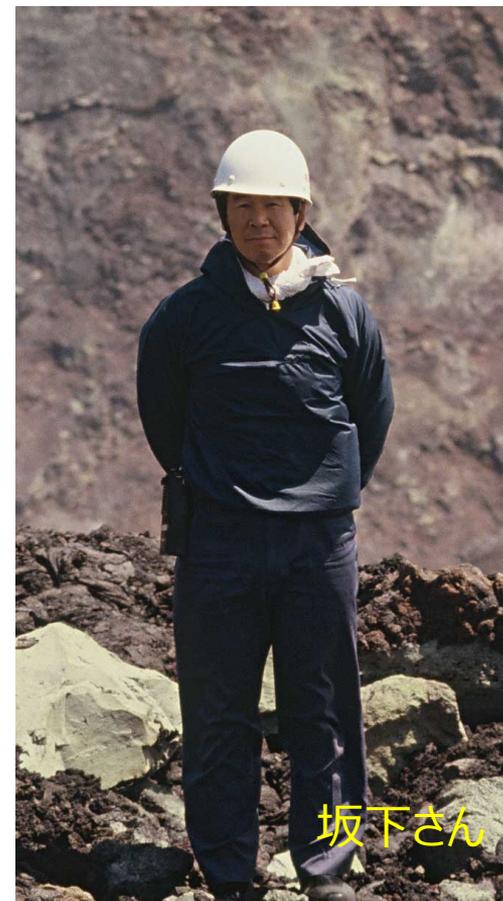
# 1986.11 伊豆大島噴火 割れ目噴火に係わる震源分布



HYPOCENTRAL MAP  
NOV.21,1986 16:15 - MAR.31,1987 23:59  
Depth (km) : 0 < ○ < 5 < △ < 10 < □ < 20 < ◇

# 伊豆大島でお世話になった方々

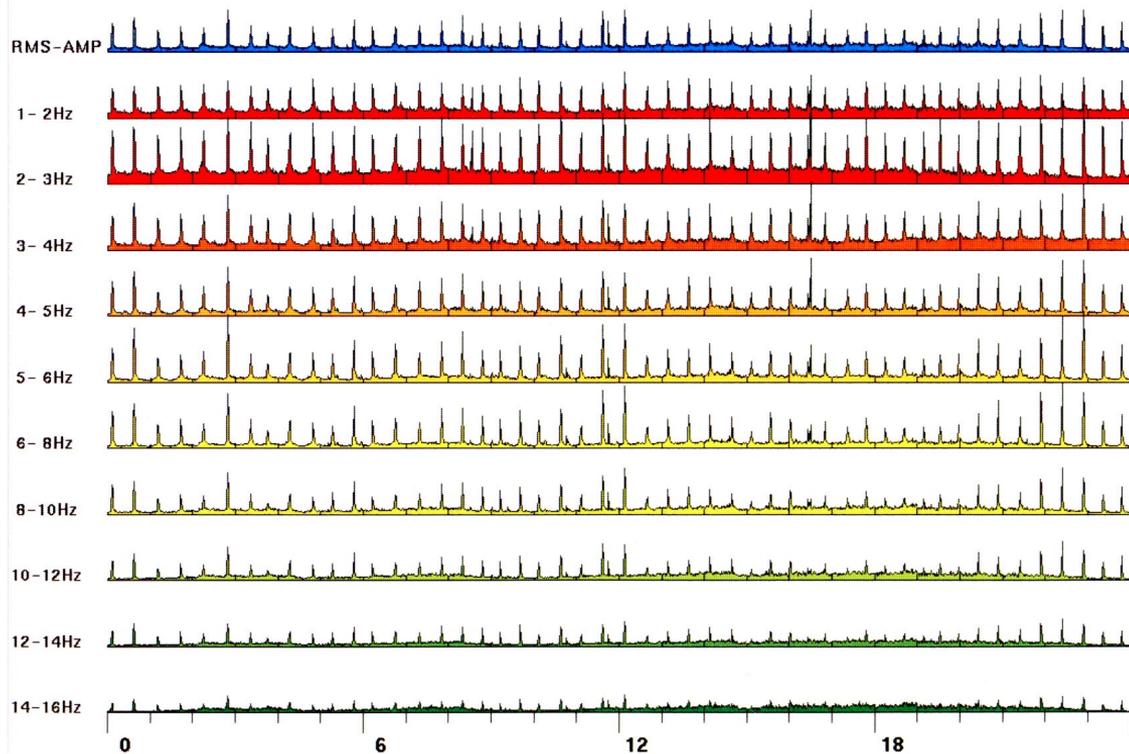
中村先生  
行武先生  
荒牧先生  
山科先生  
笹井先生  
大久保先生  
下村さん



# 1987.1～ 伊豆大島 微動と長周期変動

伊豆大島では、1986年噴火前だけでなく、噴火後1987年1月から火山性微動が発生し1990年頃まで続いた。

微動自動解析システム  
(USGSではRSAMと読んでいたが) を作って記録を取った。



88/11/10 RMS AMPLITUDE & SPECTRUM AT MHR (X1.00)

# 1987.1~ 伊豆大島 微動と長周期変動

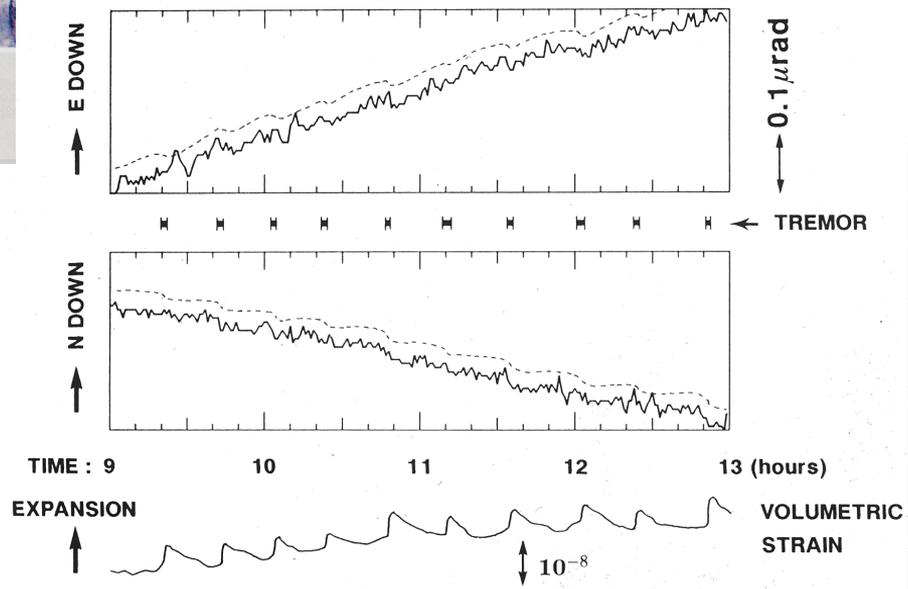


及川純

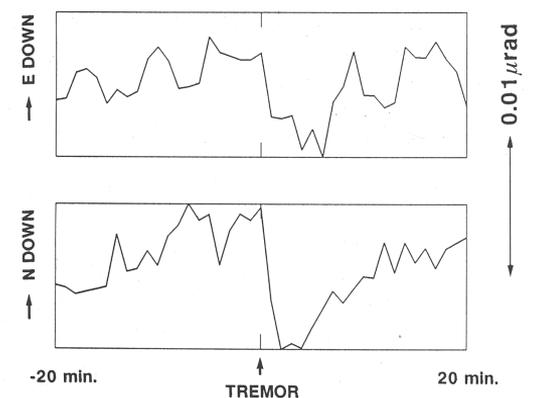
大島北部の気象庁体積ひずみ計に微動と同期してステップが観測された。傾斜計もステップがあるように見える

-> スタッキングをしよう！

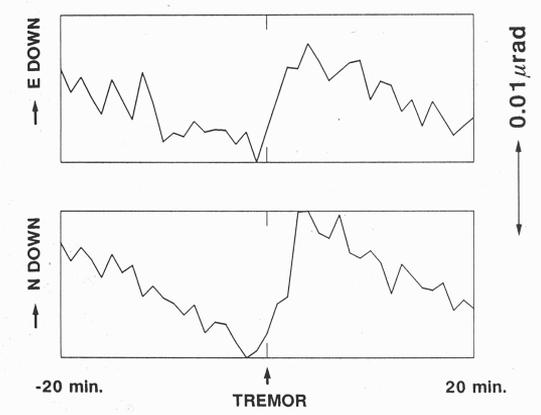
(a) NMS DEC.14,1988



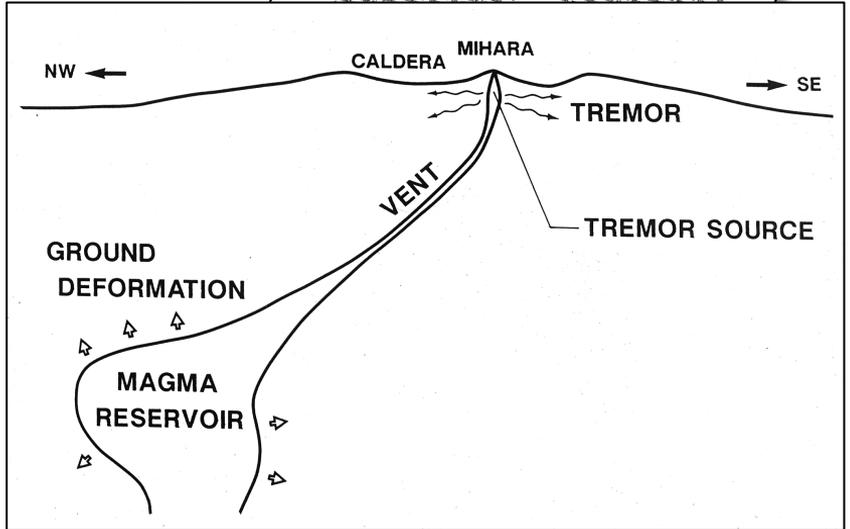
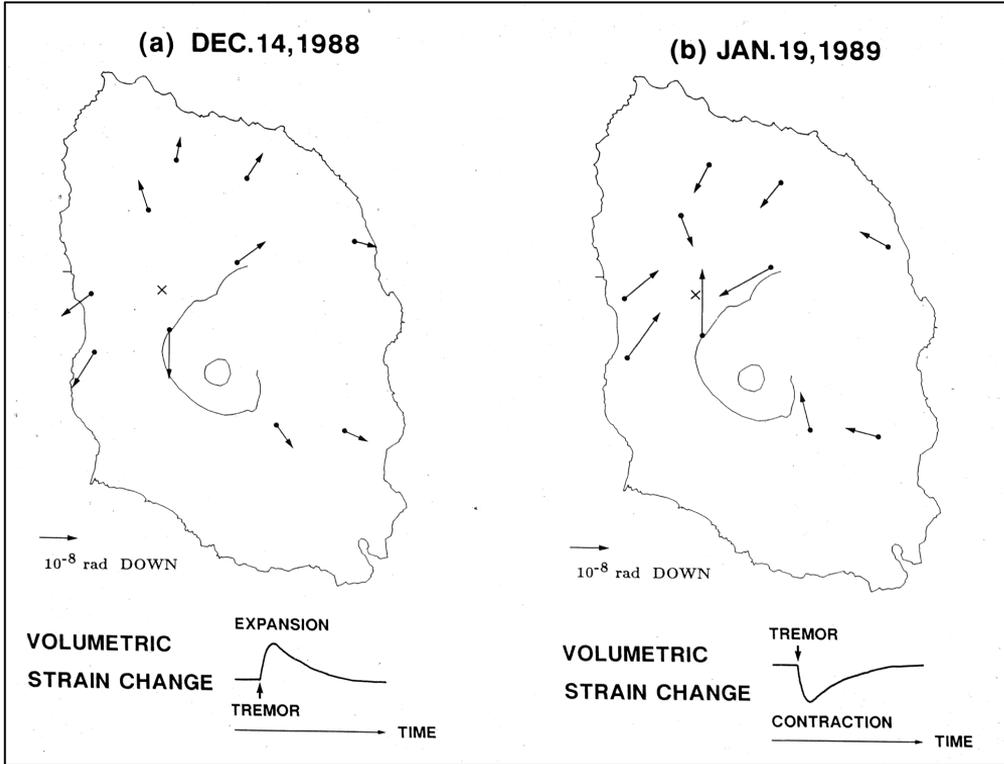
(a) NMS DEC.14,1988



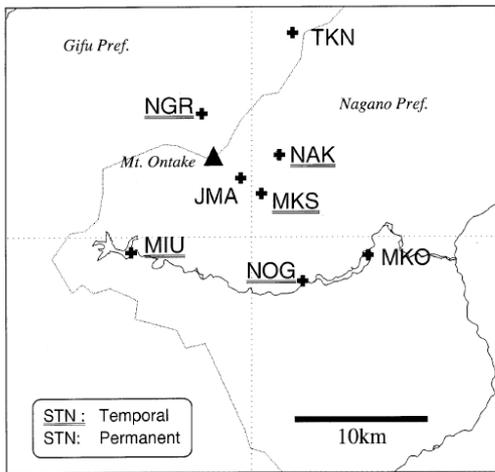
(b) NMS JAN.19,1989



## 微動発生と大島北西部を震源とした長周期変動が同期

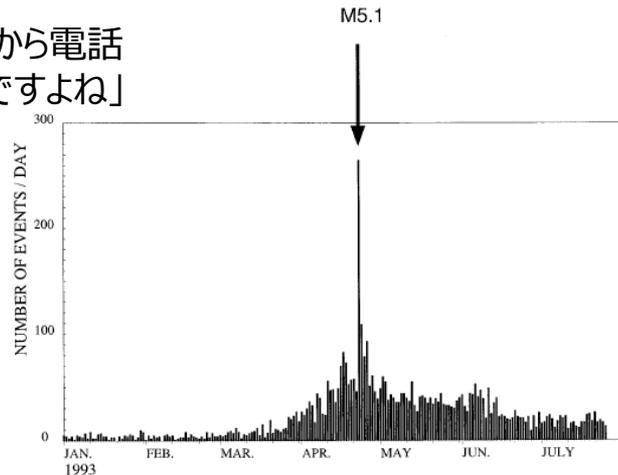


# 1991.1 ~ 名古屋大学 地震予知ができた??



1993年3月末 気象庁（松本）上田さんから電話  
「御嶽南部で地震が増えているが、心配ないですよ」  
山岡「いや、心配だ！」

臨時観測とテレメータ伝送  
PC98で自動収録→WSへ転送  
WSで自動震源決定 & 手動検測



© Birkhäuser Verlag, Basel, 1999  
Pure and Applied Geophysics

Permit: geophys. 151 (1999) 305-323  
0033-450X/99/00151-19 \$ 1.50 + 0.20

Detailed Distribution of Accelerating Foreshocks before a M 5.1 Earthquake in Japan

KOHJIKI YAMASAKI,<sup>1</sup> TATSU OHNO<sup>2</sup> and YOSHIMOMO UENO<sup>3</sup>

Abstract—The M 5.1 event (May 25, 1993) which occurred in one of the most active seismic areas of Japan was preceded by foreshock activity. We obtained precise hypocenters of the foreshock-matrix foreshock sequences with a temporary seismic network installed just above the active region many days before the mainshock. The earthquake was only slight in size, notwithstanding the concentration in the number of foreshocks, marked as to contrast the time of the mainshock with those of other earthquakes proposed by Utsuro (1988). Although substantial areas appeared in the seismic zone, we could identify the sequence between the foreshock-matrix and the mainshock. It was noticeable that the temporary network provided detailed information on both the temporal and spatial distribution of the foreshock-matrix foreshock sequences. Foreshocks started 90 days before the mainshock and were distributed broadly in the form of the earthquake type with a length of 1 km and horizontal extent of about 1 km. The temporal change of the number of foreshocks in a geographical region was used to estimate the foreshock rate by extrapolating from the increase of the daily number of events. As one of seismic sequences appeared 40 hours before the mainshock and propagated southward of 1 km. The remarkably reduced number of foreshocks from the primary foreshock zone. It was located at the base of the aftershock region. This process can be interpreted as a stress reduction locally and the stress in the network.

Key words: Time-to-failure analysis, seismicity, temporal variation.

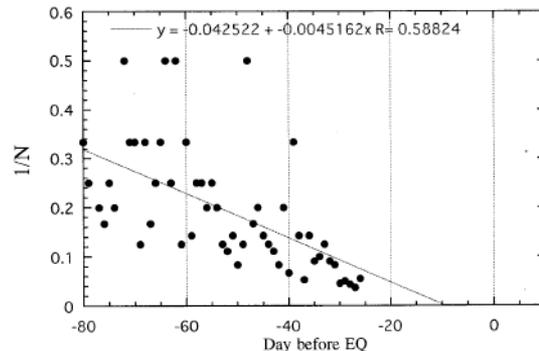
Introduction

Detecting the generation process of earthquakes on faults is a key observation necessary for practical earthquake forecasting. The mechanism of earthquake generation has been intensively studied in terms of rock mechanics and friction physics, mostly based on laboratory experiments and numerical simulation (e.g., DIETZELER, 1981, 1992; OHNAKA, 1992; YAMASAKI and OHNAKA, 1992). The phenomena which are expected from the experimental and theoretical studies, however, have been rarely observed in nature. This is mainly attributed to the lack of proper arrangement of stations to detect slight changes of stress in the vicinity of

<sup>1</sup>Research Center for Science and Technology, Graduate School of Science, Nagoya University, Chikusa-ku, Nagoya, 464-8602, Japan.  
<sup>2</sup>Metamorphic Weather Station, Japan Meteorological Agency, Matsuyama, Japan. Present address: Fukui Weather Station, Japan Meteorological Agency, Fukui, Japan.

上田さんとの共著論文

Time-to-Failure Analysis done before the Event.  
(Done at the end of March, 1993)



# 濃尾平野・琵琶湖の沈降と三宅島噴火

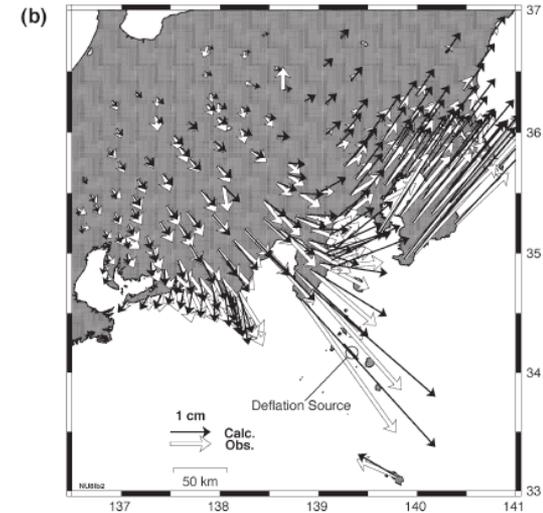
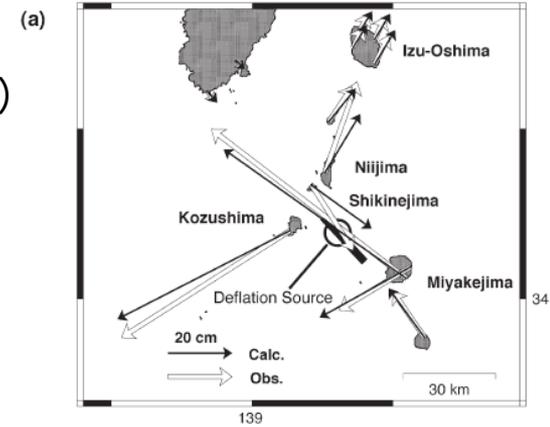
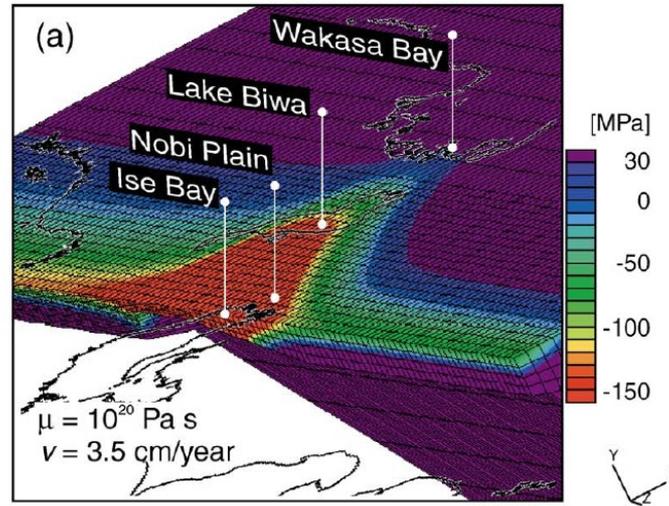


工藤健 (中部大学)

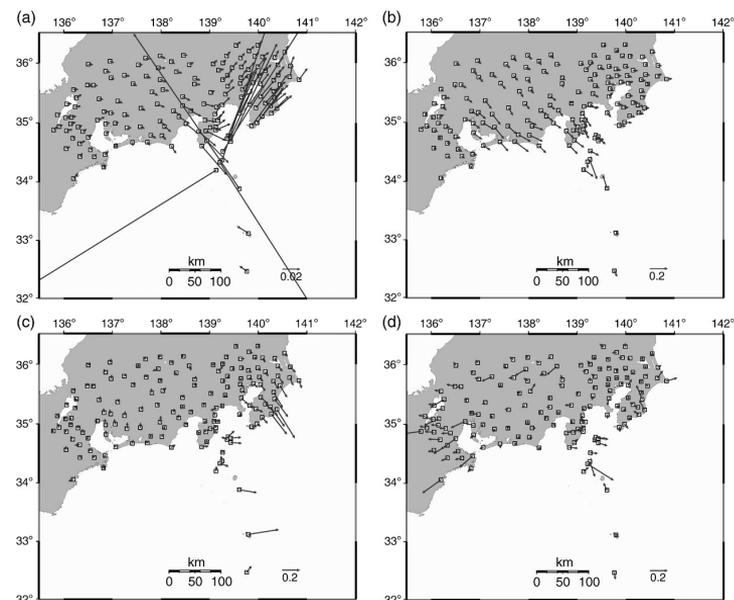
Yamaoka, ..., Kudo (2005)

研究機関研究員で3年間名大に滞在

Kudo & Yamaoka (2003)

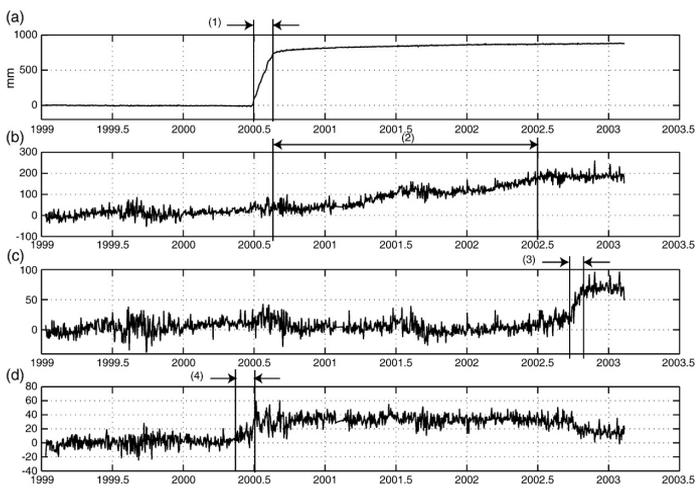


# 地殻変動の解析 PCAを用いて時空間変動を分離



空間モード

Kawamura & Yamaoka (2006)



時間モード

- 第1モード 三宅島岩脈貫入
- 第2モード 東海スローリップ
- 第3モード 房総スローリップ
- 第4モード ??



河村将 (長栄大学@台南)

# ACROSSとの出会い

二人の先生

熊澤峰男

地震学に「革新的な」手法の導入に熱意

ACROSSを始める

(Accurately Controlled Routinely Operated Signal System)



熊澤峰男

藤井直之

藤井直之

熊澤のアイデアを強力にサポート

地震予知を目指すにしても震源を見えるようにする（モニタリングする）こと無しには始まらない。どのように見るかを検討。変化を高精度に捉えることが本質的に重要である！

高度に制御された正弦波を信号源に用いる

理学部金属工作室に再び出入りするようになった



鈴木さん



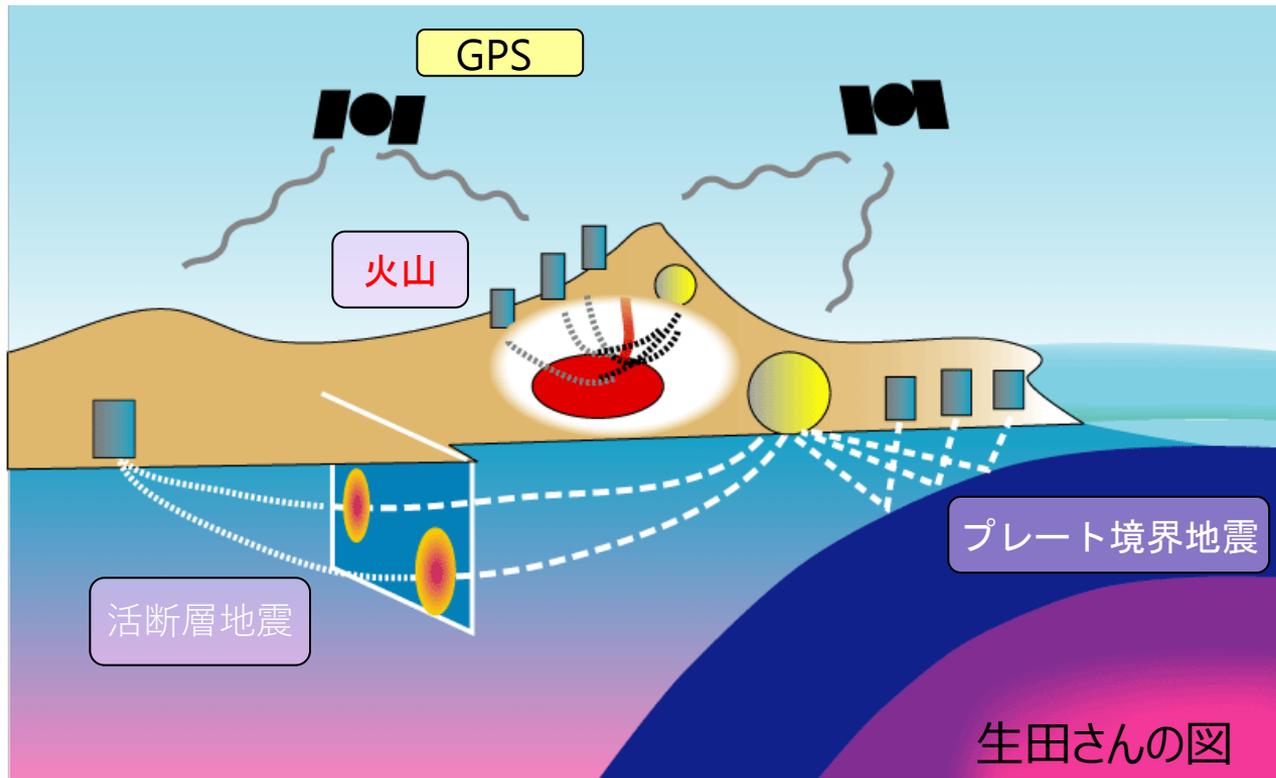
腕時計

ACROSS Proto-type (1993)

東山キャンパス内で、スタッキングの実験を行い、成功。

超高压実験室 → 農学部

地震の震源の固着変化や、火山のマグマ上昇による変化を捉えよう！



## 火山

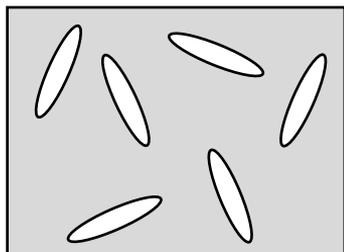
マグマ上昇による地下構造変化

## プレート境界

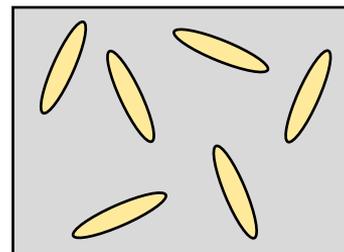
固着変化による地震波反射特性の変化

## 活断層

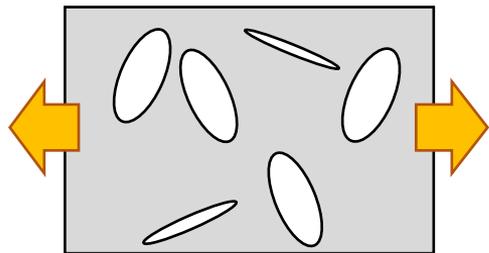
断層面を通過する波の変化



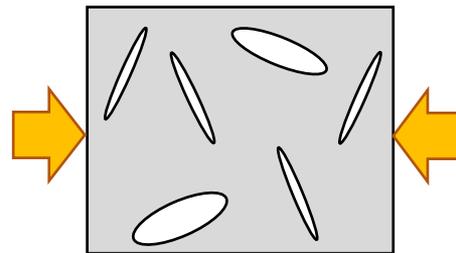
割れ目を満たす流体の存在  
マグマや地下水



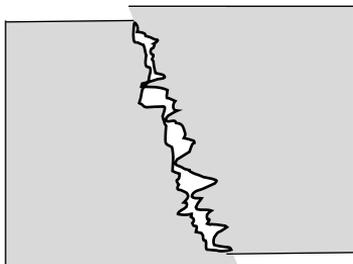
割れ目が流体に満たされると  
P波速度が増加する



割れ目の開閉  
応力変化



割れ目が閉じると、P、S波速度ともに増加する



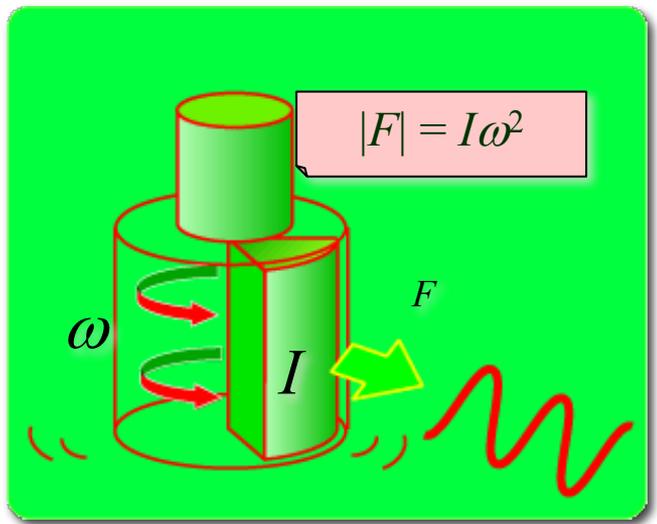
破壊と修復  
地震サイクル



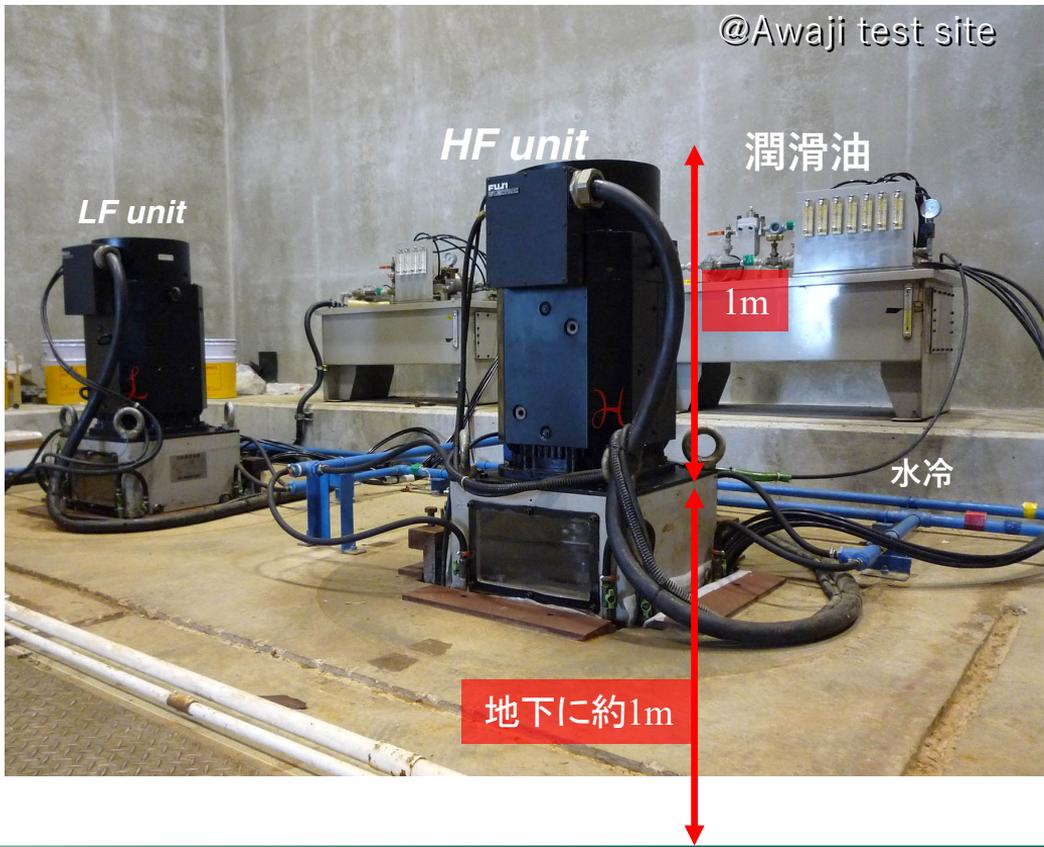
岩盤が破壊するとP、S共に減少、修復するとP、S波ともに増加する

このような震源を1996年3月 淡路島の野島断層近傍に設置した

偏心したおもりをサーボモータで回転させる



LF unit :  $2 \times 10^5 \text{N}$  @25Hz  
 HF unit :  $2 \times 10^5 \text{N}$  @35Hz



# それまでの地震波速度変化検出手法

例) バイブロサイス (右写真) を用いて、米国カリフォルニア州のサンアンドレアス断層沿いのパークフィールドで、3年間にわたる繰り返し測定 (2ヶ月に1回程度) Karageorge et al. (1992)



バイブロサイス (地下構造調査に用いられる)

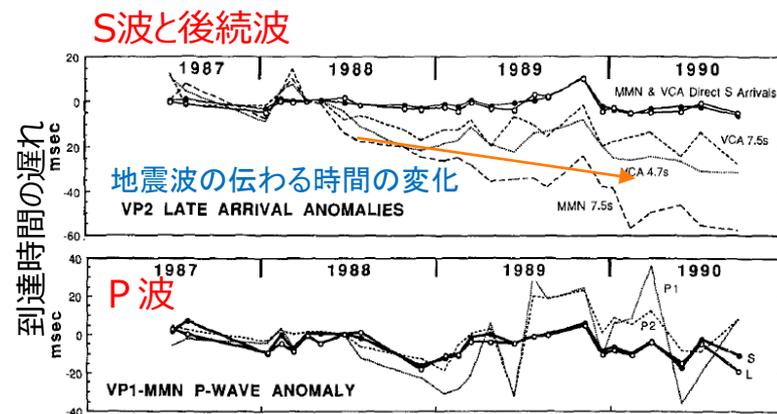
パークフィールドの地震 1857, 1881, 1901, 1922, 1934, 1966  
次は1988年頃? という予想に基づいて、待ち構えて観測を行っていた。

地震発生前に地震波速度が低下するという仮説の検証を目的

10-20ミリ秒程度のばらつきがある。

長期的な地震波速度の増加

地震は発生せず、検証はできないまま終わった。



## Observation system

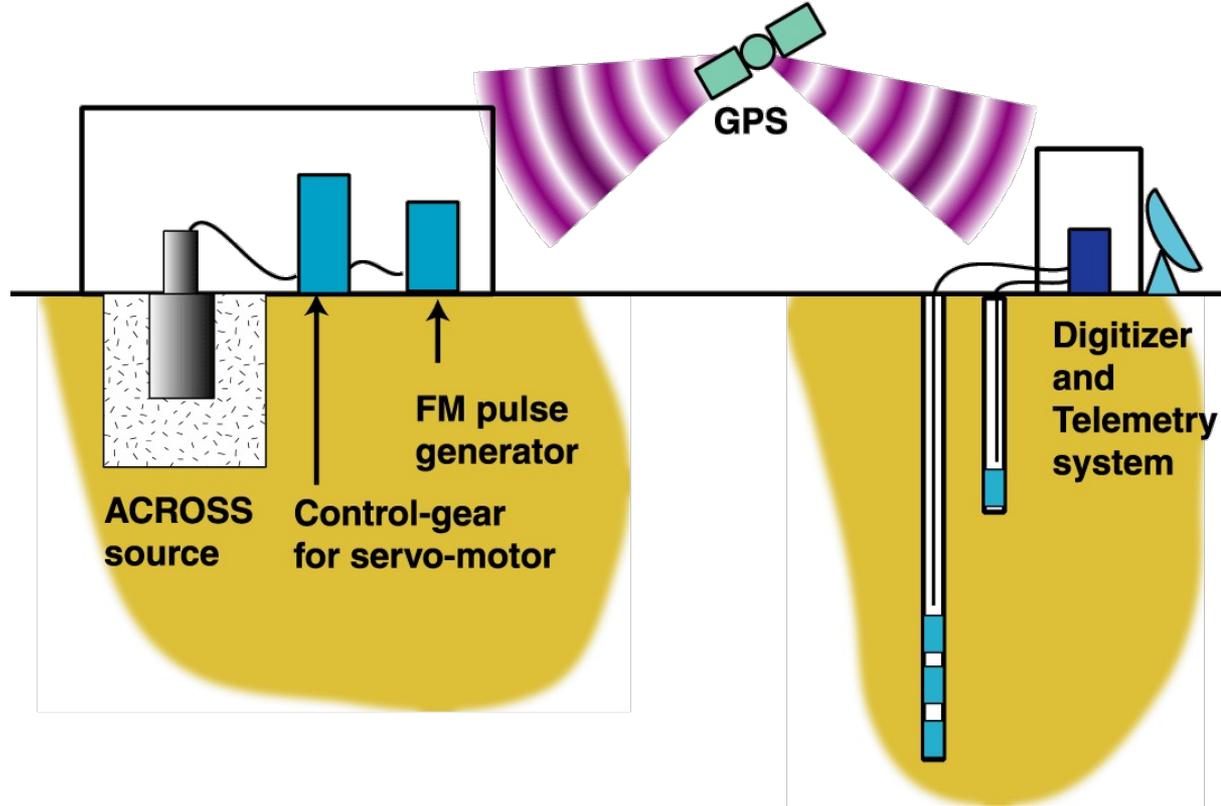
- Both sources and receivers are synchronized to GPS clock.

### 送信と受信のタイミングを合わせる

それまでは、  
震源から無線信号を送って時刻同期をするのが主流

当時  
地震計はGPSの時計に同期する仕様が  
主流になりつつあった。

震源の振動もGPSに同期させることで  
タイミングを合わせることにした。



# 手法と装置の開発

## 受信信号の処理法の開発 受信信号処理装置の開発

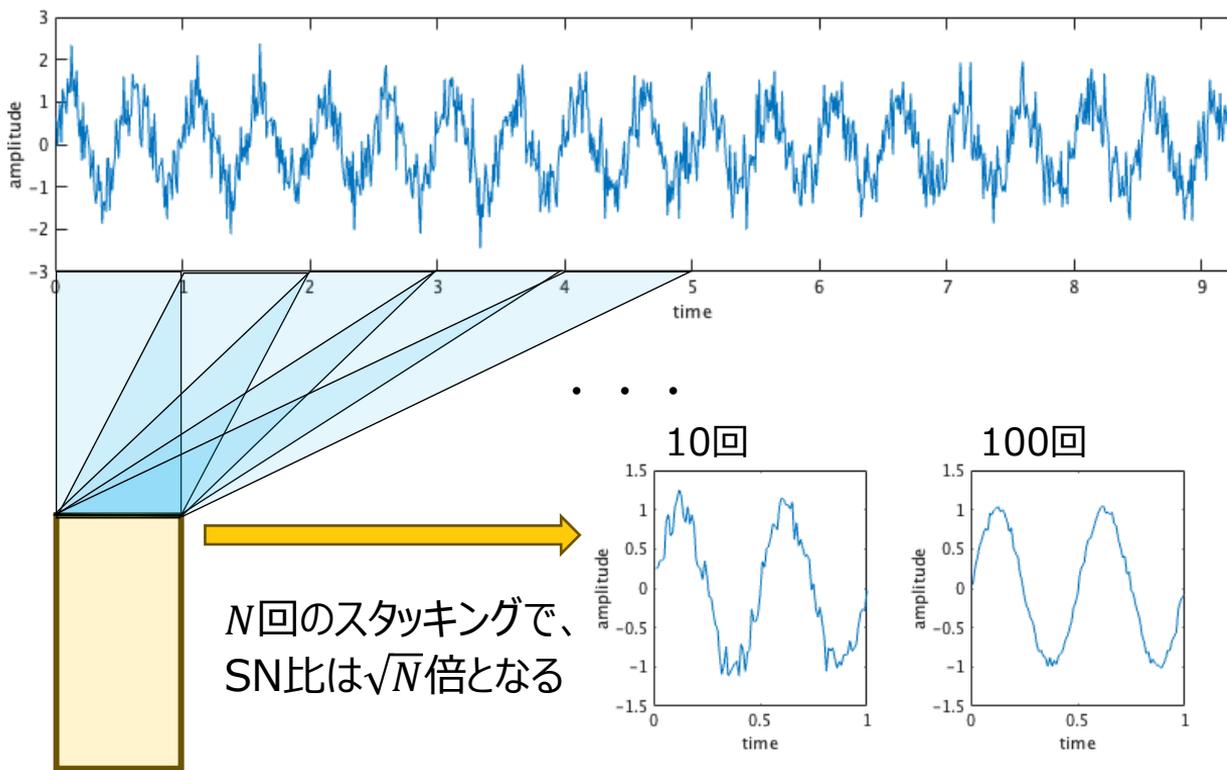
基本処理として、スタッキング(Stacking)  
でノイズを減らす

当時は、通信やメモリ容量に限界があり、  
リアルタイムにスタッキングをしてデータ保存をする  
装置を作成した

but 今は  
通信速度とメモリ容量が爆発的に大きくなり、全  
データを保存することが普通になり、装置は不要  
となった。



対象ごとに個別に処理方法を考案



$N$ 回のスタッキングで、  
SN比は $\sqrt{N}$ 倍となる

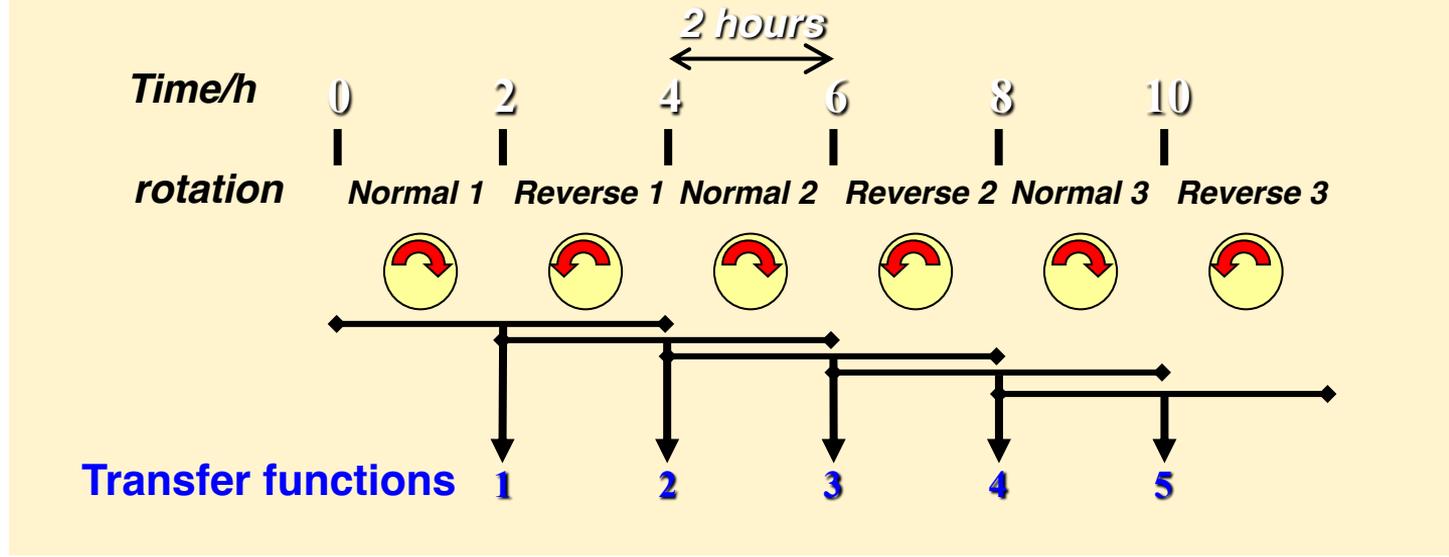
## 震源制御装置の開発

一定時間毎に回転を自動的に反転させる  
おもりの初期位置合わせも自動で行う

國友さんの作図



國友孝洋



任意の方向の直線加振に変換する。一定時間分解ので時間変化を測定する。

# まずは長期間運転してみよう

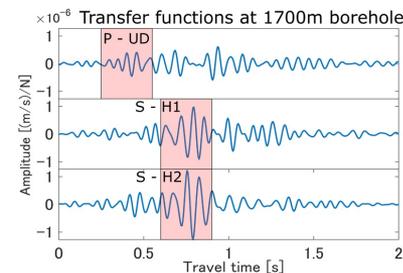
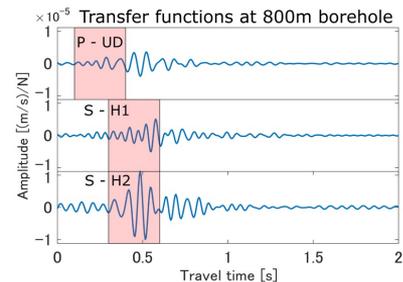
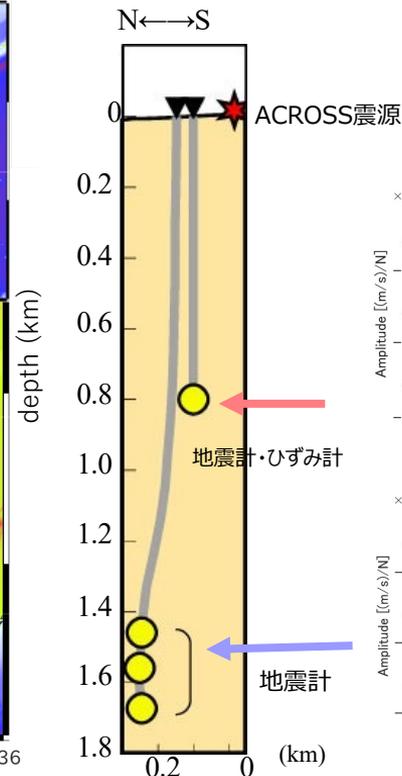
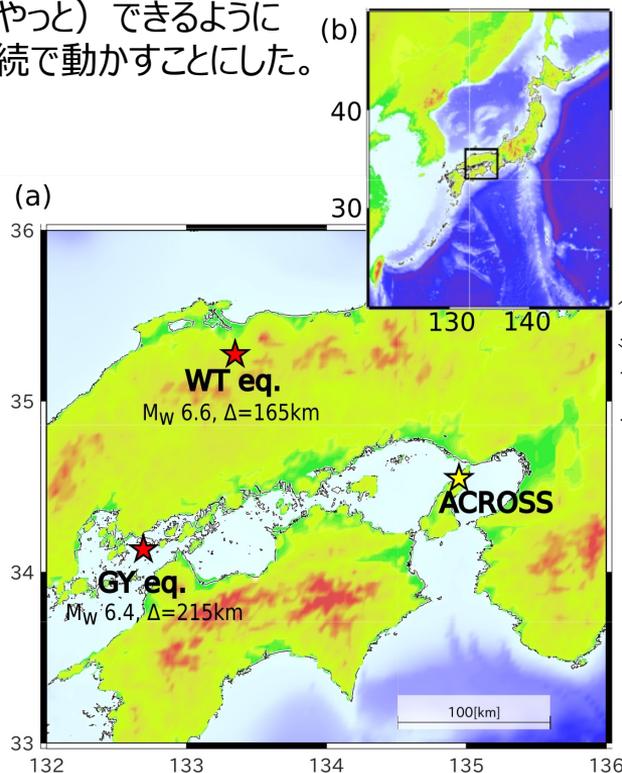
(Ikuta et al., 2002; Ikuta and Yamaoka, 2004)

2000.1 - 2001.4 15ヶ月連続運転 @淡路島

GPSに合わせて動かすことが（やっと）できるようになったので、とにかく、長時間連続で動かすことにした。



遠隔操作ができなかったため、震源が停止したら現地に行つて再起動



# まずは長期間運転してみよう

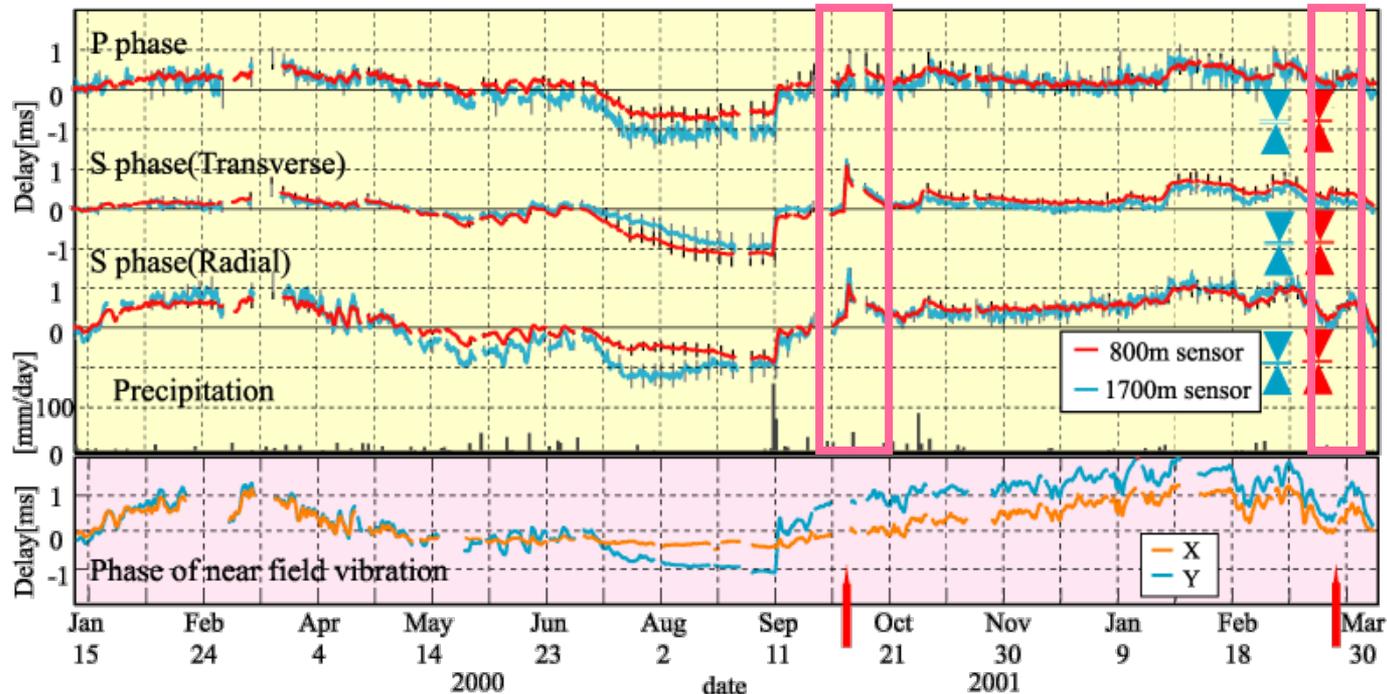
(Ikuta et al., 2002; Ikuta and Yamaoka, 2004)

P波とS波の到達時間  
(走時) の変化を検出

0.1ミリ秒程度の分解能  
(Karageorgi, 1992より  
も2桁更新)

いろいろな変化が捉えられ  
た。

- ・降雨による短期的変化
- ・季節変化
- ・気温による変化
- ・地震の揺れによる変化



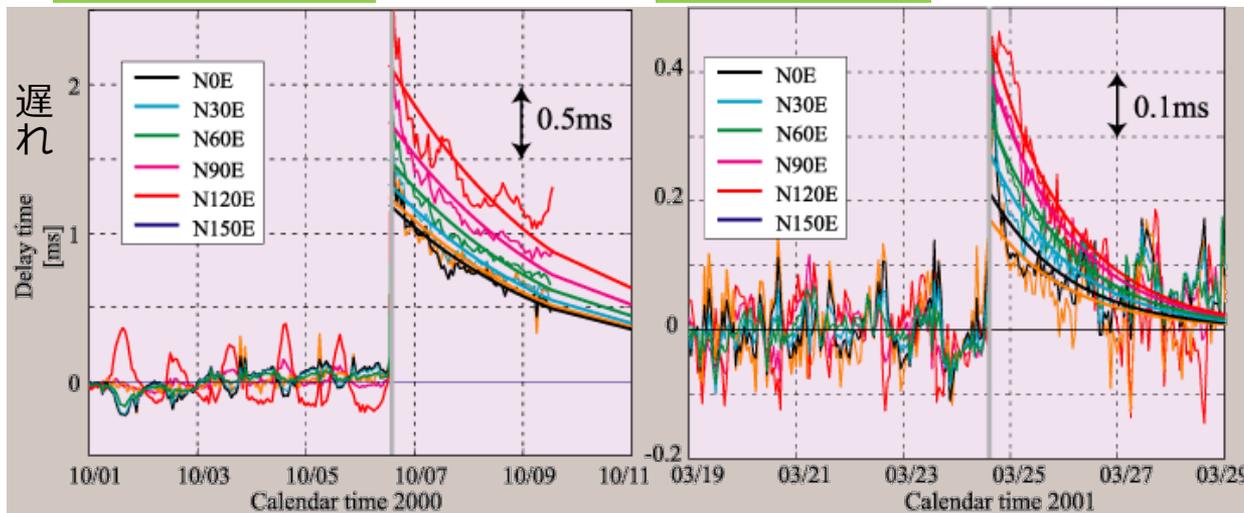
鳥取県西部地震

芸予地震

## 変化の異方性を検出！

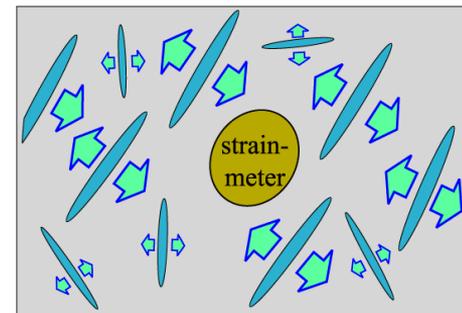
地震の揺れによる変化を詳細に見ると振動方向によって変化の大きさが異なることがわかった。

鳥取県西部地震



## 振動

- 地下水圧の増加
- 特定方向の割れ目増
- 拡散による圧力減少
- 元に戻る

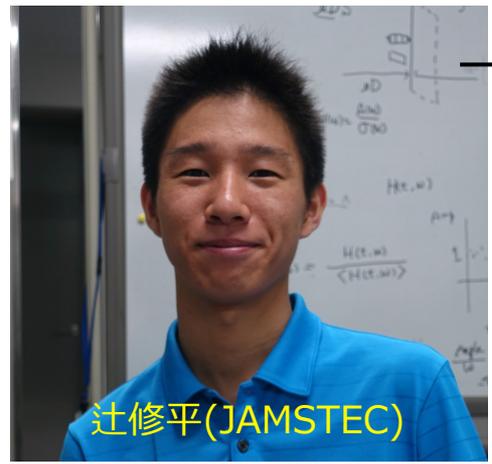
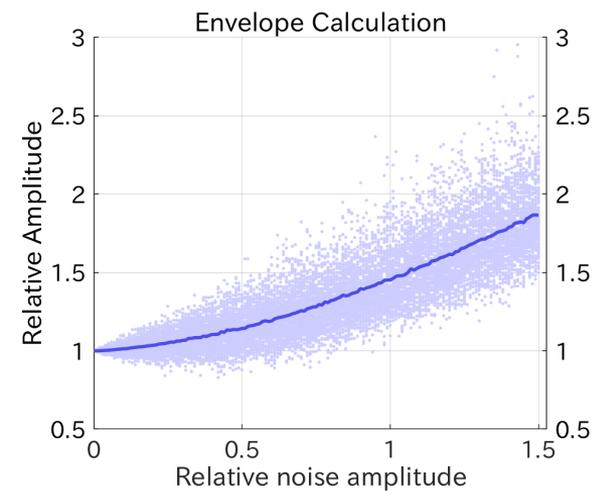
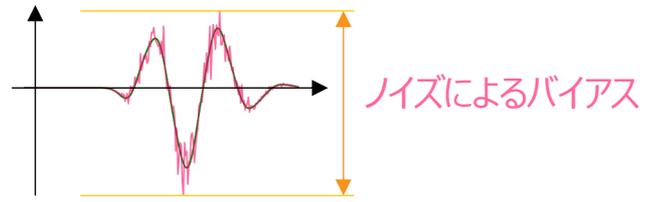


Ikuta and Yamaoka (2004) Fig. 12

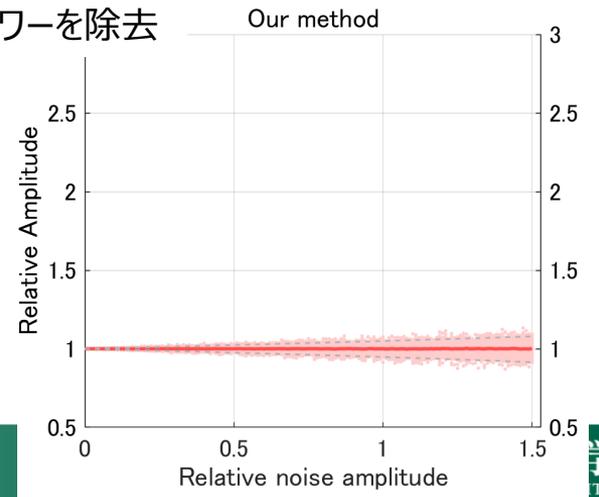
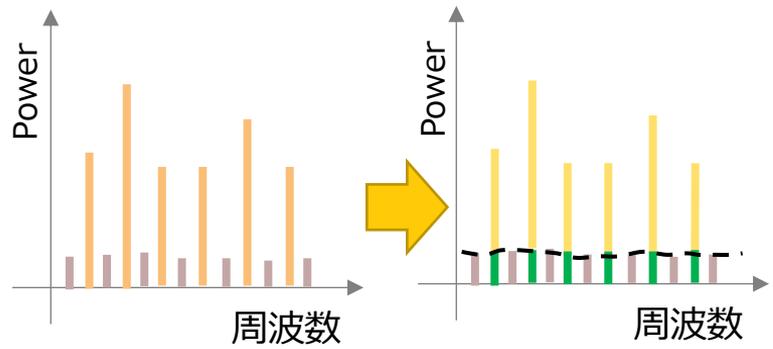
# このデータは20年後にもつかわれた

## 振幅の時間変化を検出する手法の探索

従来法 = 波の包絡線を用いる方法

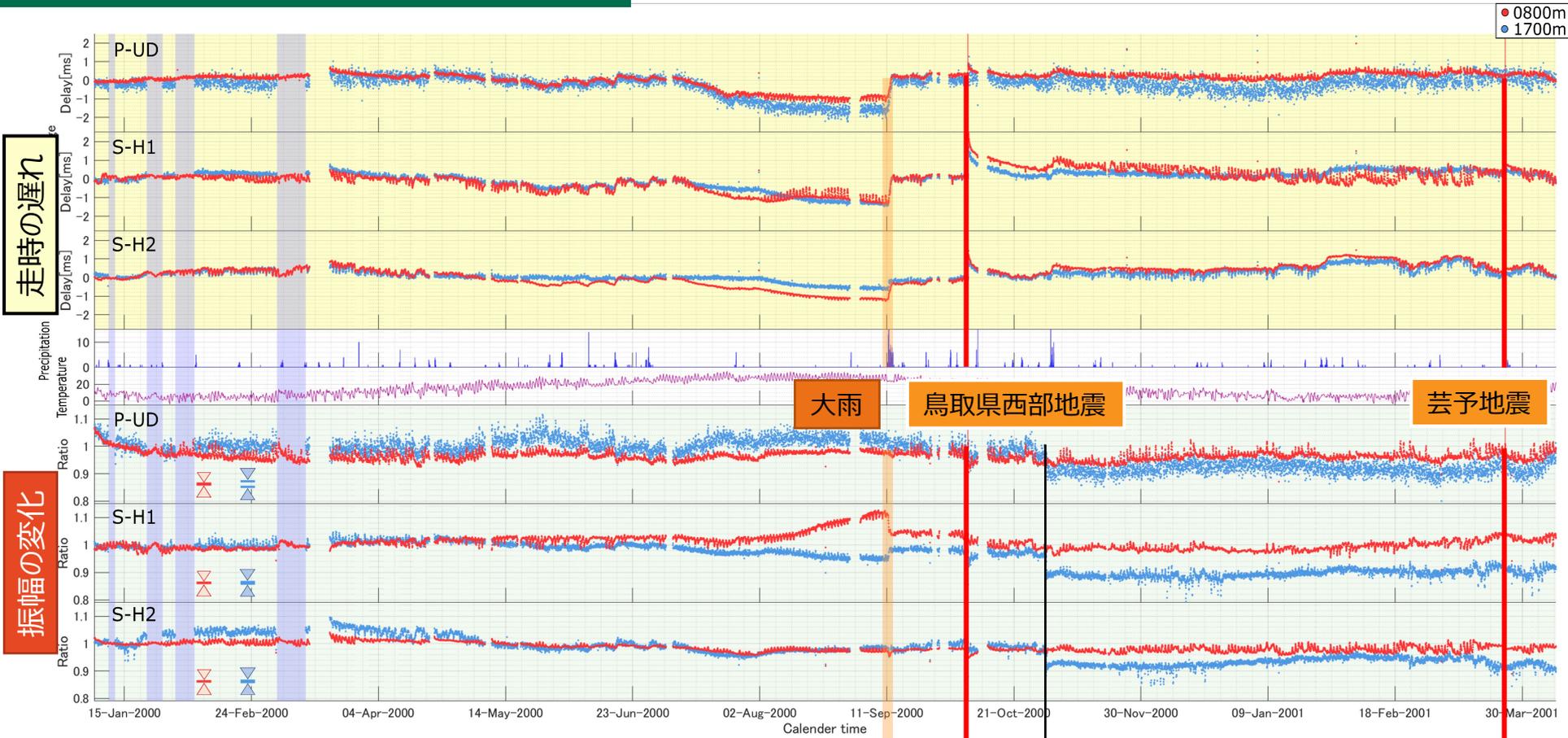


ACROSS法 = 周波数領域のパワーからノイズのパワーを除去



このデータは20年後にもつかわれた

(Tsuji et al. 2022)



# ACROSS震源装置の系譜

## 直線加振型

### HIT型 1996



## 震動試験器

電磁アクチュエータ  
電力効率が悪い

## 制震装置



回転型モータ  
低周波の効率が良い

評価  
・低周波を出す場合は利用価値がある。  
・制御性-ひずみ率5%程度  
・同期機構は容易

## プロトタイプ 1994



熊澤・武井・鈴木

水冷却  
大型ベアリング

## 淡路・土岐型 1996

20ton @25,35,50Hz  
循環潤滑油・水冷却  
大型ベアリング  
GPS同期  
縦置き・横置き  
最初の実用試験器

熊澤・鈴木・山岡



## 三河・桜島型 1999

山岡・國友



10ton @25Hz / unit  
循環潤滑油による冷却  
大型ベアリング  
GPS同期  
縦置き  
ユニット化

三河で稼働中

## 森町型 2004

熊澤・國友



20ton @7.5Hz  
循環潤滑油・水冷却  
大型ベアリング  
GPS同期  
横置き  
低周波化

## 落下型



- ・震源関数計測
- ・DC駆動
- ・機動性

名大に保管

山岡・鈴木

## Type-2014

山岡・鈴木



10ton @25Hz / unit  
循環潤滑油による冷却  
小型ベアリング  
GPS同期  
横置き・基礎の簡素化  
標準化・ユニット化

三河で稼働中

## JOGMEC型 2011

笠原



40ton @50Hz  
循環潤滑油・水冷却  
大型ベアリング  
GPS同期  
横置き標準化  
高速化

稼働中

## 九大型-2016

九重で稼働中



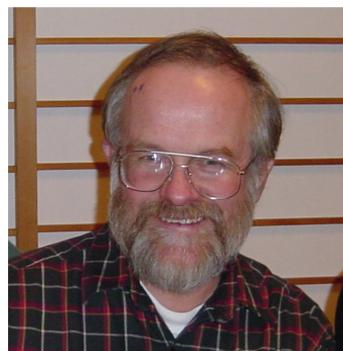
# ACROSSに関心を持ってくれた人たち



Fenling Niu



Paul Silver



Chris Newhall



Bernard Chouet



王宝善(中国科技大)



Valery Kovalevski

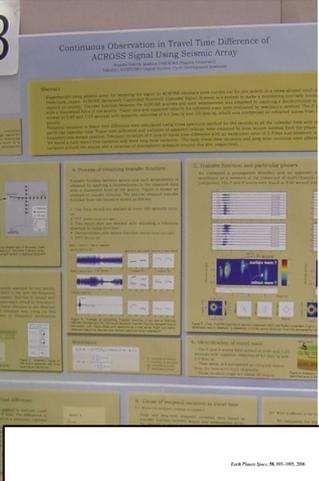


Stefan Lueth (GFZ)

# 東濃ACROSSを用いた研究



雑賀敦



**Continuous observation of seismic wave velocity and apparent velocity using a precise seismic array and ACROSS seismic source**

Akihiko Sato<sup>1</sup>, Kenichi Yamashita<sup>2</sup>, Shinjiro Katohara<sup>3</sup>, and Toshiaki Watanabe<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Nagoya School of Science, Nagoya University, Gokisocho 466-8602, Japan  
<sup>2</sup>Nagoya Institute of Technology, Gokisocho 466-8659, Japan  
<sup>3</sup>Department of Earth Science, Nagoya University, Gokisocho 466-8602, Japan  
<sup>4</sup>Research Center for Earthquake Engineering and Earthquake Engineering, Nagoya University, Gokisocho 466-8602, Japan

(Received September 28, 2003; Accepted May 20, 2004; Accepted May 20, 2004; Published September 28, 2004)

We report the results of continuous monitoring using a stationary array of the travel time of seismic waves generated by a 10-200 Hz vertical seismic source. The stationary array, which was equipped in a surface with 2 km from the source, recorded both direct P and S waves and refracted P and S waves that traveled along a velocity boundary between the granite basement and overlying sedimentary rocks. We used the travel time difference between the direct and refracted waves to estimate the velocity of P and S waves and found significant apparent variations in the differential travel time. Most of the variations can be attributed to changes in environmental conditions, such as atmospheric temperature and rainfall. Vertical travel time observations in the atmosphere that is located 10 m from the vibration source, although such make reference to observations in the atmosphere to which the source is attached. This specific depth is used for the comparison of the apparent velocity of the seismic waves. The apparent velocity of the seismic waves varies in the 15 to 20-day stage, especially between 17 and 20 day. The environmental effects on the apparent velocity compare with the observed 1-year variation of the apparent velocity. The apparent velocity variations are observed in the direct waves. This result shows that the signal obtained by the environmental variables near the vibration source. The environmental effect can be directly reduced when the signal from 15 to 20 day stage is referenced to the analysis.

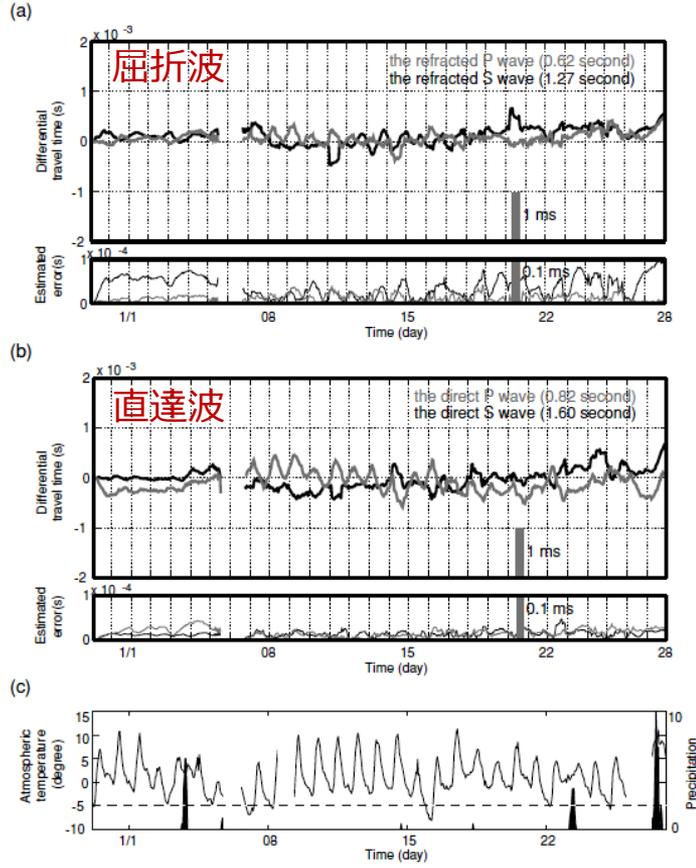
**Key words:** Active monitoring, stationary array, ACROSS, apparent velocity, spectral analysis.

**1. Introduction**

Seismologists have been used for their sensitivity and stability to detect changes in the propagation properties of seismic waves. The travel time of seismic waves is sensitive to changes in stress and fluid distribution. For example, can affect propagation properties, such as the velocity, attenuation, dispersion and anisotropy of seismic waves. Laboratory experiments indicate that the velocity of elastic waves is strongly dependent upon the water content of the rocks (e.g., Birch, 1962). This relationship is an effect of cracks under high stress. This results from the closure of cracks under high stress and is a space- and time-dependent relationship in the Earth's crust (mainly in the upper crust) (e.g., Birch, 1962; Slichter et al., 1972). The relationship between the velocity and the water content is also observed in the laboratory (e.g., Slichter et al., 1972). The relationship between the velocity and the water content is also observed in the laboratory (e.g., Slichter et al., 1972). The relationship between the velocity and the water content is also observed in the laboratory (e.g., Slichter et al., 1972).

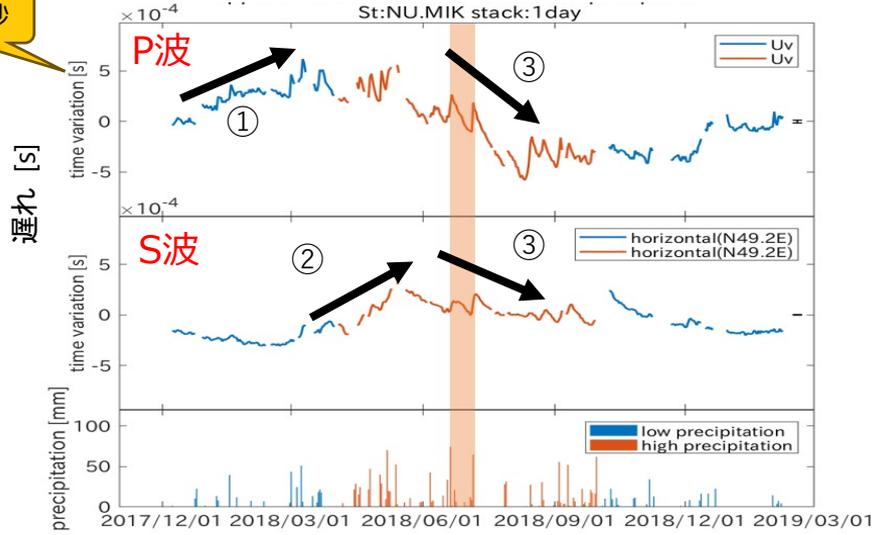
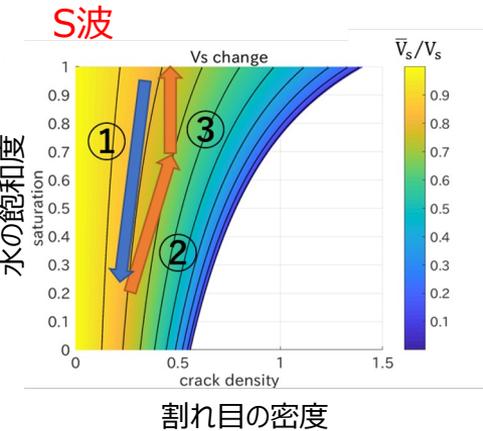
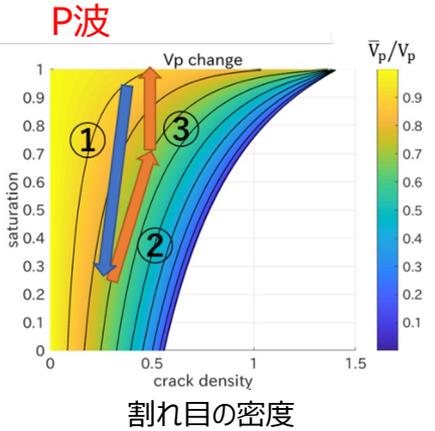


# P波とS波の到達時間の変動 —変動はP波がS波よりも大きい—



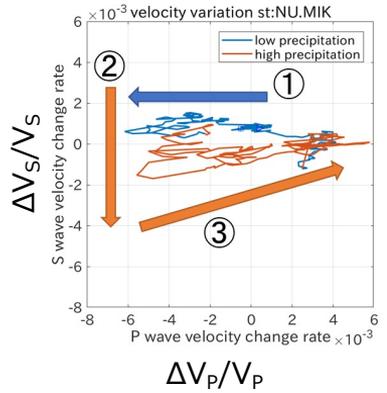
# PとSの変化を一緒に評価すると

0.5ミリ秒



割れ目の密度や水の飽和度が変化した場合、P波とS波の変化は異なる。  
 その関係をグラフにして示すことができる。  
 (graph created from O'Connel & Budiansky, 1974)

実際に観測してみると、夏と冬で傾向が異なる。  
 Carageorge et al.(1992) はPとSの変化を見いだす事ができなかったが、ACROSSを用いるとPとSの変化を信頼性を持って測ることができる。

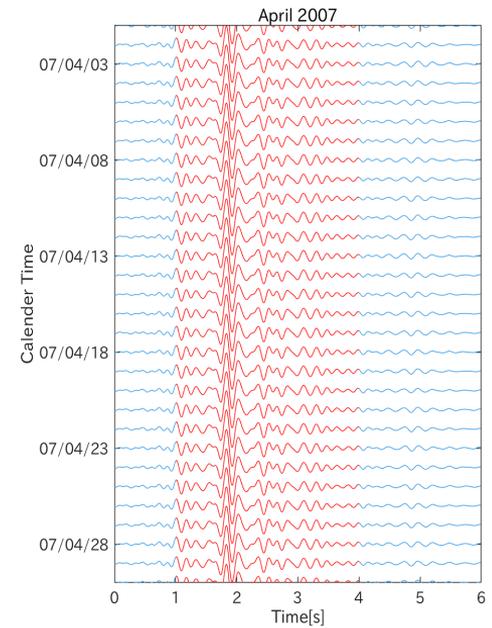
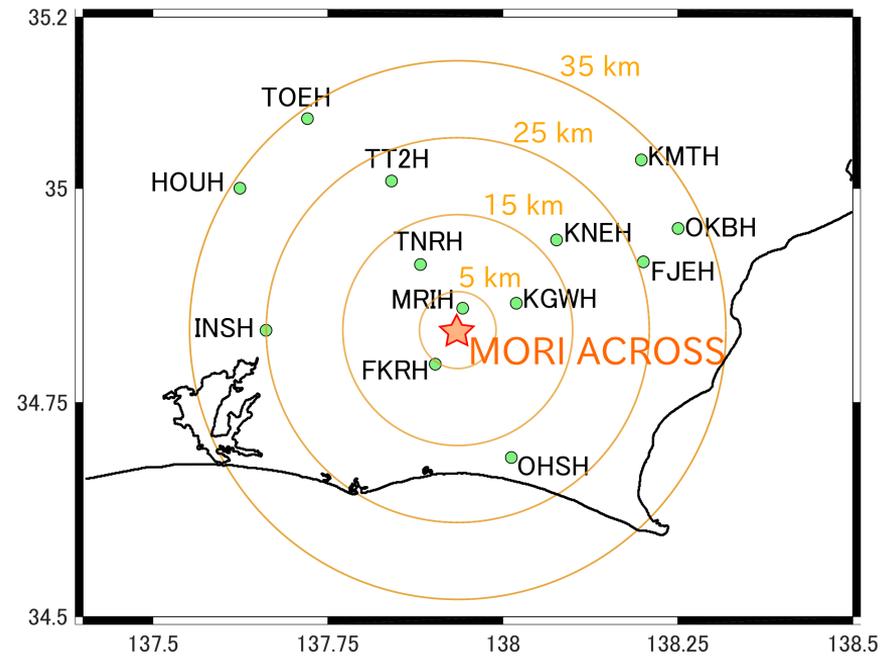
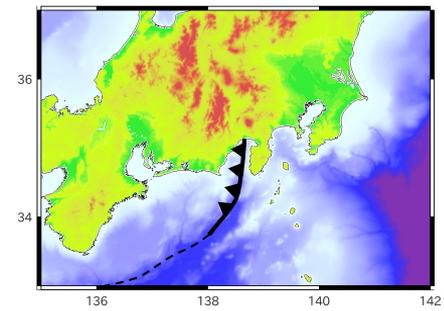


Suzuki et al. (2021)



# もう少し深いところはわからないのか？

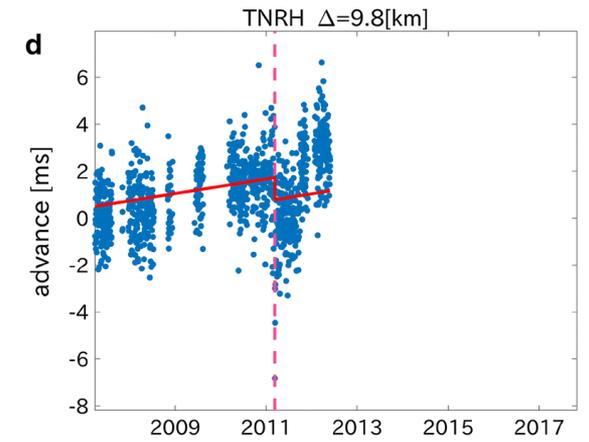
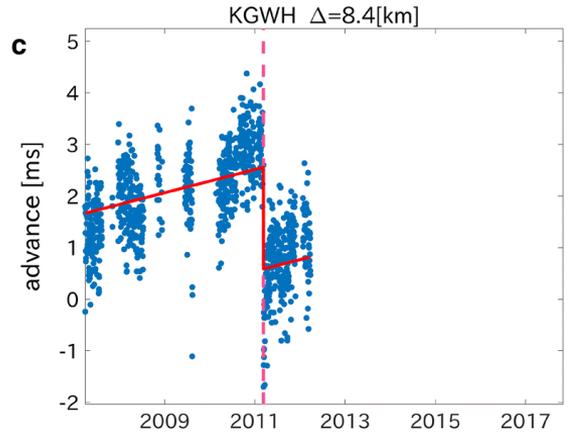
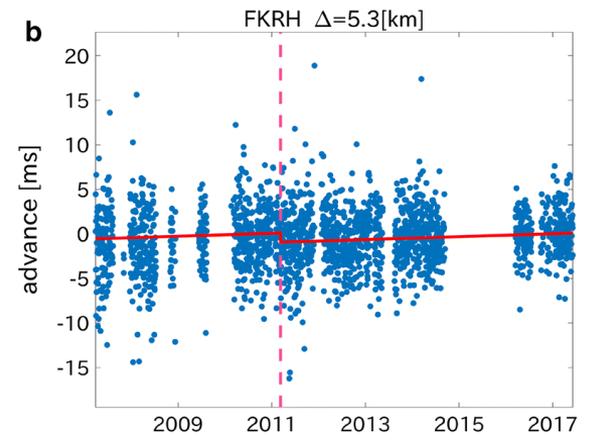
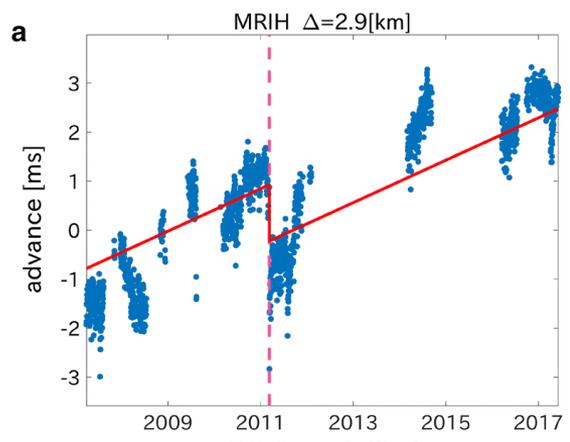
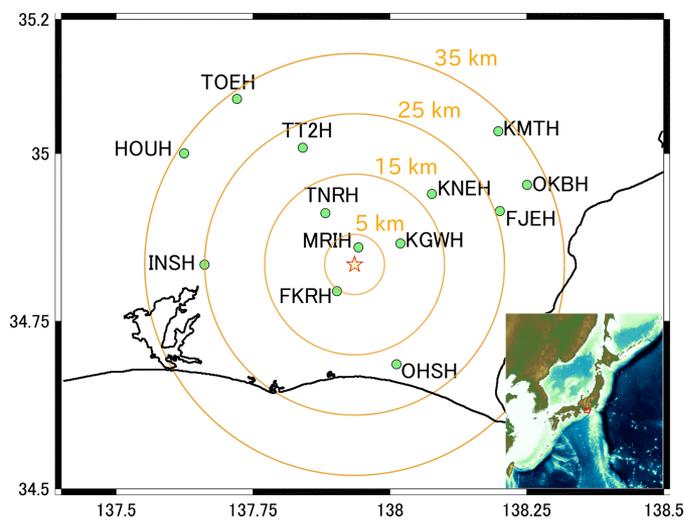
低周波で力を出せる震源で長期の観測を行った結果を解析した。 Tsuji et al. (2018)



# 経年変化と地震時の変化がある

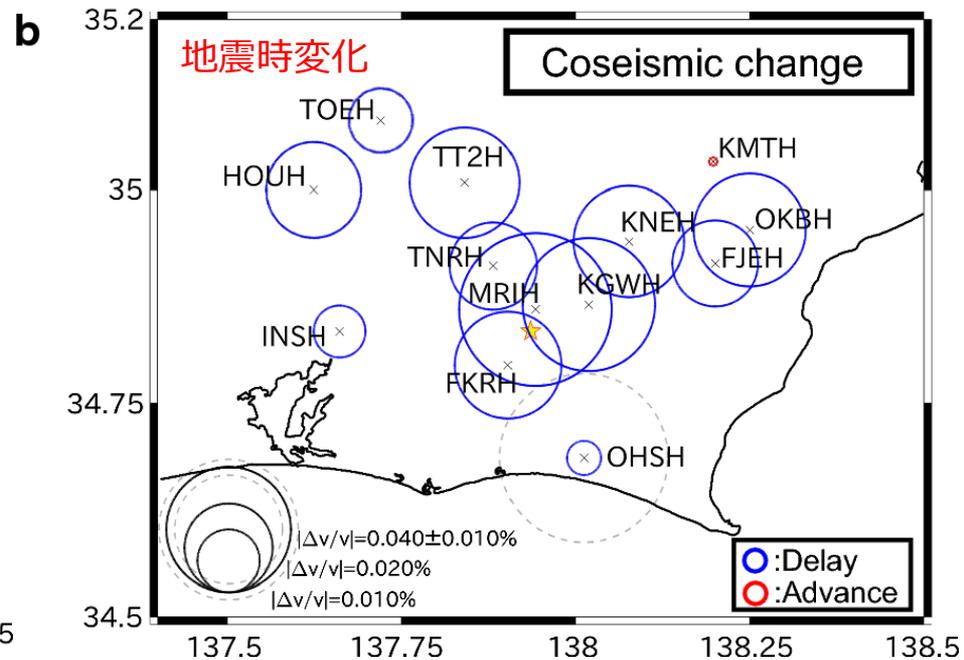
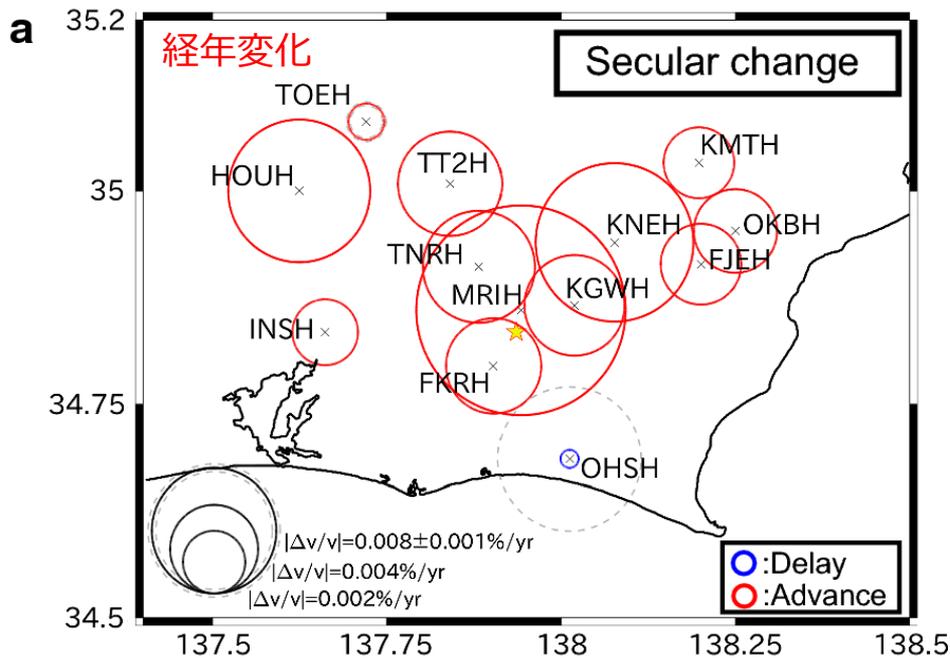
(0-15km)  
震源に近いところでは明瞭に  
変化が見られる

徐々に地震波速度が速まり、地震時に  
減少する



1日ごとのS波伝播時間変化

# 経年変化と地震時の変化がある



- ✓ 2011年東北地方太平洋沖地震の時に広い範囲で地震波速度が低下した。
- ✓ 普段は少しずつ地震波速度が増加している。

# 火山への応用（桜島）



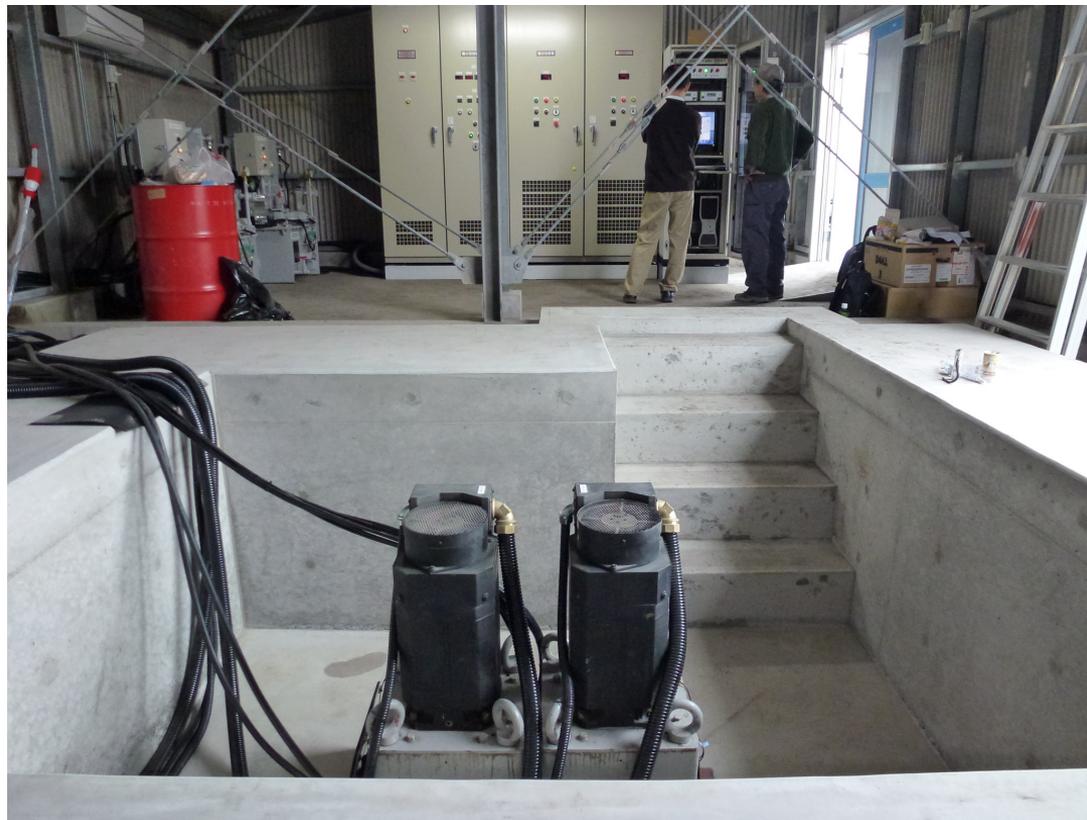
宮町先生（鹿児島大）



前田さん



2012-2015年まで稼働させた



# 火山への応用 (桜島)

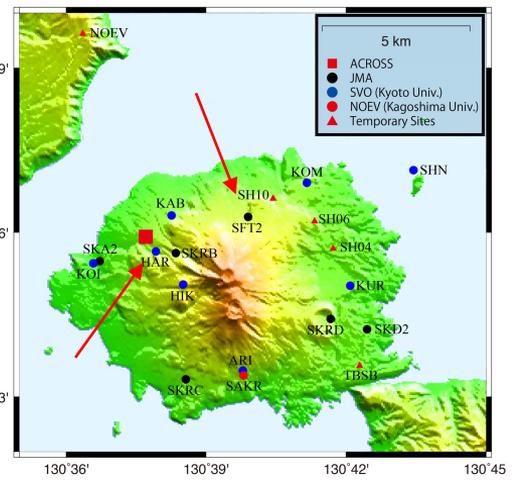
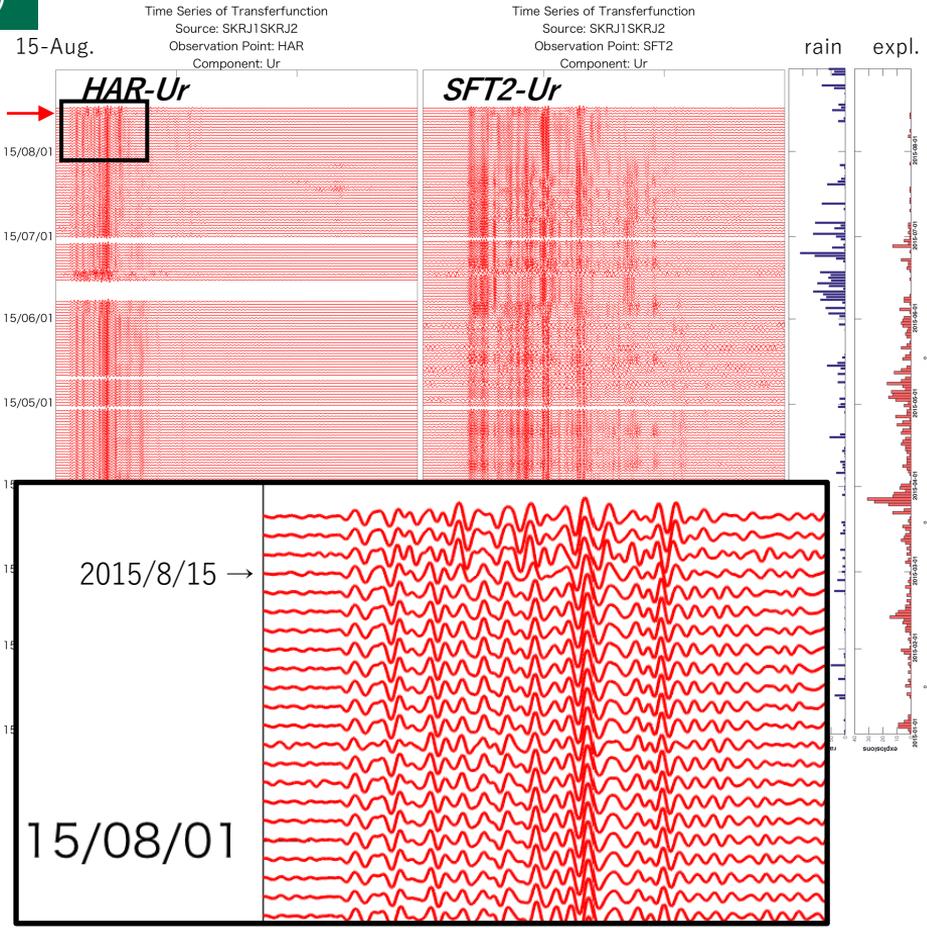
2015年8月  
桜島マグマ貫入に  
伴う変動があった。



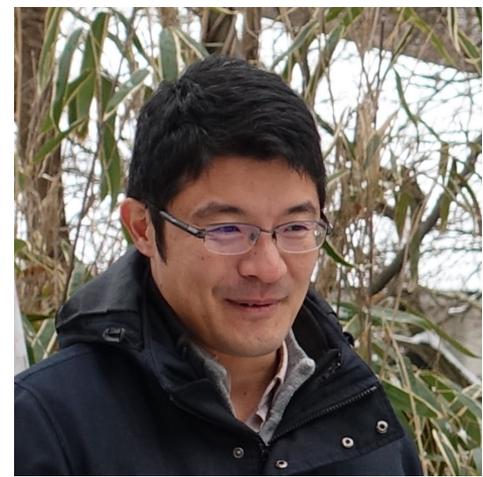
渡辺



道下



# 最近の動き 辻健さんに協力



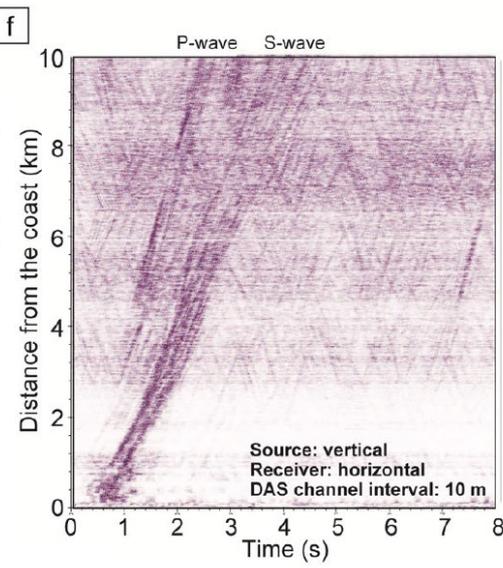
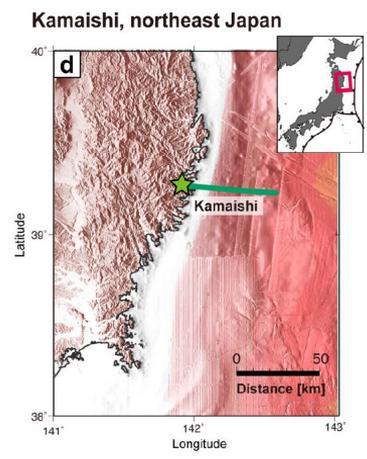
辻健

## 九州大学の九重の施設に設置



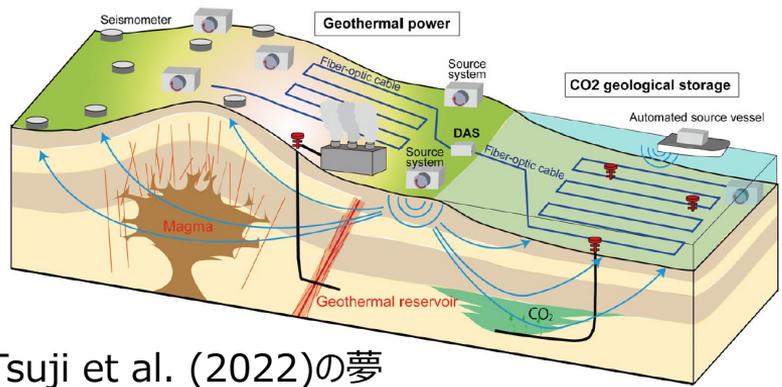
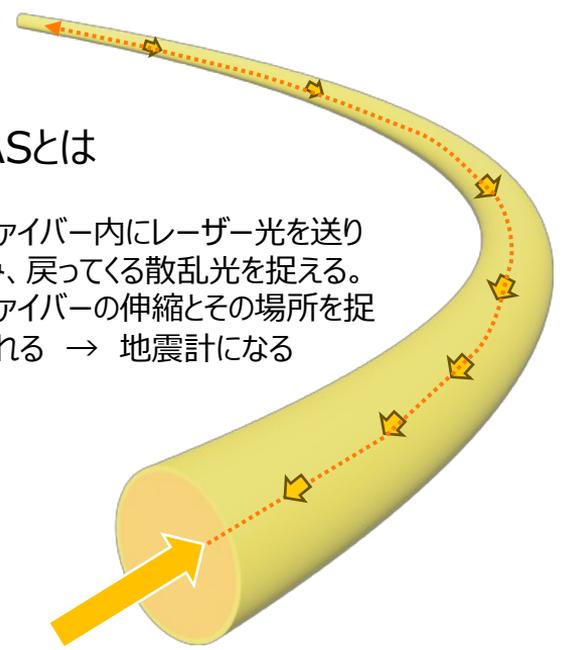
# DASとACROSS

釜石沖に設置されている  
DAS（東大地震研）  
のケーブルを利用して実  
験を行った。（Tsuji et  
al. 2022）



## DASとは

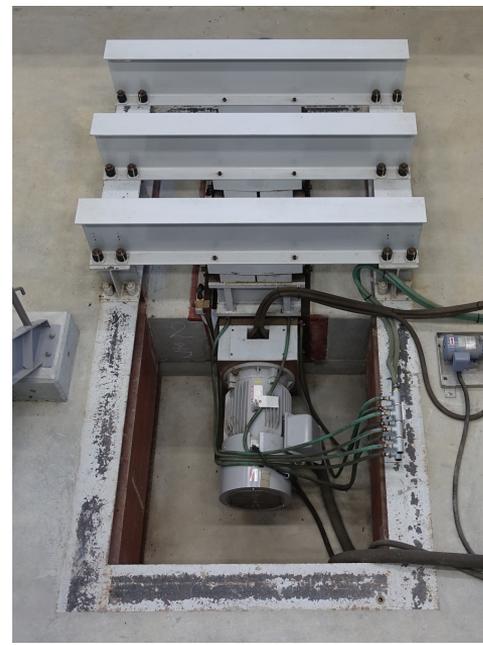
光ファイバー内にレーザー光を送り  
込み、戻ってくる散乱光を捉える。  
光ファイバーの伸縮とその場所を捉  
えられる → 地震計になる



新しい技術と新しい研究者の参入によって夢が繋がっていく。

Tsuji et al. (2022)の夢

JOGMEC (エネルギー金属鉱物資源機構) が導入し、カナダのCCUSサイトで実験を行っている。

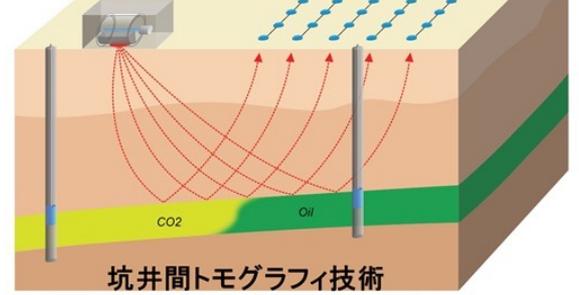


**受振器システム**

- ・ 光干渉、光通信技術
- ・ 長期安定、高精度な地震計

**ACROSS**

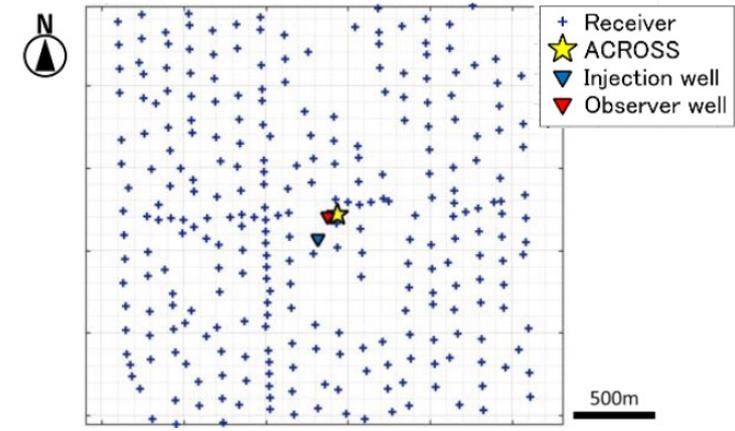
- ・ 高い再現性の震源
- ・ カナダ、アクイストアで実証中



**坑井間トモグラフィ技術**

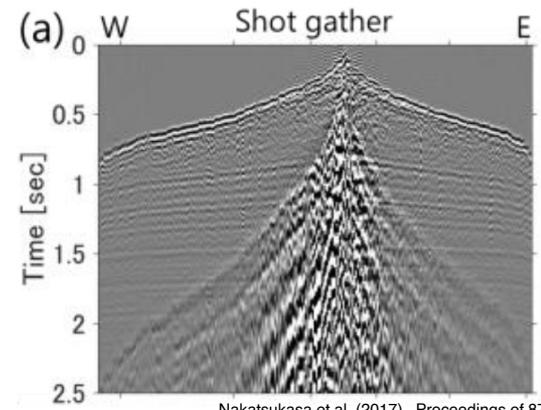
- ・ 最先端の解析技術 (FWI: Full waveform inversion)
- ・ 疑似ランダム波の同時発震技術
- ・ 高感度な磁場センサー (SQUID) による電磁探査システム

[https://www.jogmec.go.jp/oilgas/oilgas\\_10\\_000012.html](https://www.jogmec.go.jp/oilgas/oilgas_10_000012.html) 2024.4.3



観測網配置

観測記録の例



Nakatsukasa et al. (2017) Proceedings of 87th SEG Annual Meeting

# ACROSS最近の動き — JOGMECとの共同研究



CCS site, Aquistore, Canada

# 果たせていない実験

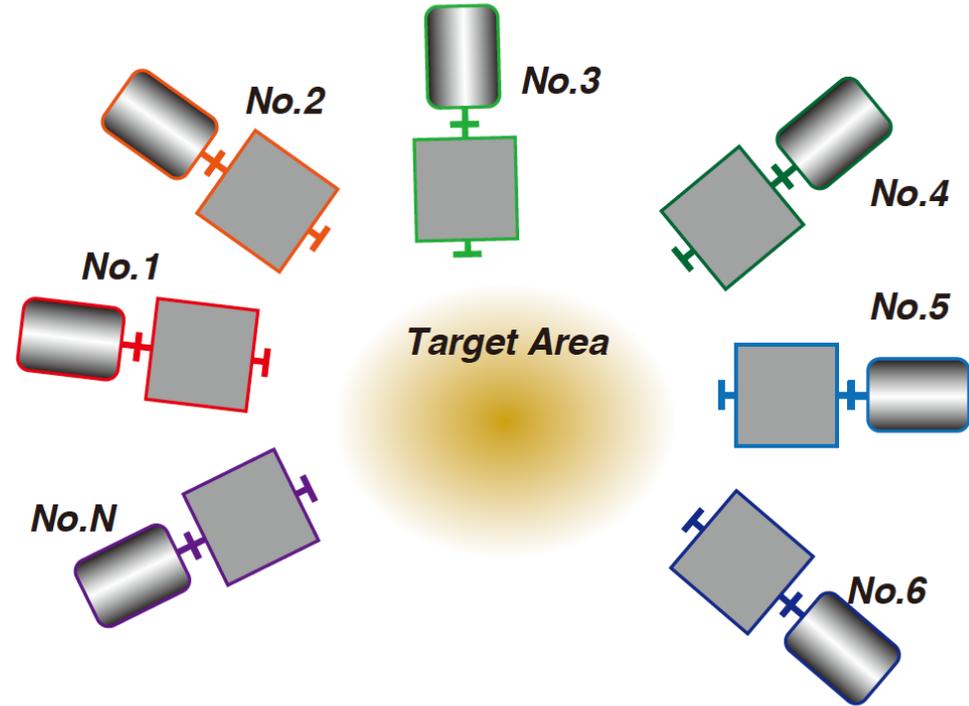
リアルタイム・トモグラフィー

たくさんの震源を同時に動かしても、受信信号を簡単に識別することが可能

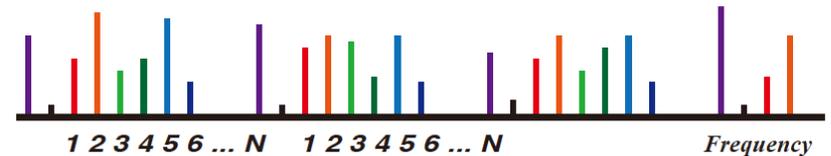
なぜできないか？

- 1台の装置が高価
- 実現可能で魅力あるターゲットが見つからない

③ 多震源による分布（同時・同帯域）加振



同一周波数帯であっても、どの震源を分離できる ACROSS の特長を用いる



# 基礎の簡素化+メンテの簡素化



回転軸が垂直

Conventional ACROSS (Typical)



回転軸が水平

New Type ACROSS Type-2014

# 制御システムの一新

旧装置



GPS時計

パルス列発生装置

PC+計測制御ボード  
制御+動作ログ

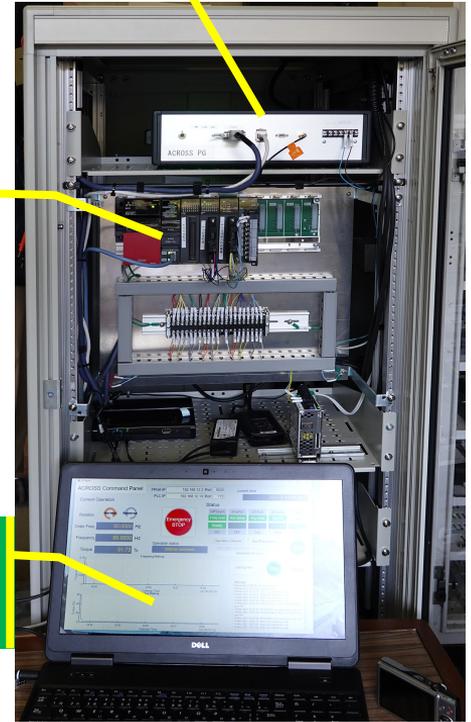


GPS時計+パルス  
列発生装置

新装置

PLC  
制御+動作ログ

Matlab GUI on Note PC  
必要ときだけネットワークケーブル  
でつなぐ





鈴木和司(2015.3退職)



小池遙之  
地震火山研究センター

岡田宏太  
理学部装置開発

辻修平  
D3 → JAMSTEC

2021.3.11 @名大三河観測所

# 小型化ACROSS



小池遙之@カナダ

# 小型ACROSS



渡辺俊樹さん



生田領野さん

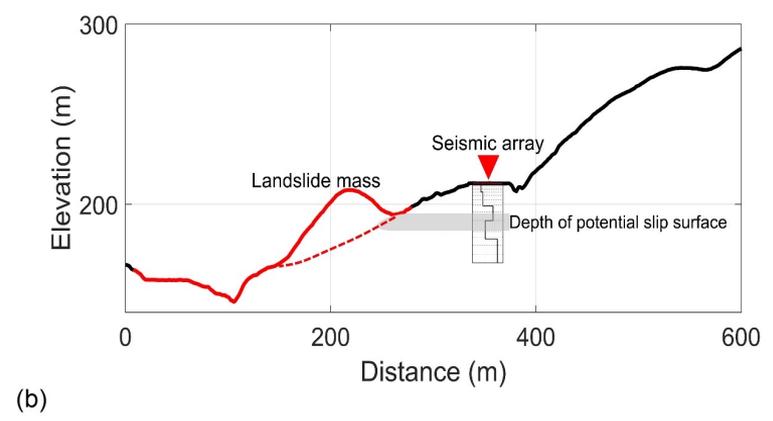
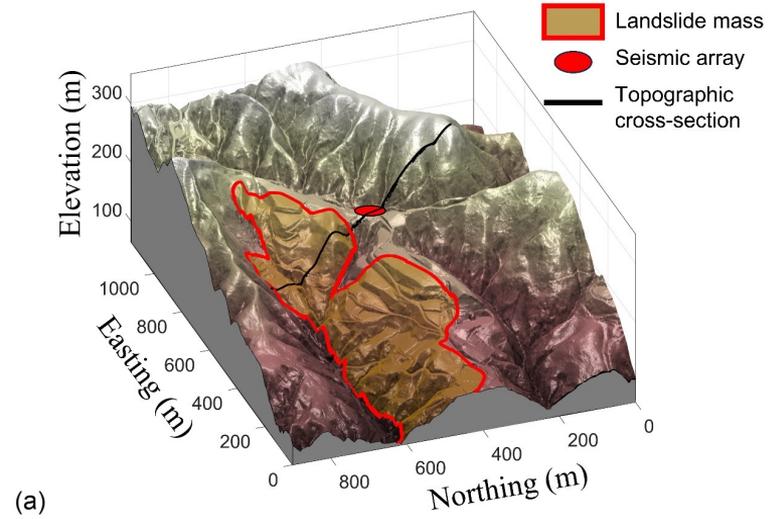
## SPAC法を用いた 地下構造モニタリング



ACROSSのデータの併合処理



D3 馮晨君  
IUGG@Berlin



# ありがとうございました

名古屋大学理学部・理学研究科

東京大学地震研究所

名古屋大学環境学研究科

執行部

事務部

国際室

地球環境科学専攻

都市環境学専攻

社会環境学専攻

持続的教養教育研究センター

名古屋大学減災連携研究センター

名古屋大学環境学研究科地震火山研究センター