

地殻変動データベースの構築と オープンデータに向けた今後

高知大学 自然科学系 理工学部門
大久保 慎人 (Makoto OKUBO)

&

北海道大学 理学研究院 地震火山研究観測センター
山口 照寛 (Teruhiro YAMAGUCHI)

オープンサイエンス時代の重力観測・データの流通と利活用 20 DEC, 2022

Contents

- 地殻変動記録
 - 歴史背景・ひずみ地震動
 - 一昔前のデータ公開に向けた試み
- 地殻変動データベース
 - 東濃地震科学研究所
 - 北海道大学（現在のデファクト）
- オープンデータの今後
 - 研究の裾野をどこまで？
 - オープンサイエンスに向けて

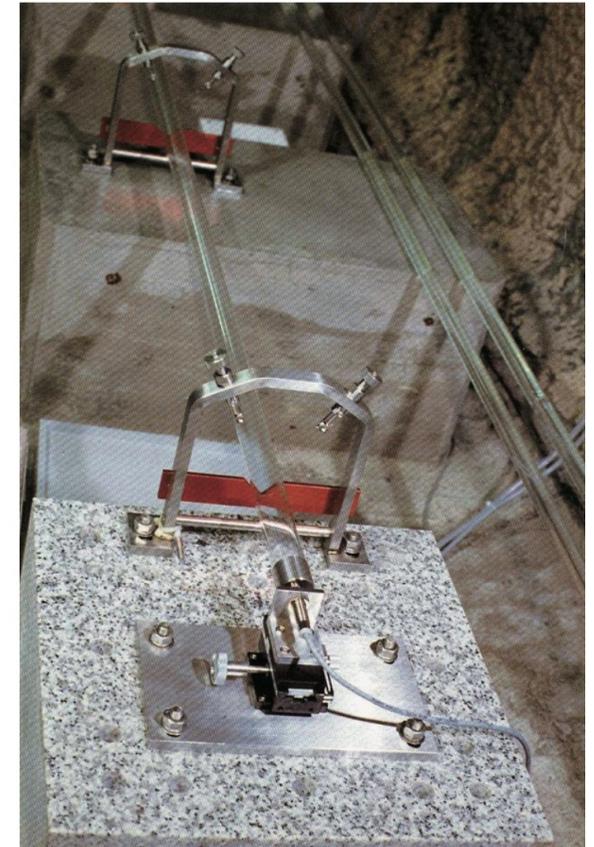
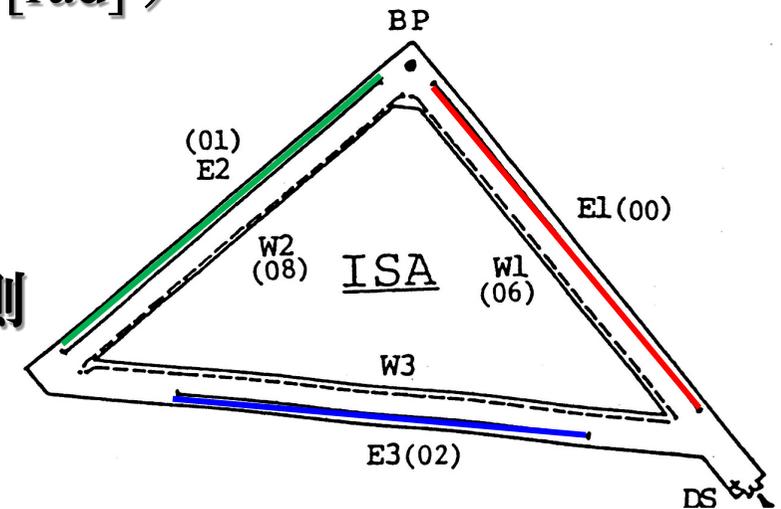


図 1. 伸縮ひずみ計 2

地殻変動連続観測記録 (1970～)

- 地殻歪観測，傾斜観測（潮汐解析/地震予知）
 - 伸縮計@横坑 ($\ll 10^{-8}$ [m/m])
 - 傾斜計（水管傾斜計）@横坑 ($\ll 10^{-8}$ [rad])
 - ボアホール体積歪計
 - 1分値程度のサンプリング
 - 長周期変動 (\gg 日周長) の検出
 - 気圧・降雨等の補正記録と同時観測
- 観測点により異なる機器設置構成



基線長を長くする (30m～) ことで検出精度を向上

紙記録／テキスト形式

京都大学伊佐観測点

ボアホール傾斜観測記録 (1990 ~)

- 振り子を用いた傾斜変動

＝ダンピングのごく弱い地震計

- 固有周期で揺れ続ける
- フィルタ回路により短周期変動を除去（長期変動のみ）

サンプリング間隔の短縮 (~ 1 s)

地震時応答や降雨応答の時刻精度が向上

大振幅の入力時：フィルタ回路が飽和する自由振動

- ⇒ 後処理の必要性
- ⇒ 記録のデジタル化

ひずみ地震動観測記録 (2003 ~)

- 地殻ひずみ観測 (ボアホール観測, 収録機器の発達)

- 水平面内に3成分以上, 鉛直成分なども

- *c.f.* 地震計: UD, NS, EW

- 1Hz-50Hz sampling (地震観測用ロガーを利用)

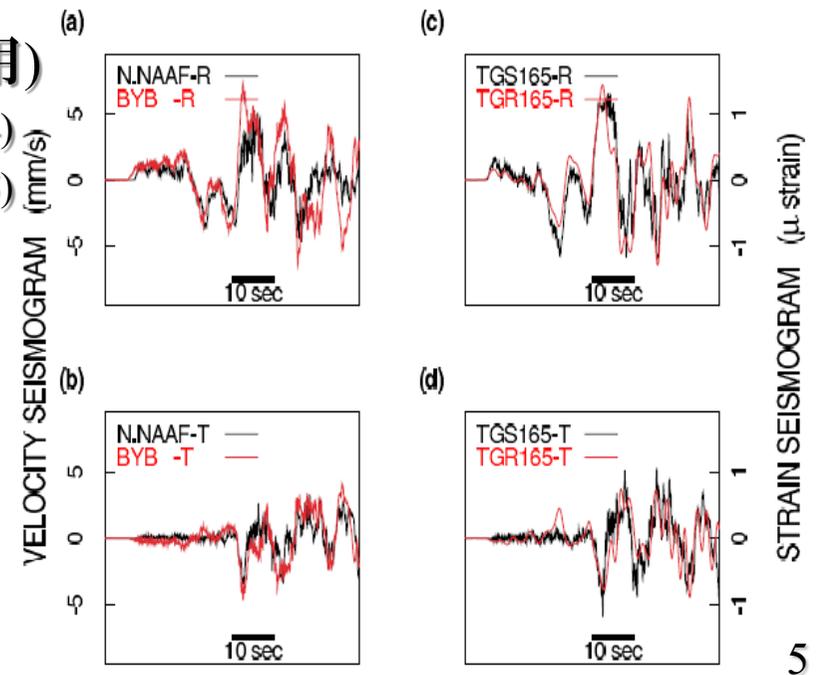
- 地震時変動が地震計記録と酷似 (Okubo *et al.*, 2004)

- 主ひずみ方位が震源方位と一致 (Okubo *et al.*, 2005)

- 振幅が観測方位に依存

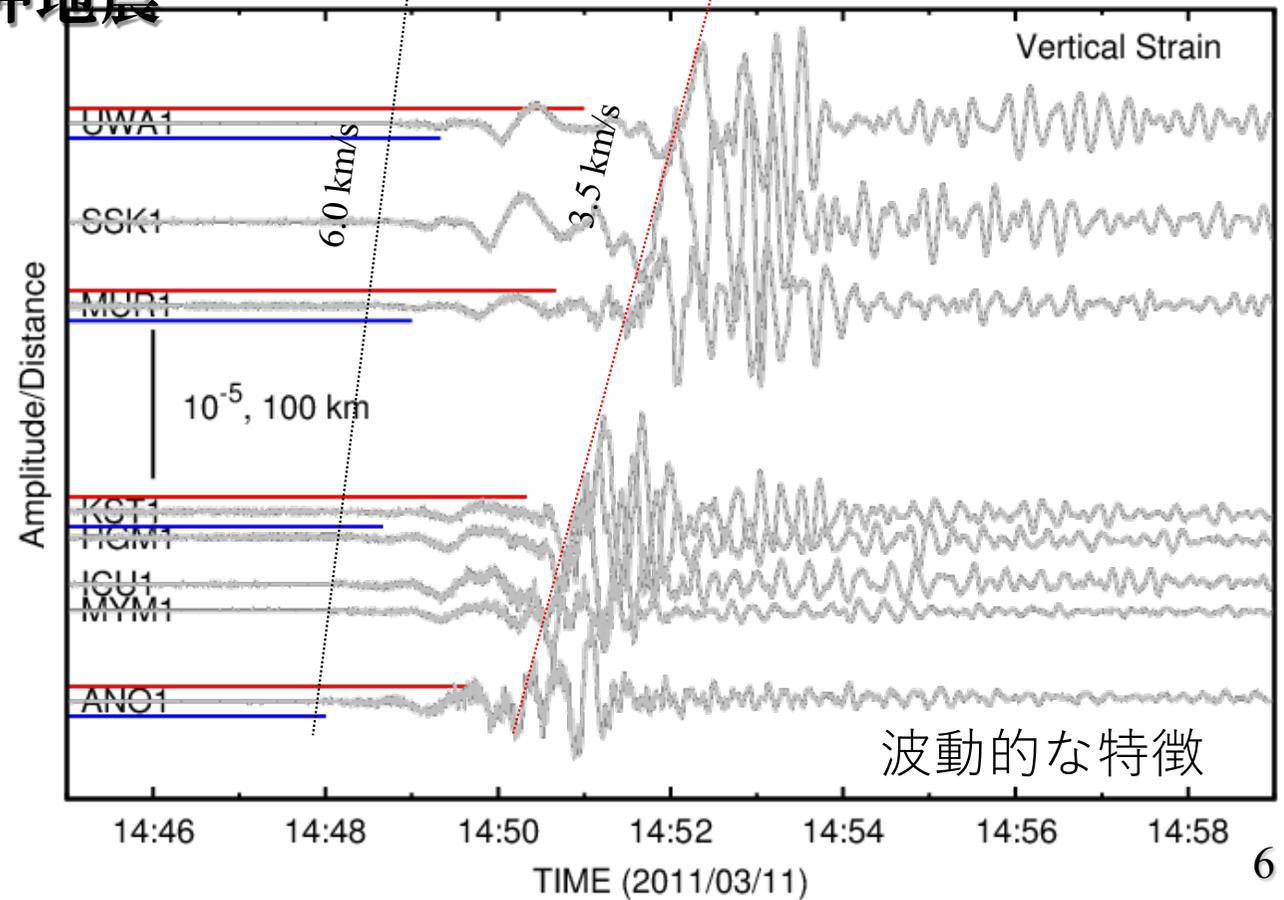
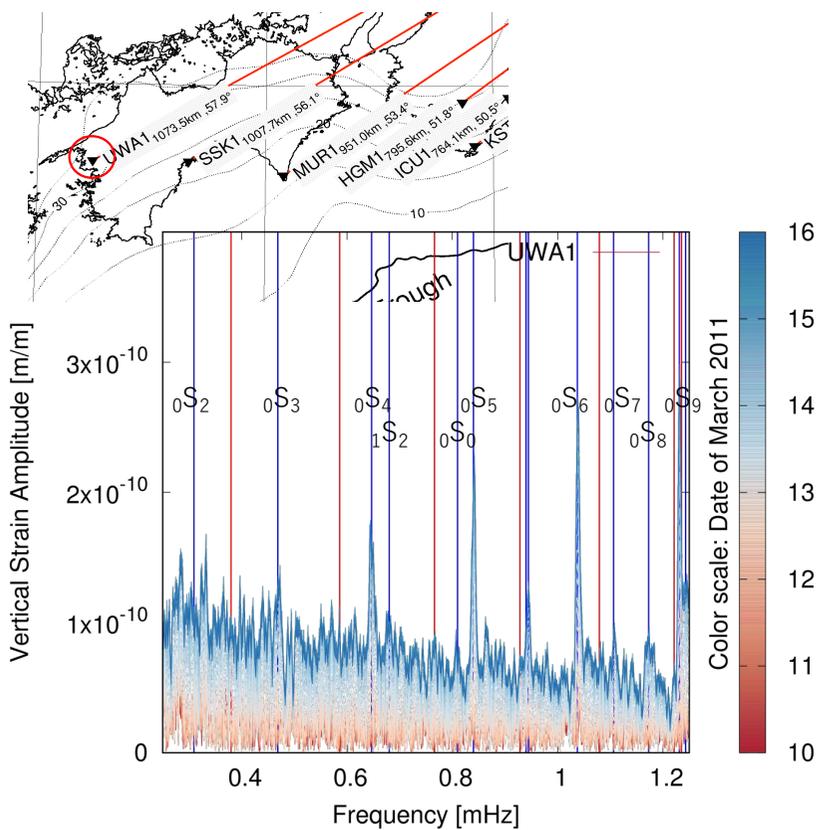
- 地震動と同様の時系列処理可

地震計記録と同様の収録形式: WIN (binary)



ひずみ (!=歪) 地震動観測記録

• 2011年東北地方太平洋沖地震



地殻変動 データベース開発の背景

- 2005年頃 地殻変動連続観測記録の整理が開始@東濃
 - ひずみ地震動 (~20 Hz) を対象，地震計記録と同様の収録、伝送
 - 収録形式がWIN(binary)となり，可視化に一手間が必要となる

お@東濃：地震計記録と同様に，日々の記録を見れるHPを作成してね >>開発担当U

作ってみました。 :開発担当U

お@東濃：使いにくいから、もうちょっとなんとかしてみて

>>開発担当U

地殻変動データベース(@東濃)

(Shimizu&Uemura, 2005)

- 基本表示機能

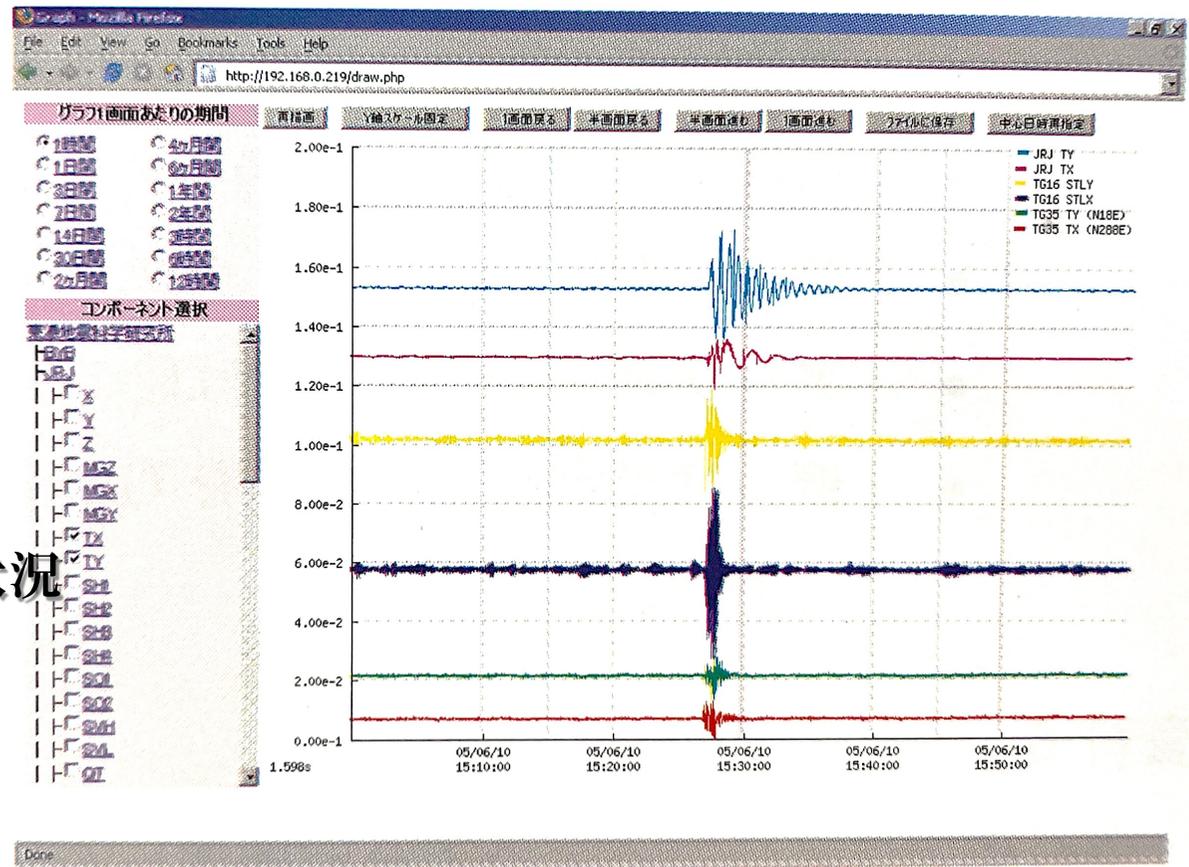
- 自動オフセット除去
- 他成分, 他観測点表示
- 多物理量同時表示
(自動振幅補正)

- 付帯情報表示

- 観測点, 観測機器, 観測状況

- ユーザ管理

- データ(入)出力



地殻変動 データベース開発の背景

- 2005年頃 地殻変動連続観測記録の整理が開始@東濃
 - ひずみ地震動 (~20 Hz) を対象，地震計記録と同様の収録、伝送
 - 収録形式がWIN(binary)となり，可視化に一手間が必要となる

お@東濃：地震計記録と同様に，日々の記録を見れるHPを作成してね >>開発担当U

作ってみました。：開発担当U

お@東濃：使いにくいから、もうちょっとなんとかかしてみて

>>開発担当U

その後，

か@北大：WINは使いにくい！、記録を簡単に見れるようにしろ

>>山口@北大

た@北大：データ公開もあるから他の機関でも使えるように

できました。：山口@北大

か@北大：こんなこともできるか？これもできたらいいが！

>>山口@北大

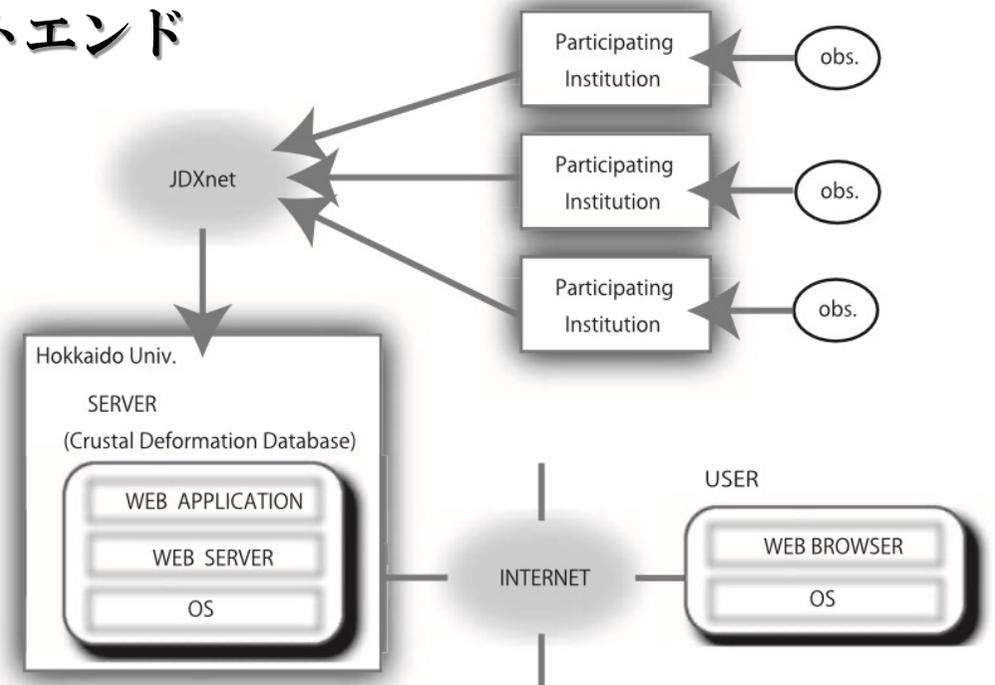
地殻変動連続観測網記録 (2010 ~)

- 多機関の地殻変動記録の統合

- データ流通+収録
- ネットワーク伝送データの表示フロントエンド

- 観測記録の利活用

- 自営観測網の状態把握
 - 停電によるデータ断
 - センサー障害
- オープンデータ化による利用者の拡大
 - 観測記録の一時処理
 - トレンド除去
 - 周波数解析, 潮汐解析
 - 主ひずみ解析



(Yamaguchi+, 2010)

地殻変動データベース(@北大)

(Yamaguchi *et al.*, 2010)

- 基本表示機能
 - 簡易な1次処理
 - フィルタ・潮汐解析
 - FFT解析
 - 主ひずみ解析
- ユーザ管理
- データ(入)出力
- 付帯情報表示
 - 観測点, 観測機器, 観測状況
- 地震情報との連動

Crustal Deformation Database

DATABASE

Time(required)

Today Yesterday ThisM Last1W Last1M =

2018/09/27 0 : 0 : 0 . 0 -

2018/10/01 0 : 0 : 0 . 0

Stations(required)

--st--

- Hokkaido
- Tohoku
- NAO
- ERI
- Nagoya
- TRIES
- Kyoto
- Kyushu
- Kagoshima
- JMA
- Onken

DL format: text

Filter: no filter

Analysis: no-analysis

Display Format: zero_shift

Sampling: auto

Action: Draw

Diff mode: normal

Detide: no-detide

Submit

Other Action

- EventList
- GNSS(β)
- Passwd
- Logout

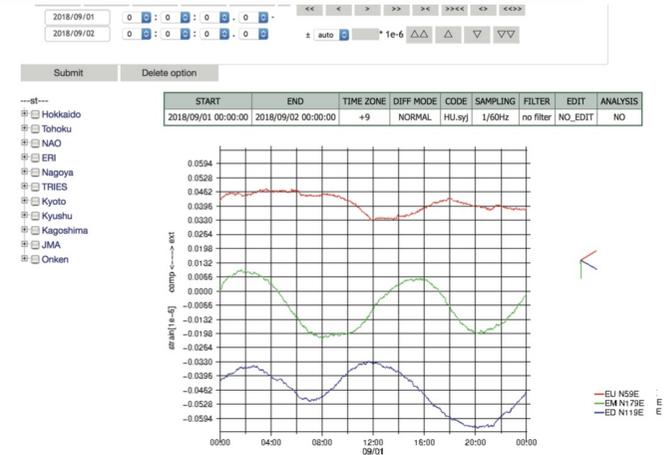


図 5. 厚岸観測点 (akk) の波形表示例

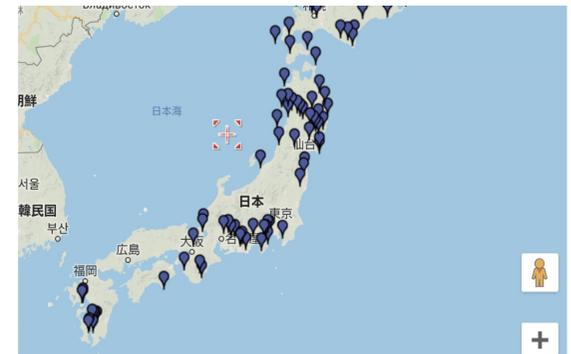


図 3. 本サーバが収録している観測点配置

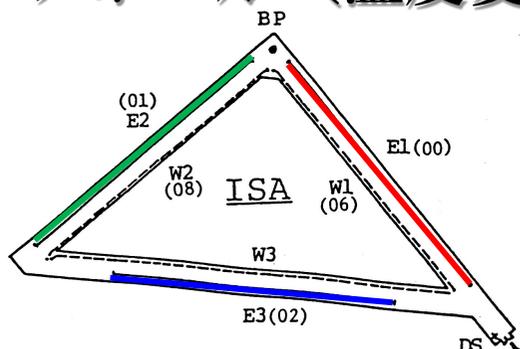
ひずみ観測の例とひずみ解析

30 m 程度の基準尺（温度膨張係数：小）の長さ変化を
横坑やボアホール（温度変化：少）内で計測

山口照寛・笠原 稔・高橋浩見・岡山宗夫・高田真秀・一柳昌義



図 1. 伸縮ひずみ計



$$e_{max,min}(\theta_{azm}) = \frac{1}{2} \cdot \left(\boxed{e_1} + \boxed{e_2} \pm \sqrt{2 \cdot \left(\boxed{e_1} - \boxed{e_3} \right)^2 + \left(\boxed{e_2} - \boxed{e_3} \right)^2} \right)$$

$$\theta_{azm} = \theta_{obs} - \frac{1}{2} \cdot \text{atan} 2(2 \cdot \boxed{e_3} - \boxed{e_1} + \boxed{e_2}, \boxed{e_1} - \boxed{e_2})$$

逐次主ひずみ解析を行うことで、

震源過程や噴火経過を推定可能

After Okubo+ (2011), Yamaguchi+ (2010)

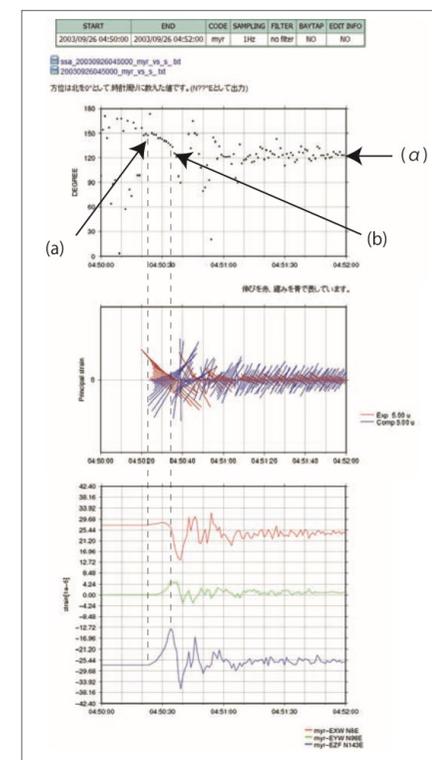


Fig. 6. Results of the principal strain direction analysis applied to the strain-seismograms of the 2003 Tokachi-oki earthquake recorded at MYR station are shown. Top; Azimuth variation of principal strain axis is measured clockwise positive from north. Middle; Amplitude variation of the maximum and minimum principal strain are shown. Red and blue lines show expansion and compression, respectively. Bottom; Original records of the strain-seismograms during two minutes.

データベースの開発にあたって

- 開発担当M, 北大山口は,
 - 地震学・測地学を専門としていなかった
 - ソフトウェア・ハードウェアには堪能
 - 図化ノウハウ, 解析手法, リテラシーの不足
 - お@東濃, か@北大の要望は漠然としたもの (だったはず)
 - 機能実装はある程度可能,
 - 要求理解・達成は極めて困難
- 時には要求の自己解釈・学習も必要だった?
 - 要求を満たせなければ, 再度実装を検討; Trial & Error

オープンデータ化を進めるにあたって

- 新規参入者に
 - 自己学習; Trial & Error をさせない, 最小限に
 - 充実したリテラシー情報の提供
(メタデータ付与のみでは不十分)
 - 失敗/禁忌事項の共有
 - ※ 成功例は論文等で容易に拡散
- 定期的な更新・リニューアル
 - (メタデータ, リテラシー情報)
 - 新規参入者の意見を取り込み, 他データとの連携

<https://crust-db.sci.hokudai.ac.jp/db/login.php>

Crustal Deformation Database

Welcome to Crustal Deformation Database!

ID	<input type="text"/>
Password	<input type="password"/>

Login

[サイトポリシー](#)

[ユーザ登録マニュアル](#)

[新規ユーザ登録](#)

[歪み、傾斜データ臨時公開について\(霧島\)](#)

[地殻変動連続観測等データの流通及び利用に関するガイドライン](#)

[地殻変動連続観測等データの流通及び利用に関する協定書](#)

email: crust-db@sci.hokudai.ac.jp

参考文献など

- Okubo, *et.al.*, The seismological and geodetical roles of strain seismogram suggested from the 2004 off the Kii peninsula earthquakes, *Earth, Planets and Space*, 57, 303-308, 2005
- 大久保・他, ひずみ記録による噴火・火道生成メカニズムの推定, 日本火山学会秋季大会, A3-02, 2011
- 大久保・ほか, ボアホール歪計アレイが観測した2003年十勝沖地震波形-広帯域地震計による観測との比較-, *地震*2, 57, 105-113, 2004
- 清水・植村, 東濃地震科学研究所の地殻活動観測網データベースシステムの整備, *東濃地震科学研究所報告* 16, 2005
- 山口・ほか, 2010, 地殻変動データベースシステムの開発, *測地学会誌*, 56, 47-57, 2010
- 山口・ほか, 2018, 地殻変動データサーバ開発状況 2018, *測地学講演会*, 2018
- 地殻変動データベース収録記録, 産総研, 東大地震研のひずみ観測記録を利用しています。