

## 第2章 震源・地震動・地殻変動

および、1.2節 震源域周辺の活構造と深部地下構造

吉見雅行

(産業技術総合研究所 活断層・火山研究部門)

2章執筆者：

2.1-2 吉見雅行、2.3 藤原智・小林知勝（国土地理院）2.4-5 後藤浩之（京大防災研）

1

### 目次 (当発表資料を引用する場合は報告書内の表記に従ってください)

#### 第2章 震源・地震動・地殻変動

- 2.1 地震の概要 <吉見雅行（産総研）>
- 2.2 地震のメカニズム <吉見雅行（産総研）>
- 2.3 地殻変動 <藤原智・小林知勝（国土地理院）>
  - 2.3.1 だいち2号が捉えた北海道胆振東部地震の地殻変動
  - 2.3.2 干渉SARで捉えられた地殻変動
- 2.4 地震動の特徴 <後藤浩之（京大防災研）>
  - 2.4.1 最大加速度・最大速度
  - 2.4.2 距離減衰特性
  - 2.4.3 周期特性とSI値
- 2.5 震源近傍の地震動 <後藤浩之（京大防災研）>
  - 2.5.1 震源近傍の本震記録
  - 2.5.2 震源近傍の余震記録と地盤構造の影響
  - 2.5.3 追分の地震記録
  - 2.5.4 札幌市南部の地震記録

2

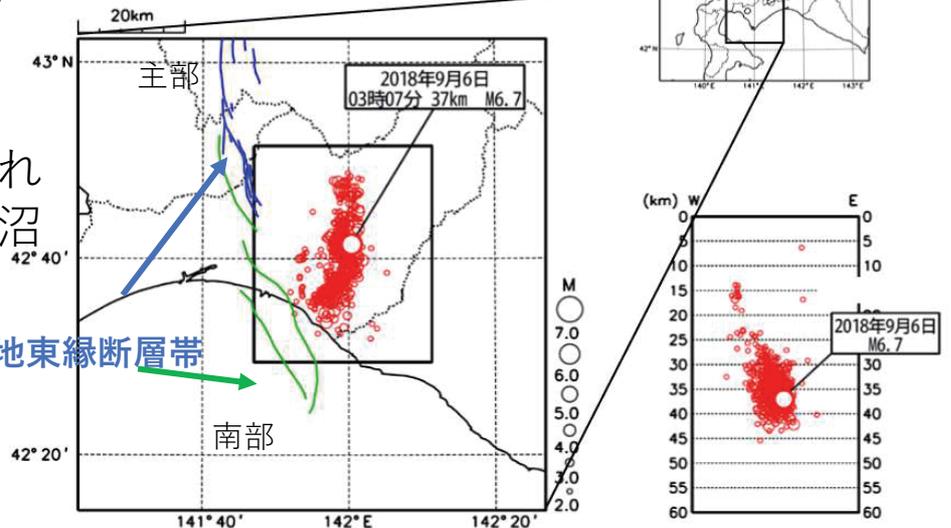
# 震源の概要 (2.1節)

※気象庁作成資料を編集

- 2018年9月6日 午前3時8分
- マグニチュード6.7
- 深さ約37km

• 震源直上で強い揺れ  
震度7：厚真町鹿沼

石狩低地東縁断層帯



余震分布→震源域

○：余震の震源

断面図

深さ 25-45 km に集中

# 周辺の活構造と震源の関係 (1.2節)

- 胆振東部地震と関連する可能性のある活構造が**二種類存在**

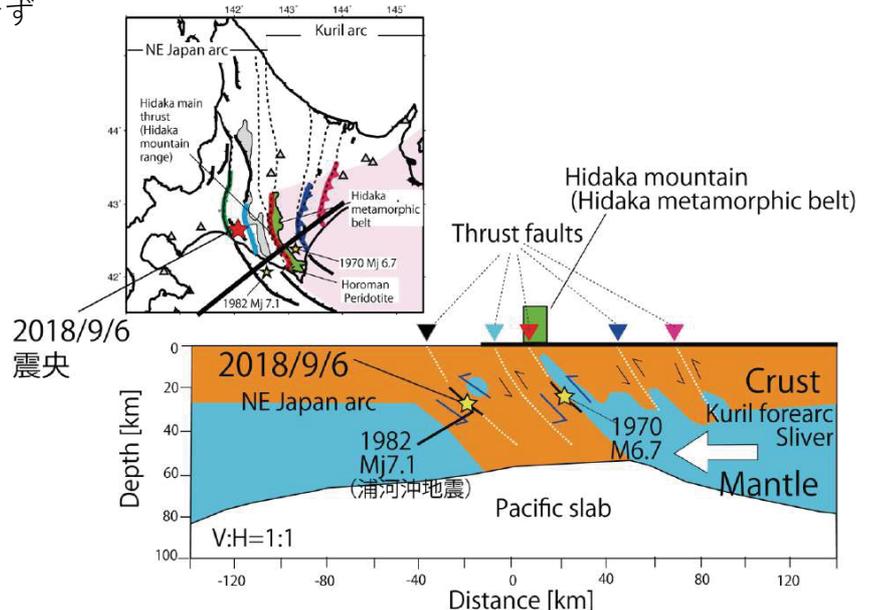
## 1. 活断層 (衝上断層系)

石狩低地東縁断層帯の深部→低角  
# 胆振東部地震とは整合せず



図 石狩低地東縁断層帯の位置  
●：断層帯の北端と南端  
基図は国土地理院発行数値地図 200000 「福明」 [旭川] [札幌] 「夕張岳」 「苫小牧」 「浦河」 を使用

## 2. 日高衝突帯に特有の厚い地殻内にある弱面

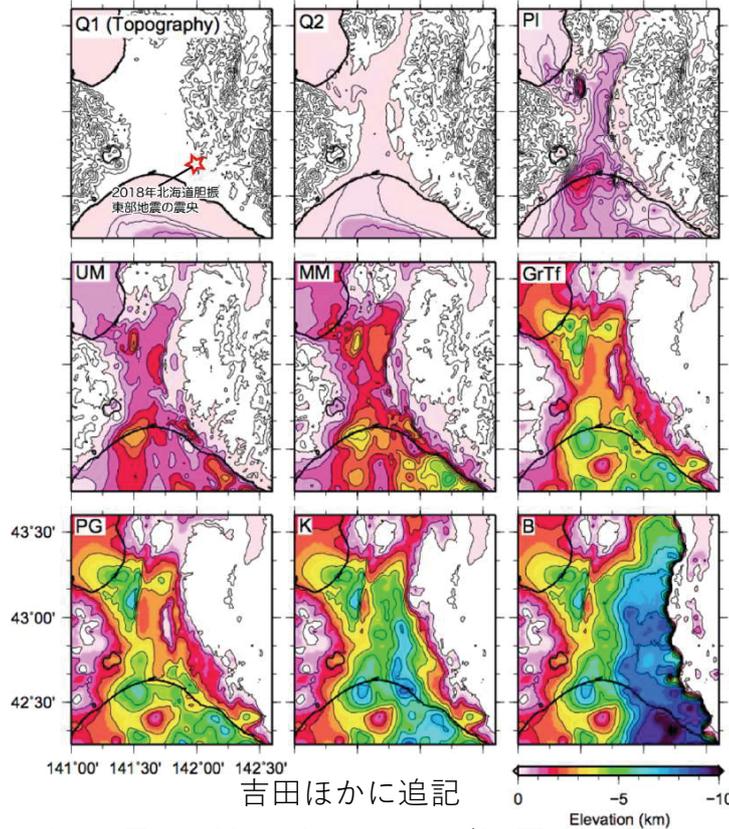


北佐枝子 (2018) の図に加筆

1982浦河沖地震 (M7.1、深さ40km) のようなやや深い内陸地震の震源域

# 震源域周辺の深部地下構造 (1.2節)

震源域の直上は構造境界部 (西：堆積層、東：岩盤)



石狩・勇払低地の地下構造 (地層の上面深度分布)

2018年北海道胆振東部地震の震央は速度構造の急変帯付近に位置。

2003年十勝沖地震の地震動増幅の差をもたらした地層 (Q2) を基準にすると、西側が東側よりも1 km程度深い。

表：産総研速度構造モデルの各地層の物性値

記号	地層	Vs (m/s)
Q1	完新統～中部更新統	400
Q2	下部更新統	722
P1	鮮新統	1196
UM	上部中新統	1725
MM	中部中新統	2350
GrTf	下部中新統	3131
PG	古第三系	2000
K	白亜系および衝上断層帯	2700
B	基盤岩	3400

# 震度分布の特徴 (2.1節)

- ・ 道央に強い揺れ
- ・ 特に、石狩低地で揺れが強い



震度データベース

# 地震のメカニズム (2.2節)

平成30年北海道胆振東部地震 (DD法による震源分布) (1/2)



## 北海道胆振東部地震

・ 東北東—西南西に圧力軸を持つ逆断層型の地震

・ ただし、初期破壊は横ずれ  
→ 複数の断層面が破壊

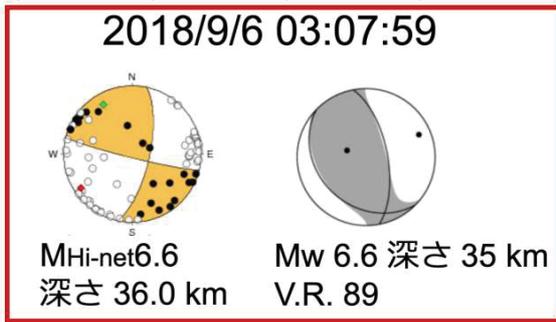


図2.2-1 Hi-net初動解とF-net MT解

・ 2018年9月6日3時7分頃に胆振地方中東部でM<sub>max</sub>6.7の地震(最大震度7)が発生  
・ 防災科研Hi-net初動解のうち横ずれ断層型の走向(12.2°)と地震活動からみた走向(10°)は概ね一致  
・ 複数の地震活動領域に分かれているように見えるが、全体的にP軸とT軸はそれぞれ東西と南北方向

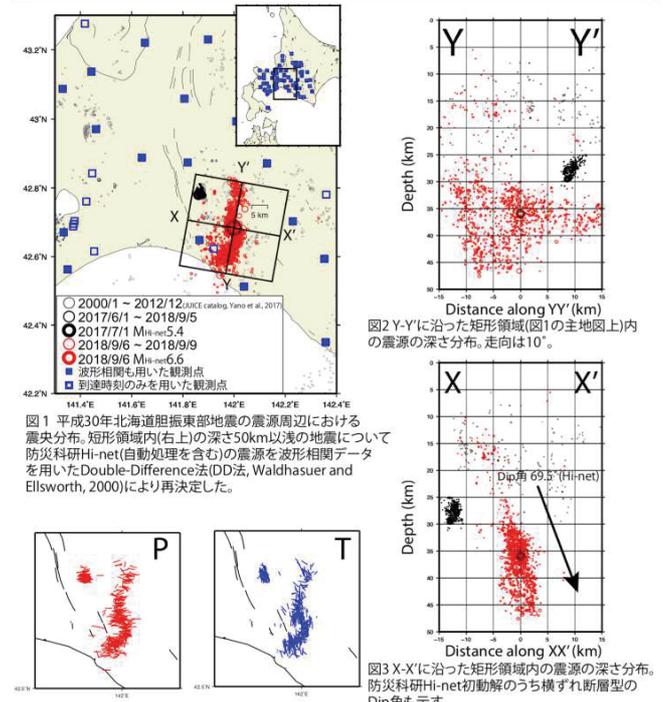


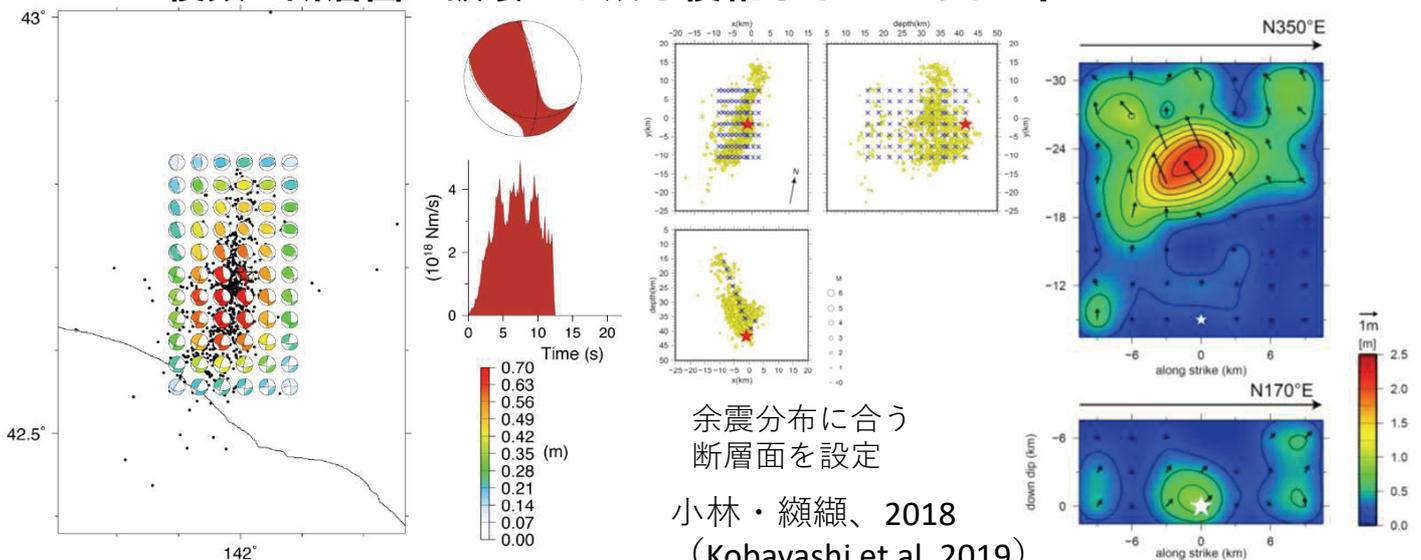
図1 平成30年北海道胆振東部地震の震源周辺における震央分布。矩形領域内(右上)の深さ50km以浅の地震について防災科研Hi-net(自動処理を含む)の震源を波形相関データを用いたDouble-Difference法(DD法, Waldhaser and Ellsworth, 2000)により再決定した。  
図4 防災科研Hi-net初動解によるP(左)とT(右)軸の分布。手動検測によるM>1.5のPとT軸を、それぞれ再決定した震源位置に示す。

謝辞: 本解析には、気象庁、北海道大学のデータも使用させて頂きました。 防災科学技術研究所

震源分布と主圧縮軸 (P軸), 主張力軸 (T軸) 分布

# 断層すべりの時空間分布 (2.2節)

2018年北海道胆振東部地震の震源メカニズムは、全体的には東北東—西南西に圧力軸を持つ逆断層型であるものの、複数の断層面の破壊から成る複雑なものであった。



八木・奥脇、2018

余震分布に合う断層面を設定  
小林・纈纈、2018 (Kobayashi et al. 2019)

遠地地震波形記録の逆解析に基づく震源メカニズム分布<sup>3)</sup>。破壊は南に向けて伝播。

強震記録と測地データの統合逆解析による断層面の設定 (左) と断層すべり分布 (右)。上の断層面 (主断層面) は傾斜70度, 下の副断層面は傾斜60度

# だいち2号が捉えた北海道胆振東部地震の地殻変動 (2.3節)

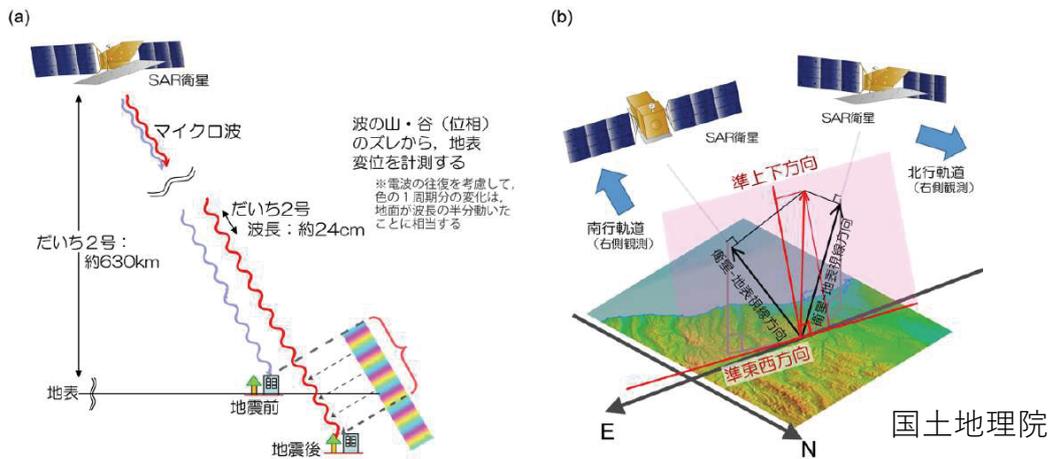
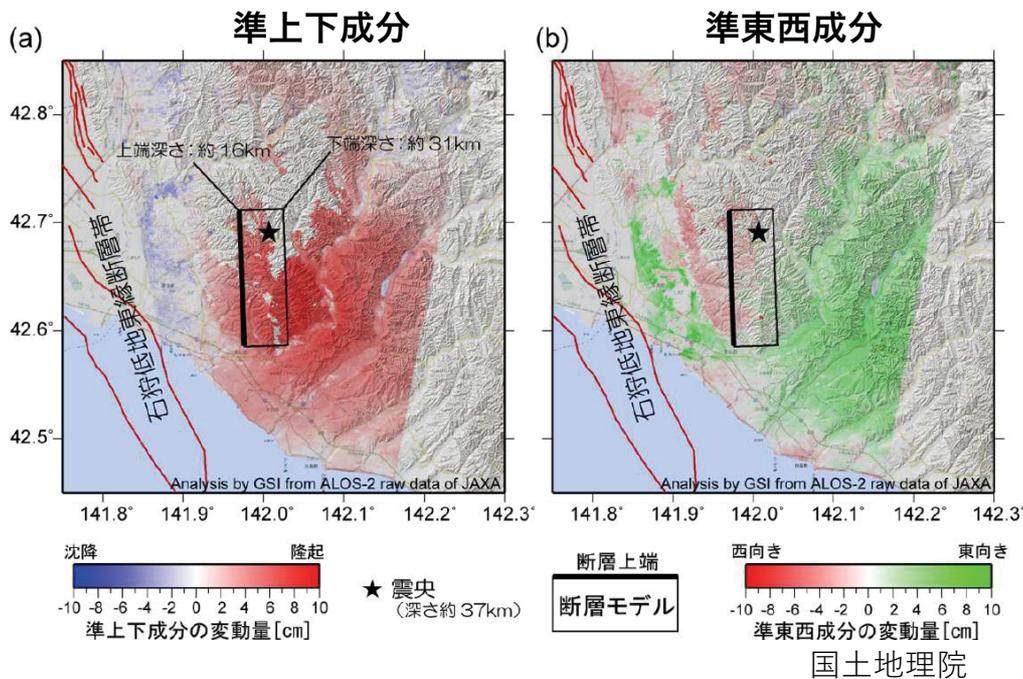


図2.3-1 (a)干渉SARの原理及び(b)変位成分の変換の原理

SAR衛星は南もしくは北に進みながら観測。方向の異なる観測による干渉SAR画像2枚を用いて、ほぼ上下およびほぼ東西方向の変位成分に変換可能 (図2.3-1(b)) .

## 広域の地殻変動 (2.3節)



震源域は概ね隆起

隆起域の東側で  
最大4cm程度の  
東向きの変動

### 地殻変動を説明する震源モデル

長さ約10km、74度東傾斜、南北走向  
すべり角113° (逆断層卓越)、滑り量約1.3m (Mw 6.56相当)  
断層上端深さ：約16km、断層下端：深さ約31km

# 局所的な地殻変動 (2.3節)

本震・余震の断層面と直結はしていないものの、地形境界部（活断層の南東延長部）に変位が見いだされた。

→本震に誘発され受動的に断層変位を起こしたものと推察。

cf：2016年熊本地震におけるおつきあい断層

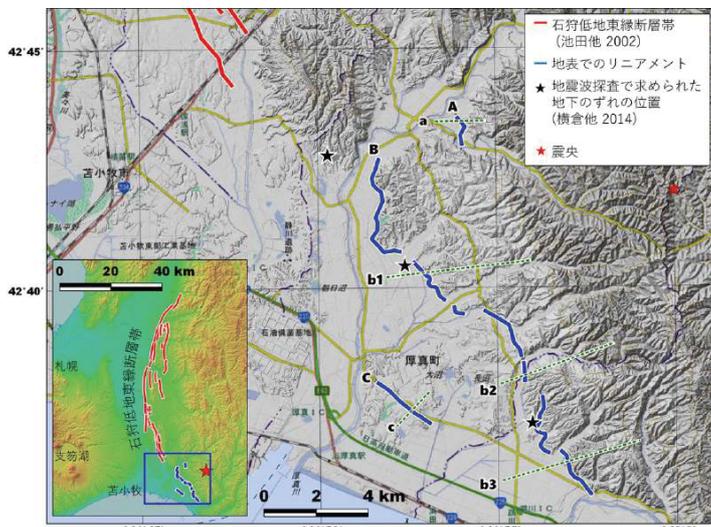


図2.3-3 干渉SAR解析から得られた震源付近に現れた線状の変位 (Fujiwara et al. 2019 EPS)

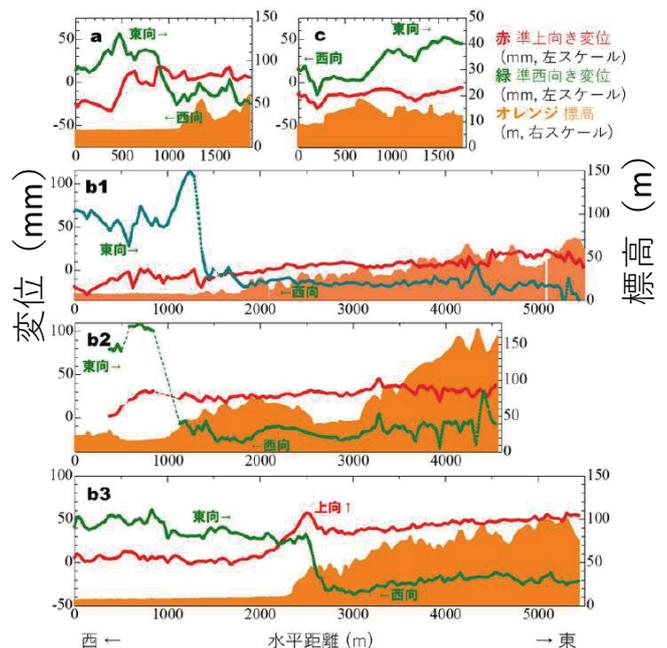
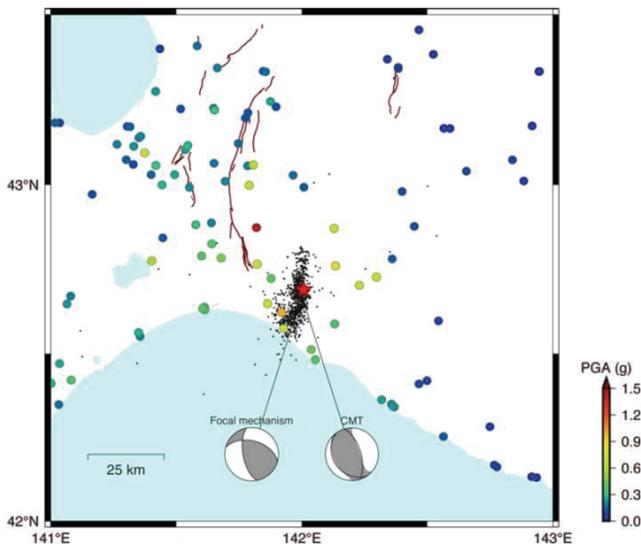


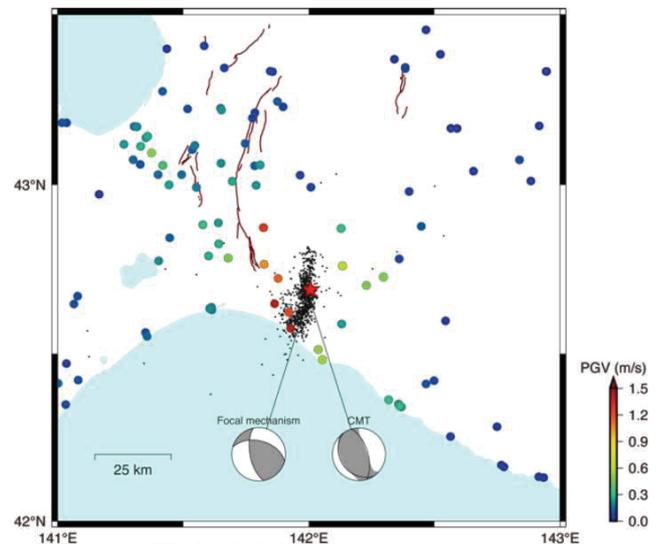
図2.3-3に示された測線ごとの準上下成分、準東西成分の地殻変動及び地形の断面図

# 地震動の特徴 (2.4節)

最大加速度、最大速度 (水平面内)



最大水平加速度分布

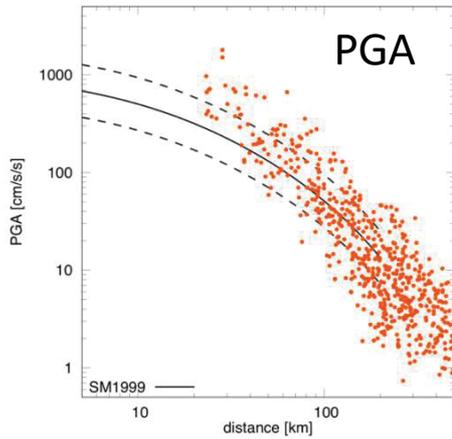


最大水平速度分布

観測点	PGA (cm/s <sup>2</sup> )
KiK-net IBUH01 (追分)	1427
K-NET HKD127 (追分)	1317
厚真町鹿沼	964
K-NET HKD125 (穂別)	772
KiK-net IBUH02 (穂別)	707

観測点	PGV (cm/s)
K-NET HKD126 (鶴川)	144
KiK-net IBUH01 (追分)	128
厚真町鹿沼	122
厚真町京町	115
K-NET HKD128 (早来)	104

# 距離減衰特性



断層距離30km以内の  
最大速度値が大きい傾向

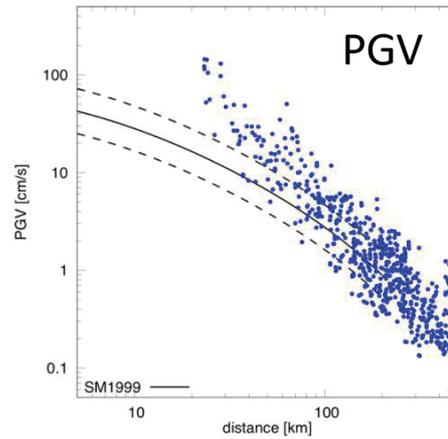


図2-4-2 最大加速度（左），最大速度（右）と司・翠川式<sup>2)</sup>の比較

地盤増幅効果を加味すると距離減衰式との差は少なくなる傾向にはあるが、それでもやや最大速度が大きい

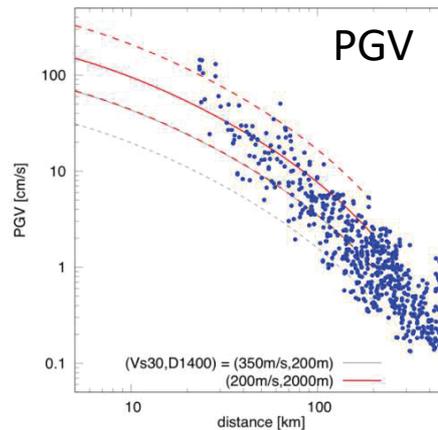


図2-4-4 Morikawa and Fujiwara式<sup>3)</sup>と最大速度の比較（深部構造も簡易的に考慮）

13

# 周期特性とSI値

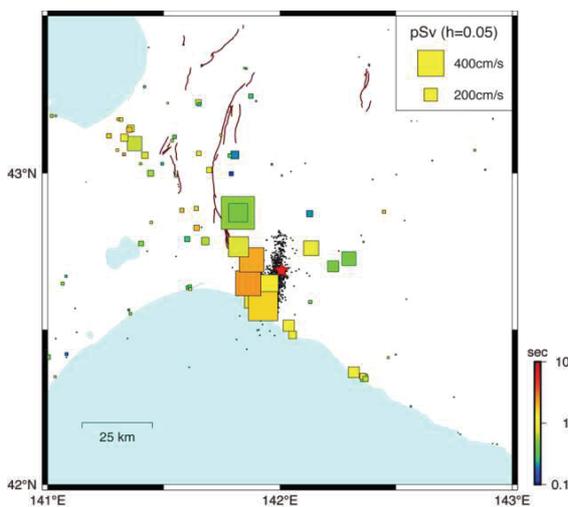


図2-4-5 擬似速度応答スペクトルのピーク値（□の大きさ）とピーク周期（色）

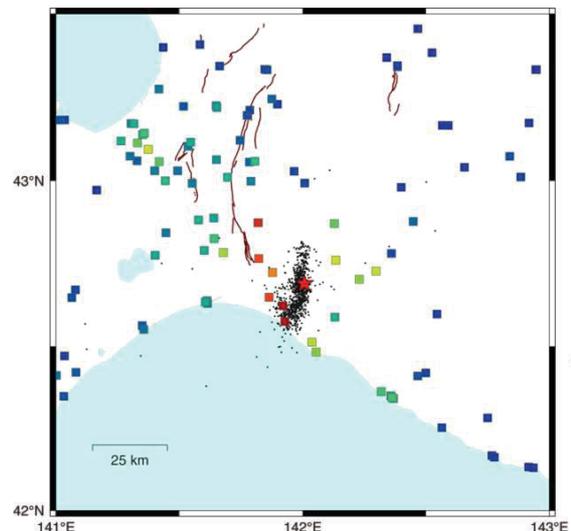


図2-4-6 SI値の分布

系統的に震源断層の北側で緑色（約0.5秒）  
震源付近から南側にかけて黄色～橙色（1～2秒）

震源断層の近くでSI値90 cm/s超

14



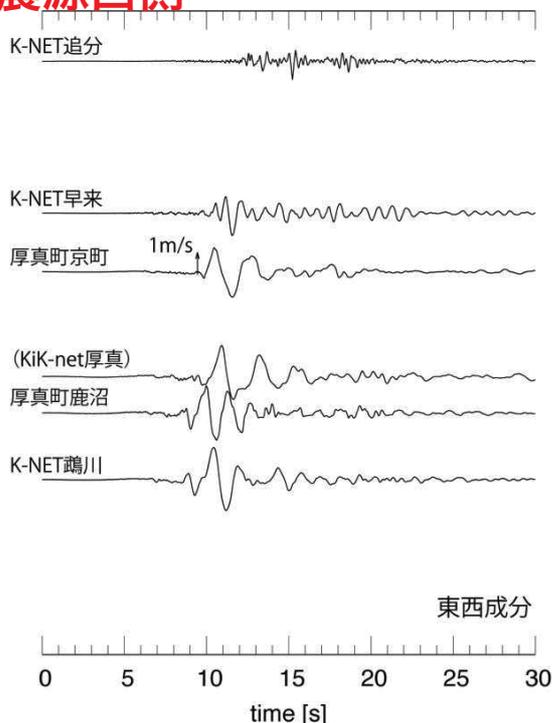
# 観測波形の比較（震源近傍域）

速度波形、東西成分

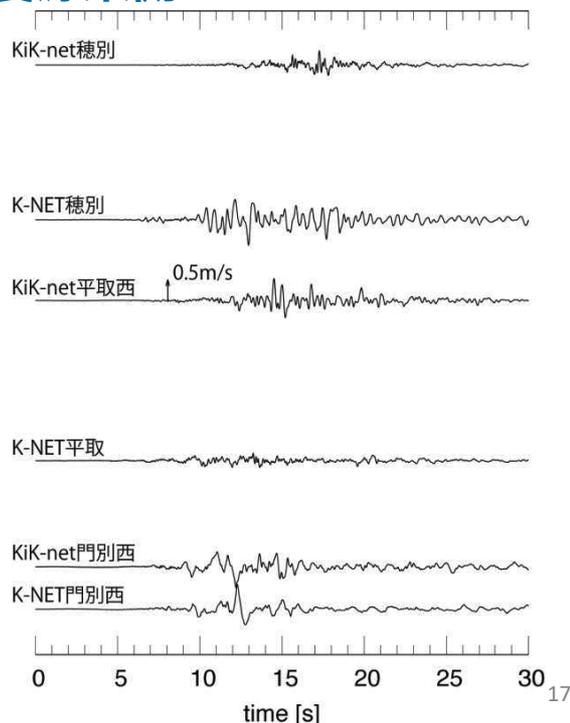
東西の比較：震源の西側の波形のほうが東側よりも振幅が大きい。

南北の比較：震源の南側では短周期成分が少ない傾向

## 震源西側



## 震源東側



# 震源近傍域の加速度応答スペクトル

K-NET鷗川はJR鷹取レベル、K-NET早来はJMA神戸相当

震源東側では周期0.5秒までの加速度応答が大きく、周期1秒での応答は大きくない。

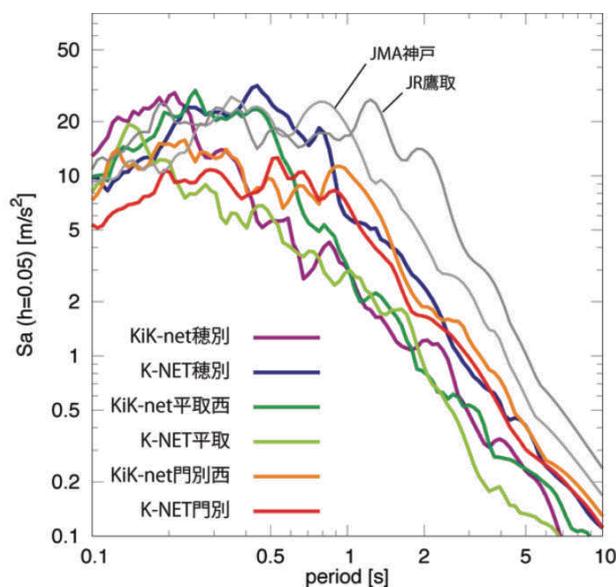
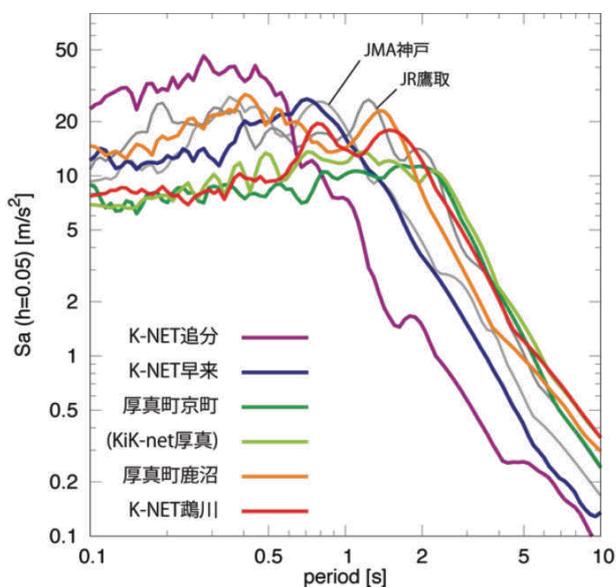


図2-5-4 加速度応答スペクトル（h=5%）の比較（左：震源西側測線，右：東側測線）

# 震源近傍の余震記録と地盤構造の影響 (2.5.2)

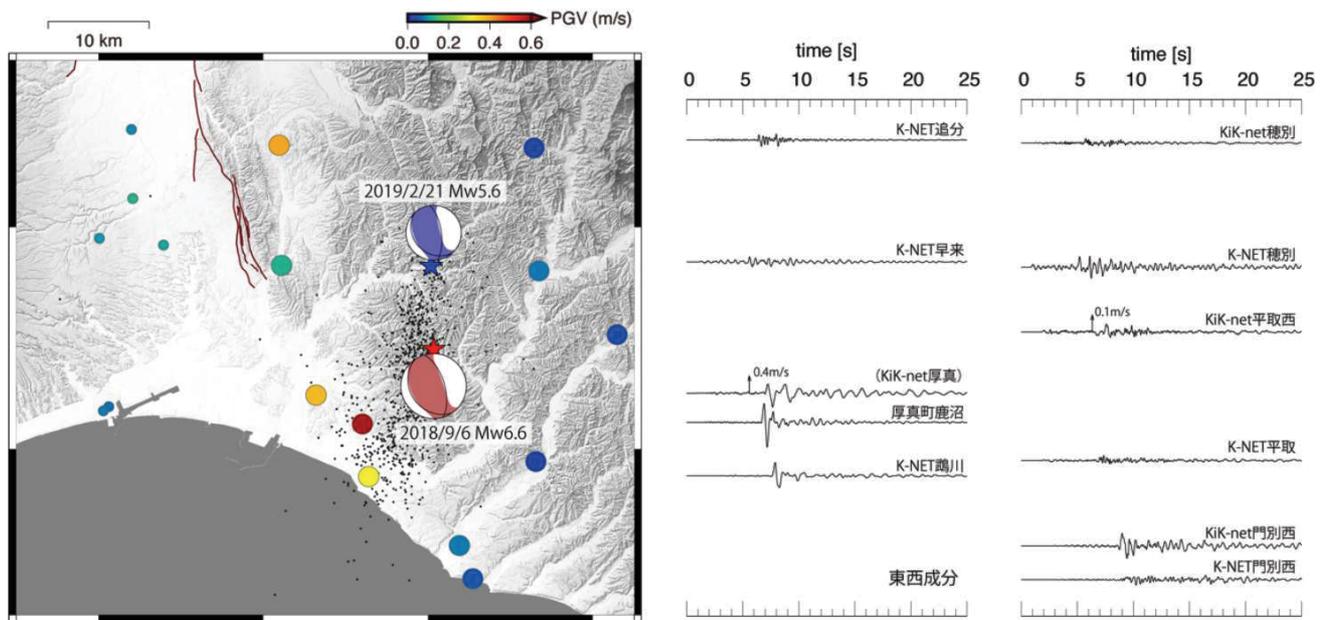


図2-5-7 2019/2/21の余震による最大水平速度分布と各地の速度波形（東西成分）

## 震源近傍の余震記録と本震の比較

K-NET追分：周期0.5秒ほどに見られる小さなピークは両者で似ている

KiK-net厚真，厚真町鹿沼、K-NET鷓川  
周期2秒のピークは余震では見られない。  
周期0.5-1.0秒の特徴は両者で似ている。

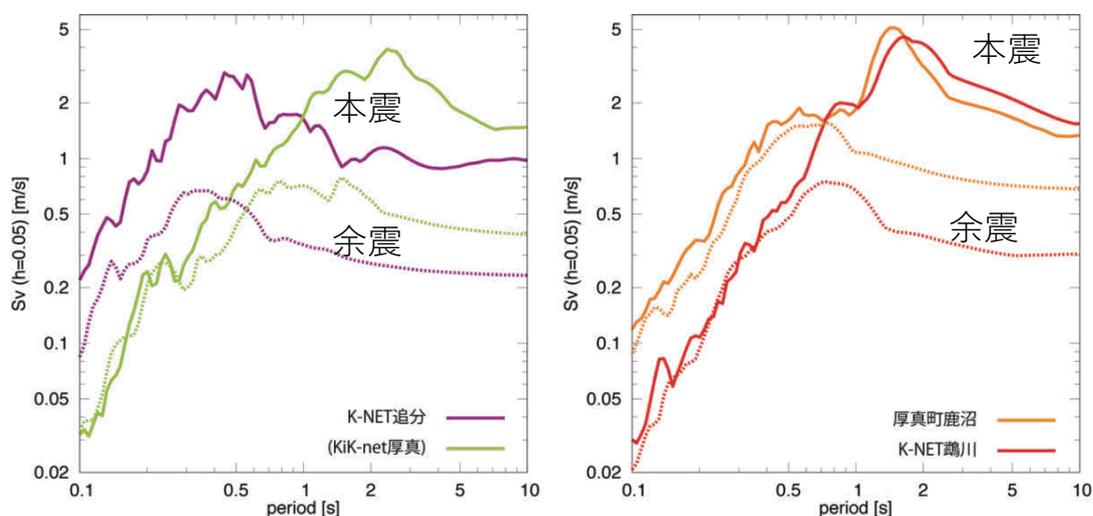
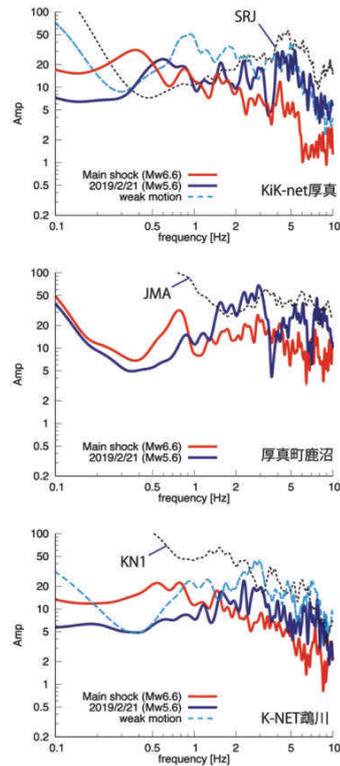
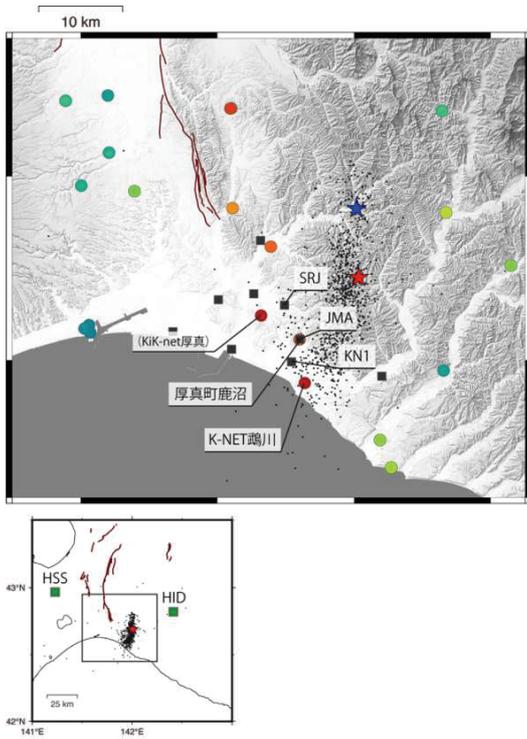


図2-5-8 本震と余震（2019/2/21）の速度応答スペクトル（ $h=5\%$ ）の比較（実線：本震，破線：余震）

# 岩盤点からの水平動増幅スペクトル (H/H)



本震、最大余震、弱震のH/Hスペクトル (HSSとHIDの平均スペクトルで除算)

1.5~2Hzより高周波数側：最大余震、弱震のH/H比の形状は似ている  
本震は減衰が大きい傾向

本震に限って0.5Hz以下の帯域にH/Hのピークあり。

注意：横軸は周波数

図2-5-9 余震観測点の位置 (黒四角) と水平動スペクトル比の比較

## 追分の地震記録 (2.5.3)

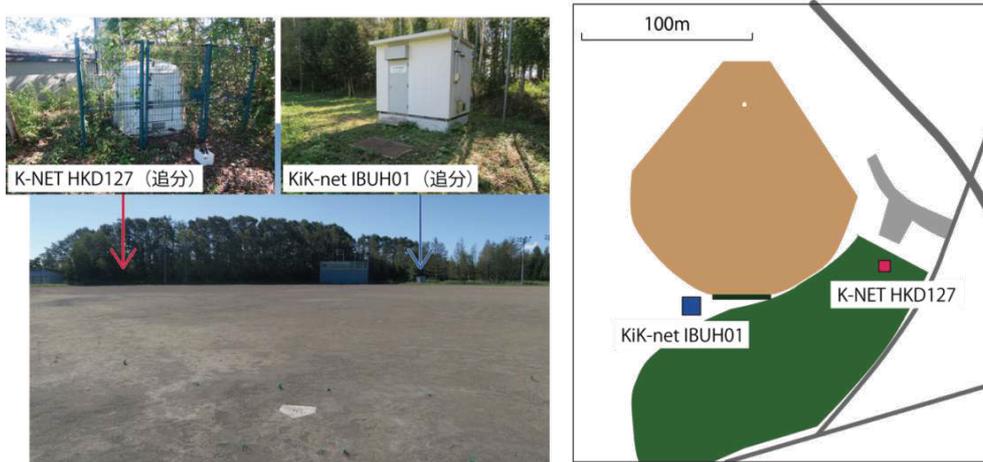
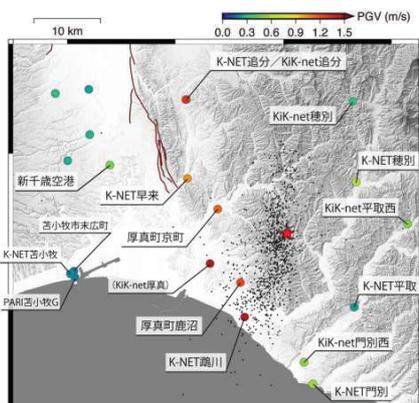


図2-5-10 K-NET追分とKiK-net追分の位置関係



K-NET追分とKiK-net追分は安平町柏が丘球場に設置。直線距離で100 m程度。  
K-NET追分はやや崖の近くにある。

# K-NET追分とKiK-net追分の加速度波形

上下動に上下非対称な加速度波形 (AsVA) が見られる。  
AsVA出現時に高周波の水平動が伴っている。

観測施設のいずれかの部分で動的相互作用により生じた可能性が高い

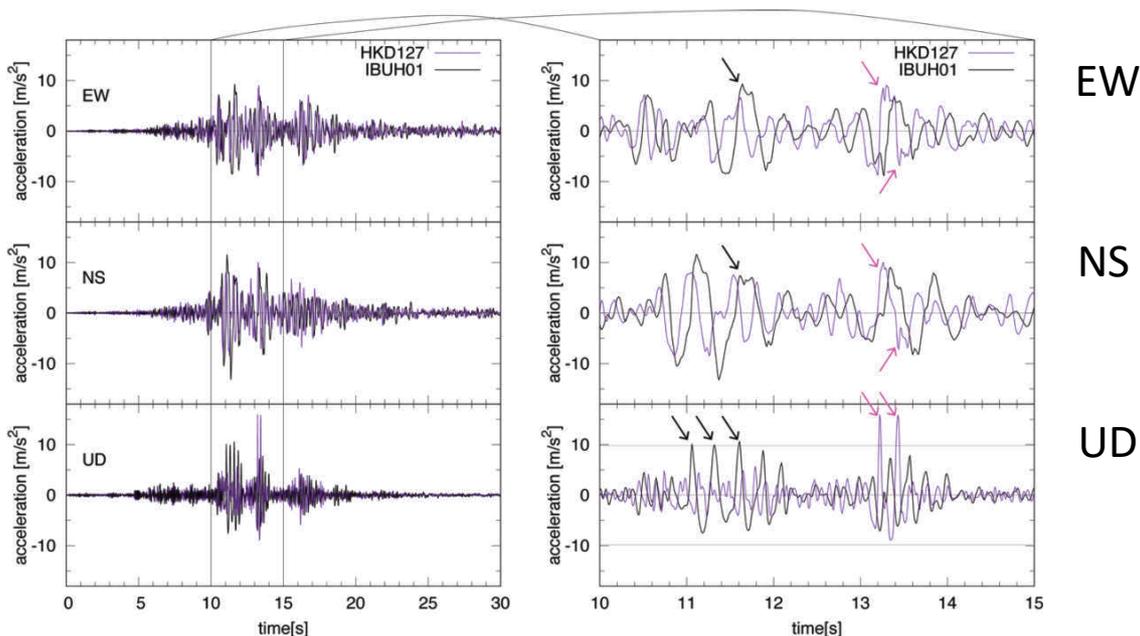
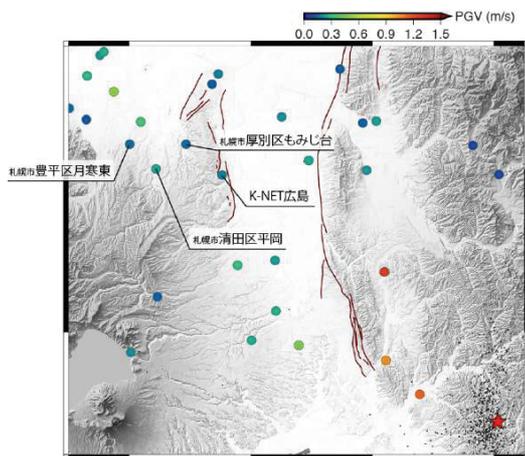


図2-5-11 K-NET追分とKiK-net追分の加速度波形の比較

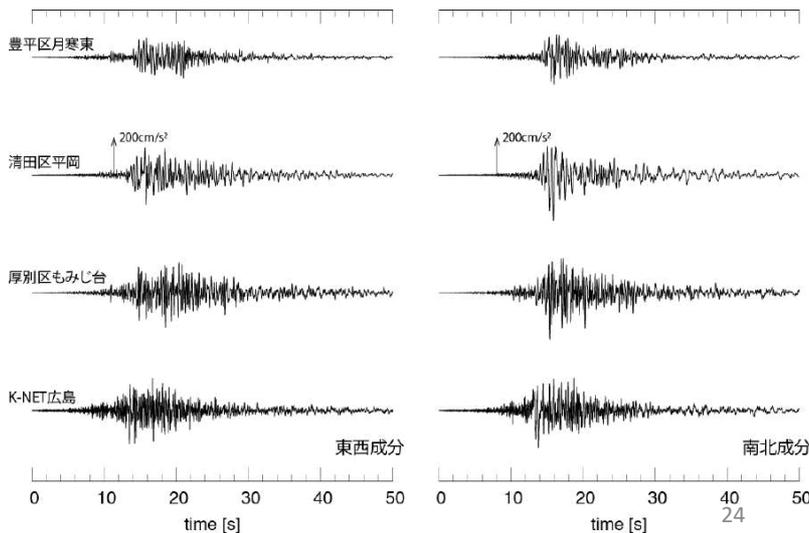
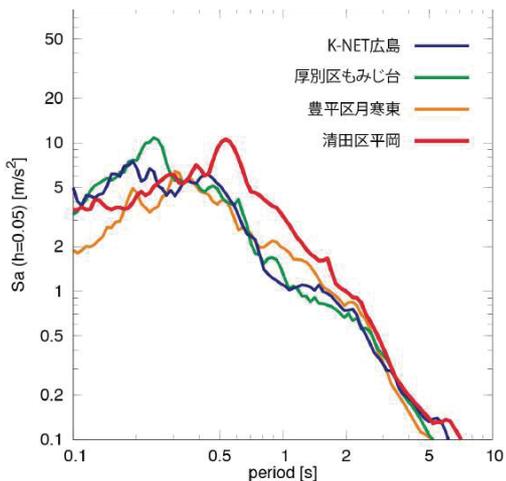
## 札幌市南部の地震記録 (2.5.4)



札幌市清田区周辺の地震動を提示

最大加速度は各成分およそ100-200  $\text{cm/s}^2$ 。  
清田区平岡の記録は南北成分がやや大きく、  
S波の初動部分の振幅がやや大きい。

清田区平岡の0.5秒付近の応答は大きいですが、  
震源域の地震動と比較すると明らかに小さい



# 目次（再掲）

## 第2章 震源・地震動・地殻変動

- 2.1 地震の概要 <吉見雅行（産総研）>
- 2.2 地震のメカニズム <吉見雅行（産総研）>
- 2.3 地殻変動 <藤原智・小林知勝（国土地理院）>
  - 2.3.1 だいち2号が捉えた北海道胆振東部地震の地殻変動
  - 2.3.2 干渉SARで捉えられた地殻変動
- 2.4 地震動の特徴 <後藤浩之（京大防災研）>
  - 2.4.1 最大加速度・最大速度
  - 2.4.2 距離減衰特性
  - 2.4.3 周期特性とSI値
- 2.5 震源近傍の地震動 <後藤浩之（京大防災研）>
  - 2.5.1 震源近傍の本震記録
  - 2.5.2 震源近傍の余震記録と地盤構造の影響
  - 2.5.3 追分の地震記録
  - 2.5.4 札幌市南部の地震記録