

## 断層帯近傍における地震動メカニズム検討小委員会 (平成28年度～31年度)

- 委員長：香川敬生（鳥取大）  
副委員長：吉見雅行（産総研）  
幹事長：後藤浩之（京都大）  
委員：池田隆明（長岡技科大）  
大島光貴（清水建設）  
河戸克志（大日本コンサルタント）  
近藤 香（大日本コンサルタント）  
津田健一（清水建設）  
野口竜也（鳥取大）  
盛川 仁（東工大）

### 実施行事，出版物などの概要

「断層帯近傍における地震動評価に関するシンポジウム」  
(2017年11月15日)を実施し，論文集(CD-R)を作成した。

2017年度重点課題研究課題「2016年熊本地震における社会基盤・システム被害の追跡調査と検証」の報告書に「第1章 地震動」を寄稿した。

土木学会全国大会(2018年8月29日)で実施された研究討論会「2016年熊本地震が突き付けた課題」において地震動に関するとりまとめ報告をおこなった。

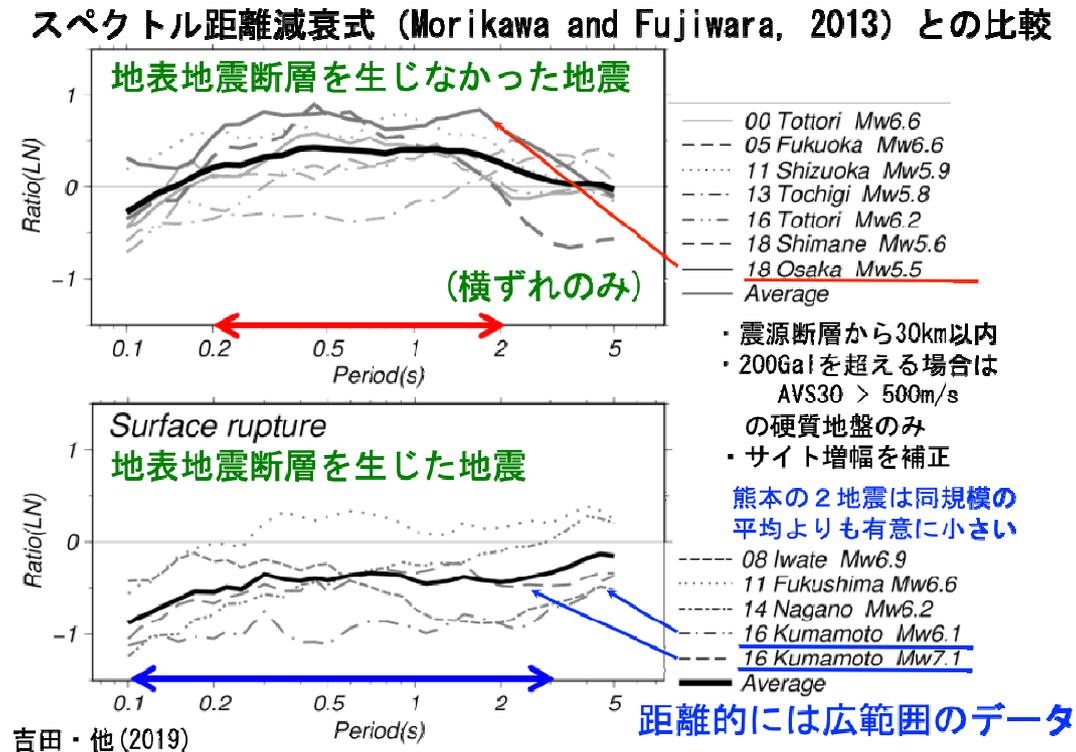
科研費基盤(B)「地表地震断層の有無で震源近傍域強震動をどう評価するか？実態把握と予測の高度化」(令和元年～3年度)が採択された。

2020年6月に最終シンポジウムを企画していたが，新型コロナウイルス対応のため中止し，報告書をとりとまとめている。

# 研究成果の概要

## 【震源断層の破壊メカニズム】

国内で近年発生した被害地震の観測記録を総合的に分析し、地表地震断層を伴う場合は震源近傍やや広範囲の地震動が平均よりも小さく、伴わない場合は大きいことが示された。



これらの特性化震源モデルを比較分析したところ、地表地震断層を伴う場合は短周期レベル(加速度震源スペクトルの平坦レベル)が有意に小さい。

### 地震モーメントと短周期レベルの関係

地震タイプ	Average	S. D.
全地震	$2.29 \times 10^{-10} \times Mo^{1/3}$	$\pm 0.14$
地表断層	$1.81 \times 10^{-10} \times Mo^{1/3}$	$\pm 0.10$
潜在断層	$2.73 \times 10^{-10} \times Mo^{1/3}$	$\pm 0.12$
壇ほか(2001)	$2.46 \times 10^{-10} \times Mo^{1/3}$	-

地表断層地震のほうが潜在断層地震より短周期レベルが小さくなる傾向

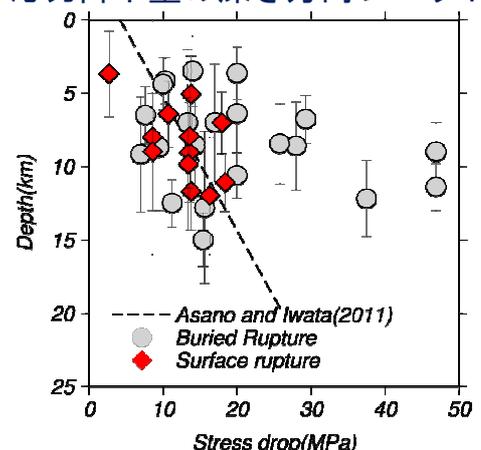
また、地表地震断層を伴う地震には5kmよりも浅い強震動生成域が見られるが、深い強震動生成域に比べてその立ち上がり時間(ライズタイム)が有意に長く、応力降下量も小さいことを確認した。

### ライズタイム係数 $\alpha$ の比較

地震タイプ	$\alpha$	S. D.
5km以浅	0.31	$\pm 0.19$
5km以深	0.19	$\pm 0.16$

$$Tr = \alpha \times W/V_R$$

### 応力降下量の深さ方向プロット



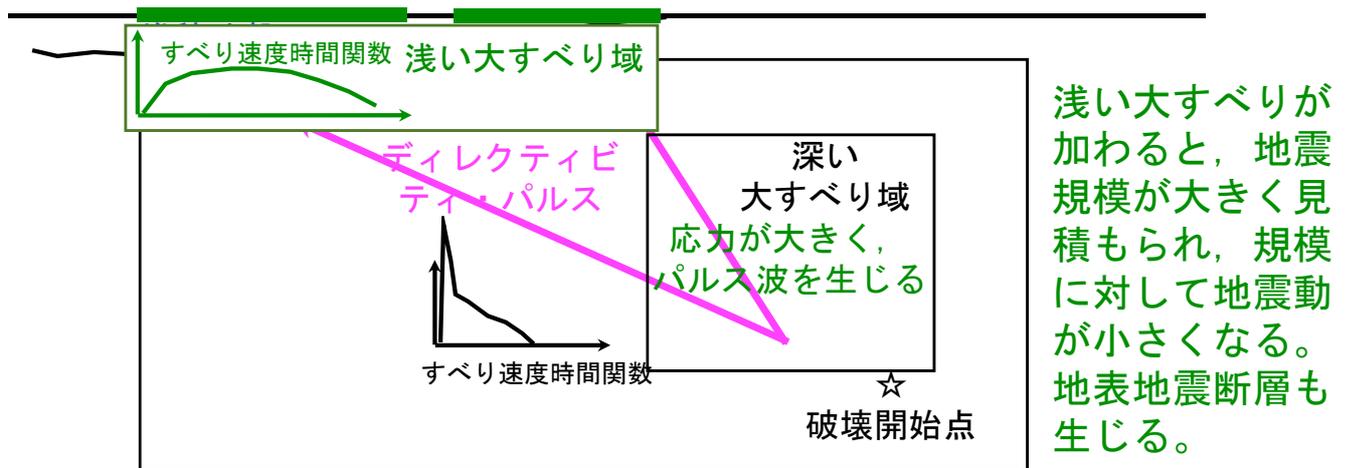
# まとめると

## 【潜在断層地震】

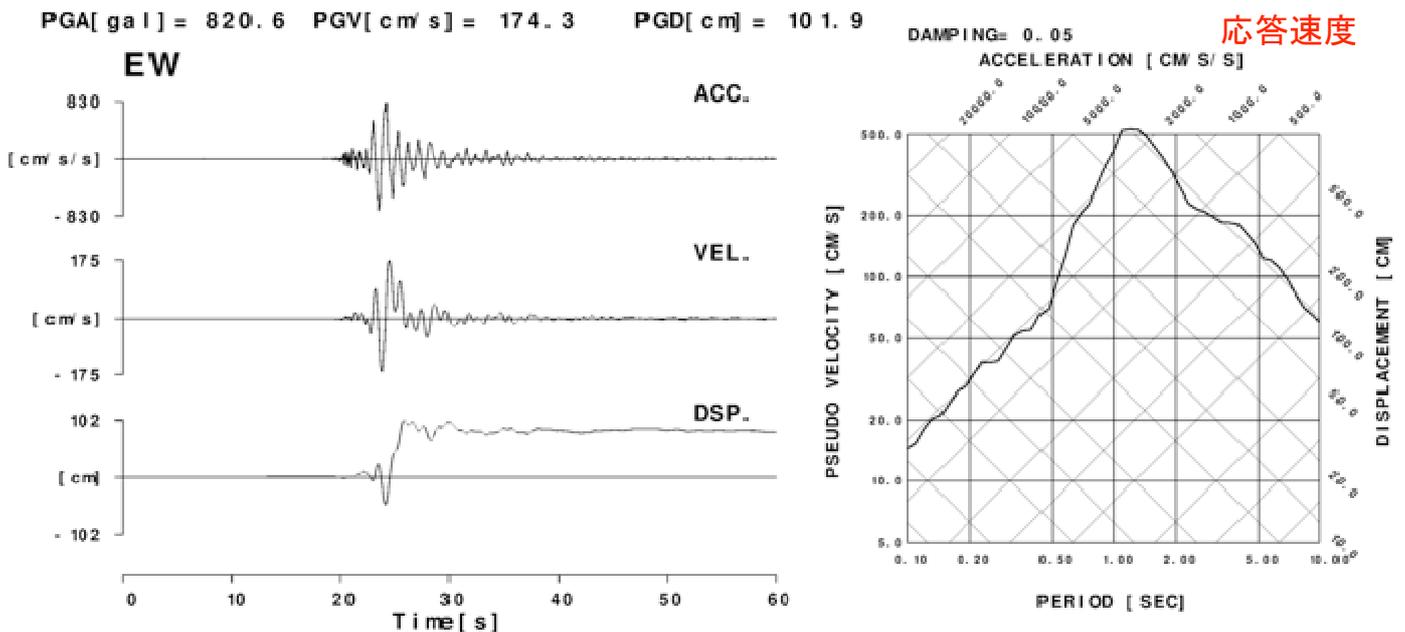
- ・ 深い大すべり域は応力が大きく，すべり速度関数も短周期のパルスを持ち，ディレクティビティ・パルスを生じて地震動は大きい

## 【地表断層地震】

- ・ 浅い大すべり域が加わり，地表地震断層を生じるが，すべり時間関数の継続時間が長く，強震動には寄与しない。
- ・ 強震動は潜在地震と変わらなものの，地震モーメントが大きくなり，規模の割に地震動は小さいと評価される。



一方で，断層近傍域（1 km以内）では平均よりも大きい値を示す場合がある（2016年熊本地震の益城町における震度7の記録など）。



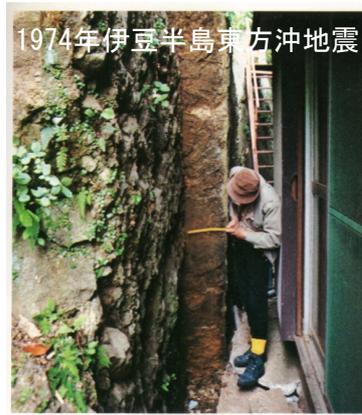
断層平行成分が大きく，永久変位が見られる。

熊本県益城町宮園：震度7  
(自治体震度計)

周期1～2秒が大きく，兵庫県南部地震の鷹取波など大被害域のものと同様の特性を有する。

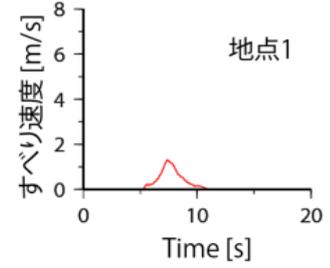
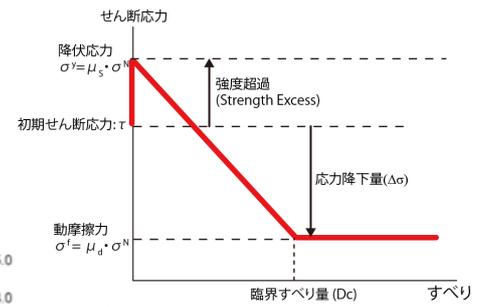
しかし、地表地震断層近傍では、断層変位による被害は見られるが、地震動による被害は小さいように思われる事例が散見される（過去の地震でも同様）。

## 2016年熊本地震益城町郊外

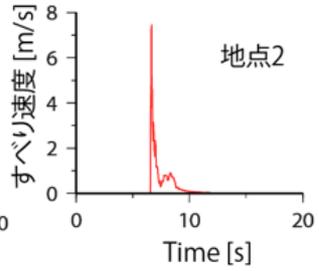
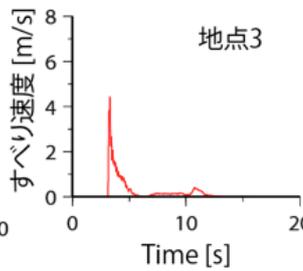
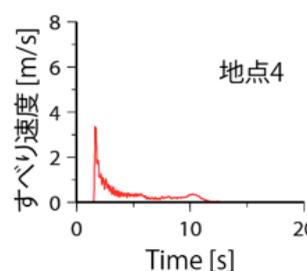
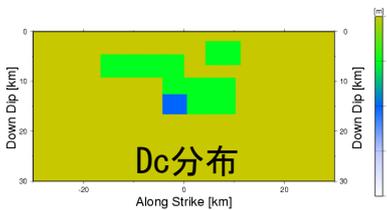
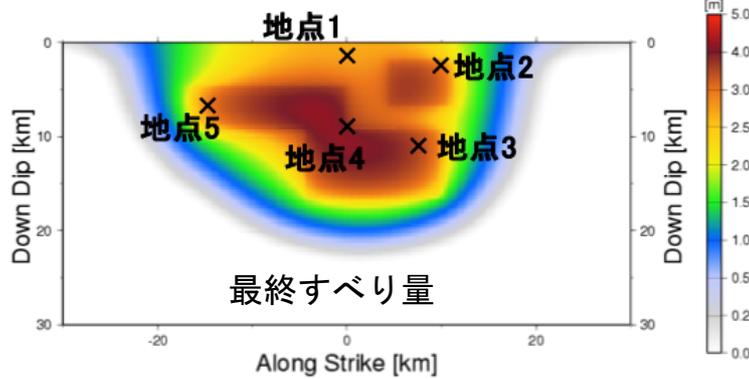


## 【震源ごく近傍における地震動放射メカニズム】

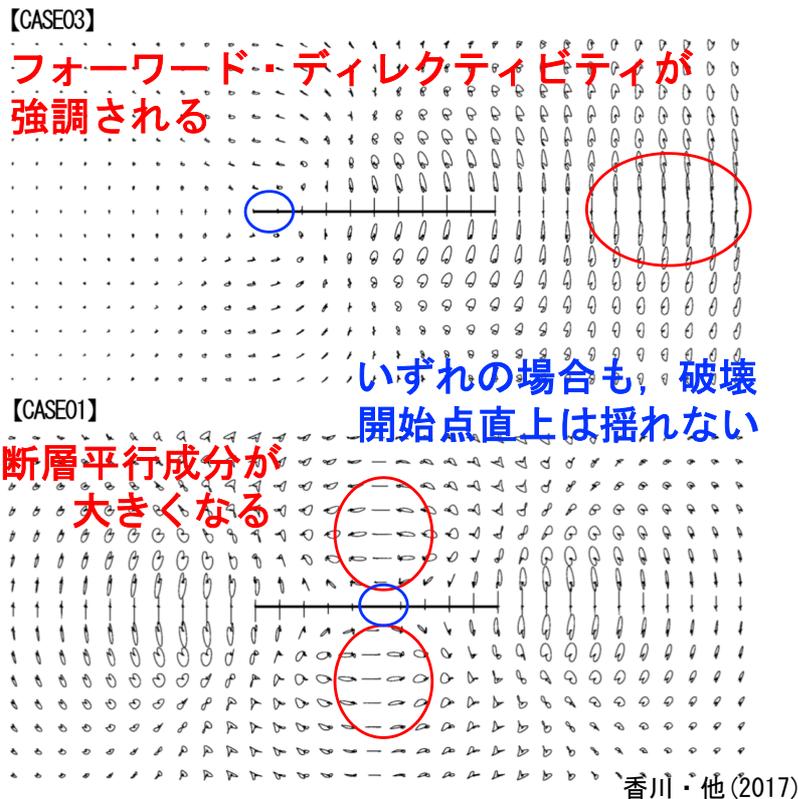
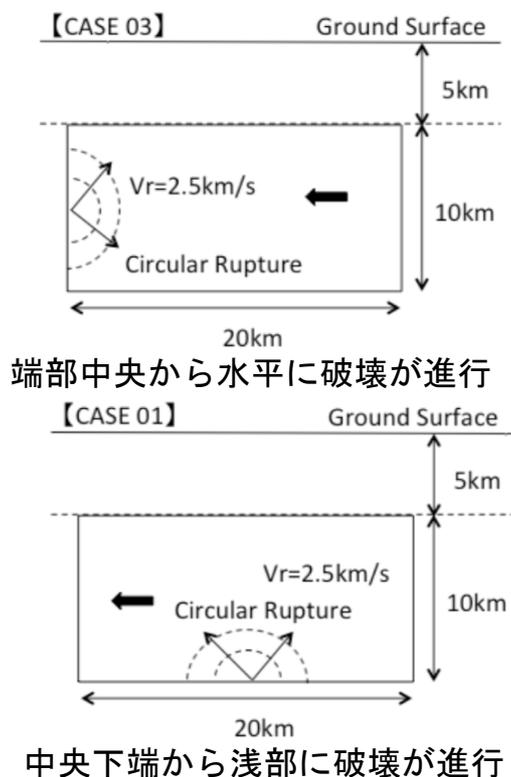
動力学的な震源破壊シミュレーションを通じて、浅部の断層破壊はすべり弱体化摩擦モデル(右)の臨界すべり量 (Dc) が大きく、これが立ち上がり時間の長さに影響していることが示唆された。



津田・川辺 (2017)



横ずれ断層では水平方向への破壊伝播によって断層直交方向の揺れが大きくなるのが一般的であるが、2016年熊本地震で断層平行成分が大きかったことは、深部から浅部への鉛直方向の破壊伝播の影響で説明が可能であることが示された。



## 【断層破碎帯の物性把握とその動的応答メカニズム】

断層破碎帯直上付近で常時微動の卓越周期が見られなく現象に着目し、現地調査を実施した。

必ずしも卓越周期が見えない場合のみでは無いものの、断層破碎帯直上付近で常時微動特性に変化が生じることは確認された。

微動H/V

概して、明瞭なピークが見られない

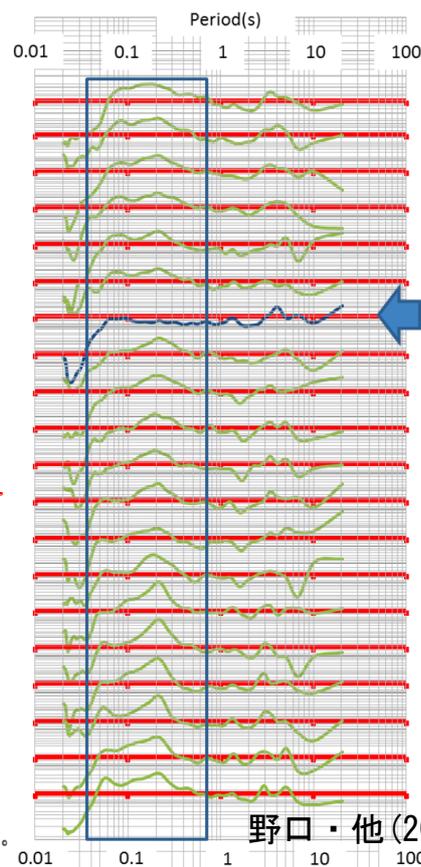
地表

地震断層

NS/VとEW/Vに乖離が見られる

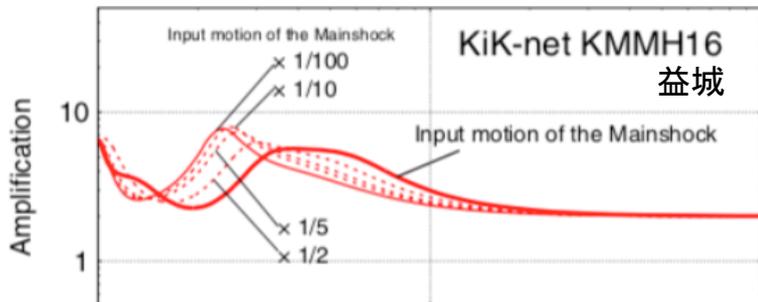
2011. 04. 11福島県浜通り地震  
井戸沢断層 田人町黒田

1943年鳥取地震鹿野断層近傍  
10m毎の微動H/Vスペクトル比



2016年熊本地震における断層近傍被害域での非線形応答が把握されているが、断層破碎帯での現象把握には至っておらず、今後の課題である。

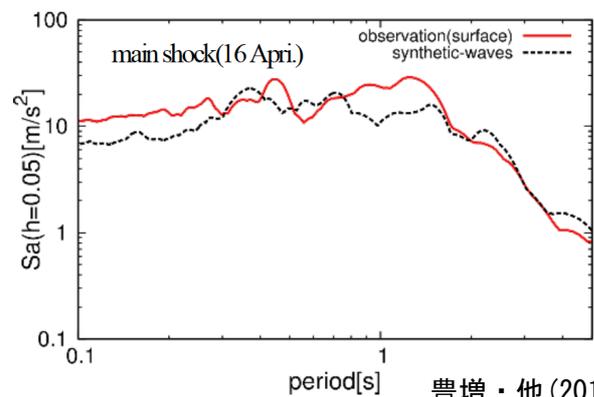
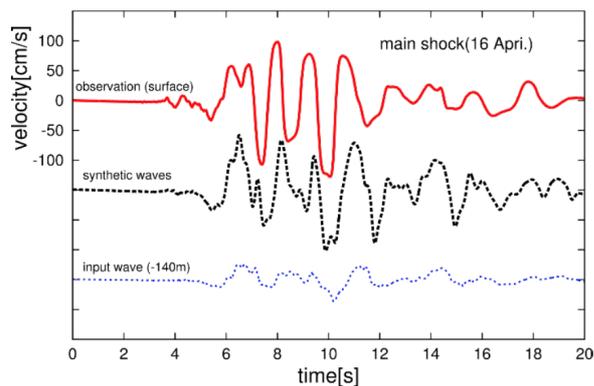
KiK-net益城で推定した基盤入力波を小さくした場合の地盤応答の違い



Goto et al. (2017), retracted

最終的にターゲットとした記録が適切ではなかったため論文は取り下げられたが、この地点の地盤がこのような振る舞いをしたことは説明できていると考えられる。

御船IC本震波形の再現（地盤補正）



豊増・他 (2017)

## 【現地調査】

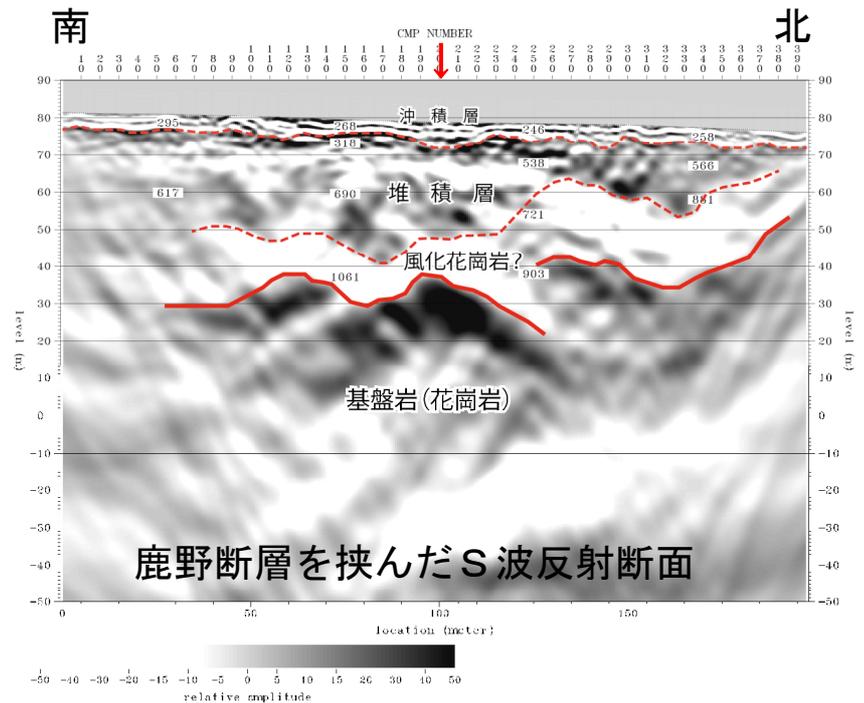
委員個別に、あるいは合同で被害地震の現地調査を実施した。



他に、2018年台湾花蓮地震、2018年島根県西部地震、など

## 【科研費基盤(B)との連携】

1943年鳥取地震で生じた鹿野断層を跨いだ浅層S波反射法地震探査および稠密微動観測を実施した。



研究分担者は本小委員会のメンバーと重複しているので、科研費研究として本テーマを継続して深める予定である。

## 【まとめと今後に向けての提言】

- ・ 強震動を生成する上部地殻の断層破壊は強震波形を用いて地震学的に解析され、脆性破壊としてモデル化できる。
- ・ この破壊が地表に及ぶと地表地震断層を生じるが、その領域の動力学的破壊モデルの構築は未だ課題である。
- ・ 横ずれ断層直上の場合、直下の大すべりで生成される強震動は周辺に放射され、断層変位は大きくとも強震動が小さい現象は生じ得る。
- ・ しかし、両方が大きくなり得る逆断層でも地表断層直近で揺れが小さい事例が散見され、説明が困難である。
- ・ 地表断層直上付近で常時微動の特性が周辺と異なる現象が、断層破碎帯の物性（減衰、断層変位時の非線形応答）にヒントを与えることになるかも知れない。
- ・ 地表地震断層出現に関するごく近傍での観測データがほぼ皆無であり、防犯カメラ映像の活用など次の現象を捉えるための戦略が必要である。