

微動アレイ探査を用いた 活断層調査



(有)太田ジオリサーチ 美馬 健二

発表概要

1. 研究背景

不明確な活断層位置を明らかにしたい。

2. 断層型の種類

3. 実験場所の概要

4. 微動アレイ探査の概要

5. 微動アレイ探査結果

1次元S波速度構造図はよく分からない。

微動アレイ探査結果を2次元断面にすると分かりやすい。

6. まとめ

1. 研究背景

国土地理院が発行する都市圏活断層図に示されている活断層の中には、破線で描かれた「活断層（位置やや不明確）」というものがある。



国土地理院発行の都市圏活断層図



活断層図(都市圏活断層図)の内容(記号一覧)

名称	記号	定義
活断層	——	最近数十万年間に、概ね千年から数万年の周期で繰り返し動いてきた跡が地形に現れ、今後も活動を繰り返すと考えられる断層。明瞭な地形的証拠から位置が特定できるもの。
活断層(位置やや不明確)	----	活断層のうち、活動の痕跡が侵食や人工的な要因等によって改変されているために、その位置が明確には特定できないもの。
活断層(活撓曲)		活断層のうち、変位が軟らかい地層内で拡散し、地表には段差ではなくたわみとして現れたもの。たわみの範囲及び傾斜方向を示す。
活断層(伏在部)	活断層のうち、最新の活動時以後の地層で覆われ、変位を示す地形が直接現れていない部分。
横ずれ	—>	活断層の相対的な水平方向の変位の向きを矢印で示す。
縦ずれ	↑↑↑↑	活断層の上下方向の変位の向き。相対的に低下している側に短線を付す。
地震断層	地震の際に地表に現れたことが確認された断層。(地すべり・地盤沈下・液状化等に伴う変位であることが明らかなものは除く)
トレンチ調査地点	—□—	活断層の通過地点に調査溝(トレンチ)を掘り、断層運動の解読調査を行った地点。(これまでに各種調査研究機関等によって調査が実施されたもの)
活断層露頭	—○—	最近数十万年間に堆積した砂礫層などを切断し、活断層であることが確実に判明した露頭。現在は露出がなくなるとも記載。
活断層の名称	野島断層(例)	活断層の固有名称。
推定活断層(地表)	——	地形的な特徴により、活断層の存在が推定されるが、現時点では明確に特定できないもの。
推定活断層(地表)(位置やや不明確)	----	推定活断層のうち、位置が不明確なもの。
推定活断層(地下)	□□□	新しい地層に覆われて、断層地形が地表で確認されていないが、既往のボーリングや物理探査によりその存在が推定された活断層。

凡例

不明確な活断層位置を明らかにしたい。

研究背景

活断層の有無を調査する方法としてトレンチ調査はあるが、観察する範囲が小さすぎた場合、テクトニック断層なのかノンテクトニック断層なのかよく分からない。また、都市部で大規模にトレンチ調査をさせてもらえるかどうか分からない。

分かりやすい



大規模トレンチ調査

産業技術総合研究所活断層・火山研究部門ホームページ引用

分かりにくい



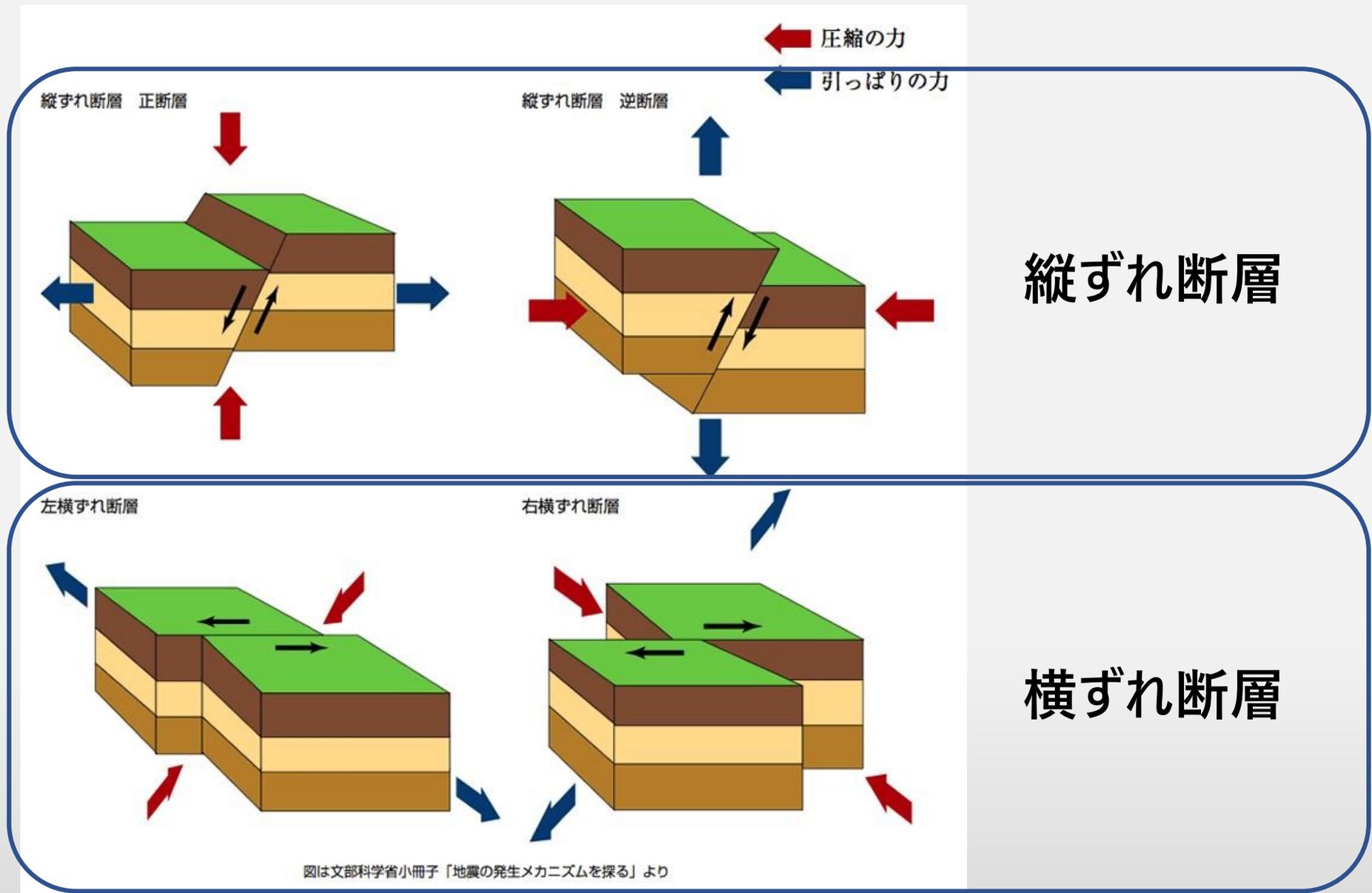
地すべり地での小規模トレンチ調査

非破壊調査で活断層調査はできないか？



微動アレイ探査で活断層調査を試みた。

2. 断層の種類

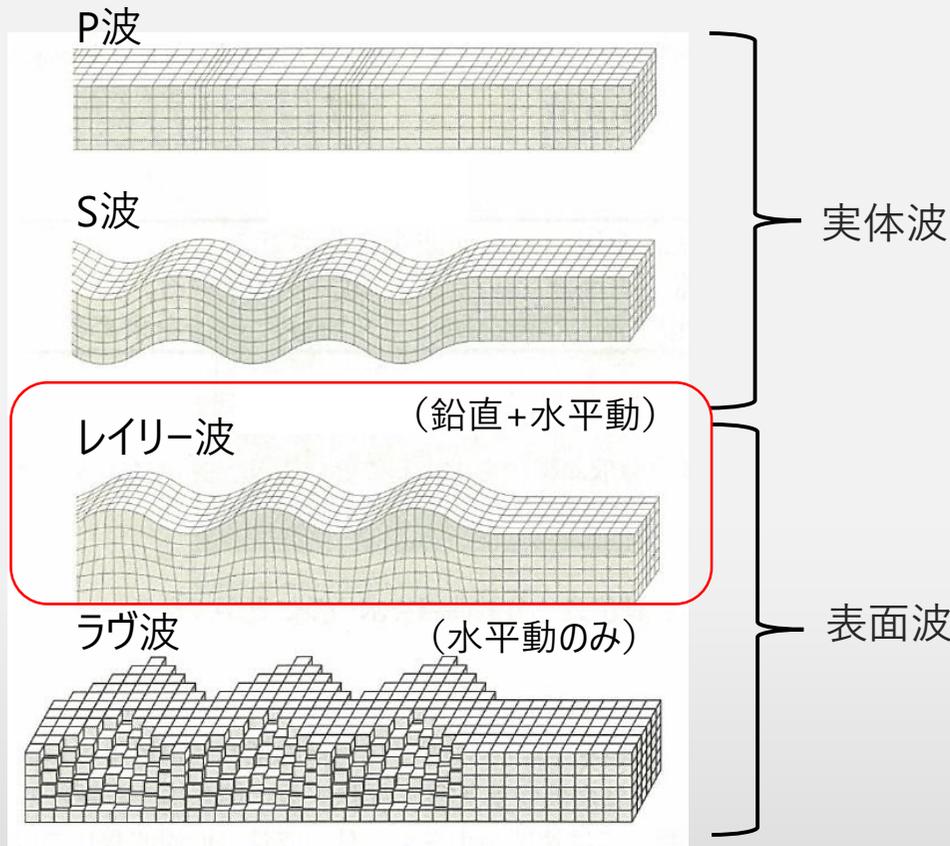


出典：文部科学省小冊子「地震の発生メカニズムを探る」

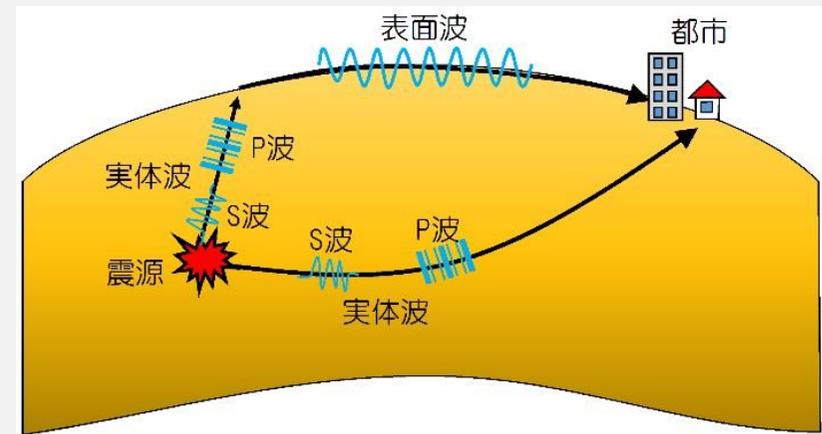
3. 微動アレイ探査の概要

微動アレイ探査は、**常時微動**に含まれる表面波（レイリー波）を複数の受振器で測定・解析することによって、地盤のS波速度を求める探査手法である。固有周波数0.1Hzといった低周波測定用の受振器を用いれば、深さ数kmの探査も可能である。

- 実体波：地球内部を伝わる地震波
- 表面波：地表面に沿って伝わる地震波

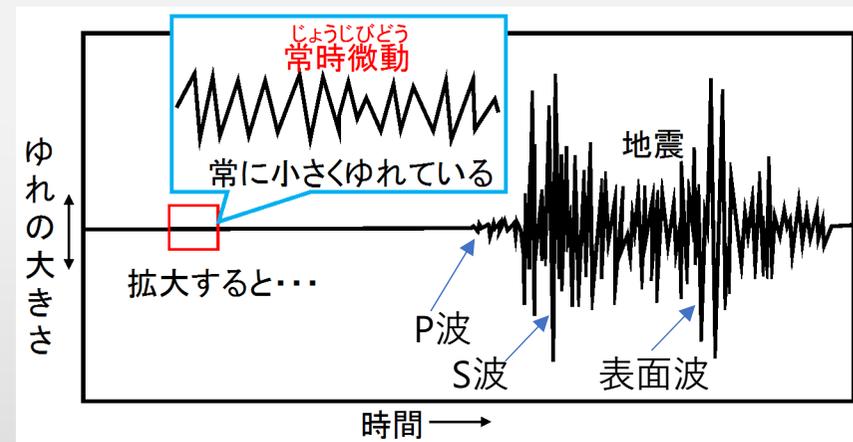


地震動の種類



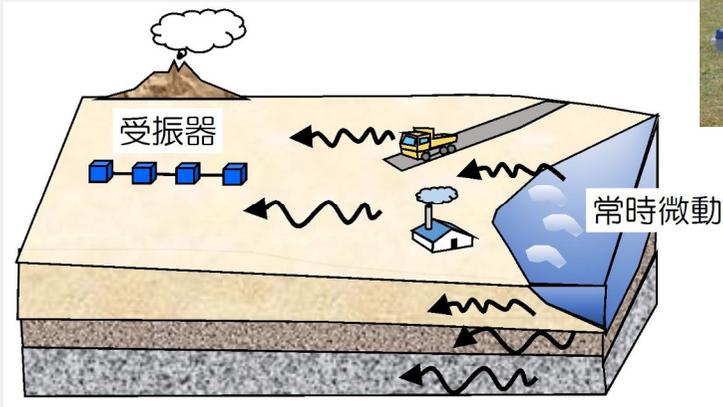
実体波と表面波のイメージ

地震波の速度：P波 > S波 > 表面波



常時微動の説明

微動アレイ探査の概要



微動アレイ探査のイメージ



微動アレイ探査測定例

計測装置	応用地質社製McSEIS-MT NEO×4台
サンプリングレート	4msec
アレイの形状	直線配置
アレイサイズと計測時間	<ul style="list-style-type: none"> ・4台を6m間隔に配置し、11分間計測 ・4台を25m間隔に配置し、15分間計測
探査できた深度	平均約70m

今回実施した微動アレイ探査の諸元

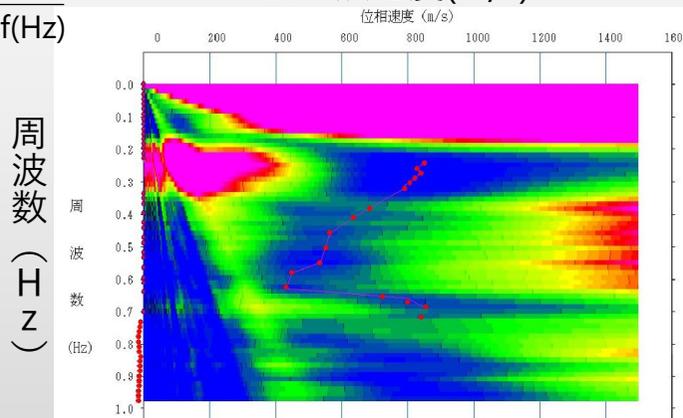
微動アレイ探査は、レイリー波の特徴をうまく活かした調査手法である。

<レイリー波の特徴>

- ①実体波（P波・S波）に比べて、距離に応じて減衰しにくい。
- ②硬い地盤ほど伝播速度は速い。
- ③分散特性がある（伝播速度が周波数に依存して変化する）。

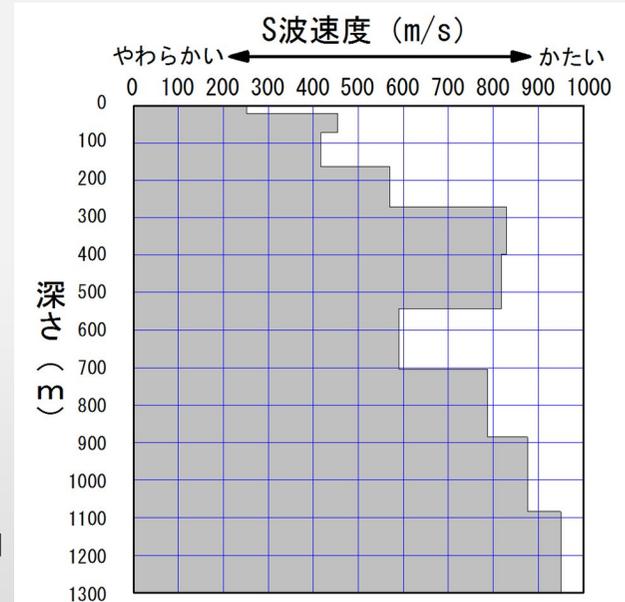
$$\text{周期}T(\text{s}) = \frac{1}{\text{周波数}f(\text{Hz})}$$

レイリー波速度(m/s)



周波数ごとのレイリー波速度を整理し、

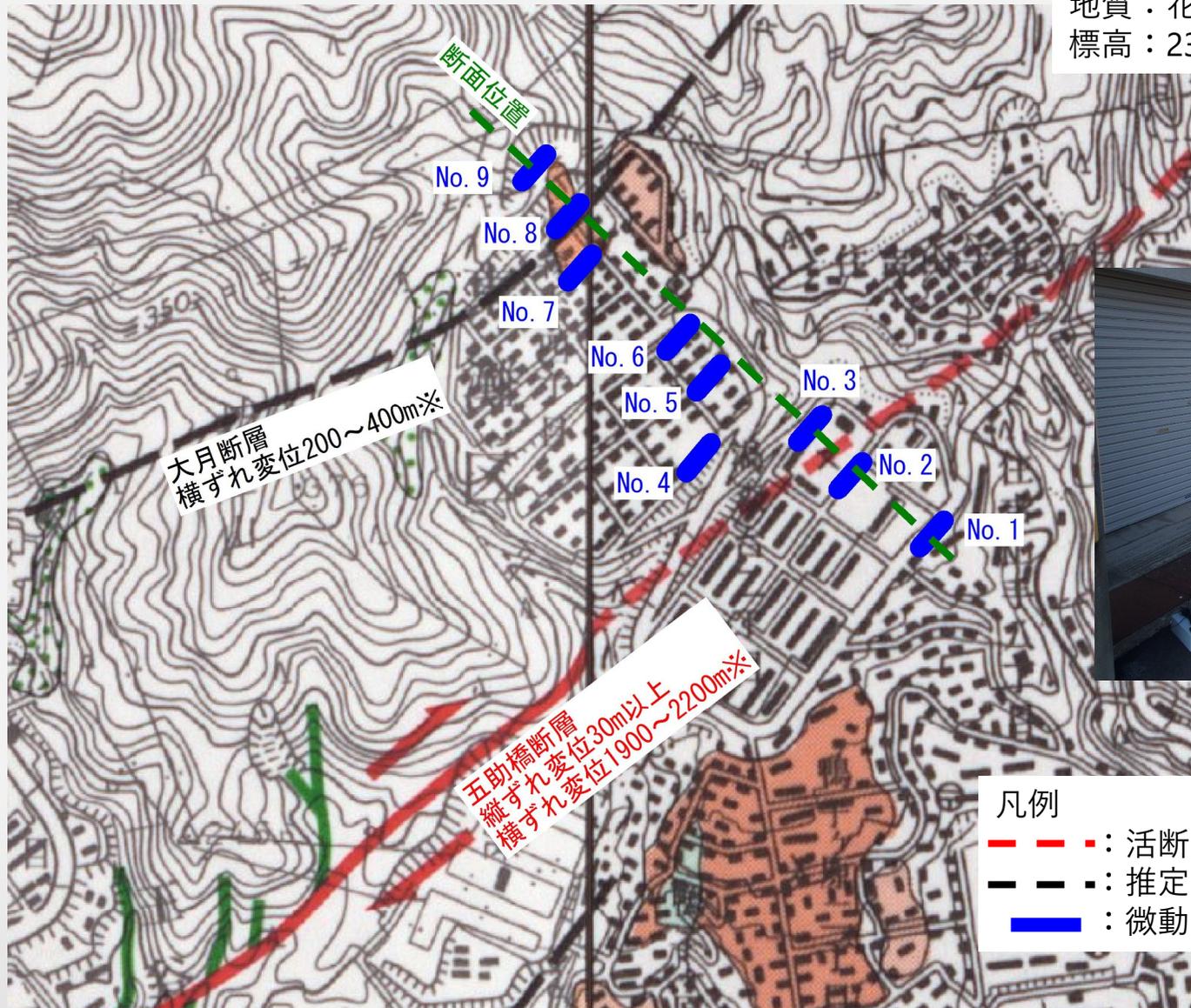
波長とS波速度に変換し、インバージョン解析する。



微動アレイ探査結果例（東京都新宿区）
S波速度構造図

4. 実験場所の概要

場所：兵庫県神戸市東灘区渦森台
地質：花崗岩
標高：230～340m



受振器設置状況

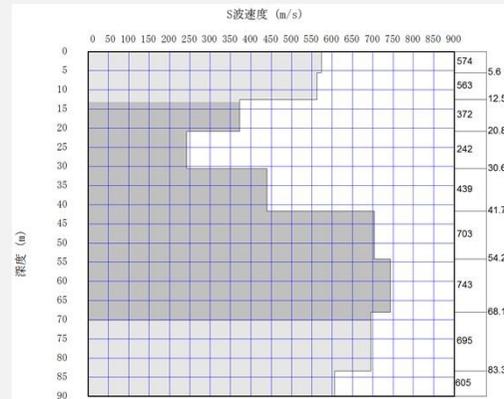
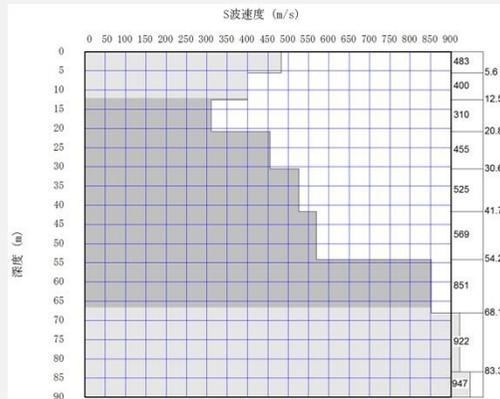
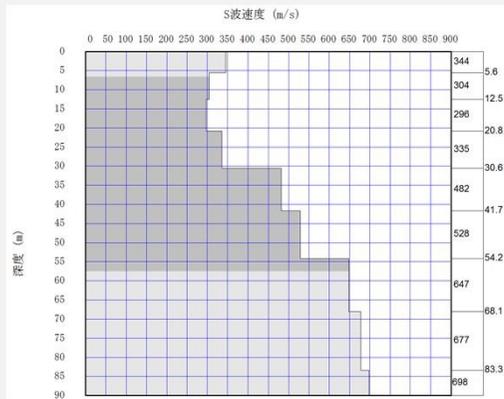
凡例

- — — — — : 活断層 (位置やや不明確)
- - - - - : 推定活断層 (位置やや不明確)
- : 微動アレイ探査

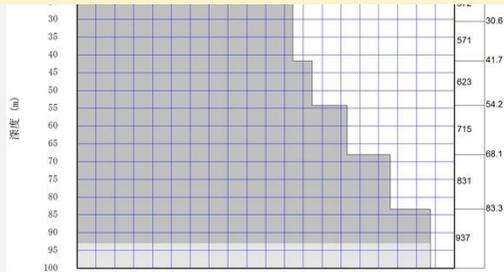
※参考文献

- ・丸山正ほか：六甲山地東部五助橋断層帯の変位地形と第四紀工期の活動性，1997.
- ・丸山正ほか：累積変位地形と基盤岩変位量から推定される五助橋・大月断層の活動史，1998.

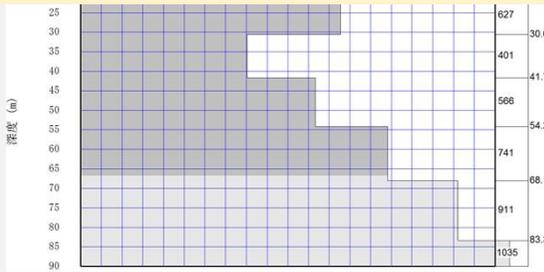
5. 微動アレイ探査結果 (1次元S波速度構造図)



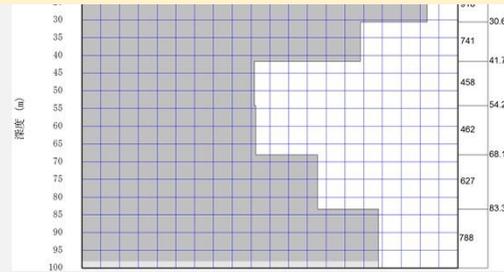
たくさんデータがあって、どこに断層があるのかよく分からない。
2次元断面図で見てみましょう。



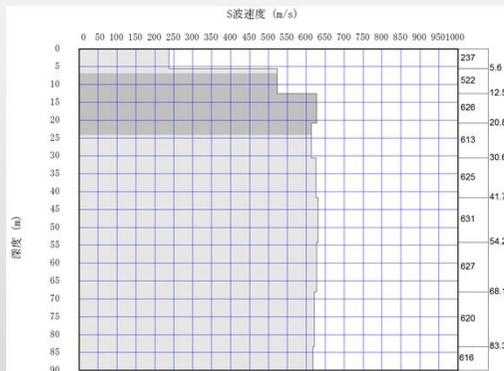
No.4



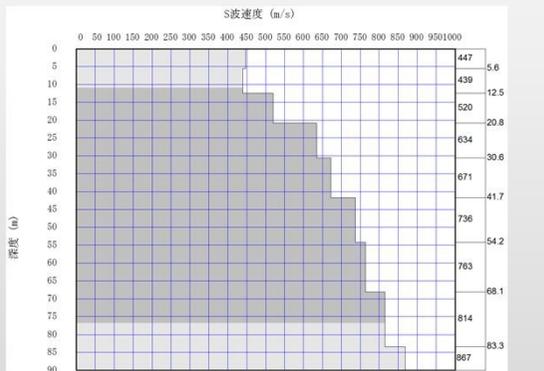
No.5



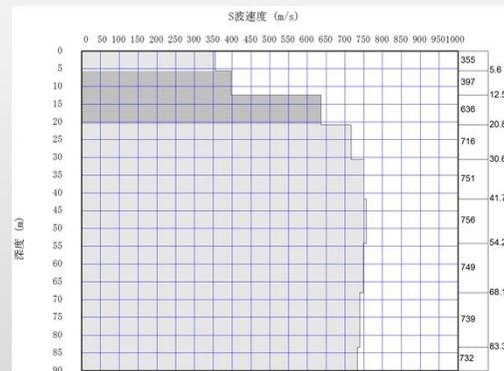
No.6



No.7



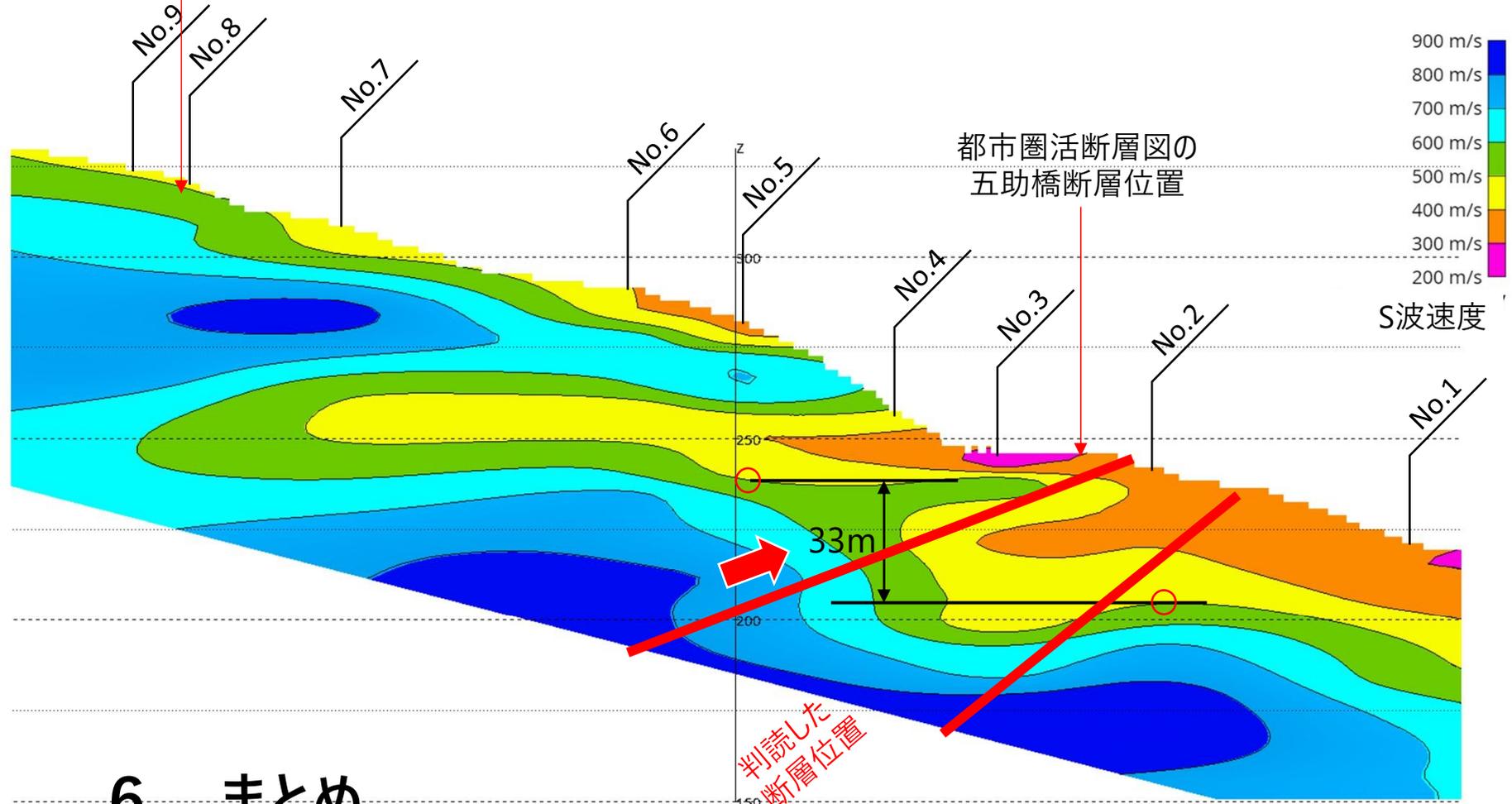
No.8



No.9

微動アレイ探査結果（2次元断面図）

都市圏活断層図の
大月断層位置



6. まとめ

S波速度断面図（縦横比＝縦2：横1）

- ・1次元のS波速度構造図を2次元断面図にすると、断層の縦ずれが読み取れる。
- ・2次元断面図から推定した断層位置は、都市圏活断層図の五助橋断層とほぼ同じ結果となった。
- ・五助橋断層は、文献によると縦ずれ変位は30m以上と記載されているのに対し、この2次元断面図で読み取った縦ずれ変位は33mであり、大きな差はなかった。微動アレイ探査は、断層調査に活用できる可能性がある。
- ・一方、大月断層は、断層位置を特定することはできなかった。縦ずれ変位が小さい可能性がある。