

地下構造調査と物理探査

(有)タカイ地盤計測
木村伸一

兵庫県南部地震(阪神・淡路大震災)

1995年1月17日に兵庫県南部地震発生

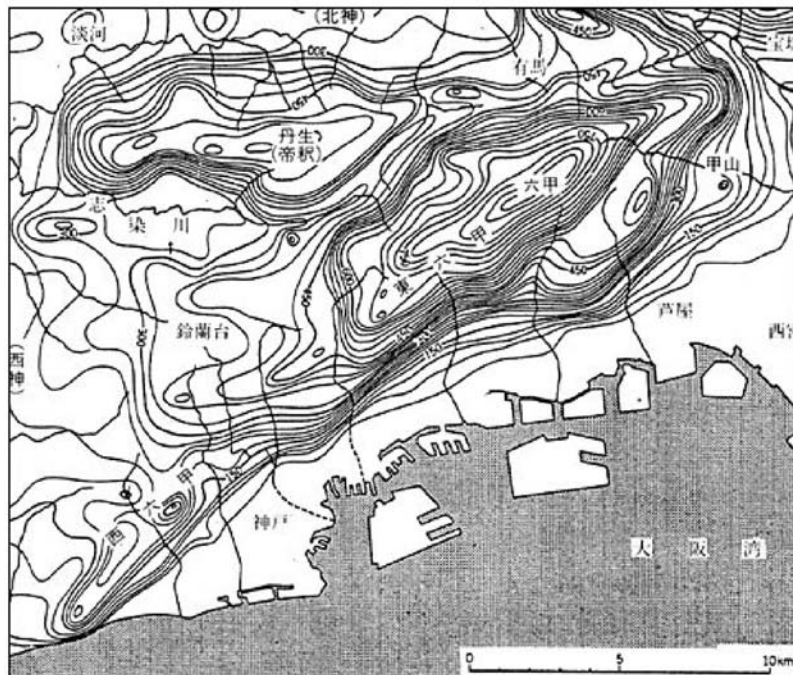
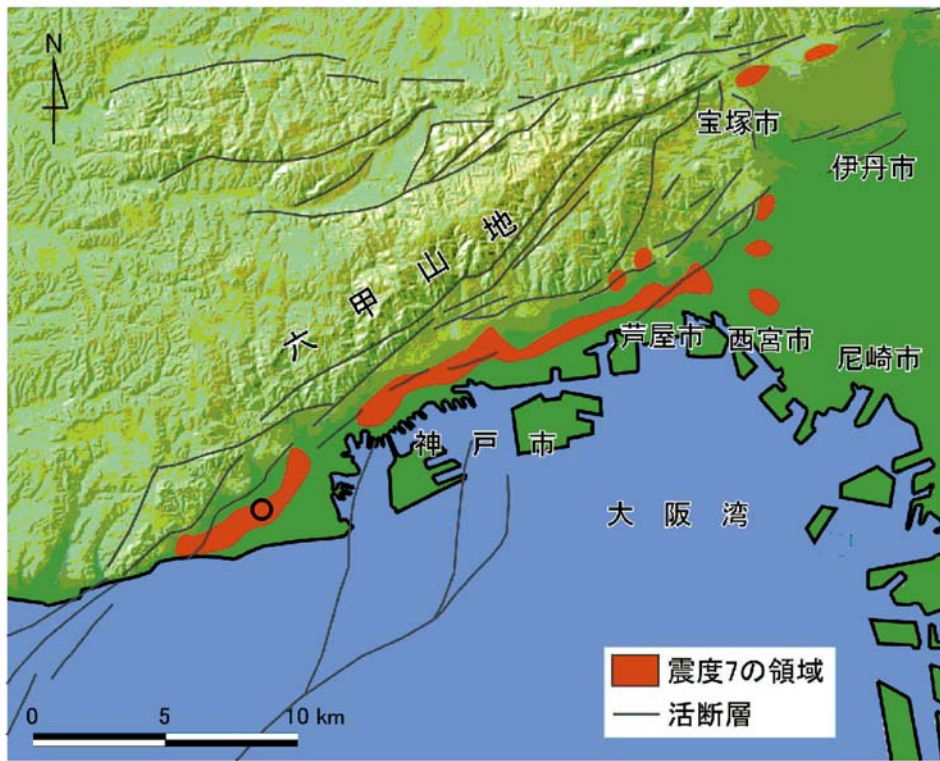
震源から離れた軟弱地盤の帯状の地域で震度7を記録し、「震災の帯」と呼ばれた。

神戸周辺は、東西方向に圧縮を受けるため六甲山地の南側で逆断層が生じ、六甲山地が上昇しているといわれている。

神戸周辺の基盤岩(花崗岩類)は、六甲山で標高1000m程度、市街地から海岸線付近では標高-1000~-1500m程度になる。

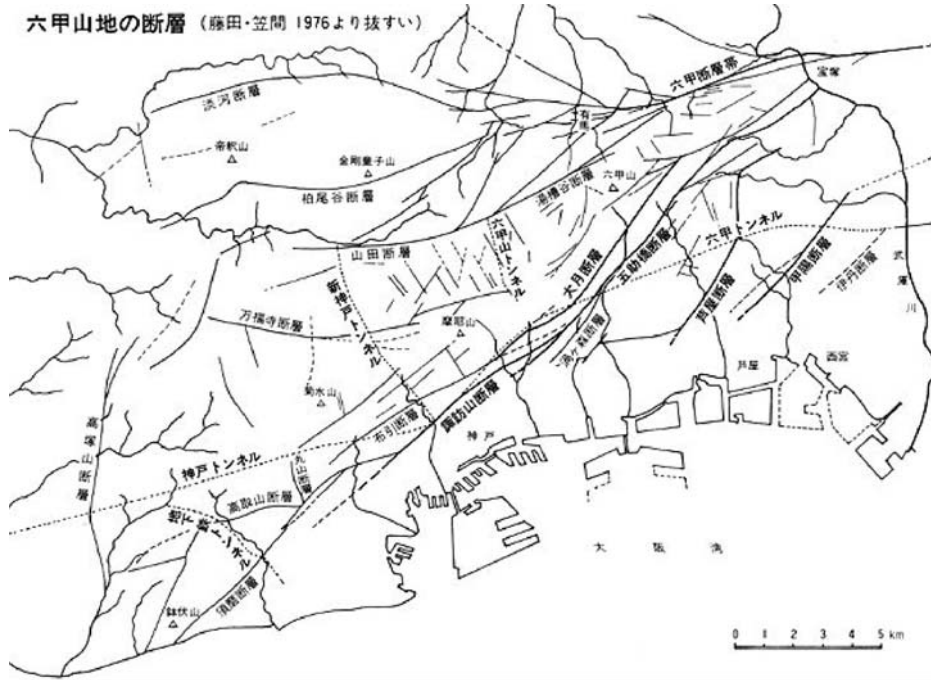
この基盤岩の分布状況が震災の帯を生じさせた主な原因とみなされている。

×

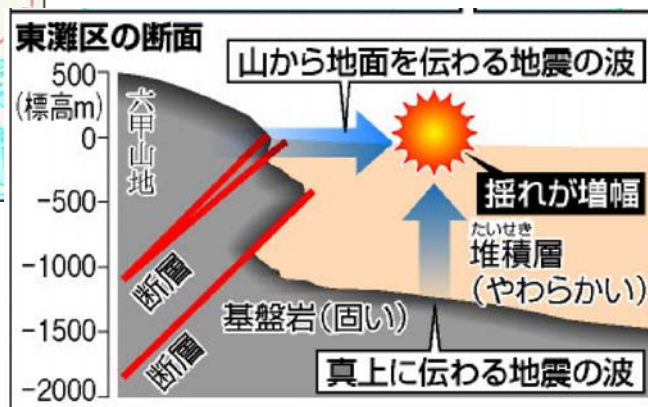


六甲周辺の接峰面図(藤田和夫1989)

六甲山地の断層 (藤田・笠間 1976より抜粋)



震災の帯が生じた地質状況
山地から地面を伝わる地震の波と、岩盤から真上に伝わる地震の波で揺れが増幅した。



朝日新聞ホームページより

地下構造調査

神戸での震災から、強い地震動の予測には地下構造についての知見を得ることが必要であるとされ、全国で地下構造調査がおこなわれている。

<調査実施地域>

自治体名	調査実施地域	調査年度						
		H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16
宮城県	仙台平野南部地域							
千葉県	関東平野(千葉県西部地域)							
	関東平野(千葉県中央部地域)							
東京都	関東平野(東京都)							
神奈川県	関東平野 (横浜市、川崎市を中心とする 神奈川県地域)							
	足柄平野とその周辺地域							
山梨県	甲府盆地							
愛知県	濃尾平野							
	三河地域堆積平野							
三重県	伊勢平野							
大阪府	大阪平野							
鳥取県	鳥取県西部地震関連地域							
札幌市	石狩平野北部							
横浜市	関東平野(横浜市地域)							
川崎市	関東平野(川崎市地域)							
京都市	京都盆地							

地下構造調査では、地下数kmの地質構造を探ることにより、地下の地震基盤までの3次元的な地質構造と物性値の概要を把握して、強震動予測のための基礎資料を得ることを目的としている。

調査の主な流れ

1. 既存資料調査

過去に行われたボーリング(井戸を含む)や物理探査等の資料収集

2. 物理探査の実施

弾性波探査(屈折法・反射法等)、微動アレー探査等の実施

3. 得られた3次元モデルの検証

実際の地震観測から得られた地震データとモデルによるシミュレーションを比較しモデルの検証を行う

微動アレー探査

特 徴

複数の微動計を地盤に設置し、微動(地盤の微かな揺れ)を観測することにより、地下のS波構造が推定できる。

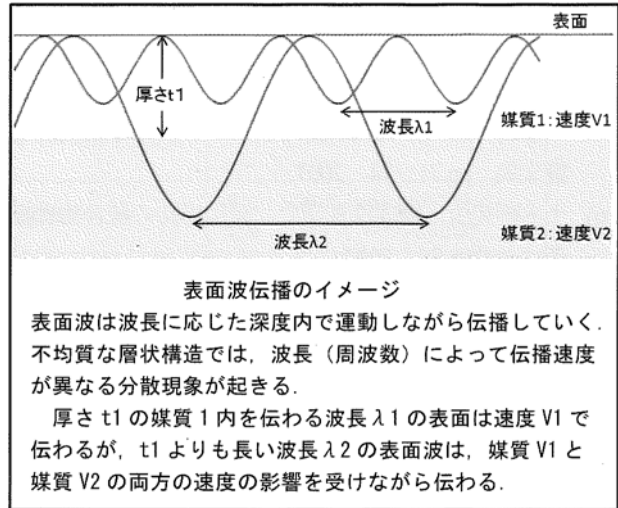
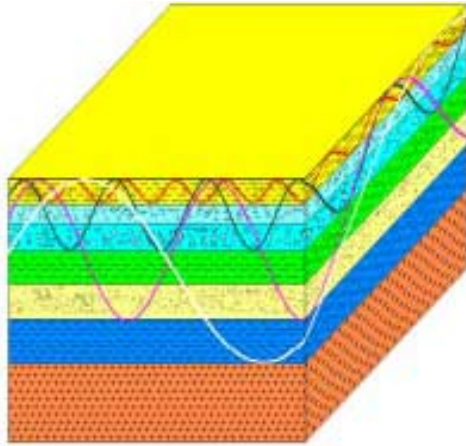
人工震源を用いる必要がなく、割と簡便に測定ができる。

観測点を面的に配置することにより、3次元的な解釈ができる。

観測される微動の主な成分は表面波であり、表面波には波長(周波数)によってその伝播速度が変化するという特徴(分散性)がある。

表面波の速度は、S波速度の約90~95%といわれており、地下のS波速度の違いによりその速度が変化する。また、波長が長いほどより深く伝播し深部のS波速度を反映することになるため、波長により表面波速度が異なる現象がおきる。

この各波長毎の速度(これを位相速度という)を求めることにより、地下のS波速度構造を推定することが出来る。



微動の観測は、複数の地震計を三角形に配置（アレー配置）して行う。

地震計は4～10個用い、アレーの大きさは数m～数kmとなるが、アレーのサイズが大きいほどより深部の情報が得られる。

札幌で行われた調査では半径（中心地点から距離）は最大で2000mである。

これらの地震計はそれぞれ独立しており、事前にGPSにより時刻を合わせて同じ時刻に観測を行うようにしている。

参考として札幌で実施されたアレーサイズおよび、最大半径2000mの微動アレー探査において札幌テレビ塔に中心をおいたときの地震計配置を図示してみる。

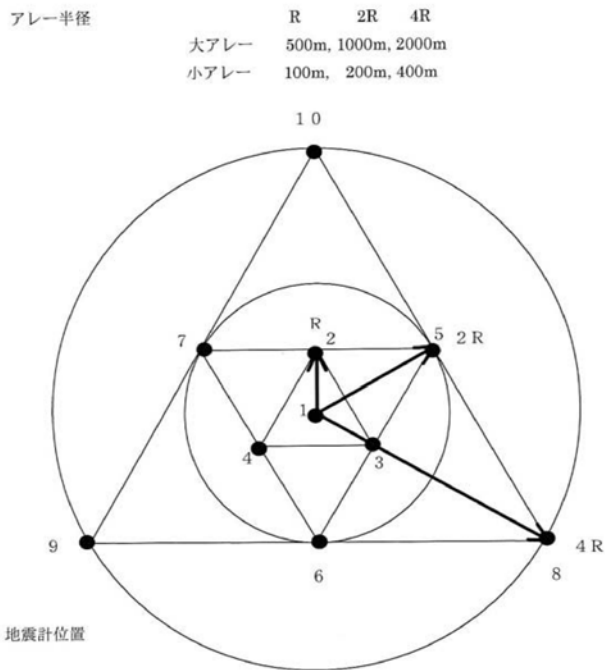
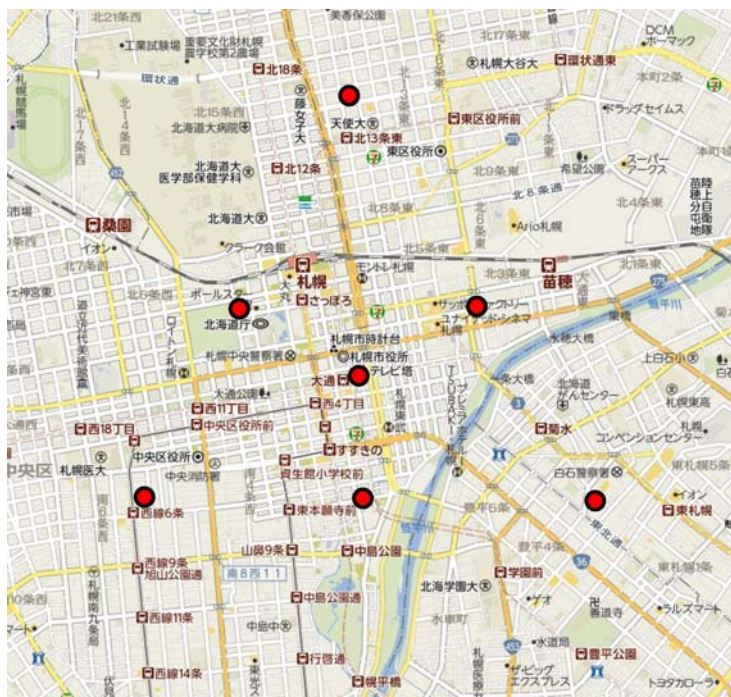
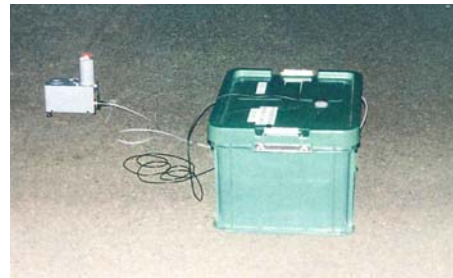
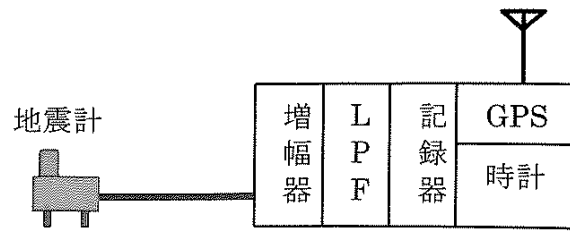


図 3-2 微動アレー探索，地震計配置図

テレビ塔を中心とした場合のアレー配置例(最大半径2000m)



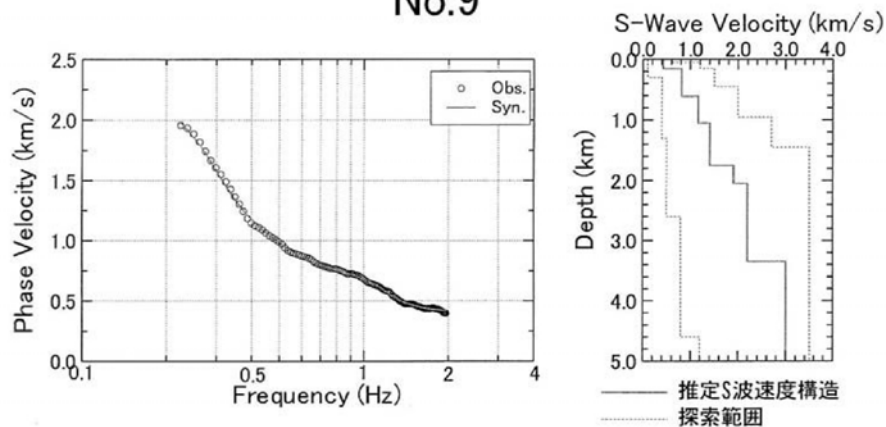
測定装置の例



解析

得られた位相速度曲線から逆解析によりS波速度モデルを作成し、観測値とモデルから計算で得られる値が一致するようにモデルを修正し、最適なモデルを選ぶ。
解析結果は、1次元のS波構造モデルとなる。

No.9



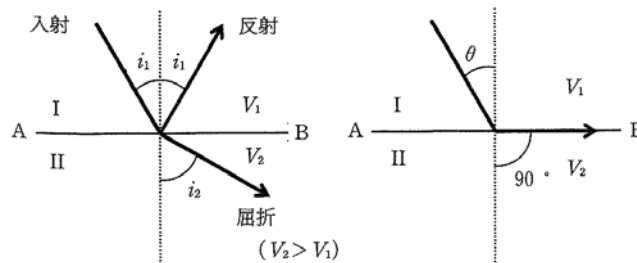
反射法弾性波探査

弾性波を利用した物理探査としては、屈折法と反射法がある。弾性波は、地層境界に入射すると屈折波と反射波に分かれる。

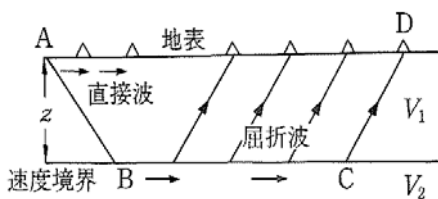
屈折波を利用して得られる速度分布から地下構造を推定する手法が屈折法である。

反射法は、反射波を観測することにより、反射面となる地層境界を画像化し地下構造を推定する手法である。

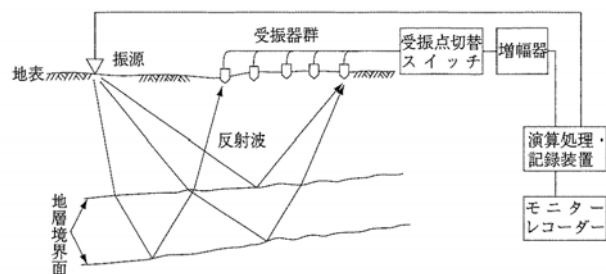
反射法は地下数百mから数千mを対象として発達してきた技術であり、石油や天然ガスの資源探査を目的としてきた。一方、地下数百m以浅の地質調査や断層調査等を目的とした反射法を浅層反射法と呼ぶこともある。



弾性波の反射と屈折



屈折法弾性波探査



反射波弾性波探査

P波とS波

反射法では、P波を用いる場合とS波を用いる場合がある。P波は大きな発振エネルギーを与えることが出来るため深部の調査に用いることが多い。一方S波は地下水の影響を受けることがなく未固結部を対象とした浅層部の詳細な調査に用いられることが多い。

測定

起振点は一定の間隔で順次移動する。このため受振点もそれに合わせて順次移動して測定を行う。

起振装置は機動性が求められるため、P波では車両に起振装置を組み込んだバイブロサイズやインパクトが用いられる。S波では、振源として板たたきを用いることが多く、ミニ重機に板と打撃装置を組み合わせてものが工夫されているが、大深度にはバイブルサイズと同じように横方向に地面を揺らすバイブレーター振源があるようである。



バイブロサイズ



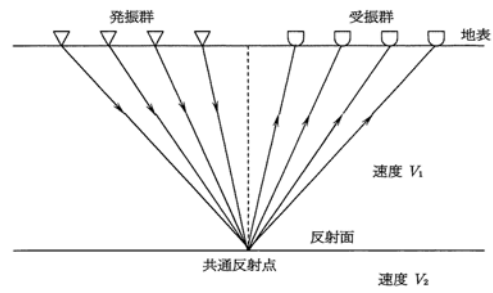
インパクト



S波振源の例

解析

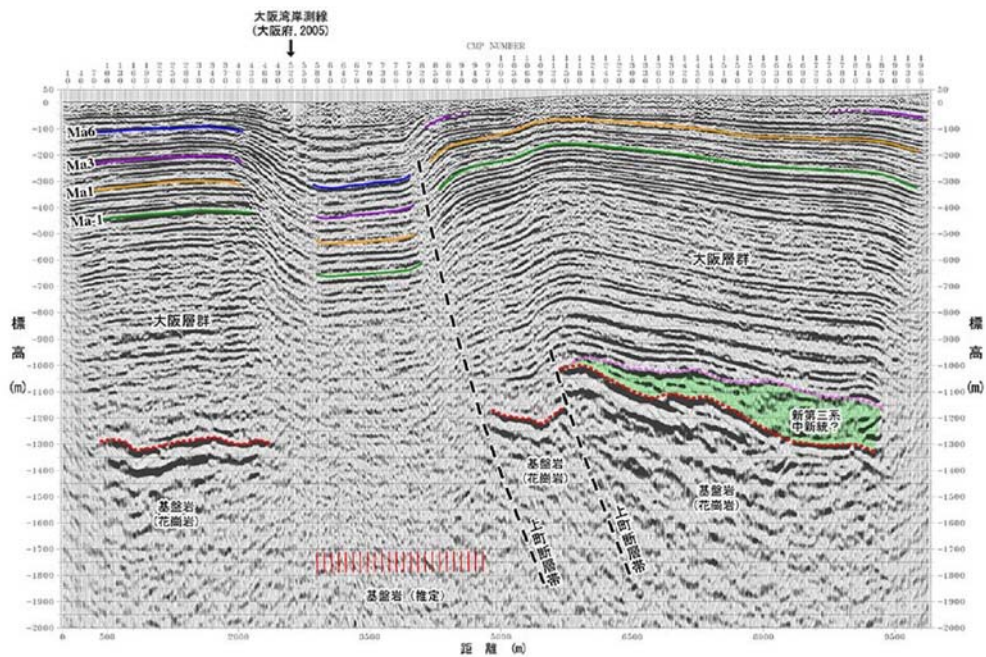
反射波を強調するため、反射面を同じとする複数の反射記録を重ねて処理する。



そのほか右に示したような種々のデータ処理を行う。

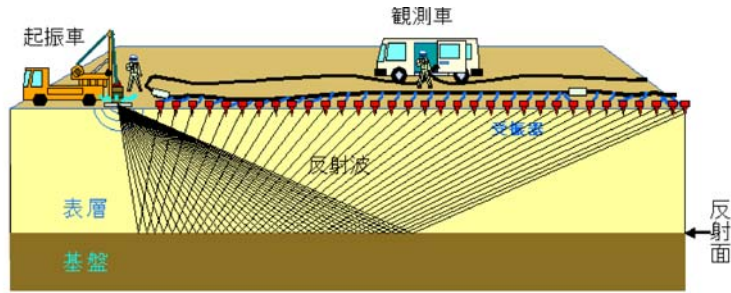
- ① データ編集, フォーマット変換
- ② 振幅調整 (AGC 処理)
- ③ バンドパスフィルター
- ④ デコンボリューションフィルター
- ⑤ CMP ギャザリング
- ⑥ 静補正
- ⑦ 速度解析 (CVSK 法, CVS 法)
- ⑧ NMO 補正, ミュートおよび CMP 重合
- ⑨ 深さへの変換

解析例

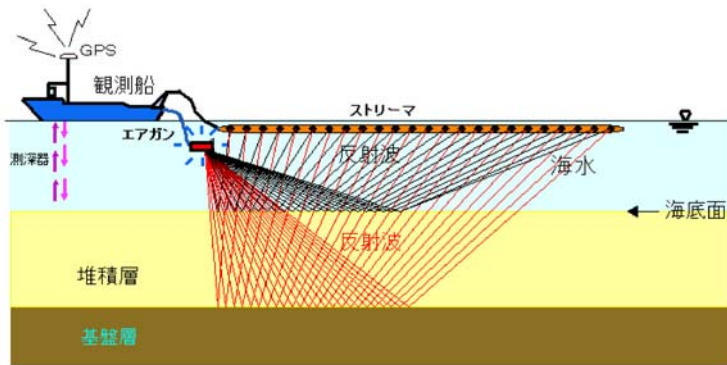


(株)阪神コンサルタンツ ホームページより

参考 反射法弾性波探査と音波探査



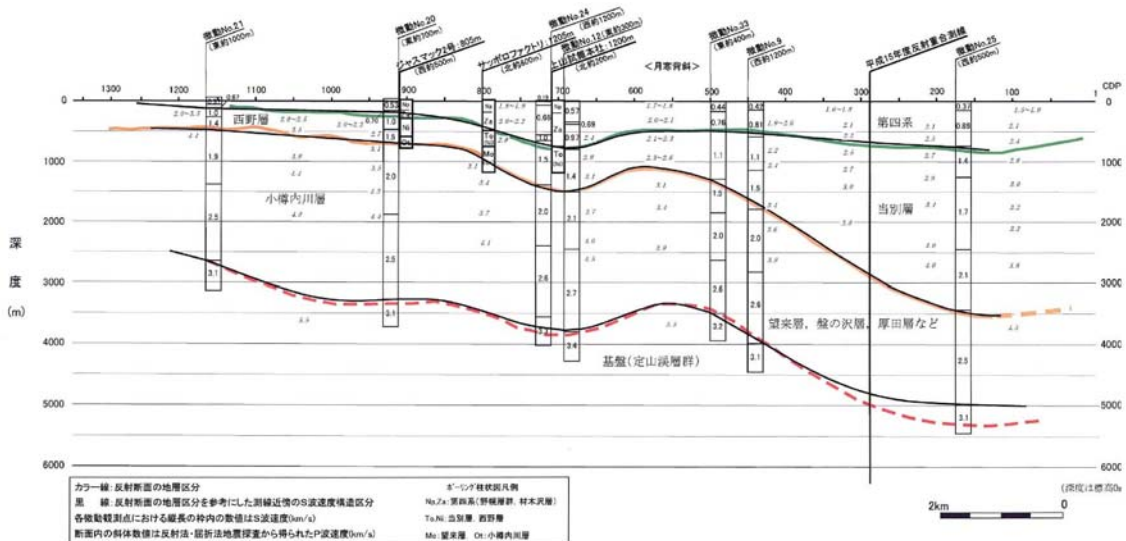
陸上反射法地震探査の模式図



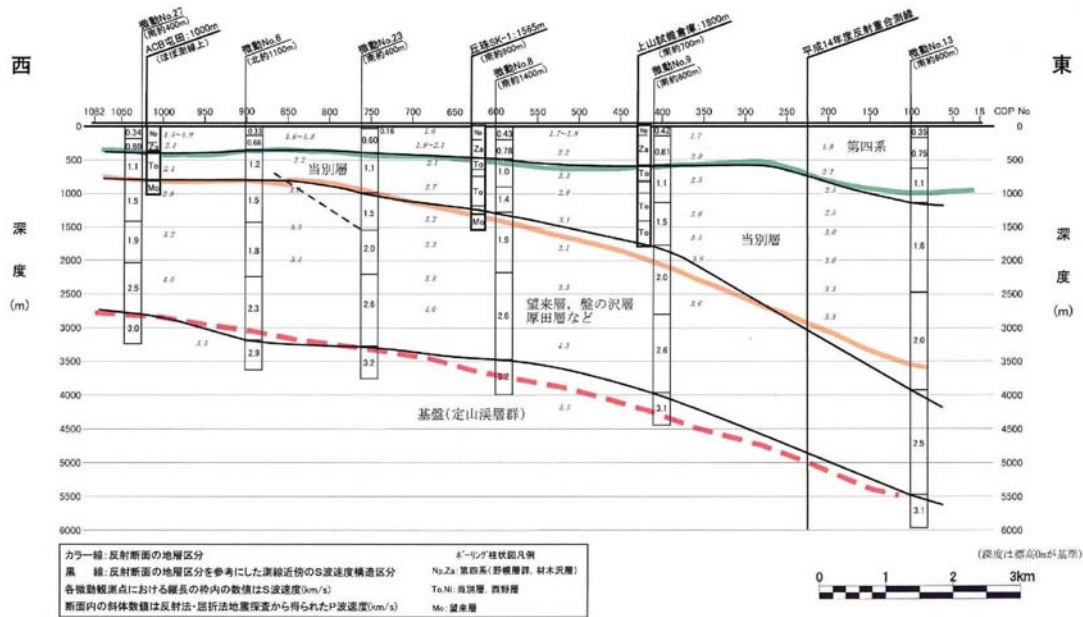
海上マルチチャンネル音波探査の模式図

日本物理探鑛
株式会社
ホームページ

参考 微動アレー探査と反射法弾性波探査の比較(豊平川側線)



参考 微動アレー探査と反射法弾性波探査の比較 (屯田～東米里側線)

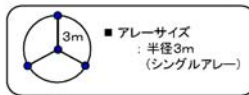
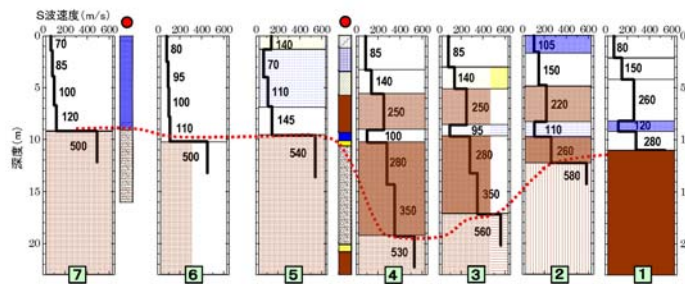


参考 微動アレー探査の浅部探査例

◆浅部構造探査

一構造変化が予想される地域における微動アレー探査結果(S波速度断面図)一

- 既存ボーリング資料との対比から、広域的な地質構造の推定が可能
- <埋没谷の確認、帯水層(砂、砂礫層)の分布範囲、工学的基盤(支持層)の決定>



ジオックスコンサルタント(株)ホームページより

