

微動観測による H/V スペクトル比を用いた伏在断層の推定に関する研究

— 警固断層を例として —

澁谷 龍典

1. はじめに

2005年3月20日にマグニチュード7.0、最大震度6弱で福岡県西方沖を震源とする地震が発生した。この地震の震源は海域の断層から発生したものだが、さまざまな研究^{例えば¹⁾}により福岡市の中心部を通っている警固断層帯と一連のものであることに間違いないと指摘されている。地震調査研究推進本部地震調査委員会では、この海域の部分を警固断層北西部、福岡市中心部を通る断層部分を同南東部と位置づけ、これらの断層が一体となって動く可能性もあるが確率的には低いと推定している。また、同様に2005年の震源となった北西部は近い将来の地震発生確率はごく小さいと推定している。しかしながら、南東部は今後30年以内の地震発生確率が0.3~6%と日本の活断層の中では高いグループに属しており、しかも、北西部の2005年の活動により、断層帯南東部で地震が発生する可能性は、より高くなっているという指摘もある。

このことから、福岡市の都市防災や強震動予測などの観点から警固断層の詳細な位置を把握する必要がある。しかし、これまで断層の詳細な位置の特定は地質的調査に依存しており、地形改変の著しい都市部では調査費用をかけない限りその制度には限界があった。

そこで、本研究では微動観測の水平鉛直振幅比(以下、H/V スペクトル)から伏在断層の位置特定が可能かどうかを警固断層を例として検証してみることにした。近年の被害地震が活断層が確認されていない場所で多く発生していることから、微動観測によるH/V スペクトルから伏在断層を特定する方法が確立できれば、調査の簡便性から有用性は非常に高いと考えられる。

2. 警固断層

福岡市域の警固断層の位置は福岡市全域の試錐資料から推定され、福岡市地盤図として示されている²⁾。そこから、現在様々な研究により詳細な位置が明らかになってきている。例えば、下山ら³⁾はトレンチ調査で断層の存在を示した。また、鬼木⁴⁾はボーリングデータから福岡市荒津から高宮までの区間の詳細な位置を示した。鬼木の結果を参考にして千田ら⁵⁾が警固断

層の通過位置を1/25,000の地形図(以下都市圏活断層図)で示している。これらの調査を本研究でも参照する。

3. 観測・解析の手法

3. 1 常時微動概要及び観測システム

交通機関や工場等の人為的な活動、および風、海洋の波浪や火山活動等によって、地盤は絶えず微小な振幅で振動しており、これを常時微動と呼んでいる。常時微動観測は、場所を問わず比較的容易に実施することができ、さらにコストも大してかからないことから、振動特性を手軽に把握できる方法として広く用いられている。さらに、微動観測におけるH/V スペクトルの利点として交通機関などの人工振動源による悪影響を排除して地盤自体の振動特性が得られやすいことなども挙げられる。そのため、観測時間を限定する必要性がない。

H/V スペクトルのピークとなる振動数と基盤深さとは地層が同じ速度を有している場合には反比例することが知られており⁶⁾、基盤深さがわかっている地点のH/V スペクトルと比較することで概略の基盤深さを推定することができる。ここで、基盤といっているのはS波速度が300m/s以上のいわゆる工学的基盤を指す。

微動観測は10,000倍までのアンプ付き可搬型の3成分加速度地震計(SMAR-6A3P)を用いて行った。ハイカットフィルター周波数を50Hz、サンプリング周波数を100Hzとし、水平2成分、鉛直1成分の変位波形を15分間1セットで記録した。解析は、微動観測から得られたデータを50%オーバーラップさせつつ1区間40.96秒の複数データに区分して、その6区間分のアンサンブル平均を求め、各区間のH/Vスペクトルを計算した。

3. 2 観測場所および観測方法

まず、観測位置を選定するに当たって、大まかな警固断層の位置を決定しなければならない。今回の微動調査では、太宰府市の青葉台までは主に都市圏活断層図を用い、これより南の部分は産業技術総合研究所の断層データ⁷⁾を用いた。この設定した断層を推定断層とする。

観測範囲は、北端は地下鉄赤坂駅付近から南は JR

天拝山駅付近までのおよそ 17km で、観測点数は 397 地点となった。

次に、推定断層データを用いて約500m間隔で基点をプロットし、それを測線の中心とした。ただし、道路の関係上により測線と測線の間はきっちり500mとはなっていない。また、春日市にある陸上自衛隊福岡駐屯地がある場所では推定断層の東側部分が観測できないため、その間にある測線の中心点は除外した。

続いて、推定断層から西側に150m、東側に350mの500mの区間を測線の観測区間として、この区間を測線の中心点付近から推定断層直行方向に50m間隔で11点微動観測を行った。ただし、那珂川付近から春日公園付近までは断層が不明瞭な部分が存在するため測線の幅を西側にさらに200m伸ばして700mの区間とし15点で微動観測を行った。図3.2に推定断層と側線を図示する。



図3.2 推定断層(黒線)と今回観測した測線(赤線), 数値地図25000より作成

4. 微動観測の結果と比較

4.1 微動観測結果

観測記録によって得られたH/Vスペクトルのピーク振動数を縦軸に推定断層と観測点との距離を横軸にとって、その関係を分布図で表してみる。データが34側線あるため、そのうち代表的な4つのタイプの分布図を

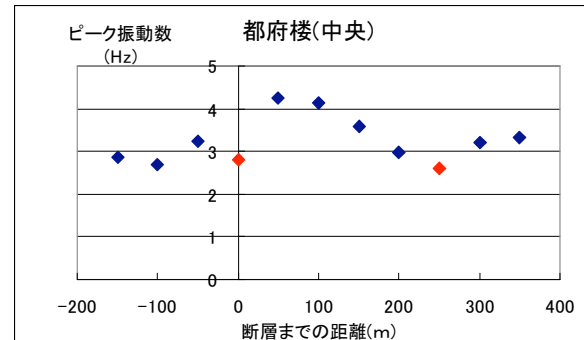
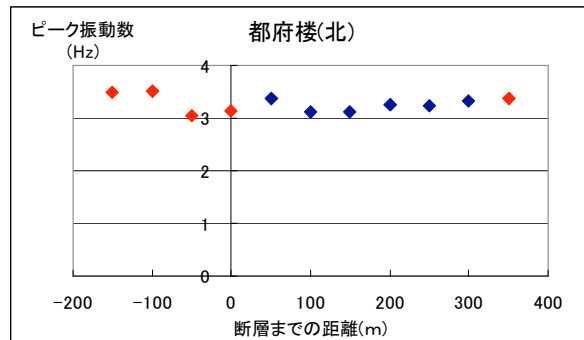
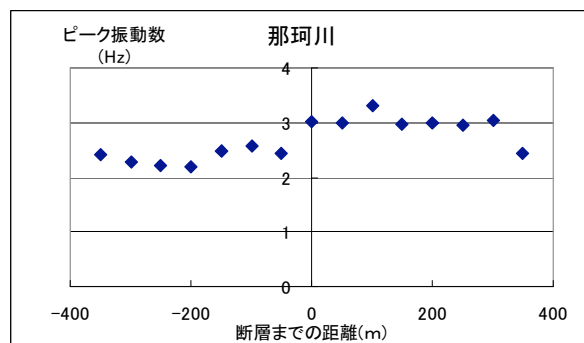
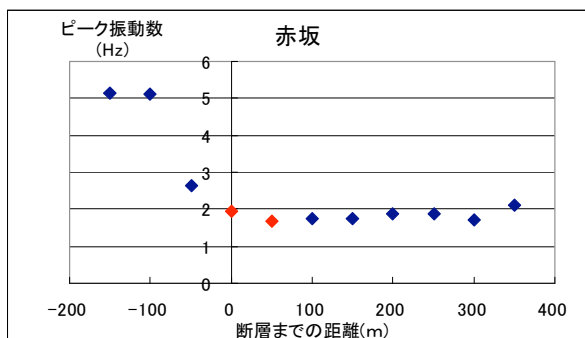


図4.1 ピーク振動数と推定断層までの距離の関係の代表的な4つのタイプ

図4.1に示す。尚、推定断層までの距離において負の値は西側、正の値は東側を指す。

地下鉄赤坂駅付近の測線では、ピーク振動数の変化が西側100mから推定断層付近の間で5.1Hzから1.9Hzと急激に落ち込んでいる。ピーク振動数が高いことが、表層の軟弱層が薄いことを現していると考えれば、この結果は既往の調査²⁾と照らし合わせてみても妥当といえるだろう。

この落ち込んでいる部分(図で赤く示している部分)を断層が通っていると推測する。

次に、那珂川付近の測線であるが、ピーク振動数が2.2Hzから3.3Hzの間にあり、ピーク振動数の明瞭な変化が見られない。この区間において断層の位置を推測するのは難しいといえる。

続いて、都府楼(北)側線であるが、こちらもピーク振動数が3.1Hzから3.5Hzの間にあり、那珂川付近の測線と同様明瞭な変化が見られない。しかしながら、H/Vスペクトル比の値が推定位置付近を境に大きく変化している。その図を図4.2に示す。そのため、この付近に

において何かしら地盤形状に変化があると考えられる。

最後に、都府楼中央側付近の測線であるが、ピーク振動数の明瞭な変化が、推定断層上と推定断層から東側250mの地点の2箇所存在していることがわかる。これは、推定断層の北側のJR大野城駅から都府楼南駅付近にかけて存在するごく短い警固断層がさらに南下して存在しているのではないかと考えられる。

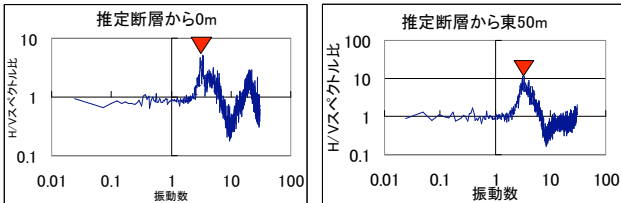


図4.2 都府楼(北)測線の西側50mと推定断層上のH/Vスペクトルの形状

4.2 理論値との比較

観測地点付近のボーリングデータを用いて、観測結果と理論的H/Vスペクトルのピーク振動数を比較した。

理論的H/Vスペクトルを求めるにあたって、その地点の速度構造が必要である。ボーリングのN値データを地震防災マップ作成技術資料⁸⁾からS波速度を求め、狐崎・他⁹⁾のP波速度とS波速度の関係式からP波速度を求めた。また、P波速度とS波速度から地震防災マップ作成技術資料¹⁰⁾の地盤構造に関する資料から密度を求めた。さらに、この速度構造に対して、N値が50以上となる工学的基盤面以下の速度構造を応用地質株式会社の資料¹¹⁾を基に設定した。

これらを基に理論的H/Vスペクトルのピーク振動数を算出した。図4.3に微動観測とH/Vスペクトルのピーク振動数の分布図を示す。

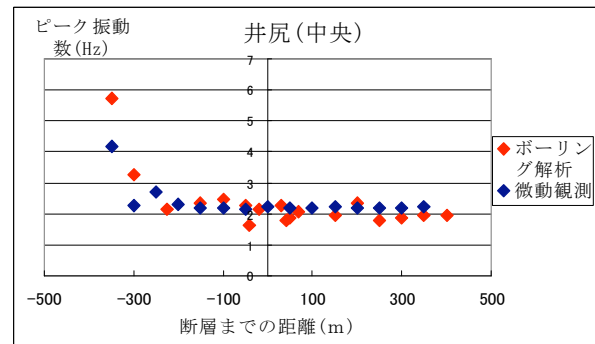
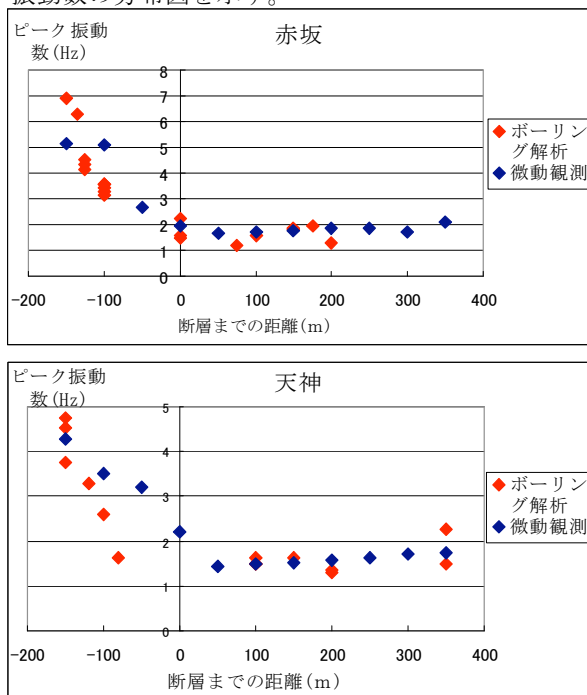


図4.3 理論的H/Vスペクトルのピーク振動数と観測結果との比較

赤坂の測線と井尻(中央)の測線においては、推定断層西側の方で、ボーリングデータから求めたH/Vスペクトルのピーク振動数が、微動観測から得られたピーク振動数より高い値を示している。天神の測線では、推定断層より西側において観測結果が若干高い値を示した。しかし、概ね一致していると見ることができる。

このことから、微動観測から得られたH/Vスペクトル比のピーク振動数は、表層厚さと深い関係があるということがこのグラフから読み取れる。したがって本研究手法は鉛直成分を有する伏在断層の推定において警固断層の場合には有効であるといえる

5. まとめ

以上の研究成果をまとめると以下の通り。

- 1) 警固断層沿いで微動観測を行った結果、4つのタイプの関係が得られた。
 - ① 明瞭にH/Vスペクトル比ピーク振動数が明瞭に変化し、警固断層が容易に特定できる測線
 - ② ピークが明瞭に出ず、警固断層の通るラインが特定できない測線
 - ③ ピークが明瞭に出ないものの、H/Vスペクトル比の値が著しく変化し、通っている可能性が疑われる測線
 - ④ ピーク振動数が明瞭に変化している箇所が2つある測線
- 2) H/V特性に急変が出現する地点が既往の断層位置と一致しない側線があり、位置の見直しが必要である。
- 3) ボーリングデータから求めた理論的H/Vスペクトルと観測H/Vスペクトルとを比較した結果、ピーク振動数はほぼ一致した。よって微動H/Vスペクトルのピーク振動数は表層地盤の厚さと深い関係があり、従って鉛直変動のある伏在断層を推定するのに有効であることが唆された。

図5に、最初の推定断層と本研究によって推測される

断層線を比較して図示する。

謝辞

本研究を進めるにあたり、応用地質株式会社の浜田氏には、有益な資料を快く提供してくださいました。ここに感謝の意を記します。

参考文献

- 1) 岡村真 他, 警固断層の博多湾延長部とその地震履歴, 日本地震学会講演予稿集秋季大会, pp. 123, 2005
- 2) 福岡地盤図作成グループ, 福岡市地盤図, 1981
- 3) 下山正一 他, 大佐野地区(福岡県)でのトレンチ調査報告, 活断層研究, 18, pp. 55-64, 1999
- 4) 鬼木史子, 福岡市域の警固断層の詳細位置と地下形態, 活断層研究, 15, pp. 37-47, 1996
- 5) 千田昇 他, 都市圏活断層図, 1996
- 6) 境有紀, 津野靖士, 工藤一嘉, 壁谷澤寿海, 改正建築基準法の解放工学的基盤波を想定した表層地盤増幅特性の簡便評価法, 日本建築学会構造系論文集, 第 565 号, pp. 73-78, 2003 年 3 月
- 7) 産業技術総合研究所, 警固断層データ
<http://riodb02.ibase.aist.go.jp/activefault/>
- 8) 内閣府, 地震防災マップ作成技術資料(2005),
<http://www.bousai.go.jp>
- 9) 狐崎長琅他, 地震動予測のための深層地盤 P・S 波速度の推定, 自然災害科学, Vol. 9, pp. 4-10, 1990
- 10) 内閣府, 地盤構造に関する資料,
<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/nankai/26/index.html>
- 11) 応用地質株式会社, 福岡市揺れやすさマップ解説書, 2007

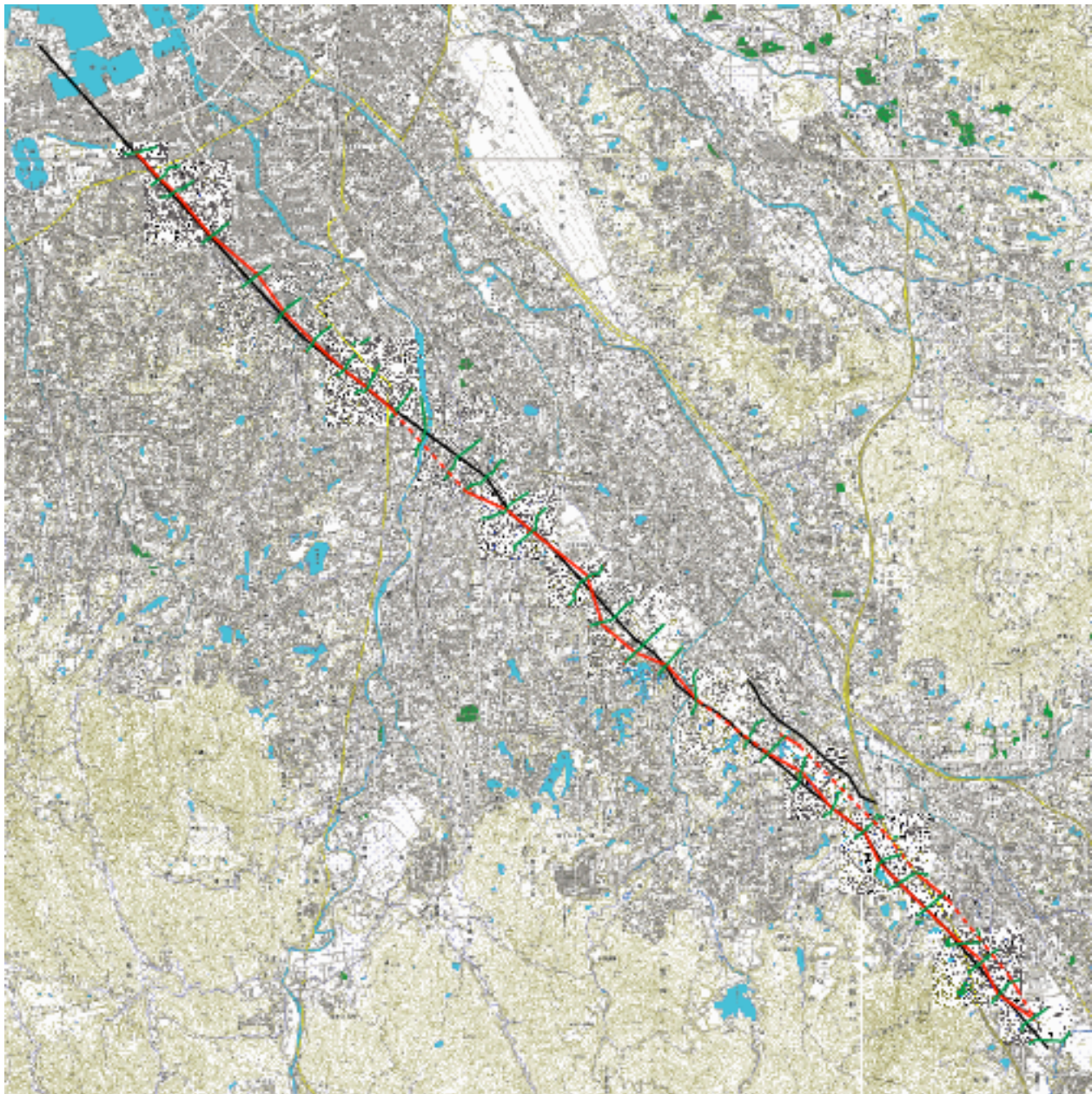


図5. 警固断層の位置(黒：推定断層, 赤：今回の観測で推定される位置), 数値地図25000より作成