

H/V スペクトル比を用いた地震動の推定

環境防災研究室 福井晶浩

指導教員 宮木康幸

1. はじめに

地震被害が甚大化している今日の日本で、地盤構造や地盤の構造特性を把握するのは急務である。ボーリング調査は精度が高い反面、時間や費用が掛かるため簡易で時間と費用が掛からなく場所を選ばない常時微動観測が注目されていた。それに加え地震動の挙動と被害状況に相関性を見出したいという考えがある。本研究では、本研究室の常時微動の処理方法に関する先行研究を活用し、任意の地点での地震動の挙動の推定を目指して昨年度から研究を行っている。最終的には簡便で誰でも行える推定法の提出を目標としている。

2. 先行研究と本研究の概要

先行研究として常時微動観測法には、三成分単点観測法によって常時微動の H/V スペクトルを求め、その形状から地盤構造を議論しようとする方法¹⁾がある。1つの微動計で常時微動を3成分観測し、H/V スペクトル比を用いれば、地盤構造を簡便に把握することができる。

本研究では常時微動から H/V スペクトルを算定した。K-NET や KiK-net²⁾などの強震記録が既知な1地点と任意の地点での2地点間の H/V スペクトルから比を求め、それを補正関数(=伝達関数と仮定)して強震記録に乗じることで任意の地点の地震動の挙動が推定できないか検討を行った。

3. 研究目的のための対象地点と使用データの選定

本研究では地震動を推定する対象地点として K-NET 十日町, Kik-net 長岡, Kik-net 湯ノ谷の3か所を選定した。昨年度の稲田の研究⁴⁾では近傍の地点で弱震であれば推定可能であると結論付けられた。本研究ではどの程度離れていても推定が可能か、どの程度の加速度まで推定可能かを検討することが研究目的となっている。昨年度は5km以下の近傍の地震観測店からのみの推定しか行われなかったのに対し本研究では k-net 小千谷からの推定をすべての対象地点に対して行った。これにより5km以下で行われていた推定に加え約10km, 15km, 20km離れた地点からの推定が行えるようになった。

対象地点で推定した地震動の最大加速度は50Galから500Galまで計37ケースである。最大加速度が大きくなると地震動の非線形性が現れるがそういった地震動でも推定を行った。以上のような対象地点と使用データにより距離と最大加速度の大きさの検討を行った。

4. 検討方法

地震動観測点を以下 K 地点とし、地震動の挙動を推定したい任意の地点を X 地点とする。また利用した H/V スペクトル比の一例を右に示す。

(1) K 地点と X 地点で常時微動観測を行い、先行研究の処理方法を利用し H/V スペクトルを求める。

(2) X 地点の H/V スペクトルを除すことにより2地点間の H/V スペクトル比を算定し、これを補正関数とする。

(3) K 地点で観測されている地震波をフーリエ変換する。

(4) フーリエ変換した地震波に補正関数である H/V スペクトル比を乗じ距離の補正を行う。

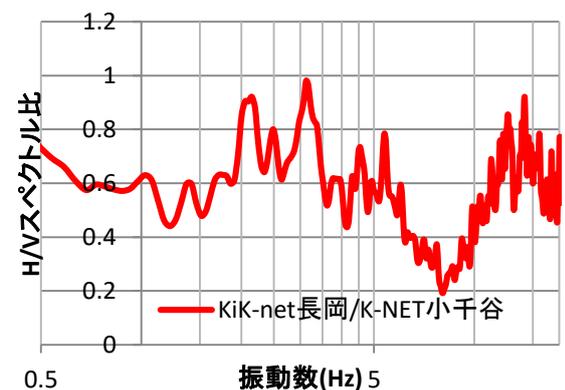
(5) 処理を行った波形ひのスペクトルデータを逆フーリエ変換し、X 地点での地震波であるとする。

(6) 本研究では推定できるかの検討を行っていることから、X 地点も地震観測点にしている。H/V スペクトル比を用いて想定した地震波と観測された地震波を比較し検討を行う。

(7) 以上を近傍の観測点と K-NET 小千谷の両方で行い距離の検討を行う。

5. 誤差の原因と対策

多くの推定を行うことによって大まかに2つの誤差原因を発見した。まず一つ目は距離減衰による誤差である。この誤差の原因は位置関係に起因しており、地震動を抽出する地点が対象地点に比べて近いと推定結果が大きく



出てしまい、逆に遠いと小さく出てしまうといった誤差である。対策としては司・翠川の距離減衰式⁵⁾(式1)を使うことによって距離に依存する係数を作成した。

二つ目の誤差は観測開始時刻のずれによる誤差である。この誤差は観測開始時刻は各地点で同じとは限らないが観測記録上の時間だけ合わせたため発生した。対策としてデータ上の時間ではなく観測開始時間を考慮した地震動の抽出を行うことで誤差は軽減できた。以下に誤差の補正前、補正後の結果を示す。

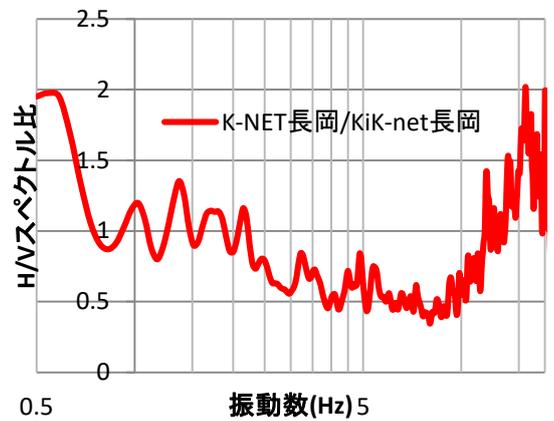


図-1 KiK-net長岡でのH/Vスペクトル比の例

(式1) $\log A = 0.50M_w + 0.0043D + d + 0.61 - \log(X + 0.0055 * 10^{0.50M_w}) - 0.003X$

M_w : マグニチュード D : 震源深さ(km) X : 断層最短距離(km)
 d : 地震タイプ別係数 地殻内地震 d=0 プレート内地震 d=0.12 プレート間地震 d=-0.02

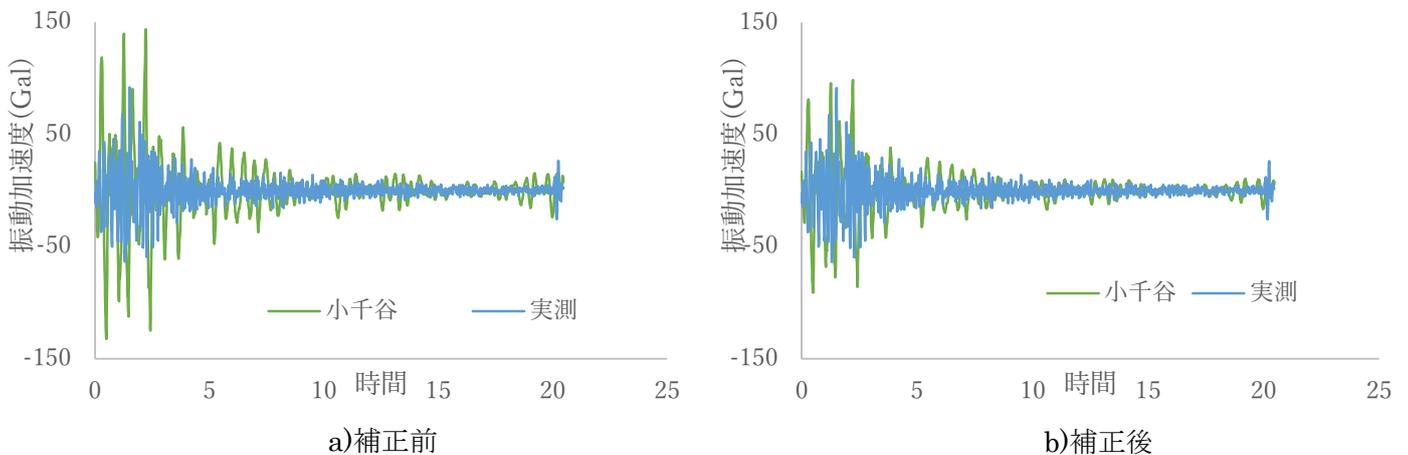


図-2 距離減衰による補正を行う前後の結果

6. 地震動の推定法の提案とその結果

提案する推定法としてはH/Vスペクトル比の補正に加え距離と時間の修正を行う推定法が最終的に提案する方法となる。補正を行うことで昨年度の稲田の修論⁴⁾に比べて推定できる地震動が多くなった。

結果を示す位置関係は図3のようになっている。K-NET小千谷が最も震央に近いので推定結果が若干近傍の観測点の結果に比べて大きく出ているもののある程度の推定精度が確認できる。4章に記載してある距離減衰式を用いた補正を行うことにより右下に示す結果のように約2km離れた近傍の観測点からの推定結果と約18km離れたK-NET小千谷からの推定結果にはさほど推定精度の差は見受けられない。右のグラフはNS成分の結果で上から実際の観測結果、近傍の観測点からの推定結果、K-NET小千谷からの推定結果となっている。



図3 対象地震での位置関係

7. まとめ

結論としては、多くの推定ケースで、ある程度の精度で推定できた。また全体的な傾向としては、地震動の既観測地点と未観測地点の距離が5 km程度と近接する場合の方が10 km以上離れた場合より推定精度が高くなった。これは当然の結果といえるだろう。しかし、距離減衰式を利用した距離に依存する補正関数を乗じれば近接する場合と同程度の推定結果を得ることができた。地震動の規模に関しては、中規模の地震動では高い推定精度を示し、過去に大きな被害が出た大地震でも近からず遠からずの推定結果を得ることができた。これは統計的推定法の長所と似ている。つまり、本研究の推定方法は、常時微動観測からH/Vスペクトルを求めさえすれば、後は地震観測記録を取得して、H/Vスペクトル比と場合によっては距離の補正関数を乗じるだけである程度の推定ができることが最大の長所である。この長所を生かすことで震災が起き、被害が起こった際に、その地点と最寄りの地震観測点の常時微動を計測するだけで、発災直後の情報が少ない時点でも、被害発生地点の地震動をある程度の推定ができ、被害発生の原因究明の一助になるのではないだろうか。

今後の課題は以下の通りである。

- ① 新潟県以外で検討を行う。
- ② 司・翠川の距離減衰式以外の距離補正を行った検討。

参考文献

- 1) 微動の利用技術：日本地震工学会 微動利用技術研究委員会
- 2) 防災科学研究所 強震観測網(K-NET, KiK-net) : <http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>
- 3) 時松孝次, 新井洋：レイリー波とラブ波の振幅比が微動の水平鉛直スペクトル比に与える影響, 日本建築学会構造系論文集 9月
- 4) 2019年度卒 稲田悠凜孝：常時微動データの利用に関する基礎的研究
- 5) 司 宏俊, 翠川 三郎(1999) 断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集

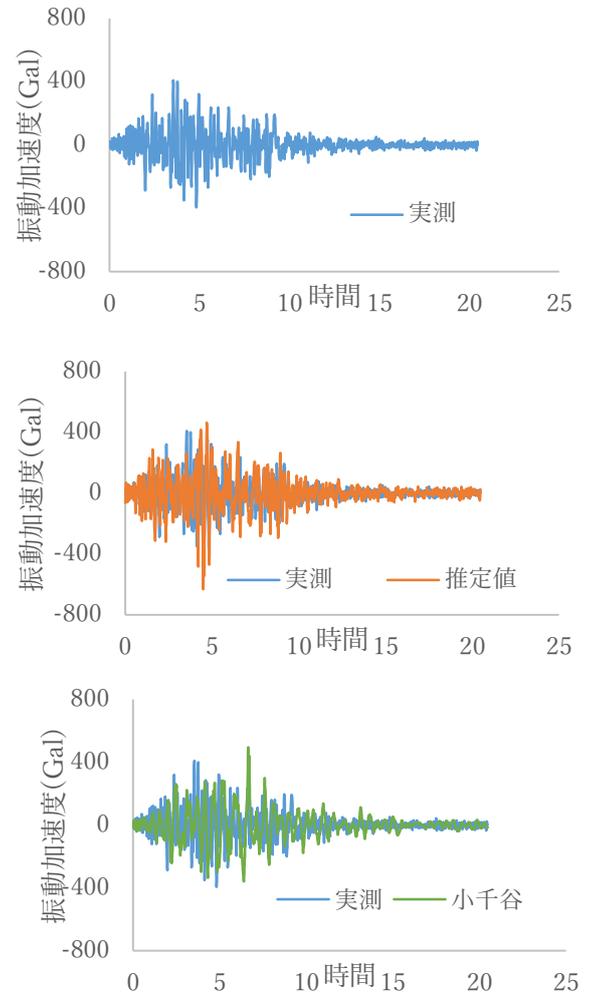


図4 推定結果