

図-4 速度応答スペクトル（減衰 20%）の増幅度【青葉区】

(3) 地盤パラメータと増幅率の関係

応答スペクトルの周期毎の増幅率と、深さ 20m までの平均 S 波速度 (AVS20) 及び深さ 30m までの平均 S 波速度 (AVS30) との関係について、次式で回帰分析を行う。

$$\log_{10} R(S(T)) = A \cdot \log_{10} AVS + B \quad (1)$$

横浜市READY150地点では、標準貫入試験およびPS検層が行われている。本論文では、さらにAVS20とAVS30を精度良く評価するために、伝達関数が適合するように、地盤モデルを修正して用いる。すなわち、PS検層データから作成した地盤モデル(初期モデル)に基づく伝達関数と、応答スペクトルと同様に算出したフーリエスペクトル比とを比較し、伝達関数がフーリエスペクトル比に合うように、地盤モデルを一部修正している。

周期 0.2 秒, 0.5 秒, 1.0 秒, 2.5 秒について、式(1)により得られた相関関係を図-5~8 に示す。相関係数の比較を図-9 に示す。回帰係数を図-10 に示す。周期によって AVS との相関の程度は大きく異なる

なることが分かる。周期 0.3 秒以下ではほとんど相関は無く、周期 0.8~1 秒付近で最も相関が高くなっている。

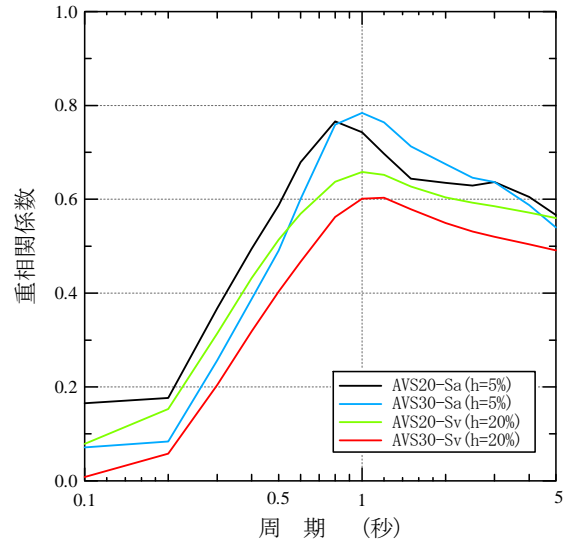
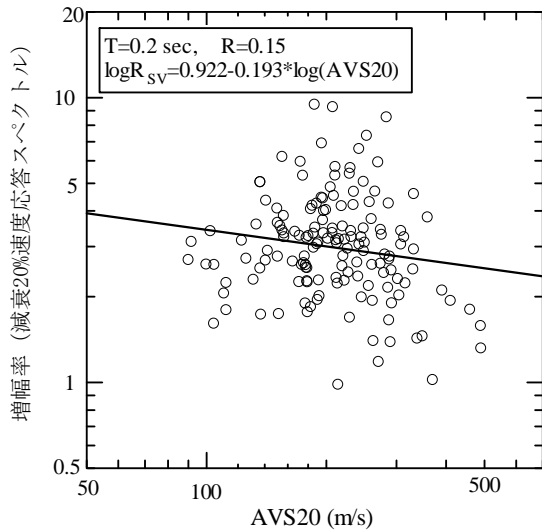
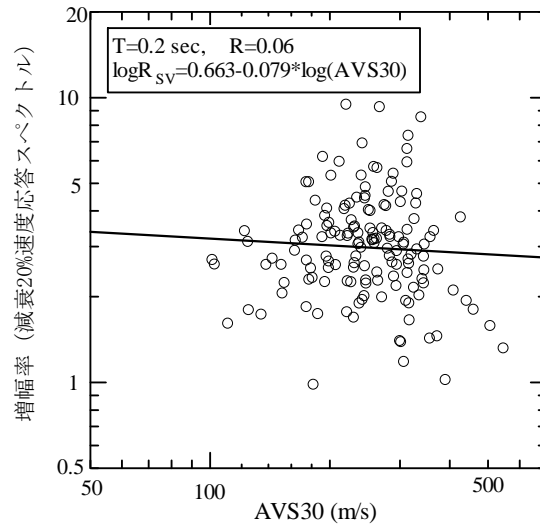


図-9 周期ごとの重相関係数

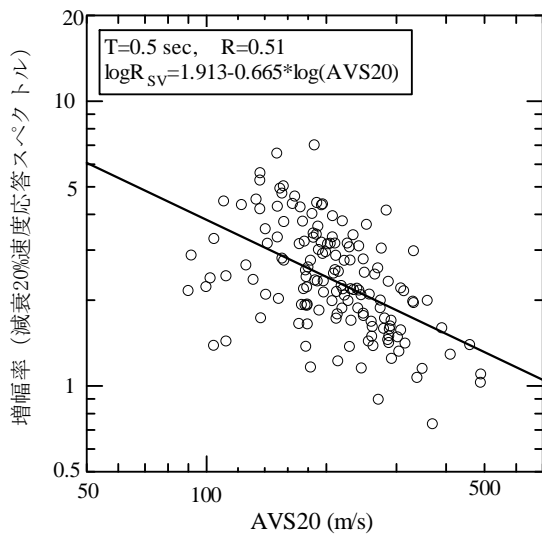


(a) AVS20

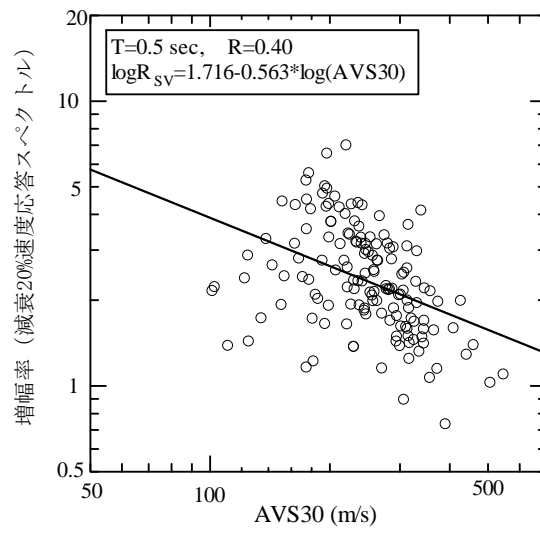


(b) AVS30

図-5 平均 S 波速度と応答スペクトル増幅率の関係 (周期 0.2 秒)

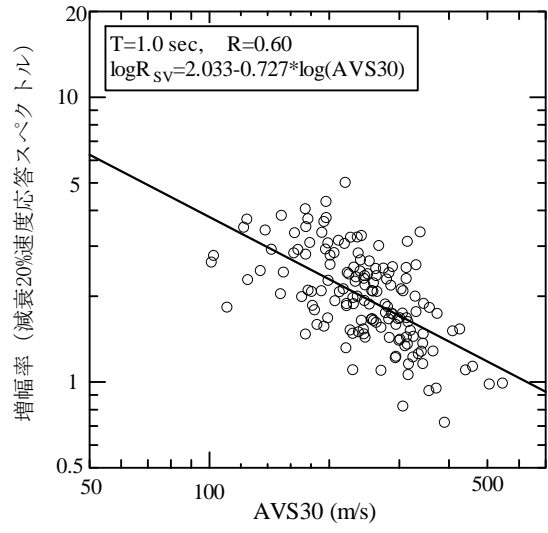
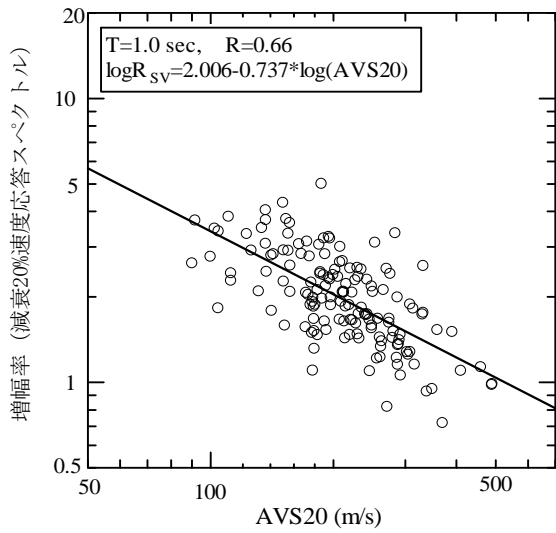


(a) AVS20

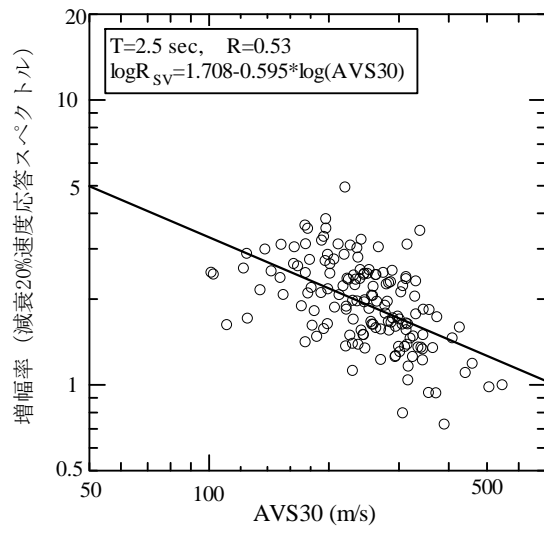
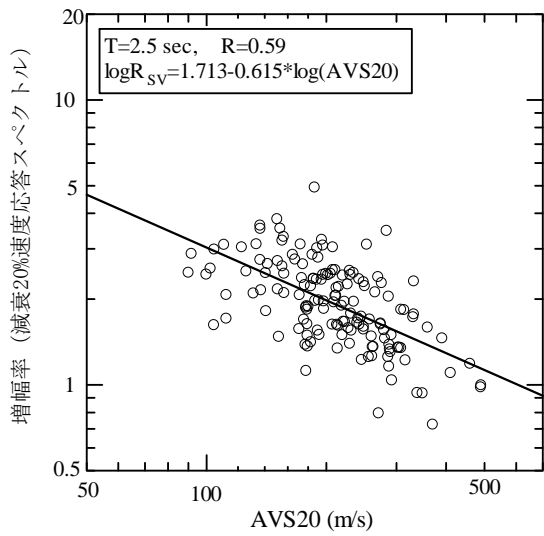


(b) AVS30

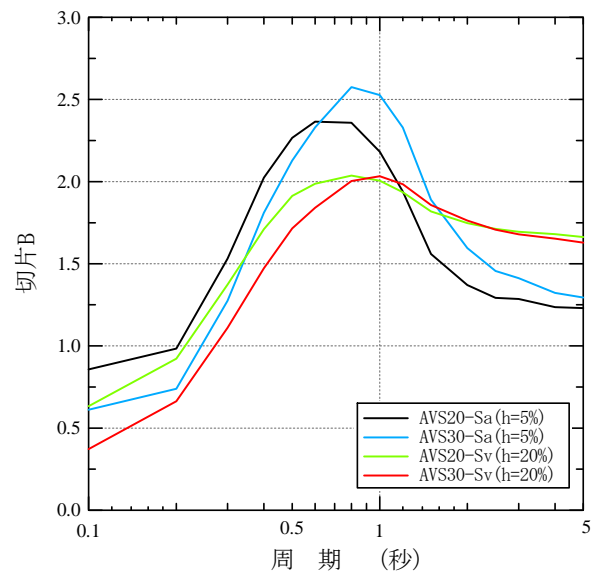
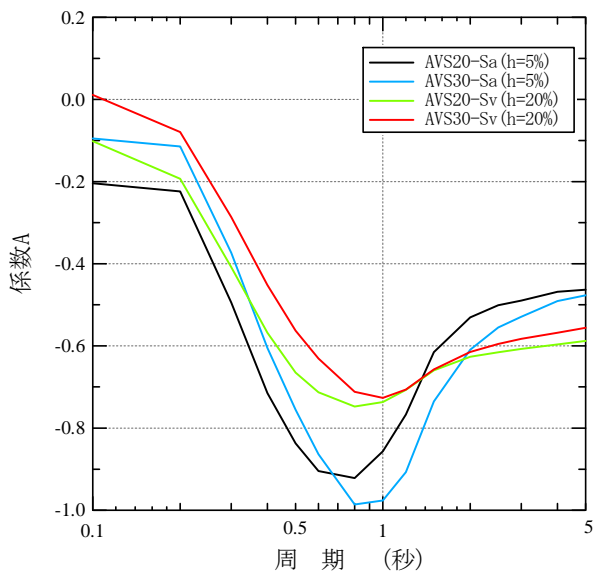
図-6 平均 S 波速度と応答スペクトル増幅率の関係 (周期 0.5 秒)



(a) AVS20 (b) AVS30
 図-7 平均S波速度と応答スペクトル増幅率の関係 (周期 1.0 秒)



(a) AVS20 (b) AVS30
 図-8 平均S波速度と応答スペクトル増幅率の関係 (周期 2.5 秒)



(a) 回帰係数 A (b) 回帰係数 B
 図-10 各周期における回帰係数

3. 応答スペクトルの空間補間

(1) 補間手法と条件

横浜市観測点を対象として、2章で算出した観測記録の応答スペクトル比を用いた補間推定による精度の検証を行う。各区2点(計36点)の観測値を用いて、他の114観測点での地震動を補間推定し、実際の観測値と比較する。36観測点は、気象庁の震度発表に用いられている箇所を選んでいる。観測点配置を図-11に示す。

表-2に示す6地震について、補間推定を行い、観測値と比較する。入力地震動特性が異なるものも含めるため、伊豆半島東方沖での地震も含めている。図-12に基準点として用いた iz02 における対象6地震の速度応答スペクトル(減衰20%)の比較を示す。eq06502は伊豆の地震ではあるが、eq98502と異なり短周期成分が卓越している。iz02では、0.8mの表層の下に $V_s=610\text{m/s}$ の軟岩が現れている。

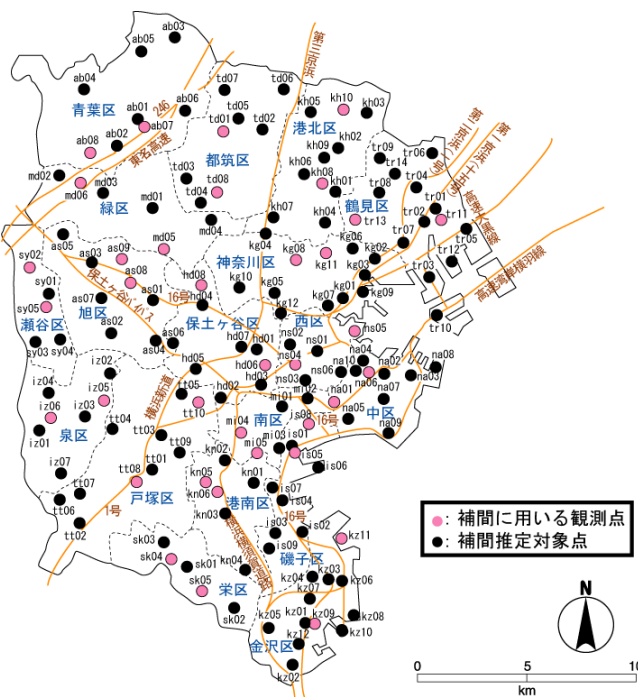


図-11 補間に用いた観測点の配置

表-2 補間推定の対象地震

地震番号	発生年月日	震源域	M_j	深さ(km)
eq98502	1998. 5. 3	伊豆半島東方沖	5.7	3
eq03903	2003. 9. 20	千葉県南部	5.8	70
eq05708	2005. 7. 23	千葉県北西部	6.0	73
eq05x04	2005. 10. 16	茨城県南西部	5.1	47
eq06502	2006. 5. 2	伊豆半島東方沖	5.1	15
eq06808	2006. 8. 31	東京湾	4.8	76

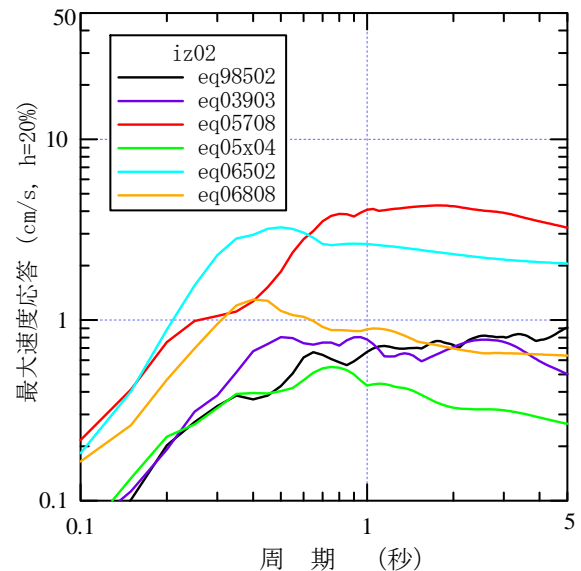
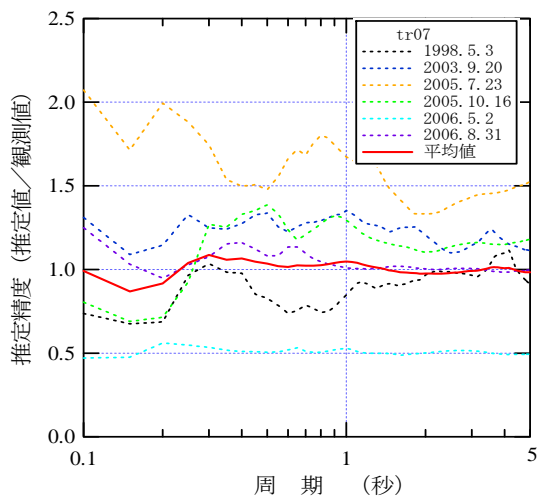


図-12 基準点 iz02 における応答スペクトル

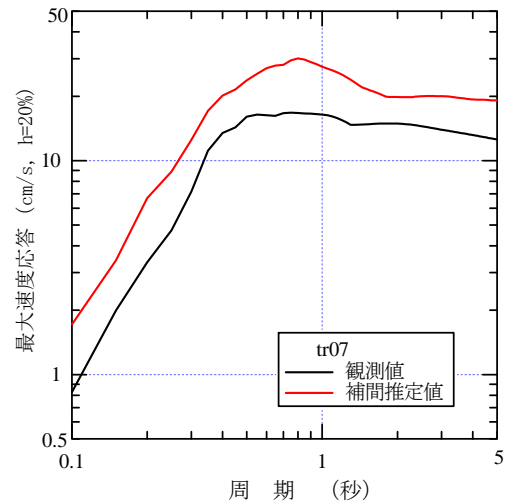
(2) 推定結果

減衰20%の速度応答スペクトルについて、4地点について精度を図-13~16に示す。図(a)は対象6地震について、推定値/観測値を精度指標として示したものである。応答スペクトルは各種の周期特性を考慮できるので、赤線で示した平均値は2割程度の誤差にとどまっておき、極めて高い精度となっている。しかしながら、地震別では、精度がばらついており、かつ地震によってどの地点でも大きいあるいは小さいという傾向が見られるわけでもない。今後、さらなる精度向上のため、この要因も明らかにしたいと考えている。図(b)は、2011年東日本大震災以前では最も大きな揺れが観測された2005年7月23日に発生した千葉県北西部の地震について、比較したものである。周期による偏りはなく、全体によく観測記録の周期特性が再現されていることが分かる。

図-16(b)と同様に対象地震の中で揺れが最も大きい2005年7月23日の地震を対象として、観測値と推定値のスペクトル比較図の分布を、青葉区、神奈川区について、図-17に示す。丘陵側の青葉区では場所によるスペクトル形状の差異は大きくないが、低地と丘陵が混在する神奈川区では場所により観測記録のスペクトル形状は大きく異なっている。それでも、推定結果は概ねそれぞれの観測点の特性を反映しており、概ね良い対応を示している。特に、神奈川区については、補間に観測点として用いたkg08とkg11の2点の応答スペクトルの形状が大きく異なるにもかかわらず、外挿条件になるkg06でやや差が大きい程度で、他の観測点ではよく周期特性が再現されている。

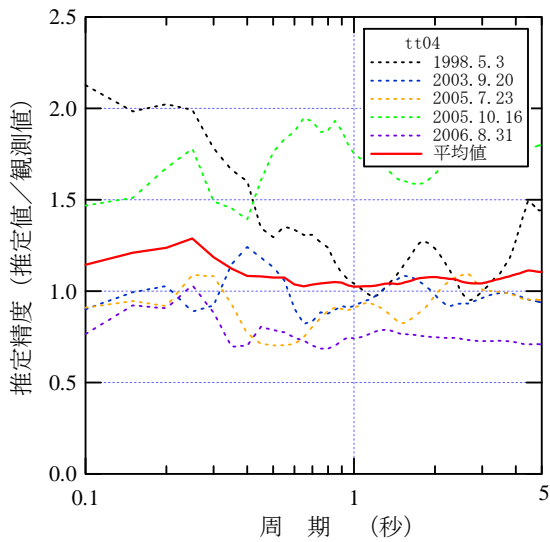


(a) 地震毎の推定精度

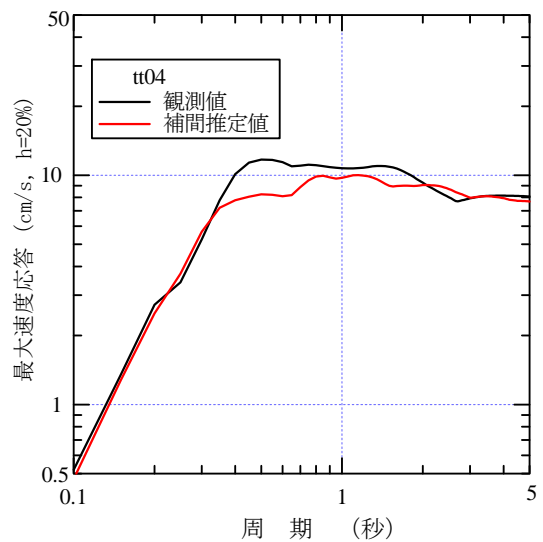


(b) 観測値との比較 (2005年7月23日)

図-13 減衰 20%速度応答スペクトルの推定精度 (tr07)

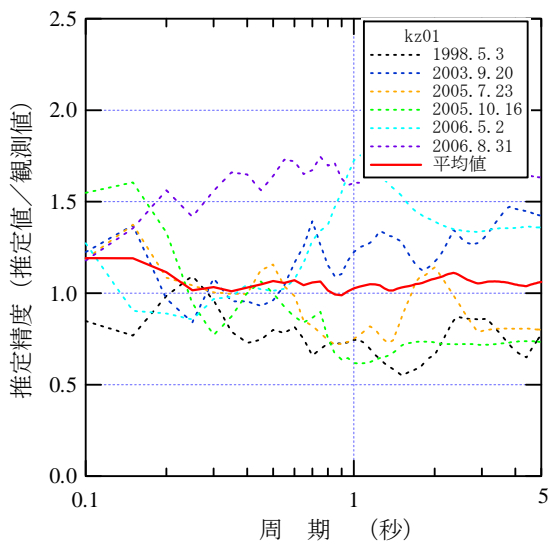


(a) 地震毎の推定精度

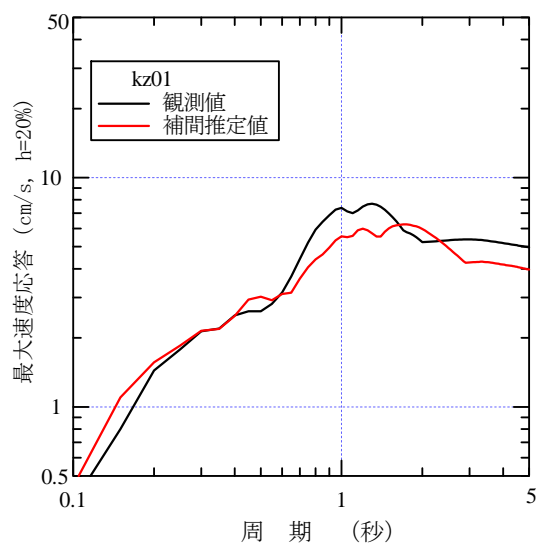


(b) 観測値との比較 (2005年7月23日)

図-14 減衰 20%速度応答スペクトルの推定精度 (tt04)

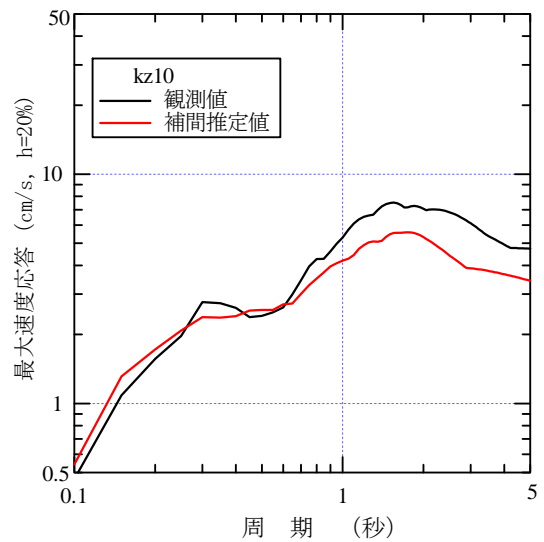
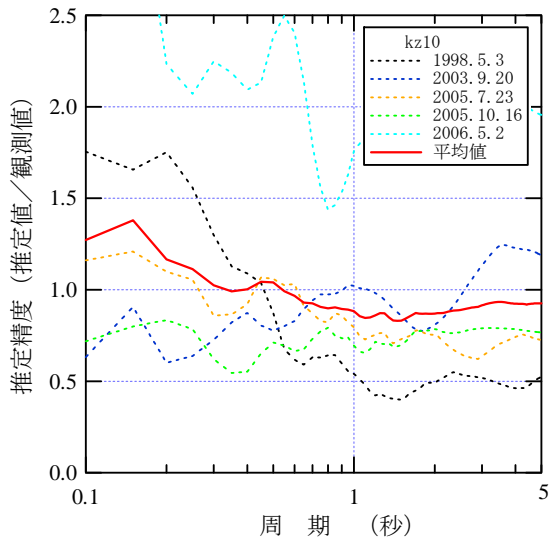


(a) 地震毎の推定精度



(b) 観測値との比較 (2005年7月23日)

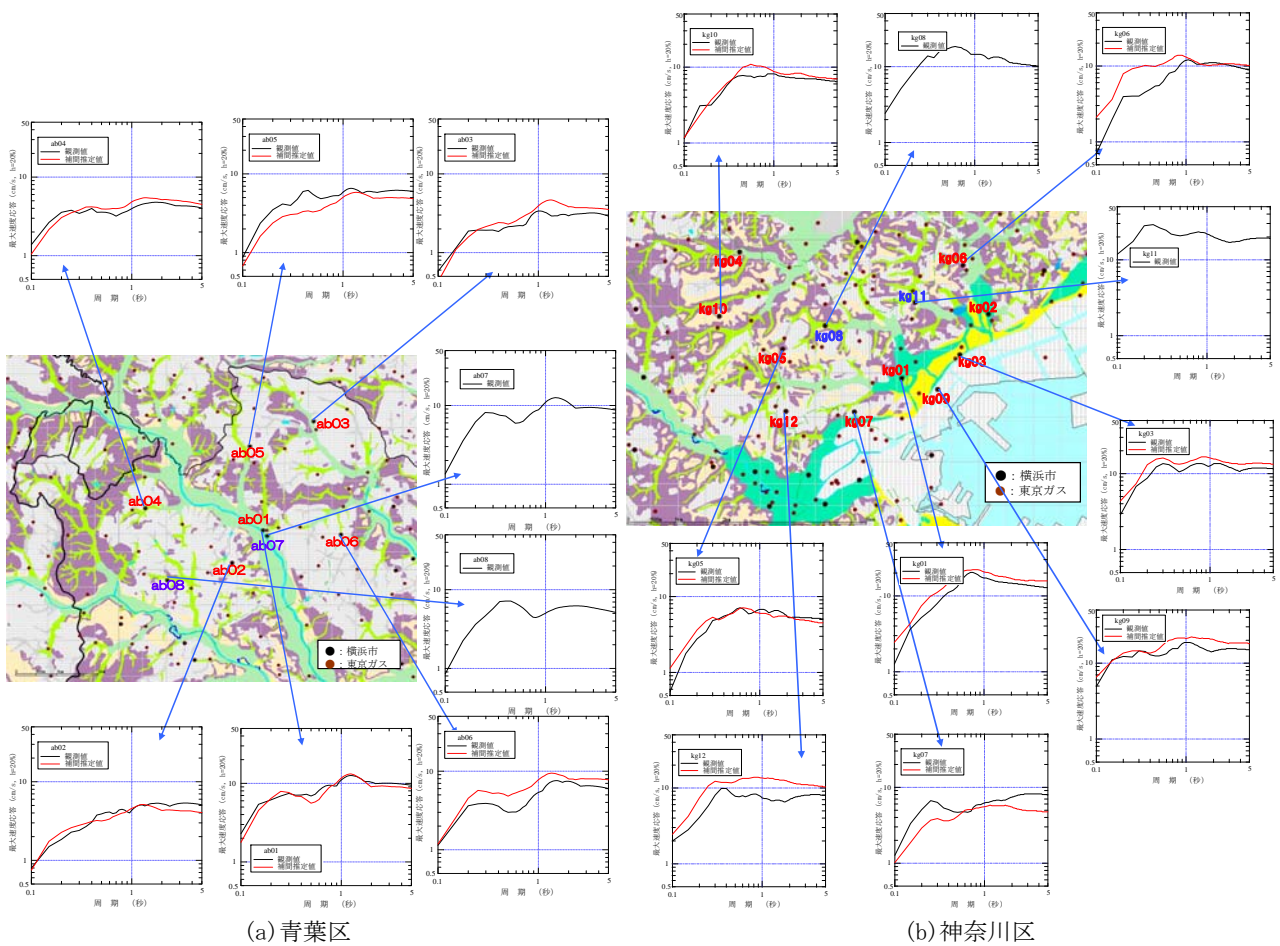
図-15 減衰 20%速度応答スペクトルの推定精度 (kz01)



(a) 地震毎の推定精度

(b) 観測値との比較 (2005年7月23日)

図-16 減衰20%速度応答スペクトルの推定精度 (kz10)



(a) 青葉区

(b) 神奈川区

図-17 速度応答スペクトル (減衰5%) の推定 (2005年7月23日千葉県北西部の地震)

4. おわりに

本論文では、約2kmの間隔で設置されている横浜市強震観測網の記録を用いて、地震動の高精度推定のため、速度応答スペクトルを対象とした検証を行った。これにより、以下のことが明らかになった。

- 1) 応答スペクトルを扱うことで、地盤の特性や入力地震動の特性を反映した評価ができる。
- 2) 周期0.5秒～2.5秒程度では、応答スペクトルの増幅率と地盤の平均S波速度は良い相関を示す。
- 3) 6地震で検証した結果、応答スペクトルの推定値は概ね観測値と良い対応を示した。

今回の検討成果より、SI値を用いて被害推定を行う場合でも、応答スペクトルの補間推定の後に、それを積分してSI値を評価した方が精度良く評価でき

ると期待される。今後、東京ガスの高密度観測網を活かし、地震観測点でない箇所への展開法を検討していく予定である。

本論文では、横浜市強震計ネットワークのデータを使用させて頂きました。関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 清水 善久, 石田 栄介, 磯山 龍二, 山崎 文雄, 小金丸 健一, 中山 渉: 都市ガス供給網のリアルタイム地震防災システム構築及び広域地盤情報の整備と分析・活用, 土木学会論文集, No.738/I-64, pp.283-296, 2003.
- 2) 横浜市: 高密度強震計ネットワーク
http://www.city.yokohama.jp/me/anzen/kikikanri/jisin_data/

PRECISION OF SPATIAL INTERPOLATION ESTIMATION OF RESPONSE SPASTRA USING THE RECORDS OBSERVED BY YOKOHAMA DENSE ARRAY

Iwao SUETOMI, Yasuhiro FUKUSHIMA, Eisuke ISHIDA, Wataru INOMATA,
Yuuki NORITO, Fumio YAMAZAKI and Takanobu SUZUKI

SI value is often used as an index of ground motion for disaster estimation. Because source effect and site amplification effect have characteristics which depends on frequency, response spectra are effective in order to calculate the distribution of earthquake ground motion precisely. In the other hand, real-time estimation should be simple. In this paper, using the observation records in Yokohama, response spectra are estimated by the interpolation with the average ratio. It is shown that, 1) response spectrum is effective, 2) average S-wave velocity is well correlated to an amplification factor for the period range from 0.5 to 2.5 second, 3) the use of average ratio of response spectrum gives good estimation of earthquake ground motion.