

擬似経験的グリーン関数法を用いた任意地点の強震動予測

その1 観測記録の空間補間による擬似経験的グリーン関数の推定

正会員 ○千賀英樹*1 同 高橋広人*2 同 福和伸夫*3
同 護 雅史*4 同 林 宏一*2
同 山本健史*5 同 飛田 潤*4

経験的グリーン関数法 因数分解 コヒーレンス
高密度強震観測 濃尾平野

1. はじめに

経験的グリーン関数法¹⁾は、予測サイトにおいて適切な地震観測記録が存在する場合には最も信頼性が高い手法といわれている。しかしながら、予測サイトあるいは近傍で強震観測が行われ、適切な記録が得られていることは稀である。そこで筆者らは、任意地点での経験的グリーン関数法の適用を目的とし、高密度強震観測網の観測記録と浅部及び深部の地盤モデルを活用した地震動推定方法を提案した²⁾。これを擬似経験的グリーン関数法と呼ぶこととする。

本論では、名古屋市域を対象とし、擬似経験的グリーン関数法を用いた強震動予測を行う。その1では、擬似経験的グリーン関数の空間的補間手法について検討する。

2. 擬似経験的グリーン関数法の概要

擬似経験的グリーン関数法は、深部及び浅部地盤モデルを活用し、実際に観測された記録を空間的に補間することで、任意地点における地震動を推定して、これを用いて経験的グリーン関数法による強震動予測を行うものである。地震観測記録のある観測点をA点とし、地震波を求めたい任意地点をB点とする。B点の地震動 $O_B(\omega)$ は、A点の地震動 $O_A(\omega)$ 及びA点とB点の伝達関数 $R_{BA}(\omega)$ を用いて以下の通り推定することができる²⁾。

$$O_B(\omega) = R_{BA}(\omega) * O_A(\omega) \quad (1)$$

$$R_{BA}(\omega) = \frac{O_B(\omega)}{O_A(\omega)} \quad (2)$$

ここで、 $O_A(\omega)$ 及び $O_B(\omega)$ は、地盤モデルを用いてシミュレートしたA点、B点における地震動である。本論では、浅部地盤モデルは文献³⁾、深部地盤モデルは文献^{4),5)}を用いた。地震波のシミュレートにおいては、長周期域では地震動の3次元的な波動伝播を考慮した3次元有限差分法を、短周期域ではP, SV, SHの3成分を考慮した統計的グリーン関数法により求める。(1)式により得られる長周期及び短周期の推定地震動をそれぞれ計算し、接続周期2秒でハイブリッド合成した。

得られる推定地震動は地盤モデルに左右され、また用いる観測地点により異なるので、予測地点の近傍の複数の観測地点から推定される地震動を何らかの方法で平均化することが適切と考えられる。またこの際には、複数の観測点の記録の刻時精度の影響も大きい。

3. 擬似経験的グリーン関数の推定方法の検討

図1に検討に用いた中小地震の震央及び観測地点を示す。検討では主に刻時精度の保証されている観測記録を用いた。中小地震は2004年9月8日23:58に紀伊半島

沖で発生した地震(Mj:6.5)を用いた。本論では、3地点の地震観測記録から任意地点の地震動を推定することとし、伝達関数を適用する2地点間の距離、3地点の位置関係及び平均手法の影響について検討する。検討はA4115Eの地震動を推定し、これを観測記録と比較した。図2にA4115Eにおける観測記録を示す。平均手法は、次の3手法について検討した。

手法①：時間軸上で3地点からの推定波形の振幅を2地点間の距離の逆数で重み付き平均する方法

手法②：手法①による波形の位相は保持し、振幅は3地点からの推定波形のフーリエ振幅スペクトルの平均とする方法

手法③：3地点からの推定波形の因数分解⁶⁾により得られる最小位相推移関数の平均 $\overline{F_w(\omega)}$ と、手法①による波形の全域通過関数 $F_A(\omega)$ の積を用いる方法

図3にA4115Eを囲まないように選択した3地点の推定波形を上記3手法により平均した波形、フーリエスペクトル、A4115Eの観測記録とのコヒーレンスをA4115Eとの距離別に示す。また図4には距離が3.5km-7.5kmの地震観測点を、A4115Eを囲むように選択した3地点の平均結果を示す。図3より、平均に用いる3地点の距離が近いほど観測記録との相関が高いこと、図4より3点の配置による明瞭な差異がないことがわかる。

平均手法に関しては、先ず手法①では振幅スペクトルにおいて観測記録との対応が悪い。これは波形を重合する際に、位相ずれを生じた波同士が打ち消し合うためと考えられる。手法②及び手法③では、振幅特性は観測スペクトルとほぼ対応しているが、特に図4で手法③のコヒーレンスがより良好に得られている。地震動の平均では振幅と位相それぞれの扱いが重要であり、スペクトルの因数分解に基づく手法③の方が理論的に適切であると考えられる。

次に、時刻ずれの影響を考察するため、ハイブリッド法により求めた理論波形に対し、人為的に±1秒だけ時刻をずらした波形を2波用意し、手法③でそれらを平均した。図5に、平均した波形及び時刻をずらしていない元波形とのコヒーレンス、そして時刻をずらした波形の全域通過関数同士の相互相関関数を示す。図5より、時刻ずれと共にコヒーレンスが落ちていく様子が確認できる。また時刻ずれは相互相関関数により明瞭に現れることから、刻時精度の補正において有用な時刻更正手法となる

可能性があり、今後詳細に検討する。

4. まとめ

本論では、擬似経験的グリーン関数の空間補間方法について検討した。結論として、1)推定地点に近い観測点の記録を用いるほど精度が高い。2)推定地点に対する観測点の位置関係の影響は見られない。3)複数の観測点を用いた推定では、スペクトルの因数分解により振幅と位相に分離してそれぞれ平均化する手法が適切である。

参考文献

- 1)Irikura,K.: Prediction of strong ground acceleration motions using empirical Green's function, Proc. 7th Japan Earthq. Eng. Symp., 1986
- 2)高橋・福和・林・飛田：地盤モデルに基づく2地点間の伝達関数と地震観測記録を用いた任意地点における地震動の推定,日本建築学会構造系論文集,第609号,2006
- 3)高橋・福和：地震動予測のための表層地盤のモデル化手法の提案と検証,日本建築学会構造系論文集,第599号,2006
- 4)愛知県：平成14年度濃尾平野地下構造調査成果報告書,2003
- 5)愛知県：平成16年度三河地域堆積平野地下構造

調査成果報告書,2005

6)和泉・勝倉・大野：地震動の因数分解に関する基礎的研究,日本建築学会構造系論文集,第390号,pp.27-33,1988.8

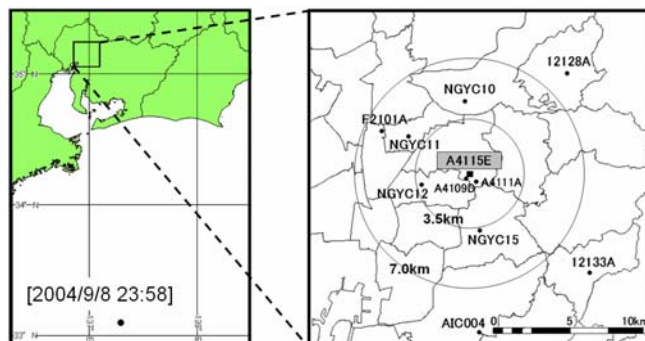


図1 検討に用いた地震の震央及び観測地点

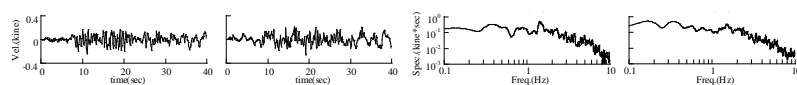


図2 A4115Eの観測記録

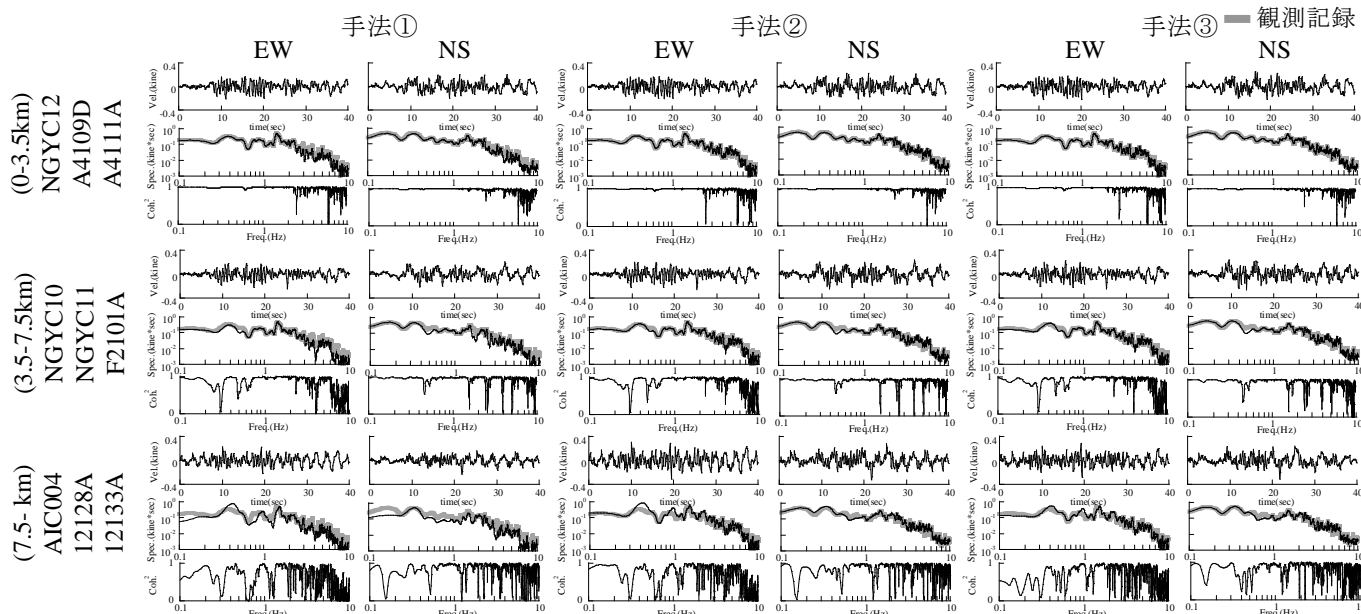


図3 A4115Eを取囲まないように選択した3点による推定波形

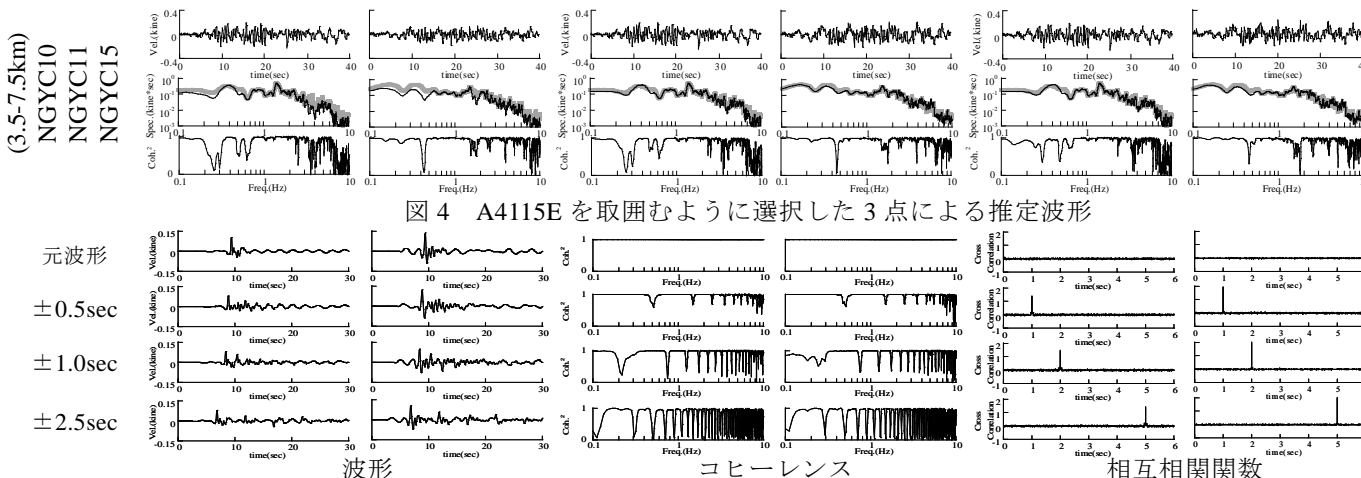


図4 A4115Eを取囲むように選択した3点による推定波形

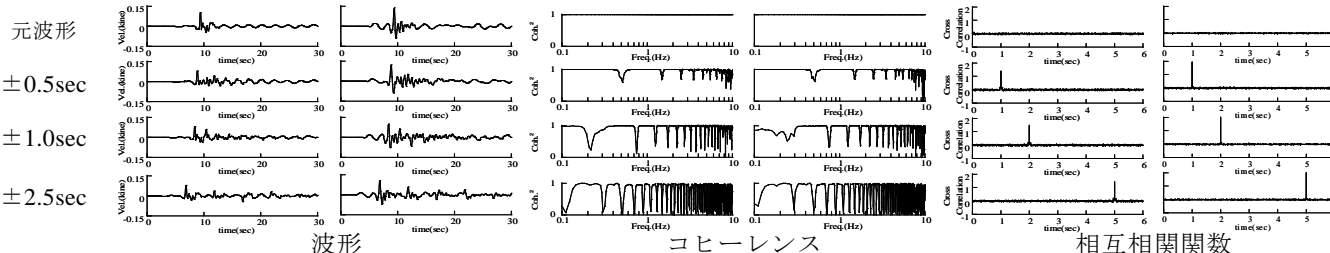


図5 理論波形による時刻ずれの影響

*1 名古屋大学大学院環境学研究科・大学院生
 *2 応用地質株式会社
 *3 名古屋大学大学院環境学研究科・教授
 *4 名古屋大学大学院環境学研究科・准教授
 *5 戸田建設株式会社

*1 Graduate Student, Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ.
 *2 OYO Corporation.
 *3 Prof., Graduate, School of Environmental Studies, Nagoya Univ.
 *4 Assoc. Prof., Graduate, School of Environmental Studies, Nagoya Univ.
 *5 Toda Corporation.