

地域固有の長周期特性を含む 設計地震動の予測法に関する研究

岐阜大学 理事・副学長 杉戸真太

岐阜大学 流域圏科学研究センター・准教授 久世益充

概要：

近い将来の発生確率が極めて高いと推定されている南海トラフ巨大地震では、震動の継続時間が数分におよび、さらに3大都市圏のような深い基盤構造を有する地域では、地域特有の長周期の地震動が大きく励起される。固有周期の長い長大構造物等の合理的な耐震化においては、各地域の固有の周期特性を含む入力地震動を的確に推定することが必要不可欠であり、このための強震動予測手法の開発を検討した。

予測手法の基本部分は申請者らによる手法を活用した。地域固有の長周期地震動特性については、防災科研の強震観測網（K-NET ならびに KiK-net）で得られている多数の強震記録の分析結果に基づき活用方法を提案し予測手法に組み入れた。

キーワード：強震動予測、地域固有の地震動増幅特性、海溝型巨大地震、長周期地震動

1. はじめに

我が国の大都市域では、深い基盤構造の上に厚い軟弱な堆積層が存在しており、規模の大きな地震が発生するとそれぞれの地域特有の長周期地震動が大きく励起され、減衰の小さな長大橋梁のような構造物にとっては震源が遠くても大きな地震外力となる。

近い将来の発生確率が極めて高いと推定されている南海トラフ巨大地震では、震動の継続時間が数分におよび、さらに3大都市圏のような深い基盤構造を有する地域では、地域特有の長周期の地震動が大きく励起される。固有周期の長い長大構造物等の合理的な耐震化においては、各地域の固有の周期特性を含む入力地震動を的確に推定することが必要不可欠であり、このための強震動予測手法を開発することが極めて重要である。

2. 検討対象地域

検討対象地域として、重要構造物ならびに人口が集中する、(a)東京湾沿岸地域、(b)名古屋市を含む濃尾平野南部地域、(c)大阪平野南部地域を選定した。これらの3地域では、広い範囲で軟弱な堆積層が厚く、やや長周期の地震動の増幅や深い基盤構造に依存した長周期表面波

の励起が予想されている。比較的規模の大きな地震による地域内での強震記録から、各地点で特有の長周期領域のスペクトル増幅特性を見出し、それらを強震動予測手法に取り入れることを検討した。

なお、著者ら¹⁾による強震動シミュレーション手法EMPRの概要、ならびに各地域で特有のスペクトル特性の導入法の基礎事項についてはここでは触れず、以下では名古屋市を含む濃尾平野南部地域についての解析結果に的を絞って解説する。

3. 地域固有の長周期地震動成分のスペクトル特性

濃尾平野南部を対象地域として、この地域での強震観測網（K-NET ならびに KiK-net）で得られている多数の強震記録の分析を行った。

著者ら²⁾は、名古屋港周辺地域に限定して地震動特性を推定し、比較的規模の大きな地震については、当該地域特有の傾向と考えられる周期2～4秒程度の長周期成分の卓越を確認した。名古屋港周辺地域は、図-1に示すように濃尾平野の一部であるため、対象地域を濃尾平野に拡大しても同様の傾向があるのか、また、どの程度の範囲まで適用可能かを検討した。具体的には、図-1のK-NET、KiK-net観

測点の観測記録より重ね合わせ数を求めて考察を行った。図-2に、紀伊半島沖地震(2004.9.5, M7.1)、東海道沖地震(2004.9.5, M7.4)、能登半島地震(2007.3.25, M6.9)、東北地方太平洋沖地震(2011.3.11, M9.0)の地震に対して、

重ね合わせ数を比較した結果を示す。なお、地震ごとの比較を容易にするため、観測記録は水平2成分の平均値で示し、図中の縦軸は、対象とする断層の地震モーメントからEMPRにより統計的に推定される重ね合わせ数に対する観測記録の重ね合わせ数の比で示した。また、図-2中の黒線で示した東海地方の平均値は、濃尾平野を含む、東海地方とその周辺の9県(岐阜、愛知、石川、長野、三重、滋賀、福井、静岡、富山)のK-NET観測点より算出した値である。この平均値は、EMPRモデルの重ね合わせ数(図-2の1.0)、すなわち、過去の強震記録に基づいた平均的な地震動特性に対する偏差であり、当該地震の平均的な震動特性を現しているとみなすことができる^{1,2)}。EMPRモデルから得られる平均的な重ね合わせ数、ならびに黒線の平均的な震動特性と着目地域の違いを比較することで、他の観測記録と異なる、地域特有の傾向を確認することができる。

図より、青で示す濃尾平野内の地点においては、0.2～0.6Hz付近の卓越が見られ、これは、著者らが推定した(a)～(c)と概ね同様の傾向を示すが、その比率は小さな傾向を示した。これらの観測地点は、東北地方太平洋沖名古屋港地域(赤線)と同様の傾向であることが確

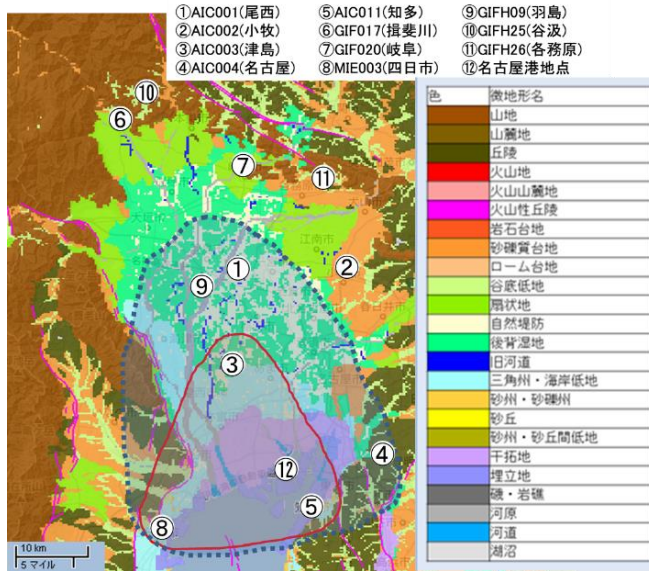


図-1 濃尾平野の地形区分と観測地点の分布(J-SHIS³⁾に加筆、赤は名古屋港地域、青は濃尾平野)

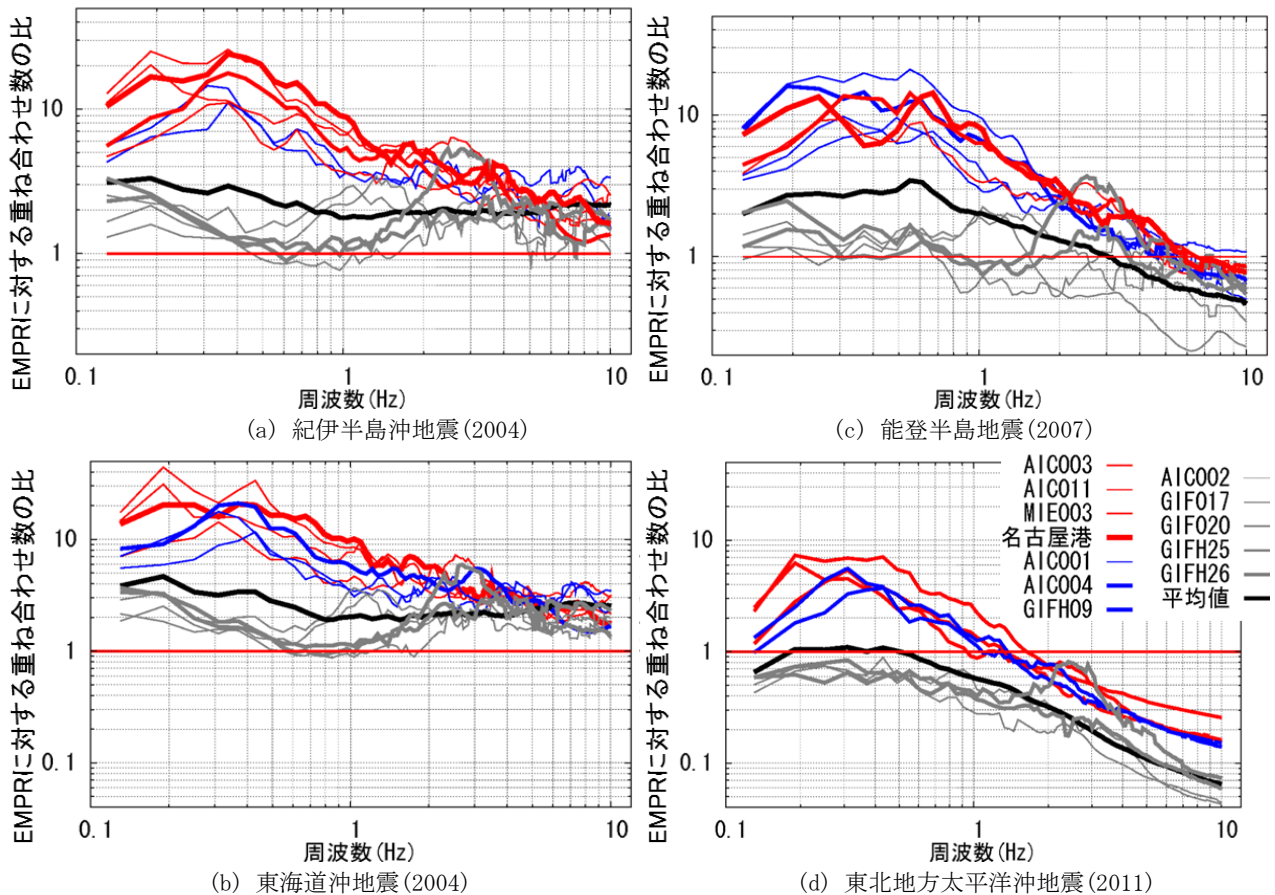


図-2 濃尾平野における重ね合わせ数の比較

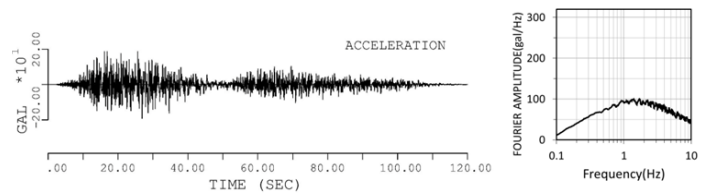
認できる。しかし、共通の傾向が見られる一方で、対象地域を上げたことで、観測地点ごとの重ね合わせ数の比に違いが見られる。図-2 (d) の東北地方太平洋沖地震は、他の地震(図-2 地震の震源域から 500km 以上離れている。EMPR の適用範囲外であるため、平均的な地震動の特性を評価できていない可能性はあるが、図-2 (a)～(c)と同様に、周波数軸上での相対的な卓越の傾向が認められる。

4. 各地域で固有のスペクトル特性の補正値を活用した強震動予測

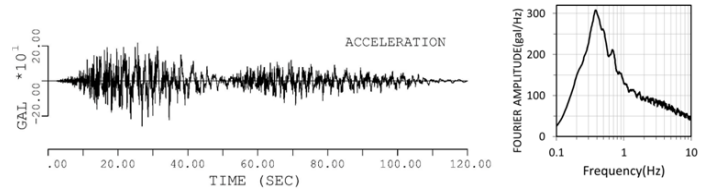
以上の考察結果より濃尾平野の地震動特性を推定し、これに基づいて名古屋港地点の地震動を算定した結果を示す。図-3に、濃尾平野の地震動特性を、補正係数として示した。前述したように、観測波の偏差の平均値に基づき、表層付近の地盤条件による地震動増幅特性の影響が含まれる高周波数領域を除外した青太線の補正係数 r を用いた。

補正係数の算定では、後述の地震動算定で使用することを考慮して、想定地震と地震波の伝播経路が等しいと考えられる図-2 (a) の紀伊半島沖地震、図-2 (b) の東海道沖地震を使用した。また、図-2 の考察を基に、濃尾平野に共通する地震動特性として、図-2 中、赤線および青線で示した観測記録の平均値を用いた。前述したように、観測地点ごとの重ね合わせ数の比に違いが見られることから、地域特性を考慮した地震動推定の精度向上には、これらの違いを十分に考察することも必要と思われるため、今後の検討課題としたい。

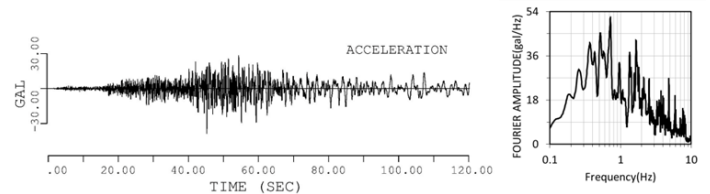
図-4 (a) に、EMPRによる工学的基盤レベルでの加速度波形、図-4 (b) には、(a) の波形のスペクトル強度の補正を適用した地震動算定結果を示す。想定地震は複合型東海地震(東海・東南海の連動型地震)として、断層パラメータは、中央防災会議⁴⁾、地震調査研究推進本部⁵⁾の断



(a) EMPRによる地震動算定結果(基盤波形)



(b) 濃尾平野の地震動特性補正した結果(基盤波形)



(c) 東海道沖地震の観測記録(EW 成分、地表波形)

図-4 名古屋港地点における地震動算定結果の比較

(想定地震：複合型東海地震)

層モデルを基に、久世ら⁶⁾が設定した断層モデルを使用した。比較のため、東海道沖地震の観測波形(図-3 (c))も示した。図-3に示すように、2Hz 以上の周波数では地震動特性の補正は行わないため、2Hz 以上のフーリエ振幅は図-4 (a)、(b)とも同じである。図-3の補正係数により、1Hz 未満のフーリエ振幅が増大しており、図-4 (c)の観測波形の 0.5Hz 付近のピークも再現されている。前述したように、伝播経路の違いによる影響にも注意する必要があると考えられるが、海溝型地震を対象とした地震動予測においては、図-3の補正係数を用いることで、濃尾平野固有の地震動特性を十分考慮した地震動を算定することができると判断される。

5. まとめ

本研究では、著者ら²⁾の手法を用いて推定した、地域固有の地震動特性の有効性、ならびに手法の妥当性について、濃尾平野に適用した事例について考察した。本手法により、比較的深い基盤構造に依存する地域固有の長周期地震動を予測波形として算定することができたと考えている。

地震動特性の推定では、伝播経路特性がほぼ変わらないとみなされる地震による観測記録を用いて地域固有の地震動特性を算出した。図-2に示したように、対象地域内で

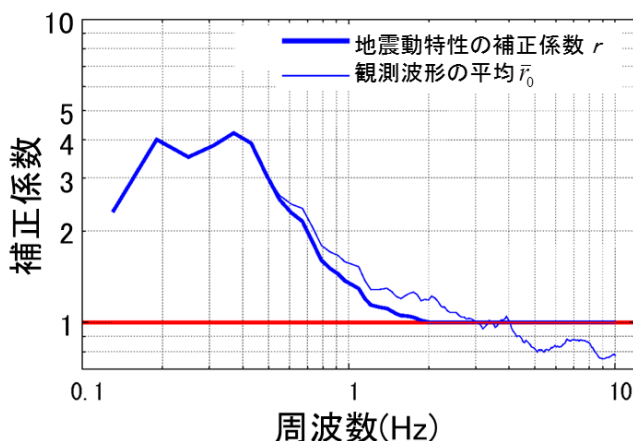


図-3 濃尾平野における地震動補正係数

もデータのばらつきが見られたが、本研究ではその平均値を地域固有の地震動特性とした。地震や地点ごとのデータのばらつきについては、他の地震動記録を用いて、各地の伝播経路の影響、表面波などの後続波の有無とその卓越の傾向について考察を行い、本推定手法の適用性のレベルとして十分な検討が必要である。

謝辞: 本研究では、防災科学技術研究所K-NET、KiK-net観測記録を使用した。また、NEXCO中日本より、名古屋港地点などの地震動記録を提供いただいた。また、本研究の一部は、平成28年度国土技術開発センターの研究助成を得て実施された。

参考文献

- 1) Sugito, M., Furumoto, Y., and Sugiyama, T.: Strong Motion Prediction on Rock Surface by Superposed Evolutionary Spectra. 12th World Conference on Earthquake Engineering, Paper No.2111 (CD-ROM), 2000.
- 2) 久世益充, 杉戸真太, 地域固有の長周期地震動特性を考慮した地震動算定法の検討, 土木学会論文集A1(構造・地震工学) Vol.69, No.4, pp.I_291-I_297, 2013.
- 3) 防災科学技術研究所: 地震ハザードステーション J-SHIS, <http://www.j-shis.bosai.go.jp/> (2017年4月22日閲覧)
- 4) 中央防災会議, 東海地震に関する専門調査会, <http://www.bousai.go.jp/jishin/tokai/senmon/index.html> (2017年4月22日閲覧)
- 5) 地震調査研究推進本部, 南海トラフの地震を想定した強震動評価手法について(中間報告), <http://www.jishin.go.jp/main/kyoshindo/01b/hyoka.pdf> (2017年4月22日閲覧)
- 6) 久世益充, 杉戸真太, 能島暢呂: 南海トラフの巨大地震を想定した広域震度予測, 自然災害科学, Vol.22, No.1, pp.87-99, 2003.