

付録4 地震動予測式と地震動ハザード評価

ここでは、2011年東北地方太平洋沖地震の観測記録も用いられ、地震タイプ（地殻内地震、海溝型プレート間地震、海溝型プレート内地震）の違い、及び前弧側と背弧側の減衰構造の違いも考慮され、日本全国を対象とした応答スペクトルに関する地震動ハザード評価の適用条件を満たしている Zhao et al. (2016a, b, c) の式（以下、【ZZ16】と記す）による評価結果を示す。

1. 【ZZ16】における評価条件

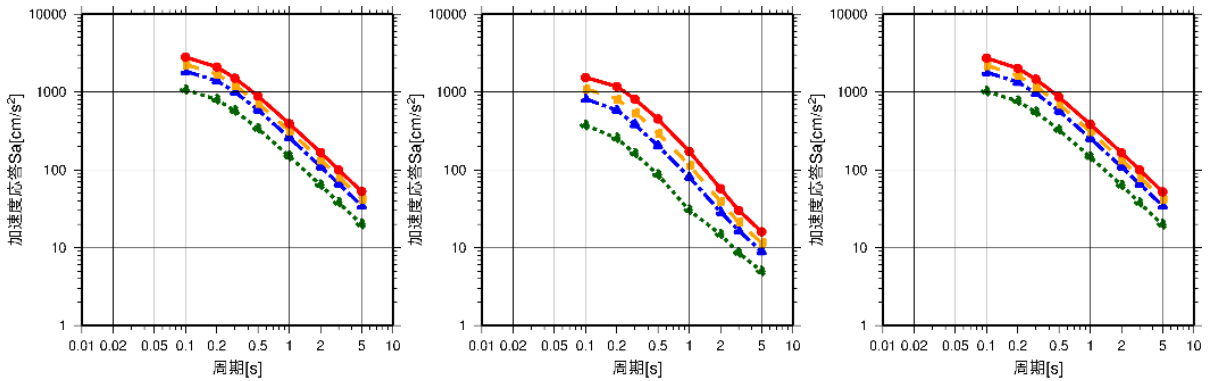
【ZZ16】では、日本道路協会（1980）の道路橋示方書における地盤種別が用いられている。ここでは工学的基盤上での評価として、片岡・他（2006）を踏まえて地盤種別（サイトクラス）Iを適用する。【ZZ16】における火山帯を通過する距離（ X_v ）については、本来であれば評価地点ごとに震源断層を予め特定しにくい地震を含むすべての地震に対してそれぞれ算出するが、本試算においては日本で適用される最小値である12kmで固定した。

地震動のばらつきについては、Morikawa and Fujiwara (2013) の式【MF13】による評価と同様、確率論的地震動予測地図と同じとした。

2. 【ZZ16】による評価結果

付図 4.2-1～付図 4.2-3 に【ZZ16】による東京都庁、名古屋市役所、大阪市役所位置の一樣ハザードスペクトルと50年超過確率5%における影響度を示す。【ZZ16】による一樣ハザードスペクトルの形状は周期0.1秒で最も振幅が大きく、周期が長くなるにつれて振幅が減少している。このような特徴は活断層などの浅い地震と海溝型地震で共通である。東京都庁、名古屋市役所、大阪市役所位置のいずれにおいても、周期が長くなるほど海溝型地震、特に震源断層を予め特定しにくいプレート内地震の影響が大きくなる傾向がある。

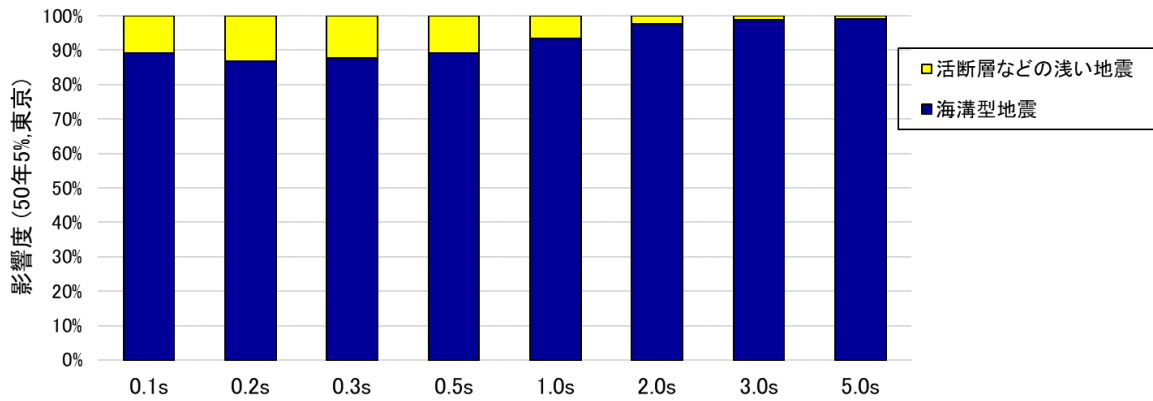
5章（図 5.1-1～図 5.1-4、図 5.2-1～図 5.2-4、図 5.3-1～図 5.3-4）で示されている【MF13】による結果との違いを見て取れるが、両者の比較について次項で示す。



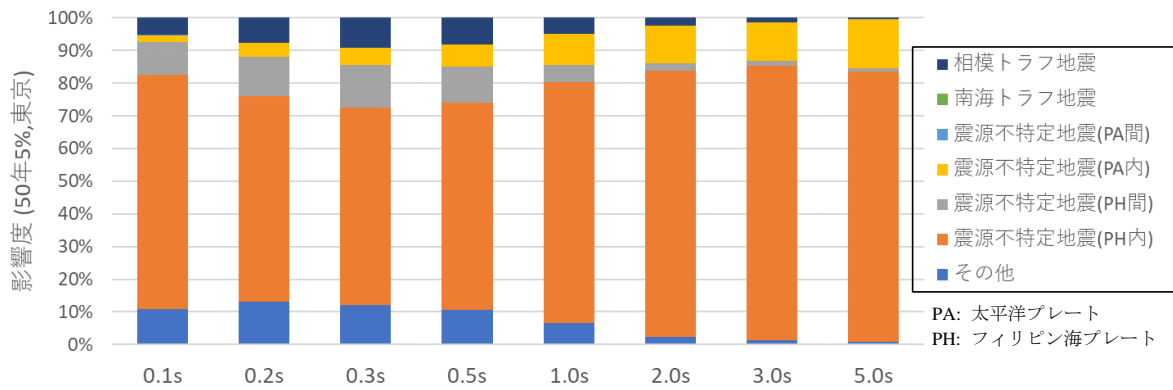
(a) 全地震

(b) 活断層などの浅い地震

(c) 海溝型地震

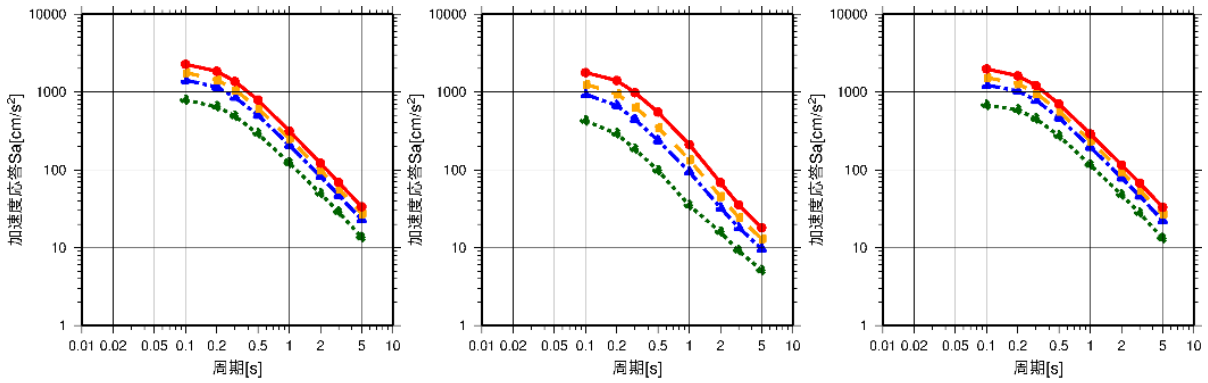


(d) 再分解による影響度評価 (50年超過確率 5%)



(e) 詳細な再分解による影響度評価 (50年超過確率 5%)

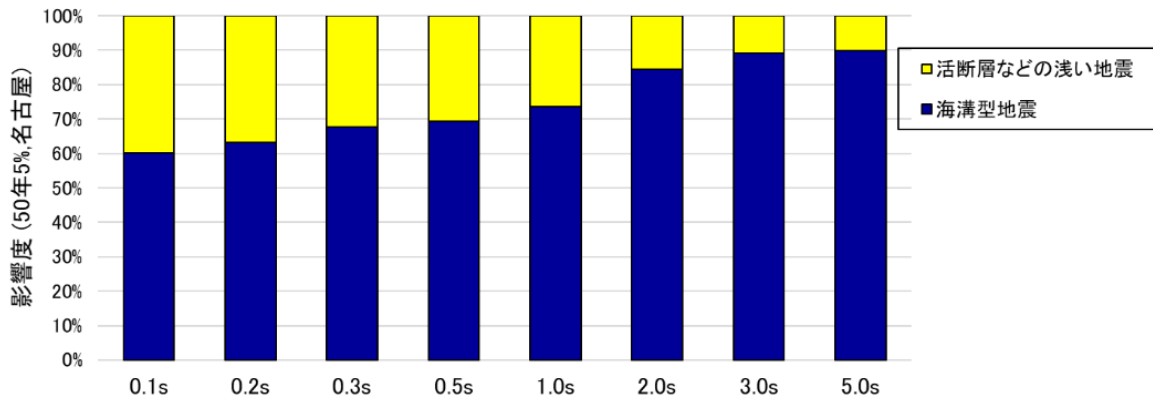
付図 4.2-1 【ZZ16】による東京都庁位置の一樣ハザードスペクトルの評価結果



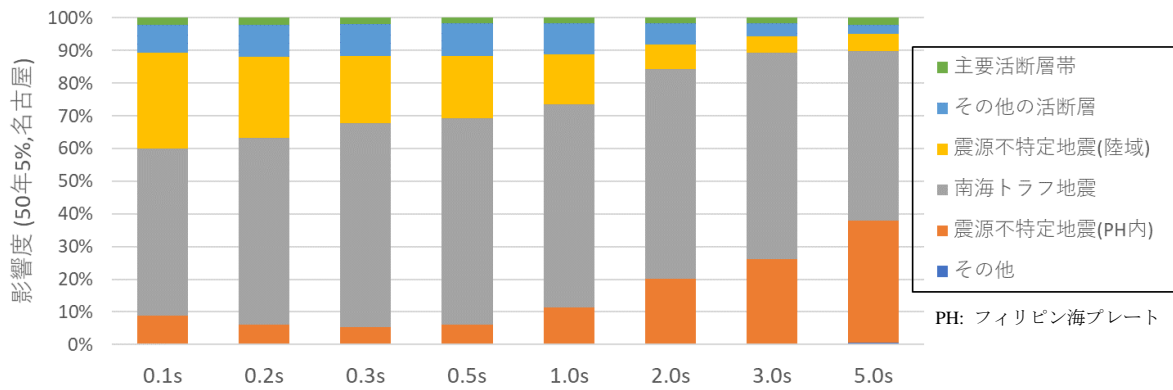
(a) 全地震

(b) 活断層などの浅い地震

(c) 海溝型地震

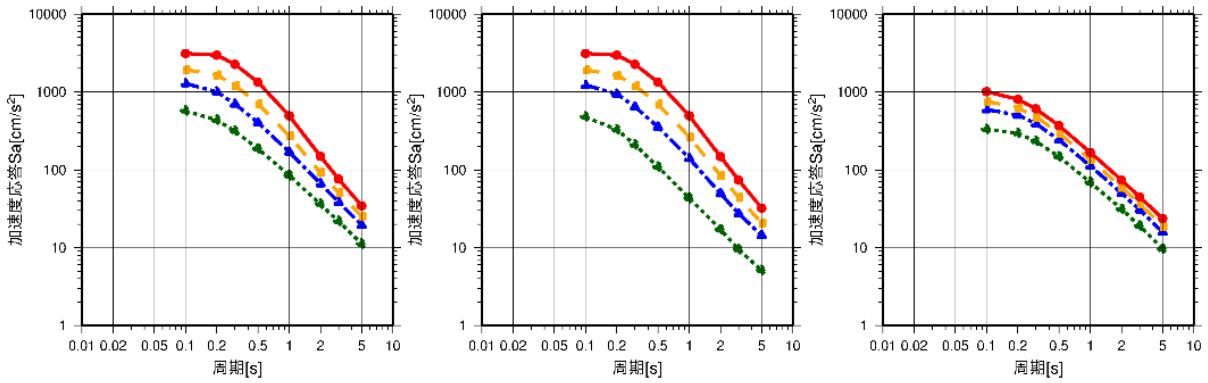


(d) 再分解による影響度評価 (50年超過確率 5%)



(e) 詳細な再分解による影響度評価 (50年超過確率 5%)

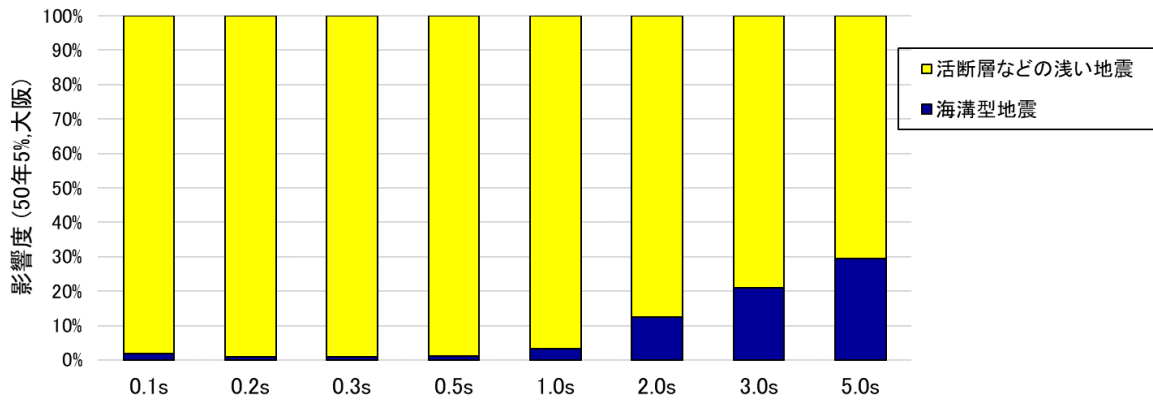
付図 4.2-2 【ZZ16】による名古屋市役所位置の一般ハザードスペクトルの評価結果



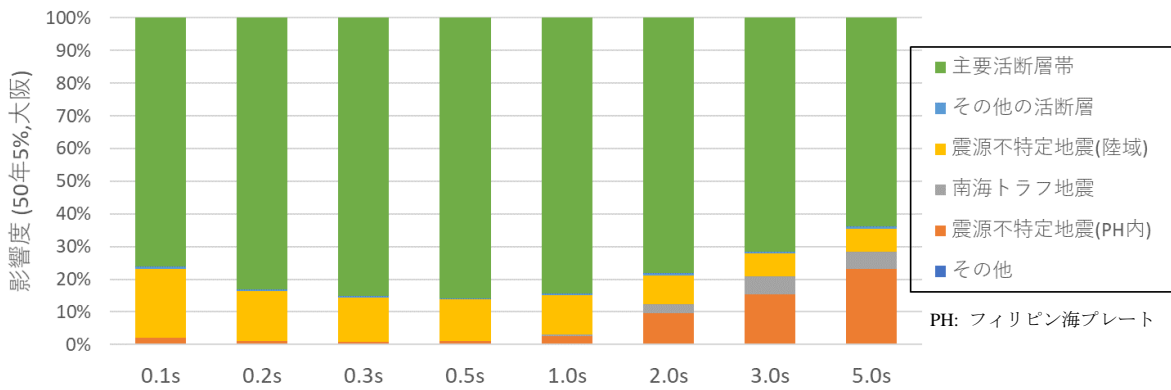
(a) 全地震

(b) 活断層などの浅い地震

(c) 海溝型地震



(d) 再分解による影響度評価 (50年超過確率 5%)



(e) 詳細な再分解による影響度評価 (50年超過確率 5%)

付図 4.2-3 【ZZ16】による大阪市役所位置の一樣ハザードスペクトルの評価結果

3. 【MF13】と【ZZ16】による結果の違いの分析

50年超過確率5%において南海トラフ沿いで発生する大地震の影響が大きい名古屋市役所位置について、【MF13】と【ZZ16】のハザード評価結果の違いを分析する。付図4.3-1に名古屋市役所位置における再分解したハザードカーブを周期0.1秒、1.0秒及び5.0秒について示す。

【MF13】ではいずれの周期でも「全地震」の50年超過確率5%におけるハザードカーブに対して南海トラフ沿いで発生する大地震（「南海トラフ」）のハザードカーブがほぼ一致しているのに対して、【ZZ16】では乖離が見られる。また、【MF13】では周期が長くなるほど「南海トラフ」とフィリピン海プレート内の震源断層を予め特定しにくい地震（「PH内不特定」）との差が大きくなっていくのに対して、【ZZ16】では周期が長くなるほど反対に差が小さくなっている。これらは付図4.2-2における詳細な再分解による影響度評価とも対応している。

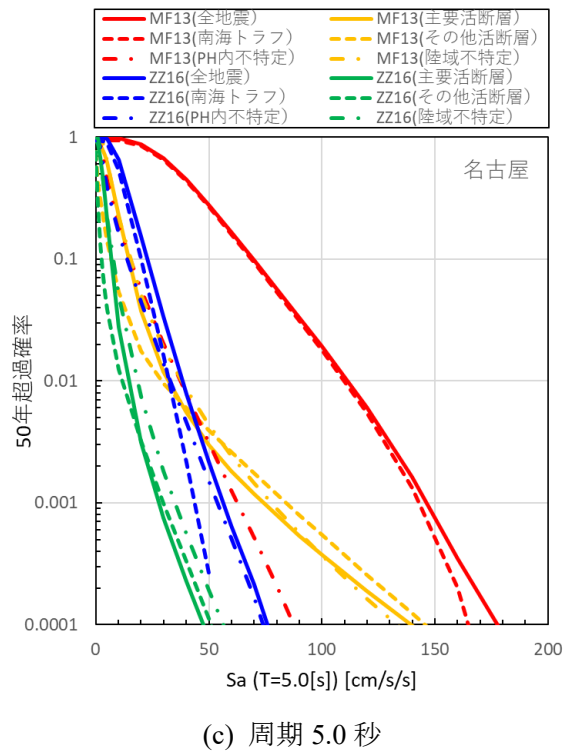
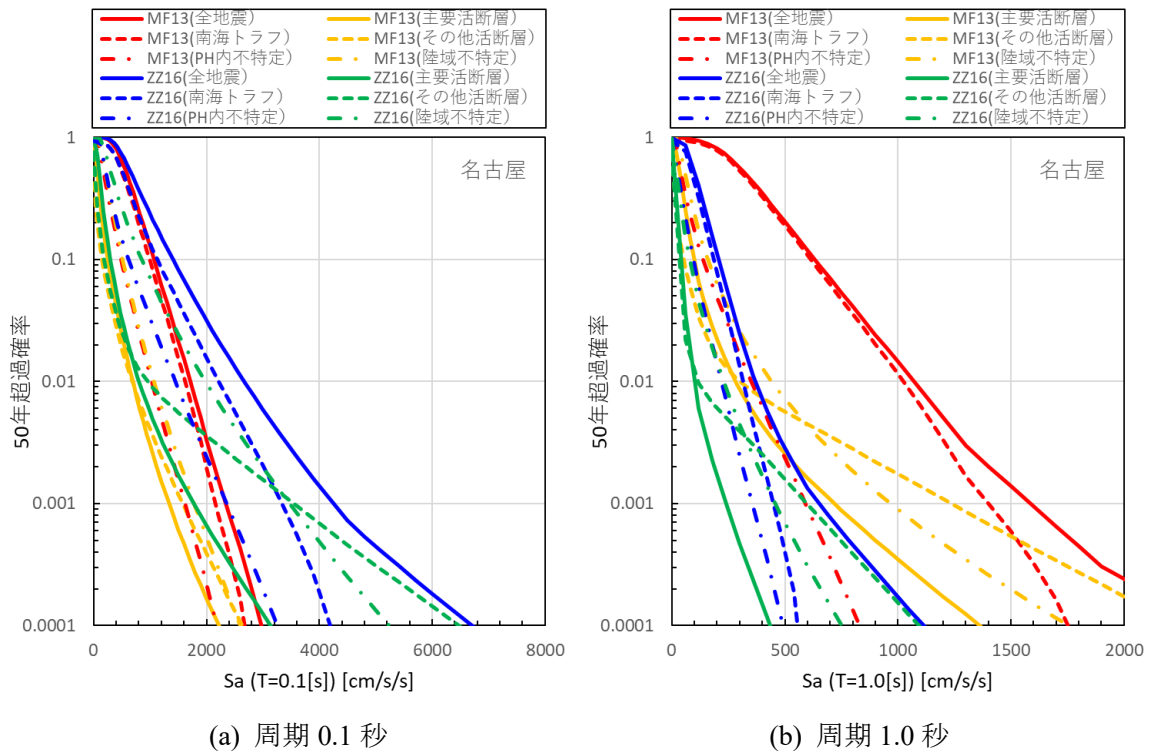
付図4.3-2にMw8.0のフィリピン海プレートのプレート間地震とプレート内地震を対象とした、地震動予測式の距離減衰特性の比較を示す。【MF13】は、周期5.0秒ではプレート間地震とプレート内地震で距離が同じ場合にほぼ同じ振幅となり、周期が短くなるほどプレート内地震の振幅の方が比較的近距离でやや大きくなる。一方【ZZ16】は、短周期（周期0.1秒）の比較的近距离でプレート間地震とプレート内地震が同程度となる以外はプレート内地震の振幅の方が大きく、周期が長くなるほど両者の差が大きくなる傾向が見られる。【ZZ16】によるMw8.0のプレート間地震の振幅は、周期1.0秒で【MF13】の1/3程度、周期5.0秒で【MF13】の1/2程度となっており、「南海トラフ」のハザードカーブの違い（付図4.3-1）と対応している。なお、Mw7.0以下の地震でもプレート間地震とプレート内地震との比較では同様の傾向が見られるが、これらの違いはMw8.0ほど顕著ではない。

次に、大阪市役所位置について、【MF13】と【ZZ16】のハザード評価結果の違いを分析する。大阪市役所位置における詳細な再分解をしたハザードカーブを付図4.3-3に示す。いずれの周期においても、主要活断層帯で発生する地震の影響度が低頻度の領域で最も大きい点については【MF13】と【ZZ16】で共通している。しかしながら、「南海トラフ」と「PH内不特定」を比べると、【MF13】では「南海トラフ」のハザードの方が大きいのに対して、【ZZ16】では「PH内不特定」のハザードの方が概ね大きくなっている。このことは、詳細な再分解による影響度評価（付図4.2-3）にも現れている。

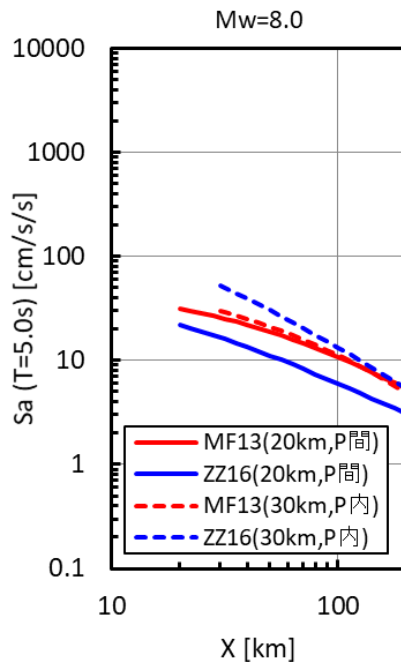
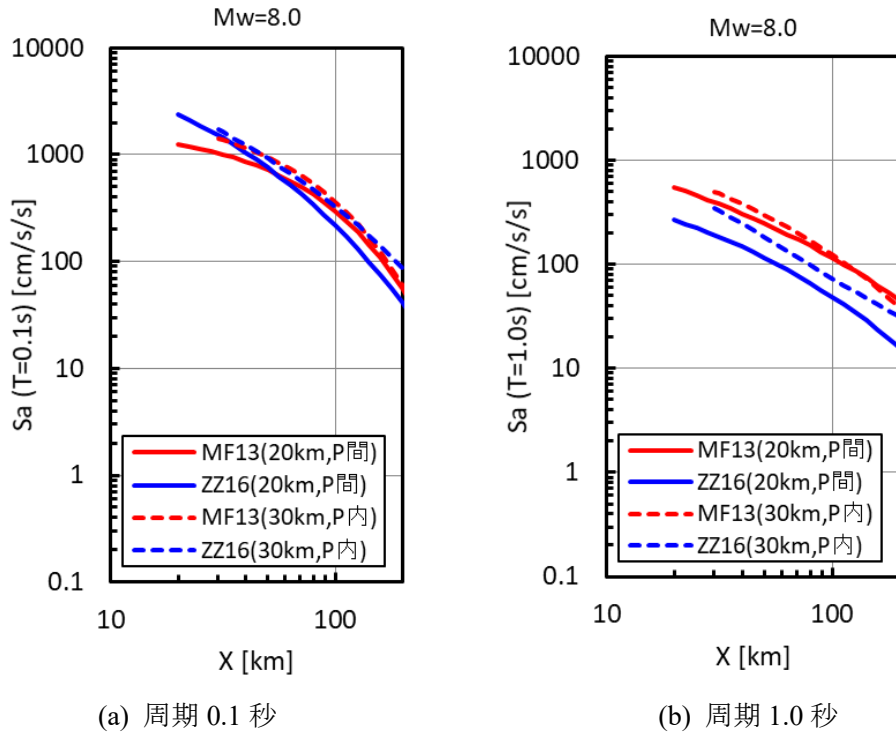
周期1.0秒程度以上の成分に関して、【MF13】では評価地点から震源が遠いプレート間巨大地震（M8程度以上）の影響も現れるのに対して、【ZZ16】では震源が遠いプレート間巨大地震はほとんど影響しない。そのため、【ZZ16】では長周期成分においてプレート内地震の影響度が大きくなる傾向がある。

なお、大阪市役所位置における【MF13】の一樣ハザードスペクトルにおいて、50年超過確率2%では周期1.0秒付近をピークとした形状となっているが、これは、ごく近傍に位置する上町断層帯の影響である。

以上のように、一樣ハザードスペクトルの形状は、低頻度になるほど海溝型巨大地震や震源断層ごく近傍となる活断層の影響度が大きい場合にはそれらの地震に対する予測スペクトルの形状と類似してくる。ただし、これらは観測記録がきわめて少ないために、評価に用いる地震動予測式による違いが顕著に現れている。

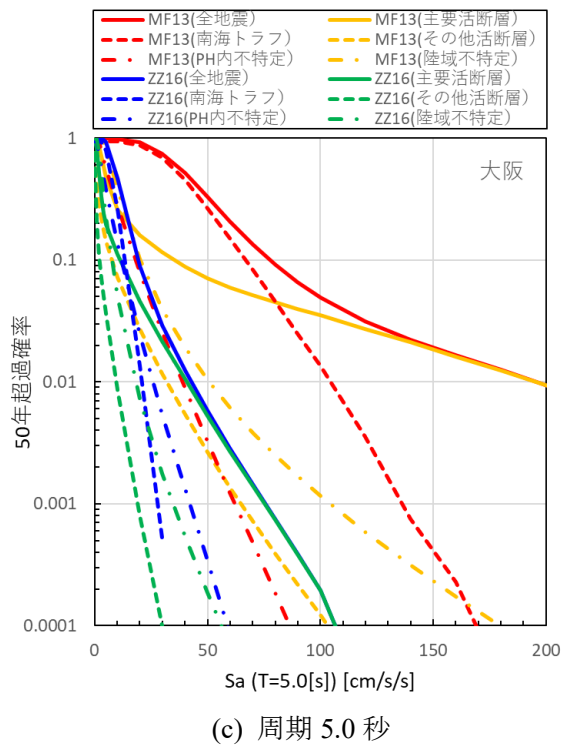
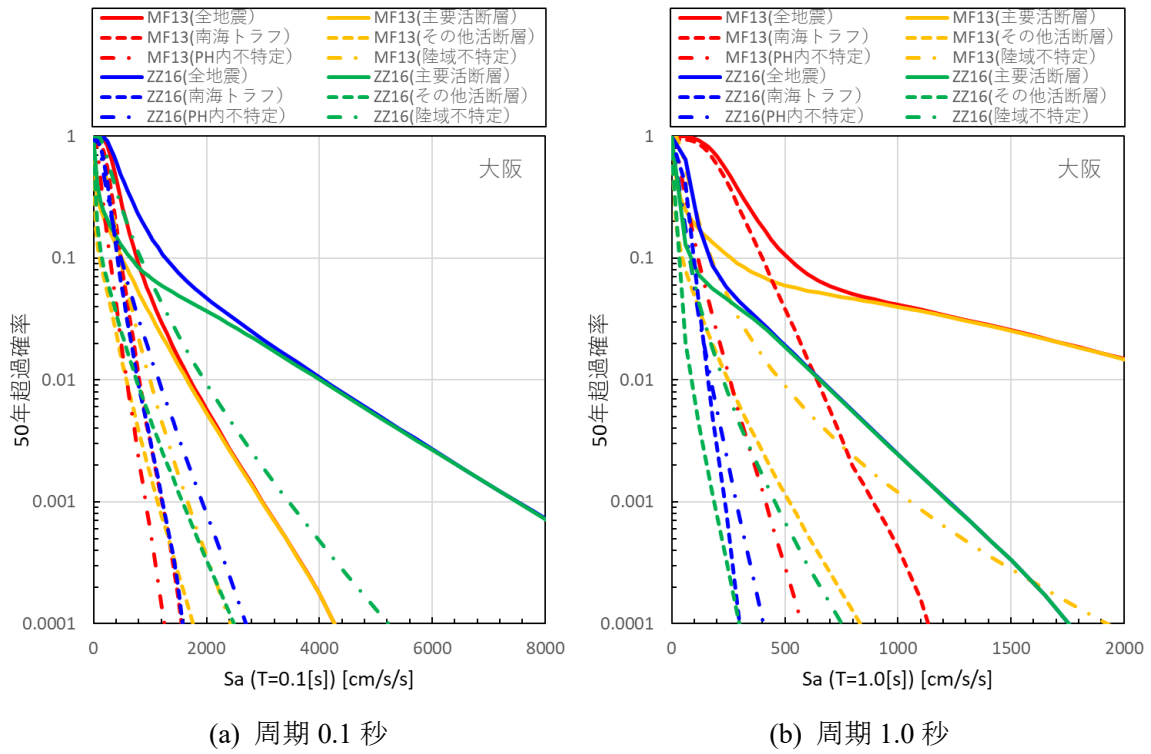


付図 4.3-1 名古屋役所位置におけるハザードカーブの比較（詳細な再分解）（凡例の PH はフィリピン海プレートを示す）



(c) 周期 5.0 秒

付図 4.3-2 地震動予測式の距離減衰特性の比較。フィリピン海プレートのプレート間及びプレート内の Mw8.0 の地震を想定。【ZZ16】はいずれも $X_0=12\text{km}$ とした。凡例の P 間はプレート間地震、P 内はプレート内地震を示す。



付図 4.3-3 大阪市役所位置におけるハザードカーブの比較 (詳細な再分解) (凡例の PH はフィリピン海プレートを示す)

【参考文献】

- 片岡正次郎・佐藤智美・松本俊輔・日下部毅明 (2006) : 短周期レベルをパラメータとした地震動強さの距離減衰式、土木学会論文集 A、第 62 卷、第 4 号、pp.740-757.
- Morikawa, N. and H. Fujiwara (2013): A New Ground Motion Prediction Equation for Japan Applicable up to M9 Mega-Earthquake, Journal of Disaster Research, Vol.8, pp.878-888. <https://doi.org/10.20965/jdr.2013.p0878>
- 日本道路協会 (1980) : 道路橋示方書・同解説、V耐震設計編.
- Zhao, J. X., X. Liang, F. Jiang, H. Xing, M. Zhu, R. Hou, Y. Zhang, X. Lan, D. A. Rhoades, K. Irikura, Y. Fukushima, and P. G. Somerville (2016a): Ground-Motion Prediction Equations for Subduction Interface Earthquakes in Japan Using Site Class and Simple Geometric Attenuation Functions, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.106, pp.1518-1534. <https://doi.org/10.1785/0120150034>
- Zhao, J. X., F. Jiang, P. Shi, H. Xing, H. Huang, R. Hou, Y. Zhang, P. Yu, X. Lan, D. A. Rhoades, P. G. Somerville, K. Irikura, and Y. Fukushima (2016b): Ground-Motion Prediction Equations for Subduction Slab Earthquakes in Japan Using Site Class and Simple Geometric Attenuation Functions, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.106, pp.1535-1551. <https://doi.org/10.1785/0120150056>
- Zhao, J. X., S. Zhou, J. Zhou, C. Zhao, H. Zhang, Y. Zhang, P. Gao, X. Lan, D. A. Rhoades, Y. Fukushima, P. G. Somerville, and K. Irikura (2016c): Ground-Motion Prediction Equations for Shallow Crustal and Upper-Mantle Earthquakes in Japan Using Site Class and Simple Geometric Attenuation Functions, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.106, pp.1552-1569. <https://doi.org/10.1785/0120150063>