

Strong motion uncertainty determined from observed records on rock site for Ground-Motion Prediction Equation

*Toshimitsu Nishimura¹, Ken Miyakoshi¹

1. Geo-ResearchInstitute

1. はじめに

地震動予測の不確かさに関しては、近年、地震観測記録の蓄積とともに、多くの地震動予測式(GMPE)が提案されており、それらの予測式に対する観測最大加速度(PGA)や最大速度(PGV)のばらつきに関する知見が増えている。このばらつきを調べることは、その予測式を用いた地震動予測の精度や予測の不確実性を検討するために重要である。地震動予測の不確実性は「認識論的不確実性(Epistemic uncertainty)」と「偶然的な不確実性(Aleatory variability)」に分けられ、前者はデータや知識の増加で減らすことができる一方、後者は予測において避けられない偶然的な変動である。地震動予測式に対する観測値のばらつきには、震源(Source)、伝播(Path)、地盤(Site)にそれぞれの不確実性が含まれているが、既往の距離減衰式において、これらを含んだばらつきは対数標準偏差で0.3程度(自然対数標準偏差で0.69程度)となっている(例えば、司・翠川(1999), Kanno et al. (2006), 佐藤(2008))。このような観測値のばらつきから、認識論的不確実性によるばらつきを分離するアプローチとして、基盤強震観測網(KiK-net)による、①同一地震で②地中岩盤点の地震動記録を用いることで、震源(Source)と地盤(Site)によるばらつきを低減することが期待できる。そこで、本研究では、KiK-net地中記録を用いて、基盤面における距離減衰特性のばらつきの検討を行った。

2. 地中の強震動データベース

距離減衰特性のばらつきの解析に用いたデータは、Miyakoshi et al. (2019)を参照して、KiK-netによって観測されたMw6.0以上(広帯域地震観測網F-netより取得)の内陸地殻内地震を対象とし、地中地震計が基盤岩中(S波速度 $\geq 2\text{km/s}$)に設置された観測点のものを使用した。さらに、断層最短距離200km以内の地中観測記録が10点以上ある地震とした。その結果、2000年10月から2019年6月までの15地震(Mw6.1~7.1)が選択された。断層最短距離は既往の断層モデルから求めた。PGAは水平2成分の最大値とし、S波主要動部分(目視で確認)の最大値を取得した。震源距離-Mwのデータ分布を図2に示す。図から近傍でデータが少なくなるため、回帰曲線がデータに対して一意的に求められ標準偏差が極端に小さくなる可能性が考えられる。

3. 地震毎のばらつきの解析方法

地震毎のばらつきは、既往の距離減衰式の誤差評価と同様に、平均値として距離減衰式を用いて、対数標準偏差としてばらつきを求めた。ただし、既往の地震規模に基づいた距離減衰式と異なり、地震毎に距離減衰曲線を求めた。回帰モデルを式1として示す。ここで、 i は地震を、 j は観測点を示す添え字を表し、 Y_{pre} は予測された地震動指標、 R は断層最短距離(km)を表す。 C_s 、 C_e 、 C_k は回帰係数であり地震毎に求められる。得られた地震毎の回帰曲線に対するばらつきは式2で求める。 Y_{obs} は観測値を示す。ばらつきは、断層最短距離0~200kmの距離区間他に、10~50km、50~100km、100~200kmの距離区間でも求めた。なお、0~10kmの近傍データは地震によっては0~数個であったため、前節で示した通り精度の信頼性がないと判断して検討から除外した。

4. 考察

図2に各対象地震のPGAの対数標準偏差を示す。図は地震名を横軸に、川瀬・松尾(2004)を参考に、地域性の比較をするために東日本と西日本で分けて図示している。また、各領域の地震は震源規模順に図示している。図から、PGAについては、西日本の平均標準偏差(0.19)と比べて東日本の平均標準偏差(0.23)が大きく、さらにそのばらつき(東日本:0.07)は西日本(0.02)よりも大きい。寛他(2009)や佐藤(2010)はPGA距離減衰分布において火山フロントを境に背弧側と前弧側で減衰傾向が異なることを指摘している。図3は2003年宮城県北部地震(Mw6.1)のPGA距離減衰式の例を示しているが、背弧側と前弧側でPGAの減衰傾向が異なっており、これが見かけ上、標準偏差を大きくしていることが示唆された。本検討結果から、基盤岩上の特性値のばらつきには、伝播特性における地域特性(東日本と西日本、あるいは火山フロントの前弧側、背弧側)による認識論的不確実性が含まれている可能性が示された。なお、今回はPGAのばらつきについて検討を行った。

が，学会まではPGVのばらつきについても検討を進める予定である。

謝辞：本研究は，原子力規制庁の令和2年度原子力施設等防災対策等委託費（内陸型地震の特性化震源モデルに係る検討）事業の一部として実施されました。

$$\text{Log}_{10}Y_{pre}(i,j)=Cs(i)-\text{Log}_{10}(R(i,j)+Ce(i))-Ck(i)\times R(i,j)$$
 式 1

$$S(i)=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_j\left(Y_{obs}(i,j)-Y_{pre}(i,j)\right)^2}$$
 式 2

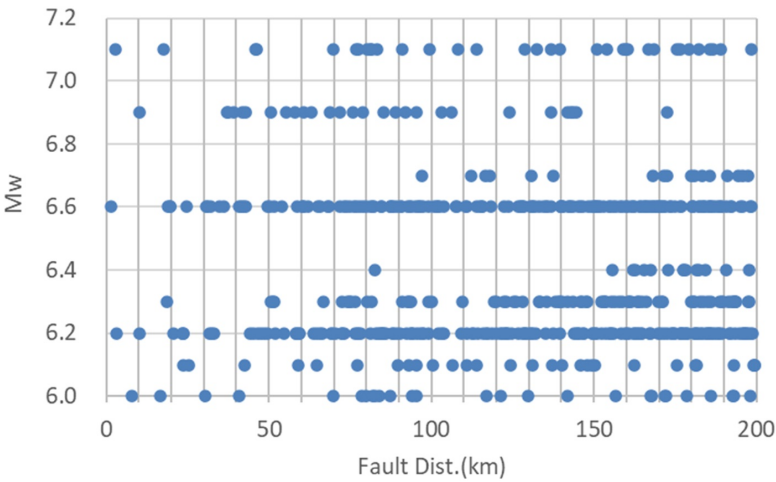


図 1 解析に用いた断層最短距離-Mw のデータ分布

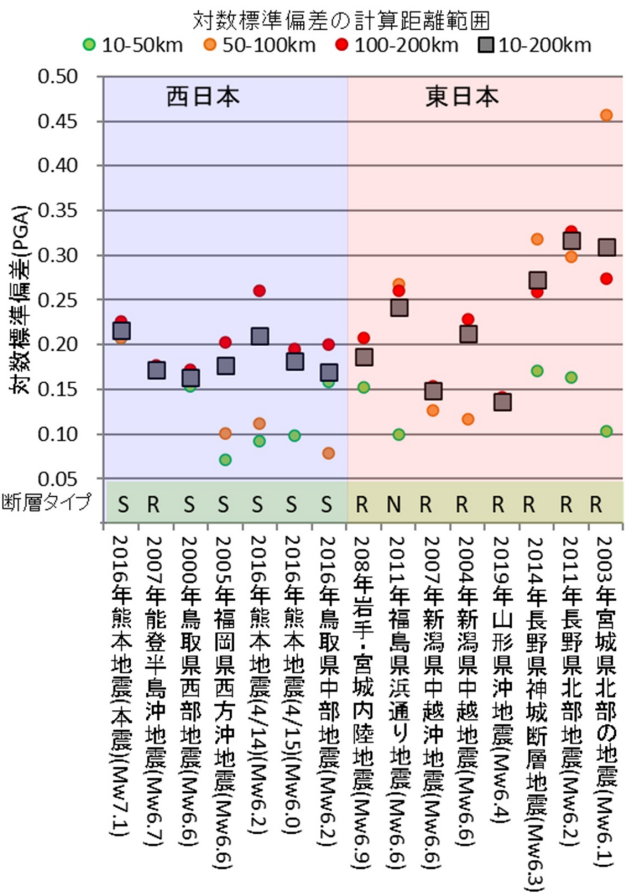


図 2 各地震の基盤における特性値の対数標準偏差

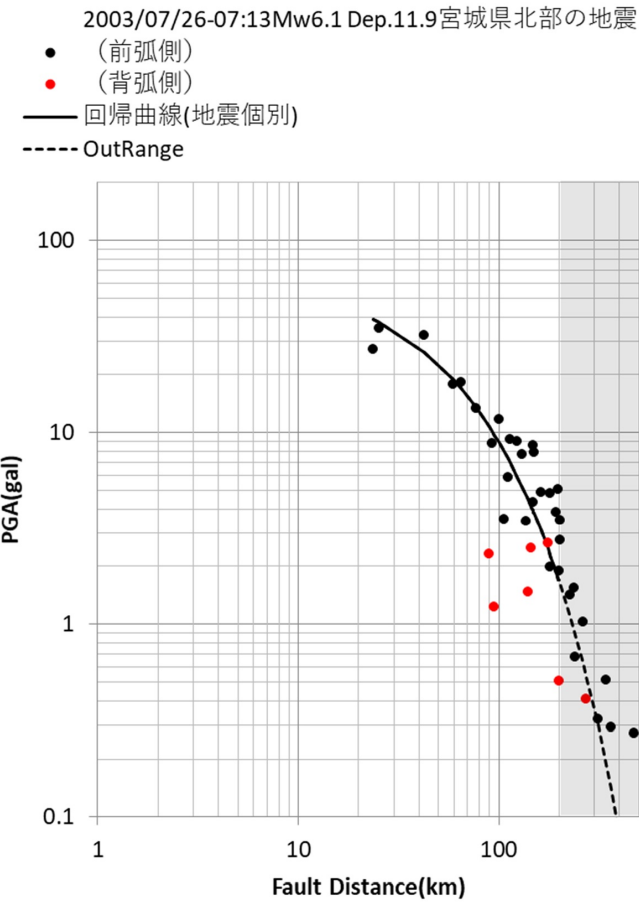


図 3 宮城県北部地震の距離減衰特性
(●:前弧側観測点, ●:背弧側観測点)