

**距離減衰式を用いた地震動評価における
ばらつき
(同一地点の地震動スペクトルのバラツキ)
Uncertainty of empirical attenuation model at
the single station**

2016年9月23-25日

September 23-25 2016

電力中央研究所 7階会議室

CRIEPI 7floor meeting room

池浦 友則

Tomonori Ikeura

目 的：

伊方サイトに特化したPSHAを実施するにあたり、距離減衰式のばらつきのうち、同一地点に限定した場合のバラツキ（single station σ ）について、一般的な知見を把握したい。

藤原他(2005)の研究における Single Station σ

震源領域：十勝沖

観測点：VFのforearc側K-NET, KiK-net

距離減衰式：司・翠川(1999)

評価量： $V_{\max} = \max[V_{\max NS}, V_{\max EW}]$

サイト補正の効果

- ・補正なし $\sigma = 0.30$ [CL:CommonLog]
- ・国土数値情報による補正 $\sigma = 0.28$ [CL]
- ・観測記録による補正 $\sigma = 0.21$ [CL]

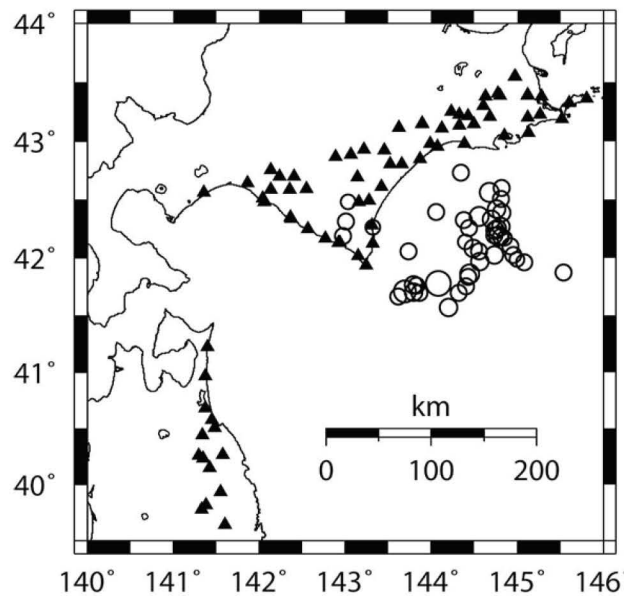


図 5.1-1 使用した地震の震央と観測点

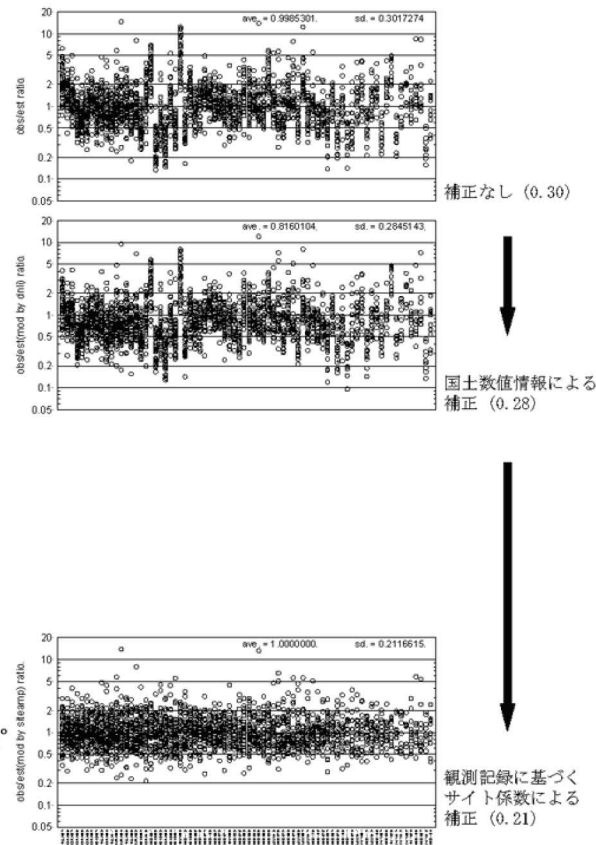


図 5.1-4 サイト特性の補正方法によるばらつきの変化
(K-NET と KiK-net のデータ)

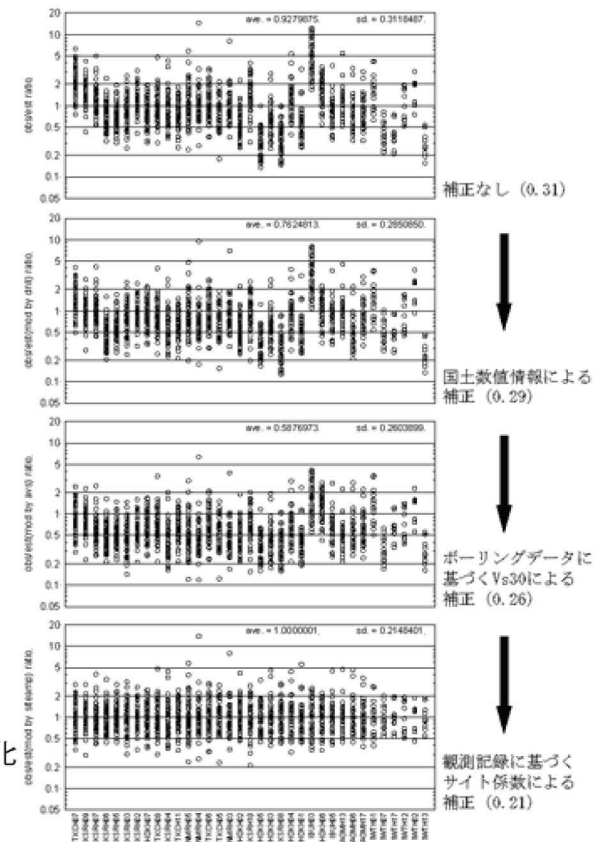


図 5.1-5 サイト特性の補正方法によるばらつきの変化 (KiK-net)

水平性分の最大速度の大きい方の値に関するサイト特性の補正方法によるばらつきの変化[藤原他, 2005]

Morikawa et al.(2008)の研究における Single Station σ

震源領域：十勝沖・根室沖・茨城県沖・中越・
伊豆諸島・紀伊半島南東沖

観測点：震源距離300km以内,
5地震以上のK-NET, KiK-net

距離減衰式：Kanno et al.(2006)

評価量：PGA, PGV, SA(T)... $\max[\sqrt{NS^2(t)+EW^2(t)}]$

サイト補正(SS_i^m)の効果

- ・補正なし $\sigma=0.3\sim0.4$ [CL]
- ・観測記録による補正 $\sigma=0.15\sim0.2$ [CL]

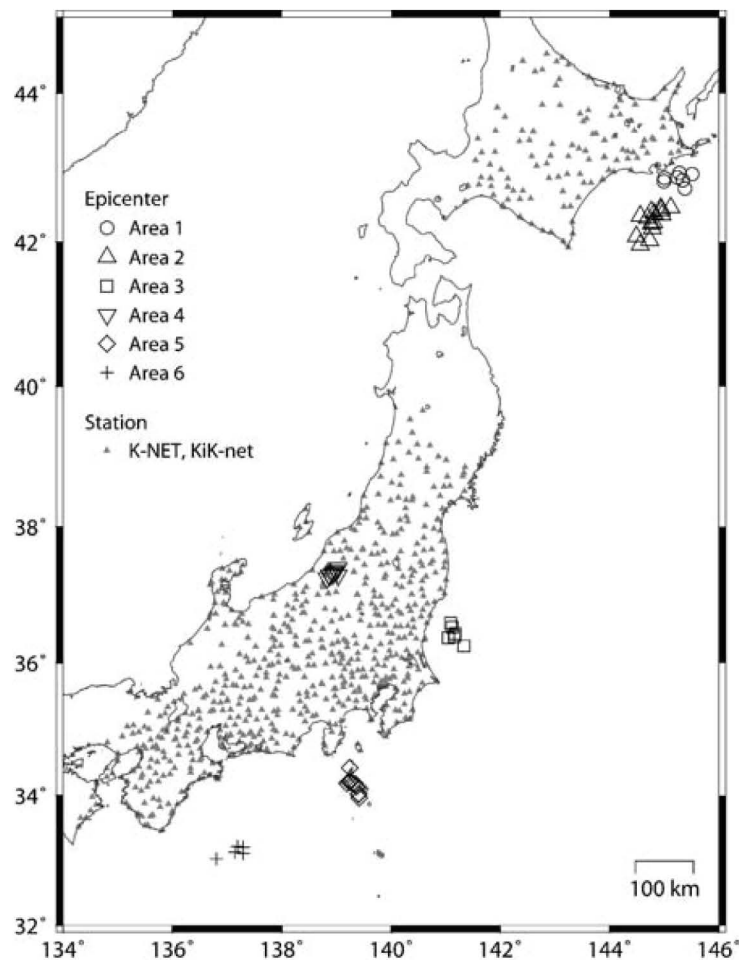


Fig. 1 Map showing epicenters with *large symbols* and observation stations of strong motion with *small triangles*

解析に用いた地震群
[Morikawa et al., 2008]

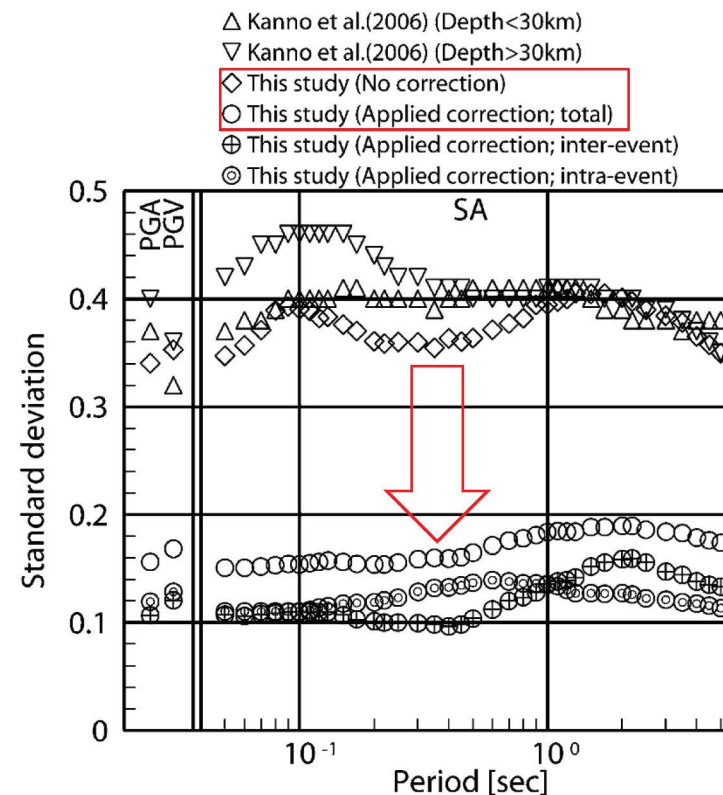


Fig. 6 Standard deviations between observed and predicted amplitudes determined with and without correction computed in this study are indicated by *circles* and *diamonds*. Original standard deviations of Kanno et al. (2006) are indicated with *triangles*. *Left bin* is for PGA and PGV, whereas *right bin* is for spectral acceleration for 5% damping

サイト特性の補正前後のばらつき
[Morikawa et al., 2008]

Rodriguez-Karek et al.(2011)の研究における Single Station σ

震源領域：日本国内全域

観測点：KiK-net (GL, DH)

距離減衰式：Boore&Atkinson(2008)をもとに
日本のデータで係数値を決定

評価量：PGA, pSv (T)...v[NS*EW]

PGAのSingle Station σ

▪ $\sigma_{SS} = 0.672$ [NL:Natural Log] = 0.292[CL]
(cf. 一般の $\sigma = 0.799$ [NL] = 0.347 [CL])

距離減衰式を用いた地震動評価におけるばらつき

■ Single Station σ の一般的な知見・・・

- ・ いずれの研究でも、地点を固定することにより、その地点のサイト特性の誤差が平均的に排除されるため、 σ が大幅に低減される.
- ・ ただし、その低減幅は、適用される距離減衰式のサイト特性のモデル化に依存する.
- ・ 3研究における水平2成分の評価量は、藤原他(2005)が大きい方の最大速度、Morikawa et al.(2008)が時刻歴上の最大ベクトル和、Rodriguez-Karek et al.(2011)が幾何平均、と三者三様であり、定量的な比較が困難.

■ 同一地点の地震動スペクトルのばらつき

- 通常のSingle Station σ には, マグニチュード(M)や震源距離(X)による関数化のモデル化誤差が含まれる.
- これらは, 全国平均に対するバイアス(地域性)であり, 過適合にならない範囲で解消されるべき要因.
- どこまで補正しなければならないか.
= Single Station σ の限界値はどの程度か.
- 同一地点で観測されたMとXがそれぞれ等しい2地震の記録から地震動応答スペクトルのばらつきを評価
[池浦・野田(2005), 引田・友澤(2013)]

■ 同一地点の地震動スペクトルのばらつき

- ・ 同一地点・同一M・同一X(震源地)の2地震
- ・ 震源地を限定することにより短周期側のSingle Station σ が減少
- ・ 地震毎のばらつき(励起特性・破壊伝播方向)
 $\sigma = 0.4(T=0.02s) \sim 0.35(T=1s)$
- ・ 東北南部太平洋側～関東[池浦・野田(2005)]と全国各地[引田・友澤(2013)]がほぼ一致.

震源メカニズムが同じ地震ペア(31地震ペア)
 震源メカニズムが異なる地震ペア(64地震ペア)

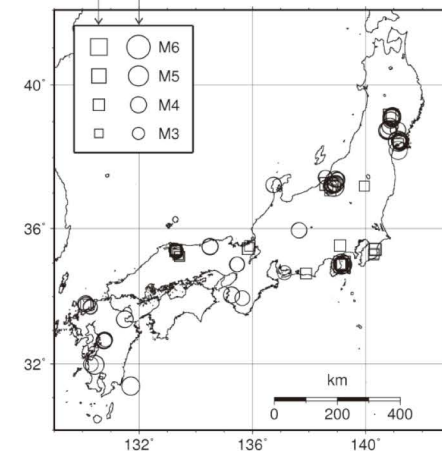
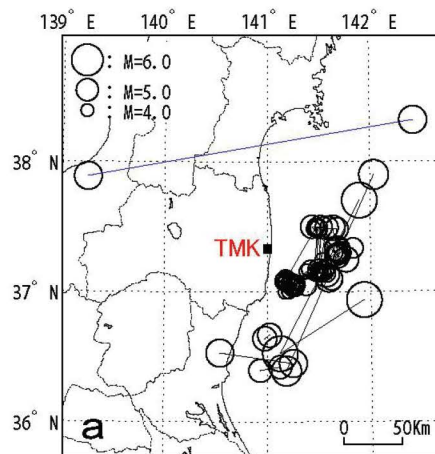


図1 検討対象地震の震央分布図(計95地震ペア)



ペア地震の震央分布例
 池浦・野田(2005)

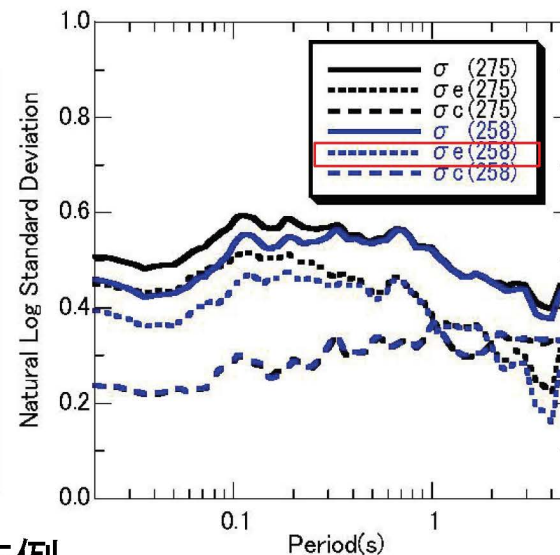


図8 震源地が異なるペアを除いた258ペアから評価したばらつきの標準偏差 σ , σ_e , σ_c

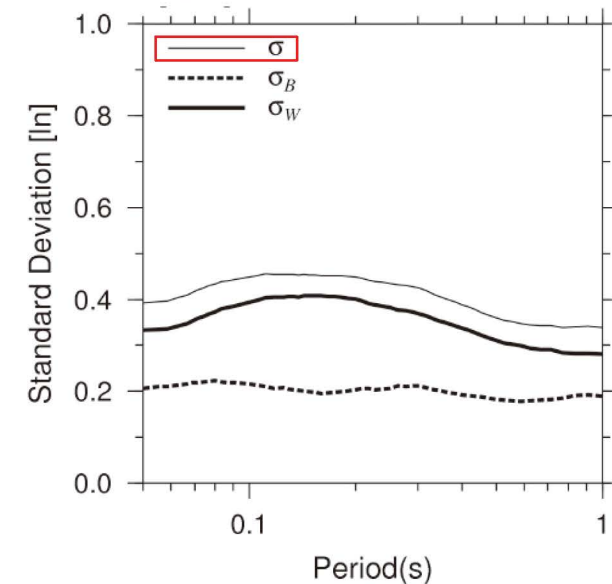


図15 ばらつきの標準偏差の評価結果[set0]

■ 当該課題に係る情報・データの多寡

- ・ 全国展開の観測網であるK-NET, KiK-netの整備のおかげで, Single Station σ の評価事例も充実しつつある.
- ・ ただし, 全国的にみると地震活動度の違いが著しく, 極端に観測記録が乏しいため十分な検討が行われていないケースもある (例えば, 南海トラフのプレート間地震, 地震規模依存性, 等) .

■ 同情報・データの質

- ・ Single Stationにおける距離減衰式の残差が, 地震規模や震源距離, 等の基本的なパラメータに対して系統的な変化を示さないように, 予め補正しておくことが重要であるが, Single Station σ 評価の高度化にあたり, この部分の知見の積み上げが望まれる.

■ 同課題に係る情報・データの拡張等に関する現状認識

- ・ 地点を固定したSingle Station σ が通常の距離減衰式そのものの σ に比べてはるかに低減されるということは広く認識されている.
- ・ ただし, その低減幅は, 距離減衰式のサイト特性のモデル化次第であるため, 定量的な知見として一般化することは難しいように思われる.
- ・ また, 研究者毎に評価量の定義が異なるため, 定量的な比較が困難な状況にある. 一般的な知見とするためにまず評価量の統一, あるいは, 異なる評価量の σ 間の換算法が必要ではないだろうか.

参考文献

- [1] 藤原広之・河合伸一・青井真・功刀卓・奥村俊彦・石井透・早川譲・森川信之・小林京子・大井昌弘・先名重樹・奥村直子, 2005, 全国を対象とした確率論的地震動予測地図作成手法の検討, 防災科学技術研究所研究資料, 第275号.
- [2] Morikawa, N., T. Kanno, A. Narita, H. Fujiwara, T. Okumura, Y. Fukushima, and Aybars Guerpinar, 2008, Strong motion uncertainty determined from observed records by dense network in Japan, J. seismol., 12, 529–546.
- [3] Rodriguez-Marek, A., G. A. Montalva, F. Cotton, and F. Bonilla, 2011, Analysis of single-station standard deviation using the KiK-net data, Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 101, No. 3, 1242–1258.
- [4] 池浦友則・野田静男, 2005, 同一地点における地震動応答スペクトルのばらつき - 地震規模と震源距離がそれぞれ等しい強震記録ペアの分析 -, 日本地震工学会論文集, 第5巻, 第3号, 12–30.
- [5] 引田智樹・友澤裕介, 2013, 地震規模・震源位置が同じ2地震による同一地点の観測記録に基づく応答スペクトル振幅のばらつき, 日本建築学会構造系論文集, 第78巻, 第686号, 723–732.

別添