

## Kriging 法による断層近傍域での地震強度分布推定手法の検討

法政大学大学院 学生会員 ○古閑 智之, 正会員 酒井 久和

### 1 はじめに

強震動を伴う地震が発生すると多くの構造物が被害を受けるため、構造物の被害予測は迅速な復旧、経済的な地震対策の観点で重要である。一般に道路や地中埋設管路の被害予測式は被害地震の構造物被害と地震強度との関係进行分析して求めるが、地震強度は設置されている地震計だけですべての構造物で測定することは不可能である。このため、任意地点の地震強度を精度よく推定することは重要である。Kriging 法はその簡便さから地震強度分布の算出に近年一般的に採用されるようになってきているが、断層近傍など標本数の少ない領域への適用に検討の余地があるとされている。そこで、本研究では Kriging 法を用いて断層近傍における地震動の特徴としてアスペリティやディレクティビティ効果を考慮した最大加速度 (PGA) 分布推定手法を提案し、妥当性の検討を行う。

### 2 研究方法

#### 2.1 対象領域

本研究では、2016年に発生した熊本地震の本震を対象地震とする。対象領域は、熊本地震の地震断層である布田川・日奈久断層帯の活動範囲を考慮して、北緯 32.6°から 33.0°、東経 130.5°から 131.2°によって囲まれる範囲 (海域を除く) を対象領域とする。データは、防災科学技術研究所、気象庁及び地方公共団体の観測記録の中から北緯 32.5°から 33.1°、東経 130.4°から 131.3°で囲まれた領域内にある 77 地点のデータを用いる。

#### 2.2 Kriging 法

Kriging 法は確率場の構造を対象として、観測値の分布から推定誤差が最小となるような任意の地点の未観測値を予測することを目的とする手法である。本手法では、検討できない断層近傍における地震動の特徴を考慮して確率場に対して固有定常性の仮定を適用させ、Ordinary Kriging 法を用いて推定を行う。また、確率場をトレンド成分とランダム成分によって構成されるものと仮定し、ランダム成分のみを Kriging 法によって補間することで観測誤差による影響を小さくする。確率場は以下の式によって表わされる。

$$Z(x) = \alpha Z(x) + \delta(x) \quad (1)$$

ここで、 $\alpha Z(x)$  は確定値であるトレンド成分、 $\delta(x)$  は Kriging 法によって補間するランダム成分である。

#### 2.3 地盤増幅度

地表面で得られた観測値を地盤増幅度によって工学基盤面へと引き下げることで相関距離が密でない課題について改良する。地盤増幅度は山口・翠川<sup>[1]</sup>によって提案された推定式を用いて算出する。

#### 2.4 地震動予測式

司・翠川<sup>[2]</sup>が提案した地震動予測式を用いて工学基盤面における最大加速度のトレンド成分  $A$  を算出する。

$$\log A = aM_w + hP + \sum d_i s_i + e + \varepsilon - \log X - kX \quad (2)$$

式中の  $k$  は粘性減衰を表す係数、 $M_w$  はモーメントマグニチュード、 $P$  は震源深さ (km)、 $e$  は定数項、 $\varepsilon$  は標準偏差、 $a$ 、 $h$ 、 $d$  は回帰係数である。 $X$  は震源距離 (km) であり、本研究では王子ら<sup>[3]</sup>の手法を用いて断層近傍における地震動の特徴であるアスペリティとディレクティビティ効果を考慮するために等価震源距離を用いる。

### 3 推定結果

観測点の影響範囲を決める指標である自己相関距離を 20km としたときの推定 PGA 分布図と平均平方二乗誤差

キーワード Kriging 法, 地震動予測式, アスペリティ, ディレクティビティ効果

連絡先 〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33 法政大学デザイン工学研究科 TEL03-5228-1347

(RMSE) 分布図を図1, 図2に示す. 図1を見ると, 震央近傍よりもやや離れた地域でPGAが大きくなっており, 本手法で参考にした久保ら<sup>[4]</sup>が震源インバージョン解析に利用した断層面すべり量分布とPGAの大きな地域が概ね一致したため, アスペリティの影響が反映されていることがわかる. RMSEの平均値は自己相関距離が10kmでは12.2Gal, 15kmでは9.20Gal, 20kmでは7.52Galとなるため, 本手法では自己相関距離を20kmと設定した.

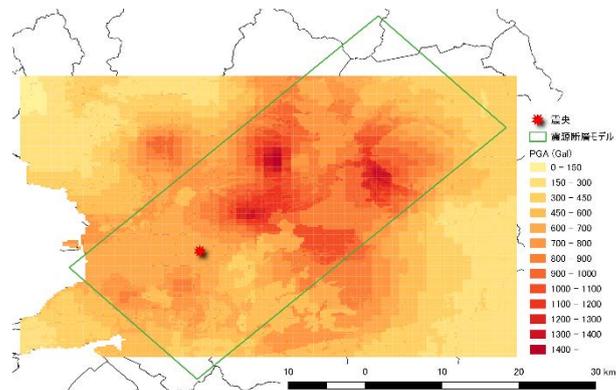


図1 推定PGA分布図

#### 4 妥当性の検討

香川ら<sup>[5]</sup>の研究によると, 甚大な被害を受けた益城町において, 地表地震断層直近である下陳地区や上陳地区より, その周辺の田原地区の方が強震動に起因する大きな被害が報告されている. 益城町での推定PGA分布図の拡大図を図3に示す. これより, 下陳地区, 上陳地区に比べて田原地区の方に大きな地震動が推定されていることが分かる. また, 防災科学技術研究所の青井<sup>[6]</sup>が求めた強震動シミュレーション結果と比較すると, 推定結果は概ね一致することが確認できた.

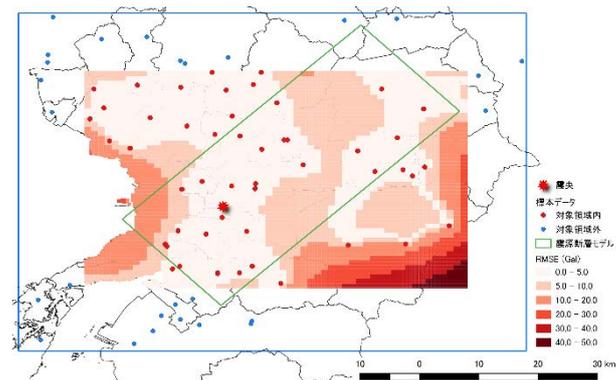


図2 RMSE分布図

#### 5 結論

本研究では, Kriging法を用いて地震強度分布推定手法を提案し, その妥当性について検討した. アスペリティとディレクティビティ効果を考慮しない場合は震央近傍でPGAが負の値となったが, 断層近傍の地震動の特徴としてこれらを考慮したことで推定誤差は小さく, 精度が向上したと考えられる. また, 建物被害報告や強震動シミュレーション結果と比較することで本手法の妥当性も確かめられた. 断層近傍の特徴として他にも上盤効果やフリングステップなどがあるため, これらを地震動予測式に導入することでより精度を向上させることが今後の課題である.

#### 参考文献

- [1] 山口亮, 翠川三郎: 地盤の平均S波速度を用いた地盤増幅率の推定手法の改良, 日本地震工学会論文集, 第11巻, 第3号, 2011.
- [2] 司宏俊, 翠川三郎: 断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, No.523, pp.63-70, 1999.9.
- [3] 王子秀介, 神原隆則, 澤田純男, 岩田知孝: 等価震源距離に基づくディレクティビティ効果を考慮した距離減衰式, 土木学会論文集A1, Vol.65, No.1, pp.104-110, 2009.
- [4] 久保久彦, 鈴木亘, 青井真, 関口春子: 近地強震記録によって推定された平成28年(2016年)熊本地震(4月16日1時25分, M7.3)の震源過程, 防災科学技術研究所.
- [5] 香川敬生, 吉田昌平, 上野太士: 2016年熊本地震で生じた地表地震断層ごく近傍の強震動について, 土木学会論文集A1, Vol.73, No.4, 2017.
- [6] 青井真: 2016年熊本地震の強震動と震源過程, 防災科学技術研究所, 2016.9.

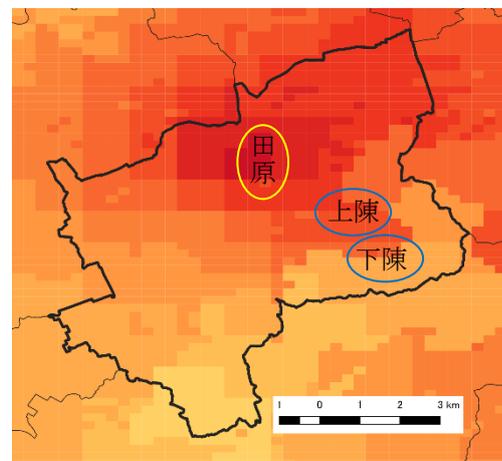


図3 推定PGA分布拡大図(益城町)