

## 第 I 部門

## ディレクティビティ効果に着目した平成 28 年熊本地震による強震動の距離減衰特性

舞鶴工業高等専門学校 専攻科 総合システム工学専攻 建設工学コース 学生員 ○前田 翼

舞鶴工業高等専門学校 建設システム工学科 正会員 加登文学

## 1.はじめに

平成 28 年熊本地震では連続して震度 7 を観測する大きな揺れが起こり、甚大な被害が発生した。特に 16 日に起こった  $M_j7.3$  の本震では熊本を中心として広範囲に九州各地を大きな揺れが襲った。この地震の震源断層とされる布田川断層<sup>1)</sup>は東北東-西南西方向に延びる右横ずれ正断層であり、震源破壊過程によってはディレクティビティ効果を示すことが考えられる。本稿ではこの地震による強震動の距離減衰について、ディレクティビティ効果に着目して考察を行った。

## 2.方法

平成 28 年熊本地震（4 月 16 日 1 時 25 分発生）による KiK-net 地中加速度波形記録を取得し、transverse、radial 成分の最大速度(PGV)を求め、破壊伝播方向と観測点の位置関係に着目してまとめる。図 1 に観測点と断層位置および破壊伝播方向の関係を、表 1 に地震の諸元を示す。本研究では距離減衰式として、司・翠川式<sup>2)</sup>とディレクティビティ効果を導入した王寺ら<sup>3)</sup>の提案式を用いて、観測記録との比較を行う。式(1)は式(2)に示す等価震源距離を用いた司・翠川式であり、式(3)は王寺らにより提案されたディレクティビティ係数である。

$$\log A = b - \log X_{eq} - kX_{eq} \quad (1)$$

$$X_{eq}^{-2} = \frac{\sum e_m \cdot D_m \cdot X_m^{-2}}{\sum e_m} \quad (2)$$

$$D_m = 1/[1 - (v/c)\cos\theta_m] \quad (3)$$

$A$  : 地震強さ、 $b$  : 距離減衰、 $X_{eq}$  : 等価震源距離、 $k$  : 粘性減衰係数、 $e_m$  : 微小領域  $m$  からの相対的エネルギー、 $X_m$  : 微小領域  $m$  から観測点までの距離、 $D_m$  : ディレクティビティ係数、 $v$  : 破壊伝播速度、 $c$  : 地震基盤の S 波速度、 $\theta_m$  : 微小領域  $m$  と観測点のなす角

ディレクティビティ効果を導入した等価震源距離の算出は、図 2 に示す断層のすべり分布<sup>4)</sup>を参考にして、図 3 のように各小断層の相対的エネルギー分布を設定して行った。

## 3.結果

図 4 は観測結果から求めた PGV を図 1 で定義した象限ごとにプロットしたものである。図中には司・翠川式の計算結果も示している。図より、PGV の実測値をみると、第①象限は司・翠川式の線を上回っている点が多いが、第②、③、④象限では下回っている点が多い。また、実測値から求めた PGV を距離減衰式で求めた PGV で

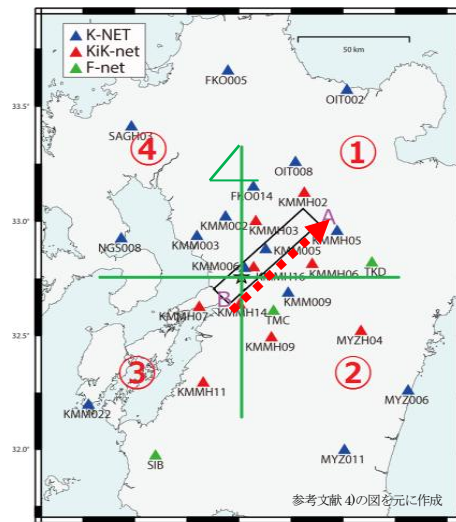


図 1 断層と観測点

表 1 地震の諸元

| 地震発生時刻         | 走向         | 傾斜       | 断層長さ    | 断層幅   |
|----------------|------------|----------|---------|-------|
| 2016/4/16 1:25 | 225°       | 85°      | 53km    | 25km  |
| 断層タイプ          | 震源緯度       | 震源経度     | 震源深さ    | $M_j$ |
| 右横ずれ正断層        | 32.755°    | 130.763° | 12km    | 7.3   |
| $M_w$          | $M_0$ (Nm) | 断層原点緯度   | 断層原点経度  | 断層深さ  |
| 7.1            | 4.42E+19   | 32.920°  | 131.11° | 0km   |

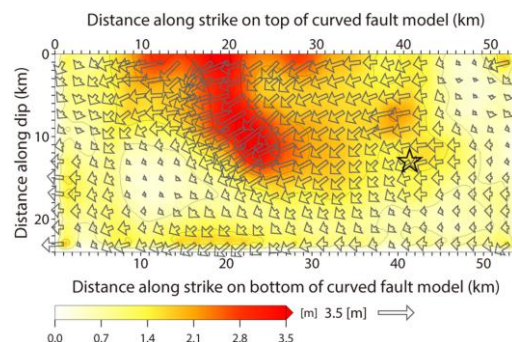
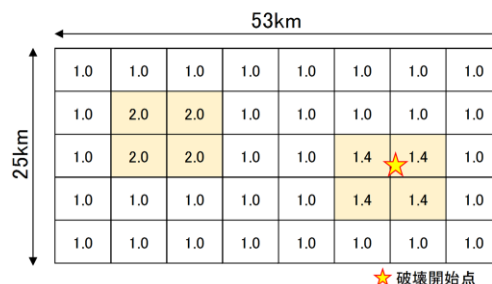
図 2 震源断層のすべり分布<sup>4)</sup>

図 3 相対的エネルギー分布

Tsubasa MAEDA and Yoshinori KATO

kato@maizuru-ct.ac.jp

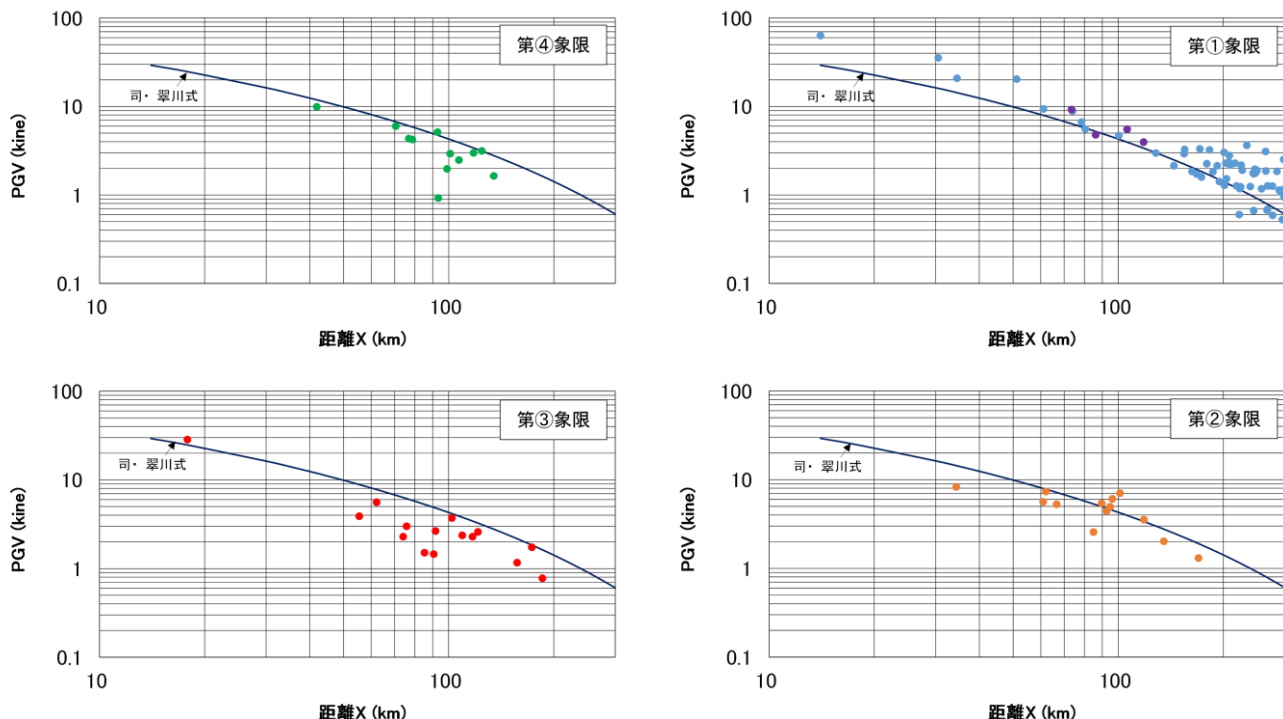


図4 PGVの距離減衰(各象限ごと)

除したものを方向角ごとにまとめたものを図5と図6に示す。図5はディレクティビティ効果を考慮しない場合、図6は考慮した場合の結果である。第①象限の実測と計算のPGVの比をみると、図5においては1以上に分布している点が、ディレクティビティ効果を考慮した図6では1付近に集まってきている。なお、図中の紫の点は約30秒後に大分県中部で発生した地震(Mj5.7)による影響が強いと判断されたものである。次に、実測と計算のPGVの比を距離との関係でまとめたものが図7となる。距離が遠い地点ほどディレクティビティ効果を考慮した予測値が実測値に近い値となっていることがわかる。

#### 4.まとめ

平成28年熊本地震では、破壊伝播方向の観測点のPGVが他の方向と比べて大きく、ディレクティビティ効果が強く見られた。ディレクティビティ効果を考慮した距離減衰式を用いることで、従来の式に比べ平成28年熊本地震の観測結果を精度よく再現することができた。

謝辞 本研究では防災科学技術研究所(K-NET, KiK-net)の地震記録を使用しました。記して謝意を表します。

<参考文献> 1) 地震調査研究推進本部, [http://www.jishin.go.jp/main/yosokuchizu/katsudanso/f093\\_futagawa\\_hinagu.htm](http://www.jishin.go.jp/main/yosokuchizu/katsudanso/f093_futagawa_hinagu.htm)  
 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, 第523号, 63-70, 1999. 3) 王寺秀介, 澤田純男, 岩田知孝, 神原隆則: 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, 第30回土木学会地震工学研究発表会論文集, 1-0015, 2009. 4) 久保久彦, 鈴木亘, 青井真, 関口春子: 近地強震記録を用いた平成28年(2016年)熊本地震(4月16日1時25分, M7.3)の震源インバージョン解析(2016/8/9再改訂版), [http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/Kumamoto\\_20160416/inversion/](http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/topics/Kumamoto_20160416/inversion/)

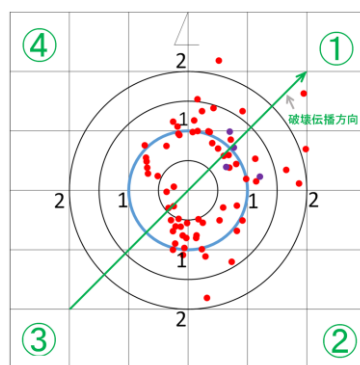


図5 等価震源距離を用いた  
司・翠川式と実測値の比

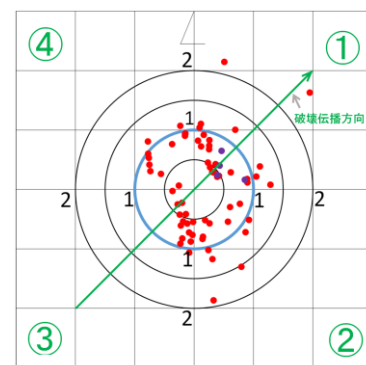


図6 ディレクティビティ効果を  
考慮した計算値と実測値の比

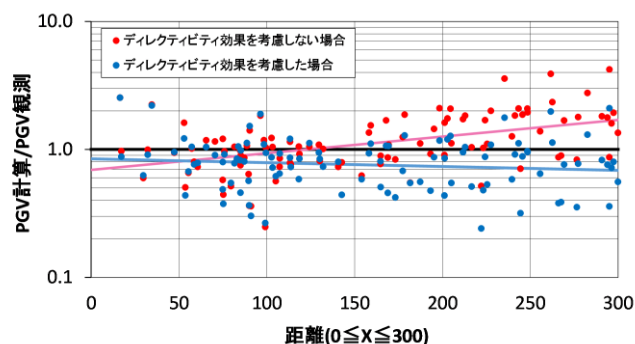


図7 PGVの比と距離との関係