

2016年熊本地震本震時の長周期速度パルス地震動の生成メカニズム  
 Generation mechanism of the long-period velocity pulse ground motions  
 during the 2016 Kumamoto mainshock

○倉橋 奨・入倉 孝次郎・岩田 知孝・浅野 公之

○Susumu KURAHASHI, Kojiro IRIKURA, Tomotaka IWATA, Kimiyuki ASANO

We estimated a characterized source model that explains long-period velocity ground motions near the surface rupture fault during the 2016 Kumamoto mainshock. Firstly, we estimated a characterized source model based on the current characterized source modeling, which consists of strong motion generation areas (SMGAs), by waveform modeling in the source area in the period range of 1-20s. The simulated ground motions of the characterized source model reproduce the observations well in the source region, except the observation at Mashiki town-hall and Nishihara village, that shows long-period (about 3s) velocity pulse. Therefore, we introduce a long-period motion generation areas (LMGA) in the shallower portion of this characterized source model Earth surface above the SMGA to produce the long-period ground motions. The synthetic ground motions by this source model explain well the observed ground motions in near-source area.

## 1. はじめに

2016年4月16日に発生した熊本地震では、震源断層近傍で、KiK-net、K-NET や気象庁・自治体震度計観測網によって多くの強震記録が得られており、特に、地表地震断層の極近傍の3観測点（西原村役場、益城町役場、KiK-net 益城の観測点）では、周期約1~3秒が卓越する長周期速度パルスが観測され、永久変位は約150~200cmにも及んだ。本研究は、この長周期速度パルスの生成メカニズムの解明を目的としている。本研究では、以下の手順で長周期速度パルスを再現する震源モデルの構築を行った。

①Irikura et al. (2017)における周期0.1~3.3秒をターゲットとした強震動生成域(Strong motion generation area:SMGA)から放出される、周期1秒以上の地震動を解析。

②背景領域からの周期1秒以上の地震動を計算し、“SMGA+背景領域”からの計算波形と観測波形とを比較。

③“SMGA+背景領域”のみでは観測記録が再現できない3観測点（地表断層極近傍の益城町役場、西原村役場、KiK-net 益城観測点）をターゲットとして、震源断層浅部に周期1秒以上の地震動を生成する領域

(Long-period motion generation area:LMGA)を設定。

## 2. 特性化震源モデルの構築

### (1) 解析に用いる断層面

Kubo et al. (2016)の震源インバージョンで設定された断層モデルを基に、北部分、中央部分、南部分の3セグメントとして断層面を設定した。なお、本研究での中央部分は、Kubo et al. (2016)の中央部分と遷移部分をまとめて設定した(図1)。

### (2) 強震動生成域(SMGA)の構築

強震動生成域から放出されるより長周期の地震動(周期1~20秒)の寄与の確認と、観測波形を再現する震源モデルを構築する。基となる強震動生成域は、Irikura et al. (2017)の震源モデルを参考とした。震源モデルの構築には地表地震断層に近い益城町、西原村、KiK-net 益城(断層最短距離2.4km以内)の観測記録以外を対象とした。波形計算は離散化波数法(Bouchon, 1981)を用い、すべり速度時間関数はSmoothed ramp関数とした。その他の震源パラメータは表1にまとめている。

解析の結果、本震の破壊開始点より南側と北側にそれぞれ1つずつ強震動生成域を設定することで周辺観測点の観測波形の再現ができた。一方、この震源モデルでは、断層極近傍の3観測点でみられる周期約1~3秒の長周期速度パルスは再現できなかった。

### (3) 背景領域からの寄与

次に、背景領域からの寄与を確認する。ここでは、KMMH16(KiK-net 益城)、93048(西原村小森)、93051(益城町宮園)、KMM005(大津)の4観測点を対象として解析を行った。このため、寄与度が高いと考えられる震源断層モデル中央部分の背景領域を考慮した結果を示す(図1)。93048、93051、KMMH16では、速度波形よりも変位波形(永久変位)への影響が大きい(図2)。一方KMM005では、速度波形と変位波形の両方とも背景領域からの寄与が少なからずあり、特に、観測波形に見られる永久変位については、背景領域からの寄与が大きい(図2)。

### (3) 長周期地震動生成域(LMGA)の震源モデル

断層極近傍の3観測点の観測記録、Kubo et al. (2016)による震源インバージョン結果などを基に、周期約1~3秒の長周期速度パルスを再現するために、震源断層浅部に周期1秒以上の地震動を生成する領域

(LMGA)を設定する。波形計算には波数積分法(Hisada and Bielak, 2003)を用い、観測波形を再現するために、断層極近傍の3観測点に近い地表断層の浅部(0~3km)にすべり量を4m、すべり速度時間関数にライズタイム2.5秒のsmoothed ramp関数のLMGAを設定した。このLMGAを加えた震源モデルで合成された長周期地震動(速度と変位)は観測波形を概ね満足する結果が得られた。

## 4. まとめ

長周期速度パルスの再現には、SMGAに加えて震源断層浅部に長周期速度パルスを生成する領域(LMGA)が必要である。この長周期速度パルスを生成する領域からの地震動は永久変位をもたらす。

今後地表断層の生じる可能性のある活断層地震に対する断層近傍域の強震動予測には、長周期地震動生成域(LMGA)を組み込む必要があるが、LMGAのパラメータ設定法や生じる地震動特性については今後検討が必要である

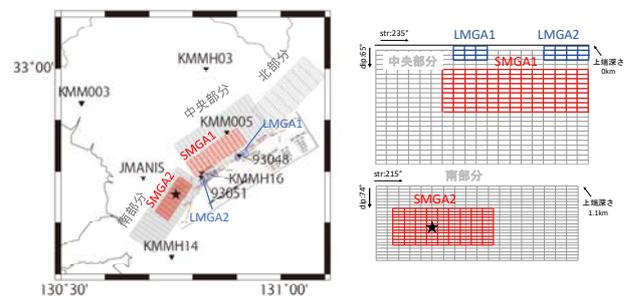


図1 (左) 構築した震源モデルと (右) 断層面上の震源モデル

表1 震源パラメータ

パラメータ	単位	中央部分	中央部分	中央部分	南部分	南部分
震源点	緯度	32.8838	32.8744	32.8744	32.7741	32.7741
	経度	131.1001	131.0661	131.0661	131.0235	131.0235
震源	深さ	km	224	224	215	215
断層	長さ	m	75	65	74	74
断層の長さ	傾斜	°	150	150	150	150
断層	すべり	cm	10	13	4	9
	傾斜	°	28	9	3	12
	断層	km	456	117	9	108
	上層深さ	km	1.1	3.6	0	7.3
	中央深さ	km	1.4	3	4	7.5
地震モーメント	M0	Nm	$1.51 \times 10^{23}$	$1.09 \times 10^{23}$	$1.11 \times 10^{23}$	$1.49 \times 10^{23}$
スライズタイム	ms		1.6	2.5	2.5	1.6
すべり速度関数	関数		2.8	2.8	2.8	2.8
すべり速度関数	関数		3	3	5.5	0
すべり速度関数	関数		Smoothed ramp	Smoothed ramp	Smoothed ramp	Smoothed ramp
解析手法			波数積分法 (Hisada and Bielak, 2003)			
備考			本解析の計算には使用していない	地震モーメント算出の信頼性は、全体的に10%未満	地震モーメント算出の信頼性は、全体的に10%未満	地震モーメント算出の信頼性は、全体的に10%未満

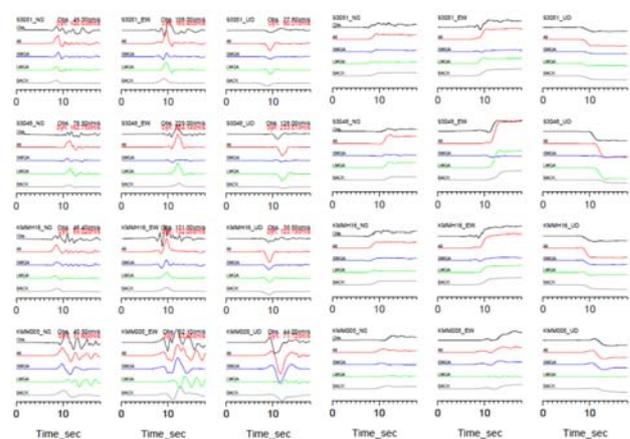


図2 観測波形と計算波形の比較