

熊本市花岡山近傍で観測された地震動特性とその表層地盤構造
 Characteristics of earthquake ground motions observed near Mt.Hanaoka in
 Kumamoto City and those shallow subsurface structures

○是永 将宏・津野 靖士・地元 孝輔・山中 浩明

○Masahiro KORENAGA, Seiji TSUNO, Kosuke CHIMOTO, Hiroaki YAMANAKA

We have been observing earthquake ground motion in the Kumamoto Plain, immediately after the 2016 Kumamoto earthquake. During the main shock of the Kumamoto earthquake, strong ground motions were obtained at 4 sites within the range of 1.3 km near Mt.Hanaoka in Kumamoto City. In this report, we investigated the similarity and the discrepancy of those strong ground motions. Finally, we found out that strong ground motions at 2 sites close to Mt.Hanaoka were influenced by both the nonlinearity of soft-soil sediments and the polarization to NS direction.

1. はじめに

筆者らは、2016年熊本地震の発生直後から熊本平野とその周辺地域で臨時地震観測と表層地盤調査を行っており、このうち熊本平野の北西端部に位置する花岡山の近傍2地点(KM04, KM06)において4月16日の本震(Mj 7.3)の地震記録を得ている。この2地点は直線距離で600m程度の距離にもかかわらず本震時の特性に違いがあるなど、特徴的な地震動が得られている(Tsuno et al, 2016)。そこで本報告では、花岡山の近傍での地震観測と表層地盤調査によって明らかになった地震動特性と表層S波速度構造について述べる。

2. 花岡山近傍における本震記録

熊本平野周辺で観測された2016年熊本地震本震の最大速度の分布(水平動のベクトル合成)を図1に示す。また、花岡山近傍の観測点で記録された速度波形を図2に示す。花岡山近傍では、1.3 kmの範囲内で臨時観測点2地点(KM04, KM06)に加えて常設観測点2地点(47819, KUMA)の計4地点で地震記録が得られている。4地点の速度波形を比較すると、形状は類似しているものの、NS成分の最大振幅値に違いが見られる。

3. 余震記録によるサイト増幅特性

余震記録を用いて、KM04, KM06におけるサイト増幅特性を評価した。解析には、阿蘇地域で発生した中小地震の記録を使用し、S波到達から20.48秒の区間データを用いて、対象地点の加速度フー

リエ・スペクトルをリファレンス観測点の加速度フーリエ・スペクトルで除した。ここでは、金峰山東麓の岩盤サイト(KM01)をリファレンスとし、個々の地震に対する震央距離の補正を行い、NS成分とEW成分の平均をサイト増幅特性とした。結果を図3に示す。KM04, KM06のスペクトル比は周波数1 Hz付近で卓越していることが分かる。

4. 表層地盤構造

表層地盤調査として、KM04, KM06周辺においてアレー微動観測を実施した。観測では、二重三角形の形状に辺長1.5~15 mの小規模アレーと、26~170 mの中規模なアレーを展開し、S波速度構造の推定を試みた。アレー微動観測より推定されたS波速度構造を図4に示す。また、その検証として、観測スペクトル比と理論スペクトル比との比較を行った。

小規模アレー観測により得られた V_s 500~600 m/s程度の層を基盤面とした場合、観測スペクトル比に見られる1~2 Hz付近の卓越周波数を捉えてはいるものの、振幅比については観測を過小評価している。一方、中規模アレー観測より推定した $V_s > 1$ km/sの層を基盤面とした場合、周波数0.5~2 Hzで観測スペクトル比をより適切に説明できることが分かる。表層地盤だけではなく、 V_s 1km/s程度の層を基盤面とした、50m以深の速度構造を考慮する必要があると考えられる。

5. 花岡山近傍観測点の本震記録の強震動特性

図3に、金峰山火山の岩盤サイト (KU.KMP1) をリファレンスとした場合の、本震と余震に対する KM04 と KM06 のスペクトル比を示す。10~20 Hz の周波数帯域において、本震のスペクトル比は余震のものに比べて急激に落ち込んでいる一方、1~3 Hz 周波数帯域においては、本震のスペクトル比が余震と比較して大きく増幅していることが分かる。これらから、KM04 と KM06 では、本震時に地盤の非線形性が見られたと考えられる。

また、図4に、花岡山近傍4地点の本震記録によるS波到達から10秒間の速度波形の粒子軌跡と金峰山火山岩盤サイトに対するフーリエ・スペクトル比を示す。粒子軌跡については、周期 0.5~2秒のバンドパス・フィルター処理を行っている。図より、KM04 と 47819 では NS 方向に強い偏向性

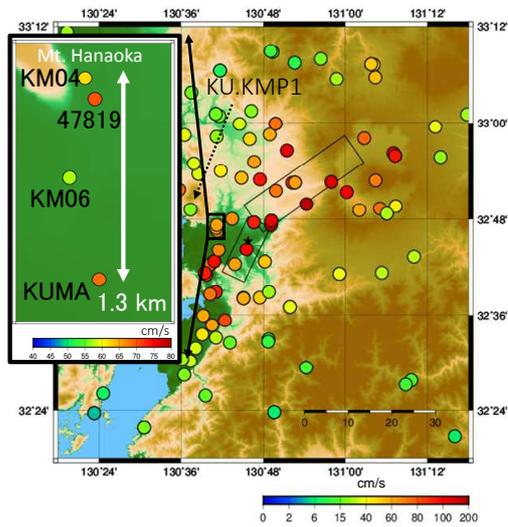


図1 2016年熊本地震本震の最大速度分布
震源断層は Asano and Iwata (2016) を参照

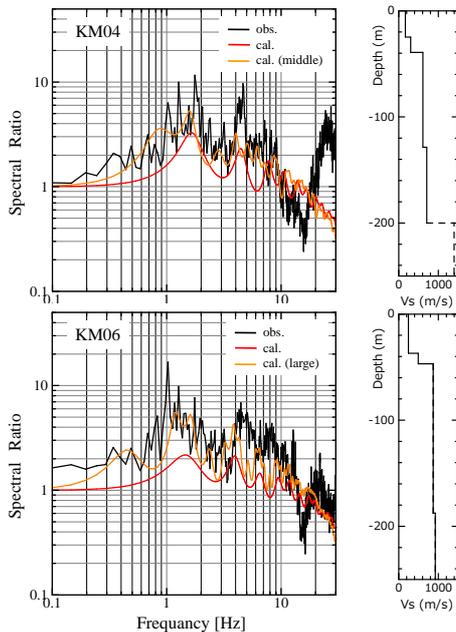


図3 KM04, KM06 における増幅特性と S 波速度構造

を確認することができる一方で、花岡山からやや離れた KM06 と KUMA では NS 方向の強い偏向性を確認できない。またスペクトル比では、KM04 と 47819 において 1~2 Hz の周波数帯域で NS 成分と EW 成分に顕著な違いが見られている。花岡山近傍地点では、不整形地盤による2次元あるいは3次元の地震動増幅効果が影響したことが示唆される。

6. まとめ

2016年熊本地震の臨時地震観測と表層地盤調査から、花岡山近傍での地震動の特性について検証を行った。花岡山近傍では、本震時の非線形性に加えて、不整形地盤による2次元あるいは3次元の地震動増幅効果が影響したことが示唆された。

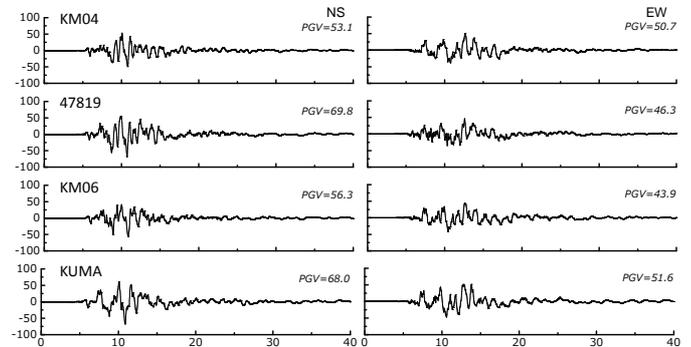


図2 2016年熊本地震本震の速度波形

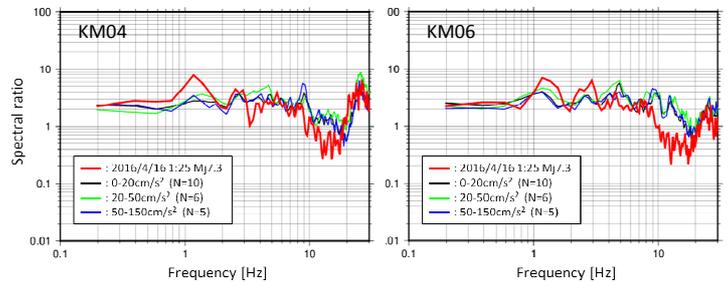


図4 本震、余震記録によるフーリエ・スペクトル比

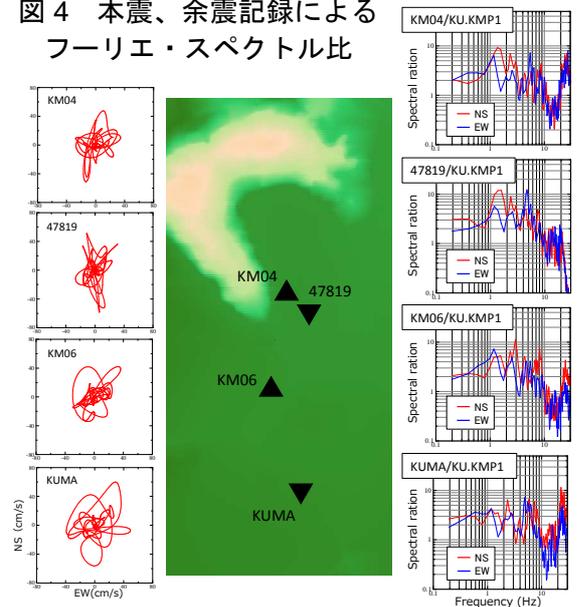


図5 本震記録による粒子軌跡とスペクトル比