

### 2016年熊本地震の本震直後における益城町市街地での地盤速度構造の推定に関する試み

大阪大学大学院工学研究科 正会員 ○秦 吉弥  
 京都大学防災研究所 正会員 後藤浩之  
 (協組)関西地盤環境研究センター 正会員 松川尚史  
 東京工業大学環境・社会理工学院 正会員 盛川 仁

(国研)産業技術総合研究所 正会員 吉見雅行  
 (協組)関西地盤環境研究センター 正会員 中山義久  
 中央開発(株)リサーチセンター 正会員 細矢卓志  
 鳥取大学大学院工学研究科 正会員 香川敬生

#### 1. はじめに

2016年熊本地震の前震・本震による強震動の作用によって益城町の市街地は、図-1に示すように震度7の揺れに二度見舞われた<sup>1)</sup>。特に本震時に秦ほか<sup>2)</sup>は、TMP03臨時観測点において計測震度6.9(史上最大)の強震動を観測している。また、TMP03においては、本震前に常時微動計測を実施<sup>3)</sup>しているだけでなく、本震直後からも常時微動計測を断続的に実施<sup>4)</sup>している。本稿では、得られた計測記録により本震直後のTMP03における表層地盤の速度構造の推定を試みた結果について報告する。

#### 2. ボーリング調査・土質試験・常時微動計測

吉見ほか<sup>5),6)</sup>は、GS-MSK-1,-2,-3の計三地点においてボーリング調査を行っている。図-2は、TMP03の極近傍にあたるGS-MSK-1(図-1参照)での結果であり、PS検層による表層地盤の速度構造も合わせて示す。さらに、表-1には、シンウォールサンプリングにより採取したGS-MSK-2およびGS-MSK-3(T-2およびT-3)での土質試験結果の一覧を示す。図-1および表-1に示すように、上記三地点ともに火山灰質土が主体であることが読み取れる。

図-3は、本震前のTMP03地点での常時微動H/Vスペクトル<sup>3)</sup>に対して、上述したGS-MSK-1でのPS検層実施時(2016年7月28日)もしくは本震直後(2016年4月16日5時23分)に実施した常時微動計測によるH/Vスペクトル<sup>4)</sup>を重ね合わせたものである。図-3(a)に示すとおり、本震前とその約2,500時間後に実施されたPS検層実施時のH/Vスペクトルは非常に良い一致を示している。さらに、図-3(a)には、PS検層による速度構造に基づく理論H/Vスペクトル<sup>7)</sup>も同時に示しており、計測と理論によるH/Vスペクトルの類似性が高いことから、GS-MSK-1で実施されたPS検層による速度構造(図-2参照)<sup>5)</sup>がTMP03に援用できる可能性が極めて高いことが示唆される。一方で、図-3(b)に示すとおり、本震前と本震直後のH/Vスペクトルの比較では、本震直後にはピーク周波数が明らかに低周波数帯域に移行しており、本震時の強震動の作用に伴う火山灰質土を主体とする表層地盤のせん断剛性(主としてせん断波速度)の低下が示唆される。

図-4は、H/Vスペクトルのピーク周波数の比率(断続的実施時/2016年12月6日実施時)を、前震発生からTMP03において常時微動計測を実施した各々の日時までの経過時間ごとにプロット<sup>4)</sup>したものである。図-4に示すとおり、前震から(その28時間後に発生した本震から)1,000時間程度かけてピーク周波数が本震前の状態に向かって徐々に回復していることが読み取れる。

#### 3. 本震直後の速度構造の推定

2. で述べた本震直後のTMP03における表層地盤の速度構造を定量的に評価することを試みる。具体的には、本震直後のH/Vスペクトル(図-3(b)参照)とPS検層による速度構造(図-2参照)に対して遺伝的アルゴリズムを適用し、本震直後のTMP03における最適な地盤モデル

(速度構造)を探索した。図-2にその探索結果を示す。PS検層による速度構造(本震前とほぼ同等であると推察される速度構造)に対して、探索・評価された本震直後の速度構造は、P波速度およびS波速度ともに明らかな低下が確認でき、浅部地盤に至るほどその低下の度合いが比較的大きくなっていることが読み取れる。

#### 4. まとめ

2016年熊本地震において史上最大の震度が観測された益城町市街地のTMP03における断続的な常時微動計測の実施によって、本震直後のTMP03での速度構造を遺伝的アルゴリズムの適用により定量的に評価した。

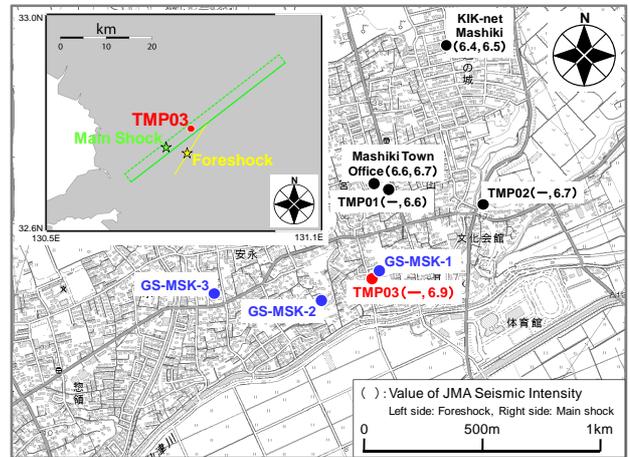


図-1 熊本地震による益城町での震度とボーリング調査地点

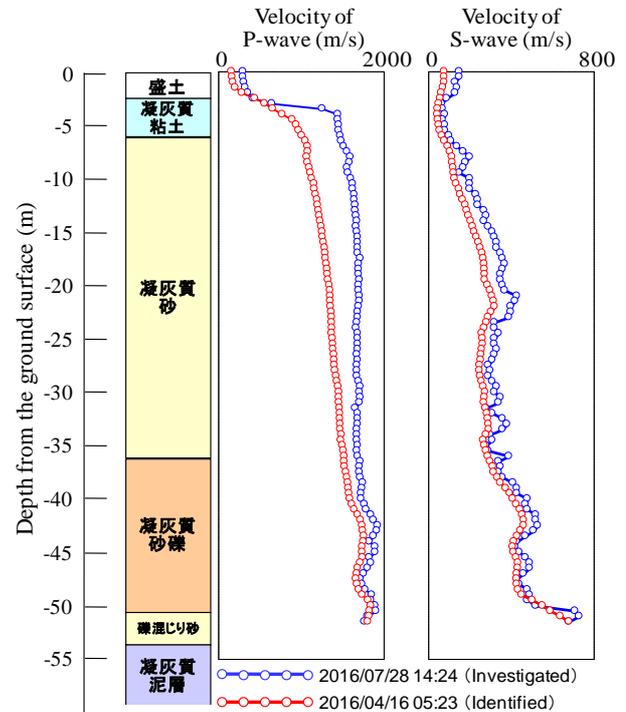


図-2 TMP03でのPS検層結果と本震直後の推定速度構造

キーワード：常時微動 H/V スペクトル，速度構造，遺伝的アルゴリズム

連絡先：〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学 大学院工学研究科 地球総合工学専攻 TEL&FAX:06-6879-7626

表-1 益城町の市街地のボーリング調査地点(GS-MSK-2 および GS-MSK-3)での土質試験結果の一例

名称	T2-1	T2-2	T3-1	T3-2	T3-3
採取深度 (m)	0.5 ~ 1.0	1.5 ~ 2.0	4.55 ~ 5.0	5.55 ~ 6.0	9.55 ~ 10.0
土質	砂混じりシルト (盛土)	火山灰質粘性土 (盛土)	火山灰質粘性土 自然	火山灰質粘性土 自然	砂質シルト 自然
湿潤密度 (t/m <sup>3</sup> )	1.299	1.528	1.527	1.552	1.565
乾燥密度 (t/m <sup>3</sup> )	0.613	0.854	0.877	0.896	0.907
土粒子密度 (t/m <sup>3</sup> )	2.487	2.646	2.763	2.771	2.756
含水比 (%)	112.1	78.8	74.2	73.3	72.6
液性限界 (%)	131.0	106.0	72.0	69.6	63.4
塑性限界 (%)	75.6	54.4	37.2	34.6	32.3
透水係数 (m/s)	—	—	—	2.24 × 10 <sup>-8</sup>	7.48 × 10 <sup>-8</sup>

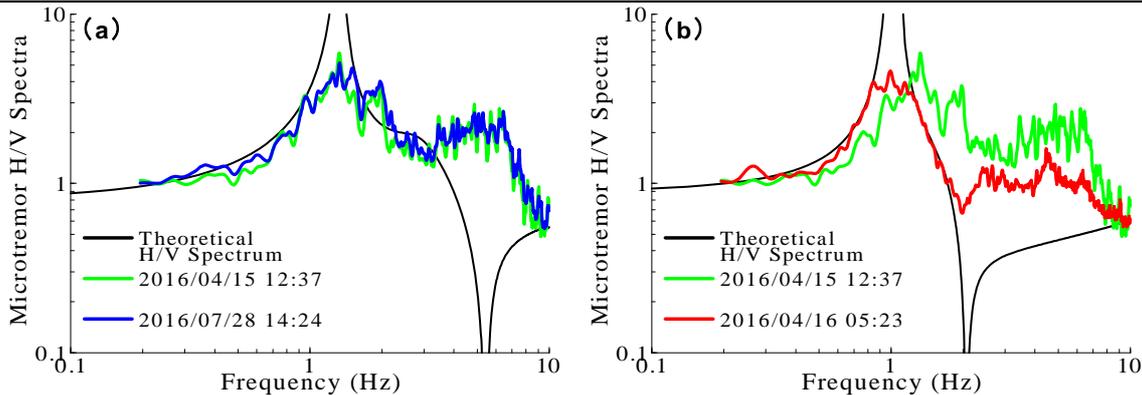


図-3 TMP03での計測H/Vスペクトルと理論H/Vスペクトルの比較(PS検層実施時(同図(a))および本震直後(同図(b)))

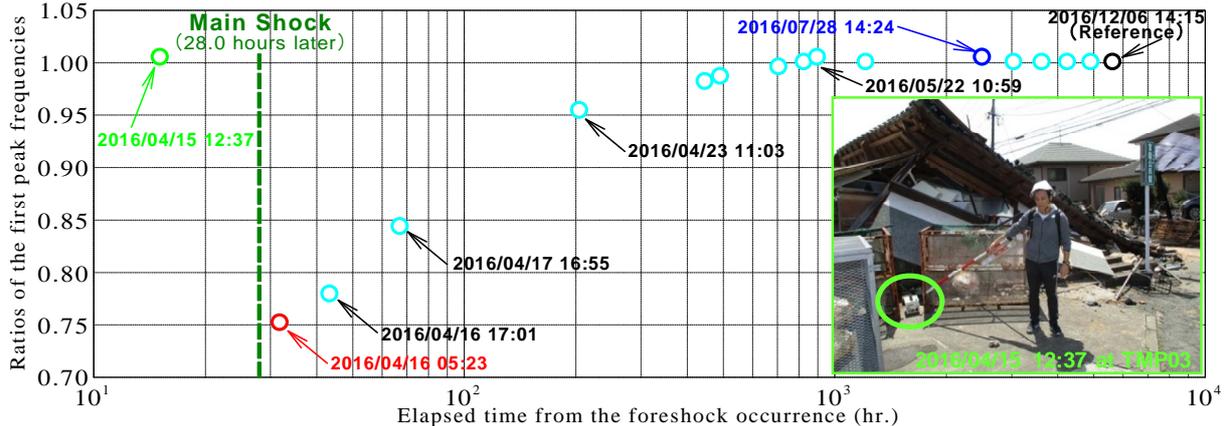


図-4 TMP03における常時微動計測の断続的実施によって得られたH/Vスペクトルのピーク周波数の回復過程

謝辞：常時微動計測の実施では、益城町の住民や関係者の皆様などに大変お世話になりました。本研究の遂行にあたって、科学研究費補助金・若手研究A[JP15H05532]、京都大学防災研究所共同研究(平成28年度特別緊急共同研究)[28U-07および28U-05]の一部をそれぞれ使用しました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 例えば、秦吉弥、後藤浩之、吉見雅行：益城町の被害集中域における2016年熊本地震本震の地震動とその特徴、科学、岩波書店、Vol.86, No.9, pp.934-941, 2016.
- 2) Hata, Y., Goto, H. and Yoshimi, M.: Preliminary analysis of strong ground motions in the heavily damaged zone in Mashiki Town, Kumamoto, Japan, during the main shock of the 2016 Kumamoto Earthquake ( $M_w$ 7.0) observed by a dense seismic array, *Seismological Research Letters*, Vol.87, No.5, pp.1044-1049, 2016.
- 3) 秦吉弥、後藤浩之、吉見雅行、古川愛子、盛川仁、池田隆明、香川敬生：2016年熊本地震での震災帯の成因究明を目的とした益城町の市街地における強震

動の広域・高密度評価に関する試み、第44回地盤震動シンポジウム論文集(2016年熊本地震で何が起きたか)、日本建築学会、pp.35-46, 2016.

- 4) 秦吉弥、吉見雅行、後藤浩之、細矢卓志、盛川仁、香川敬生：常時微動H/Vスペクトルに基づく2016年熊本地震によって被災した益城町の市街地の軟弱地盤におけるせん断剛性の回復過程に関するモニタリング、地盤工学会誌、Vol.65, No.8, 2017.
- 5) 吉見雅行、秦吉弥、後藤浩之、細矢卓志、森田祥子、徳丸哲義：熊本県益城町の2016年熊本地震被害集中域におけるボーリング調査結果(速報)、日本活断層学会2016年度秋季学術大会講演予稿集、Paper No. P17, 2016.
- 6) 吉見雅行、後藤浩之、秦吉弥、吉田望：益城町市街地の2016年熊本地震被害集中域における非線形地盤応答特性、平成28年度京都大学防災研究所研究発表講演会資料、Paper No.A05, 2017.
- 7) Haskell, N. A.: The dispersion of surface waves on multi-layered media, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol.43, No.1, pp.17-34, 1953.