

2016 年熊本地震本震における強震動の生成要因に関する一検討

港湾空港技術研究所 正会員 ○長坂 陽介
 港湾空港技術研究所 正会員 野津 厚

1. はじめに

2016 年 4 月 16 日 1 時 25 分に発生した熊本地震本震(M7.3)では破壊が地表まで達し、現地調査による布田川断層沿いの地表地震断層は震央から約 25km 離れた阿蘇カルデラ内まで確認されている¹⁾。熊本地震本震を対象とした震源過程解析²⁾によると、西原村付近の深さ約 10km 周辺に大すべり域（またはアスペリティ）が広がっており（図-1）、そこから放出された地震動が破壊進行方向である阿蘇カルデラ方面にディレクティブティ効果をたらすことで大振幅の地震動を再現している。特性化震源モデルによる強震動シミュレーション³⁾でも同様この大すべり域にアスペリティを配置している。

地表地震断層の北東端付近に位置する自治体強震観測地点である南阿蘇村河陽は西原村周辺のアスペリティの影響を受ける位置にあるとともに、熊本地震本震の加速度記録から変位波形を推定すると明確なフリングステップが確認されており（図-2）、表層付近のすべりによる近地項・中間項を含む地震動も大きく寄与したことが示唆されている。なお、近くの長陽電子基準点でも南西に 97cm の地殻変動⁴⁾が観測されており、河陽の積分記録と整合している。従って、河陽は深部アスペリティおよび近地項・中間項を含む浅部の影響を共に受けるという複雑なメカニズムを有することになる。そこで、本検討では南阿蘇村河陽を対象に、アスペリティおよび地表付近のすべりの影響について検討を行った。

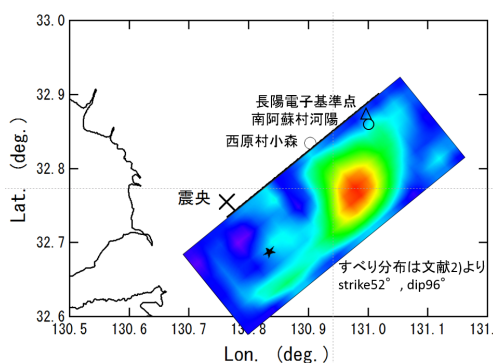


図-1 対象地点位置図

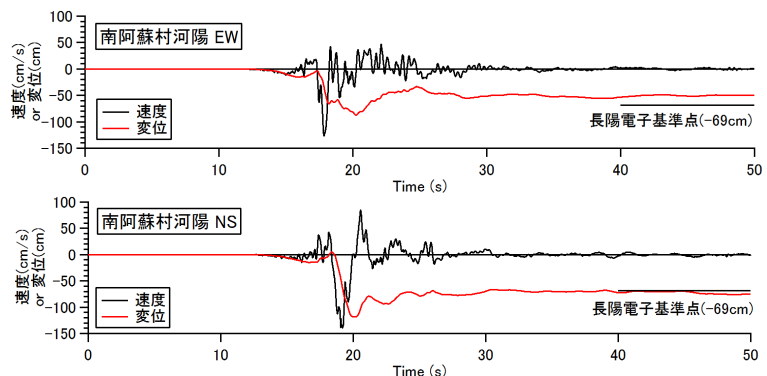


図-2 数値積分による推定速度・変位波形

2. 方法

野津(2006)⁵⁾の簡便法を用いて近地項・中間項・遠地項のすべてを含む強震動シミュレーションを行った。本手法では、まず、遠地項のグリーン関数としてオメガスクエアモデルに従う震源スペクトルに幾何減衰、非弾性減衰を考慮したものを求め、これに近地・中間項を加えるため全無限弾性体のせん断くい違いによる理論変位場の遠地項に対する比（周波数領域）を掛けて補正し、最後にフーリエ逆変換により時間領域でのグリーン関数を得る。補正は、 r 成分は遠地 P 波、 $\theta\phi$ 成分は遠地 S 波をそれぞれ補正元とする。震源断層の時空間的広がりにはグリーン関数を入倉ら(1997)⁶⁾の方法で重ね合わせることで考慮する。この方法はこれまでに残留変位を含めて理論変位波形と一致することを確認している。サイト増幅特性・サイト位相特性は熊本地震の余震記録を含む中小地震記録より求めたものを用いた。

計算ケースは、まず震源過程解析を基に西原村小森付近の大すべり域のみをモデル化し、深部の大すべり域がどの程度河陽に影響を与えるか確認する。次に浅部すべりのみを考慮し、深部アスペリティのみでは考

キーワード 2016 年熊本地震, 強震動シミュレーション, 浅部すべり, アスペリティ

連絡先 〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 港湾空港技術研究所 地震動研究グループ TEL 046-844-5085

慮できなかった低周波数帯の再現に必要なすべり分布を求める．なお，本検討ではサイト増幅特性の精度が保証されている周波数帯である 0.2~10Hz を対象とする．

3. 計算結果と考察

まずは深部アスペリティのみを考慮した結果を図-3 に示す．考慮した範囲は西原村周辺の深さ 8~13km，幅 7km の範囲で，すべり量は震源過程解析²⁾の推定最大すべり量に近い 9m を一様に与えている．図-3 より深部の影響は低周波数帯になるにつれて特に NS 成分が過小評価となる．また，深部からの影響はほぼ遠地項 S 波のみが残っているが，図-3 の 0.2~2Hz のバンドパスフィルターをかけた速度波形には大パルスが残っており，これは浅部からの影響を示唆するものである．次に表層付近のすべりのみを考慮した結果を図-4 に示した．断層面は文献 2 に従って設定し，浅部すべりとして地表から 3km の幅で一様に 3m のすべりを与えた．浅部すべりを考慮すると低周波数帯を過小評価なく再現できる．NS 成分で後続波が過大評価気味となるが，非線形効果や経験的位相の違いが出ていると考えられる．また，高周波数帯では過小評価となるが，こちらは深部アスペリティにより補うことができる．さらに，表層付近のすべりはフリングステップをもたらす近地項・中間項に加えて遠地項も同程度の寄与を持つことが分かった．以上より，南阿蘇村河陽の強震動は浅部の影響も強く，深部と浅部を適切に組み合わせることにより低周波数から高周波数まで考慮できると考えられる．詳細なパラメータの与え方や永久変位まで含めたシミュレーションは今後の課題となる．

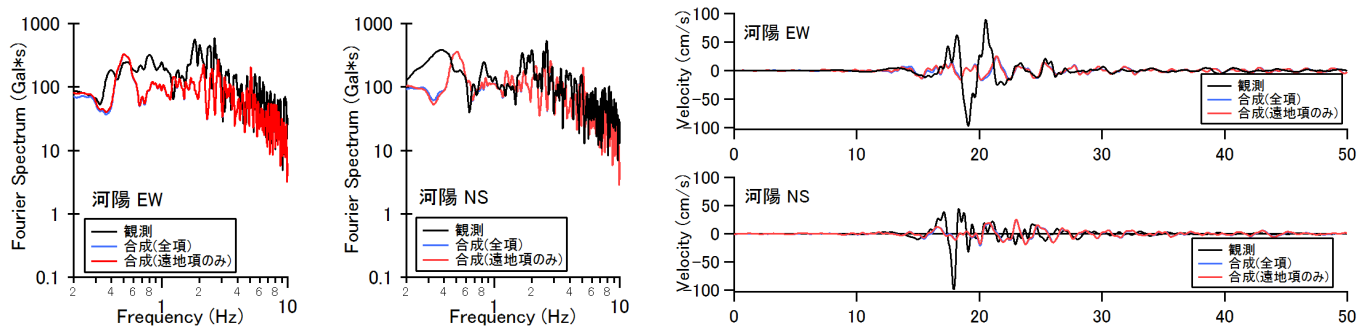


図-3 フーリエスペクトル・速度波形の比較（深部大すべり域のみ考慮）

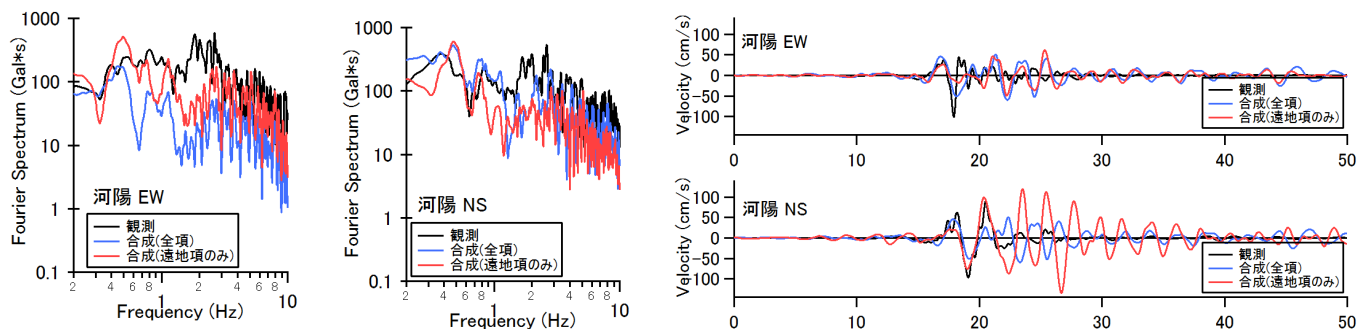


図-4 フーリエスペクトル・速度波形の比較（浅部すべりのみ考慮）

謝辞：本研究では，熊本県の強震観測記録を使用しました．記して感謝申し上げます．

参考文献

- 1) Shirahama, Y. et al.: Characteristics of the surface ruptures associated with the 2016 Kumamoto earthquake sequence, central Kyushu, Japan, *Earth Planets Space*, 68:191, 2016.
- 2) Nozu, A. and Nagasaka, Y.: Rupture process of the main shock of the 2016 Kumamoto earthquake with special reference to damaging ground motions: waveform inversion with empirical Green's functions, *Earth Planets Space*, 69:22, 2017.
- 3) 野津厚：2016 年熊本地震の本震(M7.3)の特性化震源モデル，https://www.pari.go.jp/bsh/jbn-kzo/jbn-bsi/taisin/source/model/somodel_2016kumamoto.html，2018 年 4 月 2 日閲覧．
- 4) 国土地理院：電子基準点がとらえた平成 28 年(2016 年)熊本地震に伴う地殻変動について，http://www.gsi.go.jp/chibankansi/chikakukansi_kumamoto20160414.html，2018 年 4 月 2 日閲覧．
- 5) 野津厚：統計的グリーン関数に近地項と中間項を導入するための簡便な方法，第 12 回日本地震工学シンポジウム論文集，2006．
- 6) 入倉孝次郎，香川敬生，関口春子：経験的グリーン関数法を用いた強震動予測方法の改良，日本地震学会講演予稿集，1997．