

# 2008年岩手・宮城内陸地震の震源モデルと強震動 -なぜ4000ガルの強震動が生成されたのか?-

入倉孝次郎, 倉橋奨 (愛知工業大学)

## Modeling of Source Fault and Generation of High-Acceleration Ground Motion for the 2008 Iwate-Miyagi-Niriku Earthquake Kojiro Irikura, Susumu Kurahashi (Aichi Institute of Technology)

### 1. はじめに

2008年6月14日岩手宮城内陸地震(Mj7.2)が発生し, 岩手県奥州市と宮城県栗原市で震度6強が観測された。また, 建物の倒壊や大規模な土砂崩れにより人的被害が発生している。この地震では, 震央距離約3kmの位置にあったKIK-NET観測点, IWTH25(一関西)において, 地表の上下動成分で最大加速度3866galという非常に大きな強震動が観測された。これまでの地震観測において, 2Gを超えるような加速度記録は観測されることがなかった。その理由の1つとして, 用いられていた計器が2Gでクリップするものが多かったことが挙げられるが, これまでの観測記録を見る限り地盤上の地震動については必ずしも計器上の制約とはいえない。この地震で, このような非常に大きな強震動がなぜ観測されたのかを知ることは, 今後の強震動予測や地震動発生メカニズムを解明するにあたり非常に重要である。

ここでは, はじめに強震動記録を用いた波形インバージョンでは用いられてない震源極近傍の強震動記録を用いて, フォワード・モデリングにより強震動が再現可能な震源モデルの構築を試みる。その後, IWTH25(一関西)において観測された強震動の生成原因を考察する。

### 2. 震源モデルの構築

本震の震源破壊過程は, 遠地実体波や強震動記録を用いた波形インバージョンにより推定されている(例えば, 八木, 2008; 堀川, 2008など)。しかしながら, これらの手法のほとんどは1~2Hz以下の低周波帯域が対象であった。ここでは, 工学的に重要な0.1~10Hzの広帯域の強震動の再現を対象とするため, 経験的グリーン関数法(Irikura, 1986)を用いて震源モデルの構築を行った。

#### 2.1 経験的グリーン関数としての余震の選択およびメカニズム解

本震の走向と傾斜角は, 地震発生直後から行われた緊急余震観測グループによる余震分布から, 走向は210°, 傾斜角は40°とした(地震調査委員会, 2008)。この値は, F-netなど観測記録を用いて推定された震源メカニズム解と調和的である。経験的グリーン関数として用いる余震記録は, 本震時のアスペリティで生成される強震動と同様の放射特性をもつものが適切である。本研究では, 震源近傍で発生した2008年6月14日23時42分の余震(Mj4.8)(以下余震1と呼ぶ)を採用した。この余震の断層面積と応力降下量は, 変位震源スペクトルから読み取られたコーナー周波数とF-netによる地震モーメントから円形クラックモデルを仮定し計算した。

#### 2.2 震源モデルの構築

既往の研究による本震の震源破壊過程結果(例えば, 八木, 2008; 堀川, 2008など)では, 本震の破壊開始点(震源)の南側かつ浅い場所ですべり量が大きかったとされている。そこで, はじめにこの場所に強震動生成域(Asp1)を設定し, 経験的グリーン関数法により波形合成を行った。この際, 解析地点としてはフォワードディレクティビティとなるMYG005, MYG004, MYGH06, IWTH26とした。その結果, この震源モデルでは, 震源より南側に位置する観測点の記録は再現できるが, 北側にある観測点の観測記録は再現されなかった。これは, 震源より北側にも, 観測された強震動に影響を与える強震動生成域が存在していることを意味している。そこで, 震源の北側にも強震動生成域(Asp2)を設定した。震源の北側

の強震動生成域の評価には、震源の北側の観測点を対象とした。

図 1 左に構築した強震動生成域と解析に使用した観測地点の一部を、右に堀川 (2008) におけるすべり量分布に本研究で構築した強震動生成域を加筆した図を示す。表 1 には震源モデルの緒元を示す。また、図 2 に MYG004 (震源より南側の観測点) と IWT011 (震源より北側の観測点) を、図 3 上に IWTH25 (震源極近傍) の観測波形 (灰色線) と合成波形 (黒線) の速度波形の比較を示す。合成波形は、震源からの最近点の IWTH25 を除いた点では振幅と位相ともに観測波形が再現できている。IWTH25 については次節で詳細に検討する。構築された震源モデルは、震源の強震動生成域 Asp1 が北側の Asp2 よりも広い面積をもつが、応力降下量についてはほぼ同じと評価された。Asp1 および Asp2 の強震動生成域の面積はそれぞれ約 60km<sup>2</sup>、約 35km<sup>2</sup>、応力降下量は 15MPa 程度となった。強震動生成域の場所は、堀川 (2008) によるすべり量分布の大きい場所と概ね調和的である (ただし、堀川 (2008) による断層面は走向 208° 傾斜角は 50° であり、本研究とは異なる。)

### 2.3 IWTH25 (一関西) における波形シミュレーション

本研究で構築した震源モデルは、震源から距離の離れた観測点における強震動の再現は可能であった。しかしながら、震源極近傍である IWTH25 (一関西) では再現性が悪い。これは、経験的グリーン関数として用いた余震記録が適切でなかったためと考えられる。震源極近傍の観測記録は震源メカニズムによる放射特性の影響を強くうけるため、経験的グリーン関数には本震のアスペリティからの放射特性と同じ特性をもつ余震記録を選択する必要がある。ここでは、本震時の各アスペリティから IWTH25 への放射特性とそれぞれの余震の放射特性との比較を行った。その結果、IWTH25 への本震のアスペリティからの放射特性のセンスが同じであった 2008 年 6 月 16 日 23 時 14 分の余震記録 (以下余震 2 と呼ぶ) を経験的グリーン関数に用いることとした。図 3 下に観測波形と合成波形の速度波形の比較を示す。余震 2 を採用することにより、S 波震動の立ち上がり部分のセンスをはじめ、振幅、位相ともに観測波形をより再現できている。

## 3. IWTH25 (一関西) で観測された強震動の生成原因の考察

### 3.1 IWTH25 (一関西) で観測された強震動記録

図 4 上段に IWTH25 (一関西) の地表面で観測された本震の強震動記録の上下動成分を、図 4 下段に地中記録の上下動成分を示す。地表面の記録では、P 波の立ち上がりから 7~8 秒付近で最大加速度 3866gal が観測されている。一方、地中記録では最大加速度が 640gal であり、地表に近い表層で上下動が大きく増幅された可能性が高い。最大値を与える地震動は地表、地中とも P 波初動部からかなり遅れたところにあるので、震源から P 波として生成されたのではなく、S 波として生成されたものが伝播経路の地質構造により S 波から P 波に変換されたものとみなしうる。

図 2 には本震の地表記録と地中記録のスペクトル比を示す。このスペクトル比から、1.5Hz より低周波帯域では、スペクトル比の振幅がほぼ 1 であるが、1.5Hz より高周波では、スペクトル比の振幅が大きくなっている。この傾向は、いくつかの余震のスペクトル比でも同様であることを確認しており、この地点においては、遅い P 波速度をもつ表層地盤の影響により、上下動成分の加速度が大きくなったことを示している。

ここで、10Hz 以上の周波数による加速度値への影響をみるため、本震記録に 0.1~10Hz のバンドパスフィルターをかけた波形を計算した。フィルターのかかった波形では、最大加速度は 2300gal 程度と観測記録の半分程度となる。したがって、本震時に記録された大加速度は、極めて遅い P 波速度をもつ薄い表層により高周波の上下動地震動が大きく増幅されたことによる、と考えられる。

### 3.2 IWTH25 (一関西) の速度構造モデル

IWTH25 (一関西) 地点では、防災科学技術研究所 (以下防災科研) により、地中地震計



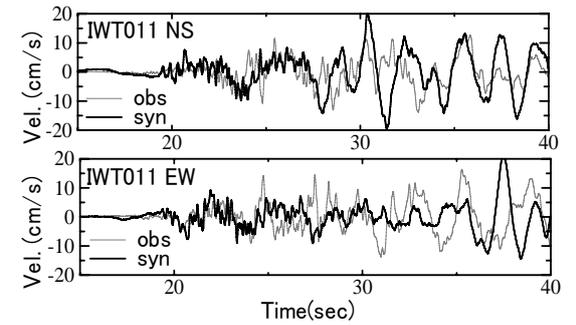
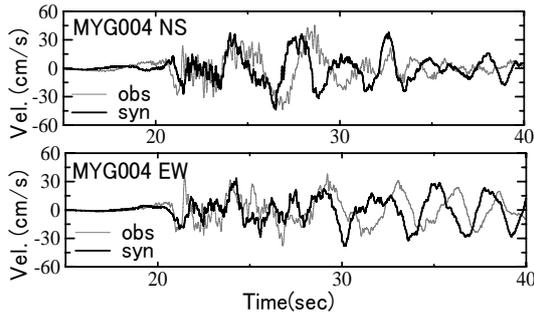


図2 合成波形と観測波形の比較. 上段: 震源よりも南側の観測点, 下段: 震源よりも北側の観測点

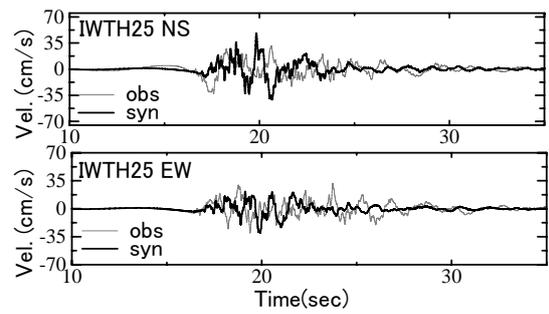
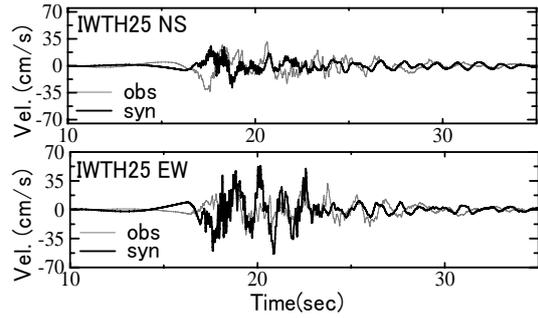


図3 合成波形と観測波形の比較. 上段: 余震1を経験的グリーン関数として解析, 下段: 余震2を経験的グリーン関数として解析

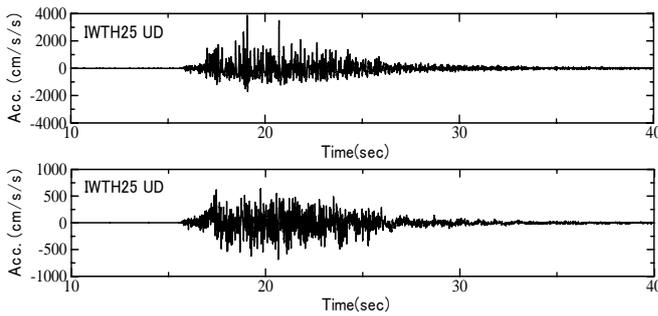


図4 Iwth25 (一関西) における上下動成分の観測波形. 上段: 地表記録, 下段: 地中記録.

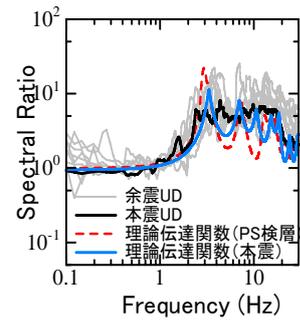


図5 本震と余震の地表記録と地中記録のスペクトル比およびPS検層と本震時の理論伝達関数

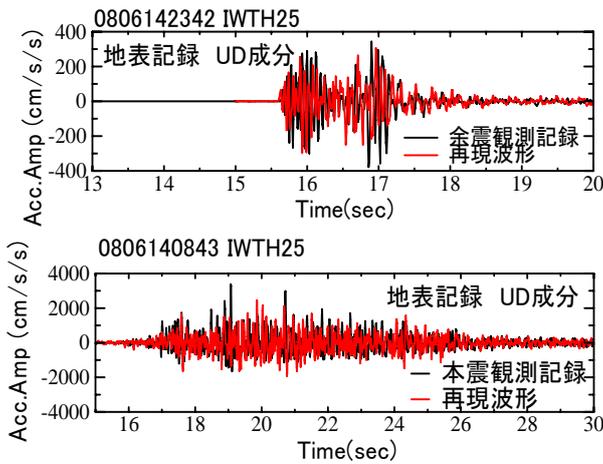


図6 上図: Iwth25 (一関西) 地表における余震の再現波形と再現波形のスペクトル. 下図: Iwth25 (一関西) 地表における本震の再現波形と再現波形のスペクトル.

