

## 強震記録に基づくモーメントマグニチュードの即時推定

正会員 ○平井 敬\*  
正会員 福和伸夫\*\*モーメントマグニチュード      即時推定      リアルタイム  
永久変位                      強震記録

## 1. はじめに

2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震は、我が国における観測史上最大のマグニチュード 9.0 という巨大な海溝型地震であった。しかしながら地震発生後の 3 分後に発表された気象庁マグニチュードは 7.9 であり、さらに約 15 分後に計算されるべきモーメントマグニチュードが、広帯域地震計の測定範囲を超えたために計算できないという事態が生じた。結果として津波の高さを過小評価してしまい、不幸にして多くの人命が失われる一因となった。西南日本においても南海トラフ巨大地震の発生が迫っている。現在において、飽和しないマグニチュードを迅速に推定する仕組みを構築することは喫緊の課題である。先に筆者らは、強震計によって測定された加速度時刻歴波形から、永久変位を精度よく計算する方法を開発した<sup>1)</sup>。これを応用し、大地震の発生直後に、永久変位と震源距離との関係を利用してモーメントマグニチュードを迅速に、あるいはリアルタイムで推定する手法を提案する。

## 2. 変位波形とモーメントマグニチュードの計算方法

地震による永久変位  $u$  と震源距離  $r$  との関係は、理論的には次式で表される。

$$u = f_s M_0 \Phi / 4\pi\mu r^2 \quad \cdots (1)$$

ここで  $M_0$  は地震モーメント、 $f_s$  は表面の影響を考慮するための係数、 $\Phi$  は方位特性を考慮するための係数、 $\mu$  は剛性率である。この式において、両辺の対数をとると次式のようになる。

$$\log u = -2\log r + \log(f_s M_0 \Phi / 4\pi\mu) \quad \cdots (2)$$

すなわち、永久変位の対数を震源距離の対数に対してプロットすると、傾き -2 の直線が得られ、その切片から地震モーメント  $M_0$  を計算することができる。

本研究では、防災科学技術研究所が展開する強震観測網 KiK-net によって観測された加速度波形をもとに、平井・福和(2012)の方法によって変位波形と永久変位を算出した。これを各地の観測点について行い、永久変位と震源距離とで両対数プロットを作成した上で、式(2)にフィッティングすることで地震モーメント  $M_0$  を求め、これをモーメントマグニチュード  $M_w$  に換算した。

## 3. 東北地方太平洋沖地震への適用結果

2011 年東北地方太平洋沖地震の際に KiK-net で観測さ

れた強震記録に対して本手法を適用し、その有効性を検証した。

初めに、平井・福和(2012)の方法による変位波形の計算結果の一例を図 1 に示す。記録開始からおおむね 200 秒以降において、変位がほぼ収束していることが分かる。図中の記号を用いて収束率を  $\alpha = 1 - h/H$  と定義し、永久変位計算値の信憑性を判断する指標とする。

次に、東日本各地での永久変位の計算結果と、震源距離との関係からモーメントマグニチュードの推定を行った結果を図 2 に示す。比較のために、GPS 観測により得られた地震時地殻変動をもとに同様の推定を行った結果も併せて示した。震源距離 500 km 程度までの観測点では式(2)の関係がよく成り立っており、これらの点を用いてフィッティングを行った。また、地震発生後の変位をリアルタイムで計算し、逐一モーメントマグニチュードの推定を行った場合の結果を図 3 に示す。発震後 4 分程度でモーメントマグニチュードが最終値に達する。図 2・図 3 とともに、推定されたモーメントマグニチュードは震源過程解析によって得られている値<sup>例え 2)</sup>と整合的であり、本手法の有効性が示唆されたと言える。

## 4. 南海トラフ巨大地震の際のシミュレーション

現在、南海トラフにおいては、東海・東南海・南海の各震源域の連動による巨大地震の発生が危惧されている。この地震に対する本手法の適用性を確認するために、図 4 に示す中央防災会議による震源モデル<sup>3)</sup>を用いて変位波形を合成し、3 節と同様の検討を行った。破壊開始点としては紀伊半島沖と足摺岬沖の 2 種類を考え、それぞれの場合にリアルタイムのモーメントマグニチュード推定を行った結果を図 5 と図 6 に示す。どちらの場合も発震後 2~4 分でモーメントマグニチュードは 8.6 と妥当な値に推定される。図 6 は特にばらつきが甚だしいが、これは広がりのある震源域に対して、破壊開始点からの距離を用いてプロットしているためである。しかしながらモーメントマグニチュードの推定値として妥当な値になったのは、震源に近い割に  $M_w$  8.6 から期待されるより小さな変位しか現れない点（例えば四国）と、震源から遠い割に大きな変位が現れる点（例えば東海地方）の効果が観測網全体として平均化された結果であると考えられる。

## 謝辞

本研究にあたり，防災科学技術研究所の強震観測網 KiK-net のデータおよび ARIA team at JPL and Caltech による GPS 解析結果を使用した。

## 参考文献

- 1) 平井敬, 福和伸夫：強震記録に基づく東北地方太平洋沖地震による地殻変動分布の算定，日本建築学会構造系論文集，第 673 号，341-350，2012.3.
- 2) T. Ito, K. Ozawa, T. Watanabe, T. Sagiya：Slip distribution of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake inferred from geodetic data, *Earth Planets Space*, **63**, 627-630, 2011.
- 3) 中央防災会議：東南海，南海地震等に関する専門調査会（第 16 回）資料 3，2003.

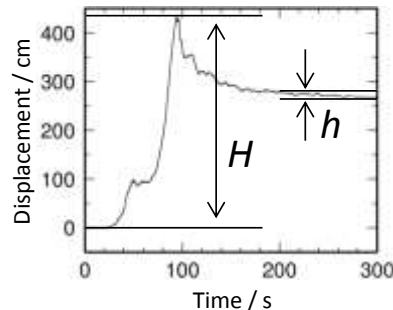


図1. 強震記録から算定される変位の例 MYGH06 基盤東西成分

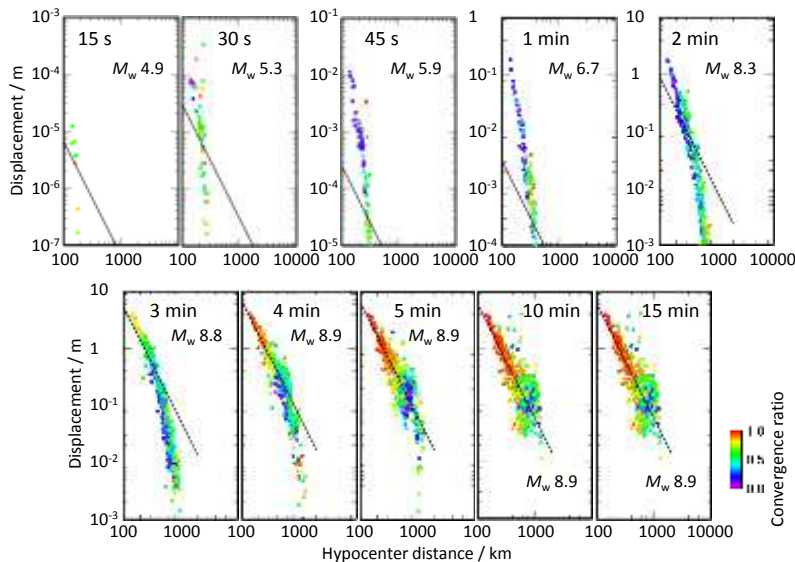


図3. 東北地方太平洋沖地震の発震後各時刻における  $M_w$  推定結果

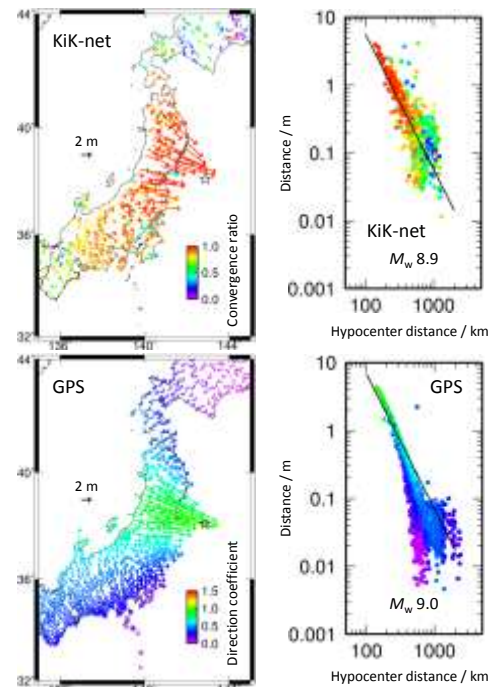


図2. 東北地方太平洋沖地震による永久変位分布と  $M_w$  推定結果

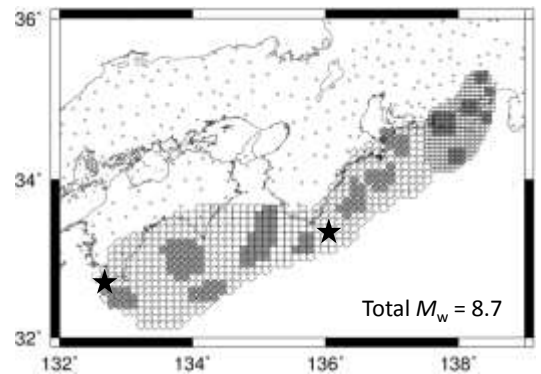


図4. 東海・東南海・南海地震の震源モデルと観測点配置 ★印は破壊開始点（2か所想定）

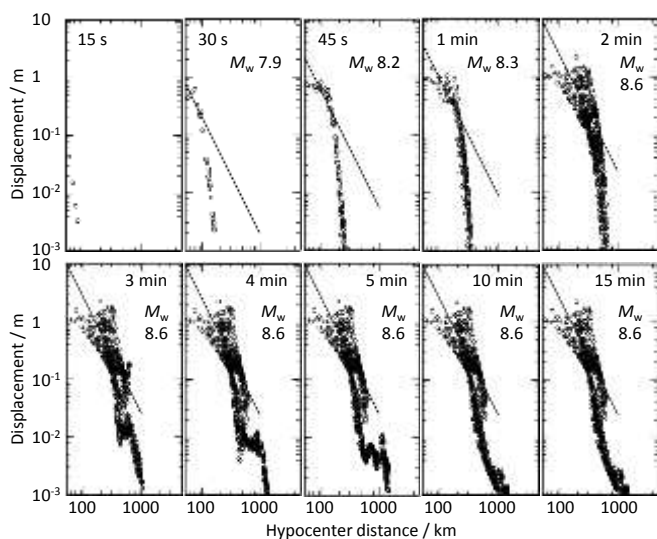


図5. 東海・東南海・南海三連動地震の発震後各時刻における  $M_w$  推定結果 紀伊半島沖にて破壊開始とした場合

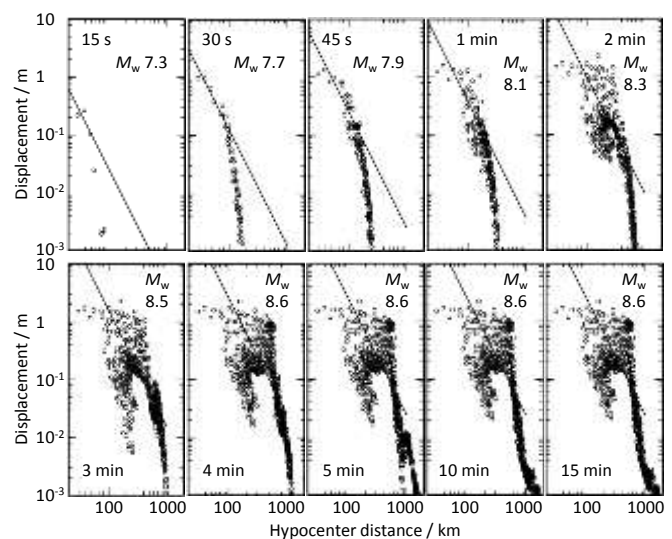


図6. 東海・東南海・南海三連動地震の発震後各時刻における  $M_w$  推定結果 足摺岬沖にて破壊開始とした場合

\* 名古屋大学大学院環境学研究科

\*\* 名古屋大学減災連携研究センター・教授・工博

\* Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University

\*\* Prof., Disaster Mitigation Research Center, Nagoya Univ., Dr. Eng.