

平成22年5月20日現在

研究種目：基盤研究(B)
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19310118
 研究課題名（和文） 巨大地震に対応した高精度リアルタイム地震動情報の伝達システムの構築
 研究課題名（英文） Development of automatic processing systems for the earthquake warning of mega thrust events.
 研究代表者
 堀内 茂木 (HORIUCHI SHIGEKI)
 独立行政法人防災科学技術研究所・防災システム研究センター・研究参事
 研究者番号：00004490

研究成果の概要（和文）：東南海、南海、東海等の巨大地震発生時に、面的震源をリアルタイムで推定するための開発を行なった。P波部分の震度の距離減衰式を調べ、P波部分も震源域で飽和することが示された。震度の観測データやシミュレーションデータを使い、震源域の広がりを実時間で推定する手法を開発した。また、速度や加速度の最大値から、断層近傍であるかを判定し、震源域を推定する方法も開発し、リアルタイムでの巨大地震情報配信の目処がたった。

研究成果の概要（英文）：We developed methods for the real-time determination of the location of fault area of mega thrust events such as Tonankai, Nankai and Tokai earthquake. It is found that shaking intensities of P waves saturate at the focal area of large earthquakes. We showed that shaking intensity data can locate fault area of Tokachi and the above three simulated earthquakes. Stability of the solution for the fault area suggests that present method is effective for the real-time determination of earthquake information for mega thrust events.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	4,800,000	1,440,000	6,240,000
2008年度	5,000,000	1,500,000	6,500,000
2009年度	3,200,000	960,000	4,160,000
年度			
年度			
総計	13,000,000	3,900,000	16,900,000

研究分野：地震学

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学、自然災害科学

キーワード：地震災害、リアルタイム地震動情報、巨大地震の地震動

1. 研究開始当初の背景

(1) 研究の学術的背景

①震源近傍で観測された初動記録から地震情報を推定し、主要動到着前に地震動の到着時刻と大きさを知ることは、地震災害を軽減できる大きな可能性を持っている。気象庁は

2004年2月より緊急地震速報を試験運用し、2006年8月1日から、設備の制御等に利用する者への緊急地震速報の先行的な提供を開始した。しかしながら、解決すべき課題も多く残っている。特に問題なのは、切迫している「南海トラフに発生する巨大地震」に対し

て、緊急地震速報が有効に作動しない可能性が高いことである。その理由は、地震を検知した後、各地の揺れの評価に点震源を仮定しているため、広い震源域をもつ巨大地震に対して地震規模が過小に評価され、さらに断層破壊の進行方向の地域では距離が実際よりも過大に評価され、結果として揺れが過少に評価される、という致命的ともいえる限界にある。

②リアルタイム地震情報伝達システムは、国内ではJRがユレダスとして1992年以来実用化しているが、単一の観測点でP波を検知してS波を予測するシステムであるため、巨大地震に対応したシステムになっていない。米国でもCUBUやTrinetプロジェクトで地震直後に即時情報を伝達し公益事業体や行政機関が災害対応に用いるシステムの研究が進められているが、強い揺れを事前に予測するのではなく、地震後にどこで強い揺れが生じたか、被害が出た可能性があるか、など事後対応のためのものである。事前対応できるシステムの試みはメキシコや台湾でなされて、いくつかの地震で成功が伝えられているが、日本における研究よりも精度の高い研究は未だなされていない。

2. 研究の目的

(1)リアルタイム地震動予測に用いる距離減衰式の開発

リアルタイム地震動予測の精度を高めるには、P波初動部の情報から最も強い揺れを与えるS波震動の最大値をいかに精度良く推定できるかにかかっている。しかしながら、P波初動部の距離減衰式は存在しないので、これまでの地震動予測はS波最大値に対して求められた距離減衰式を用いて行われている。堀内による「震度マグニチュード」もP波初動部の振幅から推定されている。近年、K-NET、KiK-net、Hi-netによりP波初動部とS波最大動を比較できるデータが蓄積されつつある。本研究では、P波初動部を目的変数とする距離減衰式を導出する。それに基づく「震度マグニチュード」の定義の高度化を図る。

(2)面的震源のリアルタイム予測

「震度マグニチュード」は一定規模（7程度）で飽和するので、より大きな規模の地震の時はリアルタイムで予測される揺れの予測と観測にずれが生じる。予測と観測のずれから新たな震源を推定することにより、震源が点ではなくその広がり、すなわち「震源域」として評価される。

(3)ローカルネットワークによる巨大地震の震源域の推定

巨大地震に対応したリアルタイム地震情

報は全国ネットによるだけでなく地域の特徴を活かして設置されているローカル強震動ネットの観測データの活用が重要である。愛知工業大学（愛工大）の地域防災研究センターは愛知県の三河地域における企業防災のためリアルタイムネットを設置している。東南海地震が紀伊半島沖を発震点として発生したときには、三河地域は破壊の進行方向に位置する。従って、現状の緊急地震速報による震源情報から震度を推定すると三河地域では明らかに過小評価となる。ローカルネットワークのリアルタイム情報から破壊の進行方向を検知して最大動の揺れの予測手法を確立する。大阪府を中心として設置されている関西地震観測研究協議会（関震協）のローカルネットは現在リアルタイム化されていないが、南海地震の発生を想定して、関震協の観測点を対象としてP波初動からS波・表面波を含む地震動のシミュレーションを行い、それらの合成データを用いて関震協ネットを用いた巨大地震の震源域の推定手法について同様の検討を行う。

3. 研究の方法

本研究を進めるには、巨大地震のP波初動部の震動性状の多面的解明が必要となる。

巨大地震のときのP波初動部やS波最大動については、2003年十勝沖地震のときの北海道東部域から南東部にかけて記録が得られているが、それ以外は日本のみならず世界中でも殆ど得られていない。本研究を進めるためには、過去の巨大地震のときの観測記録のみならず今後想定される巨大地震のシミュレーションによる記録も用いてシステムの構築と検証を行う必要がある。

本研究は次の項目について平成19年度から21年度の3年計画で相互に協力して検討し、最終年度に総合システムを構築する。

(1)リアルタイム地震動予測に用いる距離減衰式の導出

①データ収集・モデル化

②P波距離減衰式の導出およびS波距離減衰式との関係解明

(2)リアルタイムな面的震源予測

①十勝沖地震による検証

②他の地震による精度の検証

③シミュレーション波形を用いた検証

(3)ローカルネットワークを用いたリアルタイム情報伝達システムの高度化

①観測点ごとのサイト特性（P波及びS波）の抽出

②P波立ち上がり部の震動性状から破壊伝播方向の推定

③シミュレーション波形を用いた検証

4. 研究成果

(1) リアルタイム地震動予測に用いる距離減衰式の導出

①緊急地震速報の地震動予測に用いている気象庁マグニチュードより早く精度よく決めるため、変位振幅の最大値ではなく、最大値がより早く出現する速度や加速度記録を利用する方法を提案した(図1)。

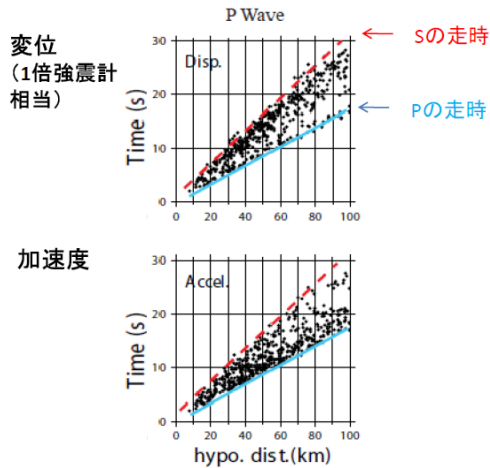


図1 P波とS波との間で、変位(上)と加速度(下)が最大となる時刻と震源距離との関係。

②P波震動から求められる即時震度の距離減衰式を利用して、予測と実測の違いからアスペリティ分布を即時推定する方法が提案した。

③中国四川省地震の場合には、大部分の地域で、P波初動到着から震度3の揺れが到着するまでに30秒以上あることが調べられ、巨大地震の防災対策に関する重要な知見が得られた(図2)

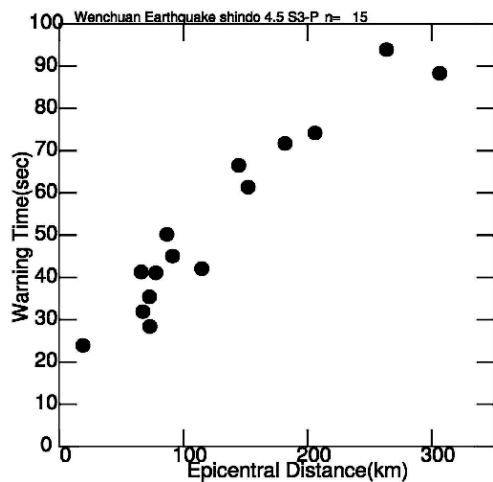


図2 中国四川省地震のP波到着時刻から震度3になるまでの時間の分布。

(2) リアルタイムな面的震源予測

①震度を用いて、巨大地震の面的震源を推定するための技術開発が行われ、東南海、南海地震のシミュレーションデータや、十勝沖の観測データを用いて、安定した解がえられることを示した(図3)。

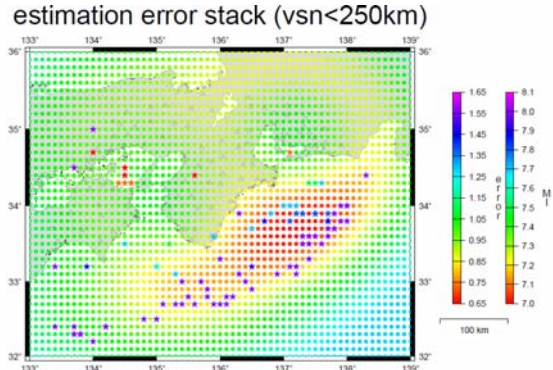


図3 想定東南海・南海地震のシミュレーションによる震度データに、バーチャルサブネット法を適用した場合の推定震源域。

②加速度や速度記録に対する近地・遠地判別式を用いて断層破壊域を即時推定する方法が提案された(図4)。

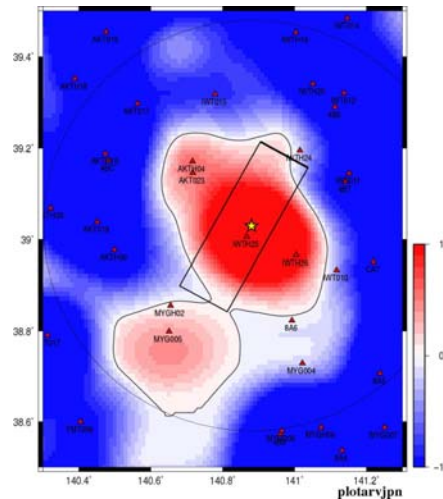


図4 構築した判別式を用いて推定した2008年岩手宮城内陸地震の断層面。赤色が断層近傍の地点、青色が断層近傍でない地点で、色の濃さは確率の高さに比例する。

③安価で精度の高いホームサイズモメーターを開発し、高密度なリアルタイムな地震動情報を取得する方法を提案した。

④リアルタイム地震情報システムの性能評価を行った。

⑤緊急地震速報でのマグニチュード決定や、巨大地震の震動継続時間の測定には、P波とS波とを区別する手法開発が重要であるが、S波到着時刻の高精度リアルタイム検出方法の開発を行った(図5)。

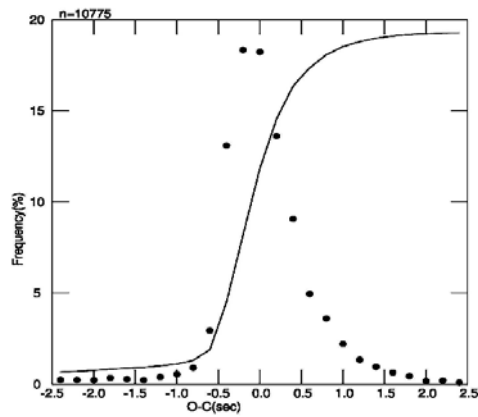


図5 0.2秒間のデータで読み取られたS波到着時刻と、P波到着時刻との差と、震源位置から計算される理論値との差の頻度分布。

(3) ローカルネットワークを用いたリアルタイム情報伝達システムの高度化

①緊急地震速報の高度化のため、ローカルネットワークの構築と巨大地震の震源域の推定のための有効利用に関する研究が行われた。

②関東圏は京阪神地域に速度型強震計観測網を設置しトリガー方式観測を行ってきたが、リアルタイム地震情報に活用するために、安価で高性能データ・ロガーの開発を行った。

③②のリアルタイム・データをオンサイト情報として活用した高精度地震情報の提供の可能性の検討を行った。

④リアルタイム情報と自治体による予測震度分布の結合、経験的サイト特性の高精度化の研究開発が行われた(図6)。

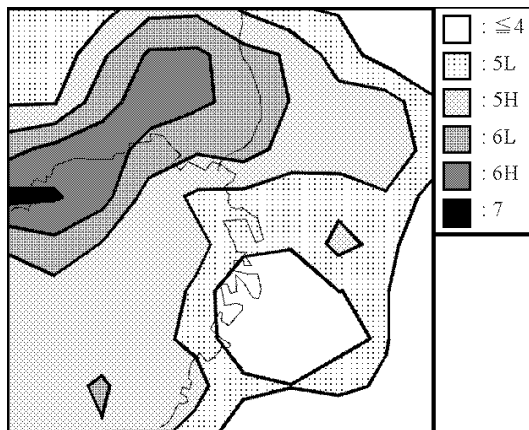


図6 観測情報によって補正した平成7年兵庫県南部地震の震度分布。

⑤愛工大は、愛知県三河地域でローカルネットワークを設置しており、K-NETやKiK-netデータと結合して、緊急地震速報の高度化の研究を行った。

⑥直下地震に対してより早く高精度の情報提供を目的としてP波加速度を用いて震度予測情報の提供、およびP波加速度の飽和域から巨大地震の破壊域の広がりやを推定し、震度情報の高精度化の研究が行われた(図7)。

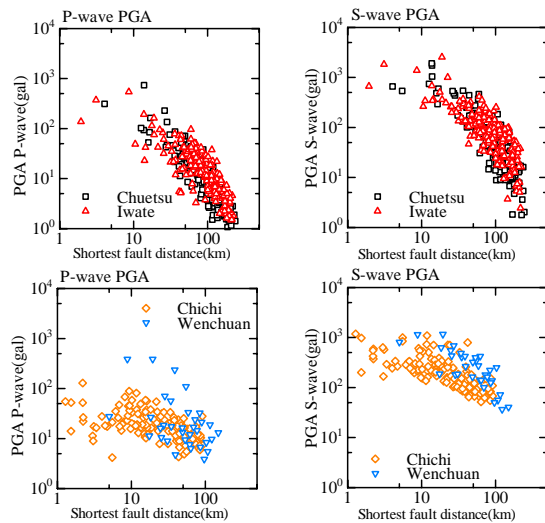


図7 中越地震、岩手・宮城内陸地震、台湾集集地震、中国四川地震のP波PGA(左図)とS波PGA(右図)と断層最短距離の関係。

現在の緊急地震速報は巨大地震のときに必ずしも有効な情報の提供ができない可能性がある。上記の研究は、このような問題点を解決するために、先駆的なものである。今後、より詳細な検討を進めることにより、近い将来発生可能性の高い南海トラフ沿いの巨大地震が発生したときに、断層破壊域を即時推定し、信頼性の高いリアルタイム地震情報の提供に役立つと考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

① Nakamura, H., S. Horiuchi, C. Wu, S. Yamamoto, and P. A. Rydelek, Evaluation of the real-time earthquake information system in Japan, Geophysical Research Letters, 査読有, 36, 2009, Doi:10.1029/2008GL036470

② Horiuchi S., Y. Horiuchi, S. Yamamoto, H. Nakamura, C. Wu, P. A. Rydelek, M. Kachi, Home seismometer for earthquake early warning, Geophys. Res. Lett., 査読有, 36, 2009, doi:10.1029/2008GL036572

③ C. Wu and S. Horiuchi, Automatic determination of source parameters of the 2007 Noto Hanto earthquake, Earth Planets Space, 査読有, 60, 2008, 1053-1057

〔学会発表〕(計 32 件)

- ①Hoshiba, M., K. Iwakiri and K. Ohtake,
Effect of time window length for maximum
amplitude estimation on P wave magnitude:
application for Earthquake Early Warning,
2009 AGU fall meeting, 2009年12月14日,
Moscone Convention Center
- ②入倉孝次郎、長大断層地震のための強震動
予測レシピー四川大地震の強震動記録によ
る検証一、日本地震学会 2009 年秋季大会、
2009 年 10 月 21 日、京都大学
- ③堀内茂木、巨大地震発生をリアルタイムで
検出する地震センサの開発一S波到来のリ
アルタイム推定一、日本地震学会2009年秋季
大会、2009年10月21日、京都大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

堀内 茂木 (HORIUCHI SHIGEKI)
防災科学技術研究所・防災システム研究セ
ンター・研究参事
研究者番号：00004490

(2) 研究分担者

入倉 孝次郎 (IRIKURA KOJIRO)
愛知工業大学・地域防災研究センター・客
員教授
研究者番号：10027253

中村 洋光 (NAKAMURA HIROMITSU)
防災科学技術研究所・防災システム研究セ
ンター・主任研究員
研究者番号：60426004

青井 真 (AOI SHIN)
防災科学技術研究所・防災システム研究セ
ンター・主任研究員
研究者番号：80360379

山田 真澄 (YAMADA MASUMI)
京都大学・次世代開拓研究ユニット・助教
研究者番号：60456829

干場 充之 (HOSHIBA MITSUYUKI)
気象研究所・地震火山研究部・第4研究室
長
研究者番号：60510196

(3) 連携研究者

正木 和明 (MASAKI KAZUAKI)
愛知工業大学・工学部・教授
研究者番号：90078915

倉橋 奨 (KURAHASHI SUSUMU)
愛知工業大学・工学部・ポスドク研究員
研究者番号：60510899

香川 敬生 (KAGAWA TAKAO)
鳥取大学大学院・工学研究科・教授
研究者番号：50450911

大堀 道広 (OHORI MICHIIRO)
海洋研究開発機構海洋研究開発機構・地震
津波・防災研究プロジェクト・技術研究主

任

研究者番号：50419272
福島 美光 (FUKUSHIMA YOSHIMITSU)
清水建設(株)・技術研究所・主任研究員
研究者番号：10463613

山本 俊六 (YAMAMOTO SHUNROKU)
(財)鉄道総合技術研究所・防災技術研究
部・主任研究員
研究者番号：30240097

赤澤 隆士 (AKAZAWA TAKASHI)
(財)地域 地盤 環境 研究所・主任研究員
研究者番号：70450913

(4) 研究協力者

松崎 伸一 (MATSUSAKI SHINICHI)
四国電力(株)・土木建築部・副リーダー

呉 長江 (WU CHANGJIANG)
原子力安全基盤機構・耐震安全部・契約職
員

Jhon Zhao
Institute of Geological and Nuclear
Sciences, New Zealand