



東北大学



地震学の社会貢献 - 2011年東北沖地震の教訓

東北大学大学院理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター

長谷川 昭

東北沖地震の教訓

- ・ 社会に役立つという意味では、地震発生予測の研究はまだまだ未熟であり、そのことを前提に対策を立てる必要がある
 - ・ 一方で、緊急地震速報と津波警報は、技術開発を促進することでより社会に役立つレベルに達すると期待される
- 特に、津波警報システムは一層の高精度化が期待される

地震調査研究推進本部(文科省)

地震被害軽減のための地震調査研究を推進

当面推進すべき地震調査研究

・全国を対象とした地震動予測地図の作成

長期予測

強震動予測

確率論的地震動予測地図の作成(2005.3 完成)

・地震情報の早期伝達

地震警報

津波警報

緊急地震速報(2006試験運用)

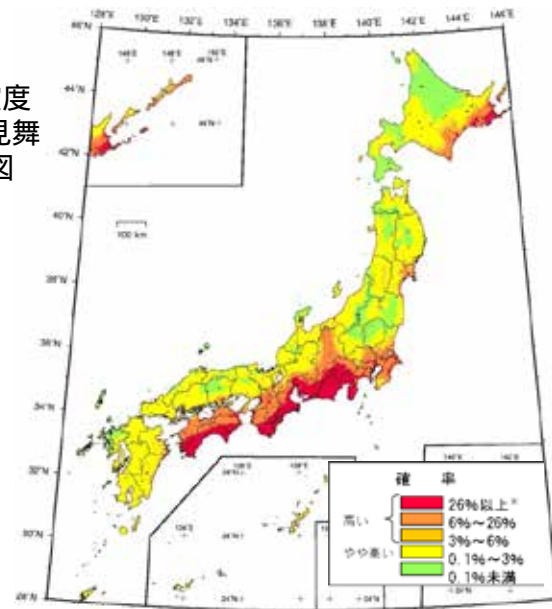
長期予測

主な海溝型地震
(30年確率)



確率論的地震動予測地図

今後30年以内に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率の分布図



緊急地震速報

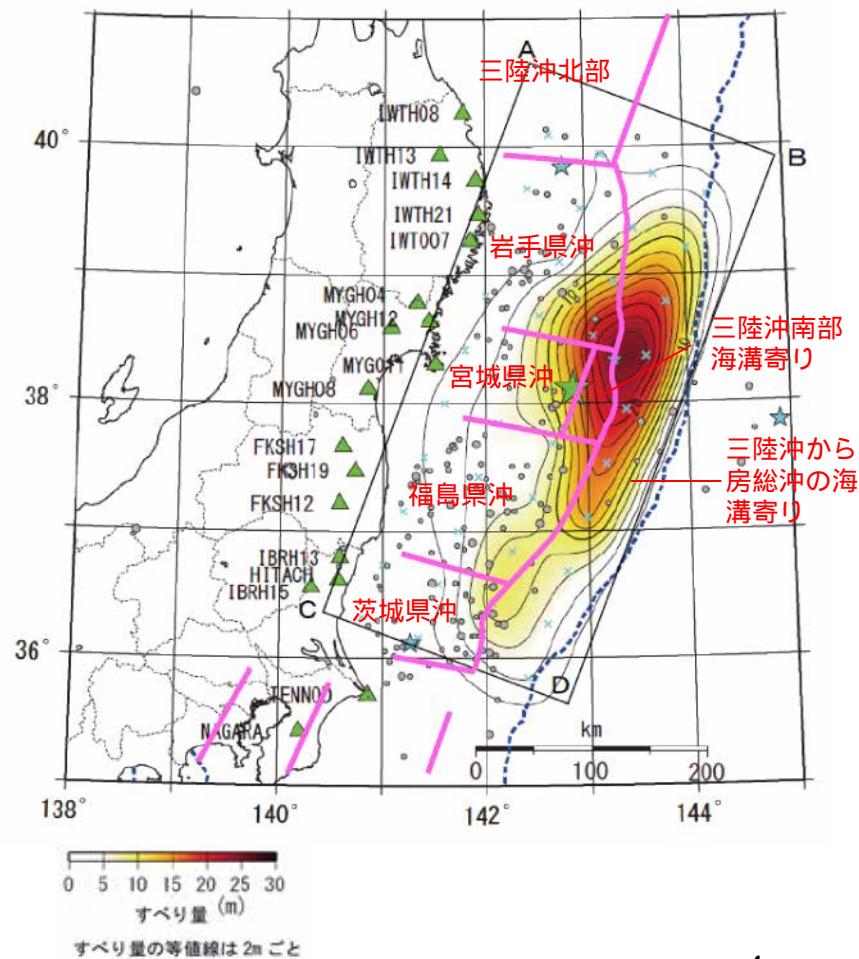


長期予測結果と東北沖地震の破壊域

今後30年以内に発生する確率

三陸沖北部:	M8.0	0.5 - 10%
宮城県沖:	M7.5	99%
三陸沖南部海溝寄り:	M7.7	80 - 90%
上記2地域の連動:	M8.0	
福島県沖:	M7.4	<7%
茨城県沖:	M6.7 - 7.2	>90%
三陸沖から房総沖の海溝寄り:	M8.2	20%

すべり量分布



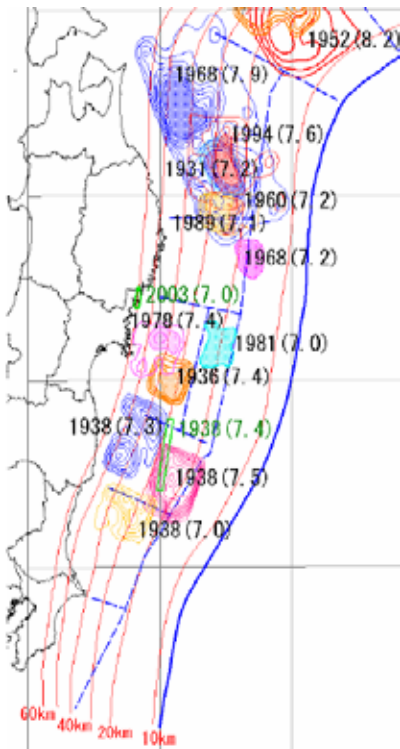
中央防災会議(内閣府)

防災基本計画の作成や、防災に関する重要事項の審議等
専門的事項を調査させるため、専門調査会を設置

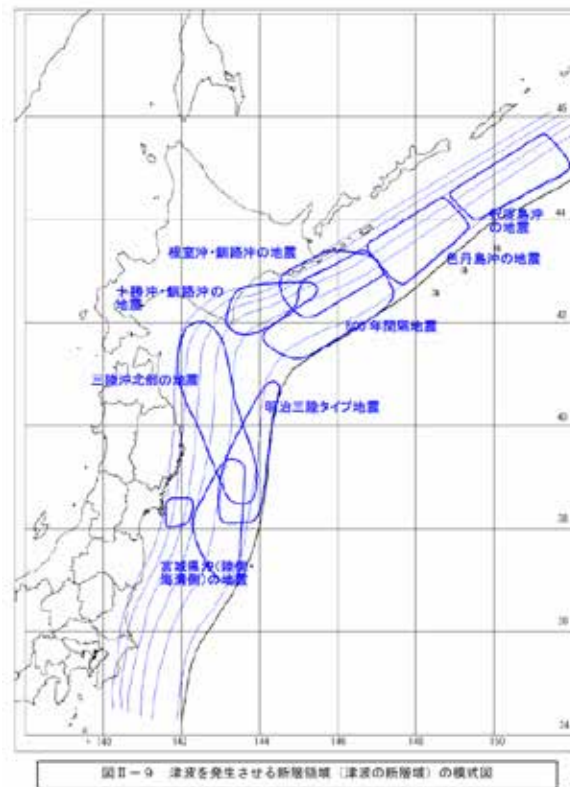
日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会 (2003年 - 2006年)

被害想定(中央防災会議 2006.1.24) - 日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震 -

これまでに発生した地震の震源域 検討対象とする地震の震源域



地震波解析による



図II-9 津波を発生させる断層領域(津波の新領域)の模式図

1) 防災対策の検討対象とする地震
(繰り返し発生が認められる地震)
・地震動については、以下の6タイプの地震を想定

- 択捉島沖の地震、M8.4
- 色丹島沖の地震、M8.3
- 根室沖・釧路沖の地震、M8.3
- 十勝沖・釧路沖の地震、M8.2
- 三陸沖北部の地震、M8.3
- 宮城県沖の地震、M7.6(陸側)

・津波については、さらに以下の8タイプの地震を想定

- 択捉島沖の地震、M8.4
- 色丹島沖の地震、M8.3
- 根室沖・釧路沖の地震、M8.3
- 十勝沖・釧路沖の地震、M8.2
- 500年間隔地震、M8.6
- 三陸沖北部の地震、M8.4
- 宮城県沖の地震、M8.2(連動)
- 明治三陸タイプ地震、M8.6

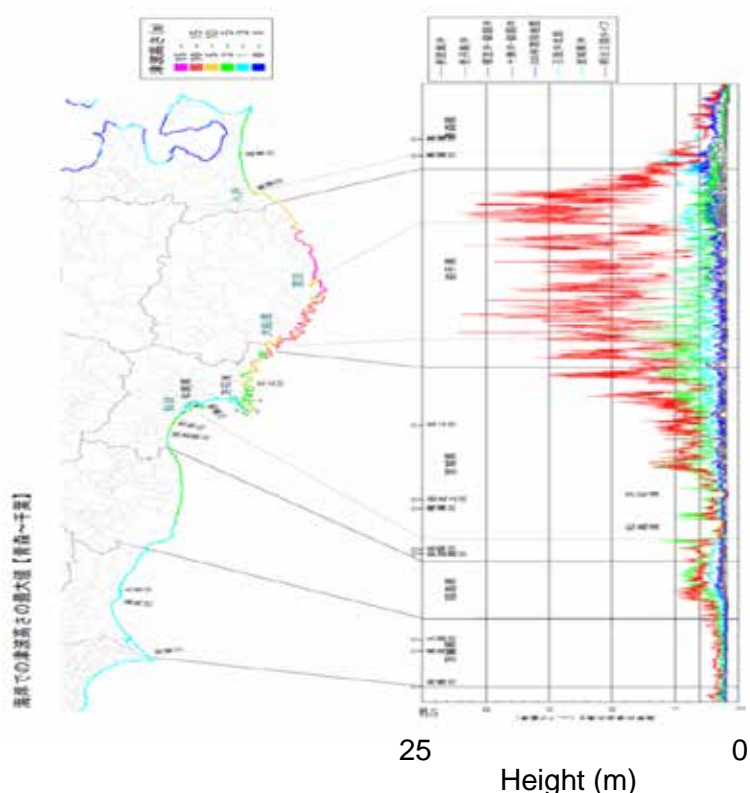
2) 防災対策の検討対象としないが、以下の地震に留意

- 869年貞観三陸沖地震
- 1611年慶長三陸沖地震
- 1677年延宝房総沖地震
- 1933年昭和三陸地震

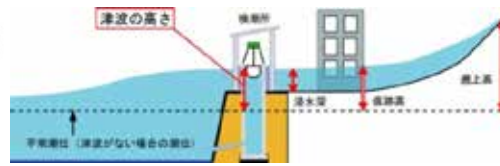
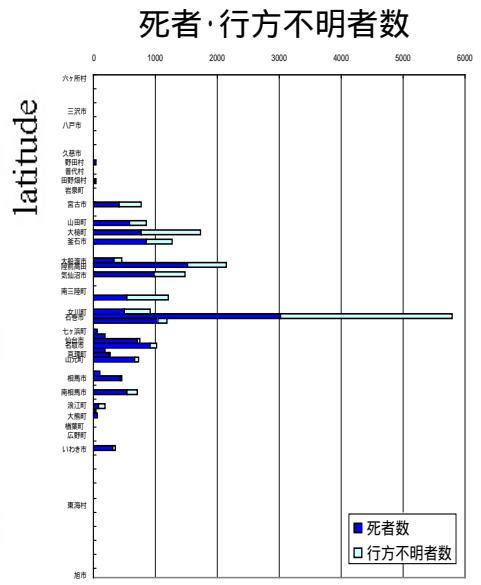
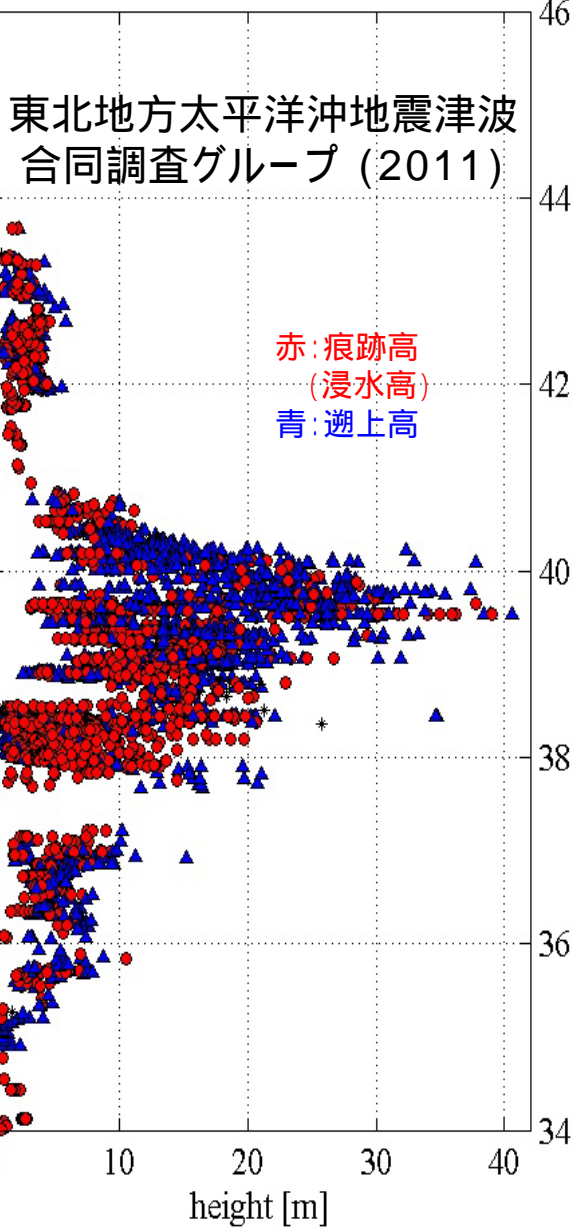
中央防災会議による予測津波高と東北沖地震による津波高

想定地震

- 明治三陸タイプ M8.6
- 宮城県沖 M7.6, M8.2
- 三陸沖北部 M8.4
- 500年間隔地震 M8.6
- 十勝沖・釧路沖 M8.2
- 根室沖・釧路沖 M8.3
- 色丹島沖 M8.3
- 択捉島沖 M8.4



中央防災会議 (2006)



津波の高さの定義 (気象庁HP)

長期予測

M9を予測できなかった

確率を計算できるよう単純化し過ぎた・不確かさの指標をどうつけるか、あるいは予測の限界をどう伝えるかの工夫・取り組み(例えばMの範囲)
不確かさをより少なくするための系統的な取り組み(地震発生履歴データの充実・海域での観測強化・研究の推進等)

が足りなかった

被害想定

被害想定を検討対象:繰り返し性のはっきりしている地震

貞観地震津波:留意する地震

「留意する地震」では、社会にアピールできず、結果として被害軽減のために役に立たなかった

防災計画のためならば、予想される最大地震を検討対象とすべきであり、そのための努力

が足りなかった

津波警報

社会に、より役立つレベルに達することは恐らく可能だった。にもかかわらず、できなかった

それを目標とした組織的・系統的な取り組み(Mの即時推定・ケーブル式津波計・緊急地震速報に対応する津波警報システムの開発等)

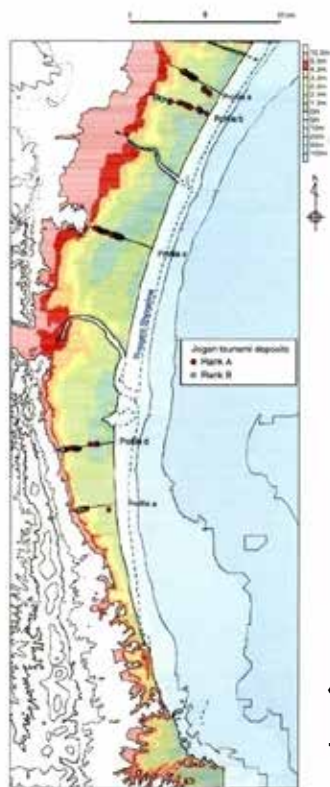
が足りなかった

宮城県沖地震における重点的調査観測 (2005 ~ 2010)

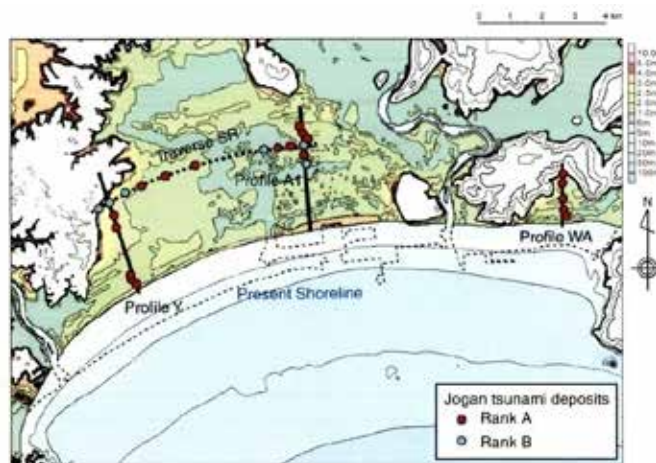
宮城県沖地震アスペリティ周辺におけるプレート間すべりのモニタリングの実現
(東北大学・地震研究所)

過去の活動履歴を把握するための地質学的調査
(産業技術総合研究所・東北大学)

仙台圏における高精度強震動予測の実現
(地震研究所)



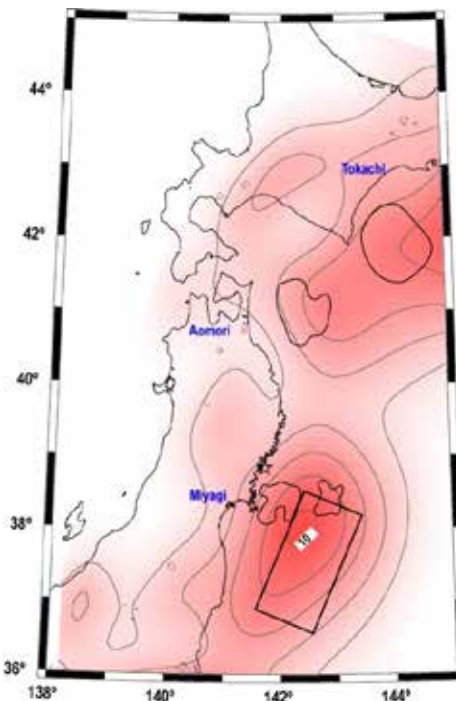
仙台
平野



第44図 石巻平野の貞観当時の地形(色7間隔25m)、津波堆積物の分布(赤・黒・白)と位置(凡例・表、2010)ならびに津波シミュレーションと堆積物の比較を行う3測線の位置を示す。津波堆積物は同層厚度である可塑性の高低によりマップをA、Bに分けた。

石巻平野

869年貞観地震による津波堆積物の分布と震源モデル
(産業技術総合研究所, 2010)



震源モデル(M8.4)

津波警報の推移

- ・14時46分 東北地方太平洋沖地震発生
- ・14時50分 大津波警報 M7.9
 (予想津波高さ 宮城県:6m, 岩手県:3m, 福島県:3m)
 津波警報
 (予想津波高さ 茨城県:2m, 千葉県九十九里・外房:2m など)
- ・15時14分 大津波警報 M7.9
 (予想津波高さ 宮城県:10m, 岩手県:6m, 福島県:6m, 茨城県:4m, 千葉県九十九里・外房:3m, 青森県太平洋沿岸:3m)
 津波警報
 (北海道太平洋沿岸中部:2m など)
- ・15時30分 大津波警報
 (予想津波高さ 宮城県:10m, 岩手県:10m, 福島県:10m, 茨城県:10m, 千葉県九十九里・外房:10m, 青森県太平洋沿岸:8m, 北海道太平洋沿岸中部:6m など)
- ・16時08分 大津波警報
 (予想津波高さ 宮城県:10m, 岩手県:10m, 福島県:10m, 茨城県:10m, 千葉県九十九里・外房:10m, 青森県太平洋沿岸:8m, 北海道太平洋沿岸中部:6m など)
- ・18時47分 大津波警報
 (予想津波高さ 宮城県:10m, 岩手県:10m, 福島県:10m, 茨城県:10m, 千葉県九十九里・外房:10m, 青森県太平洋沿岸:10m, 北海道太平洋沿岸中部:8m など)

釜石沖のケーブル式海底津波計で捉えられた津波記録

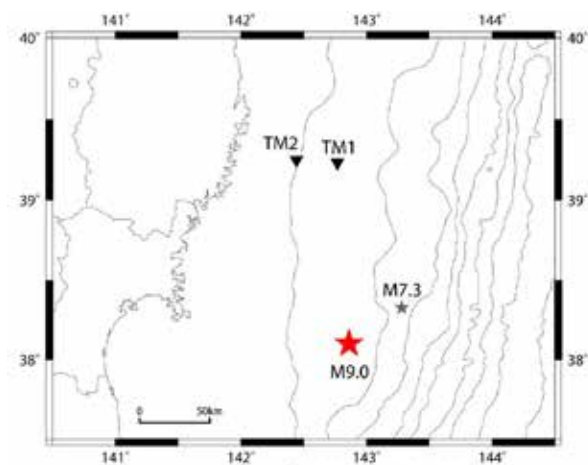
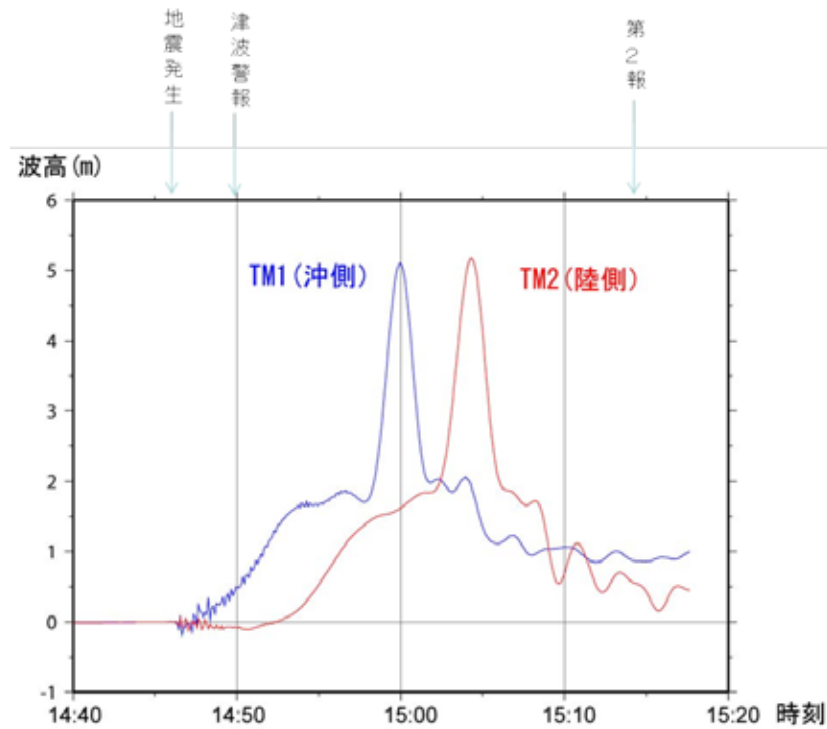


図1 釜石沖ケーブル式海底津波計の位置

マグニチュードの即時推定

年10月24日 月曜日 発行 産経新聞

巨大地震の規模を早く知るには

銀行のマグニチュード算出の流れ

発生 → マグニチュード算出 → 津波警報 (約3分)

MB4で頭打ち
正確に計算できないおそれ (過小評価につながる)

8以上を正確に調べるには
約15分以上
の算出方法では、15分以上かかる

約3分 震度分布から推定

震域が大きいほど震度6弱以上
震れの範囲が大きくなる特性を利
用してM8以上かどうか推定する

2005年8月16日
宮城県沖地震
M7.2

2011年3月11日
東日本大震災
M9.0

気象庁の資料を基に作製

約4分 地殻変動から算出

GPSの観測データを使って、リアルタイムでマグニ
チュードを推定する。刻々と変わる地殻変動から、地
殻変動を起した断層の大きさを推定

2011年3月11日
東日本大震災
1分10秒後
M7.0

移動距離
500m

推定した断層

1分30秒後
M8.0

2分50秒後
M8.7

東北大の資料を基に作製

約6分 地震の波形から算出

P波とS波の間にあるWフェーズと呼ばれるゆっくりに
した長周期の波を使い、規模を推定する

Wフェーズ

地震発生

P波到達時刻 S波到達時刻

グラフの横軸は時間

M8超 素早く割り出せ

東日本大震災では、気象庁が地震の正しい規模(マグニチュード)を素早く算出さ
ず、津波の予測を誤らせたことが問題となった。巨大地震の規模を素早く正確に算出する
は、いかにして行うのか……地質学者たちの挑戦が続いている。

「即時的マグニチュード推定」…「簡易マグニチュード推定」…
15日東京で静岡市であった日本
地震学会では、こんな発表が相
次いだ。

気象庁は毎年マグニチュード
(M)を算出し、津波の予測も
してきた。それなのになぜ今、
こんな研究が出てきているのか
と聞いて、M9だった今回の東
日本大震災で、最初M7.0と
発表し、気象庁の算出法の限界が
出てしまったのだ。

地震学では、カタカタと揺れ
る短周期の波から、ゆっくりに
た長周期の波までのさまざまな波
が検出される。気象庁は短周期
の波(その短周期の波だけを使
い、3分程度でMを算出する方
式)を採っている。地震学から
5分後に出した津波警報が間違
合っていた1994年の北海
道函館西沖地震(M7.8)の反
省があった。

M8超までの地震なら、問
題はない。ところがM8を超え
ると、長周期の波は大きくなる
のに、短周期の波の大きさはあ
まり変わらず、気象庁の算出法で
は、いかにしても小さく見積も
ってしまう。

「正確」は15分以上

長周期の波も正確に入れる前
の尺度であるモーメントマ
グニチュード(M_M)なら、M8
を算出しても正確なはず。しか
し10秒程度、地殻変動をみる必
要があり、算出が終わるまでに
は15分以上、一刻を争う津波警
報には使えない。

「ではどうするか」
気象庁は震度6弱以上か
どうかを判断し、Mを算出
する場合は、最大級の津波警報
を出すことでいい。

その判断は使うものなのか震
度分布、震度6弱以上の観測点
が分布する長さ、M8の時海
沖地震で500m程度だった
が、M9の東日本大震災では4
500m以上あったと推定して
目し、震度分布からMを推定す
る方法を気象研究所が開発中
だ。

GPSも駆使、様々な挑戦続く

精度より時間

精度は落ちても、Mを素早く
決める方法はないのか。

「Aは」とMを計算できず
ずと揺すのは、東京大学地震
研究所の三浦哲彦。東北大と
共同で、1秒ごとに地殻変位
精度は落ちても、Mを素早く
決める方法はないのか。

「Aは」とMを計算できず
ずと揺すのは、東京大学地震
研究所の三浦哲彦。東北大と
共同で、1秒ごとに地殻変位

システム(GPS)で地殻変動
を観測している早稲田大学のチ
ーメンを、地殻変動を引き起
した地中の断層の大きさを大
まかに推定し、Mを算出できる
として、5分程度津波警報を出
せるシステムを研究していた。

米カリフォルニア州大の金
森博雄名誉教授らは、モーメン
トマグニチュードの算出方法を
「Wフェーズ」と呼ばれる波
に注目して開発した。

Wフェーズは、地震計最初
に記録される波(初期波動)
と次に来るS波(主要部)の間
に観測される長周期(100秒
1000秒)の波で、S波が来る
前の地震の小さいが、M6
以上の地震はそれより大き
く、解析がある。

観測記録の最初の部分だけ使
うので、従来法と違って解析は
早い。地震計が多数ある場所
で発生した地震(6.6、地震計
から遠く離れた巨大地震)を別
な程度で計算できる。米地震研
究所(CGS)は、08年から
導入している。

金森博士は、東日本大震災
後、防災科学技術研究所のチ
ームを使ってWフェーズを解析し
た。もしリアルタイムでデータ
を取っていたら、地震発生
後、7分でM9.1と計算でき
た。しかし、気象庁の算出法
で観測的に計算している。

Wフェーズは、気象庁のMで
は断層の可能性がある津波
地震の規模も正確に計算でき
る。ただ、地震の直前にわか
る大きな地震があるため、今
まで計算できない可能性がある
と指摘している。

「今までの断層を想定して、震
度の方法がある方がいいとい
うのが、3、11の教訓だ。地震研
究所の原田夢生(ゆめ)は、P
波の特定の周期帯を使い、そ
の振幅を維持時間から12分程度
で算出する方法を開発した。気
象研究所は、P波を使って計算
する複数の方法を比較も行って
いる。今回の教訓を次の巨大地
震に生かしたい。」