

女川原子力発電所 基準地震動の策定のうち プレート間地震について

平成26年10月17日
東北電力株式会社

プレート間地震 2011年東北地方太平洋沖型地震 地震動評価フロー

3.11地震※1に関する既往知見

【知見①：地震規模と強震動の関係】

- ・宮城県沖の領域は全て破壊したが、女川の記録は2つのウェイパケットに分かれており、至近の強震動生成域の影響が大きい(背景領域や遠いSMGAの影響は小さい)。
- ・震度インバージョンや距離減衰式の評価から、3.11地震の地震動はM8前半と同等、また運動型想定宮城県沖地震(M8.2)の地震動評価とも整合。

【知見②：短周期レベル(応力降下量)】

- ・既往の3.11地震シミュレーションモデルのSMGAの地震モーメント M_0 -短周期レベルAの関係は、福島県沖、茨城県沖と比較して宮城県沖が最も大きく、また、1978年宮城県沖地震と整合。
- ・過去に発生した太平洋プレートのプレート間地震の M_0 -Aの整理でも、他の領域に比べ宮城県沖が最も大きい傾向。

【知見③：3.11地震のSMGAの位置】

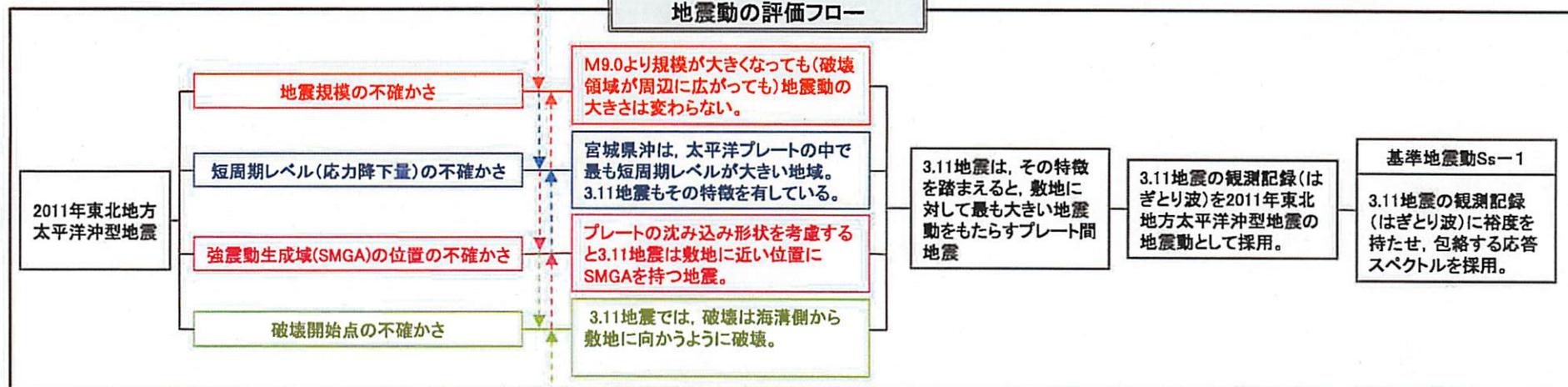
- ・既往の3.11地震シミュレーションモデルのSMGAは敷地に近いプレート境界に設定されている。
- ・プレートの沈み込み形状から、SMGAを平面的に敷地に近づけても深くなるため、距離は大きく変わらない。

【知見④：破壊開始点の影響】

- ・既往の3.11地震シミュレーションモデルでは、破壊開始点は海溝側に設定されており、破壊が敷地に向かう位置となっている。

※1：2011年東北地方太平洋沖地震

地震動の評価フロー



断層モデルを用いた検討

諸井ほか(2013)

【検討概要】

・3.11地震について、先験的な情報を用いた地震動評価結果(SGF)と観測記録(女川、福島、東海)との整合性検討を実施。

【検討結果から得られる知見】

- ①各サイトの前面の領域区分全てが破壊することを仮定し策定したモデルは、観測記録の傾向を良く捉えている。
- ②女川についてはやや過小のため、1978年宮城県沖地震を参考にSMGAの短周期レベルをかさ上げ(1.4倍)することで再現性が高まった。

「諸井ほか(2013)」のモデルを用いた検討※2

【検討1】SMGAの位置の不確かさ

- ・SMGAの位置を平面的にサイトに近づけた場合の検討を実施し、地震動レベルが大きく変わらないことを確認。

【検討2】破壊開始点の不確かさ

- ・破壊開始点はサイトに破壊が進行する位置に設定しているが、破壊開始点を変えた場合の検討を実施し、地震動レベルが大きく変わらないことを確認。

※2 申請後に新たに検討した内容

目次

1. 世界のプレート間地震	.....	3
2. 2011年東北地方太平洋沖地震	.....	7
3. プレート間地震の地震動評価	.....	15
4. 断層モデルを用いた検討	.....	26
5. 基準地震動Ss	.....	64
6. まとめ	.....	68
 (補足説明資料)		
2011年東北地方太平洋沖地震のはぎとり解析について	.....	70

目次

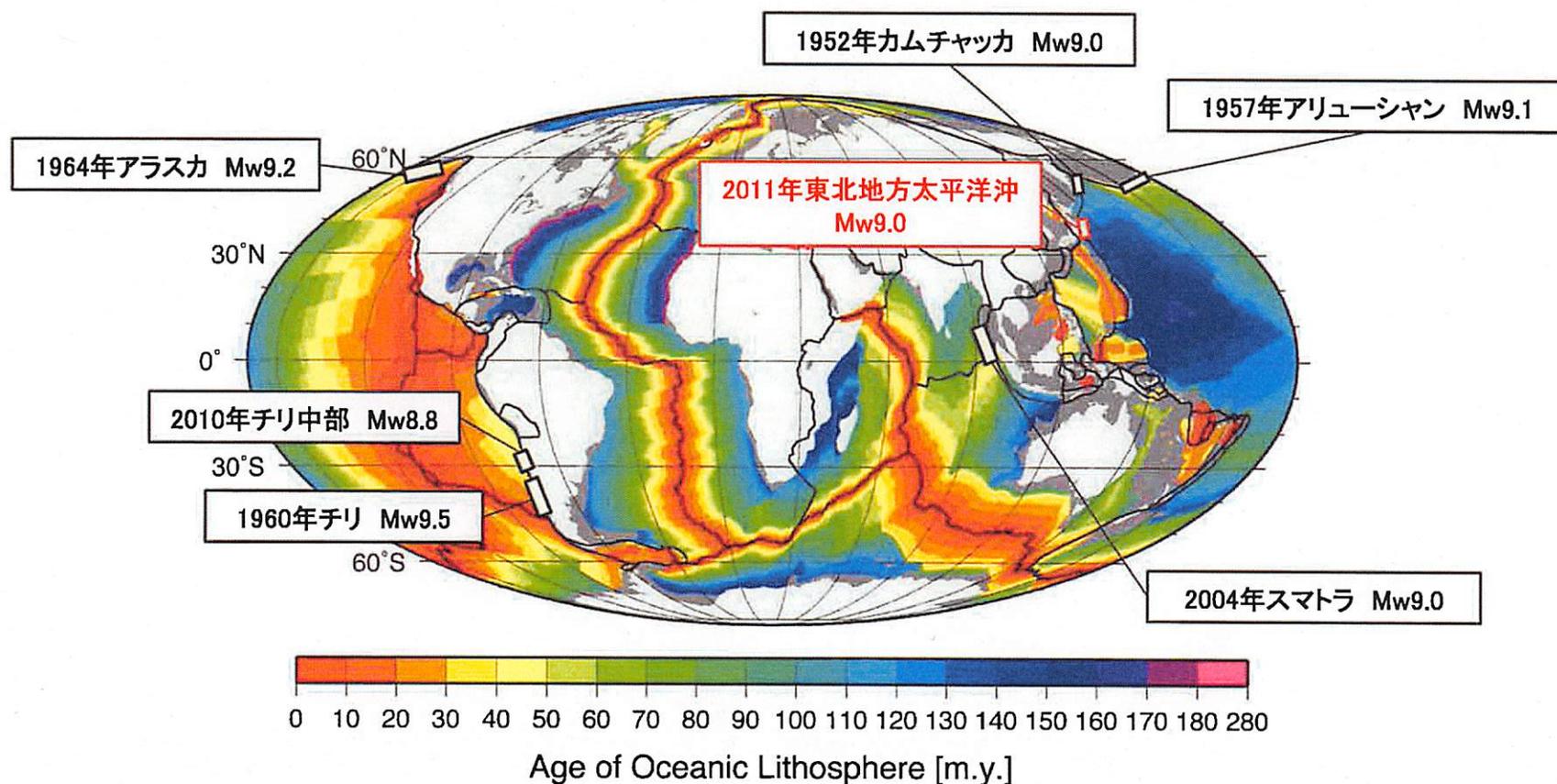
1. 世界のプレート間地震
2. 2011年東北地方太平洋沖地震
3. プレート間地震の地震動評価
4. 断層モデルを用いた検討
5. 基準地震動 S_s
6. まとめ

1. 世界のプレート間地震

1.1 世界のプレート間地震の特徴(1)

■ 沈み込むプレートの年齢

- ・2010年までのM9地震は、すべて1億年より若いプレートの上で発生。
- ・2011年東北地方太平洋沖地震が発生した東北地方南部沖は、1億3千万年という年齢が極めて古いプレートが沈み込んでいる。

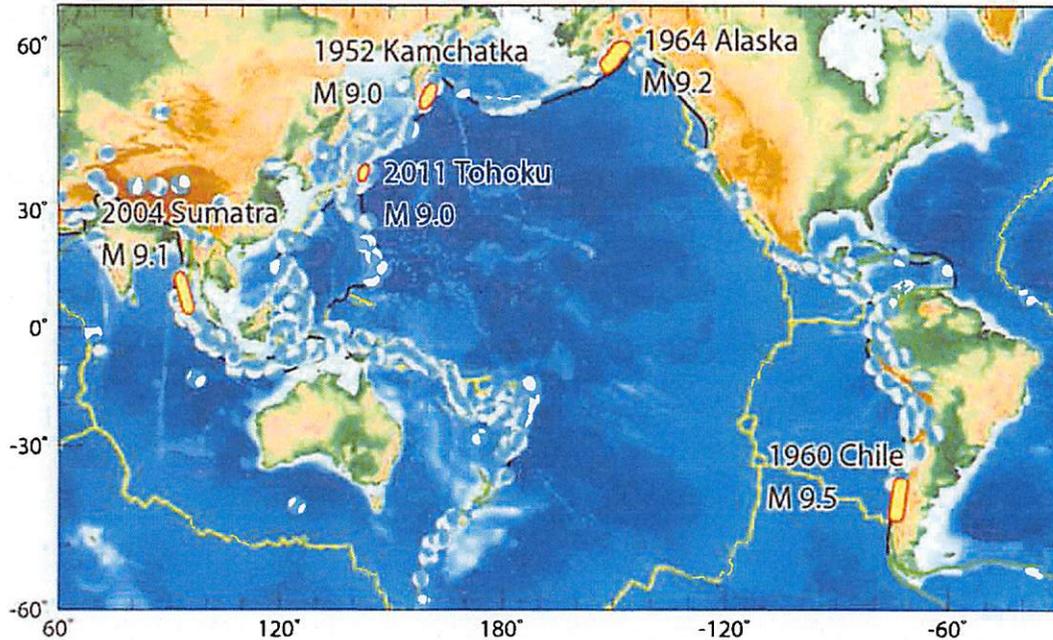


海洋性プレートの年齢と過去に起こったM8.8以上の地震(Müller et al.(2008)に一部加筆)

※地震規模は、宇津(2004)による。

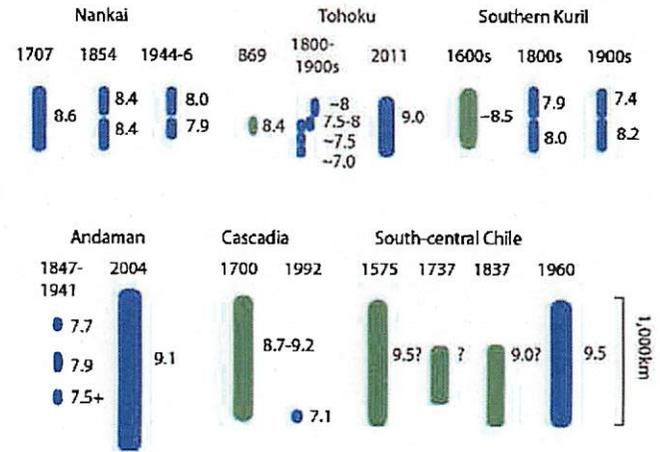
1. 世界のプレート間地震 1.1 世界のプレート間地震の特徴(2)

■地震学的, 地質学的知見(佐竹(2013))



環太平洋における大地震の分布

水色のメカニズム解は, Global CMT によるM7 以上の地震(1976 年~2011 年)を示す。20 世紀以降に発生したM9 以上の地震については, 地震名・発生年とともに, 震源域を黄色で示す。プレート境界を黄色(発散境界)と黒色(収束境界)で示す。



世界の沈み込み帯における巨大地震の規模の多様性

それぞれの形は大まかな震源域の大きさを表す(数字はモーメントマグニチュード)。青色は地震の器械記録・歴史記録に基づき, 緑色は古地震データにも基づくもの。Satake and Atwater (2007)に東北地方太平洋沖地震を追加。

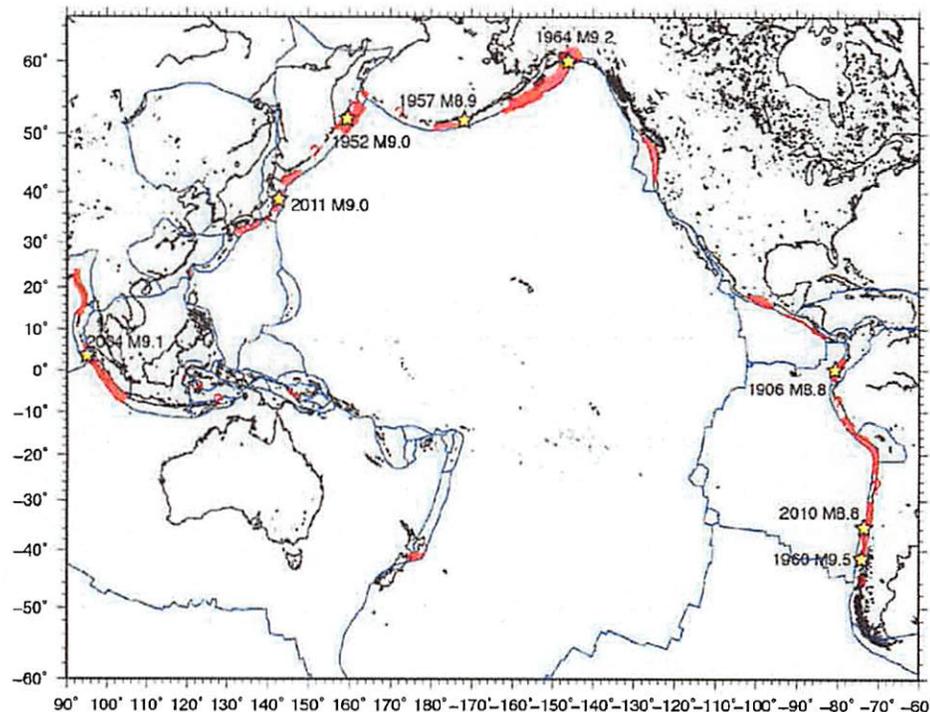
【第197回地震予知連絡会 重点検討課題「世界の巨大地震・津波」概要】

2011年東北地方太平洋沖地震は日本周辺で発生した初のM9超巨大地震であったが, 世界では20世紀以降でも数回の超巨大地震が発生している。日本も含めた世界各地でここ数年~数十年間に古地震調査が行われ, 過去に発生した超巨大地震の履歴が明らかになってきた。歴史記録が残っていない地域でもM9 クラスの地震が数百年の間隔で発生していることが明らかになってきたが, 同時に, これらの地震はすべて同じ規模で発生していないことも明らかになりつつある。(佐竹(2013))

1. 世界のプレート間地震

1.1 世界のプレート間地震の特徴(3)

■環太平洋とその周辺におけるすべり欠損速度分布と巨大地震の関係(西村(2013))



環太平洋とその周辺における測地データから推定されたプレート間カップリング分布

- : すべり欠損速度が2cm/年以上と推定されている領域
- ☆ : 1900年以降のM8.8以上の超巨大地震の震央
- ? : カップリングしていると疑われるが、文献が調査できなかった位置
- : プレート境界位置

■カップリング係数※が大きく、1に近い沈み込み帯
北米カスケード、チリ、スマトラ、南海トラフ

■カップリング係数が中程度の地域
カムチャッカ、アリューシャン、アラスカ、メキシコ、中米、コロンビア、ペルー、日本海溝、千島海溝

■カップリング係数が小さいと考えられている地域
ニュージーランド、トンガ、伊豆・小笠原、マリアナ、琉球、フィリピン等

※カップリング係数: すべり欠損速度をプレート相対運動速度で割ったもの

【第197回地震予知連絡会 測地データから推定された環太平洋地域のプレート間カップリング】

・測地的観測から推定される固着の強いプレート境界と20世紀以降の巨大地震の発生域の関係を整理し、M9クラスの巨大地震は、全てカップリング係数が中程度以上の地域で発生していることを示している。

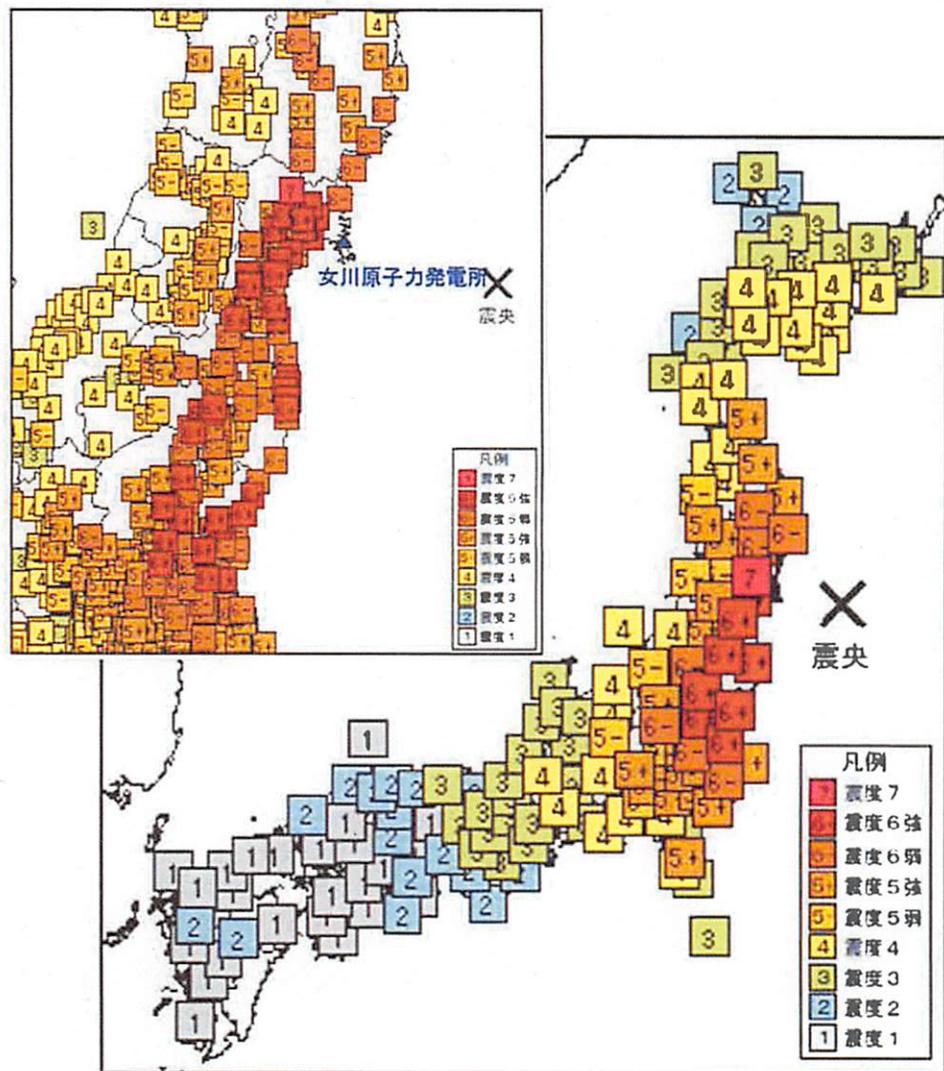
・固着域の内部においても長さ方向、幅方向にカップリング分布の不均質があることが一般的で、M8クラス以下の大地震の震源域を規定しているように見える。超巨大地震発生時にはカップリングの弱い領域を含めて数百km以上に渡って滑りが生じている。また、カップリングの強弱をプレート間相対速度や沈み込むプレートの年代といった単一のパラメータで説明することは困難である。(西村(2013))

目次

1. 世界のプレート間地震
- 2. 2011年東北地方太平洋沖地震**
3. プレート間地震の地震動評価
4. 断層モデルを用いた検討
5. 基準地震動 S_s
6. まとめ

2. 2011年東北地方太平洋沖地震

2.1 2011年東北地方太平洋沖地震の概要



震度分布図(気象庁(2012)に一部加筆)

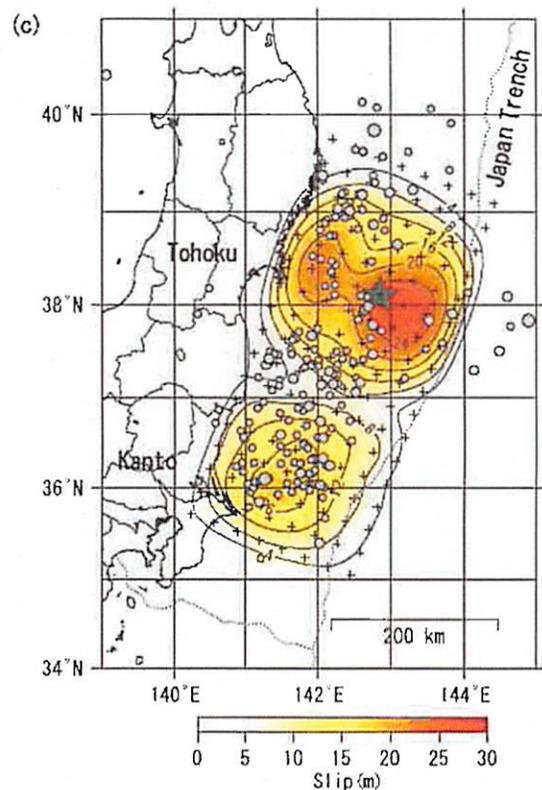
地震の諸元

発生日時	2011年3月11日14時46分
地震名	平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震
地震規模	Mw9.0
震央位置	東経 142° 51.66' 北緯 38° 6.21'
震源深さ	24km
女川原子力発電所との距離	震央距離 124km

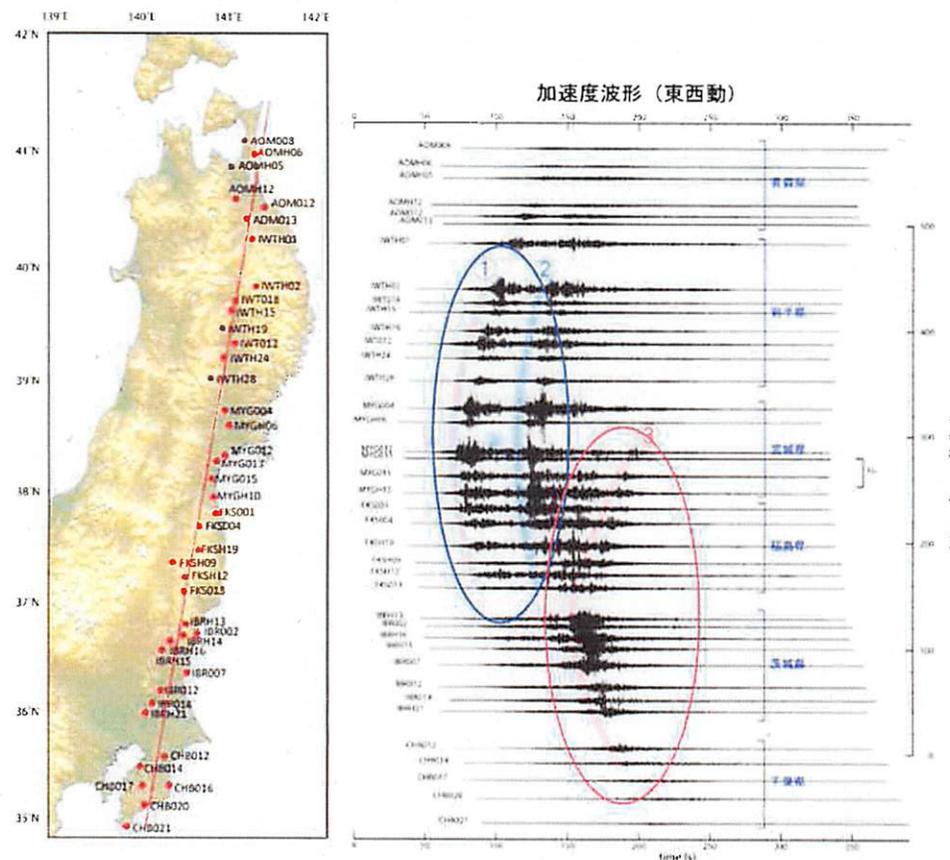
宮城県栗原市で震度7、宮城県、福島県、茨城県、栃木県の4県37市町村で震度6強を観測したほか、東日本を中心に北海道から九州地方の広い範囲で揺れが観測された。

2. 2011年東北地方太平洋沖地震

2.2 2011年東北地方太平洋沖地震の特徴(2)



遠地実体波による震源過程解析結果
(気象庁(2012))



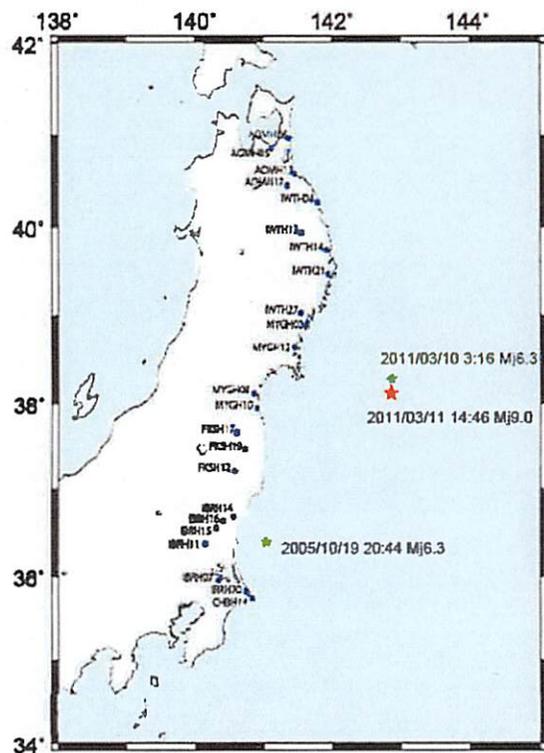
近地強震動波形(K-NET、KiK-net)の特徴
(東京大学地震研究所(2012))

- 北部の観測点に対しては、断層南部からの地震波の寄与が非常に小さいと考えられる。
- それぞれの地点に対しては、至近の強震動生成域による影響が大きいと考えられる。

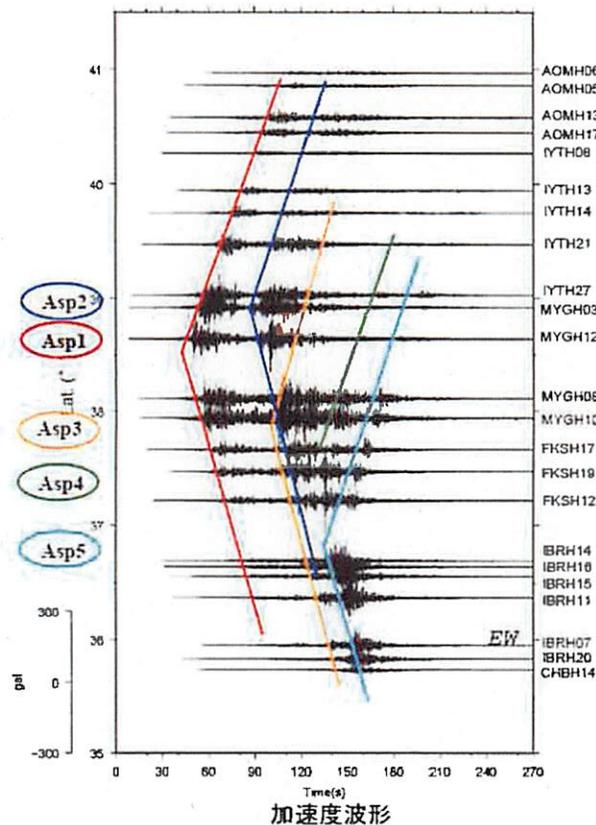
2. 2011年東北地方太平洋沖地震

2.2 2011年東北地方太平洋沖地震の特徴(3)

■短周期地震動からの震源破壊過程 川辺ほか(2011)の例

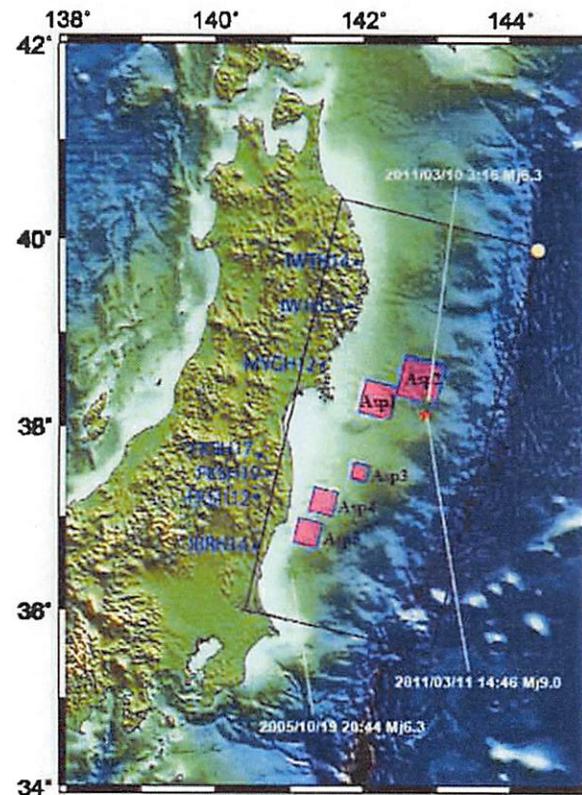


観測点位置



加速度波形

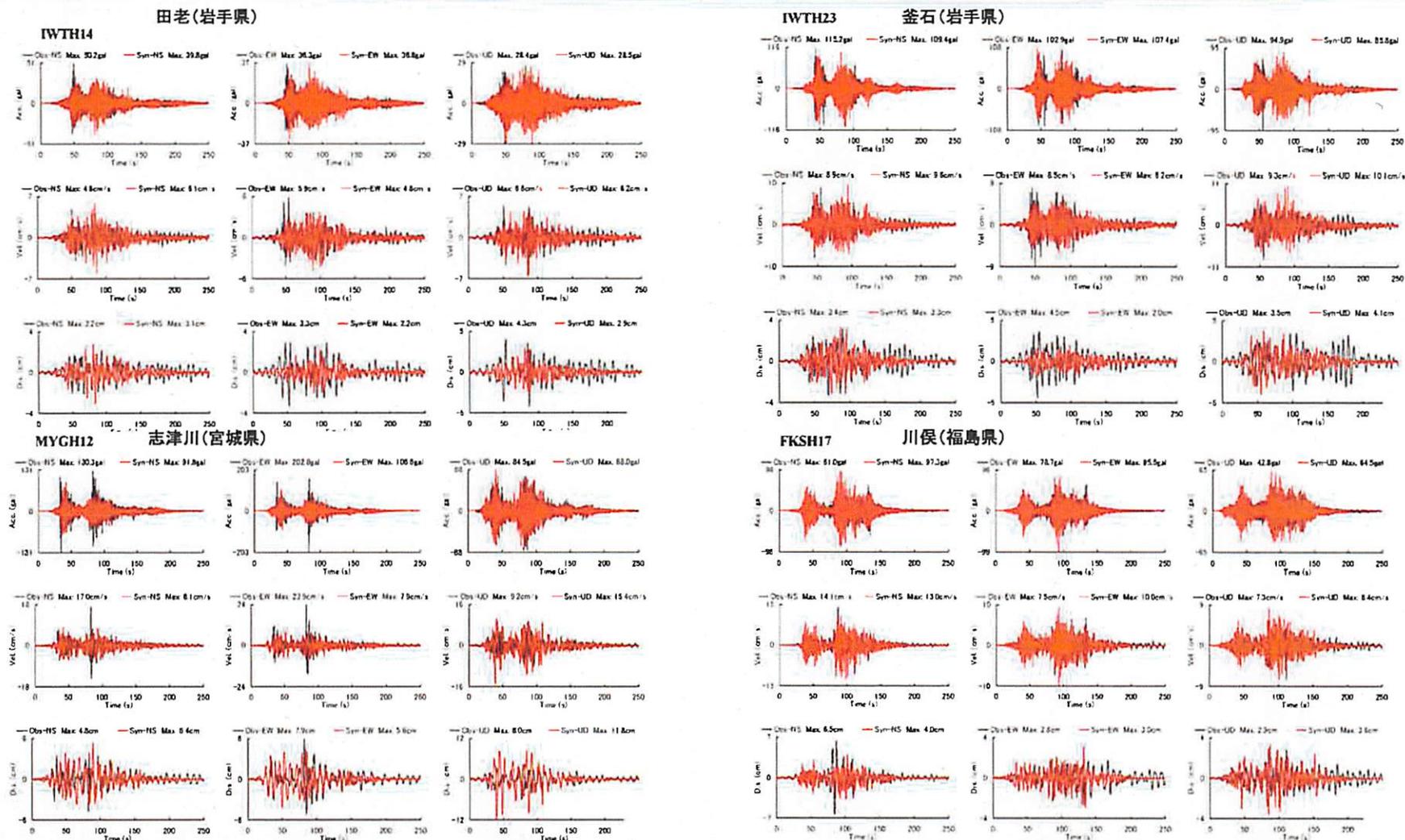
近地強震動波形(K-NET、KiK-net)の特徴(川辺ほか(2011))



震源モデル(川辺ほか(2011))

強震動生成域は、大きなすべりがあった海溝沿いではなく、主に震源(破壊開始点)の西側に位置している。

2.2 2011年東北地方太平洋沖地震の特徴(4)



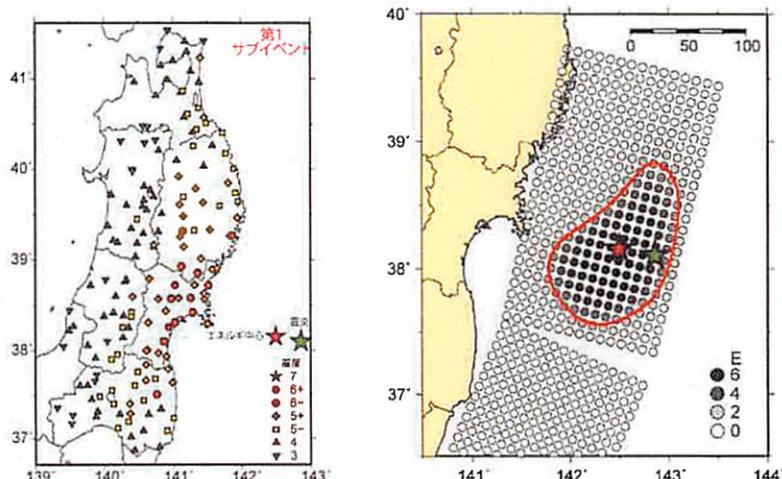
KiK-net観測点の観測波形(黒線)と強震動生成域によるシミュレーション結果(赤線)(川辺ほか(2011)より抜粋)

敷地への影響は、至近の強震動生成域の影響が大きいことが示唆される。

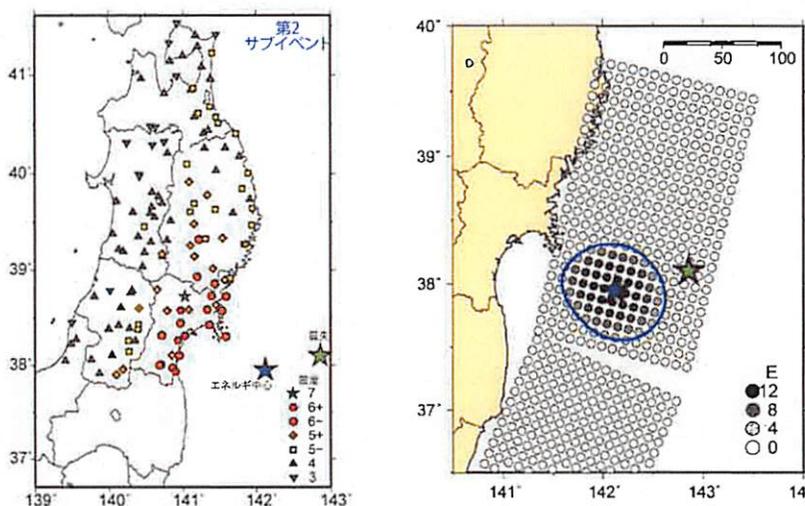
2. 2011年東北地方太平洋沖地震

2.2 2011年東北地方太平洋沖地震の特徴(5)

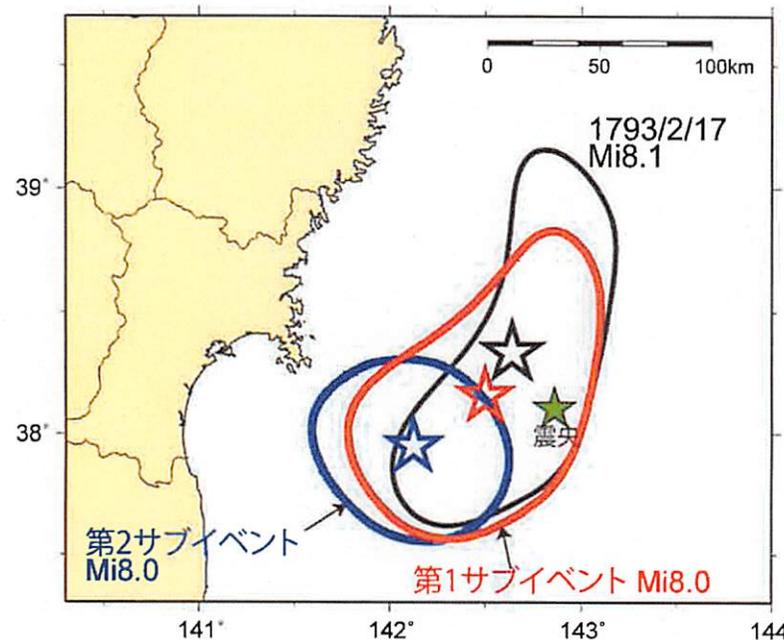
■ 2つの波群に分離して、それぞれの波群について震度インバージョンを実施(神田ほか(2012))



第1 波群の震度分布と短周期エネルギー放出分布



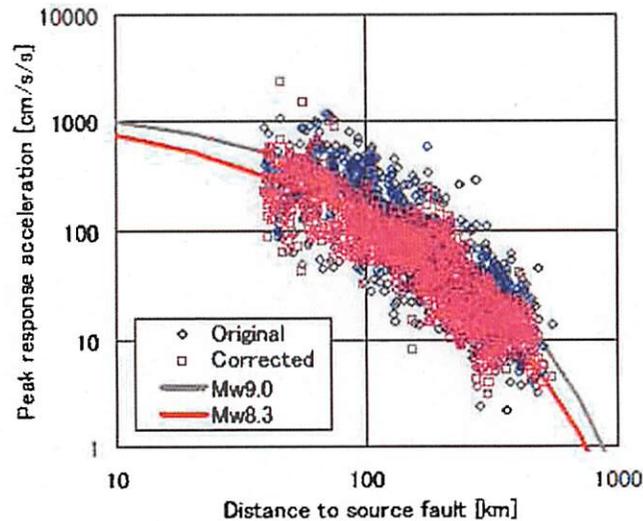
第2波群の震度分布と短周期エネルギー放出分布



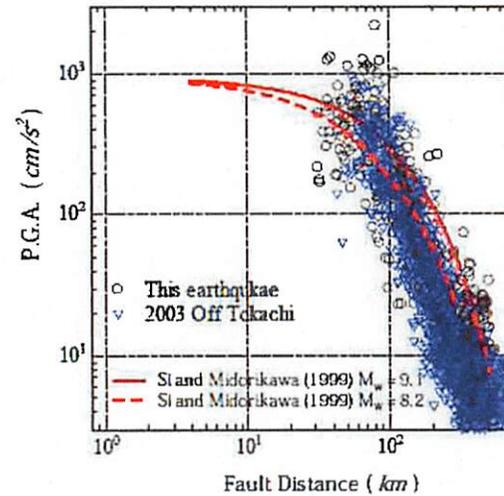
第1波群, 第2波群とも $M_l=8.0$

2.2 2011年東北地方太平洋沖地震の特徴(6)

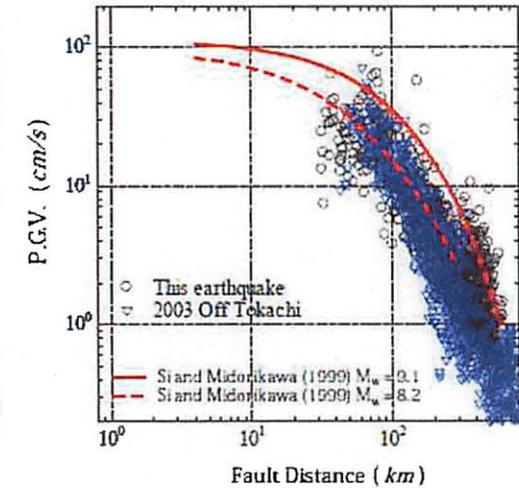
■ 距離減衰式との比較



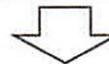
2011年東北地方太平洋沖地震の観測及び補正された
加速度応答スペクトル
[$S_a(T=1s)$]の距離減衰(Kataoka and Kaneko(2012))



2011年東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)と2003年十勝沖地震(Mw8.3)
のPGA, PGVの距離減衰の比較(司ほか(2011))



2011年東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)の観測記録(PGA,PGV)は、Mw8.3の距離減衰式とよく一致している。
通常、Mが大きくなれば地震動も強くなるが、2011年東北地方太平洋沖地震ではそのような傾向ではなかった。



M9程度の巨大地震だが、地震動としては、M8前半で頭打ちの可能性が示唆される。