

3.3 歴史地震等の記録の収集、整理及び再評価

3.3.1 東北地方の地震記象を用いた首都圏の過去地震の調査研究

(1) 業務の内容

(a) 業務の目的

首都圏で発生した過去の地震等の再評価を行うには、それらの地震の発生メカニズム等を明らかにする必要がある。このため、東北地方で得られた首都圏で発生した過去の地震記録の収集・整理を行い、首都圏で発生する大地震の発生メカニズム、余震活動の特徴を明らかにする。首都直下の地震テクトニクスを高度化し、首都直下地震の長期予測の精度向上や、高精度な強震動予測につなげることを目的とする。

(b) 平成 22 年度業務目的

- 1)平成 21 年度に収集した茨城県南部の地震（1921/12/8 M7.0）と浦賀水道の地震（1922/4/26 M6.8）を中心に、それらの地震の本震および余震の震源分布やメカニズム解の調査を実施する。
- 2)1923 年関東地震の発生前の首都直下の地震活動を調査するため、2 つの茨城県南西部の地震（1922/5/9 M6.1 と 1923/1/14 M6.1）について、東北地方で記録されている過去の地震記録を収集・整理して、それらの地震の本震および余震の震源分布やメカニズム解の調査を開始する。
- 3)一元化震源データおよび地震波形データを用いて、首都直下およびその周辺域の相似地震活動の時空間分布、3次元地震波速度構造を調査して、詳細なフィリピン海プレートの形状を決定して、首都直下の地震テクトニクスについて検討する。

(c) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
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	教授	海野徳仁	
同上	准教授	岡田知己	
同上	准教授	中島淳一	
同上	助教	内田直希	
同上	技術職員	平原 聡	
同上	技術職員	中山貴史	

(2) 平成 22 年度の成果

(a) 業務の要約

- 1)平成 21 年度に収集した茨城県南部の地震（1921/12/8 M7.0）と浦賀水道の地震（1922/4/26 M6.8）を中心に、それらの地震の本震および余震の震源分布やメカニズム解の調査を実施した。

2) 1923 年関東地震の発生前の首都直下の地震活動を調査するため、2 つの茨城県南西部の地震 (1922/5/9 M6.1 と 1923/1/14 M6.1) について、東北地方で記録されている過去の地震記録を収集・整理して、それらの地震の本震および余震の震源分布やメカニズム解の調査を開始した。

3) 一元化震源データおよび地震波形データを用いて、首都直下およびその周辺域の相似地震活動の時空間分布、3 次元地震波速度構造を調査して、詳細なフィリピン海プレートの形状を決定して、首都直下の地震テクトニクスについて検討した。

(b) 業務の成果

1) 平成 21 年度に収集した 1921 年茨城県南部の地震 (M7.0) の東北大学向山観象所および水沢緯度観測所のすず書き記録から S-P 時間を験測した。それらのデータと既往研究¹⁾のデータを併合して、1921 年の地震の震源位置の再決定を試みた。S-P 時間によるグリッドサーチ²⁾による再決定震源の位置を図 1 に示す。図中のカラースケールは S-P 時間の走時残差の RMS を表す。再決定された震源位置は石橋 (1975)³⁾の震源位置とほぼ一致しており、その深さから考えると、地殻内の浅発地震ではないと考えられる。

さらに、1922 年浦賀水道付近の地震 (M6.8) についても同様に、東北大学向山観象所および水沢緯度観測所のすず書き記録から S-P 時間を験測した。それらのデータと既往研究¹⁾のデータを併合して、再決定した 1922 年浦賀水道付近の地震の震源位置を図 2 に示す。再決定の手法は 1921 年の地震の場合と同様である。この地震についても石橋 (1975)³⁾の震源位置との相違はほとんどないことが明らかとなり、その震源の深さから地殻内の浅発地震の可能性は否定できる。

これら二つの地震の P 波初動の押し引きも今回験測できたため、メカニズム解の再決定を行った。1921 年の地震について、震源の深さを変化させた場合のメカニズム解の変化を調べてみた結果、考えられる範囲の深さ変化に対して、メカニズム解には大きな変化がみられないことが確認できた。その結果を図 3 に示す。1922 年浦賀水道付近の地震のメカニズム解の再決定を実施したが、その結果は石橋 (1975)³⁾のものとほとんど変わらないことがわかった。その結果を図 6 に示す。

2) 昨年度に引き続き、東北大学向山観象所および水沢緯度観測所のすず書き記録から、2 つの茨城県南西部の地震 (1922/5/9 M6.1 と 1923/1/14 M6.1) に関係するものを整理して、スキャン作業を実施した。さらにこれらの記録について予備的な調査を実施した。

3) 一元化震源データも用いて首都直下およびその周辺域の地震波速度構造を求めるために地震波トモグラフィの調査を実施した。その結果の一部を図 4 に示す。図中のカラースケールはフィリピン海プレート (PHS) の直上 10km での面上の S 波速度偏差を表す。暖色系は低速度領域を、寒色系は高速度領域を表す。図 4 中の黒線に沿った鉛直断面図を図 5 に示す。これら二つの図から、PHS 内部に顕著な S 波低速度領域が分布していることがわかる。この低速度領域は太平洋スラブからの脱水反応による流体の影響で、PHS スラブのマントル部分が蛇紋岩化していると考えられる。1921 年茨城県南部の地震

は、この蛇紋岩化域の西縁で発生しているようにみえる。また、1987年千葉県東方沖の地震も、この蛇紋岩化域の西縁で発生しており、これらの地震のメカニズム解は、北北西-南南東の走向の節面を断層面とする横ずれ断層で説明できる。PHSプレートの北進時に、蛇紋岩化域がすべり遅れている様子を表している可能性があると考えている。

1922年浦賀水道付近の地震の震源を含む断面でのS波速度分布を図6に示す。また、この領域の深さ40~50km、50~70kmの地震のメカニズム解を下半球投影で図7に示す。1922年の地震の発生した領域付近では、南東-北西にP軸をもつ地震(横ずれ型)が多数分布しており、それらは図6に示した1922年浦賀水道付近の地震のそれとよく似ている。したがって、1922年の地震は、現在の地震活動が活発な領域で発生しており、そのメカニズム解や震源の深さからPHSスラブ内の地震であると考えられる。

平成22年度に調査した二つの地震と一元化震源データによる現在の微小地震活動を重ねたものを図8に示す。これら二つの地震は現在の地震活動の活発な領域で発生したものであり、PHS内部で発生したスラブ内地震である。

(c) 結論ならびに今後の課題

平成22年度に調査した茨城県南部の地震(1921/12/8 M7.0)と浦賀水道付近の地震(1922/4/26 M6.8)は、いずれもフィリッピン海プレート(PHS)内部で発生した地震であることが明らかとなった。一元化震源および地震波トモグラフィの結果を基にした調査研究により、これら二つの地震の発生機構に太平洋プレートからの脱水作用が強く関係していることが示唆される。

今後は、1923年関東地震の発生前の首都直下の地震活動を調査するため、2つの茨城県南西部の地震(1922/5/9 M6.1と1923/1/14 M6.1)について、東北地方で記録されている過去の地震記録を収集・整理して、それらの地震の本震および余震の震源分布やメカニズム解の調査を開始する予定である。

(d) 引用文献

- 1) 石辺岳男・西山昭仁・佐竹建治・島崎邦彦：関東で発生したM7級地震に対する既往研究とデータの収集 - 1921年茨城県南部の地震，1922年浦賀水道付近の地震および1987年千葉県東方沖地震 - ，地震研究所彙報，Vol.84, pp.183-212, 2009.
- 2) 海野徳仁・河野俊夫・岡田知己・中島淳一・松澤 暢・内田直希・長谷川昭・田村良明・青木元：1930年代に発生したM7クラスの宮城県沖地震の震源再決定 - 1978年宮城県沖地震のアスペリティでのすべりだったのか？ - ，地震第2輯，Vol.59, pp.325-337, 2007.
- 3) 石橋克彦：多層構造モデルのもとで多点のS-P時間を用いた古い地震の震源再計算，地震学会講演予稿集，1，pp.68, 1975.
- 4) Nakajima, J., F. Hirose and A. Hasegawa: Seismotectonics beneath the Tokyo Metropolitan area, Japan: Effect of slab-slab contact and overlap on seismicity, J. Geophys. Res., 114, B08309, doi: 10.1029/2008JB006101, 2009.
- 5) Okada, Y. and K. Kasahara: Earthquake of 1987, off Chiba, central Japan and

possible triggering of eastern Tokyo earthquake of 1988, *Tectonophysics*, 172, pp.351-364, 1990.

- 6) Nakajima, J., and A. Hasegawa: Cause of M~7 intraslab earthquake beneath the Tokyo metropolitan area, Japan: Possible evidence for a vertical tear at the easternmost portion of the Philippine Sea slab, *J. Geophys. Res.*, 115, doi:10.1029/2009JB006863, 2010.

(e) 学会等発表実績

学会等における口頭・ポスター発表

発表成果（発表題目，口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表場所（学会等名）	発表時期	国際・国内の別
東北地方の地震記象を用いた首都圏の過去地震の調査研究（口頭）	海野徳仁・岡田知己・中島淳一・内田直希・河野俊夫・平原聡・中山貴史	日本地球惑星科学連合 2010年大会（千葉）	2010年5月	国内
伊豆前弧マントルウエッジの蛇紋岩化：関東下の地震波速度構造からの考察（口頭）	中島淳一・長谷川昭	日本地球惑星科学連合 2010年大会（千葉）	2010年5月	国内
前弧マントルウエッジは含水化しているか？（口頭）	中島淳一・長谷川昭	日本地球惑星科学連合 2010年大会（千葉）	2010年5月	国内
Subduction of a Wedge-shaped Philippine Sea Plate beneath Kanto, Central Japan, and its Effect on Interplate Coupling	Uchida, N., T. Matsuzawa, J. Nakajima, A. Hasegawa, and N. Umino	2010 Western Pacific Geophysics Meeting (Taipei)	June, 2010	国際
Seismic evidence for dehydration reactions in the subducting oceanic plates	Nakajima, J., A. Hasegawa, N. Uchida, and S. Kita	G-COE Symposium 2010 Dynamic Earth and Heterogeneous Structure (Sendai)	July, 2010	国際

フィリピン海プレートの沈み込みと関東地方の地震テクトニクス	中島淳一・長谷川昭・海野徳仁・出町知嗣	日本地震学会 2010年秋季大会（広島）	2010年10月	国内
-------------------------------	---------------------	-------------------------	----------	----

学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載論文（論文題目）	発表者氏名	発表場所（雑誌等名）	発表時期	国際・国内の別
Subduction of a wedge-shaped Philippine Sea plate beneath Kanto, central Japan, estimated from converted waves and small repeating earthquakes	Uchida, N., T. Matsuzawa, J. Nakajima, and A. Hasegawa	J. Geophys. Res., 115, B07309, doi:10.1029/2009JB006962	2010	国際
Cause of M7 earthquakes beneath the Tokyo metropolitan area, Japan: Possible evidence for a vertical tear at the easternmost portion of the Philippine Sea slab	Nakajima, J., and A. Hasegawa	J. Geophys. Res., 115, B04301, doi:10.1029/2009JB006863	2010	国際

マスコミ等における報道・掲載

なし

(f) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

1)特許出願

なし

2)ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成 23 年度業務計画案

- 1) 平成 22 年度に収集した 2 つの茨城県南西部の地震(1922/5/9 M6.1 と 1923/1/14 M6.1)を中心に、1923 年関東地震の発生前の首都直下の地震活動を調査する。
- 2) 1923 年関東地震の発生後の首都直下の地震活動を調査するため、1924 年 1 月 15 日丹那地震 (M7.3) と 1931 年 9 月 21 日西埼玉地震 (M6.9) について、東北地方で記録されている過去の地震記録を収集・整理して、それらの地震の本震および余震の震源分布やメカニズム解を調査する。
- 3) これまでの調査で得られた首都直下およびその周辺域の相似地震活動の時空間分布、3 次元地震波速度構造、詳細なフィリピン海プレートの形状を基にして、過去に首都直下で発生した大地震の発生様式 (メカニズム) や余震活動の特徴を考察し、首都圏で発生した過去の地震等の再評価を行い、それらを明らかにする。
- 4) これまでの研究成果のうち過去に首都直下で発生した大地震の発生様式や余震活動の特徴を提供し、過去地震の類別化と長期評価の高度化に関する調査研究の成果取りまとめに協力する。

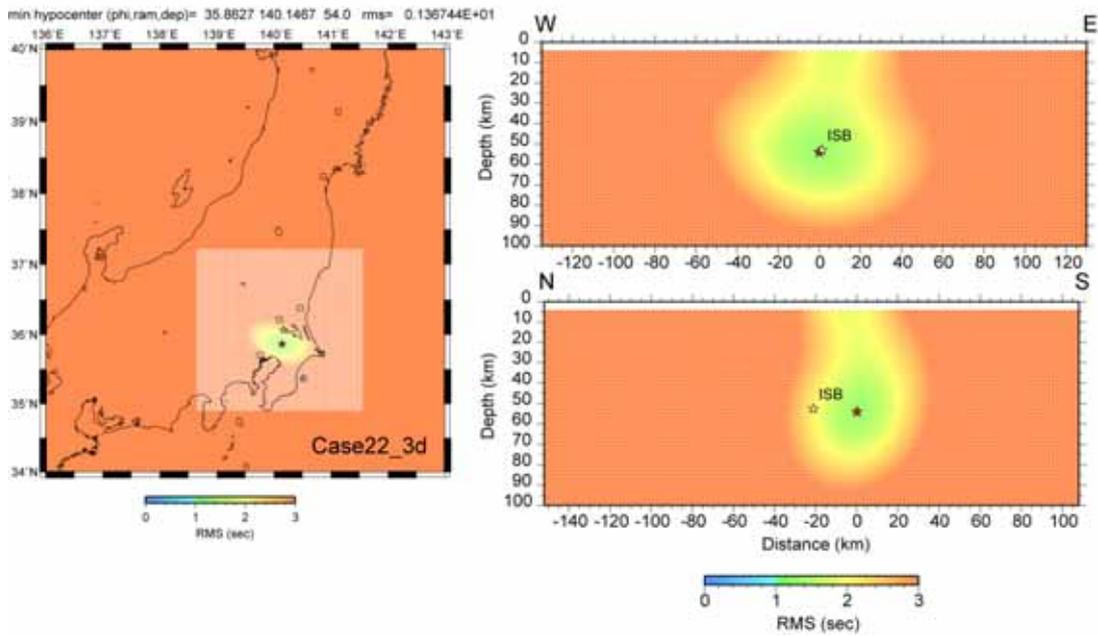


図 1 . 1921 年茨城県南部の地震の S-P 時間による震源再決定。カラスケールは S-P 時間の走時残差の RMS を表す。赤星は再決定震源，白星は石橋（1975）³⁾による震源を示す。

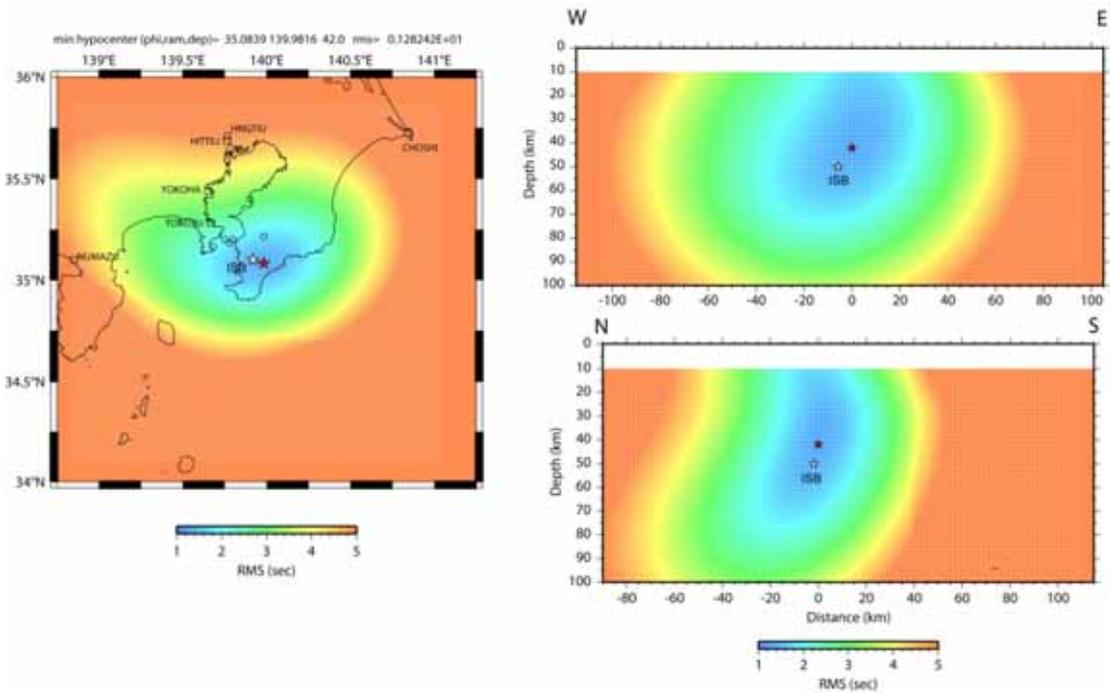


図 2 . 1923 年浦賀水道付近の地震の S-P 時間による震源再決定。カラスケールは S-P 時間の走時残差の RMS を表す。赤星は再決定震源，白星は石橋（1975）³⁾による震源を示す。

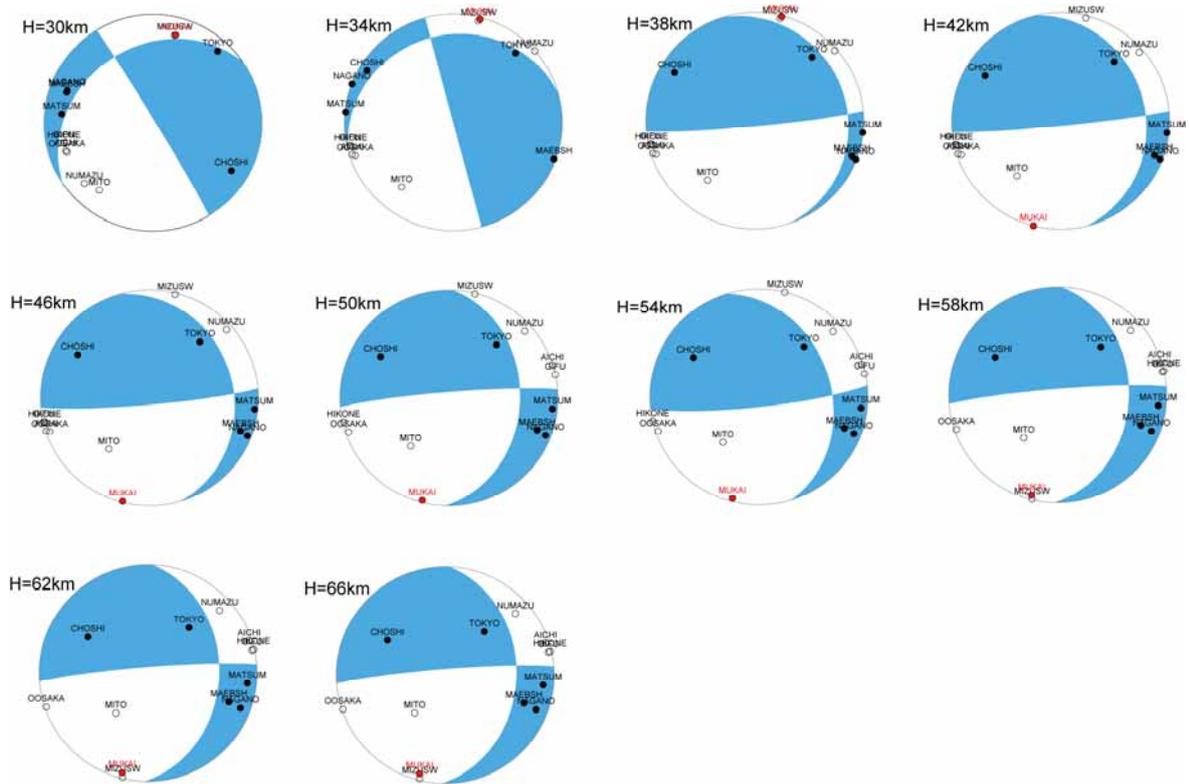


図 3 . 1921 年 茨 城 県 南 部 の 地 震 の メ カ ニ ズ ム 解 。 震 源 の 深 さ を 30km から 66km ま で 変 化 さ せ た 場 合 の メ カ ニ ズ ム 解 を 下 半 球 に 投 影 し て 示 す 。

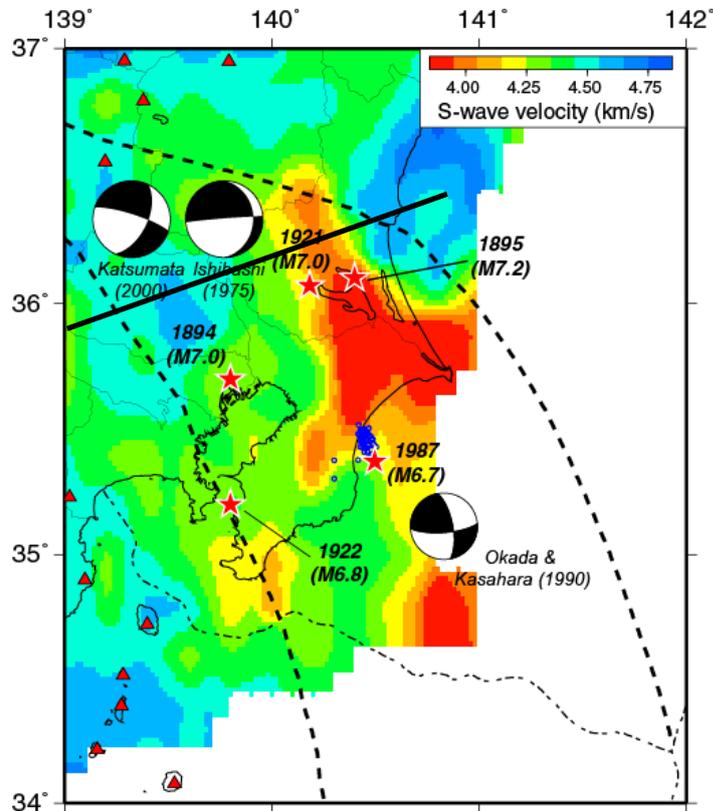


図 4 . フィリピン海プレートの上 10km に沿った面上の S 波速度分布 (Nakajima et al., 2009)⁴⁾。暖色系は S 波低速領域を，寒色系は高速領域を示す。青丸は 1987 年千葉県東方沖地震の余震を表す (Okada and Kasahara, 1990)⁵⁾。

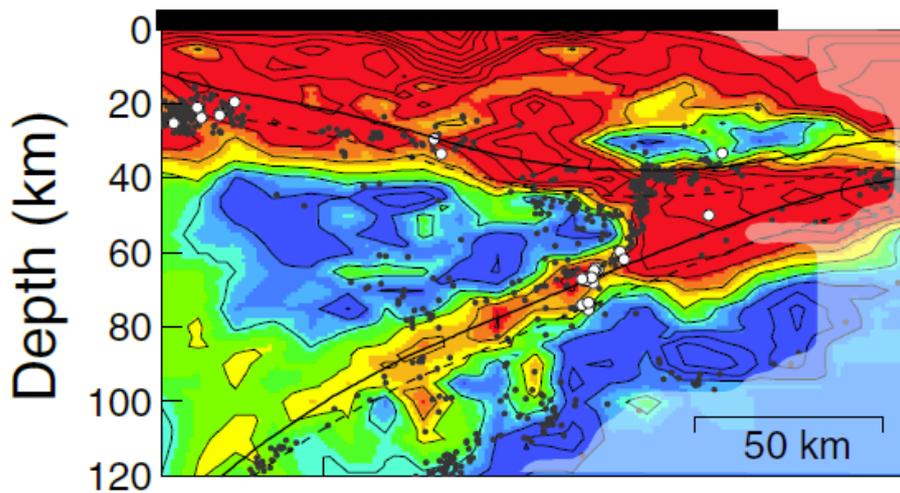


図 5 . S 波速度の深さ分布 (Nakajima and Hasegawa, 2010) ⁶⁾。図 4 中の黒線に沿った断面図の結果をカラースケールで示す。蛇紋岩化域の西縁に沿う右横ずれ運動により，1921 年茨城県南部の地震 (M7.0)，1987 年千葉県東方沖地震 (M6.7) が発生したと考えられる。

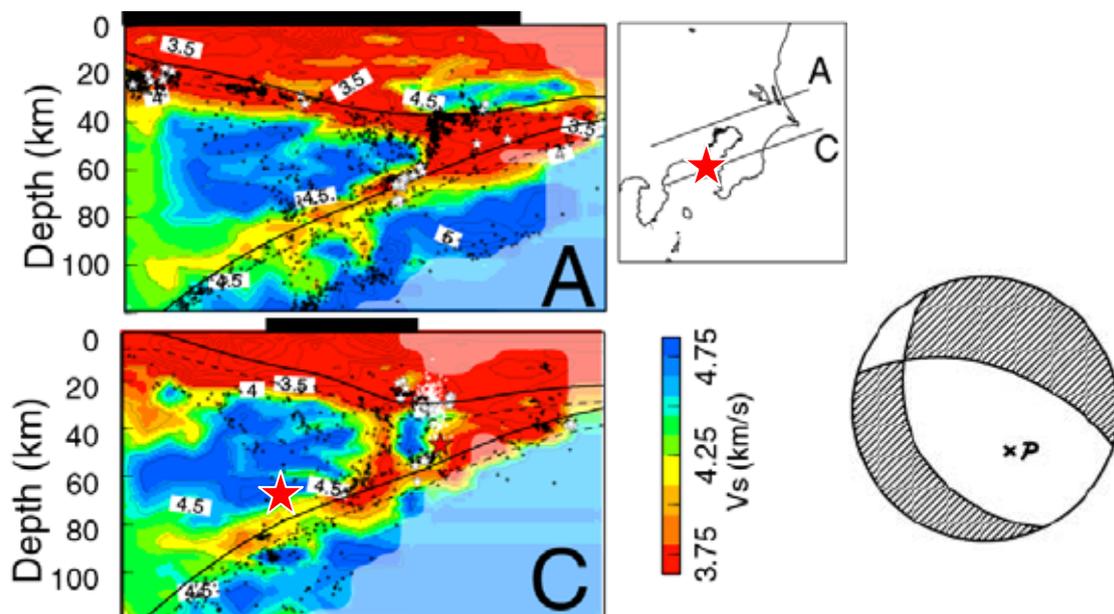


図 6 . 1922 年浦賀水道付近の地震のメカニズム解 (石橋, 1975) ³⁾ と S 波速度の深さ分布 (Nakajima and Hasegawa, 2010) ⁶⁾。断面 C の赤星は 1922 年浦賀水道付近の地震の再決定震源の位置を表す。

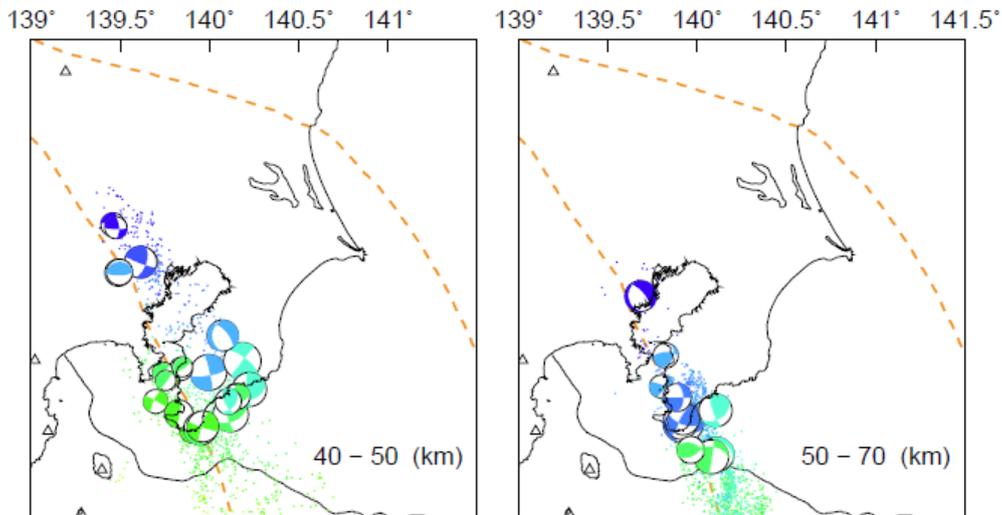


図 7 . 一元化震源データによる地震のメカニズム解。深さ 40 ~ 50km , 50 ~ 70km の地震のメカニズム解を下半球投影で示す。1922 年浦賀水道付近の地震の発生した領域付近では、南東-北西に P 軸をもつ地震（横ずれ型）が多数分布している。

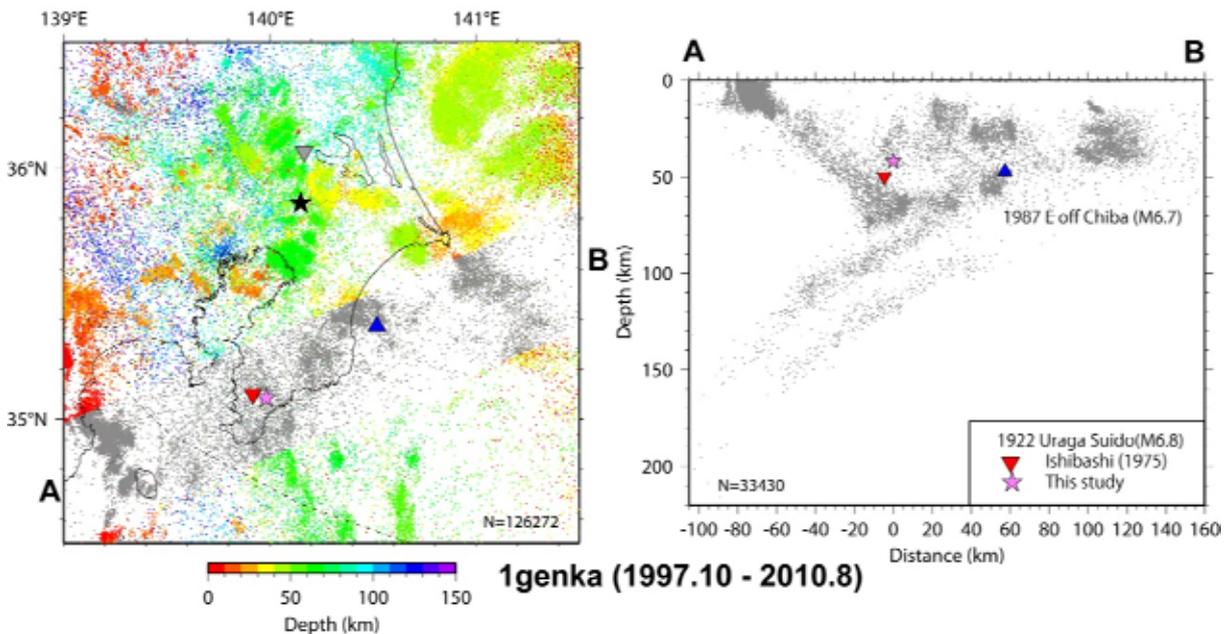


図 8 . 1921 年茨城県南部の地震，1922 年浦賀水道付近の地震および現在の微小地震の分布。左図は変面図，右図は平面図中の灰色で示した地震の深さ分布を表す。黒星印は本研究による 1921 年の地震，灰色逆三角は石橋（1975）³⁾による 1921 年の地震，桃星印は本研究による 1922 年の地震，赤逆三角は石橋（1975）³⁾による 1922 年の地震，青三角は Okada and Kasahara (1990)⁵⁾による 1987 年千葉県東方沖地震の位置を表す。