

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の地震の調査研究

(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23年度業務目的

- 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日丹沢地震(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) 「業務項目(3) 歴史地震等の記録の収集、整理及び再評価」に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、研究成果取りまとめに協力する。

(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	教授	海野徳仁	
東北大学大学院理学研究科	准教授	岡田知己	
東北大学大学院理学研究科	助教	中島淳一	
東北大学大学院理学研究科	助教	内田直希	
東北大学大学院理学研究科	技術職員	平原 聡	
国立天文台水沢 VERA 観測所	助教	田村良明	

(2) 平成23年度の成果

(a) 業務の要約

- 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)のすす書き記録を用いて、それらの地震の震源位置を調査した。

- 2) 1924年1月15日丹沢地震(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・整理した。収集したすず書き記録を基にして、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した。
- 3) これまでに得られている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、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、それらを明らかにした。
- 4) 「業務項目(3) 歴史地震等の記録の収集、整理及び再評価」に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、研究成果のとりまとめに貢献した。

(b) 業務の成果

1) 1923年関東地震の発生前の首都直下の地震活動の調査

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、平成22年度に収集したすず書き記録紙をスキャンした画像ファイルから、国立天文台水沢センターと東北大学向山観象所におけるS-P時間を読み取り、震源位置の検討を行った。水沢と向山で記録された1922年、1923年の地震波形をそれぞれ図1、図2に示す。波形から読み取られたS-P時間は、1922年の地震は水沢で36秒、向山で24秒、1923年の地震は水沢で37秒、向山で30秒であった。

1922年の地震については深さが決定されていないため、震央は宇津(1999)に固定(北緯36度、東経140度)し、深さを0kmから100kmまで変えながら水沢、向山でのS-P時間を計算した。その結果、水沢でのS-P時間は38.0~39.7秒、向山でのS-P時間は27.8~29.5秒となり、震源の深さによってあまり変化しないことがわかった。すず書き記録のS-P時間の読み取り精度(3~5秒程度)を考慮すると、1922年の地震の位置は宇津(1999)で報告されている震央から大きく移動することはないと考えられる。

1923年の地震の気象庁の震源は北緯36.1度、東経139.9度、深さ60kmであり、この震源に対する理論S-P時間は、水沢で37.1秒、向山で27.1秒となる。実際に、水沢および向山で読み取られたS-P時間はそれぞれ37秒、30秒であり、読み取り精度を考慮すると気象庁震源から期待されるS-P時間と調和的である。現在の地震活動と比較すると、1923年の震源は茨城県南西部のフィリピン海プレート上面で発生する地震の巣に位置することから、1923年の地震はフィリピン海プレートと陸側プレートのプレート境界地震である可能性が高い(図3)。

2) 1924年1月15日丹沢地震と1931年9月21日西埼玉地震について

東北大学向山観象所および国立天文台水沢センターで記録されている過去の地震記録を収集・整理し、それぞれの地震の本震前後のすず書き記録紙全体を大型スキャナーを用いて電子ファイル化した。この手法により、本震のみならず直前の前震活動や直後の余震活動の詳細を調査することが可能となった。なお、西埼玉地震については、東北大学向山観象所の波形記録は見つからなかったため電子ファイル化できたのは、国立天文台水沢セ

ンターの波形のみであった。すず書き記録から読み取られた S-P 時間は、丹沢地震については水沢で 46 秒、向山で 39 秒であり、西埼玉地震については水沢で 41 秒であった。

丹沢地震の気象庁震源は、北緯 35.3373 度、東経 139.0582 度、深さ 0km であり、深さの精度はあまりないと考えられる。そのため、震央を気象庁の値に固定し、震源の深さ 0-20km まで変えて S-P 時間を計算した。計算された S-P 時間は、水沢で 48.1~49.4 秒、向山で 38.1~39.5 秒となり、震源の深さによってあまり変化しないことがわかった。すず書き記録の S-P 時間の読み取り精度を考慮すると、水沢および向山で読み取られた S-P 時間は、気象庁震源から期待される S-P 時間と調和的である。

西埼玉地震については、気象庁震源（北緯 36.1552 度、東経 139.2507 度、深さ 3km）に対する水沢での S-P 時間は 39.5 秒となる。この値は、波形から読み取られた S-P 時間と調和的であり、西埼玉地震の震源は気象庁が決めた震源から大きく移動することはないと考えられる。また、波形から読み取られた水沢での P 波初動は引きであり、これは気象庁による西埼玉地震の発震機構解から期待される初動方向と一致する。

3) 首都圏で発生した過去の地震等の再評価

フィリピン海プレート内の現在の地震活動とメカニズム解（図 4）、および最新のフィリピン海プレートの形状を用いて、1922 年浦賀水道地震（M6.8）の震源およびメカニズム解を検討した。浦賀水道地震の震源およびメカニズム解は石橋（1975）²⁾の結果を用いた。浦賀水道地震のメカニズム解は節面の引き方に不確定さはあるが、P 軸の方位は精度よく決定されていると考えられる（石橋、1975）²⁾ことから、ここでは P 軸の方位を現在の地震の P 軸と比較した。その結果、浦賀水道地震の P 軸の方位および傾斜角は現在の地震活動の主な地震のそれとほぼ一致することが明らかになった（図 5）。また、バックスリップモデルを用いてフィリピン海プレート内の応力状態を考察したところ、1922 年浦賀水道地震のメカニズム解は、1923 年関東地震のアスペリティの固着によってフィリピン海プレート内に生じている応力場と調和的であることも明らかになった（Nakajima et al., 2011）³⁾。1922 年浦賀水道地震は、関東地震のアスペリティの固着によるフィリピン海プレート内への応力蓄積の過程の中で発生したプレート内地震である可能性が極めて高い。

4) 研究成果のとりまとめ

本業務で得られた成果についてとりまとめを行った。これまでに得られた主要な成果は以下の通りである。

- ・ 1921 年茨城年南部の地震（M7.0）、1922 年浦賀水道地震（M6.8）、茨城県南部の 2 つの地震（1922/5/9 M6.1, 1923/1/14 M6.1）、1924 年 1 月 15 日丹沢地震（M7.3）、1931 年 9 月 21 日西埼玉地震（M6.9）について、東北大学向山観象所および国立天文台水沢センターで記録されている過去のすず書き地震記録を収集・整理した。それぞれの地震の本震前後のすず書き記録紙全体を大型スキャナーを用いて電子ファイル化した。
- ・ 東北地方の地震記象から読み取った S-P 時間データを加えて 1921 年茨城県南部の地震（M7.0）、1922 年浦賀水道地震（M6.8）の震源を決定したところ、既往研究²⁾⁴⁾による震源位置、およびメカニズム解とほぼ一致した。これら 2 つの地震はフィリピン海

プレート内で発生した地震であると考えられる。

- 1921年茨城県南部の地震（M7.0）と1987年千葉県東方沖地震（M6.7）の震源位置を最新の研究成果の知見を基に解釈した。その結果、2つの地震はフィリピン海プレート東端部の蛇紋岩化域の西縁に沿う右横ずれ断層で発生したと考えると、その発生メカニズムをうまく説明出来ることがわかった⁵⁾。
- 1922年浦賀水道地震のメカニズム解を現在の地震活動データと比較したところ、浦賀水道地震は1923年関東地震のアスペリティによる固着の影響を強く受けて発生した、フィリピン海プレート内の地震であると推測される³⁾。

「業務項目（3）歴史地震等の記録の収集、整理及び再評価」の取りまとめのための資料としてこれらの成果を提供した。

(c) 結論ならびに今後の課題

茨城県南部の2つの地震（1922/5/9 M6.1, 1923/1/14 M6.1）の位置を検討した結果、少なくとも1923年の地震はフィリピン海プレート上部境界で発生したプレート境界地震であると考えられる。また、1922年浦賀水道地震（M6.8）はフィリピン海プレート内部の地震であり、その起震応力場は関東地震のアスペリティの固着によってフィリピン海スラブ内に生成される応力場と調和的である。浦賀水道地震は、関東地震のアスペリティの固着が進み、プレート内に応力が蓄積された結果、関東地震発生の約1年前に発生した地震である可能性が高い。このような地震活動の時空間推移は、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の実現のために、大いに貢献するものと考えられる。

(d) 引用文献

- 1) 宇津徳治:地震活動総説, 876pp, 東京大学出版会, 1999.
- 2) 石橋克彦:多層構造モデルのもとで多点のS-P時間をもちいた古い地震の震源再計算, 地震2, 28, 347-364, 1975.
- 3) Nakajima, J., Hasegawa, A., and F. Hirose: Stress regime in the Philippine Sea slab beneath Kanto, Japan, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L16318, doi:10.1029/2011GL048754, 2011.
- 4) Okada, Y., and Kasahara, K.: Earthquake of 1987, off Chiba, central Japan and possible triggering of eastern Tokyo earthquake of 1988, *Tectonophysics*, 172, 351-364, 1990.
- 5) Nakajima, J., and A. Hasegawa: Cause of ~7 intraslab earthquakes 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, B04301, 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
フィリピン海スラブ内の起震応力場と関東地震のアスペリティ（口頭）	中島淳一・長谷川昭・弘瀬冬樹	日本地球惑星連合 2010年大会	平成22年5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
Stress regime in the Philippine Sea slab beneath Kanto, Japan	Junichi Nakajima, Akira Hasegawa, Fuyuki Hirose	Geophysical Research Letters, 38, L16318, doi:10.1029/2011GL048754, 2011.	平成22年 8月	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

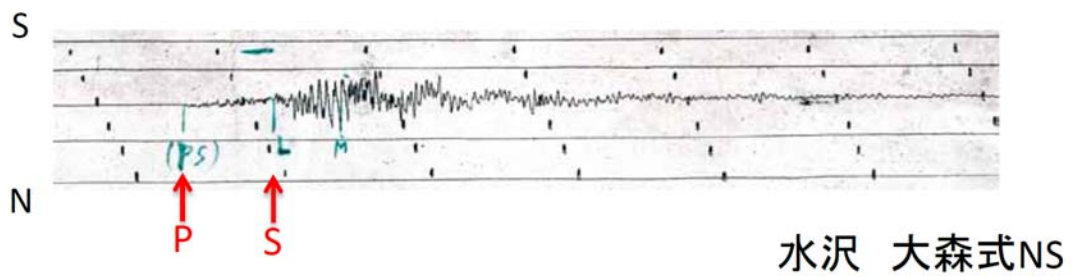
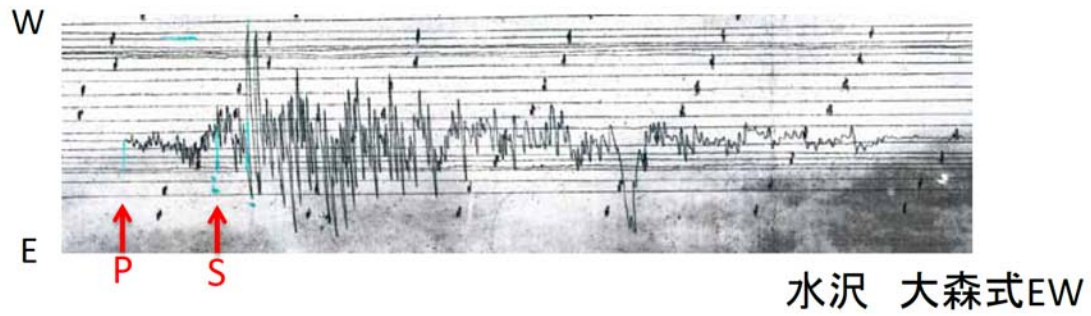
2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

1922/5/9 茨城県南西部 (M6.1)



1923/1/14 茨城県南西部 (M6.1)

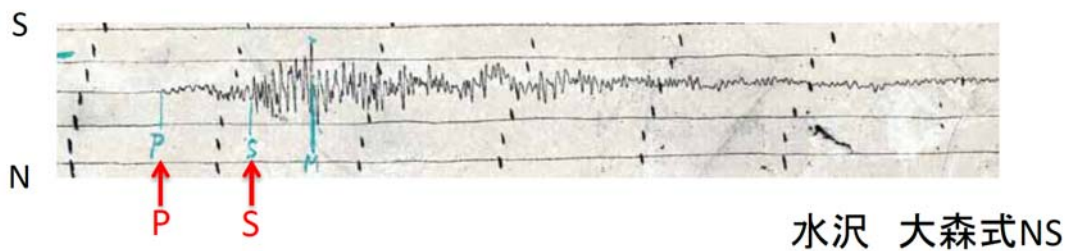
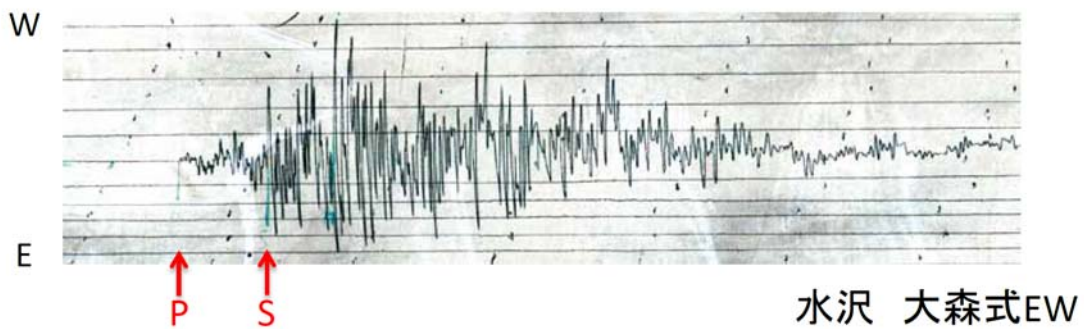
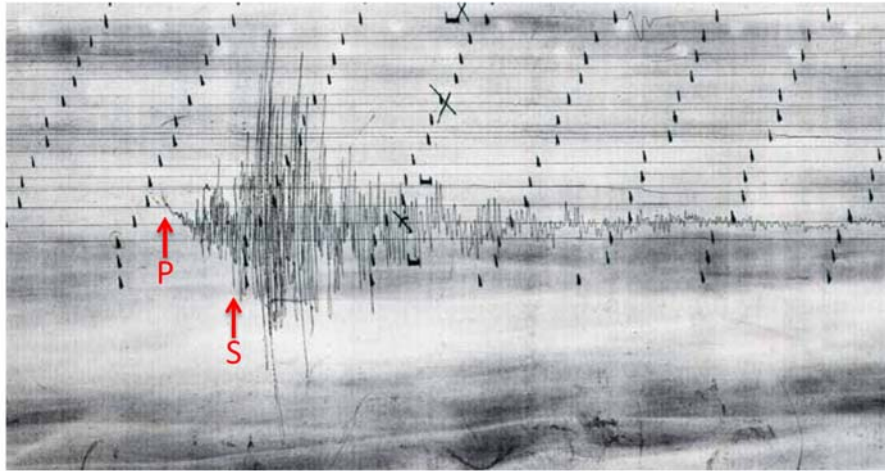


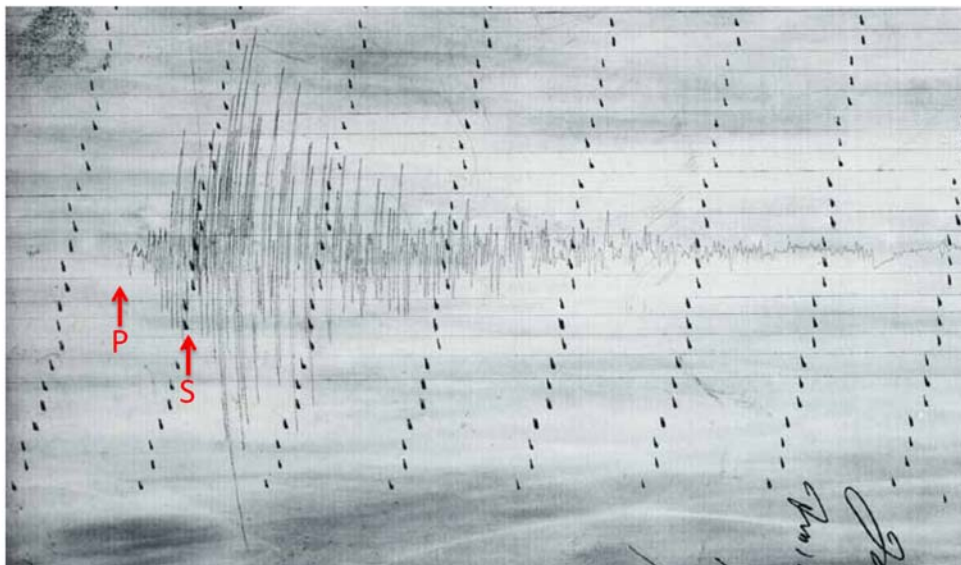
図1. 国立天文台水沢センターで記録された1922/5/9と1923/1/14の地震波形。赤の矢印は読み取ったP波、S波の到着時刻。

1922/5/9 茨城県南西部 (M6.1)



向山 大森式NS

1923/1/14 茨城県南西部 (M6.1)



向山 大森式NS

図2. 向山観象所で記録された1922/5/9と1923/1/14の地震波形。赤の矢印は読み取ったP波、S波の到着時刻。

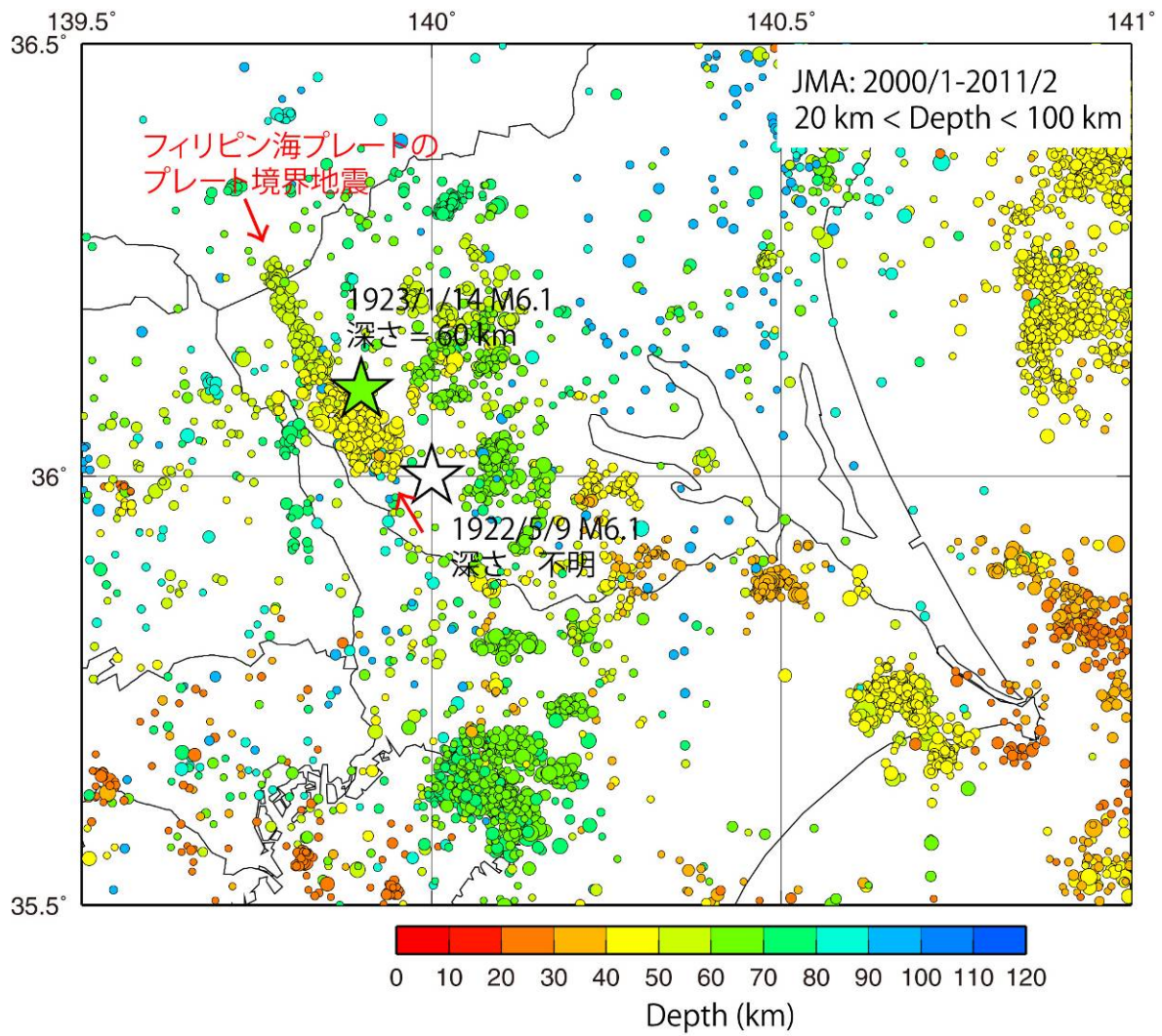


図 3. 1922/5/9 と 1923/1/14 の地震の震源と現在の地震活動との比較。1922 年の地震の震源は宇津 (1999) ¹⁾、1923 年の地震の震源は気象庁による。

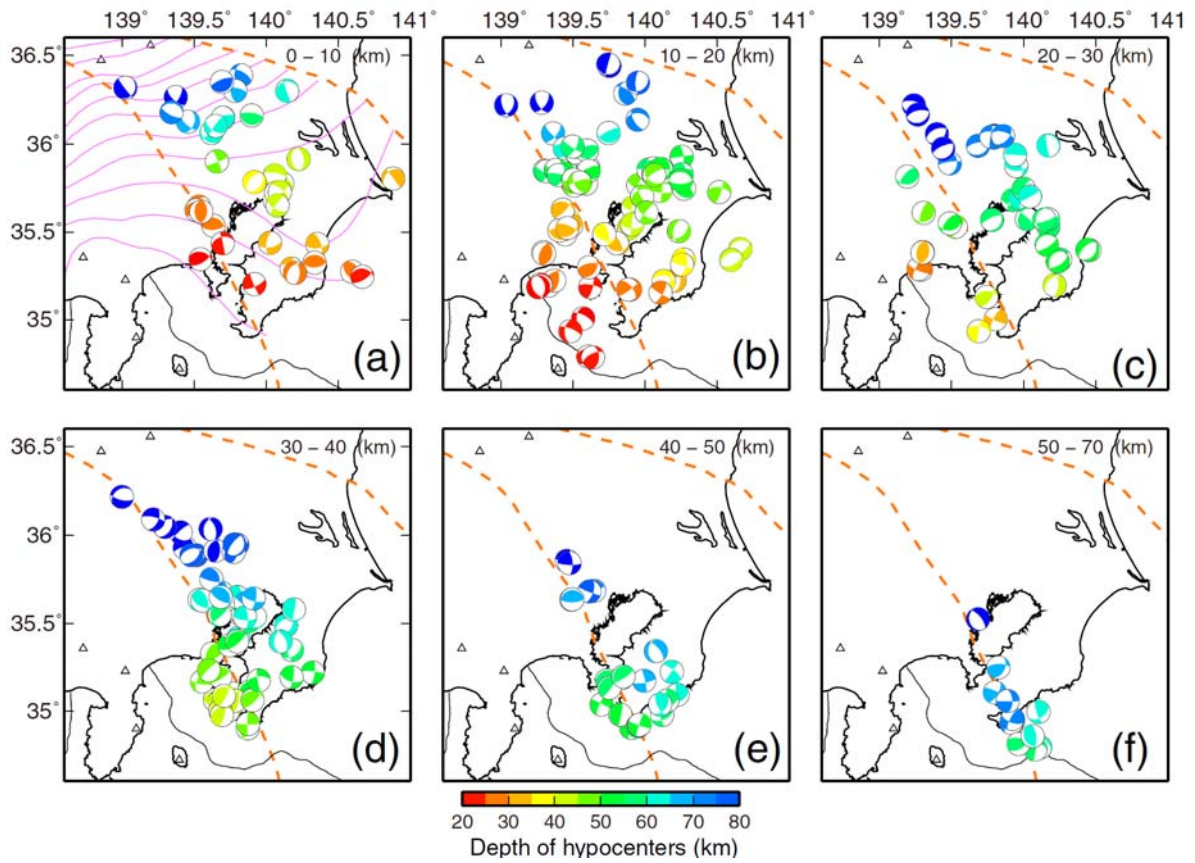


図4. 関東下のフィリピン海プレート内で発生した地震メカニズム解の分布 (Nakajima et al., 2011)³⁾。(a)のピンク色の線はフィリピン海プレートの上部境界、オレンジの点線はフィリピン海プレートと太平洋プレートの接触域をあらわす。

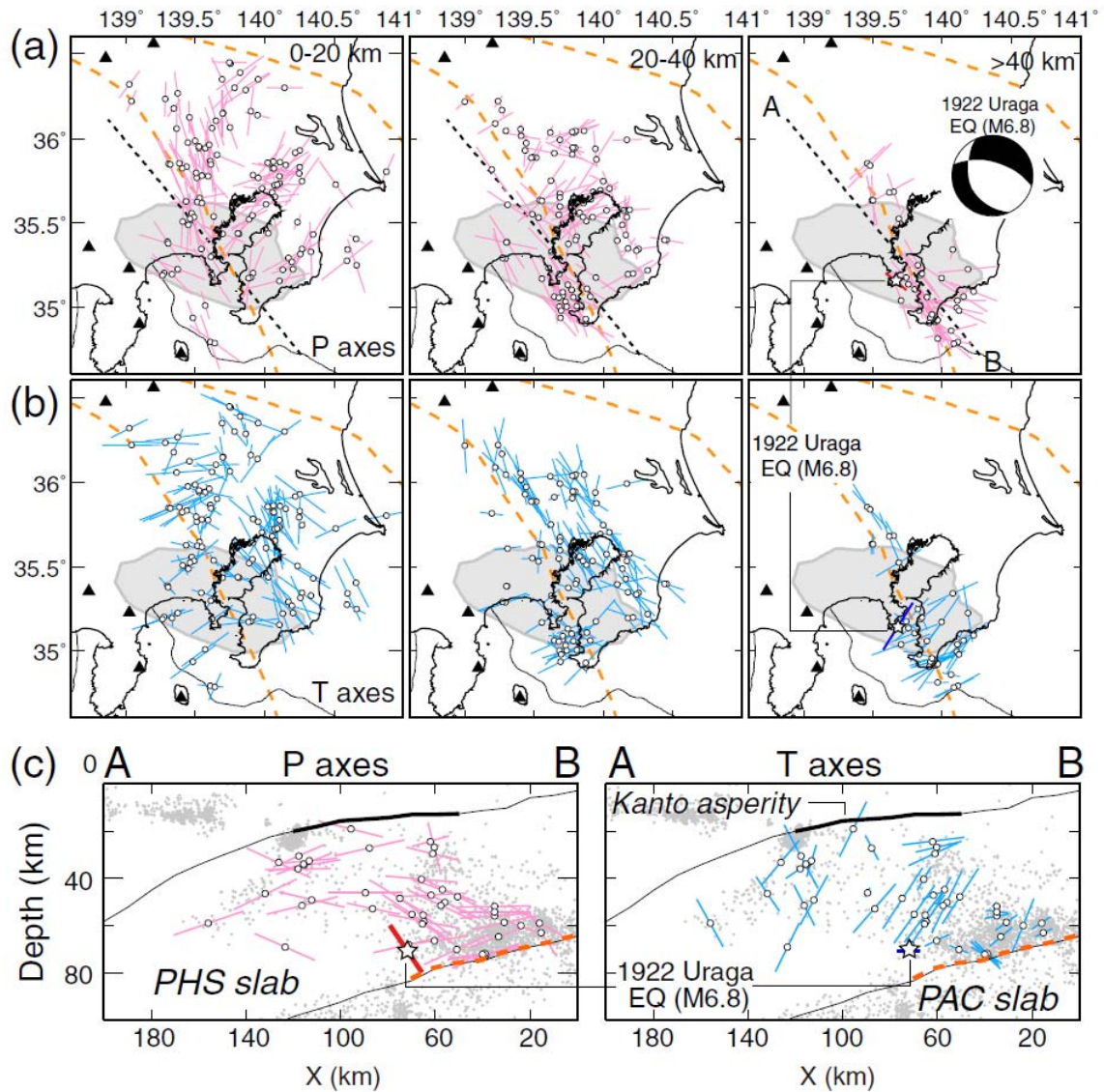


図5. 関東下のフィリピン海プレート内で発生した地震の(a)P軸、(b)T軸分布。(c)測線A-Bに沿う鉛直断面に投影したP軸、T軸の分布(Nakajima et al., 2011)³⁾。1922年浦賀水道地震(M6.8)の震源(石橋、1975²⁾)を白星で、そのP軸、T軸をそれぞれ赤、青線で示す。断面図には関東地震のアスペリティの位置も示してある。