

### 3. 1. 3 首都圏での中小地震と大地震の発生過程の解明

#### (1) 業務の内容

##### (a) 業務の目的

平成 23 年東北地方太平洋沖地震の余効滑りは、現在も関東の太平洋沖で進行しており、これらが原因で活発化した中小地震を含めた最近の中小地震の震源の決定、類型化を図る。また、古地震・古津波記録すなわち計器観測記象、歴史資料、津波堆積物等の記録を収集し、分析することで、南関東で過去に発生した大地震の地震像を明らかにし、新たな時系列モデルを構築する。これらをもとに中小地震と大地震の発生過程の関係を解明する。

##### (b) 平成 27 年度業務目的

前年度に引き続き、課題 (1) a と連携して中小地震の震源・発震機構解の決定を行う。また、課題 (1) a、b と連携して、大地震によるクーロン応力変化と近年の中小地震との関係を解明する。南関東で過去に発生した大地震に関する古地震記録の収集ならびにデジタルデータ化（校正・校訂作業）を継続し、データベースのプロトタイプを作成する。引き続き 1855 年安政江戸地震等の歴史地震の地震像を検討する。(1) d に新たな時系列モデルを提供し、地震活動予測手法の確立に貢献する。業務の円滑な遂行ならびに他課題との連携のため、検討会を開催する。

##### (c) 担当者

所属機関	役職	氏名	メールアドレス
東京大学地震研究所	教授	佐竹健治	satake@eri.u-tokyo.ac.jp
東京大学地震研究所	特任研究員	石辺岳男	
東京大学地震研究所	特任研究員	村岸 純	
東京大学地震研究所	特任研究員	中村亮一	

#### (2) 平成 27 年度の成果

##### (a) 業務の要約

- 1) 前年度に引き続き、課題 a「首都圏での地震発生過程の解明」から MeSO-net データの提供を受けて、中小地震の震源・発震機構解の決定を行った。
- 2) 課題 (1) a、b と連携して、大地震によるクーロン応力変化と近年の中小地震との関係を解明した。
- 3) 南関東で過去に発生した大地震に関する古地震記録の収集ならびにデジタルデータ化（校正・校訂作業）を継続し、データベースのプロトタイプを作成した。
- 4) 引き続き 1855 年安政江戸地震等の歴史地震の地震像を検討した。
- 5) (1) d に新たな時系列モデルを提供し、地震活動予測手法の確立に貢献した。
- 6) 業務の円滑な遂行ならびに他課題との連携のため、検討会を開催した。

##### (b) 業務の成果

- 1) MeSO-net による観測データを含めた中小地震の震源・発震機構解の決定

(1) a 「首都圏での地震発生過程の解明」から MeSO-net 検測値データの提供をうけて、2013年1月6日～2014年7月10日に発生した250イベントの震源ならびに発震機構解の決定を行った。震源決定は HypoMH (Hirata and Matsu'ura, 1987)<sup>1)</sup>により行い、発震機構解の推定には初動が8観測点以上で報告されているイベントを対象に、HASHv1.2 (Hardebeck and Shearer, 2002)<sup>2)</sup>を修正したプログラムを用いた。図1 (P.105) に本年度に決定した250イベントの震源位置ならびに精度の低いものを除いた230地震に対する発震機構解の分布を示す。また、図2 (P.106) にはいくつかの地震に対する発震機構解と観測された初動の震源球表示、ならびにばらつきの小さい acceptable な発震機構解を示す。

## 2) 大地震によるクーロン応力変化と近年の中小地震との関係の解明

### a) 2011年東北地方太平洋沖地震によるクーロン応力変化と関東地方における地震活動変化との相関性

2011年3月11日に宮城県沖を震源として発生した東北地方太平洋沖地震（以下、東北沖地震と略記する）は、マグニチュード ( $M$ ) が9.0という、日本での計器観測史上最大規模の地震であった。本震の発生以降、非常に活発な余震活動が震源域において観測されているだけではなく、震源域から離れた領域においても2011年3月12日の新潟・長野県境の地震 ( $M6.7$ ) や2011年4月11日の福島県浜通りの地震 ( $M7.0$ ) などの誘発地震が発生した。さらに、震源域から数百 km 離れた領域においても地震活動度の変化が報告されており、東北沖地震は広範にわたって応力変化をもたらした可能性が高い。関東地方においても、東北沖地震後に顕著な地震活動の活発化が観測されている。そこで本年度は、東北沖地震による静的クーロン応力変化（以下、 $\Delta CFF$  と略記する；例えば、Reasenberg and Simpson, 1992<sup>3)</sup>）と東北沖地震後の関東地方における地震活動変化との相関性を調査した。 $\Delta CFF$  の値が正の場合には、応力が増加し断層運動が促進される変化があったことを、負の場合には応力が減少し断層運動が抑制される変化があったことをそれぞれ示す。

$\Delta CFF$  の計算には、応力変化を引き起こす原因となった地震の情報（断層の位置、幾何形状やすべり分布）と、応力変化を受ける側の断層情報（位置とメカニズム解）が必要である。東北沖地震の断層モデルとして、津波・地震波形・GPS データを用いたジョイントインバージョンによって推定された Yokota *et al.* (2011)<sup>4)</sup>を用いた。関東地方では複雑なテクトニクスを反映して様々なメカニズム解の地震が混在するため、関東地方で実際に(2008年4月1日～2012年3月10日)発生した地震のメカニズム解を、受け手側の断層メカニズムとして用いた。以下に述べる3つのメカニズム解カタログを整理して用いた。1つ目は気象庁によって公開されている初動メカニズム解のうち、スコアが90以上のものである。2つ目は、防災科学技術研究所により決定・公開されている F-net メカニズム解である。3つ目は、1) で述べた MeSO-net 初動に基づき本課題において推定したメカニズム解である。整理されたメカニズム解の数は本震前で1,148個、本震後は1,806個の合計2,954個である。メカニズム解には2つの節面があるが、法線応力の変化分が異なるため、第1節面と第2節面における  $\Delta CFF$  の値は異なる。ここでは、両方の節面における  $\Delta CFF$  を計算し、値が大きい方を代表値として採用した。なお、 $\Delta CFF$  の計算には剛性率が40GPa、ポアソン比が0.25の線形弾性体を仮定し、Okada (1992)<sup>5)</sup> のプログラムを用いた。また見掛け上の摩擦係数として0.4を仮定した。

図3 (P.107) に東北沖地震前後に発生したメカニズム解に対する  $\Delta$  CFF の分布ならびにそのヒストグラムを示す。東北沖地震前の 1,148 地震に対するメカニズム解のうち、 $\Delta$  CFF の絶対値が 0.1bar 以上変化したメカニズム解数は 928 個であり、そのうち 77.3%にあたる 717 地震に対する  $\Delta$  CFF 値が正であった。 $\Delta$  CFF が増加した地震が多く分布する領域は、30 km より浅い地震については伊豆や箱根領域を含む静岡県東部から神奈川県西部であり、一方で深さ 30~100 km の地震については、茨城県南西部と東京湾から銚子に至る千葉県北部、ならびに千葉県南東部領域である。これらの大局的な特徴は、関東・東海地殻活動観測網による初動メカニズム解を受け手側の断層メカニズム解として計算した場合の  $\Delta$  CFF の分布 (Ishibe *et al.*, 2011<sup>6)</sup>) と調和的である。一方で、東北沖地震後の 1,806 地震に対するメカニズム解のうち、1,513 地震のメカニズム解に対して  $\Delta$  CFF の絶対値が 0.1bar 以上変化した。そのうち 88.2%にあたる 1,334 地震に対する  $\Delta$  CFF が正であった。

また、この変化が統計的に有意であるか否かを調べるため、ブートストラップ法によるモンテカルロシミュレーションを行った。具体的には、本震前に発生した地震のメカニズム解に対して計算された  $\Delta$  CFF の値を無作為に抽出した場合に、東北沖地震後の地震のメカニズム解に対して計算された  $\Delta$  CFF が、正の割合 (88.2%) を説明できるかどうかを調査した。その結果、10,000 回の試行回数においても、本震前のメカニズム解分布から計算される  $\Delta$  CFF が正の割合は、83.1%を超えることはなかった。

計算された  $\Delta$  CFF を正と負に分けた場合の時間変化 (図4、P.107) からは、 $\Delta$  CFF が正の地震が地震活動の活発化に大きく寄与していることが分かる。本震の直後には  $\Delta$  CFF が負の地震も活発化したが、これらは短期間で本震前のレベルに戻った。一方で、 $\Delta$  CFF が正の地震は活発化した活動が現在も継続している。受け手側のメカニズム解に依存して、東北沖地震後の活動変化の挙動が大きく異なることから、東北沖地震による静的クーロン応力変化が関東地方における地震活動の活発化に大きく寄与している可能性が明らかとなった。

### 3) 関東地方における歴史地震史料のデータベースのプロトタイプ作成

古代・中世に発生した歴史地震の史資料は、『古代・中世地震・噴火史料データベース』(例えば石橋・古代中世地震史料研究会、2011<sup>7)</sup>) に電子化されている。しかしながら、近世史資料はその量が膨大なため、ひずみ集中帯データベースなどのわずかな先行研究を除きアナログ媒体のままである。関東地方では、江戸幕府が開府された 17 世紀初頭以降に歴史資料が増加し、これらの史料中に記述された被害に基づき震度分布の推定、ならびに地震像の解明が行われてきた。これらの史料を発震時やキーワード等による検索機能付き電子データベース化することは、今後の歴史地震研究を効率的に実施するために重要である。そこで本課題では、関東ならびにその周辺域において、江戸時代以降に発生した顕著地震に対する史資料データベースの構築と公開を目標として、史資料の収集・デジタルデータ化を実施してきた。平成 24 年度には、1600 年以降 1703 年元禄関東地震までを対象に、平成 25 年度には 1703 年元禄関東地震の後、江戸時代に発生した顕著地震のうち、『首都直下地震防災・減災特別プロジェクト』において実施した文化九 (1812) 年の神奈川地震、嘉永六 (1853) 年の小田原地震、ならびに安政二 (1855) 年の江戸地震 (一部) を除く 17 地震に関する史資料の収集・デジタルデータ化を実施した。平成 26 年度にはデジタルデー

タ化を実施した 37 地震を対象にして、史料の翻刻文が記載された刊本や原史料に遡って記述が正しいか精査する校訂作業を開始した。

本年度は引き続き、デジタルデータ化を実施した 37 地震を対象に校訂作業を実施するとともに、公開を目標としてデータベースのプロトタイプを作成した。特に史資料として価値の高いものを優先対象として校訂作業を実施した（図 5、P.108）。また、これまでに校正あるいは校訂作業を行った地震に対する史資料を用いて、史料名や発震時、キーワードなどの検索機能がデータベースのプロトタイプにおいて正常に動作することを確認した（図 6、P.109）。

なお、校訂作業を行った史料には、原本にあたる必要があるものが含まれており、特に当時の江戸市中に存在していた大名屋敷に関する被害は、それぞれの所領（藩）に保存されている史料に記述されていることがある。そのため、茨城県立歴史館、神奈川県立公文書館、国文学研究資料館など日本全国に及ぶ史料調査を実施し、史料原本の写真撮影等を実施した。

#### 4) 歴史地震の地震像の検討

##### a) 1703 年元禄関東地震の地震像の検討

平成 26 年度<sup>8)</sup>は、1703 年元禄関東地震による東京湾内の津波被害について検討を行うとともに、千葉県船橋市域や江戸における被害を明らかにした。東京湾奥部の津波の高さについては、隅田川沿いの石垣の高さを考慮して 2 m 程度であったと推定した（村岸・他、2015）<sup>9)</sup>。平成 27 年度は九十九里地域に着目し、津波の死亡者数と津波到達点の検討を行った。幕府への被害報告が記載されている『楽只堂年録』（原本写真）を見ると、都司（2003）<sup>10)</sup>が示した被害数とは異なっていることがわかった。

この『楽只堂年録』から、片貝村（現在の千葉県九十九里町片貝）での津波による死亡者数を検討した。1703 年当時の片貝村は四給（一つの村に領主が複数いる、ここでは 4 人）の村であった。『楽只堂年録』には、長谷川伊兵衛・松平豊前守の 2 知行所からの被害報告が記載されている。史料の翻刻は矢田・村岸（2016）<sup>11)</sup>に記載されている。『楽只堂年録 百三十四』の長谷川伊兵衛知行所では、「一、流家八拾八軒、死人男女八拾老人、損馬三疋 一、田畑潮入荒」とあり、津波による流家は 88 軒、死亡者は 81 人、損馬は 3 疋で、田畑には海水が入って荒田となったとある。

松平豊前守知行所には、「山辺郡片貝村之内 一、死人拾九人、内 男拾人・女九人、流家八軒、浜納屋流五軒」とあり、松平豊前守知行所内の片貝村の被害は、死亡者 19 人（男 10 人・女 9 人）、流家 8 軒、浜納屋流 5 軒であった。被害総数をまとめると、片貝村の被害（家屋・死亡者）は、津波で流された家屋は 101 軒、死亡者は 100 人であった。ただし、片貝村は四給であり、4 人の領主がいたうちの 2 人の知行所の被害総計であり、あと 2 人の領主の支配地域の被害数はわからない。よって、片貝村の被害総数は津波で流された家屋は 101 軒以上、死亡者は 100 人以上となる。

また本年度は、『楽只堂年録』から明らかにできる九十九里地域の被害の特徴を検討した。『楽只堂年録 百三十四』の「保田越前守与力知行所上総国山辺郡之内」の項には、  
「山辺郡東土川領不動堂村、貝塚村、西之村、藤野下村、宿村、田中荒生村  
右六ヶ村高合千拾四石六斗八合之内

一、野錢場三拾四町壹反余、波打上ケ砂地ニ成

一、新田家二拾六軒、津浪ニ而流失

一、納屋四拾壹軒、右同断

一、死人百拾壹人、内 男七十五人

女三拾六人

一、獵船三拾四艘、津浪ニ而破船」とある。

上総国山辺郡（千葉県北東部）にある保田越前守知行所不動堂村・貝塚村・西之村・藤野下村・宿村・田中荒生村の被害報告である。これらの地域はすべて現在の千葉県九十九里町域内にあり、海に面しているか、もしくは海に近い地域である。現在の千葉県九十九里町域では、集落形態に岡集落、新田集落、納屋集落が列状に分布していることが指摘されている（菊地、1949）<sup>12)</sup>。

上述の『樂只堂年録』には、野錢場 34 町 1 反余は波が打上げて砂地になったこと、新田家 26 軒が津波で流失したこと、納屋 41 軒が津波で流失したこと、死人が 111 人（男 75 人、女 36 人）であったこと、獵船 34 艘が津波で破船したことが記されている。このことから、津波で野錢場が砂で覆われたことがわかる。また、「新田家」地域と「納屋」地域が共に津波の被害を受けた地域であることがわかる。津波被害数を比較すると、「新田家」が 26 軒であるのに対し「納屋」が 41 軒と圧倒的に多い。「新田家」地域と比較して「納屋」地域の方が津波被害を受ける地域であったことがわかる。さらに、死亡者数は男性 75 人、女性 36 人であり、男性の死亡者数が圧倒的に多い。これは女性と比較して男性の方が被害を受ける地域にいたことが想定される。

『樂只堂年録 百三十四』の「林土佐守与力知行上総国山辺郡内」の項には、

「山辺郡栗生村、宿村、納（細）屋敷村、薄嶋村、北片貝村、小関村、八川村、大榎村

右八ヶ村高合千百九拾壹石三斗六升壹合内

一、野錢場式拾九町九畝七歩、波打上ケ砂地ニ成ル

一、新田家四拾軒、流失

一、納屋四拾七軒、流失

一、死人百五人、内 男六十三人

女四十人

一、損馬三疋、獵舟四拾艘、津浪ニ而破船」とある。

これらは上総国山辺郡に所在する林土佐守の知行所栗生村・宿村・細屋敷村・薄嶋村・北片貝村・小関村・八川村・大榎村の被害報告である。野錢場 29 町 9 畝 7 歩は波が打上げて砂地になったこと、新田家が 40 軒、納屋が 47 軒流失したこと、死人は 105 人（男 63 人、女 42 人）であったこと、そして損馬は 3 疋、獵舟は 40 艘が津波で破船したことが記されている。野錢場が津波により砂で埋まってしまったこと、新田家地域よりも納屋地域の方が津波被害は大きいこと、死亡者は女性よりも男性の方が多いという傾向は上述の保田越前守与力知行所の被害と変わらない。

以上の『樂只堂年録』からみた九十九里地域の被害記録により、野錢場が津波で砂地になったこと、新田家地域・納屋地域を津波が襲い家屋は津波で流失したこと、新田家地域よりも納屋地域の方が津波被害は大きかったこと、死者は新田集落・納屋集落で死亡したこと、死亡者は女性よりも男性が多かったことがわかる。

津波によって砂が流入した野銭場の現在の位置はわからないが、江戸時代に描かれた絵図を用いて、津波堆積物として残りやすい湿地であった地域を見つけた（図7、P.109）。実際に現地において津波堆積物の調査を行った。

## b) 1855年安政江戸地震の地震像の検討

### i) 新史料および再検討した史料に基づく1855年安政江戸地震の被害

安政二（1855）年に発生した安政江戸地震は、江戸を中心に甚大な被害を及ぼした都市直下型地震であった。歴史資料に詳細に記述された被害に基づき、これまでもこの地震の震度分布が推定されてきた。江戸市中における被害や推定震度については、中村・他（2003）<sup>13)</sup>、中村・松浦（2011）<sup>14)</sup>、都司（2009<sup>15)</sup>、2010<sup>16)</sup>、2011<sup>17)</sup>）によって明らかにされている。しかしながら被害は地盤条件に強く支配されており、震源位置を議論するうえではより広域的な震度分布が必要である。そこで、平成26年度には、千葉県域における史料調査を実施し、新たに地震被害に関する史料を発見した。本年度は茨城県域と神奈川県域を中心に史料調査ならびに史料の再検討を実施した（図8、P.110）。

千葉県富津市域では、『富津市史』<sup>18)</sup>に『丸勘解由日記』が掲載されている。ここには「当村なども家六、七軒程も潰れ、その外家毎に或は横になり、壁落ち、柱折れ、ひさしなど打たおれ、戸障子の類は残らず打かえし、少しの間百年の寿命をちぢめ、唯一人驚かざるものなし。道々、山々、川岸など或は崩れ、又は大割れになり候。その夜は家の内にいる者一人もなく、皆々庭へ出て戸など置、その上にて夜を明かし候。」とある。この日記は、現在の富津市内にある小久保村の名主が書いたものである。この原本の所在などは不明であり確認できなかつたが、この地域では、家屋が倒壊するなどの被害が出ていたことが確認できる。富津市域では被害があつたことは以前より確認できていたが、さらに新たな史料を見つけることができた。

千葉県立図書館に所蔵されている『覚日記』である。翻刻は村岸・他（2016）<sup>19)</sup>に掲載されている。この史料は、神主小川出羽守の日記と考えられる。鶴峰八幡神社の神主であり、この神社は佐貫藩領の八幡村にある。「安政二卯年十月二日夜四ツ時頃、大地震ニ付、当村ハ家潰無之候得共、佐貫町之義ハ四、五軒潰れ、土蔵壁崩、ひさし皆落、人死も有之、誠ニ難洪之義ニ御座候」とあり安政江戸地震で八幡村では、家が潰れる被害はなかつたことがわかる。しかし近隣の佐貫町では4、5軒が潰れ、土蔵への被害や、人が死亡する被害が生じていたことがわかる。近隣でも被害に地域差が認められる。

茨城県立歴史館において史料調査を実施した。歴史館に寄託されている関沢賢家文書には、天保五（1834）年から慶応四（1868）年に至る関沢家の日記が収められている。関沢家は当時の常陸国東茨城郡野口村（現、茨城県常陸大宮市野口付近）の名主であり、十八世紀末から十九世紀初頭以降この地域における豪商であつた。関沢家の日記には、日々の日付の下に天気の記事があり、地震があつた場合には「晴 夜九ツ頃地震」などと地震の発生時刻が明記されていることが多い。日記には「(十月) 二日 小雨 (中略) 夜四ツ半頃地震近年稀成大地震 / 下町ニ而見世向ヒサシ数ヶ所落土蔵痛数ヶ所」とあり、野口村の下町にあたる那珂川に沿った河岸地で、商家の庇が落ち、土蔵が破損している。また、「夜中故往来火事之節など之如也大地震方明三日暁頃迄数度ゆり候」とあり、夜中の地震であつたために街道は火事の時のようであり、二日夜の大地震の後、明るる三日の夜明け頃まで

数回の有感地震があったことが記されている。

神奈川県立公文書館において史料調査を実施した。公文書館に所蔵されている神奈川宿本陣石井家文書には、安政江戸地震における神奈川宿での被害に関する幕府への書上（3点）が収められている。東海道の宿駅である神奈川宿（現、神奈川県横浜市神奈川区神奈川本町付近）には、本陣が2軒あった。石井家は、近世初期から神奈川町に居住し、十九世紀初頭より神奈川宿の本陣役と神奈川町の名主役を勤めており、安政二年十月の地震発生時は石井源左衛門が両役を勤めていた（井上、2008）<sup>20)</sup>。天保十四（1843）年改めの『東海道宿村大概帳』によると、神奈川宿の総軒数は1341軒、人別は5793人（男2944人、女2849人）とある。また、安政二年三月の『武州橋樹郡神奈川宿組合村々地頭姓名其他書上帳』によると、神奈川宿の総軒数は1477軒、人別6528人（男3274人、女3254人）とあり、本陣は2軒、旅籠屋は57軒とある。

神奈川宿本陣石井家文書に所収されている『大地震ニ付両本陣旅籠屋名前書上帳』（安政二年十一月）には「合拾五軒 内 弍軒本陣 拾三軒旅籠屋」とあり、神奈川宿では安政江戸地震によって本陣の半潰が2軒、旅籠屋の半潰が13軒あった。同所収の『大地震ニ付人馬役小前書上帳』（同年同月）には「合廿六軒 内 皆潰家三軒〈馬役半疋／歩行役弍人〉半潰家廿三軒〈馬役九疋九分／歩行役拾四人〉此御伝馬屋敷〈馬役拾疋四分／歩行役拾六人〉」とあり、神奈川宿の伝馬役を負担する百姓家で全潰家が3軒、半潰家が23軒あった。同じく『大地震ニ付地借店借門前地小前書上帳』（同年同月）には「合九拾四軒 内〈皆潰家三拾九軒／半潰家五拾五軒〉」とあり、神奈川宿の地借・店借の百姓家で全潰家が39軒、半潰家が55軒あった。これらを合計すると、神奈川宿での地震被害の総計は、全潰家42軒、半潰家93軒となる。上述の『武州橋樹郡神奈川宿組合村々地頭姓名其他書上帳』によると、神奈川宿の安政二年三月の総軒数は1477軒とある。この同時期の総軒数を用いて、安政江戸地震における神奈川宿での家屋の全潰率は約3%となり、半潰率を求めると約6%となる。

なお、神奈川宿では安政江戸地震の24年前の天保二（1831）年一月二十九日に発生した火災によって、焼失家数1200軒余、同土蔵32か所等が焼亡していた。神奈川宿ではこの大火の後、本陣は一年足らずで再建されており、他の旅籠屋・百姓家も数年内には再建されていた（井上、2008）<sup>20)</sup>。そのため、安政江戸地震発生時の神奈川宿の家屋は築後20年程度の比較的新しい建築物であり、この築年数の短さが家屋の被害を減少させた要因の一つと考える。

## ii) 史料の詳細な検討に基づく安政江戸地震の広域震度分布の再検討

安政江戸地震に関する史料は、江戸市中での地震・火災の被害や周辺での地震被害に関する記録が圧倒的多数を占めている。一方で、特に被害はないものの地震を感じた様子を示す遠地（遠隔地）での記録も数多くある。このような遠地での有感記録を用いることで、安政江戸地震における遠地での震度の推定が可能であり、既往研究（宇佐美、2003）<sup>21)</sup>では推定震度分布図が提示されている（図9(a)、P.110）。しかし、既往研究では図が示されているのみであり、その基になった史料名や史料記述については明記されていない。そこで本課題では、被害がなく有感のみを示す遠地での地震記録について改めて既刊地震史料集から抽出し、それらの史料記述を再検討して新たに推定震度分布図を作成した。

安政江戸地震に関する遠地での記録には、現地で感じた本震の有感記録とは別に、地震発生後しばらくして入手した情報を基にして、江戸での地震や火災による被害について記されたものが多い。特に、大名関連の史料については、江戸での地震被害と国元での有感地震の記録とが混在しているものもみられ、「江戸表大地震」や「地震并大火」などで始まる記述の場合は、江戸市中での地震・火災の記事であるために取り扱いには注意を要する。このような理由から、本課題では記述内容の信憑性が高い日記史料のみを使用し、その中でも地震発生当日の十月二日の有感地震について、「夜四ツ時」や「亥刻」、その前後の時刻で記されている遠地での日記史料を選定して使用した。

厳選された日記史料にある「大地震」や「地震」といった遠地での有感記録について、宇佐美（1986）<sup>22)</sup>の『歴史地震のための震度表』に基づいて震度を推定した。また、有感地震が記された当時の場所について、他の史料や当時の絵図、日本史における研究成果などに基づいて現在の地名を調査・検討し、その緯度・経度を導き出して、遠地での有感記録から新規に推定震度分布図を作成した（図 9(b)、P.110）。この新たな推定震度分布図から、近畿地方以西には有感地震の記録がみられないことや、「大地震」（推定震度IV）の有感記録は福島県以南から愛知県以東の範囲に限られることがわかる。

### iii) シミュレーションと広域震度分布の比較に基づく震源位置の検討

安政江戸地震の震源の深さは、ごく浅い地殻内地震から、100 km 程度まで様々な見解がある。これらの研究は、史料記載の記事により推定される S-P 時間に基づくもの（萩原, 1972<sup>23)</sup>；宇佐美, 1976<sup>24)</sup>；大竹, 1980<sup>25)</sup>）と関東地域のやや広い範囲の震度分布にもとづくもの（引田・工藤, 2001<sup>26)</sup>；Bakun, 2005<sup>27)</sup>；中村・他, 2007<sup>28)</sup>）及びさらに広域の震度分布にもとづくもの（古村・竹内, 2007<sup>29)</sup>）がある。この他に、中央防災会議(2013)<sup>30)</sup>は、江戸での震度を再現できる断層として、フィリピン海プレート内に設定している。本来、遠距離から近距離までの震度や被害が説明できることが望ましいが、遠距離での震度データは少なく、一つ一つのデータの再検討をしたのち、これらの震度分布が説明できるかどうかの議論が必要と考えられる。

一方、遠距離までの地震動予測では、異常震域現象で知られるように三次元減衰構造の不均質性を考慮する必要がある。そこで、本年度は、既往文献の震源モデル（引田・工藤, 2001<sup>26)</sup>；中央防災会議, 2013<sup>30)</sup>）を用い、三次元減衰構造を考慮した統計的グリーン関数による広域地震動予測手法（中村・他, 2015<sup>31)</sup>）による震度予測を行った。その結果、比較的遠距離まで有感域となることがわかった。また、フィリピン海プレート内の地震の場合にはフィリピン海プレートと太平洋プレートの境界付近の地震に比べて、西日本に有感域が広がる傾向が推定された（図 10、P.111）。ただし、この傾向は単なる計算結果であるため、実際の観測記録と比較することが望ましい。そこでフィリピンプレート内で発生したと考えられる 2015 年 9 月 12 日の地震（M5.2）及び太平洋プレートとフィリピン海プレートの境界付近で発生した地震と考えられる 2005 年 7 月 23 日の地震（M6.0）について、地震動分布の違いをみた。その結果、両者の地震の最大加速度及び最大速度の振幅値の比は 2015 年（フィリピン海プレート内）の地震による地震動の地震規模が小さいにも関わらず相対的に西側で大きくなる傾向が認められ、上記の三次元減衰構造を考慮した結果と整合的であることを確認できた（図 11、P.111）。

## 5) 1885年以降に南関東で発生した大地震の類型化と新たな時系列モデルの提供

### a) はじめに

日本における地震の近代計器観測は 1870 年代半ばに始まり、当時の煤書きの波形記録や検測値、被害記録等が収集・保管されている（例えば、気象庁, 1957<sup>32)</sup>）。その後の震災や落雷・戦災による焼失などのため不完全ではあるが、これらは計器観測時代初期に発生した地震に関する貴重な資料として地震像の解明に活用されてきた。

大地震の繰り返し間隔は一般に数百年から数千年に及び、その長期的な繰り返し挙動や複雑性・多様性を理解するためには、なるべく過去に遡って地震活動を調査する必要がある。また大地震による余震や誘発地震は、長期間にわたって継続しうることが報告されている（例えば、Utsu *et al.*, 1995<sup>33)</sup> ; Ishibe *et al.*, 2011<sup>34)</sup>）。これらの観点から、計器観測時代初期に発生した地震の震源・発震機構解の推定あるいは類型化は、気象庁による震源カタログ（1923 年 1 月～）以前に遡及して地震活動を議論するうえで重要である。特に関東地方ではこの時期は、1923 年大正関東地震（M7.9）発生前の数十年間にあたり、1894 年 6 月 20 日の明治東京地震（M7.0 ; 宇津, 1979<sup>35)</sup>による）などの被害地震が発生したがその詳細は明らかにされていなかった（石辺・他, 2009a<sup>36)</sup>, 2009b<sup>37)</sup>）。これは、計器観測時代初期に発生した地震に対して残されたデータが限られ、震源・発震機構解推定に用いられる通常の手法をそのまま適用するには、困難が伴うことが一つの要因である。例えば、地震計の刻時精度が低く、P 波や S 波の到達時刻が周辺から顕著に乖離した観測点が散見される。このため、この時期に発生した地震の震源決定には時計のずれに依らない S-P 時間が用いられることが多い（石橋, 1975）<sup>38)</sup>。また、紙送り速度や倍率など地震計の計器特性が保存されておらず、地震波形が残されているものの、その活用が困難な場合も少なくない。さらに、観測点が疎であったため、一意的な発震機構解の推定も容易ではない。

近年（特に 1995 年兵庫県南部地震以降）には、高感度地震観測網や広帯域地震観測網が全国に展開され、震源や発震機構解が高精度で決定されるようになってきた。また、2008 年度から 5 か年で実施された『首都直下地震防災・減災特別プロジェクト』において、高精度の震源決定や強震動予測に必要な地震波速度構造と非弾性常数（Q 値）の三次元分布を解明するとともに、プレート境界面の形状やプレート内における弱面の存在等を把握することを目的として、首都圏において 296 観測点からなる首都圏地震観測網（MeSO-net）が展開され、観測が行われている（酒井・平田, 2009<sup>39)</sup> ; 笠原・他, 2009<sup>40)</sup>）。

近年に発生した地震に対する震源・発震機構解あるいは S-P 時間・初動をテンプレートとして活用し、これらとの比較から計器観測時代初期に発生した大地震をより詳細に解明できる可能性がある。そこで昨年度には、関東地方において明治・大正期に設置されていた観測点あるいはその近傍の観測点を対象として、気象庁検測値ならびに MeSO-net による S-P 時間と初動の分布を整理した。また 4 つのカタログ、ならびに(1) - a「首都圏での地震発生過程の解明」から MeSO-net 検測値データの提供をうけて推定した発震機構解を用いて近年の地震に対する発震機構解を整理した。本年度は、昨年度に収集したデータをテンプレートとして用い、これらとの乖離度を定量化することで、明治・大正期に発生した地震の震源・発震機構解を推定するテンプレートマッチングに基づく手法を構築し、近年の地震に適用することで手法の有効性を検証した。また、1922 年 4 月 26 日の浦賀水道

付近の地震や 1922 年 5 月 9 日の谷田部付近の地震等へ適用した。

#### b) テンプレートマッチング法に基づく震源・発震機構解推定手法の近年の地震への適用

本課題ではテンプレートマッチング法に基づき、震源・発震機構解の推定を行った。テンプレートマッチング法は元々、画像情報処理技術として発展してきた手法であり、画像内にある対象物体の位置検出、物体数のカウント、あるいは物体移動の検出などに用いられてきた。具体的には、テンプレート画像を入力画像で走査させて入力画像上の各位置における類似度（あるいは乖離度）を算出し、最大あるいは閾値以上の位置を検出するものである。明治・大正期の地震に対する記録をテンプレート画像と見做し、豊富な最近の地震データを入力画像として走査することで、どの地震と最も類似していたのか、あるいは閾値を設定した場合にどの地震が可能性として考えられるのか議論することができると期待される。

近年の地震に対するデータと、対象とする地震に対する報告値との乖離度として、S-P 時間に対しては残差の二乗平均平方根を用いた。S-P 時間に対する乖離度は、震源の深さがフリーで決定され、かつ深さの誤差が 5 km 未満の地震を対象に、比較可能な観測点が 3 点以上の場合に算出した。また初動に対しては、発震機構解から期待される P 波の理論振幅値で規格化した重み付きミスフィット率を計算した。重み付きミスフィット率の計算にあたり、初動の射出角ならびに方位角の計算には改良 HASH ならびに気象庁による速度構造 (JMA2001 ; 上野・他 (2002) <sup>41)</sup>) を用いた。

本課題で指標とした乖離度によって、震源・発震機構解をどの程度制約することができるのか、手法の妥当性・有効性を検証するため、2011 年 3 月 16 日の銚子沖の地震 (M6.1)、2012 年 5 月 18 日の茨城県南西部の地震 (M4.8)、2012 年 2 月 16 日の千葉県南西部の地震 (M3.3)、ならびに 2005 年 7 月 23 日の千葉県北西部の地震 (M6.0) の 4 地震に対して本手法を適用した。図 12 (P.112) に、2011 年 3 月 16 日の地震に対する適用結果を示す (その他の地震に対する結果は石辺・他 (2015) <sup>42)</sup>を参照)。

2011 年 3 月 16 日の地震は、2011 年東北地方太平洋沖地震後に銚子沖において活発化した正断層型の地殻内地震である。S-P 時間の乖離度は、気象庁による震源位置と調和的な銚子沖において極めて小さくなる (図 12a、P.112)。また重み付きミスフィット率は、銚子沖のごく浅い領域に多く分布する、T 軸が東西を向く正断層型地震 (一部横ずれ型地震) と調和的である (図 12b、P.112)。なお、2011 年 3 月 16 日の地震に対する発震機構解では重み付きミスフィット率は 6%となり、これは 34,416 地震の発震機構解に対する重み付きミスフィット率のうち 92 番目に小さい値である。また、これより重み付きミスフィット率が小さい地震には、銚子沖の正断層型地震が多く含まれている。

#### c) 明治・大正期に発生した顕著地震の震源・発震機構解の推定ならびに類型化と 1(d)への新たな時系列モデルの提供

テンプレートマッチング法を明治・大正期に発生した顕著地震に対して適用し、その類型化を実施した。検測値については、主に気象要覧等における報告値に拠り、一部波形から検測したものをを用いた。図 13 (P.113) に、1922 年 5 月 9 日の地震に適用した結果 (S-P 時間の残差の二乗平均平方根の分布と近年の地震の発震機構解に対する初動の重みつきミ

スフィット率)を示す。この地震は茨城県谷田部付近の地震と呼ばれ、その有感域は、北は秋田から南は伊豆半島に至る一帯および金沢岐阜名古屋一帯に至る地域であった。茨城県南部や千葉県北部、埼玉県東部について強震(弱き方)程度で電話線の切断や壁の亀裂等の多少の被害を生じた。S-P時間の残差分布は、茨城県南西部の地震クラスターのうち鬼怒川沿いの地震クラスターの深さ50km程度で小さい値を示す。この領域は宇津(1979)<sup>35)</sup>による震源よりも若干北西部に位置するが、誤差を考慮するとほぼ調和的であるといえる。この領域におけるこの深さは、フィリピン海プレート上面付近に相当するが、初動報告はフィリピン海プレート上面で発生する地震に典型的な発震機構解とは不調和である。一方で、フィリピンプレート内部で発生する地震に典型的な発震機構解に対して重み付きミスフィット率が小さな値を示すことから、この地震は茨城県南西部で活発な地震クラスターのうち、フィリピン海プレート内部で発生した地震であった可能性がある。本年度はまた、本課題において新たに決定した震源、ならびに先行研究による震源(松浦,2013<sup>43)</sup>,2015<sup>44)</sup>)を整理することで宇津(1979)<sup>35)</sup>による震源カタログを修正し、地震発生予測実験の基礎データとして課題1(d)「首都圏の過去の地震活動に基づく地震活動予測手法の確立」に提供した。

## 6) 検討会・打ち合わせの開催

本課題は、地形・地質学、日本史、地震学を専門とする研究者が協力して進める分野横断型の研究課題である。また、(1) a「首都圏での地震発生過程の解明」、(1) b「プレート構造・変形過程と地震発生過程の解明」、(1) d「首都圏の過去の地震活動に基づく地震活動予測手法の確立」等の他課題と連携して業務を遂行している。そこで円滑な業務の遂行ならびに他課題との連携のため、平成26年度までに7回の検討会・打ち合わせを実施してきた。本年度は、2015年6月12日に東京大学地震研究所において第1回(通算第8回)検討会・打ち合わせを、2015年12月22日~23日に神奈川県三浦市において第2回(通算第9回)検討会・打ち合わせならびに現地見学会を実施し、安政江戸地震の震源像解明、明治・大正期に関東地方で発生した大地震の震源・発震機構解推定手法の構築、史料データベースの構築などに向けて議論した。また、過去の関東地震における隆起痕跡でその隆起年代や解釈について現地において討論を行った(図14、P.114)。

### (c) 結論ならびに今後の課題

MeSO-netによる観測データを含めて、2011年東北沖地震後に活発化した中小地震を含む震源ならびに発震機構解の決定を行った。また、本課題で決定した発震機構解を含めた東北沖地震前後に発生した地震の発震機構解を受け手側の断層メカニズム解として東北沖地震による静的クーロン応力変化を計算し、関東地方における地震活動変化が東北沖地震による応力変化で大局的に説明可能であることを明らかにした。東北沖地震は、様々な計器観測が充実した日本列島において初めて発生した超巨大地震であり、今後の地震活動の推移について継続的にモニタリングしていくことが重要であろう。

計器観測時代初期に発生した大地震については、これまでに収集・整理した明治・大正期に発生した大地震に関する観測データと、近年の地震観測網による観測データとの乖離度を計算することで古い地震の震源・発震機構解を推定するプレートマッチングに基

づく手法を構築した。また、本手法を 1922 年浦賀水道付近の地震、1922 年 5 月 9 日の地震等に対して適用することで明治・大正期に発生した大地震のカタログ（宇津，1979<sup>35)</sup>）を修正した。計器観測時代初期の地震に対する震度分布（石垣，2007<sup>45)</sup>；石垣・高木，2000<sup>46)</sup>；宇津，1989<sup>47)</sup>）と近年の観測網による震度分布との比較、あるいは観測波形同士の比較も有効であると考えられ、手法の高度化については今後も引き続き検討していく必要がある。

南関東における長期的な地震活動変化や歴史地震の震源像を解明するための基礎資料として、歴史資料の収集を継続するとともに、これまでにデジタルデータ（XML）化された史料の校訂作業を継続した。本課題でデジタルデータ（XML）化した史料は、歴史地震研究の基礎資料として電子データベース化して公開することを目的としている。本年度はそのプロトタイプを構築し、これまでに校正あるいは校訂作業を行った史資料を用いて、史料名や発震時、キーワードなどの検索機能がデータベースのプロトタイプにおいて正常に動作することを確認した。今後は、来年度末の公開に向けて、校訂作業を継続して実施する。

本年度はまた、当時の江戸市中に甚大な被害をもたらした安政江戸地震について、史料調査を実施した。震度分布は表層地盤の影響を大きく受けるため、江戸市中における震度のみから震源像に迫ることは容易ではなく、より広域の震度分布に基づく議論が重要である。そこで、神奈川県東部における被害の解明に加えて、遠地における震度分布の再検討を行い、三次元減衰構造を用いた震度計算結果との比較を行った。今後は史料中に記述された被害に基づき推定した震度分布と、MeSO-net 等による観測から推定された地震波減衰構造から、その震源像の解明を試みる。

#### (d) 引用文献

- 1) Hirata, N. and Matsu'ura M.: Maximum-likelihood estimation of hypocenter with origin time eliminated using nonlinear inversion technique, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, Vol.47, pp.50-61, 1987.
- 2) Hardebeck, J. L., and Shearer P.M.: A new method for determining first-motion focal mechanisms, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol.92, pp.2264-2276, 2002.
- 3) Reasenber, P. A. and Simpson, R. W.: Response of regional seismicity to the static stress change produced by the Loma Prieta earthquake, *Science*, Vol.255, pp.1687-1690, 1992.
- 4) Yokota, Y., Koketsu, K., Fujii, Y., Satake, K., Sakai, S., Shinohara, M. and Kanazawa, T.; Joint inversion of strong motion, teleseismic, geodetic, and tsunami datasets for the rupture process of the 2011 Tohoku earthquake, *Geophysical Research Letters*, Vol.38, L00G21, doi:10.1029/2011GL050098, 2011.
- 5) Okada, Y.: Internal deformation due to shear and tensile faults in a half space, *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol.82, pp.1018-1040, 1992.
- 6) Ishibe, T., Shimazaki, K., Satake, K. and Tsuruoka, H.: Change in seismicity beneath the Tokyo metropolitan area due to the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, *Earth Planets Space*, Vol.63, pp.731-735, 2011.
- 7) 石橋克彦, 古代中世地震史料検討会: [古代・中世] 地震・噴火史料データベース, 歴

- 史地震, Vol.26, pp.86, 2011.
- 8) 佐竹健治, 石辺岳男, 村岸純, 鳴橋竜太郎: 首都圏での中小地震と大地震の発生過程の  
関係の解明, 「都市の脆弱性が引き起こす激甚災害の軽減化プロジェクト①首都直下  
地震の地震ハザード・リスク予測のための調査・研究」平成 26 年度成果報告書, pp.  
89-111, 2015.
  - 9) 村岸 純, 佐竹健治, 石辺岳男, 原田智也: 1703 年元禄関東地震における東京湾最奥部  
の津波被害の再検討, 歴史地震, Vol.30, pp.149-157, 2015.
  - 10) 都司嘉宣: 元禄地震(1703)とその津波による千葉県内各集落での詳細被害分布, 歴  
史地震, Vol.19, pp.8-16, 2003.
  - 11) 矢田俊文, 村岸純: 1703 年元禄関東地震における九十九里地域の被害—死亡者数と津  
波到達点—, 資料学研究, Vol.13, pp.1-15, 2016.
  - 12) 菊地利夫: 九十九里浦納屋聚落の成立—地曳綱罟漁業入会地芝浜の開発拒否—, 新地理,  
Vol.3 No.1, pp.14-22, 1949.
  - 13) 中村操, 茅野一郎, 松浦律子: 安政江戸地震の首都圏での被害, 歴史地震, Vol.19, pp.32-  
37, 2003.
  - 14) 中村操, 松浦律子: 1855 年安政江戸地震の被害と詳細震度分布, 歴史地震, Vol.26,  
pp.33-64, 2011.
  - 15) 都司嘉宣: 被害記録による首都圏の歴史地震の調査研究, 科学技術振興費『首都直下  
地震防災・減災特別プロジェクト』①首都圏でのプレート構造調査, 震源断層モデル  
等の構築等平成 21 年度成果報告書, pp.171-196, 2009.
  - 16) 都司嘉宣: 被害記録による首都圏の歴史地震の調査研究科学技術振興費『首都直下地  
震防災・減災特別プロジェクト』①首都圏でのプレート構造調査, 震源断層モデル等  
の構築等平成 22 年度成果報告書, pp.165-174, 2010.
  - 17) 都司嘉宣: 被害記録による首都圏の歴史地震の調査研究科学技術振興費『首都直下地  
震防災・減災特別プロジェクト』①首都圏でのプレート構造調査, 震源断層モデル等  
の構築等平成 23 年度成果報告書, pp.174-182, 2011.
  - 18) 富津市史編さん委員会編: 『富津市史 通史』, 富津市, 1982.
  - 19) 村岸純, 西山昭仁, 石辺岳男, 原田智也, 佐竹健治: 一八五五年安政江戸地震における  
江戸近郊の被害, 災害・復興と資料, Vol.8, pp.13-24, 2016.
  - 20) 井上攻: 『近世社会の成熟と宿場社会』, 343pp., 岩田書院, 2008.
  - 21) 宇佐美龍夫: 『最新版 日本被害地震総覧 [416] —2001』, 605 pp., 東京大学出版会,  
2003.
  - 22) 宇佐美龍夫: 『歴史地震事始』, 185 pp., 自費出版, 1986.
  - 23) 萩原尊禮: 明治 27 年東京地震, 安政 2 年江戸地震, 元禄 16 年関東地震の震度分布, 地  
震予知連絡会会報, Vol.7, pp.27-31, 1972.
  - 24) 宇佐美龍夫: 新資料による安政江戸地震の調査, 地震研究所彙報, Vol.51, pp.209-230,  
1976.
  - 25) 大竹政和: 関東・東海地域のテクトニクスの一モデルと南関東直下の地震の発生メ  
カニズム, 防災科学技術, Vol.41, pp.1-7, 1980.
  - 26) 引田智樹・工藤一嘉: 経験的グリーン関数法に基づく 1855 年安政江戸地震の震源パ

- ラメーターと地震動の推定, 日本建築学会構造系論文集, Vol.546, pp.63-70, 2001.
- 27) Bakun, W.H.: Magnitude and location of historical earthquakes in Japan and implications for the 1855 Ansei Edo earthquake, *Journal of Geophysical Research*, Vol.110, B02304, doi:10.1029/2004JB003329, 2005.
  - 28) 中村亮一, 植竹富一, 佐竹健治, 遠田晋次, 宇佐美龍夫, 島崎邦彦, 渡辺健: 関東地域の三次元減衰構造・異常震域とそれに基づく 1855 年安政江戸地震の震源深さの推定, 歴史地震, Vol.22, pp.101-107, 2007.
  - 29) 古村孝志, 竹内宏之: 首都圏直下の地震と強震動 - 安政江戸地震と明治東京地震 -, 地学雑誌, Vol.116, pp.431-450, 2007.
  - 30) 中央防災会議, 首都直下地震モデル検討会: 首都直下の M7 クラスの地震及び相模トラフ沿いの M8 クラスの地震等の震源断層モデルと震度分布・津波高等に関する報告書 (平成 25 年 12 月 19 日発表), 2013.
  - 31) 中村亮一・植竹富一・引間和人: 三次元 Q 構造を考慮した統計的グリーン関数法による強震動評価 - プレート境界巨大地震の広域強震動予測 -, 日本地震工学論文集, Vol.15, No.7, pp.7\_230-7\_241, 2015.
  - 32) 気象庁: 日本における大地震の記録, 験震時報, Vol.22 別冊, pp.1-139, 1957.
  - 33) Utsu, T., Ogata, Y. and Matsu'ura R.S.: The centenary of the Omori Formula for a decay law of aftershock activity, *Journal of Physics of the Earth*, Vol.43, pp.1-33, 1995.
  - 34) Ishibe, T., Shimazaki, K., Tsuruoka, H., Yamanaka, Y. and Satake, K.: Correlation between Coulomb stress changes imparted by large historical strike-slip earthquakes and current seismicity in Japan, *Earth Planets and Space*, Vol.63, pp.301-314, 2011.
  - 35) 宇津徳治: 1885 年~1925 年の日本の地震活動, 地震研究所彙報, Vol.54, pp.253-308, 1979.
  - 36) 石辺岳男, 西山昭仁, 佐竹健治, 島崎邦彦: 南関東で発生した M7 級地震の既往研究とデータの整理 - 1894 年明治東京地震と 1895 年茨城県南部の地震, 地震研究所彙報, Vol.84, pp.149-182, 2009a.
  - 37) 石辺岳男, 西山昭仁, 佐竹健治, 島崎邦彦: 南関東で発生した M7 級地震の既往研究とデータの整理 - 1921 年茨城県南部の地震, 1922 年浦賀水道付近の地震ならびに 1987 年千葉県東方沖地震, 地震研究所彙報, Vol. 84, pp.183-212, 2009b.
  - 38) 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, 地震第 2 輯, Vol.28, pp.347-364, 1975.
  - 39) 酒井慎一, 平田直: 首都圏地震観測網の設置計画, 地震研究所彙報, Vol.84, pp.57-69, 2009.
  - 40) 笠原敬司, 酒井慎一, 森田裕一, 平田直, 鶴岡弘, 中川茂樹, 楠城一嘉, 小原一成: 首都圏地震観測網 (MeSO-net) の展開, 地震研究所彙報, Vol.84, pp.71-88, 2009.
  - 41) 上野寛, 畠山信一, 明田川保, 舟崎淳, 浜田信生: 気象庁の震源決定方法の改善 - 浅部速度構造と重み関数の改良 -, 験震時報, Vol.65, pp.123-134, 2002.
  - 42) 石辺岳男, 佐竹健治, 村岸純, 鶴岡弘, 中川茂樹, 酒井慎一, 平田直: 関東地方において計器観測初期に発生した地震の調査のための近年の地震データの収集・整理と 1922 年浦賀水道付近の地震への予察的適用, 歴史地震, Vol.30, pp.109-127, 2015.

- 43) 松浦律子：1894年10月7日などいくつかの古い地震の震源変更，歴史地震，Vol.28, pp.155, 2013.
- 44) 松浦律子：1924年丹沢地震，1888年栃木の地震など，いくつかの明治・大正の地震の再検討（その2），歴史地震，Vol.30, pp.205, 2015.
- 45) 石垣祐三：明治・大正時代の震度観測について - 震度データベースの遡及 - ，験震時報，Vol.70, pp.29-49, 2007.
- 46) 石垣祐三，高木朗充：気象庁震度データベースの整備及び活用例について，験震時報，Vol.63, pp.75-92, 2000.
- 47) 宇津徳治：日本付近のM6.0以上の地震及び被害地震の震度分布図（1901年～1926年），東京大学地震研究所，242pp., 1989.

(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
Regional Characterization of Tokyo Metropolitan area using a highly-dense seismic network (MeSO-net) (ポスター)	Hirata, N., S. Nakagawa, S. Sakai, Y. Panayotopoulos, M. Ishikawa, T. Ishibe, H. Kimura, and R. Honda	EGU General Assembly 2015 (ウィーン、オーストリア)	2015年4月12～17日	国際
Overview of Changes in Seismicity in Inland Japan Following the 2011 Tohoku-Oki Earthquake and Its Interpretation (ポスター)	Ishibe, T.	日本地球惑星科学連合2015年大会(幕張メッセ国際会議場、千葉県千葉市)	2015年5月24日～28日	国内
Correlation between Coulomb stress imparted by the 2011 Tohoku-Oki earthquake and seismicity rate change in Kanto, Japan (口頭)	Ishibe, T., Kenji Satake, Shin'ichi Sakai, Kunihiko Shimazaki, Hiroshi Tsuruoka, Yusuke Yokota, Shigeki Nakagawa, and	日本地球惑星科学連合2015年大会(幕張メッセ国際会議場、千葉県千葉市)	2015年5月24日～28日	国内

	Naoshi Hirata			
福島県南相馬市小高区における津波堆積物調査（ポスター）	五島朋子・楠本聡・石辺岳男・佐竹健治・須貝俊彦	日本地球惑星科学連合2015年大会（幕張メッセ国際会議場、千葉県千葉市）	2015年5月24日～28日	国内
三陸海岸沼の浜における2011年東北地方太平洋沖地震の津波堆積物の堆積様式と古津波の履歴（ポスター）	五島朋子・佐竹健治・須貝俊彦・原田智也・石辺岳男・Aditya Gusman	日本地球惑星科学連合2015年大会（幕張メッセ国際会議場、千葉県千葉市）	2015年5月24日～28日	国内
1855年安政江戸地震における千葉県域の被害（口頭）	村岸純・佐竹健治	日本地球惑星科学連合2015年大会（幕張メッセ国際会議場、千葉県千葉市）	2015年5月24日～28日	国内
小笠原諸島父島・母島における津波堆積物調査（序報）（ポスター）	原田智也・五島朋子・石辺岳男・鳴橋龍太郎・古村孝志	日本地球惑星科学連合2015年大会（幕張メッセ国際会議場、千葉県千葉市）	2015年5月24日～28日	国内
Widespread changes in Seismicity in Inland Japan Following the 2011 Tohoku-Oki Earthquake and Its Interpretation（ポスター）	Ishibe, T.	26th IUGG General Assembly（プラハ、チェコ共和国）	2015年6月22日～7月2日	国際
Correlation between the Coulomb stress changes imparted by the 2011 Tohoku-oki Earthquake and changes in seismicity rate beneath the Tokyo Metropolitan area（ポスター）	Takeo Ishibe, Kenji Satake, Shin'ichi Sakai, Kunihiko Shimazaki, Hiroshi Tsuruoka, Yusuke Yokota, Shigeki	26th IUGG General Assembly（プラハ、チェコ共和国）	2015年6月22日～7月2日	国際

	Nakagawa, and Naoshi Hirata			
Three damaging earthquakes around Edo-Tokyo recorded in historical documents: The 1703 Genroku-Kanto, 1855 Ansei-Edo, and 1923 Taisho-Kanto earthquakes (ポスター)	Jun Muragishi and Kenji Satake	26th IUGG General Assembly(プラハ、チェコ共和国)	2015年6月22日～7月2日	国際
Historical earthquake studies and document database in Japan (口頭)	Kenji Satake, Akihito Nishiyama and Jun Muragishi	26th IUGG General Assembly(プラハ、チェコ共和国)	2015年6月22日～7月2日	国際
安政江戸地震の地震像について現時点での知見総覧 (口頭)	石辺岳男	(東京大学地震研究所)	2015年7月21日	国内
東北沖地震後の地震活動の潮汐応答に関する予察的検討 (口頭)	石辺岳男・鶴岡弘・佐竹健治・中谷正生	研究集会“日本における地震発生予測検証実験 (CSEP-Japan)(統計数理研究所)	2015年7月23~24日	国内
Coseismic coastal changes and tsunami inundation of the 1703 Genroku Kanto earthquake recorded in historical documents (ポスター)	Jun Muragishi and Kenji Satake	XIX INQUA 2015(名古屋国際会議場、愛知県名古屋市)	2015年7月27日～8月2日	国際
Historical tsunami deposit on the Sanriku coast, Japan (ポスター)	Goto, T., Kenji Satake, Toshihiko Sugai, Takeo Ishibe, Tomoya Harada, Satoko Murotani	XIX INQUA 2015(名古屋国際会議場、愛知県名古屋市)	2015年7月27日～8月2日	国際
Contribution of Coulomb Stress Changes Imparted by	Ishibe, T., Kenji Satake,	Asia Oceania Geosciences	2015年8月2日～7日)	国際

the 2011 Tohoku-Oki Earthquake to Seismicity Rate Change in Kanto, Japan Revealed from Abundant Focal Mechanism Solutions (口頭)	Shin'ichi Sakai, Kunihiko Shimazaki, Hiroshi Tsuruoka, Yusuke Yokota, Shigeki Nakagawa, and Naoshi Hirata	Society 2015 Annual Meeting (SUNTEC Singapore シンガポール)		
テンプレートマッチングに基づく大地震の震源・発震機構解推定 (口頭)	石辺岳男・佐竹健治・村岸純・鶴岡弘・中川茂樹・酒井慎一・平田直	第32回歴史地震研究会(京丹後市峰山総合福祉センター、京都府京丹後市)	2015年9月21~23日	国内
1855年安政江戸地震における江戸近郊での被害 (口頭)	村岸純・佐竹健治・石辺岳男・原田智也・西山昭仁	第32回歴史地震研究会(京丹後市峰山総合福祉センター、京都府京丹後市)	2015年9月21~23日	国内
1855年安政江戸地震の広域震度分布の特徴とそれによる震源像について (口頭)	中村亮一・西山昭仁・佐竹健治・石辺岳男・村岸純	第32回歴史地震研究会(京丹後市峰山総合福祉センター、京都府京丹後市)	2015年9月21~23日	国内
三陸海岸沼の浜における2011年津波堆積物の堆積様式と古津波の履歴 (ポスター)	五島朋子・佐竹健治・須貝俊彦・石辺岳男・原田智也・Aditya Riadi Gusman	日本地震学会2015年度秋季大会(神戸国際会議場、兵庫県神戸市)	2015年10月26~28日	国内
福島県南相馬市井田川浦における津波堆積物調査 (口頭)	楠本聡・五島朋子・佐竹健治・石辺岳男	日本地震学会2015年度秋季大会(神戸国際会議場、兵庫県神戸市)	2015年10月26~28日	国内
テンプレートマッチング	石辺岳男・佐竹	日本地震学会	2015年10月	国内

法に基づく明治・大正期に発生した大地震の震源・発震機構解推定（口頭）	健治・村岸純・鶴岡弘・中川茂樹・酒井慎一・平田直	2015年度秋季大会（神戸国際会議場、兵庫県神戸市）	26～28日	
1855年安政江戸地震における関東地方の被害（口頭）	村岸純・佐竹健治・石辺岳男・原田智也・西山昭仁	日本地震学会2015年度秋季大会（神戸国際会議場、兵庫県神戸市）	2015年10月26～28日	国内
1703年元禄関東地震における九十九里浜地域の被害—津波到達点と死者数—（口頭）	矢田俊文・村岸純	第3回前近代歴史地震史料研究会（新潟大学）	2015年11月7日	国内
1855年安政江戸地震の神奈川県域内の被害（口頭）	村岸純・西山昭仁・石辺岳男・佐竹健治	第3回前近代歴史地震史料研究会（新潟大学）	2015年11月7日	国内
広域震度分布から探る安政江戸地震の震源像（口頭）	中村亮一		2016年1月6日	国内
1855年安政江戸地震における関東地方の被害（口頭）	村岸純		2016年1月6日	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
Correlation between Coulomb stress imparted by the 2011 Tohoku-Oki earthquake and seismicity rate change in Kanto, Japan	Takeo Ishibe, Kenji Satake, Shin'ichi Sakai, Kunihiko Shimazaki, Hiroshi Tsuruoka, Yusuke Yokota, Shigeki Nakagawa; Naoshi Hirata	Geophysical Journal International	2015年4月	国際
Historical tsunami deposits	Tomoko Goto,	Marine Geology	2015年5月	国際

during the last five centuries on the Sanriku coast, Japan	Kenji Satake, Toshihiko Sugai, Takeo Ishibe, Tomoya Harada, Satoko Murotani			
1703年元禄関東地震における東京湾最奥部の津波被害の再検討	村岸 純・ 佐竹健治・ 石辺岳男・ 原田智也	歴史地震	2015年7月	国内
関東地方において計器観測初期に発生した地震の調査のための近年の地震データの収集・整理と1922年浦賀水道付近の地震への予察的適用	石辺岳男・ 佐竹健治・ 村岸 純・ 鶴岡 弘・ 中川茂樹・ 酒井慎一・ 平田 直	歴史地震	2015年7月	国内
Inflow of sand caused by the 1703 Genroku Kanto tsunami as described in historical documents	Jun Muragishi	Geographical Reports of Tokyo Metropolitan University	2016年3月	国内
1703年元禄関東地震における九十九里地域の被害—死亡者数と津波到達点—	矢田俊文・ 村岸純	資料学研究	2016年3月	国内
一八五五年安政江戸地震における江戸近郊の被害	村岸純・ 西山昭仁・ 石辺岳男・ 原田智也・ 佐竹健治	災害・復興と資料	2016年3月	国内

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 28 年度業務計画案

これまでに決定した中小地震の震源・発震機構解の整理を行い、大地震によるクーロン応力変化と近年の中小地震との関係を解明する。南関東で過去に発生した大地震に関する古地震記録の収集ならびにデジタルデータ化・校訂作業を継続し、データベースを作成し公開する。収集した歴史資料を活用し、1855 年安政江戸地震等の歴史地震の新しい地震像を提示す。業務の円滑な遂行ならびに他課題と連携し、成果を纏めるための検討会を開催する。

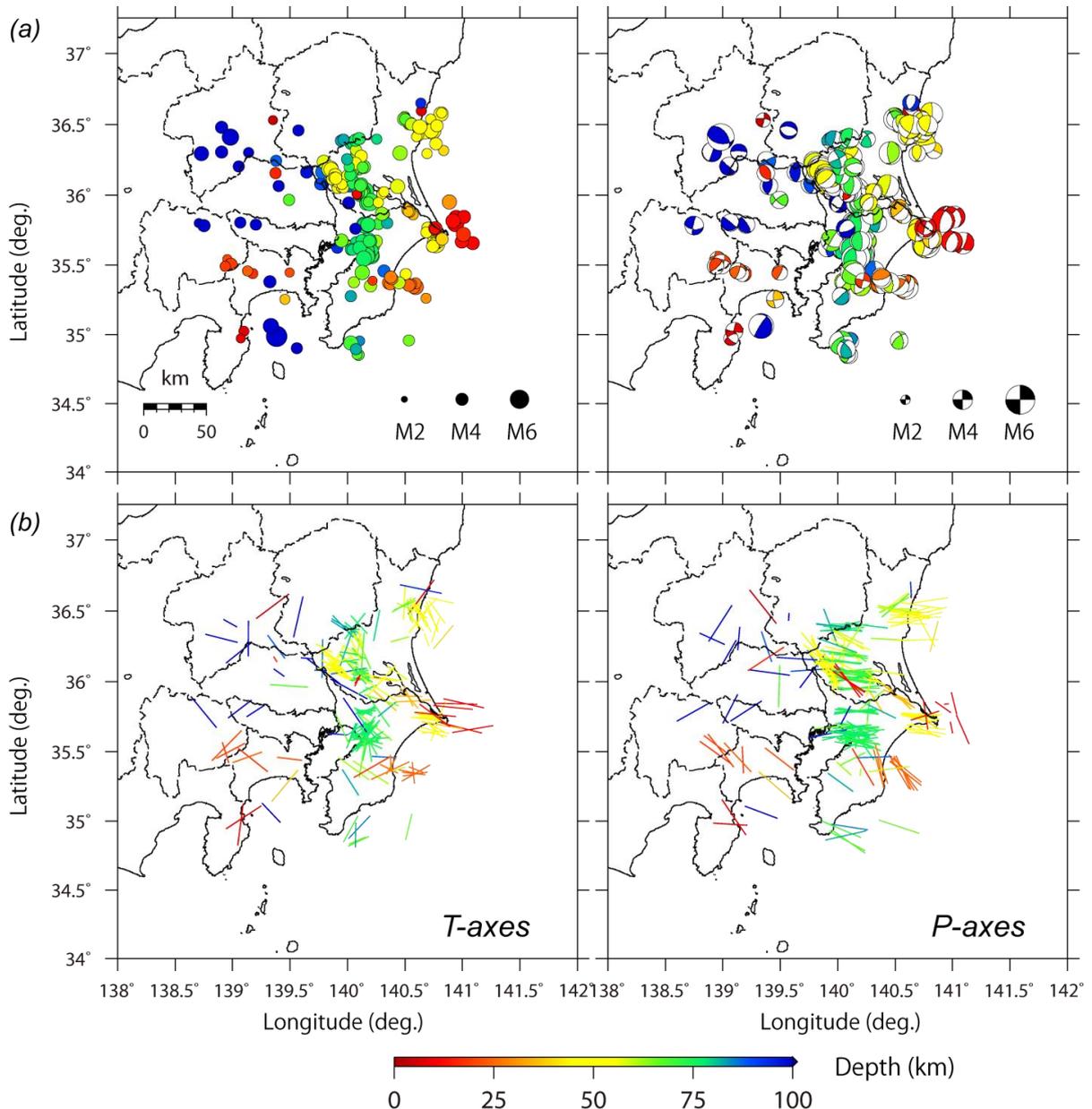


図 1 (a) (左) MeSO-net を用いて推定された地震の震源分布 (2013 年 1 月 6 日～2014 年 7 月 10 日) ならびに、(右) 発震機構解。色は震源の深さを表す。(b) (左) T 軸、(右) P 軸の分布。

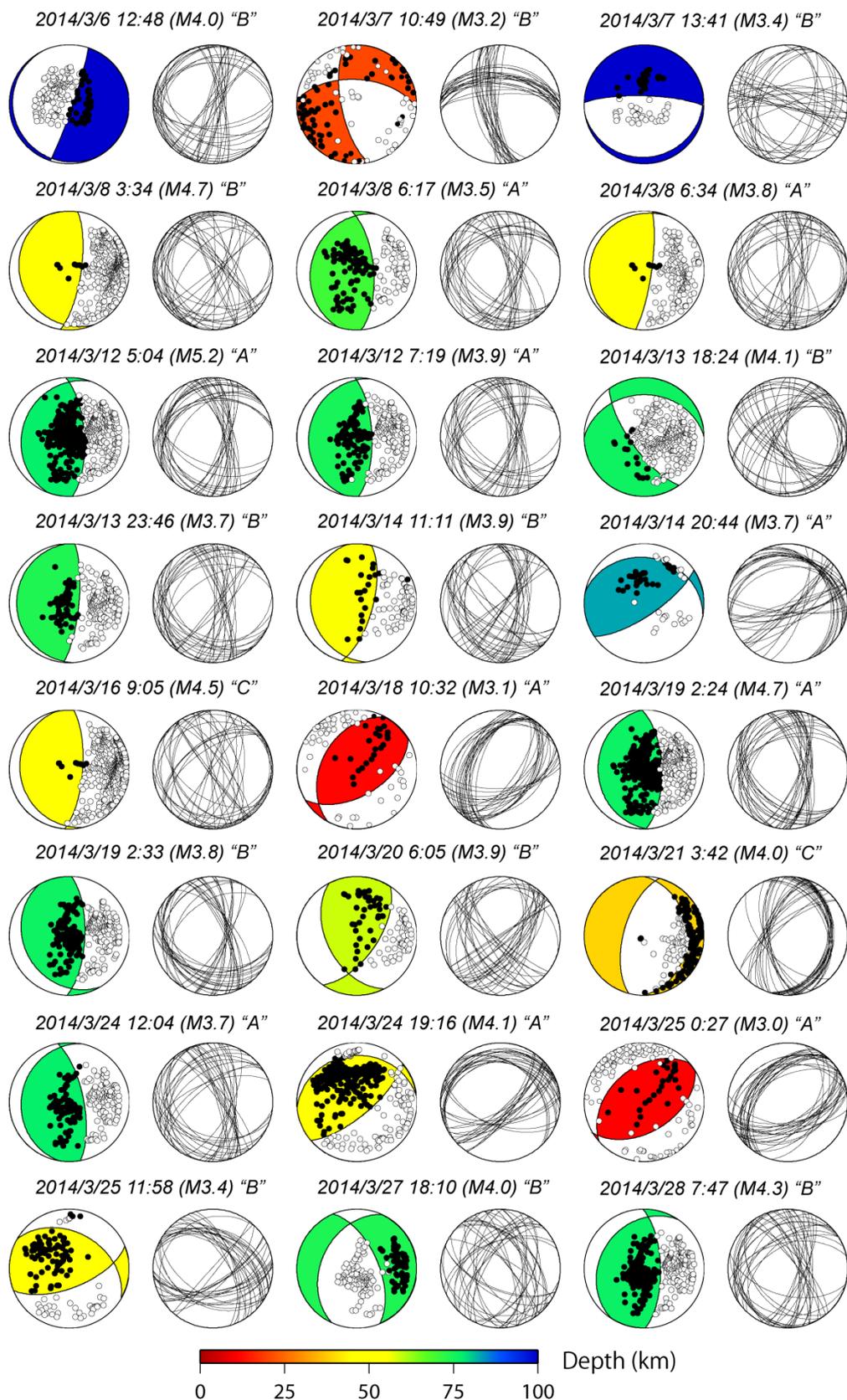


図2 決定された発震機構解（左）ならびに acceptable な発震機構解（右）の例。●は初動が押し、○は引きの観測点を表す。押しの領域の色は震源の深さを表す。A ランクから C ランクに向かって推定精度は低くなる。

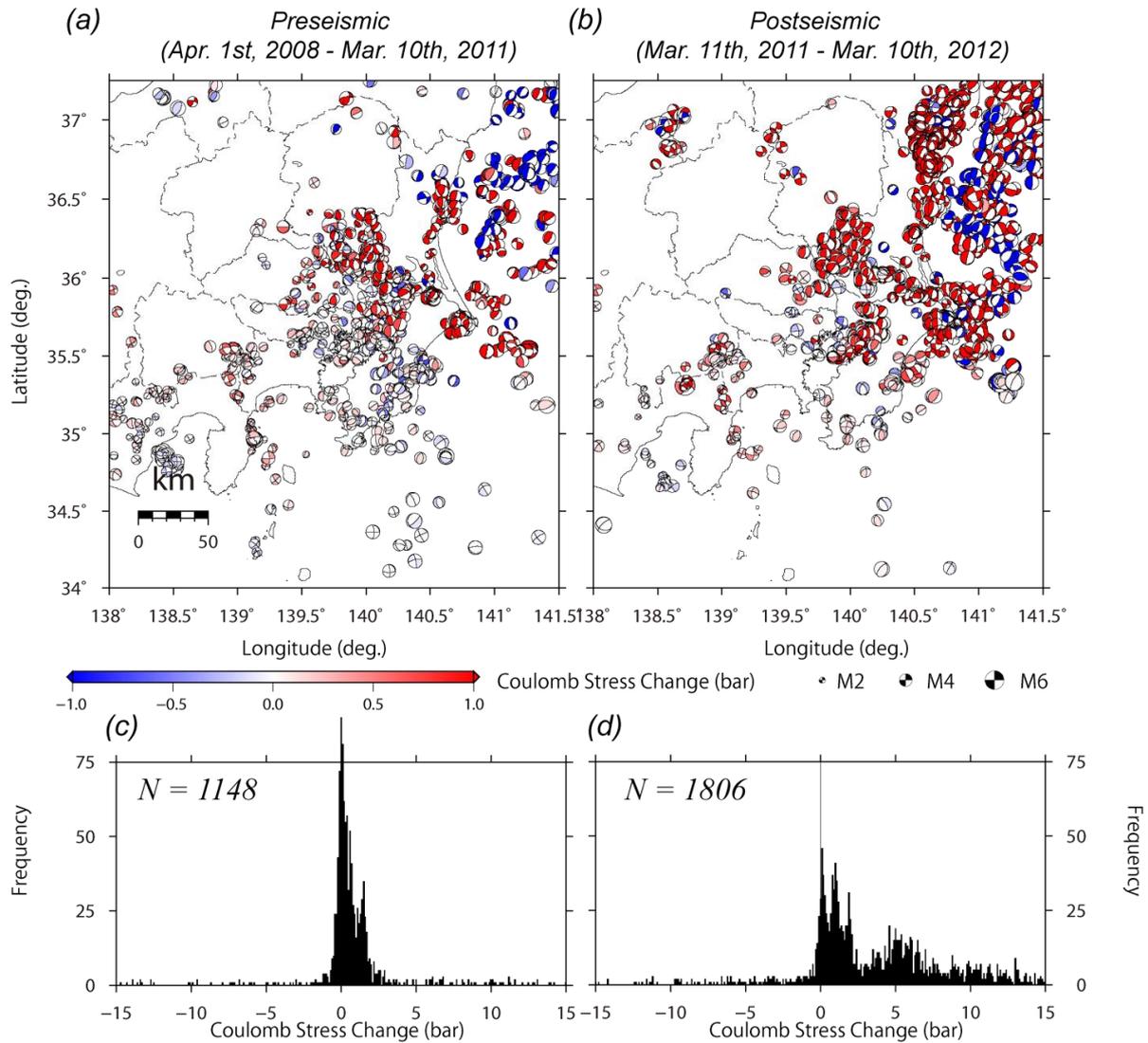


図3 (a) 東北沖地震前後のメカニズム解を受け手側の断層として計算した東北沖地震による  $\Delta$ CFF の分布。左は東北沖地震前、右は東北沖地震後の期間。赤はクーロン応力が増加し、地震発生が促進されることが期待され、青はクーロン応力が減少し地震発生が抑制されることが期待される。(b) (左) 東北沖地震前、(右) 東北沖地震後のそれぞれの期間における  $\Delta$ CFF のヒストグラム。

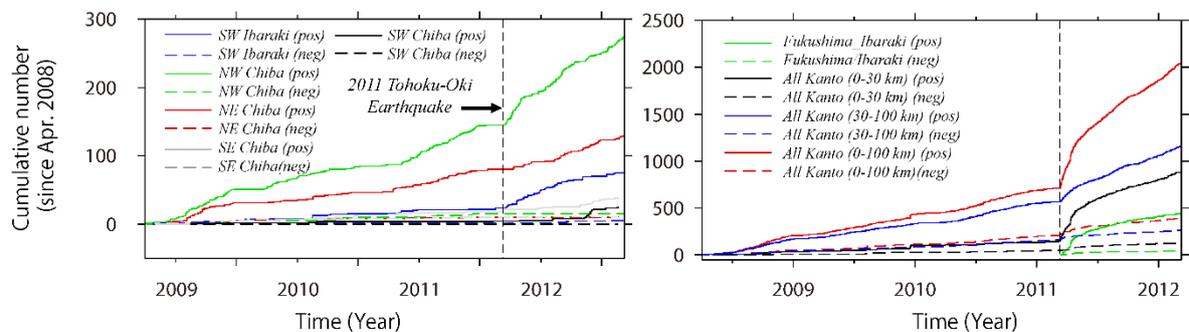


図4 それぞれの領域における  $\Delta$ CFF が正 (実線)、負 (破線) のメカニズム解の累積個数の時間変化。黒破線は東北沖地震の発震時を表す。



最終更新日時 2014年3月8日(月) 12:09' 38" Since Feb.20.2013 000044

1615年6月26日(慶長二十年六月一日)の江戸地震	一覧表示	史料検索
1630年8月2日(寛永七年六月二十四日)の江戸地震	一覧表示	史料検索
1633年3月1日(寛永十年一月二十一日)の小田原地震	一覧表示	史料検索
1635年3月12日(寛永十二年一月二十三日)の江戸地震	一覧表示	史料検索
1647年6月16日(正保四年五月十四日)の江戸・小田原地震	一覧表示	史料検索
1648年6月13日(慶安元年四月二十二日)の小田原地震	一覧表示	史料検索
1649年7月30日(慶安二年六月二十一日)の川越地震	一覧表示	史料検索
1649年9月1日(慶安二年七月二十五日)の川崎地震	一覧表示	史料検索
1850年4月24日(慶安三年三月二十四日)の日光地震	一覧表示	史料検索
1859年4月21日(万治二年二月三十日)の岩代・下野地震	一覧表示	史料検索
1870年7月21日(寛文十年六月五日)の相模地震	一覧表示	史料検索
1877年11月4日(延宝五年十月四日)の房総沖地震	一覧表示	史料検索
1883年6月17日(天和三年五月二十四日)の日光地震	一覧表示	史料検索
1883年6月18日(天和三年五月二十四日)の日光地震	一覧表示	史料検索
1883年10月20日(天和三年九月一日)の日光地震	一覧表示	史料検索
1897年11月25日(元禄十年十月十二日)の江戸・鎌倉地震	一覧表示	史料検索
1703年12月31日(元禄十六年十一月二十三日)の元禄関東地震	一覧表示	史料検索
1706年10月21日(宝永三年九月十五日)の江戸地震	一覧表示	史料検索
1710年9月15日(宝永七年八月二十二日)の磐城地震	一覧表示	史料検索
1725年5月29日(享保十年四月十八日)の日光地震	一覧表示	史料検索
1755年4月21日(宝暦五年三月十日)の日光地震	一覧表示	史料検索
1756年2月20日(宝暦六年一月二十一日)の桃子地震	一覧表示	史料検索
1767年10月22日(明和四年九月三十日)の江戸地震	一覧表示	史料検索
1768年7月19日(明和五年六月六日)の箱根地震	一覧表示	史料検索
1782年8月23日(天明二年七月十五日)の小田原地震	一覧表示	史料検索
1788年3月23日(天明六年二月二十四日)の箱根地震	一覧表示	史料検索
1791年1月1日(寛政二年十一月二十七日)の川越・蕨地震	一覧表示	史料検索

1677年11月4日(延宝五年十月四日)の房総沖地震

■検索の条件

検索文字列

※複数の文字列をスペースで区切ると、いずれかを含む史料を検索(OR検索)。

■史料本文表示の条件

外字フォント  非表示  代替文字がない外字のみ画線表示  全て画線表示

出力形式  HTML  XML (正のみ選択可能)

フォントサイズ  標準  中サイズ  大サイズ

[目次に戻る](#)

図6 (左) 関東地方において江戸時代に発生した顕著地震に対する史資料データベースのプロトタイプ(トップページ)。(右) 検索画面。トップページから史料検索を選択すると文字列の検索が可能。

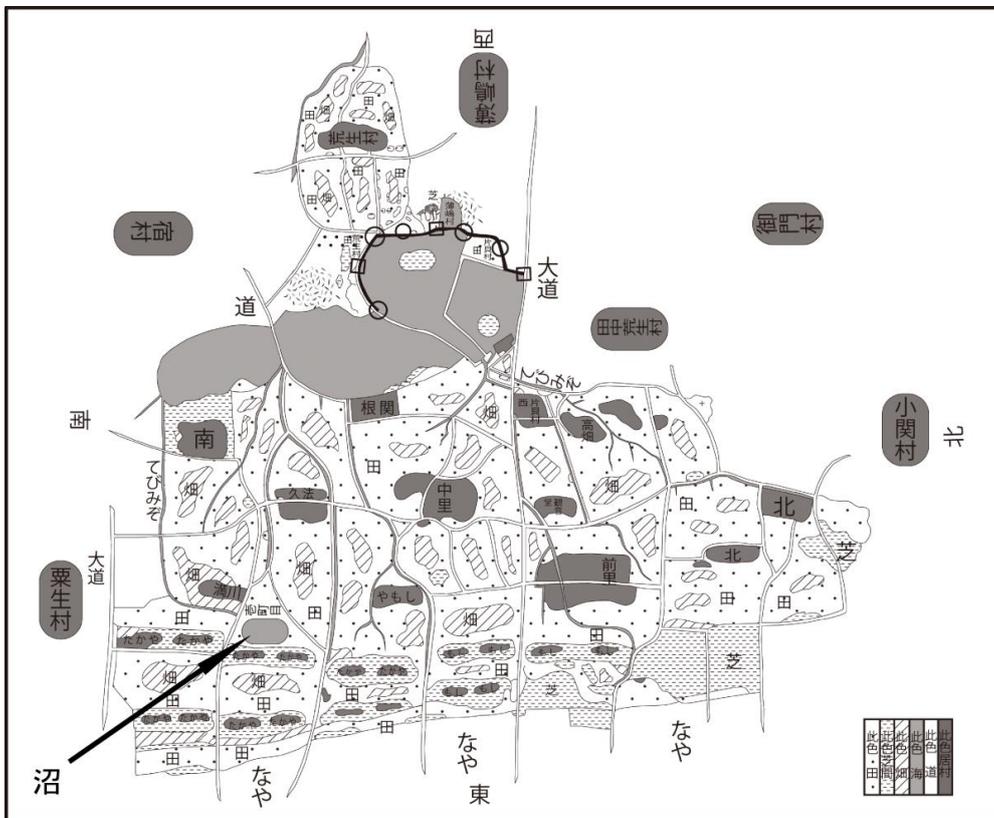


図7 天和二(1682)年九月二十二日上総国山辺郡荒生村片貝村溜池境割地図(国立国会図書館所蔵)のトレース図(矢田・村岸、2016<sup>11)</sup>に加筆)。

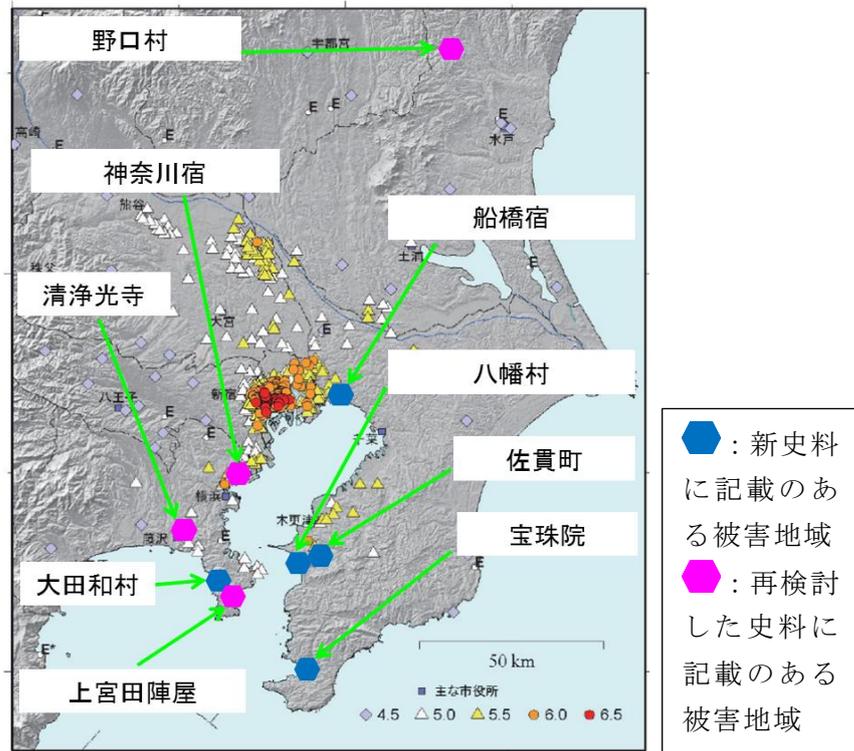


図8 本課題により発見された新史料及び再検討した史料に基づく安政江戸地震の被害地域（中村・松浦、2011<sup>14</sup>）に加筆。

(a) 既往研究における遠地での推定震度分布（宇佐美、2003<sup>21</sup>）に加筆）

(b) 本課題における遠地での推定震度分布（宇佐美、1986<sup>22</sup>）に基づいて震度を推定）

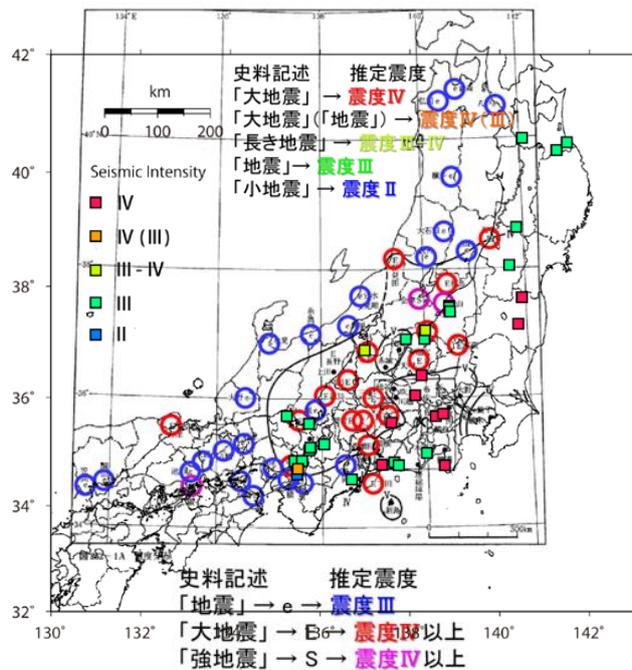


図9 安政江戸地震における遠地での推定震度分布。

(a) フィリピン海プレート内  
(b) 太平洋プレート上面付近  
(中央防災会議、2013<sup>30</sup> モデルを参考に設定) (引田・工藤、2001<sup>26</sup> モデルを参考に設

定)

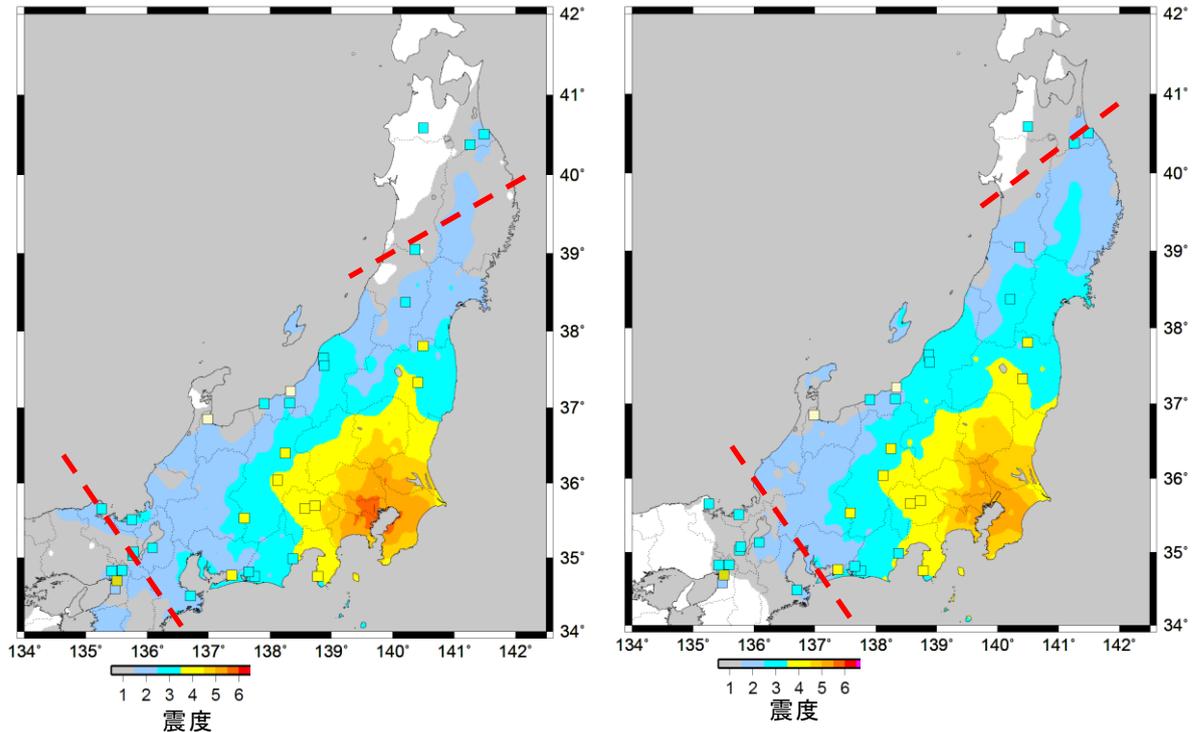


図 10 安政江戸地震による広域震度分布とシミュレーションとの比較。

(a) 最大加速度比

(b) 最大速度比

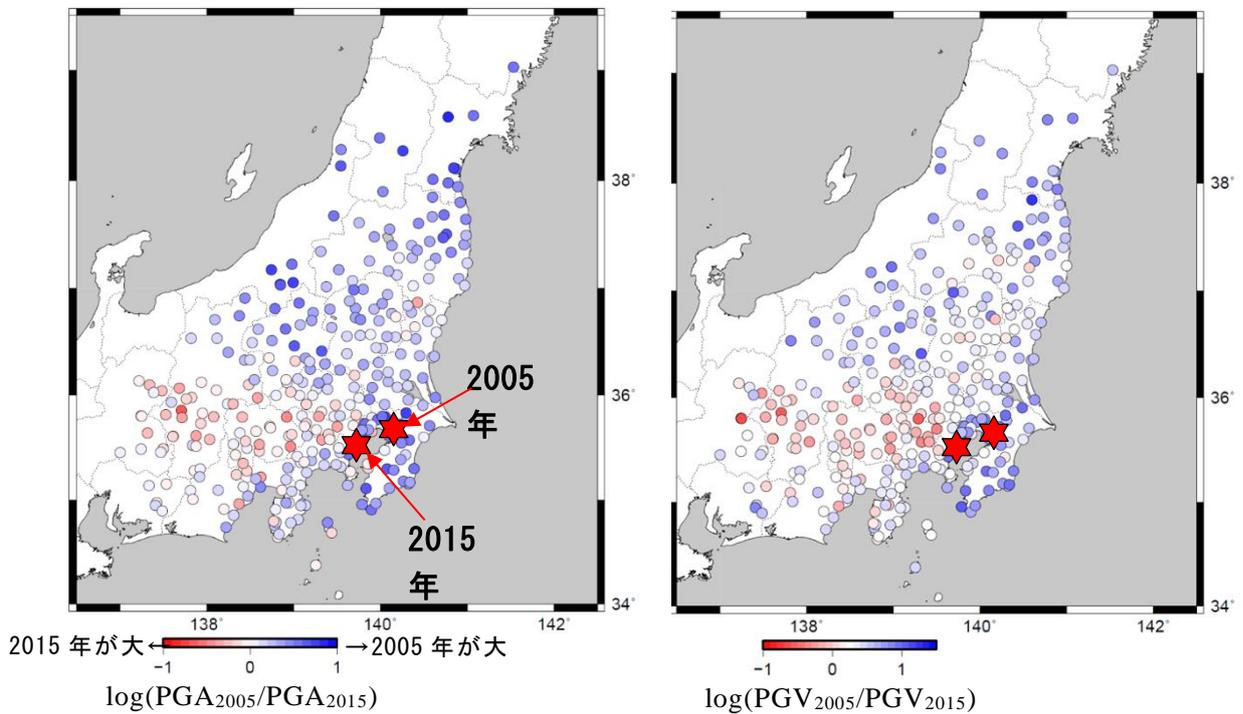


図 11 2005年の地震と2015年の地震の共通観測地点記録における振幅比分析。

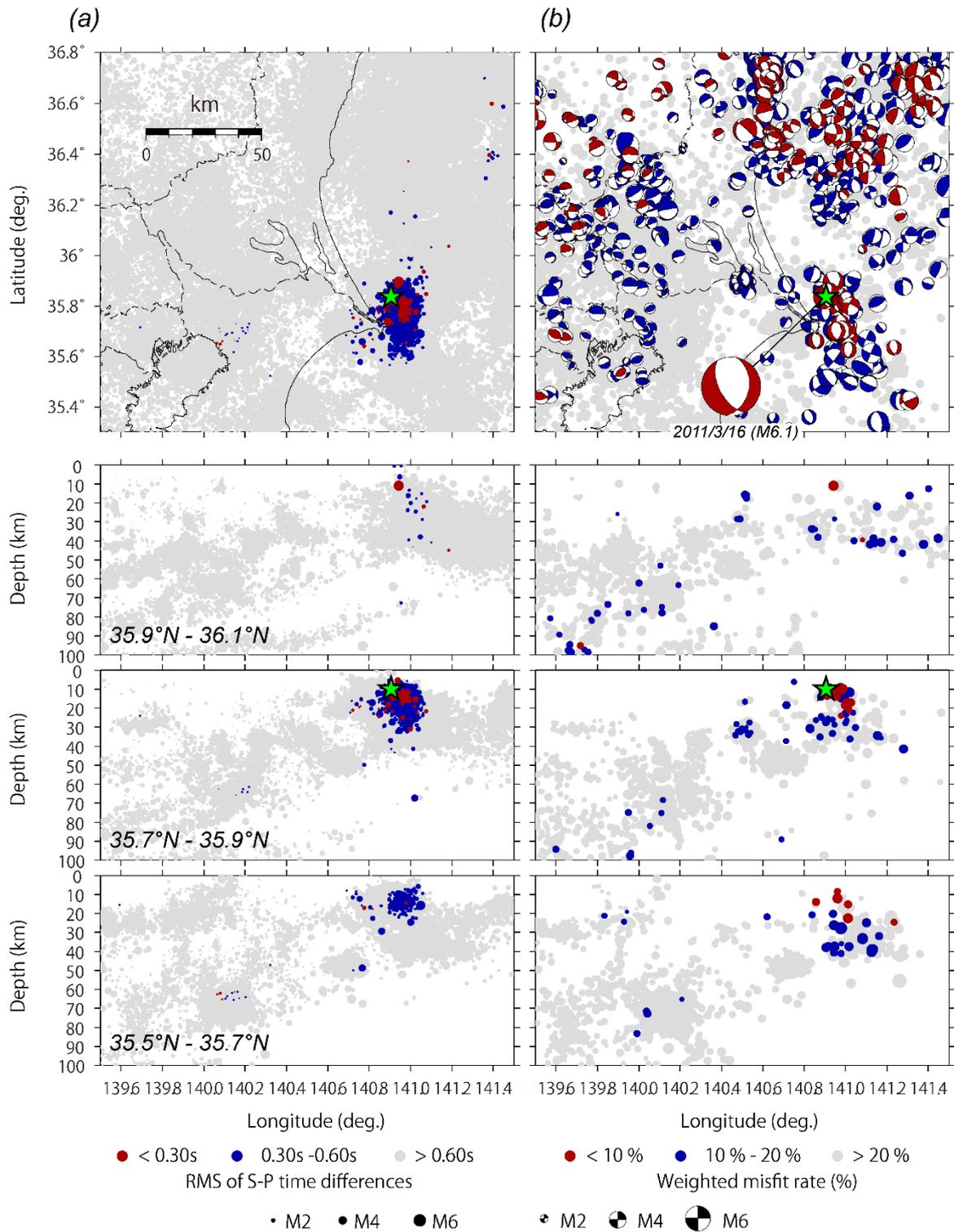


図 12 (a) 2011 年 3 月 16 日の地震 ( $M6.1$ ) と近年の地震との間の S-P 時間の残差の二乗平均平方根の分布ならびにその東西断面図。緑星印は気象庁による震源を表す。(b) 近年の地震の発震機構解に対する重み付きミスフィット率の分布ならびにその東西断面図。重み付きミスフィット率が 20% 以下の発震機構解のみを震源球表示している。

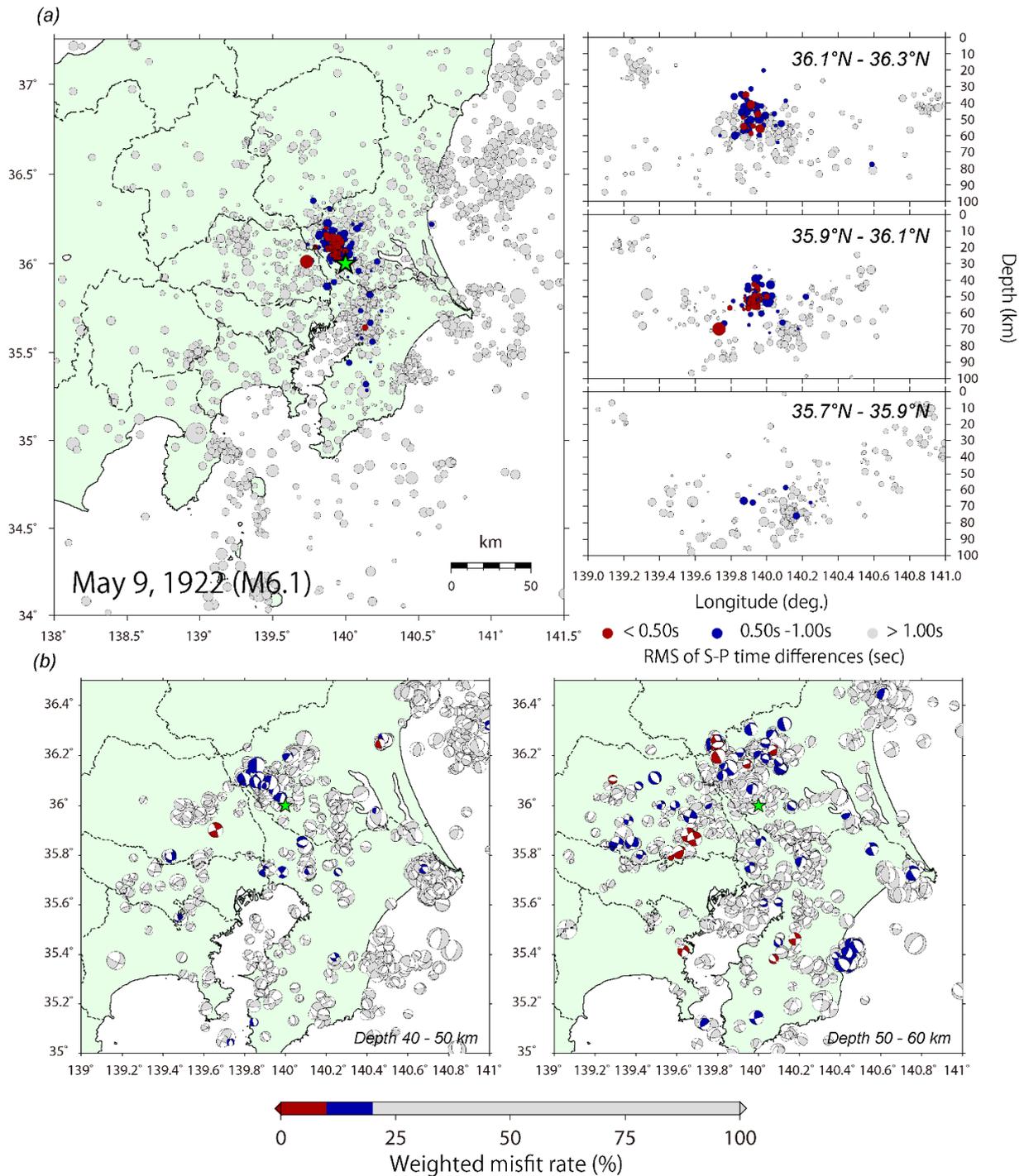


図 13 1922 年 5 月 9 日の地震へテンプレートマッチング法の適用結果。(a) 1922 年 5 月 9 日の地震 (M6.1) と近年の地震との間の S-P 時間の残差の二乗平均平方根の分布ならびにその東西断面図。緑星印は宇津 (1979)<sup>35)</sup>による震央を表す。(b) 近年の地震の発震機構解に対する重み付きミスフィット率の分布：(左) 深さ 40~50 km、(右) 深さ 50~60 km。



図 14 神奈川県三浦市における（上）平成 27 年度第 2 回（通算第 9 回）検討会・打ち合わせならびに（下）現地討論会の様子（左：諸磯の隆起海岸、右：生物遺骸に基づく城ヶ島における関東地震による隆起痕跡）。