

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

関東の太平洋沖で進行している平成 23 年東北地方太平洋沖地震の余効滑り等により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録、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 24 年度業務目的

MeSO-net による観測データを含めて、平成 23 年東北地方太平洋沖地震後に活発化した中小地震の震源・発震機構解の決定を行う。大地震の応力変化によるメカニズム解・地震活動度の変化を表示する方法を提案し、3.1.1「首都圏での地震発生過程の解明」と連携して 2011 年東北地方太平洋沖地震前後の地震活動変化に適用する。過去に南関東で発生した大地震の選定を行い、古地震記録等を収集、デジタルデータ化を行う。1703 年元禄関東地震より前の関東地震の発生年代の推定のために、地質試料の再検討ならびに分析を行う。

(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	
東京大学地震研究所	特任研究員	石辺岳男	

(2) 平成 24 年度の成果

(a) 業務の要約

- 1) MeSO-net による観測データを含めて、平成 23 年東北地方太平洋沖地震後に活発化した中小地震の震源・発震機構解の決定を行った。また、大地震の応力変化によるメカニズム解・地震活動度の変化を表示する方法を提案し、3.1.1「首都圏での地震発生過程の解明」と連携して 2011 年東北地方太平洋沖地震前後の地震活動変化に適用した。
- 2) 過去に南関東で発生した大地震の選定を行い、古地震記録等を収集、デジタルデータ化を行った。
- 3) 1703 年元禄関東地震より前の関東地震の発生年代の推定のために、地質試料の再検討ならびに分析を行った。

(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

3.1.1「首都圏での地震発生過程の解明」から検測値データの提供をうけて、2008 年 4 月 1 日以降 2011 年 10 月 18 日までに首都直下地震観測網 (MeSO-net) において検測された地

震イベントの震源ならびに発震機構解の推定を実施した。震源決定は HypoMH (Hirata and Matsu'ura, 1987¹⁾)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として、HASH (Hardebeck and Shearer, 2002²⁾)を修正したプログラムを用いた。

図 1(P.117)に、首都直下地震観測網に基づいて 2011 年東北地方太平洋沖地震（以下、東北沖地震と略記する）前後のそれぞれの期間に決定された震源分布ならびに発震機構解の分布を示す。精度の低いものを除いて、1612 個の発震機構解が推定された。図 2(P.118)にはいくつかの地震に対して推定された発震機構解と観測された初動の震源球表示を、図 3(P.119)には Frohlich (1992)³⁾ の基準に基づいて分類された発震機構解の型の割合、ならびに東北沖地震前後の T 軸・P 軸の方位分布をそれぞれ示す。3 月 11 日前後で検測の下限マグニチュードが異なる影響を考慮する必要があるが、首都直下地震観測網の範囲内では東北沖地震後に逆断層型の地震の割合が顕著に増え、正断層型の地震の割合が減少している傾向が見られる。観測網の範囲内における稍深発地震では後述するように、逆断層型の地震に対しては応力が増加し、正断層型の地震に対しては応力が減少したことが推定されている。首都直下地震観測網による発震機構解の時間変化は東北沖地震による応力変化に対応すると考えられる。

2) 2011 年東北地方太平洋沖地震による南関東における応力変化と地震活動変化

2011 年 3 月 11 日に宮城県沖を震源として発生した東北沖地震はマグニチュード (M) 9.0 という、近代計器観測が日本において始まって以来最大の地震であった。本震発生以降、震源域において非常に活発な余震活動が観測されているだけでなく、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、いくつかの顕著な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明瞭な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。

大地震による応力変化の議論には、以下で定義される静的クーロン応力変化(以下、 ΔCFF と略記する) が用いられてきた (例えば、Reasenber and Simpson, 1992⁴⁾)。

$$\Delta CFF = \Delta \tau - \mu' \Delta \sigma$$

ここで、 $\Delta \tau$ はせん断応力の変化分(断層すべりの方向を正とする)、 $\Delta \sigma$ は法線応力の変化分(圧縮方向を正とする)、 μ' は見掛け上の摩擦係数で $\mu' = \mu(1 - B)$ で定義される。ここで B は Skempton 係数、 μ は摩擦係数である。 ΔCFF が正の場合には、応力が増加し断層運動が促進される(地震活動が活発化する)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(地震活動が静穏化する)変化があったことをそれぞれ示す。 ΔCFF 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)が必要になる。これまでは受け手側の断層として、大地震と同様のメカニズム解等、メカニズム解を仮定したり、あるいは地震前の広域応力場を仮定したりすることで ΔCFF が計算されてきた。しかしながら、様々なメカニズム解の地震が混在する複雑な応力場において、メカニズム解を仮定して計算した ΔCFF は大きな誤差を含み、この誤差は実際に発生した地震のメカニ

ズム解を受け手側の断層として ΔCFF を計算することで軽減することができると考えられる（例えば、Ishibe *et al.*, 2011a⁵⁾, 2011b⁶⁾）。

首都圏を含む南関東は、南からフィリピン海プレート（以下、PHS と略記する）が沈み込み、さらにその下に東から太平洋プレート（以下、PAC と略記する）が沈み込む複雑なテクトニクスを形成しており、様々な被害地震が発生してきた。この中で特に規模の大きなものが相模トラフ沿いのプレート境界で発生する関東地震であり、1923 年大正関東地震ならびに 1703 年元禄地震が知られている。地震調査委員会(2004)⁷⁾によって、大正型関東地震の平均再来間隔は 200～400 年、元禄型の平均再来間隔は 2300 年程度とそれぞれ推定されており、関東地震の今後 30 年確率は 0～2%程度と算出されている。一方、南関東で発生するその他の M7 級地震の今後 30 年間発生確率は、1885 年以降に発生した 5 つの M7 級被害地震（1894 年明治東京地震、1895 年ならびに 1921 年茨城県南部の地震、1922 年浦賀水道付近の地震、1987 年千葉県東方沖の地震）に基づき地震調査委員会(2004)⁷⁾によって 70%と推定されており、切迫性が高い（例えば、石辺・他, 2009a⁸⁾, 2009b⁹⁾）。

関東地方では様々なメカニズム解の地震が混在しているため、関東地方で実際に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、東北沖地震による ΔCFF を計算し、本震前後の地震活動度変化と比較した。 ΔCFF 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)¹⁰⁾のプログラムを用いた。なお、見掛け上の摩擦係数として 0.4 を仮定した。

大地震の応力変化によるメカニズム解の変化を表示する方法として、クーロン三角ダイアグラム表示を用いた。これは三角ダイアグラム (Frohlich, 1992³⁾) 上に震源球を表示し、その押しの領域の色を計算された ΔCFF で表したものである。この表示方法を用いることで様々なメカニズム解の地震が混在する領域においても、どのタイプの地震が活発化あるいは静穏化することが期待されるのか視覚的に容易に認識することができる。

地震活動度の相対的活発化あるいは静穏化の議論には、すべての地震が規模の大小によって個数は異なるものの余震を伴うとする、Epidemic Type Aftershock Sequence model (ETAS モデル ; Ogata, 1988¹¹⁾) を用いた。

$$\lambda(t) = \mu + \sum_j \frac{K e^{\alpha \{M_j - M_c\}}}{(t - t_j + c)^p}$$

ここで、 $\lambda(t)$ は強度関数、 μ は背景的地震活動度、 M_c はカットオフマグニチュード、 α は余震の規模別頻度分布を支配するパラメータである。 K は余震活動の活発化を表すパラメータであり、大きいほど活発な余震活動が期待される。 p は余震の時間的減衰の度合いを支配するパラメータであり、大きいほど急速に減衰していく。和は経過時間 t （日）までに発生した j 番目の余震（マグニチュードは M_j 、発震時刻は t_j ）まですべてに対して行われる。1997 年 10 月 1 日以降、2011 年 3 月 10 日までにそれぞれの領域で発生した地震から、5 つのパラメータ (K 、 c 、 p 、 μ 、 α) を最尤法により推定し、これにより期待される理論度数と 2011 年 3 月 11 日以降に観測された地震数を比較した。

東北沖地震の断層モデルとして、津波波形インバージョンによって推定された Satake *et al.* (2013)¹²⁾を用いた。また受け手側の断層メカニズム解として、以下に述べる 3 つのメ

メカニズム解カタログを用いた。1 つ目は関東・東海地殻活動観測網によって決定された初動メカニズム解（1979 年 6 月～2003 年 6 月、M2.0 以上；例えば村松・関東東海地殻活動観測研究グループ、2002¹³⁾）であり、防災科学技術研究所によって公開されている。対象とした領域内において、30746 個のメカニズム解が推定されている。2 つ目は、同様に防災科学技術研究所により公開されている F-net メカニズム解（1997 年 1 月～2012 年 4 月）である。3 つ目は、1)で述べた MeSO-net の初動に基づいて本課題において推定したメカニズム解（2008 年 4 月～2011 年 10 月）であり、その数は本震前で 1188 個、本震後において 424 個の合計 1612 個である。また、東北沖地震前後の地震活動度変化の議論には気象庁一元化震源カタログ（1997 年 10 月～2012 年 2 月）を用いた。

関東・東海地殻活動観測網による初動メカニズム解（第 1 節面）を受け手側の断層メカニズム解として計算された ΔCFF の分布、ならびに東北沖地震前後の震央分布を図 4(P.120)に示す。関東地方で過去に発生した 30746 個の地震のメカニズム解のうち、 ΔCFF が 0.1 bar 以上増加した地震数は約 16000 個であった。一方で、0.1 bar 以上減少した地震数は約 8000 個であった。見掛け上の摩擦係数や断層モデルに依らず、南関東においては ΔCFF が増加したメカニズム解の数は減少したものに比べて多い。

しかしながら、関東地方においてどこでも地震活動が活発化することが期待されるわけではない。図 4(P.120)において ΔCFF が増加したメカニズム解が数多く分布している領域では、東北沖地震による応力変化によって地震活動が活発化することが期待されるが、逆に ΔCFF が減少したメカニズム解が分布する領域では応力の減少により地震活動度は低下することが期待される。 ΔCFF が増加した地震の割合が顕著に高い領域は、30 km より浅い地震に対し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る。一方で、深さ 30～100 km の地震に対しては、茨城県南西部と東京湾から銚子に至る千葉県北部領域である。

茨城県南西部には、PHS と PAC の沈み込みに伴う 2 つの活発な地震クラスターが存在しており、低角逆断層型の地震が数多く発生している。また、沈み込むスラブ内では正断層型や横ずれ型の発震機構を持つ地震が発生している。この領域におけるクーロン三角ダイアグラム（図 5(d)、P.121）からは、多くの逆断層型に対する ΔCFF は顕著に正である一方、正断層型の発震機構解に対して計算された ΔCFF の多くが負であることがわかる。またいずれのメカニズム解カタログを用いた場合でも、 ΔCFF が正の地震の割合が非常に高く（図 5(a)(P.121)、図 5(b)(P.121)）、東北沖地震によって地震活動が活発化することが期待される。

この領域における本震後の地震活動は、本震前の期間の地震活動から推定されたパラメータを用いて ETAS モデルから期待される地震活動度に比べ顕著に活発化した（図 6(a)、P.122）。ETAS モデルで期待される地震活動と観測された地震活動の乖離は、東北沖地震前後においてそのパラメータに時間的変化があった可能性を示唆する。また本震前に比べて、本震後に逆断層型の地震の割合が大きく増加し、正断層型の地震の割合は大きく減少した（図 5(c)、P.121）。これは東北沖地震による ΔCFF と調和的である。

また、千葉県北西部や北東部（銚子付近）の PAC 上面で発生する地震活動も同様に、 ΔCFF が正の地震の割合が高く、東北沖地震後に地震活動の顕著な活発化が観測されている（図 6(b)(P.122)、6(c)(P.122)）。伊豆・箱根領域を含む神奈川県東部から静岡県西部においても、

地震活動度の活発化は明瞭であり、時間的な減衰は場所により大きく異なるが本研究は第一近似的に本震後の地震活動変化を良く説明している。

また、MeSO-net で観測された初動に基づいて推定したメカニズム解ならびに F-net メカニズム解に対して計算した ΔCFF の時間的な変化を調査した。その結果、本震後のメカニズム解に対する ΔCFF は、本震前に比べて顕著に正に偏っている傾向が認められた。これは ΔCFF による地震トリガリング仮説を支持する。

東北沖地震の断層モデルは、本報告で使用した津波波形インバージョンによるモデル (Satake *et al.*, 2013¹²⁾) のほかに、遠地実体波 (例えば、Ide *et al.*, 2011¹⁴⁾) や強震動データ (例えば、Yoshida *et al.*, 2011¹⁵⁾), GPS 観測 (例えば、Ozawa *et al.*, 2011¹⁶⁾) ならびにこれらのデータのジョイントインバージョン (例えば、Simons *et al.*, 2011¹⁷⁾、Yokota *et al.*, 2011¹⁸⁾) に基づき推定されている。これらのモデルには大きなすべりがあった領域ならびに関東付近におけるすべり量に相違が認められる。また、本報告では見掛け上の摩擦係数として 0.4 を仮定したが、岩石組成、間隙圧等によってこの値は変化することが考えられる。そこで様々な断層モデルに対して見掛け上の摩擦係数を 0.1、0.4 ならびに 0.7 に変化させた場合についても同様に ΔCFF を計算した。その結果、結論は使用する断層モデルや見掛け上の摩擦係数に依らないことが確認された (図 7、P.123)。

本手法は、過去に発生したメカニズムと同様の地震が本震後に発生するという仮定に基づいている。したがって、過去の地震のメカニズム解が決定されていない領域や、過去の地震と異なるメカニズム解の地震が発生した領域に対しては適用が困難である。例えば、茨城県北部から福島県南部にかけて東北沖地震後に浅発地震が活発化したが、この領域では本震前の地震活動度は低かったため、メカニズム解データがほとんどなかった。東北沖地震後には正断層型の地震が多く発生しており、これらを受け手側の断層メカニズム解として計算した ΔCFF はそのほとんどが顕著に正である。したがって、この領域において活発化した地震活動も本震による ΔCFF によって誘発された地震活動であると解釈できる。本手法による大地震後の地震活動度変化の予測精度向上のためには、こういった地震活動が不活発な領域における応力場の詳細な解明が必要であり、長期間にわたって微小地震観測を継続することは重要である。

東北沖地震後の地震活動度変化は、概ね本震による ΔCFF で説明することが可能であるが、以下に挙げる要因も可能性として考えられる。1 つ目の可能性は、地震波の伝播に伴う動的応力変化によるものである。M9.0 の巨大地震によって発生した大振幅の地震波の伝播に同期して、各地でローカルな地震が誘発されたことが報告されており (例えば、Miyazawa, 2011¹⁹⁾; Yukutake *et al.*, 2011²⁰⁾)、特に火山が分布する伊豆や箱根などの地熱地帯では動的応力変化によって効率的に地震活動が誘発された可能性が考えられる。2 つ目は、本震後に発生した大地震やごく近傍で発生した微小地震による応力変化である。対象とした領域あるいはその近傍においては、本震直後に発生した茨城県沖地震 (M7.6)、2011 年 3 月 12 日の新潟・長野県境の地震 (M6.7)、2011 年 3 月 16 日の静岡県東部の地震 (M6.2)、2011 年 4 月 11 日の福島県浜通りの地震 (M7.0) の顕著地震だけでなく、数多くの中規模地震も発生しており、これらの寄与もその近傍においては無視できないと考えられる。3 つ目は流体の寄与である。本震後に観測されている顕著な余効すべりによって深部におけ

る脱水反応が促進され、その流体の移動による間隙圧の上昇により断層運動が促進される可能性もある。実際に東北地方において本震後に活発化した領域の一部は単純な応力変化では説明が困難で、なおかつ流体の移動を想起させる震源の移動が認められるものがある。4 つ目の可能性は余効すべりや粘性による応力変化である。GPS 観測によって本震後に顕著な余効すべりが発生していることが報告されており、銚子沖において約 1.2 m 程度の累積すべり量が推定されている（国土地理院，2012²¹⁾）。これらは、本震直後の地震活動度変化の議論には無視できると考えられるが、本震からの時間が経過するにつれて、その寄与は相対的に増加するものと考えられる。

3) 過去に南関東で発生した大地震の選定と古地震記録等の収集・デジタルデータ化

大地震の長期的な繰り返し挙動やその複雑性を理解するためには、100 年程度に過ぎない近代計器観測のみでは困難が伴う。日本では過去 1000 年以上にわたって古文書記録が残されており、計器観測以前の歴史地震による被害分布ならびにその震源像を解明するためにはこれらの歴史資料の収集と分析が必須である。

南関東では江戸幕府が開府された 17 世紀初頭以降、歴史資料は徐々に増加し、これらに基づき被害分布の解明ならびに震源域の推定等が行われてきた。しかしながら、収集された歴史資料の多くはアナログ媒体のままであり、これらの歴史資料を、検索機能を有する電子データベース化することは今後の歴史地震研究をより推進するための基礎資料として重要である。また、首都圏地震観測網によって観測された近年の地震の震度分布や、その観測データを利用して高解像度で推定された地震波の減衰構造と、歴史資料に基づき推定された震度分布を結び付けることで、歴史地震の震源決定あるいは類型化を実施することができると期待される。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，2011²²⁾）に電子化されている。しかしながら近世史資料のデータベース化はその量が膨大なため、わずかな先行研究に限られる。そこで平成 24 年度は、主に 1600 年以降に南関東およびその周辺で発生した被害地震を対象としてこれらの歴史資料を収集し、デジタルデータ化を実施した。

関東における被害地震は、関東地震の発生前に集中する傾向にあることが指摘されている（例えば、中央防災会議，2004²³⁾）。地震調査委員会(2004)⁷⁾によってその他の南関東で発生する M7 級地震の 30 年確率を算出する根拠となった 5 地震のうち、4 地震（1894 年明治東京地震、1895 年ならびに 1921 年茨城県南部の地震、1922 年浦賀水道付近の地震）は 1923 年大正関東地震の発生前 30 年間に発生しており、これらの被害地震は関東地震発生前の応力場に特徴的である可能性がある。その場合、同様の地震が 1703 年元禄地震前にも発生していた可能性があり、1923 年大正関東地震前の被害地震と対比するために、元禄地震前の被害地震を調査することは重要であると考えられる。

そこで本年度は、江戸時代以降 1703 年元禄地震までに関東とその周辺域において発生した地震を対象として、歴史資料の収集ならびにデジタルデータ化を実施した。史料には地震発生と同時代に作成された信頼性の高いものと、伝聞等に基づいて後世に作成された信頼性の低いものが混在する。そのため史料の信頼性の検討を行い、明治時代以降に作成されたものや、原本が不明なものはデジタルデータ化の対象から除外した。なお、デジタ

ルデータ化の書式として、電子データベースにおいて検索機能が可能な XML 言語を選んだ。調査した史料は『増訂大日本地震史料』（第一巻、第二巻）、『新収日本地震史料』（第二巻、第二巻別巻、補遺、補遺別巻、続補遺、続補遺別巻）、『日本の歴史地震史料』（拾遺、拾遺別巻、拾遺二、拾遺三、拾遺四ノ上）に掲載された史料である。その結果、図 8(P.124)に示す 17 地震を今年度の対象地震とした。各地震に対して掲載されている史料ならびにその頁数を表 1(P.112～113)に示す。なお、地震名については暫定的に宇佐美(2003)²⁴⁾を参考としたが、今後の調査によってより適切な地震名に変更される可能性がある。図 9(P.124)に XML 化準備作業（マーカー引き作業）の一例を、以下に XML データの一例を示す。

ボリューム名：増訂大日本地震史料 第一巻

地震名：慶安二年七月二十五日（一六四九、九、一、）

網文：武藏國地強ク震ヒ、江戸城平川口腰掛、春屋、及ビ雜司谷藥園ノ茶室等破損シ、川崎驛ノ人家百軒潰レタリ、

End of Section

史料名：〔人見私記〕

▼

七月廿五日、辰刻ヨリ甚雨、午ノ下刻地震甚シ、未下刻少地震ス、且雜司谷御藥園御茶屋、依令破損、爲修復、奉行堀惣兵衛、花房又七郎被仰付旨、信綱申渡、次ニ平川口腰掛、並御春屋破損奉行、小笠原久左衛門、中島權右衛門エ被仰付旨、同人申渡ス、且地震ニ付、川崎町屋百間程崩由、夜ニ入伊奈半十郎注進ス、

End of Section

史料名：〔家乗略〕

▼

七月廿五日、午刻地震、

End of Section

史料名：〔御徒方萬年記〕

▼

七月廿五日、晝地震、

End of Section

史料名：〔慶安日記増補〕



七月廿五日、午下刻地震、諸大名根來御番所迄出仕、當番久世三四郎、矢部藤九郎ニ對面シ、退出ス、

End of Section

同廿六日、中根壹岐守○正盛、側衆、ヲ日光へ被遣、御宮地震ニ別條無之哉否ヲ尋サセラル、八朔歸府、御宮無恙由申ス、

End of Section

史料名：〔慶安年録〕



一、雜司ヶ谷御藥園之御茶店、依令破損、爲修復奉行堀宗衛、花房又七郎被仰付之、

End of Section

史料名：〔大猷院實紀〕



○廿五日、○中略今朝大雨、午刻又大地震、よて中根壹岐守正盛に双巖院豪俣をそへて日光山につかはさる、けふの地震により川崎驛の民屋百四五十軒、寺七宇崩頽し、その邊四五村民屋破れ倒れ、人畜毀傷する者多きよし、代官伊奈半十郎忠治より注進す、

End of Section

史料名：〔山鹿素行先生日記〕



七月二十五日、未刻、大地動、

End of Section

4) 1703 年元禄関東地震よりも前の関東地震の履歴解明を目的とした地質試料の再検討ならびに分析

関東地震の発生履歴を解明することは、次の首都直下型地震がいつ活動期を迎えるかを

推測する上でも重要である。現在のところ、(大正型) 関東地震の平均再来間隔は 200~400 年と見積もられているが(地震調査委員会, 2004⁷⁾)、発生が明らかにされている関東地震は 1923 年大正関東地震と 1703 年元禄地震に限られる。元禄の一つ前の関東地震については、歴史資料から 1293 (正応六または永仁元) 年の地震(石橋, 1991²⁵⁾) や、1433 (永享五) 年の地震(石橋, 1994²⁶⁾) などが候補として挙げられている。一方、地形学的調査からは、岩井低地の離水海岸地形から大正型関東地震の発生年代として西暦 1050 年前後が推定されているが(宍倉・他, 2001²⁷⁾)、史料から推定される関東地震の発生年代とは相違が見られていた。

三浦半島に位置する油壺験潮場に残された潮位記録からは、1923 年大正関東地震時に 1.4 m ほど隆起し、大正関東地震発生後、現在に至るまで年間約 3.7 mm の速度で沈降していることが明らかになっている(例えば、加藤・津村, 1979²⁸⁾; Ozawa *et al.*, 1997²⁹⁾)。また三浦半島沿岸では、離水海岸地形の調査から 1923 年関東地震と 1703 年元禄地震の隆起量は同程度であったと推定されている(Matsuda *et al.*, 1978³⁰⁾; 宍倉, 2003³¹⁾)。1923 年大正関東地震と 1703 年元禄地震に伴い、関東沿岸域には 1 m 以上の津波が来襲したことが明らかにされており(羽鳥・他, 1973³²⁾)、関東地震による津波堆積物が地層中に保存されている可能性が高い。

これらの背景から、首都直下地震防災・減災特別プロジェクトにおける「液状化痕等による首都圏の古地震の調査研究」では、元禄地震よりも前の関東地震の履歴解明を目的として神奈川県三浦半島の南西端に位置する小網代湾、ならびに南端に位置する江奈湾において 3 m 長のハンディジオスライサー(中田・島崎, 1997³³⁾; 高田・他, 2002³⁴⁾)ならびに 15 m 長のロングジオスライサー(今泉・他, 1997³⁵⁾)を用いた掘削調査等を実施してきた(例えば、千葉・他, 2011³⁶⁾)。

そのうち、小網代湾の入り江干潟において実施されたハンディジオスライサー掘削調査からは 3 枚の津波堆積物が認定され、上位と中間の津波堆積物はそれぞれ大正関東地震、元禄地震と対応することが明らかになった(Shimazaki *et al.*, 2011³⁷⁾)。また、元禄地震の一つ前の関東地震によるものと考えられる最下位の津波堆積物の堆積年代は、1060-1400AD と推定され、歴史資料による関東地震の候補との対比から、1293 (正応六または永仁元) 年の地震(石橋, 1991²⁵⁾) が一つ前の関東地震であった可能性が示唆された。

上記は、関東地震の発生履歴を解明する上で大変重要な成果である。しかしながら、その他にも被害地震に関する記録が残されているため、歴史資料の収集・整理から 1923 年大正や 1703 年元禄との類似性(地殻変動や津波記述の有無、地震被害の地域性)を精査し、上記の地形・地質学的調査で得られた結果と対比することで、関東地震の候補を再検討する。また、より高い信頼性を以て歴史地震と対比するためには、堆積年代をより正確に推定する必要がある。

そこで本年度は、小網代湾内の 3 カ所において平成 21 年度に実施したロングジオスライサー掘削調査により採取された試料の再検討ならびに分析を行った。東西にならぶ 3 地点のうち、最も西の地点で採取した試料上部の目視観察からは、礫、粗粒砂、貝殻片などからなる粗粒堆積物が認められた。これらの層は、それを挟む上下の主に細粒砂やシルト・粘土から構成される内湾性堆積物とは明瞭に異なる。1 本のジオスライサー試料について

深さ 2 m までの粒径分析(-1.0φ から 4.5φ より細粒まで、0.5φ 刻みで 13 段階のふるい分け)を行った結果、イベント層と考えられる 5 つの粗粒堆積物の層が見いだされた(図 10、P.125)。

これらの津波堆積物を挟むシルト層、あるいは砂混じりのシルト層から採取された木片や合弁二枚貝の ^{14}C 年代からそれぞれの津波堆積物の堆積年代を推定した(図 11、P.125 ; 表 2、P.114~116)。暦年較正には暦年較正プログラム OxCalv4.1 (Bronk Ramsey, 2009³⁸⁾)を使用し、較正データとして陸源試料には Intcal04 (Reimer *et al.*, 2004³⁹⁾)を、海洋起源の試料には Marine04 (Hughen *et al.*, 2004⁴⁰⁾)をそれぞれ用いた。また、三浦半島における標準的な海洋リザーバー効果からの偏差には Shishikura *et al.* (2007)⁴¹⁾の値を用いた。

最上位の粗粒堆積物は海底面のごく直下にある。また上から 2 番目の粗粒堆積物に対応して、別のコアでは手のひら大の亜円礫が水平に堆積していた。その上部にのみ付着したフジツボの年代は 1560-1820AD (2σ、海洋滞留効果および暦年補正值)と求められた。付近の元禄隆起ノッチの穿孔貝の年代(Shishikura *et al.*, 2007⁴¹⁾)と同様の年代を示すことから、元禄津波によって運ばれて堆積した後にフジツボが付着した可能性が考えられる。また、上から 3 番目の層内における合弁貝殻からは 1230-1400AD (図 11(a)、P.125)の放射性炭素年代が、また木片からは 1210-1280AD (図 11(b)、P.125)の放射性炭素年代が得られた。これら 3 層の粗粒堆積物層は、主にその年代から湾奥の干潟で採取された 3 枚の関東地震による津波堆積物と対比される。Shimazaki *et al.* (2011)³⁷⁾では、上から 3 枚目の津波堆積物の堆積年代は 1060-1400AD と推定されていたが、湾内ロングジオスライサー掘削から採取された放射性炭素年代を加えると、その堆積年代は 1210-1400AD となり、1293 (正応六または永仁元)年の鎌倉大地震が元禄以前の関東地震であった可能性を支持する。

しかし津波堆積物は、完全に保存されているわけではなく、堆積環境によって地層内に保存されなかったり、あるいはその後の津波等によって剥削されたりする可能性がある。したがって、関東地震の履歴解明には広範にわたる津波堆積物調査のみならず、地形・地質学的調査が重要である。

静岡県伊東市(宇佐美)の遺跡発掘現場からは、15 世紀のイベント性堆積物が発見され、これは当初 1498 (明応七)年東海地震によるものと考えられてきた(藤原・他, 2007⁴²⁾)。しかしながら、東海地震によって静岡県東岸に大津波が押し寄せるとは考えにくい。近年、歴史資料の再検討から、これは 1498 (明応七)年東海地震の誤記とされてきた 1495 年(明応四年八月十五日)の地震が関東地震であり、これによる津波堆積物である可能性が示唆されている(金子, 2012⁴³⁾)。

1293 (正応六または永仁元)年鎌倉大地震ならびに 1495 (明応四)年の地震が、関東地震であった場合、その発生間隔は、202 年(1293 年の地震と 1495 年の地震間)、208 年(1495 年の地震と 1703 年元禄地震間)、220 年(1703 年元禄地震と 1923 年大正関東地震間)となり、発生間隔のばらつきは小さい。一方で、1293 年の地震が元禄地震の一つ前の関東地震であった場合、元禄地震との発生間隔は 410 年となり、大きなばらつきがあることになる。1495 (明応四)年の地震が関東地震であったのか否かは、上記の観点から非常に重要な課題である。

そこで、本年度は静岡県伊東市宇佐美地区の 4 箇所において径 116 mm のオールコアボ

ーリングを、伊東市伊東地区 A、伊東地区 B の 2 地点 5 箇所において径 90 mm の定方位簡易ボーリング掘削を実施し、地質試料を採取した（図 12(P.126)、図 13(P.127)）。定方位簡易ボーリング掘削には自走型打撃式土壌サンプラー（ロングフェース、ウインチ内臓）を用いた（図 13、P.127）。

宇佐美では標高 8.1 m から掘り始め、うち上部 1.2 m は盛り土であった。盛り土を除くと、コアは有機質のシルト層を主体として、その間に砂層や礫層が繰り返し堆積している（図 14、P.128）。主要なイベント性の砂層や礫層は 9 枚程度（層厚数 cm から最大 80 cm）視認され、薄い砂層を含めるとその数は更に多くなる。これらのうち、最上位のものは付近の遺跡発掘現場から見つかった 15 世紀のイベント性堆積物と非常に類似した堆積学的特徴を有し、分布として広がりを持っていることが確認された。しかしながら、これらのイベント性堆積物が津波や高潮（海起源）であるのか、洪水や土石流（陸起源）であるのかについては堆積相のみからは判断が困難であるため、今後は珪藻分析等を実施して詳細に検討する必要がある。

（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、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。今後は初動だけでなく、P 波と SH 波の振幅比を用いることにより、発震機構解の精度・信頼性をより向上させることができる可能性がある。また、大地震の応力変化によるメカニズム解や地震活動度の変化を表示する方法としてクーロン三角ダイアグラムを提案し、東北沖地震前後の南関東における地震活動度変化に適用した。その結果、東北沖地震後の南関東における地震活動度変化は、大局的に本震による ΔCFF で説明することができることがわかった。本手法の精度向上のためには、MeSO-net によって観測された地震の震源決定や発震機構解の推定を継続し、関東地方における詳細な応力場解明のための基礎データを蓄積することが重要である。

南関東における長期的な地震活動度の変化や歴史地震の震源像の解明の基礎資料として、1600 年以降 1703 年元禄地震までの期間に発生した 17 地震を対象として、歴史資料の収集ならびにデジタルデータ（XML）化を実施した。今後、これらの歴史資料に基づき推定した被害分布（震度分布）と MeSO-net による観測から推定された地震波減衰構造から、近代計器観測に基づいて推定された顕著地震と同様に類型化を試み、1923 年大正関東地震発生前の顕著地震との比較検討を行う。また次年度以降には、1703 年元禄地震以降についても、歴史資料の収集ならびにデジタルデータ化を実施し、今後の歴史地震研究の基礎資料として電子データベース化することを目的とする。

首都直下地震防災・減災特別プロジェクトでは、小網代湾の入り江干潟において実施されたハンディジオスライサー掘削調査から採取された津波堆積物の堆積年代（1060-1400AD）と歴史資料による関東地震の候補との対比から、1293（正応六または永仁元）年の地震が元禄以前の関東地震であった可能性が示唆された（Shimazaki *et al.*, 2011³⁷⁾）。しかしながら、上記の堆積年代には幅があり歴史地震とより高い信頼性を以て対比するためには、堆積年代をより正確に推定する必要がある。そこで本年度は、小網代湾内において実施したロングジオスライサー試料の再検討ならびに分析を行った。

その結果、元禄以前の関東地震によると考えられる、上から3番目の津波堆積物の堆積年代は1210AD以降に堆積したと考えられ、同湾干潟において実施されたハンディジオスライサー調査から推定された元禄より前の関東地震の発生年代(1060-1400 AD)を更に絞り込める可能性が示された。なお、さらに下層にも粗粒なイベント性堆積物が認められており、今後はこれらの堆積年代や粒経分析から関東地震の更なる履歴解明を目指す。

堆積物は堆積環境やその後の剥削によっては保存されない可能性があるため、上記の津波堆積物が元禄の一つ前の関東地震による津波堆積物である保証はない。そのため、関東地震の発生履歴解明には小網代湾以外における津波堆積物調査が必須である。そこで今後は、三浦半島南端に位置する江奈湾におけるハンディジオスライサー掘削調査や静岡県伊東市(宇佐美)において採取した地質試料の分析を実施し、小網代湾における津波堆積物との比較検討を行う。さらに今後は津波堆積物調査のみならず、地形学的調査によって明らかにされた関東地震の痕跡と対比することで、その信頼性が向上していくものと考えられる。

(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, *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol.92, pp.2264-2276, 2002.
- 3) Frohlich, C.: Triangle diagrams: ternary graphs to display similarity and diversity of earthquake focal mechanisms, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, Vol.75, pp.193-198, 1992.
- 4) 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.
- 5) 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, 2011a.
- 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, Japan Earthquake, *Earth Planets and Space*, Vol.63, pp.731-735, 2011b.
- 7) 地震調査委員会: 相模トラフ沿いの地震活動の長期評価, 31pp, 2004.
- 8) 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, 東京大学地震研究所彙報, Vol.84, No.2, pp.149-182, 2009a.
- 9) 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, 東京大学地震研究所彙報, Vol.84, No.2, pp.183-212, 2009b.
- 10) Okada, Y.: Internal deformation due to shear and tensile faults in a half space, *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol.82, pp.1018-1040, 1992.

- 11) Ogata, Y.: Statistical Models for Earthquake Occurrences and Residual Analysis for Point Processes, *Journal of the American Statistical Association*, Vol.83, pp.9-27, 1988.
- 12) Satake, K., Fujii, Y., Harada, T. and Namegaya, Y.: Time and Space Distribution of Coseismic Slip of the 2011 Tohoku Earthquake as Inferred from Tsunami Waveform Data, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 2013 (*in press*).
- 13) 村松正三, 関東東海地殻活動観測研究グループ: 関東・東海地域における最近 20 年間の地震観測結果 (発震機構解) —特別研究「関東・東海地域における地震活動に関する研究」観測成果のまとめ(その 4)—, 防災科学技術研究所研究資料, Vol.224, pp.1-80, 2002.
- 14) Ide, S., A. Baltay, and G. C. Beroza: Shallow Dynamic Overshoot and Energetic Deep Rupture in the 2011 Mw 9.0 Tohoku-Oki Earthquake, *Science*, Vol.332, pp.1426-1429, doi:10.1126/science.1207020, 2011/06., 2011.
- 15) Yoshida, Y., Ueno, H., Muto, D., and Aoki, S.: Source process of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake with the combination of teleseismic and strong motion data, *Earth Planets and Space*, Vol.63, pp.565-569, 2011.
- 16) Ozawa, S., Nishimura, T., Suito, H., Kobayashi, T., Tobita, M., and Imakiire, T.: Coseismic and postseismic slip of the 2011 magnitude-9 Tohoku-Oki earthquake, *Nature*, Vol.475, pp.373-376 doi:10.1038/nature10227, 2011.
- 17) Simons, M., Minson, S. E., Sladen, A., Ortega, F., Jiang, J. L., Owen, S. E., Meng, L. S., Ampuero, J. P., Wei, S. J., Chu, R. S., Helmberger, D. V., Kanamori, H., Hetland, E., Moore, A. W., and Webb, F. H.: The 2011 Magnitude 9.0 Tohoku-Oki earthquake: Mosaicking the megathrust from seconds to centuries. *Science*, Vol.332, pp.1421-1425, 2011.
- 18) 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.
- 19) Miyazawa, M.: Propagation of an earthquake triggering front from the 2011 Tohoku-Oki earthquake, *Geophysical Research Letters*, Vol.38, L23307, doi:10.1029/2011GL049795, 2011.
- 20) Yukutake, Y., Honda, R., Harada, M., Aketagawa, T., Ito, H. and Yoshida, A.: Remotely-triggered seismicity in the Hakone volcano following the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, *Earth Planets and Space*, Vol.63, pp.737-740, 2011.
- 21) 国土地理院: 電子基準点 (GPS 連続観測点) データ解析による地震後の変動と滑り分布モデル (暫定), <http://www.gsi.go.jp/cais/topic110314-index.html>, 2012.
- 22) 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.
- 23) 中央防災会議: 「首都直下地震対策専門委員会 (第 12 回)」, 地震ワーキンググループ (平成 16 年 11 月 17 日) 報告書, 26pp, 2004.
- 24) 宇佐美龍夫: 「最新版・日本被害地震総覧・416-2001」, 東京大学出版会, 605pp, 2003.

- 25) 石橋克彦：1293 年永仁鎌倉地震と相模トラフ巨大地震の再来間隔，地震学会 1991 年秋季大会講演予稿集，pp.251，1991.
- 26) 石橋克彦：大地動乱の時代－地震学者は警告する－，岩波書店，234pp，1994.
- 27) 穴倉正展，原口強，宮内崇裕：房総半島南西部岩井低地の完新世離水海岸地形からみた大正型関東地震の発生年代と再来間隔，地震第 2 輯，Vol.53, No.4, pp.357-372, 2001.
- 28) 加藤照之，津村建四朗：潮位記録から推定される日本の垂直地殻変動（1951～1978），地震研究所彙報，Vol.54, pp.559-628, 1979.
- 29) Ozawa, S., Hashimoto, M. and Tada, T.: Vertical crustal movement in the coastal areas of Japan estimated from tidal observations, Bull. Geogr. Surv. Inst., Vol.43, pp.1-21, 1997.
- 30) Matsuda, T., Ota, Y., Ando, M. and Yonekura, N.: Fault mechanism and recurrence time of major earthquakes in southern Kanto district, Japan, as deduced from coastal terrace data, Geological Society of America Bulletin, Vol.89, pp.1610-1618, 1978.
- 31) 穴倉正展：変動地形からみた相模トラフにおけるプレート間地震サイクル，地震研究所彙報，Vol.78, pp.245-254, 2003.
- 32) 羽鳥徳太郎，相田勇，梶浦欣二郎：南関東周辺における地震津波，関東大地震 50 周年論文集，pp.57-66, 1973.
- 33) 中田高，島崎邦彦：活断層研究のための地層抜き取り装置（Geo-slicer），地学雑誌，Vol.106, pp.59-69, 1997.
- 34) 高田圭太，中田高，宮城豊彦，原口強，西谷義数：沖積層調査のための小型ジオスライサー(Handy Geoslicer)の開発，地質ニュース，Vol.579, pp.12-18, 2002.
- 35) 今泉俊文，原口強，中田高，奥村晃史，東郷正美，池田安隆，佐藤比呂志，島崎邦彦，宮内崇裕，柳博美，石丸恒存：地層抜き取り装置とボーリング調査による糸静線活断層系・神城断層のスリップレートの検討，活断層研究，Vol.16, pp.35-43, 1997.
- 36) 千葉崇，石辺岳男，佐竹健治，島崎邦彦，須貝俊彦，西山昭仁，原田智也，今井健太郎，行谷佑一，上野俊洋：三浦半島江奈湾における関東地震による古水深の変化と津波堆積物，日本地球惑星科学連合 2011 年度連合大会講演予稿集，SS032-P26, 2011.
- 37) Shimazaki, K., Kim, H., Chiba, T. and Satake, K.: Geological Evidence of Recurrent Great Kanto Earthquakes at the Miura Peninsula, Japan, Journal of Geophysical Research, Vol.116, B12408, doi:10.1029/2011JB008639, 2011.
- 38) Bronk Ramsey, C.: Bayesian analysis of radiocarbon dates, Radiocarbon, Vol.51, pp.337-360, 2009.
- 39) Reimer, P.J., Baillie, M.G.L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Bertrand, C.J.H., Blackwell, P.G., Buck, C.E., Burr, G.S., Cutler, K.B., Damon, P.E., Edwards, R.L., Fairbanks, R.G., Friedrich, M., Guilderson, T.P., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kromer, B., McCormac, G., Manning, S., Ramsey, C.B., Reimer, R.W., Remmele, S., Southon, J.R., Stuiver, M., Talamo, S., Taylor, F.W., van der Plicht, J., Weyhenmeyer, C. E.: IntCal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0–26 cal kyr BP, Radiocarbon, Vol.46, pp.1029-1058, 2004.
- 40) Hughen, K.A., Baillie, M.G.L., Bard, E., Beck, J.W., Bertrand, C.J.H., Blackwell, P.G., Buck, C.E., Burr, G.S., Cutler, K.B., Damon, P.E., Edwards, R.L., Fairbanks, R.G., Friedrich, M.,

Guilderson, T.P., Kromer, B., McCormac, G., Manning, S., Ramsey, C.B., Reimer, P.J., Reimer, R.W., Remmele, S., Southon, J.R., Stuiver, M., Talamo, S., Taylor, F.W., van der Plicht, J., Weyhenmeyer, C. E.: Marine04 marine radiocarbon age calibration, 0–26 cal kyr BP. Radiocarbon, Vol.46, pp.1059-1086, 2004.

- 41) Shishikura, M., Echigo, T. and Kaneda, H.: Marine reservoir correction for the Pacific coast of central Japan using ^{14}C ages of marine mollusks uplifted during historical earthquakes, Quaternary Research, Vol.67, pp.286-291, 2007.
- 42) 藤原治, 平川一臣, 金子浩之, 杉山宏生: 静岡県伊東市北部の宇佐美遺跡に見られる津波(?) イベント堆積物, 津波工学研究報告, Vol.24, pp.77-83, 2007.
- 43) 金子浩之: 宇佐美遺跡検出の津波堆積物と明応四年地震・津波の再評価, 伊東の今・昔ー伊東市史研究, Vol.10, pp.102-124, 2012.

(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
クーロン三角ダイアグラムと統計解析から見た2011年東北地方太平洋沖地震後の東北・関東地方における地震活動（口頭）	石辺岳男・ 酒井慎一・ 島崎邦彦・ 佐竹健治・ 鶴岡 弘	第3回研究集会"地震活動の評価に基づく地震発生予測システム - 東北地方太平洋沖地震前後の地震発生予測-"（東京大学地震研究所）	2012年7月13日	国内
Change in seismicity rate after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake（口頭）	Ishibe, T., K. Shimazaki, K. Satake, and H. Tsuruoka	AOGS-AGU (WPGM) Joint assembly (Resorts World Convention Centre, Singapore)	2012年8月17日	国際
三浦半島江奈湾で採取された過去4000年間の津波堆積物（口頭）	千葉 崇・ 石辺岳男・ 佐竹健治・ 島崎邦彦・ 須貝俊彦・ 西山昭仁・ 原田智也・ 今井健太郎・ 行谷佑一・ 上野俊洋	第29回歴史地震研究会（横浜開港資料館, 神奈川県横浜市中区）	2012年9月14日	国内

2011年東北地方太平洋沖地震後の南関東における地震活動と歴史地震の震源域への影響（口頭）	石辺岳男・ 酒井慎一・ 島崎邦彦・ 佐竹健治・ 鶴岡 弘	第29回歴史地震研究会（横浜開港資料館，神奈川県横浜市中区）	2012年9月14日	国内
2011 年東北地方太平洋沖地震による関東地方における地震活動度変化（口頭）	石辺岳男・ 酒井慎一・ 島崎邦彦・ 佐竹健治・ 鶴岡 弘・ 中川茂樹・ 平田直	日本地震学会2012年秋季大会（函館市民会館・函館市民体育館，北海道函館市）	2012 年 10 月 19日	国内
Abrupt changes in seismicity rate in Kanto region after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake（ポスター）	Ishibe, T., S. Sakai, K. Shimazaki, K. Satake, H. Tsuruoka, S. Nakagawa, and N. Hirata	International Workshop of Special Project for Reducing Vulnerability for Urban Mega Earthquake Disasters (Sendai, Miyagi Prefecture, Japan)	2012 年 10 月 30日	国際
Time and Space Distribution of Coseismic Slip of the 2011 Tohoku Earthquake as Inferred from Tsunami Waveform Data（口頭）	Satake, K., Y. Fujii, T. Harada, and Y. Namegaya	International Workshop of Special Project for Reducing Vulnerability for Urban Mega Earthquake Disasters (Sendai, Miyagi Prefecture, Japan)	2012 年 10 月 30日	国際
Tsunami deposits due to the Kanto earthquakes during the last 4000 years in Ena Bay, south coast of Miura Peninsula（ポスター）	Chiba, T., T. Ishibe, K. Satake, K. Shimazaki, T. Sugai, A. Nishiyama, T. Harada, K. Imai, Y. Namegaya, and T. Ueno	International Symposium on Emerging issues after the 2011 Tohoku Earthquake (University of Tsukuba, Ibaraki, Japan)	2012 年 11 月 27日	国際

Correlation between changes in seismicity rate and the Coulomb stress changes imparted by the 2011 Tohoku-oki Earthquake in Tokyo Metropolitan area (ポスター)	Ishibe, T., S. Sakai, K. Shimazaki, K. Satake, H. Tsuruoka, S. Nakagawa, and N. Hirata	International Symposium on Emerging issues after the 2011 Tohoku Earthquake (University of Tsukuba, Ibaraki, Japan)	2012 年 11 月 27 日	国際
Statistical analysis of seismicity rate change in the Tokyo Metropolitan area due to the 2011 Tohoku Earthquake (ポスター)	Ishibe, T., S. Sakai, K. Shimazaki, K. Satake, H. Tsuruoka, S. Nakagawa, and N. Hirata	AGU fall meeting 2012 (San Francisco, California, USA)	2012 年 12 月 3 日	国際
関東で発生した大地震の解明にむけて(口頭)	石辺岳男・佐竹健治	地震研究所共同利用研究集会「首都圏地震観測網 (MeSO-net) を使った地震活動・プレート構造の研究」	2013 年 1 月 24 日	国内
Seismicity rate changes in Tohoku and Kanto regions after the 2011 Tohoku-oki earthquake (ポスター)	Ishibe, T., K. Satake, S. Sakai, K. Shimazaki, H. Tsuruoka, S. Nakagawa, and N. Hirata	Workshop IGP-ERI Imaging and Monitoring Active Subduction Zones and Volcanoes II (東京大学地震研究所)	2013 年 3 月 11 日	国際

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
1885 年以降に南関東で発生した M7 級地震の類型化	石辺岳男・室谷智子・佐竹健治・島崎邦彦・中川茂樹・酒井慎一・	地震予知連絡会会報88巻	2012 年 9 月	国内

	平田 直・ 西山昭仁			
--	---------------	--	--	--

マスコミ等における報道・掲載

報道・掲載された成果 (記事タイトル)	対応者氏名	報道・掲載機関 (新聞名・TV名)	発表時期	国際・国内の別
活動期はいつ始まるのか (特集首都直下地震)	石辺岳男・ 藤原 治	日経サイエンス 2013年4月号	2013年2月	国内

(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25年度業務計画案

前年度に引き続き、(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。1885年以降に南関東で発生した大地震の波形記録や検測値等の収集、整理を行う。過去に南関東で発生した歴史地震に関する古地震記録を収集し、デジタルデータ化を実施する。津波堆積物や離水段丘面等の地形・地質学的調査、液状化痕や歴史資料の再検討ならびに既往研究の整理に基づき、関東地震の発生履歴の推定を進める。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。

表 1 17-18 世紀に関東地方において発生した歴史地震に関する既刊地震史料集の頁数

1) 1615 年 6 月 26 日（慶長二十年六月一日）の江戸地震

史料集	頁範囲	頁数
『増訂大日本地震史料』（第一巻）	711	0.6
『新収日本地震史料』（続補遺）	48	0.1
『日本の歴史地震史料』（拾遺）	30	0.6

計：1.3 頁

2) 1630 年 8 月 2 日（寛永七年六月二十四日）の江戸地震

史料集	頁範囲	頁数
『増訂大日本地震史料』（第一巻）	730—731	1.2
『新収日本地震史料』（第二巻）	119—120	0.6
『新収日本地震史料』（補遺）	107	0.1

計：1.9 頁

3) 1633 年 3 月 1 日（寛永十年一月二十一日）の小田原地震

史料集	頁範囲	頁数
『増訂大日本地震史料』（第一巻）	737—743	5.3
『新収日本地震史料』（第二巻）	121—127	5.5
『新収日本地震史料』（補遺）	108	0.4
『新収日本地震史料』（続補遺）	54—55	0.4
『日本の歴史地震史料』（拾遺）	31—32	1.7

計：13.3 頁

4) 1635 年 3 月 12 日（寛永十二年一月二十三日）の江戸地震

史料集	頁範囲	頁数
『増訂大日本地震史料』（第一巻）	745—746	1.3
『新収日本地震史料』（第二巻）	129	0.4
『新収日本地震史料』（補遺）	109	0.2

計：1.9 頁

5) 1647 年 6 月 16 日（正保四年五月十四日）の江戸・小田原地震

史料集	頁範囲	頁数
『増訂大日本地震史料』（第一巻）	777—783	6.4
『新収日本地震史料』（第二巻）	154—158	4.2
『新収日本地震史料』（補遺）	114—116	1.6
『新収日本地震史料』（続補遺）	59	0.4
『日本の歴史地震史料』（拾遺）	34	0.1

計：12.7 頁

6) 1648 年 6 月 13 日（慶安元年四月二十二日）の小田原地震

史料集	頁範囲	頁数
『増訂大日本地震史料』（第一巻）	787—788	1.0
『新収日本地震史料』（第二巻）	162—163	1.2
『新収日本地震史料』（補遺）	117	0.2
『新収日本地震史料』（続補遺）	61	0.4
『日本の歴史地震史料』（拾遺）	35	0.3

計：3.1 頁

7) 1649 年 7 月 30 日（慶安二年六月二十一日）の川越地震

史料集	頁範囲	頁数
『増訂大日本地震史料』（第一巻）	791—797	6.0
『新収日本地震史料』（第二巻）	167—177	10.0
『新収日本地震史料』（補遺）	119—128	10.0
『新収日本地震史料』（続補遺）	62—63	1.0
『日本の歴史地震史料』（拾遺）	35—36	0.7
『日本の歴史地震史料』（拾遺四ノ上）	35	0.2

計：27.9 頁

8) 1649 年 9 月 1 日（慶安二年七月二十五日）の川崎地震

史料集	頁範囲	頁数
『増訂大日本地震史料』（第一巻）	797—798	1.1
『新収日本地震史料』（第二巻）	178	0.7
『新収日本地震史料』（補遺）	129—130	1.7
『新収日本地震史料』（続補遺）	63	0.4
『日本の歴史地震史料』（拾遺）	36—37	0.7

計：4.6 頁

9) 1650 年 4 月 24 日（慶安三年三月二十四日）の日光地震

史料集	頁範囲	頁数
『増訂大日本地震史料』（第一巻）	800—801	1.2
『新収日本地震史料』（第二巻）	179—180	0.6
『新収日本地震史料』（補遺）	131	0.5
『新収日本地震史料』（続補遺）	63	0.3
『日本の歴史地震史料』（拾遺）	37	0.1

計：2.7 頁

10) 1659 年 4 月 21 日（万治二年二月三十日）の岩代・下野地震

史料集	頁範囲	頁数
『増訂大日本地震史料』（第一巻）	809－810	0.4
『新収日本地震史料』（第二巻）	198－200	2.4
『新収日本地震史料』（補遺）	139	0.8
『新収日本地震史料』（続補遺）	68	0.3
『日本の歴史地震史料』（拾遺）	39－47	8.6

計：12.5 頁

11) 1670 年 7 月 21 日（寛文十年六月五日）の相模地震

史料集	頁範囲	頁数
『増訂大日本地震史料』（第一巻）	865	0.4
『新収日本地震史料』（第二巻）	336	0.1

計：0.5 頁

12) 1677 年 11 月 4 日（延宝五年十月四日）の房総沖地震

史料集	頁範囲	頁数
『増訂大日本地震史料』（第一巻）	880－884	3.9
『新収日本地震史料』（第二巻）	384－388	3.9
『新収日本地震史料』（補遺）	231－233	2.6
『新収日本地震史料』（続補遺）	121	0.6
『日本の歴史地震史料』（拾遺）	63	0.6

計：11.6 頁

13) 1683 年 6 月 17 日（天和三年五月二十三日）の日光地震

史料集	頁範囲	頁数
『増訂大日本地震史料』（第一巻）	893	0.1
『新収日本地震史料』（第二巻）	414－424	9.5
『新収日本地震史料』（補遺）	249－257	8.7
『新収日本地震史料』（続補遺）	124－125	1.0
『日本の歴史地震史料』（拾遺）	68－69	0.9
『日本の歴史地震史料』（拾遺三）	93	0.5

計：20.7 頁

14) 1683 年 6 月 18 日（天和三年五月二十四日）の日光地震

史料集	頁範囲	頁数
『増訂大日本地震史料』（第一巻）	893－897	3.9

『新収日本地震史料』（第二巻）	424	0.1
-----------------	-----	-----

計：4.0 頁

15) 1683 年 10 月 20 日（天和三年九月一日）の日光地震

史料集	頁範囲	頁数
『増訂大日本地震史料』（第一巻）	898－899	1.5
『新収日本地震史料』（第二巻）	425－430	4.9
『新収日本地震史料』（補遺）	258－263	4.3
『新収日本地震史料』（続補遺）	125	0.4
『日本の歴史地震史料』（拾遺）	69－73	4.0
『日本の歴史地震史料』（拾遺三）	94	0.4

計：15.5 頁

16) 1697 年 11 月 25 日（元禄十年十月十二日）の江戸・鎌倉地震

史料集	頁範囲	頁数
『増訂大日本地震史料』（第二巻）	19－20	0.8
『新収日本地震史料』（第二巻）	508－510	1.5
『新収日本地震史料』（補遺）	302－304	2.3
『日本の歴史地震史料』（拾遺）	82	0.3
『日本の歴史地震史料』（拾遺三）	98	0.1
『日本の歴史地震史料』（拾遺四ノ上）	60	0.2

計：5.2 頁

17) 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

史料集	頁範囲	頁数
『増訂大日本地震史料』（第二巻）	35－74	39.4
『新収日本地震史料』（第二巻別巻）	1－290	289.4
『新収日本地震史料』（補遺別巻）	1－141	141.0
『新収日本地震史料』（続補遺別巻）	1－27	26.5
『日本の歴史地震史料』（拾遺別巻）	1－42	42.0
『日本の歴史地震史料』（拾遺二）	84－85	1.4
『日本の歴史地震史料』（拾遺三）	99－135	36.5
『日本の歴史地震史料』（拾遺四ノ上）	62－84	22.8

計：599.0 頁

合計 738.4 頁

表 2 小網代湾ロングジオスライサーから採取された試料の放射性炭素年代

No.	Site	depth (m)	Material	Conventional age (yBP)	Calendar year (1 σ)	Calendar year (2 σ)
1	1S	0.75-0.80	<i>acorn barnacle</i>	705 $\pm$ 29	1628AD-1801AD	1561AD - 1816AD
2	1S	0.84	<i>wood</i>	802 $\pm$ 31	1219AD - 1261AD	1179AD - 1275AD
3	1S	1.22	<i>wood</i>	872 $\pm$ 32	1058AD - 1217AD	1043AD - 1252AD
4	1S	1.22-1.23	<i>gamopetalous clam</i>	1,169 $\pm$ 28	1260AD - 1336AD	1227AD - 1397AD
5	1S	1.32	<i>wood</i>	785 $\pm$ 29	1225AD - 1265AD	1209AD - 1280AD
6	1S	1.47	<i>wood</i>	1,184 $\pm$ 32	781AD - 887AD	723AD - 963AD
7	1S	1.64	<i>wood</i>	1,379 $\pm$ 33	635AD - 671AD	600AD - 688AD
8	1S	1.72	<i>wood</i>	1,528 $\pm$ 30	441AD - 584AD	432AD - 602AD
9	1S	2.11	<i>wood</i>	1,459 $\pm$ 24	585AD - 636AD	562AD - 646AD
10	1S	2.57	<i>wood</i>	911 $\pm$ 32	1044AD - 1164AD	1033AD - 1208AD
11	1S	2.77	<i>wood</i>	1,723 $\pm$ 36	256AD - 382AD	240AD - 404AD
12	1S	3.23	<i>wood</i>	2,538 $\pm$ 35	793BC - 571BC	801BC - 540BC
13	1S	3.43-3.48	<i>wood</i>	3,493 $\pm$ 36	1880BC - 1769BC	1916BC - 1696BC
14	1S	3.45-3.50	<i>wood</i>	3,522 $\pm$ 40	1908BC - 1773BC	1954BC - 1742BC
15	1S	3.54-3.56	<i>wood</i>	3,853 $\pm$ 39	2455BC - 2211BC	2462BC - 2205BC
16	1S	3.67-3.70	<i>(carbonized) wood</i>	3,566 $\pm$ 37	1973BC - 1834BC	2025BC - 1775BC
17	1S	3.69	<i>wood</i>	3,638 $\pm$ 38	2114BC - 1945BC	2135BC - 1901BC
18	1S	3.82	<i>wood</i>	3,897 $\pm$ 39	2465BC - 2341BC	2476BC - 2212BC
19	1S	4.06-4.07	<i>(carbonized) wood</i>	3,999 $\pm$ 34	2567BC - 2476BC	2618BC - 2463BC
20	1W	0.18	<i>wood</i>	248 $\pm$ 20	1644AD - 1664AD	1637AD - 1953AD
21	1W	0.64	<i>wood</i>	739 $\pm$ 22	1265AD - 1281AD	1228AD - 1290AD
22	1W	0.71	<i>wood</i>	794 $\pm$ 22	1225AD - 1259AD	1215AD - 1272AD
23	1W	0.86-0.88	<i>wood</i>	896 $\pm$ 35	1048AD - 1207AD	1039AD - 1215AD
24	1W	0.98-1.00	<i>wood</i>	1,202 $\pm$ 37	778AD - 879AD	690AD - 942AD
25	1W	1.10	<i>wood</i>	1,155 $\pm$ 23	784AD - 950AD	780 AD - 969AD

26	1W	1.22-1.24	wood	1,285 $\pm$ 37	674AD - 770AD	656AD - 856AD
27	1W	1.36	wood	1,314 $\pm$ 38	660AD - 766AD	650AD - 775AD
28	1W	1.41-1.42	wood	1,388 $\pm$ 38	621AD - 666AD	579AD - 688AD
29	1W	1.48	wood	1,320 $\pm$ 26	659AD - 763AD	653AD - 770AD
30	1W	1.89-1.90	(carbonized) wood	1,708 $\pm$ 35	259AD - 390AD	250AD - 410AD
31	1W	2.10	wood	1,962 $\pm$ 24	18AD - 70AD	40BC - 85AD
32	1W	2.17	wood	1,665 $\pm$ 24	351AD - 417AD	262AD - 429AD
33	1W	2.25	wood	1,564 $\pm$ 33	434AD - 540AD	420AD - 567AD
34	1W	2.81	wood	1,986 $\pm$ 35	37BC - 54AD	88BC - 115AD
35	1W	2.90-2.91	wood	1,914 $\pm$ 38	33AD - 130 AD	3AD - 214AD
36	1W	3.08-3.14	<i>Phacosoma japonicum</i>	2,697 $\pm$ 35	398BC - 260BC	476BC - 196BC
37	1W	3.17-3.19	wood	2,246 $\pm$ 34	385BC - 231BC	393BC - 206BC
38	1W	3.48	wood (blanch)	3,277 $\pm$ 39	1609BC - 1507BC	1663BC - 1452BC
39	1W	3.75-3.77	wood	4,450 $\pm$ 40	3324BC - 3024BC	3339BC - 2932BC
40	2S	1.43	wood	840 $\pm$ 31	1165AD - 1225AD	1057AD - 1265AD
41	2S	1.62	<i>gamopetalous clam</i>	1,068 $\pm$ 32	1334AD - 1415AD	1304AD - 1445AD
42	2S	1.80	<i>Phacosoma japonicum</i> or <i>Dosinia corrugata</i>	1,188 $\pm$ 31	1246AD - 1322AD	1202AD - 1389AD
43	2S	1.82	wood	981 $\pm$ 33	1017AD - 1149AD	992AD - 1155AD
44	2S	1.86	<i>gamopetalous clam</i>	1,239 $\pm$ 31	1211AD - 1293AD	1148AD - 1322AD
45	2S	2.58	<i>gamopetalous clam</i>	1,568 $\pm$ 32	864AD - 986AD	798AD - 1023AD
46	2S	2.85	<i>acorn barnacle</i>	1,983 $\pm$ 34	444AD - 562AD	390AD - 625AD
47	2S	2.92	<i>gamopetalous clam</i>	1,908 $\pm$ 32	541AD - 650AD	463AD - 671AD
48	2S	2.98	<i>acorn barnacle</i>	3,908 $\pm$ 36	1891BC - 1750BC	1965BC - 1683BC
49	2S	3.05	wood	2,463 $\pm$ 33	752BC - 511BC	759BC - 414BC
50	2S	3.28	<i>acorn barnacle</i>	2,521 $\pm$ 33	191BC - 53BC	304BC - 4AD
51	2N	1.00	wood	724 $\pm$ 34	1261AD - 1292AD	1224AD - 1382AD
52	2N	1.23	wood	965 $\pm$ 34	1022AD - 1151AD	1015AD - 1160AD
53	2N	1.28	<i>gamopetalous clam</i>	697 $\pm$ 34	1641AD - 1803AD	1554AD - 1828AD

54	2N	2.13	wood	1,073 $\pm$ 33	900AD - 1016AD	894AD - 1020AD
55	2N	2.34	<i>gamopetalous clam</i>	1,581 $\pm$ 33	842AD - 970AD	785AD - 1015AD
56	2N	3.01	wood	2,168 $\pm$ 33	353BC - 172BC	363BC - 112BC
57	3S	0.96-0.99	<i>gamopetalous clam</i>	937 $\pm$ 30	1436AD - 1501AD	1398AD - 1555AD
58	3S	1.22-1.24	wood	1,250 $\pm$ 34	686AD - 804AD	676AD - 870AD
59	3S	2.07	charcoal	2,012 $\pm$ 32	46BC - 25AD	98BC - 68AD
60	3S	2.28	wood	2,517 $\pm$ 25	772BC - 566BC	790BC - 541BC
61	3S	2.43	wood	2,249 $\pm$ 34	387BC - 232BC	394BC - 206BC
62	3S	3.14	wood	3,095 $\pm$ 33	1418BC - 1316BC	1435BC - 1271BC
63	3S	3.60	wood	3,885 $\pm$ 32	2457BC - 2341BC	2470BC - 2236BC
64	3S	3.95	wood	4,207 $\pm$ 36	2890BC - 2705BC	2902BC - 2672BC
65	3S	4.22	wood	3,931 $\pm$ 36	2477BC - 2347BC	2563BC - 2298BC
66	3S	4.49	wood	4,363 $\pm$ 35	3013BC - 2919BC	3090BC - 2902BC
67	3S	4.73	wood	4,490 $\pm$ 31	3332BC - 3101BC	3349BC - 3036BC
68	3N	1.95-1.98	wood	2,221 $\pm$ 33	364BC - 209BC	382BC - 203BC
69	3N	2.17-2.19	<i>oyster</i>	4,541 $\pm$ 36	2819BC - 2611BC	2851BC - 2555BC
70	3N	3.45-3.47	wood	3,820 $\pm$ 37	2338BC - 2201BC	2458BC - 2142BC
71	3N	3.77	wood	3,950 $\pm$ 34	2563BC - 2351BC	2570BC - 2341BC
72	3N	4.12	wood	4,162 $\pm$ 40	2873BC - 2678BC	2884BC - 2623BC
73	3N	4.85-4.90	<i>Patinopecten albicans</i>	5,253 $\pm$ 38	3631BC - 3527BC	3697BC - 3477BC
74	3N	5.05-5.10	<i>oyster</i>	5,453 $\pm$ 39	3877BC - 3716BC	3926BC - 3666BC
75	3N	5.47-5.50	wood	5,694 $\pm$ 41	4581BC - 4461BC	4682BC - 4452BC
76	3N	5.88	wood (nut)	6,123 $\pm$ 40	5206BC - 4991BC	5210BC - 4956BC

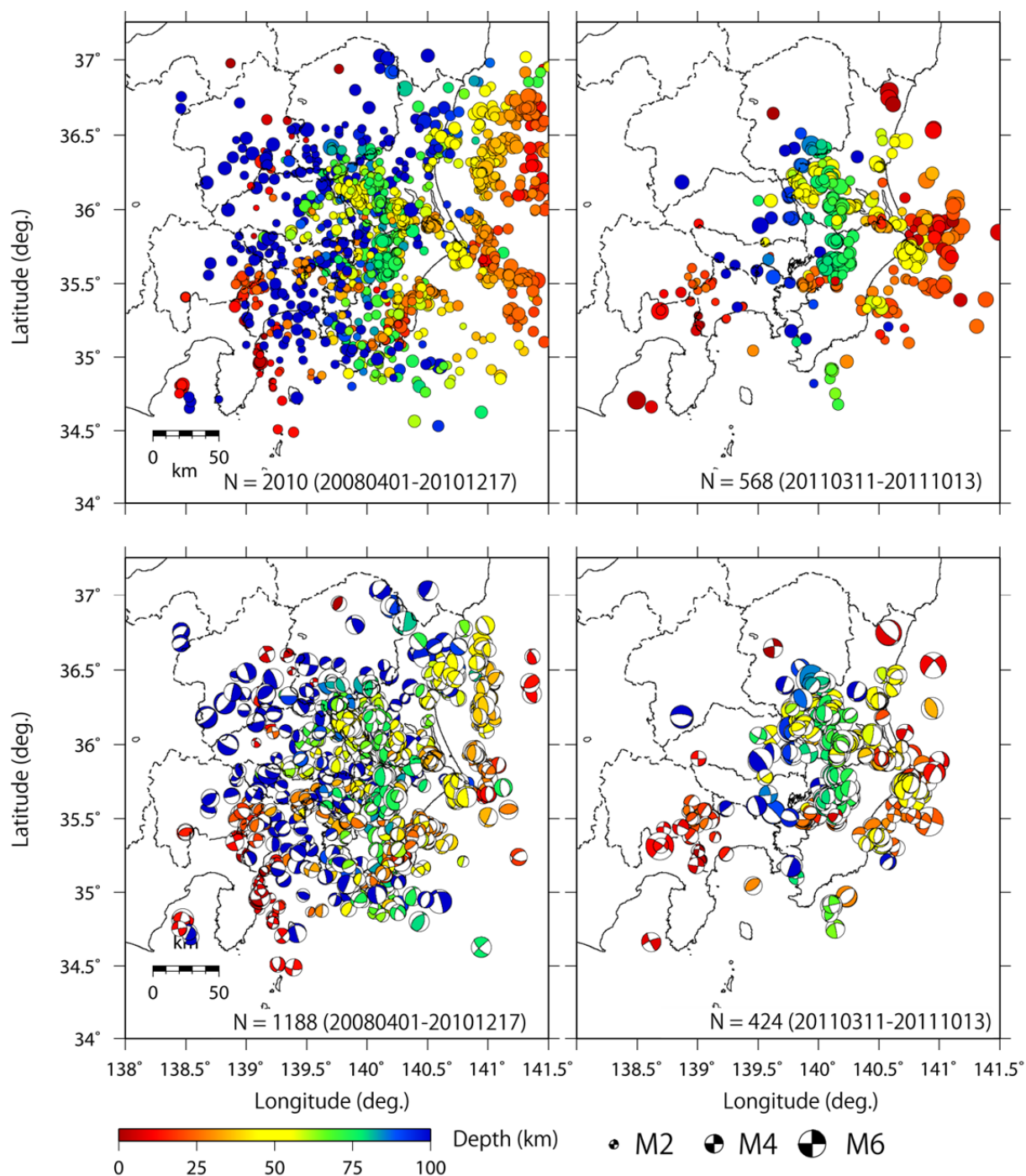


図 1 首都直下地震観測網を用いて推定された地震の震源分布（上）ならびに発震機構解（下）。左は東北沖地震前（2008 年 4 月 1 日～2010 年 12 月 18 日）、右は地震後（2011 年 3 月 11 日～2011 年 10 月 13 日）の期間。

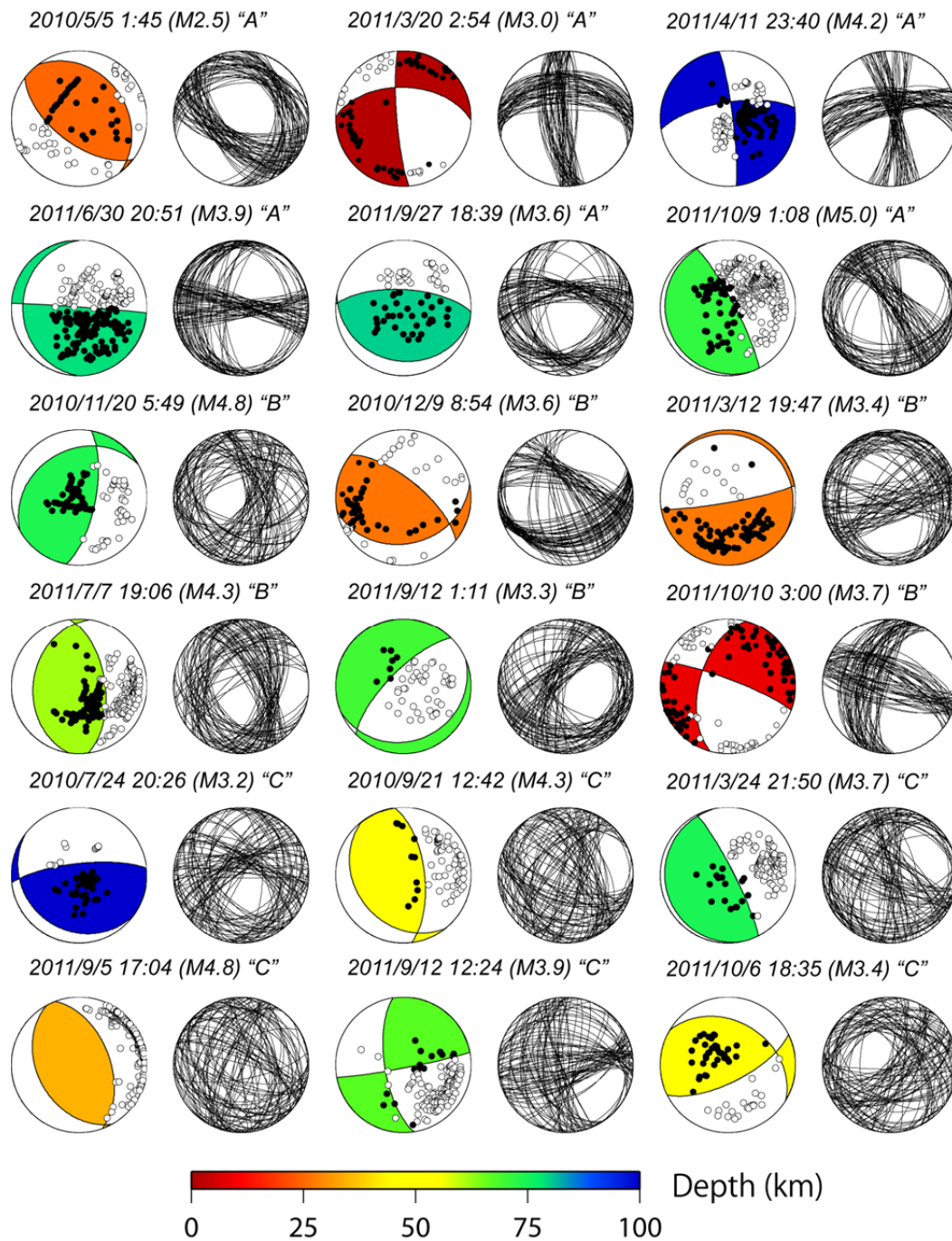


図2 決定された発震機構解（左）ならびに acceptable な発進機構解（右）の例。●は初動が押し、○は引きの観測点を表す。押しの領域の色は震源の深さを表す。A ランクからC ランクに向かって推定精度は低くなる。

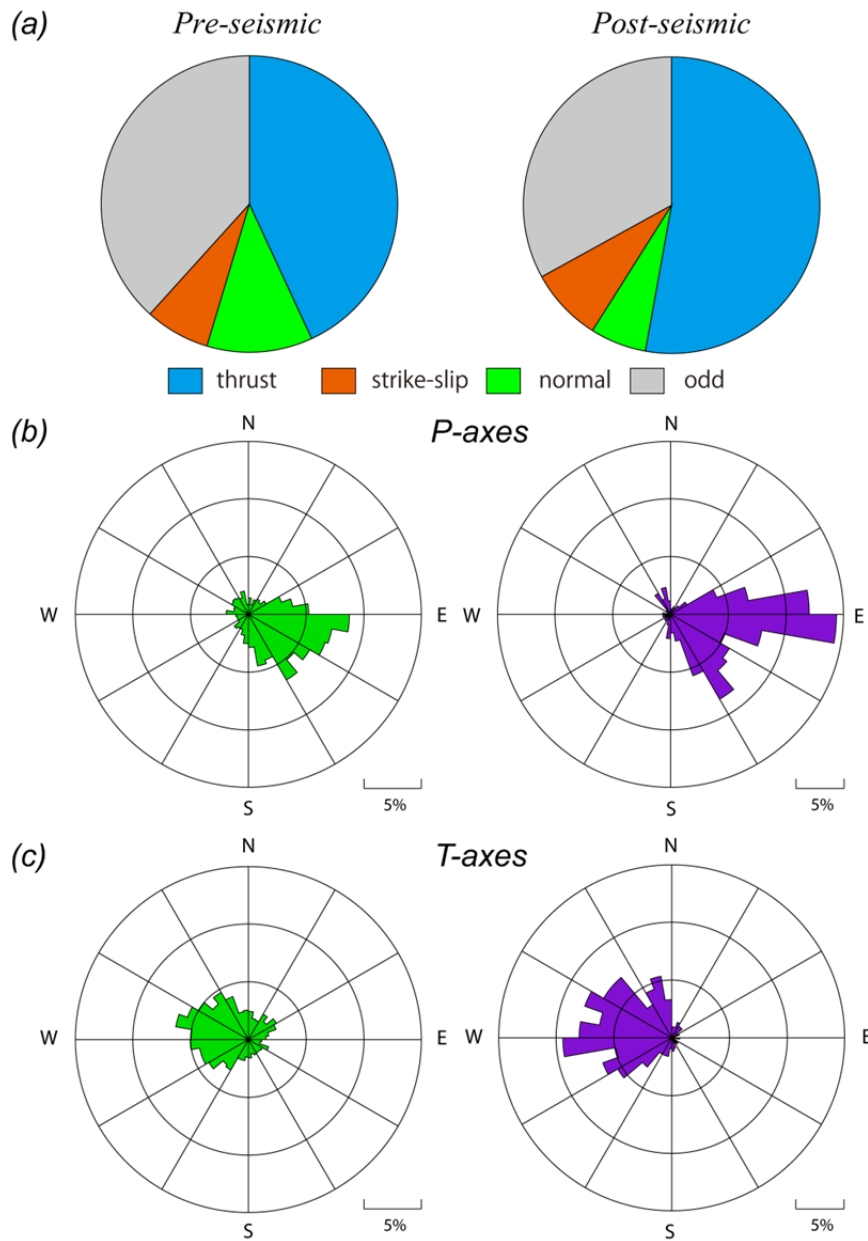


図3 (a) (左) 2011年東北沖地震前(2008年4月1日~2010年12月18日)の発震機構解の分類(Frohlich, 1992³⁾による(右)地震後(2011年3月11日~2011年10月13日)の発震機構解の分類。(b) (左) 東北沖地震前のP軸の方位分布。(右) 地震後のP軸の方位分布。(c) (左) 東北沖地震前のT軸の方位分布。(右) 地震後のT軸の方位分布。

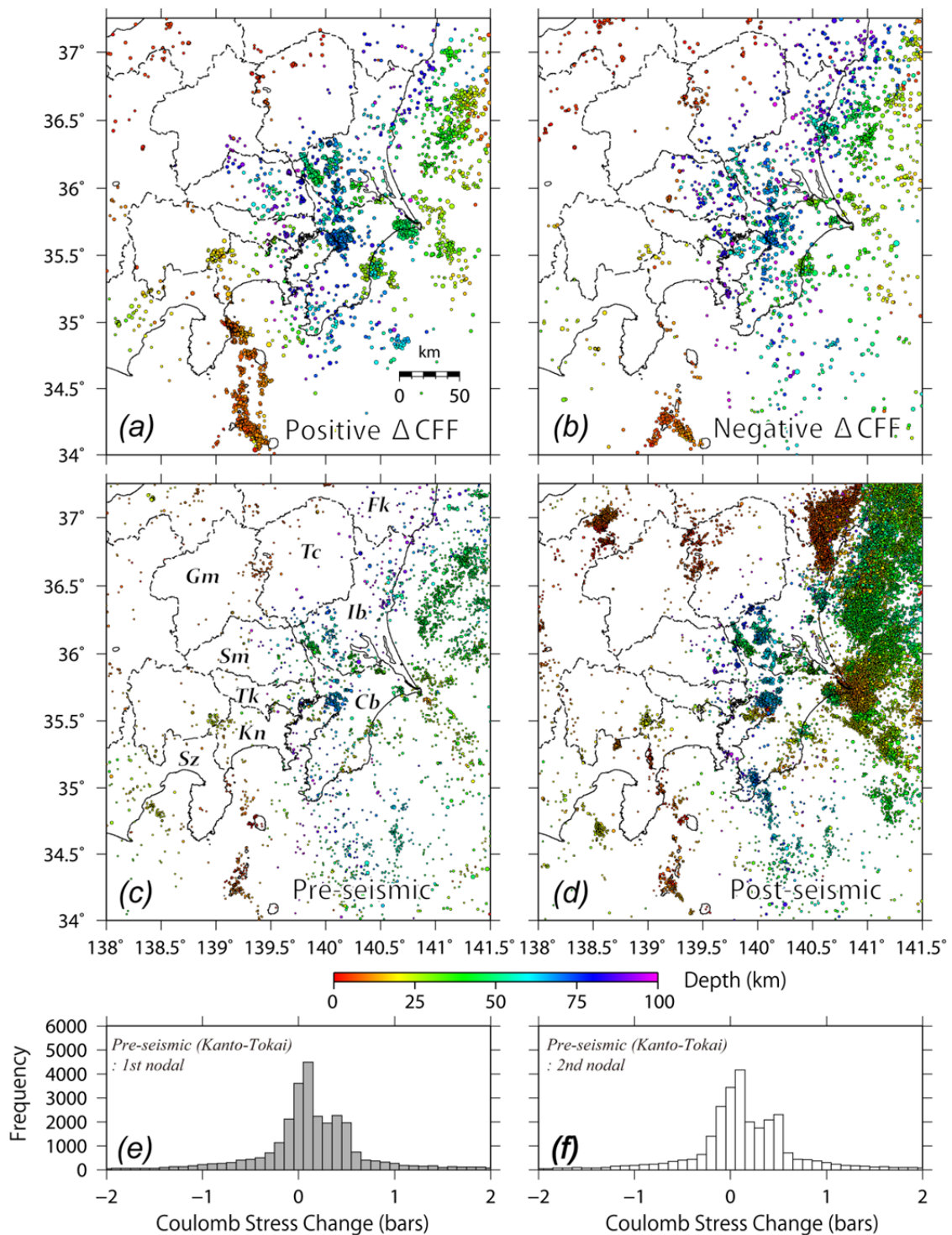


図 4 (a)関東・東海地殻活動観測網によって決定された発震機構解（防災科学技術研究所による；第 1 節面）を受け手側の断層メカニズム解として計算した ΔCFF が 0.1bar 以上増加した発震機構解の分布。色は深さを表す。(b) 0.1bar 以上減少した発震機構解の分布。(c) 東北地方太平洋沖地震前（左；2010 年 3 月 1 日～2011 年 3 月 10 日、 $M \geq 1.5$ 、深さ 100 km 以浅）、(d)地震後（右；2011 年 3 月 11 日～2012 年 2 月 29 日、 $M \geq 1.5$ 、深さ 100 km 以浅）の震源分布（気象庁一元化震源カタログによる）。(e)第 1 節面、(f)第 2 節面を受け手側の断層メカニズム解として計算した ΔCFF のヒストグラム。

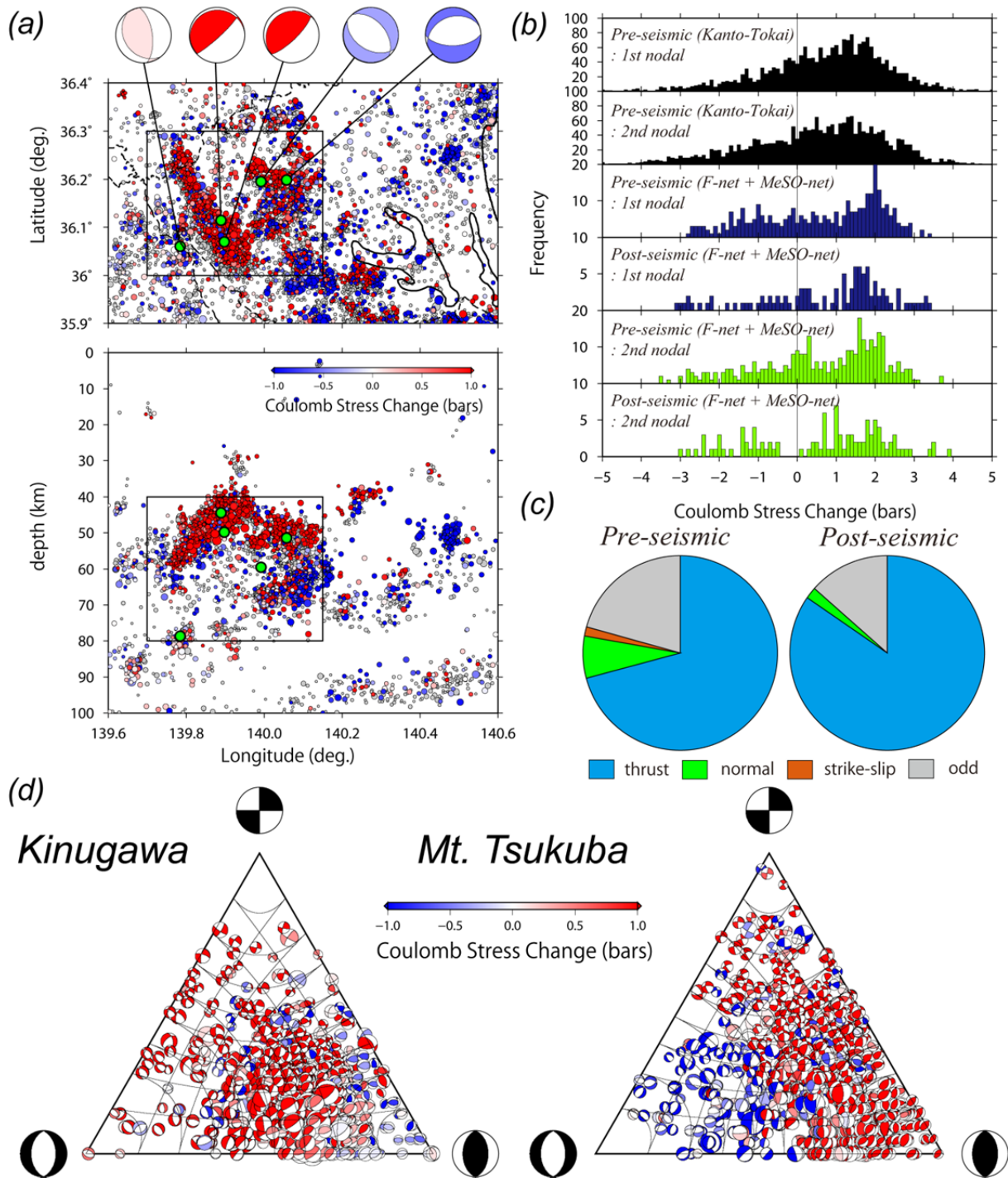


図5 (a) 関東・東海地殻活動観測網によって決定された発震機構解（防災科学技術研究所による；第1節面）を受け手側の断層メカニズム解として計算された ΔCFF の分布。色は ΔCFF を表す。(b) 関東・東海地殻活動観測網、F-netならびにMeSO-netによって決定された発震機構解に対する ΔCFF のヒストグラム。(c) (左) 東北沖地震前、(右) 地震後の発震機構解の割合（分類はFrohlich, 1992³⁾による）。(d) (左) 鬼怒川沿い、(右) 筑波山下の地震クラスターに対するクーロン三角ダイアグラム。押しの領域の色は計算された ΔCFF を表す。

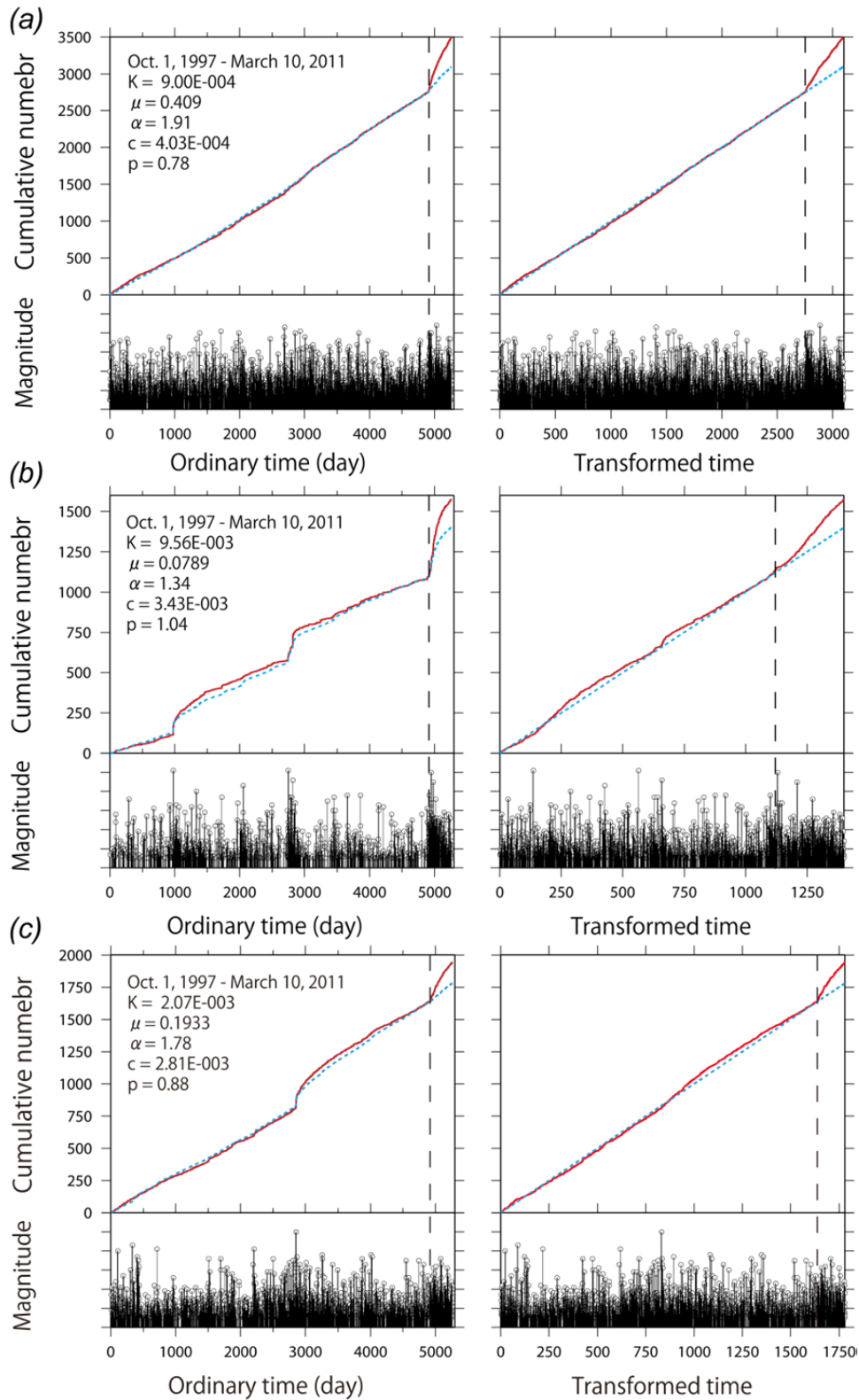


図 6 (a) 茨城県南西部、(b) 千葉県北東部、(c) 千葉県北西部における 1997 年 10 月以降の地震の累積個数 (赤実線) と ETAS モデルによる理論度数 (青破線) の時間変化。黒破線は東北沖地震の発生時を表す。左は通常時間、右は理論度数が傾き 1 の直線になるように時間軸を変換した場合の結果。

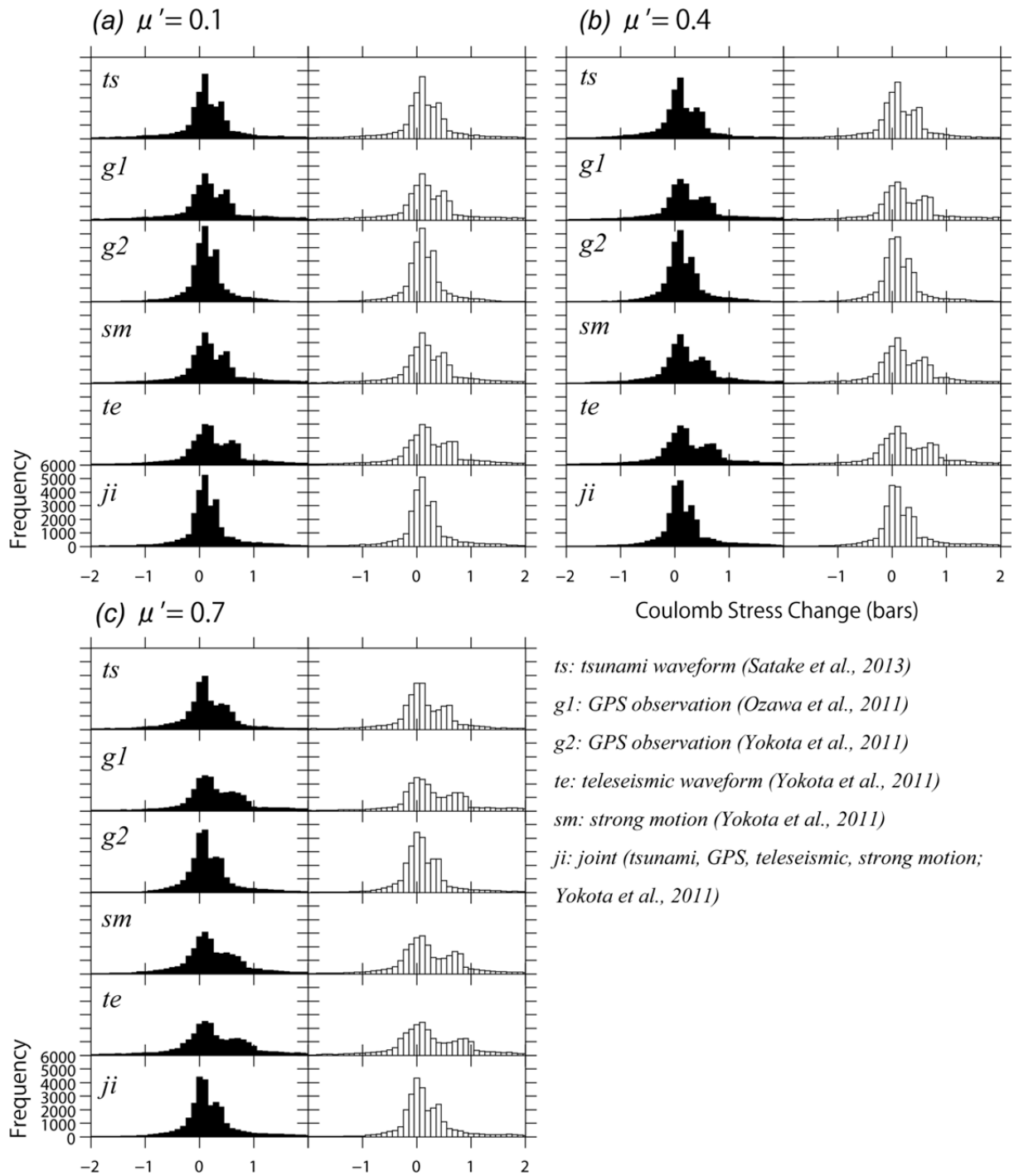
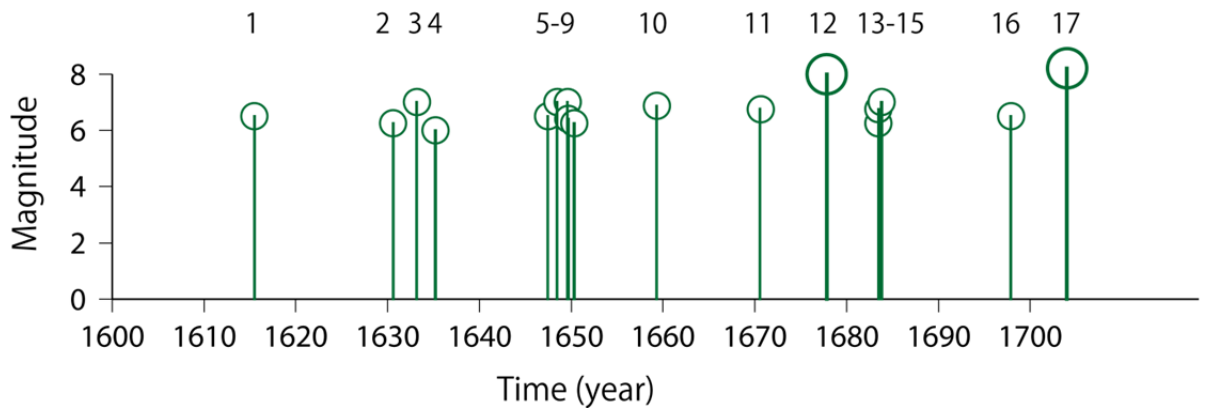


図 7 (a) 見掛け上の摩擦係数 0.1、(b) 見掛け上の摩擦係数 0.4、(c) 見掛け上の摩擦係数 0.7 に仮定した場合の様々な断層モデルによる関東地方における ΔCFF のヒストグラム。黒は第 1 節面に対する結果を、白は第 2 節面に対する結果を表す。



- 1) 1615年6月26日（慶長二十年六月一日）の江戸地震
- 2) 1630年8月2日（寛永七年六月二十四日）の江戸地震
- 3) 1633年3月1日（寛永十年一月二十一日）の小田原地震
- 4) 1635年12月12日（寛永十二年一月二十三日）の江戸地震
- 5) 1647年6月16日（正保四年五月十四日）の江戸・小田原地震
- 6) 1648年6月13日（慶安元年四月二十二日）の小田原地震
- 7) 1649年7月30日（慶安二年六月二十一日）の川越地震
- 8) 1649年9月1日（慶安二年七月二十五日）の川崎地震
- 9) 1650年4月24日（慶安三年三月二十四日）の日光地震
- 10) 1659年4月21日（万治二年二月三十日）の岩代・下野地震
- 11) 1670年7月21日（寛文十年六月五日）の相模地震
- 12) 1677年11月4日（延宝五年十月四日）の房総沖地震
- 13) 1683年6月17日（天和三年五月二十三日）の日光地震
- 14) 1683年6月18日（天和三年五月二十四日）の日光地震
- 15) 1683年10月20日（天和三年九月一日）の日光地震
- 16) 1697年11月25日（元禄十年十月十二日）の江戸・鎌倉地震
- 17) 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

図8 1600年以降1703年元禄地震までに関東及びその周辺で発生した顕著地震。マグニチュードは宇佐美（2003）²⁴⁾による。

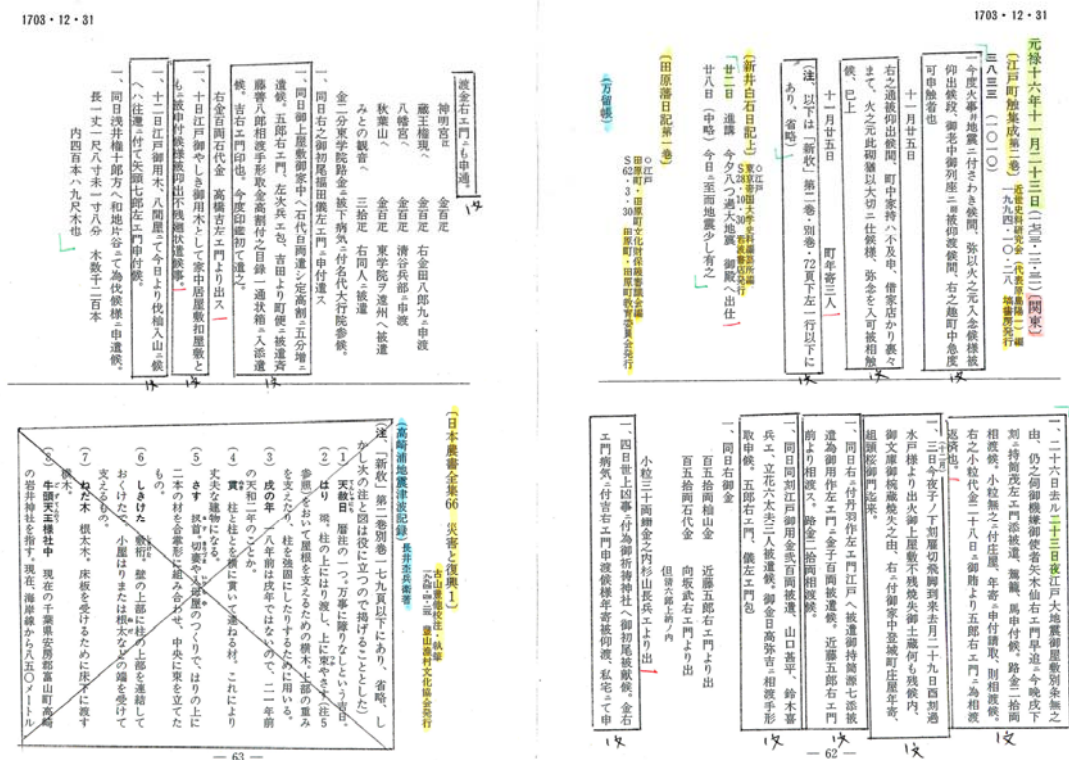


図9 マーカー引きされた1703年元禄地震に関する歴史資料の一部（宇佐美龍夫編「日本の歴史地震史料」拾遺四ノ上に加筆）。

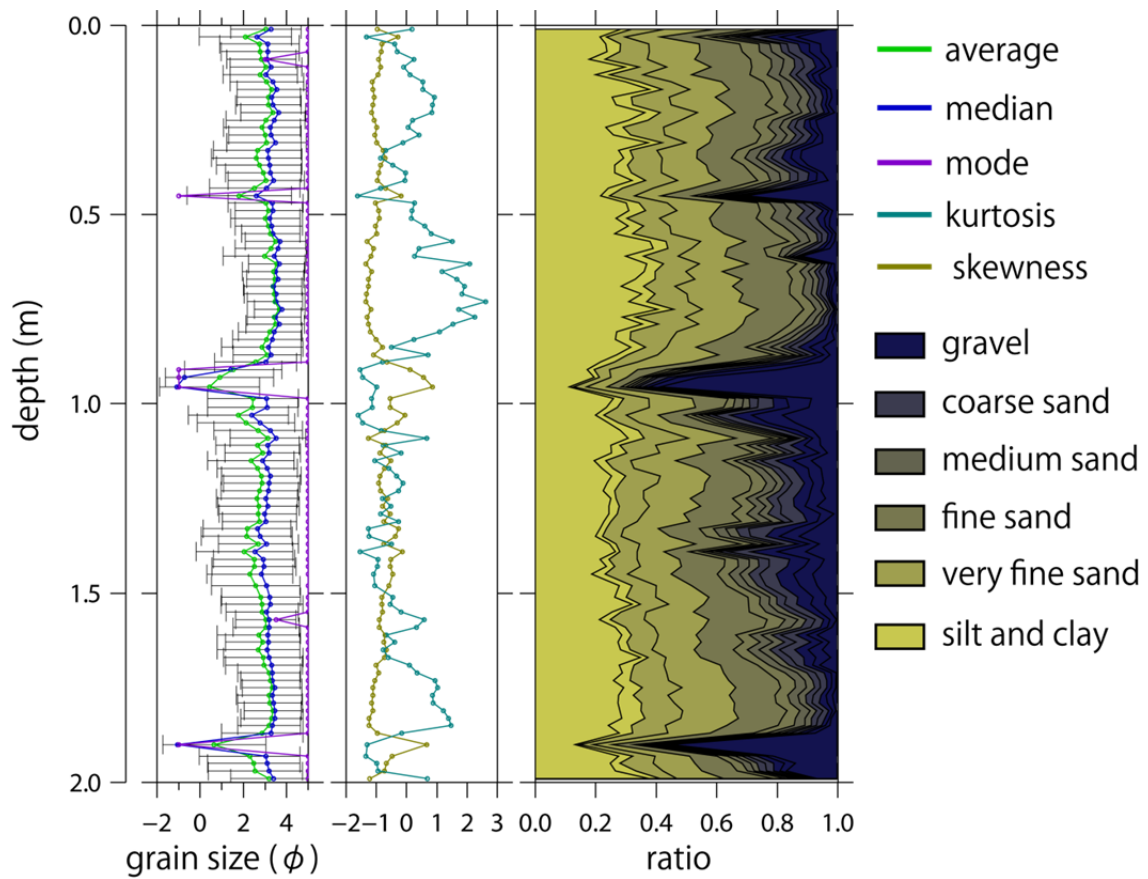


図 10 神奈川県三浦半島小網代湾におけるロングジオスライサー試料（コア 1-W）において実施した粒経分析結果。

(a) 1S_122-123 (*gamopetalous clam*)

(b) 1S_132 (*wood*)

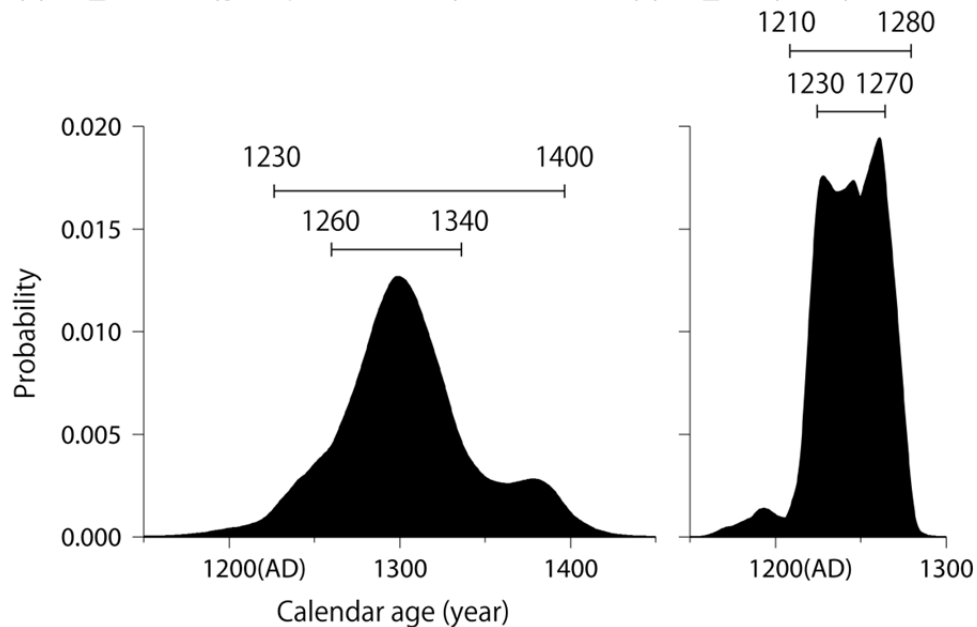


図 11 コア 1S の堆積物中から採取された合弁二枚貝（左）、木片（右）の放射性炭素年代（暦年較正済み）。下のバーは 1σ の年代範囲を、上のバーは 2σ の年代範囲をそれぞれ表す。



図 12 静岡県伊東市（宇佐美地区ならびに伊東地区 A・B）におけるボーリング掘削調査地点。

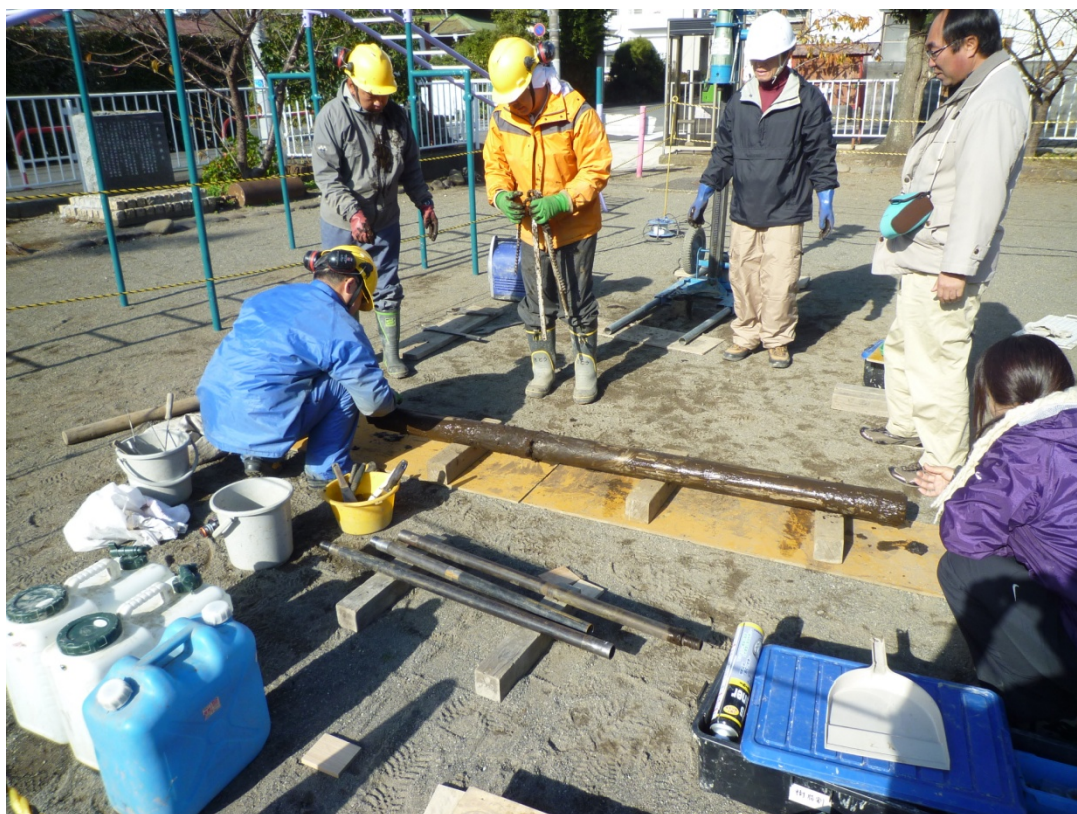


図 13 静岡県伊東市伊東地区 B（本郷公園）における自走型打撃式土壌サンプラー（ロングフェース、ウインチ内蔵）を用いた定方位簡易ボーリング掘削風景。

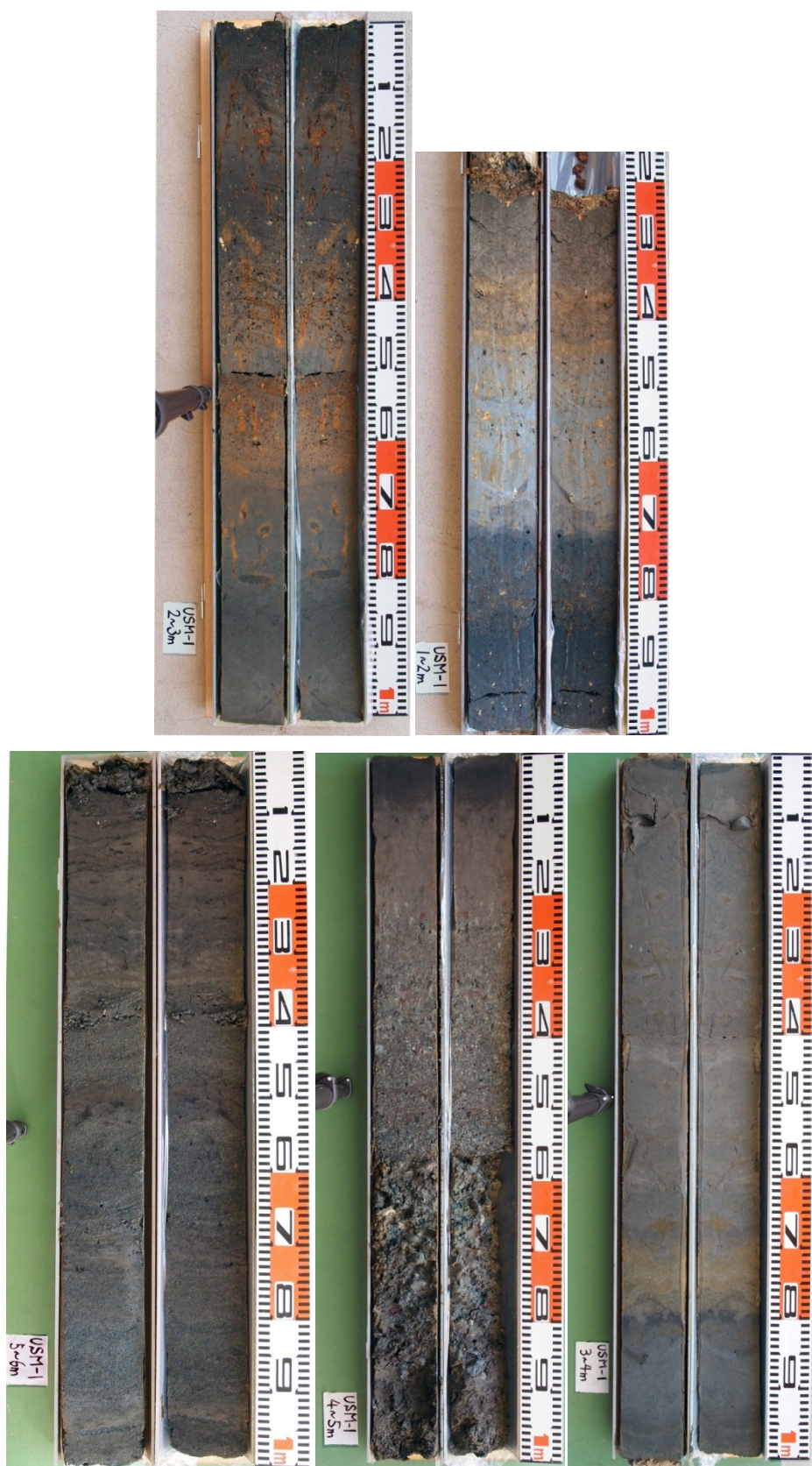


図 14 静岡県伊東市宇佐美におけるボーリング掘削調査により採取された地質試料（上部 1.2 m の盛り土部分は除く）。