

原子力施設の耐震安全性に係る新たな科学的・技術的知見の  
継続的な収集および評価への反映等のための取組に基づく報告について  
(平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震に係る新知見情報の報告)

原子力施設の耐震安全性に係る新たな科学的・技術的知見の継続的な収集に関する平成22年度分の報告については平成23年4月28日に報告し、また、その情報の収集及び選定の詳細については同年6月30日に報告している。しかし、3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に係る知見については、4月28日の報告段階では、知見の反映として緊急安全対策等を講じているところであり、今後明らかになる内容を検討・整理した上で、反映すべき新知見については適宜対応するとしていた。

その後、東北地方太平洋沖地震に関する文献等については、各種学会等で報告され、議論・検討がなされている状況である。東北地方太平洋沖地震では福島第一原子力発電所及び福島第二原子力発電所が被災したことを踏まえ、このような学会等の情報について速やかに取りまとめ、その状況等について報告することが重要との認識から、今般、東北地方太平洋沖地震に係る文献等について概ね7月末日までに公知とされたものを収集・分析し、新知見情報を取りまとめた結果を報告する。

なお、東北地方太平洋沖地震に関する文献等の収集・分析、並びに新知見情報の取りまとめにつきましては、今後も引き続き継続的に実施し、今年度の新知見については、平成24年4月末日までに報告を行うこととする。

## 1. 本報告における新知見情報について

従来の新知見情報の選定方法(添付1)は、実務的に耐震設計等(津波安全性評価を含む)に反映すべき確立された情報を抽出するものとなっている。しかしながら東北地方太平洋沖地震に関しては、科学的・技術的知見として確立されるべく、現在も各種議論・検討がなされている状況である。

このような状況を踏まえ、本報告では、東北地方太平洋沖地震に係る文献等を収集・分析した結果から得られる「将来、耐震設計等への反映が必要となる可能性が高い事象」を特に新知見情報と位置付け、以下のとおり取りまとめた。

なお、東北地方太平洋沖地震に係わる一連の事象に係る情報については、継続的に動向を注視し、科学的・技術的知見として耐震設計等への反映が可能となった段階で、速やかに新知見情報として整理する。

## 2. 東北地方太平洋沖地震に係る新知見情報の整理結果

### 【新知見情報①】東日本太平洋沖における巨大連動型地震

東北地方太平洋沖地震について、地震調査研究推進本部では、「今回の地震の震源域は、岩手県沖から茨城県沖までの広範囲に渡っていると考えられる。地震調査委員会では、宮城県沖・その東の三陸沖南部海溝寄りから南の茨城県沖までの個別の領域

については地震動や津波について評価していたが、これら全ての領域が連動して発生する地震については想定外であった」としている。

また、中央防災会議（東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会）の中間とりまとめでは、「過去数百年間の地震の発生履歴からは想定することができなかったマグニチュード9.0の規模の巨大地震が複数の領域で発生したことが主な原因である」としている。

これらのように、これまで東日本太平洋沖においては、宮城県沖、福島県沖、茨城県沖および日本海溝沿いのそれぞれの震源域が個別に活動することは想定されていたが、これらが連動した地震とそれに伴う津波の発生は想定されていなかった。

これらのことから、地震動評価および津波評価に関連する新知見情報として「東日本太平洋沖における巨大連動型地震」を選定した。

#### 【新知見情報②】東北地方太平洋沖地震の影響によって発生した新たな地震

岡田（2011）等は、東北地方太平洋沖地震により、東日本の広範囲に地殻変動が生じ、それに伴いひずみや応力場が変化した可能性を指摘している。こうした東北地方太平洋沖地震の影響を受け、スラブ内地震として平成23年4月7日宮城県沖の地震が、内陸地殻内地震として4月11日福島県浜通りの地震が発生したほか、内陸地殻内の地震活動が活発化した地域が認められる。

特に、従来、圧縮応力場の地域と考えられていた東北地方では、正断層型地震は発生しにくいと考えられていたが、4月11日福島県浜通りの地震は正断層型とされており、井戸沢断層および湯ノ岳断層の活動が報告されている。

これらのことから、断層評価および地震動評価に関連する新知見情報として「東北地方太平洋沖地震の影響によって発生した新たな地震」を選定した。

### 3. 選定した新知見情報に関連する内容を含む文献

平成23年7月31日以前に公開された文献を収集対象とした。収集対象とした学協会、大会報告等の範囲を添付2に示す。上記で新知見情報として選定した事象に関連する内容を含む文献の数は以下のとおりであり、そのリストは添付3のとおりである。

表 新知見情報に関連する内容を含む文献数

新知見情報	文献数
東日本太平洋沖における巨大連動型地震	33件
東北地方太平洋沖地震の影響によって発生した新たな地震	43件

#### 4. 選定した新知見情報についての今後の情報収集等について

上記で新知見情報として選定した事象については、現段階では各種議論・検討がなされているものであることから、今後も継続的にこれらに係る知見の動向を注視し、必要に応じて原子力発電所の耐震安全性向上の取組みに反映していく。

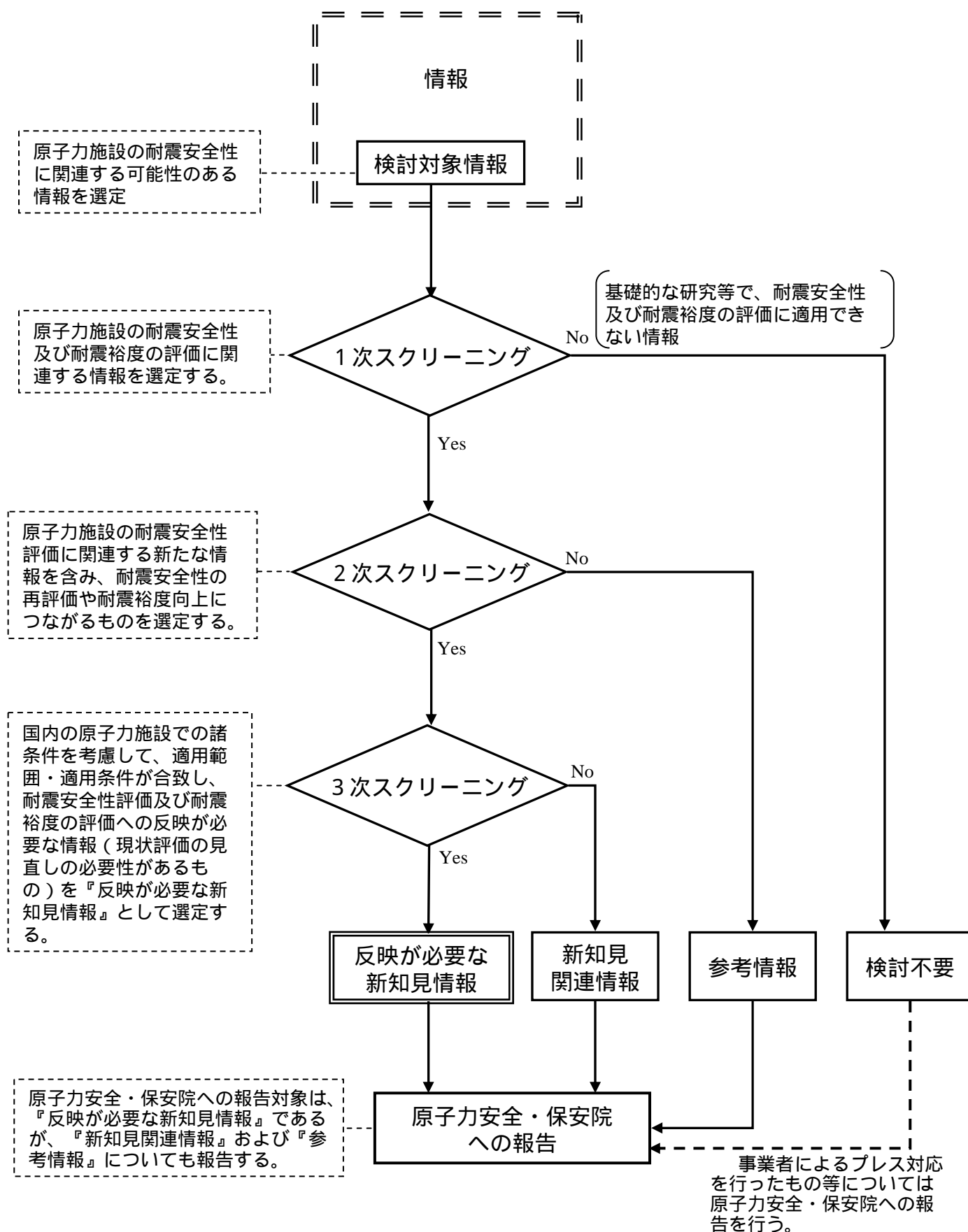
以 上

#### 【添付資料】

添付1：原子力施設の耐震性に関する知見の整理フロー

添付2：耐震安全性に係る情報の主な収集対象について

添付3：文献リスト一覧



原子力施設の耐震性に関する知見の整理フロー

耐震安全性に係る情報の主な収集対象について

国の機関等の報告

- ・地震調査研究推進本部
- ・中央防災会議
- ・地震予知連絡会
- ・国土技術政策総合研究所
- ・産業総合技術研究所
- ・防災科学技術研究所
- ・海上保安庁
- ・国土地理院
- ・気象庁

他

学協会等の大会報告・論文

- ・日本建築学会
- ・土木学会
- ・活断層学会
- ・日本地質学会
- ・日本地震学会
- ・日本原子力学会
- ・地盤工学会
- ・日本コンクリート工学会
- ・日本地球惑星科学連合

他

雑誌等の刊行物

- ・地球
- ・科学

他

海外情報等

- ・SSA ( Seismological Society of America )
- ・Nature
- ・Science

他

その他

- ・大学ホームページ等

No.	分野	著者名	表題	文献誌名	要旨
1	津波	林豊・対馬弘晃・平田賢治・木村一洋・前田憲二	沖合津波観測点からの津波逆伝播で推定した2011年東北地方太平洋沖地震の津波波源域	日本地球惑星科学連合2011年大会予稿集	本発表では、2011年東北地方太平洋沖地震地に観測機器によって捉えられた津波の時刻歴を使って、この巨大地震による津波波源を決定するとともに、波源域がどの系列の繰り返し地震の領域を含むかを述べる。得られた津波波源域は幅約 $2 \times 10^2$ km、長さ約 $5.5 \times 10^2$ kmの領域であり、この波源域には以下の繰り返し地震発生域を含んでいる。三陸沖北部、三陸沖中部、三陸沖南部海溝寄り、宮城県沖、福島県沖、茨城県沖、三陸沖北部から房総沖の海溝寄りで過去に津波地震が発生している領域の中央部分。三陸沖北部の半分、房総沖の海溝寄りには波源域に含まれていない。
2	津波	藤井雄士郎・佐竹健治・酒井慎一・篠原雅尚・金沢敏彦	2011年東北地方太平洋沖地震の津波波源	日本地球惑星科学連合2011年大会予稿集	津波波形インバージョンにより、2011年東北地方太平洋沖地震の津波波源を推定した。その結果、大きな津波波源は海溝軸付近にあり、三陸沖と宮城沖の深いプレート間タイプの断層も滑ったことがわかった。浅い領域のすべりは1896年三陸津波地震と似ており、また、三陸沖と宮城沖の震央付近にある10m以上のプレート間すべりは869年貞観地震の断層モデルに類似している。推定された地震モーメントは $M_w=8.9$ である。
3	津波	上野俊洋・佐竹健治・酒井慎一・篠原雅尚・金沢敏彦	津波の逆伝播から推定される2011年東北地方太平洋沖地震の津波波源	日本地球惑星科学連合2011年大会予稿集	津波逆伝播の手法を用いて2011年東北地方太平洋沖地震( $M9.0$ )の津波波源を調べた。その結果、波源は、南北に約400kmの長さで海溝付近まで広がっていることが分かった。さらに短周期の特徴的な波の波源を推定するために、この波の立ち上がりと終わりの時刻からそれぞれ逆伝播を行った。その結果この短周期の津波波源は、宮城県沖合の海溝軸付近に位置することが分かった。
4	津波	森 信人	津波合同調査の全体概要とその解析結果	東北地方太平洋沖地震津波に関する合同調査報告会予稿集	合同調査の概略と調査データの初期解析結果について概説する。東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループは、津波工学、海岸工学、地球物理関係研究者が多数参加の上で全国的な大規模津波痕跡調査を実施した。最終的に48研究機関、148名の研究者が参加した。気象庁、地方整備局、青森県・岩手県土整備部、宮城県・福島県土木部からのデータ提供を受けた。7月初旬までに測量されたデータは5000点を超える。三陸沖では痕跡高が20mを超える地域が南北290km以上にわたる。痕跡高が10mを超える地域については約425kmであり、青森県から茨城県にまたがる。最高40.4mの観測最大の遡上高が観測されている。釜石港湾奥での津波高・痕跡高は大槌湾等隣接する類似の湾形状を持つ地域より小さく、湾口津波防潮堤の影響によると考えられる。
5	津波	佐竹健治・酒井慎一・篠原雅尚・金沢敏彦・藤井雄士郎	津波波形からみた東北地方太平洋沖地震の津波波源	東北地方太平洋沖地震津波に関する合同調査報告会予稿集	津波波形インバージョンによる津波波源モデルを紹介する。すべり量が2m以上である断層の長さは合計350 kmとなった。日本海溝付近の最大40 m以上という大きなすべり領域は、1896年明治三陸沖地震とよく似ている。一方で三陸南部沖・宮城県沖のプレート深部でも10~30m程度の大きなすべりが得られた。さらに、福島県沖で約10m、茨城沖で最大3mのすべりが推定されている。プレート境界のすべりは、869年貞観地震とよく似ている。海溝付近とプレート境界深部のすべりに分けて津波波形を計算したところ、釜石沖の海底水圧計やGPS波浪計で観測された最初の水位上昇は貞観型の、やや遅れた急激な水位上昇は明治三陸型の波源で発生したことがわかった。
6	津波	前田拓人, 古村孝志, 酒井慎一, 篠原雅尚	2011年太平洋沖地震で観測された顕著な海底津波記録とその解釈	東京大学地震研究所第892回 談話会発表資料	三陸沖海底ケーブル津波計により通常の記録とは異なる特徴的な海底津波波形（高周波地震波＋緩やかな上昇のステージA, 急峻なピークを有するステージB）を観測した。これは断層直上観測のデータであり、断層すべりの空間分布に非常に強い拘束を与えうる。観測波形の予備的な解析から、①三陸沖中部の破壊はない。②三陸沖中部海溝沿いの滑りはあったとしても小さい。③宮城県はるか沖にきわめて強い津波波源域（断層滑り?）、といった特徴が抽出できた。

新知見情報①「東日本太平洋沖における巨大連動型地震」に関連する内容を含む文献リスト (2/7)

No.	分野	著者名	表題	文献誌名	要旨
7	津波	谷岡勇市郎	2011年3月11日東北地方太平洋沖地震 (M9.0)について 4. 津波波形解析結果	地震火山研究観測センターHP	<p>2011年東北太平洋沖地震の津波波形およびGPSデータの同時インバージョン解析結果</p> <p>津波波形としては、海底津波計、GPS津波計、検潮記録を使用した。GPSの地震時地殻変動観測記録はJPLを使用した。小断層は長さ50km幅40kmとし54個断層面上に配置し、走向202°、すべり角は97°に固定した。</p> <p>短周期の津波の成因は明治三陸津波地震の津波が大きくなった原因として提案された付加体の効果があった可能性がある。</p>
8	津波	佐竹健治・酒井慎一・藤井雄士郎・篠原雅尚・金沢敏彦	東北地方太平洋沖地震の津波波源	科学	<p>明治三陸津波のような海溝軸付近で発生する短波長・大振幅の地殻変動は沿岸で大きな津波高をもたらす。一方、貞観津波の堆積物は海岸から3km程度まで分布するが、このように広い浸水域は明治三陸津波や昭和三陸津波などの海溝軸付近の海底変動では再現できず、陸側のプレート間のすべりが原因であった可能性が高い。</p> <p>本震の記録を見ると、まずやや長周期の津波が生じ、その後に短周期・大振幅の津波が到達している。この最初のやや長周期の波は沿岸に近い部分からの津波で、プレート間地震によるものである。それに続く短周期・大振幅の津波は日本海溝の海溝軸付近で発生したと考えられる。前者は貞観津波、後者は明治三陸津波をそれぞれ発生させた地震モデルに対応する。</p>
9	津波及び地震・地震動	地震調査研究推進本部	平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の評価	地震調査研究推進本部HP(3/11)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3月11日14時46分頃に三陸沖の深さ約25kmでマグニチュード(M)8.8(暫定)の地震が発生した。この地震により宮城県で最大震度7を観測した。また、相馬で7.3m以上、大洗で4.2m以上、釜石で4.1m以上などの高い津波を北海道地方、東北地方、関東地方の太平洋沿岸で観測した。</li> <li>・発震機構は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した地震である。</li> <li>・3月11日18時までの最大の余震は11日15時08分に発生したM7.5(暫定)の地震で、岩手県から茨城県にかけての太平洋沖でM7.0以上の地震が3回発生している。</li> <li>・GPS観測の結果によると、本震の発生に伴って、河北観測点(宮城県)が約4m東南東に移動するなどの地殻変動が観測されている。</li> <li>・今回の本震の規模はM8.8とこれまでに日本国内で観測された最大の地震である。今後も規模の大きな余震が発生する恐れがある。</li> <li>・今回の地震の震源域は、岩手県沖から茨城県沖までの広範囲にわたっていると考えられる。地震調査委員会では、宮城県沖・その東の三陸沖南部海溝寄りから南の茨城県沖まで個別の領域については地震動や津波について評価していたが、これらすべての領域が連動して発生する地震については想定外であった。</li> </ul>
10	津波及び地震・地震動	地震調査研究推進本部	平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の評価	地震調査研究推進本部HP(3/13)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3月13日15時現在、最大の余震は11日15時08分に発生したM7.5(暫定)の地震で、岩手県から茨城県にかけての太平洋沖でM7.0以上の地震が3回発生しており、M6.0以上の余震が40回(暫定値)発生している。余震域は南北約500kmにわたっている。今後も規模の大きな余震が発生する恐れがある。</li> <li>・GPS観測の結果によると、本震の発生に伴って、志津川観測点(宮城県)が約4.4m東南東に移動するなどの地殻変動が観測されている。また、岩手県から福島県にかけての沿岸で最大約75cmの沈降も観測されており、津波がおさまった後も引き続き浸水している地域がある。</li> <li>・今回の地震の震源域は、岩手県沖から茨城県沖までに及んでいる。地震波及び地殻変動などによる様々な解析結果があるが、その長さは約400km、幅は約200kmで、最大の滑り量は約20m以上であったと推定される。地震調査委員会で評価している宮城県沖・その東の三陸沖南部海溝寄り、福島県沖、茨城県沖の領域を震源域としたと考えられるが、更に三陸沖中部や、三陸沖北部から房総沖の海溝寄りの一部にまで及んでいる可能性もある。</li> </ul>

No.	分野	著者名	表題	文献誌名	要旨
11	津波及び地震・地震動	地震調査研究推進本部	平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の評価	地震調査研究推進本部HP(4/11)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・3月11日14時46分頃に三陸沖の深さ約25kmでマグニチュード(M)9.0の地震が発生した。今回の本震の規模はこれまでに日本国内で観測された最大の地震である。この地震により宮城県栗原市で最大震度7を観測した。また、宮古で8.5m以上、大船渡で8.0m以上、石巻市鮎川で7.6m以上、相馬で7.7m以上などの高い津波を北海道地方、東北地方、関東地方の太平洋沿岸で観測した。これまでの調査によると、小堀内(こぼりない)漁港(岩手県宮古市)で30m以上などの遡上が確認されている。</li> <li>・GPS観測の結果によると、本震の発生に伴って、東北地方から関東地方の広い範囲で地殻変動が観測されており、牡鹿観測点(宮城県)では東南東方向に約5.3mの水平移動、約1.2mの沈降が観測されている。地震発生後、余効変動と考えられる東向き地殻変動が観測されており、4月5日現在、山田観測点(岩手県)で約41cm、銚子観測点(千葉県)で約27cmなどの地殻変動が観測されている。</li> <li>・今回の地震の震源域は、岩手県沖から茨城県沖までに及んでおり、その長さは約400km以上、幅は約200kmで、最大の滑り量は20m以上であったと推定される。滑り量の大きい領域は、地震調査委員会で評価している三陸沖南部海溝寄り、三陸沖北部から房総沖の海溝寄りの一部であったと考えられる。震源域の範囲は、更に三陸沖中部、宮城県沖、福島県沖、茨城県沖の領域を含んでいると考えられる。</li> <li>・今回の地震の発生に伴って、水平方向に5m以上の変動が観測されるなど、大きな地殻変動が観測され、広域にわたってひずみ変化を与えている。東北地方から関東・中部地方にかけて、まとまった地震活動が観測されている地域があり、今回の地震の影響であると考えられる。</li> </ul>
12	津波及び地震・地震動	阿部勝征	東北地方太平洋沖地震ー東日本大震災ーの特徴と課題	中央防災会議	東北地方太平洋沖地震は、想定をはるかに超えた規模のプレート境界型地震であり、震源断層の長さ約450km、幅約150kmで最大すべり量は約30mであった。これにより巨大な津波が発生し、広域で甚大な津波被害が発生した。津波高は最大で25mを超え、遡上高は35mを超えている。地震・津波被害や避難行動等の調査・分析、津波対策の検討、海溝型大規模地震への備えが今後の課題である。
13	津波及び地震・地震動	東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会	東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会	中央防災会議	<p>【第1回】(2011年5月28日) 気象庁から「東北地方太平洋沖地震の概要」として今回の地震・津波の概要、事務局から「今回の地震・津波の被害など」について説明があった。</p> <p>【第2回】(2011年6月13日) 気象庁より「東北地方太平洋沖地震に対する津波警報発表経緯と課題」について、説明があった。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「大規模地震対策における対象地震の考え方」</li> <li>・「海溝型地震の長期評価の現状と今後の方針」</li> <li>・「対象とする地震・津波の考え方」</li> </ul> <p>【第3回】(2011年6月19日)  <ul style="list-style-type: none"> <li>・「大規模地震対策における対象地震の考え方」</li> <li>・「津波による被害の抑止・軽減のための基本的方向性」</li> <li>・「海岸堤防の整備状況と被災状況等」</li> <li>・「これまでの津波被害軽減対策の概要」</li> </ul> </p> <p>【第4回】(2011年6月26日)  <ul style="list-style-type: none"> <li>・「津波による被害の抑止・軽減のための基本的方向性」</li> <li>・「津波防御のための施設整備方」</li> <li>・本専門調査会の「中間とりまとめ」</li> </ul>                     最終案を作成し、会合後に公表することで合意した。                 </p> <p>【第5回】(2011年7月10日)  <ul style="list-style-type: none"> <li>・「地域における津波防災の取組み」</li> </ul> </p> <p>【第6回】(2011年7月31日)  <ul style="list-style-type: none"> <li>・津波被害軽減のための土地利用のあり方</li> <li>・発災時における津波避難のための方策</li> </ul> </p>



新知見情報①「東日本太平洋沖における巨大連動型地震」に関連する内容を含む文献リスト (4/7)

No.	分野	著者名	表題	文献誌名	要旨
14	地震・地震動	名古屋大学 山岡耕春他	重点検討課題 平成23年 (2011年)東北地方太平洋沖 地震の検討	地震予知連絡会2011年4月26 日	平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の重点課題として、本震のすべり分布、前兆、M9になつた理由、余震と誘発地震、余効変動、についての検討結果をまとめた。
15	地震・地震動	Ozawa, S., T. Nishimura, H. Suito, T. Kobayashi, M. Tobita and T. Imakiire	Coseismic and postseismic slip of the 2011 magnitude- 9 Tohoku-Oki earthquake	Nature	GPS観測の地表変位から、東北地方太平洋沖地震の地震時と地震後のプレート間滑りの分布を推定した。地震時の滑り領域は地震前の固着域と一致し、地震後の滑り領域は本震14日後の段階でプレート境界の深さ100kmまで広がり、解放エネルギーはMw8.3に達した。プレート沈み込みでは強く固着して歪みが蓄積され、Mw9規模の巨大地震で解放されることがわかった。他の地域のプレート境界でも、大地震発生の危険性を評価する意味で、プレートの固着状態を正しく知ることが重要である。
16	地震・地震動	T. Iinuma, M. Ohzono, Y. Ohta, and S. Miura	Coseismic slip distribution of the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake (M 9.0) estimated based on GPS data-Was the asperity in Miyagi-oki ruptured?	Earth, Planets and Space	GPSデータを用いてすべり分布をインバージョンした結果、すべりの大きかった領域は1981年宮城県沖の地震(M7.2)や2003年福島県沖の地震(M6.8)のアスペリティと一致し、すべりは35mに達していることが分かった。また2005年宮城県沖の地震で滑らなかった1978年宮城県沖地震のアスペリティが滑っていることも分かった。
17	地震・地震動	Kiyoshi Yomogida, Kazunori Yoshizawa, Junji Koyama, and Motohiro Tsuzuki	Along-dip segmentation of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake and comparison with other megathrust earthquakes	Earth, Planets and Space	2011年東北地方太平洋沖地震の断層のセグメンテーションについて検討した。浅いプレート境界では背景地震の活動度は低く、深い部分では活動度が高く大きな地震が発生してきた。断層走向方向にはカップリングの強弱のあるセグメントが隣接している。1964年アラスカ地震でも同様なセグメントの特性が見られた。
18	地震・地震動	R. Honda, Y. Yukutake, H. Ito, M. Harada, T. Aketagawa, A. Yoshida, S. Sakai, S. Nakagawa, N. Hirata, K. Obara, and H. Kimura	A complex rupture image of the 2011 Tohoku earthquake revealed by the MeSO-net	Earth, Planets and Space	地震観測網(MeSO-net)のつくば-藤沢測線と入間-銚子測線で観測された波形に基づいてバックプロジェクション法を用いて震源過程の解析を行った。解析には、0.05~0.5HzのバンドパスフィルタをかけたS波を含むと考えられる350秒間の加速度波形を対象とした。その結果、宮城県沖と福島県沖の約100km沖で強い地震波の放射が見られた。特に宮城県沖の海溝軸寄りには強く津波が発生したが、南の茨城県沖の方がエネルギーは小さく、津波の発生は少なかったと考えられた。
19	地震・地震動	Dun Wang and Jim Mori	Rupture process of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (Mw 9.0) as imaged with back- projection of teleseismic P-waves	Earth, Planets and Space	アメリカの高密度地震観測網によるバックプロジェクション法を用いて東北地方太平洋沖地震の高振動数放射の破壊過程を求めた。30秒、80秒、130秒に大きなパルスを出した場所を特定した。最初の2つは震央の50kmと70km北西にあり、破壊伝播速度は1.0~1.5km/sだった。3つ目は震央から250km南西にあり、この方向への破壊伝播速度は最初1.5km/sだったが3.0km/sまで加速していた。破壊伝播速度の大小は、放出エネルギーの大小と対応していると考えられる。得られた高振動数地震動の発生域は大きなすべりの領域と大きく異なった。
20	地震・地震動	Keith D. Koper, Alexander R. Hutko, Thorne Lay, Charles J. Ammon, and Hiroo Kanamori	Frequency-dependent rupture process of the 11 March 2011 $M_w$ 9.0 Tohoku earthquake: Comparison of short-period P wave backprojection images and broadband seismic rupture models	Earth, Planets and Space	バックプロジェクション法で遠地のP波から1秒以下の短周期地震動の発生域を求め、有限断層モデルを用いて3秒以上の遠地のP波およびレイリー波の記録および国内のGPSデータを用いてすべり分布を求めて比較した。断層面の深い方への破壊で短周期地震動は発生し、浅い方への破壊で長周期成分が発生した。
21	地震・地震動	Makoto Matsubara and Kazushige Obara	The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake related to a strong velocity gradient with the Pacific plate	Earth, Planets and Space	2011年東北地方太平洋沖地震の震源域の沈み込む海洋プレートの速度偏差構造を求めた。断層の西端は低速度層に対応している。破壊開始点は低速度かつ低 $V_p/V_s$ に対応し、この領域は南西方向に延びていて沈み込む海山が位置している。この領域で歪みを蓄えていて、今回の地震で大きなすべりを生じさせた。

新知見情報①「東日本太平洋沖における巨大連動型地震」に関連する内容を含む文献リスト (5/7)

No.	分野	著者名	表題	文献誌名	要旨
22	地震・地震動	Charles J. Ammon, Thorne Lay, Hiroo Kanamori, and Michael Cleveland	A rupture model of the great 2011 Tohoku earthquake	Earth, Planets and Space	遠地記録のP波部分, 広帯域のレーリー波部分にGPS記録を用いて断層破壊のインバージョンを行った。80秒まではモーメントは単調増加し, 破壊伝播速度は1.5km/sだった。その後2.5km/sの速度で南側に破壊が伝播した。大きなすべりは浅い方向に進んだ破壊で海溝まで大きな変位があった。これは津波の震源でもあり, 幅150km, 長さ300kmに及んだ。余震域は幅200km, 長さ500kmに及ぶが, これよりは狭い。P波部分のバックプロジェクション法で求めた短周期地震動の放出域は逆方向の海岸に近い領域で大きく異なった。
23	地震・地震動	Yasuhiro Yoshida, Hiroshi Ueno, Daisuke Muto, and Shigeki Aoki	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	遠地P波部分の記録および近地の強震記録を用いて二通りの波形インバージョン解析を行った。共通の特徴としては, ①主な断層破壊は破壊開始点の東側(震央の浅い側)ですべりは25mを超えている。②断層は長さ450km, 幅200kmに及び, 断層破壊は150秒続いた。③最初の40秒間は震源近傍で破壊が続いたがその後北と南に破壊が伝播した。
24	地震・地震動	Takeo Ito, Kazuhiro Ozawa, Tsuyoshi Watanabe and Takeshi Sagiya	Slip distribution of the 2011 Tohoku earthquake inferred from geodetic data	Earth, Planets and Space	測地観測データを用いて2011年東北地方太平洋沖地震のプレート境界での地震時のすべり分布と地震直後のすべり分布を評価した。本震では約60mのすべりとMw=9.0を評価した。最大すべり域は少なくとも過去100年間の大地震の震源域と重なっていない。この最大すべりは約700年間で蓄積された歪みの解放に相当する。1936年と1978年の宮城県沖地震および1938年塩屋崎沖地震の震源域も滑ったが, 最大すべり域に比べてすべり量は小さい。本震後当日のすべりは断層南端の茨城県沖から茨城県内陸に見られた。M7.7の最大余震の発生や後日発生する茨城県から福島県で発生する内陸地震に影響を与えていると考えられた。
25	地震・地震動	Hao Zhang, Zengxi Ge, and Luyuan Ding	Three Sub-Events Composing the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake (Mw 9.0) Inferred from Rupture Imaging by Back Projecting Teleseismic Pwaves	Earth, Planets and Space	ヨーロッパの地震観測網で記録された遠地のP波上下動を使って, 2段階バックプロジェクション法で破壊過程を求めた。北東方向と南西方向に破壊が伝播し, その範囲は少なくとも143秒間で340kmを越えた。断層破壊は3つのセグメントで構成され, 1番目は0.92~1.10 km/sの速度で25秒間で北東に進んだ後北西に方向を変えた。2番目は破壊速度は2.78~4.70km/sで南西方向に進むが, 最初のイベントによる震源近傍で局所的に応力が増大したためにトリガーされた。3番目は1.51~1.62 km/sの速度で北緯37度からばらつきがあるが南方向に破壊していた。
26	地震・地震動	Mark Simons, Sarah E. Minson, Anthony Sladen, Francisco Ortega, Junle Jiang, Susan E. Owen, Lingsen Meng, Jean-Paul Ampuero, Shengji Wei, Risheng Chu, Donald V. Helmberger, Hiroo Kanamori, Eric Hetland, Angelyn W. Moore, Frank H. Webb	The 2011 Magnitude 9.0 Tohoku-Oki Earthquake: Mosaicking the Megathrust from Seconds to Centuries	Science電子版	2011年東北地方太平洋沖地震のGPSによる測地データと遠地の広帯域地震記録, さらに海洋での津波データを用いてすべり分布を求めた。最大で約60mのすべりが評価された。その約15%に当たる8m以上のすべりの領域を震源域とすると, 北は1896年三陸地震の震源に及び, いわゆる宮城県沖地震や南は1938年塩屋崎沖地震の震源に重なった。2010年チリ地震と比べると走向方向の断層長さは1/2であるが最大すべりは2倍であった。遠地記録からバックプロジェクション法で求めた高振動数地震動の震源は震源域の深い端の領域にあり, すべりの大きい領域とずれていた。短周期の発生はチリ地震より少ない。これは大きなすべりが浅い場所で起こったことによると考えられた。長期間での歪みの蓄積を考えるとこの震源域の南側で今後大地震が発生する可能性がある。

No.	分野	著者名	表題	文献誌名	要旨
27	地震・地震動	Satoshi Ide, Annemarie Baltay, Gregory C. Beroza	Shallow Dynamic Overshoot and Energetic Deep Rupture in the 2011 Mw 9.0 Tohoku-Oki Earthquake	Science電子版	2011年東北地方太平洋沖地震について、前震などを用いた経験的グリーン関数法で本震の破壊過程を分析すると空間的に複雑な破壊挙動が明らかになった。震源で破壊が始まった際はそれほど大きな地震ではなかった。それから40秒までに深い方に破壊が進行し、短周期地震動を発生させた。その後反転して、60秒には海溝軸近くに到達し、70秒までに大きなすべりに発展した。この領域では余震で正断層の地震が発生しており、本震の際に陸側プレートの先端が変形しながら大きく跳ね上がる動的過剰すべりという現象が起きたと考えられた。この海溝軸近傍での破壊では、大きな津波を発生させたが、短周期地震動の発生は少なかった。さらにその後、また深い方に破壊が進み、100秒まで深い部分での破壊が続き、短周期地震動が発生した。その後、南の走向方向に破壊し、福島県沖や茨城県沖に進み、すべりが小さくなっていった。
28	地震・地震動	平田直	マグニチュード9.0の衝撃	科学	東北地方太平洋沖に発生したM9の地震は、東日本の陸地をメールオーダーで移動させ、断層破壊を分単位の継続時間で広げるといえるという、これまで経験したことのない規模の現象を生んだ。本震後に断層周辺部のプレート境界が動き続ける余効滑りのうち、南側は房総半島沖に滑り領域が拡大しているため、大地震の可能性が高い。しかし破壊が太平洋プレートを超え、東海・東南海・南海地震の震源域である南海トラフにまで影響を及ぼすのかについては理解が進んでおらず、今の地震学の限界を超えている。M9の地震に対するアスペリティの概念は今後の検証が必要である。現在のアスペリティモデルは破壊の“単位”に簡略化されているが、M9地震についてはすべり様式の階層構造という理論的研究を発展させる必要がある。この研究はM7の地震アスペリティを複数含む領域をすべて破壊するM9地震の発生を理解するのに役立つと考えられる。
29	地震・地震動	島崎邦彦	超巨大地震、貞観の地震と長期評価	科学	三陸地域の過去の大きな津波被害は、揺れは小さいが津波となる「津波地震」と、揺れが大きく津波も襲ってきた「貞観の地震」が知られている。今回の津波の浸水域は貞観の津波の浸水域と驚くほど似ており、震源域がほぼ同一であった可能性もある。その一方で今回の地震では、宮城県沖地震と三陸沖南部海溝寄りの海域を連動させた2地域と、三陸沖北部から房総沖の海溝寄りの海域の隣接部でずれの量が大きく、さらに震源域は北の三陸沖中部、南の福島県沖や茨城県沖に及んでいる。世界各地のプレートの沈み込み帯を調べる「比較沈み込み学」によれば、沈み込む海洋プレートの年代が若く、プレートの移動速度が速い沈み込み帯でM9クラスの地震が起きる。これに対し日本海溝から沈み込む太平洋プレートの年代は特に古く1億3000万年程度であり、プレート境界の密着度は低いと考えられていた。またプレートの速度は年間約8cmだが、すべては過去の地震で解消されず、残りはゆっくりずれるとされていた。このような地震を起こさずに解消されたと考えられてきたずれの残りが、実は広い地域に蓄積されており、これらが今回同時にずれて超巨大地震となった。
30	地震・地震動	小豆畑達也・古川信雄・小山信・原辰彦・鹿嶋俊英・石原直・藤井雄士郎	4. 地震および地震動, 津波 4.1 地震の概要と特徴	平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震調査研究(速報)	建築研究所独自の検討として、震源再決定と主要地震の断層面特性、遠地P波の高周波振動継続時間とそれに基づくマグニチュードの地震学的解析を行っている。再決定震源からは、本震が北米プレートと太平洋プレートの境界面で発生した低角逆断層地震であり、前震と最大余震の断層面もプレート境界地震であることを示している。一方、三陸沖の OUTER RAMP で発生した地震は、正断層型の地震であり、この断層よりも東側では地震は全く発生していない。遠地P波の高周波振動継続時間の推定結果からは、震源時間が3分程度であったことを示している。また、高周波成分を大きく励起した断層運動が南西に進んだことを示唆している。モーメントマグニチュードは8.96と推定された。
31	地震・地震動	川辺秀憲・釜江克宏・上林宏敏	2011年東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)の震源のモデル化	日本地球惑星科学連合2011年大会予稿集	2011年東北地方太平洋沖地震の、太平洋沿岸部の観測記録を(0.1~10Hz)用い、経験的グリーン関数法によるフォワードモデリングによって、強震動生成域のモデル化を行った。結果として、宮城県沖、岩手県南部沖、福島県沖、茨城県沖等の5カ所にアスペリティを配置した震源モデルを提案した。ここで提案するモデルによって、岩手県沿岸から茨城県沿岸にかけての観測点における特徴的な観測波形がほぼ再現できた。

No.	分野	著者名	表題	文献誌名	要旨
32	地震・地震動	入倉孝次郎・倉橋奨	2011年東北地方太平洋沖地震の強震動生成のための震源モデル	日本地球惑星科学連合2011年大会予稿集	K-NETとKiK-net強震動(0.15~10Hz)の経験的グリーン関数法によるシミュレーションによって、最適震源モデルを設定した。長周期地震動によるインバージョン結果と比較すると、主な生成域が西の深いところに分布している違いがある。
33	地震・地震動	浅野公之・岩田知孝	経験的グリーン関数法による2011年東北地方太平洋沖地震の震源モデル	日本地球惑星科学連合2011年大会予稿集	K-NETとKiK-netの強震速度記録(0.1~10秒)の走時解析により3生成領域の位置を、それらの応力降下量等を経験的グリーン関数法によって求めた。2つは想定宮城県沖地震域近くであった。

新知見情報②「東北地方太平洋沖地震の影響によって発生した新たな地震」に関連する内容を含む文献リスト（1/6）

No.	分野	著者名	表題	文献誌名	要旨
1	活断層	栗田泰夫・楮原京子・杉山雄一・吉岡敏和・吾妻崇・安藤亮輔・丸山正	2011年4月11日福島県浜通りの地震に伴う湯ノ岳・藤原断層の地表変位ベクトル（速報）	産業技術総合研究所活断層・地震研究センターHP	2011年4月11日に発生した福島県浜通りの地震に伴って、既知の活断層である井戸沢断層付近と湯ノ岳断層付近に地震断層が出現した。このうち湯ノ岳断層付近に現れた地震断層について、地表変位ベクトルの計測を行った。
2	活断層	丸山正・斎藤英二・吾妻崇・谷口薫・吉見雅行・林田拓己	2011年4月11日福島県浜通りの地震に伴い井戸沢断層に沿って出現した地震断層の緊急現地調査報告	産業技術総合研究所活断層・地震研究センターHP	2011年4月11日に発生した福島県浜通りの地震に伴って、活断層として認定されていた井戸沢断層と湯ノ岳断層に沿って地震断層が出現した。このうち井戸沢断層について現れた地震断層について、断層分布、変位量、すべり方向について調査を行った。
3	活断層	吾妻 崇	海溝型巨大地震に誘発された内陸活断層地震の緊急調査	AFERC News	2011年4月11日に発生した福島県浜通りの地震に伴って、活断層として認定されていた井戸沢断層と湯ノ岳断層に沿って地震断層が出現した。これらの地震断層について、断層分布、変位量、すべり方向について調査を行った。また、2011年3月18日に発生した茨城県北部の地震、2011年3月12日に発生した長野県・新潟県県境付近の地震の震源域周辺において地表変位調査を実施したが、地表地震断層は見出せなかった。
4	活断層	石山達也・佐藤比呂志・伊藤谷生・杉戸信彦・越後智雄・加藤直子・今泉俊文	2011年4月11日の福島県浜通りの地震に伴う地表地震断層について(第1報)	東京大学地震研究所HP	4月11日に福島県浜通りでM7.0（暫定）の地震が発生した。この地震に伴う地表地震断層について現地調査を行い、井戸沢断層として知られる活断層に沿って、地表地震断層を見いだした。その結果、いわき市遠野町大平から同田人町旅人にかけての約6.4 kmの区間で、今回の地震に際して形成されたとされる新鮮な変動崖が断続的に分布することを確認した。
5	活断層	石山達也・佐藤比呂志・伊藤谷生・杉戸信彦・越後智雄・加藤直子・今泉俊文	2011年4月11日の福島県浜通りの地震に伴う地表地震断層について(第2報)	東京大学地震研究所HP	4月11日の福島県浜通りの地震にともなう地表地震断層の現地調査を行い、いわき市遠野町綱木から同田人町旅人にかけての約11 kmの区間で、高角西傾斜ないしほぼ垂直の正断層である地表地震断層が断続的に分布することを確認した。今回現れた地表地震断層は、地質学的に定義された井戸沢断層とは明らかに別個の構造である。活断層として図示されてきた「井戸沢断層」のうち最も西側に位置する正断層を、「塩ノ平断層」と仮称する。
6	活断層	千木良雅弘・中筋章人・藤原伸也・阪上雅之	2011年東北太平洋沖地震による崩壊・地すべり（福島、栃木）および地震断層（福島）調査結果	京都大学防災研究所HP	地震断層は、4月11日に発生し、いわき市田人町では、6.5kmにわたる地震断層が出現した。これは、北北西走向の断層で、東側が1mから1.5m上昇し、右横ずれ成分を10～20cm程度有していた。岩盤に認められた断層は高角で、鉛直あるいは西に74°傾斜していた。北北西端では地震断層から岩盤内に断層を追跡できるが、それは幅10cm程度でガウジの幅は1cmにも満たないものであった。
7	活断層	遠田晋次・堤浩之・杉山達哉・安田大剛	4月11日いわき市南部で発生したM7地震の地震断層	京都大学防災研究所HP	4月11日いわき市南部で発生したM7地震によって、既往地質図と活断層図に示されていた井戸沢断層と湯ノ岳断層上で地震断層が出現した。両断層は『ハ』の字状に分布し、『ハ』の字内部には新第三系の堆積岩類が分布し、それを取り囲むように古期変成岩・花崗岩が分布し山地を構成する。変位センスは、一部にわずかな横ずれ変位を伴う正断層で、両断層とも西落ちのセンスである。長さはそれぞれ14 kmと15 km、最大上下変位量はそれぞれ2.1m、0.8mに達する。共役ないしは延長関係にない2つの正断層が同時に活動した例は珍しいと思われる。

新知見情報②「東北地方太平洋沖地震の影響によって発生した新たな地震」に関連する内容を含む文献リスト (2/6)

No.	分野	著者名	表題	文献誌名	要旨
8	活断層	阿南修司・品川俊介・安元和己・脇坂安彦・江口貴弘	4月11日の余震でいわき市に出現した地表地震断層 (第1報)	土木研究所HP	4月11日の福島県浜通りの地震に伴う地表地震断層について現地調査を行い、井戸沢断層、湯ノ岳断層沿いに地表地震断層を見いだした。
9	活断層	品川俊介・江口貴弘・日外勝仁・安元和己	4月11日の余震でいわき市に出現した地表地震断層 (第2報)	土木研究所HP	湯ノ岳断層中央部～東端部においても、段差を伴う地盤変状の連続が良いことを確認した。このことから出現した段差は「地表地震断層」であると考えられる。
10	活断層	品川俊介・江口貴弘	4月11日の余震でいわき市に出現した地表地震断層 (第3報)	土木研究所HP	湯ノ岳断層中央部において、これまで確認された断層変位箇所の中間の変位状況を追跡し、地表地震断層の連続を確認した。
11	活断層	佐々木靖人・江口貴弘・品川俊介・日外勝仁	4月11日の余震でいわき市に出現した地表地震断層 (第4報)	土木研究所HP	湯ノ岳断層東端部およびその南東延長における藤原断層沿いにおいて地表変位の追跡調査を実施した。また、井戸沢断層西側トレースについても調査を実施した。
12	活断層	品川俊介・江口貴弘	4月11日の余震でいわき市に出現した地表地震断層 (第5報)	土木研究所HP	湯ノ岳断層中央部および西端部において地表変位の追跡調査を実施した。
13	活断層	小澤 拓	SAR 干涉解析による東北地方太平洋沖地震に関する地殻変動	日本地球惑星科学連合2011年大会予稿集	ALOS/PALSARデータを用いてSAR干渉法を適用した。震源を中心とするほぼ半円形の干渉縞は、そこで大規模な変位が起きたことを示している。また、本震後に発生した内陸地震に伴う地殻変動も観測された。3月19日の茨城県北部の地震 (Mj6.1) は、断層が南西に傾斜し、福島県東部で発生した3月23日の地震 (Mj6.0) では断層が西に傾斜することを示している。また、福島県東部の4月11日の地震 (Mj7.0) では、地殻変形は湯ノ岳断層と井戸沢断層に集中している。
14	活断層	新妻信明	東日本テクトニクス過程としての東日本巨大地震	日本地球惑星科学連合2011年大会予稿集	東日本のテクトニクスは太平洋プレートの沈み込みによって駆動されており、今回の地震は東日本テクトニクスの過程と言える。前震は発震機構がいずれも東西の太平洋プレート運動方向に圧縮軸をもつ逆断層型であることから、太平洋プレート上面が前弧海盆地と固着して同じ圧縮応力状態にあった。12日以降の余震は算出断層面及び太平洋プレート上面で区切られる3層構造を持つ。太平洋プレート内と算出断層上盤では正断層型余震が起り、断層下盤では太平洋プレート運動方向の逆断層型余震が起こっている。南部では算出断層上盤の余震が少なく、太平洋プレートと前弧域との固着が本震によって解消されずに残っている。

新知見情報②「東北地方太平洋沖地震の影響によって発生した新たな地震」に関連する内容を含む文献リスト (3/6)

No.	分野	著者名	表題	文献誌名	要旨
15	活断層	武藤大介・上野 寛・溜淵功史・迫田浩司・碓井勇二・山内崇彦	茨城県北部から福島県浜通りにおける地震活動ー平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震によって誘発された地震活動ー	日本地球惑星科学連合2011年大会予稿集	東北地方太平洋沖地震の発生直後から、茨城県北部から福島県浜通りにおいて地震活動が活発化し、3月19日にM6.1、3月23日にM6.0とM5.8、4月11日にM7.0、4月12日にM6.4の地震が発生した。これらの地震活動について震源分布を決定するとともに、CMT解析を行った。その結果、①震源は複数の面に分離されること、②主要な地震の発震機構の多くは概ね南北走向の正断層型であること、③主要な地震のすべり分布は活動領域を徐々に埋めていること、などが分かった。本地震活動の発生している領域は井戸沢断層の位置と符合する。
16	活断層	重松紀生・吾妻 崇・丸山 正・斎藤英二・大坪 誠・谷口 薫・吉見雅行・今西和俊・高橋美紀・安藤亮輔・藤本光一郎・大谷具幸	2011年4月11日の福島県浜通りの地震に伴う地表地震断層：断層条線と測量結果の比較	日本地球惑星科学連合2011年大会予稿集	4月11日に福島県浜通りで発生したマグニチュード7.0の地震に伴い地震断層が出現した。別当川沿いの林道の断層面には上部と下部で姿勢が異なる「逆くの字」の条線が発達する。地震断層の変位量は場所により大きく異なり、今回の地震の断層運動方向が時間・空間的に変化した可能性を示唆する。また、断層面上には今回の地震による条線に切られる条線が複数認められ、過去の地震ごとに断層の運動方向が異なっている可能性もある。
17	活断層	石山達也・佐藤比呂志・杉戸信彦・越後智雄・伊藤谷生・加藤直子・今泉俊文	2011年4月11日の福島県浜通りの地震に伴う地表地震断層とそのテクトニックな背景	日本地球惑星科学連合2011年大会予稿集	4月11日の福島県浜通りの地震 (M7.0) に伴い現地調査を行い、いわき市遠野町綱木から同旅人町旅人にかけての約11kmの区間に地表地震断層を見出した。走向は一般にN10° Wを示し、上下変位量は西側低下で約0.8~2.3m、横ずれ変位量が0.3~0.5mである。この地震断層に沿って分布する断層は、井戸沢断層とは異なる構造を有することから、「塩ノ平断層」と仮称する。この地震の発震機構は西南西-東北東方向に張力を持つ正断層型であり、M9のメガスラスト運動に伴って、上盤側で特異な伸張性の応力状態になったものと理解される。
18	活断層	杉戸信彦・石山達也・越後智雄・佐藤比呂志・加藤直子・今泉俊文	2011年4月11日の福島県浜通りの地震に伴う地表地震断層とその変位量分布 (速報)	日本地球惑星科学連合2011年大会予稿集	4月11日の福島県浜通りの地震に伴って出現した地表地震断層の位置と変位量を報告する。①綱木では、北北西走向で西落ちの低崖地形が約500mにわたって連続するほか、約1km北北西の清道川左岸林道及び南方延長の植木田南西方においても低崖地形が出現した。②齊道~塩ノ平では、2条の北北西走向で西落ちの低崖地形が併走し全長約800mにわたって出現した。上下変位量は最大約2.3mで本発表での最大値である。③掛橋~上平石では、西落ちを示す北北西走向の低崖地形が1.5km余ほぼ連続して出現した。
19	活断層	栗田泰夫・楮原京子・杉山雄一・吉岡敏和・吾妻 崇・安藤亮輔・丸山 正	2011年4月11日福島県浜通りの地震に伴う湯ノ岳断層の地表変位ベクトル	日本地球惑星科学連合2011年大会予稿集	4月11日の福島県浜通りの地震に伴って出現した地表地震断層のうち、湯ノ岳断層について調査した。地震断層は、N55W走向で長さ15.6kmの正断層である。断層は概ね直線的であるが、北西部は西にやや湾曲し、南東部では長さ約800mのギャップがみられ、北東側に延びる2条の副断層を伴っている。変位ベクトルは、約40~60cm南西下がりの鉛直成分と、約30~50cmでS30~45W方向の水平成分をもち、約30~60° 南西に傾斜する。
20	活断層	今西和俊・安藤亮輔・桑原保人	2011年東北地方太平洋沖地震の発生後に活発化した正断層地震の発生原因	日本地球惑星科学連合2011年大会予稿集	東北地方太平洋沖地震の後に、茨城-福島県境付近で浅い正断層性地震が発生している。応力テンソルインバージョンによると、地震前の応力場は東北日本は全体として逆断層の発達する領域であるのに対して、この地域は正断層性を示すことが分かった。本震後の応力変化を計算した結果、対象地域を含む広い範囲が東西引張による正断層性応力場に変化している。これらの結果は、今回の地震が地震前から正断層性を示す領域と合わせて正断層性の地震を発生させる引き金となった可能性を示唆する。
21	活断層	高田陽一郎・福島洋・橋本 学	InSAR 解析による誘発された内陸地殻変動の検出	日本地球惑星科学連合2011年大会予稿集	ALOS/PALSARイメージによるInSAR解析によって、東北地方太平洋沖地震による局所的な地殻変動を検出した。いくつかの局所的な信号は、明らかに3月12日 (M6.7) と4月12日 (M5.8) の長野県北部の地震や3月15日 (M6.4) の静岡県東部の地震などの大きな浅い内陸地震に対応している。このうち、茨城県北部から福島県南部の太平洋沿岸に沿って、正断層性地震による大きな位相変化を検出した。この地域の位相変化は、報告されている地震の震源やメカニズムでは説明できない。

新知見情報②「東北地方太平洋沖地震の影響によって発生した新たな地震」に関連する内容を含む文献リスト（4/6）

No.	分野	著者名	表題	文献誌名	要旨
22	活断層	国土地理院	平成23年（2011年）4月11日福島県浜通りの地震（M7.0）に伴う地殻変動	国土地理院HP	2011年4月11日に福島県浜通りでM7.0の地震が発生した。地球観測衛星「だいち」（ALOS）に搭載された合成開口レーダー（PALSAR）のデータを干渉解析して、地震に伴う地殻変動を面的に把握した。得られた干渉画像には、井戸沢断層沿い及び湯ノ岳断層沿いに変位の不連続が明瞭に見られる。
23	活断層	小荒井衛・岡谷隆基	いわき市内陸部における4月11日福島県浜通りの地震に係る災害現地調査報告	国土地理院HP	井戸沢断層、湯ノ岳断層周辺において、4月11日福島県浜通りの地震（M7.0）における地盤変状等を調査した。井戸沢断層（西側セグメント）沿いでは、ほぼ南北から北北西－南南東方向に延びた西落ち（落差最大約2m）の地表変状が長さ10km以上にわたって出現した。井戸沢断層（東側セグメント）沿いでは、断層線に沿って10cm程度の段差や5cm程度の開口亀裂が認められた。湯ノ岳断層沿いでは、東側延長部や西端部で、ほぼ西北西－東南東方向に延びる西南落ちの地表変状を確認した。
24	活断層	小荒井衛・岡谷隆基	いわき市内陸部における4月11日福島県浜通りの地震に伴う地表地震断層に対する地上レーザー測量の実施結果について	国土地理院HP	いわき市田人町黒田の塩ノ平集落周辺で地上レーザー測量を実施した。塩ノ平地区では北北西－南南東方向に地表地震断層が延びており、南部及び北部で2m程度の西側低下の変位が確認される。塩ノ平北方地区では、塩ノ平地区から連続して北北西－南南東方向に地表地震断層が延びており、地区の中部から南部にかけて西側に分岐する断層がある。地上部の計測では東西の断層線沿いの変位はともに1m程度である。西側の断層の分布は、東側の断層が道路東方に逸れている区間にほぼ限定される。
25	活断層	小荒井衛・岡谷隆基	いわき市周辺における地震災害の現地調査（2回目）の報告	国土地理院HP	井戸沢断層、湯ノ岳断層周辺の2回目の調査として、明瞭な地表地震断層が出現していない井戸沢断層東側セグメント沿いと、いわき市湯本IC西側の上釜戸の大規模斜面崩壊周辺を中心に調査を行った。SAR干渉画像の干渉縞の不連続部には、不連続のズレの大きさに対応した地盤変状が表れている。また、建物の被害は断層直上に集中すること、斜面崩壊や亀裂は断層線上を含めた近傍で確認されることなどが確認された。
26	活断層及び地震・地震動	地震調査研究推進本部地震調査委員会	2011年4月11日福島県浜通りの地震の評価	地震調査研究推進本部HP	4月11日17時16分頃に福島県浜通りの深さ約5kmでマグニチュード（M）7.0（暫定）の地震が発生した。この地震の発震機構は西南西－東北東方向に張力軸を持つ正断層型で、地殻内の浅い地震である。この地震の震源周辺では、東北地方太平洋沖地震以前には、M5.0以上の浅い地震はほとんど観測されていない。GPS観測の結果によると、本震の発生に伴って、いわき2観測点（福島県）が約30cm北東方向に移動するなどの地殻変動が観測されている。
27	地震・地震動	地震調査研究推進本部地震調査委員会	2011年3月12日長野県・新潟県県境付近の地震の評価	地震調査研究推進本部HP	3月12日3時59分頃に長野県・新潟県県境付近の深さ約10kmで発生したM6.7の地震の評価である。この地震により、長野県栄村で最大震度6強を観測した。この地震の発震機構は北北西－南南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、地殻内の浅い地震である。
28	地震・地震動	地震調査研究推進本部地震調査委員会	2011年3月15日静岡県東部の地震の評価	地震調査研究推進本部HP	3月15日22時31分頃に静岡県東部の深さ約15kmで発生したM6.4の地震の評価である。この地震により、静岡県富士宮市で最大震度6強を観測した。この地震の震源断層は、北東－南西方向に延び、南東に下がる断層面を持つ左横ずれ断層であると考えられる。今回の地震は、想定東海地震の想定震源域の近くで発生しているが、発震機構が異なる。また、東北地方太平洋沖地震の影響によって発生した可能性は否定できない。
29	地震・地震動	地震調査研究推進本部地震調査委員会	2011年4月7日宮城県沖の地震の評価	地震調査研究推進本部HP	4月7日23時32分頃に宮城県沖の深さ約65kmでマグニチュード7.1の地震が発生した。この地震により宮城県で最大震度6強を観測し、被害を伴った。この地震は、西北西－東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型であり、震源が深いこと、余震分布が南東傾斜であることから、プレート境界の地震ではなく、太平洋プレート内で発生した地震である。この地震は平成23年東北地方太平洋沖地震の余震域で発生していた。



新知見情報②「東北地方太平洋沖地震の影響によって発生した新たな地震」に関連する内容を含む文献リスト (5/6)

No.	分野	著者名	表題	文献誌名	要旨
30	地震・地震動	地震調査研究推進本部 地震調査委員会	活断層及び海溝型地震の長期 評価結果一覧 (2011年1月1日 での算定)	地震調査研究推進本部HP	2011年6月9日現在での、主要活断層帯および海溝型地震の長期評価結果を示した。平成23年東北 地方太平洋沖地震が発生したことに伴う暫定的な措置として、今後評価の見直しが必要と考えら れる領域または地震名を示すとともに地震発生確率が表の値より高くなっている可能性がある領 域もしくは活断層を示した。
31	地震・地震動	地震調査研究推進本部 地震調査委員会	東北地方太平洋沖地震に伴う 長期評価に関する対応	地震調査研究推進本部HP	海溝型地震の長期評価の高精度化に向けた検討方針を示した。今後は、平成23年東北地方太平洋 沖地震の現時点の知見を組み込み、三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価を改訂す る。また、南海トラフの地震については、評価手法の検討と並行して、長期評価の改訂を行う。
32	地震・地震動	地震調査研究推進本部 地震調査委員会	活断層及び海溝型地震の長期 評価結果一覧 (2011年1月1日 での算定)	地震調査研究推進本部HP	2011年7月11日現在での、主要活断層帯および海溝型地震の長期評価結果を示した。平成23年東 北地方太平洋沖地震が発生したことに伴う暫定的な措置として、今後評価の見直しが必要と考え られる領域または地震名を示すとともに地震発生確率が表の値より高くなっている可能性がある 領域もしくは活断層を示した。6月9日からの変更点は、三浦半島断層群の長期評価のみである。
33	地震・地震動	名古屋大学 山岡耕春他	重点検討課題 平成23年 (2011年) 東北地方太平洋沖 地震の検討	地震予知連絡会2011年4月26 日	平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の重点課題として、本震のすべり分布、前兆、M9に なった理由、余震と誘発地震、余効変動、についての検討結果をまとめた。
34	地震・地震動	Y. Asano, T. Saito, Y. Ito, K. Shiomi, H. Hirose, T. Matsumoto, S. Aoi, S. Hori, and S. Sekiguchi	Spatial distribution and focal mechanisms of aftershocks of the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake	Earth, Planets and Space	2011年東北地方太平洋沖地震の震源域の地震の震源メカニズムを分析した。宮城県沖の前震と本 震は低角の逆断層であったが、この大きくすべった領域では応力を解放してしまい同じタイプの 余震は起こっていない。周辺地域では応力が逆に高まり、余震が多発した。特に、正断層の地震 は大陸側のプレートや海溝外の太平洋プレート内部で広く分布している。
35	地震・地震動	A. Kato, S. Sakai, and K. Obara	A normal-faulting seismic sequence triggered by the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake: Wholesale stress regime changes in the upper plate	Earth, Planets and Space	茨城県北部で正断層の地震が誘発された。震源から北側の断層面は40~50°で西側に傾いてい る。一方震源から南側は西傾斜と東傾斜の共役の断層面を呈している。この地域の東北地方太平 洋沖地震前後の震源メカニズムを比較してみると応力場が圧縮場から引張場が変わっていること が分かった。海溝直交方向の圧縮応力が減少したことに伴い、上部プレートが引張変形を受けた ためと考えられる。
36	地震・地震動	Akira Hasegawa, Keisuke Yoshida, and Tomomi Okada	Nearly complete stress drop in the 2011 Mw 9.0 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake	Earth, Planets and Space	応力テンソルインバージョンによって応力場の変化を分析した。高角度の応力場が生まれ、正断 層の地震が増えたと考えられた。
37	地震・地震動	T. Ishibe, K. Shimazaki, K. Satake, and H. Tsuruoka	Change in seismicity beneath the Tokyo metropolitan area due to the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake	Earth, Planets and Space	クーロン応力変化 $\Delta CFF$ と2011年東北地方太平洋沖地震の前後で首都圏での地震活動度とを比 較した。 $\Delta CFF$ で予測したように、茨城県南西部や千葉県北部のやや深部の地震や伊豆箱根の 浅い地震の発生が非常に増えていた。
38	地震・地震動	S. Hiratsuka and T. Sato	Alteration of stress field brought about by the occurrence of the 2011 Off the Pacific coast of Tohoku earthquake (Mw 9.0)	Earth, Planets and Space	2011年東北地方太平洋沖地震によってこの周辺地域の応力場が変化した。クーロン応力変化を計 算すると、震源域の内や周辺で正に1-5MPa増え、正断層の可能性が高まった。また、北や南の周 辺域で約0.1MPaの応力変化があり、プレート境界地震の可能性が指摘された。また、東北地方で の逆断層の内陸地殻内地震の予測確率は下がって評価された。

新知見情報②「東北地方太平洋沖地震の影響によって発生した新たな地震」に関連する内容を含む文献リスト (6/6)

No.	分野	著者名	表題	文献誌名	要旨
39	地震・地震動	Shinji Toda, Jian Lin, and Ross S. Stein	Using the 2011 M = 9.0 Tohoku earthquake to test the Coulomb stress triggering hypothesis and to calculate faults brought closer to failure	Earth, Planets and Space	2011年東北地方太平洋沖地震によってクーロン応力の伝達によって余震がトリガーされている。過去に発生した地震のメカニズム解に対してクーロン応力変化を解き、東北地方太平洋沖地震の余震で検証した。主要プレート境界と活断層への応力変化を解析すると、海溝外正断層地震、東京直下関東フラグメント、糸魚川-静岡構造線は0.3barを超え断層破壊に近づいていると評価された。
40	地震・地震動	Thorne Lay, Charles J. Ammon, Hiroo Kanamori, Marina J. Kim, and Lian Xue	Outer trench-slope faulting and the great 2011 Tohoku (M <sub>w</sub> 9.0) earthquake	Earth, Planets and Space	2011年東北地方太平洋沖地震と同じ地域で1611年、1896年および1933年に津波地震が発生している。1896年明治三陸地震はプレート境界の逆断層地震で、1933年三陸沖は海溝外の正断層地震でどちらも岩手沿岸では10~25mの津波の遡上高があった。2011年の地震は南西方向に断層が広がったので1933年の震源域の海溝外の南西領域で地震発生の可能性がある。本震後海溝外の正断層に対してクーロン応力の変動が少なくとも5~10barと評価された。1933年のような地震による津波のリスクが高まっている。
41	地震・地震動	Yohei Yukutake, Ryou Honda, Masatake Harada, Tamotsu Aketagawa, Hiroshi Ito, and Akio Yoshida	Remotely triggered seismicity in Hakone volcano following the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake	Earth, Planets and Space	2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震後から4月2日までに、箱根で1600個以上の地震を観測し、活動が誘発されていた。応力変化によると考えられたが、P軸がNNW-SSEの横ずれ断層が多く、地震前の日頃起こっている地震とメカニズムは変わらなかった。
42	地震・地震動	岡田義光	2011年東北地方太平洋沖地震に伴った地殻変動と誘発現象	科学	東北地方太平洋沖地震は地殻変動も観測史上最大であり、東日本全体が東西方向に大きく引き伸ばされ、太平洋側は深く沈降したことがGPS観測網によってとらえられた。石巻市牡鹿では最大となる5.3mの水平変動と1.2mの沈降が観測された。これらの地殻変動は、震源域で生じた巨大な低角逆断層運動が原因となっている。 今回の地震によって生じた大きな地殻変動は周辺にひずみ変化を及ぼし、その影響は広域に以下のような地学現象を誘発する危険性を伴う。①1677年以来長期にわたり大地震の発生がない房総沖で、海溝型巨大地震が連鎖的に誘発される。②東西伸長の地殻変動が関係して東西張力軸を有する正断層型の内陸地震が誘発される。③その他に、関東・中部地方の火山に関係した地震活動も見られたが、それらは次第に終息へと向かっている。
43	地震・地震動	原田怜・釜江克宏	2011年4月7日宮城県沖のスラブ内地震の震源のモデル化	京都大学原子炉実験室・釜江研究室HP	2011年4月7日23時32分に発生した宮城県沖の地震(M <sub>j</sub> 7.4)を対象として、KiK-net観測点の記録を使用し、経験的グリーン関数法によるアスペリティのモデル化を行なった。震源の北側と南側にアスペリティを設定し、バイラテラルな破壊過程を考えることにより、震源の北側の観測点(IWTH23, MYGH04)で見られる指向性パルスや継続時間が再現される結果となった。因みに、アスペリティの応力降下量は大きく(70.6MPa)、これまでのスラブ内地震で得られている値とも整合する。一方、合成波形が過大評価となる観測点(MYGH08, FKSH19)もあり、詳細な検討が必要である。