

## 議事概要

### 第 181 回地震予知連絡会 議事概要

**日時** 2009 年 4 月 10 日 (金)  
**場所** 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会会議室  
**出席者 (委員)**  
 島崎, 谷岡, 松澤, 八木, 池田, 佐藤, 吉田, 岩崎, 佐竹, 篠原, 尾形, 平原, 西上, 宮町, 小原, 野口, 金田, 桑原, 仙石, 横田, 土井, 吉川, 稲葉, 政春, 今給黎, 阿部

#### 議事概要

##### 1 第 21 期の地震予知連絡会の会長選出について

第 179 回地震予知連絡会で定められた手続きにより第 21 期地震予知連絡会会長の選出が行われ, 島崎邦彦委員が新会長となった。副会長, 部会長は今後指名され, 5 月の地震予知連絡会で報告されることになった。また, 大竹前会長を名誉委員に推す提案があり, 承認された。

部会については, これまで設置されていた 3 つの地域部会と重点検討課題運営部会が第 21 期も継続して設置されることとなった。

##### 2 地震予知連絡会会報の著作権について

地震予知連絡会会報の著作権に関する議論が行われ, 今後も引き続き検討して行くこととなった。

### 第 182 回地震予知連絡会 議事概要

**日時** 2009 年 5 月 15 日 (金)  
**場所** 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会会議室  
**出席者 (委員)**  
 島崎, 平原, 松澤, 山岡, 谷岡, 八木, 池田, 佐藤, 吉田, 岩崎, 佐竹, 望月 (篠原委員代理), 小川, 尾形, 橋本, 西上, 松本, 宮町, 小原, 野口, 中村 (金田委員代理), 桑原, 仙石, 横田, 土井, 吉川, 稲葉, 政春, 今給黎, 阿部

#### (招聘報告者)

中田 (海洋研究開発機構), 宮澤 (東京大学地震研究所)

#### 議事概要

##### 1 第 21 期の地震予知連絡会の構成について

島崎会長から, 新たに副会長に指名された平原委員, 松澤委員が紹介された。また, 新たに東日本部会長に指名された松澤副会長, 中日本部会長に指名された小原委員, 西日本部会長に指名された平原副会長, 重点検討課題運営部会長に指名された山岡委員が紹介され, 各部会長からそれぞれの部会の委員が紹介された。

##### 2 地殻活動モニタリング結果に関する検討

###### (1) 全国の地震活動について

国内で 2009 年 2 月から 4 月までの 3 か月間に発生した M5 以上の地震は 24 個であった。

###### (2) 日本列島の歪み変化

GPS 連続観測データによる最近 1 年間の日本列島の歪み変化図からは, 2008 年 9 月 11 日に発生した十勝沖の地震の変動の影響が見られ, 伊豆諸島北部では, 北東南西の伸びが依然として顕著である。また, 2008 年 5 月 8 日に発生した茨城県沖の地震, 2008 年 6 月 14 日に発生した平成 20 年岩手・宮城内陸地震, 2008 年 7 月 19 日に発生した福島県沖の地震の影響が見られる。

###### (3) 岩手県沖 (種市沖) の固有地震的地震活動

平成 6 年 (1994 年) 三陸はるか沖地震の最大余震 (1995 年 1 月 7 日, M7.2) の近傍で 2 つのグループの固有地震的活動が報告された。これらの地震は, プレート境界上に存在する同じアスペリティの破壊により準周期的に繰り返し発生していると考えられる。間隔約 16 年で M6 程度の地震グループでは, 最後の地震が 1993 年 12 月に発生した。

###### (4) 宮城・福島・茨城県太平洋岸の地殻変動

2008 年 5 月 8 日に発生した茨城県沖の地震 (M6.8), 2008 年 7 月 19 日に発生した福島県沖の地震 (M7.0) の余効変動と考えられる地殻変動が報告された。東向きの変化のほか 2009 年に入ってから, 檜葉観測点以南の点で南向きの変動が見られることが示された。この変動の原因は, 今のところはっきりしていない。

###### (5) 東海地域の地殻変動

東海地域の水準測量結果 (年周補正後) において, 掛川市の水準点 140-1 に対して, 御前崎市の水準点 2595 は前回と比較してわずかに沈降しており, 2005 年夏以降の最近の沈降トレンド上にある。GPS 連続観測データから得られた東海地方の地殻変動は, スロースリップ開始以前の状況に戻っているように見える。

### (6) 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

三重・奈良県境中部で5月3日から深部低周波微動活動が開始し、5月6日から北東方向に移動を開始したことが報告された。この活動に同期して周辺の観測点では、傾斜変動が観測されている。2006年1月には今回の活動とほぼ同じ場所から微動活動が始まり、北東方向に移動し、最終的には愛知県側にまで微動・スロースリップイベントが連動した。今回のイベントは現在も継続中で、その動向を見ている。

### 3 重点検討課題（プレート境界深部すべりに係わる諸現象）の検討

この課題の目的は、プレート境界深部でのプレート間滑りの様々な現象（深部低周波微動、深部低周波地震、深部超低周波地震、短期的スロースリップ）のモニタリングの現状、検知能力の向上、相互関係、トリガリングに関する検討を行い、プレート境界地震の予測精度の向上に貢献しようというものである。深部低周波微動・深部超低周波地震・短期的スロースリップイベントの空間分布が報告され、深部低周波微動はまんべんなく広がり発生しているが、深部超低周波地震、短期的スロースリップイベントは局在化していることが示された。深部低周波微動活動は、時間とともに空間的に移動することが多く、その方向にある傾向が見られるとの報告があった。また、微動活動から換算した四国・紀伊半島付近の6点におけるプレート間すべり量の積算変化が報告され、ほぼプレートの相対運動に等しいことが示された。

全国の深部低周波地震の震央分布は、深部低周波微動に比べて空間的なギャップがあり、いくつかのクラスターを形成していることが報告された。

気象庁により観測された歪み変化から1997年後半以降のスロースリップイベントの検出事例が報告された。また、歪み変化から東海短期的スロースリップのモーメント開放履歴が推定され、長期的スロースリップと短期的スロースリップのモーメント解放には何らかの関連があることが指摘された。

産業技術総合研究所による地下水等総合観測の成果が報告され、2009年2月の愛知県での地殻歪み変化と短期的スロースリップのモデル推定が行われ、総合観測の重要性が示された。

新宮のボアホール観測点で12個の歪み変化イベントが検出され、短期的スロースリップの断層モデルが提示された。微動活動を伴わずに発生したイベントも報告された。

地球潮汐が深部低周波微動の発生サイクルに影響を及ぼしていることが $\Delta$  CFFの計算及び摩擦構成則

に基づくシミュレーションをとおして示された。また、遠地震により四国西部の低周波微動がトリガーされた結果が報告された。

## 第183回地震予知連絡会 議事概要

日時 2009年8月21日（金）

場所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会会議室

出席者（委員）

島崎、平原、松澤、山岡、谷岡、八木、池田、酒井（佐藤委員代理）、吉田、岩崎、佐野（佐竹委員代理）、篠原、小川、尾形、橋本、西上、松本、宮町、小原、野口、金田、桑原、仙石、横田、土井、吉川、稲葉、政春、今給黎、阿部

（招聘報告者）

岡田（気象研究所）

議事概要

### 1 2009年8月11日の駿河湾の地震

2009年8月11日5時7分に駿河湾の深さ23kmでM6.5の地震（最大震度6弱）が、発生した。発震機構は北北東-南南西方向に圧力軸を持ち、震源の深さ及び余震分布から、沈み込むフィリピン海プレートの内部で発生した地震と考えられる。

3次元地震波速度構造とtomoDD法による詳細な余震の再決定により、本震の震源付近では、南側に高角（約50度）に傾斜した余震面があり、本震の北西部では、東北東に低角（約35度）に傾斜した余震面のあることが示された。

今回の駿河湾の地震は、伊豆半島南部の石廊崎断層を通る北西-南東走向の構造線にそって起きたとの見解が示された。

本震は、フィリピン海プレート境界上面よりも約10km深いところで発生しており、震源位置は低速度領域と高速度領域の境界付近の高速度領域内に位置することが報告された。

GEONETによるGPS連続観測では、震源西側の焼津付近で約1cmの西向きの変動などが観測された。また、GEONETの座標時系列グラフによれば、地震時にステップ状の変化が見られる一方、明瞭なプレスリップや地震後の顕著な地殻変動は観測されなかった。

DD法による詳細な余震分布を参考に2つのセグメント（セグメントI、セグメントII）からなる断層面を仮定して震源過程の推定を行った結果が報告された。また、GEONETで観測された地殻変動は、北西

一南東走向の北東に傾き下がる断層がやや右横ずれ成分を伴って逆断層的に動くことにより説明されることが示された。

駿河湾の地震の各種断層モデルから東海地震の想定震源域における  $\Delta$  CFF が計算され、震源の西の領域及び北側で応力の増加が示された。この  $\Delta$  CFF の分布は静岡県藤枝付近で本震後に発生した地震活動と調和的である。

## 2 地殻活動モニタリング結果に関する検討

### (1) 全国の地震活動について

国内で 2009 年 5 月から 7 月までの 3 か月間に発生した M5 以上の地震は 14 個であった。

### (2) 日本列島の歪み変化

GPS 連続観測データによる最近 1 年間の日本列島の歪み変化図からは、北海道では 2008 年 9 月 26 日及び 2009 年 6 月 5 日の十勝沖の地震の変動の影響が見られ、伊豆諸島北部では、北東-南西の伸びが依然として見られる。2008 年 6 月 14 日に発生した平成 20 年岩手・宮城内陸地震、2008 年 7 月 19 日に発生した福島県沖の地震の影響が見られる。また、2008 年頃から富士・箱根周辺で、北北東-南南西方向の伸びが見られる。

### (3) 東海地域の地殻変動

東海地域の水準測量結果（年周補正後）において、掛川市の水準点 140-1 に対し御前崎市の水準点 2595 は、前回と比較してわずかに沈降しており、2005 年夏以降の沈降のトレンド上にある。

### (4) 7 月 22 日 室戸岬沖（四国沖）の地震

2009 年 7 月 22 日 23 時 51 分に昭和南海地震（1946 年、M8.0）の震源域内である室戸沖（四国沖）の深さ 29km で M4.6（最大震度 4）の地震が発生した。また、この地震の約 1 時間後の 23 日 00 時 47 分にも、ほぼ同じ場所で M4.1 の地震（最大震度 3）が発生した。1997 年 10 月以降の活動を見ると、今回の震源付近で M4.0 を超える地震は発生していなかった。

## 3 重点検討課題（プレート境界浅部の固着とすべりのモニタリング）の検討

この課題の検討目的は、太平洋プレートやフィリピン海プレートの沈み込み境界浅部における固着とすべりの状況についての最新のモニタリング結果を検討し、固着やすべりの地域性とアスベリティの破壊の複雑性について理解を深めようというものである。

各地域のすべり欠損分布の共通性と多様性・地域性が報告され、北海道根室沖、宮城県沖、室戸岬沖ですべり欠損値が大きいことが示された。東海地方を例として、陸域の観測点のみでは、海域でのすべり欠損の推定の解像度が低いこと、またすべり欠損を推定

する際に、固定局の影響により見え方が変わることがあり、注意が必要であることが示された。

宮城県沖・福島県沖で観測された海底地殻変動の結果はバックスリップモデルから推定されるこの地域の地殻変動速度ベクトルと若干異なるが調和的であることが報告された。また、海底地殻変動観測の結果から、海底基準点「宮城沖 1」、「宮城沖 2」の付近では、プレート境界の固着が強く、海底基準点「福島沖」の付近では固着が弱いと推定され、これらの結果は小繰り返し地震の分布などと調和的であることが報告された。

2006 年 1 月～2009 年 7 月までの 1 か月ごとの小繰り返し地震の震央分布から、2008 年 2 月頃から東北地方南部の海溝側での活動が活発であることが示された。この地域では、2008 年 5 月と 7 月に茨城県沖と福島県沖でそれぞれ M7.0、M6.9 のプレート境界地震が発生した。2009 年中頃でも小繰り返し地震の活発な状態が続いており、2003 年十勝沖地震後の活発化に匹敵する広がり・継続時間にも見えるとの報告があった。また、すべり量の推定の問題に関して、2008 年 7 月の福島県沖の地震の例では、小繰り返し地震から推定される余効すべりで期待される歪変化と観測された歪計による歪変化が一致しないことが報告された。

関東地方の相似地震クラスター毎のすべり履歴について報告があり、相似地震から推定した関東地方のフィリピン海プレート・太平洋プレート上のすべりは、すべり速度がほぼ一定であり、房総スロースリップイベントに伴う加速及び太平洋プレートの銚子付近の M6 クラスの地震に先行するすべりの減速が見られることが報告された。

日向灘・南西諸島北部域の小繰り返し地震について報告があり、空間分布、発生頻度に関する知見が得られた。

中～大規模の繰り返し地震について、その位置、大きさ、発生頻度が報告された。

小繰り返し地震の周期性とゆらぎに基づく発生予測とそのモデル検証について報告があり、北海道南部から関東にかけての太平洋側の地域で 2008 年 1 年間の繰り返し地震の発生確率が計算され、観測結果と比較したところ整合的であることが示された。ただし、同地域での 2009 年 1 月～6 月の比較では、あまり観測結果と整合しなかった。このような小繰り返し地震の長期予測では、むしろ予測から外れる場合が重要であり、プレート運動の変化の有無を定量的に検証できる可能性がある。大変重要な研究であるとのコメントがあった。

## 議事概要

**日時** 2009年11月20日(金)

**場所** 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会  
議室

### 出席者(委員)

島崎, 平原, 松澤, 山岡, 谷岡, 八木, 池田, 佐藤,  
吉田, 岩崎, 佐竹, 篠原, 小川, 尾形, 西上,  
松本, 宮町, 小原, 野口, 中村(金田委員代理),  
桑原, 仙石, 横田, 舟崎(土井委員代理), 吉川,  
稲葉, 政春, 今給黎, 阿部

### (招聘報告者)

渡辺(名古屋大学), 横井(建築研究所), 吉本(横  
浜市立大学)

## 議事概要

### 1 地殻活動モニタリング結果に関する検討

#### (1) 全国の地震活動について

国内で2009年8月から10月までの3か月間に発生  
したM5以上の地震は31個であった。

#### (2) 日本列島の歪み変化

GPS連続観測データによる最近1年間の日本列島  
の歪み図からは、北海道では2003年9月26日の十勝  
沖地震及び2008年9月11日の十勝沖の地震の余効  
変動、2009年6月5日の十勝沖の地震に伴う地殻変  
動の影響が見られ、東北地方では、2008年6月14  
日に発生した平成20年岩手・宮城内陸地震の影響が見  
られる。伊豆諸島北部では、北東-南西方向の伸びが  
依然として見られる。また、2008年頃から富士・箱  
根周辺で、北北東-南南西方向の伸びが見られる。駿  
河湾周辺では、2009年8月11日に発生した駿河湾の  
地震に伴う地殻変動の影響が見られる。

#### (3) 北海道周辺の太平洋プレート内部の地震活動度

北海道周辺の太平洋プレート内部の地震活動度  
に関して、根室沖では2005年10月頃から静穏化が始  
まり、現在も継続中であるとの報告があった。

#### (4) 2009年8月11日の駿河湾の地震

余震は次第に減少しており、これまでの余震で最大  
のものは8月13日18時11分のM4.5(最大震度3)  
であることが報告された。

牧ノ原市から富士市に至る海岸沿いの路線の水  
準測量結果には、牧ノ原市北部から静岡市にかけて、駿  
河湾の地震による最大1cm超の隆起が見られた。一方、  
牧ノ原市の一部で見られる沈下は、軟弱地盤による局  
所的なものであることが報告された。

海底地殻変動観測に関する報告があった。駿河湾の  
地震の震央から北北東に約20kmの場所に位置する観  
測点(SNW)で、過去の結果から推定した地震直前の

座標値と地震後の座標値から南に $6.6 \pm 5.6$ cm、西に  
 $4.2 \text{cm} \pm 2.4 \text{cm}$ の変動が認められた。この変動は国土  
地理院の震源断層モデルによる計算値とは一致しない  
が、地震後2回の観測値がほぼ同じであるため、変動  
があったことは事実だと考えられるとの報告があった。

#### (5) 東海地域の地殻変動

東海地域の水準測量結果(年周補正後)において、  
掛川市の水準点140-1に対し御前崎市の水準点2595  
は、前回と比較してわずかに沈降しており、2005年  
夏以降の沈降のトレンド上にある。

#### (6) 西南日本の深部低周波微動と短期的スロースリッ プ活動の状況

2009年10月12日から22日にかけて紀伊半島中部  
で発生した微動活動は、北東及び南西方向に移動した  
が、北東方向の活動が活発であった。2009年10月29  
日から11月10日にかけて四国西部で発生した微動は、  
北東へ移動したのち南西へ移動した。2009年8月21  
日から9月2日、9月30日から10月3日にかけては  
愛知県中部で微動活動があった。

#### (7) 9月30日スマトラ南部(インドネシア)の地震

2009年9月30日19時16分(日本時間)、インド  
ネシアのスマトラ南部で発生した地震はMw7.5で、  
スマトラ島の下に沈み込むインド・オーストラリアプレ  
ートの内部で発生した地震であり、発震機構は北西-  
南東方向に圧力軸を持つ型であることが報告された。

### 2 重点検討課題「地震波干渉法」の検討

本課題の目的は、「地震波干渉法」の概要について  
再認識するとともに、地下構造調査への応用、モニタ  
リング手法としての可能性を秘めた構造の時間変化へ  
の応用について、それらの可能性を検討することであ  
る。はじめに「地震波干渉法」の理論と応用に関する  
レビューが報告され、その後実際のデータを用いた解  
析・応用事例が報告された。

「地震波干渉法」とは、波動場を異なる2地点で同  
時に観測した場合、それらの地震波形の相互相関処理  
を行うことにより、一方を震源、他方を受振点とした  
場合に観測される波形を合成する手法であり、相互相  
関解析、仮想震源法とも呼ばれている。

地下の地盤や地殻構造の推定への応用事例として、  
関東地方の地震基盤深度、日本列島各地域のS波速  
度構造の推定結果が報告された。

関東地方の地震基盤深度は、北東で浅く南西に向  
かって深くなる傾向が見られ、特に利根川・荒川沿  
いや横浜・房総半島南西域で基盤深度が深いことが報  
告された。

日本列島各地域のS波速度構造は、北海道では道  
北から石狩にかけて低速度領域が帯状に拡がり、道東

(根室－釧路)でも低速度領域が見られ、その他では高速度領域が広がっていることが報告された。また北海道では日高衝突帯下、東北地方では火山帯下、中部・関東地方では関東平野と新潟－神戸構造帯下、西南日本では四万十付加帯と火山帯下で低速度域が存在していることが報告された。また、中部・関東地方の下部地殻ではモホ面に沿って低速度域が広がっていることが示された。

地震に伴う地震波速度の変化を検出した事例として、2005 年福岡県西方沖の地震、2007 年能登半島地震、2007 年大分県中部の群発地震の 3 件が報告された。

2005 年福岡県西方沖の地震発生前には、地震波速度の変化は見られなかったが、地震発生直後から約 0.1 秒ほどの遅れが検出され、その遅れが 4 年経っても続いていることが報告された。

2007 年能登半島地震の例では、地震発生約 2 週間前に地震波速度に変化が見られ地震発生とともに元のレベルに回復したことや、地震発生後に変化が検出され 2 年半経っても元のレベルに回復していないことが報告された。

2007 年 6 月と 10 月の大分県中部の群発地震活動の例でも地震波速度の変化が検出され、6 月の活動時には約 4 か月、10 月の活動時には 3 か月かけて元のレベルに回復したことが報告された。

人工的に弾性波を連続的に放射させる能動震源を用いた地震波速度の時間変化を捉える試みの結果には、気温と降水量に相関が見られた。より深い場所での地震波速度の時間変化を捉えるためには、気象の影響を適切に補正する必要があることが報告された。

## 第 185 回地震予知連絡会 議事概要

- 日時** 2010 年 2 月 15 日 (月)
- 場所** 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会会議室
- 出席者 (委員)**  
島崎, 平原, 松澤, 山岡, 谷岡, 八木, 池田, 佐藤, 吉田, 岩崎, 佐竹, 篠原, 小川, 尾形, 飯尾 (橋本委員代理), 西上, 宮町, 小原, 野口, 金田, 桑原, 仙石, 横田, 土井, 吉川, 稲葉, 政春, 今給黎, 阿部
- (招聘報告者)**  
芝崎 (建築研究所)

## 議事概要

### 1 地殻活動モニタリングに関する検討

#### (1) 全国の地震活動について

国内で 2009 年 11 月から 2010 年 1 月までの 3 か月間に発生した M5 以上の地震は 18 個であった。

#### (2) 日本列島の歪み変化

GPS 連続観測データによる最近 1 年間の日本列島の歪み図からは、北海道では 2003 年 9 月 26 日の十勝沖地震の余効変動及び 2008 年 9 月 11 日の十勝沖の地震の余効変動、2009 年 6 月 5 日の十勝沖の地震に伴う地殻変動の影響が見られ、東北地方では、2008 年 6 月 14 日に発生した平成 20 年岩手・宮城内陸地震の余効変動の影響が見られる。伊豆諸島北部では、北東－南西方向の伸びが依然として見られる。また、2008 年頃から富士・箱根周辺で、北北東－南南西方向の伸びが見られる。駿河湾周辺では、2009 年 8 月 11 日に発生した駿河湾の地震に伴う地殻変動の影響が見られる。

#### (3) 平成 19 年 (2007 年) 新潟県中越沖地震の予測

平成 19 年 (2007 年) 新潟県中越沖地震 (M6.8) に先行した地震の静穏化現象について報告があった。それによると、この地震の前、2000 年くらいから震源域近傍で地震活動の静穏化があり、2005 年に震源域の深部において広義の前震があったと考えてよいことが報告された。

#### (4) 2009 年 12 月 24 日房総半島東岸の地震

2009 年 12 月 24 日に房総半島東岸のほぼ同じ場所で M4 クラスの地震が 2 回発生したが、どちらもプレート境界の相似地震であった。また、この地震に伴う傾斜変化が勝浦東観測点で 2009 年 12 月 16 日頃から 27 日頃にかけて観測されたが、これはプレート境界のスロースリップを示唆する可能性があるとの報告であった。

#### (5) 伊豆半島東方沖の地震活動

2009 年 12 月 17 日から伊豆半島東方沖で地震活動が始まり、17 日 23 時 45 分の M5.0、18 日 8 時 45 分の M5.1 の地震でそれぞれ震度 5 弱を観測した。19 日 23 時以降、地震活動は低下し、今回の活動以前の状態に戻ってきている。多くの地震の発震機構は概ね北西－南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型であり、従来からこの付近で見られるものと同様である。

この地域での群発地震の活動領域は同じ傾いた面上で少しずつずれた場所であったが、2000 年代は比較的規模の小さなやや深い部分での活動であった。今回の活動も同じ傾いた面上で開始したが、深さ約 6.5km から浅い領域に広がって鉛直の面上での活動になり、2000 年以降としては新たな領域に広がった。

東伊豆の体積歪計では、12 月 16 日深夜から縮みの

変化が始まり、周辺の傾斜計でもそれに同期した変化が見られた。その後、17日に入って歪み変化が加速するとともに地震活動も活発化した。これらの変化は、20日昼頃からはほぼ活動開始前の傾向に戻り、地震活動も低調となった。

傾斜計データでは時間とともに傾斜方向の変化が見られ、これは岩脈の貫入した深さが18日午後以降浅くなったとしておおよそ説明可能であった。

GEONETのF3解、水準測量データ、辺長測量データによる力源モデル(矩形ダイク、M5クラスの地震に対応する右横ずれ断層)によれば、ダイク上端の深さは約2.4kmであり、貫入したマグマの総量は $3.6 \times 106\text{m}^3$ と推定される。

#### (6) 東海地域の地殻変動

東海地域の水準測量結果(年周補正後)において、掛川市の水準点140-1に対し御前崎市の水準点2595は、前回と比較して沈降しており、2005年夏以降の沈降のトレンド上にある。

#### (7) 西南日本の深部低周波微動と短期的スロースリップ活動の状況

2009年12月27日から31日にかけて、四国中部で微動・低周波地震活動と同期した傾斜変化が観測された。29日の前後で傾斜変動パターンに変化が見られたことから、その前後の期間に分けて短期的スロースリップイベントの震源モデルを推定したところ、微動活動の移動と同期したすべり域の拡大が見られた。

#### (8) ハイチの地震

2010年1月13日6時53分(日本時間)、中米のハイチでMw7.1の地震が発生した。この地震の発震機構は西北西-東南東方向に張力軸を持つ横ずれ断層型であった。

「だいち」PALSARデータによれば、地殻変動の集中する領域は、首都ポルトープランスから西へ約20~50kmの位置にみられ、南行軌道で最大約70cmの衛星-地表間の距離短縮が観測された。2枚のセグメントで矩形断層一様すべりを仮定した震源断層モデルによると、断層長は約35kmで、逆断層成分を含んだ左横ずれのすべり量が約5mと推定されることが示された(暫定)。

### 2 重点検討課題「内陸地震準備過程のモニタリング」の検討

本課題の目的は、内陸地震の発生に至る準備過程の定量的モデル作成に有効な各種観測・モニタリング結果、及び理論的研究をレビューし、特定の断層域への応力集中過程のモニタリングの方向性を検討すること、議論の範囲として、定性的・定量的なモデル構築に向けての1. 測地学的観測による歪み集中の特徴

と地殻と最上部マントルの不均質性と物性に関わる観測、2. 内陸地震発生域への応力集中過程の解明のための観測とモデル化の現状レビューを行うことである。

海溝型大地震に比べて、内陸大地震の発生過程のモデル化の一般化された枠組みはない。ここでは1つの枠組みを紹介する。地震波速度構造、電磁気構造、地震活動、地温勾配、活断層等の観測結果から岩石構造、間隙水圧の分布、熱構造、既存断層等を取り入れた島孤地殻、最上部マントルの不均質なレオロジー構造のモデルを作成し、プレート間相互作用を取り入れて、島孤内の内的変形のシミュレーションを行い、観測事実に整合するようなモデリングを行う。このようなモデル化の結果、断層深部の挙動として、地震間では深部における粒径依存クリープによる局在化した流動と遷移領域におけるすべり加速が起き、地震後には、深部安定領域における余効すべり、粒径依存クリープによる局在化した流動、深部におけるべき乗型クリープによる粘弾性緩和がシミュレーションにより推定された。

また、地下の速度構造の推定結果から、西南日本では断層直下は深くなるにつれて周囲に比べて低速度になる傾向があり、東北日本では、周囲に比べてやや高速度になることが示された。これらの結果は、深さ方向の速度偏差を調べることにより、伏在断層の抽出につながる可能性を示唆している。

日本の内陸地震地域の比抵抗構造の推定結果が示され、内陸地震域では、地震発生層は、地殻の高比抵抗部に存在し、その下方に非常に顕著な低比抵抗異常が存在していることがわかった。またニュージーランド国アルパイン断層周辺の電磁探査結果が紹介された。それによると、ニュージーランド南島では、長さ500kmにわたる右横ずれ断層であるアルパイン断層が北東-南西方向に島を横断しており、南島北部のマルボロ地域では、アルパイン断層に平行する5つの横ずれ断層が存在し、南東に向けて順に若くなり、断層の年代と断層の地下構造との関係が紹介された。それによると、南東側の若い断層では、まだ未固結な堆積層の中で破碎することによって、低比抵抗体内部で地震が発生している。より内陸の横ずれ断層帯では、脆性-塑性境界下方に低比抵抗異常が分布し、トラップされている被圧流体が、上方に移動して地震を誘発するモデルあるいは流体を含み変形が容易な下部地殻があり、その上方の地殻で地震が起きているモデルで説明できる。アルパイン断層のさらに北側では、プレート深部から流体が供給される鉛直状の低比抵抗異常が存在している。この地域では豊富な流体が存在することによって空隙圧が高まり、高角の逆断層が発生し

うると考えられる。この特徴は東北日本でも見出されているものと共通することが紹介された。

GEONET により検出された日本列島の歪速度から、内陸域では活断層周辺等に歪速度の大きい領域が見られることが示された。しかし、活断層周辺の地殻変動に関する諸問題に 대응するためには、現在の観測点密度では十分とはいえない。このため、比較的活動度の高いと考えられる断層周辺で GPS の稠密観測によって地殻変動の詳細な空間分布を解明する調査・研究が行われている。糸魚川―静岡構造線断層帯周辺では、稠密観測によって、断層帯北部の短縮歪みの大きな領域の東縁が長野盆地西縁断層帯に一致することや、断層帯北部では断層の西側まで歪みの大きな領域が分布する傾向が示された。活断層周辺に非地震時の地殻変動が集中する原因としては、活断層の深部延長において、局在化したせん断帯があるためであると考えられており、下部地殻全体が流動するモデルでは説明が難しいということが紹介された。また地震後の余効変動の結果から地下の粘性構造に関する研究が紹介され下部地殻よりも上部マントルの方が粘性率が小さいという結果が紹介された。

跡津川断層に平行な基線とそれを横切る基線の  $V_p$ 、 $V_s$  異常が示され、地震発生域の下部に低速度層があることが示された。また稠密な地殻変動速度の観測結果は、水平相対速度が 1mm/year 以下となる範囲は跡津川断層の地表トレースとほぼ一致することが示され、こうした地殻変動のパターンから将来の地震発生領域の広がりや非地震時の地殻変動パターンから推定できる可能性を示唆する結果が得られた。これらの観測結果に対して、地殻深部で非地震時に変形が起こり、その結果活断層域にストレスがたまっていくという概念的なモデルが紹介された。

山陰地域では海岸線にほぼ平行に地震活動帯が存在する。この地震帯にそった広帯域 MT 観測により推定された比抵抗構造は地震帯直下の南側に低比抵抗構造が存在し、第四紀火山を横切る観測線では、相対的に浅部から低比抵抗領域となっていることが示された。また山陰地域の地震帯に関して、応力インバージョンによる応力場の推定と FEM によるモデリングを行った結果、地震帯において応力場の回転が起こっており、それは下部地殻の不均質構造により説明可能であることが分かった。

$V_p/V_s$  から推定される東北日本弧の深部構造は、火山列に沿って最上部マントルに非常に柔らかい物質（おそらくは主としてマグマ）が存在していることを示す。また、東北日本弧には脊梁に沿った領域と日本海東縁及び宮城県北部の 3 本の南北に伸びる「歪み

集中帯」の存在が GPS 観測によって推定されており、多くの微小浅発地震は、この歪み集中帯で生じていることが示された。これらの観測結果のモデルとして、地殻が水平方向に均質ではなく、脊梁直下では、深部から供給された溶融体の熱と、溶融体の固結によって放出された水の影響で下部地殻が局所的に軟化しており、この状況でプレート運動起源の東西圧縮の応力が働くとその軟化域の直上に応力と歪みが集中する。東西の短縮変形に伴って地震活動と地殻の隆起が生じ、その両側に存在する過去の正断層が逆断層として活動することになる。軟化域の分布には、南北でも変化があり、火山の下では、軟化が進み、火山と火山の間の領域では「変形遅れ」が生じて、そこに応力が集中する。その結果、やがて断層が動いて大地震として応力を開放するというモデルが紹介された。

東北地方の内部構造に基づく 3 次元モデルを用いて、シミュレーションが行われ、東北地方の脊梁山脈周辺の変形過程をある程度再現する結果が紹介された。すなわち、脊梁山脈の隆起が起き、脊梁山脈の両側で応力が高くなり、断層が形成されていくという地殻変動の様子が示された。

以上の成果報告に対して、地質学的なデータとの不整合があることが指摘され、今後こういったデータを活用してほしい、とのコメントがあった。また、別のコメントとしては、地下構造の不均質を用いるのもいいが、単純な構造を突き詰める研究を進めていくことも必要ではないかとの指摘もあった。また以上の発表には断層面の不均質性に関する報告があまりなかったが、この点も今後調査していく必要性が指摘された。

## 第 186 回地震予知連絡会 議事概要

日 時 2010 年 5 月 21 日（金）

場 所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会会議室

出席者（委員及び臨時委員）

島崎、平原、松澤、山岡、谷岡、八木、池田、佐藤、吉田、岩崎、篠原、小川、橋本、松本、後藤、青井、野口、金田、桑原、西澤（加藤委員代理）、横田、長谷川、吉川、稲葉、政春、今給黎、阿部、小原

（招聘報告者）

堀・有吉（海洋研究開発機構）、弘瀬（気象研究所）、松澤（防災科学技術研究所）

## 議事概要

### 1 委員の交代について

#### (1) 委員交代

鹿児島大学・宮町宏樹委員が後藤和彦委員に、防災科学技術研究所・小原一成委員が青井真委員に、海上保安庁・仙石新委員が加藤幸弘委員に、気象庁・土井恵治委員が長谷川洋平委員に交代した。

#### (2) 臨時委員

東京大学地震研究所・小原一成委員が新たに委嘱された。

#### (3) 中日本部会長

防災科学技術研究所・小原一成委員から名古屋大学・山岡耕春委員に交代した。

### 2 地殻活動モニタリングに関する検討

#### (1) 地殻活動の概要

##### ア 全国の地震活動について

国内で 2010 年 2 月から 4 月までの 3 か月間に発生した M5 以上の地震は 40 個であった。最大の地震は 2 月 27 日の沖縄本島近海の地震で M7.2 であった。

##### イ 日本列島の歪み変化

GPS 連続観測データによる最近 1 年間の日本列島の歪み図には、2010 年 3 月 14 日に発生した福島県沖の地震に伴う地殻変動の影響等が見られる。

##### ウ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

日向灘沖から足摺岬沖の領域で 2010 年 1 月下旬から 3 月下旬に活発な浅部超低周波地震活動があったことが報告された。

#### (2) プレート境界の固着状態とその変化

##### ア 日本海溝・千島海溝周辺

###### a 宮城・福島沖の海底地殻変動

宮城・福島沖の海底地殻変動が報告された。宮城沖の海底地殻変動は陸側より大きいことが示された。

###### b 福島県沖の地震

2010 年 3 月 14 日に福島県沖で M6.7 のプレート境界地震が発生した。今回の地震の震央付近では、M6.4-6.7 の地震が 21-25 年に 1 回の割合で発生しており、繰り返し地震と考えられる。この地震は 2008 年 7 月 19 日の福島県沖地震の余効すべり領域のくびれの部分で発生した可能性が指摘された。また今回の地震発生前に、地震活動の静穏化領域とその領域を地震活動の活発化領域がドーナツ状に取り囲むパターンが観測された。今回の地震は静穏化領域の西縁で発生した。

##### イ 相模トラフ周辺・首都圏直下

###### a 東京都東部の地震

2010 年 5 月 9 日に東京都東部のフィリピン海プ

レート境界付近で M4.0 及び M3.8 の地震が発生した。この地域で M4 クラスの地震が発生するのは約 10 年ぶりであった。

##### ウ 南海トラフ・南西諸島海溝周辺

###### a 東海地域の地殻変動

東海地域の水準測量結果（年周補正後）では、掛川市の水準点 140-1 に対し御前崎市の水準点 2595 の変動量はわずかな沈降であり、長期的な沈降の傾向に特段の変化は見られない。東海地方の水平地殻変動には特段の変化は見られないが、最近のすべり欠損分布は、スロースリップ発生前の状態に完全には戻っていない。

###### b 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

2010 年 2 月から 3 月に、豊後水道で顕著な深部低周波微動活動が観測された。また豊後水道では 1 月末より断続的に活発化し、四国東部では 4 月に活動が観測された。3 月には東海地方と紀伊半島で微動が観測された。

###### c 豊後水道の長期的なスロースリップ

2009 年後半から四国南西部及び豊後水道周辺で非定常な地殻変動が観測された。観測された非定常変動と豊後水道南東側の深部低周波微動及び足摺岬沖の浅部超低周波地震の活動とは同期している傾向があることが報告された。検出された非定常変動から、四国南西部及び豊後水道で 2009 年後半から長期的なスロースリップが発生したことが推定された。すべり領域は四国南西部で始まり、2010 年 2 月頃からすべり速度が加速し、豊後水道にすべり領域が拡大し現在まで続いている。

#### (3) その他の地殻活動等

##### ア チリ中部沿岸の地震

2010 年 2 月 27 日（日本時間）にチリ中部沿岸で Mw8.8 のプレート境界地震が発生した。この地震により翌日日本国内で津波が観測された。

### 3 重点検討課題「プレート境界の固着とすべりのシミュレーション - モニタリングによって何が検知されると期待されるのか？」の検討

本課題の目的は、太平洋プレートやフィリピン海プレートの沈み込み境界における固着とすべりに関する現状のシミュレーションの成果やその限界を理解することにより、観測モニタリングの指針を得ることである。議論の範囲は、1. 様々なタイプのイベントが生じる条件、2. アスペリティ破壊の規模、再来間隔、震源過程のゆらぎをもたらす原因、3. 大地震の前に生起する現象及び想定される現象に対する検知能

力の検証である。2 部に分かれて検討が行われ、第 1 部では数値シミュレーション研究の成果について、第 2 部では大地震前の変化等の検知能力について説明があった。

**第 1 部：**釜石沖の地震を例に、固有地震的に発生する M5 クラスの地震と、その地震間の後半に続発する M2～3 の地震の発生サイクルが、階層的アスペリティモデルによって再現できるという報告がなされた。また、超巨大地震のサイクルの中で一回り小さい地震が発生するような類似のケースへの階層的モデルの適用可能性についても議論された。東海地域の割れ残りとの長期スローイベントとの関係が報告され、近年の大規模な東海スロースリップは 1944 年の東南海地震で東海地域が割れ残ったことに起因する可能性が示された。また、このシミュレーションでは紀伊半島沖から破壊が開始することが示され、その場合は約 1 か月前に GPS でプレスリップが観測可能と推定された。南海トラフ沿いの巨大地震発生前のスローイベントの挙動の変化の報告では、大地震発生サイクルにおける長期的・短期的スロースリップイベントを数値シミュレーションで再現でき、大地震発生前には、スロースリップの発生間隔が短くなる傾向が示された。また大地震発生前に固着域とスロースリップの発生領域の間ですべりの加速が起きることが報告された。イベント間の相互作用と大地震前後の周囲の活動変化に関する報告では、小アスペリティの連鎖破壊モデルを適用することにより、超低周波地震の移動現象が再現できることが報告された。また、余効すべりが通過すると、浅い領域では繰り返し地震・浅部超低周波地震が、深い領域ではスロースリップが発生することが示された。

**第 2 部：**歪計による短期的スロースリップの検知能力が報告され、短期的スロースリップの検出限界の規模が Mw5 前半であることが示された。また同様な報告が GPS 観測網に関してなされ、観測データのノイズレベルにもよるが、西南日本では Mw6.0 前後以上、北海道・東北地方ではおよそ Mw6.5 以上で検知が可能であることが報告された。短期的スローイベントと微動の準リアルタイムでの検知能力の報告がされ、傾斜計によって検出される短期的スローイベントの下限は Mw5.5 であると示された。また短期的スロースリップを傾斜計の変化から自動検出する試みが報告され、その有効性が示された。

## 第 187 回地震予知連絡会 議事概要

**日時** 2010 年 8 月 20 日 (金)

**場所** 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会会議室

### 出席者 (委員及び臨時委員)

島崎, 平原, 松澤, 山岡, 谷岡, 八木, 池田, 佐藤, 吉田, 岩崎, 佐竹, 篠原, 小川, 尾形, 橋本, 西上, 松本, 後藤, 青井, 野口, 有吉 (金田委員代理), 桑原, 西澤 (加藤委員代理), 横田, 長谷川, 吉川, 稲葉, 政春, 今給黎, 阿部, 小原

### (招聘報告者)

平田 (東京大学地震研究所), 弘瀬・前田 (気象研究所), 遠田 (京都大学防災研究所), 勝俣 (北海道大学), 松村 (防災科学技術研究所), 井出 (東京大学)

### 議事概要

#### 1 地殻活動モニタリングに関する検討

##### (1) 地殻活動の概況

###### ア 全国の地震活動について

国内で 2010 年 5 月から 7 月までの 3 か月間に発生した M5 以上の地震は 33 個であった。地震の発生数や地域分布に特に目立った点は見られなかった。

###### イ 日本列島の歪み変化

GPS 連続観測データによる最近 1 年間の日本列島の歪み図には、2009 年後半から発生した豊後水道スロースリップに伴う地殻変動の影響等が見られた。

###### ウ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

2010 年 7 月に十勝沖で活発な超低周波地震活動があった。前回予知連で報告された足摺岬沖の超低周波地震活動は、その後見られない。

##### (2) プレート境界の固着状態とその変化

###### ア 相模トラフ周辺・首都圏直下

###### a 千葉県北東部の地震

2010 年 7 月 23 日に千葉県北東部のフィリピン海プレート境界付近で M4.9 の地震が発生した。本震及び最大余震の発震機構解は、北西—南東方向に圧縮軸を持つ逆断層型であった。しかし、ほとんどの余震は北東—南西方向の張力軸をもつ正断層型であり、同じ断層面が破壊する余震発生パターンとは異なっていることが報告された。本震によるクーロン応力変化は正断層型の地震が起きやすい状態となっている事が示された。

###### イ 南海トラフ・南西諸島海溝周辺

###### a 東海地域の地殻変動

東海地域の水準測量結果では、掛川市の水準点

140-1 に対し御前崎市の水準点 2595 の変動はわずかであり、長期的な沈降の傾向に特段の変化は見られなかった。東海地方の水平地殻変動には特段の変化は見られないが、最近のすべり欠損分布は、スロースリップ発生前の状態に戻りつつある。

#### b 南海トラフにおける海底地殻変動

西南日本の沖合の海底地殻変動観測点の 2006 年以降の変動の結果が示された。一部の観測点ではデータのばらつきが大きく、安定した結果が得られているとはいえ、さらに 3 年ぐらい観測を続けることが必要との報告がなされた。

#### c 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

2010 年 5 月から 7 月に、紀伊半島南部、四国中部・西部・東部、及び豊後水道で深部低周波微動が活発化した。豊後水道の活動は、6 月以降はやや発生レートが減少している。

#### d 豊後水道の長期的なスロースリップ

2009 年後半から発生した豊後水道の長期的なスロースリップに伴う地殻変動は、前回の報告に比べて大きくなっている結果が報告された。また、GPS 観測局の座標時系列で見ると 6 月以降地殻変動が鈍化しているように見えることが報告された。傾斜計の観測結果もこれを支持している。推定された積算モーメントは、2003 年のレベルに近づきつつあることが報告された。

## 2 重点検討課題「地震活動について」の検討

本課題の目的は、主に以下の 2 つである。第 1 に、地震活動の標準的予測モデルを公募しそれらの性能を検証する CSEP 研究プロジェクトの日本に於ける取り組みについての紹介と議論である。第 2 に、地震活動や余震活動における種々の異常現象の検出法、その有意性、大地震や大きな余震の予測の確率利得を向上させる方策についての議論である。これらに関して、2 部に分けて検討が行われた。

**第 1 部：**始めに、日本における CSEP の取り組みについて説明がなされた。第一回地震発生予測検証実験が 2009 年 11 月から開始され、各実験モデルによる予測性能評価の中間結果の報告がなされた。内陸の深さ 30km 以浅における M5.0 以上の地震が 1 年間に発生する確率の推定に、マグニチュードの上限値を設定する MGR モデルを適用したところ、従来の G-R 則を用いる場合と比べて、地震発生率の過大評価を避けて適切に評価できることが報告された。課題「b 値と ETAS モデルにもとづく日本列島の標準的地震発生予測について」は資料の配布のみ行われた。2009 年 5 月イタリア・ラクイラで行われた国際地震予測委員会

による実用的な地震予測についての検討内容及びイタリア・市民保護部 (DPC) への勧告に関する報告がなされた。CSEP 日本版へ最適化した応力伝播・地震活動時間発展モデルを 1890 年以降の地震に適用した結果が紹介された。応力蓄積速度が遅い列島内陸域では、現在の地震活動は過去の大地震による影響を引きずっていることが報告された。

**第 2 部：**前震の事前識別による短期予測の確率利得、及び時空間 ETAS モデルを用いた中期予測の確率利得について説明がなされた。また、中国地震局などが試行している大地震の警告型予測の精度評価手法として Gambling score が紹介された。2003 年十勝沖地震前の地震活動静穏化に関して報告がなされた。その結果、Z 値を用いた地震活動静穏化の有意性を数値シミュレーションから評価すると、観測された Z 値の変化が出現する確率はランダムな発生過程では説明しにくいことが示された。茨城県沖、十勝沖における地震活動の時空間変化を調べたところ、固有地震の発生前に地震活動が特有の変化を示すことが報告された。また、東海・東南海地域の最近の地震活動パターンが、1944 年の東南海地震前の状態と類似していることが報告された。前震活動を利用した本震の予測について報告がなされた。北日本の太平洋海域の地震を対象に検証した結果、茨城県沖や宮城県沖などの限られた領域に絞ると、前震活動による本震の予測が有効である可能性が示された。群発地震の性質等から地震活動の推移について評価する手法が、地震調査委員会の下の小委員会で検討されていることが報告された。伊豆東部の群発地震活動が検討対象の 1 つになっており、この活動においては活動初期の段階でマグマ貫入量が推定できれば地震活動の規模を予測可能であることが報告された。スロースリップに伴う群発地震に ETAS モデルを適用した研究が紹介された。その結果、東京湾の群発地震はスロースリップを伴っている可能性があることが指摘された。中国栄昌天然ガス田を例とした注水誘発地震の統計的な特徴が説明された。複数の解析手法と地震活動統計パラメータの統合により、地震活動や地殻応力の臨界性を把握するための指針を構築できる可能性などが報告された。

## 第 188 回地震予知連絡会 議事概要

**日時** 2010 年 11 月 19 日 (金)

**場所** 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会会議室

**出席者 (委員及び臨時委員)**

島崎, 松澤, 山岡, 谷岡, 八木, 池田, 佐藤, 宮澤 (吉田委員代理), 岩崎, 佐竹, 篠原, 小川, 尾形, 遠田 (橋本委員代理), 澁谷 (西上委員代理), 松本, 後藤, 汐見 (青井委員代理), 野口, 有吉 (金田委員代理), 桑原, 加藤, 横田, 長谷川, 吉川, 稲葉, 政春, 今給黎, 阿部, 小原

**(招聘報告者)**

井出 (東京大学), 望月・加藤 (東京大学地震研究所), 木村・廣瀬 (防災科学技術研究所), 後藤 (京都大学), 吉田・木村 (気象研究所), 西村 (国土地理院), 小泉 (産業技術総合研究所)

**議事概要**

### 1 地殻活動モニタリングに関する検討

#### (1) 地殻活動の概況

##### ア 全国の地震活動について

国内で 2010 年 8 月から 10 月までの 3 か月間に発生した M5 以上の地震は 28 個であった。全体的に、地震の発生数や地域分布に特に目立った点は見られなかった。

##### イ 日本列島の歪み変化

GPS 連続観測データによる最近 1 年間の日本列島の歪み図からは、目立った状況の変化はなかった。

##### ウ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

2010 年 8 月下旬に十勝沖で超低周波地震活動があった。日向灘でも 8 月に活動があった。

#### (2) プレート境界の固着状態とその変化

##### ア 南海トラフ・南西諸島海溝周辺

###### a 東海地域の地殻変動

東海地域の水準測量結果では、掛川市の水準点 140-1 に対し御前崎市の水準点 2595 の変動はわずかであり、長期的な沈降の傾向に特段の変化は見られなかった。

###### b 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

8 月 12 - 19 日に四国西部, 9 月 18 - 29 日に紀伊半島中部～南部でスロースリップが発生したことが報告された。10 月 11 - 13 日に四国中部で深部低周波微動が発生したことが報告された。豊後水道における 2010 年 1 月以降の断続的な深部低周波微動活動は低調になっている。

###### c 豊後水道の長期的なスロースリップ

2009 年後半から発生した豊後水道の長期的なスロースリップは、鈍化傾向となっているとの報告がなされた。

###### d 南西諸島海溝 (琉球海溝) 付近の海底地殻変動

海底地殻変動の観測から、沖縄本島南方沖合の海底に設置された観測点が、沖縄の GPS 観測点の動きとは異なり、ユーラシアプレートに対して、北西方向に約 4cm/year の速度で移動していることが報告された。

#### イ その他

##### a スマトラ南部の地震

2010 年 10 月 25 日スマトラ南部でユーラシアプレートとインド・オーストラリアプレートの境界で Mw7.7 の地震が発生した。この地震によりインド洋沿岸で津波が観測されたことが報告された。

### 2 重点検討課題「プレート境界すべり現象に関する今後のモニタリング戦略」の検討

本課題の目的は、プレート境界で発生する多様なすべり現象について、シミュレーションで予測された特徴を含めその発生状況を的確に把握し、今後の巨大地震発生予測に資するため、プレート間すべり現象のモニタリング手法高度化に向けた検討を行うことである。これらに関して、3 部に分けて検討が行われた。

#### 第 1 部 プレート境界すべり現象モニタリング最新結果

深部低周波微動の深さ依存性について報告がなされた。小規模の微動活動は深部側に集中しており、特に紀伊・四国西部では深い側と浅い側の 2 列に分布して、四国東部では孤立的に活動するという特徴が紹介された。四国西部の深部低周波微動の線状構造・継続時間・移動様式・潮汐応答について報告がなされた。微動がスラブの沈み込み方向に沿って線状に分布することが示され、過去及び現在のフィリピン海プレートの沈み込み方向が関与していることが紹介された。

#### 第 2 部 プレート境界すべり現象と関連の深い地下構造に関する最新研究成果

茨城県沖の M7 級地震の発生域と地殻構造調査から発見された海山の関係を調べたところ、破壊領域は海山の沈み込む前方に形成され、海山自体はアスペリティにはなっていないことが報告された。房総沖の相似地震は沈み込むフィリピン海プレート最上部の火山性碎屑物・火山岩 (VCR) 層の下面に沿って発生していることが紹介され、活動的な深部底付け作用が進行していることが示唆された。東海地域の深部低周波微動は、高 Vp/Vs 比をもつマントルウェッジ先端部と海洋性地殻との境界面上に分布していることが示さ

れた。また、長期的スロースリップのすべり速度と海洋性地殻内の流体圧分布に相関があることが報告された。紀伊半島沖での電磁探査から、深部低周波微動や浅部超低周波地震の発生域は低比抵抗であることが報告された。低比抵抗は深部低周波微動発生域上部の下部地殻にも認められ、流体の存在が示唆された。

### 第3部 今後のモニタリング手法高度化への取り組み

アクロスによるプレート境界状態変化の検出の試みについて報告がなされた。東海地域の深部低周波微動活動が活発だった時期に、微動の発生域を通過する波群のエネルギーの増加が認められ、微動に伴ってプレート境界面の反射係数が増加した可能性が示唆された。歪計による短期的スロースリップの検出能力について報告が行われた。観測条件を整えば5nano-strain程度の変位変化の検出が可能であり、短期的スロースリップの検出限界の規模はMw5前半であることが示された。GPSによる短期的スロースリップの検出能力について報告が行われた。空間フィルタによるノイズ軽減処理を適用すると、スロースリップの発生を示唆する変位パターンが認められる場合があり、GEONETでも検出できる可能性が示された。傾斜データを用いた短期的スロースリップの自動検出及び地震波形の相関解析による浅部超低周波地震の検出を試みた取り組みが紹介された。歪計と傾斜計の両方を利用した短期的スロースリップの検知能力を向上させる取り組みが紹介された。また、地震計鉛直アレイ観測による波形データにセンブランス解析を適用すると、従来のエンベロープ相関法より深部低周波微動の検知能力が10倍程度向上することが報告された。

## 第189回地震予知連絡会 議事概要

日時 2011年2月18日(金)

場所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会  
議室

### 出席者(委員及び臨時委員)

島崎、平原、松澤、山岡、谷岡、八木、池田、佐藤、吉田、岩崎、篠原、小川、尾形、橋本、遠田(西上委員代理)、松本、後藤、青井、野口、有吉(金田委員代理)、桑原、加藤、舟崎(横田委員代理)、長谷川、吉川、稲葉、政春、今給黎、阿部、小原  
(招聘報告者)

山田(東京大学地震研究所)、佐藤(海上保安庁)、田所(名古屋大学)、望月(東京大学)、藤本(東北大学)

## 議事概要

### 1 地殻活動モニタリングに関する検討

#### (1) 地殻活動の概況

##### ア 全国の地震活動について

国内で2010年11月から2011年1月までの3か月間に発生したM5以上の地震は46個であった。通常より多めであるが、12月22日の小笠原近海の地震の余震が28個含まれているためである。

##### イ 日本列島の歪み変化

GPS連続観測データによる最近1年間の日本列島の歪み図からは、北海道では2003年9月26日の十勝沖地震及び2008年9月11日と2009年6月5日の十勝沖の地震の余効変動の影響が見られる。東北地方では、2008年6月14日に発生した平成20年岩手・宮城内陸地震の余効変動の影響が見られる。伊豆諸島周辺では、北東-南西方向の伸びが依然として見られる。また、2008年頃から富士・箱根周辺で、北北東-南南西方向の伸びが見られる。2010年3月14日に発生した福島県沖の地震に伴う地殻変動の影響が見られる。豊後水道周辺ではスロースリップによる地殻変動の影響が見られる。この3か月では新たな現象の追加はない。

##### ウ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

2010年12月末～2011年1月初旬に十勝沖で小規模な活動があった。また、2011年1月中旬に日向灘で小規模な活動があったものの掲載基準を満たすイベントは僅少であった。

#### (2) プレート境界の固着状態とその変化

##### ア 日本海溝・千島海溝周辺

###### a 宮城県・福島県沖の地震の余効変動

2005年8月16日の宮城県沖の地震(M7.2)、2008年5月8日の茨城県沖の地震(M7.0)、2008年7月19日の福島県沖の地震(M6.9)及び2010年3月14日の福島県沖の地震(M6.7)の余効変動に関して報告がされ、地震時と地震後のプレート境界面上の滑りの比較が示された。その結果、宮城県沖及び福島県沖では、地震発生域を含む形で地震後の余効滑りの領域とその大きさが推定された。福島県沖の余効滑りは、地震時の滑りよりも大きいことが示された。

##### イ 相模トラフ周辺・首都圏直下

2010年11月5日の茨城県南部の地震に関する調査により、プレート境界面上でいくつかの相似地震が発生しており、これらから求められた平均滑り速度はこの付近のフィリピン海プレートの沈み込み速度と矛盾しないことが報告された。

##### ウ 南海トラフ・南西諸島海溝周辺

### a 東海地方の地殻変動

東海地方の水準測量結果（年周補正後）において、掛川市の水準点 140-1 に対し御前崎市の水準点 2595 は、前回と比較して沈降しており、従来の沈降のトレンド上にある。また、東海地方の最近のすべり欠損は、スロースリップ発生前の状態に次第に戻りつつある。

### b 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

短期的なスロースリップを伴う顕著な微動活動が、東海地方では 2010 年 11 月 13～19 日、紀伊半島北部では 2010 年 11 月 26～27 日、四国中部から東部では 2010 年 11 月 9～22 日、四国西部では 2010 年 12 月 9～16 日及び 2011 年 1 月 9～15 日にあった。またそれ以外の深部低周波微動活動が、紀伊半島北部で 2010 年 11 月 15～23 日、四国西部で 2010 年 11 月 16～20 日にあった。

### c 日向灘で繰り返し発生するスロースリップ

2005 年以降、日向灘のプレート境界でスロースリップが繰り返し発生していることが報告された。スロースリップは、1996 年の日向灘の地震の余効滑り域の深部側とほぼ同じ領域で起きていることが報告され、検討が行われた。

## 2 重点検討課題「海域のモニタリング技術の動向」の検討

本課題の目的は、海域におけるモニタリング技術の動向の把握、及びその高度化に向けた検討を行うことである。議論は、1) 海域における地震モニタリング観測、2) 海域における地殻変動モニタリング観測、の 2 部に分けて行われた。

### 第 1 部 海域における地震モニタリング観測

長期観測型の海底地震計による繰り返し観測について報告がなされ、根室沖から房総沖にかけての震源分布やプレート境界の 3 次元形状を求めた成果などが紹介された。気象庁によるケーブル式常時海底地震観測システムについて報告があり、海底地震計を用いることにより震源の深さの決定精度が向上する事例が紹介された。地震・津波観測監視システム (DONET) によるモニタリングが紹介され、熊野灘の地震 (2011/1/8) の観測事例などを通じて、地震・津波の早期検知が可能となることが報告された。海底における高密度地震観測のために新規開発された小型のケーブル式海底地震観測システムが紹介され、粟島沖に設置したシステムではノイズの少ない結果が得られていることが報告された。

### 第 2 部 海域における地殻変動モニタリング観測

宮城県沖の GPS/音響測距による海底地殻変動観測

で、地震発生からひずみの蓄積開始までの一連の地殻変動を検出することに成功したことが報告された。名古屋大学の GPS/音響測距観測システムが紹介され、熊野灘及び駿河湾の観測でプレートの収束に伴う地殻変動が検出された事例と海上多点方式による海中音速の推定に関する試みが報告された。観測の自動化・効率化を目指した、AUV (自律型無人潜水機) と海底ケーブル技術を取り入れた新しい海底地殻変動観測システムの開発の取り組みが紹介された。GPS/音響測距観測において測位精度を低下させる最大の要因である海中音速の水平方向の違いを、海底局を追加することにより推定する試みが紹介された。

## 第 190 回地震予知連絡会 議事概要

日時 2011 年 4 月 26 日 (火)

場所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会会議室

### 出席者 (委員)

島崎、平原、松澤、平田、山岡、谷岡、池田、佐藤、佐竹、篠原、小原、小川、尾形、西上、遠田、松本、後藤、青井、汐見、堀 (金田委員代理)、桑原、西澤 (加藤委員代理)、土井、長谷川、横田、稲葉、齊藤、今給黎、阿部

### 議事概要

#### 1 地震予知連絡会第 22 期委員紹介

##### (1) 委員交代

東京大学地震研究所・吉田真吾委員及び岩崎貴哉委員が平田直委員に、東京大学地震研究所・小原一成臨時委員が臨時委員から委員に、京都大学防災研究所・橋本学委員が遠田晋次委員に、防災科学技術研究所・野口伸一委員が汐見勝彦委員に、気象庁・吉川澄夫委員が横田崇委員に、気象庁・横田崇委員が土井恵治委員に、国土地理院・政春尋志委員が齊藤隆委員に交代した。

##### (2) 中日本部会長交代

名古屋大学・山岡耕春委員から東京大学地震研究所・平田直委員に交代した。

#### 2 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

##### (1) 本震のすべり分布について

遠地実体波、近地強震記録、陸上の GPS データ、陸上の GPS データ及び海底地殻変動データを用いた地震時のすべり分布モデルが報告された。いずれのモデルも震源の東側の海溝近くで最大すべり (25-35m

程度)が推定された。また、宮城沖の海溝付近の最大隆起量は6-8m程度に達している一方、福島県・茨城県沖では海溝軸近くに大きなすべりはみられなかった。

## (2) 前兆について

遠地実体波を使用して3月9日のM7.3の地震のすべり分布が報告された。主なすべりは震源よりも深い領域で起きていたことが示された。3月9日の前震後に地震活動が本震の破壊開始点に接近していったことが報告された。3月9日に発生した地震と本震の間の地震活動のb値は0.4程度で、それ以前の約10年間の地震活動のb値(0.6-0.7)に比べ非常に小さい結果が報告された。GEONET連続観測により、2000年前後から福島県・茨城県で、2003年頃から宮城県で東向きの非定常成分が増加していることが報告された。1997-2000年及び2007-2010年のプレート境界の結合状態が推定され、2007-2010年の結果では震源域付近のプレート間の結合が有意に小さくなっていったことが報告された。小繰返し地震から推定されるプレート境界の結合のはがれが推定され、2008年以降、本震の震源域の浅部ですべり速度が増加していたことが示された。

## (3) M9になった理由について

地形から推定される太平洋岸の隆起量と地質学的に観測されるひずみ速度及び潮位データによる沈降速度を総合的に説明するためには、M9級の巨大地震が繰返し発生する必要があるとするモデルが示された。1993年から2007年に発生した小繰返し地震から推定されるプレート間のカップリング率の分布が報告された。本震のすべり域は、カップリングが比較的強い場所であること、海溝沿いでもカップリングが大きいことが示された。GEONET連続観測により、2008年の茨城県・福島県沖の地震後及び2010年の福島県沖の地震後、太平洋岸で東向きの変動が顕著に見られることが示された。また、2000年前後から福島県・茨城県で、2003年頃から宮城県で東向きの非定常成分が増加していることが示された。M9の地震を引き起こすメカニズムを説明した4つのモデルが紹介された。いずれのモデルも強度の大きい領域の存在、広域のすべり欠損の蓄積が発生の条件として必要であることが示された。

## (4) 余震と誘発地震について

本震後に東日本で内陸地震活動が活発化した地域が報告された。活発化した地域では本震に伴う静的クーロン応力変化が正となることが示された。本震によって誘発された日光・足尾の地震活動について報告がなされた。地震活動が活発化した原因として、振動によるトリガー、ローカルな応力変化、火山体直下の流体の関与が示唆された。関東地方における本震後3

週間以内の浅部及び深部の地震活動が報告された。活動が活発化した領域では静的クーロン応力変化は正となっていることが示された。茨城県北部・福島県東部の地震活動について報告があり、4月11日に発生したM7.0の地震前に周辺域の地震活動の静穏化が認められることが示された。

## (5) 余効変動について

GEONETによる余効変動の観測結果が報告された。岩手県沿岸部では沈降傾向が継続している一方、牡鹿半島周辺・銚子周辺では隆起傾向が見られることが示された。宮城県周辺の沿岸部のGPS観測により、4月の初め頃から江島・金華山の観測点で隆起が見られることが報告された。陸域及び海域のGPSデータから推定されたすべり分布が報告された。地震時のすべりの中心よりもプレート境界の深い側で余効すべりが続いていること、銚子沖の余効すべりは本震の破壊域よりも南に広がっていることが示された。17世紀に発生した地震の調査から、北海道の太平洋沿岸部では、数百年間隔で起こる連動型巨大地震の余効変動による隆起が、地震前及び地震時の沈降を解消する一因となっていることが示された。

## 第191回地震予知連絡会 議事概要

日時 2011年6月13日(月)

場所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会会議室

### 出席者(委員)

島崎、平原、松澤、山岡、谷岡、八木、池田、佐竹、篠原、小原、小川、尾形、西上、遠田、松本、後藤、青井、汐見、高橋(金田委員代理)、桑原、西澤(加藤委員代理)、内藤(土井委員代理)、齋藤、横田、村上、齊藤、今給黎、阿部

### 議事概要

#### 1 地殻活動モニタリングに関する検討

##### (1) 地殻活動の概況

###### ア 全国の地震活動について

国内で2011年2月から2011年5月までの4か月間に発生したM5以上の地震は579個であった。

###### イ 日本列島の歪み変化

GPS連続観測データによる最近1年間の日本列島の歪み図には、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の影響が見られる。

###### ウ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

2011年3月10日22時頃から11日0時頃に十勝

沖で小規模な超低周波地震活動が検出された。3月28日から4月3日には、四国沖で小規模な活動が検出された。

## (2) プレート境界の固着状態とその変化

### ア 南海トラフ・南西諸島海溝周辺

#### a 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

短期的スロースリップを伴う顕著な微動活動が、四国西部で5月20～23日にあった。紀伊半島南部では2月21～23日に、四国西部・東部では3月12～15日に活動があった。自動モニタシステムによる西南日本の短期的スロースリップの初めての検出事例が報告された。GPS連続観測データを用いた短期的スロースリップの検出事例が報告された。

## 2 重点検討課題「東北地方太平洋沖地震に関する検討(その2)」

第190回に引き続き、東北地方太平洋沖地震についての検討が3部に分けて行われた。

### 第1部 第190回地震予知連絡会のまとめとそれ以降の新知見について

本震発生前のGPS連続観測データから推定された東北地方の歪み変化が紹介され、2006年頃から福島県内及びその周辺の東西短縮が小さくなっていたことが報告された。本震前の地震活動について報告がされ、北海道の一部を除き日本列島における地震活動が低調であったことが示された。三陸沖～宮城県沖にかけての海溝型地震の前震及び余震活動に関する特徴が紹介された。3月9日の前震(M7.3)に比較的大きめの余震が多かったのは、この領域における海溝近傍の地震発生場の特徴である可能性が指摘された。前震(M7.3)後の余効変動観測から、余効すべりが地震時のすべり領域より南側に進展した可能性が示唆された。GEONETデータを用いた解析から、本震の約40分前から震源域上空の電離圏で最大5TECUに達するゆっくりとした正の異常が観測されたことが報告された。津波堆積物調査から、砂質堆積物の到達限界と津波の浸水限界に1-2kmの差があることが報告された。津波波形データ及び陸上GPS・海底GPS音響観測による地殻変動データを用いた本震のすべり量分布が紹介され、海溝に近いところで約40mの大きなすべりが起きていることが示された。強震記録を用いた震源過程の解析から、宮城県沖で発生したすべりが、60-100秒後に大規模なすべりに発展し、その後福島県・茨城県沖へと破壊が伝搬したことが報告された。GPSリアルタイムキネマティック解析による地殻変動データから、震源断層モデルの即時推定できる可能性があ

ることが報告された。固有地震のすべり残しとしてプレート間に蓄積された歪みが、より長い周期(スーパーサイクル)で発生する超巨大地震として解放されるというモデルが紹介された。

## 第2部 海溝沿いの問題

### (1) 津波地震について

津波データを用いた地震時のすべり分布モデルが報告された。二機関の結果が紹介され、いずれも海溝側に大きなすべり領域があり、最大45mのすべりが推定された。続けて日本周辺及び海外で過去に発生した津波地震のレビューが行われた。過去400年間に日本で発生した12例の津波地震のうち6例は海溝型地震により発生したことが紹介された。また、国内外の地震の解析事例から、津波地震の多くは海溝近傍のすべりにより発生したことが紹介された。

### (2) 海溝沿い浅部プレート境界について

海底地形調査から、海溝より陸側が約7mの隆起を伴って東南東方向へ最大約50m移動したこと、海溝軸付近で発生した海底地すべりに伴う堆積物(長さ1.5km、厚さ50m)が観測されたことが報告された。観測された地震発生前後の海底地形変化を基にした津波シミュレーションにより、海底水圧計で観測された波高記録がほぼ再現できることが紹介された。

## 第3部 短期から長期的影響

### (1) 今後の余震・誘発地震・余効変動について

余震の時間的推移の紹介がされ、大森・宇津公式に則って余震活動が減衰していることが報告された。余効すべりの解析結果が紹介され、すべりがプレート境界の深部延長でおきていること、岩手県沖・銚子沖で相対的に大きなすべりが推定されることが報告された。対数関数近似による今後の余効変動の推移予測が示された。

### (2) 島弧-海溝系における長期的歪み蓄積過程と超巨大歪解放イベントの可能性

東北日本における水平短縮歪み及び垂直変位量に関する紹介がされた。地質構造やアイソスタシーモデルに基づいて推定される水平短縮速度は、GPS等の測地観測から得られる値より一桁小さいことが報告された。また、太平洋岸の潮位データによる最近約50年間の垂直変動は継続して沈降を示す一方、海成・河成段丘高度から推定される過去約12万年間の長期的変動は隆起を示すことが紹介された。これらの地学的観測と測地学的観測の歪み蓄積の食い違いを解消するような、深部でのすべりが今後発生する可能性があることが示唆された。

## 第 192 回地震予知連絡会 議事概要

日時 2011 年 8 月 22 日 (月)

場所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会  
議室

### 出席者 (委員)

島崎, 平原, 松澤, 平田, 山岡, 勝俣 (谷岡委員代理), 八木, 池田, 佐竹, 篠原, 小原, 小川, 尾形, 西上, 遠田, 松本, 後藤, 青井, 汐見, 小平 (金田委員代理), 桑原, 西澤 (加藤委員代理), 土井, 齋藤, 横田, 村上, 齊藤, 今給黎, 阿部

### (招聘報告者)

松岡 (高知大学), 中村 (琉球大学), 堀 (海洋研究開発機構), 弘瀬 (気象研究所)

### 議事概要

#### 1 地殻活動モニタリングに関する検討

##### (1) 地殻活動の概況

###### ア 全国の地震活動について

国内で 2011 年 6 月から 7 月までの 2 か月間に発生した M5 以上の地震は 56 個であった。東北地方太平洋沖地震の震源域で多数の地震が発生し、7 月 10 日には三陸沖で M7.3 のスラブ内地震が発生している。また、そのほかに M6 以上の地震が 7 つ発生している。

###### イ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

2011 年 6 月 23 日～26 日頃に、十勝沖でごく小規模な超低周波地震活動があった。

###### ウ 日本列島の歪み変化

GPS 連続観測データによる最近 1 年間の日本列島の歪み図に、東北地方太平洋沖地震の震源域に向かって伸びる歪みが見られる。

##### (2) プレート境界の固着状態とその変化

###### ア 日本海溝周辺

###### a 東北地方太平洋沖地震の前震活動

M7.3 の前震の震源域から M9.0 の本震の震源域に向かう震源の移動が、2 月中旬～下旬 (伝播速度: 2～5km/day) 及び 3 月 9 日～11 日 (約 10km/day) に、小繰り返し地震を伴っておきていたことが報告された。小繰り返し地震を用いた準静的なプレート間滑りの推定によると、2 月中旬からの震源移動の際に M7.3 の震源域南部で滑りが始まった。続いて、M7.3 の地震発生後、その震源域の中部から北部にかけては、余効滑りに類似した滑り量の増加を示し時間の経過とともに滑り速度が減速する一方で、南部では、準静的な

滑りが本震の震央 (南南西) 方向に伝播するとともに滑りは直線的な増加を示した。

###### b 東北地方太平洋沖地震の余効変動

東北地方太平洋沖地震後の余効変動を対数及び指数関数で近似した結果から、地震時の沈降が地震後の隆起によって短期間で回復する可能性は低いと考えられる。観測された余効変動から、プレート境界面の余効滑りが推定され、モーメントの放出速度は時間とともに減衰していく様子が見られた。このモデルは観測値をよく再現する。

###### イ 南海トラフ・南西諸島海溝周辺

###### a 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

2011 年 6 月～8 月に、短期的なスロースリップを伴う顕著な微動活動があった。

##### (3) その他の地殻活動等

###### ア 2011 年 6 月 30 日長野県中部の地震

2011 年 6 月 30 日に長野県中部を震源とする M5.4 の横ずれの地震が地殻内で発生した。この地震により、最大震度 5 強が観測された。またこの地震の発生の前日から地震活動が起きていたことが報告された。震央は牛伏寺断層の地表トレースより 2km 西に位置する。余震活動は北北西-南南東と西北西-東南東方向に線上に広がり、後者の余震分布の東端は牛伏寺断層の近くに達する。7 月中旬にはその東端で活動が活発になった。

###### イ 8 月 1 日駿河湾の地震

8 月 1 日に駿河湾の深さ 23km で M6.2 の逆断層の地震が、フィリピン海プレート内で発生した。発生した場所は東海地震想定震源域外である。

###### ウ 8 月 12 日の遠州灘の地震

8 月 12 日に遠州灘で M5.2 の地震が発生した。この地震の発震機構は北西-南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、プレート境界周辺で発生した地震である。傾斜角が 40 度以上とやや高角であるため、プレート境界型ではないと考えられる。過去にも同地域近傍でプレート境界型ではない同規模の地震が発生していた。

#### 2 重点検討課題「プレート境界に関するわれわれのイメージは正しいか? (その 1) 南海トラフ・南西諸島海溝」の検討

本課題の目的は、今後の巨大地震発生確率が高いとされる南海トラフ及びそれに連続する南西諸島海溝について、プレート境界に関するイメージやそこで発生する巨大地震の地震像が正しいかどうか、再検討を行うことにある。これらに関して、4 部に分けて検討が行われた。

## 第 1 部 スーパーサイクルを含む南海トラフ・南西諸島海溝巨大地震の発生様式

津波堆積物の調査から解明されてきた、過去 3500 年間の南海トラフ沿いの巨大地震による津波履歴について報告がされた。比較的規模の大きい南海地震は 300 年程度の周期でおきており、さらに、より発生サイクルの長い規模の大きな津波も存在する可能性が指摘された。1771 年八重山地震津波についての研究成果が報告され、波源域として南西諸島海溝で発生したプレート間地震の可能性が高いことが示された。また、これまでの研究から分かってきた南西諸島海溝での固着領域の分布が紹介された。

## 第 2 部 シミュレーション研究から見た南海トラフ・南西諸島海溝超巨大地震の可能性

階層アスペリティモデルを適用したシミュレーション計算から、地震発生帯浅部や深部でも地震性の高速滑りが発生し得ることが示唆された。また、南西諸島海溝の地震ポテンシャルについて議論がなされ、観測研究による固着域の更なる検証の必要性が指摘された。南海トラフ沿いの地震発生シミュレーションの研究結果が報告され、東海地域が割れ残ったり、東海と豊後水道で長期的スロースリップが繰り返し発生する等の特徴が再現できることが示された。一方、東海地震が単独で発生するケースを再現するモデルの構築には至っていないことも報告された。

## 第 3 部 日本海溝緊急調査の成果と南海トラフ地震発生帯との比較

東北地方太平洋沖地震の発生域における構造探査から、プレート境界での摩擦が小さいことを反映すると考えられる正断層システムが海溝域まで発達していることが報告された。南海トラフ先端の掘削結果から、トラフ軸付近においても地震性滑りが起きていた可能性が示唆された。

## 第 4 部 東北地方太平洋沖地震を踏まえた南海トラフ地震系列の再検討

歴史地震・歴史津波を、地震動と広い浸水域を伴う貞観型と破壊的で高い遡上高を伴う津波地震型に分けて考えることが提案された。南海トラフの地震では、津波地震やその可能性のあるものは検討されているが、貞観型の存在の有無を把握するため浸水域の調査が重要であることが指摘された。また、海溝軸に近い分岐断層を津波地震の結果と捉えて再考することが提案された。

## 第 193 回地震予知連絡会 議事概要

日時 2011 年 11 月 18 日 (金)

場所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会会議室

### 出席者 (委員)

島崎、松澤、平田、山岡、谷岡、八木、池田、佐竹、篠原、小原、小川、尾形、西上、遠田、松本、後藤、青井、汐見、小平 (金田委員代理)、桑原、加藤、土井、齋藤、前田 (横田委員代理)、村上、齊藤、今給黎、阿部

### (招聘報告者)

宮内 (千葉大学)、日野 (東北大学)

### 議事概要

#### 1 地殻活動モニタリングに関する検討

##### (1) 地殻活動の概況

###### ア 全国の地震活動について

国内で 2011 年 8 月から 10 月までの 3 か月間に発生した M5 以上の地震は 57 個であった。そのうち 9 個は M6 以上であった。

###### イ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

2011 年 8 月から 10 月までに解析対象領域内で目立った超低周波地震活動は検出されなかった。単発的に発生する超低周波地震が福島～茨城県沖で検出された。十勝沖でも掲載基準に達しない超低周波地震が検出された。

###### ウ 日本列島の歪み変化

GPS 連続観測データによる最近 1 年間の日本列島の歪み図に、東北地方太平洋沖地震の震源域に向かって伸びる歪みが見られる。

##### (2) プレート境界の固着状態とその変化

###### ア 日本海溝周辺

###### a 東北地方太平洋沖地震の前震活動

東北地方太平洋沖地震の余効変動は減衰しながらも継続している。GPS データを用いた推定によると、東北地方太平洋沖地震後のプレート境界面上の滑りは、本震時の滑り領域の周囲で起きていることが報告された。海底地殻変動観測によると、銚子沖及び福島沖では東南東向きの変動が見られる一方、本震震央付近では大きな変動は見られない。

###### イ 相模トラフ周辺

###### a 房総半島沖のスロースリップ

千葉県東方沖で 10 月 25 日頃からフィリピン海プレートと陸のプレート境界で北北西-南南東方向に圧力軸を持つ逆断層型の地震が多発した。

同時期に傾斜計でゆっくりとした変動が観測され、スロースリップの滑り領域は地震活動とともに南へ移動したと推定された。GPS 観測でも同時期に南南東方向への非定常地殻変動が検出され、滑り領域の中心が南へ移動したと推定された。1996 年、2002 年、2007 年にも今回と同様に地震活動が発生している。スロースリップ発生の繰り返し間隔が示され、前回と今回のスロースリップの発生間隔は約 50 か月であったことが報告された。GPS データにより推定されたプレート境界面上の滑り分布モデルが示され、過去 3 回発生したスロースリップとほぼ同じ場所で起きていることが報告された。

#### ウ 南海トラフ・南西諸島海溝周辺

##### a 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

2011 年 8 月～10 月に、短期的スロースリップを伴う顕著な微動活動があった。

## 2 重点検討課題「東北地方太平洋沖地震に関する検討(その 3)」の検討

本課題の目的は、今後の地殻活動の推移予測や将来の巨大地震発生の予測の枠組みの検討を行うことにある。これらに関して、3 部に分けて検討が行われた。

### 第 1 部 東北地方太平洋岸の隆起と沈降の履歴についてのレクチャー

三陸海岸の第四紀後期隆起プロセスに関するレクチャーが行われた。三陸海岸北部での隆起の不足を補うためには、海岸隆起を伴うイベントが発生する可能性が示された。三陸沖の変動地形に基づいて、西傾斜の逆断層型の断層モデルが提示された。

### 第 2 部 陸上モニタリング結果

余震活動は次第に低下しつつあるものの、本震発生前と比べると活発な状況が続いていることが報告された。福島県会津から山形県置賜地方では、逆断層型～横ずれ断層型の地震が継続して発生していることが報告された。11 月 15 日から 30 日間における余震域での M7 以上の地震の発生確率は約 15% であることが報告された。岩手県北部を除き、太平洋沿岸では減衰しながらも隆起が継続していることが報告された。余効変動データの対数関数近似曲線を用いて地震時沈降の回復時間を推定すると、銚子周辺を除いて、数十年以内に全沈降量が余効変動によって回復するのは困難であることが示唆された。プレート境界面の深い場所で約 3m の滑りが生ずれば、地震時沈降の回復が可能と試算された。繰り返し地震による余効滑りの推定結果が示された。宮城県北部から岩手県沿岸では、地震時滑りの深部延長で大きな滑りが見られる一方、福

島県南部から茨城県沖では、海岸直下のプレート境界深部よりもやや沖合側で大きな余効滑りが見られることが報告された。余震活動の時空間分布の解析から、海溝沿いの活動が最近 3 か月間静穏化しているように見えることが報告された。また、9 月 17 日岩手県沖地震 (M6.6) の余震活動の特徴として大きめの地震が多いが、この領域ではもともと b 値が低く p 値が高い傾向があり、余震の減衰が早いことが示唆された。

### 第 3 部 海底観測結果

GPS/A 観測による地震時の海底水平変動の結果から、変位は宮城県沖に集中しており、海溝軸に近づくほど変位が増大していることがわかった。海陸全測地データから推定された地震時滑り分布によると、震源より海溝側に大きな滑りが集中し、南北にも限られた広がりであることが報告された。また、地震後の地殻変動観測から、余効変動パターンが複雑であることが示唆された。岩手県沖から茨城県沖にかけて設置した海底地震計観測による余震分布が紹介され、震源付近のプレート境界では余震がほとんど発生していない等の結果が示された。地震発生前後の海底地形データによると、数十 m 規模の変動は分岐断層等に沿っては起こっていないことが示唆された。また、海溝軸では大規模地滑りを伴いながら滑りが進行し、一部分岐断層として海底に抜けていることがわかった。

## 第 194 回地震予知連絡会 議事概要

日 時 2012 年 2 月 17 日 (金)

場 所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会会議室

#### 出席者 (委員)

島崎、平原、松澤、酒井 (平田委員代理)、山岡、谷岡、八木、池田、篠原、小原、小川、尾形、西上、遠田、松本、後藤、青井、汐見、堀 (金田委員代理)、桑原、加藤、土井、齋藤、横田、齊藤、今給黎、阿部

#### (招聘報告者)

内田 (東北大学)、浅野 (防災科学技術研究所)、勝俣・西村・東 (北海道大学)

### 議事概要

#### 1 地殻活動モニタリングに関する検討

##### (1) 地殻活動の概況

##### ア 全国の地震活動について

国内で 2011 年 11 月から 2012 年 1 月までの 3 か月間に発生した M5 以上の地震は 34 個であった。

うち、M7 以上は 2 個であった。

#### イ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

十勝沖で 11 月下旬から 12 月上旬に浅部超低周波地震活動があった。活発な活動としては 2010 年 7 月以来約 1 年半ぶりである。日向灘で 1 月中旬に小規模な浅部超低周波地震活動があった。

#### ウ 日本列島の歪み変化

GPS 連続観測データによる最近 1 年間の日本列島の歪み図に、東北地方太平洋沖地震の震源域に向かって伸びる歪みが見られる。東日本の最近 3 か月間の歪み変化では、一部に地震時とは異なる歪みの分布が見られる。房総半島では 2011 年 10 月 26 日から 11 月 8 日までにかけて発生したスロースリップの影響が見られる。

### (2) プレート境界の固着状態とその変化

#### ア 日本海溝・千島海溝周辺

##### a 海底地殻変動観測

重心推定法を用いて再解析された、東北地方太平洋沖地震発生前の日本海溝から南海トラフにかけての海底地殻変動速度が報告された。

##### b 東北地方太平洋沖地震の余効変動

青森から北海道南西部にかけて隆起が観測されている。地震後の余効変動は減衰しながらも継続しており、その時間変化は対数関数でよく近似できる。GPS データを用いた東北地方太平洋沖地震後のプレート境界面上の滑りの推定から、1 月 12 日までに、Mw8.5 の地震に相当するエネルギーが放出されたことが示された。海底地殻変動観測によると、宮城県沖の海底で 23cm の西北西向きの変動が検出された。

#### イ 相模トラフ周辺・首都圏直下

##### a 1 月 28 日山梨県東部・富士五湖の地震

2012 年 1 月 28 日に山梨県東部・富士五湖の深さ 18km で M5.4 の地震が発生した。震源分布は南東方向に傾斜する曾根丘陵断層帯の深部延長上に並んでいるように見え、この地域で推定されている速度境界面とも整合的である。

#### ウ 南海トラフ・南西諸島海溝周辺

##### a 南海トラフ沿いの地殻変動

紀伊半島の先端部及び室戸岬の先端部が長期間沈降していることが水準測量の結果で示された。

##### b 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

短期的なスロースリップを伴う顕著な微動活動が、紀伊半島北部で 12 月 16～22 日に、四国中部～西部で 12 月 22～28 日及び 12 月 31 日から

1 月 10 日までに発生した。四国西部で発生したスロースリップの規模は Mw6.2 であり、時間とともに発生場所が移動していることが示された。

### 2 重点検討課題「プレート境界に関するわれわれのイメージは正しいか？（その 2）千島海溝」の検討

本課題の目的は、千島海溝沿いのプレート境界で発生する巨大地震発生を予測するための枠組みの検討を行うことにある。これらに関して、2 部に分けて検討が行われた。

#### 第 1 部 千島海溝沿いのプレート境界のモニタリング状況

GPS で観測された北海道周辺の地殻変動データを用いた計算から、十勝～釧路沖の海溝寄り根室半島～色丹島沖の陸寄りに強い固着が推定されることが報告された。北海道東方沖及び宮城県沖の海溝近傍では、地震活動が低調でかつ相似地震が発生していない領域が存在することが示された。相似地震の解析から、その領域の周辺は比較的強い固着が広域に推定され、一部はプレート境界地震の発生域下限まで強く固着していることなどがわかった。十勝沖で発生する超低周波地震は、2003 年十勝沖地震の余効滑り域内で発生し、通常地震の発生域と棲み分けていることが示された。また、時間とともに発生場所が移動していく特徴などが報告された。2010 年までの 45 年間の地震活動の解析から、宮城県沖、福島県沖、房総半島沖で静穏化の傾向が見られ、特に宮城県沖、福島県沖では、東北地方太平洋沖地震時の滑り域の周辺で静穏化していたことが示された。1968 年十勝沖地震及び 1973 年根室半島沖地震の発生域周辺で、それぞれ 2004 年、2006 年以降に静穏化の傾向が見られることが報告された。

#### 第 2 部 千島海溝沿いの巨大地震

津波堆積物調査研究の現状と課題について報告がなされた。津波堆積物の粒径や構成物の特徴を利用して堆積物を対比することにより古津波の規模の推定を目指す研究などが紹介された。これまでの北海道太平洋沖における地震波構造探査についてのレビューが行われ、稠密な海底地震観測により、高精度な震源分布や詳細なプレート形状の推定が可能になったことなどが報告された。十勝～根室沖における地震発生サイクルの数値計算結果が紹介された。応力状態次第で余効滑り域でも別のサイクル時に地震性滑りが発生する場合があります。余効滑り域と地震性滑り域は長期的には共存する可能性があることが示された。

## 第 195 回地震予知連絡会 議事概要

日時 2012 年 5 月 30 日 (金)

場所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会  
議室

### 出席者 (委員)

島崎, 平原, 松澤, 平田, 山岡, 谷岡, 八木, 池田,  
佐藤, 佐竹, 篠原, 酒井 (小原委員代理), 小川,  
尾形, 西上, 遠田, 後藤, 青井, 汐見, 堀, 桑原,  
加藤, 土井, 齋藤, 横田, 村上, 齊藤, 今給黎,  
阿部

### (招聘報告者)

木村 (防災科学技術研究所), 小沢・西村 (国土  
地理院), 中島 (東北大学), 石辺 (東京大学地  
震研究所), 藤原・宍倉 (産業技術総合研究所)

### 議事概要

#### 1 委員の交代について

海洋研究開発機構 金田義行委員が堀高峰委員に  
交代した。

#### 2 地殻活動モニタリングに関する検討

##### (1) 地殻活動の概況

###### ア 全国の地震活動について

国内で 2012 年 2 月から 4 月までの 3 か月間に発  
生した M5 以上の地震は 58 個であった。M6 以上  
の地震は 8 個, M7 以上はなかった。

###### イ 日本列島の歪み変化

GNSS 連続観測データによる最近 1 年間の日本列  
島の歪み図では, 東北地方太平洋沖地震の余効変  
動の影響が顕著に見られる。

###### ウ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

2 月 13 日に福島県沖で超低周波地震があった。3  
月 14 日に発生した M6.9 の地震の後, 3 月 20 日頃  
にかけて十勝沖でやや活発な超低周波地震活動が  
あった。4 月 12 日から 19 日頃に, 日向灘で小規模  
な超低周波地震活動があった。

###### エ 日本の中・長期の地震確率予測

東北地方太平洋沖地震の発生前及び発生後にお  
ける深さ 100 km 以浅の地震の中・長期発生確率が  
報告された。

##### (2) 東北地方太平洋沖地震関連

過去 3 か月間の水平変動では, 東北地方太平洋沖  
地震後の東向き余効変動が見られる。

上下変動では, 太平洋沿岸の一部観測点で隆起傾  
向が見られるが, 隆起速度は小さくなってきている。

水平歪みの図では, 東北地方太平洋沖地震後の余  
効変動の影響が見られる。

地殻変動の時系列データの図では, 対数関数により  
観測データがよく説明されていることが示された。

余効変動から推定した太平洋プレート上面の滑り  
では, 滑り域の顕著な移動は見られず, 地震モーメント  
の解放が時間と共に小さくなっていることが示された。

#### (3) プレート境界の固着状態とその変化

##### ア 南海トラフ・南西諸島海溝周辺

###### a 西南日本の深部低周波微動・短期的スロース リップ活動状況

やや活発な微動活動が, 3 月 23 日から 28 日に  
東海で, 4 月 14 日から 16 日に紀伊半島北部で,  
2 月 6 日から 11 日に紀伊半島中部で, 2 月 1 日か  
ら 8 日に四国東部で, 3 月 10 日から 14 日に四国  
中部でみられた。

#### 3 重点検討課題「プレート境界に関するわれわれのイ メージは正しいか? (その 3) 相模トラフ周辺・首 都圏直下」の検討

関東地方の今後の短中期的な大地震発生の可能性,  
首都直下大地震や相模トラフ沿いの巨大地震の規模と  
繰り返しについて議論が行われた。これらに関して,  
2 部に分けて検討が行われた。

##### 第 1 部 東北地方太平洋沖地震後の関東の地震活動と 地殻変動

太平洋プレート, フィリピン海プレート, 陸のプレ  
ートが互いに接する境界付近で地震活動が活発化した  
領域が見られる一方, 太平洋プレート内の二重地震面  
の下面では活発化が見られないことが報告された。福  
島県浜通りから茨城県北部・銚子付近などでは地殻内  
での地震活動が活発化していることが示された。

相似地震の発震機構解は, 東北地方太平洋沖地震  
前と同様にプレート境界の滑りと調和的な低角逆断層  
であることが報告された。相似地震発生の繰り返し間  
隔は, 東北地方太平洋沖地震以前より短くなったこと  
が示された。

海底地震計の観測から, 茨城県沖では陸側プレ  
ート内にも活発な余震活動が見られること, 余震分布の南  
限は太平洋プレートとフィリピン海プレートが接する  
領域と一致していることなどが報告された。

GEONET データの解析から, 関東地方の余効変動  
は広い領域にわたって隆起を伴った東方向への変位を  
示し, 太平洋プレート上面の滑りでほぼ説明可能であ  
ることが報告された。ただし太平洋プレート単独のモ  
デルより, フィリピン海プレートを組み込んだモデル  
の方が統計的に良いことが示された。

東北地方太平洋沖地震による静的応力変化と一般的  
な摩擦構成則パラメータ値から, 関東地方の地震発生  
数の時間推移を再現できることが示された。首都直下

における M7 以上の地震発生確率の算定は、地震サイズ分布を制御する  $b$  値の見積もりが大きく影響し、推定される確率値には大きな幅があることがわかった。

## 第 2 部 地震テクトニクス、古地震学的研究レビュー

1921 年茨城県南部の地震 (M7.1)、1987 年千葉県東方沖地震 (M6.7) は、フィリピン海プレート東端部にある蛇紋岩化域の西縁で発生したことが示された。1923 年関東地震前後の M7 クラスの地震の続発は、フィリピン海プレートと蛇紋岩化域西縁での相互作用により定性的に説明できることが紹介された。

トモグラフィ解析による速度構造と反射法地震探査などからフィリピン海プレート上面の等深度分布が得られ、東京湾周辺では、従来考えられていた上面より約 10km 程度浅いことなどがわかった。

GEONET を用いた地震間地殻変動解析によると、三浦半島沖から房総半島東方沖まで強いプレート間固着が推定される一方、東京湾北部の固着は弱いことが報告された。房総スロースリップ領域の南半分は固着しており、歪みを蓄積中であることが示された。

震源メカニズム解を利用した震源深さの推定から、1921 年茨城県南部の地震や 1922 年浦賀水道付近の地震などはプレート境界面ではなくフィリピン海プレート内部で発生したことが示された。1894 年明治東京地震の波形記録から読み取った S-P 時間をもとに震源位置の推定が試みられた。

房総半島から三浦半島にかけて見つかった津波堆積物について報告がなされた。歴史記録と照合すると地震の再来間隔が 220 ~ 415 年と見積もられることが示された。

房総半島の海岸段丘の調査などから、相模湾を震源域とする大正型の地震は平均 400 年、大正型震源域に加えて房総半島東方沖までを震源域とする元禄型は平均 2300 年の再来間隔で発生してきたことが報告された。また元禄型地震の破壊域の東側では、地形・地質データから推定される地震時滑り量と測地データから推定される滑り欠損量の収支に食い違いがあることが示され、外房沖の断層のみで発生する地震のタイプが提案された。

## 第 196 回地震予知連絡会

### 議事概要

日時 2012 年 8 月 29 日 (水)  
場所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会  
議室  
出席者 (委員)

島崎, 平原, 平田, 山岡, 谷岡, 八木, 池田, 佐藤, 佐竹, 篠原, 小原, 小川, 尾形, 西上, 遠田, 後藤, 青井, 汐見, 堀, 桑原, 松本 (加藤委員代理), 土井, 齋藤, 前田 (横田委員代理), 村上, 齊藤, 今給黎 (招聘報告者)

竹村・堤 (京都大学), 今泉 (東北大学), 杉山 (産業技術総合研究所)

### 議事概要

#### 1 地殻活動モニタリングに関する検討

##### (1) 地殻活動の概況

###### ア 全国の地震活動について

国内で 2012 年 5 月から 7 月までの 3 か月間に発生した M5 以上の地震は 58 個であった。M6 以上の地震は 8 個、M7 以上はなかった。最大のマグニチュードは 5 月 20 日の三陸沖で発生した地震の M6.5 であった。

###### イ 日本列島の歪み変化

GNSS 連続観測データによる最近 1 年間の日本列島の歪み図では、東北地方太平洋沖地震の余効変動の影響が顕著に見られる。

###### ウ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

2012 年 5 月 ~ 7 月にかけては、目立った超低周波地震活動は無かった。6 月 12 日に福島県沖 ~ 茨城県沖で、7 月 4 日に日向灘で超低周波地震が検出された。

##### (2) 東北地方太平洋沖地震関連

2012 年 6 月 18 日宮城県沖の地震の震源付近における M6 クラスの繰り返し地震に関する報告がなされた。

過去 3 か月間の水平変動には、東北地方太平洋沖地震後の東向きの余効変動が見られる。

上下変動については、太平洋沿岸の一部観測点で隆起傾向が見られるが、隆起速度は小さくなってきている。

海底地殻変動観測結果には、宮城沖 1 観測点で地震後に約 30cm の西向きの変動が見られる。

水平歪みの図には、東北地方太平洋沖地震後の余効変動の影響が見られる。

地殻変動の時系列データの図では、対数関数により観測データがよく説明されていることが示された。

余効変動から推定した太平洋プレート上面の滑りには、顕著な滑り域の移動は見られず、モーメントの解放速度が時間と共に小さくなっていることが示された。

##### (3) プレート境界の固着状態とその変化

###### ア 南海トラフ・南西諸島海溝周辺

a 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

短期的スロースリップイベントを伴う微動活動

が、5月14日から23日にかけて紀伊半島北部で、5月25日から6月10日にかけて四国西部～中部で、6月8日から14日にかけて紀伊半島南部でみられた。

## 2 重点検討課題「内陸で発生する地震」の検討

西日本の活断層で発生する地震及び東北地方太平洋沖地震の誘発地震について議論が行われた。これらに関して、5つの話題について報告され、検討が行われた。

近畿・中国地方東部では、歴史的に被害地震のほとんどが南海トラフ沿いのM8クラスの巨大地震前後に発生していることが報告された。前回の東南海・南海地震により起震応力が低下して発生が抑制されたとみられる断層での地震が増加する兆候が見られ、地震の活動期に入っている可能性が示唆された。

盆地・山地の配列、活断層の分布、重力異常などの観点から近畿地方における地震テクトニクスに関する考察が紹介された。地球物理学的情報から得られた基盤構造などを基に得られた大阪堆積盆地形成のシミュレーション結果などが示された。

地表の活断層分布、地質・地下構造、重力異常分布等のデータを総合的に用いた断層帯の位置、形状、活動規模等の評価について報告がなされた。本評価手法の適用による主要活断層帯の延長及び新たな活断層の認定によって九州地方の活断層の長期評価が変わる可能性などが報告された。

過去及び新たに行われた活断層調査から、従来、鮎川付近が北端と考えられていた柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部が、福井港沖にある越前堆列の北東－南西方向の活断層・背斜付近まで延びていることなどが報告された。さらに、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯の分岐断層である浦底－柳ヶ瀬山断層帯が、従来の結果よりさらに約10km北西に延びていることなどが報告された。

2011年4月に発生した福島県浜通りの地震では、断層変位地形が明瞭とはいえない独立した2条の断層が同時に破壊したことが報告された。トレンチ掘削調査により、一万数千年前にも井戸沢断層において正断層型の地震が発生していたことがわかった。

篠原、小原、小川、尾形、福島（澁谷委員代理）、松本、後藤、青井、汐見、堀、桑原、加藤、土井、齋藤、木村（横田委員代理）、村上、齊藤、今給黎、阿部

### （招聘報告者）

宍倉（産業技術総合研究所）、藤野（筑波大学）、室谷（東京大学地震研究所）、藤井（建築研究所）、西村（国土地理院）

### 議事概要

#### 1 第22期の地震予知連絡会の体制などについて

全会一致で京都大学・平原和朗委員が会長に選出された。平原会長により、新たに、山岡委員が副会長に、西上委員が西日本部会長に指名された。島崎前会長が名誉委員に推挙され承認された。

また、地震予知連絡会の「将来検討WG（仮称）」の設置が全委員によって認められた。

#### 2 地殻活動モニタリングに関する検討

##### (1) 地殻活動の概況

###### ア 全国の地震活動について

国内で2012年8月から10月までの3か月間に発生したM5以上の地震は35個であった。そのうち、M6以上の地震は2個であり、8月25日に北海道十勝地方の陸のプレート内でM6.1の地震が、10月2日に三陸沖でM6.3の地震が発生した。

###### イ 日本列島の歪み変化

GNSS連続観測データによる最近1年間の日本列島の歪み図では、東北地方太平洋沖地震の余効変動の影響が顕著に見られる。

###### ウ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

2012年10月16日から21日頃に日向灘で超低周波地震活動があった。十勝沖でも、8月上旬及び10月下旬に超低周波地震が検出された。

##### (2) 東北地方太平洋沖地震関連

過去3か月間の水平変動には、東北地方太平洋沖地震後の東向きの余効変動が見られる。上下変動については、太平洋沿岸の一部観測点で隆起が見られるが、隆起速度は小さくなってきている。

GNSS観測点の水平変動は対数関数近似でよく説明できることが示されたが、上下変動に関しては、対数関数ではよく近似できない観測点が幾つか存在することが報告された。

過去3か月間の水平歪みの図には、東北地方太平洋沖地震後の余効変動の影響が見られる。

余効変動から推定した太平洋プレート上面の滑りには、顕著な滑り域の移動は見られず、モーメントの解放速度が時間と共に小さくなっていることが示された。

##### (3) プレート境界の固着状態とその変化

## 第197回地震予知連絡会

### 議事概要

日時 2012年11月21日（水）

場所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会会議室

出席者（委員）

平原、松澤、山岡、平田、西上、谷岡、池田、佐竹、

## ア 南海トラフ・南西諸島海溝周辺

### a 紀伊半島の地殻変動

1931 年を基準とした紀伊半島東側各水準点の高さの経年変化が報告され、1944 年東南海地震及び 1946 年南海地震をはさんで紀伊半島先端域が隆起し、その後 1980 年代以降から半島先端の沈降が続いていることが示された。

### b 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

短期的スロースリップを伴う顕著な微動活動が四国東部（8 月 2 日から 9 日）、東海地方（8 月 16 日から 25 日、10 月 31 日から 11 月 6 日）、紀伊半島北部（8 月 11 日から 14 日、9 月 29 日から 10 月 4 日）、紀伊半島南部（10 月 16 日から 30 日）に発生した。

## 3 重点検討課題「世界の巨大地震・津波」の検討

世界各地の沈み込み帯における巨大地震と津波に関する研究成果をレビューするとともに、M9 クラスの巨大地震の断層パラメータや繰り返し間隔に関する共通性を見出すことを目的として、2 部に分けて検討が行われた。

冒頭、世界で発生したプレート間巨大地震の多様性を示した資料をもとに、本検討課題の趣旨説明がなされた。

### 第 1 部 世界の沈み込み帯における巨大地震・津波の履歴

1960 年チリ地震についての研究成果が紹介された。津波堆積物の調査から、1960 年チリ地震型の巨大地震は平均 300 年間隔で発生し、前回は 1575 年に発生した可能性が高いことが報告された。潮位変化の調査から、地震時の沈降域より陸側で、地震後、最大約 2m の隆起が起きた可能性が指摘された。

カスケード沈み込み帯における巨大地震の研究史が紹介された。古地震データから地震規模ごとの発生履歴などが明らかになりつつあることが報告された。

アラスカ・アリューシャン・カムチャッカの巨大地震に関する津波研究について報告がなされた。津波波形データの解析などにより推定された断層運動や海底地滑りの発生モデルなどが紹介された。また、津波堆積物調査の結果、約 100 年から 300 年の間隔で 5m 以上の津波に襲われていることがわかった。

タイの PhraThong 島における津波堆積物の調査結果から、約 2500 年前以降 4 回の津波が発生した痕跡が見つかり、少なくとも M8.5 以上の地震の発生が示唆されることがわかった。離水サンゴの記録から、インドネシアの Simeulue 島で 1394 年から 1450 年の間に隆起が 3 度起きたことがわかった。これら調査結果に

は、1000 年頃及び 1400 年代に巨大地震が発生したことを示唆する記録が共通に認められることがわかった。

2004 年スマトラ地震に先行した地震発生率の変化について報告がなされ、地震活動の活発化が 2000 年 7 月の半ばから始まったことが示された。また、時空間 ETAS モデルを適用した結果、常時地震活動がスマトラ・アンダマン諸島地域全体を通して活性化していたことがわかった。

地中海地域における巨大地震・津波に関する研究成果が紹介された。海域における歪みエネルギー蓄積・解放過程が十分に解明されていないことが指摘された。今後、海底地殻変動、高解像度探査、ボーリング等の調査で日本が貢献できることが期待される。

## 第 2 部 共通性

地震の最大規模についての考察が紹介された。プレート境界の連続性を考えると、理論上の最大マグニチュードは M11 に達しないことが示された。M10 クラスの地震が過去に発生した証拠はなく、将来も必ず発生するとは言えない。それでも、仮に M10 の地震が発生した場合に何が起こるのかを事前に理解しておくことの重要性が指摘された。M9 の発生頻度について、断層サイズ等の仮定をすることで先験確率を推定する試みが紹介された。

地震の規模と滑り量分布やアスペリティの大きさ等との関係式（スケーリング則）の巨大地震への適応可能性について報告がなされた。20 世紀以降世界で発生した M9 クラスの巨大地震について調べたところ、M9 クラスより小さい地震で求められたスケーリング則が M9 クラスの巨大地震にも成り立つことが示された。

測地観測から推定された環太平洋とスマトラ周辺のプレート間の固着域が紹介され、沈み込み帯ごとに、平均的な固着度の強弱があることが示された。一方、アリューシャン列島などのように、同じ沈み込み帯でも、沈み込み帯の走向方向に、固着度に大きな変化がある場合も多いことが示された。

津波波形データを用いた津波地震の津波波源域を推定した研究成果が紹介された。津波地震は断層幅が狭く海溝軸寄りに大きな滑りが推定されるという特徴が示された。

## 第 198 回地震予知連絡会 議事概要

日 時 2013 年 2 月 18 日（月）

場 所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会会議室

**出席者（委員）**

平原, 松澤, 山岡, 平田, 西上, 谷岡, 八木, 池田, 佐藤, 佐竹, 篠原, 小原, 小川, 尾形, 澁谷, 松本, 後藤, 青井, 汐見, 有吉（堀委員代理）, 桑原, 松本（加藤委員代理）, 土井, 齋藤, 村上, 齊藤, 今給黎, 阿部

**（招聘報告者）**

日野（東北大学）, 中村（海洋研究開発機構）, 前田（気象研究所）

**議事概要****1 地殻活動モニタリングに関する検討****（1）地殻活動の概況****ア 全国の地震活動について**

国内で 2012 年 11 月から 2013 年 1 月までの 3 か月間に発生した M5 以上の地震は 49 回であった。そのうち M6 以上の地震は 2 回（内、M7 以上は 1 回）であった。この期間では、主に太平洋沿岸を中心に地震が発生した。

**イ 日本列島の歪み変化**

GNSS 連続観測データによる最近 1 年間の日本列島の歪み図では、東北地方太平洋沖地震の余効変動の影響が見られる。

**ウ 日本周辺における浅部超低周波地震活動**

2012 年 11 月から 2013 年 1 月の期間では、十勝沖で 11 月 19 日から 20 日頃に小規模な超低周波地震活動があった。

**エ 2012 年 12 月 7 日三陸沖の地震**

2012 年 12 月 7 日に三陸沖で M7.3 の地震が発生した。発震機構は西北西—東南東方向に張力軸を持つ正断層型であった。また、この地震の約 8 秒前にも M7 クラスと推定される地震が発生した。これらの地震は日本海溝付近の太平洋プレート内部で発生した。共に 2011 年東北地方太平洋沖地震の余震域で発生した地震であった。

**（2）東北地方太平洋沖地震関連**

過去 3 か月間の水平変動には、東北地方太平洋沖地震後の東向き余効変動が見られる。上下変動については、太平洋沿岸の一部の観測点で隆起傾向が見られるが、その大きさは小さくなってきている。

GNSS 観測点の水平変動は対数関数近似でよく説明できることが示されたが、上下変動に関しては、対数近似ではよく説明できない観測点が幾つか存在している。

東北地方太平洋沖地震後の海底地殻変動の観測結果は、宮城県沖の数観測点で西向きの変動を示す一方、より海溝に近い東北大学の観測点は有意な東向きの変動を示す。

過去 3 か月間の水平歪みの図には、東北地方太平

洋沖地震後の余効変動の影響が見られる。

余効変動から推定した太平洋プレート上面の滑りには、顕著な滑り域の移動は見られず、モーメントの解放速度が時間と共に小さくなっていることが示された。

繰り返し地震の観測結果に基づいて、1994 年から 2011 年東北地方太平洋沖地震までの応力の蓄積率の空間分布と時間変化に関する解析結果が示された。その結果、1994 年三陸はるか沖地震、2003 年十勝沖地震、2005 年宮城県沖の地震、2008 年茨城県沖の地震、福島県沖の地震及びそれらの余効滑り等の影響が明瞭に見られた。

**（3）プレート境界の固着状態とその変化****ア 南海トラフ・南西諸島海溝周辺****a 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況**

短期的スロースリップを伴う顕著な微動活動が四国（11 月 17 日から 12 月 16 日）、東海地方（10 月 31 日から 11 月 6 日、11 月 19 日から 11 月 26 日）、紀伊半島中部（12 月 16 日から 22 日）に発生した。

また GNSS 観測から、関東—東海—四国—九州—種子島までの領域において短期的なスロースリップが検出された。東海—四国—九州の領域では主として低周波地震の発生領域で、短期的なスロースリップが発生している様子が示された。

**2 重点検討課題「東北地方太平洋沖地震に関する検討（まとめ）」の検討**

過去 3 回にわたって検討されてきた東北地方太平洋沖地震の議論や検討結果を踏まえ、このような地震がなぜ・どのように発生したのか、また今後、このような巨大地震の発生に備えるために何をどのようにモニタリングすべきかについて、本震発生から 2 年を経過した時点でのまとめを行うことを目的として、3 部に分けて検討が行われた。

**第 1 部 何が起こったのか？今後何をなすべきか？**

海溝付近で本震時の大きな滑りが推定されたものの、その波動エネルギーの放射効率率は低く、強震動は 20km より深いところで生成されたことが報告された。Hybrid Back Projection 法や波形インバージョン法により、断層滑り速度とその時間発展は、深さの違いによって異なることが解析によって示された。海溝付近で滑らかに断層すべりが加速しており、近年発生した津波地震と比較すると加速度は大きいことが報告された。

本震発生の 1 か月ほど前にスロースリップ及び地震活動の活発化があったことが紹介された。3 月 9 日の前震は Mw7.2 であったこと、その余効滑りは Mw6.8 で地震時滑りの浅部延長及び南側で発生したことが紹介された。陸域及び海底地殻変動データの解析から、

本震時の滑り量は海溝沿いで大きいことが紹介された。

津波高は、地震時の滑り量が最大の領域より約 100km 北で最大となることが紹介された。今回の地震や 869 年貞観地震で仙台平野の奥まで津波が遡上したことを説明するためには、深部での滑りが必要であることが示された。

地震に伴う海溝軸付近の海底地形の変化は、本震の震源の北側約 50km でも確認できるが、南側約 70km では不明瞭であることが紹介された。海溝軸付近の構造探査の結果から、海溝底に突き抜けた断層が認められることが紹介された。震源付近で確認された強い地震波の反射面が、従来の研究で考えられていたプレート境界面より深い位置にあることが報告された。

## 第 2 部 地震の前に異常はなかったか？

地震活動、地殻変動、電離層関係の前兆的变化に関する研究のレビューがなされた。地震活動では、静穏化、地球潮汐との相関、 $b$  値の低下、及び前震活動が見られたことが報告された。これらの発生時期は研究により異なるが、静穏化は本震の 4～23 年前から、地球潮汐との相関は約 10 年前から、 $b$  値の低下は遅くとも 6 年前から、前震は 1 か月前及び 2 日前に認められた。地殻変動では、本震の約 10 年前からプレート境界面上の固着の弱まりが見られ、2008 年及び 2010 年の福島県沖の地震では余効滑りのモーメント解放が本震より大きい規模で進行していたことが報告された。また、震源近傍で約 2 年前と 1 か月前に短期的スロースリップが見られた。本震の数日前から数十分前に電離圏全電子数 (TEC) 異常や外向き長期放射異常の電離層関係の変化が見られた。

## 第 3 部 何故起こったのか？

M9 級の巨大地震の発生モデルに関するレビューがなされた。これまで提示されているモデルは、周期的に発生し準備過程が認められるものや確率的に発生し準備過程が不明瞭なものなど多岐にわたることが紹介された。階層アスペリティモデルや強パッチアスペリティモデルでは、地震後のアスペリティの周囲の固着の仕方等に違いが見られることが示された。Thermal Pressurization (TP) モデルでは、地震時の摩擦熱による間隙水圧の変化により、強パッチを必要とせず浅部の大きな滑りや長い地震発生サイクルを再現可能であることが示された。動的破壊と TP の組み合わせモデルでは、地震の発生様式は多様となり、大地震直前まで固着する場合もあれば、近くで発生した地震をきっかけに破壊が開始し大きな地震性滑りになることもあることが示された。Critical Taper モデルによると、中間的な傾斜角のプレート境界面の領域では、

堆積物の脱水が活発に進行することにより、摩擦が低下し伸長場が形成される。大きな地震時滑りはこのような摩擦が低下した領域で発生すると考えられる。

## 第 199 回地震予知連絡会 議事概要

日時 2013 年 5 月 30 日 (木)

場所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会会議室

### 出席者 (委員)

平原、松澤、古本 (山岡委員代理)、平田、澁谷、谷岡、遠田、エネスク (八木委員代理)、池田、佐藤、佐竹、篠原、小原、上嶋、岩森、尾形、片尾、松本、後藤、青井、汐見、堀、宍倉、岩渕、土井、青木、横田、村上、齊藤、今給黎

### (招聘報告者)

小平 (海洋研究開発機構)、西村 (京都大学防災研究所)、岡村 (産業技術総合研究所)、平川 (北海道大学)、松浦 (地震予知総合研究振興会)

### 議事概要

#### 1 第 23 期の地震予知連絡会の体制について

全会一致で平原和朗委員が会長に選出された。

平原和朗会長により、山岡耕春委員、松澤暢委員が副会長に、松澤暢委員が東日本部会長に、平田直委員が中日本部会長に、澁谷拓郎委員が西日本部会長に指名された。

東北大学・遠田晋次教授、東京大学・上嶋誠准教授、東京工業大学・岩森光教授、京都大学・片尾浩准教授、産業技術総合研究所・宍倉正展海溝型地震履歴研究チーム長、海上保安庁・岩渕洋海洋調査課長、気象庁・青木元地震情報企画官が新たに委員に就任した。

#### 2 将来検討ワーキンググループについて

地震予知連絡会の役割の再確認と今後の活動の方向性を示すことを目的に第 197 回地震予知連絡会で設置された将来検討ワーキンググループにおいて検討された内容の経過報告が行われた。

#### 3 地殻活動モニタリングに関する検討

##### (1) 地殻活動の概況

##### ア 全国の地震活動について

国内で 2013 年 2 月から 4 月までの 3 か月間に発生した M5.0 以上の地震は 58 回であった。2013 年 2 月 2 日に北海道十勝地方の深さ約 100km で M6.5、2 月 25 日に栃木県で M6.3、4 月 17 日に三宅島の近海で M6.2、4 月 13 日に淡路島で M6.3、4 月 17 日から 18 日に与那国島近海で M5.6、M6.1 の地震が

発生した。

#### イ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

2013年2月中旬から3月上旬に十勝沖でやや活発な超低周波地震活動があった。

#### ウ 日本列島の歪み変化

GNSS連続観測データによる最近1年間の日本列島の歪み図では、東北地方太平洋沖地震の余効変動の影響が見られる。

### (2) 東北地方太平洋沖地震関連

過去3か月間の東北地方の歪み変化及び水平変動には、依然として東北地方太平洋沖地震の影響が見られる。

上下変動には、宮城県付近の一部の観測点で隆起傾向が見られるが、その大きさは小さくなってきている。

GNSS観測点の水平変動の時間推移は対数関数近似でよく説明できることが示されたが、上下変動に関しては、対数関数からややずれる観測点が幾つか存在する。

余効変動から推定した太平洋プレート上面の滑り分布には、顕著な滑り域の移動は見られず、モーメントの解放速度が時間と共に小さくなっていることが示された。

### (3) プレート境界の固着状態とその変化

#### ア 南海トラフ・南西諸島海溝周辺

##### a 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

顕著な微動活動が、紀伊半島南部で3月7日から14日にかけて、四国中部で3月7日から24日にかけて、紀伊半島北部で4月5日から12日にかけて発生した。

### (4) その他の地殻活動等

#### ア 三宅島近海の地震

2013年4月17日10時過ぎから三宅島近海で地震活動が活発となり、同日17時57分に三宅島の近海の深さ9kmでM6.2の地震が発生した。DD法による詳細な解析では、南北方向に延びる震源分布のほか、東西方向に延びるものもみられる。

GNSS観測結果には、三宅島とその周辺において最大約2cmの変動が見られる。この地殻変動データは南北走向又は東西走向の震源断層モデルのどちらでも説明できることが示された。

#### イ 淡路島付近の地震

2013年4月13日に淡路島の深さ15kmでM6.3の地震が発生した。本震の発震機構解及び余震分布から、南北走向で西傾斜の逆断層と考えられる。

GNSS観測結果には、最大で約1cmの変動が見られる。

#### ウ 与那国島近海の地震活動

2013年4月15日頃から与那国島近海で地震活動が始まり、17日13時頃から活動が活発化し、M5

程度の地震がまとまって発生した。このうち最大規模の地震は、4月18日23時08分に石垣島北西沖で発生したM6.1の地震であった。

GNSS観測結果には、与那国島で南南西に約5cmの変動が見られる。この地殻変動データを説明する震源断層モデルが示された。

### 4 重点検討課題「日本海で発生する地震と津波」の検討

日本海東縁部で発生する大地震について、最新の陸・海構造探査、地殻変動観測、海底地形・地質調査、最新の津波堆積物調査、歴史地震記録等を基に、3部に分けて検討が行われた。

#### 第1部 構造探査・地殻変動観測から震源像にせまる

ひずみ集中帯での海陸統合地殻構造探査の結果が報告された。厚い背弧海盆堆積中には、デタッチメントが形成されて断層関連褶曲が形成されていることや伏在する活断層が多く存在していること等が示された。

構造探査の結果から、日本海東部の地殻構造は島弧地殻、厚い海洋地殻、海洋地殻の3つのタイプに分類されることが示された。庄内沖地震・新潟地震・新潟県中越沖地震等は島弧地殻内で、日本海中部地震は島弧地殻と海洋地殻の境界付近で発生したことがわかった。

GEONETデータの解析により、陸域においては秋田県以南に比べて青森県以北の短縮変形が明瞭でないことが示された。日本海東縁では東西方向のプレート間相対運動が進行しており、その速度は南ほど大きいことが紹介された。ひずみ集中帯では最大約0.2ppm/年の速度で西北西-東南東方向の短縮が進行していること、ひずみ集中域の東側ではひずみ速度が小さいこと等が示された。マンツルの粘弾性を考慮し、地殻を断ち切る断層の深部定常滑りモデルによって、越後平野付近の水平短縮や沈降を同時に説明できることが示された。

#### 第2部 地形・地質学的調査から震源像にせまる

地形・地質学的調査から得られた海域の活断層分布等について報告がなされた。日本海東縁部及び中部では活断層の存在が明瞭であり、過去の地震の震源断層との一致が良いことが示された。一方、日本海西部の活断層は不明瞭であり、断層運動の様式は主に横ずれであることが示された。

津波堆積物調査及びそれに基づいて推定される津波波源・震源域が報告された。奥尻島周辺、津軽沖、庄内沖飛鳥島周辺、佐渡島周辺では、いずれも1000年程度の再来間隔で津波が発生していることが示された。津波は1900年頃以降に発生が集中しており、9-11世紀にも集中して起きた可能性が示唆された。

### 第 3 部 歴史地震学的調査から震源像にせまる

日本海沿岸での過去の津波災害が紹介された。日本海側においても数 m の津波が過去に到来しており、近世以降の大きな津波は新潟以北の地震が原因であることが示された。一方、西日本においては、近世以降大きな津波は認められないことが示された。

## 第 200 回地震予知連絡会 議事概要

**日 時** 2013 年 8 月 21 日 (水)

**場 所** 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会会議室

#### 出席者 (委員)

平原, 松澤, 山岡, 平田, 澁谷, 谷岡, 遠田, 池田, 佐竹, 篠原, 小原, 上嶋, 尾形, 片尾, 松本, 後藤, 青井, 汐見, 堀, 宍倉, 岩淵, 土井, 青木, 横田, 村上, 齊藤, 今給黎

#### (招聘報告者)

鶴岡・吉田 (東京大学地震研究所), 宮澤 (京都大学防災研究所), 鴨川 (東京学芸大学)

#### 議事概要

#### 1 地殻活動モニタリングに関する検討

##### (1) 地殻活動の概況

###### ア 全国の地震活動について

国内で 2013 年 5 月から 7 月までの 3 か月間に発生した M6 以上の地震は、5 月 18 日に福島県沖で発生した地震 (M6.0) の 1 回であった。

###### イ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

2013 年 5 月下旬から 6 月下旬に日向灘周辺で活発な活動があった。

###### ウ 日本列島の歪み変化

GNSS 連続観測によると、最近 1 年間の日本列島のひずみには、東北地方太平洋沖地震の余効変動の影響が見られる。

##### (2) 東北地方太平洋沖地震関連

過去 3 か月間の東北地方のひずみ変化及び水平変動には、依然として東北地方太平洋沖地震の影響が見られる。

最近 3 か月間のひずみの様子は前回のひずみの様子とほぼ同じであった。上下変動には、宮城県付近の一部の観測点で隆起傾向が見られるが、その大きさは小さくなってきている。

余効変動から推定した太平洋プレート上面の滑り分布には、滑り域の顕著な移動は見られず、モーメントの解放速度が時間と共に小さくなっていることが示さ

れた。

東北地方太平洋沖地震の直後に岩手県付近で沈降が見られたが、時間と共に隆起に転じつつあることが示された。陸域直下の太平洋プレート上面の滑りの減衰が、海側の太平洋プレート上面の滑りに比べてやや遅いことが、その原因として考えられる。

##### (3) プレート境界の固着状態とその変化

###### ア 南海トラフ・南西諸島海溝周辺

###### a 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

西南日本で発生した最近 3 か月の深部低周波地震活動について報告された。

短期的スロースリップを伴う顕著な微動活動が、四国西部-中部で 5 月 20 日から 6 月 13 日にかけて発生した。それ以外の主な微動活動が、紀伊半島中部 (7 月 23 日から 26 日)、四国東部 (5 月 23 日から 28 日、6 月 27 日から 7 月 1 日)、豊後水道 (7 月 29 日から 8 月 4 日) で発生した。

##### (4) その他の地殻活動等

###### ア 本震直後の余震のリアルタイム確率予測

余震の検出率が低い本震後数時間のデータを用いてリアルタイムに余震発生の確率予測を行う手法を、東北地方太平洋沖地震後のデータに適用した結果が紹介され、その有効性が示された。

##### 2 重点検討課題「地震の短期予測の現状と評価」の検討

地震の短期予測に関して、(1) 予測の評価、(2) 震源核、(3) トリガリング、(4) 電磁気学的予測、(5) 短期予測と統計モデル、の 5 つの課題を中心に議論が行われた。

###### (1) 予測の評価

CSEP (Collaboratory for the Study of Earthquake Predictability) で用いられている地震発生の予測手法についてレビューが行われた。予測結果の評価手法やそれに基づいた東北地方太平洋沖地震前・後の地震発生予測結果の評価が紹介された。

###### (2) 震源核

震源断層における高速破壊の前に形成される震源核についてレビューが行われた。臨界滑り量とアスペリティサイズが比例する場合は、大きな地震の発生前に大きな前駆滑りが起こることが示された。地震発生サイクルシミュレーションの結果から、本震の直前にアスペリティの縁で前駆滑りが進行する様子が示された。

###### (3) トリガリング

外的要因による地震の誘発作用についてレビューが行われた。地震の誘発には、自然現象や人工的な活動まで様々な誘発作用があることが紹介された。他の地震による誘発の主なメカニズムは、震源からの距離や

誘発されるまでの経過時間によって、静的、準静的及び動的応力変化に分類されることが示された。

#### (4) 電磁気学的予測

電磁気学的現象による地震の短期予測についてレビューが行われた。地震に先行した電離圏電子密度の減少や夜間の VLF 電磁波強度の減少などの事例が紹介され、電磁気学的地震先行現象と地震発生には統計的相関がある可能性が示された。

#### (5) 短期予測と統計モデル

前震の確率予測についてレビューが行われた。1978 年伊豆大島近海の地震発生に関して、複数の前兆現象を考慮した複合的な発生確率の試算に関する研究が紹介された。また、東北地方太平洋沖地震における前震の確率予報について報告がなされた。

## 第 201 回地震予知連絡会 議事概要

日時 2013 年 11 月 22 日 (金)

場所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会  
議室

#### 出席者 (委員)

平原, 松澤, 山岡, 平田, 澁谷, 谷岡, 八木, 池田, 篠原, 小原, 上嶋, 岩森, 尾形, 片尾, 松本, 後藤, 汐見, 堀, 宍倉, 岩淵, 土井, 青木, 前田 (横田委員代理), 村上, 齊藤, 今給黎

#### (招聘報告者)

橋本 (名古屋大学), 日野 (東北大学)

#### 議事概要

#### 1 地震予知連絡会将来検討ワーキンググループの報告

地震予知連絡会の役割の再確認と今後の活動の方向性を示すことを目的に第 197 回地震予知連絡会で設置された将来検討ワーキンググループにおいて検討された内容の報告が行われ、報告書が会長に提出された。

#### 2 地殻活動モニタリングに関する検討

##### (1) 地殻活動の概況

##### ア 全国の地震活動について

国内で 2013 年 8 月から 10 月までの 3 か月間に発生した M5 以上の地震のうち、主なものとして、9 月 20 日に福島県浜通りで発生した地震 (M5.9)、10 月 26 日に福島県沖で発生した地震 (M7.1) が挙げられた。

##### イ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

2013 年 9 月上旬及び 9 月下旬から 10 月上旬に十勝沖周辺で、9 月中旬から 10 月中旬に日向灘周辺で超低周波地震活動があった。

##### ウ 日本列島の歪み変化

GNSS 連続観測によると、最近 1 年間の日本列島のひずみには、東北地方太平洋沖地震の余効変動の影響が見られる。

#### (2) 東北地方太平洋沖地震関連

東北地方太平洋沖地震後、現在までの水平変動の累積には、東北地方から関東甲信越にかけて東向きの変動が見られる。また、上下変動には、宮城県から千葉県にかけての太平洋沿岸と関東甲信越地方及び青森県から北海道の襟裳岬付近にかけた地域に隆起が、岩手県沿岸と奥羽脊梁山脈付近に沈降が見られる。

東北地方太平洋沖地震後の海底地殻変動のデータには、釜石沖 1, 2 及び宮城沖 1 の観測点に西向きの変動が見られる。

過去 3 か月間の東北地方のひずみ変化には、依然として東北地方太平洋沖地震の影響が見られる。

余効変動から推定した太平洋プレート上面の滑り分布には、滑り域の顕著な移動は見られず、モーメントの解放速度が時間と共に小さくなっていることが示された。

#### (3) プレート境界の固着状態とその変化

##### ア 南海トラフ・南西諸島海溝周辺

##### a 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

顕著な深部低周波微動が、東海地方 (8 月 3 日から 12 日, 9 月 29 日から 10 月 7 日)、紀伊半島北部 (9 月 6 日から 12 日)、紀伊半島南部 (10 月 26 日から 11 月 1 日)、四国中部 (8 月 14 日から 18 日, 10 月 1 日から 4 日)、四国西部から豊後水道 (10 月 25 日から 11 月 3 日)、豊後水道 (7 月 29 日から 8 月 4 日) で発生した。

#### (4) その他の地殻活動等

##### ア 10 月 26 日の福島県沖の地震

10 月 26 日に福島県沖で東西方向に張力軸を持つ正断層型の地震 (M7.1) が、日本海溝の東側の太平洋プレートの内部で発生した (いわゆる、アウトターライズ地震)。この地震により、岩手県から福島県の沿岸で津波が観測された。

#### 3 重点検討課題「物理モデルに基づいた地震発生予測研究」の検討

物理モデルに基づいたプレート境界地震の発生予測に向けた研究の現状と課題について議論が行われた。

##### (1) 地震発生の物理に基づく予測シミュレーション

地震の予測シミュレーションは、プレート相対運動・断層構成関係・滑り応答関数の 3 つの要素で構成される発生サイクルモデルにより実現されることが説明された。有効な地震発生シナリオを作成するためには、

地震の発生サイクルを数値シミュレーションにより再現し、観測データ・解析から得られる実際の発生サイクルを元に検証を重ねることが課題であることが指摘された。

## (2) プレート境界滑り時空間変化の推移予測

1つのシナリオに従う決定論的な滑りの推移予測ではなく、シミュレーションに基づいて複数のシナリオを作成し、観測データとの比較に基づいて各シナリオの重み付けを行って推移を予測することの重要性が説明された。

## (3) 「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」における物理モデルに基づく地震発生予測

「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」(平成 25 年建議)において、物理モデルに基づいた数値シミュレーションを利用して地震発生の長期評価手法の高度化や地震活動予測を目指す研究課題が立案されていることが紹介された。地震発生予測に向けた研究では複数の研究要素が連携していることが示され、シミュレーションの基礎となる物理モデルの高度化のためには、観測で得られる実際の滑り現象の多様性や相互作用等についての理解が重要であることが説明された。また、東北沖地震や豊後水道のスロースリップなどを対象とした予測の試行が重要である一方で、その試行にはデータ同化(数値シミュレーションに観測データを取り入れる手法)の方針や予測結果の非唯一性等に課題があることが指摘された。

## 第 202 回地震予知連絡会 議事概要

日時 2014 年 2 月 17 日 (月)

場所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会会議室

### 出席者(委員)

平原, 松澤, 山岡, 平田, 澁谷, 谷岡, 遠田, 八木, 池田, 佐藤, 佐竹, 篠原, 小原, 上嶋, 岩森, 尾形, 片尾, 松本, 後藤, 青井, 汐見, 堀, 宍倉, 岩淵, 土井, 青木, 前田(横田委員代理), 村上, 齊藤, 今給黎

### (招聘報告者)

東田・中村(気象庁), 干場(気象研究所), 宮川(国土地理院), 山本(鉄道総合技術研究所)

### 議事概要

## 1 地震予知連絡会将来検討ワーキンググループ報告書の承認

地震予知連絡会将来検討ワーキンググループで検

討された内容をまとめた報告書が、全会一致で承認された。

## 2 地震予知連絡会運営要綱の改正

地震予知連絡会の運営要綱の改正について審議が行われ、全会一致で承認された。

## 3 地震予知連絡会 SAR 解析ワーキンググループの設置

「だいち 2 号」の SAR 観測データの流通と解析結果の検討を行うことを目的としたワーキンググループ(略称「地震 SAR 解析 WG」)の設置に関する審議が行われ、全会一致で承認された。

## 4 地殻活動モニタリングに関する検討

### (1) 地殻活動の概況

#### ア 全国の地震活動について

国内で 2013 年 11 月から 2014 年 1 月までの 3 か月間に発生した M5 以上の地震のうち、特段の大きな地震はなかったが、2013 年 12 月 31 日に茨城県で発生した地震(M5.4)で震度 5 弱が観測された。

#### イ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

2013 年 11 月上旬及び 2014 年 1 月中旬から下旬に十勝沖周辺で、超低周波地震活動があった。

#### ウ 日本列島のひずみ変化

GNSS 連続観測によると、最近 1 年間の日本列島のひずみには、東北地方を中心として、東北地方太平洋沖地震の余効変動の影響が見られる。

### (2) 東北地方太平洋沖地震関連

東北地方太平洋沖地震後、現在までの水平変動の累積には、東北地方から関東甲信越にかけて東向きの変動が見られ、山田観測点、岩手川崎 A 観測点では最大約 106cm に達することが報告された。また、上下変動には、宮城県から千葉県にかけての太平洋沿岸と関東甲信越地方及び青森県から北海道の襟裳岬付近にかけた地域に隆起が、岩手県沿岸と奥羽脊梁山脈付近に沈降が見られ、M 牡鹿観測点で最大約 31cm の隆起が観測されている。

東北地方太平洋沖地震後の海底地殻変動のデータには、宮城沖 1 の観測点に西向きの変動が見られ、宮城沖 2 の観測点では南への変動が見られる。

過去 3 か月間の東北地方のひずみ変化には、依然として東北地方太平洋沖地震の影響が見られる。また房総半島のスロースリップの影響も見られる。

余効変動から推定した太平洋プレート上面の滑り分布には、滑り域の顕著な移動は見られず、モーメントの解放速度が時間と共に小さくなりながら継続していることが示された。

### (3) プレート境界の固着状態とその変化

#### ア 房総半島沖

房総半島でスロースリップに伴う地震活動・地殻

変動が観測された。地震活動は、12月31日頃から始まり、房総半島東側の沖で1月2日から5日にかけて活発化した。震源域は時間とともに西南西方向へ移動した。地震活動が活発化した時期は、震源域に近接したGNSS観測点で非定常的な地殻変動が見られる時期と一致する。GNSS観測データによると、地震活動域の東側で発生した滑りは、12月末頃から急激に加速して南側に拡大するとともに、東から西へその中心が移動していることが示された。この結果は震源の移動の向きと調和的である。

今回の地震活動は、過去のスロースリップに伴う地震発生域の北端周辺で活発であった。傾斜変動から推定された滑り域の位置は、2007年及び2011年の時のスロースリップの滑り域とほぼ同じであるが、規模は小さいことがわかった。

GNSS観測から、房総半島の非定常地殻変動は1月2日頃から始まり、10日頃に終息したことがわかった。GNSSデータを基にした計算によると、最大約15cmのフィリピン海プレート面上の滑りが推定され、滑り領域が時間と共に南側に拡大したことがわかった。

#### イ 南海トラフ・南西諸島海溝周辺

##### a 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

短期的スロースリップを伴う顕著な深部低周波微動活動が、愛知県西部～紀伊半島北部（1月22日から28日）、紀伊半島中部（1月9日から13日）、四国中部～東部（11月29日から12月4日）に発生した。

## 5 重点検討課題「地震・津波即時予測とリアルタイムモニタリング」の検討

地震・津波の即時予測に関して、リアルタイムモニタリングによる即時推定及び処理手法・システムの現状や今後の技術開発の展望について議論が行われた。

### (1) リアルタイムモニタリングシステムの構築

地震や津波に関するリアルタイムモニタリングシステムの開発の歴史等が紹介された。19世紀中頃から存在した早期警報のアイデアが、1980年代頃から実用的なシステムとして開発され始め、その後、システムのネットワーク化や自動処理化等が進んで全国規模での運用が実現し、現在は予測精度の向上が課題となっていることが示された。

### (2) 波動場の把握に基づく地震動の予測

緊急地震速報による揺れの予測精度向上を目的とした新しい地震動の予測手法が紹介された。現在の手法では、一旦、震源位置やマグニチュードを推定した後

にそれを基に揺れを予測するが、新しい手法では、地震の揺れをリアルタイムで把握しながら、まだ揺れの到達していない地域の地震動を輻射伝達理論を基に予測する。東北地方太平洋沖地震への適用例について、強い揺れが到達する約10秒前に予測できることが示された。

### (3) 強震モニタリングシステム—防災科学技術研究所の例—

防災科学技術研究所が運用する強震モニタリングシステム等が紹介された。強震観測網（KiK-net, K-NET）を用いて1～2秒毎にリアルタイムで震度等の情報をWEB上に提供するシステム、地震発生直後の初動対応の意思決定等に役立つ被害推定情報を提供する「リアルタイム地震被害推定システム（J-RISQ）」等が紹介された。

### (4) 津波予測の技術

気象庁による津波予測の技術について紹介がなされた。想定される津波の数値シミュレーション結果をあらかじめデータベースとして蓄積しておき、地震時にそれらを検索・利用することで、地震後概ね3分程度で津波警報・注意報を発表することを実現していることが紹介された。また、巨大地震の際の津波警報発表方法の改善や今後の予測精度向上に向けた技術開発についても紹介がなされた。

### (5) GNSS変位データを用いた即時地震規模推定

GNSSによる変位データを用いて地震規模を即時推定するシステム「REGARD」が紹介された。地震発生後、GEONETによる観測データから10cm程度の精度で地殻変動量を即時に計算し、それを基にして震源断層モデルを自動的に構築することで、M7後半以上の地震については、地震発生後概ね3分程度で規模を推定できることが紹介された。

### (6) 地震動・津波予測の利活用

鉄道分野における地震波の予測情報の活用について紹介がなされた。新幹線等に利用される早期地震警報システムは、即時性と信頼性を高めるために、複数の警報手法、単独観測点処理とネットワーク型処理、多重化されたハードウェア等を用いていることが示された。現在は、緊急地震速報や津波警報・注意報等の他の情報を組み合わせた活用及び活用の検討が行われつつあることが紹介された。

## 第 203 回地震予知連絡会 議事概要

**日時** 2014 年 5 月 19 日 (月)  
**場所** 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会  
議室

### 出席者 (委員)

平原, 松澤, 山岡, 平田, 澁谷, 谷岡, 遠田, 八木, 池田, 佐藤, 佐竹, 篠原, 小原, 上嶋, 小川, 尾形, 片尾, 松本, 後藤, 汐見, 中野 (堀委員代理), 宍倉, 石川 (岩淵委員代理), 橋本, 吉田, 前田, 村上, 齊藤, 今給黎

### (招聘報告者)

加藤 (東京大学地震研究所), 岩森 (海洋研究開発機構), 吉田 (東北大学)

### 議事概要

#### 1 地殻活動モニタリングに関する検討

##### (1) 地殻活動の概況

###### ア 全国の地震活動について

国内で 2014 年 2 月から 2014 年 4 月までの 3 か月間に発生した地震のうち, 主なものとしては, 2014 年 3 月 14 日の伊予灘の地震 (M6.2), 3 月 3 日の沖縄本島の北西の深さ 116km の地震 (M6.4) が挙げられる。それ以外では目立った活動はなかった。

###### イ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

2014 年 2 月から 2014 年 4 月までの 3 か月間で本州・四国・九州において目立った浅部超低周波地震活動は検出されなかった。2014 年 3 月下旬に日向灘において浅部超低周波地震活動が検出された。

###### ウ 日本列島のひずみ変化

GNSS 連続観測によると, 最近 1 年間の日本列島のひずみには, 東北地方を中心として, 東北地方太平洋沖地震の余効変動の影響が見られる。

##### (2) 東北地方太平洋沖地震関連

東北地方太平洋沖地震後の累積変動は, 岩手川崎観測点で最大 109cm の東方向への変位が観測されている。また, 上下変動については, M 牡鹿観測点で最大約 33cm の隆起が観測されている。

東北地方太平洋沖地震後の海底地殻変動の観測によると, 宮城沖 1 の観測点に西向きの変動が見られ, 宮城沖 2 の観測点では南への変動が見られる。

##### (3) 伊予灘の地震

2014 年 3 月 14 日伊予灘の深さ 78km で M6.2 の地震 (最大震度 5 強) が発生した。この地震は, 発震機構が東北東-西南西方向に張力軸を持つ型で, フィリピン海プレート内部で発生した。この領域で M6.0 以上の地震は, 1923 年以降初めてである。余震活動は

低調である。

##### (4) プレート境界の固着状態とその変化

###### ア 南海トラフ・南西諸島海溝周辺

###### a 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

短期的スロースリップを伴う顕著な深部低周波微動活動が, 四国東部から中部で 4 月 13 日-18 日にかけて発生した。それ以外の微動活動としては東海で 2 月 2 日-7 日, 紀伊半島南部で 2 月 15 日-19 日に, 四国中部で 2 月 1 日-5 日, 豊後水道で 2 月 21 日-25 日にかけて観測されている。

##### (5) チリ北部沿岸の地震

2014 年 4 月 2 日に M8.1 の地震がチリ北部沿岸で発生した。この地震に先行して M5 - M6 級の地震活動が 2 回発生し, 本震発生後には活発な余震活動が発生した。これらの先行地震は, 本震の震源に近づくように発生していた。

#### 2 重点検討課題「日本列島の長期広域変動について」の検討

日本列島の長期広域変動の観点から, 東北地方を中心とした内陸の地震発生過程について理解を深めることを目的として, (1) 日本列島とその周辺のプレート運動, (2) 日本列島の生い立ちと長期地殻応力・歪の起源, (3) 日本列島の温度構造と地殻流体の分布, (4) 日本列島内陸の現在の応力・歪と強度, について最新の知見を整理し, 議論が行われた。

##### (1) 日本列島とその周辺のプレート運動

日本列島周辺での地殻活動を考える上で重要な, 日本周辺のプレート運動に関する研究が紹介された。GPS による観測結果から, 東アジアの変位速度場が詳細に明らかになってきている。しかし, アムールプレートもオホーツクプレートも変位速度が極めて遅いために, これらのプレートを同定するためには, 長期の観測が必要であることが指摘された。また, 2011 年東北地方太平洋沖地震は東アジアの広範囲にわたって大きな影響を与えた。有意な余効変動も広域で観測されており, 粘弾性の影響を見極めるためにも, 長期・広域の観測が必要であることが挙げられた。

##### (2) 日本列島の生い立ちと長期地殻応力・歪の起源

日本列島の構造発達に関する現時点での理解が紹介された。日本列島の地殻の変形は, 地殻活動予測の上でも重要であるが, 地質学的な情報を用いることによって, 日本列島の塑性変形についての理解が可能となる。日本列島周辺の地殻の変形は, 背弧拡大, 島弧-島弧衝突, その間に形成された断層の再活動によって特徴付けられること, 火山フロントの近傍に形成されるリフト帯は, 強度が弱くひずみ集中の原因となっ

ていること等が紹介された。

### (3) 日本列島の温度構造と地殻流体の分布

日本列島の温度構造と地殻流体に関する研究が紹介された。沈み込むスラブに含まれる水の量、蛇紋岩の粘性率、背弧温度構造をパラメータとしてシミュレーションを行った結果、東北日本弧において火山分布や地殻熱流量、地震波トモグラフィーの特徴をよく説明する結果が得られ、温度構造、マンツルの対流場、流体の分布を整合的に説明できることが紹介された。

### (4) 東北日本地殻内の応力場の詳細な空間分布と絶対応力・断層強度の推定

稠密基盤観測網データに臨時観測データを加え、応力テンソル・インバージョンにより東北日本地殻内の応力場を詳細に推定した結果について紹介があった。2011年東北地方太平洋沖地震の前の応力場は、従来言われていた単純な西北西-東南東逆断層場ではなく、地域によって異なっており、地形の影響を受けていること、東北地方太平洋沖地震前後での主応力軸方向の変化が、地震による静的応力変化とよく一致すること、東北地方での内陸大地震の震源域で主応力軸方向が空間的に不均質であることが示された。これらから、東北日本の偏差応力が20MPa以下と非常に小さいことが指摘された。

た5月5日に関東直下の深さ150kmでM6.0の地震が発生し、東京で震度5弱が観測されている。それ以外では目立った活動はなかった。

### イ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

2014年5月から2014年7月までの3か月間で5月下旬から6月上旬、中旬に日向灘周辺で超低周波微動活動が検出された。また2014年6月上旬に十勝沖周辺で超低周波地震活動が検出されている。

### ウ 日本列島のひずみ変化

北海道南部から中部・北陸地方にかけて、東北地方太平洋沖地震後の余効変動の影響による顕著なひずみが見られた。

### (2) 胆振地方中東部の地震

2014年7月8日18時05分に、胆振地方中東部の深さ3kmでM5.6の地震が発生した。この地震は地殻内で発生し、発震機構は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型である。この地震の後、10日までに震度1以上を観測する余震が7回発生した。この地震の震源付近では、2013年8月からM2~3程度の地震がしばしば発生していた。なお、今回の地震の発生前後で樽前山の火山活動に特段の変化は認められない。また、発震機構に調和的な地殻変動が捉えられている。

### (3) 東北地方太平洋沖地震関連

東北地方太平洋沖地震後の累積変動は、岩手川崎A観測点で最大112cmの東方向への変位が観測されている。また、上下変動については、M牡鹿観測点で約34cmの隆起が観測されている。東北地方太平洋沖地震後の海底地殻変動の観測によると、釜石沖1、宮城沖1の観測点に西向きの変動が見られ、宮城沖2の観測点では南への変動が見られる。全ての点で傾向は変わっていないことが報告された。

### (4) 福島県沖の地震

2014年7月12日04時22分に、福島県沖でM7.0の地震が発生した。この地震の発震機構(CMT解)は東西方向に張力軸を持つ正断層型であり、プレート境界の地震ではなかった。この地震により、津波が発生し、石巻市鮎川(宮城県)で17cmなど、岩手県から福島県にかけての沿岸で津波を観測した。同日、最大震度1を観測する余震が4回(最大規模はM5.0)発生した。

### (5) プレート境界の固着状態とその変化

#### ア 南海トラフ・南西諸島海溝周辺

#### a 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

短期的スロースリップを伴う顕著な深部低周波微動活動が、四国中部から豊後水道で5月1日~19日に発生した。それ以外には、紀伊半島北

## 第204回地震予知連絡会 議事概要

日時 2014年8月22日(金)

場所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会  
議室

### 出席者(委員)

平原、松澤、山岡、平田、澁谷、谷岡、遠田、池田、佐竹、篠原、小原、上嶋、尾形、片尾、松本、後藤、青井、汐見、堀、宍倉、岩淵、橋本、吉田、前田、齊藤、今給黎、飛田

### (招聘報告者)

越後(地域地盤環境研究所)、木村(防災科学技術研究所)、岡田・吉川(気象研究所)

### 議事概要

#### 1 地殻活動モニタリングに関する検討

##### (1) 地殻活動の概況

##### ア 全国の地震活動について

国内で2014年5月から2014年7月までの3か月間に発生した地震のうち、主なものとしては、2014年7月8日の胆振地方中東部の地震(M5.6)、7月12日の福島県沖の地震(M7.0)が挙げられる。ま

部から南部にかけて 7 月 3 日～20 日に活動があり、また四国西部から豊後水道では断続的な活動があった（7 月 3 日～8 日、7 月 17 日～21 日、7 月 24 日～27 日）。

## 2 重点検討課題「地震・地殻変動予測能力の現状評価」の検討

これまで報告されてきた地震・地殻変動やプレート境界沿いの諸現象を予測能力という視点で見直し、以下の各項目の予測能力の現状を整理するとともに、本質的・定性的な指摘も含めた議論が行われた。

### (1) 余効変動の予測能力

国土地理院が予知連に報告してきた対数関数近似による余効変動の外挿予測について、2014 年 7 月の時点でのどの程度予測が正しかったのか、また、最新のデータを含めて対数関数近似を行った場合、地震時沈降の回復時間予測は当初の予測とどの程度変わるのかについて評価を行った。その結果、2014 年 7 月時点の実データを用いて評価した対数関数近似による余効変動の予測誤差は最大で、水平で 12%/年、上下で 42%/年程度であり、ほとんどの観測点で過少評価になる傾向になること、また当初数年から 10 億年超まで広い範囲に及んでいた地震時沈降の回復年数が、最新のデータを含めると、数十年から数百年の範囲に収まっていることが報告された。また、従来の対数関数に加え、指数関数を加えて近似を行うことで、予測が改善する可能性があることが示された。

### (2) 奥尻島における 1993 年北海道南西沖地震 (M7.8) 以降 20 年間の地殻上下変動

1993 年の北海道南西沖地震 (M7.8) の際に、震源近傍の奥尻島は全体として沈降したが、一方で奥尻島には第四紀後期に形成された海成段丘が分布しており、長期的に見ると隆起していることが想定される。その原因を探る一環として地震後の地殻変動を把握することを目的として、地震後 20 年間に計 5 回の測量を行い、地震間の地殻上下変動を調べた。その結果、地震後の上下変動は基本的には沈降であるが、北海岸、西海岸では最近になって隆起傾向に転じたことがわかった。今までのところ、海岸段丘に見られる長期的な隆起の原因の解明には至っていないが、反射法構造探査の結果から、奥尻海脚の西縁に東傾斜の逆断層を想定した先行研究があることが報告された。

### (3) スロースリップ、SSE の予測能力

西南日本で発生するスロー地震のモニタリングから、深部低周波微動の時空間分布が詳細に調べられ、深部低周波微動がセグメント構造をもち、セグメント毎に異なる周期性を持つこと、また、微動の発生パターンは深さに依存し、深部では連続的であるのに対し、

浅部では間欠的であるなどの特徴があることが明らかになっている。また、豊後水道については、長期的スロースリップの繰り返し間隔が数年であること、また長期的スロースリップの発生中に短期的スロースリップの活動が活発化することなどの特徴がある。それらの特徴を再現するため、現実的なプレート形状を考慮した上で、微動分布や微動パターンの深さ依存性を反映した摩擦則を断層面上で与え、3次元半無限弾性体における時間発展を計算する数値シミュレーションを行った結果、上記の特徴を再現することに成功したとの報告があった。

### (4) 繰り返し小地震に対する予測能力

ほぼ同じ場所で同程度の地震が繰り返し発生する「繰り返し小地震」に対して、その予測可能性を調べた。2006 年から 2011 年にかけて、関東～北海道の沖合などで起きている「繰り返し小地震」について、地震波形の相似性を用いて系列を同定したうえで、発生間隔が対数正規分布に従うとの仮定のもと、ベイズ統計などの手法を用いて分布を推定し、それに基づいて地震の発生を予測した。実験の結果、2010 年までに限れば、予測成績は良好であり、天気予報に例えると、東京の 5 日先の降水確率予報と同程度であることが報告された。

### (5) 地震活動静穏化に基づく予測能力

国内の M7 クラス以上の大地震 (M  $\geq$  6.7、震度 5 以上、深さ 0?150km、1987～2011) を対象に地震活動の静穏化・活発化解析手法 (eMAP 法) を適用し、大地震に先行する静穏化現象の検出と定量化が行われた。その結果、調査対象となった全 26 個の大地震の内 15 個について地震発生前の静穏化現象が確認された。破壊開始点と静穏化領域中心との距離には地震規模に関するスケーリング則が認められることから、静穏化の原因は地震発生前の非地震性すべりによる応力変化であることが示唆される。また、静穏化領域の長径及び先行時間のそれぞれに地震規模に関するスケーリング則が認められた。この法則に基づけば、発生場所、地震規模及び発生時期について推定が可能ということになるが、その一方、静穏化現象の先行時間にはばらつきがあり、経験式から大きく外れる場合や静穏化現象の出現が地震の発生と無関係の場合もある。また地震発生前に顕著な静穏化現象が観測されない事例 (約 43%) も存在することが報告された。

### (6) 常時地震活動・余震・誘発地震の予測能力

地震の確率予測の評価に際しては、標準的なモデルに基づく地震発生確率との比である確率利得を評価するべきである。地震の確率予測の予測能力は対数尤度や AIC を用いて評価することができ、データに当て

はめる統計モデルの選択やパラメータ推定には最大尤度法や AIC 最小化が適用可能であることが報告された。大地震について、観測された異常現象が前兆なのか、どの程度切迫性があるのかなどの不確定さを見積もるためには、大地震の発生確率の確率利得を評価すればよく、そのためには、異常現象と大地震の因果性を記述する点過程モデルの作成が必要である。また大地震を少しでも高い確率で予測するために、各種の観測データの有意な異常現象を多数考慮して、統計モデルで確率利得を高め、複合的に予測することが有力であり、そのためには異常現象の複合性を記述する点過程モデルの作成が必要であることが報告された。

## 第 205 回地震予知連絡会 議事概要

**日時** 2014 年 11 月 28 日 (金)

**場所** 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会  
議室

### 出席者 (委員)

平原, 松澤, 山岡, 平田, 澁谷, 谷岡, 遠田, エネスク (八木委員代理), 池田, 佐藤, 佐竹, 篠原, 小原, 上嶋, 尾形, 片尾, 松本, 後藤, 青井, 汐見, 堀, 宍倉, 石川 (岩淵委員代理), 橋本, 吉田, 前田, 齊藤, 今給黎, 飛田

### (招聘報告者)

弘瀬 (気象研究所), 松澤 (防災科学技術研究所), 有吉 (海洋研究開発機構)

### 議事概要

#### 1 地殻活動モニタリングに関する検討

##### (1) 地殻活動の概況

###### ア 全国の地震活動について

国内で 2014 年 8 月から 2014 年 10 月までの 3 か月間に発生した地震のうち、M6 以上のものは 8 月 10 日, 10 月 11 日の青森県東方沖の地震 (いずれも M6.1), 8 月 29 日の日向灘の地震 (M6.0) が挙げられる。

###### イ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

2014 年 8 月から 2014 年 10 月までの 3 か月間で 10 月 12 ~ 13 日に十勝沖で超低周波地震が検出された。それ以外は目立った活動はなかった。

###### ウ 日本列島のひずみ変化

北海道南部から中部・北陸地方にかけて、東北地方太平洋沖地震後の余効変動の影響による顕著なひずみが見られた。

##### (2) 青森県東方沖の地震

2014 年 8 月 10 日に青森県東方沖の深さ 51km で M6.1 の地震 (最大震度 5 弱) が発生した。またこの地震の東方約 80km で 10 月 11 日に M6.1 の地震, 同日 M5.6 の地震が発生した。これらの地震はいずれも発震機構が西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型でプレート境界において発生している。1997 年 10 月以降の活動を見ると今回の地震の震源付近では 2002 年 10 月 14 日に M5.6 の地震が発生するなど M5.0 以上の地震が時々発生している。

##### (3) 東北地方太平洋沖地震関連

東北地方太平洋沖地震後の累積の地殻変動は、岩手川崎 A 観測点で最大約 115cm の東方向への変位が観測されている。また、上下変動については、M 牡鹿観測点で約 38cm の隆起が観測されている。東北地方太平洋沖地震後の海底地殻変動の観測によると、釜石沖 1, 宮城沖 1 の観測点に西向きの変動が見られ、宮城沖 2 の観測点では南への変動が見られる。全ての点で傾向は変わっていないことが報告された。

##### (4) プレート境界の固着状態とその変化

###### ア 南海トラフ・南西諸島海溝周辺

###### a 豊後水道の長期的スロースリップ

GNSS 観測による非定常地殻変動の時間・空間パターンは、2014 年夏頃から豊後水道付近で南東方向を向く変動を示しており、長期的スロースリップ (SSE) に伴う変動と考えられる。この非定常変動から推定した長期的 SSE のすべり領域は四国西部~豊後水道付近に分布している。豊後水道の長期的 SSE の領域に隣接する浅部側低周波微動活動が 2014 年初め以降、通常のレートよりも活発化し始め GNSS 観測でも 2014 年半ばから変化が見られている。これは、ごく小規模な長期的 SSE が発生したことを示唆する。今回の発生間隔は過去に比べて短いように見えるが、これは東北地方太平洋沖地震の影響の可能性がある。

###### b 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

短期的 SSE を伴う顕著な深部低周波微動活動が、豊後水道で 9 月 21 日~24 日に、四国西部で 10 月 17 ~ 26 日に発生した。それ以外には、東海地方で 8 月 30 日~9 月 6 日に活動があり、四国東部で 9 月 13 日~26 日、四国中部で 10 月 9 日~12 日に発生している。

##### (5) 長野県北部の地震

2014 年 11 月 22 日 22 時 08 分に、長野県北部の深さ 5km で M6.7 の地震 (最大震度 6 弱) が発生した。この地震の発震機構は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ型であり、神城断層で発生したと考えられ

る。この地震の後、同日 22 時 37 分には、深さ 3km で M4.5 の余震（最大震度 5 弱）が発生した。糸魚川－静岡構造線活断層系付近の 1700 年以降の活動では M7 の地震は発生していない。DD 法による震源決定では、震央の北側、南側で東傾斜の余震分布が見られた。震央付近では、浅い領域の地震があまり見られない。また本震の発生前 11 月 18 日から震源域で地震活動が起きていたことが報告された。2002～2009 年に行われた糸魚川－静岡構造線周辺での GNSS 観測によれば、今回の地震の震源域では東西圧縮の傾向が見られることが報告された。白馬周辺の GNSS 観測結果は、震源域付近で東南東方向の変動を示している。この地殻変動データから東傾斜の横ずれ成分を含む逆断層のモデルが推定された。また GNSS 連続観測網の白馬観測点は東南東方向へ約 29cm 水平移動し、約 3cm 沈降した。だいち 2 号のデータの SAR 干渉解析の結果は、神城断層付近で地殻変動に伴う位相変化が見られ、震央西側の地表地震断層付近で特に大きな地殻変動が見られた。東北大学、名古屋大学や、産業技術総合研究所等の調査によれば長野県北部の地震に伴う地表地震断層及び地表変状の分布は神城断層に沿っており、神城断層で地震が発生したことを示唆している。

## 2 重点検討課題「物理モデルに基づいた地震発生予測研究 その 2」の検討

海溝型巨大地震発生予測の鍵を握ると期待される、SSE（ゆっくりすべりとも言われる）のシミュレーションを取り上げ、巨大地震発生予測といった観点から各種 SSE の発生が議論された。以下の SSE 発生シミュレーション研究に関して、本質的・定性的な指摘も含めた議論が行われた。

### (1) 南海トラフ沿い巨大地震とスロースリップ

東海沖から九州沖での地震発生サイクルのシミュレーションが報告された。過去の大地震の繰り返し間隔が 100～150 年であること、東海地域に沈み込んだ海嶺が存在すること、浜名湖の北側や豊後水道の下部のプレート境界付近には水の存在が示唆されていることなどを考慮してパラメータを設定した結果、紀伊半島沖を破壊開始点とする東南海地震・南海地震が約 120 年のサイクルで発生し、2 回に 1 回は東海地域も破壊するモデルが得られた。地震サイクル中に、浜名湖の北側領域で約 15-18 年、豊後水道で約 6-10 年の周期を持つ長期的 SSE が発生し、その周期は時間とともに短くなり、規模は大きくなる傾向が示された。また、与えるパラメータによっては、豊後水道の長期的 SSE が加速し、南海トラフ沿い巨大地震のトリガーとなるパターンも現れた。また、小アスペリティの破

壊が巨大地震の核形成を代用する Cascade-up 型の地震が、複雑な 3 次元形状の場合でも起こり得るのか、紀伊半島沖に小アスペリティを設定し、プレスリップの挙動について調査した結果、Cascade-up 型の地震が発生し、プレスリップの大きさは大小アスペリティの大きさの比に反比例して小さくなった。色々な特性の小アスペリティを設定し、仮想的な観測点での地殻変動を計算したところ、プレスリップを陸上観測点で検知できないまま、巨大地震が発生する可能性もあることが報告された。

### (2) 南海トラフにおける長期的・短期的スロースリップイベントとプレート間大地震準備過程の数値モデリング

平板のプレートを用いた地震発生サイクルの数値計算が行われ、SSE の基本的な挙動が再現された。また大地震サイクル間における固着域と SSE 領域間のすべり状態の変化に伴い SSE 発生間隔が変化する可能性が示唆された。次に四国地域について実際のプレート形状と SSE の分布を考慮したモデルが報告され、豊後水道付近で 6～7 年周期で繰り返す SSE と、高知市付近で発生する SSE の 2 つのタイプの長期的 SSE が再現された。また、深部低周波微動領域において数箇月間隔で発生する短期的 SSE についても再現された。数値モデルの結果からは、高知市付近の長期的 SSE の発生間隔が 10 年以上と長く、かつ不定期である可能性が示唆された。このように、ゆっくり地震によるすべりがプレート間大地震発生域周辺において、間欠的かつ階層的に発生することにより、地震の準備過程が進展していく描像が数値モデルから得られた。

### (3) 巨大地震サイクルに伴うゆっくり地震の活動変化と検知可能性

浅部超低周波地震の活動に関するシミュレーションが行われ、浅部超低周波地震の局所性的原因及び 2011 年東北地方太平洋沖地震との関係に関する報告が行われた。シミュレーションの結果、超低周波地震の局所性はプレート間固着の領域を反映している可能性が指摘された。このことは、超低周波地震のモニタリングによって固着域の状態を推定できる可能性を示唆する。東北地方太平洋沖地震の発生後に超低周波地震が静穏化した宮城沖は、強い固着域の中央部であり、活発化した福島・茨城沖は、強い固着域の外縁部であることを示しているという報告が行われた。東南海沖における超低周波地震活動から、東南海～南海のセグメント境界は提案されたモデルよりも東側である可能性、豊橋沖での超低周波地震の不活発化は東海～東南海のセグメント境界の固着が強い可能性、そして DONET をはじめとする海底ケーブルの活用が有効ではないかということが指摘された。

#### (4) 地震発生に至るプロセスとしてのゆっくりすべりと予測における役割

巨大地震震源域内で観測されたゆっくりすべりに関する報告が行われ、地震発生サイクルのシミュレーションの結果が示された。次にシミュレーション結果を、巨大地震震源域内でゆっくりすべりや本震に向けたすべりの加速が起こるような系に適用した試みが報告され、理想的な条件下では地震が近づいているという情報が取り出せる可能性があることが示された。また地震発生の予測実験の試行に向けたモニタリング及び推移予測項目が提案され議論が行われた。予測実験の試行における懸案事項についても議論が行われた。この予測実験の試行では、様々な時間スケールがあることに留意すべきであること、何を発表し議論するのか、発表のタイミングに関して意見が述べられた。

### 第 206 回地震予知連絡会 議事概要

**日時** 2015 年 2 月 16 日 (月)

**場所** 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会会議室

#### 出席者 (委員)

平原、松澤、山岡、平田、澁谷、谷岡、遠田、エネスク (八木委員代理)、池田、佐藤、篠原、小原、上嶋、小川、尾形、片尾、松本、後藤、青井、汐見、堀、穴倉、石川 (岩淵委員代理)、橋本、吉田、前田、齊藤、今給黎、飛田

#### (招聘報告者)

丸山・近藤・吾妻 (産業技術総合研究所)、青柳 (電力中央研究所)

#### 議事概要

#### 1 地殻活動モニタリングに関する検討

##### (1) 地殻活動の概況

###### ア 全国の地震活動について

国内で 2014 年 11 月から 2015 年 1 月までの 3 か月間に発生した地震のうち、M6 以上のものは 11 月 22 日の長野県北部の地震 (M6.7)、12 月 11 日の石垣島北西部の地震 (M6.1)、12 月 20 日の福島県沖の地震 (M6.0) が挙げられる。

###### イ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

2014 年 11 月から 2015 年 1 月までの 3 か月間で、十勝沖において 11 月中旬に超低周波地震活動が検出された。また四国沖 (室戸岬沖) で 12 月に超低周波地震活動を検出している。これは 2011 年以來となる。日向灘では 11 月中下旬及び 1 月下旬に超

低周波地震活動が検出された。

###### ウ 日本列島のひずみ変化

北海道南部から中部・北陸地方にかけて、東北地方太平洋沖地震後の余効変動の影響及び長野県北部の地震の影響による顕著なひずみが見られた。

##### (2) 東北地方太平洋沖地震関連

東北地方太平洋沖地震後の累積の地殻変動は、岩手川崎 A 観測点で最大約 117cm の東方向への変位が観測されている。また、上下変動については、M 牡鹿観測点で約 37cm の隆起が観測されている。

##### (3) 長野県北部の地震

2014 年 11 月 22 日に発生した長野県北部の地震発生後の余震活動は次第に減少してきている。これらの余震活動がみられた領域は、糸魚川-静岡構造線活断層系の一部である神城断層の位置にほぼ一致している。本震付近では 11 月 18 日から規模の小さな地震活動がみられた。本震の発生後同日に最大余震 (M4.5)、11 月 23 日に M4.4 の余震が発生した。その後 12 月 22 日には、本震とほぼ同じ場所を震源とする M4.4 の余震が発生した。本震発生前に臨時観測点が設置されており、高精度な余震分布が得られた。その結果本震の位置は気象庁一元化震源に比べて約 2.5km 東にずれた。西北西-東北東の本震を含む断面で見ると東傾斜の震源分布が見られる。また本震の北側の断面では東傾斜に加えて、縦に並ぶ震源分布が見られた。だいち 2 号 SAR 干渉解析結果に基づく長野県北部の地震に伴う現地調査から、小谷村で地震断層の可能性のある地表の短縮変形が確認された。

##### (4) プレート境界の固着状態とその変化

###### ア 南海トラフ・南西諸島海溝周辺

###### a 豊後水道の長期的スロースリップ

2014 年夏頃から始まった豊後水道付近の長期的スロースリップ (SSE) に伴う非定期的な地殻変動は、現在ほぼ停滞している。

###### b 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

短期的 SSE を伴う顕著な深部低周波微動活動が、紀伊半島北部で 1 月 1 日~8 日に、四国中部で 12 月 25 日~1 月 3 日に、豊後水道で 1 月 9 日~16 日に発生した。それ以外には、紀伊半島中部で 1 月 7 日~12 日及び 1 月 18 日~22 日に活動があり、四国東部で 1 月 30 日~2 月 1 日、四国中部で 1 月 7 日~13 日に発生している。

#### 2 重点検討課題「兵庫県南部地震から 20 年 活断層研究の進展と課題」の検討

兵庫県南部地震以降、20 年における活断層研究の進展と、明らかになった課題を取り上げ、地表地震断

層のトレンチ調査等から明らかになった活動の多様性や長大活断層の運動性評価、地下構造探査などによる活断層の地下の位置・形状や構造発達史に関する知見の整理、また地表で明瞭に痕跡が残りにくい活動や短い活断層の評価の現状、及び中規模内陸地震の地表変位の検出に関する最新の話題が紹介され、今後の内陸地震の評価に向けた議論が行われた。

#### (1) 近年出現した地表地震断層の履歴調査からみた滑り量の多様性

活断層は、活動毎に同じような活動を繰り返してきたのか、また大（～中）地震の証拠はいつも地層や地形に記録されるのかといった問題に対し、2004 年中越地震、2008 年岩手・宮城内陸地震、2011 年福島県浜通りの地震で出現した地震断層を対象とした古地震調査の結果が紹介された。調査の結果、活断層沿いの同一地点でも活動毎に滑り量に大きな違いが生じる場合があることが分かった。また、トレンチ調査からは、被害をもたらす可能性のある大（～中）地震の証拠が検出できない場合があり、発生頻度を過少評価する可能性があることが分かった。また、地形や地層に記録された過去の地震よりも大きなずれを伴う地震断層が出現する場合があることが明らかにされた。

#### (2) 長大活断層系の運動性評価と課題

陸域に分布する活断層系の中には、長さが数 10km から数百 km にわたる長大な活断層系がある。従来の活断層調査によって整備されてきた過去の活動時期だけでは、複数の断層セグメントが同時に連動したどうかを判別することが困難であった。トルコの北アナトリア断層系において過去の地震に伴うずれ量を 3 次元的なトレンチ調査から復元した結果、セグメント境界周辺でずれ量を復元すれば過去に連動したかどうかを判別できる可能性があることがわかってきた。この評価手法を、日本で最も地震発生可能性が高い内陸活断層系の 1 つである糸魚川－静岡構造線活断層系に対して適用・検証する試みが報告された。

#### (3) 地下構造探査による活断層・震源断層システムのイメージング

反射法地震探査を中心とした地下構造探査により、活断層のイメージングが大きく伸展した。日本列島は日本海の形成に伴って正断層を形成するような伸張の変形を経験したが、この際に形成された断層群は、現在の震源断層の骨格をなす場合が多い。中央構造線、伊豆衝突帯、日本海沿岸の事例が紹介された。日本海沿岸のリフト帯の短縮変形によって形成された活褶曲帯では、リフト形成時に作られた断層システムが、断層のセグメンテーションにも重要な影響を与えている。過去のリフトシステムの理解など、形成史を考慮

に入れることにより、セグメント区分や地震の規模予測をより有効に行える可能性がある。

今後の課題としては、プレート境界から駆動される応力・ひずみによる内陸地震の発生を物理的に理解することが物理的な長期予測の鍵となる。このためには精度の高い震源断層の位置・形状や滑り角を求め、統合地殻構造モデルの中での応力蓄積を検討していくことが重要な課題となるという報告がされた。

#### (4) 「孤立した短い活断層」から発生する地震の規模評価について

地表で認められている長さが短い活断層においては、その長さから推定されるよりも規模が大きな地震がその周辺で発生することがあり、地震防災においてその評価は重要である。しかし、これまでの活断層調査においては、活動性が高い主要な活断層に対象が限られ、短い活断層や活動性が低い活断層の調査や評価はあまり進展していない。ここでは、孤立した短い活断層について、詳細な地形判読と地下構造との関係を検討した研究事例が紹介された。既存の活断層カタログから約 100 の対象断層を抽出し、大縮尺の空中写真とデジタル標高モデル (DEM) を用いた地形解析を行った。さらに、地質図に示されている断層及び重力異常図から推定される地下構造との比較検討を行い、その結果に基づいた「孤立した短い活断層」から発生する地震規模の評価手法についての考察が報告された。その結果、47 の対象断層で断層長が伸びる可能性が認められた。今後の課題として、活動度の代わりに平均変位速度を用いて定量的な評価手法に発展させることが期待される。

#### (5) 中規模内陸地震 (M5-6 クラス) による地表変位の検出

地殻内地震に伴って地表に断層が生じる場合、その最大変位量は地表地震断層の長さとの正の相関があることが経験的に知られている。ただし、M6 以下の地震の場合には、地表地震断層の観測データが少ないため、こうした経験式がどこまで短い断層に適用できるのかよく分かっていない。1990 年代から合成開口レーダー (SAR) センサを搭載した人工衛星が運用されており、地殻変動を詳細に捉えられるようになってきた。

1996 年～2013 年に日本で発生した 17 個の中規模地殻内地震 (Mw5.0-6.9, 大半は Mw<6.0) を対象にして、SAR 干渉解析により地表変位の検出を試みた結果、12 個の地震については断層運動に関連した地殻変動が認められ、そのうち 8 個の地震については干渉縞に明瞭な不連続が認められた。これらの不連続を断層変位として評価し、その長さとの最大変位量を測定した結果、最大変位量と断層長には正の相関が認められ

た。観測された地表変位の形状は、狭い範囲での撓曲変形を示唆しているため、厳密な意味での断層変位とは区別すべきかもしれないが、M5-6クラスの地震に対応した小規模の断層も含めて、その地表変位の予測のために断層長の把握が有効であることが分かった。

## 第 207 回地震予知連絡会 議事概要

日時 2015 年 5 月 22 日 (金)

場所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会  
議室

### 出席者 (委員)

平原, 松澤, 山岡, 平田, 澁谷, 高橋, 遠田, 八木, 池田, 佐藤, 佐竹, 小川, 尾形, 後藤, 青井, 汐見, 堀, 宍倉, 石川 (岩渕委員代理), 橋本, 前田, 飛田, 今給黎

### (招聘報告者)

田中 (防災科学技術研究所), 鴨川 (東京学芸大学)

### 議事概要

#### 1 第 24 期の地震予知連絡会の体制について

全会一致で平原和朗委員が会長に選出された。平原会長により、松澤暢委員と山岡耕春委員が副会長に指名された。松澤暢委員が東日本部会長に、平田直委員が中日本部会長に、澁谷拓郎委員が西日本部会長に、山岡耕春委員が重点検討課題運営部会長に指名された。北海道大学・高橋浩晃准教授が新たに委員に就任した。

#### 2 地殻活動モニタリングに関する検討

##### (1) 地殻活動の概況

###### ア 全国の地震活動について

国内で 2015 年 2 月から 2015 年 4 月までの 3 か月間に発生した M5 以上の地震は 35 回であった。目立った活動としては、2 月 17 日の三陸沖の地震 (M6.9)、4 月 20 日の与那国島近海の地震 (M6.8) が挙げられる。

###### イ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

2 月末から 3 月上旬及び 4 月下旬から 5 月初めにかけて十勝沖で、5 月上旬から日向灘周辺で超低周波地震活動があった。

###### ウ 日本列島のひずみ変化

東北地方太平洋沖地震後の余効変動の影響や長野県北部の地震の影響が見られる。

##### (2) 東北地方太平洋沖地震関連

東北地方太平洋沖地震以降の累積水平変動には、東北地方から関東甲信越にかけて東向きの変動が見ら

れ、岩手川崎 A 観測点で最大約 119cm に達している。また、上下変動には、宮城県から千葉県にかけての太平洋沿岸と関東甲信越地方及び青森県から北海道の襟裳岬付近にかけた地域に隆起が、岩手県沿岸と奥羽脊梁山脈付近に沈降が見られ、M 牡鹿観測点で最大約 40cm の隆起が観測されている。2015 年 1 月までの海底地殻変動のデータには、宮城沖 1 及び釜石沖 1 で西向きの地殻変動が引き続き見られる。

##### (3) プレート境界の固着状態とその変化

###### ア 日本海溝・千島海溝周辺

###### a 三陸沖の地震

2015 年 2 月 17 日に三陸沖で M6.9 の地震 (最大震度 4) が発生した。この地震の発震機構は西北西-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。この地震は東北地方太平洋沖地震の余震域で発生した。岩手県の久慈港で 27cm の津波を観測したほか、北海道から岩手県の太平洋沿岸で微弱な津波を観測した。今回の地震の発生後、この地震の震央周辺で、最大震度 1 以上を観測する地震が 2 月 28 日までに 12 回発生し、地震活動が活発になった。2 月 17 日の三陸沖の地震に伴い、わずかな地殻変動が検出された。

###### b 宮城県沖の地震

2015 年 5 月 13 日に宮城県沖で M6.8 の地震 (最大震度 5 強) が発生した。この地震は、発震機構が東西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。また、今回の地震に伴い、約 2cm の地殻変動が GNSS 観測により検出された。

###### イ 南海トラフ・南西諸島海溝周辺

###### a 豊後水道の長期的スロースリップ

2014 年夏頃から始まった豊後水道付近の長期的スロースリップは、現在は停滞している。

###### b 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

短期的スロースリップを伴う顕著な微動活動が、東海地方 (4 月 14 日から 19 日) で発生した。それ以外の主な微動活動が、東海地方 (4 月 4 日から 7 日)、四国東部 (1 月 30 日から 2 月 1 日及び 4 月 16 日から 20 日)、四国中部 (2 月 7 日から 14 日)、豊後水道 (3 月 25 日から 29 日) で発生した。

##### (4) その他の地殻活動

###### ア 鳥島近海の地震

2015 年 5 月 3 日に鳥島近海で M5.9 の地震が発生した。この地震により、東京都の八丈島八重根で 0.5m の津波を観測したほか、伊豆諸島で 0.1m から

0.3m の津波を観測した。

#### イ 与那国島近海の地震

2015 年 4 月 20 日に与那国島近海で M6.8 の地震（最大震度 4）が発生した。この地震の発震機構は、南北方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。今回の地震の発生後、同日 20 時 45 分に M6.0 の地震（最大震度 3）、20 時 59 分に M6.4 の地震（最大震度 2）が発生する等、最大震度 1 以上を観測する余震が 4 月 30 日までに 4 回発生した。

#### ウ ネパールの地震

2015 年 4 月 25 日にネパールにおいて、深さ 15km で Mw7.9 の地震が発生した。この地震の発震機構は南北方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。余震は、本震の震央から東南東方向へ約 200km にわたり発生している。最大規模の余震は、5 月 12 日に発生した M7.3 の地震（深さ 15km）である。だいち 2 号のデータを用いた SAR 干渉解析により、最大約 1.2m の地殻変動が検出された。

### 3 重点検討課題「予測の根拠となるモニタリングデータと処理方法」の検討

予測の根拠となるモニタリングデータや予測につなげるための処理方法及びどのような予測情報が得られるかについてレビューが行われ、予測実験の定量的評価方法や予測実験の試行の進め方等の議論が行われた。

#### (1) 統計モデルによる地震活動異常のモニタリング

ETAS モデルから期待される地震活動度を基準とした異常の検知方法により、地震活動の相対的静穏化等を捉えた事例が紹介された。地震活動の異常を抽出するために、地殻特性等の地域性にあった標準予測モデルの構築が必要であることが指摘された。

#### (2) 地震活動の潮汐相関にもとづく予測

地震活動と地球潮汐との間の相関関係に関する研究事例が紹介された。東北地方太平洋沖地震やスマトラ沖地震等の発生前に顕著な地震活動との潮汐相関が見られることが示された。過去の大地震に遡り、現象の特性や普遍性の程度を明らかにしていくとともに、系統的なモニタリングを実施し、潮汐相関が出現した事例に対する追跡・検討調査を進めていく重要性が指摘された。

#### (3) 種々のモニタリングデータにもとづく予測

地震学的、測地学的、地球化学的、地球電磁気的手法等を用いた地震発生の先行現象候補の事例が紹介された。異常の出現報告は比較的多いものの、地震発生率の算出例は多くないことが示された。機械的な先行現象確率予測のために、地震発生率未算出の先行現象事例についての更なる研究の必要性が指摘された。

#### (4) シミュレーションと観測データにもとづく予測

観測や数値シミュレーションで見られる固着状態の変化に関する考察が紹介された。シミュレーションによる地震発生サイクルモデルによると、固着のはがれやゆっくり滑りの発生は、自発的に大地震が起こる状況に近づいている場合があることを示唆することが指摘された。また、固着のはがれが進んでいると、近傍の地震のみならず、遠方で発生した大地震や近傍で進行するゆっくり滑りにより、地震が誘発される可能性もあることが指摘された。

## 第 208 回地震予知連絡会 議事概要

日時 2015 年 8 月 21 日（金）

場所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会会議室

#### 出席者（委員）

平原、松澤、平田、澁谷、高橋、遠田、エネスク（八木委員代理）、佐竹、篠原、小原、小川、尾形、松本、後藤、浅野（青井委員代理）、汐見、堀、穴倉、石川（岩渕委員代理）、橋本、前田、飛田、今給黎

#### （招聘報告者）

鶴岡（東京大学地震研究所）

#### 議事概要

### 1 地殻活動モニタリングに関する検討

#### (1) 地殻活動の概況

##### ア 全国の地震活動について

国内で 2015 年 5 月から 2015 年 7 月までの 3 か月間に発生した M5 以上の地震のうち、主なものとして、5 月 13 日の宮城沖の地震（M6.8）、5 月 30 日の小笠原諸島西方沖の深発地震（M8.1）、5 月 31 日の鳥島近海の地震（M6.6）、6 月 11 日の岩手沖の地震活動（最大 M5.9）があった。

#### イ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

5 月から 7 月にかけて日向灘及び足摺岬沖で超低周波地震活動があった。5 月上旬に日向灘で活動が開始し、6 月上旬までに足摺岬の南方沖に到達した後、7 月上旬までには活動がほぼ終息した。足摺岬沖における顕著な活動は、豊後水道のスロースリップと同期して発生した 2010 年以来である。

#### ウ 日本列島のひずみ変化

GNSS 連続観測によると、最近 1 年間の日本列島のひずみには、東北地方太平洋沖地震後の余効変動や長野県北部の地震の影響が見られる。

## (2) 東北地方太平洋沖地震関連

東北地方太平洋沖地震以降の累積水平変動には、東北地方から関東甲信越にかけて東向きの変動が見られ、岩手川崎 A 観測点で最大約 123cm に達している。また、上下変動には、宮城県から千葉県にかけての太平洋沿岸と関東甲信越地方及び青森県から北海道の襟裳岬付近にかけた地域に隆起が、岩手県沿岸と奥羽脊梁山脈付近に沈降が見られる。M 牡鹿観測点で最大約 40cm の隆起が観測されている。

## (3) プレート境界の固着状態とその変化

### ア 日本海溝・千島海溝周辺

#### a 宮城県沖の地震

2015 年 5 月 13 日に宮城県沖の深さ 46km で M6.8 の地震（最大震度 5 強）が発生した。この地震は発震機構が東西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。この地震の発生域では、M6 クラスの地震が繰り返し発生してきたことが報告された。この地震に伴う地殻変動から、プレート境界における西傾斜の逆断層滑り（Mw6.8）が推定された。

### イ 南海トラフ・南西諸島海溝周辺

#### a 南海トラフ沿いの海底地殻変動観測結果

東北地方太平洋沖地震の影響を除去した海底地殻変動のデータには、アムールプレートに対する年間最大 5.8cm の速度の北西向きの変動が見られる。

#### b 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

短期的スロースリップを伴う顕著な微動活動が、四国西部(5月26日から6月2日)で発生した。それ以外の主な微動活動が、紀伊半島北部(5月4日から10日及び7月17日から25日)、紀伊半島南部(6月4日から8日)、四国中部(5月31日から6月5日)で発生した。

## (4) その他の地殻活動

### ア 小笠原諸島西方沖の地震

2015 年 5 月 30 日に小笠原諸島西方沖の深さ 682km で M8.1 の地震が発生した。この地震は、東西方向に張力軸を持つ型で、太平洋プレート内部で発生した。深さ 500km 程度の場所では定常的に地震活動が見られているが、今回の震源付近は、これまで地震の発生が見られない領域であった。

## 2 重点検討課題「予測実験の試行について」の検討

前回に引き続き、「予測実験の試行」に関する検討が行われた。今回は、定式化された手法を過去のデータに適用して、現在までの状況を予測する事例が紹介され、議論が行われた。

## (1) CSEP に基づく地震活動予測の検証

将来の地震の数を予測する地震活動予測モデルを、地震カタログを基に比較・検証する CSEP の事例が紹介された。地震予測結果を評価するためには、予測領域の分割の仕方や地震が起きない情報の活用等が重要であることが指摘された。また、東北地方太平洋沖地震後については、地震数の評価が重要であり、ETAS モデルあるいは改良大森公式による外挿処理が効果的であることが報告された。

## (2) 気象庁における繰り返し地震の調査の取り組み

宮古島の繰り返し地震の発生予測等に関する報告がなされた。一例として、地震波形の相似性を基に区分された宮古島周辺の繰り返し地震のうち 1 つのタイプについて、BPT 分布モデルを用いた分析から、2015 年 3 月 14 日時点で、次の地震が 2017 年 3 月～2018 年 1 月の期間に 70% の確率で発生すると予測されることが紹介された。

## (3) 前震活動に基づく地震発生の経験的予測

前震活動を伴いやすい 3 つの領域（日本海溝沿、伊豆半島沖、長野県北中部）について、本震を予測するための有効な前震候補の選択条件及びそれを基にした事後予測の結果が紹介された。本手法を適用することにより、3 領域の地震予測に関して高い確率利得が得られた。適中率（前震候補のうち真の前震の割合）はそれぞれ約 22%、22%、11%であり、予知率（予測された本震の割合）は約 27%、68%、45%であったことが報告された。

## (4) 東北地方太平洋沖地震の余効変動の予測実験

東北地方太平洋沖地震の余効変動の関数近似による予測実験が紹介された。余効変動時系列について、対数関数と指数関数を組み合わせたモデルによって良好な近似や短期的予測結果が得られること等が報告された。また、粘弾性緩和と余効滑りの分離は現状では困難なことや定常速度成分が予測結果を左右すること等が指摘された。

## (5) 平常的な地震活動と「予測」の価値 — 当たり前地震について —

予測の価値について平常的な地震活動を基にした考察が報告された。ポワソン過程による確率を用いることで、対象とする事象の予測の価値を評価する事例が紹介された。研究者にとっては当たり前の結論でも社会に伝えていく必要があることが指摘された。

## 第 209 回地震予知連絡会 議事概要

**日時** 2015 年 11 月 27 日 (金)

**場所** 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会  
議室

### 出席者 (委員)

平原, 松澤, 山岡, 平田, 澁谷, 高橋, 八木, 池田,  
佐藤, 佐竹, 篠原, 小原, 小川, 尾形, 松本, 後藤,  
青井, 汐見, 堀, 松本 (宍倉委員代理), 岩淵, 橋本,  
前田, 飛田

### (招聘報告者)

日置 (北海道大学), 水藤 (国土地理院), 松澤 (防  
災科学技術研究所)

### 議事概要

#### 1 地殻活動モニタリングに関する検討

##### (1) 地殻活動の概況

###### ア 全国の地震活動について

国内で 2015 年 8 月から 2015 年 10 月までの 3 か  
月間に発生した M5 以上の地震は 33 個であった。8  
月 17 日の種子島近海の深さ 7km で起きた M5.0 の  
地震は正断層型でこの地域ではやや珍しい地震で  
ある。それ以外には特に目立った地震は見られな  
かった。

###### イ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

十勝沖で 8 月上旬及び 10 月中旬に, 紀伊水道沖  
で 8 月中旬, 下旬, 9 月上旬及び下旬に, 日向灘周  
辺で 10 月中旬及び下旬に超低周波地震活動があっ  
た。

###### ウ 日本列島のひずみ変化

GNSS 連続観測によると, 最近 1 年間の日本列島  
のひずみには, 東北地方太平洋沖地震の余効変動  
や長野県北部の地震の影響が見られる。

##### (2) 東北地方太平洋沖地震関連

東北地方太平洋沖地震以降の累積水平変動には,  
東北地方から関東甲信越にかけて東向きの変動が見  
られ, 岩手川崎 A 観測点で最大約 126cm に達している。  
また, 上下変動は, 宮城県から千葉県にかけての太平  
洋沿岸, 関東甲信越地方及び青森県から北海道の襟  
裳岬付近にかけた地域に隆起が, 岩手県沿岸及び奥  
羽脊梁山脈付近に沈降が見られる。M 牡鹿観測点で  
最大約 42cm の隆起が観測されている。海底地殻変動  
観測結果は, 釜石沖 1, 釜石沖 2, 宮城沖 1 で陸側へ,  
福島沖, 銚子沖では海溝側への変動が起きている。

##### (3) プレート境界の固着状態とその変化

###### ア 南海トラフ・南西諸島海溝周辺

###### a 紀伊水道の地殻活動

紀伊水道に近い四国東部, 紀伊半島西部で低  
周波微動活動が 2014 年半ば頃から, 活発化して  
おり同時期に GNSS 観測に変位が見られている。  
GNSS 観測により, 紀伊水道周辺で 2014 年半ば  
頃から非定常的な地殻変動が観測されている。非  
定常地殻変動に基づく解析により, 紀伊水道のプ  
レート境界面で最大 3cm 程度の滑りが推定され  
ている。

###### b 西南日本の深部低周波微動・短期的スロース リップ活動状況

短期的スロースリップを伴う顕著な微動活動  
が, 四国中部から西部(10 月 29 日から 11 月 8 日),  
豊後水道 (9 月 1 日から 9 月 6 日) で発生した。  
それ以外の主な微動活動が, 紀伊半島中部 (10  
月 24 日から 28 日), 四国東部 (9 月 25 日から 10  
月 4 日), 四国中部 (10 月 19 日から 22 日) で発  
生した。

##### (4) その他の地殻活動

###### ア 薩摩半島西方沖の地震

2015 年 11 月 14 日に薩摩半島西方沖で M7.1 の地  
震が発生した。この地震は地殻内で発生し, 発震機  
構は北西-南東方向に張力軸を持つ横ずれ断層型  
である。この地震により津波が発生し, トカラ列島  
の中之島で 0.3m の津波が観測されている。この地  
震は 1923 年以降, 九州の西方沖で発生した最大規  
模の地震であった。この地震の震源に近い観測点を  
含めた解析で, 余震域が沖縄トラフの走向にほぼ平  
行で 60km 程度の長さであることが示された。

###### イ チリ中部沿岸の地震

2015 年 9 月 17 日 (日本時間) に, チリ中部沿岸  
の深さ 21km で Mw 8.3 の地震が発生した。この地  
震はナスカプレートと南米プレートの境界で発生し  
た。この地震に伴い国内では北海道から沖縄にかけ  
ての太平洋沿岸で津波が観測された。また合成開口  
レーダーの解析により, 震央の北側 50-70km 付近  
の沿岸部を中心に 1m 以上の変動が観測され, 震源  
断層の滑りの中心域は南緯 31° 付近と考えられる。

#### 2 重点検討課題「東北地方太平洋沖地震がもたらす広 域地殻活動」の検討

東北地方太平洋沖地震前後での広域的な地殻活動  
の変化の特徴が紹介され, 議論が行われた。

##### (1) 東北地方太平洋沖地震後の日本列島周辺域のプ レート運動速度の変化

海溝型地震である 2003 年十勝沖地震及び東北地方  
太平洋沖地震の後に, 震源域の両側の領域で GNSS  
観測局の陸向き速度が高まった。また, 東北地方太  
平洋沖地震後に海溝軸を中心とする地域で重力変化

が見出されている。さらに、宮城沖の日本海溝の両側において、高速な陸向きの地殻変動が見られている。加えて、太平洋プレート上にある南鳥島 GNSS 観測局の速度が東北地方太平洋沖地震前後で変化している可能性が報告された。これらの原因として、海溝でプレート境界型の地震が起こると、プレート間のカップリングが喪失しスラブに働く力の均衡が破れ、一時的にスラブの加速が起きたのではないかという解釈が示された。また重力の変化は地震後のアセノスフェアの粘性緩和に伴う物質流動のためであるという解釈が示された。さらに宮城沖の海底の西向きの動きはスラブの加速と固着の回復でも解釈できることが報告された。なお、南鳥島の速度変化には不確実性があることが報告された。

### (2) 東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動の変化

東北地方太平洋沖地震前（1999 年）と後（2014 年）での GNSS 観測に基づく全国の地殻変動の特徴が報告された。その結果、地震前の水平変動は、北西—西北西の変動が卓越していたが、地震後は東北日本の広い範囲及び北信越・近畿から中国地方北部で東向きの変動が見られた。ひずみ場は、地震前には日本列島全域で北西—南東から東西方向の短縮が卓越していたが、地震後は北海道南西部、東北地方北部、日本海側、中日本で伸張が卓越している。東北地方太平洋側は、地震後は東向きの変動であるが、伸張場ではなく短縮場となっている。牡鹿半島周辺は東西短縮、奥羽山脈周辺は南北短縮が卓越している。また上下変動では、地震前後で隆起・沈降のセンスが逆転、もしくは地震後に隆起が卓越していることが報告された。東北地方太平洋側は沈降から隆起が卓越するようになっていく。また関東・甲信越では、地震前は顕著な傾向がなかったが、地震後は隆起が卓越している。東北地方日本海側では隆起から沈降に傾向が変化している。東北地方での隆起・沈降の境は奥羽山脈に沿っており、時間的に変化していないことが報告された。

### (3) 平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震前後の全国の地震活動の変化

東北地方太平洋沖地震前後の海域の地震活動変化は、東北地方を除いて全国的に顕著な変化は見られない。東北地方太平洋沖地震の前震・本震・余震の発生状況は、震源域の沿岸部付近の地震活動が残っているものの、全体的にはかなり減衰している。2014 年には震源北側の領域で活動が一時低下していたようにも見える。地震の滑り域から外れた日本海溝付近においても地震活動の活発化が見られ、その後、徐々に活動は低下している。また、内陸の地震活動は、東北地方太平洋沖地震の発生直後から秋田県内陸や福島・

茨城県北部、長野県などで地殻内の地震活動が活発化し、震源域周辺では正断層型の地震が発生している。クーロン応力の増加が予測された糸魚川—静岡構造線断層帯付近では活発な地震活動が見られる。

### (4) 東北地方太平洋沖地震前後のロー地震活動の変化

十勝沖では超低周波地震の活動が 2003 年十勝沖地震の後に活発化していたが、徐々に低調になってきている。この傾向は、2011 年東北地方太平洋沖地震の後にも継続しており、東北地方太平洋沖地震に伴う顕著な変化は見られていない。東北地方太平洋沖については、近年、超低周波地震の発生が、東北地方太平洋沖地震の大すべり域付近及び、岩手沖や福島・茨城沖の領域で報告されている。岩手沖や福島・茨城沖の活動は東北地方太平洋沖地震後に活発化し、その後徐々に低調になりながらも活動が検出されている。一方、大すべり域の活動は地震後には検出されていない。海底水圧計や海底地震計を用いた研究からは、東北地方太平洋沖地震前に SSE や低周波微動が発生していたことも報告されている。房総半島沖のスロースリップの活動間隔は地震前に比べて短くなっている。南海トラフ沿いのロー地震活動は東北地方太平洋沖地震前後で顕著な変化は見られない。

### (5) 東北地方太平洋沖地震前後の広域的な地殻活動の変化

ロシア沿海州や中国東北部では、地震時に最大で 5cm 程度の変位が観測され、広域的な余効変動が現在も継続中である。ウラジオストク周辺では余効変動による変位量が地震時変位を上回りつつあり、粘弾性モデルから予測されるものよりも大きい。中国東北部の断層帯でクーロン応力の増加が予測されているが、地震活動に顕著な変化は見られない。現在と同じレートで余効変動が数百年継続する可能性があり、今後地震活動に変化が現れる可能性もあるという報告がされた。また東北地方太平洋沖地震の震源域を除く日本列島全域の地震活動の ETAS モデルによると、2014 年頃から地震活動の低下傾向が見られる。東北沖に隣接する千島海溝南西部、伊豆小笠原海溝北部及び九州内陸部では、東北地方太平洋沖地震前後で顕著な地震活動の変化は無いように見える。千島海溝南西部の十勝沖・根室沖・色丹島沖の領域では、2007 年頃からの地震活動度の低下が、東北地方太平洋沖地震で変化することなく現在まで継続していることが報告された。

## 第 210 回地震予知連絡会 議事概要

日時 2016 年 2 月 22 日 (月)

場所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会  
議室

### 出席者 (委員)

平原, 松澤, 山岡, 平田, 澁谷, 高橋, 遠田, 八木,  
池田, 佐竹, 篠原, 中島 (小川委員代理), 尾形,  
松本, 後藤, 青井, 汐見, 宍倉, 岩淵, 橋本, 前田,  
飛田

### (招聘報告者)

鶴岡 (東京大学地震研究所), 林 (気象研究所)

### 議事概要

#### 1 地殻活動モニタリングに関する検討

##### (1) 地殻活動の概況

###### ア 全国の地震活動について

国内で 2015 年 11 月から 2016 年 1 月までの 3 か月間に発生した M5 以上の地震は 27 回であった。目立った活動としては, 2015 年 11 月 14 日の薩摩半島西方沖の地震 (M7.1), 2016 年 1 月 14 日の浦河沖の地震 (M6.7) が挙げられる。

###### イ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

2016 年 1 月 14 日の浦河沖の地震 (M6.7) の発生後, 20 日頃まで十勝沖で活発な超低周波地震活動があった。

###### ウ 日本列島のひずみ変化

GNSS 連続観測によると, 最近 1 年間の日本列島のひずみには, 東北地方太平洋沖地震の余効変動の影響が見られる。

##### (2) 東北地方太平洋沖地震関連

東北地方太平洋沖地震以降, 東北地方から関東甲信越にかけて東向きの変動が見られ, 累積水平変動は岩手川崎 A 観測点で最大約 128cm に達している。また, 上下変動は, 宮城県から千葉県にかけての太平洋沿岸と関東甲信越地方及び青森県から北海道の襟裳岬付近にかけた地域に隆起が, 岩手県沿岸及び奥羽脊梁山脈付近に沈降が見られ, M 牡鹿観測点で最大約 43cm の隆起が観測されている。海底地殻変動のデータには, 釜石沖 1, 釜石沖 2, 宮城沖 1 で陸側へ, 福島沖, 銚子沖では海溝側への変動が見られる。

##### (3) プレート境界の固着状態とその変化

###### ア 千島・日本海溝周辺

###### a 浦河沖の地震

2016 年 1 月 14 日に浦河沖の深さ 52km で M6.7 の地震 (最大震度 5 弱) が発生した。この地震は発震機構が西北西-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。この地震に伴い, えりも岬周辺の GNSS 観測点で最大約 1cm の東向きの変動と隆起が観測された。

###### イ 駿河トラフ・南海トラフ・南西諸島海溝周辺

###### a 駿河トラフ及び南海トラフ沿いの海底地殻変動観測結果

東北地方太平洋沖地震の影響を除去した海底地殻変動のデータには, アムールプレートに対する年間最大 5.1cm の速度の北西向きの変動が見られる。

###### b 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

短期的スロースリップを伴う顕著な微動活動が, 紀伊半島北部から東海地方 (12 月 28 日から 1 月 14 日), 四国中部から西部 (10 月 29 日から 11 月 8 日) で発生した。それ以外の主な微動活動は, 紀伊半島南部 (11 月 25 日から 28 日, 1 月 8 日から 13 日), 四国東部から中部 (12 月 26 日から 1 月 5 日), 四国中部 (1 月 8 日から 12 日), 豊後水道 (11 月 8 日から 12 日) で発生した。傾斜データを用いたモデル計算から, 伊勢湾周辺でスロースリップが発生したことが推定された。

#### 2 重点検討課題「予測実験の試行について 02」の検討

第 208 回に引き続き, 「予測実験の試行」に関する検討が行われた。今回は, 第 208 回と同じ手法によって, 前回発表時以降の地震発生や地殻変動について, 実際の発生状況あるいは変動の進行がどの程度適合しているかが紹介され, 議論が行われた。

##### (1) CSEP 参加グループによる予測手法: 予測と実際の活動の比較検証

将来の地震の数を予測する地震活動予測モデルを, 地震カタログを基に比較・検証する CSEP の事例が紹介された。空間分布の予測のための Relative Intensity モデルに地震数を予測する大森宇津則を組み込んだモデルを用いることにより, 関東地方における将来 3 か月の予測が実際の地震発生を良く説明することが報告された。

##### (2) 沖縄地方の繰り返し地震の確率論的発生予測手法: 予測と実際の発生状況の比較検証

宮古島で発生する 4 つの繰り返し地震のグループに対して, BPT 分布モデルを用いた地震発生予測を過去に遡って実施した結果が報告された。このうち, M4 程度の繰り返し地震が 2-3 年おきに発生するグループにおいては, 7 つの予測について 4 事例が適中した。

### (3) 群発的地震活動を前震活動と仮定して行う本震の発生予測手法：最近の活動事例による検証

前震活動を伴いやすい領域（日本海溝沿い、伊豆半島沖、長野県北中部）における発生予測の結果が示された。2015年8月以降、前震候補も対象地震も発生しなかったことから、予知率及び適中率に変化はなかった。また、長野県北中部地域に対して得られている最適パラメータを日本の内陸地震に適用したところ、福島県東部、銚子付近、鹿児島県西方沖で前震活動が見られることが紹介された。

### (4) 東北地方太平洋沖地震の余効変動の予測実験

東北地方太平洋沖地震の余効変動の関数近似による予測実験が紹介された。対数関数と指数関数を組み合わせた混合モデルによって、余効変動時系列の短期予測が向上したことが報告された。この結果を受けて、東海地方の長期的スロースリップ等の地殻活動監視に活用されていることが紹介された。また、中長期予測は、定常速度及び長期の時定数に強く依存し、これらの安定した推定が今後の課題であることも示された。

### (5) 確率予測と二値予報の採点法 ～採点の適正さと利用者の効用の観点から導出する採点式とその適用例～

予測を適正な方法で採点することの重要性と、確率予測の新しい採点手法である拡張ブライアスコアが紹介された。基準予測との比較が組み込まれたこのスコアで、予測手法の性質を把握できることが、相似地震への適用を通じて示された。

間に発生した M5 以上の地震は 37 回であった。目立った活動としては、2016 年 4 月 1 日の三重県南東沖の地震 (M6.5)、2016 年 4 月 14 日以降の熊本地震 (最大 M7.3) が挙げられる。

### イ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

日向灘では、4 月 16 日以降に超低周波地震活動が活発化し、足摺岬や室戸岬沖においても活動があった。また紀伊半島沖においても、4 月上旬に超低周波地震活動があった。

### ウ 日本列島のひずみ変化

GNSS 連続観測によると、最近 1 年間の日本列島のひずみには、東北地方太平洋沖地震の余効変動の影響が見られる。

### (2) 東北地方太平洋沖地震関連

東北地方太平洋沖地震以降、東北地方から関東甲信越にかけて東向きの変動が見られ、累積水平変動は岩手川崎 A 観測点で最大約 130cm に達している。また、上下変動は、宮城県から千葉県にかけての太平洋沿岸と関東甲信越地方及び青森県から北海道の襟裳岬付近にかけた地域に隆起が、岩手県沿岸及び奥羽脊梁山脈付近に沈降が見られ、M 牡鹿観測点で最大約 46cm の隆起が観測されている。海底地殻変動のデータには、釜石沖 1、釜石沖 2、宮城沖 1 で陸側へ、福島沖、銚子沖では海溝側への変動が見られる。

### (3) プレート境界の固着状態とその変化

#### ア 駿河トラフ・南海トラフ・南西諸島海溝周辺

##### a 紀伊水道周辺の非定常地殻変動

2014 年半ば頃から、紀伊水道を挟んで西側の四国東部で南東向きの、東側の紀伊半島西部で東向きの非定常的な地殻変動が観測されている。紀伊水道のプレート境界面上で最大約 15cm の滑りが推定された。

##### b 豊後水道周辺の非定常地殻変動

2015 年 12 月頃から、豊後水道周辺で南東向きの非定常地殻変動が観測されている。四国西部と豊後水道付近のプレート境界面上で最大約 7cm の滑りが推定された。

##### c 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

主な微動活動として、紀伊半島北部 (4 月 1 日から 4 月 4 日)、紀伊半島南部 (3 月 30 日から 4 月 2 日)、四国東部 (4 月 14 日から 4 月 22 日)、四国中部 (4 月 29 日から 5 月 3 日) で発生した。

##### d 三重県南東沖の地震

2016 年 4 月 1 日に三重県南東沖で M6.5 の地震が発生した。発震機構は北西-南東方向に圧力軸を持つ逆断層型でフィリピン海プレートと陸のプ

## 第 211 回地震予知連絡会 議事概要

日時 2016 年 5 月 18 日 (水)

場所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会会議室

### 出席者 (委員)

平原、松澤、山岡、平田、澁谷、高橋、遠田、八木、池田、佐竹、篠原、小原、小川、尾形、松本、後藤、青井、汐見、堀、宍倉、長屋、橋本、前田、宇根、今給黎

### (招聘報告者)

熊原 (広島大学)

### 議事概要

#### 1 地殻活動モニタリングに関する検討

##### (1) 地殻活動の概況

###### ア 全国の地震活動について

国内で 2016 年 2 月から 2016 年 4 月までの 3 か月

プレート境界で発生した。今回の地震の震央周辺では 2004 年に M7.4 及び M7.1 の地震が海洋プレート内部で発生している。1923 年 1 月以降の活動を見ると、今回の地震の震央周辺では 1944 年 12 月 7 日に M7.9 の東南海地震、1946 年 12 月 21 日に M8.0 の南海地震が発生している。震源分布の詳細な解析によると、本震と余震は約 10km 離れている。低周波地震が 2015 年 9 月 1 日から 2016 年 4 月 30 日まで海溝軸付近に集中して発生している。本震の 2 日後からまとまった低周波地震の活動があった。

## 2 重点検討課題「平成 28 年（2016 年）熊本地震」の検討

「平成 28 年（2016 年）熊本地震」に関して、(1) 発生の背景・原因、(2) 主要イベントの地震像・前震発生直前から本震に至る過程のモニタリング、(3) 今後の活動、に関して議論が行われた。

### (1) 発生の背景・原因に関すること

#### ア 地震の概要

平成 28 年 4 月 16 日 1 時 25 分に深さ 12km で M7.3 の地震が発生した。これに先立ち、4 月 14 日に M6.5 の地震が、15 日に M6.4 の地震が本震の震央付近で発生した。また、熊本県熊本地方、阿蘇地方、大分県中部等の範囲でも地震活動が活発となった。一連の地震活動領域には、布田川断層帯、日奈久断層帯、別府－万年山断層帯が存在している。初動解及び CMT 解は、それぞれ北西－南東方向及び南北方向に張力軸を持つ横ずれ断層型を示す。一連の地震の多くは概ね南北方向に張力軸を持つ横ずれ型の発震機構解をもつ。今回の地震活動の付近では、1889 年 7 月 28 日に M6.3 の地震が発生している。

#### イ 発生場

震源領域では垂直応力成分と水平最大圧縮応力がほぼ等しく、複雑な断層運動が形成されやすい場であることが指摘された。

### (2) モニタリングに関すること

#### ア 震度分布

本震により震央付近の熊本県益城町、西原村で震度 7 の揺れを観測した。また 14 日発生の M6.5 の地震により熊本県益城町で震度 7 の揺れを観測した。これらの地震を含めて、5 月 6 日までに震度 6 弱以上を観測した地震は 7 回発生した。大分県中部では、本震とほぼ同時に M5.7 の地震が、同日 7 時 11 分に M5.4（最大震度 5 弱）の地震が発生した。

#### イ 応力場・震源過程・震源分布・地殻変動

起震応力場の推定から、日奈久－布田川断層帯

の北部では最小主応力軸（ $\sigma_3$  軸）が南北に近い正断層場が、南部では  $\sigma_3$  軸が北北西－南南東に近い横ずれ断層場が卓越することが報告された。前震（M6.5）の波形インバージョン解析の結果、破壊開始点付近とその北北東の浅い領域に大きな滑り（最大 0.7m）が推定された。本震の波形インバージョン解析から、震央の北東 10 km から 30 km 程度の領域に大きな滑り（最大 4.6m）が求まり、阿蘇山付近にまで及ぶことがわかった。浅い領域の滑りは、地表踏査で確認された地表地震断層と整合的である。主たる破壊は地震発生から 5－15 秒後に生じ、約 20 秒で収束した。本震直後に大分県で誘発された地震について、観測波形や最大地表加速度の距離減衰から、K-NET 湯布院観測点のごく近傍で 1 時 25 分 40 秒頃に M5.5 の地震が発生したと考えられる。SAR 干渉解析から、日奈久断層帯と布田川断層帯の東端から北東に延びる領域において、変位の急勾配が見られた。得られた地殻変動は、4 枚の断層によって概ね説明することができることが報告された。震源の鉛直分布から、複雑な断層面で破壊が起きたことが示唆された。本震後の布田川断層周辺では正断層運動の地震が多く見られた。本震の初動解と CMT 解の発震機構には顕著な違いが見られることが指摘された。

#### ウ 地殻変動

GNSS 連続観測から、本震に伴い最大 98 cm の地殻変動が検出された。だいち 2 号による SAR 干渉解析から、布田川断層帯及び日奈久断層帯に沿って、顕著な地殻変動が検出された。SAR 及び GNSS 観測結果から推定された滑り分布モデルは、布田川断層帯及び日奈久断層帯に沿った位置に震源断層が推定され、布田川断層帯では北西傾斜の断層面とその東側延長に南東傾斜の断層面、日奈久断層帯では北西傾斜の断層面で、それぞれ右横ずれ的な動きが生じたと推定された。

#### エ 地表地震断層調査

日奈久断層帯では高野－白旗区間の北部約 6km にわたって、布田川断層帯では布田川区間をやや超える約 28km にわたって地表地震断層が出現したことが報告された。これらの断層は、従来指摘されていた活断層にほぼ一致する場所に出現しているが、布田川断層帯では、これに加えて複数の平行な断層や幅広い変形帯を伴っている。日奈久断層帯沿いでは高木地区において最大約 75 cm の変位が、布田川断層帯沿いでは堂園付近で最大 2.2m の横ずれ変位があった。

現地調査から約 31km の長さの地表地震断層が確

認された。布田川断層帯から日奈久断層帯沿いの地表地震断層の変位は右横ずれ変位を主体とし、右横ずれ変位は最大約 2m、上下変位は最大約 80cm であった。出ノ口断層沿いでは、左横ずれ変位（最大約 1m）を伴う北落ちの正断層（最大約 2m）があった。

### (3) 今後の活動に関する議論

#### ア 前震・余震活動に関する確率予測

4月14日の地震（M6.5）の前震確率は概ね5%であったことが報告された。熊本県熊本地方、阿蘇地方、大分県中部地方における余震は、ETASモデルで予測される時間推移と調和的である。

#### イ 余効変動

GNSS連続観測により、本震後約3週間で最大約2cmの余効変動が検出された。余効変動は時間経過とともに減衰している。

#### ウ 日向灘の地震と九州内陸の地震の関係

1900年以降に日向灘及び九州内陸で発生する地震活動を調べたところ、日向灘で発生した地震の前後0.5年間の九州内陸で発生する地震の回数が顕著に多いことが報告された。

#### エ 熊本地震による静的応力変化

本震に伴い、緑川断層帯東部、雲仙断層群、別府-万年山断層帯東部、佐賀平野東縁断層帯等で、クーロン応力の増加が見られることが報告された。

地震、2016年5月16日の茨城県南部の地震、7月27日の茨城県北部の地震、8月20日及び21日の三陸沖の地震活動が挙げられる。

#### イ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

室戸岬沖では超低周波地震活動が4月中旬から5月下旬まで断続的に継続した。

#### ウ 日本列島のひずみ変化

GNSS連続観測によると、最近1年間の日本列島のひずみには、東北地方太平洋沖地震の余効変動と熊本地震の影響が見られる。

### (2) プレート境界の固着状態とその変化

#### ア 日本海溝・千島海溝周辺

##### a 三陸沖の活動

2016年8月20日から21日にかけて三陸沖で地震活動があった（最大M6.4）。活動域は北と南に2つあり、そのうち北側の活動域は1994年三陸はるか沖地震の初期破壊開始点付近に位置する。

##### b 茨城県北部の地震

2016年7月27日に茨城県北部の深さ57kmでM5.4の地震（最大震度5弱）が発生した。この地震は、発震機構が西北西-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。この領域では、平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震の発生以降、地震活動が活発になっており、2012年3月1日にはM5.3の地震（最大震度5弱）が発生している。

#### イ 相模トラフ周辺・首都圏直下

##### a 茨城県南部の地震

2016年5月16日に茨城県南部の深さ42kmでM5.5の地震（最大震度5弱）が、6月12日に茨城県南部の深さ40kmでM4.8の地震（最大深度4）が、7月17日及び20日に茨城県南部の深さ42kmでM5.0の地震（最大震度4）が発生した。これらの地震は、発震機構が北西-南東方向から北北西-南南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、いずれもフィリピン海プレートと陸のプレート境界で発生した。

#### ウ 駿河トラフ・南海トラフ・南西諸島海溝周辺

##### a 南海トラフ沿いの海底地殻変動観測結果

東北地方太平洋沖地震の影響を除去した海底地殻変動のデータには、アムールプレートに対する年間最大5.1cmの速度の北西向きの変動が見られる。

##### b 紀伊水道周辺の非定常地殻変動

2014年半ば頃から、紀伊水道周辺で非定常的な地殻変動が観測されている。紀伊水道のプレート境界面上で最大約15cmの滑りが推定された。

## 第212回地震予知連絡会 議事概要

日時 2016年8月22日（月）

場所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会  
議室

#### 出席者（委員）

平原、松澤、山岡、平田、澁谷、高橋、遠田、八木、佐藤、佐竹、篠原、小原、中島（小川委員代理）、尾形、汐見、堀、宍倉、石川（長屋委員代理）、橋本、前田、宇根、今給黎

#### （招聘報告者）

飯沼（海洋研究開発機構）、武藤（東北大学）、橋間（東京大学地震研究所）、水藤（国土地理院）

#### 議事概要

### 1 地殻活動モニタリングに関する検討

#### (1) 地殻活動の概況

##### ア 全国の地震活動について

国内で2016年5月から2016年7月までの3か月に発生したM5以上の地震は38回であった。目立った活動としては、2016年6月16日の内浦湾の

### c 四国・九州地域の非定常地殻変動

2015 年 12 月頃から、豊後水道周辺で非定常的な地殻変動が継続して観測されている。

2013 年 10 月頃から 2014 年 10 月頃までに、日向灘、宮崎北部及び豊後水道のプレート境界でスロースリップが発生していたことが推定された。日向灘、宮崎北部では最大約 10cm の滑りが、豊後水道付近では最大約 3cm の滑りが推定された。また、2015 年 6 月頃から、日向灘及び四国西部のプレート境界でスロースリップが発生していたことが推定された。日向灘では最大約 5cm の滑りが、豊後水道付近では最大約 4cm の滑りが推定された。豊後水道においては、2014 年のスロースリップがプレート境界のやや深い領域で、2015 年末以降はそれより南側の浅い領域で発生している。

### d 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

短期的スロースリップを伴う顕著な微動活動が紀伊半島北部から東海地方にかけて 7 月 25 日から 8 月 5 日にかけて発生した。それ以外の主な微動活動は、紀伊半島中部(5 月 10 日から 5 月 15 日)、四国中部(4 月 29 日から 5 月 3 日)で発生した。

## (3) その他

### ア 内浦湾の地震

2016 年 6 月 16 日に、北海道南部・内浦湾の深さ 11km で M5.3 の地震(最大震度 6 弱)が発生した。この地震は、陸のプレートの地殻内で発生し、発震機構は北東-南西方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。震央付近では、M5.3 の地震の前からまとまった地震活動が続いていた。

### イ 熊本地震

平成 28 年(2016 年)熊本地震の地震活動は、熊本県熊本地方及び阿蘇地方では減衰しつつも継続している。7 月に震度 1 以上を観測した地震は 114 回あり、最大規模の地震は 7 月 9 日に有明海で発生した M4.5 の地震(最大震度 4)であった。GNSS 連続観測により、本震後約 3 か月半で最大約 4cm の余効変動が検出された。この余効変動から、布田川断層帯、その東側に延びる断層面、日奈久断層帯での滑りが推定された。

## 2 重点検討課題「余効変動と粘弾性—日本列島広域地殻活動予測に向けて—」の検討

地震後に生じるゆっくりとした地殻変動である余効変動とその主要因である粘弾性緩和について、今後の地殻活動予測の観点から議論が行われた。

### (1) 趣旨説明と概説

### ア 余効変動と粘弾性—基本的理解—

余効変動の発生要因(間隙弾性反発、余効滑り、粘弾性緩和)に関する基礎的事項が説明された。粘弾性緩和による変動の理解とその取扱いが、広域地殻活動の予測に重要であることが指摘された。

## (2) 東北地方太平洋沖地震の余効変動

### ア 東北地方太平洋沖地震の余効変動—海域における観測と粘弾性モデル—

海底地殻変動観測データをもとに構築された粘弾性緩和モデルが紹介された。地震時に大きな滑りが生じた宮城県から福島県沖では粘弾性緩和が、福島県南部から茨城県の沖合では余効滑りが、余効変動の主要因としてそれぞれ挙げられた。また、岩手県から青森県の沖合においては、プレート境界浅部での顕著な余効滑りを示唆する結果が得られないことも示された。

### イ 不均質岩石レオロジーを考慮した東北沖地震余効変動解析

火山直下の低粘性体等の不均質構造を考慮した粘弾性緩和モデルが紹介された。内陸の不均質性を考慮することにより、陸海域の水平及び上下変動を説明できることが示された。また、粘弾性緩和に加えて、本震の滑り域下端において余効滑りが生じていることが示された。

### ウ 2011 年東北沖地震後の地殻変動データを用いた粘性構造と余効すべりの推定

粘弾性緩和と余効滑りの両方の効果を考慮して構築されたモデルが紹介された。水平及び上下変動を説明するには、大陸側の深さ 150 - 300km の領域と沈み込む海洋プレートの屈曲部分の底部に低粘性領域が必要であることが示された。余効変動の主要因として、東北南部では粘弾性緩和が、関東と東北北部では余効滑りが、それぞれ挙げられた。

### エ 東北地方太平洋沖地震の粘弾性緩和による変動と粘性構造の不均質の重要性

粘性構造の不均質が余効変動に及ぼす影響について報告がなされた。一様な粘性構造では観測される上下変動とのかい離が大きくなることから、粘性構造の不均質がモデル化には不可欠であることが指摘された。特に、マントルウェッジ、海洋マントル、海洋プレート下の低粘性領域の粘性率の違いや粘性構造の深さ依存性を考慮する必要性が示された。

## (3) 日本列島広域地殻活動予測に向けて

### ア 日本列島とその周辺の 3 次元粘弾性不均質モデル構築に向けて

3 次元粘弾性不均質モデル計算の高度化に関する報告がなされた。京コンピューターを用いた大規模

有限要素解析の技術開発が進められており、これにより粘弾性緩和の挙動を制御する粘性率と余効滑り等のプレート境界面上の断層滑りを同時に推定することが可能となりつつあることが報告された。

## 第 213 回地震予知連絡会 議事概要

日時 2016 年 11 月 11 日 (金)

場所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会会議室

### 出席者 (委員)

平原, 山岡, 平田, 澁谷, 高橋, 遠田, 八木, 池田, 佐藤, 小原, 小川, 尾形, 松本, 後藤, 青井, 汐見, 堀, 宍倉, 石川 (長屋委員代理), 橋本, 前田, 宇根, 今給黎

### (招聘報告者)

古村・加藤 (東京大学地震研究所), 高橋 (防災科学技術研究所), 松本 (産業技術総合研究所), 横田 (海上保安庁)

### 議事概要

#### 1 地殻活動モニタリングに関する検討

##### (1) 地殻活動の概況

###### ア 全国の地震活動について

国内で 2016 年 8 月から 2016 年 10 月までの 3 か月間に発生した M5 以上の地震は 52 回であった。目立った活動としては、8 月 20 日及び 21 日の三陸沖の地震活動、9 月 23 日の関東東方沖の地震、10 月 21 日の鳥取県中部の地震が挙げられる。

###### イ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

十勝沖で 10 月下旬に超低周波地震活動があった。

###### ウ 日本列島のひずみ変化

GNSS 連続観測によると、最近 1 年間の日本列島のひずみには、東北地方太平洋沖地震の余効変動と熊本地震の影響が見られる。

###### エ 日本列島内陸部の常時地震活動度

階層的時空間 ETAS モデルから推定される常時地震活動度が報告された。2000 年以降発生した M6.0 以上の地震及び 599 年から 1884 年に発生した M6.8 以上の内陸地震と比較すると、その多くが定常地震活動度が高い場所で発生していることがわかった。

##### (2) 東北地方太平洋沖地震関連

海底地殻変動のデータには、釜石沖 1, 釜石沖 2, 宮城沖 1 で陸側へ、福島沖, 銚子沖では海溝側への変動が見られる。

##### (3) プレート境界の固着状態とその変化

#### ア 駿河トラフ・南海トラフ・南西諸島海溝周辺

##### a 紀伊水道周辺の非定常地殻変動

2014 年半ば頃から、紀伊水道周辺で非定常的な地殻変動が観測されてきたが、2016 年 5 月頃から鈍化し、現在はほぼ取まったように見える。

##### b 四国・九州地域の非定常地殻変動

豊後水道周辺で 2015 年 12 月頃から観測されている非定常的な地殻変動は、2016 年 9 月頃から鈍化している。

##### c 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

短期的スロースリップを伴う顕著な微動活動が紀伊半島北部から東海地方にかけて 7 月 25 日から 8 月 5 日に、豊後水道から四国西部にかけて 10 月 23 日から 30 日に発生した。それ以外の主な微動活動は、東海地方 (10 月 16 日から 21 日)、紀伊半島北部 (8 月 19 日から 23 日)、紀伊半島南部 (8 月 12 日から 15 日)、四国東部 (10 月 29 日から 11 月 4 日)、四国東部から西部 (8 月 1 日から 9 月 7 日) で発生した。

#### (4) その他

##### ア 関東東方沖の地震

2016 年 9 月 23 日に関東東方沖 (プレート三重会合点付近) の深さ 15km で M6.7 の地震が発生した。この地震は、発震機構が東西方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。今回の地震の震源周辺では、9 月から地震活動が活発になっており、9 月 2 日に M5.3 の地震が発生している。この地震を含め、9 月 30 日までに M5.0 以上の地震が 9 回発生した。

##### イ 鳥取県中部の地震

2016 年 10 月 21 日 14 時 07 分に鳥取県中部の深さ 11km で M6.6 の地震が発生した。この地震は、陸のプレートの地殻内で発生した。発震機構は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型であった。地震活動は、北北西-東南東方向にのびる長さ約 10km の領域を中心に発生した。同日 12 時 21 分にほぼ同じ場所で M4.2 の地震が発生するなど、ややまとまった地震活動が見られていた。近地強震波形から推定された滑り分布では、主要な滑り域が破壊開始点から浅い領域に広がっており、最大滑り量は 1.7m、モーメントマグニチュードは 6.2 と推定された。

DD 法による 2000 年以降の地震の震源再決定の結果から、鳥取県中部では、北北西-東南東にのびる震源分布が複数列見られる。今回の地震の余震活動は、北側と南側で走向方向にやや違いが見られる。また、北側ではほぼ鉛直な面上に震源が並ぶが、南側ではやや西に傾斜する。強震波形から推定され

た滑り分布では、滑り量の大きな領域が南と北の 2 か所見られる。最大滑り量は 0.7m で、左横ずれ断層運動を示す。

GNSS 観測では、この地震に伴い湯梨浜町の羽合で最大約 7cm などの地殻変動が観測された。干渉 SAR データから推定された 3 次元変位場によると、左横ずれ断層運動を示唆する変動が観測された。GNSS 及び干渉 SAR 解析結果を用いて推定された震源断層モデルでは、北北西-南南東走向の鉛直の断層面での左横ずれ運動が推定された。滑りの中心域は震源よりやや北側の深さ約 5km に位置しており、モーメントマグニチュードは 6.2 である。

階層時空間 ETAS モデルで解析した鳥取県中部の地震の前後の地震活動の空間確率の予測が示され、本震の発生前に地震の発生確率が高くなっている状況であったことが示された。また、余震確率のリアルタイム予測法による結果が示され、予測分布は実際の気象庁データによる頻度分布と概ね一致していることが報告された。

#### ウ 熊本地震

熊本地方及び阿蘇地方における平成 28 年 (2016 年) 熊本地震の一連の地震活動は、全体として引き続き減衰しつつも、活動は継続している。大分県中部の活動は低下した。

## 2 重点検討課題「南海トラフ地震」の検討

南海トラフ地震に関する過去の地震の調査、地殻変動や地震等の観測結果、地震発生シミュレーション等の最新の知見が報告され、議論が行われた。

### (1) 「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」震源モデル・シナリオ研究の成果と概要

資料の精査に基づく南海トラフ地震の発生履歴と連動性について報告がなされた。南海トラフ地震の証拠とされてきた資料の中には、信頼性の低いものがあり、地震発生の規則性がこれまで考えられていたものより強くない可能性があることが示された。資料の正当性や妥当性を多面的に精査することが重要であることが指摘された。

### (2) DONET による震源域のモニタリング

地震・津波観測システム「DONET」の品質評価とモニタリングについて報告がなされた。2016 年 5 月に DONET が完成し、地震活動、スローイベント、地殻変動等の地殻活動が広帯域でモニタリングされていることが示された。また、東南海地震と南海地震の連動性評価のためには、南海地震震源域でのリアルモニタリングを行う新たなシステム「DONET2」の完成が必要であることが指摘された。

### (3) 陸上ポアホール地殻変動観測による震源のモニタリング

歪・傾斜・地下水等の統合データに基づく南海トラフ沿いのゆっくり滑りの検出に関する報告がなされた。Hi-net の傾斜や気象庁の歪のデータを加えることにより、プレート境界面上のスロースリップの検知能力が向上することが示され、2012 年から 2015 年の 3 年間で計 91 のスロースリップを検出し、その断層モデルを推定できたことが報告された。

### (4) 海底地殻変動観測による震源のモニタリング

面的に展開された海底地殻変動観測網のデータを用いて推定された南海トラフ沿いの滑り欠損速度の分布が報告された。海域の地殻変動データを加えることで、従来の陸上のみの観測データでは見られなかった海域における固着分布の空間的な強弱が明瞭になった。また、超低周波地震 (VLFE) の発生域と固着の強い領域には相補的な関係があることが示された。

### (5) 南海トラフで発生しているスロー地震について

南海トラフ沿いで発生する様々なタイプのスロー地震について世界の事例と比較しつつ報告がされた。スロー地震の発生によって、その周囲に応力を加えることがあるために、隣接した領域における断層破壊を促進する可能性があることが示された。今後、巨大地震の切迫度評価手法の構築も含めて、スロー地震のモニタリングを注意深く、高精度に継続することの重要性が指摘された。

### (6) モニタリングから何がわかるか

数値シミュレーション手法について、現状のレビューや直近の事象の予測可能性について報告がなされた。観測データから地下で何が起きているかの解析をリアルタイムで行うことが必要であり、その上で解析結果をいかに大地震発生評価に結び付けるかが重要であることが指摘された。観測データの解析結果を評価する手法の 1 つとしてシミュレーションが挙げられることが示された。

## 第 214 回地震予知連絡会 議事概要

日時 2017 年 2 月 20 日 (月)

場所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会会議室

出席者 (委員)

平原, 松澤, 山岡, 澁谷, 高橋, 遠田, 八木, 池田, 佐藤, 佐竹, 篠原, 小原, 中島 (小川委員代理), 松本, 後藤, 青井, 汐見, 堀, 宍倉, 長屋, 橋本, 前田, 宇根, 今給黎

**(招聘報告者)**

鶴岡 (東京大学地震研究所), 藤原 (国土地理院)

**議事概要****1 地殻活動モニタリングに関する検討****(1) 地殻活動の概況****ア 全国の地震活動について**

国内で 2016 年 11 月から 2017 年 1 月までの 3 か月間に発生した M5 以上の地震は 38 回であった。目立った活動としては、11 月 22 日の福島県沖の地震活動が挙げられる。

**イ 日本周辺における浅部超低周波地震活動**

十勝沖で 12 月中旬に超低周波地震が検出された。

**ウ 日本列島のひずみ変化**

GNSS 連続観測によると、最近 1 年間の日本列島のひずみには、東北地方太平洋沖地震の余効変動、熊本地震、鳥取県中部の地震、福島県沖の地震、茨城県北部の地震の影響が見られる。

**(2) プレート境界の固着状態とその変化****ア 駿河トラフ・南海トラフ・南西諸島海溝周辺****a 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況**

短期的スロースリップを伴う顕著な微動活動が紀伊半島北部から中部にかけて 12 月 5 日から 18 日に発生した。それ以外の主な微動活動は、四国東部 (10 月 29 日から 11 月 4 日, 11 月 21 日から 28 日), 四国中部 (11 月 4 日から 8 日) で発生した。

**(3) その他****ア 福島県沖の地震**

2016 年 11 月 22 日に福島県沖の深さ 12km で M7.4 の地震が発生した。この地震は陸のプレートの地殻内で発生し、発震機構は北西-南東方向に張力軸を持つ正断層型であった。この地震により、宮城県の仙台港で 144cm の津波を観測するなど、北海道から和歌山県にかけての太平洋沿岸及び伊豆・小笠原諸島で津波を観測した。その後、この地震の震源付近では M5 以上の地震が 2017 年 1 月 31 日までに 13 回発生した。この地震に伴う地殻変動は、南東傾斜の断層面での正断層の滑りで説明されることが報告された。

**イ 茨城県北部の地震**

2016 年 12 月 28 日に茨城県北部の深さ 11km で M6.3 の地震が発生した。この地震は地殻内で発生し、発震機構は東北東-西南西方向に張力軸を持つ正断層型であった。地震活動は北北西-南南東方向に延びる長さ約 15km の領域で西南西方向に傾斜して発生している。今回の地震の震央付近では 2011 年 3 月 19 日に M6.1 の地震が発生している。

GNSS 観測により、この地震に伴い震央周辺の観測点で地殻変動が観測された。だいち 2 号のデータを用いた SAR 干渉解析では、最大約 27cm の衛星-地表間の距離伸張が観測され、最大の地殻変動が観測される領域では、長さ約 2km の変位の不連続が見られた。地殻変動に基づく震源断層モデルは、2 枚の断層を仮定して推定され、北北西 (北西)-南南東 (南東) 走向で南西傾斜の断層面で、最大変位域の浅部に局所的な滑りが推定された。SAR 干渉解析の結果は、今回の地震の地殻変動が 2011 年 3 月 19 日の地震とほぼ同じ領域で観測されており、特に地表付近では 2011 年の地震とほぼ同じ位置で滑りが生じたことを示唆する。

**ウ 鳥取県中部の地震**

2016 年 10 月 21 日からの鳥取県中部地震の地震活動は、全体として引き続き減衰しつつも、活動は継続している。

**エ ニュージーランドの地震**

2016 年 11 月 13 日にニュージーランドの南島の深さ 22km で Mw7.8 の地震が発生した。発震機構は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ型であった。

だいち 2 号のデータを用いた SAR 干渉解析の結果は、今回の地震により非常に複雑な断層運動が生じたことを示唆する。

**2 重点検討課題「予測実験の試行 03」の検討**

第 210 回重点検討課題にて行われた「予測実験の試行 02」に引き続き、地震活動の予測可能性に関して議論が行われた。

**(1) CSEP 参加グループによる予測手法 (予測と実際の活動の比較検証)**

CSEP (地震活動予測実験) 参加グループによる 3 か月間の予測では、2016 年 2 月 1 日からの 4 回分の評価結果が報告された。その結果、東北地方太平洋沖地震後においては、地震数の予測と空間分布の予測を分離して大森・宇津式で地震数を算出する地震活動予測モデルが有効であることが報告された。

**(2) 群発的地震活動を前震活動と仮定して行う本震の発生予測手法 (最近の活動事例による検証)**

群発的地震活動を前震活動と仮定し、その統計的性質から本震発生を経験的に予測した場合、日本海溝の 3 領域、伊豆半島沖及び長野県北中部では、比較的効率よく予測できる。これらの地域についての 210 回以降の状況及び、熊本地震と鳥取中部の地震に関連して九州中部地域及び山陰地域についての同手法の予測効率について報告された。九州中部地域については、熊本地震の直前の活動は今回得られた前震条件を満たした。山陰地域については 2016 年末までの

データを用いた場合、昨年の鳥取県中部の地震の直前の活動は前震条件を満たしたが、2015 年末までのデータを用いて前震条件を求めた場合、満たさなくなった。確率利得はあるものの実用的には的中率も予知率も低く、本手法を予報等に活用するためには、特に適中率が低い場合についての更なる検討が必要である。

### (3) 沖縄地方の繰り返し地震及び東北地方太平洋沖地震の余震活動（予測と実際の発生状況の比較検証）

沖縄地方の繰り返し地震及び東北地方太平洋沖地震の余震活動に関する報告が行われた。宮古島付近の繰り返し地震の 4 グループの内 2 つのグループにおいて、発生確率 70% と予測されていた期間内に新たな地震が 1 回発生した。沖縄本島近海の繰り返し地震では、発生確率 70% の予測期間内に地震が発生した割合（的中率）は 2/6 ～ 7/8 であった。東北地方太平洋沖地震の余震域内では、2015 年末までの M5.0 以上の地震発生状況から 2016 年に M7.0 以上の余震が年 0 ～ 1 回程度発生することが予測され、実際の発生状況とよく一致した。余震活動を領域別に見ると、M6.0 以上の余震については、沿岸領域に比べて沖合・海溝付近では合いが良くないが、活動特性の違いに起因することが考えられる。

### (4) 東北地方太平洋沖地震の余効変動の予測実験

東北地方太平洋沖地震の余効変動を 2 つの対数関数、1 つの指数関数及び定常速度の和でモデル化し、将来予測を行う手法について、短期予測（～6 年）と、長期予測（～20 年）の検証が報告された。その結果、局所的変動が短期予測での微小なずれや、長期予測での近似期間の違いによるブレの原因となる可能性があることが示された。また推定された短期成分の空間分布は余効滑り、長期成分は物理的なモデルで推定された粘弾性緩和による地殻変動とそれぞれ対応することが報告された。

### (5) 気象庁震度データベースを用いた地震予測

気象庁震度データベースを用いた地震予測では、定常的な地震活動を仮定して定常ポワソン過程に基づく「中期予測」（3～12 か月）をしても、震度 4 程度の地震（動）であれば相当の「適中率」が見込めること、「予測」の対象期間を長くする、あるいは、対象領域を広く取ると「適中率」は見かけ上向上することが報告された。また単純な「予測」を通じて定常的な地震活動がイメージ可能な対象期間の確率で説明 / 理解できることが示された。予測情報を評価するには、まず定常ポワソン過程による予測と比較して情報の価値を見極める必要があることが示された。2011 年を境に、日本全体として地震活動が活発化しているため、2001 年～2010 年の地震活動を基準とした予測は、直前 3

年を基準にした予測より、特に 3 か月予測で成績が悪くなることが報告された。

## 第 215 回地震予知連絡会 議事概要

日時 2017 年 5 月 19 日（金）

場所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会会議室

### 出席者（委員）

平原、松澤、山岡、平田、澁谷、高橋、遠田、八木、宮内、佐藤、佐竹、篠原、小原、中島、尾形、松本、後藤、高橋（青井委員代理）、汐見、堀、今西、長屋、青木、橋本、宇根、矢来

### （招聘報告者）

高橋（防災科学技術研究所）、荒木（海洋研究開発機構）、石川（海上保安庁）、木戸（東北大学）、前田（東京大学地震研究所）、干場（気象研究所）

### 議事概要

#### 1 第 25 期の地震予知連絡会の体制について

全会一致で平原和朗委員が会長に選出された。平原会長により、松澤暢委員と山岡耕春委員が副会長に指名された。松澤暢委員が東日本部会長に、平田直委員が中日本部会長に、澁谷拓郎委員が西日本部会長に、山岡耕春委員が重点検討課題運営部会長に指名された。千葉大学・宮内崇裕教授、東京工業大学・中島淳一教授、産業総合研究所・今西和俊地震テクニクス研究グループ長、気象庁・青木元地震予知情報課長、国土地理院・矢来博司地殻変動研究室長が新たに委員に就任した。

#### 2 地震予知連絡会 SAR 解析ワーキンググループ成果報告及び期間延長

地震 SAR 解析 WG（平成 26 年 2 月設置）の 3 年間の活動成果が報告された。活動期間については、第 214 回に 2 年間の延長が承認済みである。

#### 3 地殻活動モニタリングに関する検討

##### (1) 地殻活動の概況

##### ア 全国の地震活動について

国内で 2017 年 2 月から 2017 年 4 月までの 3 か月間に発生した M5 以上の地震は 23 回であった。

##### イ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

2 月末から 3 月上旬及び 4 月下旬から 5 月初めにかけて十勝沖で、5 月上旬から日向灘周辺で超低周波地震活動があった。

##### ウ 日本列島のひずみ変化

GNSS 連続観測によると、最近 1 年間の日本列島

のひずみには、東北地方太平洋沖地震の余効変動、熊本地震、鳥取県中部の地震、福島県沖の地震、茨城県北部の地震の影響が見られる。

## (2) プレート境界の固着状態とその変化

### ア 日本海溝・千島海溝周辺

#### a 福島県沖の地震

2017年2月28日に福島県沖の深さ52kmでM5.7の地震が発生した。この地震は発震機構が西北西-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。この地震の震源付近では2017年4月30日までにM5.0以上の地震が3回発生した。

### イ 駿河トラフ・南海トラフ・南西諸島海溝周辺

#### a 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

短期的スロースリップを伴う顕著な微動活動が紀伊半島北部から中部にかけて4月19日から30日に、四国東部から中部にかけて3月2日から11日に発生した。それ以外の主な微動活動は、東海地方(2月13日から18日)、東海地方から紀伊半島北部(3月27日から4月1日)、紀伊半島中部(3月2日から8日)、四国西部(2月7日から10日、2月26日から3月3日)で発生した。

## (3) その他

### ア 茨城県北部の地震活動

2016年12月28日の地震(M6.3)以降も、北北西-南南東方向に延びる長さ約15kmの領域でM4.0以上の地震が2月7日と4月20日に計3回発生する等、地震活動は減衰しつつも継続している。

### イ 熊本地震の地殻活動

広域にわたる余効変動が継続していることがGNSS連続観測により検出された。熊本地震の発生から約一年間にわたる余震活動の活動推移を調べた結果、背景地震活動と余震発生強度が共に緩やかに減衰していることがわかった。

## 4 重点検討課題「海域モニタリングの進展」の検討

海域における地震・津波・地殻変動モニタリングについての報告と今後の進展の方向性についての議論が行われた。

### (1) 防災科研が運用する地震津波海域観測網 -DONET & S-net-

南海トラフ及び日本海溝沿いに展開される海域観測網DONET及びS-netの運用状況について報告された。DONETについては、DONET2の埋設作業が完了し、最終的な品質確認を経てデータが公開される予定であることが報告された。S-netについては、全ケーブ

ルシステムの構築が終了したことが報告された。2016年8月20日発生の三陸沖地震等で、詳細な震源分布の把握や津波の観測ができたことが報告された。

### (2) 南海トラフ長期孔内観測システムによる観測

南海トラフの海底下で、地震・地殻変動・孔内間隙水圧等の観測を行う「長期孔内観測システム」の開発と設置状況について報告された。観測機器は、地球深部探査船「ちきゅう」によって南海トラフ海底に掘削した孔内に設置され、DONETに接続されていることが紹介された。現在、東南海地震震源域の2か所に設置されており、三重県南東沖地震では、余効変動や浅部ゆっくり滑りが検出されたことが報告された。

### (3) GPS-A 海底地殻変動観測のこれまでの進展と今後の展望

海底の絶対位置を測定するGPS-音響測距結合方式(GPS-A)による海底地殻変動観測の現状について報告された。これまでの観測の結果、東北地方太平洋沖地震後の余効変動の検出や南海トラフのプレート固着の推定といった成果が得られていることが紹介された。今後は、さらなる観測点の展開、測位精度の向上、無人機によるリアルタイム・連続観測に向けた技術開発が課題であることが指摘された。

### (4) 海底間音響測距観測の現状について

音波の往復時間を計測することで測器間の距離変化を計測する海底間音響測距観測の現状や今後の展開について報告された。海底間音響測距は、GNSS音響計測と比べると観測精度が高く、1kmの基線で2-5mmの繰り返し観測精度が得られることが示された。今後、リアルタイムデータ取得に向けて、海底ケーブルに接続する必要性が指摘された。また、将来的には、測器を鎖状や面的に配列することで、広域のひずみ観測を展開できる可能性が示唆された。

### (5) 海域稠密観測時代の津波即時予測研究とその展望

津波の即時予測に関する現状と展望について報告された。数値シミュレーションによる予測結果を稠密な観測網の津波記録と同化して現在時刻の津波波動場を直接推定する「津波データ同化法」を適用することにより、津波の到達までに波動場を再現できることが示された。また、現在構築されつつある海域観測網により、予測時間の短縮が見込めることが示された。課題としては、波源域で海底と海水が同期している間は、水圧計で津波の観測ができないことが指摘された。将来的には、さらなる時間短縮のために津波生成の物理とそのデータ活用手法の研究が必要であることが指摘された。

### (6) 海底データを用いたモデル計算：地震動即時予測 -“揺れの数値予報”の適用例-

地震の揺れの即時予測に関する現状と海底データを利用する効果について報告された。地震の揺れの伝播に関する情報を逐次取り込みながら揺れを計算することで、正確な揺れの分布を予測できることが、熊本地震等の事例を通じて紹介された。海域で発生する巨大地震を想定して海底地震計の利用の有効性を検証した結果、陸上に揺れが到達する前に揺れを予測できることから、特に沿岸に近い地域で効果があることが示された。

#### (7) 総合討論

海域モニタリングのリアルタイム化に向けた展望や、観測の時間分解能と空間分解能のどちらを重視すべきか等について議論が行われた。

## 第 216 回地震予知連絡会 議事概要

日時 2017 年 8 月 21 日 (月)

場所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会会議室

#### 出席者 (委員)

平原、松澤、山岡、平田、澁谷、遠田、八木、宮内、佐藤、篠原、小原、中島、尾形、松本、八木原 (後藤委員代理)、青井、汐見、堀、今西、長屋、青木、橋本、宇根、矢来

#### (招聘報告者)

吉田 (気象大学校)、酒井・加藤 (東京大学地震研究所)、矢田 (新潟大学)

#### 議事概要

### 1 地殻活動モニタリングに関する検討

#### (1) 地殻活動の概況

##### ア 全国の地震活動について

国内で 2017 年 5 月から 2017 年 7 月までの 3 か月間に発生した M5 以上の地震は 29 回であった。最大震度 5 弱以上を観測した地震は 5 回であった。

##### イ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

十勝沖で 6 月中旬から下旬に超低周波地震活動が約 7 か月ぶりに検出された。

##### ウ 日本列島のひずみ変化

GNSS 連続観測によると、最近 1 年間の日本列島のひずみには、東北地方太平洋沖地震の余効変動、熊本地震の余効変動、鳥取県中部の地震、福島県沖の地震、茨城県北部の地震の影響が見られる。

#### (2) プレート境界の固着状態とその変化

##### ア 駿河トラフ・南海トラフ・南西諸島海溝周辺

##### a 南海トラフ沿いの海底地殻変動観測結果

西南日本の沖合の海底において、年間 2 - 5cm の速度で北西方向の地殻変動が見られる。

##### b 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

短期的スロースリップを伴う顕著な微動活動が四国西部から豊後水道にかけて 7 月 20 日から 26 日に発生した。それ以外の主な微動活動は、紀伊半島北部 (5 月 4 日から 13 日)、紀伊半島西部 (7 月 25 日から 28 日)、豊後水道 (5 月 3 日から 6 日) で発生した。

#### (3) その他

##### ア 長野県南部の地震

2017 年 6 月 25 日に長野県南部の深さ 7km で M5.6 の地震が発生した。この地震は地殻内で発生し、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あった。この地震は、昭和 59 年 (1984 年) 長野県西部地震 (M6.8) とその後の活動域の北東端付近で発生した。

##### イ 鹿児島湾の地震

2017 年 7 月 11 日に鹿児島湾の深さ 10km で M5.3 の地震が発生した。この地震は地殻内で発生し、発震機構は西北西 - 東南東方向に張力軸を持つ横ずれ断層型であった。この地震の震央付近では、2016 年 12 月頃からやや活発な地震活動がみられていたが、この地震発生以降、地震活動はより活発となった。

### 2 重点検討課題「首都圏直下地震」の検討

首都圏の直下で発生する地震と地震動の特徴について議論が行われた。

#### (1) 相模トラフ沿いの地震長期評価 (第二版)

地震調査委員会による「相模トラフ沿いの地震活動の長期評価 (第二版)」について、相模トラフ沿いの M8 クラスの地震と、南関東地域の直下で発生する M7 クラスの地震に関する長期評価の基礎となる科学的知見や考え方について報告があった。相模トラフ沿いの地震については、従来の「元禄型」「大正型」のタイプ別による評価から、固有地震に固執せずに震源域の多様性を考慮した評価となったこと等が紹介された。また、南関東地域直下の地震については、元禄地震と大正地震の間に発生した地震も考慮した評価となったこと等が紹介された。

#### (2) 関東地域の活構造への東北地方太平洋沖地震の影響について

東北地方太平洋沖地震後の粘弾性緩和を考慮した応力変化が関東地域の活構造に与える影響について報告があった。関東平野下には伏在活断層が分布し、多くは推定平均変位速度が 0.1mm/year 以下の C 級の活動度であることが示された。東北地方太平洋沖地震

後 100 年間の応力変化を計算した結果、伏在活断層の多くは地震活動が抑制される傾向にあるが、断層の形状により促進される断層もあることがわかった。

### (3) 関東下のプレート構造と地震活動

関東地方のプレート構造と地震テクトニクスについて報告があった。1921 年茨城県南部の地震や 1987 年千葉県東方沖地震の発生メカニズムが、プレート東側の沈み込み遅れで説明できることが紹介され、プレートの構造不均質を詳細に考慮することで地震活動の理解が深まることが示された。フィリピン海プレート境界面の絶対的な深さや陸のモホ面の深さ等の理解に不十分な点が残されている点や、温度構造等との統合的な理解によるプレートの摩擦特性や強度分布の定量化が今後の課題であることが指摘された。

### (4) 首都圏の速度構造・Q 構造と地震活動

首都圏地震観測網等のデータから得られた地震波の速度構造と減衰構造について報告があった。データの解析により、フィリピン海プレートの上面の深さが従来のモデルより浅くなったことやプレート内の速度構造や減衰構造の不均質が明らかになったことが紹介された。また、東北地方太平洋沖地震前後の地震活動度とプレート構造との関係を調べたところ、フィリピン海プレート上面と太平洋プレート上面で地震活動の活発化が見られることが示された。

### (5) 地震活動・房総半島沖のゆっくり滑りと群発活動

関東地方の非地震性滑りの時空間発展と房総半島沖のゆっくり滑りについて報告があった。東北地方太平洋沖地震に伴い、非地震性滑りが一時的に加速した後、緩やかに低下したことが示され、プレートの沈み込む速度の変化により、プレート境界やその付近の地震活動が高まったと考えられることが指摘された。また、房総半島沖で発生するゆっくり滑りでは、滑り領域の広がりや伝播方向がイベント毎に異なり、その発生履歴が複雑であること等が示された。

### (6) 1855 年安政江戸地震と史料

家屋倒壊率を再検討して史料を分析した場合の 1855 年安政江戸地震の被害について報告があった。歴史地震の規模を導き出す家屋倒壊率において、従来の研究では半潰の記述の解釈が不適切であり、従来示されていた幸手市付近の大きな被害域は存在しない可能性が示された。広域の被害報告書をもとに全壊家屋倒壊率を調べたところ、被害が江戸付近に限られる可能性が指摘された。前近代の地震研究では、史料とその詳細な検討が必要であることが指摘された。

## 第 217 回地震予知連絡会 議事概要

日時 2017 年 11 月 22 日 (水)

場所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会会議室

### 出席者 (委員)

平原, 山岡, 勝俣 (高橋委員代理), 平田, 西上 (澁谷委員代理), 遠田, 八木, 宮内, 佐藤, 佐竹, 小原, 中島, 尾形, 松本, 中尾 (後藤委員代理), 汐見, 堀, 松本 (今西委員代理), 石川 (長屋委員代理), 青木, 橋本, 宇根, 矢来

### (招聘報告者)

野村 (統計数理研究所), 弘瀬 (気象研究所), 楠城 (静岡県立大学), 中谷 (東京大学地震研究所)

### 議事概要

#### 1 地殻活動モニタリングに関する検討

##### (1) 地殻活動の概況

###### ア 全国の地震活動について

国内で 2017 年 8 月から 2017 年 11 月までの 3 か月間に発生した M5 以上の地震は 28 回であった。

###### イ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

期間内に目立った浅部超低周波地震は検出されなかったが、8 月中旬と 10 月上旬に日向灘で超低周波地震が検出された。

###### ウ 日本列島のひずみ変化

GNSS 連続観測によると、最近 1 年間の日本列島のひずみには、東北地方太平洋沖地震の余効変動、熊本地震の余効変動、鳥取県中部の地震、福島県沖の地震、茨城県北部の地震の影響が見られる。

##### (2) 東北地方太平洋沖地震関連

東北地方太平洋沖地震以降、東北地方から関東甲信越にかけて東向きの変動が見られ、累積水平変動は岩手川崎 A 観測点で最大約 139cm に達している。また、上下変動は、宮城県から千葉県にかけての太平洋沿岸では隆起が、岩手県沿岸と奥羽脊梁山脈付近では沈降が見られる。海底地殻変動観測によると、釜石沖、宮城沖で陸側へ、福島沖、銚子沖で海溝側への変動が見られる。2014 年以降では福島沖、銚子沖の年平均地殻変動量が小さくなっている。

##### (3) プレート境界の固着状態とその変化

###### ア 駿河トラフ・南海トラフ・南西諸島海溝周辺

###### a 南海トラフ沿いの海底地殻変動観測結果

東海・紀伊半島・四国・九州の太平洋側ではフィリピン海プレートの沈み込みに伴う西北西方向の地殻変動が顕著に見られる。上下変動では、御前崎、潮岬、室戸岬のそれぞれの周辺で沈降が見ら

れる。2006 年から 2009 年までの変動速度を定常状態と仮定すると、最近 1 年間で顕著な変化は見られない。

#### b 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

主な微動活動として、四国東部（8 月 8 日から 14 日）、四国中部（9 月 9 日から 16 日）、豊後水道（10 月 14 日から 20 日）で発生した。

#### (4) その他

##### ア 秋田県内陸南部の地震

2017 年 9 月 8 日に秋田県内陸南部の深さ 9km で M5.2 の地震が発生した。この地震は地殻内で発生し、発震機構は北西－南東方向に張力軸を持つ横ずれ断層型であった。この地震の発生以降、9 月 9 日には M3.4 の地震が発生する等、最大震度 1 以上を観測する地震が 10 月 31 日までに 54 回発生した。この地域では、東北地方太平洋沖地震以降、地震活動が活発になっていた。

##### イ 茨城県北部の地震活動

2016 年 12 月 28 日の M6.3 の地震以降に地震活動が活発化した領域とその付近では、8 月から 11 月の間に M4.5 以上の地震が 4 回発生するなど、活発な状況が継続している。

##### ウ 鹿児島湾の地震

鹿児島湾では、2016 年 12 月頃から活発な地震活動がみられており、2017 年 7 月 11 日に M5.3、8 月 24 日に M4.4、11 月 1 日に M3.8 の地震が発生する等、活発な状況が継続している。

##### エ イラン・イラク国境付近の地震

2017 年 11 月 12 日にイラン・イラク国境付近で発生した Mw7.3 の地震について、だいち 2 号のデータを用いた干渉 SAR 解析を行った結果、最大約 90cm の隆起及び最大約 50cm の西向きの変動が捉えられた。推定された断層滑りはやや右横ずれ成分を含む逆断層運動で、震源よりも浅い側で最大約 3m の滑りが推定された。

## 2 重点検討課題「予測実験の試行 04」の検討

地震活動のデータにもとづく地震の予測において、新たに取り組まれつつある手法の紹介とこれまでの予測がどの程度適合していたのかの検討及び予測実験に移行するための課題が議論された。

### (1) マグニチュードと時空間情報に基づく前震確率評価モデルの識別性能

地震群が前震である確率を評価するモデルについて報告があった。地震群のマグニチュード差及び時空間距離の情報に基づいて、1926 年から 1999 年までの気象庁カタログから推定した前震確率の評価モデル

を、2000 年以降の同カタログに適用して前震確率を計算した結果が示された。前震確率の評価値と実際の適中率は概ね整合的であることが報告された。

### (2) 地震マグニチュードの予測モデル

地震のマグニチュードの確率予測を行う試みについて報告があった。過去の震源データからマグニチュードの予測確率密度分布を逐次再計算する手法を適用することで、b 値（地震の規模別発生頻度に関するパラメータ）を一定とした予測に比べて、予測の性能が向上することが示された。今後の課題として、地震発生履歴の特徴に関するマグニチュード予測モデルの探求の必要性等が指摘された。

### (3) 本震前に現れる G-R 則からの逸脱と、その特徴に基づいた地震予測モデルの提案

地震の規模別発生頻度に関する法則（G-R 則）からの逸脱率（ $\eta$  値）を基にした予測モデルに関して報告があった。1990 年以降の地震に予測モデルを適用した結果、対象地震の規模に応じた余震域に対応する半径を用いることで確率利得や予知率が高まることが示された。

### (4) b 値にもとづく全地球規模の大地震発生予測のモデル

地震の規模別発生頻度に関するパラメータである b 値に基づく予測モデルについて報告があった。1980 年以降の国内外の M8 以上の地震を対象に、b 値の変化に基づく予測の試行実験の結果が示された。今後の課題として、b 値の予測モデルの最適化やリアルタイムの事前予測システムの構築が指摘された。

### (5) Mw8.0 以上の地震に先行した地震活動長期静穏化

1990 年から 2017 年に発生した国内外の Mw8.0 以上の地震 20 個における地震前の静穏化の有無について報告があった。解析の結果、すべての地震において、発生前に 10 年間程度より長い静穏化が見られたことが示された。また、20 個中 12 個の地震では、同程度の静穏化が震源域の周囲にただ 1 つだけ存在し、大地震と静穏化が一对一に対応していたことが報告された。

### (6) 経験則から期待される大地震発生の確率：相場のレビュー

経験則による大地震発生の確率予測について報告があった。M6 以上の地震を対象に、過去に提案されてきた複数の予測手法から得られる予測範囲、時間、確率等のパラメータが比較・検討された。予測に関する幾つかのパラメータのうち、情報の受け手にとって適中率が重要であることが指摘された。

## 第 218 回地震予知連絡会 議事概要

**日時** 2018 年 2 月 23 日 (金)  
**場所** 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会  
議室

### 出席者 (委員)

平原, 松澤, 山岡, 平田, 片尾 (澁谷委員代理),  
高橋, 遠田, 八木, 宮内, 佐藤, 佐竹, 篠原, 小原,  
中島, 尾形, 松本, 後藤, 青井, 汐見, 今西, 長屋,  
尾崎 (青木委員代理), 橋本, 宇根, 矢来

### (招聘報告者)

宮下 (産業技術総合研究所), 藤原・小林 (国土  
地理院), 加藤 (東京大学地震研究所), 熊澤 (統  
計数理研究所)

### 議事概要

#### 1 地殻活動モニタリングに関する検討

##### (1) 地殻活動の概況

###### ア 全国の地震活動について

国内で 2017 年 11 月から 2018 年 1 月までの 3 か  
月間に発生した M5 以上の地震は 30 回であった。

###### イ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

2017 年 12 月中旬から下旬に日向灘及びその周辺  
域において超低周波地震が検出された。1 月上旬に  
もほぼ同様の領域で活動があった。

###### ウ 日本列島のひずみ変化

GNSS 連続観測によると、最近 1 年間の日本列島  
のひずみには、東北地方太平洋沖地震及び熊本地  
震の余効変動の影響が見られる。

##### (2) 東北地方太平洋沖地震関連

東北地方太平洋沖地震以降、東北地方から関東甲  
信越にかけて東向きの変動が見られ、累積水平変動は  
岩手川崎 A 観測点で最大約 141cm に達している。また、  
上下変動は、宮城県から千葉県にかけての太平洋  
沿岸では隆起が、岩手県沿岸と奥羽脊梁山脈付近で  
は沈降が見られる。海底地殻変動観測によると、最近  
の 3 年間では、福島沖、銚子沖の南東方向への年平均  
速度が、2011 年から 2014 年の平均速度に比べて小さ  
くなっている。

##### (3) プレート境界の固着状態とその変化

###### ア 駿河トラフ・南海トラフ・南西諸島海溝周辺

###### a 西南日本の深部低周波微動・短期的スロース リップ活動状況

短期的スロースリップを伴う顕著な微動活動が  
紀伊半島中部から東海地方にかけて 11 月 15 日  
から 12 月 5 日に発生した。それ以外の主な微動  
活動は、四国東部 (11 月 22 日から 30 日)、紀伊

半島西部 (1 月 2 日から 6 日) で発生した。11 月  
15 日から 12 月 5 日に発生したスロースリップで  
は、GNSS 連続観測でも変動が捉えられており、  
プレート間の滑りを推定した結果、三重県北部か  
ら愛知県西部にかけて最大約 10 mm の滑りが推定  
された。

##### (4) その他

###### ア 青森県東方沖の地震

2018 年 1 月 24 日に青森県東方沖の深さ 34km で  
M6.3 の地震が発生した。この地震の発震機構は東  
西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。ほぼ同じ場所で  
2001 年 8 月に M6.4 の地震が発生しており、これら  
が相似地震の可能性があると指摘された。

###### イ 台湾付近の地震

2018 年 2 月 4 日に台湾付近の深さ 10km で M6.5  
の地震が発生し、2 月 7 日には深さ 10km で M6.7  
の地震が発生した。これらの地震を含め、2 月 19  
日までに M6.0 以上の地震が 4 回発生した。また「だ  
いち 2 号」の SAR データ解析から、台湾・花蓮市  
の米崙断層 (Milun Fault) から嶺頂断層 (Lingding  
Fault) 北部にかけて、約 15 km にわたって断層沿い  
に顕著な地殻変動が生じたことが明らかとなった。

#### 2 重点検討課題「熊本地震で見えてきた課題」の検討

熊本地震の最新の研究成果が報告され、内陸地震  
予測への調査研究の方向性などについて議論された。

##### (1) 2016 年熊本地震と日奈久断層帯の古地震履歴

布田川断層帯及び日奈久断層帯の未破壊区間の古  
地震調査について報告があった。調査の結果、日奈久  
断層帯では、海陸のいずれにおいても、既存の活動評  
価より高い頻度 (平均 2000 年から 3000 年程度) で地  
震を起こしてきたことがわかった。時間分解能の良い  
地層が堆積する場所を選定し、トレンチ壁面で観察さ  
れた断層の位置づけを検討することの重要性等が指摘  
された。

##### (2) ALOS-2 の SAR で見つかった平成 28 年熊本地震 による地表断層群

「だいち 2 号」のレーダー観測による熊本地震の地  
殻変動について報告があった。地震を引き起こした主  
要な断層運動による地殻変動だけではなく、地震に誘  
発され受動的に動いたと考えられる 230 程の地表断層  
群が阿蘇外輪山北西等で発見された。これらの断層群  
は、今までの活断層のイメージを変える多様性を持っ  
ており、活断層とは何かについて理学面・防災面から  
再検討すべきであることが指摘された。

##### (3) 2016 年熊本地震 一地震観測から得られた地震像一 稠密な地震観測により得られた震源について報告が

あった。解析の結果、日奈久断層帯や布田川断層帯に関連した複数の断層面が捉えられ、これらの断層面群により複雑な地震活動が起きたことがわかった。また、断層周辺の応力分布を調べたところ、熊本地震の複雑な断層の滑りは、地震前の断層にかかる応力場が一樣でないために引き起こされたことが示された。

(4) 2016 年熊本地震の本震前に見られた前震域の拡大  
地震活動の時空間発展について報告があった。解析の結果、4 月 14 日の前震発生以降、ゆっくり滑りの伝播によると考えられる地震発生域の拡大が捉えられ、本震の破壊開始点へ向かう動きが見られた。前震やゆっくり滑りによる断層面の固着の剥がれによって、本震の断層面に応力が加わり、本震の発生が促された可能性があることが指摘された。

(5) 点過程モデルによる熊本地震前後の地震活動の解析  
熊本地震発生前後の地震活動について報告があった。解析の結果、地震前には布田川断層帯北側のごく狭い領域のみで群発地震や東北地方太平洋沖地震による誘発地震が見られた。また、本震前に発生した M6.4 の地震直後からは有意な地震活動の静穏化が認められた。本震後の余震活動からは、断層強度が徐々に回復していることや阿蘇地域での地震の大部分が本震の応力変化の誘発により起きていること等がわかった。

#### (6) 熊本地震の余効変動

「だいち 2 号」のレーダー観測による熊本地震後に進行する地殻変動(余効変動)について報告があった。解析の結果、布田川断層帯周辺の地盤が広域に隆起及び西向きに動いていること等がわかった。日奈久断層帯の余効滑りに加えて、下部地殻・上部マントルがゆっくりと変形する粘弾性緩和により余効変動が引き起こされていることが示され、内陸地震における粘弾性緩和の重要性が指摘された。

## 第 219 回地震予知連絡会 議事概要

日時 2018 年 5 月 25 日(金)

場所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会会議室

#### 出席者(委員)

平原、松澤、山岡、平田、澁谷、高橋、八木、宮内、佐藤、佐竹、篠原、中島、尾形、松本、中尾、青井、汐見、飯沼(堀委員代理)、今西、楠、青木、橋本、宇根、矢来

#### (招聘報告者)

加藤(東京大学地震研究所)、寺川(名古屋大学)、

行竹(神奈川県温泉地学研究所)、雷(産業技術総合研究所)、渡邊(富山大学)、吉岡(神戸大学)

#### 議事概要

### 1 地殻活動モニタリングに関する検討

#### (1) 地殻活動の概況

##### ア 全国の地震活動について

国内で 2018 年 2 月から 2018 年 4 月までの 3 か月間に発生した M5 以上の地震は 40 回であった。

##### イ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

紀伊半島西部から四国東部の南方沖において、2018 年 3 月から 4 月に超低周波地震が検出された。

##### ウ 日本列島のひずみ変化

GNSS 連続観測によると、最近 1 年間の日本列島のひずみには、東北地方太平洋沖地震及び熊本地震の余効変動の影響が見られる。

#### (2) プレート境界の固着状態とその変化

##### ア 駿河トラフ・南海トラフ・南西諸島海溝周辺

##### a 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

短期的スロースリップを伴う顕著な微動活動が四国西部から中部(2 月 21 日から 3 月 11 日)、四国東部(3 月 17 日から 3 月 25 日)、紀伊半島北部から中部(4 月 13 日から 4 月 20 日)で発生した。それ以外の主な微動活動は、紀伊半島南部(2 月 11 日から 2 月 15 日)で発生した。2 月 21 日から 3 月 25 日に発生したスロースリップでは、GNSS 連続観測でも変動が捉えられており、プレート間の滑りを推定した結果、豊後水道から愛媛県西部にかけて最大約 20 mm の滑りが推定された。滑りの中心が時間と共に西側から東側へ移動していることが分かった。

#### (3) その他

##### ア 根室半島南東沖の地震

2018 年 4 月 14 日に根室半島南東沖の深さ 53km で M5.4 の地震が発生した。発震機構は北西-南東方向に張力軸を持つ正断層型で、太平洋プレート内部で発生した。

##### イ 長野県北部の地震

2018 年 5 月 12 日に長野県北部の深さ 11km で M5.2 の地震が発生した。発震機構は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ型であった。この震源付近では 2014 年 11 月 22 日に M6.7 の地震が発生している。

##### ウ 島根県西部の地震

2018 年 4 月 9 日に島根県西部の深さ 12km で M6.1 の地震が発生した。発震機構は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型であった。この地震の発生以降、震源付近で地震活動が活発とな

り、震度 1 以上を観測する地震が 4 月 30 日までに 47 回発生した。この地震に伴い、GNSS 連続観測点（大田）が東南東方向に 1cm 移動する等、地震のメカニズム解と整合する地殻変動が観測された。

#### エ 西表島付近の地震

2018 年 3 月 1 日に西表島付近の深さ 15km で M5.6 の地震が発生した。この地震は陸のプレートの地殻内で発生した。発震機構は、北東-南西方向に張力軸を持つ型であった。この地震の発生後、地震活動が活発となり、5 月 13 日までに震度 1 以上を観測する地震が 47 回発生した。

## 2 重点検討課題「地震と水」の検討

地震と水に関する最新の研究成果が報告され、水等の地下の流体が地震発生過程に果たす役割等について議論された。

### (1) 地震発生への水の役割

時間スケールの違いから見た水の役割について報告があった。長期的な時間スケールでは、断層の深部延長に存在する流体が、近傍の変形を促進して既存断層への応力集中をもたらす役割を果たすことが示された。一方、短期的な時間スケールでは、間隙水圧の増加や地下水のくみ上げ等の表層荷重変化による地震活動への影響が見られることが示された。

### (2) 地震の発生における応力と流体の役割

地震のメカニズム解から、地殻内の間隙流体圧の時間空間変化を推定する手法とその応用事例について報告があった。開発された手法を用いることにより、地震活動と間隙流体圧の時間発展の関係を調べることが可能になり、スイスのパーゼル地熱貯留槽の注水実験では、断層強度の低下による地震活動の活発化が認められたこと等が紹介された。

### (3) 箱根火山における群発地震と地殻流体との関係

2009 年の群発地震活動の解析結果について報告があった。群発地震はほぼ鉛直な面上に分布し、時間とともに拡散的に拡大していること等が示され、断層破砕帯中を高圧流体が拡散する過程で群発地震が誘発された可能性が指摘された。

### (4) 長期・短期注水による誘発地震に関する研究

中国・四川盆地での注水活動から得られた結果について報告があった。注水による誘発地震の発生頻度は注水履歴に強く依存していることや、地震の多くは注水した層の上部及び下部の脆性的な堆積層中の既存断層に集中すること等が示された。また、誘発地震は余震をトリガーする能力が低いことが示された。

### (5) 地震波速度・電気伝導度から推定される地殻内の流体分布

含水岩石の弾性波速度・電気伝導度の実験結果を

もとに考察された地殻内の流体について報告があった。観測から得られる電気伝導度及び地震波速度の変化は、地殻内のチューブ状に連結するクラックが増加することで説明可能であることが指摘された。

### (6) 関東下における海洋プレートの温度・脱水分布と微小地震の発生の関連性について

3次元熱対流沈み込みモデルにより推定された温度構造や含水量分布と関東下の微小地震の発生メカニズムの関連性について報告があった。太平洋プレートの地殻内地震は、岩石の相転移に伴う脱水域とよく対応している一方、太平洋プレート深部の地震活動は、フィリピン海プレートの影響により深部に運ばれた水が脱水する領域とよく対応していることが示された。

## 第 220 回地震予知連絡会 議事概要

日時 2018 年 8 月 24 日（金）

場所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会会議室

### 出席者（委員）

平原、松澤、山岡、澁谷、勝俣（高橋委員代理）、遠田、八木、宮内、佐藤、佐竹、篠原、小原、中島、松本、中尾、青井、汐見、堀、今西、石川（楠委員代理）、青木、橋本、宇根、矢来

### （招聘報告者）

宍倉（産業技術総合研究所）、松浦（地震予知総合研究振興会）、植平（防災科学技術研究所）、小平（海洋研究開発機構）

### 議事概要

#### 1 地殻活動モニタリングに関する検討

##### (1) 地殻活動の概況

###### ア 全国の地震活動について

国内で 2018 年 5 月から 7 月までの 3 か月間に発生した M5 以上の地震は 26 回であった。

###### イ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

紀伊半島西部～四国東部の南方沖における超低周波地震は 5 月も断続的に発生した。また、十勝沖では 5 月中旬から 6 月上旬に超低周波地震活動があった。

###### ウ 日本列島のひずみ変化

GNSS 連続観測によると、最近 1 年間の日本列島のひずみには、東北地方太平洋沖地震、熊本地震の余効変動及び房総半島スロースリップの影響が見られる。

**(2) 東北地方太平洋沖地震関連**

東北地方太平洋沖地震以降、東北地方から関東甲信越にかけて東向きの変動が見られ、累積水平変動は岩手川崎 A 観測点で最大約 143cm に達している。また、上下変動は、宮城県から千葉県にかけての太平洋沿岸では隆起が、岩手県沿岸と奥羽脊梁山脈付近では沈降が見られる。海底地殻変動観測によると、釜石沖、宮城沖で陸側へ、福島沖、銚子沖で海溝側への変動が見られる。

**(3) プレート境界の固着状態とその変化****ア 相模トラフ周辺****a 千葉県東方沖から千葉県北東部及び南部付近にかけての地震活動**

2018 年 6 月 3 日から、千葉県東方沖から千葉県北東部及び千葉県南部付近にかけて地震活動が活発となり 6 月 30 日までに震度 1 以上の地震が 26 回発生した。これらの地震は主にフィリピン海プレートと陸側のプレートの境界で発生した。過去にもこの地域ではスロースリップと同期して活動が活発化している。

**b 房総半島のスロースリップ**

房総半島で 6 月初旬頃から非定常な地殻変動が GNSS 及び傾斜計で検出された。解析の結果、房総半島沖合で陸側のプレートとフィリピン海プレートの境界で滑りが発生したことが推定された。今回のイベントは 1996 年以降では過去最大の地殻変動を伴い、滑りの規模も最大であった。

**c 千葉県東方沖の地震**

2018 年 7 月 7 日に千葉県東方沖の深さ 57km で M6.0 の地震が発生した。発震機構は西北西－東南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型で、太平洋プレート内部で発生した。

**イ 駿河トラフ・南海トラフ・南西諸島海溝周辺****a 南海トラフ沿いの海底地殻変動観測結果**

西南日本の沖合いの海底において、北西方向の地殻変動が見られる。熊野灘の観測点の変動には、2017 年に発生した短期的スロースリップの影響が見られる。また、紀伊水道の観測点では、2017 年以降、南向きの変動が見られる。

**b 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況**

紀伊半島西部から南部（6 月 22 日から 25 日）、四国中部から東部（6 月 13 日から 26 日）、四国西部（7 月 21 日から 27 日）、豊後水道（7 月 18 日から 20 日）で低周波微動が発生した。

**(4) その他****ア 長野県北部の地震（5 月 12 日 M5.2）**

2018 年 5 月 12 日長野県北部の深さ 11km で M5.2 の地震が発生した。発震機構は西北西－東南東方向に圧力軸を持つ型であった。この地震の付近では 2014 年 11 月 22 日に M6.7 の地震が発生している。

**イ 長野県北部の地震（5 月 25 日 M5.2）**

2018 年 5 月 25 日に長野県北部の深さ 6km で M5.2 の地震が発生した。発震機構は北北西－南南東方向に圧力軸を持つ横ずれ型であった。

**ウ 大阪府北部の地震**

2018 年 6 月 18 日に大阪府北部の深さ 13km で M6.1 の地震が発生した。発震機構は西北西－東南東方向に圧力軸を持つ型であった。この地震の発生以降、震源付近で地震活動が活発となり、震度 1 以上の地震が 7 月 31 日までに 55 回発生した。今回の地震活動で発生した M4.0 以上の発震機構は、これまでの活動と調和的であった。大阪府北部地震の前に、阿武山観測点の歪計や逢坂山観測点の水位に急激な変化が観測された。地震波形の解析から、北側に位置する東傾斜の断層では主に逆断層、南側の南東傾斜の断層では主に右横ずれの滑りが推定された。また、この地震の発震機構と調和的な地殻変動が、GNSS によって検出された。

**2 重点検討課題「千島海溝・北海道東方沖と三陸北部における巨大地震」の検討**

三陸沖北部・千島海溝における巨大地震のプレート境界構造やその履歴・今後の発生可能性等について、最近の知見を中心に議論された。

**(1) 地震調査委員会の「千島海溝沿いの地震活動の長期評価（第三版）」について**

地震調査委員会により 2017 年 12 月に公表された「千島海溝沿いの地震活動の長期評価（第三版）」に関する報告があった。超巨大地震の今後 30 年以内に発生する発生確率は 7 - 40% であり、M8.8 程度以上の規模が想定されることが示された。また、これまで考慮されていなかった海溝軸付近の津波地震や海溝軸外側の正断層地震についての評価が追加されたことも報告された。

**(2) 千島海溝・日本海溝北部沿いの超巨大地震履歴**

北海道東部の地質記録の分析により、17 世紀に発生した超巨大地震では巨大な津波を伴い、余効変動により沿岸部が 1 - 2m 隆起したことがわかった。また、超巨大地震が平均約 340 - 380 年の間隔で発生してきたことがわかった。17 世紀の津波堆積物は北方四島及び北海道西部から東北地方北部でも見られることから、1611 年慶長三陸地震との関連が指摘された。

**(3) 北海道東方沖の相対的地震活動度の静穏化と現状**

北海道東方沖では、地震活動が 2008 年 10 月頃か

ら約 7 年間静穏化し、2015 年後半から定常状態に戻りつつあることが示された。東北地方太平洋沖地震前にも東北沖で静穏化が見られたこともあり、地震活動や地殻変動等のモニタリングを強化すべきことが指摘された。また、津波計算で仮定する断層形状によって津波の到達範囲等の結果が変わり得ることが示され、17 世紀の超巨大地震と 1611 年慶長三陸地震との関係性を再考する必要性が指摘された。

#### (4) 日本海溝海底地震津波観測網 (S-net) の概要と地震検知能力

日本海溝沿いに設置された海底地震津波観測網 (S-net) は、2016 年 2 月からデータ伝送が開始され、海溝軸外側の海域も含めて、現在、150 観測点が稼働していることが報告された。S-net の整備により、海溝軸外側付近まで概ね M1.5 以上の地震の検知が可能となったこと、海域で発生する地震の震源決定精度が上ったこと等が示された。

#### (5) 日本海溝地震発生帯の地下構造とその地震学的意義

日本海溝の海溝軸外側から海溝軸までの地下構造探査に関する報告があった。海溝軸外側から海溝軸の領域には局所的に海洋性堆積層が薄い領域があり、北緯 39.5 度付近では遠洋性粘土層の連続性が乱されていることが示された。このような堆積層構造が、東北地方太平洋沖地震の断層滑りの北方への伝播を止めた構造的要因と考えられることが指摘された。

## 第 221 回地震予知連絡会 議事概要

**日時** 2018 年 11 月 30 日 (金)

**場所** 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会  
議室

#### 出席者 (委員)

平原、松澤、山岡、平田、澁谷、高橋、遠田、八木、宮内、佐藤、篠原、小原、中島、尾形、松本、中尾、青井、汐見、堀、松本 (今西委員代理)、楠、青木、橋本、宇根、矢来

#### (招聘報告者)

鶴岡・加藤 (東京大学地震研究所)

#### 議事概要

### 1 地殻活動モニタリングに関する検討

#### (1) 地殻活動の概況

##### ア 全国の地震活動について

国内で 2018 年 8 月から 10 月までの 3 か月間に発生した M5 以上の地震は 40 回であった。

##### イ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

8 月下旬、10 月下旬に日向灘で超低周波地震活動が検出された。

#### ウ 日本列島のひずみ変化

GNSS 連続観測によると、最近 1 年間の日本列島のひずみには、東北地方太平洋沖地震、熊本地震の余効変動、房総半島スロースリップ、及び北海道胆振東部地震の影響が見られる。

#### エ 全国の海底地殻変動観測結果

海底地殻変動観測によると、最近 4 年間の水平移動速度には、東北地方太平洋沖地震の余効変動、フィリピン海プレートの沈み込みに伴う変動が見られる。

#### (2) 東北地方太平洋沖地震関連

東北地方太平洋沖地震以降、東北地方から関東甲信越にかけて東向きの変動が見られ、累積水平変動は岩手川崎 A 観測点で最大約 145cm に達している。また、上下変動は、宮城県から千葉県にかけての太平洋沿岸では隆起が、岩手県沿岸と奥羽脊梁山脈付近では沈降が見られる。海底地殻変動観測によると、釜石沖、宮城沖で陸側へ、福島沖、銚子沖で海溝側への変動が見られる。

#### (3) プレート境界の固着状態とその変化

##### ア 駿河トラフ・南海トラフ・南西諸島海溝周辺

##### a 南海トラフ沿いの海底地殻変動観測結果

西南日本の沖合いの海底において、北西方向の地殻変動が見られる。紀伊水道の観測点では、2017 年以降、南向きの非定常な変動が見られ、紀伊水道沖合いでプレート間滑りが推定された。

##### b 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリップ活動状況

短期的スロースリップイベントを伴う顕著な微動活動が四国西部から豊後水道 (9 月 29 日から 10 月 6 日)、四国東部から中部 (10 月 31 日から 11 月 8 日) で発生した。それ以外の主な微動活動は、東海地方 (10 月 7 日から 10 日)、紀伊半島北部から南部 (9 月 18 日から 10 月 1 日)、四国東部から中部 (10 月 10 日から 15 日)、四国中部 (8 月 6 日から 12 日) で発生した。そのうち、紀伊半島北部から南部及び四国西部から豊後水道の微動活動に同期した短期的スロースリップに伴う地殻変動が GNSS で検出され、プレート間滑りが推定された。

##### c 九州北部の非定常地殻変動

2017 年 1 月から 2018 年 1 月の期間を定常変動とした場合、2018 年 4 月から 10 月にかけて九州北部を中心に南東向きに最大 1 cm 程度のわずかな非定常変動が見られた。この非定常変動から、日向灘北部で最大 14cm に達するプレート間滑りの発生が推定された。

## (4) その他

## ア 平成 30 年北海道胆振東部地震 (9 月 6 日 ~ 最大 M6.7)

2018 年 9 月 6 日に胆振地方中東部の深さ 37km で M6.7 の地震が発生し、最大震度 7 を記録した。この地震は陸のプレート内で発生した。発震機構は東北東-西南西方向に圧力軸を持つ逆断層型であった。この地震の発生以降、地震活動が活発になり、10 月 31 日までに M4.0 以上の地震が 53 回、最大震度 4 以上の地震が 23 回発生した。地震活動は、南北方向に延びる長さ約 30km の領域を中心に発生しており、減衰しつつも継続している。地震は、地震本部が長期評価を行った断層の位置から離れた場所で発生している。SAR 及び GNSS で観測された地殻変動から、ほぼ南北走向の高角な断層面における逆断層運動が推定された。断層の上端は深さ約 16km に位置し、Mw6.6 と推定された。本震後約 24 日後から余震活動が統計的なモデルの予測値からかい離する傾向が見られた。これは、対応する様に余震群の南端に群発型の群れが発生し始めたためである。また余震の  $b$  値の増加傾向が認められ、これは  $b$  値の高い浅い場所での余震活動の割合が増えたためと考えられる。本震発生後 3 時間の地震データに基づくリアルタイム余震確率予測から、本震後に大きい地震が発生する確率が大阪北部地震より高いことが示された。

## イ インドネシア・スラウェシ島、ミナハサ半島の地震 (9 月 28 日 Mw7.5)

2018 年 9 月 28 日にインドネシア・スラウェシ島、ミナハサ半島の深さ 10km で Mw7.5 の地震が発生した。この地震の発震機構は北西-南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型であった。SAR 解析の結果、震央付近から南側で顕著な変動が見られ、変動域は約 160 km の範囲に及んでいることが分かった。震源域の南部では約 5m 程度の変位が見られ、南北走向の断層に沿った左横ずれ運動と調和的である。

## 2 重点検討課題「予測実験の試行 05」の検討

これまで行ってきた予測実験の試行の報告を行うとともに、スロースリップの地震活動への影響や北海道東方沖の地震活動の静穏化に関する地殻活動の現状について検討が行われた。

## (1) 群発的地震活動を前震活動と仮定して行う本震の発生予測手法 (最近の活動事例による検証) と沖縄地方の繰り返し地震

群発的地震活動を基にした最近 1 年間の本震の発生予測に関する報告があった。日本海溝沿い等の領域を対象に試行した結果、前震と判断され、その後本震

が発生する事例はなかった。さらに、沖縄地方における繰り返し地震の発生状況とその発生予測について報告があった。宮古島近海や沖縄本島近海 (国頭村東方沖) における 2018 年の活動では、発生確率が 70% と予測された期間内に繰り返し地震が発生した領域があったことが報告された。

## (2) CSEP 参加グループによる予測手法: 予測と実際の活動の比較検証 (3)

関東の地震活動の予測の評価について報告があった。モデルの改良により、予測性能を示す情報利得値が向上することが示された。一方、地震発生数の予測については、予測モデル毎に結果に差があることが示され、発生数の予測精度を考慮したモデルの改良も重要であることが指摘された。

## (3) スロー地震と巨大地震の関係

海外のプレート境界付近の固着域周辺で発生した最近のスロー地震と巨大地震の関係について紹介があった。スロー地震のすべりが、巨大地震発生前に加速を示す事例は見つかっておらず、長期評価と組み合わせ、プレート境界の滑り速度の変化に基づいた確率論的な地震発生予測モデルの構築が必要不可欠であることが指摘された。

## (4) 北海道東部の最近の地殻変動

GEONET 観測による最近の地殻変動と潮位観測による長期間の上下変動について報告があった。地震活動の静穏化が終息以降、GNSS 観測において顕著な変化は見られないものの、根室付近の沈降速度がわずかに増加している可能性が示唆された。潮位データから推定される地盤の上下変動に近年見られる変化には、東北地方太平洋沖地震による広域の地殻変動や海面上昇の影響が含まれる可能性があることが指摘された。

## (5) 北海道東方沖の地震活動の相対的静穏化を受けた他の物理量変化の検討

北海道東方沖における地震活動や地殻変動の解析で見られている相対的な変化について紹介があった。2015 年頃まで、地震活動の顕著な静穏化、地震の発生数と規模の関係を示す  $b$  値の低下、プレート間固着の変化が見られていたことが報告された。先行的な変化が中・長期的に見られていることから、戦略的な多種目の調査と解析の検討に今後取り組む必要性が指摘された。

## 第 222 回地震予知連絡会 議事概要

日時 2019 年 2 月 22 日 (金)

場所 国土地理院関東地方測量部地震予知連絡会  
議室

### 出席者 (委員)

平原, 松澤, 山岡, 澁谷, 高橋, 遠田, 宮内, 佐藤,  
佐竹, 篠原, 小原, 中島, 尾形, 松本, 中尾, 青井,  
汐見, 有吉 (堀委員代理), 楠, 青木, 橋本, 宇根,  
矢来

### (招聘報告者)

新井 (海洋研究開発機構), 浅野 (防災科学技術  
研究所), 西村 (京都大学防災研究所), 八木原 (鹿  
児島大学), 中村 (琉球大学)

### 議事概要

#### 1 地殻活動モニタリングに関する検討

##### (1) 地殻活動の概況

###### ア 全国の地震活動について

国内で 2018 年 11 月から 2019 年 1 月までの 3 か  
月間に発生した M5 以上の地震は 32 回であった。  
期間外の 2 月 21 日の北海道胆振地方の地震では、  
震度 6 弱が観測された。

###### イ 日本周辺における浅部超低周波地震活動

日向灘で 1 月上旬に超低周波地震活動を検出し  
た。11 月中旬にも超低周波地震活動を検出したが、  
この活動は種子島の東方沖以南が活動の中心と思  
われる。1 月下旬にもほぼ同領域にて、各指標が掲  
載基準に達しない超低周波地震活動を検出した。

###### ウ 日本列島のひずみ変化

GNSS 連続観測によると、最近 1 年間の日本列島  
のひずみには、東北地方太平洋沖地震、熊本地震  
の余効変動、房総半島スロースリップ、及び北海道  
胆振東部地震の影響が見られる。

###### エ 全国の海底地殻変動観測結果

海底地殻変動観測によると、最近 4 年間の水平  
移動速度には、東北地方太平洋沖地震の余効変動、  
フィリピン海プレートの沈み込みに伴う変動が見ら  
れる。

##### (2) プレート境界の固着状態とその変化

###### ア 駿河トラフ・南海トラフ・南西諸島海溝周辺

###### a 南海トラフ沿いの海底地殻変動観測結果

西南日本の沖合いの海底において、北西方向  
の地殻変動が見られる。紀伊水道の観測点では、  
2017 年以降、南向きの非定常な変動が見られ、  
紀伊水道沖合いでプレート間滑りが推定されてき  
た。現在はプレート間滑りは終息している。

###### b 西南日本の深部低周波微動・短期的スロースリッ プ活動状況

短期的スロースリップを伴う顕著な微動活動  
が四国東部から中部 (10 月 31 日から 11 月 8 日)  
で発生した。それ以外の主な微動活動は、紀伊半  
島南部 (1 月 19 日から 23 日) で発生した。2018  
年後半より豊後水道南東側の微動の発生率増加  
が見られる。

###### c 九州北部・豊後水道の非定常地殻変動

2017 年 1 月から 2018 年 1 月の期間を定常変動  
とした場合、2018 年 4 月から 10 月にかけて九州  
北部を中心に南東向きに最大 1 cm 程度、2018 年  
10 月から 2019 年 1 月にかけて豊後水道周辺で南  
東向きに最大 1 cm 程度のわずかな非定常変動が  
見られた。この非定常変動から、2018 年 4 月か  
ら 10 月まで日向灘北部で最大 10 cm、2018 年 10  
月から 2019 年 1 月まで豊後水道で最大 9 cm に達  
するプレート間滑りの発生が推定された。豊後水  
道周辺の非定常地殻変動は 2019 年初頭からその  
速度が増加している。

##### (3) その他

###### ア 熊本県熊本地方の地震 (1 月 3 日 M5.1, 26 日 M4.3)

2019 年 1 月 3 日に熊本県熊本地方の深さ 10 km  
で M5.1 の地震 (最大震度 6 弱) が発生した。この  
地震は地殻内で発生した。発震機構は、南北方向に  
張力軸を持つ横ずれ断層型であった。この地震の発  
生以降、震源付近で地震活動が活発になり、31 日  
までに震度 1 以上を観測した地震が 8 回発生した。  
このうち、26 日に深さ 10 km で M4.3 の地震 (最大  
震度 5 弱) が発生した。この地震の発震機構は南北  
方向に張力軸を持つ型であった。地震活動は北西一  
南東方向に延びる長さ約 5 km の領域を中心に発生  
しており、減衰しつつも継続している。

###### イ 種子島近海の地震 (1 月 8 日 M6.0)

2019 年 1 月 8 日に発生した種子島近海の M6.0 の  
地震に伴い、震源近くの西之表電子基準点が南東  
に 2 cm 程変動した。

###### ウ 首都圏直下の三次元地震活動の時空間統計モデ ルと詳細予測

東北沖地震の影響や地震活動度の深さを考慮し  
た時空間 ETAS モデルが作成された。作成された  
モデルは、首都圏地域での実際の地震発生をよく予  
測できている。

###### エ インドネシア・クラカタウ火山の噴火

2018 年 12 月 22 日にインドネシアのアナク・ク  
ラカタウ火山の噴火を原因とする津波が発生した。

だいち 2 号が撮像した噴火前後の強度画像の比較から、島の南西部で明瞭な地形変化が認められた。また、SAR 干渉解析より、アナク・クラカタウ島付近を中心として衛星から遠ざかる変動が見られた。

#### オ 胆振地方中東部の地震 (2 月 21 日 M5.8)

2019 年 2 月 21 日に胆振地方中東部の深さ約 35km で M5.8 (暫定値) の地震 (最大震度 6 弱) が発生した。昨年 9 月 6 日に発生した平成 30 年北海道胆振東部地震の震源を含む南北約 30km の領域で地震活動が継続しており、今回の地震はその領域内で発生した。地震の発震機構は東西方向に圧力軸を持つ型であった。GNSS 観測の結果 (速報) 及び陸域観測技術衛星 2 号「だいち 2 号」の合成開口レーダー干渉解析の結果によると、今回の地震に伴う有意な地殻変動は観測されていない。

## 2 重点検討課題「南西諸島の地殻変動」の検討

陸・海域の地震観測や地殻変動観測、構造探査等で明らかになった南西諸島の地殻活動が紹介され、その現状について議論された。

### (1) 琉球海溝におけるプレート沈み込み構造と地震活動

琉球海溝で実施された地殻構造探査の結果が報告された。琉球海溝の南部では、1771 年八重山地震の津波発生域において分岐断層があることが示された。北部では、1995 年奄美大島近海地震の震源域において奄美海台が沈み込んでいることやプレートが途中で断裂していることが示された。

### (2) 南西諸島北部～日向灘における地震・超低周波地震活動の特徴

西南日本における浅部超低周波地震の共通点や地域性等について報告があった。南西諸島では、西南日本の中でも超低周波地震が頻度高く発生している領域であることが示された。機動観測のデータを追加した解析から、奄美大島の北東沖で超低周波地震の震源が南西方向に移動していることが示された。

### (3) GNSS データから推定された南西諸島の短期的スロースリップイベント

南西諸島で発生するスロースリップは、様々な深度や継続期間を持って発生しており、南海トラフ沿いで発生するスロースリップとは異なる特徴を持つことが示された。また、スロースリップは通常の中小地震や過去の大地震の発生領域とは重ならないことが多く、低周波地震はスロースリップの発生領域の周辺域で主に発生する傾向があることが指摘された。

### (4) 海域及び島嶼域観測による南西諸島北部域の地震活動・地殻変動モニタリング

準定常海底地震観測により低周波微動が検出され、それらがスロースリップと同期して発生している可能

性があること等が指摘された。また、2015 年頃からプレート境界における準静的滑りの速度が広域でほぼ同時に変化したことが報告された。背弧側にある女島での GNSS 観測により、沖縄トラフ北端部が約 5 mm/yr の速度で拡大していることを初めて定量的に捉えたこと等が紹介された。

### (5) 南西諸島海溝沿いにおける海底地殻変動観測に基づくプレート間カップリング

南西諸島中部の沖縄島沖におけるプレート間の固着域は、1791 年の津波地震の震源域と一致している一方、スロースリップの発生域とは重ならないことが指摘された。また、南西諸島南部の波照間島沖では南方向の動きが観測されているものの、プレート間の固着の有無については現段階では不明であることが報告された。