Online edition: ISSN 2435-760X Print edition: ISSN 0288-8408

地震予知連絡会会報

〈第 104 巻〉

令和2年9月

国土地理院

REPORT OF THE COORDINATING COMMITTEE FOR EARTHQUAKE PREDICTION

VOL. 104

SEPTEMBER, 2020

EDITED BY GEOSPATIAL INFORMATION AUTHORITY OF JAPAN

地震予知連絡会会報(第104巻)

この会報は、地震予知連絡会(第226回・第227回)に提出された資料を取りまとめたものです。

目 次

1 - 1	日本とその周辺の地震活動(2019年11月~2020年4月)(気象庁)	1
1 - 2	日本周辺における浅部超低周波地震活動	
	(2019年11月~2020年4月)(防災科研)	
1 - 3	日本全国の地殻変動	7
1 - 4	全国 GNSS 観測点のプレート沈み込み方向の位置変化(気象研)	22
2 - 1	北海道地方とその周辺の地震活動(2019 年 11 月~ 2020 年 4 月)(気象庁)	27
2 - 2	北海道地方の地殻変動	
3 - 1	東北地方とその周辺の地震活動(2019年11月~2020年4月)(気象庁)	42
3 - 2	日本海溝沿いの海底地殻変動観測結果(海上保安庁)	57
3 - 3	東北地方の地殻変動	63
4 - 1	関東・中部地方とその周辺の地震活動(2019年11月~2020年4月)(気象庁)	
4 - 2	神奈川県西部地域の地下水位観測結果(2019 年 11 月~ 2020 年 4 月)	
	······(温泉地学研・産総研)	139
4 - 3	関東甲信地方の地殻変動	145
5 - 1	伊豆地方の地殻変動	148
6 - 1	東海地方の地殻変動	166
6 - 2	東海・南関東地域におけるひずみ観測結果(2019 年 11 月~ 2020 年 4 月)	
	(気象庁・気象研)	197
6 - 3	天竜船明レーザー式変位計による地殻変動観測(気象研)	212
6 - 4	東海・紀伊半島・四国における短期的スロースリップイベント	
	(2019年11月~2020年4月)(産総研・防災科研)	216
6 - 5	東海・関東・伊豆地域における地下水等観測結果(2019年11月~2020年4月)) (61)
	(産総研)	265
7 - 1	岐阜県東部の活断層周辺における地殻活動観測結果(2019年11月~2020年4	月)
	(産総研)	272
8 - 1	近畿・中国・四国地方とその周辺の地震活動(2019 年 11 月~ 2020 年 4 月)	
	(気象庁)	274
8 - 2	近畿地方の地殻変動	277
8 - 3	南海トラフ周辺の地殻活動(2019年11月~2020年4月)(気象庁)	310
8 - 4	南海トラフ周辺における最近の傾斜変動(2019 年 11 月~ 2020 年 4 月)	
	(防災科研)	351
8 - 5	南海トラフ沿いの海底地殻変動観測結果(海上保安庁)	361
8 - 6	南海トラフ沿いの長期的スロースリップの客観検知(気象研)	366
8 - 7	内陸部の地震空白域における地殻変動連続観測(気象研)	369
8 - 8	紀伊半島~四国の歪・傾斜・地下水観測結果(2019 年 11 月~ 2020 年 4 月)	
	(産総研)	373

8 - 9	近畿地域の地下水位・歪観測結果(2019年11月~2020年4月)(産総研)	•••••	384
9 - 1	西南日本における深部低周波微動活動(2019年11月~2020年4月)		
	(防災科研)	•••••	388
9 - 2	中国・四国地方の地殻変動		393
9 - 3	西南日本における短期的スロースリップイベント(2019年11月~2020年4月)		
	(防災科研)		415
9 - 4	鳥取県・岡山県・島根県における温泉水変化(2019 年 11 月~ 2020 年 4 月)		
	(鳥取大・産総研)		421
10 - 1	九州地方とその周辺の地震活動(2019年11月~2020年4月)(気象庁)		424
10 - 2	沖縄地方とその周辺の地震活動(2019年11月~2020年4月)(気象庁)	•••••	431
11 - 1	その他の地域の地震活動(日本周辺, 2019年11月~2020年4月)…(気象庁)		434
11 - 2	世界の地震活動(2019年11月~2020年4月)(気象庁)	•••••	436
11 - 3	中規模繰り返し相似地震の発生状況と発生確率(2020)(気象研)	•••••	448
11 - 4	測地 VLBI 観測(国際・国内超長基線測量)(地理院)	•••••	453
11 - 5	下里水路観測所における SLR 観測(海上保安庁)	•••••	457
11 - 6	気象庁震度データベースを用いた地震予測		
	(2019年の予測結果の評価と 2020年の予測)(滋賀県立大)	•••••	459
12 - 1	第226回地震予知連絡会重点検討課題		
	「地表に痕跡を残さない地震」概要(北海道大)	•••••	465
12 - 2	北海道胆振東部地震などの地表に痕跡を残さない地震の特徴(北海道大)	•••••	467
12 - 3	M7 震源は上部地殻にどのくらい隠れているか ~痕跡を残さない地震,		
	痕跡を消される地震、地震を起こさず痕跡だけを残す断層(東北大)	•••••	470
12 - 4	力学モデルに立脚した第2ステージの地震による強震動予測のための震源モデル		
	(清水建設技術研究所)	•••••	472
12 - 5	震源断層の長期評価に向けて(地震研)		476

連絡会記事	揮	480
運営要綱		484
委員名簿		485
投稿規定		489

CONTENTS (Vol.104)

1 - 1	Seismic Activity in and around Japan (November 2019 – April 2020) ······ (JMA)	1
1 - 2	Activity of Shallow Very-low-frequency Earthquakes in and around Japan	
	(November, 2019 – April, 2020)	4
1 - 3	Crustal Deformations of Entire Japan (GSI)	7
1 - 4	Position Change in the plate subduction direction of the nationwide GNSS points(MRI)	22
2 - 1	Seismic Activity in and around the Hokkaido District (November 2019 – April 2020)	
	(JMA)	27
2 - 2	Crustal Movements in the Hokkaido District (GSI)	
3 - 1	Seismic Activity in and around the Tohoku District (November 2019 – April 2020)	
	(JMA)	42
3 - 2	Seafloor movements along the Japan Trench observed by seafloor geodetic observations	
		57
3 - 3	Crustal Movements in the Tohoku District (GSI)	63
4 - 1	Seismic Activity in and around the Kanto and Chubu Districts	
	(November 2019 – April 2020) (JMA)	
4 - 2	Temporal Variation in the Groundwater Level in the western part of Kanagawa	
	Prefecture, Japan (November 2019 – April 2020)	139
4 - 3	Crustal Movements in the Kanto District (GSI)	145
5 - 1	Crustal Movements in the Izu peninsula and its Vicinity (GSI)	148
6 - 1	Crustal Movements in the Tokai District (GSI)	166
6 - 2	Observation of Crustal Strain by Borehole Strainmeters in the Tokai and Southern Kanto	
	Districts (November, 2019 – April, 2020) ······(JMA, MRI)	197
6 - 3	Crustal deformation observed with Tenryu-Funagira laser extensometer (MRI)	212
6 - 4	Short-term slow slip events in the Tokai area, the Kii Peninsula and the Shikoku	
	District, Japan (from November 2019 to April 2020)······ (AIST, NIED)	216
6 - 5	The Variation of the Groundwater Level, Discharge Rate, Tilt meter, Three-Component	
	Strain, and Subsidence in the Tokai, Kanto District and Izu Peninsula, Japan.	
	(from Nov. 2019 to Apr. 2020) (61) (AIST)	265
7 - 1	Observation of Tectonic Activities around the Active Faults in Eastern Gifu Region	
	(November, 2019 – April, 2020) (AIST)	272
8 - 1	Seismic Activity in and around the Kinki, Chugoku and Shikoku Districts	
	(November 2019 – April 2020) (JMA)	274
8 - 2	Crustal Movements in the Kinki District (GSI)	277
8 - 3	Crustal Activity around the Nankai Trough (November 2019 – April 2020) ······ (JMA)	310
8 - 4	Recent Continuous Crustal Tilt Observation around the Nankai Trough	
	(November, 2019 – April, 2020)	351
8 - 5	Seafloor movements along the Nankai Trough observed by seafloor geodetic	
	observations (JCG)	361

8 - 6	Objective detection of long-term slow slip events along the Nankai Trough (MRI)	366
8 - 7	Continuous Observations of Crustal Deformations in and around Intraplate	
	Seismic Gaps (MRI)	369
8 - 8	The variation of the strain, tilt and groundwater level in the Shikoku District and	
	Kii Peninsula, Japan (from November 2019 to April 2020) (AIST)	373
8 - 9	Observational Results of Groundwater Levels and Crustal Strains in the Kinki District,	
	Japan (November 2019 – April 2020) (AIST)	384
9 - 1	Activity of deep low-frequency tremor in southwest Japan	
	(November, 2019 – April, 2020)	388
9 - 2	Crustal Movements in the Chugoku and Shikoku Districts (GSI)	393
9 - 3	Short-term slow slip events with non-volcanic tremor in southwest Japan	
	(November 2019 – April 2020)(NIED)	415
9 - 4	Temporal Variation in the hot spring water in the Tottori Prefecture, Okayama Prefecture	
	and Shimane Prefecture, Japan (November 2019 – April 2020)	
	(Tottori Univ., AIST)	421
10 - 1	Seismic Activity in and around the Kyushu District (November 2019 – April 2020)	
		424
10 - 2	Seismic Activity around the Okinawa District (November 2019 – April 2020)… (JMA)	431
11 - 1	Seismic Activity in Other Regions around Japan (November 2019 – April 2020)	
		434
11 - 2	Seismic Activity in the World (November 2019 – April 2020) (JMA)	436
11 - 3	Probability of moderate repeating earthquakes within one and three years from	
	1 January 2020 (MRI)	448
11 - 4	The Results of VLBI Observation for Geodesy (GSI)	453
11 - 5	Continuous SLR observation at Shimosato Hydrographic Observatory (JCG)	457
11 - 6	Earthquake forecasting in 2020 by using the seismic intensity database of Japan	
	Meteorological Agency and evaluation of the 2019 forecast (Univ. Shiga Pref.)	459
12 - 1	Summary of intensive discussion subject "Blind fault earthquake and its characteristics"	
	······(Hokkaido Univ.)	465
12 - 2	Characteristics of inland earthquakes without surface faults(Hokkaido Univ.)	467
12 - 3	How many M~7 sources are hidden in the upper crust: Earthquakes do not leave	
	surface ruptures, earthquakes leave short-lived surface rupture, and surface-rupturing	
	faults without their own earthquakes ······(Tohoku Univ.)	470
12 - 4	Seismic source model for predicting strong motions from second-stage earthquakes	
	based on mechanical model (Institute of Technology, Shimizu Corporation)	472
12 - 5	Towards a new model for assessing seismic risk in an overriding plate (ERI)	476

1-1 日本とその周辺の地震活動(2019年11月~2020年4月) Seismic Activity in and around Japan (November 2019 – April 2020)

気象庁

Japan Meteorological Agency

今期間,日本とその周辺で M5.0 以上の地震は 52 回,M6.0 以上の地震は 4 回発生した.このう ち最大のものは,2020年2月13日19時33分に択捉島南東沖で発生した M7.2 の地震であった.また, 2011年3月11日に発生した「平成 23 年 (2011年)東北地方太平洋沖地震」(M9.0,最大震度 7, 以下「東北地方太平洋沖地震」と呼ぶ)の余震が,前期間に引き続き,岩手県から千葉県北東部に かけての沿岸及びその沖合の広い範囲で発生した.2019年11月~2020年4月の M5.0 以上の地震 の震央分布を第1図(a)及び(b)に示す.

主な地震活動は以下のとおりである.

(1) 北海道地方とその周辺の地震活動(本巻「北海道地方とその周辺の地震活動」の頁参照)

2019年12月12日01時09分に宗谷地方北部の深さ7kmでM4.2の地震(最大震度5弱)が発生した. この地震は地殻内で発生した.

2020年2月13日19時33分に択捉島南東沖の深さ155kmでM7.2の地震(最大震度4)が発生した. この地震は太平洋プレート内部で発生した.この地震の発震機構(CMT解)は北北西-南南東方向に張力軸を持つ型である.

(2) 東北地方とその周辺の地震活動(本巻「東北地方とその周辺の地震活動」の頁参照)

2019 年 12 月 19 日 15 時 21 分に青森県東方沖の深さ 50 km で M5.5 の地震(最大震度 5 弱)が発 生した.この地震は,発震機構(CMT 解)が北北東-南南西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.

今期間に東北地方太平洋沖地震の余震域で発生した M5.0 以上の地震は 11 回, M5.5 以上の地震 は 5 回であった.

(3) 関東・中部地方とその周辺の地震活動(本巻「関東・中部地方とその周辺の地震活動」の頁参照) 2020年3月13日02時18分に石川県能登地方の深さ12kmでM5.5の地震(最大震度5強)が 発生した.この地震は地殻内で発生した.この地震の発震機構(CMT解)は、西北西-東南東方 向に圧力軸をもつ逆断層型である.

2020年4月23日13時44分に長野県中部の深さ3kmでM5.5の地震(最大震度4)が発生した. この地震は地殻内で発生した.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る. また,この地震の発生後,同日13時57分にM5.0の地震(最大震度3),26日02時22分にM5.0 の地震(最大震度3)が発生した.これらの地震の一連の活動により,4月22日から30日までに 震度1以上を観測する地震が67回発生している.

⁽⁴⁾ 近畿・中国・四国地方とその周辺の地震活動(本巻「近畿・中国・四国地方とその周辺の地震 活動」の頁参照)

2019年11月26日15時09分に瀬戸内海中部の深さ16kmでM4.6の地震(最大震度4)が発生した. この地震は地殻内で発生した.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る.また,26日07時58分にも今回の震源とほぼ同じ場所でM3.8の地震(最大震度3)が発生した.

(5) 九州地方とその周辺の地震活動(本巻「九州地方とその周辺の地震活動」の頁参照)

2019年11月22日18時05分に日向灘の深さ24kmでM5.2の地震(最大震度3)が発生した. この地震は,発震機構(CMT解)が西北西-東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レートの境界で発生した.今回の地震の震源付近では,2019年5月10日にも M6.3の地震(最大震度5弱)が発生している.

(6)沖縄地方とその周辺の地震活動(本巻「沖縄地方とその周辺の地震活動」の頁参照)
 2020年1月16日18時36分に沖縄本島近海の深さ14kmでM4.2の地震(最大震度4)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.

なお、本巻の気象庁作成資料は、特段の断りがない限り、国立研究開発法人防災科学技術研究所、 北海道大学、弘前大学、東北大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、高知大学、九州大学、鹿児 島大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国土地理院、国立研究開発法人海洋研究開発機構、 公益財団法人地震予知総合研究振興会、青森県、東京都、静岡県、神奈川県温泉地学研究所及び気 象庁のデータを用いて作成している.また、2016年熊本地震合同観測グループのオンライン臨時 観測点(河原、熊野座)、米国大学間地震学研究連合(IRIS)の観測点(台北、玉峰、寧安橋、玉 里、台東)のデータを用いて作成している.2016年4月1日以降の震源では、Mの小さな地震は、 自動処理による震源を表示している場合がある.自動処理による震源は、震源誤差の大きなものが 表示されることがある.2020年4月18日以降の震源では、地震の規模の小さな地震について、暫 定的に震源精査の基準を変更しているため、それ以前と比較して微小な地震での震源決定数の変化 (増減)が認められる.



日本とその周辺の地震活動(2019年11月~2020年1月、M≧5.0)

第1図(a) 日本とその周辺の地震活動(2019年11月~2020年1月, M ≧ 5.0, 深さ≦ 700 km) Fig. 1(a) Seismic activity in and around Japan (November 2019 – January 2020, M ≧ 5.0, depth ≦ 700 km).



日本とその周辺の地震活動(2020年2月~2020年4月、M≧5.0)

第1図(b) つづき(2020年2月~4月, M≧ 5.0, 深さ≦ 700 km) Fig. 1(b) Continued (February 2020 – April 2020, M≧ 5.0, depth ≦ 700 km).

1-2 日本周辺における浅部超低周波地震活動(2019年11月~2020年4月) Activity of Shallow Very-low-frequency Earthquakes in and around Japan (November, 2019 – April, 2020)

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

日本周辺で発生する浅部超低周波地震の活動を防災科研 Hi-net に併設された高感度加速度計(傾 斜計)の記録のアレイ解析¹⁾によって調べた.2003年6月1日から2020年4月30日までの期間 におけるイベントの空間分布を第1図に,時空間分布図を第2図に,および十勝沖における累積カ ウント数の時間変化を第3図にそれぞれ示す.Hi-netの震源カタログにはないイベントを,第1図 および第2図中に赤色および桃色丸印でそれぞれ示す.これらの地震の多くは浅部超低周波地震と みられるが,特に2011年3月11日に発生した平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の発生 以降は,通常の地震と考えられるイベントも混在する.

2019年11月1日から2020年4月30日までの6ヶ月間においては、2月中旬から下旬に十勝沖 で超低周波地震活動を検出した(2019年7月以来). その他の地域では期間内に資料掲載基準をク リアする超低周波地震は検出されなかったが、日向灘においては上述の基準に達しない超低周波地 震が2月下旬、3月中旬、および4月上旬に検出された.

> (浅野 陽一) ASANO Youichi

参考文献

1) Asano et al. (2008), Earth Planets Space, 60, 871-875.



- 第1図 検出されたイベントの震央分布(2003年6月1日から2020年4月30日).検出イベントを防災科研Hinetの手動または自動験測震源と照合し、対応する地震が見出されたイベントを灰色で、それ以外を桃色(2019年10月31日以前)、および赤色(11月1日以降)の点でそれぞれ示す.これらは主として周期10秒以上に卓越する超低周波地震を表すが、東北地方太平洋沖地震の発生以降は、除去しきれない通常の地震を多数含む.期間内に発生したM7以上の地震の震央を黄色星印で併せて示す(ただし、2011年3月11日以降の東日本は東北地方太平洋沖地震の本震のみ図示).
- Fig. 1 Spatial distribution of detected events. Gray dots denote events identified with ordinary earthquakes listed in the NIED Hi-net catalogue. Pink and red dots denote other events in the periods of June 1, 2003 October 31, 2019 and November 1 April 30, 2020, respectively. These events are mainly very-low frequency earthquakes (VLFEs); however, many regular earthquakes after the M 9 Tohoku earthquake are also classified as unidentified events due to incompleteness of the catalog. Stations and earthquakes with larger magnitudes than 7.0 are shown by crosses and yellow stars, respectively.



時間(年)

- 第2図 2003年6月1日から2020年4月30日までの期間に検出されたイベントの時空間分布. 検出されたイベントを防災科研 Hi-net 手動または自動検測震源と照合し,対応する地震が見出されたイベントを灰色丸印で, それ以外を赤色丸印で示す.
- Fig. 2 Spatiotemporal distribution of detected events in the period of June 1, 2003 April 30, 2020. Gray and red dots denote events identified with ordinary earthquakes and other events that are mainly VLFEs. Other symbols are the same as shown in Fig. 1.



第3図 十勝沖における検出イベント累積カウント数の時間変化. Fig. 3 Time series of cumulative number of VLFEs in Tokachi-oki.

1-3 日本全国の地殻変動 Crustal Deformations of Entire Japan

国土地理院 Geospatial Information Authority of Japan

[GNSS]

第1~6図は、GEONET による GNSS 連続観測から求めた最近1年間及び3か月間の全国の水 平地殻変動である.固定局(☆の点)は、長崎県五島列島の福江観測点である.国土地理院ではア ンテナ交換や観測点周辺の樹木の伐採等の保守を行っており、これに伴うオフセットの補正を後日 F3 解が得られてから行っている.基準期間と比較期間を含む期間中にアンテナ交換が行われ、そ れによるオフセットを補正した観測点の変動ベクトルは、補正誤差が含まれる可能性があるため、 白抜きの矢印で示し区別している.

なお、前回報告までの資料では、F3 解について、2018 年 1 月 24 日から 2019 年 10 月 7 日の解 析において解析設定ファイルの更新漏れがあり、正しい値との較差が生じていたことが分かった. その影響は基線長が長いほど大きくなる傾向があり、基線長が 1,000 km を超える場合には水平で 3 mm 程度、上下で 6 mm 程度の較差が生じているが、距離が短い場合には較差は小さい.今回の 資料は、再解析を行い、当該期間について修正された F3 解を用いて作成している.

[GNSS 1年間]

第1図の最近1年間の北海道・東北地方の図においては、2011年3月11日に発生した平成23 年(2011年)東北地方太平洋沖地震(M9.0,最大震度7)の後に続く余効変動が顕著である。そ のほか,道東地方では千島海溝沿いの太平洋プレートの沈み込みに伴う北西向きの変動が見られる。

第2図の日本列島中央部の図においては,東北地方太平洋沖地震後の余効変動の影響が見られる. 東海地方から四国にかけて,フィリピン海プレートの沈み込みに伴う北西向きの変動が見られる. そのほか,小笠原村の硫黄島(いおうとう)では,火山性の地殻変動が見られる.

第3図の日本列島西部の図においては、中国・四国地方の西部から九州地方にかけて、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。そのほか、九州地方では定常状態と比べて僅かに 南北に開く成分が大きく、2016年4月に発生した平成28年(2016年)熊本地震の余効変動が重畳 していると考えられる。

[GNSS 3か月]

第4~6図は、最近3か月間の水平変動ベクトル図である.

第4図の北海道・東北地方では、東北地方太平洋沖地震後の余効変動の影響が見られる. そのほか, 道東地方では千島海溝沿いの太平洋プレートの沈み込みに伴う北西向きのベクトルが見られる.

第5図の日本列島中央部では、東北地方太平洋沖地震後の余効変動の影響が東北地方を中心に見 られる.紀伊半島から四国にかけては南海トラフ沿いのプレートの沈み込みに伴う北西向きの変動 が見られる.そのほか、小笠原村の硫黄島で火山性の地殻変動が見られる.

第6図の九州以西の図では、中国・四国地方の西部から九州地方にかけて、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.

[GNSS 差の差 3か月]

第7~9図は,最近3か月間の水平方向の地殻変動について,年周変化やプレート運動等の定常 的な変動の影響を取り去った変動を見るため,1年前の同時期の水平変動ベクトルに対する差を示 す図である.これらの図においては,前の期間に生じた地殻変動は,逆向きに表示される.また, 最近の3か月間又は1年前の同時期にアンテナ交換を行った観測点の矢印は,白抜きの矢印で示し ている.

第7図の北海道・東北地方の図では、特段の変化は見られない.

第8図の日本列島中央部の図では、四国西部において、2018年春頃から始まった日向灘北部・ 豊後水道での長期的 SSE に伴う地殻変動の影響が見られる。そのほか、小笠原村の硫黄島で島内 の火山性の地殻変動速度が変化した影響が見られる。

第9図の九州以西の図では、四国西部で、2018年春頃から始まった日向灘北部・豊後水道での 長期的 SSE に伴う地殻変動の影響が見られる.また、2019年1月に発生した種子島近海の地震に 伴う地殻変動の影響が見られる.そのほか、先島諸島周辺では2019年2月に発生した地震および 長期的 SSE に伴う地殻変動の影響が見られる.

[GNSS ひずみ変化]

第10~12 図は, GNSS データから推定した日本列島の最近1年間のひずみ変化を示す図である. 第10 図は日本全国のひずみ変化である.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ひずみが見られるほか,九州地方では熊本地震の余効変動によ るひずみが見られる.また,東北地方の日本海側では 2019 年 6 月 18 日の山形県沖の地震に伴う 地殻変動,九州北部から四国西部では 2018 年春頃から始まった日向灘北部・豊後水道での長期的 SSE に伴う地殻変動によるひずみ, 2019 年 1 月 8 日の種子島近海の地震に伴う地殻変動によるひ ずみがそれぞれ見られる.第11~12 図は,第10 図を地方ごとに拡大した図である.

第13回は,第10回の回との比較のために,地震や余効変動の影響が少なかった1998年3月からの1年間のひずみ変化を,定常時のひずみ変化とみなして示したものである.定常時における東日本のひずみは概ね東西方向の縮みとなっている.



第1図 GNSS 連続観測から求めた 2019 年 4 月~ 2020 年 4 月の水平変動 Fig. 1 Horizontal displacements at GNSS sites during April 2019 – April 2020. (☆, Reference station is Fukue)



第2図 GNSS 連続観測から求めた 2019 年 4 月~ 2020 年 4 月の水平変動 Fig. 2 Horizontal displacements at GNSS sites during April 2019 – April 2020. (☆, Reference station is Fukue)



第3図 GNSS 連続観測から求めた 2019 年 4 月~ 2020 年 4 月の水平変動 Fig. 3 Horizontal displacements at GNSS sites during April 2019 – April 2020. (☆, Reference station is Fukue)



第4図 GNSS 連続観測から求めた 2020 年 1 月~ 2020 年 4 月の水平変動 Fig. 4 Horizontal displacements at GNSS sites during January 2020 – April 2020. (☆, Reference station is Fukue)



第5図 GNSS 連続観測から求めた 2020 年 1 月~ 2020 年 4 月の水平変動 Fig. 5 Horizontal displacements at GNSS sites during January 2020 – April 2020. (☆, Reference station is Fukue)



第6図 GNSS 連続観測から求めた 2020 年 1 月~ 2020 年 4 月の水平変動 Fig. 6 Horizontal displacements at GNSS sites during January 2020 – April 2020. (☆, Reference station is Fukue)



第7図 GNSS 水平変動の差(3か月間)

Fig. 7 Differences of horizontal displacements at GNSS sites between January 2019 – April 2019 and January 2020 – April 2020.



第8図 GNSS 水平変動の差(3か月間)

Fig. 8 Differences of horizontal displacements at GNSS sites between January 2019 – April 2019 and January 2020 – April 2020.



第9図 GNSS 水平変動の差(3か月間)

Fig. 9 Differences of horizontal displacements at GNSS sites between January 2019 – April 2019 and January 2020 – April 2020.

GNSS 連続観測から推定した日本列島のひずみ変化

- ・ 平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震の余効変動の影響によるひずみが見られる。
- ・平成28年(2016年) 熊本地震の余効変動の影響によるひずみが見られる.
- ・四国西部では、2018年春頃から始まったプレート間のゆっくりすべり(スロースリップ現象)の影響によるひずみが見られる。
- 2019年1月の種子島近海の地震の影響によるひずみが見られる.
- 2019年6月18日の山形県沖の地震の影響によるひずみが見られる。





・ 海底地形データは ETOPO1 (Amante, C. & B. W. Eakins(2009)) を使用した.

第 10 図 GNSS 連続観測データから推定した日本列島の水平歪(2019 年 4 月~2020 年 4 月) Fig. 10 Horizontal strain in Japan derived from continuous GNSS measurements during April 2019 – April 2020.

GNSS 連続観測から推定した各地方のひずみ変化(1)

・ 平成 23 年(2011年)東北地方太平洋沖地震の余効変動の影響によるひずみが見られる.
・ 2019年6月18日の山形県沖の地震の影響によるひずみが見られる.



基準期間:2019/03/21 – 2019/04/04 [F3:最終解] 比較期間:2020/03/21 – 2020/04/04 [F3:最終解]

・図は GNSS 連続観測による1年間の変位ベクトルから推定した各地方の地殻水平ひずみである.

・海底地形データは ETOPO1 (Amante, C. & B. W. Eakins(2009)) を使用した.

- 第11 図 GNSS 連続観測データから推定した北海道・東北および関東・中部・近畿地方の水平歪(2019 年 4 月~ 2020 年 4 月)
- Fig. 11 Horizontal strain in Hokkaido, Tohoku, Kanto, Chubu and Kinki districts derived from continuous GNSS measurements during April 2019 April 2020.

GNSS 連続観測から推定した各地方のひずみ変化(2)

- ・ 平成28年(2016年) 熊本地震の余効変動の影響によるひずみが見られる.
- ・四国西部では、2018 年春頃から始まったプレート間のゆっくりすべり(スロースリップ現象)の影響によるひずみが 見られる。
- 2019年1月の種子島近海の地震の影響によるひずみが見られる.



基準期間:2019/03/21-2019/04/04 [F3:最終解] 比較期間:2020/03/21-2020/04/04 [F3:最終解]

・ 図は GNSS 連続観測による1年間の変位ベクトルから推定した各地方の地殻水平ひずみである。
 ・ 海底地形データは ETOPO1 (Amante, C. & B. W. Eakins(2009)) を使用した。

第 12 図 GNSS 連続観測データから推定した中国・四国・九州及び南西諸島地方の水平歪(2019年4月~2020年4月) Fig. 12 Horizontal strain in Chugoku, Shikoku, Kyushu and Nansei-islands areas derived from continuous GNSS measurements during April 2019 – April 2020.

GNSS 連続観測から推定した日本列島のひずみ変化 定常時・比較用



基準期間:1998/03/21-1998/04/04 [F3:最終解] 比較期間:1999/03/21-1999/04/04 [F3:最終解]

・ 上図の期間は定常時の変動を示す(伊豆諸島周辺を除く).
 ・ 海底地形データは ETOPO1(Amante, C. & B. W. Eakins(2009))を使用した.

第 13 図 GNSS 連続観測データから推定した日本列島の水平歪【定常時・比較用】 Fig. 13 Typical horizontal strain in Japan derived from continuous GNSS measurements.

1-4 全国 GNSS 観測点のプレート沈み込み方向の位置変化 Position Change in the plate subduction direction of the nationwide GNSS points

気象庁気象研究所 Meteorological Research Institute, JMA

日本海側の観測点を領域固定¹⁾して,太平洋側の GNSS 観測点のプレート沈み込み方向(N65W) の位置変化について確認した.データは国土地理院 GEONET の GNSS 座標値 F3 解を使用した. 確認した観測点と領域固定した観測点の配置を第1図に,位置変化を第2a図(東日本)と第2b図 (西日本)に示す.GNSS 座標値データからは GEONET 観測点のアンテナ交換などに伴うオフセッ ト²⁾と主な地震に伴うオフセット,年周・半年周成分を除いた.座標変化からは適当な一次トレン ドを差し引いている.主な変化①~⑧について報告する.

①三陸地域

三陸に位置する第 2a 図の地点 F に,2004 年頃を境にしたトレンドの変化が見られる.三陸地域 では 1994 年三陸はるか沖地震 (M7.6)の余効変動が顕著であり,2004 年頃まで東西の伸び変化が 続いていたと考えられる.

②東北地方南部から関東地方北部

東北地方南部に位置する第2a図の地点HとIに,2003年頃から南東向き変化が見られる.地点 Iでは2008年頃から変化が加速し,茨城県北部の地点Jでも2008年茨城県沖の地震の余効変動が 長く続いている.これらの変化は,2011年東北地方太平洋沖地震の震源域の一部での地震前の非 地震性すべりに対応している可能性がある.

③房総地域

房総半島に位置する第2a図の地点Lに房総半島沖のスロースリップに伴う変化が見られる.図中の発生時期は1996年5月,2002年10月,2007年8月,2011年10月,2014年1月,2018年6月である.

④伊豆半島

伊豆半島南部に位置する第2b図の地点Nでは,2000年の伊豆諸島北部(三宅・神津)の地震火 山活動後も南東向きの変化が継続していた.

⑤東海地域

東海地域に位置する第 2b 図の地点 O に,2000 ~ 2005 年及び 2013 ~ 2016 年に東海地域長期的 スロースリップに伴う変化が見られる.2005 ~ 2010 年は 1997 ~ 1999 年と比較してやや南東向き の傾向が見られる.

⑥紀伊水道

紀伊水道付近に位置する第 2b 図の地点に 1996 ~ 1997 年 (地点 R と S), 2000 ~ 2002 年 (地点 R, S, T), 2014 ~ 2016 年 (地点 S) の長期的スロースリップに伴う南東向き変化が見られる.

⑦四国地域

豊後水道付近に位置する第 2b 図の地点 V に, 1997 年, 2003 年, 2010 年の豊後水道長期的スロ ースリップに伴う変化が見られる.また, 2014 年と 2015 年後半から小さな変化が見られる. 2018 年末から 2019 年にかけては豊後水道長期的スロースリップに伴う変化が見られる.

⑧八重山諸島

八重山諸島に位置する第 2b 図の地点 c に,約半年周期のスロースリップに伴う変化が見られる.

謝辞

調査には国土地理院 GEONET の GNSS 座標値データ,アンテナ交換等のオフセット量を使用さ せていただきました.

参考文献

- 1) Kobayashi (2017), Earth Planets Space, 69, 171.
- 2) 岩下·他 (2009), *国土地理院時報*, 118, 23-30.



第1図 調査対象観測点 (A-Z, a-c) と領域固定に用いた観測点 Fig. 1 Observation points (A-Z, a-c) and points used for region fixing.



第 2a 図 プレート沈み込み方向の位置変化(東日本; 1996 年から 2020 年 3 月) Fig. 2a Position Change in the plate subduction direction (eastern Japan).



第 2b 図 プレート沈み込み方向の位置変化(西日本; 1996 年から 2020 年 3 月) Fig. 2b Position Change in the plate subduction direction (western Japan).

2-1 北海道地方とその周辺の地震活動(2019年11月~2020年4月) Seismic Activity in and around the Hokkaido District (November 2019 – April 2020)

気象庁 札幌管区気象台 Sapporo Regional Headquarters, JMA

今期間,北海道地方とその周辺で M4.0 以上の地震は 98 回, M5.0 以上は 10 回, M6.0 以上は 1 回発生した. このうち最大は,2020 年 2 月 13 日に択捉島南東沖で発生した M7.2 の地震であった. 2019 年 11 月~2020 年 4 月の M4.0 以上の地震の震央分布を第 1 図(a)及び(b)に示す. 主な地震活動は以下のとおりである.

(1) 北海道東方沖の地震(M5.4,最大震度3,第2図)

2019 年 11 月 23 日 21 時 58 分に北海道東方沖で M5.4 の地震(最大震度 3)が発生した. この地 震の発震機構(CMT 解)は、東北東-西南西方向に圧力軸を持つ型であった.

(2) 宗谷地方北部の地震(M4.2, 最大震度 5 弱, 第 3 図 (a), (b))

2019年12月12日01時09分に宗谷地方北部の深さ7kmでM4.2の地震(最大震度5弱)が発生した. この地震は地殻内で発生した.

(3) 根室半島南東沖の地震(M5.5, 最大震度4, 第4図)

2020年1月28日10時36分に根室半島南東沖の深さ96kmでM5.5の地震(最大震度4)が発生した. この地震は太平洋プレート内部(二重地震面の下面)で発生した.この地震の発震機構(CMT 解)は, 南北方向に張力軸を持つ型であった.

(4) 択捉島南東沖の地震(M7.2, 最大震度4, 第5図)

2020年2月13日19時33分に択捉島南東沖の深さ155kmでM7.2の地震(最大震度4)が発生した. この地震は太平洋プレート内部で発生した.この地震の発震機構(CMT 解)は、北北西-南南東 方向に張力軸を持つ型であった.

(5) 釧路地方中南部の地震(M4.6,最大震度3,第6図)

2020年2月20日00時50分に釧路地方中南部の深さ5kmでM4.6の地震(最大震度3)が発生した. この地震は地殻内で発生した.

(6) 浦河沖の地震(M5.0, 最大震度3, 第7図(a), (b))

2020年3月28日09時57分に浦河沖の深さ70kmでM5.0の地震(最大震度3)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,既往の相似地震グループの最新の地震として検出された.



第1図 (a) 北海道地方とその周辺の地震活動 (2019 年 11 月~2020 年 1 月, M ≧ 4.0, 深さ≦ 700 km) Fig. 1(a) Seismic activity in and around the Hokkaido district (November 2019 – January 2020, M ≧ 4.0, depth ≦ 700 km).



第1図(b) つづき(2020年2月~4月, M \geq 4.0, 深さ \leq 700 km) Fig. 1(b) Continued (February2020 – April, M \geq 4.0, depth \leq 700 km).

11月23日 北海道東方沖の地震



2019 年 11 月 23 日 21 時58 分に北海道東 方沖でM5.4 の地震(最大震度3)が発生し た。この地震は発震機構(CMT 解)が東北東 - 西南西方向に圧力軸を持つ型である。

1997 年 10 月以降の活動をみると、今回 の地震の震央周辺(左上図の領域 a)では、 M5.0以上の地震が度々発生しており、最大 規模の地震は、2000 年 1 月 28 日に発生し た M7.0の地震(最大震度 4)で、負傷者 2 人の被害が生じた(総務省消防庁による)。

1922年以降の活動をみると、左下図の領 域 a では、M7.0以上の地震が時々発生して おり、M8.0以上の地震が 2回発生している。 1994年10月4日に発生した「平成6年 (1994年)北海道東方沖地震」(M8.2、最大 震度6)では、根室市花咲で168cmの津波 を観測するなど、北海道から沖縄県にかけ て津波を観測した。この地震により、北海 道では負傷者436人、住家被害7,519棟等 の被害が生じた(「平成6・7年災害記録(北 海道)」による)。



第2図 2019年11月23日 北海道東方沖の地震 Fig. 2 The earthquake east off Hokkaido on November 23, 2019.

12月12日 宗谷地方北部の地震



2019年12月12日01時09分に宗谷地方北 部の深さ7kmでM4.2の地震(最大震度5弱)

2001 年 10 月以降の活動をみると、今回の 地震の震源付近(領域 a) では、2018 年 6 月 20 日に M4.1 の地震(最大震度3)が発生し

1922年以降の活動をみると、今回の地震の 震央周辺(領域b)では、M5.0を超える地震 が5回発生している。このうち、2004年12 月14日にはM6.1の地震(最大震度5強)が 発生し、軽傷者8人、住家一部破損165棟の 被害が生じている(「日本被害地震総覧」に

b

上川

地方

增毛山地東縁断層帯

沼田-砂川付近の断層帯

143°E

σ

今回の地震

の震央位置

7.0 6.0

5.0



2015

2010

2005

2020

1930


2019年12月12日宗谷地方北部の地震(周辺の発震機構分布)

第3図(b) つづき Fig. 3(b) Continued.

1月28日 根室半島南東沖の地震



2020年1月28日10時36分に根室半島南東沖の 深さ96kmでM5.5の地震(最大震度4)が発生し た。この地震は発震機構(CMT解)が南北方向に 張力軸を持つ型で、太平洋プレート内部(二重 地震面の下面)で発生した地震である。

2001年10月以降の活動をみると、今回の地震の 震源付近(領域b)では、2018年4月24日にM5.4 の地震(最大震度4)が発生した。

1919 年以降の活動をみると、今回の地震の震 央周辺(領域 c)では、M7.0以上の地震が4回発 生している。最大規模の地震は「1973年6月17 日根室半島沖地震」(M7.4、最大震度5)で、北 海道では負傷者28人、住家被害5,153棟などの 被害が生じ、根室市花咲で280cm(平常潮位から の最大の高さ)の津波を観測した(「昭和48・49 年災害記録 北海道」による)。

領域 b 内のM-T図及び回数積算図







第4図 2020年1月28日 根室半島南東沖の地震 Fig. 4 The earthquake southern east off the Nemuro Peninsula on January 28, 2020.

2月13日 択捉島南東沖の地震





2020年2月13日19時33分に択捉島南東沖の深 さ155kmでM7.2の地震(最大震度4)が発生した。 この地震は太平洋プレート内部で発生した。この 地震の発震機構(CMT解)は北北西-南南東方向に 張力軸を持つ型である。

2001年10月以降の活動をみると、今回の地震の 震央周辺(領域 a)では、M6.0以上の地震が今回 含め5回発生しており、M7.0を超える地震が発生 したのは今回が初めてである。

1919 年以降の活動をみると、今回の地震の震 央周辺(領域b)では、M8.0以上の地震が3回発 生している。最大規模の地震は1994年10月4日 の「平成6年(1994年)北海道東方沖地震」(M8.2、 最大震度6)で、北海道では負傷者436人、住家 全半壊409棟などの被害が生じ(「災害記録 北 海道」による)、根室市花咲で168cm(平常潮位か らの最大の高さ)の津波を観測した。

領域 a 内のM-T図





第5図 2020年2月13日 択捉島南東沖の地震 Fig. 5 The earthquake southern east off Etorofu Island on February 13, 2020.

2月20日 釧路地方中南部の地震



第6図 2020年2月20日 釧路地方中南部の地震 Fig. 6 The earthquake in the middle southern part of Kushiro region on February 20, 2020.

3月28日 浦河沖の地震

震央分布図 (2001年10月1日~2020年3月31日、 深さ0~150km、M≧2.0) 2020年3月の地震を赤で表示









2020年3月28日09時57分に浦河沖の深さ70km でM5.0の地震(最大震度3)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。

2001年10月以降の活動をみると、今回の地震 の震源付近(領域b)では、M5程度の地震がし ばしば発生している。

1919年以降の活動をみると、今回の地震の震 央周辺(領域 c)では、M6.0以上の地震がしば しば発生している。「昭和 57年(1982年)浦河 沖地震」(M7.1、最大震度 6)では、北海道で重 軽傷者 167人、住家全半壊 41棟などの被害が生 じた(「昭和 57・58年災害記録」(北海道、1984) による)。





第7図 (a) 2020 年 3 月 28 日 浦河沖の地震 Fig. 7(a) The earthquake off Urakawa on March 28, 2020.



3月28日 浦河沖の地震(相似地震)

2020年3月28日の浦河沖の地震(M5.0、最大震度3)について強震波形による相関解析を行った結果、既往の相似地震グループの最新の地震として検出された(上図の)、今回の地震を含めM4.7~5.0の6地震)^{**}。 * 各観測点の該形の比較で得られたコヒーレンスの中央値が0.95以上の場合、相似地震として検出している。また、相似地震のグループ分けはコヒーレンスを用いて機械的に行っている。

溜渕功史・中村雅基・山田安之(2014):全国を対象とした客観的な相似地震の抽出,気象研究所技術報告,72,5-16.

●推定年平均すべり量等

	グループ	<u>с</u> и – ст.		震度		発生間隔			平均すべり量
		回数	平均M	最大	最小	平均	最短	最大	(cm/年) 一
	★A	4	4.90	3	3	9.65	6.35	15.53	4.18
	B	4	4.42	3	2	4.64	3.30	7.30	6.51
	♦ C	2	4.60	2	2	5.27	5.27	5.27	6.35
	🔶 D	5	4.86	4	2	5.28	0.41	9.20	6.71
	👅 E	2	6.50	Α	4	24.13	24.13	24.13	5.05
今回の地震	🕨 🗭 F 👘	6	4.78	3	2	5.61	2.77	7.72	6.68
	🔳 G	3	5.30	4	3	10.72	3.66	17.79	4.33
	🔺 н	2	4.40	3	3	11.13	11.13	11.13	2.52
	• 1	4	5.40	4	3	6.89	4.82	8.63	8.40
	★ J	3	4.63	3	3	8.10	4.43	11.77	4.24
	– K	2	4.80	3	3	6.74	6.74	6.74	5.92
	🔶 L	2	4.40	3	3	3.23	3.23	3.23	9.23

すべり量推定には、モーメントマグニチュードと地震モーメントの関係式[Hanks and Kanamori (1979)]及び 地震モーメントとすべり量の関係式 [Nadeau and Johnson(1998)]を使用。得られた積算すべり量と経過時間から最小自乗法を用いてグループ毎の年平均すべり量を求めた。

●波形例



地震予知連絡会会報第 104 巻 2020 年 9 月発行

第7図(b) つづき Fig. 7(b) Continued.

2-2 北海道地方の地殻変動 Crustal Movements in the Hokkaido District

国土地理院 Geospatial Information Authority of Japan

[GNSS 2003年9月26日の十勝沖地震以降の地殻変動時系列]

第1~4図は,根室から鹿部にかけての北海道太平洋側における2003年十勝沖地震(M8.0)後 及び2011年東北地方太平洋沖地震(M9.0)後の余効変動の推移を示す時系列グラフである.第1 図に観測点の配置と,アンテナ交換等の保守の履歴を示す.

第2~4図は、北海道の猿払観測点を固定局として、定常状態にあると仮定した 1997年10月~2002年10月の期間について推定された1次トレンド成分を、各基線の地殻変動時系列から除去した時系列グラフである.2003年9月26日の十勝沖地震と2004年11月29日の釧路沖の地震(M7.1)の余効変動が地震直後に始まり、減衰しながらも長期にわたって続いた様子を見ることができる.(7)~(10)の水平成分には、2008年9月11日の十勝沖の地震(M7.1)及び 2009年6月5日の十勝沖の地震(M6.4)による地殻変動とその余効変動も見られる.2003年・2008年・2009年の地震の余効変動を見分けるのは難しいが、全体としては、余効変動は着実に減衰傾向にあった.ただし、 十勝地方から釧路にかけての地域(5)~(8)の上下変動は、十勝沖地震以前の沈降に対する相対的な隆起傾向が、少なくとも、2011年の東北地方太平洋沖地震の直前まで継続していた.2011年以降は、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震による跳びとその後の余効変動が見られる.(7)~(12)では東北地方太平洋沖地震以後に地震前の変化に対する相対的な隆起傾向が見られていたが、最近では鈍化している.(9)では、2016年1月14日に発生した浦河沖の地震(M6.7)による地殻変動,(11)では2018年9月の北海道胆振東部地震による地殻変動が見られる.





配点図

点番号	点 名	日付	保守内容	点番号
950119	根室2	2012/01/26	アンテナ更新	950138
		2019/02/20	受信機交換	
960519	根室4	2009/12/22	レドーム開閉	
		2012/10/03	アンテナ更新	
940009	浜中	2012/10/04	アンテナ更新	940019
960515	標茶	2003/10/03	凍上対策	
		2009/12/23	レドーム開閉	
		2012/11/13	アンテナ更新	950142
940010	釧路市	2003/11/07	凍上対策	
		2010/12/14	レドーム開閉	950136
		2012/09/26	アンテナ更新	
950112	音別	2012/02/14	アンテナ更新	
		2017/06/07	アンテナ交換	950147
		2019/02/18	受信機交換	
950134	中札内	2009/11/08	周辺伐採	950101
		2010/06/08	周辺伐採	
		2010/12/05	レドーム開閉	
		2012/11/07	アンテナ更新	

各観測局情報

点畨号	点 名	日付	保守内容
950138	大樹	2012/01/17	アンテナ更新
		2016/02/17	アンテナ交換
		2018/02/19	受信機交換
		2019/02/06	受信機交換
940019	えりも1	2010/12/16	レドーム開閉
		2012/11/08	アンテナ更新
		2017/01/27	アンテナ交換
950142	三石	2012/02/17	アンテナ更新
		2019/02/05	受信機交換
950136	苫小牧	2012/08/22	アンテナ更新
		2014/11/12	アンテナ交換
		2015/06/16	周辺伐採
950147	鹿部	2012/08/28	アンテナ更新
		2017/11/22	受信機交換
950101	猿払	2012/02/10	アンテナ更新
		2019/02/13	受信機交換

第1図 北海道地方東部・太平洋岸における GNSS 連続観測結果(観測点配置図・保守状況)

Fig. 1 Results of continuous GNSS measurements along the eastern region and the Pacific coast of Hokkaido (Site location map and maintenance history).

北海道太平洋岸 GNSS連続観測時系列(2)



第2図 北海道地方東部・太平洋岸における GNSS 連続観測結果:固定点猿払に対するトレンド成分を除去した時 系列

Fig. 2 Results of continuous GNSS measurements along the eastern region and the Pacific coast of Hokkaido: (detrended time series with respect to Sarufutsu station) (1/3).

北海道太平洋岸 GNSS連続観測時系列(3)



第3図 北海道地方東部・太平洋岸における GNSS 連続観測結果:固定点猿払に対するトレンド成分を除去した時 系列

Fig. 3 Results of continuous GNSS measurements along the eastern region and the Pacific coast of Hokkaido: (detrended time series with respect to Sarufutsu station) (2/3).

北海道太平洋岸 GNSS連続観測時系列(4)1次トレンド除去後グラフ



第4図 北海道地方東部・太平洋岸における GNSS 連続観測結果:固定点猿払に対するトレンド成分を除去した時 系列

Fig. 4 Results of continuous GNSS measurements along the eastern region and the Pacific coast of Hokkaido: (detrended time series with respect to Sarufutsu station) (3/3).

3-1 東北地方とその周辺の地震活動(2019年11月~2020年4月) Seismic Activity in and around the Tohoku Districts (November 2019 – April 2020)

気象庁 仙台管区気象台 Sendai Regional Headquarters, JMA

今期間,東北地方とその周辺で M4.0 以上の地震は 81 回, M5.0 以上の地震は 11 回発生した. こ のうち最大は, 2020 年 4 月 20 日に宮城県沖で発生した M6.2 の地震であった.

2019年11月~2020年4月のM4.0以上の地震の震央分布を第1図(a)及び(b)に示す. 主な地震活動は以下のとおりである.

(1)「平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震」の余震活動(第2図)

2019年11月から2020年4月の間に,2011年3月11日に発生した「平成23年(2011年)東北 地方太平洋沖地震」(M9.0,最大震度7,以下「東北地方太平洋沖地震」と呼ぶ)の余震域(図中 の領域 a)では,M5.0以上の地震は11回,M5.5以上の地震は5回発生した.また,震度4以上を 観測する地震は8回発生した.

余震は次第に少なくなってきているものの,本震発生以前に比べて地震回数の多い状態が続いて いる.

なお,以下(2)~(7)で記述している地震のうち,2020年3月11日に発生した秋田県内陸南 部の地震,2020年4月24日および4月30日に発生した青森県東方沖の地震を除き,第2図中の 領域 a 内で発生した.

(2) 三陸沖の地震(M5.6, 最大震度 3, 第4図 (a), (b))

2019 年 11 月 29 日 13 時 01 分に三陸沖の深さ 30 km (CMT 解による) で M5.6 の地震(最大震度 3) が発生した. この地震は,発震機構(CMT 解)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.

(3) 青森県東方沖の地震(M5.5, 最大震度 5 弱, 第 6 図)

2019 年 12 月 19 日 15 時 21 分に青森県東方沖の深さ 50 km で M5.5 の地震(最大震度 5 弱)が発 生した.この地震は,発震機構(CMT 解)が北北東-南南西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.

(4) 福島県沖の地震(M5.4, 最大震度 4, 第 7 図)

2020年2月12日19時37分に福島県沖の深さ87kmでM5.4の地震(最大震度4)が発生した. この地震は,発震機構(CMT解)が北西-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(二重地震面の下面)で発生した.

(5)秋田県内陸南部の地震(M4.4,最大震度4,第8図)
2020年3月11日13時04分に秋田県内陸南部の深さ12kmでM4.4の地震(最大震度4)が発生した.

この地震は地殻内で発生した.発震機構は東西方向に圧力軸を持つ逆断層型である.

(6) 宮城県沖の地震(M6.2, 最大震度4, 第9図(a), (b))

2020年4月20日05時39分に宮城県沖の深さ46kmでM6.2の地震(最大震度4)が発生した. この地震は,発震機構(CMT解)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.この地震は,2011年7月23日の宮城県沖の地震(M6.4, 最大震度5強)とともに新たな相似地震グループとして検出された.

(7) その他の地震活動

発生年月日	震央地名	規模(M)	深さ(km)	最大震度	
2019 年					
11月3日	福島県沖	5.0	42	3	(第3図)
12月11日	福島県沖	5.3	41	3	(第5図)
2020年					
4月24日	青森県東方沖	5.2	65	3	(第10図)
4月30日	青森県東方沖	5.3		3	(第11図)



東北地方とその周辺の地震活動(2019年11月~2020年1月、M≧4.0)

第1図(a) 東北地方とその周辺の地震活動(2019年11月~2020年1月, M ≧ 4.0, 深さ≦ 700 km) Fig. 1(a) Seismic activity in and around the Tohoku district (November 2019 – January 2020, $M \ge 4.0$, depth ≤ 700 km).



第1図(b) つづき(2020年2月~4月, M≧4.0, 深さ≦700 km) Fig. 1(b) Continued (February – April 2020, $M \ge 4.0$, depth ≤ 700 km).

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の余震活動

2019年11月から2020年4月の間に、領域a(「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の余 震域)でM5.0以上の地震は11回発生した。また、最大震度4以上を観測する地震は8回発生した。 2011年3月11日に発生した「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の余震活動は次第に 少なくなってきているものの、本震発生以前に比べ活発な地震活動が継続している。 領域 a で 2019年11月から2020年4月の間に発生したM5.5以上の地震は以下のとおり。

2019年11月から2020年4月の間に領域 a 内で発生したM5.5以上の地震

発生	日時	震央地名	М	Mw	最大震度	発震機構 (CMT解)
11月29日	13時01分	三陸沖	5.6	5.4	3	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型
12月19日	15時21分	青森県東方沖	5.5	5.2	5弱	北北東-南南西方向に張力軸を持つ正断層型
01月03日	3時23分	千葉県東方沖	5.8	5.7	4	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型
02月06日	20時19分	茨城県沖	5.7	5.3	2	東西方向に張力軸を持つ正断層型
04月20日	5時39分	宮城県沖	6.2	6.4	4	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型

震央分布図

(2011 年 3 月 1 日~2020 年 4 月 30 日、深さすべて、M≧4.0) 2011 年 3 月からの地震を薄く、2018 年 11 月から 2019 年 10 月の地震を濃く、2019 年 11 月以降の地震を赤く表示。発震機構は CMT 解。



第2図 「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の余震活動(2019年11月~2020年4月) Fig. 2 Seismic activity of aftershocks of The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (November 2019 – April 2020).



第3図 2019年11月3日 福島県沖の地震 Fig. 3 The earthquake off Fukushima Prefecture on November 3, 2019.



※2019年11月29日の地震(M5.6)の深さはCMT解による。



11月29日 三陸沖の地震

2019年11月29日13時01分に三陸沖の深さ 30km (CMT解による) でM5.6の地震(最大震度 3)が発生した。この地震は、発震機構(CMT 解)が西北西-東南東方向に圧力軸をもつ逆断 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。

1997年10月以降の活動をみると、今回の地震 の震央付近(領域 a)では、M5.0を超える地震 が時々発生していたが、「東北地方太平洋沖地 震」の発生直後、活動が活発化し、2011年4月 までにM6.0以上の地震が5回発生している。 2011年5月以降も「東北地方太平洋沖地震」の 発生以前に比べて活発な活動が継続していた が、M5.0以上の地震が発生したのは、2011年4 月以来である。

1922年以降の活動をみると、今回の地震の震 央周辺(領域b)では、M7.0以上の地震が時々 発生している。



1930 1940 1950 1960 1970 1980 1990 2000 2010

N=734



142°E

··σ'

143°E

14時46分 M9.0

144°E

00

M5.6

M7.4

141°E

40° N

39° N

38° N

「1978年

5.0

145°E



11月29日 三陸沖の地震(各機関のMT解)

防災科研(AQUA) Mw5.4, 深さ24km

http://www.hinet.bosai.go.jp/AQUA/aqua_catalogue.php?LANG=ja







第4図(b) つづき Fig. 4(b) Continued.



福島県沖の地震

2019年12月11日18時39分に福島県沖の深さ 41kmでM5.3の地震(最大震度3)が発生した。 この地震は、発震機構(CMT解)が西北西-東 南東方向に圧力軸をもつ逆断層型で、太平洋ブ レートと陸のプレートの境界で発生した。

1997年10月以降の活動をみると、今回の地震 の震源付近(領域b)ではM5.0を超える地震が 時々発生しており、「平成23年(2011年)東北 地方太平洋沖地震」(以下、「東北地方太平洋沖 地震」と記す)の発生以降は地震活動が活発に なっている。また、今回の地震とほぼ同じ場所 で2010年3月14日17時08分にM6.7の地震(最大 震度5弱)が発生し、軽傷者1人、住家一部破 損2棟などの被害が生じた(「日本被害地震総 覧」による)。

1922年以降の活動をみると、今回の地震の震 央周辺(領域 c) では、1938年11月5日17時43 分にM7.5の地震(最大震度5)が発生した。こ の地震により、宮城県花淵で113cm(全振幅) の津波を観測した。この地震の後、福島県沖周 辺で地震活動が活発となり、同年11月30日まで にM6.0以上の地震が26回発生し、このうち7回 は津波を観測した。これらの地震により、死者 1人、負傷者9人、住家全壊4棟、半壊29棟な どの被害が生じた(「日本被害地震総覧」によ る)。





第5図 2019年12月11日 福島県沖の地震 Fig. 5 The earthquake off Fukushima Prefecture on December 11, 2019.

12月19日 青森県東方沖の地震

今回の地震 2019年12月19日 50km M5.5

> 7.0 ()

6.0 5.0 4.0

3.0

143°E

震央分布図

(1997年10月1日~2019年12月31日、

2019年12月の地震を〇で表示

図中の発震機構は CMT 解

50km

2001年4月3日 63km M5.6

41*

40° N

深さO~150km、M≧2.5)

2019年12月19日15時21分に青森県東方沖の深さ 50kmでM5.5の地震(最大震度5弱)が発生した。 この地震は、発震機構(CMT解)が北北東-南南 西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。

1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の 震源付近(領域b)ではM4.0以上の地震はあまり 発生していないが、2001年4月3日04時54分には M5.6の地震(最大震度4)が発生した。

1922年以降の活動をみると、今回の地震の震央 周辺(領域 c)は、M7.0以上の地震が時々発生し ている領域で、1968年5月16日09時48分には 「1968年十勝沖地震」(M7.9、最大震度5)が発 生した。この地震により、青森県八戸[火力発電 所]で295cm(平常潮位からの最大の高さ)の津波 を観測したほか、死者52人、負傷者330人、住家 全壊673棟などの被害が生じた(被害は「日本被 害地震総覧」による)。



第6図 2019年12月19日 青森県東方沖の地震 Fig. 6 The earthquake east off Aomori Prefecture on December 19, 2019.



福島県沖の地震

2020年2月12日19時37分に福島県沖の深さ 87kmでM5.4の地震(最大震度4)が発生した。こ の地震は、発震機構(CMT解)が北西-南東方向 に張力軸をもつ正断層型で、太平洋プレート内 部(二重地震面の下面)で発生した。

1997年10月以降の地震活動をみると、今回の 地震の震源付近(領域b)ではM5.0を超える地 震は発生していなかった。



1919年以降の地震活動をみると、今回の地震 の震央周辺(領域 c)では、1938年11月5日17時 43分にM7.5の地震(最大震度5)が発生した。こ の地震により、宮城県花淵で113cm(全振幅)の 津波を観測した。この地震の後、福島県沖で地 震活動が活発となり、同年11月30日までにM6.0 以上の地震が26回発生し、このうち7回は津波 を観測した。これらの地震により、死者1人、負 傷者9人、住家全壊4棟、半壊29棟などの被害 が生じた(「日本被害地震総覧」による)。



第7図 2020年2月12日 福島県沖の地震

Fig. 7 The earthquake off Fukushima Prefecture on February 12, 2020.



3月11日 秋田県内陸南部の地震

深さ12kmでM4.4の地震(最大震度4)が発生し た。この地震は地殻内で発生した。発震機構は 東西方向に圧力軸を持つ逆断層型である。

1997年10月以降の地震活動をみると、今回の 地震の震源付近(領域 a)では、1999年12月28日 に発生したM3.3の地震(最大震度1)、2014年12 月29日に発生したM3.1の地震(最大震度1)な どM3.0前後の活動がみられていたが、これまで

N= 280

300

200

100

2020

N=7

7

6

震源要素は、1885年~1918年は茅野・宇津(2001)、宇津(1982, 1985)による。 宇津徳治(1982):日本付近のM6.0以上の地震および被害地震の表:1885年~1980年,震研彙報,56,401-463. 宇津徳治(1985):日本付近のM6.0以上の地震および被害地震の表:1885年~1980年(訂正と追加),震研彙報,60,639-642. 茅野一郎・宇津徳治(2001):日本の主な地震の表,「地震の事典」第2版,朝倉書店,657pp.

第8図 2020年3月11日 秋田県内陸南部の地震

Fig. 8 The earthquake in the southern inland part of Akita Prefecture on March 11, 2020.

4月20日 宮城県沖の地震

震央分布図 (1997年10月1日~2020年4月30日、 深さO~100km、M≧3.0) 2011 年 3 月 10 日以前に発生した地震を青色〇、 2011 年3月11日以降に発生した地震を灰色〇、 2020 年 4 月に発生した地震を赤色〇で表示 図中の発震機構は CMT 解 た。 50km 2011年7月23日 40° N 2002年11月3日 46km M6.3 2012年6月18日 2015年5月13日 47km M6.4 47km M6.2 M6.8 46km Δ a М B 39° N 5 強) が発生した。 9.0 1919年以降の活動をみると、今回の地震の Ο 2011年3月31日 8.0 47km M6.1 7.0 6.0 2011年3月25日 38° N 45km M6.3 0 5.0 今回の地震 2011年3月11日 M9.0 2020年4月20日 4.0 46km M6.2 3.0 沪地震 平洋 142°F 141°F 14.3° F ている。 () 領域 b 内のM-T図及び回数積算図 м 領域 a 内の断面図 (A - B 投影) 9 (km) A в 2011年7月23日 8 M6.4 2011年3月31日 20 今回の地震 M6, 1 0 7 40 2011年3月25日 2020年4月20日 60 6 M6. M6 2 80 2015年5月13日 5 M6.8 100 2012年6月18日 2002年11月3日 M6. 2 M6.3 3 2010 2000 2005 震央分布図 (1919年1月1日~2020年4月30日、 深さ0~100km、M≧6.0) 2020年4月に発生した地震を赤色〇で表示 100km 40° N × C 今回の地震。 東北地方太平洋沖地震 2020年4月20日 C 6 2011年3月11日 M6.2 9 M9.0 8 М 38° N 7 9.0 1936年11月3日 M7.4 6 8.0 「1978年宮城県沖地震」 \cap 1978年6月12日 7.0 ŝ M7.4 6.0

2020年4月20日05時39分に宮城県沖の深 さ 46km で M6.2 の地震(最大震度 4) が発生 した。この地震は発震機構(CMT 解)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

1997年10月以降の活動をみると、今回の地 震の震源付近(領域 b)では、「平成 23 年(2011 年) 東北地方太平洋沖地震」(以下、東北地方 太平洋沖地震)の発生以降に地震活動が活発 化し、M5.0以上の地震の発生回数が増加した。 2015年5月13日にはM6.8の地震(最大震度

震央周辺(領域 c) では東北地方太平洋沖地 震のほか、1978年には「1978年宮城県沖地震」 (M7.4、最大震度5)が発生し、死者28人、 負傷者 1,325 人、住家全壊 1,183 棟等の被害 が生じる(被害は「日本被害地震総覧」によ る)など、M7.0以上の地震がしばしば発生し

1500

東北地方太平洋沖地震発生 1000 500 2015 2020 領域c内のM-T図



第9図(a) 2020年4月20日 宮城県沖の地震 Fig. 9(a) The earthquake off Miyagi Prefecture on April 20, 2020.

142°E

144°E

140°E

4月20日 宮城県沖の地震(相似地震)



2020年4月20日の宮城県沖の地震(M6.2、最大震度4)について強震波形による相関解析を行った結果、2011 年7月23日の地震(M6.4、最大震度5強)とともに新たな相似地震グループとして検出された(上図の)※。 ※ 各観測点の波形の比較で得られたコヒーレンスの中央値が0.95以上の場合、相似地震として検出している。また、相似地震のグループ分け

はコヒーレンスを用いて機械的に行っている。

溜渕功史・中村雅基・山田安之(2014):全国を対象とした客観的な相似地震の抽出,気象研究所技術報告,72,5-16.

●推定年平均すべり量等

	グループ 回数		ℼⅎ℆℩ℴ	震度		発生間隔 (年)			平均すべり量
			⊤тли	最大	最小	平均	最短	最大	(cm/年)
	★A	4	4.92	3	3	0.38	0.24	0.58	101.29
	B	2	4.75	3	3	0.54	0.54	0.54	69.41
	♦ C	3	4.13	3	3	0.37	0.33	0.40	78.68
今回の地震	> 🕘 D	2	6.30	В	4	8.74	8.74	8.74	10.38
	👅 E	3	4.60	3	3	1.41	1.05	1.78	23.90
	🔶 F	2	5.20	4	4	4.98	4.98	4.98	9.56

すべり量推定には、モーメントマグニチュードと地震モーメントの関係式[Hanks and Kanamori (1979)]及び地震モーメントとすべり量の関係式 [Nadeau and Johnson(1998)]を使用。得られた積算すべり量と経過時間から最小自乗法を用いてグループ毎の年平均すべり量を求めた。

●波形例







4月24日 青森県東方沖の地震

2020年4月24日04時52分に青森県東方沖の深 さ65kmでM5.2の地震(最大震度3)が発生した。 この地震は発震機構(CMT解)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。

1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の 震源付近(領域b)では、M5.0以上の地震がしば しば発生している。このうち、2012年5月24日に 発生したM6.1の地震(最大震度5強)では、非住 家建物19カ所でガラス破損などの被害が生じた (被害は「日本被害地震総覧」による)。

1919年以降の活動をみると、今回の地震の震央 周辺(領域 c)では、M7.0以上の地震が7回発生 している。このうち、1968年5月16日に発生した 「1968年十勝沖地震」では、青森県八戸[火力発 電所]で295cm(平常潮位からの最大の高さ)の津 波を観測したほか、死者52人、負傷者330人、住 家全壊673棟などの被害が生じた(被害は「日本 被害地震総覧」による)。

領域 b 内のM-T図及び回数積算図





第 10 図 2020 年 4 月 24 日 青森県東方沖の地震 Fig. 10 The earthquake east off Aomori Prefecture on April 24, 2020.

<u>M7.2</u> 「平成6年(1994年)

三陸はるか沖地震」の最大余震

M7.6 「平成6年(1994年)

三陸はるか沖地震」

4月30日 青森県東方沖の地震



震央分布図 (1919年1月1日~2020年4月30日、 深さ0~150km、M≧6.0)



2020年4月30日12時15分に青森県東方沖で M5.3の地震(最大震度3)が発生した。この地震 は発震機構(CMT解)が南北方向に張力軸をもつ型 である。

1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の 震央付近(領域a)では、2001年8月14日にM6.4の 地震(最大震度4)、2019年8月29日にM6.1の地震 (最大震度3)が発生するなど、M6.0以上の地震 が時々発生している。

1919年以降の活動をみると、今回の地震の震央 周辺(領域b)では、M7.0以上の地震が7回発生 している。このうち、1968年5月16日に発生した 「1968年十勝沖地震」では、青森県八戸[火力発電 所]で295cm(平常潮位からの最大の高さ)の津波 を観測したほか、死者52人、負傷者330人、住家全 壊673棟などの被害が生じた(被害は「日本被害地 震総覧」による)。



領域b内のM-T図



第11図 2020年4月30日 青森県東方沖の地震 Fig. 11 The earthquake east off Aomori Prefecture on April 30, 2020.

3-2 日本海溝沿いの海底地殻変動観測結果 Seafloor movements along the Japan Trench observed by seafloor geodetic observations

海上保安庁 Japan Coast Guard

海上保安庁では、2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震後の地殻変動を把握するため、日本 海溝沿いに設置されている海底基準点において、海底地殻変動観測を実施している.第1図及び 第2図に、最近約4年間の平均変位速度と東北地方太平洋沖地震後の累積変位量を、国土地理院の GNSS 観測結果(F3 解)とともにそれぞれ示す.第3図には変位時系列を示す.なお、解析には 国土地理院提供の電子基準点1秒データ及びF3解を使用している.

Site name	Lat.	Lon.	Ve	locity	Period	Data
	(°N)	(°E)	(cm/s)	yr) (deg)		
(1) KAMN	38.89	143.36	4.8	296.2	08/05/2015 - 06/01/2019	13
(2) KAMS	38.64	143.26	6.4	296.7	10/15/2015 - 10/20/2019	14
(3) MYGI	38.08	142.92	7.1	295.2	10/18/2015 - 10/21/2019	14
(4) MYGW	38.15	142.43	2.3	287.3	10/19/2015 - 10/20/2019	16
(5) FUKU	37.17	142.08	3.4	121.9	10/14/2015 - 10/19/2019	16
(6) CHOS	35.50	141.67	1.1	0.3	10/26/2015 - 10/17/2019	14
(7) BOSN	34.75	140.50	2.4	323.3	10/26/2015 - 11/27/2019	15
(8) SAGA	34.96	139.26	2.6	331.0	10/29/2015 - 11/27/2019	21
(A) TU08	38.71	143.64	8.6	276.8	08/02/2014 - 08/20/2018	11
(B) TU10	38.29	143.50	9.4	313.2	04/26/2015 - 05/30/2019	12
(C) TU12	38.00	143.54	8.8	283.2	04/27/2015 - 05/30/2019	11
(D) TU14	37.90	142.77	7.6	296.5	08/04/2015 - 06/02/2019	12
(E) TU17	36.90	142.72	3.6	154.5	07/30/2014 - 08/26/2018	12
GEONET					11/27/2015 - 11/27/2019	



第1図 日本海溝沿いの直近約4年間の水平移動速度【北米プレート固定】

Fig. 1 Horizontal seafloor crustal movements along the Japan Trench in recent 4 years with respect to the stable part of the North American plate.

Site name	Lat.	Lon.	Mov	ement	Period
	$(^{\circ}N)$	(°E)	(cm) (deg)		
(1) KAMN	38.89	143.36	29.3	309.4	04/03/2011 - 06/01/2019
(2) KAMS	38.64	143.26	63.0	281.7	04/05/2011 - $10/20/2019$
(3) MYGI	38.08	142.92	84.0	289.4	03/28/2011 - $10/21/2019$
(4) MYGW	38.15	142.43	18.5	188.3	03/27/2011 - 10/20/2019
(5) FUKU	37.17	142.08	93.7	122.5	03/29/2011 - 10/19/2019
(6) CHOS	35.50	141.67	57.9	116.7	04/18/2011 - 10/17/2019
(7) BOSN	34.75	140.50	2.9	46.3	04/19/2011 - 11/27/2019
(8) SAGA	34.96	139.26	19.0	351.6	05/07/2011 - $11/27/2019$
GEONET					04/01/2011 - 11/24/2019



第2図 東北地震後の日本海溝沿いの累積水平移動量【北米プレート固定】

Fig. 2 Cumulative horizontal seafloor crustal movements after the Tohoku earthquake with respect to the stable part of the North American plate.



第3図(a) GNSS-A 観測時系列【北米プレート固定】 ※各図の右列は,4.1年の時間窓による回帰直線から求めた変動速度 ※縦のバーは速度推定の95% 信頼区間

Fig. 3(a) GNSS-A time series data with respect to the stable part of the North American plate.
※ Plots on the right columns indicate velocities, derived by linear regression using a 4.1 year rolling time window.
※ The bars indicate 95% condence intervals.





第3図(b) つづき Fig. 3(b) Continued.











第3図(c) つづき Fig. 3(c) Continued.

3-3 東北地方の地殻変動 Crustal Movements in the Tohoku District

国土地理院 Geospatial Information Authority of Japan

「GNSS 東北地方太平洋沖地震後の変動ベクトル及び等変動量線図】

第1~17 図は、東北地方太平洋沖地震後における水平・上下の地殻変動について、全期間の累 積及び最近3か月間の変動を、福江観測点を固定局として示したものである。第1~3 図に示す地 震後の累積の図には、2011年4月7日宮城県沖の地震(M7.2、最大震度6強、深さ約66 km、逆断層・ スラブ内地震、地殻変動 GNSS で水平約3 cm 西南西と約5 cm の隆起)、2011年4月11日福島県 浜通りの地震(M7.0、最大震度6弱、深さ約6 km、正断層、地殻変動 GNSS で約30 cm 水平と約 50 cm の沈降、SAR で約2 m)、2011年6月23日岩手県沖の地震(M6.9、最大震度5弱、地殻変 動東方向に約1.5 cm)、2011年7月10日三陸沖の地震(M7.3、深さ34 km、最大震度4、地殻変動 西方向に約5 mm、左横ずれ)、2011年9月17日岩手県沖の地震(M6.6、最大震度4、プレート境 界逆断層、地殻変動東方向に数 mm)等の影響が震源近傍の観測点で見られる。

第1図は地震後の全期間における水平変動の累積を示している.東日本全体で東北地方太平洋沖 地震の震源域に向かう余効変動が観測されている.最大の変動量は,岩手川崎A観測点における約 151 cm である.

第2~3図は、地震後の全期間における上下変動の累積を、それぞれ、変動ベクトル図及び等値 線図で示したものである。岩手県三陸北部沿岸と奥羽脊梁山脈付近で沈降が見られる一方、岩手県 南部から千葉県の太平洋沿岸では隆起傾向が見られる。M牡鹿観測点の約64 cmの隆起のうちの約 5 cm は、2011年4月7日の宮城県沖の地震によるものである。

第4図の最近3か月間の水平ベクトルには,東日本全体で東北地方太平洋沖地震の震源域に向かう変動が見られ,余効変動が継続していることが分かる.この期間における岩手川崎A観測点の変動量は1.4 cm となっている.

第5図に最近3か月間の上下変動を示す. 岩手県から茨城県の太平洋岸沿いに隆起の傾向が見ら れるが,余効変動の上下成分は小さくなってきており,3か月間の変動ではノイズレベルとほぼ同 等となっている.

[GNSS 連続観測 東北地方太平洋沖地震後]

第6~11 図は、東北地方太平洋沖地震後の東日本における GNSS 連続観測時系列である。第6 図の地図に示した太平洋岸の観測点 10 点と、その西側の観測点 10 点の合計 20 観測点について、 第7 図以降に東北地方太平洋沖地震後の期間の時系列を示す。各成分の縦軸は、本震直前の値をゼ ロとしており、地震時及び地震後の累積の変動量を表している。

第7~11 図の各観測点の時系列では、東北地方太平洋沖地震の余効変動が減衰しながらも継続 している様子が見られる.また、第6図の地図に示した各地震の影響が、震源近傍の観測点で見ら れる.

第7~9図上段に示す太平洋岸の10観測点では、(2)岩泉2観測点と(3)山田観測点を除き、 地震直後から隆起が継続している.なお、岩泉2観測点及び山田観測点についても、2013年以降 はそれまでの沈降傾向が反転し、隆起となっている.

第9図下段から第11図の西側の観測点10点では、地震直後からの沈降、又は隆起が減衰しながらも継続している.

[GNSS 東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動速度]

第12~17 図は、三隅観測点に対する宮古、山田、矢本、相馬1、銚子、皆瀬観測点の変位と変 動速度を時系列で示したものである。どの観測点においても、水平変動速度は徐々に減衰しつつあ るが、地震前の速度には戻っておらず、余効変動が継続していることが分かる。上下変動速度は、 銚子観測点では元の速度に戻りつつあるが、そのほかの宮古、山田、矢本、相馬1 観測点は隆起傾 向、皆瀬観測点は沈降傾向が続いている。

第12図の三隅-宮古基線及び第13図の三隅-山田基線の東西成分の速度に2015年初頭に見られる一時的な変化は、2015年2月17日に発生した三陸沖の地震及び2015年5月13日に発生した 宮城県沖の地震によるものである.

第15図の三隅-相馬1基線の東西成分・南北成分の速度に2016年末頃に見られる一時的な変化は、2016年11月22日に発生した福島県沖の地震によるものである。

第16回に示される三隅-銚子基線の変化のうち,南北成分の速度に2011年秋,2014年初頭及び2018年夏に見られる一時的な変化は,それぞれ2011年10月下旬頃から11月上旬頃まで,2014年1月上旬頃及び2018年6月頃に発生したSSEに伴う地殻変動の影響,東西成分速度の2012年3月頃に見られる一時的な変化は,2012年3月14日に発生した千葉県東方沖の地震(M6.1)によるものである.



第1図 2011年東北地方太平洋沖地震後の累積地殻変動(水平)

Fig. 1 Accumulated crustal deformation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (horizontal).



第2図 2011年東北地方太平洋沖地震後の累積地殻変動(上下)

Fig. 2 Accumulated crustal deformation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (vertical).




Fig. 3 Accumulated crustal deformation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (vertical, contour).



第4図 2011 年東北地方太平洋沖地震後の地殻変動(最近3か月,水平) Fig. 4 Crustal deformation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake for recent three months (horizontal).



第5図 2011 年東北地方太平洋沖地震後の地殻変動(最近3か月,上下) Fig. 5 Crustal deformation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake for recent three months (vertical).



平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後の地殻変動(時系列) 配点図



第6図 東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動(時系列) 配点図及び保守状況

Fig. 6 Time series of crustal deformation before and after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (Site location map and history of maintenance).

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後の地殻変動(1)



成分変化グラフ

第7図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動(1/5)

Fig. 7 Crustal deformation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (1/5).

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後の地殻変動(2)



成分変化グラフ

第8図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動 (2/5)

Fig. 8 Crustal deformation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (2/5).

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後の地殻変動(3)



成分変化グラフ

第9図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動(3/5)

Fig. 9 Crustal deformation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (3/5).

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後の地殻変動(4)



成分変化グラフ

第10図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動(4/5)

Fig. 10 Crustal deformation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (4/5).

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震後の地殻変動(5)



成分変化グラフ

第11図 東北地方太平洋沖地震後の地殻変動(5/5)

Fig. 11 Crustal deformation after the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake (5/5).



第12図 東北地方太平洋岸の GEONET 観測点における地殻変動速度の変化(宮古観測点・時系列)

Fig. 12 Crustal deformation velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Tohoku area at the Miyako station (1/6).



第13図 東北地方太平洋岸の GEONET 観測点における地殻変動速度の変化(山田観測点・時系列)

Fig. 13 Crustal deformation velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Tohoku area at the Yamada station (2/6).



第14図 北地方太平洋岸の GEONET 観測点における地殻変動速度の変化(矢本観測点・時系列)

Fig. 14 Crustal deformation velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Tohoku area at the Yamoto station (3/6).



第15図 東北地方太平洋岸の GEONET 観測点における地殻変動速度の変化(相馬1観測点・時系列)

Fig. 15 Crustal deformation velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Tohoku area at the Souma-1 station (4/6).



第 16 図 東北地方太平洋岸の GEONET 観測点における地殻変動速度の変化(銚子観測点・時系列) Fig. 16 Crustal deformation velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Tohoku area at the Choshi site (5/6).



第 17 図 東北地方太平洋岸の GEONET 観測点における地殻変動速度の変化(皆瀬観測点・時系列) Fig. 17 Crustal deformation velocity change at GEONET sites along the Pacific coast of Tohoku area at the Minase site (6/6).

- 81 -

4-1 関東・中部地方とその周辺の地震活動(2019年11月~2020年4月) Seismic Activity in and around the Kanto and Chubu Districts (November 2019 – April 2020)

気象庁 Japan Meteorological Agency

今期間,関東・中部地方とその周辺でM4.0以上の地震は105回,M5.0以上の地震は14回発生した. このうち,関東・中部地方では,2020年4月18日に小笠原諸島西方沖で発生したM6.8の地震が 最大の地震であった.

2019年11月~2020年4月のM4.0以上の地震の震央分布を第1図(a)及び(b)に示す. 主な地震活動は以下のとおりである.

(1) 茨城県沖の地震(M4.4, 最大震度 4, 第 2 図(a), (b))

2019 年 11 月 8 日 18 時 18 分に茨城県沖の深さ 52 km で M4.4 の地震(最大震度 4)が発生した. この地震の発震機構(CMT 解)は、北東-南西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.

(2) 伊豆大島近海の地震(M4.7,最大震度4,第3図)

2019年11月17日20時05分に伊豆大島近海の深さ13kmでM4.7の地震(最大震度4)が発生した. この地震は、フィリピン海プレートの地殻内で発生した.発震機構は、南北方向に圧力軸を持つ横 ずれ断層型である.

(3) 茨城県南部の地震(最大 M4.8,最大震度 4,第4図(a)~(e))

2019 年 11 月 22 日 05 時 23 分に茨城県南部の深さ 45 km で M4.5 の地震(最大震度 3)が発生した. この地震の震源付近では,2019 年 12 月 3 日 10 時 18 分に茨城県南部の深さ 52 km で M4.7 の地震 (最大震度 4),2020 年 1 月 14 日 04 時 53 分に茨城県南部の深さ 46 km で M4.8 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レートの境界で発生した.また,これらの地震のうち,12 月 3 日の地震,1 月 14 日の地震は既往の相似地震グループの最新の地震として検出された.

(4) 茨城県北部の地震(最大 M4.9,最大震度 4, 第 5 図)

2019年12月4日10時38分に茨城県北部の深さ9kmでM4.9の地震(最大震度4)が発生した. また,翌日の5日22時35分にも深さ8kmでM4.6の地震(最大震度3)が発生した.これらの地 震は地殻内で発生した.発震機構は,4日の地震は北北東-南南西方向に張力軸を持つ正断層型で, 5日の地震は北東-南西方向に張力軸を持つ正断層型であった.

(5) 栃木県北部の地震(M4.8,最大震度4,第6図)

2019 年 12 月 4 日 19 時 35 分に栃木県北部の深さ 7 km で M4.8 の地震(最大震度 4)が発生した. この地震は地殻内で発生した.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. (6) 鳥島近海の地震(M6.1, 震度1以上を観測した地点なし, 第7図)

2019 年 12 月 11 日 02 時 05 分に鳥島近海で M6.1 の地震(震度 1 以上を観測した地点はなし)が 発生した. この地震の発震機構(CMT 解)は,東西方向に圧力軸を持つ型であった.

(7) 千葉県東方沖の地震(M5.8, 最大震度 4, 第 8 図 (a), (b))

2020年1月3日03時23分に千葉県東方沖の深さ34kmでM5.8の地震(最大震度4)が発生した. この地震は,発震機構(CMT解)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.また,この地震は既往の相似地震グループの最新の地震と して検出された.

(8) 茨城県沖の地震(M4.2, 最大震度 4, 第 9 図 (a), (b))

2020年1月21日13時25分に茨城県沖の深さ53kmでM4.2の地震(最大震度4)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.また,この地震は既往の相似地震グループの最新の地震として検出された.

(9) 千葉県東方沖の地震(M5.0, 最大震度 3, 第 10 図)

2020年2月1日01時11分に千葉県東方沖の深さ50kmでM5.0の地震(最大震度3)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,太平洋プレートとフィリピン海プレートの境界で発生した.

(10) 茨城県南部の地震(M5.3,最大震度4,第11図)

2020年2月1日02時07分に茨城県南部の深さ63kmでM5.3の地震(最大震度4)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,太平洋プレートとフィリピン海プレ ートの境界で発生した.

(11) 千葉県北東部の地震(M4.3, 最大震度 4, 第 12 図 (a), (b))

2020年2月20日12時53分に千葉県北東部の深さ28kmでM4.3の地震(最大震度4)が発生した. この地震の発震機構は北北西-南南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で,フィリピン海プレートと陸 のプレートの境界で発生した.また,この地震は新たな相似地震グループの地震として検出された.

(12) 石川県能登地方の地震(M5.5,最大震度5強,第13図(a)~(1))

2020年3月13日02時18分に石川県能登地方の深さ12kmでM5.5の地震(最大震度5強)が 発生した.この地震は地殻内で発生した.この地震の発震機構(CMT解)は、西北西-東南東方 向に圧力軸をもつ逆断層型である.この地震により軽傷者2人の被害が生じた(総務省消防庁によ る).この地震の震源付近では、「平成19年(2007年)能登半島地震」(M6.9、最大震度6強)が 発生し、死者1人、重軽傷者356人、住家全半壊2,426棟などの被害を生じた(被害は、総務省消 防庁による)ほか、石川県珠洲市で22 cmの津波を観測した.Double-Difference法¹⁾(以下,DD法) による詳細な震源分布から、この地震は「平成19年(2007年)能登半島地震」の活動域の東端で 発生したことがわかる. (13) 茨城県南部の地震(M5.0,最大震度 4,第 14 図 (a),(b))

2020年4月12日00時44分に,茨城県南部の深さ53kmでM5.0の地震(最大震度4)が発生した. この地震は,発震機構が北北西-南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 陸のプレートの境界で発生した.また,この地震は既往の相似地震グループの最新の地震として検 出された.

(14) 長野県北部の地震(M4.2, 最大震度 4, 第 15 図)

2020 年 4 月 13 日 19 時 16 分に長野県北部の深さ 5 km で M4.2 の地震(最大震度 4)が発生した. この地震は地殻内で発生した.発震機構は,東西方向に圧力軸を持つ型である.

(15) 小笠原諸島西方沖の地震(M6.8, 最大震度 4, 第 16 図)

2020 年 4 月 18 日 17 時 25 分に小笠原諸島西方沖の深さ 477 km で M6.8 の地震(最大震度 4)が 発生した.この地震により,東京都小笠原村母島で震度 4 を観測したほか,東北地方から九州地方 にかけて震度 2~1 を観測した.この地震は,太平洋プレート内部で発生した.この地震の発震機構 (CMT 解)は,太平洋プレートが沈み込む方向に圧力軸を持つ型である.

(16) 長野県中部の地震(M5.5, 最大震度 4, 第 17 図 (a) ~ (w))

2020年4月23日13時44分に長野県中部の深さ3kmでM5.5の地震(最大震度4)が発生した. この地震は地殻内で発生した.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る. また,この地震の発生後,同日13時52分にM4.6の地震(最大震度3),同日13時57分にM5.0 の地震(最大震度3),26日02時22分にM5.0の地震(最大震度3),27日11時32分にM4.8の 地震(最大震度3)が発生した.これらの地震の震源付近(領域a)では,前日からM3.0を超え る地震が発生しており,4月22日から30日までに震度1以上を観測する地震が67回発生している. DD法等による詳細な震源分布から,一連の地震活動は時空間的に複数の面的なクラスターを形成 して発生していたことがわかる.

(17) 茨城県南部の地震(M4.8, 最大震度 4, 第 18 図 (a), (b))

2020年4月26日09時49分に, 茨城県南部の深さ66kmでM4.8の地震(最大震度4)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,太平洋プレートとフィリピン海プレ ートの境界で発生した.また,この地震は既往の相似地震グループの最新の地震として検出された.

参考文献

Waldhauser, F. and W. L. Ellsworth. (2000), *Bull. Seism. Soc. AM.*, **90**, 1353-1368.
A Double-Difference Earthquake Location Algorithm: Method and Application to the Northern Hayward Fault, California.



関東・中部地方とその周辺の地震活動(2019年11月~2020年1月、M≧4.0)

図中の吹き出しは、陸域M4.5以上・海域M5.0以上

第1図(a) 関東・中部地方とその周辺の地震活動(2019年11月~2020年1月, M ≧ 4.0, 深さ≦ 700 km) Fig. 1(a) Seismic activity in and around the Kanto and Chubu districts (November 2019 – January 2020, M ≧ 4.0, depth ≦ 700 km).



第1図(b) つづき(2020年2月~4月, M \geq 4.0, 深さ \leq 700 km) Fig. 1(b) Continued (February – April 2020, M \geq 4.0, depth \leq 700 km).



第2図(a) 2019年11月8日 茨城県沖の地震 Fig. 2(a) The earthquake off Ibaraki Prefecture on November 8, 2019.

11月8日茨城県沖の地震とその周辺の地震のメカニズムP軸について 震央分布図 矩形領域内の断面図(A-B投影) 深さ30~70kmのみ (2002年10月1日~2019年11月8日、深さ0~100km、M≧3.0) 橙色線は太平洋プレート上面の推定深さ 発震機構(図でCMTと表示しているのはCMT解)のP軸を表示、 (引用元は左記分布図と同じ) 2019年11月8日の地震を濃く表示、 (km) В 矩形内で発震機構がプレート境界型(※1)の地震を赤く表示 30° 30 橙色線は太平洋プレート上面のコンター(※2) 2011年3月30日 2019年11月8日³⁵ 35 今回の地震及び付近のプレート境界型ではない地震 M5.0 の吹き出しを緑色枠で表示 0 M4.4 40 40 (※1) P軸の傾斜角が45度以下、P軸の方位角が65度以上180度以下、 45 45 T軸の傾斜角が45度以上、N軸の傾斜角が30度以下 (※2)引用元:Nakajima and Hasegawa (2006, GRL)、弘瀬・他 (2008, 地震)、 50 50 Nakajima et al. (2009, JGR) 20km 55 2011年4月7日 M4.9 60 2018年2月6日 2011年4月7日 2018年2月6日 51km M3.7 51km M4.9 65 M3.7 37° N 70 🖉) смт 2003年4月21日 2005年11月12日 2012年10月24日 2011年3月30日 2003年4月21日 M4.5 50km M5.0 M4.4 M4.6 53km M4.4 CMT 今回の地震の震源近傍で過去に発生し、プレート境界型で抽出された地震 2003年4月21日、2005年11月12日、2018年2月6日 В の初動発震機構解 2019年11月8日 気象庁地震月報(カタログ編)より 52km M4.4 21 APR. 2003 10:18:33.4 12 NOV. 2005 06:02:07.3 06 FEB. 2018 22:57:07.2 36° 30' E OFF IBARAKI PREF E OFF IBARAKI PREF (\mathcal{H}) CMI E OFF IBARAKI PREF 36°32.3'N 140°50.9'E 36°29.0'N 140°51.3'E 36°38.3'N 140°54.2'E H: 53KM M:4.4 H: 57KM M:4.6 H: 51KM M:3.7 N 2012年10月24日 51km M4.5 CMT 2005年11月12日 57km M4.6 OP 36° N STR DIP SLIP AZM PLG NP1 229' 20' 126' P 111' 28' NP2 11' 74' 78' T 265' 59' N:148 SCORE 97% N 15' 11' STR DIP SIP AZM PLG NP1 220° 6° 68° P 150° 39° NP2 62° 84° 92° T 335° 51° N:183 SCORE 97% N 242° 2° STR DIP SLIP AZM PLG NP1 188° 36° 70° P 112° 11 NP2 32° 57° 104° T 340° 74° N:101 SCORE 100% N 204° 12° 140°E 140°30 141°E

第2図(b) つづき Fig. 2(b) Continued.



震央分布図 (1997年10月1日~2019年11月30日、 深さ0~20km、M≧1.0) 2019年11月17日以降の地震を赤く表示 20km 2006年4月21日 1998年5月3日 5km M5.9 7km M5.8 \oplus $\Theta_{\rm S}$ 35° N ŕ 今回の地震 a 2019年11月17日 13km M4.7 . 稲取断層帯 石廊崎断層 34° 30′ 7.0 2000年7月15日 0 6.0 10km M6.3 \bigcirc 0 5.0 0 4.0 2000年7月1日 16km M6.5 3.0 Ð 2.0 1.0 領域a内のM-T図 м 6 5 4 3 2 2000 2010 2015 2005 (2019年11月17日~30日、M全て) 5 3 2 1

2019年11月17日20時05分に伊豆大島近海の 深さ13kmでM4.7の地震(最大震度4)が発生し た。この地震は、フィリピン海プレートの地殻内 で発生した。発震機構は、南北方向に圧力軸を持 つ横ずれ断層型である。

1997 年 10 月以降の活動をみると、今回の地震 の震央付近(領域 a) は、M2程度の地震は時々 発生しているものの、あまり地震活動の活発な領 域ではなく、今回の地震が最大規模の地震である。

1922 年以降の活動をみると、今回の地震の震央 付近では、1974 年 5 月 9 日に M6.9 の地震(「1974 年伊豆半島沖地震」)が発生し、死者 30 人、負傷 者 102 人、住家全壊 134 棟などの被害が生じた。 また、1978 年 1 月 14 日に M7.0 の地震(「1978 年 伊豆大島近海の地震」)が発生し、死者 25 人、負 傷者 211 人、住家全壊 96 棟などの被害が生じた(い ずれも「日本被害地震総覧」による)。



震央分布図中の茶色の細線は、地震調査研究推進本部の長期評価による活断層帯を示す。

30

第3図 2019年11月17日 伊豆大島近海の地震

0

17 18

Fig. 3 The earthquake near Torishima Island on November 17, 2019.

19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29



第4図 (a) 2019年11月22日, 12月3日, 2020年1月14日 茨城県南部の地震 Fig. 4(a) The earthquake in the southern part of Ibaraki Prefecture on November 22, 2019, December 3, 2019, January 14, 2020.



第4図(b) つづき Fig. 4(b) Continued.

12月3日茨城県南部の地震(相似地震)



※ 各観測点の波形の比較で得られたコヒーレンスの中央値が0.95以上の場合、相似地震として検出している。また、相似地震のグ ループ分けはコヒーレンスを用いて機械的に行っている。

(参考文献) 溜渕功史、中村雅基、山田安之(2014):全国を対象とした客観的な相似地震の抽出,気象研究所技術報告,72,5-16

●推定年平均すべり量等

<i>H</i> =		平均M	震度		発生間隔			平均すべり量
<i>9n</i> - <i>9</i>	回政		最大	最小	平均	最短	最大	(cm/年)
★A	4	4.90	4	4	8.92	7.74	9.88	4.64
B	3	4.77	4	3	8.84	8.72	8.95	4.67
今回の地震 ――> 🔷 С	3	4.83	4	4	9.19	7.38	10.99	4.17

すべり量推定には、モーメントマグニチュードと地震モーメントの関係式[Hanks and Kanamori (1979)]及び地震モーメントとすべり量の関係式 [Nadeau and Johnson(1998)]を使用。得られた積算すべり量と経過時間から最小自乗法を用いてグループ毎の年平均すべり量を求めた。

●波形例



第4図(c) つづき Fig. 4(c) Continued.



2020 年1月14日04時53分に茨城県南部 の深さ46kmでM4.8の地震(最大震度4)が 発生した。この地震は、発震機構が北西-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レートの境界で発生し た。

1997 年 10 月以降の活動をみると、今回の 地震の震源付近(領域 b)は活動が活発な領 域で、最近では 2019 年 11 月 22 日に M4.5 の 地震(最大震度 3)が発生した。また、今回 の地震の発生場所の近くでは、2014 年 9 月 16 日に M5.6 の地震(最大震度 5 弱)が発生し、 負傷者 10 人、住家一部破損 1,060 棟等の被害 を生じた(総務省消防庁による)。

1919年以降の活動をみると、今回の地震の 震央周辺(領域 c)では、M6.0程度の地震が まれに発生している。



第4図 (d) つづき Fig. 4(d) Continued.



2020年1月14日の茨城県南部の地震(M4.8、最大震度4)について強震波形による相関解析を行った結果、既 往の相似地震グループの最新の地震として検出された(上図の ●:今回の地震を含め、M4.2~4.8の3地震)*。。 ※ 各観測点の波形の比較で得られたコヒーレンスの中央値が0.95以上の場合、相似地震として検出している。また、相似地震のグループ分け はコヒーレンスを用いて機械的に行っている。

溜渕功史・中村雅基・山田安之(2014):全国を対象とした客観的な相似地震の抽出,気象研究所技術報告,72,5-16.



●波形例



地震予知連絡会会報第 104 巻 2020 年 9 月発行

第4図 (e) つづき Fig. 4(e) Continued.



12月4日、5日 茨城県北部の地震

第5図 2019年12月4日, 12月5日 茨城県北部の地震 Fig. 5 The earthquake in the northern part of Ibaraki Prefecture on December 4 and December 5, 2019.



12月4日 栃木県北部の地震

さ7kmでM4.8の地震(最大震度4)が発生した。 この地震は地殻内で発生した。発震機構は、北西 一南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型であっ

の震央付近(領域a)では、2018年7月29日に た、2000年10月18日にM4.7の地震、翌19日

1922 年以降の活動をみると、今回の地震の震 央付近(領域b)では、1949年12月26日に08 時17分と08時24分にそれぞれM6.2とM6.4の 死者 10 人、負傷者 163 人、住家全壊 290 棟、非 住家全壊 618 棟などの被害が生じた(被害は「日



12月11日 鳥島近海の地震





*E ※深さは CMT 解による





2019 年 12 月 11 日 02 時 05 分に鳥島近海で M6.1 の地震(震度1以上を観測した地点はな し)が発生した。この地震の発震機構(CMT 解) は、東西方向に圧力軸を持つ型であった。

1997 年 10 月以降の活動をみると、今回の地 震の震央付近(領域 a)では、M6.0 以上の地 震が時々発生している。



1922 年以降の活動をみると、今回の地震の 震央周辺(領域b)では、M6.0 以上の地震が 時々発生しているが、被害が生じた地震は発生 していない。なお、2015 年 5 月 30 日の深さ 682km で発生した M8.1 の地震(最大震度 5 強) では、軽傷者 8 人等の被害が生じた(総務省消 防庁による)。



第7図 2019年12月11日 鳥島近海の地震 Fig. 7 The earthquake near Torishima Island on December 11, 2019.

1月3日 千葉県東方沖の地震



2020年1月3日03時23分に千葉県東方 沖の深さ34kmでM5.8の地震(最大震度4) が発生した。この地震は、発震機構(CMT 解)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。

1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近(領域b)では、M5.0以上の地震が時々発生している。「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」(以下、「東北地方太平洋沖地震」と記す)の発生後は、2011年3月11日15時57分にM6.2の地震(最大震度4)が発生するなど、地震活動が一時的に活発になった。

領域b内のM-T図及び回数積算図



1919年以降の活動をみると、今回の 地震の震央周辺(領域 c)では、M6.0 以上の地震が時々発生している。1923 年6月2日02時24分のM7.1の地震で は、鮎川で32cm(最大全振幅)の津波 を観測した(「日本被害津波総覧」によ る)。また、この領域の北側では2011年 3月11日15時15分にM7.6の地震(「東 北地方太平洋沖地震」の最大余震、最大 震度6強)が発生している。



第8図(a) 2020年1月3日 千葉県東方沖の地震 Fig. 8(a) The earthquake east off Chiba Prefecture on January 3, 2020.

1月3日千葉県東方沖の地震(相似地震)



※ 各観測点の波形の比較で得られたコヒーレンスの中央値が0.95以上の場合、相似地震として検出している。また、相似地震のグ ループ分けはコヒーレンスを用いて機械的に行っている。

(参考文献) 溜渕功史、中村雅基、山田安之(2014):全国を対象とした客観的な相似地震の抽出,気象研究所技術報告,72,5-16

●推定年平均すべり量等

グループ	回数	平均M	震度			発生間隔	平均すべり量	
			最大	最小	平均	最短	最大	(cm/年) 一
*A	6	5.77	4	3	5.68	0.02	10.26	12.49
		(***	参考)地 地	₂震①~ ₂震⑤~	②での 1 ⑥での 打	推定平均 推定平均	すべり量 すべり量	號 6.46cm/年 號 8.33cm/年



●波形例







震央分布図

(1997年10月1日~2020年1月31日、

深さ0~150km、M≧3.0)

50km

2020年1月の地震を赤く表示

2020年1月21日13時25分に茨城県沖の深 さ 53km で M4.2 の地震(最大震度 4) 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。

震の震源付近(領域b)は、M5.0以上の地震が 生以降、活動がより活発になっており、2012年 3月1日には M5.3の地震(最大震度5弱)、2016

央付近(領域 c) では、M5.0 以上の地震が度々 発生しており、このうち、1930年6月1日に発 生した M6.5の地震(最大震度5)では、がけ崩 れ、煙突倒壊などの被害が生じた(被害は「日



第9図(a) 2020年1月21日 茨城県沖の地震 Fig. 9(a) The earthquake off Ibaraki Prefecture on January 21, 2020.

1月21日 茨城県沖の地震(相似地震)



2020年1月21日の茨城県沖の地震(M4.2、最大震度4)について強震波形による相関解析を行った結果、既往の相似地震グループの最新の地震として検出された(上図の▼:今回の地震を含め、M4.2~4.3の3地震)*。 なお、近傍の別グループ(上図の●:M4.2の2地震)とも相関が高く、これらは同一グループの可能性もある。 * 各観測点の波形の比較で得られたコヒーレンスの中央値が0.95以上の場合、相似地震として検出している。また、相似地震のグループ分け はコヒーレンスを用いて機械的に行っている。

溜渕功史・中村雅基・山田安之(2014):全国を対象とした客観的な相似地震の抽出,気象研究所技術報告,72,5-16.

●推定年平均すべり量等	ビー ゴ	回数	平均M	震度		発生間隔			平均すべり量
	910-9			最大	最小	平均	最短	最大	(cm/年) 一
すべり量推定には、モーメント マグニチュードと地震モーメン トの関係式[Hanks and Kanamori (1979)]及び地震 モーメントとすべり量の関係式 [Nadeau and Johnson(1998)] を使用。得られた積算イベリ 量と経過時間から最小自乗法 を用いてグルーブ毎の年平均 すべり量を求めた。		35243523232	3.97 4.42 3.80 5.30 5.03 4.72 3.90 3.27 4.20 5.17 4.35	333A4432343	23244322343	8.65 5.04 3.98 8.74 6.41 3.99 4.03 1.56 6.63 4.80 3.02	4.86 4.68 3.98 4.36 2.72 4.03 1.45 6.63 2.65 3.02	12.44 5.35 3.98 8.98 8.47 5.71 4.03 1.66 6.63 6.95 3.02	2.97 6.15 5.25 5.97 6.59 9.23 5.84 10.58 4.23 9.61 9.85
今回の地震一		42323	4.80 4.05 4.23 4.10 4.33	043434	943433	2.28 4.60 3.13 4.23 2.87	2.09 4.60 3.01 4.23 2.83	2.65 4.60 3.25 4.23 2.91	17.55 5.75 8.97 6.26 10.37

(参考)グループNとグループIが同じ相似地震グループと仮定した場合、その平均すべり量は6.72cm/年

●波形例



第9図(b) つづき Fig. 9(b) Continued.

1500

1000

500

2020





第10図 2020年2月1日 千葉県東方沖の地震 Fig. 10 The earthquake east off Chiba Prefecture on February 1, 2020.



第11図 2020年2月1日 茨城県南部の地震 Fig. 11 The earthquake in the southern part of Ibaraki Prefecture on February 1, 2020.
1000

800

600

400

200

2020

2月20日 千葉県北東部の地震



第12図(a) 2020年2月20日 千葉県北東部の地震 Fig. 12(a) The earthquake in the north-eastern part of Chiba Prefecture on February 20, 2020.

2月20日 千葉県北東部の地震(相似地震)



2020年2月20日の千葉県北東部の地震(M4.3、最大震度4)について強震波形による相関解析を行った結果、新たな相似地震グループ(グループB)の地震として検出された(上図の●:もう一つは、2008年10月14日のM4.3の地震、最大震度4)*。

※ 各観測点の波形の比較で得られたコヒーレンスの中央値が0.95以上の場合、相似地震として検出している。また、相似地震のグループ 分けはコヒーレンスを用いて機械的に行っている。

溜渕功史・中村雅基・山田安之(2014):全国を対象とした客観的な相似地震の抽出,気象研究所技術報告,72,5-16.

●推定年平均すべり量等

	グループ 同数		₩ 1 5 M	震度			発生間隔	平均すべり量	
	<i>910-9</i>	凹致	十均M	最大	最小	平均	最短	最大	(cm/年)一
	★A	2	4.40	4	4	10.86	10.86	10.86	2.74
今回の地震 —	→● B	2	4.30	4	4	11.35	11.35	11.35	2.62
	♦ C	2	4.00	3	3	5.24	5.24	5.24	4.24
	🔶 D	2	3.75	3	3	10.07	10.07	10.07	1.85
	▼ E	2	3.50	3	3	5.73	5.73	5.73	3.06

すべり量推定には、モーメントマグニチュードと地震モーメントの関係式[Hanks and Kanamori (1979)]及び 地震モーメントとすべり量の関係式[Nadeau and Johnson(1998)]を使用。得られた積算すべり量と経過時間から最小自乗法を用いてグループ毎の年平均す べり量を来めた。

●波形例



第 12 図(b) つづき Fig. 12(b) Continued.

1000

100



第13図(a) 2020年3月13日 石川県能登地方の地震 Fig. 13(a) The earthquake in Noto region of Ishikawa Prefecture on March 13, 2020.

震央分布図(2020年3月13日~16日、M≧0.5、20km以浅)



第13図(b) つづき Fig. 13(b) Continued.



平成19年(2007年)能登半島地震付近の地震活動

第13図(c) つづき Fig. 13(c) Continued.





平成19年(2007年)能登半島地震以降の発震機構解

第13図 (e) つづき Fig. 13(e) Continued.



3月13日石川県能登地方の地震(地震活動パラメータ等)

第13図(f) つづき Fig. 13(f) Continued.

能登半島付近の主な被害地震



図中の茶線は、地震調査研究推進本部の長期評価による活断層を示す。

上図矩形内の主な地震の石川県における	う被害
--------------------	-----

年月日	М	主な被害
1729.8.1	6.6~7.0	珠洲郡、鳳至郡で死者5人、家屋全壊・同損壊791棟、輪島村で家
		屋全壊 28 棟。能登半島先端で被害が大きい。
1799. 6. 29	6.0	金沢城下で家屋全壊 26 棟、能美・石川・河北郡で家屋全壊 964 棟、
		死者は全体で 21 人。
1892.12.9	6.4	羽咋郡高浜町・火打谷村で家屋破損あり。堀松村末吉で、死者1人、
		負傷者5人、家屋全壊2棟。(12月11日にも同程度の地震あり。)
1933. 9. 21	6.0	死者3人、負傷者55人、住家全壊2棟。
1993. 2. 7	6.6	負傷者 30人(重傷1人、軽傷28人)、住家全壊1棟。
2007. 3. 25	6.9	死者1人、負傷者338人、住家全壊686棟。

被害の記述等は、1729年~1933年の地震は地震本部 HPの「石川県の地震活動の特徴」

(https://www.jishin.go.jp/regional_seismicity/rs_chubu/p17_ishikawa/)、1993 年の 地震は「日本被害地震総覧」、2007 年の地震は総務省消防庁による。

第 13 図(g) つづき Fig. 13(g) Continued.



平成19年(2007年)能登半島地震による、3月13日石川県能登地方の地震(M5.5)に対するΔCFF

第13図(h) つづき Fig. 13(h) Continued.



平成19年(2007年)能登半島地震による、3月13日石川県能登地方の地震(M5.5)に対するΔCFF

ソース断層パラメータは地理院推定値(予知連会報第78巻)から 左上端:37.19°,136.55°深さ1.2km 断層長さ21.2km,断層幅13.9km 走向55°,傾斜角63°,すべり角137°,すべり量1.65m

図内の〇は2020年3月13日~22日の地震(M≧1.0、深さ≦30km)

第13図(i) つづき Fig. 13(i) Continued.



Fig. 13(j) Continued.



Fig. 13(k) Continued.

N=572

800

600

400

200

300

200

100

2020

N=371 400

2019 2020

1980

1990 2000 2010 2020

N=138 150

100

2015



4月12日 茨城県南部の地震

第14図(a) 2020年4月12日 茨城県南部の地震 Fig. 14(a) The earthquake in the southern part of Ibaraki Prefecture on April 12, 2020.

4月12日 茨城県南部の地震(相似地震)



2020年4月12日の茨城県南部の地震(M5.0、最大震度4)について強震波形による相関解析を行った結果、 既往相似地震グループの最新の地震として検出された(上図の●:今回を含めM5.0~5.1の3地震)*。 * 各観測点の波形の比較で得られたコヒーレンスの中央値が6.95以上の場合、相似地震として検出している。また、相似地震のグループ 分けはコヒーレンスを用いて機械的に行っている。

1990

2000

2010

2020

年

溜渕功史・中村雅基・山田安之(2014):全国を対象とした客観的な相似地震の抽出,気象研究所技術報告,72,5-16.

●推定年平均すべり量等

		同数	₩₩₩	震度		発生間隔(年)			平均すべり量
	970-9	凹奴	TIM	最大	最小	平均	最短	最大	(cm/年) —
	★A	5	4.76	4	3	6.38	3.24	9.13	5.88
今回の地震	→ ● B	3	5.03	Α	4	8.91	8.80	9.03	5.03
	• C	2	4.65	4	3	6.47	6.47	6.47	5.17
	🔶 D	3	4.27	4	3	4.70	4.17	5.23	6.12
	👅 E	2	4.20	3	3	11.96	11.96	11.96	2.49
	🔶 F	5	3.94	3	3	2.06	0.00	4.74	10.47
	G G	2	4.60	4	4	10.17	10.17	10.17	3.49
	ΑH	3	4.83	Α	4	8.21	5.46	10.95	4.81
	• 1	2	4.00	3	2	25.02	25.02	25.02	1.00

すべり量推定には、モーメントマグニチュードと地震モーメントの関係式[Hanks and Kanamori (1979)]及び 地震モーメントとすべり量の関係式 [Nadeau and Johnson(1998)]を使用。得られた積算すべり量と経過時間から最小自乗法を用いてグループ毎の年平均すべり量を求めた。

●波形例



地震予知連絡会会報第 104 巻 2020 年 9 月発行

第 14 図(b) つづき Fig. 14(b) Continued.

4月13日 長野県北部の地震



2020 年4月13 日 19 時16 分に長野県北部の深さ 5 km で M4.2 の地震(最大震度4)が発生した。こ の地震は地殻内で発生した。発震機構は、東西方向 に圧力軸を持つ型である。

1997 年 10 月以降の活動をみると、今回の地震の 震源付近(領域 a)では、2014 年 11 月 22 日に M6.7 の地震(最大震度 6 弱)が発生し、負傷者 46 人、住 家全壊77 棟などの被害が生じた(総務省消防庁によ る)。この M6.7 の地震は、神城断層(糸魚川-静岡 構造線断層帯の構成断層のひとつ)の北部で発生し た(「糸魚川-静岡構造線断層帯の長期評価(第二 版)」による)。

1919年以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺(領域b)では、M5.0を超える地震が時々発生している。また、領域bの周辺で1965年から発生した「松代群発地震」では、負傷者15人、住宅全壊10棟などの被害が生じた(「日本被害地震総覧」による)。



第15図 2020年4月13日 長野県北部の地震 Fig. 15 The earthquake in the northern part of Nagano Prefecture on April 13, 2020.



第16図 2020年4月18日 小笠原諸島西方沖の地震 Fig. 16 The earthquake west off Ogasawara Islands on April 18, 2020.

4月23日 長野県中部の地震



茶線は地震調査研究推進本部の長期評価による活断層を示す。

2020年4月23日13時44分に長野県中部の深さ3 kmでM5.5の地震(最大震度4)が発生した。この地 震は地殻内で発生した。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る。また、この地震 の発生後、同日13時57分にM5.0の地震(最大震度 3)、26日02時22分にM5.0の地震(最大震度3) が発生した。これらの地震の震源付近(領域 a)では、 前日からM3.0を超える地震が発生しており、4月22 日から 30日までに震度1以上を観測する地震が67 回発生している。

1997年10月以降の活動をみると、領域 a では、1998 年8月12日に M5.0の地震(最大震度5弱)が発生し、 その4日後の8月16日に M5.6の地震(最大震度4) が発生するなど、活発な地震活動が続いた。

1919 年以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺(領域b)では、M5.0 を超える地震が時々発生している。また、領域bの周辺で1965 年から発生した「松代群発地震」では、負傷者15人、住宅全壊10棟などの被害が、1984 年9月14日に発生した「昭和59年(1984年)長野県西部地震では、死者29人、負傷者10人などの被害が生じた(被害は「日本被害地震総覧」による)。

領域a内のM-T図及び回数積算図

1409



м

第17図(a) 2020 年 4 月 23 日 長野県中部の地震 Fig. 17(a) The earthquake in the central part of Nagano Prefecture on April 23, 2020.



4月23日 長野県中部の地震(5月13日までの活動)

領域 b の範囲は領域 a と同じであるが、震源の下限が異なるため便宜上「領域 b」とした

〈資料の利用上の留意点〉

・2020 年 4 月 18 日以降の震源では、地震の規模の小さな地震について、暫定的に震源精査の基準を変更しているため、それ以前と比較して 微小な地震での震源決定数の変化(増減)が認められる

第17図(b) つづき Fig. 17(b) Continued.

長野県中部の地震回数表

5月14日15時現在

	震度1	震度2	震度3	震度4	合計
4月22日	2	1	1	0	4
4月23日	10	3	2	1	16
4月24日	6	4	0	0	10
4月25日	8	0	0	0	8
4月26日	11	3	1	0	15
4月27日	4	1	1	0	6
4月28日	3	0	0	0	3
4月29日	1	0	0	0	1
4月30日	3	1	0	0	4
5月1日	1	0	0	0	1
5月2日	0	0	0	0	0
5月3日	3	0	0	0	3
5月4日	0	0	0	0	0
5月5日	0	1	0	0	1
5月6日	1	0	0	0	1
5月7日	0	0	0	0	0
5月8日	2	0	0	0	2
5月9日	0	0	0	0	0
5月10日	0	0	0	0	0
5月11日	0	0	0	0	0
5月12日	0	0	0	0	0
5月13日	8	4	2	0	14
5月14日	4	1	0	0	5
合計	67	19	7	1	94

※震央地名が「岐阜県飛騨地方」の地震も一連の活動として回数に 含めています。

(5月1日05時06分の岐阜県飛騨地方の地震は除く)

第 17 図(c) つづき Fig. 17(c) Continued.

4月23日 長野県中部の地震(今回の活動経過)

震源の色について、2020年4月1日~4月21日を灰色、4月22日~4月23日13時43分(M5.5の地震発生前まで)を青、 4月23日13時44分(M5.5の地震発生)~4月24日18時59分を赤、4月24日19時00分以降を緑で表示



2020年4月18日から、暫定的に震源精査の基準を変更(※)しているため、それ以前と比較して精査基準未満の 震源分布等にこの影響がみられる可能性がある。

※ 4月18日~4月23日13時43分(M5.5の地震発生前まで)は 精査検測基準を従来のM1.7以上からM2.7以上に変更。4月23 日13時44分(M5.5の地震発生)以降は精査検測基準を震度1 以上を観測した地震に再変更。

第 17 図(d) つづき Fig. 17(d) Continued. 2

0

0

May

22 23 24 25 26 27 28 29 30 1 2 3 4 5

Apr



第 17 図(e) つづき Fig. 17(e) Continued.



第 17 図(f) つづき Fig. 17(f) Continued.



第 17 図(h) つづき Fig. 17(h) Continued.



第 17 図(i) つづき Fig. 17(i) Continued.





第 17 図(j) つづき Fig. 17(j) Continued.



P波初動解はルーチン解析による(参考解は除外)







第 17 図(l) つづき Fig. 17(l) Continued.



第 17 図 (m) つづき Fig. 17(m) Continued.



第 17 図 (n) つづき Fig. 17(n) Continued.

4月23日長野県中部の地震(付近の発震機構解)

Frohlich, C. (2001)に基づいて断層型別を分類し、横ずれ断層型を緑、逆断層型を青、正断層型を赤で表示 P波初動解分布(2020年4月1日~5月5日、深さ0~30km、M≧3.0)



第 17 図 (o) つづき Fig. 17(o) Continued.



4月23日長野県中部の地震(観測点限定再計算)

第17図(p) つづき Fig. 17(p) Continued.



第 17 図(q) つづき Fig. 17(q) Continued.



第 17 図 (r) つづき Fig. 17(r) Continued.



Fig. 17(s) Continued.



第 17 図(t) つづき Fig. 17(t) Continued.



Fig. 17(u) Continued.



4月23日長野県中部の地震(ETAS解析、b値)

図中の茶色の線は地震調査研究推進本部の長期評価による活断層を示す。黒三角は、活火山を示す。

第17図(v) つづき Fig. 17(v) Continued.



領域毎のETAS解析(上)及びM別度数分布・b値(下)



第 17 図(w) つづき Fig. 17(w) Continued.

1500

1000

500

4月26日 茨城県南部の地震



第 18 図(a) 2020 年 4 月 26 日 茨城県南部の地震 Fig. 18(a) The earthquake in the southern part of Ibaraki Prefecture on April 26, 2020.

4月26日 茨城県南部の地震(相似地震)



2020年4月26日の茨城県南部の地震(M4.8、最大震度4)について強震波形による相関解析を行った結果、 既往相似地震グループの最新の地震として検出された(上図の ★:今回を含めM4.7~4.8の6地震)*。 ※ 各観測点の波形の比較で得られたコヒーレンスの中央値が0.95以上の場合、相似地震として検出している。また、相似地震のグループ

分けはコヒーレンスを用いて機械的に行っている。 溜渕功史・中村雅基・山田安之(2014):全国を対象とした客観的な相似地震の抽出,気象研究所技術報告,72,5-16.

●推定年平均すべり量等

				震度		発生間隔(年)			平均すべり量
	910-9	凹奴	⊤⊐лі	最大	最小	平均	最短	最大	(cm/年) —
今回の地震	> ★ A	6	4.77	4	3	6.19	3.24	9.13	6.33
	B	2	4.65	4	3	6.47	6.47	6.47	5.17
	C	3	4.27	4	3	4.70	4.17	5.23	6.12
	\varTheta D	5	3.94	3	3	2.06	0.00	4.74	10.47
	👅 E	2	4.60	4	4	10.17	10.17	10.17	3.49
	會 F	3	4.83	А	4	8.21	5.46	10.95	4.81

すべり量推定には、モーメントマグニチュードと地震モーメントの関係式[Hanks and Kanamori (1979)]及び地震モーメントとすべり量の関係式 [Nadeau and Johnson(1998)]を使用。得られた積算すべり量と経過時間から最小自乗法を用いてグループ毎の年平均すべり量を求めた。

●波形例



第18図(b) つづき Fig. 18(b) Continued.

ö
4-2 神奈川県西部地域の地下水位観測結果(2019年11月~2020年4月) Temporal Variation in the Groundwater Level in the western part of Kanagawa Prefecture, Japan (November 2019 – April 2020)

神奈川県温泉地学研究所・産業技術総合研究所

Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture and Geological Survey of Japan, AIST

1. はじめに

神奈川県温泉地学研究所では、神奈川県西部地震の予知研究の一環として、第1図・第1表に 示した6箇所に地下水位観測施設を整備し地下水位の連続観測を行っている.2019年11月~2020 年4月の観測結果を報告する.

2. 観測

第1図の6箇所の観測点では、地下水位の他、気圧・降水量が1秒サンプリングで観測され、神 奈川県温泉地学研究所にリアルタイム送信されている。通常の解析には、これをもとに作成した1 分値や1時間値を用いている。

3. 結果

結果を第2,3 図(原則1時間値, 真鶴・二宮のみ24時間平均値)と第4 図(原則0時の瞬時値) に示す.第1 図の範囲内(北緯35~35.5 度, 東経138.9~139.4 度)で, 2019年11月~2020年 4月に深さ30 km 以浅で M4 以上の地震はない.同期間中に観測点で震度2以上の揺れをもたらし た可能性のある地震は第2表の4 個である.同期間では,1月3日の千葉県東方沖の地震(M5.8), 2月1日の茨城県南部の地震(M5.3),4月12日の茨城県南部の地震(M5.0)の際に,大井観測点 において,それぞれ7 cm 程度,2 cm 程度,6 cm 程度のコサイスミックと見られる水位の変化(上 昇)が観測された.

(板寺 一洋・原田 昌武・松本 則夫)

参考文献

1) 横山尚秀・小鷹滋郎・板寺一洋・長瀬和雄・杉山茂夫, 1995, 神奈川県西部地震予知のための 地下水位観測施設と地下水位解析, 温泉地学研究所報告, 26, 21-36.



第1図 神奈川県温泉地学研究所の地下水観測点の分布(●) 1: 大井, 2: 小田原, 3: 南足柄, 4: 湯本, 5: 真鶴, 6: 二宮の各観測点

Fig. 1 Distribution of groundwater observation stations of Hot Springs Research Institute of Kanagawa Prefecture (●). 1:Ooi, 2:Odawara, 3:Minami-ashigara, 4:Yumoto, 5:Manazuru, 6:Ninomiya.

为 1 公 心下小玩炽示い似女	第1表	₹ 地⁻	下水観測	点の概要	토 ¹⁾
-----------------	-----	------	------	------	-----------------

Table 1 List of the groundwater observation stations.¹⁾

OBSERVATION WELL	ALTITUDE (m)	DEPTH OF WELL (m)	DEPTH OF SCREEN (m)	DEPTH OF WATER LEVEL SENSOR (m)
001	47	300	270-300	15
ODAWARA	22	300	270-300	15
MINAMI-ASHIGARA	143	150	120-150	32
YUMOTO	67	300	250-300	20
MANAZURU	40	300	250-300	43
NINOMIYA	51	500	450-500	13



第2図 2019年11月-2020年1月の観測結果

Fig. 2 Observation results from November 2019 to January 2020.



第3図 2020年2月-2020年4月の観測結果

Fig. 3 Observation results from February 2020 to April 2020.



第4図 2019年5月-2020年4月の観測結果

Fig. 4 Observation results from May 2019 to April 2020.

第2表 観測点周辺で震度2以上の地震をもたらした可能性のある地震

Table 2 List of the earthquakes whose seismic intensities were possibly 2 or greater at some of the observation stations.

No.	Date and Time	Region Name	M*1	Depth km	JSI ^{*2}
1	2019/12/14 3:24	Izu-oshima Kinkai	4.3	33	1-2
2	2020/1/3 3:23	Chiba-ken Toho-oki	5.8	34	1-2
3	2020/2/1 2:07	Ibaraki-ken Nanbu	5.3	63	1-2
4	2020/4/12 0:44	Ibaraki-ken Nanbu	5.0	53	1-2

*1: Magnitude.

*2: JMA seismic intensity in and around the observation stations.

4-3 関東甲信地方の地殻変動 Crustal Movements in the Kanto District

国土地理院

Geospatial Information Authority of Japan

[水準測量]

第1図は,水準原点から三浦半島先端にかけての水準測量結果である.最新の結果では,特段の 変動は見られない.

第2図は、水準原点に対する三浦半島の上下変動時系列である。1960年代以降東北地方太平洋 沖地震前まで、半島の先端側が長期的かつ継続的に沈降していた。また、三浦半島の付け根のF25 (横浜市)、J35-7(横浜市)も最近30年間は継続的に沈降傾向であった。東北地方太平洋沖地震を 挟む期間においては、震源側の沈降により水準原点に対する各点の隆起傾向が見られたが、その後 は地震前と同様に沈降傾向となっている。



第1図 水準測量による水準原点~油壺験潮場の上下変動

Fig. 1 Results of leveling survey from the origin point of the vertical datum to the Aburatsubo tide station.

1923年を基準とした三浦半島の各水準点の経年変化 水準原点(甲)に対する三浦半島先端側の沈降が継続している.



基準:水準原点(甲)

第2図 水準原点から見た三浦半島周辺の水準点の上下変動時系列

Fig. 2 Time series of height change on benchmarks around Miura peninsula with respect to the origin point of the vertical datum by leveling.

5-1 伊豆地方の地殻変動

Crustal Movements in the Izu peninsula and its Vicinity

国土地理院

Geospatial Information Authority of Japan

[GNSS 伊豆]

第1~2図は,伊豆半島及び伊豆諸島の水平・上下変動のベクトル図である.特段の変動は見られない.

[GNSS 伊豆東部]

第3~6図は、初島観測点を始点とした2006年3月1日以降の伊豆半島東部のGNSS連続観測 3 成分時系列グラフである. すべての基線で2015年7月頃に急激な隆起、2018年4月頃に急激な 沈降が見られるが、初島観測点の受信状況の悪化による見かけ上の変化と見られ、2018年8月10 日に実施した周辺樹木の剪定後は以前の値に戻っている.また、2006年3~4月の地震活動P2009 年12月17~21日にかけての伊豆半島東方沖の地震活動、及び2011年3月11日の東北地方太平 洋沖地震に伴う変動がどの基線にも見られる.2011年7月17~18日と9月18~23日の伊豆東 部での群発的な地震活動に伴うごく僅かな膨張性の地殻変動の影響が、(3)、(4)、(9)の基線で見 られる.(4)の上下変動の時系列に2012年3月頃に見られる変化は、冷川峠A観測点の周辺で2 月下旬から3月上旬にかけて行われた樹木の伐採の影響による見かけ上の変化と考えられる.(9) の上下変動の時系列に2016年3月頃から沈降が見られていたが、12月上旬に伊東八幡野観測点周 辺の樹木の伐採が行われた後は以前の値に戻っており、観測点周辺の樹木の繁茂による見かけ上の 変化と考えられる.

[GNSS 伊豆諸島]

第7~13 図は、伊豆諸島北部と伊豆半島の間の GNSS 連続観測基線図と斜距離及び比高の時系 列グラフである.各段の左が1996年4月以降の長期,右が最近2年間の短期の時系列グラフである.

第8図上段の基線(1)~(3)では、2000年6~7月の三宅島の火山性地殻変動及び神津島東 方沖で進行したダイクの貫入によると思われる斜距離の変化が見られる.

第8~9図の伊豆大島島内の基線(6)~(11)の斜距離には,伊豆大島の膨張収縮に伴う基線の伸び縮みが見られる.

第9図の新島~神津島1Aの基線(12)では、2000年の活動以降、斜距離の伸びが継続していた が、2015年1月頃から伸びが停滞し、2015年後半からは縮みの傾向が見られる.ただし、2019年 6月頃から再び伸びの傾向が見られる.

第10図の式根島~神津島1Aの基線(17)でも、2000年の活動以降、斜距離の伸びが継続していたが、2015年1月頃から伸びが停滞し、2015年後半から縮みの傾向が見られる。逆に、利島~ 新島の基線(15)では2015年後半から伸びの傾向が見られる。

第11~13 図の比高変化グラフでは,新島~式根島の基線(16) で2015 年後半から,利島~新 島の基線(15) で2016 年頃から沈降の傾向が見られていたが,最近2年間では特段の変動は見ら れない.そのほかは伊豆大島の膨張収縮に伴う上下変動以外には,特段の変動は見られない.新島 を含む(1),(14),(15),(16)の上下成分(比高)は,2007年後半と2014年初めに新島の隆起,2010年後半と2015年後半に新島の沈降を示しているが、これらは新島観測点周辺の樹木の成長、その後枝払い(2007年12月19日,2010年9月15日弱剪定,2010年12月7日強剪定,2014年1月26日,2015年11月30日)による見かけ上のものである.式根島観測点では、2010年12月8日及び2018年3月15日に樹木の剪定を行った.

[水準測量 静岡市~熱海市~横浜市]

第14回は,静岡市から熱海市を経由して横浜市に至る国道一号線沿いの路線の水準測量結果である.最近の1年間では,横浜市側に対する静岡市側の沈降が見られる.

伊豆半島・伊豆諸島の水平上下変動 GNSS連続観測

ベクトル図 (水平) -3か月-

基準期間: 2020/01/09 -- 2020/01/18 [F3:最終解]

比較期間: 2020/04/09 -- 2020/04/18 [R3:速報解]







第1図b GNSS 観測による伊豆地方の上下変動(3か月)

Fig. 1b Vertical movements of Izu Region by GNSS continuous measurements (3 months).

伊豆半島・伊豆諸島の水平上下変動 GNSS連続観測

ベクトル図 (水平) -1か月-

基準期間: 2020/03/09 -- 2020/03/18 [F3:最終解] 比較期間: 2020/04/09 -- 2020/04/18 [R3:速報解]





Fig. 2a Horizontal movements of Izu Region by GNSS continuous measurements (1 month).



第2図b GNSS 観測による伊豆地方の上下変動(1か月)

Fig. 2b Vertical movements of Izu Region by GNSS continuous measurements (1 month).



伊豆東部地区 GNSS連続観測時系列 (1)

伊豆東部地区周辺の各観測局情報

点番号	点 名	日付	保守内容	
95105	初島	2009/07/17	周辺伐採	
		2010/02/02	レドーム開閉	
		2013/01/08	アンテナ更新	
		2015/10/20	周辺伐採	
		2017/01/31	受信機交換	
		2018/08/10	周辺伐採	
161217	湯河原A	2009/02/24	レドーム開閉・受信機交換	
		2012/12/11	アンテナ更新	
		2016/10/22	湯河原観測停止	
		2016/12/16	湯河原A観測開始(移転)	
		2017/05/02	アンテナ交換	
92106	宇佐美	2010/01/21	レドーム開閉	
		2012/12/06	アンテナ更新	
		2018/01/18	受信機交換	
131194	中伊豆A	2008/01/19	レドーム開閉	
		2012/12/05	アンテナ更新	
		2013/06/24	中伊豆観測停止	
		2013/07/11	中伊豆A観測開始(移転)	

点番号	点 名	日付	保守内容
000841	冷川峠A	2008/01/19	レドーム開閉
		2008/05/15	アンテナ交換
		2012/2下~3上	周辺伐採
		2012/10/24	アンテナ更新
		2018/11/15	受信機交換
101183	伊東A	2008/09/18	アンテナ交換
		2010/01/21	レドーム開閉
		2011/11/01	移転(伊東→伊東A)
		2012/10/24	アンテナ更新
		2018/01/18	受信機交換
		2019/04/12	アンテナ交換
149084	M汐吹公園	2018/12/18	受信機交換
149085	M川奈小	2018/12/18	受信機交換
93048	小室山	2012/12/06	アンテナ更新
		2019/11/21	受信機交換
93062	伊東八幡野	2006/07/07	周辺伐採
		2011/01/11	レドーム開閉
		2012/12/05	アンテナ更新
		2016/12/08	周辺伐採
02P113	D伊宙	2010/09/29	アンテナな地

※069072M上白岩ついて、2018年12月17日に廃点した

第3図 伊豆半島東部 GNSS 連続観測結果(基線図及び保守状況)

Fig. 3 Results of continuous GNSS measurements in the eastern Izu Peninsula (baseline map and maintenance history).

伊豆東部地区 GNSS連続観測時系列 (2)



第4図 伊豆半島東部 GNSS 連続観測結果(2006 年 3 月以降・3 成分) Fig. 4 Results of continuous GNSS measurements in the eastern Izu Peninsula from March 2006 (3 components) (1/3).

伊豆東部地区 GNSS連続観測時系列 (3)

成分変化グラフ





伊豆東部地区 GNSS連続観測時系列 (4)

成分変化グラフ



●----[F3:最終解] ●----[R3:速報解]

第6図 伊豆半島東部 GNSS 連続観測結果(2006年3月以降・3成分)

Fig. 6 Results of continuous GNSS measurements in the eastern Izu Peninsula from March 2006 (3 components) (3/3).



伊豆諸島地区 GNSS連続観測時系列(1)

※2003年3月5日に基準局92110(つくば1)のアンテナおよびレドームの交換を実施し、解析値に補正をしています。

2016/02/12 受信機交換 2018/02/06 周辺伐採

第7図 伊豆諸島北部 GNSS 連続観測結果(基線図及び保守状況)

Fig. 7 Results of continuous GNSS measurements in the northern part of the Izu Islands (baseline map and maintenance history).

伊豆諸島地区 GNSS連続観測時系列(2)



第8回 伊豆諸島北部 GNSS 連続観測結果(斜距離)

Fig. 8 Results of continuous GNSS measurements in the northern part of the Izu Islands (distance) (1/3).

伊豆諸島地区 GNSS連続観測時系列(3)



第9図 伊豆諸島北部 GNSS 連続観測結果(斜距離)

Fig. 9 Results of continuous GNSS measurements in the northern part of the Izu Islands (distance) (2/3).

伊豆諸島地区 GNSS連続観測時系列(4)



第 10 図 伊豆諸島北部 GNSS 連続観測結果(斜距離)

Fig. 10 Results of continuous GNSS measurements in the northern part of the Izu Islands (distance) (3/3).

伊豆諸島地区 GNSS連続観測時系列(5)



第 11 図 伊豆諸島北部 GNSS 連続観測結果(比高)

Fig. 11 Results of continuous GNSS measurements in the northern part of the Izu Islands (relative height) (1/3).

伊豆諸島地区 GNSS連続観測時系列(6)





Fig. 12 Results of continuous GNSS measurements in the northern part of the Izu Islands (relative height) (2/3).

伊豆諸島地区 GNSS連続観測時系列(7)





Fig. 13 Results of continuous GNSS measurements in the northern part of the Izu Islands (relative height) (3/3).

静岡県静岡市~熱海市~神奈川県横浜市間の上下変動



第 14 図 水準測量による静岡市~熱海市~横浜市間の上下変動 Fig. 14 Results of leveling survey along the leveling route from Shizuoka city to Yokohama city via Atami city.

6-1 東海地方の地殻変動 Crustal Movements in the Tokai District

国土地理院 Geospatial Information Authority of Japan

[GNSS と水準測量の比較 御前崎]

第1図は,電子基準点間の比高変化について,水準測量の結果とGNSS連続観測結果とを比較したものである.両者はほぼ同様の傾向を示しており,最新のデータは従来の長期的な沈降傾向に沿っている.

[GNSS 上下 高精度比高観測 御前崎]

第2~3図は,掛川~御前崎間における高精度比高観測(GNSS連続観測)の結果である.

第2図は、高精度比高観測点間の比高変化について、水準測量の結果とGNSS連続観測結果を比較したものである。両者はほぼ同様の傾向を示しており、最新のデータは従来の長期的な沈降傾向に沿っている。なお、(2)のH下板沢-H下朝比奈2の基線で2016年半ばに見られる隆起は、H 下朝比奈2観測点周辺の樹木の繁茂による見かけ上のものである。

第3図下段の比高変化グラフでは、H下板沢観測点に対して御前崎側の観測点が長期的な沈降の 傾向にあることが見てとれる.なお、(3)H下板沢-H下朝比奈2の基線で2016年半ばに見られ る隆起は、H下朝比奈2観測点周辺の樹木の繁茂による見かけ上のものである.

第4図に,各高精度比高観測点のH下板沢観測点に対する比高変化について,1か月ごと及び10 日ごとの平均値を示している.各図の右に各点の上下変動速度(マイナスは沈降)が記されている. 特段の傾向の変化は見られない.

第5図左は、H細谷観測点に対する各点の比高について、1か月平均値と3か月前の1か月平均 値との差を、最近3年間について示したものである。特段の傾向の変化は見られない。

第5図右は、同様にH細谷観測点に対する各点の比高の1か月平均値の前月との差を、最近1年 間について示したものである。特段の傾向の変化は見られない。

[水準測量 森~掛川~御前崎]

第6~12図は東海地方(森町~御前崎市間)の水準測量結果である.最新の観測は2019年 10~11月である.

第6図の最上段は、最新の観測結果と1年前の同時期の観測結果の差による各水準点の上下変動 である.最新の結果は御前崎側で沈降が見られる.

第7図は、掛川市(140-1)から見た御前崎市(2595)の上下変動時系列である.上のプロット が生の観測値による時系列、下のプロットが年周成分を除去した後の時系列である.2000年夏以 前の SSE 開始よりも前の沈降の速度と比較して、SSE 進行期にある 2000 年秋頃から 2005 年夏頃 までと 2013 年初頭から 2017 年春頃までは沈降速度が速かったが、SSE が停止した 2017 年春頃以 降は、2000 年夏よりも前の沈降速度にほぼ戻ったように見える.

第8図は,前の観測結果について,最新の変動が従来のトレンド(傾き)上にのっているかどう か等を,できるだけ定量的に評価するための資料である. 2000 年秋~ 2005 年夏の SSE 進行期とそ の開始前及び停止後, さらに 2013 年春からの SSE 再開後の進行期及び停止以降の 5 つの期間に分 けて,トレンドを推定した後,年周成分を推定した.上段の時系列は,前の年周成分を除去して いない時系列のうち 1995 年以降のものである.破線は,5 期間に分けて推定した回帰曲線である. 2 段目の表に回帰モデルの数値を示した.期間(2)の SSE 進行期は,傾きが約 -8.2 mm / 年と沈降 速度が速くなったが,その後の期間(3)については約 -4.6 mm / 年と期間(1)の沈降速度に近く なっている.2013 年春以降の期間(4)の SSE 再開後は傾きが約 -6.1 mm / 年と沈降速度が速くなり, 期間(5)の停止以降は約 -2.4 mm / 年で期間(1)とほぼ等しくなっている.

一番下の段に,期間(2)から期間(5)にかけての時系列の拡大図を示した.回帰モデルからの 残差による標準偏差を細い破線で示してある.長期的な傾向に特段の変化は見られない.

第9図は,森町(5268)を基準とした掛川市(140-1)と御前崎市(2595)の変動時系列グラフ である.森町に対する掛川市及び御前崎市の長期的な沈降傾向に特段の変化は見られない.

[水準測量 御前崎 時系列]

第10回は,掛川から御前崎検潮所に至る各水準点の上下変動時系列である。御前崎検潮所附属 水準点は,2009年8月駿河湾の地震時に局所的に沈下したものと考えられる。

[水準測量 御前崎先端部]

第11~12図は,御前崎先端部の変動を見るために小さな環で行っている水準測量の結果である. 最近は概ね半年に1回の頻度で実施している.

第11 図の最上段は、今回 2019 年11 月の最新の結果と前回 2019 年6 月の結果の差による上下変 動観測結果で、特段の変化は見られない。

第12 図は,網平均を行った結果を最近の4つの期間について示したもので,1977 年からの上下 変動の累積を比較のために最下段に示す.(4)に示した最近の短期的な変動は御前崎先端側が僅か に沈降傾向となっており,従来の傾向と特段異なる変化は見られない.

[GNSS 御前崎とその周辺]

第13~17図は御前崎とその周辺のGNSS連続観測結果である. 三ヶ日観測点から榛原(はいばら) 観測点に至る東西方向の基線も併せて示している.

第14 図の(4),(5) において 2009 年の夏に見られる跳びは,2009 年 8 月 11 日に発生した駿河 湾の地震に伴う御前崎A観測点の局所的な地盤変動によるものである.2011 年 3 月 11 日に発生し た東北地方太平洋沖地震に伴い,第14 図の(5) に地震時と地震後の基線の短縮が見られる.なお, (1),(2) において 2017 年 1 月の掛川A観測点への移転前後で傾向に変化が見られるが,原因は不 明である.

第15 図の(8) において 2009 年 8 月頃から,掛川観測点が東向きに動いたような基線長の変化 が見られた後,10 月に戻った.同様の変化はピラーに内蔵された傾斜計にも見られるが,GNSS の 上下成分には見られない.2010 年夏にも同様の東向きの変化が見られた後,9月 28 日以降戻って いる.2009 年も 2010 年も大雨後に戻っているが,原因は不明のままである.2011 年及び 2012 年 にはこのような変化はなかったが,2013 年以降,再び同様の変化が見られるようになった.なお, 2017 年 1 月 30 日に掛川 A への移転を行った.その後は特段の変化は見られない.

第17図の(6)において2014年6月頃から静岡相良観測点が隆起する向きの変化が見られたが、

8月に観測点周辺の樹木を伐採した後に戻っており,観測点周辺の樹木の成長に伴う受信環境の悪 化による影響であった可能性がある.また,2016年6月頃からも隆起する向きの変化が見られた後, 2017年2月に周辺の樹木を伐採後に戻っており,同様に樹木繁茂による影響の可能性がある.一 部の観測点では2010年2~3月頃にレドームの開閉を行ったことによる見かけ上の変動が含まれ ている場合があるので,第13図下段の観測局情報を参照する必要がある.最近のデータには,特 段の傾向の変化は見られない.

[GNSS 駿河湾]

第 18 ~ 22 図は, 駿河湾とその周辺の GNSS 連続観測時系列である. 傾向に特段の変化は見られない.

[東海地方の地殻変動]

第23~27図は、三隅観測点を固定局として示した、東海地方の地殻変動である.

第23 図上段は最近の1年間の水平変動である.比較のために,東北地方太平洋沖地震前において SSE のなかった2つの時期における変動速度を中段に,SSE が発生していた時期の変動速度を 下段に示している.最近の東海地方の地殻変動には西向きの変動が広く見られ,SSE の発生してい なかった時期の特徴に近い.

第24図は、上下成分について同様の比較を示すものである。水平よりもばらつきが大きい.

第25~26図は、東北地方太平洋沖地震前の2008年1月~2011年1月の期間の変動を定常変動 と仮定し、それからの変動の差を非定常変動として示した図である.水平成分及び上下成分のそれ ぞれについて、最近の約1年間の図と3か月ごとの図を示す.北部を中心に東北地方太平洋沖地震 の余効変動である東向きの変動が見られるが、それを除くと特段の変動は見られない.

第27回は,東海地方のGNSS連続観測点の非定常地殻変動の3成分時系列である.東北地方太 平洋沖地震の余効変動の影響は小さくなってきている.(7)の榛原観測点で2016年6月頃から上 下成分に変化が見られていたが,2017年2月4日に周辺樹木の伐採を行った後は元に戻っている.

[水準測量 東海地方]

第28図は、東海地方で1年に1回行っている水準測量の結果である.浜松市舞阪検潮所から国 道一号線沿いに掛川市を通り、静岡市J70-1に達する路線の結果である.最新の結果では、浜松市 側で僅かな沈降が見られる.

御前崎 電子基準点の上下変動 水準測量と GNSS 連続観測

従来の傾向に変化は見られない.



第1図 御前崎 電子基準点の上下変動(水準測量と GNSS)

Fig. 1 Vertical displacements of GEONET stations in the Omaezaki region (leveling and GNSS measurements).

御前崎 高精度比高観測点の上下変動 水準測量と GNSS 連続観測



従来の傾向に変化は見られない.

第2図 御前崎地域の高精度比高観測点の上下変動(水準測量とGNSS)

Fig. 2 Vertical displacements of high precision vertical observation sites in the Omaezaki region (leveling and high precision vertical GNSS measurements).



御前崎 高精度比高観測時系列 (GNSS)



Fig. 3 (a). Baseline map of high precision vertical GNSS measurements in the Omaezaki region.



第3図(b) 御前崎地域の高精度比高観測 GNSS 観測結果

Fig. 3 (b) Time series of the height changes at precision vertical GNSS measurements sites in the Omaezaki region.

高精度比高観測による比高変化 月平均值·10 日間平均值



月平均値

期間:1999/04/01-2020/04/04 [HTI:最終解]

固定局:98H023

10 日間平均値



期間:2018/03/27 – 2020/04/04 [нт I:最終解]

プロット位置は平均を求めた期間の中央.
最新のプロット点は、月平均値は 04/01~04/04、10 日間平均値は 03/26~04/04 の平均.
平均に用いたデータ数が少ない場合(月平均:25 未満、10 日平均:8 未満)は白抜き.
月平均値は、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震前後で期間を分けて回帰モデルを作成.

第4図 御前崎地域の高精度比高観測 GNSS 観測結果(1か月間及び10日間移動平均・時系列)

Fig. 4 Results of high precision vertical GNSS measurements in the Omaezaki region (Time series of 1 month and 10 days running mean).

高精度比高観測点の上下変動 3か月・1か月

傾向の変化は見られない.



固定局:98H025

第5図 御前崎地域の高精度比高観測 GNSS 観測結果(点毎の3か月間及び1か月間の変動量)

Fig. 5 Results of high precision vertical GNSS measurements in the Omaezaki region (Height change every three months and 1 month at each site).

森~掛川~御前崎間の上下変動



第6図 水準測量による森町〜掛川市〜御前崎市間における上下変動 Fig. 6 Vertical displacements from Mori town to Omaezaki city via Kakegawa city.
水準点2595(御前崎市)の経年変化

掛川市に対して御前崎市の沈降の傾向に変化はない。



第7図 水準点 140-1 (掛川市)を基準とした 2595 (御前崎市浜岡)の高さの経年変化 Fig. 7 Time series of height change of BM2595 (Hamaoka) as referred to BM140-1 (Kakegawa).



水準点2595(御前崎市)の経年変化 スロースリップイベント期間で分けた回帰モデル

・ スロースリップイベントの (1) 開始以前, (2) 進行期, (3) 停止期, (4) 進行期, (5) 停止以降の 5 期間で それぞれ回帰モデルを推定している.

No.	No. 期間		振幅 (mm)	位相 (deg)	標準偏差 (mm)
期間(1)	1995年10月-2000年7月	-2.57	5.37	-79.0	5.39
期間(2)	2000年10月-2005年7月	-8.15	3.80	- 95.7	3.24
期間(3)	2005年10月-2012年10月	-4.60	1.45	-103.6	2.53
期間(4)	2013年1月-2017年3月	-6.12	1.74	-70 . 5	2.09
期間 (5)	2017年4月-2020年1月	-2.42	2.65	-41.9	1.23

• (1)~ (5)の各期間の1次トレンド+年周を破線で表示している.





・ 各期間の回帰モデル(1次トレンド+年周)を実線で表示している.

・ 回帰モデルからの残差による標準偏差を破線で示している.

第8図 水準点 2595 (御前崎市)の経年変化 スロースリップイベント期間で分けた回帰モデル Fig. 8 A regression model for the period before, during and after the slow slip event.

水準点(140-1・2595)の経年変化









1962年を基準とした掛川~御前崎間の各水準点の経年変化

第10図 水準点140-1(掛川市)を基準とした掛川~御前崎間の各水準点の高さの経年変化

Fig. 10 Time series of height changes of benchmarks between Kakegawa and Omaezaki as referenced to BM140-1 (Kakegawa).



第11図 水準測量による御前崎先端部の上下変動(1)

Fig. 11 Vertical crustal deformation by the precise leveling survey around Omaezaki (1/2).



御前崎地方の上下変動(2)

第12図 水準測量による御前崎先端部の上下変動(2)

Fig. 12 Vertical crustal deformation by the precise leveling survey around Omaezaki (2/2).



御前崎周辺 GNSS連続観測時系列(1)

基線図

御前崎周辺の各観測局情報

点番号	点 名	日付	保守内容	点番号	点 名	日付	保守内容
161216	掛川A	2003/02/12	レドーム設置	93091	静岡相良1	2001/03/20	アンテナ交換
		2003/05/12	アンテナ交換			2003/02/12	レドーム設置
		2008/07/25	受信機交換			2003/03/07	アンテナ交換
		2010/02/24	レドーム開閉			2008/01/30	受信機交換
		2012/11/20	アンテナ更新			2012/11/22	アンテナ更新
		2017/01/30	移転(掛川→掛川A)			2019/11/19	受信機交換
93089	静岡森	2003/02/13	レドーム設置	93092	榛原	2001/03/21	アンテナ交換
		2003/05/15	アンテナ交換			2002/10/07	周辺伐採
		2003/09/09	周辺伐採			2003/02/11	レドーム設置
		2012/11/19	アンテナ更新			2003/03/03	アンテナ交換
		2016/01/21	周辺伐採			2003/09/09	周辺伐採
		2019/01/24	周辺伐採			2012/11/21	アンテナ更新
		2019/11/19	受信機交換			2014/08/11	周辺伐採
93093	大東1	2003/02/10	レドーム設置			2016/04/18	アンテナ交換
		2003/03/04	アンテナ交換			2017/02/04	周辺伐採
		2010/02/24	レドーム開閉			2018/11/10	周辺伐採
		2012/11/20	アンテナ更新	93096	袋井	2003/02/15	レドーム設置
		2017/11/09	受信機交換			2003/03/03	アンテナ交換
93094	浜岡1	2003/02/10	レドーム設置			2003/05/20	アンテナ高変更
		2003/05/16	アンテナ交換			2003/11/21	レドーム開閉
		2010/02/23	レドーム開閉			2011/01/12	レドーム開閉
		2012/11/22	アンテナ更新			2012/11/19	アンテナ更新
		2017/11/08	受信機交換			2016/03/05	アンテナ交換
091178	御前崎A	2003/02/11	レドーム設置	93097	浜北	2003/02/14	レドーム設置
		2003/02/28	アンテナ交換			2003/02/28	アンテナ交換
		2010/03/24	移転(御前崎→御前崎A)			2010/02/25	レドーム開閉
		2012/11/28	アンテナ更新			2012/11/15	アンテナ更新
		2019/10/09	受信機交換			2017/11/15	受信機交換
				93103	三ヶ日	2003/02/15	レドーム設置
						2003/05/19	アンテナ交換
						2010/03/04	レドーム開閉
						2012/11/13	アンテナ更新
						2016/11/23	受信機交換

※2003年3月5日に基準局92110(つくば1)のアンテナおよびレドームの交換を実施し、解析値に補正をしています。

第13図 御前崎周辺 GNSS 連続観測点観測結果(基線図及び保守状況)

Fig. 13 Results of continuous GNSS measurements in the Omaezaki region (baseline map and history of the site maintenance).



●----[F3:最終解] ●----[R3:速報解]

第14 図 御前崎周辺 GNSS 連続観測点観測結果(斜距離)(1)

Fig. 14 Results of continuous GNSS measurements in the Omaezaki region (baseline length) (1/2).





第 15 図 御前崎周辺 GNSS 連続観測点観測結果(斜距離)(2)

Fig. 15 Results of continuous GNSS measurements in the Omaezaki region (baseline length) (2/2).



御前崎周辺 GNSS連続観測時系列(4)

第 16 図 御前崎周辺 GNSS 連続観測点観測結果(比高)(1)

Fig. 16 Results of continuous GNSS measurements in the Omaezaki region (relative height) (1/2).



御前崎周辺 GNSS連続観測時系列(5)

第 17 図 御前崎周辺 GNSS 連続観測点観測結果(比高)(2)

Fig. 17 Results of continuous GNSS measurements in the Omaezaki region (relative height) (2/2).

駿河湾周辺 GNSS連続観測時系列(1)



基線図

点番号	点名	日付	保守内容
93081	静岡3	2012/09/04	受信機交換
		2012/11/22	アンテナ更新・受信機交換
		2014/08/11	周辺伐採
		2019/01/25	周辺伐採
93085	西伊豆	2012/12/03	アンテナ更新・受信機交換
990838	南伊豆1A	2012/10/22	アンテナ更新
		2018/01/19	受信機交換
990840	焼津A	2010/12/08	受信機交換
		2011/08/06	受信機交換
		2012/11/29	アンテナ更新・受信機交換
		2014/06/04	周辺伐採
		2015/06/04	アンテナ交換
		2019/11/19	受信機交換
960620	賀茂	2012/10/22	アンテナ更新・受信機交換
		2019/10/24	受信機交換
091178	御前崎A	2012/11/28	アンテナ更新・受信機交換
		2019/10/09	受信機交換

各観測局情報

第18図 駿河湾周辺 GNSS 連続観測点観測結果(基線図及び保守状況)

Fig. 18 Results of continuous GNSS measurements around the Suruga Bay (Baseline map and history of the site maintenance).

駿河湾周辺 GNSS連続観測時系列(2)



第 19 図 駿河湾周辺 GNSS 連続観測点観測結果(斜距離)(1) Fig. 19 Results of continuous GNSS measurements around the Suruga Bay (baseline length) (1/2). 駿河湾周辺 GNSS連続観測時系列(3)



第 20 図 駿河湾周辺 GNSS 連続観測点観測結果(斜距離)(2)

Fig. 20 Results of continuous GNSS measurements around the Suruga Bay (baseline length) (2/2).

駿河湾周辺 GNSS連続観測時系列(4)



第 21 図 駿河湾周辺 GNSS 連続観測点観測結果(比高)(1)

Fig. 21 Results of continuous GNSS measurements around the Suruga Bay (relative height) (1/2).

駿河湾周辺 GNSS連続観測時系列(5)



第 22 図 駿河湾周辺 GNSS 連続観測点観測結果(比高)(2)

Fig. 22 Results of continuous GNSS measurements around the Suruga Bay (relative height) (2/2).



- 第23図 GNSS 観測による東海地方の最近1年間の水平変動及びスロースリップ開始前・進行期・終息後の水平変 動速度(三隅固定)
- Fig. 23 Horizontal deformation of recent 1 year in the Tokai district based on GNSS measurements and horizontal deformation rates before (middle left), during (lower) and after (middle right) the Tokai slow slip (fixed Misumi).



- 第 24 図 GNSS 観測による東海地方の最近1年間の水平変動及びスロースリップ開始前・進行期・終息後の上下変 動速度(三隅固定)
- Fig. 24 Vertical deformation of recent 1 year in the Tokai district based on GNSS measurements and vertical deformation rates before (middle left), during (lower) and after (middle right) the Tokai slow slip (fixed Misumi).



・非定常地殻変動時系列のうち、各日付から6日間の変動量の平均をとり、その差から1年間と3か月間の変動量を表示している。 ※非定常地殻変動時系列: 2008 年1月から2011年1月のデータから平均変動速度、年周/半年周成分を推定して、元の時系列データから除去した時系列。

第 25 図 GNSS 観測による東海地方の最近 1 年間と 3 か月ごとの非定常地殻変動(水平変動) Fig. 25 Transient horizontal deformation of recent 1 year and every 3 months in the Tokai region.



2008年1月から2011年1月のデータから平均変動速度、年周/半年周成分を推定して、元の時系列データから除去した時系列。

第 26 図 GNSS 観測による東海地方の最近 1 年間と 3 か月ごとの非定常地殻変動(上下変動) Fig. 26 Transient vertical deformation of recent 1 year and every 3 months in the Tokai region.



・平成 28 年(2016 年)熊本地震による固定局三隅の地殻変動は補正している。

第27図 東海地方の非定常地殻変動時系列

Fig. 27 Time series of transient deformation at selected stations in the Tokai region.



第28回 浜松~掛川~静岡間の上下変動

Fig. 28 Vertical displacements from Hamamatsu city to Shizuoka city via Kakegawa city.

6-2 東海・南関東地域におけるひずみ観測結果(2019年11月~2020年4月) Observation of Crustal Strain by Borehole Strainmeters in the Tokai and Southern Kanto Districts (November, 2019 – April, 2019)

気象庁 Japan Meteorological Agency 気象研究所 Meteorological Research Institute, JMA

東海から南関東地域における埋込式体積ひずみ計¹⁾,多成分ひずみ計²⁾の配置と区域分けを第1 図に示す.体積ひずみ(多成分ひずみ計は面積ひずみへの換算値)の2013年以降の変化を第2図 に,2019年11月から2020年4月までの変化を第3図に示す.多成分ひずみ計の同期間の変化を 第4図に示す.主ひずみの方向と大きさ,最大せん断ひずみ及び面積ひずみは,広域ひずみに換算 している³⁾.

2019年11月11日から20日にかけて,三重県から愛知県で発生したと考えられる短期的ゆっく りすべりに伴う変化が,田原福江,田原高松,新城浅谷で観測された.(第3図(a),第4図(i),(j) の*1)(本巻※参照).

2019年12月18日から20日にかけて,長野県で発生したと考えられる短期的ゆっくりすべりに 伴う変化が,売木岩倉,浜松春野,浜松佐久間で観測された.(第3図(a),第4図(b),(c),(h), の*2)(本巻※参照).

2020年1月12日から14日にかけて,長野県で発生したと考えられる短期的ゆっくりすべりに 伴う変化が,売木岩倉,浜松春野,浜松佐久間,新城浅谷で観測された.(第3図(a),第4図 (b),(c),(h),(i)の*3)(本巻※参照).

2020年3月10日から23日にかけて、三重県から和歌山県で発生したと考えられる短期的ゆっ くりすべりに伴う変化が、田原高松で観測された.(第3図(a),第4図(j)の*4)(本巻※参照).

大島津倍付では、火山活動に伴う地殻変動が観測されている(第2図(b),第3図(c)).

また、東伊豆奈良本と大島津倍付では、地中温度の上昇を主因とする見かけ上の縮みトレンドが 続いている(第2図(b))^{4).5)}.

この他,各図に記述したように,降水による影響と見られる変化,季節要因による変化,地点特 有の局所的変化などが見られた. 蒲郡清田は,機器障害に伴う温度変化が見られた.

※:「南海トラフ周辺の地殻活動(2019年11月~2020年4月)」(気象庁)

参考文献

- 1) 二瓶信一・上垣内修・佐藤 馨 (1987), *験震時報*, **50**, 65-88. 埋込式体積歪計による観測, 1976 年~ 1986 年の観測経過.
- 2) 石井紘ほか(1992), *地球惑星科学関連学会 1992 年合同大会予稿集*, C22-03. 新しい小型多成 分ボアホール歪計の開発と観測.
- 3) 上垣内修ほか(1999), *1999 年度日本地震学会秋季大会予稿集*, B72. 気象庁石井式歪計の応答 特性解析.
- 4) 気象庁(2006), 連絡会報, 77. 東海・南関東地域における歪観測結果(2006年5月~2006年10月).
- 5) 気象庁(2007), 連絡会報, 78. 東海・南関東地域における歪観測結果(2006年11月~2007年4月).



第1図 観測点の配置図 ●:体積ひずみ計, ▲:多成分ひずみ計(気象庁), △:同(静岡県) Fig. 1 Observation points (borehole strainmeters). 地震予知連絡会会報第 104 巻 2020 年 9 月発行



第2図(a),(b) 2013年1月以後の東海・伊豆・南関東地域における区域別体積ひずみ(V)及び面積ひずみ(S)の変化(日平均値). 各図下部に区域を代表する気圧 変化と降水量を示す.

Fig. 2 (a), (b) Changes in crustal volume strain (V) and area strain (S) for Tokai, Izu and Southern Kanto Districts shown in Fig.1 since January 2013 (daily mean values).



- 第3図(a)~(d) 2019年11月~2020年4月の東海・伊豆・南関東地域における区域別体積ひずみ(V)及び面積ひずみ(S)の変化(時間値:気圧・潮汐・降水補正した値). 各図下部に区域を代表する気圧変化と降水量を示す. 地点名の下のD strain/day 及び/M はそれぞれ1日あたりのトレンド変化量をDとして補正していること及び縮尺を1/M 倍にして表示していることを示している.
- Fig. 3 (a) (d) Changes in crustal volume strain (V) and area strain (S) for Tokai, Izu and Southern Kanto Districts shown in Fig.1 from November 2019 to April 2020 (hourly values where changes due to barometric pressure, tidal effects and rain effects are corrected). "D strain/day" and "/M" below station names indicate the amount of trend correction and the magnification factor (1/M), respectively.



- 第3図(a)~(d) 2019年11月~2020年4月の東海・伊豆・南関東地域における区域別体積ひずみ(V)及び面積ひずみ(S)の変化(時間値:気圧・潮汐・降水補正した値). 各図下部に区域を代表する気圧変化と降水量を示す. 地点名の下のD strain/day 及び/M はそれぞれ1日あたりのトレンド変化量をDとして補正して いること及び縮尺を1/M 倍にして表示していることを示している.
- Fig. 3 (a) (d) Changes in crustal volume strain (V) and area strain (S) for Tokai, Izu and Southern Kanto Districts shown in Fig.1 from November 2019 to April 2020 (hourly values where changes due to barometric pressure, tidal effects and rain effects are corrected). "D strain/day" and "/M" below station names indicate the amount of trend correction and the magnification factor (1/M), respectively.





Fig. 4 (a) – (d) (Left) Strain changes observed by multi-component borehole strainmeters since January 2013 (daily mean values). Principal strain, maximum shear strain and dilatation are calculated with strain values obtained from each component.









第4図 (a) ~ (d) 左: 2013 年1月以後の多成分ひずみ計変化(日平均値). 主ひずみ・最大せん断ひずみ・面積ひずみは各方向成分から計算されている. 右: 2019 年 11 月~2020 年4月の多成分ひずみ計変化(時間値:気圧・潮汐・地磁気・降水補正した値). 各図下部に気圧変化と降水量を示す.

Fig. 4 (a) – (d) (Left) Strain changes observed by multi-component borehole strainmeters since January 2013 (daily mean values). Principal strain, maximum shear strain and dilatation are calculated with strain values obtained from each component.



- 第4図 (a) ~ (d) 左: 2013 年1月以後の多成分ひずみ計変化(日平均値). 主ひずみ・最大せん断ひずみ・面積ひずみは各方向成分から計算されている. 右: 2019 年11月~2020 年4月の多成分ひずみ計変化(時間値:気圧・潮汐・地磁気・降水補正した値). 各図下部に気圧変化と降水量を示す.
- Fig. 4 (a) (d) (Left) Strain changes observed by multi-component borehole strainmeters since January 2013 (daily mean values). Principal strain, maximum shear strain and dilatation are calculated with strain values obtained from each component.







(Right) Strain changes from November 2019 to April 2020 (hourly values corrected with barometric pressure and tidal and geomagnetic data) observed by mu component borehole strainmeters.





Fig. 4. (e) – (j) (Left) Strain changes observed by multi-component borehole strainmeters since January 2013 (daily mean values). Principal strain, maximum shear strain and dilatation are calculated with strain values obtained from each component.
(Right) Strain changes from November 2019 to April 2020 (hourly values corrected with barometric pressure and tidal and geomagnetic data) observed by multi-component borehole strainmeters.





Fig. 4. (e) – (j) (Left) Strain changes observed by multi-component borehole strainmeters since January 2013 (daily mean values). Principal strain, maximum shear strain and dilatation are calculated with strain values obtained from each component.
(Right) Strain changes from November 2019 to April 2020 (hourly values corrected with barometric pressure and tidal and geomagnetic data) observed by multi-

component borehole strainmeters.











Fig. 4. (e) – (j) (Left) Strain changes observed by multi-component borehole strainmeters since January 2013 (daily mean values). Principal strain, maximum shear strain and dilatation are calculated with strain values obtained from each component.

(Right) Strain changes from November 2019 to April 2020 (hourly values corrected with barometric pressure and tidal and geomagnetic data) observed by multicomponent borehole strainmeters.


第4図 (e) ~ (j) 左: 2013 年1月以後の多成分ひずみ計変化(日平均値). 主ひずみ・最大せん断ひずみ・面積ひずみは各方向成分から計算されている. 右: 2019 年11月~2020 年4月の多成分ひずみ計変化(時間値:気圧・潮汐・地磁気補正した値). 各図下部に気圧変化と降水量を示す.



6-3 天竜船明レーザー式変位計による地殻変動観測 Crustal deformation observed with Tenryu-Funagira laser extensometer

気象庁気象研究所 Meteorological Research Institute, JMA

気象研究所は,天竜船明(静岡県浜松市 34° 53.2′ N, 137° 49.1′ E,第1図)において, 東海地域におけるスロースリップ等を含む広帯域の地殻変動の検出を目的として,レーザー式変位 計(南北方向,基線長 400 m)を設置している¹⁾. 2017 年 3 月に光源を YAG レーザー²⁾に換えて 観測を再開した.レーザー式変位計は船明トンネル(全長 918 m)内に設置してあり,トンネルの かぶりは深いところで 160 m である(第2 図).

第3回に, 天竜船明観測点における 2018 年7月から 2020 年3月のひずみ記録を示す. 欠測期に ついては, その前後において変動がないものとしてプロットしている. 2018 年 11 月から 2019 年 3 月までの変動は,観測点近傍のダム湖の点検の放水時にあたり,その期間に収縮変動が認められた. また, 点検終了後に伸長変動が観測された. 2019 年 2 月上旬には,愛知県中部の短期的スロース リップによるひずみ変化が認められる(第4回). 短期的スロースリップの発生位置は第1回に★ で示す.

天竜船明観測点のレーザー式変位計の記録とその周辺のひずみ計(第1図)記録との間の高い相関を示す信号を探したところ,2019年2月5日16時ころに起きた継続時間1時間のスロースリップ(第5図)を発見した.規模は Mw 5.0相当と見積もられている.これは2月上旬の短期的スロースリップの期間中に発生したものである.

(勝間田 明男)

謝辞 当調査は,科学研究費(H1706207)の補助を受けて行った.

参考文献

2) Araya et al. (2002), Rev. Sci. Instrum., 73, 2434-2439.

¹⁾ Katsumata et al. (2010), J. Geodetic Soc. Japan, 56, 107-116.



第1図 天竜船明(ふなぎら)観測点及びその周辺のひずみ観測点の位置.

Fig. 1 Location map of Tenryu-Funagira laser extensiometer and its neighbor strainmeter stations. The star indicates the source location of the slow slip event shown in Fig. 4.



第2図 トンネル内におけるレーザー式変位計の設置場所.

Fig. 2 Cross section of the installation site. The scale denotes the altitude.





Fig. 3. Strain change observed with the Tenryu-Funagira laser extensometer. Trend with corrections to tidal, atmospheric pressure, and water level of a nearby dam responses is shown with atmospheric pressure, and hourly precipitation at Tenryu from July, 2018 to March, 2020. The strain change in the broken circle is shown in Fig. 4.



第4図 2019年2月上旬に発生した短期的スロースリップによるひずみ変化.

Fig. 4 Detrended strain change observed with the Tenryu-Funagira laser extensometer due to a slow slip event in February, 2019.



第5図 2019年2月5日16時に発生した継続時間1時間のスロースリップによるひずみ変化.

Fig. 5 Strain change due to a one-hour duration slow slip event around 16:00 on 5th February, 2019. Station locations are shown in Fig. 1.

6-4 東海・紀伊半島・四国における短期的スロースリップイベント (2019 年 11 月~2020 年 4 月)

Short-term slow slip events in the Tokai area, the Kii Peninsula and the Shikoku District, Japan (from November 2019 to April 2020)

產業技術総合研究所 Geological Survey of Japan, AIST 防災科学技術研究所 National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

歪・傾斜・地下水位の変化から短期的 SSE の断層モデルを推定したイベントについて,その解 析結果を報告する.

2019年11月8日から11日にかけて、四国地方で深部低周波地震が観測された(第1図).第 2、3 図は周辺の産総研・防災科研の観測点における歪・傾斜の観測結果である.これらの結果は BAYTAP-Gにより気圧応答成分、潮汐成分およびホワイトノイズ成分を取り除き、2019年10月 30日から11月7日のデータを用いて1次トレンドを除去したものである.

第4図は図2,3 [A]の,第5図は第2,3図 [B]の変化を説明する短期的SSEの断層モデルの推定結果(順にMw 5.7,5.7)である.また,第6,7図は第2,3図 [C]の変化を,西側(第6図)と東側(第7図)に分けて解析した断層モデルの推定結果(西側がMw 5.6,東側がMw 5.2)である.今回の活動域付近における最近の短期的SSEの活動は,2018年8月4日から13日(順にMw 5.6, 5.9, 5.7, 6.0;第4-7図の灰色矩形1-4),2019年9月14日から17日(Mw 5.6;同5)である.

2019年11月11日から20日にかけて,紀伊半島から東海地方で深部低周波地震が観測された(第8図).第9-11図は周辺の産総研・気象庁・防災科研の観測点における歪・傾斜・地下水位の観測結果である.これらの結果はBAYTAP-Gにより気圧応答成分,潮汐成分およびホワイトノイズ成分を取り除き,2019年11月4日から10日のデータを用いて1次トレンドを除去したものである.

第 12-15 図はそれぞれ第 9-11 図 [A], [B], [C-1], [C-2] の変化を説明する短期的 SSE の断層 モデルの推定結果(順に Mw 5.7, 5.4, 5.6, 5.8) である. [C-1] と [C-2] の期間は重なっており, [C-1] が西側, [C-2] が東側である.今回の活動域付近における最近の短期的 SSE の活動は, 2019 年 6 月 25 日午後から 7 月 3 日午前(順に Mw 5.7, 5.8; 第 12-15 図の灰色矩形 1, 2), 2019 年 7 月 21 日から 28 日(Mw 5.7, 5.6; 同 3, 4) である.

2019 年 12 月 31 日から 2020 年 1 月 3 日にかけて,四国東部において深部低周波地震活動が観測 された(第 16 図).第 17 図は愛媛県・高知県・徳島県の産総研・防災科研の観測点における歪・ 傾斜の観測結果である.これらの結果は BAYTAP-G により気圧応答成分,潮汐成分およびホワイ トノイズ成分を取り除き,2019 年 12 月 21 日から 31 日のデータを用いて 1 次トレンドを除去した ものである.

第18図は第17図[A]の変化を説明する短期的SSEの推定結果(Mw 5.6)である.今回の活

動域付近における最近の短期的 SSE の活動は,2018 年 8 月 11 日午後から 13 日(順に Mw 6.0;第 18 図の灰色矩形 1),2019 年 9 月 14 日から 17 日(Mw 5.6;同 2),2019 年 11 月 11 日(Mw 5.2; 同 3)である.

2020年1月12日から14日にかけて,愛知県において深部低周波地震活動が観測された(第19図). 第20図は愛知県・静岡県・長野県の産総研・気象庁・防災科研の観測点における歪・傾斜の観測 結果である. 歪・傾斜の結果はBAYTAP-Gにより気圧応答成分,潮汐成分およびホワイトノイズ 成分を取り除き,2020年1月1日から11日のデータを用いて1次トレンドを除去したものである.

第 21, 22 図はそれぞれ第 20 図 [A], [B] の変化を説明する短期的 SSE の推定結果(順に Mw 5.3, Mw 5.3) である.今回の活動域付近における最近の短期的 SSE の活動は,2018 年 10 月 13 日から 15 日 (Mw 5.3; 第 21, 22 図の灰色矩形 1),2019 年 8 月 3 日午後から 6 日午前 (Mw 5.7; 同 2),2019 年 11 月 11 日から 13 日午前 (Mw 5.7; 同 3),2019 年 11 月 13 日午後から 14 日午前 (Mw 5.4; 同 4),2019 年 11 月 14 日午後から 20 日 (Mw 5.8; 同 5) である.

2020年2月8日から29日にかけて,豊後水道から四国中部において深部低周波地震活動が観測 された(第23図).第24-26図は愛媛県・高知県・大分県の産総研・防災科研の観測点における歪・ 傾斜の観測結果である.これらの結果はBAYTAP-Gにより気圧応答成分,潮汐成分およびホワイ トノイズ成分を取り除き,2020年2月1日から7日のデータを用いて1次トレンドを除去したも のである.

第 27-32 図はそれぞれ第 24-26 図 [A], [B], [C], [D], [E], [F] の変化を説明する短期的 SSEの推定結果(順に Mw 5.7, 5.3, 5.6, 5.5, 5.8, 5.6)である.今回の活動域付近における最近 の短期的 SSE の活動は、2019 年 8 月 11 日午後から 13 日(順に Mw 6.0;第 27-32 図の灰色矩形 1), 2019 年 11 月 8 日から 9 日午前(Mw 5.7;同 2), 2019 年 11 月 9 日午後から 10 日(Mw 5.2;同 3), 2019 年 11 月 11 日(西側)(Mw 5.6;同 4), 2019 年 11 月 11 日(東側)(Mw 5.2;同 5), 2020 年 1 月 1 日から 3 日(Mw 5.6;同 6)である.

2020年3月8日から23日にかけて,紀伊半島において深部低周波地震活動が観測された(第33 図).第34-36 図は三重県・愛知県・奈良県・和歌山県の産総研・気象庁・防災科研の観測点にお ける歪・傾斜・地下水の観測結果である.これらの結果は BAYTAP-G により気圧応答成分,潮汐 成分およびホワイトノイズ成分を取り除き,2020年3月1日から10日午前のデータを用いて1次 トレンドを除去したものである.なお,ANO1とANO2の水位については,MR-AR により気圧応 答成分,潮汐成分および降雨応答成分を取り除き,2020年3月1日から10日午前のデータを用い て1次トレンドを除去したものである.

第 37-42 図はそれぞれ第 34-36 図 [A], [B], [C], [D], [E], [F] の変化を説明する短期的 SSEの推定結果(順に Mw 5.8, 5.5, 5.6, 5.5, 5.4) である.今回の活動域付近における最 近の短期的 SSE の活動は、2019 年 3 月 29 日から 4 月 1 日(Mw 5.4;第 37-42 図の灰色矩形 1), 2019 年 7 月 21 日午後から 22 日(Mw 5.7;同 2), 2019 年 7 月 23 日から 28 日(Mw 5.6;同 3), 2019 年 8 月 4 日午後から 6 日(Mw 5.6;同 4), 2019 年 11 月 11 日から 13 日午前(Mw 5.7;同 5), 2019 年 11 月 13 日午後から 14 日午前(Mw 5.4;同 6), 2019 年 11 月 14 日午後から 18 日午前(Mw 5.6; 同 7), 2019 年 11 月 14 日午後から 20 日(Mw 5.8;同 8)である. 2020年4月23日から27日にかけて、四国地方で深部低周波地震が観測された(第43図).第44図は周辺の産総研・防災科研の観測点における歪・傾斜の観測結果である.これらの結果は BAYTAP-Gにより気圧応答成分、潮汐成分およびホワイトノイズ成分を取り除き、2020年4月 2日から10日のデータを用いて1次トレンドを除去したものである.

第45 図は第44 図 [A] の変化を説明する短期的 SSE の断層モデルの推定結果 (Mw 5.5) である. 今回の活動域付近における最近の短期的 SSE の活動は,2020 年 1 月 1 日から 3 日 (Mw 5.6; 第 45 図の灰色矩形 1),2020 年 2 月 11 日午後から 22 日 (Mw 5.3, 5.6, 5.5, 5.8, 5.6; 同 2-6) である.

解析方法

短期的 SSE の断層面推定には,各観測点の水平歪 4 成分,体積歪,地下水圧,もしくは傾 斜 2 成分の記録を用いる.地下水圧は,O1 および M2 分潮の振幅を BAYTAP-G¹⁾により計算し, GOTIC2²⁾により推定した地球固体潮汐および海洋荷重潮汐(O1 および M2 分潮)との振幅比を用 いて,体積歪に変換する.歪・地下水・傾斜ともに,観測波形から BAYTAP-G により,気圧応答 成分,潮汐成分およびホワイトノイズ成分を取り除く.また,イベント直前の期間を用いて1次ト レンドも取り除く.微動活動も参考にして,数時間~半日単位で活動開始・終了時期を判断し,そ の期間の変化量を短期的 SSE による変化量とする.その際,歪については理論潮汐歪を用いてキ ャリブレーション³⁾を行っている.

断層面の推定は次の2段階で行う⁴⁾.1段階目では,断層面の位置(0.1°間隔)とすべり量(1-50 mm) を可変とする.幅・長さともに 20 km に固定した断層面をフィリピン海プレート境界面⁵⁾上で動 かし,各位置での最適なすべり量を探す.結果を示す図には,それぞれの位置で残差を最小にする すべり量を与えたときの,観測値とそのすべり量による計算値⁶⁾との残差の総和の分布を示してい る.これにより,短期的 SSE が生じている可能性が高い領域を絞り込むとともに,次の2段階目 で推定された結果の任意性を確認することができる.2段階目では,1段階目で絞り込んだ領域付 近で,断層面の位置(0.1°間隔)・すべり量(1-50 mm)・長さ(10-80 kmの間で1 km間隔)およ び幅(10-50 kmの間で1 km間隔)を可変として残差を最小にする解を求める.ただし,計算に使 用している観測点数が少ない場合や,断層面と観測点配置の関係によっては解の任意性が高くなる ので注意が必要である.

なお,残差はノイズレベルによって規格化している.これは異種の観測値を統合するための処置 である.ノイズレベルの定義は,気圧応答,潮汐成分およびホワイトノイズ成分を取り除いた後(微 動活動が活発な期間および周辺の日雨量 50 mm を超える時期を除く)の 24 時間階差の 2σ である. 深部低周波微動の検出・震源決定には,エンベロープ相関法を用いている.

(矢部優・落唯史・板場智史・松本則夫・北川有一・木口努・木村尚紀・木村武志・松澤孝紀・汐見勝彦)

謝辞

短期的 SSE の断層モデル推定には、気象庁、静岡県の多成分歪計および体積歪計の記録を使用 しました.気象庁の歪計データを解析する際には、気象庁によるキャリブレーション係数を使用し ました.微動の解析には、気象庁、東京大学、京都大学、名古屋大学、高知大学、九州大学の地震 波形記録を使用しました.低周波地震の震央位置表示には、気象庁の一元化カタログを使用しまし た.ここに記して感謝します. 参考文献

- 1) Tamura, Y., T. Sato, M. Ooe and M. Ishiguro (1991), A procedure for tidal analysis with a Bayesian information criterion, *Geophys. J. Int.*, **104**, 507-516.
- 2) Matsumoto, K., T. Sato, T. Takanezawa, and M. Ooe, GOTIC2: A Program for Computation of Oceanic Tidal Loading Effect, *J. Geod. Soc. Japan*, **47**, 243-248, 2001.
- Matsumoto, N., O. Kamigaichi, Y. Kitagawa, S. Itaba, and N. Koizumi (2010), In-situ Calibration of Borehole Strainmeter Using Green's Functions for Surface Point Load at a Depth of Deployment, *Eos, Trans. AGU*, Abstract G11A-0626.
- 4) 板場智史,松本則夫,北川有一,小泉尚嗣,松澤孝紀,歪・傾斜・地下水統合解析による短期 的スロースリップイベントのモニタリング,日本地球惑星連合 2012 年大会,千葉,5月,2012.
- 5) 弘瀬冬樹, 中島淳一, 長谷川昭 (2007), Double-Difference Tomography 法による西南日本の 3 次元地震波速度構造およびフィリピン海プレートの形状の推定, 地震2,60,1-20.
- 6) Okada, Y. (1992), Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **82**, 1018-1040.



第1図 四国地方における深部低周波地震(気象庁ー元化カタログによる)の時空間分布(2019/10/30~2019/11/20).

Fig. 1 Space-time distribution of deep low-frequency earthquakes by JMA unified hypocenter catalog in the Shikoku from October 30 to November 20, 2019.





Fig. 2 Observed strain and tilt data and detected number of deep low-frequency earthquakes in the Shikoku from October 30 to November 20, 2019 (1).





Fig. 3 Observed strain and tilt data and detected number of deep low-frequency earthquakes in the Shikoku from October 30 to November 20, 2019 (2).



- 第4図 第2,3図 [A]を説明する断層モデル、以下の凡例の説明は以降の同様の図に共通、黒・緑・青の丸印は それぞれ産総研・気象庁および静岡県・防災科研 Hi-net の観測点、緑の小さな丸印は気象庁の推定した低 周波地震.(a)1段階目の結果、灰色の濃淡は残差の総和で、赤色矩形が残差の総和が最小となる断層面 の位置(大きさは20x20 km で固定).(b1)2段階目の結果、赤色矩形が残差の総和が最小となる断層面. 矢印は傾斜の観測値と計算値の比較、灰色矩形は最近周辺で発生した短期的SSEの推定断層面(番号との 対応は本文参照).(b2)主歪の観測値と(b1)に示した断層モデルから求めた計算値との比較.(b3)体 積歪の観測値と(b1)に示した断層モデルから求めた計算値との比較.
- Fig. 4 Inferred fault models for Fig. 2, 3 [A]. The legends below are applicable for all corresponding figures. The black, green and blue circles show the observation sites of AIST, JMA (or Shizuoka Prefecture) and NIED Hi-net. The green small circles show hypocenters of the low-frequency earthquake (LFE) estimated by JMA. (a) The result of the first step. The length and width of the rectangular fault patch are fixed as 20 km and 20 km, and only the slip amount that minimizes the sum of residuals is estimated on each fault patch. The gray scale shows the distribution of sum of residuals and the red rectangle shows the place of the fault patch with the minimum residual. (b1) The result of the second step. The red rectangle shows the estimated fault model. The observed and calculated tilt changes are also shown on the map by the red and the blue arrows. The gray rectangles show the fault models of the recent events (see main text). (b2) The observed and calculated principal strain changes. (b3) The observed and calculated volumetric strain changes.



第5図 第2,3図 [B] を説明する断層モデル. 各図の説明は第4図を参照. Fig. 5 Inferred fault models for Fig. 2,3 [B]. See also the caption of Fig. 4



第6図 第2,3図 [C] 西側を説明する断層モデル.各図の説明は第4図を参照. Fig.6 Inferred fault models for western part of Fig. 2,3 [C]. See also the caption of Fig. 4



第7図 第2,3図 [C] 東側を説明する断層モデル. 各図の説明は第4図を参照. Fig.7 Inferred fault models for eastern part of Fig. 2,3 [C]. See also the caption of Fig. 4



第8図 紀伊半島・東海地方における深部低周波地震(気象庁一元化カタログによる)の時空間分布(2019/11/04 ~ 2019/11/25).

Fig. 8 Space-time distribution of deep low-frequency earthquakes by JMA unified hypocenter catalog in the Kii Peninsula and Tokai region from November 04 to 25, 2019.



第9図 紀伊半島・東海地方における歪・傾斜・地下水位の観測結果と深部低周波地震の検出数(1)(2019/11/04 ~ 2019/11/25).

Fig. 9 Observed strain, tilt, and groundwater level data and detected number of deep low-frequency earthquakes in the Kii Peninsula and Tokai region from November 04 to 25, 2019 (1).



第10図 紀伊半島・東海地方における歪・傾斜・地下水位の観測結果と深部低周波地震の検出数(2)(2019/11/04 ~ 2019/11/25).

Fig. 10 Observed strain, tilt, and groundwater level data and detected number of deep low-frequency earthquakes in the Kii Peninsula and Tokai region from November 04 to 25, 2019 (2).



第11図 紀伊半島・東海地方における歪・傾斜・地下水位の観測結果と深部低周波地震の検出数(3)(2019/11/04 ~ 2019/11/25).

Fig. 11 Observed strain, tilt, and groundwater level data and detected number of deep low-frequency earthquakes in the Kii Peninsula and Tokai region from November 04 to 25, 2019 (3).



[A] 2019/11/11-13AM

第 12 図 第 9-11 図 [A] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 4 図を参照. Fig. 12 Inferred fault models for Fig. 9-11 [A]. See also the caption of Fig. 4.



[[]B] 2019/11/13PM-14AM (a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残

第 13 図 第 9-11 図 [B] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 4 図を参照. Fig. 13 Inferred fault models for Fig. 9-11 [B]. See also the caption of Fig. 4.



[C-1] 2019/11/14PM-18AM (a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差。

第 14 図 第 9-11 図 [C-1] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 4 図を参照. Fig. 14 Inferred fault models for Fig. 9-11 [C-1]. See also the caption of Fig. 4.



第 15 図 第 9-11 図 [C-2] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 4 図を参照. Fig. 15 Inferred fault models for Fig. 9-11 [C-2]. See also the caption of Fig. 4.



Fig. 16 Space-time distribution of deep low-frequency earthquakes by JMA unified hypocenter catalog in the eastern Shikoku from December 21, 2019 to January 15, 2020.

第16図 四国東部における深部低周波地震(気象庁一元化カタログによる)の時空間分布(2019/12/21~2020/01/15).



第17図 四国東部における歪・傾斜の観測結果と深部低周波地震の検出数(2019/12/21~2020/01/15).

Fig. 17 Observed strain and tilt data and detected number of deep low-frequency earthquakes in the eastern Shikoku from December 21, 2019 to January 15, 2020.

[A] 2020/01/01-03

(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



第 18 図 第 17 図 [A] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 4 図を参照. Fig. 18 Inferred fault models for Fig. 17 [A]. See also the caption of Fig. 4.



第19図 東海地方における深部低周波地震(気象庁ー元化カタログによる)の時空間分布(2020/01/01~2020/01/24).

Fig. 19 Space-time distribution of deep low-frequency earthquakes by JMA unified hypocenter catalog in the Tokai region from January 01 to 24, 2020.





Fig. 20 Observed strain and tilt data and detected number of deep low-frequency earthquakes in the Tokai region from January 01 to 24, 2020.

[A] 2020/01/12



(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布

第 21 図 第 20 図 [A] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 4 図を参照. Fig. 21 Inferred fault models for Fig. 20 [A]. See also the caption of Fig. 4.

[B] 2020/01/13-14AM



(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布

第 22 図 第 20 図 [B] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 4 図を参照. Fig. 22 Inferred fault models for Fig. 20 [B]. See also the caption of Fig. 4.



第23図 四国地方における深部低周波地震(気象庁一元化カタログによる)の時空間分布(2020/02/01~ 2020/03/03).

Fig. 23 Space-time distribution of deep low-frequency earthquakes by JMA unified hypocenter catalog in the Shikoku region from February 01 to March 03, 2020.





Fig. 24 Observed strain and tilt data and detected number of deep low-frequency earthquakes in the Shikoku region from February 01 to March 03, 2020 (1).





Fig. 25 Observed strain and tilt data and detected number of deep low-frequency earthquakes in the Shikoku region from February 01 to March 03, 2020 (2).





Fig. 26 Observed strain and tilt data and detected number of deep low-frequency earthquakes in the Shikoku region from February 01 to March 03, 2020 (3).



[A] 2020/02/08-11AM (a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差

第 27 図 第 24-26 図 [A] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 4 図を参照. Fig. 27 Inferred fault models for Fig. 24-26 [A]. See also the caption of Fig. 4.


第 28 図 第 24-26 図 [B] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 4 図を参照. Fig. 28 Inferred fault models for Fig. 24-26 [B]. See also the caption of Fig. 4.

- 247 -

[C] 2020/02/15-18

(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布



第 29 図 第 24-26 図 [C] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 4 図を参照. Fig. 29 Inferred fault models for Fig. 24-26 [C]. See also the caption of Fig. 4.



第 30 図 第 24-26 図 [D] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 4 図を参照. Fig. 30 Inferred fault models for Fig. 24-26 [D]. See also the caption of Fig. 4.



[E] 2020/02/20PM-21AM

第 31 図 第 24-26 図 [E] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 4 図を参照. Fig. 31 Inferred fault models for Fig. 24-26 [E]. See also the caption of Fig. 4.



第 32 図 第 24-26 図 [F] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 4 図を参照. Fig. 32 Inferred fault models for Fig. 24-26 [F]. See also the caption of Fig. 4.



第33図 紀伊半島・東海地方における深部低周波地震(気象庁一元化カタログによる)の時空間分布(2020/03/01 ~ 2020/03/30).

Fig. 33 Space-time distribution of deep low-frequency earthquakes by JMA unified hypocenter catalog in the Kii Peninsula and Tokai region from March 01 to 30, 2020.



第 34 図 紀伊半島・東海地方における歪・傾斜・地下水位の観測結果と深部低周波地震の検出数(1)(2020/03/01 ~ 2020/03/30).

Fig. 34 Observed strain, tilt, and groundwater level data and detected number of deep low-frequency earthquakes in the Kii Peninsula and Tokai region from March 01 to 30, 2020 (1).



第35図 紀伊半島・東海地方における歪・傾斜・地下水位の観測結果と深部低周波地震の検出数(2)(2020/03/01 ~ 2020/03/30).

Fig. 35 Observed strain, tilt, and groundwater level data and detected number of deep low-frequency earthquakes in the Kii Peninsula and Tokai region from March 01 to 30, 2020 (2).



第 36 図 紀伊半島・東海地方における歪・傾斜・地下水位の観測結果と深部低周波地震の検出数(3)(2020/03/01 ~ 2020/03/30).

Fig. 36 Observed strain, tilt, and groundwater level data and detected number of deep low-frequency earthquakes in the Kii Peninsula and Tokai region from March 01 to 30, 2020 (3).



[A] 2020/03/10PM-12

(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布

第37図 第34-36図 [A] を説明する断層モデル. 各図の説明は第4図を参照. Fig. 37 Inferred fault models for Fig. 34-36 [A]. See also the caption of Fig. 4.



第 38 図 第 34-36 図 [B] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 4 図を参照. Fig. 38 Inferred fault models for Fig. 34-36 [B]. See also the caption of Fig. 4.



[C] 2020/03/16PM-18

第 39 図 第 34-36 図 [C] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 4 図を参照. Fig. 39 Inferred fault models for Fig. 34-36 [C]. See also the caption of Fig. 4.



第 40 図 第 34-36 図 [D] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 4 図を参照. Fig. 40 Inferred fault models for Fig. 34-36 [D]. See also the caption of Fig. 4.



[E] 2020/03/21PM-22AM





第 42 図 第 34-36 図 [F] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 4 図を参照. Fig. 42 Inferred fault models for Fig. 34-36 [F]. See also the caption of Fig. 4.



第43図 四国地方における深部低周波地震(気象庁一元化カタログによる)の時空間分布(2020/04/02~2020/05/03).

Fig. 43 Space-time distribution of deep low-frequency earthquakes by JMA unified hypocenter catalog in the Shikoku region from April 02 to May 03, 2020.



第44 図 四国地方における歪・傾斜の観測結果と深部低周波地震の検出数(2020/04/02 ~ 2020/05/03).

Fig. 44 Observed strain and tilt data and detected number of deep low-frequency earthquakes in the Shikoku region from April 02 to May 03, 2020.

[A] 2020/04/23-27



(a) 断層の大きさを固定した場合の断層モデルと残差分布

第 45 図 第 44 図 [A] を説明する断層モデル. 各図の説明は第 4 図を参照. Fig. 45 Inferred fault models for Fig. 44 [A]. See also the caption of Fig. 4.

6-5 東海·関東·伊豆地域における地下水等観測結果 (2019 年 11 月~2020 年 4 月) (61)

The Variation of the Groundwater Level, Discharge Rate, Tilt meter, Three-Component Strain, and Subsidence in the Tokai, Kanto District and Izu Peninsula, Japan. (from Nov. 2019 to Apr. 2020) (61)

> 產業技術総合研究所 Geological Survey of Japan, AIST

2019年11月~2020年4月の半年間の東海・関東・伊豆地域の地下水等の観測結果を報告する. 本報告では,観測井配置図(第1図)の図中の枠で示す4地域および第2図に示す地域に分けて表 示する.6ヶ月間のデータを3ヶ月毎に示すとともに2年間の観測データを参考として示す(第3 ~20図).また,浜岡・掛川における沈下等の観測結果(第21,22図)についても示す.なお図 中の印で, \$は保守を,*は雨量補正不十分を,@は解析による見かけ上のギャップを,#はバッ テリー消耗を,?は原因不明をそれぞれ表す.

東海地域中部:静岡栗原1の水位上が2015年4月中旬に井戸管の広い部分まで上昇したのでそれ以降の水位変化が小さくなっている.

東海地域南部:御前崎のガス流量システムを2017年2月16日に更新した.2018年10月16~ 26日の御前崎の水位の異常はガス流量計の故障が原因と思われる.

東海地域西部:特記すべき変化はない.

伊豆半島東部地域:松原 174 号井は静岡県による観測である.松原 174 の水位計が長期的にド リフトしていることが分かったので,2014 年 7 月 4 日に新水位計を設置した.新水位計を 2017 年 10 月 12 日に交換した.

関東地域:つくば2,3,4の水位が例年春から秋に低下するのは、周囲の揚水によると考えられる.

これらのデータは WellWeb (http://www.gsj.jp/wellweb) にて公開している.

(木口 努・松本 則夫・北川 有一・板場 智史・落 唯史・佐藤 努・矢部 優)

産業技術総合研究所地下水観測井配置図 (南関東地域テレメータ連続観測)

つくば



第1図 伊豆・東海地域の産業技術総合研究所地下水 等観測井の配置図

Fig. 1 Location of the groundwater observation wells in and around the Tokai and Izu district.



第3図 東海地域中部の地下水等の観測結果(2019年 11月~2020年1月)

Fig. 3 Observed groundwater levels and others in the central Tokai district from Nov. 2019 to Jan. 2020.

第2図 関東地域の産業技術総合研究所地下水等観測

- 22回 関東地域の産業技術総合研究所地下小寺観測 井の配置図
- Fig. 2 Location of the groundwater observation wells in the Kanto district.



- 第4図 東海地域中部の地下水等の観測結果(2020年 2月~2020年4月)
- Fig. 4 Observed groundwater levels and others in the central Tokai district from Feb. 2020 to Apr. 2020.



第5図 東海地域南部の地下水等の観測結果(2019年 11月~2020年1月)

Fig. 5 Observed groundwater levels and others in the southern Tokai district from Nov. 2019 to Jan. 2020.



第7図 東海地域西部(豊橋・豊橋多米)の地下水等 の観測結果(2019年11月~2020年1月)

Fig. 7 Observed groundwater levels and others at the Toyohashi and Toyohashi-tame observation sites in the western Tokai district from Nov. 2019 to Jan. 2020.



第6図 東海地域南部の地下水等の観測結果(2020年 2月~2020年4月)

Fig. 6 Observed groundwater levels and others in the southern Tokai district from Feb. 2020 to Apr. 2020.



第8図 東海地域西部(豊橋・豊橋多米)の地下水等 の観測結果(2020年2月~2020年4月)

Fig. 8 Observed groundwater levels and others at the Toyohashi and Toyohashi-tame observation sites in the western Tokai district from Feb. 2020 to Apr. 2020.



第9図 東海地域西部(豊橋多米)の歪等の観測結果 (2019年11月~2020年1月)

Fig. 9 Observed strain and others at the Toyohashi-tame observation site in the western Tokai district from Nov. 2019 to Jan. 2020.



第11図 伊豆半島東部の地下水等の観測結果(2019年 11月~2020年1月)

Fig. 11 Observed groundwater levels and others in the eastern Izu peninsula district from Nov. 2019 to Jan. 2020.



- 第10図 東海地域西部(豊橋多米)の歪等の観測結果 (2020年2月~2020年4月)
- Fig. 10 Observed strain and others at the Toyohashi-tame observation site in the western Tokai district from Feb. 2020 to Apr. 2020.



第12図 伊豆半島東部の地下水等の観測結果(2020年 2月~2020年4月)

Fig. 12 Observed groundwater levels and others in the eastern Izu peninsula district from Feb. 2020 to Apr. 2020.



第13図 関東地域の地下水等の観測結果(2019年11 月~2020年1月)

Fig. 13 Observed groundwater levels and others in the Kanto district from Nov. 2019 to Jan. 2020.



第 14 図 関東地域の地下水等の観測結果(2020 年 2 月 ~ 2020 年 4 月)

Fig. 14 Observed groundwater levels and others in the Kanto district from Feb. 2020 to Apr. 2020.



第15図 東海地域中部の地下水等の観測結果(2018年 5月~2020年4月)

Fig. 15 Observed groundwater levels and others in the central Tokai district from May 2018 to Apr. 2020.



第16図 東海地域南部の地下水等の観測結果(2018年 5月~2020年4月)

Fig. 16 Observed groundwater levels and others in the southern Tokai district from May 2018 to Apr. 2020.



第17図 東海地域西部(豊橋・豊橋多米)の地下水等 の観測結果(2018年5月~2020年4月)

Fig. 17 Observed groundwater levels and others at the Toyohashi and Toyohashi-tame observation sites in the western Tokai district from May 2018 to Apr. 2020.



第19図 伊豆半島東部の地下水等の観測結果(2018年 5月~2020年4月)

Fig. 19 Observed groundwater levels and others in the eastern Izu peninsula from May 2018 to Apr. 2020.



第18図 東海地域西部(豊橋多米)の歪等の観測結果 (2018 年 5 月~2020 年 4 月)

Fig. 18 Observed strain and others at the Toyohashi-tame observation site in the western Tokai district from May 2018 to Apr. 2020.



第 20 図 関東地域の地下水等の観測結果(2018 年 5 月 ~ 2020 年 4 月)

Fig. 20 Observed groundwater levels and others in the Kanto district from May 2018 to Apr. 2020.



第 21 図 浜岡における沈下等の観測結果(2018 年 5 月 ~ 2020 年 4 月)

Fig. 21 Observed subsidence data and others at the Hamaoka observation well from May 2018 to Apr. 2020.



- 第22図 掛川における沈下等の観測結果(2018年5 月~2020年4月)
- Fig. 22 Observed subsidence data and others at the Kakegawa observation well from May 2018 to Apr. 2020.

7-1 岐阜県東部の活断層周辺における地殻活動観測結果(2019年11月~2020年4月) Observation of Tectonic Activities around the Active Faults in Eastern Gifu Region (November, 2019 – April, 2020)

產業技術総合研究所 Geological Survey of Japan, AIST

1. 観測概要

産業技術総合研究所は跡津川断層沿いの宮川において地殻活動総合観測設備を設置している (第1図). 宮川は深度約300mの坑井を掘削し,坑底に3成分ひずみ計・高感度地震計(1Hz, 3成分速度計)を設置. 深度256.78 ~ 267.66mの滞水層での地下水位の計測も行なっている.

2. 観測結果概要

宮川(第2図,第3図):水位, 歪計は潮汐変化を書く. 降雨の影響が大きい. 2020年4月 23日長野県中部の地震 Mw 5.2時に歪計2成分に約1.0~1.3E-8の歪ステップと約1 mm の地下水 位の低下が見られた. 3月25日千島列島東方の地震 Mw 7.5 では歪計のステップ及び地下水位の変 化は見られない.

(木口 努・今西 和俊・松本 則夫)



第1図 跡津川断層沿いの宮川における地殻活動総合観測点位置 Fig. 1 Location map of the observation borehole at Miyagawa along the Atotsugawa fault.





Fig. 2 Results of strain meters at Miyagawa (for 6 months).





Fig. 3 Results of strain meters at Miyagawa (for 2 years).

8-1 近畿・中国・四国地方とその周辺の地震活動(2019年11月~2020年4月) Seismic Activity in and around the Kinki, Chugoku and Shikoku Districts (November 2019 – April 2020)

気象庁 大阪管区気象台 Osaka Regional Headquarters, JMA

今期間,近畿・中国・四国地方とその周辺で M4.0 以上の地震は 9 回発生した. これらのうち, 規模が最大の地震は, 2019 年 11 月 22 日に日向灘で発生した M5.2 の地震であった.

2019年11月~2020年4月のM4.0以上の地震の震央分布を第1図(a)及び(b)に示す. 主な地震活動は以下のとおりである.

(1) 瀬戸内海中部の地震(M4.6, 最大震度 4, 第 2 図)

2019年11月26日15時09分に瀬戸内海中部の深さ16kmでM4.6の地震(最大震度4)が発生した. この地震は、地殻内で発生し、発震機構が北西-南東方向に圧力軸を持つ横ずれ断層型である. また、26日07時58分にも今回の震源とほぼ同じ場所でM3.8の地震(最大震度3)が発生した.





第1図(a) 近畿・中国・四国地方とその周辺の地震活動(2019年11月~2020年1月, M ≧ 4.0, 深さ≦ 700 km) Fig. 1(a) Seismic activity in and around the Kinki, Chugoku and Shikoku districts (November 2019 – January 2020, $M \ge 4.0$, depth $\leq 700 \text{ km}$)



第1図(b) つづき(2020年2月~4月, M ≧ 4.0, 深さ≦ 700 km) Fig. 1(b) Continued (February – April 2020, $M \ge 4.0$, depth ≤ 700 km).

7.0 6.0 5.0 4.5

7

6

11月26日 瀬戸内海中部の地震



第2図 2019年11月26日の瀬戸内海中部の地震

Fig. 2 The earthquake in the Hiuchinada Setonaikai on November 26, 2019.

8-2 近畿地方の地殻変動 Crustal Movements in the Kinki District

国土地理院 Geospatial Information Authority of Japan

[紀伊半島北部の深部低周波微動と同期したスロースリップ]

第1図は,2019年11月上旬~中旬頃に紀伊半島北部で発生した深部低周波地震(微動)に同期 して発生した短期的 SSE に関する資料である.

第1図上の図は、2019年11月7日~11月18日のGNSSデータから時間依存インバージョンで プレート境界面上のすべり分布を推定した結果である。年周・半年周成分を2012年1月~2016年 1月で推定、一次トレンドは2006年1月1日~2009年1月1日の期間を定常変動と仮定して推定し、 推定された一次トレンド・年周・半年周成分を除去して得られた非定常的な地殻変動を用いた。低 周波地震の発生領域ですべりが推定されている。すべり量の最大は約7mmと推定され、モーメン トマグニチュードは5.9と求まった。図に示された黒色のグリッドは、推定されたすべり量が標準 偏差の3倍を超えており、推定すべりが有意と判断されるグリッドである。

第1図下の2枚の図は、左が非定常的な地殻変動、右が推定すべりから計算した地殻変動を示している。地殻変動量が小さいため、ばらつきが相対的に大きいが、紀伊半島北部の伊勢湾岸沿いで 東向きの変動が僅かに見られる。

[紀伊半島北部~中部の深部低周波微動と同期したスロースリップ]

第2図は、2020年3月上旬~中旬頃に紀伊半島北部~中部で発生した深部低周波地震(微動) に同期して発生した短期的 SSE に関する資料である.

第2図上の図は、2020年3月6日~3月24日のGNSSデータから時間依存インバージョンでプレート境界面上のすべり分布を推定した結果である。年周・半年周成分を2017年1月~2020年4月で推定、一次トレンドは2018年1月1日~2019年1月1日の期間を定常変動と仮定して推定し、推定された一次トレンド・年周・半年周成分を除去して得られた非定常的な地殻変動を用いた。低周波地震の発生領域ですべりが推定されている。すべり量の最大は約7mmと推定され、モーメントマグニチュードは5.8と求まった。図に示された黒色のグリッドは、推定されたすべり量が標準偏差の3倍を超えており、推定すべりが有意と判断されるグリッドである。

第2図下の2枚の図は、左が非定常的な地殻変動、右が推定すべりから計算した地殻変動を示している.地殻変動量が小さいため、ばらつきが相対的に大きいが、紀伊半島北部〜中部の沿岸部を 中心に東向きの変動が僅かに見られる.

[紀伊半島西部・四国東部の非定常地殻変動]

第3~9図は,2019年春頃から紀伊半島西部・四国東部で見られている非定常的な地殻変動に 関する資料である.

第3図は、一次トレンド・年周・半年周成分除去後の非定常地殻変動ベクトル図である。2017年1月1日~2017年12月31日の期間を定常変動とし、一次トレンド、年周、半年周成分を推定した。固定局は京都府の網野観測点である。2019年3月29日~4月4日に対する2020年4

月14日~20日の約12か月の期間での非定常的な地殻変動を示している. 紀伊半島西部から四 国東部にかけて東向きに最大1cm程度の僅かな変動が見られる.

第4~5図は,第3図の図中に示した6観測点の非定常地殻変動3成分の時系列グラフである. 同様に一次トレンド・年周・半年周成分を除去している.(1)~(6)のいずれの観測点でも2019 年春頃から東向きの変動が見られていることが分かる.

第6~7図は、非定常的な地殻変動を基に、時間依存インバージョンでプレート境界面上の すべり分布を推定した結果に関する資料である.この解析では、年周・半年周成分を2017年1 月~2020年4月で推定、一次トレンドは2017年1月1日~2018年1月1日の期間を定常変動と 仮定して推定している.すべりの推定では、東西、南北の各成分が東向き、南向きとなるように拘 束している.

第6図左の図は、2019年4月1日~2020年4月15日の期間で推定されたすべり分布を示している. 紀伊水道ですべりが推定された. 推定されたすべりの最大値は5 cm, モーメントマグ ニチュードは6.1と求まった.

第6図右の図は,観測値と計算値との比較である.観測値をよく説明できていることが分かる. 第7図は,紀伊半島及び四国地域の観測点における観測値と計算値の時間変化を示した図で ある.2019年春頃から見られる東向きの変動がよく説明できていることが分かる.

第8図は、紀伊水道に位置するグリッドのすべりの時間変化を示した図である. 2019 年春頃 からすべりが見られるが、最近は停滞しているように見える.

第9図は、今回のイベントとの比較のために、2014 ~ 2016年に発生した前回の長期的 SSE について、今回と同様の条件で時間依存インバージョンによりすべり分布を推定した結果であ る. 左の図は、2014年4月1日~2016年8月1日の期間で推定されたすべり分布、右の図は観 測値と計算値との比較である. 紀伊水道ですべりが推定されており、今回も同様の場所ですべ りが生じていることが分かる.

[志摩半島の非定常地殻変動]

第10~15図は,2019年中頃から志摩半島で見られている非定常的な地殻変動に関する資料である.

第10図は,一次トレンド・年周・半年周成分除去後の非定常地殻変動ベクトル図である. 2016年3月1日~2017年3月1日の期間を定常変動とし,一次トレンド,年周,半年周成分を 推定した.固定局は京都府の網野観測点である.2018年12月29日~1月4日に対する2020年 4月14日~20日の約1年4か月の期間での非定常的な地殻変動を示している.志摩半島を中心 に東向きに最大1cm程度の小さな変動が見られる.

第11~12図は,第10図の図中に示した6観測点の非定常地殻変動3成分の時系列グラフ である.同様に一次トレンド・年周・半年周成分を除去している.(1)(2)(4)(6)の観測点では 2019年中頃から明瞭に東向きの変動が見られていることが分かる.

第13~14 図は,非定常的な地殻変動を基に,時間依存インバージョンでプレート境界面上のすべり分布を推定した結果に関する資料である.この解析では,年周・半年周成分を2017年1月~2020年4月で推定,一次トレンドは2016年3月1日~2017年3月1日の期間を定常変動と仮定して推定している.すべりの推定では,すべり方向をプレートの沈み込み方向と平行な方向に拘束している.

第13 図左の図は,2019年1月1日~2020年4月11日の期間で推定されたすべり分布を示している.志摩半島及びその周辺にすべりが推定された.推定されたすべりの最大値は4 cm,モーメントマグニチュードは6.1と求まった.

第13 図右の図は、観測値と計算値との比較である. 観測値をよく説明できていることが分かる. 第14 図は、志摩半島の観測点における観測値と計算値の時間変化を示した図である. 2019 年中 頃から見られる東向きの変動がよく説明できていることが分かる.

第15図は、志摩半島及びその周辺に位置するグリッドのすべりの時間変化を示した図である. 2019年中頃からすべりが見られ、現在も継続しているように見える.

第16図は、今回のイベントとの比較のために、2017 ~ 2018年に発生した前回の長期的 SSE について、今回と同様の条件で時間依存インバージョンによりすべり分布を推定した結果である。左の図は、2017 年 3 月 1 日~ 2018 年 10 月 1 日の期間で推定されたすべり分布、右の図は観測値と計算値との比較である。志摩半島ですべりが推定されており、今回も同様の場所ですべりが生じていることが分かる。

[紀伊半島 電子基準点の上下変動]

第17~18 図は,紀伊半島の電子基準点間の比高変化について,水準測量の結果とGNSS 連続 観測結果とを比較したものである.両者はほぼ同様の傾向を示しており,最新のデータは潮岬周辺 が沈降する長期的な傾向に沿っている.各図の左下に長期間の変動グラフを示す.潮岬側の沈降が 長期的に継続しており,灰色でプロットした GNSS 連続観測の最近の結果も整合している.

[南海トラフ周辺 GNSS 連続観測時系列]

第19~22図は,紀伊半島から四国,九州東部にかけての太平洋沿岸のGNSS連続観測時系列である.第19図に観測点の配置と,アンテナ交換等の保守の履歴を示す.

第20~22 図は、島根県の三隅観測点を固定局として、定常状態にあると仮定した2006年1月 ~2009年1月の期間で推定された1次トレンド成分及び年周・半年周成分を、各基線の地殻変動 時系列から除去した時系列グラフである.なお、三隅観測点のみ、熊本地震の地震時の地殻変動を 補正している.2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震による変動とその後の余効変動が全基線 で見られる.また、四国西部から九州東部にかけての(10)~(12)では東西成分で2016年4月の熊 本地震による変動とその後の余効変動が見られる.そのほか、(4)、(5)では、2015年~2016年 初頭にかけて、紀伊水道 SSE に伴う東南東への変動が見られる.また(9)~(12)では、2010年~ 2011年初頭に豊後水道での長期的 SSE に伴う南東への変動及び隆起が顕著である.なお、(9)~(11) では、2014年半ば及び2015年半ば~2016年に微小ながら南東への変動と隆起が見られ、豊後水 道周辺での小規模な長期的 SSE に伴う変動と考えられる.また、2018年6月以降に(10)、(11) で微小な東向きの変動、(12)では微小な南向きの変動が見られ、日向灘北部の長期的 SSE に伴う 変動と考えられる.さらに、2018年12月~2019年中頃にかけて、(9)~(12)で東向き又は南東向 きの変動と隆起が見られ、豊後水道での長期的 SSE に伴う変動と見られる.それら以外には、最 近のデータには特段の傾向の変化は見られない.

[南海トラフ沿いの地殻変動]

第 23 ~ 29 図は,三隅観測点を固定局として示した,南海トラフ沿いの地殻変動である.

第23 図上段は最近の1年間の水平変動である. 図中に示した日付から1週間分の平均値を用い て変動量を求めている. 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 込みに伴う北西方向の地殻変動が見られる. 比較のために, 1年前の1年間の水平変動を下段に示 している. 1年前の1年間の水平変動には, 2018年春頃からの日向灘北部及び豊後水道での長期的 SSE に伴う地殻変動の影響により, 九州北部から南部で南向きの成分が見られ, 四国西部では北西 向きの変動が見られない, という特徴が見られるが, 最近の1年間の地殻変動ではそのような特徴 は見られず, 長期的 SSE の影響が小さくなっていることが分かる. それら以外の地域では, 特段 の変化は見られない.

第24 図は、上下成分について同様の比較を示すものである.水平よりもばらつきが大きい.御前崎、潮岬、室戸岬のそれぞれの周辺で沈降が見られる.比較のために、1年前の1年間の上下変動を下段に示している.1年前の1年間の上下変動には、2018年春頃からの日向灘北部及び豊後水道での長期的 SSE に伴う地殻変動の影響により、四国西部の隆起と九州内陸部での沈降が見られるが、最近の1年間の地殻変動ではそのような特徴は見られず、長期的 SSE の影響が小さくなっていることが分かる.

第25~26図は,最近の3か月間の水平変動と上下変動について,1年前の同期間の変動と比較 したものである.前回まで四国西部から九州北部で見られていた南東向きの変動,四国西部の隆起 は,今回はほぼ見られない.そのほかの地域では,ばらつきの範囲内では特段の変動は見られない.

第27回は、地震や長期的 SSE 等の影響が少なかった2006年1月~2009年1月の3年間での水 平変動速度及び上下変動速度を示したものである。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北西方向の地殻変動が顕著で、御前崎、潮岬、室戸岬周辺で 沈降、その内陸側で隆起の傾向が見られる。

第28~29 図は,第27 図に示した2006年1月~2009年1月の期間の変動を定常変動と仮定し, それからの変動の差を非定常変動として示した図である.水平成分及び上下成分のそれぞれについ て,第28 図に最近の1年間,第29 図に最近の3か月間の図を示す.中部地方で東北地方太平洋沖 地震の余効変動である東向きの変動が見られるほか,第28 図の1年間の図では四国西部及び九州 において熊本地震の余効変動,日向灘北部 SSE 及び豊後水道 SSE による変動が見られる.それら 以外には,特段の変動は見られない.













解析に使用した観測点の範囲: 概ね北緯33.4~36°、東経135~139° データ:F3解(2019/11/01 - 11/09)+R3解(2019/11/10 - 11/23) トレンド期間:2006/1/1 - 2009/1/1 モーメント計算範囲:上段の図の黒枠内側 黒破線:フィリピン海プレート上面の等深線(弘瀬・他、2007) 赤丸:低周波地震(気象庁一元化震源) コンター間隔:4mm 固定局:三隅



Fig. 1 Estimated slip distribution on the plate interface beneath the northern Kii Peninsula.

参考資料



観測

GNSSデータから推定された

計算





解析に使用した観測点の範囲:概ね北緯33.4~36°、東経135~139° データ:F3解(2020/2/01-3/14)+R3解(2020/3/15-3/24) トレンド期間:2018/1/1-2019/1/1 モーメント計算範囲:上段の図の黒枠内側 黒破線:フィリピン海プレート上面の等深線(弘瀬・他、2007) 赤丸:低周波地震(気象庁一元化震源) コンター間隔:4mm 固定局:三隅

第2図 紀伊半島北部の深部低周波微動と同期したスロースリップ

Fig. 2 Estimated slip distribution on the plate interface beneath the northern Kii Peninsula.


紀伊半島西部・四国東部の非定常水平地殻変動(1次トレンド・年周期・半年周期除去後)

第3図 紀伊半島西部・四国東部 GNSS 連続観測時系列

Fig. 3 Results of continuous GNSS measurements in the western Kii Peninsula and the eastern Shikoku region with respect to the Amino station.

紀伊半島西部·四国東部 GNSS連続観測時系列(1)

1次トレンド・年周成分・半年周成分除去後グラフ

期間: 2017/02/01~2020/05/13 JST

計算期間: 2017/01/01~2018/01/01



第4図 紀伊半島西部·四国東部 GNSS 連続観測時系列

Fig. 4 Results of continuous GNSS measurements in the western Kii Peninsula and the eastern Shikoku region with respect to the Amino station (1/2).

紀伊半島西部·四国東部 GNSS連続観測時系列(2)

1次トレンド・年周成分・半年周成分除去後グラフ



0.5

0.0

-0.5

-1.0

сm 1.5 г

1.0

0.5

0.0

-0.5

-1.0

-1.5

2

0

-2

-4

計算期間: 2017/01/01~2018/01/01



●---[F3:最終解] ●---[R3:速報解]

第5図 紀伊半島西部·四国東部 GNSS 連続観測時系列

Fig. 5 Results of continuous GNSS measurements in the western Kii Peninsula and the eastern Shikoku region with respect to the Amino station (2/2).

GNSSデータから推定された 紀伊水道の長期的ゆっくりすべり(暫定)



使用データ:F3解(2018/6/1 - 2020/4/4)+R3解(2020/4/5 - 2020/4/15) トレンド期間:2017/1/1 - 2018/1/1 モーメント計算範囲:左図の黒枠内側 黒破線:フィリピン海プレート上面の等深線(弘瀬・他、2007) すべり方向:東向きから南向きの範囲に拘束. 赤丸:低周波地震(気象庁一元化震源) 固定局:網野

第6図(a) 紀伊水道において推定される長期的ゆっくりすべり(暫定)

Fig. 6(a) Estimated slip distribution on the plate interface beneath the Kii-channel (preliminary results).



使用データ:F3解(2018/6/1 - 2020/4/4)+R3解(2020/4/5-2020/4/15) トレンド期間:2017/1/1 - 2018/1/1 観測値:3日間の平均値をカルマンフィルターで平滑化した値 固定局:網野

第6図(b) 観測値(黒)と計算値(白)の比較

Fig. 6(b) Comparison of observed (black) and calculated (white) displacements.



紀伊水道地域の観測点の座標時系列(黒丸)と計算値(赤線)

第7図 紀伊水道地域の座標時系列(黒丸)と計算値(赤線)

Fig. 7 Observed (black dots) and calculated (red line) deformations at the GNSS stations around Kii-channel.



各グリッドにおけるすべりの時間変化

第8図 時間依存インバージョンで推定されたプレート間滑りの時間変化 Fig. 8 Time evolution of the estimated slip by the time dependent inversion method.

2014~2016年 GNSSデータから推定された紀伊水道の長期的ゆっくりすべり(暫定)





Fig. 9(a) Estimated slip distribution on the plate interface beneath the Kii-channel for 2014 – 2016 (preliminary results).



トレンド期間:2017/1/1 - 2018/1/1 観測値:3日間の平均値をカルマンフィルターで平滑化 固定局:網野

第9図(b) 観測値(黒)と計算値(白)の比較

Fig. 9(b) Comparison of observed (black) and calculated (white) displacements.



基準期間:2018/12/29~2019/01/04[F3:最終解] 比較期間:2020/04/14~2020/04/20[R3:速報解]

計算期間:2016/03/01~2017/03/01

第10 図 志摩半島 GNSS 連続観測時系列 Fig. 10 Results of continuous GNSS measurements in the Shima Peninsula with respect to the Amino station.

志摩半島 GNSS連続観測時系列(1)

1次トレンド・年周成分・半年周成分除去後グラフ

期間: 2018/01/01~2020/05/13 JST

計算期間: 2016/03/01~2017/03/01



第11 図 志摩半島 GNSS 連続観測時系列

Fig. 11 Results of continuous GNSS measurements in the Shima Peninsula with respect to the Amino station (1/2).

志摩半島 GNSS連続観測時系列(2)

1次トレンド・年周成分・半年周成分除去後グラフ

期間: 2018/01/01~2020/05/13 JST

計算期間: 2016/03/01~2017/03/01



●----[F3:最終解] ●----[R3:速報解]

第 12 図 志摩半島 GNSS 連続観測時系列

Fig. 12 Results of continuous GNSS measurements on the the Shima Peninsula with respect to the Amino station (2/2).

GNSSデータから推定された 志摩半島の長期的ゆっくりすべり(暫定)



使用データ:F3解(2018/1/1 - 2020/3/28) +R3解(2020/3/29 - 2020/4/11) トレンド期間:2016/3/1 - 2017/3/1 モーメント計算範囲:左図の黒枠内側 黒破線:フィリピン海プレート上面の等深線(弘瀬・他、2007) すべり方向:プレートの沈み込み方向と平行な方向に拘束. 赤丸:低周波地震(気象庁一元化震源) 固定局:網野

第13図(a) 志摩半島において推定される長期的ゆっくりすべり(暫定)

Fig. 13(a) Estimated slip distribution on the plate interface beneath the Shima Peninsula (preliminary results).

観測値(黒)と計算値(白)の比較 (2019/1/1-2020/4/11)



使用データ:F3解(2018/1/1-2020/3/28)+R3解(2020/3/29-2020/4/11) トレンド期間:2016/3/1-2017/3/1 観測値:3日間の平均値をカルマンフィルターで平滑化した値 固定局:網野

第13図(b) 観測値(黒)と計算値(白)の比較

Fig. 13(b) Comparison of observed (black) and calculated (white) displacements.



志摩半島地域の観測点の座標時系列(黒丸)と計算値(赤線)

第 14 図 志摩半島地域の座標時系列(黒丸)と計算値(赤線) Fig. 14 Observed (black dots) and calculated (red line) deformations at the GNSS stations in the Shima Peninsula.



各グリッドにおけるすべりの時間変化

第 15 図 時間依存インバージョンで推定されたプレート間滑りの時間変化 Fig. 15 Time evolution of the estimated slip by the time dependent inversion method.

2017~2018年 GNSSデータから推定された志摩半島の長期的ゆっくりすべり(暫定)



(2017/3/1-2018/10/1) 35° (2017/3/1-2018/10/1) 34° (2017/3/1-2018/10/1) (2017/3/1) (2017/3/1) (2017/3/1) (2017/3/1) (2017/3/1) (2017/3/1) (2017/3/1) (2017/3/1) (2017/3/1) (2017/3/1) (2017/3/1) (2017/3/1) (2017/3/1) (2017/3/1)

観測値(黒)と計算値(白)の比較

使用データ:F3解(2016/1/1-2020/3/28)+R3解(2020/3/29-2020/4/11) トレンド期間:2016/3/1-2017/3/1 モーメント計算範囲:左図の黒枠内側 黒破線:フィリピン海プレート上面の等深線(弘瀬・他、2007) すべり方向:プレートの沈み込み方向と平行な方向に拘束. 固定局:網野

- 第 16 図 (a) 志摩半島において推定された長期的ゆっくりすべり(暫定) 2017 年 - 2018 年
- Fig. 16(a) Estimated slip distribution on the plate interface beneath the Shima Peninsula for 2017 2018 (preliminary results).

使用データ:F3解(2016/1/1 - 2020/3/28)+R3解(2020/3/29 - 2020/4/11) トレンド期間:2016/3/1 - 2017/3/1 観測値:3日間の平均値をカルマンフィルターで平滑化した値 固定局:網野

第16図(b) 観測値(黒)と計算値(白)の比較

Fig. 16(b) Comparison of observed (black) and calculated (white) displacements.

紀伊半島 電子基準点の上下変動(1)

潮岬周辺の長期的な沈降傾向に変化は見られない.



- GNSS 連続観測のフロット点は、GEONET による日々の座標値(F3:最終解)から計算した値の月平均値である。
 (最新のプロット点:4/1~4/4の平均値)
- 水準測量の結果は、最寄りの一等水準点の結果を表示しており、GNSS 連続観測の全期間の値との差が最小となるように描画している。
- ・「水準測量による長期間の上下変動」のグラフにおける、各プロットの色は配点図の水準点の色と対応する。また、灰 色のプロットは GEONET の月平均値を示している。

第17図 紀伊半島 電子基準点の上下変動(水準測量と GNSS)(1)

Fig. 17 Vertical displacements of GEONET stations in Kii Peninsula (leveling and GNSS measurements) (1/2).

紀伊半島 電子基準点の上下変動(2)

潮岬周辺の長期的な沈降傾向に変化は見られない.



- (最新のプロット点:4/1~4/4の平均値)
 水準測量の結果は、最寄りの一等水準点の結果を表示しており、GNSS 連続観測の全期間の値との差が最小となるように描画している。
- ・「水準測量による長期間の上下変動」のグラフにおける、各プロットの色は配点図の水準点の色と対応する。また、灰色のプロットは GEONET の月平均値を示している。
- ※1 2013/3/8 に電子基準点「田辺」を移転し、電子基準点「田辺A」とした。
- ※2 2018/8/3 に電子基準点「白浜」周辺の樹木を伐採した。
- ※3 2019/1/29 に電子基準点「白浜」周辺の樹木を伐採した。

第18回 紀伊半島 電子基準点の上下変動(水準測量とGNSS)(2)

Fig. 18 Vertical displacements of GEONET stations in Kii Peninsula (leveling and GNSS measurements) (2/2).



南海トラフ周辺 GNSS連続観測時系列(1)

各観測局情報

	L 4	/ .				/ .	
点番号	点名	日付	保守内容	点番号	点名	日付	保守内容 保守内容
960636	度会	2010/02/09	受信機交換・レドーム開閉	031121	室戸3	2010/01/25	受信機交換
		2012/11/07	アンテナ更新			2012/10/22	アンテナ更新
		2014/08/12	アンテナ交換・受信機交換			2017/01/18	受信機交換
		2017/11/27	受信機交換	950445	須崎	2012/10/11	アンテナ更新・受信機交換
950315	三重熊野	2011/01/14	受信機交換・レドーム開閉			2017/06/23	アンテナ交換
		2012/10/31	アンテナ更新			2019/11/28	受信機交換
940070	串本	2012/11/14	アンテナ更新・受信機交換	940085	土佐清水	2012/11/15	アンテナ更新・受信機交換
		2017/01/22	アンテナ交換			2019/11/26	受信機交換
031112	白浜	2010/01/22	受信機交換	021059	宿毛	2012/11/16	アンテナ更新・受信機交換
		2012/11/13	アンテナ更新			2015/11/19	アンテナ交換
1		2018/01/10	受信機交換	950437	御荘	2008/01/28	周辺伐採
		2018/08/03	周辺伐採			2011/10/06	周辺伐採
		2019/01/29	周辺伐採			2012/12/05	アンテナ更新・受信機交換
950422	阿南2	2012/12/04	アンテナ更新・受信機交換			2015/10/05	周辺伐採
1		2015/11/17	アンテナ交換			2016/07/19	アンテナ交換
		2018/04/02	アンテナ交換・受信機交換	950476	北川	2012/11/22	アンテナ更新・受信機交換
		2019/12/04	受信機交換			2014/12/18	アンテナ交換
031122	室戸4	2010/01/26	受信機交換			2019/11/28	受信機交換
		2012/10/22	アンテナ更新	950388	三隅	2012/10/29	アンテナ更新・受信機交換
1		2017/05/23	受信機交換			2014/10/01	周辺伐採
		2018/01/30	受信機交換			2019/11/13	受信機交換

第19図 南海トラフ周辺における GNSS 連続観測結果(観測点配置図・保守状況)

Fig. 19 Time series of continuous GNSS measurements along the Nankai Trough (site location map and history of the site maintenance).

南海トラフ周辺 GNSS連続観測時系列(2)

1次トレンド・年周成分・半年周成分除去後グラフ 期間:2005/01/01~2020/04/18 JST 計算期間:2006/01/01~2009/01/01



- 第20図 南海トラフ周辺における GNSS 連続観測結果:1次トレンド及び年周・半年周成分を除去した時系列(固 定局:三隅)
- Fig. 20 Time series of continuous GNSS measurements along the Nankai Trough with reference to the Misumi station (detrended time series with seasonal terms removed) (1/3).

南海トラフ周辺 GNSS連続観測時系列(3)

1次トレンド・年周成分・半年周成分除去後グラフ 期間:2005/01/01~2020/04/18 JST 計算期間:2006/01/01~2009/01/01

2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020

cm	南北										基準	[值:-	-10395	i4. 17	7
4	·····		·						010/0	4 /10					
3								2	016/0	4/10	M/	ş	ļ		
2									ļ	ļ		ļ	ļ		ļ
1	ļļ		Ļ				. 4.		يغذ		¥		.	÷	1
0	ممضر		أمنتعيا		. He	Ċ.,	ind and	103	6 62	10 m	fat.	خنف	يغمر	نعد	
-1		ALL S	enc d				••				7672		- 10-	a de	1
	1		(* I	·		^									į
-2										1					Ī
-3	1		2	011/0	3/11	M9. ()		1	1		1	1		Î
-4	11		1 1						1	†		·	1		1

cm	比高 調 目 目 目 目 目 目 目 目 目 目 目 目 目 目 目 目 目 目	基準値:	: -18. 513n
8	2016/04/16 N7 2		
6	2010/04/10 M/. 3		
4			
2		. Main	
0		and and all	
-2	and the second secon	- C -	
-4			•
-6			
_8	2011/03/11 M9.0		
2	005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 201	7 2018	2019 2020

基準値:196894.013m

155291 661r

準値

2016/04/16 M7.3

2016/04/16 M7.3

2016/04/16 M7

(7) 三隅 (950388) →室戸3 (031121)

2011/03/11 M9.

2011/03/11 M9.

2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020

2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019

2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019

cm 東西

-2 -3 -4

cm 南北

-4

比高

(6) 三隅 (950388) →室戸4 (031122)

cm	東西											基	隼値:	20827	0. 515	im
4	ļ		ļ													
3	ļ	L	ļ		ļ				2	016/0	04/16	M/.	5			
,																
-	-	1			4	-	_					1				
1			-		~	· · ·								••		
0	+						-	a) a	1	and on	.6					-
-1	ļ		ļ									100	ي الم		. Jai	_
-2							1				•					
-																
-3	1			2	011/0	3/11	M9. ()								
-4	÷		÷		÷					÷	¢			••••••••••••••••••••••••••••••••••••••		÷

2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020

cm	南北										基準	値:-	16652	21. 953	۶m
4		 						2	016/0	94/16	M7. 3	3			
3		 													
1		 ٤						نەرمە			Ť				
0	-	-				teritas,	- 1 0	-				×ì,			
-1 -2						î									
-3		 	2	011/0	3/11	M9 (1								ļ
-4		 	-		-,	44 00		40.00		45.00	40.00	47.00			

5 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 202

cm	比高																			基华	植	: 22	21. 0)01 r	n
8									-		÷			21	016/	04	/16	M	7. 3	3					7
6			1								1														
2							-							-	a i		÷.	ł			ċz.	÷.,			
0				ñ					Ņ	ġ,	h				-		gi.	2	į,	ui.e					J.
-2	. C P										1					1							•	×	1
-6			ļ			001	1 76	0.74		40			ļ												
-8						201	1/0	3/1	-	M9.	9														
2	005 20	06	2007	20	80	2009	201	0 :	201	12	012	20	013	20	14 2	01	5 20	16	20	17	2018	20	/19	202	0

((8) <u>=</u>	隅	(950	0388	3) —	须	倚(g	504	45)						
m	東西											基	準値:	13657	0. 445m
4										2016	/04/	16 M	7.3		
2												Ļ			
1		(kik													
0 -1		•					47								
-2							1								
-3				2	011/0	3/11	M9.()					1		
-4	1												1		

2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020



em 比高 基準値:113.743m

2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020



※三隅には2016年4月の熊本地震に伴う地殻変動の補正を行った.

2011/03/11 M9. 0

第 21 図 南海トラフ周辺における GNSS 連続観測結果:1次トレンド及び年周・半年周成分を除去した時系列(固定局:三隅)

2020

Fig. 21 Time series of continuous GNSS measurements along the Nankai Trough with reference to the Misumi station (detrended time series with seasonal terms removed) (2/3).



期間:2005/01/01~2020/04/18 JST 計算期間:2006/01/01~2009/01/01



- 第 22 図 南海トラフ周辺における GNSS 連続観測結果:1次トレンド及び年周・半年周成分を除去した時系列(固定局:三隅)
- Fig. 22 Time series of continuous GNSS measurements along the Nankai Trough with reference to the Misumi station (detrended time series with seasonal terms removed) (3/3).



南海トラフ沿いの水平地殻変動【固定局:三隅】

- 第 23 図 南海トラフ沿いの水平地殻変動(1年間):(上図)最近1年間(2019年4月~2020年4月),(下図)1年 前の1年間(2018年4月~2019年4月).(固定局:三隅)
- Fig. 23 Horizontal deformation along the Nankai Trough based on GNSS measurements (1 year). April 2019 April 2020 (upper) and April 2018– April 2019 (lower) (☆ represents the reference station Misumi).



南海トラフ沿いの上下地殻変動【固定局:三隅】

- 第 24 図 南海トラフ沿いの上下地殻変動(1 年間):(上図) 最近 1 年間(2019 年 4 月~2020 年 4 月),(下図) 1 年 前の 1 年間(2018 年 4 月~2019 年 4 月).(固定局:三隅)
- Fig. 24 Vertical deformation along the Nankai Trough based on GNSS measurements (1year). April 2019 April 2020 (upper) and April 2018– April 2019 (lower) (Arepresents the reference station Misumi).



南海トラフ沿いの水平地殻変動【固定局:三隅】

- 第25図 南海トラフ沿いの水平地殻変動(3か月間):(上図) 最近3か月間(2020年1月~2020年4月),(下図) 1年前の3か月間 (2019年1月~2019年4月) (固定局:三隅) Fig. 25 Horizontal deformation along the Nankai Trough based on GNSS measurements (3 months): January 2020 – April
- 2020 (upper) and January 2019 April 2019 (lower) (A Reference station is Misumi).



南海トラフ沿いの上下地殻変動【固定局:三隅】

第 26 図 南海トラフ沿いの上下地殻変動(3か月間):(上図)最近 3か月間(2020年1月~2020年4月),(下図) 1年前の3か月間(2019年1月~2019年4月)(固定局:三隅)

Fig. 26 Vertical deformation along the Nankai Trough based on GNSS measurements (3 months): January 2020 – April 2020 (upper) and January 2019 – April 2019 (lower) (☆ represents the reference station Misumi).



南海トラフ沿いの地殻変動速度【固定局:三隅】 2006年1月-2009年1月

第 27 図 GNSS 連続観測から求めた 2006 年 1 月~ 2009 年 1 月の水平及び上下変動速度 Fig. 27 Horizontal (upper) and vertical (lower) crustal deformation rates along the Nankai Trough based on GNSS measurements during January 2006 – January 2009 (☆ represents the teference station Misumi).



南海トラフ沿いの非定常地殻変動(1年間)【固定局:三隅】

第 28 図 GNSS 連続観測から求めた 2019 年 4 月~ 2020 年 4 月の南海トラフ沿いの非定常地殻変動(水平及び上下 変動)

Fig. 28 Horizontal (upper) and vertical (lower) transient displacement along the Nankai Trough during April 2019 – April 2020.



南海トラフ沿いの非定常地殻変動(3か月間)【固定局:三隅】

第 29 図 GNSS 連続観測から求めた 2020 年 1 月~ 2020 年 4 月の南海トラフ沿いの非定常地殻変動(水平及び上下 変動)

Fig. 29 Horizontal (upper) and vertical (lower) transient displacement along the Nankai Trough during January 2020 – April 2020.

8-3 南海トラフ周辺の地殻活動(2019年11月~2020年4月) Crustal Activity around the Nankai Trough (November 2019 – April 2020)

気象庁

Japan Meteorological Agency

1. 南海トラフ周辺の地殻活動(第1図,第2図)

2019 年 11 月~2020 年 4 月の南海トラフ沿いとその周辺地域の震央分布図を第 1 図に,東海地 域から豊後水道にかけての深部低周波地震の震央分布図を第 2 図に示す.また,主な地震の発震機 構解を第 3 図に示す.詳細は,地震・火山月報(防災編)を参照^{1)~6}.

【南海トラフ周辺】

今期間, M5.0 以上の地震は以下のとおりであった.

- ・2019 年 11 月 22 日 18 時 05 分日向灘 (フィリピン海プレートと陸のプレートの境界の地震) M5.2
- 以下の期間でまとまった深部低周波地震(微動)活動と短期的ゆっくりすべりが観測された.
- ・2019 年 11 月 10 日から 11 月 20 日まで,紀伊半島北部から東海(第4図(a),(b)).周辺の複数の ひずみ計で変化あり.
- ・2019年11月8日から11月14日まで,四国西部(第5図(a),(b)). 周辺の複数のひずみ計で変化あり.
- ・2019年12月17日から12月25日まで,東海(第6図(a),(b)).周辺の複数のひずみ計で変化あり.
- ・2019年12月28日から2020年1月8日まで、四国東部(第7図(a),(b)). 周辺のひずみ計で変化あり.
- ・2020年1月11日から1月14日まで、東海(第8図(a),(b)).周辺の複数のひずみ計で変化あり.
- ・2020年2月6日から2月10日まで、四国西部(第9図(a)、(b)). 周辺の複数のひずみ計で変化あり.
- ・2020 年 2 月 10 日から 3 月 9 日まで,四国中部から西部(第 9 図(a),(b),(c)).周辺の複数のひず み計で変化あり.
- ・2020 年 3 月 8 日から 3 月 23 日まで,紀伊半島北部から西部(第 10 図(a),(b)).周辺の複数の ひずみ計で変化あり.

また,豊後水道周辺のプレート境界深部における長期的ゆっくりすべりに起因するものと推定される,2018年秋頃からの四国西部のひずみ計データのやや長期的な変化は,収束したとみられる(第11図).

2. プレート境界とその周辺の地震活動(第12図~第13図)

想定南海トラフ地震は、陸側のプレートと沈み込むフィリピン海プレートの境界で発生する地震 である.ここでは、震源の深さと発震機構解の型からプレート境界付近で発生した地震及び発震機 構解を抽出し、プレート境界付近の地震活動の推移を示す.

第 12 図は、Hirose et al. $(2008)^7$ 及び Baba et al. $(2008)^8$ によるフィリピン海プレート上面の深さから± 6 km の地震を抽出し地震活動の推移を見たものである.

第13図は,想定南海トラフ地震の発震機構解と類似の型の地震を抽出したものである.プレー ト境界で発生したと考えられる地震の他,その震源の深さから考えて明らかに地殻内やスラブ内で 発生したと推定される地震も含まれている.

3. 南海トラフ周辺の地震活動の推移(第14図~第15図)

想定南海トラフ地震は、陸側のプレートと沈み込むフィリピン海プレートの境界で発生する地震 であるが、南海トラフ周辺では、日向灘を除きプレート境界で発生する地震が少ない.ここでは、 南海トラフ周辺を個々の領域に分け、地殻内の地震とフィリピン海プレート内、もしくは浅い地震 から深い地震まで全ての深さの地震について地震活動の推移を示す.第14 図は、それぞれの領域 について直近の地震活動指数を表にまとめたものである。第15 図は、それらの地震活動指数の変 化を示すグラフである.

参考文献

- 1) 気象庁(2019),南海トラフ周辺の地殻活動,令和元年11月地震・火山月報(防災編),21.
- 2) 気象庁(2019),南海トラフ周辺の地殻活動, 令和元年12月地震・火山月報(防災編), 22.
- 3) 気象庁(2020),南海トラフ周辺の地殻活動,令和2年1月地震・火山月報(防災編),18.
- 4) 気象庁(2020),南海トラフ周辺の地殻活動, 令和2年2月地震・火山月報(防災編), 19.
- 5) 気象庁(2020),南海トラフ周辺の地殻活動, 令和2年3月地震・火山月報(防災編), 16.
- 6) 気象庁(2020)、南海トラフ周辺の地殻活動、令和2年4月地震・火山月報(防災編)、22.
- Hirose, F., J. Nakajima, and A. Hasegawa. (2008), J. Geophys. Res., 113, doi:10.1029/2007JB005274. Three-dimensional seismic velocity structure and configuration of the Philippine Sea slab in southwestern Japan estimated by double-difference tomography.
- Baba, T., Y. Tanioka, P. R. Cummins, and K. Uhira. (2002), *Phys. Earth Planet. Inter.*, **132**, 59-73. The slip distribution of the 1946 Nankai earthquake estimated from tsunami inversion using a new plate model.



南海トラフ沿いの地震活動 2019年11月

・発震機構解の横に「S」の表記があるものは、精度がやや劣るものである。

Fig. 1(a) Monthly epicenter distribution in and around the Nankai Trough (November 2019).



・発震機構解の横に「S」の表記があるものは、精度がやや劣るものである。

第1図(b) つづき(2019年12月)

Fig. 1(b) Monthly epicenter distribution in and around the Nankai Trough (December 2019).

第1図(a) 南海トラフ周辺の月別震央分布(2019年11月).





・発震機構解の横に「S」の表記があるものは、精度がやや劣るものである。

第1図(c) つづき(2020年1月)

Fig. 1(c) Monthly epicenter distribution in and around the Nankai Trough (January 2020).



南海トラフ沿いの地震活動 2020年02月

・発震機構解の横に「S」の表記があるものは、精度がやや劣るものである。

第1図(d) つづき(2020年2月)

Fig. 1(d) Monthly epicenter distribution in and around the Nankai Trough (February 2020).



南海トラフ沿いの地震活動 2020年03月



第1図(e) つづき(2020年3月)

Fig. 1(e) Monthly epicenter distribution in and around the Nankai Trough (March 2020).



・発震機構解の横に「S」の表記があるものは、精度がやや劣るものである。

第1図(f) つづき(2020年4月)

Fig. 1(f) Monthly epicenter distribution in and around the Nankai Trough (April 2020).



点線は、Hirose et al.(2008)、Baba et al.(2002)によるフィリピン海プレート上面の深さ(10kmごとの等深線)を示す。

第2図(a) 東海地域から豊後水道にかけての深部低周波地震活動(2019年11月~2020年1月)

Fig. 2(a) Seismic activity of Low-Frequency Events from the Tokai region to the Bungo Channel (November 2019 – January 2020).

深部低周波地震(微動)活動(2010年2月1日~2020年1月31日)

深部低周波地震(微動)は、「短期的ゆっくりすべり」に密接に関連する現象とみられており、プレート境界の状 態の変化を監視するために、その活動を監視している。



※2018年3月22日から、深部低周波地震(微動)の処理方法の変更(Matched Filter法の導入)により、それ以前と比較して検知能力が変わっている。

第2図(b) つづき(2010年2月~2020年1月) Fig. 2(b) Continued (February 2010 – January 2020).



点線は、Hirose et al.(2008)、Baba et al.(2002)によるフィリピン海プレート上面の深さ(10kmごとの等深線)を示す。

第2図(c) 東海地域から豊後水道にかけての深部低周波地震活動(2020年2月~4月)

Fig. 2(c) Seismic activity of Low-Frequency Events from the Tokai region to the Bungo Channel (February – April 2020).

深部低周波地震(微動)活動(2010年5月1日~2020年4月30日)

深部低周波地震(微動)は、「短期的ゆっくりすべり」に密接に関連する現象とみられており、プレート境界の状 態の変化を監視するために、その活動を監視している。



が変わっている。

第2図(d) つづき(2010年5月~2020年4月) Fig. 2(d) Continued (May 2010 – April 2020).


第3図(a) 南海トラフ周辺で発生した主な地震の発震機構解(2019年11月~2020年1月) Fig. 3(a) Focal mechanism solutions for major earthquakes in and around the Nankai Trough (November 2019 – January 2020).



南海トラフ沿いとその周辺の発震機構解(2)

第3図(b) つづき(2019年11月~2020年1月) Fig. 3(b) Continued (November 2019 – January 2020).



第3図(c) つづき(2020年2月~4月) Fig. 3(c) Continued (February – April 2020).



第3図(d) つづき(2020年2月~4月) Fig. 3(d) Continued (February – April 2020).

紀伊半島北部から東海の深部低周波地震(微動)活動と 短期的ゆっくりすべり

11月10日から20日にかけて、紀伊半島北部で深部低周波地震(微動)を観測した。10日に三重県中部で始まった活動は、11日から16日にかけて次第に北東及び南西へ広がった。16日夜からは主に三重・奈良県境付近で活動がみられた。

深部低周波地震(微動)活動とほぼ同期して、周辺に設置されている複数のひずみ計で地殻変動を観測した。 また、対応するまとまった深部低周波地震(微動)活動は観測されていないが、愛知県に設置されている複数 のひずみ計にも変化が現れた。

これらは、短期的ゆっくりすべりに起因すると推定される。



深部低周波地震(微動)活動

※2018年3月22日から、深部低周波地震(微動)の処理方法の変更(Matched Filter法の導入)により、それ以前と比較して検知能力が変わっている。

第4図(a) 紀伊半島北部から東海の深部低周波地震活動とひずみ変化、及び推定されるゆっくりすべり領域

Fig. 4(a) Activity of deep low-frequency earthquakes in northern part of Kii Peninsula to Tokai region and strain changes, and the estimated slow slip region.

紀伊半島北部から東海で発生した短期的ゆっくりすべり(11月11日~20日)



愛知県から和歌山県で観測されたひずみ変化



第4図(b) つづき Fig. 4(b) Continued.



紀伊半島北部から東海で発生した短期的ゆっくりすべり(11月11日~20日)

前図に観測されたひずみ観測点での変化量を元にすべり推定を行ったところ、青と緑で示した期間は、低周波地震とほぼ同じ場所にすべり域が求まった。赤と黄の期間に求まったすべり域は、従来よりまとまった低周波地 震を伴わない領域である。

断層モデルの推定は、産総研の解析方法(板場ほか,2012)を参考に以下の2段階で行う。 ・断層サイズを20km×20kmに固定し、位置を0.05度単位でグリッドサーチにより推定する。 ・その位置を中心にして、他の断層パラメータの最適解を求める。

第4図(b) つづき Fig. 4(b) Continued.

四国の深部低周波地震(微動)活動とゆっくりすべり

【四国西部】

(A)11月8日から14日にかけて、四国西部で深部低周波地震(微動)を観測した。深部低周波地震(微動)の活動域 は、次第に北東へ移動した。深部低周波地震(微動)活動とほぼ同期して、周辺に設置されている複数のひずみ計で 地殻変動を観測した。これらは、短期的ゆっくりすべりに起因すると推定される。

【四国西部の南西側(領域b:豊後水道とその付近)】

豊後水道付近(領域b)では、2018年秋頃から深部低周波地震(微動)活動が活発になっていたが、2019年6月頃から減衰傾向がみられている。また、2018年秋頃から、周辺に設置されている複数のひずみ計で地殻変動を観測している。これらは、豊後水道周辺のプレート境界深部において発生している長期的ゆっくりすべりに関係すると推定される。この長期的ゆっくりすべりは、2019年6月頃から停滞しているようにみえる。



第5図(a) 四国の深部低周波地震活動とひずみ変化,及び推定されるゆっくりすべり領域 Fig. 5(a) Activity of deep low-frequency earthquakes in Shikoku region and strain changes, and the estimated slow slip region.



四国西部で発生した短期的ゆっくりすべり(11月8日~11日)

第 5 図 (b) つづき Fig. 5(b) Continued.

東海の深部低周波地震(微動)活動と 短期的ゆっくりすべり

12月17日から25日にかけて、東海で深部低周波地震(微動)を観測した。 深部低周波地震(微動)活動とほぼ同期して、周辺に設置されている複数のひずみ計で地殻変動を観測した。 これらは、短期的ゆっくりすべりに起因すると推定される。



第6図 (a) 東海の深部低周波地震活動とひずみ変化,及び推定されるゆっくりすべり領域 Fig. 6(a) Activity of deep low-frequency earthquakes in Tokai region and strain changes, and the estimated slow slip region.

東海で発生した短期的ゆっくりすべり(12月18日~20日)

長野県から静岡県で観測されたひずみ変化



第6図(b) つづき Fig. 6(b) Continued.

四国の深部低周波地震(微動)活動とゆっくりすべり

【四国東部】

(A)2019年12月28日から2020年1月8日にかけて、四国東部で深部低周波地震(微動)を観測した。深部低周波地震 (微動)活動とほぼ同期して、周辺に設置されているひずみ計で地殻変動を観測した。これらは、短期的ゆっくりすべり に起因すると推定される。

【四国西部の南西側(領域b:豊後水道とその付近)】

豊後水道付近(領域b)では、2018年秋頃から深部低周波地震(微動)活動が活発になっていたが、2019年6月頃から減衰傾向がみられている。また、2018年秋頃から、周辺に設置されている複数のひずみ計で地殻変動を観測している。これらは、豊後水道周辺のプレート境界深部において発生している長期的ゆっくりすべりに関係すると推定される。この長期的ゆっくりすべりは、2019年6月頃から停滞しているようにみえる。



第7図(a) 四国の深部低周波地震活動とひずみ変化,及び推定されるゆっくりすべり領域

Fig. 7(a) Activity of deep low-frequency earthquakes in Shikoku region and strain changes, and the estimated slow slip region.

四国東部で観測されたひずみ変化(1月1日~8日)



愛媛県から高知県で観測されたひずみ変化



東海の深部低周波地震(微動)活動と 短期的ゆっくりすべり

1月11日から14日にかけて、東海で深部低周波地震(微動)を観測した。 深部低周波地震(微動)活動とほぼ同期して、周辺に設置されている複数のひずみ計で地殻変動を観測した。 これらは、短期的ゆっくりすべりに起因すると推定される。



第8図 (a) 東海の深部低周波地震活動とひずみ変化,及び推定されるゆっくりすべり領域 Fig. 8(a) Activity of deep low-frequency earthquakes in Tokai region and strain changes, and the estimated slow slip region.

東海で発生した短期的ゆっくりすべり(1月12日~14日)



長野県から愛知県で観測されたひずみ変化

浜松春野は静岡県、豊橋多米は産業技術総合研究所のひずみ計である。



東海で発生した短期的ゆっくりすべり(1月12日~14日)



前図に観測されたひずみ観測点での変化量を元にすべり推定を行ったところ、低 周波地震とほぼ同じ場所にすべり域が求まった。

断層モデルの推定は、産総研の解析方法(板場ほか,2012)を参考に以下の2段階で行う。 ・断層サイズを20km×20kmに固定し、位置を0.05度単位でグリッドサーチにより推定する。 ・その位置を中心にして、他の断層パラメータの最適解を求める。

> 第8図(b) つづき Fig. 8(b) Continued.

四国の深部低周波地震(微動)活動と短期的ゆっくりすべり

【四国西部】

(A)2月6日から10日にかけて、四国西部で深部低周波地震を観測した。深部低周波地震(微動)活動とほぼ同期して、周辺に設置されている複数のひずみ計で地殻変動を観測した。これらは、短期的ゆっくりすべりに起因すると推定される。

【四国中部から四国西部】

(B)2月10日以降、四国中部から四国西部で深部低周波地震(微動)を観測している。10日に四国中部で始まった 活動は、14日頃から次第に南西へと拡大し、19日頃からは四国西部で主に活動がみられている。深部低周波地震 (微動)活動とほぼ同期して、周辺に設置されている複数のひずみ計で地殻変動を観測している。これらは、短期的 ゆっくりすべりに起因すると推定される。

震央分布図 (2018年4月1日~2020年2月29日、深さ0~60km、Mすべて) 灰:2018年4月1日~2020年2月5日、紫:2020年2月6日~ ※活動期間が長く、また広範囲であるため、本頁では2月6日以降の活動を一色で示している。 次頁に、2月6日から10日にかけての四国西部の活動、2月10日以降の四国中部から四国西部 にかけての活動に分けて、活動域・活動期間の詳細を示す。





第9図(a) 四国の深部低周波地震活動とひずみ変化,及び推定されるゆっくりすべり領域

Fig. 9(a) Activity of deep low-frequency earthquakes in Shikoku region and strain changes, and the estimated slow slip region.

2月6日から10日にかけての四国西部の活動





第9図(a) つづき Fig. 9(a) Continued.

四国中部から西部の 深部低周波地震(微動)活動と短期的ゆっくりすべり

2月10日から3月9日にかけて、四国中部から四国西部で深部低周波地震(微動)を観測した。2月10日に四国中部 で始まった活動は、次第に南西へと拡大し、2月19日頃からは四国西部で主に活動がみられた。2月11日から2月22 日にかけて、深部低周波地震(微動)活動とほぼ同期して、周辺に設置されている複数のひずみ計で地殻変動を観 測した。これらは、短期的ゆっくりすべりに起因すると推定される。 なお、2月23日以降は、周辺のひずみ計で特段の変化は観測されていない。

震央分布図





第9図(b) つづき Fig. 9(b) Continued.

四国西部から中部で発生した短期的ゆっくりすべり(2月8日~22日)



高知県から愛媛県で観測されたひずみ変化

西予宇和、土佐清水松尾、須崎大谷及び新居浜黒島は産業技術総合研究所のひずみ計である。

第9図(c) つづき Fig. 9(c) Continued.

四国西部から中部で発生した短期的ゆっくりすべり(2月8日~22日)



第9図(c) つづき Fig. 9(c) Continued.

四国西部から中部で発生した短期的ゆっくりすべり(2月8日~22日)



前図に観測されたひずみ観測点での変化量を元にすべり推定を行ったところ、図の場所にすべり域が求まった。

断層モデルの推定は、産総研の解析方法(板場ほか,2012)を参考に以下の2段階
で行う。
・断層サイズを20km×20kmに固定し、位置を0.05度単位でグリッドサーチにより推定
する。
・その位置を中心にして、他の断層パラメータの最適解を求める。



紀伊半島北部から紀伊半島西部の 深部低周波地震(微動)活動と短期的ゆっくりすべり

3月8日から23日にかけて、紀伊半島北部から紀伊半島西部で深部低周波地震(微動)を観測した。8日未明に紀伊半島北部で始まった活動は次第に南西へと移動し、19日以降は紀伊半島中部、22日以降は紀伊半島 西部でも活動がみられた。

深部低周波地震(微動)活動とほぼ同期して、周辺に設置されている複数のひずみ計で地殻変動を観測している。これらは、短期的ゆっくりすべりに起因すると推定される。





^{※2018}年3月22日から、深部低周波地震(微動)の処理方法の変更(Matched Filter法の導入)により、 それ以前と比較して検知能力が変わっている。

第 10 図 (a) 紀伊半島北部から西部の深部低周波地震活動とひずみ変化,及び推定されるゆっくりすべり領域 Fig. 10(a) Activity of deep low-frequency earthquakes in northern to western part of Kii Peninsula and strain changes, and the estimated slow slip region.



愛知県から和歌山県で観測されたひずみ変化



第 10 図 (b) つづき Fig. 10(b) Continued.



愛知県から和歌山県で観測されたひずみ変化





第10図(b) つづき Fig. 10(b) Continued.



前図に観測されたひずみ観測点での変化量を元にすべり推定を行ったところ、低周波地震とほぼ同じ場所にすべり域が求まった。

断層モデルの推定は、産総研の解析方法(板場ほか,2012)を参考に以下の2段 階で行う。
・断層サイズを20km×20kmに固定し、位置を0.05度単位でグリッドサーチにより推 ニュース
ル9 る。 ・その位置を中心にして、他の断層パラメータの最適解を求める。

第 10 図 (b) つづき Fig. 10(b) Continued.

豊後水道で発生している長期的ゆっくりすべり



土佐清水松尾及び西予宇和は産業技術総合研究所のひずみ計である。

第11図 四国西部(豊後水道周辺)のひずみ変化,及び推定されるゆっくりすべり領域

Fig.11 Strain changes, and the estimated slow slip region in western Shikoku (around the Bungo Channel).



第12図 プレート境界とその周辺の地震活動

Fig. 12 Seismic activity around the plate boundary.

プレート境界とその周辺の地震活動 フィリピン海ブレート上面の深さから±6km未満の地震を表示している。

震央分布図の各領域内のMT図・回数積算図





※M≧1.5の地震を表示していることから、検知能力未満の地震も表示しているため、回数積算図は参考と して表記している。



・フィリピン海プレート上面の深さは、Hirose et al.(2008)、Baba et al.(2002)による。 震央分布図中の点線は10kmごとの等深 線を示す。

・今期間に発生した地震(赤)、日向灘のM6.0以上、その他の地域のM5.0以上の地震に吹き出しを付けている。

・発震機構解の横に「S」の表記があるものは、精度がやや劣るものである。

・吹き出しの右下の数値は、フィリピン海プレート上面の深さからの差を示す。+は浅い、-は深いことを示す。

・吹き出しに「CMT」と表記した地震は、発震機構解と深さはCMT解による。Mは気象庁マグニチュードを表記している。 ・発震機構解の解析基準は、解析当時の観測網等に応じて変遷しているため一定ではない。



第13図 想定南海トラフ地震の発震機構解と類似の型の地震

Fig. 13 Earthquakes whose focal mechanisms were similar to that of the anticipated Nankai Trough earthquake.

南海トラフ巨大地震の想定震源域とその周辺の地震活動指数

2020年04月30日

領域		①静岡県 中西部 ②愛知			知県	知県 ③浜名湖 周辺		ら湖 辺	④駿河 湾		⑤ 東海		⑥東南 海	⑦ 南海
		地	プ	地	也 プ		プ		全		全		全	全
地震活動指数		6	6	4	5		5		3		4		4	4
平均回数		16.5	18.5	26.6	13.6		13.2		13	13.2		8	19.7	21.3
Mしきい値		1.	1.1		1.1		1.1		1.4		1.5		2.0	2.0
クラスタ	距離	3km		3km			3km		10km		10km		10km	10km
除去	日数	7 E	Ξ	7	日		7日 1			日	10日		10日	10日
対象期間		60日	90日	60日	30 E	Э	360	日	180日		90日		360日	90日
深さ		0~ 30km	0~ 60km	0~ 30km	0~ 60kr	, m	0~ 60k	m	0~ 60km		0~ 60km		0~ 100km	0~ 100km
領域		南海ト	ラフ沿い		①日向 灘		2紀伊	紀伊 []3利		11	14四国 (1		5紀伊半 島	修四国
		⑧東側	10西(則 2			半島	Ļ	山					
		全	全	4	全		地	地		地			プ	プ
地震活動指数		6	4		4		7 4		4	7			5	4
平均回数		12.0	15.0	2	20.6		23.0 42.1		2.1	30.6			27.7	28.2
Mしきい値		2.5	2.5	2	.0	1.5		1	1.5		1.5		1.5	1.5
クラスタ 除去	距離	10km	10kn	n 10	10km		3km	3km		3km			3km	3km
	日数	10日	10日	1()日		7日 -		日	7日			7日	7日
対象期間		720日	360 E	3 60	60日		20日	60)日	90日			30日	30日
深さ		0~ 100km	0~ 100ki	0 m 10	0~ 100km		0~ 20km	0~ 20km		2	0~ 20km		20~ 100km	20~ 100km

*基準期間は、全領域1997年10月1日~2020年04月30日

*領域欄の「地」は地殻内、「プ」はフィリピン海プレート内で発生した地震であることを示す。ただし、震源の深さから便宜的に分類しただけであり、厳密に分離できていない場合もある。「全」は浅い地震から深い地震まで全ての深さの地震を含む。 *⑨の領域(三重県南東沖)は、2004年9月5日以降の地震活動の影響で、地震活動指数を正確に計算できないため、掲載していない。



*Hirose et al.(2008)、Baba et al.(2002)によるプレート境界の等深線を破線で示す。

第14図 南海トラフ周辺の地震活動指数の表

Fig. 14 Table of seismic activity levels in and around the Nankai Trough.



第 15 図 南海トラフ周辺の地震活動指数の推移 Fig. 15 Time series of seismic activity levels in and around the Nankai Trough.



第 15 図 つづき Fig. 15 Continued.





第 15 図 つづき Fig. 15 Continued.

- 350 -

8-4 南海トラフ周辺における最近の傾斜変動(2019年11月~2020年4月) Recent Continuous Crustal Tilt Observation around the Nankai Trough (November, 2019 – April, 2020)

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

2019年11月から2020年4月にかけての傾斜変動観測結果について報告する.第1図に観測点の 分布,第2図に各観測点での傾斜の時間値を示す.表示している観測データはすべて BAYTAP-G¹⁾ による潮汐応答成分の除去,ステップ補正,先頭2ヶ月のデータで推定したリニアトレンド補正を 行ったものである.

以下の期間と地域でスロースリップイベントによると考えられる傾斜変動²⁾が確認されている. この変動に伴って、顕著な深部低周波微動の活動³⁾が確認されている.

- ・2019 年 11 月 8 日~ 13 日頃 四国西部(第 2 図(a),(b))
- ・2019年11月10日~16日頃 紀伊半島北東部(第2図(f))
- ・2020年2月12日~22日頃 四国中西部(第2図(a),(b),(c))

その他, 傾斜変動からスロースリップイベントの断層モデルが推定されていない期間においても, 豊後水道から東海地方にかけて微動活動が活発化している³⁾.

なお,雨や気圧変化のような気象要因と考えられる変動や計測機器等の問題と思われる見かけの 傾斜変動はしばしばみられる.その中で明からに計測機器不具合等によると推定される場合には一 定期間その記録は表示しないことがある.

> (関口 渉次・上野 友岳) SEKIGUCHI Shoji, UENO Tomotake

謝辞

気象庁が公開している気象台等の気象観測データを使用しました.

参考文献

- 1) Tamura et al. (1991), Geophys. J. Int., 104, 507-516.
- 2) 防災科学技術研究所(2020), *予知連会報*, 104. 西南日本における短期的スロースリップイベント(2019年11月~2020年4月)
- 3) 防災科学技術研究所(2020), *予知連会報*, **104**. 西南日本における深部低周波微動活動(2019 年 11 月~2020 年 4 月)



- 第1図 傾斜観測点配置(赤丸・青丸).第2図では点線の矩形で示したグループ毎に記録を示している.気象庁 気象観測点の位置を逆三角形(緑)であわせて示す.
- Fig. 1 Tilt observation stations (red and blue circles). Each tilt data grouped by several square areas surrounded by dotted line are depicted in Fig 2 (a) (o). Meteorological stations operated by the Japan Meteorological Agency are also shown by green inverted triangles.



地震予知連絡会会報第 104 巻

2020年9月発行



- 第2図(a) 傾斜の時間値記録(四国北西部)及び気圧・日雨量(宇和島).
- Fig. 2(a) Hourly tilt record in northwest Shikoku, and atmospheric pressure and daily precipitation at Uwajima.
- 第2図(b) 傾斜の時間値記録(四国南西部)及び気圧・日雨量(宿毛).
- Fig. 2(b) Hourly tilt record in southwest Shikoku, and atmospheric pressure and daily precipitation at Sukumo.





- 第2図(c) 傾斜の時間値記録(四国中部)及び気圧・日雨量(高知).
- Fig. 2(c) Hourly tilt record in central Shikoku, and atmospheric pressure and daily precipitation at Kochi.
- 第2図(d) 傾斜の時間値記録(四国東部)及び気圧・日雨量(室戸岬).
- Fig. 2(d) Hourly tilt record in east Shikoku, and atmospheric pressure and daily precipitation at Muroto-misaki.






- 第2図(f) 傾斜の時間値記録(紀伊半島北東部)及び気圧・日雨量(津).
- Fig. 2(f) Hourly tilt record in northeast Kii peninsula, and atmospheric pressure and daily precipitation at Tsu.

地震予知連絡会会報第 104 巻 2020 年 9 月発行





- 第2図(g) 傾斜の時間値記録(愛知西部)及び気圧・日雨量(伊良湖).
- Fig. 2 (g) Hourly tilt record in west Aichi, and atmospheric pressure and daily precipitation at Irako.
- 第2図(h) 傾斜の時間値記録(愛知東部)及び気圧・日雨量(名古屋).
- Fig. 2(h) Hourly tilt record in east Aichi, and atmospheric pressure and daily precipitation at Nagoya.



- 第2図(i) 傾斜の時間値記録(静岡西部)及び気圧・日雨量(浜松).
- Fig. 2(i) Hourly tilt record in west Shizuoka, and atmospheric pressure and daily precipitation at Hamamatsu.



第2図(j) 傾斜の時間値記録(静岡中北部)及び気圧・日雨量(静岡).

Fig. 2(j) Hourly tilt record in north-central Shizuoka, and atmospheric pressure and daily precipitation at Shizuoka.

- 357 -





- 第2図(m) 傾斜の時間値記録(伊豆半島東部)及び気圧・日雨量(網代).
- Fig. 2 (m) Hourly tilt record in east Izu peninsula, and atmospheric pressure and daily precipitation at Ajiro.



第2図(n) 傾斜の時間値記録(関東南西部)及び気圧・日雨量(河口湖).

Fig. 2(n) Hourly tilt record in southwest Kanto, and atmospheric pressure and daily precipitation at Kawaguchiko.

- 359 -



- 第2図(o) 傾斜の時間値記録(房総)及び気圧・日雨量(勝浦).
- Fig. 2(o) Hourly tilt record in Boso, and atmospheric pressure and daily precipitation at Katsuura.

8-5 南海トラフ沿いの海底地殻変動観測結果 Seafloor movements along the Nankai Trough observed by seafloor geodetic observations

海上保安庁 Japan Coast Guard

海上保安庁では、南海トラフ巨大地震の想定震源域近傍での固着状態ならびに地殻変動を把握す るため、南海トラフ沿いにおいて、海底地殻変動観測を実施している.第1図に、最近約4年間の 観測結果を示す.海底の移動速度は、観測結果をロバスト回帰したものである.陸上の移動速度は 国土地理院 GEONET の同一期間のF3 解を線形回帰したものである.第2図には、変位及び変位 速度(4.1年の移動時間窓でのロバスト回帰)の時系列を示す.なお、解析には国土地理院提供の 電子基準点1秒データ及びF3 解を使用している.

Site name	Lat.	Lon.	Velocity		Period	Data
	(°N)	(°E)	(cm/yr) (deg)			
(9) TOK1	34.08	138.13	4.6	286.6	12/03/2015 - 11/26/2019	20
(10) TOK2	33.88	137.60	4.3	295.7	03/23/2016 - 01/20/2020	17
(11) TOK3	34.18	137.39	3.5	291.7	01/12/2016 - 01/20/2020	17
(12) ZENW	33.09	137.55	-	-	-	-
(13) KUM1	33.67	137.00	3.0	310.7	01/13/2016 - 01/19/2020	18
(14) KUM2	33.43	136.67	3.7	278.6	01/13/2016 - 01/19/2020	21
(15) KUM3	33.33	136.36	1.5	255.2	01/14/2016 - 01/18/2020	24
(16) KUM4	33.08	136.64	-	-	-	-
(17) SIOW	33.16	135.57	2.9	285.2	01/26/2016 - 10/28/2019	19
(18) SIO2	32.98	135.99	-	-	-	-
(19) MRT1	33.35	134.94	4.5	283.7	01/23/2016 - 11/12/2019	23
(20) MRT2	32.87	134.81	3.1	225.8	03/22/2016 - 01/17/2020	24
(21) MRT3	32.80	135.35	-	-	08/10/2019 - 11/20/2019	3
(22) TOS1	32.82	133.67	5.1	307.8	01/20/2016 - 01/13/2020	20
(23) TOS2	32.43	134.03	6.3	291.6	03/21/2016 - 01/13/2020	21
(24) ASZ1	32.37	133.22	5.0	300.0	01/21/2016 - 01/12/2020	23
(25) ASZ2	31.93	133.58	3.0	296.3	12/13/2015 - 01/14/2020	23
(26) HYG1	32.38	132.42	3.0	311.2	12/09/2015 - 01/11/2020	25
(27) HYG2	31.97	132.49	2.9	313.0	12/12/2015 - 01/12/2020	26
GEONET					01/20/2016 - 01/20/2020	



第1図 南海トラフ沿いの海底の水平地殻変動

(直近約4年間の移動速度)【アムールプレート固定】

Fig. 1 Horizontal seafloor crustal movements along the Nankai Trough in recent 4 years with respect to the stable part of the Amur plate.



第2図 GNSS-A 観測時系列【アムールプレート固定】 ※各図の右列は、4.1年の時間窓による回帰直線から求めた変動速度 ※縦のバーは速度推定の95% 信頼区間

Fig. 2 GNSS-A time series data with respect to the stable part of the Amur plate.
※ Plots on the right columns indicate velocities, derived by linear regression using a 4.1 year rolling time window.
※ The bars indicate 95% condence intervals.



第2図 GNSS-A 観測時系列【アムールプレート固定】 ※各図の右列は、4.1年の時間窓による回帰直線から求めた変動速度 ※縦のバーは速度推定の95% 信頼区間

Fig. 2 GNSS-A time series data with respect to the stable part of the Amur plate (continued).









第2図 GNSS-A 観測時系列【アムールプレート固定】 ※各図の右列は、4.1 年の時間窓による回帰直線から求めた変動速度 ※縦のバーは速度推定の95% 信頼区間

Fig. 2 GNSS-A time series data with respect to the stable part of the Amur plate (continued).

8-6 南海トラフ沿いの長期的スロースリップの客観検知 Objective detection of long-term slow slip events along the Nankai Trough

気象庁気象研究所 Meteorological Research Institute, JMA

GNSS データを用いて南海トラフ沿いの長期的スロースリップ(SSE)による地殻変動を客観的 に検知した.手法は Kobayashi (2017)¹⁾と同様で、期間のみを延長した.手法について簡潔に書く と以下の通りである.データは国土地理院 GEONET の GNSS 座標値 F3 解を使用した.GNSS 座標 値データからは GEONET 観測点のアンテナ交換などに伴うオフセットと主な地震に伴うオフセッ ト、年周・半年周成分を除いた.長期的 SSE の影響がほぼ見られない中国地方の観測点の共通ノ イズを全点から引き去り、中国地方全体を固定する.各観測点の水平成分からフィリピン海プレー ト沈み込みと逆方向(S55E)の成分を計算し、南海トラフ沿いのプレート等深線 25 km に沿って 設定した経度 0.1 度間隔の地点を中心とする 50 × 100 km の矩形範囲内の各観測点の成分の平均値 を求めた.さらに 2004 年三重県南東沖の地震(M7.4),2011 年東北地方太平洋沖地震(M9.0)、お よび 2016 年熊本地震(M7.3)の余効変動を除去した.求めた地点ごとの時系列と1 年の傾斜期間 を持つランプ関数との相互相関と、対象期間前後の変化量を求めた.なお処理の仕様上、最新期間 については、今後データ追加に伴い解析結果が変わる可能性がある.

非定常変位を示す相関係数 0.6 以上,変化量 2 mm 以上について第 1 図に色を付けて示す.図に示された高相関の時空間分布は,変動源自体ではなく変化が見られた範囲を意味している.高相関の分布はこれまでに知られている長期的 SSE による非定常変位とよく対応している.

2017 年春から 2018 年秋にかけて志摩半島付近の長期的 SSE²⁾ に伴う高相関値があり、その後も やや高い値が同地域で継続している。第2図の志摩半島の各点と北西方向との地点との基線長変化 を見ると、2017~2018年の伸びが一度収まった後、2019年半ばから再び伸びている様子が見られる。 2017 年3月から 2019 年3月(期間1:2年間)の変化量から推定されたプレート境界上のすべり 分布を第3図に、2017 年3月から 2020 年3月(期間2:3年間)の変化量から推定されたすべり 分布を第4図に示す。いずれも志摩半島付近にすべりの中心があり、期間1の規模は Mw6.42、期 間2は Mw6.55 相当である。期間2と期間1との差の1年間で、すべりの地震モーメントは期間1 から約5割増加した。

謝辞

調査には国土地理院 GEONET の GNSS 座標値データ,アンテナ交換等のオフセット量を使用さ せていただきました.

参考文献

- 1) Kobayashi(2017), Earth Planets Space, 69, 171.
- 2) Kobayashi, A. and T. Tsuyuki (2019), Earth Planets Space, 71, 60.



第1図 長期的スロースリップ客観検知図(1996年から2020年3月) 右端の縦線は最新データ日を示す.
T1: 東海2000~2005年, T2: 東海2013~2016年
SH: 志摩半島2017~2018年
K1: 紀伊水道1996~1997年, K2: 紀伊水道2000~2002年, K3: 紀伊水道2014~2016年
S1: 四国西部2005年
B1: 豊後水道1997~1997年, B2: 豊後水道2003年, B3: 豊後水道2010年, B4: 豊後水道2014年, B5: 豊 後水道2018~2019年
Fig. 1 Spatiotemporal distribution of unsteady displacements caused by the long-term slow slip events. The rightmost vertical

line indicates the latest data date.

T1: Tokai 2000 – 2005, T2: Tokai 2013 – 2016

SH: Shima Peninsula 2017-2018

K1: Kii Channel 1996 - 1997, K2: Kii Channel 2000 - 2002, K3: Kii Channel 2014 - 2016

S1: Western Shikoku 2005

B1: Bungo Channel 1997 – 1997, B2: Bungo Channel 2003, B3: Bungo Channel 2010, B4: Bungo Channel 2014, B5: Bungo Channel 2018 – 2019.



第2図 基線長変化 (2012 年 1 月から 2020 年 3 月,直線トレンド・年周除去) Fig. 2 Time series variation of baseline length.



第3図 (a) 右図の非定常変位から推定したプレート境界でのすべり分布. (b) 2017 年3月から 2019 年3月の非定常変位. 青矢印は観測値,赤矢印は左図から計算した理論値.

Fig. 3 (a)Estimated slip distribution on the plate interface. (b) Unsteady horizontal displacements for the period from March 2017 to March 2019. Blue arrows indicate observations, and red arrows indicate calculated values.



第4図 (a) 右図の非定常変位から推定したプレート境界でのすべり分布. (b) 2017 年3月から 2020 年3月の非定常変位. 青矢印は観測値,赤矢印は左図から計算した理論値.

Fig. 4 (a) Estimated slip distribution on the plate interface. (b) Unsteady horizontal displacements for the period from March 2017 to March 2020. Blue arrows indicate observations, and red arrows indicate calculated values.

8-7 内陸部の地震空白域における地殻変動連続観測 Continuous Observations of Crustal Deformations in and around Intraplate Seismic Gaps

気象庁気象研究所 Meteorological Research Institute, JMA

気象研究所では、いわゆる「内陸部の地震空白域」の調査研究のため、近畿地方の今津(滋賀 県高島市、35°25′28″N、136°00′42″E)及び敦賀(福井県敦賀市35°37′16″N、136°04′02″E) に石井式三成分ひずみ計・傾斜計からなる地殻変動観測施設を設置し(第1図)、1996年5月より 連続観測を行っている¹⁾.第2、3図に今津・敦賀観測点の最新3年間、および最新6ヶ月間の観 測データ(時間値)をそれぞれ示す.

今津観測点付近には琵琶湖西岸断層帯の知内,饗庭野断層が存在する²⁾. 断層の傾斜角が 60 度 で西上がりの逆断層とすると,Mw5.1 のすべりがあった際に予想される今津でのひずみ変化は約 5×10⁻⁶ strain である. 敦賀観測点付近には敦賀断層が存在する³⁾. 断層の傾斜角が 90 度で右横ずれ 断層とすると,Mw5.4 のすべりがあった際に予想される敦賀でのひずみ変化は約 5×10⁻⁶ strain であ る. これ以上のひずみ変化が見られないことから,この期間にこれらの規模以上のすべりは発生し なかったと推定される.

参考文献

- 1) 気象研究所(1997),内陸部の地震空白域における地殻変動観測,連絡会報,57,554-558.
- 2) 地震調査委員会 (2009), 琵琶湖西岸断層帯の評価 (一部改訂), http://www.jishin.go.jp/main/chousa/09aug_biwako/index.htm.
- 3) 地震調査委員会(2003),湖北山地断層帯の評価, http://www.jishin.go.jp/main/chousa/03jun_kohoku/index.htm.
- 4) 活断層研究会 (1991), 新編日本の活断層, 東京大学出版会, 437pp.



第1図 今津・敦賀観測点の位置. 図中の線は活断層研究会(1991)⁴⁾による活断層の位置.

Fig. 1 Locational map of crustal deformation observation stations (Imazu and Tsuruga). The lines in the figure are the position of active faults by The Research Group for Active Faults of Japan (1991).



第2図 今津観測点における(上)2017年5月~2020年4月,(下)2019年11月~2020年4月のひずみ・傾斜変化(時間値). 毎年冬のひずみ・水位変化は、観測点付近の融雪のための地下水汲み上げに伴うもの.

Fig. 2 (Upper) Changes in crustal strain and tilt at Imazu from May 2017 to April 2020. (Lower) Changes in the same values from November 2019 to April 2020. The changes in strain and water level every winter were caused by the pumping of groundwater to melt snow near the station.





Fig. 3 (Upper) Changes in crustal strain and tilt at Tsuruga from May 2017 to April 2020. (Lower) Changes in the same values from November 2019 to April 2020.

8-8 紀伊半島~四国の歪・傾斜・地下水観測結果(2019 年 11 月~ 2020 年 4 月) The variation of the strain, tilt and groundwater level in the Shikoku District and Kii Peninsula, Japan (from November 2019 to April 2020)

産業技術総合研究所

Geological Survey of Japan, AIST.

産業技術総合研究所 (産総研)では, 東海・紀伊半島・四国の地下水等総合観測施設 19 点において, 歪・地下水等の観測を行っている. 観測点配置図を第1図に示す.

第101巻の資料から,HTS (愛荘香之庄)とNGR (岩出東坂本)を外し("近畿地域の地下水位・ 歪観測結果"の資料に移した),HKS (北勢)を加えた.その結果,この資料で報告する観測施設 の数は1点減った.

第2~36 図には、2019年11月~2020年4月における歪(・傾斜)・地下水位の1時間値の生 データ(上線)と補正値(下線)を示す.歪・傾斜の図において「N120E」などと示してあるのは、 歪・傾斜の測定方向が北から120°東方向に回転していることを示す.補正値は、潮汐解析プログ ラム BAYTAP-G¹⁾によって、気圧・潮汐・不規則ノイズの影響を除去した結果である.歪・傾斜の グラフについては、直線トレンド(1次トレンド)を除去している.なお、HKSiの補正値は、時 系列解析プログラム MR-AR によって、気圧・潮汐・降雨の影響を除去した結果である.

第99巻までの資料では,産総研で決定したエンベロープ相関法による深部低周波微動の震源の時空間分布および個数を示していたが,2017年12月以降は微動のデータセットが不完全なため,掲載しないことにした.微動の発生回数に応じて第2~38図に網掛けを行っていたが,それも中止した.

第94巻の資料から、グラフに記載している depth (深度)の数値を、より正確な数値へ更新した.

(北川 有一・板場 智史・松本 則夫・落 唯史・木口 努・矢部 優)

参考文献

1) Tamura et al. (1991), *Geophys. J. Int.*, **104**, 507-516. A procedure for tidal analysis with a Bayesian information criterion.

第1表 地下水等総合観測点の一覧.

Table 1 List of the observation sites.

3文字コード (変更無し)	旧名称		新名称	新名称 ふりがな	市区町村	义
TYS	豊田下山	\rightarrow	豊田神殿	とよたかんどの	愛知県豊田市	2,3
NSZ	西尾善明	変更無し	西尾善明	にしおぜんみょう	愛知県西尾市	4,5
TYE	豊橋東	\rightarrow	豊橋多米	とよはしため	愛知県豊橋市	6,7
HKS	北勢	変更無し	北勢	ほくせい	三重県いなべ市	9
ANO	安濃	\rightarrow	津安濃	つあのう	三重県津市	8,9
ITA	飯高赤桶	\rightarrow	松阪飯高	まつさかいいたか	三重県松阪市	10,11
MYM	海山	\rightarrow	紀北海山	きほくみやま	三重県北牟婁郡紀北町	12,13
ICU	井内浦	\rightarrow	熊野磯崎	くまのいそざき	三重県熊野市	14,15
HGM	本宮三越	\rightarrow	田辺本宮	たなべほんぐう	和歌山県田辺市	16,17
KST	串本津荷	変更無し	串本津荷	くしもとつが	和歌山県東牟婁郡串本町	18,19
BND	板東	\rightarrow	鳴門大麻	なるとおおあさ	徳島県鳴門市	20
ANK	阿南桑野	変更無し	阿南桑野	あなんくわの	徳島県阿南市	21,22
MUR	室戸	\rightarrow	室戸岬	むろとみさき	高知県室戸市	23,24
KOC	高知市	\rightarrow	高知五台山	こうちごだいさん	高知県高知市	25,26
SSK	須崎	\rightarrow	須崎大谷	すさきおおたに	高知県須崎市	27,28
TSS	土佐清水	\rightarrow	土佐清水松尾	とさしみずまつお	高知県土佐清水市	29,30
UWA	宇和	\rightarrow	西予宇和	せいようわ	愛媛県西予市	31,32
MAT	松山	\rightarrow	松山南江戸	まつやまみなみえど	愛媛県松山市	33,34
NHK	新居浜黒島	変更無し	新居浜黒島	にいはまくろしま	愛媛県新居浜市	35,36



- 第1図 地下水等総合観測点の分布図(●, ■, ▲, ▼). 観測点の一覧は第1表に示す. ●はデジタル方式の石井 式歪計・傾斜計を併設している新規観測点, ■は Gladwin 式歪計・ミツトヨ式傾斜計を併設している新規 観測点, ▲はアナログ方式の石井式歪計を併設している既存の観測点. ▼は既存の地下水観測点. 灰色の 領域は短期的 SSE 及び深部低周波微動が定常的に発生していると考えられる地域.
- Fig. 1 Location of the observation sites (●, ■, ▲, ♥). The list of the observation sites is shown in Table.1. Circles (●) show the new observation sites at which the Ishii type multi-component strainmeter and the tiltmeter (digital type) are installed. Squares (■) show the new observation sites at which the Gladwin type multi-component strainmeter and the Mitsutoyo type tiltmeter are installed. The triangle (▲) shows the old observation site at which the Ishii type multi-component strainmeter (analog type) is installed. The reversed triangle (▼) shows the old groundwater observation site. The gray mesh shows the area which is thought that short-term slow slip events and deep low frequency tremors occur stationarily.











第3図 TYS における傾斜・地下水位観測結果(2019年11 月~2020年4月)

Fig. 3 Observed tilts and groundwater levels at the TYS observation site from November 2019 to April 2020.



- 第5図 NSZ における傾斜・地下水位観測結果(2019年11 月~2020年4月)
- Fig. 5 Observed tilts and groundwater levels at the NSZ observation site from November 2019 to April 2020.



第6図 TYEにおける歪観測結果(2019年11月~2020年4月) Fig. 6 Observed strains at the TYE observation site from November 2019 to April 2020.



第8図 ANOにおける歪観測結果(2019年11月~2020年4月) Fig. 8 Observed strains at the ANO observation site from November 2019 to April 2020.



- 第7図 TYE および TYH における傾斜・地下水位観測結果 (2019年11月~2020年4月)
- Fig. 7 Observed tilts and groundwater levels at the TYE and the TYH observation site from November 2019 to April 2020.



- 第9図 ANO および HKS における傾斜・地下水位観測結果 (2019 年 11 月~2020 年 4 月)
- Fig. 9 Observed tilts and groundwater levels at the ANO and the HKS observation site from November 2019 to April 2020.



第10図 ITAにおける歪観測結果(2019年11月~2020年4月) Fig. 10 Observed strains at the ITA observation site from November 2019 to April 2020.



第12図 MYMにおける歪観測結果(2019年11月~2020年 4月)

Fig. 12 Observed strains at the MYM observation site from November 2019 to April 2020.





Fig. 11 Observed tilts and groundwater levels at the ITA observation site from November 2019 to April 2020.



- 第13 図 MYM における傾斜・地下水位観測結果(2019 年 11 月~2020 年 4 月)
- Fig. 13 Observed tilts and groundwater levels at the MYM observation site from November 2019 to April 2020.









Fig. 16 Observed strains at the HGM observation site from November 2019 to April 2020.



第15図 ICUにおける傾斜・地下水位観測結果(2019年11 月~2020年4月)

Fig. 15 Observed tilts and groundwater levels at the ICU observation site from November 2019 to April 2020.



- 第17図 HGM における傾斜・地下水位観測結果(2019年 11月~2020年4月)
- Fig. 17 Observed tilt and groundwater levels at the HGM observation site from November 2019 to April 2020.







第 20 図 BND における歪・地下水位観測結果(2019 年 11 月~2020 年 4 月)

Fig. 20 Observed strains and groundwater level at the BND observation site from November 2019 to April 2020.



第19図 KSTにおける傾斜・地下水位観測結果(2019年11 月~2020年4月)

Fig. 19 Observed tilts and groundwater levels at the KST observation site from November 2019 to April 2020.



第 21 図 ANKにおける歪観測結果(2019年11月~2020年4月) Fig. 21 Observed strains at the ANK observation site from November 2019 to April 2020.



- 第 22 図 ANK における傾斜・地下水位観測結果 (2019 年 11 月~2020 年 4 月)
- Fig. 22 Observed tilts and groundwater levels at the ANK observation site from November 2019 to April 2020.

第24図 Tilt and groundwater level at MUR (時間値) (2019/11/01 00:00 - 2020/05/01 00:00 (JST)) MUR atmospheric pressure, rainfall 1030 100 [hPa] [mm/h] 970 MUR1 tilt-X (+:N147E up) 1.0× 10⁻⁵ [rad] MUR1 tilt-Y (+:N237E up) 1. 0x 10⁻⁴ [rad] MUR1 groundwater level 1.0 [m] MUR2 groundwater level 1.0 [m] MUR3 groundwater level 2.0 [m] 04 11 12 01 02 03 2020 2019 Tiltmeter depth = 586.7-587.5 [GL-m] MUR1 : Screen depth = 407.5-418.4 [GL-m] MUR2 : Screen depth = 130.1-141.0 [GL-m] MUR3 : Screen depth = 19.6-30.5 [GL-m]

第 24 図 MUR における傾斜・地下水位観測結果(2019 年 11 月~2020 年 4 月)

Fig. 24 Observed tilts and groundwater levels at the MUR observation site from November 2019 to April 2020.











- 第 26 図 KOC における傾斜・地下水位観測結果(2019 年 11 月~2020 年 4 月)
- Fig. 26 Observed tilts and groundwater levels at the KOC observation site from November 2019 to April 2020.



第 28 図 SSK における傾斜・地下水位観測結果(2019 年 11 月~2020 年 4 月)

Fig. 28 Observed tilts and groundwater levels at the SSK observation site from November 2019 to April 2020.







第 29 図 TSS における歪観測結果(2019年11月~2020年4月) Fig. 29 Observed strains at the TSS observation site from November 2019 to April 2020.





Fig. 30 Observed tilts and groundwater levels at the TSS observation site from November 2019 to April 2020.

第32図 Tilt and groundwater level at UWA(時間値) (2019/11/01 00:00 - 2020/05/01 00:00 (JST)) UWA atmospheric pressure, rainfa 1010 100 www. [hPa] 950 UWA1 tilt-X (+:N222E up) 3. 0x 10⁻⁶ [rad] ♠ UWA1 tilt-Y (+:N312E up) 3.0x 10-[rad ŧ **≜**_D ♠ UWA1 groundwater <u>level</u> 2.0 故障 [m] UWA2 groundwater level 2.0 [m] UWA3 groundwater level mm 1.0 mount [m] 11 12 01 02 03 04 U2 03 04 2020 A:2019/11/22 日向灘の地震 M5.2 B:2019/11/26 瀬戸内海中部の地震 M4.6 C:2020/03/09 豊後水道の地震 M4.7 D:2020/04/07 日向灘の地震 M4.7 2019 2019 Tilmeter depth = 589,2-590.0 [GL-m] WMA1: Screen depth = 446,4-457,4 [GL-m] WMA2: Screen depth = 13,6-78,4 [GL-m] L: tiltickTV レンドを読去 下: BAYTAP-GIこより湖汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、tiltは1次トレンドも除去

第 32 図 UWA における傾斜・地下水位観測結果 (2019 年 11 月~2020 年 4 月)

Fig. 32 Observed tilts and groundwater levels at the UWA observation site from November 2019 to April 2020.







第33図 MATにおける歪観測結果(2019年11月~2020年4月) Fig. 33 Observed strains at the MAT observation site from November 2019 to April 2020.

- 382 -



- 第 34 図 MAT における傾斜・地下水位観測結果(2019 年 11 月~2020 年 4 月)
- Fig. 34 Observed tilts and groundwater levels at the MAT observation site from November 2019 to April 2020.

第36図 Tilt and groundwater level at NHK (時間値) (2019/11/01 00:00 - 2020/05/01 00:00 (JST)) K atmospheric pressure, rainf 1030 100 [mm/h] [hPa] 970 NHK2 tilt-X (+:N180E up) 5. 0> 10⁻⁶ 0.000 [rad] NHK2 tilt-Y (+:N270E up) 5.0x 10⁻⁶ [rad] NHK1 groundwater level 5.0 [m] NHK2 groundwater level 10.0 [m] NHK3 groundwater level 10.0 [m] 1 11 12 01 02 03 04 2019 2020 2019 2020 Tiltmeter depth = 196.7-197.3 [GL-m] NHKI: Screen depth = 280.1-291.1 [GL-m] NHK2: Screen depth = 79.4-90.4 [GL-m] NHK3: Screen depth = 25.6-36.5 [GL-m] 上: tiltは1次トレンドを除去 下: BAYTAP-Gにより潮汐・気圧応答・ノイズ成分を除去後、tiltは1次トレンドも除去

第 36 図 NHK における傾斜・地下水位観測結果(2019 年 11 月~2020 年 4 月)

Fig. 36 Observed tilts and groundwater levels at the NHK observation site from November 2019 to April 2020.



第 35 図 NHKにおける歪観測結果(2019年11月~2020年4月) Fig. 35 Observed strains at the NHK observation site from November 2019 to April 2020.

8-9 近畿地域の地下水位・歪観測結果(2019年11月~2020年4月) Observational Results of Groundwater Levels and Crustal Strains in the Kinki District, Japan (November 2019 – April 2020)

産業技術総合研究所 Geological Survey of Japan, AIST

2019年11月~2020年4月の近畿地域におけるテレメータによる地下水位およびボアホール型 歪計による地殻歪(水平3成分)の観測結果を報告する. 観測点は12点(観測井は14井戸)であ る(第1図). 同期間中に第1図で示す範囲内で, M4以上で深さ30kmより浅い地震は, 無かった.

第101巻の資料から, hks を外し("紀伊半島~四国の歪・傾斜・地下水観測結果"の資料に移した), htsとngrを加えた.その結果,この資料で報告する観測点の数は1点増え,観測井の数は1本増えた.

今回の資料(第104巻)から,ikdを外した(2019年9月で観測終了). その結果,この資料で 報告する観測点の数は1点減り,観測井の数は1本減った.

第2~5図には、2019年11月~2020年4月における地下水位1時間値の生データ(上線)と 補正値(下線)を示す.ボアホール型歪計が併設してある観測点については、同期間における歪3 成分の観測値(生データ)も示す.歪の図において「N120」などと示してあるのは、歪の方向が 北から120度東方向に回転していることを示す.水位補正値(corrected)は、潮汐解析プログラム BAYTAP-Gによって、気圧・潮汐・不規則ノイズの影響を除去した結果である.なお、hno・sed・ tkz・ysk・ystl・yst2およびyst3は地上より上に水位が来るので、井戸口を密閉して水圧を測定し、 それを水位に換算している.

yst3の地下水位の2019年8月21日から12月4日まで及び2020年2月16日以降の欠測は水位計の故障のため(第2図). hrbの地下水位の短期的な上下変化は口元から雨が流れ込んだためと思われる(第3図).gojの地下水位の2020年4月25日の故障は水位計の出力異常のため(第4図).

これらのデータ(グラフ等)は, http://www.gsj.jp/wellweb/ で公開されている.

(北川 有一・松本 則夫・佐藤 努・板場 智史・落 唯史・木口 努・矢部 優)



- 第1図 地下水観測点分布図(●・■). ■は,地下水位に加えて,ボアホール型歪計で地殻歪を測定している観測点.
 yst:安富, ysk:安富北, tkz:宝塚, hrb:平林, sed:西淡, tnn:天王寺, kry:広陵, goj:五條, ngr:岩
 出東坂本, ohr:大原, hno:花折, hts:愛荘香之庄.
- Fig. 1 Distribution of groundwater observation stations of Geological Survey of Japan, AIST (● ■). At the stations shown by the solid squares, crustal strains are also observed by borehole strainmeters. yst : Yasutomi, ysk : Ystutomi-kita, tkz : Takarazuka, hrb : Hirabayashi, sed : Seidan, tnn : Tennoji, kry : Koryo, goj : Gojo, ngr : Iwade-higashisakamoto, ohr : Oohara, hno : Hanaore, hts : Aishou-konoshou.









60

[m]

3

[xE-9]

5000

[m]

5

[m]

3









9-1 西南日本における深部低周波微動活動(2019年11月~2020年4月) Activity of deep low-frequency tremor in southwest Japan (November, 2019 – April, 2020)

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

西南日本の沈み込み帯で発生する深部低周波微動¹⁾は、フィリピン海プレートの走向に平行な帯 状の領域内で時空間的に集中して発生し²⁾、短期的スロースリップイベント³⁾や周期 20 秒に卓越 する超低周波地震⁴⁾を伴うことがある。2019年11月から2020年4月までの6ヶ月間(第1,2図) で、短期的スロースリップイベント⁵⁾を伴った顕著な活動は、以下のとおりである。

- ・ 2019年11月10日~19日、東海地方から紀伊半島北部.この活動は三重県北部で開始し、北東南西方向への活動域の拡大がみられた(第2,4図).この領域での顕著な微動活動は、2019年6~7月以来となる(第3図).
- ・ 2019 年 11 月 8 日~13 日,四国西部から豊後水道.この活動は豊後水道で開始し、その後東方向への活動域の移動がみられた(第 2,5 図).この領域での顕著な微動活動は、2019 年 4 月以来となる(第 3 図).
- ・2020年2月10日~24日,四国中部から西部.この活動は愛媛県東部で開始した.13日頃 にかけてやや南東方向に活動域の移動がみられた後,西方向への活動域の移動がみられた (第2,6図).この領域での顕著な微動活動は2019年8月以来となる(第3図).

以上の活動のほか,傾斜変動から短期的スロースリップイベントの断層モデルが推定されていな い期間にも,東海地方では、2020年1月12日~14日に(第4図),紀伊半島北部から西部では、 2020年3月7日~23日頃に(第4図),四国東部から中部では2019年12月27日~2020年1月9 日頃に(第5図),四国東部では2020年3月15~17日頃、2020年3月20~24日頃、2020年4 月18~26日頃に(第6図),四国西部から豊後水道では2020年2月7日~10日頃に(第6図), それぞれ微動活動の活発化がみられた。

(松澤 孝紀・田中 佐千子 (防災科研)・小原 一成 (東大地震研))MATSUZAWA Takanori, TANAKA Sachiko, and OBARA Kazushige

参考文献

- 1) Obara (2002), *Science*, **296**, 1679-1681.
- 2) Obara & Hirose (2006), *Tectonophysics*, **417**, 33-51.
- 3) Obara et al. (2004), Geophys. Res. Lett., **31**, L23602.
- 4) Ito et al. (2007), *Science*, **315**, 503-506.
- 5) 防災科学技術研究所 (2020), *予知連会報*, **104**, 「西南日本における短期的スロースリップイベント (2019 年 11 月~ 2020 年 4 月)」.
- 6) Maeda & Obara (2009), J. Geophys. Res., 114, B00A09.
- 7) Obara et al. (2010), *Geophys. Res. Lett.*, **37**, L13306.



- 第1図 西南日本で発生した深部低周波微動及び深部超低周波地震⁴⁾の月別震央分布.赤丸が当該期間の微動の震 央を表す.この震央はエンベロープ相関・振幅分布ハイブリッド法⁶⁾及びクラスタリング処理⁷⁾によって 1時間毎に自動処理された微動分布の重心である.青菱形は深部超低周波地震の震央を示す.
- Fig. 1 Monthly epicentral distribution of deep low-frequency tremor and deep very low-frequency earthquakes ⁴) in southwest Japan from November 2019 to April 2020. Red circles indicate epicenters of tremor for the period shown in the upper-left corner. The epicenter is the centroid location from one hour distribution estimated by the hybrid method based on the envelope correlation considering the spatial distribution of amplitude ⁶) and clustering process ⁷). Blue diamonds indicate epicenters of deep very low-frequency earthquakes.









Fig. 3 Space-time plot of deep low-frequency tremor and deep very low-frequency earthquakes along the profile from southwest to northeast in southwest Japan for about 17 years from January 2003. Red circles and blue diamonds are the same as in Fig. 1. Thick light green lines are short-term slow slip events detected by Hi-net tiltmeters.


第4図 2019年11月から2020年3月までの期間に東海・紀伊半島地域で発生した,主な深部低周波微動及び深部 超低周波地震の活動における震央分布スナップショット.赤丸が当該期間の微動,青菱形が超低周波地震 を表す.

Fig. 4 Daily epicentral distribution of deep low-frequency tremor and deep very low-frequency earthquakes in Tokai and Kii area for major episodes from November 2019 to March 2020. The time duration of each snapshot is shown in the upper-left corner. Red circles and blue diamonds are the same as in Fig. 1.



第5図 2019年11月から2020年1月までの期間に四国地域で発生した,主な深部低周波微動及び超低周波地震の 活動における震央分布スナップショット.赤丸が当該期間の微動,青菱形が超低周波地震を表す.

Fig. 5 Daily epicentral distribution of deep low-frequency tremor and deep very low-frequency earthquakes in Shikoku area for major episodes from November 2019 to January 2020. The time duration of each snapshot is shown in the upper-left corner. Red circles and blue diamonds are the same as in Fig. 1.



- 第6図 2020年2月から2020年4月までの期間に四国地域で発生した,主な深部低周波微動及び超低周波地震の 活動における震央分布スナップショット.赤丸が当該期間の微動,青菱形が超低周波地震を表す.
- Fig. 6 Daily epicentral distribution of deep low-frequency tremor and deep very low-frequency earthquakes in Shikoku area for major episodes from February 2020 to April 2020. The time duration of each snapshot is shown in the upper-left corner. Red circles and blue diamonds are the same as in Fig. 1.

9-2 中国・四国地方の地殻変動 Crustal Movements in the Chugoku and Shikoku Districts

国土地理院 Geospatial Information Authority of Japan

「四国地方の深部低周波微動と同期したスロースリップ】

第1図は,2019年11月上旬~中旬頃に四国西部で発生した深部低周波地震(微動)に同期して発生した短期的 SSE に関する資料である.

第1図上の図は、2019年11月5日~18日のGNSSデータから時間依存インバージョンでプレート境界面上のすべり分布を推定した結果である。年周・半年周成分は2012年1月~2016年1月で推定、一次トレンドは2006年1月1日~2009年1月1日の期間を定常変動と仮定して推定し、一次トレンド・年周・半年周成分を除去して得られた非定常的な地殻変動を用いた。低周波地震の発生領域ですべりが推定されている。すべり量の最大は約16mmと推定され、モーメントマグニチュードは5.9と求まった。図に示された黒色のグリッドは、推定されたすべり量が標準偏差の3倍を超えており、推定すべりが有意と判断されるグリッドである。

第1図下の2枚の図は、左が非定常的な地殻変動、右が推定すべりから計算した地殻変動を示している。地殻変動量が小さいため、ばらつきが相対的に大きいが、四国西部で東向きの変動が僅かに見られる。

[四国地方の深部低周波微動と同期したスロースリップ]

第2図は,2020年2月上旬~下旬頃に四国西部で発生した深部低周波地震(微動)に同期して発生した短期的 SSE に関する資料である.

第2図上の図は、2020年2月7日~28日のGNSSデータから時間依存インバージョンでプレー ト境界面上のすべり分布を推定した結果である。年周・半年周成分は2017年1月~2020年4 月で推定、一次トレンドは2017年1月1日~2018年1月1日の期間を定常変動と仮定して推 定し、一次トレンド・年周・半年周成分を除去して得られた非定常的な地殻変動を用いた。低 周波地震の発生領域ですべりが推定されている。すべり量の最大は約2 cmと推定され、モーメ ントマグニチュードは5.8と求まった。図に示された黒色のグリッドは、推定されたすべり量が 標準偏差の3倍を超えており、推定すべりが有意と判断されるグリッドである。

第2図下の2枚の図は、左が非定常的な地殻変動、右が推定すべりから計算した地殻変動を示している。地殻変動量が小さいため、ばらつきが相対的に大きいが、四国西部で東向きの変動が僅かに見られる。

[四国西部の非定常地殻変動]

第3~4図は、2018年6月頃から九州北部・四国西部で見られている非定常的な地殻変動に関 する資料である.

第3図は、一次トレンド・年周・半年周成分除去後の非定常地殻変動ベクトル図である。2017 年1月1日~2018年1月1日の期間を定常変動とし、一次トレンド、年周、半年周成分を推定した。 固定局は島根県の三隅観測点である。2019年9月29日~10月5日に対する2020年1月18日 ~ 24 日の約3か月半の期間での非定常的な地殻変動を示している.前回まで見られていた非定常的な変動は見られなくなっている.

第4図は,第3図の図中に示した4観測点の非定常地殻変動3成分の時系列グラフである. 同様に一次トレンド・年周・半年周成分を除去している.2018年6月頃から,九州の3点(1) ~(3)では南東向き,四国西部の(4)では東向きの僅かな変動が見られ,2018年12月以降は 変動が大きくなっている様子が明瞭である.いずれの観測点でも,2019年7月以降は変動が小 さくなっており,2020年1月には収束したとみられる.

第5~10 図は,非定常的な地殻変動を基に,時間依存インバージョンでプレート境界面上の すべり分布を推定した結果に関する資料である.この解析では,年周・半年周成分を2012年1 月~2016年1月で推定,一次トレンドは2017年1月1日~2018年1月1日の期間を定常変動と 仮定して推定している.

第5図は、それぞれ左肩に示す日付の期間で推定されたすべり分布を示している。推定され たすべりの最大値やモーメントマグニチュードは図中に示している。2018年6月から9月にか けては日向灘北部の沿岸付近ですべりが推定されていたが、その後は豊後水道ですべりが推定 されている。12月以降に豊後水道でのすべりが大きくなり、2019年6月以降は足摺岬付近での 僅かなすべりを除き、すべりはかなり小さくなっている。2019年10月以降ではすべりはほぼ見 られない。

第6~7図は、観測値と計算値との比較である、観測値をよく説明できていることが分かる.

第8図は,豊後水道,日向灘北部,日向灘南部に位置するグリッドのすべりの時間変化を示 した図である.日向灘北部では2018年6月頃からすべりが大きくなり,10月頃には減衰したが, 2019年2月末頃に再びすべりが大きくなっている.また,豊後水道では2018年10月又は12月 頃からすべりが大きくなり,2019年6月頃からは減衰している等,各領域ですべりの時間変化 が異なっていることが分かる.

第9~10 図は、下段のグリッド位置図中の赤線で囲まれた領域のモーメントの時間変化であ る.上段は今回のイベント、中段は2010年から2011年のイベントのモーメント積算図である. 第9図上段の図では、2019年8月頃及び2019年11月頃にややモーメント増加が加速したよう に見えるが、この時期に四国西部・中部で短期的SSEが発生しており、その影響を受けている 可能性がある。第10図上段に2019年8月上旬の四国西部・中部の短期的SSE及び2019年11 月上旬の四国西部の短期的SSEについて、気象庁の断層モデルを用いて地殻変動量を計算し、 その影響を取り除いて解析を行った結果を示した。第9図上段の図に見られたモーメント増加 が抑えられていることが分かる。今回のイベントは前回のイベントと比べてモーメント増加 速度がやや大きいように見える。2019年7月以降はモーメントの増加が停滞し、2020年初頭か らはほぼ停止しているように見える。

[室戸岬周辺 電子基準点の上下変動]

第11~12 図は,室戸岬周辺の電子基準点間の比高変化について,水準測量の結果とGNSS 連続観測結果とを比較したものである.両者はほぼ同様の傾向を示しており,最新のデータは 室戸岬周辺が沈降する長期的な傾向に沿っている.各図の左下に長期間の変動グラフを示す. 室戸岬先端側の沈降が長期的に継続しており,灰色でプロットしたGNSS連続観測の最近の結 果も整合している. [水準測量]

第13~14図は、室戸岬周辺の水準測量結果である。

第13 図は,高知県香南市から室戸市に至る路線の水準測量結果である.室戸岬側の沈降の傾向に変化は見られない.

第14回は、徳島県美波町から東洋町、東洋町から室戸市に至る路線の水準測量結果である. 東洋町に対する室戸岬側の沈降の傾向に変化は見られない.なお、電子基準点「東洋」(950441) は、隣接する水準点 5122 及び 5123 に対して常に沈降しており、局所的な変動の影響を受けて いる可能性がある.

第15~16回は,水準測量による室戸地方の上下変動の経年変化である.第15回が西岸, 第16回が東岸である.今回の測量結果は,長期的な室戸岬先端の沈降傾向の延長上にあるよう に見える.

第17回は、愛媛県宇和島市から高知県土佐清水市に至る水準測量による上下変動である.基本的には、土佐清水の足摺岬側が平均5mm/y前後の沈降であるが、豊後水道の長期的SSE時には高知県宿毛(すくも)市を中心として約3cmの隆起が生じることから、最上段及び最下段のように長期的SSEの期間を含む場合には、宿毛市の隆起が目立つプロファイルとなると考えられる.[参考]豊後水道の長期的SSE:1997年8~12月、2003年8~12月、2009年秋~2010年夏、2018年春~2020年1月.

第18 図は、高知県黒潮町~いの町に至る路線の水準測量結果である。いの町側に対して黒潮 町側で沈降が見られる。

第19回は、松江市~大田市に至る路線の水準測量結果である.前回観測以降,特段の変動は見られない.

GNSSデータから推定された

四国西部の深部低周波微動と同期したスロースリップ(暫定)



推定したすべり量が標準偏差(σ)の3倍以上のグリッドを黒色表示している。



解析に使用した観測点の範囲:概ね北緯32~34.6°、東経131~134.8° データ:F3解(2019/11/01 - 11/09)+R3解(2019/11/10 - 11/23) トレンド期間:2006/1/1 - 2009/1/1 モーメント計算範囲:上段の図の黒枠内側 黒破線:フィリピン海プレート上面の等深線(弘瀬・他、2007) 赤丸:低周波地震(気象庁一元化震源) コンター間隔:4mm 固定局:三隅

第1図 四国西部の深部低周波微動と同期したスロースリップ

Fig. 1 Estimated slip distribution on the plate interface beneath the western part of Shikoku.

GNSSデータから推定された

四国西部の深部低周波微動と同期したスロースリップ(暫定)



推定したすべり量が標準偏差(σ)の3倍以上のグリッドを黒色表示している。



ドレフト期间:2017/171-2018/171 モーメント計算範囲:上段の図の黒枠内側 黒破線:フィリピン海プレート上面の等深線(弘瀬・他、2007) 赤丸:低周波地震(気象庁一元化震源) コンター間隔:4mm 固定局:三隅

第2図 四国西部の深部低周波微動と同期したスロースリップ

Fig. 2 Estimated slip distribution on the plate interface beneath the western part of Shikoku.



第3図 四国西部の GNSS 連続観測時系列

Fig. 3 Results of continuous GNSS measurements in the western part of Shikoku with respect to the Misumi station.

四国西部 GNSS連続観測時系列

1次トレンド・年周成分・半年周成分除去後グラフ

期間: 2017/01/01~2020/01/29 JST

計算期間: 2017/01/01~2018/01/01



第4図 四国西部 GNSS 連続観測時系列

Fig. 4 Results of continuous GNSS measurements in the western part of Shikoku with respect to the Misumi station.

GNSSデータから推定された日向灘・豊後水道の長期的ゆっくりすべり(暫定)

推定すべり分布



第5図 日向灘・豊後水道において推定される長期的ゆっくりすべり(暫定)

Fig. 5 Estimated slip distribution on the plate interface beneath Hyuga-nada and the Bungo- channel (preliminary results).

観測値(黒)と計算値(白)の比較



第6図 観測値(黒)と計算値(白)の比較

Fig. 6 Comparison of observed (black) and calculated (white) displacements.



九州・四国地域の観測点の座標時系列(黒丸)と計算値(赤線)

第7図 九州・四国地域の座標時系列(黒丸)と計算値(赤線)

Fig. 7 Observed (black dots) and calculated (red line) deformations at the GNSS stations in the Kyusyu and Shikoku area.



第8図 時間依存インバージョンで推定されたプレート間滑りの時間変化 Fig. 8 Time evolution of the estimated slip by the time dependent inversion method.



モーメント* 積算図(試算)

第9図 時間依存インバージョンで推定されたモーメントの時間変化 (1/2) Fig. 9 Time evolution of moment by the time dependent inversion method (1/2).



短期的SSEの影響を取り除いたモーメント^{**}積算図(試算)

第 10 図 時間依存インバージョンで推定されたモーメントの時間変化 (2/2) Fig. 10 Time evolution of moment by the time dependent inversion method (2/2).

室戸岬周辺 電子基準点の上下変動(1)

室戸岬周辺の長期的な沈降傾向に変化は見られない.



- GNSS 連続観測のプロット点は、GEONET による日々の座標値(F3:最終解)から計算した値の月平均値である。
 (最新のプロット点: 4/1~4/4 の平均値)
- ・水準測量の結果は、最寄りの一等水準点の結果を表示しており、GNSS 連続観測の全期間の値との差が最小となるように描画している。
- ・「水準測量による長期間の上下変動」のグラフにおける、各プロットの色は配点図の水準点の色と対応する。また、灰 色のプロットは GEONET の月平均値を示している。

第11図 室戸岬周辺 電子基準点の上下変動(水準測量と GNSS)(1)

Fig. 11 Vertical displacements of GEONET stations around the Muroto Cape (leveling and GNSS measurements) (1).



- GNSS 連続観測のプロット点は、GEONET による日々の座標値(F3:最終解)から計算した値の月平均値である。
 (最新のプロット点: 4/1~4/4 の平均値)
- 水準測量の結果は、最寄りの一等水準点の結果を表示しており、GNSS連続観測の全期間の値との差が最小となるように描画している。
- ・「水準測量による長期間の上下変動」のグラフにおける、各プロットの色は配点図の水準点の色と対応する。また、灰 色のプロットは GEONET の月平均値を示している。

※1 2012/10/23 に電子基準点「室戸2 (021055)」のアンテナ及び受信機交換を実施した。

- ※2 2015/10/1 に電子基準点「室戸2 (021055)」の受信機交換を実施した。
- ※3 2018/2/13 に電子基準点「室戸2 (021055)」のアンテナ及び受信機交換を実施した。
- ※4 2019/1/16 に電子基準点「徳島海南(950424)」の受信機交換を実施した。
- ※5 2019/7/11 に電子基準点「徳島海南(950424)」のアンテナ交換を実施した。

第12図 室戸岬周辺 電子基準点の上下変動(水準測量とGNSS)(2)

Fig. 12 Vertical displacements of GEONET stations around the Muroto Cape (leveling and GNSS measurements) (2).





第13図 香南市~室戸市間の上下変動

Fig. 13 Results of leveling survey along the leveling route from Kounan city to Muroto city.



第14図 美波町~室戸市間の上下変動

Fig. 14 Results of leveling survey along the leveling route from Minami town to Muroto city.



1896年を基準とした室戸岬の各水準点の経年変化

第15図 水準点 5172 (香南市)を基準とした室戸岬周辺の各水準点の高さの上下変動時系列

Fig. 15 Time series of height changes of benchmarks along the leveling route on the coast of the Muroto Peninsula from BM5172 (Konan) to BM5141 (Muroto) referred to BM5172 (Konan).



1896年を基準とした室戸岬の各水準点の経年変化

第16図 水準点 5106(牟岐市)を基準とした室戸岬周辺の各水準点の高さの上下変動時系列

Fig. 16 Time series of height changes of benchmarks along the leveling route on the coast of Muroto Peninsula from BM5106 (Mugi) to BM5141 (Muroto) referred to BM5106 (Mugi).



第17図 宇和島市~土佐清水市間の上下変動

Fig. 17 Results of leveling survey along the leveling route from Uwajima city to Tosashimizu city.







第19図 松江市~大田市の上下変動

Fig. 19 Results of leveling survey along the leveling route from Matsue city to Ooda city.

9-3 西南日本における短期的スロースリップイベント(2019年11月~2020年4月) Short-term slow slip events with non-volcanic tremor in southwest Japan (November 2019 – April 2020)

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

2019 年 11 月から 2020 年 4 月にかけて西南日本の深部低周波微動¹⁾ に同期して発生した短期的 スロースリップイベント^{2,3)} (SSE) について報告する. 第 1 図に今回報告する SSE をまとめた. これまでのイベントの履歴については,連絡会報¹⁾を参照されたい.

(1) 2019年11月 四国西部

2019年11月8日~13日に四国西部の観測点で,深部低周波微動と同期したSSEによる傾斜変 化がとらえられた(第2図).傾斜変化ベクトル,データから推定されたSSEの矩形断層モデル, モデルから計算される傾斜変化ベクトルを第3図に示した.このSSEの規模はMw 6.0に推定され た.SSEのすべり域は同期間に発生した微動および超低周波地震⁵⁾(VLFE)の震央位置とよく一 致している.2019年8月に四国西部でMw 6.0の短期的SSEが発生している⁶⁾.

(2) 2019年11月 紀伊半島北部

2019 年 11 月 10 日~ 16 日に紀伊半島北部の観測点で,深部低周波微動と同期した SSE による傾 斜変化がとらえられた(第4図).傾斜変化ベクトル,SSE の断層モデル,モデルから計算される 傾斜変化ベクトルを第5図に示した.この SSE の規模は Mw 5.8 に推定された.SSE のすべり域は 同期間に発生した微動および VLFE の震央位置とよく一致している.2019 年 7 月に紀伊半島北部 で Mw 6.0 の短期的 SSE が発生している^の.

(3) 2020 年 2 月 四国中西部

2020年2月12日~22日に四国中西部の観測点で,深部低周波微動と同期した SSE による傾斜 変化がとらえられた(第6図).傾斜変化ベクトル,SSE の断層モデル,モデルから計算される傾 斜変化ベクトルを第7図に示した.この SSE の規模は Mw 6.1 に推定された.SSE のすべり域は 同期間に発生した微動および VLFE の震央位置とよく一致している.2019年3月に四国中西部で Mw 6.1 の短期的 SSE が発生している⁷⁾.

> (木村 武志) KIMURA Takeshi

謝辞

気象庁のホームページで公開されている気象台等の気象観測データを使用させていただきました. 記して感謝いたします.

参考文献

- 1) 防災科学技術研究所 (2020), 予知連会報, 104.
- 2) Obara, et al. (2004), *Geophys. Res. Lett.*, **31** (23), doi:10.1029/2004GL020848.
- 3) Hirose and Obara (2005), *Earth Planets Space*, **57** (10), 961-972.

- 4) Tamura et al. (1991), Geophys. J. Int., 104, 507-516.
- 5) Ito et al. (2007), *Science*, **315**, 503-506.
- 6) 防災科学技術研究所 (2020), *予知連会報*, **103**, 281-288.
- 7) 防災科学技術研究所 (2019), *予知連会報*, 102, 312-316.



- 第1図 2019年11月1日~2020年4月30日の期間に検知された短期的SSE(ピンク矩形). 同期間に発生した深 部低周波微動(赤点)及び VLFEの震央(青菱形)を重ねて表示した.
- Fig. 1 Distribution of SSEs detected from November 1, 2019 to April 30, 2020. Red dots and blue diamonds show epicenters of tremors and VLFEs, respectively.



- 第2図 2019年10月25日から11月24日までの傾斜時系列.観測点位置は第3図 に示した.記録は上方向への変化が北・東下がりの傾斜変動を表す.気 圧応答・潮汐成分をBAYTAP-G⁴により除去し,直線トレンドを補正し た後の記録を示した.11月8日~13日の傾斜変化量をSSEによるものと 仮定した.四国西部での微動活動度・気象庁宇和島観測点での気圧変化 および雨量をあわせて表示した.
- Fig. 2 Time series of tiltmeter records, daily tremor counts, atmospheric pressure change and daily precipitation in the western Shikoku region from October 25, 2019 to November 24, 2019. 'N' and 'E' that follow a four-character station code denote the northward and eastward ground down tilt components, respectively. The tilt changes for the time window indicated by the broken lines are assumed to be caused by an SSE. The atmospheric pressure and precipitation were observed at the JMA Uwajima meteorological observatory. The displayed tilt records are detided and their atmospheric pressure responses are corrected with BAYTAP-G⁴⁾.



- 第3図 2019年11月四国西部の短期的SSEの断層モデル.第2図の破線で示された期間に観測された傾斜変化ベクトル(青矢印)・このデータから推定されたSSEの断層モデル(赤矩形・矢印)・モデルから計算される傾斜変化ベクトル(白抜き矢印)を示す.同じ期間の微動と深部超低周波地震の震央を橙円と茶星印で示した.
- Fig. 3 Observed tilt change vectors for the time window indicated Fig. 2 (blue arrows), the estimated fault slip (red arrow), rectangular fault location and geometry (pink rectangle) based on the tilt change vectors, and the calculated tilt changes due to the fault models (open arrows). Orange circles and stars show epicenters of the tremor activity and VLFEs, respectively, occurred in the time periods.



- 第4図 2019年10月25日から11月26日までの傾斜時系列.図の見方は第2図と同様.観測点位置は第5図に示した.11月10日~16日の傾斜変化量をSSEによるものと仮定した.紀伊半島北部における微動活動度・気象庁津観測点での気圧変化および雨量をあわせて表示した.
- Fig. 4 Same as Fig. 2 but for the records observed in the northern Kii peninsula from October 25, 2019 to Noveember 26, 2019. The tilt changes for the time window indicated by the broken lines are assumed to be caused by an SSE. The atmospheric pressure and the precipitation were observed at the JMA Tsu meteorological observatory. The station locations and the tilt changes during the time windows indicated by broken lines are shown in Fig. 5.



第5図 2019年11月紀伊半島北部のSSEの断層モデル.図の見方は第3図と同じ.





- 第6図 2020年1月15日から3月2日までの傾斜時系列. 図の見方は第2図と同様. 観測点位置は第7図に示した.2月12日~22日の傾斜変化量をSSEに よるものと仮定した.四国中西部における微動活動度・気象庁宇和島観 測点での気圧変化および雨量をあわせて表示した.
- Fig. 6 Same as Fig. 2 but for the records observed in the central and western Shikoku region from January 15, 2020 to March 2, 2020. The tilt changes for the time window indicated by the broken lines are assumed to be caused by an SSE. The atmospheric pressure and the precipitation were observed at the JMA Uwajima meteorological observatory. The station locations and the tilt changes during the time windows indicated by broken lines are shown in Fig. 7.



第7図 2020年2月四国中西部のSSEの断層モデル.図の見方は第3図と同じ.



9-4 鳥取県・岡山県・島根県における温泉水変化(2019年11月~2020年4月) Temporal Variation in the hot spring water in the Tottori Prefecture, Okayama Prefecture and Shimane Prefecture, Japan (November 2019 – April 2020)

鳥取大学工学部・産業技術総合研究所

Faculty of Engineering, Tottori Univ. and Geological Survey of Japan, AIST.

1. はじめに

鳥取県・島根県・岡山県は温泉が多く、その所在も地震活動と関連していると考えられる.この 地方の特徴を生かし、国際ロータリー第2690地区、鳥取県西部地震義援金事業の一環として、温 泉水観測網を山陰地方(鳥取県西部地震周辺及び鳥取県東部・岡山県北部地域)に整備し、地震活 動と温泉水変化との関連を調べている.

2. 観測

現在観測を行っている地点は7点である(第1図). 観測方法としては, 温泉井に水位計や温度計(分 解能:1/100℃)を設置し, 測定値をデータロガーに収録, 定期的に現地集録して, 鳥取大学工学 部でデータ処理し, 温泉データと地震データ等との比較により関係を調べる. 解析の結果は, 速報 として観測センターのホームページで公開している (https://www.cv.tottori-u.ac.jp/onsen/).

水位・水温の測定インターバルは 10 秒で 1 分間の平均値を記録している.温度センサーは,事前の温度検層により,湯谷温泉等を除いて,最も温度変化の大きい位置(深さ)に設置している(鳥取温泉 175 m,岩井温泉 150 m,三朝温泉 25 m,奥津温泉 130 m 等).なお,湯谷(第1 図の 6)では 2012 年度から,その他の点では 2016 年 6 月からデータをテレメーター集録から現地集録に切り替えている.

3. 結果(第2~4図)

結果(原則として1時間値)を第2~4図に示す.気圧や気温の記録は,鳥取や松江の気象台の 測定値を用いている.吉岡温泉の水温はこれまで30~40℃の範囲で変化していたが,2019年11 月から温泉の汲み上げが停止する不具合が発生したため,水温は大きく低下していた.2020年2 月19日の鷺の湯温泉の水位・水温の急な変化については原因が不明である.2020年4月12日の 大雨によって,鳥取温泉の水位・水温,岩井温泉の水位,三朝温泉の水温,奥津温泉の水温,鷺の 湯温泉の水位に変動が出ている.

2019 年 8 月~2020 年 1 月の間に, 第 1 図の範囲内(北緯 34.8 ~ 35.8 度, 東経 132.4 ~ 134.6 度) で深さ 30 km 以浅で M4 以上の地震は, 無かった. M4 未満で観測点周辺に震度 2 以上の揺れをも たらした地震は, 無かった.

(野口 竜也・香川 敬生・西田 良平・北川 有一)



第1図 鳥取気象台(□)と松江気象台(△)および温泉水観測点(●) の分布.1:鳥取温泉,2:岩井温泉,3:三朝温泉,4:奥津温泉, 5:鷺の湯温泉,6:湯谷温泉,7:吉岡温泉

Fig. 1 Location of Tottori Local Meteorological Observatory (□), Matsue Local Meteorological Observatory (△) and hot spring water observation stations
(●). 1:Tottori, 2:Iwai, 3:Misasa, 4:Okutsu, 5:Saginoyu, 6:Yudani, 7:Yoshioka.



第2図 鳥取温泉(第1図の1)と岩井温泉(2)の2019年11月~2020年4月 における観測結果.

Fig. 2 Observation results at Tottori (1) and Iwai (2) from November 2019 to April 2020.





Fig. 3 Observation results at Misasa (3), Yudani (6), Yoshioka (7) and Okutsu (4) from November 2019 to April 2020.



第4図 鷺の湯温泉(5)の2019年11月~2020年4月における観測結果 Fig. 4 Observation results at Saginoyu (5) from November 2019 to April 2020.

10-1 九州地方とその周辺の地震活動(2019年11月~2020年4月) Seismic Activity in and around the Kyushu District (November 2019-April 2020)

気象庁 福岡管区気象台 Fukuoka Regional Headquarters, JMA

今期間,九州地方とその周辺で M4.0 以上の地震は 49回, M5.0 以上の地震は 3回発生した. このうち九州地方で最大のものは,2019年11月22日に日向灘で発生した M5.2 の地震である. 2019年11月~2020年4月の M4.0 以上の地震の震央分布を第1図(a)及び(b)に示す. 主な地震活動は以下のとおりである.

(1) 日向灘の地震(M5.2,最大震度3,第2図(a),(b))

2019 年 11 月 22 日 18 時 05 分に日向灘の深さ 24 km で M5.2 の地震(最大震度 3)が発生した. この地震は,発震機構(CMT 解)が西北西-東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レートの境界で発生した.

(2) 沖縄本島近海(沖永良部島付近)の地震(M5.1,最大震度4,第3図(a),(b))

2019 年 12 月 18 日 08 時 35 分に沖縄本島近海(沖永良部島付近)の深さ 47 km で M5.1 の地震 (最大震度 4)が発生した.この地震は,発震機構(CMT 解)が北西-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レートの境界で発生した.この地震は,既往の相似地震 グループの最新の地震として検出された.

(3) 豊後水道の地震(M4.7,最大震度3,第4図)

2020 年 3 月 9 日 04 時 28 分に豊後水道の深さ 59 km で M4.7 の地震(最大震度 3)が発生した. この地震は,発震機構が東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.



九州地方とその周辺の地震活動(2019年11月~2020年1月、M≧4.0)

図中の吹き出しは、陸域M4.0以上・海域M5.0以上

- 第1図(a) 九州地方とその周辺の地震活動(2019年11月~2020年 1月, M ≧ 4.0, 深さ≦ 700 km)
- Fig. 1(a) Seismic activity in and around the Kyushu district (November 2019 January 2020, M \geq 4.0, depth \leq 700 km).



図中の吹き出しは、陸域M4.0以上・海域M5.0以上

第1図(b) つづき (2020年2月~4月, M ≧ 4.0, 深さ≦ 700 km) Fig. 1(b) Continued (February – April 2020, M ≧ 4.0, depth ≦ 700 km).

11 月 22 日





日向灘の地震

2019年11月22日18時05分に日向灘の深さ24kmで M5.2の地震(最大震度3)が発生した。この地震 は、発震機構(CMT解)が西北西-東南東方向に圧 力軸を持つ逆断層型で、フィリピン海プレートと 陸のプレートの境界で発生した。

1994年10月以降の活動をみると、今回の地震の 震源付近(領域b)ではM5.0以上の地震が時々発 生しており、今年の5月10日にもM6.3の地震(最 大震度5弱)が発生している。また、1996年10月 19日に発生したM6.9の地震(最大震度5弱)では、 高知県の室戸岬で最大27cm(最大全振幅)の津波 を観測した。

1922年以降の活動をみると、今回の地震の震央 周辺(領域 c)ではM6.0以上の地震が時々発生し ている。1941年11月19日に発生したM7.2の地震で は、死者2人、負傷者18人などの被害が生じたほ か、高知県の土佐清水で最大124cm(最大全振幅) の津波を観測した(被害は「日本被害地震総覧」 による)。



第2図(a) 2019年11月22日 日向灘の地震 Fig. 2(a) The earthquake in the Hyuganada Sea on November 22, 2019.


第2図(b) つづき Fig. 2(b) Continued.

N=33

J.

海溝軸

2010

129° F

M

7.0

6.0

5.5

6

2020

12月18日 沖縄本島近海(沖永良部島付近)の地震



第3図(a) 2019年12月18日 沖縄本島近海(沖永良部島付近)の地震 Fig. 3(a) The earthquake near Okinawajima Island on December 18, 2019.

12月18日 沖縄本島近海(沖永良部島付近)の地震(相似地震)



(1997年10月~2019年12月、深さO~100km、M≧3.5)



2019年12月18日の沖縄本島近海の地震(M5.1、最大震度4)について強震波形による相関解析を 行った結果、既往の相似地震グループの最新の地震として検出された(上図の★:今回の地震を含め、 M5.0~5.1の4 地震) **1。なお、速度波形を用いた解析では1990年代にも同グループの相似地震が検出 されている*2。

- ※1 各観測点の波形の比較で得られたコヒーレンスの中央値が0.95以上の場合、相似地震として検出している。また、相似地震のグ ループ分けはコヒーレンスを用いて機械的に行っている。
- 溜渕功史・中村雅基・山田安之(2014):全国を対象とした客観的な相似地震の抽出,気象研究所技術報告,72,5-16. ※2 城間康司・古謝秀和・川門義治(2014):沖縄地方の繰り返し相似地震,気象研究所技術報告,72,126-139.

●推定年平均すべり量等

	சிப	プ 同物	₩ 45 M	震	度	-	発生間隔	쿼	平均すべり量
	210-	ノ田奴	TAM	最大	最小	平均	最短	最大	(cm/年) [—]
今回の地震 ――>	★ A	4	5.08	4	4	6.21	5.57	6.78	7.56
	● B	2	5.00	4	4	8.69	8.69	8.69	4.87
(参考)1990年代の地	震も A	5	5.10	4	4	6.00	5.38	6.78	7.82
使用した場合	B	3	5.00	4	3	8.37	8.05	8.69	5.37





年



地震予知連絡会会報第 104 巻 2020年9月発行

第3図(b) つづき Fig. 3(b) Continued.

400

300

200

100

8

2020

豊後水道の地震 3月9日



第4図 2020年3月9日 豊後水道の地震 Fig. 4 The earthquake in the Bungo Channel on March 9, 2020.

10-2 沖縄地方とその周辺の地震活動(2019年11月~2020年4月) Seismic Activity around the Okinawa District (November 2019 – April 2020)

気象庁 沖縄気象台 Okinawa Regional Headquarters, JMA

今期間,沖縄地方とその周辺で M4.0 以上の地震は 93 回, M5.0 以上の地震は 8 回発生した. このうち最大は,2020 年 1 月 29 日に沖縄本島北西沖で発生した M5.7 の地震であった. 2019 年 11 月~2020 年 4 月の M4.0 以上の震央分布を第 1 図(a)及び(b)に示す. 主な地震活動は以下のとおりである.

(1) 沖縄本島近海の地震(M4.2, 最大震度 4, 第 2 図)

2020年1月16日18時36分に沖縄本島近海の深さ14kmでM4.2の地震(最大震度4)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.2000年7月以降の活動をみると、今回の地震の震 央付近では、M3.0程度の地震は時々発生しているが、M4.0以上の地震は今回が初めてである.



沖縄地方とその周辺の地震活動(2019年11月~2020年1月、M≧4.0)

第1図(a) 沖縄地方とその周辺の地震活動(2019年11月~2020年1月, M ≧ 4.0, 深さ≦ 700 km) Fig. 1(a) Seismic activity around the Okinawa district (November 2019 - January 2020, M ≧ 4.0, depth ≦ 700 km).



第1図(b) つづき(2020年2月~4月, M≧4.0, 深さ≦700 km) Fig. 1(b) Continued (February - April 2020, M≧4.0, depth ≦700 km).

1月16日 沖縄本島近海の地震



第2図 2020年1月16日 沖縄本島近海の地震 Fig. 2 The earthquake near Okinawajima Island on January 16, 2020.

128°E

127°E

11-1 その他の地域の地震活動(日本周辺, 2019年11月~2020年4月) Seismic Activity in Other Regions around Japan (November 2019 – April 2020)

気象庁

Japan Meteorological Agency

今期間,その他の地域で発生した主な地震活動は以下のとおりである.時刻は日本時間である.

(1) フィリピン付近の地震(M6.1,日本国内で震度1以上を観測した地点なし,第1図)
 2020年4月11日01時44分に、フィリピン付近でM6.1の地震(日本では震度1以上を観測した地点なし)が発生した。今回の地震の震央周辺では、M6.0以上の地震が時々発生している。

4月11日 フィリピン付近の地震



2020 年4月11日01時44分に、フィリピン 付近でM6.1の地震(日本では震度1以上を観測 した地点なし)が発生した。

2000 年 7 月以降の地震活動をみると、今回の 地震の震央付近(領域 a)では、2019 年 7 月 27 日に M6.0の地震が発生し、フィリピンのバタン 諸島で死者 9 人、負傷者 64 人、家屋全壊・半壊 を合わせて 266 棟等の被害^{※3}が生じている。

1970年以降の地震活動をみると、今回の地震の震央周辺(領域b)では、M6.0以上の地震が時々発生している。





- ※1 図中において、震源要素は米国地質調査所(USGS)による(2020年5月2日現在)。但し、今回の地震、及び2019 年7月27日の地震(M6.0)の震源要素は気象庁による。
- ※2 但し、2019 年 7 月 27 日の地震の発震機構解は気象庁の CMT 解による。
- ※3 地震の被害については、OCHA(国連人道問題支援事務所)による。
- 第1図 2020年4月11日フィリピン付近の地震
- Fig. 1 The earthquake near Philippine on April 11, 2020.

11-2 世界の地震活動(2019年11月~2020年4月) Seismic Activity in the World (November 2019 – April 2020)

気象庁 Japan Meteorological Agency

今期間,世界で M6.0 以上の地震は 68 回発生し, M7.0 以上の地震は 3 回発生した(日本及びその周辺は気象庁,そのほかの地域は米国地質調査所 [USGS] による). このうち最大のものは, 2020 年 1 月 29 日(日本時間)にキューバの深さ 10 km で発生した Mw7.7(気象庁による)の地震 であった.

2019年11月~2020年4月のM6.0以上の地震の震央分布を第1図(a)及び(b)に示す.

主な地震活動は以下のとおりである.特段の断りがない限り, Mw 及び発震機構(CMT 解)は 気象庁,そのほかの震源要素は USGS による(2020 年 5 月 5 日現在).また,時刻は日本時間である.

(1) モルッカ海の地震(Mw7.1, 第2図)

2019年11月15日01時17分にモルッカ海の深さ33kmでMw7.1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あった.この地震により負傷者3人等の 被害が生じた.

(2) キューバの地震 (Mw7.7, 第3図 (a), (b))

2020年1月29日04時10分にキューバの深さ10kmでMw7.7の地震が発生した.この地震は, 発震機構が西北西-東南東方向に張力軸を持つ横ずれ断層型で,北米プレートとカリブプレートの 境界で発生した.この地震によりケイマン諸島(イギリス領)で0.11mの津波を観測した.また, この地震の発生から約3時間後に約200km西方のホンジュラス北方の深さ10kmでM6.1の地震 が発生した.遠地実体波による震源過程解析の結果では,破壊域が破壊の開始点から西南西方向に 広がり,破壊時間が約40秒続いた.

(3) 千島列島東方(北西太平洋)の地震(Mw7.5, 第4図(a)~(c))

2020年3月25日11時49分に千島列島東方の深さ57kmでMw7.5の地震が発生した.この地震は, 発震機構が西北西-東南東方向に張力軸を持つ横ずれ断層型であった.この地震により,北海道か ら東北地方太平洋側までの13市町村で震度1を観測し,また,千島列島のパラムシル(幌筵)島 で0.5m(目視),カリフォルニア州クレセントシティで0.11m等の津波を観測した.遠地実体波 による震源過程解析を行ったところ,断層面を気象庁 CMT 解の2枚の節面のどちらを仮定しても 観測波形と理論波形の残差に大きな差はなく,西北西傾斜の節面を仮定した場合は,破壊域が破壊 の開始点から東方向に広がり,破壊時間が約20秒続いた結果となり,東南東傾斜の節面を仮定し た場合は,破壊域が破壊の開始点から北北西方向に広がり,破壊時間が約25秒続いた結果となった.



第1図 (a) 世界の地震活動 (2019 年 11 月~ 2020 年 1 月, M ≧ 6.0, 深さ≦ 700 km) Fig. 1(a) Seismic activity in the World (November 2019 – January 2020, M ≧ 6.0, depth ≦ 700 km).



第1図(b) つづき(2020年2月~4月, M ≧ 6.0, 深さ≦ 700 km) Fig. 1(b) Continued (February 2020 – April 2020, M ≧ 6.0, depth ≦ 700 km).

11月15日 モルッカ海の地震

2019年11月15日01時17分(日本時間、以下同じ)に、モルッカ海の深さ33kmでMw7.1の地震が発生した。この地震の発震機構(気象庁によるCMT解)は西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断 層型である。この地震により、負傷者3人等の被害が生じた。

気象庁は、この地震により、同日 01 時 43 分(日本沿岸で若干の海面変動あり)と、同日 03 時 19 分(現地で津波を観測)に遠地地震に関する情報を発表した。

1980年以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺(領域 a)では、M7.0以上の地震が時々発生しており、2007年1月21日に発生した Mw7.5の地震では死者4人、負傷者4人等の被害が生じた。



※本資料中、今回の地震、及び2014年11月15日の地震(Mw7.0)の発震機構(CMT解)及びMwは気象庁による。その他の発震機構(CMT解)、図中の注釈のついた地震のMwはGlobalCMT解による。その他の震源要素は米国地質調査所(USGS)による(データ入手日:2019年12月1日)。プレート境界の位置と進行方向はBird(2003)*より引用。地震の被害状況について、出典のないものは OCHA(UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs:国連人道問題調整事務所)による。

Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, Geochemistry Geophysics Geosystems, 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252.

第2図 2019年11月15日モルッカ海の地震(Mw7.1)

Fig. 2 The earthquake in Molucca Sea (Mw7.1) on November 15, 2019.

1月29日 キューバの地震

2020年1月29日04時10分(日本時間、以下同じ)にキューバの深さ10kmでMw7.7(Mw は気象庁によるモーメントマグニチュード)の地震が発生した。この地震は、発震機構(気象庁によるCMT 解)が西北西-東南東方向に張力軸を持つ横ずれ断層型で、北米プレートとカリブプレートの境界で発生した。

気象庁は、この地震に対して、同日 04 時 38 分に遠地地震に関する情報(日本への津波の影響なし) を発表した。この地震によりケイマン諸島(イギリス領)で0.11mの津波を観測した。

また、この地震の発生から約3時間後に約200km 西方のホンジュラス北方の深さ10km で M6.1の地震 が発生した。

2000年以降の活動をみると、今回の地震の震央周辺(領域 a) で、2004 年 12 月 15 日に Mw6.8 の地震 が発生している。

1980年以降の活動をみると、ホンジュラス北方からハイチにかけての地域(領域b)では、M7.0以上の地震が4回発生している。2010年1月13日のMw7.1の地震では、ハイチで死者30万人以上の被害が生じた。



※本資料中、(上図) 今回の地震の発震機構と Mw は気象庁、2004 年 12 月 15 日の地震の発震機構と Mw は Global CMT、その他の震 源要素は米国地質調査所(USGS)による(2020 年 2 月 2 日現在)。今回の地震の津波の高さは、米国海洋大気庁(NOAA)による。 (下図) 図中の Mw は気象庁、その他の震源要素は USGS による。過去の地震の被害は、宇津の「世界の被害地震の表」による。 プレート境界の位置と進行方向は Bird(2003) *より引用。

*参考文献 Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, Geochemistry Geophysics Geosystems, 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252.

第3図(a) 2020年1月29日キューバの地震(Mw7.7) Fig. 3(a) The earthquake in Cuba (Mw7.7) on January 29, 2020.

2020 年 1 月 29 日 キューバの地震 ・ 遠地実体波による震源過程解析(暫定) -

2020年1月29日04時10分(日本時間)にキューバで発生した地震について、米国大学間地震学研究連合(IRIS)のデータ管理センター(DMC)より広帯域地震波形記録を取得し、遠地実体波を用いた震源過程解析(注1)を行った。

破壊開始点は、米国地質調査所(USGS)による震源の位置(19°26.4′N、78°45.3′W、深さ10km) とした。断層面は、気象庁 CMT 解の2枚の節面のうち東北東-西南西走向の節面(走向258°、傾斜 88°、すべり角7°)を仮定して解析した。最大破壊伝播速度は3.0km/sとした。理論波形の計算に は CRUST2.0 (Bassin et al., 2000)および IASP91 (Kennett and Engdahl, 1991)の地下構造モデ ルを用いた。

主な結果は以下のとおり(この結果は暫定であり、今後更新することがある)。

- ・主な破壊領域は走向方向に約80km、傾斜方向に約20kmであった。
- ・主なすべりは破壊開始点から西南西方向に広がり、最大すべり量は13.1mであった(周辺の構造から剛性率を25GPaとして計算)。
- ・主な破壊継続時間は約40秒であった。
- ・モーメントマグニチュード (Mw) は7.7 であった。

結果の見方は、https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/world/about_srcproc.html を参照。







(注1)解析に使用したプログラム

M. Kikuchi and H. Kanamori, Note on Teleseismic Body-Wave Inversion Program, http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/ETAL/KIKUCHI/

作成日:2020/02/06

第3図(b) 遠地実体波による震源過程解析

Fig. 3(b) Source rupture process: analysis using teleseismic body-wave.



観測波形(上:0.01Hz-0.5Hz)と理論波形(下)の比較





震央距離 30°~100°*1の 35 観測点*2 (P 波: 32、SH 波: 3)を使用。
 ※1:近すぎると理論的に扱いづらくなる波の計算があり、逆に遠すぎると、液体である外核を通るため、直達波が到達しない。そのため、評価しやすい距離の波形記録のみを使用。
 ※2:IRIS-DMCより取得した広帯域地震波形記録を使用。

参考文献

Bassin, C., Laske, G. and Masters, G., 2000, The Current Limits of Resolution for Surface Wave Tomography in North America, EOS Trans AGU, 81, F897.

Kennett, B. L. N. and E. R. Engdahl, 1991, Traveltimes for global earthquake location and phase identification, Geophys. J. Int., 105, 429-465.

第3図(b) つづき Fig. 3(b) Continued.

3月25日 千島列島東方(北西太平洋)の地震

2020年3月25日11時49分(日本時間、以下同じ)に、千島列島東方の深さ57kmでMw7.5(気象 庁によるモーメントマグニチュード)の地震が発生した。この地震は太平洋プレートの内部で発生し 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ある(気象庁によるCMT解)。 この地震により、北海道から東北地方太平洋側までの13市町村で震度1を観測した。また、気象庁は、 この地震に対して、「各地の震度に関する情報」の中で、「日本の沿岸で若干の海面変動あり」との呼 びかけを行った。この地震により、千島列島のパラムシル(幌筵)島で0.5m(目視)、カリフォルニ ア州クレセントシティで0.11m等、津波を観測している(アメリカ海洋大気庁(NOAA)による)。

2000 年以降の地震活動をみると、今回の地震の震央周辺(領域 a) では M6.0 以上の地震が時々発生している。

1980 年以降の地震活動をみると、千島列島(領域 b) では M7.0 以上の地震が時々発生している。 2006 年 11 月 15 日に千島列島東方で発生した Mw8.3 の地震では、津波が発生し、三宅島坪田で 84cm の他、北海道から沖縄県宮古島・八重山地方までの主に太平洋側沿岸、及び小笠原諸島で津波が観測 された。





^{*} 参考文献

Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, Geochemistry Geophysics Geosystems, 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252.

第4図(a) 2020年3月25日千島列島東方(北西太平洋)の地震(Mw7.5) Fig. 4(a) The earthquake in east of the Kuril Islands (Northwest Pacific) (Mw7.5) on March 25, 2020.

2020 年 3 月 25 日 千島列島東方の地震 - 遠地実体波による震源過程解析(暫定)- (その 1)

2020 年 3 月 25 日 11 時 49 分(日本時間)に千島列島東方で発生した地震について、米国大学間地 震学研究連合(IRIS)のデータ管理センター(DMC)より広帯域地震波形記録を取得し、遠地実体波 を用いた震源過程解析(注1)を行った。

破壊開始点は、米国地質調査所(USGS)による震源の位置(48°59.1′N、157°41.5′E、深さ57km) とした。断層面は、気象庁 CMT 解の2枚の節面のどちらを仮定しても観測波形と理論波形の残差に大 きな差はなかった。今回は西北西傾斜の節面(走向193°、傾斜46°、すべり角76°)を仮定して解 析した。最大破壊伝播速度は 3.0km/s とした。理論波形の計算には IASP91 (Kennett and Engdahl, 1991)の地下構造モデルを用いた。

主な結果は以下のとおり(この結果は暫定であり、今後更新することがある)。

・主な破壊領域は走向方向に約30km、傾斜方向に約40kmであった。

- ・主なすべりは破壊開始点から東方向に広がり、最大すべり量は 3.5m であった(周辺の構造から 剛性率を 56GPa として計算)。
- ・主な破壊継続時間は約20秒であった。
- ・モーメントマグニチュード (Mw) は7.6 であった。

結果の見方は、https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/world/about_srcproc.html を参照。



(注1)解析に使用したプログラム

M. Kikuchi and H. Kanamori, Note on Teleseismic Body-Wave Inversion Program, http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/ETAL/KIKUCHI/

作成日:2020/03/27

Fig. 4(b) Source rupture process: analysis using teleseismic body-wave.

第4図(b) 遠地実体波による震源過程解析



観測波形(上:0.01Hz-0.5Hz)と理論波形(下)の比較

参考文献

Kennett, B. L. N. and E. R. Engdahl, 1991, Traveltimes for global earthquake location and phase identification, Geophys. J. Int., 105, 429-465.

第4図(b) つづき Fig. 4(b) Continued.

2020 年3月25日 千島列島東方の地震 - 遠地実体波による震源過程解析(暫定)- (その2)

2020 年 3 月 25 日 11 時 49 分(日本時間)に千島列島東方で発生した地震について、米国大学間地 震学研究連合(IRIS)のデータ管理センター(DMC)より広帯域地震波形記録を取得し、遠地実体波 を用いた震源過程解析(注1)を行った。

破壊開始点は、米国地質調査所(USGS)による震源の位置(48°59.1′N、157°41.5′E、深さ57km) とした。断層面は、気象庁 CMT 解の2枚の節面のどちらを仮定しても観測波形と理論波形の残差に大 きな差はなかった。今回は東南東傾斜の節面(走向33°、傾斜46°、すべり角104°)を仮定して解 析した。最大破壊伝播速度は3.0km/sとした。理論波形の計算には IASP91 (Kennett and Engdahl, 1991)の地下構造モデルを用いた。

主な結果は以下のとおり(この結果は暫定であり、今後更新することがある)。

・主な破壊領域は走向方向に約30km、傾斜方向に約40kmであった。

- ・主なすべりは破壊開始点から北北西方向に広がり、最大すべり量は 3.3m であった(周辺の構造 から剛性率を 56GPa として計算)。
- ・主な破壊継続時間は約25秒であった。
- ・モーメントマグニチュード (Mw) は 7.6 であった。

結果の見方は、https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/world/about_srcproc.html を参照。



(注1)解析に使用したプログラム

M. Kikuchi and H. Kanamori, Note on Teleseismic Body-Wave Inversion Program, http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/ETAL/KIKUCHI/

作成日:2020/03/27

第4図(b) つづき Fig. 4(b) Continued.



観測波形(上:0.01Hz-0.5Hz)と理論波形(下)の比較

参考文献

Kennett, B. L. N. and E. R. Engdahl, 1991, Traveltimes for global earthquake location and phase identification, Geophys. J. Int., 105, 429-465.

第4図(b) つづき Fig. 4(b) Continued.

3月25日 千島列島東方の地震の発震機構解析

2020年3月25日11時49分(日本時間)に千島列島東方で発生した地震について CMT 解析及び W-phase を用いた発震機構解析を行った。



 S

 Mw
 Mo
 断層面解1(走向/傾斜/すべり角)
 断層面解2(走向/傾斜/すべり角)

 7.5
 1.97×10²⁰Nm
 32.9°/45.6°/103.9°
 193.4°/46.1°/76.2°

2. W-phase の解析

W-T S

セントロイドは、北緯 49.2°、東経 157.8°、深さ 51km となった。

W-phase の解析では、震央距離 10°~90°までの 74 観測点の上下成分、
59 観測点の水平成分を用い、200~600 秒のフィルターを使用した。
注) W-phase とは P 波から S 波付近までの長周期の実体波を指す。

Mw	Mo	断層面解1(走向/傾斜/すべり角)	断層面解2(走向/傾斜/すべり角)
7.5	2. 10×10^{20} Nm	26. 3° \checkmark 38. 6° \checkmark 93. 6°	201. 7° \checkmark 51. 5° \checkmark 87. 2°

(W-phase に関する参考文献)

Kanamori, H and L. Rivera, 2008, Geophys. J. Int., **175**, 222-238.

解析データには、米国大学間地震学研究連合(IRIS)のデータ 管理センター(DMC)より取得した広帯域地震波形記録を使用 した。

また、解析には金森博士及び Rivera 博士に頂いたプログラム を使用した。記して感謝する。



解析に使用した観測点配置

第4図(c) 発震機構解析 Fig. 4(c) Moment tensor solution.

11-3 中規模繰り返し相似地震の発生状況と発生確率(2020) Probability of moderate repeating earthquakes within one and three years from 1 January 2020

気象庁気象研究所 Meteorological Research Institute, JMA

日本各地で波形がよく似た地震(相似地震)が観測されている.その多くはプレート境界で発生 しており、プレート間の定常的なすべりと密接な関係があると考えられている.気象研究所は中規 模の繰り返し地震(相似地震)について発生状況を取りまとめ¹⁾、その後も相関係数とコヒーレン スを用いて調査を継続している²⁾.前回報告した期間²⁾以降(2019年2月から2019年12月末まで) の発生状況を報告する.そして、ここで整理した地震系列について、岡田・他(2007)³⁾のベイズ 統計対数正規分布モデルを使い、2020年1月1日を予測日として、今後1年及び3年以内の発生 確率予測を行っている.なお、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震等による余効変動の影 響は考慮していない.本報告は、地震活動評価の高度化を目的として実施しているものであり、気 象庁が別途実施している宮古島近海等の繰り返し地震の報告における目的・手法とは異なるもので ある.

今期間(2019年2月~2019年12月)に発生したものを含めて、地震が3個以上の地震系列は 56系列ある(第1表).各系列の地震発生状況を第1図に示す.前回報告²⁾の56系列のうち、今 期間に3系列で新たに発生した(第1表と第1図のNo.20,23,31,第2図の□印).なお、今期 間に発生して3個以上となった系列はない.第1図を見ると岩手県沖と福島県沖については、平成 23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(赤色縦線)以降,発生間隔が短くなっていることがわか る.これは、同地震の余効変動による影響と考えられている⁴⁾⁵⁾.余効変動は減衰しつつあるため、 今後徐々に元の発生間隔へ戻っていくと思われる.

2020年1月1日時点の発生確率予測で、今後1年以内の発生確率が50%以上の地震系列は、 釧路沖(No.1,平均M4.4,平均発生間隔4.5年)、青森県東方沖(No.14,M4.2,2.6年)、岩手県 沖(No.21,M4.1,1.4年)と宮古島近海(No.54,M4.4,2.2年)の4系列ある(第1表,第2図). また、前回提出の資料²⁾で、2019年2月1日時点の発生確率を56系列について行っており、1年 予測の予測期間は終了していないが、平均対数尤度とBrierスコアの指標⁶⁾による1年予測の成績は、 平均対数尤度は-0.236,Brierスコアは0.076であった。系列数の少ない状況での結果ではあるが、 指数分布モデルで予測した成績(平均対数尤度は-0.262,ブライアスコアは0.073)と比べると、 平均対数尤度では良く、Brierスコアではやや劣る。なお、予測期間内に発生した系列の予測確率は、 No.20は18.7%,No.23は27.5%,No.31は27.6%であった。

謝辞

本資料は、国立研究開発法人防災科学技術研究所,北海道大学,弘前大学,東北大学,東京大学, 名古屋大学,京都大学,高知大学,九州大学,鹿児島大学,国立研究開発法人産業技術総合研究所, 国土地理院,国立研究開発法人海洋研究開発機構,公益財団法人地震予知総合研究振興会,青森 県,東京都,静岡県,神奈川県温泉地学研究所及び気象庁のデータを用いて作成しています.また, 2016 年熊本地震合同観測グループのオンライン臨時観測点(河原,熊野座),米国大学間地震学研 究連合(IRIS)の観測点(台北,玉峰,寧安橋,玉里,台東)のデータを用いて作成しています. (田中 昌之)

参考文献

- 1) 地震火山研究部,地震火山部,気象大学校,札幌管区気象台,仙台管区気象台,大阪管区気象 台,福岡管区気象台,沖縄気象台. (2014), *気象研究所技術報告*, 72, pp.144. 日本各地域の 繰り返し相似地震発生状況に関する研究
- 2) 気象庁気象研究所. (2019), *連絡会報*, **102**, 380–384. 中規模繰り返し相似地震の発生状況と 発生確率(2019)
- 3) 岡田正実・他. (2007), *地震 2*, **60**, 85-100. 地震長期発生確率予測に使用する更新過程対数 正規分布モデルのパラメータ事前分布
- 4) 東北大学大学院理学研究科. (2011), 連絡会報, 86, 3-44. 小繰り返し地震から推定された 2011 年東北地方太平洋沖地震震源域周辺の準静的すべり
- 5) 気象庁. (2012), *連絡会報*, **87**, 3-4. 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震の余震域周辺における相似地震活動
- 6) 田中昌之・他. (2018), *地震 2*, **70**, 195-213. 繰り返し回数の少ない繰り返し地震系列に対 する長期的地震発生確率予測の成績と検証

第1表 中規模相似地震系列リスト

Table 1List of the moderate repeating earthquake sequence and probabilities of the event occurrence within one year and
three years from 1 January 2020 calculated with the lognormal distribution model with Bayesian approach. Seismic
intensity is the JMA seismic intensity scale.

No.	Latitude	Longitude	Depth	First event	Last event	Repeat	Mean	Maximum seismic	Int	terval (y	ear)	Probab	ility (%)
			(KM)			count	magnitude	intensity	Ave.	Short.	Long.	1year	3year
1	42.974	145.435	47	1979/05/11 06:02	2015/04/06 13:58	9	4.4	2~3	4.5	2.9	5.7	53.2	90.7
2	42.888	144.766	57	1954/09/17 20:52	2016/03/30 14:09	11	4.9	2~4	6.1	4.9	7.5	12.3	66.4
3	42.452	143.019	70	1969/11/07 17:06	2012/07/22 13:41	5	5.0	3~4	10.6	8.6	13.0	11.6	40.7
4	42.349	143.049	52	2003/01/07 03:27	2017/02/27 18:10	3	4.7	3~3	7.1	2.6	11.5	15.4	44.6
5	42.333	143.107	56	1991/09/02 12:03	2015/03/25 09:34	3	5.0	3~3	11.8	10.5	13.0	2.4	12.3
6	42.306	142.992	56	1991/08/16 23:16	2018/07/16 02:13	7	4.8	3~4	4.5	2.3	9.1	12.3	58.0
7	42.300	143.060	56	1992/04/20 05:36	2016/10/12 04:02	3	5.0	$3 \sim 3$	12.3	10.3	14.2	0.8	5.2
8	42.177	142.965	54	1994/07/02 07:43	2014/07/06 05:22	4	4.9	4~4	6.7	4.8	9.2	26.2	65.0
9	42.044	142.484	68	1973/08/18 11:08	2017/12/02 05:48	7	4.9	$3 \sim 3$	7.4	6.4	8.6	0.3	8.4
10	41.855	142.158	69	195//01/06 14:15	2016/09/26 11:24	12	4.8	$2 \sim 3$	5.3	2.9	7.5	20.5	68.4
10	41.82/	142.053	50	1995/01/11 16:48	2015/09/12 22:38	4	5.4	$3 \sim 4$	0.9	4.8	8.6	16.0	53.8
12	41.//1	143.813	41	2003/09/20 05:10	2009/03/07 23:33	4	5.0	$3 \sim 3$	1.0	0.0	4.1	8.4 0.0	21.0
14	41.304	142.000	64	2005/06/02 01:22	2015/11/01 12:40	5	0.0	$3 \sim 4$	2.9	0.0	2.0	2.3	04.0
14	41.451	1/1 070	59	1001/05/13 12:24	2013/10/18 09.47	3	4.2	$2 \sim 3$	115	11.3	2.5	3.0	18.1
16	40.266	142 433	36	1995/01/07 11:36	2014/03/13/21.02	3	6.1	$3 \sim 4$	11.0	8.6	14.1	0.6	4 7
17	40.251	142.400	30	1960/08/13 16:11	2011/05/08 05:52	4	5.9	$3 \sim 4$	16.6	15.0	18.2	2.2	10.0
18	40 165	142 385	36	1989/11/21 13:47	2017/02/12 22:36	4	5.0	3~3	91	2.8	19.4	11.9	35.8
19	40 162	142 441	37	1989/11/06 17:56	2017/01/26 17:06	4	5.5	$3 \sim 4$	91	5.0	16.7	6.6	27.3
20	40.074	142.119	48	1992/04/17 09:43	2019/05/08 09:20	7	4.4	3~4	4.5	1.1	13.3	18.2	57.2
21	39.634	142.105	48	2004/11/05 13:45	2018/11/16 11:49	11	4.1	3~3	1.4	0.4	3.5	64.2	92.3
22	39.340	142.065	48	2011/05/31 21:28	2013/11/16 14:54	4	5.1	3~4	0.8	0.3	1.9	25.0	52.5
23	39.338	142.072	49	1990/07/16 21:35	2019/09/25 17:28	11	4.8	3~4	2.9	0.2	6.7	31.8	69.8
24	38.876	142.133	47	1940/11/20 00:01	2002/11/03 12:37	5	6.3	3 ~ 5-	15.5	13.0	19.0	18.7	47.2
25	38.656	142.355	35	1937/01/07 15:11	1994/08/14 18:06	5	6.3	3~4	14.0	11.7	16.0	18.1	43.9
26	37.704	141.853	45	1942/02/21 16:07	2010/03/14 17:08	4	6.6	4 ~ 5-	22.5	21.0	24.6	0.8	3.6
27	37.518	141.463	48	2009/02/17 09:12	2017/03/01 15:43	7	4.9	3~4	1.4	0.2	3.1	44.5	76.8
28	37.067	141.162	53	1929/06/24 11:04	2017/10/06 23:56	13	5.7	3 ~ 5-	7.1	2.2	11.2	5.3	28.9
29	37.065	141.179	51	2005/09/11 05:06	2018/11/23 23:30	7	4.9	3 ~ 5-	2.2	0.9	3.3	49.2	91.0
30	36.458	140.580	56	1990/01/01 18:03	2018/12/12 17:49	8	4.4	3~4	4.1	2.8	5.4	3.0	51.9
31	36.456	140.605	56	2011/05/28 11:13	2019/09/30 01:02	4	4.3	3~3	2.8	2.2	3.2	2.3	69.4
32	36.451	140.615	56	1990/10/06 23:33	2018/03/30 08:17	6	5.1	4~4	5.5	2.6	8.5	7.1	42.7
33	36.449	140.614	58	1990/05/03 16:45	2016/07/27 23:47	4	5.3	4~5-	8.8	8.4	9.0	2.0	16.1
34	30.430	140.694	52	1991/12/12 11:2/	2018/07/17/04:34	9	4.8	$3 \sim 4$	3.3	2.1	5./	23.4	82.4
35	36.427	120.014	54	2003/02/14 10:54	2017/01/18 17:19	4	4.2	$3 \sim 4$	4./	3.3	0.0	27.0	/3.1
30	30.171	139.814	00	1992/04/14 12:03	2019/01/14 13:23	4	4.9	$4 \sim 4$	8.9	1.1	9.9	0.1	1./
37	36 135	140.091	10		2011/08/13 15:20	4	4.0	$3 \sim 4$ $3 \sim 3$	27	0.0	9.1	1/7	34.2
30	36 1 28	139.846	52	1006/08/16 01:03	2014/03/20 13:03	3	4.0	$3 \sim 1$	2.7	8.7	9.0	11.6	<u> </u>
40	36.084	139.875	52	1989/04/12 04:41	2014/04/10 07.33	4	4.0	$3 \sim 4$	9.9	3.6	15.7	1.6	11.4
40	36.083	139 894	50	1991/10/19 08:31	2016/08/27 22:46	4	4.0	$3 \sim 4$	8.3	1.0	17.6	16.0	39.9
42	36 082	139 864	50	1992/04/23 01:21	2010/10/24 13:50	3	4.4	3~3	9.3	9.0	9.5	22.7	55.9
43	36.056	139.917	48	1990/04/09 00:52	2016/02/07 19:26	3	4.6	$3 \sim 4$	12.9	7.5	18.4	2.8	12.5
44	36.056	139.896	47	1994/11/04 19:06	2017/12/02 00:12	4	4.5	3~4	7.7	4.8	12.5	3.6	22.8
45	36.045	139.948	49	1992/08/27 13:09	2016/07/17 13:24	3	5.0	3~4	12.0	10.8	13.1	0.9	5.9
46	36.031	139.894	48	1989/02/19 21:27	2016/05/16 21:23	3	5.5	4~5-	13.6	11.3	16.0	0.7	4.4
47	35.921	140.449	56	1989/04/26 02:18	2019/01/18 21:46	5	5.2	3~4	7.4	1.4	11.7	6.7	29.3
48	35.889	140.509	39	1989/03/11 16:12	2015/01/26 07:20	3	5.0	3 ~ 5-	12.9	4.5	21.4	8.2	25.4
49	35.818	141.158	38	1991/08/06 23:49	2011/05/20 09:46	3	5.7	3~4	9.9	9.3	10.5	18.3	49.8
50	35.746	140.693	50	1989/03/18 01:37	2018/10/12 13:15	3	5.2	3~4	14.8	12.2	17.4	0.1	0.7
51	35.713	140.644	52	1989/03/06 23:39	2012/04/29 19:28	3	6.0	5 ~ 5+	11.6	7.1	16.1	11.4	33.9
52	35.631	140.022	75	1991/11/19 17:24	2018/01/06 00:54	4	4.8	4~4	8.7	5.1	14.8	2.7	17.3
53	27.287	128.435	47	1968/12/08 18:08	2013/03/06 05:32	8	5.1	2~4	6.3	5.4	7.5	47.5	87.1
54	24.913	125.313	41	1990/09/10 19:08	2017/02/17 10:18	13	4.4	1~3	2.2	1.2	3.6	81.7	99.0
55	24.840	125.309	42	1966/07/11 07:04	2014/09/18 08:18	9	5.1	2~4	6.0	5.0	7.0	40.2	86.5
56	24.169	125.297	41	1966/07/11 01:12	2009/08/05 09:17	3	6.2	3~4	21.5	18.9	24.0	2.0	7.6



第1図 中規模相似地震活動経過図(~2019年12月末)

Fig. 1 Time diagrams of repeating earthquakes for the period from October 1988 to December 2019. The red vertical line indicates the occurrence of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. The red marks and horizontal lines denote the newly added events or sequence in this report.



第2図 2020年1月から1年以内の発生確率

Fig. 2 Probability of moderate repeating earthquakes for the period from January 2020 to December 2020 by the lognormal distribution model with Bayesian approach. The circles and square marks indicate the epicenter of the repeated earthquake, the color of the mark indicates the occurrence probability of the next earthquake, and the size indicates the average of the earthquake's magnitude. Square marks indicate that an earthquake occurred between February 2019 and December 2019.

11-4 測地 VLBI 観測(国際・国内超長基線測量) The Results of VLBI Observation for Geodesy

国土地理院 Geospatial Information Authority of Japan

[測地 VLBI 観測]

第1~2図は、測地 VLBIの国際観測によって得られた、石岡 VLBI 観測施設の位置及び移動速度に関する資料である. つくば VLBI 観測局は平成28年12月末で運用終了となり、石岡 VLBI 観測施設にその役割が引き継がれた.

第1図は、これまでの VLBI 観測から得られたつくば局-コキー局(ハワイ)間及び石岡局-コ キー局間の基線長の変化を示したものである.つくば局と石岡局の並行観測結果に基づいて、石岡 局-コキー局間の基線長をつくば局-コキー局の基線長に換算している.

表1及び表2は、地球規模の測地基準座標系(ITRF2014)における、石岡 VLBI 観測施設の座標値とその変化(速度)である。1980年4月から2020年2月までの全球の VLBI 観測データ(石岡 VLBI 局は2015年2月~2020年2月)を用いた解析結果を示している。石岡 VLBI 局の速度は、東北地方太平洋沖地震に伴う非定常的な変動を含んでいる。

第2図は、VLBIの国際共同観測から求めたアジア・オセアニア地域のプレート運動速度である. 国土地理院は、アジア・オセアニア地域のVLBI 観測を強化するために、2015年からアジア・オ セアニア地域を主とした測地 VLBIの国際共同観測、解析を行っている.今後も引き続き同地域の VLBI 解析の結果を報告する予定である.



- 第1図 つくば VLBI 観測局-コキー局間及び石岡 VLBI 観測施設-コキー局間の基線長変化 (縦軸は, 2020 年 3 月 16 日時点の基線長 5,754,938.282 m からの差を表す.)
- Fig. 1 Time series of baseline length between Japan (Tsukuba VLBI station and Ishioka VLBI station) and Hawaii (Koke'e station)

	Х	Y	Z
位罢 ()	-3959635947.35	3296825487.07	3747042665.02
世區 (mm)	±1.27	±1.13	±1.23

第1表	石岡 VLBI 観測施設の三次元座標値	(アンテナ中心	Epoch : 2010.0	下段:Sigma)
Table 1	Three-dimensional positions of Ishioka V	/LBI station.		

第2表	石岡 VLBI 観測施設の水平・鉛直方向移動速度(下段:Sigma)
Table 2	Horizontal and vertical velocities of Ishioka VLBI station.

	East	North	Up
·声度(mm/mon)	16.62	-15.86	9.50
速度 (mm/year)	±0.06	±0.06	±0.24



第2図 アジア・オセアニア地域のプレート運動 Fig. 2 Tectonic plate motion of VLBI antennas in the Asia-Oceania region.

11-5 下里水路観測所における SLR 観測 Continuous SLR observation at Shimosato Hydrographic Observatory

海上保安庁 Japan Coast Guard

我が国の海図の原点を世界測地系に基づいて維持するため,1982年から海洋測地本土基準点と して位置づけられる第五管区海上保安本部下里水路観測所(第1図;北緯33.578度,東経135.937度, 楕円体高101.6 m)において,測地衛星「あじさい」,「LAGEOS-I」及び「LAGEOS-II」等に対す る人工衛星レーザー測距(SLR: Satellite Laser Ranging)観測を実施している.

取得したデータは、国際レーザー測距事業(ILRS)に提供するとともに、世界中のSLR局で取 得されたデータと合わせて解析することにより、地球の重心に対する下里の位置を決定している.

第2図に,測地衛星「LAGEOS-I」及び「LAGEOS-II」の測距データを用いて解析した下里レーザー 不動点の位置変化を,GNSS 観測点である IGS 観測点「SMST」の位置変化とともに示す. SLR デー タの解析には,C5++ ソフトウェア(Otsubo et al., 2016 EPS)を,GNSS 解析には RTKLIB version 2.4.2 (Takasu, 2013)をスタティック PPP モードで使用した.



第1図 下里水路観測所の位置 Fig. 1 Site location of the Shimosato Hydrographic Observatory (SHO)



- 第2図 ITRF 2014の速度を適用した上で求めた下里レーザー不動点の変位(黒丸)及びレンジバイアスの値(1 か月解)並びにGNSS 観測点「SMST」の変位(黄丸,1日解).変位量は,解が比較的安定している2005 年1月の局位置解(北緯33.57769313度,東経135.93703761度,楕円体高101.644 m)を基準とし,局地 直交座標系において示している.ITRF 2014における地震に伴う変位は補正していない.エラーバーは1g の範囲を示す.青線は、2004年紀伊半島南東沖地震(M 7.4及びM 6.9,2004年9月5日)及び2011年東 北地方太平洋沖地震(M 9.0,2011年3月11日)の発生日を示す.黄破線,赤破線及び紫破線は、それぞ れGNSS アンテナ・レドーム、SLR 観測装置及びSLR キャリブレーションターゲットの更新日のうち主 要なものを示す。
- Fig. 2 Time series of the SHO displacement (black circles), range bias (black squares), and the displacement of GNSS observation site SMST (yellow circles), aligned to the International Terrestrial Reference Frame (ITRF) 2014. Displacements are shown in local ENU coordinates, relative to the station position in January 2005 (33.57769313°N, 135.93703761°E, 101.644 m). Displacements due to earthquakes in ITRF 2014 are not corrected. Error bars indicate the range of 1σ. Blue lines indicate the dates of the southeastern off Kii-peninsula earthquakes (M 7.4 and M 6.9, 09/05/2004) and the Tohoku-oki earthquake (M 9.0, 03/11/2011). Dashed lines indicate major updates of the GNSS antennae and radome (yellow), SLR observation equipment (red), and the calibration target (purple).

11 - 6 気象庁震度データベースを用いた地震予測 (2019 年の予測結果の評価と 2020 年の予測)

Earthquake forecasting in 2020 by using the seismic intensity database of Japan Meteorological Agency and evaluation of the 2019 forecast

小泉 尚嗣 (滋賀県立大学環境科学部)

Naotsugu Koizumi (Sch. Environ. Sci., Univ. Shiga Pref.)

小泉・今給黎(2017)¹⁾,小泉(2018)²⁾,小泉(2019)³⁾は,今給黎(2016)⁴⁾の原理を用いて,気 象庁震度データベース(気象庁,2020)⁵⁾を用いて2015年~2019年の日本全国47都道府県におけ る震度4以上の地震の予測を行い,前年までの予測結果も評価した.今回は,小泉(2019)³⁾によ る2019年の予測結果を評価すると共に2020年の予測を行う.

2001年~2010年,及び,2012年から2019年まで,1年ずつずらした3年毎の期間について, 各都道府県で震度4以上の揺れを記録した地震の平均発生間隔を第1表に示す.この平均発生間隔 で定常ポアッソン過程に従って震度4以上の地震が発生すると仮定すると発生確率が計算できる. 確率が70%以上なら赤予報,30%未満なら青予報,30%以上70%未満なら黄予報とする.2001-2010年の発生間隔を用いた1年間(365~366日間)の予報と2019年の実際の地震発生状況を 第1図に,2016-2018年の発生間隔を用いた1年間の予報と2019年の実際の地震発生状況を 第2図に示す.第3図と第4図は,2001年~10年及び2017~2019年の地震活動を用いた1年間 と3ヶ月間(90日~92日間)の予測である(2020年の予測と考えても良い).

第1図左図と第2図左図は小泉(2019)³で報告したもので、これらを2019年の1年予測として 結果を評価したのが第2表・第3表である。それぞれの表で、赤予報については、適中率⁹(出し た予報がどれくらいあたるかの割合)と予知率⁹(発生した地震の中でどれくらい予測されていた かを示す割合)を計算した。青予報については、青予報を出して実際に地震が起きなかった割合を 仮に「安心率」として評価した²、黄予報については評価していない。

同様に、2019年の1~3月・4~6月・7~9月・10~12月の各3ヶ月について、小泉(2019)³⁾ が行った震度4以上の地震予測を検証した結果を第4、5表に示す.1年予測の場合に比べて、予 測期間が短くなるので発生確率は小さくなり、結果として、赤予報の割合が減り、青予報の割合が 増える.また、予測期間が短くなるので適中率も下がる.2015年~2019年の1年予測および3ヶ 月予測における予知率・適中率・安心率の推移を第6表・第7表に示す.また、2001年~2019年 に日本で震度4以上を記録した地震の数を第8表に示す.

2015 年~2019年の予知率・適中率・安心率について,予測に用いた地震活動期間を2001~2010年に固定した時と予測年の前の3年にした時では,3ヶ月予測の予知率は、予測に用いた地震活動期間を予測年の前の3年間にした時の方が成績がよい.しかし,他の指標では両者に差はない. また,それぞれの指標のばらつき(標準偏差)は,予測に用いた地震活動期間を2001~2010年に固定した時の方が小さい傾向にある(第6,7表)(小泉尚嗣).

参考文献

1) 小泉尚嗣・今給黎哲郎 (2017), *予知連会報*, 98, 486-494.

2) 小泉尚嗣 (2018), *予知連会報*, 100, http://cais.gsi.go.jp/YOCHIREN/report/kaihou100/12_08.pdf,

2020年3月5日確認.

- 3) 小泉尚嗣 (2019), *予知連会報*, **102**, 391-397.
- 4) 今給黎哲郎 (2016), *予知連会報*, **95**, 425-431.
- 5) 気象庁, 2020, http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php, 2020 年 3 月 4 日確認.
- 6) 宇津徳治 (1977), *地震 2*, **30**, 179-185.
- 7) 白地図ぬりぬり (2020), https://n.freemap.jp/, 2020 年 3 月 4 日確認
- 第1表 各都道府県において震度4以上を記録した地震の平均発生間隔.「-」は対応する期間に震度4以上を記録 する地震がなかったことを示す.
- Table 1
 Average interval of the earthquake whose seismic intensity in JMA is 4 or greater in each prefecture. "-" shows that there was no earthquake whose seismic intensity is 4 or greater.

NO.	都道府県	2001-2010年 平均発生間隔 (日)	2012-2014年 平均発生間隔 (日)	2013-2015年 平均発生間隔 (日)	2014-2016年 平均発生間隔 (日)	2015-2017年 平均発生間隔 (日)	2016-2018年 平均発生間隔 (日)	2017-2019年 平均発生間隔 (日)
1	北海道	61	58	68	61	69	26	27
2	青森	174	64	64	69	91	137	137
3	岩手	99	38	58	78	122	137	122
4	宮城	59	30	52	69	78	78	84
5	秋田	522	365	548	365	219	365	365
6	山形	243	548	1,095	548	548	1,096	1,095
7	福島	85	24	37	46	48	44	55
8	茨城	78	20	32	38	37	38	55
9	栃木	87	41	44	46	55	69	91
10	群馬	228	110	122	157	219	274	274
11	埼玉	130	64	78	69	91	100	219
12	千葉	114	58	78	84	73	64	78
13	東京	94	137	137	137	183	365	274
14	袖奈川	215	73	110	110	183	274	548
15	新潟	34	183	365	365	1 096	548	365
16	宣山	1 826	1 096	1.095	_	-	-	-
17	田田	174	365	365	548	548	1 096	1 095
18	11/1 桓丑	600			540	-	1,090	1,095
10		730	219	548	548	1 096	1,050	1,055
20	山 未 馬昭	166	122	156	127	157	122	137
20	成五	261	122	1.005	1.006	549	549	265
21	政平	102	074	549	1,050	1.006	540	505
22	用手山山	103	2/4	046	1,090	1,090	E 40	546
23	変和	400	1,090	048	1,090	1,090	548	048
24	二里	522	-	-	1,096	1,096	548	1,095
25	滋賀	913	1,096	1,095	1,096	-	1,096	1,095
26	京都	913	548	548	548	1,096	365	548
27	大阪	913	548	548	365	548	274	548
28	兵庫	913	1,096	1,095	1,096	1,096	548	1,095
29	奈良	609	1,096	1,095	1,096	1,096	548	1,095
30	和歌山	522	274	274	548	548	365	548
31	鳥取	522	1,096	219	69	73	91	1,095
32	島根	457	1,096	1,095	365	548	137	183
33	岡山	913	548	548	365	548	365	1,095
34	広島	730	1.096	548	274	365	274	548
35	徳島	1.217	548	365	548	1.096	1.096	548
36	香川	913	548	548	548	1.096	548	1.095
37	愛媛	332	1.096	365	219	274	274	274
38	高知	457	1,096	365	274	365	548	548
39		457	1 096	1.095	219	274	274	-
40	福岡	365	1 096	548	100	110	122	1 095
41	估智	013	1,000	548	157	183	210	-
12	正良	1 217	1,000	-	157	137	137	1 095
42	能太	220	274	265	0	0	0	0.4
43	版平	332	2/4	500	0	0	0	04
44	人力	201	048	048	52	48	48	219
45	占阿	305	2/4	2/4	100	100	110	150
46	 開 開 開 開 開 の の の の の の の の の の の の の	215	15/	122	13	13	91	137

- 第2表 2001 ~ 2010 年の地震活動に基づく震度4以上の地震の1年予測における2019年の検証結果
- Table 2Evaluation of the one-year-forecast of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or
greater in 2019. The forecast is based on the seismic activity during the period from 2001 to 2010.

-	赤予報	黄予報	青予報	小計
地震有り	18	7	1	26
地震無し	2	17	2	21
小計	20	24	3	47
適中率	18/20	0.90		
予知率	18/26	0.69		
安心率	2/3	0.67		

第3表 2016 ~ 2018 年の地震活動に基づく震度4以上の地震の1年予測における2019 年の検証結果 Table 3 Evaluation of the one-year-forecast of the earthquake in 2019, which is based on the seismic activity during the period from 2016 to 2018.

	赤予報	黄予報	青予報	小計
地震有り	17	6	3	26
地震無し	8	7	6	21
小計	25	13	9	47
適中率	17/25	0.68		
予知率	17/26	0.65		
安心率	6/9	0.67		

第4表 2001 ~ 2010 年の地震活動に基づく震度4以上の地震の3ヶ月予測(4回分)における2019 年の検証結果 Table 4 Evaluation of the three-month-forecast in 2019, which is based on the seismic activity during the period from 2001 to 2010.

	赤予報	黄予報	青予報	小計
地震有り	7	29	13	49
地震無し	5	31	103	139
小計	12	60	116	188
適中率	7/12	0.58		
予知率	7/49	0.14		
安心率	103/116	0.89		

第5表 2016 ~ 2018 年の地震活動に基づく震度4以上の地震の3ヶ月予測(4回分)における2019 年の検証結果 Table 5 Evaluation of the three-month-forecast in 2019, which is based on the seismic activity during the period from 2016 to 2018.

	赤予報	黄予報	青予報	小計
地震有り	18	17	14	49
地震無し	10	31	98	139
小計	28	48	112	188
適中率	18/28	0.64		
予知率	18/49	0.37		
安心率	98/112	0.88		

第6表 (a) 予測に用いた地震活動期間を 2001 ~ 2010 年に固定したときの1年予測の評価 Table 6(a) Evaluation of the one-year-forecast, which is based on the seismic activity during the period from 2001 to 2010.

	2015	2016	2017	2018	2019	平均	標準偏差
適中率	0.95	0.85	0.70	0.80	0.90	0.84	0.10
予知率	0.59	0.46	0.78	0.44	0.69	0.59	0.14
安心率	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.00

第6表(b) 予測に用いた地震活動期間を直前の3年間にしたときの1年予測の評価

Table 6(b) Evaluation of the one-year-forecast, which is based on the seismic activity for the last three years.

	2015	2016	2017	2018	2019	平均	標準偏差
適中率	0.90	0.94	0.62	0.75	0.67	0.77	0.14
予知率	0.59	0.46	0.89	0.50	0.62	0.61	0.17
安心率	0.53	0.36	0.89	0.21	0.67	0.53	0.26
予測に用いた 地震活動期間	2012-14	2013-15	2014-16	2015-17	2016-18		

第7表(a) 予測に用いた地震活動期間を2001~2010年に固定したときの3ヶ月予測の評価

Table 7(a) Evaluation of the three-month-forecast, which is based on the seismic activity during the period from 2001 to 2010.

	2015	2016	2017	2018	2019	平均	標準偏差
適中率	0.58	0.58	0.50	0.75	0.58	0.60	0.11
予知率	0.12	0.10	0.16	0.16	0.14	0.14	0.03
安心率	0.85	0.75	0.91	0.79	0.89	0.83	0.07

第7表(b) 予測に用いた地震活動期間を直前の3年間にしたときの3ヶ月予測の評価

Table 7(b) Evaluation of the three-month-forecast, which is based on the seismic activity for the last three years.

	2015	2016	2017	2018	2019	平均	標準偏差
適中率	0.75	0.75	0.57	0.53	0.64	0.65	0.10
予知率	0.53	0.29	0.68	0.33	0.37	0.44	0.16
安心率	0.85	0.75	0.98	0.81	0.88	0.85	0.08
予測に用いた 地震活動期間	2012-14	2013-15	2014-16	2015-17	2016-18		

第8表 2001年~2019年に日本で震度4以上を記録した地震の数

Table 8 Numbers of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or greater in Japan from 2001 to 2019.

年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
地震数	37	28	71	105	49	28	57	42	40	37	324	81	64	55	44	192	40	78	40


- 第1図 左図:2001~2010年の地震活動に基づく震度4以上の揺れを感じる地震の各都道府県における1年間の 予報.赤:地震あり(確率70%以上),黄色:不明(同30-70%),青:地震無し(同30%未満).なお, この図の作成には、白地図ぬりぬり(2020)⁷⁾というプログラムを用いた.他の図も同様である.右図: 2019年に震度4以上の地震を記録した都道府県.白:地震有り,黒:地震無し.
- Fig. 1 Left: One-year-forecast of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or greater in each prefecture. Red: The probability is 70% or greater. Yellow: The probability is 30% or greater but smaller than 70%. Blue: The probability is smaller than 30%. Each probability is calculated from the seismic activity during the period from 2001 to 2010. This figure was drawn by the program for map display named "Shiro-chizu nuri nuri"⁷⁾. The other figures were also drawn by the same program. Right: Occurrence of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or greater in each prefecture in 2019. White color means the earthquake occurred and black color means the earthquake did not.



- 第2図 左図:2016~2018年の地震活動に基づく震度4以上の揺れを感じる地震の各都道府県における1年間予報. 右図:2019年に震度4以上の地震を記録した都道府県.白:地震有り,黒:地震無し.
- Fig. 2 Left: One-year-forecast of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or greater in each prefecture. The probability is calculated from the seismic activity during the period from 2016 to 2018. Right: Occurrence of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or greater in each prefecture in 2019. White color means the earthquake occurred and black color means the earthquake did not.



- 第3図 震度4以上の揺れを感じる地震の各都道府県における1年間予報. 左図:2001~2010年の地震活動に基づく予報. 右図:2017~2019年の地震活動に基づく予報.
- Fig. 3 One-year-forecast of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or greater in each prefecture. Left: The forecast based on the seismic activity during the period from 2001 to 2010. Right: The forecast based on the seismic activity during the period from 2017 to 2019.



- 第4図 震度4以上の揺れを感じる地震の各都道府県における3ヶ月間予報. 左図:2001~2010年の地震活動に 基づく予報. 右図:2017~2019年の地震活動に基づく間予報.
- Fig. 4 Three-month-forecast of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or greater in each prefecture. Left: The forecast based on the seismic activity during the period from 2001 to 2010. Right: The forecast based on the seismic activity during the period from 2017 to 2019.

重点検討課題の検討

第226回 地震予知連絡会重点検討課題 「地表に痕跡を残さない地震」

第227回 地震予知連絡会重点検討課題 なし

12-1 第 226 回地震予知連絡会重点検討課題「地表に痕跡を残さない地震」概要 Summary of intensive discussion subject "Blind fault earthquake and its characteristics"

> 高橋 浩晃(北海道大学大学院理学研究院) Hiroaki Takahashi (Faculty of Science, Hokkaido University)

1. はじめに

2000 年鳥取県西部地震など,地表では明瞭な活断層が見られない場所でも被害地震が発生している.M7クラスの内陸地震でも地表に明瞭な地震断層が出現しない事例がある.2018年北海 道胆振東部地震など,中規模かつ震源が深いが強震動で被害が発生する地震もある.内陸地震の 発生ポテンシャル評価の高度化のためには,これら地表に明瞭な痕跡を残さない地震の特徴を整 理するとともに,被害に直結する強震動特性を検討することが必要である.

- 2. 研究の紹介と議論の概要
- 2-1. 北海道胆振東部地震などの地表に痕跡を残さない地震の特徴

北海道胆振東部地震等に関するこれまでの研究成果が紹介され,震源距離 100 km 以内では一 般的な予測式より大きな揺れがあったことや,震源域が地震波速度構造等の境界に位置する等の 特徴が示された.潜在断層地震の評価可能性の検討には,他の場所との地下構造の比較や,定常 地震活動・地殻歪分布の活用等が必要との指摘があった.

2-2. M7 震源は上部地殻にどのくらい隠れているか~痕跡を残さない地震, 痕跡を消される地震, 地震を起こさず痕跡だけを残す断層~

日本列島では M7 前後の地震の約半数で震源断層相当の地震断層が出現しないことが紹介された. 堆積・侵食速度が断層変位速度を上回る地域が多いことから多数の潜在活断層の存在が疑われることや M7 前後の地震の震源となり得る短い活断層・潜在活断層は特定の地域に偏在しやすいこと等が指摘された.

- 2-3. 力学モデルに立脚した第2ステージの地震による強震動予測のための震源モデル 地表断層変位を伴う地震では、周期約3秒の揺れが卓越する地震波が地震発生層より浅い層から放出されていることが紹介された.現在の強震動予測では、地震発生層内の断層を対象にモデル化して周期約1秒が卓越するような手法を用いているが、地震発生層よりも浅い断層も考慮した強震動予測手法の確立が必要であることが指摘された.
- 2-4. 震源断層の長期評価に向けて

20世紀以降に発生した M6.5 以上の内陸地震の4割では断層が地表に出現せず伏在することや 反射法地震探査により平野下の伏在断層の解明が進みつつあること等が紹介された.震源断層の 評価には,沈み込みシステムを含む物理モデルを構築し,地殻変動から見積もられる震源断層へ の載荷応力等から地震発生ポテンシャルを評価することが重要であることが指摘された.

3. 議論とまとめ

地表に痕跡を残さない地震が高い頻度で発生しており、これらを含めた形での内陸地震発生ポ テンシャルの評価手法の検討が必要である.伏在する活断層の認識・抽出においては、断層面上 すべりの空間分布など断層運動そのものの特性や,断層の成熟度,浸食堆積作用などの時空間的 な重ね合わせを検討することで,地域ごとの特性に基づいた評価を行える可能性が期待できる. 短い断層が卓越する地域や,長大断層で応力をほとんど解放する地域が識別出来れば,断層長の 頻度分布からグーテンベルグ・リヒター則への応用も視野に入り,地震発生の確率評価へとつな げられる可能性がある.また,データが蓄積されつつある地震活動の時空間的特性や地殻歪の空 間分布などを活用するのも重要である.近年発展が見られる反射法探査技術の活用や,既存の地 下構造や地質構造データを組み合わせることで,伏在断層の検出がより高い確度で行える可能性 があり,技術面や評価方法の検討を進めることが期待される.

潜在断層で発生する地震では周期1秒付近の地震波が強いが,震源断層が地表に到達した場合 には周期3秒付近の地震波が強くなり,大きな被害を受ける構造物が違ってくるほか,断層変位 そのものによる被害などが予想される.潜在断層地震を含めた多様な内陸地震に対応可能な強震 動予測モデルの構築が進められているが,近年の高密度な観測データ等との比較を進めて精度を 上げていくことが期待される.広域的な沈み込みシステムの中での内陸断層への応力載荷過程を 考慮して,潜在断層を含めた内陸地震の地域ごとの確率評価を行い,それに基づく広帯域な強震 動予測を行うことで,より現実的な地域ごとの地震ハザード評価が可能になると考えられる.

12-2 北海道胆振東部地震などの地表に痕跡を残さない地震の特徴 Characteristics of inland earthquakes without surface faults

高橋 浩晃(北海道大学大学院理学研究院) Hiroaki Takahashi (Faculty of Science, Hokkaido University)

1. はじめに

2018年北海道胆振東部地震は, Mw6.6で震源の深さ37kmの中規模地震であったにも関わらず, 北海道で観測史上初の震度7を記録し,同時斜面崩壊などの大きな被害をもたらした.この地震 は,地震地表断層が出現しない,「地表に痕跡を残さない地震」の1つであった.この地震をはじめ, これまで発生した主な地表に痕跡を残さない地震の地下構造等を比較することで,その特徴を検 討する.

2. 震源分布

震源は深さ 20~40 km の東下がりの高角面状に分布しており,主要活断層である石狩低地東縁 断層帯南部の形状とは一致しない¹⁾.余震のほとんどは,上部マントル内で発生している²⁾.上 盤プレート内の地震というよりは,マントルウエッジのコールドノーズの地震活動として捉えた ほうが良いのかもしれない.余震域では,地震前から深い地震活動が定常的に見られていた.ま た,破壊開始点は余震域の最深部に位置していた.

3. 強震動特性

北海道胆振東部地震では,震源距離 100 km 程度以内において,一般的な最大加速度・最大速 度の距離減衰式³⁾よりも一桁程度大きな値が観測された^{4),5)}.また,K-net や Kik-net によって, 地震波形が空間的に変化している様子が克明に観測され,震源北側では相対的に短周期が,木造 建築物被害の出た震源南側では周期 1 秒付近の相対的に長周期が卓越している⁶⁾.札幌市内で発 生した宅地液状化周辺でも 2003 年十勝沖地震よりも短周期成分が卓越した波形であった.

4. 大すべり域

大すべり域は深さ 25-30 km と一般的な内陸地震に比べて有意に深い位置にある^{6),7),8)}. 強震動 生成域が深さ 20 km 付近に 2 つ推定されており,その応力降下量は 52 MPa と 74 MPa と大きな 値となっている⁹⁾.

5. 地下構造との比較

北海道胆振東部地震の震源域は,地震波速度構造のやや高速度側,減衰構造の境界付近に位置 している^{10,11,12,13}.また,震源域が低比抵抗である可能性が指摘されている¹⁴⁾.地表に明瞭な 地震断層が出現しなかった 2004 年新潟県中越地震や 2007 年岩手・宮城内陸地震でも,震源域が 地震波速度構造の境界付近に位置することが指摘されている^{15,16)}.また,同様に地震断層が出 現しなかった 2004 年新潟県中越地震・2007 年岩手宮城内陸地震・2007 年能登半島沖地震の震源 域の直下に比抵抗構造が見いだされている¹⁷⁾¹⁸⁾¹⁹⁾.これらの特徴は,震源断層が出現した内陸地 震にも共通して見られている.

6. まとめ

北海道胆振東部地震では、震源近距離において一般的な予測値よりも強い強震動が観測された.潜在断層地震では、中規模でも大きな災害誘因ポテンシャルを有していることを改めて示している.その物理的な原因の1つとして、大すべり域が深く、強震動生成域の応力降下量が大き

くなることが考えられる.一方,被害との比較では,地震波形が伝播経路や地盤構造の影響を強 く受けることを考慮することが必要である.潜在断層地震の震源域は,地震波速度構造の境界付 近に位置し,低比抵抗構造が見られるなどの特徴があった.これは地表地震断層が出現した内陸 地震と同様であり,内陸地震が発生する地域に共通している可能性がある.北海道胆振東部地震 や 2000 年鳥取県西部地震の余震域では,地震発生前から定常的な地震活動が見られ,破壊開始 点はその最深部付近であった.これは,地震動予測において,断層破壊の指向性の影響を事前に 検討できる可能性を示唆する.

参考文献

- Katsumata, K., Ichiyanagi, M., Ohzono, M. et al. (2019) The 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake (MJMA=6.7) was triggered by a strike-slip faulting in a stepover segment: insights from the aftershock distribution and the focal mechanism solution of the main shock. *Earth Planets Space*, **71**, 53.
- Iwasaki, T., Tsumura, N., Ito, T. et al. (2019) Structural heterogeneity in and around the fold-and-thrust belt of the Hidaka Collision zone, Hokkaido, Japan and its relationship to the aftershock activity of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake. *Earth Planets Space*, **71**, 103.
- 3) 司宏俊・翠川三郎(1999) 断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減 衰式, 日本建築学会構造系論文集, 523, 63-70.
- 4) Dhakal, Y.P., Kunugi, T., Kimura, T. et al. 2019 Peak ground motions and characteristics of nonlinear site response during the 2018 Mw 6.6 Hokkaido eastern Iburi earthquake. *Earth Planets Space*, **71**, 56.
- 5) 高井伸夫・重藤迪子 2019 2018 年北海道胆振東部地震における強震動と被害の概要, 地震 ジャーナル, 67, 10-18.
- 6) Asano, K., Iwata, T. 2019, Source rupture process of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake deduced from strong-motion data considering seismic wave propagation in three-dimensional velocity structure. *Earth Planets Space*, **71**, 101.
- 7) Kobayashi, H., Koketsu, K. & Miyake, H., 2019 Rupture process of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake derived from strong motion and geodetic data. *Earth Planets Space*, **71**, 63.
- Kubo, H., Iwaki, A., Suzuki, W. et al. 2020 Estimation of the source process and forward simulation of long-period ground motion of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi, Japan, earthquake. *Earth Planets Space*, 72, 20.
- 9) 佐藤智美 2019 2018 年北海道胆振東部地震の広帯域震源モデルと強震動特性, 日本建築学 会構造系論文, 84, 763, 1175-1185.
- Gou T., Z. Huang, D. Zhao, L. Wang, 2019 Structural Heterogeneity and Anisotropy in the Source Zone of the 2018 Eastern Iburi Earthquake in Hokkaido, Japan, J. Geophys. Res., 124, doi.org/ 10.1029/2019JB017388.
- 11) Kita, S. 2019, Characteristics of relocated hypocenters of the 2018 M6.7 Hokkaido Eastern Iburi earthquake and its aftershocks with a three-dimensional seismic velocity structure. *Earth Planets Space*, 71, 122.
- 12) Nakamura, R., Shiina, T. 2019 Three-dimensional S-wave attenuation structure in and around source area of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake, Japan. *Earth Planets Space*, **71**, 114.

- 13) Kobayashi, T., Hayashi, K. & Yarai, H. 2019 Geodetically estimated location and geometry of the fault plane involved in the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake. *Earth Planets Space*, **71**, 62.
- 14) Ichihara, H., Mogi, T., Satoh, H. et al. 2019 Electrical resistivity modeling around the Hidaka collision zone, northern Japan: regional structural background of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi earthquake (Mw 6.6). *Earth Planets Space*, **71**, 100.
- 15) Okada, T., Umino, N., Matsuzawa, T. et al. 2005 Aftershock distribution and 3D seismic velocity structure in and around the focal area of the 2004 mid Niigata prefecture earthquake obtained by applying double-difference tomography to dense temporary seismic network data. *Earth Planet Sp*, 57, 435-440.
- 16) Okada T, Umino N, Hasegawa A, 2012 Group for the aftershock observations of the Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake in 2008: Hypocenter distribution and heterogeneous seismic velocity structure in and around the focal area of the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake, NE Japan — possible seismological evidence for a fluid driven compressional inversion earthquake. *Earth Planets*, 64: 717-728.
- 17) Uyeshima, M., Ogawa, Y., Honkura, Y. et al. 2005 Resistivity imaging across the source region of the 2004 Mid-Niigata Prefecture earthquake (M6.8), central Japan. *Earth Planet Sp*, **57**, 441-446.
- 18) Yoshimura, R., Oshiman, N., Uyeshima, M. et al. 2008 Magnetotelluric observations around the focal region of the 2007 Noto Hanto Earthquake (Mj 6.9), Central Japan. *Earth Planet Sp*, **60**, 117-122.
- 19) Ichihara, H., Sakanaka, S., Mishina, M. et al. 2014 A 3-D electrical resistivity model beneath the focal zone of the 2008 Iwate-Miyagi Nairiku earthquake (M 7.2). *Earth Planet Sp*, **66**, 50.

 12-3 M7 震源は上部地殻にどのくらい隠れているか ~痕跡を残さない地震,痕跡 を消される地震,地震を起こさず痕跡だけを残す断層 How many M~7 sources are hidden in the upper crust: Earthquakes do not leave surface ruptures, earthquakes leave short-lived surface rupture, and surfacerupturing faults without their own earthquakes

遠田 晋次(東北大学災害科学国際研究所)

Shinji Toda (International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University)

M 7 前後の浅部地殻内地震(以下,内陸地震)は必ずしも既知の活断層から発生しない. 1923 年以降の M6.7 以上の内陸地震の半数以上は活断層外で発生している¹⁾. なかには地震後の地形判 読によって新たに短い活断層が示されることもあるが,それでも震源部分の大半は地表に現れてい ない. このような潜在活断層や短い活断層によるM 7 内陸地震の過少見積もりは,C 級活断層問題 ²⁾として指摘されていた.一方で,干渉 SAR などリモートセンシングによる地震性地殻変動の検 出技術は 1990 年代以降急速に発達し,面的な変位場の可視化・地震断層詳細分布の把握を可能に した.特に,熊本地震では,1つの内陸地震時に多数の「お付き合い」断層³⁾としての短い活断層 が含まれることがわかった⁴⁾. 孤立した短い活断層は全国に多数存在し,多数の潜在活断層・短い 活断層が起震断層として存在するのは疑いの余地がないが,一方で非震性の短い断層も今後検討さ れるべきである.

本発表では、内陸の M7 震源について、断層の地域性・偏在性、断層成熟度、地殻応力の蓄積・ 解放過程の効率性など、マクロな視点から下記の様にまとめた.

1)検出・認識問題と本質的な問題に分けて考えるべき.前者に関して,日本列島では,M~7震 源の半数で震源断層相当の地震断層が出現しない.また,長期的にみて堆積・侵食速度が断層変位 速度を上回る地域が多く,多数の潜在活断層が疑われる.

2) 断層構造には階層性があり、1) プレート境界→2) 主要活断層→3) 短い活断層・潜在活断層 の順に弾性歪みを解消する.1)-2)の役割・影響が小さな地域では,継続的な地震活動として3)が担う. そのため、M~7 震源となり得る短い活断層・潜在活断層は、特定の地域に偏在しやすい.

3) 1 つの地殻内大地震で地震動生成に関係ない多数の地表地震断層が出現する.変位は小さいが,毎回「お付き合い」すると C 級活断層として認識される.強震動ハザード評価からは M ~ 7 震源 を減らすことになるが,断層変位ハザードは広域におよぶことになる.

参考文献

- 1) 遠田晋次(2013)内陸地震の長期評価に関する課題と新たな視点. 地質学雑誌, 119, 105-123.
- 2) 浅田 敏(1991)活断層に関する 2~3の問題. 活断層研究, 9,1-3.
- 3) 宇根 寛ほか(2018)トレンチ掘削による阿蘇外輪山北西部の「お付き合い地震断層」の累積 性の確認と活断層評価におけるその意義. *日本地球惑星科学連合 2018 年大会*,講演要旨.
- Fujiwara, S. et al. (2016) Small-displacement linear surface ruptures of the 2016 Kumamoto earthquake sequence detected by ALOS-2 SAR interferometry. *Earth Planets Space (EPS)*, 68:160. doi:10.1186/ s40623-016-0534-x.



第1図 地殻内の M7 震源の分布の概念図.

Fig. 1 Fig. 1. Conceptual models showing the relation between surface expression of active faults and subsurface seismic source faults to generate $M \ge 7$ earthquakes.



- 第2図 断層システム成熟度の概念図. 左:活断層分布の概念図(Wesnousky, 1989を改変),中央:左の分 布をもとに応力変化を可視化,右:広域応力レベルの時系列概念図. それぞれ上段は未成熟な断層群, 下段は成熟した大断層が地域内に存在する場合.
- Fig. 2 Schematic illustration of fault development and fault maturity. Left: Conceptual sketch of fault maturity modified form Wesnousky (1989), center: Stress change due to the fault distributions in the left panel. right: Regional stress level as a function of time. All upper panels are in immature system whereas the lower ones are in mature system.

12-4 力学モデルに立脚した第2ステージの地震による強震動予測のための震源モデル

Seismic source model for predicting strong motions from second-stage earthquakes based on mechanical model

壇 一男 (清水建設技術研究所)

Kazuo Dan (Institute of Technology, Shimizu Corporation)

地表断層を伴わない第1ステージの地震(1995年兵庫県南部地震や1989年米国ロマプリータ地 震など)では周期約1秒の大振幅記録が得られ,甚大な被害をもたらしている。

地震調査研究推進本部では,1995年兵庫県南部地震での周期約1秒の大振幅記録が再現できる 手法を,強震動予測のための「レシピ」としてとりまとめ,全国の主な活断層の地震による強震動 を予測している。このとき,断層のモデル化は,深さ2,3 km ~ 20 km 程度の地震発生層内に限ら れる。

第1図に示す地表断層を伴う第2ステージや第3ステージの地震(1994年米国 Landers 地震や 2016年熊本地震など)では周期約3秒の大振幅記録が得られ,永久変位も観測されている。これ らの波は,深さ2,3kmより浅い断層面(地震発生層より浅い層)から放出されたと考えられている。

第2図~第11図に示すような、地震発生層よりも浅い断層面も考慮した強震動予測のための断層のモデル化手法の確立が必要である。第12図~第14図に地殻内地震の規模別断層イメージを示す。

同様の課題は、大津波を励起する沈み込み帯のプレート境界地震にもある。第15図〜第17図に 沈み込み帯におけるプレート境界地震の規模別断層イメージを示す。

参考文献

- 1) Dan et al., 7ICEGE, 1952-1960, 2019.
- 2) 納所・他, 日本建築学会大会, 構造 II, 759-760, 2018.
- 3) 壇, 強震動予測に用いられる学術用語としての「アスペリティ」について, *日本建築学会構造 系論文集*(投稿中), 2020.







第2図 2016年熊本地震への適用例(深部断層)¹⁾

Fig. 2 Example of the 2016 Kumamoto earthquake (deep fault)¹⁾.



第3図 深部断層のすべり速度時間関数¹⁾

Fig. 3 Slip velocity time functions on the deep fault¹⁾ $(\text{deep fault})^{1)}$.

	small-slip area		large-slip area	small-slip area	
depth 3km	1.4m, 35.9cm/s	1.4m, 61.1cm	's 5.1m, 297cm/s	1.4m, 61.	lcm/s
			asperity		_
	aspenty		12.2MPa		
seismogenic laver	12.2MPa	asperity	5.1m		
sensinogenie nijer	4.8m	12.2MPa	595cm/s		-
	478cm/s	3.6m		background	-
	first hypocenter	489cm/s		2.0MPa	
	1.2MPa	econd hypocent	er	1.4m	depth
depth 17km	1.4m, 71.8cm/s			123cm/s	17kn

第4図 2016年熊本地震への適用例(全断層)¹⁾

Fig. 4 Example of the 2016 Kumamoto earthquake (entire fault)¹⁾.



第5図 浅部断層のすべり速度時間関数¹⁾ Fig. 5 Slip velocity time functions on the shallow fault¹⁾.



(obs: observed, D: deep part only, D+S: deep and shallow parts)

第6図 益城(断層線距離2km)での速度波形¹⁾ Fig. 6 elocity motions at Mashiki Station (2 km from the fault trace)¹⁾.



(obs: observed, D: deep part only, D+S: deep and shallow parts)

第8図 西原村(断層線距離700m)での速度波形¹⁾





(obs: observed, D: deep part only, D+S: deep and shallow parts)

第7図 益城(断層線距離2km)での変位波形¹⁾

Fig. 7 Displacements at Mashiki Station (2 km from fault trace)¹⁾.



(obs: observed, D: deep part only, D+S: deep and shallow parts)

第9図 西原村(断層線距離700m)での変位波形¹⁾ Fig. 9 Displacements at Nishihara Station (700 m from the fault trace)¹⁾

0

0

10 20 30 40

Time (s)

UD



第11図 西原村での評価結果²⁾ Fig. 11 Synthetics at Nishihara Station²⁾.

第10図 ごく表層のすべり量を2mに変えた断 層モデル²⁾

(D=2.0m)

大すべり域

(D=4.0m)

(D=5.0m)

小すべり域

(D=0.82m)

背景領域

(D=1.03m)

Fig. 10 Fault model with the slip of 2 m on the veryshallow fault²⁾.



第 12 図 Mw 6 クラスの地殻内地震³⁾

Fig. 12 Crustal earthquake of Mw 6 class³⁾.



high-stress-drop large-slip area = SMGA

第 14 図 Mw 7 クラス以上の地殻内地震³⁾ Fig. 14 Crustal earthquake of Mw 7 class and beyond.



第13図 Mw 6.5クラスの地殻内地震³⁾ Fig. 13 Crustal earthquake of Mw 6.5 class³⁾.



high-stress-drop large-slip area = SMGA large-slip area

- 第15図 *Mw* 8 クラスの沈み込み帯のプレート境 界地震³⁾
- Fig. 15 Subduction plate-boundary earthquake of *Mw* 8 class.



high-stress-drop large-slip area = SMGA

- 第 16 図 Mw 8.5 クラスの沈み込み帯のプレート 境界地震³⁾
- Fig. 16 Subduction plate-boundary earthquake of *Mw* 8.5 class.



第 17 図 Mw 9 クラスの沈み込み帯のプレート境 界地震³⁾

Fig. 17 Subduction plate-boundary earthquake of *Mw* 9 class.

12-5 震源断層の長期評価に向けて Towards a new model for assessing seismic risk in an overriding plate

佐藤 比呂志・石山 達也・橋間 昭徳(東京大学地震研究所) Hiroshi Sato, Tatsuya Ishiyama and Akinori Hashima (Earthquake Research Institute, The university of Tokyo)

1. はじめに

上盤プレート内の被害地震の長期評価は,現在,活断層の活動履歴を中心に行われているが, 活動履歴を明らかにできる断層の割合は高くない.20世紀以降,日本列島の陸域周辺で発生し たM6.5の地殻内地震について,a)活断層に対応した地震,b)伏在した活断層-震源断層が明 らかなもの,c)対応する震源断層が事前には予測できないものに区分した(図1).その結果, 30の地震の中でそれぞれの型の出現頻度は,37,40,23%である.長期評価の基礎になる活断層 に対応した地震は約4割弱であり,履歴を求めることが困難な伏在断層や,震源断層を地質構造 などと結びつけられない地震が過半数を超える.このことは,活断層の活動履歴に特化した長期 評価では,被害を発生させる上盤プレート内の震源断層を充分に評価できないことを示している. ここでは,伏在活断層検出の重要性と,上盤プレートの物理モデルによる長期評価の可能性について述べる.

2. 伏在活断層の検出

被害地震の事前予測性を向上させるためには、伏在断層を検出していくことは重要である. 1948年に甚大な被害を引き起こした福井地震(M7.1)については,伏在している断層を地質構 造として捉えることは出来なかった. 最近の多チャンネルの長大展開による高分解能反射法地震 探査によって,伏在断層の存在が明らかになった¹⁾.他方,新潟平野のように第四紀後期も広域 的な沈降運動が継続している場合があり、変動地形が埋積されることにより変動地形学な手法の みでは活構造の認定が困難になる場合がある²⁾(図2).福井地震や兵庫県南部地震の例を挙げる までもなく、平野下に伏在する活断層は都市部に甚大な被害を与える。1995年の兵庫県南部地 震を契機として多数の活断層調査が実施されているが、既存の活断層について実施されているも ので,平野部の伏在断層調査自体,不充分なまま放置されている.伏在活断層を明らかにするた めには、反射法地震探査が有効である.近年、独立型受振器を利用した多チャンネル展開、低周 波発震などにより,深部から浅部までの断層の明瞭なイメージが得られるようになってきた.図 3に示すのは2019年に日本海地震・津波調査プロジェクトで取得した庄内平野横断区間の反射 法地震探査断面である. 庄内平野では, 1894年に M7.0の庄内地震が発生し, 平野部に甚大な被 害を与えた.反射法地震探査断面では,平野下の余目背斜の西翼部に伏在断層の存在が明らかに なり、120万年前以降の地層にも顕著な成長層を形成しており活断層と判断される. 庄内地震の 震源断層としては、庄内平野東縁断層帯が相当すると考えられているが、平野部直下の伏在断層 が庄内地震の震源断層となった可能性が高い.

地質構造などと関連づけられない地震の例として,2000年鳥取県西部地震(M7.3)があげられる. Vp/Vs比の地震波トモグラフィ³⁾による深さ10kmでの平面図では,震源断層は速度構造の変化領域に位置していることが指摘されており⁴⁾,地震波速度構造の重要性を示している.中国地方では変動地形的に活断層と認定できない地域で,微小地震の面状配列が顕著であり⁵⁾,自

然地震を利用した震源断層マッピングの可能性を示唆している.

2018年の胆振東部地震は、基本的には cold nose と呼ばれるスラブの沈み込みにより温度が低下した上部マントルで発生した地震で⁶、この地震はコールドノーズ地震の防災上の重要性を示唆したものと見なすことができる。尚、このタイプの地震については、事前に断層モデルを構築することは極めて困難であるが、地震発生ポテンシャルの評価としては今後対象にしていく必要がある。

3. 上盤プレートの物理モデルによる地震発生ポテンシャルの評価

2011 年東北地方太平洋沖地震は、プレート境界面での固着状況が上盤プレートの地殻変動や 応力状態に大きな影響を及ぼすことを明瞭に示唆した。稠密な地殻変動を再現できる上盤プレー トの物理モデルを構築することにより、上盤プレート内の応力状態を計算することが可能になる。 こうしたモデルの中で、震源断層が明らかにされていれば震源断層面でのクーロン応力の蓄積速 度を求めることができる。2016 年熊本地震や 2005 年福岡西方沖地震のように、三次元有限要素 法によるクーロン応力の計算が地震発生ポテンシャルの評価に有効であることが、明らかになっ てきた⁷⁾.現状では上盤プレートの構造、とくにリソスフェアー・アセノスフェアー境界(LAB) に単純な形状を与えているが、今後、より現実的な形状・物性を取り込んだものにしていく必要 がある.このためには、観測による LAB や震源断層のマッピングの他、断層の動き易さのパラ メータである活断層の平均変位速度情報の収集が重要である.

参考文献

- Ishiyama, T., Kato, N., Sato, H., & Koshiya, S. (2017). Transfer fault earthquake in compressionally reactivated back-arc failed rift: 1948 Fukui earthquake (M7. 1), Japan. In *EGU General Assembly Conference Abstracts* (Vol. 19, p. 11094).
- 2) 石山達也・加藤直子・佐藤比呂志・鈴木毅彦・戸田 茂・今泉俊文 (2010) 角田 弥彦断層の変 動地形と浅部地下構造,月刊地球, **370**, 411-416.
- 3) Matsubara, M. and Obara, K., 2011, The 2011 off Pacific cast of Tohoku earthquake related to a strong velocity gradient with the Pacific plate, *Earth, Planets and Space*, **63**, 663-667.
- 4) 石川正弘・坪川裕美子・高橋宏和(2017)構成岩石モデルの構築,平成28年度「日本海地震・ 津波調査プロジェクト」成果報告書,235-248.
- 5) Yano, T. E., T. Takeda, M. Matsubara, K. Shiomi (2017) Japan unified hIgh-resolution relocated catalog for earthquakes (JUICE): Crustal seismicity beneath the Japanese Islands, Tectonophysics, 702, 19–28.
- 6) Iwasaki, T., N. Tsumura, T. Ito, K. Arita, M. Matsubara, H. Sato, E. Kurashimo, N. Hirata, S. Abe, K. Noda, A. Fujiwara, S. Kikuchi, K. Suzuki (2019) Structural heterogeneity in and around the fold-and-thrust belt of the Hidaka Collision Zone, Hokkaido, Japan and its relationship to the aftershock activity of the 2018 Hokkaido Eastern Iburi Earthquake, *Earth, Planets and Space*, **71**,103. https://doi.org/10.1186/s40623-019-1081-z.
- 7) 橋間昭徳・佐藤比呂志・石山達也・Andrew M. Freed・Thorsten W. Becker (2019) 南海トラフの 固着による西南日本の震源断層における応力蓄積, 地震予知連会会報, 102, 431-433.
- 8) 土谷信之・大沢穠・池辺穰(1984) 鶴岡地域の地質.地域地質研究報告(5万分の1図幅), 地質調査所,77 p.



- 第1図 震源断層システムの区分(A-C)と20世紀以降の日本列島周辺のM6.5以上の上盤プレート内を発 生させた震源断層の区分.A:活断層型(地表地震断層を伴う),B:伏在活断層,C:震源断層(震源 断層と地質構造の対応がつかないもの).円グラフ中の数値は,30個の地震の中での割合
- Fig. 1 Type of source fault systems (A -C) and the proportion of each types in the overriding plate earthquakes larger than Mj 6.5 in the Japanese islands since 1901.



第2図 沈降堆積盆地内での伏在活断層の概念図 Fig. 2 Schematic diagram showing the development of active blind fault in a subsided sedimentary basin.



- 第3図 庄内平野を横断する反射法地震探査断面と屈折トモグラフィ法による P 波速度構造.地質構造解釈は暫 定的.上段の測線図の基図は,土谷ほか(1984)⁸⁾の5万分の1地質図による
- Fig. 3 Seismic reflection and P-wave velocity profiles with temporal geologic interpretation across the Shonai basin,northern Honshu, Japan. Geological map showing the seismic line is after Tsuchiya et al. (1984)⁸⁾.

連絡会記事

第226回地震予知連絡会議事次第

- 日 時:令和2年2月21日 13:00~17:00
- 場 所:地震予知連絡会大会議室(関東地方測量部内)

- 1. 開 会
- 2. 会長挨拶
- 3. 事務的事項
 - 1) 出席者・資料の確認
 - 2) 第 224 回・第 225 回の議事録確認
 - 3) 地震予知連絡会 SAR 解析 WG の活動状況
 - 4) 重点検討課題運営部会報告
 - 5) 今後の部会のあり方について
 - 6) 50周年記念企画「50年のあゆみ」の作成・発行について
- 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
 - a. 地震活動

気象庁

全国 M5.0 以上の地震と主な地震の発震機構

b. 地殻変動

国土地理院

GEONET による全国の地殻水平変動

GEONET による2期間の地殻水平変動ベクトルの差

GNSS 連続観測から推定した日本列島のひずみ変化

2) 東北地方太平洋沖地震関連

国土地理院

地殻変動ベクトル

GNSS 連続観測時系列

- 3) プレート境界の固着状態とその変化
 - a. 日本海溝・千島海溝周辺
 - b. 相模トラフ周辺・首都圏直下
 - c. 南海トラフ・南西諸島海溝周辺

国土地理院

紀伊半島北部の非定常水平地殻変動

紀伊半島西部・四国東部の非定常水平地殻変動

- 四国地方の非定常水平地殻変動
- 九州北部の非定常水平地殻変動

防災科学技術研究所

日本周辺における浅部超低周波地震活動

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

- d. その他
- 4) その他の地殻活動等

気象庁

宗谷地方北部の地震(12月12日M4.2) 青森県東方沖の地震(12月19日M5.5)

- 5. 重点検討課題の検討
 - 1) 第 226 回地震予知連絡会重点検討課題の検討

「地表に痕跡を残さない地震について」

コンビーナ 高橋 浩晃 委員

- (1) 北海道胆振東部地震などの地表に痕跡を残さない地震の特徴 高橋 浩晃 委員
- (2) M7 震源は上部地殻にどのくらい隠れているか ~痕跡を残さない地震,痕跡を消される地震、地震を起こさず痕跡だけを残す断層 遠田 晋次 委員
- (3) 力学モデルに立脚した第2ステージの地震による強震動予測のための震源モデル 清水建設株式会社技術研究所 壇一男様
- (4) 震源断層の長期評価に向けて 佐藤 比呂志 委員
- 2) 総合討論
- 3)第227回地震予知連絡会重点検討課題の趣旨説明 課題名「日本列島モニタリングの将来像」 コンビーナ 小原一成委員
- 6. その他の議事

閉 会

第227回地震予知連絡会議事次第

日 時:令和2年5月20日 13:00~5月22日17:00

場 所:メールによる書面会議

- 1. 開 会
- 2. 会長挨拶
- 3. 事務的事項
 - 1) 地震予知連絡会委員の交代について
 - 2) 第 226 回の議事録確認
 - 3) 地震予知連絡会 SAR 解析 WG の活動状況
 - 4)「地震予知連絡会 50 年のあゆみ」の発行について
- 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
 - a. 地震活動
 - 気象庁

全国 M5.0 以上の地震と主な地震の発震機構

- b. 地殻変動
 - 国土地理院

GEONET による全国の地殻水平変動

- GEONET による2期間の地殻水平変動ベクトルの差
- GNSS 連続観測から推定した日本列島のひずみ変化
- 2) 東北地方太平洋沖地震関連
 - 国土地理院
 - 地殻変動ベクトル

GNSS 連続観測時系列

- 3) プレート境界の固着状態とその変化
 - a. 日本海溝·千島海溝周辺
 - b. 相模トラフ周辺・首都圏直下
 - c. 南海トラフ・南西諸島海溝周辺
 - 国土地理院

紀伊半島西部・四国東部の非定常水平地殻変動(長期的 SSE) 志摩半島の非定常水平地位各変動(長期的 SSE)

- 紀伊半島北部~中部の非定常水平地殻変動(短期的 SSE)
- 四国西部の非定常水平地殻変動(短期的 SSE)
- 防災科学技術研究所

日本周辺における浅部超低周波地震活動

- 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 海洋研究開発機構
 - 南海トラフ孔内観測で捉えた浅部ゆっくりすべり
- d. その他

4) その他の地殻活動等

気象庁

石川県能登地方の地震(3月13日M5.5)

長野県中部の地震(4月23日M5.5)

- 5. 記者発表資料の確認
- 6. その他の議事
 - 1) 会報 104 巻の原稿募集について
 - 2) 次回定例会の予定について
- 7. 閉 会

地震予知連絡会運営要綱

昭和 44 年 4 月 24 日制定 昭和 51 年 8 月 23 日改正 平成 13 年 1 月 6 日改正 平成 16 年 8 月 23 日改正 平成 25 年 2 月 18 日改正 平成 26 年 2 月 17 日改正

地震の予知・予測により震災軽減に貢献することを目的とし,地震に関する観測・研究を実施し ている関係機関等が提供する情報を交換するとともに,将来発生する地震の予知・予測に関する学 術的検討を行うため,地震予知連絡会(以下「予知連」という.)運営要綱を下記のとおり定める.

記

- 1. 予知連は、委員 30 人以内で組織するものとし、必要に応じて臨時委員を置くことができる.
- 2. 委員および臨時委員は、学識経験者および関係機関の職員のうちから国土地理院長がそれぞれ 委嘱する.
- 3. 委員の任期は、2年とし、その欠員が生じた場合の補欠委員の任期は、前任者の残任期間とする.
- 予知連に会長を置き、委員の互選によってこれを定める、会長は、会務を総理する、 会長の選出は、新しい期の最初の予知連において行う、 会長の任期は、あらたに会長が定まるまでとする、
- 予知連に副会長を置く.
 副会長は、委員の中から会長が指名する.
- 会長に事故あるときは、あらかじめ会長が指名する副会長がその職務を代理するものとし、早期に会長の選出を行う。
- 特別の事項を調査検討する必要があるときは、予知連に部会を置くことができる。
 部会は、委員及び臨時委員で構成する。
 部会には、部会長を置き、部会長は、会長が指名する。
- 8. 予知連は,必要に応じ,会長が招集する. 部会は,部会長が招集する.
- 9. 会長は、予知連に専門家を招聘し、意見を聴取することができる. 部会長は、部会に専門家を招聘し、意見を聴取することができる.
- 10. 予知連の運営に関し、必要な事項は、予知連の議を経て会長が定める.
- 11. 予知連の庶務は、国土地理院において処理する.

委員名簿

第26期 地震予知連絡会

(令和元年5月22日現在)

会		長	山岡	耕春	名古屋大学大学院環境学研究科教授
副会	2	長	松澤	暢	東北大学大学院理学研究科教授
東日本	部会	·長			
副会	2	長	小原	一成	東京大学地震研究所教授
重点検	討課	題			
運営音	客会	長			
中日本	部会	·長	平田	直	東京大学地震研究所教授
西日本	部会	·長	澁谷	拓郎	京都大学防災研究所教授
委		員	高橋	浩晃	北海道大学大学院理学研究院教授
			遠田	晋次	東北大学災害科学国際研究所 教授
			八木	勇治	筑波大学生命環境系 教授
			宮内	崇裕	千葉大学大学院理学研究院教授
			佐藤比	公呂志	東京大学地震研究所教授
			佐竹	健治	東京大学地震研究所教授
			篠原	雅尚	東京大学地震研究所教授
			中島	淳一	東京工業大学理学院地球惑星科学系教授
			伊藤	武男	名古屋大学大学院環境学研究科准教授
			福田	洋一	京都大学理学研究科・理学部教授
			松本	聡	九州大学大学院理学研究院准教授
			中尾	茂	鹿児島大学大学院理工学研究科
					地球環境科学専攻教授
			尾形	良彦	統計数理研究所名誉教授
			青井	真	国立研究開発法人防災科学技術研究所
					地震津波火山ネットワークセンター長
			汐見	勝彦	国立研究開発法人防災科学技術研究所
					地震津波防災研究部門副部門長
			堀	高峰	国立研究開発法人海洋研究開発機構
					海域地震火山部門・地震津波予測研究開発センター長
			丸山	正	国立研究開発法人産業技術総合研究所
					活断層・火山研究部門活断層評価研究グループ主任研究員
			楠	勝浩	海上保安庁海洋情報部海洋調査課長
			中村	浩二	気象庁地震火山部地震予知情報課長
			橋本	徹夫	気象庁気象研究所地震津波研究部長
			藤原	智	国土地理院地理地殻活動研究センター長
			矢来	博司	国土地理院地理地殻活動研究センター地殻変動研究室長
名 誉	委	員	高木	章雄	東北大学名誉教授
			茂木	清夫	東京大学名誉教授
			大竹	政和	東北大学名誉教授
			島崎	邦彦	東京大学名誉教授
			平原	和朗	京都大学名誉教授

第26期 重点検討課題運営部会

(令和元年5月22日現在)

部	会	長	小原	一成	東京大学地震研究所教授
委		員	高橋	浩晃	北海道大学大学院理学研究院教授
			松澤	暢	東北大学大学院理学研究科教授
			遠田	晋次	東北大学災害科学国際研究所教授
			篠原	雅尚	東京大学地震研究所教授
			青井	真	国立研究開発法人防災科学技術研究所
					地震津波火山ネットワークセンター長
			堀	高峰	国立研究開発法人海洋研究開発機構
					海域地震火山部門・地震津波予測研究開発センター長
			丸山	正	国立研究開発法人産業技術総合研究所
					活断層・火山研究部門活断層評価研究グループ主任研究員
			中村	浩二	気象庁地震火山部地震予知情報課長
			橋本	徹夫	気象庁気象研究所地震津波研究部長
			藤原	智	国土地理院地理地殻活動研究センター長
			矢来	博司	国土地理院地理地殻活動研究センター地殻変動研究室長

第26期 地震		絡会	(令和2年5月20日現在)
会 長	山岡	耕春	名古屋大学大学院環境学研究科教授
副 会 長	松澤	暢	東北大学大学院理学研究科教授
東日本部会長			
副会長	小原	一成	東京大学地震研究所教授
重点検討課題			
運営部会長			
中日本部会長	半田	直	地震調査研究推進本部地震調査委員会委員長
			南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会会長
			地震防災对東强化地域判定会会長
五日十切人日	近へ	+〒 白7	国
四日本部会長		拍即 选良	泉都天子防災研究所教授 北海道士堂士堂院理堂研究院教授
安 貝	同個	石光 亚次	北伊坦入子入子阮埕子妍九阮教汉 南北十学《宝利学国欧研究所教授
	逐山	日八 畐冯	朱北八于火音科于国际明九/J 秋12
	一	另 伯 墨崧	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
	佐藤臣	「「「」」	東京大学 地震研究所教授
	佐佐竹	健治	東京大学地震研究所教授
	篠原	雅尚	東京大学地震研究所教授
	中島	淳一	東京工業大学理学院地球惑星科学系教授
	伊藤	武男	名古屋大学大学院環境学研究科准教授
	久家	慶子	京都大学理学研究科・理学部教授
	松本	聡	九州大学大学院理学研究院准教授
	中尾	茂	鹿児島大学大学院理工学研究科
			地球環境科学専攻教授
	尾形	良彦	統計数理研究所名誉教授
	青井	真	国立研究開発法人防災科学技術研究所
	汐見	勝彦	国立研究開発法人防災科学技術研究所
			地震津波防災研究部門 副部門長
	堀	高峰	国立研究開発法人海洋研究開発機構
			海域地震火山部門・地震津波予測研究開発センター長
	丸山	正	国立研究開発法人産業技術総合研究所
	1.++	DU MA	沽断層・火山研究部門沽断層評価研究グループ主任研究員
	悄	勝冶 ™##	海上保女厅海洋情報部沿岸調 宜課 長
	中約	推基	(1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)
	丁场	元之	ス家/丁 ス家/研先/川 地長/年/次/研先 印大 一 国 上 地 理 院 地 理 地 教 洋 動 研 空 ト ン ク ー 巨
	廠 広 「 二 句	笛法士	国土地理阮地理地放佔動研先センター技 国土地理院地理地設行動研究センター地設亦動研究室長
夕 芩 禿 昌	示已	石心 音雄	国工地程防地程地成佔到明九七 、 >>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>
11 百 女 只	不同	^平 座 清丰	市京大学名誉教授
	大竹	政和	東北大学名誉教授
	二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二 二	邦彦	東京大学名誉教授
	平原	和朗	京都大学名誉教授

第26期 重点検討課題運営部会

(令和2年5月20日現在)

部	会	長	小原	一成	東京大学地震研究所教授
委		員	高橋	浩晃	北海道大学大学院理学研究院教授
			松澤	暢	東北大学大学院理学研究科教授
			遠田	晋次	東北大学災害科学国際研究所教授
			篠原	雅尚	東京大学地震研究所教授
			青井	真	国立研究開発法人防災科学技術研究所
					地震津波火山ネットワークセンター長
			堀	高峰	国立研究開発法人海洋研究開発機構
					海域地震火山部門・地震津波予測研究開発センター長
			丸山	正	国立研究開発法人産業技術総合研究所
					活断層・火山研究部門活断層評価研究グループ主任研究員
			中村	雅基	気象庁地震火山部地震予知情報課長
			干場	充之	気象庁気象研究所地震津波研究部長
			藤原	智	国土地理院地理地殻活動研究センター長
			宗包	浩志	国土地理院地理地殻活動研究センター地殻変動研究室長

地震予知連絡会会報投稿規程

平成9年10月13日制 定 平成26年7月3日改 訂 令和2年2月21日全部改正

- 1. 本文は、簡潔明瞭とし、図及び表を主体に説明する.
- 2. 原稿は,基本的に「Word」で作成する.
- 3. 原稿の書式は、別添の記載例に従う.
- 4. 原稿に図及び表を貼り付けない場合は、基の電子ファイル (BMP, EPS, GIF, Illustrator, Excel, PDF, TIFF 等) 及びレイアウトを原稿と併せて提出する.
- 5. 参考文献は必要最小限にとどめる. 雑誌名その他は簡略化する.
- 6. 提出する電子ファイルは、全てウィルスチェックを実施する.
- 7. 電子ファイルは、メール添付又は関係者向け大容量ファイル転送システムを利用して提出する.
 - ・メール添付の場合の提出先
 地震予知連絡会事務局:gsi-yochi-jimu@gxb.mlit.go.jp
 - ・大容量ファイル転送システム
 下記の URL にアクセスし、利用する.
 <u>https://cais.gsi.go.jp/YOCHIREN/local.html</u>

1-1 日本語の標題は游明朝, 12pt, 太字(英数字は Times New Roman) 英語の標題は必ず併記, Times New Roman, 12pt, Bold

(1 行あけ)

日本語の機関名は游明朝, 10.5pt

英語の機関名は必ず併記, Times New Roman, 10.5pt

(1 行あけ)

余白は上及び下 30mm, 左及び右 23mm とする.

本文(日本語)は游明朝, 10.5pt. 英数字及び記号は Times New Roman, 10.5pt. なお, 游明朝 がない場合は, MS 明朝とし, 事務局で修正する.

読点は全角カンマ「,」,句点は全角ピリオド「.」を使う.

本文中の文献の引用は上付き,半角数字,半角片括弧「¹⁾」とする.参考文献は文末に一括して 記載する.

(1行あけ)

(任意で著者名を記載する. 名字 名前)

MYOJI Namae

(1行あけ)

謝辞

(1行あけ)

参考文献

2) Myoji et al. (yyyy), *予知連会報*, 100, 44-55.

(改ページ)

図及び表

原稿に図を貼り付ける場合、画像は350ppi以上の解像度とする.

図及び表の向きは、極力縦向きとする.

原稿に図及び表を貼り付ける場合は、基の電子ファイルは提出不要とする.

キャプション

第1表 日本語は MS ゴシック, 9pt. 英数字及び記号は Times New Roman, 9pt. 英文を必ず併記. Table 1 Times New Roman, 9pt.

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』に掲載された記事の著作権は個々の記事の著者に属します.引用として認 められる範囲を超えて,会報の内容を転載・複製される場合は著作権者の許可を得て下さい.手続 き等につきましては,地震予知連絡会事務局までお問い合わせ下さい.

地震予知連絡会会報について

国土地理院ホームページでご覧いただけます. https://cais.gsi.go.jp/YOCHIREN/report.html

地震予知連絡会会報〈第104巻〉

令和2年9月 発行

編集·発行者 国 土 地 理 院 〒305-0811 茨城県つくば市北郷 1番 TEL (029) 864-1111