6-1 東海地域とその周辺地域の地震活動(2015年11月~2016年4月) Seismic Activity in and around the Tokai Area (November 2015 - April 2016)

気象庁

Japan Meteorological Agency

1. 東海地域とその周辺地域の地震活動(第1図,第2図)

2015 年 11 月~2016 年 4 月の東海地域とその周辺地域の震央分布を第 1 図に,主な地震の発 震機構解を第 2 図に示す.詳細は,地震・火山月報(防災編)を参照^{1~6}.

【静岡県とその周辺】

今期間,想定震源域内とその周辺では M4.0 以上の地震は発生しなかった.

【愛知県とその周辺】

今期間, M4.0 以上の地震は以下のとおりであった.

・2016年4月25日愛知県東部(フィリピン海プレート内部の地震) M4.2

以下の期間でまとまった深部低周波地震(微動)活動が観測された.

・2015年12月29日から2016年1月11日にかけて,三重県~伊勢湾~愛知県~長野県南部(第3図)

蒲郡清田,田原高松,豊橋多米等のひずみ計で変化あり(ひずみ変化は12月30日~1月9日).

- ・2016年2月10日から2月13日にかけて、愛知県西部~静岡県西部~長野県南部(第4図) ひずみ計で変化なし.
- ・2016年3月3日から3月4日にかけて、長野県南部(第5図)
 浜松春野,浜松佐久間,売木岩倉等のひずみ計で変化あり(ひずみ変化は3月2日~3月5日).
- 【伊豆】

伊豆半島東方沖では顕著な地震活動はなかった.

2. 静岡県中西部の地震活動の推移(第6図~第8図)

想定東海地震は、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.しかし、東海地方及びその周辺ではプレート境界で発生する地震がほとんど観測されていな いため、地震活動の推移を監視する上では地殻内の地震とフィリピン海プレート内の地震に分類 して議論する.第6図及び第7図は、静岡県中西部(図中の矩形領域)⁷⁰のマグニチュード1.1以 上の地震について、地殻内の地震とフィリピン海プレート内の地震に分類して⁸⁰活動の推移を見 たものである.第8図は、それらの地震活動指数^{達10}の変化を示すグラフである。静岡県中西部 の地殻内の微小地震(マグニチュード1.1以上)(第6図)のクラスタ除去^{達20}後の地震回数積算 図(右下図)では、2000年半ばまでは傾きが急でやや活発、その後2005年半ばまでは傾きが緩 やかでやや低調、2005年半ば以降はやや活発、という傾向が見られる.この傾向は、地震活動 指数のグラフでも見られる(第8図右上).この地震活動変化は、2000年秋頃に始まり2005年 夏頃まで継続した長期的スロースリップ(長期的ゆっくりすべり)の進行・停滞に対応している ように見える.2013年に入ってから再び活動が低調になってきており、今回の長期的ゆっくり すべり発生が示唆されている期間と概ね対応する.

一方,静岡県中西部のフィリピン海プレート内の微小地震(マグニチュード1.1以上)の活動(第 7図,第8図右上から2番目)については、2009年後半からやや活発になっている様子が見られ ていた.しかし、これは2009年8月11日に発生した駿河湾の地震(M6.5)の余震活動が適切 にデクラスタされていないために見かけ上、生じたものである.駿河湾の地震(M6.5)の余震 域を除いて同様に解析すると、地震活動はほぼ平常な状態で推移していた⁹⁾.現在、この余震活 動の影響はほぼ見られなくなっており、余震域を含めた領域で見ても地震活動はおおむね平常な 状態となっている.

- 注1) 地震活動指数とは、定常ポアソン過程を仮定し、デクラスタした地震回数を指数化したもので、指数が高いほど活発であることを示す。本稿の静岡県中西部の場合、基準にした期間は1997 年から 2001 年 (5 年間)で、30 日と 90 日と 180 日の時間窓を 30 日ずつずらして計算した. 指数0~8の9段階の出現確率(%) はそれぞれ1、4、10、15、40、15、10、4、1 である。
- 注2) 地震は時間空間的に群(クラスタ: cluster)をなして起きることが多くある.「本震とその後に起きる余震」,「群発地震」などが典型的なクラスタで,余震活動等の影響を取り除いて, つまり本震と余震をすべてまとめてひとつの地震と見なして地震活動全体の推移を見ることを 「クラスタ除去(デクラスタ)」と言う.本稿の静岡県中西部の場合,相互の震央間の距離が 3 km 以内で,相互の発生時間差が7日以内の地震のペアを順々に作っていき,全ての地震群 がひとつのクラスタに属しているとして扱う.そして,その中の最大の地震をクラスタに含ま れる地震の代表とし,地震が1つ発生したとする.

3. 愛知県の地殻内及びフィリピン海プレート内の地震活動(第9図~第11図)

第9図及び第10図は、愛知県の地殻内及びフィリピン海プレート内の地震活動推移を見たものである.また、第11図は愛知県の地殻内とフィリピン海プレート内の地震活動指数の変化を示したグラフである.

愛知県の地殻内の微小地震(マグニチュード 1.1 以上)の活動は、2013 年頃から地震活動指数 がやや低い状態で推移してきている.この傾向は, M-T 図(第9図右下)からも確認できる.また、 フィリピン海プレート内の微小地震(マグニチュード 1.1 以上)の活動は、2013 年以降地震活動 指数が、平常からやや少ない状態の間で推移している.

4. 浜名湖付近のフィリピン海プレート内の地震活動(第12図,第15図)

第12図は、浜名湖付近のフィリピン海プレート内の微小地震活動(マグニチュード1.1以上)
を見たものであり、第15図は地震活動指数の変化を見たものである。
【全域(W + E)】2000年初め頃から地震活動がやや静穏となっている。
【西側領域(W)】地震活動は、2006年以降やや静穏である。

【東側領域(E)】地震活動は,2000年以降やや静穏である.

5. 駿河湾の地震活動(第13図~第15図)

第15図下は, 駿河湾の地震活動推移(マグニチュード1.4以上)を見たものである.対象領 域内では2009年8月11日にM6.5,2011年8月1日にM6.2の地震が発生し,その後活発な余 震活動が観測された.2010年頃から地震活動指数は高い状態を示しており(第15図下),クラ スタ除去後の地震回数積算図(第13図右下)からもやや活発になっている様子が見られている. これは,2009年8月11日の地震(M6.5)と2011年8月1日の地震(M6.2)の余震活動が適切 にデクラスタされていないために見かけ上,生じたものである.このため,余震活動域を取り除 いたものが第14図である.

6. プレート境界とその周辺の地震活動(第16図~第17図)

先に東海地方及びその周辺ではプレート境界で発生する地震がほとんど観測されていないこと を述べた.しかし,想定東海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とから,プレート境界の地震活動を把握することは重要である.この目的の ため,震源の深さと発震機構解からプレート境界で発生した地震の抽出を試みた.

第16 図は, Hirose et al. (2008)⁸によるフィリピン海スラブ上面深さの±3 km の地震を抽出し 地震活動の推移を見たものである. 東海地域のプレート境界とその周辺の地震活動は, 2007 年 中頃あたりからやや活発に見える.

第17回は、想定東海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 界で発生したと疑われる地震の他、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。M-T回(第17回下図)からは2009年以降に抽出され た地震が増えているように見えるが、これは小さな地震も含めて調査を始めたためであり見かけ 上のものである。なお、発震機構解については気象庁カタログを用いているが、Nakamura et al. (2008)¹⁰⁾の3次元速度構造で震源とメカニズム解を再精査し、いくつかの地震は候補から削除さ れている。

参考文献

- 気象庁:東海地震の想定震源域及びその周辺の地震活動,平成 27 年 11 月地震・火山月報(防災編),21 22 (2015).
- 気象庁:東海地震の想定震源域及びその周辺の地震活動,平成 27 年 12 月地震・火山月報(防災編),14 15 (2015).
- 3) 気象庁:東海地震の想定震源域及びその周辺の地震活動,平成28年1月地震・火山月報(防災編),
 22 23 (2016).
- 4) 気象庁:東海地震の想定震源域及びその周辺の地震活動,平成28年2月地震・火山月報(防災編),
 21 22 (2016).
- 5) 気象庁:東海地震の想定震源域及びその周辺の地震活動,平成28年3月地震・火山月報(防災編), 14 - 15 (2016).
- 6) 気象庁:東海地震の想定震源域及びその周辺の地震活動,平成28年4月地震・火山月報(防災編), 16 - 17 (2016).
- 7) Shozo Matsumura : Focal zone of a future Tokai earthquake inferred from the seismicity pattern around the plate interface, Tectonophysics, 273, 271-291 (1997).

- Fuyuki Hirose, Junichi Nakajima, Akira Hasegawa : Three-dimensional seismic velocity structure and configuration of the Philippine Sea slab in southwestern Japan estimated by double-difference tomography, J. Geophys. Res., 113, doi:10.1029/2007JB005274 (2008).
- 9) 気象庁:東海地域とその周辺地域の地震活動(2010年11月~2011年5月), 地震予知連絡会会報, 86, 402-419 (2011).
- 10) Masaki Nakamura, Yasuhiro Yoshida, Dapeng Zhao, Hiroyuki Takayama, Koichiro Obana, Hiroshi Katao, Junzo Kasahara, Toshihiko Kanazawa, Shuichi Kodaira, Toshinori Sato, Hajime Shiobara, Masanao Shinohara, Hideki Shimamura, Narumi Takahashi, Ayako Nakanishi, Ryota Hino, Yoshio Murai, Kimihiro Mochizuki : Three-dimensional P- and S-Wave Velocity Structures beneath Japan, Phys. Earth Planet. Inter., 168, 49-70 (2008).
- (図キャプション中)気象庁:第360回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料, 気象庁ホームページ, http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/gaikyo/hantei20160425/index.html.



第1図(a) 東海地域で発生した地震の月別震央分布(2015年11月) Fig.1(a) Monthly epicenter distribution in the Tokai District (November 2015).



第1図(b) つづき(2015年12月) Fig.1(b) Monthly epicenter distribution in the Tokai District (December 2015).



第1図(c) つづき(2016年1月) Fig.1(c) Monthly epicenter distribution in the Tokai District (January 2016).



第1図(d) つづき(2016年2月) Fig.1(d) Monthly epicenter distribution in the Tokai District (February 2016).



第1図(e) つづき (2016年3月) Fig.1(d) Monthly epicenter distribution in the Tokai District (March 2016).



第1図(f) つづき(2016年4月) Fig.1(f) Monthly epicenter distribution in the Tokai District (April 2016).



第2図(a) 東海で発生した主な地震の発震機構解(2015年11月~2016年1月) Fig.2(a) Focal mechanism solutions for major earthquakes in the Tokai District (November 2015 - January 2016).

東海地域の発震機構解(2)



第2図(b) つづき(2015年11月~2016年1月) Fig.2(b) Continued (November 2015 - January 2016).



第2図(c) つづき(2016年2月~4月) Fig.2(c) Continued (February – April 2016).



第2図(d) つづき(2016年2月~4月) Fig.2(d) Continued (February – April 2016)...

2015 年 12 月 29 日から 2016 年 1 月 11 日までの 三重県から長野県南部にかけてを震央とする深部低周波地震活動



2015年12月29日から2016年1月11日にか けて、三重県から長野県南部を震央とする 深部低周波地震を観測した。

今回の活動は、2015年12月29日に三重県 から伊勢湾を中心にはじまり、次第に北東 側の愛知県から長野県へ移動した。

2008年以降の活動を見ると、今回の活動 領域での周辺では、半年に1回程度、まと まった活動がみられる。



第3図(a) 三重県から長野県南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.3(a) Activity of deep low-frequency earthquakes in Mie Prefecture to the southern part of Nagano Prefecture in December 2015 - January 2016 and strain changes, and the estimated slow slip region.

東海地域のひずみ変化



第3図(b) つづき Fig.3(b) Continued.



ひずみ変化を説明しうる断層モデル候補

第3図(c) つづき Fig.3(c) Continued.

愛知県西部、静岡県西部から長野県南部にかけて を震央とする深部低周波地震活動



2016年2月10日から13日にかけて愛知県西 部、静岡県西部から長野県南部にかけてを震 央とする深部低周波地震を観測した。

2008年以降の活動を見ると、今回の活動領 域の周辺では、半年に1回程度、深部低周波 地震のまとまった活動がみられる。最近では、 2016年1月頃活動が活発となった。両者とも 特に地震活動域の移動傾向は見られなかっ た。

なお、東海地域のひずみ計には特段の変化 は現れていない。



第4図 愛知県西部,静岡県西部から長野県南部の深部低周波地震活動

Fig.4 Activity of deep low-frequency earthquakes in the western part of Aichi Prefecture, the western part of Shizuoka Prefecture to the southern part of Nagano Prefecture in February 2016.

長野県南部を震央とする深部低周波地震活動



第5図(a) 長野県南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.5(a) Activity of deep low-frequency earthquakes in the southern part of Nagano Prefecture in March 2016 and strain changes, and the estimated slow slip region.

ひずみ変化を説明しうる断層モデル候補



第5図(b) つづき Fig.5(b) Continued.



第6図 静岡県中西部の地殻内の地震活動(M1.1以上, 1997年以降, 右側の図はクラスタ除去したもの, 第360 回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料¹¹⁾より抜粋)

Fig.6 Seismic activity in the crust in mid west part of Shizuoka Prefecture since 1997 ($M \ge 1.1$). This area is estimated to be the locked zone of the anticipated Tokai earthquake. The figures on the right show declustered earthquake activities.



- 第7図 静岡県中西部のフィリピン海プレート内の地震活動(M1.1以上, 1997年以降, 右側の図はクラスタ除去 したもの, 第360回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料¹¹⁾より抜粋)
- Fig.7 Seismic activity in the Philippine Sea slab in mid west part of Shizuoka Prefecture since 1997 ($M \ge 1.1$). The figures on the right show declustered earthquake activities.



第8図 静岡県中西部の地震活動指数の推移(1997年以降,第360回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料¹¹⁾よ り抜粋)[指数算出の単位期間は30日,90日,180日であり、全て30日ごとに指数をプロットしている.] Fig.8 Time series of seismic activity levels in mid west part of Shizuoka Prefecture since 1997 [The time windows for calculating levels are 30days, 90days and 180days. The levels are plotted every 30days].



第9図 愛知県の地殻内の地震活動(M1.1以上, 1997年以降, 右側の図はクラスタ除去したもの, 第360回地震 防災対策強化地域判定会気象庁資料¹¹⁾より抜粋)

Fig.9 Seismic activity in the crust in Aichi Prefecture since 1997 ($M \ge 1.1$). This area is estimated to be unlocked and is adjacent to the locked zone of the anticipated Tokai earthquake. The figures on the right show declustered earthquake activities.



第10図 愛知県のフィリピン海プレート内の地震活動(M1.1以上, 1997年以降, 右側の図はクラスタ除去したもの, 第360回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料¹¹⁾より抜粋)

Fig.10 Seismic activity in the Philippine Sea slab in Aichi Prefecture since 1997 ($M \ge 1.1$). This area is estimated to be unlocked and is adjacent to the locked zone of the anticipated Tokai earthquake. The figures on the right show declustered earthquake activities.





Fig.11 Time series of seismic activity levels in Aichi Prefecture since 1997 [The time windows for calculating levels are 30days, 90days and 180days. The levels are plotted every 30days].



第12図 浜名湖付近のフィリピン海プレート内の地震活動(クラスタを除く,第360回地震防災対策強化地域判 定会気象庁資料¹¹⁾より抜粋)

Fig.12 Declustered earthquake activity in the Philippine Sea slab in Hamanako region.



第13 図 駿河湾の地震活動(M1.4以上, 1990年以降, 右側の図はクラスタ除去したもの, 第360回地震防災対策 強化地域判定会気象庁資料¹¹⁾より抜粋)

Fig.13 Seismic activity in the Suruga Bay since 1990 ($M \ge 1.4$). This area includes the Suruga Trough where the Philippine Sea Plate is expected to start subducting. The figures on the right show declustered earthquake activities.



第14図 つづき Fig.14 Continued.



第15図 浜名湖及び駿河湾の地震活動指数の推移(浜名湖は1995年以降,駿河湾は1990年以降,第360回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料¹¹⁾より抜粋)[指数算出の単位期間は90日と180日であり,全て30日ごとに指数をプロットしている.]



プレート境界とその周辺の地震活動(最近の活動状況) (Hirose et al. (2008)によるフィリピン海プレート上面深さの±3kmの地震を抽出)



いるが、これらの地震の発震機構解は想定東海地震のものとは類似の型ではない。

第16図 プレート境界とその周辺の地震活動(第360回地震防災対策強化地域判定会気象庁資料¹¹⁾より抜粋) Fig.16 Seismic activity around the plate boundary.



想定東海地震の発震機構解と類似の型の地震

吹き出しの傍に書かれた値は、Hirose et al.(2008)によるプレート境界からの鉛直方向の距離。+はプレート境界より浅く、 ーは深いことを示す。

最近発生した5つの地震については、丸数字で順番を示す。

想定東海地震の発震機構解と類似の型の地震を抽出した。抽出条件は、P軸の傾斜角が45度以下、かつP軸の 方位角が65度以上145度以下、かつT軸の傾斜角が45度以上、かつN軸の傾斜角が30度以下とした。

プレート境界で発生したと疑われる地震の他、明らかに地殻内またはフィリピン海プレート内で発生したと推定される地震も含まれている。また、2009年までに発生した地震については、Nakamura et al. (2008)の3次元 速度構造で震源とメカニズム解を再精査し、いくつかの地震は候補から削除されている。点線楕円で囲まれた地震は、2011年8月1日に発生した 8.2 の地震の余震で、フィリピン海プレート内の地震である。

なお、吹き出し図中、震源球右下隣りにSの表示があるものは、発震機構解に十分な精度がない。





Fig.17 Earthquakes whose focal mechanisms were similar to that of the anticipated Tokai earthquake.