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.