7-2 北陸・中部地方の地殻変動 Crustal Deformations in the Hokuriku and Chubu Districts

国土地理院

Geospatial Information Authority of Japan

《2021年9月16日に発生した石川県能登地方の地震》

[GNSS 連続観測時系列]

第1図は、2021年9月16日に発生した石川県能登地方の地震の地殻変動に関する資料である.

第1図上段は, GNSS 連続観測基線図である.固定局は舳倉島観測点(石川県)である.下段は, 震源近傍の2観測点の3成分時系列グラフである.この地震に伴う顕著な地殻変動は見られない.

《2020年12月以降の石川県能登地方の地震活動》

[地殻変動ベクトルと GNSS 連続観測時系列]

第2~6図は、石川県能登地方で2020年12月頃から見られる地殻変動に関する資料である。12 月から能登地方で地震活動が活発になっており、最大の地震は9月16日のM5.1の地震である。 この活発な地震活動とほぼ同期して能登半島で地殻変動が観測された。

第2図は、一次トレンド除去後の非定常地殻変動ベクトル図である.2019年9月1日~2020年 8月31日の期間を定常変動とし、一次トレンドを推定した。固定局は舳倉島観測点である.2020 年11月1日~11月7日に対する2021年10月17日~10月23日の約12か月の期間での非定常的 な地殻変動を表し、上段が水平成分、下段が上下成分を示す.能都観測点で南南西方向に約1 cm、 珠洲観測点で2cmを超える隆起等,能登半島で変動が見られる.

第3図は,第2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 に一次トレンドを除去している.2020年12月頃から変動がゆっくりと進行している.

第4図下段は、上段図中の6基線の斜距離の非定常変動成分を示す.非定常地殻変動は2020年 12月以降一様ではなく、基線によっても異なる傾向をもって続いている.

第5図は、図中に緑色の基線で構成される2つの三角形領域について、期間全体を2等分し、上 段に前半、下段に後半の期間におけるひずみ変化を示す図である.これらの活動以前の状況とは異 なり、内陸にある領域では、いずれの期間とも伸びの傾向が続いている.

第6図は,第5図と同じ2つの三角形領域について,2020年11月1日~11月10日を基準期間 とした,ひずみ変化の時系列グラフである.2020年12月以降,内陸にある領域では面積ひずみの 増加傾向が続いている.

[「だいち2号」による SAR 干渉解析結果]

第7図は,「だいち2号」(ALOS-2) PALSAR-2 データの干渉解析結果に関する資料である. ノ イズレベルを超える変動は見られない.

[非定常地殻変動のモデル推定]

第8~9図は、観測された地殻変動データを元に、モデルを推定した結果である.変動が検

出された観測点の密度が低く,分布も偏っているため,モデルを特定することは困難であるが,こ こでは,球状圧力源を仮定した場合(第8図下段),開口割れ目を仮定した場合(第9図上段)及 び逆断層を仮定した場合(第9図下段)の3種類のモデルの推定を試みた.いずれの場合でも,観 測値をある程度説明することはできる.



石川県能登地方の地震(9月16日 M5.1)前後の観測データ <u>この地震に伴う顕著な地殻変動は見られない</u>

基線図

第1図 石川県能登地方の地震(2021年9月16日, M5.1)前後の観測データ:(上図)基線図,(下図)3成分時 系列グラフ

Fig. 1 Results of continuous GNSS measurements before and after the M5.1 earthquake in the Noto region of Ishikawa Prefecture on September 16, 2021: baseline map (upper) and 3 components time series (lower).



石川県能登地方の地震活動時の観測データ(暫定)

第2図 石川県能登地方の非定常的な地殻変動(水平及び上下変動)

Fig. 2 Horizontal(upper) and vertical(lower) transient displacement in the Noto region of Ishikawa Prefecture.

石川県能登地方の地震活動時の観測データ(暫定)

ー次トレンド除去後グラフ

期間: 2019/09/01~2021/10/23 UTC 計算期間: 2019/09/01~2020/09/01





Fig. 3 Time series of transient displacement in the Noto region of Ishikawa Prefecture.



石川県能登地方の地震活動時の観測データ(暫定)

第4図 石川県能登地方の非定常的な地殻変動(基線図及び斜距離)

Fig. 4 Transient displacement in the Noto region of Ishikawa Prefecture: baseline map (upper) and baseline length time series (lower).



石川県能登地方の地震活動時のひずみ変化図

基準期間:2020/11/01~2020/11/10[F5:最終解] 比較期間:2021/03/01~2021/03/10[F5:最終解]

第5図 石川県能登地方のひずみ変化

Fig. 5 Horizontal strain in the Noto region of Ishikawa Prefecture derived from continuous GNSS measurements during November 2020 - March 2021 (upper) and March 2021- July 2021 (lower).



石川県能登地方の地震活動時のひずみ変化グラフ



Fig. 6 Time series of strain changes in two triangular regions (upper map) in the Noto region of Ishikawa Prefecture.



石川県能登地方の地震活動(最大地震 6月 26 日 M4.1) 「だいち 2 号」による SAR 干渉解析結果

ノイズレベルを超える変動は見られません。

観測データは、地震予知連絡会 SAR 解析ワーキンググループを通して、JAXA から提供されたものです。

第7図 石川県能登地方の地震(2021年6月26日, M4.1) SAR 干渉解析結果

Fig. 7 Synthetic Aperture Rader (SAR) interferograms. Ascending orbit pairs (upper) and descending orbit pairs (lower).

石川県能登地方の非定常地殻変動のモデルについて

2020 年 12 月頃から石川県能登地方で観測されている非定常地殻変動について、1)球状圧力源、 2)開口割れ目、3)逆断層を仮定したモデル推定を行った。その結果、いずれのメカニズムでも観測 データをある程度説明できることを確認した。



変動ベクトル図。計算期間において一次トレンドを除去。青丸は 2020 年 11 月 1 日~2021 年 7 月 28 日までの気象庁一元化震源(M>=1、深さ 20km 以浅)



図 1. 推定した地殻変動モデル(球状圧力源)と観測・計算値の比較。黒丸が推定された球状圧力 源位置を表す。

経度(゜)	緯度(゜)	深さ(km)	dV (10 ⁶ m ³)
137. 233	37. 488	13.6	22. 1
0.014	0.014	1. 9	4.8
*下段は誤	差(1sigma)		

第8図 石川県能登地方の非定常地殻変動のモデル(1)観測された地殻変動と球状圧力源モデルによる計算値

Fig. 8 Crustal deformation at the GNSS stations in the Noto region of Ishikawa Prefecture (1). Observation (upper) and calculated deformation with a spherical source model assumed (lower).



図2. 推定した地殻変動モデル(開口割れ目)と観測・計算値の比較。矩形領域が推定された開口割 れ目の位置を表す。

経度(゜)	緯度(゜)	深さ(km)	長さ(km)	幅(km)	走向(゜)	傾斜(゜)	開口量(m)
137. 223	37. 492	14. 2	5	5	104	48	0.8
0.015	0. 018	5.2	-	-	17	12	0.5
* * 大字は固定値 下段は誤差(1sigma)							

*太字は固定値、下段は誤差(1sigma)

3) 逆断層



図3. 推定した地殻変動モデル(逆断層)と観測・計算値の比較。矩形領域が推定された逆断層の 位置を表す。

経度(゜)	緯度(゜)	深さ(km)	長さ(km)	幅(km)	走向(゜)	傾斜(゜)	滑り角(゜)	滑り量(m)
137. 219	37. 503	16.3	5	5	273	1	90	1.9
0. 017	0.017	4.6	-	-	14	8	-	0.9

*太字は固定値、下段は誤差(1sigma)

第9図 石川県能登地方の非定常地殻変動のモデル (2) 開口割れ目モデルと逆断層モデルによる計算値

Fig. 9 Crustal deformation at the GNSS stations in the Noto region of Ishikawa Prefecture (2). Calculated deformation with an open crack (upper) and a thrust fault assumed (lower).

-288 -