

# 県内の 2021 年の地盤変動について：InSAR 解析結果から

八武崎寿史 荻津 達\*

(\*：現環境生活部水質保全課)

## 1 はじめに

地盤沈下の正確な把握とその要因解明は、その防止や対策を考える上で非常に重要である。一方で、近年における県内の地盤沈下は 1960～1970 年代と比べると沈静化の傾向を示しているが、現在でも継続的に起こっている。そのため県では年 1 回の精密水準測量<sup>1)</sup>を実施し地盤沈下の監視を行っており、その結果からは近年でも年間 20 mm 前後の沈下が毎年確認されている。そのため地盤沈下対策においては、地盤変動の継続的かつ高度な監視技術が求められている。

近年、人工衛星等に搭載したマイクロ波の合成開口レーダー (SAR) によって 2 回以上の地表観測を行い、その反射波の位相差から地表の変動を把握する InSAR (干渉 SAR) という手法が開発され、それを地盤沈下の監視に適用する研究がなされている<sup>2~5)</sup>。当センターでも、地盤沈下監視の時間的・空間的な高密度化や、地盤沈下の要因解明への適用可能性の検討を目的に、2020 年度から InSAR による解析を開始している<sup>6)</sup>。そこで本稿では、未だに地盤沈下が進行する千葉県東部の九十九里地域を中心とした地域において、InSAR により 2021 年の地盤変動を解析した結果を報告するとともに、精密水準測量との比較を行った。

## 2 解析条件

地盤変動の解析には、StaMPS/MTI<sup>7)</sup>を使用した。StaMPS/MTI は、複数枚の SAR 画像を使用し観測時に生ずるあらゆる誤差を低減させる時系列解析を行い、同時に PS (Persistent Scatterer) 点とよばれる安定した反射の見られるピクセルに着目して解析を行う、PSInSAR 法の解析ソフトウェアである。SAR 画像については、欧州宇宙機関 (ESA) の Copernicus Sentinel-1 の 2017 年 7 月から 2021 年 12 月までのデータを、北行軌道及び南行軌道の 2 軌道分使用した。干渉画像の作成等のデータの前処理には SNAP<sup>8)</sup>及び SNAP2StaMPS<sup>9)</sup>を使用し、次に StaMPS/MTI による PSInSAR 解析を実施した。変動量を算出する際には位相アンラッピング処理を行い、参照点を基準として位相 (rad) から変動量 (mm) への変換を行う。このときの地域的な偏りをできるだけ少なくするため、解析画像の中心付近である電子基準点 93024 (千葉松尾) 周辺を参照点とした。さらに北行軌道及び南行軌道のアンテナ視線方向の変位量から、LOS 分解<sup>10)</sup>により垂直方向の変動を推定した。

## 3 結果

PSInSAR 解析により約 88,000 点の PS 点を抽出し、それらの点における 2021 年 1 月から 12 月までの 1 年間の変動量が得られた (図 1)。この解析では、山武市にある電子基準点 93024 付近を参照点とし、変動量を±0としている。

参考として、千葉県が行っている水準測量<sup>1)</sup>による 2021 年の変動図を図 2 に示す。InSAR 解析範囲内での不動点は、千葉-1 (銚子市)、基 5 (いすみ市) 及び勝浦験潮所付属水準点 (勝浦市) の 3 点とし、変動量を±0としている。また観測点が少ないため、Kriging 法により内挿を行った。

両者の成果による地盤変動を比較すると、地域的には概ね同様の傾向を示し、調和的な結果となった。しかし変動量については、参照点及び不動点の相違のため、InSAR 結果の方が解析範囲中心域において沈下が

より大きく、周縁部につれて隆起が大きくなる傾向を示している。

水準測量では測点として公共水準点を使用しており、これは概ね 2 km 毎に設置されており、観測に使用した水準点の数は千葉県内全域で約 1,100 点である。このため水準測量では、PS 点を使用する InSAR 解析に比べて測点密度が小さく、局所的な変動を把握できないことがある。

#### 4 まとめ

2021 年の地盤変動を、StaMPS/MTI を用いた PSInSAR 解析で推定した。この解析による変動量は、精密水準測量によるものと比較すると、地域によっては較差が大きくなるものの概ね整合的であり、さらに水準測量では観測できない局所的な沈下を把握することができた。今後も定期的に解析を行い、地盤沈下の監視及び要因解析に繋ぐ。

#### 5 引用文献

- 1) 千葉県: 千葉県水準測量成果表 [基準日 令和 4 年 1 月 1 日], <https://www.pref.chiba.lg.jp/suiho/jibanchinka/torikumi/seikaomote.html> (2022 年 11 月).
- 2) 山中雅之, 森下 遊, 大坂優子: 干渉 SAR 時系列解析による地盤沈下の検出. 国土地理院時報, 124, 1-14 (2013).
- 3) 出口知敬, 六川修一, 松島 潤: 干渉 SAR の時系列解析による長期地盤変動計測. 日本リモートセンシング学会誌, 29, 412-428 (2019).
- 4) 石塚師也, 松岡俊文: ALOS/PALSAR データを用いた PS 干渉 SAR 解析の精度評価-千葉県九十九里地域の地 表変動を例として. 日本リモートセンシング学会誌, 36, 328-337 (2016).
- 5) 環境省: 地盤沈下観測等における衛星活用マニュアル (2017).
- 6) 荻津達: 県内の 2020 年の地盤変動について:InSAR 解析結果から. 千葉県環境研究センター年報 第 20 号 (令和 2 年度) (2022 年 1 月).
- 7) Hooper, A., D. Bekaert, K. Spaans, and M. Arikani: Recent advances in sar interferometry time series analysis for measuring crustal deformation. *Tectonophysics*, 514-517, 1-13 (2012).
- 8) SNAP - ESA Sentinel Application Platform v6.0.10, <http://step.esa.int>
- 9) Serco Italia SPA: SNAP2StaMPS: Data preparation for StaMPS PSI processing with SNAP - Mexico City 2020 (version 1.1) (2020).
- 10) Samieie-Esfahany, S., Hanssen, R.F., Van Thienen-Visser, K., Muntendam-Bos, A., and Systems, S.: On the effect of horizontal deformation on insar subsidence estimates. In *Proceedings of the 2009 Workshop on Fringe, Frascati, Italy, 30 November-4 December 2009* (2009).

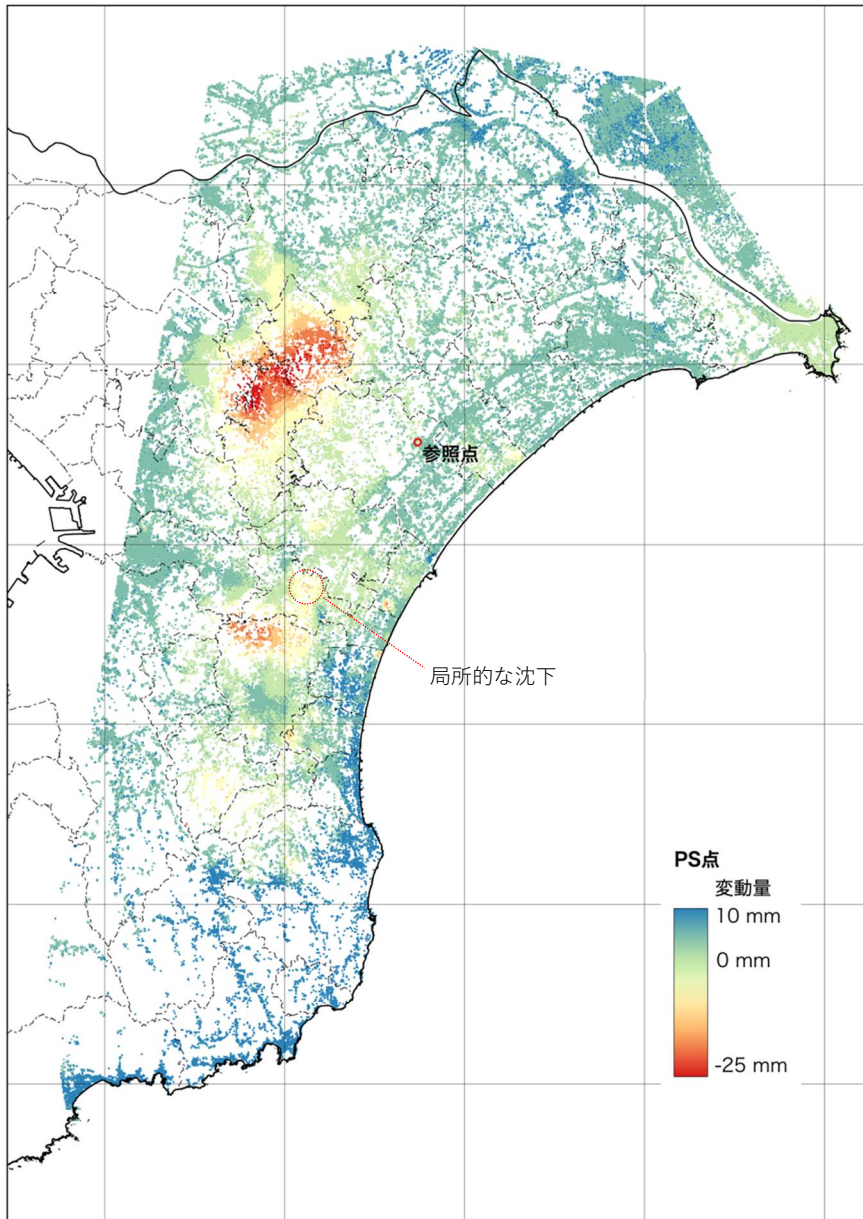


図1 InSAR 解析による 2021 年の地盤変動

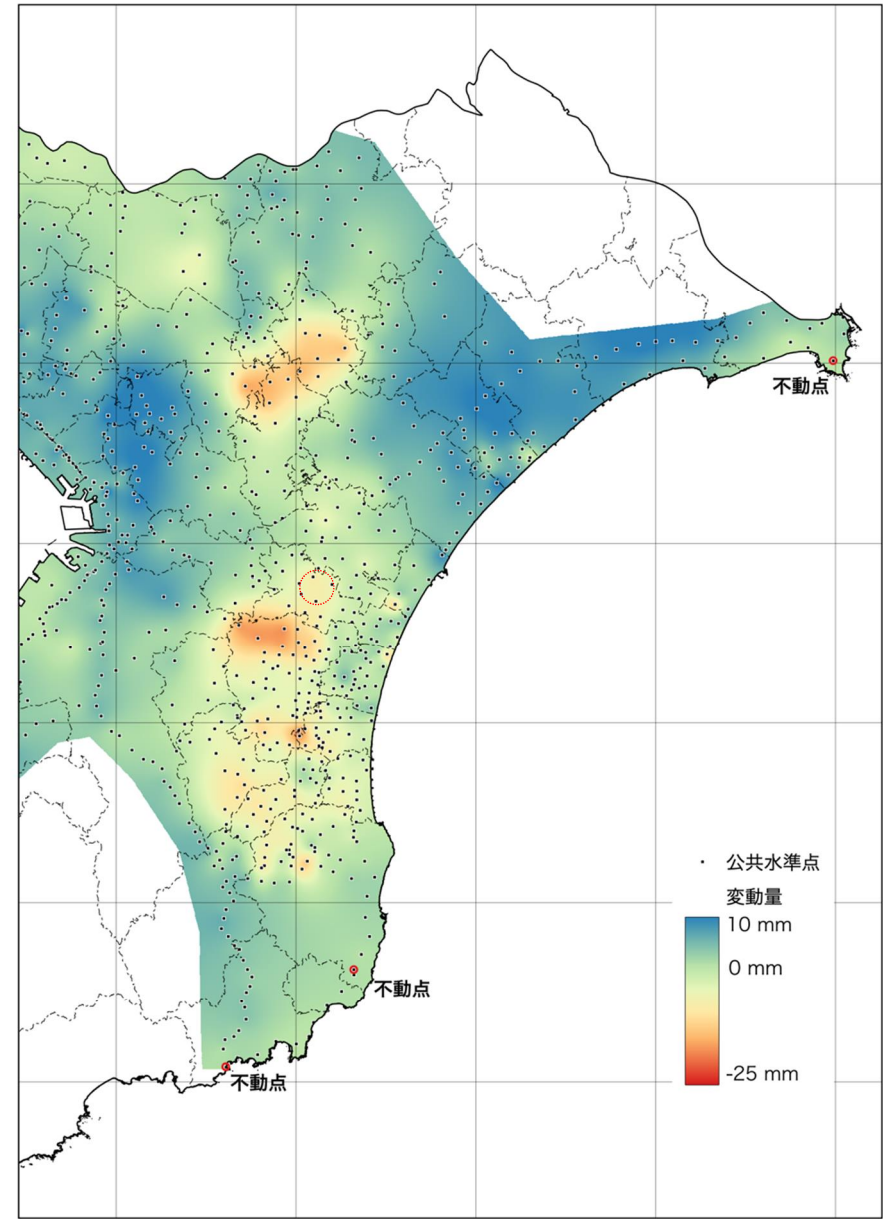


図2 水準測量による 2021 年の地盤変動 (参考)