

房総半島九十九里周辺のGEONET観測点の上下変動

Vertical movements observed by GEONET sites in and around Kujukuri area in Boso Peninsula, Central Japan

*島田 誠一^{1,2,3}、原田 拓哉¹、徳永 朋祥¹*Seiichi Shimada^{1,2,3}, Takuya Harada¹, Tomochika Tokunaga¹

1. 東京大学大学院新領域創成科学研究科、2. 株式会社 日豊、3. 測位衛星技術（株）

1. Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, 2. Nippo Co. Ltd., 3. GNSS Technologies Inc.

房総半島九十九里地域では、水溶性天然ガスとヨウ素を採取する地下水を汲み上げているために、1950年代から顕著な地盤沈下が観測されている。本研究では、九十九里地域及び周辺地域のGEONET観測データを解析して上下変動の概要を明らかにした。

解析にはGAMIT/GLOBK 10.6を用い、GEONET点が24時間連続観測を開始した1996年9月から2016年12月までのデータを解析した。まず、東アジア及び周辺地域の23点のIGSを座標基準点として日値座標値を求めた。座標基準系としてITRF2008、マッピング関数としてVMF1マッピング関数を用い、カットオフ仰角は10°とした。また、毎時の天頂遅延量と4時間毎の大気勾配を、観測点座標値・ambiguityとともに推定した。

次に、周辺域で発生して地震時ステップが顕著なM6以上の地震の地震時ステップと、アンテナ交換時のオフセット値を補正してから、30日windowのKalmanファルタを適用して短周期の変動を取り除いた。そのうち、下記の経験式を用いて、年周・半年周変動、2011年東日本大地震の余効変動及び線形速度を分離した。

$$D(t) = a \ln(1 + t/b) + d \ln(-t/e) - f \exp(-t/g) \\ + h \cos\{2\pi \cdot (t-1)/365.25\} + i \sin\{2\pi \cdot (t-1)/365.25\} \\ + j \cos\{4\pi \cdot (t-1)/365.25\} + k \sin\{4\pi \cdot (t-1)/365.25\} + Vt + c$$

ここで、対数関数及び指数関数で表される2011年東日本大地震の余効変動は、東日本大地震発生時以降にのみ推定し、対数関数及び指数関数の時定数としては、Tobita(2016)が求めた $b = 2.0$ 、 $e = 338.0$ 、 $g = 699997$ （単位は日）を仮定して、線形最小二乗法を適用して、未知数 a 、 d 、 f 、 h 、 i 、 j 、 k 、 c を推定した。また、2011年以前の期間についての予備的解析により、この期間のなかで線形速度が時間変化していることがわかったので、この期間については、おおむね3年ごとに分けて最小二乗法を適用した。

この結果、下記のことが明らかになった。

- (1) 天然ガス開発地域において、GNSS観測でも水準測量とほぼ一致する長期的な沈降変動が検出された。
- (2) 年周・半年周変動成分から、天然ガス開発地域において夏期に隆起する年周変動を検出した。
- (3) Tobita(2015)による対数関数と2つの指数関数によって表されるモデルにより、2011年東日本大地震後の余効変動を効果的に除去することができた。
- (4) 2003年ころから2007年ころまで、天然ガス開発地域及び周辺地域において、沈降速度が緩和する現象が見られ、何らかのテクトニックな現象だと考えられる。
- (5) 解析したすべての観測点において、数ヶ月程度の周期を持つ同期する変動が見られた。
- (6) 解析したすべての観測点において、2011年東日本大地震前後で年周・半年周変動の振幅と位相がおおむね一致したが、2003年のマイクロストリップアンテナからチョークリングアンテナへのアンテナ交換以前の観測では以降とは年周・半年周変動の振幅と位相が一致しないことから、マイクロストリップアンテナの観測ではマルチパスや位相特性に起因する系統誤差が大きいと考えられる。

キーワード：GNSS観測、上下変動、九十九里地域、GEONET

Keywords: GNSS measurements, Vertical time variations, Kujukuri Area, GEONET