

InSAR を用いた中緯度スホラディック E の検出

鈴木 貴斗 [1]; 日置 幸介 [2]; 前田 隼 [3]

[1] 北大・理・自然史; [2] 北大・院理・自然史; [3] 北海道大学附属図書館

Capturing mid-latitude sporadic E layer by InSAR

Takato Suzuki[1]; Kosuke Heki[2]; Jun Maeda[3]

[1] Natural History Sciences, Hokkaido Univ.; [2] Hokkaido Univ.; [3] Hokkaido University Library

Maeda and Heki. (2014) succeeded in capturing sporadic E (Es) over Japan two-dimensionally, using the observation of Global Navigation Satellite System - Total Electron Content (GNSS-TEC). While the GPS is originally used for the crustal deformation monitoring, Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) is another space geodetic technique that allows us to detect crustal movements. SAR transmits a microwave pulse and receives the reflected pulse while a target on the ground is in the beam by using an antenna on the platform like aircrafts and satellites, so that it can implement virtually a large aperture antenna and can create high-resolution images. InSAR can detect crustal deformation signals between the two acquisition dates as a two-dimensional image by taking the difference of the phase data of the SAR images. Like GNSS carrier phases, ionospheric effect sometimes appears on the InSAR images. The lower the used microwave frequency, the more notably the ionospheric effect appears. Hence, a satellite using L-band microwave like Advanced Land Observing Satellite (ALOS) is advantageous to detect ionospheric phenomena. If Es can be detected by InSAR whose spatial resolution is higher than GNSS, we can understand its spatial structure in more detail and help to clarify the generation mechanism of the Es. In this study, we aimed to detect Es over Japan by InSAR.

First, we chose the dates whose critical frequencies of Es (f_oE_s) were more than 15MHz at ionosonde in Wakkanai, Kokubunji and Yamagawa in the morning in 2006 through 2010 from May to August. Second, we chose the data of ALOS/PALSAR whose observing areas and dates are as close as possible, and generated InSAR images. An interesting phase shift appeared on one of the images, the pair of March 28, 2009 (Master) and Jun 28, 2009 (Slave), and it had northeast direction slope. Although the entire shape could not be imaged due to the sea surface, we could observe four patches; the spatial scale of each patch is about 20km. Converting this phase shift into TEC variation ($dTEC$), it turns out that $dTEC=0.44TECU$, which is close to when Es appears. However, we could not identify the altitude in the InSAR image, and thus we used GNSS-TEC. As a result, a similar signal was detected near the place where the phase shift appeared on the InSAR image. We could identify the altitude of the signals to be 100km. Therefore, it turns out that the phase shift on the InSAR image is caused by mid-latitude Es.

At present, ALOS-2 which is the successor to ALOS is operated. We chose the data of ALOS-2/PALSAR-2 in 2015 from May to July in the same way as above. However, there were no data observed the same area by the same observing mode to generate InSAR images. Therefore, we could not get InSAR images. On the other hand, we could detect Es by GNSS-TEC near the area and the same time observed by ALOS-2 on each date, May 20 and July 24.

Maeda and Heki. (2014) は Global Navigation Satellite System - Total Electron Content (GNSS-TEC) を用いることで、これまで観測点上空のみでしか観測されなかった日本上空のスホラディック E (以下 Es) を二次元的に捉えることに成功した。一方、GNSS と同様に地殻変動測定を目的とした宇宙測地技術に Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) がある。SAR は航空機や衛星などのプラットフォームに搭載されたアンテナを用いて、地上ターゲットがビームの中に入り続ける間中の反射波を全て集めることで、仮想的に大きな開口長のアンテナを実現し、高分解能のレーダー画像を生成する技術である。InSAR は異なる二つの時期に観測された SAR の位相データの差を取る干渉処理によって、二つの時期の間に起きた地殻変動を面的に画像として検出する技術である。InSAR 画像にも電離圏の影響が現れることがあり、これは使用したマイクロ波の周波数が低いほどより顕著に現れ、Advanced Land Observing Satellite (ALOS) や ALOS-2 のような L-band のマイクロ波を用いた衛星は電離圏の現象の検出に有利である。GNSS に対して空間分解能で勝る InSAR で Es を検出できれば Es の空間分布をより詳細に知ることができ、これまで不明瞭であった Es の発生メカニズム解明の手助けになると期待される。本研究では日本上空の Es を InSAR を用いて検出することを目的とした。

まず、稚内・国分寺・山川のイオノゾンデで 2006 年~2010 年の 5~8 月の午前中に Es の臨界周波数 f_oE_s が 15MHz 以上となった日を選んだ。次に、観測日時と観測場所が出来るだけ近い ALOS/PALSAR のデータを選んだ。強い Es が現れていた日のうち 2009 年 6 月 28 日については PALSAR 画像 (Path:72, Frame:2920~2950) が得られたことが分かったので、これを Slave 画像とし、同じ Path/Frame で Es が現れていない PALSAR 画像 (2009 年 3 月 28 日) を Master 画像として作成した InSAR 画像に興味深い位相変化が現れた。北東方向に傾きを持ち、全体の形は瀬戸内海で途切れているのでわからないが、4 つのパッチが見て取れ、1 つのパッチの大きさは 20km 程度であった。この位相変化を TEC 変化量 ($dTEC$) に換算したところ、 $dTEC=0.44TECU$ となった。これは、Es が発生した際の $dTEC$ に近い値である。しかし、InSAR 画像からでは高度の拘束ができない。そこで GNSS-TEC を用いて解析したところ、GNSS-TEC マップでも InSAR 画像で位相変化が現れた場所付近に同じようなシグナルが検出され、高度を 100km と特定することができた。よって、位相変化を起こした原因が Es であることがわかり、InSAR で中緯度 Es を検出することができた。

現在、ALOS は運用を停止しており、その後継機である ALOS-2 が運用されている。上記と同じ方法により 2015 年 5~7 月の ALOS-2/PALSAR-2 のデータを採った。しかし、InSAR 画像を作成するための同じ観測領域を同じ観測モードで撮像したデータがなく、InSAR 画像を作ることができない状態であるが、5 月 20 日と 7 月 24 日のそれぞれの ALOS-2 の

観測時刻での GNSS-TEC マップでは ALOS-2 の観測領域付近に Es を検出することができた.