

自己評価報告書

平成23年 5月30日現在

機関番号：82706

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2011

課題番号：20340123

研究課題名（和文）：

4次元GPSトモグラフィーによる地震動に伴う電離層内短周期波動現象の解明

研究課題名（英文）：

Analysis of the short-period wave propagation in the ionosphere associated with earthquakes using 4D GPS tomography

研究代表者

大林 政行 (OBAYASHI MASAYUKI)

独立行政法人海洋開発研究機構・地球内部ダイナミクス領域・主任研究員

研究者番号：30359179

研究分野：地震学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・固体地球惑星物理学

キーワード：トモグラフィー、電離層擾乱、地震が発生する大気波動、GPS-TEC 擾乱、GEONET、大気重力波、長周期音波、大気境界波

1. 研究計画の概要

地震発生直後に電離層内部を伝わる波動現象がGPS全電子数変化の連続観測により捉えられた。この現象は大気中を地震波のように音波などが伝播していると考えられている。GPS全電子数観測データを対象とする時間を含む4Dトモグラフィー法の開発し、実データに適応して波動現象時空間発展の記載を可能にすることが第一の目標である。さらに、地震により励起された大気中を伝播する全電子数変化現象の数値モデリング手法の開発し、観測された伝播現象と比較することで、GPS全電子数変化から地震震源の定量化を行うことが第二の目標である。

2. 研究の進捗状況

(1) 実データを模した日本列島上空のGPS全電子数変化から予測される各GPS観測点のGPS衛星毎の視線方向の積算電子数変化を入力とし、日本列島上空のGPS全電子数分布を未知とする数値実験では、GPS全電子数の時空間分布に対する分解能テストから時間を含む4Dインバージョンは実行可能であることを示すことができた。

(2) 実際の地震発生前後のGPS全電子数変化の観測データに対して、4Dインバージョンを適応し、電離層内を伝わる波動現象をイメージすることができた。また、それらから画像から、波動現象の分散-伝播に従い、波群が広がる現象-を定量的に検出することができた。

(3) 等温密度成層大気の底に任意の周期と波長で変形を与え、大気側に発生する波動や波動エネルギー伝搬についての解析解を求

め、国際誌に発表した。この等温密度成層温度を変えて積み重ねて現実大気に近い構造を模することが可能である。解析解を用いているため、この解析解を使ったモード計算が非常に高速であり、またモード計算だけでなく、下層から上層への周波数・波数領域での伝達関数として利用が可能である。

(4) GPS全電子数変化の数値モデリングの基礎となる大気波動のシミュレーション手法を構築している。球対称大気モデル中を伝播する大気音波と重力波、境界波に相当する大気ノーマルモード計算が可能となった。現在、水平密度成層構造に対するノーマルモードや周波数・波数領域での応答を、上記解析解を使ったハスケル行列法により高速に計算するコードを開発している。

(5) 1991年フィリピンでのピナツボ火山噴火時に観測された、特定周期（約270と230秒）の長周期表面波の発生は、大気と固体地球の共鳴現象であることを明らかにし、国際誌に発表した。

(6) いくつかの日本付近で発生したM7以上の地震や大きな火山爆発時を含むGEONETの連続記録を収集している。

3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由)

GPS-TEC 向けの4次元インバージョンコードの初期バージョンが完成した。また、このインバージョンに使う実データとなる、GEONET GPSの連続観測データ収集を進め、大気波動計算シミュレーションコードも完成しようとしている。これまでの成果を4本の

国際誌に発表している。

4. 今後の研究の推進方策

(1) 実際の GEONET GPS データを用いて複数の地震に対して 4D インバージョンを実施し、インバージョン結果の解析から、電離層擾乱の時空間分布が電離層内の波動伝播現象として解釈可能か検討を行う。

(2) 電離層擾乱の 4D インバージョン結果と数値シミュレーション結果の整合性を吟味し、観測を模した数値シミュレーションが行われているか確認する。

(3) 電離層擾乱伝播の数値シミュレーション波形がどのような地震現象に支配されているか、数値シミュレーションを使って震源パラメータや地動と電離層擾乱発生の物理的因果関係を明らかにする。

(4) 電離層擾乱の 4D インバージョン結果から、地震や津波・火山爆発などの現象を定量的に記載する物理パラメータの推定を試みる。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

① Watada, S., H. Kanamori, Acoustic Resonant Oscillations Between the Atmosphere and the Solid Earth During the 1991 Mt. Pinatubo Eruption, *J. Geophys. Res.*, 115, B12319, doi:10.1029/2010JB007747, 2010. 査読有

② T. Mikumo, S. Watada, Acoustic Gravity Waves from Earthquakes, in *Infrasound Monitoring for Atmospheric Studies*, eds A. Le Pichon, E. Blanc, A. Hauchecorne, Springer, 259-275, 2010. 査読有

③ Watada S., Radiation of acoustic and gravity waves and propagation of boundary waves in the stratified fluid from a time-varying bottom boundary, *J. Fluid Mech.*, 627, 361-377, 2009. 査読有

④ Mikumo, T. T. Shibutani, A. L. Pichon, M. Garces, D. Fee, T. Tsuyuki, S. Watada, W. Morii, Low-frequency acoustic-gravity waves from tectonic deformation associated with the 2004 Sumatra-Andaman earthquake (Mw=9.2), *J. Geophys. Res.*, 113, B12402, doi:10.1029/2008JB005710, 2008. 査読有

⑤ 綿田辰吾, 大地震に伴う気圧変動, *地震ジャーナル*, 47, 25-26, 2009. 査読無

[学会発表] (計 10 件)

① Watada, S., N. Arai, T. Murayama, M. Iwakuni, M. Nogami, Y. Imanishi, T. Oi, Y. Kitagawa, Azimuthal Traveltime and Amplitude Anomalies of Tropospheric and Thermospheric Acoustic Waves From the Explosive Eruption of the Sakurajima Volcano in Japan, *Americal Geophysical Union fall meeting, San Francisco, Dec13, 2010.*

② 綿田辰吾, ハスケル行列法による大気・固体地球結合系のモード計算, 日本地震学会秋期大会, 広島国際会議場 (広島市), 10月29日, 2010.

③ Watada, S., S. Sekiguchi, K. Nishida, M. Obayashi, Radiation of Atmospheric waves from the ground motion: Observation and Theory From an Array of Co-located Microbarometers and Broadband Seismometers in Japan, *Americal Geophysical Union fall meeting, San Francisco, Dec., 14, 2009.*

④ Watada, S., M. Obayashi, S. Ozawa, Wave Propagation in the Ionosphere Associated With Earthquakes Revealed by GPS-TEC 4D Tomography, *Americal Geophysical Union fall meeting, San Francisco, Dec., 17, 2008.*

⑤ 綿田辰吾, 大林政行, 小沢慎三郎, GPS 4次元トモグラフィーによる地震発生に伴う電離層内波動現象の解明, 地球電磁気・地球惑星圏学会, 仙台, 10月11日, 2008.