

学 位 審 査 報 告 書

（ ふ り が な ） 氏 名	ニティワットゥ チューサクン Nithiwatthn Choosakul
学位（専攻分野）	博 士 （ 理 学 ）
学 位 記 番 号	理 博 第 号
学位授与の日付	平成 年 月 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	理学研究科 地球惑星科学専攻
（学位論文題目） Study on the periodic ionospheric variations after large earthquakes using GPS data （大規模地震後の周期的な電離圏変動のGPSデータを用いた研究）	
論 文 調 査 委 員	（主査） 町 田 忍 教授 家 森 俊 彦 教授 里 村 雄 彦 教授

(論文内容の要旨)

地震後に電離圏の擾乱が起こることは 50 年以上前から観測的に知られており、主に HF 波を使った測定により、地震後に電離圏の上下動が生じることが観測されていた。これらは地震によって生じた地面あるいは海面の変動が大気波動を励起し、その大気波動が上空へ伝搬し、電離圏高度まで到達することで生じていると解釈されている。この大気波動のモードには音波モードと大気重力波モードの 2 つがあり、それぞれに対応する地震後の電離圏擾乱が測定されている。本研究では、2004 年 12 月 26 日に発生したスマトラ地震 (M_w 9.3) 後の震源域周辺の GPS 受信機で取得されたデータを用いてプラズマ密度の積分量である全電子数を算出し、電離圏の擾乱を高い時間分解能でかつ広範囲において観測した。その結果、従来知られている、音波モード、大気重力波モードのそれぞれによる電離圏擾乱に加えて、地震の 1 時間後に顕著になる周期的な変動が発生していることが明らかになった。通常地震後の電離圏擾乱の継続時間は 1 時間以下であるが、この擾乱の継続時間は 4 時間以上であった。擾乱の周期は約 4mHz であり、大気重力波ではなく音波がこの擾乱の生成に寄与していることを示している。その擾乱の発生領域は震源周辺のみであり、水平方向への伝搬は非常に小さいことを示している。

そこで、2000 年から 2008 年までの、世界全域における M_w 8 以上の他の地震、およびインドネシア域における M_w 7 以上の他の地震について、同様に GPS 受信機によって観測された全電子数データを用いて地震後の電離圏擾乱について解析を行った。その結果、2004 年スマトラ地震の他に、2005 年 3 月 28 日に発生した北部スマトラ地震および 2007 年 9 月 12 日に発生した南部スマトラ地震、いずれもが M_w 8.5 以上である 3 つの地震において、周期が 4mHz 程度の周期的な変動を示す電離圏擾乱が長期間継続する現象が、震源域周辺のみで観測された。この結果、巨大地震においてはこのような従来知られていなかったタイプの周期的な電離圏擾乱が、震源域周辺において励起されていることが明らかになった。

この擾乱の生成機構については、その周期から音波モードの大気波動が寄与していると推測される。また、その継続時間の長さで特定の周期のみが卓越していることから、大気波動の共鳴現象によって生じていると考えられる。よって、地面あるいは海面と高度 130km 周辺の熱圏下部との間での音波モードの大気波動が共鳴を起こし、その大気共鳴現象によって周期的な大気変動が生じる事でプラズマ密度の変動が引き起こされていると解釈される。理論的な計算から予測される共鳴周期と観測された全電子数の変動の周期が 4 分でほぼ一致しており、また、経験モデルから予測されるプラズマ密度も観測された全電子数の変動を説明するのに十分であった。よって、地震によって起こされた大気波動が熱圏下部と地面との間でおこす共鳴過程によって、新しく発見された電離圏擾乱が生じたと考えられる。

(論文審査の結果の要旨)

地震後の高度100km以上の電離圏において擾乱が誘起されることは、1960年代から知られていたが、これは、地表において生じた地面や海面の変動が大気中に音波モードや大気重力波モードの波動を励起し、それが電離圏高度まで伝搬することによって、引き起こされると解釈されている。本研究において、申請者は、2004年12月に発生したMw9.3のスマトラ大地震の発生から1時間ほど経過した後に、約4mHzの周波数を持った周期的な変動が、地上GPSデータから導出される電離圏全電子密度に現れていることを見出した。GPS衛星は時間とともに地上に置かれた受信機との相対的な位置が変わるため観測領域が移動し、GPSデータに見られる変化を時間変化と空間変化に分離するのは難しい。しかし、本研究では地形に基づいた2次元的な表示を時間毎に区切って行うことで、現象の時間変化と空間変化を分離し、領域的に限られた場所において長時間継続して出現する現象であることを明らかにした。申請者は、多点の高感度GPS受信機網データを使い、地震直後だけではなく広い時間帯に着目して根気強く解析を進めたことで新しいタイプの現象を発見できたが、申請者の研究に対する姿勢と優れた学術成果は大変高く評価できる。

申請者は次に、特定の地震について見出した現象の一般性を確認するために、2000年から2008年までの世界中のMw8以上（インドネシア域についてはMw7以上）の大規模な地震に関する電離圏の変動を地上GPS受信データから全電子数を求めて調べた。その結果、2004年のスマトラ地震を含めて3つの地震について、それらの発生に伴って、震源域周辺の限られた領域で、地震後、数時間にわたって周期が約4mHzの単色波的な振動の継続することを見出した。これらはいずれも、規模がMw8.5以上であることから、新たに見出した現象は、大規模な地震に伴って出現する特徴的なものであることを明らかにした。本成果も、全世界の膨大なGPSデータから全電子数データを算出し、その結果を根気強く調べることによって得られたもので、研究の過程およびその成果の学術的な価値を高く評価することができる。

従来から、地表と下部熱圏の間の大気波動の共鳴は、その存在が予測されていたが、これまでは短期間継続するものしか観測されていなかった。申請者は、Mw8.5以上の大規模な地震に関しては、そのような共鳴が長期間継続してプラズマ密度の変化をもたらすこと、また、その変化が単色波的な綺麗な周期性を示すことなどを観測的に初めて明らかにし、理論的予測と観測的結果を結びつけることに成功した。これも地球物理学的に極めて高い価値を持った成果と判断される。

以上の観点から、申請論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認めた。主論文に報告されている研究内容と、それに関連する分野について口頭試問を行った結果、合格と認めた。