

学 位 審 査 報 告 書

(ふりがな) 氏 名	まつむら みつる 松村 充
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 24 年 3 月 26 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) Numerical Studies on Acoustic Resonance between the Ground and the Lower Thermosphere and the Associated Gravity Waves (地表-下部熱圏間の音波共鳴とそれに関連する大気重力波の数値的研究)	
論 文 調 査 委 員	(主査) 家森俊彦 教授 町田 忍 教授 齋藤昭則 准教授

理 学 研 究 科

京都大学	博士（理学）	氏名	松村 充
論文題目	Numerical Studies on Acoustic Resonance between the Ground and the Lower Thermosphere and the Associated Gravity Waves (地表-下部熱圏間の音波共鳴とそれに関連する大気重力波の数値的研究)		
(論文内容の要旨)			
地表と熱圏下部の間で共鳴する、周期が4分前後の重力音波の水平構造は、観測的にも数値的にも殆ど研究がなされてこなかった。しかし、GPS 受信機網によって2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震後の電離圏変動において初めてその水平構造と変動の一端が観測的に明らかになった。申請者は、博士後期課程進学後、既存の2次元圧縮性大気モデル(Shinagawa et al., 2007)を発展させて、音波モードも含む広い意味での大気重力波が電離圏プラズマに及ぼす効果を導入した、3次元モデルの開発を進めていたので、それを東北地方太平洋沖地震の場合に適用した。このモデルを用いてさまざまな計算を実施し、電離圏変動のメカニズムを詳細に解析、さらには波源の大きさや強さの推定を試みた。論文内容は、震源上空付近の大気波動の2次元および3次元モデル計算、中性大気波動によるプラズマの3次元の変動および、音波共鳴の時間的・空間的変動特性に関する計算と、得られた結果の解釈から構成される。 第1章の導入部に続き、第2章では、この論文で実施した数値シミュレーションについて、基礎方程式および2次元計算と3次元計算で用いる中性大気モデルと電離圏モデルを説明している。 第3章では、2次元モデルを用いて、東北地方太平洋沖地震の場合に対応する大気波動を計算し、GPS 受信データから推定された電離圏全電子数(TEC: Total Electron Content)の時間的・空間的変動特性と、音波共鳴モードおよび内部重力波の生成・伝搬との関係を調べ、観測された TEC 変動の基本的特性が説明できることを明らかにした。 第4章では、上記波動のより詳細な特性と生成過程を調べ観測と比較するために、3次元中性大気シミュレーションコードに、中性大気が電離圏プラズマ密度に及ぼす力学的および化学的效果を新たに取り入れ、地震発生後の電離圏プラズマの密度および速度の変動を明らかにした。そして、音波共鳴モードは水平方向に広がりにくいため、波源の広さの情報を長時間保存する性質を利用して、東北地方太平洋沖地震の津波波源領域の広がり の推定を試みた。また、地震直後の震央直上での電子密度の急激な減少を説明するために、震央付近のプラズマの輸送、化学反応の効果調べ、化学反応による減少よりは、プラズマが主として磁力線に沿って南北方向に移動する効果が支配的であることを明らかにした。また、波源から遠方に伝播する電子密度変動は、音波共鳴の端点である下部熱圏で発生した大気重力波と音波および海面付近で発生した内部重力波から成ることを明らかにした。 第5章では、一般的な波源を想定し、2次元モデルを用いて、水平方向への音波共鳴領域の広がり と、共鳴モードの特性を解析した。その結果、音波共鳴の領域が、2時間で波源から水平方向に約300kmの範囲で広がることを示した。また、波源での変動開始直後の20分間程度は、4mHz あまりの周波数をもつ共鳴モードが卓越するが、このモードは散逸が大きく、そのあとは、約3.7mHzの基本共鳴モードが卓越し、2時間以上継続することを示し、観測と調和的であることを示した。			

(論文審査の結果の要旨)

申請論文に記載された研究成果として、以下に記す3点が特に重要で評価できる。

1. 既存の2次元モデルを一部改良し、東北地方太平洋沖地震の場合に対応すると考えられる現実的な大気モデルと境界条件の下で、地震に伴う海面変動により生成される大気の変動を計算した。それにより得られた重力音波共鳴および内部重力波の生成・伝搬を、観測されたGPS-TEC変動の空間的・時間的特性と比較することにより、両者が良く一致することを確認した。すなわち、波源上空には、重力音波共鳴が発生し、長時間継続すること、また、周辺部には重力音波から派生した大気重力波が伝搬することを示した。
2. 地震により引き起こされた電離圏プラズマの変動を計算し、GPS-TEC観測と比較するために、3次元中性大気数値シミュレーションコードに、新たに中性大気が電離圏プラズマに及ぼす効果を取り入れたモデルを開発した。その結果、東北地方太平洋沖地震直後に観測されたGPS-TEC変動をほぼ再現することに成功し、震源域付近の上空で観測されたTECの減少が、磁力線に沿う南北へのプラズマの輸送によるものであることを明らかにした。
3. 津波の波源の広がりおよび振幅とその時間変化が、生成される重力音波および内部重力波による電離圏電子密度変化の広がりや時間変動にどのように影響を与えるかを調べ、津波の波源の広がりや振幅の推定を試みた。

以上のように、申請者は、2次元数値計算コードを東北地方太平洋沖地震の場合に適用するとともに、地震に伴う中性大気の変動が電離圏プラズマの密度および速度に及ぼす効果、およびそれに伴う化学的效果も取り入れた3次元モデルを初めて開発した。そして、それを用いて、地震に伴う電離圏電子密度変化の3次元数値シミュレーションをおこなうことにより、重力音波共鳴と内部重力波の関係、それらの3次元構造と時間発展、およびその結果生じる電離圏プラズマの変動について、新しい知見を追加した。それゆえ、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認め、また、平成24年1月23日、論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果合格と認めた

要旨公開可能日： 年 月 日以降