

|           |                                                                                                                                                                               |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 氏 名       | 磯 田 総 子                                                                                                                                                                       |
| 学位(専攻分野)  | 博 士 (情 報 学)                                                                                                                                                                   |
| 学 位 記 番 号 | 情 博 第 76 号                                                                                                                                                                    |
| 学位授与の日付   | 平成 15 年 3 月 24 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    | 情 報 学 研 究 科 通 信 情 報 シ ス テ ム 専 攻                                                                                                                                               |
| 学位論文題目    | A study of wind oscillations in the mesosphere and lower thermosphere at low latitudes observed with MF and meteor radars<br>(MF レーダーと流星レーダー観測による低緯度の中間圏下部熱圏領域における風速振動に関する研究) |
| 論文調査委員    | (主 査)<br>教 授 津 田 敏 隆      教 授 深 尾 昌 一 郎      教 授 佐 藤      亨                                                                                                                   |

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文では大気計測用に開発された流星レーダーならびに中波帯(MF)レーダーを用いて低緯度域において長期間連続に得られた観測データを解析し、地球大気の高度約 50-120 km に位置する中間圏下部熱圏領域(MLT 領域, Mesosphere and Lower Thermosphere)での風速変動の特性を研究している。

様々な励起機構により地表付近で生成された大気波動は上方に伝播し、やがて不安定現象により碎波することで背景風と相互作用する。その結果、波動が持っていた運動量やエネルギーを背景場に与え、大規模な大気大循環を加減速している。このような波動と背景場の相互作用は MLT 領域で特に顕著になる。低緯度領域では太陽放射が効率よく運動エネルギーに変換されており、多種多様な大気擾乱や大気波動が特に活発に生成されている。

本論文ではインドネシアのポンティアナ(0°N, 109°E)、クリスマス島(2°N, 157°W)および鹿児島県山川町(31°N, 131°E)に設置された MF レーダー、ならびにインドネシアのジャカルタ(6°S, 107°E)の流星レーダーによる結果を用いて、低緯度の MLT 領域での風速変動特性を研究した。本論文の要旨は以下の通りである。

第 1 章では地球大気の基本構造、MLT 領域に表れる各種の大気波動の概要、ならびに MLT 領域の大気観測法を述べている。第 2 章では本研究で利用した MF レーダーおよび流星レーダーシステムの概要、風速推定法およびデータ解析方法を示している。

第 3 章では大気波動を記述する基礎理論として大気重力波の線形分散関係式、ラプラスの潮汐方程式および大気自由振動について概説している。以上の 3 つの章は本研究で取扱う、レーダー観測による風速変動の研究に関する基礎事項である。

風速変動は数分から数十日までの様々な周期性を示すが、周期数日以上振動は全球規模の大気波動と考えられている。第 4 章では低緯度の MLT 領域における周期数日以上振動について、ポンティアナ、クリスマス島、山川でのレーダー多点観測の比較により緯度・経度構造を明らかにした。とりわけ 4~10 日と 12~18 日周期の振動について詳しい解析を行った。大気自由振動(ロスビーノーマルモード)として理論的に予想されている 5 日波で、観測された 4~10 日周期の風速振動がほぼ説明できたが、逆に不安定波などの他のメカニズムを考慮すべき場合があることも示した。さらに、12~18 日周期の風速振動を赤道上空では初めて検出し、理論モデルで研究されている 16 日波の特性と比較した。

第 5 章ではジャカルタ流星レーダーにより 1992 年から 1998 年に得られたデータを用い、大気波動エネルギーの長期変動を解析した。赤道域に特有なケルビン波に対応する 3.0~3.8 日周期の東西風振動、大気重力波による 8~11 時間ならびに 30~35 時間周期の風速振動および一日周期の大気潮汐波を研究対象としている。ケルビン波と大気重力波の強度は半年周期で変化しており、この高度での東西背景風の半年周期振動との関係が示唆された。波動活動の年々変化が大きいことが分かったが、特に 1996~97 年にはほぼ総ての波動活動が他の年に比べて明らかに弱くなっていたことを報告している。

赤道域の対流圏では 30~70 日周期の風速変動が現れることが知られており、季節内振動と呼ばれている。第 6 章では赤道域上空の MLT 領域における東西風に見られる 20~100 日周期の季節内振動に着目した。

ポンティアナとクリスマス島の MF レーダーおよびジャカルタ流星レーダーの観測結果を比較し、季節内振動が東西に伝播する波動ではなく、帯状平均流の時間変動であることを示した。MLT 領域における一日周期大気潮汐波の振幅変化にも季節内振動が認められ、東西平均風の変化と相関があることを示した。さらに、対流圏での積雲活動が特に活発な東経 100~150度で、衛星による長波放射データ (Outgoing Longwave Radiation, 対流活動の指標となる) にみられる季節内振動の長期変化を解析し、ジャカルタ流星レーダーによる季節内振動の長期変化と比較した。その結果、この経度帯の対流活動に見られる季節内振動と MLT 領域の東西風の季節変動との関連があることを示唆する結果が得られた。

以上、従来観測的研究が乏しかった低緯度の MLT 領域における大気波動の特性を、大量の多点レーダー観測結果を精密にデータ解析することにより明らかにしている。

## 論文審査の結果の要旨

地表付近で励起され水平・鉛直方向に伝播する大気波動は、背景風との相互作用などにより減衰し、結果的に力学エネルギーや運動量を広く全球に輸送し、グローバルな大気構造を定める重要な役割を果たす。赤道域では太陽放射による波動励起が特に活発で、かつ低緯度特有の興味深い力学現象が起っている。本論文ではインドネシアを中心に低緯度の 4 地点で実施された中間圏下部熱圏 (MLT) 領域のレーダー観測をもとに、風速の長周期振動ならびに大気波動の長期変動を解析している。長周期振動は周期が一定せず、現象が間欠的に起こるために検出しにくかったが、本論文では長期間データを有効活用して興味深い結果を得ている。主な研究成果を以下に示す。

- (1) 低緯度での多点レーダー観測から周期 4-10 日と約 15 日の風速振動を、夏季を含むいくつかの期間で同時に検出し、波動の東西伝播特性を解明した。前者は西進する 5 日波の理論モデルではほぼ説明できたが、不安定波とみなされる場合もあった。約 15 日周期の振動に対応する 16 日波は、一般には夏季は背景風との相互作用で阻止され上方伝播できないが、冬半球から低緯度 MLT 領域を通過して夏半球にも伝わりうることを実証した。
- (2) 周期 3-4 日のケルビン波、大気潮汐波、大気重力波のエネルギーの長期変動を調べた。ケルビン波と重力波の強度は半年周期で変動しており、背景風との相互作用が示唆された。また、1996-97 年に 3 つのレーダーで多くの波動強度が同時に弱くなる特異現象を発見した。
- (3) 周期 20-100 日の季節内振動 (ISO) の経度構造を解析し、ISO が伝播性波動ではなく、東西流の振動現象であることを初めて明らかにした。一日周期潮汐波と東西流とは 50 日周期で有意なコヒーレンスがあることから、潮汐波を ISO の駆動源と同定した。潮汐波は年々変動ならびに経度変化が大きく、太陽非同期の潮汐成分が卓越することを示唆した。インドネシア域での積雲活動の ISO 変動と MLT 領域での東西流の ISO 強度との相関を示した。

本論文が研究対象とした MLT 領域は太陽活動と地表付近からの影響を同時に受けており、惑星間空間と地球環境との接点となる重要な大気層である。本論文で得られた MLT 領域における風速変動特性に関する一連の研究結果は、地球大気の全体像を知るために重要な貢献をしている。

よって、本論文は博士 (情報学) の学位論文として価値あるものと認める。また、平成 15 年 1 月 29 日に実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。