

|             |                                                                                                                                                        |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 氏 名         | やまもと まさゆき<br>山 本 真 之                                                                                                                                   |
| 学位(専攻分野)    | 博 士 (情 報 学)                                                                                                                                            |
| 学 位 記 番 号   | 論 情 博 第 74 号                                                                                                                                           |
| 学位授与の日付     | 平 成 19 年 1 月 23 日                                                                                                                                      |
| 学位授与の要件     | 学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当                                                                                                                                |
| 学 位 論 文 題 目 | Wind observations around the tropopause over Sumatra, Indonesia by<br>the Equatorial Atmosphere Radar<br>(インドネシア・スマトラ島における赤道大気レーダーによる対流圏界面近<br>傍の風速観測) |
| 論文調査委員      | (主 査)<br>教 授 深 尾 昌 一 郎      教 授 津 田 敏 隆      教 授 佐 藤 亨                                                                                                 |

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、熱帯域における上部対流圏と下部成層圏の間に存在する遷移層（Tropical Tropopause Layer; 以下 TTL）における風速変動に関して、インドネシア・スマトラ島に設置された VHF 帯大気レーダーである赤道大気レーダーの観測データを中心に論じたもので、以下の6章からなっている。

第1章は序論であり、TTL の概念、ならびにそれが成層圏—対流圏間の大気交換に果たす役割の重要性を述べている。インドネシア海洋大陸は、温かい海水とスマトラ島・ジャワ島・ボルネオ島などの多数の島々で構成されている。本章では、本論文が観測対象とするこの領域における対流活動の特徴と重要性についても述べている。

第2章では、本論文における最も主要な観測機器である赤道大気レーダーのシステム構成、VHF 帯大気レーダーの風速3成分（鉛直流・東西風及び南北風）の観測原理、観測パラメーターの算出方法、ならびに本論文で利用した赤道大気レーダーの観測モードについて述べている。

第3章では、2001年11月の1ヶ月間に赤道大気レーダーで得られた風速及び乱流強度の観測データに、気球（ラジオゾンデ）で得られた気温の観測データを併用して、TTL のほぼ上端に位置する熱帯対流圏界面近傍で見出された3つの新たな観測事実について論じている。まず、熱帯対流圏界面の構造が大気波動（赤道ケルビン波）の影響により変調された時期（碎波期）において、対流圏界面付近の大気乱流強度が約5倍となることを明らかにした。次いで、対流圏上層で、東風が対流圏界面直上で急激に減少することに伴って発生する大きい東向き鉛直シアがケルビン-ヘルムホルツ不安定を頻繁に発生させることを見出した。さらに、対流圏界面付近で大気安定度が急激に増大することに伴い、赤道大気レーダーで観測されるエコー強度が急増する特性を用いて、エコー強度の高度分布から対流圏界面の高度を時間分解能3時間、高度分解能150 m で決定できることを明らかにした。

第4章では、特別集中観測期間（第1次赤道大気上下結合観測キャンペーン）中に、スマトラ島上に強い西風が卓越し始める時期（2004年5月5日—5月9日）に、総観規模（1000 km 以上）の大規模な風速場及び水蒸気場がスマトラ島の対流活動や対流圏下層の風速変動に及ぼす影響を2点論じている。まず、2004年5月5日から6日の時期において1日周期で変化する降水雲システムと鉛直流変動を赤道大気レーダー、9.4 GHz 帯気象レーダー、1.3 GHz 帯小型大気レーダーの観測データを用いて調べ、スマトラ島山岳部に位置し赤道大気レーダーが設置されている Kototabang（南緯0.2度、東経100.32度、海拔高度865 m）では、両日とも午後には Kototabang の西側で発生した降水雲により浅い対流性の降雨が卓越し、さらに夜間には Kototabang の東側で発生した降水雲により層状性の降雨が卓越することを示した。次に、赤道大気レーダー、気球、及び全球再解析等のデータを用いて、5月7日以降スマトラ島の対流圏下層で10 m/s 以上の強い西風が卓越する時期（西風バースト期）においてはスマトラ島の地形の影響に伴うと考えられる比較的大きい鉛直流変動が卓越するが、強い西風によりインド洋からもたらされる乾燥大気の流入がスマトラ島の対流活動を抑制することを示した。

第5章では、第4章と同時期（2004年5月5日—5月9日）における赤道大気レーダーによる鉛直流観測データと高分解

能全球解析データを用いて、スマトラ島の対流活動が TTL の鉛直流変動に与える影響を論じている。まず、対流圏中層から上層にかけては、スマトラ島で活発な対流活動が発生する 5 月 5 日から 6 日にかけて平均約  $5 \text{ cm/s}$  程度の上昇流が卓越する一方で、対流活動が衰退する 5 月 7 日以降には卓越した上昇流はほぼ消失することを示した。次いで 5 月 5 日から 6 日に総観規模の雲システムがインド洋から東進してスマトラ島を通過する際、TTL で下降流が卓越することを観測データにもとづいて示した。観測された下降流の成因を高分解能全球解析から得られた温度と水平風データを用いて調べ、スマトラ島上の積雲活動が風下側に発生させる温位面の勾配が原因となる可能性を示した。

第 6 章は結論であり、本論文で得られた成果と将来の展望をまとめている。

## 論文審査の結果の要旨

熱帯域において上部対流圏と下部成層圏の間に存在する遷移層 (Tropical Tropopause Layer; 以下 TTL) が成層圏と対流圏の大気交換過程に果たす役割については既に論じられているところである。しかし、赤道域でも最も対流活動が活発であるインドネシア海洋大陸上の TTL の諸現象については、主として観測の欠如から未解明のままとなっている部分が多い。これに対して、本論文はインドネシア・スマトラ島に設置された VHF 帯大気観測レーダーである赤道大気レーダーの観測データにもとづいて、スマトラ島上の TTL における風速や乱流に関する諸過程を論じている。得られた主な成果は次の通りである。

(1) 熱帯対流圏界面の構造が大気波動 (赤道ケルビン波) の影響により変調された時期 (碎波期) に、対流圏界面付近の大気の乱流強度が約 5 倍となることを明らかにした。

(2) 対流圏上層での東風が対流圏界面直上で急激に減少することに伴い発生する大きい東向き鉛直シアがケルビン - ヘルムホルツ不安定を頻繁に発生させることを示した。

(3) 赤道大気レーダーで観測されるエコー強度データを用いて、対流圏界面の高度が時間分解能 3 時間、高度分解能  $150 \text{ m}$  で決定できることを示した。

(4) 日周期で変化する降水雲システムと鉛直流変動の詳細を示した。また、対流圏下層で強い西風が卓越する時期 (西風バースト期) の初期において、スマトラ島山岳部では地形の影響によると考えられる比較的大きい鉛直流変動が卓越する一方、インド洋からの乾燥大気の流入により対流活動が抑制されることを示した。

(5) 対流圏中層から上層にかけて、対流活動の活発期に平均して  $5 \text{ cm/s}$  程度の上昇流が卓越する一方で、対流活動の衰退期に卓越した上昇流はほぼ消失することを示した。また、総観規模の雲システムがスマトラ島を通過する際、TTL で下降流が卓越することを観測的に示した。さらに下降流の原因としてスマトラ島上の積雲活動が風下側に発生させる温位面の勾配が考えられることを示した。

本論文により、インドネシア海洋大陸上の TTL における鉛直流変動や乱流現象など、風速変動の新たな観測的事実が初めて提示された。この結果は、TTL における諸過程の解明における VHF 帯大気観測レーダーの有用性を明快に示したものであり、学術上寄与するところが大きい。

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 18 年 12 月 21 日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。