

氏 名	トリ ワヒュー ハデイ Tri Wahyu Hadi
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 2558 号
学位授与の日付	平 成 14 年 7 月 23 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	A study of tropical sea-breeze circulation using boundary layer radar data (境界層レーダーのデータを用いた熱帯域の海風循環に関する研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 津 田 敏 隆 教 授 木 田 秀 次 教 授 岩 嶋 樹 也

論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、京都大学宙空電波科学研究センターがインドネシアの研究機関と共同で、1992年以来ジャカルタ近郊で継続している境界層レーダー観測のデータを用い、熱帯域における海風循環の存在を検証し、さらに海風循環と密接な関係がある大気境界層の日変化をはじめ、関連する大気現象の物理特性を解明している。また、北オーストラリアのダーウィンで得られた同様のレーダー観測結果を用いて境界層の特性を解析し、インドネシアで見られた海風循環との相違を研究している。本論文は6章で構成されており、以下にその要旨を述べる。

第1章では本論文に関連した基礎的な事項を要約し、ついで第2章では本研究に用いた観測データを詳述している。

第3章ではインドネシアに設置された境界層レーダーのデータを中心に、ラジオゾンデおよび地表気象要素の観測結果を用いて海風循環の特性を研究している。レーダーによる優れた時間高度分解能の風速や乱流強度測定を活用して、境界層の詳細な構造を明らかにした。特に、1993年10月11日および1994年9月15日の乾季の観測事例を解析している。

(1)海岸から約40km離れた観測点で海風循環が存在することを明らかにし、海風の鉛直・水平スケールは必ずしもコリオリ因子に依存しないことを示した。

(2)海風前線が出来上がった後、数時間にわたってレーダーの乱流エコー度が大変弱くなっていた。同時に、海風循環内部の風速シアによって引き起こされるケルビン・ヘルムホルツ(KH)不安定により数百m厚の高度にわたって温位がほぼ均一になっていた。乱流散乱係数が温位勾配に強く依存するため、エコー強度が弱くなったと解釈された。また、エコー強度と風速変動を解析し、KH渦の厚みが500m程度で、その構造が湿度や雲量に依存することが分った。

(3)乱流エコー強度の時間高度変動から境界層の構造の日周変化を調べた。従来、日中の大気境界層の構造は一様であるとされていたが、海風の侵入の影響により、異なる特徴を持ついくつかの層に分かれていた。また、夜間は温度逆転層に対応して強いエコー層が持続していた。

第4章ではジャワ島北西岸における海風循環の気候学的特性をレーダー及び衛星画像を用いて研究した。

(1)衛星画像を用いて、海岸線に沿って水平方向に300km以上の広がりを持つ海風前線の水平構造を初めて示した。陸に向かって進行する海風前線は、約60km内陸で複雑な地形の影響を受けて水平構造が崩れるが、海風循環は夕方遅くまで観測された場合もあった。

(2)長期観測データの解析から、はっきりした循環は主に乾季(7月から10月)に存在しており、一方、雨季には海風循環が存在しないと考えられる。

(3)同じ乾季でも海風の侵入時間や流れの強さが日によって異なっていた。日射量データを用いて、曇り具合と海風循環の特性との相関を調べたところ、雲の少ない日には海風循環がはっきり見られ、侵入時刻が遅く、雲の多い日はその逆であった。前者は強いケルビン・ヘルムホルツ不安定が海風前線の進行を遅らせた結果と考えている。

第5章ではオーストラリア北西岸のダーウィンにおいて1993年の乾季に得られたレーダー観測データを用いて風速変動の

特性を解析している。乾季に海洋と大陸間の温度差が最大になるため、海風循環も最も強くなると予想された。さらに、ダーウィンはジャカルタと季節パターンが似ており、レーダー観測も海岸に近い場所で行われていることから、乾季には海風循環が見られると期待された。しかし、陸に向かう風（西風）が昼間ではなく夜間に強まっており、インドネシアの結果と異なることが分かった。夜間の低高度で見られる西風は海風循環そのものではないが、昼間にオーストラリア北西半島で発生する海岸線に依存した海風循環と背景風の相互作用が原因である可能性を検討した。また、理論モデルで示された海風循環と熱低気圧（heat low）との関連についても検討している。

第6章で論文全体の成果と将来の展望をとりまとめている。

以上述べたように、本論文は境界層レーダーによって得られる優れた時間・高度分解能の観測データを主に用いて、従来観測的研究が不足していた熱帯域の境界層の特性を詳細に研究している。

論文審査の結果の要旨

熱帯域の大気は強い太陽放射加熱と弱いコリオリ力で特徴付けられており、興味深い現象が数多く起こっている。とりわけ、従来、精密な現地観測が不十分であったため、インドネシア域には未解明の大気現象が多く残されている。京都大学宙空電波科学研究センターはインドネシアの研究機関と共同で、1992年以来東部ジャワのジャカルタ近郊において境界層レーダーによる観測を継続している。本論文は、このレーダー観測の結果を主に用いて、赤道域の海風循環の特性を明らかにし、さらに海風循環と大気境界層の日変化の関係、および海風前線にともなう風速シアによる不安定現象の生成をはじめ、関連する大気現象の物理特性を研究することを目的としている。

まず、ジャワ島の海岸から約40km内陸に入った地点に設置された境界層レーダーで得られた、優れた時間高度分解能の風速や乱流強度のデータ、ならびにラジオゾンデおよび地表気象要素の観測結果を解析して、境界層の構造、特に海風循環の詳細な特性を明らかにした。事例解析により、海風の鉛直・水平スケールは必ずしもコリオリ因子に依存しないことを示した。また、海風循環による風速シアによってケルビン・ヘルムホルツ（KH）不安定が起こることを明らかにした。レーダーのエコー強度、ならびに南北および鉛直風変動からKH渦の厚みが500m程度であり、その構造が湿度や雲量の影響を受けることを明らかにし、さらに、海風の侵入によって、日中の大気境界層はいくつかの特徴的な層に分類されることを示した。

境界層レーダーの長期間観測結果および衛星画像データを用いて、ジャワ島における大気境界層の気候学的特性を解析し、海風循環が海岸線に沿って水平方向に300km以上の水平広がりを持つこと、また、内陸に向かって侵入する海風前線の水平構造が地形の影響により崩れることを示した。なお、明確な海風循環は主に乾季（7月から10月）に認められ、雨季には循環が存在しないことが示唆された。さらに、乾季でも海風の強さや侵入時刻に日変化があり、雲の少ない日には循環が明確で侵入時刻が遅く、雲の多い日はその逆であった。KH不安定の強弱が海風前線の進行を遅らせる可能性があることを示唆している。

ジャワ島と季節進行パターンが似ている、オーストラリア北西岸のダーウィンにおける境界層レーダー観測結果を調べたところ、予想に反して、陸に向かう風（西風）がむしろ夜間に強まっていた。この現象を説明するために、海風循環と背景風の相互作用、および海風循環と熱低気圧（heat low）との関連を検討した。熱帯域の境界層の特性が普遍的ではなく、海風循環にも地域性があることが示唆された。

以上、本論文は観測的研究が乏しかった熱帯域の境界層の特性をレーダー観測による精密なデータを用いて解析し、赤道域における海風循環、およびそれに関連した大気現象の物理特性を解明している。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値のあるものと認める。なお、主論文および参考論文に報告されている研究業績を中心に、これに関連した分野について試問を行った結果、合格と認めた。