

博士(理学) Md. Nazrul Islam

(モハマド・ナズルール・イスラム)

学位論文題名

Characteristics of the Tropical Clouds  
and Cloud Clusters and Radar Adjusted Satellite  
Rainfall Estimation during the TOGA-COARE IOP

(TOGA-COARE IOPにおける気象衛星とレーダーによる  
雲と降雨量の特徴に関する研究)

学位論文内容の要旨

地球上で最も多量の降雨がもたらされる場所は、活発な対流雲が発達する赤道域である。特に、西太平洋赤道域の「ウオームウオータープール」と呼ばれる海面水温の高い領域は、対流雲群が発達し多量の降雨がもたらされる場所として知られる。この領域の雲と雲群の特性を明かにすることは、地球上のエネルギーと水の循環を理解し、気候変動のメカニズムを解明する上で重要である。本論文は西太平洋赤道域の海面水温の高い領域を対象としたTOGA-COARE(熱帯大気海洋相互作用研究計画)の集中観測期間中の観測データを用いて雲と雲群の特性についての解析を行なったものである。この雲と雲群の特性に関する知見をもとに、水平スケール1,000 km以上に達する「スーパークラウドクラスター」の特性についても解析した。解析には気象レーダーと毎時の静止気象衛星(GMS-4)のデータを主として用い、対流性と層状性の雲からの降雨量の見積も行なった。

対象領域の雲と雲群の一般的特性を明かにするために、日本の観測船「啓風丸」による観測が1992年11月3日~12日の十日間にわたってなされた。TOGA-COAREの集中観測期間のフラックス集中観測範囲内のレーダー観測のデータを静止気象衛星の赤外(IR)データと比較解析した。この比較解析には、申請者によって改良されたCST法(対流雲/層状雲識別法)を用いた。

雲と雲群の、大きさ、形状、伝播特性、寿命等の基本的な特性を、北緯5度~南緯5度、東経150度~170度の範囲の静止気象衛星の赤外(IR)データを用いて明かにした。すなわち、孤立した雲と雲群の特徴と孤立していない雲や雲群の特徴には明確な違いが見られた。孤立したエコー、孤立した雲、一塊の雲群の寿命はそれぞれ、約5時間、約12時間、約13時間程度であったのに対して、組織化された雲群の寿命は1日以上であった。これらの雲や雲群の形成期の持続時間は雲や雲群の寿命の約三分の一であった。この結果は、船上での観測データを解析したYoung et al.(1995)の結果と良い一致を示した。

西太平洋赤道域の海面水温の高い領域の典型的なメソスケールの対流システム

(MCS)からの降雨にも、対流性のものと層状性のものが見られた。対流性の降雨と層状性の降雨をレーダーの反射強度データによって客観的に識別するために、啓風丸レーダーの反射強度の域値として40dBZを用いた。啓風丸レーダーの反射強度から割り当てられる降雨強度を、GMS-IRのデータに改良CST法を用いて解析する降雨強度の推定法の改良に用いた。その結果、解析対象領域の全期間の対流性降雨と層状性降雨の領域面積の割合はそれぞれ25%と75%であった。この解析における雨量の割合は、対流性降雨の雨量：62%（レーダー）及び64%（CST）、層状性降雨の雨量：38%（レーダー）及び36%（CST）、であった。これらの結果は、大西洋赤道域で行なわれた観測計画（GATE）やボルネオ島周辺で行なわれた観測計画（WMONEX）で得られた同様の解析結果と良い一致を示した。

レーダー観測範囲内のレーダー反射強度から求めた、対流性の降雨と層状性の降雨の占める面積や降雨量が、改良CST法を用いた解析結果と良い一致を示すようにCST法のパラメーターを調節した後に、レーダー観測範囲外の広い領域に改良CST法の解析領域を拡大した。雲群の発達段階を雲領域の周囲の長さ（L）によって、次のように3つの段階に客観的に分類した。（1）発達期： $L < 100\text{km}$ 、（2）最盛期： $100 > L > 330\text{km}$ 、（3）消滅期： $L > 330\text{km}$ 。

解析対象としたスーパークラウドクラスターは、個々の雲群は東進又は東南東進するのに対して全体は西進するという普通のスーパークラウドクラスターとは逆センスの運動形態を示した。しかし、改良CST法を用いて解析した、このスーパークラウドクラスターを構成する雲群の発達過程は、他のスーパークラウドクラスターの場合と共通の特性を示すものであった。

雲や雲群の鉛直構造を明かにするために、GMS-IRの毎時のデータを用い、輝度温度230 Kで囲まれる雲領域に改良CST法を用いた解析を行ない、降雨領域の割合を計算した。その結果、輝度温度230 Kで囲まれる雲領域の56%は降雨領域であり、残りの44%は非降雨領域であった。この改良CST法を用いた解析による56%の降雨領域のうち、90%はレーダー反射強度によって決められる地上の降雨域に対応していた。

このように、改良したCST法をTOGA-COAREの集中観測期間中に観測された雲群の静止気象衛星の赤外データに適用し、レーダーデータと比較解析することにより、静止気象衛星データを用いた赤道域の雲と雲群の特性を明かにし、静止気象衛星データを用いた赤道域海上の降雨量推定方法の確立の可能性を明かにした。

## 学位論文審査の要旨

主 査 教 授 菊 地 勝 弘  
副 査 教 授 金 成 誠 一  
副 査 助 教 授 上 田 博  
副 査 講 師 遊 馬 芳 雄

### 学位論文題名

## Characteristics of the Tropical Clouds and Cloud Clusters and Radar Adjusted Satellite Rainfall Estimation during the TOGA-COARE IOP

( TOGA-COARE IOP における気象衛星とレーダーによる  
雲と降雨量の特徴に関する研究 )

地球上で最も多量の降雨のある場所は、活発な対流雲が発達する赤道域である。特に、西太平洋赤道域の "Warm Water Pool" と呼ばれる海面水温の高い領域は対流雲群が発達し、多量の降雨をもたらす場所として知られている。この領域の雲と雲群の特性を明らかにすることは、地球上のエネルギーと水の循環を理解し、気候変動のメカニズムを解明する上で非常に重要である。この論文は、西太平洋赤道域の海面水温の高い領域を対象とした TOGA-COARE (熱帯大気海洋相互作用研究計画) の集中観測期間中のデータを用いて赤道域の雲と雲群の特性について新たに得られた知見をまとめたものである。

本論文は8章から構成されている。第1章は序文であり、特に静止気象衛星の赤外画像データを用いた雲の分類法と降水強度の推定方法に関する研究について概説している。第2章では、解析に使用した観測船「啓風丸」による1992年11月3日～12日の観測期間中の PPI レーダーデータ及び静止気象衛星の赤外データについて述べている。

第3章は、従来の対流性降雨域と層状性降雨域の識別法 (CST法) を検討し、「啓風丸」レーダーデータで降雨域の判別には閾値として40dBZが、また、クラウド・クラスター (雲群) の発達段階を雲領域の周囲の長さによって客観的に分類できることを示唆した。

第4章では、クラウド・クラスター内の雲の特性を「啓風丸」レーダーデータとパプア・ニューギニア、マヌス島に設置された北大理学部レーダーデータを用いて比較解析を行い、エコーの構造と発達過程の特徴を明らかにした。特に、CST法で識別された対流雲と層状雲の領域は、レーダーとの比較で、両者がよく対応するのは最盛期の発達した雲に限られ、発達期の雲には必ずしも対応しないことを明らかにした。さらに、CST法によ

る雲領域の解析と降水強度の推定にはCST法で用いられるいくつかのパラメーターを調節し、解析対象域に適するパラメーターの選択の必要性を明らかにした。

第5章では、対流域と層状域のそれぞれに用いるべき降水強度の推定方法について検討し、パラメーターの値を決定した。さらに、雲と降雨の特徴として対流性降雨の雨量として、レーダーとCSTで62%と64%、層状性降雨の雨量として、それぞれ38%と36%を得た。

第6章は、雲や雲群の鉛直構造を明らかにするために、GMS-IRの毎時のデータを用い $T_{BB}=230K$ で囲まれる雲領域に改良したCST法を用いた解析を行い、降雨領域の割合を計算している。その結果、 $T_{BB}=230K$ で囲まれる雲領域の56%が降雨領域であり、この内の90%はレーダー反射強度によって求められた地上の降雨域に対応することを明らかにした。第7章は、TOGA-COARE領域でのクラウド・クラスターやスーパークラウド・クラスターの特徴と降雨量の見積もりを議論し、第8章は結論である。

このように著者は、西太平洋赤道域のTOGA-COARE集中観測期間中に観測された雲やクラウド・クラスターに改良CST法を静止気象衛星の赤外データに適用し、レーダーデータと比較解析することによって、赤道域の雲とクラウド・クラスターの特性を明らかにし、静止気象衛星データを用いた広い赤道域海上の降雨量推定方法の確立の可能性を明らかにした点は、熱帯気象学、衛星気象学に貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（理学）の学位を授与される資格あるものと認める。