

熱帯降雨観測国際シンポジウム*

中村 健治**・新田 勲***

1. はしがき

1987年10月28日より30日にかけて東京霞が関ビル内の東海大学交友会において表記のシンポジウムが開催された。本シンポジウムは日本側の HOPES (Horizon of Observation Platform for Earth and Space) の会と、米国側の熱帯降雨観測 (TRMM) 衛星計画の SSG (Science Steering Group) の主催、米国の NASA, NOAA, 日本の科学技術庁, 通産省, 宇宙開発事業団, 東海大学総合研究機構, 航空宇宙技術研究所, 電波研究所の後援, そして気象庁の協賛で開かれた。目的は、近年エル・ニーニョ等で特に注目されている熱帯域の気象の一つの重要なキーである降雨活動を衛星を使って観測するに当たり、その気象学的価値、要求される条件、データ解析上、ハードウェア上の問題点、等について討論するところであった。これは現在、日米共同の計画として提案されている TRMM 衛星を念頭においており、本計画を周知し、多数の関係者の理解を得ることも目的のひとつとしていた。実際、シンポジウム全体の議長は、TRMM 計画の米国側の中心である NASA の Dr. J. Theon と日本側の中心である電波研究所の畚野 (ふご) 部長がなった。このシンポジウムに先立つ26, 27日には箱根において「宇宙分野における日米常設幹部連絡会議 (SSLG)」の計画会議が開かれて TRMM の今後の予定、日米の分担等が話し合われている。また、前日には気象庁において TRMM の SSG の会合が、次の週の月曜には宇宙開発事業団において TRMM の第4回 Expert Panel 会合が開かれている。

参加者は150人以上、この内、外国からは米国を中心として50名以上、発表件数は70件以上であった。セッションは

A. Requirements for measuring tropical rainfall, its nature and its role in the general circulation

* International Symposium on Tropical Precipitation Measurements

** Kenji Nakamura, 電波研究所.

*** Tsuyoshi Nitta, 気象研究所.

- B. Spaceborne and airborne techniques for remote sensing of rainfall
- C. Retrieval algorithms and data processing and analysis
- D. Sampling strategies
- E. Mission requirements and data management
- F. Ground-based measurement

のように分かれた。セッションの題からもわかるように本シンポジウムは本来の気象学については熱帯降雨に焦点をおいており、また、計測の分野、特に衛星による計測の分野が対等の立場で入っており、TRMM 計画を目標にしていることが大きく反映されている。

以下にシンポジウムの概要を記す。 (中村)

2. シンポジウム概要

2.1 熱帯気象 (セッションA)

このセッションでは、気象学的立場から、熱帯域の降雨量観測で何が重要で、TRMM に何を期待するかに関する報告がなされた。米国からは、これまで学問的立場から TRMM を検討してきた SSG のメンバーを中心に8編の発表があった。まとめ役の Simpson (NASA) と Rasmusson (Univ. Maryland) は、エルニーニョ・南方振動などの熱帯太平洋の気象・海洋の年々変動に伴って、熱帯域の熱源が大きく移動し、熱帯域のみならず中・高緯度大気循環に多大な影響を与えていることを示し、熱帯域降雨量の量的見積りが重要であることを力説した。Houze (Univ. Washington) は GATE での観測結果から、熱帯の降水域の大部分を占める cloud cluster (積乱雲の集団) は、強い上昇流を持つ対流域と、広くて厚い層状性の雲域とに分けられ、これらの領域では、雨の降り方や熱の垂直分布が大きく異なることを示した。彼は以上の結果から、熱帯全域で、対流域と層状雲域の分布と面積比を量的に押えることの重要性を強調した。

Webster (Univ. Maryland) は、対流活動に伴う凝結熱放出以外に、雲がある時の放射過程の重要性を指摘し

た。特に、雲域下の海洋表層では晴天域に比べ約 0.5°C /月の冷却が存在しており、大気側に与える効果とは逆の影響があることを示した。また、K.M. Lau (NASA) は長期間の OLR (長波放出) データの解析から、熱帯の長期変動には、ENSO に関連した年々変動成分と、30日~60日周期変動に対応した季節内変動成分が卓越するとともに、両者の変動分布が類似していることから、時間スケールは大きく異なっているものの、両者とも共通の熱帯大気・海洋系の基本変動と関係しているのではないかとの提言を行なった。

一方、日本からは10編の発表があった。住(東京大学)は TRMM に関する日本側の取り組みの現状について報告するとともに、とくに、アジア・モンスーンが熱帯循環に果たす大きな役割と、それに関連した梅雨前線の特異性と重要性を強調した。さらに、TRMM データは単に気候的なデータの収集にとどまらず、cloud cluster や台風、梅雨前線上のメソじょう乱の詳細な構造を知る上でも大いに利用すべきであり、そのためには GMS など他の衛星データと有機的に結合させて利用することが重要であることを主張した。田中(名古屋大学)は、米国側にはなじみのうすい梅雨前線の広域的特徴と、大気大循環に果たす重要性を指摘するとともに、梅雨前線は様々なスケールを持った降水現象が複雑に重なり合った複合系であり、TRMM データがその構造と機構を解明するのに有用であることを力説した。また、時岡(気象研究所)は、大気大循環モデルの立場から、熱帯大気の長周期変動の特性は、非断熱加熱の垂直分布に敏感であり、モデルの検証のために、実際大気の熱の垂直分布を明らかにすべきだと強調した。

増田(東京大学)と松本(東京大学)は、FGGE の高層データと地上降雨量データを用いた解析から、定量的な全球の水収支とその時間変動を明らかにするために、特に、熱帯海洋上の降雨量観測の充実が不可欠である点を指摘した。また、三上(東京都立大学)は、雨量計データを用いた1982~1983エルニーニョ時の降雨量変動の解析結果を報告した。

安成(筑波大学)は、インドネシア域の地上降水量には顕著な準2年変動があり、熱帯の大気・海洋変動の基本モードではないかとの提言を行った。新田(気象研究所)と露木(気象庁)は、GMS 等のデータ解析から、熱帯太平洋域の海面水温の年々変動とリンクして、フィリピン近くの対流活動の強さや分布が年とともに変化し、それに伴って大気中にロスビー波が励起され、中・

高緯度へ伝わっていること、その影響で西部太平洋の亜熱帯高気圧の強さや位置が変化し、日本を含む東アジア域の夏の天候に多大な影響を与えている結果を報告した。さらに中沢(気象研究所)は、GMS の3時間間隔の赤外データを用いて、赤道上の積乱雲集団は2,000km~3,000 km の塊となって東進しており、その中に西進する数100 km の大きさを持った小集団が存在しているという新しい研究成果を発表した。この赤道上の“super cluster”は熱帯大気の30日~60日周期変動とも、また、エルニーニョ発生期にも深く関わっていることが予想されており、外国人参加者の注目を大いに引いていた。

隈(気象庁)は数値予報の立場から、モデルによるアジア・モンスーンの再現には、西部熱帯太平洋域の熱源をきちんと表現することが重要であること、また、上野(気象庁)は、非断熱加熱を考慮したモデルの初期値設定の重要性を指摘した。

このセッションの講演と討議を通じて、日本側としては、アジア・モンスーンの重要性とそれに関連した梅雨前線の特異性と重要性を強調するとともに、ここ2~3年以内に GMS 等の解析で明らかになってきた西部熱帯太平洋域の様々な現象についての新しい研究成果をアピールすることができた。さらに、TRMM について当初予定されていた軌道傾斜角約30度を35度近くまでに上げる必要性を訴えるとともに、観測データは必要に応じて生データに近い形で準実時間で日本でも得たいという強い希望を伝えた。

会議中、外国からの多くの熱帯気象研究者と個別に雑談する中で、彼等が最近の日本を中心とした熱帯西部太平洋に関する研究成果を新鮮にとらえており、彼等の研究的興味が今まで以上に西太平洋に注がれるであろうということを感じるとともに、今後、この方面での日本のリーダーシップの重要性をひしひしと感じた。

(新田)

2.2 観測方法、地上観測、等(セッションB~F)

セッションA以外のセッションは分類が必ずしも明確でなかったためまとめて記す。

発表は大きく分けて、従来の衛星センサーによるテクニクおよび解析、TRMM に関したもの、その他、と分けられる。従来の衛星センサーに関した発表では、Arkin (NOAA) らに代表される赤外データ等による積雲活動の climatology と江口(東京大学)の解析や井上(気象研究所)による赤外2チャンネルを用いた積雲と巻雲との判別、また、麻生(気象衛星センター)の可視

と赤外を用いた雲型の決定等, Adler (NASA)らのマイクロウェーブ放射計による観測等, それに関連して, 積雲降水モデルによる放射強度の検討, 等があった。

TRMM に関しては North (Texas A&M Univ.) や Wilheit (NASA) によるサンプリング誤差, つまり個々の空間的, 時間的に断続したデータを使うことによる統計量の誤差, についての検討があった。衛星搭載降雨センサーによる熱帯降雨の観測では, 実際の例としては主に GATE の観測結果が用いられており, GATE に次ぐような熱帯降雨の集中観測の必要性を感じた。TOGA 計画の中で西太平洋熱帯域における集中観測が検討中のようであるが, TRMM 計画にとっても重要な実験となる。

TRMM 搭載センサーの目玉である降雨レーダについては, ハードウェアに関しては岡本(電波研究所)の TRMMレーダの検討, Li (JPL) の主要な技術課題の調査, Wilson (JPL) の現在進行中の航空機搭載の降雨レーダの紹介があった。いずれのレーダもパルス圧縮技術を検討していたが, この技術を使うと時間(距離)方向にエコーが若干重なり, このため海面エコーと降雨エコーとの分離が問題となっていた。レーダエコーから降雨強度を推定する技法について Atlas (Univ. Maryland) が種々の方法の概要, 特に降雨減衰を利用した方法の重要性を強調した。Im (JPL) は入射角がかなり大きい場合に, 表面エコーと表面近くの降雨エコーを分離する手法を提案した。中村(電波研究所)は米国で行った航空機搭載レーダによる降雨観測実験の結果について述べ, Atlas の講演内容を観測実験の側から補強した。藤田(電波研究所)は同じ航空機搭載レーダによる2周波解析の結果を紹介した。Meneghini (NASA) は上空から海面上の降雨をレーダ観測すると降雨の鏡像エコーが見られるが, このエコーについて理論的な検討を行った。地上レーダを用いた観測では横山(気象研究所; 学術振興会特別研究員)が2周波を用いた融解層の観測について述べた。Moore (Univ. Kansas) は合成開口レーダ(SAR)による降雨の観測について述べたが, これは次世代の衛星搭載降雨センサーの候補であろう。SAR はドップラレーダの一種であり位相合成を行うことにより非常に高い分解能を持つことに特徴があり地上状態の観測についてはすでに実証されている。

その他, 衛星搭載センサーのための ground truth 取得については, Thiele (NASA) が TRMM のための地上降雨観測実験について述べた。米国は第一の候補地

を Kennedy 宇宙飛行センター周辺としている。地上における降雨観測手法として, Jameson (Applied Research Corperation) は偏波レーダの活用を, 井原(電波研究所)は高周波数電波リンクによるパス上の降雨観測について述べた。TRMM 衛星のレーダの水平分解能は 4 km 程度とされており, 雨量計のみの地上観測では点観測となり不十分で, 地上レーダや電波リンクによる観測が重要となる。現在, 日本で現業で行われている雨量計とレーダを併用した降雨観測システムについては竹村(気象庁)が紹介をした。また, GMS とレーダを用いた降雨量の見積りについては小佐野(気象衛星センター)が報告した。

TRMM 衛星については, 本体を担当する米国より Keating (NASA) が衛星本体の電力等の概要を述べた。TRMM 衛星は低高度の軌道を回る重量 3 t 以上の大きな衛星となる。打ち上げロケットと考えられている日本の H-II ロケットについては高塚(宇宙開発事業団)が概要を, また同じ宇宙開発事業団から道浦が TRMM 衛星に搭載を予定している日本の実験用データ中継システムについて発表した。

その他, 下田(東海大学)は東海大学における衛星データ処理を述べ, 熱帯域の雲の移動の見事なビデオを紹介した。TRMM 衛星の降雨レーダにより降雨域マップをそのビデオに重ねることができれば大きな魅力になるだろう。

本節は不十分な概要報告となってしまっているが, これは筆者が途中レーダの技術打ち合せ等で何度も席をはずしているためである。(中村)

3. その他

本シンポジウムでは外国から気象学関連としては過去に例をみないほど多数の人が参加し多数の講演を行った。中でも, Rasmusson の熱帯気象はこのように面白いのだ, と言わんばかりの講演, また著名な雲の専門家であり, 今でこそ珍しくないが昔は珍しかった女性気象学者である Simpson の的を得た熱帯気象の解説も, そのゆっくりとしたしかし, 日本人にとっては苦手な言葉と言葉とがつながった話し方と共に印象的であった。ちなみに Simpson は米国気象学会の次期会長に内定している。いささか残念だったのは会場の中心は外人が占め, まわりに日本人が遠巻きにして見ているという風情が少しあったことだった。(中村)(文中敬称略)