

「水の循環系モデリングと利用システム」

平成14年度採択研究代表者

岡本 謙一

(大阪府立大学大学院工学研究科 教授)

## 「衛星による高精度高分解能全球降水マップの作成」

### 1. 研究実施の概要

本研究は、衛星搭載用のマイクロ波放射計データを主に用いながら、降雨レーダデータ、可視・赤外放射計データをも総合的に利用して複数の衛星データ (TRMM、DMSP F-13、F-14、F-15、Aqua、ADEOS-II 等) を用いて時間・空間分離能のよい (例えば1日毎0.1度×0.1度グリッドの) 全球降水マップを作成することを目的としている。このために信頼性のあるマイクロ波放射計アルゴリズムの開発を目指す。研究は (1) 全球降水マップ作成、(2) アルゴリズム改良・開発、(3) 降水物理モデル改良・開発、及び (4) 地上レーダ定常観測の4つのサブグループに分かれつつも、グループ間の連携を密にしながら進めている。このためには、衛星搭載用の降雨レーダアルゴリズムと共通した降水物理モデルに基づくマイクロ波放射計アルゴリズムの開発を目標としている。降水物理モデルの作成においては、グローバルなモデルを対象とするが、同時により詳細な降水物理モデルを求めするために地上マルチパラメータレーダによる定常的な観測を実施し、データベースを作成する。これまでに、既存のマイクロ波放射計アルゴリズムをレビューし、各アルゴリズムの問題点を把握すると共に、青梨アルゴリズムを軸としその改良を行い、TRMM/TMIに応用して全球マップを作成してきたが、今後は改良を進めると共に、より多くの衛星搭載マイクロ波放射計データに応用し、全球マップを作成して行く。

### 2. 研究実施内容

#### (1) 地上レーダ定常観測

降水物理モデル作成に有用なデータベースを整備する目的で、地上の各種レーダによる降雨観測を実施した。情報通信研究機構亜熱帯計測技術センターでは、多周波・多偏波降雨レーダ (COBRA) による観測を、地上の雨滴粒径分布観測装置、マイクロレインレーダの観測と共に実施した。COBRAの較正を行った後、梅雨期、台風襲来時の降雨観測を実施し、事例解析を行った。偏波観測によって得られた位相情報を用いた降雨減衰補正を行い降雨観測精度の向上を図ると共に、降水粒子判別手法の研究を開始した。

防災科学技術研究所平塚実験場では、ミリ波2波長レーダ (MP-Ka/W)、マイクロ波放射計、マイクロレインレーダ、2種類の雨滴粒径分布観測装置、雨量計による観測を梅

雨期に実施し、約400時間のデータを取得した。レーダは主に鉛直上向き観測を実施し、1分間平均値を求め、日単位のデータセットを作成した。Wバンドレーダでは偏波観測を行い、0°C高度付近で $\rho_{hv}$ (水平、垂直偏波間の相関係数)の小さな値が観測され、融解層のよい指標となることがわかった。また、2波長の反射強度比を用い、雲水量と粒径分布パラメータ推定を行うアルゴリズムを開発し、MP-Ka/Wレーダの既存の観測データに適用した。

## (2) アルゴリズム改良・開発、および降水物理モデル改良・開発

マイクロ波放射計アルゴリズムの改良・開発ならびにそれと密接な関係を有する降雨モデルの改良・開発については、両サブグループが合同の会合を持ち、互いに連携して研究を進めた。

(a) マイクロ波放射計を用いて降水強度をリトリバルするために、これまでに提案されてきたアルゴリズムについての約30編の研究論文のレビューを行い、Review Paperに纏めた。このReview Paperは、今後この分野の研究に従事する若手研究者にとって有用なものとなろう。青梨アルゴリズム、およびその中で用いられているLiuの放射伝達方程式についても勉強会の資料をアルゴリズム解説書として今後纏める予定である。また、TMIで用いられているアルゴリズムGPROFについての調査を進めると共に、その改良すべき点を抽出した。

(b) TMI, AMSR用の降水リトリバルアルゴリズム(青梨アルゴリズム)を作成した。また、TRMM PRとの比較を基に、このアルゴリズムの定量的な改良を行った。このアルゴリズムの基本的な考え方は、TMI, AMSRの10, 19, 85GHz付近の垂直偏波の輝度温度と尤も合う放射伝達モデルの計算値を与えるような最適な降水分布強度を、重み付き最小自乗法で求めることである。

(c) 一次元放射伝達方程式に基づき、輝度温度に及ぼす降水物理モデルパラメータの影響評価(感度計算)を実施した。とりわけ、雨滴粒径分布の影響を評価した。また、TRMM/PR 2A25で得られた瞬時降雨強度プロファイルをLiuの放射伝達方程式に代入し、TMI観測周波数に対応した輝度温度をシミュレートしTMIの放射輝度温度データと比較した。これにより、放射伝達方程式が用いている降水物理モデルと2A25が用いているDSDモデルの物理的整合性を評価した。また、三次元の放射伝達方程式に基づく同様な研究も開始した。

(d) 放射伝達方程式の中に、妥当な融解層(フライトバンド)モデルを組み込むことを目指し、代表的な西辻モデル、横山・田中モデルを取り上げて、ブライトバンドから上空の氷や雪のレーダ反射因子の計算を行い、TRMM/PRのレーダ反射因子と比較した。結論的には、まず、粒子の非併合・非分裂過程を間接的に含む西辻モデルを青梨アルゴリズムに組み込み、暫時改良モデルを組み込む予定である。

(e) 陸上における降水の有無判定手法の研究を行い、従来のGPROFで用いられて手法とは異なって、無降水時の輝度温度の統計的な情報をデータベース化して参照する新しい手法を提案した。この手法は、GPROFよりも陸上においての降雨判定精度が優れて

いることが示された。この、陸面輝度温度データベースを利用した陸上降雨判定手法を青梨アルゴリズムに導入する予定である。

- (f) 「TRMM PRデータのメソスケール統計を用いた熱帯・亜熱帯域の降雨特性とその降雨要因についての研究」として、約100kmスケールの観測ボックスでのPR降雨データの統計的特徴を解析した。さらに、その結果を用いてTRMMの観測範囲の北緯35度－南緯35度での2.5度格子、3ヶ月平均で卓越する降雨要因を特定する手法の基礎を構築した。これらの研究結果は、青梨アルゴリズムにおける降水システを特徴づけるパラメータ等の導入に寄与する予定である。
- (g) スマトラ島Koto Tabang に設置された大気観測レーダによる雨滴粒径分布の高度プロファイルを推定するアルゴリズムを開発した。また、主にアジアモンスーン地域の雨滴粒径分布パラメータの日周変化と季節変化を調べた。これらの雨滴粒径分布についてのデータはモデル化し、降水物理モデルの改良に反映する。
- (h) 可視・赤外の多チャンネルデータを利用した積雲対流活動のステージ、時間変化、雲頂の勾配、サイズなどを考慮したアルゴリズム開発のための研究を実施した。また、可視・赤外データより、マイクロ波放射計データによる降水強度推定法の改善に資する情報（対流性・層状性降雨の判別、ビームフィリング）を提供する。また、赤外データから算出される雲移動ベクトルを利用して、サンプリング間隔が数時間存在するマイクロ波放射計データを補完する手法について、レーダアメダス合成図をマイクロ波放射計データの代替として用い検討した。
- (i) 高緯度の固体降水雲の持つ降水の構造や雲物理量について、雲解像モデルの利用手法を検討した。具体的には、雲解像モデルで再現された降水雲について、その構造や雲物理量の情報が降水強度推定アルゴリズムの改良にどの程度利用できるか検討した。

### (3) 全球降水マップ作成

最初に、TMI処理用の既存のプロダクトである2A12(GPROFを用いている)とSSM/Iより求められた降水強度データを用いて、両者を合成した一日毎の全球降水マップを作成した。TMIは観測データが、緯度±40° の範囲に限られるのに対して、SSM/Iは高緯度に到るまでの観測データがあるため、合成した全球マップにおいては、両者の重なる場所では、両者の平均値を用いた。

マイクロ波放射計データより降水を算出する青梨アルゴリズムを、大阪府立大学のCluster PC（平成14年度に整備）に移植し、動作確認後、TMIの1998年一年間の降水量を計算した。その結果をTRMM/PRの処理アルゴリズム2A25、ならびに2A12の処理結果と比較した。青梨アルゴリズムの処理結果については、(a)海上の降水量の見積もりは、2A12、2A25の値の7割程度であった。(b)青梨アルゴリズムでは、積雪のある領域を降雨と判定してしまい、ヒマラヤ、アンデス山地の降水量見積もりが正確ではなかった。(c)海上においては、青梨アルゴリズムと2A25の処理結果の相関は一年間をとおして、2A12と2A25の処理結果の相関よりも良い、という結果が得られた。また、処理結果に基づいて、青梨アルゴリズムのバグを無くすと共に、改良すべき点を明らかにして行った。

また、青梨アルゴリズムの処理時間を短縮する工夫をしたが、その結果、これまで一日分の処理に5,6時間かかっていたのが、1.5時間に短縮することができた。

また、レーダ・アメダス合成図を真値と考えたときに、衛星データを用いて作成された全球降水マップが有するサンプリング誤差とリトリバル誤差を評価する方法についての検討を数値シミュレーションに基づいて開始した。

### 3. 研究実施体制

#### 全球降水マップ作成グループ

- ① 研究分担グループ長：牛尾 知雄

(大阪府立大学大学院 工学研究科 航空宇宙工学分野 講師)

- ② 研究項目：全球降水マップの作成

複数の人工衛星搭載マイクロ波放射計データを解析処理し、全球の高精度、高分解能降水マップを作成する。そのため、マイクロ波放射計の輝度温度データを収集し、新たに開発されるアルゴリズムを応用して降水強度を算出し、全球降水マップを作成するとともに、その検証・評価を行う。また、複数の衛星データの合成手法についても研究する。

#### 降水強度推定アルゴリズム開発グループ

- ① 研究分担グループ長：井口 俊夫

(独立行政法人 情報通信研究機構 電磁波計測部門 降水レーダグループ グループリーダー)

- ② 研究項目：降水強度推定アルゴリズム開発

信頼性のある降水強度推定のため、共通した降水物理モデルに基づく相互に整合性を有するマイクロ波放射計アルゴリズムおよび降雨レーダアルゴリズムの開発を行う。このため、現在のアルゴリズムの問題点を抽出し、アルゴリズムの改良点を明確にする。それらを基に、新たなアルゴリズムを開発し、全球降水マップ作成に用いる。

#### 降水物理モデル開発グループ

- ① 研究分担グループ長：高橋 暢宏

(独立行政法人 情報通信研究機構 電磁波計測部門 降水レーダグループ 主任研究員)

- ② 研究項目：降水物理モデル開発

信頼性のあるマイクロ波放射計降水強度推定アルゴリズム開発に必要な降水物理モデルを開発する。そのために、これまでに提案されてきた降水物理モデルの調査を実施し、地上レーダ観測データやTRMM PR、TMIデータ等を用いて、降水物理モデルの改良を行う。

## 地上レーダ観測グループ

① 研究分担グループ長：花土 弘

(独立行政法人 情報通信研究機構 電磁波計測部門 降水レーダグループ 主任研究員)

② 研究項目：地上レーダ観測

情報通信研究機構沖縄亜熱帯計測技術センターに既設の 5GHz偏波ドップラ降雨レーダを用いて亜熱帯地域の降水観測を実施する。沖縄亜熱帯計測技術センターに於ける地上レーダ降雨観測実験においては、400MHzウインドプロファイラ、ディストロメータ、雨量計などを用いた観測を合わせて行う。また、防災科学技術研究所のミリ波2周波マルチパラメータレーダ(35GHz, 95GHz)などを用いて中緯度域での降雨集中観測を実施する。大阪府立大学においても、1.3GHzウインドプロファイラレーダ、ディストロメータ、24GHzマイクロレインレーダ雨量計などを用いた降雨集中観測を行う。

#### 4. 主な研究成果の発表（論文発表および特許出願）

(1) 論文発表

- 播磨屋敏生、千葉ゆきこ、真木雅之、岩波越、三隅良平、ミリ波レーダーとマイクロ波放射計を用いた雲水量鉛直プロファイルの測定、北海道大学地球物理学研究報告、**67**, 251-268, 2004.
- Kikuchi K., and Y. N. Takayabu, Equatorial circumnavigation of moisture signal associated with the Madden-Julian Oscillation (MJO) during boreal winter, *J. Meteor. Soc. Japan*, **81**, 851-869, 2003.
- Lutz, H-J., T. Inoue, J. Schmetz, Comparison of a split-window and multi-spectral cloud classification for MODIS observations, *J. Meteor. Soc. Japan*, **81**, 623-631, 2003.
- Okamoto, K., Chapter 16, A short History of the TRMM Precipitation Radar, Cloud Systems, Hurricanes, and the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM): *Meteorological Monographs AMS*, **29**, 51, 187-195, 2003.
- Reddy, K.K. and T. Kozu, Measurements of raindrop size distribution over Gadanki during south-west and north-east monsoon, *Indian Journal of Radio & Space Physics*, **32**, 286-295. 2003.
- 瀬戸心太、沖 大幹、虫明功臣、植生層の放射伝達を詳細に考慮したマイクロ波放射計による土壌水分推定、水工学論文集、第47巻、49-54, 2003.
- 瀬戸心太、井口俊夫、陸面輝度温度変動を考慮したマイクロ波放射計による陸水降水有無判定、水工学論文集 第48巻、253-258, 2004.
- Thurai, M., E. Deguchi, T. Iguchi, and K. Okamoto, Freezing height distribution in the tropics, *Int. J. Satell. Commun. Network*, **21**, 6, 533-

545, 2003.

- Thurai, M., T. Iguchi, T. Kozi, J. D. Eastment, C. L. Wilson, and J. T. Ong, Radar observations in Singapore and their implications for TRMM Precipitation radar retrieval algorithms, *Radio Science*, **38**, 5, 1086, 2003.
- Xu, Z., W. Ge, R. Dang, T. Iguchi, and T. Takeda, Application of TRMM/PR data for numerical simulations with mesoscale model MM5, *Advances in Atmospheric Sciences*, **20**, 2 185-193, 2003.

(2) 特許出願

H15年度特許出願件数：0件（CREST研究期間累積件数：0件）