

「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、複数の衛星 (TRMM、DMSP F-13、F-14、F-15、Aqua、ADEOS-II 等) 搭載用のマイクロ波放射計データを用いて、時間・空間分離能のよい (例えば 1 日ごと、緯経度 0.1 度×0.1 度グリッドごとの) 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ざす。研究は、(1)地上レーダ定常観測、(2)降水物理モデル開発、(3)アルゴリズム開発、及び(4)全球降水マップ作成の4つのサブグループに分かれつつも、各サブグループ間の連携を密にしながら進めている。これまでに、気象研究所の青梨氏が開発したアルゴリズムを基礎として、研究成果を順次反映して、アルゴリズムの改良を行い、TRMM/TMI、Aqua/AMSR-E、DMSP/SSM/I 等の衛星搭載マイクロ波放射計データに応用して全球降水マップを作成してきたが、今後は改良を更に進めると共に、より長期間の衛星搭載マイクロ波放射計データに応用し、全球降水マップを作成して行く。また、1時間程度の高時間分解能の降水マップを作成するために、マイクロ波放射計データの補間用として、静止衛星搭載の赤外の雲画像データ等を利用するアルゴリズムの研究をも継続して推進する。さらに、作成する降水マップの比較検証用に TRMM 降雨レーダデータ、ならびに地上の雨量計、レーダ網等による観測データを利用する。作成されたアルゴリズムならびに高時間・高空間分解能の全球降水マップは、インターネット等で公開すると共に、洪水の準リアルタイム予測への応用等のために様々なユーザに提供して行く。また IPWG/PEHRPP グループへの参加を通して国際貢献する。

2. 研究実施内容

(1) 地上レーダ定常観測

地上レーダ観測グループにおいては、平成 16 年度の梅雨期 (5 月 22 日～6 月 9 日) に、情報通信研究機構沖縄亜熱帯計測技術センターにおいて、同センターの 5GHz の大電力偏波降雨レーダ (COBRA)、400MHz 帯ウインドプロファイラレーダ (WPR)、防災科学技術研究所のミリ波マルチパラメータレーダ (35GHz) を集中して、各種地上降雨観測測器と共に、約 3 週間の降雨の集中観測を実施した。平成 18 年度に於いては、平成 17 年度に引き続いてこれらの観測データを解析し、

COBRA データを含む4次元データセットの作成を完了した。同データセットは、降水の鉛直構造などに関する情報を有し、マイクロ波放射計アルゴリズム開発に不可欠な降水の物理モデルを作成するために有用なものとなる。防災科学技術研究所の Ka バンドドップラーレーダと 400MHz WPR、2D ビデオディストロメータ(2DVD)のデータを組み合わせ、固体降水層の氷水量を中心に降水物理量の鉛直プロファイルを導出した。

COBRA 観測データについては、TRMM 衛星などが飛来した時間と同期したデータを、アルゴリズムの検証用データとして利用している。COBRA データの事例解析により、レーダ反射因子と偏波間相関係数を用いた降水タイプ分類(層状性降水、孤立型対流性降水、層状め込み型対流性降水)の研究を継続した。さらに 2DVD、マイクロレインレーダ 400MHzWPR データを統合して、地上~4km 上空に到る雨滴粒径分布データを取得した。

(2) 降水物理モデル開発

降水強度推定アルゴリズム開発グループと共同で決定した、アルゴリズムに導入すべき降水物理モデルの項目である「降水プロフィールモデル」、「融解層モデル」および、「雨滴粒径分布モデル」および「雪の層モデル」に関してサブグループを構成して研究を実施した。これらの研究から得られた結果は、リトリバルアルゴリズムの中で輝度温度と降水強度の関係を与えるルックアップテーブルを作成するために用いられる。降水プロフィールモデルについては、世界中の降水を 3 ヶ月毎に8つの降水タイプ(陸上5つ、海上3つ)に分類する片山-高藪式の手法に基づき、さらにこれを対流性降雨と層状性降雨に分類して、これに基づく降水プロファイルを作成し、放射伝達計算を行い、その値をもとに気候学的な重み付けをしてルックアップテーブルの作成を行った。現在 TRMM LIS データを利用した RPF (Rain-yield per Flash) 指数を用いる新たな降水タイプ分類法を提案し、従来の片山-高藪式分類との比較試験を行っている。

融解層モデルの導入に関しては、西辻モデルを基礎とした融解層モデルを作成し、層状性降雨に対してリトリバルアルゴリズムに導入できるようにした。

雨滴粒径分布モデルについては、TRMM PR アルゴリズムで導入されている、 k (降雨減衰率) と Z (レーダ反射因子) の関係式 $k = \alpha Z^\beta$ の α を補正するパラメータ ϵ が指数分布あるいは γ 分布で近似した雨滴粒径分布関数に関わる情報を提供することに注目して対流性降雨を中心に全球的な雨滴粒径モデルを TRMM PR データより算出し、アルゴリズムに導入できるようにした。

(3) アルゴリズム開発

降水リトリバルアルゴリズム開発において、青梨アルゴリズムを基礎として改良を行っている。降水物理モデルグループによって新たに提案された片山-高藪式の降水タイプ分類に基づき、対流性降雨と層状性降雨に分類された降水プロファイルモデル、西辻モデルに基づく層状性降雨への融解層モデルの適用については、リトリバルアルゴリズム

Version 4.7.2 へ導入した。また海岸域での降水の有無についての判定法を改良して、Version 4.7.2 へ導入した。

TRMM PR データに基づく雨滴粒径分布モデルについては、次の Version 4.8 へ導入する予定である。海上の降水についてのヒストグラムを作成した結果、TRMM 降雨レーダに比べて弱い降水を過少評価すると共に、非常に強い雨を過大評価する傾向があることがわかった。前者については、アルゴリズム中の雲水量の分布の見直しを行う予定である。また、後者については、降雨の非均一性の影響が考えられるため、非均一性パラメータを TRMM PR の非均一性パラメータでチューニングする方法を導入して改善を行う予定である。陸上の降雨強度の過少評価については、37GHz, 85GHz の 2 周波を用いる散乱アルゴリズムの利用法を降水の高さに応じてチューニングすることにより改善することを現在検討中である。

(4) 全球降水マップ作成

全球降水マップ作成グループでは、導入可能となった降水物理モデル等を一つ一つ導入した新しいアルゴリズムを用いて種々の衛星データから降水強度を算出し、それらを合成して全球の降水マップを作成・評価することによって、新しいアルゴリズムの効果の評価を行い、更なるアルゴリズムの改良・開発へとフィードバックする手順を踏んで研究を行っている。降水強度リトリーバルアルゴリズム、Version 4.7.2 を、各種衛星搭載マイクロ波放射計の輝度温度に適用し、長期間にわたる降水量の全球マップの作成を行なった。処理結果を表 1 に纏めて示す。TRMM/TMI について 8 年間 (98~05)、Aqua/AMSR-E について 3 年間 (03~05)、ADEOS-II/AMSR について 7 ヶ月 (03/4~10)、DMSP/SSM/I について 3 年間 (03~05) の全球降水マップを得ている。プロダクト名は、例えば TMI のみを使用したプロダクトについては、GSMaP_TMI と名付けている。これらのマップの空間分解能は、0.25 度であるが、時間分解能については、6 時間、1 日、1 ヶ月など各種のマップが作成できる。上記のマイクロ波放射計による降水量を合成したプロダクトを GSMaP_MWR、と呼び、空間分解能は、0.25 度、時間分解能は 6 時間である。GSMaP_MWR に静止衛星 IR 画像より求めた雲移動ベクトルを応用して得られる高時間・空間分解能のマップは、GSMaP_MV と呼ばれている。またさらに、カルマンフィルタを用いる手法を導入することにより、降雨の増大・減少プロセスを考慮することが可能となり、従来よりも優れた GSMaP_MWR の補間用アルゴリズムを開発することができ、作成したマップは GSMaP_MVK と呼ばれている。

表1 アルゴリズム Version 4.7.2 を用いた処理済みプロダクト

プロダクト	データソース、マイクロ波放射計(衛星)	処理済み期間
GSMaP_TMI	TMI(TRMM)	1998年1月～2005年12月
GSMaP_AMSR-E	AMSR-E(Aqua)	2003年1月～2005年12月
GSMaP_AMSR	AMSR(ADEOS-II)	2003年4月～10月
GSMaP_SSM/I	SSM/I(DMSP F13, F14, F15)	2003年1月～2005年12月
GSMaP_MWR	GSMaP_TMI, _AMSR-E, _AMSR, _SSM/I	2003年1月～2005年12月
GSMaP_MV	GSMaP_MWR, IR(雲移動ベクトル)	2005年7月
GSMaP_MVK	GSMaP_MWR, IR(雲移動ベクトル+カルマンフィルタ)	2005年7月

さらに、スプリットウィンドウ法を導入して、雲の中の実際の雨域のみを抽出し、その移動について推定する方法については、解析事例を増やして、その有効性を確認した。また国際的な高時間・空間分解能全球降水マップ作成グループである IPWG/PEHRPP グループの活動に参加し、日本周辺でレーダ・アメダス解析雨量と GSMaP を含んだ世界各国の全球降水マップを比較検証する研究を開始した。作成した全球降水マップは、DVD No. 1, No. 2 として国内外のユーザに配布した。またインターネット経由で世界に発信している。

3. 研究実施体制

(1)「地上レーダ観測」グループ

①研究者名

岩波 越(防災科学技術研究所 主任研究員)

②研究項目

- ・ 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 偏波ドップラー降雨レーダ(COBRA)、400MHz ウィンドプロファイラ、24GHz マイクロレインレーダや、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 と 95GHz:MP-Ka/W)、マイクロ波放射計などのリモートセンサと、ディストロメータ(雨滴粒径分布測定装置)、雨量計などの地上観測測器を用いて亜熱帯地域、中緯度地域の降水観測を実施する。特に、2004年5～6月には、これらの測器を結集して「2004年沖縄梅雨集中観測(Okn-Baiu-04)」を行った。観測したデータの解析を行い、降水データベースを構築し、降水物理モデルの開発に利用する。

(2)「降水物理モデル開発」グループ

①研究者名

高橋 暢宏(情報通信研究機構 主任研究員)

②研究項目

- ・ 信頼性のあるマイクロ波放射計降水リトリーバルアルゴリズム開発に必要となる降水物理モデル(降水鉛直プロファイル、融解層モデル、雨滴粒径分布など)を開発する。そのために、

地上降雨レーダの観測データや TRMM 降雨レーダ (PR) データ等を用いて、降雨レーダのアルゴリズムが根拠としている降水物理過程と同様の物理過程を考慮した降水物理モデルを構築する。

(3)「降水強度推定アルゴリズム開発」グループ

①研究者名

井口 俊夫(情報通信研究機構 グループリーダー)

②研究項目

- ・信頼性のある降水強度推定のため、マイクロ波放射計リターンバルアルゴリズムを開発する。このため、全球降水マップ作成グループ及び降水物理モデル開発グループと協力し、現在のマイクロ波放射計アルゴリズムの処理結果を解析し、TRMM 降雨レーダアルゴリズムの処理結果、地上観測降雨データ等と比較し、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、アルゴリズムを改良し、全球降水マップ作成に用いる。

(4)「全球降水マップ作成」グループ

①研究者名

岡本 謙一(大阪府立大学 教授)

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。さらに、静止衛星の赤外データをもとに算出した雲移動ベクトルなどを用いて雨域の異動を推定し、長時間・高空間分解能の全球降水マップを作成する。

4. 研究成果の発表等

(1)論文発表(原著論文)

- S. Shige, H. Sasaki, K. Okamoto, T. Iguchi, Validation of rainfall estimates from the TRMM precipitation radar and microwave imager using a radiative transfer model:1. Comparison of the version-5 and -6 products, Geophysical Research Letters, Vol. 33, doi: 10.1029/2006GL026350, July 2006
- Y. N.Takayabu, Rain-yield per flash calculated from TRMM PR and LIS data and its relationship to the contribution of tall convective rain, Geophys. Res. Lett., 33, L18705, doi:10.1029/2006GL027531, Sept 2006
- N. Takahashi, H. Hanado and T. Iguchi, Estimation of path-integrated attenuation and its non-uniformity from TRMM/PR range profile data, IEEE Transaction Geoscience and Remote Sensing

Vol.44, No.11, pp.3276-3283, Nov. 2006

- V. N. Brinig, M. Thurai, K. Nakagawa, G.J. Huang, T. Kobayashi, A. Adachi, H. Hanado and S. Sekizawa (2006), Rainfall Estimation from C-Band Polarimetric Radar in Okinawa, Japan: Comparison with 2D-Video Disdrometer and 400 MHz Wind Profiler, Journal of Meteorological Society of Japan, Vol.84, No.4, pp.705-724.
- 北村康司, 中川勝広, 関澤信也, 花土弘, 高橋暢宏, 井口俊夫, 400MHz 帯ウィンドプロファイラおよび COBRA を用いた融解層上層の粒径分布推定手法の開発, 土木学会水工学論文集, 第 51 巻, pp. 349~354
- T. Ushio, D. Katagami, K. Okamoto, and T. Inoue, On the use of split window data in deriving the cloud motion vector for filling the gap of passive microwave rainfall estimation, SOLA, Vol. 3, 001- 004, doi:10.2151/sola.2007-001, 200
- T. Kozu, K. K. Reddy, S. Mori, M. Thurai, J. T. Ong, D. N. Rao, and T. Shimomai, 2006: Seasonal and diurnal variations of raindrop size distribution in Asian monsoon region. J. Meteorol. Soc. Japan, 84A, CPEA Special Issue, 195-209.
- W.-K. Tao, E. A. Smith, R. F. Adler, Z. S. Haddad, A. Y. Hou, T. Iguchi, R. Kakar, T. N. Krishnamurti, C. D. Kummerow, S. Lang, R. Meneghini, K. Nakamura, T. Nakazawa, K. Okamoto, W. S. Olson, S. Satoh, S. Shige, J. Simpson, Y. Takayabu, G. J. Tripoli, and S. Yang, Retrieval of Latent Heating from TRMM Measurements, Bulletin of American Meteorological Society, November 2006

(2)特許出願

平成 18 年度特許出願:0 件 (CREST 研究期間累積件数:1 件)