

1. 気候変動モニタリング技術高度化の研究

情報通信研究機構 電磁波計測部門 降水レーダグループ、井口俊夫
(iguchi@nict.go.jp)

1. 研究の目的

温暖化総合モニタリングプログラムの達成目標として掲げられている「国際協力による地球環境常時監視システムの構築とそれによるモニタリングデータの集積」を実現するためには衛星観測データの利用が不可欠である。とりわけ「新たな衛星観測センサー等の観測」はデータの質及び量の改善をもたらし、モニタリングの正確さと信頼度を高める点で重要である。この目的に合致する具体的な衛星計画として全球降水観測(GPM)計画がある。GPM計画では全球の降水測定精度を向上させ、温暖化に伴う降雨分布の変化を検出することもひとつの重要な目的とされている。この研究課題は、GPM計画の実現に必要な技術開発の研究を行い、最終的には地球温暖化などに伴う気候変動の研究に寄与することを目的としている。

2. 研究の方法

全球降水観測(GPM)計画は全球における降水を約3時間ごとに観測し、世界各地の降水の分布を知るものである。降雨の分布、強度、頻度と温暖化の関係はいまだ良く理解されておらず、GPMによる全球にわたる高精度高頻度の降水分布情報はその関係を解明し、温暖化研究の重要なデータを提供するものとして期待されている。本施策ではGPM計画の中心をなす主衛星に搭載予定の二周波降水レーダの開発を独立行政法人宇宙航空研究開発機構と協力して行う。情報通信研究機構は、主に二周波レーダのうち技術的課題の多いKa帯(35.5GHz)のレーダ部の開発を担当する。他の部分の開発は宇宙航空研究開発機構が実施する計画である。レーダの二周波化はGPM計画で要求されている降雨観測の高精度化のためには必須の要件である。また、ハードウェアの開発と平行して、二周波レーダのデータから降水強度や雨滴の粒径の情報を抽出するアルゴリズムの研究を行う。

具体的には、平成14年度から15年度にかけて、衛星搭載二周波降水レーダのKa帯レーダ部の送受信系の機能確認モデルを製作し、その性能評価を行い、その成果を基に、エンジニアリングモデルの設計に着手する。16年度には、引き続きKa帯レーダ送受信機部のエンジニアリングモデルの設計・製作および試験を継続する。

他方、二周波レーダ用降水推定アルゴリズムの開発においては、より実際の条件のもとで得られる二周波レーダデータを用いた降水パラメータの推定アルゴリズムの検討を行う。熱帯降雨観測衛星(TRMM)搭載の降雨レーダ(PR)や航空機搭載降雨レーダのデータを活用し、現在開発中の二周波レーダ用降水推定アルゴリズムの性能評価を行う。さらに推定される降雨強度など種々のパラメータの誤差評価モデルを構築する。

3. 研究の成果

3.1 機能確認モデルの性能評価

平成15年度には、衛星搭載35GHz帯降水レーダ送受信機部の機能確認モデル(BBM)の製作を行った。レーダの送受信系の構成としては、それ以前に実施された送受信系予備設計のシステム設計の結果を基に、送信器、受信器、移相器の8素子をひとつにまとめた送受信(T/R)ユニット16台からなる128素子の構成とすることがよいと判断された。その判断の基に、本BBM製作では、平成14年以前に開発した固体電力増幅器用半導体素子および移相器用半導体素子を利用し、T/Rモジュールの試作及び8台のT/RモジュールをまとめたT/Rユニットの試作を行い、小型・軽量化、低消費電力化の確認を含む性能評価を行った。

その性能評価を通じ、衛星搭載レーダの最終設計に必要な消費電力、質量、寸法に関する基礎デ

ータを取得した。新しく開発した 35GHz 帯の固体電力増幅器により一素子あたり必要とされる 34dBm の出力を得る目処が付いた。エンジニアリングモデルの設計においては、機能確認モデルの性能評価結果を反映させるだけでなく、可変パルス繰り返し周波数(PRF)の検討を行い、それを用いたレーダ制御システムを含む全体の設計を行った。

3.2 エンジニアリングモデルの製作

BBMの試験結果を基に、平成15年度から16年度にかけて、35GHz帯降水レーダ送受信機部のエンジニアリングモデルの設計を行った。この設計を基にエンジニアリングモデルを製作している。このエンジニアリングモデルは、32素子からなる部分モデルである。16年度から17年度にかけて、その性能評価を行う。具体的には、電気的性能、質量、寸法などが要求諸元を満たすことを確認する。

BBM開発とは独立に、エンジニアリングモデルに反映させることとして、レーダの運用方法の検討を行った。具体的には、レーダエコーに不要なエコーが混ざらず、同時にレーダエコーの総合的な信号対雑音比が最適となるレーダのパルス繰り返し周波数の研究や、走査幅、分解能などの影響に関する研究を行い、最適と思われるレーダ運用方式を見出した。

エンジニアリングモデルによる試験結果を基に、GPM衛星搭載用降水レーダの最終要求仕様を固める。

3.3 降雨強度推定アルゴリズムの開発

ハードウェアの開発と平行して、二周波降水レーダで得られた降雨エコーのデータから瞬時の降雨強度の鉛直分布を推定するアルゴリズムの研究を行ってきた。過去に提案されていた方法では、レーダエコーの減衰補正のために、エコーの最遠点での減衰を何らかの方法で与えるか、それに関して仮定をおく必要があったが、その情報がなくとも、雨滴の粒径分布パラメータを各距離で推定可能なアルゴリズムを開発した。

さらに、このアルゴリズムを用いた場合に受信信号に含まれる雑音や信号の統計的ばらつきが最終的な降雨強度推定に及ぼす誤差について吟味し

た。

また、一般的に二周波レーダデータから降雨強度を推定する場合に、雨滴粒径分布に関するパラメータとしてどのようなものをとるのが良いか、その一般的性質について誤差の観点から吟味した。

4. 今後の課題

2010年ごろに打ち上げが予定されているGPM衛星に搭載する降水レーダを要求性能を満たす形で実現することが目標である。この研究課題はそれにいたる前段階として必要不可欠な課題である。この課題の終了年度である18年度までに、エンジニアリングモデルの製作とそれを用いた電気的および機械的性能試験を実施し、その結果を宇宙航空研究開発機構と共同で衛星搭載降水レーダの飛行モデルの設計に反映させる。

ソフトウェアの面では、瞬時視野範囲内で降雨強度が変化している不均一な降雨に対しても大きな偏差を生じさせない二周波レーダアルゴリズムの開発を目指す。

5. 成果文献

Takahashi, N., and T. Iguchi, 2002: Preliminary design of dual frequency precipitation radar (DPR) onboard GPM (Global Precipitation Measurement) core satellite, *Proc. 24th International Symposium on Space Technology and Science (ISTS)*, Matsue, 2002-n-11, 2133-2137.

Senbokuya, Y., S. Satoh, K. Furukawa, M. Kojima, H. Hanado, N. Takahashi, T. Iguchi, and K. Nakamura, 2004: Development of the spaceborne dual frequency precipitation radar for the Global Precipitation Measurement mission. *Proc. IGARSS2004*, Anchorage, Alaska, USA.

Kobayashi, S., and T. Iguchi, 2003: Variable Pulse Repetition Frequency for the Global Precipitation Measurement Project (GPM), *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol.41, No.7 pp.1714-1718.

Mardiana, R., T. Iguchi, and N. Takahashi, 2004: A dual-frequency rainprofiling method without the use of a surface reference technique, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 42, No. 10, pp. 2214-2225.

Mardiana, R., T. Iguchi, N. Takahashi, and H. Hanado, 2004: Study of quantization effects on rainfall rate estimation from GPM dual-frequency radar, *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letter*, Vol. 1, No. 3, pp. 220-223.

Kuo, K., E. A. Smith, Z. Haddad, E. Im, T. Iguchi, A. Mugnai, 2004: Mathematical-physical framework for retrieval of rain DSD properties from dual-frequency Ku-Ka-band satellite radar, *J. Atmospheric Sciences*, vol. 61, pp. 2349-2369.