

平成22年 5月 17日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2008～2009
 課題番号：20760323
 研究課題名（和文） 複数の衛星観測データの統合的活用による雲微物理データ同化手法の開発
 研究課題名（英文） Development of cloud microphysics data assimilation system with integrated use of multiple satellite observation products
 研究代表者
 谷口 健司（TANIGUCHI KENJI）
 金沢大学・環境デザイン学系・特任助教
 研究者番号：20422321

研究成果の概要（和文）：本研究では、これまでに開発された衛星観測データを用いた領域気象モデルにおける大気中の水蒸気量及び雲水量の改善手法であるデータ同化において、複数の衛星観測データを活用した高度化を行った。衛星観測による海面水温情報の追加による影響は小さかったが、海上風速情報の追加においては顕著な影響がみられた。また、雲頂高度情報の感度分析により、適切な雲頂高度分布を与えることで大幅な改善が期待されるとの結果を得た。

研究成果の概要（英文）：In this research, the cloud microphysics data assimilation system, which improves water vapor and cloud water amount in numerical weather prediction model, is improved by using multiple satellite observation products. Sea surface temperature estimated from satellite observation has small effect but sea surface wind shows significant change. Sensitivity analysis for cloud top height (CTH) suggested that appropriate information of CTH distribution can largely improve assimilation result.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2009 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：水文気象学

科研費の分科・細目：土木工学・水工学

キーワード：気象予測，衛星観測，データ同化，雲微物理

1. 研究開始当初の背景

アジアモンスーン域に位置する日本においては、前線性豪雨や台風による大雨の被害から人命と財産を守ることは重要な課題である。豪雨時の避難誘導や洪水に備えたダムの予備放流等のソフト的対策の実現には、正

確な雨域と精度の高い予測降水量情報を与える気象予測が不可欠である。そうしたなか、数値気象モデルの進歩に伴い、モデル自身の問題点よりも初期値・境界条件が予測結果に与える影響が大きくなり、より高品質の初期値作成のためのデータ同化手法の重要性が増している。

研究代表者らは、衛星搭載マイクロ波放射計による観測輝度温度情報を用いたデータ同化手法の開発に取り組んできた。マイクロ波放射計は複数の周波数及び偏波の組み合わせにより様々な物理量の推定が可能でありデータ同化に有用である。特に、降水予測においては大気の情報が必要であるが、ラジオゾンデによる大気観測は日本国内では十数地点と少なく、観測地点も陸域に限定されており、海洋上を含む広範囲にわたる大気情報を取得可能な衛星観測データの活用は重要である。また、JAXAが開発し、2002年から運用されているマイクロ波放射計 AMSR-E の後継センサーである AMSR2 が、2011年から4年おきに打ち上げられる地球観測衛星 GCOM-W1, W2, W3 に搭載予定である。また米国の衛星搭載マイクロ波放射計も今後増加予定であり、マイクロ波放射計による観測データは一層の充実が期待される。

こうした背景の下、本研究では従来取り組んできたマイクロ波放射計による衛星観測データ同化手法の高度化に取り組んだ。

2. 研究の目的

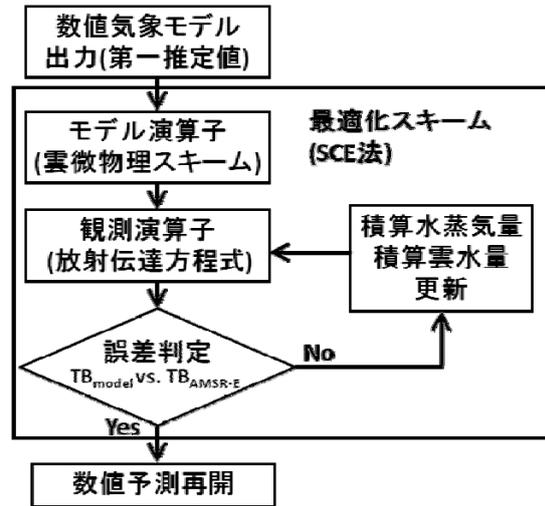
これまで開発してきた雲微物理データ同化手法では、放射伝達方程式を観測演算子として用いて、気象モデル出力から算出した輝度温度と AMSR-E による観測輝度温度との誤差を最小とするように最適な水蒸気量及び雲水量分布を推定している。放射伝達方程式を解く際の下部境界条件には海面水温及び海上風速の情報が必要であるが、それぞれモデル出力及び定数を与えており、十分な精度で放射伝達方程式を解いているとは言い難い。一方、AMSR-E 観測より海面水温及び海上風速の推定が可能であり、この情報を用いることで適時性の高い境界条件の下、放射伝達方程式を解くことが可能である。このように複数の衛星観測データを用いて、より正確に放射伝達方程式を解き、データ同化の高度化に取り組んだ。

また、本データ同化手法においては適当な積算水蒸気量及び積算雲水量を設定したのち、それらを高さ方向に配分することで鉛直分布を与えるが、その際に必要な雲頂高度及び雲底高度は定数を与えている。本研究では、雲頂高度を変更した同化実験を行い、その影響についても調べた。

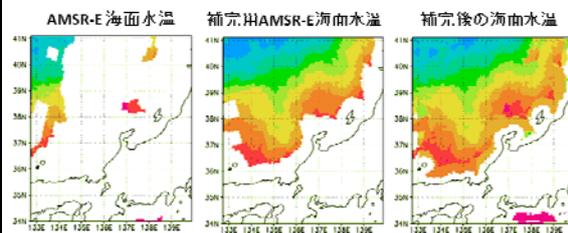
3. 研究の方法

(1) 雲微物理データ同化システムの概要

図-1 に本データ同化システムの概要を示す。本システムでは同化対象である第一推定



(図 1)



(図 2)

値を得るための気象モデルとしてオクラホマ大学で開発された Advanced Regional Prediction System (ARPS) を用いる。雲微物理スキームには Lin Ice Scheme を用い、データ同化のモデル演算子にも同スキームを用いる。第一推定値を求めたのち数値予測を中断し、データ同化を行う。最適化手法にはアリゾナ大学で開発された Shuffled Complex Evolution 法 (SCE-UA 法) を用いる。最適化スキームでは積算水蒸気量と積算雲水量の候補値をランダムに作成し、複数の組み合わせを用いてモデル演算子によって予測中断時刻から同化時刻までを再度予測し、同化時刻において観測演算子で輝度温度を算出し、観測値との比較により誤差評価を行う。誤差が一定値まで収束したら得られた同化結果を用いて数値予測を再開する。

(2) AMSR-E 観測データ及びプロダクト

本研究では AMSR-E による観測輝度温度を利用するが、特に大気中の水蒸気量及び雲水量の改善するため、主に積算水蒸気量に感度を持つ 23.8GHz 及び主に積算雲水量に感度を持つ 89.0GHz の輝度温度を用いる。

下部境界条件に用いる海面水温情報には AMSR-E 観測輝度温度から推定された JAXA 標準プロダクトを用いる。併せて、海上風速情報についても AMSR-E 観測から推定された JAXA 標準プロダクトを用いる。いずれも降雨時においては推定精度が劣化するため、降雨域での算出は行われていない。本研究では欠

損値に関しては同化時刻近傍での観測による推定値を用いて補完することとした。近傍での観測においても欠損の場合には、海面水温にはモデル出力を、海上風速には25m/sを与えることとした。欠損値処理の例を図-2に示す。

(3) 雲頂高度の取り扱い

本システムでの Lin Ice Scheme と放射伝達方程式においては水蒸気量及び雲水量の鉛直分布が必要であり、それぞれ適当な積算値を与えたのち配分している。雲水量に関しては雲層内で配分するが、従来の手法においては雲頂高度は定数として全グリッドに同じ値を与えており、雲頂高度が高い積雲などに関しては十分な条件ではない。本研究ではデフォルト値として8000mを与えている雲頂高度を4000m, 12000mに変更して同化実験を行い、その影響を検討した。

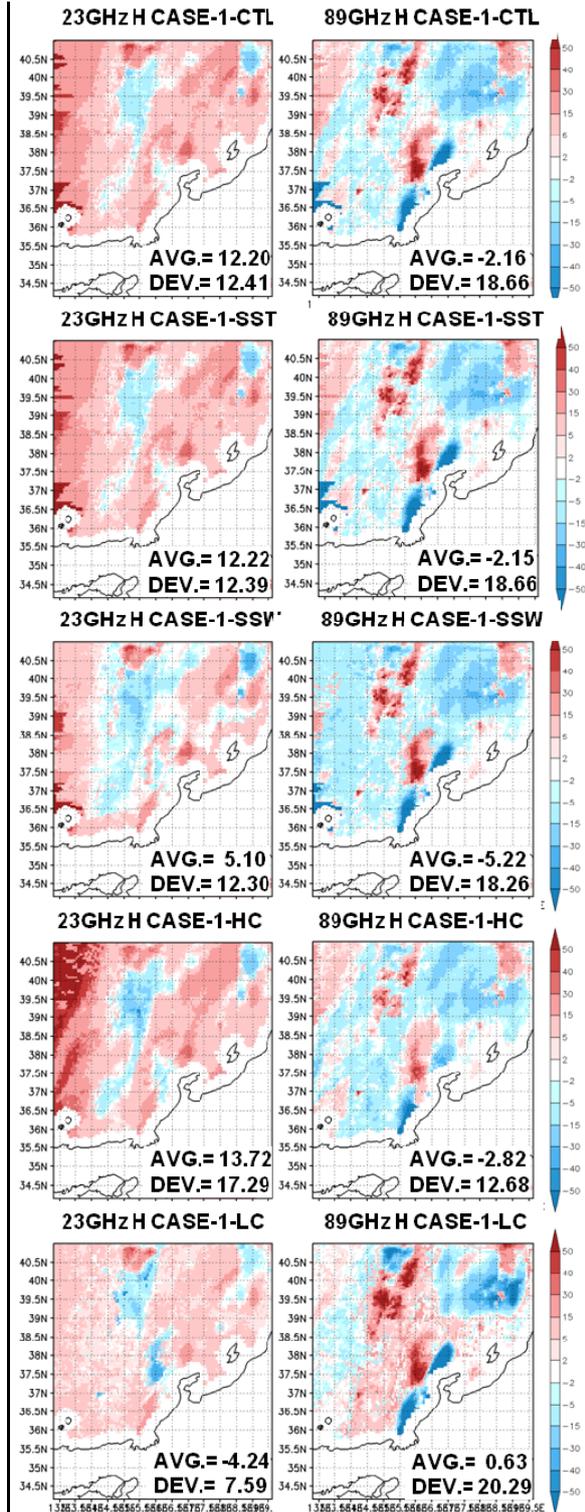
4. 研究成果

(1) データ同化結果の比較

2008年9月2日に北陸地域で発生した降水イベントを対象としたデータ同化結果について述べる。図-3は従来の同化手法(CTL), AMSR-E海面水温プロダクトを用いたケース(SST), 併せてAMSR-E海上風速プロダクトを用いたケース(SSTW), 雲頂高度12000mのケース(HC), 雲頂高度8000mのケース(LC)に関して、同化実験より得た23GHz及び89GHz水平偏波輝度温度と観測結果との差を示したものである。CTLとSSTを比べると、二つの周波数帯とも差が小さく、改善効果は小さい。これは、同化対象である23GHz及び89GHzの周波数帯では地表面からの放射の影響が小さいためと考えられる。SSTWでは23GHzで顕著な影響がみられ、平均誤差から同化結果が改善されたことが分かる。一方、89GHzでは平均誤差がやや増大している。HCでは23GHzでは全体的に誤差が大きい。89GHzに関しても誤差は増大しているが、CTL等で誤差が大きかった領域で改善が認められる。一方、LCでは23GHzで全体的に誤差が小さくなっているが、89GHzではCTLで誤差が大きい領域の周辺域で、さらに誤差が拡大している。

同化時刻に最も近い時刻でのMTSAT IR1の輝度温度分布を用いて同化時刻付近で実験領域内の雲分布を調べたところ、中央部に高い雲の存在が明らかとなった。IR1輝度温度のみによる雲頂高度の推定はできないが、HCで89GHzでの改善がみられた領域が雲域と一致することから、雲頂高度の上限を大きくすることで背の高い雲域での同化結果が改善されたことがわかる。一方、薄雲の領域ではLCにおいて誤差が縮小した領域と一致した。

他の降水イベントを対象とした同化実験



(図3)

においても、海面水温プロダクトの影響は小さかった。海上風速プロダクトについては、23GHzでは同化結果が改善する傾向がみられたが、89GHzに関してはケースにより異なる影響がみられた。雲頂高度に関しては、実際の雲分布が閾値に対応する領域では改善するとの結果を得た。

(2) 降水予測結果の比較

図-4 は図-3 に示した同化結果を用いた ARPS による数値実験から得た主たる検証地点である金沢の降水量とアメダス観測データである。データ同化を行わない場合の数値実験結果 (ARPS) も示してある。

観測結果は二つの降水ピークを示しているが、同化を行わない場合はピークが一つであり降水量も過大であるのに対し、LC 以外の同化のケースでは二つのピークの再現と、過大なピーク降水量の改善がなされている。HC では二番目のピーク降水量が他の結果より大きく観測結果にやや近い。LC では最初のピーク降水量が非常に課題となっている。

他の降水イベントを対象としたケースでは、同化結果を用いた気象予測実験において降水予測の誤差増大や、降水イベントの後半での再現性の低下がみられた。これらは、同化前の第一推定値における雲分布の再現性が低いことや、対象領域内での強い風のために同化の影響を受けた大気が領域外へ流出したためであることが詳細な解析により明らかとなった。

(3) 成果の位置づけ及び今後の展望

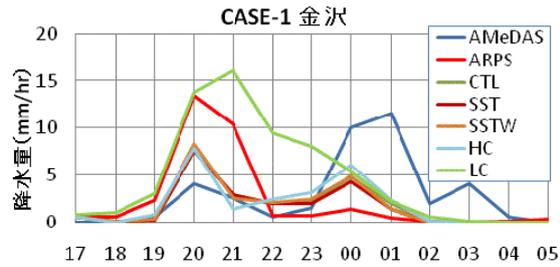
本研究では従来の衛星データ同化手法において、多様な衛星プロダクトの活用による高度化によって、データ同化結果に改善効果が期待されることが示された。今後充実する衛星観測による観測データの有効活用の実現と、それによる気象予測精度向上に貢献することが期待される。

本研究から示された課題においては、雲頂高度に関しては、その影響が顕著であり、各地点の実際の雲頂高度に対応するように適切な値を得ることがデータ同化の改善につながることを示唆された。今後、MTSAT の複数チャンネルを用いて雲頂高度を推定し各グリッドに適切な情報を与えることで、対象領域の広範にわたって同化結果を改善することが可能と考えられる。また、それによって第一推定値における雲分布の再現性が低い場合においても、実際の雲分布を反映したデータ同化が行えることから、適切な同化結果を得ることが可能と考えられる。

同化対象領域内の風の場の影響によって同化結果の効果が持続しない場合においては、対象領域を広くとることで効果の長期化が期待されるが、計算負荷の増大が懸念されるため、より効率的な計算手法の検討が必要である。

現在の手法では水蒸気量の鉛直分布推定は第一推定値に依存しているが、さらに高周波数帯のマイクロ波観測データを利用して実際の鉛直プロファイルを考慮し、同化結果の改善に取り組む予定である。

現在のマイクロ波リモートセンシングは陸域への適用が困難であり、本データ同化手



(図 4)

法も適用範囲は海洋上に限定される。長期的な目標として、陸域大気への適用が可能な衛星データ同化の開発を実現したい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

1. 谷口健司 (他 3 名, 1 番目), 雲微物理衛星データ同化手法における海面水温・海上風速及び雲頂高度情報の影響, 水工学論文集, 54 巻 (2010), 361-366, 査読有

[学会発表] (計 2 件)

1. 谷口健司, 雲微物理衛星データ同化手法における海面水温・海上風速及び雲頂高度情報の影響, 第 54 回水工学講演会, 2010. 03. 05, 北海道大学札幌キャンパス (北海道)
2. Taniguchi, K., Improvement of Cloud Microphysics Data Assimilation System with AMSR-E Sea Surface Product, 2009 AGU Fall Meeting, 2009. 12. 16, Moscone Convention Center (San Francisco, USA)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

谷口 健司 (TANIGUCHI KENJI)
金沢大学・環境デザイン学系・特任助教
研究者番号: 20422321