

# 衛星データの利用技術に関する研究

○増田一彦、石元裕史、岡本幸三、真野裕三(気象衛星・観測システム研究部)

## 1. はじめに

近年運用が開始された多波長赤外サウンダを数値予報システムで有効に利用するための研究を行っている。

AIRS/Aqua や IASI/Metop のような、多波長赤外サウンダは数千のチャンネルを有しているが、数値予報システムで利用できるチャンネル数には限界があるので、最適チャンネルを選択することが必要である。また、多波長赤外サウンダの利用を、データの扱いが容易な晴天海域に限定すると、利用率は非常に低くなる。雲域や陸域でのデータを利用するための技術開発が急務である。

放射伝達モデルは衛星データ処理の基幹ツールであり、多波長赤外サウンダやマイクロ波センサのデータを処理するための放射伝達モデルを開発しているが、雲粒や雪片の導入など、機能を高めてゆく必要がある。また、放射伝達モデルや大気鉛直プロファイル推定アルゴリズムの性能評価を行うことも重要な課題である。

## 2. 研究成果

これまでに得られた研究成果のいくつかを紹介する。

### 2.1. 雲域でのデータ同化

雲域は晴天域に比べて、放射計算の扱いが複雑であり、また、非線形性が強い等の問題点もある。一方、多波長赤外サウンダの観測視野内(10-20km)が「晴天」であることは非常に少なく、観測データを有効に活用するには雲域のデータを利用することが必要である。

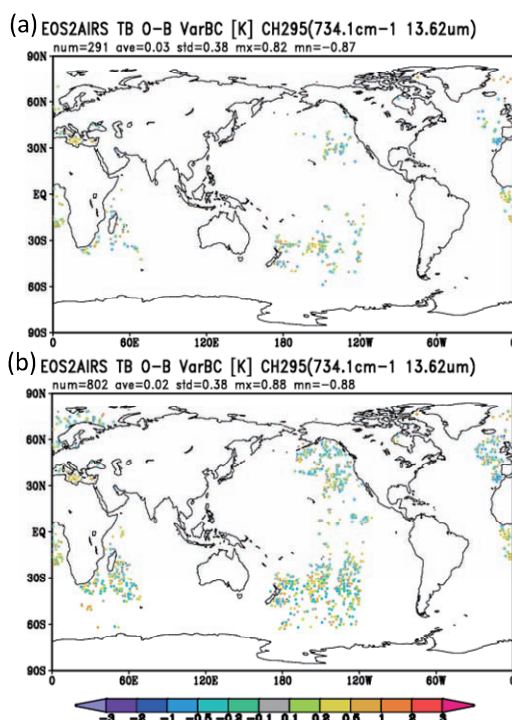
雲域データの扱いとして、(1)大気上層に感度があり、雲の影響を受けないチャンネルのデータだけを利用する、(2)単純な構造の雲のみのデータを利用し、雲パラメータの一部を解析変数として導入する、(3)さまざまな雲パラメータを解析変数として導入して多様な雲に対応する、といった手法がある。(3)が理想的であるが、現時点では各国の数値予報センターでは(1)、(2)の手法の開発が進められている。現在、気象研究所/気象庁でも(1)から(2)に向かっている段階である。開発中の雲域データ利用手法の概要は次のようなものである<sup>(1)</sup>。

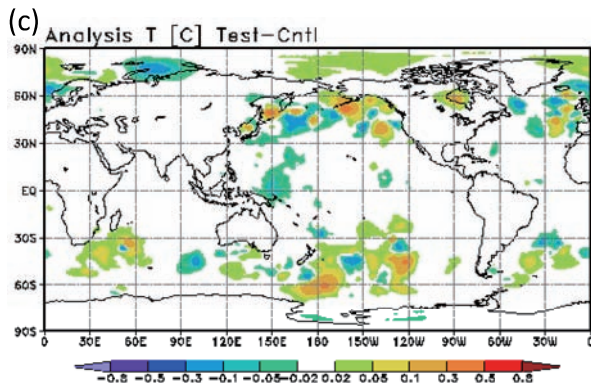
まず、「単純な構造の雲」を「単層雲放射モデル」( $R = (1-F) * R_{clear} + F * R_{cloud}(P_c)$ ) が適用できるような雲とする。「単純な構造の雲」を見つけるために、「解析本体」の「前処

理」として、CO2 スライシング法により、「雲頂高度(気圧:  $P_c$ )」と「有効雲量(F)(=雲量 \* 雲の射出率)」をピクセル毎に算出し、Fが閾値(現在、0.8に設定)を超えるピクセルを「単純な構造の雲」のピクセルとする。同時に、その他のピクセル( $F < 0.8$ )について、扱いがより単純な「晴天放射モデル」が利用できるチャンネルを選定する。このようにして、解析本体への入力データが準備される。

解析本体は4次元変分法であり、放射伝達計算は「単純な構造の雲のピクセル( $F > 0.8$ )」については「単層雲放射モデル」で、「その他のピクセル( $F < 0.8$ )」については「晴天放射モデル」で行われる。現時点では  $P_c$  と F を固定値としているが、将来はこれらを解析変数として扱う予定である。

第1図は多波長赤外サウンダAIRSの734.1cm<sup>-1</sup>チャンネル(750hPa付近に感度のピークがあるチャンネル)のD値(観測値と第一推定値との差)を(a)「晴天放射モデル」が適用可能なデータだけを使って同化した場合と、(b)それらに「単純な構造の雲」のデータを加えて同化した場合とで、比較したものである。雲域データを適切に処理することにより利用できるデータ数が確実に増加していることがわかる。(c)は500hPaの気温における両者の解析差であり、雲域データを利用することによるインパクトが明瞭に示されている。





第1図:(a)「晴天放射モデル」が適用可能なデータだけを使って同化した場合のD値(観測値と第一推定値との差)、(b)「単純な構造の雲」を加えて同化した場合のD値(AIRSの734.1cm<sup>-1</sup>チャンネル)。(c) 500hPaの気温における両者の解析差。

## 2. 2. 放射伝達モデルの開発・改良

関連 k 分布法に基づく高速放射モデル(MITRAN)の AIRS 対応版を開発してきた<sup>(2)</sup>。本研究期間中に IASI 対応版を作成するとともに、吸収線データベース(HITRAN)の更新への対応や海面射出率モデルの改良による精度向上を行った。現在、MITRAN を使って AIRS の事例解析を実施中である(次節)。今後、雲の吸収・散乱を導入することを計画している。

## 2. 3. 水蒸気ライダー観測との比較実験

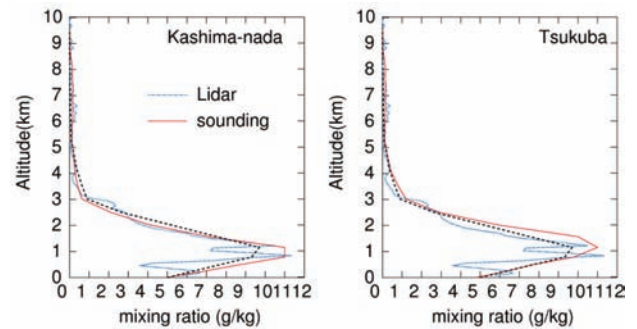
水蒸気チャンネルの放射計算精度や水蒸気プロファイル推定アルゴリズムの検証・改善、また陸域での大気サウンディングに関する知見を強化するために、AIRS観測に同期した水蒸気ライダー観測を気象研究所構内で開始した。以下に解析事例を示す<sup>(3)</sup>。

観測日時は2010年6月1日1630UTCで、安定した晴天であった。水蒸気ライダー観測は鉛直分解能96mであり、積算時間は1時間である。

解析に使った放射モデルはMITRAN、陸面の射出率モデルはMODIS UCSB射出率ライブラリを集約して整備したモデルのうち観測地点周辺の土地環境に近い「若い広葉樹林」モデルを採用した。解析に利用したAIRSデータのチャンネル数は、数値予報センターに配信されている324チャンネルから、微量気体の吸収の影響を受けるチャンネル等を除いた185チャンネルである。解析手法は1次元変分法である。

第2図にAIRSデータから求めた水蒸気の鉛直分布と水蒸気ライダー観測との比較を、海域(左)と陸域(右)について示す。MITRANを利用した水蒸気のリトリバルの状況はおおむね良好といえる。なお、陸域について、さまざまな陸面射出

率モデルを使ってリトリバルを行った結果、モデルによってはかなりの違いが生じることも示された。



第2図: 多波長赤外サウンダAIRSデータから求めた水蒸気の鉛直分布(赤)と水蒸気ライダー観測(青)との比較。黒点線は解析に用いた初期値。(左)海域、(右)陸域。

## 3. まとめ

開発中の雲域データ処理手法により、これまでより多くの多波長赤外サウンダデータが数値予報システムで利用できるようになりました。そのインパクトも示された。今後、全球大気データ同化システムを用いたサイクル実験を行い、その効果を実証してゆく。

放射伝達モデルは順次改良が進んでおり、多波長赤外サウンダAIRSの事例解析などに活用されている。AIRSから求めた陸上の水蒸気分布と水蒸気ライダー観測値との比較結果はおおむね良好であり、適切な陸面射出率モデルを用いることの重要性も示唆された。

また、チャンネル間の観測誤差相関を考慮した最適チャンネル選択手法、チャンネル間の気体透過率の相関に注目した放射伝達モデルの高速化、放射モデルに導入する複雑形状粒子のモデリング等にも取り組んでいる。

## 参考文献

- (1) 岡本幸三, 2011: 赤外雲域同化, 数値予報課報告, 別冊57, 第2.6節 (印刷中)。
- (2) Mano, Y. and H. Ishimoto, 2004: Fast radiative-transfer model based on the correlated k-distribution method for a high-resolution satellite sounder, *Applied Optics*, 43, 6304-6312.
- (3) 真野裕三, 酒井哲, 永井智広, 2010: 衛星サウンダーによる陸上の水蒸気分布と水蒸気ライダー観測値との比較, 日本気象学会2010年度秋季大会講演予稿集, P523.

※本研究は、重点研究「衛星データの利用技術に関する研究(H21-25)」として行われている。研究代表者: 増田一彦、研究担当者: 石元裕史、岡本幸三(平成22年度-)、真野裕三、上清直隆(平成21年度)