

気象庁非静力学モデルの放射スキームの改良について

*長澤亮二・北川裕人

(気象庁予報部数値予報課)

1. はじめに

気象庁非静力学モデル（以下 NHM）の放射スキームは基本的に杉・多田（1988）に基づいており、開発されてからかなりの時間が経過している。一方、全球モデルでは、岩崎・北川（1996）や北川（2000）で放射スキームが精緻化されてきている。たとえ短期予報であっても放射過程を精緻化することは、モデルの総合的な性能を向上させることにつながる。また放射過程が相対的に重要になる長期積分が NHM を用いて実施されており、放射過程の精緻化がより一層必要となっている。そこで、2001 年 3 月にルーチン化された、現在現業で利用されている全球モデルの放射スキームを、NHM に試験的に導入した。そのインパクトについて報告する。

2. 放射スキームの概要

従来の放射スキーム（以下旧放射スキーム）と、全球モデルの放射スキーム（以下新放射スキーム）の違いについて簡単に説明する。詳細は、1. で挙げた一連の参考文献を参照されたい。

旧放射スキームでは、雲量を相対湿度のみから診断している。放射計算に、予報された雲水量、雲氷量は使用されておらず、長波放射では雲を黒体とし、短波放射では雲の光学特性を雲量や層厚、その他の経験的な定数から決定している。それに対し、新放射スキームは、短波放射と長波放射のいずれも雲の光学特性を雲水量、雲氷量、雲粒の有効半径から直接求めている。例えば、雲氷量が少なく黒体として扱うことのできない上層雲の効果も表すことができる。以上から新放射スキームは、雲の光学的な厚みを旧放射スキームより精密に扱うことができるといえる。

3. 雲量の診断方法

旧放射スキームで利用している雲量は、相対湿度のみから診断され、予報された雲水・雲氷と空間的な分布が対応していないので、この手法では放射過程での加熱・冷却と凝結熱を整合して取り扱うことができない。そこで、Xu and Randall (1996) を用いて、NHM で予報された雲水、雲氷の混合比、相対湿度から雲量を診断することとした。その診断式は、以下ようになる。

$$C = RH^p \left[1 - \exp\left(-\alpha_0 \bar{q}_l / [(1 - RH)q^*]^\gamma \right) \right]$$

ここで、 C は雲量、 RH は相対湿度、 \bar{q}_l は雲水と雲氷の混合比の和、 q^* は、飽和水蒸気混合比である。 p 、 α_0 、 γ はチューニングパラメータ

であり、もともと熱帯の雲を対象に水平解像度 64 ~ 512km の低解像度モデル用に決定されていた。オリジナルのパラメータを NHM で用いると雲量が過剰に診断される。そこで中緯度・高解像度モデル向けに新たにパラメータの値を決定する必要がある。そのため雲量を減らすようにパラメータを調整した。

4. 気温の鉛直プロファイルや地上気温への影響

放射スキームの改訂によって、曇天域や晴天域の加熱率、大気上端や地表面での放射フラックスが大きく変わったと考えられるが、ここでは、特に大きなインパクトが見られた地上気温と 200hPa 高度付近の気温について述べる。

旧放射スキームを採用した従来の NHM によって予報された地上気温は、日中、実況よりも昇温しにくく、夜間、降温しにくい傾向がある。これは、相対湿度で診断された上層雲が実際より水平方向に過大に広がっており、またそれが実際の上層雲より光学的に厚いため、日中地表面に入射する短波放射が過小評価されることと、夜間、雲からの過大な下向き長波放射を地表面が受け取るためのと推察される。この問題を新放射スキームで解決できるか調べるため、2004 年 7 月 17 日 00、12UTC を初期値とする 18 時間予報の感度実験を行い、対アメダスの地上気温のバイアスを従来の NHM のそれと比較した（図 1）。計算領域は関東地方を中心とした本州をカバーする領域であり、水平解像度は 10km である。図 1 によると、従来の NHM (oldrad) は、日中、地上気温に負のバイアスが存在し、夜間、正のバイアスが存在する。ところが、新放射スキームを採用した改良版 NHM (newrad) では、日中、正のバイアスの値が大きいものの、従来の NHM で存在したバイアスの日変化が小さくなっている。

次に、統計的な対ゾンデの検証によると、旧放射スキームを採用した従来の NHM は 200hPa 高度を中心に気温に負のバイアスが存在する。そのバイアスは予報時間が長くなるにつれて増加する傾向にある（図略）。これは 200hPa 高度付近を相対湿度で雲量を診断する上限としているので、必然的にその付近の高度が上層雲の雲頂となりやすく、上層雲を黒体として扱う旧放射スキームでは雲頂の放射冷却が強く効きすぎるためと考えられる。そこでこの問題も新放射スキームで解決できるか調べるため、新放射スキームを用いた NHM で 17 日 00UTC から 18 日 18UTC までの全 8 初期値による 18 時間予報の感度実験を行

い、対ゾンデの気温バイアスの鉛直プロファイル
を従来の NHM のそれと比較した (図 2)。計算領
域は近畿地方を中心とした東西方向に約 3600km、
南北方向に約 2900km の広さの領域であり、水平
解像度はこの場合も 10km である。図 2 によると、
従来の NHM では 200hPa 高度付近で、気温の負
バイアスが存在し、それが予報時間とともに増大
していく。それに対し、改良版 NHM では、その
負バイアスはほとんど目立たない。これは、新放
射スキームでは上層雲の光学特性を正しく扱う
ことができたためと考えられる。また、地表面か
ら 300hPa 高度程度までは、放射スキームの違い
によって気温バイアスの大きさに違いが見られ
るが、大気中の放射加熱の微妙な違いや地上気温
の変化が雲物理過程や対流パラメタリゼーショ
ンに影響を与えたことで、気温の鉛直プロファイ
ルが変わったためと推察される。

5. まとめと今後の課題

本調査では、放射スキームを改訂するとともに、
放射計算に利用する雲量をモデルで直接予報さ
れた雲水と雲氷の混合比 (と相対湿度) から診断
した。しかし、予報された雲水と雲氷の分布や量
は、実際のそれらと近いとは限らない。極めて不

確定性が大きい量である。本調査は不確定性の
大きい予報された雲水と雲氷を用いて放射計算を
行う第一歩と位置付けられる。そのような手法で
は放射過程と降水過程がより密接に関係してく
るため、降水過程の調整も視野に置いて開発を行
っていく必要がある。また、下層雲や放射霧は放
射過程に敏感であり、雲量や雲の光学特性の扱
いを変えたことでその生成・消滅・維持に大きく影
響を与えた可能性があるため、下層雲や放射霧へ
のインパクトについても調査したいと考えてい
る。

参考文献

- 岩崎俊樹, 北川裕人, 1996: 放射過程, 数値予報
課報告・別冊第 42 号, 気象庁予報部, 1-29.
北川裕人, 2000: 放射過程, 数値予報課報告・別冊
第 46 号, 気象庁予報部, 16-31.
杉正人, 多田一正, 1988: 放射, 数値予報課報
告・別冊第 34 号, 気象庁予報部, 2-44.
Xu, K. M., and D. A. Randall, 1996: A
semiempirical Cloudiness Parameterization
for Use in Climate Models. *Journal of the
Atmospheric Sciences*, **53**, 3084-3102.

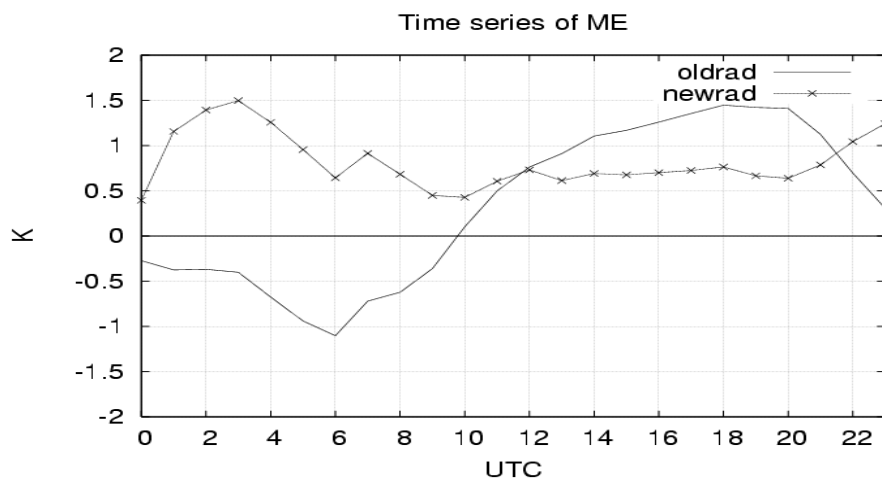


図 1 旧 (oldrad)、新 (newrad) 放射スキームによって予報された地上気温のアメダスに対するバイアスの時系列

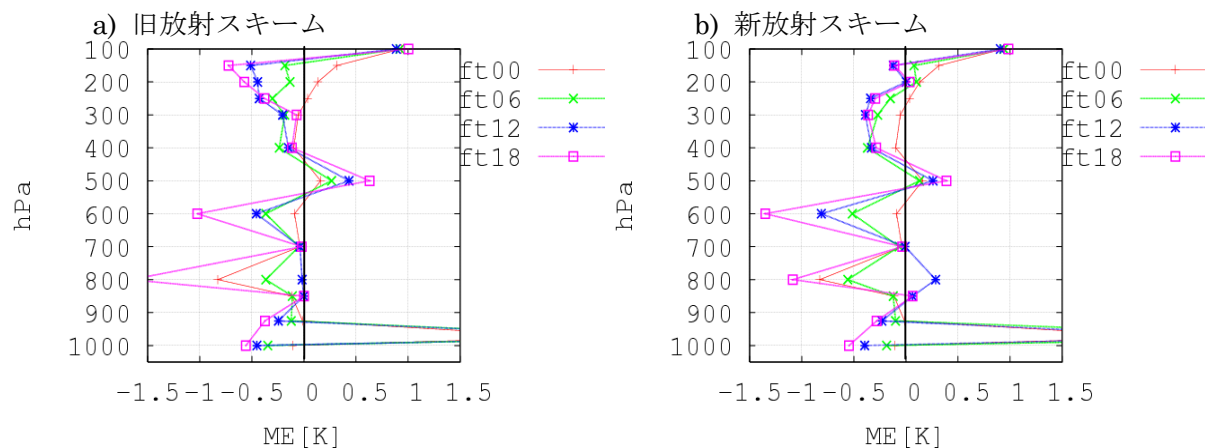


図 2 a) 旧、b) 新放射スキームによって予報された気温の対ゾンデのバイアスの鉛直プロファイル