

NHM 統合環境の紹介

—パソコン版気象研究所非静力学モデル (NHM)—*

上野 幹雄*¹・川畑 拓矢*²・酒井 亮太*³
 白川 栄一*⁴・石田 純一*⁵・斉藤 和雄*⁶

1. はじめに

大阪管区気象台では、気象研究所と地方共同研究「地形の影響を受ける風に関する研究 (平成10年度～12年度)」を行っている。この研究の一環として数値実験を行い、気象研究所で開発された非静力学モデル (気象研究所非静力学メソスケールモデル: MRI-NHM, 以下本稿では 'NHM') を用いている。大阪管区気象台では、Windows (95/98/NT) を OS に用いるパソコン上で NHM を動作させ、さらに結果の解析・管理を行う周辺ツールを統合制御するソフト「NHM 統合環境」を作成した。NHM 統合環境では、地形編集や動作条件の設定、計算の実行、結果の表示などの一連の作業を、マウスのみを使用する簡単な操作で行うことができる。

本ソフトは、大阪管区内の各地方気象台へ配布され、地方共同研究に関する数値実験に用いられている。また、1999年度日本気象学会秋季大会で実演(白川ほか, 1999)され、多くの参加者の興味をひいた。ここでは、NHM 統合環境の概要とそれを用いたシミュレーション例について報告する。

2. NHM

NHM は、気象研究所で開発された非静力学モデルで、基礎方程式としてマップファクターを含む完全圧

* The Integrated Operation Software for the personal computer version of the MRI Mesoscale Nonhydrostatic Model.

*¹ Mikio Ueno, 大阪管区気象台.

*² Takuya Kawabata, 大阪管区気象台 (現・気象研究所).

*³ Ryota Sakai, 大阪管区気象台.

*⁴ Eiichi Shirakawa, 大阪管区気象台.

*⁵ Junichi Ishida, 気象庁数値予報課.

*⁶ Kazuo Saito, 気象研究所.

© 2000 日本気象学会

縮方程式系 (Saito, 1997) を採用し、バルク法の雲物理過程、乱流クロージャモデル、境界層過程などを含む、高性能かつ実用的なモデルである。これまで、気象研究所でのメソ気象現象の研究に用いられてきたほか、大学などとの共同研究による利用も行われている。

モデルの詳細については、気象研究ノート (斉藤・加藤, 1999) や、ホームページ (<http://www.mri-jma.go.jp/Dep/fo/mrinhm/INDEXJ.html>) 等を参照されたい。

3. NHM 統合環境

3.1 NHM 統合環境の特徴

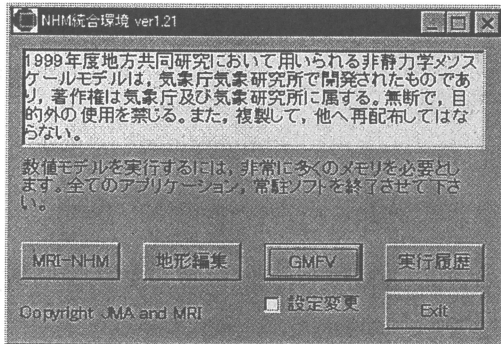
NHM 統合環境の特徴は、シミュレーション及び周辺作業の簡便さである。これは、気象研究所で用いられている NHM のオリジナル版から実行時オプションにいくらかの制限を設けることによって実現されている。

格子数は水平 32×32, 64×64, 96×96, 128×128 の 4 種類から選択する。鉛直の層数は 32 である。計算時間、領域等はユーザーが自由に設定できる。オリジナル版では、気象庁 RSM などの予報モデルにネスティングすることができるが、ここでは初期値として水平一様な場を用い、側面境界に与える外部場も初期値に固定である。

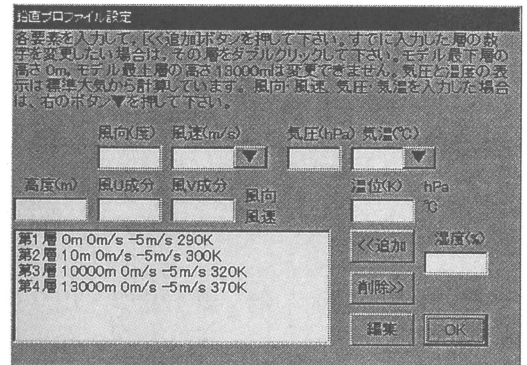
計算オプションとして、地表面温度の予報法、側面境界値の初期値拘束の度合い、コリオリ力を計算するか否か、計算開始時に風をゆっくり強めるか否かを設定できる。また、ドライモデルとするか降水過程を含めるかを選択できる。降水過程を含める場合は、氷相を考慮しない WarmRain として取り扱う。

3.2 初期設定

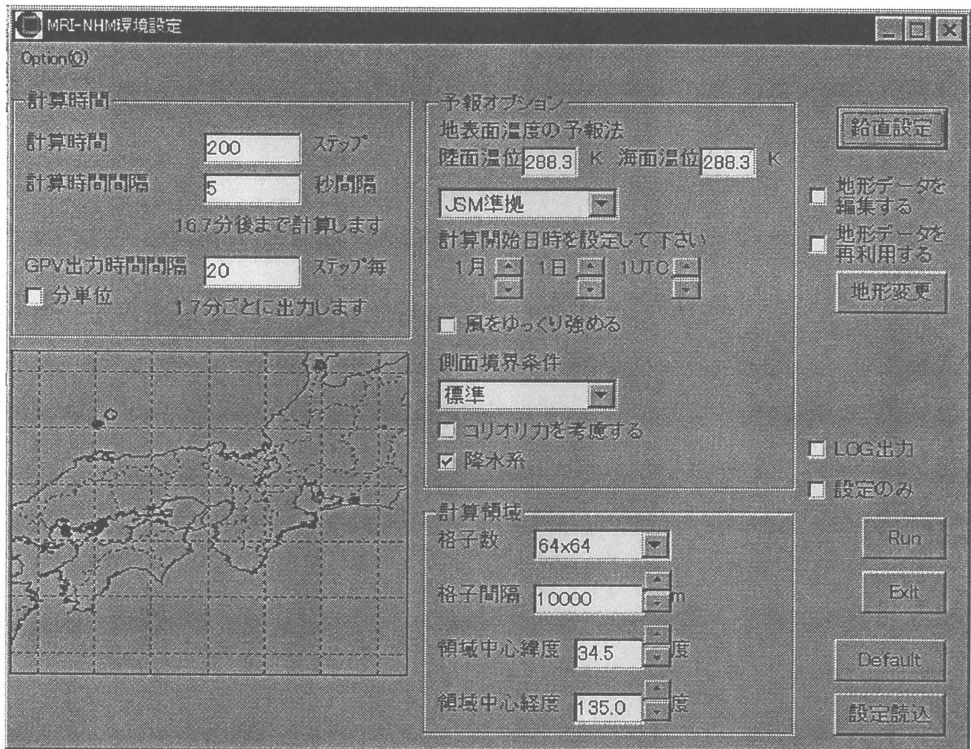
第 1 図に NHM 統合環境初期画面を示す。[MRI-NHM] ボタンを押すと、NHM 初期設定画面が現れる



第1図 NHM 統合環境初期画面。



第3図 鉛直プロファイル設定画面。



第2図 NHM 初期設定画面。

(第2図). 設定内容は、計算時間に関する項目(総ステップ数, 1ステップの時間, データ出力間隔等), 計算領域に関する項目(格子数, 格子間隔, 領域の中心緯度経度), 予報オプション等である. 画面左下に計算領域が表示され, 設定を変更すると表示領域もそれを反映して変化する. さらに [鉛直設定] ボタンを押して, 鉛直プロファイルを設定する(第3図). 高度(m),

風(m/s), 温位(K), 湿度(%)を入力する. 風はUV入力と風向風速入力の2種類の入力方法がある. また, 温位は, 気圧, 気温から入力することもできる. これらは, 高層観測データを直接入力するための機能である.

ここで設定した鉛直プロファイルが全領域に適用され, 水平一様な初期場が作られる. 設定した鉛直プロファイルはモデル面に内挿される.

また、過去に実行した設定は再利用可能で、少しずつ設定を変えてシミュレーションを行うときに有効である。

3.3 実行

3.2の設定を行い、[RUN]ボタンを押すと NHM は以下のように自動的に実行される。

- (1) NHM 実行用のバッチファイル、環境設定ファイル生成。
- (2) 日本域地形データから計算領域地形データ（緯度経度座標）の切り出し。
- (3) NHM の使用する座標系への変換（統合環境版ではポーラステレオ座標系）、指定された格子間隔の地形データ作成。
- (4) シミュレーション計算。
- (5) NHM 出力ファイルを多画面平面図用データファイルへ変換（後述）。
- (6) 「多画面平面図」起動（後述）。

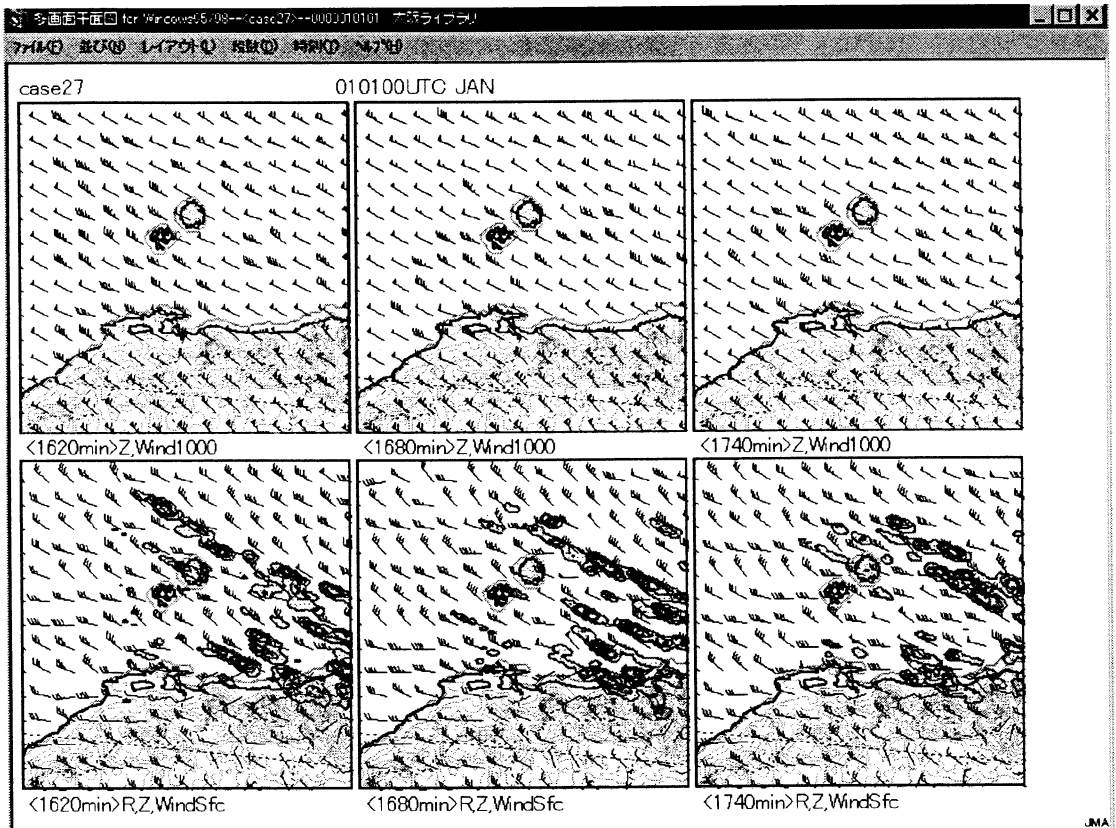
3.4 結果解析

計算が終了すると、自動的に「多画面平面図」ソフトが起動し、直ちに結果を解析できる。後から解析したい場合は、初期画面の [GMFV] ボタンを押す。

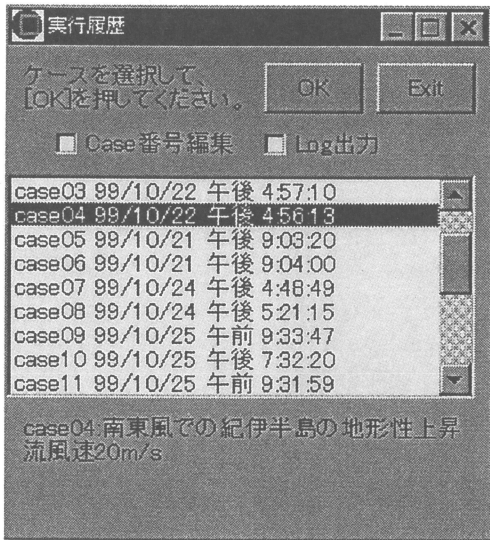
NHM の出力ファイルはモデル面出力であり、かつ多画面平面図用データファイルとフォーマットが異なるので、高度面データへ変換し、かつフォーマットを変換している。

多画面平面図は気象庁の現業用数値予報結果表示ソフトの Windows 版である。NHM 統合環境で使用するために、若干の改修を行った。

多画面平面図は、名前の示すとおり、データを多面的に表示することができる。例えば、第4図では高度面を上下に、時刻毎のデータを左右に並べ、複数要素を重ね合わせて表示している。面の数や重ね合わせる要素の数は選択可能であり、鉛直断面図表示や選択地点の上層データを時系列表示することも可能である。



第4図 多画面平面図表示例。左列から右列へ27, 28, 29時間後を表示。上段は、地形、高度1000 mの風、下段は、地形、前1時間降水量、地上風(高度20 m)を表示。風の表示は短矢羽根1 m/s, 長矢羽根2 m/s, 三角矢羽根10 m/s, 地形の等高線は100 m 毎、下段の影域は前1時間降水量を表す。



第5図 実行履歴画面。

3.5 地形編集

初期設定時に「地形編集」オプションをチェックしておく、計算に使用する地形を編集して、シミュレーションを行える。また、初期画面の「地形編集」ボタンを押して、過去に作成された地形を編集し、利用することもできる。ただし、この作業にはMicrosoft Excelが必要で、Microsoft Excel上で高度等のデータを編集し、新たな地形を作成する。本来使用する地形は指定された格子間隔の実地形だが、例えば、島を削ったり、山を低く(高く)したりすることができる。

編集された地形は、同領域、同格子間隔であれば再利用可能であり、地形以外の初期設定を変更してのシミュレーションが容易である。

3.6 結果管理

初期画面の「実行履歴」ボタンを押すと、これまで実行したシミュレーション結果が一覧表示される(第5図参照)。NHM統合環境では、過去の実行履歴をケース毎の固有の番号で管理している。

「実行履歴」では、各ケースの実行日時を確認したり、設定内容を呼び出したり、メモを作成したりする機能がある。メモは履歴から容易に呼び出せる。また、モデル出力ログの参照や、ケース番号の変更ができる。

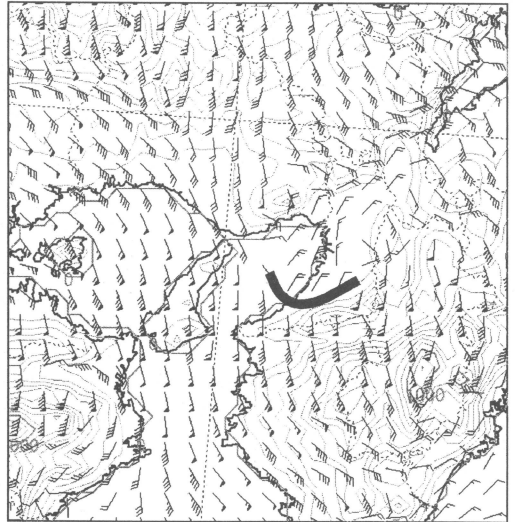
4. シミュレーション例紹介

4.1 パソコンによる計算所要時間

計算領域として水平64×64格子をとったときの、

第1表 CPU別計算所要時間(水平64×64格子, 1000ステップ)。

CPU	Memory	Time
Alpha 21164A 533 MHz	256 MB	33 min
Pentium III 600 MHz	128 MB	41 min
Pentium II 450 MHz	128 MB	52 min
Celeron 500 MHz	256 MB	49 min



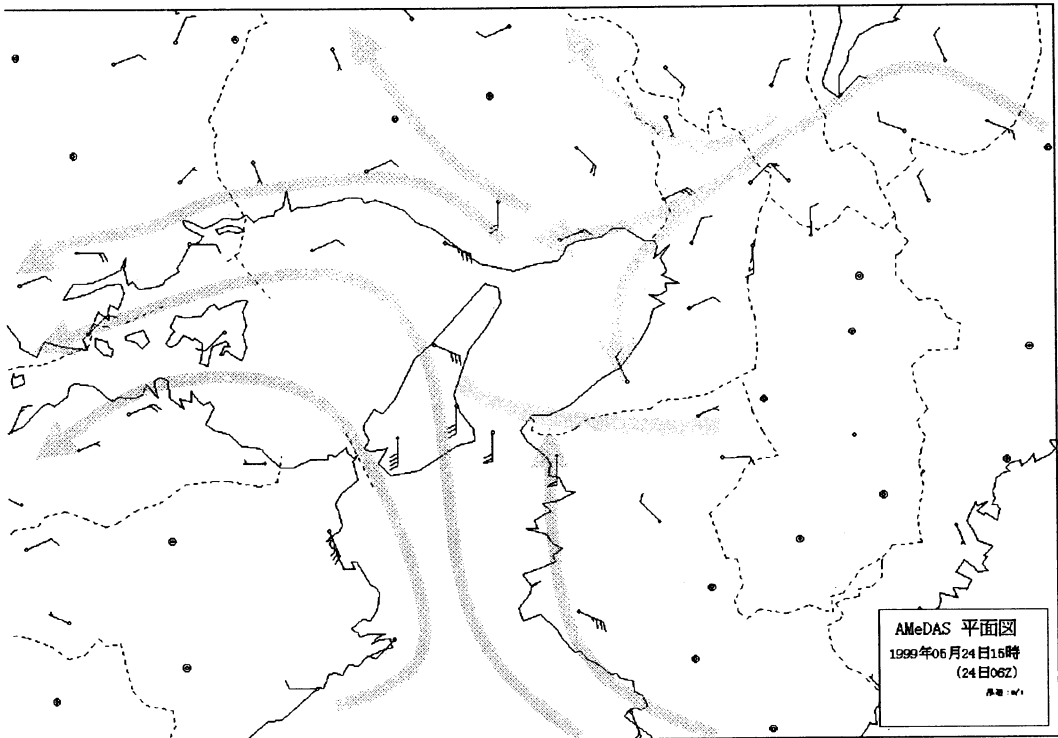
第6図 紀伊半島に影響を受ける風(シミュレーション結果)。地上風(高度20m)と等高線。太線はシアラインを表す。風の表示は短矢羽根1m/s, 長矢羽根2m/s, 三角矢羽根10m/s, 等高線は100m毎。

1000ステップの計算に要する時間を第1表に示す。計算所要時間は、CPUの速さだけではなく、メモリの大きさにも依存する。通常のパソコンでは、ドライモデルで128×128格子、降水過程を含める場合で96×96格子程度の計算領域が、最大の大きさの目安である。なお、以下の節で紹介する例はVT-Alpha 533 (CPU: Alpha21164A533MHz)で計算した。

4.2 紀伊半島の影響を受けた風の分布

一般場の風が南東のとき、大阪平野での風の分布をシミュレートした。初期場として、潮岬の高層観測データ(1999.5.24.09JST)から作成した鉛直プロファイルを与え、5km間隔で64×64格子の領域を、166分後(1000ステップ)まで計算した。計算所要時間は33分であった。

モデル内で定常状態となった166分後の地上風分布を示す(第6図)。大阪平野の北東風と大阪府南部のシ



第7図 アメダスによる実況(1999年5月24日15JST)。太線はシアアライン、矢印は流線を表す。風の表示は短矢羽根1 m/s、長矢羽根2 m/s、三角矢羽根10 m/s。

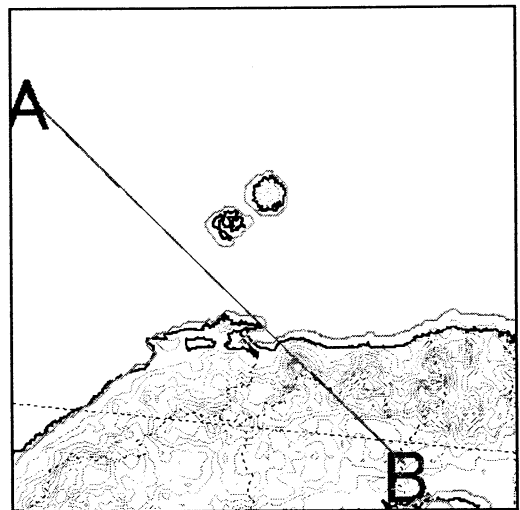
アライン、紀伊水道の強風(10 m/s 前後)、大阪平野の弱風が表現されている。これは同日15時のアメダスによる風の分布(第7図)とよく一致している。

なお、計算領域は第6図より若干広い。

4.3 冬型気圧配置時の降水

山陰地方における冬型気圧配置時の降水をシミュレートした例を示す。初期場として、冬型気圧配置時に米子で観測された高層データから作成した鉛直プロファイルを与えた。2 km 間隔で96×96格子の領域を、48時間後(11,520ステップ)まで計算した。計算所要時間は約24時間であった。

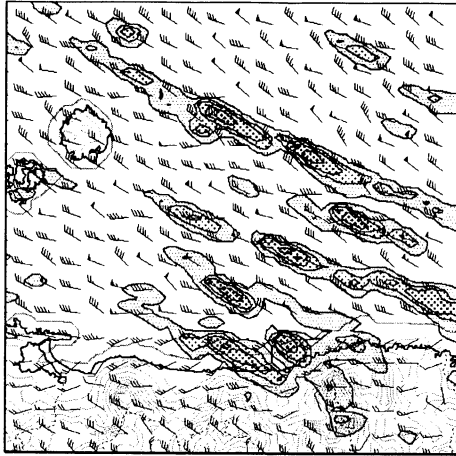
計算領域を第8図に、シミュレーション結果を第9図に示す。吹走距離の長い山陰沖東部に筋状の降水帯が表現されている。これは実際に観測される冬型時の降水帯と大きさ、間隔がよく似ている。第10図に中国山地を横断する鉛直断面図(断面図線は第8図参照)を示す。ほぼ日本海側のみに湿った領域(湿度90%以上)が表現されている。



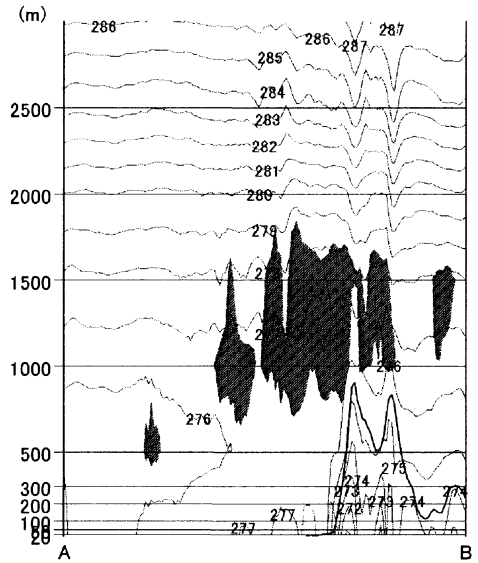
第8図 冬型時降水シミュレーションの計算領域。等高線は100 m 毎。A-B線は第10図の断面図線。

5. 今後の課題

オリジナルのNHMは様々なオプションが用意さ



第9図 冬型時降水(シミュレーション結果). 前1時間降水量(影域), 地上風(高度20 m)と等高線. 降水量の等値線は1 mm, 5 mm, 10 mm, 20 mm. 風の表示は短矢羽根1 m/s, 長矢羽根2 m/s, 三角矢羽根10 m/s, 等高線は100 m 毎.



第10図 中国山地を横切る鉛直断面図(第8図のA-B線). 縦軸は高度(m), 太線は地形, 等値線は温位(K), 影域は湿度90%以上.

れているが, NHM 統合環境で設定できるオプションは限られている. 今後, この点の充実を図りたい. また, 多画面平面図の鉛直断面図は風の表示が断面図線に沿った座標ではなく, 南北座標での表示となっていてイメージがつかみにくいので改修する必要がある.

また, 水平一様の初期場では現実の現象との比較をしようとする場合には不十分な場合が多いので, ネスティングを行いたいと考えている. RSM とのネスティングはオリジナルの NHM の設計上可能であるがデータ入手に難があり, NHM 同士のネスティング, GSM とのネスティングを今後の検討課題としたい.

6. おわりに

気象庁では, NHM を大阪管区内に限らず気象庁内で調査に活用していくことが検討されている. また, 気象庁のモデルを, 研究目的に限り, 大学などの外部機関の利用に応じる方向で検討が行われている. このような検討は, 本ソフトをこのままの形で自由利用できることを直接意味しないが, モデル提供/利用の一つの形態を示すものといえる.

数値シミュレーションを行うプラットフォームは, これまでスーパーコンピュータに限られていたが, 最近では大学や研究機関でも, より安価なワークステーションが広く使われるようになってきた. 今回,

NHM 統合環境の作成により, パソコンでも意味のある結果が計算可能であることを紹介した. また, Windows 上で動作するソフトはユーザーインターフェースが重要であり, NHM 統合環境の開発においても操作性を重視した. このため, モデルの詳細についての専門知識を持たなくても, 簡単な操作で数値シミュレーションを行えるようになっている.

米国などではメソモデルをインターネット上でダウンロードできるようにする試みも始まっている. これまで限られた人達のものだった数値シミュレーションが, 今後はより多くの人に身近なものとなるだろう.

参考文献

- 白川栄一, 上野幹雄, 川畑拓矢, 酒井亮太, 石田純一, 齊藤和雄, 1999: 気象研究所非静力学メソスケールモデルのパソコン版統合環境ソフト, 日本気象学会1999年度秋季大会予稿集, 346.
- 齊藤和雄, 加藤輝之, 1999: 気象研究所非静力学メソスケールモデル, 気象研究ノート, (196), 169-195.
- Saito, K., 1997: Semi-implicit fully compressible version of the MRI Mesoscale Nonhydrostatic model—Forecast experiment of the 6 August 1993 Kagoshima torrential rain—. Geophys. Mag. Ser. 2, 2, 109-137.