

### 3 気象モデルの検討

#### 3.1 気象モデルの概要比較

主要なメソスケールモデルとしてこれまでに実績のある MM5, RAMS, NHM, ANEMOS について、モデルの概要を表 3-1 に整理した。なお、近年は MM5 の後継モデルとして WRF が利用され始めているが(例えば Kusaka *et al.*, 2006)、現状では開発途上であり実績が他のモデルと比較して少ないため、表 3-1 では割愛した。

表 3-1 主要なメソスケールモデルの概要(出典: (財)日本気象協会 社内資料)

| 項目        | MM5  | RAMS   | NHM   | anemos   |
|-----------|--|--|---|--|
| 基本方程式系    | 非静力学   | 非静力学   | 非静力学  | 静力学<br>非静力も選択可   |
| 圧縮の扱い     | 圧縮   | 圧縮   | 圧縮  | 非圧縮  |
| 座標系       | 水平：直角格子<br>鉛直： p   | 水平：ポーラステレオ<br>鉛直： z *  | 水平：ポーラステレオ<br>鉛直： z *   | 水平：直角格子<br>鉛直： z *   |
| 観測データ同化機能 | ナッジング法<br>オプションで3次元変分法、<br>4次元変分法  | ナッジング<br>4次元変分法  | 4次元変分法  | 無し   |
| 雲物理       | 水の4相（水蒸気、水、雪、<br>あられ）の濃度を個別に予<br>測することができる   | cold rain<br>相変化：雲水、雨水、雲氷<br>晶、雪、集塊氷、あられ、<br>ひょう                                       | cold rain<br>水蒸気・雲水・雲氷・雨・<br>雪・あられの混合比（数密<br>度）                               | 格子内の部分凝結を考慮<br>Warm rain   |
| 乱流 *1     | Mellor-Yamadaレベル2.5乱<br>流クロージャーモデル   | Mellor-Yamadaレベル2.5乱<br>流クロージャーモデル   | レベル2.5乱流クロージャー<br>モデル   | Mellor-Yamadaレベル2.5乱<br>流クロージャーモデル   |
| 並列処理対応    | 並列計算処理の標準的な方<br>法であるMPI（Message<br>Passing Interface）に対応                                     | 並列計算処理の標準的な方<br>法であるMPI（Message<br>Passing Interface）に対応                               | 並列計算処理の標準的な方<br>法であるMPI（Message<br>Passing Interface）に対応                      | 無し   |
| ソースの公開    | 公開   | 公開   | 大学・研究機関にのみ公開  | 非公開  |
| シェア・フリー   | フリー  | シェア（近年、フリーに<br>なった）  | -   | -  |
| 実績        | オープンソースで現業・研<br>究用を含め世界で最も普<br>及・データ同化、2-wayネス<br>ティングや並列機対応等、<br>高機能・物理過程も多様な<br>オプション選択可能。 | 研究レベルでは世界的に普<br>及した。商用化のためかMM5<br>ほど伸びなかったが、最近<br>オープンソース化された。<br>大気汚染分野ではユーザ数<br>が多い。 | 研究用モデルをベースに現<br>業仕様化され気象庁MSMとし<br>て運用。大学・研究機関に<br>は無償公開済み。商用利用<br>は現時点ではできない。 | 日本気象協会業務での使用<br>実績が豊富。風力や太陽光<br>のNEDO公認モデル。環境省<br>業務（SPM関連調査、そらま<br>め君）でも実績有り。ただ<br>し、ソースを公開していな<br>いため、国内外での認知度<br>は低い。 |
| 開発元       | NCAR/Pennsylvania State<br>Univ.   | Colorado State Univ.   | 気象研究所   | 日本気象協会   |

\*1 乱流過程は(財)日本気象協会で作成した設定。モデルによって複数のオプションが用意されている。

### 3.2 気象モデルの精度比較

#### (1)事例1

第47回大気環境学会年会にて発表された「気象モデル間の予測評価と大気質モデルへの影響 (Sheretha *et al.*, 2006)」による結果を示す。

この発表では RAMS4.4 と MM5(Ver3.7)の比較計算を実施し、その計算結果と観測値の再現性についてまとめている。図3-1に計算領域、表3-2に計算の概要、比較結果を図3-2に示す。

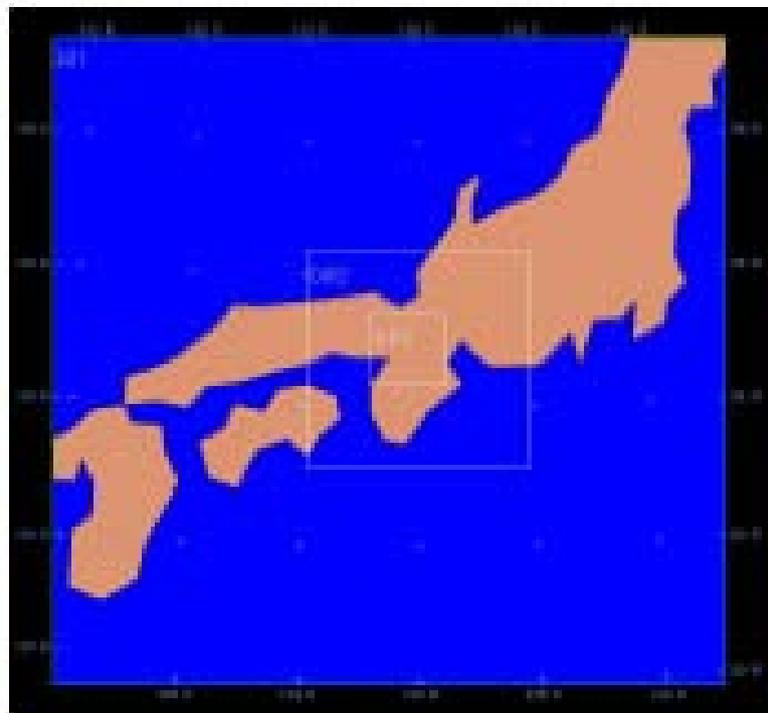


Fig. 1. Three nested domains

図3-1 計算領域

表3-2 計算の概要

| 項目           | 内容                                       |
|--------------|--|
| 計算対象期間       | 夏季：2002年7月27日～8月1日<br>冬季：2002年12月16日～21日 |
| 計算領域とグリッドサイズ | 領域1：9km 領域2：3km 領域3：1km                  |

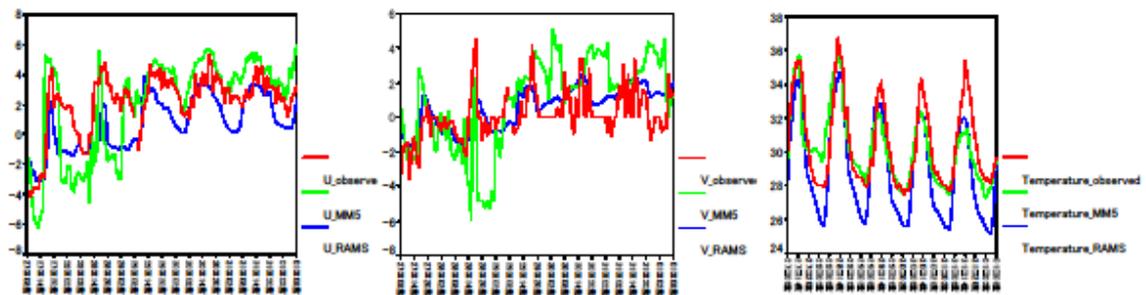


Fig. 2. Summer simulation results of surface u- and v-component (m/s) of wind, and temperature (deg. C) in Osaka

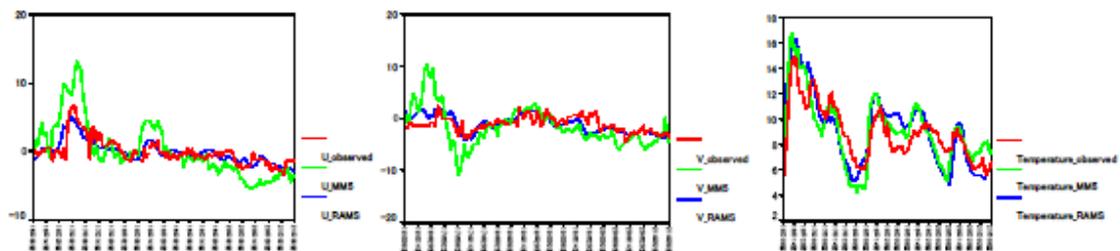


Fig. 3. Winter simulation results of surface u- and v-component (m/s) of wind, and temperature (deg. C) in Osaka

### 図 3-2 モデル(RAMS, MM5)と観測値の比較

(赤：観測値、緑：MM5、青：RAMS； 上段：夏季、下段：冬季)

図 3-2 より下記のことが言える。

- ・ 夏季の風系場の日変化の再現性は MM5 のほうが精度が良い。
- ・ しかし、MM5 は冬季の風系場では大きなバイアスが見られる。
- ・ 2 つのモデル共、風速（観測値）が最小値付近では良い再現性を示している。一方で、MM5 は風速（観測値）が最大値付近のとき、過大評価を示している。
- ・ 両モデルとも、気温の日変化は良く再現できている。しかし、RAMS は最低気温を過小評価している。

#### (2)事例 2

(財)日本気象協会において過去に実施した、3 つのメソスケールモデル (MM5、NHM、ANEMOS) についての比較検討結果を以下に示す。

3 つのメソスケールモデル (MM5、NHM、ANEMOS) について、2002 年の 3 季節各 2 週間を対象に RSM/GPV 00Z を初期値・境界値とし、24 時間予測計算を行った。計算高度は 100 ~ 300hPa (モデルにより異なる) までとし、水平 5km × 5km 格子で九州全域を含む東西 400km × 南北 600km (80 × 120 格子) を計算領域とした。同一期間、同一地域、同一条件 (可能な限り) で各モデルによる計算を実施し、主要な要素についての精度、スキル及び計算時間を比較した。モデル間の精度比較結果を整理したものを表 3-3 に示した。

表 3-3(1) モデルの比較結果 (降水量)

降水量予測スコア比較表

| No. | 地点   | 2002/4/1 ~ 2002/4/15 |      |      |         |      |      | 2002/8/18 ~ 2002/9/1 |      |      |         |      |      | 2002/12/10 ~ 2002/12/24 |      |      |         |      |      |
|-----|------|----------------------|------|------|---------|------|------|----------------------|------|------|---------|------|------|-------------------------|------|------|---------|------|------|
|     |      | スレットスコア              |      |      | バイアススコア |      |      | スレットスコア              |      |      | バイアススコア |      |      | スレットスコア                 |      |      | バイアススコア |      |      |
|     |      | anemos               | NHM  | MM5  | anemos  | NHM  | MM5  | anemos               | NHM  | MM5  | anemos  | NHM  | MM5  | anemos                  | NHM  | MM5  | anemos  | NHM  | MM5  |
| 754 | 萩    | 0.38                 | 0.30 | 0.32 | 0.57    | 0.55 | 0.61 | 0.00                 | 0.00 | 0.02 | 0.36    | 0.48 | 0.14 | 0.23                    | 0.22 | 0.30 | 1.03    | 0.24 | 1.27 |
| 762 | 下関   | 0.26                 | 0.28 | 0.19 | 0.34    | 0.30 | 0.24 | 0.14                 | 0.04 | 0.03 | 0.39    | 0.39 | 0.14 | 0.20                    | 0.33 | 0.40 | 0.48    | 0.43 | 0.71 |
| 784 | 山口   | 0.33                 | 0.31 | 0.36 | 0.47    | 0.44 | 0.39 | 0.15                 | 0.04 | 0.04 | 0.54    | 0.51 | 0.26 | 0.14                    | 0.29 | 0.50 | 0.16    | 0.30 | 0.74 |
| 800 | 厳原   | 0.17                 | 0.22 | 0.41 | 0.21    | 0.31 | 0.49 | 0.30                 | 0.28 | 0.13 | 0.52    | 0.47 | 0.14 | 0.22                    | 0.19 | 0.22 | 0.36    | 0.30 | 0.52 |
| 805 | 平戸   | 0.31                 | 0.19 | 0.27 | 0.36    | 0.50 | 0.32 | 0.21                 | 0.27 | 0.23 | 0.56    | 0.61 | 0.39 | 0.22                    | 0.41 | 0.32 | 0.63    | 0.50 | 0.85 |
| 807 | 福岡   | 0.20                 | 0.25 | 0.23 | 0.22    | 0.40 | 0.25 | 0.03                 | 0.24 | 0.16 | 0.09    | 0.58 | 0.30 | 0.27                    | 0.41 | 0.27 | 0.53    | 0.56 | 0.87 |
| 809 | 飯塚   | 0.14                 | 0.31 | 0.29 | 0.24    | 0.60 | 0.38 | 0.13                 | 0.14 | 0.20 | 0.25    | 1.07 | 0.48 | 0.30                    | 0.45 | 0.42 | 0.46    | 0.62 | 0.78 |
| 812 | 佐世保  | 0.25                 | 0.22 | 0.24 | 0.29    | 0.26 | 0.33 | 0.15                 | 0.27 | 0.28 | 0.60    | 0.37 | 0.47 | 0.28                    | 0.48 | 0.54 | 0.41    | 0.59 | 0.78 |
| 813 | 佐賀   | 0.23                 | 0.14 | 0.28 | 0.34    | 0.34 | 0.41 | 0.19                 | 0.14 | 0.22 | 0.35    | 0.30 | 0.35 | 0.34                    | 0.41 | 0.42 | 0.46    | 0.43 | 0.59 |
| 814 | 日田   | 0.08                 | 0.22 | 0.20 | 0.18    | 0.43 | 0.34 | 0.11                 | 0.03 | 0.10 | 0.27    | 0.05 | 0.27 | 0.31                    | 0.47 | 0.42 | 0.43    | 0.54 | 0.84 |
| 815 | 大分   | 0.17                 | 0.05 | 0.22 | 0.24    | 0.13 | 0.35 | 0.25                 | 0.16 | 0.17 | 0.44    | 0.18 | 0.24 | 0.34                    | 0.52 | 0.43 | 0.46    | 0.55 | 1.11 |
| 817 | 長崎   | 0.12                 | 0.17 | 0.20 | 0.12    | 0.23 | 0.26 | 0.27                 | 0.29 | 0.28 | 0.51    | 0.34 | 0.30 | 0.30                    | 0.33 | 0.38 | 0.36    | 0.35 | 0.60 |
| 819 | 熊本   | 0.14                 | 0.25 | 0.24 | 0.15    | 0.25 | 0.45 | 0.25                 | 0.07 | 0.17 | 0.47    | 0.07 | 0.27 | 0.38                    | 0.27 | 0.33 | 0.41    | 0.27 | 0.92 |
| 821 | 阿蘇山  | 0.03                 | 0.27 | 0.36 | 0.03    | 0.33 | 0.45 | 0.17                 | 0.42 | 0.42 | 0.18    | 1.42 | 0.61 | 0.18                    | 0.39 | 0.44 | 0.18    | 0.65 | 0.90 |
| 822 | 延岡   | 0.12                 | 0.00 | 0.25 | 0.27    | 0.13 | 0.61 | 0.20                 | 0.09 | 0.14 | 0.55    | 0.17 | 0.23 | 0.45                    | 0.48 | 0.43 | 0.54    | 0.65 | 0.85 |
| 823 | 阿久根  | 0.25                 | 0.07 | 0.32 | 0.29    | 0.16 | 0.47 | 0.33                 | 0.32 | 0.21 | 0.45    | 0.35 | 0.36 | 0.36                    | 0.29 | 0.36 | 0.43    | 0.35 | 0.85 |
| 824 | 人吉   | 0.21                 | 0.23 | 0.32 | 0.30    | 0.38 | 0.43 | 0.24                 | 0.44 | 0.38 | 0.31    | 0.46 | 0.45 | 0.45                    | 0.35 | 0.40 | 0.47    | 0.44 | 1.12 |
| 827 | 鹿児島  | 0.13                 | 0.11 | 0.19 | 0.28    | 0.28 | 0.43 | 0.34                 | 0.38 | 0.26 | 0.46    | 0.42 | 0.32 | 0.36                    | 0.26 | 0.37 | 0.44    | 0.30 | 0.75 |
| 829 | 都城   | 0.19                 | 0.03 | 0.27 | 0.32    | 0.15 | 0.68 | 0.25                 | 0.34 | 0.33 | 0.42    | 0.34 | 0.40 | 0.36                    | 0.26 | 0.32 | 0.52    | 0.47 | 0.92 |
| 830 | 宮崎   | 0.17                 | 0.03 | 0.25 | 0.40    | 0.11 | 0.51 | 0.23                 | 0.14 | 0.04 | 0.43    | 0.20 | 0.04 | 0.41                    | 0.36 | 0.41 | 0.54    | 0.52 | 0.74 |
| 831 | 枕崎   | 0.16                 | 0.11 | 0.15 | 0.40    | 0.31 | 0.58 | 0.43                 | 0.38 | 0.41 | 0.68    | 0.40 | 0.59 | 0.26                    | 0.14 | 0.25 | 0.59    | 0.35 | 0.91 |
| 835 | 油津   | 0.21                 | 0.04 | 0.16 | 0.48    | 0.16 | 0.58 | 0.30                 | 0.04 | 0.05 | 0.35    | 0.06 | 0.05 | 0.37                    | 0.29 | 0.37 | 0.46    | 0.50 | 0.76 |
| 836 | 屋久島  | 0.21                 | 0.38 | 0.28 | 0.29    | 0.67 | 0.52 | 0.36                 | 0.41 | 0.18 | 0.46    | 0.87 | 0.25 | 0.31                    | 0.48 | 0.45 | 0.39    | 0.68 | 0.59 |
| 837 | 種子島  | 0.31                 | 0.17 | 0.35 | 0.45    | 0.28 | 0.60 | 0.45                 | 0.24 | 0.27 | 0.54    | 0.29 | 0.28 | 0.28                    | 0.19 | 0.40 | 0.41    | 0.28 | 0.59 |
| 838 | 牛深   | 0.33                 | 0.13 | 0.29 | 0.38    | 0.38 | 0.45 | 0.38                 | 0.16 | 0.26 | 0.63    | 0.17 | 0.29 | 0.37                    | 0.31 | 0.36 | 0.52    | 0.37 | 0.91 |
| 843 | 福江   | 0.11                 | 0.15 | 0.20 | 0.17    | 0.23 | 0.32 | 0.39                 | 0.46 | 0.42 | 0.52    | 0.46 | 0.43 | 0.29                    | 0.34 | 0.41 | 0.38    | 0.37 | 0.73 |
|     | 単純平均 | 0.20                 | 0.18 | 0.26 | 0.30    | 0.32 | 0.44 | 0.24                 | 0.22 | 0.21 | 0.44    | 0.42 | 0.31 | 0.31                    | 0.34 | 0.38 | 0.46    | 0.45 | 0.82 |

\* SDP降水量-777(現象なし)は0.0に、0.0(0.5mm未満)は0.1に置き換えた

\* 閾値=0.1

\* グレー欄はスレットスコア0.4以上

出典: (財) 日本気象協会社内資料

表 3-3(2) モデルの比較結果 (気温)

気温予測比較表1

| No. | 地点   | 2002/4/1 ~ 2002/4/15 |        |      |      |        |      |      |        |       | 2002/8/18 ~ 2002/9/1 |       |        |      |      |        |      |      |        |       |      |
|-----|------|----------------------|--------|------|------|--------|------|------|--------|-------|----------------------|-------|--------|------|------|--------|------|------|--------|-------|------|
|     |      | 観測値                  | 相関係数   |      |      | RSME   |      |      | バイアス誤差 |       |                      | 観測値   | 相関係数   |      |      | RSME   |      |      | バイアス誤差 |       |      |
|     |      |                      | anemos | NHM  | MM5  | anemos | NHM  | MM5  | anemos | NHM   | MM5                  |       | anemos | NHM  | MM5  | anemos | NHM  | MM5  | anemos | NHM   | MM5  |
| 754 | 萩    | 14.22                | 0.92   | 0.90 | 0.93 | 1.90   | 1.77 | 2.02 | -0.76  | -0.69 | 1.45                 | 26.41 | 0.86   | 0.87 | 0.80 | 2.02   | 1.99 | 3.48 | -1.15  | -0.99 | 2.75 |
| 762 | 下関   | 14.86                | 0.87   | 0.82 | 0.80 | 1.75   | 2.66 | 1.55 | -0.25  | -0.85 | 0.22                 | 26.95 | 0.92   | 0.87 | 0.77 | 1.05   | 1.92 | 1.94 | -0.45  | -1.39 | 1.12 |
| 784 | 山口   | 14.26                | 0.92   | 0.88 | 0.92 | 2.01   | 3.09 | 2.20 | 0.06   | -1.47 | 1.26                 | 26.51 | 0.89   | 0.86 | 0.88 | 1.80   | 2.49 | 2.87 | -0.60  | -1.61 | 2.26 |
| 800 | 萩原   | 15.03                | 0.85   | 0.73 | 0.81 | 2.32   | 2.56 | 1.91 | -1.57  | -1.41 | 0.28                 | 25.40 | 0.88   | 0.81 | 0.76 | 1.14   | 1.39 | 2.89 | -0.32  | -0.02 | 2.45 |
| 805 | 平戸   | 14.44                | 0.90   | 0.88 | 0.90 | 1.38   | 1.76 | 2.12 | 0.37   | -0.96 | 1.70                 | 25.18 | 0.87   | 0.80 | 0.80 | 1.36   | 1.36 | 3.01 | 0.90   | -0.04 | 2.74 |
| 807 | 福岡   | 15.64                | 0.90   | 0.85 | 0.83 | 1.65   | 3.87 | 2.07 | -0.34  | -2.97 | 0.47                 | 26.90 | 0.88   | 0.79 | 0.66 | 1.26   | 3.82 | 2.76 | -0.03  | -3.22 | 1.93 |
| 809 | 飯塚   | 14.81                | 0.89   | 0.83 | 0.91 | 2.37   | 3.39 | 2.67 | 0.00   | -2.01 | 1.95                 | 25.98 | 0.89   | 0.86 | 0.79 | 1.69   | 2.65 | 4.24 | 0.08   | -1.88 | 3.65 |
| 812 | 佐世保  | 15.26                | 0.85   | 0.82 | 0.86 | 2.21   | 2.04 | 2.13 | -0.78  | -0.67 | 1.17                 | 26.79 | 0.84   | 0.79 | 0.78 | 1.92   | 1.67 | 3.35 | -1.14  | -0.49 | 2.57 |
| 813 | 佐賀   | 15.03                | 0.88   | 0.85 | 0.91 | 2.64   | 2.65 | 2.85 | 0.96   | -0.30 | 2.26                 | 26.34 | 0.88   | 0.84 | 0.82 | 2.02   | 2.08 | 3.51 | 0.70   | -0.49 | 3.04 |
| 814 | 日田   | 14.47                | 0.88   | 0.83 | 0.89 | 2.89   | 3.43 | 3.69 | 1.06   | -0.57 | 2.67                 | 25.99 | 0.89   | 0.83 | 0.80 | 1.82   | 2.47 | 4.73 | 0.39   | -0.86 | 4.09 |
| 815 | 大分   | 14.46                | 0.84   | 0.78 | 0.86 | 3.27   | 3.16 | 3.69 | 1.88   | 0.40  | 3.07                 | 26.54 | 0.91   | 0.81 | 0.79 | 1.22   | 2.07 | 3.30 | -0.14  | -1.04 | 2.79 |
| 817 | 長崎   | 15.31                | 0.87   | 0.77 | 0.87 | 1.81   | 2.25 | 2.40 | -0.14  | 0.10  | 1.68                 | 26.50 | 0.85   | 0.76 | 0.79 | 1.45   | 1.53 | 3.42 | -0.33  | 0.24  | 2.90 |
| 819 | 熊本   | 15.66                | 0.87   | 0.79 | 0.91 | 2.46   | 3.29 | 3.37 | 0.58   | -0.16 | 2.78                 | 27.09 | 0.89   | 0.82 | 0.82 | 1.63   | 2.32 | 4.64 | 0.02   | -0.89 | 4.14 |
| 821 | 阿蘇山  | 9.11                 | 0.75   | 0.73 | 0.88 | 5.63   | 4.48 | 5.71 | 4.07   | 2.80  | 5.28                 | 19.03 | 0.85   | 0.86 | 0.78 | 5.52   | 3.42 | 7.50 | 4.94   | 2.97  | 7.20 |
| 822 | 延岡   | 15.43                | 0.90   | 0.87 | 0.93 | 2.68   | 2.64 | 3.54 | 1.89   | 0.40  | 3.12                 | 26.20 | 0.87   | 0.79 | 0.77 | 1.75   | 2.10 | 4.16 | 0.86   | -0.62 | 3.61 |
| 823 | 阿久根  | 15.21                | 0.88   | 0.78 | 0.90 | 1.97   | 2.28 | 3.04 | 1.21   | 0.71  | 2.68                 | 26.13 | 0.86   | 0.78 | 0.77 | 1.50   | 1.53 | 4.23 | 0.85   | 0.46  | 3.82 |
| 824 | 人吉   | 14.50                | 0.85   | 0.80 | 0.89 | 3.35   | 3.33 | 3.90 | 1.70   | 0.52  | 3.00                 | 25.28 | 0.85   | 0.79 | 0.75 | 2.27   | 2.43 | 4.92 | 1.26   | -0.01 | 4.31 |
| 827 | 鹿児島  | 16.73                | 0.91   | 0.81 | 0.92 | 2.02   | 2.35 | 2.74 | 0.87   | -0.31 | 1.89                 | 27.70 | 0.84   | 0.70 | 0.77 | 1.41   | 1.87 | 2.30 | 0.14   | -0.76 | 1.70 |
| 829 | 都城   | 15.86                | 0.93   | 0.89 | 0.95 | 2.09   | 2.43 | 3.30 | 0.83   | 0.02  | 2.84                 | 26.01 | 0.87   | 0.82 | 0.78 | 1.93   | 2.13 | 4.81 | 0.71   | -0.08 | 4.35 |
| 830 | 宮崎   | 17.11                | 0.92   | 0.89 | 0.93 | 1.85   | 2.18 | 3.00 | 0.76   | -0.23 | 2.58                 | 26.93 | 0.86   | 0.77 | 0.78 | 1.45   | 1.94 | 4.04 | 0.46   | -0.38 | 3.70 |
| 831 | 枕崎   | 15.92                | 0.90   | 0.70 | 0.88 | 1.94   | 3.38 | 3.10 | 0.88   | 1.51  | 2.44                 | 26.56 | 0.76   | 0.66 | 0.66 | 1.71   | 2.30 | 3.83 | 0.32   | 1.20  | 3.16 |
| 835 | 油津   | 17.16                | 0.91   | 0.86 | 0.86 | 1.98   | 2.44 | 3.26 | 0.64   | 0.63  | 2.02                 | 27.03 | 0.84   | 0.72 | 0.58 | 1.13   | 1.43 | 2.78 | 0.22   | 0.34  | 2.20 |
| 836 | 屋久島  | 17.31                | 0.86   | 0.83 | 0.74 | 2.91   | 3.79 | 3.27 | 2.03   | -3.20 | 2.04                 | 26.47 | 0.77   | 0.80 | 0.51 | 2.19   | 3.29 | 2.81 | 1.67   | -3.04 | 2.14 |
| 837 | 種子島  | 17.94                | 0.90   | 0.78 | 0.80 | 1.35   | 1.92 | 2.24 | 0.38   | 0.58  | 1.38                 | 27.36 | 0.86   | 0.67 | 0.66 | 0.96   | 1.42 | 2.22 | 0.22   | 0.59  | 1.76 |
| 838 | 牛深   | 15.71                | 0.87   | 0.62 | 0.79 | 1.73   | 2.58 | 2.53 | 0.46   | 0.40  | 1.17                 | 26.86 | 0.83   | 0.58 | 0.69 | 1.50   | 1.97 | 2.34 | 0.10   | 0.36  | 1.50 |
| 843 | 福江   | 15.02                | 0.83   | 0.71 | 0.83 | 2.31   | 2.45 | 2.56 | 0.42   | 0.22  | 1.71                 | 25.94 | 0.86   | 0.75 | 0.82 | 1.45   | 1.57 | 3.05 | 0.23   | 0.53  | 2.71 |
|     | 単純平均 | 15.25                | 0.88   | 0.81 | 0.87 | 2.33   | 2.78 | 2.88 | 0.66   | -0.29 | 2.04                 | 26.16 | 0.86   | 0.78 | 0.75 | 1.74   | 2.12 | 3.58 | 0.38   | -0.43 | 3.02 |

- \* ANEMOSのデータ高度は地上高約10mと地表面温度の平均値
- \* NHMのデータ高度は地上高約10mと地表面温度の平均値
- \* MM5の抽出高度 2m (境界層ルーチンの出力)
- \* グレー欄は相関係数0.9以上

表 3-3(3) モデルの比較結果 (気温)

気温予測比較表 2

| No. | 地点   | 2002/12/10 ~ 2002/12/24 |        |      |      |        |      |      |        |       |      |
|-----|------|-------------------------|--------|------|------|--------|------|------|--------|-------|------|
|     |      | 観測値                     | 相関係数   |      |      | RSME   |      |      | バイアス誤差 |       |      |
|     |      |                         | anemos | NHM  | MM5  | anemos | NHM  | MM5  | anemos | NHM   | MM5  |
| 754 | 萩    | 8.24                    | 0.89   | 0.87 | 0.88 | 1.62   | 1.95 | 3.20 | -0.41  | 1.25  | 2.85 |
| 762 | 下関   | 9.14                    | 0.91   | 0.83 | 0.79 | 1.35   | 1.80 | 4.03 | 0.50   | -0.30 | 3.70 |
| 784 | 山口   | 6.75                    | 0.89   | 0.89 | 0.88 | 2.02   | 2.00 | 3.00 | 0.76   | 0.12  | 2.43 |
| 800 | 萩原   | 9.31                    | 0.93   | 0.86 | 0.91 | 1.56   | 2.34 | 3.38 | -0.13  | 1.07  | 2.87 |
| 805 | 平戸   | 9.57                    | 0.95   | 0.90 | 0.92 | 1.54   | 1.35 | 3.41 | 1.22   | 0.10  | 3.20 |
| 807 | 福岡   | 9.06                    | 0.91   | 0.86 | 0.85 | 1.69   | 3.02 | 4.60 | 0.99   | -2.31 | 4.28 |
| 809 | 飯塚   | 7.20                    | 0.88   | 0.86 | 0.88 | 2.26   | 2.12 | 3.61 | 0.96   | -0.58 | 3.11 |
| 812 | 佐世保  | 9.63                    | 0.92   | 0.83 | 0.90 | 1.53   | 2.15 | 2.16 | -0.51  | 1.00  | 1.59 |
| 813 | 佐賀   | 8.03                    | 0.89   | 0.85 | 0.90 | 2.23   | 2.19 | 3.08 | 0.91   | 0.77  | 2.63 |
| 814 | 日田   | 6.36                    | 0.86   | 0.83 | 0.81 | 2.97   | 2.72 | 4.13 | 1.65   | 1.00  | 3.28 |
| 815 | 大分   | 8.81                    | 0.84   | 0.83 | 0.84 | 2.31   | 2.16 | 3.31 | 0.56   | 0.34  | 2.75 |
| 817 | 長崎   | 9.73                    | 0.93   | 0.82 | 0.90 | 1.38   | 3.05 | 2.48 | 0.14   | 2.37  | 1.98 |
| 819 | 熊本   | 8.56                    | 0.93   | 0.90 | 0.91 | 1.99   | 2.25 | 3.11 | 0.73   | 0.65  | 2.47 |
| 821 | 阿蘇山  | 1.84                    | 0.82   | 0.80 | 0.91 | 5.01   | 3.91 | 6.11 | 3.85   | 2.79  | 5.85 |
| 822 | 延岡   | 8.94                    | 0.88   | 0.85 | 0.87 | 2.77   | 2.44 | 3.42 | 1.95   | 0.41  | 2.76 |
| 823 | 阿久根  | 10.05                   | 0.91   | 0.85 | 0.87 | 3.18   | 2.60 | 3.44 | 2.85   | 1.76  | 3.03 |
| 824 | 人吉   | 7.49                    | 0.82   | 0.82 | 0.78 | 3.81   | 3.33 | 4.38 | 2.09   | 1.45  | 3.37 |
| 827 | 鹿児島  | 11.63                   | 0.92   | 0.84 | 0.76 | 3.28   | 2.28 | 5.29 | 2.81   | 0.37  | 4.65 |
| 829 | 都城   | 8.55                    | 0.90   | 0.85 | 0.83 | 2.74   | 2.93 | 4.28 | 1.52   | 1.17  | 3.36 |
| 830 | 宮崎   | 9.98                    | 0.90   | 0.87 | 0.86 | 2.48   | 2.34 | 4.02 | 1.55   | 1.05  | 3.40 |
| 831 | 枕崎   | 11.54                   | 0.92   | 0.80 | 0.86 | 1.99   | 4.30 | 3.41 | 1.07   | 3.49  | 2.65 |
| 835 | 油津   | 11.10                   | 0.90   | 0.77 | 0.77 | 3.27   | 4.23 | 6.20 | 2.70   | 3.38  | 5.64 |
| 836 | 屋久島  | 14.15                   | 0.87   | 0.81 | 0.82 | 3.90   | 4.16 | 4.95 | 3.50   | -3.59 | 4.56 |
| 837 | 種子島  | 14.10                   | 0.90   | 0.84 | 0.83 | 2.27   | 2.90 | 4.66 | 1.90   | 2.48  | 4.38 |
| 838 | 牛深   | 10.62                   | 0.91   | 0.84 | 0.81 | 3.11   | 3.56 | 4.95 | 2.81   | 3.12  | 4.58 |
| 843 | 福江   | 10.43                   | 0.93   | 0.77 | 0.86 | 1.56   | 3.37 | 4.18 | 0.52   | 2.31  | 3.60 |
|     | 単純平均 | 9.26                    | 0.90   | 0.84 | 0.85 | 2.45   | 2.75 | 3.95 | 1.40   | 0.99  | 3.42 |

\* ANEMOSのデータ高度は地上高約10mと地表面温度の平均値

\* NHMのデータ高度は地上高約10mと地表面温度の平均値

\* MM5の抽出高度 2m (境界層ルーチンの出力)

\* グレー欄は相関係数0.9以上

表 3-3(4) モデルの比較結果 (風速)

風速予測比較表1

| No. | 地点   | 風速計<br>高度 | 2002/4/1 ~ 2002/4/15 |        |      |      |        |      |      |        |        |       | 2002/8/18 ~ 2002/9/1 |        |      |      |        |      |      |        |       |        |
|-----|------|-----------|----------------------|--------|------|------|--------|------|------|--------|--------|-------|----------------------|--------|------|------|--------|------|------|--------|-------|--------|
|     |      |           | 観測値                  |        | 相関係数 |      |        | RMSE |      |        | バイアス誤差 |       |                      | 観測値    |      | 相関係数 |        |      | RMSE |        |       | バイアス誤差 |
|     |      | m         | m/s                  | anemos | NHM  | MM5  | anemos | NHM  | MM5  | anemos | NHM    | MM5   | m/s                  | anemos | NHM  | MM5  | anemos | NHM  | MM5  | anemos | NHM   | MM5    |
| 754 | 萩    | 18.1      | 2.94                 | 0.49   | 0.35 | 0.62 | 1.90   | 1.86 | 1.67 | 0.71   | 0.21   | 0.10  | 3.34                 | 0.76   | 0.69 | 0.44 | 2.04   | 1.57 | 2.17 | 1.07   | 0.13  | 0.23   |
| 762 | 下関   | 30.6      | 3.38                 | 0.68   | 0.46 | 0.52 | 1.44   | 2.14 | 1.96 | 0.30   | -1.29  | 0.59  | 3.29                 | 0.80   | 0.82 | 0.68 | 2.18   | 1.36 | 2.51 | 1.32   | -0.66 | 1.54   |
| 784 | 山口   | 15.3      | 1.83                 | 0.69   | 0.62 | 0.50 | 1.72   | 1.07 | 1.69 | 1.28   | 0.18   | 0.74  | 2.81                 | 0.85   | 0.79 | 0.63 | 1.81   | 1.63 | 1.87 | 1.20   | -0.47 | 0.35   |
| 800 | 萩原   | 12.9      | 3.77                 | 0.49   | 0.28 | 0.50 | 2.31   | 3.39 | 2.24 | 0.85   | 1.61   | 0.19  | 3.38                 | 0.82   | 0.76 | 0.81 | 3.02   | 4.16 | 2.68 | 2.01   | 3.08  | 1.69   |
| 805 | 平戸   | 11.0      | 3.88                 | 0.57   | 0.45 | 0.61 | 1.89   | 2.05 | 2.07 | 0.57   | -0.16  | 0.67  | 4.51                 | 0.82   | 0.82 | 0.74 | 2.24   | 1.64 | 2.43 | 1.17   | -0.52 | 1.16   |
| 807 | 福岡   | 24.5      | 2.90                 | 0.67   | 0.58 | 0.50 | 1.35   | 1.44 | 1.62 | 0.27   | -0.29  | 0.07  | 4.17                 | 0.80   | 0.77 | 0.81 | 1.63   | 2.03 | 1.54 | -0.24  | -1.20 | -0.19  |
| 809 | 飯塚   | 11.1      | 2.65                 | 0.57   | 0.42 | 0.60 | 1.72   | 1.66 | 1.52 | 0.61   | -0.33  | -0.06 | 3.33                 | 0.78   | 0.70 | 0.76 | 1.77   | 1.55 | 1.55 | 0.49   | -0.48 | 0.33   |
| 812 | 佐世保  | 13.1      | 3.45                 | 0.69   | 0.66 | 0.63 | 1.73   | 1.93 | 1.92 | 0.07   | 0.58   | -0.52 | 4.43                 | 0.86   | 0.87 | 0.77 | 1.66   | 1.69 | 2.20 | 0.38   | 0.32  | -0.96  |
| 813 | 佐賀   | 25.5      | 2.63                 | 0.51   | 0.47 | 0.53 | 1.69   | 1.87 | 1.69 | -0.06  | -1.05  | -0.37 | 4.57                 | 0.82   | 0.80 | 0.79 | 2.02   | 3.38 | 2.32 | -0.88  | -2.45 | -1.29  |
| 814 | 日田   | 10.6      | 1.55                 | 0.57   | 0.24 | 0.45 | 1.96   | 1.59 | 1.24 | 1.40   | 0.85   | 0.19  | 1.85                 | 0.68   | 0.57 | 0.58 | 2.75   | 1.42 | 1.44 | 1.87   | 0.79  | 0.50   |
| 815 | 大分   | 19.8      | 2.23                 | 0.56   | 0.50 | 0.42 | 1.61   | 1.18 | 1.70 | 0.72   | -0.30  | 0.13  | 3.48                 | 0.88   | 0.83 | 0.65 | 1.41   | 1.81 | 1.87 | 0.56   | -1.22 | 0.26   |
| 817 | 長崎   | 18.7      | 2.26                 | 0.49   | 0.48 | 0.41 | 2.09   | 3.19 | 2.07 | 1.31   | 2.44   | 0.97  | 2.65                 | 0.61   | 0.61 | 0.60 | 3.36   | 4.19 | 2.47 | 2.17   | 2.69  | 1.38   |
| 819 | 熊本   | 14.8      | 2.27                 | 0.51   | 0.44 | 0.50 | 1.40   | 1.42 | 1.43 | 0.05   | -0.63  | -0.44 | 3.56                 | 0.74   | 0.76 | 0.77 | 1.67   | 2.02 | 1.55 | -0.10  | -1.42 | -0.04  |
| 821 | 阿蘇山  | 10.3      | 4.48                 | 0.48   | 0.26 | 0.49 | 2.46   | 3.23 | 2.67 | -0.97  | -2.26  | -1.72 | 5.50                 | 0.76   | 0.77 | 0.72 | 2.55   | 2.84 | 2.77 | -0.52  | -1.98 | -1.69  |
| 822 | 延岡   | 13.2      | 2.53                 | 0.48   | 0.33 | 0.32 | 1.87   | 1.84 | 1.83 | 0.81   | -0.87  | -0.64 | 3.86                 | 0.77   | 0.80 | 0.70 | 2.25   | 2.62 | 2.11 | 1.19   | -1.81 | -0.84  |
| 823 | 阿久根  | 13.4      | 2.94                 | 0.65   | 0.54 | 0.63 | 1.84   | 1.54 | 1.30 | 1.14   | 0.38   | -0.03 | 3.73                 | 0.74   | 0.73 | 0.72 | 3.37   | 1.92 | 1.40 | 2.10   | 0.26  | 0.17   |
| 824 | 人吉   | 12.1      | 1.66                 | 0.55   | 0.19 | 0.52 | 1.98   | 1.77 | 1.23 | 1.39   | 1.12   | 0.21  | 2.27                 | 0.72   | 0.60 | 0.66 | 3.31   | 2.02 | 1.86 | 2.18   | 0.62  | 0.46   |
| 827 | 鹿児島  | 22.0      | 3.52                 | 0.60   | 0.45 | 0.57 | 1.50   | 1.82 | 1.69 | -0.25  | -0.74  | -0.42 | 4.60                 | 0.85   | 0.86 | 0.83 | 2.21   | 2.70 | 2.15 | 0.35   | -1.46 | 0.02   |
| 829 | 都城   | 11.7      | 1.97                 | 0.65   | 0.63 | 0.49 | 1.83   | 1.01 | 1.61 | 1.07   | 0.11   | 0.68  | 2.84                 | 0.87   | 0.86 | 0.63 | 2.27   | 1.63 | 2.31 | 1.38   | -0.53 | 0.76   |
| 830 | 宮崎   | 21.2      | 3.36                 | 0.50   | 0.37 | 0.24 | 1.75   | 2.43 | 2.10 | -0.57  | -1.75  | -0.46 | 4.07                 | 0.87   | 0.89 | 0.79 | 1.56   | 2.84 | 1.98 | -0.04  | -2.03 | -0.02  |
| 831 | 枕崎   | 10.4      | 4.21                 | 0.68   | 0.50 | 0.62 | 1.44   | 3.01 | 1.89 | -0.33  | 1.62   | -1.16 | 5.39                 | 0.90   | 0.89 | 0.88 | 2.04   | 3.31 | 2.95 | 0.14   | 1.60  | -1.23  |
| 835 | 油津   | 19.0      | 4.53                 | 0.51   | 0.25 | 0.36 | 2.00   | 2.60 | 2.55 | -0.75  | 0.28   | -1.27 | 6.16                 | 0.89   | 0.86 | 0.83 | 2.46   | 2.80 | 3.23 | -0.68  | -0.70 | -1.39  |
| 836 | 屋久島  | 9.9       | 4.56                 | 0.55   | 0.31 | 0.63 | 2.53   | 2.79 | 2.65 | 0.64   | -0.74  | 0.61  | 6.11                 | 0.93   | 0.79 | 0.89 | 2.39   | 4.06 | 2.58 | 0.83   | -1.55 | 0.02   |
| 837 | 種子島  | 10.6      | 4.43                 | 0.40   | 0.38 | 0.46 | 2.18   | 3.32 | 2.06 | 0.30   | 1.82   | -0.32 | 3.96                 | 0.91   | 0.90 | 0.79 | 3.09   | 4.02 | 1.92 | 1.85   | 2.66  | 0.03   |
| 838 | 牛深   | 20.6      | 2.53                 | 0.55   | 0.35 | 0.44 | 2.32   | 4.47 | 2.79 | 1.61   | 3.41   | 1.65  | 3.55                 | 0.78   | 0.79 | 0.60 | 3.28   | 4.52 | 3.98 | 2.20   | 3.20  | 2.26   |
| 843 | 福江   | 10.3      | 3.27                 | 0.67   | 0.51 | 0.71 | 1.74   | 3.67 | 1.55 | 0.87   | 2.63   | 0.42  | 4.64                 | 0.91   | 0.88 | 0.91 | 1.98   | 3.54 | 1.59 | 0.98   | 2.50  | 0.25   |
|     | 単純平均 |           | 3.07                 | 0.57   | 0.42 | 0.51 | 1.86   | 2.24 | 1.87 | 0.50   | 0.26   | -0.01 | 3.93                 | 0.81   | 0.79 | 0.73 | 2.32   | 2.59 | 2.21 | 0.88   | -0.02 | 0.14   |

- \* ANEMOSのデータ高度は地上高約10m
- \* NHMのデータ高度は地上高約10m
- \* MM5の抽出高度=10m(境界層ルーチンの出力)
- \* グレー欄は相関係数0.6以上

表 3-3(5) モデルの比較結果 (風速)

風速予測比較表2

| No. | 地点   | 風速計<br>高度 | 2002/12/10 ~ 2002/12/24 |      |        |      |      |        |      |        |        |       |
|-----|------|-----------|-------------------------|------|--------|------|------|--------|------|--------|--------|-------|
|     |      |           | 観測値                     | 相関係数 |        |      | RSME |        |      | バイアス誤差 |        |       |
|     |      |           |                         | m/s  | anemos | NHM  | MM5  | anemos | NHM  | MM5    | anemos | NHM   |
|     |      | m         |                         |      |        |      |      |        |      |        |        |       |
| 754 | 萩    | 18.1      | 3.53                    | 0.56 | 0.10   | 0.68 | 1.94 | 2.45   | 1.80 | 0.77   | 0.75   | 0.66  |
| 762 | 下関   | 30.6      | 3.47                    | 0.73 | 0.19   | 0.46 | 2.02 | 2.33   | 2.81 | 0.95   | -0.84  | 1.23  |
| 784 | 山口   | 15.3      | 1.38                    | 0.39 | 0.41   | 0.22 | 2.04 | 1.31   | 2.09 | 1.51   | 0.70   | 1.26  |
| 800 | 巖原   | 12.9      | 3.39                    | 0.64 | 0.49   | 0.51 | 3.14 | 4.98   | 2.35 | 2.45   | 4.03   | 1.11  |
| 805 | 平戸   | 11.0      | 4.03                    | 0.67 | 0.55   | 0.54 | 2.94 | 1.82   | 2.66 | 2.06   | 0.63   | 1.34  |
| 807 | 福岡   | 24.5      | 2.67                    | 0.57 | 0.43   | 0.44 | 2.05 | 1.51   | 2.35 | 1.20   | 0.38   | 1.31  |
| 809 | 飯塚   | 11.1      | 1.87                    | 0.54 | 0.17   | 0.52 | 1.82 | 2.27   | 1.44 | 1.13   | 1.28   | 0.49  |
| 812 | 佐世保  | 13.1      | 3.56                    | 0.50 | 0.45   | 0.27 | 2.35 | 2.83   | 2.59 | 0.72   | 1.49   | 0.23  |
| 813 | 佐賀   | 25.5      | 3.41                    | 0.62 | 0.76   | 0.74 | 2.02 | 2.17   | 1.80 | -0.76  | -1.34  | -0.66 |
| 814 | 日田   | 10.6      | 1.23                    | 0.63 | 0.41   | 0.31 | 2.07 | 1.63   | 1.32 | 1.76   | 1.28   | 0.62  |
| 815 | 大分   | 19.8      | 2.69                    | 0.48 | 0.40   | 0.42 | 1.70 | 1.23   | 1.50 | 0.85   | -0.49  | 0.38  |
| 817 | 長崎   | 18.7      | 2.09                    | 0.47 | 0.47   | 0.29 | 2.92 | 4.29   | 2.52 | 2.26   | 3.67   | 1.66  |
| 819 | 熊本   | 14.8      | 2.72                    | 0.56 | 0.52   | 0.69 | 1.53 | 1.84   | 1.54 | -0.39  | -1.00  | -0.83 |
| 821 | 阿蘇山  | 10.3      | 5.94                    | 0.46 | 0.58   | 0.62 | 3.77 | 3.84   | 3.67 | -2.00  | -2.42  | -2.33 |
| 822 | 延岡   | 13.2      | 2.79                    | 0.46 | 0.43   | 0.41 | 2.21 | 1.69   | 1.88 | 1.25   | -0.66  | 0.29  |
| 823 | 阿久根  | 13.4      | 4.07                    | 0.55 | 0.51   | 0.53 | 2.20 | 1.63   | 1.46 | 1.08   | -0.38  | -0.31 |
| 824 | 人吉   | 12.1      | 1.27                    | 0.47 | 0.36   | 0.31 | 2.18 | 1.68   | 1.26 | 1.65   | 1.36   | 0.24  |
| 827 | 鹿児島  | 22.0      | 3.49                    | 0.42 | 0.38   | 0.39 | 2.34 | 1.79   | 2.63 | 0.80   | -0.35  | 1.22  |
| 829 | 都城   | 11.7      | 2.10                    | 0.76 | 0.76   | 0.68 | 1.59 | 1.13   | 1.57 | 1.03   | 0.19   | 0.80  |
| 830 | 宮崎   | 21.2      | 3.10                    | 0.21 | 0.02   | 0.13 | 2.12 | 2.28   | 2.59 | 0.03   | -1.04  | 0.79  |
| 831 | 枕崎   | 10.4      | 4.15                    | 0.54 | 0.47   | 0.50 | 1.88 | 4.93   | 1.74 | 0.18   | 3.75   | -0.37 |
| 835 | 油津   | 19.0      | 5.42                    | 0.43 | 0.36   | 0.42 | 2.63 | 3.75   | 3.13 | -0.50  | 1.44   | -0.01 |
| 836 | 屋久島  | 9.9       | 6.54                    | 0.57 | 0.64   | 0.60 | 3.00 | 2.97   | 3.08 | 0.29   | -1.25  | -0.88 |
| 837 | 種子島  | 10.6      | 4.35                    | 0.72 | 0.57   | 0.70 | 2.66 | 5.15   | 2.32 | 1.90   | 4.05   | 1.17  |
| 838 | 牛深   | 20.6      | 2.86                    | 0.25 | 0.30   | 0.41 | 3.69 | 4.81   | 4.09 | 2.74   | 4.07   | 3.39  |
| 843 | 福江   | 10.3      | 3.82                    | 0.75 | 0.73   | 0.65 | 2.08 | 4.88   | 1.79 | 1.27   | 4.31   | 0.59  |
|     | 単純平均 |           | 3.31                    | 0.54 | 0.44   | 0.48 | 2.34 | 2.74   | 2.23 | 0.93   | 0.91   | 0.52  |

- \* ANEMOSのデータ高度は地上高約10m
- \* NHMのデータ高度は地上高約10m
- \* MM5の抽出高度=10m(境界層ルーチンの出力)
- \* グレー欄は相関係数0.6以上

比較結果をまとめると表 3-4 のようになる。計算時間については、物理過程のオプションの選び方によっては変動することがあるので参考値である。ANEMOS の非静力学版では他のモデルと同等とみられる。

表 3-4 からは ANEMOS については、ある範囲のスケールの現象を対象として気温や風を予測する場合には依然として有力なモデルであることが示唆されるが、降水量予測を対象とする場合には、NHM か MM5 が有利となることがわかる。

本調査での利用を考える場合、NHM の商用利用は許されていないため、現時点では採用することができない。また、ANEMOS は並列処理未対応のため、コストパフォーマンスのよい並列計算機での計算効率が悪い。よって、MM5 が降水予測のスキル、並列処理対応、スケラビリティ、データ同化機能の面で現段階では最も有利なモデルと判断される。

**表 3-4 モデルの予測要素別ランク（要素別の順位）**

| モデル    | 気温予測 | 風速予測 | 降水予測 | 計算時間 | 備考     |
|--------|------|------|------|------|--------|
| ANEMOS | 1    | 1    | 3    | 1    | 静力学モデル |
| NHM    | 3    | 3    | 2    | 3    |        |
| MM5    | 2    | 2    | 1    | 2    |        |

### 3.3 MM5 の適応性について

「3.2 気象モデルの精度比較」より、現時点では MM5 の有用性が示された。そこで、本節では、本調査での MM5 の利用可能性について検討を行った。

MM5 はその前身を含めれば古いモデルであるが、常に最新の技術を取り入れて新しい版を公開しており、同種のメソスケールモデルの中でも高性能かつ高機能のものである。メソスケールモデルとしての主な特徴を表 3-5 にまとめた。

モデルで表現している物理過程は標準的なものであるが、対象とする現象のスケールによってオプション選択やパラメータ変更が可能であり、一つの雷雲の構造を表現するような小スケールのものから高・低気圧スケールのものまで、いわゆるスケラビリティに優れたものであること、最近の数値計算で主流となりつつある並列処理で高速計算が可能な機能、小スケールの現象で重要な数時間先までの予測の精度向上に有利なデータ同化機能など、必要とする機能をすべて有しているモデルである。計算精度は気象条件や計算領域にもよるが、他のメソスケールモデルと同等か優れている。

表 3-5 MM5 の数値モデルとしての特徴

| 項目        | MM5 の特徴  | 同種モデルとの優劣等                           |
|-----------|--|--------------------------------------|
| 基本方程式系    | 非静力学（鉛直風も陽に解く）                                       | 静力学近似モデルより計算時間がかかるが、小スケールの現象にも対応     |
| 予測要素      | 風の 3 成分、圧力、気温、地表面温度、水蒸気量、雲水量、雪、あられ                   |                                      |
| 座標系       | 水平は直角格子、鉛直は系（地面に沿って計算層を重ね、上端は水平にする）                  | 一般的な方法                               |
| 計算可能範囲    | 10km 程度～数千 km（全球も可能）                                 | 特定範囲対応のものが多い                         |
| 水平分解能     | 100m～200km 程度  | 特定範囲対応のものが多い                         |
| 数値計算法     | 差分法  | 一般的な方法（総観モデルではスペクトル法が多い）             |
| 観測データ同化機能 | ナッジング法は標準装備。数時間先までの予測精度向上に有利（オプションで 3 次元変分法、4 次元変分法） | ナッジング法は一般的だが、変分法を組込めるメソスケールモデルは少ない   |
| 雲物理       | 水の 4 相（水蒸気、水、雪、あられ）の濃度を個別に予測することができる                 | 一般的な方法（高分解能モデルでは各相の粒径分布を予測するが時間がかかる） |
| 放射        | 太陽放射、赤外放射、雲による散乱吸収の効果を考慮                             | 一般的な方法                               |
| 並列処理対応    | 並列計算処理の標準的な方法である MPI（Message Passing Interface）に対応   | MPI 対応モデルはまだ少ない                      |

「2. 大気質モデルの検討」で述べた CMAQ との適応性を考えた場合、オリジナルの Models3/CMAQ は、気象モデル MM5 の出力を MCIP によりフォーマット変換し、入力データを作成する。MCIP は CMAQ と同様に CMAS Center (Community Modeling & Analysis System)より配布されている。最新のバージョンは MCIP3.1 が 2006 年 3 月にリリースされている。また、CMAQ は MM5 の次世代モデルである WRF(Weather Research & Forecasting model)への移行を進めており、MCIP3.0 より CMAQ 用の気象モデルとして MM5、WRF 両方が入力可能になった。RAMS を CMAQ の気象モデルとして利用する場合、MCIP に相当する変換ツールを作成する必要がある。国内の事例として、国立環境研究所が作成した MCIP for RAMSver4.3 がある。

### 3.4 気象モデルの選定

本章におけるこれまでの結果をまとめると下記のとおりである。

- ・ MM5 が降水予測のスキル、並列処理対応、スケラビリティ、データ同化機能の面で当初の課題をクリアできるモデルとして現段階では最も有利なモデルと言える。
- ・ オリジナルの Models3/CMAQ は、気象モデル MM5 の出力を MCIP によりフォーマット変換し、入力データを作成する。（つまり、CMAQ は MM5 を標準の気象モデルとし

ている。)

- ・ CMAQ は MM5 の次世代モデルである WRF(Weather Research & Forecasting model) への移行を進めており、MCIP3.0 より CMAQ 用の気象モデルとして MM5、WRF 両方が入力可能になった。

したがって、将来的には WRF が主流になると見込まれるが、現状では WRF 自体が開発途上であること、MM5 はユーザー数も多く実績や安定性に優れている点も考慮すると、本調査における CMAQ 用の気象モデルとしては MM5 を選択するのが最も妥当と判断した。

なお、(財)日本気象協会では MM5 をベースに独自の改良を施した SYNFOSS(Synthetic Numerical Forecasting System)をメソスケールモデルとして開発し、現在、数値予報システムとして運用している。したがって SYNFOSS を用いることで、オリジナルの MM5 から導入・開発を進めるより、計算の精度、時間的制約(コスト)の面で有利であると判断し、今年度作業においては SYNFOSS を用いることとした。なお、オリジナルの MM5 と SYNFOSS との相違点については、資料編として巻末に記載した。

#### 引用文献

- Kusaka,H., H. Hayami, Numerical Simulation of Local Weather for a High Photochemical Oxidant Event Using the WRF Model, JSME international journal. Ser. B, Fluids and thermal engineering, 49, 72 - 77 (2006)
- Shrestha Kundan Lal, Kondo Akira, Morikawa Tazuko, Kunimi Hitoshi, Nakatsuka Seiji, Kaga Akikazu, Inoue Yoshio, Evaluating and comparing the predictions of meteorological models and their suitability for air quality modeling, 第 47 回大気環境学会年会講演要旨集, 1F1012 (2006)