

## メソスケール気象モデルを用いた九州地域の通年

吉田, 保衡  
九州大学大学院総合理工学研究科大気海洋環境システム学専攻

松井, 聖  
九州大学大学院総合理工学研究科大気海洋環境システム学専攻

鵜野, 伊津志  
九州大学応用力学研究所

<https://doi.org/10.15017/16701>

---

出版情報 : 九州大学大学院総合理工学報告. 25 (2), pp.269-277, 2003-09. 九州大学大学院総合理工学府  
バージョン :  
権利関係 :

# メソスケール気象モデルを用いた九州地域の通年シミュレーションとその統計的評価

吉田 保衡\*1†・松井 聖\*2・鵜野 伊津志\*3

(平成15年7月31日 受理)

## Annual Simulation of Mesoscale Meteorological Model over the Kyushu Region and Its Statistical Evaluation

Yasuhiro YOSHIDA, Akira MATSUI and Itsushi UNO

†E-mail of corresponding author: [yasuhiro@riam.kyushu-u.ac.jp](mailto:yasuhiro@riam.kyushu-u.ac.jp)

High resolution meso-scale meteorological model by two way nesting technique was applied to simulate the annual variation of meteorological fields over the Kyushu Region. As a mesoscale meteorological model, RAMS (Regional Atmospheric Modeling System) was used and all of cloud microphysical processes for precipitation, cumulus convection, boundary-layer turbulence and land-surface processes options were used for the simulation. Model results were intensively examined with the Japan Meteorological Agency's observation data within Kyushu area. Statistics of the mean, standard deviation, RMSD, MBE, Skill score and Threat score were used to evaluate the agreements between observation and model fields. It was found that the model results explained the daily and seasonal variations of wind, temperature, relative humidity and precipitation field very well. However, model precipitation field underestimated the precipitation amount especially during the summer season, and overestimate the summer time temperature at the Pacific Ocean side stations. Overall agreement of annual mean wind speed and temperature was within the error range of  $\pm 9\%$  and  $\pm 4\%$ , respectively.

**Key words:** メソスケール気象モデル、通年シミュレーション、九州地域、統計的評価

### 1. はじめに

メソスケール気象モデルの高精度化と、最近の計算機環境の進歩に伴って従来困難であった高分解能の気象モデルの利用が比較的容易になってきた。気象モデルを用いると、数100kmの範囲にわたって、風速、温度、乱流拡散係数、降水量などの基礎的な気象パラメータの時間・空間変化をシミュレートすることが可能である。その結果は、大気拡散計算を初めとする大気環境アセスメントや風力発電所の設置地点の設定等の基礎データとして活用が期待できる。例えば、NEDO（新エネルギー・産業技術総合開発機構）はAMeDAS等による2年分の観測データをもとに、地形因子を考慮して観測値の内挿し日本全国の地上30mの風況マップを作成しているが、最近、NEDOの風況予測モデル開発の研究<sup>1)</sup>として、地域気象モデルと工学モデル

を用いて、5重ネスト構成で最小格子間隔10mの局地風況予測を行っている。年間風速変動を求めるには、最低1年間のモデル計算が必要であるが、NEDOモデルでは、計算時間があまりに膨大となるため、6日おきに1日4回の計算のみを行い、年間値を推定している。しかし、このように予測された風況は実際と異なる恐れがある。

本研究では、メソスケール気象モデルRAMS (Regional Atmospheric Modeling System)<sup>2)</sup>を用いて、九州地域を対象に、水平分解能2km、鉛直方向16km、出力時間間隔1時間で2001年1月1日から12月31日までの連続的な通年シミュレーションを行い、その結果を気象官署の観測データと比較することで、モデルの再現性や問題点について解析を行った結果を報告する。

### 2. 気象モデルRAMSの概要と計算条件

本研究では、圧縮性非静力学方程式をベースに開発されたメソスケール気象モデルRAMSを使用した。こ

\*1 大気海洋環境システム学専攻博士課程

\*2 大気海洋環境システム学専攻修士課程

(現在 北海道ビジネスオートメーション(株))

\*3 応用力学研究所、大気海洋環境システム学専攻

のモデルは、環八雲のシミュレーション<sup>3)</sup>や黄砂の長距離輸送のシミュレーション<sup>4)</sup>等に応用され、その概要はPielkeら<sup>2)</sup>に示されている。

本研究では、九州地域を2km格子で解像できるように領域を設定している。総観場の影響を局所場に反映させるために、二重ネスティング手法を用い、解像度の異なる2つの計算領域を設定して、相互に計算結果を反映させながら計算を行った。計算領域と計算格子の設定をFig.1とTable 1に示す。グリッド1は総観規模の気象変動を考慮するために九州・中国地方を、グリッド2は検証地域である九州地域を対象とした。

通常海陸風シミュレーションを目的としたメソスケール気象モデルの適用の多くは雲・降水系を考慮していないが、本研究では1年間のモデル計算を行うために、雲・降水、降水の土壌水分へフィードバックを含めた。雲や降雨などの大気水象のモデルは、7種類(雲・雨・雪・雹・霰・氷晶・凝集体)の微物理過程を考慮した湿潤モデルを用いた。地表面過程としてはLEAF2<sup>5)</sup>の植生モデルを用いた。RAMSは非常に多くの物理過程、計算スキームをオプションを指定することで選択することができる。本研究で指定した計算条件をTable 2に示した。

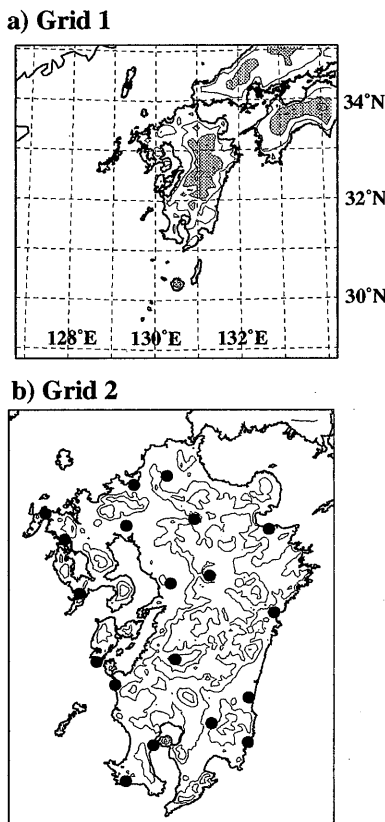


Fig. 1 Configuration of model domain. (a) Grid 1 (b) Grid 2. Contour lines are the elevation for 200, 500 and 1000m height. Dots indicate the location of meteorological stations.

Table 1 Specification of computational domains.

Horizontal resolution	10km	2km
Horizontal Grid numbers	70×70	132×172
Center of Model Domain	32.0°N 130.5°E	32.5°N 130.7°E
Polar Stereographic Center	32.0°N 130.5°E	32.0°N 130.5°E
Vertical Grid spacing <sup>1)</sup>	100m~ 1800m	100m~ 1800m
Vertical Grid number	20	20
Nudging time scale	10,000sec	10,000sec
Time step	30 sec	10 sec

1) Lowest vertical spacing is set 100m and expanded 1.2 times until reaching 1800m

Table 2 Specification of RAMS Option used in the present study.

Basic equations	Compressible ; Non-hydrostatic Boussinesq approximation
Horizontal coordinates	Polar stereographic coordinates
Vertical coordinates	Terrain-following $\sigma_z$
Explicit microphysics	Micro-physical process (Cloud drop, Rain, Pristine ice, Snow, Aggregates, Graupel, Hail)
Cumulus Convection	Simplified Kuo Scheme
Surface Parameterization	LEAF2 vegetation model <sup>5)</sup> Monin-Obukhov similarity
Upper and Lateral boundaries	Large-scale nudging with ECMWF metrological data
Atmospheric Radiation	Two-stream model containing the amount of micro-physical <sup>6)</sup>
Turbulence	Horizontal: Smagorinska deformation Vertical: Turbulent closure model Level 2.5 <sup>7)</sup>
Numerical Scheme	Hybrid scheme

1年間の長期計算のために、側方境界条件および初期条件には4次元データ同化手法を用いた。ヨーロッパ中期予報センターECMWF (European Center for Medium range Weather Forecasts) の Advanced Operational Analysis Upper Air Data (水平解像度1度、鉛直指定面気圧1000, 925, 850, 700, 500, 300, 250, 200, 150, 100, 70, 50, 30, 10 hPa) のジオポテンシャル高度、温度、相対湿度、水平風速成分のデータから、計算期間・計算領域内の6時間毎の境界条件データを作成し、初期及び境界における同化データとして連続的に計算に取り込んだ。RAMSのグリッド1の計算領域の外側5グリッドは側方境界の強ナッジング領域とした。

計算領域における標高・土地利用情報は、国土地理院の数値地図情報をもとにデータベースを作成し、地表面の土壌分布は世界食料機構(FAO)の133分類の土壌タイプをZobler形式に変換して用いた。また、海水の表面温度(SST)はNational Center for Atmospheric Research(NCAR)が提供している全球1度メッシュの2001年の各月の平均値を用いた。

計算は並列Linux クラスター計算機(Intel Xeon 2.0 GHz 11ノード)により、22CPU並列計算モードで行った。概ね1ヶ月分のシミュレーションにCPU時間で約3日を要した。

### 3. 観測データ

九州に気象庁のAMeDASの観測所が約130ヶ所あり、気象官署として19点の気象台もしくは測候所がある。風速に関するAMeDASの観測データは1m/s単位のデータで記録されているためモデル結果との比較に適切でない。そこで気象官署での観測データから風速、気温、降水量、相対湿度をモデルの結果の検証に用いた。利用した気象官署は、Table 3に示した通りである (Tableには、各地点の年間平均風速、気温の観測とモデル結果も示しているが、その議論は4.3で行う)。観測地点の標高 $Z_{G,obs}$ 、風速計の設置高度 $H_a$ 、モデルの同地点のグリッド2標高 $Z_{G,mdl}$ も同時に記した。RAMSモデルは、スタッガード格子を用いており、モデルの第1層目の風速と気温の定義高度は、地上高で47.7mである。これに対して、気象官署の風速の測定高度は、

Table 3 Meteorological Station Information and Annual Averaged Statistics.

Station	Latitude °N	Longitude °E	$Z_{G,obs}$ m	$H_a$ m	$Z_{G,mdl}$ m	WS(m/s) (obs,mdl)	$\sigma$ ws (obs,mdl)	Temp(°C) (obs,mdl)	$\sigma$ Temp (obs,mdl)
Hirado	33.21	129.33	57.8	11.0	60.4	3.50,3.44	1.19,1.17	16.3,17.1	6.16,6.25
Fukuoka	33.34	130.22	2.5	24.5	10.6	2.72,3.13	0.80,1.15	17.1,16.9	6.92,6.62
Iizuka	33.39	130.41	37.1	11.1	21.6	2.10,2.24	0.70,0.75	15.9,16.5	7.22,7.18
Saga	33.15	130.18	3.6	56.2	3.1	3.08,3.12	0.98,1.04	16.7,17.6	7.28,6.73
Sasebo	33.09	129.44	16.7	13.1	7.4	2.30,2.27	0.71,0.73	17.0,17.2	6.82,7.20
Hita	33.19	130.55	82.9	10.6	109.7	1.42,1.32	0.42,0.48	15.7,16.4	7.65,7.48
Oita	33.13	131.37	4.6	19.8	9.1	2.52,2.90	0.63,1.04	16.8,17.7	6.81,7.18
Nagasaki	32.43	129.52	26.9	18.7	52.7	2.25,2.84	0.77,0.82	17.4,18.4	6.72,6.02
Kumamoto	32.48	130.42	37.7	14.8	15.1	2.34,2.50	0.68,0.76	17.2,17.1	7.38,7.34
Aso	32.52	131.043	1142.8	10.3	1105.2	4.48,4.21	1.48,1.48	9.9,10.1	7.24,6.74
Nobeoka	32.34	131.39	19.2	13.2	14.2	2.37,2.66	0.72,0.62	16.7,17.4	6.60,7.73
Akune	32.01	131.12	40.1	13.4	29.8	3.27,3.77	0.94,1.23	17.6,18.4	6.32,6.21
Hitoyoshi	32.13	130.45	145.8	12.1	117.3	1.47,1.28	0.51,0.55	15.6,15.5	7.23,8.28
Kagoshima	31.33	130.33	3.9	44.9	7.9	3.32,3.28	0.78,0.99	18.9,19.7	6.54,5.60
Miyakonojo	31.43	131.05	153.8	11.7	148.7	1.92,1.86	0.59,0.66	16.6,17.1	6.78,7.04
Miyazaki	31.55	131.25	6.3	20.3	4.5	3.17,2.76	0.89,0.68	17.7,18.2	6.48,7.07
Makurazaki	31.16	130.17	29.5	10.4	25.5	4.09,4.52	1.09,1.44	18.3,19.1	6.22,6.00
Aburatsu	31.34	131.24	2.9	14.6	0.28	4.67,4.19	1.06,1.27	18.3,20.7	6.16,5.02
Ushibuka	32.11	130.01	3.0	20.6	11.1	2.66,2.85	0.68,0.91	18.2,18.3	6.32,6.13

Table 3に示した $H_a$ のとおりであり、気温は地上1.5 mでの観測結果である。そのために、気象官署の測定高度に対応する風速と気温を接地境界層でのMonin-Obukhov相似則に従うLouisの方法<sup>8)</sup>で計算した。なお、モデルでは測定点に対応する標高 $Z_{G,mdl}$ が地形の空間分解能により実際と異なり、気温の系統的な違いの原因となる。そのため、Louisの方法で計算された気温を更に、 $\Gamma_d(Z_{G,obs} - Z_{G,mdl})$ を加えて補正した( $\Gamma_d$ は乾燥断熱減率)。

## 4. 結果と議論

### 4.1 2001年4月を例としたモデルと観測との比較

2001年4月の福岡、熊本、宮崎における気温、風速、相対湿度、降水量について観測とモデルの比較をFig.2に示す。Fig.中の+は観測値、赤実線はモデルの計算値である。降水量は時間積算である。Fig.2から明らかのように、モデルの計算値は、それぞれの地点において風速の変動、24時間周期の気温の時間変化、降水イベントが非常によく再現されていることが判る。

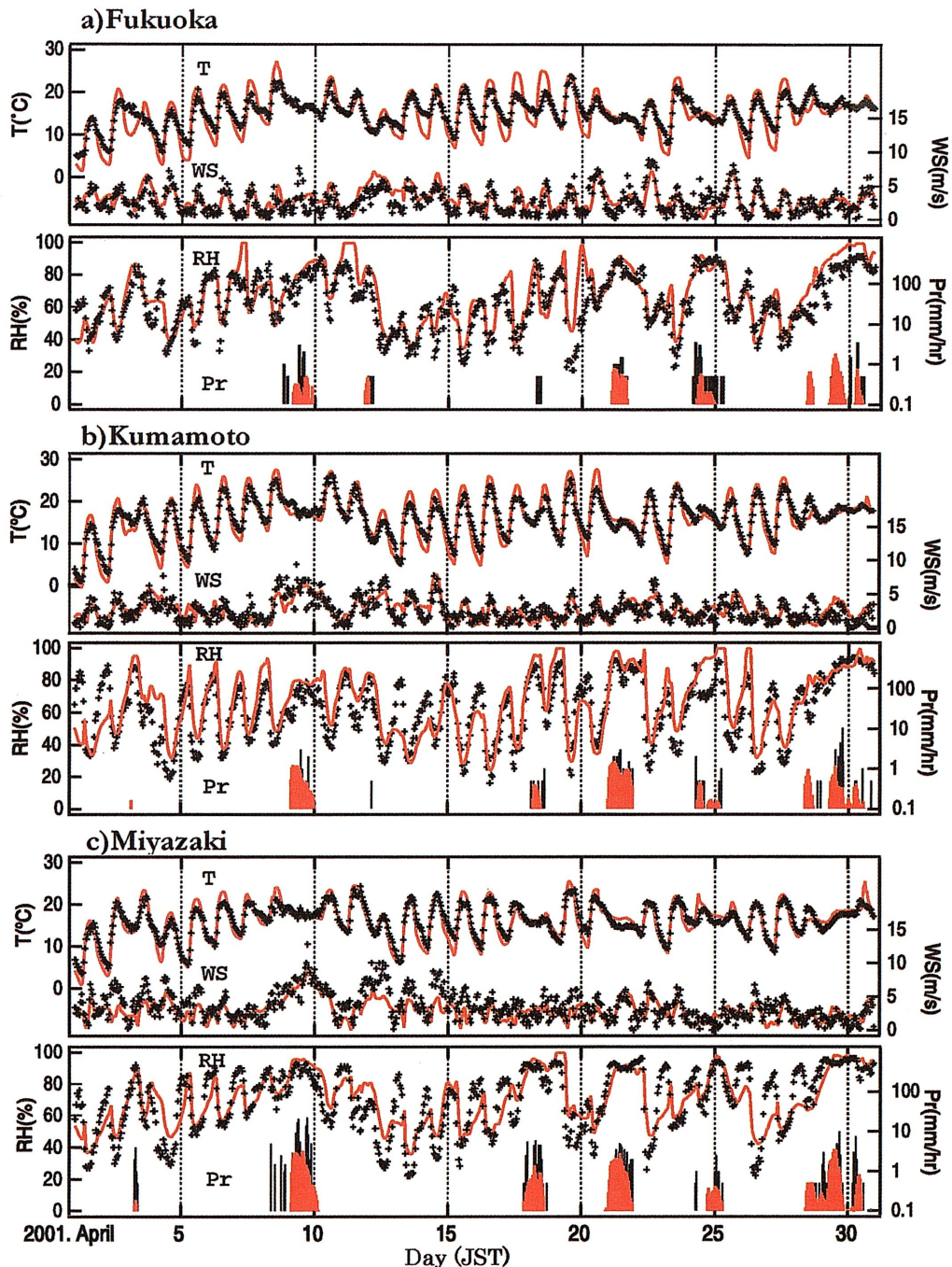


Fig 2. Time variation of temperature, wind speed, relative humidity and hourly precipitation amount for April 2001 at (a) Fukuoka, (b) Kumamoto and (c) Miyazaki. The unit of precipitation is logarithmic scale. Black symbol + and vertical bar denote the observation from the Japan Meteorological agency and red lines denote the model simulation.

それぞれの地点における気温の観測とモデルの結果の相関関係を示す相関係数は福岡で0.90、熊本で0.95、宮崎で0.94と非常に高い。福岡では他の地点に比べて最高、最低温度をそれぞれ過大に計算しており、相関係数が他の2地点より低い。福岡の実測の気温には都市化の影響が考えられる。モデルには細かな都市化が考慮されていないため最高、最低温度の再現性が他の地点に比べ低くなったと考えられる。

風速は強風や弱風の時間変化、そして相対湿度においてもモデルは多少過大評価の傾向があるものの時間変化の特徴を正しく再現しており、それぞれの地点における風速と相対湿度の相関係数は福岡で0.67、0.82、熊本で0.67、0.79宮崎で0.65、0.78と再現性が高いことが判る。この気温、風速、相対湿度の時間変化は他の19地点でも観測との一致性が高いことを確認した。

降水は観測に比べモデルは過小評価の傾向があるものの気温、風速、相対湿度と同様に時間変化の特徴を良く示している。降水に関して相関係数を用いることは適切ではない。ここでは、モデルか観測が降雨イベントを示した時の降雨の的中率を示すThreatスコアを用いて比較を行った(Table 4)。ここで、Threatスコア：Threat score =  $A / (A + B + C)$  で定義される。

Threatスコアは値が大きいほどの中率が良く、最大値が1で最小値は0である。モデルでは降水量が0.5mm/hrの時に降水有とし、Threatスコアの計算を行った。降水のThreatスコアは福岡で0.54、熊本で0.33、宮崎で0.55であった。

降水時の気温の変化を良く見ると、例えば、宮崎では9日、18日、22日、25日、28日などで降水が観測されているが、22日、25日には気温に約1℃程度の過大評価が見られる（他の日には同傾向は見られない）。この不一致の一因はモデルが計算している雲水量が過小であり、本来、雲の日射の遮蔽効果で減衰すべき短波放射が減衰せずに地上に達するためと考えられ、降水量の少ない時に見られている。今後、より詳しい解析が必要である。なお、この降水時のこのような気温の振る舞いは他の地点や他の月にも系統的に見られた。

#### 4.2 1年間における日平均の比較

2001年の1年間の福岡、熊本、宮崎の気温、風速、降水量の日平均値の変化について観測とモデルの比較をFig.3に示す。

Table 4 Categories of score calculation

	Observed	Not observed
Predicted event	A	B
Predicted no event	C	D

Fig.3から、各地点で一年間の日平均気温の変化の特徴、春季と冬季における日平均気温の大きな変動、夏季における日平均気温の小さい変動などを非常によく再現していることが明らかである。日平均気温における観測とモデルの相関係数は福岡、熊本、宮崎の3地点ともに $r=0.99$ と非常に高い。宮崎については、夏季にモデルの気温に対して系統的に約1℃程度の過大評価の傾向がある（同傾向は図に示さないが大分にも見られた）。これは、4.1で議論した雲量の再現性も一因として考えられるが今後の検討が必要である。

風速の日変化についても、モデルは観測の特徴を良く再現しているだけでなく、夏季の弱風、冬季の強風、さらに8月21日～23日にかけて日本に多大な被害を及ぼした台風11号による強風も正しく捉えている。特に熊本では日変化の変動だけでなく、風速レベルに関しても再現性が高い。日平均風速の観測とモデルの相関係数は福岡で0.80、熊本で0.77、宮崎で0.67である。

降水はそれぞれの地点に共通してモデルは観測に比べ過小評価となっているが、時間変化の特徴は再現している。日平均降水量におけるThreatスコアの年平均は福岡で0.61、熊本0.70、宮崎で0.66となっておりモデルが観測結果を非常に良く再現していると言える。モデルの降水の過小評価は特に梅雨を含む夏季にその傾向が強い。夏季は暖かく湿った空気塊が上昇することによって積雲が発生し、それに伴って強い雨（雷雨）が発生する。RAMSでは積雲対流による降水スキームとしてKuoスキームを採用しているが、積雲は極めて局所的に発生することが多く、グリッド2の水平格子間隔2kmでは、そのような局所性がまだ十分に解像できないと考えられる。そのため、積雲の発生しやすい梅雨季から9月中旬にかけて、Threatスコアが低下したと考えられる。

#### 4.3 モデルの再現性の統計的評価

Fig. 2, 3に示したようにモデルによる気象の再現性は非常に高いことが判る。ここでは、モデルの気象の再現性を様々な統計量をもとに検討する。モデルによる結果を観測値をもとに評価する方法として、平均値、標準偏差、相関係数、Threatスコアの他に、モデルと観測とモデルの一致性を評価するSkillスコアS、平均二乗偏差RMSD、平均偏差MBEを用いた。ここで、SkillスコアSはTayer<sup>9)</sup>が提案している統計量で、

$$S = \frac{4(I+R)}{(\hat{\sigma}_f + I/\hat{\sigma}_f)^2 (I+R_0)} \quad (1)$$

で定義される。ここで、Rはモデルと観測の相関係数、 $R_0$ は相関係数の最大値(=1)、 $\sigma_f$ は観測による標準偏差をモデルによる標準偏差で割ったものである。Sの値が1に近いほどモデルは観測値との一致性が高いことを示している。

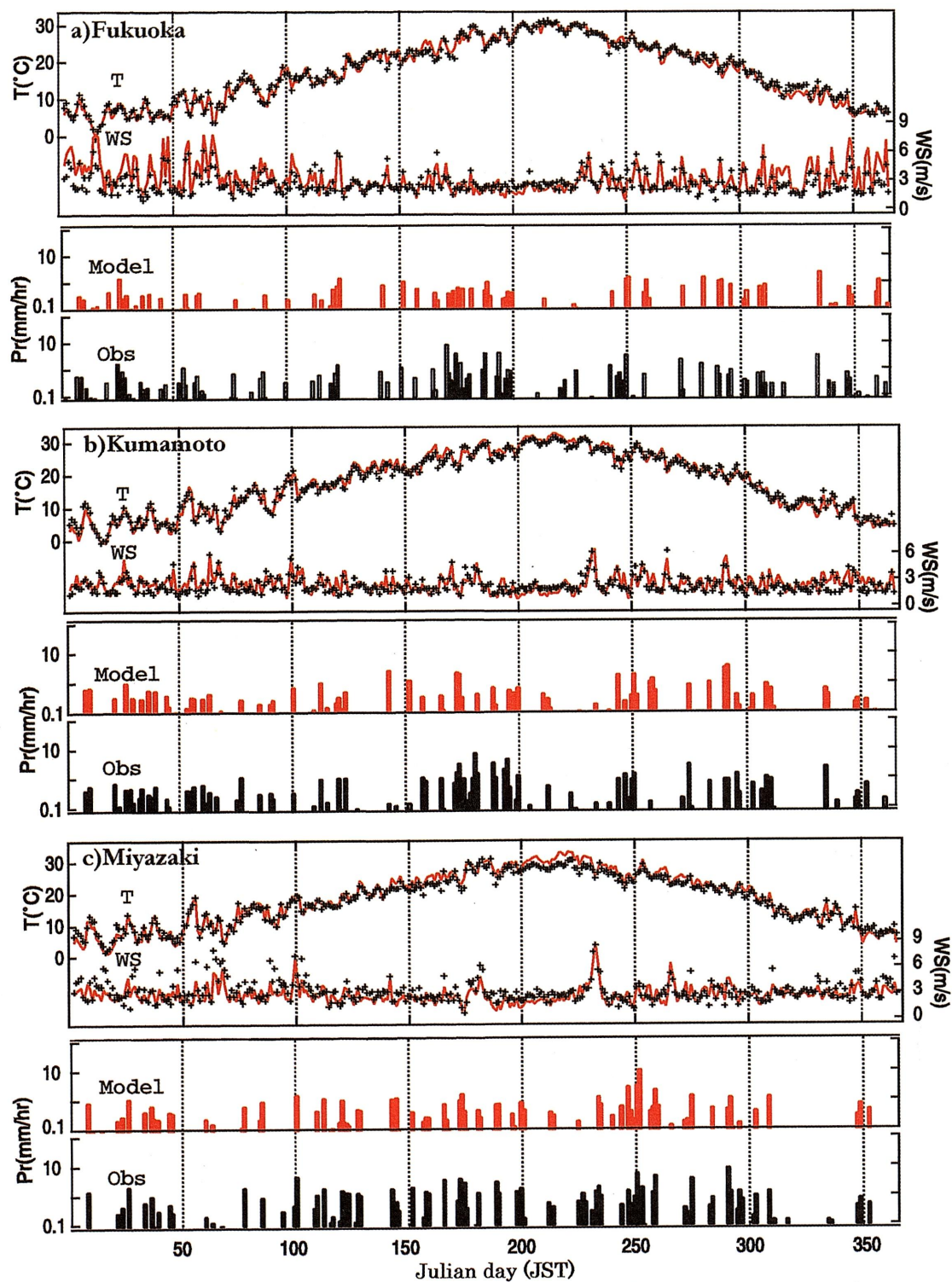


Fig. 3 Annual variation of daily mean temperature, wind speed and precipitation rate for year 2001 at (a) Fukuoka, (b) Kumamoto and (c) Miyazaki. The unit of precipitation is logarithmic scale. Black symbol + and vertical bar denote the observation from the Japan Meteorological agency and red lines denote the model simulation.

一方、RMSD(total root-mean-squared difference)は

$$RMSD = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2} \quad (2)$$

で定義される。モデルと観測値の平均バイアス誤差を評価する MBE(Mean Bias Error)は

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - P_i) \quad (3)$$

で定義される。ここで、 $P_i$ はモデルの計算値、 $O_i$ は観

測値、 $n$ はデータ数である。RMSD、MBEともに値が0に近いほどモデルの結果が観測値に対して再現性が高いことを示している。

2001年における福岡、大分、熊本、宮崎における月平均風速と月平均気温のモデルと観測における比較、SkillスコアS、RMSD、日平均降水量についてのThreatスコアをFig.4に示す。図中には、モデルにおける日平均風速と気温の標準偏差も同時にエラーバーで示した。

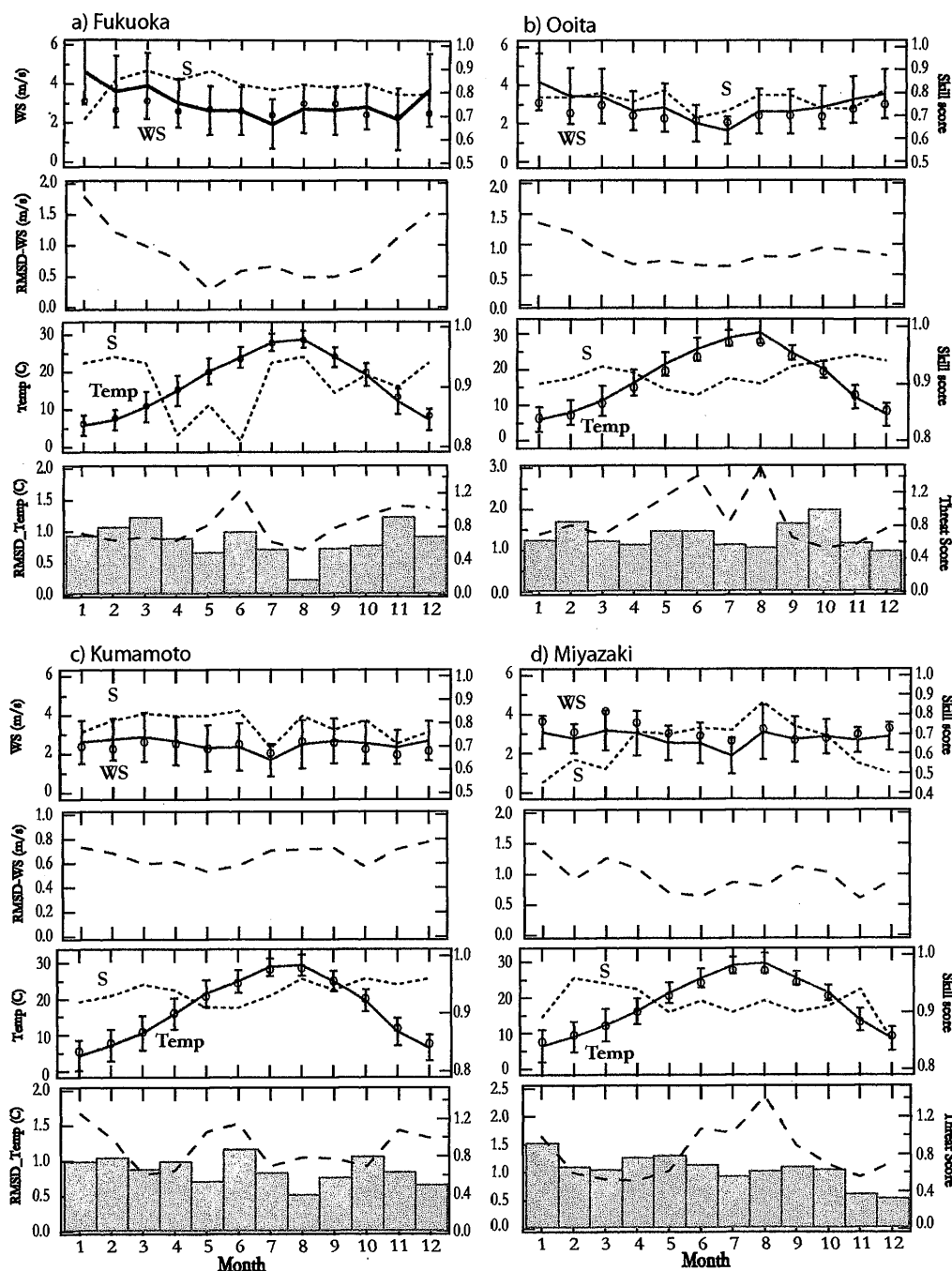


Fig. 4 Monthly variation of averaged wind speed, Skill score, RMSD-ws, temperature, RMSD-temp and precipitation Threat score at (a) Fukuoka, (b) Oita, (c) Kumamoto and (d) Miyazaki. Open symbol indicates the observed monthly mean wind speed and temperature. Error bar at the 1<sup>st</sup> and 3<sup>rd</sup> raw figures indicate the modeled standard deviation for wind speed and temperature. Shaded box of the 4<sup>th</sup> raw figure indicates the precipitation Threat score.



Fig. 4aより福岡ではモデルの月平均風速の再現性は高いことが判る。風速のSは冬季で多少低いものの0.7から0.9と風速の変動の大きさも非常に良く再現している。一方、風速のRMSDからわかる通り冬季から春季にかけてモデルと観測との差が大きく、冬季から春季にかけてのMBEは $-1.8\text{m/s}$ から $-0.5\text{m/s}$ の値であった。このことからモデルは福岡の風速に関して冬季から春季にかけて観測より平均的に $0.5\text{m/s}$ から $1.8\text{m/s}$ 程度の過大評価していることがわかる。モデルの月平均気温は観測の月平均気温に対して非常に再現性が高く、気温のSの値も0.8から0.95と高い値を示している。RMSDは6月において差が大きく、MBEの値は $-0.5^\circ\text{C}$ であった。降水Threatスコアは8月が他の時期に比べ低い。

Fig. 4bの大方は平均風速の月変化の特徴を再現しており、風速のSは0.7~0.8と再現性は高い。風速のRMSDは夏季で低い値を示し、冬季において風速変動の再現性が他の時期に比べ低かったと考えられる。モデルの月平均気温は季節変化の特徴を非常にうまく再現し、気温のSの値も0.9前後と非常に高い値が見られる。気温におけるSはわずかに夏季で低い値を示している。一方、気温のRMSDも夏季で差が大きく、MBEは $-2^\circ\text{C}$ 前後の値であった。従って、大方ではモデルが夏季の気温を観測より約 $2^\circ\text{C}$ の過大評価していることがわかる。大方での降水Threatスコアは0.5以上で、他の観測点に比べ再現性が高いことを示しており、一年通して極端に再現性の低い季節がないのが特徴である。

Fig. 4cより熊本も月平均風速の再現性が高いことがわかる。風速のSの値も7月と冬季にわずかに低い値を示しているものの0.7から0.9となっている。一方、風速のRMSDは他の地点に比べ低い値となっており、MBEも $-0.4\text{m/s}$ から $0.4\text{m/s}$ となっている。このことから熊本では他の観測地点よりも風速レベルにおける再現性が高い。モデルの月平均気温も月平均風速と同様に他の地点に比べさらに再現性が高いことが判る。気温のSの値も0.90以上と非常に高い。気温のRMSDは夏季及び冬季で誤差が大きく、MBEの値は $-0.5^\circ\text{C}$ であった。降水Threatスコアもまた夏季と12月において多少低くなっている。

Fig. 4dより宮崎では他の地点に比べると月平均風速の再現性は多少低い。風速のSの値も0.45から0.90と月によって再現性の高さにバラツキが見られる。一方、風速のRMSD値は冬季で差が大きいことを示しており、冬季の風速のMBEは $0.5\text{m/s}$ で、冬季でモデルの風速が過小評価になっていることが判る。月平均気温は再現性が非常に高いことを示している。一方気温のSの値は冬季と夏季において多少低くなっているが0.85から0.90と高い値を示している。気温のRMSDは夏季に2.5近くの値をとっているが、MBEは $-1$ から

$-2^\circ\text{C}$ 前後であった。降水Threatスコアは11、12月において低い値を示しているが、他の季節においては高い精度をもっていることが判る。

Table 3には、気象官署の19地点についての風速と気温の年間平均値と標準偏差の比較を示している。年間平均値の一致性は各地点で異なるが風速については観測値との誤差は最大約26%であり平均約9%であった。気温についても、最大13%で平均約4%であった。ここで観測地点を太平洋岸(大分、延岡、宮崎、油津、鹿児島、枕崎)、日本海岸+東シナ海岸(平戸、福岡、佐世保、長崎、阿久根、牛深)、平野部(飯塚、佐賀、熊本)に分類しそれぞれの地域別について解析を行った。風速におけるモデルと観測との誤差は太平洋岸で約10%、日本海岸で約8.6%、平野部で約5.0%であり、風速の標準偏差の誤差でも同様の傾向が見られた。平野部では風速の変化が穏やかに対して、山間部や海岸沿いでは風向や風速が著しく変化する。これらのモデルの水平分解能に依存することが多く、平野部より誤差が大きくなったと考えられる。気温の年間平均値もまた風速と同様の傾向が見られ太平洋岸で約4.0%、日本海岸で約3.3%、平野部で約3.3%であった。気温における年間標準偏差の誤差もほぼ同様の傾向が見られた。

## 5 まとめ

本研究では、メソスケール気象モデルRAMS<sup>2)</sup>を用いて、九州地域を水平格子 $2\text{km}$ で解像し2001年1月1日から12月31日までの連続的な通年シミュレーションを行った。そのシミュレーション結果を気象官署の観測結果と比較しモデルの再現性の評価を行った。その結果、以下のことが結論付けられた。

- 1) モデルは風速、気温、相対湿度の時間変化そして降水イベントを非常によく再現していた。
- 2) 一年間における日平均気温、風速の日変化の特徴をモデルは再現していた。月平均風速、月平均気温の季節変化の特徴を再現しており、風速、気温のSkillスコアSが高い値を示していることから再現性が高いことが示された。
- 3) それぞれの地点に共通してモデルにおける降水は観測に比べ過小評価となっているが、時間変化の特徴はうまく再現していた。降水のモデルの過小評価は特に梅雨を含む夏季にその傾向が強く、降水のThreatスコアは夏季と冬季に比較的低い値を示した。またモデルにおける降水時の気温変化が、少量の降水時に観測に比べ過大評価を示す傾向が確認された。
- 4) 風速における年間平均値の一致性は観測値との誤差は最大約26%であり平均約9%、気温についても、

最大13%で平均約4%であった。風速におけるモデルと観測との誤差は太平洋岸で約10%、日本海岸で約8.6%、平野部で約5%、気温は太平洋岸で約4.0%、日本海岸で約3.3%、平野部で約3.3%であった。平野部で風速、気温の再現性が高いことが示された。

今後の課題として、モデルと観測による日射量などと比較を行い、降雨時における気温減少についてより詳細な解析を行うことが重要である。また、より高分解能で計算を行い、降水量などのパラメータと比較し、より再現性の高いモデルを構築する必要がある。

### 謝 辞

本研究は平成13-15年度科学研究費基盤研究C(13650600:代表 鶴野伊津志)の一部として行った。本研究で用いた国土数値情報(土地利用ファイル)のRAMS形式への変換の便宜をはかって下さった東京工業大学 神田学助教授の協力を感謝いたします。

### 参 考 文 献

- 1) 風力発電タービンの最適立地探索法シンポジウム「急峻な地形に対応する風況予測システムの開発」講演要旨集、日本気象協会・東京大学生産技術研究所主催、2002年7月。
- 2) Pielke, R.A., W.R. Cotton, R.L. Walko, C.J. Tremback, W.A. Lyons, L.D. Grasso, M.E. Nicholls, M.D. Moran, D.A. Wesley, T.J. Lee and J.H. Copeland, A comprehensive meteorological modeling system -RAMS, *Meteorol. Atmos. Phys.*, 49, 69-91, 1992.
- 3) 神田学、井上裕史、鶴野伊津志: 環八雲の数値シミュレーション、*天気*, 47, 83-96, 2000.
- 4) Uno, I., H. Amano, S. Emori, K. Kinoshita, I. Matsui and N. Sugimoto: Trans-Pacific Yellow Sand Transport observed in April 1998: Numerical Simulation, *J. Geophys. Res.*, 106, 18331-18344, 2001.
- 5) Lee, T.J., The impact of vegetation on the atmospheric boundary layer and convective storms. *Atmospheric Science Paper No. 509*, Dept. of Atmos. Sci., Colorado State Univ., Fort Collins, CO., 1992.
- 6) Chen, C. and Cotton, W.R. A one-dimensional simulation of the stratocumulus-capped mixed layer. *Boundary-Layer Meteorol.*, 1983, 25, 289-321.
- 7) Mellor, G.L., and T. Yamada, A hierarchy of turbulence closure models for planetary boundary layers, *J. Atmos. Sci.*, 31, 1791-1806, 1974.
- 8) Louis, J.-F., A parametric model of vertical eddy fluxes in the atmosphere, *Boundary-Layer Meteorol.*, 17, 187-202, 1979.
- 9) Tayler, K.E., Summarizing multiple aspects of model performance in a single diagram, *J. Geophys. Res.*, 106, 7183-7192, 2001.