# 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<sup>†</sup>•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

<sup>†</sup>E-mail of corresponding author: *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>D</sup>として、地域気象モデルと工学モデル

- \*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

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 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。

通常の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>50</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。



b) Grid 2



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.

Horizontal resolution	10km	2km	
Horizontal Grid numbers	70  imes 70	132  imes 172	
Center of Model	32.0°N	32.5°N	
Domain	$130.5^{\circ}\mathrm{E}$	$130.7^{\circ}\mathrm{E}$	
Polar Stereographic	32.0°N	32.0°N	
Center	$130.5^{\circ}\mathrm{E}$	$130.5^{\circ}\mathrm{E}$	
Vortical Grid onacing 1)	$100 { m m} \sim$	$100 { m m} \sim$	
Vertical Orlu spacing	1800m	1800m	
Vertical Grid number	20	20	
Nudging time scale	10,000sec	10,000sec	
Time step	30 sec	10 sec	

Table 1 Specification of computational domains.

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	Compressible ; Non-hydrostatic			
equations	Boussinesq approximation			
Horizontal	Polar stereographic coordinates			
coordinates				
Vertical	Terrain-following $\sigma z$			
coordinates				
Explicit	Micro-physical process (Cloud drop,			
microphysics	Rain, Pristine ice, Snow, Aggregates,			
	Graupel, Hail )			
Cumulus	Simplied Kuo Scheme			
Convection				
Surface	LEAF2 vegetation model <sup>5)</sup>			
Parameteriza	Monin-Obukhov similairity			
tion				
Upper and	Large scale nudging with ECMWF			
Lateral	metrological data			
boundaries				
Atmospheric	Two-stream model containing the			
Radiation	amount of micro-physical <sup>6)</sup>			
Turbulence	Horizontal: Smagorinska deformation			
	Vertical: Turbulent closure model			
	Level 2.5 <sup>7)</sup>			
Numerical	Hybrid scheme			
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ZG,obs、風速計の設置高度Ha、モデルの 同地点のグリッド2標高ZG,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、

Station	Latitutde	Longitude	ZG,obs	Ha	ZG,mdl	WS(m/s)	σws	Temp(℃)	σ Temp
	°N	°Ε	m	m	m	(obs,mdl)	(obs,mdl)	(obs,mdl)	(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 Meteorological Station Information and Annual Averaged Statistics.

**Table 3**に示したH<sub>a</sub>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<sub>G,mdl</sub>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から明らかな 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地点より低いが、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的中率が良く、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	Α	В
Predicted no event	С	· 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

Figs. 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、

$$S = \frac{4(l+R)}{\left(\hat{\sigma}_f + l/\hat{\sigma}_f\right)^2 \left(l+R_o\right)} \tag{1}$$

で定義される。ここで、Rはモデルと観測の相関係数、 Roは相関係数の最大値(=1)、σf 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

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

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

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

で定義される。ここで、Piはモデルの計算値、Oi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, RMDS-ws, temperature, RMDS-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-1.8m/sから-0.5m/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0.5m/sから 1.8m/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℃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の大分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はわずかだが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℃前後の値であった。従って、大分ではモデルが 夏季の気温を観測より約2℃の過大評価していること がわかる。大分での降水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-0.4m/sから0.4m/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℃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0.5m/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℃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2km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。

- 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 鵜野伊津志)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に感謝いたします。

#### 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.

- 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、鵜野伊津志: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.
- 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.
- Chen, C. and Cotton, W.R. A one-dimensional simulation of the stratocumulus-capped mixed layer. Boundary-Layer Meteorool., 1983, 25, 289-321.
- Mellor, G.L., and T. Yamada, A hierachy of turbulence closure models for planetary boundary layers, J. Atmos. Sci., 31, 1791-1806, 1974.
- Louis, J.-F., A parametric model of vertical eddy fluxes in the atmosphere, Boundary-Layer Meteorol., 17, 187-202, 1979.
- Tayler, K.E., Summarizing multiple aspects of model performance in a single diagram, J. Geophys. Res., 106, 7183-7192, 2001.