

オキシダント濃度予報システム開発の基礎的研究 (1)

— G P V を用いた短期濃度予測手法 —

吉村 慶一 (大阪大学)

近藤 明 (大阪大学)

岡崎 隆治 (大阪大学)

山口 克人 (大阪大学)

1 はじめに

短期的なオキシダント濃度予報システムを確立するためには、流れ場の精度良い予測、大気汚染物排出量の正確な評価、及び予測計算開始時の気象及び大気汚染濃度の適切な初期値設定を行うことが必要となる。本報告では、これらのなかで気象庁から配信される GPV(Grid Point Value) データを用いた流れ場予測の精度評価を行った。

2 GPV データ

GPV データとは気象庁が領域モデル (RSM) を用いて 9 時及び 21 時の気象条件を初期値として算出したものである。GPV は RSM 地上データ及び RSM 上層データに 2 分されており、地上データは 1 時間毎の風ベクトル (u 成分、v 成分)、気温、相対湿度、1 時間降水量、数値予報雲量、気圧で構成されており、上層データは 950,925,850,700,500hPa 面の各面について 3 時間毎のジオポテンシャル高度、風ベクトル (u 成分、v 成分)、気温、相対湿度、鉛直速度で構成されている。Fig.1 に GPV データが算出されている格子点を示す。また、Fig.2 に上層データの各面の高度とモデルにおけるメッシュとの対応を示す。ここで GPV 地上データの気圧は海面更正気圧 (hPa) であるので以下の式を用いて地表面高度での気圧に変更した。

$$h = \frac{R}{G} T_m \ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right) \quad (1)$$

h : 高度差、 p_1 : 下の高度の気圧、 p_2 : 上の高度の気圧、 T_m : 平均温度 (K)、 R : 乾燥空気の気体常数 ($287.05\text{m}^2 \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$)、 G : 重力の加速度 ($9.80665\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$)、 \ln : 自然対数

ただし、気温減率を 100m について 0.5 として海面高さの気温を求め平均気温を算出した。

3 流れ場シミュレーションのモデル及び計算条件

計算領域は東経 134 度 15 分 ~ 136 度 30 分、北緯 33 度 48 分 ~ 35 度 36 分で囲まれた東西 180km、南北 180km の領域であり (Fig.3 参照)、45 メッシュ × 45 メッシュに分割して計算を行っている。鉛直方向は計算領域の上面の高さを 5000m とし、地表面付近でメッシュ間隔が細くなる 15 層の不均等メッシュを用いた (Fig.2 参照)。初期条件は風速については GPV を空間内挿した値を用い、温位については海面高さでの地表面温位を 298K、温位勾配を 0.005K/m とし、湿度については 2000m 以下を 50 %、2000m 以上を 20 % とした。境界条件は風速については 3 時間毎の GPV を時間内挿した値を用い、温位、比湿については勾配が 0 となるように設定した。計算には 1998 年 8 月の G P V データを利用し、各日の 9:00 から翌日の 8:00 まで計算を行った。このうち、流れ場の評価は比較的天候が良かった 1998 年 8 月 4 日について行うことにする。流れ場予測モデルに用いた式は、Kondo¹⁾と同様である。

Fig.1 GPV points

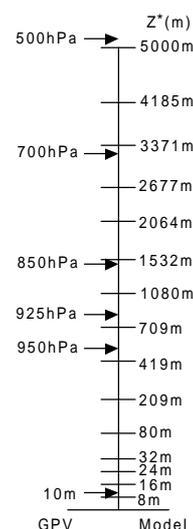


Fig.2 Relation between pressure and altitude

4 流れ場の精度評価

4.1 観測値と計算値の比較

豊岡市役所、加古川市役所、洲本市役所、国設大阪、島本町役場、南海団地の6カ所の観測地において、それぞれの観測値と各観測点を含むメッシュにおける計算値、およびGPV内挿データの比較を行った。Fig.3に観測点の位置を示す。Fig.4に1998年8月4日の観測値、計算値、GPV内挿値の風速u成分、v成分の図を、またFig.5に風ベクトルを示す。ただし、観測値および計算値は1時間おき、GPV内挿データは3時間おきである。また、計算値、GPV内挿値は下から3層目のメッシュ ($z^E = 20m$) の値である。Fig.4から、ほとんどの地点でGPVの内挿データよりは計算値の方が観測値と比較的一致しているが、観測値の変動が非常に大きいため、流れ場予測モデルで観測値を再現できたとは言い難い。

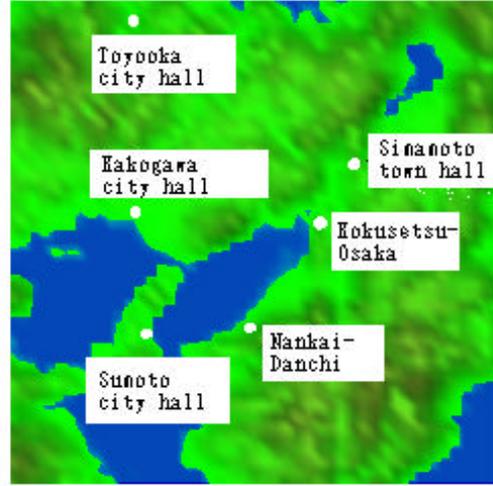


Fig.3 Calculated area and observed points

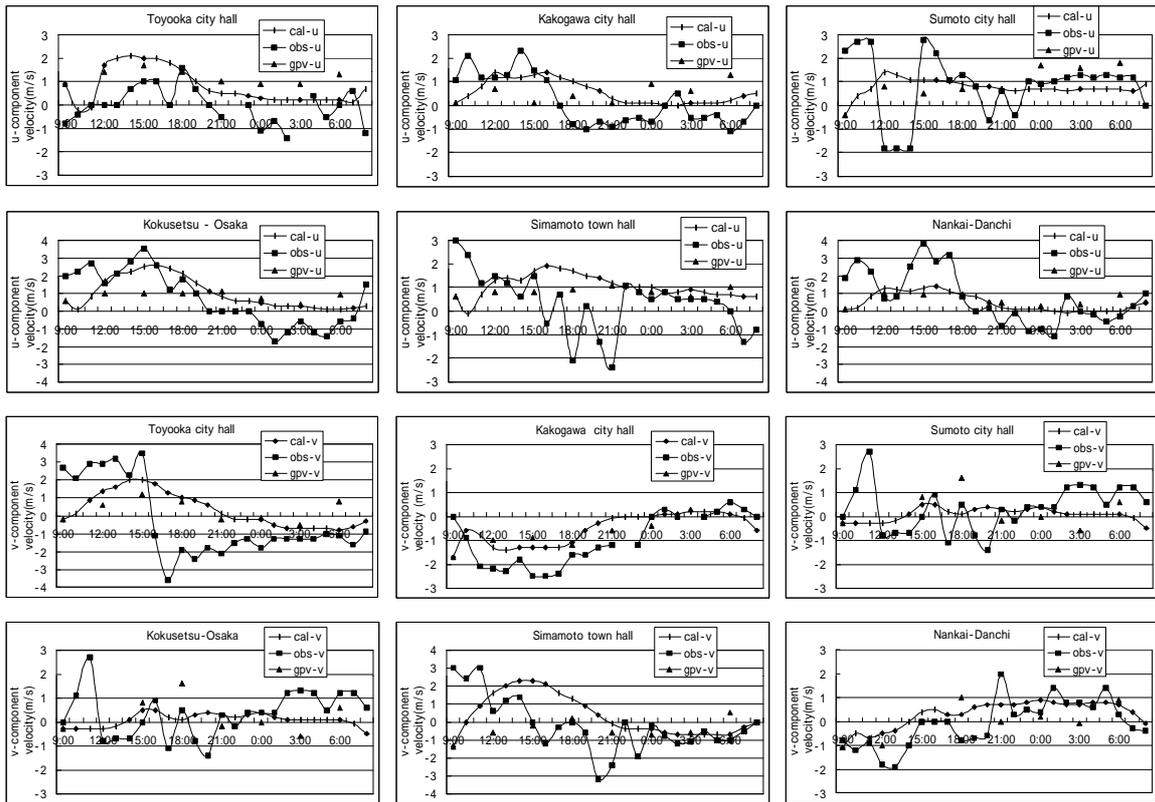


Fig.4 Diurnal variation of u-component velocity in the upside and v-component velocity in the downside at Aug.4.1998

'cal', 'obs', and 'gpv' denote calculated value, observed value, and GPV, respectively.

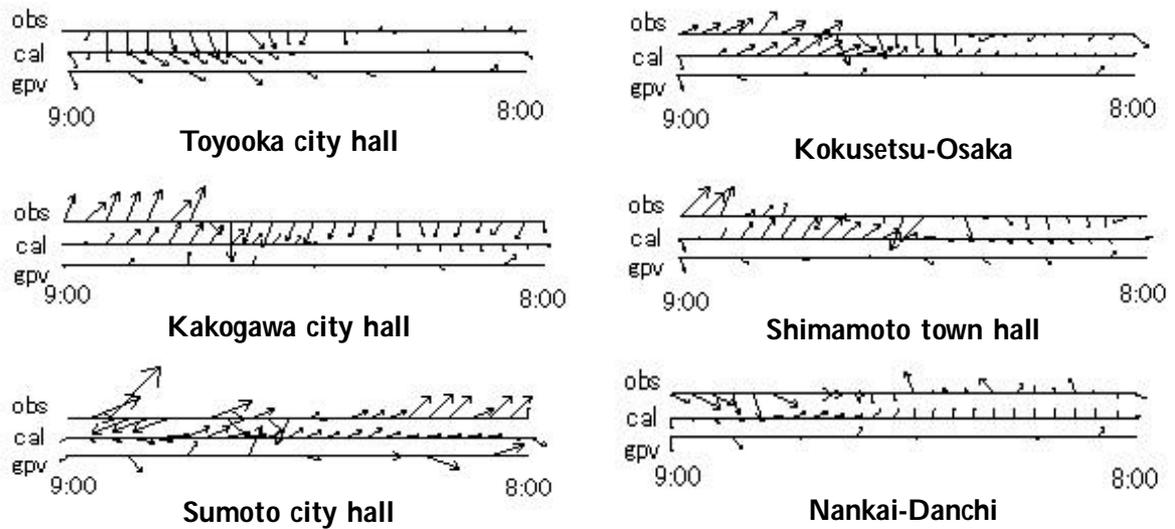


Fig.5 Diurnal variation of wind-vectors at six observed points of observed value,calculatedvalue and GPV at Aug.4.1998

4.2 流れ場の評価手法

次に、流れ場全体の計算値がどの程度観測値と合致しているかを表す方法として、MVD・MAD²⁾と一緻性インデックス d³⁾の2種類を用いた。

4.2.1 MVD・MAD

MVD (mean velocity difference) とは、観測値と計算値の風速の大きさの差の平均を表す値であり、MAD (mean angle difference) とは、観測値と計算値の風ベクトルの角度の差の平均を表す値である。MVD、MAD 両方の値を求めることによって流れ場の計算の妥当性が評価できる。

MVD、MAD の求め方は次式の通りである。ただし、MAD を求める際には観測値、計算値のいずれかの風速が 1.0[m/s] 以下の場合については除くことにする。

$$MVD = \frac{\sum_{j=1}^n |V_{calj} - V_{obsj}|}{n} \quad (2)$$

$$MAD = \frac{\sum_{j=1}^n \text{Arccos}\left(\frac{V_{calj} \cdot V_{obsj}}{|V_{calj}| |V_{obsj}|}\right)}{n} \quad (3)$$

ここで、n はデータ数、 V_{cal} は計算値の風ベクトル、 V_{obs} は観測値の風ベクトル、 $(V_{cal}; V_{obs})$ は V_{cal} と V_{obs} の内積である。

4.2.2 一緻性インデックス d

一緻性インデックス d はベクトルの大きさの差、角度の差という2つの要素の双方を考慮して1つの数値として表したものである。d が1に近いほど計算値と観測値が近いことを表し、値が小さくなるほど計算値と観測値が一致していないことを表している。

一緻性インデックス d の求め方は次式の通りである。

$$d = 1 - \frac{\sum_{j=1}^n |V_{calj} - V_{obsj}|^2}{\sum_{j=1}^n (|V_{calj}|^2 + |V_{obsj}|^2)} \quad (4)$$

ここで、 $V_{cal}^0 = V_{cal} \cdot \overline{V_{obs}}$; $V_{obs}^0 = V_{obs} \cdot \overline{V_{obs}}$ で、 $\overline{V_{obs}}$ は観測値の平均の値である。

4.3 流れ場全体の評価

計算値および GPV 内挿値の両方について MVD、MAD、一貫性インデックス d の計算を行い、初期条件および境界条件に用いている GPV 内挿値から計算値がどの程度改善されているかを検討した。Fig.6 に計算値と GPV 内挿値についての 8 月 4 日の MVD、MAD、一貫性インデックス d の経時変化を示す。Fig.6 から、流れ場全体に約 1[m/s] の差があることがわかる。しかし、GPV 内挿値と比較すると、計算値の方が観測値に一致している。MAD は夜間に約 100 度の高い値を示しているが、昼間は約 20 度の低い値を示しており、観測値と良く合致しているといえる。MAD に関しても、計算値の方が GPV 内挿値よりも一致していることを表している。MVD、MAD の結果からも明らかではあるが、一貫性インデックス d についても計算値が GPV 内挿値よりも観測値に近いことを表している。

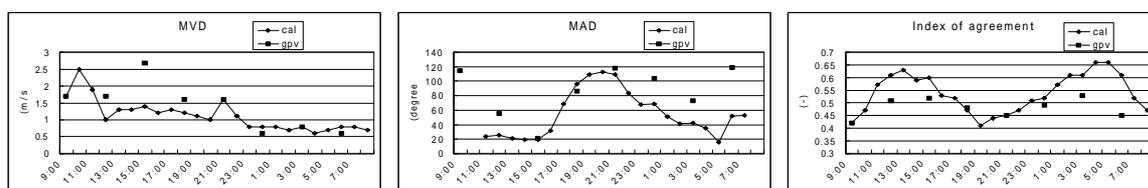


Fig.6 MVD,MAD and index of agreement of calculated value and GPV(Aug.4)

次に、流れ場の計算を行った 20 日全ての日についての MVD、MAD、一貫性インデックス d の平均値を求めた。これを Table1 に示す。Table1 では、計算値と GPV 内挿値を比較して MVD・MAD に関しては値が小さい方に、一貫性インデックス d に関しては値の大きい方にそれぞれ網掛けをしている。Table1 から、MVD、MAD、一貫性インデックス d のいずれで比較しても GPV 内挿値より計算値が多くの日で観測値に近い値をとることを示している。ただし、GPV 内挿値と計算値の MVD、MAD 及び一貫性インデックス d の値の差は小さい。これは、境界値を GPV データによって与えているため、数値計算による改善には限界があることを示している。

Table1 The average of MVD,MAD and index of agreement

day	calculated value			GPV		
	MVD	MAD	index	MVD	MAD	index
1	1.7	26.5	0.57	1.3	35.9	0.62
4	1.1	57.3	0.54	1.4	86.4	0.48
5	0.9	68.3	0.52	1.1	88.8	0.47
6	1.0	61.2	0.50	1.3	72.8	0.46
7	0.9	43.6	0.52	0.9	53.4	0.45
8	1.1	65.1	0.49	1.2	73.4	0.47
9	0.9	61.8	0.53	0.8	43.8	0.49
11	1.1	31.9	0.54	1.3	52.2	0.49
13	1.1	35.6	0.51	1.2	48.2	0.46
14	1.0	38.1	0.53	1.0	69.3	0.46
15	1.0	36.1	0.58	1.4	68.4	0.51
16	1.1	27.5	0.52	1.4	38.6	0.48
17	1.0	41.5	0.53	1.1	53.3	0.45
18	1.2	36.4	0.51	1.5	59.6	0.51
19	1.3	30.2	0.51	1.1	35.2	0.53
20	1.2	43.9	0.52	0.9	62.8	0.47
21	1.3	67.6	0.50	1.1	41.7	0.50
22	1.2	53.3	0.52	1.0	51.4	0.50
23	1.5	36.4	0.56	1.4	46.5	0.55
24	1.5	35.3	0.56	1.6	41.4	0.58
average	1.2	44.9	0.53	1.2	56.2	0.50

5 まとめ

GPV 内挿値を初期条件及び境界条件としてシミュレーションを行った。計算値と GPV 内挿値とを比較すると GPV 内挿値の方が観測値に近い値を示す日もわずかにあるが、全般的に計算値の方が観測値に近い値を示した。このことから、数値予測モデルを用いることで GPV データをそのまま用いるよりも精度のよい流れ場を得られることが明らかとなった。

[参考文献]

- 1) A.Kondo, K.Yamaguchi and H.K.AHN, "Simulation of Climatic Effects by Construction of Reclaimed Island in Pusan, Korea", Atmos. Environ., 30, 2437-2448 (1996)
- 2) 吳銀珠、山口克人、近藤明：局地風の数値予測モデルへの境界適合曲線座標系の適用とその有効性の検討、大気環境学会誌第 34 巻第 3 号 (1999)
- 3) 鷗野伊津志、大原利真、若松伸司、松井一郎：近畿地域の局地循環シミュレーションと評価、天気、43 号、303-317(1996)