

## 数値解法を用いた大気拡散シミュレーションの研究

2Z-7

中崎邦夫\*<sup>1</sup> 寺中誠一\*<sup>2</sup> 岡本眞一\*<sup>3</sup> 小林恵三\*<sup>4</sup> 堀内健司\*<sup>5</sup>\*<sup>1</sup>日本道路公団試験研究所 \*<sup>2</sup>日本道路公団 \*<sup>3</sup>東京情報大学 \*<sup>4</sup>(社)産業環境管理協会 \*<sup>5</sup>(株)千代田コンサルタンツ

## 1. はじめに

近年、環境アセスメントに対する関心の高まりから、道路沿道における大気拡散濃度の予測精度向上が求められて来ている。特に、気流の流れが複雑となる箇所において、大気拡散濃度を精度良く予測することは現状難しい。このような問題への対応として、数値解法による大気拡散シミュレーションが有効であると考えられ、これに着目し基礎的な研究を行っているところである。

本報告では、一般的な差分法では移流項の離散化による数値拡散が大きいことから、有限要素タイプ等の各種数値計算手法における移流方程式の離散化誤差等の精度や計算時間を比較した結果を示す。

## 2. 数値計算法

検討対象とした数値計算法は、①差分法（2次精度の風上片側差分法）、②テーラー・ガラーキン法（有限要素タイプ）、③3次スプライン法、④粒子法とした。詳細は基本的に文献<sup>4)</sup>を基に設定した。

## 3. 計算条件

## 3.1 検討対象問題と方程式

大気拡散シミュレーションのための数値計算法の

Investigation on numerical simulation  
of atmospheric dispersion

- \*1 Kunio Nakasaki  
Research Institute of Japan  
Highway Public Corporation
- \*2 Seiichi Teranaka  
Japan Highway Public Corporation
- \*3 Shinichi Okamoto  
Tokyo University of Information  
Sciences
- \*4 Keizo Kobayashi  
Japan Environment Association  
for Industry
- \*5 Kenji Horiuchi  
Chiyoda Engineering Consultants  
Co., Ltd.

検討として以下の移流方程式を対象に、旋回流中に初期濃度分布を与え、計算進行に伴う濃度の変化等を基に各種数値計算法の精度を比較した。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(uC) + \frac{\partial}{\partial y}(vC) = 0 \quad (1)$$

ここで、C：濃度、t：時間、u：x方向の風速、v：y方向の風速である。また2次元場の計算は時間分割法を用いて1次元計算から求める方法とした。

## 3.2 計算条件

計算条件等はChock<sup>1), 2), 3)</sup>に準じて設定した。

## 1) 計算領域と流れ場条件

計算領域はx方向33×y方向33の格子とし、領域中央(17, 17)を中心とした旋回流を与えた。

## 2) 初期濃度条件

図1のようなコーン型の分布を設定した。

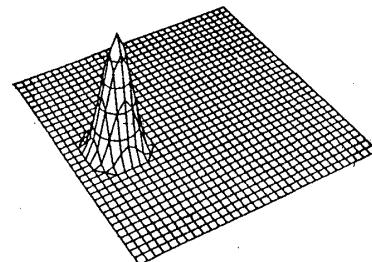


図1 初期濃度分布(最大値100)

## 4. 計算結果

各手法について最大クーラン数 $\mu$ を0.4とし、2回転後までの計算を行った。但し、差分法は精度上の問題から $\mu=0.2$ とした。また、粒子法の粒子数は500とした。

## 4.1 2回転後の濃度分布と最大濃度の比較

2周回転した後の各手法の濃度コンターは図2のとおりとなった。

アセスメント時には、最大濃度値やその位置が重要となるため、これらに関する計算値を比較した。図3は最大濃度値の計算時間ごとの変化を比較した結果である。

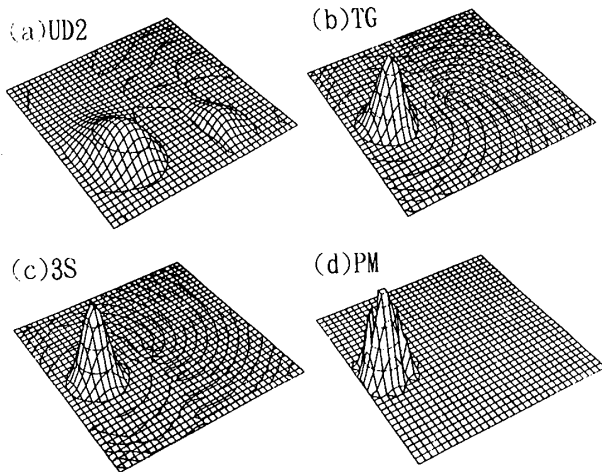


図2 各計算法による2回転後の濃度分布

風上片側差分法(UD2)の低下が著しい。粒子法(PM)の結果が最も良好であり、3次スプライン法(3S)、テーラー・ガラーキン法(TG)が、その次に誤差が少なくなっている。

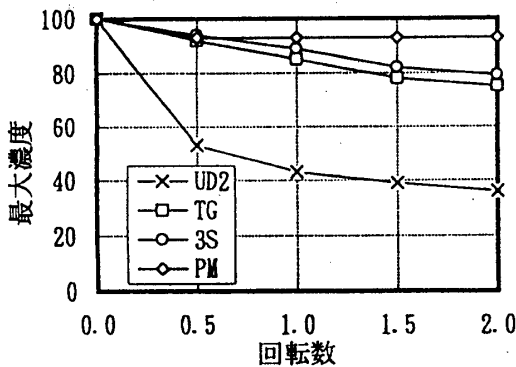


図3 最大濃度の変化

次に、最大濃度の理論値と計算値のズレを比較した結果が図4であり、テーラー・ガラーキン法(TG)、3次スプライン法(3S)ではズレが表われていない。風上片側差分法(UD2)、粒子法(PM)では格子間隔の2倍以上の位置のズレが生じている。

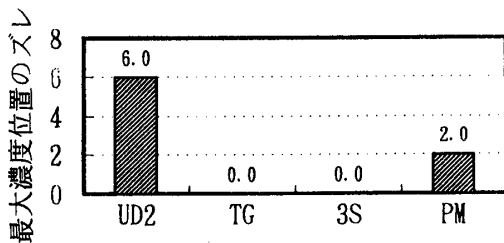


図4 最大濃度位置のズレ(2回転後)

#### 4.2 計算時間の比較

実用性という観点から計算時間を2種類のワークステーション(WS)によりモニタリングし、比較した結果を図5に示した。WS-BはWS-Aの約2倍の処理速

度、4倍の主記憶容量である。テーラー・ガラーキン法(TG)の計算時間を1.0とし他手法と比較した。

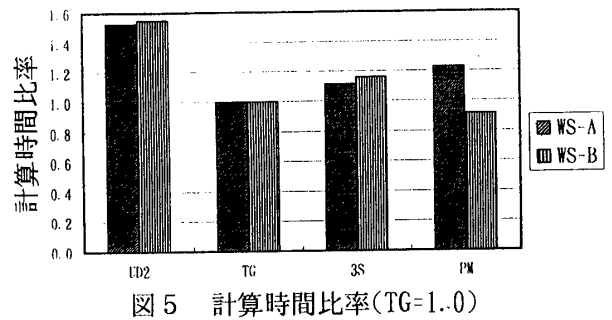


図5 計算時間比率(TG=1.0)

粒子法を除いた3手法はワークステーションによらず、類似の傾向であり、テーラー・ガラーキン法(TG)が最も速く、3次スプライン法(3S)、風上片側差分法(UD2)の順になっている。

粒子法(PM)は、テーラー・ガラーキン法(TG)に比較しWS-Aのときには20%以上遅いが、WS-Bのときには10%程度速くなっている。粒子法は記憶容量を他の手法より多く使用する計算法であり、この要因が主記憶容量の違うワークステーションにおいて差異が現われたのではないかと考えられる。

#### 5. まとめ

数値解法について移流方程式に対する特性を比較した結果をまとめると次のとおりとなる。

- 1)風上片側差分法は、数値拡散効果が大きく、適用にあたっては対策が必要である。
- 2)粒子法は濃度分布の保存性が良好でなかった。クーラン数を小さくすることにより改善の方向性が考えられるが計算時間が増加することが課題である。
- 3)テーラー・ガラーキン法、3次スプライン法が最大濃度の若干の低下はあるものの良好な結果であった。計算時間要素では3次スプライン法よりもテーラー・ガラーキン法の方が良好となっている。

#### 参考文献

- 1)Chock, D. P. and Dunker, A. M., 1983:Atoms. Environ., 17, 1, 11-24.
- 2)Chock, D. P., 1985:Atoms. Environ., 19, 4, 571-586.
- 3)Chock, D. P., 1991:Atoms. Environ., 25A, 5/6, 853-871.
- 4)岡本眞一, 大気環境アセスメントのためのコンピュータ流体解析の基礎, (社)産業環境管理協会