

京都大学工学部 正会員 池田有光
日本鋼管 長藤雅則
京都大学工学部 正会員 平岡正勝

1. はじめに

都市域内の道路近傍の自動車排ガスによる汚染濃度は、道路の両側の建物によつて生ずるストリートキャニオン効果等によつて、道路内の風上側が高濃度汚染されたり、複雑な濃度分布を形成する。したがつて物理的手法によるフルームモデル等による濃度予測精度の向上には限界がある。本研究ではパターンのデータ処理によつて、いくつかの特性をもつ地域の拡散状況もパターンの的に把握し、統計的に推定する手法をとり、その評価を試みた。

2. 利用データとデータ補間

大阪府が行った低煙源拡散実態調査データを利用した¹⁾。そのうち使用した Run は、建物の高さ、密集度の異なる四地域である。観測データは測定点が比較的に規則的に散在しているため、存在するデータを直接解析して必要な情報を得ることは、情報密度の偏りという面で不適當である。そこで得られている濃度データからできるだけ客観的にあらかじめ規則的に定めた格子点上の濃度を補間する式²⁾によつて提案された2次元のスプライン補間法を使用した。同法の基礎式は次式で与えられる。

$$E = \int_R \{ (\Delta C)^2 + \sigma (DC)^2 \} dx dy \rightarrow \min \quad (\text{これは } \Delta^2 C - \sigma \Delta C = 0 \text{ となる Ca 解})$$

境界を対象領域より十分遠くにとると境界条件は $\partial C / \partial n = \Delta C = 0$ (n : 外向き法線方向) となる。ここで σ をスプライン係数という。対象領域は水平方向には $-170 \text{ m} \sim +175 \text{ m}$ 、メッシュ間隔は 5 m 、メッシュ数は 70 個、鉛直方向には $-2 \text{ m} \sim 20 \text{ m}$ 、メッシュ間隔 1 m 、メッシュ数は 23 個とした。トレーカーである SF_6 濃度の総数 40 個程度の測定点を乱数によつてトレーニングデータとチェックデータの2つに分け、チェックデータとスプライン補間した結果との誤差を調べた。

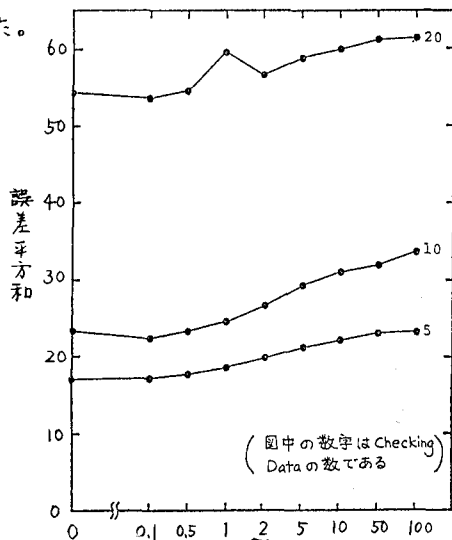
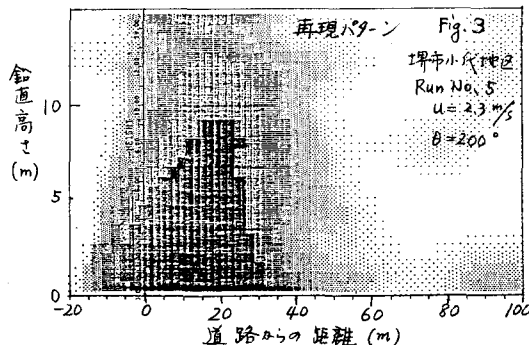
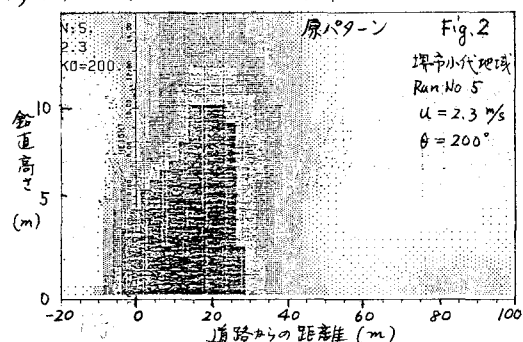


Fig. 1. それぞれの σ の値における誤差



σ の値とその誤差の関係を示したのが Fig. 1 である。この図より誤差を最小にする σ は 0.1 附近であり、この程度の σ が道路近傍の濃度変動の激しいところを対象とした場合、最適値である。

濃度を正規化 (Cu/Q ; C 濃度, u 風速, Q 単位長さ当りの発生量) してスプライン補間した濃度分布の一例を Fig. 2 に示す。黒さが増すほど高濃度であることを示している。

3. フーリエ変換による濃度分布再現

パターン認識の特徴抽出にフーリエ変換を使用した。フーリエ変換をするために鉛直方向に 16 個 (1m 間隔), 水平方向には 32 個 (5m 間隔) を対象領域として、濃度 $C(i, j)$ を使用した。

フーリエ変換後の低次の成分は大きな濃度変動を表現し、高次の成分は小さな濃度変動を表現する。そこで小さな濃度変動を無視し、大きな濃度変動だけでパターンを表現し、解析を簡単に行なえるようにした。すなわち 32×16 個のフーリエ行列の成分を実数・虚数部と合わせて計 49 個に情報の縮約化を行った。フーリエ行列のパターンに大きく寄与する成分は、四隅 $(0, 0)$, $(M, 0)$, $(0, N)$, (M, N) に集まること誤差評価から明らかとなった。原パターンと比較して濃度の相関係数・誤差などの統計量を求めたものを Table. 1 に示す。これからは縮約した 49 個の成分による再現パターンは、原パターンを比較的良好に表現していることがわかる。なお Fig. 3 は縮約した結果のパターンの一例である。

4. パターンの方法による濃度推定

各地域ごとにフーリエ行列の成分 49 個もそれぞれ風速、風向、放射収支量、風速の逆数、風向の逆数、風速×風向の 6 つの説明変数で表わす回帰方程式を作成した。この重回帰方程式の合計 49 個の平均重相関係数は 0.8 よりも大きくなった。

回帰式を利用して各 Run の予測を行った結果の一例を Table. 2 に示す。

5. おわりに

前述した以外の結果をまとめると、
i) スプライン法の導入によって測定点が一様に分布しないところの濃度分布をより合理的に推定できるようになった。

ii) スプライン法の適用によって濃度パターンを統計的に処理できるようになり、フーリエ変換の解析が可能にした。

iii) 必要な情報の質を失わずに情報量を約 10 分の 1 に縮約することができた。

iv) パターンの方法による推定は、建物が拡散に及ぼす影響をよくとらえており、また風向、風速、大気安定度によって過大評価、過小評価なく系統的な誤差はない。ただし推定するに際して、パターン解析した範囲内では信頼性は高いが、範囲外での信頼性は薄れるであろう。

引用文献 1) 大塚存: 低煙源拡散実験調査。昭 54 年 3 月

2) 大面行雄: スプライン法を用いた 2 次元補間について, J. Ocean. Soc. Jap. 31, pp 259-264 (1975)

Table. 1. 原パターンと推定した成分による再現パターンの比較 (堺市小代)

Run	A	B	R	Err	Run	A	B	R	Err
1	-0.0093	1.0246	0.9691	2.2481	13	-0.0089	1.0465	0.9142	0.0350
2	-0.0182	1.0378	0.9544	0.1723	14	-0.0093	1.0433	0.9410	0.0453
3	-0.0078	1.0106	0.9599	1.7418	15	-0.0081	1.0404	0.9425	0.0460
4	-0.0198	1.0255	0.9743	0.0010	16	-0.0093	1.0460	0.9384	0.0446
5	-0.0215	1.0355	0.9627	0.0439	17	-0.0066	1.0407	0.9482	0.2221
6	-0.0119	1.0087	0.9467	9.9009	18	-0.0095	1.0415	0.9617	0.0340
7	-0.0248	1.0205	0.9741	0.8268	19	-0.0054	1.0265	0.9735	0.0169
8	-0.0091	1.0125	0.9871	0.0142	20	-0.0081	1.0471	0.9320	0.0494
9	-0.0197	1.0410	0.9384	0.0408	21	-0.0084	1.0430	0.9405	0.0358
10	-0.0043	1.0078	0.9879	0.1245	22	-0.0091	1.0440	0.9500	0.0314
11	-0.0065	1.0298	0.9567	0.0018	23	-0.0088	1.0469	0.9317	0.0443
12	-0.0091	1.0275	0.9503	0.0581	24	-0.0108	1.0397	0.9464	0.0762

A: 切片, B: 回帰係数, R: 相関係数, Err: 誤差平方和

Table. 2. パターンの予測の回帰分析結果 (堺市小代)

Run	U (m/s)	θ	Q_r	b (ppb)	a	r	σ/E	FSE (ppb ²)	N
1	3.1	51.8	10.8	-19.43	1.206	0.9302	1.14	9.841E5	34
2	1.5	63.7	1.2	-90.99	1.256	0.9439	1.03	1.290E6	33
4	1.8	19.1	1.2	-60.49	1.136	0.9481	1.02	2.313E6	38
5	2.3	20.1	-2.2	-122.80	1.207	0.9430	0.95	3.055E6	39
8	0.5	29.7	0.5	-47.04	1.079	0.9819	0.95	2.381E5	33
11	1.8	35.5	40.8	-30.80	0.686	0.9337	0.56	7.706E5	33
12	2.3	62.5	33.0	-28.81	1.039	0.9338	0.91	2.852E5	33
13	5.8	66.4	2.5	-50.29	1.134	0.8440	0.80	7.440E5	28
14	5.5	65.1	-1.2	-32.61	1.049	0.9048	0.85	1.412E5	28
15	5.3	79.1	-4.4	-45.48	0.864	0.9147	0.66	3.148E5	28
16	6.1	77.2	-4.2	-51.93	1.184	0.9160	0.86	1.749E5	28
17	7.6	66.8	-4.5	-34.70	1.433	0.9303	1.11	1.184E5	28
18	7.2	27.3	-2.8	-72.70	0.940	0.9657	0.66	3.267E5	28
19	6.1	37.3	-2.3	-18.33	0.809	0.9490	0.73	1.959E5	28
20	6.5	60.6	6.6	-21.13	1.159	0.8927	1.00	1.325E5	28
21	6.7	48.0	3.6	-40.69	1.250	0.9234	0.98	1.490E5	28
22	7.1	43.8	36.0	-9.71	1.864	0.8951	1.75	4.361E5	28
23	6.1	54.6	15.0	-34.35	1.278	0.8918	1.00	1.806E5	26
24	5.0	47.3	-1.1	-54.97	1.240	0.9025	1.00	4.141E5	28

U: 風速, θ : 風向, Q_r : 放射収支量, b: 切片, a: 回帰係数
r: 相関係数, σ/E : 予測誤差/計算値平均, FSE: 誤差平方和
N: データ数