

広域汚染状況のパターン的把握

(国立公害研究所・総合解析部) 内藤正明、乙間未広
(「」 環境情報部) 安岡善文

1. はじめに

環境問題を扱うに際しては、その基礎情報として大気や水域の広域汚染状況を把握することの重要性は言うまでもない。特に“総量規制”“環境影響評価”など今日の環境行政の課題には益々信頼性の高い定量的情報が必要となってきた。ところで従来広域汚染の分布状況を知るためには、いくつかの適当に散在する観測点でのポイントサンプル値によっている。しかし、広域で不均質な大気域や水域の点情報は強い局所性を有するので、これほどの程度周辺地域を代表しているか全く不明である。だが、これまでの実データからすると、このような点情報は偶々その観測ステーションに置かれた点の特殊性に大きく支配されることもしばしば認められている。そこでこれに対する何らかの有効な対策が今日重要なテーマと考えられる。

広い空間領域内の一点での情報の代表性の問題は、長い時間領域内の一瞬間のデータの代表性の問題と相似がある。ところで時間的的代表性については、長時間に亘る測定値の時間平均を通常とすることによって各瞬間の特殊値を平均化し、代表値としている。一方空間についてはこのような平均化に際し、何ら合理的な操作もなされておらず局所性を有する値をそのままに採用して汚染分布が論じられている。

本研究の目的は広域的な汚染(都市スケール大気汚染とか、湾内の水質汚濁)の分布状態を局所的な誤差を除いた「広域的分布パターン」として捉えることにある。この際の課題は

- (1) 二次元パターン情報をいかにして得るか、(hard, soft の両面)
- (2) 得られた二次元パターンをいかに定量化するか、
- (3) このパターン化情報が環境施策にいかに有効に用いられるか、

の三つのStepに大別される。

第一のStepについては近年のリモートセンシング技術(マルチチャネル写真、レーザーレーダー)の進歩が大いに期待される。しかしまた現時点ですぐ実用データを提供しえる段階ではないので、当面従来の点情報から何らかの数学的処理を経て、適正パターンを得ることも検討する。この「処理」というのはノイズを含む離散データ群から有意な特性を引き出して連続化する一種のフィルターを作ることを意味する。今日汚染シミュレーションで用いられる手法(点情報でパラメータ推定した拡散式を用いる)では、物理現象に立脚した拡散モデル式が一種のフィルターに相当し、一オカルマンフィルターなど全く統計的な各種フィルターが最近では用いられている。さらにまたリモートセンシングでは「距離」ないし「機器」というものがフィルターとなって得られた画像情報はそのまま使えるパターンとなることと考えられる。ここではそれらすべてを含め、汚染の点情報から二次元パターンを得るのにもっと適したものを広く検討する。

第二のStepはこの研究で中心となる部分であり、得られた二次元図形をどのように定量的に把握するかにある。幸いこの問題に関してはこれまで画像処理の分野で各種の手法が用いられてきており、これを活用することかできよう。ただし、ここで目的とするような適用はこれまで全く見られないので、種々の問題点が生じてくる。

第三のStepは以上の過程で得られたパターン化情報とどのように今日の環境施策に適用するかを検討するが、これまで困難であった課題に対し今までと相当違った合理的なアプローチが可能となろう。なお、点観測、拡散モデルシミュレーション、またはカルマンフィルターというようなこれまでの環境のモデリングとシミュレーション手順に対し、本研究は一つの新たな手法、または、これら従来の手法を一つの見方で統合する概念の提

起を目的とする。

2. 汚染パターン情報の収集

2.1 従来の点観測値よりの収集

大気汚染については10年以上も前から広域監視モニタリングシステムが整備され、相当平面上で密度高くデータが得られている。したがって、当面このような点情報を根拠にして何らかの「フィルター処理」によってパターン情報を収集するのは現実的である。この数学的フィルターについては内挿、外挿手法をModifyした種々のものが考えられるが、ここでの目的に最も合った手法を選ぶことがオウの課題となる。

なお、最も密度の高い点観測データを有する都市の一つである大阪府の場合について、パターン化した汚染状況の一例をFig-1に示す。

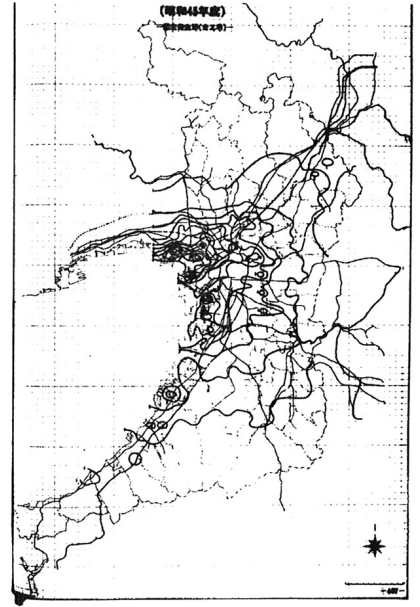


Fig-1 1984年度二酸化硫黄年間平均濃度分布図 [PPHm]

一方水域汚染については、このような恒常的なモニタリングステーションの設置はまだほとんど見られないようであり、ごく限られた特定の時刻、地点でのデータが得られているにすぎない。したがって、これで水域全体の汚染を論ずることの難しさは従来からも指摘されてきたが、少なくともこの限られた情報から概略的なパターンだけでも把握出来れば却って有効であろう。

2.2 直接的二次元計測よりの収集

従来の汚染物質濃度測定がいくつかの離散的な点での測定値を基にして行われていたのに対して、短時間に二次元的に汚染濃度を測定する手法が開発されつつある。大気汚染についてはレーザーレーダがその一つでこれは大気汚染物質を定量的に把握する手法として研究が進められている。例えばラマン散乱を利用したレーザーレーダは、照射レーザー光が、大気中の分子のラマン散乱により分子に固有な周波数だけ照射光の周波数からずれた周波数の散乱光を生ずることを利用したものであって、この散乱光を検出することにより汚染物質の検出が可能となる。

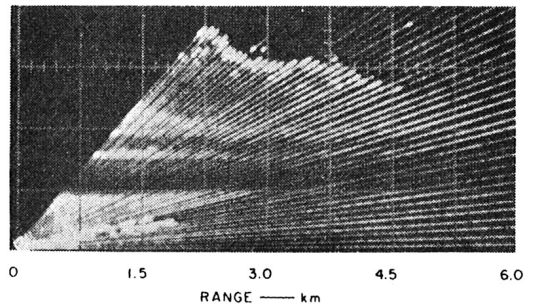


Fig-2 レーザレーダによる大気汚染分布測定の一例

レーザーレーダによる大気汚染計測は、

(i) 短時間に広域の汚染状況を二次元的(三次元的)に測定することとでき、

(ii) 個々の物質に対して定量的な測定が可能である、

等の利点を有する。Fig-2はレーザーレーダによる大気汚染分布測定の一例である。

一方、リモートセンシングの分野におけるマルチスペクトル写真も汚染状況(特に水域の汚染)を二次元的に把握する有力な手法の一つである。(Fig-3)

以上のように、汚染状況をパターンとして捉えるには大量の情報処理が必要であり、パターン情報処理技術の活用が重要な課題となる。

3. 汚染分布パターンの解析

3.1 汚染分布パターンの分類

汚染分布パターンは季節、気象条件等の要因によって様々に異なる。しかしながら、例えば気圧配置において『西高東低』型の冬期の代表的気圧配置であるように、汚染分布パターンも大局的に見ればいくつかの代表的な類型に分類することが出来る。大気、水域等の広域かつ複雑な系を把握するに際しては、分布パターンの局所的な性質を除去した類型として捉えることが有効と思われる。汚染分布パターンをいくつかの類型に分類する手順をFig-4に示す。各ステップの意味は以下のようである。

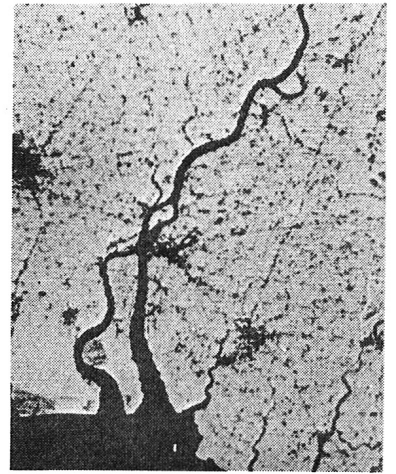


Fig-3 マルチスペクトル写真のバンドAによる水質系写真

特徴抽出

入力汚染分布パターン $f(x, y)$ ((x, y) 点の汚染物質濃度を $f(x, y)$ とする) の雑音等を除去したパターンを $f'(x, y)$ とする。前述のように $f'(x, y)$ は地域的な局所性が強く広域的な汚染状況を把握するうえでは必ずしも適当ではない。ここでは $f'(x, y)$ に平滑化フィルタをかけることにより $f'(x, y)$ 中の大局的な特徴を抽出する。

一つの二次元フィルタを $S(\alpha, \beta)$ とすると、 $f'(x, y)$ のフィルタに対する出力パターン $g(x, y)$ は

$$g(x, y) = \iint f(x - \alpha, y - \beta) S(\alpha, \beta) d\alpha d\beta$$

と表現されるが、例えば、フィルタ $S(\alpha, \beta)$ として

$$S(\alpha, \beta) = \exp \{ -k(\alpha^2 + \beta^2) \} \quad (k > 0)$$

なる正規型フィルタを用いる場合、 $g(x, y)$ は $f'(x, y)$ を平滑化したパターンとなる。適当な平滑化フィルタ $S(\alpha, \beta)$ を選択することにより入力汚染分布パターンの局所的な性質を除去し、大局的な特徴のみを抽出した汚染分布パターンが得られる。

パターン分類

平滑化された汚染分布パターンをいくつかの代表的な類型に分類し、把握する。類型は予め適当に選択されるものとするが、入力された多数の汚染分布パターンから学習によって自動的に代表的な類型を選択構成することも可能であり、現在考慮中である。

いま、汚染分布パターンの代表的類型を $\{h_1(x, y), h_2(x, y), \dots, h_n(x, y)\}$ とする。入力汚染分布パターン $f(x, y)$ を平滑化したパターンを $g(x, y)$ とすると、 $f(x, y)$ は

$$\iiint \{ g(x, y) - h_i(x+t, y+s) \}^2 dx dy dt ds \quad \text{-----} \quad (1)$$

を最小とする類型 h_i に分類されるものとする。(1)式の x, y に関する積分は、

$$\begin{aligned} & \iint \{ g(x, y) - h_i(x+t, y+s) \}^2 dx dy \\ &= \text{const.} - \iint g(x, y) h_i(x+t, y+s) dx dy \quad \text{---} \quad (2) \end{aligned}$$

と書けるから、(1)式を最小とする $h_i(x, y)$ は

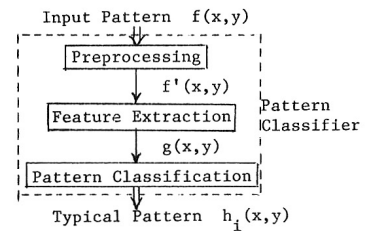


Fig. 4 Block Diagram of Pattern Classification

$$\iiint g(x, y) h_i(x+t, y+s) dx dy dt ds \text{ ----- (3)}$$

を最大にする。 $g(x, y)$ と $h_i(x, y)$ の相互相関関数を $\rho_{gh_i}(t, s)$ と書くと (3) 式は

$$\iint \rho_{gh_i}(t, s) dt ds$$

と書ける。 すなわち $f(x, y)$ は $g(x, y)$ と $h_i(x, y)$ の相互相関関数を適当な領域で積分した値が最大になる類型 $h_i(x, y)$ に分類される。

以上の例においては、汚染分布パターンから大局的特徴を抽象し、相互相関関数を用いてパターン分類を行ったが、他の特徴、例えば汚染分布パターンのピーク値とその位置などを抽象し、これらの特徴によってパターンを分類することも実際上の意味を有するであろう。

3.2 汚染分布パターンと状況要因の対応づけ

汚染分布パターンの各代表的な類型 $\{h_i\}$ と、これを支配する排出源、季節、気象、潮流等の状況要因との対応関係を見出すことにより、逆に状況要因から汚染分布パターンを推定することが可能となる。(Fig.-5)

例えばFig.-6に示されるように、風向、風速の要因に対して汚染分布パターン $\{h_i\}$ がクラス化された場合、風向、風速から汚染分布パターンを推定することが可能となり、また、風向、風速の変化に対して汚染分布パターンの変化も予測することが可能となる。

4. 汚染分布パターン情報の利用

以上の手順で確立されたパターン情報をいかに環境管理目的に適用するかについて、若干の検討を試みる。

これまでの広域環境汚染の管理施策は大きく二つに分けられる。一つは長期的平均値を抑えるためのもので総量規制などはその例である。もう一つは短期的高汚染を規制する緊急時刻制御である。この両者が補い合っ
て環境規制が実効を有するように考えられている。この二種の規制方式の基礎データとして汚染のパターン化情報などのように適用されうるものを以下に略述する。

長期平均値規制への適用については、総量規制が今日汚染の長期的平均値を規制する新たな方式として打ち出されている。この場合広域の長期平均的汚染分布を把握し、いかなる地点でも基準値を越えないように排出源を削減するのが基本的考え方である。この場合最も必要なのは高濃度ピークの出現する場所である。ところで、この算定は現在プルームモデルのパラメータを点観測の値をもとに推定して、そのモデルを用いておこなう手順ととられている。しかし、この計算値と実測値の相関は普通は低く当然現れてもよいと思われる単純なパラメータすら算出されないことが多い。そこでこの手法では、少なくともある程度をもって識別される汚染分布のピークを正しくとらえること、及び、このようなピークの出現頻度、排出源分布パターンとの対応づけを行なう。これらは総量規制でのいわゆる「目玉つぶし」の合理的な基礎となる。

一方、緊急時刻制御への適用についてはこの手法が一層有効と思われる。すなわちパターン情報の中には、その時点の汚染状況のみならず流れ場の特性情報もすべて含まれているので、この時間変化のデータは将来汚染を全体的パターンとしておこなうことの可能性を期待しうるのである。

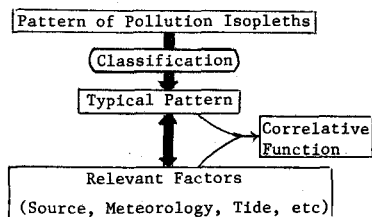


Fig. 5 Procedure of Predicting Pattern

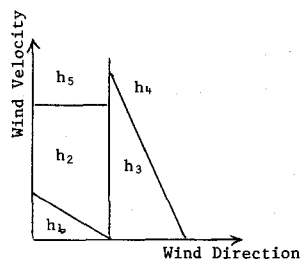


Fig. 6 An Example of Pattern Classification in Terms of Wind Condition.

5. おわりに

広域の2次元平面的汚染分布状態をパターン図形としてとらえるという新たな考え方を提示したものであるが、また概念提示の段階で、具体的な解析結果は得られていない。なお、ここでの提案はまだ他に例を見ないようなので、含まれる種々の問題点の解明が今後進めばこの手法は興味ある成果を与えるであろうと思われるので、あえてこの段階で公表し、大方の御批判を期待するものである。