

F 2

ライダーによる大気拡散係数の計測

Measurement of Diffusion Parameter by Liadr

山岸 進、山之内博、土屋正之

YAMAGISHI susumu, YAMANOUTI hiroshi, TUTIYA masayuki

船舶技術研究所

Ship Research Institute

Abstract: The fieldable lidar observations have been used to study the atmospheric diffusion over sea. Technical improvements have included the treatment of three dimensional data and the compensation of background illumination, measuring just after the measurement of the signal. Lidar observations of plumes of ships and chimneys have been used to measure the diffusion parameters and measured values are compared with the estimated values of P&G chart. The data of chimneys are well agree with the estimation but on the sea level measured values are lower than the estimated values, it shows the requirement of a new model for the over sea environment.

1. まえがき 海上で発生した大気汚染質の環境に及ぼす影響を評価するには、大気拡散予測モデルが必要である。既存モデルのほとんどは陸上を対象としたものであり、海上及び沿岸を対象とした研究は少なく、実測値の集積が必要とされている。多数の観測点を展開することが困難な海上では特にライダーによるリモートセンシングが有効な方法と考えられる。今回、東京湾浦が水道地域を対象とし、航行船舶と対岸の君津工業地帯の高煙突から排出される煙の移流拡散状況を観測し、大気拡散パラメータを求めた。

2. 拡散パラメータ ここで対象としたモデルは¹⁾正規分布型ブルーム式を基本としており、拡散パラメータ (σ_y と σ_z) を決定する必要がある。通常これ等の推定値は、地表に展開した観測点で濃度を測定して、分布の最大拡がり幅とその風下距離、あるいは煙の接地点を読み取って正規分布型のパラメータが検証されている。同様な値をライダーデータから求めるなら、地表近くの僅かな点を使って関数型を決定することとなる。本報では、移流拡散状況を三次元的に把握できるライダーデータの特性を生かして、海上での空間分布から直接拡散パラメータである拡がり幅を算出することとした。

2-1 ライダーデータ処理: 使用したライダーは、半径約 14km の空間を走査して、微粒子による後方散乱強度を 8bit 精度で記録し、同時に位置情報も取り込むことができる。²⁾ 得られた後方散乱強度信号に背景光補正、距離補正 (r^2 補正) を施し、煙以外の平均的エアロゾル信号で正規化した後方散乱係数比を各点について求め、8bit 階調に色別した画像を作る。背景光を補正するには、各ショット直後 (数 msec 後) に、同方向の背景光強度を観測してこれを信号から差し引いている。得られた画像に回転変換を施して煙軸を捜し出し、煙軸に垂直な断面の分布図を作り (Fig. 1 a, b)、この分布図から必要部分的の数値データファイルを作る。航行船舶の場合観測中に発生源が移動するため、各水平走査毎に画面を作って、移動分だけ画面をずらして重ね合わせた。得られる拡散パラメータは、大気がほぼ定常状態を保っていると思なした一定時間の平均値である。本観測の場合サンプリングは 10Hz で、観測対象によって異なるが一領域を走査する時間は約 50~70sec である。

2-2 拡散パラメータの算出: ライダーで一定区分の体積空間を計測し、ある濃度の煙を見いだすことは統計的な現象であり、濃度は平均値を中心に正規分布していると予想される。N 回の独立した濃度測定から平均値 λ_1 とゆらぎの定数 λ_2 を推定することができる。即ち、次式で表される尤度関数 L を最大とする λ_1 、 λ_2 を求める事となる。

$$L = \prod_{j=1}^N \frac{1}{\sqrt{2\pi} \lambda_2} \exp\left\{-\frac{(x_j - \lambda_1)^2}{2\lambda_2^2}\right\} \dots \dots (1)$$

これは対数尤度関数を作り、 λ_1 、 λ_2 で偏分した値を零とおいた方程式の解として求める。

$$\lambda_1 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_j, \quad \lambda_2 = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (x_j - \lambda_1)^2}{N}} \dots \dots (2)$$

Fig.2 は分布の例である。この様にして、風下距離 x において煙軸に垂直な y (または z) 方向に並んだ各々の小区分について λ_1 、 λ_2 を求めておく。濃度 λ_1 の分布は y の関数となっていると考えられ、正規分布曲線を仮定して最小二乗法を用いて '曲線あてはめ' を行い、その点における拡散パラメータ σ_y (または σ_z) を求める。得られた分布については、正規分布と比較した 'あてはめ良さ' について有意水準 $\alpha = 0.05\%$

として χ^2 -検定を行い、 χ^2 値が水準より大きい時は仮説を棄却する事とした。

3. 観測結果 約 14km 離れた対岸君津工業地帯の高煙突(海面から164m)についてライダー観測を行い、160~300m付近の拡散パラメータを得た。(Fig.1 a,b) この時視程 30km、大気安定度は中立(D)であった。なお、排出高さ等の位置割り出しには、ビデオ、写真撮影による瞬間画像の解析を併用した。船舶排煙の移流拡散についても同様に求めた排煙の拡がり幅 σ_y と風下距離の関係をプロットしたものを Fig.3 に示す。図中の P&G (Pasquill & Gifford)³⁾ チャートは大気安定度を7段階(A~G)に区分し、推定した広がり幅を示しており、比較の結果、高煙突のデータはほぼ P&G チャートと合うが、海面近くの船舶排煙の拡散幅はこの推定値より低い値となっていることが分かる。従って、海上については新たなモデルを開発する必要があると考えられる。⁴⁾

4. あとがき ライダーによって大気拡散に関する観測が効率的に行われ、有効なデータが得られることが示された。海上大気拡散係数は陸上より低いことが示され、海上に適合した拡散モデルの開発資料とされる。本研究は船舶運航の大気環境に及ぼす影響の調査と共同して行われ、シップアンドオーシャン財団の援助を受けた。

参考文献

1. Godden D. The Overwater plume dispersion study, ERT Document No.P-D569-140(1987)
2. 山岸、山之内、土屋、第13レーザーセンシングシンポジウム(1989)
3. Pasquill, F., Atmospheric dispersion parameters in Gaussian plume modeling Part 2. Possible requirements for change in the Turner workbook values, U.S. EPA, EPA-600/4-76-030b NTIS:PB258036
4. 川上(数理計画)私信(1991)

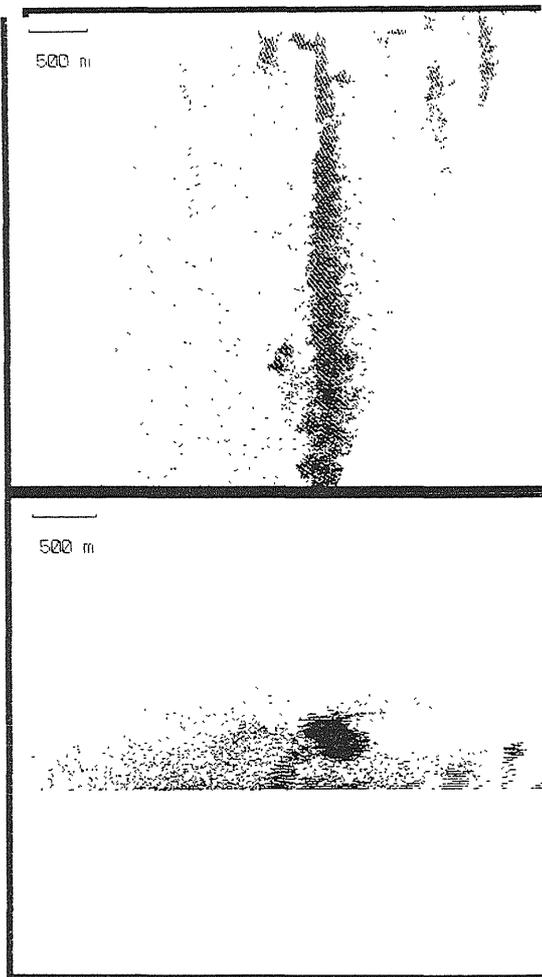


Fig.1 Plume image reconstructed from lidar data. (a)top view (b)view along the plume axis Stack height is 164m. Visibility range is 30km. T27-28(22:14,WS=8.1m/s,WD=NNE)

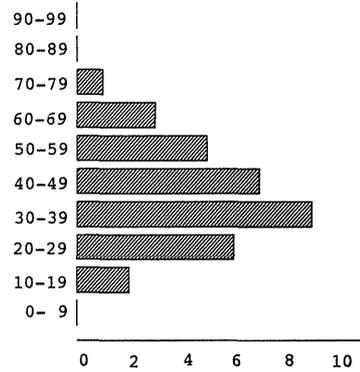


Fig.2 Histogram of intensities at distance of 2500m from the stack. $\lambda_1=39.3, \lambda_2=14.8(222)$

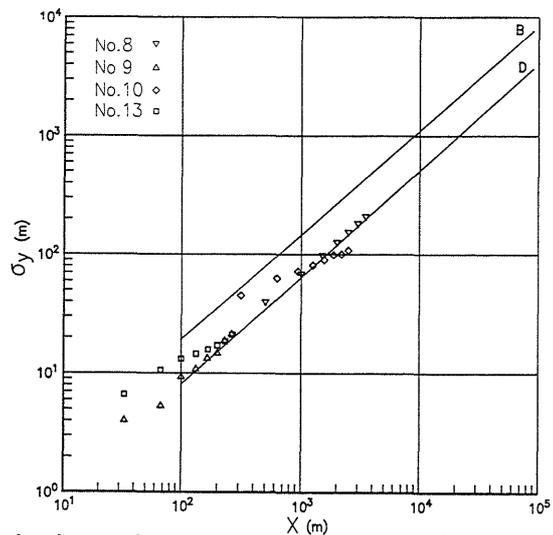


Fig.3 Comparison of measured and estimated diffusion parameter σ_y . Solid lines indicate P&G chart for 3 minute averaging. Stack(D); No.8,10, Ship(B); No.9,13