

Measurement of wide-area aerosol distribution by LAMP-lidar

中根英昭、笹野泰弘、杉本伸夫、松井一郎、清水浩、竹内延夫

H. Nakane, Y. Sasano, N. Sugimoto, I. Matsui, H. Shimizu, N. Takeuchi

国立公害研究所

National Institute for Environmental Studies

1. はじめに LAMPライダーの性能及び測定感度については前回のレーザーシンポジウムで報告した。今回は ~ 30 km圏の領域のエアロゾル分布パターンデータについて、S/N比及びデータの信頼性を検討する。

2. 測定と解析 国立公害研究所の東方、 $65^{\circ}\sim 155^{\circ}$ の領域について、22.5分間の水平方向掃引による観測を行った。使用した波長は 532 nm (Nd:YAG レーザー高調波)であり、繰返し周波数は 25 Hz、出力は 0.4 J/pulseである。また、時間分解能は 200 nsに設定した。エコー信号の取り込みは1秒間の積算値について行った。その結果、動径方向には 30 mごとに 2048 点、角度方向には 1.16 mrad ごとに 1350 点、すなわち (2048×1350) の二次元データが得られた。

極座標表示の二次元エコー信号データから、直交座標表示の二次元エアロゾル濃度分布データを得るために次の処理を行った。

- ①. エコー信号から背景光によって生ずる直流成分を差し引く。その結果をすべての角度について平均してFig. 1-(a)に示す。
- ②. ①で得られた信号に対する距離2乗補正を行う。すべての角度について平均した結果をFig. 1-(b)に示す。
- ③. 距離2乗補正を行なった信号をすべての角度について平均し、logプロットする (fig. 1-(c))。そして、直線部分の傾きから減衰係数を求める。
- ④. 送電線等の障害物の影響を除去する。
- ⑤. 減衰係数が測定領域内で一定であると仮定して、減衰補正を行う。得られた値は、体積後方散乱係数に比例する量であるが、これを「エアロゾル濃度」と呼ぶことにする。
- ⑥. 極座標表示のエアロゾル濃度を直交座標 (100×100) に変換し、パターンデータを得る。

3. 結果 エアロゾル分布パターンデータの一例をfig. 2に示す。ここでは 3×3 (=9)点について平滑化を行っている

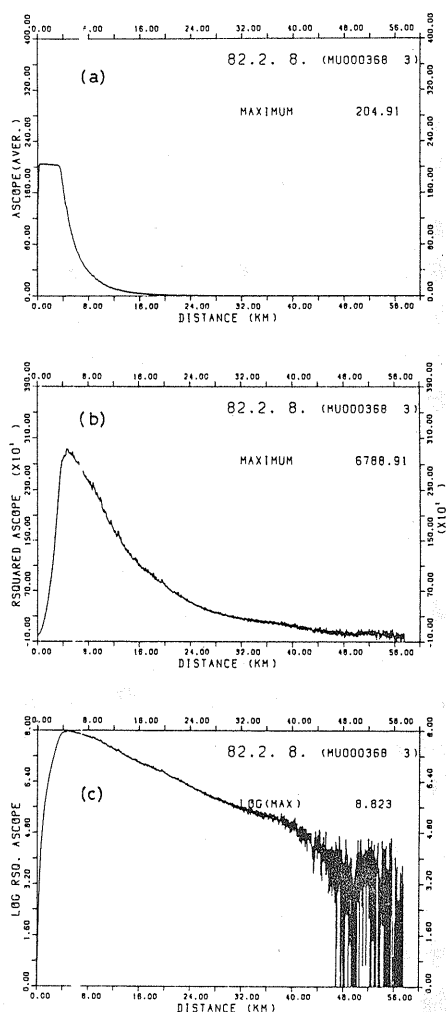


Fig. 1 Examples of a) A-scope, b) range squared A-scope, and c) logarithmic range-squared A-scope for the average of scan range over 90° .

る。図中、実線は霞ヶ浦の湖岸を示す。都市域や工業地帯の風下地域と南側の田園部を比較すると顕著な濃度の差が見られる。また北西の風に対応したパターンを識別することができる。

4. 検討 得られたパターンデータの画質について検討するために、それぞれの画素についてS/N比を求めた。画素(i, j)におけるエアロゾル濃度 \bar{c}_{ij} の誤差 σ_{ij} は、

$$\sigma_{ij} = \sqrt{\frac{\sum_k (c_k - \bar{c}_{ij})^2}{N_{ij}(N_{ij} - 1)}} \quad (1)$$

(i, j = 1, 2, ..., 100)

(k = 1, 2, ..., N_{ij})

と表わされる。N_{ij}は画素(i, j)に含まれる極座標のデータの数であり、C_kはエアロゾル濃度、 \bar{c}_{ij} はその平均値である。すると画素(i, j)におけるS/N比は次のように表わすことができる。

$$(S/N) = \bar{c}_{ij} / \sigma_{ij} \quad (2)$$

10×10画素について平均したS/N比をfig.3に示す。ほぼ全領域にわたり10以上のS/N比が得られている。

最後にS/N比を決定しているノイズ源について考察する。測定値のS/N比(S/N)_tは、ショットノイズのみの場合のS/N比(S/N)_s、レーザーの出力変動 δ_l 、電気的雑音によって決定されるS/N比(S/N)_e、1画素を通るレーザーパルス数Pを用いて次のように表わすことができる。

$$(S/N)_t = \left\{ \frac{1}{(S/N)_s^2} + \frac{\delta_l^2}{P} + \frac{1}{(S/N)_e^2} \right\}^{-1/2} \quad (3)$$

図3の場合には、それぞれの項はTable 1のようになる。従って近距離ではS/N比はレーザーの出力変動によって制限され、遠距離では電気的雑音によって制限されることがわかる。

5. むすび 広域エアロゾル分布パターンデータの画質を検討し、十分なS/N比が得られていることを確認した。そして、S/N比を制限している主なノイズ源を明らかにした。障害物の問題についても触れる予定である。

なお、本研究に協力して下さった神戸大学の平尾氏、北村助教授に感謝する。

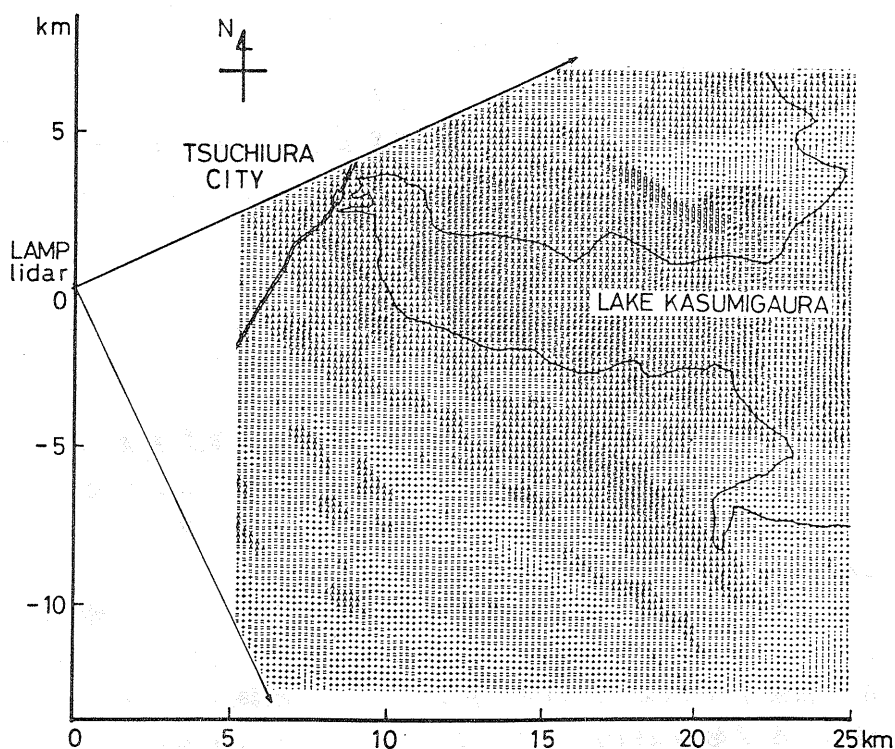


Fig. 2 An example of aerosol distribution map. Measurement conditions : 10:46 \sim , NW 5.3 m/s, visibility 79 km.

1982. 2. 8 10:46 v = 79 km

					28	30	27	22	12					
					28	41	30	11	14	13	10			
					52	72	65	37	60	22	23	25	17	
					74	62	54	68	68	52	41	32	23	20
					70	53	46	50	47	48	44	41	27	17
					85	52	75	82	58	45	36	29	19	15
					52	40	37	39	29	38	30	24	16	12
					42	33	41	32	34	27	29	22	16	10
						29	29	26	22	26	22	18	12	8
						32	33	23	27	21	16	12	9	5

Fig. 3 The S/N ratio map of the measured area.

Table 1. S/N ratio limited by each noise source

range	(S/N) _s	δ_l / \sqrt{P}	(S/N) _e
5 km	2×10^5	170	6.5×10^3
25 km	620	76	16