

偏光ライダーによる海風前線の侵入の検知及び 海風と混合層の相互作用の観測

Detection of Sea Breeze Front and Observation of the Interaction
between the Sea Breeze and the Mixing Layer by Polarization Lidar

村山 利幸¹, 織田 彩人¹, 古嶋 正隆¹, 岩坂 直人¹,
原 亜紀子², 長谷川 潤², 駒澤 強樹², 桂川 秀嗣²

Toshiyuki MURAYAMA¹, Ayato ODA¹, Masataka FURUSHIMA¹,
Naoto IWASAKA¹, Akiko HARA², Jun HASEGAWA², Akki KOMAZAWA²,
Hidetsugu KATSURAGAWA²

¹東京商船大学, ²東邦大学理学部

¹Tokyo University of Mercantile Marine, ²Toho University, Department of Science

Abstract: The atmospheric boundary layer has been continuously observed by a lidar with multi-receivers during daytime in the summer of 1995 beside Tokyo Bay. The vertical profiles of the aerosol concentration and the depolarization ratio were obtained from 150 m to over 2000 m in altitude. Relatively large depolarization ratio accompanied with the sea breeze has often been observed in the lower atmosphere.

1. はじめに

我々は、1993年春より、東京商船大学（江東区越中島）において大都市の大気環境を探る目的で対流圏下部を中心としたライダー観測を行なってきた^{1,2)}。特に、エアロゾルの性質を知る上で大気境界層内の偏光解消度に着目し、その鉛直分布や相対湿度依存性を調べてきた。1994年夏期の日中の測定において、下層大気において10%近い大きな値（通常2~4%程度）がしばしば観測された²⁾。1995年夏期の観測（7月27日から8月8日）においては、より詳細な情報を得るために2台の受信用望遠鏡を用いて、境界層下部から境界層上端の自由大気までのライダー連続観測を実施した。

2. ライダーシステム及び測定方法

測定時のライダーの諸元をTable.1に示す。Fig.1に示すように2台の望遠鏡を配置し、このとき、レシーバー1では距離800mから、レシーバー2では距離200mからレーザービームと望遠鏡の視野角の重なりが完全となる。偏光素子には偏光ビームスプリッターを用い、文献1) Fig.2と同じ配置とした。観測は北東方向に面した8階実験室の窓から仰角50度方向にレーザー光を出射して行なった。地域的にヘリコプターが頻繁に上空を通過するため、騒音計と光学シャッターを用いたインターロックシステムを整備し、連続運転時の安全性を高めた。光電子増倍管からの信号は2台のデジタルストレージオシロスコープで加算平均され、10分(6000ショット)毎にGPIBを経由してパソコンに転送される。2台の受光系で得られた距離2乗した信号強度と偏光解消度の測定例をFig.2(a), (b)に示す。測定される偏光解消度はレーザーや偏光素子などの光学系に依存する1%程度の系統誤差が上乘せされていることが考えられるが、2つの受光系で良く一致した値が得られている。信号強度については、近距離測定用のレシーバー2の視野角を大きくとっているため、多重散乱の効果と思われる遠方における信号強度の増大が見られる。多重散乱の効果は近距離になるほど小さいので、レシーバー2では近距離のみを取り扱う分にはその効果を考慮しなくてよいと思われる²⁾。

3. データ解析

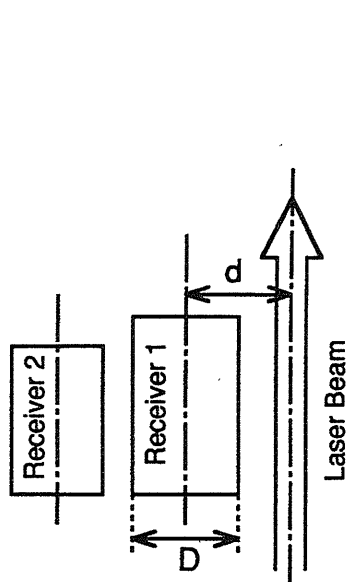
エアロゾルの消散係数を求めるのには、Fernaldの方法⁴⁾を用いた。このとき、境界条件として、高度4600m付近の散乱比を1.1とし、エアロゾルの消散係数と後方散乱係数の比 S_1 を60として⁵⁾、距離1000mでレシーバー1と2のデータを接続し、計算を行なった。測定期間中、サンフォトメーターによる500nmでの大気の光学的厚さを測定し、さらに夜間にレシーバー1で単一光子計測による成層圏までの測定を行なうことにより、上記の境界条件及び S_1 の設定が確からしいことを確認した。例として7月31日の求めたエアロゾルの消散係数及び偏光解消度（測定値）の鉛直分布の時間変化をFig.4(a), (b)に示す。当日、東京地方は高気圧に覆われ、快晴であった。Fig.3(a), (b)に当日の東京商船大学における気温・相対湿度、風向・風速を示す。地上観測では正午頃から視程が良くなり始めている。

4. 考察

観測地点の地域的な特徴として、都心に近いだけでなく、東京湾に接しているので海風の影響を直接、受けることが考えられる。実際、夏期においては南方向の風が朝から卓越している。Fig.4の例では、午前中は混合層の発達と思われるエアロゾル濃度の高い層の上昇が見られ、正午頃から下層の濃度が急に減少し始め、次第に複雑な鉛直分布を示す様相が見られる。このような大気境界層構造の変化は海風のモデル⁶⁾と関連して興味を持たれる。13時から15時にかけて、高度500mまでの偏光解消度が上昇している。海風に伴って運ばれるエアロゾルの一つとして海塩粒子が考えられる。海塩粒子の主成分である塩化ナトリウム(NaCl)は湿度75%以上で潮解して液滴状になる⁷⁾ことが知られている。もし、海風によって運ばれてくる海塩粒子が、陸上へ液滴化せずに結晶形のまま輸送されることがあれば、偏光解消度の上昇の原因と考えられる。地上の湿度のデータでも14時頃は湿度が70%近くまで下がっている(Fig.3(a))。その他の原因として、海風の上流域から人工起源の粉塵等が輸送されていることも考えられるので、より明らかにするにはエアロゾルの直接採取・観察を合わせて行なう必要がある。

参考文献

- 1) 村山利幸, 古嶋正隆, 織田彩人, 「東京におけるエアロゾル層のライダー観測」, 第20回リモートセンシング講演論文集, 13-16 (1994)
- 2) 村山利幸, 古嶋正隆, 織田彩人, 岩坂直人, 甲斐憲次, 「ライダーによる大気境界層エアロゾルの偏光特性」, 1995年日本気象学会春季予稿集, p.188 (1995)
- 3) 竹内延夫, 呉尚謙, 松本雅雄, 「ライダー多重散乱信号のシミュレーション」, 第14回レーザセンシングシンポジウム予稿集, 29-32 (1991)
- 4) F.G. Fernald, "Analysis of atmospheric lidar observables: some comments", Applied Optics, 23, 652-653 (1984)
- 5) T. Takamura, Y. Sasano, "Ratio of aerosol backscatter to extinction coefficients as determined from angular scattering measurements for use in atmospheric lidar applications", Optical and Quantum Electronics, 19, 293-302 (1987)
- 6) 竹内清秀・近藤純正, 「大気科学講座 1 地表に近い大気」, 東京大学出版会, p.185 (1981)
- 7) 小倉義光, 「一般気象学」, 東京大学出版会, p.81 (1984)



Emitter	
Laser	Nd:YAG
Wavelength	532nm (SHG)
Pulse Energy	10mJ
Pulse Width	10ns
Repetition rate	10Hz
Beam Divergence	0.2mrad
Initial Beam Diameter	38mm

Receivers		
Receiver No.	Receiver 1	Receiver 2
Telescope Type	Schmidt Cassegrain	Schmidt Cassegrain
Diameter (D in Fig.1)	254mm	203mm
Distance d in Fig. 1	28cm	70cm
Field of View	1mrad	6mrad
Bandwidth of L.F. Filter	4nm	2nm
Detector (PMT)	R1463-01 × 2	R5600P × 2
Signal Processing	8bit A/D conversion	8bit A/D conversion
Analog Band Width	20MHz	30MHz
Input Impedance of DSO	50Ω	50Ω
Gate Width	50ns(7.5m)	20ns(3m)
Gate Number	1000	1000

Fig.1 Setup of multi-receiver system.

Table.1 Specifications of the lidar system in this measurement.

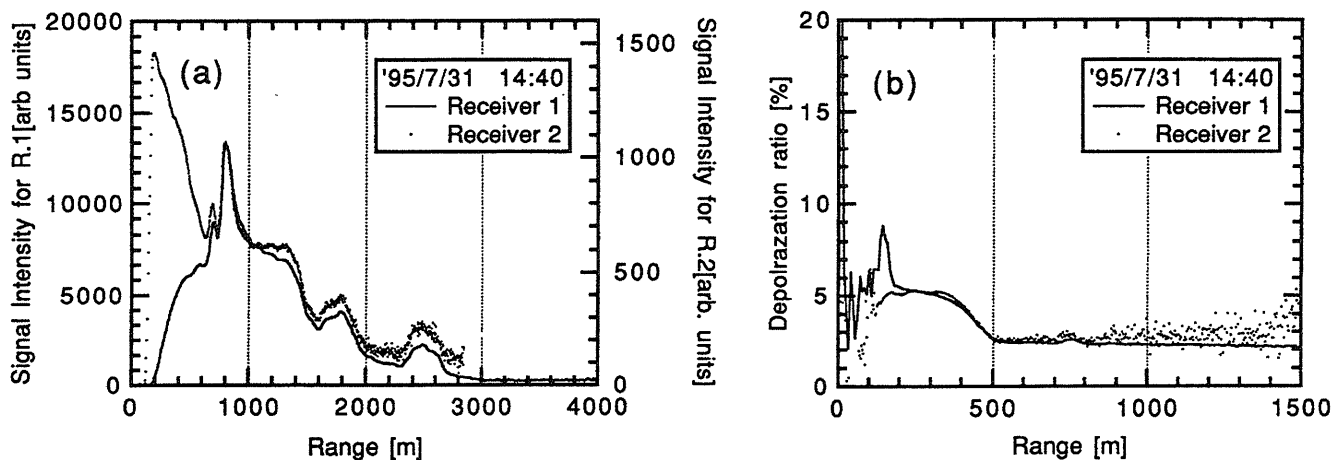


Fig.2 Examples of measurement by multi-receivers.
(a) Range corrected signal intensity (b) Depolarization ratio

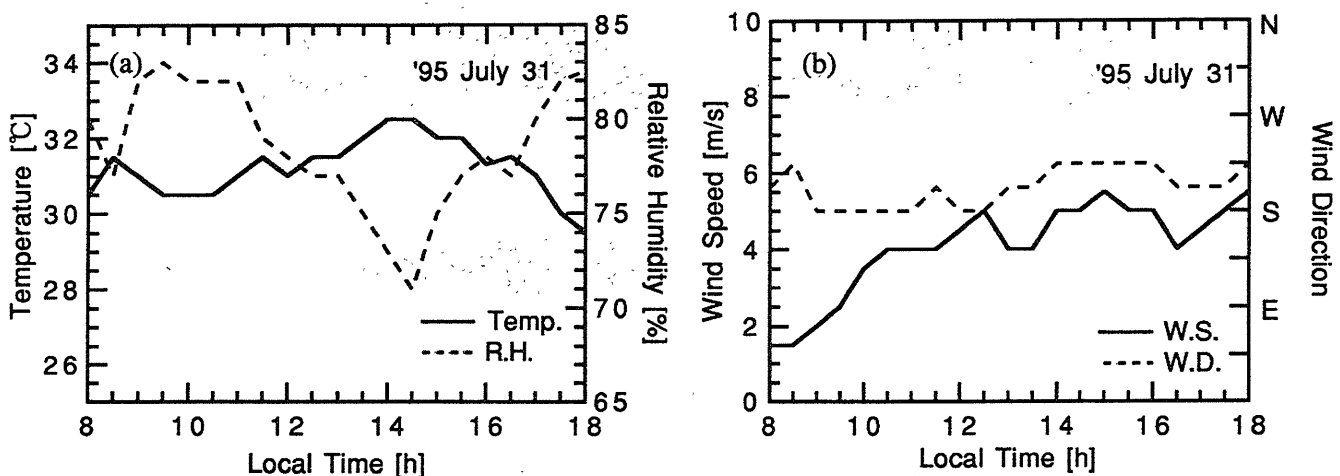


Fig.3 Surface meteorological data at TUMM on 31 July 1995.
(a) Temperature and relative humidity (b) Wind direction and speed

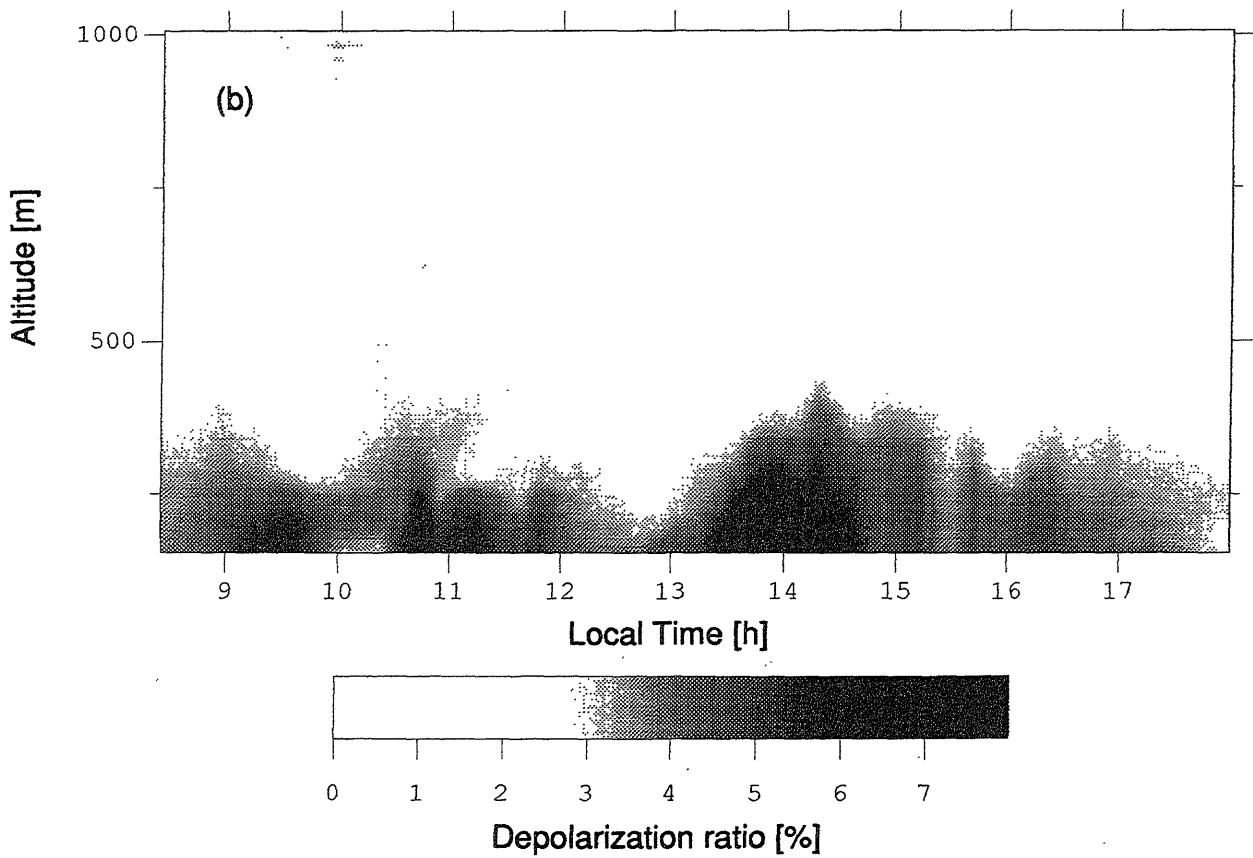
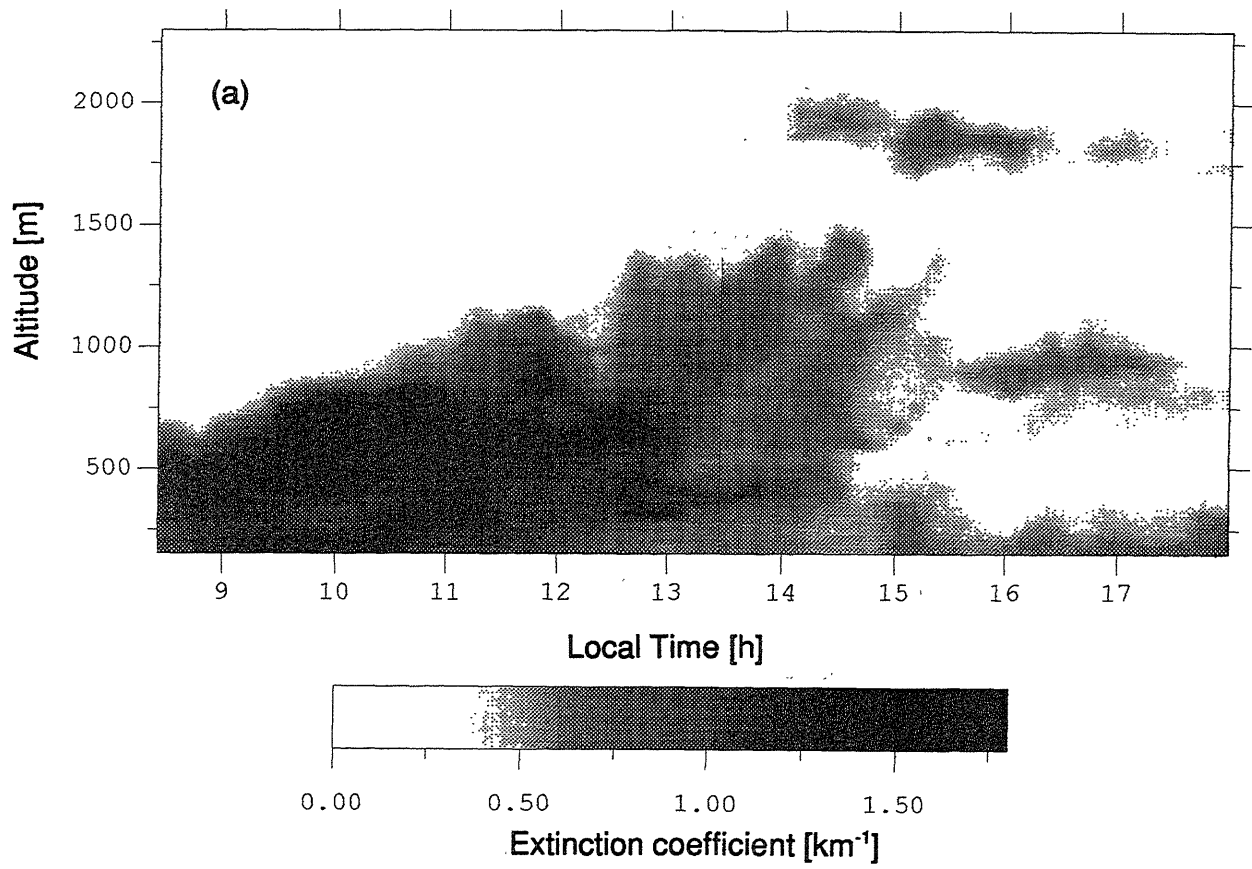


Fig.4 Temporal changes of vertical profiles of extinction coefficient (a) and depolarization ratio (b) on 31 July 1995.