

Abstract: We have installed a Visala ceilometer CT25K co-located with our aerosol lidar to monitor the dynamical behavior of the atmospheric boundary layer and cloud continuously. With an enhanced recording option, we gained a large dynamic range of the detection for aerosol, cloud and precipitation. Here we present some examples of observation: boundary-layer structure, cloud-base statistics and precipitation. We found a significant difference of cloud appearance between day and night over Tokyo Bay area.

1. はじめに

レーザーシーロメーターは現在、雲底高度や鉛直視程を測る測器として、航空気象用に空港などで広く用いられている。特に、ヴァイサラ社のシーロメーターCT25Kは単レンズ型の構造を持ち、低層雲の雲底が測れるように至近距離からのライダー計測が可能であり、大気境界層内のエアロゾル分布計測にも応用が可能である。¹⁾我々は、主に東京湾岸での大気境界層におけるエアロゾルの動態解析をする目的でCT25Kを導入し、2001年4月より連続観測を行っている。本稿では、現在までに得られたデータから、大気境界層構造の特徴、雲底高度分布の統計的解析、降水観測例について報告する。

2. シーロメーターの仕様・特徴

ヴァイサラ社のシーロメーターの主な仕様を Table1 に記す。

Table 1. Major specification of Visala CT25K ceilometer.

Laser	InGaAs Diode Laser
Wavelength	905±5 nm at 25°C
Pulse energy	1.6μJ ± 20%
Repetition frequency	5.57 kHz
Pulse width	100ns
Diameter of lens	14.5cm
Range resolution	For cloud base:15m, backscatter profile:30m
Maximum detection range	7.5 km
Number of shot per measure	65,536shots (11.7s)
Interval of measurement	Min. 15s, Max. 120s
Optical filter	Center wavelength: 908nm, Band width: 35nm
Field of View	1.32 mrad
Detector	Avalanche Photo Diode
Digitizer	8-bit ADC (Internal summation memory: 24bits)
Dimensions/Weight	Total:1335(h)×447(w)×378(d)mm/35kg

レーザー光はアイセーフティーを満たし、装置全体は軽量なため移設が容易である。装置は野

外で全天候条件で使用をすることを考えられており、観測角度は任意に変えられる。我々は降水を考慮し、天頂から 5° の角度をもたせ使用したが雲底高度の角度補正は自動的になされる。本体の測定ユニットとはシリアルインターフェイス(RS-232C)を通じパソコンにより、測定パラメーターの設定、ステータス及びデータメッセージの取得等が可能である。本研究ではオプションの Windows 上でのソフトウェア CT-VIEW を使用し、リアルタイムで雲底、後方散乱プロファイルモニター、データ取得している。

通常の仕様では、後方散乱プロファイルのデータメッセージ出力形式が 16 ビット 16 進 ASCII 表示 (2 の補数形式) となっているために、内部での 24 ビット積算メモリ値をスケールファクター 100 で割って 16 ビットに合うように分解能を落としている。エアロゾル観測用にこのスケールファクターを 1~100 の間で任意に変えられる機能 (Algorithm Scale) を持たせることが可能であったので、この機能を付加した。このスケールファクターに応じ、記録可能な最大後方散乱係数は $0.0327 \sim 3.27 \text{sr}^{-1} \text{km}^{-1}$ となる。この Algorithm Scale は天候に応じ、マニュアルで変更した。報告される (減衰を受けた) 後方散乱係数は出荷前に治具により校正され、距離 2 乗補正、パワー感度補正された値である。雲底は測定ユニット内部で自動判別され、最大 3 層まで検出される。エアロゾル観測としての本機の最大の欠点は、干渉フィルターのバンド幅が広いために昼間は背景光により S/N が下がり感度が落ちてしまう点にある。また、雲底及び後方散乱プロファイルの出力共に 7.5 km が上限となっており、高層雲は記録できない。

3. 観測例

3. 1 大気境界層構造

Fig. 1 に 2001 年 4 月 4 日~11 日までの東京商船大学 (北緯 35.66° 、東経 139.38°) での後方散乱係数の時系列変化 (15 秒毎に取得したデータを 10 分平均した) プロファイルを示す。午前中に混合層が発達する様子が見えると共に夜間に低層雲が規則的に現れていることがわかる。4 月 10 日の夜間に高度 4~5 km 付近に見える散乱は濃い黄砂層によるものである。また、その後の 4 月 13 日~26 日まで APEX-E2 観測 (謝辞参照) のため、奄美大島笠利町 (北緯 28.44° 、東経 129.70°) にて同装置を移設し、連続観測したときの 4 月 13 日~19 日までの後方散乱係数の時系列変化を同様にして Fig.2 に示す。奄美大島では、周りを海に囲まれているため混合層高度の日変化が小さく、降水雲以外は混合層上端に雲が現れやすいことを示している。

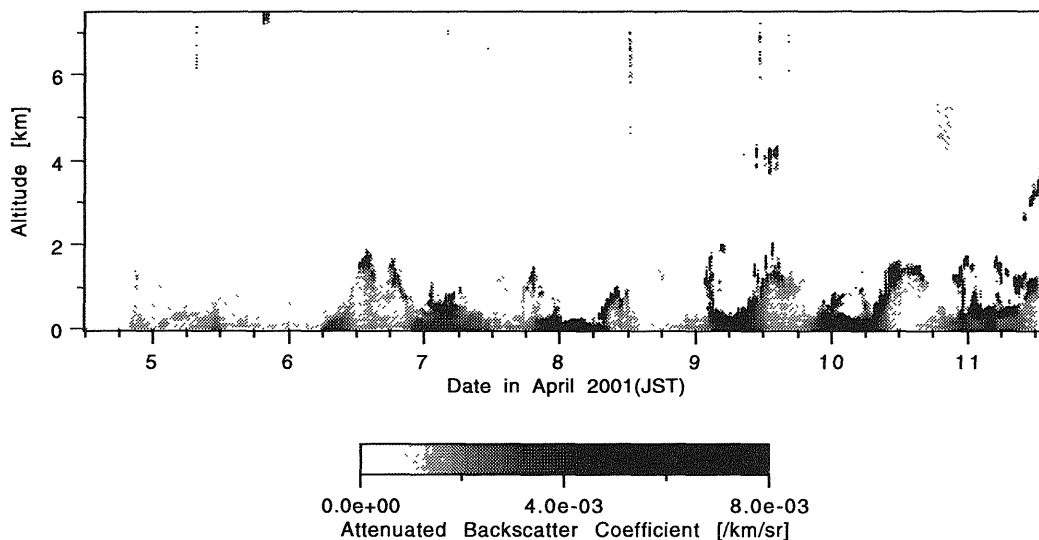


Fig. 1 Time series of vertical profile of aerosol and cloud over Tokyo University of Mercantile Marine during April 4-11, 2001.

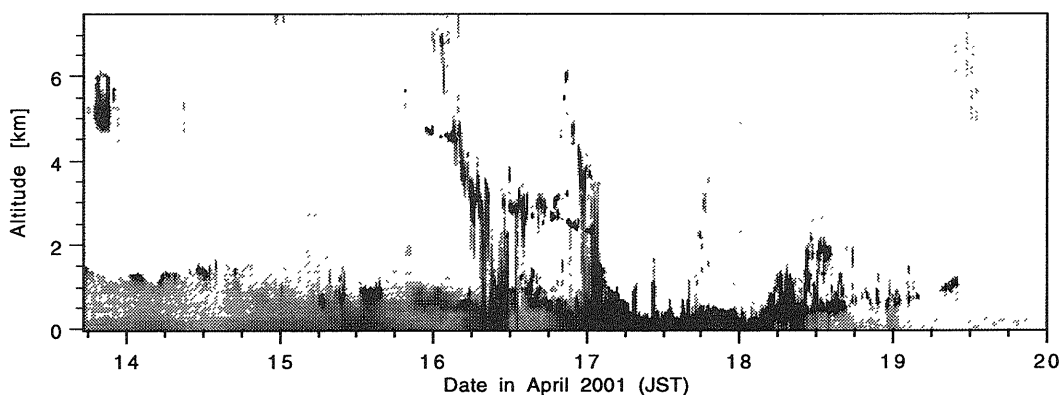


Fig. 2 Time series of vertical profile of aerosol and cloud over Ksari-cho, Amami-Oshima during April 13-19, 2001. Gray scale is same as in Fig. 1.

3. 2 雲底高度分布

東京商船大学における5月～9月の連続観測から、シーロメーターによって判定された雲底高度の100m毎の月別統計を Fig.3-1 に示す。0.2～0.6km で最大頻度を取り、約2 kmまでに集中していることがわかる。この月の間では、空梅雨を反映して7月が最も雲の出現頻度が低く、最も高かったのは8月である。Fig.1 から示唆されるように、昼と夜とで雲の出現頻度に差があるように思われたので、午前6時から午後6時まで（昼間）と午後6時から午前6時まで（夜間）に分けて行った同様な雲底の高度別出現頻度分布を Fig.3-2 及び Fig.3-3 に示す。この結果、各月で夜間の方が、特に低層に偏って出現頻度が上がっていることがわかる。夜間には対流活動が活発でないため、このような雲は内陸から移流されてきたものだろうか。湿度増加の影響もあると考えられる。

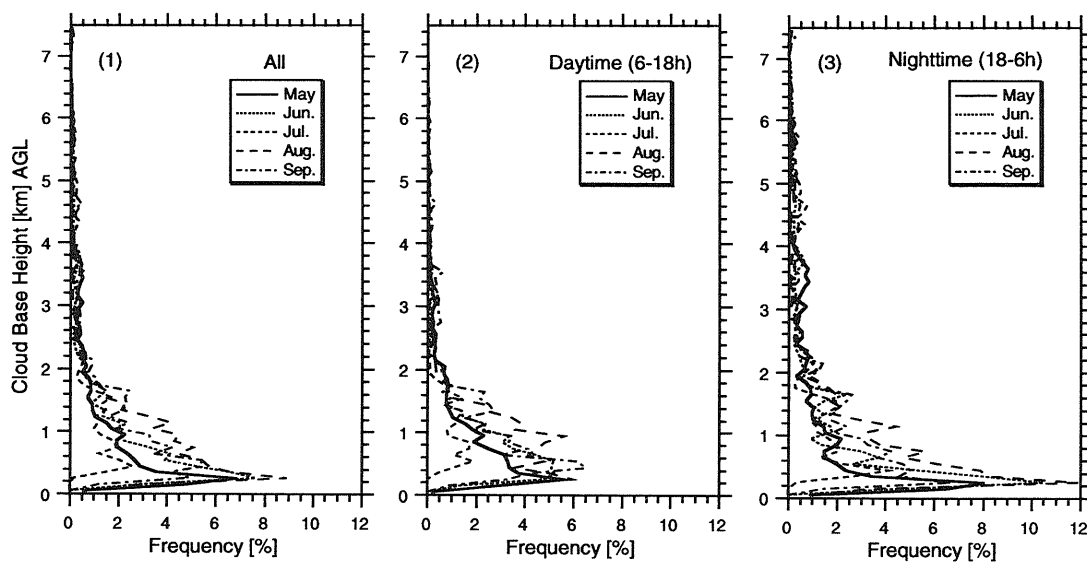


Fig. 3 Vertical distribution of the frequency of cloud-base detection during May-September, 2001.
(1) All(24hour), (2) Daytime (6-18h), (3)Nighttime (18-6h)

3. 3 降水の観測

Fig.4 に Algorithm scale を 100 として通常モードで記録した場合の比較的高所からの降雨の様子 (2001 年 6 月 19 日 18 時~20 時、15 秒毎の記録) を示す。このとき、雨粒子は高度約 4.5km から降下しており、その時系列変化から雨滴の降下速度を推定できる。また、高度 4.5km では 21 時の館野のラジオゾンデ観測から約 0℃であることから、雲直下の散乱の弱い領域は融解層のライダーダークバンド²⁾と考えられる。

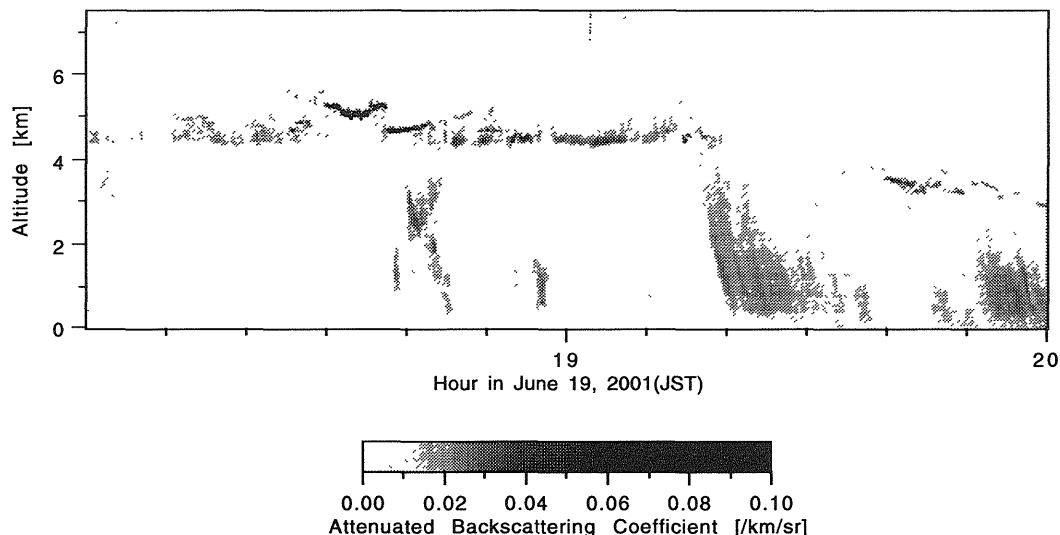


Fig. 4 Example of the observation of precipitation on June 19, 2001 in Tokyo.

4. まとめと今後の課題

市販品のシーロメーターに高分解能記録オプションを付加することで、大気境界層の上端 (混合層高度) が容易に決定できることがわかった。雲底高度の統計解析には非常に有効であり、全国の空港などにある同シーロメーターを専用回線などでつなげば気象解析上、有用なネットワークとなると考えられる。用いている波長が 905nm であり、感度や水蒸気吸収の点から通常のライダーの反転解法を適用するのは困難であるが、一方、大気からの散乱がほとんど無く、混合層高度の判別は容易である。今後は、観測を継続すると共にヴァイサラの自動解析には付与していない混合層高度の自動決定とその総計解析、ライダー観測との定量的比較、重なり関数補正の評価などを行っていききたい。

5. 謝辞

奄美大島での観測は、科学技術振興事業団戦略的基礎研究「アジア域の広域大気汚染による大気粒子環境変調について (Asian Atmospheric Particle Environmental Change Studies: APEX)」 (代表: 中島映至) によって行われた。

参考文献

- 1) Tanner, V. V., A. K. Piironen, J. Räsänen and J. Lönnqvist: Urban aerosol detection with the Visala ceilometer, in *Symposium on Lidar Atmospheric Monitoring* (80th AMS annual meeting), pp.26-28, 2000.
- 2) Sassen, K. and T. Chen: The lidar dark band: An oddity of the radar bright band analogy, *Geophys. Res Lett.*, **22**, **24**, pp.3505-3508, 1995.