

## 赤道高機能ライダーにより明らかとなった赤道大気の特徴

## Characteristics of equatorial atmosphere observed by EA-Lidar

長澤親生、阿保 真、柴田泰邦

Chikao Nagasawa, Makoto Abo, Yasukuni Shibata

首都大学東京大学院システムデザイン研究科

Graduate School of System Design, Tokyo metropolitan University

**Abstract**

Characteristics of equatorial atmosphere observed by EA(Equatorial Atmosphere)-Lidar, which have installed gradually at Kototabang (0.2S, 100.3E), Indonesia since 2004 are reported. EA-Lidar system consists of Mie-lidar, Rayleigh-lidar, Raman-lidar and Resonance-lidar, and receiving system with multiple mirrors. Several specific phenomena were found out in stratospheric aerosol layers, tropospheric clouds, tropospheric water vapor profiles, mesospheric temperature, and metallic layers in the mesopause region over equator.

## 1. はじめに

我々は、2001年から6か年計画で実施された特定領域研究 CPEA(Coupling Processes in the Equatorial Atmosphere) プロジェクトの一環として、2004年からインドネシア・コトタバングに遠隔制御型大型高機能ライダーシステム(EA-Lidar)を構築した。本システムを用い、赤道域での成層圏上部から下部熱圏までの鉛直温度構造と中間圏界面近傍の金属原子層の観測および、地球大気の大気熱収支に重要な影響を及ぼす赤道領域の雲・エアロゾル分布と熱帯積雲対流活動などに重要な役割を担う水蒸気の鉛直分布の観測を行い、対流圏から熱圏下部までの大気上下結合や中間圏界面付近の複雑な力学・化学反応過程の理解に不可欠な多くの観測情報を得ることができた。Table 1 に EA-Lidar システムの主な諸元を示す。

Table 1. Specifications of EA-Lidar system

Target	Laser Wavelength	Laser Energy	Telescope Aperture	Data Acquisition
Rayleigh	532nm	500mJ	45cm x 4	Photon Count
Cirrus & Stratospheric Aerosol	532nm	500mJ	45cm x 1(P&S)	Photon Count
H <sub>2</sub> O Raman	532nm	500mJ	35cm	Photon Count
Na	589nm	5mJ	45cm x 1	Photon Count
Fe	372nm	20mJ	45cm x 3	Photon Count
Fe-Temperature	372 /374nm	20mJ	45cm x 3	Photon Count
Aerosol & Cloud	532nm	10mJ	20cm	Analog

対流圏の雲・エアロゾル分布については3年間にわたる連続観測に成功し、上層については天候の関係から長期の連続観測データは得られなかったが、断続的ながら貴重な観測データを得ることができた。Table 2 に得られたデータの一覧を示す。以下に赤道ライダー観測から得られた成果をまとめて述べる。

Table 2. List of observation data

Target	Time Resolution	Altitude	Period	Range Resolution
Temperature	5 min	30-80km	2004/8-	150m
Cirrus & Stratospheric Aerosol	5 min	10-40km	2005/8-	30m
H <sub>2</sub> O Mixing Ratio	5 min	1-10km	2004/8-	150m
Na Density	5 min	80-100km	2004/8-	150m
Fe Density	5 min	80-100km	2005/6-	150m
Fe-Temperature	5 min	80-100km	2005/8-	150m
Aerosol & Cloud	5 min	1-15km	2004/4-	30m

## 2. 赤道大気観測結果

### (1) 対流圏の雲

小型ミーライダーによる約3年間にわたる連続観測結果から、従来熱帯海洋上の高度5-7km付近で観測されていた中層雲が、インドネシアの上空においても雨期の夜間を中心に発生することが明らかとなった。また、比較的厚い高層雲は、高度10-16kmの範囲で年間を通して発生するが、雨期にその発生頻度が高いことが分かった。発生頻度の周期解析では高度5km付近の中層雲は30と50日の周期が卓越するが、高度12km付近では7日と20日周期が卓越し、これらの雲が必ずしもcouplingしていないことが示された。

### (2) 対流圏界面の巻雲

対流圏界面での対流圏-成層圏の物質交換などを詳細に調べるために、光子計数とアナログ観測が可能なライダーシステムと偏光測定系を付加してデータの取得を行った。赤道域においては、年間を通じて高い頻度で巻雲の出現が見られた。また、中緯度に比べ対流圏と成層圏のエアロゾルに連続性が見られることが大きな特徴であった。(Fig.1)

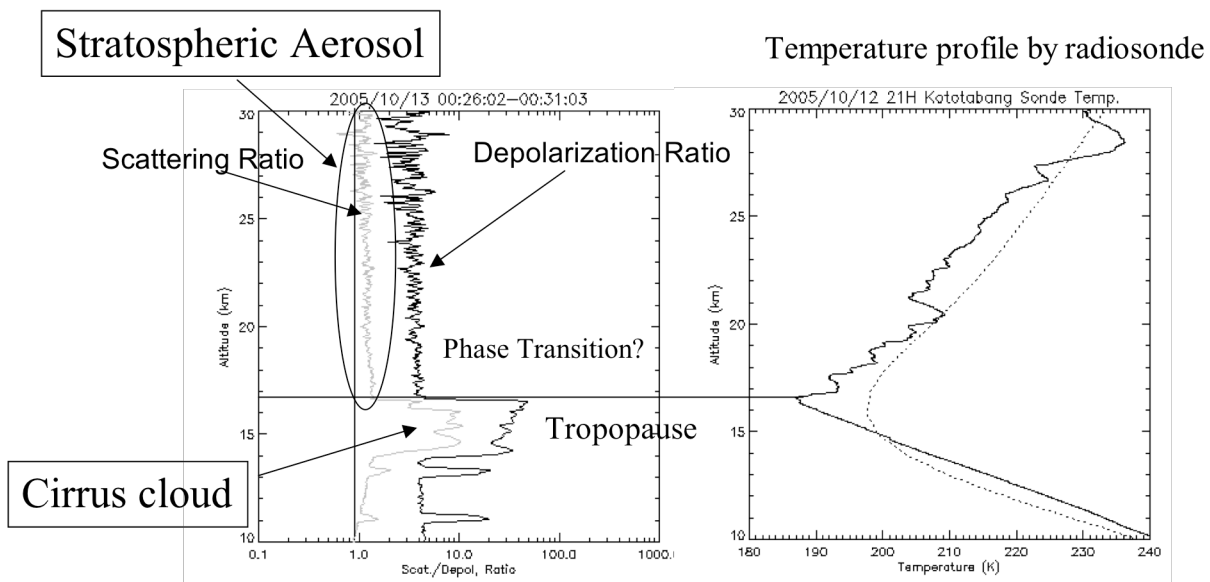


Fig.1 Polarization lidar observation of the stratospheric aerosol layer and sub-visible cirrus.

### (3) 対流圏水蒸気の観測

対流圏領域でラマンライダーにより夜間に水蒸気混合比の短時間変動(周期10-20分)がみられた。(Fig.2) 同様の周期は変動が弱いながらも、Mieライダーによるエアロゾルの変動にもみられた。この変動はセル構造の時間変動をライダーが捉えているものと考えられる。

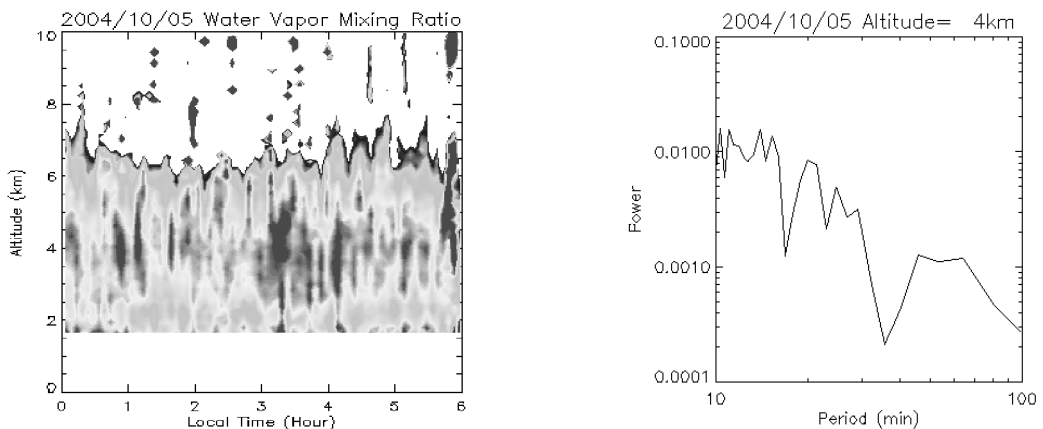


Fig.2 Periodical structure in tropospheric water vapor (Left : Time-altitude plot of water vapor mixing ratio, Right : Spectrum at 4km).

#### (4) 成層圏エアロゾル

赤道上空の成層圏エアロゾル層の上端高度が、観測当初の2004年には中緯度のデータなどから予想した高度より高く40kmにも達していたが、その後QBOに伴う東西風ウィンドシアに連動して30kmまで降下する様子がライダーにより初めて捕らえられた。(Fig. 3)

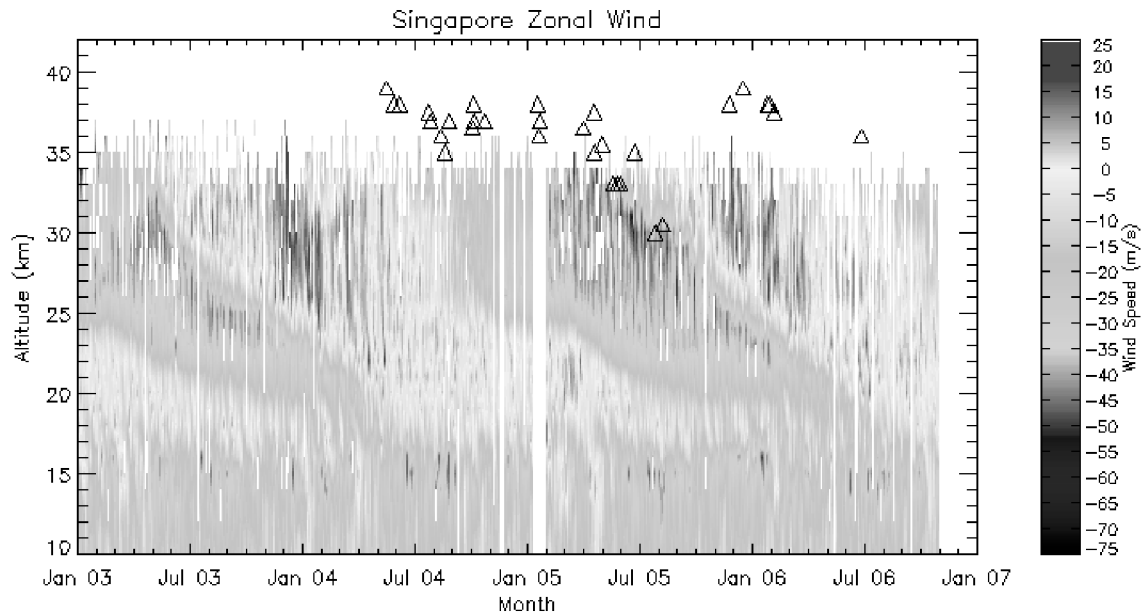


Fig.3 Time series of top height of the stratospheric aerosol layer (△) and zonal wind over equator (Singapore).

#### (5) 成層圏・中間圏温度

レイダーライダーにより得られた温度プロファイルから、中間圏全域でMS-ISEモデルより温度が高く、75-85kmで中間圏逆転層(MIL)が多く見られた。また、成層圏界面にはダブルピーク構造がみられた。(Fig. 4)

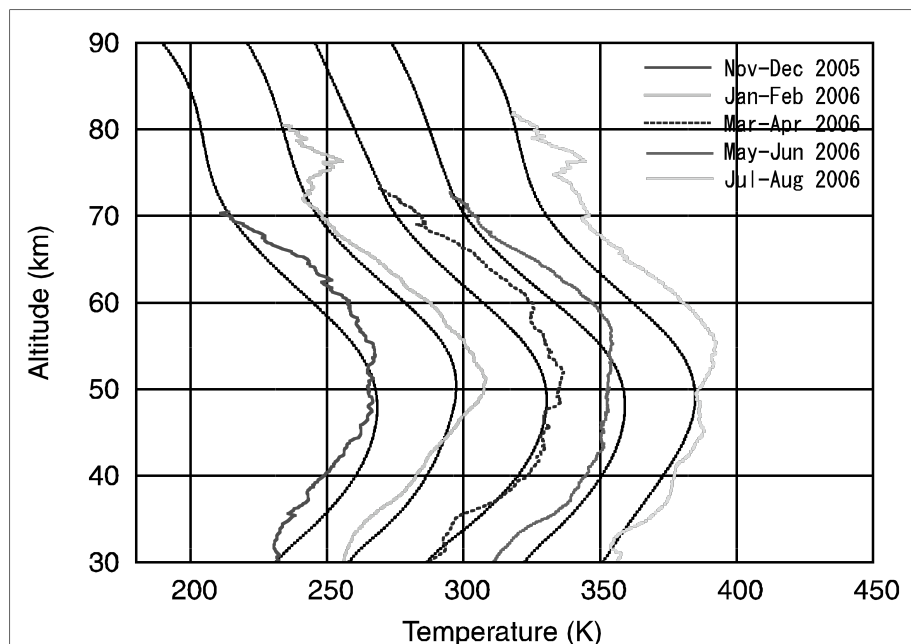


Fig.4 Bimonthly Mean Temperature Profiles observed by Rayleigh lidar.

### (6) 中間圏界面金属原子層

赤道域では高頻度でスプラディック Na 層が発生し、特に中緯度と異なり夜半過ぎから明け方に発生頻度が高いことが観測より初めて明らかとなった。スプラディック Na 層の発生高度とウィンドシアの高度の相関は当初の予想に反して中緯度のように顕著ではなく、夜半前より夜半過ぎの方がウィンドシアとの相関が低いことがわかった。(Fig. 5) 赤道域のスプラディック Na 層の発生機構は中緯度と異なり、赤道独自の発生機構存在の可能性を示唆した。

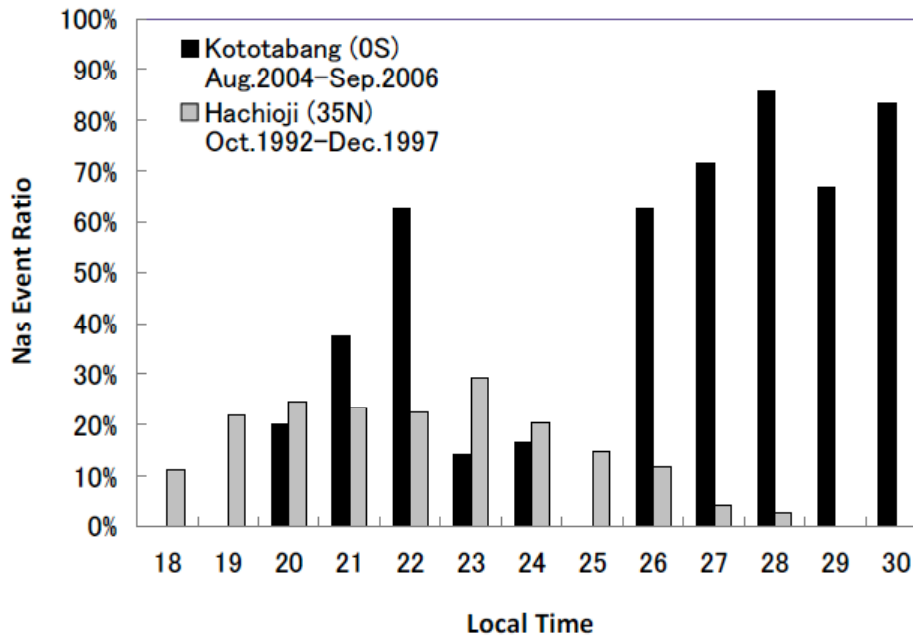


Fig.5 Local time dependence of sporadic Na layer events at Kototabang and Hachioji.

### 3. まとめ

CPEA プロジェクトは、2007年3月で終了したが、EA-Lidar システムによって得られた観測結果から、さらに継続することが求められている観測もあり、今後もコトタバンの観測を継続する予定である。また、今後本ライダーシステムに対流圏気温観測ライダーを付加する準備をしており、より有用な観測データが得られるものと期待している。

### 謝辞

本研究は、文部科学省科学研究費補助金（特定領域研究「赤道大気上下結合」）により行われた。