偏光ライダーによる赤道対流圏の雲・エアロゾル観測

阿保　真、長澤親生、柴田泰邦　　深尾昌一郎、橋口浩之、山本真之
首都大学東京システムデザイン研究科　　京都大学生存圏研究所

1. はじめに

我々は赤道直下のインドネシア・コトタバン（100.3° E, 0.2° S）に、地表から中間圏界面高度までの広い領域をカバーする大型高機能ライダーを設置し赤道領域の大気観測を行っている。本ライダーは、赤道域での成層圏上部から下部熱圏までの垂直温度構造と中間圏界面近傍の金属原子層の観測に加え、熱帯積雲対流活動などに重要な役割を担うエアロゾルや水蒸気の鉛直分布の観測を統一的に行っている。

ここでは、対流圏のライダー観測から、最近増設された偏光解消度の精密測定システムの初期観測結果を中心に紹介する。

2. 小型ミーライダーによる観測

図1に小型ミーライダーの連続観測状況を示す。2004 年 4 月から連続観測を開始し、途中 2005 年 3 月～2005 年 6 月にレーザーのトラブル、2007 年 4 月ー2007 年 6 月並びに 2007 年 10 月ー2007 年 11 月にパソコンのトラブルよる欠測があるが、3年以上連続観測を継続している。

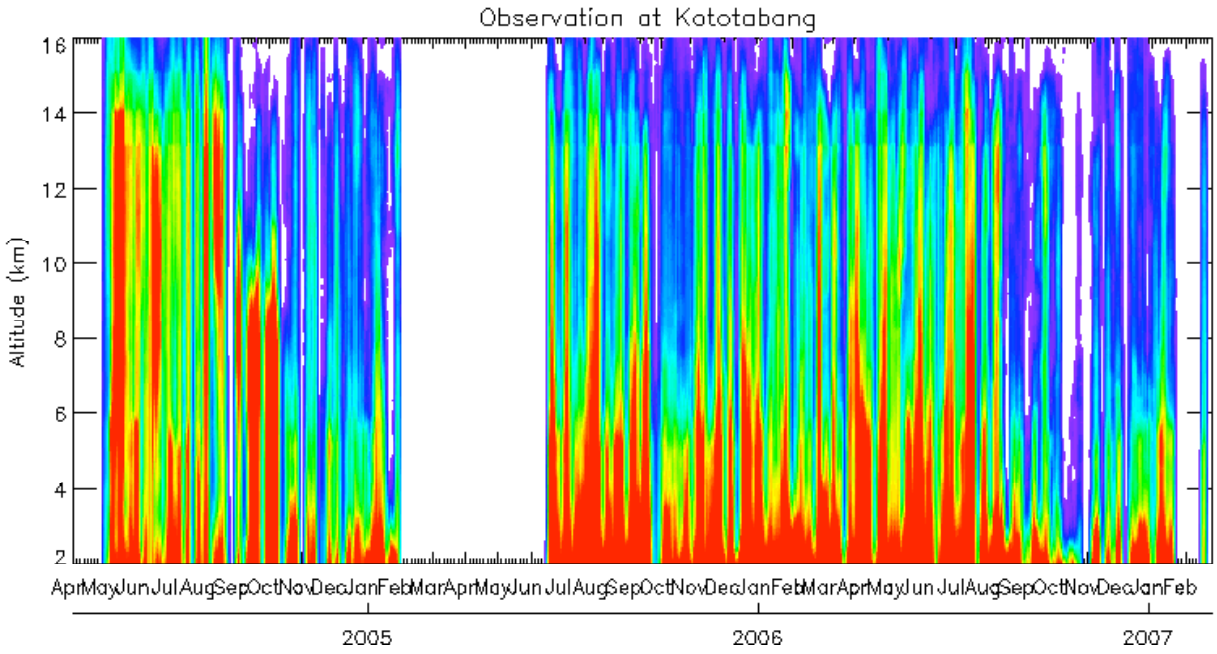

図1　小型ミーライダーの各日／各高度の有効データ取得率

小型ミーライダーにより得られた、高度 5km 以上の観測データから自動処理により雲の有無を検出し、その発生頻度求めた。図2に雲発生頻度の季節特性である全期間の雲発生頻度の月平均の高度分布を示す。年間を通して高度 10km から 16km の範囲で巻雲の発生頻度が高いが、特に雨季（10 月ー3月）にその発生頻度が高く、低い高度まで雲の発生頻度が高い。また、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季を中心に発生することが明らかとなった。Local Time 特性では昼夜を通して高度 10km 以上の巻雲の発生頻度が高いが、夕方から夜半過ぎに 10km 以下の雲の発生頻度が高くなる。また高度 5-7km 付近の中層雲は夜間を中心に発生することがわかった。中層雲の発生高度は気温が0℃近辺であり、水と氷が混在すると考えられる。水粒か氷晶かの識別を可能にするためこの対流圏中層（高度 5～6km）の雲が昼夜観測可能な偏光ライダー観測システムの増強を行った。

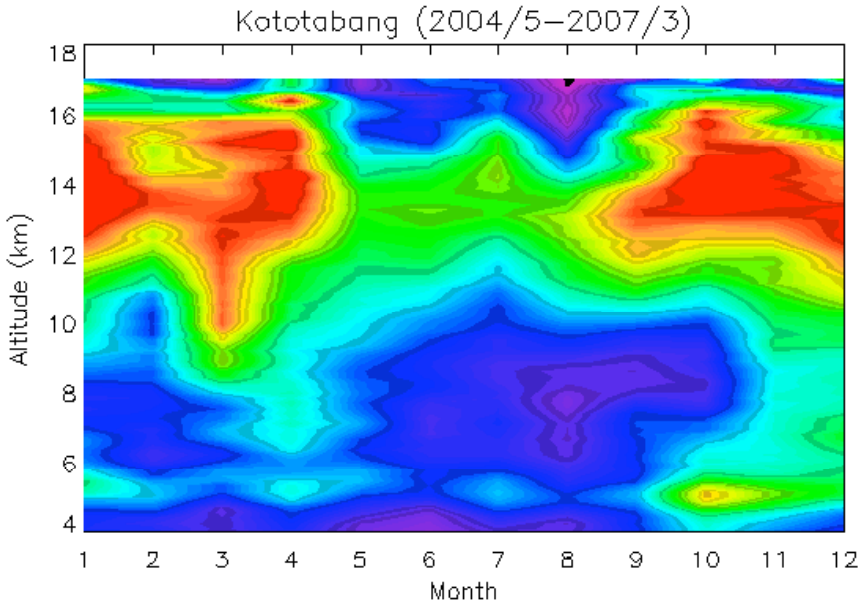

図2　雲発生頻度の季節特性

3. 増設した偏光解消度の精密測定システム

送信レーザはレーリーライダーやラマンライダーに用いる大型 Nd:YAG レーザーの第二高調波（波長532nm）を用い、新たに対流圏の中層雲、シーラス並びにエアロゾルの偏光解消度の精密測定が可能となる受信系を増設した。既に、2005 年8月から対流圏界面や成層圏エアロゾルの精密観測用に、大型望遠鏡（口径 45cm）に偏光チャンネルを増強しているが、これは望遠鏡が大きいため昼間の背景光が大きく、測定は夜間に限定される。従来の偏光ライダーによる観測例を図3に示す。シーラス中の偏光解消度が高く成層圏エアロゾル層では偏光解消度が低いことが分かる。このシステムでは、高々度を観測するためにレーザービームと望遠鏡を離して設置しているため、高度 5km 付近の測定はできない。

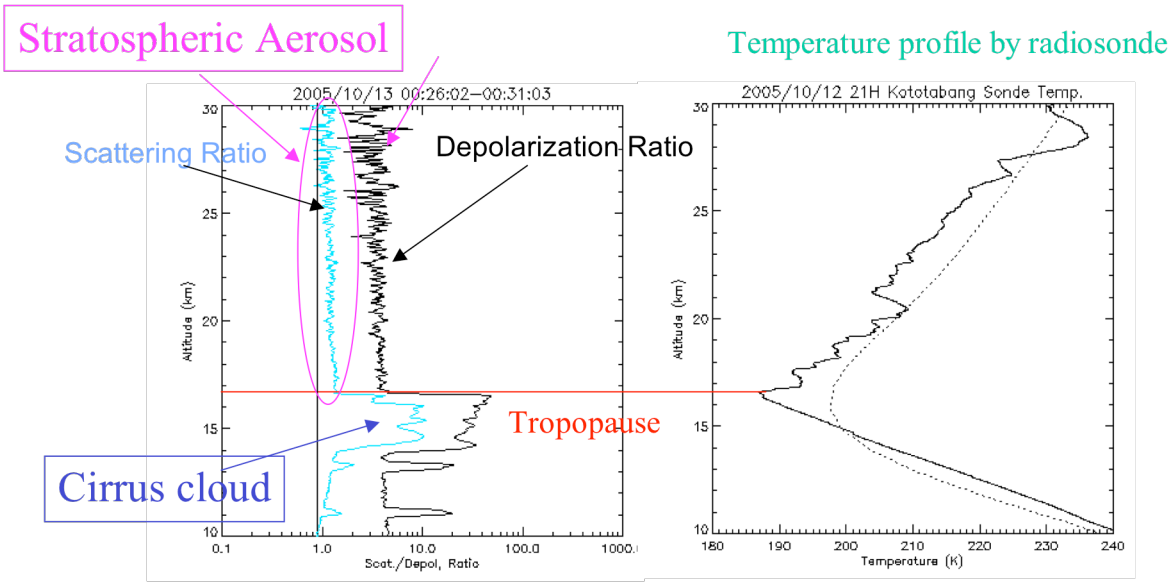

図3　従来の偏光ライダーによるシーラスと成層圏エアロゾルの観測例（2005/10/13）
左；ライダーによる観測結果、右：同時に行ったラジオゾンデによる測定結果

今回増設した受信系は、望遠鏡口径 110mmφの小型反射望遠鏡を用い、チャンネルは偏光の水平／垂直の2ch、データ取得は高感度のフォトンカウンティング法を用いている。視野角は 3mrad である。望遠鏡の口径が小さいため昼間でも背景光が少なく、対流圏中層（高度 5～6km）付近の偏光解消度が昼夜ともに観測可能になった。図4と図5に観測例を示す。

図4の観測例では、左の 22 時のプロファイルでは5ー7km の散乱比の高い雲領域で偏光解消度が高くなっており、中層雲が氷晶により構成されていると考えられるが、右の 23 時のプロファイルでは、散乱比の高い領域と偏光解消度が高い領域の高度がずれており、雲内での氷の融解や過飽和状態が起こっていることが示唆される。図5の例では、散乱比が小さい領域（6ー7km）でも偏光解消度が一定の値を保っており、厚い雲内の様子が測定できているものと考えられる。

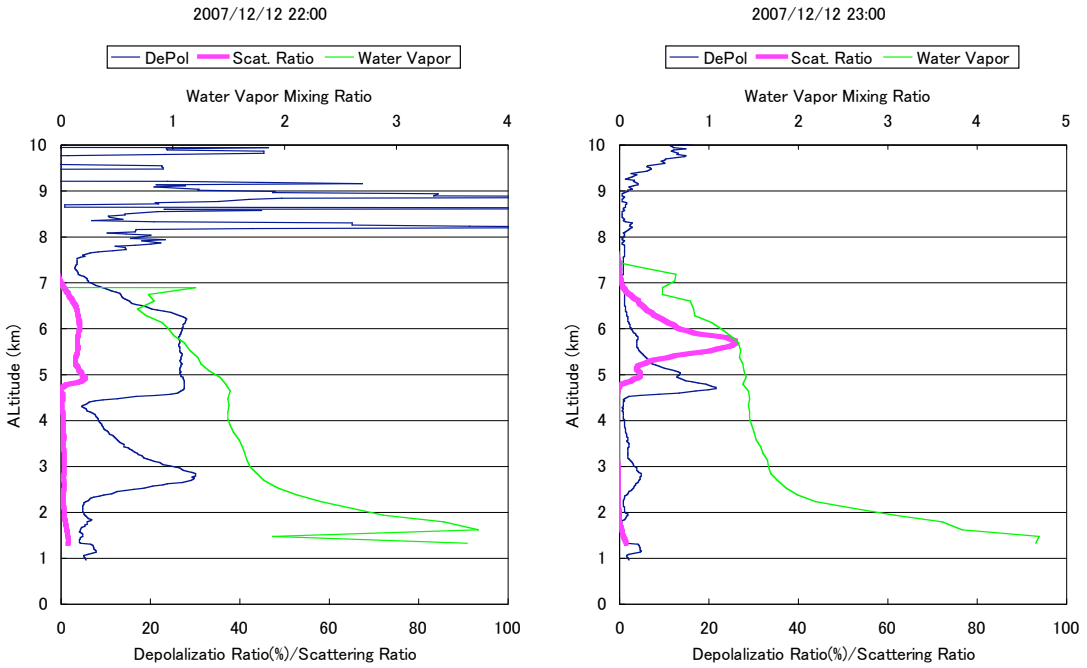

図4　偏光解消度／散乱比／水蒸気混合比の同時観測例（2007/12/12）

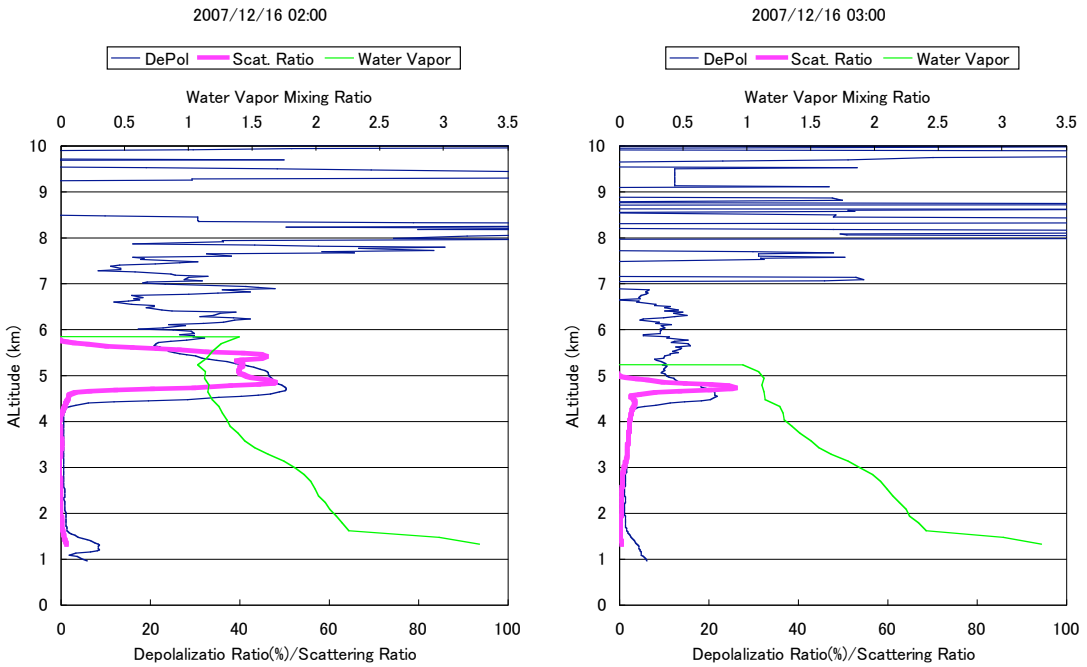

図5　偏光解消度／散乱比／水蒸気混合比の同時観測例（2007/12/16）

4. まとめ

赤道直下のインドネシア・コトタバンで、ミーライダー、偏光ライダーを用いて、赤道域湿潤大気の雲及びエアロゾルの観測を行っている。今回、高度 5-7km 付近の中層雲の特性を明らかにするため、小型の偏光受信系を増設し、昼夜の観測に成功した。またラマンライダー観測に見られる水蒸気混合比プロファイルの多層構造について調べたが、その発生頻度は高くなく、発生高度は5～7kmであり融解層との関連が示唆された。今後これらのデータを EAR、衛星観測等の観測データと組み合わせて、赤道域湿潤大気の特性を明らかにする。

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」並びに基盤研究(B) 課題番号：19403008）により行われた。