

Na ライダー/MU レーダー/大気光イメージャで観測した 中間圏のシア不安定構造と混合イベント

Shear instability and mixing event in the mesosphere observed with a sodium temperature lidar/MU radar/airglow imager.

中村卓司¹、川原琢也²、塩川和夫³、堤雅基⁴、江尻省¹

Takuji Nakamura¹, Takuya D. Kawahara², Kazuo Shiokawa³, Masaki Tsutsumi⁴, Mitsumu K. Ejiri¹

1:京大生存圏研究所, 2:信州大学・工学部, 3:名古屋大学・太陽地球環境研究所, 4:国立極地研究所

1:RISH, Kyoto University, 2: Faculty of Engineering, Shinshu Univ.,

3: STE lab., Nagoya University, 4: National Institute for Polar Research

Abstract

Simultaneous airglow imaging, radar meteor wind, and sodium temperature lidar measurements have been carried out on October 31, 2005 at Shigaraki MU observatory. North-South aligned band structure and NW-SE aligned ripple structures were observed in OI 5577 emission. Meteor wind showed south-westward wind shear with a peak amplitude of 46 m/s/km at 90 km. Combined with temperature profiles obtained by the sodium lidar, Richardson number (Ri) at the presence of ripple was close to 0.25. When Ri became large, ripples disappeared and band structure became clearer. This event is considered as a shear instability event at around 90 km altitude due to the enhanced wind shear of large scale inertia gravity wave or tides, but the band structure may not be related to the event. After the ripple event, Na density around 90 km increased significantly, with a 30 % increase of column density. Temperature was also increased by about 20 K at around 90 km. Potential temperature profiles were also investigated from meteor echo decay rate and Na temperature. It is suggested that the all these variations were caused by a vertical mixing event due to the shear instability.

1、はじめに

対流圏界面に比較して、非常に大きな空間スケールと振幅で温度構造が変動する中間圏界面付近は、文字通り中層大気と超高層大気の遷移領域であるが、その変動の多様性に比べて観測が不足しており、種々の計測方法やその協同観測で観測的研究が進められている。本講演では、滋賀県甲賀市にある京都大学のMUレーダーおよび名大の全天大気光イメージャ、それに宇治市の京大宇治キャンパスに設置された信州大学のナトリウム温度ライダーを用いた協同観測によって観測されて明らかになった高度90 km付近での大規模なシア不安定とそれに伴う鉛直混合イベントを紹介する。

2、観測装置

MUレーダーは46.5MHz, 1MWの大型VHFレーダーで中間圏界面領域は、流星エコーで観測を行なう。時間高度分解能は30min x 1km 程度で、ドップラー周波数シフトから水平風速を求めることができる(Nakamura et al., 1997)。全天イメージャは、98年から信楽で運用しているもので、557.7nmの酸素原子の発光(96km付近)、近赤外のOH大気光の発光(87km付近)、589nmのNa原子(90km付近)、630nmの酸素原子の発光(200km付近)の発光をそれぞれ15秒-2.5分程度の露光時間で撮像している(Shiokawa et al., 1999)。ナトリウムライダーは、信州大と極地研が開発して昭和基地で2000-2002年に観測したもので、2005年以降京都大学の宇治キャンパスで観測を行なっている。1064nm, 1319nmの2系統のパルスNd:YAGレーダーの和周波で狭帯域の589nm出力を取り出すもので、2周波で高度80-105kmの温度とナトリウム密度を計測する(Kawahara et al., 2004)。

3. シア不安定イベント

2005年11月1日の未明3:14 – 04:32 LTに、OI(557.7nm)の大気光に図1に示すような水平波長10 km以

下のリップルと呼ばれる波状構造が見られた。このような波長の小さいリップル構造は、対流不安定やシア不安定に伴う現象とされている。この日の例では場所を移動しながら約80分にわたって見られており、かなり長時間である。同時に観測したレーダーによる風速プロファイル、ライダーによる温度プロファイルから、ブラントバイサラ振動数(N^2)、リチャードソン数(Ri)が求められる。それによるとリップル観測時(3-4LT)にRiは高度90km付近を中心に0.25程度になっており(図2)、また風速シアの方向(南東)とリップル構造の向きが一致することからOI大気光底部の90km付近でのシア不安定イベントと同定できる。

4、温度、ナトリウム原子密度の変動

さらに、ナトリウムライダーによる温度とNa密度の変動を詳しくみると、Naのコラム総量はリップルイベント後の4時、5時にはそれ以前より30%増加していた。プロファイルを見ると高度90km付近だけ極端に増加している(図3)。さらに、温度プロファイルを見たところやはり90km付近で午後4時以降は顕著に温度が高く、その温度差は20度程度になっている(図4)。この温度情報が力学あるいは化学による加熱によるものか見る為に、レーダーによる分子拡散係数とライダーの温度を使って温位のプロファイルを求めてみた。これはレーダー・ライダー協同観測の新しい試みである。このイベントでははっきりとした加熱の証拠は見出せなかった。結局、今回のイベントは、潮汐波や慣性重力波が作るシア不安定のイベントであり、同時に乱流拡散による大規模な鉛直方向の混合が起ったものと考えられる。

5、まとめ

中間圏・下部熱圏のライダー、レーダー、大気光イメージングの同時観測によりこれまでになく詳細にこの領域の物理化学過程を捉えられることを示した。今後、MUレーダーの高分解能観測を応用してさらに同領域の力学・化学過程や上下結合の解明を目指す。

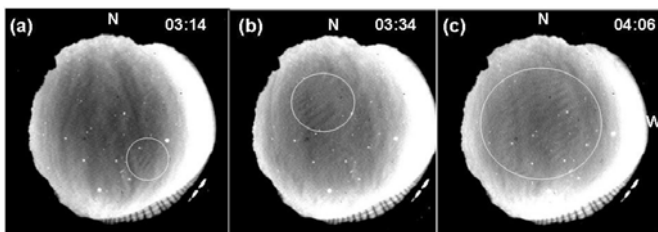


Fig 1 OI(557.7nm) airglow images by all-sky imager on Nov 1, 2005. Time is in LT.

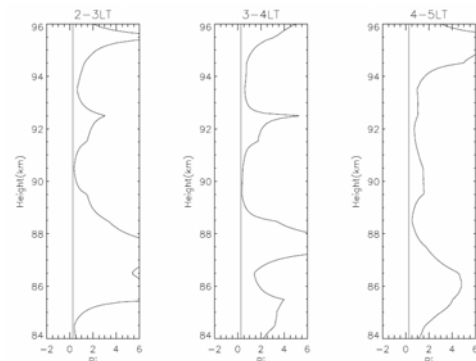


Fig 2 Richardson number profiles obtained by lidar temperatures and radar winds. 2-3LT, 3-4 LT and 4-5 LT from left. Vertical line is Ri = 0.25.

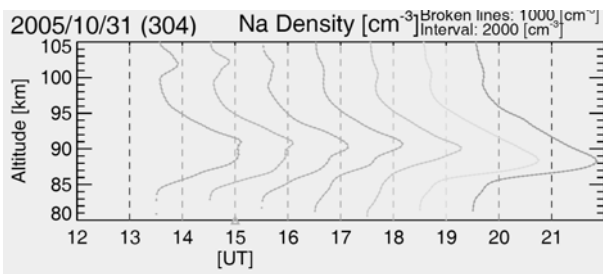


Fig 3 Hourly profiles of Na density. Time is in UT. Height resolution is 2km.

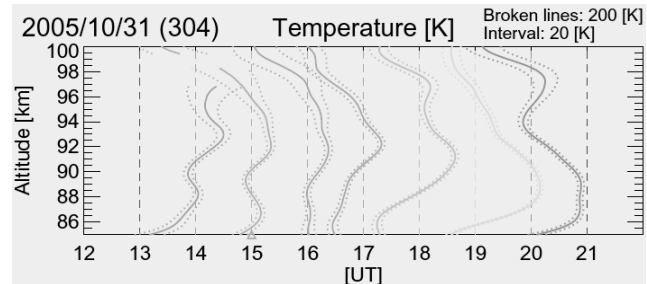


Fig 4. Hourly temperature profiles by Na lidar. Time is in UT. Height resolution is 2km.