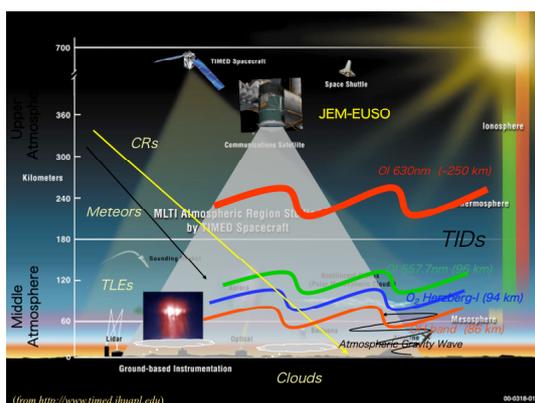


JEM-EUSOによる大気圏現象の網羅的観測

戎崎俊一（理化学研究所）、JEM-EUSO collaboration

JEM-EUSOは、ISSのきぼうの船外パレットホームに設置し、 10^{20} eVの超高エネルギー宇宙線が大気中で起こす空気シャワーの近紫外線発光を2.5 μ sec毎に撮像観測する実験である。現在、ISS第二期利用のミッション候補の1つとして、作業を進めている。

JEM-EUSOは、雷、夜光、流星などの大気内での発光現象の研究も行う。



EUSOが観測する330nm–400nmの波長帯の夜光は高度95kmあたりの中間圏・熱圏境界あたりからの酸素分子のHerzberg Iバンドの放射が卓越している。この放射は、酸素原子の557.7nmの輝線と強い相関があることが知られている(1)。この酸素原子輝線放射では、幅40km程度の濃淡の縞が時間とともに移動する様子が地上からの観測によって分かっている。この縞は、下層の対流圏で発生した重力波が上層に伝播して作っていると考えられている(2)(図1)。この重力波が中間圏・熱圏へのエネルギーや角運動量輸送に影響を与えている可能性が指摘されているが、詳細は分かっていない。近年でも盛んに、ロケット・衛星観測を含めた観測キャンペーンが企画されている(3)。

この縞は、下層の対流圏で発生した重力波が上層に伝播して作っていると考えられている(2)(図1)。この重力波が中間圏・熱圏へのエネルギーや角運動量輸送に影響を与えている可能性が指摘されているが、詳細は分かっていない。近年でも盛んに、ロケット・衛星観測を含めた観測キャンペーンが企画されている(3)。

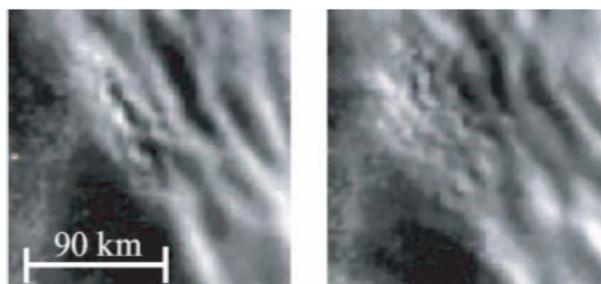


図1 OHに夜光に見られる縞状の構造。

近紫外線でも同様の構造が観測されると期待される。

雷雲の上空ではSprite、Blue jet、Elvesなどの放電現象が観測されている(図2-14)。

SpriteやBlue jetは、雷放電による電荷移動にともなって雷雲上空に生じた準静電場が引き起こす二次的な放電現象であると考えられている(4)。これらの上空雷放電では本格的な放電に先立ってストリーマ形成が先行するはずであるが、それに伴う微弱なプレカーサをJEM-EUSOが検出する可能性がある。

また近年の衛星観測によって、雷放電にともなって発生したと考えられる地球ガンマ線も発見されている(5)。現在、これらは宇宙線によりつくりだされた二次電子が、雷放電による準静電場によって加速され逃走電子となり、地球ガンマ線を放射したとする説が有力である。雷放電のどの放電プロセスで地球ガンマ線が生成したのか、雷放電と宇宙線を包括的に観測するJEM-EUSOが特定できると期待される。

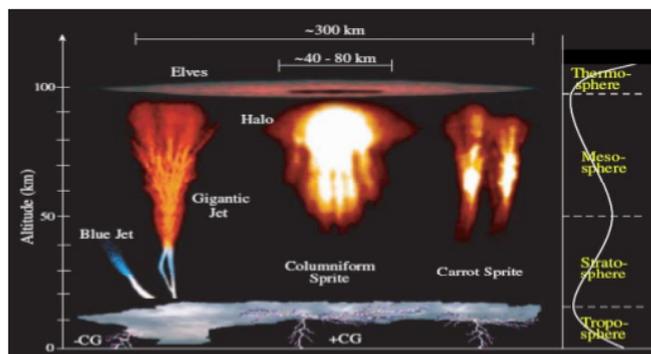


図2 さまざまな高層大気放電現象

JEM-EUSOは、大気モニタとして、Lidarと赤外線カメラを搭載し、望遠鏡本体としては、「スローデータ」と称する観測モードを用意する(図3)。「スローデータ」とは、JEM-EUSOの焦点面検出器中のPhoto Detector module(以下、PDM。M36のMAPMTが36本からなる)は、 $50 \mu \text{ sec}$ 間の光子数値を3.5秒毎に出力する。これをスローデータと呼ぶ。

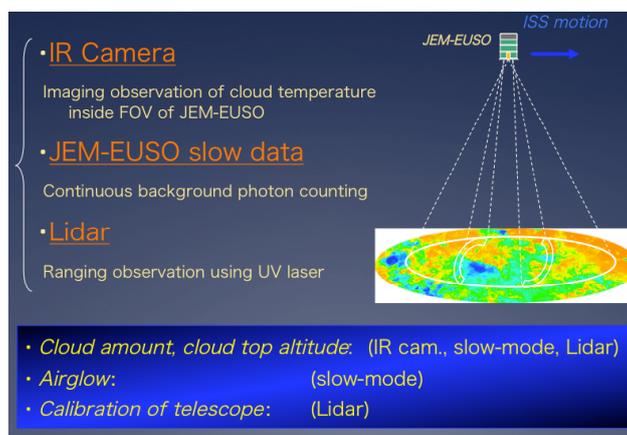


図3 JEM-EUSOの大気モニタシステム

大気モニタの主目的は、JEM-EUSO望遠鏡視野内の大気の状態を常時監視することにある。EASから放射される大気蛍光とチェレンコフ光の強度および伝搬過程は、大気の透過率や雲量および雲頂高度に影響を受けるため、極限エネルギー粒子のエネルギー推定の際に重要な因子となる。これまでの検討の結果、一次粒子のエネルギーが十分に高い場合、EASからのシグナルそのものからLidarと同様の情報が得られることが分かった。EASには、1.3度の狭い角度で進行方向に青光ビームを作っている。雲の上部で上向きに反射するこのチェレンコフ光が、Lidarのレーザービームの役割を十分果たす。EASの縦方向発達の長さは大気密度の逆数に比例しているため、EASの長さから大気密度が分かり、EAS最大の高度、雲高度がLidarなしに計算できる。その精度が十分であることは、雲とEASのさまざまな状況についての数値シミュレーションで示された。

しかし、EAS観測と同時にJEM-EUSOから地球大気をモニタすることは、望遠鏡の実効観測時間の精度を上げることと、エネルギー閾値付近の事例について事例解析の信頼性をあげることに役立つ。JEM-EUSOでは、質量・電力バジェットに対し影響が少ない範囲で赤外線カメラとLidarを相補的に用いることによって、大気の状態を監視することとした。またこれらに加え、スローデータも用いることで、JEM-EUSO視野内の雲頂高度を500 m以下の精度で推定する。スローデータでは、ある特定のPDM群を選択し、それらをステレオ画像解析することによって雲頂高度を推定することができる。

JEM-EUSOグループでは、これらの大気モニタ及びスローデータを用いた大気圏の観測のさらなる最適化のため、大気圏コミュニティからの御意見を頂くと共に、共同研究の推進を行いたいと考えています。

参考文献

- 1) Thomas, R. J. *Journal of Geophysical Research*, 1981, **86**, 206.
- 2) Onoma, F. et al. *Annales Geophysicae*, 2005, **23**, 2385.
- 3) Horinouchi, T. Nakamura, T., and Kosaka, J. *Geophysical research Letters*, 2007, **29**, 2007.
- 4) Pasko, V.P. and George, J.J. *Journal of Geophysical Research*, 2002, **107**, A12, 1458.
- 5) Fishman, G.J. et al., *Science*, 1994, **264**, 131.