

# WAVE 2000 ロケットキャンペーン概要

小山孝一郎・岩上 直幹

この論文では 2000 年 1 月 10 日に行われた S-310-29 号機のロケット実験の概要を述べる。

The paper overviews the experiment which was carried out on Jan. 10, 2000, in order to study the mechanism of atmospheric glow striation.

Koh-ichiro OYAMA and Naomoto IWAGAMI

## 搭載機器と地上観測

ロケットに搭載された観測器および担当者は以下の通りである。〔詳細は参考文献参照〕

酸素原子密度観測器:岩上直幹(東京大学)

大気光強度計 O2A (0, 0) [762nm], OH (6, 2) [834nm], O [557.7nm] の 3 波長と背景光 (visible):岩上直幹(東京大学)

電子密度, 温度測定器:小山孝一郎, 吉村玲子(宇宙科学研究所)

中性大気風:村山泰啓(通信総合研究所), 下山 学, 小泉宜子(宇宙科学研究所)

この他にロケットの姿勢決定のために地磁気姿勢計(遠山文雄, 高橋隆男:東海大学)およびスターセンサー(岩上直幹:東京大学)を搭載した。

高度87km 付近の大気光縞々模様生成機構の解明と共に地上からの 3 点観測による大気光発光高度の同定を試みた。観測地は鹿児島内之浦の宇宙科学研究所鹿児島宇宙空間観測所(北緯31, 25度, 東経131, 08度), 通信総合研究所山川電波観測所(北緯31, 20度, 東経130, 62度), 大隅運動公園(北緯31, 59度, 東経131, 00度)で, それぞれの観測地間の距離は40~60km である。内之浦, 山川においては, OH Meinel band, 酸素分子 atmospheric band, 酸素原子557, 7nm の 3 種類の大気光について同期を取りながら連続観測し, また大隅においては557.7nm 大気光のみを連続観測した。観測の時間分離能は5分である。

今回の地上イメージング観測がターゲットにしているのは水平波長数 km ~100km 程度の大気重力波で, ロケットで酸素原子等の高度プロファイルと同時に図ることにより, 高度プロファイル上に現れる重力波らしき構造とイメージャで観測される水平波状構造の関係を明らかにすると共に, いわゆる“ripple like”な現象の性質等を明らかにすることを目的としている。このため, 地上イメージング観測では以下のパラメータを観測した。

1. 複数の大気光発光層における大気波動水平構造(波長, 位相速度)
2. バックグラウンド光を差し引いた大気光絶対強度分布(大気光強度変動の変動幅)
3. 波状構造高度(2点以上の同時観測が必要)。

このような大気光観測に加え, 今回は観測で得られた大気光画像を LAN 経由で Web サーバへ送り, リアルタイムで Web 表示する試みを実施した。この試みは多観測点の大気重力波出現状況をロケットコントロールセンターで監視し打ち上げのタイミングを決める上で役立つと共に, 今後このようなキャンペーン観測においてはネットワークを利用した密接な相互連絡が実験成功の鍵を握るであろうことを示唆した。この大気光のイメージングの他に OH の回転温度の観測も内之浦で行われた。本光学観測に参加した研究者は以下の通りである。

久保田実, 石井 守(通信総合研究所), 山田喜典, 大西久永, 高橋幸弘(東北大学), 関口宏之(立教大学)の諸氏である。

上記の光学観測に加え, 山川では MF レーダによる中性風の観測, イオノゾンデによる E,F 領域の電子密度, 信楽にある京都大学超高層電波研究センターでは, MU レーダによる風の観

測を行った。電波による観測に従事した研究者は、五十嵐喜良、貝沼昭司(通信総合研究所), 中村卓司(京都大学)である。

## ロケット打上げ

平成12年1月10日00分(日本標準時)を以て、S-310-29号機のタイムスケジュールを開始し、2時には打上げの準備を整えた。天候の回復が予想より遅れ、結局内之浦西方約44.1kmにある山川観測所に設置したイメージャーが連続的に像を捉え始めたのが5時25分で、間もなく内之浦、大隅のイメージャーも像を捉えた。5時50分、ロケットは発射された。発射後43秒に、それまで2HzであったロケットのスピンはYoYoデスピナーで、1Hzに減少し、48秒にラングミュアプローブのガラス管の破壊、50秒後にプローブの伸展と酸素原子測定器の窓開けを行い、ロケットの下降時、341秒に約20,000枚のチャフを収納した4つの円筒を放出した。チャフ追跡に関してレーダは発射後300秒に角度、レンジ共に自動追尾モードから計算機スレーブモードに切り替えた後、310秒にレーダ系の追跡パラメータを設置して341秒のチャフ放出び備えた。チャフ放出直後からレーダはチャフ追尾を開始した。

## 観測結果概要

本編に続く6つの論文で詳細は述べられるが、極めて大まかには以下のようなものである。観測ロケットで得られたパラメータのうち、酸素原子密度[O]は上り下りとも90,100kmにピークがあった。上り下りでピークに高度差はない。また上りでは105kmにもピークが見られた。過去に観測された密度より高めで、「上りの密度が下り密度より高い」のは衝撃波あるいはドップラーシフトの影響があるかもしれない。大気光体積放射率に関しては以下の通りであった。

A(0,0)帯:90kmに主ピーク,100kmに副ピーク,[O]のピークに対応,放射率小さめ2.5kR

G線:90,100kmに双ピーク,[O]のピークに対応,放射率小さめ40R

OH(6,2)834nm帯:データの質悪いが上り下り共87kmにピーク,放射率小さめ400R

電子密度高度分布には、92,102,112kmに幅広(半値幅5km)のEs層がみられた。8年前の実験では[O]と逆位相であったが今回はほぼ同位相である。チャフを用いた風観測では東西成分90.8kmにシア,90.6kmに特異構造が見られる。3つの波長による地上での大気光撮像では、いずれもみかけ水平波長33km程度,周期23分程度,(位相差少)の波構造がみられる。A(0,1)865nm帯は、固有速 $-8\text{m/s}$ ,固有周期70分,層高90km,G線は固有速 $-10\text{m/s}$ ,固有周期50分,層高92km,OH帯(700-950nm,A(0,1)865nm帯除去)では固有速 $-2\text{m/s}$ ,固有周期300分,層高87kmという結果が得られている。この他に、内之浦上空で得られたOH大気光からのOH回転温度は $242 \pm 10\text{K}$ であった。

山川MFレーダー(鉛直分解能 $\sim 7\text{km}$ )観測では1日周期潮汐が卓越し、鉛直波長 $\sim 100\text{km}$ 程度がみられた。南北成分はロケット打ち上げごろ潮汐位相の連続性が切れ、85km付近に強いシアが見られる。このシア領域付近(80-85kmで14-23UT)に、とくに南北成分に周期1時間弱の短周期内部重力波が見られる。

## おわりに

S-310-29号機による実験は、月明かりがないこと、大気光に縞々模様が現れていること、かつ地上観測のために少なくとも2ヶ所が晴天であること、本ロケットの後にASTRO-E衛星打上げが控えていること、の厳しい発射条件を克服して、初期に予定した以上の成果を出して遂行することができた。これは主に、1)発射windowに関する特別な配慮がなされたこと、2)コントロールセンターでの現象リアルタイム表示ができたこと、3)事前観測による現

と, 2)コントロールセンターでの現象リアルタイム表示ができたこと, 3)事前観測による現象発生時間帯が把握できていたこと, の3つの理由によるものであると考える. 実験班の絶妙なチームワークは言うまでもなく実験を成功に導いた key factor であった. これらの要因とは別に私達は極めて幸運であったと思う.

最後に本実験の遂行にあたり, 協力を戴いた所内各位と共に所外関係機関の諸氏に深く感謝の意を表する次第である.

#### **参考文献**

平成11年度第2次ロケット S-310-29号機飛翔実験計画書, 宇宙科学研究所, SES データセンター発行.