

西はりま天文台における大気光全天イメージング観測の報告

久保田実 (1)、塩川和夫 (2)、時政典孝 (3)、石田俊人 (3)

- 1) 独立行政法人情報通信研究機構
- 2) 名古屋大学太陽地球環境研究所
- 3) 兵庫県立西はりま天文台

The third FRON at the Nishi-Harima Astronomical Observatory

Minoru KUBOTA(1), Kazuo SHIOKAW(2), Noritaka TOKIMASA(3), Toshihito ISHIDA(3)

- 1) National Institute of Information and Communications Technology
Nukui-kita-machi, Koganei-shi, Tokyo 184-8795, Japan
mkubota@nict.go.jp
- 2) Solar-Terrestrial Environment Laboratory, Nagoya University
Honohara, Toyokawa, Aichi 442-8507, Japan
shiohawa@stelab.nagoya-u.ac.jp
- 3) Nishi-Harima Astronomical Observatory, Sayo-cho, Hyogo 679-5313
(Received 2004 February 19)

概要

中規模伝播性電離層擾乱 (MSTID) を、光学観測機器、レーダー、GPS-TEC等を用いて総合的に観測する第3回FRONTキャンペーンが2003年5月から6月にかけて実施され、我々はその一環として全天型大気光イメージャを兵庫県立西はりま天文台公園に設置し、3種類の大気光(酸素原子557.7-nm、酸素原子630-nm、OH Meinel帯)の観測実験を行った。その結果、キャンペーン期間中に2例のMSTIDイベントを観測することに成功した。5月21日に観測された最初のイベントは南西に伝播する典型的なMSTIDの特徴を示した。しかしながら、6月7日に観測された2番目のイベントは真夜中過ぎに発生し、波状構造が東方に伝播する珍しいケースであった。本レポートでは、我々の観測の概要と初期結果について報告する。

Abstract

The third FRONT (F-region Radio and Optical measurement of Nighttime TID) campaign was carried out during the new-moon period of May-June 2003, in order to investigate the medium-scale traveling ionospheric disturbances (MSTID) at mid-latitude. As a part of this campaign, we installed an airglow imager at Nishi-Harima Astronomical Observatory, and observed three airglow emissions of OI 557.7-nm, OI 630-nm, and OH Meinel bands during the campaign period. In this observation, we found two MSTID events, which appeared as propagating wave structures in the 630-nm airglow. The first event on May 21st was a typical MSTID propagating southwestward. However, the second one on June 7th was a rare case which appeared after midnight and propagated eastward. In this report, we present an overview and initial results of our experiment.

Key words: Airglow, MSTID, F-region

1. はじめに

高度 300km 程の上空には電離層 F 層と呼ばれる、電子やイオンを多く含む、大気層がある。この電離層 F 層に大きな変動が生じると、衛星通信の電波が乱れたり、GPS ナビゲーションに誤差が生じたりすることが知られている。また、日本上空では夏季に高い頻度で、あたかも波が幾重にも押し寄せてくるような、特異な電離層擾乱が発生することが Shiohara et al. [2003]によって報告されている。この現象は中規模伝播性電離層擾乱（以下 MSTID）と呼ばれるが、その成因が従来の理論では説明しきれないなど、謎の部分が多い。

この MSTID を、光学観測機器、レーダー、GPS-TEC 等の様々な手法を用いて総合的に観測する事を目的とした第3回 FRONT キャンペーン（以下 FRONT3）が 2003 年5月から6月にかけて実施された。FRONT3 では、新たな試みとして MSTID の南北両半球同時観測を行うため、日本各地とその共役点となるオーストラリアに観測装置が配置された。我々はその一環として全天型大気光イメージャ（以下 イメージャ）を兵庫県立西はりま天文台公園（以下 西はりま）に設置し、大気光の観測を行った。酸素原子 630-nm 大気光中には TID に伴って伝搬性の波状構造が現れることが知られている。図1に観測地、観測機の視野などを示す。FRONT3 の期間中は、西はりまに程近い信楽 MU 観測所（以後 信楽）や、みさと天文台においてもイメージング観測を実施しており、これによって観測可能範囲が広がるとともに、2点同時観測による大気光中の波状構造の高度推定なども可能となる。

2. 観測概要

西はりまで観測に使用されたイメージャは情報通信研究機構（以下 NICT）で開発された [久保田 他, 2002]。図2に、このイメージャの概略図を示す。イメージャは5枚の光学フィルターが乗ったフィルターターレットを装着しており、表1に示すような5波長の撮像ができる。FRONT3 の期間中はこのうち、酸素原子 558-nm、酸素原子 630-nm、OH 分子近赤外大気光を連続して繰り返し観測した。それぞれの対する観測時間分解能は 5.5 分である。また、30分に1度の割合で背景光の撮像を行った。

観測地の兵庫県立西はりま天文台公園は、姫路市から北西に 40km ほどに位置し、電源やネットワークが完備している上に、市街光の影響も少ない観測好適地である。大気光強度の観測精度を下げる要因となる背景光は、主に、大気中の微粒子による市街光の散乱、天の川などの星の光、黄道光などの惑星間空間での太陽光の散乱によって発生すると考えられる。西はりまの市街光の影響を評価するため、西はりまの背景光強度を、2003 年 12 月より同じイメージャで観測を実施している NICT 山川電波観測所（鹿児島県山川町）の背景光強度と比較したものが図3である。これによると、西はりまの背景光データのカウンタ数は山川の半分程度であり、観測条件が良好であることが分かる。

イメージャは西はりま天文台管理等の屋上に設置され（図4）、インターネットを介して東京都にある NICT 小金井本部からコントロールできるようにネットワークに接続された。観測された大気光イメージは直ちに NICT 内の Web サーバーに転送され、リアルタイムで Web 公開された。これにより、装置の動作状況や、西はりまの天候の状況、大気光波状構造の出現などが、どこからでも把握できることとなった。

3. 観測結果

図5に FRONT3 期間中の西はりまにおけるイメージング観測のイベントログを示す。5月23日から6月2日にかけては、観測機の不調（コントロール用 PC のクラッシュ）により観測がで

きなかった。快晴もしくは一部曇りの条件で観測ができたのは5日間で、そのうち5月21日と6月7日の2晩MSTIDが観測された。

図6に5月21日の12:20 UT頃から16:40 UT頃にかけて、西はりまと信楽で得られた630-nm大気光の全天イメージを示す。北東から南西に伝播する波状構造が現れているのが見て取れる。図から読み取られる波状構造の水平波長は約300km、水平伝播速度は約200 m/s、伝播方向は南西向きであった。この波動特性や、出現時間帯が夜半前である点は、この季節に日本上空で頻繁に観測される典型的なMSTIDの特性と合致する[Kubota et al., 2000; Saito et al., 2001]。

図7に6月7日の夜半過ぎに、西はりまで得られた630-nm大気光の全天イメージを示す。それぞれの画像中の東側の部分に、伝搬性の波状構造がかすかに見えている。この時に見られた波状構造は、上記の典型的なMSTIDとは異なり、伝播方向が東向きであった。

4. 考察

図8は、この波状構造の存在する高度を150kmまたは250kmと仮定して、西はりまと信楽で観測された波状構造の画像を地図上に投影し、モザイク的に並べた図である。高度150kmを仮定した場合、中央の1本の縞は、ずれて投影されている。一方、高度250kmを仮定した場合は、縞はほぼ合致する位置に投影される。このように、高度の仮定を変えて、2点から観測された大気光画像を地図上に投影し、縞模様の合致具合を比べることにより、実際にその波状構造が存在する高度を推定することができる[Kubota et al., 1999]。図8の結果は5月21日に出現した630nm大気光波状構造の高度が、約250kmであることを示す。

大気光イメージをいくつかの小さいグリッドに区切って、それぞれのグリッド内で上記のような高度推定を行うことによって、波状構造の部分ごとの高度推定が可能となる。今後の研究の中で、このような解析を行うことは、日本上空のMSTIDの仕組みを解明する上で有用であると考えられる。

5. まとめ

FRONT3 期間中に観測機の不調に見舞われ、残念ながらかなりの日数が欠測となってしまったが、それでも2例のMSTIDを西はりまで観測することができた。そのうちの1例は、通常のMSTIDとは伝播方向が異なる特殊なものであり、今後MSTIDの仕組みを解明する上で貴重なデータとなることと思う。

参考文献

- Kubota, M., M. Ishii, K. Shiokawa, M. K. Ejiri, and T. Ogawa, Height measurements of nightglow structures observed by all-sky imagers, *Adv. Space Res.* Vol. 24, No. 5, 593-596, 1999.
- Kubota, M., K. Shiokawa, M. K. Ejiri, Y. Otsuka, T. Ogawa, T. Sakanoi, H. Fukunishi, M. Yamamoto, S. Fukao, A. Saito, and S. Miyazaki, Tracking of Wave-like Structures in the OI 630-nm Nightglow over Japan Using an All-sky Imagers Network during FRONT Campaign, *Geophys. Res. Lett.*, vol.27, 4037-4040, 2000.
- 久保田実、石井守、大山伸一郎、村山泰啓、C R L全天型大気光イメージャのこれまでの成果と今後の研究課題、通信総合研究所季報、vol.48、No.2、145-154、2002年6月。
- Saito, A., M. Nishimura, M. Kubota, K. Shiokawa, M. Yamamoto, S. Fukao, T. Ogawa, Y. Otsuka, M. Ishii, T. Sakanoi, Y. Kiyama, K. Igarashi, and S. Miyazaki, Traveling ionospheric disturbances detected in the FRONT Campaign, *Geophys. Res. Lett.*, vol.28, 689-692, 2001.
- Shiokawa, K., C. Ihara, Y. Otsuka, and T. Ogawa, Statistical study of nighttime medium-scale traveling ionospheric disturbances using midlatitude airglow images, *J. Geophys. Res.*, 108(A1), 1052, doi:10.1029/2002JA009491, 2003.

表1 観測に使用したフィルターの波長特性

チャンネル	観測対象	フィルター透過 中心波長	フィルター透過 半値幅
0	酸素原子大気光	558.4 nm	2.8 nm
1	酸素原子大気光	630.35 nm	3.3 nm
2	OH大気光	680 nm以長を透過。 865 nm付近にノッチ。	
3	ナトリウム大気光	589.6 nm	3.0 nm
4	背景光	572.3 nm	2.8 nm



図1 観測地（西はりま、信楽、美里）の位置。西はりまから全天イメージャで 630-nm 大気光を観測した際の観測可能範囲（発光高度 250 k m、観測機視野 140 度を仮定）を示す。

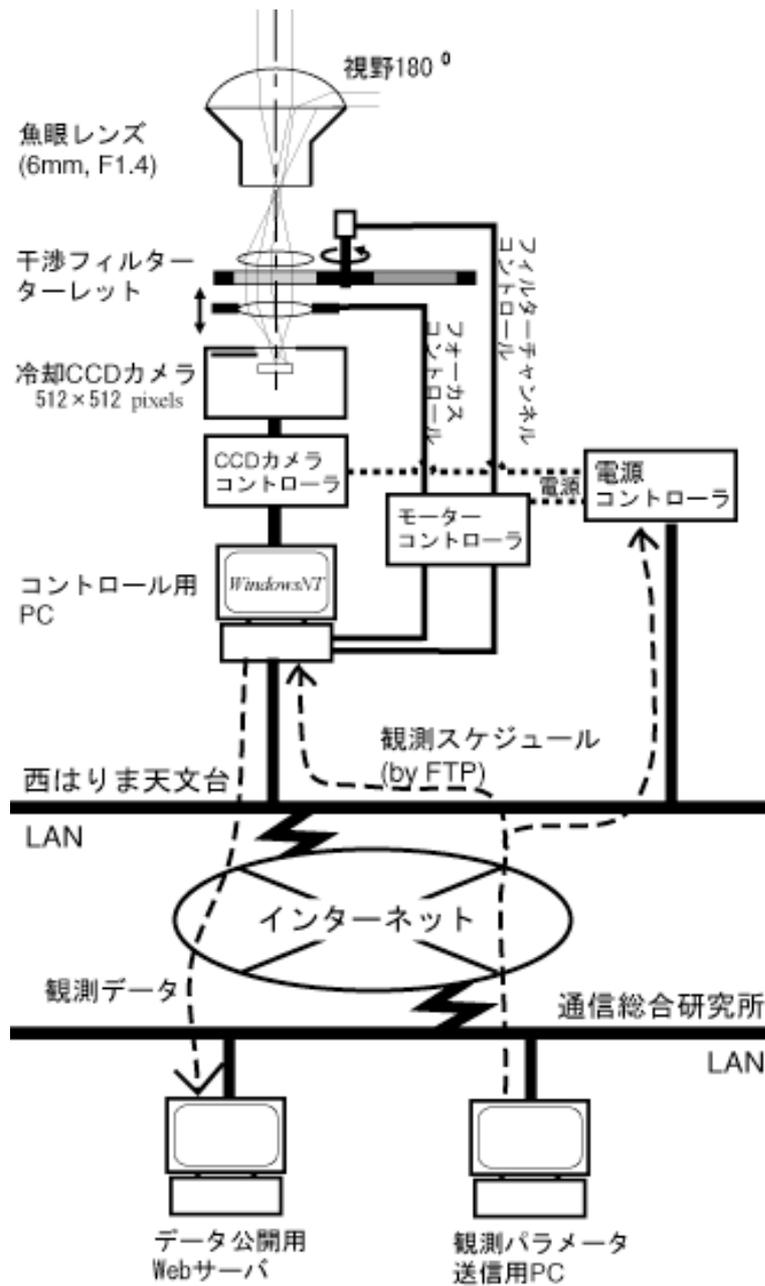


図2 西はりまに設置された全天型大気光イメージャのシステム概略図。イメージャはインターネット経由で通信総合研究所内からコントロールされ、また観測データはリアルタイムで Web 公開された。



図3 西はりまと山川の同時刻の背景光（572-nm）イメージの比較。カラーバーが背景光強度に対応する。季節が違うので星や天の川の位置が異なっているが、西はりまの背景光強度は概ね山川の半分程度である。



図4 （左）西はりま天文台北館。（右）北館スタープラザに設置された全天型大気光イメージャ。観測時には、イメージャには空調付の格納箱がかぶせされ、無人で運用された。

FRONT3 observation schedule and status at Nishi-Harima Astronomical Observatory 19 May - 9 June, 2003

: fine weather
 : partially cloudy
 : mostly cloudy
T : MSTID
W : Gravity Wave

UT	11:00-	11:30-	12:00-	12:30-	13:00-	13:30-	14:00-	14:30-	15:00-	15:30-	16:00-	16:30-	17:00-	17:30-	18:00-
JST	20:00-	20:30-	21:00-	21:30-	22:00-	22:30-	23:00-	23:30-	00:00-	00:30-	01:00-	01:30-	02:00-	02:30-	03:00-
19-May-03															
20-May-03	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W	W				
21-May-03				TW	W	W									
22-May-03															
06-Jun-03															
07-Jun-03								W	W	W	W	W	TW	TW	TW
08-Jun-03															
09-Jun-03															

図5 FRONT3 期間中の西はりまにおけるイメージング観測のイベントログ。「T」と表示された時刻に MSTID が発生した。また、「W」は 558-nm 大気光中に重力波構造が現れたことを示す。

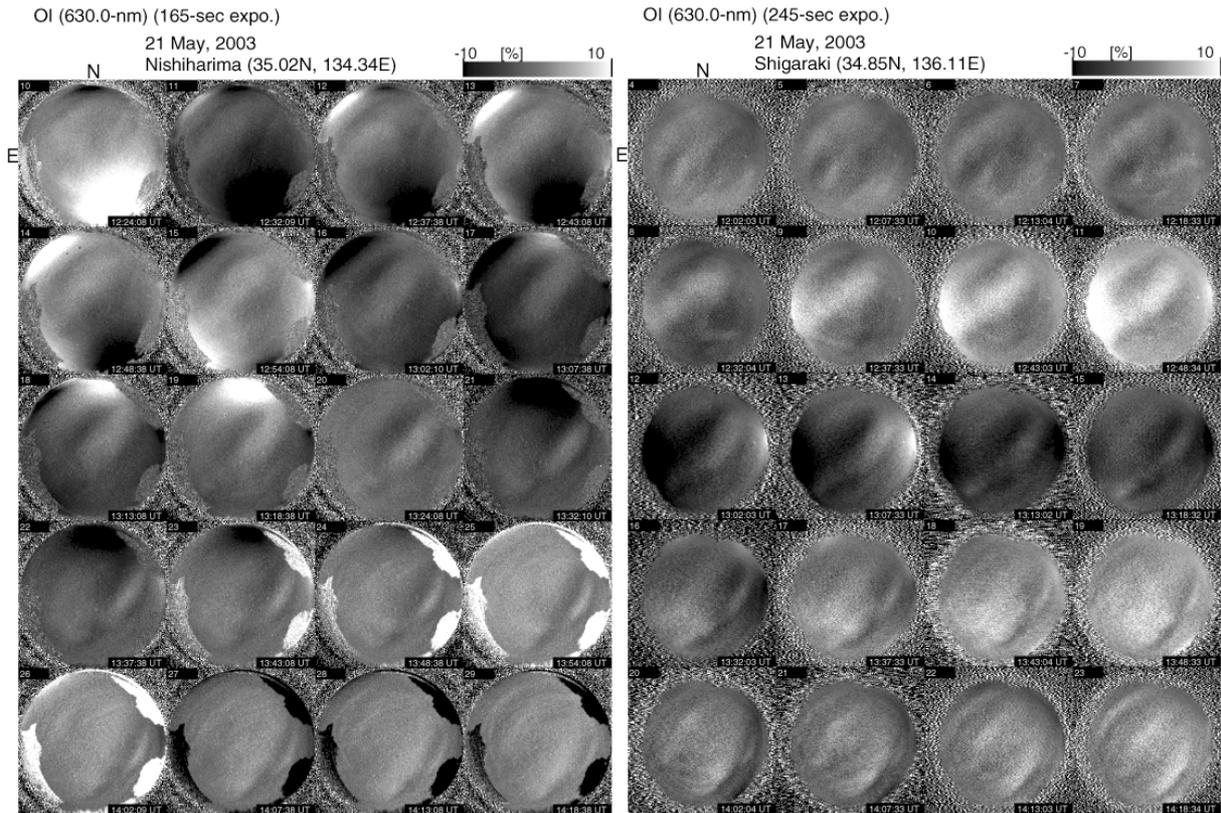


図6 5月21日の12:20 UT頃から16:40 UT頃にかけて、西はりま(左)と信楽(右)で得られた630-nm大気光の全天イメージの連続表示。カラーは、1晩平均した大気光強度からの偏差を示す。

OI (630.0-nm) (165-sec expo.)

07 June, 2003

Nishiharima (35.02N, 134.34E)

-10 [%] 10

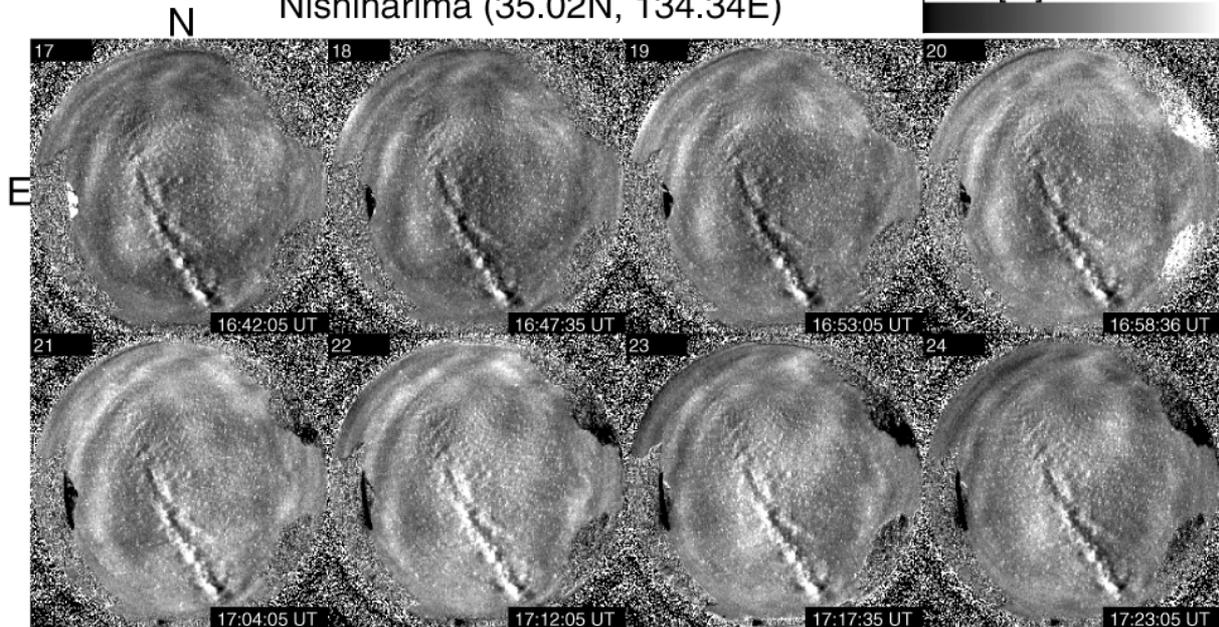


図7 6月7日の晩の16:42 UTから17:23 UTにかけて、西はりまで得られた630-nm大気光の全天イメージの連続表示。カラーは、1晩平均した大気光強度からの偏差を示す。それぞれの画像中を南南西から北北東に横切るのは天の川。

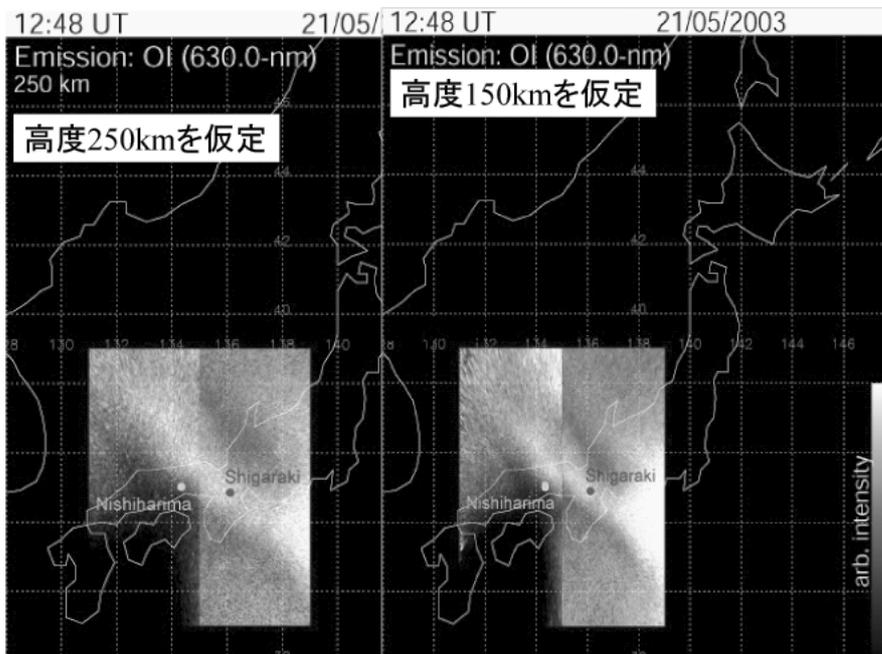


図8 5月21日の12:48 UTに西はりまと信楽で観測された630-nm大気光イメージを、発光高度を150km(右)または250km(左)と仮定して、モザイク的に並べて地図上に投影してある。高度150kmを仮定した場合、中央の1本の縞は、ずれて投影されている。一方、高度250kmを仮定した場合は、縞はほぼ合致する位置に投影されている。