

FORMOSAT-2 衛星搭載 ISUAL によって観測されたオーロラアークのダイナミクス Dynamics of auroral arcs observed by the FORMOSAT-2/ISUAL

長内 正一 [1]; 福西 浩 [2]; 高橋 幸弘 [2]; 小野 高幸 [3]; Hsu Rue-Ron [4]; Su Han-Tzong [4]; Chen Alfred Bing-Chih [4]; Frey H.U. [5]; Mende S.B. [5]; Lee Lou-Chuang [6]

Masakazu Osanai [1]; Hiroshi Fukunishi [2]; Yukihiro Takahashi [2]; Takayuki Ono [3]; Rue-Ron Hsu [4]; Han-Tzong Su [4]; Alfred Bing-Chih Chen [4]; H.U. Frey [5]; S.B. Mende [5]; Lou-Chuang Lee [6]

[1] 東北大・理・地球物理; [2] 東北大・理・地球物理; [3] 東北大・理; [4] 台湾成功大・物理; [5] U.C.Berkeley; [6] NSPO
[1] Dept. Geophysics, Tohoku University; [2] Dept. of Geophysics, Tohoku Univ.; [3] Department of Astronomy and Geophysics, Tohoku Univ.; [4] Cheng Kung Univ.; [5] U.C.Berkeley; [6] NSPO

台湾の国立成功大学、アメリカのカリフォルニア大学バークレー校宇宙科学研究所、日本の東北大学の研究チームと台湾の宇宙機構 (National Space Organization, NSPO) が共同で開発した ISUAL 観測器は、FORMOSAT-2 衛星に搭載され、スプライトとオーロラ・大気光の光学観測を 2004 年 7 月以降定常的に行っている。ISUAL は宇宙空間から地球のリム方向を光学観測するため、大気による減光の効果を受けずにオーロラの高度プロファイルをとらえることができる。また、ISUAL は水平方向に約 1000 km の視野を持っており、中規模 (数 100 km 程度) のオーロラのダイナミクスの研究に適している。これらの特徴は、過去の衛星観測や地上観測では実現することのできない FORMOSAT-2 衛星のユニークな点である。ISUAL は現在までに 20 例以上のオーロラを観測している。得られたデータには、オーロラがカーテンの様に揺らめくもの、カールをしているもの、30 km/s 以上のストリーミングが観測されるものを含むディスクリートオーロラや、様々な規模でぼんやりと光るディフューズオーロラが含まれる。これらの観測は主に 557.7 nm (OI) か 427.8 nm () のフィルターを用いて行われている。また、ISUAL は他衛星や地上観測との同時観測も成功させている。特に、その中でもれいめい衛星との同時観測は、2 つの衛星からローカルなオーロラを撮像した世界初の例である。

本論文の大きな目的のひとつは、ISUAL オーロラ観測の特徴を生かし、そのデータの詳細な解析によって、中規模オーロラダイナミクスの中で未解明の問題として残されているストリーミング現象の発生機構を明らかにすることである。ISUAL は 2004 年 8 月 31 日 17:46:06 - 17:49:04 UT に、典型的なストリーミング現象を含むオーロラを好条件でとらえることに成功した。このオーロラは、磁気嵐の回復期に、オーバルの極側 (磁気緯度約、磁気経度約) で観測された東西に約 1000 km 以上延びるアーク状のものである。観測開始時は 33 kR 程度の明るさであったが、徐々に明るさを増し、オーロラアークが視野からはずれる 17:48:00 UT には 200 kR 以上の明るさとなった。また 17:46:40 UT 付近に、オーロラアーク中にストリーミング現象が出現し、17:48:00 UT まで継続的に観測された。

このオーロラアークを生成している降下電子のエネルギー分布を推定するために、ISUAL によって観測された発光高度分布にオーロラ発光モデル [Ono, 1993] によって計算された分布をフィッティングした。その結果、平均電子エネルギー約 4 keV のガウス型エネルギー分布をもった電子の降り込みを仮定したモデル計算がよい一致を示した。

また、17:46:40 UT 付近から観測され続けたオーロラアーク中のストリーミングは、約 5 ~ 30 km/s の速度でオーロラアークに沿う方向に移動していることが解析により判明した。このストリーミングは初め、主に西向きに移動していたが、17:47:21 UT には西向きから東向きへ突然伝搬方向が変化する現象が観測された。ストリーミングの移動速度とストリーミングを繰り返す周期から、ストリーミングの生成源として Inertial Alfvén 波を候補に挙げ、解析を行った。その結果、ストリーミングの速度ベクトルとオーロラアークの形状の時間変化から、ストリーミングの移動方向が変化した前後の時間に、オーロラアークが大きく形を変えていることが明らかになった。この情報を元にストリーミングを生成するメカニズムとして、Inertial Alfvén 波の波束がオーロラアーク上を通過する部分が増光し、ストリーミングとして観測されると考えた。このメカニズムは観測されたストリーミングの移動方向や速度 (5 ~ 30 km/s)、オーロラアークに沿う幅の変化をオーロラアークの形状を考慮することで説明することができる。また解析を行ったイベントでは、Inertial Alfvén 波の位相速度の磁力線垂直成分は約 3.5 km/s と見積られた。

この研究によって、オーロラダイナミクスの中で重要な研究課題として残されていたストリーミング現象が Inertial Alfvén 波によって作り出されている確かな証拠が得られた。さらにこのストリーミング現象と様々な異なるスケールのオーロラダイナミクスとの関係の解明が今後の重要な研究課題として考えられる。