

磁気共役オーロラの発光強度比較

重信 薫¹、田口 真²、佐藤 夏雄³、門倉 昭⁴

¹ 立教大学理学部物理学科

² 立教大学理学部物理学科

³ 国立極地研究所

⁴ 国立極地研究所

Emission intensity comparison of geomagnetic conjugate auroras

Charged particles captured with the magnetic equatorial plane in the magnetosphere precipitate into the polar upper atmosphere along geomagnetic field lines, and they release their energy as an aurora by colliding with the atmospheric atoms and molecules (mainly oxygen and nitrogen). Therefore, the aurora has a lot of information on the magnetosphere, acceleration region and upper atmosphere. In order to compare brightness, shape and appearance frequency of auroras in the northern and southern hemispheres, imaging observations of aurora at geomagnetic conjugate points has been conducted. Auroral conjugacy is often broken by north-south asymmetry of field-aligned acceleration regions that exist at altitudes of 3000~10000 km. We compare emission intensities of $N_2^+ 1NG$ that are proportional to particle energy. During the campaign observation period in September, 2010 we have obtained images of quiet aurora both in the northern and southern conjugate points simultaneously with good quality. The results of quantitative analysis is presented.

1. はじめに

オーロラは磁気赤道面で地球磁場に捕えられた荷電粒子が、磁気圏から磁力線に沿って南北の極地方の高層大気に入射し、衝突することにより原子や分子(主に酸素や窒素)を励起させ、それらが基底状態に戻る際に光を放つという発光現象である。このため、オーロラは磁力線上の様々な情報を持っている。そこで、一本の磁力線で結ばれた南北両半球の地点(これを磁気共役点と呼ぶ)で同時観測を行うことにより、オーロラの明るさや形状や出現頻度を南北両半球で比較し、その環境の違いを推察することができる。一般に磁気共役点で観測されたオーロラは同時刻で同じような形状になり、これをオーロラの共役性と呼んでいる(図1参照)。しかし、オーロラの共役性は、磁気圏や電離圏の状態に伴い変化するために、共役性は常に保たれているわけではない。よく似たオーロラが数分間でまったく似てないオーロラに急変することや、オーロラ嵐のような動きが活発で明るさの変動が激しいオーロラは、ほとんど似ていない場合が多い。この非共役性の原因の一つとして考えられているのが、地上3000~10000km付近に存在する沿磁力線加速領域における南北の非対称性である。本研究では、磁気共役点オーロラの発光強度を比較する。これを調べることにより、非共役性の原因の一つである沿磁力線加速領域の南北の違いについての情報が得られる可能性がある。

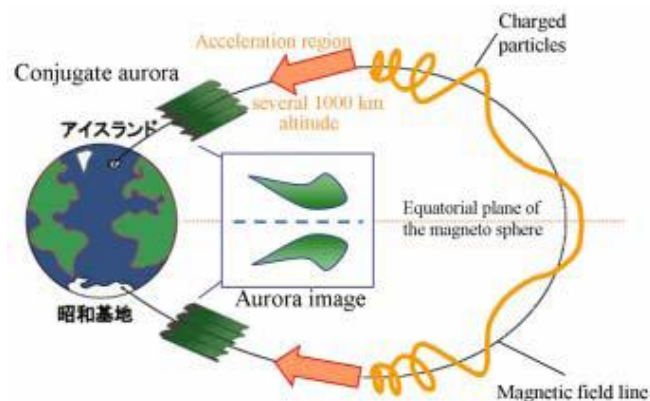


図1. 磁気共役オーロラの模式図。磁気圏や電離圏の環境、大気の組成が同じであるならば、南北両半球で同じ形状及び同じ発光強度が観測されるものと思われる。[Asozu et al. 2005]

2. 目的

現在、地磁気共役オーロラについての研究は主に形状や時間変動の違いについて議論されてきたが、本研究では共役点オーロラの発光強度比に焦点を当てている。よって、同じ手法で感度校正された同型の全天単色イメージャーを設置し、2010年9月7日から2010年9月14日の間にアイスランド・フッサフェルと南極・昭和基地で同時観測したデータを用いて、南北の発光強度比を導出する。そして、その値及び地磁気や太陽風の状態を示すデータ事

実をもとに沿磁力線加速領域の南北の違いを推察する。

3. Conjugate Aurora Imager(CAI)による観測

本研究で用いる観測装置である全天単色イメージャーの CAI は、アイスランド・フッサフェルと南極・昭和基地との間の同時観測用に 2 台作製された。フッサフェルに設置されている CAI-N は 2005 年 8 月末に民間人所有の農場に設置を行った。制御と管理のための PC は同氏の家の一室である観測室に置かれており、連絡ケーブルで接続されている(図 2 参照)。昭和基地に設置されている CAI-S は 2005 年 3 月に第 46 次南極越冬隊によって昭和基地光学棟に設置されたものであり、両 CAI 共に同年 9 月から毎年春分・秋分の期間に同時観測を行っている。CAI は全天 180 度の視野を持ち、干渉フィルターを用いて単波長の観測を可能にしている。本研究で用いるオーロラの発光は N_2^+1N であるので、干渉フィルターの中心波長は 427.8nm のものを用いて行った。撮像検出には CCD を用いており、蓄積された電荷はプリアンプにより増幅され、16bit のデジタル信号に変換させることにより、デジタルデータとして情報を取得している。両 CAI にはステッピングモーターを用いた月隠しが設置されており、新月期以外の期間での観測が可能となっている。また、昭和基地の CAI は CCD カメラの修理のため国内に持ち帰っており、代わりに全天単色イメージャー(ASI)を用いた。それぞれの地理座標と地磁気座標における緯度・経度を表 1 に示す。地磁気座標は国立極地研究所のオーロラ世界資料センターの IGRF モデルにより不変磁気緯度と磁気経度を求めている。表から分かるように、フッサフェルと昭和基地の共役点は磁気経度にして約 6° 異なっていることがわかる。

表 1. 観測地点の座標

場所	G-LAT	G-LON	I-LAT	M-LON
Husafell	64.67°	338.97°	65.66°	66.64°
Syowa	-69.00°	39.58°	66.53°	72.53°

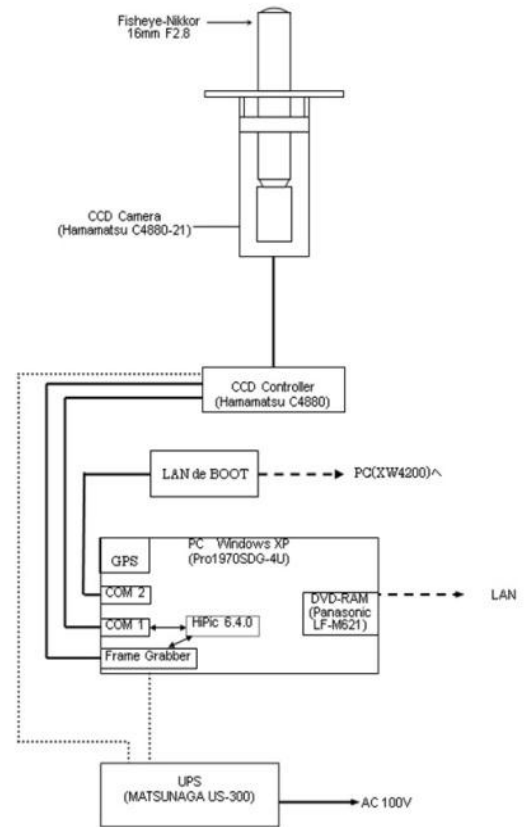


図 2. 観測装置概要。GPS は現在使用していない。

CAI を用いた南北同時観測は、年 2 回の分点付近の合計 2 ヶ月である。2010 年度の秋分の日は 9 月 23 日であったが、満月も 9 月 23 日であることを考慮して、2010 年 9 月 7 日から 2010 年 9 月 14 日の 8 日間同時観測キャンペーンを行った。このキャンペーンのうち両観測点において共に晴れでかつオーロラが見られたのは 9 月 13 日の 1 晩のみであり、共役点オーロラが観測できたのはおよそ 20 分足らずであった。この日のオーロラの形態の概形と天候の状況の概要を図 3 に示す。本研究ではこの晩のデータについて解析を行う。

発光強度を比較するにあたって、オーロラのタイプによって異なる比較方法を用いる。ディスプレイートオーロラに対しては発光強度の上位 30% の平均値を用いて比較を行う。これに対してディフューズオーロラでは、先ほどの比較方法と、磁気共役点にあたる部分で画像を切り取り、その領域内で放つ全光子数について積分した値を用いた比較方法の両方を用いる。

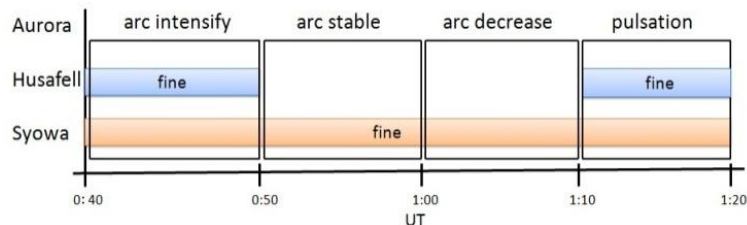


図 3. 2010 年 9 月 13 日の天候状況とオーロラ形態の概要。帯はオーロラの存在を示している。

4. 参考文献

- 遊津拓洋, 全天イメージャーを用いた地磁気共役オーロラの南北絶対発光強度比較, 修士論文, 2005.
- 福西浩. 国分征. 松浦延夫, 南極の科学 2, 国立極地研究所編, 1983.
- オーロラ世界資料センター, <http://polaris.nipr.ac.jp/~aurora/indexJ.html>