

## フリッカリングオーロラの空間構造とその発生機構

### Spatial structures and generation mechanisms of flickering auroras

# 坂野井 和代[1], 福西 浩[2]

# Kazuyo Sakanoi[1], Hiroshi Fukunishi[2]

[1] 通総研, [2] 東北大・理・地物

[1] CRL, [2] Department of Geophysics, Tohoku Univ.

フリッカリングオーロラは、大規模なオーロラアーク中に内包される、直径数 km のコラム状（底面はスポット状）構造の現象であり、数 Hz の発光強度変動を示す。これらの空間・時間スケールはオーロラ現象の中では、微妙かつ高速なものであり、加えてフリッカリングオーロラを内包するオーロラアークそれ自体が、活発な時間変動を示すために、この現象の性質を光学観測によって捉えることは非常に困難である。これまで、フリッカリングオーロラの空間・時間変動を詳細に調べた光学観測は数例しか報告されていない。一方で、地上 TV カメラとロケットとの同時観測により、フリッカリングオーロラの発光強度変動は、電離圏に降り込んでくる電子フラックスの変動（沿磁力線電子バーストと呼ばれる）によって引き起こされることがわかっており、その発生機構として高度 1,000 ~ 10,000 km に存在するオーロラ粒子加速領域における波動粒子相互作用が提案されている。この相互作用を起こす波動の有力候補として、沿磁力線方向に電場成分を持つ分散性アルヴェン波動（Dispersive Alfvén wave）が考えられている。しかしながら、上述の光学観測の困難さが障壁となり、フリッカリングオーロラの性質とその発生機構に関してはあまり研究が進んでおらず、未解明の点が数多く残されている。

フリッカリングオーロラの詳細な性質を捉えその発生機構を解明するために、高速イメージングフォトメータシステムを用いて、南極昭和基地（69.00S, 39.58E, -66.2 MLAT, MLT=UT+5 分）において観測を行った。この観測データを解析した結果、以下のような新しい重要な結果が見出された。その性質は下記の通りである。隣り合ったフリッカリングスポット（コラム）は、明暗の対を構成し強度変動がほぼ逆位相の周期性を示す。一方で、独立した周期変動を示す単独のフリッカリングスポット（コラム）も観測された。これらいずれのフリッカリングスポット（コラム）もその継続時間内には、ほぼ固定された場所で観測され、発光強度が明から暗、暗から明に移り変わる際に、その空間構造がボケる、つまり水平方向に伝搬しないという性質を示した。

これらの性質からフリッカリングオーロラの発生機構について考察を行った。まず始めに、上記の時間・空間スケールと分散性アルヴェン波動の線形理論から導かれる波動の時間・空間スケールを比較した。この結果、フリッカリングオーロラの時間・空間スケールは、高度 2,000 - 5,000 km のオーロラ粒子加速域における分散性アルヴェン波のスケールと整合的であった。また、フリッカリングを引き起こす電子フラックス変動の発生機構として、分散性アルヴェン波の沿磁力線電場と降下電子のランダウ共鳴を仮定すると、共鳴条件から見積もられたエネルギー範囲は、沿磁力線電子バーストのエネルギー範囲と整合的である。これら 2 つの結果は、観測されたフリッカリングオーロラが、高度 2,000 - 5,000 km のオーロラ粒子加速域において、分散性アルヴェン波と降下電子フラックスが相互作用することにより発生することを示すものである。

また、フリッカリングオーロラの空間構造と時間発展を作り出す物理機構として、以下のようなモデルが考えられる。分散性アルヴェン波の理論から、波動の励起源が小さい場合には、これらの波動は磁力線に沿った非常に狭い領域（共鳴円錐）内を伝搬する性質が導かれる。また、昭和基地上空における波動伝搬モデルの計算結果も同様の性質を示し、特に高度 2,000 km 以上では、ほぼ磁力線に沿って伝搬する様子が確認された。これらの性質から、波動の励起源が磁力線垂直方向に局所的な構造を持っている場合、分散性アルヴェン波動は磁力線に沿った非常に狭い領域内に捕捉されることがわかる。そこで、高度 2,000 - 5,000 km のオーロラ粒子加速域における、2 つの分散性アルヴェン波の合成波のモデル計算を行った。その結果、磁力線垂直方向の伝搬ベクトルが 2 つの波動間で逆向きの場合、波動粒子共鳴領域における合成波の空間構造や時間発展の性質は観測されたフリッカリングオーロラの性質と良い一致を示した。また近年オーロラ粒子加速域の衛星観測や実験室プラズマ内での分散性アルヴェン波動の実験から、電離層アルヴェン共鳴円錐構造や 2 つの共鳴円錐の相互作用により、磁力線垂直方向に微細な構造が作り出されることが示されている。以上すべての結果から、観測されたフリッカリングスポットやコラムの空間構造と時間発展は、複数の分散性アルヴェン波動とその共鳴円錐の相互作用によって作り出されたと考えられる。

謝辞：レイトレーシングモデル計算の結果を提供して下さった、京都大学情報学研究科の笠原禎也氏に感謝いたします。