

フラッシュオーロラにおけるコーラス波動の周波数帯域の影響評価

千田 哲平 (金沢大学)・尾崎 光紀 (金沢大学)・八木谷 聡 (金沢大学)

1. 背景・目的

宇宙環境において高エネルギー荷電粒子が人工衛星の故障や船外活動をしている宇宙飛行士の被ばくを引き起こすという問題が確認されている。オーロラは高エネルギー荷電粒子が磁力線に沿って移動し、地球上層大気と衝突することで発光する現象である。つまり、問題を解決するためにはオーロラを地上で観測し、高エネルギー荷電粒子の振る舞いを知ることが重要となる。本研究ではフラッシュオーロラに注目する。フラッシュオーロラとは数 keV から数十 keV の荷電粒子が地上に降下することで発光し、1 秒以下で突発的に発光するオーロラである。コーラス波動と荷電粒子が磁気赤道付近で波動粒子相互作用を起こすことで荷電粒子が地上に降下し、フラッシュオーロラを発生させる。

本研究では、コーラス波動のレイトレーシング解析よりコーラス波動の周波数帯域がフラッシュオーロラの発光にどのような影響を与えるかを考察することを目的とする。

2. Lower band 周波数でのシミュレーション

レイトレーシング解析を用いてフラッシュオーロラの再現を行った。レイトレーシング解析とはコーラス波動の伝搬解析手法のことで、発生域として円錐状のポイントソースモデルを考え、コーン角で円錐の広がりを与えるものとする。今回はコーラス波動が磁気赤道付近から磁気緯度 10 度まで伝搬すると仮定してシミュレーションを行った。

コーラス波動が Lower band 周波数(0.2-0.5 fce)のみ持つ場合のフラッシュオーロラのケオグラムを図 1 に示す。fce とは磁気赤道のサイクロトロン周波数のことを示す。拡大時間が 0.20 秒、縮小時間が 0.15 秒となり、拡大時間の方が少し長くなっていることが分かる。この場合では、先行研究[1]の統計解析より示されているフラッシュオーロラの時間特性(縮小時間>拡大時間)を再現できない。

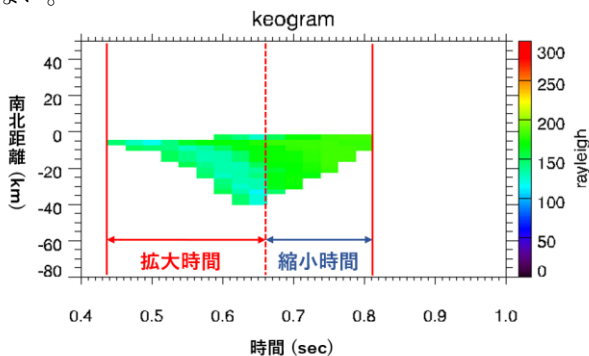


図 1 Lower band 周波数までのコーラスに対するフラッシュオーロラのケオグラム

3. Upper band 周波数でのシミュレーション

コーラス波動が Lower band 周波数だけでなく、Upper band 周波数(0.5 fce 以上)も含む場合のフラッシュオーロラのケオグラムを図 2 に示す。今回は最大周波数を 0.7 fce とした。図 2 より、拡大時間が 0.45 秒、縮小時間が 1.07 秒となり、縮小時間の方が約 2.3 倍長くなっていることが分かる。この場合においてはフラッシュオーロラの時間特性(縮小時間>拡大時間)を再現することができた。この結果より、コーラス波動の最大周波数がフラッシュオーロラの縮小時間を決める大きな要因となっていることが分かる。これはコーラス波動の最大周波数が高くなるほど磁気赤道付近と高緯度付近の粒子の降下時間の差が大きくなるのに加え、オーロラ発光に寄与する粒子(エネルギー50keV 以下)が増加したことが原因であると考えられる。

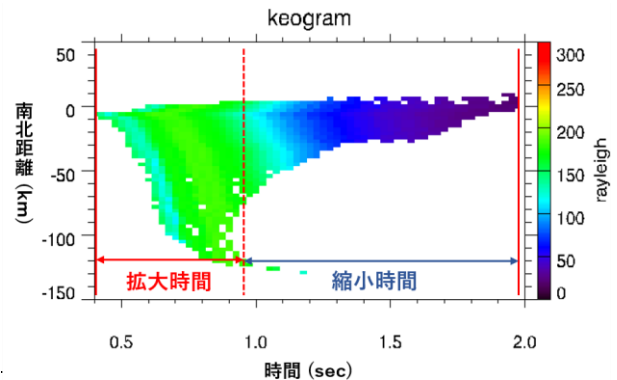


図 2 Upper band 周波数を含むコーラスに対するフラッシュオーロラのケオグラム

4. まとめ

今回、レイトレーシング解析を用いてフラッシュオーロラを再現し、Lower band 周波数と Upper band 周波数それぞれの周波数帯域がフラッシュオーロラに与える影響を解析した。再現したフラッシュオーロラのケオグラムより、フラッシュオーロラの縮小時間が拡大時間よりも長いという時間特性を再現するためにはコーラス波動が lower band 周波数だけでなく Upper band 周波数を含む必要があることが分かった。

今回はシミュレーション結果のみの考察だが、今後は観測データとの詳細な比較を行って解析していく。

5. 参考文献

[1] M. Ozaki et al. [2021] "Spatial Evolution of Wave-Particle Interaction Region Deduced from Flash-Type Auroras and Chorus-Ray Tracing," JGR Space Physics.