

# オーロラの美は方程式で描けるか

上出 洋介（名古屋大学太陽地球環境研究所）

極地の夜空に音もなく舞うオーロラ。全天を覆うオーロラを見たものは、その美しさ、この世のものとは思えない荘厳さに、一様に言葉を失う。

オーロラはどのようにして光るのか、乱舞する色彩の正体は何なのか。科学者はオーロラのメカニズムを説き明かそうと、思考と実験と理論の組み立てを試みてきた。

断っておくが、私を含めオーロラだけを研究している科学者は世界じゅうに誰もいない。とは言うものの、私の知っている第一線の研究者の多くが、天を焦がすオーロラにとりつかれ、その魅力から逃れられなくなっていることも事実だ。

オーロラは、太陽と地球の空間で起きている様々な現象のうち、たまたま人間の目に見える現象の一つにすぎない。科学者がオーロラを追いかけるのは、それによって太陽と地球との関係や地球周辺の電磁環境が、今よりももう少し詳しく分かるかもしれないと期待するからである。逆の言い方をすれば、太陽と地球の間の宇宙空間の諸現象の究明からオーロラの正体が見えてくるかもしれない。

---

## 宇宙から見るオーロラはドーナツ形

地球が巨大な磁石であることはよく知られている。理科の教科書に載っている棒磁石の磁力線図同様、南極から北極へ向って磁力線が走っている。

一方、太陽は 100 万度という高温のコロナから太陽風と呼ばれる高エネルギープラズマ流を放出している。コロナの熱エネルギーが余りに大きいため、太陽の巨大な重力でさえ、コロナ・ガスをつなぎとめておくことが出来ない。太陽の磁場まではぎ取って秒速 500 km という猛烈なスピードで、地球に吹き付けている。

この太陽風に吹き流され、地球の高緯度の磁力線は彗星の尻尾のような形に“開いている”。一方、低緯度の磁力線は太陽風の影響が少ないため“閉じている”。ということは高緯度と低緯度の間のどこかに、開いている部分と閉じている部分の境界があるはずだ。その境界線付近は非常に不安定であると想像される

このような不安定領域を磁力線に沿って地球に投影したところこそ、オーロラ発生の場所なのだ。事実、人工衛星から地球を見下ろすと、オーロラはドーナツ形に分布して光っているのが分かる。

---

## オーロラの源は太陽

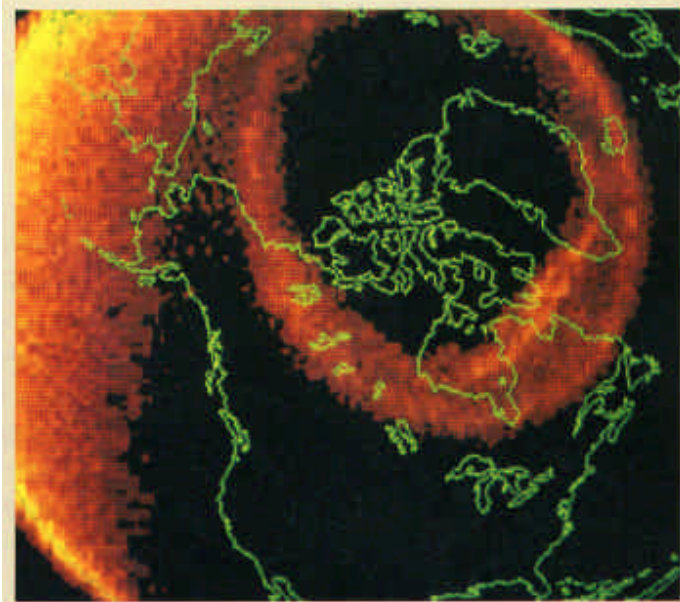
プラズマが磁力線を横切って走ると電力が生じる。これをMHD（磁気流体）発電という。地球の磁力線が開いて太陽風の磁力線と結びついている部分で、太陽風プラズマが磁力線を横切るとき、このMHD発電の現象が起こる。その時  $10^{12}$  ワットもの電力量であると推定される。いわば自然の大発電所であり、オーロラはこの発電所からの放電現象である。太陽風エネルギーの大部分は磁気圏尾から再び太陽風へと戻っていくが、一部は地球

の磁気圏に入り込む。入り込んだエネルギーのさらに一部が最終的には地球に向けて降下する電子のエネルギーとなる。この電子が磁力線に沿って地球の上層に流れ込み、大気に衝突して光を放つ現象がオーロラなのである。

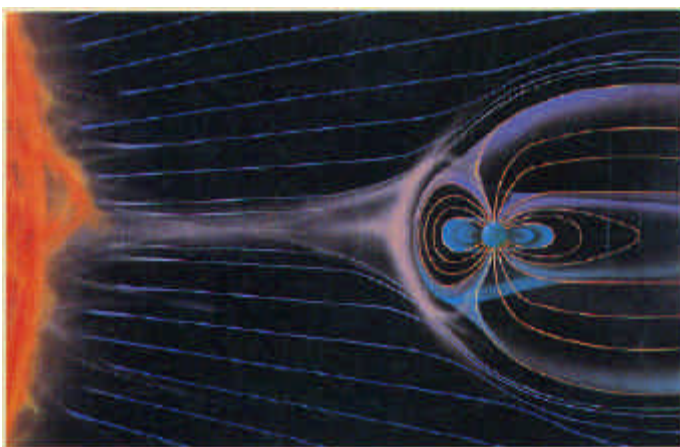
これまでの研究では、オーロラ発生のメカニズムはまだ分からないことだらけだ。そもそも何がきっかけで突然オーロラが光るのかも分からない。なにしろ太陽風を含めた地球のプラズマ環境自体、1962年から66年にかけて人工衛星によって発見されたばかりであるし、オーロラの分布自体、宇宙から初めて撮影されたのはほんの10年前のことなのだから。

将来、オーロラの全体像が、“美の方程式”で描けるようになれば、地球の周りで何が起きているのか、それには太陽がどう関わっているのかなどを探る有効な手段になるだろう。

(談)



NASAの人工衛星から見たオーロラのベルト（地上2万kmより撮影）。左側の明るい部分は太陽光の当たる昼間側。グリーンはコンピュータグラフィックスで描いた地形線（北アメリカ大陸）。



太陽から噴き出したプラズマ流（イメージ図）。太陽風は地球（右側の球形）の磁力を小さな空間に閉じ込めるが、オーロラはこの地球磁気圏内に入るわずかな太陽風をエネルギー源としている。