

流体物理学研究室

スタッフ: 藤 定義 (准教授 428 号室) 松本 剛 (助教 403 号室)

土星の北極に現れた六角形の謎

2007 年 3 月にアメリカ航空宇宙局 (NASA) は、土星の探査衛星カッシーニがとらえた土星北極付近の不思議な映像を公開しました (図 1)。北極に整った六角形が見えています。この静止画とあわせて動画も公開され、この六角形が剛体回転している様子も確認されています。ここでは研究の具体例として、流体物理学の観点からこの謎へアプローチする方法を紹介します。流体物理的なアプローチ (1) 理想化

周知のように物理学では質点や点電荷といった理想化された対象を土台にして現象の記述を試みます。流体の分野では渦を大胆に理想化した渦点 (point vortex) というものを使うことがあります。渦は竜巻をイメージすると良いでしょう。竜巻が高さ方向に一様であるとして断面でみると 2 次元平面上の渦になります。この 2 次元平面上の渦の半径を無限に小さいと理想化したときに渦点になります (周囲の回転速度を変えずに極限をとります)。例えば、台風の運動を大陸規模のスケールで見た場合に、台風の目の位置に渦点があるものとして論じることでも可能でしょう。もちろん観測と比較してこうしたモデル化が正当か否かを判定する必要があります。

流体物理的なアプローチ (2) 渦多角形

2 次元平面上に N 個の渦点があったとき、各渦点は残りの $(N - 1)$ 個の渦点が Biot-Savart 則でつくる速度場によって流されていきます。こうした N -渦点系の振舞いは古くから研究されてきました。ここで注目するのは、強さの同じ渦点を正 N 角形に配置したとき、正 N 角形が保たれたまま並進あるいは剛体回転するような運動があるか否かです。この渦多角形の問題は、実は Kelvin や J.J. Thomson が 19 世紀に原子模型として考えていた問題でもあります。 $N = 6$ の場合に正六角形が保たれたまま運動する渦点の解が知られています。しかし、この正六角形解が現実に観測されるためには、自然界に存在する様々な攪乱の存在下でも正六角形解がこわれないことが必要です (解が安定でなければいけない)。正六角形解は安定でしょうか? これも流体力学の安定性の理論によって調査されており、正六角形解は安定であることがわかっています。とすると、土星六角形の謎は、各頂点に同程度の強さの竜巻が存在することでつくり出されている渦多角形であると言えそうな気がしてきます。これは物理的に正しい描像でしょうか?

流体物理的なアプローチ (3) 現実へ

2 次元平面上での渦多角形の問題では、正六角形解が存在して安定でした。しかし、球面上の渦点という設定の方が土星の問題に近いはずですが。球面上の渦多角形の問題ではどうでしょうか? 球面上の渦点の問題でも正六角形解が存在し、安定であることが知られています。もう少し理想系から現実に近づくことにしましょう。土星は自転しています。自転する球面上の渦点ではどうでしょうか? やはり正六角形解が存在し、安定であることが知られています。しかし土星はガス惑星です。地面があって大気の層が薄いとみなせる地球上の台風などとは違って、球面上の渦点系という鉛直方向の運動成分を無視する大胆な理想化は土星では果して正しいのでしょうか? 土星大気の詳細な情報を使って 3 次元的に考慮しなくては六角形は説明できないのでしょうか? これは皆さんの挑戦を待っている未解決の問題です。

流体物理への招待

流体運動はほとんどの場合に極めて複雑ですが、以上の例のように簡素で美しい姿を見せることがあります。その背後にある物理を計算機を用いながら理論的につきつめてみませんか? ローレンツ祭当日は研究室 (理学研究科 5 号館 404 号室) に皆さんの好きな時間に来て私達の説明を聞いてみて下さい。

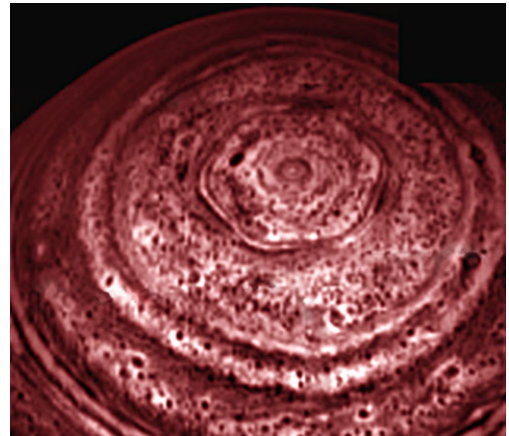


Figure 1: 土星北極の六角形
http://www.nasa.gov/mission_pages/cassini