

木星赤道帯状流内における熱対流

Thermal convections in the Jovian equatorial zonal wind

竹内 覚[1], 蒲地 武志[1], 長谷川 均[2]
Satoru Takeuchi[1], Takeshi Kamochi[2], Hitoshi Hasegawa[3]

[1] 福大理地球圏, [2] アステック

[1] Earth System, Fukuoka Univ, [2] Earth System, Fukuoka Univ, [3] ASTEC

木星赤道域には、hot spot/festoon/plume 複合体が、周期的に全周で常時10個程度見られる。このうちplumeには上昇流が、hot spotには下降流が、存在していることがわかっている。この大気構造は、Galileo Probeにより検出された、木星雲層レベル以下での凝結物質の欠乏と関係している。このような大気中の大規模かつ周期的構造について調べるために、今回我々は水平/鉛直の両方のシアーを持つ帯状流の中における熱対流の数値計算を行った。

Galileo Probeの木星突入(1995年12月)以来、木星赤道域の大気構造に関する議論が起きている。最大の問題は、Probeが落下したHot spotと呼ばれる下降流域において、予想を大きく上回る深い高度まで、水やアンモニアなどの凝結物質の欠乏が観測されたことである。この物質分布を大気構造の観点から説明しようと、いろいろ議論されているが、まだ充分納得できる説が現れていない。

一方、Hot spot周辺は大規模、かつ複雑な構造を示す。Hot spotのサイズは数百~1000kmに及び、寿命も長いものでは数年に及び(Ortiz, et al., 1998)。また木星の赤道帯(EZ)と北赤道帯(NEB)の境界に、全周で常時10個程度周期的に存在している。またHot spotの南西端からは、festoonと呼ばれるヒゲ状の構造が赤道に向かって伸び、西端側にはplumeと呼ばれる白雲(上昇流域と考えられる)が存在する。そしてGalileo Orbiter搭載のSSIカメラは、Hot spot/festoonにおける風速分布を観測し、festoonからHot spotに向かって風の収束があることを見つけた(Vasavada, et al., 1999)。

このようなHot spot(周辺)の大規模かつ周期的構造が、どのように形成、維持されているのか、そのメカニズムは興味深い。これがわかれば、Hot spot内部の構造の解明につながり、Probeの測定結果を解釈する上で重要になるかもしれない。また、このような研究から、通常は観測できない、木星大気内部の情報を知ることができるかもしれない。

Probe突入以前に、Hasegawa(1989)はplume/festoonの周期構造を、鉛直シアー流中の2次元(東西=鉛直)の熱対流により説明しようとした。帯状流は雲レベルでは高度と共に遅くなっている。数値計算を行なってみると、鉛直シアーの存在により、対流の上昇/下降流(plume=festoonに対応する)間距離の東西非対称性が説明できる。しかし3次元性を考慮すると、例えば東西に細長いHot spotや、ヒゲ状のfestoonの形状、対流セルが卓越する方向など、色々説明できない問題が残っていた。

そこで今回、赤道帯状流の3次元性(水平シアー、鉛直シアー)まで考慮した熱対流の数値計算を行った。赤道域では、帯状流はEZとNEBの境界付近で最も速く、赤道では若干遅くなっている。このような水平シアーがあることで、festoonの形状などが再現できるかもしれない。まず、このような基本風速場における、対流セルの構造に着目することにするので、非圧縮性のプジネスク流体を仮定して数値計算を行った。赤道付近の現象なので、自転の効果は考慮していない。

この計算では、大気の厚さが重要なパラメータになる。Galileo Probeの結果から考えれば、Hot spotの循環の深さは20barより下層に及んでいると思われる。一方、Probeの風速測定では、雲層レベルより5barまでは風速は速くなりそれより下層では風速はほぼ一定になっている。しかし今回の数値モデルでは、このようなシアー自体の変化を採り入れることができないため、実際に観測された状況とは異なる設定になっている。そのため、大気の厚さや鉛直シアーの強さなどは何通りか変えて計算を行ない、対流セルや風速場の構造について調べることにする。

References

H. Hasegawa, 1989, Convective cell model of the Jovian equatorial plumes, Proceedings of the 22th ISAS Lunar and Planetary Symposium, 50-56.

J.L. Ortiz, et al., 1998, Evolution and persistence of 5 micro-meter hot spots at the Galileo probe entry latitude, JGR, 103, E10, 23051-23069.

A.R. Vasavada, et al., 1998, Galileo imaging of Jupiter's atmosphere: The Great Red Spot, equatorial region, and White Ovals, Icarus, 135, 265-275.