

- Galanti, B., Sulem, P.L. and Pouquet, A. (1993). Linear and non-linear dynamos associated with ABC flows, *Geophys. Astrophys. Fluid Dynamics* (in press).
- Galloway, D.J. and Frisch, U. (1986). Dynamo action in a family of flows with chaotic stream lines, *Geophys. Astrophys. Fluid Dynamics*, **36**, 53-83.

成層圏における Variable Oscillation

沼津高等専門学校 牛丸真司
名古屋大学 水圏科学研究所 田中浩

成層圏は、高度約 10 km から 50 km に位置する強く密度成層した大気層であり、対流圏の様な激しい気象現象は存在しない。しかしそこにも様々な時間・空間スケールの大気の流れの変動が存在する。成層圏の大規模な変動の代表的な例として、赤道上で東風と西風が準周期的に入れ替わる現象（この振動周期の平均が約 2.3 年であることから「準 2 年振動」と呼ばれる）、冬季に極を中心とした低気圧回転の流れ（極渦）が突然崩壊する現象（この崩壊にともない数十度の温度上昇が起こるために「成層圏突然昇温」と呼ばれる）がある。これらの現象は、1970 年代に確立した「波と平均流の相互作用」という概念によって理解されている。

成層圏の流れの変動の多くが、「波と平均流の相互作用」という弱非線形の理論の枠内で説明され得るのは、成層圏の擾乱がもともと線形波動に近い性質を備えているからである。これは、成層圏の主要な擾乱が対流圏を起源とする内部波であること、また擾乱に伴う流れの大きさが平均流と比較して一般に小さいことによる。冬季の中・高緯度の成層圏は強い西風が吹いているため、対流圏から内部波として伝播できる大規模波動は、水平スケールが数千キロ以上のロスビー波（コリオリパラメータの緯度方向の変化に由来する中立波動）だけである。成層圏突然昇温は、東西波数が 1 または 2 の振幅の大きいロスビー波が高緯度成層圏に侵入してきたときに引き起こされる。

これまで「波と平均流の相互作用」という概念に基づいて研究されてきた現象の多くは、対流圏から伝播してきた単一の波と平均流との相互作用だけが考慮されてきた。しかし当然のことながら、流体中の有限振幅の波動であれば、波数間の非線形相互作用も考慮されるべきである。実際、ロスビー波が成層圏で砕波して小さな空間スケールの擾乱をつくりだす過程では、波数間の非線形相互作用が本質的な役割を果たしている。

筆者らは、従来、単一の波と平均流の相互作用しか考慮されていなかった現象が、複数の波の相互作用を考慮することによってどの様になるかを数値モデルを用いて研究している。ロスビー波と平均流の相互作用の結果、突然昇温を周期的に繰り返す現象（vacillation）が現れることが知られているが、この現象にいくつかの波数間の相互作用を加味した場合、その変動のメカニズムが一つの波だけを考慮した場合とは大きく異なること、またそれに伴って変動の周期が 1/3 程度に短くなることを見いだした。

2 次元 ハード 乱流

京都大学 理学部 藤 定 義

流体の入った容器を下から熱し上で冷やすと、浮力の働きにより対流が起こる。この温度差を大きくすると、ついには乱流状態にいたる。最近の実験により、この乱流状態には二つの相があり、相転移のような現象が観測されている。この二つの状態はそれぞれソフト（古典）乱

流, ハード乱流と呼ばれている. この名前の由来は, 温度揺らぎがそれぞれガウシアン, 指数分布に従うことにある. その他, 対流によって運ばれる熱量 (ナッセルト数) 等の物理量の温度差 (レイリー数 Ra) に対するスケーリング則が変わる, 温度揺らぎの周波数スペクトルにべき則が現れる, 安定なセル流が生じ境界層からプルームと呼ばれる噴き出しが起こる, 等の事象によりハード乱流は特徴付けられている. これらの事象は, 粗い現象論により説明されているが, 実験では観測できない速度場や温度場の構造をモデル化しており, その根拠は曖昧である.

ここでは, 流れ場の全体像を掴むために, ハード乱流が起こることが知られている2次元ブシネ近似のナビエ・ストークス方程式を直接シミュレーションして得られた結果を報告する. 数値計算は, 垂直方向にチェビシェフ多項式, 水平方向に三角関数で展開したスペクトル法を用い, $Ra=1.7 \times 10^8$, $Pr=7$, アスペクト比1の場合を調べた. セル中央及び境界付近で記録した温度, 速度, 渦度の時系列を用いて1点及び2時刻差の分布関数を求めると, ほぼ引き伸ばされた指数 (stretched exponential) 分布で近似できることが分かった. さらに, 分散及び指数の時刻差依存性により中央での速度, 渦度揺らぎは, セル流に対応する時間スケールを持つが温度揺らぎは, 更に長いスケールを持つことが示唆された. これは, 境界から噴き出したプルームが中央部まで運ばれる過程が間欠的であることを示している. 又, 境界近くではセル流よりも短い時間スケールがあり, これは境界層の剝離が頻繁だがランダムに起こることを示している.

ハード乱流の成因が比較的安定なセル流にあり, 又, この維持のために境界層とセル流の相互作用が重要であることは明らかであろう. これらのダイナミクスと各種統計量との関連を明らかにすることは今後の課題である.

Alfvén Wave に関する話題

核融合科学研究所 羽 鳥 尹 承

円筒状のプラズマを考える. 軸方向に強い磁場があり, 又, 軸方向に電流が流れていて, 磁力線はヘリカル型になっている. 軸方向の境界条件として, 周期条件ならトカマクのモデルとなり, 凍り付き条件なら太陽表面のループのモデルとなる. プラズマは $\text{low } \beta$ と仮定して, 簡約化 MHD の方程式を使って以下の話をする.

このようなプラズマが不安定性のため非線形現象を起こし臨界状態に達すると激しい現象に転移することがある. そんな一つの例として, tearing 不安定の MHD シミュレーションを示しながら (Urata and Hatori (1991), Hatori and Urata (1992)), 磁力線のカオス構造と Alfvén wave のアンダーソン局在という新しい視点からその機構を説明できることを示した. 不安定性によって生じた二つの性質の異なる磁気島が空間的に接触するまで発達すると, 急激に時間発展が早まるということがシミュレーションの結果である. 理論解析によれば, 磁力線のカオス構造が起これば Alfvén wave が発生し, その波は局在化する可能性が大であることを示すことができる. この機構でプラズマは爆発的な変化をとげ, 当然乱流状態を作り出す. 乱流に伴う異常電気抵抗により強い磁気再結合が起こることが予想される. 太陽表面の flare 現象に対して私はこのようなイメージを持っている.

このような激しい緩和現象が起こったあかつきにどんな準定常状態に落ちつくかの問題は MHD の主要な研究課題である. 例えば J.B. Taylor の force free state に導く変分原理の理論