

平面上乱流の影響下にある帯状流の安定性とその時間発展 Stability and the temporal variation of zonal flows under the influence of turbulence on a beta plane

小布施 祈織^{1*}, 竹広 真一², 山田 道夫²
OBUSE, Kiori^{1*}, TAKEHIRO, Shin-ichi², YAMADA, Michio²

¹ 東北大学 WPI-AIMR, ² 京都大学 数理解析研究所
¹WPI-AIMR, Tohoku University, ²RIMS, Kyoto University

惑星上の大規模な流れを取り扱う際に用いられるモデルの1つである回転球面上の2次元強制非圧縮性流体モデルでは、流れの時間発展の過程において東向きジェットと西向きジェットが緯度方向に交互に多数本並ぶ縞状構造が形成されるが (Nozawa and Yoden [1]), さらに時間積分を進めると、これらの東西ジェットは非常にゆっくりと融合・消滅を繰り返し、漸近状態として2本もしくは3本という少数本のジェットから成る構造が実現される (Huang *et al.* [2], Obuse *et al.* [3]).

上記の球面上でのジェットの融合・消滅機構に対する可能な解釈の1つに、縞状構造はダイナミックに不安定であり、背後に存在する乱流の影響を受けてより安定な少数本ジェット構造へと遷移するというものがある。しかしながら確率的な強制力および乱流をとり入れた議論を解析的に行うことは非常に困難であるのが現状であるので、このメカニズムを考慮したジェットの融合・消滅機構の単純なモデルとして、ベータ平面上で、東西方向に \sin 型で変化する決定論的南北流を背景に持つ東西流モデルを用いることがある。

平面上で $\sin(mx)$ 型の南北方向の流れに東西方向の流れを重ねた決定論的基本流において超臨界状態に現れる変動流を弱非線形解析によって調べた Manfroi and Young のモデル [4] は、上記のような乱流の影響下にある帯状流の振る舞いを記述するために導入されたモデルの1つである。彼らは、得られた弱非線形方程式を用いてランダムな初期条件から数値実験を行い、多数本のジェットから成る縞状構造が速やかに形成された後、それらのジェットはゆっくりと融合・消滅を繰り返し、最終的には1つのジェットとなることを見出した。その後、Obuse *et al.* [5] が Manfroi and Young のモデル [4] の定常孤立ジェット解を導き、その線形安定性と時間発展を調べることによって、その全ての定常孤立ジェット解は背景にある非帯状流の影響によって不安定であり、一様流へと崩壊することを見出している。

本研究ではまず、実際の2次元乱流中の帯状流が2次元の支配方程式を持つことを考慮し、1次元モデルである Manfroi and Young のモデル [4] を2次元に拡張した。次いで、より現実的な状況を考えるために、Manfroi and Young のモデル [4] にロスビーの変形半径を導入することにより表面変位の変化の効果を取り入れた。

参考文献:

- [1] T. Nozawa and S. Yoden, *Physics of Fluids*, **9**, pp.2081-2093, 1997.
- [2] H-P. Huang, B. Galoerin, and S. Sukoriansky, *Physics of Fluids*, **13**, pp.225-240, 2001.
- [3] K. Obuse, S. Takehiro, and M. Yamada, *Physics of Fluids*, **22**, 156601, 2010.
- [4] A. J. Manfroi and W. R. Young, *Journal of the Atmospheric Sciences*, **56**, pp.784-800, 1999.
- [5] K. Obuse, S. Takehiro, and M. Yamada, *Physica D*, **240**, pp.1825-1834, 2011.

キーワード: 回転流体, 2次元流, 乱流, 東西ジェット, ベータ効果

Keywords: rotating fluid, two-dimensional flow, turbulent flow, zonal jets, beta effect