

# 安定成層乱流の2次元性・3次元性とエネルギー輸送

木村 芳文

名古屋大学大学院多元数理科学研究科

地球流体の特徴は流体が薄い球殻内を自転と重力の影響の下に運動していることにある。自転と重力の影響は流体にとっては流れの性質が鉛直・水平方向や回転軸方向に応じて異なるという異方性として現れると考えられる。本研究の目的は大規模数値シミュレーションを通して地球流体の持つ異方性を数理的に理解し、安定成層乱流の統計的性質を特に2次元性と3次元性の観点から明らかにすることにある。本年度は昨年度に引き続いて成層乱流のエネルギースペクトルと渦構造、およびそれに伴うエネルギートランスファーとその積分であるフラックスの解析を行うとともに成層に加えて剛体回転を考慮し、その影響について研究を行った。

文献 [1] では定常乱流を得るために低波数バンドにランダムな水平方向の外力を加えたが、その外力は鉛直方向にある波数を持っており、厳密な意味で2次元的外力ではなく、人工的な重力波の種を与えているとも考えられた。そこで文献 [2] にならい外力としてその鉛直方向の波数が0であるような厳密に2次元的外力を考え、初期には温度場の速度場への影響を切り、パッシブなスカラー場として扱うことによって2次元乱流を発達させて、ある時間に温度場のカップリングをオンにして、成層のスペクトルに与える影響を調べることにした。計算は Navier-Stokes 方程式を Boussinesq 近似の下で擬スペクトル法を用いて解いた。512<sup>3</sup> 及び 1024<sup>3</sup> の格子点を用い並列化は領域を  $z$  軸に垂直のスラブに等分し、MPI を用いて計算を行い、解析は Craya-Herring 分解を用い、速度場を渦成分 ( $\phi_1$ ) と波動成分 ( $\phi_2$ ) に分けることによって行った。

Figure 1 は浮力振動数  $N^2 = 100$  とし、波数  $k_{\perp} = 4$  と固定し、剛体回転角速度  $\Omega^2$  を 0, 1, 10, 100 と変化させたときの  $\phi_1$  と  $\phi_2$  の時間発展をプロットしたものである。いずれの場合も  $t \sim 2$  で成層がスイッチされ鉛直成分（重力波成分）が発達していく様子が見える。 $t \sim 10$  で  $\phi_1$  と  $\phi_2$  の影響が定常に成り、その後はある一定の比を保って落ち着くことは共通であるが、その比の値は回転が強くなるに従って、 $\phi_2$  の割合が小さくなっていることが分かる。これは回転の影響で流れが2次元化して鉛直成分の発達が押さえられていることが大きい要因であると思われる。回転が強い場合には重力波成分の抑制によって  $\phi_1$  の発達が継続していることが観察される。流れが2次元化して準地衡流近似が成り立っていることが期待されるが、その解析は今後の課題である。

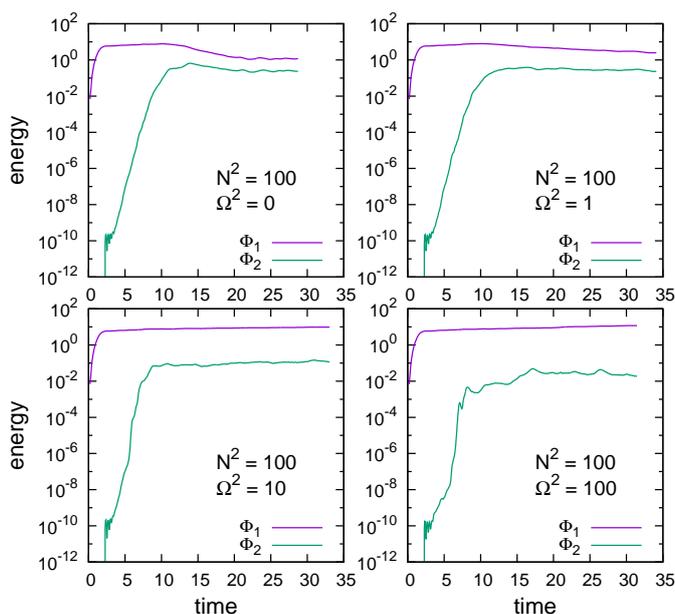


Figure 1: 浮力振動数  $N^2 = 100$  に固定した場合の回転角速度  $\Omega^2 = 0, 1, 10, 100$  の場合の  $\phi_1$  (渦成分) と  $\phi_2$  (波動成分) の時間発展

## References

- [1] Y. Kimura & J. R. Herring, *J. Fluid Mech.* **698**, 19–51 (2012).
- [2] J. R. Herring & O. Métais, *J. Fluid Mech.* **202**, 97–115 (1989).