

## 回転の速い恒星の内部角速度分布・音速抑制法を用いた恒星内部対流

堀田英之 (東京大学)

利用カテゴリ XT4MD・SX9MD・汎用PC

平均場理論を用いた流体計算で、太陽より自転角速度の大きい恒星の内部角速度分布を調べた。放射層に子午面還流が侵入し、極と赤道に温度差を作り太陽の観測にあう角速度分布を実現する効果を恒星流体計算に取り入れて、どのような影響がでるかを議論した。回転を速くしても、子午面還流は速くならず、放射層の効果が相対的に弱くなり、回転の速い恒星はテイラー・プラウドマンの法則に従う回転軸に平行な角速度分布に近づくことを発見した。この研究は ApJ に投稿中である。

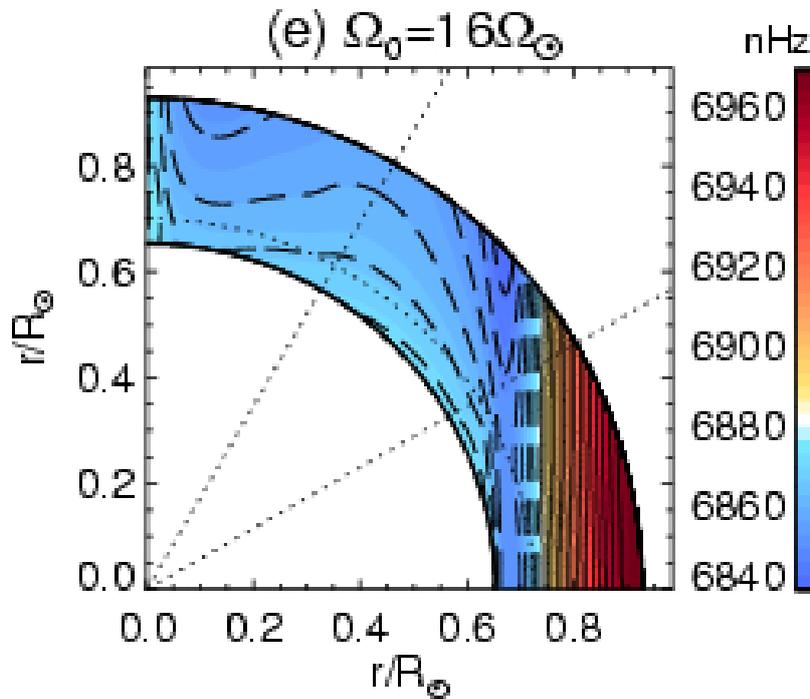


図 1: 太陽の 16 倍の角速度の時の差動回転の様子。テイラー・プラウドマン状態に近づいている。

また、恒星内部の対流を効率的に計算するための「音速抑制法」を開発し、その妥当性を調べる研究をおこなった。太陽内部の計算では対流速度が  $100 \text{ m s}^{-1}$  なのに対して、音速が  $200 \text{ km s}^{-1}$  ほどあることが、対流の時間スケールを解く上での困難となっている。現在では、 $\nabla \cdot (\rho_0 \mathbf{v}) = 0$  とすることで、音速を無限大と仮定し、音速による CFL 条件を考慮にいれなくてよくなるアナラストティック近似が広く使われている。しかし、このアナラストティックでは楕円型方程式があることで、並列計算において全 CPU の情報が必要になり、1000CPU ほどまでしかスケールしないことが知られている。そこで我々は「音速

抑制法」という実効的に音速を遅くする方法を提案した。これは連続の式を

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\frac{1}{\xi^2} \nabla \cdot (\rho \mathbf{v}) \quad (1)$$

とすることで、実効的な音速を  $1/\xi$  にするというものである。我々は 3 次元の流体シミュレーションにより恒星内部の対流を解き音速抑制法の妥当性を議論し、マッハ数が 0.7 程度なら、対流の基本的な性質は変わらないことを示した。

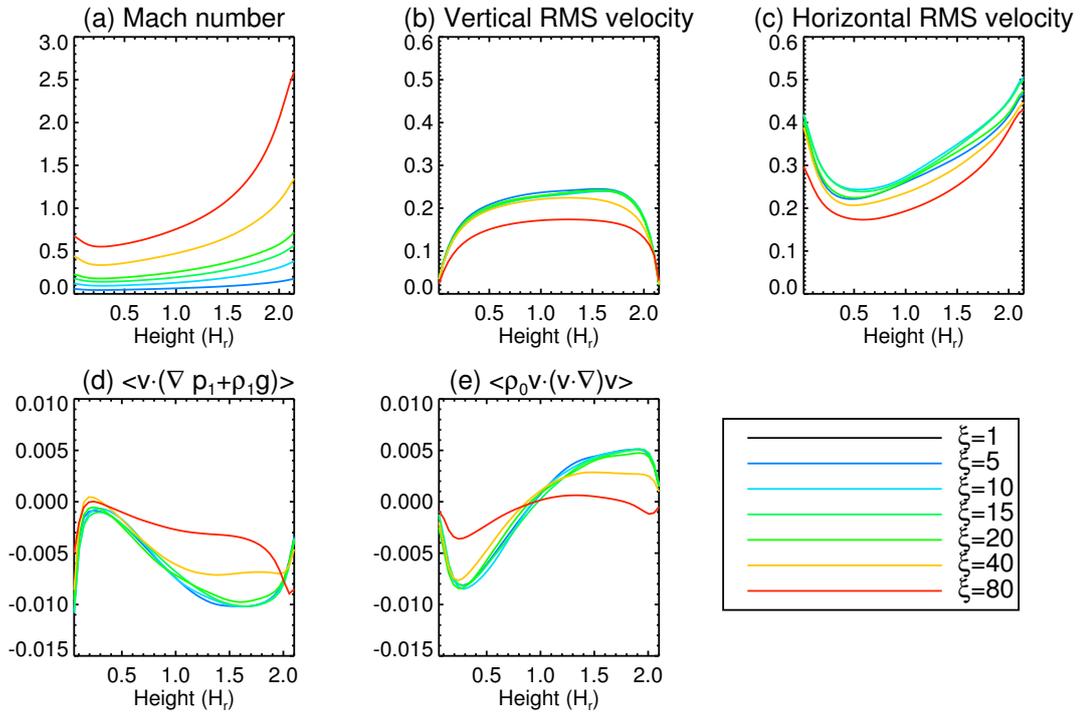


図 2: 音速抑制率を変えた時の、種々の物理量。マッハ数が 0.7 程度ならば、対流の性質が変わっていないことがわかる。