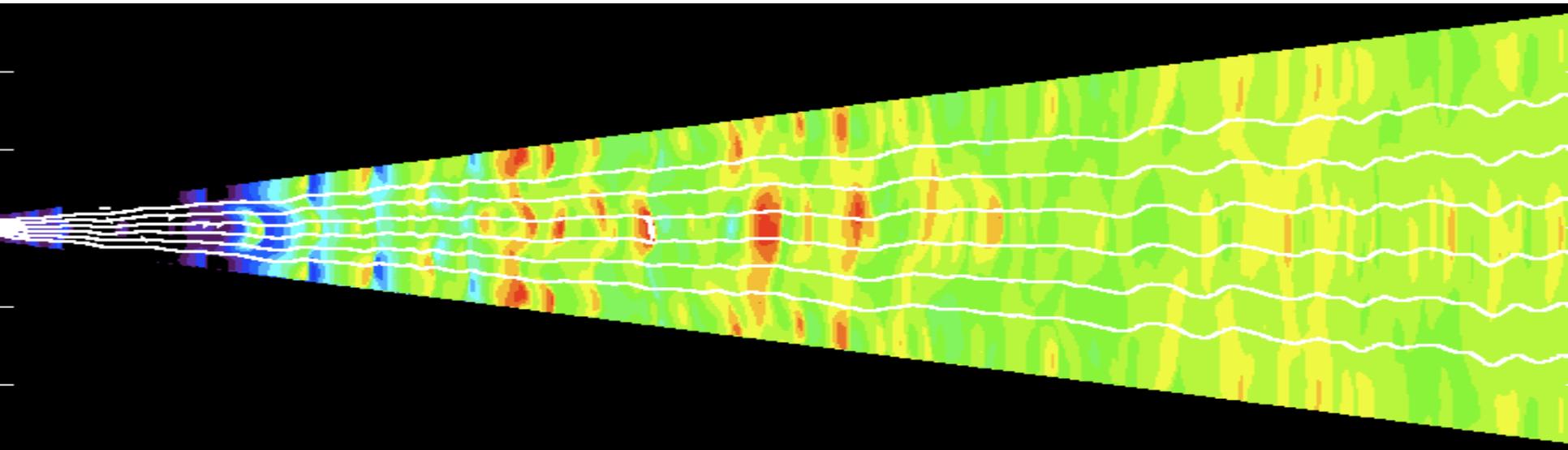


# Alfven 波によるコロナ加熱・太陽風加速の 2次元磁気流体シミュレーション



○松本 琢磨、鈴木建

名古屋大学 TA研

2011.12.26@太陽恒星研究会(東大)

# 研究の概要

- **対象**

- コロナ加熱・太陽風加速問題（対流＋磁場の系）

- **手法**

- Alfvén波伝播の2D MHDシミュレーション

- Ad hoc な加熱・加速は含めない

- **結果**

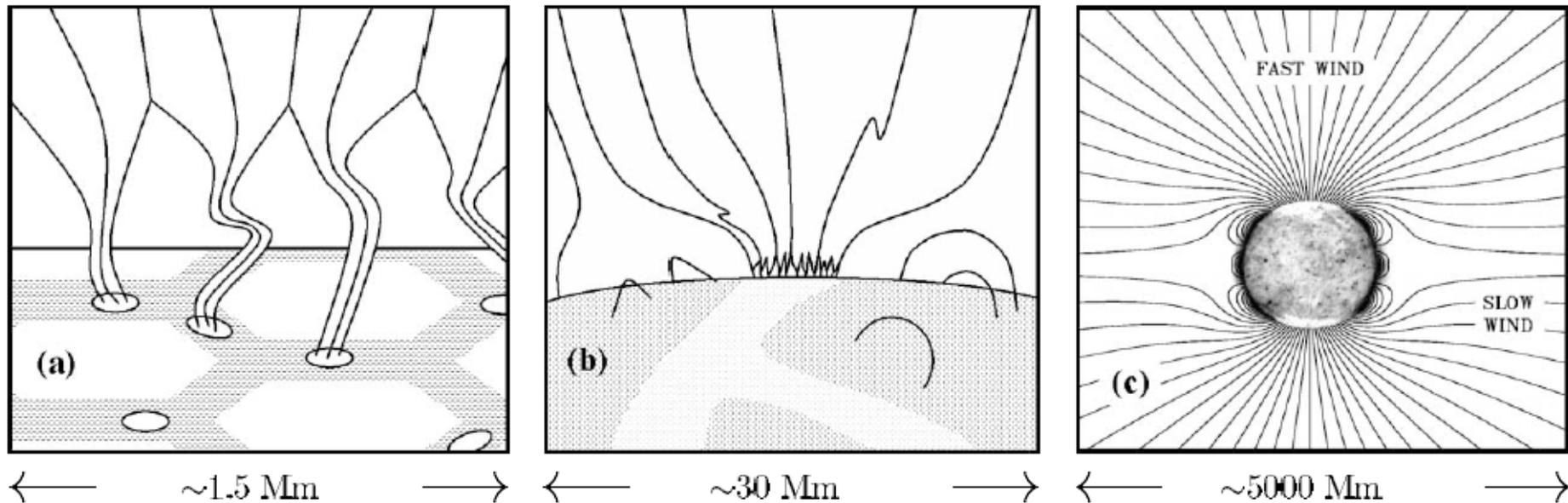
- コロナ加熱・太陽風加速を同時に再現

- 加熱機構の特定（衝撃波 vs 乱流）

- 表面对流の情報から質量放出率が自然に決まる

# 磁場構造と対流運動

Cranmer & Van Ballegooijen 2005



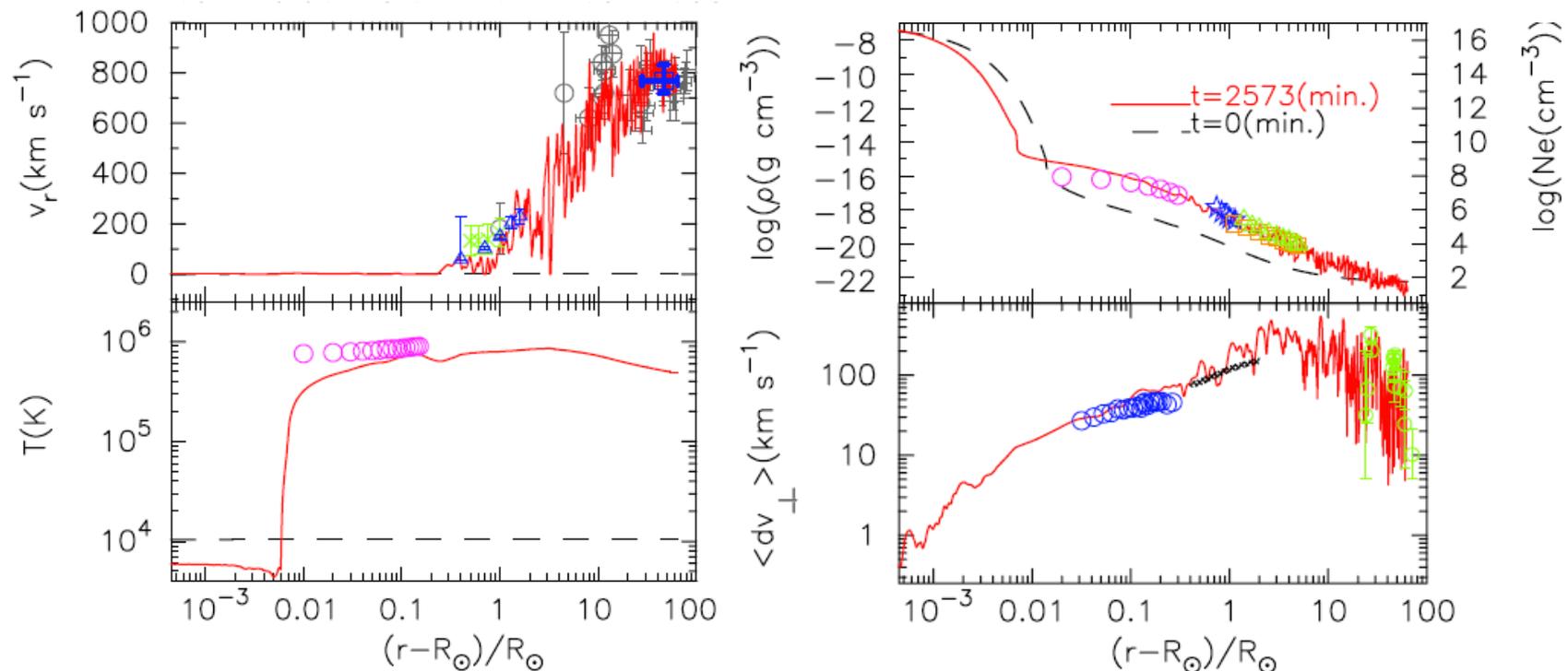
- 表面对流による磁場擾乱によって、上空大気がどのように応答するか
- 対流運動の $\sim 0.1\%$ 程度のエネルギーが必要

# MHD波動の伝播過程

- **アルフベン波の優位性**
  - 成層大気中では圧縮モード(Slow/Fast)は衝撃波を形成し散逸する->コロナまで届かない
- **エネルギー輸送**
  - 反射・屈折・吸収
- **コロナ中でのエネルギー散逸 (圧縮 vs 非圧縮)**
  - 衝撃波 (アルフベン波→圧縮モード→散逸)
  - MHD乱流 (アルフベン波→散逸)

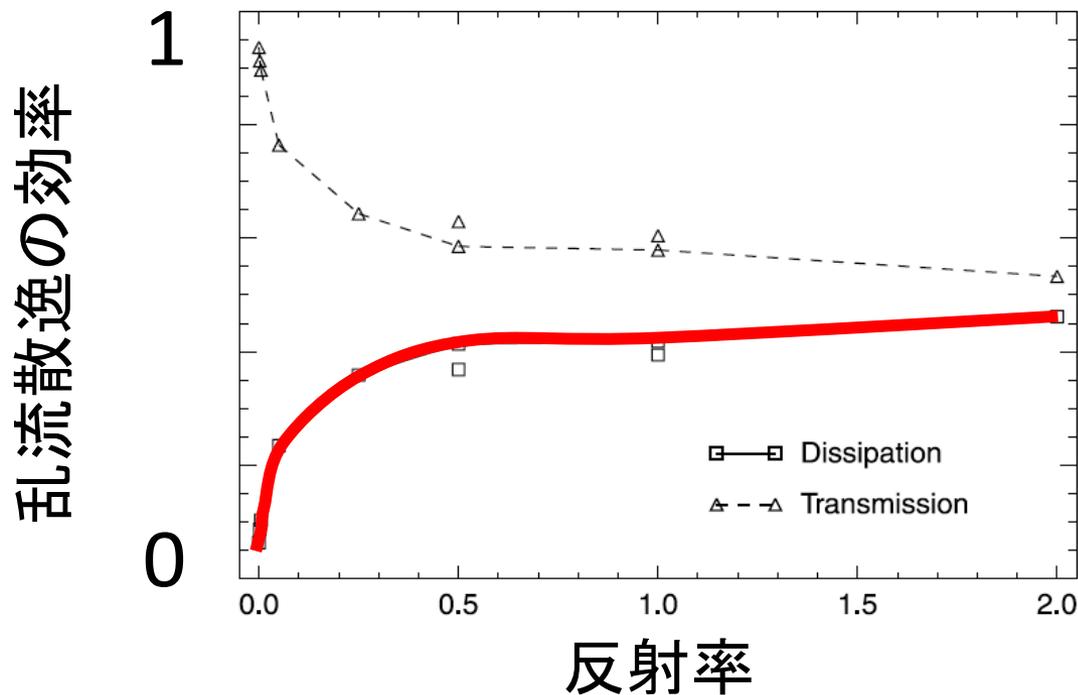
# 先行研究: 1Dシミュレーション

- **非線形モード変換** (e.g. Suzuki&Inutsuka 2005)
  - アルフベン波からSlow/Fastモードへの変換



# 先行研究: 2Dシミュレーション

- **MHD乱流** (e.g. Oughton et al. 2001)
  - 主磁場に垂直な方向にカスケード
  - 加熱率はアルフベン波の反射率に依存



# 動機・モデル

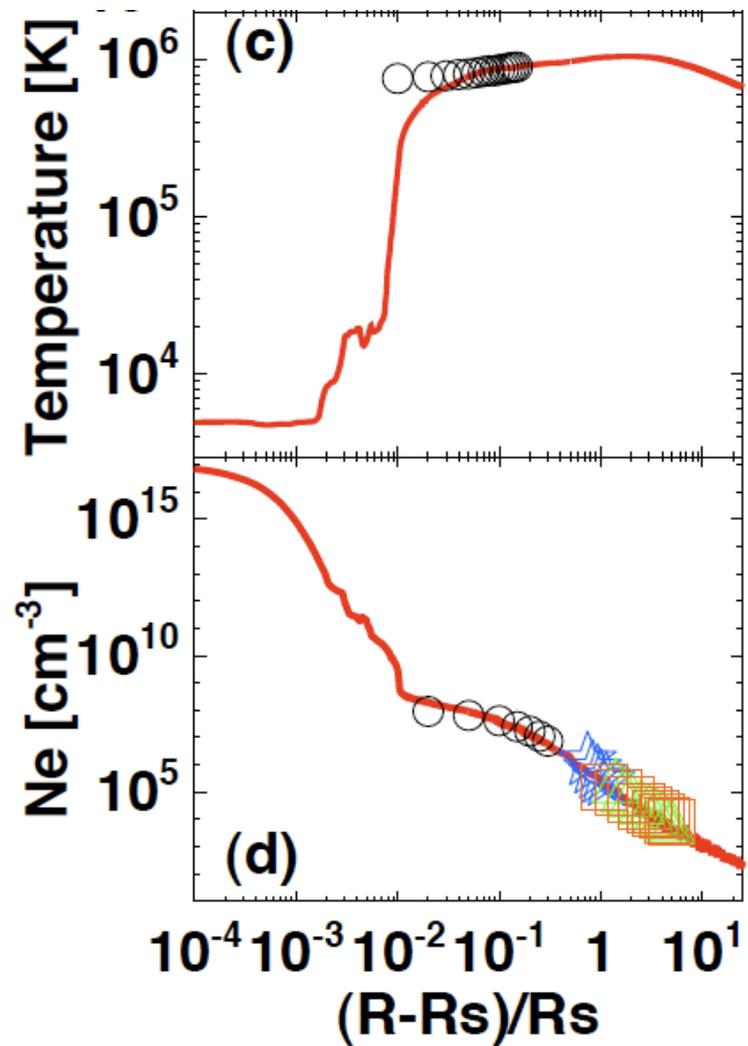
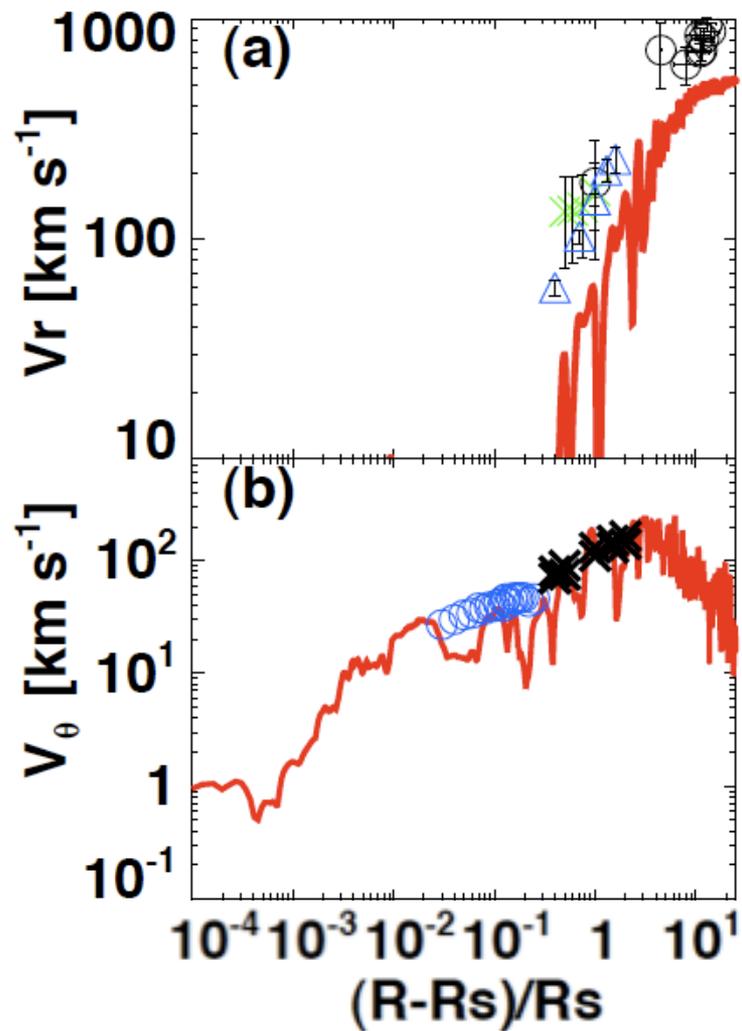
- なるべくセルフコンシステントな計算を
  - 光球からのアルフベン波注入
- 多次元効果も見たい
  - 乱流、位相混合、共鳴、衝撃波のdilution



# この研究の新しい点

- **非定常で2次元かつ光球から太陽風加速領域までを含む計算**
  - 既存の計算:  
コロナ底部から (大きな密度ギャップ！)
- **人為的な加熱や加速を仮定しない**
  - 衝撃波加熱が自然に入る
  - 乱流カスケード等によるグリッドスケールの加熱

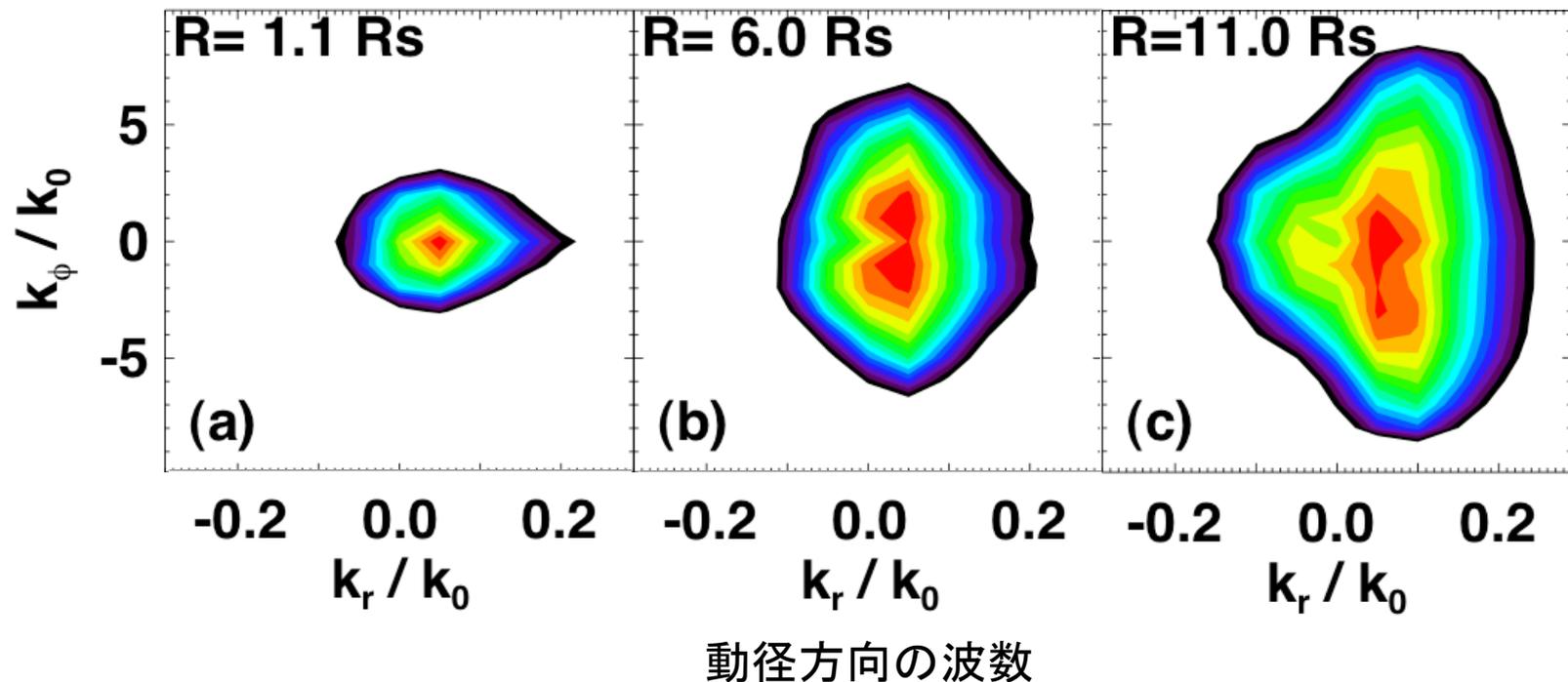
# 観測との比較



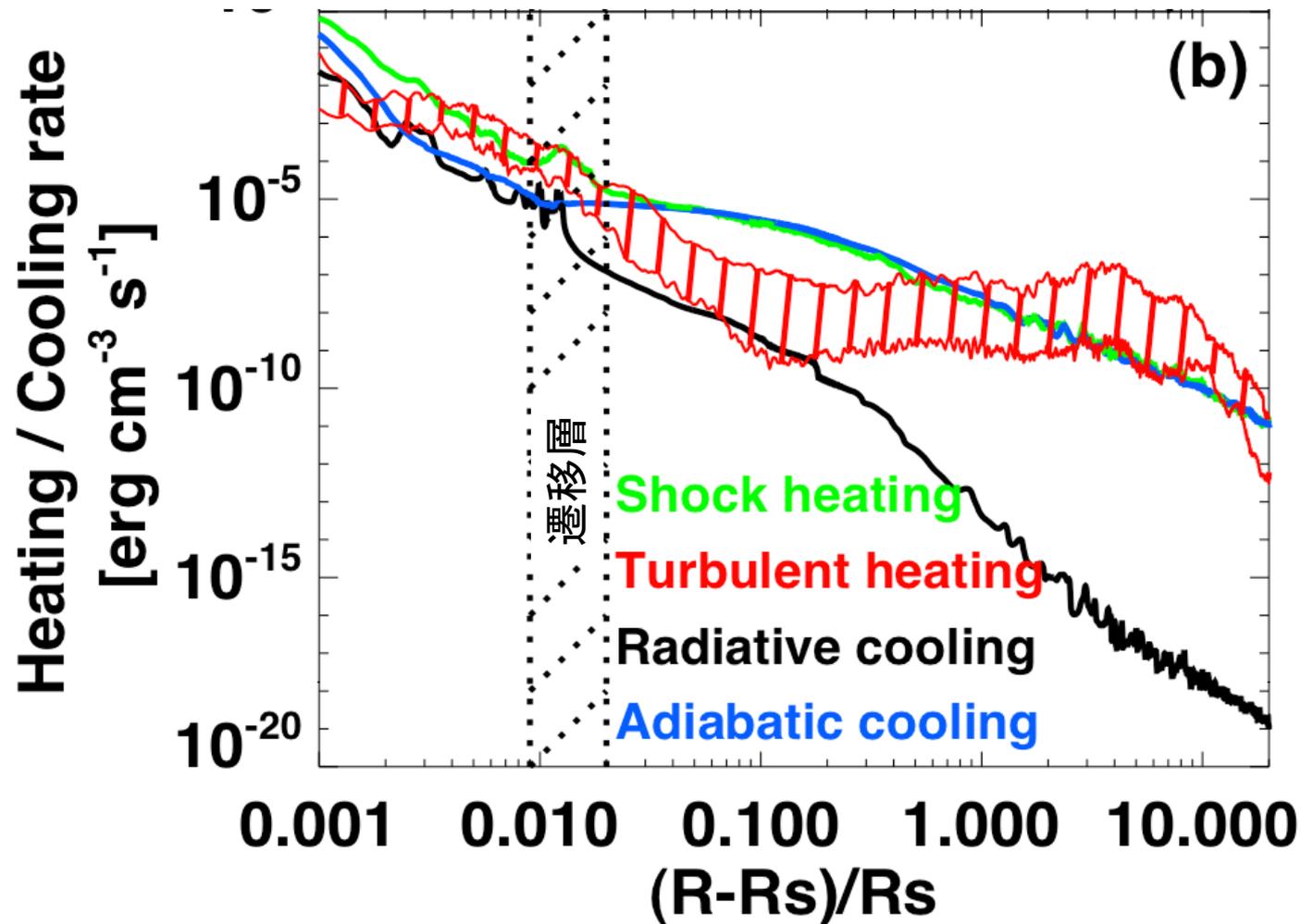
# Alfvén擾乱パワースペクトル密度推定

- 磁場に垂直な方向にカスケード
- 反射成分の出現

磁場に垂直方向の波数



# 加熱率および冷却率



# 加熱機構のまとめ

	コロナ底部 < 1.1 $R_s$	1.1-4 $R_s$	音速点以遠 > 4 $R_s$
衝撃波加熱	○ 非線形モード 変換	○ 彩層衝撃波 の突入	○ 非線形モード 変換
乱流加熱	○ 磁束管の 広がりに伴う 位相混合	×	○ 反射波生成 に伴う波動相 互作用

# まとめ

- MHDの範疇で、コロナ加熱・太陽風加速を同時に再現できるシミュレーション
  - 対流＋磁場の系なら応用可
- 外層大気形成の包括的なシナリオを提示
  - Alfvén波のエネルギーが衝撃波、乱流等を経て大気の熱・運動エネルギーに変換される