

圧縮的に駆動されたジャイロ運動論的乱流におけるイオン・電子の加熱比

Ion versus electron heating in compressively driven astrophysical gyrokinetic turbulence

川面洋平(Y. Kawazura)¹, A. A. Schekochihin², M. Barnes², J. M. TenBarge³,
Y. Tong⁴, K. G. Klein⁵, and W. Dorland⁶

¹東北大・学際研, ²オックスフォード大, ³プリンストン大,
⁴カリフォルニア大バークレー校, ⁵アリゾナ大, ⁶メリーランド大

¹Tohoku Univ., ²Univ. of Oxford, ³Princeton Univ., ⁴Univ. of California, Berkeley,
⁵Univ. of Arizona, and ⁶Univ. of Maryland

太陽風や降着円盤など、天体プラズマの多くは無衝突状態にある。そのためイオンと電子は異なった温度を取ることが可能である。実際に人工衛星による太陽風の直接観測や、放射非効率降着円盤の理論モデルから、これらの天体現象ではイオンが電子より高温になることが知られている。しかし、イオンと電子の温度差を決定づけているメカニズムはまだはっきりしていない。本研究では、無衝突乱流の散逸による加熱に着目し、イオンと電子の加熱比のプラズマパラメータに対する依存性を明らかにすることを目標としている。

天体プラズマにおける乱流散逸を考える際、乱流はMHDスケールによって駆動され、カスケードしたエネルギーが運動論スケールにおいて散逸されるというシナリオが多くのケースで想定される。MHDスケールと運動論スケールを同時には解くことは困難なため、これまで行われてきた運動論的乱流シミュレーションでは、人工的な外部エネルギー注入によってMHDスケールからのカスケードを模擬し乱流を駆動してきた。しかし、そのような外部エネルギー注入では、Alfvénicな駆動のみが考えられてきたが(例えば[1])、太陽風乱流はAlfvénic揺動が支配的であるものの、磁気回転不安定性によって駆動される降着円盤乱流がAlfvénicであるという保証はない。そこで本研究ではAlfvénicな駆動と圧縮的な駆動の両方を用いてジャイロ運動論的乱流を計算し、入力した圧縮的なパワーとAlfvénicなパワーの比($P_{\text{compr}}/P_{\text{AW}}$)に対するイオン・電子加熱比(Q_i/Q_e)の依存性を調べた[2]。

その結果、図1に示すように圧縮的駆動が増大するとイオン加熱が増大することが分かった。低 β では、圧縮的揺動の持つエネルギーはイオン加熱に、Alfvénic揺動は電子加熱になること(すなわち $Q_i/Q_e = P_{\text{compr}}/P_{\text{AW}}$)が理論的に示されているが[3]、本結果は高 β においても圧縮的駆動が大きければ、 $Q_i/Q_e = P_{\text{compr}}/P_{\text{AW}}$ が成立することを示している。

講演では、乱流スペクトルと位相空間カスケードに関する結果も紹介する。

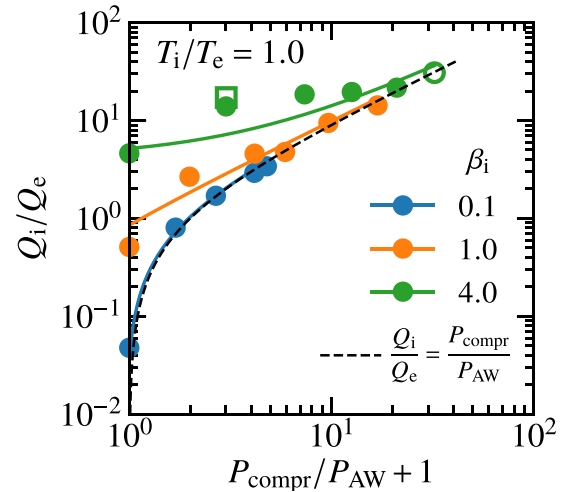


図1. イオン・電子加熱比と圧縮的なパワーとAlfvénicなパワーの比の関係

[1] Y. Kawazura, et al, *PNAS* **116**, 771 (2019).

[2] Y. Kawazura, et al., *Phys. Rev. X*, in press.

[3] A. A. Schekochihin, et al., *J. Plasma Phys.* **85**, 905850303 (2019).