

理想磁気流体に対する1次元衝撃波管問題における中間衝撃波解の安定性について

○若林 佑哉¹ 関口 雄一郎¹ (1.東邦大学)

磁場と流体の相互作用を記述する方程式系である磁気流体（MHD）方程式は、8本の時間発展方程式（流体方程式と誘導方程式）と、磁場に対する拘束条件1本で構成されており、MHD方程式には速い音波、遅い音波、Alfvén波、エントロピー波の合計4種類の方程式固有の波（特性波）が内在する。これに対して、MHDにおける不連続・衝撃波には、上記の4種類の波に対応する解に加えて、「中間衝撃波」と呼ばれる解も存在する。

中間衝撃波は、上流側の流れがAlfvén波よりも速く、下流側はAlfvén波よりも遅い衝撃波解であるが、この解が物理的か否か、以前より議論の対象となっていた。流体を完全導体として扱う理想MHDの枠組みでは、中間衝撃波は対応する特性波を持たず、非物理的な波とされていた。しかし、Wu (1987, 1990)により、粘性や電気抵抗などの散逸を考慮したMHDの計算で中間衝撃波が自然に発生することが示され、ボイジャー1号・2号の観測では中間衝撃波が実在することも確かめられた（Chao et al. 1993, Feng & Wang 2008）。磁気リコネクションの過程では、中間衝撃波の構造が、理論計算（e.g. Zenitani & Miyoshi 2011）と観測（Feng et al. 2016）の両方面で確認されており、散逸が効く現象における中間衝撃波の存在は広く受け入れられている。

一方、理想MHDの1次元衝撃波管問題にも、中間衝撃波を伴う初期値問題が存在する（Brio & Wu 1988）。この問題は数値スキームのテストにも広く使用され、数値解は遅い音波の合成波を伴う中間衝撃波解に収束することが知られている。しかし、スキームによっては中間衝撃波を含まない数値解に収束することも報告されている（Falle & Komissarov 2001, Kercher & Weigel 2015）。さらに、Takahashi & Yamada (2013)により、この初期値問題の厳密解には、中間衝撃波を含まない解と無数の中間衝撃波解が存在することも示されている。厳密解が多数存在する一方で、中間衝撃波が発生する数値解と発生しない数値解が存在するという事実は、この問題で中間衝撃波が得られるか否かが、使用するスキームの性質に起因する可能性を示唆している。これに鑑み、本研究では、Takahashi & Yamada (2013, 2014)をもとに複数の厳密解を構成し、得られた厳密解を初期条件として数値計算を行うことで、数値解がどのような解に収束するかを調べた。本公演ではその結果について報告する。