

M35a プラズマのための磁気流体力学

柴崎清登（太陽物理学研究所）

磁気流体力学（MHD）にはプラズマの持つ重要な性質である磁気モーメントが含まれていない。磁気モーメントは角運動量と同様に荷電粒子が磁場から受け取るものであり、粒子間衝突によって消えることはない。しかし、MHD は液体金属などの導電性流体と磁場の相互作用を記述するために考案されたものであり、磁気モーメントが含まれていない。よって MHD をプラズマに適用するには制限があり、MHD の創始者である Alfvén の教科書にはこの旨が記載されている。最近の MHD の教科書でも、その初めの部分に表現方法は異なるがそのことに触れられている。「プラズマベータ（＝ガス圧／磁気圧）が 1 より十分小さい」とか、「プラズマの透磁率は真空の透磁率で近似できる」等である。プラズマが液体金属と異なるもうひとつの性質としてドリフト運動がある。荷電粒子に電気力が働くとプラズマは全体として電場と磁場の両方に直交する（ $\mathbf{E} \times \mathbf{B}$ ）方向にドリフト運動し、電荷の符号に依存しない力（重力など）が働くとドリフト電流を発生してそのアンペール力（ $\mathbf{J} \times \mathbf{B}$ ）が反作用となる。これらの性質を既存の MHD 方程式に追加することにより、高ベータプラズマにも使えるようにすることを目指す。その際、粒子的性質だけでなく流体としての統計的性質を加える。また、磁気モーメントやドリフト運動による電流はまわりの磁場に依存するとともに、これらの電流が磁場の発生源となるので、自己整合的に磁場・電流を決定する必要がある。しかもこれらの電流は電場に関係しないのでオームの法則が適用できず、電流が磁場に直交する方向に流れるので磁場はフォースフリーではない。さらに、MHD が持つ古典電磁気学との因果律の逆転（電流と磁場）を解消する必要がある。