

M47a ケルビン力を含む電磁運動量保存則

柴崎清登（太陽物理研）

熱的プラズマは磁場中で磁気モーメントを有し、磁気モーメントにはケルビン力が働く。しかし、通常の電磁運動量保存則には力としてはローレンツ力が現れるだけでケルビン力は現れない。それではケルビン力はどこに隠れているのであろうか。磁気モーメントは電磁場と物質の2重性を有するため、磁気モーメントに働く力は場の運動量や応力テンソルに含まれているはずである。よってこれを陽に示す電磁運動量保存則を求める。熱的プラズマの磁気モーメントは磁場強度に反比例するので、透磁率を用いることができない。そこで補助場 H を用いて磁気モーメント M と磁場 B との関係を示す構成式を利用する。磁性体中のマクスウェル方程式（アンペール＝マクスウェル則）は H を用いて記述されているが、構成式を用いて B と M の式に変形する。そうすると磁化電流（ $\nabla \times M$ ）が現れ、これが物質の透磁率に代わって磁性を表す物理量となる。この新たな方程式を用いて電磁エネルギー保存則や電磁運動量保存則を求める。エネルギー保存則は、エネルギーの時間変化とエネルギー流束の発散を加えたものが0であるとする。電磁力の仕事によって力学的エネルギーが増加する場合、それに加えたものが0であり、全エネルギー保存則となる。運動量保存則も同様に、電磁運動量の時間変化に運動量流束の発散を加えたものが0となる。運動量流束は逆向きの電磁応力に対応する。さらに電磁力は力学的運動量の増加率なので、これを加えると全運動量保存則となる。この式を用いて電磁応力の中に隠れているケルビン力を探す。電磁運動量は電磁エネルギー流束を光速の2乗で割ったものであり、電磁圧力は電磁エネルギー密度でもあるので、エネルギー保存則を参考にしながら電磁運動量保存則を導くと、ケルビン力を求めることができる。