

A53a アルフベン波の運動量と Abraham-Minkowski パラドックス

中村匡（福井県立大学）

誘電媒質中の電磁場の運動量に関する問題は、驚くべきことに 100 年以上論争が続いているにもかかわらず、いまだに決着のついていない。21 世紀になった現在でも、この問題に関して多くの論文が発表されている。1909 年に Bohm-Abraham 効果で有名な Abraham はこれを $\mathbf{E} \times \mathbf{H}$ とすべきと主張したが、そのすぐあとの 1910 年に Minkowski 空間で知られる Minkowski は $D \times B$ であるという論文を発表した。その後、理論・実験の両面からいくつもの研究が発表されたが、いまだに最終結論には達していない。

この問題の難しさは、理論・実験の双方にある。理論的には電磁場に対する誘電媒質の応答を計算しようと思えば、各分子のダイナミクスを含んだ多体問題を量子力学的効果を勘案して解かねばならず、エネルギー運動量の保存までを含んだ十分正確な解を得るのは困難である。一方、実験的には誘電体を通るときに電磁波に生ずる運動量の微小な変化を計測せねばならず、実験器具等からの運動量流入を正確に評価するのが難しい。

本研究では、この問題をプラズマを媒質として理論的に計算してみた。完全電離の古典プラズマの場合、一般の誘電体と違って媒質（プラズマ粒子）の電磁場に対する応答は電磁気学とニュートン力学を使って簡単に計算でき、少なくとも線形の範囲では十分に正確な解を求めることができる。ここではもっとも単純な均一磁場中を平行伝搬するアルフベン波を例として、波動にともなう運動量を検討する。結果として、いわゆる Minkowski 運動量は電磁場の運動量とプラズマ粒子の運動量の和であることが示される。このような示唆をした論文は過去にいくつかあったが、このアルフベン波による計算は、これに対してハードエビデンスを与えることになる。