

Abraham-Lorentz 電子模型

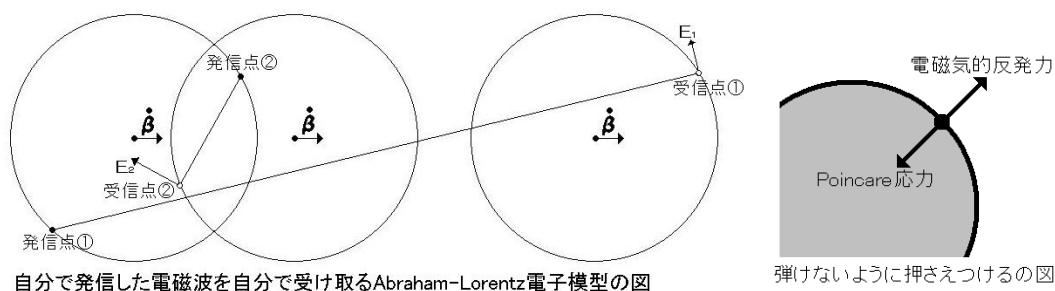
発表者 甲斐智宏 指導教員 前野昌弘 小田一郎

古典電磁気学を使って Abraham-Lorentz 電子模型を議論し、電子質量の起源や古典電磁気の適用範囲を探ってみます。

Abraham-Lorentz 電子模型とは、100 年前 (1904-05, 明治 37-38, 日露戦争の頃) に M. Abraham (ドイツ, 1875-1922) と H.A. Lorentz (オランダ, 1853-1928) が提案したもので、電子質量の起源を電磁気学だけで説明しようという試みの中で生まれたものです。模型は『半径 a 、質量 m_0 の薄い球殻上に電荷 e が一様に分布している』という簡単なものです。

電子とはこういうものであると仮定し、この模型の運動を古典電磁気学で扱うと、電子質量が力学的な部分の他に電磁的な部分 (電磁質量) を持つことがわかります。また、電磁波を放射することによる輻射抵抗の効果も現れます。

電磁質量が生じる原因は、電子模型の球殻が電荷を持つことにあります。電子が運動するときに加速度が生じると、球殻の各部分は電荷を持っているわけですから、電磁波を放射します。この放射された電磁波の性質をよく調べると、この電磁波は、球殻の他の部分を後ろに引き戻す働きをすることがわかります。つまり、帯電している球殻はそうでないものよりも重く感じられるということです。



Abraham-Lorentz 電子模型には、模型の安定性問題や電磁質量の $\frac{4}{3}$ 問題 (模型の静止質量と電磁質量が一致しないという問題) という欠陥があります。

電子模型を安定なものにするためには、どうしても電磁気力ではない力が必要になります。電荷は静電磁気力だけでは決して固まることができないので、そのままと模型は弾け飛んでしまいます。この電子を固めておくための非電磁的な力は H. Poincaré (フランス, 1854-1912) によって模型の中に導入されました。これによって安定性問題と $\frac{4}{3}$ 問題は解決されます。

ただし、この問題は輻射抵抗には関わっていません。なぜなら輻射抵抗は、電子模型が加速度運動をする際に現れるからです。輻射抵抗の効果が入った電子の運動方程式は、暴走解と呼ばれる変な解を含んでいます。また、電子を点電荷とみなし模型の球殻半径を 0 とする極限をとると、電磁質量が無限大に発散してしまいます。

このような問題が現れることから、電子の構造に関する議論は古典電磁気学の適用範囲からはみ出すものではないかと考えられます。