



窮理の部屋128

## 原子の土星型モデルは可能？

最近、著者は電磁気学のある計算をして、次のような想像を一人で楽しんでいました。「もし、原子構造が探索された時代にこの計算結果が知られていたら…」。今回はこの想像を紹介したいと思います。

「われわれの身の回りにあるもの全ては原子という小さな粒からできている」と、中学校で原子のことを習いますが、原子の存在が定説になったのは19世紀のことです。この時期に原子構造を探索するのに必要な知見も蓄えられていました。例えば、1864年に電気と磁気との関係を扱う電磁気学が完成し、電磁波の存在が予言されました。1888年、実際に電磁波が発見され、電磁気学がニュートン力学とともに物理学の最も基本的な理論と認識されるようになりました。また、1897年には英国のJ・J・トムソンが電子を発見しました。そして、電子を素材にした電磁気学による議論で、原子構造の探索が始まったのです。

1903年、電子を発見したJ・J・トムソンは、原子はブドウパンのようなものだと主張しました。プラスの電気を持った「パン」の中に、マイナスの電気を持った小さな電子、「ブドウ」が散在しているというのです。同じ年の1903年、長岡半太郎はブドウパンモデルに対して原子の土星型モデルを発表しました。図2のように正の電荷を持った原子核の周りを土星の輪のように多数の電子が周回するというものです。今日の原子像に近いもので、原子核の予言でもありました。1911年、

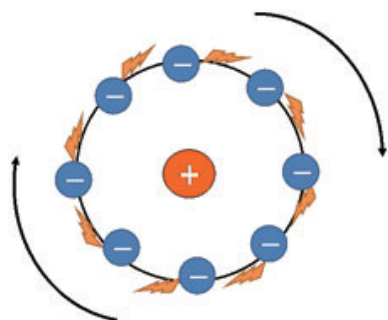


図2. 土星型原子モデル 電子が電磁波を出すという困難を内包していた。



図1. 長岡半太郎

じっさいに原子核が発見されたのですが、土星型モデルはほとんど注目されなかったようです。なぜなら、電子が円運動すると電磁波を出すので(図2)、電子はエネルギーを失って原子核に落ちこむこととなります。土星型モデルでは原子の安定性が説明できないのです。原子核の発見でブドウパンモデルは否定されたものの、土星型モデルも電磁波が困った問題だったのです。

これを解決したのが1913年のボーアの原子模型です(図3)。この模型は、電子が周回

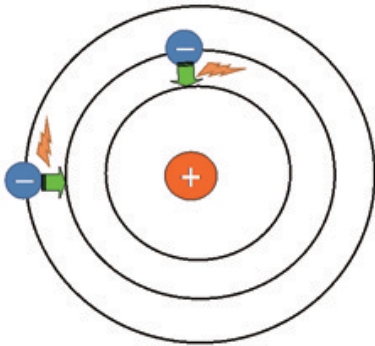


図3.ボーアの原子模型

できる軌道は決まっています、電子がある軌道からある軌道へ飛び移る時に電磁波が生じるという大胆な仮定を置いたものでした。なにが大胆かというと、電子が円運動をすると電磁波を出すという電磁気学の法則を書き換えたのです。ちなみに、電磁波の利用がなければ現代文明はありません。例えば、携帯電話など情報を運ぶのは電磁波の一種の電波、西播磨にあるspring8などでは電子の円運動による電磁波を利用した実験が行われています。このように電磁波の放射

は電磁気学の基本的な帰結なのですが、ボーアは原子内では図3のようなものになっていると仮定したのです。そして、この仮定の下に当時謎だった水素原子が発する光の特性(スペクトル)を見事に説明しました。その後、ボーアの原子模型が基礎となって量子力学が1925年に完成しました。量子力学は現代物理の基礎理論であり、これを基にして今日の科学技術が成り立っています。

さて、著者の計算です。円形に閉じた電線に電流を流すと磁石になるのは有名で、教科書などいろんなところに出てきます。この場合、電流というのは多数の電子が移動しているものです。ということは電子が円運動しているのだから、磁石になると同時に電磁波が出ているはずで、教科書などいろんなところでは、磁石と同じになるとだけ書かれていて、電磁波に関する言及はまったくありません。とても気になるので、電子が無限にたくさんあるとして、それぞれが発する電磁波を足し合わせるという計算をしてみました。すると、すべての電磁波がお互い打ち消し合って、電磁波はゼロ、すなわち電磁波は出ないという結果になったのです。

この結果をもとに、長岡の土星型原子モデルやボーアの大胆な仮説を考えてみましょう。たとえば、電子が無限にたくさんあるという仮定なら土星型原子モデルは電磁波が出ないことになります。無限個でなくても多数の電子が輪ゴムのようになっていても同じです。土星型原子モデルの困難は解消されるのです。また、量子力学では電子は確率的な存在で、雲の様なものというイメージが与えられています。雲のようになって原子核の周りを回るなら、著者の計算結果から原子は電磁波を出さないことになります。ボーアの大胆な仮説は、じつは大胆でも何でもない普通の仮説と言えるかも知れません。

上記の計算結果を論文にまとめながら、「もし、長岡やボーアたちが著者の計算結果を知っていたら物理の歴史はどうなっていたらう？」という想像を楽しんでいます。

斎藤 吉彦(科学館学芸員)