

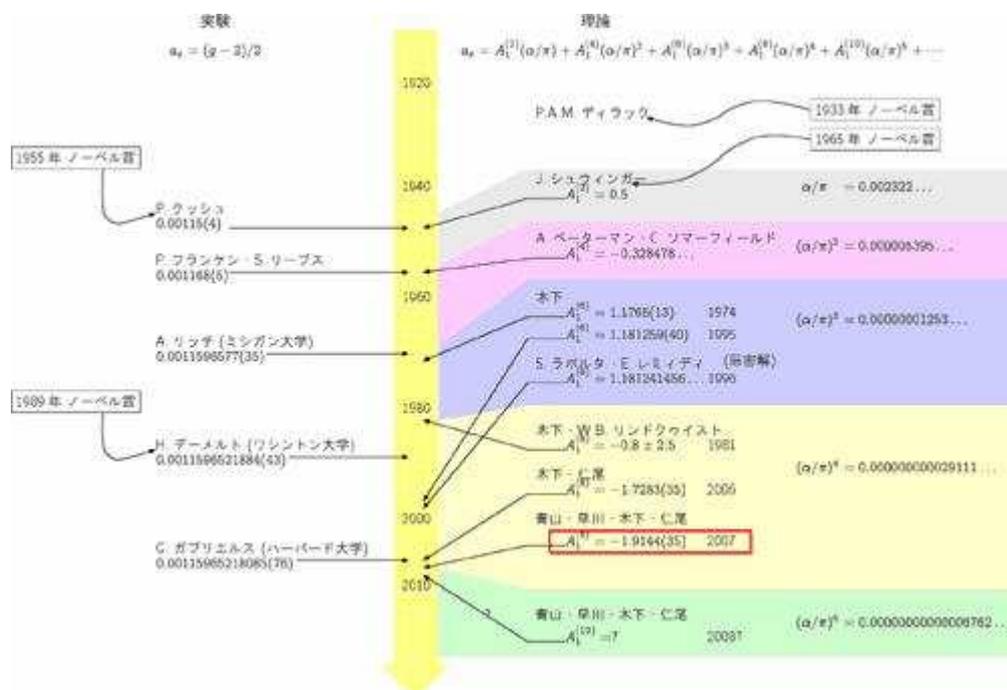
電子技術キーワード解説

知っておきたい最新の動き

【磁石の強さ (g 因子)】

理化学研究所、名古屋大学、米国コーネル大学は、1 個の電子が持っている電磁気力の強さに関する精密な理論計算に成功したと発表しました。電子が持つ磁石の強さを 1 兆分の 1 の精度で計算できたこととなります。理科年表などに記載されている関連数値も今回の計算に沿って改定される見込みとのことです。今月はこの磁石の強さ (g 因子) について、スポットを当ててみましょう。

ここで、g 因子とは、特定の粒子の担う磁石としての強さを示す因子のことです。粒子の回転と、磁石としての強さには関連があり、その間の関係を決める数です。米国理論物理学者の A. ランデが 1922 年にフランクフルトの物理学教室でスペクトル線の微細構造を決める因子として導入しました。古典的な理論では、g 因子は正数の 2 になるはずですが、実際には、2 よりわずかに大きくなるのがわかっています。電子が放出・吸収を繰り返している光子 (電磁力を媒介する素粒子) の動態が影響しているためです。



本研究は以下の手順で進められました。

- (1) 電子の磁石としての強さを量子電気力学 (QED) 理論により計算
- (2) 計算過程をすべて自動化し、理研スーパーコンピュータで計算を実行
- (3) ハーバード大学の実験結果と今回の成果から、世界最高精度で微細構造定数を決定

具体的には、量子電気力学 (QED) の摂動計算を数値的に行う手法として、米国コーネル大学の木下東一郎教授 (ゴールドウィン・スミス名誉教授) が開発した方法をさらに改良し、計算のすべての過程をコンピュータで自動的に実行できるようにしました。そして、理研の RSCC スーパーコンピュータでの数ヶ月にわたる計算によって得た新しい結果を、2005 年に得た結果と比較検討したところ、以前の計算の誤りが判明しました。これを訂正すると、2 つの独立な計算の結果は一致し、理論式の形が光子 4 個の寄与を含む項まで確定しました。これは、ハーバード大学での g 因子の実験結果の精度である約 1 兆分の 1 に匹敵します。

磁石の強さを示す g 因子の値を決める理論式のうち、光子 24 個による寄与を従来の計算と独立に評価し、新たに決定し直しました。その結果、2006 年の米国ハーバード大学による g 因子の実験の測定結果とあわせて、電磁気力の強さを示す微細構造定数 α は $1/137.035999070(98)$ と定まり、最後の 3 桁の数字が変更されました。

ここで、微細構造定数 α とは、電子の電荷 e の平方 e^2 に比例した、単位のない数です。電磁気力の強さを示す目安となります。水素原子のスペクトル準位に微細な構造が見つかり、その構造のエネルギー差が α に比例していることが理論的に説明されたことから、 α を微細構造定数と呼ぶようになりました。ドイツの理論物理学者 A. ゾンマーフェルトによって導入されたものです。

電子の g 因子の実験と今回の理論式から決めた微細構造定数 α の値は、他のどの方法で決めた値よりも高い精度を持っています。今後の世界標準値となる予定で、理科年表をはじめ各教科書の値が変更されることとなります。電磁気力に起因する現象は、物の色や香りにはじまり、タンパク質の形、金属やナノ物質の特性、化学反応、原子の形成など多岐にわたります。その強さを示す α を知るということは、私たちが自然現象の根源を、 α の精度と同じ深さまで理解するということの意味します。

微細構造定数 α も含め、物理や化学に表れる自然界の基本定数の値は、国際科学会議によって設立された CODATA の基礎物理定数部門によって、さまざまな実験や理論計算の結果を判断し、その推奨値が決められます。今回の研究成果で電子の g 因子の理論式を変更したことにより、次期の CODATA 推奨値での α の値も変更され、それが世界中で使用されることになるでしょう。また、 α を使って決められた、他の物理定数や、測定の基準についても、変更を及ぼすことになるでしょう。

(理化学研究所ニュースリリース

<http://www.riken.go.jp/r-world/info/release/press/2007/070822/detail.html> から図を引用、及び参考、日刊工業新聞 2007 年 8 月 24 日号などを参考)

Copyright (C) Satoru Haga 2007, All right reserved.

技術・経営の戦略研究・トータルサポーター	
ティー・エム研究所	
E-Mail: GHH12525@nifty.com	URL: http://homepage3.nifty.com/s-haga
工学博士 中小企業診断士 社会保険労務士(登録予定) 代表 芳賀 知	