

1. 電子のスピンは電子の自転ではない

「スピンとは何か」という本格的解説文を増補として加えます。理由は、本篇「自由人物理」そのものが「スピンとは何か」という多くの人の疑問質問に答えるものでしたが、著述の性質上、相当に膨大なものになってしまい、質問に対する解答としては別の項が必要と考えたためです。そう強く考えた理由は、物理、化学の専門家を含め、スピンについて現在の学問的レベルから見て正確で、しかも予備知識なしでも理解できるような解説論文が一篇もないことです。勿論スピンについて書かれた論文や著書は驚くほど沢山あります。それが化学者を含め、物理専門家でない人々のスピンに関する常識を形成していますが、それは大ざっぱに言えば、原子内の電子の状態については、Schrödinger の方程式から導かれる 3 つの量子数（動径量子数 k 、方位量子数 l 、磁気量子数 M ）では表現できない自由度があり、それがスピン量子数ですが、それは電子が軌道角運動量なしで作る intrinsic（本来的）な磁気能率に関係し、それには上向き \uparrow と下向き \downarrow がある。そのような本来的な来磁気能率が発生する物理的原因は電子の自転である、というのが少なくともスピンを理解していると思っいる全ての人々が間違いない知識と信じている常識です。そしてその常識を振りまき、確固たるものにしていくのが、人々が容易に読める解説や著書です。

今回私が解説「電子とは何か」を書く理由は、この常識が間違っており、正さなければならぬと考えるからです。何が間違っているか、大きさもなく構造もない電子がこまの様に自転することで、軌道角運動量ではない「本来的角運動量」と「本来的磁気能率」を生じるという点です。ただこの一点に関し私のように疑義を抱いた人はごく少数で、専門家を含め圧倒的多数の人は、Uhlenbeck と Goudsmith が提案した電子が自転することにより、今まで知られていなかった磁気能率を生ずるという大胆な提案を歓迎し、その信奉者となりました。ノーベル賞はもらわなかったのですが、二人の提案はその根拠となった実験結果が十分に印象的であり、謎解きとして出された彼らの提案がなるほどと思わせながら分かりやすいものだったからです。

しかし長い謎解き競争の最後に出された Dirac の答えは、完璧なまでに電子自転説を否定しました。しかし自転説はそれを完全に無視することで、その後 100 年生き残っています。その理由の一つは Dirac 理論の難解さですが、もっと根本的な理由は、粒子派と波動論派の対立、Bohr, Heisenberg 派と、de Broglie, Schrödinger の対立にあると私は見ます。もっと根本的には量子力学の基礎を分光的、観測結果の解釈に置くのか、Mendeleev の周期律表に現われた多電子系の周期構造の解釈に置くのかの対立です。粒子派は電子という粒子の実体性に固執しますから、その運動形態としての自転から逃れられないのだと思います。実際、スピン現象の学問的正しい理解に必須なポイントが 2 項目ありますが、そのいずれも波動論が発見したものです。その第一は波動力学を相対論化した結論であり、まさに波動力学そのものです。第二はスピンに関する Pauli 行列理論です。これは Bohr, Heisenberg と共に強固な粒子論者であった Pauli が、この問題解決のために波動力学に移り達成した貴

重要な成果です。

このような事情のためか、本質的な点 2 点をおさえたスピンの正しい解説書で他を先導したのは、Dirac の『量子力学原論』、Kompaneyets の『理論物理学』、Corinaldesi の『相対論波動力学』、Taketani と Nagasaki の『量子力学の形成と論理』の四書です。いずれも波動力学の立場です。これに較べて Bohr との関係が強かった Landau と Tomonaga の『量子力学』は、電子自転論を否定することにはなっていません。Feynman の量子力学は著書の 1/4 をスピンにあてながら、Feynman らしく、現象から物理を発見する各段階の考え方の指導が目的なので「スピンは何か」の正解の提示はしていません。

書籍がそういう状況なら、それを 10 頁程度で行なう解説論文などなくても当然です。でもそれをあえてやろうとするなら考えなくてはならない。そこで考えたのは叙述の順序です。常識のように理論では予想できなかった不思議な現象の発見から始めて、その謎解きに挑んだ何人もの巨人の話と進んだら、本になってしまい、論文ではおさまりません。そこで考えたのが、順序を逆にすることです。最初にほとんど誰も意味はわからないが、学問的に正確な解説正文を示します。次に意味がわかるような解説します。たとえば Pauli 理論についてはまず Pauli の行列が具体的に示されます。すると次の段階はスピンのどのような特性が Pauli 行列を生んだかで、スピンが運動状態ではなく、波動関数に作用するオペレーターであることを示します。そして固有値は上向き \uparrow か下向き \downarrow が 2 値しか持たぬこと、そうなる根拠としては、異常 Zeeman 効果では 3 本への分裂ではなく、2 本への分裂が起りますが、これに対してはスピン量子数として半整数を考えた Lande の考えが紹介されます。つまり結論に昇って行く道より、結論から見降した方が論理の見通しが良いので、この方法で行きます。