

エディントン著『陽子及び電子の相対性理論』

石原 純

サー・アーサー・エディントンが現時世界に於ける第一流の天文学者であり且つ優れた理論物理学者であることは、誰も知らないものではないであろう。彼は一八八二年の生れで、本年尚お五十五歳の壯齡であるが、一九二二年以来イギリスのケンブリッジ大学の天文学兼実験科学の教授となり、ケンブリッジ天文台長を兼ね、同国に於ける随一の碩学として重きをなしている。一九一九年の皆既日食には観測隊を率いて、アフリカに赴き、始めて光線通路の屈曲に関するアインシュタイン効果を測定して、相対性理論を実証したが、それ以来この理論を深く研究し、万有引力と共に電磁気力をも説明する最初の試みとしてのワイルの理論を拡張して、一九二二年に『相対性の数学的理論』と題する一書を公けにした。

この相対性理論と相並んで今世紀に於ける驚異的な物理学理論として知られている量子論にも早くから興味をもち、謂わゆる量子力学の現われるに及んでは、之等の物理学的世界像の根抵を極めて巧妙に通俗的に解説した『物的世界の本質』なる名著を著した。併し物理学上ではその後相対性理論と量子論とをいかに相融合させるかということが絶大な困難な謎として考えられていたのである。普通の物質現象、即ち巨視的な世界に於ては相対性理論が成り立たねばならないことは、一般に認められているに拘わらず、物質の窮極的

な要素と見做される陽子（水素原子核）や電子に関しては、実験的諸事実から量子力学の成立することが確かめられた際に、併し量子力学の根本方程式を完全に相対性理論に適合するように立てることが頗る困難とされたのであった。僅かにディラックの電子論に於て特殊相対性理論を取り入れて、謂わゆる電子の旋廻（スピンの）の如きを導き出すことに成功したが、他方に於て電磁場を量子力学的に論じようとする量子電気力学に対する多くの試みは、今日なお満足な結果を得られないで、迷路を彷徨している。

かような有様のなかで、エディントン^{Edington}は独自の路を辿つて、この二つの理論を調和させようとするばかりでなく、今日理論的に未解決に残されている最も根本的な問題をも之によつて解こうとして、異常な努力を続けたのであった。昨年出版された『陽子及び電子の相対性理論』(Relativity Theory of Protons and Electrons)なる書物は、実に彼が一九二八年以来、この問題に関して研究した結果を、体系的に整序したものであつて、そこには従来誰もが手を触れ得なかつた多くの謎をみごとに取り扱っている点で、今日これ程野心的なしかも驚くべき内容を盛つた書物は他にないと云つてよいであろう。

彼は本書に於て、相対性理論と量子論との単一化よりも寧ろ両者の調和を求めたということを強調している。単一化せらるべき公式の如きは、之を数学者の手に委ねればよい。もっと大切なことは両者をいかに調和させるかに就いての物理的意味の確立である。彼の意見によれば、謂わゆる「相対論的量子力学」は、相対性理論の諸原理の誤解の上に基礎づけられている。この誤解を取り除いて進む処に、始めて問題の眞の解決があり、且つ量子論自身に含まれる従来の暗黒点をも取り去り得るとするのである。

彼が問題を解くために採つた根本的方針として最も重要であると見られるのは、空間に於て純粹に幾何学

的に考えられる枠（座標系）は観測不可能のものであるのに反し、実際に観測し得るのは物理的実在によつて与えられる枠であるとしたことである。だが、この実在は量子力学的には単にその確率分布だけが認められるので、しかもこの確率分布に伴つて空間は相對論的に曲率を有せねばならないと考えるのである。エディントンは確率が全体として常に1であり、即ちそれは恒存すべきであるから、確率分布を一種の流体分布の如くに取り扱つて、数式を展開している。

最も驚くべきことは、エディントンがこの方法によつて空間に於て一電気素量を有すべき粒子に対して二つの可能な質量の値を見出し、両者の比が $1/876$ であることを決定し得たことである。この比は正しく陽子と電子との静質量の比を与えるものであつて、従来のような物理的理論も、之を単に実験的事実として認めるより外に、理論的には理由づけることができなかったのである。実際に陽子と電子とが対立的な実在的物質要素として認められながら、何故に一方の質量が他方のそれよりもかほどに大きいかと云うことは、神秘的な自然の謎と見なければならなかつた。それをともかくもエディントンが純粹に理論的に導き出したことは、大いに注目するに値する。

エディントンは更に進んで、ゾンマーフェルトのスペクトル微細構造論に現われる常数（プランク的作用量子を h 、電気素量を e 、真空中の光速を c とすれば、之は $hc/2\pi e^2$ である）が137に等しいことを証し、なお上記の陽子及び電子の質量の比が測定方法の如何に依じて $136/137$ だけ小さくなること、即ち1847.6の代りに1834.1となることを明らかにした。又この理論でシュテルン・ゲルラッハの実験即ち粒子の流れに対する磁場の効果が十分に説明されることをも述べている。

もう一つの驚くべきことは、エディントンがこの理論をアインシュタインの宇宙論と結びつけて万有引力常数を理論的に計算し、又宇宙膨脹論に於けるハッブル常数をも導き出していることである。能く知られているように、ディラックの電子論では、宇宙空間が負のエネルギー準位にある電子によって占有されていることを仮定している。真空と称せられる場合は正のエネルギー準位が悉く空虚に残され、負のエネルギー準位がすべて電子によって占められたものであつて、しかもかような電子は何等の電場をも惹き起さない。この仮定は普通は陽電子の生滅を説明するために都合がよいとせられてはいるが、併しそれが甚だ不自然的にも見えるのは争われないのであつて、それでエディントンは、負のエネルギー準位を満たすものとして電子と共に同数の陽子をも仮定したのであつた。これは陰電子に対立する陽電子と同様に、陽子に対立する陰子の存在を予想することとなるが、かような陰子の存在は他の物理学者によつても屢々考えられたことである。何れにしてもエディントンは、この仮定の上にアインシュタインの全宇宙が輻射を發することなく、それ自身包容的なものである状態を、量子論的には輻射のない標準状態と対比させ、依つて全宇宙に於て幾箇の負エネルギー準位があり得るかを計算した。この数は

$$N = 2 \times 136 \times 2^{256}$$

として見出だされ、全宇宙にはそれぞれこの半数の陽子及び電子が存在すると思われるのである。エディントンは之から万有引力常数及びハッブル常数の値を殆んど正しく導き出し、又他の理論的考察から上述の N の値は、恰度 $16(16+1)2^{16^2}$ に等しいことを示している。

之等の結果は、すべて理論物理学にとつて極めて興味あるものであり、その最も深い根柢に触れたもので

あつて、特に今日迄に知られているすべての普遍的常数が之これによつて全く有機的に關係づけられると云う点で、最も顯著であると云わねばならない。この理論は今日まだ一般に承認せられる程度に達していないようでもあるが、併しかし現在求められ得る最も価値ある一つの試みとして、我々は之これに多大の興味を感じ、且かつその極めて豊富な思索から教えられるところのものは決して尠すくなくないであらう。私はこの意味に於て本書がその創見的価値に関して、多くの物理学書のうちに燦然さんぜんたる独自の光輝を放つていることを信じて疑わないものである。

(学燈、昭和十二年二月号)

-
- 『自然科学的世界像』（岩波書店、一九四〇年二月、第四刷）所収。
 - PDF化するにあたり、旧仮名遣いは新仮名遣いに改めた。
 - 旧漢字は新漢字に改めた。
 - 読みやすさのために、適宜振り仮名をつけた。
 - PDF化には`LATEX2ε`でタイプセッティングを行い、`dvipdfmx`を使用した。

科学の古典文献の電子図書館「科学図書館」

<http://www.cam.hi-ho.ne.jp/munehiro/sciencelib.html>

「科学図書館」に新しく収録した文献の案内、その他「科学図書館」に関する意見などは、「科学図書館掲示板」

<http://6325.teacup.com/munehiroumeda/bbs>

を御覧いただくか、書き込みください。