

物理学革新の一つの尖端

長岡半太郎

二十世紀は物理学革命の時期を劃している。ニウトン以来二百余年、多少の波瀾を交えて徐々に進歩して来た物理学は、前世紀の末ごろ大なる障碍に逢うて、遂にその針路を転換せねばならぬよう余儀なくされた。

分子や原子に関する研究は、在来の方法では始末に終えなくなつた。第一の暗礁は輻射に関する法則であつて、波長が短くなるに従つて、エネルギーは著るしく集積してくる結果を、古式の理論は提唱した。しかし実験はこれに對して反証を挙げた。この思い懸けない暗礁を乗り越す手段として、プランク（独人）は輻射は量子的発作に輻射するものと仮定し、舵を操つて見たが、幸に実験に符合する結果を得た。これが一九〇〇年に発表された劃期的論文であつて、輻射エネルギーの量子は振動数に恒数をかけたもので表わせると論じた。爾来この恒数は、あらゆる類似の現象を考究するに用いられ、驚くべき好結果を齎した。しかししてこの恒数をプランク恒数と名づけることは、吾人の敢て憚らぬことである。

その物理的意味を探すに、学者は大に腐心した。アインシュタインは相對原理に含まれているだろうと推察し、多年これを討究したけれども、どうしても追跡し得ないとの話であつた。誰も失敗の歴史は公表したくないから、彼が辿つた道筋は不明であるけれども、この恒数の的確なる意味を探し出せば、大なる発見である。

輻射エネルギーが量子的である議論が発表された暁には議論が沸騰した。多くの事物は連続的であるのに、輻射がそんなものであるうとは、突飛な仮説であると、古風な学者は非難した。しかし他方面から考えて見ると、全然

謂れない空想ではないことが判る。電子の存在は、その時すでに判明していた。アルファ粒子の荷電は確かに電子の二倍の陽荷電を有っている。またその質量は水素原子の四倍である。しかして、すべての化学元素の原子の質量は、水素原子の倍数であることは、その後に確かになった。中に塩素の如き三五・五倍であつて、何だか疑わしくあつた。三五とも考えられ、三六とも註せられる。よくよく測定して見ると、同じ元素であつても原子の核は違つた質量を有っているものがある。塩素の原子核は、水素原子核の三十五倍のものと、三十七倍のものどが混交して、普通は平均値三五・五になるような割合になつてることが発見された。かような元素は同位元素アイソトープと名づけられた。

このような元素は化学元素中大部分を占めている。例えば水銀は六つの同位元素の混合体である。換言すれば元素は水素原子を単位として、倍数の質量をもっている。然らば諸元素からできてゐる物質も、また量子的に構造されてあることは必然である。同位元素の研究は、今なお進行中である。同位元素間に微少の物理的差違があるけれども、化学作用においては変りがない。今、仮りに放射エネルギーがこんなものであるとすれば、別に量子となすも困難はないのである。況や相対原理は、エネルギーに質量があることを明示しているから、放射量子を理解するに困難はない。現に光は粒子として取扱つても差支ないとの考えを出してニウトン時代の光微粒子論の一部を復興しようとしたこともある。逆に近ごろは電子が放射に交してしまふとまで論ずる学者がある位だ。多くの人は、考え方が習慣と異つて来ると、思わず暗礁に乗り上げた気持ちがあるから、何となく抗議を申込みたくなる。しかしプランクの破天荒な思索で遂に放射の疑惑を解釈することができた。これが量子論の発端である。通俗に考うれば、物質が量子であることが最も理解し易い、また荷電も電氣量子の倍数であることを容易に考え得る。

これと前後して明瞭になつたことは、原子が陽電氣を帯ぶる核と、陰電氣を帯ぶる電子の或る数からできていて、陰陽相均しき場合に普通の状態に在ることである。しかし原子その物の内部の組織は如何なる仕組であるか判明

しなかった。今原子を商店に例えてみれば、二十世紀はじめころまでは、商店をそこから覗いて商品やその飾り付けを覗いていたばかりである。量子論が啓けてからこの方面では意外な掘出物をした。今度は商店の内に入って、その品物の造り方を調べ、店の帳簿まで検査して見ようと大胆な挙動を發揮してきた。その結果、店先きに在るものは電子ばかりである。その電子がどんなものであるかは単に臆測に止まって、只陰電気を帯びていることは確かであつても、正体はまだ判明しない。一時は球形であるなどと考えたこともあるが、あながちそうでもない。また電離状態にあるときは、電子が店から外へ飛び出すことがある。普通状況では、店内にある電子の数は決定している。化学作用はこれらの電子が他の商店の電子と結託する作用で起るが、この作用を受くる店の配列は異なつて来るは当然である。

かくして店の状況はほぼ観察せらるるが、今度最も注目すべきは、商店の中央に備え付けてある金庫の内容である。段々考究して見ると、この金庫即ち原子核は、水素原子、アルファ粒子と電子とが集合している。金庫内に陳列されてある模様は不明であるけれども、水素原子を単位としてはかれれば、その貫目は若干、電子は若干あるかが判然しているのみならず、金庫外の商品に相当する電子が、幾何あるかも勘定される。かくして元素は水素をひとして、一つづつ順上りになつて、九十二あることが判つた。

しかして順位は電子単位で計算して、核の荷電に相当する数である。金庫内の価値は極っているが、まだその蓋を開けて、中身を調べた人はない。何れ六ヶ敷い鍵がなければ、点検することはできまい。吾人は水素原子核や電子が、どんなに配列されてあるかが知りたい。ラザフォード（英人）は、快速アルファ粒子を弾丸として金庫破りを試みたが、軽い元素からは水素原子が出て来た験しがある。しかし重い元素の核は、一向この方法で壊れない。いつか吾人は原子核内の状況を窺い得る機会に到達するであろう。その暁には世界の面目は一新せらるること必然である。

金庫内に秘蔵してある品物の状況はまだ判らぬものとして、その周囲にある品物はどうかと訊ぬるに、これらは順位が定っていて、容易に変換を許さない。部ち核に近い電子と、店先きに近いものがある、位の高い電子が低いところに移るとき、光を発する。各元素に固有なスペクトルがあることは、この順位が一樣になっていないことを証明する。それ故電子の陳列状況を詳にするには、光線を分析せねばならぬ。これは既に分光学で調査されてあつたけれども、その意味は判明しなかつたため、一定の法則の下に整理せずにあつた。

この好材料を処分するに先鞭を付けたのは、ボーア（デンマーク人）であつた。初めて水素原子のスペクトルについて遺憾なく説明を施した。その説くところによれば、諸原子核に附随している電子は、惑星が太陽の周りで運行するが如く、軌道を廻つておつて、発光するときはその道が変更される。その光波の振動期は、軌道に在る電子のエネルギー変換で極むということであつた。この議論が量子論の当初の如くまた槍玉に揚げられたけれども、着々実験証明を得たので、その説を敷衍し、また証明する実験が学者の本務のように考えられ、物理学上研究論文の大部分はボーア派の独り舞台であつた。即ち一九一三年より一九二五年まで十二年間は、物理学史上いわゆるボーア時期なるものを劃成し、原子内の電子について少からざる光明を放つた。然し始めあるものは終りありで、段々調べて行くと、或る元素の発する光線は、どんなに実験を委しくし計算を施しても、電子の軌道説では解釈されなかつた。しかのみならず光の強弱や、偏りなどについては、何とも明示することが不可能である欠点を有つていたから、修正を施さねばならなくなつた。

量子論の説明に苦しんだ現象は干渉と廻折であつた。これは最初から攻撃的になつた。波動論に従えば何んでもないが、量子が干渉するには特別の機構がなければならぬ。偏りを生ずるには猶更難渋である。この重要な現象を説明するには単にボーア流の観察では不満足であつた。これよりさきアインシュタインは光電池が、煌々と照らされて電子を逸出する作用を論じ、光量子は微粒子の如く、エネルギーである以上はその運動量も同時に考察せ

なければならぬ。逸出する電子のエネルギーは物質より出るに必要な仕事を、光子から引き去つたものに均しと論じたが、この論鋒は正しく、又エックス線に関するコムプトン（米人）効果に適用されて、光子が恰も微粒子の如き行動を執れば自ら解決することとなった。

由來光は波動であるとか、微粒子であるとか考えているが、その間に離るべからざる関係があるではなからうか、微粒子が動く場合には、波動に伴われているであろうとはド・ブローイ（仏人）が説きはじめた事柄である。されば電子を大速度で動かして、エックス線同様の結果を得るや否の試験をなした結果、理論で示す如き波長の線あること証明し、遂に波動電子の觀念を得るに至つた。しかしド・ブローイの議論は、意味頗る深長であるから、シュレーディンゲル（奥人）によつて著るしく發展せられ、遂に波動力学として学界に紹介せらるるに至つた。

この見方に従えば、ボーア流の電子軌道は抹殺せられ、只その階段的跳躍によつて発光する大議論は不変に残して置くこととなつた。結局ボーアの想像した憶説は排除して、その基礎的定理を残すことになつた。この新しき見解によつて、ますます実験に符合する論拠を得た。これよりやや以前にハイゼンベルヒ（独人）が数学的難渋な経路を踏み、同様なる結果に到達する方法を考え出したけれども、難易の見地から、波動力学が専ら行わるるようになった。

かくの如く変遷した後、電子とか磁子とかいふものの正体が判然したかと読者は問わるであらう。これについてはデラック（英人）の研究があるけれども、まだ蒙昧な状況にあるといつてよろしい。そもそも吾人が最初に解釈すべくして、まださっぱり手のつかない事柄は、陰電気と陽電気の差別である。陰量子は電子に宿し、陽量子は水素原子核に宿している。しかして核の方は電子より千八百倍の質量を有している。その理由如何といわれるれば、只そんな配合に測定せらるるというより他はない。この最も重要な問題が解決せられざる以上、電気を論ずるもの、物質を説くものは、暗路をたどらねばならぬ。結局根本問題に触れておらぬのは、大なる欠陥である。研究はよろし

くこの本塁に向って突進せねばならぬ。電気を談ずる人が陰陽電気の本質を弁えざるとは古語の論語読みの論語知らずの如く、そぞろにファウストが慨嘆して（ファウスト悲壯劇第一部夜の段）

その秘密が分つたら、辛酸の汗を流して

うぬが知らぬ事を人にいわいで済もうと思つたのだ

と独り言を吐いた感触を想わしむるのである。

ここに僅かだから書いたことは、近ごろの物理学の進路を、汽車の窓から覗くようなもので、見ても何だか判然しないことが多い。読者はこれを諒とせられんことを望む。

（昭和七年（一九三二）一月「大阪毎日新聞」所載）

- 長岡半太郎著『随筆』（改造社、一九三六年十一月）所収。
- PDF化するにあたり、旧漢字は新漢字に、旧仮名遣いは新仮名遣いに改めた。
- 読みやすさのために、適宜振り仮名をつけた。
- PDF化には $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}_{2\epsilon}$ でタイプセッティングを行い、 $\text{dvi} \rightarrow \text{pdf} \rightarrow \text{m} \rightarrow \text{x}$ 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。