

世界物理年2005とアインシュタインの奇跡の年

2000年12月、ベルリンで「プランク100年記念」という量子論記念の会合に出席しました。その際、世界の物理学会の会議があり、ヨーロッパ物理学会の役員をしているレーザーの専門家のフランス人学者から「2005年を世界物理年としよう」という提案があり満場一致で決まりました。その後、純粋応用物理学連合IUPAP、国連総会、ユネスコなどでも決議されました。世界物理年2005日本委員会ができて取り組んでいます。

「2005年」とはアインシュタインの「奇跡の年」から100年目の記念の年のいう趣旨です。1905年にアインシュタインは三つの重要な論文を発表して、物理学の世界に彗星のごとくに登場しました。それらは全部が二十世紀の物理学の大きな進歩に貢献をしました。このアインシュタイン理論から100年を振り返って、未来に繋ごうというわけです。

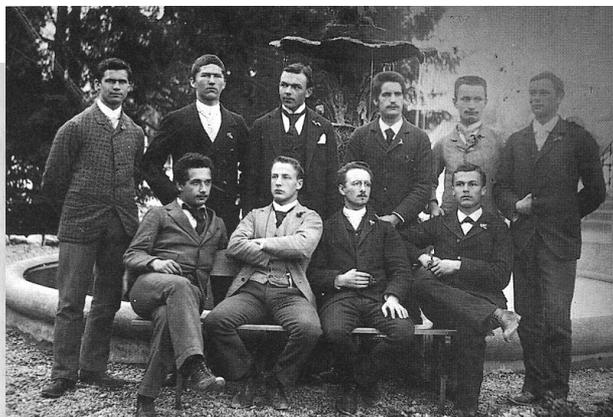
特許庁の役人

1905年、アインシュタインはスイスの特許庁の役人勤めという境遇で、大学とかの研究の中心から離れていました。ドイツで生まれたが、ユダヤ人の国籍問題もあって、スイスの工科大学を卒業して、就職も友達のグロスマンの親のコネでこの職についていたようです。ちなみに、彼の大学時代には家族はイタリアに移住しています。われわれ日本人にはこういう国籍不詳のユダヤ人のあり方も理解しにくいことです。また大学生の比率は当時は現在より百分の一ぐらいの時代です。

電気機器関係の商売をしていた父親の仕送りで生活していましたが事業が倒産し、父はまもなく亡くなりました。卒業時に希望していた大学の助手には採用されませんでした。もう一人の不合格の学生はミレーバというセルビアから留学している女子学生でした。当時ではめずらしく女子学生を受け入れていたのです。二人は在学時から相思相愛の関係で、彼が就職したときに結婚しました。

奇跡の年の三つの論文

1905年当時、アインシュタインは26才、今でいうと大学院博士課程3年生です。当時の学界の中心にあった人達から見ると無名の青年が難問の解答を引っさげて不意に登場したのです。三つの論文は全部ドイツのベルリン発行の雑誌に発表されました。当時の研究のセンター英仏独のなかでもドイツが物理学では一歩ぬきんでていました。現在とちがってアメリカはまだ二流国でした。職場は研究中心の職場ではありませんでしたが、ベルンの街に住んでいる同年輩の若者たちとサークルをつくって勉強会をやっていたようですが論文は全部自分だけの研究でした。



三つの論文

それら三つの論文の標題を投稿順にいうと「光の発生と変換に関し試みた一つの観点」（3月）、「静止した流体中に浮遊する粒子が、熱の分子運動学的理論の結果として生ずる運動について」（5月）、「運動物体の電気力学について」（6月）です。この年には、じつはこの他に第三論文の続き論文が一編と、博士号の論文を書いています。最近の大学院学生のように先生から指導を受けて書いたものは一つもなくすべてテーマも研究も自分一人でやったものです。しかも全部が物理学上の重大論文なので、まったく奇跡の年でした。

三の論文のうち二つはアインシュタインにとっても新しいテーマでした。（原子論の研究はそれまでも論文を書いていました。）二十世紀物理学のキーワードはよく量子論と相対論であると言われますが、まさにこの二つに関係しています。しかし、彼の貢献の仕方はこの二つで違ってきます。相対論は「完成」であり、量子論は「出発」です。特殊相対論は当時の大科学者ローレンツやポアンカレも論じていた難問を発想の転換で明快に解決したものです。彼は、電磁気学の問題としてでなく、時間空間論の問題に高めて解決策を発表したのです。また副産物として $E=mc^2$ の式を第四論文で発表し、当時まだ真新しい発見だった放射能の無尽蔵とも見えるエネルギーの源を説明して見せました。

第一論文の光の粒子説は、当時まだ誰も採用してないプランクの真新しい量子仮説を持ってきて、光電効果やイオン化などの実験事実を説明したものです。光電効果とは太陽電池のようなものです。コロンブスの卵的なちよっとしたひらめきアイデアものです。プランクの量子仮説はアインシュタインの展開を経て、1925年のハイゼンベルグ、シュレーディンガー等の量子力学の完成に至り、二十世紀の科学にこの上もない貢献をするのです。この論文は量子力学への「出発」点でした。

一般相対論と米国亡命

三つの研究の真価がじわじわと学界で認識され彼の人生も急に変わります。幾つかの大学の教師を渡り歩いたのち、1914年には当時の世界の最高峰であったベルリン大学の教授におさまります。ここで彼は1916年までに一般相対論を完成します。またその直後に書いた放射（光）の放出と吸収を確率で扱う「アインシュタインのA、B」という理論を発表します。この考えは現在の量子力学の確率論的な性格にも影響を与えました。さらにそこで提唱した誘導放出の考えは後のレーザーの発明にもつながりました。さらに1924年にはボーズ・アインシュタイン凝縮という物質の新しい状態を理論的に予言し、最近になってそれが実験的に実現されています。

このようにアインシュタインは「奇跡の年」の後も活発に新しい課題に挑戦しました。しかし量子力学の解釈をめぐる学界の主流からずれていったこと、またその後はじまった原子核・素粒子の物理学に関心を示さなかったこと、などのために研究面では孤独になっていきました。それに追い討ちをかけたのはヒトラーが政権を取ったドイツからの亡命を余儀なくされたこと、離婚で子供とも別れたことでした。1955年亡命先のアメリカで76才で亡くなりました。

一般相対論と宇宙現象

一般相対論は非常に数学的な発想で理論が作られました。ニュートンの重力理論で不都合が発見されていた訳ではありませんでした。そこで出来上がった理論が正しいかどうかを見るために、ニュートン理論からのわずかなずれを探する必要がありました。その一つが光が通りみちが重力で曲がる効果です。

1919年、イギリスの日食観測隊がこの新効果の観測に成功しました。第一次大戦の交戦国の科学者同士が協力した大発見として世間はこの話に熱中しました。アインシュタインは超有名人になり世

界中から招待され、1922年には日本にもやってきました。

重力が関係するものは原子や素粒子のミクロの世界には無く、対象は宇宙の話に限られます。彼は一般相対論を密度が一様な系に応用して宇宙モデルを論じました。この研究は紆余曲折がありましたが現在の膨張宇宙を記述する基礎になっています。また重力レンズや重力波の存在を理論的に示しました。しかし、ビッグバン宇宙、ブラックホール、重力レンズ、重力波などの最近の宇宙現象での一般相対論の活躍は彼の生前にはまだありませんでした。量子物理や原子核の研究が進み、観測技術が向上し、コンピュータで情報処理が可能になり、電波やX線などでの観測によって宇宙のダイナミックな姿が観測されるようになってから始まったことです。晩年の彼が興味を持っていたのは重力と電磁気力の統一理論や量子力学の解釈問題でした。彼の理論は縦横に宇宙の解明に活躍していますが、アインシュタイン本人が宇宙の研究をしていたというのは正しくありません。

ノーベル賞はフォトン

最近アインシュタインという名は時間空間論、ブラックホール、ビッグバン宇宙、力の統一理論などの話題によく登場します。また1950年代には $E=mc^2$ に関してアインシュタインは原子力のシンボルでした。これらは全て「第三論文」に起源を持つ相対論がらみのものです。ところが彼はノーベル物理学賞を「理論物理学の諸研究とくに光電効果の法則の発見」で受賞しています。相対論ではノーベル賞は貰っていません。

光は電気と磁気の波（電磁波）であると教えられていました。光も電波も同じ電磁波であり、波長が違います。ところが、アインシュタインは「光は粒子である」という考え方を提案したのです。一個のフォトンのエネルギーは[振動数] \times h (プランク定数)です。光は太陽電池で電気をおこしたり、植物の葉で光合成したり、紫外線が皮膚の細胞を壊したりします。これらは皆アインシュタインのフォトン説で説明できます。しかし、光は電波のように波でもあります。「波でも、粒子でもある」という奇妙な性質を扱うのが量子力学という理論です。

CDプレーヤーから光通信まで、我々の現代生活にはレーザーや発光ダイオードがあちこちに使われています。この技術の基になった考え方は誘導放射というのですが、この考えを1917年に提案したのもアインシュタインなのです。実際にレーザーが発明されるのは1960、70年代ですが、その動機を与えたのがアインシュタインです。この分野では今でもアインシュタインの A, B という量が重要なものです。アインシュタインは原子力、宇宙論、統一理論などの父であるだけでなく、現代の生活に入っているフォトンが関係した光の科学技術の父でもあるのです。

アインシュタインの四つの顔

世間向きには「アインシュタインの四つの顔」が挙げられると私は思います。

第一は知的革命の大家人物である。

第二は原爆などの経験でみた科学技術の政治社会的力強さである。

第三は生誕百年（1979年）頃に頂点に達した統一理論・宇宙論の知的興味のアイコンである。

第四（今回）はハイテク（光子、レーザー、BE,EPR,GPS など）の芽のアイコンとしてである。

私はこの四つは、アインシュタインだけでなく、物理学あるいは科学と社会を繋ぐものとして“すべて”大事なものであると考える。“すべて”という意味は一部だけを語るのとは“不十分”というより誤りであるという意味である。

現在は「第三」の顔がアインシュタインのイメージです。しかし一般相対論が宇宙の解明に登場したのは1960年代の終わりからでした。宇宙の研究にはその前に原子核物理の応用があり、その成果を経て一般相対論の活躍があったのです。さらに、ゲージ場での標準理論を一般相対論が先取りしていたという逆転劇で素粒子の主流に彼が結びつくのは1970年代末からである。

「第四」について一言。APSのNews紙(Jan. 2005)に「ソーラーパネルの会社に投資しておけばよかった」とつぶやくアインシュタインを描いた漫画を載せています。さらにまた一般相対論はGPSにおいて重要な役目を果たしています。時間の進み方が運動や重力場で影響を受けるからです。さらに科学の分野を広く見渡すと量子計算、量子通信、量子暗号といった研究でキーワードになっている言葉にEPRというのがあります。このEはアインシュタインのことです。量子力学の不完全性を指摘しようとした論文がいままったく逆転した意味で大いに量子力学を進めているのです。

