

投稿

相対論はいつ発表されたか

佐藤 明達

1. はじめに

1905 年はアインシュタインが立て続けに大論文を発表した年として「奇跡の年」と呼ばれている。特殊相対論の論文もその一つであるが、これも含めてもっと詳しく発表の日を調べてみよう。

2. 1905 年の 5 編の論文

アインシュタインは 1902 年 6 月 19 日ベルンのスイス特許局から技師(三等審査専門官)に採用するとの通知を受け、23 日から勤務し始めた。当初は臨時採用で、本採用になったのは 2 年後である。フリュキガーによれば次のように記されている。(角括弧内は引用者の注)

既に 1905 年 4 月初めに、彼は[親友]ハビト宛にその[彼の]学位請求論文についての考えをただして、こう書いている。

「……ぼくはその代わりに、君に四つの論文をお約束します。そのうちの一つは、著者献本分をなるべく早く入手しますから、間もなくお送りできると思います。この論文は光の放射とエネルギー的性質について扱っていて、君の論文を予めぼくに送ってくれるときにはもうお分かりかと思いますが、たいへん革命的なものです。二番目の論文は、中性物質の希薄溶液の拡散と内部摩擦から、真の原子の大きさを決める方法を扱ったものです。三番目は、熱運動から生み出され、それと分かる不規則な運動を説明するには、液体中に懸濁している 1000 分の 1 ミリ・オーダーの大きさの粒子に関する、熱の分子運動論を前提にしなければならないことを示しています。それは、実際に生理学者によって観察された生

きていない小さな浮遊物体の運動で、その名をとってブラウン分子運動といわれているものです。四番目の論文は頭の中にまだありますが、時間と空間についての学説の修正を利用して、運動物体の電気力学について論じたものです。この論文の純力学的な部分は、きっと君にも興味があると思います。」[1]

アインシュタインは既に 1901 年から雑誌「物理学年報 (Annalen der Physik)」へ論文を投稿しており、ベルン時代(1902 年 6 月～1909 年 10 月)に発表した論文数は 30 編に上る。1905 年に発表された 5 編の論文の最初は「分子の大きさの新しい決定」で、4 月 30 日に完成、ベルンの K. J. Wyss 印刷所で印刷され、チューリヒ大学に博士論文として提出された。これは第 6 論文(論文番号は [6]による)で、翌年付録を付けて「物理学年報」第 19 巻に転載された。第 7 論文は「光の発生と転換に関する一つの発見的な見地について」で、3 月 17 日に完成、翌日「物理学年報」編集部で受理された。これが光量子仮説で、彼はこの業績により 1922 年に 1921 年度のノーベル物理学賞を受けた。第 8 論文は「静止した液体の中に浮遊している粒子の、熱の分子運動論から要請される運動について」というブラウン運動の理論で、5 月 10 日完成、翌日受理された。第 9 論文は特殊相対論を扱ったもので、「運動物体の電気力学」といい、6 月 30 日に受理された。第 10 論文は前者の続きで、「物体の慣性はそのエネルギー含有量に依存するか?」といい、9 月 27 日に受理された。この中で彼は有名な $E=mc^2$ の式を導いている。第 7、8、9 論文は「物理学年報」第 17 巻に、第 10 論文は第 18 巻に

掲載された。[2][3]

3. 一般相対論の完成

一般相対論の成立過程について、広瀬立成氏は次のように記す。

1915年11月4日木曜日、アインシュタインはベルリンのプロイセン科学アカデミーで「一般相対性理論について」と題した論文を読み上げた。その冒頭、彼は前年秋に公表した重力場の方程式は誤りだと認め、一般共変性を重力の理論の出発点とすべきことを明言する。(中略)

3年前に捨て去った「一般共変性」に立ち戻って前年の論文を検試してみると、論理の見通しがよくなって、より単純化された方程式が現れてくる。重力場の方程式もすっきりした形となって、しかもその近似にはニュートン方程式が含まれていた。さらに翌週11日の発表では、極めて大胆な仮説を導入することで、ある特別な座標系では一般共変な場の方程式が導かれることが示された。重力を幾何学化するという大目標まで、アインシュタインはあと2週間のところまで迫っていた。(中略)

11日の発表の時点で、おそらくアインシュタインは、新しい方程式が論理的に整合性がとれていることに強い自信をもっていた。だが理論が万人に受け入れられるためには、何よりもまず、その方程式が正しく自然を記述しているかどうかを検証する必要がある。自然のことは自然に聞け—アインシュタインは、二つの事例について計算を試み、その結果に大いに満足した。(中略)

11月18日、アインシュタインは、水星の近日点移動についての成果をアカデミーで発表し、さらに一週間後の11月25日、「重力場の方程式」と題した論文をアカデミーの物理数学分科会で読み上げた。難産だった一般

相対性理論が、ついに完成したのだ。[4]

アインシュタインの第81論文は「一般相対性理論について」、第82論文は「一般相対性理論による、水星近日点移動の説明」、第83論文は「重力場の方程式」といい、いずれも1915年「プロイセン科学アカデミー会議報告」第2部に掲載された。翌1916年3月20日には第84論文「一般相対性理論の基礎」を書き上げた。これはライプチヒのJ. A. Barth書店(「物理学年報」の印刷所)から出版され、同年「物理学年報」にも転載された。

「アインシュタイン選集2」を翻訳・編集した内山龍雄氏は次のように言う。

今日、我々によく知られている重力場の方程式が初めて導かれたのは、1915年に発表された“*Zur allgemeinen Relativitätstheorie*” (S. B. Preuss. Akad. Wiss. (1915), pp.777~786、および同誌 pp.799~801)である。これは重力場の方程式に関する部分だけの論文である。これに対して、本書に載せた論文(A3)[第84論文]は、一般相対性理論のそもそもの考え方から説き起こして、重力場の中にある質点の運動方程式、電磁場の方程式、さらに重力場の方程式とその応用に至るまで、あたかも一冊の完全な教科書のように、ほとんどすべてのことが丁寧に説明されている。歴史的に有名な前者をやめて後者を載せたのは、上のような内容のためである。実際、アインシュタイン以外の著者によって書かれた、へたな単行本よりも、この論文(A3)のほうが、遥かに見通しがよくスッキリと簡潔に書かれており、また正確である。[7]

4. まとめ

科学的な発見や学説は、それが数人の仲間内に知られているだけでは意味がない。学会での講演や学会誌への掲載によって学界に公

表されて初めて、人類の知的財産としてその後の科学の進歩に貢献することができる。だから、いつ公表されたかが重要なのである。

上述の通り、特殊相対論は 1905 年に発表された。一般相対論はその 10 年後、1915 年に完成し発表された。ときに「1916 年に完成」と言われるのは、総合報告の第 84 論文がよくまとまっていて読みやすく、よく普及したからであろう。[9]

5. エピソード

一般相対論の予言する、太陽の重力場による星の光の屈曲を検証するために、英国のエディントン隊は西アフリカ、ギニア湾のプリンシペ島で、別の隊はブラジルのソブラルで 1919 年 5 月 29 日の皆既日食を観測した。広瀬立成氏は次のように記している。

ところで、この相対性理論の検証という大事業に、アインシュタインはどのように関わっていたのだろうか。結論をいえば、この実験はアインシュタインには何の知らせもなく計画され、実行され、更には観測結果すら直接には伝達されなかった。漸く 9 月になって、アインシュタインはオランダの友人経由で、エディントンらの日食観測が一般相対性理論の正しさを実証したことを知った。第一次世界大戦による長期の敵対関係があったとはいえ、イギリスの科学者たちがここまでアインシュタインを無視したのはなぜだろう。日食観測が検証しようとしているのは、アインシュタインの理論そのものだというのに。[5]

またまたバリー・パーカーは次のように伝えている。

アインシュタインは、観測結果の電報を受け取り、喜んだ。それは、日食観測が成功したことを喜んだのである。この電報を見せら

れた学生の一人[イルゼ・ローゼンタール・シュナイダー]はアインシュタインに聞いた。「もし、新理論の検証が出来なかったら、どうしました」アインシュタインは、こう答えた。「エディントン卿を気の毒に思ったろうね。なぜなら、理論は正しいんだから」[8]

参考文献

- [1] M. フリュキガー著、金子務訳「青春のアインシュタイン」東京図書、1978、pp.83～84
- [2] 上掲書、pp.84～88、pp.100～101、pp.206～207
- [3] E. セグレ著、久保亮五・矢崎裕二訳「X線からクォークまで」みすず書房、1982
- [4] 広瀬立成著「相対性理論の一世紀」新潮社、2005、pp.161～163
- [5] 上掲書、pp.168～169
- [6] 井上健・谷川安孝・中村誠太郎訳編「アインシュタイン選集 1」共立出版、1971、pp.265～291
- [7] 内山龍雄訳編「アインシュタイン選集 2」共立出版、1970、p.16
- [8] B. パーカー著、井川俊彦訳「アインシュタインの遺産」共立出版、2004、p.127
- [9] C. ランチョシュ著、矢吹治一訳「アインシュタイン—創造の 10 年—」講談社、1978（第 2 部に 1905 年から 1915 年までの論文の要約あり）