



一般相対性理論 100 年 “アインシュタイン展” アインシュタインの業績と人となり

大石 和江

Oishi Kazue

東京理科大学の神楽坂キャンパス内に位置する東京理科大学近代科学資料館では、2015年9月25日から12月10日まで一般相対性理論完成100年を記念し、“アインシュタイン展”を開催した。これまでもアインシュタインに関する企画展示は全国各地で多数行われており、特に特殊相対性理論100周年の2005年には記念展示が全国各地で催された。当館では“特殊”から“一般”相対性理論への完成までの10年間のアインシュタインの思考をたどる展示ができないかと試みた。その展示内容を振り返りながらアインシュタインの業績について紹介する。

1. アインシュタインアーカイブ

イスラエルのエルサレムにあるヘブライ大学アインシュタインアーカイブには1916年に発表された一般相対性理論の手書き原稿が展示されている。アインシュタインは1950年に彼の著作財産と個人的



写真1 一般相対性理論の手書き原稿（レプリカ）を前に完成までの道のりについて資料館学生スタッフの説明を聞く高校生の団体

な著作物や書簡などをヘブライ大学へ寄贈し、ヘブライ大学を彼の知的財産の永遠の居場所としたのである。

当館でアインシュタイン展を行うことになったきっかけは、日本イスラエル親善協会を通して、イスラエルのヘブライ大学から連絡があったことである。一般相対性理論完成100年目の記念すべき年に一般相対性理論の原稿（レプリカ）を展示し紹介してはどうかという内容だった。

調査研究されたアインシュタインの書いた原稿・論文・手紙はTHE COLLECTED PAPERS OF ALBERT EINSTEIN（以下CPAE）に収められ、解説付きで出版されている。さらに2012年よりデジタル化された資料がインターネット上で、ドイツ語と英語で公開されている（<http://www.alberteinstein.info/>）。世界中からアインシュタインの思考を研究することが可能となっている。

アインシュタインはドイツのウルムという小さな町でユダヤ人の両親のもとに生まれ、小学生の頃から時代に翻弄されて、ドイツ、スイス、ウィーン、最終的には追放されるかのようにアメリカへと亡命し生涯を閉じた。そんな彼は、ユダヤ人としての聖地にユダヤ人の大学ができることを支援したのであった。企画展のために生涯を調査するにつれて、国家間の争いごとに翻弄され研究拠点を転々とせざるをえなかった科学者アインシュタインの苦悩はいかばかりかだったかと思いをめぐらせた。

この展示では、アメリカの物理学者とともにアインシュタインがルーズベルト大統領に原子爆弾の製造を進言したことへの悔悟の念から、晩年に行った平和運動に関する資料やアインシュタインの人とな



写真2 ラッセル・アインシュタイン宣言に関する展示の前で説明を受ける本学学生たち



写真3 “物理チャレンジ/光電効果の問題”を解くコーナー
協力：物理オリンピック日本委員会

りを表す語録などの展示も行った。

1922年の日本訪問を実現させた改造社の編集長であった原勝や平和主義者篠原正瑛が、原子爆弾プロジェクトへの関与について1952年から1953年にかけて尋ねた手紙は、科学史などの授業の題材となった。

2. 1905年奇跡の年

ニュートン力学の完成によって、17世紀後半から20世紀前半までは“時間”と“空間”は観測者がどの位置にいても、どのような速度で移動していても変わらず“絶対的”であると思われていた。

ところが光速は地球の自転や公転に影響されず一定であることが1887年にマイケルソン・モーリーの実験によって証明された。この光速度不変の原理と、異なる座標系においても物理法則は変わらないとする相対性原理の2つの点から、1905年にアインシュタインは特殊相対性理論を導いた。これにより“時間”と“空間”は“絶対的”なものではなく“相対的”に変化するものとなった。

特殊相対性理論ができた1905年にアインシュタインは5つもの重要な論文を発表し、奇跡の年とも呼ばれている。『光量子仮説に関する論文』『分子の大きさを求める方法に関する論文』『ブラウン運動から分子の大きさを求める論文』『特殊相対性理論に関する論文』『特殊相対性理論から導かれる質量とエネルギーの関係』の5つである。当館では、発行されている物理学年報(Annalen der Physik)の英訳論文を展示した。自由に手にとって見てもらえるようにしたのだが、タイトルは知っていても論文は

初めて読んだという来館者が多かった。

3. 一般相対性理論への道のり

1907年アインシュタインは「私の人生で最も幸運な考え」と呼ぶある思いつきをした。その思いつきから加速度と重力が等価であるという“等価原理”が導かれ、新しい理論の定式化に何年もかかった。そこで彼を助けたのがスイス時代の友人の数学者マイセル・グロスマンであった。彼からテンソル解析とリーマン幾何学を学んだことがわかる『チューリッヒ・ノート』と呼ばれる計算ノートを展示した。

さらにその結果をもとに“物理学の部”をアインシュタインが、“数学の部”をグロスマンが書いた『一般相対性理論および重力の草案』という論文が1913年に発表された。しかし、この『草案』は共変な(座標変換しても不変な)重力場の方程式ではなかったことから失敗だった。

その後、アインシュタインは良き理解者であった物理学者ローレンツなどに手紙を送って、不完全な点を説明し続けている。アインシュタインと数学者、物理学者、天文学者との手紙を見ているとアインシュタインが決して一人でその偉業を成し遂げたのではないことや、手紙を通じて助言を求め、考えをまとめていく過程を感じることができた。

4. 1915年11月のドラマ

アインシュタインは1915年11月4日、11日、18日、25日に4つの論文を続けてプロシア科学学士院に提出した。11月18日の論文は天文学者のた



写真4 アインシュタインが友人のグロスマンと計算したノートを見る来館者



写真5 サイエンスカフェ
「祝・一般相対性理論完成 100年」
2015年11月25日

めに口頭で発表したものだった。

第一の論文では「(前略) 重力の正しい理論を見つけたと信じます。これらはもっともらしく定式化された一般相対性の公理とよく合います(中略) 私はかつて自分の導いた場の方程式を信用しなくなっていました。」とある。

そして提出の終わった11月26日には友人ハインリッヒ・ツァンガーへの手紙に書いている。「一般相対性の問題は今や完全に解決しました。理論によって水星の近日点移動がきれいに説明されます。」そのほかにも11月から1916年の1月にかけてアインシュタインは完成した喜びを伝える手紙を友人達へ送った。そうして彼が書き上げた論文は、1916年5月の物理学年報(Annalen der Physik)に『一般相対性理論の基礎』というタイトルで発表された。

一般相対性理論が学会誌に発表されたのは1916年ではあるが、完成したのは1915年11月なのであ

る。今回の展示に関して調査していると、一般相対性理論成立に関する年号が1915年の資料と1916年の資料があり、どちらが正しいか最初はわからなかった。どうして2つの年号が出てくるのか不思議でならなかったが、完成までの過程を詳細に調べていくうちに納得したのであった。どちらの年号も記述の仕方によっては正解なのである。

また、企画展開催中にサイエンスカフェを企画した。アインシュタインがちょうど100年前の11月に発表した4日間に開催したのである。

第1回11月4日「ちょうど100年前一般相対性理論が出来上がった」～11月のドラマ～工学院大学 岡村浩名誉教授

第2回11月11日「相対性理論が描く宇宙の未来」東京理科大学 理学部第二部物理学科辻川信二教授

第3回11月18日「アインシュタインの言葉」東京理科大学 藤嶋昭学長

第4回「100周年を記念して(対談)」東京理科大学 教育支援機構理数教育研究センター秋山仁教授×科学教育研究科科学教育専攻北原和夫教授

さらに名古屋大学大学院理学研究科 杉山直教授による一般向け講演会「宇宙を解く鍵・一般相対性理論」も好評であった。

5. 最後のノート

展示期間中、老若男女問わず、一番多くの関心を集めた展示は、アインシュタインの“最後のノート”であった。1955年の逝去の前日に書かれたという計算でいっぱいなのは、彼が人生最後の日まで探求を続けたことを物語っていた。

彼が晩年に研究していたGrand Unified Theory(GUT)とは文字通りには大統一理論という意味だが、重力と電磁気学を一つの統一場で求めようとしていたので統一場理論と呼ばれている。何度も論文を提出し、そしてその欠点を最初に指摘するのかもしれないも彼自身だった。アインシュタインが統一場理論について最後に論文を書いたのは1950年である。地球上のすべての力(強い力、弱い力、重力、電磁気力)にかかわる計算式を導きだそうとしたものである。

2016年2月にアインシュタインからの最後の宿題といわれていた重力波が人類史上初観測された。

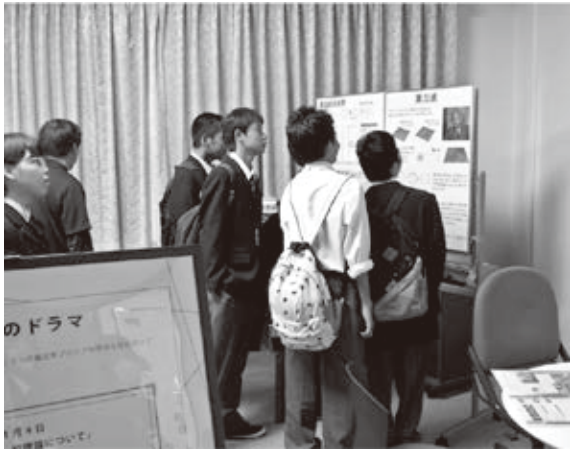


写真6 最新の“重力波望遠鏡”KAGRA計画の解説パネルを読む高校生たち

彼の理論が正しかったことがまた証明され、これまであまり注目されていなかった重力波天文学が一躍脚光を浴びた。ニュースになる以前からその分野の研究室を希望していた学生が、急に研究室希望者が増え倍率が上がってしまったことを嘆いていた。

100年前に重力波の存在を予想していたアインシュタインは、今どのような気持ちでいるだろうか。予想通りだったとにこやかにほほ笑んでいるのではないだろうか。

さて、最後にアインシュタインの相対性理論を我が国で最初に紹介した桑木彥雄の『相待原則ニ於ケ



写真7 日本で初めて相対論が紹介された東京物理学校雑誌232号117頁 桑木彥雄『相待原則ニ於ケル時間及空間ノ観念』1911（明治44）年3月8日発行 東京理科大学近代科学資料館所蔵

ル時間及空間ノ観念』について紹介する。明治初期から昭和にかけて東京理科大学の前身の東京物理学校が発行した『東京物理学校雑誌』に1911（明治44）年3月に掲載された。

東京物理学校の講師でもあった桑木彥雄や相対性理論の専門家の石原純、物理学の大御所の長岡半太郎らが相対性理論に関する記事を執筆してその普及に貢献し、アインシュタインの業績を日本に紹介する大きな役割を果たしたのである。

（東京理科大学近代科学資料館
科学コミュニケーター/学芸員）