

科学教育の歴史と生涯学習

— 真空実験を中心に —

鹿児島大学生涯学習教育研究センター 松野 修

1. ゲーリケの真空実験

— 楽しみごととしての科学研究 —

(1) プロローグ

1655 年初夏, 南ドイツの街レーゲンスブルグ郊外でオットー・フォン・ゲーリケ (Otto von Guericke; 1602-1686) は直径 30 センチあまりの 2 つの銅の半球をつなぎあわせた。彼は持

参した空気ポンプを使って中の空気を抜き, この両側に 8 頭, つごう 16 頭の馬を繋いだ。御者の声とともに馬たちは懸命に引いたにもかかわらず半球は容易に分かれず, 観衆が「16 頭の馬をもってしても無理なのか」と思ったそのとき, 半球はとうとう鈍い音とともに 2 つに分かれた。この大規模な真空公開実験はカスパー・ショット (Kasper Schott; 1608-1666) によって「マゲデブルグの新実験」と名付けられ, ヨーロッパに広く伝えられた¹。

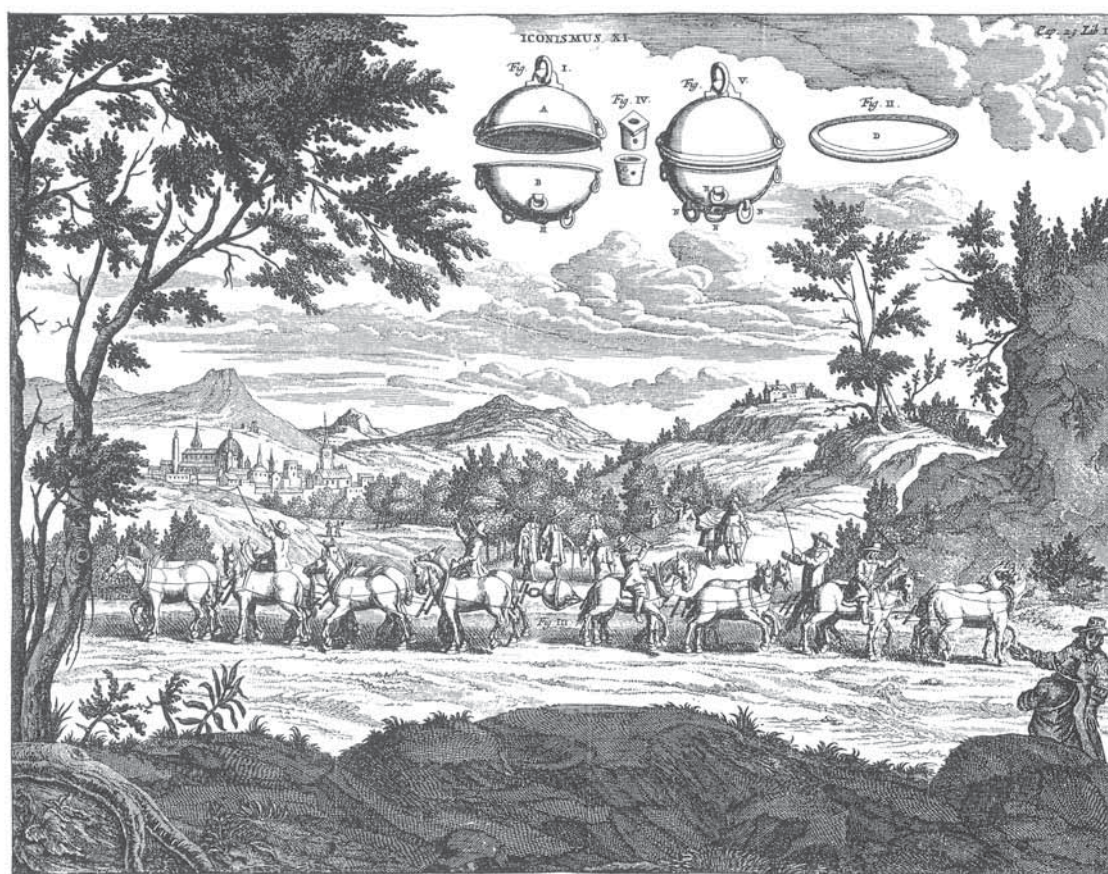


図1. レーゲンスブルグにおけるゲーリケの公開実験

Otto von Guericke,

Experimenta Nova (ut vocantur) Magdeburgica de Vacuo Spatio, 1672, pp. 104-105.

¹ Kasper Schott, *De Arte Mechanica-Hydraulico* 『水気学の器械』, 1657 の付録に収められた。

レーゲンスブルグで行われたこの実験が、北ドイツの街「マグデブルグ」の名を冠して呼ばれたのは、実験の主宰者オットー・ゲーリケが、当時マグデブルグの市長を勤めていたからだった。もともとこの公開実験は、前年からレーゲンスブルグで開催されていた神聖ローマ帝国（現在のドイツ）帝国会議のために、ドイツ各地から招集された領邦国家の諸王、貴族、使節らを対象とするアトラクションのひとつとして企画されたものだった。

とはいえこの実験は、科学については素人である政治家たちを楽しませるための〈単なる見せ物〉ではなく、当時としては最新かつ最高の水準にある歴とした科学実験であった。近代科学が成立しつつあった最初の時代には、科学は〈楽しみごと〉として研究されたのである、しかしながら、〈楽しみごととしての科学研究〉と一言でいっても、今日の読者には、それがどんなものかイメージできないだろう。そこでまずオットー・フォン・ゲーリケがどのようにして真空の研究し、その成果を人びとに公開していたのかを簡略に紹介しよう。これは科学教育の原点を探るというだけでなく、後の時代の公開科学講座で、この説明がどのように変化していったかを検証するための基準点を確保する意味も持っている。

(2) ゲーリケの宇宙論

ゲーリケの真空についての研究は『真空についての（いわゆる）マグデブルグの新実験』にまとめられている。原版はラテン語で1672年に刊行されたが²、その後は一部がドイツ語されてオストワルト叢書に収められただけで、その全容は容易には解読できなかった。しかし最近になって英語版とドイツ語版の全訳が出版されたので³、わたしのようにラテン語の読めない者でも彼の研究の全体像を知ることができる。

まずこの本の構成を見てみよう。全部で7部に分かれるこの本のうちレーゲンスブルグでの公開実験を含めて、真空についての実験を扱っているのは第3部だけで、あとはすべて「惑星系」「恒星」などの宇宙論で占められている。本文244ページのうちで真空実験を扱っているのは51ページ、全体の2割にすぎない。

序文

第1部 宇宙の体系 より一般的な哲学的理論による説明(52)

第2部 からっぽの空間(17)

第3部 いろいろな実験(52)

第4部 宇宙の力能とこれに関連する問題(28)

第5部 大地と海が広がる地球およびその同伴者たる月(43)

第6部 われわれの惑星系(25)

第7部 恒星とこれらを限界づけている境界(21)

()内はラテン語原版のページ数

しかもこの8割を占める宇宙論は、ゲーリケが真空についての実験に着手するにあたって決定的な動機となるものだった。この点について彼は「第2部 からっぽの空間 第1章 なぜわたしは真空の研究をはじめたか」でくわしくその動機を語っている。

ゲーリケの時代には望遠鏡の発明によって宇宙の様子がそれまで以上に正確にわかってきた。当時の天文学者の観測によると、太陽系のいちばん外側に位置すると思われていた土星軌道は、アリストテレス学派の人びとが考えていた「天球」よりもはるかに遠い距離にあること、さらにその外側に位置する恒星は、最高の精度をもつ望遠鏡をもってしても地球の軌道上からの視差を計測できず、測定不可能なほど遠い距離にあることがわかってきた。しかも幾百万もの恒星は相互に同様な距離を保ちつつ宇宙に散在しているのだとすれば、宇宙空間そのものの大きさは想像を絶するほど広大なはずである。これは中世ヨーロッパの宇宙観と比較すれば空間認識の桁はずれな拡大を意味する。では、人間の認識能力をもってしては把握できないほどの、この想像を絶するほど広大な宇宙の構造はどうなっているのか。「人間が認識できるもののなかで最大の、この宇宙の秘密を探ってみたい」というのが彼の研究動機だった。ゲーリケ自身の言葉を引用しよう。

そして、そのうちでいちばん巨大なもの、つまり〈すべての天体を包み込んでいるもの〉、〈計り知れないほどの距離や空間の全部を包み込んでいる、広大な宇宙の広がり〉についてはどうでしょう。星の数がどんなに多く、どんなに巨大だとしても、そのすべてを集めても、宇宙の大きさに比べればまるでチリのようなもの、まったく原子ほどの粒でしかありません[tantum ut minima pars vel Atomus

² Otto von Guericke, *Experimenta Nova (ut vocantur) Magdeburgica de Vacuo Spatio*, 1672, 大英図書館所蔵。

³ *The New (so-called) Magdeburg Experiments of Otto von Guericke*, translated and edited by Margaret Glover Foley Ames, 1994. *Otto von Guericke's Neue (sogenannte) Magdeburger Versuche über den Leeren Raum*, herausgegeben von Fritz Karaff, 1996.

aestimanda]。

わたしはこういうことについて長いあいだ考えをめぐらし、宇宙の構造について実際的な研究にたずさわってきました。この宇宙に広がる天体のとてつもない大きさ、おたがいの間のひじょうに大きな距離について考えるにつけ「いったい人間の知性は、これをほんとうに理解できるのだろうか」と疑ってきました。それだけでなく、この問題の中でもとりわけ〈星ぼしをへだてている広大な空間〉に向かってわたしの好奇心はふるい立ち、「なんとかこれを探求してみたいものだ」とわたしを突きつき動かすようになったのでした。いったいぜんたいこれは何なのでしょう？ 〈この、すべてのものを含み、この世に存在しているものすべてに場所を提供しているもの〉とは、いったい何なのでしょう？ それはほんとうに〈天上の火〉と呼ばれているような物質なのでしょう？ それともそれは(アリストテレス学派の人たちが主張するような)固体なのでしょう？ それとも(コペルニクスやティコ・ブラーエが信じていたような)流体なのでしょう？ それとも〈稀薄な第5の実体〉なのでしょう？ それとも、この空間はすべての物質がまったく排除されている状態、いわゆる〈真空〉なのでしょう？

アリストテレス学派の人びとは「天上には、地上から立ち昇った純粋な〈火の元素＝エーテル〉が充満している」と考え、「自然界に真空は存在しない」と主張していた。ゲーリケも「われわれのまわりにある大気は、地球の内部から発散されたガスに起源をもつ」と考えた点までは彼らと同じだった。しかし地球の内部から発散されたガスは「その重さと地球自身の力」によって地表付近にとどまっているにすぎないのであって、それが宇宙全体を満たしているとは考えられない。なぜなら宇宙全体に比べれば地球は点以下でしかなく、いかに空気が希薄化しようとも、点以下の物質質量しかない地球から発散された大気が、広大な宇宙全体を満たせるはずはないからである。〈われわれのまわりにある大気は、地球のまわりを薄い衣のように覆っているにすぎず、宇宙全体は真空になっている〉というのが彼の仮説だった。つまりゲーリケが第3部で展開した一連の真空実験は、たかだか直径40センチばかりガラス容器を真空にすることが主眼だったのではなく、「広大な宇宙空間そのものの性質を探求する」という理論的背景のもとに行われたのだった。ゲーリケの真空実験に

は「このガラス容器に、広大な宇宙空間を閉じこめる」という意味が込められていたのである。

ゲーリケの本にはいくつもの図が載せられているが(そしてその多くは真空実験を扱った第3部に集中している)、うち2枚だけは大きな折り込みになっている。そのうちのひとつは本論の冒頭で紹介した、レーゲンスブルグでの公開実験の様子を描いたものであり、もうひとつは宇宙の構造を描いたものである。

この事実ひとつをとってみても、ゲーリケが読者に訴えようとしていた研究のありようが理解できる。ここには〈壮大かつ哲学的な想像をもとに、それをだれの目にもあきらかに、おしつけなく納得できる方法で提示する〉という科学本来の姿勢がある。〈楽しみごととしての科学〉とは、口あたりのいい味つけをするために、小手先の工夫をこらすことではないのである。

(3) ゲーリケと街の人びと

とはいえ、ゲーリケはいつも眉間にシワを寄せて宇宙を論じ、アリストテレス学派と論争していたようには見えない。とくに真空実験のようすを描いた第3部を読んでも、じつに機嫌よく実験道具を設計し、職人に製作を託し、組み立てている。ゲーリケの本には彼の友人とおぼしき人物が献辞を寄せている。その一節にはこうある。

きわめて優秀にして卓越した紳士、オットー・フォン・ゲーリケ氏の著した

『マグデブルグの新実験』への献辞

自然のあまたの神秘を探求する技は、鋭い眼のいる、骨のおれるしごとだ。

自然というまがりくねった小道をたどるのはとても困難で、

だれにでもできることではない。

汝、この優れた士よ。あなたはマグデブルグの市長として知られるだけでなく、

哲学の世界でも卓越した探求者としても知られておいでだ。

あなたと親しく言葉を交わす者にも、あなたのこの本を読むだけの者にも、

底抜けに明るくて人を疑わぬ、あなたのその人柄はすぐに知れる。

じっさい、彼は研究の過程で貴重な道具を破損させるようなめに何度もあっているのだが、そのたびに失敗そのも

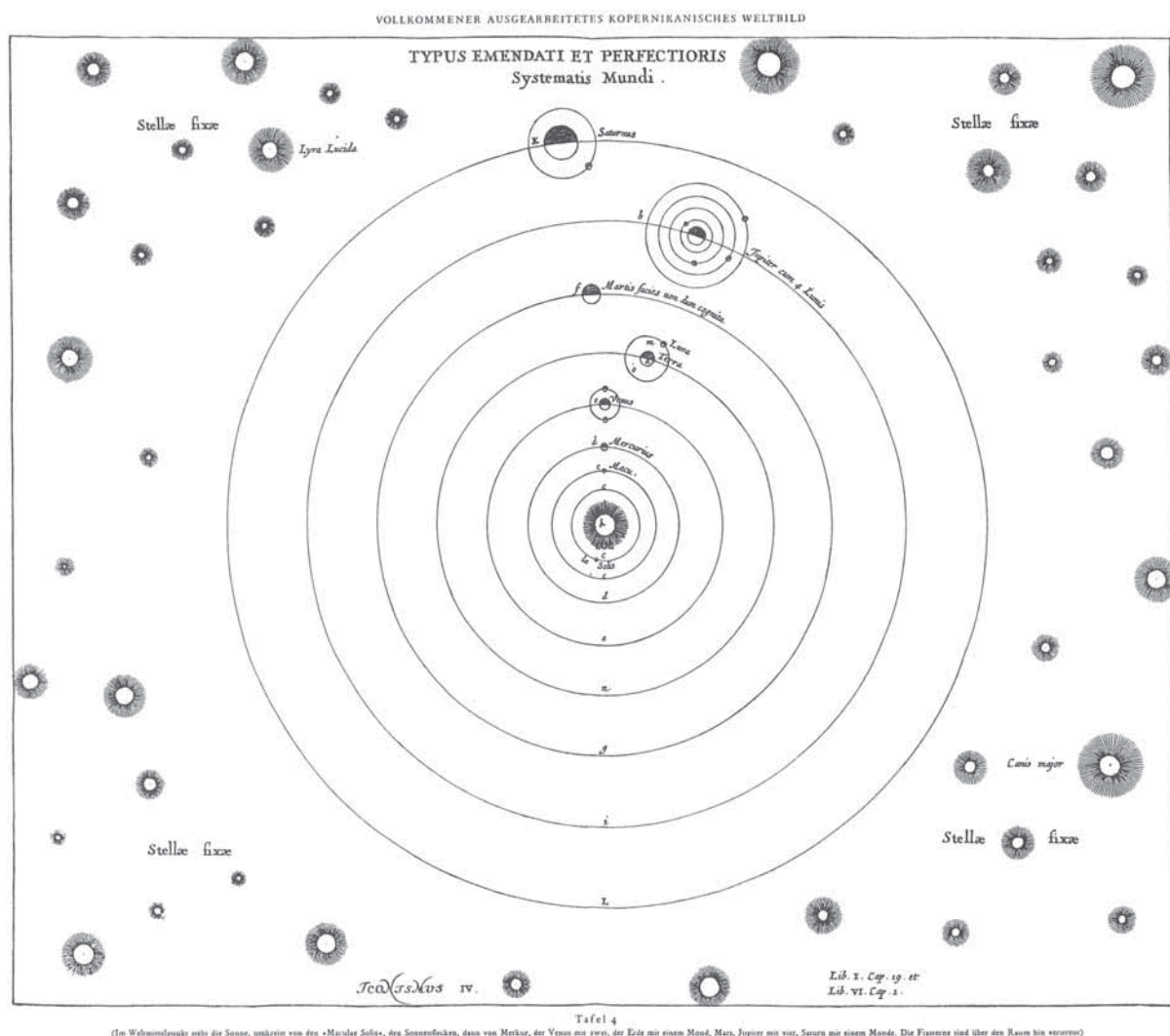


図2. ゲーリケの宇宙図

Otto von Guericke,

Experimenta Nova (ut vocantur) Magdeburgica de Vacuo Spatio, 1672, pp. 26-27.

のを楽しみ、新しい工夫をこらしている。そうしたようすを読むにつけ、このわたしも微笑みを禁じえなかった。

実験道具を準備する段階で職人の手を借りたとすれば、職人たちを相手に今からどんな実験をやろうとしているのか説明しなかったはずはない。それにゲーリケのやった実験は、みなかなり大がかりだったので、街の人たちの目を引き、〈市長の風変わりな趣味〉を見物するために、多くの人びとが集まっただろうと想像できる。ゲーリケとしても実験結果の確実性を保証するために、物見高い見物人たちを排除しなかったはずである。じじつ彼は自分の発明した気圧計や温度計—それはかなり大がかりなもので、そのうちのひとつは高さ 10 メートルを確実に超えていた—を自宅の

壁に据え付け、街の人たちに公開したくらいだったのだから。マグデブルグの街の人たちがゲーリケの抱いていた宇宙論をどれほど理解していたかについては、疑問なしとしない。しかし集まってきた好奇心旺盛な街の人たちを、いわば研究仲間として迎え入れていたことはまちがいない。

「ゲーリケにとって、街の人たちは貴重な研究仲間だった」ということを示す例として、ひとつの装置をとりあげよう。それは「第3部第 17 章 水力学の装置」で紹介されているものである。表題には「この装置はさまざまな実験をするのに役だつばかりでなく、知的な楽しみや研究にも役にたつ」とされている。

装置は2つの大きなガラス球によって構成され、ガラス球

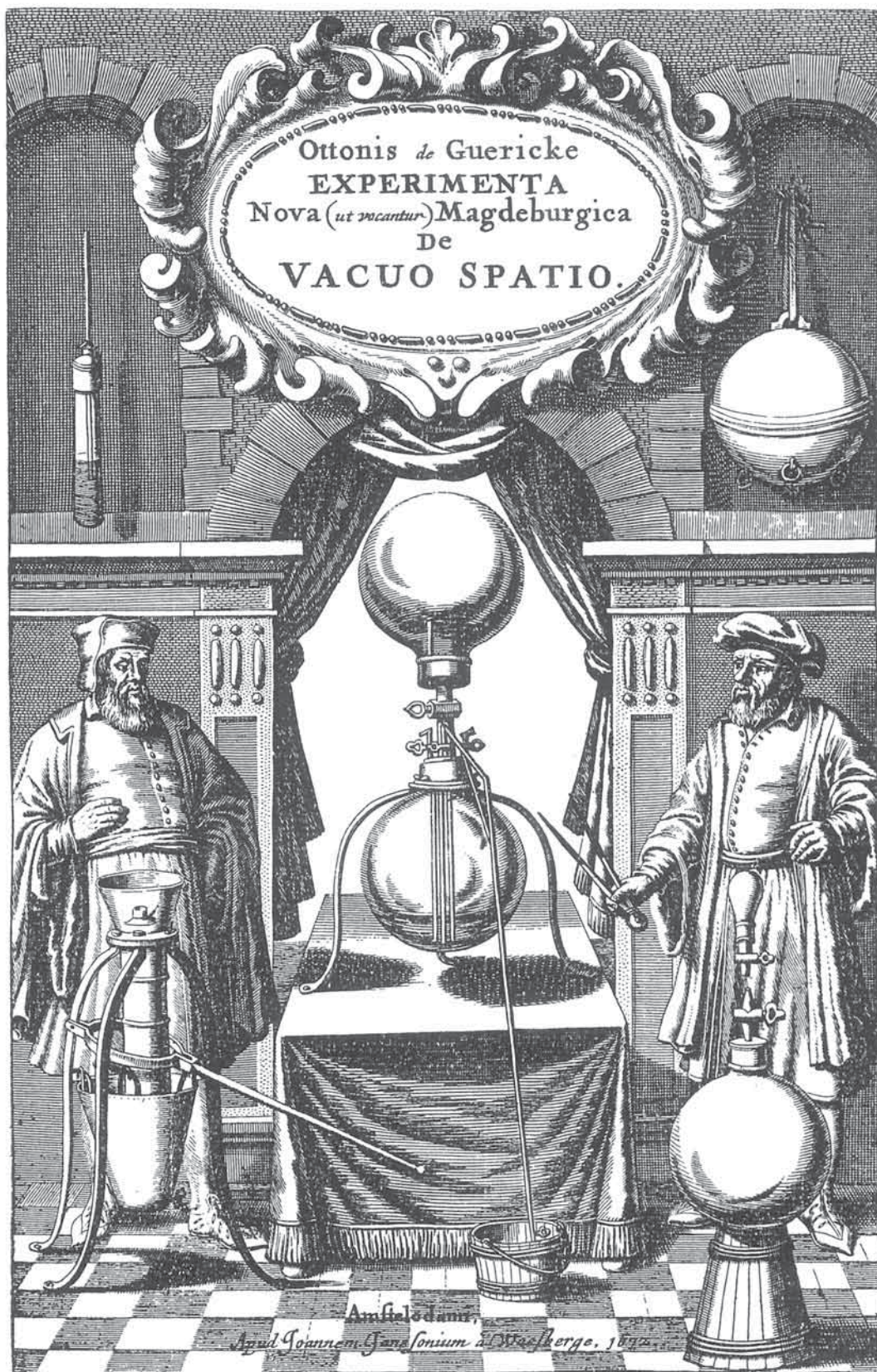


図3.「知的な楽しみや研究にも役にたつ装置」

Otto von Guericke,

Experimenta Nova (ut vocantur) Magdeburgica de Vacuo Spatio, 1672,表紙見返

は何本かの真鍮の管で接続されている。空気が漏れないように細心の注意を払って組み立てられ、要所に青銅の栓が取り付けられている。実験をするには、まず2つのガラス球からポンプで中の空気を抜く(そのポンプは向かって左下に示されている)。つぎに床におかれたバケツに水を入れてから、栓を順次開ける。するとバケツの水は大気圧によって、上のガラス球に押し込まれるという仕組みである。この装置そのものは〈知的な楽しみのためのおもちゃ〉ともいうべきもので、他の実験装置とはちがって、とくになんらかの仮説を証明するために製作されたものではない。ゲーリケはこの装置を市長室に設置し、これを使った楽しい実験を来訪する者には誰かれかまわず見びらかしていたようである。ところがある日、この装置を使って実演して見せていると、「この水はいったいどのくらいの高さまで昇るものなんですか?」と尋ねる者があった。以下、このときの事情をゲーリケ自身の言葉によって説明しよう。

わたしはこの装置を前に述べたようにして組み立てて書斎の机に置き、知的な楽しみごととして、いろんな実験を繰り返してやっていました。友人だけでなく、こういう実験に関心をもっている人たちや、興味ぶかそうに見つめる見物人たちにも見せていました。あるとき、床から空気の抜かれたガラス容器まで大量の水がすごい勢いでのぼっていくのを見て「いったい、この水はどれくらいの高さまでのぼるんですか」と尋ねられました。わたしにはそれについてはなにも知りませんでした。けれども「水がどこまでものぼることはあるまい」とも思いました。この疑問をいただいたまま、実験しないでおくなんてことは、わたしにはできません。わたしは管を長く伸ばして(家の2階の窓から外の庭まで伸ばして)、さっき説明したようにバケツにいっぱい水を入れ、管の先をその中に沈めました。するとまた同じことがおこりました。水はその重さに反して空気の抜かれた容器にのぼってきたのです。

こうなればもう実験をつづけるほかありません。わたしは装置を3階に持ち上げ、さっきよりもっと長い管を用意して実験をくりかえしました。結果は前と同じです。水は3階までのぼりました。たださっきと比べると、容器に入る水の量が少し減ったように見えました。わたしは必要な装置一式を4階に運び上げて実験を繰り返しました。すると、水

は空気の抜かれた容器にはのぼってきませんでした。水は管の途中で止まっているようです。

こうしてひとりの好奇心ある〈しろうと〉の発言がきっかけになって、ゲーリケは大気圧の大きさを測定するまでに至ったのだった。もっとも1643年にはすでにトリチェリによって、真空中の水銀柱の高さに限界があることが証明されていたのだから、大気圧の大きさを測定したこの実験そのものは、特に新しい発見とはいえない。しかし彼はその後なんども装置から水を抜いて実験を繰り返し、毎日のようにその高さを観測しつづけた。そして1660年のある日。彼はこれまでになく水の柱が大きく下降するのを観測した。ゲーリケが「この付近に嵐がやってきているにちがいない」と予言してからしばらくしないうちに、じっさいに猛烈な嵐が襲った。「大気の重さは天候によって変化する」。世界最初の気圧計が発明された瞬間だった。しかもゲーリケの思考はそこにとどまらない。彼はふたたび広大な宇宙に思いを馳せて、つぎのように推論を重ねる。すなわち「もしも宇宙全体が大気によって占められているなら、あるいは〈火の元素=エーテル〉で満たされているなら、この地上で風がひと吹き、雨がひと降りするくらいのことで、広大な宇宙全体に充滿しているエーテルに変化が生じていることになる。しかし地球と宇宙全体の大きさを比較すれば、そんなことはありえない。だから〈地表の天候の変化に応じて大気の重さが変化する〉というこの事実は、とりもなおさず、大気は地表をわずかに覆っているにすぎないという決定的な証拠である」と。

ゲーリケはこの装置をよほど誇りに思っていたのだろう。この装置の図を著書の表紙の中心に飾っている。〈楽しみごととしての科学〉とは、こういう雄大な構想に基づいた研究のありかたを意味する。1600年代の一流の科学研究は、みなこういうおおらかな雰囲気の中でなされていた。

2. 科学教育の歴史的概観

(1) 科学愛好家の時代

英国でゲーリケの実験を知ったロバート・ボイル(Robert Boyle; 1627-1691)も、ただちに独自に空気ポンプの製作にのりだした。とはいえゲーリケが製作したような精密なポンプの製作は容易ではなかったため、ボイルは機械製作技術に長じていたロバート・フック(Robert Hooke; 1635-1703)を実験助手として雇い入れ、ようやくのことでこれを完成させた。空気ポンプを使った2人の一連の実験は、発足間もない

英国王認学会(Royal Society)で高い評価を得、幾度となく繰り返し発表された。その成果は1660年『空気の弾性とその効果にかんする物理学的・機械学的な新実験』‘New Experiments Physico-Mechanical, touching The Spring of the Air and its Effects’にまとめられた。ボイルの気体圧力に関する法則も、この本の中で説明されている。

ところで「世界最初の科学研究組織」と評価される、この英国王認学会に参集した会員のほとんどは職業的な学者＝大学教授ではなく、聖職者、医師、政府高官、地方有力地主などだった。それはゲーリケの公開実験に立ち会った観衆と同じような人びとだったと考えてよい。この時代、科学研究に従事することは、職業的な地位の確保に結びつかなかったし、科学研究そのものも、必ずしも技術開発に結びつく見通しがあったわけではない。だから王認学会に集まっていた人びとは、まわりから「奇妙な仕業に熱をあげている人たち」として奇異な目で見られていた。「科学研究は王政復古期の宮廷での〈ざれごと〉とみなされていた」とも言われている⁴。それならなぜ、人びとは科学研究に熱中したのか？王認学会の入会金は10シリング[今日の1万円に相当]、その後、毎週1シリングを払い込むことになっていたのだから、経費の負担は少なくない。しかも、最盛期には(夏期をのぞけば)王認学会の会合はほぼ毎週、開かれていた。人びとをこれまでに科学研究に駆り立てたのは(旺盛な知的好奇心)だったとしか考えられない。近代科学が生まれつつあったこの時代には(職業的な科学者)という社会的地位はまだ存在していなかったし、自然科学そのものも自らの権威を確立していなかった。このため、自然科学の研究をすすめるうえでは、あらかじめ多くの了解事項を共有している専門家だけに訴えるのではなく、まったくの素人にも納得できる丁寧な説明が求められた。この説明に沿って、毎回の会合で披露される数かずの科学実験は、人びとの好奇心を満たすにあまりあるものだったにちがいない。それは王認学会の熱心な参加者、サミュエル・ピープス(Samuel Pepys; 1633-1703)のような(しろうとの科学愛好家)をもってしても、じゅうぶんに魅力ある(知的な楽しみごと)だった。

(2) 巡回科学講座の流行

〈知的な楽しみごと〉としての科学研究は、世界最初の科学研究組織としての王認学会に限られなかった。王認学会が切り拓いた科学への関心は、1700年代には地方に住む上流階級の人びとの間に急速に広がっていった。英国各地で

は同様の学会が作られ、同時に少人数の参加者を対象にした実験付きの科学講座が、各地で開催されるようになったのである。英国で初めて公開科学講座を行ったのはフランス生まれのJ.T.デザギュリエ(John Theophilus Desaguliers, 1683-1744)だといわれているが、彼の直接の弟子やその成功を目にした人たちの中から、連続科学講座を(なりわい)とする者が次つぎと現れてきた。代表的な科学講師として、デザギュリエのほかベンジャミン・ウォルスター(Benjamin Worster), ウィリアム・ウィストン(William Whiston, 1667-1752), ピーター・ショウ(Peter Shaw, 1694-1763), フランシス・ハクスビー(Francis Hawksbee), アイザック・トンプソン(Isaac Thompson), ベンジャミン・マーチン(Benjamin Martin, 1704-82), ジェームズ・ファーガソン(James Ferguson, 1710-1776), ロバート・ハリソン(Robert Harrison, 1715-1802), ベンジャミン・ドン(Benjamin Donn, 1729-91), アダム・ウォーカー(Adam Walker, 1731-1821), ブライアン・ヒッグス(Bryan Higgins, 1737-1820)らの名前を挙げることができる。これらの中には科学器具の製作販売から科学講師に転じたジョージ・アダムス(George Adams, 1750-95)のような例もある⁵。彼らはロンドン市内だけでなく、英国各地を回って実験科学講座を開催した。いわゆる〈巡回科学講師の時代〉の到来である。

公開科学講座の多くは6回から12回ほど連続して行われ、参加費はデザギュリエのばあい1人あたり3ギニー[現在の6万3千円]、マーチンのばあい1回あたり1シリング[12回連続で1人あたり1万2千円]だった。他の講師もほぼ程度である。これは今日のコンサートやオペラ公演にも匹敵するほどの額である。人びとは〈楽しみごととしての科学〉をこれほどまでに支持していたわけである。英国社会教育史の泰斗トマス・ケリーは「これらの講義は技術専門学校というよりも、後の大学における公開講座の先駆けとなるもの」と評価している⁶。とはいえ、当時の巡回科学講座は参加者が10人から30人程度に限られており、私宅やコーヒーハウスが会場になった。それに高額な参加費をとっていても、とうてい一般庶民が容易に参加できる条件にはなかった。

しかしこれを受け入れる条件が整うにしたがって、巡回科学講座はさらに大きな規模で開催されるようになる。1800年代の英国各地に作られた非国教派アカデミー(Dissenting Academy)、公共図書館(Public Library)、文理学会(Literary and Philosophical Society)などの自主的な教育組織

⁴ Steven Shapin and Simon Schaffer, *Leviathan and the Air-Pump*, 1989, p.70.

⁵ Nicholas Hans, *New Trends in Education in the Eighteenth Century*, 1951, cap.VII, pp.136-152.

⁶ Thomas Kelly, *A History of Adult Education in Great Britain from the Middle Ages to the Twentieth Century*, 1962, p.101.

がそれである。以前から巡回科学講座は大学の後援で開かれることもあったが、同様に科学的知識の普及を支援する団体が成立すれば、その主催によって科学講座の開催が可能になったのである。なかでも科学講座の普及に大きな役割を果たしたのは、労働者を中心にして組織された職工学院 (Mechanics' Institute) だった。

(3) 職工学院における科学講座の普及

職工学院については英国における労働者の自主的な教育組織として、かねてから社会教育史の分野で注目されてきた⁷。そしてこの組織は、設立当初から科学講座の開催を目的として掲げることが少なくなかったのである。たとえばデイビー職工学院とシェフィールド職工学院は、その設立の目的に科学の学習、実験機材の購入をあげている。またブラッドフォード学院では科学講座のために全体経費から 23% もの支出をしている。「職工学院における巡回科学講座は教育というより娯楽の一種であって、そのカリキュラムには一貫性がなく、実質的な教育的意義はなかった」と評する研究者もいるが⁸、それは〈知的な楽しみごと〉としての科学研究の伝統を知らない者の弁であろう。むしろ「職工学院における科学講座のシラバスは巡回科学講座のそれと驚くほどよく似ていて、その内容は充実したものだった」との評価の方が正当であろう⁹。

こうして 1800 年代に入っても巡回科学講座は衰退するどころか、これを受け入れる団体が整ったために英国各地でますますさかんに開催されるようになった。シェフィールドの街には 1820-50 年までの 30 年間に、少なくとも 35 人の巡回科学講師が訪れたことが知られている¹⁰。職工学院における科学講座の実態を詳細に検討したインクスターによれば、これらの科学講座はたいへんな人気を呼び、200 から 400 人、ときには 1000 人近くの聴衆が集まったとされる。講師に対する報酬はふつう 1 コマが 90 分で、講師によって 9 コマで 60 ポンド、12 コマで 150 ポンド、12 コマで 71 ポンド、6 コマで 65 ポンド、9 コマで 64 ポンドという記録が残されている。この当時、年収が 200 ポンドを超えれば中産階級と

しての暮らしが保障されたのだから、わずか 1 週間ほどの講義でこれだけの収入があれば、講師の社会的地位はなかり高かったと見なければならない。科学講座という「市場」が広がるにしたがって、一般成人向けの講座ばかりでなく、少年向けや労働者向けに特化した講座を開く講師も出現した。当初は巡回科学講師が職工学院にやってきて講義するケースが多かったが、職工学院は公共図書館などの施設に実験機材が整うにしたがって、職工学院のメンバー自身が講師をつとめる機会も増えてきた。このばあいでも、そのメンバーは街の文理学会などの会員で、街の一流の知識人だった。しかも講座はその場限り企画に終わらなかった。化学や天文学、電気学など特定の主題をあつかった講座が終わると、その直後にそれに関連する本がひっぱりだこで読まれるようになった。じつは職工学院の蔵書のほとんどは科学入門書で占められていたのである。

(4) 科学教育の普及と〈楽しみごととしての科学〉の衰退

しかしさすがに隆盛をきわめた巡回科学講座も 1800 年代後半には衰退をはじめ。イクスターはその原因について、(i) 他の娯楽の機会が増えたこと、(ii) 労働者の間に階級意識が広がり職工学院に集まっていた政治的な中間層が消滅したことのほか、(iii) さまざまな教育施設に実験室や講義室が整い、有能な講師がそこに雇われるようになったので、巡回講座の意義が相対的に薄らいだからだとしている。それだけの理由なら科学教育の普及によって巡回科学講座はその歴史的使命を終えたといえる。しかし彼はさらに (iv) 1800 年代後半には科学の知的構造が変化したことも原因のひとつだと指摘している¹¹。すなわち、巡回科学講座は科学の権威が制度化されていなかった時代には、大きな教育的意義があったものの、科学そのものが専門化するとともに、多人数を対象とする安価な講座と少数の専門家を対象とする講座に分化してしまった。そして高度な内容を扱う講座に出席し、その内容を理解するには予備的な知識が求められるようになってきた。

こうして科学の専門化と制度化がすすみ、科学の有用性が明確になるにつれて、初期の頃のような公開科学講座は成立しなくなったというのである。じっさい、100-200 人もの観衆を対象にする講座が、せいぜい 30 人ほどを相手にしていた巡回科学講座と同じ質を保てたかどうかは疑問であ

⁷ 安藤 (安川) 悦子「イギリスにおける労働者教育運動の成立」『歴史学研究』No.272, 1963, pp.1-13。大沢勝「英国における職工教習所運動とその意義」『日本福祉大学研究紀要』第 8 号, 1964, pp.22-45。加藤鉦治「英国 Mechanics' Institute の起原」『名古屋大学教育学部紀要—教育学科—』第 20 巻, 1973, pp.185-196 など。

⁸ David Wardle, *Education and Society in Nineteenth-Century Nottingham*, 1917, pp.172.

⁹ Thomas Kelly, *George Birkbeck, Pioneer of Adult Education*, 1957, p.59. Thomas Kelly, *The Origin of Mechanics' Institutes*, *British Journal of Educational Studies*, Vol.1, No.1, 1952, p.19.

¹⁰ I. Inkster, *Science and the Mechanics' Institutes, 1820-1850; the Case of Sheffield*, *Annals of Science*, Vol.32, No.5, Sept. 1975, p.455, p.458.

¹¹ I. Inkster, *Culture, Institutions and Urbanity: The Itinerant Science Lecture in Sheffield 1790-1850*, in S. Pollard & C. Holmes (eds.), *Essay in the Economic and Social History of South Yorkshire*, 1976, p.229.

る。少人数の講座なら自分で実験機材に触れることもできるし、納得できなければ、その場で質疑応答をすることもできる。しかし参加者が100人を越えれば、後ろの席からは小さな実験を見ることすら困難になる。そうした状況で講師の一方的な説明が続けば、科学講座を銘打っていても、じっさいには〈風変わりな見せ物〉に終わってしまった可能性も否定できない。

インクスターはまた「学校の教師が講師をつとめるようになって、講座のすすめ方が〈詰め込み式〉になったことも原因だ」と鋭い見方も示している¹²。しかし学校の教師によって講座のすすめ方が〈詰め込み式〉になったことが一因だとすれば、実験用具が整い、物理的に環境が向上したはずの学校での科学教育のありかたも、初期の巡回科学講座とは性格が変わっていたはずである。これに関連して、科学講座が魅力のないものに変貌した理由として、職工学院自身の制度化が進んだこともあげるべきだろう。1840年代、職工学院では資格認定書を交付するようになり、認定者は就職に有利になった。ただしこの資格認定に合格するには数学、化学、自然哲学の3つのコースのうちからいずれか1つを選択し、3年間の完璧な出席と厳格な試験に合格することが要件とされた¹³。このような科学講座が、かつての巡回科学講座と同じ雰囲気ではなされたとはとても考えられない。

1800年代後半に成立した公教育制度は、生徒の将来の地位向上を保障するのと引き替えに、社会的権威に馴致させる側面も持っている。〈楽しみごととしての科学研究の伝統〉は皮肉にも、科学教育の条件が十分に整い、科学的教育的な意義が社会的に広く認知されたからこそ衰退したともいえるのである。

(5) 生涯学習としての科学教育研究の方途

明治維新直後、日本に輸入された科学教育・理科教育は、科学と教育の制度化がすでに進行しつつあった欧米をモデルとするものだった。このため日本の科学教育の歴史には、〈楽しみごととしての科学研究の伝統〉が定着しないまま、今日に至っている。科学技術の社会的有用性が明確になった後には、欧米先進諸国の成果を急速に受容し、もって国富の増大に寄与するのが先決の課題とされ、科学研究を推進するうえで〈しろうと〉の興味や関心に重点を置いているいとまはなかった。同時に科学研究そのものも高度化と専門

化が進んだために、〈しろうと〉には容易に接近できないものになった。今日の職業的な科学者にとっては、少数の専門家だけに理解できる論文を書くことが本務であって、〈しろうと相手の科学啓蒙活動〉は一流の科学者に課せられた〈高貴な者の務め=noblesse oblige〉か物好きな趣味でしかない。

しかしいっぽうでは、昨今の理科教育の衰退を嘆く教育関係者の間から、とりわけ生涯学習の分野から〈分かりやすく、親しみがもてる科学教育〉の方法が模索されるようになった。わたしの考えるところでは、そのための方途は〈楽しみごととしての科学研究の伝統〉に立ち返る以外にない。科学はもともと、人びとの楽しみごととして生まれ、年齢も学歴も性別も関係なしに、だれもが納得できる証拠と論理の道筋を示すことで、自らの権威を確立してきた。科学は掛け値なしにもともと〈分かりやすく、親しみがもてる知的な活動〉だったのである。だとすれば、生涯学習の場で魅力ある科学教育を提供しようとするれば、近代科学が成立した地点に立ち返り、〈楽しみごととしての科学研究〉を復活させればよい。本論で科学教育の歴史を概観してきた理由はそこにある。

科学が学校教育に取り入れられて150年の歴史があるとすれば、学校の外で、〈しろうと〉を相手に人気を博した公開科学講座の歴史は、それよりも長く、ほぼ200年の蓄積がある。この知的遺産を無視して、いたずらに新奇な工夫を重ねることは、科学教育の研究戦略としても得策ではなからう。幸い、当時人気のあった巡回科学講師たちは、講義の内容を書籍の形で残している¹⁴。彼らは公開講座での経験を積むにしたがって、説明の仕方や実験を演示する手順に改良を重ねていった。したがってそれらの講演記録を調べれば、将来の科学講座のための重大なヒントが見つかるにちがいない。また、職工学院での公開科学講座が後に魅力のないものに変化した点についても、その原因を歴史的・社会的背景に求め、「歴史の成り行きの必然」として評価し去るだけでは、将来の科学教育を展望する立場からは不十分である。たとえ衰退の原因が歴史的・社会的なものだとしても、その結果、科学講座の内容そのものが具体的にどのように変化したかを追跡してみないことには、科学教育の歴史から教訓

¹² I. Inkster, The Public Lecture as an Instrument of Science Education for Adults--The Case of Great Britain, 1750-1850, *Paedagogica Historica*, Vol.20, No.1, 1980, p.85.

¹³ 加藤鉦治「1850年代における英国 Mechanics' Institute 運動の歴史像」『名古屋大学教育学部紀要-教育学科-』第25巻, 1978, pp.67-72.

¹⁴ たとえばデザギュリエについては John Theophilus Desaguliers, *Physico-Mechanical Lectures or an account of what is explained and demonstrated in the course of mechanical and experimental philosophy*, 1717. John Theophilus Desaguliers, *A course of mechanical and experimental philosophy*, 1725. John Theophilus Desaguliers, *Course of Experimental Philosophy*, 1734. アダム・ウォーカーについては Adam Walker, *An analysis of a course of lectures at the request of his students* 1770. Adam Walker, *Syllabus of lectures*, 1771. Adam Walker, *Syllabus of lectures on natural and experimental Philosophy*, 1712. Adam Walker; *Syllabus of lectures, complete and luxurious edition*, 1799 など複数の講義録が出版されている。

を汲み出すことはできないからである。

3. おわりに

本論の趣旨である〈楽しみごととしての科学研究の復権〉という主張は、板倉聖宣『科学と科学教育の源流』（仮説社刊、2000 年）をはじめとする板倉の一連の研究に負うものである。本論でとりあげた王認学会と巡回科学講師の歴史についても、同書に詳しく解説されている。また 1700 年代の巡回科学講座の内容を現在に復活させる試みは宮地祐司、塚本浩司、小出雅之らによって着手されており、その成果の一部は宮地祐司編・著『初等科学史研究 MEMO』第 1 号-第 7 号（楽知ん研究所刊、1999-2002 年）に収められている。特に宮地祐司さんからは、巡回科学講座の今日的意義について重要な示唆を与えられた。この小論はこれらの研究を踏襲したうえで、ゲーリケの真空実験の意義と、職工学院における科学講座の消長を補ったものである。