

# 論 攷

# ゲーリケの真空研究

鹿児島大学生涯学習教育研究センター 松野 修

## 1. はじめに

真空の存在は中世ヨーロッパでは長く認められてこなかった。〈真空は存在しない〉というアリストテレス学派の学説は四元素説、宇宙論、力学など自然学の理論体系とわかちがたく結びついており、たんに真空ポンプを製作し、実験事実を示すだけで証明できるものではない。いっぽう真空は近代科学理論にとってもっとも基本的な概念のうちのひとつであって、真空の存在を承認することなしに落下法則も慣性運動も成立しえない。それなら近代科学のパイオニアたちはどういう方法でもって真空の存在を証明しようとしたのだろうか？ この謎を解くうえでゲーリケの『真空についての（いわゆる）マグデブルクの新実験』（1672年）（以下『マグデブルクの新実験』と略記）はきわめて興味深い文献である。

『マグデブルクの新実験』の邦訳としては柏木聞吉訳「マグデブルク市の真空実験」がある<sup>1</sup>。日本においてかかる科学史の古典がまずは子ども向けの本として出版されたことはたいへん誇らしい。けれども残念なことに、この訳は『オストワルド精密科学古典叢書』に収められたドイツ語抄訳版をもとにしているために<sup>2</sup>、ゲーリケ自身がどのような構想のもとに真空実験をおこなっていたのか、その動機や思考の過程が明らかでない。そしてまたこの思考過程が明らかでないために<sup>3</sup>、訳出された部分についても意味不明な箇所が少なくないのである。そこで本稿では1994年に出版された英語全訳版をもとに、ゲーリケの思考過程を理解するうえで必要な限りにおいてこれを検討し、すでに邦訳された箇所についてもいっそう正確な解釈を元にその全貌と背景を明らかにする。

「目次」を見ればわかるように『マグデブルクの新実験』

<sup>1</sup> 板倉聖宣、奥田教久、小原秀雄・訳『少年少女科学名著全集5 新発見の報告』（国土社刊、1965年）所収。

<sup>2</sup> DANNEMAN, Friedrich, *Die Naturwissenschaften in ihre Entwicklung und ihren Zusammenhänge* (Liepzig, 1920-1923). ダンネマン著、安田徳太郎訳・編『新訳 ダンネマン大自然科学史 第4巻』（三省堂刊、1978年）。

<sup>3</sup> Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften. Nr.59, *Otto von GUEGICKE'S Neue Magdeburgische Versuche über den leeren Raum*, 1894.

全7巻のうち、真空実験について書かれているのはごく一部、全体のページ数の3割に満たず、のこりは「宇宙に関する論争、太陽系、惑星系、恒星」などによって占められている。真空実験と宇宙論とのこの奇妙なとりあわせについては、未訳だった同書「第2巻第1章」に簡潔に語られている。すなわちゲーリケは真空の実験に着手するまえから「人間が認識できるもののうちで最も巨大なもの、すなわち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」について思いをこらし、「そこはいったいどうなっているのか？」と自問していたのだった。

「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なもの、まったく原子ほどの粒でしかありません。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なつたのです。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？」。これがゲーリケを真空実験へと駆り立てた動機だった。

## 2. ゲーリケの宇宙説

ゲーリケを真空実験に駆り立てた広大な宇宙空間という想念はコペルニクスの太陽中心説から必然的に導かれる結論のうちの一つである。ゲーリケは「第1巻 宇宙の体系」において、アリストテレス＝プトレマイオスやコペルニクスらの宇宙論について詳述している。そこでまず『マグデ

ブルクの新実験』の第1巻に掲載されている挿絵を概観しながら、ゲーリケの言う「広大な宇宙空間」についてその論旨を要約しよう。

(1) プトレマイオスの宇宙説

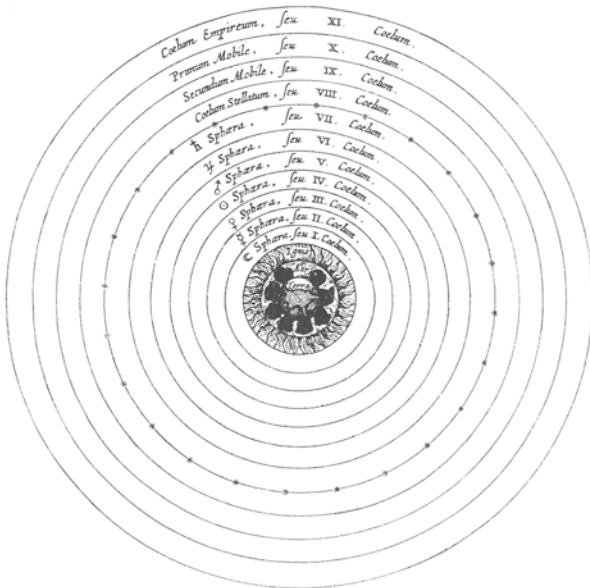


図1. アリストテレス=プトレマイオス学派の宇宙説  
ゲーリケ『マグデブルクの新実験』7ページ

アリストテレス=プトレマイオス学派の人びとは惑星の不規則な運動を説明するために、地球のまわりの星は導円上の1点を中心とする周転円の上に位置していると考えた。彼らはまた複数の導円と周転円の間には空虚な空間は存在せず、導円のあいだには周転円がいわばボールベアリングのようにぴったりとはまっていると仮定した。この仮定に基づいて算術的な計算を繰り返した結果、(当時知られていたいちばん外側の惑星である)土星までの距離は地球半径の約2万倍と見積もられた。またプトレマイオスの地球中心説は地球から最も遠く離れ、人間にとって認識可能な宇宙の果てには恒星天球が存在していると想定しており、地球から恒星天球までの距離は地球半径の2万倍を大きく上回ることはないと考えられていた。

(2) コペルニクスの宇宙説

これに対してコペルニクス (Copernicus, Nicholas; 1473-1543) は「太陽を中心にして地球を含む惑星がそのまわりをまわっている」と考える。当時、地球と太陽との距離は地球半径の1200倍ほどだと考えられていたのも

し地球が太陽のまわりをまわるなら、地球は半年の間に地球半径の2400倍の距離を移動することになる。

したがって地球が太陽のまわりをまわっているなら、地球の年周運動に伴って地球上の1点から観測した恒星の相対的な位置に何らかの変化が認められるはずである(これを「恒星の年周視差」という)。そしてプトレマイオス以来の宇宙の大きさについての見積もりからするとこの年周視差は角度3度強になるはずで、当時の観測機器でもじゅうぶん観測できるはずだった。事実、当時の最高の天文観測家、チコ・ブラーエは角度1分のちがいを観測できた。ところがその装置をもってしても恒星の見かけの位置には何らの変化も認められなかった。これはいったいどういうことか。

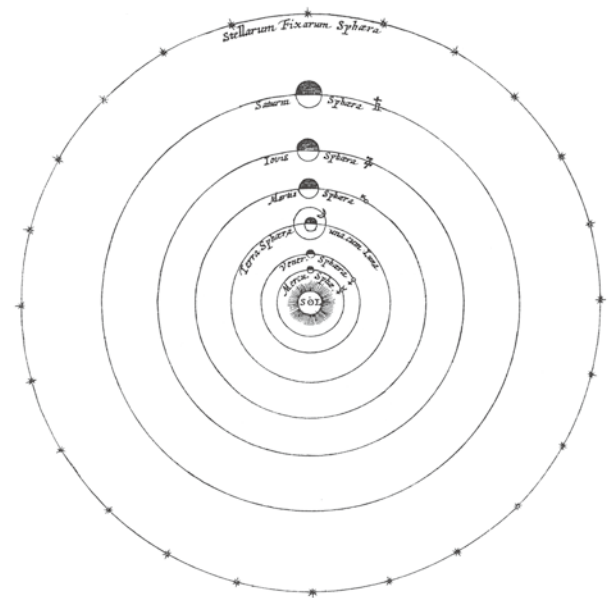


図2. コペルニクスの宇宙説  
ゲーリケ『マグデブルクの新実験』9ページ

視点を変えて「わたしたちがある恒星の上にとって、地球と太陽とを観測している」と想像してみよう。その星からは〈地球が太陽のまわりを1年かけてまわっているようす〉が見えるはずである。しかしその星からは〈地球と太陽との距離〉は角度1分、つまり〈数キロ離れたところに置いたコインの直径ほどの大きさ〉ほどにも見えないのである。地球と太陽の距離はプトレマイオスの宇宙論では地球と恒星の距離の1/16にあたる。しかしこれほどの距離ですら点以下にしか見えないほどほんとうは恒星はずっと遠くにある。「もし地球が太陽のまわりをまわっているのなら、宇宙はこれまで考えられていたよりも桁がいに

大きいはずだ」——これがコペルニクスの導いた結論だった<sup>4</sup>。「至高至善 [なる宇宙製作者] の神聖なこの建築物は当然ながら巨大である」と彼は書いている<sup>5</sup>。

### (3) チコ・ブラーエの宇宙説

しかし当時最高の天文学者だったチコ・ブラーエ (Brahe, Tycho; 1546-1601) は、これほどの大きさの宇宙を認めることができなかった。いや、チコだけでない。じつはアリストテレスやプトレマイオスは、恒星の年周視差が認められないことを根拠に、コペルニクスとは逆に「地球は太陽のまわりをまわっているのではなく、地球は宇宙の中心に位置している」と主張していたのである<sup>6</sup>。チコはコペルニクス体系の代わりに次の図のような宇宙を考えた。ここでは地球以外の惑星は太陽のまわりをまわっているが、宇宙の中心にあるのは太陽ではなく地球であり、地球のまわりを(惑星をしたがえた太陽)がまわっている。地球が年周運動をしないのなら、恒星の年周視差が認められなくてもいっこうにさしつかえない。そう考えることによって、チコは地球の年周運動を抑え込み、宇宙が莫大な大きさにまで膨張するのを防ごうとしたのだった<sup>7</sup>。

チコが地球の年周運動を認めなかったのにはもうひとつの理由があった。それは当時の考えにもとづくと「コペルニクス説によれば恒星の大きさがあまりにも大きくなる」という理由だった。伝統的に恒星の視直径は1等星から6等星まで順に角度で、120秒、90秒、65秒、45秒、30秒、20秒と見積もられていた。しかし1等星の視直径に対する当時の見積もりを前提すれば、その大きさは地球半径の2000倍にもなってしまい、この値は太陽と火星の距離よりも大きいことになる。この点についてコペルニクス説の革新性を論じた高橋憲一は、「つまり、地球の運動という仮説を受け入れると、それに伴って、天文学の伝統的な了解事項を次々と修正せねばならなくなってくるのである。そうした代価を払ってまで、地球の運動を認めるべきか、それが当時の人々にとっては問題だった」と<sup>8</sup>、的確に解説している。

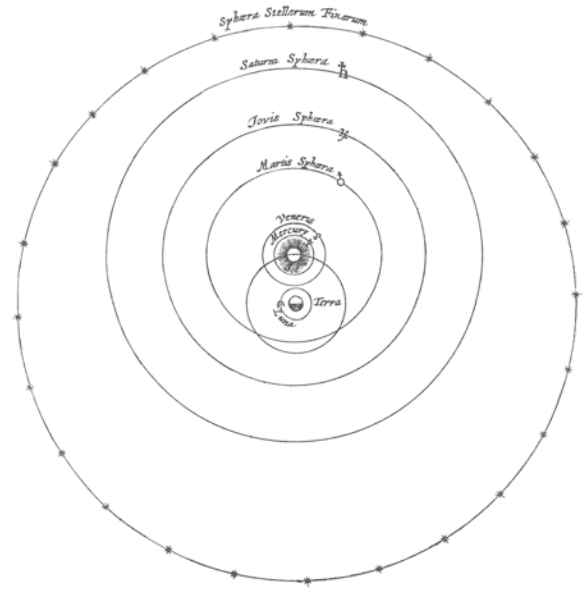


図3. チコ・ブラーエの宇宙説

ゲーリケ『マゲデブルクの新実験』18ページ

### (4) ガリレオの天体観測と『天文対話』

しかしガリレオによるアリストテレス学派力学理論の批判と望遠鏡を使った天体観測とによって「コペルニクスの学説はたんなる数学的な仮説にすぎない」とあしらうことができなくなり、コペルニクス説は宇宙の実体を説明する理論として認めざるをえなくなってきた。

次の図4-1は金星の満ち欠けを、図4-2は火星の満ち欠けを示している。惑星が地球と同じように太陽のまわりをまわるなら、地球との相対的な位置に応じて惑星も月と同じように満ち欠けをしなければならない。これはコペルニクスの学説から導かれる結論だが、それ以前には観測できなかった。しかし望遠鏡を使った観測によってこの事実が確認されるようになった。また図4-3は(月のあばた)を示している。アリストテレスの学説では、地球以外の天体はすべて完全な球をなしていると考えられていた。しかし望遠鏡による月面の継続的な観測は月にも地球と同じように山岳や溪谷があることを証拠だてた。これはアリストテ

<sup>4</sup> コペルニクス太陽中心説が必然的に「宇宙の拡大」を導くことについてはコペルニクス著、高橋憲一訳・解説『コペルニクス天球回転論』(みすず書房刊、1993年)の「訳注143」63-64ページと、高橋憲一「解説・コペルニクスと革命」同書所収、193ページに詳しく解説されている。

<sup>5</sup> COPERNICI, Nicolai Torinensis, *De revolutionibus orbium coelestium* (Nürnberg, 1543). コペルニクス著、高橋憲一訳・解説『コペルニクス天球回転論』(みすず書房刊、1993年)、40ページ。

<sup>6</sup> PTOLEMAIOS, Klaidios, *Almagest*, プトレマイオス著、藪内清訳『アルマゲスト』(恒星社刊、1993年)、10ページ。

<sup>7</sup> ダンネマン著、前掲書、256ページ。

<sup>8</sup> 高橋憲一「解説・コペルニクスと革命」、前掲書所収、194ページ。

レス学派宇宙説の前提を覆す発見である。さらに図4-4は「木星をまわる4つの衛星」を示している。アリストテレス学派は「地球が年周運動をするなら月は置き去りにされてしまう」と主張していたが、木星が衛星を伴って太陽のまわりをまわっているなら地球が月を伴って太陽のまわりをまわっていても不思議ではない。

これらはいずれもガリレオ (Galilei, Galileo; 1564-1642) によって発見された事実である<sup>9</sup>。ガリレオはこれらの発見によって「地球と他の天体とは存在の次元を異にするものではなく、地球以外の天体も地球と同じ法則に支配されていること」を証明した。そしてまたこれらの観測結果はコペルニクスの太陽中心説がたんなる数学的な仮説にとどまらず、宇宙の実体を説明する理論であることを裏付ける決定的な証拠ともなった(図4-5は土星の輪とその衛星だが、これはガリレオ以後の発見)。

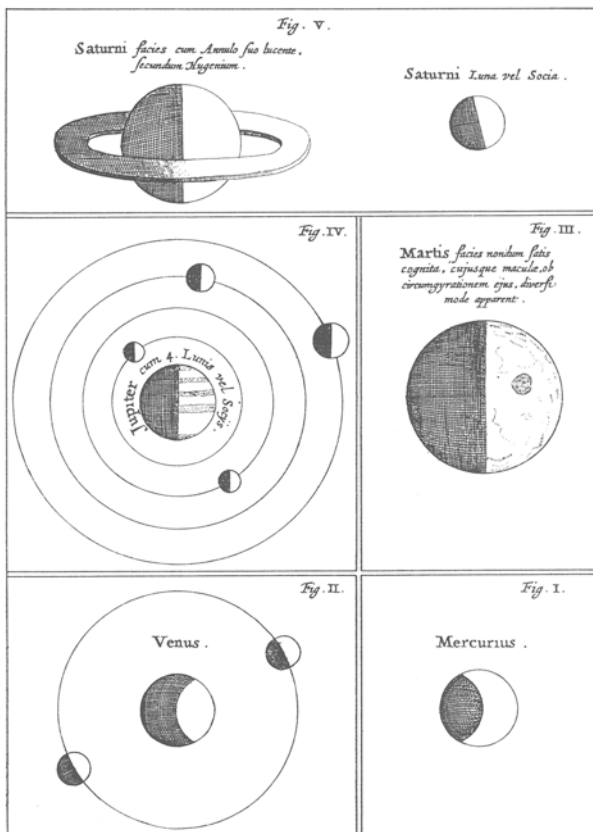


図4. ガリレオらの天文学的発見  
ゲーリケ『マग्デブルクの新実験』24ページ

ガリレオは『プトレマイオスとコペルニクスの宇宙についての対話』(1632年)の「対話第3日」で、地球の年周

<sup>9</sup> GALILEI, Galileo, *Sidereus Nuncius* (Venetiis, 1610). ガリレオ著, 山田慶児, 谷泰訳『星界の報告』(岩波文庫版, 1976年)。

運動について詳しく論じている。その中でこれまで恒星に視直径が認められるとされてきたのは誤りであること, それは恒星のまわりにある〈光のトゲ〉のためにそう見えるだけであって, このことは望遠鏡を使わなくても確認できるとしている。またコペルニクスの唱えた宇宙の広大な大きさについてもこれを擁護し, 恒星の年周視差については, これまでコペルニクスの仮説にもとづいてこの視差を本格的に観測しようとする者がいなかっただけで, 観測の方法を工夫すればいずれ検出できると説いている。「地球と太陽との距離すら点以下でしかないほどの, それほどに広大な宇宙」という想念はガリレオの一連の研究によっていよいよ真実なものとして人びとの前に立ち現れてきたのだ<sup>10</sup>。

#### (5) ブルーノ=ゲーリケの宇宙説

ところでコペルニクスもガリレオも恒星天球の実在については慎重に明言を避けていた。恒星天球とは(当時太陽系のいちばん外側にあると考えられていた)土星の外側に単一の球面が実在し, この球の内側に無数の恒星が張り付いているという考えである。当時であっては地球からいちばん近い恒星までの距離すら測定できなかったのだから, 無数の星が単一の球面に張り付いているのか, そうでないのかを確かめる方法はない。しかしプトレマイオスの宇宙説が破壊されてしまったあとになって, 宇宙の果てをなぜ「恒星天球」の中に留めておかななくてはならないのか? コペルニクスが正しいとするなら, 恒星までの距離はそれまで考えられていたより400倍以上に, 宇宙そのものの大きさは6400万倍以上に膨れあがる。しかしそれは「恒星天球なるものがあって, そこにすべての恒星が張り付いている」と仮定したばあいの話である。しかしそうではなく, 宇宙には奥行きがあるとしたら? 恒星はみな太陽のようなものであり, それぞれはお互いに離ればなれに散らばっているとすれば? もしそうであるなら6400万倍以上に膨れあがった宇宙空間が何万, 何十万という恒星の数だけ宇宙に散らばっていることになる。

ガリレオは「ぼくは恒星は中心から等しい距離にある球面上に散らばっているものとは思わず, それらの星のわれわれからの距離は非常に異なっていて, ある星は他のものより二倍も三倍も離れていることがありうると考える」と

<sup>10</sup> アレクサンドル・コイレ著, 野沢協訳『コスモスの崩壊』(白水社刊, 1999年), 122ページ。



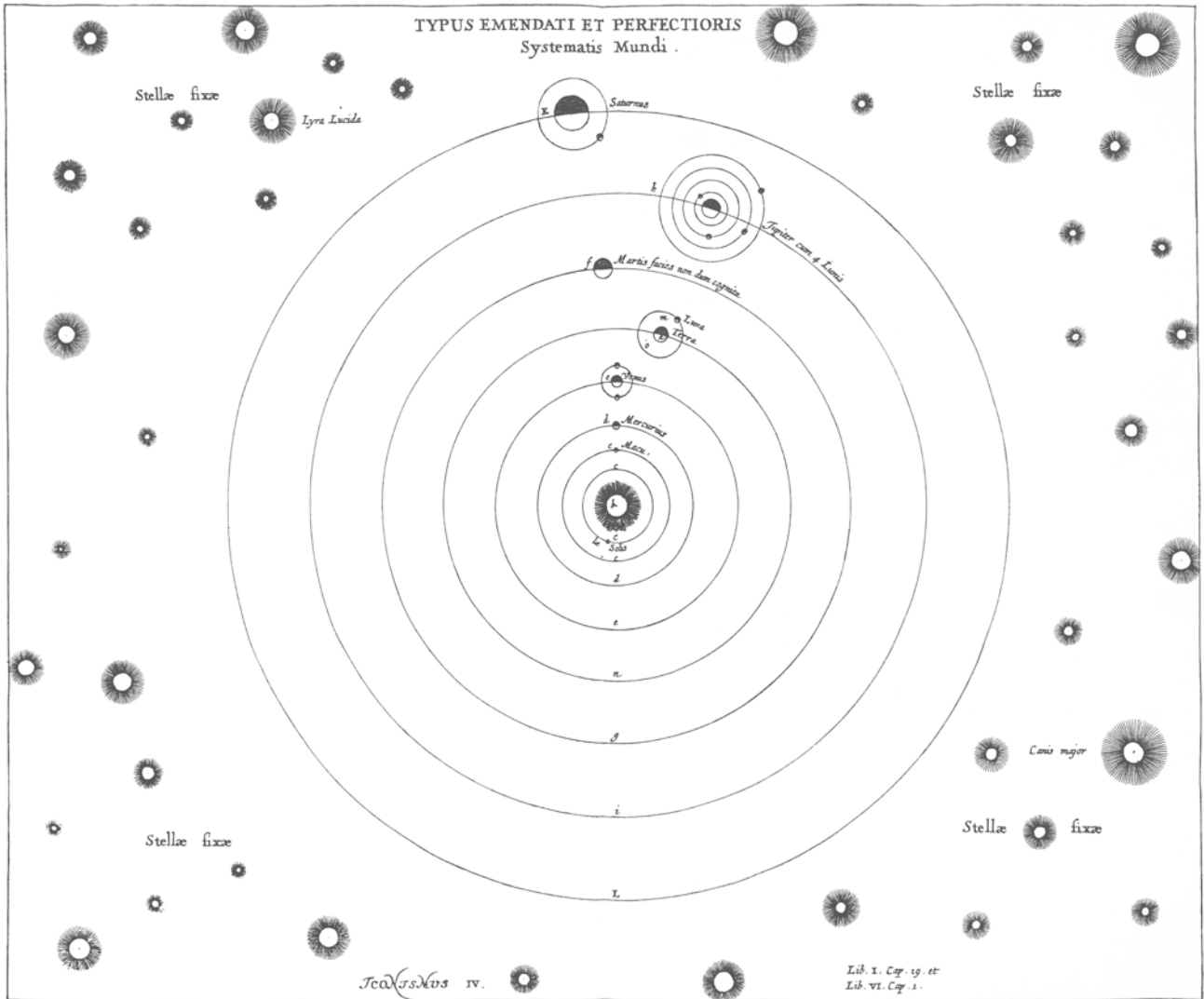


図5. ゲーリケの宇宙説  
 ゲーリケ『マग्デブルクの新実験』, 27-28 ページにある折り込み

し<sup>11</sup>, 恒星天球がないとしたなら, つまり「もし一つ一つの恒星にその隠れ家として世界の空間のある部分が指示されるべきであるとするならば, 恒星が無数に多くとどまっている天球は, コペルニクスの要求を満たすに足りるものよりも何千倍も大きくしなければならないでしょう」としながらも<sup>12</sup>, それ以上の明言は避けていた。

こうした広大な宇宙観はジョルダノ・ブルーノ (Bruno, Giordano; 1548-1600) によってはっきりと唱えられていたけれども<sup>13</sup>, ブルーノが教会によって処刑されたために, ガリレオは慎重な態度をとったと考えられている。しかし

ゲーリケ自身はブルーノの本を読み, 彼の考えにはっきりと賛同している。『マग्デブルクの新実験』には全部で22枚の挿絵が載せられているが (表紙2枚, 「第1巻宇宙の体系」5枚, 「第3巻いろいろな実験」13枚, 第4巻1枚, 第5巻1枚), このうちの2枚だけが大きな折り込みになっている。ひとつは大きな銅球を馬でひっぱる実験を描いた図で (第3巻第23章), もうひとつは〈宇宙の大きさ〉を示した上の図である。この図にはコペルニクス説の図にあったような恒星天球は描かれておらず, 代わりに太陽と同じような恒星がまわりにちりばめられている。もちろん

<sup>11</sup> GALILEI, Galileo, *Dialogo di Galileo Galilei dei Massimi Sistemi del Mondo* (Firenza 1632). ガリレオ著, 青木靖三訳『天文対話 下巻』(岩波文庫版, 1961年), 146ページ。

<sup>12</sup> 同上書, 127ページ。

<sup>13</sup> BRUNO, Giordano, *De l'infinito universo et mundi* (1584). ブルーノ著, 清水純一訳『無限, 宇宙と諸世界について』(現代思潮社刊, 1967年)。

恒星はこんな近くに位置していない。ゲーリケも「宇宙は大きすぎて絵にも描けないし、心の中でイメージすることもできない」と書いている。しかし彼はせめて大きな紙に印刷することによって、宇宙の巨大さをなんとか読者に訴えようとしたにちがいない。

ゲーリケはコペルニクス、ガリレオが切り開いた〈宇宙膨張の時代〉を生きていた。彼は伝統的な宇宙観と比較すればとほうもない広がりをもつことになった宇宙の大きさに圧倒されながらも、敬虔なクリスチャンとして、無限の広がりをもつ宇宙を創造した偉大な創造主を讃えつつ、新時代のこの知見を感動的に受けとめた。彼の真空実験は「無限ともいえる広大な宇宙空間のありようを追究したい」との思いに駆られた営みだった。それは今日のわれわれが理科室に用意された実験装置から空気を抜くというありふれた体験とは根本的に違う。それは「広大な宇宙空間をこの地上に実現する」という壮大な理論的背景の下に構想された、知的な刺激に満ちた営みだったのだから。『マグデブルクの新実験』にある冒頭の言葉、「自然の探求たずさわっていると深くどんより沈んだ気分から立ちなおって魂はいきいきと高まり、己を忘れ、いわば光の世界に入っていきます。靈感に打たれた予言者ほどではないにしても、それでも地上に降り立った神の技を解き明かす者としての使命を感じます」という言葉も、この壮大な理論的背景を理解すれば強ち大袈裟には聞かえまい。

広大な宇宙と矮小な地球との対比というモチーフは『マグデブルクの新実験』において通奏低音のように繰り返し現れる（特に第4巻第2章、第7巻第1章。他の箇所でも繰り返し言明されている）。というのもこのモチーフはゲーリケを真空実験に駆り立てた動機であったと同時に、彼がその実験によって立証すべき結論、すなわち「宇宙空間にはいかなる物質も存在せず、まったくの真空である」との結論を導く理論的な前提ともなっていたからである。

けれども「宇宙空間の真空」という結論を導くためにはもうひとつの理論的な前提が必要となる。

### 3. ギルバートとゲーリケ

#### (1) 活性に満ちた地球

「第4巻 宇宙の力能とこれに関する問題」で、ゲーリケはさまざまな自然の作用や運動を列挙している。ゲーリケによれば力能(virtue)とは「実体でもなければ、あるものにとって偶然的で非本質的なもの」でもなく、「それは

天体から発散され、流出される固有のもの」である。これらの力能を「宇宙の力能」(mundane virtues)と呼ぶのは「それがとくに地球のような惑星や太陽、それから地球の一部にも備わっているから」である。さらにこの力能には物質的なものと非物質的なものの区別があるとし、このうち非物質的な力能は「あるものが放出するひじょうに希薄な発散物」であり、「これはあらゆる方向にずっと遠くまで拡散し、どんな堅い固体でも通過する」。そこでこの力能が拡散する範囲は「力能圏」とか「力能の活動領域」と名付けられる。この非物質的な力能には「推進力、自己保存力と排斥力、ある方向を保つ力、回転力、音を生み出す力、熱を生み出す力など」があるとされる。

ニュートン以前のこの時代にあって「推進力、ある方向を保つ力、回転力」などの力の作用は統一的に把握されていない。またゲーリケが「自己保存力と排斥力」として挙げているのは、じっさいには静電気による牽引力と排斥力である。したがって今日のわれわれの目からすれば、さまざまな作用や運動が相互の脈絡もなく列挙されているように見える。しかしわれわれがここで注目すべきは、これらの作用や運動を総体として「地球が固有に有する力能」として説明しようとしている点である。この点でもゲーリケの地球説はアリストテレス学派のそれとはっきり異なっている。アリストテレス学派によれば、地球を除いた他の天体だけが固有の力能を備えており、それゆえこれらの天体は他から力を加えられずとも自己の原理に従って永久に円運動をするものと説明されていた。これに対して地球には固有の力能も精気も備わっておらず、それゆえに宇宙の中心にあって不動の位置にある。またそれだからこそ、地球上では「部分が全体に合一しようとするために生じる上下運動」か、あるいは他から力を加えられてはじめて生じる「不規則運動」しか認められない。「地球の本体をなす土の元素は不活性」なのである。しかしゲーリケは地球にも固有の力能、精気が備わっていると主張する(第5巻第4章)。「地球には精があり、なんらかの知覚能力をもつ精気がやどっている」というこの主張はゲーリケひとりの独創ではない。ゲーリケのこの行論は、自然魔術と近代宇宙論との関連を丹念にあとづけた山本義隆の最近の研究によれば、ブルーノをはじめとするネオプラトニズムに影響を受けた当時の自然哲学者たちに共通する認識である<sup>14</sup>。とりわけゲーリケの論証はウィリアム・ギルバート(William; 1544-1603)の『磁石論』(1600年)に酷似している。

ギルバートは『磁石論』において、地球全体がひとつの巨大な磁石であることを立証した。これはただ地球＝磁石の発見というにとどまらず、地球本体には磁力という活性に満ちた固有の力能が備わっていることを意味する重大な発見でもあった。「地球は一般に考えられているほどに邪悪でも卑しくもない」のである<sup>15</sup>。地球と他の天体とを区別するアリストテレス学派の根拠はこの点からも崩される。ガリレオもギルバートのこの功績を認め、地球が磁石だとすれば地球を他の天体と区別する根拠は力学的にもなくなると書いている<sup>16</sup>。のみならずギルバートは磁力と静電気力との伝統的な混乱を整理し、両者を明確に区別した。『マグデブルクの新実験』第4巻第15章にあるゲーリケの静電気実験がこのギルバートの研究を継承したものであることはまちがいない。ゲーリケはここでは巨大な硫黄玉を使って地球の力能、すなわち「推進力、ある方向を保つ力、回転力」などを説明しようとしている。地球の一部である硫黄の中に「非物質的な力能」が存在していることを証明しようというのである。

## (2) 空気は地球が放出する発散物

しかしゲーリケがギルバートから継承したのは「活性に満ちた地球」という観念や静電気に関する研究だけにとどまらなかった。ゲーリケは「非物質的な力能」のほかに「地球の物質的な力能」についても説明している。地球の物質的な力能とは、ゲーリケによれば「地球が放出するある種の微細な発散物 (effluvia)、つまり空気のこと」で、「これは遠くどこまでも放出されるわけではなく、宇宙空間の中の一定の領域にとどまっている」。空気とは地球本体から放出され、そして今なお放出され続けている微細な粒子でなのである。

これはゲーリケ真空論の核心をなすもうひとつの論点である。空気が地球本体から放出されたものならば、どういうことになるのか？ 地球と他の天体との間には地球本体の容積と比較して桁がちに大きな空間が広がっている。このことはコペルニクス、ガリレオの研究によって確証された。だとすれば宇宙空間の大きさに比べて点以下の大きさでしかない地球から放出された物質が、どれほど希薄に

拡散したとしても、広大な宇宙空間全体を埋め尽くせるはずはない。となれば、のこりの大部分の、いやほとんど全部の空間はどんな物質も存在しないからっぽの空間、すなわち真空になっているとしか考えようがない。ゲーリケがその著『マグデブルクの新実験』の7割を費して証明しようとしたのは、宇宙空間は地球の体積に比べて桁がちに大きいことと、地球の内部からは絶えず「物質的な力能」としてある種の微細な発散物 (effluvia)、つまり空気が放出されていることの2点に尽きると言ってよい。このことさえ証明できれば、宇宙空間全体はなんらの物質も存在しないからっぽの空間、すなわち真空になっているという結論が必然的に導かれるからである。

ところがこれとまったく同じ議論をギルバートの『磁石論』に見いだすことができる。ギルバートは、アリストテレス学派の言う恒星天球は存在せず、「ちょうど惑星が大地から種々の間隔で離れていると同様に、それらの巨大な数多くの光が大地からもっと遠い種々の高さに分離されていることは疑問の余地がない」と考える<sup>17</sup>。これは「宇宙空間は地球の体積に比べて桁がちに大きいこと」の論証である。また「空気は物質的で普遍的な地球の発散物である」とも考える<sup>18</sup>。これは「地球の内部からは絶えずある種の微細な発散物、つまり空気が放出されている」というのと同じである。したがって——とゲーリケでなく、ギルバートは推論する。空気というこの発散物は地球のまわりをとりまき、地球と同じように運動するけれども、星と星との間を充填してはいない。なぜなら磁気や電気に力能圏があると同じように、物質的な地球の発散物には自ずから限界があるから。またそのゆえに、地球が太陽のまわりをまわる際にその空間にはなんの抵抗もない。「発散物の上にある空間には物体がない。最も微細な物体や、粘着せずほとんど真空に近いものは、それを通過するさいに損なわれず分解されることがない。したがって、そのすべての附属物を含む地球全体は、おだやかに何らの抵抗もなく動かされる」のである<sup>19</sup>。

以上の推論の過程はゲーリケと全く同じである。いや、ゲーリケの方がギルバートから影響を受けていると言うべきだろう。両者の相似が牽強附会に聞こえるというなら、

<sup>14</sup> 山本義隆著『磁力と重力の発見 第2巻』(みすず書房刊, 2003年) 509ページ、『同書 第3巻』669-670ページ。

<sup>15</sup> GILBERT, William, *De magnetibus* (London, 1600). ギルバート著, 三田博雄訳『科学の名著 ギルバート 磁石論』, (朝日出版社刊, 1981年), 262ページ。

<sup>16</sup> ガリレオ著, 青木靖三訳『天文対話 下巻』(岩波文庫版, 1961年), 186ページ。

<sup>17</sup> ギルバート著, 前掲書, 248ページ。

<sup>18</sup> 同上書, 81ページ。

<sup>19</sup> 同上書, 253ページ。



ギルバートの死後に出版された彼の著書『世界論』(1651年)にある次の2つの図を示そう<sup>20</sup>。

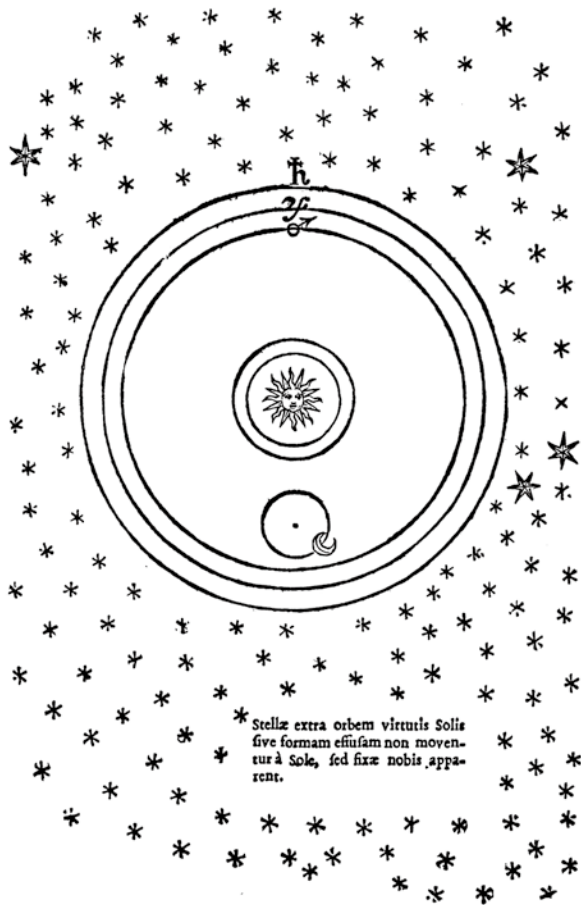


図6. ギルバートの宇宙論  
ギルバート『世界論』202ページ

図6では、恒星天がはっきりと否定されている。(ただし地球の年周運動を示す軌道は描かれていない。ギルバートはゲーリケとちがって、地球の年周運動については明言していない)。また図7では、各天体はそれぞれが固有の発散物を運びながらも、星間空間は真空になっていることがはっきりと描かれている。ゲーリケが『世界論』を読んでいたかどうかは明らかでない。少なくとも『マグデブルクの新実験』にはその言及はない。しかしギルバートのこの着想はすべて、『磁石論』第6巻に書かれているのだから必ずしも『世界論』を読まなくてもその着想を受け取

<sup>20</sup> GIRBERT, William, *De Mundo* (Amsterdam, 1651), 1965年復刻版。

<sup>21</sup> ゲーリケは第7巻第4章でギルバートを引用しているがそれは

C A P V T XXVII.

De Effluviis.

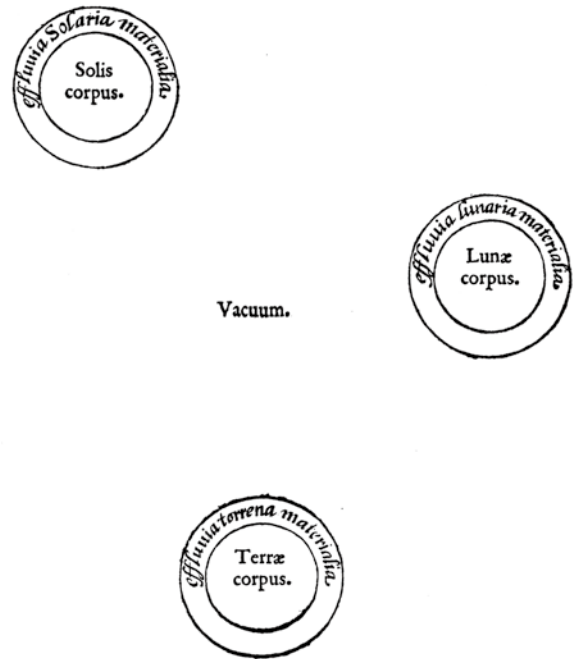


図7. ギルバートの宇宙論(2)  
ギルバート『世界論』213ページ

ることができる。

ゲーリケは、(少なくとも)ギルバート『磁石論』から、「宇宙空間が真空であるにちがいない」というヒントを得たと考えられる<sup>21</sup>。その意味では独創性はない。しかし、この仮説を実験によって証明しようとした点では、だれよりも独創的だった。

ゲーリケは古代の遺跡が地下に埋蔵されている事実をもって、「地球は長い間かかってだんだん大きくなってきたのであって、植物と同じように成長しているにちがいない」(第5巻第3章)と推測し、またべつの箇所では「地球が生命をもった物体であるなら、それはまた運動し、成長する可能性も持っているはずです。もしも地球が成長するなら、地球の日周運動と年周運動はずっとまえからつねに一定であったのではなく、時間がたつにつれてだんだんゆっくりになってきたはずです」(第5巻第4章)と想像を巡らしている。これらの推論については何の根拠もない妄想と見るか、それとも地球の〈進化〉を予見した卓見と

太陽中心説に関してであって、宇宙真空説については言及していない。

見るか評価が分かれよう。しかしこうした逞しい想像力、哲学的な広がりのある思考が「空気は地球のまわりの空間や地球の中のほかにもものがないところへ広がっていきます。これはバラの香りがそのまわりに広がるのと同じです」(第3巻第9章)という美しい比喻を生み、「人が月や惑星から出発して地球に向かって歩いてきたら地球の匂いというか、地球をおおう大気の匂いを500-600マイル離れたところからでも嗅ぎつけるのはまちがいありません。犬やタカならもっと遠くからでも嗅ぎつけるでしょう」(第4巻第7章)というみごとな説明をもたらしたのである。

ゲーリケはつねに地表高くまで覆う空気の層に思いを凝らし、日没後の薄明から(第4巻第7章)、星の屈折角の違いから(第4巻第10章)、雲の形状の違いから(第4巻第8章)、大気の層の存在とその限界を見定めようとしている(第4巻第9章)。彼の実験がまちがいなく独創的であったにしても、しかし彼が広大な宇宙の広がり、躍動する地球内部と地球をとりまく大気の層について明確なイメージをもっていなければ、おそらく困難で費用の嵩む実験に着手はしなかったろう。ゲーリケを実験にまで突き動かした動機と背景をあきらかに示すために、今日の科学的見地からすればたとえ単なる妄想との誹りがあるにしても、これらの箇所を訳出する必要がある。

## 4. ゲーリケの実験

### (1) 実験の開始

ゲーリケの実験は「マグデブルク市長の実験」として広く知られ、1653-54年、レーゲンスブルグで開催されたドイツ帝国会議の席で真空実験を公開するよう依頼された。このときの実験はカスパル・ショット(Schot, Kaspar; 1608-1666)の『水気学の器械』(1657年)<sup>22</sup>と『新奇技術』(1664年)<sup>23</sup>によって紹介され、ヨーロッパじゅうにさらに広く知れわたった。

ゲーリケが実際に真空の実験に着手したのは、さまざまな事情から考えて1650年頃からと思われる。1631年3月、マグデブルク市はグラーフエン・ティリー率いる皇帝軍によって壊滅的な被害をこうむり、彼とその家族も人質となって一命をとりとめた。マグデブルクの攻城戦以前から

城塞建設委員長の職を任されていた彼は、その後は街の復興に追われた。ゲーリケの研究者、フリッツ・フラフトによれば、スウェーデン軍グスタフ・アドルフによる同市の解放後も、ゲーリケはザクセン駐留軍による同市の負担を減らすために広汎な外交交渉に携わったとのことである。1646年、ゲーリケの活躍もあってザクセン選帝候軍の撤退がようやく実現し、この功績をもってゲーリケは空席だった4人目の市長に選出される。1648年にはドイツ30年戦争もようやく終結を迎える。1649年、同市はゲーリケの功績をたたえ、その一族の租税を永遠に免除することを決定し、ゲーリケはその後も同市の外交官としてドイツ各地を歴訪した<sup>24</sup>。以上の事情を考えれば、実験の構想そのものは早くから暖めていたにしても、腰をおちつけて実験ができるようになったのはドイツに平和が訪れ、ゲーリケ自身にも経済的な余裕ができた1650年頃からと考えていいだろう<sup>25</sup>。

とはいえ『マグデブルクの新実験』が出版されたのは1672年だから、出版までには20年以上の期間がある。『マグデブルクの新実験』全巻の原稿は忙しい公務を縫って書き継がれた多くのメモがもとになっていたであろうし、同書第3巻に記されている実験もその順番どおりになされたとは考えられない。また実験の方法についても多くの改良が加えられたはずである。たとえば、ゲーリケが実験に使ったポンプが「図版VI」に図示されているので、第3巻第4章以下の実験はすべてこのタイプのポンプを使って実験がなされたような印象を与える。しかしゲーリケが実験の使ったポンプには少なくとも3つのタイプがあったことがわかっている。

そこで空気ポンプの改良過程に注目しながら、わたしにわかる範囲でゲーリケの実験の経過を整理してみよう。

### (2) 実験の過程

1653-54年に開かれたレーゲンスブルグの帝国会議では、神聖ローマ皇帝フェルデナンドIII世の出費によって1000人が入場できる木造の劇場が建設され、そこではオペラや器械を使った見せ物が供せられた。1654年初夏にはゲーリケもこのステージにあがって真空の実験を見せた<sup>26</sup>。この

<sup>22</sup> SCHOTT, Kaspar, *De Arte Mechanica-Hydraulico* (Helbipoli, 1657).

<sup>23</sup> SCHOTT, Kaspar, *Technica Curiosa* (Helbipoli, 1664).

<sup>24</sup> KRAFFT, Fritz, "Otto von Guericke in seiner Zeit", *Otto von Guericke's Neue (sogenannte) Magdeburger Versuche über den Leeren Raum*, herausgegeben von Fritz Krafft (1996), S.XXXIV-XXXVI.

<sup>25</sup> ダンネマン著、安田徳太郎訳・編、前掲書、409ページには「これらの実験が1635年から1645年までの10年間にわたるという仮定には、多少の根拠がある」とある。しかしトリチェリやパスカルより先に研究に着手していた」というこの説は信じがたい。

レーゲンスブルグでの公開実験では

- (1) ポンプを使ってガラス容器から空気を抜く。
- (2) 空気を抜いた容器は空気が入っている時よりも軽くなる。
- (3) 空気を抜いた容器を水に沈め、口金に取り付けられた栓を開けると水が勢いよく入ってくる。
- (4) ポンプを使って容器から水を吸い出す。
- (5) 銅の玉を使って容器から水と空気を吸い出す。
- (6) 四角いガラス容器から空気を抜いて破裂させる。
- (7) 空気を抜いた容器の栓をいっきに開けて空気を急激に入れる。
- (8) 容器から急に空気を抜いて風、霧、雲を発生させる。
- (9) 火を灯したろうソクを空気を抜いた容器の中に入れて火を消す。
- (10) 水は空気を抜いた管の中を高くまで昇っていくことを示す。

という 10 の実験が公開された<sup>27</sup>。

レーゲンスブルグで行われたこの実験は『マグデブルクの新実験』では、第 11 章、第 12 章、第 21 章、第 26 章、第 32 章に載せられている。もちろんのちになって改良されたポンプを使って追試をさせていただくが、これらの実験の着想は 1654 年以前にまで遡ることができる。

ところで、このとき使われたポンプ（タイプ 1-1）は『水気学の器械』（1657）と『新奇技術』（1664）に図が載せられている<sup>28</sup>。このポンプには空気を逃がす弁がついてない。そこでこれを使って容器から空気を抜くには、ピストンを往復させるたびに容器に取り付けた栓を開け閉めしなくてはならない。そのうえ栓を開け閉めするごとにわずかながら空気がもれるので、容器を完全に真空にするのは不可能だし、十分に空気を抜いたと納得できる状態にもっていくまでに気が遠くなるほどの時間がかかったはずである<sup>29</sup>。

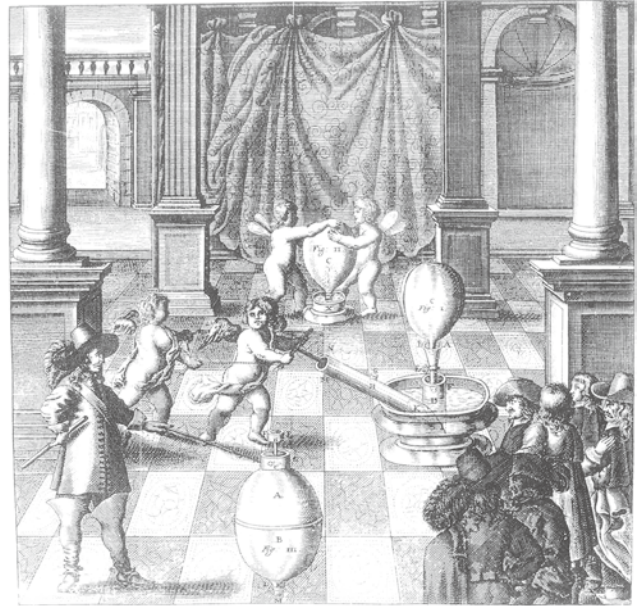


図 8. ショット『水気学の器械』にあるゲーリケのポンプ（タイプ 1）  
 ショット『水気学の器械』430-431 ページ

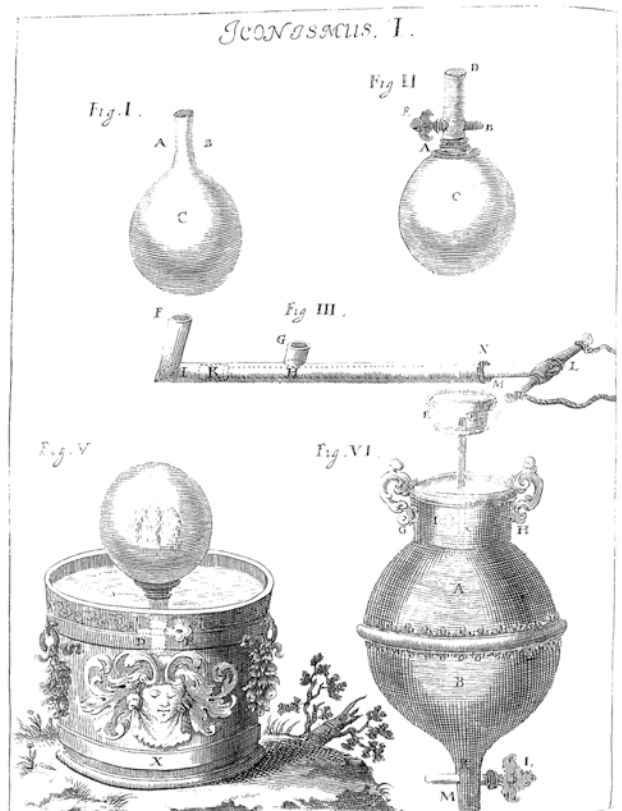


図 9. ショット『新奇技術』にあるゲーリケのポンプ（タイプ 1）の拡大図  
 ショット『新奇技術』76 ページ

<sup>26</sup> GORMAN, Michael John ; WILDING, Nick, "TECHNICA CURIOSA The machnical marvels of Kaspar Schott(1608-1666)", GORMAN, Michael John ; WILDING, Nick, LA "TECHNICA CURIOSA" di Kaspar Schott, (2000), pp.253-254.

<sup>27</sup> KRAFFT, Fritz, a.a.O., S.LVIII.

<sup>28</sup> 以下、ショット著『新奇技術』からの図の引用は、GORMAN, Michael John ; WILDING, Nick, LA "TECHNICA CURIOSA" di Kaspar Schott, (2000) による。

<sup>29</sup> ゲーリケのポンプを引くキュービドは、実験準備のための労苦をおおいかくすねらいもあったという見方もある。GORMAN, Michael John ; WILDING, Nick, op.cit., p.270.



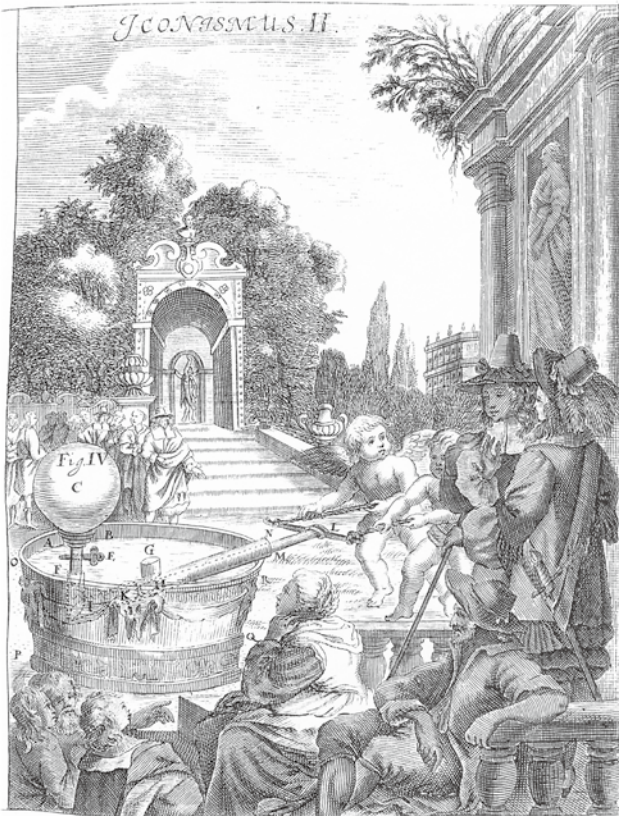


図 10. ショット『新奇技術』にあるゲーリケのポンプ（タイプ1）の作動図  
 ショット『新奇技術』78 ページ

（『マグデブルクの新実験』第3巻第2章、第3章に出てくる初期のタイプ（タイプ1-2）では、改良が加えられ、革製の弁がつけられている）。しかもタイプ1-1は、はじめ水の中に沈めないで使われていた。（タイプ1-2も水の中に入れていない）。空気漏れを防ぐために水の中に沈めて使うようになったのは、レーゲンスブルグでの公開実験よりもあとだった<sup>30</sup>。『水気学の器械』（1657）ではタイプ1-1のポンプが水に沈められているが、まだ水に沈める方法を採用していなかったレーゲンスブルグでの公開実験はかなり精度が悪かったはずである。

この公開実験が終わったとき、ゲーリケはマインツの大司教ヨハン・フィリップ侯爵に請われて実験装置をその場で譲り、装置はフィリップの所領であるヴェルツブルグに

<sup>30</sup> KRAFFT, Fritz, a.a.O., S. LXVII.

<sup>31</sup> Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften, Nr.59, 1894, Otto von GUEGICKE'S Neue Magdeburgische Versuche über den leeren Raum, S.108, Ahrens, W., "Die Originalluftpumpen Otto von Guericke's", Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik 8 (1918), 83. 拙稿「科学教育の歴史と生涯学習」『鹿児島大学生涯学習教育研究センター年報第1巻』（2004年）、32ページ。

運ばれた。ショットは1654年から1657年までにその地でこの装置を使って追試をし、その結果をローマカトリック教会随一の学者、アタナシウス・キルヒャー（Kircher, Athanasius;1602-80）らに伝え彼らの意見を求めた。真空の存在に否定的な彼らの意見は『水気学の器械』（1657）の付録に収められた。ゲーリケは『マグデブルクの新実験』第35章、第36章で、彼らの意見に反論を加えている。

ところで、「ゲーリケはレーゲンスブルクの帝国会議のときに16頭の馬を使った大がかりな実験を行った」と言い伝えられてきた<sup>31</sup>。けれどもこのときには、第23章にあるこの有名な実験はなされていない。『マグデブルクの新実験』を読んでいると、いかにもそんな印象してしまうのだが、本文にもそのようには書かれていない。馬の実験ははじめ1657年頃にマグデブルクで、ついで1663年にベルリンで行われたのが真相らしい<sup>32</sup>。

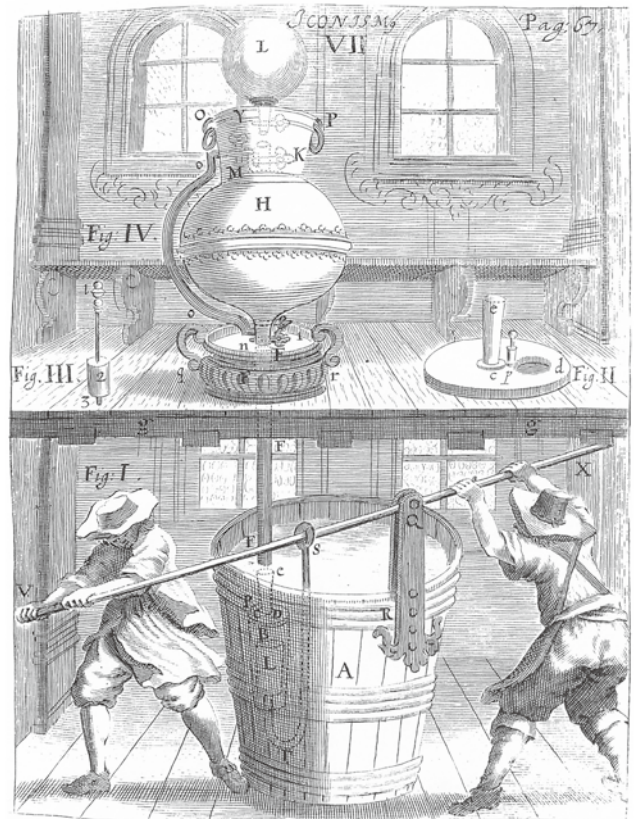


図 11. ショット『新奇技術』にあるゲーリケの巨大なポンプ（タイプ2）  
 ショット『新奇技術』96 ページ

<sup>32</sup> KRAFFT, Fritz, a.a.O., S. LXVII. 柏木聞吉訳「マグデブルク市の真空実験」, 前掲書所収, 134ページには「わたしは、この半球を馬でひく実験を、わたしが市長をつとめていたマグデブルク市やその他の地方でおおくの人に見せたのですが」とあるが、原文にはマグデブルク市でやったとも書かれてない。



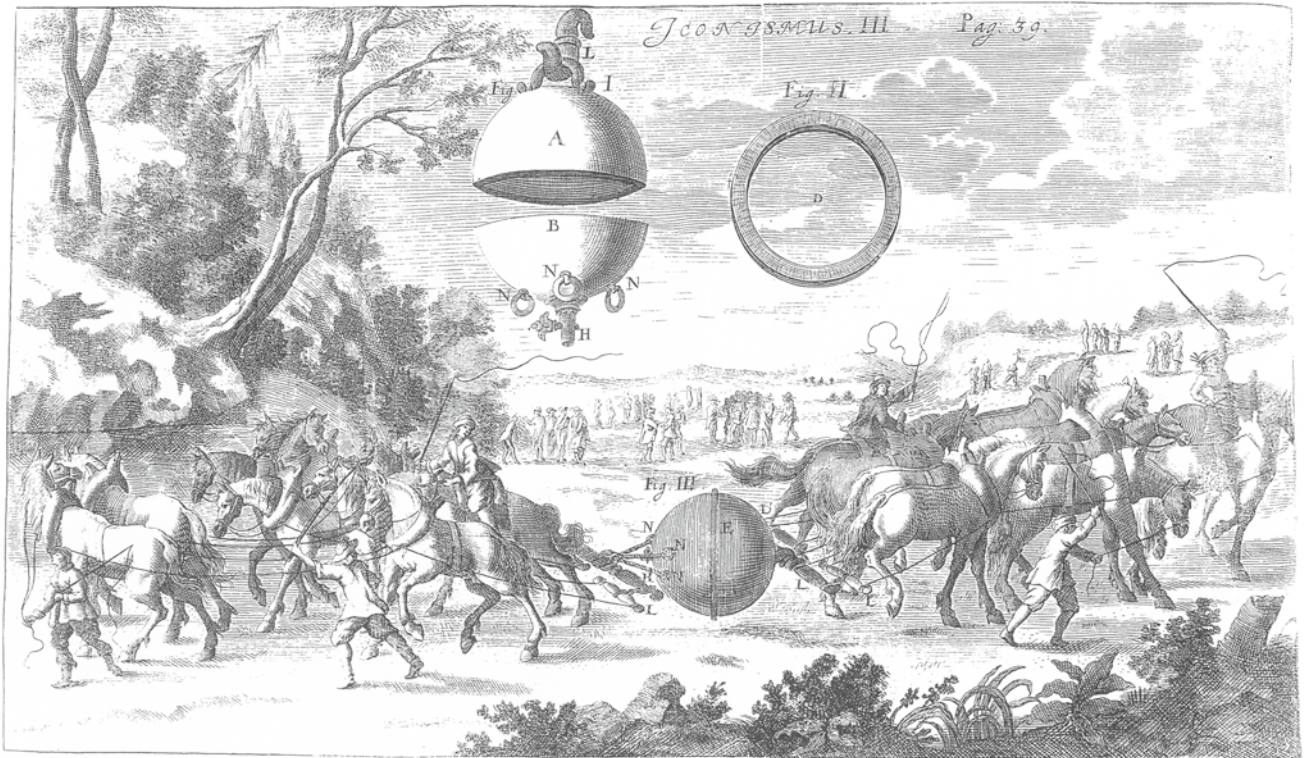


図 12. ゲーリケ「第3巻第23章」の実験  
 ショット『新奇技術』84 ページ

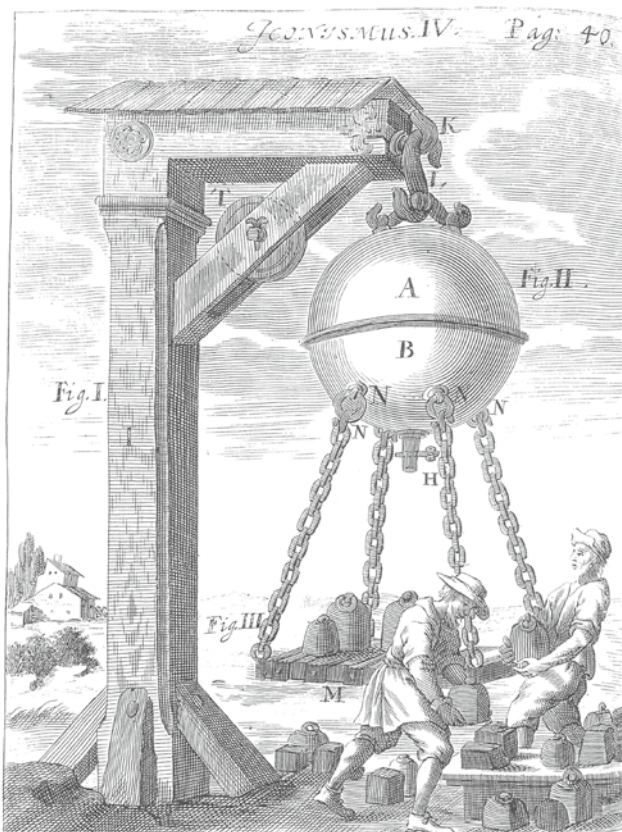


図 13. ゲーリケ「第3巻第28章」の実験  
 ショット『新奇技術』87 ページ

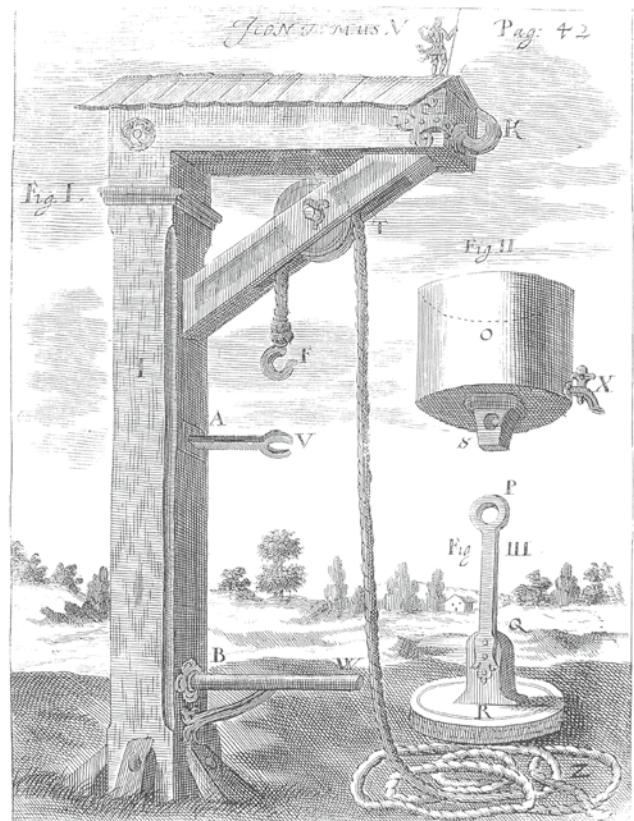


図 14. ゲーリケ「第3巻第27章」の実験 (1)  
 ショット『新奇技術』89 ページ



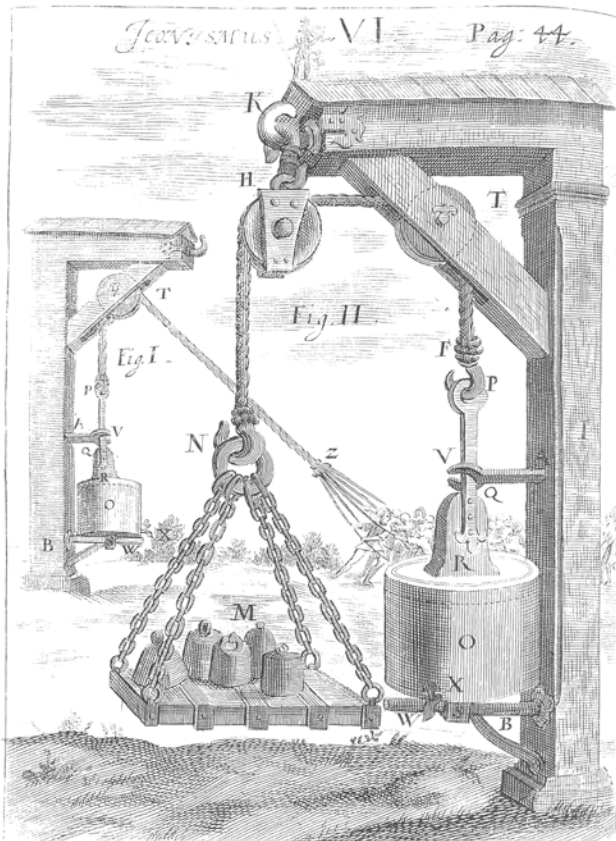


図 15. ゲーリケ「第 3 卷第 27 章」の実験 (2)  
 ショット『新奇技術』92 ページ

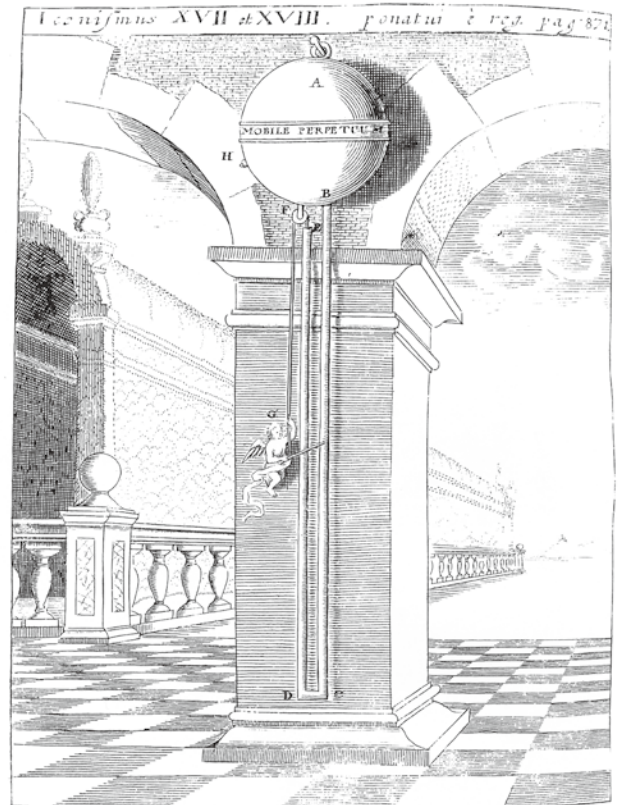


図 16. ゲーリケ「第 3 卷第 37 章」の実験  
 ショット『新奇技術』226 ページ

### (3) ボイルの研究からの影響

『水気学の器械』(1657)を英国で入手したロバート・ボイル (Boyle, Robert; 1627-1691) は、ロバート・フック (Hooke, Robert; 1635-1703) とともに空気ポンプを独自に開発し、それを使った成果を『空気弾性論』(1660年)として出版した<sup>33</sup>。この本のラテン語版は翌1661年に出版された。1662年2月、ショットはゲーリケにボイルのポンプについて詳しく知らせた。これに応じてゲーリケは、彼らのポンプは不完全であるとの意見を伝え<sup>34</sup>、同年4月には完全に水に浸すポンプを完成させたとショット宛に書いている<sup>35</sup>。

ボイルの研究が今度はゲーリケに影響を与えたのである。『マゲデブルクの新実験』では、このことについて「空気はごく小さな物体なので、どんな小さなすきまでも、どんなにわずかな裂け目でもかたんに通り抜けてしまいます。空気はピストンのわき、ポンプの取り付け部、弁など

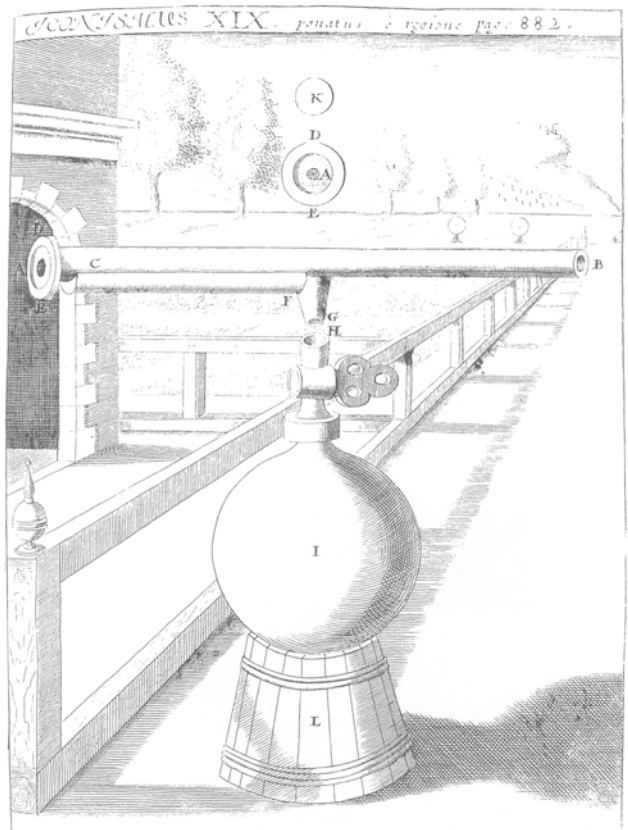


図 17. ゲーリケ「第 3 章第 29 章」の実験  
 ショット『新奇技術』229 ページ

<sup>33</sup> BOYLE, Robert, *New Experiments Physico-Mechanicall, Touching the Spring of the Air; and its Effects* (Oxford, 1660).

<sup>34</sup> KRAFFT, Fritz, a.a.O., S. XLIV.

<sup>35</sup> KRAFFT, Fritz, a.a.O., S. LXVII. Berthold, G., "Die Originalluftpumpe Otto von Guericke's," *Annalen der Physik und Chemie. Neue Folge*, Vol.54, No. 4, (1895), 724.



から知らないうちに入りこんできます（ですから、空気が入り込むのを完全に防げるピストンや弁を作るなんてことはできないのです）。そこでわたしはポンプのまわりを水でおおうことにしました。わたしはポンプの上と下を水でおおう仕組みにしたいろんなタイプの実験装置を作ってみました。カスパル・ショット師は、はじめこの実験装置を『水気学の器械』で紹介し、のちに『新奇技術—マグデブルクの新実験』でもとりあげてくれました」（第3巻第4章）と説明している。その言葉どおり『新奇技術』（1664）には、家屋の2階をぶち抜いて設置された、巨大なポンプ（タイプ2）の図が載せられている。

この巨大なポンプ（タイプ2）は装置の接続箇所が水で遮断されているので、ここから空気が漏れるおそれがない。タイプ1-1とちがって空気を逃がす弁も備え付けられているので、ピストンの連続往復が可能になった。これはたしかに強力でかつ精密なポンプである。しかしその大きさのために移動できないので、実際に実験をするときにはいったんガラス容器から空気を抜き、このガラス容器を戸外の装置に接続した。その様子は「図版 XIV」に描かれている。

改良型のポンプを使って行われたらう実験は『新奇技術』（1664）にそのようすが描かれている。

『新奇技術』（1664）にあるのと同じ実験は『マグデブルクの新実験』（1672）では第23章、第25章、第27章、第28章、第31章、第37章に記されている。しがつてこれらの実験は、少なくとも1664年までに行われていたことがわかる。これらの実験の中には強力なポンプを使わないと大きな効果が期待できないものが含まれている。2つの半球を馬で引きはなす実験をこのときまでにやったらすれば、その際にはいったんガラス容器から空気を抜き、このガラス容器を戸外に持ち出して装置に接続したのであろう。

#### （4）新式ポンプの開発

『マグデブルクの新実験』には、最も完成したタイプのポンプ（タイプ3）の絵が載せられている（第3巻第4章以下）。これはきわめて高性能で、しかも持ち運びが可能である。このタイプのポンプはショットの著した2冊の本には載せられていない。このポンプの開発は遅くとも1663年末までに終わっていた。このことはゲーリケはショットに宛てた手紙で「1662年4月から1663年3月に携帯できる新式のポンプを開発した」と書いていること<sup>36</sup>、『マグ

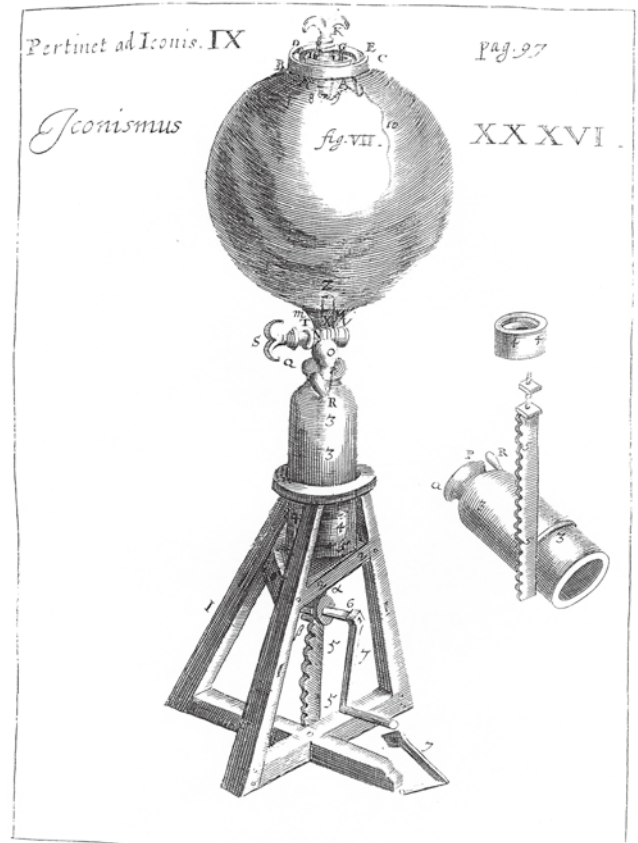


図18. ショット『新奇技術』にあるボイルのポンプ  
ショット『新奇技術』107ページ

デブルクの新実験』（1672）でも、「ブランデンブルグ選帝侯閣下はもったいないくも（ショット師が「マグデブルクの新実験」と名づけた）これらの実験をぜひともご覧になりたいとおおせになりました。けれども初期のタイプのポンプは持ち運びがとても不便だったので、わたしはつぎのような新しいモデルを設計しました」と書いているからだけでなく、ベルリン大学総長自身の日記に「1663年12月1日、ゲーリケが宮廷で実験を披露した」とあることからまちがいない<sup>37</sup>。

このポンプの開発はボイルとフックの研究からヒントを得ていたと思われるふしがある<sup>38</sup>。『新奇技術』（1664）には、ゲーリケの作った巨大なポンプのあとに、ボイルとフックの作ったポンプが示されている。

ゲーリケのポンプ（タイプ2）には、ボイルのポンプと

<sup>36</sup> Schimank, H., "Die drei Luftpumpen Otto von Guericke's, eine bisher unbekannte Anleitung zum Experimentieren damit und eine ebenfalls bisher unbekannte Anweisung zur Wettervorhersage auf Grund barometrischer Beobachtung", *Wissenschaftliche Abhandlungen der Braunschweigischen Wissenschaftlichen Gesellschaft*, 13(1961), 131.

<sup>37</sup> Schimank, H., a.a.O., S. 129.

<sup>38</sup> Ahrens, W., a.a.O., S. 85にも同様の指摘がある。

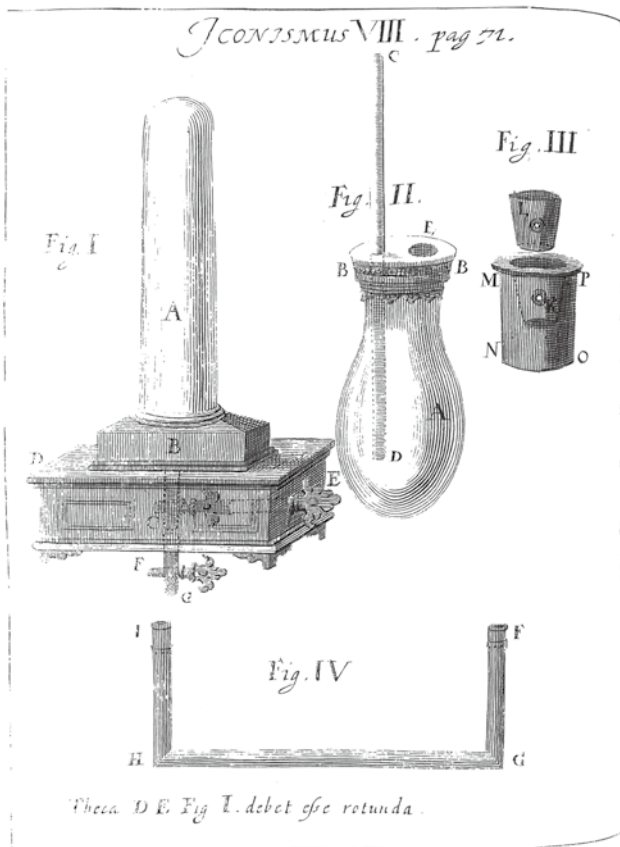


図 19. ゲーリケの実験器具  
 ショット『新奇技術』100 ページ

ちがってガラス容器の下に巨大な〈空気だめ〉がついていた。ゲーリケははじめ「空気は水と同じようにその重さのためにさがってくる」と考え、そのためにこの部品をとりつけたのであるまいか。現にゲーリケはショットの疑問に答えた箇所で、「空気には自分で膨らむ性質があるために、そして空気自身の重さのためにこうなります（容器よりも下にポンプを置くのはこのためです）」と書いている（第3巻第37章）。そういえば『水気学の器械』（1657）と『新奇技術』（1664）にある古いタイプのポンプ（タイプ1）にも、同じような〈空気だめ〉がそなえつけられていた。また『新奇技術』（1664）には、『マグデブルクの新実験』（1672）の「図版 VII」にあるのと同じような栓を二重に封印した装置が描かれている。これは栓を二重にしてその部分を水で満たし、空気が漏れないようにするための工夫である。しかし栓を収めた部分を水で満たすなら、「図版 VII」のように容器を下向きにしたほうが操作ははるかに容易である。にもかかわらず『新奇技術』（1664）の図では、かたくなに「下から」空気を抜くよう作られている。

これに対してタイプ3では〈空気だめ〉は廃されて、空

気を抜くためのガラス容器とポンプのシリンダーを直に接続している。また第7章と第8章の実験でも、〈コの字型〉のパイプでもって「上から」空気を抜いている。第23章の説明でも、空気を抜いたガラス容器を銅の半球に接続するのではなく、〈コの字型〉のパイプを介してポンプと2つの半球をつないだとある。

ゲーリケはこのことについて、「この装置で空気を抜けるのは、もともと空気に伸び縮みする性質があって、ほっておいても自分の力で膨らもうとするからです（これについては第3巻第33章で説明します）」と説明している。参照を指示した箇所では、押しつけられた空気がいつでも膨張しようとする性質を指して、「自然哲学者の中にはこれを空気の弾性と呼ぶ人もいます」と書いており、ここでもボイルの影響がうかがわれる。たしかに真空実験に着手したのはゲーリケの方が先で、ボイルに影響を与えたことは事実だとしても（このことはボイル自身が認めている）、『マグデブルクの新実験』（1672）の出版はボイル『空気弾性論』（1660）よりも12年もあとであり、『新奇技術』（1664）の出版にしてもボイルから遅れること4年である。このことを考えあわせれば、ゲーリケはボイルの研究から多くのヒントを得ていたとしても不思議ではない。

以上のことから、ゲーリケが行った実験の中でもっとも後の時期に属するのは、携帯型ポンプ（タイプ3）の製作と、これを使った一連の実験（第3巻第4章から9章）であるといえる。なお第17章から第19章までの大気圧の変化についての研究は、〈人形をかたどった気圧計〉がショットの『新奇技術』（1664）に報告されていることから、1664以前になされたものと考えられる。

#### （5）「可能な限りの最高の真空を作る実験」

『マグデブルクの新実験』第3巻にある実験の中で最も精密な、そして「宇宙空間は真空である」というゲーリケの考えを証明するうえで最も重要な実験は同巻第7章から第8章までの実験である。

ゲーリケは精密なポンプを使って〈真空中の真空〉を作り出す試みをしている（図版 VII）。まず太いガラス管の半分ほどに水を入れる。これに細いガラス管を差し込んでしっかりと密閉する。つぎにいったんこの装置全体をひっくり返し、細いガラス管の先端まで水を入れてからもとに戻す。この段階では細いガラス管の中の水は容器の空気のために落ちてこない。しかしポンプを使って太いガラス管

から空気を抜き出すと、細いガラス管の水は太いガラス管の水面まで下りてくる。このとき細いガラス管の中がほんとうに真空になっているかどうかは、その水面に注目すればよい。たとえわずかでも太いガラス管の中に空気が残っていれば、細いガラス管の水は上に押しあげられる。逆に細いガラス管に少しでも空気があれば、その水は太いガラス管の水面より下がる。ゲーリケはこの装置を使って、ポンプを作動させている限り、細いガラス管の水面と太いガラス管の水面とを同じすることができた。第8章の表題どおり、彼は可能な限りの最高の真空を作ることにみごとに成功したのである。

のみならず、この実験はさらにべつの重大な事実を示した。容器から空気を抜いていくと、水の中やガラス容器の内側から小さな泡がいつまでもでてきたのである。この泡はあらかじめ水の中に隠されていたり、ガラスの表面に付着していた空気つぶのためでないことをゲーリケは別の実験によって確認している。ゲーリケにとってこれは重大な「発見」だった。というのも、このことは地球の内部から絶えず空気が発散されていることの証拠だと思われたからである。

地表は空気で覆われており、その重さでもって地表の物質を強く押しつけているので、人間の目では物質が発散するようすを観察できない。しかしまわりの空気を取り去るやいなや、物質はただちにその固有の発散物を強く放出しはじめ、水の中の泡となって現れるのだ。ゲーリケはそのことをこう説明している。「じつは水だけでなく、ガラスからも小さな泡が出ているのです。これらいろいろなものから出てくる物質的な発散物こそが空気の正体なのです。ひとことでいえば、すべての物質はそれぞれじぶんに特有な発散物をもっていて、水だけでなく、ガラスも、金属も、そのほかすべてのものもじぶんととりまく空間にこの発散物を放出しているのです。「さまざまな物質はひじょうに小さな粒子をそのまわりに発散しています。これが〈空気〉とよばれているものです。そしてこの粒子のほかにはなにもないのです（金属や岩石、ガラスなどさまざまな物質から発散物が放出されているのですが、この発散物の粒子はあまりに小さいので、わたしたちの目には見えません。しかしガラスの容器から空気を抜くと外からおされなくなるので、発散物はその中で自由に膨らみます。だから、とても小さなこの発散物の泡を見ることができるのです）」。

実際にはゲーリケは減圧された容器中の水から水蒸気が

発生したのを見ていたにすぎない。「ガラス容器の内側からも泡が生じた」と書いているが、これは〈ガラスに付着した水蒸気〉を〈ガラスそのものから放出された発散気〉と見まちがえている。しかし、これを単純に誤りと評価していいのだろうか？ 今日わたしたちの科学的な見地を基準にしてこれを誤りだと評価したとしても、大気は地球内部から発散された微粒子であるというゲーリケの判断は大局的にはまちがっていない。さらに、完全に真空にした空間の中では物体から微粒子が発散するようすが観察できるという彼が見た〈事実〉と、宇宙空間は真空であるという彼の仮説とは分かちがたく結びついていた。ゲーリケは宇宙の真空を否定するアリストテレス学派の自然学体系を克服するために、コペルニクス＝ガリレオの唱えた太陽中心説を採用し、ギルバートの唱えた〈活性に満ちた地球〉という概念を援用した。こうした大胆な理論に導かれなければこの地上でも真空を作り出しえると信じ、これを立証するために実験を遂行することはそもそも不可能だったろう。だとすれば彼の〈誤り〉は必然的だった。小さな誤りをおかすことなしに、大きな発見を導くことはできないのである。

\* \* \*

最後に本稿の底本とした英語版の訳者、マーガレット・エイミスによるゲーリケの小伝を訳出しておく。

#### ゲーリケ小伝

マーガレット・グローバー・フォリー・エイミス

Margaret Glover Foley Ames

オットー・フォン・ゲーリケ Guericke(Gericke)Otto von (ドイツ、マグデブルクにて1602年11月20日生まれる。ドイツ、ハンブルグにて1686年3月11日死亡)

オットー・フォン・ゲーリケはマグデブルク市の上流階級の子として生まれた。両親はハンス・ゲーリケとアンネ・ツァイドルフ。ゲーリケ家はマグデブルクで300年にわたって有力者としての地位を保っていた。

将来、政治的な要職につくことを約束されているこの青年は1617～1620年の間、ライプツィヒの学芸学部の学生として登録されている。[1618年]30年戦争が勃発してライプツィヒ市が戦乱に巻き込まれそうになったとき、彼はブランシュビックにあるヘルムシュタットに移り、その大学に入学した。1621～22年まではイエナ大学で法学を学び、ライデン大学に移ってから法律学の勉強をつ

づけた。ライデン大学ではそのほかに天文学、数学、物理学の講義にも出席した。

大学での勉強を終えるとマグデブルクに帰り（1626年）、24歳のこの青年は市評議会議員に選ばれた。彼はのちにこの市の市長職もつとめる。4年後には市の建設委員会の仕事も任された。これはマグデブルクをとりまく城塞の建設・修理を監督し、包囲戦がおこったときには城塞の防御を指揮するものである。ゲーリケの個人的な生活についてはほとんど知られていない。ただ1626年にマルガレータ・アレマンと結婚し、彼女との間に生まれた息子がただひとり長生きしたことだけがわかっている。この一人息子もオットーと名付けられた。マルガレータが亡くなってから数年あと、1645年にドロテア・ロイトケと再婚したが、彼女もほどなくして死亡した。それからしばらくしてゲーリケとその息子はゲーリケの母親といっしょに暮らすために荘園の別荘に移った。1681年には公務を退いてハンブルグへ移った。ハンブルグ市では彼の息子は市長をつとめていた。彼は余生をこの地ですごし1686年に亡くなった。

マグデブルク市は戦略的に重要な都市だとみなされていたので、ドイツ全土を巻き込んだ30年戦争〔1618-1648年〕で戦禍を免れることはできなかった。ゲーリケがマグデブルク市の公務にたずさわっていたとき、とりわけ城塞の監督としての仕事にあたっていたとき、マグデブルク市は2度にわたって敵軍に包囲された。そのため彼は重要な任務をになうことになった。しかしマグデブルク市は1631年に包囲戦に破れて破壊される。

ゲーリケはこのときマグデブルクを離れ、スウェーデン王、グスタフ・アドルフの軍に加わり、アドルフが全ドイツを制圧しつつ進軍するのにしたがった。彼はスウェーデン軍では主計総監としてはたらき、エルフルト市の包囲戦のときには攻城工兵隊長としてもはたらいた。4年後にはサクソン軍にも従事した。この二重の能力のおかげで、ゲーリケは故郷の街を占領したさまざまな軍事支配者たちを相手にして、つねに外交官としてはたらきかけることができた。

外国軍での軍務をおえたのち、彼はマグデブルクに帰り、多くの時間と資力を市の再建のために捧げた。彼のはたらきは人びとから尊敬され感謝されたので、同市の同僚たちは彼をドレスデンとライプツィヒに3年間派遣した。彼はそこで全ドイツに平和をもたらす〔ウエストファリア〕条約を締結するための任務にあたった。

1642～1666年まで、彼のほとんどの時間は外交政務のために占められた。市長としての仕事もあった。彼は市長職を約20年間、1676年までつとめた。彼はまたブランデンブルグ選帝侯の政治顧問に指名されたとき貴族に昇進した。ゲーリケの名前に爵位を示す「フォン」がつくようになるのはこのときからである。

1632年のはじめごろから、彼は忙しい公務の合間をぬって気晴らしのために、限られた短い時間を科学実験に費やすようになった。外交官として国際的な会議や王国の宮廷に出席したときにはその機会をとらえて自分の考案した実験を見せ、人びとの科学的な考え方を变えるのに貢献した。彼は自分の実験を1653-1654年にはレーゲンスブルグで、1663年にはブランデンブルグ選帝侯の宮廷で公開している。聴衆たちはみな重要な政治家や一流の学者たちで、彼らは熱心に実験を見まもり、ゲーリケのしごとを高く評価し、注目にあたいするものだと認めた。とはいうものの、実験そのものの正当性についてはみな疑いをいだいていた。彼は「ただの熱心なアマチュア」としてあしらわれていて、一流の学者だとは見なされていなかった。ゲーリケは大学教授でもなかったし、知識階級に属してもいなかったからである。