



Title	ピュイ・ド・ドームの実験の理論的構造と目的について
Author(s)	武田, 裕紀
Citation	Gallia. 2025, 64, p. 27-42
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/102145">https://hdl.handle.net/11094/102145</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

## ピュイ・ド・ドームの実験の理論的構造と目的について

武田 裕紀

## 本稿の方法と問題の所在

「ピュイ・ド・ドームの実験」とは、パスカルからの依頼に基づいて、1648年9月19日に義兄フロラン・ペリエがクレルモンにある標高1463メートルのピュイ・ド・ドームの山頂とその山麓とでトリチェッリの実験を行い、水銀柱の高さに約8.5センチの差が生じることを明らかにしたものである。この実験は、ペリエによる篤実な報告も相まって、トリチェッリの実験によって生じる現象の原因が大気圧にあることを疑いの余地なく示した。

本稿は、ややデリケートな背景を持つこの実験そのものを主題的に論じたいのではない<sup>1)</sup>。そうではなくて、明るみに出したいのは、トリチェッリの実験に対してパスカルが取り組んだ探求の道筋、およびこの実験を巡る同時代人の言説、そしてこのふたつとの相関におけるピュイ・ド・ドームの実験の位置づけである。

\* 本研究は、日本学術振興会科学研究費研究「言葉—観念—対象の三対幅から検討する近代初期の学知の諸相」(基盤研究(C):24K03617、研究代表者:武田裕紀)による研究成果の一部である。

\*\* パスカルからの引用は、*Blaise Pascal Œuvres complètes I-IV*, établies, présentées et annotées par Jean Mesnard, Desclée de Brouwer «Bibliothèque européenne», 1964-1992 により、以下、M と略記し、巻数、頁数を記す。カッコ内や傍点強調は論者による。また本稿に関連するほとんどのテキストはこの版に収録されているので、紙幅の関係上、M 版への参照を送るに留める。M 版ではなく、ブランシュヴィック版にのみ掲載されているテキストについては、*Œuvres de Blaise Pascal*, publiées par L. Brunschvicg, P. Boutroux et F. Grazier, 14 vol., Collection des Grands Ecrivains de la France, 1904-1914 により、以下 GEF と略記し、巻数、頁数を記す。図版については、M 版および現在もっとも入手しやすい『バスカル科学論集・計算機と物理学』永瀬春男・赤木昭三編訳、白水社、2023 年（以下『科学論集』と略記）の頁数を記す。紙幅の関係上、図の採録はせず、二次文献は本論に直接関係するものにとどめる。

1) この実験に関する込み入った事実関係については、Félix Mathieu, «Pascal et l'expérience du Puy-De-Dôme » in *La Revue de Paris*, 1906-1907 による告発、およびその応答がある。焦点は、「流体の平衡に関する大実験の話」に付された 1647 年 11 月 15 日付バスカルからペリワ宛の手紙である。マチュアの告発によれば、バスカルはデカルトが示唆した高所でのトリチュエリの実験というアイデア（つまりビュイ・ド・ドームの実験）と、オズーが行った真空中での真空実験という、ふたつの重要な業績をががものとするために、この手紙を偽造したというのである。本稿でも多少触れるが、たしかに 1647 年 11 月 15 日の書簡がその日付に現存のままの内容で執筆されたとすることは困難であり、少なくともなんらかの書き換えが後日加えられたと考えるのが妥当である。この問題については、M. II., 655-669, Shozo Akagi, «Pascal et le problème du vide (3) », in *Studies in the Foreign Languages and Literature*, College of general Education, Osaka University, 1969, 小柳公介「バスカル 直観から断定まで」名古屋大学出版会、1992, p. 284-291, 「科学論集」解説、p. 315-319。

ただわれわれは、書簡の改変という事実があったとしても、書簡中で表明されたパスカルの言説を、彼の科学的探究のプログラムとして整合的に受け入れることは可能であり、さらに、ロベルヴァルとの関係において解釈することで、書簡をある程度書き換えざるを得なくなつた歴史的な背景も明るみに出せると考えている。

前者の探求の道筋については、仮説の定立、演繹、検証という学問的手続きを「十字の実験（のちに詳述）」という観点から、そして後者の同時代人の言説については、とりわけロベルヴァルとの角逐という観点から論じる。このような二つの要因から、トリチェッリの実験に端を発する問題群が歴史の中で生成する理論的構造を剔出したうえで、ピュイ・ド・ドームの実験という出来事の持つ意味の射程を測定しようというものである。こうした視座ゆえ、本稿は科学的諸概念の自律的な展開に焦点を当てて、パスカルの伝記的な出来事への言及は、そのために必要な限りにとどめる。

本稿は次のような構成をとる。第1章では、パスカルにおける3つの「十字の実験」を指摘し、彼の大気圧研究プログラムにそれぞれを位置づけ、そしてとりわけピュイ・ド・ドームの実験の位置について検討する。これによって、ピュイ・ド・ドームの実験が、「限定された（limitée）真空嫌惡」説を論駁する決定実験というだけでなく、ロベルヴァルによる「空気の弾性」という仮説を排除する役割をも担った十字の実験である可能性が高いことを示し、以下ではその具体的な中身を検討する。第2章では、ピュイ・ド・ドームの実験に懷疑的であったロベルヴァルの理論的根拠である「相互牽引力」説と「空気の弾性」説を分析し、第3章では、彼の学説に対して、パスカルが単に排除したわけではなく、「大気の重さ」説に回収し体系づけ直していることを示す。

## 1. ピュイ・ド・ドームの実験の位置づけと排除すべき仮説

### 1-1. パスカルと「十字の実験」

冒頭で述べたように、「ピュイ・ド・ドームの実験」とは、パスカルからの依頼に基づいて、義兄フロラン・ペリエが行った実験のことである。同年9月22日付の書簡にてその結果を受けたパスカルは、『流体の平衡に関する大実験の話』（以下『大実験談』と略記）を執筆し、1648年10月に発表した。この小冊子は、まず1647年11月15日の日付をもつパスカルからペリエ宛の実験を依頼する書簡、次いでペリエからの実験を報告する書簡、最後にパスカルから読者への言葉によって構成されており、パスカルによる大気圧研究のひとつの到達点をなすものである。

この実験の目的は、あえて現代の視点で述べるならば、トリチェッリの実験によって生じた現象の原因が大気圧にあることを示すことにある。標高が上がるに応じて水銀柱の高さが下がるので、トリチェッリの実験によって生じた現象の原因が、大気圧との釣り合いにあるということが一目で分かるというわけである。

しかし、「大気圧」という概念は、当然のことではあるが、現代のような仕方ですでに確立されていたわけではない。現代の説明では、大気圧を含む圧力一般は、「その定義に従い、ある面積に働く力の大きさを求めて、これらの量から間接的に決定される。力は重力よるのが最も正確であるから、流体圧力領域では、液柱や分銅に働く重力を利用する」<sup>2)</sup>。それゆえ大気圧を厳密に定義するためには重力が

2) 『物理学辞典』培風館、物理学辞典編集委員会編、1992、p.21。

考慮されなければならないが、パスカルにそうした要因を適切に理論に組み入れることを要求するのはアナクロニズムである。パスカル自身がターゲットとしていたのは、『流体の平衡と大気の重さ』（以下『二論文』と略記）のタイトルを用いれば、正確には「空気の塊の重さ（pesanteur de la masse de l'air）」であった。

そして、「空気の塊の重さ」が原因であると特定されたところで、ニュートン登場前夜の17世紀中葉にあっては、「重さ」の内実については百家争鳴であった。「空気の塊の重さ」はそれゆえ最終的な回答ではない。その後の「継続実験」が示すように、あくまでオープンな問題としてさらなる探求への一里塚となるべきものである。パスカルが求めていたのは、したがって、当時有力だったけれどもパスカルには不適切と思われた別の仮説を排除し、以降の研究を正しい方向へと導くことを可能とする確固たる立ち位置の確保であった。この排除されるべき仮説がなんであるのか知ることで、ピュイ・ド・ドームの実験の企図をよりよく理解することができるであろう。

ところでパスカルは、実験を通して妥当とは言えない仮説を順次排除していくという方針に、ある時期から意識的であったように思われる。以下は『大実験談』の時点で、自身の探究の来し方と行く末を述べたものである。

先に私の「概要」〔『真空に関する新実験』（以下『新実験』と略記）のこと〕の中に述べておきました実験〔『新実験』に示された8つの実験〕は、右の原理のうちの最初のもの〔真空は存在しない〕を打ち破るに至るものであったと思います。そして、第二の原理〔限定された真空嫌悪説〕も、今、私が示した実験〔真空中の真空実験とピュイ・ド・ドームの実験〕に逆らうことができようとは考えられません。それゆえ私は、次の如き第3の原理を取り上げても差し支えないと思います。「自然は真空に対して何らの嫌悪を持っていないし、真空を避けるためのような何らかの努力も示しはしない。従来、真空に対する恐れと言うことに帰せられていたあらゆる現象は、実は空気の重さ、すなわちその圧力から生じるものである。（…）」（M II, 688）

ここでパスカルは、実験を通して物理的因果性を特定し、妥当ではない仮説を排除するために3つの段階を構想しているように見える。第一段階は、『新実験』の8つ（ないしはそのうちのいくつか）<sup>3)</sup>の実験を通して、「自然界に空虚は存在しないゆえにガラス管の上部に現れた空間は真空ではない」という学説を、第二段階は、「真空中の真空実験」を通して、「真空嫌悪の力には限界があり、それ

3) 8つの実験のうち、以下に述べる「十字の実験」に相当するのは、おそらく水やぶどう酒を用いて行った第3の実験であろう。なぜなら、水銀の蒸気が上部に上がって水銀柱が押し下げられる（つまり水銀という物質の特性に原因がある）という説に対して、物質の特性に関わりなく物質の重さとガラス管内の液体の高さに強い相関関係があること、それゆえ、「蒸気」のような「確認できない」物質は、科学的には考慮に入れる必要がないこと、その意味においてガラス管の上部は「感覺に現れる限りでのあらゆる物質を欠いた」（M II, 500）真空と言えるという、パスカルの主張を裏付け、そして充満説を排除するための分かれ道となる実験だからである。

を越えたために空虚な空間が現れた」という学説を、第三段階はピュイ・ド・ドームの実験を通して、「空気の重さ」を否定する学説を、順次排除していくわけである<sup>4)</sup>。テクストでは第二段階と第三段階との区別はそれほど明確ではないが、パスカル自身が「真空中の真空実験」がピュイ・ド・ドームの実験に先立つべきであると強調していることから、ここにワンステップを設けるべきであろう<sup>5)</sup>。

実験にかけるこうした期待は、おそらくはペーコンの *experimentum crucis* とも軌を一にするものであろう。しばしば「決定実験」と訳されるこの言葉は、本来のラテン語の意味に帰るなら「(分かれ道にある) 十字の実験」という意味である<sup>6)</sup>。つまり、ある現象をめぐって複数の説明の道が分岐している時、ある実験をなすことで、そのうちの一つの道の可能性を排除できるということである。科学的現象の原因は無限に複雑なので決定的な真理に到達することはできないが、そうだとしても、その時の科学の発展レベルに応じたなんらかの実験を通して、可能ではない（あるいはその段階においては妥当ではない）説明原理を排除して、漸進的に不可知の真理に接近できる道を選択できるのである。科学への懷疑主義的な姿勢を崩さなかったパスカルは、こうした意味での「十字の実験」を意識的に使いこなしており、彼の言う「決定実験」<sup>7)</sup>には、このような歴史的含意が読み

- 
- 4) パスカルが「十字の実験」と位置付けているものについては、何らかの仕方でそれらにアプローチせざるを得なかったというのが本稿の立場である。なぜならひとつに、「十字の実験」は論理的推論で解決できるものではなく、物理的な事象の因果性の特定に関わるからである。もうひとつは、「十字の実験」はある説の正しさを裏付けるために異説を排斥するものであるから、その役割を果たすためには、異説を唱える者にオープンである必要があるからである。また「何らかの仕方でアプローチ」というのは、ピュイ・ド・ドームの実験のように、他人がそのコンセプトに従って実行するという仕方も含む。
- 5) このテクストは『大実験談』に付された 1647 年 11 月 15 日付のペリエ宛書簡の写しである。注 1 で述べたように、この書簡が本当にペリエに対してこの日に送付された原本そのままのかという点は、マチュによる告発の最大のポイントである。ここで特に問題になるのは、「真空中の真空実験」をペリエの面前であらかじめ成功させた、という行である。これについて第一に、実際にこの時点で真空中の真空実験が実行されたという証言は残っていない。第二に、ペリエの動静を調査した研究によると、この時期にペリエがパリにいた可能性はほとんどないことが明らかになっている (M II, 663-664)。第三に、この実験が成功していれば、「大気の柱」説が承認されるはずであるが、父エティエンヌは 1648 年春の段階でこの説を認めていない (注 26 参照)。こうした事情から、いくらパスカルに好意的に見積もっても、この書簡は『大実験談』の刊行時に何らかの手が加えられたことは認めなければならない。
- とはいっても、注 8 で述べるように、ノエル神父の証言によると、1647 年の終わりごろに「真空中の真空実験」の構想と予測が得られていた可能性は大いにあり、この時期のパスカルの研究プログラムを伝える文書としては額面通り受け止めができるであろう。また仮に、『新実験』出版後まもなくの時期に抱いていた構想を事後的に振り返った文書であったとしても、オズーが実験に成功する 6 月以前にこの構想が得られておりさえすれば、本稿の主張の全体が大きく毀損されることはないと考えている。
- 6) 多久和理実「『決定実験』と『実験による証明』アイザック・ニュートンが用いた二つの概念の比較」『技術文化論叢』第 21 号 (2018 年): 1-20 頁。同論文の注 66 は「イグナス・バルディイが 1672 年 6 月 30 日付の手紙でニュートンの「決定実験」についてフランス語で「十字の実験 (expérience de la croix)」という語をあててていることから、当時は文字通りの意味で理解されていたことが推測される」と指摘している。なお、ニュートンは「十字の実験」と「実験による証明」を区別しており、このような区別はパスカルが提示したさまざまな実験の意義を考察する上においても有効である。
- 7) パスカル自身は *expérience décisive* (M II, 680) という表現を用いている。なお、科学哲学においてしばしば議論される「決定実験は可能か」という問題と、科学者がある知的環境の中で論争下にある特定の学説を排除するかぎりでの「決定実験」を混同すべきではない。

込まれるべきであろう。

### 1-2. 「限定された真空嫌悪」説の排除

さて、彼自身の研究プログラムによると、第三の十字の実験であるピュイ・ド・ドームの実験を行うに先立って、第二の十字の実験である「真空中の真空実験」<sup>8)</sup>を不可欠だと考えていたようである。なぜバスカルはピュイ・ド・ドームの実験を行う前に、実現という点ではより困難な真空中の真空実験を行う必要があると考えたのであろうか。その理由は、真空中の真空実験が、「限定された真空嫌悪」説を決定的に排除するために不可欠だからである。

「限定された真空嫌悪」説とは、ガリレオの『新科学対話』において、物質の結合力が真空の嫌悪にありとするアリストテレス主義者シンプリチオに対して、ガリレオの分身たるサルヴィアッティが、真空を嫌悪する力だけでは物質を結合させるのに十分ではないと語ることに由来する。そして、賢明な一市民であるサグレドが、ポンプによっては井戸の水が18 ブラッショ（約10メートル）以上汲み上げることができない事例を報告し、サルヴィアッティがその原因として、再度、真空の嫌悪にも限界があることを示唆する。これが本テーマともかかわってくる「限定された真空嫌悪」説の直接の典拠である<sup>9)</sup>。ガリレオによるこのような構成によれば、「限定された真空嫌悪」説においては、第一に、物質を凝集させるこの真空嫌悪の力には閾値があってその点で「限定され」ており、第二に、遠隔においても作用するなんらかの実在的な力のようなものとして想定されている<sup>10)</sup>。

8) バスカルによる「真空中の真空実験」は二種類ある。時期的に早いものは、(図はM II, 636: 科学論集308)は、大きなガラス管でトリチェッリの実験を行い、その真空部分において、小さいガラス管でも一度トライチェッリの実験を行うもので、ノエル神父の報告(P. Noël, *Gravitas comparata*)に基づく。これが本稿で取り上げている「十字の実験」のひとつとなるものであり、ノエル神父によると「ほかの多くの実験の他に、それほど以前ではない時期に(sane praeter alia multa, non ita pridem) (M II, 636) 着想が得られたものである。『科学論集』の解説308頁は、このnon ita pridemを「1648年夏」という時点(*Gravitas comparata*が書かれた時期)から見て、それほど遠くない時期」と解釈しているが、*praeter alia multa (experimental)*を強く読むと、「新実験」でいろいろな実験が披露された後と、時期を広くとることができる。なお、ノエル神父は*inventum* (着想を得られた)と記しているが、実行されたとは言っていない。バスカルの考案した真空中の真空実験は、彼自身によって成功裏に終わったという第三者の証言はなく、その意図を汲みつつも工夫を凝らしたオズーによって初めて成功した可能性が高い(ペケの証言によるM II, 767-771)。それは、1648年7月17日にモンフレースがメルセンヌに宛てて、オズーによる「真空中の真空実験」が空気の柱説を証明するものとして詳細な報告を求めていた(M II, 628)ことから、遅くとも6月中旬のことである。このことは、6月まではピュイ・ド・ドームの実験を実行する前提条件が整わなかったことを示唆する。

時期的に遅いもの(図はM II, 1087: 科学論集276)は、バスカルの大気圧研究をまとめた『二論文』において、大気圧の原理を説明した後に、大気圧がかかっている時とそうでない時の水銀のふるまいを比較する鮮やかな対照実験として提示される。対照性に焦点を当てたその簡潔な装置からも、また著作全体における位置づけからも、またすでに大気圧の原理が知悉されたのちに書かれたという執筆時期からしても、この装置は読者に対する説得のための一コマと考えられる。このように、同じコンセプトの実験であっても、科学的探究のいかなる段階で構想されたかによって、「十字の実験」としての役割を帯びたり、「説得のための実験」の役割を帯びたりすることになるであろう。

9) ガリレオ(田中一郎訳)『新科学論議』上、岩波文庫、2024、p. 38-50。

10) 物質の結合(連続性)を維持する力とは何かという問題意識を、バスカルは『二論文』に至るまで保持している。そこでは、物質の結合の原因が大気圧にあることを示すさまざまな

もし、このような真空嫌悪という〈力〉によって、水銀の高さが76センチ（パスカルは2ピエ3プースと表記していてこれは約73センチに相当するが、ここでは理論値で表記する）にとどまるとするならば、ガラス管内の真空の部分には、76センチの高さの水銀を引っ張り上げようとする〈嫌悪の力〉が働いていると考えざるを得ない。そして〈嫌悪の力〉は、真空という無媒質においてもそのような力を働かせるものということになる。実際、「限定された真空嫌悪」説に依拠して立論を展開したギファールはこのような「力（force, puissance）」を想定してトリチェッリの実験を説明した<sup>11)</sup>。またパスカルの証言によっても、真空嫌悪説に立つ人々は「ガラスと液体とからの相互の牽引力（attraction réciproque）がかかる」（M II, 507）と主張していたことが分かる。

すると、トリチェッリの実験が見かけの真空中で行われようとも、76センチの水銀を引っ張り上げようとするのと同じだけの力がかかり、その結果、その力と釣り合うだけの水銀の重さ、すなわち76センチの高さの水銀が、ガラス管の中に宙吊りになるはずである。ところが、実際には水銀は水銀溜めの水準と同じ高さのところまで落下する。これによって、水銀の高さが76センチにとどまる理由は、限定された真空嫌悪によるものではないこと、つまりガラス管内ではなくてガラス管の外部にあるということが明らかになるわけである<sup>12)</sup>。

これまでにもパスカルは『新実験』の中でいくつかの実験を示しているが、それらは全てこのような「限定された真空嫌悪」説によっても、「空気の重さ」説によっても、いずれの仮説によっても説明し得るものであった<sup>13)</sup>。後に「説得するには十分な実験が欠けていたので、真空の怖れという原則を捨て去ることができなかつた」（M II, 679）とパスカル自身が述懐している通りである。ところがこの真空中の真空実験によって、小さいガラス管の水銀柱が上昇しないことが示されれば、「限定された真空嫌悪」という仮説が排除できるわけである。そしてこの仮説を排除しておかなかぎり、ピュイ・ド・ドームの実験を成功させたとしても、標高に応じて真空を嫌悪する力が低減するという新たな仮説を許す余地を残してしまうのである<sup>14)</sup>。

---

実験を挙げるだけでなく、結論部においてもその筆頭に、物質の結合に関するテーゼが掲げられている（M II 1097）。

- 11) ギファールはルアンの医者で、パスカルによる実験に2回にわたって招かれた（M II, 423）。その成果を、Guiffart, *Discours du vide, sur les expériences de Monsieur Pascal et le traité de Pierius*として1647年に出版した。タイトルからも明らかなように、彼はその考察の多くを「パスカルの諸実験」とりわけ『新実験』の第5の実験などに負っているが（M II, 431）、それらについてのギファールの解釈は「限定された真空嫌悪」説に依っており、パリ滞在期以後のパスカルが受け入れられるものではなかった。
- 12) このような力学的モデルを考えずとも、「真空嫌悪」とは物質が連続性を維持しようとする普遍的な特性と考えるなら、真空中に置かれたとしても、小さいガラス管内には同様の「真空嫌悪の力」がかかり、やはり水銀は76センチの高さで留まるであろう。いずれにしても、この現象を真空嫌悪で説明するのは無理である。
- 13) 『新実験』における8つ実験は、「大気の柱」説によって説明がつくことは言うまでもないが、ギファールのように真空という無媒質においても働く力としての「真空嫌悪の力」を想定するなら、「限定された真空嫌悪」説によっても説明がつく。
- 14) 『大実験談』で「自然は山の頂上においてよりも山の麓において真空を嫌うこといっそう甚だしいなどとは言えまい」（M II, 680）と述べられているのは、こうした反論を意識し

ここで重要なことは、真空中の真空実験によって「限定された真空嫌悪」説がたしかに排除されるかもしれないけれども、これによって明らかになったのは、水銀の高さが76センチである原因がガラス管の外部にあるということのみであるということだ。当初パスカルは、それが空気の重さないし圧力であるということを疑っていなかったように思われる。

しかしながら、多様な仮説が入り乱れていた17世紀中頃にあっては、ガラス管の外部に存在する原因として、「空気の重さ」以外の仮説を決定的に除外できたわけではなかった。パスカルは「二重のガラス管をもってするこの最近の実験のすべての現象は、なるほど、ただ空気の重さと圧力だけによって、極めて自然に説明されるとはいえ、ことによると、やはり真空に対する恐れによっても、十分に真実らしく説明がつくかもしれません」(M II, 679)と述べていて、真空中の真空実験をもってしても真空嫌悪説を完全には排除できない可能性を示唆している。この表現には、当初は見込んでいなかった新たな問題の発生を想像させる。

その新たな問題として、ノエル神父『比較された重さ』が、パスカルの考案した実験を紹介しつつ、これを充満説に基づいて解釈していることなども挙げられようが、しかしあれわれの考えは、その排除すべき学説を主張していた人物はロベルヴァルではないかというものである。彼は「真空に対する恐れ」を支持したわけではないけれども、ガラス管の上部の空間が現実には希薄化した気体で充満していると考える点では真空論者ではない。また、トリチェッリの実験によって生じた現象の原因がガラス管の外部にもあることを認めていたけれども、大気の柱説には反対し(M II, 482)、ピュイ・ド・ドームの実験は無意味であると断じていた。ロベルヴァルはなぜそう考えたのであろうか。そして、身近な存在であったロベルヴァルがそのような考え方の持ち主だとすると、パスカルがピュイ・ド・ドームの実験に託した主たる意図は、ロベルヴァルの考えに対する反論としても理解する必要があるのではないだろうか。つまり、ピュイ・ド・ドームの実験こそが、「空気の重さ」説を確定するというその方向性そのものには変化がないとしても、それによって排除すべき学説が、当初の構想時からは若干変質しているということである。以下ではこの点を確かめるために、まずはロベルヴァルの声に耳を傾けることにしよう。

## 2. ロベルヴァルから見たトリチェッリの実験

ロベルヴァルによるトリチェッリの実験の解釈は、1648年春ごろまで抱いていたと想定される「相互牽引力」説と、同年6月以降に決定的となる「空気の弾性」説の二つがある。この二つのテーゼは、彼の自然哲学の内部では分かちがたく結びついているのだが、「空気の柱」説との対峙という点では二段階に分ける方がクリアーになるので、以下では、これらを順次見ていくことにしよう。

## 2 – 1. 相互牽引力

1647年9月23日にパスカルがデカルトと面会した折にロベルヴァルが同席し、このトリチェッリの実験を巡ってデカルトとロベルヴァルとの間に激しいやり取りがあった。その内容の一端として、デカルトの唱えた「空気の柱」説にロベルヴァルが反対であったことが知られている（M II, 482）。それだけでなくロベルヴァルは、デカルトが提案した標高の異なる地点で行うトリチェッリの実験に対しても無理解であったようである。というのも、1648年1月16日のル・テヌールからメルセンヌへの書簡によると、ル・テヌールは「ロベルヴァルとともに」（M II, 492）標高の異なる地点でのトリチェッリの実験を「無意味」（*Ibid.*）だと断じているからである。ロベルヴァルは、なぜこうした立場をとったのか。ロベルヴァルはその理由を明確には述べていないが、ある論争に関する彼の理論から導出することはできる。そしてこの論争は、デカルトの「空気の柱」説とも直結している。

この論争とは、ボーグラン『地球静力学（*La Géostatique*）』という著作に由来し、直接的には、ボーグランの見解をフェルマが承認したことがきっかけとなって勃発したものである<sup>15)</sup>。*La Géostatique*は、その内容からしばしば『地圧学』と訳されるように、地球上でもものを圧する力を静力学の観点から論じた書物である。ロベルヴァルはこの問題に1630年代から深い関心を寄せており、パスカルの父エティエンヌも関わった1636年8月16日フェルマ宛書簡の中で、E. パスカルとロベルヴァルは連名で、物体の重さについて考えられる3つの理由を提示し、それに基づく重さの大きさを具体的に算出しようと試みている。彼らは、これら3つの重さの原因のひとつとして「相互牽引力」を挙げて、これが「真実らしい」（M II, 129）と述べている。この仮説の場合、物体の重さは地球の中心に近づくほど重くなるという（M II, 133）。1644年になるとロベルヴァルは、古代の太陽中心論者であるサモス・アリストルコスに託した『世界の体系について（*De Mundi Systemate*）』において、この相互牽引力を彼の自然哲学に全面的に導入する。この力は、地球の中心に近い方が遠い場所よりも強く働く。

デカルトも同時期に同じ問題にコミットし、彼の重力理論である渦動説に依拠した回答を与えていた<sup>16)</sup>。つまりデカルトによると、重さとは、円環状の運動によって遠心力が生じることで、中心から離れていくよう力がかかる「微細な物質」が、充満空間のゆえ地球の外部に遠ざかることができず、逆に中心に向かって押し返そうとする圧力である。この圧力によって空気も地球の中心に向かって押し付けられることになり、これがデカルトの考えていた「空気の柱」説の内実である。そして、この理論を用いれば、地球の中心から近い方が中心に向かって粒子が圧せられる力が強くなるので、物体はより重くなると結論づけている（AT II,

15) *Lettre de Messieurs Pascal et de Roberval à M. de Fermat*, 16 août 1636, M II. 129. 地球静力学に関する論争のきっかけについては、メナールによるこの書簡の解説が有益である。.

16) *Lettre de Descartes à Mersenne*, 13 juillet 1638, AT II, 222-223 (デカルトから引用は *Œuvres de Descartes*, publiées et annotées par Ch. Adam et P. Tannery, réédition Vrin-C.N.R.S., 11 vol., 1964-1974 により、ATと略記し巻数および頁数を記す)。

224)。こうして、標高が上がるにつれて圧力が弱くなるならば、水銀柱の高さが下がると予想できるので、デカルトは高地でのトリチェッリの実験を行うというアイデアを得ることができたのである。こうしてトリチェッリの実験は、地球の中心から遠いのと近いのとではどちらの方が重くなるのかという、当時、論争の渦中にあったテーマと接続する。

したがってロベルヴァルが「空気の柱」説に反対していたというの、以前から自身が「相互牽引力」説を唱えていたからである。これは、磁石をモデルにした遠隔作用であり、そうだとするとトリチェッリの実験は、ガラス管の内部の水銀が牽引力によって引っ張られるので、その力の強さにより 76 センチ以上は留まることができないと解釈できる。今日われわれは、大気圧が原因であることを知っているので、水銀柱が 76 センチの「高さに登る」のはなぜかという観点から考察するが、相互牽引力は、水銀柱が 76 センチを超えるとその状態を維持できないのはなぜなのかという問題意識から実験を眺めていたことに注意する必要がある。その意味では、この「相互牽引力」説も、ガリレオによる「限定された真空嫌悪」説と同じく、物質の結合の限界という関心を持ち合わせている。実際『二論文』は、真空嫌悪説を「隣接するあらゆる物体は [...] それを分離しようとする力に抵抗する」と定義していて、その分離しようとする力の例として「重さ」や「力」を挙げている (M II, 1068)。そしてメルセンヌが 1647 年 10 月に印刷した『数学物理考』によると、この「相互牽引力」が当時は有力であったという (M II, 489)。空気の柱説の対抗軸は、必ずしも「限定された真空嫌悪」説とは限らないのである。なお、この「相互牽引力」説に依拠して「真空中の真空実験」をシミュレーションすると、小さいガラス管の中の水銀も 76 センチの高さで留まることになるであろう。

では、ロベルヴァルは「物体の重さは地球の中心に近づくほど重くなる」と考えていたのにもかかわらず、なぜピュイ・ド・ドームの実験を無意味としたのだろうか。それは、以上の理論からの推測になるが、重さの決定が地球の中心からの距離の比例関係によって決定されるので、高々千メートル程度の高山で実験を試みたところで水銀柱の差異は数ミリ程度であり、さらに標高以外の要因も影響を与えるとすると、有意なデータは得られないと考えたためであろう。それに対してデカルトの渦動説は、大気圏にある空気の作用なので、大気の厚み次第では有意なデータが得られる可能性があった。

以上がロベルヴァルの第一段階におけるテーゼである。次節で見るよう、トリチェッリの実験の現象に対する説明としては、この後、相互牽引説ではなくて空気の弾性説が採用されるようになるので、パスカルの著作にこのテーゼが直接あらわれることはないが、実は『大実験談』にはこの問題にコミットしていると思われる一節がある。これについては後ほど見ることにして、次節では第二段階である空気の弾性説を見ていこう。

## 2 – 2. 空気の弾性<sup>17)</sup>

1647年9月にまとめられた『第一の真空談義』<sup>18)</sup>の報告によると、ロベルヴァルは1647年1、2月にパスカルがルアンで行ったさまざまなトリチェッリの実験で、空気の気泡を水銀で満たしたガラス管内に入れると、その気泡が昇るにつれて次第に大きくなっていく現象に着目している(M II, 462)。こうした現象はパスカルによる報告では捨象されているが、このことをきっかけとし、1648年に入るとロベルヴァルは空気の特性を探求するさまざまな実験に着手する。

まずは鯉の浮き袋の実験である。鯉の浮き袋からできるだけ空気を抜いたあとに(実は微量の空気が残っている)、トリチェッリの実験で生じた見かけの真空部分に置くと、周囲の圧力が低いので、萎んでいた浮き袋は一気に膨らむ。この実験を通して、空気の膨張する力は考えられていたより遙かに大きいことが示された。この鯉の浮き袋の実験から、ロベルヴァルは一見真空に見えるガラス管の上部は、実は希薄化された空気で満たされているのだ、と結論づけた。彼の自然哲学は、確かに、神の世界創造に先立つ空虚な空間の存在を認めはするものの<sup>19)</sup>、しかしながら、トリチェッリの実験は、現実の世界に空虚な空間が現れると疑いようのない方法で断言するには、十分な証拠ではなかったのである。

引き続きロベルヴァルは、トリチェッリの実験を活用したいいくつかの比較実験を試みた。そのうちのひとつは、ガラス管の見かけの真空部分に、同じ量の水と空気を入れる実験である。そこに流し込まれた空気は、水よりも軽いにもかかわらず、水よりも水銀柱を下に押し下げたという<sup>20)</sup>。この実験は、弾性流体である空気と液体とでは圧力をかけるメカニズムが異なるという理解を促すことになった。

決定的なのは、ロベルヴァル自身によても1648年の夏ごろに実行された「真空中の真空実験」である<sup>21)</sup>。もし相互牽引力説が正しいのなら、この遠隔作用によって、小さいガラス管の中の水銀は真空中においても76センチの高さを保つはずであるが、もちろんそうはならない。これによって相互牽引力がトリチェッリの実験で生じた現象の理由であるという道が排除されることになった。

これらの成果は『第二の真空談義』で披露される。水銀柱が宙づりになるのは、

17) 本節の内容およびこれに呼応する第3章1節の内容は、拙論「パスカルとロベルヴァルにおける空気の弾性」(『テクストの生理学』朝日出版社、2008、p. 423-434)における「2 – 1. ロベルヴァルと空気の弾性」から部分的に再録している。

18) 『第一の真空談義』とは、Gilles Personne de Roberval, *De Vacuo Narratio ad Nobilem Virum Dominum Desnoyer*のこと。1648年にも同じ相手に対して同名の文書を送っており、こちらを『第二の真空談義』とする。このテクストは同年の5月頃から書き始めたと考えられ、翌年の2月にデノワイエに送られた。詳細は M. II, 603-604。

19) *Elément de géométrie de G. P. de Roberval*, textes présentés par Vincent Jullien, Vrin, 1996, p. 460-461.

20) GEF, p. 313-318. Léon Auger, *Un savant méconnu: Gilles Personne de Roberval (1602-1675)*, A. Blanchard, 1962, p. 117-133.

21) 時期的にはオズーに遅れるとても、ロベルヴァルの装置(M II, 637: 科学論集310、図はデュエムによる)は空気の弾性に対する関心を反映しており、その点でオリジナリティがある。つまり、フラスコ内には、希薄化した空気が充満しており、その力の弱い弾性による圧力と釣り合うだけの水銀がガラス管内に宙づりになるのである。その意味では、ロベルヴァルの「真空中の真空実験」は、正確には「真空中」ではないのだが、慣例に従ってこのように呼ぶことにする。

「原子の本性における釣り合い (aequilibrium)」(M. II, 606) による。つまり「空気が働きかける圧力によって押されて濃縮化した空気」が、トリチェッリの実験における桶の水銀面を押し、水銀柱の重さと釣り合うというわけである。そしてその圧力とは、「原子的な本性を持つすべての粒子の努力から (ex nisu) 来ている」(M. II, 607)。このような原子の持つ押し合おうとする弾性という性質は、先に見た引っ張り合う力としての相互牽引力とは逆向きの作用なので、ロベルヴァルは、トリチェッリの実験の説明として前者を採用することになる<sup>22)</sup>。こうしてロベルヴァルは広義の「空気の柱」説に転向し、同年6月頃には、パリのすべての学者は「空気の柱」説をとるに至ったと言われている (『科学論集』342頁)。ここでいう「空気の柱」説とは、ガラス管の外部に存在する空気に原因を見出す学説を広く指している。

このようにしてロベルヴァルは、空気のような弾性流体は圧力のかけ方が水のような非弾性流体とは異なること、そして、空気の原子が持つ特性としての弾性が大気圧の原因であるという理解へと導かれていた。この理解は部分的には正しく、もし積み重なった空気の重さによって圧縮された空気が希薄化しようとする力が圧力であるという洞察にまで至れば、ロベルヴァルは大気圧の原理を正しく把握していたことであろう。

しかし残念ながら、彼はこの空気の弾性という性質、あるいは物質の希薄化・濃縮化の概念を、マス・レベルでの空気の状態として扱うのではなく、原子レベルでの物質の特性である「原子の本性的な力 (vis naturae elementaris)」と考えていた。それは、例えば「跳ね返す機能 ( facultas resiliendi )」、「跳ね返すための力 ( vi ad resiliendum )」、「内在的欲求 ( innato appetitu )」(GEF II, 314-315) など、物質の能動性に起因するものである。ロベルヴァルにとっての空気の弾性の正体とはこのようなものであった。そして、このような物質の特性は、標高のいかんにかかわらず一定であり、それゆえピュイ・ド・ドームの実験によっても、有意な差は得られないだろうと考えたのであろう。実際、物質の実在的な特性に執着するロベルヴァルは、ピュイ・ド・ドームの実験の成果を目の当たりにして、「原子の圧力 (pressio : 弾性によって押す力) は、大気の中を登っていって地表から離れるときより、地表の方がより大きくなる」(M. II, 607) と、新たな仮説をアドホックな仕方で付け加えることでしのごうとしたのだった。

### 3. パスカルによるロベルヴァルの理論の排除と組み込み

ロベルヴァルによる理論が以上のようなものであるとして、そしてピュイ・ド・ドームの実験の段階では、「限定された真空嫌悪」説よりも、彼の理論の方がより強力な仮想敵であるとするならば、いかなる理路でパスカルはロベルヴァルの理論を排除していったのだろうか。まずは、直接の対象であった「空気の弾性」説

22) ただし、テクストは「これらの粒子は単一の原子的システムを構築し」(M. II, 607) と続けているように、コスモロジックな理論との平行性も考慮されているようである。このようなコスモジーレベルと原子レベルの相関性は、のちにピュイ・ド・ドームの実験の結果を受けて空気の弾性理論を修正するときにも見受けられる。

がいかにして排除されるかを見ていき、次いで、トリチェッリの実験の説明原理としては放棄されたものの、コスマロジーの観点からはいまだ保持されていた「相互牽引」説に対してパスカルがいかに対峙したのか見ていくことにしよう。

### 3-1. 空気の弾性の排除と組み込み

ピュイ・ド・ドームの実験は、ロベルヴァルによる空気の弾性の理論を、水銀柱が宙づりになる直接的な原因としては排除できるであろう。なぜならこの実験によって、①水銀柱の宙づりの原因となる力が標高と強い相関関係があること、②水銀柱の高さは、ガラス管内部に生じた真空部分とは有意な相関性が見出されないこと、を示した。それゆえ、第一に、空気という原子が持っている「原始の本性的な力」としての「跳ね返す機能」という仮説は、標高に応じて機能そのものが変化しない限り排除される（だからこそロベルヴァルは事後的にこの特性を付け加えた）。第二に、ガラス管内部に生じた見かけの真空部分に仮にロベルヴァルの言うように希薄化された空気が充満していて、その弾性がガラス管内の水銀を押しているとしても、トリチェッリの実験に本質的な影響を与えるほどのものではなく無視できる、ということになる。要するに、原子の特性レベルでの空気の弾性の力による釣り合いという、ロベルヴァルによって提案された道を塞ぐことができたのである。パスカルは、先述したように、真空中の真空実験をもってしても、「やはり真空に対する恐れによつても、十分に真実らしく説明がつくかもしない」懸念を表明していたが、ロベルヴァルによる「新手の真空嫌悪」説の道を排除することができたことで、「空気の重さ」説への階段を一歩上ることができた<sup>23)</sup>。

にもかかわらず、『二論文』の「結論」がわれわれの誤謬の原因として糾弾するリストの中に、この「空気の弾性」説は含まれていないのはなぜであろうか。ひとつには交友関係の親密さが考えられるが、理論の観点から考えると、直接の原因としてはいったん排除された「空気の弾性」が、最終的にはより適切な仕方でパスカルの理論体系の中に組み込まれるからである。つまり「空気の弾性」が發揮されるのは、積み重なった空気の重さによるというわけである。このことは、パスカルによる大気圧研究のまとめと位置付けられる『二論文』の後半に相当する「大気の重さ」冒頭にて、羊毛の比喩を用いて導入される。

羊毛を 20 か 30 トワズくらいの高さに積んで小山のようになるようにするならば、この堆積は自身の重みによって圧縮され、その底にあたる部分は、中ほどのところもしくは上部に近いところよりも、いっそう強く圧縮されるであろう。というのもこの部分は、他よりもいっそう大量の羊毛によって圧縮されるからである。大気もまた、羊毛と同じように重くかつ圧縮される物

23) こうした論点をもっとも包括的に扱っているのは、Jean Mesnard, «La pesanteur de l'air chez Pascal et Roberval», in *Die Schwere der Luft in der Diskussion des 17. Jahrhunderts*, Hrsg. von Wim Klever. Published: Wiesbaden : Harrassowitz, 1997, p. 47-72.

体であって、やはり自身の重みによって圧縮されるのである。[…]

羊毛のこの堆積の、底にあって圧縮された状態にある一部分をひと掴み取り出して、これを同じように圧縮された状態で、この堆積の中ほどのところにもってくるとするならば、上層部により近づいたことで、拡張するであろう。というのも、ここではより少量の羊毛を支えることになるだろうから。それと同じように、この低いところにあって圧縮されている空気を、なんらかの方法でそのまま山の頂上にもっていくならば、それは自身で拡大して、山頂でこれを取り巻いていく空気と同じ状態になるはずである。というのも、そこではこの低いところよりも、堆積している空気の量がより少ないのである。(M II, 1063-1064)

高度が上がるにつれて大気の圧力が弱まるという事実、その結果、ボールの内部の空気が、より弱く圧縮されるので、大気圧の軽減に反比例してより大きく膨らむというのは、明らかに「鯉の浮き袋」の実験のパロディである。ただしロベルヴァルと異なってパスカルは、原子レベルでの空気の弾性という実在的な特性を介入させることを回避し、釣り合いのモデルを活用することによって、比較される二つの量が現象レベルにおいて等価であることを示す。換言すれば、空気の弾性を、物質に内在的な性質としてではなく、大気圧とボール内の空気の圧力が釣り合っている〈状態〉として読者に提示する。後年の『幾何学的精神について』の表現を用いるならば、彼は、大気圧とバランスをとりながら膨らんだり萎んだりするボールを通して、「すべての人が同じ対象（この場合は圧力の釣り合い）に思いを向ける」(M III, 397) ことを望むのであって、物質の「本質」を知ることを望むのではない。それゆえパスカルは用心深く、この風船が「大きくなる (s'élargir)」と表現し、決して空気が希薄化する (se dilater, se raréfier) とは言わない。つまり、弾性という性質そのものを認めながらも、それを、回りを取り囲む物質の力と釣り合う相関的な状態としてのみ取り出したのであった。他方でロベルヴァルは先述したように、物質の「内在的欲求」と捉えた。現象面に留まるパスカル、実在の性質にこだわるロベルヴァルという対比である<sup>24)</sup>。このようにパスカルは、直接の原因としてはいったん排除したはずの「空気の弾性」を、「空気の重さ」という概念と関連づけ直すことで自身の言説に回収し、自身による空気の重さのテーゼの内部で説明可能なものとした。

パスカルはこうして、たしかにロベルヴァルによる空気の弾性説を一義的な原因としては否定し、空気の重さによって引き起こされる現象として捉えなおすことで、ロベルヴァルの道を排除することができた。しかしながら、ピュイ・ド・ドームの実験によってデカルトの唱えた道を排除できたわけではない。なぜなら、現象の原因がガラス管の外部にのみある点、それが pesanteur (重さないし重力)

24) もっともロベルヴァルの探究が無駄骨に終わったというわけではない。こうした方向は、その後、気体の状態に関する研究を進展させ、いわゆるマリオットの法則（マリオットはロベルヴァルの弟子、ボイルの法則と等価）の萌芽となっていく。

であるという点までは、両者は一致しているからである。実際にデカルトとパスカルの争点は、この実験によって解消できるものではなく、重さと圧力に関する理論上の構造にある。これを巡ってパスカルがデカルトと格闘するのは、この後、『二論文』の理論構成にあたって、渦動説とは異なった根拠をもって空気の重さを説き起こす必要に迫られた時であり、この問題は本稿の任ではない<sup>25)</sup>。

### 3-2. 相互牽引力の対案

第2章でわれわれは、ロベルヴァルがトリチェッリの実験の解釈として、相互牽引力から空気の弾性へと転向したことを述べた。ただし、それはあくまでトリチェッリの実験の説明としてということであって、相互牽引力のテーゼ自体を彼の自然哲学が撤回したわけではない。以下は、先に引用した『第二の真空談義』の続きであり、地球静力学で議論となった重さ（重力）の原因一般としては、ロベルヴァルが相互牽引力を保持していることが分かる。

原子の圧力は、大気の中を登っていって地表から離れるときより、地表の方がより大きくなる。同じことがより大きなシステムでも起こるだろう。そのあらゆる諸部分は、互いに相互牽引力によって引きつけあって、緊密に結びついた状態になっている。とりわけ、このようなあるシステムの中心（われわれのシステムにおいても起こるように）にこのシステムを成している物体の中心をおくならば、これはもっとも強い作用を働かせるであろう。（M. II, p. 611）

相互牽引力というアイデアは、相互に引き付ける遠隔作用という点で万有引力と類似しているし、万有引力は距離の逆二乗に比例するので、地球の中心からの距離に応じて重さが変化するという考察も、あながち的外れなものではない。

パスカルも実は、地球静力学に由来するこの問題に参入しようと試みている。『大実験談』は、今後なされるべき探求として、気候による水銀柱の変化に先立つて真っ先にこの問題を挙げている。

25) デカルトとパスカルの関係がこじれてくるのは、1649年にデカルトがピュイ・ド・ドームの実験の考案の先取権を公言し始めてからである (*Lettre de Descartes à Carcavi*, 11 juin 1649, AT V, 366)。したがって、時期的にも対立が表面化してくるのはピュイ・ド・ドームの実験の後である。

注1で述べたマチューによる告発について一言触れておこう。デカルトは、1647年12月の書簡で高所での実験をパスカルに勧めるとメルセンヌに述べている (AT V, 98-100, M II, 548-549) から、すでに1647年9月の会談の際にこの実験を提案したことになり、1649年以降のデカルトの陳述に虚偽はない。またパスカルもデカルトに抗弁して、この実験は自身の創案によるものであると述べているが、決して先取権を主張する虚榮心からではなく、これまでわれわれが見えてきたようなデカルトとは全く異質の科学的な理路に基づくものである。この点に関して、両者とも疾しいところはまったくないであろう。デカルトとパスカルとの対立の根本は、圧力と重さの理論的前後関係にある。これに関しては、拙論『La physique pascalienne et sa méthode vues sous l'angle du problème de la pesanteur』『帝塚山学術論集』2001、第8号、p. 65-82。

2つの場所が互いにどれほど遠く離れていても、仮に地球の反対側になっているような場合であっても、この両方の場所が同じ水準に、言い換えれば、地球の中心からの等しい距離にあるかどうか、もし同じ水準でないとすれば、どちらの方がいっそう高いかを見極める方法がそれです。他の方法では不可能だ。(M II, 687)

ここで問題になっているのは、大気の厚みないし海拔ではなくて、「地球の中心から」の距離であることに注意しよう。そして地球の形は完全な球形であるのか、もし歪になっているのならば縦長なのか横長なのかという地球扁平率に決着がつくのは、1720年代のモーベルチュイによる計測まで待たなければならなかった。地球が完全な球形でないとするならば、緯度によって地球の中心からの距離に差異が生じるはずである。おそらくパスカルの考えていることは、地球の中心から地表までの距離が一樣でなければ、その上に載っている大気の厚さにも差異が生じるので、海拔の同じ異なった地点でトリチェッリの実験を行うことで、各地点の地球の中心からの距離を求められるというものであろう。トリチェッリの実験によって当時の重要な課題を解決できる、そしてロベルヴァルによる相互牽引力という仮説の代案を示すことができるという意気込みが感じられるが、この場合、大気は球状に均等に地球を取り巻いていると仮定しなければならないなど、確実な結論を導くために十分なほどには諸条件が定まっていない。したがってこのアイデアは、これまでわれわれが追跡してきた「十字の実験」ではなくて、彼がピュイ・ド・ドームの実験によって手にした「空気の重さ」という果実が、当時の学問的課題の解決にどこまで寄与できるか、その有効性を計っている試みというべきであろう<sup>26)</sup>。

パスカルは、最終的にはこうした要因を理論に取り込むことは断念したようである。『二論文』の「大気の重さ論」第7章では、大気の重さは海拔で測ればよいこと、そして「海はどこにおいても、まさに同じ水準にある、いいかえればそのあらゆる点において、地球の中心から等しい距離にある」(M II, 687)と、地球が完全な円であることを仮定することになる。彼は自身の考察を『地球静力学』が

26) 相互牽引力は、どうしてパスカルによる直接的な批判の対象になっていないのだろうか。ひとつつの理由は、父エティエンヌが、おそらくこの立場であったからであろうと考えられる。そもそも彼はロベルヴァルの相互牽引力が披露される書簡の共同執筆者であった。また1648年春に、「息子は、空気の柱の重さによって管の中で水銀が中にとどまろうとする見解を受け入れているではありませんが、若干の問題があって、私は、彼のようにこの見解を受け入れることはできません」(M II, 588)とノエル神父に述べているように、息子ブレーズがピュイ・ド・ドームの実験を具体的に構想した1647年末以降も、相互牽引力説を保持していた可能性が高い。またこのことは、1648年春の段階では真空中の真空実験が成功していないことの傍証にもなる。

もうひとつの理由は、パスカルにとって相互牽引力説は、「限定された真空嫌悪」説の亜種に見えたからであろう。目的的なニュアンスを帯びている「限定された真空嫌悪」説と異なって、相互牽引力は作用因である点で近代的である。しかし、結局のところ、自然が充満した状態を維持しようとしているが、物体の相互牽引力によって、その充満の状態が破られるというわけであるから、充満状態の限界を問題としている点、そしてそれゆえ水銀が宙づりになる原因が直接的にはガラス管の内部にあるという点では、「限定された真空嫌悪」説と変わりがないのである。

提起したような問題群に拡張することを断念して、あくまで大気レベルに留めたのである。

\* \* \*

本論の主張をまとめておこう。パスカルは、おそらく1647年の末ごろには、「真空中の真空実験」によって「限定された真空嫌悪」説という仮説、そしておそらく父エティエンヌも与していた「相互牽引」説を除斥し、水銀柱の宙づりの原因がガラス管の外部にあることを確証したうえで、高地での実験によってその原因が空気の重さであることを証明するという一連の「十字の実験」を構想していた。しかしながらその構想は、ロベルヴァルが1648年夏ごろに「空気の弾性」説を体系的に立ち上げることで、すなわち、水銀柱の宙づりの原因がガラス管の外部にあるとしても、それは空気という原子の持つ弾性であるという説を主張することによって、目的に変化を来すことになる。こうしてパスカルは、同じ「大気の柱」説であっても、その内実は、一義的には空気の弾性ではなくて、空気の重さであることを立証するように促されることになった。つまり、ピュイ・ド・ドームの実験の持つ意義がバージョンアップされたのである。

ピュイ・ド・ドームの実験によって、パスカルはたんに自説の正しさを証明して満足したわけではない。水銀柱の宙づりの原因は、一義的には空気の重さであるとしても、自身の重さによって圧縮された空気が広がろうとすることで圧力をかけるという大気圧のメカニズムを明らかにすることで、いったんは除斥した「空気の弾性」説を自身の体系の中に取り込んでいく。また、同じくロベルヴァルが唱えた「相互牽引力」に対しては、自身の「空気の重さ」説を対峙させることで、結局は実現しなかったとはいえ、地球の中心からの距離に応じた重さの変化を測定するための対案を試みるのである。

たしかにパスカルはパリに居住して以降、「空気の柱」説を耳に入れていた。しかしそれはアприオリに真理として受け入れられたわけではなく、異説との格闘の中で検証され、真理として獲得されなければならない仮説であった(M II, 812)。そのためのパスカルによる粘り強い「探求」のための仕事は、ピュイ・ド・ドームの実験ではぼり上げられることになる。しかし、こうして発見した事柄を読者に説得するための「総合」の仕事が彼にはまだ残っている。その説得の順序は、われわれが検討してきた探求の順序とは、また異なったものとなるであろう。

(追手門学院大学教授)