

## デュエムのレオナルド研究(二〇)

矢 島 祐 利

動揺の中心に関するロベルヴァルとデカルトの論争・神  
父オノレ・ファブリとクリスティアン・ホイヘンス

バルデイがその著書の中で述べた思想のうちで、強制力の中心と重心の間の類似性ほどはつきりと論じられているものは少い。メルセンヌは『演習』を読んだとき、この思想を見落さなかった。ロベルヴァルもデカルトもこの偶然的重さの中心という重要な観念を無視しなかった。これは実はバルデイがレオナルド・ダ・ヴィンチから採ったものである。

ロベルヴァルは力学の諸理論にできるだけ大きな一般性を与えることを常々考えていた。彼は自然運動と強制運動を同時に包含する形式を探究した。この目的で彼は常に力一般の観念の上に理論を進めようとした。「われわれは一般にどんなものでも、どこか他の場所へ、すなわち上でも下でも横でも持つて行けるような性質を力と呼ぶ。それは自然的であっても強制的であってもかまわない。」(一六三六年十月十一日ロベルヴァルからフェルマへの手紙、『フェルマ全集』第二巻、七五ページ以下)ロベルヴァルはこういう力に、強制力によって物体に伝達される重さをも数えている。

一つの固体にはたらく諸力には一つの中心があり得る場合の検討、またそれが存在する場合その決定ということは、ロベルヴァルの注意を絶えず引き着けていたようである。この研究から彼が得た結果はデカルトとの論争の種子になる。

メルセンヌからデカルトへ提出された一つの問題はこの哲学者が動揺の中心と名づける点に関する考えを知らせる機会を与えた。デカルトが動揺の中心というのはバルデイの強制力の中心と全く同じものである。

一つの軸で支えられた、ある形をした固体は定った周期の振動をなす。質量の無視できる糸で形の小さい重りを吊ったと考えてみよう。これは今では単振り子であるが、十七世紀にはヒュネパンデュール(ふりこ)といわれた。こういう振子が初めに述べた固体の振動と同じ周期をもつためにはどれだけの長さを持つべきか。この複合

振子と同じ周期をもつ単振子の決定はメルセンヌがデカルトへ一六四六年に、今は失われた手紙で提出した問題である。

デカルトの返事は一六四六年三月二日エグモントから発送されており、この手紙は伝わっている（全集、書翰第四卷三六二ページ）  
〔\*一九六〇年版書翰集では第七卷一八ページ〕 その中にこうある。「お手紙のもう一つの点でお答えしようと思うのは、どんな形の物体でもその一端をもって空気中に支えられていて、支えられた良さの糸で吊った重りと同じ往復をするためには、どんな大きさを持つべきかという問題です。というのは、あなたはこの問題をたいへん重要視していると思います。八日前私はたいへん粗略にしか書かなかつたので（この手紙は伝わっていない）、書いたことをよく覚えておりませんし、あなたも一つの場合だけしか申されませんでした。これについて私の与える一般的規則は、すべての物体に重心があるように、物体がその一点で支えられて動くとき、動揺の中心があるということです。そうしてこの動揺の中心が支点から等しい距離にあるすべての物体は、空気の抵抗を無視すれば、同じ往復運動をするということです。」

デカルトはこの手紙をメルセンヌに書いて間もなく、キャヴェンディッシュから同じ問題について相談を受け、次のように書いた。

（一六四六年三月三十日の手紙。全集、書翰、第四卷三七九ページ）  
〔\*一九六〇年版書翰集では第七卷三二二ページ〕

「約一箇月前メルセンヌ神父が同じ難問をふっかけて来ましたので、私はこう答えました。すべての物体に重心があつて、それに沿って自由落下するように、支えられて動く物体には動揺の中心があつて、それがあなたのおっしゃる振動の周期を支配し、動揺の中心が物体の動く軸から等しい距離にあるすべての物体は同じ時間で振動するということです。」

「第一に、重心は重い物体の真中にあつて、その何れの部分もその重さをもつて、この中心を物体が落下のさい沿うて行く線から外らせることはできず、この作用は反対側で同じ力をもつ部分によつても妨げられず、そこで重心は落下のさい常にそれが単独でなすと同じ直線をなし、物体の重心以外の部分は除外され、私が動揺の中心と呼ぶものは、この物体のすべての他の部分のさまざまな動揺が同じように関係をもつ点であつて、各部分が多かれ少なかれ速さをもつて動くために持ち得る力はそれと反対側にある部分の力によつて抑えられます。そこでまた（定義により）動揺の中心は物体が支え

られている軸の周りに、物体の残りのすべての部分が除外されたと  
きもつと同じ速さで動くべきであり、従って軸から同じ距離で糸  
で吊ってある重りと同じ速さで動くべきであります。」

これら二つの文によって、与えられた振りと同じ長さをもつ単振  
子の長さを決定するためにデカルトが使っている動揺の中心という  
観念はレオナルド・ダ・ヴィンチまたはベルナルディーノ・バルデイ  
による偶然的重さの中心あるいは強制力の中心にその起源をもつて  
いる。

デカルトはこの観念を定義するだけにとどまらなかった。彼はあ  
る形について動揺の中心の位置を印づけようと試みた。彼がこの問  
題を解くのに用いたと称する規則は正しいものではなかったが、細  
かい技術的な点には立入らない（アダン・タンヌリの論文「国立図  
書館蔵デカルト自筆原稿」参照）。ただデカルトはこの動揺の中心  
の決定で図形各点の運動量の大きさを考えたが、その方向は少しも  
考慮しなかったことを言うに止める。すなわち彼の規則は図形の各  
点が同じ方向の速度を持つ場合のほかは正しくないのである。

ロベルヴァルは重心の性質に関するフェルマとの討論によって、  
物体の各点において異った方向の作用を合成することで破れた。そ  
れゆえデカルトの誤りは彼には初めから分っていた。彼はそれを一  
六四六年五月キャヴェンディッシュに示し、もう一つの批判を添え  
たが、その方は余り正しくない。（デカルト全集、書翰第四巻四二〇  
ページ）（\*一九六〇年版書翰集、第七巻六九ページ）ロベルヴァル  
はこう書いている。――

「われわれ、すなわちデカルト氏と私は、彼が動揺の中心と呼ぶ点  
の定義について同意見であります。その点をここでは打撃の中心と  
呼びます。しかし彼の結論は私のと全く異っております。私は絶対  
的の証明をしているのです。彼の理論にはある欠点があります。し  
かし、われわれの証明はここへ書くには長過ぎます。…この理論的  
欠点というのは彼が動かされる物体の部分の動揺だけを考慮して、各  
部の動揺の方向を忘れていて、方向は変化し、そうして異  
つています。…」

「また私は打撃あるいは動揺の中心がたとえ上のように選定され  
ても、それが物体の動揺あるいは、重心が動揺の中心と同じように  
何物かを寄与するところの釣合のために必要な規則あるいは距離で  
あるとは思われないことを認めます。というのは重心は左から右へ  
のこの往復運動の原因だからです。…」

ロベルヴァルによつて発せられたこの意見に対して、デカルトは与えられた振子と同期の単振子の良さを決定する時、動揺の中心を考へて重心を考えなかつたことは正しかつた。しかし彼の天才的直観から彼は十分な考慮を払うことができなかった。彼が弁護した力学はまだ余りにも不完全、不正確であつた。それゆゑデカルトはロベルヴァルに対して非常に不明瞭な考察についてついでの発言をした以外には反論していない。彼は言う。――

「また彼は動くものの重心がその振動の量に動揺の中心がなす以外のある寄与をすると考へている点で誤つていると思ひます。何故かといふと、重心といふ語は自由に動く物体あるいは少しも動かない物体に関するものであつて、取りつけられてゐる軸の周りに動くものに対しては、この位置および運動に関する重心といふものはなく、動揺の中心があるだけです。」（一六四六年四月十五日キャヴェンディッシュであつて、全集、書翰第四卷、四三二ページ）〔\*一九六〇年版書翰集、第七卷、七六ページ〕

デカルトの発言に対してロベルヴァルはいつも、自分の証明は公表するには長過ぎると言つて（ロベルヴァルの遺稿中にこの研究の一部があるが、力が平行の場合だけしか扱つていない）、別のことを言つたとどまつてゐる。このような論争は実を結ぶものとはなり得なかつた。それはますます烈しくなり、ロベルヴァルとデカルトの仲違いに終つた。

ロベルヴァルとデカルトの努力は彼等が研究した問題を直ちに解決するところまでは行かなかつた。力学が落ち着くまでにはまだ進歩が必要であつた。しかしロベルヴァルとデカルトの試みはこの解決を達成するために影響がなかつたわけではない。

メルセンヌと親しくしてゐた科学者のなかにイエズス会の神父オノレ・ファプリがあつた。彼の書いたものはメルセンヌのそれと同じようにこれら二人の宗教人が力学や物理学の難問を解くことに關してしばしば協同の努力をしたことをわれわれに示してゐる。神父ファプリは十六世紀の学問の動きをよく知つており、ガリレイ、デカルト、ガッサンディの研究のように、力学に体系的表現を与えようと企てた。彼の書いた「場所の運動の物理学研究」（一六四六）は彼の名でなく、友人で哲学のドクトル、ピエル・ムーニエの名で出版されてゐる。

この本はとくにイエズス会の中でたいへんはやつた。それが非常に論理的努力の結果だつたからでもある。この流行はデカルトを不

安にしないではおかなかった。彼はいつもやきもちやきの傾向があった。彼はメルセンヌにあててこう書いている。(一六四六年十一月二日、全集、書翰集第四巻、五五四ページ)「\*一九六〇年版、書翰集、第七巻二一〇ページ」

「ファブリ神父が私に反対のことを書いていないなら、それを読むほどのことはないが、彼は哲学をたいへん良く、私が出したよりも良い秩序において書いたと誰かあなたに言ったというからには、イエズス会は私に反対する計画を、もつものと考えます。その場合には私は自分を擁護するために彼の著書を読まなければなりません。しかしそれが船便で来るのを待ちきれないほど急ぐことでもありません。すまい。」

デカルトがこの手紙で表明している心配は理由のないことだった。彼は『場所の運動の物理的研究』で攻撃されていないばかりでなく、彼の力学原理の影響がその多くの行文のなかに認められるのであった。とくに神父ファブリがピエル・ムーニエの名で打撃の中心に関して述べていることのほとんどすべてに対して彼は権利を主張できるのであった。神父ファブリはロベルヴアルの批判にも拘わらず、デカルトが立てた誤った規則に従って打撃の中心を決定しているばかりでなく、相当周期振子の問題に関してロベルヴアルに反対しデカルトに賛成しているのである。彼はこう述べている。「この円運動において打撃の中心はすべての他の点の運動を支配する、何となれば重心の役割を持つのはこの点だからである。…そこでこの点はそのへん重さの全体と力の全体を集めているかのように作用する。だが、そのとき、それは糸の重さは考えず吊つてある重りだけ考えた振子に似ている。それゆえ、その振動はこの振子と同じ周期を持つ。」(『場所の運動の物理学研究』、四三五ページ)一六四六年、十七才で才能が衆目の見るところであった若い数学者クリスティアン・ホイヘンスはメルセンヌ神父に彼の最初の論文を送った。彼の手紙の最後はこう結ばれている。「打撃の中心について何か特別のことを待ちわびつつ、あなたの忠実なるクリスティアン・ホイヘンス」(一六四六年十月二十八日、「ホイヘンス全集」、第二巻)。

これに対してメルセンヌはこう答えている。「私はあなたが自由に振動のできる吊つてある物体の打撃あるいは動揺の中心に興味を持つておいでのことを喜ばしく思います。糸で吊つた重りのようなものを他簡単なためにふりこ申しますが、物体にはいろいろの形

があつて新しい困難を生じますので、私は満足できる規則一つしか知りません。それは私の章見では世界中で一番すぐれた人物であるデカルト氏のもので、それをここで繰返してもよいのですが、あなたの知らない人ではなし、お近くで自身でおききになれることを、ここからお送りするのは愚かしいことでしょう。」(一六四八年十二月八日、「ホイヘンス全集」第三巻)「\*当時デカルトはオランダにいた」

それから少し経つてメルセンヌはこの大数学者の父コンスタンチン・ホイヘンスにあててこう書いた。「新しい哲学の著書四折本二冊のため半ピアストルご奮発になつて然るべくと存じます。その第一巻は論理学、第二巻は物理学の第一部で、自然のおよび強制的単純および複合的、一平面また他方向の運動に関するもので十篇あります。…終りの方に打撃の中心に関する考察があります。この第二巻をタッサン氏に託してお届けしてもよいのですが、打撃の中心のことがあるのは僅か二枚か三枚ですから、この手紙と一緒に送りましょう、というのはご息がこの本をご覧になつて、おそらくそれより良い証明をされるかと羨望をもつて希うからであります。…ご息が自分のやり方で一層高貴に証明をなさいますよう祈ります。何となればあの中には論理の誤りが多くあると思うからです、しかし検べてみるまでは保留」\*ギリシア語にて」であります。」(一六四七年一月三日、「ホイヘンス全集」第一巻)

メルセンヌがかくも念入りにクリスティアン・ホイヘンスの注意を引こうとした書物はピエル・ムーニエの名で出版された神父フアブリの『場所の運動の物理学研究』にほかならなかつた。

一六四七年一月八日メルセンヌは改めて、今度は直接クリスティアン・ホイヘンスに最近印刷のできた打撃の中心のある研究を送ると書き、こつ附け加えている。「ここにを送りする打撃の中心に関する論文をお読みの上で、それ以上にもつと良い、あるいはもつと精巧な規則をご発見になるものと確信致します。もし謬論にお気づきの節は私までお知らせ下さるよう切望致します。」(同、第一巻) これらの事情を見ればメルセンヌの親切さは目に見えるようにはつきりする。物体落下の法則について過つた説明を彼に送つたこの十七才の若者にメルセンヌは数学者としての天才を見て取つた。振動の中心という複雑で論争の多い学問を彼こそ明らかにし得ると判断した。若いクリスティアン・ホイヘンスに対する彼の判断が追つていながつたことは後に明らかになつた。

それから二十六年後の一六七三年にホイヘンスは振り時計に関する不朽の書を残した。メルセンヌが若いオランダの数学者の注意を引かせた問題は完全かつ決定的に解かれた。ロベルヴァルとデカルトの間に高まっていた論争は無用となった。決定的なものにされた力学は、デカルトがロベルヴァルに反対して、物体の振動の中心をこの物体に同期の振子の端にとることの正しかったことを証明した。またある種の振動の形を定めるための眞の規則はロベルヴァルの述べたものであつて、デカルトの提案したものでないことが明らかにされた。このようにして和解しがたい二人の論者の考えた眞坪は疑いの外に置かれた理論の中に座を占め、彼等がはげしく対立し合つた誤りは忘却の中に消えていった。

ポール・タンヌリはこう書いている。「そこにメルセンヌの通信が十七世紀の科学の進歩に与えた最も顕著な一つを見ることは里論のないところである。」(『デカルトの自筆稿本』一八九一)

われわれはさらに言うことができる。われわれが辿つて来た歴史のなかに科学の発見が鎖のようにつながっている連続性の最も顕著な一例をそこに一見る、と。

振動の中心の問題について若いホイヘンスの注意を引く前にメルセンヌはこの問題をめぐつてロベルヴァル、デカルト、神父フアブリの努力を促がした。彼はこれらの数学者たちにベルナルディーノ、バルデイの著書あるいは思想を知らせることによつて、これをなしたのである。ところが、そのベルナルディーノ、バルデイは偶然的重さの中心という観念をレオナルド・ダ・ヴィンチから借りているのである。そしてこの観念がレオナルドの精神に現われたのは十四世紀の物理学者によつて展開されたインペートスの理論の自然的結果としてであつた。自然と同様に、科学は突然の飛躍をしないのである。

『ももんが』第三七卷第七号(一九九三年七月)

## デュエムのレオナルド研究(二一)

矢 島 祐 利

ユダヤ人の息子テモンとレオナルド・ダ・ヴィンチ

ユダヤ人の息子テモンの『氣象論の問題』

レオナルド・ダ・ヴィンチは十四世紀の中ごろサクソニアのアルベルトによつて編纂された書物に負うところが多い。フランス学士院の図書館にFという表題で保存されている手稿はこのパリ大学の大先生のスコラ学的議論から思いついた考察に充ちており、その議論はこの大画家の精神に最も独創的で最も意味深い直観のいくつかを呼び起したのである。

サクソニアのアルベルトの影響を多くとどめている手稿<sup>1)</sup>は、アルベルトウティウスには少しも負うところのない多くの思想を含んでいる。それらの思想の中には投影に関するもの、明暗に関するもの、光と色彩に関するものがあつて、それらは一層まとまつた形で『絵画論』の中に見られる。この他は海の形、泉の原因、雲の形成、潮汐、虹の原因など、一言にしていえばアリストテレスが『氣象論』で扱つたさまざまな現象を主題にしている。それらの思想の大部分は『水の運動と測定』という研究の中にも現われている。

水の運動に関する覚書の中には、レオナルドの創見の跡が歴然としているものが多数ある。流れる水のとるいろいろの形態、水面にしわを作るさまざまな波、深みに画つて川床を崩す渦巻、これらの複雑な作用を長い間実地について研究したこの偉大な水力学の技術者はこれらを細かく記述し、また略画に描いている。

ところがレオナルドが経験だけに頼つてなしたこれらの観察と並んで、手稿Fには諸学派の間でしばしば論議されたものに類似の理論的考察が見られるのである。これらの考察もレオナルドの天才の自発的成果であるつか。むしろそれらはアリストテレスの『氣象論』のある注釈書を読むことによつて思いついた考えではなからうか。

地球の物理学についてあれほど好奇心を持っていたレオナルドが、これについて諸学派の間で言われていることを少しも知らうと



しなかったとは、どうもありそうでない。それを肯定するのは誤りをおかすことになる。われわれは彼自身を証人として、そうできなかったとの保証を持っている。

レオナルドが手稿Fの表紙に記した書目に戻ろう（に既出）。

この書目はこの画家の蔵書中にサクソニアのアルベルトの『比例論』と『天体論の問題』のあったことを示している。そこに「ヴェニスの書物」と初めに書かれている欄があり、いろいろの書名のなかに「ヴェイトルヴィウス」だの「アルキメデスの重心について」などに混って「メテウラ」（気象論）の語を見出す。すなわちレオナルドは一五〇八年にサクソニアのアルベルトの『問題』と同時に気象論のある注釈書、多分ヴェニスで印刷されたものを持っていたのである。

レオナルドが持っていた気象論に関する書物は何であったか。

多くの類似点によって、レオナルドの読んだ気象論の書は度々印刷されたことのある『テモン講述の最大の哲学者によって編述された気象論四巻の問題』であったことが知られる。

スコットランドのジョージ・ロカートは一五一六年にパリのコレツジュ・デュ・モンテギユで、また一五一八年にはソルボンヌで教えていた人であるが、これらの年に同じ著書の二つの版を出している（、サクソニアのアルベルトとレオナルドの章にあげてある）。この書は十四世紀の中ごろ、当時パリ大学の主なる椅子を占めていた唯名論の学者たちによって与えられた物理学に関するいろいろの考えを統一することを目的にしたものであった。彼はまずアリストテレスの『自然学』、『生成消滅論』、『天体論』に関するサクソニアのアルベルトの『問題』を復刊し、ついでテモン(\*)の『気象論四巻の問題』、最後にジセン・ピュリダンがアリストテレスの諸著を一括して『自然学小論集』と呼ばれる一を扱った『問題』を出版した。

（\*ラテンではテモであるが、デュエムに従ってフランス式に

テモンとする。サートンはユダヤの文献にテモンを探したが見つからなかったという。モノガノラフにはアンリ・ユゴナル・ローシユ

『ユダヤ人テモンの天文学書』（パリ、一九七三）がある。）

ジョージ・ロカートは「二百年来パリ大学のいわば三頭政治をなしていた三百人のすぐれた学者たち」によって編纂された自然学の『問題と決定』を出版するに際して、ジャン・ピュリダンの書いたものだけが当時未発表のものであると述べている。すなわちサクソニアのアルベルトまたテモンの「確かな学説と博い学問」はイタリア

人とくにヴェネチア人によく知られていなかったわけではないことが分る。またヴェネチア人はこの二人の名高いパリ大学教授の著書が埋もれていることのないように、これらを印刷に附したことが分るのである。

すなわちテモンの書いた『氣象論』の『問題』はヴェネチアでは一五一六年以前に印刷されているのである。それから後にも印刷された。一五二二年にはオクタヴィアノ・スコートの後継者はガエター・ダ・テイエーネによって一四七六年以前に書かれた『アリストテレスの氣象論の注釈』と一緒にこれを出版したのである。

テモンの書いた『氣象論』の『問題』はサクソニアのアルベルトの書いた『自然学』、『天体論』、『生成』の『問題』と全く同じ形式をなしていた。テモンのは明らかにアルベルトの続きを意図したもので、両者合せてアリストテレス自然学全体の注釈となるものであった。この注釈には創見があり、アリストテレス学派の伝統に対する尊敬と同時に觀察的感覚を科学的精神が結合して、長い間重要な影

響を及ぼした。復興期また十七世紀でも多くの書物にこの影響がはつきり見られる。しかしその時代の最も有名な物理学者たちが二人の唯名論の師匠たちから刺戟を受けることを躊躇しなかつたとしても、当時の暗黙の約束みたいなもので、彼等は厚かましく剽窃して原著者の名をあげることしなかつた。彼等はサクサニアのアルベルトやテモンの思想を共有の領分として、そこではもはや著者は権利を持たないもののように扱っている。アルベルトの論文がどの点でこの許し難い掠奪の犠牲になったかについてはすでに述べる機会があつた（『静力学の起源』第十五章）。テモンの名もこれと同じように不当にも忘れられていたのである。

#### ユダヤ人の息子テモンについてわれわれの知ること

パリの唯名論の輝かしい学派をついだ物理学者たちは自分の汲み取った源泉をかくして言わないものだから、この学派を形作つていた偉い先生たちについてわれわれは余り知ることができないのである。とくにテモンについては近年までほとんど何も分らなかつた。ジョージ・ロカートが述べていることに附け加え得るのは僅かにデ

ユ・ブローレー(『パリ大学の歴史』第四巻、九九一ページ、一六五八)が伝えている次の短い文だけである。そこにはこう書いてある。→

「テモ・ユウダエウス、テモンあるいはティモンはユダヤ人でウェストフアリアの出で、ミュンスター村の司祭であった。彼はキヴァッツのドミニク師に学び二二四九年学士として世に出た。一三五三年八月二十六日、また一三五五年十一月十八日に改めて、イギリス国民の代理人に選ばれた。彼が代理人であったとき、すべて大学の教師たちはその講義を口述し、決して筆記させないようにとの布告が出た。それを出したのは有名な哲学の一教授であった。われわれの読んだところでは、多くの学生は彼についてバカローレアあるいはリサンスの試験を受け、彼の指導のもとに学士として世に出た。」

長い間この物理学者についてはこれ以上のことは知られなかった。今日では簡単で不十分ではあるが、もう少し付け加えることができる。それはドニフル神父とシャトラン氏のおかげである。この二人の学者は『パリ大学におけるイギリス代理人の書』(パリ、一八九四)を出版した。

イギリス国民はパリ大学の教授および学生になれる四つの国民の一つであった。イギリス国民は出身国をスコットランド、ドイツ、タキア、スウェーデンの四地方の何れかに持つ教授と学生を統合していた。大学全体を統轄する学長があるように、各国民は代理人をいただいていた。代理人は一般に若い教師のなかから選出され、選任期間は一箇月であった。一箇月たつと再選されるが、他の人に仕事を譲らなければならない。一二八八年の年記のある規定によると、代理人は選出されるとすぐにこのために特に用意された記録簿に自分の名と選出された日附を書き込まなければならない。また彼は誓約により彼の任期中に起るすべての当該国民にとって大事な出来事とくに大学の学位を与えられる人の名前をこの記録簿に書きつける仕事をしなければならない。このようにして『イギリス国民の代理人の書』はできたものであり、これによってわれわれは二二三年から一四九二年までのパリ大学の一部の生活を知ることができるのである。

われわれが主題としている物理学者についてこの書は多くのことを教えてくれる。

第一にその名を決定することができる。彼の名はその『氣象論四巻の問題』を出版した多くの印刷者がティモ(Temo)としている。

デュ・ブローレーではテモ(Temo)であり、『代理人の書』は常にテモ

(The\*men) である。ネリド(「\*フランス形では」テモン(Themon)がよからう。

『イギリス国民の代理人の書』はテモンの名の綴りをおしえるばかりでなく、その添名を修正させるに至った。デュ・ブーレーはテモ・ユウダエウス(「\*ユダヤ人」と呼んでいるので、また彼が「聖職者」と呼んでいるのと結びつけて、ある伝記作者たちは「ラッパン」(「\*ユダヤの長老の尊称」と訳しているくらいである。ところが『代理人の書』が同じ形テモ・ユウダエウスを採用しているとしても、それは偶然のことである、というのはこの書はいつでもテモンを呼ぶのにユダヤ人とはいわずユダヤ人の息子(ユウダエイ)と言っているからである。それはテモン自身で書いている添名である。

〔\*サートンは『科学史序説』第三卷一五三九ページで Theme Judaei を採用している。〕

この添名によってテモンの父がユダヤ人であったことが明らかである。テモン自身はキリスト教徒であった。彼がソルボンヌで長く神学の研究をしたことが別の証明になる。(『パリ大学の歴史』第一巻、緒言、三四ページ)

ユダヤ人の息子という添名をもつミュンスターのテモンとニコラスの二人の兄弟がウンナのアンリ・ドウ・エルン師のもとで卒業試験あるいは学士試験を受けたのは一三四九年であった。

ミュンスターのニコラスについては『代理人の書』はこれ以上何も伝えていないが、その兄弟のこれから先のことかわれわれに関係をもつ。同じ年すなわち卒業した年、彼はワルデラウのワルテル師のもとでリサンスの試験をうけ、キヴァツソのドミニク師の面前で学士として最初の講義をしたことをわれわれは知るのである。

一三五三年八月二十六日イギリス国民の教師たちは代理人を選出するため、サン・ジユリアン・ル・ポーヴル教会の前に集った。選挙は何の反対もなくテモンに定った。一三五五年十一月十八日イギリス国民は以後代理人の任務をテモンへ委ねることにした。第三回目は一三五六年二月十日に彼に任された。

『イギリス国民の代理人の書』を見ると、こんなに遠くからパリ大学の教育を受けるためにやって来た学生たちが非常に貧乏であったことに驚き、かつ動かされないわけにはいかない。大部分のものは彼等が受ける試験の料金を払うことができなかった。窮状を申し立てて延納願を出し、持っている本とか衣服などを抵当に入れなければならず、支払をすませた上でそれらを受け出すのであった。ウイ

スキン・ウエンスレーとかサクサニアのアルベルトのような人も、  
学士試験の料金をまだ収めていないで、国民の代理人に頼みこんだ  
ことがある。

ユダヤ人の息子テモンはこういう不幸な人でなかったことは疑い  
ない。彼は試験に合格したとき遅滞なく料金を払っている。学士に  
なつてから彼はイギリス国民の資金部へ時々貸している。

イギリス国民は単独で、あるいはピカルディ 「\*フランス東部地  
方」国民と共同でいくつかの学校を持っていた。テモンはこういう  
学校の相談役に頼まれていた。彼は国民の会計から返してくれれば  
よいとして、そこへ金を用立てていた。会計は窮屈のことが多く、  
返済はおくれがちで面倒であった。

このようなわけで一三五五年にサン・マチュラン教会の前でイギ  
リス国民の総会るとき、テモンは上述の学校の維持のため彼が用立  
てた金を返してくれるよう要求した。少したつて一三五五年九月二  
十三日国民の会計係ウイスキン・ウエンスレーはその離任の前に報  
告をなし、ユダヤ人の息子との間にある貸借契約を確認した。一三  
五六年に新しい会計係ジャン・ドウ・ルーヴァンはこの負債のこと  
を言っている。しかしそれは一三五六年六月二十六日にはまだ返済  
されていない。この目テモンはイギリス国民の総会においてその学  
校の維持のため三エキュ貸してあること、そうして彼はそれを請求  
する権利があることを声明している。

パリ大学におけるイギリス国民の教師たちは酒呑みであつたらし  
い。新参の教師・新任の代理人・会計係はお祝いの贈物として一エ  
キュあるいは一フロリン出さなければならなかった。その金は国民  
の教師たちによつてすぐさま、彼等の行きつけの居酒屋オウ・ド  
ウー・ゼペー「\*二刀屋」、ア・ラ・グランジュ「\*倉屋」あるいは  
エビトージュ・ドウ・ジレ 「\*胴衣の教授肩衣」などで使われてし  
まった。新参の寄附だけでは多数の教師たちの渴をうるおせないこ  
とがあつた。そういうときは超過支出でそれを払うのであつた。

しかし新しい要職者には金がないことがよくあつた。彼等は国民  
が使つたものをすぐに払うことができなかつたので、ユダヤ人の息  
子の好意に救いを求めた。

一三五六年二月五日サン・ジャック街のア・リマージュ・ドウ・ノー  
トル・ダムという看板の出ている酒屋で、サント・ジュヌヴェイエ  
ヴが試験官に、リユーヌブルクのジャン・ドウ・ワンツェベルクが  
代理人に選出された祝賀会があつた。支出の規制をしたのはテモン

であった。彼は貸を返してもらうために、国民の総会へ請求を申立てる必要があった。総会の判断はジャン・ドウ・ワンツェベルクにその遂行の義務を負わせた。

もう一度は、教師たちの会合で一エキュ必要になった。もちろん『代理人の書』でこぼしている呑み過ぎである。国民が返すから、テモンに一エキュ貸してくれということになった。

テモンはイギリス国民の銀行のようなものであった。彼はいつも会計係をするようになっていた。会計係の仕事はなかなか微妙なものであった。支出をまかなうために国民の収入を見越す使命を持ち、日々変る金の相場によく通じていることが必要であった。彼はすべての誤りについて、彼の自由裁量について、金銭上の責任があった。会計係の職務には懐目云口のよくない教師はなりたがらず、年長で思慮のある教師に頼むのが常であった。

『ももんが』第三七巻第九号（一九九三年九月）

## デュエムのレオナルド研究(二十二)

矢 島 祐 利

一三五七年九月二十三日サン・マチュラン教会の近くで総会を開いたイギリス国民はテモンを会計係に、それからジャン・ドウ・ダンを代理人の要職に選出した。二人の選任を祝うために教師たちは「白鳥」という町の酒場へ行き、そこで六リーヴル十二エキュ消費した。

テモンは大学にとどまる日の終りまで会計係の仕事をした。それは一三六一年十月であった、このときサクソニアのアルベルトがテモンに代ったのである。

会計係は毎月報告書を国民の総会に提出しなければならぬ。しかし管理の余り正確でないものは会へは出されなかった。テモンはこの職務に不熱心ではなかった。規約が必要とする以上に瀕繁に会計状態を国民に報告したらしい。一三五八年九月二十三日、一年たつて再任されたのは彼の仕事ぶりが認められてのことである。それなのに彼は同年十月二十二日、十一月十八日、十二月三日会計状態を国民へ提出している。

テモンが国民の名において支払わなければならない支出のうち、例の酒屋の勘定が大きな部分をなしていたことは確かである。一三五九年二月十一日代理人にカルケーのアンリ・ドウ・エゲーを選出して、この選任の祝いをア・リマージュ・ドウ・ノートル・ダムで開いた。勘定は五十八スー半(＊)スー銅貨は五サンチームであった。新しい代理人が二十八スーを払い、残りは会計係のテモンが支払った。

テモンは会計係の任務に執心であったらしく任されているあらゆる仕事にそつう熱心さを持っていたのに違いない。イギリス国民もまたこの微妙な仕事をわざわざ彼に頼んだのであった。

イギリス国民はときどきある学生のことと争った。そのおののが属する地方は区別がはつきりしなかった。一三五七年に両国民はこの紛争に終止符を打って、不変の規約によっておのの部門の共通の境界を設けることにした。

その規約を作るには議論と形式の長い手続を要した。

イギリス国民の代理人ウプサラのジャン・ニコラスはこのことで

公証人の所へ出頭しなければならなかった。九月十日彼は大学の役員たちの前で眞実を述べる誓約をした。しかし個人的事情は言わないという誓約であった。すぐさま彼はユダヤ人の患子テモンを自分の代りに頼んだ。翌十一日アルメリットの僧院の近くのテモンは公証人の所へ出向いた。しかしピカルデイ側は彼を資格のあるものと認めず出席を拒んだ。そこでイギリス国民は総会を開いてテモンがウプサラのジャン・ニコラスの代理であることを確認しなければならなかった。

ソルボンヌの神学者たちは学長の優位を認めることに意見の一致を見ることができなかった。彼等は学長が大学の首長として上席にあるものとして任命されたものであることを認めたがらなかった。彼等はこの高い職務の特権に反対して何度も立ちあがった。一三五九年の初め、彼等は不服の点を文書にまとめて文学部およびその他の学部の教師たちへ送った。そうして法学部の教師たちにこの訴えを裁判するよう求めた。まずいことには法学部の教師たちはこれを法王の裁断に訴えた。

『イギリス国民の代理人の書』で読むと、神学看たちのこの主張は大学に大きな騒ぎを引き起した。

一三五九年二月十四日学芸学部は全部サン・ジュリアン・ポーヴル教会の近くに集合し、神学者たちの「巻物」に返書を起草する委員をあげることを選んだ。このためフリッブ金貨八枚を出すことになり、四つの国民が平等に分担し、テモンはイギリス国民の分として二エキユを払った。

この金は神学者たちの主張が引き起した紛争処理の費用をまかすのに十分でなかった。二月二十五日学芸学部はまた会合を開いて、各国民はこの費用をまかなうため、またとくにアヴィニヨンの法王庁へ代表を送るため、二十エキユを出すべきことを定めた。テモンはイギリス国民のこの分担金を支払った。

学部は神学者たちの苦情に反対であるという返事を法王へ伝える代表には誰がなったのか、それは分からないが、この返事はおそらくアヴィニヨンへ定期的に提出する大学の要職と教師の名の載っている「巻物」と一緒にして出されたのであろう。一三五九年九月三十日のイギリス国民の集会はテモンとケンペンのアンリにこれを開する「巻物」の部分起草することを委嘱した。またテモンが他の国民から選出され、これから選出される代表とともにその「巻物」をイノセント六世の所へ持って行くことが定められた。テモンは彼



に重い任務が負わされたのを徳とし、彼に課せられた二つの使命とくに第二を、金の不足が障時にならないかぎり、忠実に果すことを約束した。

テモンは法王への使節の役をよく果したものと思われる、というのはそれから少しあとでイギリス国民は彼にもう一つの使節の役をある事情のもとで頼んでいるからである。

ジャン・ル・ボン〔\*善王ジャン〕はポアティエの戦いで捕虜になり、一三六〇年五月八日調印された平和條約で自由の身となった。王のパリへのおごそかな入城は同年十二月十三日とされた。

十一月三日大学の全員をサン・マチュラン教会の近くへ召集した後、学長は喜びの印として特別の「巻物」を法王へ送ることを提案した。神学者たちの一件があるから、この「巻物」は特別厳密に認めることが定められた。現にパリにいる眞に教師たるものの名をそれに書くこと、またこの文書は次の土曜日までに確定的に仕上げることが定められた。

十一月十日学芸学部とイギリス国民はこの特別の巻物をインノサン六世〔\*一三五二—一三六二法王、アヴィニヨンに住む、本名エティエンヌ・オーベル〕に渡す使節を任命するためサン・ジュリアン・ル・ポール教会の近くで集会を開いた。ユダヤ人の息子がその選に当った。また全員一致でイギリスの教師たちはこの選任のために百エキユの経費負担を申出た。

テモンは彼に与えられた榮譽を感謝して受けた。この選任を祝つて彼はすべてのイギリス国民の教師たちを近くのオテル・ボン・シヤン・ラポティケールの酒場へ連れて行つた。ここでみんな彼の勘定で大いに呑んだ。

この愉快的酒盛りは『イギリス国民の代理人の書』が伝えているテモンの生活の最後の一駒である。使節としてアヴィニヨンへ行つてからのちは、彼はパリ大学の学芸学部とぶつり切れている。彼はどうなったのか、われわれは知らない。彼の生涯の初めの方が分からないと同じように、後年もまた闇に包まれているのである。

テモンの学説とレオナルド・ダ・ヴィンチの

思想のある相似

ユダヤ人の息子テモンの注意をとくに引いたのが一つの理論であるとすれば、それは確かに虹の理論である。それは彼の著書の中で

大きな部分を占めている。『気象論の問題』第三巻の第十八問が虹の理論に関するものである。テモンがこの現象について言っていることは、古代の自然学者やアラブの注釈家ばかりでなく、アルベルト・マグメス、ロージャ・ベーコン、またすぐれた光学者ウィテロのような十三世紀後半の偉大なスコラ学者にまで及んでいる。十四世紀の初めにサクソニアのテイエリによって展開された虹の考察だけがテモンの理論に比較できるものであつて、これがおそらくテモンの考察を刺戟したものであり、一つの点でそれを凌駕しているものである。

実際テモンは第一の虹を正しい方法で説明しているのである。彼の与えている説明が今日われわれの認めるものの大略であるばかりでなく、今日のものは彼の説明から来ているのである。虹の説明ではドミニス・マルコ・アントニオ<sup>1)</sup>がデカルトの先駆者であつたとよく言うけれども、彼は知らずにテモンを剽窃したに過ぎない。デカルトの先駆者はドミニスではなくてテモンである。このスコラ学者の書いた『気象学四巻の問題』は大哲学者が『メテオール』<sup>2)</sup>「\*デカルト」方法叙説』のあとについている論文。アリストテレスの『気象論』と混同しないように不訳語とする。』を書いたときおそろく見ていたものである<sup>3)</sup>。

ところでレオナルド・ダ・ヴィンチは手稿Fで、彼が当時持っていたサクソニアのアルベルトを読んだり『気象論』の注釈書を見たりして思いついた考えを書きつけたりしたなかで、全ページを虹における反射に費している所がある(F. 67v. 1)のページを見るとレオナルドの出している考えがテモンの書いたあるページとよく似ていることを思わずにいられない。とくにテモンの「問題」の非常に特徴的な箇所<sup>4)</sup>で他の気象論注釈書には類似のない点が似ているのだから驚かされるのである。

テモンが提出したいろいろの問題の一つに「虹は雲に印された眞の形であるか、あるいは想像上の形に過ぎないか」というのがある(『気象論四巻の問題』第三巻、問題十二)。<sup>5)</sup>この疑問に対して与えられた解答の中にこういう所がある。「虹は雲あるいは雨の上に印された実在の形である。それは証明できる、というのはそれは鏡にできる像と同類である。ところで鏡にできる像は実在の形である。それゆえ……」これより少し前のところで著者はこう書いている。「

われわれは鏡の中に自然の虹を見ることができるとを経験が示している。」(同書、問題十一)レオナルドをして次の断片を書かせた

のはこれら二つの文であると見られる。

「虹について。虹は目に生ずるものか（すなわちその丸さ）、あるいは雲を通じて太陽によるものか。」（F. 67v.）

「鏡は目に見える物体のようなものしか捕らえない。そうしてそういうものは物体がなければ現われない。そこでもし虹が鏡の中に見え、そうしてそのようなものが鏡の中で虹の原因となるものと合致するならば、虹は太陽と雲によって生ずるといふ結果になる。」（同前）

デモンを読んで行くとわれわれは次の文に行き当たる。――

「天然の虹が現われるときには、これらの四つの点（太陽の中心、虹の中心、目の中心、地平面の円の中心）が理想的な同一直線上にある。…この命題は一定の目とこの目に関する地平線の円に同一関係していることをよく理解しなければならぬ。もしいろいろ異つた目が異つた位置にあれば異つた虹を見るであらう。しかしそれぞれの目に対して、これらの四つの点は常に同一直線上にある。」（デモンの前掲書、第三巻、問題二十）

レオナルドの言うところも同じ形である。――

「虹はこまかい雨の中に、太陽をうしろに雲を前にしている目に見え、太陽の中心から目の中心を通る直線を引き延ばして行くとき虹の中心に終る。そうしてこのような虹は同じ場所にある両眼の一つでは、もう一つの目を使わなくてはみえないであらう。それはそれを見る目の近辺よりも、むしろそれができる雲の近辺によく見えるであらう。それゆえ、それはそれができ、それがあつた所すべて見えるもので、かくして大きく、小さく、半分、まるごと、二重、三重に一見見えるであらう。」（F. 76v.）

それからヴェンチュリがEという符号をつけた手稿は一五二三年より前ではないが（その第一葉に「一五二三年十二月二十四日余はメルツイ、サライ、…らとともにローマへ向つてミラノを立つ」とある）このなかでレオナルドは今われわれが見た意見を次の言葉で繰返している（E裏表紙）――

「虹の中央部分ではいろいろの色がたがいに混っている。」

「虹は雨と太陽と目によって生ずるとはいえ、虹自体は雨の中にも、それを見る目の中にもあるのではない。」

「虹は常に雨と太陽の間にある目に見える。すなわち太陽が東に雨が西にあるときは、虹は西の雨の中に生ずる。」

デモンは虹の研究のなかで、人工的に作られた虹についておこな

った観察をみずから援用している。それは彼が言うところの「冬あ  
るいは寒くて静かなとき、太陽を背にして影の方を向いている人の  
中から出る息にできる小さな虹」二別掲書、第三卷、問題十四）であ  
る。ところでレオナルドはわれわれが調べている手稿のふちへ次の  
ノートを書いている。「太陽をえり首にして、暗いところへ入っ  
て行く太陽光線の中へ吐いた息の水分でやってみること、またたい  
まつあるいは月の光で。」

テモンは人工的な虹が必ずしも丸い形をしていないことを観察し  
ている。彼はいう―

「虹の色は他の多くの経験でも現われるのを見たが、丸い形はし  
ていない。…それは穴からさし込む太陽光線のなかへ息を吐くと見  
える。」（前掲書、第三卷、問題十九）これはレオナルドが手稿のふ  
ちへかいているノート「もし二つの金属球で太陽光線を暗いところ  
へ送れば、吹き出した息の水分は良い形の虹を作るだろう。」という  
考えと同じである。

レオナルドが虹についての考察を書きつけた手稿<sup>1)</sup>はテモンの  
『問題』を読んで思いついたものしか含んでいないのである。

レオナルドは同じように潮汐についても、非常に独創的であった  
テモンの意見を採用しているようである。

テモンは多くの天文門学者が潮汐の現象を月の作用に帰している  
こと、またこの作用は光あるいは何か特別の影響を媒介として起る  
ことを知らなかったのではない（前掲書、第一巻問題一および第二  
巻問題二）。しかし彼は「この説明には異論があると思った。彼はも  
っと良いと思う説明を略述している。

テモンによつて提出された潮汐の理論の一つの要素はアリストテ  
レスから来ている。アリストテレスは『氣象論』の第二巻において、  
海にはある地域で水が非常に高いために起る流れがあると言ってい  
る。北の方は水面が最も高くなっている所であつて、その大洋は常  
に北から南へ向かう流れのものである。この学説はスコラ学者によ  
つて一般に受け入れられていた。とくにアルベルト・マグヌスはこ  
れをながながと展開した。

テモンはこの意見を認めている（前掲書、第二巻問題一）。彼はこ  
れに「海の干満についてのある著書」から採つたと称する仮説をつ  
け加えている。その仮説は「海は太陽の通路の下でふくれ上り煮え  
立つ」というものである。彼はこの二つの想定から潮汐の説明を引  
き出すのである（前掲書、第二巻問題二）。―

太陽が両回帰線の間で動くとき、太陽光線は海に垂直に入射し海を強く温める。太陽直下の水は火にかけた薬缶のように煮え立つ。

そこで海はふくれ上がり、そのふくれが太陽のように東から西へ動くのである。このとき北の方では水を生ずる特性をもつ月が蒸気を冷却して水を増加する。このようにして一つは太陽によって希薄化され、もう一つは月による水の生成で、二つの広い海ができる。

この理論は現代人には幼稚に見えようが、それ以前の理論に比べて進んでいないことはない。プトレマイオス以来、占星術師たちはほとんど誰でも、太陽と月は相互の位置に従って前者が後者の影響を強めたり弱めたりすると考えて、朔望の活水、矩象の死水を説明している。

テモンとともに、われわれは初めて潮汐の現象が二つの部分潮汐に分解されたのを見るのである。すなわち一つは月の進行によるもの、もう一つは太陽の進行によるもので、周期が異っている。この思想は十六世紀の最初の三分期にザラのフレデリック・グリゾコンによって採り上げられ（一五二八年、ヴェネチア版の書）、その後廃棄された。

ところで潮汐に関するこの奇妙な理論がレオナルドの注意を引いたことは、次の文を読めば疑いない。

「分点時の海は太陽の熱でふくれ上り、もちあがった所が平らになつて球形を完成するためにふくらみの所で動く。」(F. TOV.)  
レオナルドがFより後で書いた手稿の中にある次のことを思いついたのも、やはりこの理論からであつた。――

「六時間ごとの海の運動について。…熱は液体を動かし、寒はそれを留めるものか、また寒の一層大きい所では液の凝縮が一層大きいか。」

「六時間ごとに海を増したり減らしたりするものが寒を増すところの月であると言おうとする人があるなら、それは上に述べた理由によつて不可能に見える。事実、他のものに似ているあるものが、似ていることで引くことはなく、似ていないことで引くものである。熱くて乾いている火が火を引くことはないだろう。却つてそれは寒くて湿っているものを引くのである。水が他の水を引くことはない。」(ASTV.)

レオナルドはここで明らかにテモンの提案した潮汐の理論に味方し、月は湿性だから地上の液体に同情的作用を及ぼすのによつて潮汐が起るといふ説に反対している。

さらにのちにレオナルドは手稿Eにおいて、太陽による潮汐についての彼の信念を改めて書きつけている。 -

「∴分点時の海の水が北方の水よりどんなに高いか、また太陽の下では分点圏の他のどの部分より高いこと。」(E 12r.)

ユダヤ人の息子テモンがアリストテレスの『気象論』について書いた『問題』をレオナルドが読んだということだけを立証しようと思つたら、これで十分であろう。証明はなされた。だがわれわれの望みはまだある。われわれの目的は、パリの唯名論派の大先生の書を読んで啓発された思想の発展をレオナルドの精神において追跡することである。

『ももんが』第三七卷第十号（一九九三年十月）

## デュエムのレオナルド研究(二十三)

矢 島 祐 利

海は地より高いか

一八二六年、F、カルデイナリによって出版された『水の運動と測定』の書を形成するのに貢献した学理のいくつかを取り上げてみよう。そうしてそれらの学理がレオナルドの天才の中で発展して行った進化の跡を追ってみよう。この大画家が遺した手稿は真理に到達するため進んで行った足どりを一歩一歩たどることを可能にしている。そうしてこの歩みの中でテモンの影響が絶えずはたらいていることが知られるのである。レオナルドが進歩させた理論の第一の種子はテモンの本を読むことで蒔かれたのである。そうして彼が一時この老スコラ学者の見解から離れても、またすぐにそれへ戻っているのである。

海は地よりも高くなっているか。この問題は中世の語学派の間ではしばしば論議された。世界を構成する四元素は重いものから軽い方への順で、土・水・空気・火である。この順で宇宙の中心から次々にあるのが至当ではなからうか。そうして、火は空気の上にあるのと同じように、海の面は固い土の面よりも世界の中心から一層離れているのが至当ではないか。これはアヴェロエスのいただいた意見である。

確かにこの意見は中世以来きびしい矛盾に行き当った。すでに十三世紀にノヴァラのカンパーヌス(＊ジオヴァンニ・カンパーノ、イタリアの数学者・天文学者。カンパーメスはラテン形)は、固い土地が露出している所はどこでも世界の中心から一層離れており、従って海面より高いであろうと考えた。サクソニアのアルベルトの述べた重さの理論はカンパーヌスの意見に支持を与えた。しかしアヴェロエスの想定を採る人も多数あった。その説は十五世紀ばかりでなく十六世紀の中ごろにも公然と述べられているのを見る。

テモンは力を入れてカンパーメスの意見を発展させた(前掲書、第一巻、問題五)。こまかい議論の途中で次のように言っている。

「海の水を限る表面は、われわれがいる凸状のなす土地の面よりも世界の中心に一層近い。アリストテレスが指摘しているよう

に、この命題は実験的に確かめることができ。たとえばセーヌ河のように海に注ぐ河の面を考えてみよう。われわれのいる場所では、土地は明らかに高い、言い換えると河の水面よりも世界の中心から一層離れている。しかし河が海に近づくに従ってその水面は世界の中心に一層近くなる。もしそうでなければ水は海へ下って行かないだろう。海はこれらの河を受け入れるのであるから、海の面は河の水よりも世界の中心から一層離れているのではなく、反対に一層近いのである。それゆえ海のふくらんだ所はわれわれのいる固い土地の面よりも世界の中心に一層近いことは確かである。」

レオナルドは海がときどき土地より高く見える錯覚を説明しているところを書くとき、この文に目を通していたことは疑いない。彼は書いている。――

「もちろん水から現われている土地のどの部分も水の球の面より低いところはない。Bは平原で河がそこを海へ向って流れている。この平原は海に終っている。実際、この水から現われている平原は平等の位置にはない。」「\*水平ではないの意」。むしろそうであるなら河は動かないだろうからである。それは動くのであるから、この位置は平原というよりもむしろ、いわゆる磯というべきである。このように平原Dは水の球に限っているので、人がもし続けて真直ぐにB Aの方へ進んで行くな、海の中へ入ってしまうのである。そこで海A C Bは露出している土地よりも高いということになる。」(F. 73. この文はそのまま『水の運動と測定』第一巻第十九章に使われている。)

奇妙なことに、レオナルドはこの文で支持している意見を斥け、海は最も高い山よりも高いことが可能であるという意見を認めるようになるのを見るであろう。彼は泉のもとに関して考えたすえに、この独特の意見に導かれるのである。

今日では泉の大部分は雨水が土地へ浸み込んで山石の割目の間にたまっているのが出て来るものであることは明瞭な事実として認められている。この真実はわれわれには非常に簡単で当然のことと見えるが、事実は信じられるのが最も困難なものの一つであった。アリストテレスは『氣象論』第一巻において、このような原因だけでは山腹から多量に出て来て河をなす水を説明することができないと述べた。この水の大部分が地平において生成されるのであると彼は考えたのである。テモンはこの意見に賛成であった(前掲書、第一巻、問題十九)。水流に関して非常に賢明な観察者であったレオナルド



は、彼が泉に関して書いたものでは、雨水だけをその原因としていたようには見えない。

プリニウスは泉の原因についてアリストテレスとは別のもう一つをあげている、彼は泉の水が海から来るといふ(『自然誌』第一巻)。

「海は土地全体に、中へも外へも表面へも、あらゆる方向に通じている脈と溝によって入り込んでゐる。海の水が風の作用と土地の重さの圧力で、サイフォンにあるかのように山頂まで運ばれ、そこから流れ出しているのを見ることがある。そこで海は下へ落ちるところか、最も高い山のとっぺんから噴出するのである。そうして、これによって毎日多数の河が流れ込んでも海は増水しないことが分る。」

テモンはプリニウスが半可通の静水力学から引き出した理屈を賢明にも斥けている(前掲書、同前)。「泉の水は少くとも一般的に言つて、地の圧によつて噴泉の口のところで上るのである。もし地が流体であつたら、あるいはいっぱい水が潜み込んでいたら、水を圧して上昇させることができよう。しかしその場合には土地全体が少しずつ沈んで行き、しまいに水をかぶつてしまふであらう。」

「…もちろん水は噴泉の流出口まで昇ることができる。しかし水はそれが出て来る場所より高く昇ることは決してできない。この運動はより軽いものが上へ昇つて、より重い物に場所を渡る性質の作用に過ぎない。この真理は溝渠や水道がわれわれに示す経験によつてはつきり分る。泉の水をその水源より高い所へ導くことほどどうしてもできない。」

レオナルド・ダ・ヴィンチは非常にすぐれた水力学者であつたから、テモンがプリニウスの仮説に反対したのを見落とすようなことはなかつた。レオナルドは彼の静水力学を「水は下降するのでなければ自分で動くことはない」という原理の上に築いたのである。しかし彼は河のものは海の水の浸み込んだものだといふプリニウスの仮説に誘惑された。そこで彼は河が、あるいは少くともその山部分に、最も高い所にある泉よりも、従つて最も大きな山の頂きよりも高いことを証明しなければならなかつた。

原注 レオナルドがプリニウスの『自然誌』を持つていたことほ

『コデックス・アトランティクス』にある蔵書目録によつて知られる。

実際彼はこの命題について有力な証明をなし得たと思つた。この

よつな発見をしたことを喜んで彼は自然の直接の経験からこの発見を彼にもたらした・方法の方が、本を読むこと―彼はペルナルデイノを読んだのだが―よりもまさっていることを讚美している。

「出の頂きから湧き出る水が海からその重みで圧されて山より高くなるまで昇つて来るもなら、水のような小部分がそんな高い所へ昇ることはできて、土の中へしみ込むのはたいへん困難で時間がかかるのは何故か。水の他の部分は同じことができないのは何故か。すなわち空気と境を接している水は、空気が水に抵抗しないので、上述の部分のように高い所まで昇ることはないのである。このような発明をした汝に、自然の観察によつて改めて学ばないことが控えている、何となれば汝はやがて、汝が持主であるところの兄弟の資本を読んで大きな貯えをなしたところのすべての意見に不意打をくわされることになるだろうからである。」(F.74v.)

原注 このところは原文の意味がほつきりしないので、シャルル・ラヴェッソン・モリアンの解釈に従う。「\*」がついてつけで訳文も何だか分からないものになつた」

レオナルドにこの喜びと勝利の呼びを放たしめた発明とは何であるか。その実質はこつである。―

不断の流れが、あつちを高くこつちを低く、海を傾けている。この流れは傾斜を前提する。この傾斜の結果として、ある海の水準は大洋のそれを越え、大洋を最も高い山から見下ろしたよりもっと高くなる。かくて海から来る水は最も高い山頂から湧き出すことができる。この仮説がレオナルドの「精神に生れるのが見られるのである」(F.68r. v. また『水の運動と測定』第一卷第十二章)。―

「湖水を通つて行く河は、この河が湖水に入る前に湖水の表面が持つていた世界の中心からの距離の二様性を変えるがどつが。」

「これは良い疑問である。このような水面は上述の河が通過するとき、世界の中心からの距離の二様性を保ち得ないことは、水は低い方へ移るときのみか自分では動かないことを示す第四「\*」の問題」によつて証明される。またここで潮の出口は入口と同じ幅を持たなければならぬことを理解しなければならぬ。もしこのようであるなら、すべての河の運動は同じ時間に長さのどの部分でも同じ重さの水を与えることを示す第七によつて、水は一様な流れでなければならぬ。さてもしこの河が千尋につき一尋の勾配で水を流すならば、出口の幅は既述のように入口と等しいから、湖水を通過

する河全体もまた千尋につき一尋の勾配で下ることが必要である。そこでこのような湖水の面は世界の中心から等しい距離にないであろう。」

これはレオナルドの言葉によれば良い疑問であるという。しかし解答は不完全である。湖水の断面は河の断面よりはるかに大きい。湖水と河の流れの速さ、従ってそれぞれの・表面の傾斜はそれらの断面に逆比例している。従って湖水の傾斜は分らないくらいである。こう言ってしまうばレオナルドの議論は破れてしまいが、それを強調することはやめよう。レオナルドがやがて自分で訂正するからである。さしあたり彼の思想の発展を追跡し、彼が前述の考察から引き出す結論を見ることで満足しよう。―「タナイスに境を接するタナノ海（\*アゾフ海）は地中海で一番高い部分である。ところで海図が示すように、そこはジブラルタル海峡から三五〇マイル離れている。これは三五〇尋の下りである。すなわち一マイルと六分の一である。従ってこの海はヨーロッパの山より高い。」

レオナルドはもう少しさきで、これと同じ結論にふれている（F. 50r. この手稿はほとんどすべて終りから書いてあるから、葉の番号の高い方が時間的に前である。）。―

「何故水は山の高さにあるが。ジブラルタル海峡からドン河までは三五〇マイルある。すなわち普通に流れる水は一マイルにつき一尋の勾配として、これは一マイルと六分の一の勾配である。カスピ海はもっと高い。そうしてヨーロッパのどの山も海面から一マイルは高くない。そこで山頂にある水は海の高い所から来たものであり、海に注ぐ河は海より高いと言つことができる。」

山の頂上に泉があることを説明するために、海面の平らでないことを持ち出すのは確かに新しい考えであった。しかし海面の平等およびそれから結果する流れという仮説自体がもともレオナルドのものでなかった。「氣象論」の第二巻でアリストテレスはそれを非常に形式的に述べている。―「ヘラクレスの柱（\*ジブラルタル）に終るこれらの海の全体は多くの河が持つて来る水を土地の傾斜の方向に流動させている。メオティス湖は黒海へ、黒海はエーゲ海へ流れ込む。その他の海の流れはそれほど目立たない。それは河が多数あるためである。というのはメオティス湖と黒海は多くの大きな水流を受け入れている。それはまた海の高さのためでもある。海はヘラクレスの柱の方へ向つてだんだん低くなつていようである。

黒海はメオティス湖より低く、エーゲ海は黒海より低く、シチリア

の海はエーゲ海より低い。テュレの海（\*リダリア海）とサルチニアの海はすべてのうち最も低い。ヘラクレスの柱の外の水はといえ、それは空洞のようである。河はより高い所からより低い方へ流れるように、大洋のなかにも絶えない流れが地球上、一番高い方すなわち極地から一層低い方へ向って存在する。」

山頂から湧き出る泉のこの説明を見たとき、レオナルドは感心してこれを受け入れたが、彼はそこに長く留まることはなかった。海が土地より高いと考えるのは不合理であると思つて、彼はそれを放棄するのに躊躇しなかった。

もしも実際に海の起伏が、最も高い海よりも高い河の持つて来る水で保たれているのなら、河のもとは海であることは不可解である。河は何かほかの溜り場から来るのでなければならぬ。しかし溜り場も幾世紀の間には涸れてしまつたろうし、海面は水平になつてしまつてあろう。要約すれば、レオナルドが一時感動した錯覚を打ち消した議論はこのようなものである。

彼が誤りを認め、それを訂正している言葉がある。

「ある海の水は最も高い山の頂よりも高く、水は山頂へ押し上げられると説くある人々の意見。——水は一つの場所がある場所より低くなければ、そこへは行かないだろう。また水は山を離れて空に現われた最初の場所に等しい高さの所へ自然の流れによつて再び上昇することは決してできないであらう。汝が誤つた想像をもつて言つところの、非常に高いので高い山の頂きに流れ出る海の部分について言えば、それは幾世紀ののちにはそれらの山の出口から流れ尽してしまつたろう。長い時がたてばチグリスマやユーフラテスマ山の頂きから流れ出て、大洋のすべての水はこれらのいわゆる河口を何度も何度も通過することは容易に考えられよう。ところでナイルが現在ある水の元素全体よりも多量の水を海に注いだとは信じられないだろう。もしこの水が地球の外へ落ちるなら、このからくりはもう長い間水なしであつただろうことが確かである。すなわち水は河から海へ、海から河へと常に循環をなし、すべての海と河はナイルの河口を通つて来ていると結論できよう。」（A 56r. v）

レオナルドは一時彼の判断を誤らせた「間違つた想像」を断ち切り、ノヴァラのカンバーヌス、サクソニアのアルベルト、ユダヤ人の息子テモンの支持する学理に戻つて、固い土地の表面は海面よりも世界の中心から一番離れていることを認めた。この確信に支えられて、今度は彼はその理由を集めた。時々彼が議論に現わした熱情

的な形で、真理を発見した喜び、真理を疑問から永久に救い出す喜びが感じられる。――

「海面は地球の中心から等距離にあり、世界で一番低い面である。この証明。――山々の最も低い部分は山が谷と会する所である。

谷の最も低いところはその原因であるところの川である。川の最も低い部分は大河と合流する所であり、そこで川はその形を失い名を失う。大河の最も低い部分は海であり、そこで大河もその支流も巡礼を終るのである。」(A 56v.)

「大洋の中心について。水の球の中心はわれわれの世界の真の中心である。世界は土と水でできており、丸い形をしている。しかしもし汝が土の元素の中心を見出そうと思えば、それは大洋の表面から等距離の一つの場所にあつて、固い土地の表面から等距離の所ではない。何となれば土のこの塊りは、海・湖水その他の死水に覆われていない所では完全に丸いものでなく、海から突き出している土地のすべての部分は中心から離れていることを理解するのは容易なことである。」(A 58v.)

「土地は丸くなく、丸くないから共通の中心を持ち得ないことの証明。――ナイル河は南方に発して多くの地方をうるおし、北へ向つて三千マイルの空間を流れ、エジプトの岸で地中海に注ぐことをわれわれは知っている。ところで、この下降について河の流れに対して一般に認められている――マイルにつき一尋の勾配を認めるならば、ナイル河は終点においてその始発の点より十マイル低いことが分る。またダニューブ、ライン、ローヌはゲルマンの国々から発し、ある意味でヨーロッパの中心としての進路をとり、一つは東へ、一つは北へ、一つは地中海へ注ぐ。よく考えてみると、ヨーロッパの平原は海に近い最も高い山よりもはるかに高い奇合いを形作っていることが分るのである。そうしてこれらの山頂自体は海岸地方よりどんなに高いか、想像してみよ。」(『水の運動と測定』第一巻、第十章参照)

「水は露出している土地よりも高いと言つた人々について。――確かに世間の人々の判断の一般的一致によつて形成されている意見を真実に照らして感心させられることは少くないが、彼等は空虚で幼稚な理屈を主張して、海面が最も高い山頂よりも高いということに意見が一致している。これらの理屈に対して私は唯一つの簡単で短い理由を主張する。すなわち、もし海の土手を取り除いたなら、海は土地を覆つて完全に丸くするであろうことは容易に理解される。

ところで海岸の波が世界を覆つようにするためには、どれだけの土地を取り除けなければならぬか、考えてみよ。それゆゑ、取り除けるべきものは海岸より一層高いであらう。」

『ももんが』第三七巻第十一号（一九九三年十一月）

## デュエムのレオナルド研究(二十四)

矢 島 祐 利

水はいかにして山頂に湧き出すことができるか

ある海面は山頂より高いとする想定をレオナルドは放棄して、水はいかにして最も高い山頂から湧き出すことができるか、という疑問に対する解答をまず打ち出した。彼がこの問題についての最初の解答を放棄したとすれば、それは彼がもっと良いと思う解答を見出したからである。

この解答をレオナルドは一つの比較で正当化している。それは地球のからだと人間のからだの比較であって、彼はこの比較に非常な重点をおいており、彼が書こうと計画している水の研究の初めにそれを置こうとしたほどであった。

「水の研究の初めに――人間は古代人によって小さな世界であると言われている。確かにこの比喻はうまくつけられている。事実、人間は土・水・空気・火でできている。地球のからだも同様である。人間が体を支える骨と肉の枠を具えているとすれば、世界は土を支える岩を持つている。人間が血液の湖水を持つていて、肺臓が呼吸でそれを増減するとすれば、地球のからだには大洋があつて、それは世界の呼吸で六時間ごとにやはり増減している。上述の血液の湖水から血管が出て人体の内部に枝分れしているとすれば、同じように大洋は無数の水脈をもつて地体を充たしている。地球には神経はない、何となれば神経は運動のためにできているもので、世界は永遠に安定したものであるから、運動は少しもないので神経は必要でない。とにかく、人間と世界は非常によく似ている。」(A 55v. 『水の運動と測定』第一巻、第三十八章参照)

レオナルドのいうこの類似性をさらに追求してみよう。水が山頂から湧き出し、血液が人間の頭から流れ出す。これら二つの似よりの作用は似よりの理由によって説明されるべきである。レオナルドはこう続ける。――

「山頂の水脈――大洋の全面は何も偶然の出来事がなければ地球の中心から等しい距離にあり、山の頂きは海面の中心から上に出ていればいるほど、この中心から離れていることは明らかかなように見

える。そこでもし地体が人間と類似点を持たないなら、山より低い海の水が本性によつて山の頂さへ昇ることは不可能であろう。このことから血液を人間の頭のとつぺんへ持つて行く理由は、水を山頂へ持つて行く理由と同一であると信すべきである。」(A55v. 『水の運動と測定』第一巻、第三十八章参照)

二つの現象の説明は全く同様の困難を引き起す。どちらもすべての液体の持つ傾向、高い所から低い所へ流れるという欲望に矛盾するようである。

「ちよつと考えると、人間の脳天を傷けるとき傷の近所にある血しか出ないように思われる。事実すべて重さのあるものは低い所へ向かうものであり、血には重さがあるから、風のような軽いものように自分で上へ登ることは不可能に見える。汝は肺臓が空気でいっぱいになったとき肺臓が血液の中で膨張すると言うか。そうして膨張しつつこの湖水から血液を追い出し、血液は血管へ逃げて血管を膨張させ、この膨張が脳天の傷口から血液をほとばしらせるのであると言うか。この意見は直ちに斥けられるであろう。実際、血管は流れ込む血液に対して容易に後退させることが自分で十分にできるのである。血液は他に場所がないかのように頭から溢れ出る必要はないのである。」(A56v.)

それでは重さに反抗して人間の頭から血液を流出させる原因は何であるか。それは熱である。熱は重い物体に軽い火の部分を混ぜる。その軽さがこのようにしてできた混合物を上へ持つて行くのである。――

「何故血液は頭のとつぺんから出るか――精霊的な部分は動き回り、その道筋において物質的な部分と交わる力を持つている。火は精霊的な熱を仲立ちとして地上にある重さのある物質が蒸気と煙に混つたものを煙突から上方へ運ぶことをわれわれは知っている。煤に対してもそうであつて、燃せば灰になるのが分る。同じように血に混じつた熱は元素に帰ることを欲し、頭の傷口から蒸発しようとして混入している血を伴つて行く。∴火は元素に帰ることを欲して熱せられた体液と一緒に運んで行くことは蒸溜器で水銀を蒸溜するとき見るとおりである。あんなに重い水銀が火の熱に混ると、上昇して煙に乗つて行き、第二の容器に落ちて最初の性質をふたたび持つのを見る。」(同上)

また「熱いものは重いものを軽くする」(同上)「ことがこの証明的「実験」で確かめられる。



「もし同じ重さの二つの物体を天秤にかければ、熱せられるものの方が、他方の冷いものより軽くなるであらう。」(同上)

「この証明は二本の針金で天秤にとりつけた二つの銅の球でおこなうことができよう。球の一つをおこった火にかけて赤くなつたら、立ちのぼる熱い蒸気で重りが持ちあげられないように、火をそこから遠ざける。そうすると冷いときにはもう一つの球と同じ重さであつたこの球が熱の作用で軽くなつて見えるのであらう。」

(同上)

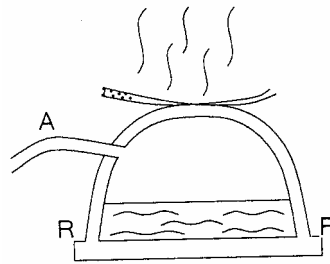
そこで人間が生きているとき、血を頭のとっぺんまで持つて行くのは、この軽さ、すなわち熱の作用であり、水を山の頂きまで押し上げるのも同じ作用である。――

「山頂に水があることの説明――それは自然の熱が血液を血管の中で人体の頂きまで保持するのと同じである。人間が死んだときには血液は冷くなり体の低い部分へ逃れる。太陽が人間の頭を温めるとき、血液は体液と混じつてそこへ多量に流れ込むので、血管に無理をして頭が痛くなることもある。同様に地球の内部にも綱のように脈管がある。地熱は連続した地体の至るところに拡がり、山頂に至るまでこれらの脈管を上昇させる。山体の中にうがたれて古くなつた導管の中にある水は死んだものようであらう。それは少しも上昇しないだらう。何となれば第一の脈管の生氣ある熱によつて温められないからである。火の元素の熱と太陽の熱はそれを目ざめさせる力を持っている。」(同上)

レオナルドはこの説明を確かにするための実験を想像している。それは、一種のかまの底に水を入れ、盛んに火を焚いて、太陽が山頂を温めるようにこのかまの頭を温めるのである。水は蒸気になつてかまの中へ立ちのぼり、とっぺんから遠くない所へあけた孔から外へ出る。――

「もし装置 R F (第二図) を作り、上から熱すれば水は R F を離れて上昇し、A から散らばるである

う。」(A 56. 『水の運動と測定』第一卷、第四十一章参照)



レオナルドが確信をもって展開したこの物理は近代科学にとって全く驚くべきものであるが、決してレオナルドの創案ではなかった。そのほとんどすべてを非常に古いスコラ学の教えからとったのである。ことに彼は山頂に泉のあることをアルベル

ト・マグヌスと全く同様に説明しているのである。

アリストテレスは泉の唯一の、あるいは大部分の原因を雨水に求めようとせず、泉の水の生成を大部分は地中にうがたれている空洞内における空気の偏敗に帰した。彼は水が山頂まで昇ることを説明するのに熱の作用を借りることは決してしなかった。この説明はアルベルト・マグヌスのものらしい。彼はこう説明する。

「水は軽いというよりは寧ろ重い。水は本性によつて低い所へ行く。それゆえ海から来るにせよ、高い所から地に落ちる湿気的作用を原因とするにせよ、地の空洞の底から川や泉の流れ出る口まで上昇することはできない。この困難を解決するためには上に述べたことを思い出せば十分である。太陽と星はその光線の不断の運動によつて地の下に非常に熱い蒸気を作る。この蒸気はしばしば固い壁の間に閉じ込められていることがある。それは空洞の方へ押されて行き、そこでは太陽が地に立つぎ絶えず新しい多くの量を作る。」

「これで水の上昇が理解される。地の空隙に含まれる蒸気は渦を巻きながらそれが空の固い天井を温める。このようにして生じた熱は下にある水を引く。この蒸気は水の中で沸き立つ。それは固い壁の間で渦巻き続け、閉じ込められた風のように水を持ちあげる。その連続的な圧迫は山腹に出口を開くまで続く。水はこの出口から盗れ、外側にある斜面に沿つて流れ始める。…このようにして煮え立っている鉄瓶からのように泉から水がはとばしるのである。」

(アルベルト・マグヌス論文集、第二卷、『氣象論の研究』、一六五二)

この理論はレオナルドが展開したものとそっくりである。だがレオナルドをして山腹に水のあることの説明をなさせたのはアルベル

ト・マグヌスを讀んだことではなく、ユダヤ人の息子テモンを讀んだことである。

事実テモンは彼の理論の本質をアルベルト・マグヌスに負うているのである。しかし彼はその理論に支えられながら、日常の経験から得た考察を述べている。そうして蒸溜の現象から得られるこれらの考察はまさにレオナルドの援用したものである。――

「われわれは多くの場所において地が裂けて大きな洞穴になっているのを見る。そういう洞穴は水を集めているが、それは無くなつてしまふように見える。もしそうでなければ、泉の水の出て来るもとを何処に求むべきかを知らない。そこでこういう洞穴がなければならぬ。これらの洞穴は空虚ではあり得ないから、空気あるいは蒸気で充たされている。他方この空気と蒸気を囲む土は冷いので蒸気の熱を亡ぼして凝結させる。蒸気は湿気を持つているので、冷くなると水の性質を持つものである。この蒸気から水への変換は少しずつ起つて水滴を生じ、それは洞穴の壁に付着する。一滴一滴と水魂ができ、もつと低い所へ下つて行く。何となれば重い液体の性質は常に下降することだからである。これらの水はしまいに出口から流出し、このようにして泉ができる。

「人工的な実験で同じようなものが見られる。たとえば蒸溜器あるいは薔薇水を作るかまがそうである。蒸気は受容器のてつぺんまで上昇するが、これを取り巻く容器と空気の冷さが蒸気を凝結させて流出させる。」(テモン『氣象論の問題』第一巻、問題二十一)

レオナルドが彼の理論を強化するために援用した実験はテモンの『問題』から借りたものである。彼が大宇宙と小宇宙・地球と人間の比較を熱心に述べ立てたのも同様にテモンに負うのである。というのはテモンはこう述べている。

「さきほどの説明は小宇宙(人間)でも大宇宙でも同じであるといふことで確かめられる。小宇宙にも空洞がある。頭の内部である。

蒸気はこの空所へ昇つて行き、そこで水にvari鼻や目から出る。」

ほかに証拠があれば別だが、この引用文はレオナルドが彼の思索の導きとして、しばしばテモン編『アリストテレス氣象論の問題』を使つていることを証するに十分であろう。

またレオナルドが泉のもとの説明をテモンから借りた時期をかなり正確に示すことができる。彼は一五〇八年九月十五日から始めた手稿Fに思索を書きとめたときには、まだこの意見を認めていないのである。従つてこれを展開している手稿Aはこの日附より後のも

のである。他方、この理論は手稿mを書いたときにはレオナルドによつて決定的に受け入れられたものであつた。この手稿は疑いもなく一五一三年から始められたものであることは、その初めに「余は一五一三年九月二十四日ローマへ向かつてミラノを立つ」とあるので明らかである。

手稿Eを実際にしらべてみよう。レオナルドはサクソニアのアルベルトの得意の理論を書き抜いて(□キ)、侵蝕がいかに絶えず地球の重心を変えるかを示し、化石の観察によつてこの変化を証拠立てる隆起を論証する断片のかたわらに別の断片があつて、それはテモンの思想を反映している。たとえば

「水の玉の持つ大きさについて―水の球は水から露出している土地より周囲が小さい。この水球を測るには海がおだやかなときその広がりを知ればよい。」(E 29v.)

手稿Eには重要な断片がある。そこには地球と水の関係の学理のすべての要約があつて、それはテモンの教えから彼が集めたものであることをわれわれは知つた。―

「水の第一の書の順序―まず何が高低であるかを定め、それから諸元素が一つ一つどんなに位置を占めているか。次に稠密なもの重さ、液体の重さは何であるか。だがそれよりも重さと軽さは何であるか。それから水はなぜ動くか、なぜその運動をやめるか、速くなつたり遅くなつたりするのはなぜか、空気より低くそれと境を接しながらなぜ常に下降するか。また、太陽の熱を仲立ちとしていかにして水は空気の上に登り、それから雨となつて落ちるか。さらに、なぜ水は山頂から湧き出すか、また大洋より決して高くはない水脈の水が大洋の表面より高く水を送ることができるのはなぜか。また大洋を取り巻くすべての水はいかにして水の球より高いのか。また分点時の海水が北方の水より高く、また太陽の下では他の時より高いのはどうしてか。火熱の下で水が煮え立ち、沸騰の中心の周りで丸い波になつて下降するのをいかにして実験するか。また北方の水は他の海の水よりどうして低いか、氷に変わるほど冷いか。」

(E 12v.)

## デュエムのレオナルド研究(二五)

矢 島 祐 利

### 水路の一樣な流れ

レオナルド・ダ・ヴィンチは山腹における水の存在を理解するために、アルベルト・マグヌスに従ってユダヤ人の息子テモンの提案した説明を採用するに至った。彼は初めに採った説明を棄てたのである。彼は推論を誤らせる弱点を知り、それに代る真理を得て初めてこれを棄てたのである。

地中海に注ぎ込む多量の淡水はこの海が外洋に向つて絶えず流れていることを前提する。従つてアゾフ海からジブラルタル海峡へ向つて水面がだんだん低くなつていくとするのである。これはレオナルドがアリストテレスから受けついで想定である。

レオナルドは同様に水の流れは至るところ同一と想定する、従つて水面の傾斜はどこでも同一でなければならぬ。水の流れがその永久的な体制になつたとき、水の流れの速さはその通路の断面に逆比例する。水路が狭くて深くない所ではたいへん早く、巾が広くて深い所では運動は非常に遅くなる。地中海では分らないくらいの流れがジブラルタル海峡では顕著になる。

この事実をアリストテレスは見落としてはいない。『氣象論』第二巻において海の運動を扱つた時、彼は「海峡では両岸が追つて、広い空間を残さずに狭めていくために、海は流れるように見える」ことを注意している。アリストテレスはこの流れの起源として「海をしばしば動揺させる釣合ひ」すなわち潮汐を示しているようである。彼はこの立場に立つて「土地が海に少しの場所しか残していない地方では巾の非常に小さい振動が必然的に非常に強く現れるである」と主張している。

テモンはこの言叢を「海は流れる、それは海峡で認められる」(前掲書、第二巻、問題二)と引用しているのであるから、レオナルドはこれに注意したに相違ない。テモンはまたアリストテレスで読んだ「こちらへ、およびあちらへ」という語に注意を向けた。これは潮の差し引きと彼は見たのである。

またレオナルドはデモンの『氣象論の問題』を読んだ時期に、海水の振動の振幅が狭い湾で示す増加を考えたのである。それを示す証拠が手稿Fの奇妙な断片(206)の中に見られる。そこにおいてレオナルドは「同一のペラゴにおいて干満は二倍である」ことを示している。ペラゴ(\*イタリア語で海)はここでは狭い河口が海に開いてできている湾と解される。「これが起るのは最初の差し潮の波が強くペラゴの中を走り、この波がそのインペートに続く間に河口の外にある波が引き潮をなすからである。湾に入った波が河口に生ずる引き潮を感じる前に、口に差し潮が生ずる。このとき抱き込まれた最初の波はそのインペートをゆるやかにして止り、第二の波が入つて来る。このようにして波が入つて来るほどにペラゴの水位は大きく増す。そのとき水は引き潮に従つて急速に戻つて行く。第三、第四の波は最初の水が湾から出て行かなければ、引き潮を湾へ抱き込むことはない。」(\*フランス語訳からこんなふうにするが、眞の意味がはっきりしない)

このようにして海岸の形が潮汐に及ぼす作用を分析しようと努力した人は水路の中が水流の強さに及ぼす影響をいつまでも見落としているはずがない。彼はこの影響を指摘してその正確な法則を打ち立てることを躊躇しなかつたはずである。もし水路の流量がどの断面でも同一であるなら、流速は至るところで断面積に逆比例する。

もしたとえば水路の底が至るところで同一の深さを持つていれば、流れの速さは巾に逆比例するであらう。この系はレオナルドの心に浮かんだ最初のものである。

「スペイン海峡では海はなぜ他の所より速く流れるが、一様な深さの川は巾の狭い所では広い所よりも、最大の中が最小の巾を超過するだけ一層早く流れるであらう。」

「この命題は理論上明白であり、また経験によつて確かめられている。事実、巾一マイルの水路を長さ一マイルの水が通過するとき、巾五マイルの所ではその五平方マイル、\*探さも一マイルとして」のおのおのは、それぞれ五分の一をもつてペラゴの水一平方マイルの欠損を補つであらう。

「そうして川が三マイル巾の所では、そのおのおの一マイル平方はその量の三分の一をもつて、海峡の一マイル平方がなす欠損を補つであらう。」(AST. V. 『水の運動と測定』、第八巻、第二十三章参照)

レオナルドはこの命題を分り易くするために次の例を考えてい

る。

巾の異なつた三つの区劃がつながっている通りを考えてみる。第一の区劃は最も狭くて第二区劃の四倍小であり、第二区劃は第三区劃より二倍狭い。人間は混み合つてこれらの通りにいっばいになり、おり、足踏みせず、みんな一緒に歩かなければならない。通りの広い部分にいる人が一步前進するとき、中位の場所にいる人は二歩進まなければならず、最も狭い所の人は八歩進まなければならない。

「運動に見出される比例は異なつた巾に対応するものである。」  
深さは一定であるが巾は變つてゐる川について上述したことをレオナルドは巾が一様で深さが變つてゐる水路について繰返してゐる。

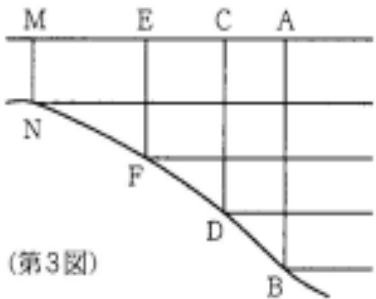
「巾と表面が一様な水の運動は水が浅い所では他の所より一層大きいであらう。この命題は明白である。實際、川の巾と表面が一様であつても、深さが等しくなければ、上述の理由によつてその運動もまた等しくないと定つてゐる。この運動は次の性質のものであるらう。MN(第3圖)においては水の運動はABよりも

速い。MNがABへひろがつて行くからである。そこでは四倍に拡

がる。従つてMNではABより四倍速く、CDより三倍、EFより二倍速い。」

(ASTR. V. 『水の運動と測定』第八卷、二十三章参照)

すなわちレオナルドは水が山頂に昇ることを説明できると信じていた誤りを正した。これを正すことによつて彼は水力学の重要な原理をはつきり打ち立てたのである。この原理から重要な系が出て来ることをわれわれは見るであらう。



(第3圖)

### 水力学の基本的原理の発見

断面が変化している一様な水路においては流速は断面に逆比例するという眞理を打ち立て、この眞理をはつきり実例によつて説明し終つたとき、レオナルドはこう附言した。

「水鉄砲を見よ。ピストンがインチ動くとき、外へ出る最初の水は二フィート遠くへ行く。…かみ合つてゐる歯車の場合に、大き

い車も小さい車も軸の大きさは同じならば、小さい車の運動および大きい車の表面（\*一番外側）の運動は、小さい車の周が大きい車の周より小さいほど、軸の運動より一層速い。「*Ames*」水の運動と測定』、第八卷第四十一章参照）

この文のわきに水鉄砲の下に大きな歯車が軸の大きさは等しい小さい歯車とかみ合っている絵が描かれている。

今写し取った文が含んでいる思想の芽ばえを正確に知るために、この思想をこまかくしらべてみよう。

もし歯車の周囲がその軸の周より二十倍大きければ、歯車の周の一点およびこれとかみ合っている歯車の一点は軸の表面より二十倍速く動く。後者が一インチ動く間に前の二つはどちらも二十インチ動く。

歯車が時計のように、軸に巻つけた糸にかけた重りで少しずつ動くと考えてみよう。また逆の仕掛けで小さい歯車はその表面にかけた重りを持ちあげると考えよう。前の重りは一インチしか下らないときに、後の重りは二十インチ上るであろう。

このように速さの倍加は一つの結果を伴う。前の重りが後の重りを上昇させながら下降し得るためには、前者が後者より二十倍重くなければならぬ。下降すべき重りが上昇すべき重りのちょうど二十倍重いときは運動は起こらない。力と抵抗が均衡しているのである。前者が後者の二十倍より重くなければ運動は反対になるだろう。糸で小歯車にかけてある重りは大きい歯車の軸に巻つけてある重りを上昇させながら下降するであろう。

この眞実は古代の技術者にもよく知られていた。これはアリストテレスの『機械学の諸問題』のなかで重要な役割を持っている。アレクサンドリアのヘロンは『上昇機』という著書で歯車のかみ合いにこれを應用しており、バツボスはその『数学集録』のなかへ、ヘロンの著書のこの部分を採録している。

ところでレオナルドが示している歯車の性質を水鉄砲と比較してみよう。

水を押し出す管の断面がポンプのピストンより百倍小さければ、管のなかを走る水の速さはピストンの進みより百倍大きだろう。ここで、それより百倍小さいピストンがこの百倍速い水流に抵抗するものと考えてみよう。それを押し出す力が少なくとも大きいピストンを押す力の百分の一に等しければ、確かに対抗できるだろう。もし前者の力が後者の百分の一を越えるなら小さいピストンは前進



し大きいピストンは後退するだろう。そこで次の結論をまとめることができる。

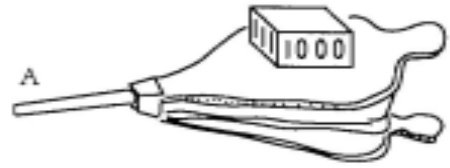
「もし水を充した容器が二つの口を残して封じてあり、一つのはもう一つの百倍大きいとする。おのおのの口にそれぞれ合うピストンを装置し、小さいピストンを一人の人間が圧すと、大きいピストンを圧す百人と釣り合い、九十九人には打ち勝つであろう。

また口がどんな比例をなそうと、ピストンを押す人がその口に比例するなら釣合うであろう。このことから水を充した容器は新しい力学の原理であり、力を欲するだけ増大する新しい器械であることが分る。この方法によって人はどんな重い荷物でも持ちあげることができるからである。

「またこの新しい器械において、挺子や輪軸や無限螺旋のような昔の器械で知られていた恒常的な秩序、すなわち道程は力と同じ割合で増加する、という事実に再合するのは嘆賞すべきである。というのは、一方の は他方の百倍であるから、小さいピストンを押す人がこれをインチ押し込むなら、他方の口では百分のインチしか押し返さないからである。すなわち道程と力は比例の関係にある〔\*逆比例のこと〕。これがこの作用の眞の原因として採用できるものである。百リーヴルの水に対して一ブースの道程をなさせるのは、一リーヴルの水に百ブースの道程をなさせるのと同じことであり、また百リーヴルの水と一リーヴルの水とで、百リーヴルの方が一ブースしか動かないとき一リーヴルの方は百ブースだけ動くように調整されているときは、一リーヴルは百リーヴルに対して一ブースの道程を進行させるだけの力を持ち、百リーヴルは一リーヴルに対して百ブース進行させるだけの力を持って釣合うことが必要である。」

この文は実はレオナルドのものでなくパスカル（『液体の平衡の研究』第二章）のものであるが、レオナルドが述べた意見の当然の結果をなしている。彼の意見には静力学の基礎原理であるパスカルの原理が論理的に含まれているのである。

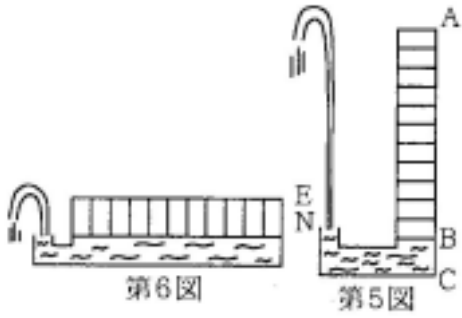
だがこの意見のなかに萌芽として含まれている真理はすぐさま展開されたか。レオナルド・ダ・ヴィンチ自身の精神のなかに、それが潜在的に持っている作用を現わしたか。レオナルドは静力学の基礎原理について別の言葉でパスカルに先行しているのではないか。



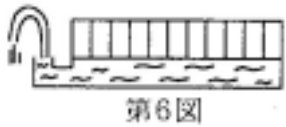
第4図

この問題は重要であるから、詳細に示らべてみる価値がある。  
 まずレオナルドの天才は彼の意見から引き出し得る結論を認識するだけの用意を持っていたか。彼の目ざめた注意はこれらの結論を何らかの形で狙っていたことを理解するのは困難ではない。  
 レオナルドは手稿Aの第一葉以下（手稿Fは後ろから書かれているのに反して、手稿Aは当り前のページの順に書かれている）以下において、与えられた圧力が一定量の液体にどのうふうにかかるといふ法則の探求に心を占められているのを見る。

「口Aがふいこの中の空所に対して小さいほど、重りの部分がふいこに対する割合は小さい。図のふいこの中へ重りの部分が入るであらう。このように、もしふいこの口がふいこ全体の千倍の風を出し、それを圧している重りが千リーヴルであるなら、ふいこの口はこの重りのうちのリーヴルだけを受け持ち、残りの九百九十九は口の上に静止しているふいこの部分にはたらくであらう。」(ASV.)  
 発見されるべき真理に対してレオナルドはまだまだかなり不正確な見通ししか持っていない。彼は正確にいえば表面積に対して与えるべき重要な役割を液体のいろいろの部分の容積に対して与えている。同様の誤りは、前のよりも一層よく静力学の原理を予見している



第5図



第6図

「重りが重り自体に対してだいへん、小さい量の水を圧すとき、水を自分より上へ射出するであらう。たとえば ABは一インチの水BCの上に置かれた十一インチの石を現わすとする。下の一インチは上の重り全部で圧されている。それゆえ一インチの水がその上に十一インチの石を持っていると、右が一インチしか乗っていないENの部分より十一インチ高く登るであらう。十一インチの水がその上に

十一インチの石を持っているからである。」 (A 45r.)

この文はレオナルドの精神がどの程度まで圧力の分布の問題に注意を払っていたかを示すばかりでなく、彼がどういう方向に解決を求めていたかをも示している。彼はこの解決を動かす仕事と抵抗する仕事と等しいことから引き出そうと思っていたことは明らかである。それは簡単な器械で確かめられていることである。それは今引用した文のすぐ上に書かれていることから確かである。

「挺子の両端がその極（\*支点）の恒常的な高さに達したとき、挺子の長さのこの比例を汝は重さの質（むしろ量のこと）にも、また同様に運動の緩慢（\*腕の短い方の運動が遅いこと）」などと、また両端の経路の質にも見出すであろう。」

今われわれの分析したノートをレオナルドが紙の上に書きつけようとしたとき、このノートの含んでいる眞実を展開するのに必要なものについて、レオナルドにおいては解くべき問題の配慮、解決を与える方法の直感が一つとして欠けていることはなかった。ところでその展開に目を配ってみよう。

その展開の最初の痕跡を見出すのは、手稿Aより後と見られる手稿Iである。

そこではレオナルドはアレクサンドリアのヘロンが記述したのに似た器械の研究をしている。その器械は一連の歯車でできており、おのおのは次の歯車とかがみ合っている。そのような器械は力をいくらでも増大することができる。「Bにおける力はMにおけるリーヴルの百万倍にもすることができる。上の第一の車が百万回まわるとき、下の車は一回しかまわらないことを知るべきである。これは器械学のでがらである。」 (I. 57v.)

この考察は同じ手稿で静水圧の考察と隣り合っており、後者は『水の運動と測定』（第八巻、第五十五章）に再出されている。

「同じ導管が水を限りなく遠くへ射出できるのは本性からである。何となれば無窮遠は出口にかかる水の占める高さであり得るからである。また高さが一段高ければ導管の射出する距離は一段と増す。」 (I. 14r.)

このような力の累加の場合、動かす力は常に同一の法則に従うこと、またその法則は常に動力の重さと落下の距離の相乗積を目安とすること、この眞理はいつもレオナルドの心を離れなかった。彼は静水圧のことを考えている瞬間にもそれを援用している。すなわち

今引用した文につづいて次のようにある。

「もし誰かが階段を一つずつ跳びながら下りるとして、各衝撃の力とこのように跳ぶ重さの衝撃を加算するならば、それはその人が階段を上から下へまっすぐに落ちたときに与える衝撃に等しいだろう。」(1, 14r.)

これらの断片は最初の素描に過ぎないが、その真理を展開した形でわれわれが見ることができるのは研究書『水の運動と測定』である。

レオナルドの注意を何度となく引いた根本的な問題は次のことである。

円筒状のポンプの本体が下部においてやはり円筒状の鉛直の導管とつながっている。ポンプの本体は重みをかけたピストンで圧されている。鉛直の導管の中の水はポンプの本体の中の水面よりどれだけの高さに上昇するか。

ピストンの加重はいろいろであり得る。レオナルドはこれに円筒形を考えていることは明らかであるが、いろいろ異つた形を拒んでいるのではない。「ポンプの本体の中にある水を圧して、この水を高い所へ射出する対抗荷重に三つの性質がある。すなわち水より重いか、軽いか、あるいは等しいという性質である。また三つの形がある。ポンプの本体より大きいか、小さいか、あるいは等しいかである。」

一般にレオナルドはピストンの上にはたらく荷重を対抗荷重と同じ底面と同じ高さを持つ水の柱で置き代えることができると考えている。彼はこの考察をこれから述べる彼の記述の中で常に用いているのであって、そこにわれわれはパスカルの原理をはっきりといるの形で見ることができ。

これらの記述の大部分は、ピストンの荷重がポンプの本体と精確に同じ断面を持つ場合に関係している。

「他の水のある種の運動の結果として持ちあげられる水は、もつと長い同様の関連のなかで動かされるものより少い。落下する水に落差をかけ、相乗積を上昇させようと思う水の高さで割ってみよ。結果はポンプが送り出すことのできる最大量である。落差が上昇させようと思う高さに対して小さいほど、上昇させ得る水の量はそれだけ少い。」

「導管がその水準面の上へ持ちあげる水の重さの、それを射出する他の水の重さに対する割合は、導管の断面のポンプに対する割合

に等しい。圧している水の面積はポンプの中で圧されている水の面積に等しいものとする。

「もし対抗荷重がポンプの中で圧される水と同じ面積を持つなら、反対側の導管にはたらいでそれを圧すこの反抗荷重の比率は、上述の導管の空所の断面の「\*この共通の断面に対する」比率である。」

（『水の運動と測定』第八巻、第八十二章）

われわれはここにパスカルの原理が、無秩序に発見の熱情の中で紙上に投げつけたノートとしては、的確に表現されているのを見る。

このように提起された原理からレオナルドは精確な系を引き出すことを忘れなかった。連通管に密度の異った液体を入れたときの法則などがそれである。

「油は水の半分しか重くないとして、この装置（\*図は省略）は側管では油の垂心の所に水面を持つている。管は欲するままに太さが異っていて差し支えない。油の量も欲するままである。規則は常に上述の秩序でおこなわれる。」（前掲書、第八巻、第七十八章。P. 707. 参照）

これらの記述を一層はつきりさせるため、レオナルドは対抗荷重にポンプの本体と同じ断面をもつ円筒形を与えているが、この制限は法則の正確さに対してなんら本質的なものでないことを彼は知っている。彼はいう

「もし対抗荷重がポンプの本体の十倍大きければ、それが押し上げる水は、対抗荷重に対応する水面より十倍高く上昇するのである

う。」（前掲書、第八巻、第八十三章）

ところでレオナルドはこれらの命題がすべての器械の釣合において動かす仕事と抵抗する仕事が同等であることと関係をもつことを見失うことはなかった。彼はこう言う。

「どんな器械でも、動く水はそれが止っている水面からそれが到達した高さまで、それと重さが等しい量以上に水を上昇させることは不可能である。これは第八十四章で証明されている。そこにはこうある　落下する重いものがどんなに長くても、それ自体に等しい重さをそれが落下した高さに等しい高さまで一時に持つて行くことは不可能である。それゆえ、水を上げる対抗荷重より大きい重さの水を引き上げようと思っても駄目である。事実、もし一千リーヴルを一尋まで持ち上げるなら、それが下降するとき二百リーヴルの水しか射出しないだろう。またこれを五尋以上は射出しないだろ

う。「(前掲書、第八卷、第五十九章)

『ももんが』第三八卷第一号(一九九四年一月)