

デュエムのレオナルド研究(二十六)

矢 島 祐 利

流体静力学の原理はいかにしてレオナルド・ダ・ヴ

インチからパスカルへ伝わったか ジオヴァンニ・

バッティスタ・ベネデッティと神父メルセンヌ

レオナルド・ダ・ヴィンチが液体にはたらく圧力はこの液体を通して伝わるという法則をはっきり知っていたこと、この法則を明瞭に定式化したこと、またこの法則と動かす仕事抵抗する仕事に等しいこととの関係を認識していたことは、今では疑いのないことである。レオナルドはこの真理の発見においてパスカルより約一世紀半先んじていたことは確かである。

このことが知られると、もう一つ新しい疑問がすぐにわれわれの目の前に浮かんで来る。パスカルは彼の発見が全く自分の創意によるものとして、レオナルドによつてなされた発見をすべて無視したのであろうか。あるいは反対に十六世紀の初めにレオナルドの出した考えを迂余曲折のある伝統の溝によつて受けついたのであろうか。われわれはこの問題にしばらく足をとどめる値打ちがある。

レオナルドによつて、あわただしく手稿の上に叩きつけられた考えは十六世紀の科学思想に大きな影響を与えたことは確かな事実であると思われる。われわれは他の所で(『静力学の起源』)カルダンの静力学がどの点でレオナルドの静力学から養いを採っているかと見られるかについて述べた。また近いうちに出す研究で、この有名な数学者・占星術師がその他の点でもレオナルドに負う所のあることを明らかにするであろう。またこの書でもレオナルドのノートがほとんどそのままヴィラルバンドの著書に入っていること、またベルナルデイーノ・バルデイの力学の『演習』がレオナルドの思想によつて豊にされているのを見た。

未刊の、そうしてだいが荒らされた思想の蓄積を利用したのはカルダン、バルデイ、ヴィラルバンドばかりでなかったことは疑いがない。その仲間に入るものとしてジオヴァンニ・バッティスタ・ベネデッティをあげることができる(『静力学の起源』)。この著者の力学は事実ほとんどすべてレオナルドの手稿から取つたものである。

ところで一五八五年ベネデッティによって出版された科学の集録
『数学物理学雑考』トリーノ）はサヴォア公の館の司厨長であるノヴァ
アラのカブラに当てた一連の手紙を含んでいる。この手紙にはレオ
ナルドの影響が諸所に見られるのであるが、その中の一つに「水を
押し揚げる器械」を主題にしたのがある。その要点は次のとおりで
ある。――

「泉では水を押し出すピストンの入っているポンプの本体が水の
昇って行く管より大きい直径をもつ必要は少しもない。その理由
は、もし前者が後者よりたいへん大きい直径をもつとすれば、水を

押し出すピストンの荷重が、高さが泉

に等しく断面がポンプの本体に等しい

円筒を充し得る水の重さより大きくな

ければならないだろうからである。

「たとえばFを水の昇る導管とし、

AVをポンプの胴体とする。ポンプの

胴体AVが導管Fと同じ高さまであが

つていて導管より大きいと想像しよ

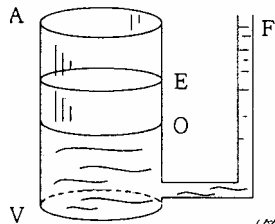
う。二つの容器は縁まで充たされてい

ると考える。導管Fの水はポンプの胴

体AVの水で押されるのに対して十分

対抗しており、逆に容器AVの水は容積においても重さにおいても
導管Fの水を波賀しているけれども、やはりFで押されるのに対抗
している。このことは容器AVの水はその重さで管Fの水を押して
いるのではないことと説明される。重さは容器の底の面積の割合で
分割される。……

「容器AVとFに戻ろう。Fの中に含まれる水がAVに含まれる
水に十分対抗し得ると同じように、Fの水をどんな物質であろうと
同じ重さをもつて置き代えることでAVの水と対抗させることがで
きよう。ただしその重さは管にちょうど適合して、ピストンの外と
管の内との間を水も空気も通らないようにしなければならない。そ
れはそれでよい。だが仮定によってFよりずっと大きいAVの中
は、どんなピストンでもAVの中に下の高さまで入っている水全体
と等しい重さがなければ、管Fの水の圧力に対抗することはできな
いだろう。従つてもし管Fの水が一リーヴルの重さしかなくて、ポ
ンプAVが管Fより十倍大きければ、管Fの水を支えるためにはポ
ンプAVの中によく適合し十リーヴルの重さをもつピストンをもつ



(第8図)

けなければならぬだろう。それが管Fの水を押す状態にあるためには、このピストンが十リールよりおもくなければならぬだろう。この物体が水より非常に稠密な物質でできていてE0だけの容積しか持たないと想像しよう。E0なる重い物体は管Fの水を押すに十分であろうが、それより軽い物体では十分でないであろう。」

(前掲書、二八七ページ)

この文においてベネデッティはポンプに関してレオナルド・ダ・ヴィンチが記述したまさにその法則を述べている。ベネデッティはこの法則をレオナルドがなしたように動かす仕事と抵抗する仕事の同等ということから導いたのではない。事実、ヨルダヌス派の諸原理に反抗した彼はこの公理に基礎を置くあらゆる証明を排斥するに至ったのである。しかし彼が用いた導き方は、レオナルドがピストンの代りに同じ重さの水で置き代えた方法によって十分に描出されている(レオナルドはしばしばベネデッティのに似た論法を用いている。Plavi, 『水の運動と測定』第八巻、第七十七章)。すなわちベネデッティの流体静力学の考案はレオナルドのにたいへん近いものである。また、のちにパスカルの与えたものにどんなに近いことがあるか。ベネデッティはピストンを次々に細い容器の水、それから太い容器の水で置き代えて行った。もしこれら二つの置き代えが成功したなら、ポンプの二つの部分のおおの同時にはピストンを置いたであろう。そうして水圧機を発明したかも知れない。少なくとも彼の書いたものを読んでみると、何かの器械を残したかも知れないと想像される。

ベネデッティを読んで水圧機を考えたのはパスカルではなくてメルセンヌであった。

メルセンヌがベネデッティの「数学物理学雑考」を読んだことは彼自身の証言によつて知られる。彼の『世界の調和』(一六三六)において天秤の平衡を論ずるために力のモーメントの考えを用いた彼は「ジャン・プノワ(*ジョバンニ・バッティスタのこと)が彼の力学の第三章で述べているように」と書いている。ところで「力学について」というのは『数学物理学雑考』の中で重要な部分の一つである。

そこでメルセンヌが流体静力学について書いたとき、ベネデッティを読んだ記憶が彼の心に浮かんだのに違いない。それとメルセンヌが前々から読んでおり要約を書いたことのあるステフィンの書物の記憶が混じっている。それでステフィンによつて打ち立てられた

諸原理を彼は次の系から導き得たことが説明される。――

「海全体が容器の中に封じ込められていて、蓋がその上面を押してそれを上昇させ、底はそれを流れさせると想像しよう。また別に棒を大洋の中へつけようと思うとしよう。棒の断面が大洋の表面積に大して小さいだけそれだけ棒の重さを大きくした力をはたらかせるのでなければ、海の水を上昇させることはできないだろう。」（メルセンヌ『物理学・数学の考察』パリ、一六四四年、二二八ページ）

原註 この文はメルセンヌの他の多くの文におけるように、慌ただしく書かれたもので、このあたり蓋と棒の間に混乱がある。つづきを読めば混乱は解消するので、この翻訳（＊ラテン語からフランス語へ）では訂正した。

「それゆえ、蓋にあけた孔によって上述の棒を容器の中へ挿し込むならば、蓋は上から下へ押すのと同じ力をもつて、その下にある水によって下から上へ押されるであろう。もし蓋に、棒と同じ高さで、海の入っている容器と同じ大きさの木の円朧同を取りつけるならば、この棒と円朧同は容器の側壁にそれぞれ同じ圧力を及ぼすであろう。もし底か蓋があるいは側壁に水草出させる孔を開けるならば、棒と同じ高さ、孔と同じ断面をもつ円朧同の重さに等しい力が必要とするだろう。」

これらの文は一六四四年に書かれている。ところでパスカルがトリチェリの有名な実験をきっかけとして、自分で液体の平衡についての実験を始めたのは、ようやく一六四六年のことであった。またパスカルがトリチェリの実験のことを聞いたのはメルセンヌを通してであることはパスカル自身の語るところである（パスカルよれノールへの手紙）パスカルが一六四六年に水銀の実験を試したのには「神父メルセンヌの論文に基いて」であった。「その実験はうまく行ったので何度も繰返した。そうしてその数次にわたる繰返しによって真実であることが確かになったので、私はそこから結論を引き出し、それを証明するためにあれとほたいへん異った実験をおこなった」と彼は書いている。ブレーズ・パスカルのこれらの最初の実験はメルセンヌの編纂した最後の書物において出版されたのである（『物理学・数学の新しい観察』パリ、一六四七）。それゆえ、パスカルはメルセンヌが液体の平衡について書いた『物理学・数学の考察』を読んでいることは疑いない。

メルセンヌの仲立ちによってパスカルはステフィンの発見のことにも通じていた。しかしそのほかにベネデッティの影響をも受けて

おり、ベネデッティの影響というのは、さきの分析でわかるようにレオナルド・ダ・ヴィンチの影響にほかならないのである。

『ももんが』第三八巻第二号（一九九四年二月）

デュエムのレオナルド研究(二十七)

矢 島 祐 利

流体静力学の基礎原理はいかにしてレオナルドからパスカルへ伝わったか(つづき) 神父ベネデット・カステリとガリレイ

ジオヴァンニ・バッティスタ・ベネデッティとメルセンヌによってパスカルはレオナルドが静水圧について考えたことを知ったが、それは一部分に過ぎなかった。レオナルドがはつきりと見通していた水圧機の基礎原理はベネデッティによってまとめられた。しかしレオナルドはこの原理を定式化することにのみ専念したのではない。彼はそれを静力学全体の基礎になるような公理に結びつけた。彼はその系として動かす仕事と抵抗する仕事の同等性を導いた。これは釣合っている・あるいは正常にはたらくすべての器械を特徴づけるものである。流体静力学を、それまでは重い物体の釣合いだけにしか応用されなかった法則に帰着させたことは、レオナルドを第一流の力学者の列に加えるのに十分である。

ところで、ベネデッティの手紙のなかでは、この有力な思想の跡形は全く消えてしまっている。われわれはこれに驚くことを知らない。平衡の科学を、動かす仕事と抵抗する仕事の同等性の上に築くことは、十三世紀にヨルダヌス・ネモラリウスの学派によって創り出された方法に一固有のものである。そうしてベネデッティはヨルダヌスの伝統に反抗した十六世紀の数学者の一人である(『静力学の起源』、第十章)。

しかしベネデッティが伝達しなかったこの偉大な思想をパスカルは知り、それを完全に明晰に定式化した。水圧機の記述に次のような観察の伴っていることを、われわれは知っている。「……そうしてこの新しい器械において、挺子とか輪軸とか無限螺旋のような古いすべての器械にあつた恒常的な秩序が見られるのは嘆賞すべきことである。それは道程は力に比例して増大するということである。」(既出)それでは流体静力学と重い物体の静力学の間にレオナルドが打ち立てた関係をパスカルは彼の瞑想によって再発見したのであるうか。このような発見は彼の天才の力を超えたものではなかつ

た。しかしそれは彼の精神に自然発生的に、何らの種子をももらわずに生れたものとは見えない。

パスカルが神父メルセンヌの影響のもとに液体の平衡の理論の研究を始めたとき、神父はガリレイの思想のいくつかを貨讚をもって述べた。それは「水の中へ浸した物体についてイタリア語で書かれた小冊子で、研究を好む人はすべて読んでもらいたいと思う本」であるとメルセンヌは書いた。（『物理学・数学の考察』、（九五））

メルセンヌが賞めすすめている書物は一六一二年にフイレンツェで印刷されたもので、題を『デイスコルソ』（水の中にあるものについての論文）といい、トスカナ大公コジモ二世へ献上したガリレイの水中の物体についての論考である。パスカルは疑いもなく神父が研究を好むすべての人に推薦したのに従って、ガリレイのこの本を読んだのである（詳細は著者の論文「パスカルの原理に関する歴史的試論」一九〇五）。彼はこのピサの大物理学者がこの原理を大さの異なつた連通した二つの容器中の液体の平衡に応用している理由を読みとつたのである。小さい容器に入っている少量の水が大きな容器に入っている多量の水と平衡を保ち得るのは、後者が少し下ると前者がだいぶ上らなければならぬからである。この理論はパスカルが用いたのと全く同じである。すなわち彼は例のフランスの数学者（*メルセンヌ）の著書においてガリレイの思想を特徴づける極印に気がつ、いているのである。しかし同じようにこの理論はレオナルドが何度も用いたものである。そこでガリレイの影響はパスカルの仕事にはつきり見られ、ガリレイの影響のなかにレオナルドの影響が透けて見えている。

それはどう言つたらよいか。ガリレイはレオナルドの『水の運動と測定』を手もとに持つていたのであるうか。そうではないであろう。われわれはベルナルデイノ・バルデイがアリステレスの『器械学の諸問題』の『演習』のなかで、レオナルドの科学から多くものを、しかもはつきり認められる形で借りてゐることを讀んだのではないか。そしてベルナルデイノ・バルデイはギドバルド・デル・モンテと親交のあつた人であり、このギドバルドはガリレイの最初の先生ないしは弁護者のひとりではなかつたか。だから、ガリレイはレオナルドの書いた断片のあるもの、どくに『水の運動と測定』を形成するのに役立つたノートのあるものを、直接あるいは間接に読んでいると考えるのは極めて自然ではなからうか。

これらのノートがガリレイと交りのあつた数学者・物理学者の間

に知られていたことは神父ベネデット・カステリの著書を分析してみれば疑問の余地はない。ベネディクト派のベネデット・カステリは一五七七年ブレッツシアに生れ、一六四四年ローマで没した。ガリレイの男子また親友であり、カヴァリエリとトリチェリは彼の弟子である。ガリレイはカステリと長い間交っており、彼に信を置いていたことが明らかである。ガリレイが失明し、病気になるってアルチエトリ村に籠居していたとき動力学に関する最も新しい結果を書き送り、彼の論文集を出版するときは入れてもらいたいと書き送ったのはこのカステリにあててであった。

ガリレイと神父カステリの交渉は流体の力学問題においてとくに密であった。この交渉は共同研究に近いものであった。

ガリレイが上掲の書物において述べた理論はロドヴィコ・デレ・ロンボとヴィンツェンツィオ・ディ・ダツィアによって批判された。それでガリレイは神父カステリにこの二人の反対者を混同させたほどである。神父カステリは事実ロドヴィコ・デレ・ロンボとヴィンツェンツィオ・ディ・ダツィアによって引き起こされた反論に対する詳細な反論を書いた（フィレンツェ、一六一五）。この反論において著者ほガリレイの意見を非常に正確に述べているので、多くの歴史家はこの反論を書いたのは弟子ではなくて、先生自身であり、弟子は名を提供しているだけであろうと信じている。

もしカステリ神父がレオナルド・ダ・ヴィンチの水力学についての研究を知っていたなら、ガリレイがそれを見逃さなかつたであろうことは、まことに確からしいことである。

ところでカステリ神父は一六二八年にローマでその流れる水の測定についての有名な著書の第一版を出した。この書はとくに著者の評判を高くしたものであって、水路の研究とその応用に当てられている。レオナルド・ダ・ヴィンチの重要な思想が認められる所は次のように述べることができる。

同一の水路のすべての断面は同じ時間に同じ量の水を通ず、それゆえ、二つの断面を通る水の速さはこの断面の面積に逆比例する。

ベネデット・カステリがどんなふうにして読者の精神をこの真理の承認へ導いたかについて、こう述べている。

「これらのことを例をあげてはつきり説明するためには、水の入っている槽のような容器・を考える必要がある。水は絶えず出ているが容器はいつも水でいっぱいになっている。そうして水は二つの同じ大きさの栓口から出るものとし、栓口の二つは樽の高さに、もう一

つは低い所についているものと考え。同じ時間内に上の蛇口からある量の水が出る時、下の蛇口からは二つの蛇口の高さの差に従って、四倍、五倍あるいはそれ以上流出するであろう。既述のように蛇口の高さは等しく、流・出する水は常にその水路を通つていても常にこのようになるであろう。このことから第一に蛇口の高さは等しくても、同じ時間にそれらを通過する水の量は等しくないことに注目すべきである。またもしこれを一層注意して考えてみるならば、下の蛇口から流出する水は、理由は何であるにせよ、上の蛇口から流出する水よりも大きい速度を持つことをわれわれは見出す。そこでもし上の蛇口から同じ時間に下の蛇口からと同じ量の水を流出させようと思えば、上の蛇口の数を増し、下の蛇口から出る水が速いだけそれだけ多数の蛇口を樽の上部へ設けるか、あるいは土部の蛇口を、下の方が速いだけそれだけ大きくするほかはないことが分る。このようにすれば上の蛇口と下の蛇口から同じ時間に同じ量の水が流れ出るであろう。従つてこの理を考え、われわれは速さの異なつた二つの蛇口が同じ時間に同じ量の水を射出するときには遅い蛇口は一層大きくなければならず、蛇口の高さは速い方の速さが遅い方の速さを超えるだけそれだけ大きくなければならない、と言つことができる。

「さてわれわれの計画に今までに述べたことを応用するため、同一の川あるいは水路のいろいろの部分において同じ時間に通過する水の量は同一であることが確かであるから、…また同一の川のいろいろの部分において異つた速さがあり得ることも真実であるから、必然的な結果として川は速さの小さい所では一層大きく、速さの大きい所では小さくしなければならぬ。簡単に言えば同一の川のいろいろの部分における速さは常に川の大きさに逆比例しなければならぬ。」(「流水の測定に関する研究」、フランス語版、一六四四年、五ページ)

神父ベネデット・カステリが打ち立てた命題は、レオナルドがアルベルト・マグヌスの考え、そしてデモンの指示した泉の理論に反対して、自分の立てた理論を擁護するために考え出したものであることは、われわれのすでに見たところである。しかしカステリはこの命題をレオナルドに負つていたのである。まず初めに、かれはこれをレオナルドから借りたようには見えない。彼は単独でこれを発見したように見える。事実彼は樽の壁にあけた孔からは、他の条件が同じなら、孔が樽の中の水面から低いほど大きい速度で

水が流出することを観察して、この命題を立てるに至ったのである。ところでレオナルドは絶えず液体の流速と流出口が液体の自由面からへだたっている距離とを結びつける法則を考えていたとはいえ、またこの法則を打ち立てようとする試みが手稿Aのなかにたくさんあるとはいえ、彼が重要な定理に導かれたのは、決してカステリがおこなったような観察によつてではなかった。

しかし神父カステリが水流の速さは断面に逆比例することを読者に示すために用いた方法は、つまるところレオナルドの思想がこのベネディクト派の学者の研究の上に及ぼした影響を帯びている。

事実、一八二六年カルディナリによつて出版された「水の運動と測定」を開いて見るがよい。そこにはレオナルドの手記の中にあらがきとして書かれている流体静力学と流体動力学の命題の大部分が集録されている。第八巻の題は「水の重さと管について」となっている。この巻はレオナルドが流出口から出る液体の速さを規制するいろいろの情況を研究した断片の集録に始まつており、それから彼は水流の速さと断面の關係の法則を展開している。最後に仮想速度の原理を流体静力学に応用することを述べている。もし神父カステリがこの『水の運動と測定』あるいは類似の集録を持っていたとすれば、彼はレオナルドの考えを述べながら、実際彼が援用した方法に従つたことはごく自然ではなからうか。そうしてこの方法を選んだことは、それ自体で考えるとかなり人工的にも見えようが、こういう接近の中に一層満足的な説明があるのであるのではなからうか。

なおもう一つカステリの著書にレオナルドの思想から借りたと見られる類似点がある。

カステリの『流水の測定に関する研究』(フランス語版、一〇ページ)の中に次の言葉がある。――

「系五 自然のこの操作から考察に値するもう一つの作用が出て来る。それは急流の終点部について言われているように、急流が入り乱れた状態になると水流が遅くなり、それを混乱させている小さな土性物質を運ばなくなることである。そこで流れはこまかい物質を沈下させて澄明になるであろう。沈下した小片は川の流れの中の最後の部分の川床を高くするであろう。そうして川が低くなつて奔流が初めの速さを取り戻したとき、川床に堆積した小片は持つて行かれるであろう。」

この系はカステリ神父の著書の他の部分とはかなり緩い関連しか持つていない。それは何か偶然的に見える。この書にこの系のある

ことは、われわれのすでに見たように浸蝕と沖積の現象に気を配っていたレオナルドの思想を保存しようという帝望のためと説明されないだろうか。ことにこの系をレオナルドの次の断片と比較してみたいだろうか。――沼沢地の沖積土について。沼沢地の沖積土は沼沢へ商った河水を導くときにできるであろう。このことは川が流れ入る所では川は土地を溶かし、遅い所では混濁しているものを残して行くことで説明される。」(M.S.)

そこで神父ベネデット・カステリはレオナルドの水力学の研究のことを知っていたと見るのが至当である。われわれはベルナルデイーノ・バルデイがこれを知っていたことを、顕著な類似によって証明した。そのあとでガリレイがこれを知らなかったことは、ありそうもない。

パスカルはガリレイの『ディスクルソ』の中で、静水力学の問題に仮想速度の原理を適用する方法を見出したとき、彼は最終の分析のところレオナルドの影響を受けているのである。ベネデッティとメルセンヌが彼に水圧機の考えを暗示したとき、長い廻り道をして彼に達したのもこのレオナルドの影響であった。

レオナルドは静水力学の基本法則を思いついた。彼はそれが一般静力学の諸原理といかに結びつくものかを知った。しかし、彼が十分かつ完全に見通したこの真理は彼のノートから刺戟を受けた人々に断片的に示されたのに過ぎなかった。その人々はその部分を知ったが、それは一部分に過ぎなかった。彼の発見に源泉をもつ伝統は大きく急速な一本の川とはならなかった。それは多数の細い小川に分れた。パスカルに至ってこれらの小川がすべて新たに合流し、ここに一つの原理が形成され、それ以来正規の流れとなったのである。

デュエムのレオナルド研究(二十八)

矢 島 祐 利

レオナルド・ダ・ヴィンチ、カルダン、ベ
ルナール・パリツシー

カルダンはレオナルド・ダ・ヴィンチを剽窃し得たか

われわれは力学の研究(『静力学の起源』)の途中で、カルダン*の述べた意見が静力学でも動力学でも、レオナルドが同じ問題について出した考えと奇妙によくにていることに何度も気づいた。その似よりは余りにしばしば、また余りにいろいろの点で遭遇するので、二人の天才が自然的に出した意見の偶然の一致として説明できるとは信じられない。われわれはカルダンがレオナルドに残したノートを知っており、あの不滅の略述のなかに豊富に蒔かれている発明を遠慮なしに使っているものと想像する。

* 生国イタリアではカルダノ。その自伝 *De vitapropia liber 9*

英訳 *The book of my life*, Jr. Jean Storer (1930; Dover edition 1962) に

は日本語もある。『わが人生の書』青木靖三・榎本恵美子訳、一九

八〇、社会思想社。

われわれの書いたものを読んで下さった人々の中にはこの想定を十分確かと認めない人もある。その人々はカルダンの力学とレオナルドの力学の間の相似点をよく知らずに、このような一致が偶然に起こり得ると考えている。そういうことは二人の人間がたがいに知らずに同一の問題に各自の瞑想をめぐらすとき度々起こるといっているのである。彼等はカルダンが盗みにも似た無断借用で彼の著書を豊かにしていることを許容するために、彼の科学的才能を高く買い過ぎている。また彼等はレオナルドのノートは簡単で不明瞭で、しかも右から左へ書いてあって、意味をとることが困難なことがしばしばで、とても剽窃したくなるようなものではない、という。こういった理由から彼等は『ものの微妙について』の各巻に述べられている静力学と動力学のあらずじはカルダン自身の著作であると信じ、彼の発見したものが、レオナルドがそれより前に発見したもののなかにたまたまあつたに過ぎないとする。

これらの反論の中にはわれわれの仮説を撤回させるに足るほど有

力なものは一つもないと信ずる。

なるほどレオナルドが発見のほとばしりの中で紙の上に投げつけるように書いたノートは右から左へ書かれていて、鏡を使わなければ読める人は少いし、このノートはいろいろの題目に関係している、この大画家の活発な思想を漫然と現わしており、またごたごたした所は閃くや否や書きとめられたもので、われわれの目にはほとんど常に説明しがたい無秩序に見えるのは疑いない。

しかし十六世紀の人々にとつては、レオナルドの発明について知るため多くの場合に、はるかに容易にこれらの資料を使い得たであろう。この大画家のすべての思考が同一の主題に関係している手稿本がある。それは読み易いように書き写され、大まかな順序に分類されている。レオナルドが自身でこのような集録を作り、これに『研究』という題をつけていたことは疑いない。いつでも彼のノートは『重さの研究』とか『水の研究』とか『場所の運動の研究』などという命題にわれわれを導く。これらの命題には番号がついていて、それはその書物のなかの場所を示している。その番号が乱れていたり、時々変更されたりしているのは、レオナルドがこの稿本にしばしば手を加えていることを示している。すなわち一度集めた命題の順序を変えたり、あるいはあたらしい命題を挿入したりしているのである。

この書の自筆原稿はない。しかしフランチェスコ・メルツィはレオナルドの書いたものを遺産として受けついでさい、それらの書きものの写しを作らせている。(*)この写しは人から人の手に渡り、時々忘れられたり、また熱心な読者によって筆写されたりした。この種の複本として『絵画論』と『水の運動と測定』がわれわれに伝わっている。

原注シャルル・ラ・ヴェッソン・モリアン『レオナルドの手記』、第一巻、第一ページ、パリ、一八八一。

レオナルドの思想のこのような集録は読まれたり筆写されたりしたばかりではない。それは厚かましくも割切された。ペンペヌー・ト・チエリーニはその『投影論』において、彼はレオナルドの同じ題目に関する書きものを入手して、それをサルリオに貸したところ、この人はその中から採って自分の著書に入れたことをわれわれに告げているではないか。ヴィラルパンドおよびベルナルディーノ・バルデイの著書を研究すれば、これらの大先生たちも天才の発見の痕跡を明かにとどめている多数の定理を丸写しにしていること

が分る（既述の章）。

こんなやり方がおこなわれていたことに驚く人はサルリオやバルデイやヴィラルバンドの生きていた時代の精神をよく知らないのである。十六世紀と十七世紀前半は科学の歴史の流れでは剽窃が厚顔無恥におこなわれていた時代であった。クルクリアがその静力学をヨルダヌス派からの剽窃をもって綴ったのも、ジュンティーンがサクソニアのアルベルトから何ページも取りながら著者の名を一度もあげなかったのも、またテネーがマリクールのピエルの磁石に関する書信とベネデッティの落体の研究を同じ本の中で自分のもののように述べているのも、この時代であった。厚顔無恥というほどでなくとも、最も著名な数学者や物理学者が、科学の思想が個人のもの

であることについては、少なくともそれが自分のものでないときは、ほとんど考えなかった。彼等は反対者の名はあげることが、自分がおかげを蒙っている人の名は隠して平然としていた。

優先権のこのような軽視は、よく普及した手写本また何度も印刷された書物に発表されている発明に関しても同じであった。現存の著者に対してもやはりそうであった。レオナルドがそういう被害を受けなかったとすれば、むしろ不思議であろう。事実、彼のノートは剽窃の格好の餌食となったのである。著者から苦情が来ることはないし、また彼の手写本は余り普及していないので、その中から読んだものを自分のもののように「見せかけるには都合がよかった。

レオナルドの書いたものの示す誘惑に対して彼の同時代人よりも一層抵抗し得るためには、また自分の著書を豊かにしそれが含む思想の名声を高くすることを断念するためには、カルダンは彼が生きていた時代には珍しかった正簾の規則に導かれていなければならなかった。さもなければレオナルドの書いたものを全然知らないかどちらかでなければならなかった。

ところが歴史はカルダンがそんな正簾の土であったことの痕跡を示してはいない。彼の同時代人は彼の悪徳を責め、犯罪の嫌疑をかけている。かれの伝記をくわしく研究したモーリツ・カントルはカルダンに関する研究論文二九〇三の末尾に「天才ではあるが人格者ではない」と書いている。

道徳的感覚の低さとともに虚栄心がレオナルドの発見を剽窃する

ことでカルダンをほとんど致命的に傷けてしまった。これは彼がレオナルドを知っていたとしてであるが、事実彼は知っていたのである。彼自身がそれを証言しているのをわれわれは知っている。

カルダンはその著書『ものの微妙について』の中でレオナルド・ダ・ヴィンチの名を二度あげている。この二つの引用は相ついで第十七巻に見られる。

第一の場所ではカルダンは画家が持たなければならないいろいろの性質をあげている。「画家は哲学者であり、建築家であり、またよき解剖家である。人体をよく摸することがそれを示している。それは早くフィレンツェのレオナルド・ヴィンチウスによって始められ、ほとんど完成している。」(一五五一年ラテン版、五二九ページ。一五五六年フランス語訳版、三二八ページ) これで見るとカルダンはレオナルドのすぐれた解剖図、すなわち今ウィンザー図書館にあるものを知っていたのである。

また彼はレオナルドの力学の諸発明、少くとも飛行の試みを知っていた。彼はこう述べている「レオナルド・ヴィンチウスは飛ぶことをやってみたが駄目だった。彼は偉大なる画家であった。」(前掲書、五三二ページおよび三三二ページ)

レオナルドの解剖の研究や鳥の飛ぶのを機械的にまねようとする試みについて知っているところから、カルダンはこの天才の取あげた研究の多様性のことを知り、またその考察が書き残されているノートの一部をも見たようである。

レオナルドの残したノートがジェロラモ・カルダんに知られなかったとすればそれこそ驚くべきことである。彼の父ファツィオ・カルダンはレオナルドを親しく知っていた。そうしてレオナルド自身この人から本を借りたことを記している(Cod. A1., 225r.)。すなわち『ジオヴァンニ・タヴェルナの書』や『アルキノの比例、附マルリアノの考察』などがそうである。レオナルドはまたファツィオ自身の著書をも読んでいる。ファツィオ・カルダンはジョン・ペックラムの射影に関する著書の一つの版(出版書店名も年号もなし)を出しており、レオナルドはファツィオがこの版へつけた諸説の一部をイタリア語に訳している(Cod. A1., 203rA)。

もし今からカルダンの述べた力学とレオナルドの力学の非常によく似ている点を見るなら、われわれは素朴にこれを偶然の一致と思うかも知れない。

しかし多数の似た関係を見出し得るのは力学の問題だけではない

のである。カルダンの『ものの微妙について』の二十一巻を通じて、レオナルドが手稿中に書き残した思想を、あるものは半分消して、またあるものはそのまま、はっきりとどめていない所は稀れである。われわれはこの論文でそういう点を一々数えあげることはいないが、少しだけあげてみよう。われわれはメルツイの配慮で筆写され、今日に伝わっている『絵画論』と『水の運動と測定』がミラノの医学者（*カルダン）の手に伝わったことを証拠立てるようなものを選ぶことにしよう。

『ももんが』第三八巻第四号（一九九四年四月）

デュエムのレオナルド研究(二十九)

矢 島 祐 利

カルダンがレオナルド・ダ・ヴィンチの『絵画論』
に負うもの

『ものの微妙について』二十一巻にはありとあるゆる事項が取りあげられている。この本は十六世紀に最も良く読まれたものの一つで、またこの時代で最も奇妙な本の一つである。とくにここでは絵画と色彩のことが何度も取り上げられている。カルダンの好みは確かに多様であった。彼は幾何学者・代数学者・物理学者・占星術師・医師であり、柔軟性に富む才能をいろいろの方面に振り向けた。しかし彼の伝記を見るのに美術に専念したというところは見当らない。それゆえ彼が絵画のことを述べても彼の個人的経験から出たものとしては何も言うことはできなかった。彼はこの芸術をみずから実行した人の教えに従って述べたと見るのが至当である。

しからばカルダンはこの画家について語るうとするとき、どこにその端緒を求めたのであろうか。それを判断するのは難しいが、彼の言葉を聞いてみよう。彼はこう言っている。「『絵画は機械的芸術のうち最も精妙なものであり、最も高貴である。絵画はものをして詩や彫刻よりも一層嘆賞すべきものにする。絵画は影と色彩を調整し、何か新しい発明を付け加えつつ、思弁的訓練に役立つ。』というのは画家はいろいろのものを追求するので、いろいろの知識をもつことが必要だからである。人体のすぐれた模写がそれを示している。それは古くフィレンツェのレオナルド・ヴィンチウスによって始められ、ほとんど完成の域に達した。」(前掲書、ラテン版、五二九ページ。フランス版、三一八ページ) このつづきでカルダンがヴィンチの名をあげていないところでも、レオナルドからヒントを得ていると容易に判断される所がある。絵画が他の造形芸術よりすぐれているとか、画家は彫刻家よりも一層大きな知的努力を必要とすることなどはレオナルドがよく言ったことである。とくに画家は世界的人間でなければならないと繰返している。「『画家はまず投影に通じなければならない。それから人体の寸法について完全な知識を持たなければならない。また良い建築家頂なければならない。少くとも穀堂の外部的規則性やその他の部分に通じていなければならない

い。実際に自分で手をくだしたことのない事物についても、行ってそれを見たり写生しておくことを怠ってはならない。」(『絵画論』パリ、一六五一年、第二百七十四章、八九ページ)

すなわち画家はよい「投影家」でなければならず、何よりも画面の中に表現されている人物に関して水平線の位置を正確に置くことができないなければならない。この点に関してカルダンが支えている規則は次のようである。「だが平等の視点(*目の高さの点のことか)の場所を観察することを思い起してみるがよい。小さい画面へ人物を描くときそれは人物画の眼目である。なんとなれば目は下に見えるものを低いと判断し、上にあるものを高いと判断するであろうから。」(前掲書、ラテン版、一八六ページ。フランス版、九二ページ)この規則は『絵画論』のなかに何度も繰返されているものである。「浮彫の上に描こうとする人は自分の目が描こうとする人の目の高さになるように調節しなければならない。」(『絵画論』第三十一章)「投影点は普通の体格の人の目の高さ、平面が地平線と境を接する線上に置くべきである。その線の高さは地平線につづく平面の「端の高さに等しくすべきである。しかしその場合、山などは含まず、それは自由である。」(『絵画論』第二百八十一章)

画家は投影の規則に対して誤りをなしたとき、それを発見する便利な方法を持っている。それは作品を平面鏡に写してみることである。カルダンはこの方法を吹聴している。「同じように絵画は鏡にかけてしらべてみるができる。何となれば鏡はそれに向き合っているものなら、潜在的の多くのものを発見するからである。」(前掲書、ラテン版、一八六ページ、フランス版、九二ページ)レオナルドも同じように鏡の使用をすすめている。「画家は仕事をするとき平面鏡を前に置いて、時々自分の作品を写して見ることがよい。鏡は作品を裏返しにして別人の手によるように見せるので、これによつて誤りに気がつくことがよくある。」(『絵画論』第二百七十四章)

レオナルドはいろいろの色彩を対置することによつて、われわれの目に生ずる種々の印象を非常に巧みに研究した。カルダンはレオナルドで読んだことを蒸し返しているのである。

ここに光滲という現象がある。それは暗い背景の上に置かれた明るいものを大きく見せ、反対に明るい背景の前に置かれたくすんだ調子のもを小さく見せる現象である。この現象に関して『絵画論』ではこう述べている。「暗く霧のかかった空気で見えた白い物

は実際より大きく」見える。それは上に述べたようなことから起る。すなわち上述の理により明るいものは暗い場所では大きく見える。」（同音、第二百八十一事）カルダンの書でも光滲の現象を述べている。「確かに白い色は物を実際より小さく見せ、黒は大きく見せる。印刷した文字はそれを示している。印刷のインキが明るいほど文字が小さく見える。」（前掲書、フランス版、三一九ページ裏。この文は初版本にはない）ただレオナルドのノートから読んだのを丸写しするのに急なあまり、書いてあることと、そうして事実とあべこべに書いている。レオナルドの観察の正確な結果を改変したり誤つたりしているのはここだけではない。レオナルドが種々の色の組合せについて観察した精妙な作用がある。――

「ところで非常に暗い所を表現しようと思う場合をとってみよう。比較のために非常な白さを与えることが必要である。このようにして非常な白さをして非常な略さに対抗させるのである。同様に薄黄色は紅色を引き立たせ、それが紫と並んでいるときよりも一層いきいきと明るく見せるであろう。またもう一つの規則がある。それによると色影を実際よりも調子強く輝くようには描かないが、しかし色彩が相伴つて優雅さを助け合うのである。たとえば緑の赤に対するように、また反対に緑は育とは合わない。同情的な色を合せることによつて美しさを作り出す方法もある、たとえばコバルトと薄い黄、あるいは白また似たような色と。それについては時間と場所のところで述べよう。」（『絵画論』、第九十九章）

これに似ているのはカルダンでは――
「ところで絵のことに戻ると、色彩は軽々しく置いてはならない。もし明るい間に暗い所があり、暗い間に明るい所があれば、色彩は画に深みと美しさを加える。赤い色は線と青の間に、白は灰色と黄の間に置くがよい。」（前掲書、ラテン版、一八六ページ、フランス版九二ページ）

後者は前者の一種の要約であることが明白である。しかし一方では要約しようと思ひ、他方ではこういうことを知らないものだから、カルダンはレオナルドが注意深く区別したことを取り違えている。たとえばレオナルドは緑と赤のような補色の示す対照の作用をあげて、この作用を明るい色と暗い色を並べた時生ずる対照とは注意深く区別している。カルダンは反対に後者の例として赤が緑の近くにあるとき現わす輝きの作用をあげている。彼は青も同じように赤をいきいきさせると信じている。彼は自分の観察によつて書いて

いるとは見られない。他人の観察をゆがめながら写しているのである。

カルダンはレオナルドの『絵画論』を要約しようと思つて歪曲している。彼の書いたものには『絵画論』のテキストがなければ理解できない所がしばしばある。たとえば次の箇所などはどういう意味だろうか。

「何となれば白色は明るさに非常に接近するので、そのどの部分も明るさによつてしか隠されない。…このようにして、それは他の色彩によつて欺かれ易く、絵画よりも前に染色があつたのではないか。」(前掲書、フランス版、三一九ページ裏、ここは初版本にはない。)

カルダンは「白色は他の色彩によつて欺かれ易い」というとき、われわれに何を告げようとしているのだろうか。『絵画論』に於いてみるのでなければ、この意味を判断することは非常にむずかしいだろう。しかし、もとのテキストを二見ればミラノの医師の謎のような言葉の意味が説明できる。レオナルドは、白いものは近くの物体の反射で色がついて見えることを何度も述べている。「太陽あるいは空気で照らされている白の影は青みがかつた色合をしている。そうして、このことは、白というのは本来一つの色ではなく、他の色彩のいれものであることから来ている。…これは、白は色の中には入らず、ただあらゆる色を無差別に受入れるのに適しているのであつて、白い表面はよく移り変り、何色にもあれ他の色の一表面よりも一層本質的にその物体の色を受けるのである。」(『絵画論』第百五章)

注意深い読者はこの真実を誤解することはないと信ずる。カルダンの『ものの微妙について』の中にある絵画と色彩に関する多くの考察はレオナルドのノートから引き抜いたものである。しかしカルダンは大画家の観察を不用意に要約したり、また能力もなかつたので、誤つた語録に変造したり、理解不能にしている所がある。その誤りを正し、また説明するためにはレオナルドの『絵画論』をひもとかなければならない、この方が元だからである。

『ももんが』第三八巻第五号(一九九四年五月)

デュエムのレオナルド研究(三十)

矢 島 祐 利

カルダンがレオナルド・ダ・ヴィンチの「水の運動と測定」に負つもの

カルダンが地球上に水の存在すること、とくに、流水の問題について書いているものを研究すると、全く同様の結論に導かれる。たとえば次の文を読んでみよう。――

「水は土製の壺やその他の容器に見るように丸い。この理由で川や湖水は遠くから見える。われわれは上から見るので水が見えるか、あるいは平原から見ても水が見えるのは水が丸いからである。」(カルダン『ものの微妙について』フランス版、三八八ページ。ここは初版本にはなく第二版で附け加えられた。)

この文はレオナルドを読んでいない人にはほとんど理解できないだろう。だが『水の運動と測定』を開いてみれば、これははつきりする。そこには前の研究(ユダヤ人の息子テモンの條)で図をつけて引用したちよつと変つた考察がある(別掲書、第一巻、第十九章)。レオナルドはひろがつている平原が球状の水面の下へ沈んで行くように見えることを示したのである。

『水の運動と測定』はレオナルドが水に関して抱いた思想、また彼がこれに関してノートに書きつけたものを全部含んでいるわけではない。カルダンはこれらの思想について、一八二六年にF・カルデイナリが出版したこの書よりも一層完全な集録を持っていたのに相違ない。彼はこの本に収められなかつたものを知っていたことは確かである。たとえば彼が山の起源をどんなふうの説明しているかを見よう。

「山ができるには三つの異つたでき方がある。第一は、土地が反復する運動で揺れてふくらみ山ができる。ちよつど山はからだから水腫ができるようにできる。このようにしてカンパニアのアヴェエルン湖の近くの新山ができた。第二に、土が風で吹き寄せられてできる。アフリカではそういうことが度々ある。第三は、これは最も適した最もしばしばおこなわれる方法で、土地が水流あるいは海によつて破壊され、川の水が谷へ下つて行くとき岩石はその場に残留、このようにして岩山が谷の上にそびえる。山の大部分が岩石で

できているのはこのためである。これらの山々の頂きはますます地面の上に高さを増して行く。雨は常に平地の土を噛む。動く土は少しずつ堆積し、また窪みになる。ところが岩石は窪まない。われわれの見るようにしばしば植えて行く。しかし谷は水流と湊布によって噛まれ、山野や平原よりもずっと低くなる。

「海では同じ方法で暗礁ができる。それは島の土が波浪に洗われれば島になる。島の多くもまた山になっている。海が乾いたとき暗礁は山になる。そこで海に近い山の中に難破船の遺品やカキその他の貝が見出されるのは不思議ではない。それは山がかつては海の中の暗礁であったことへあるいは大洪水で沈んでしまったことの証拠ではないか。」(前掲書、ラテン版、二一五ページ、フランス版、五九ページ裏。ここはフランス語版の方がはっきりしているのでそれに従う。)

『水の運動と測定』の中には山の起源についてこれらの考察を引き起こすようなものは何も見出されないが、これらの考え方にはレオナルドが手稿Fにおいて地質学について述べた意見の要約が明らかに認められる(サクソニアのアルベルトとレオナルド」の章のおよび)。

レオナルドは侵蝕による山の形成の考えをサクソニアのアルベルトから得ていることは確かである。そこでカルダンもまたこの著者に色只うていることになる。彼がアルベルトの『天体論の問題』から影響されている点は多数あげることができる。もしカルダンがアルベルトから流水がいかにして谷を削り山を彫り出すかを借りることができたとしても、化石がかつて水に浸っていた土地が隆起した証拠だということは彼から学ぶことはできなかった。この考察こそはレオナルドのお得意の意見の一つであつたことを認めないわけにはいかない。

レオナルドは軟体動物の貝殻が石になる過程を詳細に分析した。カルダンが石の種類を記述して、彼が貝殻状化石と名づけているところで与えている説明はやはりレオナルドの考察の一種の要約である。

「貝殻に似た石をコンキットといい、輝かしい骨組の、湾曲して飾りのある溝の中に見出される。コンキットのもう一つの種類は大理石のような外観を持つ。白く柔かく通常その中に貝殻が見られる。

それはかつてはパウサニアス(一世紀のギリシャ人、旅行家で古

物研究家」を証人としてメガラの町の近くにしか見出されなかつた。これはその地方がある時期に海に覆われていた確かなしるしである。実際、貝殻が非常に古くなると、岩石の中の土の下で石になるのである。その形は保存されているが物質は変つてゐる。多くは金色や銀色の骨組で覆われている。その骨組は塩を多く含む物質でできている。事実、塩は輝いており、骨組のある部分は純粹の塩でできている。貝に由来する骨組は塩を含んだある物質でできている。この物質は貝殻の外では無くなつてゐる。そのうち非常な寒さがやつて来て、それを骨組の形に練らせた。この骨組を形作る物質のなかの水のような部分がそれを輝くものにした。この水質の部分は消滅しない。何となれば非常に細かい土質とよく混つてゐるからである。これらの物質のあるものはよく定つた結果を追い求める自然の知恵を、またあるものはこの世界の良く続いて来たことを示している。』(『もの微妙について』第七巻。ここはラテン版による。)

レオナルドが地質学と古生物学を創始した天才的思想はカルダンによつて少しばかり混乱した形で復元されたことは確かである。しかしそこにはレオナルドの思想がよく認められるし、自然の問題に関心をもつ人の注意をよび起こすのに十分である。一方カルダンはこれらの思想をわがものとして、それに一つの蹄著な奉仕をした。というのは彼は当時おそらく人に知られておらず利用されていないノートからこれらの思想を汲み取り、それを出版した。その書『もの微妙について』は大流行となり、新しい研究に心ある人々の間にひろまつた。カルダンの剽窃はベルナル・パリツィイをしてレオナルドの後継者たらしめたのである。

カルダンを引用するさいあげた文献の注記が読者に一つの注意を促したはずである。『もの微妙について』の初版(一五五二)はレオナルドの『絵画論』から水力学や地質学についての考察を借りてゐるが、第二版(一五五六)ではさらに多くを負つてゐる。力学に関するカルダンの意見を読むと同じことが言える(『静力学の起源』第十五章)。彼はこの書を作つたときレオナルドの手稿から何度もヒントを得てゐるのである。その第二版で一層完全にしようと思つたとき、彼はあらたにレオナルドの手稿をひもといた。ところでこの第二版の出版で大画家からの借りものが終つたのではない。

われわれは前章(ユダヤ人の息子テモン)でレオナルドは川のもとななる水がいかにして山頂から湧き出ることができるか、という問題を熱心に考えていたことを述べた。この問題は氣象論について

書いた十六世紀の哲学者が一人として触れないことのなかったものである。従つてカルダンの注意を引いたのも当然である。

カルダンは『ものの微妙について』の初版以来、川の起源について出された種々の説明を検討することを提唱している（同書、ラテン版、一二七ページ、フランス版、六四裏）。彼はそれらの説明を列挙することから始めている。「そこで哲学者は水が生成されるものと考え。サロモンは水が海から循環によつて来るものと考え。またある人々は雨と雪の集まつたものとし、またある人々は地下にある泉から湧き出ると考える」「これらの説明のどれも問題のないものはない。」「タナイス（*ドン河の古名）はモスコの平原から湧き出るのであるから、すべての水が山で空から発生するもの」でな。いことは明らかである。雪と雨では多くの河川の生成をまかなうには十分でない。」「同じやうに、雪に覆われておらず雨にもつるおそなれていない山から水が流れるのであるから、水は雪だけではない。結局、水が雪から多量にかつ連続的作られるといふことは信じられない。」「しかし、数々の、また重大な異論を引き起こすにしても、山頂に湧き出る水は海から来るといふことを主張するのが一つの仮説である。」「海から山頂の高さまで揚げることはできないし、また山へ到達する前にあらゆる側から出てくることもない、もろもろの川の流れは決して減らないであろう、海でも多くの河には十分でなく、いつかは乾いてしまふであろう、水の大部分が太陽の熱でなくなつてしまふだろう、また地下のこのよつな運動はさきに述べたよつに地を振動させるだろう、水があればこれは山の山から出てこなくてはならないことには理由がない。またそれが純粹であつて塩気や苦味がないこともむずかしいだろう。」「

これらの批判は提案されているすべての解答を退けているように見える。カルダンの折衷主義は別の側からこれと折り合つてしまふ。・「そこでどうだろうか。上に述べたことがすべて原因ではなからうか。」「

しかし、それらの原因のなかに一つこの著名な占星術師の氣に入つていると見えるものがある。それは川の原因を雨水に帰することである。彼は著書の初版以来「水は雨によつて川を増す」（一三〇ページ）ことを言っている。彼は第二版を編集するとき、水に関する現象について長い増補を加えた。このなかで川の形成について今日われわれが使つると同じ言葉で説明している所がある（前掲書、

フランス版、三九〇ページ）

「結局、雨が太陽に伴うということである。何となれば海から高い所へ来た水は初め塩気があるが、淡水に変わり、それから海へ注ぐ河の多くも同じようになる。河の水は（海へ行つて）塩気のある水に変わる。この原因に対して、もし分布が等しければ、それは永久にそのようであり得るが、雨の水は非常に多量であることが必要である。それは海に注ぐすべての河の水に匹敵する。」しかしカルダンはこの理論に終始するようには見えない。上の引用のすぐあとで彼は、島々をつるおしている河の水は地下を通つて海から来ることを認めている。「そうして、これらの島に水が豊富であるとき、水はそこで生成されたものでなく、ただ流れてきて島の土地で蒸発されたことは明らかである。何となればヒベルニー（*アイルランドの古名）には十五の川があることがどうして可能であろうか。それらのもとが海でないならば、水は土地の上を流れて行くとき無くなってしまうのに。…これらの水は淡水にならねばならぬ。何となれば島は山の頂きであつて、海に囲まれた山は、塩からい水を流し蒸留して淡水にするのである。」しかし海の水がもとの水準より高い所はどうして昇り得るのであるか。これまでいつもこの上昇が不可能であると見なして来たカルダンは、ここでその理由を示すことをしていない。

『ものの微妙について』の第二版がまだ出ないうちにジュリオ・チエザレ・スカリジエロ（*イクリーの言語学者、医学者、一四八四・一五五八）はこの書についてのきびしく、また詳細にわたつた批判を発表した（『カルダンの第十五巻演習の批判』一五五七）。この批判においてスカリジエロは自分流に河の起源を論じた。カルダンが『ものの微妙について』の第一版に書いたことに対して、彼は山腹から湧き出る水は海から来るとし、海の水がいかにしてその自由面より高く上昇するかを説明できると称した（前掲書、練習第四十六）。

『ももんが』第三八巻第六号（一九九四年六月）

デュエムのレオナルド研究(三十一)

矢 島 祐 利

カルダンは管の中の水は、管を入れてある水溜の水準より高くは昇り得ないことを確認した。このことは水溜の中の水が圧縮されていないならば正しい。しかし圧力を受けていれば別である。たとえばポンプのピストンに石をのせれば、管の中の水はポンプの中よりずっと高い所まで昇るであろう。また石の代りにそれと同じ重さをもつ水を置いて、同様の作用が起こるだろうことは明らかである。この考えは海の水がいかにして山頂まで上昇するかを説明してくれる。海の内部の水はその上にある水によって、ポンプによるかのように圧縮されている。この圧力の作用によって、この水はポンプの管の中の水が上昇するように、岩の割目の間に上昇する、というのである。

静水力学の法則に少しばかり通じている人は、微笑してこの説明を受入れない人はないだろう。ポンプの管の中に昇る水の高さは、まさにポンプにおいてピストンの加重に等しい重さの水がとどく高さである。この原理はレオナルド・ダ・ヴィンチのノートに度々記されており、ジオヴァンニ・バッティスタ・ベネデッティはこれを学び取ったらしいのである。「ユダヤ人の息子テモン」の章(一)の原理によると、海の内部の水がそれより上の水から受ける圧力は前者を後者の自由表面より以上に揚げることはできない。しかしスカリジエはこの異論には気がつかなかった。彼はレオナルドによって静水力学に導入された実り豊かな思想を知らなかったからである。

スカリジエは液体の平衡の法則について考慮しなかったのではない。反対に彼は彼の理論を設定しようと思ったのである。しかし彼の援用する静水力学はレオナルドのものではなく、サクソニアのアルベルトのものである。

この書の初めの方で述べたサクソニアのアルベルトの学理に従えば、重いものはその本来の場所にあるならば現実的な重さを持っていないのである。少なくともこの場所以外にあるのでなければ、そのいろいろの部分がかたまり合うことも、またお互いに詰め合うこともできない。とくに水が自然の位置にあるとき、底の近くの部分は表面に近い部分によって少しも圧されない、というのがアルベル

トの形式的な教えであつて、彼はこういふ、「他のものの側へ一緒に動かされることなく、従つて他のものを巻き合せることはない。水についてはその上の部分を押し上げること、また下の部分を押し下げることもないのは明らかである。」(『自然学の問題』第四巻) ところで、アルベルトの教えに従つて、世界の中心に中心をもつ球面で墳された海は實際上その自然の場所にある。それゆゑ海の上部の水は下部の水に少しも圧力を及ばさない。それは水を山の頂きまで押し上げることができない。

明らかにスカリジエはサクソニアのアルベルトの学理の第一の部分だけ用いている。そこで彼は第二の部分には反対する必要があつた。彼にとつては海は実際にその自然の場所にあるのではなかつた。彼は次のような独時の理論を持ち出している。――

四元素は真にその自然の場所にあるためには、それらは球面で墳され、その中心は世界の中心でなければならぬ。また土はこの中心に最も近い位置を占め、次は水、その次は空気、それから火というふうになつてゐることが必要であらう。

ところがこの配置は決して現実がわれわれに示すものではない。地が自然的にとるべき球には凸起や瘡が附け加えられ、それらが大陸と島々を形作る。これらの凸起は水が自然に占めるべき球状の一つの層の一部を充している。それによつて自然の場所から追いつた水塊は大洋の水準を高める。このようにして大洋は二つの層の重ね合わせでできている。一つは下の層であつて自然の場所にある水から成り、もう一つは表面の層で大地によつて自然の場所から追いつた水である。サクソニアのアルベルトの学理によると、後者はその重みで前者を圧している。

スカリジエがカルダンに反対して、山の泉は海の水から来ると説く奇妙な学理はこのようなものである。

スカリジエの攻撃はミラノの医人を動かさずにはおかなかつた。彼は一五六〇年その「もの微妙について」のラテン語の第三版へつけた「中傷人に対する第一の行動」において活発に反論した。

川の起源の理論はカルダンが「中傷人に対する第一の行動」のなかで最も力を入れた点の一つである。彼は「もの微妙について」で示した学理を一層くわしく述べるにとどめると言つてゐるが、実際にはそれまでに一語も発したことのない仮説を出している。

「海の水は海綿に水が浸み込むように大地のあらゆる部分に浸透する。時には大きな導管によつて流れ込む。そのとき海水は塩から

い水の井戸を養うのである。…この場合海水渦自分では上昇しない。またすべての塩からい泉は…海より非常に低い場所にある。

この水準より上へ昇る水はすべて必ず熱の作用を受けている、そこで淡水になるのである。それゆえ水は太陽と雨の熱によつて地表面へ向つて引かれる。山頂の章さで蒸気は凝結して小川となる。小川はいくつも低い谷へ向つて流れ河になる。このような水の上昇は永続的である。というのは蒸気が立ちのぼるのは天体の熱によるばかりでなく、蒸留器の中と同じように地中にある熱によつても生ずるのである。かように絶えず循環している物質は決して無くなることはない。海がひかえているから、この塘環を決定する要因も常に備わっている。すなわちそれは一方では天の熱と地の熱、他方では山頂における岩石と空気の寒冷である。このことから泉は永久に湧いて出る。…ところですべての事実またわれわれの言うことのすべてが真の原理といかに一致するかが分るう。われわれの理論には誤った点、矛盾、背理は一つもない。」(前掲書、一三一一—一三二六ページ)

カルダンはここで全く新しい学理を述べたことをはっきりと認めることができる。「今われわれは前代未聞の学理を宣言する。」われわれはこの宣言を信すべき保証を持たないだろう。実際、この学理はわれわれのすでに知っているものである。それはレオナルドのノートの中でわれわれの読んだものである(ユダヤ人の息子テモン)の章)

カルダンはレオナルドのノートのなかでこのことを読んだのは確かである。それは決してレオナルドより前の人の書いたものにおいてではない。もとよりアルベルト・マグヌスはすでに地球の内部で温められた水が蒸気の形で山頂まで上昇し、山頂の冷気で再び凝結すると考えた。またユダヤ人の息子テモンはこの上昇を蒸留器における蒸発に比較している。しかしアルベルトもテモンもアリストテレスの理論を認めていたのである。彼らは泉のもとになる水は地球の内部で生成されると考えた。彼等はこの仮説の助けをかりて太陽熱とそれの生ずる蒸発に頼つたのである。レオナルドは初めて大ブリニウスの学理に従つて、海の水がいかにして山頂から湧き出すかを説明するために、この同じ考えを取りあげたのであった。カルダンがヒントを得たのはアルベルトウス・マグヌスでもテモンでもなく、レオナルドからであった。

カルダンが『ものの微妙について』を編集したとき、彼はレオナルド・ダ・ヴィンチによって集積された思想の宝庫から莫大な借りものをした。彼はこの著書を一層完全にしようと思つたときにも、またジュリオ・チェザーレ・スカリジエの攻撃に対して弁護しようと思つたときも、レオナルドから知恵を借りることを止めなかつた。絵画および色影についての考察、水の形に関する意見、侵蝕および土地の隆起の考察、化石の生成の説明、河の起源の理論など、すべて否定しがたいレオナルドの痕跡をとどめている。カルダンはそこへ自分のものを混ぜているのである。しかし彼のつけ加えたものは首尾一貫しないもの、また彼の奇妙な酒に酔つたような天才から来る不明瞭なものに過ぎないことがかなりしばしばある。この有名な占星術師の思想を十分に理解するには大画家のノートにまで立ち返らなければならないことが数々ある。彼はこれを写すとき歪曲しているからである。

カルダンは『ものの微妙について』に書いたほとんどすべてを、静力学でも動力学でも、レオナルドから借りたのだとわれわれが言つても、人はもはや驚かないだろう。われわれはそれをすでに言つて来た。もしカルダンの力学とレオナルドの力学の間の似よりは偶然の一致であると言いたいならば、われわれが『ものの微妙について』とレオナルドのノートの間に指摘したかくも多数でさまざまな相点について、すべて偶然の一致だと言わねばなるまい。これは偶然にしては多過ぎるというべきであろう。われわれはパスカルとともに「さいころ骰子に不正があつた」と書く権利があるだろう。

『ももんが』第三八巻第七号（一九九四年七月）

デュエムのレオナルド研究(三十二)

矢 島 祐 利

ベルナルル・パリツシイによる化石の生成

カルダンがレオナルドから借りて来た思想は彼の著書のなかで人に気づかれずに未知のままにとどまったのではなかった。『ものの微妙について』は非常に流行して多くの学者の注意を引いた。それらの人々はこれを繰返し読み、自分の考えを加えてみずからの発見をおこなったが、結局レオナルドの思想に大きく依存するものであった。カルダンの書物の影響が著しかったのはとくにフランスであった。リシャルル・ル・プランの翻訳によってこの影響は一層大きくなり、これによってレオナルド・ダ・ヴィンチはフランス科学の目ざめに大きく貢献したのである。

力学の歴史はこれを支持する多くの議論をわれわれに提供するであらう。ここで一例だけあげる。

フランソワ・アラゴ以来、蒸気機関の発明者のなかでサロモン・ドウ・コー(「*フランスの技術者、一五七六ごろ―一六二六」)にいかなる地位を与えるべきかをわれわれは知っている。サロモン・ドウ・コーはいかなる器械においても抵抗する仕事は動かす仕事を上回ることはできない、という大きな真理の上に彼の工業力学のすべてを建設した(『動かす力ともろもろの器械との割合』、一六一五)。しかしサロモン・ドウ・コーは「仕事」という語を創り出したとしても、彼はこの語の表す思想を創造したでもなければ、この思想が一環をなしている実り豊かな原理を創造したでもない。彼はそれらのものを彼が名をあげているカルダンという一人の近代力学者から借りたのであって、カルダンはそれをレオナルドから取ったのである。そこで工業力学を支配する理論の起源にまで立ち返ると、われわれはそれはカルダンがレオナルドから取ったものから生れたのを見るのである。

古生物学についても同様である。

フランスで化石のもとが有機体であることを確かめた人はベルナルル・パリツシイ(「*一五〇〇ごろ―一五八九または一五九〇」という天才的陶工の前にはいなかったようである。

パリツシイがサントンジユにたくさん出る化石をしらべ、その奇妙な石がその地方にかつて棲息した動物の残骸であることを認め、それは一五六三年に印刷された『真の処方箋』においてであった。彼をしてその発見を語らせてみよう。

「私をして土は通常石になることを信じさせまた理解させたもろもろの事実に立つて、そうであるのは石を割ったところに貝殻があるのを私は度々見ているのである。その貝殻は他の部分より固い石になっていた。私はこの原因が何であるかについて驚きかつそれを考えて何日も心を苦しめたのであった。

「それ以来、私はこのことの原因になり得るものをすべて明らかにするため、私の道に従って検べを掘り下げていった。私はこの精神的仕事にとりかかってから、今でもなお真実であると確信することを考えた。それは上述の堀の迂くにはむかし住居があったということである。そうしてそこに住んでいた人々は貝の実を食べたあとで殻をこの谷へ捨てたのであろう。それから時が経つにつれて、貝殻は土地の中へ埋まり、またこの泥土は変化し、汚いものはくさって粘土のようなきれいな土になり、上述の貝殻は溶けて液になり、貝殻の含んでいる塩は近くの土に引かれてその土を石にしてしまった。しかし貝殻は土に与えた以上に多くの塩を持っているので、土よりももつと固く凝集し、それぞれの形を失わず石となった。」（ベルナル・パリツシイ『著作集』第一巻、四七ページ以下、一八八八年版）

発見者が発見の生い立ちを物語るのを悪意をもって迎えるのは適切ではないだろう。彼は懇切に彼の思索の奥底にまでわれわれを案内してくれる。しかし彼は余りにもしばしば何を讀んでこの闇を照らす火花に点火したのか語るのを忘れている。

ベルナル・パリツシイは「理論」と「実践」の間の対話で意見を述べているが、彼自身は「実技」という人物の形をとる。これはすべての知識を観測から得るのである。彼はラテン語で書かれた大きな書物から得たおかしな学問でふくらんでいる「理論」を愚弄する。彼は化石の起源を判断しようと試みる彼自身の精神の葛藤を描いている。彼はリシャル・ル・プランによって訳された『カルダンの書』を開いてのちこの葛藤の終ったこと、また次の文を讀んだことは語っていない。

「貝殻石には湾曲した縁があつて黄色の骨組に飾られた貝殻に似ているといわれる。白く軟い大理石でその中に通常貝殻の見出され

るのはやはり貝殻石の一種である。昔はパウサニアスが示しているようにメガラの町以外には何処にも見出されなかった。そうして、このことはメガラのあたりが海に覆われていた明らかな証拠である。何故かという、貝殻は長い時間には岩の間や土の下で石になり、形は残って実質は変質してしまう。これらの石に金色や銀色の骨組みがついていないのは何故かという、物質が塩気を含んでいないことが原因である。何となれば塩は光り輝く、そうして骨組は塩の純粋な部分でできている。貝殻でできているものは塩気を含んだある部分でできている。そうしてこの部分がその寒気にさらされる、それが骨組になる、何となれば水気の部分は輝くからである。水気、水蒸気、水質が細かい土に混ると使い果たされない。これらの事柄の何れも先見の明のある、ある結論に向った性質のものではない、どれも永遠の世界の議論ではない。』(『ものの微妙について』フランス語訳、(一五五六)一五一ページ)

カルダンのこの文がベルナル・パリツシイに石化の理論を暗示したことは明白である。これら二人の著者たちは何れも石化した貝殻の固く光っている骨組の部分を、貝殻が含んでいて外に出した塩気の物質に帰している。こんな奇妙な想定的一致は偶然ではあり得ない。ベルナル・パリツシイは一つの点でそうして遺憾な仕方である。カルダンの学理を変更した。カルダンは化石のなかに今は露出している土地にかつては海があつた証拠を見出したが、パリツシイはそれは人間の調理の残物と見なした。どうしてこんな素朴な、そうしてまづい考え方をしたのだろう。

またベルナル・パリツシイの『真の処方箋』でも『みことな談話』でもひもといてみるなら、彼がカルダンの書からヒントを得ている箇所を多数見出すことができよう。しかしカルダンの名をあげているわけではない。十六世紀では近代の著者の名は、その人の意見を用いる場合にはあげないのが常で、反対するときだけあげるのであつた。* 今ではこれを英訳で読むことができる。The Admirable Discourses of Bernard Palissy to Aurele La Loque, 1957, University of Illinois Press.

幸いなことにベルナル・パリツシイはカルダンに反対しなければならぬことがあつた。反対するために彼の名をあげているのである。その名をあげること、そのもとを明らかにしているわけである。それは「理論」によつてなされているが、彼のいう「実践」がしばしば汲み取っているものである。『見事な談話』の第八の石の

議論のところは次の対話がある。

実技 「ところで私はかつてカルダンの『ものの微妙について』という本を見たことがある。そこには山のてっぺんや岩の間に石になつた多くの貝殻のあることが扱われている。私は重大な誤りを発見したので、この有名人に反対する機会をもつことになる。他方ほかの学者の本がこのようにフランス語に訳されないので、カルダンが石になつた貝殻について言ったことに反対するように、反対すべきことがあるかどうか分らないのが残念である。

理論 「何だつて、お前は学者でもないのに、こんな学問のある人に反対しようと思うのか。カルダンは名高い医者で、トレットで学級を受け持ち、ラテン語で多くの本を書いていると聞く。お前といえば母国語のほか知らず、どうやって反論しようというのか。」

実技 「彼が言っているのは、世界に散らばっている石になつた貝は、水が最も高い山をも覆っていたとき、大洪水の日に海から来たのであること、また水はすべての土地を覆っていたから海の魚が至るところにひろがつており、海がひいたときに魚や貝殻が残り、それらは形は変わらずに石になつたというのである。これがカルダン氏の文章と意見である。」

理論 「たしかにそれは立派な理屈である。しかし私は真実がそのようなものであると信ずることはできない。」

実技 「私にこんなおしゃべりをさせてくれようとは思わないかね。…もしカルダンが創世記を読んでいたら彼は別の言い方をしたかも知れない。何となればその中でモーゼは大洪水の日に天の深みと息抜きが開かれて、四十日雨が降って地を充たし、海の境界はなくなつた。」

理論 「しかし、石の中に貝がある原因は、カルダンが書いているようでないとするれば、何であるとお前は言いたいのか。」

実技 「もし、お前が地中にある石になつた貝の多数についてよく考えたことがあるなら、貝類は陸地には海よりも、川、泉、小川を含めてもずっと少ししかないと知るであらう。池や小川には多くの種類のイガイその他の貝類が見られる。これらの貝が地上に投げ棄てられたとき、そこに塩気の物質があれば石になるだろ

う。…これによつて私は武器をつけた魚類〔*貝類〕といういろいろの経歴で石になつたものは同じ場所で発生したものと思う。ところが岩礁は水と容器に過ぎず、上述の貝類とともに石になつた。…」

理論 「そのことではお前は少しもカルダンに反論したことはない

ならない。何となればお前は石化の原因のことを言っていないのだから。」

実技 「実を食べたのち地上に棄てられたあるものは、地上において、その持つ塩気の性質が湿っぽい場所にある貝の塩気と結びついている繁殖性の塩と引力をはたらかせ、上述の性質の親和がこの混合物体と結合して固くして、主体を石に化した。これが理由であつて、他にさがす必要はない。」

ベルナール・パリツシイは確かに反論が好きであつた。彼はカルダンに反論するのが面白いことをかくさなかつたし、またラテン語で書いた学者に太刀打ちすることができないと分つても残念とはしなかつた。他人と論争してこれに勝とうとする制しきれない欲望が彼をして容易に反論のできる理論をこまごまと考えさせ、それをカルダンに無料で貸そうとさせるに至つたが、カルダンはこれに対して一言も発しなかつた。

カルダンはパリツシイのように貝殻石をむかし食料にした貝の残骸とは決して考えなかつた。彼に従えば石になつた貝はそれの出てくるような、今は露出している土地がむかしは波浪に覆われていた証拠であると言っているが、その波浪が聖書にいう大浜水だとは言っていないし、そんなことをにおわせてもいない。彼はそんなことは決して考えなかつたのに違いない。そうしてアリストテレスやレオナルドをまねて陸地と海が長い間に所を変えたと認めたとようである。

また創世記にいう大浜水については『ものの微妙について』ではほとんど問題にしていない。僅かに漠然と疑わしい言及がなされているだけである。陸と水の比較的の大きさを論じながら、カルダンは次の意見を述べている。――

「このことから通常大洪水といわれている洪水がいかにして生ずるかが明らかである。水は本性がこまかく地の下へ入るので、少し水量が増すと低い場所を覆い、短い時間で退いて行く。どんなに深くても水はこまかいからである。しかしもし測れるほど大きくなれば大浜水となるほどの増水にならう。しかし洪水は来なかつた。もし何度か来たとしても、洪水が来てそして退いて行つたということも容易でない。人間は全部消滅してはいないのだから。土地は数箇月どころか数年も水の下にかくれていたのである。しかし、プラトンのいうように、洪水は一度でなく、何度もあつた。そうして、それから数箇月でやんだ。」(前掲書、フランス版、六三ページ)

すなわちカルダンが書いたものでは、化石の起源を聖書にいう大浜水にまで持つて行つてはいない。ベルナル・パリツシイはただ論戦の興味のためにこの仮説を考えたのである。この論戦のやり方に余り驚くことはない。十六世紀では「宗教界の人々」は宗教外の学問でそこまで知られていない議論に聖書を引合に出すことを好んだ。ルターとメランヒトンはコペルニクス体系が神学の領域で遭遇した最初の論敵であつた。彼らは聖トマス・アクイナス、アルベルトス・マグヌス、サクソニアのアルベルト、ピエル・ダイイー、プロストチモ・デ・ベルトマンディ、ニコラウス・クサーヌス、コエリオ・カルカニーニ、コペルニクスが自然の理によつて扱つた力学上の問題を啓示の名で解こうとした。ベルナル・パリツシイをしてカルダンに論戦をなさせたものは疑いもなくこの風習である。

またおそらく彼はこの論戦によつて『ものの微妙について』の中で彼が借りものをしてゐることを忘れさせようと計算したのである。事実、化石の形成について彼の述べた正しい意見のあるものはカルダンから借りたのであり、カルダンはそれをレオナルドのノートから採つたのである。このような剽窃の連続によつて「実践」が化石に関してレオナルドから学んだ真理は、不毛でゆがんではいないがしかもなお古生物学を生み出す能力はもつてゐる科学者の間に拡まつて行つた。

ヴィラルバンドやベルナルディーノ・バルデイその他多くの同時代人と同じように、カルダンもまた剽窃者であつた。然しレオナルド・ダ・ヴィンチの思想を剽窃することによつて、それを忘却から救つた。彼の奇妙な本が流行したおかげで、彼は至るところへレオナルドの思想を蒔いた。そうした彼にこまかい心使いのなかつたことが、彼の蒔いた種子からいろいろの発見をなさしめたのである。人間の思想を導く人は学者どもの悲しい弱点を科学の進歩のために奉仕させた。

『ももんが』第三八巻第七号（一九九四年七月）

デュエムのレオナルド研究(三十三)

矢 島 祐 利

「重さの科学」とレオナルド・ダヴィンチ

一 物質の抵抗に関するレオナルドの最初の考え

レオナルド・ダ・ヴィンチは画家・彫刻家・音楽家であっただけではない。彼はまた建築家であり技術家であった。彼がミラノ公ルドヴィコ・イル・モロ侯に仕えようと思つて自薦した手紙の中で種々の軍事技術の問題をあげたあとで、彼はこう付け加えている。――

「平和のときには建築に関して公私の建物を立てたり、また水をある地方から他の地方へ引くことなど、同様に満足を与えることができる」と信じます。」(ユージューヌ・ミュンツ『レオナルド・ダ・ヴィンチ』一四一ページ)

レオナルドの才能が加わっていることの明らかな重要な建物はな
いが、彼の残したノートの中には宮殿・教会・廟墓などの設計図が
たくさんある。それらの設計の美しさを見ると、彼の芸術の栄冠に
もう一つの花を添える機会のなかつたことが思い知らされる。

殿堂の描像に駆り立てられたり、力の平衡の法則を絶えず考えた
り、科学で芸術の上へ多くの光りを投げることをこれまでのどの芸
術家よりも一層思つていたレオナルドは、必然的に建築が静力学か
らどんな・助けを取り出し得るかを研究するようになった。彼は努力
して物質の抵抗についての一つの理論を立てるに至つた。

この問題についてわれわれはこの大画家の残したノートの中に彼
の思索の跡を一步一歩辿ることができる。とくにヴェンチューリが
Aという記号をつけたもので、フランスの学士院に保存されている
手稿には梁の湾曲・アーチまた迫持の圧力・破壊を防ぐ適当な方法
などについての考察が多数含まれている。それらの考案については、
「ベルナルディーノ・バルデイがレオナルドに負うものについて述べ
た章で少しふれた。」() の ()

しかし手稿Aがわれわれに示すところの、物質の抵抗に関する多
くの意見を検査することは、手稿が解答を示していない興味ある諸
問題をわれわれに提供する。レオナルドが立てた多くの命題はどん

な原理から導かれたのであろうか。その原理は当時知られていた力学の法則と結びついたものであるうか。そうだとしたらどんな結びつきをしていたか。レオナルドはいかにしてそれを思いついたか。目の前にひろげられた断片を見てみると、多くの問題が湧いて来るが、それを解く適切な方法はそこには示されていない。

レオナルドが手稿Aを左書きの文字とスケッチで充したその瞬間には、物質の抵抗に関する彼の理論は彼の精神のなかですでに決定的な輪郭を持った形になっていたのであろう。その最初の筋書を見出し、のちに発展したものの盤明芽を知るためには、われわれは何かもっと古い手稿を研究しなければならないだろう。

トリヴルツィオ公の図書館に保存される手稿(『トリヴルツィオ文書』ミラノ、一八九一年版あり)をひもといた誰かが、のちにレオナルドが展開する梁の湾曲やアーチの強さに関する考察の原理を横取りしたと思われていた。

その手稿の大部分は非常に短いノートでできているが、それを読んでみるとレオナルドは彼が展開した思想を何から汲み取ったかが分る。その源泉はおそくとも十三世紀に名の知れない数学者によって書かれたものである。

レオナルドが物質の抵抗に関する彼の理論の原理をこの著書に召只うことは、われわれにとつて少しも驚くべきことではない。レオナルドの静力学とこの未知なる力学者の静力学の類似はかなり多くまた顕著なので、われわれはこの著者を「レオナルドの先駆者」と呼んだ(『静力学の起源』第一巻、一三四ページ)。しかしレオナルドとその先駆者の接触がトリヴルツィオ文書に書かれている力学の短い考察ほどはつきり認められる所は他にない。「レオナルドの先駆者」というのは一つの一見方であるけれども、こつという言い方は、サートンも指摘しているように(『科学史序説』、二巻六一四)余りよくない。未采で過去を律するのはおかしいからである。」

「重さ」の著者たちとレオナルドの先駆者

「レオナルドの先駆者」というのは『重さについて』という書の著者である。

中世において力学の研究にたずさわった思想家には二つの種類があつて、研究の方法も異なつていた。

一方において大学の先生たちはアリストテレスの『自然学』や

『天体論』の注釈をしながら、物体の平衡と運動の問題や、彼等がアリストテレス派の哲学に結びつける学理を展開した。他方、大学ができる前あるいはできてからも、数学者たちはアリストテレスの自然学にはほとんど何も負うところのない「重さの科学」を展開した。

この独立の科学の領域は広くなかったが、全く限界がはつきりしており、スコラ学派の自然学を研究している人々もそれを知っていた。一二六七年にロージャ・ベーコンは幾何学の有効性を宣言するためにこう述べた。「それは重いものの科学を理解することを可能にさせる。それは立派な科学であるが、重い・あるいは軽い物体の運動の原因を調べたことのない人にはむずかしい」『大著作』一七三三年版、一〇五ページ）それから百年後ピエル・ダイイーはジャン・ドゥ・サクロボスコ（ホリウツドのジオン）の『球の研究』の注釈をした。「十四の問題」の一つで、諸科学の分類の筋書を作り、彼のいう「重さの研究」(Tractatus ponderibus)の占めるべき位置を示した。「この書の部分訳(高橋憲一)が「科学の名著」³」ロジャール・ベーコン(一九八〇、朝日出版社)にある。引用の箇所は一七四。「

ところでアリストテレス学派の哲学者たちは「重さの科学」を知ることだけでは満足しなかった。彼等はしばしばこの科学と彼等の講ずる科学の接近をはかったのである。彼等はあるときは彼等の学理を支持するために『重さの科学』の書に助けを求め、またあるときはこの書が述べている公理を自分らの自然学の原理に従って説明した。十四世紀にサクソニアのアルベルト(『天体論の問題』第三卷・問題二・三)およびその弟子インゲンのマルシン(『自然学八巻』について)第四卷・問題・八・十一)は「重さの科学」に係する書物のことを述べている。またしばしばパリの学芸学科の先生たちはこの科学に身を入れることを軽蔑しなかった。ピアジオ・ペラカーニ(*パルマのプラジウス)は十四世紀の末に、パリ、パドワ、パルマの大学で教えて名声のあつた人で『重さの科学について』という書を残した(『静力学の起源』第一卷一四七ページ)。

アリストテレス派の先生たちも、また「重さの科学」に熱中した数学者たちも、それぞれ静力学の発展に大きく貢献した。後者にはのちにデカルトが有名にした「ある重さのある高さまで揚げることのできるものは、K倍の重さをK分の一の高さまで揚げることのできる」という原理に帰すべきである。前者はトリチェリが発点とした「一つの組織はその位置をどんなに変えても重心が高くなる」とき、釣合っている」という原理をしいにはつきりさせて行った。

これらの二つの学派の科学への貢献は、どちらもわれわれに知れていることで、美しく感嘆に価するものである。

大学でアリストテレス派の重さの理論を発展した先生たちのうちで、その歴史が我々の記憶に残っている人がいる。インゲンのマンシル、アイイーのピエルなどがそうである。偉大な人々のなかで不当にも忘れられてしまった人もある。しかし大学の記録は彼等の生涯や学問のある傷跡を残している。サクソニアのアルベルトやユダヤ人の息子テモンの場合がそうである。

反対に「重さについて」の学派を著名にした数学者たちについては、ほとんど何も知られていない。長い間これを引用するスコラ学者たちは「重さの著者たち」という無名の集合名称を使つて来た。ただアルキメデスとヨルダヌスの名だけはしばしば言及されている。ユークリド、アルキメデス、ネモレのヨルダヌスは何れも重さの科学が入っている写本の最初に出て来る名であるが、アルキメデスに帰せられている書物が必ずしも彼のものではないのである。同じ内容のものがユークリドにもヨルダヌスにも帰せられている。また一方、別々の三つの書物がネモレのヨルダヌスのものだとも言われている。

われわれはこの混乱に少し秩序を与えようと努力した(『静力学の起源』第一巻、五・六・七章)。その結論の二三をここで繰返そう。

ヨルダヌス派が用いていた書物のなかに、確かにギリシア起源のものがあつた。中世において、これこれのギリシアの数学者に負うといわれて来たのをそのまま受け入れることはできないけれども。

これらの書物、もつと精確に言つと、これらの断片のうちで二つがユークリドに帰らせている。一つは「軽さと重さに関する小冊子」というもので、アリストテレス派の力学を非常にはつきり与えている。もう一つは「回る端に沿う重さの書」と題し、挺子の理論を扱っている。

比重に関する断片は今では不完全であるが、渾秤の記述にまで及んでいると言える。これはアルキメデスに帰せられているが、この静水力学の著書の基礎になっている原理はアルキメデスのものとは反する。どちらかと言えば、この書の著者はアリストテレスに近い物理学からアルキメデスの発見した法則を導こうとしているようである。

このギリシア起源の著書に結びつきたいものがある、それはローマ秤のことを書いた『規準について』という書物で、これはおそら

くカリスチオン*という数学者によって編集された。カリスチオンの注釈あるいは序論は有名な天文学者タービット・イヴン・クツラ（九世紀のアラビア学者）の書いたもので、イスラム科学と「重さの科学」のある関係を示している。「*アラビアのカラストゥーンから来たもので人名ではない。タービット・イブン・クツラの訳書の題名の中の語。Moody and Q agent, The Medieval Science of Weights, Wisconsin, 1961

ギリシア科学とイスラム科学のこの薄い沖積土の上に西洋の科学が築かれたのである。確かに十三世紀の初め以来、あるいはおそらくその前に、西方の科学は建物でいえば最初の土台を置いたのである。そうしてそれはだんだん大きくなったのである。一人の天才的数学者が「われわれはその人について名前のほか何も知らないが『規準について』の序論として役立つ小著を書いて近代静力学を創られたのである。位置による重さ」*物体の運動方向への重力の成分に当たるものである。」の観念が書かれている書において、ネモレのヨルダメスは仮想仕事の方法を発明し、挺子の釣合を証明するのにそれをを用いたのである。

ヨルダヌスの名声は彼の弟子のある人々に別つべき功績を窒息させてしまった。『重さについて』の著者たちが書き、十三世紀の筆記者が書き残した静力学の著書のなかで、ヨルダヌスに帰せられないものは一つもない。しかし、この学派の頭領によって書かれたと見られ、他の著書の種本となったテキストと別にわれわれの注目を引くものが二つある。

その一つは余り数学者でない哲学者の著書であって、ヨルダヌスの学理をアリストテレスの自然学の諸原理に結びつけようとしている。ロージャ・ベーコンが「ヨルダヌスとその注釈者」と言っているのは確かにアリストテレス主義者のことである。この注釈者の著書は十四世紀にピエル・アピアンがヨルダヌスの重さの研究として出した書物のなかに含まれている。（一五三三刊）（*前掲邦訳書一七七）

ヨルダヌスにつけたアリストテレス派の注釈に科学的価値がないとしても、十三世紀の筆記者がヨルダヌスに帰しているもう一つの著者がやはりそうだというのではない。堪能な数学者の著であるこの書は静力学においてなされた最初の実りの多い発見のいくつかを含んでおり、その発見をギリシアの幾何学にもひけを取らない厳格で立派な数学的証明をもって飾っているのである。ネモラリウスが

まつすぐな挺子の平衡を証明するのに用いた仮想仕事の原理はこの書では肱形に曲った挺子の平衡に用いられており、非常に巧みである。また斜面においても非の打ちどころのない解答を出している。この解答は『重さについて』の著者をしてアルキメデスにも比較すべき力学の功労者たらしめしている。

われわれがレオナルド・ダ・ヴィンチの先駆者という名を与えたのはこの著者である。

この書は四巻（註）に分れている。初めの三巻は本来の静力学を扱っており、第四巻は今でいうなら動力学・流体静力学・弾性学などで種々の問題を扱っている。レオナルドが物質の抵抗について最初の考えを得たのはこの第四巻からであった。

原註　パリ国立図書館に写本が二種ある。何れも十三世紀のものである。「ラテン語写本、七三七八A、八五八〇」。クルクリアは図々しくもこれを自著『いろいろの問題と発明』の中へ剽窃し、その原稿を友人でヴェネチアの出版者クルティウス・トロヤヌスへ遺贈した。トロヤヌスはこれを出版した。しかし中世の写字生の略字法を知らないで、ヨルダヌスの弟子の書を誤りだらけで不可解なものにしてしまった。この書が力学の歴史にとって重要なことを最初に指摘したのはヴァイラティ氏である。

『ももんが』第三八巻第九号（一九九四年九月）

デュエムのレオナルド研究(三十四)

矢 島 祐 利

挺子と輪軸に関するレオナルドの一つの意見

トリヴルツィオ公の図書館にあるレオナルドの手稿は大部分すでにわれわれの述べて来た『重さについて』を読んで書いた力学に係するノートを含んでいる。そうしてそれらはほとんどすべてその第四巻に関係している。第四巻の諸命題のうち『トリヴルツィオ文書』において注目の対象になっていないものは少い。そこで言及されていないものはレオナルドの他の書きもの、とくにフランス学士院にある手摘Eにおいて言及している。それは『トリヴルツィオ文書』の発展と見てもよいようである。後者で肋間単に筋書きだけ書かれている思想が前者では完成された形になっているのである。

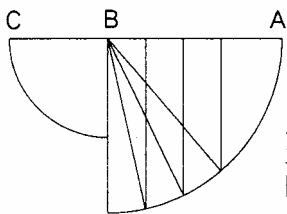
しかし『トリヴルツィオ文書』の一つに『重さについて』の第四巻に関するものとは見えず、第三巻の最後から一つ前の命題に関する考察がある。

ある重さが、挺子の腕の一端に吊されているとき、それを支えるために必要な力は、挺子が水平の位置から離れて垂直の位置に近づくに従って減少する。実際、この垂さのモーメントはますます小さくなるのである。このことはナイルの岸で水を汲んだエジプトの農民も知っていた。また(ギリシアの)古代人もこれを知っていた。アレクサンドリアのヘロン、またパツポスの書いたものではこの知識を直接また間接に前提としている。

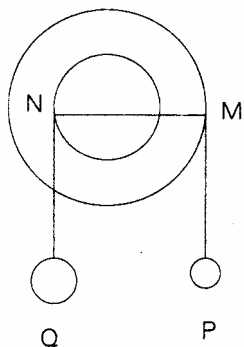
「レオナルドの先駆者」が第三巻の最後から一つ前の命題で論じたのは、斜めの挺子の腕の一端にかけた重さのモーメントに関するものであつた。その命題はこう述べている。――

「重いものを水平の位置から垂直の位置へ上げてみよ、支えるものの度合いに従つてあらゆる位置で重さを定めることができる。」
『重さについて』の著者がこの命題に与えた発展はクルティウス・トロヤヌスの奇妙にも不正確な版ばかりでなく十三世紀の写本でも容認し難いものを含んでいる。その誤りが余り大きいので無知な写字生のなせる業と思われる。他の場所では著者はモーメントの概念を極めて正確に用いているのである。

いま引用した命題は確かにレオナルドの注意を引いたに相違ない。



第一図



第二図

い。さきにあげた手稿のページに二つの略図がある。その一つ(第一図)は明らかに挺子の腕の一つに吊つてある重さのモーメントが挺子を傾けたとき受ける変化を扱っている。それは『重さについて』の著者が追跡したものと非常によく似ている。もう一つ(第二図)は異った二つの重さを釣合わせる輪軸を現出している。

これら二つの図の近くにこんな意見がある。――

「平均の線の中で支点からより離れているものは『原注』、上の図のMNで示されているように」「この支点によって支えられることがより少い。」

原注 支点からの距離の水平面への射影がより大きいこと。

この考えが同じページに少しずつ変つた四つの形で繰返されている。その中で最も発展されているもの一つだけ掲げよう。それは非常に傾いた定規の図(第三図)を伴っており、その両端から支点の垂直線への距離がしるされている。すなわちそれは釣合っているのである。――



第三図

「支点からより離れている棒の部分はこの支点で支えられることがより少ない。そこでその本性を観察するためにより大きな自由がある。それは重さがあり、重さのあるものは下降しようとするから、棒のこの部分は他の部分より一層活発に下降するであらう。」

今引用しているページは多くの意見を提出している。

第一に、今引用した考察はレオナルドによって発展された物質の抵抗の理論の種子であつた。そのことは、これからすぐに分る。

第二に、もしレオナルドが彼の先駆者の著書を見ながら書いたとすれば―これから先を研究すればこのことは疑いない。これらの考察は『重さの科学』の著者の精神でなかつたものの中にも同様に考えられていたものである。この精神は早くサクソニアのアルベルトから出ている。彼はアルベルトウティウスが重さの観念、『重さの科学』の著者のいう位置による重さを批判している次の箇所から思いついたのである。―

『重さのあるものはある直線によって他の直線によるよりも一層多く下降しようとはしない、とわれわれは言うべきである。もし物体がある線によって下降し他の線によって下降しないならば、それはしかしかの抵抗がはたらくことに関係がある。…

「しかし重さのあるものは斜めの線よりは垂直の線に沿ってより多く下降したがるものようである。実際、重いものが垂直線に添うて下降するときは斜めに下降するときよりも、下降を止めたり邪魔したりするのが一層困難なことをわれわれは知っている。それは垂直に下降する欲求の方が斜めに下降する欲求よりもはるかに大きいこととしるしであるように見える。

「私はこれに対して、重いものは実際に垂直線に添うて下降するときの方が斜めに下降するときよりも止めるのが一層むずかしいのだと答える。しかし、このはたらしきの理由は斜めよりも垂直に下降する欲求が一層大きいということではない。このはたらしきは、重い物体は斜めに、たとえば斜面上を下降するときより、垂直に下降するときの方が抵抗が少ないことに関係するのである。ところでより小さい抵抗をもっているある動力が運動を止めるのは、より大きい抵抗をもつある動力が運動を止めるのより一層容易である。」(アルベルト『天体論の問題』第三巻、問題十一)

「重さの科学の著者」が静力学を扱っている方法は今日の仮想仕事の方法の最初の形であつて、動く重さに対する支えの反作用は考慮に入れることを要求していない。サクソニアのアルベルトは反対に、のちのギドバルドあるいはヴァリニヨンがなしたように、静力学の法則をこの反作用の考察によって理由づけようとした。さきに引用した文のなかでレオナルドは、いわばこれら二つの方法の岐路に立たされたのをわれわれは見る。

『トリヴルツイオ文書』の考察がレオナルドの先駆者の教えとサクソニアのアルベルトの学理を対決させたのは、ここばかりでなく、他にもある。

しかし、サクソニアのアルベルトの影響以上に、さきほど引用した文章にさからうものがある。それはアリストテレスの『器械学の諸問題』の直接の影響である。その第二問においてアリストテレスは円をなして動く物体は円が小さいほど大きい抵抗を受けるといい、その理由として、「一層小さい半径の端は一層大きい端よりも一層中心に近いことをあげている。

この原理はアリストテレスが種々の器械について展一閃した考察の中で重要な役目をもっている。そこでレオナルドが『器械学の諸問題』を知っていたとすれば、彼の注意を引くことは十分可能であったはずである。

ところで、ギリシア科学のこの記念すべき著書が彼に知られずにいたことは余り本当らしくない。何となればこの書は早くからルネサンスの科学者の注意を引いていたものであった。十五世紀末にパドワで教えていたトメスのレオンツェニはギリシアの著書を原語で研究した最初の学者の一人であった。ところでかれが注をつけて出版した最初のテキストが『器械学の諸問題』(ヴェネチア、一五二五)だったのである。またレオナルドのノートの中に『器械学の諸問題』の別の影響を見ることができ、「ヴィラルバンド」の章)とここで、ここにもう一つの意見がある。それは上記のものよりも一層、われわれの引用したノートとスケッチを興味あるものになっている。

リブリ『イタリア数学史』の著者「が学士院の貴重本から剥ぎ取った放棄の稿本を開いてみよう。その一枚に第一図および第二図に転載したものがある。輪軸に綱が巻きつけてあるところにはMNという文字が書いてある。この第一の方のそばに『トリヴルツィオ文書』の中で読んだのとほとんど同じ考察が記してある。」

「支点からより速い物体はそれによって支えられることがより少ない、そこでその自由さがより大きい。また自由な重い物体は常に下降するから、支点からより大きい距離にある天秤の腕の端は必然的に、他の部分より、一層活発にひとりでに下降するであろう、何となればそれは一層重いから。」(パリ国立図書館蔵、イタリア語写本二〇三八番、第二葉)

レオナルドがこれらの文を書きつけたとき、彼が、『トリヴルツィオ文書』に書いたときと同じことを考えていたことは明らかであるが、今度は『トリヴルツィオ文書』には跡形もない結論を引き出している。

リブリが剥ぎ取った手稿の部分はのちに国立図書館へ戻ったが、それには第一図及び第二図に転載した図がもう一つのスケッチの下にある。そのスケッチの第一図は少し異っていて、パルマのブラジウスの『重さの研究』の挿図をなす図の写しである。このスケッチにレオナルドは次の考察を添えている。――

「ペラカーニ（パルマのブラジウス）は天秤のより大きい腕は小さい腕より一層早く下るだろうという。何となればその下降は四分の一円を小さい腕よりも一層まっすぐに描く。また重いものは垂直線で落下しようとするから」円がより多く湾曲するほど遅くなるだろう。

レオナルドが第二図に転載した輪軸の図を描き次の意見を添えたのはそのときである。――

「図MNはこの理論を地に投げる。何となればその重さの下降は円に添うて行かず、しかも大きい腕の重りMは下る。」

同じページのもう少しさきでレオナルドはモーメントの観念を非常にはっきりと示している。モーメントというものを彼はいつでも盛んに活用しているのである。

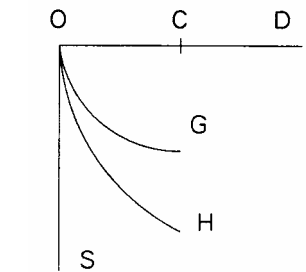
われわれの進めてきた接近の仕方は何と教訓的なことであろう。

まずわれわれはレオナルドがパルマのブラジウスの『重さの研究』を勉強したことを知る。

ヨルダヌスは物体が重いほど重いものの共通の中心へ一層直接的に向かう、言い換えれば道筋が一層まっすぐであると言った。この教えるところの多い道筋の傾さという考察を、アリストテレス派のこの注釈家は湾曲の考察に置き代えてしまった。ピアツジオ・ペラカーニはこういう見方を採用したのである。

アリストテレス派のこの注釈家とパルマのブラジウスの承認し難い意見に対してレオナルドは輪軸が示す鞘著な例をもって勝利的に抵抗した。これらの力学者たちの唱える原理の代りに彼はサクソニアのアルベルトからヒントを得た考察をもつてした。それによって彼は十六世紀の力学者たちへの道を開いた。彼等はヨルダヌス派の教えに対して、またとくにギドバルド・デル・モンテに対して反旗をひるがえしたのである（『静力学の起源』第一巻、二〇九ページ以

下)



第四図

そればかりではない。デル・モンテ侯が重量の学派と戦うために用いた議論のいくつかはレオナルドから借りているのではないか、という疑問が成立する。それは疑うことがかなり困難である。というのは、そこにわれわれが引用したのとよく似た箇所があるからである（ギドバルド『力学書』天秤、命題四、一五七七年）。

もし天秤の腕OD（第四図）が腕OCより良いとすると、Oに置かれた重りは第一の腕の端の場合の方が第二の腕の端におけるよりも一層重いであろう。「何となれば重い物体の下降はOGという円に添うよりもOEという円に添う方が一層自然的運動に近いだろうからである。そこでもし天秤の中心がDにあるとすれば、重さの中心がCにあるときよりも一層自由であって、より少なく拘束されているのである。それゆえ、それは一層重いであろう。」しかし、この箇所はデル・モンテ侯がアリストテレスの『器械学の諸問題』を読んで思いついたものかも知れない。

また、ギドバルドがレオナルド・ダ・ヴィンチのある思想を知っていたとしても、少しも驚くべきことではない。ギドバルドはベルナルディーノ・バルデイと親しく、バルデイの力学はいつもレオナルドの考えからヒントを得ていたことは、われわれのすでに見たところである。

もしレオナルドがヨルダヌス学派の間におこなわれていた意見のあるものを斥けたとしても、それは同じ学派の人が用いていた書物を読むことでおこなわれたのである。リブリが盗んだ稿本の研究で、われわれはすでに次の結論に達している。レオナルドは力のモーメントの考えが起つたとき、パルマのプラジウスの著書と同時に彼の「先駆者」の著書を眼の前に持っていたのである。「静力学の起源」第一巻、一六四ページ）『トリヴルツイオ文書』の調査が完成される時、この結論が一層はつきりして来るであろう。

『ももんが』第三八巻第十号（一九九四年十月）

デュエムのレオナルド研究(三十五)

矢 島 祐 利

「レオナルドの先駆者」の書いた『重さの研究』

第四巻についてのレオナルドの考察

「レオナルドの先駆者」がその著書の第四巻において立てた諸命題のうちで、この大画家が注釈を残していないものは一つもない。この注釈は『トリヴルツィオ文書』にあることが多い。そこになくときは彼が考察を書きとめた他の手稿の中にたいていある。「先駆者」が述べた第一の命題は「すべての環境は運動を妨げる」というのであるが、これについては立入らないことにしよう。物体が通ってゆく媒質から受ける抵抗のことをレオナルドが研究した箇所をすべて数えあげることとはできない。しかし彼以前の著者で『重さの研究』の痕跡をこんなに認められる人は少い。

次にこの著者が与えている第二の命題は「物体の適ってゆく媒体が一層重いほど、そこを適ってなされる落下は一層遅い」というのである。著者はこの命題に支えられて空気と水の例を引いているのであるが、アリストテレス派の自然学が「先駆者」の力学に及ぼした影響として取出すことのできる最も明瞭な痕跡の一つである。それは実際アリストテレスによって真空が不可能であることを証明するために『自然学』の第三巻において述べられた公理である。真空(中では重い物は無限の速さをもって落下するだろう)からである。

『トリヴルツィオ文書』にはこの命題に関するものは一つも見られない。しかし『トリヴルツィオ文書』に書きつけられてある考宏は、言うならばリブリによって盗み取られた手稿のあるものに続いていることをわれわれは見た。その手稿の数葉はパリ学士院にある手稿Aから剥ぎ取られているのである(この点についてはラヴェッソン・モリアン「レオナルドの手稿」第一葉表の注を見よ)。ところ
で手稿Aを開いてみると、そこには次のようである。――

「空气中の運動について、空气中の運動は水の中より速い(等しい力によって引起されたとして)――空気は水よりも細かいからである。剣をもって試すことができよう。」(A.30r.)

次に『重さについて』の第四巻の命題第三がある。――「凝集の一

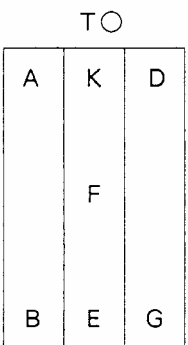
層大きいものは一層大きい力に堪える。」

『トリヴルツイオ文書』の一つの考察が山関係しているのは確かにこの命題である。重さのある球が、谷器の中へ入ってゆくスケッチがあつて、そのそばにこう書いてある。 - 「水が余計混つている土は表面に置かれた重量物に対して抵抗が少い。土が一層多く加わっている水は一層大きい重量物に対して抵抗をなすであろう。(Codice Trivulzio, 33r.)

「重さの著者」が与えたもつとも注目すべき命題の一つは第四番目のもので、それは「液体の中の落下は深いほど遅い」というのである。このあとに述べてあることは引用する価値がある。 -

「ABGD (第五図) はいくつかの線で囲まれた深い水である。EFKは落下がおこなわれる部分であつて、Eが一番深い所である。Eのそばでそれと異つた部分はBとGである。液体が深いほど内部は圧縮されている。たとえばEはその上にある液体ばかりでなく、わきにある部分によつても圧されている。事実B、Gの部分は液体であつて、その上にある部分によつて圧されているので、あらゆる側へ逃れようとしている。そこでEに対して、もしFがどけばEがあがつてその場所を占めようとする作用を及ぼしている。そこでEの部分はFの部分を支えているばかりでなく、それに抗するはたらきをなし、Fは同じ力でKを圧している。もし液の深さがFの下で終つていたらFがKを押し返す力はもつと少いだろう。何となれば、そのときはFの下

第五図



にある固い仕切りが液を支えるだけで相対する物へのはたらきはなからである。そこで液体Eの下降はそれが占めている位置ではもつと浅い場合よりはる

かに強く起る。同様に落下する重さTは一層強い強制的な力を受け

る。」
この命題は奇妙であり、証明も変つてゐる。証しかし、このあまり論理的でない命題の中に、液体中にはたらく圧力のことが見える。この観念はアルキメデスの書きものの中で与えられているものよりも、おそらくもつと明瞭である。

原注 アリストテレスに帰せられている同じような命題がある

『問題集』第二十三巻)。建物は淡水の中では海水中よりも余計沈むという。著者はそれは海が川より多くの水を含むためと考える。

レオナルド・ダ・ヴィンチはこの観念を排斥してこう言っている。――「いかなる元素もその固有の元素の中でそれに続いているときは重みがかからない。そうして空気の上の部分が下の部分に重さを及ぼすことはない。」(Cod. Triv. 6, v.)

この短い考察の中に、サクソニアのアルベルトの重力に関する学理が「重さの著者」と異るところが現われている。われわれは先に重力のこの理論を略述し、それがいかにアルベルトを彼の結論に導いたかを見た、そうしてその結論はやがてレオナルドが打ち立てようとするものに全く似ているのである。――

「物体の種々の部分が互いにさからって少しも動かないときは、それらは互いに邪魔にならない。水の上の部分は下の部分を圧迫することもくぼませることもないのを見ればこのことが分る。」(アルベルト『自然学の問題』第四巻、問題十)

「地球の中央部叩分が外の部分より一層稠密だとしても、それはその上にある土の部分によって圧されているためではない。上にある部分は下にある部分を圧すことはないのである」(同、第三巻、問題三)

われわれの著者の命題第四は「大きが大きくなると重さが減る」と、このように表現されている。ここにはアリストテレスの警句との関連が見られる。アリストテレスは『天体論』第四巻第六章で、ほそい鉄針は水に沈むが大きい鉄板は浮かぶ、と述べている。

このことを正言化するためヨルダヌスの弟子は、一つの考察に頼っているのだが、これはヨルダヌスが展開したのと余り異っていないものである。彼はすぐ下にある液体が重さのあるものにさからつてなす圧の作用を援用している。重さが大きいほどその打ち勝つべき抵抗は大きく、「落下は一層遅らせられる。」

この最後の言葉に従って、今問題としている命題は液体が落下する重さのある物体に対して現わす抵抗についての一定理となる。それはアリストテレスが望んだように流体静力学の一法則ではなくなる。それは当時誤って確かとされ、真理とされた。レオナルドがこれを採用したのはこの意味においてであった。この意味において、次のようないろいろの形で説明されたのである(ES7, r.)。――

「重さのある物体によつてなされる運動、すべて重さのある物体

の運動は抵抗の最も弱い側で起る。

「空气中を運動する物体の最も重い部分はその運動の先導をなす。

「重さのある物体は大きが一層大きければ、一層遅く空气中を落下する。」

「重さのある物体は一層小さい場所に詰め込まれていれば、一層速い落下をなすと言える。」

「すべて重さのある物体の自由落下はその最も大きい直径の線に沿ってなされる。」

「この重さのある物体は厚さが小さいほど速い。」

「重さのある物体の落下は拡がりが大きいほど遅い。」

これらの文は今われわれの対象としている命題がもう一つの命題とつながっている点で興味がある。もう一つの命題というのは「空气中を動く物体の最も重い部分はその運動の先導をなす」というのである。この命題はレオナルドの好きな仙警句の一つであるが、これもまた彼がその「先駆者」に負うものである。

さきにその一節を引用した手稿 m は大きな物体が空气中を落下するときつける抵抗に関する多くの考察を含んでいる。またレオナルドがヨルダヌス学派の教えから引出した多くの系を含んでいる。

また、われわれが他の稿本 (MS7, r) で述べている「ことを見出した命題がそこにある。それは次のものである。」

「一層大きな形をした重さある物体は一層軽く上昇するだろう。」

元へ戻って、われわれの分析している本の話の続けよう。次は命題第五である。――

「重さのある物体は良い時間落下しているほど速く動く。」

これは水の中よりも空气中で一層真である。何となれば空気はあらゆる運動につきものだからである。それゆえ落下する物体は、その最初の運動において物体の後ろにある液体を引き、物体のすぐ上にある液体を運動させる。このようにして動かされた媒体の部分はそれに続く部分を動かし、すでに動かされている部分は落下する重さのある物体に最小の抵抗しか示さない。これによって物体は一層重くなり、その前方にある媒体の部分に一層大きな衝撃を与え、これらの部分は物体によって圧されるだけでなく物体を引張ることになる。このようにして動くものの重さはこれらの部分の引張ることによって助けられ、また逆にこれらの部分の運動は重さによって増大し、この運動は重さのある物体の速さを絶えず増す、という結果になる。

これらの考察はヴェンチュリーがMという記号をつけたレオナルドの稿本にほとんど文字どおり再現されている。われわれはすでにヨルダヌスの弟子のさきの命題がこの稿本のなかに非常に正確に述べられていることを述べた。稿本Mにおいてわれわれは次のように読む。

「自由に落下する重さのあるものは運動の二段階ごとに二段ずつ重さを獲得する。重い物体の自由落下の場合に、水の波についてすでに述べたことのある実験によつて、空気は落下する物体の下に同じ波を作ることが知られる。というのは空気は一方から圧され他方からは引かれて、つまりうねうねした波をなし、それが下へ圧す作用を助長するのである。今これらの理屈に対して、重い物体に追い払われて前方へ逃げて行く空気は、物体に対して抵抗をしないこと、従つてまたその運動を妨げないことをはっきり示している。そこで物体よりもそれが動かす波は一層速く進行し、これが一層下降すれば重い物体の運動は継続して最後の波はますます遠ざかり、それは物体に接触して容易に逃げて行く空気をますます用意する。」

(M46,r.)

ヨルダヌスの第六命題を再録してみよう。

「重い物体の形は重さの本性を変える。」

事実、この物体がほそくて尖つていれば媒体の中を一層容易に適つて行く。その理由は二つある。第一に物体は一層容易に媒体を分離し、従つて一層軽くなる。他方これに衝突する空気は少ないので抵抗が少なく、この理由で物体は一層速く通過する。鈍い形をしていたら反対のことが起るのである。」

ところでレオナルドは稿本A(36,r.)で「動く物は空气中で抵抗が少ないほど速くまで行く、良く尖つていてピラミッドのような比例のものは同じ重さで丸い物体よりも遠くへ行くであろう」と書いている。

この考察が記してある同じページにもう一つ別の考えが見られる。

「衝撃について。小さい重さのある物体が高い所から落ちると、もつと大きい物体が低い所から落ちたのと同じ損害を当つた物に与える。」

この考えがレオナルドに起つたのは彼の「先駆者」が第四巻で与えている第七命題によるものと、われわれは信ずる。その命題はこう言つ。

「すべての物体はそれが動いているときは一層大きい圧す力を生ずる。」

もし物体が衝撃で動かぬなら、物体は衝撃に対しても圧す状態にあることは明白である。反対にもし物体が自身の運動で動かぬなら、それが動くほど速くなり、従ってそれは一層重くなる。そこで動いている物体は動いていないときよりも一層強く障害物を押し、速く動くほど強く圧す。」

この命題はレオナルドの注意を引いた点で興味があるばかりでなく、「レオナルドの先駆者」にはたらいっている影響をわれわれに示している点で興味がある。影響というのは度々その痕跡を指摘することになるものであるが、アリストテレスの「器械字の諸問題」のそれである。

この書の問題二十は「斧を木の上へ置いても割れることはないのに、斧で打つと木が割れるのは何故か」と問うている。アリストテレスはこれに答えてこう言う。「動いている重い物は静止しているときよりも一層多くの重さの運動を受ける。そこで斧を置けばそれはその重さの運動しか持たない、これに反して斧を振れば、その重さと打つものがそれに伝える重さによって動く。」

次に第八命題に移ろう。それは「運動を一層妨げるものは一層強い衝撃を受ける」といつている。余り分りよくない例示に支えられて、この命題はとくに次の命題を導く準備をなしている。

「動かすものの本性は、動かされている物体の大きな重さによっても、非常に小さな重さによっても、同じように左右される。」

この命題に伴う発展がある。

「A Bが原動者でCが投射体としよう。Cは原動者A Bにくらべると非常に軽くて少しも障害にならないとみて差支えない。そうすると、それはほとんど衝撃を受けない。反対にそれが非常に重くて原動者の力に屈しないか、あるいは辛うじて屈するということもあり得る。その場合は非常に弱い衝撃を受けるか、あるいは全然受けない。従って二つの場合に、原動者の力は櫛取りされるように見える。何となればこの力は投射体の運動に適合しないか、あるいは少ししか適合しないからである。」

この命題の主題はレオナルド・ダ・ヴィンチの考えたところと無縁ではない。その証拠がある。

「原動者の方に適合した重量物の知識について。原動者の力は常

にその動かすものの重さと、重さあるものが動いて行く媒体の抵抗に適合していなければならぬ。…」(E 28, v.)

「はげしく空中に投げられた物体について、その軽さに適合しないほどの大きな力をもって空中に投げられた物体は、小さい力で投げられたときよりも小さい運動・道程しかなさなう。ボールでこれを実験してみることができる。ボールはおだやかに投げれば遠くへ行き、激しく投げると少しの道程しか行かないだろ。」

(A 33, r.)

「玉は弓による方が右投げ機によるよりも遠くへ行くのは何故か。力によつて動かされる重さある物がこの力に適合していないときはいつでも、圧される物はその当然なすべき行程をなさないだろ。」

「度外の激しい力をもって弾き出される物体はその当然なすべき行程をなさないだろ。」

「これは実験によつてはつきり確かめられる。事実、もし汝が急速な腕の運動をもつて、汝の力に伴わない軽い物を汝から遠ざけるならば、物体は僅かの運動しかなし得ないであらう。同様に、汝が汝の力にはるかにまさる重さの物体を引張るなら、物体は少しの行程しかなさないだろ。」(A 29, v.)

『ももんが』第三八卷第十一号(一九九四年十一月)

デュエムのレオナルド研究(三十六)

矢 島 祐 利

しかしアウストテレス派の自然学ではこの問題にたいへんな関心を持つことがよくあるので、レオナルドが考察の萌芽を見出した書物をはっきりこれだというのは無謀であろう。彼がこれらの考察を思いついたのは『重さの研究』によるとともにサクソニアのアルベルトの『天体論の問題』によるのかもしれない。そこでわれわれが示して来た似通った点というのは、『重さの研究』がレオナルドに及ぼした影響を明らかにする点では余り適当ではない。

これに反して、われわれが引用した命題は『重さの研究』の著者が、アリストテレスに帰せられている『器械学の諸問題』について、ある知識を持っていたことをはっきりと示している。

事実、『問題』の第三十五は次のように表明されている。――

「投射体は余り小さいとき、あるいは余り大きいとき、遠くまで行かないのは何故か。」

そうして、その答は次のとおりである。――

「投射体はある仕方で原動者に対応していなければならない。投げ出されるものは投げ出すものに抵抗する必要があるのではない。そこで大きいために少しも屈しないもの、あるいは弱いために少しも抵抗しないものは、射出も衝撃もできない。実際、前者(大きいもの)は原動者の力を波賀するから少しも屈服することなく、後者(小さいもの)余り弱いので少しも抵抗しない。……」

また『器械学の諸問題』の第十三問は次のようである。――

「投射体は手だけによるよりも、石投げバンドを使った方が遠くへ行くのは何故か。」

この問に伴う考察は次の語をもって終っている。――

「石投げバンドを使うときは手が中心になる。石投げバンドはこの直線から出ている直線である。直線が大きいほど投射体は速く動く。手で投げるときは投射体を動かす線が石投げバンドにくらべて短い。」

こ頃『問題』は『重さの研究』の著者にヒントを与えたい。彼はその命題第十をこう書いている。――

『捲上機の回転は力を増す、そうしてそれは半径が大きいほど強

い。」

この真理について著者は二つの理由をあげている。一

より長い半径の端においては投射体は一層重い、そうしてその運動は一層速い。

「レオナルドの先駆者」の第十一および第十二命題も同様に明らかに『器械字の諸問題』の影響の跡を持つているが、それを辿ることとはあとにする。何となれば、それはレオナルドが物質の抵抗と呼んだもの呼び起こしたのである。そこでわれわれは第十三命題に移ろう。一

「一層強い衝撃を受けるものは一層くつつき合うようになる」衝撃は前方の部分をpushさなければならぬところの、後方の部分によって生ずる。前の部分がその重さによってある抵抗を及ぼすので、中間にある部分は押し詰められ、しばしばかたわらへはみ出す。上の部分にくつつけられる下の部分は、上の部分が衝撃を受けるとき、この部分に対して一層密接に押しつけられる。」

空气中を動いている物体の前方の空気が圧縮されることは、レオナルドは何度も考えたことである。これに関する考察を一つだけ引用しよう。一

「速く動いて行く物体の前方の空気は物体の速さが大きいか小さいかで一層大きなあるいは一層小さな密度で圧縮される。…通って行く物体の前方の空気がどうして圧縮されるかといえば、その一部をpushすものは前方にあるものの全部をpushさないからである。舟の前方の水の高まりがこれを教えるとおりでである。」(ETO, v.)

われわれが研究して来た命題はとくに次の命題を導くことを目的としていたように見える。その命題で「レオナルドの先駆者」は衝突後のはねかえりの理論をわれわれに教えている。この理論は衝突する物体の物質にしる、あるいは動くものの前方で圧縮される媒体の物質にしる、その弾性に役割を持たせている点で注目すべきである。すなわち一

部分が凝縮している物体は、その運動中に物に打ち当たれば後ろへはねかえる。「これはその中を物体が動いている媒体が水であろうと空気であろうと、その作用により、また物体の粗密の程度によって生ずる。Aが投射体、Bがその通って行く媒体、Cがその衝突する物体としよう。AはBを動かす、それからAはそれが占めていた位置を離れBをそのある場所から追い出すので、BはAがその後ろへ残した場所を充たすため後ろへ回らなければならない。そこ

で同じ衝撃が起つてBを前方へ押しやり、回る運動によつてそれを再び後ろへ投げ出す、このことは衝撃が大きいほど大きい。AがCに衝突するとき、Bはもはや進むことができない。その上に乗っている重さは今度はそれを圧縮し、それを一層重くする。しかしAの烈しさは障害物Cによつて破壊される。BはAの重さによつて押されるだけである。そのとき重さが余り大きくないかぎり、この投射体を後ろへはねかえす状態になっている。そしてそれは垂直にはねかえる。何となればBはあらゆる方向へ同じように後退するか
ら。

「動いている物の部分の膨張が同じ結果を生ずる。事実、動いている物の前方にある部分は障害物に衝突する最初の部分である。その部分は障害物により、またそれより後ろにある部分の烈しい運動によつて圧縮される。後ろの部分の運動の烈しさはこのようにして無くなつてしまふ。前の方の部分は初めの容積を回復して後ろの方へ行き他の部分に衝撃を伝える。もしこのように圧縮された部分がばらばらに離れることができるなら、たがいにはねかえるだろう。」

この衝突の理論はレオナルド・ダ・ヴィンチの注意を特別の仕方で行いた。この理論が膨張につく圧縮に果たさせた役割は、彼をして、弾性体の諸部分であれ、空気のような流体であれ、動くものが空気ではねかえることを、いかに観察し得るか理解させた。彼はこの考えを、彼の頭からいつも離れなかつた鳥の飛翔に早速応用したのである。

今われわれが引用した命題と「重さの研究」の接触からこの考えが生まれたことを示す箇所が『トリヴルツィオ文書』に二つある。

「動くものに抵抗する空気が逃げるのよりも速い運動の力が生ずるとき、この空気は眠る人の重みで押される羽根蒲団のように圧縮される。そして空気を追い出す物体はこの流体抵抗にあつて、壁に当るボールのようにはね返る。」(Cod. Triv., 6. v.)

「空気は圧縮できるが、水はそれができない。空気を追い出す運動がこの流体の逃げるのよりも速いときは、投射体に最も近い部分は一層稠密になり、従つて一層抵抗するようになる。このようにして空気中の運動がこの空気の逃げるのより速いときは、この空気を揺り動かす物体は、初めそれを動かした運動とは反対の運動をするようになる。空を飛ぶ鳥にこれが見られる、すなわち鳥ができるだけの全速力をもつて翼をつこかしても、真の先を下へ上げることが

できないときがそれであつて、骨を折つて翼の先をさげようとすると、ほど鳥は高く上がるのである。人が一本の足と両手で壁に対して立ち、両手で壁に向つて押すとき、壁が後退しないようならば、人は必ず後ろへ投げ出される。」(Ood. Tri. v. 20, r.)

レオナルドは彼の「先駆者」の書を読んで、鳥のはね飛びの機構を覚つたことが分る。このように発見した原理から彼が引き出し得たものすべてを知ろうと思えば、フランス学士院に保存されている手稿Eの多数のページを転載しなければならない(E 21, v. 39, r.)。

「レオナルドの先駆者」は投射体が障害物に垂直に当つて垂直にはね返る場合だけ考えている。レオナルドも斜めの衝突の法則のこととは考えていない。『トリヴルツィオ文書』に「ついつつ箇所がある。

1

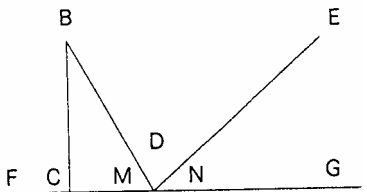
「抵抗する物体に衝突するすべての物は衝突がなされたのと同じ角度ではね返る。

「壁に投げつけたボールを扱つた『打撃の本性について』の第十命題に同じことが証明されている。」… (Ood. Tri. v. 37, r.)

レオナルドはこの法則を、ある意味で『トリヴルツィオ文書』のつづきである手稿Aで繰返している。すなわち—

「打撃の線とはね返りの線は等しい角の中央にある。

「物体に打ち当たつたものはすべて打ち当たつたのと同じ角度で後ろへはね返る。



第六図

「この命題は明白と見える。事実、もしボールを壁に打ちつければ、ボールは当たつたのと同じ角度で後ろへ飛ぶであらう。すなわちボールB (第六図) がCに当たればCBの線に沿つて元へ戻るである。何となればそれは壁FGと等しい角をなすように強制されているからである。もしBDに沿つて当てれば、DEの線に戻るであらう。このようにして打ち当たる線とはね返る線は壁FGの上で二つの等しい角の間に位置する一つの角をなすであらう。すなわち角MとNの間のDのよう

1°」(A 19, r.)

レオナルドはこの法則を早速こだまの現象に應用している

(A 19, r. v.)。彼はまた衝突につづく反射に現れる一群の特性をしら

べつである (A8, r. 1)。「われらの考察はすべて『重さの研究』第四巻の第十四命題から思いついたものであることは明らかである。

シンプリキオスは重い物の落下の加速度を証明しようと思つて、この加速度を明らかにするに足るとする二つの観察を引用している (『アリストテレス自然学への注釈』第五巻、第六章)。(16)

たとえば軒場からのように、高い所から水の線が落ちるとき、その始まりの近くでは連続しているが、やがて落下の加速度のため、切れ切れになつて地に落ちる。

高い所から石が落ちるとき、落下の終りごろこれを止めれば、中ごろあるいは初めよりも一層はげしく物に当たる。このはげしい衝撃は速度の大きい証拠である。

シンプリキオスはこの考察を『運動について』という書物から借りている。この書物はアリストテレスの高弟テオプラストスの弟子でランプサコスのレストランの書いたものである。しかし、この観察はいつでもできるものであつて、その最初の著者の探すのはおとなげないであらう。

『重さの研究』の著者によつて与えられた第四巻の第十四命題が関係をもつのは、これら二つの考察のうち第一の方であつて、落下する物体の加速度を言つている。すなわち、その命題はこういふ。「連続した形で流れる液体は長い時間流れている所では断面が一層小さくなつて流れるような流れをなす。」

重さのある物の落下の加速度が流れる液体に及ぼす影響はレオナルドの精神を何度も占領した (F. 50, v. Cod. Atl ant, 145)。「かくこれはアリストテレスの注釈家によつてもしばしば考えられていることなので、レオナルドが彼の「先駆者」からこれを探つたかどうかは明らかにすることができない。

次に『重さの研究』の最後の命題であるが、これはこう述べている。

「物体の重さが一様でないならば、この物体の一部分に衝撃を加えると、最も重い部分が前方に位置するであらう。」

著者が動くものの最も重い部分は何らかの仕方では衝撃の全部を自分の方へ引きつけることを証明して、この命題を正当化しようとした考え方については論評を著者におまかせして、われわれはレオナルドの手稿の中からこの命題の痕跡を探してみることにしよう。

それはまず手稿 A に見出される。すなわち次の文があつて、その初めの一行は『重さの研究』の命題の翻訳と言つてよい。

「それを走らせるものから一層遠いものは一層重いものである。その理由は、前に行く弾丸の部分はそれを押したものの近傍と重さと逃亡の中心を通る線上にあることである。また、このようにして二つの力の真中にあるから、それは等しい作用を受ける、ところでこれらの力は結合されるので、それらは一つの打撃をなし、当った所へ一層大きな破壊を生ずるのである。」(A44.r.)

この「それを走らせるもの(原動者)から一層速いものは一層重いものである(運動する物体の重い部分は前方にない)

という、レオナルドが「先駆者」から借りた命題は、
ここで壁に垂直に当る弾丸が斜めに当る弾丸よりも一

層大きい損害を与えるのは何故か、ということの説明するのに役立つ。斜めの衝突ののち弾丸は新しい道筋に従って、逃亡の線を含む最も重い部分を先に立たせるように反射して旋回する。一

「そうして最も軽いものはそれるだろう、何となれば壁に当る弾丸の部分は砲口に一層近く、従って運動の中心から一層速い、また重さのあるものはこの中心の外にあるから、力の渾部分は等しい距離にはなく、また当たった部分の上に同じように加わるのでもない。最も重みのかかる部分はもとより最も強く押すので、弾丸は激しくのたうち回る。衝撃ののち、それは逃亡の中心をなし、のたうち回って壁に触れる。しかし逃亡の線がのたうち回るので打撃の力は小さい。」

今われわれの問題にしている命題がレオナルドに及ぼした影響は手稿Eにも見られる。そこでは次のように表現されている。一

「すべて重さあるものは最も重みのある側へ動く。」

「空气中を動く物体の最も重い部分はその連動の先導をなす。」

(E57.r.)

これらの文例はわれわれのすでに遭遇したところである。というのはこれらは同じく『重さの書』からヒントを得たところの、「一層大きい大さで落下する重さのあるものは一層遅く落下する」という命題のいろいろの変形と結びついているからである。この似よりの点、またここでは省略するがその他の類似の点は、レオナルドが「重さのあるものの最も重い部分は運動の先導をなす」ことを、今度は空気の抵抗に帰していることをわれわれに示している。手稿Yにはこう説明は少しもないのである。レオナルドはその「先駆者」をまねて、そこではこの作用をイムピートスが動くものの種々の部分に不等に分配されていることに帰しているようである。

今われわれが問題にしている命題は、レオナルドが鳥の飛ぶ方法を説明するために、いつも心を持っていたものである。

手稿Eに次の言葉があるのは、やはり鳥の飛翔のことを考えていたときのものである。――

「空气中を下降する重さのあるものの中心は常にその最も軽い部分の中心の下にあるだろう。」(E4, r.)

ほとんどすべて鳥の飛翔のことを扱っている手稿(『鳥の飛翔に関するレオナルドの手稿』、テオドロ・サバクニカフ編、一八九三年版)(17)のなかに次の言葉がある。――

「……何故なら最も重い部分は運動の導きをなす。」(4, v.)

「均衡を保つやり方について。――物体の最も重い部分は常にその運動の導きをなす部分である。」(16, r.)

レオナルドはこの命題を好んで繰返した。別にもう二つの例がある。

「比例と重さが不等の落下する重さのある物体はその進行の線に沿って、その最も重い部分の中心を最も軽い単分の下にするであろう。」(G28, v.)

「空気あるいは水の中で動く重さが一様でない物体について、物質が一様でなく重さが一様でない動く物体では、最も重い部分が常に導きをなす。一様に変化している大きさのピラミッド型の重さのある物の尖った方を前にして弓で打ち出すと、ただちに底面を全体が動く方へ向けるように廻るであろう。」(G51, r.)

レオナルドは彼の「先駆者」によって立てられた法則を採用しながら、その説明を根本的に変更したようである。われわれが最後に引用した文の題や、他の似たような文の考察を見ると、レオナルドは動くものが通って行く環境の抵抗でこの法則を説明するようになったものようである。しかし彼が常にこの説明を承認していたかどうかは確かでない。

レオナルドのこういう考えが力学の発展の中でどんなに重要な役割を果たしたかは、われわれのよく知っていることである。レオナルドからベルナルデイーノ・バルデイへ、ベルナルデイーノ・バルデイからメルセンヌ、ロベルヴァル、デカルト、神父オノレ・ファブリへ、これらの人々からクルステイアン・ホイヘンスへと続く絶えることのない伝統によって、これらの考えが振動の中心という近代理論を生むに至ったのである。この伝統の最初の源泉は十四世紀の初めにすでに一般にひろまっていた偶然的重さの観念であった。その第二

の源泉は「レオナルドの先駆者」によって書かれた『重さの書』の最後の命題に見出される。(18)

『ももんが』第三八卷第十二号(一九九四年十二月)