

## デュエムのレオナルド研究(一一)

矢 島 祐 利

サクソニアのアルベルトによる水と土の球形なること

アレクサンドリア派のクラウディオス・プトレマエオスや中世西洋のサクロ・ボスコ(＊十三世紀)のような天文学者たちは大地と水の球形についての力学的証明には興味を持っていたようには見えない。アリストテレスの『天体論』を注釈した哲学者たちもそこへ注意を払わなくなってしまった。(＊地球という日本語は後世のもので、その形の議論では都合がわるいので大地の語を使った。)

『ソンプリキオス(＊六世紀、一に既出)はアリストテレスが大地の形について言ったことを長々と展開し、エラトステネスの算定に従って、アリストテレスがわれわれの地球に与えた大きさを訂正している。彼は『天体論』で海が球形であることを論証した議論をはっきりした形で述べ、この証明にアリストテレスのでないもう一つ別のものを付け加えている。『一つの観察がわれわれをして水面は球形であることを考えさせるに至った。水商が芦の幸か木の葉のような滑らかな表面に落ちるとき、糸まきに糸をまくように集って行き、球状になったとき釣合に達する。∴コップに水を満しこの水の中へ貨幣その他のものを静かに入れると、液面は球状になり、水は球の面を越さない限り流れ出さない。』(ソンプリキオス『アリストテレス天体論の注釈』一八六五年ラテン語版、一八六ページ)

この比較は重力の作用と毛細管現象を混同しているのであるから、今日では誤っているが、中世ではこの区別はされていなかったし、多くの物理学者がこんな類推をしたかも知れない。プリニウスはソンプリキオスよりも前にそれを援用しており、サクロ・ボスコは彼よりも後にそれを認めている。

地球の形に関し、また海の平衡に関して聖トマスはアリストテレスの思想を非常に忠実かつ明確に述べているに過ぎない。この問題に関して逍遙学派の学問に本質的な何かが付け加えられるのは十四世紀のサクソニアのアルベルトを待たねばならなかった。

サクソニアのアルベルトが地球は全体として球状であるがどう問題を点検したとき(『天体論の問題』第一巻、問題二七)、彼は確かに目の前にアリストテレスのテキストとソンプリキオスの注釈

を持つており、さらにスミルナのテオンのテキストあるいはこれに刺戟された書物を参考していた。そのことを示す多くの手がかりがある。

たとえばこのスコラ学者の『天体論の問題』で地球の球形を論証しているところを読んでみよう。そこにわれわれはアドラストスの議論をスミルナのテオンがわれわれに残したのと同じ順序で見出すのである。すなわち―

「第一の結論。地球は厳密に球状ではない。それは明白である。何となれば多数の山と谷があるからである。

「第二の結論。地球は東から西へまるくなっている。その証拠には、もしそうでなかったなら、東方に住む人にも西方に住む人にも同じ星が同じときに出たり沈んだりするであろう。…ところで、この帰結は誤っている。昼も夜も東方に住む人には西方に住む人よりも早く見えるのである。このことは、しばしば確かめられているところの、同一の月食が東の人には夜の第三刻に見られるのに、それよりいくらか西に住む人には夜の第一刻あるいは第二別に見えることから言えるのである。このことは東の方の人には夜が早く始まるのでなければ起こらないであろう。

「第三の結論。同じように地球は北から南へまるくなっている。その証拠は航海者が北から南へ十分に進めば極が目に見えて上つて来るのを見る。これは地球が北と南の間でふくらんでいるのでなければ起り得ない。

「もう一つ、航海者が北から南へ進むと前に見えなかった星を見ることが出来る。同時に前に見えていたある星座は彼の目からかくれて行く。これは地球が北と南の間でふくらんでいる結果でなければならぬ。

「第四の結論。地球は山の高さが地球全体に比べて無視できるほどに小さいという点でまるいのである。その証拠は第一に、重いものが山でも谷でもない土地へ落ちるとき、それらは等しい角度で落ちるといふことである。このことは重いものが同一の中心へ向うのでなければ起り得ないであろう。また地球のすべての部分が重いので、それらはすべて同一の中心へ向かうという結果になる。このことは地球がまるくなければ、あるいは本性的にまるさの方向へ向っているでなければあり得ない。

「また、地球のすべての部分は同じように世界の中心へ向う、そ

れらは山で見るように、たがいにくっついていられなければ一層低い所へ落ちて行く。けれども時が経つに従ってすべてのものは世界の中心へ向って落ちるであろう、それが地球の丸いことの原因のように見える。」

「このことから、もし地球が水のように液体であつて、そのいろいろの部分たがい支え合っていないならば、それは一様な丸さの方へ、そして完全な球形の方へ流れて行くであろうことを知ることが出来る。」

ここまではサクソニアのアルベルトはアドラストスが地球の球形のために与えた議論をスコラ学的形式にただけである。彼はここへ月食における地球の形から導いた議論を結びつけている。それはアリストテレスが与えたもので、アドラストスは無視している議論である。それから彼は次の言葉を付け加えている。――

「この議論に関して、われわれは経験によつて地球が少くとも北から南へ丸くなつてゐるのを定めることができる点を知る必要がある。観測者がある地点から出発して北へ向つて北極星が前より一度高くなるまで進み、そして進んだ道のりを測るのである。それから出発点へ戻り、今度は南へ向つて出発点におけるよりも北極星が一度低くなるまで進み、進行した距離を新たに測るのである。もし二つの道のりが等しければ、それは地球が北から南へ丸くなつてゐる確かなしるしである。もし反対にそれらが等しくなかつたならば、それは地球が北から南へ丸くなつてゐないしるしである。」

古代人は一度の円弧の長さを測ることで、球形と考へた地球の大きさを測定する方法を見出した。アリストテレスはこの方法を知つていたのをわれわれは見えて来た。彼は多分エウドクソスからその方法を得たのであろう。しかし子午線一度の長さをいろいろの緯度の所で繰返し測定することが地球の形を定めるのに役立つということは古代の天文学者の精神には少しも現われていなかった(タンヌリ『古代天文学史研究』一〇四ページ)。引用したサクソニアのアルベルトの文章は十四世紀のスコラ学者力定式化したものである。それを実行に移すのは十七世紀の科学の仕事であつた。

サクソニアのアルベルトは地球の球形に関してアリストテレスとアドラストスのいろいろの議論を一つの重要な点で完全にして叙述することに満足したのではない。そこには一連の奇妙な、逆説めいた系がある。それはおそらく彼の弟子たちを啓蒙するつもりで書かれたのであろう。われわれが考える目的のためにこれらの系は特別

の重要性をもつものであるから、全文を引用してみよう。――

「一、地球が丸いことから、地球の表面へ立てた垂線を中心の方へ延長すれば、垂線はたがい近づき中心へ集まることが言える。

「二、もし二つの垂直な塔を作り、それらをだんだん高くして行けば、それらはだんだん遠く離れて行き、だんだん低くすればだんだん近づいて来ることが言える。

「三、もし鉛直に井戸を掘れば、この井戸は口の近くでは底の方より大きいであろう。

「四、中心から等しい距離にあるすべての点を含む線は曲線である。何となれば、もしそれが直線であるならば、その上の点のあるものは中心により近く、他の点はより遠いであろう。その上のいろいろの点は中心から等しい距離にはないだろう。またそれらの点はあるものが他のものと同じように低くもないだろう。もし一つの直線がその中点で地表面に接するならば、その中点は両端よりも中心に近い。そこでもし人がこの直線に沿って進行するならば、ある時間下降し、ついで上昇するであろう。実際地球の中心へ最も近い点へ向っているときは下降し、この点から遠ざかるときからは上昇に移るであろう。すなわち初めのうちは絶えず地球の中心へ近づき、次には遠ざかることが明らかである。ところで地球の中心へ近づき、ことは下降することであり、遠ざかるとは上昇することである。

「このことから、二つの点の間で動きその道筋が絶えず上昇あるいは下降するものは、一つの点から他の点へ上下なしに行くものよりはるかに短い道程をなすと結論することができる。第一の道筋は地球の直径であり、第二はこの直径を乾とする半円であることを想像すれば、このことははっきり分る。

「五、人が地表上をぶらぶら歩くとき、彼の頭は足よりも早く動くであろう。何となれば空気中にある頭は地にふれている足より大きい円を描くからである。そこで非常に大きくて、空中にある頭が地にある足の二倍早く動く人間を考えることができよう。」

地球の球形についてのこれらの系はアルベルト教授の椅子のもとにひざまずいたソルボンヌの学生たちの想像力を刺戟することができたが、またレオナルド・ダ・ヴィンチをして力学の重要な一定理を発見させるに至った。

レオナルド・ダ・ヴィンチの書きものにある地球と海の

## 球形なること

レオナルド・ダ・ヴィンチがスミルナのテオンの本を知っていたことは不可能ではない。彼がプリニウスの『自然誌』を読んだことはありそうであるが(\*)、サクソニアのアルベルトの『天体論の問題』について深く考えたことは確実である(に既述)。

原注 コデックス・アトランティクスにはレオナルドの持っていた本のリストがあり、その中にプリニウスがある、ミュンツの書、二八二ページ。

サクソニアのアルベルトが点検した問題のうちで、地球と海の形の理論ほどレオナルドの注意を引いたものは少い。このことは容易に考えられる。というのは、この大芸術家は同時に彼の時代で最も科学的な水力学の技術者であった。天然の水の平衡と運動に関することには一つとして無関心ではいらなかったのである。

アルベルトを読んで思いついたことを毎日書きつけた手稿<sup>1)</sup>には全ページにわたって、繰返しいろいろの形でアリストテレスとアドラストスの海の球形の議論を書いたところがある(F.82v)。

「水の球は完全に丸いことの論証。水は低い方へ流れる以外には自分で動くことはない。動いているのは低い方へ移っているのである。」

「水の球のどの部分も自分で動くことはできない、何となればそれは同じ高さの水で固まれている、どの部分でもそれを越えることはできないからである。その証明は別の所にある。」事実、レオナルドは円周を描きその上に二つの点aとbの間に点cををるしている。それからこう付け加えている。「cは水のある量であり、水<sup>2)</sup>によって取り巻かれているとする。私は既往の結論によつて、水は動かないだろうと言つ。何となれば円の定義によつてそれは下降することはできないからである。aは世界の中心からcと同じ距離にあるからcは不動であると言える。」

さきほど引用した文章はとくに大プリニウスの考察を思い起させる。これに続くものはスミルナのテオンによつて報告されているアドラストスの表明したものと非常に大きな似よりの持っている。すなわち

「水の球の表面へ一つの水の平面が置かれると、その端はその中心へ行くであろう。」

「球状の重い物が水の球の上に置かれていて、そこで水が凍って

いると、その物は場所を変えないだろう。」

「完全な平面の端に置かれた球状の重い物は止らないで、ただちに平面の中央へ行くであろう。」

このページに略述されている思想はレオナルドによって度々繰返されている。海の球形の証明に与えられた最初の形はプリニウスを反映していると見えるもので、次の断片に一層発展した形で現われている。――

「曲げることができ、液状であるすべての元素は必ず球面をなす。これは水の球をもつて証明される、しかしまず二三の概念と結論を述べなければならぬ。」(F. 27r. 26v.)

「地球の中心から一層離れているものは一層高い。また中心に一層近いものは低い。水は下降するのでなければ自分で動くことはない。そうして動くとは下降する。二つずつ並べたこれら四つの概念は自分で動かない水は世界の中心から等距離の表面を持つことを証明するのに私の役に立つ(水滴あるいは他の小量は鋼がやすりくずを吸いつけるようにたがいに引き合うが、大きな量はそうでないといふようなことは論外だ)。」

「水の表面のいかなる部分も下降するのだから自分で動くことはない」と私は言う。そこで水の球は表面のいずれの部分においても下降することのできないものであり、第一の概念によって、それは自分で動くことほないことが必然である。もしこの表面のすべての微小部分をよく考察すれば、それは多くの似たような微小部分に取り巻かれていることが分かるであろう。それらの微小部分すべて世界を中心から等しい距離にあり、最初考えた微小部分は同じ距離で他の微小部分に取り巻かれているのである。そこで第三番目の概念によって水の微小部分は自分で動くことはないであろう。何となればそれは等しい高さのふちで取り巻かれているからである。このようにして、かような微小部分のおおの円はこの円が包含する微小部分のために容器の役目をする。そうしてこの容器は等しい高さのふちをめぐらしているのである。水の球の表面を形作る他の微小部分に比べてこの微小部分はこのようになっていて、必然的にそれは動かさずにいるであろう。従ってすべて世界の中心から等しい高さにあるので、こしの表面は球形でなければならぬ。……」

「空気と境を接している水について言ったことは、火と境を接している空気についても言えることが分かる。」

「そこでこれらの球の眞実は液体の元素が球状であることを証明

したので、私の意図は自然へ、その普備性のなかへ、まず火、それから空気、それから水と各元素の特殊性のなかへ下りて行くことである。」

これはもはやプリニウスの影響ではなく、サクソニアのアルベルトの『問題』を通して知ったアドラストスとテオンの影響である。そのことは次の文で分かる。

「もし大地が球形であるなら、そのいずれの部分も水の球から出ていることはないであらう。」 (F. 52v.)

「水が平面の上に凸状をなさず中央へ集つそいるような、そうしてその水が平面の端へ向つて動いて行かないような平面の土地はないであらう。」

地球の一部分を占めている平面の図が描いてあつて、その上にひとかたまりの水が置かれてあり、地球と共心的な球欠がそれを限っている。この図の下へレオナルドは「ここに平面に見えるものはけわしい山である」と書き、さらにこう続ける。

「水の面がどんなに大きな拡がりを持つていようと、その上に平らな面の部分を見出すことは不可能である。」

「海の底の低い場所は永久的であり、山のいただけはその反対である。そこで土地は球状になってすべて水で覆われ人が住めなくなるだろうという結果になる。」

この最後の一句は文字どおりサクソニアのアルベルトから訳したものである。

サクソニアのアルベルトの思想については、このほかにもはつきりした痕跡が上に引用した文章の・中に認められる。それらの痕跡の中でこれは注目に値するものである。

アリストテレスとアドラストスの原理に従つて、大量の水は球面をもつて境されるべきことを論じつつ、レオナルドはこの議論がたとえば露の一滴のように非常に少量の水の形を考慮していないことに注意を払っている。こういう水滴の形を説明するのは重さではなく、そのいろいろの部分の相互作用であつて、磁石が鉄に及ぼす引力あるいは「鋼がやすりくず」に及ぼす作用に似ている。

こういう区別を設けてレオナルドは理論物理学の二つの分野を分つ境界をしるしづけた。すなわち重さのみ支配される静水力学と毛細管現象の理論である。これは彼の根本的かつ予言的な判断の一つである。

この区別は常にこのような明瞭さをもつて認められて来たものでは

ない。多くの物理学者が水滴の形と海の平衡の形の間の密接な相似を明らかにして来た。プリニウス、シンプリキオス、サクロ・ボスコにとっては水滴の丸いことが大洋の球状の証拠とされた。

レオナルドにとっては反対で、水滴は水の球についての考察を目前に見えるようにするための描像であり比較であるに過ぎなかった。

「丸くなっている水滴の中に、水の球の役目の異つた多くの場合を考えることができる。それはいかにして表面の球形を破壊することなく地の物体をそれ自身に含むか。ひえの一粒ほどの大きさの鉛の立方体を考え、これに非常に細い針金をつけてこの水滴の中へ沈めたとすると、この水滴は立方体を含んだだけ大きくなりはするが、初めの丸さを失わないことが分かるであらう。」(F.62v.)

レオナルドは毛細管現象と海の球形のように重さで説明できる作用をはっきり区別しつつ近代科学が十分に展開した考えを出しているが、この考えの形成にはサクソニアのアルベルトが重要な一役を演じているのである。『天体論の問題』の最後にアルベルトゥティウスはこの命題を否定する反対論を多数あげている。すなわち「均質の物体では全体は部分と同じ形を持つべきである。そうでなければ均質でないだろう。しかし水の部分は霜あるいは雨の雫が示すように球状になるつとするように見える。そこで水の塊まりもやはり球状でなければならぬ。」(『天体論の問題』第三巻、最後の問題)この命題は既述のようにシンプリキオスとサクロ・ボスコの認めたものであった。

アルベルトゥティウスはアルベルト・マグヌスにならつてこう答える。「水滴の球形に関して、私はそれが水の本質的な形の結果ではないと言う、それはむしろ反対のものがなくなる結果である、何となればこの球の形はいろいろの部分で最も密接に結合している形であり、破壊の原因に対して最もよく抵抗し得るものだからである。また他の原因たとえば固さとか重さなどに支配されるのでなければ、どれだけの量がこの形をとるにも関係がない。この傾向はとくに物体が少量であるとき著しい。これは水だけに当てはまるのでなく、他の液体たとえば人の知るように水銀にも当てはまる。」

『ももんが』第三六巻第一〇号(一九九二年一〇月)





## デュエムのレオナルド研究(一一一)

矢 島 祐 利

レオナルド・ダ・ヴィンチの書きものにおける重心と平衡

サクソニアのアルベルトは大地の球形を論じたアリストテレスとアドラストスの議論を繰返しているだけではない。この命題から導かれるいくつかの系を逆説的な形で附け加えている。これらの系もまたレオナルドの注意を引いた。これによって誘発された考察は彼のノートの一葉を充している。(F. 83f.)

レオナルドはサクソニアのアルベルトの書いたものを繰返しながら、こう述べている。「歩いていて人は頭の方が足の方より速い。」「平らな所を横ぎって行く人は、初め前へ、のちには後るへ傾いて行く。」

サクソニアのアルベルトは、鉛直の塔を二つ作ると、塔が高ければ高いほど先の方はたがいに離れていると言った。レオナルドはこの意見を少し振り替えている。彼は地球のある場所へ鉛直線を之て、そこからある距離の所へ、この鉛直線に平行な二つの塔を立てたと考える。従って二つの塔はたがいに平行である。彼はこれらの塔がかなり高ければ必ず流れるだろうと論じている。ここは非常に重要であるから原文を引用しよう。――

「もし二つの塔をまっすぐに立て、それらの間の空間が平行で、それらが同じ高さで作られていれば、二つの塔は常に一方が他方へ向って流れるのである。」

「一二五 BC」鉛直線を之て、それらはまっすぐに延びていゝ。これらの鉛直線が一つの塔を C D において、もう一つの塔を B F において切るとすれば、これらの線はそれらの長さの重心を通らない。従って一方の部分 M T の C は残りの部分 C D よりも一層重たい、そうして等しくないものでは一方が他方に勝つ、すなわち塔のより大きい重さはそれに対しては塔全体を必ず持つて行くのである。もう一つの塔についても方向は逆だが全く同じである。」

ここに転載した図「\* 図は省略」の下にレオナルドはよく似たもう一つの略図を描き、そこでは柱状の二つの塔の代りに背の高いピラミッドを置き、「一二六」のピラミッドの抽は平行であるから、もし

高さが等しければ、たがいに向い合って倒れかかるであろう」と記している。

レオナルドはサクソニアのアルベルトの結論を少し異った形で示そうと試み、彼以前には誰も言わなかったと見られる次の定理を用いた。それは重い物が地上に立って平衡を保つためには、その物体の重心の投影がその底面の外へ出ないことが必要であり、それで十分である、というのである。

この定理は非常に重要であつて、その應用は無数である。さきに引用した断片のなかでレオナルドは特別の場合だけを用いているが、彼は非常に特殊な場合について発見した命題の一般性を預見したのであるうか。それは疑いない。

レオナルドは画家に対して普備的人間であることを要求するのを常とした。彼自身高度にそうであつた。彼は何の関連もないちぐはぐな知識をこたこた並べている人のような意味で普偏的であつたのではない。反対に人間知識の種々の分野がどの点で結びついているかということほど強く彼に感じられたものはなかつた。彼の知識活動がおこなわれている一つの領域で、ある眞理がひらめくや否や、彼はその眞理の反映を彼が探検している他の分野のひとつづつに見て取るのであつた。彼はサクソニアのアルベルトの『問題』から彼が書くかうと思つている『水の理論』に適當した思想を汲み取ると同時に、彼はノートの上に『絵画論』のいくつかの章の下書きを書きつけたり（手稿F.1.v.11『絵画論』（一六五一年版）第二四章とを比較してみよ）、あるいはまた彼が始終考えていた鳥の飛翔の研究に戻つている（F.53v.）。また海の球形の証明が彼に重心の性質を考えさせてから、すぐに画家に必要な知識をそこから引き出しており、—これが彼の人物画に理論的姿勢を与えている—またそこから鳥のいろいろの行動の説明を引き出したりしている。[\* 『絵画論』には近頃の版がある。Leonardo da Vinci, On Painting, by Carlo Pedretti, University of California Press 1964.テキストに英訳つき。またFranz M.Fel dehaus: Leonardo der Techniker und Erfinder, Verlag bei Eugen Diederichs Jena 1913.巻末の広告にもこの会社がLeonardo da Vinci, Traktat von der Malerei, hrsg. von Marie Herzfeldがある。そのテキストはドイツ語訳だけでイタリア語テキストはないらしい。また「鳥の飛翔の研究」については日本語訳（岩波書店）があるが、テキストはLibri del volo di Leonardo da Vinci, Editore Urico Hoepli

Milano 1952 によるのが便利である。」

レオナルドがサクソニアのアルベルトの系を注釈して、直立している人にそれを應用しようと考え、「歩く人は平らな所を横ぎるとき、初めは前に、のちには後ろへ傾く」と述べたことはすでに見た。しかし地上に置かれた重い物はその重心の投影が底面の外へ出るとき平衡にあり得ない、という定理の通用範囲をすべて知ろうと思えば、また彼は人間や動物のいろいろの姿勢をいかに説明しているかを知ろうと思えば、これまでもっぱら研究して来た手稿 $\alpha$ をやめて、ヴェンチュリガ $\gamma$ という印をつけた手稿をひもとなければならぬ。

手稿 $\alpha$ は $\gamma$ より後期のものである。あとの章で泉の起源を説明するためのレオナルドの試論をしらべる機会があるであろう。手稿 $\alpha$ に一つの理論が提出されており、手稿 $\gamma$ でそれが誤りであつて棄てるべきことが書かれているのが見られるであろう。

レオナルドが手稿 $\alpha$ で扱っている問題で、手稿 $\gamma$ の中にふたたび出て来ないものはほとんどない。とくにサクソニアのアルベルトの『問題』がレオナルドの注意を喚起した大地の球形と鉛直線の収斂は新しい手稿において繰返し考察の対象になっている。

アルベルトウティウスの結論の一つをほとんど文字どおり訳したものがあつた。――

「四百尋の塔を作り、糸で重りをつると、それらは頭の方より足の方で一層近くなり、ピラミッドの始まりをなすであろう。」

(A.20v.)

ところでレオナルドはこの二つの鉛直線の塔の頂点と底面における距離を測つて地球の半径を算出することが可能であるつと考える。

レオナルドの精神はこれらの測地学に関する考案に占められていたと同時に――これらの考えによつて彼は『水の研究』を構想していた――彼は『絵画論』の資料を集めることを忘れてはいなかつた。手稿 $\alpha$ には投影の問題が多数含まれているが、それが『絵画論』に見出されるのである。そこで重心の諸性質が生物の姿勢と行動を説明するのに役立つている多くの断片がそこに見られるのは少しも驚くに当らない。

その一つに次の言葉がある。――「平らな地面の上にあつた、その極（支点・原語）が同じ重さの諸部分の間に存在しないものはすべて静止しないであろう。その例ほ氷の上を滑っているものが、その

諸部分がそれらの中心から等距離になければ止まらないのに見られる。」(A21v)

「ついつた多くの意見のなかの第一は、すでにアリストテレスが『機械学の諸問題』の中で検討した問題への答えである。

「座っている人は、極の前にある部分が後ろにある部分より一層重さがあるのでなければ、手を使わずに立つことはできない。」

(A28v)

「ある場所を登る人は、体重のより多くの部分を、高くあげている方の足に、すなわち極の後ろよりも前にかけなければならない。すなわち、人は常に動いて行くこととする側に、他の何れの側よりも一層多く体重をかけるであろう。」

「走る人は走って行く方向へ傾き、そうして体重を極の後ろよりも前へ一層多くかける、すなわち登りながら走る人は爪先に、平地を走る人は初め踵にそれから爪先に体重をかける。」

「足が体重のまんなかにあるように、前方と後方の重みを釣合せないならば、人は自身の重みを支えられないだろう。」

レオナルドはのちに『絵画論』の一章になるものをあら書きしているのである。『絵画論』のなかに「人間が足で立っているとき、足はその上にある重さの中心をなす」とある。

生きものの姿勢に関するこれらの考察は手稿のなかに、サクソニアのアルベルトの影響を反映するノートと並んでいる。それらは要約的第一稿の不完全な形をしている。一層完全で一層発展した形で見ようと思えば『絵画論』をひもとけばよい。そこにはこの命題をいろいろに変えたものがある。「道を歩く人はからだの重さを地についている足の中心に置くであろう」「すなわち「片方の足だけで立っている人間の体重は、彼を支えている垂直線あるいは中心線の両側へ常に等しく分配されているであろう。」(『絵画論』一六五一年版、第二〇二章、六六ページ)

「重さを自分で、そうして重さの中心線(＊地球の中心を通る鉛直線の意)で支えている人物は、常に重さを支えている足の中心を通る中心線の周りで等しい重さの釣合を保つに必要なだけ、反対側の自然的あるいは偶然的の重さを支えなければならない。中心線は重さ全体を貫き、地についている足のこの部分を通る。荷物を片腕で持ち上げる人は自然にもう一つの腕をも上げるのはよく見ることである。対重をするのにそれでも足りないときは、持っている重さと釣合うだけ身体を曲げて自分の重みをそちらへかける。また転倒

した人は常に一方の腕をのばし、それを反対の部分へ持つて行くのを見る。「(同上)」「ここで人間の体重は、重さの中心がそれを支えている抽の中心から離れているほど、力を及ぼすことを言っておく必要がある。」(同、第二〇七章、六八ページ)

引用はもつと続けることができるが、レオナルドはいつも物体の重心がそれを支えている底面に対して持つ位置のことを考えていたことが分かる。ヴァチカン図書館には『絵画論』のたいへん良い写本のあることは前に述べた。この写本を飾っている略画はレオナルドのデッサンをほぼ模写していることは疑いないものであつて、人物をいろいろの姿勢で示している。常に一つの中心線がそれを通つており、重心が地についている人の形の内部へ投影されることを示している。この中心線はニコラ・プーサンが一六五一年のイタリア語版およびフランス語版のために作ったデッサンのあるものには残されている。

レオナルドは重心の力学的性質によつて人体のいろいろの姿態を説明しようと試みたと同時に、これらの性質を鳥の飛翔の分析に應用することも忘れなかつた。この手稿の多くの文がそれを示すが、『絵画論』のなかに次の章がある。――

「動物の運動とその行路について。前へよく転ぶのは逼を速く登る人である。自分で動く物体は重さの中心が支えの中心から遠ざかるほど大きい速さを持つてであらう。これは主として鳥の運動について言われる。鳥は羽ばたきをしないで、あるいは風に助けられないでも自分で動く。これはその重さの中心が支えの中心、すなわち翼のひろがりの中心外にあるとき起る。何となれば両翼の中心が鳥全体の重さの中心より前または後ろにあるならば鳥は上または下へ動くが、重さの中心が翼の中心から遠いか近いかに従つて、下へよりも上へより多くあるいはより少く動く。すなわち重さの中心が翼の中心から離れると、鳥の下降はよけい斜めになり、中心が翼に近ければ下降はあまり斜めにならないだらう。」(一六五一年版、第三一九章、九九ページ)

それゆえ物体が地上に平衡しているときは、その重心はそれを支えている面の・中へ投影される。「 $\rho$ 」という印のついているレオナルドの手稿のなかで、この重要な力学の定理がサクソニアのアルベルトの結論から生れたことをわれわれは見た。『絵画論』の中にはレオナルドがこの命題から引き出すことを得た結論が見られる。まだ一般的に発表したことがなく、やっと大要だけ書いた原理と、証明な

しに述べられ、それから離れた多くの系との間のものが欠けていることは明らかである。鎖の環が一つ失われている。

この鎖が存在していたこと、すなわちレオナルドが重心の力学的性質を組織的に扱った『場所の運動の研究』を書いたか、あるいは下書きをしたことはほとんど疑いない。レオナルドは『絵画論』において「すべての重い物はその運動の線で重みがかかる」ということ、すなわちその重心から下した鉛直線で重みがかかる、というこの命題を想起させつつ、「これは場所の運動の九で証明される」と言っているのである。(同上、一九六章、六四ページ)

この場所の運動の研究には重心の静力学的また動力学的諸性質が述べられていることは疑いないが、この書は今日知られていない。この書が十六世紀に存在しており、利用されたことはほとんど確実のようである。何となれば、そのはっきり認められる痕跡がジャン・パッティスタ・ヴィラルバンドの書物に見られるからである。

『ももんが』第三六巻第一一号(一九九二年一月)

## デュエムのレオナルド研究(一三)

矢 島 祐 利

ジョヴァンニ・バッティスタ・ヴィラルパンドの諸定理

ジョヴァンニ・バッティスタ・ヴィラルパンドは一五五二年コルドバに生れてイエズス会に入りジェローム・ブラドを師とした。ブラドは一五四七年バツカに生れた。フィリップ二世が神父ブラドにエゼキールの見神の注釈を作することを命じたので、ブラドは彼の弟子に手伝わせて、この著書にもっとも広汎な拡がりを与えようとした。ヴィラルパンドは初め考古学的部分の分担しか与えられなかったが、ブラド師は一五九五年この仕事を未完成のままローマで客死したので、弟子の彼がその仕事をつづけ、ひとりでその第三巻を書いた。(一六〇三年ローマで出版)ヴィラルパンドもこの大事業を終らずに二八〇六年ローマで亡くなった。

ジェルサレムとその聖堂の考古学的研究の途中で、ヴィラルパンドは奇怪な誤りを論破することに骨折った。ある注釈家たちは、ユダヤはたいへん山の多い国であつて、その土地の面積はその周りの平らな国の四倍もあるといつていた。その不合理、というよりもかような想定が無益なことを証明するためヴィラルパンドは山の多い土地には同じ高さの平らな所以上に人も動物も殿堂も木もあり得ないことを証明しようと企てた。求める証明は重心の静力学的性質から引さ出すべきものとした。

この問題を定義し、特徴をしるしづけるため、ヴィラルパンドは古今の著者に頼った。彼はアリストテレス、パッポス、コンマンディーノ(「\*イタリアの数学者、一五〇九―一五七五」)を引用している。パッポスとコンマンディーノについて彼の言っていることは、ほとんど文字どおりにギドバルド・デル・モンテ(「\*アルキメデスの注釈書、一五八八」)によつていふようである。しかし彼の論題を正当とするようないろいろの定理の所へ来ると、彼は他の著者を一人も引用していない。これらの定理はヴィラルパンドがこれを誰に負つのか判断するのが容易でないが、レオナルドの手稿あるいは『絵画論』のなかに見られる断片とよく似ているので、必然的にこれをレオナルドに帰せねばならぬ。ヴィラルパンドがこれらの定理



の帰結を述べている章は、レオナルドかあるいはヴィンチのアカデミーへしげしげ出入りした誰かの書いた小著に多少手を加えた複製であろう。

たとえば次にあげるのは命題四と五の文である。――

「一点で立つている物体は支点を通る鉛直線がその重心を通るならば平衡を保つであろう。しかしこの線が重心外を通るならば、重い物に伝えられる与えられたインピートス (*impetus impressus*) が落下を妨げるのでなければ転倒するであろう。」

原注 右に出て来る *impetus impressus* は十六世紀ではかなり

漠然とした観念であるが、これがだんだん獲得された速度、運動量、活力などに発展して行く。

「完全に邪魔物のない平面上へ置かれた重い物は、それが平衡を保ち得る平面上の一点へ来るまで動くであろう。」

われわれは以上二つの命題をレオナルドの手稿の一つは  $\alpha$  も一つは  $\beta$  のなかで読んだことを想い起こすのである。

ヴィラルパンドの命題六は次の言葉で述べられている。――

「地上にある面で支えられている重い物は、支えの面の中心を通る鉛直線が重心を通るか、またはこの面の端の一つを通る鉛直線が重心を通るか、またはこの鉛直線の同じ側に重心と底面があるならば、平衡を保つであろう。しかし、もし重心が反対側にあれば物体は確かに転倒するであろう。」

われわれはレオナルドがサクソニアのアルベルトを読んで思いつき、特殊の場合について立てた命題が一般的な形で述べられていることを知っている。のみならずヴィラルパンドがこの命題について与えている証明はほとんど文字どおりレオナルドの想像したものである。

この命題はもとより立っている人や動物と同様に殿堂の平衡にも当てはまる。ヴィラルパンドがとくに興味をもったのはこの應用であつた。だがこの應用もまた彼がレオナルドから借りて来たものである。たとえば次の系を見れば、それを疑うことはできないだろう。

「人が両足で立ち、一つの足の端から立てた鉛直線が重心を通るときは、彼が傾いている方の側から転ばないように腕をあげることはできないだろう。何となれば伸ばした腕は一層大きい挺子の腕あるいは平衡の中心から離れるほど大きな重みとなる重りの役目をするからである。」

「人は彼が立っている底面の端から立てた鉛直線がからだの重心を通っていないければ、あるいはまた重心から下した鉛直線がこの低面に落ちなければ、前後左右に身を傾けることはできないだろう。そうでなければこの人は転倒するだろう。」

「腰かけている人が立ち得るためには、座席に足を近づけ頭を前へ出す必要がある。」

「鳥が飛ぶとき、翼面の中心を通る鉛直線ほ鳥のからだの重心を通っている。……鳥がからだの前の方をあげ後ろを下げようと思えば、両翼すなわち彼を支える底面を前へ出す。反対に下へ向かって飛ぼうと思うときは翼を後ろへ持つて行く。これによって、そのからだで重心の位置を変えることが容易にできるのである。」

この最後の命題はレオナルドの注意を最も不断に引いたものの一つであった。この命題はヴィラルバンドの著書の中へ引き写されて大画家の刻印をとどめているが、それはイエズス会の学者が提出した目的には何の役にも立たない添えものであった。

そこでわれわれは躊躇することなく、ヴィラルバンドの重心に関する定理と、立っている人および動物へのその應用をレオナルドに帰することができる。とくに次の命題は彼に依っていると云える。

「四足類はその重心がその足の面の端の一つを通る鉛直線の上にあるとき、あるいはこの鉛直線に関してこの底面と同じ側に彼があるとき平衡を保つ。」

ところでこの命題は今日では静力学の初歩で教える脚底に関する古典的定理に他ならない。そこでこの今では初学者にも親しみ深い法則の発見者はレオナルドにさかのぼると言わなければならない。ヴィラルバンドはこの大画家の発見をわが物顔することによって、これをわれわれに伝達したに過ぎない。

神父ジョバンニ・バッティスタ・ヴィラルバンドの聖書解義と考古学の多くの著述は失われ、レオナルドから借りたこれらの定理も数学者たちに知られずにいたことは疑いない。神父メルセンヌのあの不屈の好奇心もこれを発見せず、数学者の注意を促すことがなかった。

絶えず新しい思想がフランス、イタリア、オランダの学者から物理学あるいは力学について出されると、勤勉なこのミニム派の神父はそれを知るや否や、彼がたゆみなく出版していた独特の縞纂物にそれを出し注釈を加えていた。これによって彼はそれを流布させた

のである。このようにして彼はのちの科学雑誌と学会報告の役割を生涯つづけたのである。

神父メルセンヌの最初の著書の一つは一六二六年パリのロベール・エティエンヌの所で印刷した『数学摘要』という題の小研究の集録であった。この書には著者の名がついていないが、この著書を帰すべき人はメルセンヌ神父の他にはない。

これらの小論のおおのは証明も図も伴わないが、著名な著者の定理から導かれる結果から成るものである。たとえばユークリドの要論のすべての定理を含み、またアルキメデスがいろいろの著書で打ち出したすべての命題を含んでいる。

これらの摘要のなかで最も興味があるのは「力学の巻」という題のものである。これにはコンマンディーノ、ギドバルド、ルーカ・パチオリによって明らかにされた固体の重心に関する命題、ギトバルドとステフィンによる静力学、ステフィンの静水力学が集められており、アリストテレスの『機械学の諸問題』が一緒になっている。またそこへメルセンヌは方向の線すなわち重心を通る鉛直線、ヴィラルパンド（メルセンヌはヴィラルパンドウスと呼んでいる）のいろいろの定理などを再録している。

ヴィラルパンドが発表したもの（メルセンヌが付け加えたものの中に、十七世紀に至るまで諸学派の中に保存されていたサクソニアのアルベルトの伝統が見られる。アルベルトウティウスの名は今日ではほとんど言われることがないが、このことは彼がかつてはかなりの影響力を持っていたことを証するに足りるであろう。この影響の変遷の研究はたいへん興味があるとしても、われわれの当面の目的ではない。メルセンヌの『数学摘要』がわれわれに興味があるとすれば、レオナルドによって発見され、ヴィラルパンドによって彼が著者であるかのように発表された重心の静力学的諸性質が数学者の共通の知識になったということである。

われわれは十七世紀あるいはそれ以後に現れた静力学のいろいろな著書の中にこれらの命題の痕跡を追うことはしない。このような研究は力学の一般的历史にとっては興味があるが、レオナルドの発見という特殊の歴史には興味がない。われわれが書こうとして来たこの特殊の歴史の章を閉じる時になったと思われる。

われわれは一つの思想がレオナルドの精神の中において重要な結論に導き、芽を出し、発展するのを見て来た。この思想は自然発生的に生れたのであろうか。決してそうではない。もし独創であると

しても、それはもつと古い思想によって惹起され刺戟されたのである。ルネサンスの大画家に一つの発見を促したこれらの思想は古典的古代の誰かの著書によって彼の精神に呈出されたのであろうか。そうではない。もしそれがアリストテレスの書いたものに原理をもつとしても、それは十四世紀のスコラ学者によって労作されたものであつて、レオナルドの考察を促したのはこの労作によって生み出された系であつた。レオナルドは眞理が彼に現れて来るいろいろの様相を要約的なノートとして紙の上へ書きつけた。しかし彼は瞑想の結果を公表しなかつた。ではそれらは科学から失われてしまつたのか。彼が発見したものを再発見しなければならなかつたか。いや、そうではない。書いたもの、あるいは耳からの伝承によつて、また彼の手稿の横取りあるいは彼の教えの普及によつて、彼が知つていた静力学の法則は十七世紀の数学者に到達し、彼等によつて科学の流れの中へ入り込んだ。発見者の名だけが欠けていたのである。

このようにして、今われわれが閉じようとしている研究は、限られたものであるにせよ、ルネサンスの科学の歴史を歪曲しているいくつかの偏見を消滅させることができると思われ。

『ももんが』第三六巻第一二号（一九九二年二月）

## デュエムのレオナルド研究(一四)

矢 島 祐 利

レオナルド・ダ・ヴィンチとベルナルディーノ・バルデイ

力学の歴史に関する研究中われわれは、たびたび次のことを確認するに至った。レオナルドが彼のノートの中へ種子をまいた新しい思想は決して後の人々に知られずにいたのではない、それは多くの著者たちによって剽窃されて、十六世紀全体を通じ彼等が静力学また動力学について書いた書物を誘発したのである。

この確信に支えられて、ブラドとヴィラルパンドのジェルサレムとその聖堂に関する大著を読むと、われわれは一つの驚くべき議論を得たのである。前章で見たように、ヴィラルパンドはユダヤに関する記述の中へ静力学の一小論を挟んでいる。そのいろいろの章は草稿の形でレオナルドの手稿の中に見られるのである。われわれはこの研究によって脚底に関する有名な定理の眞の発見者はこの大画家であったことを明らかにすることができた。

われわれはアリストテレスの『機械学の諸問題』の注釈を分析することによって、レオナルドのノートの痕跡をさらに見出し、しかもヴィラルパンドの著書におけると同様に明白に根本的に印づけられているのを見出すであろう。その注釈はヴィラルパンドの大著より前に書かれているが、出版はずっとおくれた(ベルナルディーノ・バルデイ『アリストテレスの力学問題』一六二一)。

ガスタラの僧正ウルピノのベルナルディーノ・バルデイ  
の生涯

著者ベルナルディーノ・バルデイの死後四年にその『力学』を出版した編集者はファプリチオ・スカロンチニの書いた短いが興味ある著者の伝記を添えている。この伝記を見るとベルナルディーノ・バルデイは活動力に富み該博な人で、最も多方面の知識を包括できる人物であった。こういう人物を十六世紀のイタリアは他のどの国よりも、また何れの時代よりも多く出している。

ベルナルディーノ・バルデイは一五五三年六月六日ウルピノに生

れた。彼はベルーズ「\*イタリア中部の町」の貴族カンタガリニ家の出である。彼の高祖父はバルデイの代りに家系の名を用いていた。ベルナルディーノの母は彼がごく若いときから非常に慈悲心に富んでいたことを好んで話した。彼の最初の師はジオヴァンニ・アンドレア・パラズイとジオヴァンニ・アントニオ・トゥロネイであった。後者はパオロ・マニツイ「\*有名な印刷屋」と関係があり、マニツイは彼がギリシア語とラテン語の知識のあることを高く買っていた。この人文学者の教えを受けたバルデイはまだ若いときにアラトス「\*紀元前三世紀のギリシアの詩人・天文学者」の『現象』を詩で訳した。

一五七三年バルデイは二十才で、知識を完全にするためパドワへ行った。パドワではエマヌエル・パルグニーに就いた。この学者の指導で彼は『イリアス』の深い研究をなした。彼はギリシア文学の傑作とくにテオクリトス「\*紀元前四世紀のギリシアの詩人」の『牧歌』を勉強した。ギリシアの詩人たちと熱心に交わったので、彼の覚書には一生を通じてギリシアの詩の長い部分が入っている。彼はギリシアの雄弁家の翻訳は骨が折れることがあるが、詩人のものは少しもそんなことはないと繰返し述べている。

彼が外国語の知識を得たいという性癖は異常であった。彼はパドワでしばしば「アルプスの向うの人」とつき合っていた。そのうちのある人々とは報交を結んだ。彼等の言葉が分からないのを恥じて彼は非常に早さでフランス語とドイツ語を学んだ。そのうちガスタラの僧正になって聖書の研究を深めようと思ひ、三年でヘブライ語とカルデア語を学んだ。その後ローマへ行って学んだアラビア語とスラブ語の知識が加わった。ニケロン「\*一六八五・一七三八。フランスの聖パウロ教国の修道者」が引用している彼の墓碑銘によれば、彼は十二箇国語の知識を持っていたというが、ニケロンが同じようにあげているワレスキンベニーはヘブライ、カルデア、エトルリア、ラテン、アラブ、ペルシア、スラブ、トルコ、ドイツ、ハンガリア、スペイン、フランス、プロヴァンス、シチリア、イタリアの十七箇国語を数えている。(原注、ニケロン『知名文人の歴史に役立つ記録』第三九巻、三六一ページ。)

またパドワにいた時代から、言語学の天分と同時に彼の趣味は歴史や科学の勉強にも向っていたことを知る。彼は大砲のこと、またその発明者のことを書いている。

彼はペストに追われてパドワから故郷のウルビノへ帰った。スカ

ルロンチニによると、その地で五年間有名な数学者フェデリゴ・コンマンディーノ「\*一五〇九・一五七五」と親しくして彼と一緒に数学的のいろいろの学問を勉強し、コンマンディーノのユークリッド、パッポス、ヘロンの翻訳の図を描くのを手伝った。コンマンディーノの死を悲しんでこの友人の伝記を書こうとしたが、この計画はもっと大きなものになり、有名な数学者全部の伝記を企てた。そうして十二年でこの計画を完成した。

しかし、ニケロンが正しく指摘しているように（前掲書、三五七ページ）、スカルロンチニのこの話は正確でない。何故かといえばコンマンディーノは一五七五年に死んでおり、これはバルディが故郷へ帰る一年前である。もしこの二人の間に親交と協力関係があったとすれば、それはバルディの若いころ、まだパドワの大学へ出発する前でなければならない。

コンマンディーノの死後バルディは別の数学者で有名な力学者ギドバルド・デル・モンテ伯「\*一五四五―一六〇七」と親交を結んだ。この人の影響はコンマンディーノのそれを補って、バルディをして力学の研究に向わせた。彼はこの影響のもとに一五八二年アリストテレスの『機械学の諸問題』の注釈を書いた。この書のことを本章で扱おうとするのである。

バルディの博学と有徳の評判はモルフエツタ公ガスタラの領主ゴンザグのフェルディナンドの耳に達し、公は彼を自分の宮廷へ呼んだ。しかし宮廷のはなやかな生活をこの学者に押しつけることはしなかった。バルディは静かに研究をつづけ、サビオネツク侯ゴンザグのヴェスパシアンのためでヴィトルヴィウス「\*古代ローマの建築家」の注釈をたくさん作った。

ゴンザグのフェルディナンドはこの間にスペインへ赴いた。彼はバルディと話すことを好み、またその助言は貴重であったので、別れることを願わず、彼を連れて行った。しかしバルディは旅行の初めに病気になるのでミラノへ止まるのやむなきに至り、その地の名門カルロ・ポロンメ「\*一五三八―一五八四、聖徒に列せらる」が彼を自宅へ引き取り、全快まで面倒を見た。

それからバルディはガスタラへ戻った。主人のフェルディナンドはいないので勉強の余暇を得た。一五八六年に彼は少しも望まないのにガスタラの僧正の職を与えられた。そこで彼はもっぱら教会法と聖書解義の研究に打ち込もうと決意した。しかし彼の活動に対して余りにも縁遠いこの場に安住することはできなかった。言語学、

天文学、地理学などが聖書の研究とともに彼の注意を引いた。彼はアラブの地理学者のものを訳したり、アラブ語辞典を作ったりしているのである。一六〇三年に彼は大がかりな地理書の編纂を企てた。そこでは古今の著書によって言及されている最小の町や村まで記述されるはずであった。彼はこの大著を完成することはできなかった。一六一七年十月十二日、四十日の病気のち死んだとき、この地理学辞典の四巻か五巻をやつと終つたところであった。彼の残した覚書によると、あと七冊か八冊書くはずであった。

#### ベルナルディーノ・バルデイの著述

スカルロンチニはバルデイの有徳、慈悲心、公平を賞めちぎっている。この学者の仕事熱心はたいへんなものであり、彼は年をとつても規則正しく未明に起きて勉強をなし、食事のときもドイツ語、フランス語あるいはアラビア語の本を読んでいたという。

バルデイの著書は非常に多い。墓碑銘はその数を四十八としていゝる。スカルロンチこの伝記のあとに著書目録があつて、五十四あげであるがそのあとに「なお他にもあるべし」と書いてある。この著者の本をたいてい持っていたクレスチンベニは百を越えると述べていゝる。

バルデイの著書のあるものは生前に印刷された。それは次のものである。

一、『ローマ暦による全年のソネットを含む年の花かつら』ウイチェンツァ、一五八九。

これは一年間の主なる祭に関する一〇六の十四行詩の集録である。二、『アレクサンドリアのヘロンの自動人形に関する二巻』ベルナルディーノ・バルデイによつてギリシア語から翻訳。ベネチア、一五八九。第二版が著者の生存中、一六〇一年ベネチアで出ている。また一六六一年ベネチアで三度目の印行がおこなわれた。

三、『ベルナルディーノ・バルデイ詩文集』ベネチア、一五九〇。著者に無断で印刷されたもので誤りが多い。この中に次の作品が収められている。

「航海」は無韻の詩で、一五八五年バルデイがゴンザグのフェルディナンドへ献じたもの。

「対話体牧歌」

「ローマ的ソネット」



「変型無韻詩」

「レオンドロ・アイ・ムゼオの物語」

「品位の対話」

「射手あるいは原理の至福について」

「ウルビノの宮殿の記述」

最後の「ウルビノの宮殿の記述」はのちにベルナルディーノ・バルディとフランチェスコ・ピアンキニの『ウルビノの町およびその宮殿に関する記述』（ローマ、一七二四）の中へ再録された。

「航海の詩」はアルマン・ドゥ・ガリアニによってイタリア語からフランス語に訳され、パリで出ているが、年号がない。

また、この集へバルディの他の著作を加えたものが『ベルナルディーノ・バルディ詩文選集』としてフィレンツェから一八五九年に出版された。

四、「ローマ的ソネット」ともう一篇が『ローマ的ソネット、月桂冠、若きスケルソ』という題で、パリから一六〇〇年に出版された。

五、『クマエ』\*カンパニアの海岸の町、女占師で名高い「のみこについて」ベネチア、一六〇四。

六、『世界の洪水、新しい詩の形式による歌』パヴィア、一八〇四。

七、『道徳の概念』パルマ、一六〇七。

八、『ラテン小詩』パルマ、一六〇九。

九、『ヴィトルヴィウスの不等の階段』一六二二。

十、『ヴィトルヴィウスの語彙』一六二二。

ヴィトルヴィウスに関する研究は彼の著書のうちで、おそらく最も評判の高かったもので、次の書物の中に転載されている。

A 『ヴィトルヴィウス・ポリオ全集一〇巻』アムステルダム、一六四九。附、ベルナルディーノ・ハルディ 『ヴィトルヴィウス辞典』（これは上述の『語彙』のことである。）

B ヨハネス・ボレニ『ヴィトルヴィウスの練習あるいはヴィトルヴィウスの建築の批判的注解』バタヴィ、一七三九。附、ベルナルディーノ・バルディ著『ヴィトルヴィウスの伝』

C ヴィトルヴィウス『建築』ヨハネス・ボレニ注、一八二五。この書にはバルディの注釈九個を含む。

十一、ウルビノ侯の使節ベルナルディーノ・バルディ『演説集』ベネチア、一六一三。

十二、ベルナルディーノ・バルディ『エウゲビウム古碑の研究』  
一六一三。]\*これは一四四四年グビオ(中世のラテン名エウゲビ  
ウム)で発見されたラテン語とウンブリア語の刻まれているブロン  
ズの碑に関する研究である」

十三、『クテシビオスの翻訳と注 附、ヘロンの伝』一六一六。

これは三世紀のギリシアの技術家クテシビオスの研究とアレクサ  
ンドリアのヘロンの伝である。このヘロン研究はバルディが生前に  
出版した最後の書物であるが、多数の他の著述は著者の没後出版さ  
れた。十九世紀末になって初めて印刷されたものもある。

われわれが知ることのできた遺著のなかで、日附の最も古いのは、  
われわれがこの章で扱おうとするものである。すなわち

十四、ガスタラの僧正ウルビノのベルナルディーノ・バルディ

『アリストテレスの力学について』一六二一。

ムルハルトが「ピブリオテカ、マテマチカ」第三巻六ページで  
あげている『アリストテレスの力学問題の注釈と演習』(ベネチア、  
一六二三)という本は第二版と見るべきことは疑いない。

この書のあとに次の書をあげることができる。

十六、『ベルナルディーノ・バルディの百の弁明』ローマ、一七  
〇二。

この弁明は独創的ではあるが非常に要約的なもので、スカルロン  
チニによると、レオーネ・バッティスタ・アルベルティを真似て書  
いたものという。スカルロンチニは骨を折ってこれを詩にしている。  
この本の第二版が一八二八年にローマから出ている。

一七、ウルビノのベルナルディーノ・バルディの『故郷への讃詞』  
ウルビノ、一七〇六。

これは前記ピアンキニの『ウルビノの町および宮殿に関する記  
述』(ローマ、一七二四)の初めに再録されている。

十八、『数学年代記あるいは数学者の物語』ウルビノ、一七〇七。

これはバルディが十二年を費した大著の抜粋に過ぎない。これは  
『バルディ詩文選集』に再録され、一八五九年フィレンツェで出版  
されたことは前述のとおりである。

十九、『エトルリアの重量の書翰』この書翰はエステイ・フォン  
タニの『ホルタ(\*)の古事』(ローマ、一七〇八)の第一巻第七章に  
入っている。]\*ホルタはエトルリアの地名」

二十、『フェデリゴ・コンマンディーノの生涯』

この伝記はバルディの注目すべき著書の一つで、一七二四年ヴェ

ネチアで『イタリア学報』第一九巻に印刷された。『詩文選集』

(フィレンツェ、一八五九)に再録。

二十一、『ベルナルディーノ・バルディ』『チェレオあるいは菜園』  
これは『四大田園詩』(ヴェネチア、一七六五)に載った。

二十二、『ウルビノ侯ギドバルド一世の生涯と事蹟』一二巻、ミ  
ラノ、一八二一。

二十三、『モンテフェルトロのフェデリゴの生涯と事蹟』ベルナ  
ルディーノ・バルディの従来未刊の原稿によって確かめ、ツッカル  
ディの意見を附したるもの、ローマ、一八二四。

二十四、『歴史論考』これは「スピキレキウム・ロマーヌム」  
第一巻、ローマ、一八三九に載った。

二十五、『アリストイド・キンティリアヌスの伝』「新リンチエ  
イ・アカデミー学報」第一八巻、一八六五。これはヴァンサンとマ  
ルトンの『プラトンの婚姻数に関するアリストイド・キンティリア  
ヌスの音楽研究の章句』ローマ、一八六五に再録されている。

二十六、『ジョヴァンニ・エリジェリオの生涯』パルタサル・  
ボソコンパニの『科学文献集録』第一巻、一八六八。これはティモ  
テオの『マリクールのピエトロ・ベレグリノの書翰、その他』ロー  
マ、一八六八に再録されている。

二十七、『ベルナルディーノ・バルディの手紙』パルマ、一八七  
三。

二十八、『イタリア数学者伝』ボソコンパニの『集録』第一九巻、  
一八八六。

二十九、『ミッデルブルグのパオロの伝』これはデメトリオ・マ  
ルツイの『改暦の問題とラテランの第五回宗教会議』フィレンツェ、  
一八九六に掲載された。

今日までに印刷に附されたバルディの著書の数は非常に多いが、  
すべてスカルロンチニが引用しているのをあげたのである。まだ印  
刷されていないものでは第一に大数学者の伝記をあげるべきである。  
これはバルディの十二年間の労作の結果である。この書物は失われ  
なかつた。自筆本と二つの写本がボソコンパニ侯の図書館にある。  
その他の未刊の著述も多くスカルロンチニの目録にあげてある。  
それらはいろいろの目的を持つものである。

その中には文学的なもの、詩や散文もある。この著者の最初の著  
述であるアラトスの『現象』を詩に訳したものの、「天の階段」と題  
する詩と宗教講演の集録、僧院生活と平俗生活の比較、心について

の六の書、同じことについての諷刺詩、ルキアノスの「宮廷人の悲惨」の翻訳を加えたもの、叙情小詩と短言の書、一つはコスランという題で人道を扱い、もう一つはコップという題で同じ問題の変え歌など。

科学的発明の歴史に関するものには『戦争の攻道具とその発明家たち』がある。

言語の研究に関するものではミュゼーの『寓話』、スミルナのキントウスの『ホメロス史略』の翻訳、アラブ語辞書の編纂がある。

バルデイの考古学への熱意は彼をして「ローマの管理者に対して都市の古いものを保存すべきことを述べたもの」や「カスタラの古代」に関する書を成さしめた。

新約および旧約聖書に関する研究は、この不境の学者には無数ある。スプタントのギリシア語テキストによる『エレミアの悲しみ』の翻訳にヘブライ語テキストによる注を加えたもの、ラテン語で書きヘブライ語テキストによる注を加えた『ヨブ記』の解釈、オンケロスがカルデア語で書いた『モーゼの五書の解釈』の翻訳、『エゼ

キエルの聖堂の新しい記述』、『聖マタイによる使徒の研究』など。

バルデイの著述の中の天文、地理に関するものでは『新暦に関する五つの書』、『世界的日時計』、『天と水について』の一書、著者不明の『アラビアの庭園』の翻訳、未完に終わった『世界地理辞典』がある。

なお『数学の逆説の書』というのがあるが、これは題だけしか知られていない。これでベルナルディーノ・バルデイの著書の論評を終るが、もとより不完全である。しかしこのような著作が示している多方面の才能者としての非常な活動と不断の勉強の概観を与えらるには十分である。このような勤勉の力とこのような精神の順應性は十六世紀にはよくあったことだが、長くて骨の折れる一つの研究にひどくしめつけられ、方法が少し変ってもすぐに参ってしまい、小さな本について最小の領域の面に触れるだけですぐに満足してしまつた。まづわれわれ近代人を驚かせることである。

## デュエムのレオナルド研究(一五)

矢 島 祐 利

ベルナルディーノ・バルディがレオナルド・ダ・ヴィンチの力学に負うもの

スカルロンチニは『アリストテレスの機械学の諸問題演習』が一五八二年バルディによって書かれたことをわれわれに告げている。そのとき著者はデル・モンテ侯ギドバルドの友人であった。ギドバルドはちょうど力学の一書を書いたところであった(『力学書』ピサ、一五七七)。この書はそれから一世紀の間非常な名声を得た本であつて、やがてアルキメデスの重心の研究の注釈が附け加えられた(一五八八)。この注釈は『力学書』と同じくらいはやつた。それゆえベルナルディーノ・バルディが書いた力学の原理へのギドバルドの影響は疑うことができない。この影響を否定するなどは飛んでもないことである。バルディはしばしばこの友人の名をあげて喜んでゐる。

また彼の知識はデル・モンテ侯の『力学書』以外にも源泉を持っていたが、その中でこの本によつてわれわれの知り得るものがある。第一に、簡単な注をつけてニコラス・レオニツチオニによつて出版されたアリストテレスの『機械学の諸問題』の翻訳(一五二五)に、また非常に学識のあるアレックスサンドロ・ピッコロミニの編纂した『機械学の諸問題』の研究的重要な解釈(一五四七)がそれである。バルディは序文において、オランダ人シモン・ステフィンの研究の噂が届いているが、この著者の書物は見えていないと記している(ステフィンの静力学はフランドル語で書かれ、一五八六年に出版された)。

しかしバルディが深い影響を受けながら、その名をあげていないのはレオナルド・ダ・ヴィンチである。彼がその注釈のなかで最も強く注意を引かれた章句はすべてこれをレオナルドに負っているのである。それらの章句はフランス学士院の図書館に保存されている手稿本のなかに下書きの形で見出される。この大画家がサクソニアのアルベルトを読んで引起された思想を見出し得たのも同じ手稿本である。ヴィラルバンドによつて写し出された定理の素描があるの

もやはり一同じ稿本である。

奇妙にもヴィラルバンドによって彼のユダヤの記述の中へ載せられたこれらの定理は、ほとんどすべてベルナルディーノ・バルデイの書物の中にもまた見ることができ。

バルデイはそのいくつかを彼がアリストテレスの問題をしらべている章で与えている(バルデイの前掲書、問題三十、一六六ページ)。そこは一人の人が一本の棒で一つの重さを支えるとき、荷重に近い人はなぜより多くの負担を感じるか、という所である。

この問題は大きな荷重をになう人がなぜ身をかがめるかという問題と、それは重心が支点を通る鉛直線の中へ来るようにするためである、という答えに導く。

そこで彼はこれらの考察をレオナルドが草稿 $\Delta$ でざつと書きさらに完全に『絵画論』で書いているところの、人間と動物のさまざまな姿勢について展開している。バルデイはこれらの考察をアリストテレスの、腰かけていて立とうと思う人はなぜ脚が腿と鋭舞をなすようにと、腿の中程へ身を近づけるのか、という問題を扱っている次の章でおこなっている。この問題はまさにレオナルドが重心の考察によって解こうとした最初のものであった(A.28v.)。バルデイはレオナルドの解を詳細に述べている。彼は同じ方法で人間や動物のさまざまな姿勢を説明し、同じ理論を無生物に応用することも忘れていない。三脚台の同は彼をして脚底の法則を定式化させるに至った(バルデイ、前掲書、問題三十、一〇二ページ)。ピサの塔やポロニヤのガリセンディの塔のように傾いた塔の釣合はヴィラルバンドの書とほとんど同じ言葉で扱われている。

しかしバルデイがレオナルドの定理を読むことを得たのはこの本からではなかった。ガスタラの神父(\*バルデイ)の書はジェズイットの学者(\*ヴィラルバンド)のより前にできあがっていたのである。ヴィラルバンドはレオナルドの定理をバルデイの『演習』(『アリストテレス機械学の諸問題演習』)の稿本の伝達によってのみ間接に得たのでないことは疑いない。ヴィラルバンドにある鳥の飛翔に関する特徴的な数行の如きはバルデイの書には見出されない。二人はその知識を同一の源泉から汲んでいるに相違ない。そうしてこの源泉はレオナルドの手稿か、あるいはそれを写したものでなければならぬ。またヴィラルバンドがこの資料の知識をバルデイから得たことも可能である。スカルロンチニによれば、バルデイもまたエゼキエルの聖堂の記述に熱中し、これについて一書をなしたと

いう。この機会にヴィラルバンドと関係をもったとしても少しも驚くに当らない。

何れにせよ、バルデイがレオナルドから借りて来た静力学はヴィラルバンドが吹聴した以上に拡められた。

このようにレオナルドに負うもののなかで最も特徴的なのは、斜面の上に置かれた重い物の見かけの重さに関するものである。

この問題の解で最も古いのはパツボスによるものである。それは斜面上を転がる球形の物体を研究して得られた。パツボスの理論は今日では承認し得ない仮説の上に立っており、誤った結果に到達している。斜面上にある物体の見かけの重さの正しい値は十三世紀のヨルダヌス・ネモラリウス一派の力学者によって得られた。ヨルダヌスによって提出された方法は非常に完璧であつて、今日一語をも変えることなく静力学の講義に使えるほどである。

レオナルドは十三世紀のこの数学者の発見した規則を知っていたらしく、パツボスのに似た工夫によってこれを再確認しようと骨折つた。その証明は論理的に正しくないが、なかなか巧妙である。彼はそれに重要な意味があると信じていた。というのは、これを何

度も述べているのである。(A 52r, 21v.)

ところで、この独創的でレオナルドに特有な解をバルデイは非常に精確に繰返している、解が役に立たないように見える問題に関して、これは注目に値することである(前掲書、問題八、六二ページ)。また彼はレオナルドの解がパツボスの解と似ていること、また重要な点で異なることに気がついた。

バルデイは少くとも結果が正しい解はこれを採用したが、ギドバルドは古代の人を盲信してパツボスの理論の側についていた。

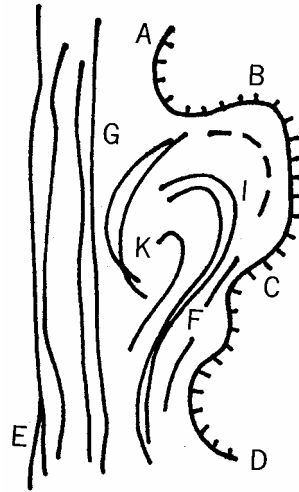
バルデイにとってはレオナルドのノートから借りた意見をアリストテレスの周辺で述べるのに好機と見えた。

たとえばアリストテレスは、液体の滴に捕らえられて浮かんでいる物体は何故結局は渦の中心へ持つて行かれるか、という問題を提出している。流れている水の中に滴のできることを研究するのに條件が整った。バルデイはこの研究の要点を与えている(前掲書、問題三十五、一八七ページ)。この要点の来歴を知るのにわれわれは少しも困ることはない。それはほとんど同じ言葉でレオナルドの手稿に見出されるのである。

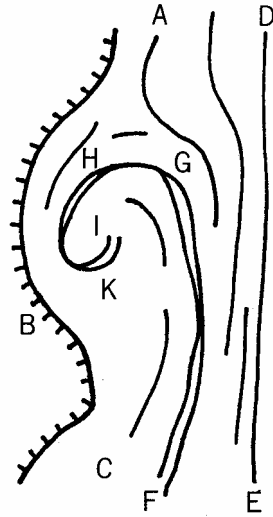
まずバルデイが渦の発生について教えている所を読んでみよう。

1

「A B C Dは凹凸のある川岸とする。急流E F D CはCにはげしく打ち当り、岸の形に依じて渦になって巻く。流れがBにおいて岸から離れるとき、永は始まった旋回に従って螺旋形に曲って渦G H F I Kを形作る。その中心はKである。」



渦はまた他の原因、すなわち流れる水と静止している水の接触で生ずることもある。A B Cは湾の形をしている川の岸とする。対岸の方が止まっているので、湾は静水を包む。川が二つの直線A CとDの間で自由でまっすぐに流れるものと想像しよう。次に近い水はAに向って速く動き、C Aに沿って静水A B Cに側面から衝撃を与える。この流水はFからGの方へ、それが接触している水を一緒に連れて行く。しかしこの連れられた水がFからGへ流れるとき、岸の方の静水はそれに反対し、それをGからHへ押し返す。そこで



水は螺旋運動を始める。G H Fの線に沿って湾曲して点Iに至り、ここでは渦巻く水がたがいに触れ合う。こつこつ渦あるいは螺旋状に流れる水塊はポー河、アディジ河あるいは他の大きい川を航行するとき見るように、定った場所にとどまるものではない。それは水の運動に従い、水の線に移動されて少しずつ姿を消して行く(注)

原注 さきへ行って分るように、バルディの『演習』は十七世紀の力学に大きな影響を与えた。バルディの著書はゲヴァラのヨハネスの書いた『アリストテレスの機械学の問題』(ローマ、一六二七)にしばしば引用されている。この書はバルディに負う



所が多く、バルデイを通してレオナルドに負っているので

あるが、その名はあげていない。上述の滴についての考察はこの書（問題三十五）から採ったものである。

今度はレオナルドを読んでみよう。――

「大きな水の流れのほとりにには多数の渦を見ることがある。そうして、流れの終りに近づくと渦は大きい。

それは一層速い流れの生ずる衝撃のあとで、うしろへ回り込む水によって水面に生ずる。速く動く水が緩かに動く水に打ち当たると、それは運動を変えて速く動く水の速度を獲得する。従って流れと接触している水はうしろからそれに追いついて行き、力で引かれ、他の水からむしり取られる。そこで緩かに動く水は次々に速い運動を持つ。しかしこのような流れはこのような水をすべて受け入れることはできない、少くともその水が流れより上にあるのでなければ。そういうことはあり得ないので、このような水はうしろへ回り込み、このような運動をみずからのなかへ取り入れることが必要である。そこで、始まった運動をいろいろの循環運動にとり入れ上述の渦ができる。しかも、それらは同一の場所にとどまらず、できたあととは回りつづけ形を変えずに水の衝撃によって運ばれて行く。そうしてそれ自身の上の回転と水流に従うものとの二つの運動をなし、この水は滴が壊れるまでそれを運んで行く。」（I, 78r, v.）

これらの二つの文のうち、後者が前者の草案ではなかつたか。アリストテレスは、木片が長いほど折れ易いのは何故かという問題を提出している（バルデイ、前掲書、問題十六、九五ページ）。バルデイはこの問題を利用して材料の抵抗に関する自分の考えを述べている。ところで、この問題についての彼の意見には、フランス学士院に保存されているレオナルドの手稿の痕跡が至るところに見出されるのである。

バルデイはまず荷重を受けて立っている柱の抵抗を考える。彼は柱の重心と荷重の重心が同一の鉛直線上にあるかぎり、そうしてこの鉛直線が柱の地上に立つ面の中心を通るかぎり、何故曲つたり折れたりせず大きな荷重に耐えるかを説明しようと試みる。ところでレオナルドは同様の問題をこう述べている。――

「鉛直に積まれた荷重の下に中心を持つ柱は曲ることはできず、底面が地中へめり込むだろう。」（A 45v.）

バルデイはいう。――「しかし、もしそうなら柱は荷重を支える力をよけい持つほど細長く、そうして折れないだろう。これは事実

に反する、と人はおそらく言うだろう。われわれはその壊れるのは材質から来るので、幾何学的比例からではないと答える。……そこで支えの力については二つのことが大切である。一つは長さ太さの適当な割合、もう一つはある堅固さと材質の抵抗である。」

レオナルドは、「二倍の量の物体の力がどれだけ増すかを数で定めることはできないが、いくらか眞理に近づくことはできる」といい、バルデイが「長さの厚さに対する比が問題である」といっただけで満足している点に関して、いろいろと意見を出している（A.45v., 46r. v., 47r.）。

荷重を受けて立っている柱が曲ることも折れることもできないことを証明するために、バルデイはまず両端でほぞ穴にはめこまれ中央に荷重を持つ水平の梁を考える。この梁は太さに対する長さの比が小さいほど丈夫である。ガスタラの僧正（\*バルデイ）は、荷重を受けて立っている柱は水平の拡がりが高さのそれに比べてたいへん小さいので、非常に大きい抵抗力を持つと結論する。この理論は奇妙である。それはレオナルドの手稿にはない。だがそこには中央に荷重を持つ梁の湾曲の研究が、荷重を受けて立っている柱の抵抗の研究と同居しているのをわれわれは見るのである（A.48r.）。またバルデイが南端をほぞ穴にはめられた梁は太いほど大きな荷重を支えられることを論証するのに用いた考察は、レオナルドが二倍の厚さをもつ迫持は四倍の荷重に堪えることを明らかにした（A.49v.）考察にたいへん近いことを思い起させる。

レオナルドは平棋迫持と尖頂迫持の略画を並べて描き、前者について「湾曲の少いアーチはそれ自体では堅固だが、荷重がかかるようになると、その肩を丈夫にしなければならぬ」といい、後者については「湾曲の大きいアーチはそれ自体では弱いが、荷重をかけるとそれ以上に丈夫になる。もし肩に注意しないと壊れるだろう」と付け加え、壊れ易い二つの点をおののアーチについて頂辺からおよそ三分の一のところへ印している（A.50v.）。

以上簡単に述べたことはベルナルディーノ・バルデイがこのような二種のアーチの抵抗について述べていること（前掲書、一〇六・一一〇ページ）のあらましである。

しかしながらバルデイ自身は「ローマ帝国の衰退期にイタリアを襲い、古代人の正しく良い規則を厚かましくも破壊した野蛮人の好んだこの形式」についてきびしい批判を放えている。「\*アーチの技術はアラブ人から来たといわれる」

ところで平らな迫持のアーチについて述べるところでは「それは他のものより一層良く一層美しい。またその使い方も古代の建築家に非常に親しまれて来たものである」(前掲書、一〇八ページ)と言っている。バルデイがアーチの抵抗についてわれわれに伝える所もまたレオナルドが言ったこと(Adv.)の単なる展開に過ぎないのである。

レオナルドはわれわれに伝わっていない稿本のなかで手稿Aのなかに見られるアーチの抵抗についてのある示唆を展開しているのに相違ない。そのような稿本あるいはその写しがベルナルディーノ・バルデイの手に入ったのであろう。

『ももんが』第三七巻第二号(一九九三年二月)

## デュエムのレオナルド研究(一六)

矢 島 祐 利

ベルナルディーノ・バルデイがレオナルドの力学に負うもの(つづき)ー偶然的重心

バルデイが力学以外でレオナルドに負うものに注意を向けてみよう。それはこれから後の科学の発展に重要な実り多い影響を及ぼすことになる。ガスタラの僧正の書物の仲介によってレオナルドの思想はデカルトやロベルヴァルに伝わり、二人の大数学者の間にはげしい論争を巻き起した。さらにメルセンヌ、フアブリ、ピエール・ムーニエによって若いクリスティアン・ホイヘンスの知るところとなった。そうしてデカルトとロベルヴァルとの相反する意見はこの才能ある物理学者に複合振子の理論を思いつかせた。動力学のこの重要な発見の成り立ちもまたレオナルド・ダ・ヴィンチによって書きつけられたノートから追跡することができる(次章に扱う)。

まずこの問題の出発点となったノートの精確な意味を理解するために、レオナルドの理論的考察のなかで重要な役割を持った一つ概念について数言を費さなければならぬ。それはイムペート(impetus)の概念である。

この観念自体の精確な意味を知るには、古代および中世において、投射体について述べられたいろいろの意見にまでさかのぼらなければならぬ。

アリストテレスはその『自然学』の第七巻および第八巻において、次の原理の上にその運動学体系を作った。すなわち

「力を加えられないで動くすべてのものは、別に動かすものその運動を自身で保持する。」「動かすものはそれが動かすところのものを必ず伴う。」

投射体の運動、弓を離れたのちの矢の運動などは同じ原理で容易に説明できる現象のように見える。

矢の運動にはそれとは別だが運動のつづく間それと密接している動かすものを付け加えなければならぬ。この動かすものは、ある衝撃とか、弓によって矢に与えられたある性質とかいうものではない。何となれば動かすものはものが動いているときそれに内在的であろうからである。この動かすものは矢を取り捲く空気のみ

かではあり得ない。

そこで投射体の運動を保持するものは、最初の動かすものによって揺り動かされた空気である。しかしこの空気自体はいかなる原動者によって運動を持続するのか。困難は解決されない、移動されただけである。空気に対して、矢に拒んだところの、原動者がとまったのちに運動を持続する性質を附与しなければならぬだろう。空気は一度動かされるとしばらくの間それ自身を動かすものとしてばかりでなく、投射体に対して動かすものとしての役目をすることを認めなければならない。

アリストテレスの議論は果てしなく続く。古代から十四世紀に至るまで最も名高い彼の注釈家たちがこれを続けた。アフロディシアスのアレクサンドロス、テミステイオス、シンブリキオス、アベロエス、アルベルト・マグヌス、聖トマス、オーベルニュのピエル、ジルコロンナ（アエギディウス・ロマーヌス）、ウォルター・バーリー、ジャン・ドウ・ジャンダンらはいずれも、動かすものは空気、水、その他の液体に動かすものが止まったとき運動を持続する性質のみならず、それらが取り巻いている固体を自分の運動の中へ一緒に伴って行く性質を伝達し得る、ということに満足している。アフロディシアスのアレクサンドロスはこの能力を火が水に伝える熱に比べている。火を遠ざけたのちにも水はなお温く、その中へ投げ込んだものを温めることができる。この比較は諸派のなかではやった多くの思索家たちは固体と液体の間のこの対立を奇妙と思うようになった、空気と水に、物体が最初の運動を受けたのち運動をつづけまた他を運動させるデユナミス（力）を与えるなら、矢に同じデユナミスを与えないのは何故か。そうして、それを与えるなら、アリストテレスとその注釈家たちをひどく悩ました難問は解けるのではないか。

『機械学の諸問題』（力学の諸問題とも読める）をアリストテレスに帰するのは問題だが、この書の著者（アリストテレス派の学者にはちがいない）は、その第三十四問において、動かされた空気は投射体の運動の仲立ちをする原因であることを認めているが、第十八問と第二十問では、この運動を附加された重さと同一視しているのを見る。

この文から推測される意見はまだはつきりしないが、中世期になるとはつきりして来たことは確かである。聖トマス（\*トマス・アクイナス、十三世紀）とウォルター・バーリー（\*十四世紀のイギ

リスの学者」は、矢の運動を弓が与えたある力に帰する人々を拒んでいる。そうしてこの存在を許すに値しない性質に対してバリーはすでに偶然的重さという名称を与えている（ブルレウス「\*バリーのラテン形」『自然学八巻について』一四九一）。

聖トマスとバリーが採用することを拒んだ意見はやがてはつきりと形作られ、十四世紀の中ごろサクソニアのアルベルトによって明瞭に述べられた（『自然学の問題』）——

「投射体を走らせるものは、この投射体にある動かす力を与える。これは投射体を原動者が走らせた方向に動かすのが本性であるところの一つの性質である。」

投射体が大きいほど、それを連れて行く力は強い。「石は羽よりも多くの物質を持ち、一層稠密であるので、動かす力が大きい。この力は石を羽よりも一層長時間持ちこたえる。これが、石がはじき出されたのち長時間動きつづける理由である。また石がはじき打撃を生ずるのも、この動かす力を与えられて持っているからである。」

この支えられた力 (*virtus impressa*) は不滅ではない。それはだんだん弱くなり、しまいには無くなる。何となれば、重さすなわち動くものに自然にある性質で、それを反対の運動に向けようとする性質が絶えずこの力に逆らうからである。サクソニアのアルベルトはこう述べている。——「投射体は本性によって反対の運動へ向うので、この附与された力は消滅するに至る。そのとき動くものはそれを人が投げて与えた運動で動くことをやめる。」

サクソニアのアルベルトによって書かれたこれらの数行はレオナルドが彼のノートの中の多くの文において展開した動力学のプログラムと同じである。

それらの文をここにあげることはいないので、レオナルドの思想を要約する、いわば煮つめた数行を記すにとどめる。

サクソニアのアルベルトが動かすものを離れた投射体の運動に与えられた動かす力 (*virtus motiva impressa*) はレオナルドではいろいろの名で呼ばれている。彼は力 (*forza*) と呼びまたしばしばインペータ (*impeto*) と呼んでいる。インペータの定義についてノートのなかに「インペータは運動によって作り出される能力であって、動かすものによって動くものへ伝達される。動くものはインペータが本来持っているものを運動において持っている。」 (*F. 22r.*) 動くものはインペータが本来持っているものを運動において持つ

ている。しかし、インペートの生命は永遠ではない。この性質は少しずつ消えて行き、それ自身で死滅してしまふ。それは「運動の度によって消耗して行く」(F. 74v.)

「力 (forza) はその待望の死に向つてはげしく走る。……それははげしさによって生れ、自由によって死す。それは大きいほど早く無くなる。」(A. 34r.)

力はその起源がはげしさであるがゆえに死滅すべきものであり、この点で永久的であるが重さと異っている。というのは、重さは本性的である。「もし重さが安定を欲し、力が常に逃亡を欲するならば、重さはそれ自身によって疲労することはないが、力はそうではない。重さは落下するほど増大し、力は落下するほど減少する。一方が永久的であれば、他方はいつかは無くなるものである。重さは自然的であり、力は偶然的である。重さは安定とそれから不動を欲し、力は逃亡とそれ自身で死滅することを欲する。」(A. 34v.)

原注 ここはアリストテレス学派の考え方で、動くものはその自然の場所へ近づくと、そこへ行くこととする傾向が強くなる、  
というのである。

われわれが観察する運動の大部分において、インペートと重さだけがいに入り混つており、それらがたがい相反抗することがしばしばある。インペートが十分強いときは、それが重さを帳消しにし、運動は全く強制的(反自然的)である。しかし重さの方ほ力を殺し、運動は全く自然的になる。

投射体の運動はこつこつ混合あるいは複合運動の一つである。初めは強制的で、インペートのはたらきで投射体を上昇させ、ついで重さの影響で落下させる。「自然的運動は初め偶然的であった。」のようにして落下する石は初めは高く上げられる、あるいは投げられる。上昇するときこれを偶然的といい、下降するとき自然的といふ。」(A. 31v.)

そこで投射体の通る道筋は、いろいろの能力によって生ずるものと、別の法則に従つものとの、二つの別の部分から成る。「石あるいはその他の重いものをはげしく投げると、その通路の線は途中で変化するであろう。もし二〇〇尋射られる大弓を持っているなら、鐘塔から一〇〇尋のところ立ち、鐘塔より上に照準点を置き矢を射てみよう。矢は鐘塔の向つ一〇〇尋のところまで垂直に射込まれるであろう。もしそのようであるなら、それは矢が強制的運動を終つて、自然的運動に入った証拠である、すなわち重さのため自然に中心へ

向つて落下するのである。」(A4.)

だが飛跡の二つの部分すなわち強制的運動と自然的運動の二部分は途中経過なしに連続してはいるのではない。投射体の運動は完全な連続性をもつて曲つて行くことはレオナルドのデッサンのすべてに見られるとおりである。もちろん彼はまだ放物線状の道筋を与えてはいるのではない。下る曲線は上る曲線よりも一層垂直線に近づいている。しかしこの特殊性自体がレオナルドの観察者としての才能を明らかにしている。というのは眞の飛跡は空気の抵抗の結果、彼が描いているのに近い形をとるのである。強制的運動と自然的運動の間のこの経過をどう説明するか。インペートは急激に力いっぱい状態から死滅へ移るのではなく、だんだんに消えるのである。すっかり無くなつてしまふ前に、それがかなり弱まつて重い物が中心へ向う自然的傾向が認められるようになる。このようにしてインペートが投射体を引張つて行き、重力は消されている時期と、重力が打ち勝つてその作用を現す時期との間に、二つの力の闘争の時期が流れるのである。

この闘争はコマの運動の種々相に目をやることによってその証拠が見られる。(E50f.)

コマの回転運動が速いと、インペートが支配的であつて、回転の中心の周りの重さの不平等が持つ力を失い、この物体を動かすインペートがこの不平等の力より小さくないかぎり、重さの不平等が望む下降への傾向を持たないだらう。

しかし、この不平等の力がインペートの力を超過すると、そのときはこの力が回転運動の中心になる。そしてこの物体は倒れるようになり、この中心の上でインペートの残りを消耗するであらう。

「また不平等の力がインペートの力と等しいときは、コマは斜めに傾き、二つの力は闘つて複合した運動として大きな円を描いてたがいに動き、回転の第二種の中心ができるようになり、その中心の上でインペートは力を終る。」

重さとインペートのこういふ闘争の時期の前に、圧倒的なこの性質が重さを打ち消している時期がある。この時期の間、投射体は射出された方向に一直線をなして動く。たとえば石弓が水平に向けられてはいるとき、弾丸は初め「平等の位置」で、すなわち水平線に沿つて動く。そのとき鉛直線の方向に重さのはたらきは現われない。

その運動の方向にのみこの偶然的重さつまりインペートのために重さがある。「平等の位置に沿つて動くすべての重さのある物体は、



その運動の方向にしか重さが無い。それは石弓の弾丸の初めの部分において証明される。それは平等の位置における運動である。」

(G7r.)

レオナルドはインペートが投射体を運んで行(作用を現わすのに重さがあるという言葉を使っていることが分る。そうしてこの言葉はウォルター・バーリー以来、動かすものが投射体へ伝達する作用を現わすのに用いられて来た偶然的重さという言葉を想い起させる。十五世紀の中ごろ書いているガエタノ・ダ・ティエーネ(\*)は「ある人々は動かすものから動くものへ伝達される作用を現わすのに重さ。あるいは偶然的軽さという名称を用いているが、これは一般にインペートズという」(『自然学八巻の注釈』、一四九六)と述べている。レオナルドもまた偶然的重さという語をインペートあるいはフォルツァ(力)と同じ意味に使っていることがよくある。「重い物の性質は三つある、一つは単純な自然的重さであり、第二は偶然的重さ、第三はそれによって生ずる摩擦である。しかし自然的重さは不変であり、それに結合する偶然的重さは無限であってフォルツァ(力)を持つ。摩擦はそれが生ずる場所によって変る、すなわち大きかったり小さかったりする。」(E54v.)

原注 ガエタノ・ダ・ティエーネはヴィチェンツァに生れ、パドワで哲学を教えて一四六五年この町で死んだ。一四八〇年ヴィチェンツァに生れ、一五四七年に死んだ名高いガエタノ・ダ・ティエーネと混同してはならない。後者はテアト宗団を創始し、聖列に和えられた。

重さと、偶然的重さとして特徴づけられるインペートとのこのような類似性はレオナルドを一つの新しい概念に導いた。この概念を彼は指示しているだけだが、力学の発展の上に重要かつ実り多い影響を与えることになるのである。

レオナルドがサクソニアのアルベルトから得た学理によれば、自然的重さはすべて一つの点すなわち重心に位置を占めている。同様に偶然的重さは一つの点すなわち偶然的重心に集中している。そこで一つの動くものが混合運動をしているとき、すなわち重さと力がはたらいてたがいに競争しているときは、二つの中心すなわち自然的重心と偶然的重心を考える必要がある。「一様でないすべての物体は三つの中心を持っている。大きな中心と、偶然的重さの中心と自然的重さの中心である。」(F.54r.)

レオナルドは偶然的重心をまた連動の中心あるいは逃亡の中心と

呼んでいるが、これらにふれているノートは不幸にも非常に少く、また非常にはつきりしていない(A.4v. r.)。

そこに書かれていることは、動くものの運動の中心を通るすべての平面は、一つの部分のインペートの力が他の部分のインペートの力と正確に釣合う、ような二つの部分にこれを分割する、と判断される。投射体が障害物に打ち当たったとき、当たった点の位置は運動の中心に関して程度の差こそあれ、衝撃の力と衝突後の弾丸の運動を決定する、ということをそこに読み取ることができる。これらの素描に過ぎない思想をレオナルドは『絵画論』において『運動の研究』と呼んでいるものにおいて展開したと述べているが、この『運動の研究』は伝わっていない。ところでその『絵画論』において、彼はこの命題について「すべての重い物はその運動の方向に重さがある」(『絵画論』、一九六章)といい、「そのことは場所の運動の第九において証明される」と付け加えている。ベルナルディーノ・バルディがこれらの命題に関する知識を得たのは疑いもなくこの『場所の運動の研究』からである。

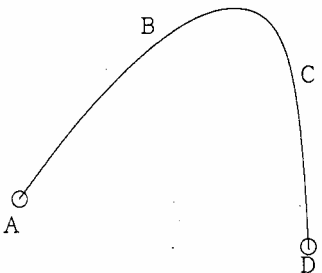
ガスタラの僧正がレオナルドの力学に負うところは実際かなり大きなものであり、またかなり直接的であつて、彼がこれを知らなかつたなどとはあり得ないことである。

『モモンガ』第三七卷第三号(一九九三年三月)

## デュエムのレオナルド研究(一七)

矢 島 祐 利

さてここで投射体の飛跡に三つの部分の別があることが分った。第一は強制的運動で描かれるもの、第二は混合運動、第三は自然的運動である。「これらの運動のうちの一、すなわち強制的運動と自然的運動は直線的である。もう一つはこれらの混合で曲線である。実際、重い物体をばげしい力で投げてみよう。強制的な力が支配的であるので、物体は直線でBへ動く強制的な力が次第に弱くなると、物体は曲がった混合した道を通ってCへ行く。それが前へ行くのは強制的な力によるのである、下へ落ちるのは自然的な力のためである。それがひとたびCへ到達すれば、強制的な力は止んでしまうが、自然的な力は依然としてあるので、物体はCDによって鉛直に落下する。「この自然的運動と強制的運動はいろいろの仕方



で起ることがある。実際、もしあ

る外からの力が重いものを世界の中心の方へ押すならば、自然と強制がたがいに助け合う。もしこの力が重いものを上へ押せば自然と強制はたがいに抵抗し合う。もう一つ、側面の運動では飛跡が上へあがるほど自然と強制は一層はげしく相争う。」(バルデイ『アリストテレスの機械学の諸問題』、前掲、四ページ)

バルデイは斧の運動の分析のところ、この投射体の運動の分解をまた出している(前掲書、一二九ページ)。斧でひと打ちする人はまず斧を後ろへやり、それから急に頭の上へ持ちあげて打ち下ろす。このようにして斧が円の一部を描くとき、斧はまず純粹に強制の運動で上昇から始まる。反対に下降は混合運動であって、自然の重さが木こりの与えた強制の力に助けられている。

これらの考察はレオナルドの力学と非常によく一致する。しかし、バルデイはこれをレオナルドから直接に借りたのでないかもしれない。これを直接レオナルドから取ったに相違ないカルダンがす



からである。重心が支点を通る鉛直線の周りを連続的に移動されるために、コマは何れの側へも倒れることができない。しかし運動が弱くなると、コマは少しずつ傾いてくる。ついにこの回転運動が全く止むと、コマは支点を通る鉛直線から重心のある側の方へ倒れる。」

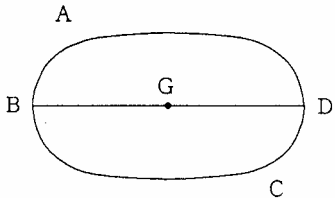
イムペートは非常に強いときは、この場合にも、レオナルドの原理に一致して、自然的重さに打ち勝つ。バルデイはこう言っている。「このような回転では物体は運動が続くと軽くなり、回転が速いほど一層軽くなることを付け加えておこう。この作用の原因は自然的重さによって中心へ向かう運動への邪魔ものに反抗する側面の運動である。また子供のもてあそぶコマを手のひらの上に置けば、それが速く回っているときは軽いことが経験によって分かる。」(前掲書、七四ページ)

レオナルドに従えば、インペートが重さに打ち勝つ第一の時期の次に第二の時期がつづき、そのときは「不平等の力」が「インペートの力」と争い、しまいにそれを打ち色只かすのである。バルデイはこの争いを、軸が傾いていて重心が軸外にある車を研究しつつ述べている。彼はこの中心が各回転ごとに自然に抗して世界の中心から遠ざける移動を受けるといふ。「そこで強制の力が止み、自然がまさるとき車はひとりでに止まるだろう。」(前掲書、七六ページ)

この回転運動の研究はレオナルドとバルデイの考えの近いもうひとつの例である。ここにはとくに顕著なものがある。それは重心が軸上にある車の回転に関するものである。

この運動についてレオナルドはこう書いている。――  
「運動がだんだんはげしくなった車が、これを動かすものが無くなったのち、ひとりで多くの回転をするなら、この動かすものが車を上述の速さ以上に回転させるのに少ししか力を要しないことは明白のように「見える。そうしてこの運動を持続するために動かすものは少ししか疲労せず、自然によってそれはますます固定するだろうと私は結論する。」(B.26v.)

バルデイはこの車の図を描いている。その重心は回転軸上のGにある。彼はこう付け加えている。――「外部からの力が少しもないと



き、物体は平衡を保っている。そこで、車の半分の一つへたとえばのにおいてどんなに小さくても力を加えれば、BCDの半分は残りの半分BADに打ち勝つであろう。前者は後者を自分の運動に従わせてこれを圧すか伴って行くであろう。このようにしてCに加えた力は何の障碍にも会うことなく、非常に速い運動を伝達するのである。そうしてこの作用は車が前から動いているほど、直径が大きいほど、また

た動かす力が中心から遠い点へ加えられるほど、容易かつ急速であろう。動かすものはすべての衝撃を止めることができるが、車はそれに与えられた運動を長く保持することを観察すれば、この運動がどんなに容易であるかを知ることができる。車は回転をかなり持続したあとでなければ止まらないのである。」(前掲書、七三ページ)

ベルナルディーノ・バルデイはレオナルド・ダ・ヴィンチの力学から非常に多くのものを借りていることが分かったので、彼が偶然的重さの中心の観念を採用しているのを見てもわれわれは驚かない。

バルデイはこの観念に非常に重要性を置いている。つまり彼は自然的重さの中心を力学の基礎に置いている。ここに彼がこの科学の目的を定義したものがある。(同書、一ページ)

「力学者は重さと軽さを考察する。

「物体は二とおりの重さを持つことができる。自然によるものと強制によるものである。

「物体は自然的の力がそれを世界の中心へ向って持って行くとき自然によつて重いい、動かすものによつて外から与えられたある重さがそれをある方向へ押しやるとき強制によつて重いいという。

「物体は自然によつて世界の中心から遠ざかるとき軽いいという。

「すべての重いものは重心と名づける一つの点において重いいのである。二つの重さがあるから、二つの重心がある。自然の重心と強制のそれである。」

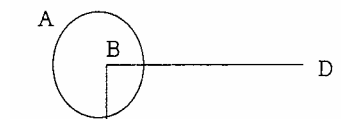
重心にパッポスとコンマンディーノの二つの定義を与えたのち、バルデイは次のようにつづける。(同書、二三ページ)

「重心に自然によるものと強制によるものと二つあることは言っ

た。今度はわれわれはこれらの二つの点は実際は一つでしかないこ

とを言おう。二つの別の点を考えることができるのは理屈の上だけで、現実においてはではない。

「Bは物体Aの自然的重心としよう。この中心はもし重い物がひとりで落ちればCへ行く、そういう重心である。もし反対にこれにある衝撃をDの方向に与えるならば、Dの方向へ持つて行く強制的力に関する重さの中心が別にできるであろう。実際においてはこれ



は二つの点は一つであって、それはB点である。しかし自然の重さと強制的重さを別々に考えるならば、二つの異った点と見るべきである。

「これら二つの中心に対応して二つの運動がある。何れも直線的であり、一つは純粹に自然的、もう一つは純粹に強制的である。」

#### 自然的重心と強制的重心をこの

よつに同一視することは、バルディがもつぱら単純な並進運動で動かされた投射体を考えていたことを見れば驚くに当たらないであろう。

この類似は彼にとっては、「物体のより重い部分は物体が落下するとき下になり、投げ出されるとき前になるのは何故か」(同書、一八ページ)という疑問に答えるのに役立つ。

不均質で重さの中心が形の中心と一致していない球を考えてみよう。その一層重い部分を上にして落としてみよう。落下中に球は旋回して一層重い部分が下になるであろう。

この球を側面へ走らせる場合にも同様の作用が起るであろう。球は前になって進むのが掛朴むふか多かの中心を含む部分であるような位置を占めるであろう。そうしてその中心は正確に自然的重さの中心に一致する。

ところで、これらの表現のなかに、われわれはレオナルドにとって貴重なある意見を認めれる。実際、一方において、レオナルドは

手稿の多くの箇所において「物体が落下するとき一層重い部分が落下の先導をなす」という言葉を繰返している。また他方において、次の言葉を読む。「原因となるものから最も遠いのは最も重いものである、それは弾丸の前方の部分であつて、それを押した部分と重さおよび逃亡の中心を通る線上にあるからである。このようにしてそれは二つの力の真ん中にあるので等しい作用を受ける。…」

(A44r, v.)

ここで問題とされている逃亡の中心は明らかにバルデイが強制的中心と名づけているものである。レオナルドにとつては、バルデイにとつてと同じように、それは重さの中心あるいは自然的重さの中心と一致する。

レオナルドの力学とバルデイの力学の類似点をもつとあげることもできる。とくにこの二人の著者がいかに全く同じ方法で壁にはね返る球を分析しているかをも示すことができる(F.2r. バルデイの前掲書、一八三ページ)。しかしベルナルデイノ・バルデイが運動の問題について述べた学理は大部分レオナルド・ダ・ヴィンチのノートから採つたのである、という事実を証明するには以上に述べたことで十分であると思う。

次の研究でバルデイがレオナルドから借りて来たこれらの運動の理論が現在の力学にどんな影響を与えたかを見るであらう。

しかし今でもわれわれがこれまでにこなつて来た研究から、第一の結論を引出すことができる。それは、ヴィラルバンドの諸定理またベルナルデイノ・バルデイの『演習』によつて、レオナルドの科学的直観はヴェンチユリがこれを明るみに出すまで忘却のなかに埋もれていたのになかつたことが明らかに示されているということ、また十六世紀の数学者たちはそれを知り、剽窃に近いまでそれに頼り、科学的学説の表的流布のなかへそれを瑞し込んだ、ということがある。

すでにサクソニアのアルベルトとレオナルドの書いたものの比較は、レオナルドがしばしば言われるような独学者では決してなかつたことを示している。彼の直観はもつとも新奇で最も大胆なものといえども、中世の学問によつて思いつき導かれたものであることをわれわれは知つた。それゆえレオナルドはわれわれにはもはや時代から孤立した天才、過去にも未来にもつながりのないもの、知識の祖先も後継者もないものとは見えない。彼の思想は過去数世紀の科学の汁に養われ、将来数世紀の科学を実り豊かにするものであつた



ことを知る。彼は科学の伝統の鏡の中に驚くばかり堅く輝かしい一環としてその地歩を占めるのである。

『ももんが』第三七巻第四号（一九九三年四月）

矢 島 祐 利

ベルナルディーノ・バルデイ、ロベルヴァル

およびデカルト

加速運動に関するベルナルディーノ・バルデイの

一つの意見

ベルナルディーノ・バルデイは自分の力学の著書を豊富にするためにレオナルド・ダ・ヴィンチの直感のいくつかを横取りすることによって、この偉大な画家の思想に最も顕著な奉仕をすることになった。この幸運な横取りがなければ、かくも豊かに新しく実り多いものを含んでいる思想は人に知られず用いられないままに止まったであろう。ガスタラの僧正はこれを剽窃して公表した。彼は科学の流れの中へこやしの水を注ぎ込んだ。科学の流れはこれによって太くなり速さを増した。

バルデイによって伝えられたレオナルドの思想の良い影響のもとにどんな発見が芽ばえたか、この流れを追って見て行こう。

十七世紀の力学がバルデイに負うものを明らかにし、これを他の著者に負うものと分離することは必ずしも容易なことではなからう。バルデイはレオナルドから採ったことを少しも述べていない。彼にならってレオナルドから刺戟を受けた人々は汲み取った源泉をかくすのに急であつた。ひとり正直なメルセンヌ神父だけが彼の角をあげているのである。

バルデイやヴィラルパンドの署名のもとにレオナルドの痕跡を露見せしめたのと同じように詳細な調査をして初めて、ロベルヴァルあるいはデカルトの書きものを読むところのある箇所をバルデイに帰することを得しめるのである。

この調査はガスタラの僧正が述べたある意見によって容易にされることかしばしばある。これから語ろうとするその意見は、この学者に特有の個人的のもののように見えるのである。しかしその特徴を正確にし、バルデイの思想がその前の人々との点で異なるかを示

すためには、かなり古いところまで、すなわち近代科学の源泉である中世の力学までさかのぼらなければならぬ。

アリストテレス派の力学は十三世紀の力学へ二つの遺産を与えた。それは近代に至るまで、少しの疑いもない事実を支えられた経験的法則のように疑う余地のない二つの命題と考えられて来た。その第一は大きな真実であるが、第二は重大な誤りを冒している。

第一は、自由に落下するものはだんだんに速くなる、というのである。第二は、動がずもものが投げた物体の速度は増加し始め、ある時間のうち最大に達し、それから減少して無くなる、というので、第一と同じように長い間に受け入れられていた。

重いものの自由落下の加速度と投射体の運動の最初の加速度、この真実と誤りは同じ資格で経験的事実の忠実な翻訳として与えられた。それらは等しくアリストテレスの権威（『天体論』第一巻第六章）に護られていた。そうしてそれと似た説明がおこなわれていた。

それらの説明のうちで十三世紀以前のものは差し置き、聖トマス・アキナスについてみよう。

聖トマスはアリストテレスおよびその最も忠実な注釈家たちとともに、射出する器械を離れた投射体の運動は、周りの空気の運動によつて保たれることを認める。彼がこの空気の運動について投射体のいわゆる最初の加速度の説明を求めているのは自然である。彼はこう言っている。「多量の空気が攪乱されたとき、すなわち投射体の運動の場において、動かされる空気の量は少いのに、この運動は初めより速い。また投射する岩城によつて伝達される衝撃は弱まり始めるのに、この運動は終りよりも速い。」（『天体論の注釈』第一巻第六章第八講）

聖トマス・アキナスが投射体のいわゆる加速度に関するこの説明を提案した時代に、名の知れていたヨルダヌス・ネモラリウスのある弟子は『重いものについて』（注）という著書において、重いものの加速落下に同じような説明を与えている。この著者の書いているところは次のようである。――

「重いものは長い時間落下するほど速く動く。このことは水の中よりも空気中において一層真実である。何となれば空気はあらゆる種類の運動につきものだからである。そこで落下する重いものはその最初の運動で後ろにある物体を引張り、下にある液体を直接の接触で動かす。このようにして動かされた周りの部分はそれに続く部

分を動かさず、すでに動かされた部分が落下する重いものに対して最小の抵抗を示すようになる。この事実によって物体は一層重くなり、物体の前で席を譲る周りの部分に対して一層大きい衝撃を与え、周りの部分は物体によって押されるだけでなく、物体を引張るほどである。このようにして動くものの重さが周りの部分の引張ることによって助けられ、またその反対に周りの部分の運動が重さによって増し、この運動が重いものの速さを絶えず増加させるようになる。」

原注 De ponderibus といふこの書物は、パリ国立図書館に十三世紀の写本が二冊ある。一つは十六世紀に印刷されたが欠点の多い版である。[\*]の書について近頃の研究がある。

Moody and Oaget: The Medieval Science of Weight  
(Wisconsin, 1960)。この中に右のラテン語テキストと  
英訳がある]

重いものの加速的落下をこのように説明することは、投射体の運動の保持を空気の運動に帰する人々を満足させないでは置かなかつた。十四世鑑前半にウォルター・バリー（『自然学の注釈』第八巻）、ジャン・ドゥ・ジャンダン（『天体論の注釈』一五五二年版）はこの説を承認していることをわれわれは知っている。

バリーにより、またジャン・ドゥ・ジャンダンによって認められたこれらの説明は、投射体の運動の持続を偶然的重さあるいはインペトスに帰している物理学者によってはもとより受け入れられなかった。

すでにバリーは「ある人々は、重いものが落下するとき絶えず新しい偶然的重さを獲得し、このようたして絶えず一層重くなり、従って絶えず一層速く動く」と主張している」と語っている。この考えはサクソニアのアルベルトが持っていたものである。彼はインペトスの原理をアリストテレス派の理論に対置してこう述べている。「自然運動が初めより終わりにおいて何故一層速いかを同じように説明することができる。この問題について自然的運動によって動くものは、この運動に向かうある性質を獲得するものであり、この性質が獲得されると、重さと一緒になって動くものを一層速く動かすものであることを言わねばならぬ。」（『自然学の問題』第八巻、問題一三）

この原理をアルベルトウティウスはすでに『比例の研究』の第二部で、また『天体論の問題』で述べている。それは嘆賞すべきこと

であつて、そこにおいて彼は慣性の法則とその天体への応用を予見している。また重いものの落下の速度は経過した時間に比例して増すのではないかと問い、また経験した長さに比例して増すのではないかと問うている。これは彼ののちの多くの物理学者が認めたもので、ガリレイの如きも一時これを認めた。最後にアルベルトは速度が経過した時間あるいは良さに比例してあらゆる限度を越えて増加することを許すこれらの法則を排し、ある最終の限界に近づかせような法則を採用しようとしている。

この問題についてアルベルトは次のように述べている。「それは自然的運動の加速度に関するもう一つの別の意見であつて、私が採ろうとするのはこれである。この意見に従えば、落下する重いものはその自然的重さのほかに、あるインペードスあるいは偶然的重さを獲得すると思えなければならない。この偶然的重さは自然的重さを助けて重いものをして一層速く動かすようになる。∴物体がますます長い時間落下すると、ますます大きなインペードスを獲得し、従つてインペードスの増加よりも一層速く増加する抵抗が邪魔をしなければ、物体はますます速く動くであろう。」

そこでサクソニアのアルベルトは重いものの加速的落下についてウォルター・バーリーが斥けたものを認めているのである。投射体はその原動者を離れたのち、いわゆる加速的運動をすることについては彼の著書には何ら言及されていない。十五世紀の中ごろインペートスに賛成してアルベルトの議論をほとんどそのまま繰返しているガエタノ・ダ・ティエーネは、いわゆる投射体の加速度を否決することを躊躇しない。「矢は弓から少し行った所で一層速いなどとはとんでもないことで、一層遅く動くのである。」(『自然学八巻の注釈』、一四九六年版)

レオナルドの歴史家たちは、しばしば彼の煮え切らない態度を指摘して来た。すなわち彼は一つのきまつた派にとどまることができなかつた、何となれば彼は非常な洞察をもつてその弱点欠点をよく見抜いたからである。かように絶えず迷つことについて、彼の力学思想は一つの新しい例を与えている。

この科学の原理に関して彼の知り得る便宜のあつたものはすべて聖トマス・アクイナスでもサクソニアのアルベルトでもこれを読んで、そうして考えている。ここにその証拠を示すノートがある。

(I, 130v.)

「一般の運動について。運動の原因は何であるか。運動自体は何で

あるか。最も運動し易いものは何であるか。インペトスとは何であるか、インペトスおよびそれが作り出される環境の原因は何であるか。打撃とは何か。その原因は何か。はね返りとは何か。まっすぐな運動が曲ること、またその原因は何か。「アリストテレス自然学第三、アルベルト、トマス、その他。はね返りについて、自然学第七、天界と世界について。」「\*最後の「天界と世界について」はアリストテレスの『天体論』のことである」

対立する諸学派のなかからレオナルドは全面的に一つを選ぶ決心がつかなかった。動くものの運動のあらゆる特殊性を周りの空気の擾乱に帰する聖トマス・アキノナスの学派につく決心もつかず、それらの性質を知るためにインペトスのみを説くサクソニアのアルベルトに全く依るといってもなかった。

これらの対立する原理の間で、レオナルドが採ったのは、ざっと言ってみれば、一種のまっすぐな中間項であった。彼はアルベルトとともに動かすものを離れた投射体の運動をインペトスに、力に、偶然的重さに帰し、その存在を彼は繰返して述べまたその性質を定めている。しかしまた聖トマス・アキノナスとともに真実のあるいは想定された加速度現象を周りの空気の擾乱によって説明している。

レオナルドに次の言葉を述べるきっかけを与えたのは聖トマス・アキノナスである。

「強制的運動によつて空気中を通過して行く重い物によつて作られる、通路の周囲では、物体が行き当る障害物の上で、道筋の他の何れの部分におけるよりも力が二層強く、一層大きい衝撃をもつ。

「このこと理由は、重い物がそれを動かす力から離れるとき、この出発がその勢力の第一段階にあるとはいえ、空気は運動していないのである、従つてその抵抗は第一段階である。空気は物体がそこで押される力よりは大きい抵抗を現わすとはいえ、物体は空気の小さい部分にしか作用しないので勝を占める者としてじつとしている結果になり、物体は空気をその場所から追い出し、そうしてこれを追い出すことによつてそれ自身の速度が少し阻害されるということである。そこでこの押された空気が他の空気を押し除け、自分のうしろに円形の運動を生ずる、この円運動の中心は常にその方へ動いている物体である。このようにしてできた円は水の中へ投げた石の周りにできる輪に似ている。おのおのの円はこのように他を追い出すので、動かすものの前方にそれと同じ線上にあるすべての空気は運動のために準備されている。その運動は空気を追い除ける物体が

近づくほど大きくなる。従つて物体は空気中の抵抗が小さくなるので進行の速さは倍加する。水の中を引かれる舟と同様で、動かすものの力が大きくても水はその第一の運動においては動くことが困難である。しかし水が弓なりの波を伴つて運動し始めると、小舟はこの運動に従つて抵抗が弱くなり、それからあとは容易に動く。』  
(A.43v.)

レオナルドは何度も繰返して非常にはつきりと重い物の落下の一般的な加速度の法則を定式化した。またこの加速度に対して彼は十三世紀のネモラリウス派のある力学者がなしたように理由をつけた。レオナルドはこのネモラリウス派の力学者から度々刺戟を受けたらしく、後のウォルター・バーリーやジャン・ドウ・ジャンダンも同様である。レオナルドはこう述べている。

「自由に落下する重い物は運動の各段階で一段ずつ重さを獲得する。このことは抵抗の二層小さい物体は二層重いである。うづという第一「\*」の命題か」から第二によつて生ずる。重い物体の自由落下の場合には、前述した水の波の経験によつて空気は落下する物体の下に同じような波を生ずることがはつきり分る。何となれば空気は一方から押され他方から引かれて、うねうねした波を生じ、それが下へ押すのを助けるからである。さて、これらの理由によつて物体に追われてその前を逃げて行く空気は物体に対して抵抗しないことをはつきり示している。従つて空気はこの運動を制御しない。そこで重い物より速く進行する波が一層下降すれば、重い物の運動は一層良く続き、波は一層遠ざかり、重い物から容易に逃げて行く空気をますます用意することになる。」(M.4br.)

十六世紀の力学者たちはほとんどすべて二つの派に分れた。一つはウォルター・バーリーに従つて、空気の擾乱に投射体の保持ばかりでなく重い物の落下の加速度をも帰した。枢機員ガスパル・コンタリイニ、イエズス会のベネディクトス・ベレリウスなどはこの派に数えてよい。もう一つはサクソニアのアルベルトの弟子たちである。この派の第一にはジュリオ・チェザレ・スカリジエロ「\*イタリアの科学者、一四八四—一五五八」をあげよう。スカリジエロはインペートルスの存在をいうアルベルトの議論を強力に展開するだけに満足せず、『カルダノに対する演習』のなかで、持続的な重さがどんなふうにならば落下する物体のなかに新しいインペートルスを作り出すか、またこのインペートルスがどんなふうにならば強くなる加速的落下を規定するかを、非常にはつきりと説明している。同じ考え

はもう少しあとでジヨバンニ・バッティスタ・ベネデッティによって述べられた。

これら二つの学派の間にレオナルド・ダ・ヴィンチの例があり、しかもその影響は大きい。カルダンがひとつの中間項をなしている。彼は投射体が獲得したインペードスによって動くことを認めている。「動かされるものはすべて何ものかに動かされるのであると考えるなら、それは全く正しい。しかし動くものは水における熱と同じように獲得された激しさである。水の熱は火によって水に導かれたものであるが、火を取り除けたとき水はこれに触れる手を火傷させる。」『もの微妙について』 フランス版、四七ページ)

しかしこの獲得されたインペートスは投射体がその原動者を離れたのちの加速度を説明することはできない。カルダンはアリストテレスと同じくこの加速度の存在を認め、聖トマス・アクィナスおよびレオナルド・ダ・ヴィンチがなしたようにこれを説明している。すなわち「何となれば空気は初め運動を少ししか助けない。時が経つと空気が動かされてその自然的運動が一層はつきり現われて来る。…なぜなら運動の速さが増すことが空気自体にとっても必要だからである。」(同書四八ページ)

カルダンはこの動かされた空気の加速作用を繰返し述べている。晩年の著書の一つ『比例新論』(一五七〇、第五卷、命題三十)において、彼より前にレオナルドがなしたように、この作用を二つの別の作用に分解している。一つは動くもの前方における稠密化された空気の引張りであり、もう一つは投射体が後ろに残した空隙を占めようとして渦巻く流体の衝撃である。「自然的にしる強制的にしる、すべての運動において速度が初めからある時までにある増加をするのは明らかにその結果である。このためあらゆる種類の戦争の攻道具はその打撃が最大の力に達するためにある距離を必要とするのである。」「そこで重い物が地に落ちる自然的運動の速度の増加を帰すべきものは、周りの空気の加速作用である。カルダンは他の点でもそうであるが、この点でもレオナルドと同じ意見である。(同書第五卷、命題三十一)

レオナルドおよびカルダンと同様にタルタリア「\*イタリアの数学者、一五〇〇ころー一五五七」も投射体が進行の初めに加速度もつことを認め、この加速度を動かされる空気の作用に帰している。彼はロードス島の騎士でバルレッタ修道院副院長であるマルティネンゴのガブリエル・タディーノ卿から提出された問題に答えるのに「



の加速度を使っている。一「副院長 同一の砲をもって同一の照尺で同一の目標に向って同じ玉を二回打つとき、二つの射撃は同じだろうか。タルタリア、むろん同じではありません。第二発の方が遠くへ行くでしょう。副院長その理由は何か。タルタリア理由が二つあります。第一は、第一弾では弾丸は静止している空気に当たるが、第二弾では空気が第一弾で動かされているばかりでなく、標的の方へ向って強く流れているからであります。ところで、すでに動いており孔があいている所を突き進むのは静止して平衡している所よりも一層容易です。従つて二発目は第一発よりも運動の抵抗が一層小さく、一層遠くへ行くのであります。…」(ニコロ・タルタリア『いろいろの問題と発明』一五四六、第一巻、問題四)

タルタリアはこの議論をおそらくレオナルド・ダ・ヴィンチの遺稿のどれかから借りたのである。彼はまたわれわれがレオナルドの先駆者と呼んだヨルダヌス派の一力学者によつて十三世紀に書かれた『重いものについて』という書を読んでいるのかも知れない。彼は『いろいろの問題と発明』の第七巻において、フェラリがさびしく責めている厚顔無恥をもつて、この数学者の静力学の書を剽窃していると見られる。またこの数学者の著者はタルタリアから遺贈された写本によりクルティウス・トロヤヌスによつて出版されていることも知られている。

カルダンと同等またはそれ以上にベルナルデイノ・バルディはレオナルド・ダ・ヴィンチの思想に養われている。しかし彼が影響を受けたものはレオナルドのノートからばかりではない。彼はよんだものをあげているなかで、アムサンドロ・ピッコロミーニ「\*シエナの学者、一五〇八・一五七八」の書いたアリストテレスの『機械学の諸問題』の注釈(ローマ、一五四七)を何度も述べている。

ところで投射体の運動の原因に関してアレサンドロ・ピッコロミーニは非常に正確にサクソニアのアルベルトの弟子であることをみずから示している。彼は原動者によつて伝達されたインペートスをもつて、辟動者を離れたのちの投射体の保持ばかりでなく、永久的な重さによつて生ずる加速的落下の原因としている。

この学説をピッコロミーニは強制運動に関するほかの理論とともに、アリストテレスの第四十二問の研究にあてられた第三十七章で述べている。一

「重さあるいは重力に二種類あることは注意しなければならない。

一つは物体の本性自体のなかに原因をもつもの、もう一つは表面的

であつてギリシア人がエピポライアンと呼ぶものである。これは永久的でなく、あるインペートルスにほかならず、「固有の傾向によつて動く物体の中に獲得されるもの、あるいははげしく動かす原動者によつて支えられるものである。」

事実、石が下へ向かうとき絶えず一層速くなる。それは運動に従つて一層大きい重さ（表面的重さ）を得るからである。……」

バルデイはアレサンドロ・ピッコロミーニが力学について彼の考えを述べている所を賞賛をもつて引用し、『機械学の問題演習』一八〇ページ）、彼の考えをことごとく承認している。彼はこう言っている。「落下する重いものには二つの重さ、すなわち自然の重さと、運動ということ自体によつて動くものに得られる重さとがある。たとえばこの運動が良く続けば重い物が落下する高さは大きく、一層大きな運動によつて生ずる偶然的重さは一層大きい。」（同書、一二九ページ）

ピッコロミーニは弓を離れた矢がいわゆる加速度を得るとは決して言わない。この点で彼はサクソニアのアルベルトの学派に全く一致しているというか、あるいはこの学派の力学者はこのいわゆる加速度には少しも触れていないか、さもなければガエタノ・ダ・ティエーネのように彼等はその実在を否定しているのである。

バルデイはこの伝統と別れを告げる。彼が非常にしばしば従つているレオナルド・ダ・ヴィンチは、原動者を離れた投射体の初期の加速度に固執したので、この加速度を無視するとか否定することは思いも及ばなかったが、バルデイは聖トマス・アキナス、レオナルド、カルダンに従つて周りの空気の擾乱でこれを説明しようとは決して思わなかった。

そこで彼はこの加速度の実在を認め、サクソニアのアルベルトおよびピッコロミーニが重い物の加速落下に与えた説明をまねて解釈したのである。麻動者によつて投射体に与えられる偶然的重さは自然的重さに非常によく似ている。後者が加速落下を生ずると同様に前者も加速運動を規定するであろう。しかし一つ区別がある。自然的重さは永久であり、またそれが規定する落下は絶えず加速される。これに反して、偶然的重さは強い力で生ずるもので消滅できるものであつて、それが支配する運動は初めは加速的であるが、ある時間ののちには遅くなり、しまいに無くなつてしまふであろう。

「投射体は運動しなくなる、何となれば投射体を運んで行く力を与えることは自然的でなく偶然的であり力づくだからである。とこ

るで偶然的で力づくのもの、自然的でないものは何一つとして永久的ではない。そこで、この偶然的に与えられたものは消えて行く、そうしてだんだんに消えて行くとき投射体の運動は遅くなり、動くものは絶対の不動に至って止む。多くの著者が言及していないことを一つ付け加えておこう。それは強制の力が支配している限り、強制運動は全く自然運動に類似しているということである。その運動は初め遅く、それから運動という事実そのものによって速くなり、ついで支えられた強制の力がだんだん弱くなるので遅くなり、最後にインペートスと同時に運動が消滅し物体は落ちて静止する。また経験によつて投射体の衝撃は運動の出発点からある距離の所で一番大きいことが知られる。この衝撃は投射体が全速力に達しそれによつて活気づけられていくとき最大になる。子供がくるみか何かを壁に打ち当てて割ろうとするとき、壁から少し離れた所へ身を置くのはこのことを自然から学んでいるからである。もしどうしてそんなふうにするのかと問うならば、彼等はこの距離だと衝撃が一層強く一層有効だからと答えるであろう。」(バルデイ、前掲書、一七九ページ)

バルデイがこの文章で述べている考えは奇妙であり論理的でない。もし永久的原動者である自然的重さが各瞬間に新しいインペートスを生み出すことを認めるならば、偶然的重さすなわち原動者によつて投射体に与えられたインペートスが第二次のインペートスを生み出すと結論することはできないだろう。明らかにバルデイは自然的重さと偶然的重さの類推によつて承認し難い系にまで引きずられたのである。この系は彼以前の誰も立てたものでなく、彼が従うべきものとして与えたことは驚くに当たらない。

しかしこのかなり奇妙な理論はベルナルデイノ・バルデイの非常に深く刻まれた刻印を持っている。それは歴史家にとっては非常に貴重な特徴である。それはガスタラの僧正の学説の及ぼした影響をもつと近い書物で知ることができるということである。

『ももんが』第三七巻第五号(一九九三年五月)

## デュエムのレオナルド研究(一九)

矢 島 祐 利

ベルナルディーノ・バルデイと神父メルセンヌ

ベルナルディーノ・バルデイが力学に関して述べた学説はルイ十三世の治世からルイ十四世の初めにかけてこの科学の進歩に貢献した数学者の研究に非常に大きな影響を及ぼした。メルセンヌ、ロベールヴァル、デカルトはバルデイの思想を摘み取った。それらの思想のあるものは彼等の精神に芽を出させ、多くの理論を生み出した。

メルセンヌがベルナルディーノ・バルデイの書いたアリストテレスの『機械学の諸問題』に関する『演習』を知っていたことは彼自身の証言によつて知られるとおりである。十六世紀および十七世紀に余りにも広くおこなわれていた慣習に反して、正直で誠実なこのミニム派の神父は彼が謹んで益を受けた著者の名をみずからあげているのである。

神父メルセンヌがベルナルディーノ・バルデイの『演習』をあげているのは一六三四年に出版された『科学・物理学・道徳および数学の諸問題』(パリ)においてである。

メルセンヌが検討した第九問は「ローマ秤とてんびん秤に到達する何らかの理論を与え得るか」というのであった。この問題に答えつつ勤勉な神父はこう書いている。――

「そこで重いものはこれをいわゆる平衡の中心から遠ざけると重くなり、近づけると軽くなると言ふべきである。またより遠く進むかあるいはより速く下降する鱗力がそのより重い原因であり、またアリストテレスが『機械学』において、またバルデイ、ブランカン、モナントリウス、ゲワレがその注釈で述べている器械の力はこれらの理由によると言わなければならない。」(前掲書、三七・三八ページ)

またメルセンヌはバルデイの『演習』に負うところがかなり大きい。第八問の「力学に役立つ方向の線は何か」はほとんど文字どおりそれから取ったものである。この問題で人間のさまざまな姿勢を知るために重心から出る鉛直線の考察がどんなに有用なものであるかが分る。メルセンヌほすでに一六二六年に『数学摘要』において

同様の考察をなしている。当時彼はそれを神父ヴィラルバンドのほう大な著書から引き抜いたのである。今度はそんなに骨を折らずにバルデイの書物からこれを知ることができた。これらはそれぞれにいくらかの変更を加えてレオナルド・ダ・ヴィンチの直感を彼に伝えたのである。

メルセンヌがベルナルディーノ・バルデイから学んだレオナルドの意見のうちで、ヴィラルバンドの採り入れていないものがある。それは偶然的重さの中心の如きもので、これについてメルセンヌは次のように記している。――

「このことから物体が支えられている点は常に方向の線の中にあると結論することが容易である。しかし、この線は三種類の点すなわち上と下と中の点をもち、中の点は重心に一致することに注意しなければならない。また物体はすべて三点のうち的一点で支えることができる、このことに関して保持の点、支えの点どいい、これらの周りを物体は動くことができる。また重い物体を上にあげるとき、あるいは上または下に投げるとき、強制力の中心あるいは強制運動の中心と呼んでもよい。何となれば下に投げた石はこれらの二つの中心で、もしくは能力において二つ兼ねている同一の点で保持されているからである。また軽いものには軽さの中心を惹いてもよいが、それは重さの中心のように、われわれの力学の能力の範囲内ではない。」(前掲書三四ページ)

この文章には省略と容易に直せる書き誤りがあって少し混乱しているが、殆どベルナルディーノ・バルデイの『演習』の翻訳である強制力の中心の考えがメルセンヌの注意を引いたことをこの文は示している。

ところでメルセンヌの注意を引くことは、とりもなおさずフランスのすべての数学者の注意を引くことであつた。実際すべての数学者が活発で好奇心に富んだこの神父と熱心な連絡を持っていたのである。そうしてメルセンヌは外国の著者の書いたものを読んで知ったことを彼等に通報し、また彼がそれらを読んで気をついた問題を彼等に提供することを怠らなかつた。それゆえ、ベルナルディーノ・バルデイの考えがロベルヴァルに知られたのは驚くべきことではなかつたし、またメルセンヌとデカルトの間には親交があつて文通は絶えなかつた。

しかしロベルヴァルもデカルトもおかげをこうむっている著者の名をあげるといふ神父メルセンヌのならわしに従わなかつた。ロベ

ルヴァルは彼が何も負うところのない人のほか名をあげていない。またデカルトは文通においてある人々の名をあげているにしても、それは最もしばしばその人と対論の切っかけを作るためであり、やがて論争の調子を帯びるかあるいは高飛車で激しい判断によってやつつけるためであった。

そこでロベルヴァルとデカルトの書いたものの中に彼等がベルナルディーノ・バルデイに負うという証言を探しても無駄である。むしろ彼等の思想の中にガスタラの僧正の痕跡の認められるものを探す方がよいのである。

#### ベルナルディーノ・バルデイとロベルヴァル

ロベルヴァルはおそらく職人の使う本としてであろうが『力学の講述とくに水道と揚水』という題の本を書いた。これは印刷されなかつたが、パリの国立図書館にその写本が同じ著者の他の書の写しと一緒に保存されている（ラテン写本、七二二六番、八十五葉から二百七葉）。

この力学書には年記はない。それと一緒に写している写しも大部分同様であるが、年号の分かつているのもあって、一六三六年またはあるものは一六四五年となっている。

この本の一節はそれが書かれた時期について一つの指示を与えている。サイフォンを使って揚水することを述べながらロベルヴァルはこう書いている。「この方法によって高い山を越して水を通すことができるように」見えようが、三十二ピエ以上の場所に水を導くことは不可能であることを思い出されるであろう。また三十二ピエより少し低くても二つの理由によってたいへん困難である。一つはサイフォンを水が漏らないようにハンダづけすることが困難のため、空気が入って水が流れなくなる。もう一つは余り高くなるとサイフォンが破裂することである。」（前掲写本、一七六葉裏）

ロベルヴァルが述べている作用の眞の理由は大気の堅力であることはトリチェリの実験によって知られたことである。ロベルヴァルはこの力学書を書いたとき、この有名な実験についてまだ聞いていないことは明白である。ところでメルセンヌがイタリア旅行から帰ってパリでトリチェリの実験を繰返し、これを「フランスにひろめて科学者と好事家からほめられた」（パスカル「眞空に関する新実験」）のは一六四四年であった。

メルセンヌとよく知り合っているロベルヴァルは重要な「イタリア実験」の最初の一つを知ったはずである。そこで力学書において、これを知っていないとすれば、それは一六四四年以前に書いたと見られる。

ロベルヴァルの「力学の講述」の大部分は動力学であり、「コレージュ・ドゥ・フランスのラミュス講座職教授」の教えた動力学であつて、最もしばしばレオナルド・ダ・ヴィンチの動力学である。しかしその知識の源泉を言うことは通常容易でない。タルクリア、カルダン、バルデイも同様にそれを供給したかも知れないのである。

しかしながらベルナルディーノ・バルデイの影響がとくに認められる一節がある。実際、われわれはそこにバルデイが投射体のいわゆる加速度を説明するために考えた奇妙な理論を見るのである。その箇所は次のようである。――

「大砲の玉の強制力は二つの要因から成る。一つは大砲自体と玉を走らせるために燃える火薬から来る純粹の強制力である。もう一つは玉の本来の重さから生ずる自然力である。第一の要因で強制力ほ大砲からある距離のところまで運動によつて獲得した度合のために少し増す。この度合は火薬からの要因がなくなる前にその上へ附加されるのである。それからこの要因は強制力が獲得した度合によつて増すよりもはるかに多く減るので、強制力は絶えず緩慢になりある時間のうちに終りとなる。ところで初めにはこの与えられた強制力の方向の線は大砲が向けられた部分の方へ調整されているが、それから絶えず変る。この変化の原因は自然的要因すなわち物体の重さであり、これが物体を地球の中心の方へ持つて行くのである。何となれば強制的と自然的の二つの要因の混合は弾丸をしてどれか一つに正確に従うことをさせず、初めはほとんど全く強制力に従う、この方が自然力より比較にならないほど大きいからである。ついで強制力が少しずつ弱まり、自然力が利いて来る。そうして弾丸は曲線を描いて下降を始め、これは強制力が弱まるに従つて増す。そうして自然的重さは獲得した度合によつて増加する。」(前掲写本、一

二六葉)

この「大砲からある距離まで運動によつて獲得した度合のために増す」強制力というところにベルナルディーノ・バルデイが発明したと主張する一つの想定を容易に見るのである。バルデイが『演習』のなかで展開した学説のこのほかの痕跡もロベルヴァルの『力学の講述』のなかにあるが、天秤の安定と感度に関する理論だけあ

げておこう(前掲写本、八九葉)。これらの類似点によつてロベルナ  
アルがバルデイの『アリストテレス機械学の諸問題演習』を読ん  
でいること、またこの本に述べてある意見をしばしば採用しているこ  
とが確かである。

#### ベルナルディーノ・バルデイとデカルト

デカルトはバルデイの書を読んだか。彼の書いたもののなか  
は、これに対してはつきりした証拠を与えるものは何もない。少  
くともわれわれはこの本を読んだメルセンヌがこれを謹んで感じたこ  
とや問題をこの大哲学者に通報したことは考えられる。

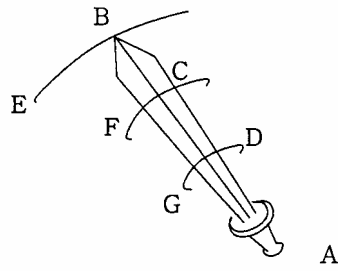
一六四三年四月二十六日デカルトはメルセンヌの手紙に答えてい  
る。メルセンヌの手紙は伝わっていないが、デカルトの文面にこ  
ういふところがある。「一太刀あびせるとき振るう刀の最大の力は  
重心にあるのではないことを私は疑いません。反対に、しつかり手  
に持つなら、最大の力は切先にあります、何となればそれは何処よ  
りも速く動くからです。しかし、人はそれを非常にしつかりとは持  
たないし、また全部行かせるでもないので、最大の力は重心と切  
先の間にあり、手でしつかりと持つ程度に応じてどちらかにより近  
くなっています。」(全集第三巻、六五八ページ)「\*一九五一年版ア  
ダンとミローの『デカルト書簡集』では第五巻、二八五ページ」

この文でデカルトはメルセンヌのいかなる問題に答えたのか。そ  
れは判断することができると思う。メルセンヌはバルデイが設定し  
て解いたと主張する問題を提出したのに相違ない。事実われわれは  
バルデイの『演習』の中に次の文を読むのである。――

「このことに関して一つの好題目が考えられる。剣で打つとき最  
も有効なのは切先か中程か鏢元か、ということの問題にすることが  
できよう。そうして理屈はあれともこれともつけられよう。」

「A Bを剣とし、Aはにぎり、Bは切先、Cは重心、Dは鏢に近い  
所とする。この剣を振るうと三つの円弧B E、C F、D Gを描く。」





打撃はE、F、Gのうちどこで一番強いだろうか。Eが一番強いように見える。なんとすれば半存ABが一番長いからBEの円弧が一番大きく、従ってBからEへなされる運動が最大だからである。他方Fで最大のようにも見える。なんとすれば中心Cのためにすべての重さがここにかかるからである。またGが一番強いとも見られよう。運動はそこでは他のどこよりも遅いけれども剣をAに支点を

もつ挺子とみれば、Bで押す力とDで抵抗する力はADとBAの比であつて、これとACとBAとを比べると、Dの打撃はCにおける打撃より大きいであらう。すべてを考え合せて私は両端E、Gよりも中心CによりFで打つのが一番強いという結論に導かれるであらう。実際、速度はBにおいて最大であるが、重さが欠けている。また別に剣を一つの挺子と考えてみよう。A、Bが二つの支点でつある垂さを支えるとする。Cは重心のあるところである。二つの長さACとBCが等しければ、Bには重さCの半分の力だけがかかるであらう。そこで切先Bで打つと速さで得たものを重さで失うことになる。反対にDは重さは大きい速さは一番小さい。Cでは速さはそれほどでもないが、重心の存在のため重さの衝撃が余さずそこに感じられる。」(バルデイ、前掲書、一三二―一三三ページ)

これらの二つの引用文の似ていることは疑いの余地を残さない。デカルトはおそらくバルデイの『演習』を読んでいないであらう。しかしメルセンヌを通してこの書のある思想を彼が知ったことは確かである。

『ももんが』第三七巻第六号(一九九三年六月)