Title	近世的自然観の形成と形而上学(三)
Author	小林, 道夫
Citation	人文研究. 35 巻 8 号, p.562-568.
Issue Date	1983
ISSN	0491-3329
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	Publisher
Publisher	大阪市立大学文学部
Description	

近世的自然観の形成と形而上学(三)

小　林　道　夫

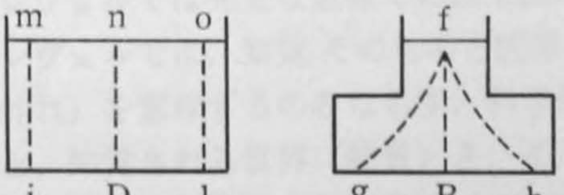
第二部デカルトの自然学と古典力学

§ I. デカルト自然学の形成

第一部で我々は中世科学からガリレオの「位置運動論」の形成に至る過程を検討し，同時にガリレオにおける自然哲学の体系としての一貫性の欠如を確認した。このガリレオに対し科学史上の具体的業績に於て劣らない成果をもたらす一方で，伝統的自然哲学を解体して新たな体系的自然哲学を構築したのはデカルトである。以下でまずデカルトにおける自然学の形成過程を初期からの断片をも入れて追求し，ついでデカルトの最終的な自然哲学の構造とその古典力学との関係を講ずる事にしたい。

デカルトの自然学の形成過程に於てまず第一に注目すべき局面は，一五十八年における自然学者ベークマンとの出会いである。ここで『序説』の表現を借りると，ラフレーシュ学院において，あらゆる学科の内で最も愛好したものの，その「真の効用」を知らなかった数学の意義，即ち数学を自然学に具体的に適用するという理念を教えられる事になる。と同時に当時すでにベークマンが自ら発展させていた全宇宙に関する原子論的自然哲学にもふれる事になる。このベークマンとの協同研究の形跡が断片『物理数学』(physico-mathematica) やこの時期の思索を書き留めた『思索私記』(cogitationes privatae) に伺う事が出来る。まずこれらの断片の主な内容を分析し，デカルトがその科学研究の出発点に於てどのような考えを取っていたかを調べてみよう。

『物理数学』に於て，二つの自然学上の問題が扱われている。第一はフラマンの科学者シモーン・ステヴィンによって提起された流体力学上の問題であり，第二はガリレオの科学探求を支配してきた「自由落下」の問題である。第一の流体力学上の問題とは，当時のアルキメデス科学の復興の主導者の一人であったステヴィンがその伝統上で



(c)　(b)

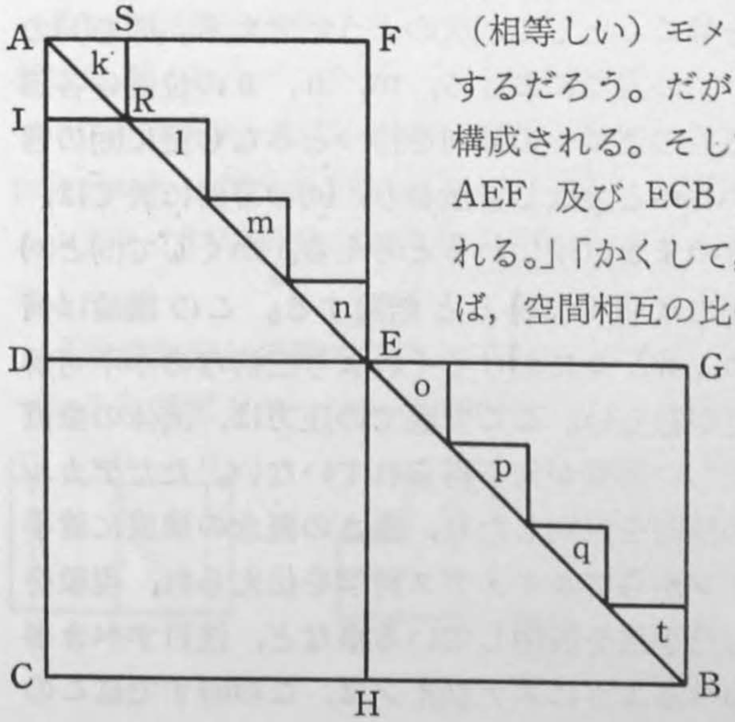
提起したものであり，「容器の中にある水がいかにしてその容器の底を圧するか」といった問題，具体的には左記の如き二つの容器に水が入った状態で，いかにして(b)において(c)と同様に水が容器の底に重さを与える（gravitare）かといった問題である。[(1)] 従ってここで水の重さの問題と圧力の問題が重なっており，水圧学の問題であると同時に「重さ」の概念が登場する。そこで上方の水の部分がその重さによってそれの下方の部分を押すという状態を考察し，重さ（gravitatio）とは「(運動の）最初の瞬間に，それによって運動が引き起こされるその力（vis)」と解する。[(2)] この重さなる力は，デカルトによれば「物体の量」(quantitas corporis）のみならず，その第一の瞬間における「想像上の初期速度」(initium imaginabile celeritatis）からなる。ここでデカルトの考えている第一の瞬間の速さとは，速さそのもの即ち運動の全体を通じて物体を下方にやる速さとは区別され，「運動への傾向」(propens io ad motum）と考えられているものである。これは後の円運動における接線方向の瞬間の速度，或は仮想変位における速度を思わせるものであるが，ここでは十分明確な定義はなく，ただ速度そのものと区別され，圧力を生み出す重さ或は力を構成するものと考えられている。かくして，例えば一つの水の原子（atomus aquae)が，二つの他の原子よりもこの意味の速さに於て２倍速く下方に落下するとするならば，この原子は一つで，二つの原子と同じ重さを与えるという事になる。従って $p=m\times v'$（p：重さ，m：物質量，v′は上の意味の運動への傾向としての速さ）。このような概念を用意してデカルトは上の流体力学の問題を解こうとして，次のように考える。即ち(b)の容器における f の位置の水は，(c)の容器における，m，n，o の位置の各部分より，上述の意味における三倍の運動への傾向を持つとみなし更に(b)の容器においては，これが g，B，h へと分散して伝わり，(c)の容器に於ては，m の部分の重さは i の部分にそのまま直接伝わると考える。[(3)] かくして(b)と(c)における容器の底の重さ即ち圧力は同じであると結論する。この議論は何故 f の位置の運動への傾向が m，n，o におけるそれより三倍なのか不可解であり，全体として概念的混乱が甚しい。ここで底での圧力は，流体の垂直の高さのみに依存するという正しい洞察が何ら得られていない。ただデカルトがこの時すでに速度と速度の傾向を区別したり，重さの概念の構成に着手している事，更に特にステヴィンからアルキメデス科学を伝えられ，現象を理想状態に於て考察するといった手法を展開している事など，注目すべき事が見出される。ちなみに後にのべるようにステヴィンは，この時すでにこの

問題に対する上のような正しい洞察をすでに得ている。

第二は，自由落下の問題であり，これは注目すべき事に，ガリレオの定式化以前に扱われており，しかも協同研究者ベークマンの解は正しいのである。加うるにデカルトの方は，ベークマンとの共同研究に基づいてるに拘わらずその解はベークマンのものとは異っている。それでまずベークマンの与えた解を彼の日記（Journal de Beeckman）に従ってみておくと，それは次のようなものである。[4]（第一図参照）ベークマンはまず落下の原因を地球の引力（tractio terrae）とみなし，これは落下の各瞬間に働いていると考える。そこで始めの瞬間に於て得られた速度はそのまま維持され，更にそれに次の瞬間に引き起こされる速度がつけ加わるので速度は時間に比例すると考える($v \propto t$)。ところでこの瞬間はベークマンによれば不可分であり，空間を形成すると考えられるから，一時間に通過する距離の全体は三角形 ADE であり，二時間に通過する距離の全体は時間の比を2乗倍（duplicat proportionem temoporis）したものとなるという。ベークマンのいおうとするのは，この第一（AD），第二（AC）の時間の間に通過される距離の比が △ADE と △ACB との比に相当し，これは AD と AC の比の2乗されたもの（duplicata proportio AD ad AC）であるというのである。この証明は以下のようになされる。

「物体が一瞬間に落下する空間のモメントを任意の大きさ，例えば ADEF とする。二時間には，それは三つのこのような（相等しい）モメント即ち AFEGBHCD を通過するだろう。だが ADEF は ADE と AFE から構成される。そして AFEGBHCD は，ACB と AEF 及び ECB 即ち AEF の2倍から構成される。」「かくして，もしモメントが AIRS ならば，空間相互の比例は，ADE と klmn とを加えたものと，ACB と klmnopqt，即ちくり返しいえば，klmn の2倍とを加えたものの比例である。ところが klmn は AFE よりも，はるかに小さい。ゆえに通過した空間相互の比例は，

（第一図）

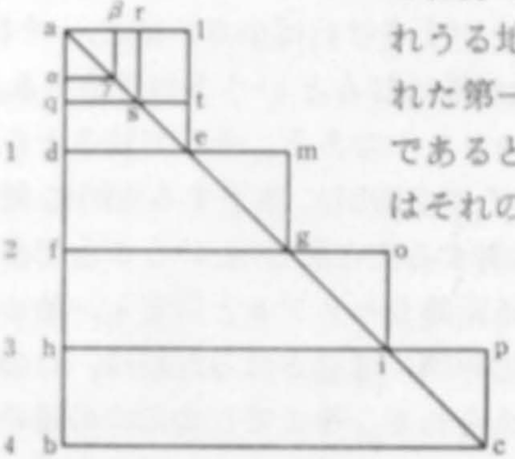


それぞれの三角形に相等しい量のものの間の比例であり，又これらに付加される相等しいものは，空間のモメントが小さければ小さいほど，それだけ小さくなるから，それら付加物は量が零になるという事が帰結する。これが，物体が落下によって得る空間のモメントである。そこで残るところは，物体が一時間に落下する空間が，それが2時間に落下する空間に対する比は，三角形 ADE と三角形 ACB に対する比と同じということである。」

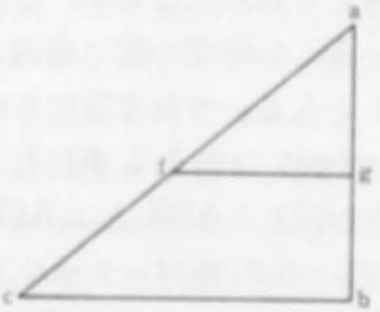
換言すると，ある時間内に通過する距離をモメントと措定し，始めにこれを □ADEF とみなすと，この2倍の時間に通過される距離は，この三倍の図形 □AFEGBHCD にあたると考えられる。そこでこの二つの量を比較するという事になるが，実際には極少モメントが考えられねばならず，これをまず □AIRS とする。その時は，AD の時間と AC の時間の間に通過される距離は △ADE+klm と，△ACB+klmnopqt となる。それで更にこのモメントを極少化していくと，結局 klm，と klmnopqt は消える事になり，かくして時間 ADと AC の間に通過される距離の比は △ADE と △ACB の比に帰着し，これは 1：4 であるという事になる。この時ベークマンは，「ものは一旦動かされると，真空に於ては常に動かされる」という「私の原理」(guod semel movetur, semper movetur, in vacuo」を前提にしている。[5]先の瞬間における速度が，次の瞬間にも維持されるとする考えはこの原理に基づく。このようにベークマンは真空という理想状況に於て，自ら定めた慣性律を前提とし，落下速度の増大を地球の引力という外因に帰して，そこから，自由落下の距離は時間の2乗に比例するという正しい解を引き出しているわけである。($s \propto f^2$)

さて，この解の幾何学的論証についてベークマン自身は，これは上のようなベークマン自ら提示した慣性原理に従い且つ地球と石の間が真空と仮定した時に，二時間の間で通過する距離が知られているとすれば，一時間の間に通過する距離はいくらかとデカルトに問うた時にデカルトが証明したものであるという。しかし『物理数学』に記されているデカルト自身の論証は，同様の幾何学的技術を駆使しているものの，その物理的意味の解釈は異っており，従って誤った解を示しているのである。デカルトの論証とは次のものである。[6]（第二図参照）

「提出された問題に於ては，重い物体が下方に向かってゆく力に，各瞬間に新しい力が付け加わると考えるが，この問題に於てはその力は，横線 de, fg, hi 及びそれらの間に想像されるうるその他無数の横線が増すのと同



（第二図）



（第三図）

じ仕方で増すと私はいう。」それで「想像されうる地球の第一の引力によって引き起こされた第一の運動の極少又は点は正方形のaldeであると私は考えてみる。第二の運動の極少はそれの2倍即ち dmgf であろう。」「（というのは）実際第一の極少の中にあった第一の力は持続し，この前のものと相等しい別の新しい力が付加されるからである。同じようにして第三の運動の極少には三倍の力があるだろう。これは即ち，第一，第二，第三といった時間の極少に得られる力（の和）である」「ところでこれらを加えたものは三角形 abc をあらわすことになろう。」「だが三角形から突き出た余計の部分 ale, emg, goi 等があるとあなたはいうだろう。」「ところで私はこう答える。それらの超過する部分は，我々がそれら極少に延長 (latitudo) を与えた事から生ずるのであり，これら極少は不可分なもの(indivisibilia)として，そしていかなる部分からも構成されていないものと考えねばならないと。これは次のようにして証明される。その極少 adを q で二等分すると，直ちに arsq が運動の(第一)の極少となり，そして qted が第二の運動の極少となり，これのなかには二つの力の極少があるだろう。同様にして我々は df, fh などを分割するであろう。すると ars, ste などの超過の部分を得るだろう。これらは明らかに超過部分 ale よりもより少である。更に，もし極少として，aα のようなもっと小さい極少を認めるならば，超過部分はaβr などのように，もっと小さいものになるだろう。結局その極少として真の極少即ち点を取るならばそれの超過部分は零になるだろう。」「そこから次の事は明瞭である。もしもたとえば石が真空中で，大地からたえず同じ仕方で出てくる力によって，a からbへと大地に引っ張られ，しかもその間，先のものは持続すると想像するならば，a における第一の運動が，b における最後の運動に対する比は，点 a が線分 bc に対する比に同じであろう。半分の gb についていえば，これは他の半分 ag よりも3倍速く石によって通過されるであろう。なぜならそれは大地によって3倍大きい力によって引っ張られる

だろうからである。実際空間 fgbc は容易に証明されるように，空間 afg の3倍である。かくて他の部分についてもこの比と同様にいわれねばならぬ。」

ここでデカルトはベークマンと同様の図形を使い，又三角形をはみ出した部分を零に帰するためにも(同様の)手法を駆使している。しかし一読して明らかな如くこの問題の処理の物理的解釈が全く異っている。即ち第一にベークマンの慣性律(保存律)をふまえており，又落下速度の増大の外因を地球の引力のせいにしてはいるものの，この引力によって各瞬間につけ加わるもの(横線)は速度自体でなく力であると考えており(F∝t)，従って三角形で表わされる量は速度の和でなく力の和であると考えている。第二に縦軸の各点を一方で瞬間に対応させて，その瞬間における力の量を横線で表わしながら，他方で ag，ab (第三図) を通過される距離と解しており，その結果，ag と agb の二つの距離の通過において働く力が1：3になるとして，速度は gb の通過に関して3倍になるという結論を引き出すのである。このようにデカルトはベークマンと違って第一に各瞬間に増加するのは力でなく速度である事，第二に縦軸を時間と取られねばならねばならないという事，この事が理解されておらず，結論は全く誤ったものとなっている。[7]

このように同じ問題に面し，しかも共同研究しながらベークマンとデカルトに於て異った答えが見られるという事実は，科学思想上の興味深い主題となっている。古くはコイレがこの事実に言及し，この違いは空間主義，或は幾何学主義を取るデカルトと，実験を重んじ，従って時間を考慮に入れねばならない事を心得ていたベークマン，ひいてはガルレオとの違い，即ち背景の観点の相違に由来する事態に他ならないとする解釈を与えた。[7] 近くはハンソンがいわゆるゲシュタルト・転換，即ち対象認識における「理論負荷性」の引き起こす典型的な例として取りあげた。[8] しかしこれらの解釈は，科学史を思想史，或は理論の例から読解するものとして興味深いものの，それ以前の初等的誤りを犯すものである。即ちデカルトはこの時期に於て，未だにその最終哲学の示すような延長即物体といった自然哲学，或は数学上の空間主義を意味する解析幾何学には何ら達していないのであって，加うるに以下に見るように，この後一六三〇年における自然学の諸原理の設定に至るまでは初期断片に見られるような神秘的象徴主義，或は『規則論』に看取されるようなアリストテレス主義の枠を脱脚してはいないのである。このベークマンとの協同研究の時期の例をあげれば，例えば『思索私記』に於て「火の大なる軽さ (ignis magna levitas) が重さから何がしかを奪い取る」といったような

事がいわれており，これは全く旧態依然とした概念である。更に上にみたように，この時期では，真空を認め，落下の原因を地球からの引力に帰したりするが，これは，いずれも後のデカルトの自然学が採択しない考えである。又この時期で自由落下の例に見られるように，中世科学を発展させるような，自然現象に幾何学図形を適用する技術を学び「至るところ等しい運動は一つの直線，或は直角面，或は平行四辺形によって表現され，一つ原因が増すと三角形によって，二つの原因が増すと上にのべたように三角錐によって，三つの原因が増すと他の図形で……」[10]という風にいわれているが，その場合の運動の原因の数と幾何学図形の次元の数の対応という考えで何を意味し，いかに対応させるのかという事は全く不問である。又同じ断片で，他の箇所では，何の運動かに明記されていないものの自由落下の場合と似た図形を扱いながら縦軸をはっきり時間として取っている例もあるのである。[10]このようにこの時期のデカルトはまだまだ自然学上の概念組成及び方法論に関して方針を確定していないのであって，コイレやハンソンの解釈はテキストを自らの理論に従って読もうとするものであって，文字通り解釈以前の問題という他はないものである。(未完)

(注)

(1) Descartes: Oeuvres de Descartes, éd. par Adam et tannery. 1964-1974. Paris. C.N. R. S. (以後，A. T. と略する) Tome X p. 67-74.

(2) lbid. p. 68.

(3) lbid, p. 69-p. 72.

(4) lbid, p. 58-p.61

(5) lbid, p. 60.

(6) lbid, p. 75-p. 78.

(7) なお第三図と同様の図形を用いた同様の論証は『思索私記』にも見られる。cf. A. T.X p. 219

(8) Koyré, A : Etudes galiléennes, Paris 1974 (réédition). p. 150-p. 180.

(9) Hanson, N. R. :「Patterns of discovery」1958. Cambridge univ. press. 邦訳「科学理論はいかにして生まれるか」第二章 p. 59-p.92。なお近藤洋逸「デカルトの自然像」岩波書店，1969 p. 301—p. 315 にこの自由落下の問題に関するベークマンとデカルトの取り扱いについて，コイレやハンソンよりは綿密な分析があり益受けた。しかしデカルトの自然哲学全体の解釈には我々は賛成でない。

(10) Descartes, ibid, p. 222