近世的自然観の形成と形而上学 (四)

小　林　道　夫

第二部　デカルトの自然学と古典力学

§ 1.　デカルト自然学の形成（二）

いずれにせよ，デカルトはベークマンとの出会いによって「物理数学」の理念，及び中世的伝統を超えた新たな自然哲学に接する機会を得る。この時デカルトはベークマンの研究記録ともいうべき『日記』に眼を通す事も許されており，多くの啓発を受けたであろうと思われる。そこでこのベークマンとの出会いを介してデカルトが立ち会い得た科学上の事態を分析し整備しておく事にすると，それは次の三点に要約し得ると考えられる。

第一は，上述の如き運動現象に対する幾何学図形の適用という事であり，これはマートン学派やオレームの伝統を受け継ぐものである。しかも注目すべき事には，数学的技術の観点からして，これは自由落下の問題に対して同様の図形の適用を試みたガリレオの場合と比較してより洗錬されたものと認められる。ガリレオはすでに指摘した如く，ギリシア数学以来の「次数の一致の規則」をなお遵守しており，従って距離の和にあたる三角形を直接に距離そのものを示すと考えず，その横に距離を示す直線をわざわざ記して，当の三角形はこの直線が示す距離に相当するものと考えた。(12) これに対しベークマン，デカルトの手法は，このようなもってまわった手続きを意に介さず，三角形が直接，速度の和としての距離，或は力の和としての速さを示すとしている。ともかくデカルトは，この種の数学の適用に於て，「数学の真の効用」を見い出す。『思索私記』には，「他の無数の問題が幾何学及び数学の進歩から同じく引き出される」とのべている。(13)

第二は，『日記』に記されているベークマン自身の自然学上の諸概念及びその自然哲学であり，第三はベークマンを介して或は直接的に接したであろうと思われるシモーン・ステヴィンの数理思想である。このあとの二点はデカルトの自然学の形成にとって直接的，間接的に重要な下敷きをなすものであり，以下少々立ち入ってのべておきたい。

まずベークマンの方からみる事にすると，ベークマンの自然哲学の第一の柱は原子論である。ベークマンは物体の元素を地，水，気，火の四元素とみなし，これに真空の存在を認める。そしてこの四つの元素自体の違いは原子の形の違いに還元される。事物の多様性は従って究極的にに原子の形，配

置，量及び運動の多様性に基づけられる。[14] そこでこの原子の形の多様性とは幾何学の観点から構成されるものであって，人間は物体から量 (magnitudo) のみを抽象し，これを長さ，幅，深さの面から，或は線分，平面，立体として分割し，これを逆に様々に合成する事によって多様な形を表現すると考えられる。[15] この形の多様性が原子の形の多様性を構成するのである。さてこのように一見して明瞭な如くにベークマンは基本的にはデモクリトスに由来する原子論を取り入れているが，他方で古代原子論と異り原子論的自然全体を，キリスト教の創造論によって形而上学的に包もうとする。そこで自然現象を神が創造に際し設定した自然法則に従って理解しようとする観点が成立する。即ち「神は原子的粒子を創造すると共に，これに運動を与えた」[16] とのべ，又は「神は同時に事物に事物の原理を置きつつ，事物に作用力 (vis agendi) を残した」[17] という。この時ベークマンは真空も粒子と同じく創造されたと考え，真空をも物体と呼ぶ。或は「我々の認識する空間がこの世界」に他ならないともいう。[18] かくして同じく物体という身分を持つ粒子と真空が天と地の全体を形成すると考える。そこで更にベークマンは神は原初に於てこのようにすべての物体を創造したのみならず，「同時にこれらすべての物体を法則に即して配置した」 (legitime dispositis semel omnibus rebus in principio creationis) と考える。[19] このような，神の創造において自然的事物がすべて法則に従って配置されたとする自然哲学に基づき，ベークマンは具体的に，その法則を構成する内容を立てようとする。

その第一はすでに我々がみた慣性律であって，ベークマンは，「何ものも変化の原因なしに動かされる事はない。」或は「真空中に於ては，物体は休止する事はない」[20] という。又「天は一旦動かされれば，永久に動かされる」[21] ともいう。このようにベークマンは真空中における慣性律を立てており，上述の自由落下現象の分析にこれを適用している。但しベークマンはこの慣性運動を直線か或は円運動かであるとして，はっきり直線慣性律の考えを確立するに至っていない。[22] 第二に，原子間の衝突は偶然的に起こるのでなく，ある法則に従っていると考え，衝突に関する運動保存則を提出するに至っている。[23] ベークマンは後のデカルトと異り，完全非弾性体という特殊なケースを扱っているが，正しい定式化に成功している。

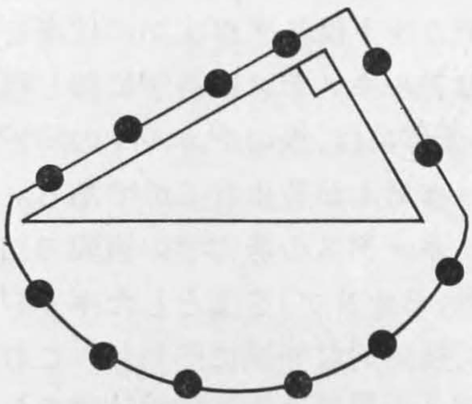
このようにベークマンは原子論と創造論の結合に基づく自然哲学を設定し，そこから後のデカルトが発展させる素材ともいうべき力学上の重要な概念を提出しているのである。それ以外に純粋に哲学的な次元に於ても，例

えば冷たさといった感覚内容は，原子が人物の感覚器官に与える因果作用の結果であるとする考えや，[24] 動物や人間の身体を物質と同様の運動から説明される自動機械 (automata) とみなす見解を出している。同時に又このような機械ともみられる人間と，人間の自由意志との両立といった問題にも言及している。[25] このようにベークマンは後にデカルトが自然学及び形而上学を形成する際に重要な素材となったと思われる多くの事柄を表わしていたのである。

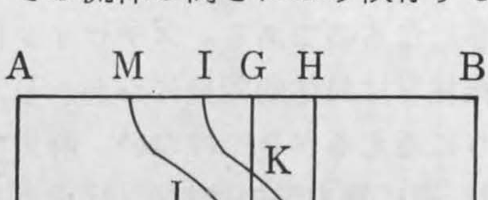
次にベークマンとの共同研究における流体力学の問題の提起者であるステヴィンの科学にふれておかねばならない。デカルトはステヴィンの仕事を介して上述の流体力学の問題に見られるようなアルキメデスの科学に接し得たという事のみならず，ステヴィンの数学上の著作には，後のデカルトの解析幾何学の形成につながる如き数学上の注目すべき考えが見出れるのである。ステヴィンの物理学史上の功績の第一ははアルキメデスの静力学の復興のために主導的役割を果したという事である。観想(テオリア)を主としたギリシア科学に於て，機械学や静力学といった地上的，技術的な領域に関わり，これに数学を具体的に適用しようとしたアルキメデスの科学は例外的な位置を占める。このアルキメデスの科学は西洋社会に本格的に紹介されるのはようやく十六世紀になってからであり，この世紀末に登場するステヴィン達によって文字通り復興を見る事になる。すでにのべたようにガリレオの科学探求の進展を決定づけたのは第一にこのアルキメデスの科学であり，[26] 十七世紀に入って，メルセンヌのいう「新しいアルキメデス達 (nouveaux archimedes)」が誕生し，デカルトはこの潮流に接した事になるのである。[27] ステヴインによると，アリストテレスの如く，静力学や機械学は具体的対象にかかわり，数学は一般的，抽象的対象を扱うというように考えるべきではない。静力学も，数学の特殊且つ自由な学問の一つであり，逆に静力学の題材には「重さ」のみならず，「数」や「延長量」も入るのである。[28] ステヴインに於て，具体的自然と抽象的数学との区別というアリストテレス主義の伝統的学問論が批判され，アルキメデスの学問を範とするような両者が同一領域を構成するとする考えが押し進められる。これはすでにのべたようにガリレオの「位置運動論」を方向づける考えであり，デカルトによって哲学的且つ体系的に基礎づけられる理念である。

ステヴインはこのように学問論上に重要な役割を果したのみならず，自らも，このアルキメデス科学の具体的発展に寄与している。第一は「斜面上のつり合い」の問題に関してである。二つの斜面における物体のつり合い

の解，即ち斜面上のつり合いにおいて見かけの斜面方向の重さは斜面の長さに反比例するとする解は，古くヨルダマスによって与えられている。[29] ステヴインは，この事を，そのつり合いの物体や斜面の形状にかかわりのない，一般的条件のもとで証明する。[30] ステヴインは左記の如く斜面上にこれを包む輪が置かれている状況を考え，ここで輪がすべりつづけて永久運動をする事はあり得ないという事からつり合いが成立すると結論する。しかもこの場合永久運動するのでなく，従って静止しているのなら，二つの斜面上の双方の物体はつりあっており，そのみかけの重さは，斜面の長さに反比例する事は明らかである。このようにステヴインは理想状態を考え，思考実験を展開する。マッハが評価するようにアルキメデスのように極めて特殊なケースから結論を引き出すのでなく，考えられる限り最も一般的なケースを案出し，それに基づいて推論を行うという方法論を展開しているのである。[30]bis



第二は先のデカルト，ベークマンの共同研究の主題をなす，流体力学上の問題である。容器の中の流体が容器の底に与える圧力は，容器の形態に関係なく，その流体の高さにのみ依存するという事はベネディティが発見している。ステヴインは，これを知らず独立に，これも又思考実験による推論によって論証している。即ち左記の如くに，容器中の流体の中に，管 MLEFKI を想定し，ここでこの管の中の流体が底ＥＦに対して与える圧力と，同じ高さの，GEFH によって囲まれる流体が EF 対して与える圧力は同じであろうという事を指摘し，そこから，流体の底に対する圧力はその高さにのみ依存するという結論を引き出す。[31] このようにステヴインは，具体的な自然学上の事例を扱いながら，一般的理想状況を設定し，その状況から推論する事によって，具体的現象を説明する。ここに数学的思考につながる一般的抽象的思考と物理上の具体的現象との結合という事態の端的



な例が認められるのである。

さて，ステヴインに関してはデカルトとの関係に於て，上述の物理学上の事柄以上に重要な意味を持つのは，その数学思想である。ステヴインは，数論或は代数を幾何学的意味規定から解放し，しかもこの二つの領域を対応させるという，解析幾何学の形成につながる考えを提出しているのである。まずステヴインは幾何学的規定を受けた数の概念の画一化を図り，第一に根，平方，立体と呼ばれてきた数をそれぞれ，単位をなす同一の数の冪乗と規定する。[32] 第二に，少数の概念について，これを$^1/_{10}$の冪乗の系列と考えなおし，伝統的な「次数一致の規則」に基づく数概念を解体すると共に少数の概念を刷新する。例えば15.378とは，ステヴインの表記に従うと 15⓪3①7②8③ と書かれ，これは $15+3(\frac{1}{10})+7(\frac{1}{10})^2+8(\frac{1}{10})^3$ を意味する。これは後にのべるように，デカルトの『規則論』における数学全体の改変の仕事に直接つながるものである。[33] 第三にステヴインは，この数の概念の画一化の帰結として，数と幾何学量とを対応させる構想を展開する。即ちギリシア以来「数」を構成するのは非連続な「単位」であり，「幾何学」を構成するのは分割可能な「連続量」であると考えられてきたのに対し，ステヴインは単位も，他の幾何学量と同じく分割可能な量であり，一般に非連続といわれる数は，非連続ならぬ連続的数として，幾何学の延長に対応すると考える。例えば無理数とは，「非理性的数 (nombre irrationnel)」或は「不条理 (nombre absurde) な数」ではないのであって，ただ共約的でない (incommensurable) という性格を有するのみであり，正当に有理数と同じ属性を享受するものとして連続量に対応させうるのである。[34] これはデカルトにおける解析幾何学を可能にする基本的思想即ち数論或は代数と幾何学量を対応させるとする考えを提供するものである。その他ステヴインは代数の四則の操作について，項を引くという減法はマイナスの項を加える事であるとして，減法を負数の加法に還元する考えを提出しており，方程式の操作について少なからず寄与している。

さてこのようなステヴインの数学にデカルトは直接，間接に接していたのではないかと思われる。先にのべた如くベークマンを介してデカルトはまず自然学への数学の適用という考えを教えられる。そこで運動の原因の数に応じて様々な図形を対応させ，数学図形の側から運動現象を解こうとする。「無数の問題が幾何学や数学の進歩から引き出される」と語る。そこで自然学上の概念或は自然哲学そのものに於ては全く未整理であるが，数学の歩みこそが自然学に進歩を与えるという見通しを我がものとしたのではないかと思わ

れる。事実デカルトは，この時協同研究に平行して，すでに純粋数学の統一への仕事を手がけており，『物理数学』の最後で，「私の幾何学的代数からすべての事が明証的にとけるであろう。しかしそれには非常に長い時間がかかることであろう」[35]とのべる。又1619年5月26日のベークマンあての手紙では,「連続量，非連続量を問わず，どんな類の量であれ，与えられうるすべての問題が一般的に解かれる全く新しい学問を提出したいと願っている」[36]という。この「全く新しい学問」という構想がいわゆる「夢の体験」を喚起し,最終的には解析幾何学の形成につながるわけであるが，これは先のステヴィンが発展させようとする数学と軌を一にしている。両者の間の直接的影響関係を示す文献は与えられていないが,いずれにせよデカルトは,ベークマンとの出合いを契機として，彼の数学的自然学或はその自然哲学及びステヴィンのアルキメデス主義とその数学思想という啓発的な状況に身を置いた事になるのである。

このようにデカルトは若くして当時の最先端の科学的レベルに接する幸運に浴し，自らはまず数学上の改変を心がける事になる。ところでその後のデカルトの自然哲学上の探求の過程は，このような科学的成果をすぐに吸収し，且つそれを直線的に発展させる体系化させるという経過を示していない。すでに分析したように自然学上の概念組成には混乱があり，神秘主義や全く伝統的自然概念も見うけられる。一方で数学上の改変を発展させつつ，加えて新たな数学的自然学を体系化するためには，デカルトには自らが身を置いていた伝統的な自然哲学そのものを解体する事が必須であった。一六二八年前後に至るまでの方法論的考察がまとめられた『規則論』は,このような,最終的哲学の体系化以前のデカルトの中間的状況を示している。即ち一方で数学上の成果としての，いわゆる「普遍数学」の構想が展示されると同時に，伝統的アリストテレス主義の枠組を脱していない認識論が整理，展開さいてれる。次にこの断片を検討しなければならない。

『規則論』で表明される普遍数学とは，デカルトの定義する所によると「何ら特殊な質料にかかわる事なく，順序（ordo）と計量的関係（mensura）について求められ得るすべての事を説明する或る一般的な学問」[37]である。即ち数論や代数，幾何学といった通常の数学ではなく，星学，音楽，光学，機械学がその外皮であるような一般的学問の事である。これの起源をデカルトはパツポスやディオパントスの著作の内に認められる「解析の方法」に見い出す。この解析の方法は，デカルトより少し前にヴィエタによって注

目され，発展されていたものである（ヴィエタは，この解析の方法を analyse zététique 或は poristico—zétéique と呼ぶ[38]）これは『規則論』の後半に於て具体的に展開されている如く，与えられた問題で求められる未知項を既知と仮定していずれも同等に扱い未知項に還元するという手法である。即ちこの手法に於ては，問題の質料的側面にかかわりなく，「相等の関係」のみを念頭に於て，未知を既知に還元するという事のみが肝要である。この「解析の方法」は『方法序説』の規則の内の第二と第三をなす」いわゆる「分析，及び綜合の方法」或は『規則論』に於ても見うけられる「分割」及び「合成」という方法と直接同一視されてはならない。『序説』第二規則とは「私が吟味する問題のおのおのを，出来るだけ多くの，しかもその問題を最もよく解くために必要なだけの数の少部分に分つ事」という事である。この規則を問題の未知項の数だけの方程式に分割する事という操作，及び問題の解を限定するのに必要なだけの条件式を定めるという手続きとして解するならば，それは正しく「解析の方法」の方針に合致する。しかし第三規則を念頭に置いて綜合の手続きを準備するための最も単純なものへの分割を意味するとするならば，これはパッポスやディオパニトスのいう「解析」或は「解析幾何学」を可能にする代数的操作としての「解析」と同じ事ではない。「単純なもの」への「分割」とその逆の手続きとしての単純なものからの「合成」という方法論は，特にアリストテレス主義の伝統上でデカルトの時期に至るまで常に係持されてきた方法論なのである。

今この「分割」と「総合」という方法概論の歴史を多少かえり見ておくと，これの起原は専らアリストテレスの『分析論後書』及びガレノスの医学方法論に見い出される。アリストテレスによれば，事象探究のための学問的方法論の軸をなすのは，特殊から普遍に向ういわゆる帰納（ἐπαγωγή）と普遍から特殊へと下降する演繹的推論（συλλογισμός）である。この二つの手続きは事象から普遍的単純概念（τὰ ἁπλᾶ）を引き出す分割（διαίρεσις）と，この単純なもの合成の手続き（σύνθεσις）に対応する。又これらの二つの手続きの内，前者は「何があるのか」（ὅτι）をたずね，事実を探求する操作とされ，これは「結果から原因」への遡行する事であると考えられる。これに対し後者は事象についてそれが「何故あるのか」（δὶ ὅτι）を考察する手続きであって「原因から結果」を説明するものとされる[40]。この二つの方法はアリストテレス哲学のラテン訳の過程でそれぞれ quia と propter quid と訳され定着した[41]。

さてこのアリストテレス以外で，ギリシア世界にあって，学問上の方法論

の展開に対して大きな影響を残した者にガレノス (Galenos) がいる。ガレノスはギリシア医学の形成に主要な役割を果した人物であり，デカルトの生理学の基本的概念をなす「動物精気」(esprits animaux) という言葉は，元ガレノスの医学に見られる「精気」(spiritus animalis) という概念に由来する。この医学は，デカルトに至る医学の歴史で支配的な位置を占めるものであった。ガレノスは，自らの医学を体系化するに際し，そのための方法論をまとめており，これが方法論の歴史に於て少なからぬ役割を果すのである。このガレノスの方法論を構成する主要な操作は三つあり，第一は現象から求める知識を引き出す「分割」の操作，第二は分割によって得られた知識から事象の方を合成する「綜合」の操作，及びそういう知識に関する「定義」の手続きである。これはガレノスの著作がアラブ世界に伝えられ，ラテン語に訳される過程でそれぞれ「resolutio」,「compositio」,「definitio」といいかえられる。このうち始めの二つの手続きがアラブの注釈家によって，アリストテレスの上述の二つの手続きと同一視される。こうして一般に「帰納」或は「分析的分割」，及び「合成」或は「綜合」の手続きが「resolutio」と「compositio」との手続きとして定着する。この「分割，綜合」という方法概念は，その後中世からデカルトの時代に至るアリスト主義の伝統の中で絶えず取り扱われ，ロバート・グロステスト (Robert Grosseteste) や，デカルトに近いところではザバレラ (Zabarella) とかトレトウス (Toletus) といったアリストテレス哲学の注釈達によって積極的に展開される。ガリレオやデカルトは，彼等の注釈本で，この「分割，綜合」の方法論に接したと考えられるのである。[42]

ところでこのように専らアリストテレス主義の枠内で論じられてきた「分割，綜合」の方法は，ザバレラやトレウスに於ては，人為的方法技術，或は数学的操作と結びつける試みが見受けられるものの，そのままで積極的にデカルトの数学的解析の方法に発展するものとは認められない。アリストテレス主義の枠内で展開される「分割」の手続きとは，予め設定されてある現象の分類学的秩序に従うものであり，知覚の与える「個別的実体」に関し，「類種」の包摂関係に即して普遍的一般概念を導出する手続きである。従って同じ類の枠内で，特殊から一般を引き出せばそれに尽きるのであって，それ以上異る「類」相互の「関係」の分析にまで徹する事はない。とりわけこの分割の方法は次にみる「普遍数学」の構想がもたらすような数学的解析の如くに，事象の知覚的，質料的側面を度外視して，数学上の相等関係のみを引き出すといった手続きに発展する事はない。このような理由からアリストテレス主義の枠

内では，「分割，綜合」の方法が数学上の解析的方法と一つになるという事態が成立し得なかったのである。実際デカルトにおいては「規則論」で「普遍数学」の構想を含む方法論が展開される際に，それが三段論法に全く従がわないものである事が特に強調されているのである。[43]

さてアリストテレス主義の内ではなく，「古代の解析」の内に起源を有するとされる「普遍数学」とは『規則論』では，具体的には，比例中興即ち比例論の考察を核心とするものである。「方法全体は，何らかの真理を発見せんがために精神の力を向けるべき事物の順序と配置 (dispositio) に存する」[44]と題される「規則Ⅵ」では，この普遍数学の軸をなす規範は連続する連比の系列，即ち等比級数に求められている。例えば $\frac{x}{a}=\frac{y}{x}=\frac{b}{y}$，で，$a$，$b$ が与えられている時に x，y を求める事。即ち，連比の両端が与えられた場合にその中項を求める手続きが方法一般のモデルをなすと考える。「事物の比例即ち関係 (proportio sive habitudo) について提起されうるあらゆる問題が，いかなる構造を内に蔵しているか，またいかなる順序に従ってこれらの問題は探求されるべきであるか」という事を理解する事が重要であって，「ただこれだけの事の中に純粋数学の核心全体が含まれている」[45]といわれる。これの意味する具体的な内容は「規則XⅢ」以下に於て展開されている。第一に上のような等比級数を考えて，この級数の羃数を「関係の数」(numerus relationum) と呼び，これを「連続的な順序に於て相つぐ比」(現代的にいえば ax^n，$n=1, 2, 3\cdots$ 即ち ax，ax^2，$ax^3\cdots\cdots$) と解する。そしてその第一項，第二項，第三項にそれぞれ根，平方，立体を対応させる。かくして伝統的に幾何学的意味規定を受けて相異る種とみなされてきた数概念が画一化され，一般的比例関係の特殊項とみなされる事になる。[46]これは先のステヴィンの考えを受けつぐもので，「次数一致の規則」の決定的なが排棄を意味するものである。デカルト自身その事を十分意識しており，自分は長い間このような名称に欺かれてきたが，今後このような名称は全く捨て去るべきであると断言する。[47]そして更にデカルトは，この比例関係の初項をなす単位に幾何学上の線分或は面をあてがい，かくして数論上の多種な概念が一様な同質の幾何学量によって表現される事になる。ここから数論と幾何学の対応が実現される事になり，後の『幾何学』における座標軸と数の対応が用意され，解析幾何学の下敷きが与えられる事になる。

以上は専ら数論と幾何学との対応を主題としたものであるが，デカルトは勿論代数の適用も推進する。すでに関係の数を $2a^3$ という如くに表記する

考えが示されたが，更に，a, b, c を既知，A, B, C を未知として示すといった事が考案されており，のみならず一般的順序や計量的関係が特殊な数でなく代数記号によって表現されべしという事が当然主張される。特殊な事例から知られる関係，例えばピタゴラスの定理は $\sqrt{a^2+b^2}=c$ と表記される事によってその一般性がよりよく表現され，これに数を代入する事によって特定のケースがもたらされる。「困難を一般項によって表現する事を求めた後，それを再び所与の数に戻す」べきである。或は「記号を以って解決を見出した後，我々はその解決を，容易に，記憶の助力をすこしも借りずして，初め問題となっていた特殊な主体に適用しうる[48]」のである。そこでこのような初等的技術にとどまらずデカルトは代数上の演算を幾何学的表現に移すために，代数の四則を上の比例関係の特殊形態とみなして，これに幾何学的操作を付与する。例えば乗法についていえば，今，所与を a, b とすると ab を求めるのに $\frac{1}{a}=\frac{b}{ab}$ という比例関係に移して考える，これに幾何学量を対応させる。その具体的な，手続きが『幾何学』第一巻に展開されている。それによれば，「たとえば AB（図 I 参照）を単位とし，BD に BC を掛けねばならぬとすると，点A と C を結び，CA に平行に DE を引けばよい。DE はこの乗法の積である[49]」。即ち左図に於て，$\frac{\mathrm{AC}}{\mathrm{AB}}=\frac{\mathrm{DE}}{\mathrm{BD}}$ であるから $\mathrm{DE}=\frac{\mathrm{AC}\cdot\mathrm{BD}}{\mathrm{AB}}$。そこで AB を単位1とし，AC, BDはそれぞれ a, b と表し，求むる DE を x とすると，$\frac{a}{1}=\frac{x}{b}$，即ち $x=ab$。又 BE を BD で割る除法は，同様にして AC によって与えられる。

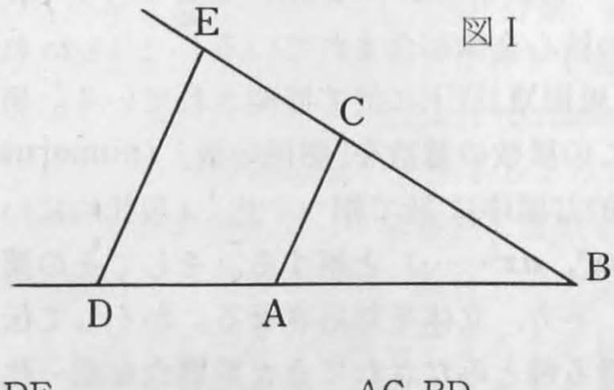
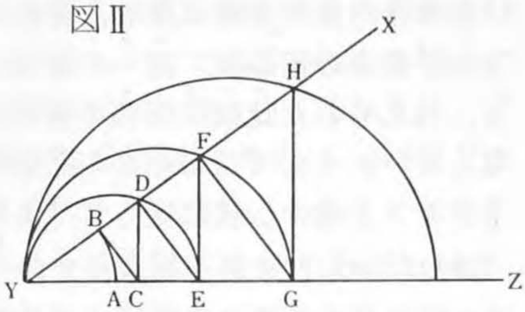


図 I

一般に上述の連比をなす系列即ち等比級数の幾何学的操作は左記の図Ⅱによって与えられる。AY を単位とすると，AY を半径とする円を描き，これがXY と交る点を B とし，これを底辺とする直角三角形を左図の如く描く。以下左図の如くに次々と相似な直角三角形を書くと明らかに $\frac{\mathrm{YC}}{\mathrm{AY}=\mathrm{YB}}=\frac{\mathrm{YD}}{\mathrm{YC}}=\frac{\mathrm{YE}}{\mathrm{YD}}\cdots\cdots$[50]。即ち $\frac{a}{1}=\frac{b}{a}=\frac{c}{b}=\frac{d}{c}$ ……従って $d=a^4$, $c=a^3$, $b=a^2$。これは $S=a^n$ の各項である。この図形に類するものは『思索私記』に於て[51]

図Ⅱ



見られるもので，それが発展されたものである。『思索私記』から，この種図形を核として比例関係と幾何学の対応が考えめぐらされてきたのである。当初に「連続量と非連続量の統一」といわれていた考えとは，「純粋数学の核心」をなすものとされるこのような考えの事であったと思われる。『幾何学』第一巻には，この他代数の四則の記号化（$a+b$, $a-b$, ba, $\frac{a}{b}$）や平方根を $\sqrt{a^2+b^2}$ とし，立方根を $\sqrt{c.a^3-b^3+abb}$ とするといった考えが提出される。そして，ここで a^2, a^3 と表現されるものが平方，立方という名で呼ばれるものの，普通は単なる線しか考えていないという，「次数一致の規則」の廃棄の考えがはっきり述べられている。[52] 更にこのように代数的に表記されるものがすべて線分に置きかえられるという主張は当然に n 乗根として表現される非共約数も線分におきかえられうるという事を含む。事実『規則論XV」に於てその旨が明言されており，『幾何学』は，このように『規則論』の数学思想の直接的発展であると認められるのである。[53] 最後に「規則XIX」では，方程式の演算に関して，完全に定められた問題に於ては未知項の数のみの相等の関係即ち方程式が与えられればよいといわれており，これは勿論方程式によって解を求める操作の基本的方針をなすものである。[54] 幾何学上の問題が代数式に表現され，この方針に基づいて「解析」がなされる場合には「古代の解析」於ては必須であった「綜合」の操作は不要となり，いわゆる「同値関係」のみを遵守する事によって問題は一律に処理されてよい事になる。このような数学上の技術的革新はみな，解析幾何学の形成の基礎をなすものである。

さてこのような数学上の革新は，他方で当然の事として，「次数一致の規則」の排棄に見られるような，数学上の基本的概念組成の改変を伴っており，これは同時に単に数学上の事柄にとどまらず，伝統的な存在論の概念組成そのものの改変をもたらす内容を含むものである。デカルトの「普遍数学」の構想はまず，従来の諸数学に関する学問論の解体につながるが，それはその学問論を支える存在論そのものをゆるがす事になるのである。「規則XIV」には凡そ次のような概念上の改変が展開されている。第一に「いかに異った主体に関しても延長，形（図形），運動等を同一の観念によって認識

する」[55]。この時同一の観念によって認識するとは共通の観念（共通本性）を一主体から他の主体に移し，比較（comparatio）するという事であり，数学上の手続きの核心は，同一の観念によって表現される共通の本性を基にして，与えられた比較の関係を解きほぐし，相等の関係に帰着せしめる事に他ならない。そこでこの相等の関係に帰せられるものとは，いわゆる，アリストテレス主義の伝統に従って「より大，より小」を容れるものとされる「量」（magnitudo）に限るとされており[56]，上の手続きはそれ故，問題の含む諸概念から不要な偶然的なものを捨象して，量一般をのみ取り扱い，量の相等の関係に持ちこむ事を意味する。しかしデカルトはこの「量一般」を「規則論」では，純粋悟性の対象として抽象的存在たらしめておくのでなく，これを想像（imaginatio, phantasia）に移して，形をもつ量として扱わねばならないとする。そこでこの延長量について，三つの面から考察しようとする。即ち「次元」(dimensio)「単位」(unitas)，及び「図形」(figura) である。次元とは「よって以ってある主体が計量可能とみなされる場合のその方式」[57]の事であって，長さ，幅，深さが次元であるのみならず，重さ，速さといった概念も計量の方式として次元と考えられる。従って同一の主体に無限の異る次元が存在すると考えてよい。そして単に次元として考えられる限り，それが実在的根拠を持とうと又精神によって案出されたものであろうと同じ資格を有すると考えられる[58]。これは次元についの伝統的な考えを破るものであり，次元の概念の一様画一化を図るものである。例えば線，面，物体，長さ，幅，深さといった概念は単に名目上異るのみであって，異った種なのでなく，同一の次元の観念に還元されうるものである。このようにして数量の諸概念が画一化され「同じ観念」によって「一義的」に解される視点が設定される。ついで第二に，「単位」とは相互に比較されるものすべてが分有されねばならないとされる共通本性の事である[59]。これはいわば任意に選んでよいのであって，それが比較のための尺度となる。この単位に比例の差異を示すために，単純容易な「図形」が適用される。かくして，比較或は相等に帰せられる関係が，図形的表現へともたらされる事になる[60]。ここでデカルトは逆に「連続量は，仮に定めた単位によって，時として全部，少くとも部分的には常に，数（非連続量）に帰せられうる」とのべる[61]。こうして連続量の計量的関係が，数（或は代数）によって表現され，かくして「順序」のみの考察によって支配されるものとなる。これが上述の数学上の革新の方向と正確に軌を一つにする事はいうまでもない。

『規則論』に於て凡そ以上のような「普遍数学」の構造が展開される。ここでこの構想が伝統的なアリストテレス主義の概念組成を解体する内容を含むものである事を確認しておかねばならない。即ちここで考察の核心を構成するのは，比較論が軸となっている事からも明瞭な如く，個々の「個別主体」でなく，主体相互の「関係」であり，事物相互の「系列」である。「規則Ⅵ」[61]に於て「すべての事物は何らかの系列に配置される事が出来，しかもそれは哲学者達が自らの範疇によって事物を分ったように事物が或る存在の類（genus entis）に関係させられる限りに於てでなく，事物の一が他から認識されうる限りに於てなのである」[62]といわれている。ところでこのように「存在の類」で分つというのは，アリストテレス以来の伝統的存在論そのものに他ならない。従ってここでデカルトは自ら提出する構想がアリストテレスの存在論を破るものである事をはっきり意識しているのである。実際に事物相互の「関係」や数学的「系列」の方を基軸として学問全体を組織しようとする考えは，アリストテレス主義と根本的に対立するものである。アリストテレスの存在論に於て第一義的身分を有するのは，いうまでもなく「第一実体」と呼ばれる「個別的実体」であり，これは知覚的経験に於て与えられる。そして『カテゴリアイ』に於てまとめられているように「普遍的抽象的概念」とは，「実体についていわれる」（λέγεται καθ' ὑποκειμένου）ものであり且つ「実体に内属する」（ἔστιν ἐν ὑποκειμένῳ）ものであり，従ってそのような概念は実体に「付帯的」にのみ存在するもの，即ちそれに依存してのみ存在身分を有するものである[63]。数学的概念とはそのようなものであり，特に「関係」のカテゴリーに属するものは，第一義的な個別的実体から，実在性の点で最も遠いものと考えられる[64]。このようにアリストテレスの存在論とは，知覚経験が直接与える個別的実体，及びそれが内包する意味構造にあくまで忠実に「存在の類別」に従って組織されるものであり，抽象的一般的な数学的関係の側を，体系の組織の軸として，知覚的質料的側面の方は偶有的，二義的な内容として度外視する，「普遍数学」が提示する構想と全く相入れないものである。特に「普遍数学」の考えの核心は数論と幾何学を一つにしようとする事にあるが，これは，個別的実体のみならず，学問自体もその対象領域の固有性，即ち「類」に従って組織しようとするアリストテレスの理念を解体する意味をもつ。アリストテレスの『分析論後書』の学問論によれば「数論」と「幾何学」はそれぞれ原理（ἀρχή）として「単位」及び「量」を擁するものであり，従って「類」を異にする独立の学問なのであって，その間に

共通の関係を求められてはならないのである。[65]

ここでアリストテレスの数学論にふれておくと，アリストテレスは幾何学と数論を統一的に論ずる普遍数学の理念を知らなかったわけではない。「形而上学第五巻」における周知の「存在論」の定義の箇所でそのような普遍数学の考えに言及しており，これは注釈者によればユークリッド原論第五巻の一般比例論をさすものとみなされている。[66] これはエゥドクソスの比例論をまとめたもので，その内容上特に重要な第五定義とは次のようなものである。

「第一の量と第三の量の同数倍が，第二の量と第四の量の同数倍に対して何倍されようと，同じ順序にとられた時，それぞれともに大きいか，ともに等しいか，またはともに小さい時，第一の量は第二の量に対して，第三の量が第四の量に対する同じ比をもつといわれる」[67] これは現代風に書けば次の通りである。

$(\frac{a}{b}=\frac{c}{d})=Df(m)(n)(ma\gtreqqless nb)\equiv(mc\gtreqqless nb)$。$a$，$b$，$c$，$d$ は任意の長さを，m，nは自然数を示す。

このように比例が定義されると，'a，b，c，d で表わされる長さがそれぞれ何を表すか，或は数学的対象としての性質が何であるか予じめ措定される必要はなく，この定義の示すコンテクスト或は構造的意味が了解されておればよい。従って各項が共約数であっても非共約数でもよい事になる。これはアリストテレスの数学観によって代表されるような個別的，形態的意味を第一義としたギリシア数学に於て例外的な公理主義的手法であって，ヒースによればデデキントの実数論に比肩しうる手法である。[68] これによって無理数（非共約数）の発見によってもたらされたギリシア数学の危機，即ちピタゴラスの提唱した幾何学上の直線の比と数論上の比の対応という考えの破綻が原理的に救われる事にもなるのである。

アリストテレスが『形而上学』で言及している普遍数学とはこのエウドクソスの公理主義的一般比例論をさすと考えられる。アリストテレスはしかし，この種の普遍数学が幾何学や数論を特殊として含み，固有の対象領域を持つ学問として認められると考えていたのでなく，その形式的一般性のみを念頭に置いて「存在論」というものが固有の存在の類を持たないというその形式的性格を比喩的に示すためにこの普遍数学に言及しているのである。アリストテレスにとってそのような汎通的学問を特定の学問として認める事は，上にのべたように異なる「類」を元とする異なる学問の間の共約性を否定する根本的原則に反するものなのである。このような数学史上の事態を考

慮に入れると上に述べたデカルトの「普遍数学」の理念は基本的にエウドクソヌの公理主義的一般比例論の精神を受けつぐものであるといってよい，即ち「連比なす系列」いいかえれば等比級数が純粋数学の核心と考えられており，これの各項はそれが含む「関係の数」が増減するものの，代数的に表現される比例の一般的関係の中で定義される特殊な項であり，幾何学的には同じく線分に対応させられるものである。それ故各項は，その意味論的規定としては共約数であっても非共約数（無理数）であってもよいのであり，それらは上にいわれたように等しく幾何学的に対応されるものである。デカルトにおける「比例論」の考察に基づく「普遍数学」の構想とは数学思想史的且つ存在論史的に，このような意味をも持つのである。『規則論』に於ては更に，数少い自然学上の主題として，運動の変化に関して，これを「位置変化にのみ還元しようとする主張があり，これも「性質変化や実体変化」という側面を重視するアリストテレスの自然学の支柱をくずす意味を持つものであって，(69) 後の最結的なデカルト自然学の基本原理となるものである。

このように『規則論』の展開する普遍数学や科学論は，デカルトに至るまで支配的であったアリストテレスの存在論を解体しようとする方向を含むものであるが，他方「規則論XII」で展開されている認識論及び物体の本質認識に関する議論は未だにアリストテレス主義の枠を超えるものではない。「規則XII」の認識論は，アリストテレスの『デ・アニマ』を下地にしたものであり，例えば感覚対象の形相（本質）の認識は，アリストテレスの比喩をそのまま引いて，印章がろうに印形を刻印する如きものと考えられている。(70) 即ち物体の本質認識は『省察』に於ていわれるように，心身の実在的区別に基づく精神の「洞見」であるとは考えられず，感覚対象からの「刻印」即ち「受容」とみなされている。従って逆に純粋知性が物体の本質を認識するためには，それ自身の，感覚から独立な働きによっては不可能であり，想像や共通感覚に向かい，それと一体とならねばならないとされる。これはアリストテレスを受け継ぐトマス主義に於て主張されるテーゼ，即ち知性が質量的事物を認識するためには「想像への向きなおり」(conversio ad phantasmata) が必要であるとされる考えを踏襲するものに他ならない。量の扱いについても，一方で上述の如く，量一般を対象とする純粋知性の立場から「次元」や「次数」を画一化し，これを自由に処理するという見方が提出されるのであるが，その実在的根拠は想像の中に与えられている「形想」(species) にあるとされ，量の考察は「想像上の形」の考察に移されねばならないとされ

る。この立場からすると想像上に見出されない純粋知性の対象とは結局，「抽象的，哲学的観念」(entitas abstracta, entitas philosophica) と規定され，これには物質の本質認識のための権利が与えられないのである。[71] 例えば「延長或は形は物体ではない」,「数は数えられるものではない」,「面は物体の限界である」,「線は面の限界である」,「点は線の限界である」,「単位は数量ではない」といった考えは，想像力に入り来たらないものとして考察外に置かれる。[72] これらの考えはピタゴラス・プラトン主義の数学観に帰着される考えである。従ってここでは，デカルトは数学的対象は感覚的物体から離在して独立に存在するとする，この派の数学思想を拒否し，数学的対象は感覚的個物に依存してのみ存在し，それ自身として見られた数学的存在とは物体から抽象されたものであり，独立に実在性を有するのでないというアリストテレスによるイデア論批判の立場にむしろ立っているのである。いわゆる「単純本性」(natura simplex) から事物を合成しようとする立場とは，「我々の悟性に関係づけうる限りの立場」に他ならず，かつてナトルプが解した如くに主知主義的構成主義の観点に立つものではない。実在の根拠はあくまで個物即ち感覚対象の方にあり，上の「我等の悟性が覚知する限り」の観点とは，アリストテレスにおける「実体に従った」(κατ'οὐσίαν) 立場に対する「説明方式上より先」(πρότερος λόγῳ) の立場に相当するものである。[73]「単純本性」とは，アリストテレスにおいて説明方式上より先とされる「単純なるもの」(τὰ ἁπλᾶ) に他ならず，これは実際スコラのアリストテレス解釈で natura simplex と訳されているのである。[74] このように『規則論』は一方でアリストテレスの存在論を解体する「普遍数学」の構想を提出しながら，他方でそれを基礎づける認識論はアリストテレス主義の枠内にとどまるという逆説的事態を呈するものである。この後新たな数学的自然学を基礎づけるにはデカルトはこのような事態を乗り超えねばならない。即ち感覚から独立な純粋知性の対象たる純粋数学の内容が，物質的事物の抽象面でなく，その実在的本質を構成するとする認識論を立てねばならない。そのような認識論を立てる形而上学的反省が企だてられねばならない。（未完）

（註）

(12) 拙論「近世的自然観の形成と形而上学」（Ⅱ）「人文研究」第33巻，第3分冊，198

1, p. 67-76.

(13) Descartes. ibid., p. 222.

(14) Beeckman, I. : 「Journal de Beeckman.」 éd. par C. de Waard, 4 vol, (1939-1953) La Haye, vol. I. p. 5.

(15) Ibid. vol I. p. 202.

(16) Ibid, vol. I. p. 132.

(17) Ibid, vol. I. p. 131.

(18) Ibid, vol. I. p. 72.

(19) Ibid, vol. II. p. 63.

(20) Ibid, vol. I. p. 25.

(21) Ibid, vol. I. p. 24.

(22) cf. Costabel. p. : 「Beeckman, Gassendi et le principe d'inertie」. Communication présentée au VI[e] Congrés International d' Histoire des sciences, Amsterdam. 1950.

(23) Beeckman による衝突問題の扱いについては近藤洋逸「デカルトの自然像」p. 103-112. に詳しい。

(24) Beeckman, ibid., vol, I. p. 132.

(25) Ibid., vol I. p. 356.

(26) cf, 拙論「近世的自然観の形成と形而上学」(I)「人文研究」第32巻, 第5分冊~II.

(27) Mersenne, M., 「La Vérité des Sciences」 Paris 1624. p.750

(28) Stevin, S. 「Oeuvres mathématiques」 réditée par Albert Girard 1625. appendice ch. II. III. 初版のタイトルは「L' Arithmetique de Simon Stevin de Bruges.」 1585. Leydes.

(29) cf. Duhem, p. 「Les Origines de la statique-」 Paris. 1906 Tome I. ch VII. p. 124-156

(30) cf. Taton, R (éditeur) : 「Histoire générale des Sciences.」 vol I. La Science moderne, p. 104-105.

(30) bis マッハ「力学」伏見訳, 講談社, 1969, p.28-9

(31) cf. Taton, ibid., p. 105-106.

(32) Stevin, ibid, II[e] paritie. 「Definition des normbres géometriques」. Taton, ibid., p. 48-51.

(33) cf. Taton. ibid ., p. 49.

(34) Stevin, ibid, p. 3. cf. Taton. ibid., p. 50.

(35) Descartes, ibid., p. 78.

(36) Ibid., p. 57.

(37) Ibid, p. 377-388.

(38) cf. Tannery, J., 「Appendice aux notions des mathematiques」, cité dans 「Vocabulaire technique et critique de la philosophie」 par A. Lalande, Paris 1968.

(39) A. T. VI. p. 34.

(40) これらアリストテレス方法論の三つの側面については，それぞれ『分析論後書』81 a40～b10，89b20～90b を参照。

(41) 「分割」と「綜合」という方法概念の歴史については Randall, J. H. 「The development of scientific method in the school of Padua」 Journal of the history of ideas, I. 1940. に従う。特に p. 185-190. cf. Gilson E. 「Index Scolastico-cartésien (2e édition), 1979 p,181-p.183

(42) Grosseteste, R. については，Crombie, A. G. 「Robert Grosseteste and the origins of experimental method,」 1953 p. 52-90.; Toletus については Sirven, J. 「Les Années d' apprentissage de Descartes,」 1928. ch. III を参照。

(43) A. T. X. p. 380. p. 385.

(44) A. T. X. p. 379.

(45) Ibid., p. 385.

(46) Ibid., p. 455-457.

(47) Ibid., p. 457.『規則論』の数学観とステヴィンの考えとの親近性については，Costabel p. 「Demarches Originales de Descartes savant.」 Paris. 1982 p. 39-46.

(48) A. T. X. Ibid., p. 457-458.

(49) A. T. VI p. 60.

(50) Ibid., p. 71.

(51) A. T. X. p. 234-235.

(52) A. T. VI. p. 60.

(53) A. T. X. p. 452-453.

(54) Ibid., p. 468.

(55) Ibid., p. 439.

(56) Ibid., p. 440.

(57) Ibid., p. 447.

(58) Ibid., p. 448-449.

(59) Ibid., p. 449-450.

(60) Ibid., p. 450-451.

(61) Ibid., p. 451-452.

(62) Ibid., p. 381.

(63) アリストテレス「カテゴリアイ」1a1～a10.

(64) アリストテレスの学問論については，特に G. G. Granger: 「La Théorie aristot-

élicienne de la science.」Paris 1978. ch I, II. 参照。

(65) アリストテレス『分析論後書』ch. 7. 参照。cf. Granger op. cit. p. 294-310.

(66) Aristoteles「Metaphysics」1014b. cf Tricot と Ross の注釈. Tricot「Métaphy sigue I」p. 105. Ross「Metaphysics」vol II. p. 385.

(67) ユークリッド『原論』邦訳世界の名著「ギリシアの科学」p. 302.

(68) ヒース「ギリシア数学史」第I巻, 邦訳共立全書。p. 154. p. 182-185. エウドクソスの比例論の思想史的意味については, Vuillemin, J.,「Définition de raison : Le paradigme des mathématiques grécques.」Athenai. 1977. 及び同「La logique et le monde sensible」Paris. 1968. ch I. 参照。

(69) A. T. X. p. 408.

(70) Ibid., p. 413-417.

(71) Ibid., p. 442-445.

(72) Ibid., p. 445. この種の数学的概念がピタゴラス・プラトン主義に属するという事については, Heath.「Mathemtaics in Aristotle」Cambridge, 1960, p. 280; Apostle, H. G.「Aristotle's philosophy of mathematics」Chicaco, 1952, p. 98ff.

(73) この様な『規則論』の哲学的背景について は次の拙論に於て詳しく論じておいた「デカルトにおける自然学の形而上学的基礎づけと伝統的存在論」「哲学研究」京都哲学会（近刊）

(74) cf. Gilson, E.「Index Scolastico-cartésien.」1979 (2^{e}. édition) p 200. cf. 前掲拙論 ch. I.