The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	その重力理論と衝突理論よりみたデカルトの慣性概念
Author(s)	中本, 泰任
Citation	カルテシアーナ. 1991, 11, p. 29-42
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/66944
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

その重力理論と衝突理論よりみたデカルトの慣性概念

中　本　泰　任

1. はじめに

Blackwell (Richard J.) はデカルトの衝突理論を検討することによって，デカルトと Newton の慣性法則の異同を論じ，この両者の慣性法則は表記上非常に似通っているが，その理論的意味 (the theoretical meaning) は全く異なっていると結論している。すなわちデカルトには質量概念はなく，慣性法則は神の不変性によって外的に保障されるものであるが，他方 Newton にあって慣性法則が成立するのは質量ゆえであり，その成立根拠は物質世界に内在的であるというものである[1)]。しかし Blackwell のこの結論はわれわれの観点からすれば，「物体即延長」とか「神の不変性」とかいったデカルト形而上学の公式的テーゼにとらわれすぎた解釈であるようにおもわれる。われわれも，たとえば慣性といった類のとりわけ基本的概念は形而上学—理論的コンテキストの中で意味を読み取らなければならないことに同意するし，またいわゆる〈共約不可能性 incommensurability〉理論を全面的に否定するものでもない。

しかし他方科学史という歴史的事実によれば，Newton がその表面上のデカルト批判にもかかわらず，予想外に多くをデカルトに負っていることは近年の Newton 研究が示す通りである。この小論攷は，〈慣性〉とか〈運動量保存〉といったデカルト運動学の基礎をなす概念をその運動理論内部において検討し，そこにいかなる問題が含まれているかを考えてみることにする。というのもデカルトが科学の歴史に寄与するところは，個々の現象の定量的把握にあるのではなく，まずなによりも全自然理解の枠組

みとしての運動学—力学的な基本概念構造を不十全ながら提示したことにあり，したがってそこで充分検討を受けないまま暗に含まれていた諸問題の意識的で新たな捉え直しこそ Newton 力学を準備したものであるとおもわれるからである。

以下こうした観点から，デカルトの重力理論，衝突理論を検討することによって彼の慣性概念に纏わる問題点を明らかにしたい。

2．重力理論と慣性質量

Newton にとって〈向心力 vis centripeta〉の一種である重力（万有引力）は[2] Kepler の法則に従う太陽系の惑星運動，地上での物体の落下，潮汐現象，振子の運動等の諸運動を，その運動法則と相まって統一的に説明するために欠くべからざる実在力であったはずだが，デカルトにとってそもそも〈重力 gravitatio〉なる力は実在しない。たとえば1635年，Mersenne に宛てたとおもわれる手紙には，「重さをもった物体が落下するのは，哲学者がおもっているような重さというなんらかの実在性質によるものでもなければ，また地球のなんらかの引力によるものでもないと私は考えます」[3] と述べられている。それゆえもし「重力」，「重さ」という用語が使用されるにしてもそれはたかだか地表における物体の落下運動に関連して語られる名目的なものでしかない。したがってより適切な表現を用いるとすれば，デカルトの重力理論と言うより〈物体落下運動理論〉と言うべきであろう。しかるに彼が自由落下の定量的把握に成功しなかったことは周知の事柄であり，その理由経緯は多々論じられているのでここではとりあげない。しかしその自然学があらゆる現象を統一的に説明しようとするものである以上，この落下現象を無視するわけにはゆくまい。結局のところその説明は，生前は未刊行に終わった『世界論』でもまた『哲学原理』においても，有名な〈渦動理論〉によって説明されることになるのだが，彼はその自然学研究の最初期からこの重力ないし落下に関して定見をもっていたわけではなく，また地球の引力という概念を排斥していたわけでもなく，さらに真空中での自由落下は等加速度運動でないと考えていた

わけでもない。それは静水圧を論じた初期論文や Beeckman の日記，多くの書簡（特に Mersenne 宛書簡）に明らかであり，デカルトにおけるこの理論の変遷を追跡するのは興味ある事柄であるが，ここでは紙幅の関係上すべて割愛して直ちに渦動理論による重力ないし落下理論を検討することにするが，それは彼の重力―落下理論そのものの検討を目的とするのではなく，それを通してデカルト運動学のもつ問題点を引き出そうとするものである。まずその重力理論の概要を見ておく。

『世界論11章，重さについて』，『哲学原理第IV部，20-27節』（以下，『原理IV，20-27』というように略記）における重力理論を要約すれば次のようになろう――地球を中心とする天球内部は地球を構成している物質粒子（matière de la Terre）よりもさらに微細な天空物質（matière du Ciel）で満たされているが（この物質はさらに空気，水，石といった地球を構成する物質内部の間隙も満たしている），この天空物質は天球外郭に束縛されて，天球内部で地球の周囲を地球の粒子よりも早い速度で回転運動をおこなっている。この回転運動がいわゆる重力の原因だとデカルトはいうのである。以下そのまま『世界論』から引こう――「天空物質粒子は地球の中心を軸として地球の粒子よりもずっと早く回転しているので，よりおおきな力で中心から遠ざかろうとし（tendre à s'en éloigner），その結果地球の粒子を中心方向へ押しやるのである（repousser）」[4]。

この重力理論はそれ自身として見ればさまざまな問題点をはらんでいるが，まずこの重力理論が依って立つところの大きな前提は二つ，すなわち①　物体の充満した空間＝真空非存在論と，②　外力の作用しない物体は回転円運動ではなく直線運動を続けるという慣性法則とであろう。この慣性法則によって，天球外郭に束縛されて回転運動している天球内物体にはいわゆる遠心力，デカルトの用語では「中心から遠ざかろうとする衝動，ないし傾向力 conatus recedendi a centro」[5] が働く（『原理III，59』）。これを「遠心的衝動」と呼ぶとすれば，その大きさを数量的に確定する仕事は Newton あるいは Huygens をまたねばならないが，デカルト自身もこれを回転速度の関数だとはみなしている（『原理III，59』）。しかしこ

れだけでは，速度（回転半径×角速度）の等しい物体は天空物質にしろ地球の物質にしろ一律に等しい大きさの衝動をもつということになってしまおう。というのも自然学を幾何学化し，物体を即空間的延長とみなして物体の濃縮化（condensatio）も希薄化（rarefactio）もない一様等質物体空間という観点のみからは，延長量とは区別された慣性質量という概念も，まして慣性質量密度という概念もありえないはずだからである。それゆえ天空物質と地球の物質との間に遠心的衝動の大小差をいうためにはその回転速度の差をいわねばなるまい（付言すれば地球などの惑星を公転，自転させるのはこの天空物質の運動であるが，川水に流される船の速度が水の速度より小さいのと同じく，駆動されている地球の物質の速度は駆動する天空物質の速度よりも小さいと『世界論10章』は言う）。

以上は物体＝延長というデカルトの公理的テーゼからその重力理論を解釈したわけであるが，しかるに慣性法則がデカルト運動学の一大原理である以上，慣性を有する物体とは単なる幾何学的延長体ではありえない。事実『世界論』では〈慣性質量〉と解しうるような概念が用いられていることに注意しなければならない。惑星と彗星とを論じた9，10章からいくつか例を拾ってみよう。諸惑星は太陽系天球内で天空物質の回転運動によって公転しているが，その軌道半径がさまざまに異なる理由を論じて，軌道半径の大きい惑星はその外見が大きいのみならず，その内部においても堅固で質量がなければならないとしている[6]。すなわちより大きくより質量のある惑星ほどその回転運動におけるその遠心的衝動＝慣性が大きいゆえに天球の周辺部に向かうというのである。ここで明らかに〈大きさ＝延長量〉と区別して用いられている〈質量的 massif〉という概念は，たとえこの両者が比例関係にあるとしてもその定義は異なり，後者はたんなる幾何学—運動学的概念ではなく，遠心的衝動すなわち慣性の大きさに関係づけられた優れて力学—運動学的概念であるといわねばならない。さらに『世界論』は，この寓話世界での惑星軌道論に真実味を与えようとして次のような経験的証拠を添えて言う——いま木製の大小二つの球があるとする，小さい方の球は非常に質量的である（tout massif）とすると，たとえこの二

球をその大きさに比例した力で押したとしても，小球の方がずっと遠くまでその運動を続けることは確かである，と[7]。この表現は誤解を生みやすいが，デカルトが言わんとしていることは，体積＝延長量は少ないとしても質量のある物体の方がその運動の持続性すなわち慣性に勝っているということである。このことは9章で船の運動例を挙げる際の表現でも確認できよう――「充分に堅くて質量のあるもの，たとえば大きくて積荷を満載した船は，その運動を水からしか受け取らないが，運動を続ける力 force à continuer leur mouvement は水よりもずっと強い」[8]。

以上のようにこの時期のデカルトには，遠心的衝動の大小，運動の持続性の程度に関係づけられた物体量すなわち慣性質量の萌芽ともいうべき概念をもち，さらにはそれを延長量としての物体量と劃して慣性質量密度といいうるような概念さえ見うけられる。もっとも『世界論6章』は物体からスコラ的実在性質をすべて排除して物体を空間的延長に限定しているし，また彼がこの力学的概念に注目して彫琢してこなかったことは，『原理』の衝突理論をみても明らかである。また上に引いたこの『世界論』の重力理論においても，混乱がみられる。ここでデカルトは，彗星のような質量のある堅い（massif et solide）物体は天球の周辺部へ行き，逆に地球の物質のように堅くないものは地球の中心に追いやられるとして質量の概念を用いているが，他方石が空気より重い理由を説明するのに，同体積の石と空気では石の方がより多くの地球物質を含み，この石に含まれる地球物質の部分は空気に含まれるそれよりも天空物質によって駆動され難い，つまり回転速度が遅い故であるとして，遠心的衝動の大小差を質量差にではなく，回転速度差に求めている。ところが『原理Ⅳ，25』の重力理論では「重さの量は各物体の物質量（quantitas materiae）には対応していないという」タイトルが示すように，そこから慣性質量という概念は消え，速度差をもつ天球物質と地球物質がその物体にどのような割合で含まれるかによって重さが決まるとして，その要因を速度差にのみ基づけているのである。『世界論』と『原理』におけるこの相違がどこに由来するかはここでは問題ではない。また物体で充満した空間に一様でない密度分布を想定

するかに見える『世界論』には，明瞭に延長量と区別された質量概念（この場合延長量と質量は比例しない）があったと主張するものでもない。ただこのように具体的に彼の重力理論すなわち回転運動理論（＝慣性理論）を見てみれば，そこでは，遠心衝動の大きさが物質量と回転速度の関数とみなされていたことが明らかとなり，したがって物体即延長という公式的な形而上学テーゼからは導出されない，幾何学的な延長量とは別の運動学—力学的物質量＝慣性質量の概念が含まれていたと考えられるのである。この二つの量がデカルトにおいては仮に比例するとしても，経験的には非常な精度で比例する重力質量と慣性質量が元来はその意味合いをまったく異にするように，この両者の意味の相違を確認しておくことはデカルト自然学—運動学の実状を把握する際に重要であろう。要するにここでわれわれが提議したいのは，デカルトには慣性概念があり，その重力理論において遠心的衝動の大きさすなわち慣性の大きさを，〈gros et massif〉と形容される物体量に関係させて語っているという事実を強調したいのであって，そうである以上たとえば Blackwell のごとくデカルトに質量概念はなく幾何学的延長量のみであるという見解には同意しかねるのである。デカルト運動学において物体量は幾何学的延長量である一方慣性にも関係する量であるといわねばならない。もっともこの両者の明確な区別は Newton 以降によるのであって，以下次節にみるようにデカルト自身にこの種の先鋭的意識がなかったことも事実と言わねばなるまい。

3．衝突理論と慣性，運動の相対性

ところでいま，天球内を満たして回転している物質の質量分布が一様だとすると，同一半径上の同体積の物体のもつ遠心的衝動に差を考えようとすれば既述のごとくその回転速度に差を設定しなければならない。こうして同回転半径上の各物体は一様に遠心方向への，しかし異なった大きさの運動への〈傾向 conatus, tendance〉をもつことになるが，この傾向の大小差がどうして逆の向心方向への圧力すなわち重力に転化しうるのか，そしてこの向心性の力と物体の落下運動との関係はどのようなものであるの

だろうか。これは一般化すればデカルト運動学における〈力と運動〉の関係に到る問題である。より正確にいえば，デカルトにあって，ある物体を慣性に抗してその運動量を増減させる外的原因（causa externa）はなにかという問題である（『原理Ⅱ，43』参照）。もし宇宙内の個々の物体が被造時の運動量をそのまま保存し続けているとすればそこに変化進展はない。『原理Ⅱ，23』が「物質のあらゆる変化，すなわちあらゆる物質のさまざまな形は運動に依る」[9] と言うように，運動こそはデカルト自然学で通奏される原理である。後に検討するようにこの運動概念も問題をはらむものではあるが，このように運動が自然の変化，多様性の原因とされるその意味を，彼の運動学の基本法則のすべてである慣性法則と運動量保存法則に照らして言い直すならば，世界を満たす物体は全体として被造当時の運動量を保存しつつ，個々の物体の運動量は変化しており，自然の多様的変化とはまずなによりもこの個々の物体の運動量の変化に他ならないということになろう。ところでこの個々の物体の運動量を変化させる外的原因は，デカルト運動学にあっては，その物体に作用する他物体が自らの運動量を保持し続けようとするその慣性以外にない（『原理Ⅱ，43』）。換言すれば慣性による作用以外の作用はこの物体世界には存在しない（もっともこの慣性の存在ないしは運動量の保存も神によって外部から保障されるのであるが）。この点，物質に固有の慣性力（vis inertiae）以外に，打撃，圧力，向心力等の外力（vis impressa）を考えている Newton とは対照的である[10]。そしてこの唯一の作用はデカルトの充溢空間内では物体どうしの直接的接触による近接作用として働き，この作用によって物体間で運動量の授受がおこなわれるが，その際運動量の総和は一定に保たれている（『世界論第7章，第二規則』，『原理Ⅱ，36』）。以上が幾分今日的な表現を用いて要約したデカルト運動学の基本的構造といってよいだろう。そうすれば Newton の第二法則に相当する法則，つまり物体に外的作用が働いてその運動量が変化する場合を扱うのはデカルトにあっては，衝突法則である『原理』の第三法則（『世界論』では第二法則）とその系である七規則ということになろう。しかしデカルトが衝突現象の量的把握のほとんどに失

敗していることは言うまでもなく，そこでの運動量概念も必ずしも明確ではない。その失敗の原因はさまざまに考えられまた論じられているが，われわれはその一つをデカルトにおける〈運動の相対性〉にたいする配慮の不充全さに見る。そしてこの問題はデカルト運動学全体に波及するものと考えなければなるまい。

ところで上述のごとくデカルトでは，物体の接触ないし衝突において運動量を変化させる外的原因は各物体のもつ慣性以外にないのであるが，ではこの慣性の大きさはいかに評価計量されるべきであろうか。前節でデカルトにはその慣性の大きさと関係づけられた物体量，すなわち慣性質量と言いうるような概念があったと述べたが，その慣性法則（『世界論』では第一，第三法則，『原理』では第一，第二法則）の提示にあたっては奇妙なことに，慣性の大きさが何に基づくかも，したがってまたその計量法も一切述べられていないのである（いうまでもなく Newton にあって慣性の大きさは質量に比例し，慣性とは「質量の慣性 inertia massae」である）[11]。ところが物体どうしの作用すなわち衝突を論じる第三法則（『原理，II 40-43』）においてこの慣性の大きさの見積り方法が提示されているように見えるのである。第三法則によれば，二物体の衝突は，一運動物体の直進を持続しようとする力と他物体のそれに抵抗しようとする力の大小関係によって決まると言う。そしてこの各物体の力を測定するには次のようなファクターが考慮されねばならないと言う，以下そのまま引用しておく――「静止しているものはその静止を維持する力，したがって静止の状態を変えるかもしれないものすべてに抵抗する力をもち，運動しているものは，その運動，すなわち同じ速度をもち同じ方向にむかう運動を維持する力をもつ。そうしてこういう力は，それを有する物体の大きさや（中略）あるいは物体の速度や，さまざまな物体が相互に衝突するしかたの本性や対立によって測定されねばならないのである（『原理II，43』）」[12]。

さてこのようにデカルトは，物体の静止―運動維持力の大きさは，① 物体の大きさ（延長量），② 物体の速度，③ 衝突現象の特性に関係すると言う。Blackwell もその衝突規則を検討することで「運動している物

体がその状態を持続させようとする力は体積×速度で計算される」とし，これを「運動の量 quantity of motion」と呼んでいる[13]。これは後の〈物質量×速度〉で測られる Newton の運動量（quantitas motus）と混同されやすい概念であり，われわれもこれまで「デカルトの運動量保存法則」という用語を用いてきた。たしかにデカルトが物体間の衝突現象において運動量が授受され保存されると言う場合，保存されるのは運動＝速度の総和ではなく，延長量と速度の積であるから，この延長量を質量に読み替えさえすればそのまま Newton の運動量に移行するかに見える。Blackwell 論文の主要な主張は，デカルトには慣性質量の概念はなく，その点 Newton とは異なるということを強調するものである[14]。しかしここでのわれわれの視点はまったく別のところにある。すなわちここで注意深く見透かさなければいけないのは，この〈体積×速度〉で測られる量は衝突に際して互いに他物体に働きかける（あるいは抵抗する）外的作用力の大きさであると同時に，各物体に固有の慣性の量にも関係していると見える点であって[15]，問題はデカルトがこのいわゆる運動量（体積×速度）を，1）二物体衝突現象に際してそこに働く衝撃力にのみ用いられるべき慣性の発現としての力の測度と見なしているのか，それとも，2）孤立一物体に固有な慣性の量の測度としても用いうるのか，（換言すればデカルトにとってある物体のもつ慣性の大きさはその速度の関数でもあるのか），という点にある。こうした疑問点が生じる原因は，まず第一に上に引用した衝突法則中にみられるように，デカルトが慣性を〈力（運動を維持しようとする力，またそれに抵抗しようとする力）〉であるとみなしている点に由来する。『世界論』が慣性法則を述べる際にも，運動物体は他物体がその運動を止めたり，速度を減じるまでは「等しい力 une égale force」を持ち続けるとして，「力」なる語を用いている[16]。原因の第二は，デカルトがその慣性法則中では物体の慣性の大きさについてなんら言及せず，衝突現象という，慣性が他物体に対する外力として発現し作用する場面において，「静止および運動を維持する力」の測度を語っているところに存する。しかし Newton もこの点曖昧であって，物体に固有の力（vis insita）とし

ての慣性力（vis inertiae）という概念を使用しており，それを外力といわば同列に扱っている[17]。そしてこの曖昧さがやがて〈力の測度〉として運動量を採るべきか，活力（vis viva）を採用すべきかという Newton 以降の論争に発展してゆくわけであるから，この点に関してデカルト自身に明析さを求むべくもないが，ここでは上記の解釈1)，2)をとればその帰結が各々どうなるかを見ておくことにする。もし上記2)の解釈をとるとすれば，各物体はそれぞれその延長量と速度に応じた，固有のしかも衝突時の作用力とは独立の慣性力を有し，しかもその大小が衝突現象を決する要因である，ということになる。そうだとすれば速度は慣性量の一ファクターとして物理的実在であり，そこに〈運動の相対性〉という概念は成立せず，デカルトにあっては唯一の慣性系が存在するということになろう。また実際 Blackwell が指摘するようにデカルトの衝突理論では運動の相対性になんら考慮が払われておらず，衝突に際して発現する力としての各物体それぞれの「運動を維持しようとする力（これは既述のごとく Blackwell によれば延長量と速度の積の関数である）」および「それに抵抗しようとする力」は各物体に独立に割り当てられたいわば絶対量のごとく見える。『原理Ⅱ，45』の衝突規則は言う――「一つ一つの物体が，他の物体との衝突によって，どのようにその運動を増減したり方向転換するかを確定するためには，各々の物体中に運動する力あるいは運動に抵抗する力がどれだけあるかを計算し，力の強い方の物体が常に成果をあげるということを確認しさえすればよい」[18]。

しかし他方デカルトは以下のごとく明瞭に運動の相対性という概念をもち，またその慣性法則においても運動と静止を区別せず，その両者に慣性を認めているのである（しかし Blackwell も言うようにこの相対性概念は太陽中心説と教会教義との妥協をはかるためのレトリックにのみ用いられ，その運動学上にもつ意味合にほとんど注意が払われていない）。『原理Ⅱ，24-5』は周知のように運動概念を「一般に用いられる意味での運動」と「本来の意味での運動」の二通りに分け，『原理』が用いるのは後者であるとする[19]。しかしこの区別に重要な意味があるとはおもわれない

し，デカルト自身この区別を積極的に活用するどころか混同しさえしている。またこの区別によって Alquié も言うように[20]運動の相対性が回避されるわけでもない。デカルトがここで運動に二義を設けた理由は，通常の運動概念が卑近な運動経験，すなわち運動を惹起，持続させるには身体的努力—力が必要だが静止させるにはそれほど要しないといった類の経験によって，運動そのものと，「運動させる力あるいは作用 vis vel actio quae transfert」[21] とを混同混乱させているからにほかならない。この二概念を区別した後，続く26節は明瞭に言う，「運動のためには静止のためよりも多くの作用を必要とするわけではない」[22] と。ここから明らかなようにこの場合，デカルトは運動の相対性を自覚する（運動物体も静止物体も同じ慣性をもつ）とともに，物体に内在的様態としての運動（静止）と，外的作用ないしは力とをはっきりと区別している。これは Newton 的慣性法則の理解とその運動法則への萌芽を含むものであると言えよう。こうした点から，また上述のように慣性力が語られるのが衝突現象を論じる第三法則中であること，さらに第三法則，衝突第四法則においても静止物体にも慣性力としての抵抗力を認めている点などからして，われわれには上記2)ではなく1)の解釈を採用すべきだとおもわれる。この解釈によれば，衝突の際に作用する力は各物体のもつ慣性によるが，それが各物体の運動量を変化させる衝突力＝外力として発現する際のその力の大きさは，各物体の体積と速度，つまり運動量の関数である，ということになる。もっともこう解釈したところで，デカルトが慣性の発現たる衝突力を各物体に独立に割当ててその大小を言い，かつその衝突力の測度として各物体の体積と速度すなわち運動量を採用しているとすれば（このことは彼が作用—反作用の法則，ひいては正確な運動量保存則を見いだしていないことを物語っている），今度は運動量と衝突力の混同というそしりを免れないのである。これは「運動量を起動力（vis motrix, la force mouvante）と同一視した」としてデカルトを批判した Leibniz を想起させるが，1)，2) いずれの解釈をとるにせよ，「運動は力である」というデカルト運動学の特徴をあらわにするように見える。実際初期の静水圧を扱った論文は，〈重力〉

を水粒子の体積と速度の積＝運動量に還元しているとおもわれる点があり[23]，また前節でとりあげた渦動重力理論でも，結局のところ重力は，地球物質と天空物質のあいだのスタティックな遠心衝動の大小にのみ起因するのではなく，その衝動による天空物質の遠心方向への実際上の位置移動運動（この移動による地球物質の求心方向への移動）に求められることになる[24]。また『原理』の流体理論の概念装置も慣性と運動と静止のみであるが，そこでデカルトは流体が固体にくらべて小さい抵抗しか示さない理由を，固体は静止している（正確に言えば，固体内の部分相互の相対速度が零）ゆえ慣性による抵抗を示すが，流体粒子は現に相互に運動しているゆえ抵抗が少ないとしている[25]。デカルト運動学にあって力は運動の結果なのであろうかそれとも原因であろうか。このように慣性，力，運動の三概念間に混乱ないし不分明さが見られるのであるが，もちろんその原因は一般的にいえば，運動と力の関係，とりわけ〈力〉という Newton 以降も論争され続けてきた概念の厄介さにあろう。デカルトも上に指摘する通り，力なる概念がわれわれ日常の意志―身体的作用に密接に結びついているならば，運動物体中には静止物体中よりも多くの〈力〉，とりわけ衝突時に他物体を変形，破壊するような潜在的力，また投げ上げられた物体には高く上昇する力があるとされがちなのが自然であろう。先に挙げた Leibniz のデカルト批判において，Leibniz が重量物体を上昇させうる高さによって測定されるべきだとして新たに提議する力ないし〈活力〉とは mv^2 で表される保存量のことである[26]。ここに端を発していわゆる「運動量―活力論争」が火を吹くことになるのだが，この一例のみからも〈力〉と言う概念の曖昧多義性，その把握困難性をうかがうことができる。

さらにまたこうした一般的背景に加えて，デカルトにおける慣性―力―運動関係の不明瞭さの原因は，それを衝突という，慣性と慣性による力と運動量の関係を的確に見てとるにはあまりにも複雑な現象中で扱ったことにもよるであろう。しかもデカルトの充満物質世界にあっては，他の物体から孤立した二物体の衝突などは，極度に単純化したモデルにすぎず，その理論は現実世界に適用されえない（『原理II，53』）。デカルトの機械論

的運動学が慣性のみを作用力の原因とし，しかもその作用を近接作用に限る以上，力は衝突時の物体間の衝撃力としてしか存在せず，物体の運動が無いところに衝突は無いとすれば，ここに運動は実在する力，作用の原因としていわば絶対的な物理量であるとみなされがちであろうし，またさらに加えて衝突力が慣性の発現だとすれば，ここに慣性量と運動量が混同される原因が潜んでいそうである。実際衝突現象（完全弾性衝突）にあっては，衝突の前後において運動量は保存され，しかも衝突力の大きさは両物体の質量と両物体の相対速度によって決定され，さらにこの相対速度は座標のとりかた如何にかかわらない絶対的な値をもつとすれば，この衝突現象から慣性と力と運動量の概念を各々判明に抽出，彫琢することは容易ではあるまい。衝突問題はその見かけの単純さにかかわらず，デカルトの衝突理論が曖昧であるのと相関的に微妙で複雑である。ここから衝突による各物体の速度変化率つまり加速度の大きさは各物体の慣性質量に逆比例し，力積が等しいゆえに運動量が保存されるなどという関係を読みとるには，デカルトが明確には持たなかったような問題意識による新たな概念理論装置を必要とするだろう。

その問題意識とは，一言でいえば，デカルトも有していたような単なる幾何学―運動学的な相対性の概念ではなく，慣性ないしは力の概念と結び付いたいわば力学的相対性の概念であろう。一例を前節で扱った渦動―重力理論にとるならば，既述のごとくこの理論では，重力は地球物質と天空物質の回転速度の差（相対速度）に起因するが，その際デカルトも認める運動の相対性をここに適用し，座標を天空物質にとるとすれば，慣性による遠心衝動は地球物質にのみ生じ，地球物質は逆に遠心方向へ向かう衝動を持つことになってしまおう。

しかしこの点に関する明瞭な問題意識は周知のように Newton を待たねばならない。

註

デカルト『世界論』，『哲学原理』からの引用は，『世界の名著22デカルト』（中

央公論社，昭和42年）および『科学の名著 第II期 7デカルト』（朝日出版社，昭和63年）に依ったが，訳しかえた箇所もあるので，以下「A. T. IV pp. 21-8」というように，Adam-Tannery 版の巻数とページ数のみを記す。

1) Blackwell, R. J., Descartes' Low of Motion dans *Isis*, 1966, vol. 57, 2, No. 188, pp. 220-34.
2) Cf. Koyré, A. & Cohen, I. B., ed. *Isaac Newton's Philosopiae Naturaris Principia Mathematica, text, vol. I*, DefinitioV, Harvard U. P., 1972, p. 41.
3) A. T. I, p. 324.
4) A. T. XI, p. 73.
5) A. T. VIII-1, p. 111.
6) A. T. XI, p. 68.
7) A. T. XI, pp. 67-8.
8) A. T. XI, p. 58
9) A. T. VIII-1, p. 52.
10) Cf. Newton, I., *op. cit.*, Definitio IV, p. 41.
11) *Ibid.*, p. 40.
12) A. T. VII-1, pp. 66-7.
13) Blackwell, J., *op. cit.*, p. 225.
14) Cf. *ibid.*, p. 225.
15) デカルトのいう運動の量における「大きさ」を Blackwell のごとく幾何学的延長量とするかそれとも質量とみなすかはさして重要ではない。ここでもデカルトは物体の慣性に関係させて物体の大きさを言っているわけであるから，これは純粋幾何学的延長とは異なるもの，むしろ慣性質量と見るべきであろう。
16) A. T. XI, p. 38.
17) Cf. Newton, I., *op. cit.*, Definitio III, IV pp. 40-1.
18) A. T. VIII-1, p. 67.
19) A. T. VII-1, pp. 53-4.
20) *Descartes, Œuvres philosophiques, Textes établis, présentés et annotés par F. Alquié, tome* III, Garnier, 1973, pp. 169-70.
21) A. T. VII-1, p. 54.
22) A. T. VII-1, p. 54.
23) Cf. A. T. X, p. 68.
24) Cf. A. T. XI, pp. 72-80, A. T. VII-1, pp. 87-8.
25) Cf. A. T. VIII-1, p. 71.
26) Cf. Leibniz, G. W., *Discours de métaphysique.*

（神戸商船大学助教授）