OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

| | |
|---|---|
| Title | なぜ運動の量とその方向は区別されるのか? : 『哲学原理』第2部第41項をめぐって |
| Author(s) | 武田, 裕紀 |
| Citation | Gallia. 1999, 38, p. 9-16 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/9761 |
| rights | |
| Note | |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

# なぜ運動の量とその方向は区別されるのか？
## ―『哲学原理』第2部第41項をめぐって―

武田裕紀

デカルトは『哲学原理』第2部で、運動の原因として一般的な原因と個別上の原因の2つを考える。一般的な運動の原因とは、いうまでもなく神が世界を創造した際に運動をおき、またそれを神が通常の協力によって常に保存していることをさし、このことにより世界の全体でみるならば運動の総量は保存されるということになる。そして個別上の原因が、運動の法則である。運動の原因とは個別的にみるなら、それは物体同士の衝突に因り、衝突の前後で衝突した2つの物体のもっている運動の総量は同じであることになり、したがって世界の全体で見るならば運動の総量はやはり保存されるというものである。これが有名なデカルトの運動量の保存法則であるが、奇妙なことに、その際運動« motus »それ自体と方向« determinatio »は区別して考えられねばならないと主張する。運動量の保存法則を述べた第2部40項をさらに詳述した箇所である第41項にみられる件の記述は次のとおりである。

> On connaîtra encore mieux la vérité de la première partie de cette règle, si on prend garde à la différence qui est entre le mouvement d'une chose, et sa détermination vers un côté plutôt que vers un autre; laquelle différence est cause que cette détermination peut être changée, sans qu'il y ait rien de changé au mouvement. (AT. t. IX-2, p.87) [1]

そもそも« détermination »という語は何を意味するのか。ここでは明らかに単に「方向」という意味で用いられており[2]、そう考えねば、続く箇所で示される衝突規則を理解できない。たとえば第2の衝突規則は、右向きから進んできた物

---

1）デカルトのテキストに関する引用は (*Œuvres de Descartes* publiées par Charles Adam et Paul Tannery, nouvelle présentation par B. Rochot et P. Costabel, Vrin, 1964-1974（以下 AT. と省略）による。

2）« détermination »という語に関して、平松希伊子氏は「方向決定」という訳語を提案しておられる（平松希伊子「デカルトにおける「衝突則」再考」、『思想』、1996年11月号、p.255)。たしかにフランス語の通常の用法では、「ある方向に向かうこと」であるし、1640年のホッブスとの論争においてはまさしく「方向決定」という意味に用いられている。しかし、デカルト自身一貫していたわけではなく、「方向」« direction »という意味で« détermination »という語を用いることがあることは、ガーバーが指摘するとおりである（D. Garber, *Descartes' Metaphysical Physics*, University of Chicago Press, 1992, p.351, n.55)。われわれは、この衝突規則の箇所では、単に「方向」と訳すほうが規則を理解しやすくまた事態が明快になると考え、あえて「方向」という訳語をあてる。

体が自らよりわずかでも大きい物体に衝突したなら、その物体は「反転し（...）左へ向かって、同じ速さで運動することになるだろう」（AT. t. IX-2, p.90）と定式化される。デカルトによれば衝突の前後で運動の量が保存されなければならないのだが、この規則は、運動から方向を区別して考えねば、運動の量が保存されたことにならない。デュガスは、この問題に関して、現代の言い方を借りるなら、デカルトは運動をベクトル量ではなくスカラー量とみなしている、と結論した[3]。そして、これはデカルトの運動理論の大きな欠点であると考え、この点にホイヘンスやニュートンらに克服された理由を見た。実際、２つの個物の衝突という問題を扱う際に運動をスカラー量として捉えることは非常に不適切かつ不自然な考え方である。

一方、デュバルルは、この問題を解決するために、デカルトの運動の量とは、その用語法にもかかわらず、今日でいう運動エネルギーに近いものであると主張する[4]。コスタベルはそれを受けて、さらにデカルトのテキストに沿って分析し、この箇所をデカルト自然学の中心に位置するとした上で、これは決してインペートスの復活などではなく、デカルトは「運動という語によって一種の潜在的エネルギーを理解しているのは明らかであり、（...）しかしそれは実現化のためにはある補足的な付加を要求する、すなわち実現化がなされるべき方向を要求する[5]」と結論づけた。ビュゾンとカローによる『哲学原理』第２部の解説書でもこうした見解が紹介されているところからも、デュバルル=コスタベルの説はそれほど多くないデカルト自然学に関心を持つ論者の間で、かなり流布していると思われる[6]。

しかしながら、われわれはこうした見方に困難があると考える。こうした見解は、コスタベル自身が認めているように、運動の現実態と可能態という、デカルトがあれほど嫌悪したアリストテレスの運動論を、デカルト自身のうちに認めるということになる。なぜなら、コスタベルの説に従えば、運動はエネルギーとして潜在的な形で存在し、それが実現するには、それが向かおうとする方向性（要するに目的）が与えられなければならないということになるからである。テキストの特定箇所の整合性を求めるために、アリストテレスの運動理論をデカルトのうちに見ることははたして妥当な解釈といえるだろうか。

用語そのものに関する問題もある。デカルトが « détermination » という用語を一種の術語として用いるのはこれが初めてではなく、1640年から1641年にかけてのホッブスとの論争の過程においても現われる。一例を挙げれば、1641年１月21

---

3）René Dugas, *Histoire de la Mécanique*, Neuchâtel, Edition du Griffon, 1950, p.156.

4）Dominique Dubarle, « Sur la notion cartésienne de quantité de mouvement », in *Mélanges A. Koyré*, Hermann, 1964, p.120.

5）Pierre Costabel, *Démarches originales de Descartes savant*, Vrin, 1982, p.145.

6）V. Carraud et F. de Buzon, « *Principia* » *II*, P.U.F, 1994, p.99.

日付けの書簡（AT. III, p.287）では運動の合成に関して論じられているのだが、そこでは « détermination » という用語には、運動そのものすなわち速度とは区別された、量と方向を併せもったベクトルの概念が与えられており、『哲学原理』の衝突規則に見られるように、単に「方向」という意味で用いられているのではない。

さらに興味深いことに、衝突規則においてこの運動の量と方向は区別されなければならないという言明がなされ、それが実際に適用されるのは『哲学原理』においてのみである。まず『哲学原理』の11年前に執筆された『世界論』においては、そもそも運動保存の法則のみが語られ、個々の衝突規則は現われない。次に1639年に部分的に示される衝突規則にあっては、運動は方向を併せもったものであるということを前提にして構想されている。さらに付け加えるなら、あとで見るように、『哲学原理』の中で示された７つの衝突規則は、明らかに感覚的経験を無視したものなのである。このように、この第２部第41項は、デカルト運動理論の特徴をよく示す箇所としてさまざまな場面でしばしば言及されてきたにもかかわらず、非常に議論の余地のある箇所なのである。

一体、運動それ自体とその方向は分けられると主張するデカルトの真意はどこにあるのか。なぜ、デカルトは『哲学原理』になって初めて運動の大きさと方向を分けられると主張するのか。この言明がなされかつ実際に適用されるのは『哲学原理』の衝突問題のときだけである以上、われわれはこの問題の鍵はデカルトに特有の衝突問題にあると考え、その変遷を追うことにする。そして、それはデカルトの自然学の体系にとって何を意味するのか、これを衝突規則形成の過程から考えてみることにしよう。衝突問題を扱っている主要テキストは以下のとおりである。１）1633年『世界論』　２）1639年12月25日付けメルセンヌ宛書簡　３）1644年『哲学原理』ラテン語版　４）1645年クレルスリエ宛書簡　５）1647年『哲学原理』フランス語版（ラテン語版に大幅加筆）

なお、デカルトの衝突問題は大きく分けて、衝突の前後で衝突した２つの物体のもっている運動の総量は同じであるというむしろ形而上学に属する問題と、そこから導き出された具体的な場合に応じた衝突のパターンという自然学に属する問題の２つに分けられる。われわれは便宜上、前者を運動保存の法則、後者を衝突規則と呼ぶことにする。

### （1）『世界論』における衝突理論

『世界論』では個々の衝突規則は示されていない。しかし、運動の原因とは一般的にみるなら神が世界を創造した際に運動をおき、またそれを神が通常の協力によって常に保存していることに依存し、個別的にみるならそれは衝突した２つの物体のもっている運動の総量は衝突の前後で同じであるという運動保存の法則に依存するという見解は、1633年の『世界論』にすでに後の『哲学原理』と同じ

形で現われている。

デカルトは、この運動の法則にしたがって衝突規則を導いたとすれば、経験と合致しないことがありえることを十分承知で、「われわれの感覚が、これまで実際の世界のなかで経験したところのすべてのものが、これら2つの規則に含まれていることに明らかに反するように思われたとしても、この2つの規則を示している根拠は、非常に強いものであると私には思われる」(AT. XI, p.43) と述べており、この運動保存の法則は感覚経験に合致しないということが強調される。そして真理の認識のためには、これらの規則と永遠真理から誤謬を犯すことなく帰結する法則しか認めないと述べたうえで、「これら永遠真理とわれわれの規則の諸帰結を十分に吟味した人なら、結果をその原因から認識しうるであろう」(AT. XI, p.47) と主張する。この箇所はデカルトがこの運動保存の法則を、数学の演算規則や矛盾律といった永遠真理と同様に、神によってアプリオリに定められたものとみなしていることを示している。

現代のわれわれからすれば、ここに挙げられた衝突の理論の当否は、そこから演繹される衝突規則が正しいかどうか実験すなわち感覚によって確認されることによって確保される、と考えるであろう。しかしデカルトはそうは考えない。なぜなら、これらの規則は神によって定められたものであり、「真理を樹立するための基礎としては、神のうちなる不動性そのものと、不変性をとる以外に、より堅固であるどんな基礎も見出されない」(AT. XI, p.43) からである。したがって、個々の衝突規則を敢えて提示しそれを実験によって検証する必要はないというわけである。ここにはこの衝突問題の行く末がすべて暗示されている。すなわち、衝突規則はデカルト自然学と形而上学との理論的整合性を守るためにねじ曲げられていくのである。初めて具体的な衝突規則が展開されるのは1639年にメルセンヌにあてた書簡まで待たなければならない。

### (II) 1639年12月25日付けメルセンヌ宛書簡

1639年に2つのパターンの衝突規則が初めて披露される。ある物体が同じ大きさの静止物体に衝突した場合と、衝突する物体が衝突される物体より小さい場合の衝突である。本論では、前者について検討しよう。以下のテキストに現われる « moment » という語は、いわゆる「モーメント」とはまったく無関係で、時間の単位として用いられている。つまり、ある一定の距離をどれだけの « moment » (時間) で通過されるか、という視点から述べられている。

> (...) mais, s'il en rencontre un qui lui soit double en grandeur, il lui communiquera les deux tiers de son mouvement, et ainsi ils ne feront tous deux ensemble pas plus de chemin en trois moments, que le premier faisait en un moment. (AT. t. II, p. 627)

運動の量はデカルトによれば大きさ x 速度で示される。B が C に衝突する事態を、「衝突前の B の運動の量〆衝突前の C の運動の量：衝突後の B と C の運動の量」という形で数式化すれば、上の引用は次のように表記される。(B) 大きさ1x 速さ3〆 (C) 大きさ2x 速さ0： (B + C) 大きさ (1+2) x 速さ1。これは完全非弾性衝突を扱っていると考えれば正しい結論である。ここで、デカルトが完全非弾性衝突を扱っている可能性はきわめて低いが、この問題はここでは措くことにしよう。ここでわれわれにとってより重大な問題は、この例示に従えば、デカルトが『世界論』で素描した3つの粒子説に抵触することになり、自然学の体系内に矛盾を抱え込むことである。

デカルトは、『世界論』の中の運動の法則に続く第8章で、「寓話」と称して宇宙開びゃくの歴史を描き、そこで世界を構成する物質として、大きさと速度においてのみ差異を持つ、土の原子、空気の原子、火の原子という3つの粒子を想定する。そのなかのひとつである火の原子は、非常に微細でかつ非常に活発に運動している、と定義されるものである。しかしながらこの衝突規則に従えば、もしある火の原子が自らより大きい物体とのみ衝突していたならば、衝突によって速度を失ってしまい、非常に活発に運動していると定義されたはずの火の原子としての資格を失ってしまうことになるであろう。たしかにこの3つの粒子説はデカルトの想像力の産物である「寓話」であって、自然学上の問題である衝突規則とは次元を異にするテーマであるかもしれない。しかし、これら自然学上の衝突規則が、彼の「寓話」の基本的な仮説を満たす必要があることは言うまでもないことであろう。これは17世紀にすでにマルブランシュが指摘した欠点である[7]。『哲学原理』では、この難点は修正されるが、おそらくこの点に気がつき訂正したと推測するのは困難ではない[8]。

しかしながら、他方で、運動の前後で運動の総量が変わらないという『世界論』で述べられた運動保存の法則の枠組みは守られている。これは当然といえる。なぜなら、これはすでにみたように自然学の基礎となる形而上学の範疇に属するテーゼだからである。デカルトにとって自然学は形而上学の基礎なくしてありえ

7) Malebranche, *Recherche de la vérité*, livre VI, II[e] partie, ch. IX, in *Œuvres*, Gallimard, 1979, « Bibliothèque de la Pléiade », t. I, p.764.

8) なぜ、デカルトはこのような彼の自然学の主要な仮説である3つの粒子説との整合性に明らかに抵触するような規則を持ち出したのであろうか。可能性のある一つの理由は、この衝突規則がベークマンの模倣ではないかということである。ベークマンは1618年の日記の中で、衝突規則を5つのタイプに分類し、その中の2つめの規則としてこう記している。
« Si duplo majus est corpus quiescens, cui motum occurrit, demuntur 2/3 de celeritate moti ; si triplo majus, 3/4 demuntur ; moveturque utrumque quadruplo tardius quam prius motum » *Journal de Beeckman*, Ed. par C. de Waard, 4 Tomes, 1939-1953, t. I, p.266, Fol. 107 recto. デカルトの1639年に示された規則は、このベークマンの規則と完全に一致する。
デカルトは彼自身が語っているように、自由にベークマンの日記を読むことができ、また、この衝突規則をベークマンが記している日付は、まさしくデカルトとベークマンが共同研究していた時期である。デカルトはベークマンの衝突規則をみずからの体系に取り入れようとしたのかもしれないが、1618年からすでに20年以上もへだたっている以上、これは推測の域をでない。

ないのは言うまでもない。いずれにしてもデカルトがまとまった形で初めて衝突規則を示すのは1644年の『哲学原理』ということになる。

### （III）『哲学原理』以降

さて1644年から1646年までの衝突規則をみてみよう。デカルトは初めて網羅的な衝突規則を1644年の『哲学原理』で示す。1639年の書簡と比較検討するために、1639年の書簡と同じ場合分けに当たる第4の規則を検討しよう。

> La quatrième, que, si le corps C était tant soit peu plus grand que B, et qu'il fût entierèment en repos, (...) de quelle vitesse que B pût venir vers lui, jamais il n'aurait la force de le mouvoir ; mais il serait contraint de rejaillir vers le même côté d'où il serait venu. Car d'autant que B ne saurait pousser C, sans le faire aller aussi vite qu'il irait soi-même par après, il est certain que C doit d'autant plus résister, que B vient plus vite vers lui ; et que sa résistance doit prévaloir à l'action de B, à cause qu'il est plus grand que lui. (AT. t. IX-2, p. 90)

奇妙なことにこの第4の規則だけは具体的な数値を示した例が挙がっていないのだが、参考までに1639年の書簡に示された数値にしたがって数式化すれば、次のようになる。(B) 大きさ1x 速さ3↙ (C) 大きさ2x 速さ0： (B) 大きさ1x 速さ3 (逆向き)。まず、結論をいえば、この衝突規則は誤っている。デカルトは物体が跳ね返る場合、すなわち跳ね返り係数が1の場合について論じているのであるが、そうだとすれば、正しい答えは、CがBの3倍の大きさならば、Cは1/2の速度で前進し、Bは1/2の速さで跳ね返ることになる。しかし、これについては誤りを指摘しておくにとどめておこう。われわれにとって重要なのは、確かにここでは1つの修正がなされていることである。すなわちこの規則に従えば、微細な粒子はそれ自体より大きな物体にぶつかったとしても、その速度を保持し続け、「火の粒子が衝突によって速度を失ってしまう」という先の難点は一応解決されるのだ。この修正は、他方で、完全非弾性衝突としては近代物理学から見ても正しかった、つまり言い替えれば現実的な根拠のある1639年の規則を放棄したことを意味する。このことは、デカルトは、実験データの根拠がある結論よりも、みずからの自然学の論理的一貫性を守ることを優先させた、ということを示している。

しかしながらもう一つデカルトが守り抜いたものがある。それは運動保存の法則である。もし、ここで、運動の量と方向を分けて考えるべしとしなければ、この規則に従えば運動量が保存されないことになってしまう。しかし、運動から方向を度外視して運動をスカラー量としてみるならば、確かにこの規則においても運動の前後で運動の量は同じになるのだ。デカルトにとってこの運動量保存の原

理を守り抜くことは至上命題のはずである。なぜなら、これは神の不変性に直接かかわる自然法則だからである。逆にいえば、神の不変性に直接かかわる自然法則を守るために、デカルトは運動の量と方向は分けて考えるべし、という結論に到達したのだ。こうしてデカルトの衝突規則は彼の3つの粒子説という自然のロマン、および運動保存の法則という形而上学的原理という2つの枠組を満足させるために徹底的に改変される。

このように導き出された衝突規則が、デカルトのテキストにおいて、どのような運命をたどっていくか簡単に素描しておこう。この実験データを無視した衝突規則は大きな反響を巻き起こし、たとえば、1645年の書簡は、前年に出版された『哲学原理』の衝突規則に関してクレルスリエに解説したものである。(クレルスリエがデカルトにいかなる質問をしたのかは、クレルスリエからの手紙が残っていないのでわからない。) ここでデカルトは自分の規則に困難がともなっていることを認めたうえで、「別の機会にもっと徹底的に自分の考えをお知らせする」旨をクレルスリエに伝える。それは1647年の『哲学原理』フランス語版で実現される。

この衝突規則に関する記述は、1647年の『哲学原理』フランス語版では、大幅に加筆されており、1644年ごろから1647年にかけてこの問題は、デカルトの大きな課題のひとつであったことがみてとれる。しかしながら約2倍の量の説明が加えられ、場合分けが豊富化されてはいるが、本質的な規則の変更はみられない。運動にあって、その量と方向が分けられるという点に関しても同様である。デカルトはこれらの規則にやはり満足していたのであろうか。

しかしながら、最終的にも衝突規則に関して、デカルトは何ら確信を持っているわけでもなければ、執着したいわけでもなく、最晩年の1649年2月にはシャニュに宛て「(...) 第2部46項とそれに続く運動の諸規則を吟味するために立ち止まる必要はありません、というのも、それらは残りの部分の理解には不必要だからです」(AT. t. V, p.291) と述べるに至る。まさしく個々の衝突規則が始まる箇所である46項以降に対するこのやや投げやりな発言は、彼の7つの衝突規則に対する自信の程度を示している。デカルト自身がこのような態度である限り、彼の衝突規則を整合的に理解するにはおのずと限界があると言わざるをえないであろう。これはデカルトが、実験データの根拠がある結論よりも、みずからの「寓話」である3つの粒子説と衝突規則との整合性および、運動量の保存という形而上学テーゼを守ることを優先させた結果なのである。

結論を示そう。デカルトは神の不変性に直接かかわる自然法則として、運動量が保存されそれが衝突によって伝えられるという運動保存の法則をたてた(1633)。しかしながら1639年に具体的に衝突規則をたてたとき、彼の3つの粒子説と思わぬ不整合が生じた。そして彼は3つの粒子説との整合性を優先させるためにこのデータ的根拠のある衝突規則を放棄した (1644)。デカルトには守らなければならない2つの大きなテーゼがあった。それは、「寓話」としての3つの粒子

説と、神の不変性に直接かかわる運動保存の法則である。この両方の与件を満たすためには、運動の大きさと量を分けて考えなければ整合性が保たれなかったのだ。いうまでもなく、こうした理論に基づいてたてられた衝突の規則は、あまりに現実との乖離が生じた。彼は何度か修正を試みたが（1645、1647）、もはやそれは不可能で、最終的に衝突規則に対して、1649年の書簡に見られるように、その不十分さを認めるに至った。われわれのこの結論は決して驚くべきものではない。この過程はまさしく、現実を切り捨てることにより彼の内的理論を守ろうとするプロセスであり、彼の仮説演繹的な方法論が破綻をきたした過程そのものである。これはデカルト研究の旧聞に属するものであろう。

もっともわれわれのこれまでの論証は、ほとんど状況証拠および傍証に頼ったものばかりであり、直接的な証拠に裏うちされたものではない。おそらくこの問題に関する決定的な証拠は、われわれの結論がきわめてネガティヴなものであるだけに、提出されることはないであろう。したがって、われわれの意図はこの結論を衝突問題分析のための方針として用いることであり、その分析のなかで、今回の結論の正当性が証明されなければならないであろう。つまり、われわれの本論での目的は、以降デカルトの衝突規則の研究に関して、次の３つの方向性を提供することにある。

１）運動の量と方向が分けられるというデカルトの『哲学原理』に現われる記述は、デカルトの自然学理解において何ら重要性がないということ。そして最も重要なことは、運動の量と方向が分けられるというデカルトの『哲学原理』に現われる記述に、われわれのデカルト自然学の研究が引きずり回されてはならない、ということ。

２）衝突規則は、３つの粒子説と運動保存の法則の境目に位置するということ。つまり「寓話」と形而上学の整合性を要求する接続点に位置するということ。しかしデカルトはそれに失敗したということ。正確に言えば、彼は『哲学原理』以降になると、運動保存の法則という形而上学と３つの粒子という彼の「自然のロマン」を守り、実験データをないがしろにするということ。

３）以上の２点を踏まえれば、衝突問題は、デカルトの形而上学および自然学の解明にとって、非常に重要な示唆を与えてくれるということ。

（大阪大学博士課程在学）