

ニュートンとカント

——近代力学と自然科学の形而上学的基礎づけの問題——

松 山 寿 一

はじめに

カントによる自然科学の形而上学的基礎づけの試みがニュートン力学の形而上学的基礎づけにほかならないと、これまでしばしば主張され、機会ある毎に強調され続けてきた。しかしながら、こうして飽きもせず繰り返されてきた主張、強調ははたして自明の事柄の復唱であったのであろうか。答えは「否」である。カントの当の議論を子細に検討してみると、われわれはそこにニュートン力学における諸定式との数々のズレがあることに気づかざるをえない。本稿では、それらのズレのうち特に力学の中核部分である運動法則におけるそれに焦点を絞り、カントの議論がニュートン力学の基礎づけになっていないということ、カントの立場に立って言い換えれば、それがニュートン力学であれ何であれ、既成の何らかの自然科学の基礎づけを目指したものではなく、むしろあらゆる科学がそれに従うべき原則を指示しようとしたものにほかならなかったということを明らかにしよう。

I

今日では古典力学、古典物理学の位置を占める力学、数学的物理学の領域におけるニュートンの最大の発見が逆自乗則（いわゆる万有引力の法則）ならびに流率法（今日の言い方では微積分法）の発見であったことは言うまでもないであろう。彼の主著にこれらの発見の成果が盛り込まれていて当然とふつう思われる。確かに主著『プリンキピア（自然哲学の数学的原理）』（¹1687, ²1713, ³1726）の最終篇（第三篇）には前者の成果がたっぷり盛り込まれていた。だが、その数学的基礎を扱う最初の篇（第一篇）には、彼が発見したはずの近代的な解析的流率計算そのものはどこにも見当たらず、そこでの数学的証明はすべて古典的な総合的幾何学によるそれで埋め尽くされていた。「なぜ流率計算の発明者が彼の代表作を古典的な衣装を用いて記述したのか」とは、誰の念頭にも浮かぶ疑問であろう。

ニュートンは修学時代の最初を主として、デカルトの機械論哲学および解析幾何学を学ぶことから始めていた。²⁾だが、その後の彼の研究のめざましい進展は彼を双方から離反させるに至る。前者の宇宙論である渦動説はケプラーの法則と合致しない（『プリンキピア』の第二篇はこのことを

証明するために第一篇と第三篇との間にわざわざ挿入されている）からであり、古代の幾何学的解のほうが彼にとって近代の解析的解よりエレガントだと考えられたからであった。ニュートンは1670年代末、デカルトの『幾何学』——近代解析学を誕生させたこの書はニュートンの最初の数学的思考を養ったものであった——を再読し、今度はそれに対する反発を強める一方、80年代に入って古代幾何学を研究し、その厳密性に引き寄せられ、彼が発見した流率計算をそれに適合させようとした。無限小概念を排して最初の比と最後の比を用いた『プリンキピア』第一篇における幾何学的証明は、その結果にはかならなかった⁵⁾。ニュートンによるデカルトの哲学と数学双方に対する否認は、このように『プリンキピア』の内容のみならず、さらにその形式をも決定している⁶⁾。その形式は古代幾何学の精華、ユークリッドの『原論』の形式を踏襲し、定義と公理がまず立てられ、その後に定理が続く。われわれが問題解明の中心に据えなければならないニュートン力学の基本法則は、これらのうちの公理の位置に置かれており、「運動の法則 *Leges motus*」と題されている。それは以下の三つである（Pr., 54-55⁷⁾）。

Lex I. 物体はすべて、その静止状態であれ等速直線運動状態であれ、外力〔加わる力〕（*vis impressa*）によってその状態を変えられないかぎり、その状態を続ける。

Lex II. 運動の変化は、外的な〔加わる〕起動力（*vis motrix impressa*）に比例し、その力が加わる直線の方向に生ずる。

Lex III. 作用に対し反作用はつねに逆向きで等しい。すなわち、二物体の相互の作用はつねに等しく逆向きである。

見られるとおり、第一法則は慣性法則、第二法則は運動法則（狭義の）、第三法則は反作用法則を定式化している。第一法則すなわち慣性法則が他の二つの法則に対する前提をなす基本法則であるばかりでなく、近代の新しい力学にそれまでの力学との決定的な相違をもたらした当のものであることは言うまでもない。ニュートンにおけるこの法則の形成は、彼のかの「驚異の年 *Animi mirabiles*」におけるデカルトの衝突論の検討から始まっている。したがって、それは後の第三法則、反作用法則の形成と重なっている。ニュートンは学生時代の『雑記帳 *Waste Book*』に、「反射について」という表題のもとにそれに関する彼の論究を書き綴っていた（1665年1月）。ニュートンも最初期に親しんだウォルター・チャルトンの『自然学』（1654年⁸⁾）の記述にも明らかなおと、デカルトの衝突論すなわち衝突における作用の相互性に関する議論は彼がすべての自然論の出発点、根本原理として立てた運動量保存原理に基づいている。

「神は運動の第一原因であり、宇宙のうちにつねに同一の運動量を保存する。」

これが、デカルトの『プリンキピア（哲学原理）』（1644年）に記されている保存原理の要約である（VIII-1, 61⁹⁾）。この原理を背後から支えているのは、神における完全性という観念とそこから引き出される神の不変性という概念であるが（*ibid.*）、この同じ神の不変性の概念から、さらに次のような三つの自然法則が導き出される（VIII-1, 62-65）。

[Lex I.] あらゆるものはつねにできるだけ同じ状態を保とうとする。したがってそれは一旦動かされるといつまでも動き続ける。

[Lex II.] 運動はすべてそれ自身としては直線的である。したがって円運動するものはその描く円の中心からつねに遠ざかろうとする傾向をもつ。

[Lex III.] ある物体はもっと強い他の物体とぶつかる時には自分の運動を何ら失わない

が、もっと弱い物体とぶつかる時にはこの物体に移しただけの運動を失う。

ニュートンとデカルト、両者の法則を比較して言えることは、後者の二法則が慣性法則として前者の第一法則にまとめあげられており、両者の第三法則がそれぞれ反作用法則として対応している、ということである。したがって、デカルトの法則にはニュートンの第二法則に相当する法則が欠落しており、この法則こそニュートンに独自だということになろう。この点は、われわれが彼の三法則とカントが彼の力学で立てている三法則とを比較する際に、重要な論点となろう。ともあれ、デカルトは、前掲の保存原理とそこから導出した三法則を前提としつつ、衝突について検討する。それは、二つの完全弾性体の衝突をモデルとした彼の衝突原則——「力の強い物体がつねに効果をあげる」——の確証を目指したものであった（VIII-1, 67）。彼は「物体運動の力」と呼ぶ、物体がぶつかる力という概念¹⁰⁾に惑わされ、かつこの概念が支配する上記の原則に捕われていたために、彼が第一の規則として提示した推論では正しい推論を行いながら、第二の規則として提示した推論では推論を誤っている（VIII-1, 68）。

[Regula I.] 第一に、これら二つの物体を B, C とし、それらの大きさが全く同じであり、等しい速さで B は右から左へ、C は真反対に左から右へ動く場合、それらがぶつかり合うと両者は向きを変えて、その後は B は右へ C は左へ動き続け、もとの速さを少しも失わないであろう。

[Regula II.] 第二に、B が C よりわずかに大きく、その他の点では先のとおりだとすると、C だけが跳ね返り、両者とも左に向かって同じ速さで動くであろう。

ニュートンは彼の修学時代にすでに、上に掲げた慣性法則に示されているようなデカルトの新しい運動概念に従いつつ、かつ彼の衝突論の欠点を正しつつ、「反射した [すなわち衝突した] 物体相互の力」は互いに等しく作用し、等しい運動の変化をもたらすと結論づけている¹¹⁾。ニュートンの第三法則の原型は、彼によるデカルトの衝突論の検討のうちにすでに含まれていた。『プリンキピア』で定式化された第三法則は、デカルトの第三法則に含まれている誤り——「ある物体は他のもっと力の強い物体に衝突してもその運動を失わない」（VIII-1, 65）——を正し、かつ物体間の相互作用を衝突という接触作用に留めずに、引力という遠隔作用にまで拡張したものであった。すなわち、「この法則は……引力においても成り立つ」（Pr., 55）とするのが、ニュートンの反作用法則であった。

II

ニュートンの修学時代の手稿には、先の第三法則の原型のみならず、第一法則の原型もまた含まれていた。彼はそれを前記『雑記帳』に「公理100」として次のように書きとめていた。「あらゆる事物は何らかの外的原因に妨げられないかぎり、現状を維持する。したがって、……物体は一旦動かされると、その運動の速さ、量、方向をたえず保つであろう¹²⁾」と。見られるとおり、物体の慣性はその状態持続を根本規定とする。ニュートンは、後年、彼の慣性原理の確立にとって決定的な、最初は彼自身も採用したデカルトの「物体運動の力」の概念の撤回を行いながら、デカルトに拠りつつ「静止もしくは直線上の一様な運動状態を維持する能力 (Power)¹³⁾」と規定した

内在力の概念は撤回せずじまいであった。¹⁴⁾この点は、われわれには奇異に感じられる。なぜなら、われわれが理解するいわゆるニュートン力学においては、そのような物体に内在する「力」は、力の概念に対立する概念、言い換えれば、力の作用ゼロの状態、敢て力の概念を用いて言えば、遠心力の場合と同じ見かけの力にすぎないからである。しかるに、ニュートンは後年の『プリンキピア』においてもなおそれを、「内在力 *vis insita*」として定義し、これを「慣性力 *vis inertiae*」と呼び替えていた (Def. III; Pr., 40)。この「力」は、『プリンキピア』においても「外力 [加わる力] *vis impressa*」に対立する「力」として想定されており (ibid.)、確かにニュートン力学の核心はこの対立する両力にあり、これを巡って彼の力学思想は形成されてきた。したがって、この命名は彼の思想形成に由来している。¹⁵⁾だが、「慣性力」とはそもそも不活性な活性という逆説的な命名にほかならず、そのためであろうか、『プリンキピア』では彼自身もわざわざ、この「力」を、状態変化をもたらす原因となる能動的で外在的な「作用 *actio*」——これが近代力学における力の概念の根本規定である——とは正反対の受動的で内在的な「能力 *potentia*」であると注記している (ibid.)。このような注記があるにせよ、これをしもニュートンは力として規定したのであった。そのみならず、さらにこれを、彼は物体の基本性質の一つに数え挙げさせている。彼は主著第二版 (1713年) に追加した *Regula philosophandi III* のなかで、「延長、固さ、不可入性、可動性」の他に「慣性力」をも物体の基本性質のうちに数え入れる (Pr., 554)。なぜなのであろうか。それは、他の機会に詳論したように、自然諸現象はすべて粒子の本質的諸性質に還元されなければならないという、彼の終生変わることのなかった原子論的確信のためにほかならなかつた。¹⁶⁾

さて、ニュートン力学においてその独自性をなすところの第二法則は、今日では、ニュートンの運動方程式 $F=ma$ として用いられているものである。第二法則として定式化された文言のうちには質量という語も加速度という語も現れていないが、法則つまり公理に先立って定義が与えられており、そのなかにそれに相当する内容を見出すことができる。定義は全部で八つからなり、順次、「物質量 *quantitas materiae*」 (Def. I), 「運動量 *quantitas motus*」 (Def. II), 「内在力 *vis insita*」 (Def. III), 「外力 *vis impressa*」 (Def. IV) を、そうしてさらに「向心力 *vis centripeta*」 (Def. V) およびこの力の「絶対量 *quantitas absoluta*」 (Def. VI), 「加速量 *quantitas acceleratrix*」 (Def. VII), 「起動量 *quantitas motrix*」 (Def. VIII) を定義している。これら八つの定義において、まず二つの基本量 (Def. I~II) と二つの基本力 (Def. III~IV) が定義され、それを基礎にして「向心力」とその三種の量が定義される (Def. V~VIII)。定義としては最初の四つで基本的な内容が尽くされているように思われるにもかかわらず、さらに「向心力」に関する四つの定義が加えられているのはなぜであろうか。『プリンキピア』で主題とされるべき「重力がこの種の力である」 (Pr., 42) ためである。先に関説したとおり、『プリンキピア』の第三篇において重力とその法則が扱われるのであるから、ニュートンにとっては、「向心力」こそが最重要な力であり、彼の定義の箇所における考察の真の出発点であったと考えられる。彼はホイヘンスの「遠心的 *centrifugal*」という語を意識しつつ「向心的 *centripetal*」という語を作り出したのだったが、「この語以上に『プリンキピア』を特徴づけているものはない。『プリンキピア』は、他の何ものにもまして、軌道運動を決定する向心力の研究だった」¹⁷⁾。ただ、諸力の種別とそれら相互の諸関係すなわちそれらの体系的位置を今後問題としなければならないわれわれのために、『プリンキ

ピア』の定義に認められるそれを確認しておこう。「向心力」は力の種別としては、Def. IV によって与えられている「外力」の特種形態すなわち回転運動において作用する「外力」にすぎず、したがってそれは力の体系に位置づけるとすれば、「外力」という基本力のサブシステムということにならざるをえない。そこで八つの定義を図式化すれば、以下のようになるであろう。

【表 1】

$\left\{ \begin{array}{l} \text{quantitas materiae (Def. I)} \\ \text{quantitas motus (Def. II)} \\ \text{vis insita (Def. III)} \\ \text{vis impressa (Def. IV)} \end{array} \right.$	— vis centripeta (Def. V) —	$\left\{ \begin{array}{l} \text{quantitas absoluta (Def. VI)} \\ \text{quantitas acceleratrix (Def. VII)} \\ \text{quantitas motrix (Def. VIII)} \end{array} \right.$
--	-----------------------------	---

問題の第二法則「運動の変化は外的な起動力に比例する」を規定した冒頭の文言「運動の変化」は、内容的には「運動量¹⁹⁾の変化率」を意味し、ここに「運動量 *quantitas motus*」の概念が含まれており、さらにこの概念は「物質質量 *quantitas materiae*」の概念を前提している。また先の文言に続く文言「外的な起動力に比例する」は、「外力」とその量的な規定「起動力 *quantitas motrix*」に関係しており、「外力」は Def. IV によって、その「起動力」は「向心力の起動力」として Def. VIII によって与えられている。すなわち、それらは、以下のとおりである。

Def. I. 物質質量とは、物質の密度と体積との積から得られる物質の測度である。

Def. II. 運動量とは、速度と物質質量との積から得られる運動の測度である。

Def. IV. 外力とは、静止状態であれ等速直線運動状態であれ、物体の状態を変えるために物体に及ぼす作用である。

Def. VIII. 向心力の起動力とは、与えられた時間内に生ずる運動に比例する向心力の測度である。

上掲の定義のうち Def. IV を、「加速度を決定する力の特性を要約していると解されるべき²⁰⁾」だとし、それに Def. VIII の量的規定を加えれば、第二法則は例の運動方程式 $F=ma$ となり、その量規定をより Def. VIII に即して今日の数学的記法で表せば、 $F=d(mv)/dt$ ²¹⁾ すなわち力の起動力は運動量の時間微分として得られる、となる。ここで問題になっているのが、与えられた時間内に速度 (v) の変化を生じさせる加速力ではなく、運動量 (mv) の変化を産み出す起動力であるという点にわれわれは注意しなければならぬ。この点こそが近代力学に対するニュートンの独自の寄与にほかならなかつたからである²²⁾。ちなみに、第二法則は Def. VIII を受けて、運動量と起動力の比例関係を定式化しているが、「この比例関係のなかに、ガリレオの運動学を凌ぎかつ完成させるとされると思われる定量科学としての力学の可能性があった²³⁾」のである。定義と第二法則との関連について今一つ指摘しておいてよいことは、次の点である。すなわち、ニュートンが運動量という量を手稿『物体の運動について』(1684年)で新たに定義したために、質量に関するもう一つの定義が必要になったのであったが、上に掲げた二つの定義(『プリンキピア』本文の冒頭に掲げられている最初の二つの定義) Def. I と Def. II はこのような事情を反映しており、Def. I として最終的に定式化された「質量の概念がなかったならば、力の法則である第二法則は不完全のままだった」と考えざるをえず、したがって、この概念は第二法則とともに「力学に対するニュートンの貢献の心臓部をなしていた²⁴⁾」ということである。

III

『プリンキピア（自然哲学の数学的原理）』の第一版（1687年）が刊行されてからはほぼ百年を隔てた後（1786年）、『自然科学の形而上学的原理』と題された書物がドイツで刊行されている。周知のとおり、ニュートンは前記著者のなかで、力の自然学的原因や所在の考察には立ち入らないで、それをただ数学的にのみ扱うということを繰り返し強調していた。これが表題における「数学的原理 principia mathematica」の一つの主要な含意である。だが、ニュートン以後の自然科学者たちは、力とりわけ重力に対する『プリンキピア』におけるニュートンのこのような扱いに飽き足らず、他のテキストではニュートン自身も試みたその自然学的原因や所在さらにはその本性の究明を試みている²⁶⁾。当然の成り行きと言えよう。18世紀の自然科学的研究の大きな流れは、ニュートンが遺した課題に取り組むことであつたのであり、先の試みはその顕著な一つにほかならなかつた。前記の書物の狙いもこの大きな流れに棹さすことには相違なく、それがその表題「形而上学的原理 *Metaphysische Anfangsgründe*」すなわち *principia metaphysica* にも端的に現れている。先の書物『自然科学の形而上学的原理』の著者カントにとっても、自然科学の数学的扱い、言い換えると物体論に対する数学の適用は、自然科学の成立の根幹にかかわる事柄にほかならなかつた。彼にとってもニュートンやガリレオの場合同様、物体論が自然科学となりうるのは数学の適用如何にかかっていた。彼は言う。「物体論は数学の適用によってのみ自然科学となりうる」（IV, 472）と²⁷⁾。ただ、カントは彼らとの間に決定的な相違があるとも考えており、それは「物体論に数学が適用できるためには、物質一般の可能性に属する諸概念を構成するための諸原理が、前もって与えられていなければならない」（*ibd.*）ということを彼らが自覚していなかつたという点であつた。この諸原理こそ、カントにとって、形而上学的諸原理 *principia metaphysica* にほかならなかつた。『原理』においてカントが提示した根本思想、自然哲学は、結局のところ、次の二つの根本テーゼに集約できる。

「本来的にそう呼ばれるべき自然科学は、まず第一に自然の形而上学を前提する。」（IV, 469）

「すべて特種自然論においては、そこに数学が認められる程度によってのみ本来的な科学が認められる。」（IV, 470）

ここに二度にわたってカントによって強調され、「自然科学」もしくは「科学」の名に冠されている「本来的 *eigentlich*」という語は、今日われわれがしばしば用い、カントもそれとはほぼ同じ意味で用いている「厳密な意味における」（IV, 468）と同義である。つまり、「本来的自然科学」もしくは「本来的科学」とは、いわゆる「精密科学」を意味する。そうしてそのメルクマールとして挙げられていたものは、自然の体系的認識の結合関係が根拠と帰結の関係となっているということ、言い換えるとその確実性が経験的なものではないということとその必然性が経験法則に基づくものではないということであつた（*ibd.*）。したがってこのメルクマールは、精密科学を経験科学から区別するために持ち出されていた。カントは精密科学を精密たらしめているものを、数学的物理学者たちのように数学とのみ考えるのではなく、形而上学とも考えていたのである。カントは彼らの営為を評して、彼らがあらゆる形而上学的要求を退けながらも「（自分自身では無

意識的であったにせよ）いつも形而上学的諸原理を用いてきたし、また用いざるを得なかった」（ebd.）と断じている。もっとも、彼らが形而上学的要求を退けたのは、彼らが捏造的概念を弄ぶのを避けようとしたためであったが、このような態度をカントは「妄想」と称して退け、これに対して彼の構想する「真の形而上学」を対置する。

「すべて真の形而上学は思惟能力そのものの本質から取り出されるものであり、それが経験から借り受けたものでないからといって、けっして捏造されたものであるわけではない。それは思惟の純粋な働きを含むものであり、したがって、多様な経験的諸表象をはじめて合法的な結合にもたらすところの、アプリオリな諸概念や諸法則を含むものである。これら経験的諸表象は、こうした働きを通じて経験的認識、すなわち経験となることができる。」

（ebd. 強調はカント、以下同様）

この『自然科学の形而上学的原理』（以下、『原理』と略記）の序文の一節には、『純粹理性批判』（以下、『批判』と略記）の純粹悟性概念（カテゴリー）の演繹や純粹悟性の原則の体系においてカントが目指した根本思想が集約的に記されている。これに対し、『原理』の目指すところ、課題は、「物質の経験的な概念……を基礎に置き、こうした対象について理性がアプリオリに獲得しうる認識の範囲を探求する」（IV, 470）というものである。ここでまずわれわれが問題にしなければならないのは、『原理』の探求が「物質という経験概念を基礎に置く」というカントの言明である。ここに、『批判』の形而上学すなわち自然の一般形而上学と『原理』の形而上学すなわち自然の特種形而上学との相違がある。前者が「特定の経験的对象に関与することなく、……自然一般という概念を可能にする諸法則を取り扱う」のに対し、後者は「経験的概念が与えられている特定の種類の事物の特殊な自然本性にかかわるもの」であり（IV, 469-470）、両者の関係は「かの超越論的諸原理がわれわれの感官の対象……に適用される」（IV, 470）という関係である。このようなものとして、それは「物体的自然の形而上学」（ebd.）と呼ばれる。『原理』序文の他の箇所の記事を併せ考えると、カントがここで物質概念の経験的側面を強調している、その強調点は、それが外官の対象となりうるものであるという点にあるように思われる。実際、彼は序文中、『原理』の四部門構成を述べた箇所で、物質概念の根本規定を「外官の対象となるべきものの根本規定」（IV, 477）と見做している。もっとも、そこではその根本規定を、「運動によってのみ外官が触発されうる」という理由から、運動と特定しているが、この特定は彼の思想形成過程も含めて、彼のこの問題に関する根本思想そのものに照らしてみても、当を得ないものと言わざるを得ない。彼が1764年の懸賞論文以来、自然経験として考えてきたものは、外官、より端的には「触覚」による、「不可入性」の経験にほかならない。²⁸⁾『プロレゴメナ』（1783年）において、彼が物質の経験概念として、運動、不可入性、慣性を挙げた際、不可入性に対してのみわざわざ「物質という経験概念はこれに基づく」（IV, 295）と注記しているばかりか、さらに『原理』本文では、「不可入性は物質の根本性質であり、それによって物質は……われわれの感官にはじめて顕現する」（IV, 508）と明言している。²⁹⁾ともあれ、われわれが目下の考察の出発点とした先の言明は、「物質の経験的な概念……を基礎に置き、こうした対象について理性がアプリオリに獲得しうる認識の範囲を探求する」というものであった。後半部分の考察に移ろう。

ここで言明されている『原理』が探求すべき範囲は、一般形而上学の体系すなわちカテゴリーの体系によって確定される。「自然一般の形而上学的体系であろうと、特に物体的自然の形而上

学的体系であろうと、これを完全にするための図式はカテゴリー表である。なぜなら、事物の自然本性に関与しうる純粹悟性概念はこれ以外にないからである」（IV, 474）。すなわち、自然一般の形而上学的体系をなすカテゴリー表の四つの綱目——量、質、関係、様相——に応じた物體的な自然の形而上学的体系が、カントによって考案される。それが、『原理』を構成する四部門——運動学、動力学、力学、現象学——である。最後の部門の現象学の場合には、それがそれまでの部門、特に直前の部門の対象を「表象様式の観点から」（IV, 477）規定し直すものであるのに対し、第一部門の運動学は運動、第二部門の動力学は不可入性、第三部門の力学は慣性という物質概念を基礎概念に据える。このように物質概念を基礎に置くことによってはじめ、『批判』における一般形而上学では不可能であった、物質の運動や力というような現実存在に関する数学的構成が可能となる。『原理』の三部門の基礎に置かれている運動、不可入性、慣性という物質概念の三規定は、先に考察したとおり、外官、感性的直観の対象であるかぎりでは経験的であるが、純粹悟性概念とも関連しつつ物質の本性を規定するかぎりではアプリオリである。そうであるからこそ、これらを扱う『原理』の探求は「物體的な自然の形而上学」と呼ばれる。これは自然の特種形而上学として彼自身の一般形而上学と連携している。これから考察するように、良くも悪しくも、ここに彼の自然形而上学の独自性がある。うえて、『原理』の一般的性格づけを一応果たしたことにして、以下で、本稿の主要課題である力学におけるニュートンとカントの基本法則を比較することにしよう。

IV

『原理』の物体論は、『批判』のカテゴリー論に対応して四つの部門に別れていた。カントが力学法則を定式化しているのはそれらのうちの第三部門「力学」においてである。まずは、そこにおける定式を見ることにしよう（IV, 543-545）。

Erstes Gesetz der Mechanik 物體的な自然がどのように変化しようとも、物質量は全体としては増減せず、同一のままである。

Zweites Gesetz der Mechanik 物質の変化にはすべて外的原因がある（いかなる物体も外的原因によって状態を変えさせられないかぎり、静止状態であれ同一方向と同一速度の運動状態であれ、その状態に留まる）。

Drittes mechanisches Gesetz 運動のあらゆる伝達において、作用と反作用はつねに等しい。

さてここで、カントのこの三法則を以前に掲げたニュートンの三法則を比較するため、両者の対照表（表2）掲げる。ただし、後者に関してはラテン語の原文ではなく独訳掲げることにする。そのほうが表現上の類似も含めて比較に好便だからである。

この表において左側がニュートン『プリンキピア』の三法則、右側がカント『原理』の三法則である。両者を比較対照してみると、まず気づくことは、カントの第一法則（物質量の保存法則）に当たるものがニュートンの三法則のうちには見当たらないということである。これが、両者を比較対照したばあいの問題点の一つである。最後の第三法則すなわち反作用法則に関しては両者

【表2】

Erstes Gesetz der Mechanik. Bei allen Veränderungen der körperlichen Natur bleibt die Quantität der Materie im Ganzen dieselbe, unvermehrt und unvermindert.

Gesetz I

Jeder Körper verharrt in seinem Zustand der Ruhe oder der gleichförmig-geradlinigen Bewegung, sofern er nicht durch eingedrückte Kräfte zur Änderung seines Zustands gezwungen wird.

Zweites Gesetz der Mechanik. Alle Veränderung der Materie hat eine äußere Ursache. (Ein jeder Körper beharrt in seinem Zustande der Ruhe oder Bewegung, in derselben Richtung und mit derselben Geschwindigkeit, wenn er nicht durch eine äußere Ursache genötigt wird, diesen Zustand zu verlassen.)

Gesetz II

Die Bewegungsänderung ist der eingedrückten Bewegungskraft proportional und geschieht in der Richtung der geraden Linie, in der jene Kraft eindrückt.

Drittes mechanisches Gesetz. In aller Mitteilung der Bewegung sind Wirkung und Gegenwirkung einander jederzeit gleich.

Gesetz III

Der Einwirkung ist die Rückwirkung immer entgegengesetzt und gleich, oder: die Einwirkungen zweier Körper aufeinander sind immer gleich und wenden sich jeweils in die Gegenrichtung.

左側：ニュートン（テキストはPbB, Bd. 394），右側：カント（テキストはKant・Werke, Bd. 8, hg. v., W. Weischedel）。

は一致している。残るは第二法則であるが、双方の第二法則が第三法則の場合のように一致しているかどうかにはわかには判じがたい。これが、もう一つの問題点である。まずこの問題からわれわれの考察を始めよう。

カントの自己理解によれば、彼の力学の第二法則は慣性法則に相当する。彼は当該法則の注のなかで、これを「慣性法則 *lex inertiae*」と呼び、力学ひいては自然科学における物質概念の無生命性言い換えると物質概念からの生命的原理の排除を強調している。彼にとって、慣性法則に対立する物活論は「自然哲学の死」を意味した。「本来の自然科学は慣性法則……に基づく。慣性法則に反対すること、したがってまたあらゆる自然哲学の死は物活論であろう」（IV, 544-545）。このように言うカントは、近代力学ひいては近代自然科学（すなわちガリレオ、デカルト、ニュートン以来のそれ）の根本法則が慣性法則にあるということを正しく捉えている。このカントの自己理解に従うかぎりでは、彼の力学の三法則は保存法則、慣性法則、反作用法則ということになり——彼自身、そう呼んでいる。「*lex subsistentiae, inertiae et antagonismi*」（IV, 551）——このような法則の立て方は、ニュートンのそれよりはむしろデカルトのそれに類似している。前節ですで見たとおり、デカルトは神の完全性、不変性に基づいて保存原理（ただし、彼の場合は運動量の保存）を説き、これを前提として三つの自然法則（その第一と第二が慣性法則、第三が衝突法則）を立てていた。ではカントはデカルトの法則定立をモデルとして彼の力学の三法則を定式化したのであろうか。否である。彼は彼自身の一般形而上学の三原理を基礎に置きつつ、それを行っていた。カントの力学における叙述の仕方では、三法則はいずれも定理として扱われ、それにそれぞれの証明がつけられており——これはわれわれには奇妙に思われる——その冒頭に皆、括弧で括られたほぼ同じスタイルの断り書きが置かれている（IV, 541, 543, 544-545）。

Beweis [zum Lehrsatz 2]（自然がどのように変化しようとも実体は生成消滅しないという、一般形而上学に由来する命題を基礎に置く。したがって、ここ『原理』の特種形而上学]で示すことは、物質における実体とは何かということだけである。）

Beweis [zum Lehrsatz 3]（変化にはすべて原因があるという、一般形而上学に由来する命題を基礎に置く。ここで物質について証明すべきことは、物質の変化にはつねに外的原因がなければならないということだけである。）

Beweis [zum Lehrsatz 4]（世界におけるあらゆる外的作用は相互作用であるという命題を一般形而上学から借りてこなければならない。ここで力学の範囲内に留まるために示さなければならないことは、この相互作用（*actio muta*）が同時に反作用（*reactio*）であるということだけである。ただ私は、洞察の完全性を損なわせないために、かの形而上学的相互性の法則をここで省くわけにいかない。）

上掲の三つの断り書きには、一般形而上学と特種形而上学との力学問題、言い換えると『批判』と『原理』との力学問題における関係が如実に示されている。ここ特種形而上学、『原理』の力学の基礎に据えられている三命題は、いずれも、かの一般形而上学、詳しく言えば、『批判』の原則論のうちの経験の類推論で述べられていた三類推にほかならない。これらは、第一版の表現（『原理』は『批判』第二版前年のものである）に従えば、「持続性の原則 *Grundsatz der Beharrlichkeit*」「生起の原則 *Grundsatz der Erzeugung*」「相互性の原則 *Grundsatz der Gemeinschaft*」と呼ばれていた（A 182, 189, 211³¹⁾）。周知のとおり、原則論それ自身もまた演繹論におけるカテゴリー表に基づいており、したがって三者の依存関係は（判断表は別にして）、カテゴリー→原則→原理となり、さらに当該の力学にとっては、関係のカテゴリー（実体、因果、相互性）→経験の類推の原則（持続性、生起、相互性）→力学の形而上学的原理（保存法則、慣性法則、反作用法則）となる（表3参照）。

【表3】

I.	
Transcendentale Tafel der Verstandesbegriffe	
1.	
Der Quantität nach	
Einheit (das Maß)	
Vielheit (die Größe)	
Allheit (das Ganze)	
2.	3.
Der Qualität nach	Der Relation nach
Realität	Substanz
Negation	Ursache
Einschränkung	Gemeinschaft
4.	
Der Modalität nach	
Möglichkeit	
Dasein	
Notwendigkeit	

II. Reine physiologische Tafel allgemeiner Grundsätze der Naturwissenschaft	III. Reine physiologische Tafel besonderer Grundsätze der Naturwissenschaft
1. Axiome der Anschauung 2. Antizipationen der Wahrnehmung 3. Analogien der Erfahrung 4. Postulate des empirischen Denkens überhaupt	1. Phoronomie 2. Dynamik 3. Mechanik 4. Phänomenologie
II-3. Analogien der Erfahrung { ① Analogie der Erfahrung Grundsatz der Beharrlichkeit ② Analogie der Erfahrung Grundsatz der Erzeugung ③ Analogie der Erfahrung Grundsatz der Gemeinschaft	III-3. Mechanik { ① Gesetz der Mechanik Gesetz der Erhaltung ② Gesetz der Mechanik Gesetz der Trägheit ③ Gesetz der Mechanik Gesetz der Wirkung

I と II は PhB, Bd. 40, S. 59-60 より。II. 3. の①-③と III 全体は松山が作成。

以上のように見てくるならば、カントにおける自然科学の形而上学的基礎づけの試みの意図は次の点にあったと言わざるを得ない。それは、既存の特定の自然科学（ニュートン力学であれ、何であれ）を一般化して、その基礎論（たとえば今世紀前半の論理実証主義における科学哲学のそれ）を提供することではなく、むしろその逆に個々の自然科学がそれに従わなければならない基礎、しかもその形而上学的基礎を確立すること、これである。たとえば最近優れたカント論を著した O. ヘッフエも、カントの議論が数学であれ自然科学であれ、特定の時代の特定の科学の水準に縛られるものではないことを再三強調している³²⁾。またそれは、たとえば持続性原則を説いた第一類推論のうちに現代物理学におけるエネルギー恒存の法則の先駆形態を見ようとした C. F. v. ヴァイツェカーの試み³³⁾のような、カントの議論の現代的解釈が現れることを可能にする普遍性を有している。もっとも、今論じている力学問題だけでも、検討すべき問題点、疑問点がなおいくつも残っている。一般論はともかくとして、再び当時という時代の枠内に入って、ニュートンの力学とカントの力学との関係の吟味に戻ることしよう。

V

前節で対照表（表2）をもとに、ニュートンとカントの三法則を比較対照した際に提起した問題点を思い起そう。その一つは、カントの力学における第一法則に相当するものがニュートンの力学の三法則のうちには見当たらないという点であった。いま一つは、両者の第二法則は内容的に一致しているかどうかという点であった。

前者について少々コメントを加えれば、すでに述べたとおり、デカルトは保存原理（彼の場合

は運動量の保存)を立ててはいるが、それは彼の三法則（ニュートンの第一と第三、カントの第二と第三に相当する）の大前提としてであった。ニュートンの場合、保存原理に関する考えはデカルトとは異なるが、それが法則の外に置かれているという点では、デカルトの場合と一致している。しかるにカントはそれを（ただし彼の場合は質量の保存）三法則のうちを含めていた。この問題をわれわれはどう考えるべきであろうか。特種形而上学としての力学と一般形而上学としての演繹論、原則論との関係というカント的な問題設定は措くとしても、自然科学全体における法則とその大前提とはどう違うのか。この問題は、神学の問題ともあるいは公理系の性格の問題とも関連する大きな問題であるが、ここでは、問題の指摘のみに留め、考察を第二の問題点のみに限定することにしたい。まずはカントの力学の第二法則をもう一度引用する。

「物質の変化にはすべて外的原因がある（いかなる物体も外的原因によって状態を変えさせられないかぎり、静止状態であれ同一方向と同一速度の運動状態であれ、その状態に留まる。）」(IV, 543)

この法則は同一の命題からなるのか、それとも別個の二つの命題からなるのか。これをまず問題にしなければならない。すでに述べたとおり、この法則に対してカントが付した注では、それを慣性法則とのみ規定していた(IV, 544)。だがこの規定は文言上、上掲の法則のうち、括弧内の記述にのみ妥当するように思われる。だとすると、上掲の第二法則の記述の全体は二つの命題からなることになるのであろうか。その最初の命題はこうである。すなわち「物質の変化にはすべて外的原因がある」。ところで、この命題は物質（物体）の状態変化の原因の外在性を述べている。このような理解が正しければ、第二法則として記述された二つの命題は、その表現の仕方が逆なだけで、内容としては同一内容を述べていることになる。こう解するならば、二つ目の命題が括弧内に収められていることも、またそれに対する注の内容が慣性法則に対する注記のみに終始していることも納得がゆくであろう。だとすると、今度は、ニュートンの力学と比較対照した場合の、そのゆくえが不明となる。ニュートンの第二法則ぬきの力学となると、デカルトの運動学的自然学に舞い戻ることになりかねないが、法則定立の外見的類似にもかかわらず、カントの力学はそういうものではない。

そこでこの問題を解明するために、ここで再びカントの力学における法則に対する証明の断り書きに目を向けることにしよう。第二法則に対するそれは次のようなものであった。「変化にはすべて原因があるという、一般形而上学に由来する命題を基礎に置く……」(ebd.)。すでに指摘したとおり、この命題は『批判』の原則論における第二類推の根本テーゼにほかならなかった。第一版では「生起の原則」と呼ばれ、「生起する（始まる）ものはすべてある規則に従って帰結するあるものを前提する」(A 189)と定式化され、第二版ではそれが「因果性の法則に従う時間継起の原則」と呼び換えられ、「変化はすべて原因と結果の結合法則に従って生起する」(B 232)と書き換えられている。第二版での書き換えが明示しているように、第二類推の根本テーゼは原因と結果の結合法則つまり因果律を主張するテーゼにほかならない。周知のとおり、このテーゼは因果律に関するヒュームの懐疑に対する反論として提起されていた。ここでわれわれが問題にしたいことは、この反論の妥当性如何ではなく、むしろこの反論が同時にニュートン力学の擁護を意味するという、しばしばなされる主張、指摘の妥当性如何である。はたして大方の指摘にあるように、ヒュームの懐疑に抗した因果律の確証が直ちにニュートン力学の擁護に結びつくであ

ろうか。この点にはなほ疑問としなければならない。O.ヘッフェも注意しているとおり、「最近の哲学、科学論における議論では、特定の種類の物理法則としての因果法則と出来事にはすべて原因があるという因果律とは区別される³⁵⁾。われわれは両者を直ちに結び付けるわけにはいかないのである。カントの因果律のテーゼは特定の種類の物理法則とは全く別のレベルに属している。この点に関しても、ヘッフェの指摘は的を射ている。「自然科学観においてカントがニュートンの決定論的な力学によって強く特徴づけられているとはいえ、彼の因果律は別のレベルすなわち超越論的なレベルに基づいている……。現代の確率法則によって因果律は追い越されたのではない。ただ結果として量子物理学においては素粒子の領域での因果の規則を古典物理学でのそれとは別のものと見做さねばならなくなっただけである。因果連関を物理学的に把握する法則の種類について、またその法則の意味内容について、カントの因果律は何の情報も与えない。因果律は自然科学的な原則ではなく、超越論的な原則なのである³⁶⁾」。ヘッフェは、カントの超越論的原則を、古典物理学であれ現代物理学であれ、時代の理論的制約から自由なものを見做している。「超越論的理性批判は自然科学を束縛せず、むしろ思弁的で閉鎖的でない探求過程へと開放する³⁷⁾」。ヘッフェはこう主張することによって、カントの超越論哲学に時代を越えた普遍妥当性を与えようとしている。カントの超越論哲学が特定の自然科学の基礎づけを意図したものでないことは、われわれのこれまでの考察に照らしてみても確かである。特定の科学との非拘束性こそ、超越論哲学の超越論性であろう。また超越論的因果律が物理的な情報を何も与えないというのも、ヘッフェの指摘するとおりである。「自然を認識しようとする者はあらゆる出来事を結果と見做し基礎にある原因を探求するよう促されるように思われるが、個々の場合に原因がどこにあるかは経験的にのみ発見される（B 165 参照）。特定の因果関係はいずれも、因果の規則の類型すらも、超越論的必然性に基づくのではなく、むしろ経験とその科学理論に基づいている³⁸⁾」。この問題についてさらに検討するために、以下、ニュートンにおける力の概念とカントにおける力の概念とを比較することにしよう。

VI

カントは『批判』のなかで力の概念に対して、全面的に純粋でアプリアリでもなければ全面的に経験的でアポストリアリでもないという微妙な中間性格を賦与している。彼はこうした性格を特徴とする概念を「純粋だが派生的な概念」と規定して、これを「客位語 *praedicabilia*」と名づける（A 82 / B 108）。これは彼が恣意的と批判するアリストテレスのカテゴリー——これは「賓位語 *Pradikament*」と呼ばれる——との対立を意識した命名にほかならなかった（*ibd.* vgl. *Prol.* § 39: IV, 323）。彼の客位語にはあってアリストテレスの賓位語にはないとされる概念としての必然性は、むしろカントのカテゴリーすなわち純粋悟性概念のそれに由来する。「根源的で一時的な概念」である純粋悟性概念に対応した「派生的で二次的な概念」（A 82 / B 108）、それが純粋悟性概念との関連における客位語の位置である。したがって、それぞれの純粋悟性概念にはそれぞれ客位語を想定することができる。たとえば原因性のカテゴリーの場合のそれが「力」である³⁹⁾。ところで、力という場合、自然諸学によってさまざまな力が想定される。このような力

の多様に対し、カントは、『プリンキピア』の *Regula philosophandi I* に見られるのと同様の) 思考の経済原理を働かせて、「比較によって隠れた同一性を発見し……可能な限り外見的相違を減らす」努力の必要を説く（彼は「原理の節約」というこの思考法に名称を与えて、これを明確に「理性の経済原理」（A 650 / B 678）と呼んでいる）。これによって、諸力は彼が「相対的根源力」と呼ぶ力に還元され、これらがさらに比較されて「根源的で絶対的な唯一の根源力（*Grundkraft*）」に近づけられる（A 648 / B 676-A 649 / B 677）。このような作業が完了するならば、そこに「唯一の根源力」を頂点とする諸力の体系が成立することになるが、ここに予想される諸力の体系がカテゴリー表という純粋悟性概念の体系性とは異なる派生的二次的概念としての力の概念の体系性である。

化学で扱われる諸力は別にして（vgl. *Allgem. Anm. z. Dyn.*: IV, 523 ff.），カントが『原理』において「根源力」として想定する力は引力と斥力の二つである。これらはいずれも「運動の原因」という意味での「起動力 *die bewegende Kraft*」（IV, 497 f.）として定義される。

「引力（*Anziehungskraft*）とは、それによってある物質が他の物質を近づかせる原因となりうるような起動力（*bewegende Kraft*）である。……

斥力（*Zurückstößungskraft*）とは、それによってある物質が他の物質を自分から遠ざける原因となりうるような起動力（*bewegende Kraft*）である。……」（IV, 498）

ニュートンが「起動力」——*vis motrix*（ドイツ語にすれば *die bewegende Kraft*）——という名称を用いたのは、すでに見たとおり、向心力の起動力を示す際であった（Def. VIII）から、カントの場合とニュートンの場合には名称の用い方が異なっている。しかも、向心力とは円運動における外力に対する名称として外力と同等の力なのであるから、「起動力」という名称は、ニュートン力学の場合、そこで想定された基本力、この外力とそれに対立する内在力（慣性力）という二力のうちの一方のみ当て嵌まる。しかも「起動力」としての外力に対立する慣性力としての内在力は力としては見かけの力（ $F=0$ ）にすぎないのに対し、カントの場合、両力是对等の「起動力」となっている。先のカントの両力とニュートン力学の両力をこのように比較することは、実は内容的には大きなズレがあって適切ではない。ここではただ名称の用い方の相違を際立たせるためにそれを試みた。ここでカントが「根源力」として想定している引力と斥力は、彼の思想形成史から見ても明らかなおとおり、ニュートンから借用したものにはかならなかった。ただし、それはニュートンの重力理論ではなく彼の物質理論における両力なのである。この両力をカントは『原理』では、四つのカテゴリーのうちの質のカテゴリーに対応する、物質を構成する理論としての動力学の部門に、その根本概念として導入している。それでは力学の部門——関係のカテゴリーに対応する——の場合の力の定義はどのようなものであろうか。

『原理』における力学部門の内部構成の全体は、系はともかくとして、二つの定義（Erkl. 1, 2）と四つの定理（Lehrs. 1~4）からなっている。

Erkl. 1（IV, 536）は物質の定義

「物質とは、起動力をもつかぎりの運動体である。」

Erkl. 2（IV, 537）は物質質量と運動量の定義

「物質質量とは、特定空間における運動体の測度である。……運動量とは、起動された物質の量とその速度とによって同時に計量される量である。」

そうしてさらに物質質量の計量に関する定理（Lehrs. 1）を介して、例の三法則（Lehrs. 2, 3, 4）が続

く。これをニュートンの場合と比較して見ると、カントの場合、奇妙なことに三法則が公理としてではなく定理に位置づけられている（これについてはすでに指摘した）だけでなく、もっと奇妙にも、定義にも定理にもどこにも力の規定が含まれていないことに気づかされる。すなわちニュートンの場合、八つからなる定義のうち最初の二つが物質質量と運動量の定義（Def. I, II）、続く二つが内在力と外力の定義（Def. III, IV）、そうして残りが向心力の定義（Def. V~VIII）であった。われわれの整理によれば（本稿第Ⅱ節に掲げた表1参照）、向心力は外力に還元できるから、力学にとって必要最少限の定義は、物質質量と運動量の定義と内在力と外力の定義ということになる。カントの力学には Erkl. 2 に前者が含まれているため、必要と思われる力の定義、しかもそれによって初めて力学が力学として成立する内在力と外力の定義が欠落している。すでに考察した（本稿第Ⅳ~Ⅴ節）、カントの力学におけるニュートン力学の第二法則に相当するものの欠落はこの欠落に相呼応している。われわれは力学にとって実に奇妙なこの問題をどう考えるべきであろうか。最後にこの問題に対して、われわれの最終的結論を提示しなければならない。

Ⅶ

カントの力学を構成しているすべての定義と定理のうちで、力の概念が含まれているのは唯一、物質を定義した Erkl. 1 のみである。再度引用すると

「物質とは、起動力をもつかぎりの運動体である。」

ここに登場する「起動力」の概念は、部門としては力学に先立つ動力学における定義を前提している。そこでは「起動力」は、すでに見たとおり、「運動の原因」とのみ規定され、実際の力としては引力と斥力が想定されていた。これらは彼の力の体系では、一切の「根源力」となるべきものである。この動力学における「根源力」としての両力と力学における「起動力」としての力の関係はどうなっているのだろうか。この点についてはカント自身、彼の力学の Erkl. 1 に対する注のなかで次のように述べている。

「動力学的概念は物質を静止状態（in Ruhe）においても考察できた。動力学で検討した起動力は一定空間の充実にのみ関係していたのであり、空間を充実した物質そのものは起動される物質と見做す必要はなかった。それゆえ斥力は運動を賦与する（erteilen）根源的な起動力であった。これに対し力学においては、運動状態（in Bewegung）にある物質がこの運動を他の物質に伝達する（mitteilen）力が考察される。」（IV, 536）

ここで説明されている動力学的概念と力学的概念の対立は、物質の「静止状態」と「運動状態」および力すなわち起動力の「賦与」と「伝達」である。ニュートン力学的には「静止状態」と「運動状態」も、外力もしくは起動力ゼロの状態として同一状態にすぎず、両力の区別は相対的なものでしかないが、カントがここで両状態を引き合いに出しているのはニュートン力学的なコンテキストとは全く別のコンテキストである。動力学においてはある物質の構成が問題なのであって、そこでは他の物質との関係は度外視される。したがってそこで働く力も他の物質との関係において働く力ではなく、ある物質の内部で働く力、より正確に言えば、一定の度をもって空間を充実する力、つまりは物質を構成する力である。彼はこの作用を「賦与」と称したのである。

これに対し力学においては、すでに構成された諸物質すなわち起動力を「賦与」された諸物質——そのもっとも単純なケースは（デカルトが衝突の考察の際にモデルとして想定したような）二つの物質——の間の関係が問題となるのであって、そうした物質間に働く起動力の作用が「伝達」と称されたのである。このような伝達力としての力は、犬竹正幸氏によつて的確に把握されているように、ニュートン力学的な意味での起動力（ $F=ma$ ）ではなく、運動量に等しい力（ $F=mv$ ）にすぎない。けだし、「例えば衝突において、一方の物体の速度変化、したがってまた運動量の変化は、他方の物体の運動状態によつて、つまり運動量によつて決まる、というのがカントの考えである」⁴¹⁾からである。力学が扱う力に対するカントの根本規定は、上に掲げた引用文に明示されているとおおり、「運動状態（in Bewegung）にある物質がこの運動を他の物質に伝達する（mitteilen）力」にほかならない。この力は、デカルトの「物体運動の力」を彷彿とさせはするが、ウェストフォールの知見を借りて言えば、これはそのような力ではなく、ウォリスの「運動力」⁴²⁾に匹敵する。いずれにしても、これがニュートンの起動力でないことには相違ない。われわれは犬竹氏とともに、「 $F=mv$ という形で運動と力の関係が考えられているかぎり、『原理』の力学はニュートンの力を扱っているとは言えず、したがってまた、『原理』はニュートン力学の形而上学的基礎づけという意図を達成していると言ひ難い」⁴³⁾と言わざるを得ない。ただし、『原理』がニュートン力学の形而上学的基礎づけを意図していたという大竹発言には疑問符を付しつつ。

動力学と力学の関連についてなお考察すべき点が残っている。今見たとおおり、力学では、力の概念は、動力学における空間を充実する構成力から運動を伝える伝達力に転換されていた。にもかかわらず、カントは、力学の領域における基本現象をも動力学における対立力と同じ対立力を用いて説明し、それに基づいて動力学を力学の前提と見做すことになる。彼は先と同じ注のなかで、二物質間の反発と牽引についての事例——同一直線上における二物質の反発による運動の伝達と同一直線上における一物質による他物質の牽引による運動の伝達——を挙げ、それを論拠として、「すべての力学的法則は動力学的法則を前提する」と結論づけ、力学において働く力を動力学において働く対立力と連携させている。

「すべての力学的法則は動力学的法則を前提する。物質は起動されるものとしては、その反発と牽引による以外には起動力をもつことができない。物質はこれらに基づきかつこれらによつて、物質の運動状態において直接作用し、このことによつて自身の運動を他の運動に伝達する。」（IV, 536 f.）

カントの力学法則のなかにニュートン力学の第二法則に相当する法則が見当たらないのも無理からぬことと言わねばならない。カントの力学における力の概念は質量と加速度の関数としての起動力ではなく、動力学に連携する反発と牽引として規定される運動量にすぎない。もっとも、カントはニュートンの第二法則を構成する加速度の概念に言及しないわけではない。だがそれも力学末尾に付された総注（Allgem. Anm.）においてにすぎず、しかもその運動論の前提もあくまでも動力学的な斥力と引力にほかならない。

「運動の伝達は、静止状態においても物質に内在するような起動力（不可入性〔斥力〕と牽引〔引力〕）によつてのみ生ずる。瞬間におけるある物体に対する起動力の作用は、この物体の促動（Coallitation）であり、促動によつて生じたこの物体の速度は時間に比例して増大する場合には加速度モメントである（……間断なく作用する加速度モメントによる加速度一般の

可能性は慣性法則に基づく。』(IV, 551)

見られるとおり、加速度一般の可能性が慣性法則に帰着させられており、一方で、運動伝達の力も動力学における根源力に帰着させられている。ニュートン力学の独自性を形成する第二法則はカントの力学にあっては、彼の動力学と慣性法則にみごとに解消されてしまっている。この点でも、『原理』における基礎づけがニュートン力学の形而上学的基礎づけだとはとても言えない。また、先に指摘したとおり、ヒュームに対するカントによる因果律の擁護も直接特定の物理的因果法則を指定するものではない。この意味でも、『批判』におけるカントの基礎づけがニュートン力学の形而上学的基礎づけを行っているとは直ちには言えない。

本稿でわれわれが考察したような、こうした根本的で決定的な問題点を見過ごしたまま、これまで繰り返し、カントによる基礎づけがニュートン力学の形而上学的基礎づけであると主張され続けてきた。最近では少しはこれを否定する論者も現れつつあるものの⁴⁴⁾、動力学の起源という点では、それを捉え損なっている⁴⁵⁾。このようにまだまだカントの自然論、自然科学の基礎づけ論に関する解釈は誤解の巢窟といったありさまである。本稿では、特にニュートンの第二法則をめぐるのみ、誤解の解消に取り組んでみた。

注

- 1) R. S. Westfall, *Never at Rest* (Cambridge 1980), p. 423. リチャード・S・ウェストフォール(田中・大谷訳)『アイザック・ニュートン』I(平凡社, 1994年) p. 462.
- 2) ニュートンの自然哲学の出発点は、主としてデカルトの機械論の他にガッサンディの原子論にあった。その他では特にガリレオとボイル。拙著『ドイツ自然哲学と近代科学』(北樹出版, 1992年) p. 18 参照。
- 3) 前掲拙著, p. 105 参照。
- 4) Cf. Westfall, *op. cit.*, p. 378. 邦訳 p. 414.
- 5) 後年、ラグランジュやコーシーとは異なった立場からヘーゲルが批判を加えたのは、この比の考えに対してである。この点、拙著『科学・芸術・神話』(見洋書房, 1994年) pp. 57-58 参照。
- 6) Cf. Westfall, *op. cit.*, pp. 379-381. 邦訳 pp. 414-418. 佐々木力「ニュートンの宗教的・政治的世界」『思想』No. 763 (1988.1) pp. 115-117.
- 7) I. Newton's, *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, Ed. by A. Koyré & I. B. Cohen (Harvard 1972). 以下, Pr. はこの書の略記。
- 8) W. Charleton, *Physiologia Epicuro-Gassendo-Cahrletoniana* (London 1654).
- 9) *Oevres de Descartes*, Publ. par C. Adam & P. Tannery. 以下同様。
- 10) Cf. R. S. Westfall, *Force in Newton's Physics* (London/New York), p. 64.
- 11) Cf. W. Herival, *The Background to Newton's "Principia"* (Oxford 1965), p. 159. Westfall, *Never at Rest*, *op. cit.*, pp. 145-147. 邦訳 p. 159-161.
- 12) Herival, *op. cit.*, pp. 153.
- 13) *Ibid.*, p. 311.
- 14) Westfall, *op. cit.*, p. 416. 邦訳 p. 455.
- 15) *Ibid.*, pp. 414-415. 邦訳 p. 453.
- 16) 前掲拙著 pp. 18-21.
- 17) マックス・ヤンマー(高橋・大槻訳)『力の概念』講談社, 1979年, p. 123.
- 18) Westfall, *op. cit.*, p. 411. 邦訳 p. 449f.
- 19) ヤンマー前掲書, p. 125.

- 20) 同。
- 21) 同。
- 22) 吉仲正和『ニュートン力学の誕生』（サイエンス社，1982年）p. 151 参照。
- 23) Westfall, *op. cit.*, p. 417. 邦訳 p. 456.
- 24) *Ibid.*, p. 419. 邦訳 p. 457.
- 25) 前掲拙著『ドイツ自然哲学と近代科学』pp. 106-107 参照。
- 26) たとえばルサーージュ等のジュネーヴ学派の仕事がそれである。この点，拙稿「ニュートンとルサーージュ」（伊坂・長島・松山編『ドイツ観念論と自然哲学』創風社，1994年）参照。
- 27) *Kants gesammelte Schriften*, Hg. v. der Königlich Preußischen Akademic der Wissenschaften. カントの全集からの引用はすべてこれによる。なお，『原理』序文の邦訳は，P. プラース（犬竹・中島・松山訳）『カントの自然科学論』哲書房，1992年）に付録として収めたものを用いる。
- 28) 前掲拙著 pp. 53-54 参照。
- 29) 特に最後の点については，犬竹正幸「数学的自然科学の形而上学的基础づけの問題」（前掲プラース訳書，解説Ⅰ）p. 250 が的確な考察を与えている。
- 30) I. Newton, *Mathematische Grundlage der Naturphilosophie*, Übers. v. Ed Dellian, in: PhB, Bd. 394 (Hamburg 1988), S. 53-54.
- 31) I. Kant, *Kritik der reinen Vernunft*, in: PhB, Bd. 37a (Hamburg 1956). 引用中，A は第一版，B は第二版。
- 32) O. Höffe, *Immanuel Kant*, München 1983, S. 79-83, 129-131.
- 33) C. F. von Weizsäcker, *Die Einheit der Natur*, München 1971, S. 383ff. 斉藤・河井訳『自然の統一』（法政大学出版局，1979年）pp. 410ff. なお，この論文を含むヴァイツゼカーのカント研究については，前掲拙著 pp. 41-45 参照。
- 34) T. O. Weldon, *Kant's Kritik of Pure Reson.* 2. ed. (Oxford 1958); J. D. McFaeland, *Kant's Concept of Telology.* (Edinburgh 1970); G. G. Brittan, Jr., *Kant's Theory of Science* (Princeton 1978) etc.
- 35) O. Höffe, *a. a. O.*, S. 127.
- 36) *Ebd.*, S. 130-131.
- 37) *Ebd.*
- 38) *Ebd.*
- 39) K. Gloy, *Die Kantische Theorie der Naturwissenschaft* (Berlin/New York 1976), S. 143ff. が特に運動概念に即して客位語の性格をよく捉えている。われわれの試みは，力の概念に即したそれである。
- 40) 拙稿「力と渦」（松山・犬竹編『自然哲学とその射程』見洋書房，1993年所収）pp. 42-45 参照。
- 41) 犬竹正幸前掲解説 p. 260.
- 42) R. S. Westfall, *Force Newton's Physics*, *op. cit.*, p. 235.
- 43) 犬竹前掲解説 p. 261.
- 44) 同上，また他に K. Okruhlik, "Kant and the Foundations of Science", in: *Nature Mathematized*, ed by W. R. Shea (Dordrecht 1983); M. Friedman, *Kant and the Exact Science* (Cambridge 1992) etc.
- 45) 前掲の Okruhlik 論文（pp. 256ff.）はカントの動力学をライプニッツのそれと同定しており，M. Friedman 前掲書 p. 138 もそれを支持している。