

カントにおける慣性法則の成立

嶋 崎 太 一

(広島大学大学院)

問題の所在

本来的な自然科学の可能性は、(実体の恒存性の法則ならびに)慣性法則に全面的に依存する。慣性法則とは正反対のもの、従ってまた、あらゆる自然哲学の死を意味するもの、それは物活論であろう。(IV 544¹⁾)

カントは『自然科学の形而上学的原理』(以下、『原理』と略記)において、このように慣性法則の意義を説明している。ニュートンが『プリンキピア』において第一運動法則として定式化した慣性法則が近代力学の基盤であることは言うまでもない。カントも『原理』において慣性法則の重要性を繰り返し指摘し、その反対は「あらゆる自然哲学の死」であるとまで述べているのである。

しかしカントは、処女論文『活力測定考』においては、ニュートンを名指ししながら、「無規定的な意味で、自然の事物に適用することはできない」(I 155)として慣性法則の妥当性に限定を設けている。カントによれば「自由で減少しない運動の継続の規則は、普遍的にではなく、ある一定の速度に関してのみ当てはま」り、「無限小の程度では運動は一瞬しか持続」しない(vgl. ibid.)。つまり『活力測定考』においてカントは慣性法則を、一定以上の速度をもった運動においてのみ妥当する法則であるとして、限定付きで承認しているに過ぎないのである。

しかるに『原理』になると、力学的には無限小速度と一定の有限速度との間の断絶は解消され、慣性法則は「あらゆる自然哲学」の基礎に据えられることになる。本稿は、『活力測定考』から『原理』に至るカント力学における慣性法則の確立がいかにしてなされたのかを見究めることを課題とする。そのために本稿は、『原理』における慣性観をニュートンと比較しながら検討し(第1節)、その上で『活力測定考』において慣性法則に限定が付けられることの科学的・哲学的背景を究明し(第2節)、さらに前節において鍵となる概念として析出された「促動(Sollizitation)」に注目し、それが『原理』に至っていかなる意味をもつのかを論究する(第3節)。

1 消極的原理としての慣性

ニュートンが『プリンキピア』において提示した慣性法則(第一運動法則)は次のようなものである。

すべて物体は、その静止の状態を、あるいは直線上の様な運動の状態を、外力によってその状態を変えられない限り、そのまま続ける。(P19²⁾)

コーヘンの指摘によれば³⁾、この慣性法則は、直接的には、ニュートンの生涯の論敵の一人であったデカルトの『哲学原理』に由来するものである。哲学的、科学的に見たとき、慣性原理そのものは決して真新しいものではない。では、ニュートンの慣性法則が近代力学の出発点としての意義を有するのはどこに根拠をもつのか。それは、慣性原理の捉え方の転換であった。

慣性原理の捉え方には、伝統的に二通りの可能性がある。ひとまず、カントの叙述に即して検討してみよう。カントは1770年代の執筆と推定される「覚書42番」において次のように叙述している。

慣性(Trägheit)：1. 消極的 同一の状態における物質の持続性。没生命性(Leblosigkeit)

2. 積極的 抵抗。慣性力⁴⁾(矛盾する)(XIV 187)

積極的な慣性理解は、物質のもつ慣性力(Trägheitskraft, vis inertiae)による抵抗として物質の慣性を理解するものであり、慣性力などを否認して慣性運動には力は関与しないとする消極的な理解と対立する。デカルトの慣性原理が積極的な理解によるものであることは『哲学原理』の記述から明らかである⁵⁾。科学史が教えるところでは、ニュートン以前には慣性は内的な力として理解されており、ここでいう積極的な理解が一般的であった⁶⁾。なお、ニュートン自身、『プリンキピア』以前と以後では慣性原理に対する立場に明らかな相違点があるのだが、『プリンキピア』以前のニュートンの慣性理解については次節で検討するとして、ここでは『プリンキピア』における慣性原理を検討しよう。

二通りの慣性理解という観点から『プリンキピア』の慣性をめぐる叙述を見るならば、一般的に言われている以上に、ニュートンの叙述は曖昧さを残したものであることが確認できる。『プリンキピア』における慣性の概念は「定義III」において初めて登場するのだが、そこでは慣性は、物質の固有力(vis insita)として語られているのである。

物質の固有力とは、各物体が、現にその状態にある限り、静止してしようと直線上を一様に動いてしようと、その状態を続けようと抗う内在的能力である。(P9)

固有力は、「いちばんよく内容を表す名前」として慣性力(vis inertiae)と言い換

えられ、物質質量 m に比例して大きいものとされる。そしてさらに事態を混乱させるのが、「この力の働きは抵抗ともインペトゥスともみることができる」(P 10)という一文である。またニュートンは、等速直線運動する物体が障害物に対してもつ「力」を「障害物の状態を変えようとする努力(conor[=conatus])」(ibid.)と表現し、また向心力に対してもつ見かけ上の慣性力である遠心力を「コナトゥス」とも言う(cf. ibid.)。このようにニュートンの慣性原理をめぐる叙述には中世スコラの表象の残滓が少なからず見られる⁷⁾。

しかし、ニュートンが、慣性力による慣性という伝統的な積極的慣性理解から決定的に異なったところに位置していることを印象付ける一節を、同じ「定義III」の中に見ることができる。

しかし物体は、それに加えられた他の力が物体の状態を変えようとする場合にだけ、この力を働かせるに過ぎない。(ibid.)

従って慣性力は決して慣性運動する物体において働いている力ではなく、「質量の慣性(inertia Massæ)による変化の被りにくさ以上のものではない。従って、本来の意味での「力」ではないのである。コーヘンが述べているように、慣性力は「状態の変化や加速度をもたらすような「外」力ではない」⁸⁾。慣性力を通常の意味での「力」と読み取るならば、それはニュートン解釈として誤りである。

また、『プリンキピア』において慣性法則は第一運動法則として提示されるものであり、続く第二運動法則との関連の下で読まれなければならない。科学史においては、ニュートンがこの二つの法則をそれぞれ独立させた意図さえ問題となるところなのである⁹⁾。第一運動法則は、第二運動法則が提示する、運動量の変化と力の関係($F=ma$)において、運動量の変化が一切ない場合($a=0$)と

いう特殊事例に相当するもので、力学的意義からすれば、第一運動法則は第二運動法則に解消させることもできる¹⁰⁾。そのように考えると、 $a=0$ ならば $F=0$ であり、慣性運動に力は関与しないという消極的慣性原理がはっきり浮かび上がる。

次にカントの慣性論を見てみよう。カントは1756年の『物理的モナド論』までは質量 m に比例する慣性力の概念を支持していたが、58年の『運動と静止』において慣性力の概念に対する批判を展開している。上の引用箇所では、慣性力を「矛盾」と評しているように、58年以降、カントは繰り返し、慣性力の概念を批判することになる¹¹⁾。『運動と静止』以来、慣性力は「見かけ上の力」であり、自然科学から退けられるべきものとする立場をカントは一貫しており、『原理』の慣性論もその観点から考察されなければならない。

『純粹理性批判』では、変化が力を暗示すると指摘した上で、「或る物体が一樣に運動しているときには、その物体は自らの状態(運動の)を変化せしめているのでは全くない。しかしその運動が増減するときには、物体は自らの状態を変化せしめている」(A 207/B 252Anm.)と述べ、運動における変化を運動量の変化に帰着させている。カントが『原理』において掲げている慣性法則において「外的原因」と呼ばれているものは、まさにこの運動量の変化をもたらすものに他ならない。

物質のあらゆる変化は外的原因をもつ。(いかなる物体も、外的原因によってその状態を変えるよう強制されない限り、静止状態もしくは一定の速度で一定の方向に向かう運動状態を保ち続ける。)(IV 543)

ここで変化は「一つの運動から別の運動、もしくは静止へと移り変わることで、さらには静止から運動へと移り変わることで」(ibid.)を意味する。静止を無限小

速度の運動と定義することによってカントは静止を運動から連続的に捉えており(vgl. IV 486)、速度を変化させる外的原因によらない限り運動状態に変化は見られないという消極的慣性理解の立場が明確に『原理』において示されているのである。1791年1月3日付のヘルヴァーク宛書簡において、こうしたカントの慣性観がはっきりと表明される。そこでカントは慣性を「特別な積極的原理」によるものという見方を退け、「変化のいかなる原因も現存しない」という消極的見方を支持している(vgl. XI 246)。このようにカントは『原理』においては、ニュートン力学の慣性原理を的確に継承しているとみてよい。

2 慣性力、死力、コナトゥス

前節では、『原理』以降のカントの慣性法則がニュートンのそれと趣旨としては近似していること、すなわち消極的な慣性理解の立場にあることを確認した。では、『活力測定考』において展開されているニュートン批判とはどのようなものであったのだろうか。

カントが『活力測定考』において展開しているニュートン批判は次のようなものである。

運動の自由で減少しない持続の規則は、普遍的には通用せず、一定の速さ以上にのみ通用し、それ以下では、比較的小さな運動は自ずと消費し、消失し、無限小では運動は一瞬しか持続せず、外部からの持続的補充を必要とする。それゆえ、ニュートンの規則はその無規定的意味においては、自然の物体には通用しない。(I 155)

一定以上の速さをもつ運動とは、活力に基づく自由運動であり、これに対して無限小の速度からなる死力に基づく運動は、「その力が持続しなくなるだけで

ただちに止んでしまう」(I 28)。このように『活力測定考』における慣性法則批判は、活力と死力の区別に基づくものである。活力による自由運動も、内的な原因により運動が持続しているという点で、ニュートンの慣性運動とは区別されなければならない。自らの持つ力の「活性化」を基盤とする自由運動が、近代力学の消極的慣性理解に抵触するものであることは言うまでもないことである。だが、カントは当時、このことに無自覚だったと思われる。『活力測定考』の叙述を見る限り、一定以上の速度においては「 $\dot{\dot{N}}\dot{u}\dot{t}\dot{o}\dot{n}$ 」慣性法則の妥当を容認しているからである。カントはここでニュートンの名を挙げ、かつその無規定的適用を批判しているが、そもそもニュートンの慣性原理を誤解したままであり、的確な批判になっているとは言い難い。

それは、カントがヴォルフを通じてニュートンを理解していたためであろう。カントの慣性法則の定式化が、ニュートンよりもヴォルフのそれに近いことは、先行研究が明らかにしている通りである¹²⁾。ヴォルフが典型的な積極的慣性理解をもっていたことは、『ドイツ語形而上学』の次の叙述から分かる。曰く「物質は力をもっているために運動に抵抗する。従って物体は自ら運動することはなく、それゆえ物体が運動するときには外に原因を持っていなければならない」¹³⁾。ヴォルフ学徒の一人、ハノーヴが自らの自然学教科書で慣性法則を定式化する際に、静止もしくは等速直線運動が「慣性力による」ことを明言している¹⁴⁾ことは、ヴォルフ学派の一般的慣性理解¹⁵⁾を象徴するものである。ヴォルフ自身は慣性原理に関してニュートンとの違いに自覚的でないが、このような「積極的」慣性理解は『プリンキピア』におけるニュートンの立場に明らかに反したものであると断定せざるをえない。このように『活力測定考』においてカントは、ニュートンの慣性原理を誤読したヴォルフを、自らのニュートン理解の源泉としていたのだ。

『活力測定考』におけるカントの自由運動論の核となるのが、「内張性

(Intension)」の概念である。カントによれば「運動を維持しようとする努力」が内張性であり、「力は速度と内張性の積と等しい」(I 141)とされる。カントは自由運動を繰り返し「努力」から説明し、活力をもつ自由運動を「自らの内的努力によって自分の運動を自由に、継続的にかつ減衰することなく、無限に自己自身で保持する」(I 143f.)のような運動であると規定している。それに対して、常に「外的原因が或ることにのみ頼っている」(I 144)運動は死力をもつに過ぎない、とカントは言う。

カントが『原理』において積極的慣性理解を批判する際に引き合いに出しているのは、まさにこの「努力」という概念なのである。

慣性とは自らの現状を維持しようとする積極的な努力を意味するものではない。(IV 544)

慣性運動から努力という意味を取り去ることによってカントは、『活力測定考』の立場から脱却していることが分かるだろう。フリードマンが指摘するように¹⁶⁾、カントが運動論の文脈において「努力」という語を用いる場合、conatusの訳語とみてよい(z. B. XVII 73, XXII 200)。

すでに見たようにニュートンの「慣性力」を文字通り「力」として受け取ってはならないのだが、他方で、今日から見れば意外なほどにニュートンの言葉遣いには中世スコラ的表象が残存している。ニュートンは『プリンキピア』以前の未刊の草稿『重力論』¹⁷⁾において、コナトゥスを抵抗の「内的原理」とみなし、その内的な力を「慣性」と呼ぶ¹⁸⁾。この時期にはニュートン自身が「積極的」慣性理解をもっており、かつ「コナトゥス」という語でそれを特徴づけているのである。

このように、慣性をコナトゥスという語を用いて説明するという傾向は

ニュートンにおいてすら色濃いのだが、さらに事情を複雑にしているのは、ライブニッツによる活力・死力の区分である。ヴォルフの『力学原理』では単純に死力はコナトゥスと同義とされ¹⁹⁾、さらにヴォルフは『数学事典』において、死力と「促動」を同一視して項目を立てる²⁰⁾。そもそも促動とは、ライブニッツが瞬間的な運動への傾向という意味で用いた語であった²¹⁾。『数学事典』において促動は、「紐にぶら下がった球」がもつような「いかなる現実的な運動も産出しない」ような力として説明されている。

ヴォルフが「紐にぶら下がった球」という変わった例を引き合いに出すのは、筆者の見限り、彼の慣性理解と密接に関係する。紐から離れたときの球の運動は自由落下であり加速度運動なのだが、ニュートンは慣性法則を説明する際に、重力を無視した際の投射体の運動を挙げている(cf. P 19)。ヴォルフは『一般世界論』における慣性法則の定式化に続いて、そのニュートンの投射体の例をそのまま引用している²²⁾。重力を捨象した際に慣性運動する球は、紐で結び付けられているときには慣性運動への単なる傾向であり、運動への努力である。ヴォルフによれば、このとき球は死力、すなわち促動をもつ。これは、運動そのものに運動力という動因を想定するヴォルフの力学においてのみ容認される説明でしかない。もはやこれは、誤って積極的に理解された慣性原理にライブニッツの運動論を無造作に結合したものなのだが、『活力測定考』におけるカントは、このヴォルフの立場を通じてニュートンを理解していたようである。かくして、コナトゥス＝死力＝促動＝努力という、どれをとってもニュートン力学とは抵触する概念連関が誕生することになる。

以上のことを踏まえるならば、ひとまず次のような帰結を引き出すことができる。

- ①『原理』における消極的慣性理解は、慣性と「努力」を引き離し、かつての『活力測定考』の立場から大きく転回した。

- ②ニュートンは慣性を「努力=コナトゥス」とみなすかのような叙述をしており、またヴォルフは単なる運動への傾向を「コナトゥス」あるいは「死力」と呼んでいる。『活力測定考』におけるカントの慣性理解はこうした哲学的・科学史の状況に影響されたものであった。

『原理』になって、カントは公刊著作としては初めて、「促動」という概念を提示する。しかしそれは、ヴォルフとは全く異なった意味においてであった。次に、『原理』における促動概念の意義を明らかにしよう。

3 慣性運動と促動

カントは『原理』「力学に対する総注」において、次のように論じている。

運動力が一瞬間において及ぼす作用は、その物体の促動である。促動によって生じる物体の測度は、それが時間に比例して増大しうる限り、加速度のモメントである。((…)なお、継続的な加速度のモメントによる加速度運動一般の可能性は慣性の法則に基づく) (IV 551)

カントが運動における加速度の問題に正面から取り組んでいる唯一の箇所であるが、ここでカントは「時間に比例して増大」と言っているだけで、加速度と力の関係については語らないままである。そのため、第二運動法則($F=ma$)そのものをこの叙述のうちに見ることはできない²³⁾が、慣性法則と加速度の連関は的確にこの叙述のうちに読み取れる²⁴⁾。

「覚書40番」において、「同一のモメントによって速度は時間内に一様に増加する」(IV 148)とされているように、加速度のモメントによる加速度運動の生成をカントは70年代の幾つかの「覚書」においても語っている。だがカ

ントは、『原理』においては、あえて「促動」という術語を、動力的運動力と加速度のモメントの間に介在させる。上で述べたように促動とは「いかなる現実的な運動も産出しない」死力として扱われていた術語であり、カントはこの死力において慣性運動が成立しないことを『活力測定考』において説いていたのだった。なぜここで、「促動」という古色蒼然とした語を再び持ち出すのだろうか。筆者の見る限り、それは活力・死力の再区分と連動している。

『原理』においては『活力測定考』におけるような意味での活力・死力の区分は姿を消すが、用語そのものが棄てられたわけではなく、再解釈が施されて別の捉え方をされることになる。『原理』力学章の以下の叙述を見てみよう。

運動力が力学的に考察される限り、(…)その物体の運動速度が有限であろうと無限小(運動への単なる傾向)であろうと、活力と死力の区別は決して生じない。活力と死力という名称がそれでもなお保存されるに値するというのであれば、むしろ、物質が自分自身の運動とは全く無関係に、それどころか運動しようとする傾向とさえ無関係に、他の物資に作用するような運動力、要するに動力学の扱う運動力を死力と名付け、あらゆる力学的な運動力、すなわち自分自身の運動に基づく運動力を活力と名付けるならば、そのほうがはるかに適切であろう。その際、力学的な運動力における運動速度が無限小となる場合もありうるであろうが、そうした速度の違いは無視してよいのである。(IV 539)

慣性法則は、あらゆる運動に妥当する。この引用の最後の一文は、『活力測定考』における慣性法則の限定を説く自らの立場を明確に否定するものに他ならない。

カントはここで、活力を力学的な力に対応させ、死力を動力的な力に対応

させている。動力学的な力とは「物質が自分自身の運動とは全く無関係に(…)他の物質に作用するような運動力」である。これは、「力学に対する総注」においてカントが、促動をもたらす力として挙げているのが「静止状態においてさえ物質に内在するような運動力(不可入性及び引力)」(IV 551)という動力学的な力であるということと対応している。ヴォルフにおいて促動と同一視された死力は、『原理』において動力学的な力として捉えなおされることによって、慣性運動を変化させる「外力」へと意味が転換しているのである。

なお、カントが促動に言及している箇所は少なからず、この概念の意義を過少評価することはできない。というのは、促動に触れられない場合には、その結果としてもたらされる無限小の速度、すなわち加速度のモメントに、原因としての意味が含まれることになるからである。実際にカントは「モメントとは、速度ではなく、一様な加速度でもって速度をもたらす力である」(XIV122ff.)と述べてモメントそのものに原因としての力という意味を含ませている。このように、カントが促動や加速度のモメントを語るとき、作用の結果としての運動量の変化ではなく、それをもたらす原因とみなしているのである。

カントが『原理』において持ち出している「促動」という概念は、上で述べたように、完全に意味が転換していることが分かる。つまり、ヴォルフ及び『活力測定考』におけるカントにとって、瞬間的な運動(への傾向)をもたらすにすぎなかった死力は、『原理』においては慣性運動する物体に対して力を加える外的原因という意味をもつようになった。ヴォルフにおいて死力と同一視された促動は、『原理』においては、慣性運動する物体に加速度をもたらす外的原因という意味をもつのだ。『原理』力学章において一箇所だけ登場するこの「促動」という語からは、実は、慣性法則をめぐる立場の重大な転換を窺い知ることができるのだ。

最後に(カントにおける非ニュートンのなもの)

カントは、若き日の、ヴォルフ的なニュートン力学の誤解から『原理』になって脱却し、慣性法則を自らの自然科学の基礎に据える。そしてこの経緯を読み解く鍵となるのが、力学章において唐突な形で登場する「促動」の概念なのであった。しかしながらカントは、促動を瞬間的な作用と定義しており、その点ではヴォルフ的(ひいてはライプニッツ的)な考え方を崩していない。そのためにカントは加速度を、加速度のモメントという無限小の速度として扱ったのである。無限小の速度はそのまま作用を及ぼされる物体に付加されるものであり、ニュートンの言う起動量と運動量が全く同じディメンションで捉えられることになるのだ。カントが加速度運動を「あらゆる瞬間によって同一の強度において伝達される運動の連続的な付加([k]ontinuierliche [A]ddition)」(XIV 471)と説明するとき、もはや促動やその結果としての加速度のモメントが、作用を及ぼす力の指標であるのか、それとも及ぼされた物体の運動量の指標となるのかは、もはや区別することはできない。そうなると、 $F=ma$ は必要とされず、伝達される力 $F=mv$ で十分である。カントは、促動概念の転換によってニュートン的な慣性原理に達することができたものの、同時にこの促動概念から、第二運動法則を継承する必然性を自ら排除していたのである。

註

- 1) カントからの引用は、アカデミー版の巻数と頁付を本文中に示す。ただし『純粹理性批判』は原版の頁付を、第一版をA、第二版をBとして記す。
- 2) ニュートンからの引用は、モッテによる英訳の頁数を本文中に示す。I. Newton, *The Principia*, tr. by A. Motte, New York, 1995. ただし原文を尊重し、*impetus*や*conatus*は、あえて英訳には従わず、そのままカタカナで表記した。
- 3) I. B. Cohen, *A Guide to Newton's Principia*, in: I. Newton, *The Principia*, tr. by I. B. Cohen & A. Whitman, London, 1999, p. 46.

- 4) カントは慣性力を、慣性運動を成り立たせる物質内部の力とみており、今日でいう、運動座標系において観測される見かけ上の力とは理解していない。『原理』現象学章において遠心力を向心力に対する反作用とみなし実在的なものとみなしているかのような叙述が見られる(vgl. IV 557)のはそのためであろう。
- 5) 「静止しているものはその静止を維持し、その結果、この静止を変えるかもしれない一切のものに抵抗する力を有つのである。そしてこの力は、これを有つ物体の大きさ、およびこの物体を他の物体から区切っている表面によっても、また運動の速さ、ならびにさまざまな物体相互の、出会い方の性質および反対性によっても、その値が見積もらなければならない」(デカルト『哲学原理』、桂寿一訳、岩波書店、2010年、160-161頁。)ここでデカルトは、おおむね、運動量 mv に比例する力を指標とする慣性力を主張していると見てよい。
- 6) E. Grant, *Physical Science in the Middle Ages*, Cambridge, 1977, p. 51.
- 7) これに関してコーヘンは「ニュートンは、全ての運動は「動者」あるいは、たとえ慣性力という特殊な力であろうと、ある種の運動力を要求するという古くからの観念を完全には放棄していない」とコメントし(I. B. Cohen, *A Guide to Newton's Principia*, p. 98)、また、クロウも「インペトゥスという中世的観念が、一定程度ニュートンにも残存している」(M. J. Crowe, *Mechanics from Aristotle to Einstein*, New Mexico, 2007, p. 139.)と指摘している。
- 8) I. B. Cohen, *Newton's Concept of Force and Mass*, in: *The Cambridge Companion to Newton*, ed. by I. B. Cohen & G. E. Smith, Cambridge, 2002, p. 62. なおコーヘンは、こうした事情にもかかわらず慣性に「力」という名称を採用したことについて「ニュートンの気持ちを推測する根拠となるものを我々はもっていない。もしかすると、彼は単に、慣性力を新たな異なった種類の力へと変容したのかもしれない」と評している。
- 9) I. B. Cohen, *Newton's Concept of Force and Mass*, p. 68f.
- 10) コーヘンは、当時はあらゆる運動には運動力が必要であるという共通の信念が流布しており、慣性法則は「あまりに重要であったために」別の法則として立てられることとなったという点、及び、ニュートンが多くを依っているデカルトの『哲学原理』からの影響という二点を、第一運動法則と第二運動法則が別々のものとなっている理由を挙げている。I. B. Cohen, *Newton's Concepts of Force and Mass*, p. 69.
- 11) なお、ダンカンも、カントの慣性観が、慣性力を必要としないと言う点でニュートンとは異なっているという主張を展開している(H. Duncan, *Inertia the Communication of Motion, and Kant's Third Law of Mechanics*, in: *Philosophy of Science*, vol. 51, Chicago, 1984, p. 101, 115.)が、本文で強調したように、ニュートンの慣性力とは、通常の意味で力と呼ばれるにはふさわしくないものであり、カントがケプラーの名を挙げながら批判している慣性力とは意味が異なっ

ている。その点で、ダンカンの解釈に筆者は与しない。

- 12) 『活力測定考』においてカントが引用している慣性法則の定式化が、ニュートンよりもヴォルフに近いことについては松山壽一氏が(『若きカントの力学観』、北樹出版、2004年、128頁)、『原理』の慣性法則の定式化(力学の第二法則の括弧内の叙述)がヴォルフに近いことについてはアディケスが(E. Adickes, Kant als Natuforscher, Bd. 1, Berlin 1924, S. 310)、それぞれ指摘している。ヴォルフ(及びカント)の慣性法則の特徴は、ニュートンの慣性法則において「外力」となるところが「外的原因」、「運動の状態」となるところが「物質の状態」と表現されている点である。なお、関連していえばワトキンスは、この点にカントとニュートンの慣性法則の相違点と認め、カント自身ニュートンとの違いに自覚的であったという見解を提出している(E. Watkins, Kant's Justification of the Laws of Mechanics, in: Kant and the Sciences, ed. by E. Watkins, New York, 2001, p. 155f. (n. 10))。だが、以下の点から筆者は、こうした表現上の相違点から内容的・実質的相違を見て取る見解を支持しない。

①本文でも引用したように『純粹理性批判』では変化に関して、「状態(運動の)」とされており、カントが意味しているところも運動状態(現代的に言えば「運動量」)に他ならない。

②ドイツ啓蒙哲学においても、たとえばゴットシェートの形而上学書において慣性法則が定式化される際、状態を変化させるものはニュートンと同様に「外力」となっている(J. C. Gottsched, Erste Gründe der gesamten Weltweisheit, Leipzig 1762, § 367.)。

このように、当時の慣性法則の表現は実際にはかなりの多様性があり、ニュートン主義を標榜しながらもヴォルフに近い表現が採用されている場合も見当ることから、カントの定式化がヴォルフに近いとは言っても、ニュートンとは異なった法則と断定することは困難だと思われる。また、ワトキンスは言及していないが、『活力測定考』においてカントは、そうしたヴォルフ的慣性法則を「ニュートンの規則」と言っている点からもそのように推理してよいと思われる。

- 13) Chr. Wolff, Vernünftige Gedanken von Gott, der Welt und der Seele des Menschen, Halle 1720 § 608.
- 14) M. Chr. Hanov, Philosophia naturalis sive physica dogmatica, coelestem et aetheream tanquam continuationem systematis philosophici Chirstiani L. B. de Wolff, Halle 1762, § 155.
- 15) さらに言えば、ゴットシェートに至っては、慣性力を起動力の一種と断言している。J. G. Gottsched, *ibid.*, § 390.
- 16) M. Friedman, Kant's Construction of Nature, Cambridge, 2013, p. 47 (n. 19).
- 17) 『重力論』の執筆時期については、『プリンキピア』以前ということは確かであ

る一方で、細かい時期については研究者間で相当の開きがある。『重力論』を収録した未刊論文集を編集したホール夫妻は1664年から68年の間であるとし(A. R. Hall & M. B. Hall, *Unpublished Scientific Papers of Isaac Newton*, Cambridge, 1962, p. 90.)、ドブズは1684年後半から85年前半という見解を提出している(B. J. T. Dobbes, *The Janus Faces of Genius: The Role of Alchemy in Newton's Thought*, Cambridge, 1991, pp. 141-6.)。

- 18) I. Newton, *De gravitatione aequipondio fluidorum*, in: *Unpublished Scientific Papers of Isaac Newton*, p. 114.
- 19) Chr. Wolff, *Principia Dynamica*, in: *Commentarii academiae scientiarum imperialis Petropolitanae*, Tomus I, Ad Annum 1726, Petropoli 1728, § 4, 5.
- 20) Chr. Wolff, *Mathematisches Lexicon*, Leipzig, 1716, S. 1461.
- 21) G. W. Leibniz, *Specimen Dynamicum*, in: *Philosophical Papers and Letters*, tr. & ed. By E. Loemker, Dordrecht, 1969, p. 438.
- 22) Chr. Wolff, *Cosmologia generalis*, Francofurti & Lipsiae, 1730, § 309.
- 23) よって、カントの慣性法則の内にニュートンの第二運動法則の含意を主張するヴァイツゼッカーの主張は説得力をもたないように思われる(Chr. Frhr. v. Weizsäcker, *Kants Theorie der Naturwissenschaft nach P. Plaass*, in: *Kant-Studien*, Bd. 56, Berlin 1965, S. 540.)。
- 24) 従って筆者は、カントにおいて「慣性法則と速度の変化、さらには加速度概念との連関が見通されていなかった」という山本道雄氏の指摘には与しない。山本道雄『カントとその時代 改訂増補版』、晃洋書房、2010年、240頁参照。

Über die Entstehung des Trägheitsgesetzes bei Kant

Taichi SHIMAZAKI

Diese Abhandlung versucht eine Erklärung der Entstehungsprozesse des Trägheitsgesetzes (*lex inertiae*) in Naturphilosophie Kants. In seiner Erstlingsschrift, *Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte*, verneigte er die Möglichkeit der unbestimmten Anwendung des newtonianischen Trägheitsgesetzes. Nach ihm gilt das Trägheit nur für endliche(nicht infinitesimale) Geschwindigkeit. Dagegen spielt dieses Gesetz in der *metaphysischen Anfangsgründe der Naturwissenschaft (MAdN)* eine große Rolle. Kant behauptet, daß das Gegenteil dieses Gesetzes der Tod aller Naturphilosophie sei. Also stimmt sein Trägheitsprinzip mit newtonianischem zusammen.

Im berühmten Werk *Principia* versteht Newton Trägheit nur negativ(d.h. Leblosigkeit). Viele Philosophen und Naturwissenschaftler haben aber positives Trägheitsprinzip, das lautet, daß die Trägheit der Materie nur durch die positive, besondere Kraft(*vis inertiae*) möglich ist. In der Erstlingsschrift unterstützte auch Kant dieses positive Erfassen unter dem Einfluß von der Kosmologie Chr. Wolffs. In *MAdN* wird die Trägheit aber nur negativ erfasst, und sagt Kant, daß sie nicht ein positives Bestreben(*conatus*) einen Zustand zu erhalten bedeute. Chr. Wolff identifizierte nun *conatus* mit todter Kraft oder „Sollizitation“. Ich richte meine Aufmerksamkeit auf Terminologie „Sollizitation“ als Schlüsselbegriff.

Sollizitation wird in *MAdN* als Wirkung einer bewegenden Kraft(z. B. Anziehungskraft) auf anderen Körper definiert. Eine von ihr gewirkte unendlich kleine

カントにおける慣性法則の成立

Geschwindigkeit ist das Moment der Akzeleration. So gesehen, sie ist nicht anders als Wirkung, die dem trägen Bewegung eine Veränderung bringt (nach *lex inertiae*).

Daher ist die Konsequenz dieser Abhandlung folgend.

1) Trägheitsgesetz ist die Grundlage für die Naturwissenschaftstheorie in Kants *MAdN*, indem das nur negativ d. i. newtonianisch verstanden wird.

2) Negatives Prinzip der Trägheit ist für Kant erst durch die Wendung der Bedeutung des Begriffs „Sollizitation“ möglich.