

広島大学学術情報リポジトリ  
Hiroshima University Institutional Repository

Title	動力学的力と力学的力 : カントの力の理論
Author(s)	嶋崎, 太一
Citation	HABITUS , 21 : 27 - 42
Issue Date	2017-03-23
DOI	
Self DOI	<a href="https://doi.org/10.15027/42915">10.15027/42915</a>
URL	<a href="https://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/00042915">https://ir.lib.hiroshima-u.ac.jp/00042915</a>
Right	
Relation	



# 動力学的力と力学的力

## —カントの力の理論—

嶋 崎 太 一

(広島大学大学院博士課程後期)

### 問題の所在

「いかなる物体も本質的力をもつ(Jedweder Körper hat eine wesentliche Kraft)」(I 17) —これが、言わばカントの出発点であった。カントは1746年の自らの卒業論文『活力測定考』の第1節をこのような言葉でまとめている。自然科学における力の重要性を示すテキストには枚挙にいとまがないが、例えば、70年代の断片的に残る講義録『ベルリン物理学』には端的に「物体的実体の主要性質とは、運動力である。(…)運動力は、外的現象の可能性の第一原理である」(XXIX 75)という記述がある。

1786年の『自然科学の形而上学的原理』(以下、『原理』と略記)は、運動学(Phoronomie)、動力学(Dynamik)、力学(Mechanik)<sup>1)</sup>、現象学(Phänomenologie)の四つの章から成る。このうち、物質の運動力を主題とするのは、動力学と力学である。運動学は「運動の純粹量論」であるとされ、そこにおいては、位置の変化として定義される運動はもっぱら「空間の記述」(IV 489)として捉えられる。運動学において運動は「幾何学的構成」(IV 493)の対象としてのみ考察され、運動における力が問題となることはない。また、「仮象を真理に転化することではなく、現象を経験に転化する」(IV 555)ことを課題とする現象学は、運動を「表象様式あるいは様相の観点から規定し、従って外的感官の〔経験の〕対象として規定する」ことを意図しており、実際の構成としては、前三つの章

## 動力学的力と力学的力

で扱われた運動学、動力学、力学の観点からそれぞれ運動の様相を規定する定理(Lehrsatz)より成る。従って、現象学において力の概念が登場する場合でもそれは、動力学的な力であるか力学的な力であるかのいずれかであり、現象学に固有の力の概念が存在するわけではない。

一方、動力学は引力と斥力という「根源的運動力」(IV 477)を主題とするものであり、力学は運動状態にある物質がもつ力、及びそれによる運動の伝達を主題とする。従って「運動力(die bewegende Kraft)」という言葉遣いでは一致しているものの、動力学と力学における力の内実は全く異なっている。『原理』においてカントが説明する限り、動力学と力学における力概念の相違と相互の関係は次の通りである。

- A 動力学において、物質は静止しているものとしても考察することができ、物質自身が運動しているとみなされる必要はない。力学では、運動状態にある物質の力(定式としては $F=mv$ )が考察される。
- B 動力学的意味における力は運動を与える(erteilen)のに対し、力学的意味における力は、運動を伝達する(mitteilen)。
- C あらゆる力学的法則は動力学的法則を前提する。

カントの運動論を科学史的に評価するとすれば、キャリーが言うように、ニュートン『プリンキピア』において展開された自然科学との最大の相違は、カントがニュートンの「運動の第二法則」、すなわち $F=ma$ を継承していない点にある<sup>2)</sup>。力を $F=ma$ という尺度で見ると、力は等しくそれによって引き起こされた運動量の変化から計測されるため、運動状態にある物質の運動量を尺度とする力という視点は存在しない。よって、ニュートンの運動法則においては物質が根源的にもつ力と、例えば衝突において伝えられる力が区別して考えられることは

なかった<sup>3)</sup>。従って、動力学と力学を区分するという方法こそ、カントの運動論の最大の特徴であると言える。

本稿の課題は、こうした動力学と力学というカントの運動論の二つの軸が成立する過程を分析することにより、『原理』成立史の決定的場面を描き出すことである。

## 1 用語法の確立と時代背景

今日の物理学では力学(mechanics)を動力学(dynamics)と静力学(statics)とに分けることが一般的であるが、しばしば指摘されるように、当時はこの三つの用語法は定まっていなかった。カントの運動論に関していえば、『原理』の「動力学に対する総注」の中に流体動力学(Hydrodynamik)と流体静力学(Hydrostatik)という語が見られ(IV 528f.)、ここでは動力学に対して静力学を置く使用法を垣間見ることができる。しかし、この両概念が明確にこの両者が定義づけられているわけではなく、管見の限り、「流体静力学」という以外に静力学を動力学との対比において用いた例はない。カントが「純粋数学」講義及び「力学」講義において教科書として用いていた<sup>4)</sup>ヴォルフのドイツ語著作『数学原理摘要』(1755年)には力学と並んで流体静力学及び水力学(Hydraulik)が扱われている。ヴォルフによれば流体静力学は「流質がもつ物体の重さへの影響についての学」<sup>5)</sup>であると定義され、水力学は「水及びその他の流体の運動についての学」<sup>6)</sup>であると定義されている。少なくとも『原理』における「流体動力学」の意味は、ヴォルフにおける「水力学」に近いと思われる<sup>7)</sup>。管見の限りヴォルフは『数学原理摘要』において「動力学」の語は用いておらず、「静力学」も「流体静力学」としてのみ取り扱う。このように『原理』「動力学に対する総注」における流体力学論はヴォルフらの影響の下に成立したもので、直接的にカントの運動論の体系を反映したものとは言い難いと言ってよか

ろう。

シェーンフェルトはカントの『活力測定考』をカントの「初期の動力学」と位置づけ、動力学という視点が最晩年の『オプス・ポストゥムム』に至るまで、批判哲学の背景に退くことはあっても消え失せることはなかったと指摘している<sup>8)</sup>。注目すべきことに、『活力測定考』には、1764年のランベルトによる造語である「現象学」を除き、「運動学」、「動力学」、「力学」の三つに対する言及がある。このうち、動力学についてはヴォルフ『動力学原理(Principia Dynamica)』(1728)、力学については『普遍数学原論II 力学原論(Elementa Mechanica)』(1733)の影響下にある使用法であり<sup>9)</sup>、運動学は、『原理』のように「運動の純粹量論」(IV 495)としてではなく、ライプニッツ派の弾性衝突理論を示すのに用いられている<sup>10)</sup>。そして、これらの述語相互の関係は曖昧であり、並列関係にあるわけではない。そもそも、ヴォルフにおいて運動や力を扱う学の名称が全時期を通して一貫していたわけではないことは確認されなければならない。ヴォルフ『数学事典』において動力学は、力による運動の伝達あるいは運動の変化の法則も含めたものとして定義され、動力学と力学を対置するという方法は採られていない<sup>11)</sup>。『動力学原理』には力学に対する言及がなく、『普遍数学原論』には殆ど動力学に対する言及がないため、ヴォルフにおいて動力学と力学とは厳密に区別されているとは言い難い。例えば、活力と死力を区分する『動力学原理』の「定義2」は、『数学原理摘要』の中での「力学の原理」の「定義3」とほぼ同一の内容である。このように見ると、『活力測定考』の時期のカントの自然科学的立場は、確かに自らの立場を「動力学」に置くかのような記述はあるけれど、それは『原理』におけるような意味での動力学ではなく、力学との区別がはっきりしないままヴォルフの語を借用して用いられた語であったのであり、『活力測定考』の立場を、『原理』やさらには『オプス・ポストゥムム』に至る動力学の系譜に位置づけることに実質的意味はな

いと思われる。

運動学、動力学、力学が『原理』を構成する自然学として採用されるにあたって、強い影響を与えていると思われるのが、ランベルトの『建築術構想』(1771年)である。ランベルトは同書第68節において運動論を、時間、空間、速度のみに関わる運動学、運動において現前する力に関する動力学、「構造あるいは機制(Einrichtung)が一定である限りにおける機構(Maschine)あるいは体系(System)」を考察する力学に区分している<sup>12)</sup>。力学の比較で言えば、動力学は「力の作用によって変化させられる限りにおける機構あるいは体系」を取り扱う。このように、ランベルトの力学の定義は静力学的である。

## 2 カントの科学史観と物理学の方法論

カントは『原理』の「動力学に対する総注」において自然科学の方法を「絶対的充実体と絶対的空虚との結合による力学的な方法」と「斥力と引力という二つの根源的な力を結合する際の様々な相違によって物質のあらゆる相違を説明しようとする」動力的な方法とに区分している(vgl. IV 532)。ここでカントは、力学的方法を原子論の系譜に位置づける。

前者の力学的方法は、物質の種別的な差異を導き出すための素材として原子と空虚ともつ。原子とは、物質における物理的に分割不可能な小部分を言う。また、或る物質が物理的に分割不可能であるとは、自然のうちに存在するいかなる運動力によっても凌駕されえないような力でもってその物質の諸部分が凝集していることを言う。(ibid.)

カントによればこの方法は「原子論あるいは粒子哲学(Korpusklarphilosophie)の名の下に、古代のデモクリトス以来、殆ど変更を加えられることなく、デカ

ルトに至るまで、それどころか現代にいたるまで」(IV 533)影響力を保持している。この方法による自然科学は「数学的物理学」(IV 525)である。カントは、力学的に遂行される数学的物理学は絶対的密度や絶対的空虚といった仮説を出発点におかざるを得ないという点に欠陥を見出し、動力学的方法こそ「実験哲学に適合し、またそれを促進する」と言う。つまりカントは、力学的方法を原子論的に表象し、その原子論的前提を仮説と看破することによって、動力学的方法の優位性を指摘するのである。

デカルトを原子論とみなすことには、ポロックが指摘しているように<sup>13)</sup>疑問を呈す余地はあるけれども、デカルトを原子論の代表者として数え入れるというカントの科学史観は、原子論と粒子哲学の同一視という点から理解することができる。80年代の『ムロンゴヴィウス形而上学講義』において「粒子から現象を説明するのは粒子哲学(*philosophia corpuscularis*)である。(粒子とは物理的原子(*atomi physici*)である。デカルトの仮説によればそれらは不可分的であり、物質の差異を形作る)」(XXIX 932)と語られている。力学的方法が仮説を要求するというカントの言明は、デカルトを粒子哲学論者に数え入れ、かつその粒子哲学を仮説とみなすという科学史観に依拠したものと見えよう。既に60年代の『ヘルダー形而上学講義』には粒子哲学への言及があり、そこではエピクロスとガッサンディの名が挙げられている(vgl. XXVIII 48)。ただし、カントの粒子哲学観は、90年代の『ドーナ形而上学講義』において顕著に示されているが、粒子(=「物理的原子」)がモナドと解される(vgl. XXVIII 664f.)ことによって、一見してデカルトとは距離のあるものとなる。なお、粒子哲学を力学的方法がもつ内容と解するカントの見解は、直接的にはバウムガルテン『形而上学』に端を発すると思われる<sup>14)</sup>。『形而上学』第425節は「あらゆるモナドは原子である」という推論を展開し、続く第426節は「小さくて我々には観察できない物体は粒子である。粒子によって物体の現象を説明する哲学は粒子哲学

である」と結論付ける。その上でバウムガルテンは、原子あるいはモノドの合成体が運動法則に従って運動可能である限りでそれは「機構」であるとし、それによって物体の現象を説明する哲学を「力学的哲学」と呼ぶ。

形而上学講義を繙くと、確認できる限りでは70年代の『L1形而上学講義』が、動力学的方法と力学的的方法という方法論の初出である。呼応するように、70年代の「覚書」にも動力学と力学の区別の跡が残されている。代表的なものとして「覚書43番」の「あらゆる運動法則は、動力的、すなわち運動の産出に関わるものであるか、力学的、すなわち運動の伝達に関わるものであるかのいずれかである」(XIV 260)という記述を挙げることができる。70年代にこの二分法が成立したことは、先述のランベルト『建築術構想』が71年に公刊されたという歴史的背景と深く関係していると見てよいだろう。『L1形而上学講義』においては、伝達された原子の運動によって物体を説明する力学的方法を支持した人物としてはエピクロスやデカルトが、物理的な力によって説明する動力学的方法の創始者としてはニュートンが挙げられている。「ニュートンは、力学的な説明方法を廃棄し、物理的な諸力によって説明しようとした最初の人である」(XXVIII 210)とカントは言う。そして、「力学的な説明方法がいつもまず先行しなければならない」(ibid.)ことが確認される。それが『ムロンゴヴィウス形而上学講義』になると、ニュートンによって発見された動力学的説明が「力学的説明よりもより十分かつ完全である」(XXIX 935)と述べられ、かつ「正しい説明方式は、両者をそのうちに含んだ動力学的物理学である」(XXIX 936)というように、動力学を基礎としつつ、動力学的な力により運動状態にある物質間の運動の伝達を主題とする力学を置くという『原理』の方針に近づく。すなわち、70年代から80年代にかけての間に、動力学に優位を見出す視点が確立したということが確認される。



### 3 遠隔作用と衝突モデル

動力的説明と力学的説明の決定的な相違点はどこにあるのか。筆者の見解によれば、原子論あるいは物理的に解されたモナド論を掲げるか否かという点に本質的相違点があるわけではない。周知のようにカントは『原理』において物質の無限分割可能性を主張し、「モナド論は決して自然現象の説明のために必要なものではない」(IV 507)とすることで自然科学における原子論的思考の有効性を否定している。しかし、カントが力学的説明に対する動力的説明の優位を主張するとき、物質の無限分割可能性が引き合いに出されることは、『原理』においても、形而上学の講義録においても、なかったからである。カントが述べているのはただ、力学的説明が絶対的充実と絶対的空虚という仮説を要求するという点で実験哲学に適合しがたい、ということに過ぎない。実際、ニュートンが『光学』において「物質の微小粒子には、ある能力、効能もしくは力があり、それによって(…)物質粒子同士もたがいに作用しあって、自然現象の大部分を生じるのではないか」という物質理論を展開していることから、エドワーズはニュートンをも粒子哲学の中に数え入れている<sup>15)</sup>。『プリンキピア』の末尾に語られる「物体の各構成部分は、極めて近い距離にあるときにはたがいに引き合い、接触しているものは結合し、また帯電している物体はもっと大きな隔たりで作用し、近くにある微小物体を引きつけたり斥けたりする」<sup>16)</sup>という言葉も、ニュートンの粒子哲学的物質観を示すものと見てよい。

しかし、少なくともカントは、ニュートンの理論を粒子哲学とはみなしていない。『原理』においてカントは次のように言う。

ニュートンが主張した真の引力を見かけの引力へと勝手にすり替え、接近現象を説明するために衝突による起動因が不可欠であると勝手に仮定しようとする人々は、引力理論のこの偉大な創設者を自分たちの先駆者として引き

合いに出すことはできない。(IV 515)

カントはニュートンの引力理論の遠隔作用を承認し、衝突に還元することを拒否している。カントはこの「衝突」を力学的説明の典型的ケースとみなしていた。そのことは、『原理』におけるランベルト評価からも明らかである。

ランベルトによれば力による変化を考察するものが動力学であり、一定状態にとどまる構造を考察するものが力学であった。ランベルトが力による変化として想定していたのは、「絶対的密度」をもつ剛体の衝突であった。『原理』においてカントは、ランベルトの「いわゆる剛体ないし絶対的不可入性」の概念を力学的自然哲学に属するものとして却下している(vgl. IV 497、IV 523)。ランベルトは「動力学において想定される原則」として次のことを挙げている。

- 1 剛体はそれ自体では静止している、すなわち運動を欠いている。
- 2 剛体は他の剛体によって運動させられる。
- 3 剛体のあらゆる運動の変化は、運動させられる剛体と直接的に接触している他の剛体によってもたらされる。
- 4 自由空間において、一度運動させられた剛体はその方向と速度を保存する。
- 5 運動は、それによって剛体が運動させられる力と比例し、力が加えられた方向に従う。<sup>17)</sup>

こうした動力学の原則は、一見してニュートンの運動法則と酷似している。さしあたってこの五原則がニュートンの第一運動法則(慣性法則)と第二運動法則( $F=ma$ )にあたることに疑問の余地はないように思われる。しかし、第三原則から分かるように、ランベルトは、重力のような遠隔作用を考慮に入れず剛体

間の接触においてのみ力を俎上に載せる。従って、 $F=ma$ に相当する第五原則は、剛体観の弾性衝突という場面においてのみ適用されるものに過ぎない。

カントは70年代の「覚書44番」において「重力という根本力の証明は、いかなる衝突によっても重さが説明されえないという点に本質がある」(XIV 295)という言葉を残している。カントは70年代の幾つかの「覚書」において力を運動量 $mv$ と等しいものと既に確認しているが、「衝突において、運動の伝達の力は質量と速度の積に等しい」(XIV 170)という言葉に象徴されるように、カントは $F=mv$ が衝突という場面に限定された力であることを自覚していた。そのとき、引力を、例えば重力により運動する物体が地面に落下する運動を $F=mv$ で表すことはできても、引力そのものを $F=mv$ という尺度で測ることはできない。実際にカントは、『原理』において「引力に基づいて生じる運動の法則」と引力そのものの法則を厳密に区別している(vgl. IV 515)。勿論、『原理』の体系においては前者が力学、後者が動力学に当たる。

ブチダールはカントが遠隔作用を承認する背景に物質概念の構成の可能性という批判哲学の認識論を挙げているが<sup>18)</sup>、カントが遠隔作用を含む引力理論を支持するのは、批判期特有の現象ではなく、むしろ前批判期から一貫している。このことは、カントのニュートン受容に強い影響を与えた<sup>19)</sup>ヴォルフが遠隔作用を否定していることを踏まえるならば、特筆すべきことであろう。1755年の『天界の一般自然史と理論』におけるカントの宇宙論は既に空間を隔てて作用する引力を前提しているし、1756年の『物理的モナド論』は単純実体である要素が逆二乗に比例する引力を持つことを確認している(vgl. I 484)。引力の遠隔作用は、カントが遅くとも1750年代からもつ自然観であり、自らの運動論を構築する上で衝突モデルには限界があったと考えなければならない。

#### 4 根源的力と派生的力

ニュートンは『光学』「疑問31」において、「自然は、きわめてよく自らに倣い、またきわめて単純である」<sup>20)</sup>という自然の自己模倣性にもとづき、斥力を類推的に導いている。すなわち「代数学でも正の量が消滅するところから負の量が始まるように、力学(Mechanicks)でも、引力が終わるところから斥力が続いて起こるはずである」<sup>21)</sup>と。ただしニュートンはあくまで類推的にのみ斥力を想定しているにすぎず、『プリンキピア』においては殆ど主題化していない<sup>22)</sup>。カントはニュートンの斥力論のこうした性格を承知した上で、斥力を引力と並ぶ運動力として提起している。『天界の一般自然史と理論』は「ニュートンの自然科学において斥力は恐らく引力ほどには十分明瞭に承認されていないけれども、本書ではだれも否定できない意味でのみ斥力を想定する。すなわち、例えば気化のような物質の極小部分への解体で働く力である」(I 234)と言う。

こうした引力や斥力と、 $F=mv$ で表される衝突における力とを分けるにあたって、カントが想定していたのは、ヴォルフが『一般世界論』において示した根源的力と派生的力という区分だったのではなからうか。ヴォルフは、ライプニッツの影響を受けつつ、物体に根源的力(vis primitiva)が内在すると主張し<sup>23)</sup>、その上で衝突において根源的力が変容もしくは制限を受けることによって派生的力(vis derivative)が結果するという。ヴォルフによれば「運動力は、それによって派生的力が結果するところの物体の衝突において、運動法則に従って変容する」<sup>24)</sup>。ヴォルフの言う運動法則とは、慣性法則及び作用・反作用の法則である<sup>25)</sup>。カントは70年代の「覚書40番」において、構成的力と変容的力という区分を試みている(vgl. XIV 119)。変容的力は「物質のあらゆる変容は、外的に規定されているか外的に規定しているかのいずれかである」という法則にかかわる(ibid)。アディケスはこれが動力学的な力と力学的力とに対応していると推測している(XIV 119Anm.)。確かに推測の域を出ないが、物質観の外

的關係に関わる力と「運動の開始の原理」(XIV 120)としての力とを区別する必要性には、70年代から気づいていたことは確かであろう。勿論、カントにおいて動力学的な力とは他を運動させる力であって自らの運動に関わる力ではないため、ヴォルフの言う力とは本質的に性格が異なる。『原理』においては明言されないものの、晩年の『オプス・ポストゥムム』でははっきりと、「物質のすべての根源的運動力(primitiv bewegende Kräfte)は動力学的である。力学的な力は単に派生的(derivativ)であるに過ぎない」(XXII 239)とされている。そして、派生的運動力が問題となる運動法則を取り扱う学として、バウムガルテンなどにおいて言われていたようにmechanicaを採用することは、カントにとって自然なことだったであろう。

## 註

- 1) 動力学的(dynamisch)を前提する限りにおけるmechanischを「力学的」、動力学的方法と対立し、特に原子論的表象による自然学の方法を示すmechanischを「機械論的」と訳すことが一般的であるが、本稿では、カントにおける力学の成立過程を見る上で連続的に捉えるために、あえてすべて「力学的」と訳した。
- 2) M. Carrier, Kant's Mechanical Determination of Matter in the Metaphysical Foundations of Natural Science, in: *Kant and the Sciences*, ed. by E. Watkins, New York, 2001, p. 118.
- 3) フリードマンはこの点から、ニュートンの第二法則がカント的な意味において「動力学的な運動力と力学的運動力との間の連関を確立する」のだと指摘している(M. Friedman, *Kant's Construction of Nature*, Cambridge, 2013, p. 281n.)。
- 4) 1759年10月に次年度の講義広告として示された『オプティミズム試論』は、次のように述べている。「私はこれから半年の間、いつもそうしているように論理学をマイヤーに従って講義するつもりである。形而上学及び倫理学はバウムガルテンに従って講義する。自然地理学の講義は私自身のノートに従って講義する。今回始まる純粋数学の講義は特別の時間に行い、力学の講義はまた別の時間に行うが、両方ともヴォルフに基づく」(II 35)。なおカントが力学(名称は理論物理学、自然科学、物理学、理論的自然科学などもある)の教科書として用いたものは幾つか挙がり、エーベルハルトやエアックスレーベン、カルステンなどがある。Vgl. G. Lehmann, Einleitung, in: XXIX 653ff.

## 動力学的力と力学的力

- 5) Chr. Wolff, *Auszug aus den Anfangs=Gründen aller Mathematischen Wissenschaften*, Frankfurt u. Leibzig, 1755, S. S. 244.
- 6) Chr. Wolff, *ibid.*, S. 284.
- 7) 流体動力学、流体静力学、水力学の位置づけにはかなりの揺らぎが見られる。ダニエル・ベルヌーイは流体動力学を流体静力学と水力学をカバーする上位概念として扱っており(D. Bernoulli, *Hydrodynamica*, Argentratii, 1738, p. 1)、ヴォルフはカバーする上位概念を置くことなく流体静力学と水力学を対置する。なお、カント最晩年の『オプス・ポストゥムム』になると「流体動力学は流体静力学にも水力学にも属さず、従って自然科学の形而上学的原理に属さず、本来的には物理学には属さない。むしろ、それらに先行するのである」(XXII 248)と述べて三者を区別する記述が見られるようになる。
- 8) M. Schönfeld, Kant's Early Dynamics, in: *A Companion to Kant*, ed. by G. Bird, Cambridge, 2006, p. 33.
- 9) Vgl. Ch. Wolff, *Principia Dynamica*, in: *Commentarii academiae scientiarum imperialis Petropolitanae*, Tomus I, Petropoli, 1728, Ch. Wolff, *Elementa Mathesos Universae*, Tomus II, *Elementa Mechanicae*, Francofurti et Lipsiae, 1733.  
『活力測定考』第40節は「周知のものである氏〔ヴォルフ〕の力学(Mechanik)を見れば、(…)弾性物体は結果と原因などの相等性という法則に従ったままで運動を他の物体に伝え、その運動では単なる速度以外の力は何ら措定する必要はないのである」(I 50)と言う。また第106節において「ヴォルフ氏はその論文において動力学(Dynamik)の第一の基礎づけを与えようと試みた」(I 117)と言う。
- 10) 『活力測定考』第48節では、「ここまで見てきたのは、ライプニッツ派の人々がどのようにして、弾性物体の衝突を使って活力を擁護してきたかということであった。そしてその適用はまったく数学的なものであった。けれども彼らはまた、運動学のこの部分に、彼らの助けとなるような、一つの形而上学的根拠を見出すことができると思っている」(I 58)と言われている。
- 11) Chr. Wolff, *Mathematisches Lexicon*, Leibzig, 1716, S. 1233.
- 12) J. H. Lambert, *Anlage zur Architectonic, oder Theorie des Einfachen und des Ersten in der philosophischen und mathematischen Erkenntnis*, Riga, 1771, §68.
- 13) K. Pollok, *Kants >>Metaphysische Anfangsgrunde der Naturwissenschaft<< Ein kritischer Kommentar*, Hamburg, 2001, S. 378.
- 14) バウムガルテンは力学について次のように規定している。「機構とは、運動法則に従って運動可能であるという厳密な意味における合成体である。(…)運動法則によって規定される機構の本性は、力学である(MACHINA est compositum stricte dictum secundum leges motus mobile…Machinae natura per leges motus determinate MCHANISMUS est)」(A. G. Baumgarten, *Metaphysica*, Editio

- IV, Halle, 1757, § 433)。なおバウムガルテンは、運動法則の下位概念である運動規則、すなわち特殊の運動法則に言及する(ibid., § 342)。カントは『ヘルダー形而上学講義』において「機構は特殊の法則に従う単一の事物である(Machina ergo…secundum leges quasdam singla res)」XXVIII 49」と、また『ムロンゴヴィウス形而上学講義』において「物体は(…)特殊的法則に従う(corpus…secundum leges particulares)」(XXIX 935)と言う。
- 15) J. Edwards, *Substance, Force, and the Possibility of Knowledge*, London, 2000, p. 101.
  - 16) I. Newton, *The Principia, Mathematical principles of Natural Philosophy*, tr. by I. B. Cohen & A. Whitman, London, 1999, p. 944.
  - 17) J. H. Lambert, ibid., § 94
  - 18) G. Buchdahl, Gravity and Intelligibility: Newton to Kant, in: *The Methodological Heritage of Newton*, Toronto, 1970, p. 74.
  - 19) カントが『活力測定考』第132節において言及している慣性法則がヴォルフ『一般世界論』第309節を源泉としている点については、松山壽一『若きカントの力学観』、北樹出版、2004年、128頁を参照。
  - 20) I. Newton, *Opticks*, London, 1730, p. 376.
  - 21) I. Newton, *Opticks*, p. 395.
  - 22) 『プリンキピア』における斥力が多様な意味において用いられている点については、以下の文献を参照。I. B. Cohen, A Guide to Newton's Principia, in: I. Newton, *The Principia*, p. 54f.
  - 23) Ch. Wolff, *Cosmologia generalis*, Halle, 1737, § 358.
  - 24) Ch. Wolff, *Cosmologia generalis*, § 365.
  - 25) 慣性法則については、Ch. Wolff, *Cosmologia generalis*, § 309、作用・反作用の法則については同 § 313以下を参照。ヴォルフは慣性法則を第一運動法則、作用・反作用の法則を第二運動法則として取り扱う。

# **Dynamical and Mechanical Force: Kant' s Theory of Physical Force**

Taichi SHIMAZAKI

Graduate School of Letters (Doctor's Degree Program), Hiroshima University

Kant's *Metaphysical Foundations of Natural Science* (1786) consists of four chapters: Phoronomy, Dynamics, Mechanics, and Phenomenology. Force, the key concept of his theory of physics, is discussed in Dynamics and Mechanics. The distinction between dynamical and mechanical force is one of the crucial points of Kant's physics in the critical period. He argues that all mechanical laws presuppose dynamical laws because the former treat a moving force as matter moving through dynamical force. In this paper, I examine the historical background and the source of these distinctions. In contemporary physics, mechanics is the science of the moving body in general, and includes dynamics and statics. However, in Kant's period, the position of these disciplines in physics was not clear. Kant's *Essay on Living Forces* refers to both dynamics and mechanics, but this terminology is influenced by Wolff, who used both terms without clear classification. Given this situation in the pre-critical period, Kant's system, which claims that dynamics is superior to mechanics, is not consistent with his young age. He had noted two methods of physics, that is, dynamical and mechanical methods, in his lectures of metaphysics since the 1770s. The mechanical method, that is atomistic "Corpuscular philosophy", is represented by Epicurus and Descartes, while the dynamical approach is founded by Newton, and assumes the immanent force. In the 1780s, Kant argued that mechanical methods presupposed hypothetical absolute



## 動力学的力と力学的力

density and absolute empty. The model for the mechanical method is the theory of the collision of perfectly elastic bodies. However, he accepted, even during his pre-critical periods, that a gravitational “action in distance” is unable to be explained by the model of collision. Hence, it is necessary for his physics to assume the original immanent force. Thus, he must distinguish the mechanical force ( $F = mv$ ) from the dynamical original force.