

力の觀念の歴史的發達

桑木或雄

物理学に於ける形而上学の殘影より免れるために力の觀念に就て種々見解が新たにせられた。キルヒホッフの力学の序文が優に一頁余、彼が如く有名であるのは、其中に、力を原因觀念より離れて単に運動の数学的記載の用具と見ると云つたのに在る。マツハはキルヒホッフよりも一層綜括的な自然觀を樹立して形而上学的原因觀念を排した。又ヘルツの力学は自ら哲学的叙述の仕方にて於て努めたとするが力の觀念を全く、或は少くも主要部分から除いたのである。今日一般に物理学者は力なる量を用いているが、質量及加速度の積とする如き数学的表述以外の觀念を無用とし、原因と云う字を用いないようにする。此傾向は何れの時代にも存したのである。ラグランジュの解析力学に、力とは、如何なる種類の原因にても、物体に夫が働くと考えられたとき之を運動せしめ、或は運動せしめよう tend a imprimere とする原因を云うとあるが、嚴に、其の数学的量的としての他の意義に無関係であることを附加えた。ダランベールの力学がデカルト、ライブニッツ両派の力の計量の争論を裁断したと云うのも夫等の形而上学的論争を無用としたのである。ガリレイ、デカルトがアリストテレスの教義に反対したのも後者の本体論を見捨てたのである。併しアリストテレスは又エンペドクレス等の物質の相互に愛惡の働きありとする如きものやエレア派の一切感覺を謬妄とする説より脱せんとしたのである。

最初に物の運動と静止とに驚異を感じたとき、神話的又擬人的説明は人が運動するは心が身体に働いて之を生ずるものと考え得られるに類推して物質の運動は物質の外に心の如きものの作用の存在あるを想わしめたのである。

物体は夫自身の儘にては静止にあるとした。アリストテレスに至りて擬人的説明より遠ざかり、運動を自然と不自然とに二類別し自由落下運動を前者とし拋物運動を後者とするなど科学の第一歩なる異同の分類を企てたが、現象の第一原因を求むるとして物体の所謂内在の性質等の思弁的研究を主とし、又現象の目的論的説明を取ったのである。デモクリトスの原子論は原子の大きさ及形状に運動の必然性を置ける機械的説明であるが、アリストテレスは物質組成に就てもこの原子説に反対して連続説を取った。

ルネッサンス以後科学者は殆ど皆機械的説明をのみ追求した。夫が即ち絶えず少くも外形上、形而上学より自由ならんとする努力となった。ガリレイの惰性律は希臘の学者が、原因止めは結果止むと云つて、物体の運動の継続には物体以外に原因があるとしたのに反して、物体は夫自身に於て一様な直線運動も静止も其説明を物体の外でなく、物体自身に於て求め得られることを示した。この惰性律に至るまでに、ガリレイにも円運動を完全とするスタギラ学説に囚われていた時代もあり、遂に円よりも直線を簡単であるとしたのである。落体運動の法則を見出したときにも、尚お之に学派の云う自然運動の名を冠し、自然運動は最も簡単であるべきが故にして、速度と時間との比例することを設想したが、彼は数学的に演繹し、実験に依りて証明した。同じルネッサンスの時代にも、フランシス・ベーコンは実験的研究法を唱道したが数学を蔑視した。デカルトは数学が真理を探究する道を与うるしたが、実験の価値を軽んじた。実験は不正確で数理の結果を証するに足らぬとしたのである。然しながらガリレイの数学的実験的研究法はホイゲンスに継承せられニュートンに及んで益々其効果を示した。

デカルトは力の存在と云うことを説いた。其力は運動量即ち物質質量と速度との積を云い保存の理由は神学的であった。デカルトの説を真理の前室に在るものとするライブニッツは力の保存と云うことは正しいが、其力はヴィス・ヴヴァ即ち質量と速度の自乗との積であると云つた。非弾性体衝突に於ける活力の損失に就てはライブニッツは之を物質微部分に於ける運動の生成に歸し所謂熱の動力説を予想するに至つたが、デカルトの云う運動量は方向

を有する量であり、無條件では其保存を云うは数学的に不正確である。ライブニッツは之をも指摘したが運動の効果を測るとしては運動量と活力と何れを選ぶとするも単に定義の問題であり、之を公理の問題とするまでの根本的の差はないのである。是等は皆運動を保持する原因を体系それ夫自身に求めて力と名付けたのであるが、ニュートンは之に反して運動を生ずる原因を力と名づけた。希臘時代に考えたような意味の力で物体の外に在る。併し夫それはもはや非物質的でなく、甲の物体に対して、この物体が作用するもので、其計量は加速度に求められ、ニュートンに至つて物質のみで、即ち物体を離れないで運動の変化を説明する方法が大成せられた。保存する力は本体的形而上的であり、ニュートンの云う力は作用の仕方を表わすのみであるとするが、又運動を生ずる原因であるとすれば、原因は結果に先ち、現象の背後に在ると云うような事から其所に形而上学的意義を解せしむる故に、夫それを避けるために前述の如き数学者の努力があつた。

ニュートンは天体の運動の原因を引力に歸した。デカルトは之を、宇宙に瀰漫する流動体の渦動に歸したのである、デカルトは其の数理を与えなかつたが、説明の方法は機械的である。唯だ流動体は仮説的である。ニュートンには更に究極的説明を要したとするに拘かわらず、引力説は数学的に渦動説よりも簡単であり、演繹の根拠として十分であつたのである。其の解折的開発に一時期を劃かくしたラグランジュの力学に、前述の如く形而上学を厳に避けたのは、彼の先騷者モーペルチュイにも、オイレルにも時に神学的形而上学的言説を交るに對して全く夫それより自由ならんとし最小作用律や活力保存律も其故を以て傍系に置き、機械の平衡の原理とする仮速度の原則を初頭に置いたのである。併しラグランジュの方法が余りに普遍的で、幾何学的可想的な凡ての連結を包含することは、却かつて物理学が益々諸種の現象をニュートン引力と同種の中心力に歸するに對して不適當であり、其方法の変革を要するとハミルトンは其の力学論文の中に云つた。静電気、磁氣の引斥の法則、ラプラス、ガウスが分子引力を基とした毛管現象論、又フリーエの熱伝導論にも中心力の説がある。電流に関するアンペア、ノイマン、ウエーバー等の原則、

効果の如何は兎に角同じ道を進んだものである。

引力の法則は数学的には簡単であるが、其の直接作用説は引力と云う字を一のメタフォルとしても中世の内因因説に連関する。其の当時ホイゲンスはデカルトの渦動説に味方し、又光の波動説に於て同じく空間に瀰漫せる稀薄体を思惟した。渦動説の数理がヘルムホルツに依りて与えられ、ケルビンの渦原子説を生じ、又ファラデー、マックスエルの中間物説が効果多きこと証せられ、空間の連続填充説回復せられ、是が運動の機械的模型が考案せられたのである。熱力学は熱が運動であることを示さなければ未だ完全でないとして、気体動力説が研究せられた。デモクリトスに初まりガッセンヂ、ボイルに継承せられた原子説、アリストテレス、デカルトの連続説、ガリレイやロツク、ライブニツツの仮定も、皆一樣に一切を運動に帰しようとしたものである。

キルヒホッフやマツハが力の形而上学的定義を排したのは、当時の学界の此の如き仮説を追求するに對して、現象の単なる数学的記述の説を提出したのである。現象を方程式にて記載すると云うことが理論家の套語となつた。ヴントが現象を運動に歸することを物理学の公理として、位置の変化は物体が *identisch* に残り得る唯一の変化であるとし、物体が若し性質的に変化すれば、むしろ一物が減じて他物が生ずると考えなければならず、觀察せるものの同一なること、物質の不滅性の表象に矛盾すると云つたのに對して、マツハはこの困難は運動に於ても全く同様で、一物が一の場所で減じて他の場所で生ずると考えられぬであろうかと云つた。マツハは又エネルギー則論理的の根拠に或は原因は結果に均しとか、或は永久運動不可能とか、或は中心力を予想するとか、マイヤーやヘルムホルツが云つたものを、何れも空疎であるか不必要であるとし、唯だ現象の函数的關係の記述と云うことに之を歸したのである。マツハは又當時に於て気体動力説の効果を看過して原子説に反對したが、夫は彼が他にエーテルの存在を云うに對して寛大であつたのと似ず、太初に空氣の存在を知らず、漸次之を認めたように、エーテルに就ても漸次其實在を認めざるを得ざらしめると云つたが、夫は却て今は疑問となり、原子の表象の方が益々精密なら

しめられるのである。

数学的叙述の方法にも種々の変遷があり、ダランベールやラグランジュに形而上学的であるとし傍系の原則とせられた活力の原則が、エネルギー原則として物理学中樞の原則となり、又同様に軽視せられた最小作用律もヘルムホルツやラーモア、プランクなどに依りて最も先頭に置かれた。ヘルツが最小作用律の積分律なるを難じたが其の目的論的意義は夙に失われ、微分方程式たると変分の問題たるとは叙述の便宜の問題とのみなつた。

力の觀念を形而上学より解放しようとする努力は常に在つて、然かも常に前人は後人に依りて更に其解放を求められている。前人の徹底しなかつたのに職由するもあるが、後人は唯だ前人の形而上学的議論を厭つたのみで、自ら前人と同じ形而上学的觀念を踏襲し、更に後人に依りて夫を指摘せられるもある。經驗に依らず唯だ思弁に依るとき之を形而上学的と云いて、其の数学的なるとき寛假せられるもある。自然の本体を云為したとき、其以前に過ぎた道の思弁的数学的実験的如何を問わず、形而上学の問題に入るものである。キルヒホッフやマツハの記載と云い模写と云つたものに対する説は此所に述べないが、力学や物理学を以て「構成したるもの」とする見解に従うとき、前述の所謂無仮説の数学的叙述も中間物説も、原子説も構成したるものであることに差等はなく、唯其の包括の程度所謂 Fruchtbarkheit が問題となる。効果の多少は輕験の堆積の偶然性にも支配せられるが、其外に例えば自然の力学觀の優越を認めしむるためには、構成の上に夫が必然の根拠あることを証し得た後でなければならぬのである。

(大正六年十月)

- 桑木或雄著『科学史考』（河出書房、昭和一九年）所収。
- PDF化するにあたり、旧漢字は新漢字に、旧仮名遣いは新仮名遣いに改めた。
- 読みやすさのために、適宜振り仮名をつけた。
- PDF化には $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}_{2\epsilon}$ でタイプセッティングを行い、 $\text{dvi}2\text{pdf}^{\text{m}}\text{x}$ を使用した。

科学の古典文献の電子図書館「科学図書館」

<http://www.cam.hi-ho.ne.jp/munehiro/sciencelib.html>

「科学図書館」に新しく収録した文献の案内、その他「科学図書館」に関する意見などは、「科学図書館掲示板」

<http://6325.teacup.com/munehiroumeda/bbs>

を御覧いただくか、書き込みください。