

C. 静力学から動力学へ

9. アルキメデスの落体の法則

C. 静力学から動力学へ

9. アルキメデスの落体の法則

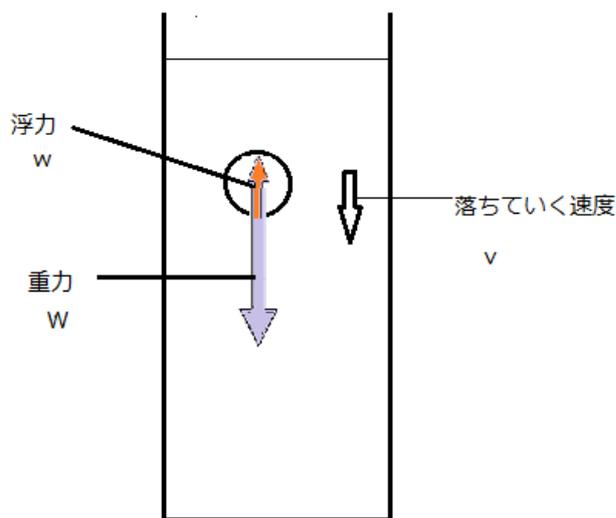
「運動について」の中でガリレオはアルキメデスの原理をもとに落体の運動法則について論じている。彼によれば、アルキメデスの原理 $F = W - w$ (W と w は単位体積あたりの物体及び媒体の重さで、 F はその物体がその媒体中にあるときに単位体積あたりの物体に及ぼす力) から、 $v \propto W - w$ (v は落下速度。但し $W < w$ のときは上昇速度) が導びき出せるというのである。 $F \propto v$ というのはアリストテレスの力学で伝統的に考えられてきた法則に他ならない。(もっともこの $v \propto W - w$ という法則はベテデッティによって既に提出されていたもので、ガリレオの独創になるものではない)

勿論上の法則は正しいものではなく、アリストテレスのものよりも事実をよく説明しうるものではない。しかしそれは次の点でアリストテレスの落下法則よりも正しい側面を含んでいる。その一つは静水力学の確実な理論と結びつき、それを基礎としており、落下と上昇を同じようにとりあつかえることである。またそれは、アリストテレスの法則であいまいだった密度と重量とのちがいをはっきり示している。ガリレオが落下運動そのものの経験の説明する点で何らすぐれることのないこの理論をえらんだのは、上のような理由によることはたしかであろう。ガリレオがピサの斜塔から二つの球を同時におとしてアリストテレスを批判したというのは物語りとして

は面白いが、ガリレオの研究はそのような形で展開されたのではないのである。このような物語りはステフィンには適してもガリレオには適したものではない。そのような意味では、ガリレオの力学研究の特質として単なる経験的な面よりも、技術的、数学的な面を強調しうるわけである。

しかし、上のことと同時に、ガリレオがアルキメデスのもっぱら幾何学的方法に満足したわけではなかったということも指摘されなければならない。彼ははっきりと、アルキメデスの原理の「数学的というよりもずっと物理的な証明」を意図して暗にアルキメデスを批判し、静力学と動力学の結合へと進んだのである。

要約 ガリレオは「運動について」で落体の法則を提唱した。落体の速度 v は物体にはたらく重力 W から浮力 w を引いたものに比例するという主張である。



$$v \propto W - w$$

落体の速度 \propto 重力 - 浮力

この議論の前提となっているのはアリストテレスの押し曳きの力学である。アリストテレスは

$$v \propto F$$

速さ \propto 力

を主張した。

この法則はガリレオより以前にベネデッティが主張していた。

「Benedetti(1530～1592)

イタリアの数学者、物理学者。ガリレオの先駆者。物体の落下速度は一定であるとし落下物体の加速度と運動量の関係を論じる。」『科学技術人名事典』都築洋次郎編著北樹出版より

この法則は正しくない。しかし、次の3点で、アリストテレスの落下法則より正しいものを含んでいる。

①静力学の正しい理論にもとづいている。

静力学の正しい理論とは、浮力の原理のことである。

ここで、「物体の受ける力は重力－浮力である」という点では正しい主張をしているのである。このような理論はアリストテレスの落体の法則には出てこない。ガリレオが間違えたのは、この力の差が速度と比例すると考えたことである。この点ではアリストテレスの誤った理論を踏襲したということである。

②この理論では落下と上昇を同じ式で扱える。

水中の木は上に浮いてくる。このとき、浮力 w は重力 W より大きい。そこで落下速度はマイナスとなる。すなわち上昇するのである。

③密度と重量の違いをはっきりさせた。

ガリレオの論文に出てくる W は「単位体積あたりの物体の重さ」であり、 w は「単位体積あたりの媒体の重さ」である。すなわち、これは物体の密度、媒体の密度である。

板倉さんは、この間違った理論の中に、それまでよりすぐれた点を見いだしたのである。これは、科学史家として心得なければならぬことである。しばしば、科学史家は今日の科学の立場から過去の科学者の仕事を評価しがちであるが、それは科学史の研究としてきわめてまずいと言わなければならない。科学史で明らかにすることは、いろいろな間違いをしながらどのようにして真理に近づいていったかを明らかにすることである。この目のつけどころは、板倉さんが仮説実験授業を提唱して以後、大いに力を発揮することになった。仮説実験授業では、「子どもが間違ったことを言ったら、その考えを尊重しなければならない」ということが授業運営上の重要な心得である。この心得は、科学史の研究者にとっても重要な心得なのである。

さて、ガリレオはアルキメデスの方法に満足しなかったことを板倉さんは指摘している。これは何だろうか。「アルキメデスの方法は数学的であって物理学的でない」というのがその不満の内容である。ガリレオは物理学的な証明を意図して静力学から動力学に進んだのである。

この「数学的」と「物理学的」についてはさらに検討することが必要である。これはこの論文の先の方を検討することで解明できると予想される。