

## 7. ガリレオの方法

### ア ガリレオの方法

それではわれわれのガリレオの方法はいかなる伝統に属するものであったであろうか、これまで一般的には彼の方法は、アリストテレスに対立し、アルキメデスの数学的方法をうけつぐものだとされてきたが、それでよいであろうか。既にのべてきたことから明らかのように私にはそう考えられない。

たしかにガリレオはアリストテレスの力学のあいまいさに対するアルキメデスの静力学の確実さを知っておどろき、アルキメデスを尊敬しその数学的方法をうけ入れた。だがしかし、彼はステフィンのように確実な静力学の限界に留まることが出来なかった。彼はアリストテレスの提起した動力学の問題にも手を出したのである。

もっとも動力学の問題を扱うその方法は数学的であり、アルキメデスにしたがうものである。だから、彼はその方法を興る対象に適用しただけだといわれうるかも知れない。しかしアルキメデスの方法を先代のべたようなものとして理解するとしたら、研究の対象を未だとらえとておかない動力学にまで拡大するということはその方法自身の変化を意味するであろう。幾何学の方法は基本的にいつて

372

(356)

静的なのであり、これが動的で複雑な力学現象に適用しようと考えるのは方法的にいつでも一つの飛躍である。それはステフィンの行いえなかった飛躍である。(ガリレオの方法についてはこの論文全部でみることになる。)

要約 静力学の方法を動力学に適用するとき方法に変化が生じた。

ガリレオは、アルキメデスの数学的方法をアリストテレスの提起した動力学の問題に適用した。しかし、アルキメデスの数学的方法は静的であり、そのままでは動的な動力学には適用できない。そこでこのアルキメデスの方法を適用する際に方法に変化が生じた。

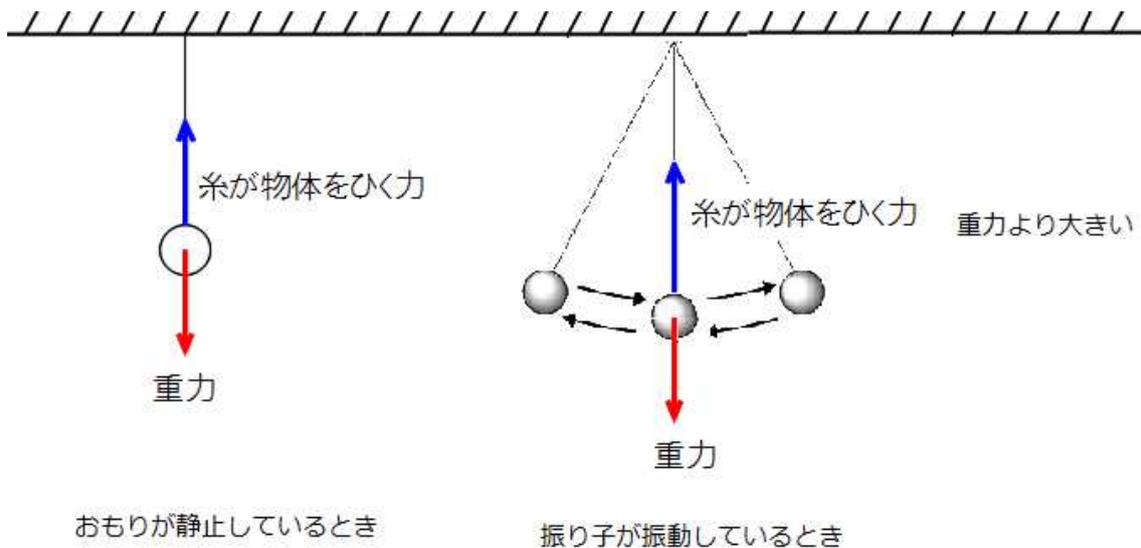
静力学で使われている概念を動力学に適用すると言えば、何でもなしのことに思えてしまいがちである。しかし、静力学を支えている思想は幾何学的である。この思想を動力学にそのまま適用することは思ったよりいろいろな困難が伴うのである。

一例として、斜面上に静止している物体にはたらく力について考えてみよう。このとき力はずりあっている。力の矢印をかく問題は、幾何学的な図形をつくる問題と見ることも

できる。ところが、斜面上を滑り落ちていく物体にはたらく力を考えてみよう。このとき力はずりあっていない。このときの力の矢印をかく問題は生徒にとって急に難しくなる。単なる作図問題ではなくなるのである。教師がこのことを理解せずに、静力学で教えたことをすぐ適用できないと言って嘆くのは、大変な思い違いをしているのである。

もう一つ別の問題を考えてみよう。振り子を振らせておいて、おもりが真下を通過するときにおもりにはたらく力の矢印をかく問題を考えよう。

おもりが静止しているときは、重力と糸が物体を引く力はつりあっている。しかし、振り子が振れているときは真下を通過するとき、糸が物体を引く力は重力より大きくなる。



これは、静力学の考えをそのまま動力学に適用しようとする間違ってしまふ一つの例である。実際生徒にこの矢印を書かせると、静力学の考えをそのまま適用して矢印をかく生徒が多数いる。静力学がわかったからと言って動力学が解けるわけではないのである。

板倉さんは、アルキメデスの方法を動力学に適用したということは、大きな飛躍であると言っている。このことに気がついたということは、大発見と言ってよいのではないだろうか。

## 8. ガリレオにおける浮力の原理

### 8. ガリレオにおける浮力の原理

ガリレオがアルキメデスの浮力の原理から出発してどのようにしてその動力学の理論を展開していったかということはあとの章で述べる。ここではガリレオの浮力の原理の証明の方法について考えよう。

ガリレオはその論文「水の中にあるもの及びその中で動くものに関する講話」(メタノエ)でこの問題を取り扱っているが、それはアルキメデスの方法とは全く異なったものである。勿論ガリレオはこの論文以前でもアルキメデスの浮力の原理については知っており、「運動について」ではその法則から出発したのであるが、この論文ではこの原理を他の方法によって証明しようとしたのである。

ところでその方法であるが、それは同じ原理をいろいろの方法で解いてみるというたゞそのためだけ考えつかれたものではない。というのは、彼がここで用いた方法は、彼の力学のもっとも基礎的な概念であるモメントという概念によって静力学の全体をとらえなおそうとする試みの一つだったからである。彼自身、自分の力学をモメントあるいはインペットの科学と名付けて特長づけているように、この試みは彼の力学にとって本質的なのである。

モメントの概念による彼の浮力の原理の証明は、今日水圧機の説明に用いられるような仮想仕事の考えを用いたものであり、ヘロンの方法またはヨルダヌスの方法をうけつぐものである。(「水の中にあるもの及びその中で動くものに関する講話」という表題から、しばしば流体動力学の研究が思われるが「その中で動くもの」というのは重量と浮力の作用を受けて動く、という意味である)

ところで「機械学」ではじめてモメントという概念を用いたガリ

(357)

レオは機械によって力を得ることが出来ないということを力説しているが、その説明の方法はアリストテレスの押し曳きの力学の法則を思い浮かせるものである。

結論において、静力学におけるガリレオの方法は数学的である点で、アルキメデスやヘロンの方法にしたがってはいるが決して静的なものではなく、技術的であり動的である点ではヘロンやアリストテレス、ヨルダヌスの伝統をつみ入れているということが出来るのである。

**要約** ガリレオはモメントという概念によって静力学全体をとらえ直そうとした。

1612年「水の中にあるもの及びその中で動くものに関する講話」でアルキメデスの原理をモメントという概念によって説明しようとした。ガリレオは自分自身の力学を「インペトあるいはモメントの力学」と名付けている。この立場はガリレオにとって本質的なものである。彼の浮力の説明は仮想仕事の原理によるもので、その点でヘロンやヨルダヌスの仕事を受け継いでいる。『機械学』でモメントの概念を説明しているが、アリストテレスの押し曳きの力学の方法に似ている。

結論として、ガリレオはアルキメデスの静的な方法・数学的な方法を動力学に適用するときに、ヘロン、アリストテレス、ヨルダヌスの伝統を積み入れている。

(単にアルキメデスの方法を動力学に適用しただけだと評価するのは間違いである。)

研究課題

『機械学』でのモメントの概念の検討

アリストテレスの押し曳きの力学の検討

ヨルダヌスの研究内容の調査

モメント概念がガリレオの力学研究にどのような役割を果たしたか。