

「仮想速度の原理」再考：ラグランジュの力学の起源について

京都大学文学研究科 科学哲学科学史専修 有賀暢迪*

Reconsidering the "Principle of Virtual Velocities": On the Origin of Lagrange's Mechanics

ARIGA, Nobumichi (Kyoto University)

「仮想速度の原理 (principe des vitesses virtuelles)」とは、ラグランジュ (Joseph Louis Lagrange, 1736-1813) が主著『解析力学』(1788) で力学全体の基礎に据えた原理のことである。これは今日では仮想仕事の原理 (仮想変位の原理) と呼ばれており、この原理を一般的に述べたのはヨハン・ベルヌーイ (Johann Bernoulli, 1667-1748) が最初であったとされている。だが実際には、ベルヌーイの仕事がそのままラグランジュの力学の基礎になっているのではない。本発表では、ラグランジュが「仮想速度の原理」をどのように導入したかを検討することで、彼の力学の起源について考察する。

1763年に書かれた論文で、ラグランジュは「仮想速度の原理」を初めて導入し、この原理に関連して、(1)ヨハン・ベルヌーイ、(2)モーペルテュイ (Pierre Louis Moreau de Maupertuis, 1698-1759) およびオイラー (Leonhard Euler, 1707-1783)、(3)ダランベール (Jean Le Rond d'Alembert, 1717-1783) の著作に言及している。

(1)ベルヌーイは、系にわずかな「仮想速度」を加えたときの、「仮想速度」の力方向成分と力との積を「精力」と名付け、これによってつりあいを論じた。ただしその手法は幾何学的であり、この原理が静力学の基礎に置かれているわけでもない。

(2)モーペルテュイとオイラーの著作には「仮想速度」という言葉がなく、ベルヌーイへの言及もない。ただし、そこに現れる数学的表現は代数的でラグランジュにつながるものであり、特にオイラーはこれによって静力学の広範な問題を論じている。

(3)ダランベールは、「昔から知られている」原理として、二つの物体はその「仮想速度」の力方向成分と力とが反比例する場合につりあうと述べている。だが、この「仮想速度」はベルヌーイの「仮想速度」とは別物であり、物体系に加えられる速度ではなく、物体が運動しようとする「傾向速度」であると理解されている。

ラグランジュはこのうち、(3)を「一般に『仮想速度の原理』と呼ばれている原理」と呼んでいる。「仮想速度の原理」という言葉は、ラグランジュに学んだフォンセネ (François Daviet de Foncenex, 1734-1799) の論文 (出版 1762) で先行して現れるが、そこでの用法もダランベールに則ったものである。そしてラグランジュによれば、これを一般化したものが(1)であるが、その際、「仮想速度」の意味が(1)と(3)で異なることに注意は払われていない。

ラグランジュは明らかに、「仮想速度の原理」の数学的表現だけを問題にしている。彼はこの観点から、ダランベール流の「仮想速度の原理」は三つ以上の物体に一般化できると考え、それをベルヌーイの著作の中に見出したのである。しかしその際、ラグランジュはベルヌーイの主張を解釈し直し、代数的に書き換えて静力学の基礎に据えている。それゆえラグランジュの力学の起源を単純にベルヌーイに求めることはできず、むしろこの原理の代数的表現を十分な形で与えていたオイラーの仕事に、ラグランジュの力学の起源を求めなくてはならないように思われる。

* ariga_phs@yahoo.co.jp