




活力論争の展開に見る 「運動物体の力」の消長

有賀暢迪

(独) 国立科学博物館
理工学研究部・科学技術史グループ

日本科学史学会第60回年会
於 日本大学商学部

2013年5月26日



- 「力」をめぐる18世紀（前半）の論争
- 2つの主張の対立
 - 「力」は質量と速度に比例（ mv ）
 - * デカルト「運動の量」
 - 「力」は質量と速度の2乗に比例（ mv^2 ）
 - * ライプニッツ「活力」
- **さまざまな要因：物質観、集団心理** etc.
 - * 有賀「活力論争とは何だったのか」(2009)

- **当事者たちの論じていた「力」force とは？**
 - 曖昧な概念、という以上の理解が必要
 - 「運動物体の力」という用語に着目
- **活力論争を科学史上、どう評価するか？**
 - 運動量・エネルギー概念の前史という以外の見方

導入 [済]

17世紀の自然哲学の遺産

1720年代における論争の本格化

1740年代における論争の解消

まとめと考察



17世紀の自然哲学の遺産

デカルト、ニュートン、
そしてライプニッツ

- 『**哲学原理**』 (1644)

- 「力」と「運動の量」を同一視

- **自然の第3法則（衝突の規則）**

- 「それぞれの物体の中に、運動する力なり、運動に抵抗する力なりが、どれだけあるかを計算し……」

- * 強調は引用者（以下同様）

Ex. 武田 『デカルトの運動論』 (2009)

- 『プリンキピア』 (1687)
- **定義3 「固有力」** vis insita 「慣性力」 vis inertiae とも
 - 「あらゆる物体が、それが可能な限りにおいて、静止または一様直進運動の状態を堅持する能力」
 - 「見方によって抵抗でもインペトゥスでもある」

Cf. 定義4 「刻印力」 vis impressa

「物体の静止または一様直進運動の状態を変えるべく、それに及ぼされる作用」

- 「力」は速度の2乗に比例(1686)
- 『動力学提要』(1695)
 - 物体の本性的な「力」を考察・分類
 - 「活力」：
「それによって物体は、実際に互いに作用」
「衝撃における力は活力」

物体の持つ「**能力**」としての「力」 force :
ほかの物体に作用を及ぼす / 抵抗する




運動している物体は、衝突を通じてほかの物体
に作用を及ぼすことができる（衝撃力）

= 「力」を持っている
（運動物体の力）



1720年代における 論争の本格化

「運動物体の力」の
尺度をめぐる



- **1722：ス・グラーフエサンデ (mv^2)**
 - ロンドンの「ニュートン主義者」たちからの反論
- **1724：マクローリン (mv)**
 - パリ科学アカデミーの懸賞を獲得
- **1727：ヨハン・ベルヌーイ (mv^2)**
 - パリ科学アカデミーでの論戦をもたらす
- **1728：ペテルブルク科学アカデミー紀要**
 - ヘルマン、ビュルフィンガー、ヴォルフ (mv^2)

- 「**運動物体の力**について」

- パリ科学アカデミー紀要の記事（1721, 1728）

- 「**力**」の定義

- 「運動物体の中にあって、ある場所から別の場所へとそれを運ぶもの」（ス・グラーフエサンデ）

- 「任意の物体の力とは、力学のあらゆる著述家の一致しているところでは [.....] ともかく『運動を生む能力』を指す」（ヘルマン）

- **ライプニッツ(1686)**

- 「力がその産出しうる効果の量によって [.....] 算定されるべきなのは明らかである」
- 効果：この「力」で物体を上向きに投射した際、それが上昇することのできる高さ

- **ス・グラーフェサンデ(1722)**

- 「力はそれが完全に消費されるような作用に比例」
- 落下する球の作る凹みの大きさを測定

共通了解：運動物体は「力」force を持っている



「力」を測るには？




効果・作用から原因・能力を見積もる

※ほかのアプローチも存在したが、これが最も一般的



1740年代における論争の解消

ダランベール、オイラーと
「力」の批判



- 『**動力学論**』 (1743)

- 「**力**」の批判

- 「駆動因の上から言わば視線を逸らし、それらの生み出す運動を考察するだけにした」
- 「運動物体に内在する力という、曖昧かつ形而上学的な存在 [.....] を完全に追放した」

- 衝撃力についての論文(1745)

- 「力」の批判

- 「この力は、.....それ自体として考察されたいかなる物体にも帰属させられないであろう、むしろそれはこの物体が別のものと衝突するときの関係にのみ関連付けられる」
- × 「慣性力」 ○ 「慣性」と「力」

論争の**前提**そのものを批判

「運動物体の力」の曖昧さ・不適切さ

活力論争における画期

※有賀「活力論争を解消する18世紀の試み」(2012)

※「運動物体の力」や、その尺度をめぐる論争が
完全に無くなったわけではない

A decorative graphic on the left side of the slide. It features a large red triangle pointing downwards, with a black line extending from its top vertex to the right edge of the slide. Another black line extends from the bottom vertex of the red triangle to the right edge of the slide, meeting the first line at a point. A horizontal red line is positioned below the text, extending from the left edge to the right edge of the slide.

まとめと展望

「運動物体の力」から見た活力論争

17世紀の背景

物体の能力としての「力」force という用語法

1720年代の論争

「運動物体の力」を定量化する試み

1740年代の批判

「運動物体の力」の曖昧さ・不適切さを攻撃

Cf. 19世紀における「エネルギー」概念の成立

原因の探求としての**自然哲学**



数量的自然哲学の問題としての**活力論争**

原因としての「力」を効果によって測る



「明晰な観念に従ってのみ推論したいのであれば、
「力」という言葉で [.....] 生み出される効果のみを了解すべき」

(ダランベール)



「力」の働きの探求としての**近代的力学**？



ありがとうございました

ariga.nobumichi@gmail.com

