



# 活力論争を解消する三つの方法

## スフラーフェサンデ、ダランベール、オイラー

有賀暢迪

日本学術振興会特別研究員

・ 京都大学大学院文学研究科博士後期課程

2009/11/21

日本科学史学会西日本研究大会

# はじめに

- 活力論争とは
  - 18世紀前半、ヨーロッパの学者たちを二分
  - 「力」の尺度をめぐる論争
    - 質量×速度 ( $mv$ ) or 質量×速度<sup>2</sup> ( $mv^2$ )
- 発表内容
  1. 活力論争についての「よくある誤解」を解く
  2. 論争を「解消」しようとした三人の比較考察
    - スフラーフェサンデ、ダランベール、オイラー

# 活力論争とは (1)

- 問題
  - 「『力』は質量と速度 ( $mv$ ) に比例するのか、質量と速度の二乗 ( $mv^2$ ) に比例するのか」
    - 現代的な観点からすると、問い自体が意味不明
- 発端
  - ライプニッツによるデカルト批判 (1686)
    - デカルト：「力」 =  $mv$  (運動の量)
    - ライプニッツ：「力」 =  $mv^2$  (活力)

# 活力論争とは (2)

- 「よくある誤解」
  - 力概念の混乱が原因
    - 力 (F), 運動量 ( $mv$ ), 運動エネルギー ( $mv^2/2$ ) の混同
    - 力を時間で積分すると運動量に、距離で積分すると運動エネルギーになるので、どちらの尺度も正当
    - 「本質的に言葉の問題」 (ヤンマー『力の概念』)
  - ダランベールによる決着 (1743)
    - 論争は「言葉の諍い」 (dispute de mots) に過ぎない
  - → 力学史の奇妙な脱線としての活力論争

# 活力論争とは (3)

- 歴史研究は何を明らかにしてきたか
  - 「ダランベール神話」の否定
    - ダランベール以降も論争は続いた（19世紀まで？）
    - ダランベールは力、運動量、運動エネルギーについて、現在のような理解を持ち合わせていない
  - 「力」概念の理解
    - 活力論争で問われた「力」とは、「**運動物体の力**」であって外力ではない
    - 物体に内在する、言わば駆動力
    - 現代的な観点からすれば「誤った」考え方だが、論争の当事者たちは皆、この概念を共有している

# 活力論争とは (4)

- 「力」概念の広まり
  - デカルト
    - 運動物体と静止物体とに「力」を認め、これに基づいて衝突規則を論じる（『哲学の原理』1644, 第二部）
  - ニュートン
    - 慣性運動の原因として「内在的な力」ないし「慣性力」を想定（『プリンキピア』1687, 定義3）
  - ライプニッツ
    - 「活力」を「現実の運動と結びついた通常のカ」と説明（『動力学提要』1695）
- → 力学史の中心的な話題としての活力論争

# 活力論争を解消する三つの方法

- 以下で議論すること
  - 論争を解消しようとした三つの主張の比較検討
    - スフラーフェサンデ、ダランベール、オイラー
    - 三人の態度は必ずしも同じでない
- 「解決」ではなく「解消」
  - 三人はいずれも、論争それ自体を無意味なものと捉え、これを解消 (dissolve) しようとした
    - cf. Hankins, “Eighteenth-century attempts to resolve the *vis viva* controversy” (1965) : スフラーフェサンデ、ダランベール、ボスコヴィッチの三人を分析

# スフラーフェサンデ (1)

- W. J. 'sGravesande (1688-1742)

- ライデン大学の実験哲学者

- 『実験によって確認された自然学の数学的諸原理、あるいはニュートン哲学入門』  
(初版1720-21)



- 活力論争における代表的な $mv^2$ 支持者

- 『物体の衝突に関する新しい理論の試み』 (1722)
- 物体を粘土板に落下させ、衝撃による凹みの大きさから衝突前の物体が持っていた「力」を見積もる
- 多数の実験に加え、理論的考察も



# スフラーフェサンデ (2)

- 論争の解消に向けて
  - 反論への応答
    - 1729: イギリスの人々（特にクラーク）に対して
    - 1733: スイスの数学者カランドリーニに対して
  - 「力」という言葉の多義性への注意
    1. 力 force / 圧 pression
    2. 瞬間作用 action instantanée / 全体作用 action totale
    - 自分は「全体作用」の考察から「力」を論じているが、反対者たちは「瞬間作用」に注目していると主張

# スフラーフェサンデ (3)

- まとめ

- 論争が無意味である理由

- 「力」という言葉の用法が論者によって違っている
- 「当初は言葉の諍いにすぎなかったものが、物事自体についての諍いになってしまった」 (1729)

- 解消の方向性

- 言葉の使い方を厳密にする
- 「私が『力』と名付けたものは質量と速度の二乗との積で測られるはずである」 (1733)
- → 「力」 (慣性力) について論じること自体は肯定

# ダランベール (1)

- J. d'Alembert (1717-1783)

- パリの数学者・哲学者

- 力学の分野で多くの仕事
- 『百科全書』 共編者



- 「力」概念の曖昧さを問題視

- 『動力学論』（初版1743）の序論
- 「運動物体に内在する力、曖昧で形而上学的な存在を...完全に追放した...」
- 「力」という言葉を、運動の原因ではなく生じる効果に限定して用いることを主張

# ダランベール (2)

- まとめ
  - 論争が無意味である理由
    - 「力」それ自体が曖昧な概念
    - 『動力学論』：明証的な力学体系の構築が目的
  - 解消の方向性
    - 「力」という言葉の意味の変更
    - 「物体に宿っているとされる存在」の表象ではなく、「事実の短縮された表現法」としてのみ用いる
  - → 実証主義的な態度

# オイラー (1)

- L. Euler (1707-1783)
  - ベルリン・アカデミーの数学者
    - 18世紀最大の数学者
    - 力学の分野でも非常に多くの貢献
  - 「力」の否定
    - 『衝撃力とその真の尺度について』 (1746) :  
「運動物体にはいかなる力も絶対に帰属させられない」
    - 『ドイツのある王女への書簡』 (1768) :  
物体の本質として延長、不可入性、慣性を挙げる
    - 物体に「力」を認めるヴォルフ (C. Wolff) への反論



# オイラー (2)

- まとめ
  - 論争が無意味である理由
    - 「力」は物体の本質ではない
    - 「慣性力」ではなく「慣性」
  - 解消の方向性
    - 「力」という言葉の意味の変更
    - 運動状態を変化させる外的な原因としてのみ用いる
  - → 形而上学的な問題に言及

# 結論

- 活力論争を解消する三つの方法
  - スフラーフェサンデ
    - 言葉の使い方を厳密にして「力」を研究
  - ダランベール
    - 「力」は曖昧な概念なので、言葉の意味を変更
  - オイラー
    - 「力」は物体の本質ではないので、言葉の意味を変更
  - 注意：ダランベールとオイラー
    - 同じような実践に行き着くが、両者の思考は異なる

—ご清聴ありがとうございました。