

## 自己評価報告書

平成 23 年 4 月 13 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008~2012

課題番号：20500873

研究課題名 (和文) 18 世紀における流体力学の理論的発展に関する歴史的研究

研究課題名 (英文) Historical Study on the Theoretical Development of Fluid Mechanics in the Eighteenth Century

研究代表者

伊藤 和行 (KAZUYUKI ITO)

京都大学・大学院文学研究科・教授

研究者番号：60273421

研究分野：西欧近代科学史

科研費の分科・細目：科学社会学・科学技術史・科学社会学・科学技術史

キーワード：力学史，流体力学，活力，運動方程式，ヨハン・ベルヌーイ，ダニエル・ベルヌ，オイラー，ラグランジュ

## 1. 研究計画の概要

本研究は、17 世紀における流体力学の理論的発展を、前半に活動したヨハンおよびダニエルのベルヌーイ親子、クレーローから、中頃から後半にかけて活躍したダランベール、オイラー、ラグランジュまでたどり、古典力学の成立過程を明らかにするものである。古典力学は 17 世紀に誕生したと言われるが、解析的な表現を得て、今日我々が知っているような力学体系が成立したのは 18 世紀後半のことである。その理論的発展の過程においては、17 世紀に扱われていた質点の運動のみならず、質点系の運動が扱われるようになり、とくに流体の運動は、振動弦や剛体の運動などとともに中心的な研究テーマとなっていた。この流体力学の理論的発展に関する歴史的検討を通じて、この時期に登場した、力学における二つの基本的アプローチ、すなわち保存量 (エネルギー、運動量、角運動量など) を用いた問題解法および運動方程式による問題解法に関する考察を進める。両者が歴史的な発展過程の中でどのように絡み合い、統一的な視点で理解されるようになったのか、また力学の基本原則がどのように見いだされ、それを基盤として力学の体系がどのように築かれていったのかを歴史的視点から考察することが本研究の目的である。

## 2. 研究の進捗状況

第一に、18 世紀における流体力学理論の発展について、特に前半を中心に検討を行なった。最初の基本定理として知られる「ベルヌーイの定理」を提唱したヨハンおよびダニエルのベルヌーイ親子が、この定理を導出した対称的な過程を考察した。息子のダニエルが

「活力」(運動エネルギー) の保存を用いるという当時一般的な手法を用いていたのに対し、ヨハンは、運動方程式から「活力」を介さずに流体の運動に関する理論を導くことを試みている。ここでは、「活力」の保存則と運動方程式が同一の問題に適用されており、両者がどのように当時の研究者によって捉えられていたのかを知る上で重要な事例と考えられる (論文「ヨハン・ベルヌーイ『水力学』における運動方程式」参照)。一方視野を流体力学外にまで広げると、ダニエルも運動方程式を基本原理と考え、「ガリレイの原理」と呼んでいることが見出される。ダニエルは、流体の運動を扱う際には「活力」の保存を中心に据えつつも、その基礎として運動方程式を捉えていたと言えよう (論文「18 世紀前半における力学の発展と流体力学の誕生」参照)。

第二に、近代的な流体力学理論を築いたと言われるオイラーとラグランジュのテキストの読解を開始した。オイラーに関しては、1750 年代後半に発表され、近代流体力学の基礎を気づいたといわれる一連の論文の検討に取り掛かるとともに、彼の業績を引き継ぎ、解析力学を発展させたラグランジュに関する研究の準備として主著『解析力学』の歴史的記述の読解を始めた。オイラーは、それらの論文において、流体運動の問題に運動方程式を本格的に導入したが、それには、座標系の体系的使用が結び付いていた。18 世紀前半における座標系概念の展開に関して、流体力学以外の分野まで視野を広めて検討を行っている。

### 3. 現在までの達成度

#### ②おおむね順調に進展している.

研究対象を 18 世紀と設定していることから, 研究期間を長めの 5 年と設定した. 前半の期間では 18 世紀前半を, 後半では 18 世紀後半を主として分析することを考えて研究計画を立てており, ほぼそれに従った形で研究を進めてきている. すなわちこれまでは前半に活躍したヨハンおよびダニエル・ベルヌーイの業績を主に検討するとともに, 3 年目には, 後半に活動したオイラーの研究を開始するとともに, ラグランジュに関する研究の準備を行なっている.

### 4. 今後の研究の推進方策

第一に, 18 世紀後半に活動したオイラーとラグランジュの流体力学理論の研究を進める. 具体的には, オイラーの 1750 年代後半の流体力学に関する一連の論文の分析を行なうとともに, ラグランジュへの影響を初期の論文の検討を通じて考察する. とくに流体力学における基本的解法として知られる「オイラー表現」と「ラグランジュ表現」の起源について検討する.

第二に, 力学の基本原則をめぐっては, 「活力」の保存則と運動方程式の関係を中心に検討し, 分析対象を流体力学に限らず剛体の回転運動や弦の振動運動などの問題にまで広げて検討を行なう. これらの問題分野において, 共通の基本原則や共通の問題解法が存在していたのかという観点から考察を進める. また 17 世紀の力学理論, ニュートン, ガリレオ, ホイヘンスらの理論の影響を検討し, 18 世紀の力学理論が 17 世紀から受け継いだものが何だったのか, その影響から脱していく過程がどのようなものだったかを解明する.

### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① 伊藤和行, 「18 世紀前半における力学の発展と流体力学の誕生」, 『京都大学数理解析研究所講究録』(印刷中), 2011, 査読無
- ② 伊藤和行, 「ヨハン・ベルヌーイ『水力学』における運動方程式」, 『科学哲学科学史研究』, 4, 115-126, 2010, 査読無

[学会発表] (計 4 件)

- ① 伊藤和行, ダニエル・ベルヌーイとレオンハルト・オイラー—力学の基本原則をめぐって—, 日本物理学会2010年秋季大会, 2010年9月25日, 大阪府立大学
- ② 伊藤和行, 18世紀前半における力学の発

展と流体力学の誕], RIMS 研究集会「オイラー方程式の数理:力学と変分原理250年」, 2010年7月12日, 京都大学数理解析研究所

- ③ 伊藤和行, ダニエル・ベルヌーイにおける「力学の原理」, 日本科学史学会年会, 2010年5月29日, 東京海洋大学
- ④ 伊藤和行, ヨハン・ベルヌーイ『水力学』における運動方程式, 日本科学史学会年会, 2009年5月24日, 九州大学

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ

<http://www.bun.kyoto-u.ac.jp/~kito/flmc/>