

## 論文審査の結果の要旨

氏名 中川 淳 一

論文提出者は学位申請論文「Creation of mathematical methods for the social cooperation: solutions of problems in the steel industry, environments and the traffic flow」(和訳:「社会連携における数学的手法の創造: 製鉄業、環境ならびに交通流についての課題の解決」)の第 1 章において、社会連携のための数学の活用の原理・方策を論じた上で、第 2 章以降で製鉄プロセスや材料科学に関連した産業界における課題、さらには環境問題や交通流という我々の社会生活に関わる諸課題の解決のための数学手法を議論した。対象となった課題は産業や社会などの実用面に由来するものであるが、その抜本的な解決のためには、数学の様々な知見を古典的なレベルから最先端までの広い範囲から活用して、新たな手法を編み出した。既存の数学手法を問題に応じてあてはめて個々の課題を解いただけではなく、第 6 章における非整数階拡散方程式の研究のように、そのような社会連携によって数学自身の研究分野も創生した。

本学位申請論文において、数学の枠組みにより、現実世界の問題を抽象化した枠組みでとらえ、問題の根源を明らかにし、既存の技術概念の再構築を行い、技術の出口をつくり製造現場や社会への浸透を図って産業現場においてイノベーションを創出するための方策が解説され、以下に概括するように、申請者による現場のさまざまな課題の数学による解決事例が示されている。すなわち、第 2 章において、製鉄業の重要な過程である製鉄工程を担う高炉を安全かつ効率的に操業させるための数学的手法を、力学系の理論と放物型偏微分方程式の逆問題の理論に基づいて創造した。このような理論的かつ実用化された手法は、既存の数学的手法をそのまま適用するのではなく、数学者と企業研究者による議論を通じた共同の成果物であり、当該課題の解決だけでなく数学的にも新しい発見や新たな研究分野の創出とそれを受けて産業現場での幅広い応用に繋がった。第 3 章では、製鉄プロセスにおける焼結の操業コストを向上させるため焼結層の温度分布の制御問題ならびに鋼材加熱炉のスケジューリングと燃焼制御の同時最適制御を考察した。同じ章で引き続き溶鋼鍋の残存煉瓦厚みの診断のために逆問題手法を創出した。第 4 章では、スケーリング則を使った鉄鋼製造工程の精錬プロセスという反応過程を定量化する手法を導出した。第 5 章においては格子欠陥の一つである螺旋転位の数学的な構造を考察し、第 6 章では、土壌内の汚染物質の異常拡散現象の数学モデルである時間非整数階微分を含む拡散方程式に関して、応用面からの必要に基づき、解の一意存在や定性的な性質などといった基本的な数学解析の成果の一端を明らかにした。

最後の第 7 章においては、交通流の数理モデルに関して、個々の車の挙動を対象にした最適速度モデルと呼ばれている離散でミクロな常微分方程式モデルが、車両の流れを流体として扱う連続でマクロな偏微分方程式モデルに適切な数学的な変換により対応づけられることを示した。ついで、交差点の信号機のオン・オフで交通流を制御するための最適化の解法について述べた。

このように、本学位請求論文において論文提出者の中川淳一氏は、深みと拡がりをもった数学的手法の開発を行っただけではなく、創出された数学手法を実用化し大きな成果を挙げた。これは純粋数学と応用数学といった皮相な分類を超えて、数学本来の力を遺憾なく発揮したものである。よって、論文提出者 中川淳一 氏は、博士（数理学）の学位を受けるにふさわしい十分な資格があると認める。