

博士学位論文 審査結果の要旨

芝浦工業大学大学院 理工学研究科 博士（後期）課程
博士学位論文審査委員会

主査	牧下 英世
審査委員	井尻 敬
審査委員	小池 義和
審査委員	竹内 慎吾
審査委員	高橋 正
*審査委員	濱田 龍義

氏名	高遠 節夫
論文題目	数学ソフトウェアのプログラミングと教育利用 – KeTpic, KeTCindy, KeTCindyJS の開発 –
〔論文審査の要旨〕 2025 年 1 月 25 日（土）16:00-18:00 に芝浦工業大学豊洲キャンパス大講義室において、博士論文最終審査会・公聴会を対面形式で実施した。本審査会では、申請者である高遠節夫氏による博士論文の発表の後、一般質疑および審査委員による質疑応答が行われた。 本博士論文は、数学ソフトウェアのプログラミングと教育利用に関する研究を取り扱っており、以下の構成から成る。序章、第 1 章「KeTpic の開発と利用」、第 2 章「KeTCindy の開発と利用」、第 3 章「KeTCindyJS の開発と利用」、第 4 章「KeTCindy による和算問題の解法」、第 5 章「結論」、および付録 A「曲面描画の C プログラム」である。 序章では、本研究の背景および目的について概説し、数学ソフトウェアのプログラミングとその教育的応用の重要性を論じている。 第 1 章では、KeTpic を用いた TeX 図の作成方法について詳細に説明し、その手順およびコマンドを整理している。さらに、数学教育への応用として、ベクトルの内積、指数関数、フーリエ級数、空間図形の描画について提案している。また、マクロパッケージの開発を検討し、曲面の輪郭法を用いた描画技法についても、輪郭線の抽出、陰線処理、空間曲線の追加、曲面の切断といった観点から議論している。 第 2 章では、KeTCindy の基本的な作図機能を示し、関数グラフ、作表、自由曲線、空間曲線、多面体の描画手法について提案している。さらに、統計解析ソフト R との連携を活用した密度関数・分布関数の描画、乱数の発生、箱ひげ図の作成を示している。また、微分積分との連携として Maxima の呼び出し機能を開発し、微分および積分計算、円錐の切断、フーリエ級数の可視化に関する具体例を提示している。加えて、C 言語の呼び出し機能を用いた曲面描画および大島スプライン曲線についても考察している。 第 3 章では、KeTCindyJS について述べ、その開発経緯と数学教育における応用として、2 次曲線、一般角、ネイピア数、楕円ベリアード、最速降下曲線の事例を提示している。 第 4 章では、日本の伝統的数学「和算」に関連する「日本の定理」に焦点を当て、高遠氏の MNR 法を用いた KeTCindy による解法を示している。 第 5 章では、研究の総括として、本研究の各章における目的を明確化し、高遠氏が開発した KeT シリーズの教育利用の意義を論じている。さらに、数学ソフトウェアのプログラミングが数学教育にお	

いて果たす役割とその有効性について考察し、動的幾何に対応したプログラミング技法の確立を今後の課題として示している。

審査会においては、申請者によるプレゼンテーションの後、研究内容の詳細な確認、今後の発展可能性、問題解決に向けた課題等について質疑応答が行われた。

審査の結果、高遠氏の長年にわたる数学ソフトウェアのプログラミングおよび教育利用に関する研究は、KeTpic, KeTCindy, KeTCindyJS の開発と教育事例を通じて顕著な貢献を果たしていることが認められ、審査委員一同によって高く評価された。研究業績として、学位論文の内容に関わる査読付き論文 3 編以上を有している。また、在学中に国際会議論文 2 編を発表しており、本学の課程博士（社会人早期修了コース）の学位審査基準を満たしている。なお、在学中に発表した国際会議論文のうち 1 編は招待講演論文である。また、2024 年 10 月 31 日に実施された予備審査において指摘された諸点についても、適切な修正がなされていることが確認された。

以上の審査結果を踏まえ、審査委員 6 名の全会一致をもって、本博士論文は合格と判定された。