

## 審査の結果の要旨

氏名 三谷 純

三谷純（みたにじゅん）提出の本論文は「計算機による立体紙模型の設計支援に関する研究」と題し、全6章よりなり、紙で作成する立体模型の設計を計算機によって支援するための問題を扱っている。

第1章では、研究の背景を説明し、研究の目的と論文の構成を述べている。紙を用いて立体を作成する立体紙模型は、その手軽さからホビー分野をはじめとして、建築物のプレゼンテーションへの活用や、ノベルティグッズとしての利用、教育分野での教材としての活用など、幅広い分野で用いられている。しかしながら、紙模型はその展開図の配布や組み立てが手軽な反面、意図した立体を実現するための展開図を作成することは難しく、専門技術を持つ設計者によって試行錯誤を経て作成されることが多い。そこで本論文では、計算機によって立体紙模型の設計を支援するための研究を行うものとした。なお、作成できる形状の自由度とその組み立ての容易さから、ペーパークラフトと「折り紙建築」と呼ばれるポップアップカードタイプのものに着目して、その設計についての研究を行うものとした。

第2章では、紙を用いて立体模型を作成する手法について一般的に知られている、折り紙とペーパークラフト、およびポップアップカードについて、それぞれの手法の特徴と、計算機を用いた設計支援に関する従来の研究などについてまとめている。特にペーパークラフトについては、近年のインターネットの普及に伴うデジタル化の様子と従来のアナログな手法との比較を行っている。その後、一般的なペーパークラフト用の展開図を計算機で作成する際に必要となる基礎知識として、立体の展開に関する内容についてまとめている。

第3章ではポリゴンモデルの展開図を計算機を用いて作成する手法を述べている。まず、計算機によって3次元形状を表現する手法について概説し、その手法の1つであるポリゴンモデルを扱うための基礎的な内容を紹介している。その後、ポリゴンモデルを展開するためのアルゴリズムを提案し、それを計算機で実装する際に気をつけるべき点などを述べている。また、一つのポリゴンモデルに対して、その展開図は何通りも存在するため、どのような展開図が工作に適した展開図であるかを判断するためのコスト評価方法を提案し、組み立てやすさを考慮した展開図の作成手法について述べている。続いて、得られた展開図をユーザーが対話的に編集するためのインターフェースや、工作を支援するための機能を提案し、それを計算機上に実装したアプリケーションの例を紹介し、その評価を行い考察をまとめている。

第4章では、面の数が多くそのまま展開した場合には工作するのが現実的ではないようなメッシュモデルに対して、近似的な展開図を作成する手法について述べている。はじめに、従来のメッシュモデルの展開方法と簡略化手法について紹介している。その後、手法の詳細について延べ、その手法を面の数が数万程度のメッシュモデルに適用し、実際に滑らかな曲面部を持つ紙模型を作成した例を紹介している。ここで提案される手法は、まず与えられたメッシュモデルをその形状特徴に基づいて複数のパーツに分割し、そのパーツを帯状の領域に再分割することを行う。その後、メッシュ簡略化手法を適用することで、この領域をSTRIPと呼ぶ、内部に頂点を持たない三角形の集合で近似することを行う。この手法で作成する展開図は、紙の柔軟性を活かした滑らかな紙模型を作成することができる、という特徴がある。

第5章では、折り紙建築の設計を計算機で支援するための手法を述べている。90度に開いたときに形が立ち上がるタイプの折り紙建築について、ボクセルを用いることで設計支援と展開図の作成を効率的に行う方法、既存のポリゴンモデルから自動的に生成する方法、および平面多角形の集合を用いることで自由度の高い形状の設計を支援する方法を提案している。その後、180度型の折り紙建築について、既存のポリゴンモデルから断面形状を取得することで、格子状に形が立ち上がるものを設計するための手法を提案している。それぞれの手法について、その理論と応用についてまと

め、実際にアプリケーションを実装して作成した例題を紹介している。また、このアプリケーションを教育の場で教材として使用した事例の紹介も行っている。

第 6 章では結論を述べている。本論文で提案する手法によって、ペーパークラフトと折り紙建築の形状設計を計算機で支援を行えることが示された。また、実装されたアプリケーションを評価することで今後の展望がまとめられている。

以上を要約するに、本研究により、計算機によって立体紙模型の設計を支援する新しい手法が複数提案され、それぞれの有効性が確認された。また、残されている課題についても問題点が明らかとされ、それぞれの立体紙模型の設計手法に関して大きな貢献をしたと言える。このことにより、精密機械工学のみならず工学全体の発展に寄与するところが大きい。

よって本論文は博士（工学）学位請求論文として合格と認められる。