

審査の結果の要旨

氏 名 中 島 一 崇

近年、急速に性能を高度化させ、産業界に新風を起こしている技術に、3D プリンタをはじめとする、デジタルファブリケーションが挙げられる。デジタルファブリケーションを用いた新たな可能性の開拓は、これから一段と加速して進められるであろう。情報理工学の分野においても、デジタルファブリケーションのさらなる発展のために、一層の貢献が期待されているところである。実際にそのような研究は多数行われているが、その多くは対象物のデザインに関わるものである。

その一方で、本論文では、デジタルファブリケーションの前処理・後処理に着目し、情報理工学の手法を用いて、課題解決を行う。具体的には、対象物の 3D モデルからそれを製造する型を導出するためのアルゴリズム、ならびに、粉末を形状保持のために用いる 3D プリント手法における粉末除去のためのアルゴリズムを開発した。これらの課題は、実際にデジタルファブリケーションの現場から挙がってきたものであり、直接的に産業の現場に貢献をなすものであることに、本研究の大きな特徴がある。

本論文は5つの章から構成されている。

第1章は導入部である。デジタルファブリケーションの概観と、その前処理・後処理における改善の必要性を述べ、本論文の構成を説明している。

第2章では、デジタルファブリケーション支援のための既存のコンピュータ技術について、多様な視点からサーベイを行っている。また、これら既存の研究で解決されていない課題についても言及している。

第3章では、伝統的な手法である、型を用いた製造の前処理として、ターゲットとしている物体のモデルから、型によって製造できるパーツへの分割を中心とする、一連の手法について提案している。伝統的な型による製造では、頑強な材料からなる2つ1組の型が用いられる。1組の型を組み合わせ、できた隙間に材料を充填して固め、双方の型を一定の方向に引っ張ることで造形物を取り出す。このため型によって造形できる形状にはアンダーカットと呼ばれる引っ掛かりがないことが必要である。形状を直接造形できない場合には、形状をいくつかのパーツにわけて製造し、のちに組み立てるということが行われる。本論文では、3D メッシュにより任意の形状を与え、それを型で造形できるパーツに自動的に分割する手法を提案している。利便性を考慮して、正確だが計算量の多い手法は回避し、一旦形状を粗く近似してからパーツに分割し、それを修正し

て本来の形状を再現することにより、十分な高速性を確保している。微小なアンダーカットは許容し、型で造形できるように形状をわずかに変形する手法も与えている。また、造形物の見栄えを考慮して、パーツへの分割にユーザが数種類の制約条件を付けることができるようにしている。これらの工夫により、現実的に型で造形できるパーツへの分割、および型の形状と引っ張り方向を決定することができるようになった。関連する従来手法に対し、少なくかつ合理的なパーツに分解することができ、中空にすることで材料や重量を軽減する一方、飛行機の翼など薄い形状は自動的に一体で成型するなど、高い実用性を有している。実際に射出成型やレジンキャストにより造形を行って、手法の実用性を検証している。

第4章では、粉末により形状を保持する3Dプリントにおいて、造形物の中に残った粉末を効率的に除去することを支援する一連の手法を提案している。粉末を除去するためには、造形物のどこかに穴を開け、そこから粉末を取り出すことが必要になる。ここで、穴の位置が適切でなければ、粉末を取り出すことが困難になる。そこで、効率的に粉末を除去できるように穴の位置を最適化することが考えられるが、日常業務の造形においては大きな計算量が必要なシミュレーションを用いることは適切ではない。そこで、本論文では大域照明シミュレーションのラジオシティ法にヒントを得た大胆な近似を行い、造形物の特定の傾け方等を前提とすることなく、粉末の取り出しやすさを定義している。見栄えも考慮して最適な穴の位置を決めた後、粉末を効率的に取り出すための造形物の回転方法を与えるアルゴリズムも提案している。実際に提案手法に基づき造形物を作成し、穴から石膏粉を取り出す実験を行い、多くの場合に予測に近い効率で粉末を除去することができることを実証した。

第5章は本論文の結論であり、手法の限界と今後の課題についても記している。

本論文では、デジタルファブリケーションにおける現実の問題を取り上げ、型による造形、3Dプリントによる造形のそれぞれに対して、前後処理の効率化を実現している。前者は歴史が長い造形方法において新たな貢献をなしたことが評価できる。また後者は、造形物の回転方法も提案していることからロボット等による粉末除去にも道を開くものである。いずれの手法も、計算量を低く抑え、仕上がりも見栄えも考慮したものとなっており、現実の課題を見極め、その解決をしっかりと示した優れた研究成果である。

よって本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。