

平成 30 年 6 月 5 日現在

機関番号：12501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K16172

研究課題名(和文) デザイン上流過程支援のためのAMを導入した多様解導出システムの基礎構築

研究課題名(英文) Foundational construction of system for deriving diverse solutions introducing additive manufacturing for early design process support

研究代表者

佐藤 浩一郎 (SATO, Koichiro)

千葉大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：40598330

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、多様な形状を生成する多様解導出システムにAdditive Manufacturing (AM) 技術を導入し、デザイン上流過程における発想支援と加工の統合的なデザインシステムの基礎構築を行った。本システムを用いることで、デザイン対象に対する具体的な条件が不明確な段階においても力学面と意匠面を両立したデザイン案を形状出力することが可能である。本システムを片持ち梁の形状デザインや下駄の形状デザインに適用することで、多様な形状を生成から出力を実施できることを確認し、デザイン上流過程における発想支援の可能性を示した。

研究成果の概要(英文)：This study proposed a basic design system of idea support and processing in the early process of design by introducing Additive Manufacturing (AM) technology into a system for deriving diverse solutions, which generates various shapes. By using this system, it is possible to output a design proposal that is compatible with the mechanical and design aspects even when the specific conditions for the design object are unclear. We confirmed that it is possible to perform diverse shapes from generation to output by applying this system to the cantilever shape design and the shape design of the clogs. Moreover, the possibility of idea support in the early process of design was indicated.

研究分野：デザイン学

キーワード：創発 多様性 Additive Manufacturing デザイン上流過程 発想支援

1. 研究開始当初の背景

デザイン上流過程に位置づけられる概念デザインにおいては、デザイン対象の価値や意味（機能性）を中心に思考し、コンセプトを導出する。その際、デザイン対象の状態や属性といった物理的な特性について考慮はされるものの、多くの検討はなされない。上流過程（条件や目標が不明確な段階）から様々な状態や属性（構造や形状）を手で触れて価値や意味を検討することが可能になれば、デザイナーのセレンディピティを促すことが可能になり、創発的なデザインが期待できる。

構造や形状の導出を支援する方法として、位相最適化法や形状最適化法が提案されている。しかしながら、これらの方法は条件や目標が明確な詳細デザインを中心に適用されるため、上流過程への適用は難しい。それに対して、デザイン条件や目標が不明確な場合においても多様な解を導出する方法として、生物種の多様性を創生するとされる創発に着目した多様解導出システムが提案されている。椅子のデザインや車体骨格デザインへの適用を行い、多様な構造や形状を持つデザイン解の導出を実現している。しかしながら、多様で奇抜な形状を生成可能であるため、形状が複雑で切削加工や研削加工などの除去加工では製造することが難しい奇抜な形状が生成されていた。そのため、上流過程からセレンディピティを促すような発想支援は実現できていない。

一方、近年では Additive Manufacturing（以下、AM）の技術が日々進歩しており、複雑な形状を製造することが可能になってきている。AMの技術と多様解導出システムを融合することができれば、上流過程からの状態や属性を考慮した発想支援を促すことができる。しかし、問題点として、2つ挙げられる。1つは力学特性の確保である。多様解導出システムでは多様な形状を生成するために、形状の生成段階では強度などの力学条件に制約を設けていないが、形状生成後にデザイン条件に合わせて最適化を行う。しかし、上流過程で利用する場合、条件が明確化されていないことを想定して最適化ではなく満足化することが肝要である。2つ目は多様性の保持である。形状出力の際に、サポート材などを使用できない場合には出力できるように形状特徴を変更する必要がある。その際に、形状の多様性が失われる可能性があるため、コンピュータ上で生成した形状を出力するための形状変換に関するAM研究の知見を活用することが求められる。

2. 研究の目的

本研究では、多様な形状を生成する多様解導出システムに Additive Manufacturing を導入し、デザイン上流過程における発想支援と加工の統合的なデザインシステムの基礎構築を目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、まず、多様解導出システムのAMの導入に向けて、機能性などを指す「意味」と意味によりもたらされる「価値」という視点で多様解導出システムとAMの特徴の考察を行い、導入のための課題を抽出する。つぎに、得られた課題に基づいてAMの導入のための形状変換方法の提案を行う。さいごに、多様な形状の生成からAM技術による形状出力を実施するとともに具体的なデザイン事例への適用を行う。

4. 研究成果

(1) AM導入のための課題を抽出

デザイン科学において用いられる機能性などを指す「意味」と意味によりもたらされる「価値」という視点で多様解導出システムとAMの特徴の整理および比較分析を行った結果、AMの導入による特徴として、「多様な形状試作をベースとした発想支援の可能性」と「ユーザの嗜好に合致した形状の獲得に寄与すること」が示された（図1）。また、「タイプの異なる形状（解）導出の必要性」が抽出され、多様解導出システムで得られた形状の多様性の保持が課題として挙げられた。

(2) AM導入のための形状変換方法の提案

(1)で得られた課題の1つである「形状の多様性の保持」に対する方策として、生長変形法や最適性規準法といった形状変換方法を比較し、形状の多様性を確保しつつデザイン条件を満足する形状変換の要件を抽出した。その結果、多様性を保持した形状変換の要件として、「形状の表面に位置する要素を対象とした形状変換」と「ローカルな基準に基づく形状変換の評価」が挙げられた。前者の要件によって形状のトポロジーの変化

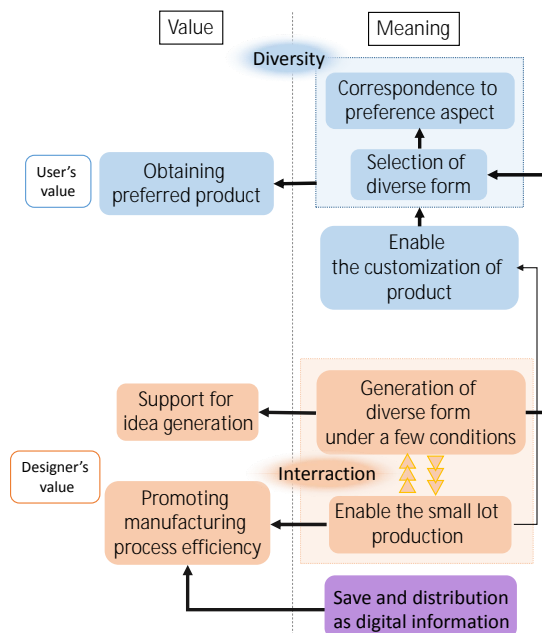


図1 価値と意味を視点とした特徴分析

を最小限に抑えること、後者の要件によって広い解空間内で解探索ができることが期待できる。

これらの方策に基づき、多様性保持のための形状変換方法を提案した。図2に示す形状変換方法を提案し、片持ち梁の形状変換に試行した。その結果、図3に示すように、提案した形状変換方法のパラメータである D_{th} の値が 30% から 40% の間では、形状の持つ位相を保持しながら、最大相当応力増加を抑えた要素削除が実行されていることを示した。

また、多様解導出システムにより生成した 20 個の形状に対して、提案した形状変換方法を実行した。その結果、図4に示すように、様々な初期形状においても、形状変換が実行されることを確認した。特に、要素削除に影響のあるパラメータ D_{th} の値が 30% 前後の場合に、初期形状の形状特徴を保ちながら強度を改善できている形状が存在することを確認した。

(3) デザイン事例への適用

力学面と意匠面の両立が求められる事例の1つとして、下駄の形状デザインに多様解導出システムならびに提案した形状変換方法を適用した。得られた知見に基づくパラメータ設定により、図5に示すように、複数の多様な形状の生成を行った。その後、特徴的

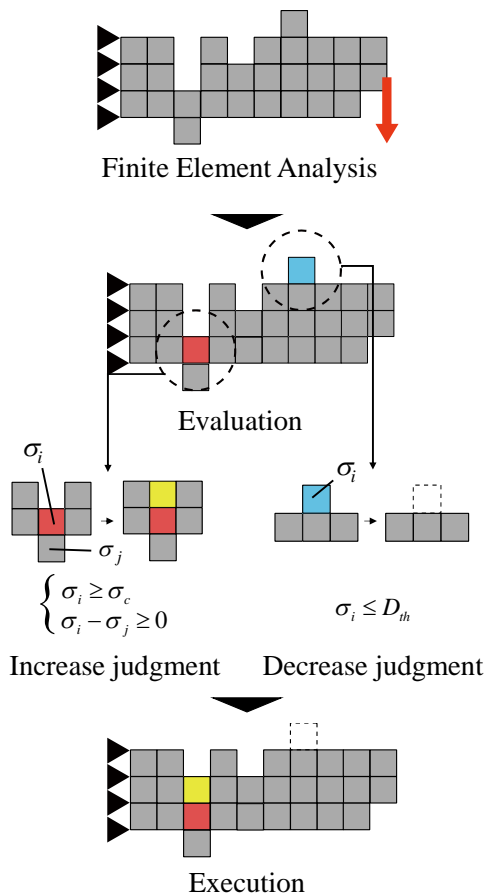
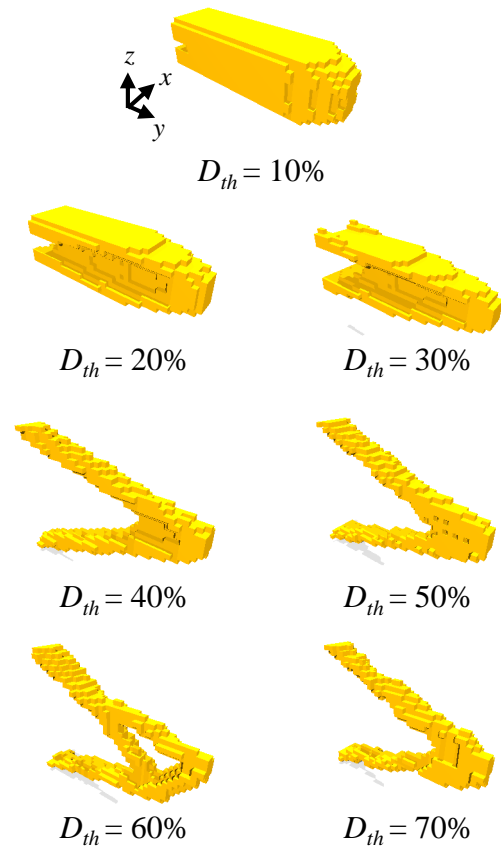
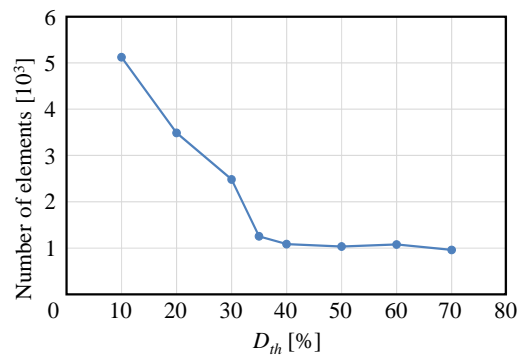


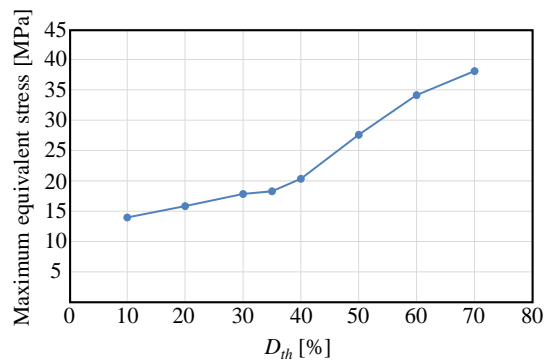
図2 形状変換方法の手順



(a) 各 D_{th} の値における形状



(b) 要素数の変化



(c) 最大ミーゼス応力の変化

図3 D_{th} による形状の変化

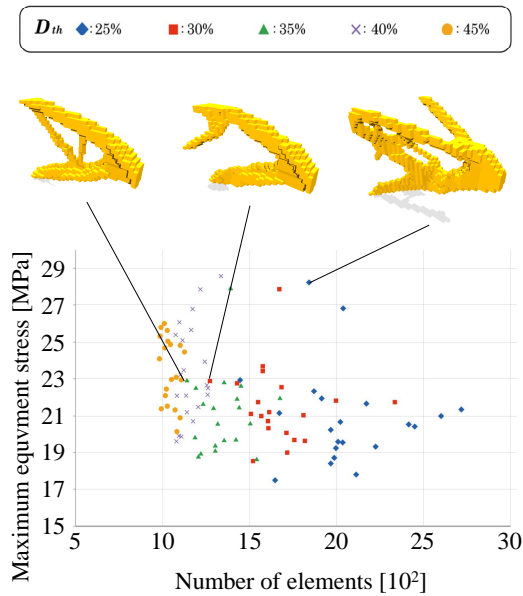


図4 片持ち梁を事例とした形状分布

かつ複数の力学的条件を満足した形状を AM 技術 (3D プリンタ) によって出力した (図 6)。

また、デザインを専攻する学生を対象として、本システムで得られた形状を提示した場合と提示しない場合のアイデア展開をそれぞれ実施した。その結果、提示した場合には、奇抜な形状特徴からインスピレーションを受け、提示しない場合とは異なる傾向のアイデアが創出された。以上の結果より、デザイン上流過程における発想支援と加工の統合的なデザインシステムの基礎構築の一助とした。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計5件)

佐藤浩一郎, Additive Manufacturing を導入した多様解導出システムのための形状変換方法, 日本機械学会第 27 回設計工学・システム部門講演会, 2017 年 9 月 14 日, 海峡メッセ下関 (山口県下関市)

松本隆, 佐藤浩一郎, 寺内文雄, 意匠面と力学面を考慮した多様解の導出, 日本機械学会第 27 回設計工学・システム部門講演会, 2017 年 9 月 14 日, 海峡メッセ下関 (山口県下関市)

佐藤浩一郎, Additive Manufacturing を導入した多様解導出システムの試行, 日本機械学会第 26 回設計工学・システム部門講演会, 2016 年 10 月 8 日, 慶應義塾大学 (神奈川県横浜市)

佐藤浩一郎, 多様解導出システムへの Additive Manufacturing の導入, 日本機械学会第 25 回設計工学・システム部門講演会, 2015 年 9 月 24 日, 信州大学 (長野県長野市)

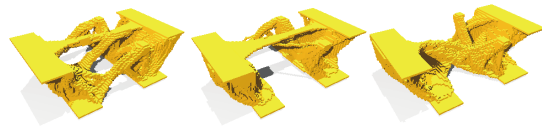


図5 生成された形状案



(a) 3D プリンタによる出力形状



(b) 鼻緒の装着

図6 出力された形状

Koichiro Sato, Yoshiyuki Matsuoka, System For Deriving Diverse Solutions Via a Modification Method For Emergent Design, ICED 2015 International Conference on Engineering Design 2015, 2015 年 7 月 29 日, Milano (Italy)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐藤 浩一郎 (SATO, Koichiro)
千葉大学・大学院工学研究院・准教授
研究者番号: 40598330

(2) 研究協力者

松岡 由幸 (MATSUOKA, Yoshiyuki)
慶應義塾大学・理工学部・教授
研究者番号: 20286636
寺内 文雄 (TERAUCHI, Fumio)
千葉大学・大学院工学研究院・教授
研究者番号: 30261887
加藤 健郎 (KATO, Takeo)
慶應義塾大学・理工学部・専任講師
研究者番号: 70580091