

令和 5 年 6 月 23 日現在

機関番号：34406

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K12519

研究課題名（和文）ロボットアームを用いた空間構成法に関する基礎的研究

研究課題名（英文）A Study on Computational Design for Space Structure and Robotic Fabrication

研究代表者

白髪 誠一（Shiraga, Seiichi）

大阪工業大学・ロボティクス&amp;デザイン工学部・教授

研究者番号：60635382

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、ロボットアームを用いた空間の構成法について形態、材料および構造形式の組合せについて、小型ロボットアームを用いた空間のスケールモデルを架設するプロトタイピングを行い、ロボティクスの導入により新たな構成法による空間の創出を目的としていた。

ロボットアームを用いた空間の架設においては、その可動領域を超える規模の空間を架設することが課題であると考え、空間形態と使用材料について検討を行った。検討の結果、竹材を合わせたアーチ架構により空間を構成する手法を採用し、2台のロボットアームを用いて可動領域を超える規模の空間を架設することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

製造業での人手不足が深刻化する中、生産現場におけるロボティクスの導入に関する研究・開発が積極的に進められている。これらの研究・開発ではロボットは労働者の代替えとすることが主な目的であり、作業差の動作を正確に再現することが求められている。

本研究では、ロボティクスの導入によって新しい材料による新しい形態の構成法の構築を目的としている。本研究で構築した空間は竹材を用いており、従来の建築構造材料には用いられないことのない材料を採用している。また、アーチ架構は建築構造において一般的な架構形式であるが、竹材をロボットアームによってしならせることで形態を構成する手法は新たな形態の構成方法である。

研究成果の概要（英文）：In this study, prototyping was carried out to investigate robotic fabrication applied the space constructions. The combination of material and structural form in the construction method of space using robot arms was investigated. As prototyping, scale models of space structure were fabricated using robot arms.

In the construction of the space structure using robot arms, the task was to construct a space structure with a scale that exceeds the workspace of the robot. As the result, a method of constructing a space with arch structures made of bended bamboo timbers were adopted, and it was possible to construct a space of a scale exceeding the workspace with robot arms.

研究分野：構造デザイン

キーワード：Computational Design Robotic Fabrication 竹造パビリオン

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

製造業での人手不足が深刻化する中、生産現場におけるロボティクスの導入に関する研究・開発が積極的に進められている。研究代表者の研究分野である建築においても、建設現場への溶接ロボットや組立ロボットの導入やそれに関する研究を見ることが出来る。これらのロボティクスの導入目的は労働者との協働が主であり、作業者の動作を正確に再現することが求められている。

一方で、ロボティクスの導入によって新しい材料による新しい形態の構成法の構築が期待できる。現在の空間デザインは木材、鋼材およびコンクリートといった伝統的な材料を用い、建設作業は組積造や木造のように人が作業することによる伝統的な構法によって形作られてきた。ロボティクスの導入が労働者との協働が目的であれば、現在の空間デザインの構法は伝統的なままであるが、他の工業分野の材料や構法をロボティクスによって空間デザインの分野に導入することができれば、全く新しい空間の形態および構法が創生される可能性がある。

このようなロボティクスのデザイン領域への展開には、デザイン分野の研究者とロボティクス分野の研究者がより深い連携のもとに協働することが重要である。しかし、国内の学術領域においてデザイン分野とロボティクス分野の研究者が十分に協働する状況には至っていない。

### 2. 研究の目的

本研究は、コンピューショナル・デザインにロボティクスを導入することによって新たな空間構成法の確立を目的としている。ロボティクスの中でもロボットアームを用いて小規模な空間の構成を行う。

研究代表者が所属する大阪工業大学ロボティクス&デザイン工学部はデザイン領域とロボティクス領域の連携によってイノベーションを起こすことのできる人材の育成を目標としている。デザイン領域とロボティクス領域の連携を行う学部は国内では非常に少なく、コンピューショナル・デザインにロボティクスを導入する独自の環境が整っている。また、空間デザイン学科は建築・インテリア・プロダクトデザインの広範囲にわたるデザイン領域について研究を行っており、その中で研究代表者はエンジニアリングデザインの分野である応力解析およびコンピューショナル・デザインの分野を研究している。

本研究によって、プロダクトデザインによる小さなスケールの造形から建築デザインに至る大きなスケールの造形までの広範囲にわたるデザイン分野にロボティクスを導入するための手法を確立することが可能である。

### 3. 研究の方法

建築空間は他の工業製品に比べ、その規模が大きい。そのため、より大きな空間をロボットアームによって構築するためには巨大なロボットアームが必要になってしまう。空間構築の合理性を求める際には、単体のロボットアームによってより大きな空間を構築することが重要であると考えられる。そのために、ロボットアームの可動範囲を把握し、その可動範囲内で最大の空間を構築する必要がある。ロボットアーム制御プログラムによるシミュレーションを行い、可動範囲内で得られる最大の空間形状の抽出を行う。

現在のロボットアームを用いた造形には、様々な材料が使用されている。ロボットアーム先端のノズルから樹脂やグラウトを抽出して硬化させる方法、先端に溶接トーチを取付け溶接ビードによって造形する方法、先端に切削機械を取付けて切削により造形する方法、分割された部品をロボットアームで組立ててゆく方法等が用いられている。ロボットアームで構築可能な最大の空間の形態に対してこれらの方法によって構築するプロトタイピングを行い、形態に適した材料の選定を行う。

空間を構成する構造形式には、線材を用いたフレーム構造やケーブル構造、連続した面で構成するシェル構造や膜構造がある。これらの構造形式は空間の形態および構成する材料によって選択される。空間の形態および選定した材料に適した構造形式を把握するためのプロトタイピングを行い、ロボットアームで構築する空間に対して最適な形態、材料および構造形式の組合せを明らかにする。

より大きな空間を構築するためには、単体のロボットアームを大きくするよりも複数のロボットアームによる協働を行ったほうが合理的と考えられる。複数のロボットアームが協働した際には、同様の作業を複数のロボットアームに行わせる方法および異なる作業を分担して行わせる方法が考えられる。そこで、2台以上のロボットアームを用いてそれぞれの方法によりプロトタイピングを行い、より大きな空間を構築する方法を明らかにする。

これらの課題を明らかにするために、本研究では小型のロボットアームを用いて空間構造の

スケールモデルを制作するプロトタイピングを行うことを目的としている。

#### 4．研究成果

本研究は、ロボットアームを用いた空間の構成法について形態、材料および構造形式の組合せについて、小型ロボットアームを用いた空間のスケールモデルを架設するプロトタイピングを行い、ロボティクスの導入により新たな構成法による空間の創出を目的としていた。

ロボットアームを用いた空間の架設においては、その可動領域を超える規模の空間を架設することが課題であると考え、空間形態と使用材料について検討を行った。検討の結果、竹材をしなせさせたアーチ架構により空間を構成する手法を採用し、2台のロボットアームを用いて可動領域を超える規模の空間を架設することができた。

製造業での人手不足が深刻化する中、生産現場におけるロボティクスの導入に関する研究・開発が積極的に進められている。これらの研究・開発ではロボットは労働者の代替えとすることが主な目的であり、作業差の動作を正確に再現することが求められている。

本研究では、ロボティクスの導入によって新しい材料による新しい形態の構成法の構築を目的としている。本研究で構築した空間は竹材を用いており、従来の建築構造材料には用いられることのなかった材料を採用している。また、アーチ架構は建築構造において一般的な架構形式であるが、竹材をロボットアームによってしなさせることで形態を構成する手法は新しい形態の構成方法を獲得することができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

|                                    |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>白髪誠一, 高見澤良平, 廣野圭太       |
| 2. 発表標題<br>竹造アーチ形式パビリオンのスケールモデルの架設 |
| 3. 学会等名<br>日本デザイン学会 第68回春季研究発表大会   |
| 4. 発表年<br>2021年                    |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>白髪誠一, 小林拓海, 牧野光真                     |
| 2. 発表標題<br>2台のロボットアームによる竹造アーチ形式パビリオンのスケールモデルの架設 |
| 3. 学会等名<br>日本デザイン学会 第69回春季研究発表大会                |
| 4. 発表年<br>2022年                                 |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>又吉隆斗, 白髪誠一                          |
| 2. 発表標題<br>竹造パビリオンにおける傾斜アーチ交点のロボットアームを用いた巻付け結束 |
| 3. 学会等名<br>日本デザイン学会 第70回春季研究発表大会               |
| 4. 発表年<br>2023年                                |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号) | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号) | 備考 |
|---------------------------|-----------------------|----|
|---------------------------|-----------------------|----|

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|