

## 成果報告書

高木 健太 (慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科 修士課程 1年)

### 1. 発表概要

- 発表タイトル: "Projectoroid: A Mobile Robot-Based SAR Display Approach"
- 発表形式: デモ発表 (対面形式)
- 学会: The ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST)
- 開催地: San Francisco, California USA
- 参加期間: 2023/10/30~2023/11/1

### 2. 研究概要

本研究では、移動可能な空間型拡張現実感(Spatial Augmented Reality,以下 SAR)を実現すべく、プロジェクタを搭載した自律移動ロボット「Projectoroid」の開発および Projectoroid を用いた効果的な移動可能な SAR 提示手法について検証を行い、それらについて国際学会にてデモ発表を行った。

SAR とは、物理空間に仮想空間の情報を重畳する拡張現実感(Augmented Reality, AR)の提示手法の一つであり、主にプロジェクタを用いて直接物理空間に映像を投影し、仮想空間を重畳するものである。SAR におけるユーザ体験の長所は、AR グラスやスマートフォンなどのデバイスを用いた AR 体験と比較して、ユーザが事前に特定のデバイスやアプリケーションを用意する必要がないこと、また、体験を複数人で同時に共有できることである。一方、プロジェクタが空間に対して固定されている必要があるため、体験できる領域やユーザにとっての体験への機会は限定的といえる。他方で、移動可能な SAR として、手持ち型の小型プロジェクタや頭部搭載型プロジェクタ、プロジェクタを搭載したロボットなどが検討されてきた。とくに、ロボットを用いた SAR 提示では、ロボットのセンサ値に基づく自己位置推定により、仮想空間の映像と物理空間の位置を常に対

応づけることができることに加え、ほかの移動可能な SAR 提示手法と比較して、ユーザに特殊なデバイスを必要としないため、移動可能な SAR を提示するための効果的な手法といえる。

移動可能な SAR では、従来の空間全体を映像で覆う SAR 手法と比較して一度に映像投影できる範囲は限定的である。また、これまでにプロジェクタを搭載したロボットに関するアイデアのうち、提示したインタラクティブな SAR 空間とユーザ体験の関係を評価については検討が不十分である。そこで、本研究では、まず、移動可能な SAR 体験を実現すべく、プロジェクタ

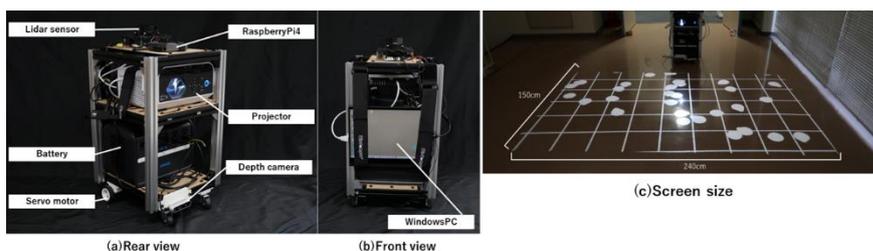


図 1. Projectoroid の概観と投影面の様子



図 2. Projectoroid の投影面の輪郭形状の違い

## 慶應 SFC 学会 (A) 研究成果発表 (学会発表)

を搭載した差動二輪型の自律移動ロボット「Projectoroid」を開発した(図 1)。そのうえで、投影範囲が限定的な移動可能な SAR において、ユーザが映像提示を理解し、そのコンテンツに介入するための動機付けにつながる効果的な映像提示手法のプロトタイプを制作した。具体的には、投影面の輪郭形状に注目し、長方形、菱形、三角形、六角形、円形の 5 条件(図 2)でユーザスタディの中で比較を行い、並進条件、回転条件ともに円形が好まれる結果となった。また、デモ発表では、それら輪郭形状のほか、周囲にユーザがいる場合に、輪郭形状の円形の半径を広げるインタラクションを実装した。

### 3. 活動成果

現地でのデモ発表は、3 時間にわたって設けられたブースにて行った。その間にいくつかの有意義なディスカッションを参加者で行った。まず、多くの参加者から仮想空間が投影された映像と物理空間の投影面の対応関係について、Projectoroid が周囲を移動する様子から理解を得ることができ、同時に、ロボットを用いた移動可能な SAR についての可能性について賛同を得ることができた。とくに、美術館や博物館などコンテキストがより明確な屋内空間においてインタラクティブな案内やコンテンツの提示が期待できるというフィードバックを得た。ほかには、プロジェクタの投影距離を大きくした大規模な映像



図 3. UIST でのデモ発表の様子

提示で空間全体を覆いつつ、それらでは解像度やインタラクションが不十分な部分についてユーザの周囲で Projectoroid が担うようなアイデアもディスカッションされた。また、全体を通して、明確なユースケースを問われることが多かった。本発表ではあくまで具体的なコンテンツ提示ではなく、映像提示のためのデモ用の仮想空間の平面(グリッドや地図、足跡など)を提示していたため、より具体的な用途に関するデザインが求められる。

デモ発表以外のほかの参加者による Paper 発表についても聴講した。全体を通して、生成系 AI に関連した提案が多い中、AR や MR(Mixed Reality, 複合現実感)についても注目を集めており、なかでも卓上ロボットと MR を組み合わせた研究や、MR にデジタルツインを使用する研究などは本研究の今後の参考となった。

### 4. 今後の研究方針

今回の国際学会(UIST)におけるデモ発表を通して、いくつかの研究方針を検討している。まずは、ディスカッションで多く尋ねられたようなキラーコンテンツの提案と開発である。Projectoroid の要素として、移動可能であること、複数人が同時に体験できること、物理空間の位置やコンテキストを利用できること、ユーザを検知できることなどが挙げられ、それらを活用した Projectoroid にしかできないコンテンツが求められる。

また、複数台の Projectoroid を用いた移動可能かつ離散的な SAR についても検討している。Projectoroid を複数用いることで、移動可能な SAR を集合させたり、分散させたり、整列されたりと物理空間やユーザの位置に合わせて柔軟にレイアウトをデザインすることができる。とくに、複数の Projectoroid を対象の空間内に分散させて配置することは、Projectoroid で対象の空間を充填するよりも少ない台数で効果的にユーザに SAR を提示できると考えている。具体的には、人間の視覚機能であるアモーダル補完を用いれば、Projectoroid による SAR 提示が分散していても、ユーザは SAR 提示の無い部分についても、SAR 提示されている部分を手がかりにコンテンツを脳内で補完できると考えられる。