

# ハンドトラッキングを用いた 3Dモデリングアプリケーションの開発

Development of a 3D Modeling Application  
Using Hand Tracking

---

長崎大学 情報データ科学部 インフォメーションサイエンスコース  
瀬戸崎研究室 38122032 熊将太郎

## GIGAスクール構想（文部科学省）

1人1台端末の導入  
(タブレット端末・PC)

高速ネットワークの整備  
(校内Wi-Fiなど)



## 活躍が期待される先端技術の例

### ○3Dプリンタ

生徒のアイデアを技術に左右されず形にできる

### ○VR・AR

非現実的な体験や空間の具体的な認識を支援

## 3Dプリンタの活用には、3Dモデルの制作が必要

### 初学者の3Dモデリングにおける難点と原因の分析

(河田, 竹之内 2020)

#### 3Dモデリングの主な難点

- ・ 空間認知の難しさ
- ・ ツールの複雑な操作

#### 原因

- ・ 2D画面で3Dを扱うギャップ

### 大学生の3Dモデリングの過程分析

(田中, 谷田 2020)

#### 頻繁につまづくポイント

- ・ 視点移動(見たい角度)
- ・ 3次元空間での正確なモノの配置

**2D画面上での非直感的な操作により、自由な3Dモデリングが行えていない**

## 粘土細工のような両手操作による3次元形状モデリング (古賀ら 2021)

### システム概要

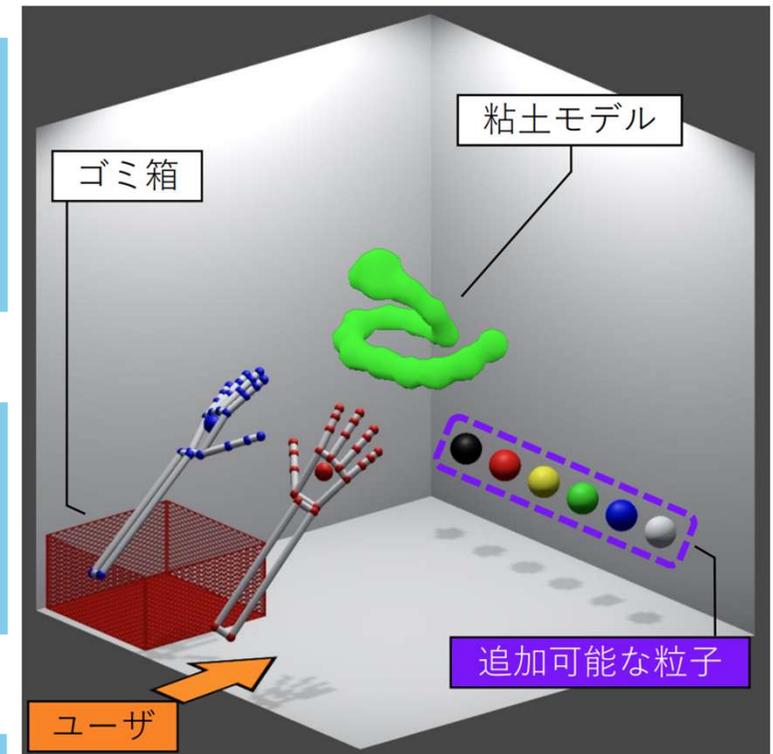
- ・ **HMDを用いたVRとハンドトラッキング**を使用
- ・ 粘土細工を模した動作で3Dモデルを制作可能

### 得られた評価

生成・移動・結合操作の直観性や手軽さ

### 課題

より複雑で細かい形状のモデリングの実現  
(幾何学的な形状を再現できない)



	例示モデル	参加者#1	参加者#2
形状			
		274 [秒]	198 [秒]

## Fab KUI : KUIとスマートフォンARを用いた実空間における共同3Dモデリング手法の提案

(菊池ら 2022)

### システム概要

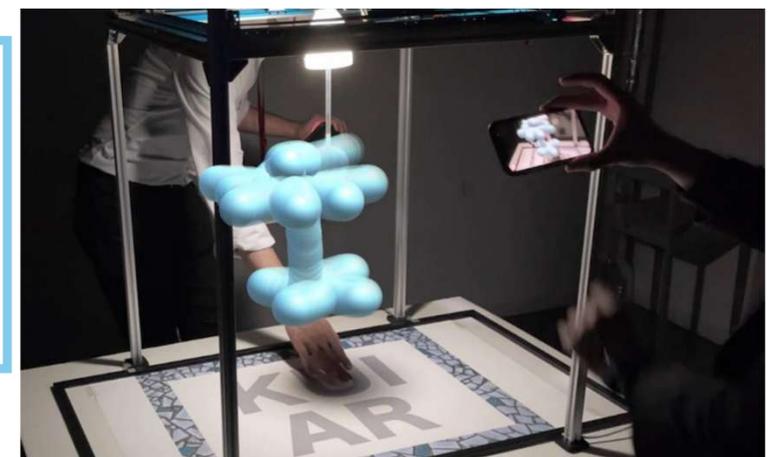
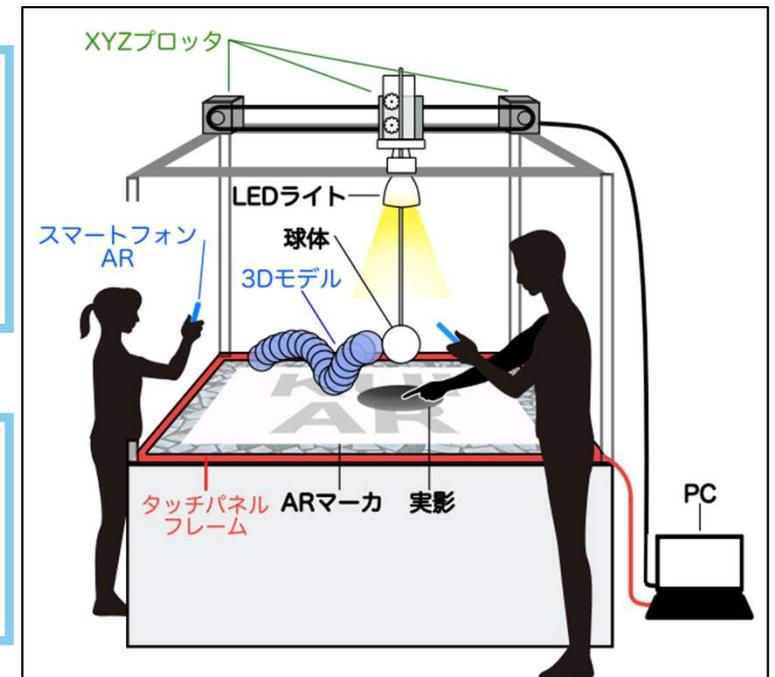
- ・ **KUI(Kage User Interface)とスマートフォンARを使用**
- ・ 現実空間に3Dモデルを投影

### 得られた評価

周囲の物体とのサイズ比較や配置を直感的に行える

### 課題

- ・ スマートフォンの保持によって片手が塞がる
- ・ スマートフォンの小画面越し, KUIという限られた空間



## 3Dモデリングにおける課題

複雑な操作・空間認知の難しさ・**2D画面で3Dを扱うギャップ**

## 先行研究から

提案されたモデリングの手法

- **VR×ハンドトラッキング**
- **スマホAR×KUI**

残された課題

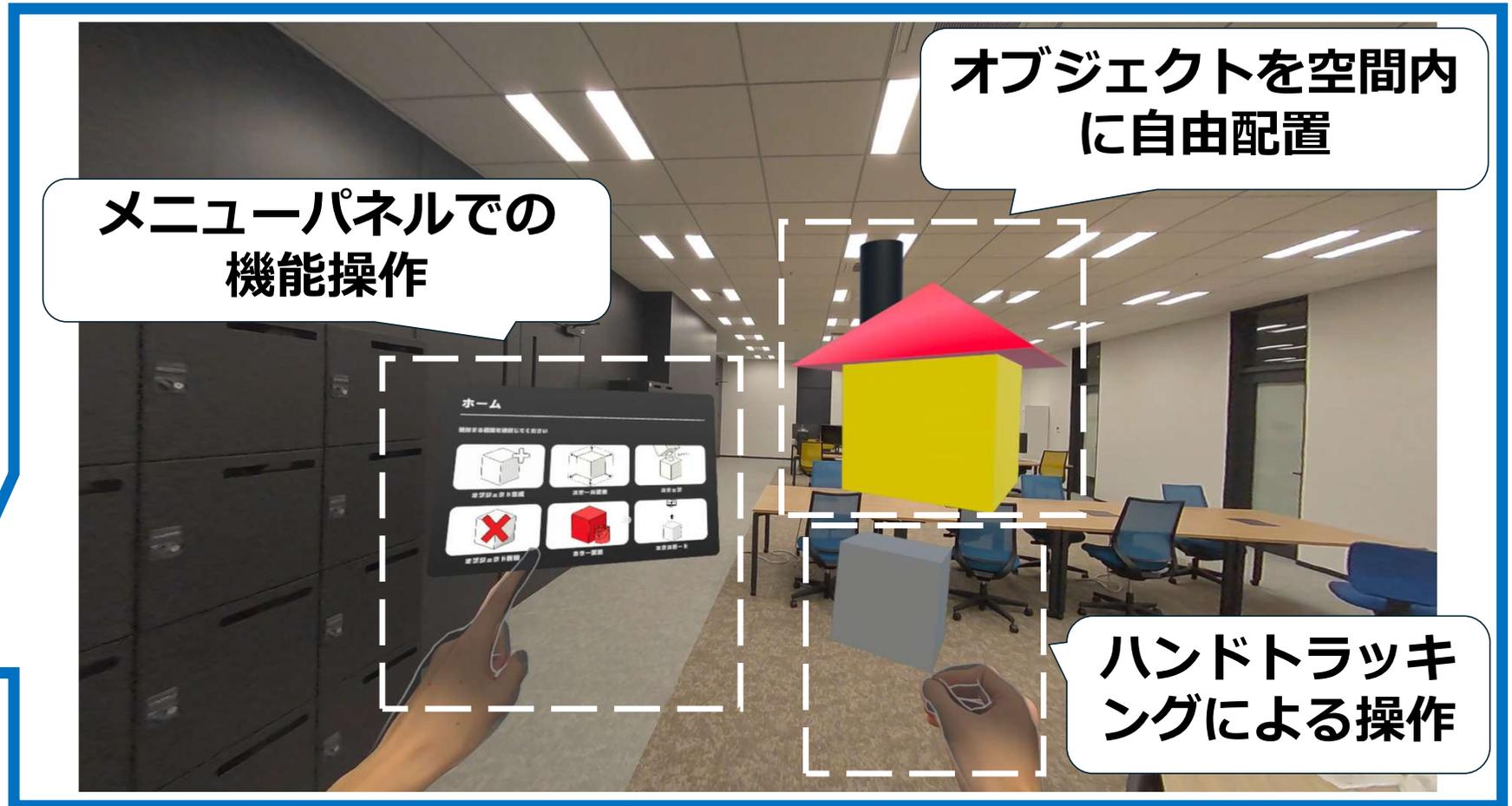
- より細かい形状でモデリングを実現したい
- スマホARによる身体的・空間的制限

これらの先行研究は操作の直感性に重きを置いており、本来の目的である  
**3Dプリンタ用のモデル制作は考慮されていない**



## 目的

3Dプリンタでの印刷を想定した、ARとハンドトラッキングを用いた3Dモデリングアプリケーションの開発と評価



## システムの特徴

- ・ AR機能により現実空間の物体とオブジェクトの比較が可能
- ・ メニューパネルとハンドトラッキングによる直感的な操作
- ・ 3Dデータとしてエクスポート可能 → 3Dプリンタで印刷

# コンテンツ概要 -デモ動画-

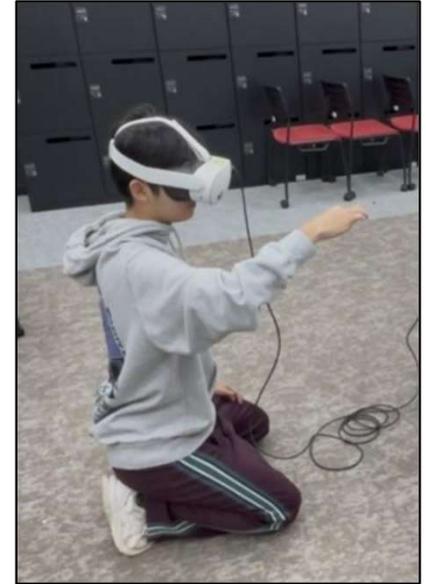


## 活動概要

**参加者：小学5年生から20歳までの計22名**

(小学5年：7名，小学6年：5名，中学1年：4名  
中学3年：1名，高校2年：4名，20歳：1名)

**課題制作：現実の机を基準とした「イス」**



## アンケート概要

- **4件法によるアンケート**（両側検定による直接確立計算を実施）

「操作と機能について(5問)」 「空間把握について(2問)」  
「現実との対応について(1問)」 「創作活動について(3問)」

※制作したイスを3Dプリンタで造形した参加者(5名)のみ  
「3Dプリンタの出力について(3問)」

- **自由記述によるアンケート**（カテゴリ分類し，集計）  
「コンテンツを使用した感想について(1問)」

# 結果・考察 -操作と機能について-

質問項目	肯定回答(名)		否定回答(名)		結果 (両側 検定)
	とても そう思 う	やや そう思 う	あまり そう思 わない	まっ たく そう思 わない	
<b>操作と機能について</b>					
メニューパネルの操作は簡単だった	16	4	2	0	**
オブジェクトを思い通りの向きに回転させることができた	10	7	4	1	*
オブジェクトを思い通りの場所へ移動させることができた	6	10	5	1	+
オブジェクトを思い通りの場所に配置することができた	8	8	3	3	+
ハンドトラッキングによる操作は簡単だった	6	8	6	3	n.s.

**具体的なモデリング操作に関する全ての項目で肯定回答が有意に多い**

**自由記述: 「機能性・操作性」 7件**  
 「使いやすかった」  
 「操作も意外と慣れたら簡単」

**ハンドトラッキングによる操作のみ回答に有意差がなかった**

**自由記述: 「操作の難しさ」 6件**  
 「そうさがむずかしかった」  
 「手でそうさしてむずかしかった」



**オブジェクトを掴むなどの直感的な操作は肯定的に評価されたが、操作の習熟には個人差があった**

# 結果・考察 -空間把握について・現実との対応について-

質問項目	肯定回答(名)		否定回答(名)		結果 (両側検定)
	とても そう思 う	やや そう思 う	あまり そう思 わない	まっ たく そう思 わない	
<b>空間把握について</b>					
オブジェクトの <b>奥行き</b> が わかりやすかった	13	4	3	2	*
オブジェクトの <b>大きさ</b> が わかりやすかった	16	4	1	1	**
<b>現実との対応について</b>					
現実の机の大きさを確認 しながらイスをつくるこ とができた	12	6	3	1	**

空間把握に関する2項目は、どちら  
からも肯定回答が有意に多い



HMDを用いた立体的な知覚の提供  
が、**オブジェクトの3次元的な空  
間認識を支援**

肯定回答が有意に多い

現実空間を参照しながらモデリ  
ングできたことを確認



**AR機能が3Dモデリングに有効で  
あった**

# 結果・考察 -創作活動について-

質問項目	肯定回答(名)		否定回答(名)		結果 (両側検 定)
	とても そう思 う	やや そう思 う	あまり そう思 わない	まった く そう思 わない	
<b>創作活動について</b>					
自分の思い通りのオブ ジェクトをつくること ができた	12	6	2	2	**
つくったオブジェクトを 3Dプリンターで印刷し てみたい	11	8	3	0	**
このアプリを使っても っとモデリングをし てみたい	15	4	3	0	**

全ての項目で肯定回答が有意に多い

**自由記述: 「制作の達成感」 4件**

「自分の思い通りにイスをつくれてよかった。たいへんだったけど作れてよかった」



**制作の自由さとモデリングに対する意欲が示された**



# 結果・考察 -3Dプリンタの出力について-

質問項目	肯定回答(名)		否定回答(名)	
	とても そう思 う	やや そう思 う	あまり そう思 わない	まった く そう思 わない
<b>3Dプリンタでの出力について</b>				
イメージ通りのものが印刷された	4	1	0	0
印刷できてうれしかった	5	0	0	0
3Dプリンタを使ってもっと印刷してみたい	4	1	0	0

制作したイスを造形した参加者：5名

5名全員から肯定的な回答を得た



本コンテンツで制作したモデルを印刷したことで、**高い満足度と3Dプリンタの利用に対する意欲が示された**



## 目的

ARとハンドトラッキングを用いた3Dモデリングアプリケーションの開発と評価

## 結果・考察

- オブジェクトを掴むなど、直感的な操作感が評価された
- AR機能がモデリング制作に有効であった
- 3Dモデルの制作および3Dプリンタの利用において、高い満足度と継続利用の意欲が示された

## 今後の展望

- オブジェクトの種類増加
- 機能拡張(コピー機能など)
- 既存機能の不具合修正

自由記述: 「改善点」 8件より