

# 複合現実技術による建物内人数可視化システム

東梅晃大<sup>\*1</sup>・熊澤典良<sup>\*1</sup>・田淵大介<sup>\*1</sup>・上谷俊平<sup>\*1</sup>

Email: k6056284@kadai.jp

<sup>\*1</sup>: 鹿児島大学大学院理工学研究科

◎Key Words

複合現実 (MR), アプリケーション開発, 人数可視化

## 1. はじめに

近年、複合現実(MR: Mixed Reality)技術の発展により、現実空間と仮想空間を融合させた新たな情報を提示する方法が注目されている。特に、教育・防災・施設運営といった分野では、現場の状況を可視化し、迅速かつ的確な意思決定を支援する技術として期待が高まっている<sup>(1)</sup>。

可視化することが求められる状況の中でも、建物内の人数を可視化することは、安全管理および利用率の評価において重要な要素である。建物内の人数を事前に把握することは、災害発生時における避難計画の策定や、備蓄品の配置、教室および自習室の状況を把握する点において有用である。現状では、建物内の人数を外部から直観的に把握する手段は確立されておらず、情報の可視化手法には課題が残されている。

本研究では、MR 技術を利用した建物内の人数を可視化するアプリケーションを作成する。スマートフォンの画面上に人数情報を含んだ 3D オブジェクトを重ねて表示することで建物内の人数の可視化を実現する。本システムでは、建物の緯度・経度情報に基づいて仮想空間上に建物オブジェクトを生成し、時間割および受講人数データに基づいて人数情報を視覚的に表示する。本システムより、ユーザは扉を開けることなく教室の状況を建物の外部から把握することが可能となる。本稿では、まず MR 技術について述べた後、システムの設計および実装方法を詳述し、最後に実機を用いたアプリケーションの動作結果について報告する。

## 2. MR 技術について

MR とは、現実空間と仮想空間を融合させ、ユーザが両者を同時に知覚・操作できるようにする先進的な可視化体験技術である。MR は拡張現実(AR: Augmented Reality)と共通する部分をもつが、両者には明確な違いがある。AR は現実世界の一部に仮想空間の情報を追加する技術であるが、MR は現実世界の情報を活かしながら、空間そのものを仮想空間と融合させる技術である。さらに MR は、ユーザが現実空間で行う位置の移動、視線や身体の変化、対象への接近・離脱といった動作に応じて、仮想オブジェクトが動的に更新される技術である。

近年ではスマートフォンを利用した簡易的な MR 体験も可能となっており、Google ARCore<sup>(2)</sup>や Apple ARKit<sup>(3)</sup>といったプラットフォームの整備が進んでいる。MR アプリケーションの特性は、単に情報を提示するだけでなく、空間的文脈に沿って情報を配置・体験できる点にある。MR 体験により、ユーザは視覚的・直観的に情報を理解できる。本研究でも MR の特性を活かし、カメラから取得した建物の実映像に対して、事前に取得した時間帯別の人数情

報を 3D オブジェクトとして重ねることで、建物内の人数の可視化を実現している。

## 3. システム設計

本研究で開発する MR アプリケーションは、スマートフォン向けに実装した建物内の人数情報を空間的に可視化することを目的とした MR システムである。本システムは、ユーザの現在位置の取得において Google の Geospatial API<sup>(4)</sup> (以下 GeoAPI) を利用している。GeoAPI では、Visual Positioning System (VPS) を使用することで高精度な現在位置を取得することができる。本システムでは、この VPS で得た現在位置を基準点としてユーザの周辺に建物オブジェクトを生成し、MR 技術を用いて、スマートフォンの画面上に表示する。

建物の情報はあらかじめ与えられており、建物の四隅の緯度・経度情報、建物名、階層情報が含まれている。本研究では本学の機械工学 1 号棟 (以下 A 棟) を建物として生成する。A 棟の 2 階には 11 号室 (以下 R11)、3 階には 13 号室 (以下 R13) が配置されている。階層情報に関しては鹿児島大学工学部ホームページに記載されている講義室配置図を参考に作成した。アプリケーションの起動時に建物の情報を読み込むことで、ユーザの現在位置に対する相対的な位置に 3D オブジェクトとしての建物オブジェクトを生成する。

本システムでは建物内の教室利用状況を表現するために、曜日と時間帯に応じた人数データを使用する。曜日と時間帯に応じた人数データは、大学の時間割に基づいており、月曜日から金曜日までの 5 日間の 1 限から 5 限までの受講人数を使用している。その人数は授業の行われる教室単位で MR 空間内に視覚的に認識できるように設計する。建物の位置情報をもとに各部屋の受講人数を取得し、その人数に応じて色分けを行うことで、視覚的に部屋の利用状況を把握できるようにしている。A 棟の R11 および R13 室の座席はいずれも 132 席である。座席数に応じて今回は人数が 1 人～50 人のときは緑色、51 人～100 人のときは黄色、101 人以上のときは赤色、空き教室は青色で表示した。図 1 に本システムの建物内の利用状況の可視化についての模式図を示す。図 1 のようにスマートフォンを建物である講義棟 A にかざすことで、建物内の人数を建物の外部から確認することのできるシステムである。図 1 中央のスマートフォンの画面内では、1 階と 2 階の教室に教室名と受講人数、教室内の座席数が表示されている。教室内の人数に応じて色を分けて表示することで、視覚的に受講人数を把握することもできる。教室 2F の青色の部屋の受講人数が 0 人で空室であるのに対し、教室 1F の赤色の部屋は 101 人が受講していることがわか

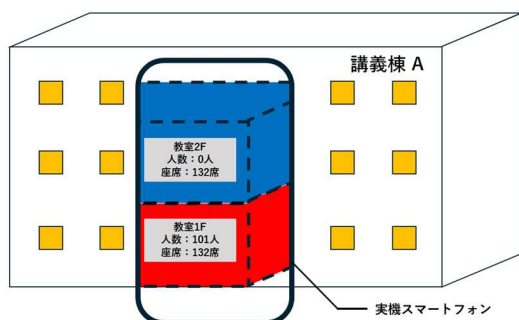


図1 スマートフォンを用いたシステム模式図

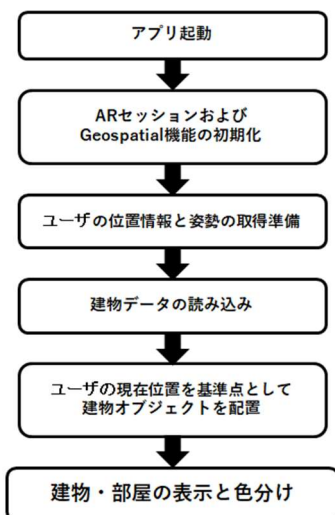


図2 アプリケーション起動後の流れ

る。

つぎに、図2にアプリケーション起動後のフローチャートを示す。アプリケーションは起動後、まずGeoAPIを介してカメラ映像と周囲のマップデータとの照合を行い、ユーザーの現在位置と姿勢の取得を試みる。十分な精度の位置情報が取得できた時点で、建物データの読み込みを行い、ユーザーの現在位置を基準点として建物オブジェクトを生成する。本アプリケーションでは、図に示す一連の処置を通じて、ユーザーの現在位置に基づいた建物オブジェクトの正確な配置を実現している。

### 3.1 開発環境と使用技術

本システムの開発には、クロスプラットフォーム対応のゲームエンジンであるUnity<sup>9)</sup>を使用している。Unityは、3Dオブジェクトの生成やUser Interface (UI)の構築、デバイスセンサとの連携などにおいて高い柔軟性を持っている。近年ではMRやARアプリケーションの開発にも広く用いられている。プログラミング言語はC#を用いた。本研究では、Unityのバージョン2022.3.58f1を使用し、Android端末へのビルドとデプロイを前提として開発を行った。

本研究で用いた端末は、Google Pixel 7aである。本端末は、GoogleのARプラットフォームであるARCoreに対応しており、その中でもGeoAPIを活用することで、高精度な位置推定が可能である。

### 3.2 現在位置の取得

本システムでは、建物オブジェクトの現実空間上への正確な配置を実現するために、Googleの提供するAndroid向けARプラットフォームであるARCoreを利用する。ARCoreは、スマートフォンのカメラやセンサを活用して現実空間と仮想オブジェクトを重ね合わせるためのSoftware Development Kit (SDK)であり、ARアプリケーション開発の基盤を提供する。本システムでは、ARCoreの機能の一部であるGeoAPIを使用する。GeoAPIは、スマートフォンのGlobal Positioning System (GPS)やコンパス、慣性計測装置(IMU: Inertial Measurement Unit)情報に加え、Googleの提供するVPSを組み合わせることで、緯度・経度・高度についての高精度な位置情報を取得可能にするAPIである。なかでも、VPSは本システムにおける現在位置推定の精度を大きく左右する重要な要素である。VPSは、ユーザーの周囲のカメラ映像と、Googleの構築したストリートビューなどのビジュアルマップデータを照合することで、GPSよりも高精度な位置情報を提供する。

アプリケーションの起動後、GeoAPIは継続的に端末の周囲環境を解析し、VPSの利用可否を判断する。VPSが有効と判断されると、スマートフォンはカメラ映像とGoogleが保有するビジュアルマップを照合することで、高精度な位置情報を取得できるようになる。本システムでは、VPSを使った位置情報を基準点として、建物オブジェクトの位置を決定し、現実世界との位置ずれの少ない正確な表示を実現する。

VPSはその性質上、カメラの視野内に十分な視覚的特徴が存在し、加えてGoogleのVPSマップに対応している場所でなければ高精度な現在位置推定を行うことができない。つまり、屋内や特徴の少ない環境あるいはVPS未対応エリアではVPSによる位置情報が取得できなくなる可能性がある。本システムでは、VPSによる位置情報が取得できない状況にも対応するため、位置情報の取得および建物の生成は、一定の待機時間や位置精度などの条件を満たしたタイミングでのみ実行されるように設計している。条件を設けることで、低精度な位置推定のもとで建物が誤った位置に生成されることを防ぎ、ユーザーに対して一貫性のある安定したMR体験を提供できる。

VPSの品質や利用可能性は、Googleによって定期的に更新されるVPS対応マップに依存している。本研究では、VPSの安定性と位置精度を検証するために、VPS対応が確認された屋外環境において動作確認を実施した。

## 4. 実装と動作検証

### 4.1 Unity上でのシミュレーション確認

本システムでは、スマートフォン実機での動作に先立ち、Unityのエディタ上で建物の生成と及び情報表示に関するシミュレーションを行った。MRアプリケーションの特性上、ユーザーの視点から取得される映像のみが基本的な表示手段となるため、紙面上でその挙動を詳細に説明することは難しい。本節では開発段階におけるUnity上でのシミュレーション内容を中心に述べる。

図3に、Unityにおけるシミュレーションの様子を示す。Gameビュー上では、建物オブジェクトが生成されており、各部屋には人数情報が反映された状態を確認できる。シミュレーションでは、事前に用意した建物データを読み

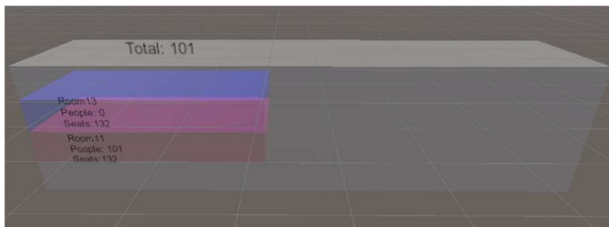


図3 Unityにおけるシミュレーション



図4 Unityにおけるシミュレーション拡大図

込み、建物および階層情報に基づいて部屋が仮想空間上に3Dオブジェクトとして配置される。各3Dオブジェクトの上部には、部屋名および現在の人数がテキストとして表示されており、さらに部屋の数に応じてオブジェクトの色が動的に変化するように設計されている。

建物の階層構造も再現されており、異なる階層に属する部屋が積層的に表示されている点も確認できる。部屋の配置および大きさについては、本学工学部の公式Webサイトに掲載されている講義室の見取り図を参照して設計した。

図4にUnity上のシミュレーションの拡大図を示す。図3のR11では、101人受講生がおり、その人数が101人以上を示す赤色で表示されている。一方、R13のように人数が0人の空き教室は青色で表示されている。建物オブジェクトであるA棟には建物内の合計人数を表示されている。設定した色分けにより、ユーザは建物内の人数情報を視覚的に把握できる。

Unity上でのシミュレーションにより、建物の人数データの連携、可視化ロジック、UI表示の基本的な動作が正しく実現することができた。今後のスマートフォン対応に向けた実装に必要な準備が整っていることが確認された。

## 4.2 MRアプリの基本的動作

アプリケーションを起動すると、スマートフォンのセンサ情報をもとにGeoAPIを利用してユーザの現在地が取得される。得られたユーザの現在位置を基準点として、あらかじめ定義されたA棟の3Dオブジェクトが実スケールに合わせてMR空間に生成される。生成された建物及び各部屋は半透明の直方体として分割されており、ユーザは外部からでも内部構造を確認することができる。



図5 3Dオブジェクトの表示例

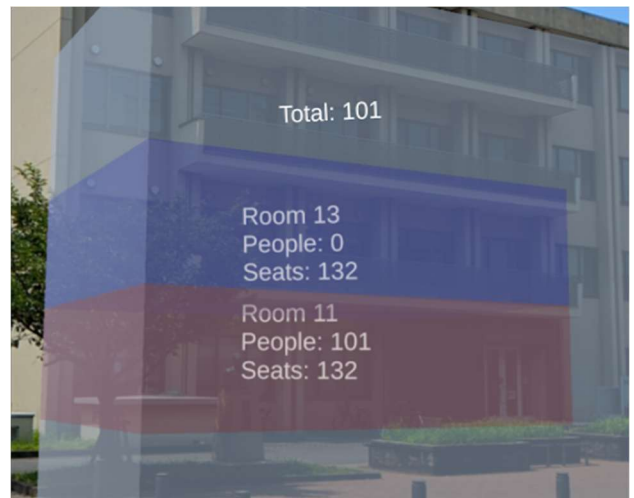


図6 MRアプリケーションにおける人数表示

図5に、実際にスマートフォン上でアプリケーションを起動し、A棟にカメラを向けた際の画面を示す。図5は、同じ建物を反時計回りに回りながら、3地点から撮影したスマートフォン画面を示す。いずれの視点でも、白色半透明の建物オブジェクトが実物のA棟とほぼ一致する。位置・スケールで表示されていることが確認できる。各階に配置したR11(2階)およびR13(3階)の部屋オブジェクトも正確に生成され、利用者は建物との距離や角度に依存せず内部の部屋を把握できる。一方、建物から遠い位置では、端末の撮影位置と実測基準点との視差が大きくなるため、半透明の外郭の輪郭と実際の建物とのずれは大きくなる。しかし、建物の近くに移動するにつれ、GeoAPIから提供される位置の精度は高まり、建物オブジェクトと、建物との位置のずれは少なくなった。本システムは、使用するユーザの建物への接近に伴って建物オブジェクトと現実空間とのずれが少なくなるため、遠方での両者のずれは問題にはならない。

建物オブジェクト生成後、本システムではスマートフォンのローカル時刻を参照し、曜日と時限に対応する人数データを読み込む。建物内の人数は、建物および部屋の上にテキストで重ねて表示される。部屋の色も部屋内の人数に応じて表示されるよう設計しており、A棟の各教室の座席数である132席を基準に、利用状況を視覚的に把握しやすくしている。具体的には、1~50人のときは

緑色, 51~100 人のときは黄色, 101 人以上のときは赤色, 空き教室 (0 人) は青色で表示される。図 6 に人数のテキスト表示をした建物オブジェクトの拡大図を示す。図 6 から, R11 が 101 人で赤色に, R13 が 0 人で青色に塗り分けられていることが確認できる。また, 建物の上部には, 教室全体の合計人数である 101 人が表示されている。

アプリケーション起動後の処理は, ユーザの操作なしに実行されるため, ユーザはスマートフォンを建物にかざすだけで, 現在時刻における利用状況を即座に把握できる。

## 5. おわりに

本研究では, MR 技術を利用して, 建物内の人数情報を視覚的かつ空間的に可視化するアプリケーションの開発を行った。開発したシステムでは, Google の GeoAPI を用いてユーザの高精度な現在位置および方位を取得し, ユーザの現在位置を基準点として現実空間上に建物オブジェクトを正確に重ねて表示する機能を実現した。建物オブジェクトは実スケールで表示され, 内部には建物内の部屋を 3D オブジェクトとして生成する。建物オブジェクト内部の部屋ごとに授業スケジュールから得た人数情報は反映され, 視認性を高めるために人数に応じて色分けされている。

一方で, 課題も明らかとなった。第一に, 現在はあらかじめ用意したデータに基づく静的な人数情報を表示しているが, リアルタイムの人数取得を可能とするために, IoT センサや出席管理システムとの連携が望まれる。リアルタイムの人数取得は, クラウドデータベースや API 経由のデータ取得機構を導入することで, 比較的容易に実現可能であり, システムの応用性向上が見込まれる。第二に, 本研究では単一の建物 (A 棟) を対象としたが, 複数棟や複数階層への拡張性を高めることで, より大規模な施設への展開も現実的となる。今後は, 前述した課題を順次解決しながらシステムの高度化と汎用化を進め, 教育現場だけでなく防災・施設運営・公共空間管理といった幅広い分野で活用可能な建物内人数可視化 MR アプリケーションの実現を目指す。

## 参考文献

- (1) 田村秀行, 竹内啓太, 長田典子: “複合現実型情報提示とその防災研究への応用 — 地形ジオラマを用いた動的 3D ハザードマップ”, 電子情報通信学会技術報告, Vol.105, No.534, pp.25-30 (2006).
- (2) Google Developers, ”ARCore の概要”, <https://developers.google.com/ar?hl=ja>, 2025 年 5 月 20 日アクセス.
- (3) Apple Developer, ”ARKit6 - 拡張現実”, <https://developer.apple.com/jp/augmented-reality/arkit/>, 2025 年 5 月 20 日アクセス.
- (4) Unity Technologies, ”Unity 公式サイト”, <https://unity.com/ja>, 2025 年 5 月 20 日アクセス.
- (5) Google Developers, ”Geospatial API の概要”, Google ARCore, <https://developers.google.com/ar/develop/geospatial?hl=ja>, 2025 年 6 月 18 日アクセス.