

## 博物館の空間カテゴリに適した屋内ユーザ軌跡の AR 表示の提案・実装

有川 正俊<sup>‡</sup>, ○青柳 隼斗<sup>†</sup>, 佐藤 諒<sup>‡</sup>, 高橋 秋典<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>秋田大学 理工学部, <sup>‡</sup>秋田大学 大学院理工学研究科

### 1. はじめに

近年, スマートフォンのハードウェアおよびソフトウェアの進歩は著しく, そのカメラを使った現実世界の空間認識, およびモーションセンサーを使った高精度移動位置測定技術により, センチメートルオーダーのヒトの移動を屋内でも快適に支援・記録できる状況になった[1]. 本研究では, この高精度移動位置測定的能力および, 現実空間 (カメラ映像) と CG オブジェクト (Computer Graphics Object) を適切に合成した拡張現実 (AR, Augmented Reality) を利用して, 博物館などの屋内空間において, ヒトの移動や鑑賞を支援するために, ヒトの移動軌跡を AR として可視化する枠組みを提案する. 実際に, 秋田大学鉱業博物館を対象にプロトタイプを作成・実験し, 本枠組みの有効性を明らかにした (図 1).

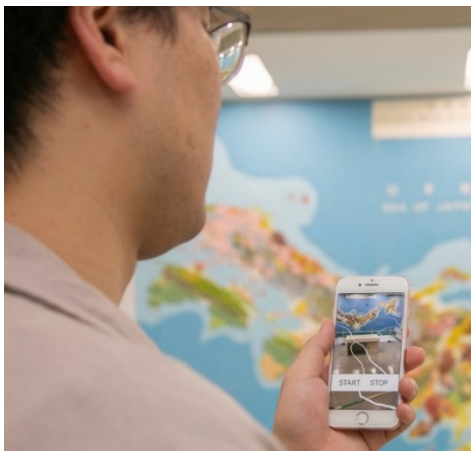


図1 秋田大学鉱業博物館における, 鑑賞者の移動軌跡オブジェクト(白い線)の AR 表示の例

## 2. 軌跡表示のための疑似オクルージョン手法

### 2.1 オクルージョン

屋外において, 移動軌跡 CG オブジェクトを AR で表示する場合, どんなに長い軌跡 CG オブジェクトでもあまり問題は起きない. しかし, 都市になると, 建物がたくさんあり, 長い軌跡 CG オブジェクトを AR で表示すると本来建物で見えないはずの

CG オブジェクトが見えてしまい, ユーザに混乱をもたらす. この問題に対して, ユーザから見て, 実空間の建物のような障害物の前にある CG オブジェクトか, 後ろにある CG オブジェクトであるかにより, CG オブジェクトの可視性を計算する処理を CG 分野ではオクルージョン (Occlusion, 隠ぺい) と呼ぶ. このオクルージョンの計算のためには, 現実空間の 3D オブジェクトをデジタルデータ (以下, 空間モデル) としてコンピュータ可読形式にしなければならず, その作成費用は一般に膨大になる.

### 2.2 広域座標系を用いない軌跡表示手法

本格的なオクルージョンを用いずとも, 適切な移動軌跡表示を行う方法としては, 時間や距離に制限を加えた方法が考えられる. たとえば, 過去 20 秒間だけ, あるいは 10 メートル以内の軌跡だけを表示する方法が考えられる. また, 現在, どの空間カテゴリ (屋外歩道, 屋外公園, 駅, 室内, 屋内通路など) から, Context based Services として実現し, 軌跡の表示の長さに対する適切な時間や距離の制限を調整して, ユーザにやさしい情報提供を実現する.

### 2.3 広域座標系を用いた軌跡表示手法の基本原則

屋上から下を見た場合, 障害物は少ないので, ほとんどすべての軌跡を AR 表示させても問題ない場合が多い. 実は, これは 2D マップに近い表現である. つまり, 2D マップの場合, ほとんどの場合, オクルージョンを考えずに表示できる. 建物の場合, 階数ごとに分けることにより複数枚の 2D マップとして, 移動軌跡を可視化できるが, AR 本来の持つ, 直接的 3D 可視化とはならない.

このように軌跡データを 2D マップ上への投影を実現するためには, まずスマートフォンのカメラの広域位置座標 (経緯度) と広域方向 (方位角) を初期設定し, 移動軌跡データを広域座標系に変換する必要がある. この実現方法は, 屋外では, スマートフォンの GPS や方位センサを用いても問題が起きない場合もある. 一般に, GPS の位置精度は良い場合で誤差 5m 程度, 方位センサも誤差 5° 程度と考えると, この誤差が無視できるアプリケーション

Proposal and Implementation of AR Display of Indoor User Trajectory Suitable for the Space Category of the Museum

Aoyagi Hayato<sup>†</sup>, Akita University  
Arikawa Masatoshi<sup>‡</sup>, Akita University  
Takahashi Akinori<sup>‡</sup>, Akita University  
Sato Ryo<sup>‡</sup>, Akita University

サービス（対象物が遠い，山 AR，星座 AR などでは問題は起きない）が実現されている。

一方，屋内において，位置誤差5m，方位誤差5°は，まったく使えない．実際には，室内では，GPS電波を直接受信できず，もっとひどい．そこで，われわれは，現実空間に画像マーカー（看板など）を設置し，そのマーカーに正確な位置座標と方位（マーカーの法線ベクトル）を持たせ，そのマーカーをカメラ認識させることにより，AR空間を広域座標系に変換する枠組みを研究では実現している [1]．

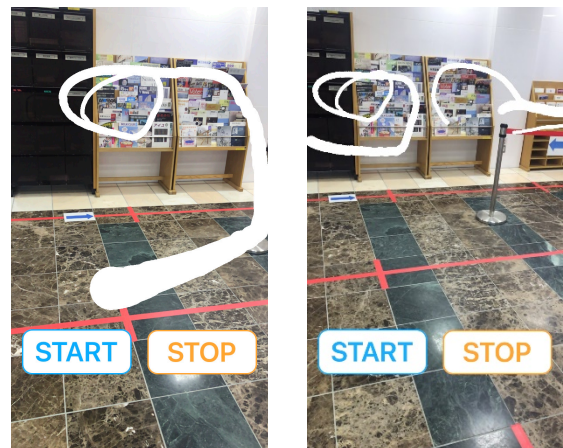
#### 2.4 広域座標系と空間カテゴリを用いた軌跡 AR 表示

本研究では，簡易的な空間モデルとして，ジオフェンス（Geofence）を用いる．ジオフェンスとは，2D・3Dの空間領域として定義され，その領域に入っているかどうかにより，イベントを生成したり，ユーザのコンテキスト（Context，文脈，背景，暗黙情報）を決める概念であり，位置情報サービス（LBS）では中心的要素技術である．ジオフェンスでも最も一般的で，簡単な構造は円型ジオフェンスであり，中心点の位置(lon: 経度, lat: 緯度)と半径(r: radius)から構成される．円型ジオフェンスの利点は，その円領域に入っているかどうかの判定は，中心点と現在地との距離が r メートル以内かどうかという1次元数値処理だけの単純な条件として実現でき，実装が簡単である．以下，本稿ではジオフェンスとは，円型ジオフェンスを指し議論をすすめる．

このジオフェンスを使って，屋内における空間カテゴリを定義できる．たとえば，廊下には，5メートルごとに，廊下を表すジオフェンスを設置し，広間には，その中心位置と部屋の大きさに相当する半径でジオフェンスを設置する方法が考えられる．ジオフェンスによる空間カテゴリ認識を用いて，適切な移動軌跡 CG オブジェクトの可視化およびオクルージョンの範囲設定を行うことができる．これは，見方を変えれば，建物の 3D 空間モデルの簡易版である 1D 空間モデルを使ったオクルージョン処理を行っているという解釈もできる．ここでいう 3D と 1D とは，座標空間ではなく，物体の表現形式が 3D か 1D かということである．つまり，3D とは立体，1D とは点を表現する．まとめると，3D 座標空間において，立体空間モデルではなく，点空間モデルを使って，簡易型オクルージョン処理をわれわれは提案し，その有効性と実用性を現在検証している．

### 3. 軌跡オブジェクト AR 表示システムの実装

われわれは，Apple 社の ARKit[2]を利用した実験システムを Swift を用いて実装した．具体的には，0.1 秒間隔で現在地点に白い球体 CG オブジェクトを配置し，軌跡 CG オブジェクトを実現した．たとえば，博物館内を移動して，途中で振り返ると，自分の移動軌跡を見ることができる(図2)．表示の遅延もなく，リフレッシュレートも高く，軌跡 CG オブジェクトは，現実世界の実オブジェクトと同じように，現実空間に存在するように体験し観ることができた．



(a) 記録中に振り返った場合

(b) 過去の軌跡記録の見返し

図2 ユーザの移動軌跡オブジェクトの AR 表示例  
(画面中の白い線が軌跡 CG オブジェクト)

### 4. まとめ

本研究では，3D 座標系の 3D 空間モデルを使わなくても，ユーザに不快感がない疑似オクルージョンの手法をいくつか提案し，その一部を軌跡 AR 表示の実装を通して有効性を検証した．この枠組みは実装が容易であり，また計算処理の負荷も少なく，今後増えて来る多様な応用範囲において，低価格で実現される屋内ナビゲーションアプリでは意義があり，また有用と考える．

#### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP19H04120, JP17H00839, JP16H01830, JP19K20562 の助成を受けたものです．

#### 参考文献

- [1] 伊東慎平，有川正俊，田山稜大，高橋秋典，2019．異種空間センサ統合によるカメラに基づく屋内ナビゲーションの試み，第 81 回情報処理学会全国大会予稿集．
- [2] ARKit, Apple Inc., <https://developer.apple.com/arkit/>