

# MR を活用した施設維持管理情報の閲覧支援に関する技術的検討

## Development of a browsing support system for building operations and maintenance information using MR device

○仲間 祐貴\*<sup>1</sup>, 大西 康伸\*<sup>2</sup>  
Yuki Nakama\*<sup>1</sup> and Yasunobu Onishi\*<sup>2</sup>

\*1 熊本大学工学部技術部 技術職員

Technical Staff, Technical Division, Faculty of Engineering, Kumamoto University.

\*2 熊本大学大学院先端科学研究部 准教授 博士(学術)

Assoc. Prof., Faculty of Advanced Science and Technology, Kumamoto Univ., Ph. D

キーワード：視覚表現; MR; 施設維持管理; HMD; BIM; クラウド

Keywords: Visual representation; Mixed reality; Building operations and maintenance; Head mount display; BIM; Cloud.

### 1. 研究の背景と目的

近年、Virtual Reality (VR) や Augmented Reality (AR) の発展とともに Mixed Reality (MR) の技術が発達している。MR は複合現実と訳され、現実空間と仮想空間を混合し、現実のモノと仮想的なモノがリアルタイムに影響しあう技術である。MR を施設維持管理に導入することで、維持管理対象の実物の部位（以下、対象部位）の現状とそれに関連する様々な情報（属性情報や過去の状況や未来の予測をなど）をバーチャルで表示し、それを同時に混在させて閲覧できると考える。さらに、ヘッドマウントディスプレイを用いた MR デバイスの特徴から、維持管理の記録媒体を手で携帯しないことや、手による端末操作が少ない。点検を中心とする現場での維持管理関係する作業は、両手を使うことが多く、MR デバイスの導入によりそれら作業を妨げないとする。このように、現場での実物とバーチャルで表した情報の混在表示や、両手が空くことによる作業のしやすさから、維持管理の現場に MR を導入することによって維持管理業務の効率化や新たな付加価値を生み出すことが期待できる。

本研究では、MR デバイスを用いて維持管理情報や隠蔽部の建築部位が視野内にオーバーレイ表示されるプロトタイプシステムを開発し技術的な検討を行う。なお、本研究は、既往研究で開発された建築情報マネジメントシステム<sup>1)</sup>（以下、BIMS）の閲覧手法の1つとして提案、開発を行っており、BIMS で入力された情報が MR デバイスでも表示できる仕様とする。

### 2. MR を用いた施設維持管理情報閲覧システムの開発

MR を用いることで、点検現場において対象部位の過去の情報（故障履歴や修理履歴など）、「現在の情報（運転

状況や機器の設定情報など）」、「未来の情報（故障の予測など）」が実際の部位と一体的に表示され、横断的に状況を確認できる。また、天井裏や PS の中など普段から隠れた所に存在する部位をバーチャルで表現することによって、PS のハッチや天井の点検口を開けることなく隠蔽部の部位が確認でき、さらに、実際の部位との位置関係が理解できると考える。そこで、本研究では、MR デバイスで維持管理対象部位の情報を表示する機能と隠蔽部の部位を 3D モデルで表示する 2 つの機能を開発する。なお、MR デバイスとして Microsoft 社の HoloLens<sup>注1)</sup>を採用する。

#### 2.1. 維持管理対象部位の情報表示機能の開発

維持管理対象部位の情報閲覧機能では、BIMS において管理対象となっている部位の維持管理情報（属性情報、故障歴、修繕歴）とコミュニケーション情報<sup>注2)</sup>を扱う（図1中①）。MR デバイスではこれらの情報を対象部位付近に表示する（図1中②）。さらに、これらの情報は、タップアンドホールド<sup>注3)</sup>というジェスチャー機能を利用してパネル中の維持管理項目をスクロールして閲覧できる（図1中③）。また、現在表示されている情報がどの対象部位の情報かを対応付けるため、対象部位にピンを表示する仕様となっている（図1中④）。

また、MR デバイスを利用して、その部位に関する維持管理情報を BIMS のデータベースから呼び出す際、対象部位を認識する方法としては、QR コードを部位識別情報タグとして採用する。対象部位を識別する QR コードを MR デバイスに付随されたカメラで撮影（音声による操作）して撮影画像を処理し、QR コードに設定した部位 ID を取得する。そして、部位 ID を基にサーバサイドから維持管理情報を取得する仕組みとなっている。

部位 ID については、Revit で作成した BIM モデルから FBX 形式で 3D モデルの書き出しを行った際に、図 2 のように Revit で設定した部位のタイプ名と、モデリング時に自動的に付与されるオブジェクト ID で構成される名前が部位毎付けられる。このオブジェクト ID を部位 ID として利用する。

なお、MR デバイス利用前に予め QR コードを部位毎に作成・設置する必要がある。また、天井付近の維持管理対象部位をビル管理者が HoloLens を装着して見上げた時に QR コードを認識できる大きさを検証した結果、

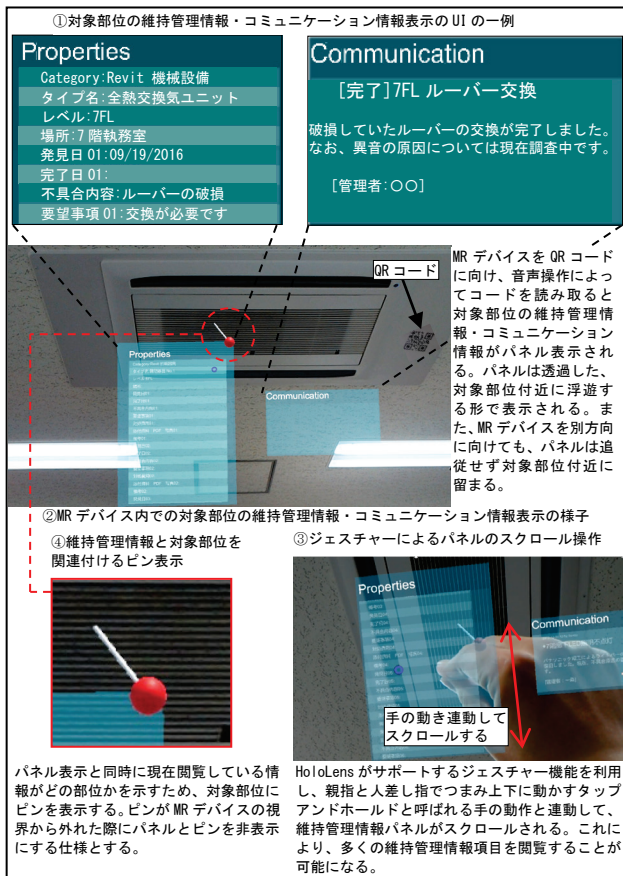


図 1 MR デバイスを用いた維持管理情報閲覧システムの概要

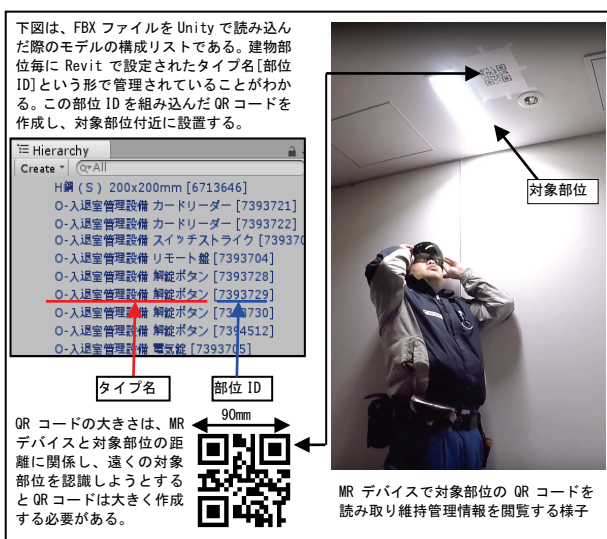


図 2 部位 ID の抽出と QR コードの利用

約 90 ミリ四方の QR コードを用いる。

## 2.2. 隠蔽部位の 3D モデル表示機能の開発

隠蔽部位の 3D モデル表示機能の開発では、実空間の隠蔽部に存在している配管やダクト等の 3D モデルを天井や PS・EPS 等にオーバーレイさせて表現する (図 3)。さらに、理想的には、実空間での MR デバイスの位置と閲覧方向がバーチャル空間 (実空間と同スケールの空間) に配管やダクトの 3D モデルが同じ位置に配置された空間) の位置と閲覧方向が常に一致することで、MR デバイスを装着して自由に移動し、見回しながら閲覧できる方が望ましい。しかし、開発する中で表示される隠蔽部の 3D モデル部位の位置が実際の部位位置とズレが生じたため、閲覧する際は、指定した場所からは移動せず視線の変更のみを行って閲覧する機能として開発する。また、3D モデルの表示方法については、予めの 3D モデルを表示するかを定義した QR コードを手元に用意し、指定した場所から読み取ることで、対応した 3D モデルを表示する。

この機能は、3つの仕様によって構成されている。1つ目は、隠蔽部に存在する配管やダクトの 3D モデルのマテリアルを半透明にして表示する仕様とした。隠蔽部の配管等は上下左右奥行き方向に非常に複雑に入り組んでおり、一目でその構成把握することが難しい。また、配管同士の重なりによって見たい情報を隠蔽してしまう問題がある。そこで、半透明表現を用いて配管が隠れていることを防ぎ、閲覧性の向上を図っている。

2つ目は、天井裏にある隠蔽部位を室内から確認できる仕様とした。MR デバイスにフロア全体の配管モデルを表示すると、実際の壁に天井裏の配管が重なって表現され、正しい位置関係が表現できない。そこで、対象となる室内の天井裏の配管のみを表示する仕様とし、問題の解決を図っている。具体的には、天井裏の配管を表示する際は、HoloLens の深度センサーとカメラの映像を利用して特徴点の抽出を行い、部屋の壁を認識し、その位置でトリミングを行い、対象となる室内の配管のみを確認できるようにした (図 4)。

3つ目は、MR デバイスを利用するユーザの身長の違いを認識し、自動的に正しい高さ位置に 3D モデルが表示される仕様とした。具体的には、HoloLens の深度センサーを利用し、深度センサーから天井までの距離を利用して配管モデルを表示する高さを調整している (図 5)。



図 3 MR デバイス内の天井隠蔽部の部位表示 (配管・設備) の様子

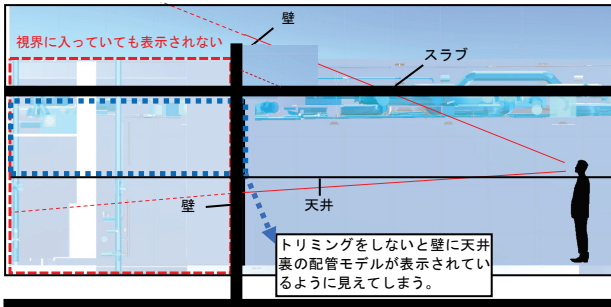


図4 壁部位を利用した配管モデルのトリミングによる表示

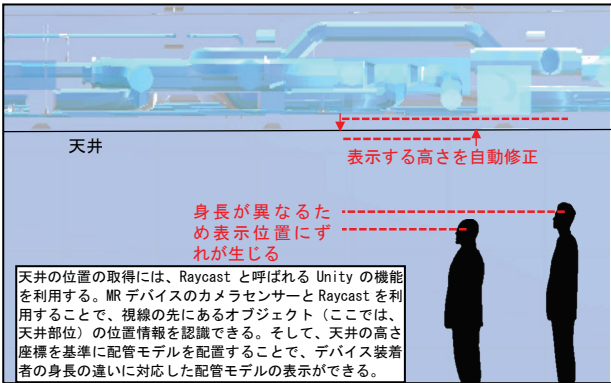


図5 壁部位を利用した配管モデルのトリミングによる表示

### 2.3. 開発システムの基本構成

本システムの基本構成を図6に示す。MR デバイスが処理を行うクライアントサイドの処理と、ウェブサーバが処理を行うサーバサイドの処理の2つの処理システムを利用する。クライアントサイドの処理ではC#で記述したプログラムを利用して、機器等の識別、情報の表示、実空間の認識を行い、前述した2つの開発機能が動作する仕組みとなっている。サーバサイドではPHPで記述したプログラムによってBIMSのデータベース(属性情報DB・コミュニケーションDB)から情報の取得を行う。また、クライアントサイドとサーバサイドはHTTP通信で情報のやり取りを行う仕組みとなっている。

配管モデルは、建物設計時に作成されたモデルのIFCデータをRevitで書き出したものを利用する。

### 3. MRを用いた施設維持管理情報の閲覧実験

BIMSを導入して維持管理を行っているオフィスビルでビル管理者が点検現場でMRデバイスを活用して情報閲覧する実験を行う。その結果を踏まえ、ヒアリングによる簡易評価を行う。実験の概要について表1に示し、実験を行う閲覧対象部位の配置場所と隠蔽部の部位を確認するための立ち位置を図7に示す。

### 4. MRを用いた施設維持管理情報閲覧の利点と問題点の整理

MRを用いた施設維持管理情報閲覧について、実験のヒアリング評価から得た利点と問題点及び、開発段階で生じたMRの技術的な問題点についてそれぞれ述べる。

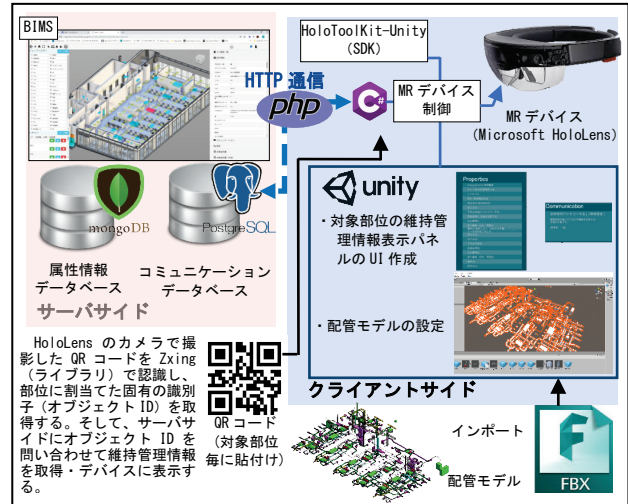


図6 開発システムの基本構成

表1 実験概要

項目	内容
日時	2018年2月14日
対象建物	Kビル(東京都): K社が所有する本社ビル
階数	地上12階、地下1階(実験対象フロアは7階)
延べ床面積	約9,000㎡
被験者について	Kビル管理者1名:(30代男性、経験年数:約10年)
実験内容	1. QRコードにMRデバイスのカメラセンサーを向け、音声操作によって撮影すると対象部位の維持管理情報が表示される仕組みを体験する。(実験様子は図6中写真、体験位置は、図7に示す赤丸3ヶ所) 2. 隠蔽部の部位を確認するため、指定した立ち位置からMRデバイスに表示された隠蔽部の部位表現を体験する。(図7に示す青の網掛け部の範囲の部位確認)
ヒアリング内容	1. 点検を行う現場でMRデバイスを利用した時、どのような点が良いと感じましたか? 2. 点検を行う現場でMRデバイスを利用した時、どのような点が問題だと感じましたか? 3. 今回表示された情報以外で、業務中に表示されると便利なと思う情報はありますか?

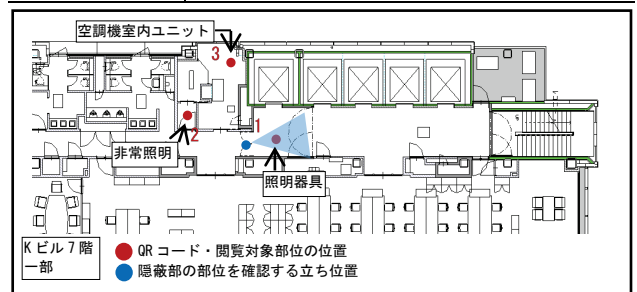


図7 実験対象の部位位置について

#### 4.1. 実験による利点の整理

ヒアリングの結果、「点検中の履歴情報の閲覧が容易」、「配管位置の素早い把握」、「点検業務中の持ち物の削減」など概ねシステムを評価する回答を得ることができ、維持管理の現場における情報の閲覧性や理解度の向上、さらには両手が使えることの作業の効率化をMR導入によって確認することができたと考える。

#### 4.2. 実験による問題点の整理

実験を行った結果、音声入力による操作が問題として挙げられた。これは、「休憩室などで声を発しながらの点検は施設利用者の妨げになる」や、「雑音が大きい環境では音声認識が上手くいかない」など、室内環境によって音声による操作が適していない状況が存在するためだと考えられる。

#### 4.3. システム開発の中で生じた技術的な問題点の整理

### 1) 3Dモデルと現実のモノの位置のずれ

実空間に存在するモノに重ね合わせて3Dモデルを表示する際に表示位置にズレが生じる(図8)。この問題は、予め定めたデバイスを見回す立ち位置を決めておくことである程度解決ができるが、MRデバイス位置を計測するセンサー類(加速度センサー、ジャイロセンサー)の精度の問題から、実際の空間でのMRデバイス位置とバーチャルの空間で認識されている位置(カメラ座標)にずれが生じる。図9は、MRデバイスを原点0からZ軸座標方向に真っ直ぐ3.6m毎<sup>注4)</sup>に移動した時のカメラ座標を示したものである。開始位置から離れる程ずれ幅が大きくなる読み取れる。この検証では、1mの移動につき、約2.7cmのずれを確認した。そのため、隠蔽部の部位の3Dモデル表示機能の開発では、指定した位置からは移動せず視線の変更のみで閲覧する仕様となっている。さらに、維持管理対象部位の情報閲覧機能では、当初、3D部位にMRデバイスからの視線を当てると、その当たり判定からその部位に関連する維持管理情報を引き出す仕組みを想定したが、ずれの問題から構築が難しく、結果としてQRコードを利用した対象部位の認識方法を採用している。

### 2) 深度センサーの精度

今回利用したMRデバイスに搭載されている深度センサーは、図10に示すようにセンサーで取得した点群情報をもとに壁や天井などのメッシュを作成することができる。しかし、本研究で利用したMRデバイスでは、目の前にある対象物を正しく認識できず、実空間の壁の手前(あるいは奥)にメッシュが生成されてしまうなど、正確な空間に即したメッシュの作成ができないことが生じた。そのため、隠蔽部の部位の3Dモデル表示で配管のトリミングの位置が正しくできないことが見られた。

その他、MRデバイスのCPUの処理が低く3Dモデルの描画に時間がかかる等、現状のMRデバイスの性能が維持管理業務に対応できていない問題が明らかとなった。

## 5. まとめ

本研究では、MRデバイスを活用した施設維持管理情報の閲覧支援するシステム開発の第一歩として技術検討を行った。そして、MRを用いて施設維持管理情報の閲覧の利点と問題点の把握を行った。実験より、MRデバイスを維持管理の現場で活用することによって、実物の現状とバーチャルな維持管理情報の混在表示や隠蔽部位の位置関係の理解が容易であること、さらに、持ち物削減による作業向上の可能性があることを確認することができた。しかし、技術的な問題が多く、実務での利用のためには、多くの課題を解決する必要がある。今後の課題として、MRデバイスからの情報入力方法の在り方や、対象部位の欲しい情報を求めたタイミングで簡単に表示

される方法について検討することが挙げられる。

なお、本研究は科学研究費補助金(基盤研究(C)、課題番号18K04483)の一環として実施した。

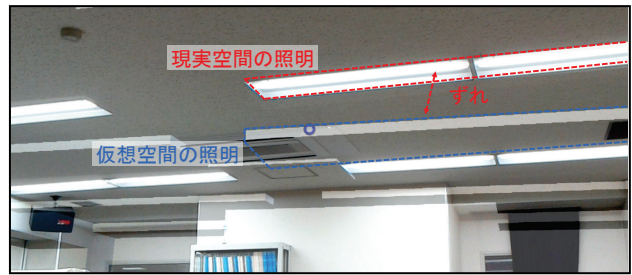


図8 現実空間と仮想空間の部位のずれ

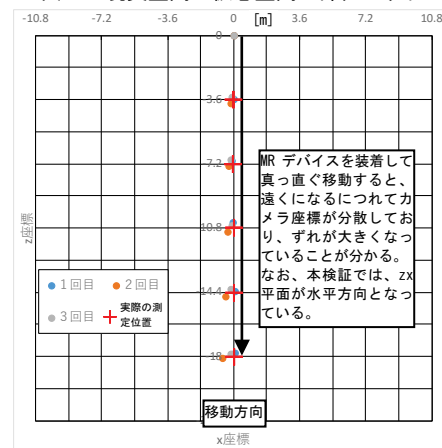


図9 直線に移動した時のMRデバイスのカメラ座標

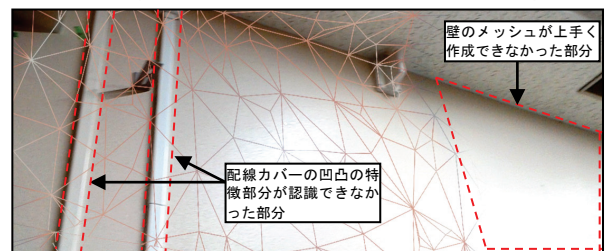


図10 実験対象の部位位置について

### 【参考文献】

- 1) 仲間祐貴, 大西康伸, 位寄和久: 継続的利用と情報共有を可能にする建物維持管理支援のための BIM を活用したウェブシステムの開発, 日本建築学会技術報告集, 第22巻第50号, pp. 359~364, 2015. 2

### 【注釈】

- 注1) Microsoftが開発しているヘッドマウント方式のウェアラブルコンピューターである。Microsoft HoloLens (以下、HoloLens) は、本体にセンサー、CPU や GPU に加えて、HoloLens用に生産された HPU (Hologram Processing Unit) を搭載しているため、単体で機能することができるスタンドアロン形式である。
- 注2) コミュニケーション情報とは、正式な維持管理情報として記録するまでもないが、後に業務上重要になる可能性がある「気づき」を、対象の部位位置を示す3Dモデルビューを作成し、コメント情報と組み合わせたものである。
- 注3) HoloLensがサポートするジェスチャー機能は、タップアンドホールドの他、ブルーム、エアタップの3つのジェスチャーがありシステムを操作することができる。
- 注4) 3.6m毎に計測した理由として、ケーススタディの梁部位間隔であり、その重ね合わせによる検証を行ったため。