

# 巡視点検作業ルート更新時におけるHMDを用いたARナビゲーションシステムの課題とその解決手法の提案

中山洋輔<sup>1</sup> 柏木裕恵<sup>1</sup> 轟木伸俊<sup>1</sup>

**概要:** プラントや工場などで日常的に行われている業務において、巡視点検作業業務は全体業務のうち膨大な時間が費やされており、効率化が求められている。近年の点検作業では、作業者が携帯端末やHMDなどの通信機器を持ち、点検結果などを端末に保存しながらARにより作業手順を表示させるような手法が実用化されてきている。それらの機能の一つとして、点検現場へのナビゲーションシステムがある。現行のシステムはデバイスに現場までの地図を表示する方法や、視野内へルートを重畳表示する方法を採用している物がある。しかし、上記手法では点検業務の途中に点検ルートが更新された際に、地図の再確認が必要になったり新たなルートを見失ってしまったりする可能性があり、ルート更新に即座に順応できないことが考えられる。そこで本研究ではHMDを用いたARナビゲーションシステムにおけるルート更新時の懸念点を、現行システムを模擬した環境により考察した。また、その課題を解決する手法の一例として、View Managementや人間の視野特性の観点から、視野内に手の甲に次の目標を指す矢印を表示させる手法を提案する。

**キーワード:** 巡視点検, ARナビゲーション, HMD, View Management, Hololens 2

## Issues with the AR Navigation System when Updating the Patrol Inspection Work Route and Suggestion of the Solution Method

NAKAYAMA YOSUKE<sup>1</sup> KASHIWAGI HIROE<sup>1</sup> TODOROKI NOBUTOSHI<sup>1</sup>

**Abstract:** In the work that is routinely performed in plants and factories, the patrol inspection work requires a huge amount of time out of the total work, and efficiency improvement is required. In recent inspection work, a method has been put into practical use in which a worker holds a communication device such as a mobile terminal or an HMD and displays the work procedure by AR while saving the inspection result in the device. One of these functions is a navigation system to the inspection site. Many of the current systems employ a method of displaying a map to the site on the device and a method of superimposing the route in the field of view. However, with the above method, when the inspection route is updated during the inspection work, it may be necessary to reconfirm the map or the new route may be lost, and it is not possible to adapt to the route update immediately. Therefore, in this study, we considered the concerns at the time of route update in the AR navigation system using HMD in an environment simulating the current system. In addition, from the viewpoint of view management and human visual field characteristics, we propose a method of displaying an arrow pointing to the next goal on the back of the hand in the visual field as an example of a method to solve the problem.

**Keywords:** Patrol inspection, AR navigation, HMD, View Management, Hololens 2

### 1. はじめに

工場やプラントなどの大規模施設では、施設を構成する各機器の保守を目的とする巡視点検業務が定期的に行われており、その作業には膨大な時間が費やされている。労働人口の減少・高齢化や、設備の長寿命化を背景として、熟練が必要とされる点検作業を効率化することによる省人・省力化が求められており、そのための様々な手法が開発されている。

近年では、検査員が携帯情報端末やHMD(Head Mounted Display)などの携帯型の通信機器を持ち、それらの通信機器に点検の手順を表示、及び点検結果の入力を行うことで、点検作業の効率化を図るようなソリューションが普及し始めている[1][2]。また、それらの中にはAR(Augmented Reality)やMR(Mixed Reality)を利用して、作業手順や中央監

視制御室にいる熟練作業員からの遠隔支援を受けることが可能なものも存在する[3][4]。それらのソリューションの機能の一つとして、点検現場へと作業者を案内するナビゲーション機能がある。しかし、巡視点検においては作業開始後に点検ルートの更新が行われることがあり、その際にルートを再発見する必要があるため、効率低下や混乱による危険動作が発生することが考えられる。

そこで本稿では、現行の巡視点検のためのARナビゲーションシステムにおいて、点検ルート更新が発生するような点検作業シーンを想定し、そのような作業環境を模して作成したルート表示システムを用いて、点検ルート更新時におけるHMDを用いたARナビゲーションシステムの課題を考察する。さらに、考察を経て判明した課題を解決するための新しいナビゲーション機能を提案する。

<sup>1</sup> 三菱電機株式会社  
Mitsubishi Electric Corporation

## 2. AR ナビゲーションシステムの利用

### 2.1 一般的な事例

一般的に利用されている AR ナビゲーションシステムには、手元のデバイスのカメラ映像上や、視野内に目的地までのルートを示した地図を重畳表示させたり、テキスト・矢印・目的地までのルート示す線などの 3DCG を通路に重畳表示させたり、といった機能を持っているものが多い。例としては、スマートフォンの Google が提供する地図アプリから利用できる「ライブビュー」機能が挙げられる[5]。この機能は目的地を入力すると、スマートフォンのカメラから見た画面に映る風景に、ルートを示す大きな矢印と、目的地までの距離や通りの名前などの情報をテキストとして重畳表示することができ、利用者は画面に表示された指示に直感的に従うことで目的地にたどり着くことができる、というものである。また、メルセデス・ベンツ社の車載ナビには AR ナビゲーション機能が搭載されている[6]。これはフロントガラスに備え付けられたヘッドアップディスプレイに、交差点に右左折を促す矢印などが重畳表示されることで、運転者はナビに視線を移す必要がなく安全に運転ができる、というものである。また、株式会社 SCREEN が提供する NAVIMICHAEL ライブラリ[7]を用いた「PinnAR」アプリ[8]は、スマートフォンのカメラから見た風景に目的地までのルートを線として重畳表示させることができる。さらに、このライブラリはスマートグラスなどの HMD による AR 表示にも対応しており、視野内にルートを重畳表示させることも可能である。

一般的な AR ナビゲーションシステムでは、利用者がルートを外れたり、渋滞などで最適なルートが変更されたりした場合にルートが更新される。その際、ポップアップで更新が通知されたり、反映されたルートを画面上で利用者が確認したりすることにより、更新されたことを把握することができる。

### 2.2 巡視点検作業での利用例と課題

HMD などを用いた AR 表示によるナビゲーションシステムを利用した巡視点検においては、一般的なナビゲーションシステムと同様にルート表示手法には地図や矢印などが使われていることが多い。

例えば、東芝デジタルソリューションズ株式会社の提供する“Meister AR Suite”では、視野内の空間に矢印や注意書きの看板を重畳表示することで、作業者にルートを伝える。また、床にも等間隔で矢印を配置し、それらを作業者に辿らせることで現場に案内する方式を採用している[3]。

また、ViewAR GmbH 社の提供する“View AR”を利用した例では、視野内の空間上に胸の高さに等間隔で配置された球状のオブジェクトにより作業者を現場に案内する方式を採用している[4]。これらのオブジェクトはデバイスの空間認識機能により、現実の物体との位置を固定されている

ため、現実の物体との位置関係を維持しつつ表示することが可能となっている。

これらのシステムでのルートの更新方法も、一般的なものと同様であると考えられる。

巡視点検作業においては、故障機器によるアラームが発生した場合や、点検対象が追加されるなどの場合に点検ルートの更新が行われることがある。点検ルートが更新された場合、移動中であれば目視できていたルートが突然視野から外れることで、また点検中であれば点検後の移動方向として想定していたルートが表示されていないことで、作業者がルートを見失ってしまう可能性がある。さらに、点検中は点検作業のために、ルートが視界から外れることが多くなり、ルートを見失う可能性が高くなると考えられる。その際、見失ったルートを探るために周囲を見回し、再発見する必要が生じ、次の移動方向を把握できているときよりも時間がかかってしまうことが考えられる。

また、現場で利用されるような AR 表示が可能な現行の HMD では、視野角は  $15^{\circ}$  ~  $50^{\circ}$  程度と、人間の視野の一部しかカバーできておらず、ルート更新により一度見失った点検ルートを瞬時に再発見することは困難であると考えられる。

以上のことから、現行の AR ナビゲーションシステムにおける、点検ルートが更新されることによる点検ルートの再発見に際する課題があると思われる。そこで、実際にルートを探索する際に、作業者が受ける影響について検証を行う。

## 3. 検証実験

HMD による AR ナビゲーションシステムによる点検作業を模した環境による実験を行い、点検ルート更新時に作業者に発生すると思われるルート探索に際する作業効率への影響を検証する。

### 3.1 概要

実験は、HMD による AR ナビゲーションシステムを使った点検を行っている現場において、点検作業中に点検ルートの更新が行われる環境を想定し、作業とルート探索を繰り返し行う、というシーンを仮想空間上に作成した。作成したシーンを構成する要素について以下に説明する。

### 3.2 シーンの構成

シーンの作成には Unity[9]と MRTK(Mixed Reality Tool Kit)を用い、HMD には Hololens2[10]を使用した。Hololens2 は対角に約  $52^{\circ}$  (垂直  $28.5^{\circ}$  度、水平  $43^{\circ}$  度) の視野角と、現場で利用されるスマートグラスの中で比較的広い視野角を持っている。視野角がルート再発見へ及ぼす影響は大きく、狭いほど顕著になると考えられる。そのため、Hololens2 を使用することで、より狭い視野角を持つ HMD で実験を行った場合の結果を包含するものと考え、本実験では Hololens2 を採用した。

実施する作業として、本実験では仮想空間上に映し出された、図形が描かれたボタンを予め指示された図形の順番に押す、というものを作成した（以後ボタン作業）。ボタンは実験開始時及び、ルート発見時に出現し、作業完了時に非表示となる。ボタン表示開始から作業完了までをボタン作業時間とする。

表示されるボタンは、直径 3.2cm、高さ 1.6cm の円筒形で、5cm を空けて等間隔に 3 つ並んでいる。ボタンにはそれぞれ異なる図形が描かれており、『●』、『×』、『☆』のいずれかとなるようにした。ボタンを押すとボタンの色が紺色からピンク色に変わり、ボタンが押されたことがわかるようにした。ボタンを押す順番は『●』→『×』→『☆』とし、ボタンに描かれる図形はボタン作業毎にランダムで変わるようにした。押すボタンの順番を間違った、同じボタンを 2 度押してしまった、などボタン作業を失敗しても、作業を完了するまで何度でもやり直すことができる。

ボタンは被験者が直立した状態で作業が可能なように、前方斜め下の腕が届く範囲内に、下方向に押しこむ形で配置した。ボタン作業の手順を図 1 に示す。

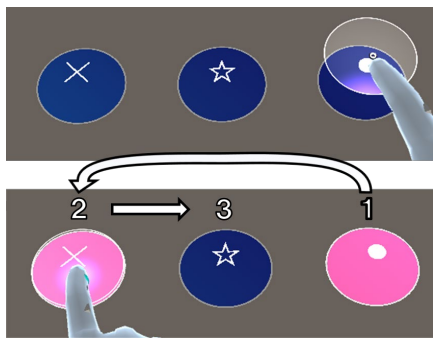


図 1 ボタン作業手順

ルート探索としては、被験者の周囲 360° を 15° 毎に区切られた、24 方向のいずれかにランダムに出現する次の点検ルートを見回して探索し、ルートの先にあるターゲットを指差すものとした。指差しにより次のルートを発見したこととして、ルート探索を完了するものとした。ルートとターゲットはボタン作業完了と同時に出現し、被験者がルートを発見するまで表示される。ルート出現から発見までをルート探索時間とする。

探索するルートは、幅 10cm 長さ 8m の带状の線として表現し、デバイスから 1.5m 下方 2m 前方を起点に前方に伸びているものとした。ターゲットは、ルートを示す線が指す方向の前方 10m（ルートの端点と同距離）に、1 辺 30cm の正方形のパネルとして表示した。このターゲットを被験者の指先から伸びるポインターで 0.5 秒間ポイントすることで、被験者が次のルートを発見したと判定され、ルートとターゲットは非表示となる。

ルートとターゲットが出現する方向は完全なランダム

ではなく、前回と同じ方向には 2/3 の確率で出現するものとした。これは、実際の点検作業において、作業員は点検前に次のルートを把握できていることを再現するためであり、被験者にはこの仕様を予め伝えることで、前回と同じ方向に向けばルートを発見できる可能性が高い、と思わせることができると考えたためである。ルート探索の手順を図 2 に示す。

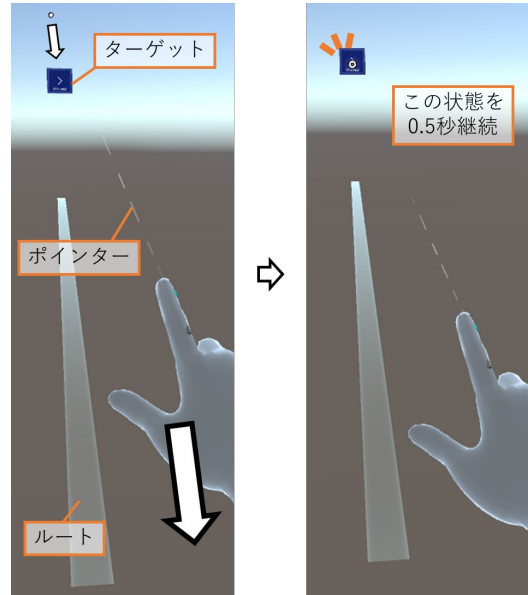


図 2 ルート探索手順

また、実験を開始するためのスタートボタンを被験者の前に配置し、実験開始と同時に非表示となるようにした。実験環境全体のフローチャートを図 3 に、要素の位置関係などを表した概略図を図 4 に示す。

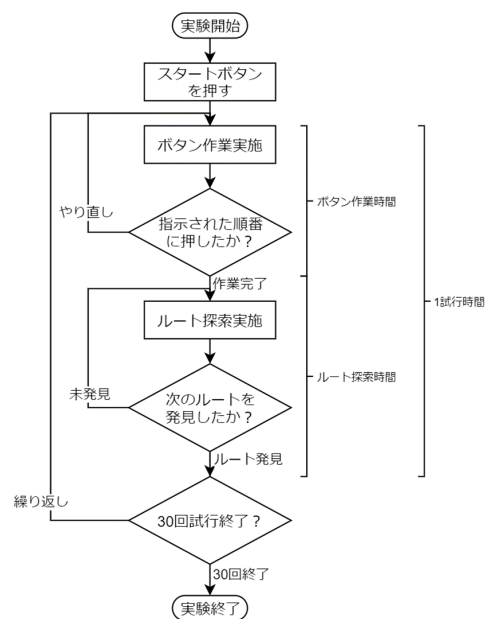


図 3 実験全体のフローチャート

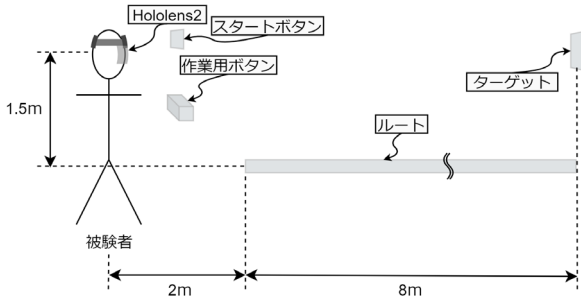


図 4 実験環境概略図

### 3.3 実験手順

被験者は Hololens2 の使用経験はほぼ無い 20 代～40 代の 4 名(男性 3 名,女性 1 名)とした。実験は Hololens2 を利用するための十分な明るさが確保された部屋で行った。被験者は部屋の中央に配置された机の前に立ち、そこを標準位置とした。ボタンは常に前方斜め下方向に表示されるため、机の上に表示されるようになる。実験の開始前に、被験者に実験の手順を説明した。また、ルートが出現する方向が完全なランダムではないことを伝え、前回と同じ方向にルートが表示される可能性が高いことを認識させた。その後、Hololens2 を装着し、被験者毎に Hololens2 のキャリブレーションを行い、視線を調整した。その後、ボタン作業のみを行う練習用シーンを実行し、仮想のボタン操作に慣れてもらった。次に実験用のシーンを実行し、実験を開始した。実験ではボタン作業とルート探索を交互に 30 回繰り返すを行い、その際の実験全体の経過時間、各試行の経過時間、ボタン作業時間、ルート探索時間、その試行でルートが表示された角度を、それぞれ結果として記録した。

### 4. 実験結果と考察

図 5 - 1 に被験者ごとの、1 試行毎の経過時間を示す。横軸は試行回数、縦軸は時間(秒)となっており、各試行の経過時間を”Total Time”, ボタン作業時間を”Button Time”, ル

ート探索時間を”Search Time”としており、平行な破線はそれぞれの平均値を表している。なお、1 回目の試行は、被験者が次のルート出現方向を把握する術がないことや、被験者がボタン作業からルート探索を行うという繰り返しに慣れていないため、他の試行とは時間経過の要因が異なることが想定されるため、結果から除外した。グラフから、”Total Time”が被験者 A 以外は 2～4 回目にかけて高い傾向にあることがわかる。これは事前に練習を行ったものの、被験者が Hololens2 での作業に慣れていないためであると考えられる。また、試行時間は増減を繰り返しているが、増加があった試行の次の施行では増分とほぼ同量が減少していることがわかる。これは、ルート更新は 1 試行にのみ影響を及ぼしているからであると考えられる。また、ボタン作業にかかった時間はルート探索にかかった時間よりも増減が少なく、ルートの更新はルート探索により影響を及ぼしていることがわかる。また、被験者 B に関しては、27 回目～30 回目でルート探索時間が大きく増加しているが、繰り返し作業への疲れからくる集中力の低下によるものではないかと思われる。

次にルート探索時間のみを抜き出した結果を図 5 - 2 に示す。赤い矢印で示した試行では、前回とルートの向きが変わっていることを示している。

全被験者の 120 回の試行の内、ルート変更が行われたのは 34 回であり、そのうち 1 つ前の試行よりも時間が増加したものは 27 回であった。これは、ルート探索にかかる時間の増加が、ルート更新によるものであることを示唆する結果であると考えられる。

被験者ごとのボタン作業とルート探索にそれぞれかかった時間の平均値と分散を表 1 に示す。

ボタン作業の分散がルート探索の分散と比較して小さい。このことから、ボタン作業に移行する際のルート表示角度によって、正面に向き直るまでの時間の差が多少あると考えられるが、それでもボタン作業時間へのルート更新による影響はほとんどないと言えることがわかる。

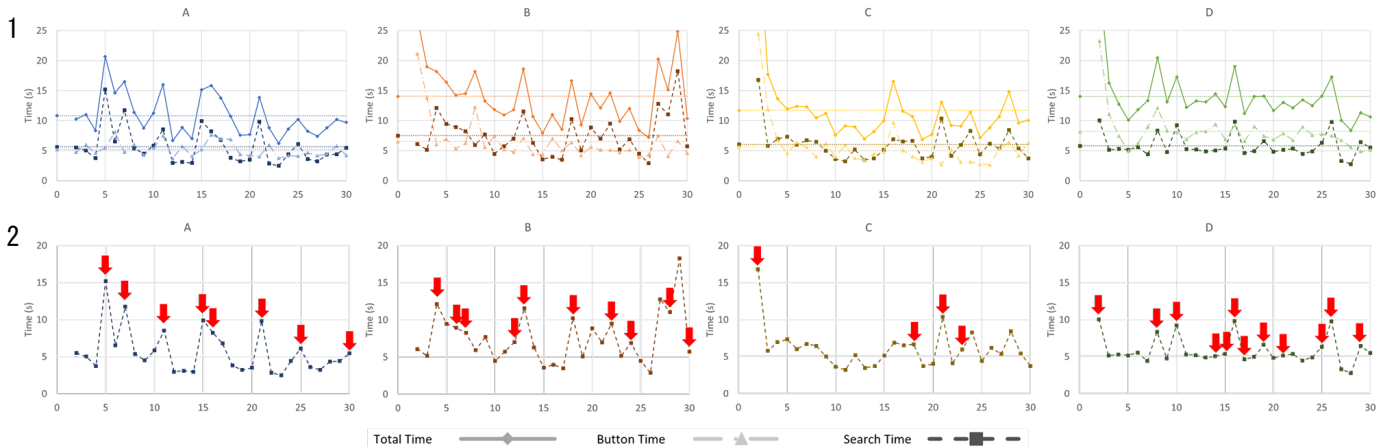


図 5 - 1 各試行の経過時間とボタン作業時間とルート探索時間及びそれぞれの平均値(上),

図 5 - 2 各試行のルート探索時間及びルート更新が発生した試行(下)

逆にルート探索時間は分散が大きくなっており、ルート更新に影響を受けていることがわかる。

表 1 ボタン作業とルート探索の平均値と分散

ボタン作業	A	B	C	D
平均値(秒)	5.21	5.49	4.71	7.67
分散	1.55	1.19	2.55	2.81

ルート探索	A	B	C	D
平均値(秒)	5.62	7.12	5.67	5.81
分散	9.08	7.68	2.98	3.49

そこで、ルート更新の有無で分けた 2 群を用いた検定により、ルート更新によりルート探索時間が増加したことを証明した。検定には Welch の t 検定を利用した。なお検定は、各群の箱ひげ図により外れ値とされた値を、ルート更新以外の影響を含んだ外れ値として除外した結果を用いて行った。図 6 にそれらの箱ひげ図とルート更新による探索時間における影響の検定結果を示す。

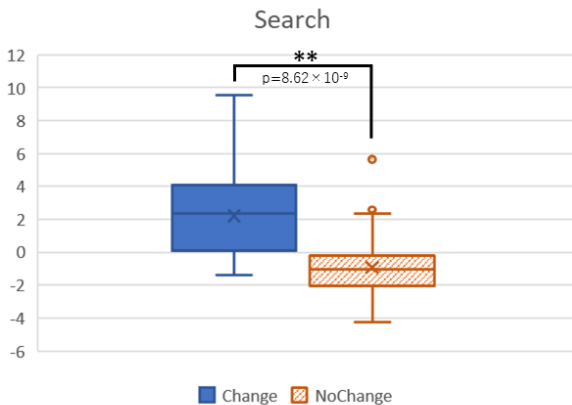


図 6 ルート更新によるルート探索時間への影響を示す箱ひげ図と検定結果

検定の結果より、ルート更新が行われた試行とそれ以外の試行では有意に差があることが認められた。これにより、ルート更新がルートの探索時間の増加に影響を及ぼしていると言える。しかし、試行によってはルートの更新があったにもかかわらず、探索時間の増加がごく僅かであったり、探索時間が減少したりしている試行もあった。それらの試行のルート表示角度のデータから、以下のような事象ではないかと推察できる。例えばルートの表示方向が 15° 刻みであったため、前回とほぼ同じ方向に表示されることがあり、ルート探索に要する時間があまり変わらなかった場合や、ルートの探索を行う方向を無意識的に 180° を境に左右のどちら周りで探索を開始するかを決定している、と仮定した場合に、前回の方向よりも 0° (または 360°) に近い

方向に更新されたため、探索の途中で更新されたルートを発見してしまったためであるとも考えられる。

以上のことから、本実験により HMD による AR ナビゲーションシステムにおいてルート更新が発生した場合、次のルートを探索するまでの時間が増加するために、作業効率が低下するという課題があることが検証できた。

## 5. 課題解決手法の検討

### 5.1 事前に考慮すべき事項

本課題の対策を検討するにあたっては、AR 表示できる範囲が狭いことや、情報提示により視界を遮ってしまうという View Management 問題など、AR 表示時特有の問題を考慮する必要があると考えられる。また、作業現場において、提示情報が視野内の注視物体を一瞬でも遮蔽してしまうことにより、致命的な問題が発生しかねないことや、ルートを再発見するための急な見直し動作が足元を不安定にすることによる転倒など、怪我や事故の危険性があることなど、作業現場特有の問題も考慮する必要がある。

### 5.2 View Management 問題

AR や MR を利用したデバイスで情報を提示する場合、重畳表示することで現実の物体を遮蔽してしまうことや、情報同士が重なり合うことなどが憂慮され、情報をどこに表示するかが大きな問題となる。これを View Management 問題と呼び、様々な研究が行われている[11][12]。これらの研究では情報を付与する対象と情報とを線で結び、対象を覆わない位置に表示する方法や、視線を向けた際にだけ情報を詳細化して表示させる方法などがある[13]。

画面を持つ携帯情報端末を用いた AR ナビゲーションシステムで採用されている、画面上ポップアップを表示したり、地図を画面に表示したりする方法を、HMD で同様に行った場合、視野内にポップアップや地図を重畳表示させてしまうことになり、視界を遮ってしまう View Management 問題が発生すると考えられる。

今回の事例では提示する必要がある情報は、ルート更新の有無、更新があった場合次のルートがどの方向に表示されているか、の 2 点である。View Management 問題を考慮した上で、情報提示方法の検討が必要であると考えられる。

### 5.3 人間の視野特性

人間の視野は、中心視野と周辺視野と呼ばれる領域に分類され、中心視野は周辺視野よりも解像度が高く、対して周辺視野は中心視野よりも運動刺激に対する知覚性能が高いという特性が知られている[14][15]。この特性を利用し VR 用の HMD などでは、描画負荷を下げるために中心視野のみ高解像度で描画する手法が取られることがある。

この特性により、次のルートの方向などの詳細な情報提示は中心視野で行う必要があると考えられる。点検作業中表示される点検に関する優先度の低い情報提示が周辺視野内に存在していることあり、中心視野内には詳細な情報

など注視対象が存在している可能性が高い。そのため、次のルート方向の情報により中心視野を遮蔽してしまうは、現場における危険行動を誘発する可能性があるため、人間の視野特性も考慮した上で、検討が必要であると考えられる。

## 6. 腕時計型情報提示手法の提案

5章で述べた事項より、ルートの更新による作業効率低下を回避するための情報提示手法の要件は以下のようになる。

- ・ルートを示す情報は、現実の物体を遮蔽しない、もしくは遮蔽しても良いものに重畳させる
- ・ルートを示す情報は、作業者の中心視野へ提示する
- ・ルート更新時に作業者に更新を認知させる
- ・急な見回しなどの作業現場における危険動作を行わない

これらの要件を満たす解決手法として、作業者が任意に情報を取得可能な、腕時計型情報提示手法を提案する。

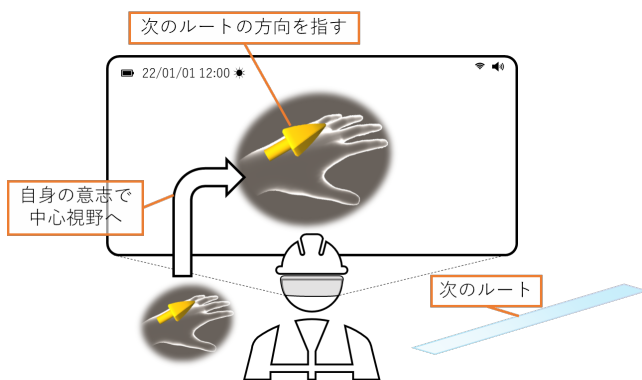


図 7 提案手法イメージ

本提案手法では、次のルートの方向を示す情報(立体的な矢印など)を手の甲に表示することで、情報が遮蔽する範囲を手の甲に限定することができる。そのため、現実の物体に重畳して表示されることにより、視野を遮蔽してしまうことが無くなる。

また、手の甲に情報を提示することで、作業者の意志で中心視野に持ってくるができるため、注視対象に重畳することなく中心視野で情報を捉えることができる。また、手の甲を中心視野に移動させる動作は、腕時計を見る動作と同様の動きであるため、手が自由に使えない状況でも比較的容易に情報を視野内に入れることができ、作業現場での危険動作とはなり得ないと考えられる。

また、ルート更新を知らせる方法は様々考えられるが、提案手法においては、作業者はルートの更新を認知する必

要はなく、点検を終えたら手の甲を見る動作を必ず取るだけでよい。しかしその場合、ルート確認のための動作が作業効率に及ぼす影響も考慮する必要がある。

提案手法のイメージを図7に示す。

なお、本稿では提案手法の検証は行っていないため、今後実装を行い同様の実験条件で検証していきたいと考えている。

## 7. おわりに

筆者らは、大規模施設などで日常的に行われている巡視点検に利用される HMD を用いた AR ナビゲーションシステムにおいて、点検作業中にルート更新が行われた場合に発生しうる課題について検証実験を行った。その結果、作業者が新しいルートを見失い、ルートの探索動作に時間を要するため、点検作業業務の効率が低下するという課題が存在することを検証できた。

また、検証できた課題を解決する手法として、View Management 問題や人間の視野特性の観点から、作業者が自分の意志で視野内に移動させられる手の甲に、次のルートの方向を指すオブジェクト(矢印など)を表示させる、腕時計型情報提示手法を提案した。

今後、本提案手法に対する評価として、本稿の実験結果との比較検証を行い、有効性を実証していく予定である。

## 参考文献

- [1] “SmartGEMBA 巡回点検ソリューション”  
<https://www.isoroot.jp/business/smartgemba/> (参照 2022-02-04)
- [2] “AR とモバイル技術の産業応用”  
[https://www.yokogawa.co.jp/about/yokogawa/rd/inv\\_center/ar/#New-tab](https://www.yokogawa.co.jp/about/yokogawa/rd/inv_center/ar/#New-tab) (参照 2022-02-01)
- [3] “Meister AR Suite”  
<https://www.global.toshiba.jp/products-solutions/manufacturing-ict/meister-ar.html> (参照 2022-02-04)
- [4] “ViewAR All-in-One AR System” <https://www.viewar.com/> (参照 2022-02-04)
- [5] “Google マップのライブビューを使ってみる”  
<https://support.google.com/maps/answer/9332056?hl=ja&co=GENIE.Platform%3DiOS#zippy=%2C%E3%83%A9%E3%82%A4%E3%83%96%E3%83%93%E3%83%A5%E3%83%BC%E3%82%92%E5%88%A9%E7%94%A8%E3%81%99%E3%82%8B> (参照 2022-02-01)
- [6] “Meet the S-Class DIGITAL - Mercedes me media”  
<https://media.mercedes-benz.com/s-class?video=3cf9cf47-17ae-4c80-9787-58e509fede88> (参照 2022-02-01)
- [7] “NAVIMICHAEL” <https://www.screen.co.jp/as/navimichael/> (参照 2022-02-01)
- [8] “AR ナビゲーションアプリ「PinnAR」”  
<https://telecomsquare.co.jp/solution-service/digital-media/pinnar.html?version=ja> (参照 2022-02-01)
- [9] “Unity” <https://unity.com/ja> (参照 2022-02-04)
- [10] “Hololens 2” <https://www.microsoft.com/ja-jp/hololens/hardware> (参照 2022-02-04)
- [11] R. Azuma and C. Furmanski, "Evaluating label placement for augmented reality view management," The Second IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, 2003. Proceedings., 2003, pp. 66-75

- [12] Bell, Blaine & Feiner, Steven & Höllerer, Tobias. (2001). View Management for Virtual and Augmented Reality. 101-110. 10.1145/502348.502363.
- [13] 石黒 祥生, 暦本純一, Peripheral Vision Annotation : 拡張現実感環境のための視線計測による周辺視野領域情報提示手法, 情報処理学会論文誌, 2012, 53(4), 1328-1337
- [14] 福田 忠彦, 古口 喜一郎, 運動知覚における中心視と周辺視の機能差, テレビジョン学会技術報告, 1978, 2 巻, 22 号, p. 1-8
- [15] 小田 浩一, 中心視と周辺視の機能的差異 ロービジョンの研究から, VISION, 1999, 11 巻, 4 号, p. 183-186