

アクティブパターンの複合現実感型表示を用いた歩行者への情報提示

田村 優[†] 宋戸 英彦^{††} 北原 格^{††} 亀田 能成^{†††}

[†] 筑波大学 大学院 システム情報工学研究科 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

^{††} 筑波大学 計算科学研究センター 〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

^{†††} 筑波大学 大学院 システム情報工学研究科 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

E-mail: [†] tamura.yu@image.iit.tsukuba.ac.jp, ^{††} {shishido, kitahara}@ccs.tsukuba.ac.jp,

^{†††} kameda@iit.tsukuba.ac.jp

あらまし 歩行者が安全に歩くためには、歩きながら情報提示を受けつつも、路面や周囲の状況を確認する必要がある。本稿では、提示される情報として経路情報など空間的に広がる情報を取り上げる。こうした情報提示を視覚的に行うには、眼鏡型の複合現実感デバイスが適している。しかし、情報を仮想物体の形で眼前のシーンに重ねて提示をすると、仮想物体の背後の状況を視認しにくくなりうる。さらに、見慣れない仮想物体に過度に注意が向き、眼前のシーンへの注意がおろそかになる可能性もある。そこで本稿では、経路情報を複合現実的に提示する際、アクティブパターンという単純な形状の仮想物体をシーンに対して動的に配置することを提案する。アクティブパターンは経路情報を表現できるよう、眼前のシーンに合わせて配置される。アクティブパターンとして用いる単純かつ小さい仮想物体はシーンに対して動いているので、仮想物体の背後を隠してしまうことは生じにくい。アクティブパターンが利用者の注意を過度に集めないようにするために、アクティブパターンの表示には細心の注意を払う必要がある。本稿では、アクティブパターンを適切に表示するための検討を行った。Magic Leap 1 をデバイスとして用いた経路提示の実験では、表示する仮想物体の形に差は見られなかったが、床の高さ、または膝の高さで表示することが望ましいという結果が得られた。

キーワード 経路情報, ナビゲーション, 安全確認

1. はじめに

歩行者が安全に歩くためには、歩きながら路面や周囲の状況を確認する必要がある。本稿では、提示する情報として、経路情報など空間的に広がる情報を取り上げる。こうした情報提示を視覚的に行うには、眼鏡型の複合現実感デバイスが適している。近年、複合現実感(Mixed Reality, 以下 MR)におけるデバイスの進歩は目覚ましい [1]-[3]。2018年8月には Magic Leap 社が MR デバイス “Magic Leap 1” [4] を発売し、Microsoft 社は 2016年3月に発売していた HoloLens の後継機種である “HoloLens 2” [5] を 2019年2月に発表、同11月に発売した。上に挙げた MR デバイスはどちらもオプティカルシースルー型 HMD で、実際の視界を確保しつつユーザーに新たな情報を提示することが可能である [6]。

しかし情報を仮想物体の形で眼前のシーンに重ねて提示をすると、仮想物体の背後の状況を視認しにくくなりうる。MR デバイスはその性質上、仮想物体を現実世界にオーバーレイする形で情報を提示する。その際、表示された仮想物体によって実際には見えるはずのシーンの一部が隠されてしまう可能性が生じる。図1に MR デバイスによる提示によって重要なシーンの一部、ここでは信号、標識が隠されてしまう例を示



図1 MR デバイスにおける危険な情報提示の例

す。このように路面や周囲の状況を確認するために視線を前方に向けていても、表示された仮想物体が背後の情報を阻害してしまう危険性がある。

また、見慣れない仮想物体が歩行者の眼前に現れることで、その仮想物体に過度に注意が向き、眼前のシーンへの注意がおろそかになる可能性がある。仮想物体は、表すべき情報を伝えるために必要なだけの視認性は確保されるべきであるが、過度に目立つべきではない。

本稿では、経路情報を複合現実的に提示する際、アクティブパターンという単純な形状の仮想物体をシーンに対して動的に配置することを提案する。

アクティブパターンは経路情報を表現できるよう、眼前のシーンに合わせて配置される。アクティブパターンとして、単純かつ小さい仮想物体を用いる。これらをシーンに対して動かすことで、仮想物体の背後が隠れてしまうことを抑制する。

アクティブパターンが利用者の注意を過度に集めないようにするために、アクティブパターンの表示には細心の注意を払う必要がある。本稿では、アクティブパターンを適切に表示するため、形状と高さの検討を行った結果を報告する。

2. 関連研究

MR デバイスによって様々な情報提示を行う研究がこれまでも進められている。武政らの研究[7]では定点カメラから得られる情報と歩行者が保持する PDA カメラから得られる情報を重畳し、死角領域の可視化を実現している。

しかしこうしたアプローチは、歩きながらの提示を行う場合の問題点が検討されていない。歩行者に対して複合現実感的に情報提示する場合、提示された情報は見やすくあるべきだが、一方で、提示手法は、安全確保や歩行者の歩行への集中力などを阻害しないことが望まれる。

また Roar の研究[8]では HoloLens を用いたナビゲーションシステムを実装し、ラインによる提示、飛ぶ鳥を追いかける形での提示、設置されているオブジェクトを順に目指していく形での提示、矢印が定期的に配置される形での提示を行っている。

しかしこれらの提示は背後の情報の視認性について検討されておらず、実際に使用するためには安全性の面で不安が残る。経路情報を正確に提示するだけでなく、歩行者の安全確認を阻害しない提示を検討する必要がある。

3. アクティブパターンによる情報提示

アクティブパターン、すなわち、単純な形状の仮想物体をシーンに対して動的に配置して情報提示をすることを提案する。

アクティブパターンの表示において以下の4つの要件を検討する必要がある。

- 【安全性】 眼前のシーンを確認しやすいこと
- 【了解性】 提示された進路を理解しやすいこと
- 【視認性】 アクティブパターンが見やすいこと
- 【注視性】 注意を向ける必要がないこと

要件のうち安全性を満たすことは大前提であり、了解性及び視認性を高くすることが重要であるが、注視性を高くする必要は無い。なぜならば、アクティブパターンに注目が集まりすぎることになると、周囲の安全性の確認が疎かになりうるからである。

3.1. アクティブパターンの定義

仮想物体を現実の世界に表示する際、その表示方法は HMD に合わせた HMD 座標系を用いた表示、現実世界に合わせた世界座標系を用いた表示の2つに分けられる。

仮想物体を HMD 座標系において静置させた場合、HMD が動くとき仮想物体の現実世界における位置も HMD と同様に動く。世界座標系において静置させた場合、HMD が動いても現実世界では同じ場所にあるかのように表示される。

我々は世界座標系において比較的単純な仮想物体を動的に配置することをアクティブパターンと呼ぶことにする。

3.2. アクティブパターンの形態

経路情報を提示する際に適切と思われるアクティブパターンを以下に示す。どのアクティブパターンが適切であるかは実験を行い検証していく。

- (1) 歩行者の前方一定距離のところに経路に合わせた仮想物体が配置される(歩行者は仮想物体を追いかける)
- (2) 経路の左右端に仮想物体が配置される(歩行者は仮想物体の間を歩く)
- (3) 方向転換する地点に明滅する仮想物体を配置する(歩行者は仮想物体が示す方向に歩く)

これらの提示のうち、(1)は、進行方向の上に仮想物体が表示され、足元の情報を一時的ではあるが阻害してしまう。(2)は、進行方向の上に仮想物体が表示されないため、足元の情報を阻害することは無い。(3)は方向転換する地点まで仮想物体の提示がなく、歩行者が真っ直ぐ進むことが前提となってしまうナビゲーションとして不適である。

本稿では(2)を元に表1に示す5種類のアクティブパターンと、比較対象として仮想物体を地表に静置した表示とを用意し、検討を行う。それぞれのアクティブパターンを実際に提示した際の様子を図2-7に示す。

表1 検討を行う表示

静置・地表	経路の左右端に、床の高さで立方体を配置する。立方体は動かない。
立方体・地表	経路の左右端に、床の高さで立方体を配置。立方体は進行方向と同じ方向に移動する。
球体・地表	経路の左右端に、床の高さで球体を配置。球体は進行方向と同じ方向に移動する。
楕円体・地表	経路の左右端に、床の高さで楕円体を配置。楕円体は進行方向と同じ方向に移動する。
球体・膝	経路の左右端に、膝の高さで球体を配置。球体は進行方向と同じ方向に移動する。
球体・地中	経路の左右端に、地中に相当する位置で球体を配置。球体は進行方向と同じ方向に移動する。

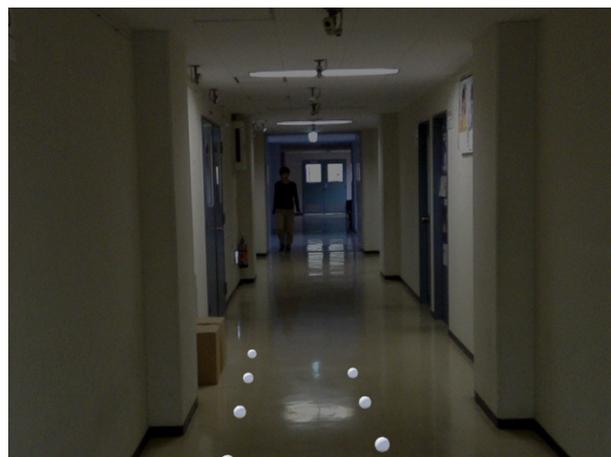


図4 球体・地表



図5 楕円体・地表

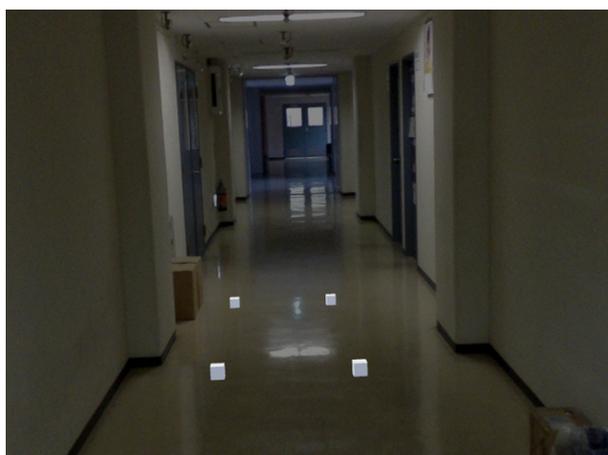


図2 静置・地表

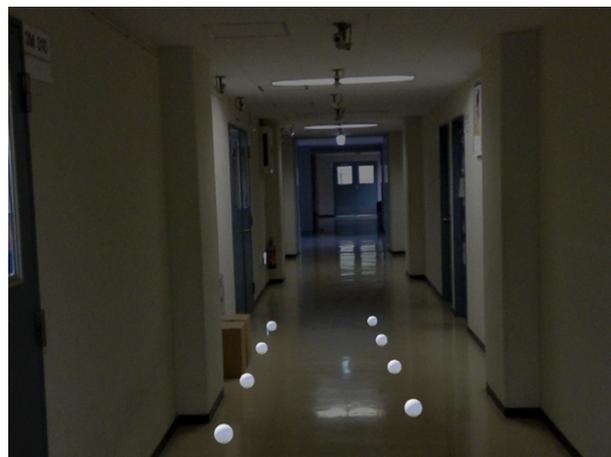


図6 球体・膝

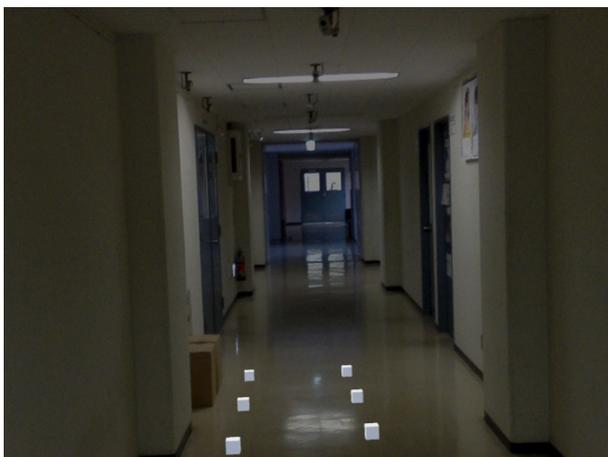


図3 立方体・地表



図7 球体・地中

4. 実験

4.1. 検討項目

3.2.節で挙げたアクティブパターンを検討するため、表2に示す質問項目を用意した。各アクティブパターンに対し、表2に示す質問をし、7段階で評価させた結果を検討する。融合度とはMRにおいて前提条件である現実世界への違和感のない融合が来ているか、言い換えればHMD座標系が世界座標系に対して正確にレイアウトされているかどうかを検討するための質問項目である。

4.2. 実験手順

3.2.節で挙げた6種類のパターンをUnityで実装し、学内の廊下において一定距離を直進後、進入する十字交差点を右折する経路を提示する。図8に実験環境の俯瞰図を、図9-10に環境の様子を示す。

4.3. 実験結果及び考察

20代の成人8名の被験者で実験を行った。実験で得た結果を図11-14に箱ひげ図で示す。

視認性に関して、全ての種別においていずれも高い評価を得た。これは本実験において仮想物体はいずれの場合もよく見えたことを示している。

融合度に関して、静置による表示及び球体・地中による表示の評価が悪いことが分かった。実験協力者からは「球体・地中は違和感が大きい」等といった意見を得た。静置による表示の評価が悪い理由として、アクティブパターンではトラッキングの微妙なずれがあった場合も動的な配置により気づきにくいのにに対して、静止による表示ではトラッキングのずれのまま仮想物体がその場に配置されることで強い違和感に繋がっているのではないかと考えられる。

注視性に関して、静置による表示及び球体・地中による表示において良く注視されていた事が分かった。

表2 実験に対して行った質問

視認性	アクティブパターンははっきり見えなかったか
評価1：全く見えなかった	評価4：どちらとも言えない 評価7：はっきり見えた
融合度	アクティブパターンが現実世界の空間に馴染んでいるような印象を受けましたか
評価1：全く受けなかった	評価4：どちらとも言えない 評価7：とても受けた
注視性	歩行中アクティブパターンを注視することがありましたか
評価1：まったくなかった	評価4：どちらとも言えない 評価7：とてもあった
了解性	どちらに曲がるかがよく分かりましたか
評価1：全く分からなかった	評価4：どちらとも言えない 評価7：とても良く分かった

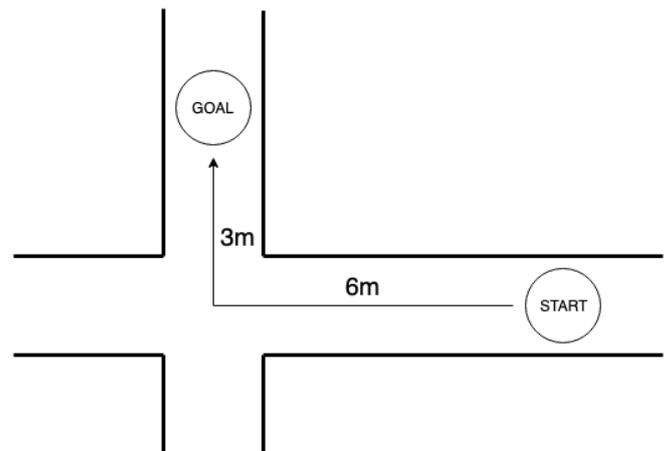


図8 実験を行った環境の俯瞰図



図9 実験開始地点付近の様子



図 1 0 曲がり角付近の様子

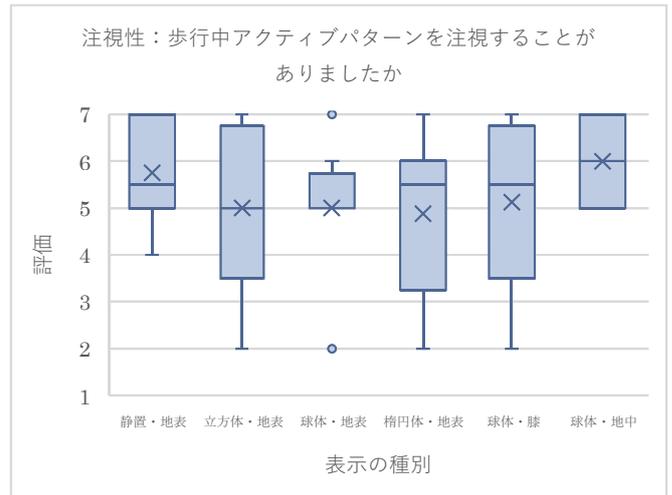


図 1 3 実験結果（注視性）

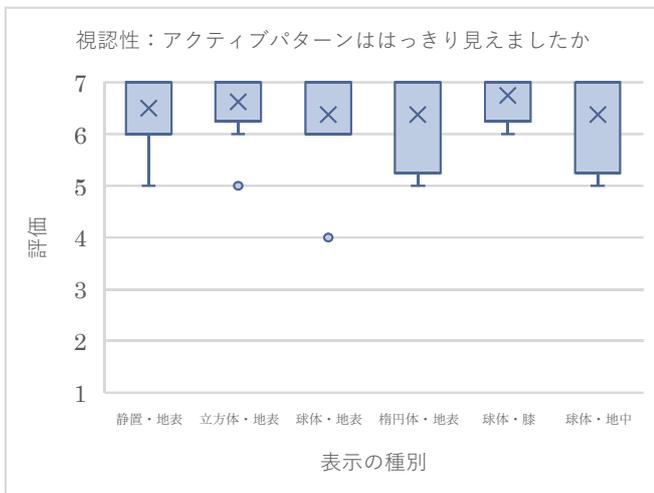


図 1 1 実験結果（視認性）

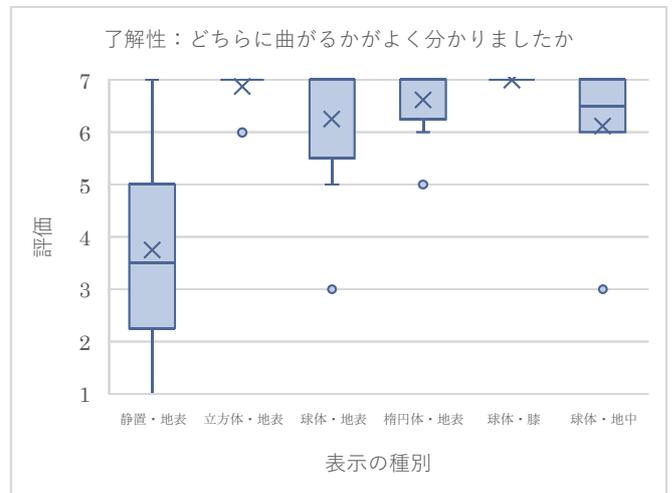


図 1 4 実験結果（了解性）

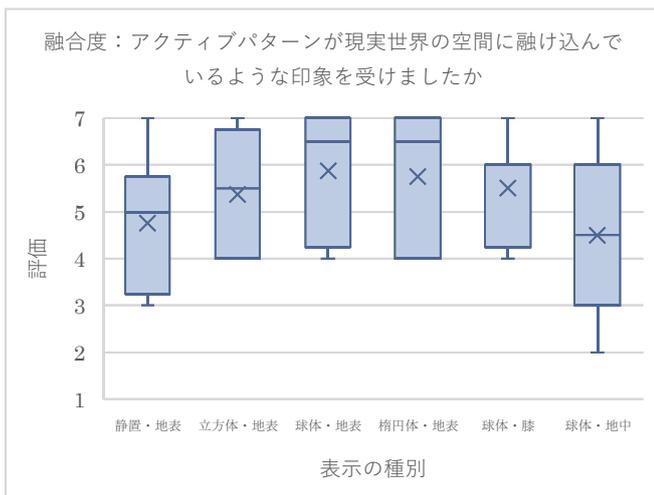


図 1 2 実験結果（融合度）

3.節で述べたように、注視性については高いことが必ずしも良いことではない。

了解性に関して、静置による表示は評価が低いことが分かった。静置した仮想物体の間隔が広がったため、交差点に進入した際に Magic Leap 1 の視野角の問題で仮想物体が表示されなくなったためと思われる。配置間隔を狭くすることで解決する可能性があると考えられる。

アクティブパターンは一定の効果がある事が了解性の結果より示される。また融合度、注視性の点で球体・地中による表示は評価が低く、残る立方体による表示、球体による表示、楕円体による表示、球体・膝による表示は評価が高く横並びであるという結果が得られた。

以上の事から、情報提示の評価は仮想物体の形に差はなく、床の高さ及び膝の高さでの提示が望ましいだろうということが分かった。

5. おわりに

本稿では、歩行者へ安全に経路情報などを提示する方法として複合現実感デバイスを用いた情報提示を検討した。表示した仮想物体の背後の状況は視認しにくくなりうる、見慣れない仮想物体に過度に注意が向き、眼前のシーンへの注意がおろそかになるという理由から、世界座標系において単純な仮想物体を動的に配置するアクティブパターンを提案し、視認性、融合度、注視性、了解性の面から適切なアクティブパターンを検討した。実験の結果、立方体、球体、楕円体の間に大きな差はなく、床の高さ及び膝の高さでの提示が望ましいということが分かった。

楕円形の表示への意見として「仮想物体の大きさが少し小さいため見辛かった」といった否定的な意見と「仮想物体の大きさが少し小さいため注視せず歩くことができた」といった肯定的な意見が見られた。本稿では仮想物体の大きさについては検討しておらず、これらの意見から仮想物体の大きさが重要な因子である可能性が高いことが伺えた。

今回の報告では安全性に関して検討を行っていない。今後は安全性に関する検討も行っていきたい。

本研究の一部は JSPS 科研費 17H01773 の助成を受けて行われた。

- [8] R. Engell, Head-mounted Augmented Reality for Outdoor Pedestrian Navigation, Ph.D. diss., Technical University of Munich, September 2018, viewed 1 December 2019, https://cartography-master.eu/wp-content/theses/2018_ENGELL_Thesis.pdf

文 献

- [1] R. DeVaul, M. Sung, J. Gips and A. Pentland, MIThril 2003: applications and architecture, Seventh IEEE International Symposium on Wearable Computers, 2003. Proceedings., pp. 4-11, October 2003.
- [2] S. Mann, Wearable computing: a first step toward personal imaging, IEEE Computer, Vol.30, No.2, pp. 25-32, February 1997.
- [3] D. DeTone, T. Malisiewicz and A. Rabinovich, Toward Geometric Deep SLAM, arXiv:1707.07410v1, July 2017.
- [4] “Magic Leap 1”, Magic Leap, Inc., viewed 15 December 2019, <https://www.magicleap.com/magic-leap-1>
- [5] “HoloLens 2”, © Microsoft 2019, viewed 15 December 2019, <https://www.microsoft.com/ja-jp/hololens>
- [6] 加藤博一, M. Billingham, 浅野浩一, 橘啓八郎, “マーカー追跡に基づく拡張現実感システムとそのキャリブレーション”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.4, No.4, pp.607-616, December 1999.
- [7] 武政泰輔, 武政泰輔, 亀田能成, 大田友一, “定点カメラ映像を援用した屋外歩行者のための複合現実型情報提示”, 画像の認識・理解シンポジウム(MIRU2004) 論文集 I, pp.213-218, July 2004.