

屋外カメラ設置におけるポーズ決定タスクによる 複合現実型ジオラマインタフェースの評価

林 将之[†] 北原 格[‡] 亀田 能成[‡] 大田 友一[‡]

[†] [‡] 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: [†] mhayashi@image.iit.tsukuba.ac.jp, [‡] {kitahara, kameda, ohta}@iit.tsukuba.ac.jp

あらまし 我々は、屋外環境において遠隔地にいる人々と3次元位置情報の共有を行う手法として、複合現実型ジオラマインタフェースを提案している。これは、モバイル端末の上で、ユーザの目前に周辺環境のミニチュアCGモデル（ジオラマモデル）が存在しているかのような映像を提示し、そのジオラマモデル上で位置情報の共有を行うインタフェースである。本稿では、屋外での協調作業における提案インタフェースの有効性を評価するための被験者実験の結果を報告する。提案インタフェースとの比較対象として、実環境中の物体にアノテーションを重畳提示するARアノテーションインタフェースを用いた。タスクとしては、屋外カメラ設置におけるポーズ決定を取り上げた。これは、指示された被写体を全て撮影できる屋外カメラのポーズを見つけ出すという作業である。作業時間の記録と、作業後のアンケートによる主観的な印象評価を用いて、提案インタフェースとARアノテーションインタフェースの比較を行った。実験の結果、提案インタフェースは、主観的な印象評価と作業時間の両面でARアノテーションインタフェースより優位であることが示された。

キーワード 屋外型複合現実感, 拡張現実型アノテーション, ユーザ評価実験

Evaluation of Mixed-Reality Diorama Interface by Pose Scouting of Outdoor Surveillance Camera

Masayuki HAYASHI[†] Itaru KITAHARA[‡] Yoshinari KAMEDA[‡] and Yuichi OHTA[‡]

[†] [‡] Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

1-1-1 Tennoudai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8573 Japan

E-mail: [†] mhayashi@image.iit.tsukuba.ac.jp, [‡] {kitahara, kameda, ohta}@iit.tsukuba.ac.jp

Abstract When working in outdoors, they may need to indicate a 3D location in their surrounding environment to draw collaborator's attention to the location. We have proposed an interface for sharing location information, called Mixed-Reality Diorama interface, which shows a miniature CG model of the surrounding environment in their mobile display. In this paper, we evaluate usability property of the proposed interface by pose scouting task of outdoor surveillance camera. In this task, participants try to find a pose (location and direction) from which the outdoor camera can take all the images of the targets. We compare the proposed interface with an augmented-reality annotation interface which directly superimposes annotations on a camera image taken at the mobile device. As a result of experiment, our proposed interface is better than the AR annotation interface as regards subjective impression and working time.

Keyword Outdoor Mixed-Reality, Augmented-Reality annotation, User experiment

1. はじめに

人々が屋外環境で共同作業を行う場合、離れた場所にいる人に対して注目して欲しい場所を伝えるなど、空間中の特定の位置への指示を行う場面がある。我々はこれを3次元位置情報の指示共有と呼び、それを実現するための手法として、複合現実型ジオラマインタフェースを提案している[1,2]。提案インタフェースでは、スマートフォンやタブレットのようなモバイル端末を用いて、ユーザに周辺環境の3次元CGモデル（ジ

オラマモデル）を提示する。ユーザがタッチスクリーンを用いてジオラマモデル上の任意の点にタッチすると、その点が指示位置として入力され、矢印などのアノテーションが表示される。さらに入力された指示位置の情報は、無線ネットワークを介して他のユーザが持つモバイル端末に送信され、指示位置の共有が行われる。

提案インタフェースはジオラマモデルを介した間接的な指示方法であるといえる。ユーザは、ジオラマ

モデル上に提示されたアノテーションを見て、それが現実空間中のどこであるかを理解する。そのため、ユーザはジオラマモデルと現実空間とを見比べて、その対応を把握する必要がある。

一方、屋外における位置情報の提示には、拡張現実感 (Augmented Reality; AR) 技術を用いた直接的なアノテーション提示方法が提案されてきている[3,4,6,8]。この方法では、指示位置アノテーション付近に物体があった場合、その物体を指し示していることを即座に理解できるが、指示位置付近に物体がない場合に、奥行きを知覚が難しいという問題がある[4]。

そこで、本稿では、間接的な指示方法である提案インタフェースと、直接的な指示方法である AR アノテーションインタフェースを比較し、提案インタフェースの有効性を確認する。

評価実験では、屋外での指示共有を必要とする作業のひとつとして、屋外カメラ設置におけるポーズ決定タスクを設定する。これは、屋外にカメラを設置しようとする際に、どのような位置・角度から撮影するかを複数の人々が相談して決める作業を想定している。評価方法には、使いやすさなどの主観的な印象評価と、作業時間を用いる。

実験の結果、提案インタフェースは印象評価と作業時間の両面で AR アノテーションインタフェースに勝つことを確認した。

2. 関連研究

Höllerer ら[3]は、屋外歩行者向けに光学シースルー型 HMD を用いて実際の風景に CG を重畳表示するインタフェースや、室内ユーザ向けに屋外環境の CG ジオラマモデルを AR 提示するインタフェースなど、状況に合わせた複数の AR アノテーション型インタフェースを提案している。ユーザの状況/役割に応じて適切なインタフェースを利用し、位置情報は全てのインタフェースで共有するというものである。

我々の提案する複合現実型ジオラマインタフェースは、モバイル端末を用いて周辺環境のジオラマモデルを提示する。これは Höllerer ら[3]が屋内向けに提案したインタフェースのアイデアと類似している。我々は屋外での利用を想定している。屋外でもジオラマモデルを提示することで、周辺環境とアノテーションとの位置関係を正確に把握できる、CG の高精度な位置合わせが必要ない、という利点があると考えている。

屋外における AR 技術を用いたアノテーション表示では、奥行き (ユーザとアノテーションとの距離) を正しく知覚することが難しいことが知られている[4]。この問題は仮想的な奥行きの手がかりを表示することで改善することが確認されているため、様々な映像表

現提案されている[3,6]。

このことを踏まえて、本稿で対照インタフェースとして用いる AR アノテーションインタフェースには、直接的な指示位置アノテーション提示に加えて、いくつかの増強を行う。まず直接的な指示として、矢印による指示位置の提示をする。さらに、屋外カメラの撮影範囲を視体積によって可視化し、加えて奥行きをより知覚できるように、屋外カメラのポーズからジオラマモデルを見た際の仮想映像も提示する。この仮想映像は、指示位置を観察する第二の視点として利用するため、ユーザの現在地から観察した指示位置の情報と合わせることで、指示位置の奥行きを正しく把握することができる。

3. 指示共有インタフェース

本稿では3次元位置情報の入力と提示、無線ネットワークによる位置情報の共有を行うインタフェースを総称して指示共有インタフェースと呼ぶ。本節では提案する複合現実型ジオラマインタフェースと、その比較対象として用意する AR アノテーションインタフェースについて述べる。

3.1. 複合現実型ジオラマインタフェース

我々が提案している複合現実型ジオラマインタフェース[1,2]は、ユーザの目前に周辺環境の3次元 CG モデル (ジオラマモデル) が存在しているかのように提示する。モバイル端末の画面には、図1に示すように、モバイル端末のカメラで撮影された実写映像上に、ジオラマモデルが表示される。各ユーザに固有の色の矢印をジオラマモデル上に表示することによって指示位置を示す。指示位置が複数ある場合は、過去の指示位置を半透明表示にすることで区別する。

提案インタフェースのユーザは、ジオラマモデル (仮想空間) と現実空間を見比べることでその対応を把握する。そのため、ジオラマモデルの見掛けが写実的であれば、ジオラマに対する仮想視点が現実空間に対するユーザの実際の視点と異なっても、その対応関係を把握して指示位置を理解しやすい。本稿では、写真ベースのテキストチャを用いた写実的なジオラマモデルを用いる。

ユーザの視点とジオラマモデルを観察する仮想視点との関係をわかりやすくするため、モバイル端末の姿勢を用いた仮想視点操作を用いる。今回は[2]で被験者らから最も良好な印象評価を得た Dolly-round/crane shot 方式の視点操作を用いる。これは、モバイル端末の姿勢に応じて仮想視点がジオラマモデルを中心とした仮想的な球面上を移動する方式である。画面の中央には常に球面の中心が表示されており、タッチスクリーンのドラッグ操作によって球面の中心位置をジオラ

マモデル上で水平移動させることができる。球面の中心を指示位置の付近に設定すれば、モバイル端末の向きを変えることにより様々な仮想視点で指示位置を観察できる。

ジオラマモデルの拡大／縮小は2本の指によるピンチ操作で行う。また、画面をタップ（1本指で叩く）すると、その位置に表示されているジオラマモデル表面上の一点が指示位置として入力される。

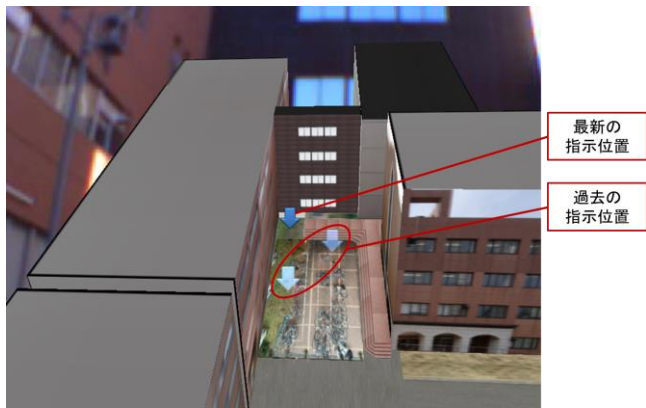


図1 複合現実型ジオラマインタフェース

3.2. AR アノテーションインタフェース

対照とする AR アノテーションインタフェースでは、ビデオスルー型の拡張現実映像を利用する。図2に示すように、モバイル端末のカメラで撮影された映像上に矢印などのアノテーションを直接重畳する。

このインタフェースの場合、仮想空間の位置合わせに誤差が生じると矢印の提示位置がずれてしまい、指示位置が誤って伝わる恐れがある。そこで、本研究では、ユーザが位置合わせのずれ具合を把握してアノテーションの正しい位置を推測できるように、CGモデルの輪郭線（輪郭モデル）を描画する。これにより、輪郭モデルが実際の建物とずれている場合でも、ユーザがその分を補正して理解することができる。また、位置合わせの精度が回復するように、モバイル端末をゆっくり動かすなどの対応が可能となる。

指示位置を入力する際は、望む位置でタップすると、実際の建物に位置合わせした形状モデル上の一点が指示位置として入力される。

3.3. 撮影範囲の可視化と角度の操作

屋外に設置するカメラのポーズを検討するためには、カメラの撮影範囲を正しく知る必要がある。そこで、実験で用いる指示共有インタフェースに共通する機能として、屋外カメラ角度の入力と撮影範囲の可視化を導入する。

屋外カメラのポーズのうち、位置の入力は図3中のメインウィンドウ内のタップで行う。角度の入力は、右側のサブウィンドウ領域を用いる。サブウィンドウ

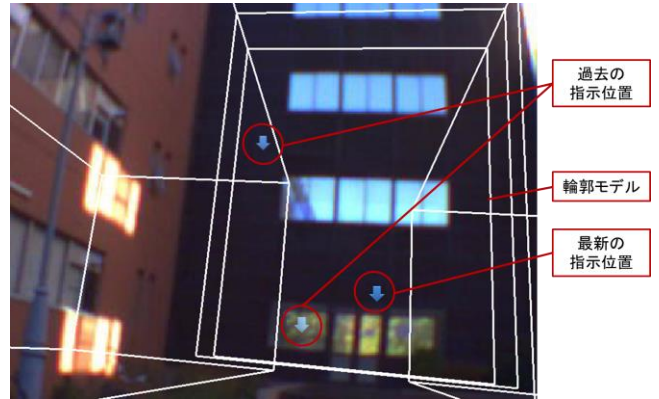


図2 AR アノテーションインタフェース

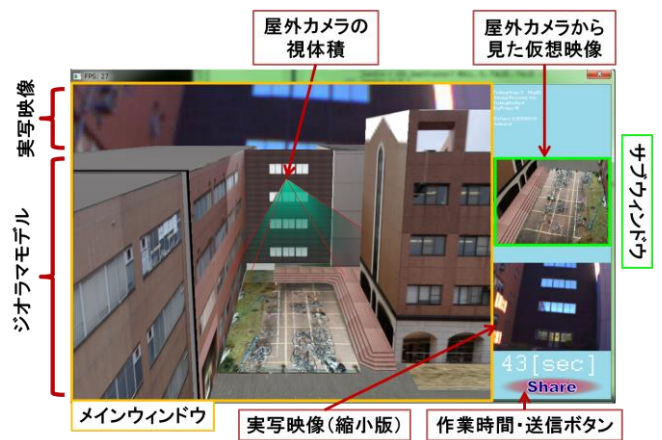


図3 実験に用いる指示共有インタフェース

には、屋外カメラからジオラマモデルを観察している仮想映像を表示する。サブウィンドウ内で左右に指をドラッグすると屋外カメラが左右に回転する。上下にドラッグした場合は屋外カメラが上下に回転する。

屋外カメラの撮影範囲を可視化する方法として、さらに、メインウィンドウ内で視体積の可視化[9]を導入した。

4. 実験

屋外カメラのポーズ決定タスクを用いた被験者実験により、複合現実型ジオラマインタフェースと AR アノテーションインタフェースを評価し、比較する。

4.1. 実験環境と指示共有インタフェースの実装

実験に使用した環境と、そのジオラマモデルを図4に示す。

実験には、モバイル端末として Acer 社の ICONIA TAB W500S Windows タブレットを用いる。モバイル端末の位置姿勢推定には、InterSense 社 InertiaCube3 と、ビジョンベースのカメラトラッキング手法である PTAMM[10]を併用する。

実験環境の特徴点マップを予め作成し、ジオラマモ

デルとの位置合わせを手動で行ったデータを元にトラッキングを行う。PTAMM による位置姿勢推定が不安定になった際には、InertiaCube3 を用いて姿勢のみトラッキングを続ける方式とする。モバイル端末カメラとして、IDS 社 UI-1221LE-C-HQ に対角 155 度の画角を持つ広角レンズを取り付けて用いる。このカメラから得られる広角の映像は、歪んでいるため、指示共有インタフェースに提示する映像は、歪みの少ない画像の中心部分のみを切り出したものを用いる。



図 4 実験環境とそのジオラマモデル

4.2. 屋外カメラのポーズ決定タスク

本実験で利用する屋外カメラのポーズ決定タスクは、屋外にカメラを設置しようとする際に、どのような位置・角度から撮影するかを複数の人々が相談して決める作業を想定している。

このタスクは、監督者と被験者の 2 人で行う。監督者は、実験を通して共通の人物が務める。監督者は位置の入力を行いやすくするため、モバイル端末姿勢の代わりにマウスによって操作するジオラマインタフェースを用いる。

監督者と被験者はハンズフリーのトランシーバを用いて会話を行えるが、タスクの実施中は言葉による説明で位置情報が伝わることを避けるため、位置情報を送信したことのみを言葉で伝える。タスク開始時、被験者は図 4 中に示す位置に立ち、タスクの実施中には必要に応じて移動する。

タスクの手順を以下に示す。

まず、監督者は指示共有インタフェースを用いて、被験者に屋外カメラで撮影すべき位置（被写体が将来来るであろう位置）を送信する。同時に、トランシーバで「ここが映るようにして下さい」という音声を被験者に伝える。

被験者は、その場所を撮影できる屋外カメラの位置・角度（ポーズ）を見つけ出す。その際、被験者がジオラマモデルや輪郭モデルのみを観察して実環境との対応を理解しないままポーズを決定することがないように、実環境中にのみ、屋外カメラの設置を禁止す

る場所を示す×マークを複数設置する。被験者には、屋外カメラの位置を決定する前に、必ず一度は実環境を観察し、×マークが存在していないことを確認するように指示する。

被験者は、適切な屋外カメラのポーズを見つけたら、指示共有インタフェースを用いて位置を入力し、角度を調整して監督者に送信する。同時に、「ここはどうですか？」という言葉でトランシーバで伝える。

監督者は、受信した屋外カメラのポーズを確認し、他にも撮影すべき位置があれば、その位置を被験者に送信する。被験者は、新たに指示された位置も同時に撮影できるポーズを見つけ出し、再び監督者に送信する。

このようなやりとりを繰り返し、被験者の提示した屋外カメラのポーズで、監督者の要求する撮影すべき範囲を全て撮影することができる状態になればタスクを完了する。今回は、タスク開始から 5 分以上経過してもポーズが目標と大きく違う場合には、タスク未完了として扱う。

4.3. 実験手順

被験者は、提案インタフェースと AR アノテーションインタフェースを順番に利用し、それぞれについて評価する。まず、どちらか一方の指示共有インタフェースについて操作方法の説明と練習を実施した後、タスクを 3 回実施し、作業時間を計測した。その後、主観的な印象評価とコメントとを得た。次に、もう一方のインタフェースを用いて同様に、操作方法の説明と練習、3 回のタスクの実施、主観的な印象評価とコメントの取得を行う。被験者らを半分ずつ、先に提案インタフェースを利用するグループと、先に AR アノテーションインタフェースを利用するグループに分けておく。

4.4. 主観的な印象評価の結果

主観的な印象評価の結果を示す。被験者は 22～30 歳の男性 4 名である。質問は表 1 に示す 19 個で、5 段階のリッカート尺度を用いた。質問に同意できる場合を 2、どちらとも言えない場合を 0、質問に同意できない場合を -2 とする。提案インタフェースを VD、AR アノテーションインタフェースを AR とし、各質問に対する被験者の評点の平均と分散をグラフ化したものを図 7 に示す。このグラフより、Q10、Q11 を除く、全ての質問で提案インタフェースが良い評価を得ていることがわかる。

Q1～Q3 の結果からわかるように、提案インタフェースは指示された位置のわかりやすさ、入力しやすさだけでなく、両インタフェースで共通の操作を用いた屋外カメラの角度入力においてもよい評価であった。

また、Q5、Q6 の結果から、AR アノテーションイン

タフェースの場合、被験者らは作業に難しさや疲れを感じていた。すべての被験者はコメントで、建物の上の方の位置を指示する際に、モバイル端末を上に向けた操作が肉体的につらいと報告していた。

Q7～Q9の結果から、被験者らは提案インタフェースに対し、便利さや使いやすさを感じていたことがわかる。

Q10, Q11の結果より、AR アノテーションインタフェースにおいて、被験者がモバイル端末のカメラで撮影された実写映像を観察していたことがわかる。被験者らのコメントでは、遠い場所を観察する時は実写映像の解像度が不足したため、現実の風景を確認する必要があったことが報告されていた。

今回モバイル端末の位置姿勢推定に用いた、慣性センサと PTAMM[10]によるトラッキングは、日照条件の違いなどによって不安定になる場合があり、位置合わせに誤差が生じる場合がある。どちらの指示共有インタフェースも、この方式で位置合わせをしているが、Q17の結果の通り、AR アノテーションインタフェースでは位置合わせの安定性がより求められている。

表 1 主観的な印象評価のアンケート

Q1	指示された位置はわかりやすいか？
Q2	屋外カメラの位置は入力しやすいか？
Q3	屋外カメラの角度は、入力しやすいか？
Q4	適切な屋外カメラの位置を決めやすいか？
Q5	作業は難しいか？
Q6	作業は疲れにくいのか？
Q7	位置情報を伝える道具として便利か？
Q8	この道具を日常生活の中で使いたいのか？
Q9	インタフェースは使いやすいか？
Q10	インタフェースの後ろの実写映像は参考になるか？
Q11	インタフェースの後ろの実写映像は見やすいか？
Q12	サムネイルの映像は参考になるか？
Q13	インタフェースに慣れるのは簡単か？
Q14	作業は楽しいか？
Q15	位置情報のコミュニケーションは円滑だと思うか？
Q16	会話が自由にできたら効率が上がると思うか？
Q17	カメラトラッキングの安定性に問題はないか？
Q18	画面に提示されていた情報は十分か？
Q19	初期位置から移動する必要性を感じるか？

4.5. 作業時間の評価

図 5 のグラフにタスクが完了するまでの作業時間と標準偏差を示す。提案インタフェースを用いた 3 回の試行を VD1～VD3、AR アノテーションインタフェースを用いた 3 回の試行を AR1～AR3 とする。被験者 1 と被験者 2 は、AR2 および AR3 において、5 分以上かけてもタスクを完了できなかったため、未完了として扱った。

図 6 は未完了の被験者を除いた、タスク毎の平均作業時間と標準偏差を示す。提案インタフェースを用いた場合と比較して、AR アノテーションインタフェースを用いた場合は作業時間が長くなる傾向がある。今回は被験者の数が限られているため、今後より多くの被験者で実験を実施して検証する予定である。

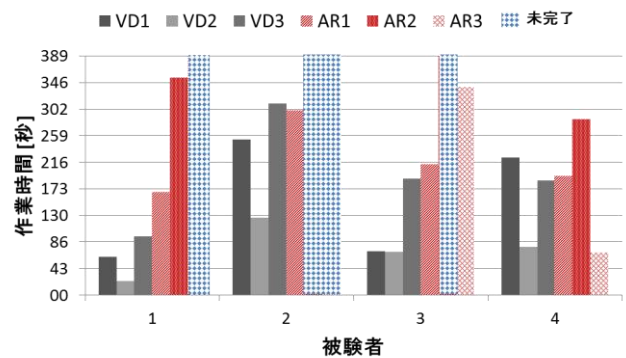


図 5 被験者毎の作業時間

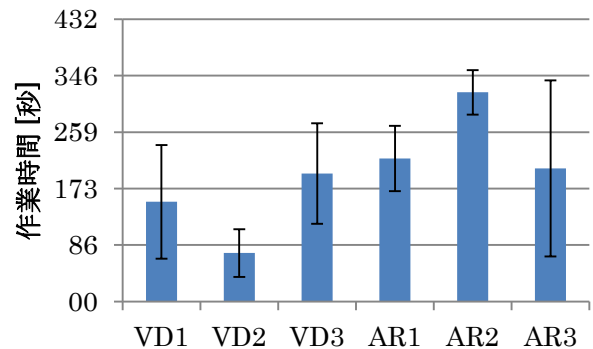


図 6 タスク毎の平均作業時間

5. まとめ

屋外カメラ設置におけるポーズ決定タスクを用いて、3次元位置の指示共有を行うインタフェースの評価を行った。我々が提案する複合現実型ジオラマインタフェースは、AR アノテーションインタフェースに比べて主観的な印象評価と作業時間の面でよい評価を受けていることが確認できた。しかし、今回の実験は少数の被験者によるものであるため、今後、より多くの被験者を集めて提案インタフェースの評価を行っていく予定である。

謝 辞

本研究の一部は、日本学術振興会基盤研究(B) (課題番号 23300064) および平成 23 年度科学研究費補助金 (特別研究員奨励費: 課題番号 23・310) の支援を受けて行われた。

文 献

- [1] 林, 北原, 亀田, 大田, “広域屋外環境における複合現実型バーチャルジオラマインタフェースの評価,” 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 16 (2): pp.215-225, 2011.
- [2] M. Hayashi, I. Kitahara, Y. Kameda, and Y. Ohta, “A User Study on Viewpoint Manipulation Methods for Diorama-Based Interface Utilizing Mobile Device Pose in Outdoor Environment,” International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT2011), pp.41-46, 2011.
- [3] T. Höllerer, S. Feiner, T. Terauchi, G. Rashid, and D. Hallaway, “Exploring MARS: Developing Indoor and Outdoor User Interfaces to a Mobile Augmented Reality System,” Computers & Graphics 23(6), pp. 779-785, 1999.
- [4] J. Wither, S. DiVerdi, and T. Höllerer “Annotation in outdoor augmented reality,” Computers & Graphics 33(6), pp.679-689, 2009.
- [5] T. Tsuda, H. Yamamoto, Y. Kameda, and Y. Ohta, “Visualization methods for outdoor see-through vision,” International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT2005), pp.62-69, 2005.
- [6] A. Dey, A. Cunningham, and C. Sandor, “Evaluating depth perception of photorealistic mixed reality visualizations for occluded objects in outdoor environments,” 17th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, pp.211-218, 2010.
- [7] J. Wither, and T. Höllerer, “Pictorial depth cues for outdoor augmented reality,” 9th IEE International Symposium on Wearable Computers, pp.92-99, 2005.
- [8] 小田島, 神原, 横矢, “拡張現実感技術を用いた屋外型ウェアラブル注釈情報提示システム,” 信学会技報. PRMU, パターン認識・メディア理解, 102(554), pp.73-78, 2003.
- [9] D. T. Ngoc, "Visualization of Viewing Fields of Surveillance Cameras by Using Mixed Reality," Master's Program in Intelligent Interaction Technologies, 2009.
- [10] R. Castle, G. Klein, and D. W. Murray, “Video-rate localization in multiple maps for wearable augmented reality,” 12th IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC), pp.15-22, 2008.

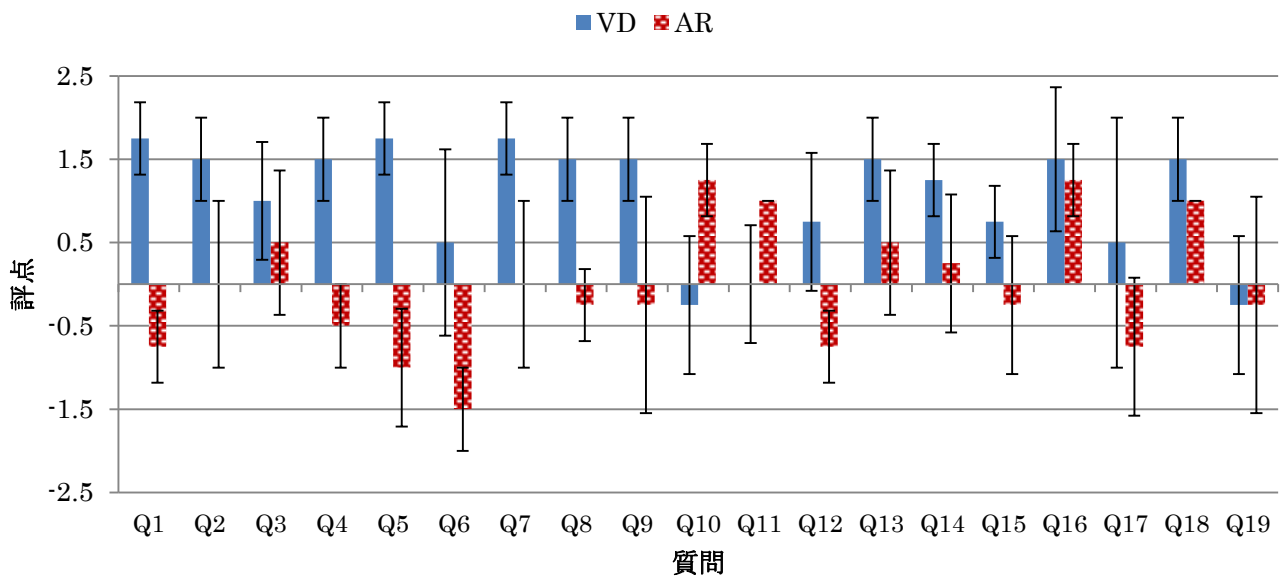


図 7 主観的な印象評価の結果