

拡張現実感を用いた目標物追跡支援双眼鏡

久保田 倉平^{1,a)} 寺田 努^{1,b)} 塚本 昌彦^{1,c)}

概要：遠方のものを拡大して見ることができる双眼鏡は、コンサートや野鳥観察などで使用されているが、拡大されているため、その視野は狭くなる。そのため、特に目標物が動く場合、一度見失うと再び見つけ出すことが難しいといった問題がある。そこで、取り付けた Web カメラから目標物をトラッキングし、目標物までの方向情報を拡張現実感を用いて双眼鏡視野に重ねて表示させることで、目標物の追跡支援を行うシステムを作成した。提案システムでは、上下左右の計 8 方向の矢印を表示することができ、目標物の動きに応じて適切な支援情報の提示が行えたことを確認できたが、使用環境に制限があり、トラッキング精度の向上が課題である。また、今後はデバイスの小型化や有用な応用先についても模索していく。

1. はじめに

遠方のものを拡大して見ることができる双眼鏡は、コンサートやスポーツ観戦、野鳥観察などで使用される。例えば、近年様々なアーティストがドームなどの広い会場でコンサートを行っているが、会場の規模が大きくなればなるほどパフォーマンスと観客の距離は離れていく。実際に東京ドームにおいてステージとスタンド席では 100m 以上もの距離があり、その距離からだとパフォーマンスの表情はおろか、パフォーマンスの識別さえ困難である。そこで観客が利用するのが双眼鏡である。双眼鏡はスマートフォンなどの画面越しの映像とは異なり、像を立体的に拡大して見ることができるといった特徴がある。特にアイドルグループやパフォーマンスグループのコンサートでは、パフォーマンスをしっかり見たいと感じる観客が多いため、双眼鏡は観客のマストアイテムのひとつとなっている。

しかし、そこで問題となるのが双眼鏡越しに目標物を見失った時の探索が困難となることである。双眼鏡を覗いた時の視野は拡大されているため視野が狭く、手振れの影響が大きいため、特にアイドルグループなどの母集団が多く、さらに目標物が動くような場合は、一度見失ってしまうと再び探し出すことが難しいといった問題がある。

そこで、このような問題を解決するため、本研究では双眼鏡を覗いた状態で目標物の追跡支援を行うシステムを作成した。提案システムでは双眼鏡視野に拡張現実感 (AR:

Augmented Reality) を用いて視覚情報を付与することで支援を行う。AR では実在する風景にバーチャルの視覚情報を重ねて表示することで、実世界を仮想的に拡張できるため、双眼鏡視野でも分かりやすく情報提示ができると考えられる。

本稿では提案システムのプロトタイプデバイスとアプリケーションを作成し、実装した。プロトタイプデバイスは、ハーフミラーを双眼鏡の接眼レンズと対物レンズの間に差し込み、その下からミニディスプレイの映像をハーフミラーに投影することで双眼鏡視野に AR 表示を重ねて見ることができる。アプリケーションは、双眼鏡に取り付けた Web カメラの映像から選択した目標物をトラッキングし、今見ている双眼鏡視野から目標物までの方向情報を矢印として AR 表示することで追跡支援を行うものである。

以下、2 章で関連研究を紹介し、3 章で双眼鏡の構造について説明する。4 章でシステム設計について述べ、5 章でシステムの実装を行い、6 章でシステムの応用的な使用例を挙げる。最後に 7 章で本論文をまとめる。

2. 関連研究

2.1 視覚情報処理の問題に関する研究

前章で述べたように、双眼鏡は拡大されているため、手振れの影響が大きく、景色に目が追い付かなくなる。このような問題と似た事例として、例えばウェブブラウザにおけるスクロール処理が挙げられる。ズームした状態でスクロールを行う場合や、スクロール速度が速すぎると、表示内容に目が追い付かなくなり、どこを見ているのか分からなくなるといった問題がある。そこで五十嵐らはスクロールの移動速度に応じて自動的にズーミングを行うナビゲー

¹ 神戸大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Kobe University

a) souhei-kubota@stu.kobe-u.ac.jp

b) tsutomu@eedept.kobe-u.ac.jp

c) tuka@kobe-u.ac.jp

ションシステムを提案している [1]。また, Byungjoo らは, スクロールの際に画像などのオブジェクトをピックアップして画面上に固定して表示しておくことで情報の理解を支援するシステムを提案している [2]。

このように視覚処理に関する研究は行われているが, 双眼鏡のような拡大環境下で目標物が動く状況の視覚処理に関する研究は, 筆者らの知る限り行われていない。

2.2 拡張現実感を用いた情報提示支援の研究

人間は情報の 8 割を視覚で得るといわれているように, 視覚的に情報を付与できる AR を用いた支援は様々な分野で研究されている。例えば, BMW などの自動車メーカーは, 自動車のフロントウィンドウに AR 表示によりルート案内の矢印マークや現在の速度など, 様々な情報を提示することで, 安全性や快適性を高め, 運転パフォーマンスの支援を行う試みがなされている [3]。また, Wijdenes らの頭部装着型ディスプレイ (HMD: Head Mounted Display) を用いて AR 表示により医療処置の手順を提示することで手術の練習支援を行う研究 [4] や, Follmann らの災害現場にいる救急隊員が装着した HMD に遠隔で医師からの治療手順を AR 表示することで医療支援を行う研究 [5] など, 医療分野での AR を用いた支援は近年活発に行われている。その他にも実際の室内に実物大の家具を AR 表示により配置できるアプリケーション [6] や AR により 3D の動物が見れる図鑑 [7] など, 様々な分野で AR を用いた支援システムが実際に利用されている。

このように AR を用いた支援は, 視覚的に情報を付与できる面で触覚や聴覚による支援に比べ, 情報伝達が速く, 分かりやすく情報を付与できるといった特徴がある。そこで, 視覚を用いて楽しむ双眼鏡において, AR 表示による情報付与は最適な方法だと考え, 本研究では AR を用いた支援を行う。

3. 双眼鏡

本章では, 双眼鏡の特徴や構造, 使用場面に関して述べる。

3.1 双眼鏡の特徴・構造

双眼鏡は遠方のものを拡大して両目で見ることで, 遠近感や立体感のある正立した像を見ることができる。双眼鏡には大きく分けてガリレイ双眼鏡と, プリズム双眼鏡の 2 つの種類があり, 大きな違いはプリズムと呼ばれる光学部品の有無である。プリズムは反転した像を正立させる役割と, 光路を短縮し, 全長が小さく高倍率な双眼鏡の設計を可能にする役割を持つ。ガリレイ双眼鏡は対物レンズに凸レンズ, 接眼レンズに凹レンズを用いることで像を正立にすることができ, プリズムが必要ないため, 小型で軽量であるが, 低倍率 (2~4 倍) である。プリズム双眼鏡は対物

レンズ, 接眼レンズの両方に凸レンズを使用しているため, 高倍率であるが, 像が反転するためプリズムを入れることで像を正立にしており, 重量がある。

単純に高倍率なものほど良い双眼鏡というわけではない。高倍率なほど, 視野が狭くなり手振れの影響が大きくなるため, 動きのある目標物を捉えることが難しくなるといったデメリットもあり, 使用用途や見たい目標物に応じて適切なものを使用する必要がある。

3.2 使用場面

双眼鏡は主にコンサートやスポーツ観戦, 野鳥観察などで使用される。

その中でも本研究では, アイドルのコンサートにおいて双眼鏡を使用する場面を想定環境として考える。1 章で述べたようにアイドルのコンサートにおいて, 双眼鏡は観客の必需品と言っても過言ではない。その一番の理由として, ほとんどの観客に「推しメン」の存在があるためである。「推しメン」とはグループ内で特に応援しているメンバーのことを指し, コンサートのような特別な場で, 自分の推しメンをよく見たいと思うのは当然である。そこで双眼鏡を用いることで, 離れていても推しメンを好きなだけ追うことができ, 肉眼で見えない細かな表情や仕草を見ることができる。コンサートでは多数のカメラがメンバーを追っているが, カメラに写っていない時の動きも見逃したくないと双眼鏡を使用する場面は意外と多い。

しかし, ダンスやファンサービスなどで会場内を動き回るアイドルのコンサートにおいて, 視野が狭く, 手振れが大きい双眼鏡越しに推しメンを追いかけて続けるのは非常に難しい。さらに, 肉眼の視野で探し出そうにも, アイドルのような似た衣装や格好をした群衆の中で, 距離が離れた状態で特定の人物を見つけるのは容易ではない。

そこで本研究では, 双眼鏡越しに目標物を追跡するための支援システムを提案する。

4. 提案システム

本研究では, Web カメラの映像から目標物をトラッキングし, 目標物を追跡するための情報を双眼鏡視野に AR 表示することにより支援を行うシステムを提案する。

4.1 システム要件

双眼鏡はスマートフォンなどのカメラ越しの映像とは異なり, 像を立体的に見ることができるといった特徴があるため, その良さを損なわないようにデバイスを設計する必要がある。つまり, 双眼鏡越しに見る像はカメラ映像ではなく, 実物の像である必要がある。また, システムの簡易化, 低コスト化などの点から HMD などの外部デバイスを使用するのではなく, ひとつのデバイス内で完結できるように設計するために, 既存の双眼鏡に AR 表示可能な

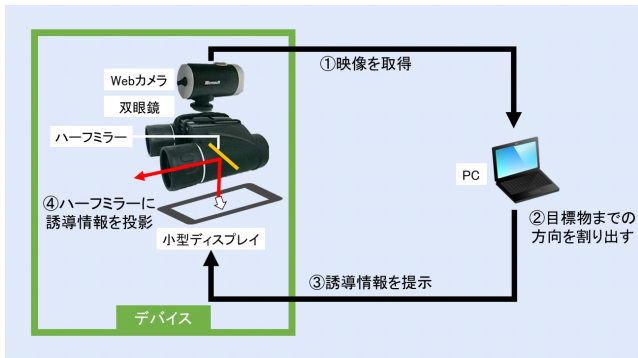


図 1 システム構成

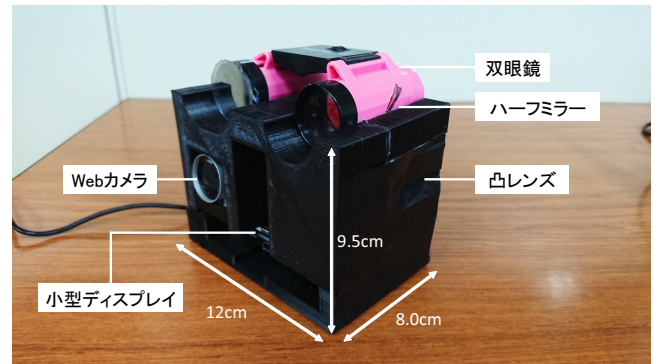


図 2 実装したデバイス

システムを作成する。よって、システム要件は以下のようになる。

- 既存の双眼鏡に AR 機能を追加する。
- 実際に双眼鏡越しに見る像は映像ではなく実物の像である。
- 操作感の実物同様である。

そこで本研究では、以上の要件を満たしたプロトタイプデバイスを作成した。

4.2 システム設計

システム要件を満たすために、Web カメラ、小型ディスプレイ、ハーフミラーを使用して AR 表示を行う。システム構成を図 1 に示し、順を追って説明する。双眼鏡に取り付けた Web カメラは PC と接続し、肉眼の視野に対応した映像を PC 画面上に表示する。PC 上で次節で述べるアプリケーションを操作し、目標物までの方向を割り出し、双眼鏡の下に設置した小型ディスプレイに追跡支援情報を表示する。そのディスプレイ画面を双眼鏡の対物レンズと接眼レンズの間に挿入したハーフミラーに投影させる。ハーフミラーとは、明るい環境から見ると普通の鏡のように反射するが、暗い環境から見ると透過してミラーの向こう側を見ることができるといった特徴がある。提案デバイスは、この特徴を利用し、ハーフミラーを約 45 度の角度で挿入することで、ハーフミラーの向こう側（対物レンズ越しの双眼鏡視野）の像にハーフミラーに投影させたディスプレイの映像を重ねて見ることができる。この手法では、実物の像に支援情報を重ねているので、双眼鏡の強みである、像を立体的に見ることができるという点を阻害せずに AR における支援ができる。

4.3 目標物追跡支援手法

目標物の追跡支援を行う手法として、PC 上に表示した Web カメラの映像を用いてトラッキングを行うプログラムを使用する。本稿ではプロトタイプアプリケーションとして、PC 画面上で選択した色の RGB 値を取得し、映像が動いたら取得した値と誤差 10 未満の色を画面内から探

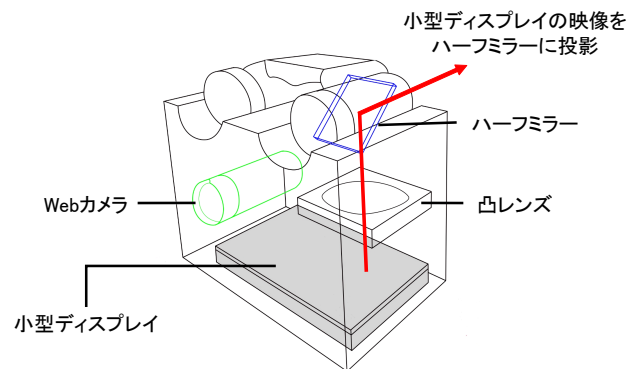


図 3 実装したデバイスの内部構造



図 4 実装したシステム構成

し出し、追いかけて続けるというカラートラッキングを行うプログラムを作成した。プログラム作成には Processing[8] を使用して行った。

トラッキングした位置座標をもとに、今見ている双眼鏡視野から目標物までの方向を割り出し、その方向を AR で表示することで追跡支援を行う。

5. 実装

前章で述べたシステムのプロトタイプデバイスを実装した。

5.1 実装したシステム

実装したデバイスを図 2、図 3ref に、システム構成を図 4 に示す。プロトタイプデバイスには、Microsoft 社の Life-CamCinema (Web カメラ) [9], 3.5 インチの ELECROW RaspberryPi (小型ディスプレイ) [10], 透過率 30% で 2mm



図 5 デバイスを使用した時の様子

幅のハーフミラー、倍率 3 倍の凸レンズ、そして双眼鏡は設計のしやすさを考慮して倍率 2.2 倍のガリレイ双眼鏡を使用した。凸レンズは小型ディスプレイとハーフミラーの間に設置することで、接眼レンズから覗いた際に AR 表示させる支援情報のオブジェクトの大きさを調整する役割を担っている。外枠は 3D プリンタで作成した。

デバイスを使用している時の様子を図 5 に示す。図 6 では、赤いスカーフを身に着けた人物を追いつける場合のシステムの実装例を示している。この実装では、赤いスカーフを目標物としてカラートラッキングすることで、その人物を追いつける。PC 上には、双眼鏡に取り付けた Web カメラの映像を用いたアプリケーション画面が表示されており、この映像全体は肉眼の視野に対応し、中心の赤い円はその状態で実際に双眼鏡で見ている視野に対応している。PC 画面上の映像で目標物を選択（青い四角）すると、その目標物の動きをトラッキングし、その座標をもとに中心（双眼鏡視野）から目標物までの方向を割り出し、小型ディスプレイ上に矢印を表示させる。図 6(a) は、目標物を捉えている状態であり、小型ディスプレイと双眼鏡視野には何も表示されていない。図 6(b) では、目標物が移動し、見失った時の状態であり、PC 上で割り出した目標物までの方向を小型ディスプレイ上に矢印として表示することで、双眼鏡視野に矢印が重なって AR 表示されている。この矢印の誘導支援に従って双眼鏡を操作することで、図 6(c) のように再び目標物を捉えることができ、この状態では目標物を邪魔しないように誘導情報は消える。支援情報である矢印は、上下左右斜めの計 8 方向を用意し、目標物の動きに応じて適切な矢印表示が行えたことを確認できた。

5.2 今後の課題

今後の課題として、システムの無線化、小型化が挙げられる。無線通信で PC と接続できる Web カメラを使用することや、プロトタイプデバイスでは外部 PC 上で行っていたアプリケーションの操作を小型ディスプレイ上で行うことでシステムを大幅に小型化できると考える。また、目標物を追跡する手法としてカラートラッキングを用いたが、現段階では使用できる環境に制限があり、トラッキン



図 6 実装した状態の変移 (a) 目標物を捉えている状態 (b) 見失った状態 (c) 再度捉えた時の状態

グ精度の向上も課題として挙げられる。

実際にコンサート会場での仕様を考えると、日本ではカメラの使用が制限されている場合が多い。Web カメラを用いずに相手の位置情報を割り出す手法として、パフォーマンスと双眼鏡のそれぞれに取り付けたセンサの値から、互いの位置関係を取得し、誘導情報を提示できると考える。今後、様々な想定環境でも使用可能なシステム構築を目指す。

6. システムの応用的な使用例

本章では、アイドルのコンサートにおいて実装したデバイスを使用する場合の応用的な使用例について述べる。

6.1 注目してほしい場所に誘導を行う

2 章でも述べたように、AR 表示による誘導を遠隔で行う研究が行われている [5]。実装デバイスにおいても演出の注目してほしい場所への誘導情報を遠隔操作で AR 表示することで、観客は演出を最大限に楽しめる。また、演出家にとっても自分の見てほしいところを伝えられるという相互的なメリットがある。

6.2 応援グッズ

アイドルのコンサートでは、メンバーカラーというものが存在し、観客は自分の推しメンのカラーであるサイリウムやグッズを身に着けて応援を行う。そこで本デバイスに LED を取り付け、追跡対象の目標物として選択したメンバーのカラーを光らせることで、応援グッズとして使用できると考える。従来の双眼鏡は観客がパフォーマンスを見るという一方的なメリットしかなかったが、メンバーカラーを光らせることで、アイドル側も「今まさに」自分を見ていることが分かるという相互的なメリットが生まれる。また、このシステムを用いることで双眼鏡越しにアイドルからのレスポンスをもらえることが増えると考えられ、ファンにとっては嬉しい機能であると考えられる。

7. まとめ

本研究では、双眼鏡において AR を用いた目標物の追跡支援を行うシステムを作成した。提案デバイスでは、Web カメラ、小型ディスプレイ、ハーフミラーを用いて、双眼鏡視野への AR 表示を可能にした。また、Web カメラの映像からトラッキングした目標物までの方向を矢印として AR 表示することで追跡支援を行うシステムを実装した。プロトタイプアプリケーションでは、想定環境に制限があるため、今後はトラッキング精度の向上が課題となる。また、このデバイスの有効な応用例を検討していくとともに、想定環境を広げた野鳥観察などでも実装可能なシステムの構築を行う。

謝辞 本研究の一部は、国立研究開発法人情報通信研究機構、JST CREST(JPMJCR16E1,JPMJCR18A3) の支援によるものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] T. Igarashi and K. Hinckley: Speed-dependent Automatic Zooming for Browsing Large Documents, *Proceedings of UIST'00 ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp.139–148, (2000).
- [2] L. Byungjoo, S. Olli, and O. Antti: Spotlights: Attention-Optimised Highlights for Skim Reading, *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.5203–5214, (May 2016).
- [3] BMW ヘッドアップ・ディスプレイ, 入手先 (<https://bmw-japan.jp/visionary/safety/116?tab=js-tab-contents1>).
- [4] P. Wijdenes, D. Borkenhagen, J. Babione, I. Ma, and G. Hallihan: Leveraging Augmented Reality Training Tool for Medical Education: a Case Study in Central Venous Catheterization, *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1–23 (Apr. 2018).
- [5] A. Follmann, M. Ohligs, N. Hochhausen, S. Beckers, R. Rossaint, and M. Czaplik: Technical Support by Smart Glasses During a Mass Casualty Incident: A Randomized Controlled Simulation Trial on Technically Assisted Triage and Telemedical App Use in Disaster Medicine, *J Med Internet Res*, Vol. 21, No. 1, pp. 1–10 (Jan. 2019).
- [6] IKEA PLACE, 入手先 (<https://m.ikea.com/jp/ja/pages/campaigns2018/ikeaplace/>).
- [7] 学研の図鑑 LIVE, 入手先 (<http://zukan.gakken.jp/live/index.html>).
- [8] Processing, 入手先 (<http://processing.org/>).
- [9] Microsoft Web カメラ, 入手先 (<https://www.microsoft.com/accessories/ja-jp/products/webcams/lifecam-cinema/h5d-00020>).
- [10] ELECROW RaspberryPi, 入手先 (<https://www.elecrow.com/35-inch-480x320-tft-display-with-touch-screen-for-raspberry-pi-p-1385.html>).