

周辺視野への視角外空間の表示による 視野拡張に関する一検討

早田 起^{1,a)} 岩切 宗利¹

概要: ヘッドマウントディスプレイなどの視覚に対する情報表示装置の開発と普及により、それらを利用した人間の視覚能力の拡張に関する研究が注目を集めている。その中でも視野拡張に関する技術は、物体の影や視角外に存在する見えない情報を人間に認知させるために有用である。その試みの一つとして、本研究では、視覚特性を考慮し、人間の空間情報認知に重要な中心視界を阻害しない視野拡張方式の実現に取り組んだ。本報告は、本研究により開発した周辺視野への視角外空間情報の表示方式について示し、その性能を実験的に評価した結果を示すものである。

1. はじめに

ヘッドマウントディスプレイ (以下 HMD) などの視覚に対する情報表示装置の開発と普及により、それらを利用した人間の視覚能力の拡張に関する研究が注目を集めている。その中でも視野拡張に関する技術は、物体の影や視角外に存在する見えない情報を人間に認知させるために有用である。この有用性を活かす応用分野として、小型船舶の見張りが考えられる。

海上保安庁の発表によると、過去 5 年間、毎年 2000 隻以上の船舶事故が発生しており、特に最新のデータである平成 25 年度の報告によれば、プレジャーボートによる事故の割合が最大であり、その主原因は「見張り不十分」である [1]。経験の浅い操縦者にとって見張りが困難である理由の一つに、船舶の運行の特殊性がある。船舶の運航においては、自動車の車道のような定まった航路がほとんどないため、進行方向を正面の目標に頼ることが多い一方、他船の動向が制限されていないため、視角外の他船を迅速に認識して動向を細やかに確認する必要がある。

このように、正面の状況を正確に把握しつつ全周の状況も同時に認識するニーズを満たす方法として、中心視界を阻害しない視角外空間情報の周辺視野への表示を複数提案し、その性能を実験的に評価した結果を示す。

2. 関連研究

視野外の情報の提示に関する手法は、数多く提案されて

いる。

Ardouin ら [2] は、ヘルメット頭頂の全周カメラから取得した映像を補正して HMD で表示する装置を開発し、画角約 45° のディスプレイに、全周映像を表示する方法を提案した。

Orlosky ら [3] は、画角 90° の HMD の前面に配置したウェブカメラと魚眼レンズを用いて、前方 180° 以上の映像を取得し、HMD に表示させる手法を提案した。その際、カーブミラーのように周辺の映像を圧縮表示することで、画角以上の映像の表示を可能にしている。

これら先行研究では、それぞれの手法で視野外の情報提示を行っているが、いずれも人間の視覚のうち、効果的な情報受容が可能な安定注視野への情報表示が主である。

周辺視野への情報提示として、岸下ら [4] は、HMD 装着者に対し、視野外のオブジェクトの存在を知らせるため、HMD 視野の外縁にアイコンを表示する手法を提案した。この方法では、オブジェクトの出現には気づきやすいものの、どの程度視線を動かせばオブジェクトにピントを合わせることができるかが瞬時に判断できないおそれがあり、前章の想定における利用目的には沿わない。

そこで、本報告では、瞬時に状況を把握する方法を考えるため、人間の視覚特性に注目した。

人間の眼は、正面を 0° とした場合、左右とも片側約 100° まで見ることができ、50°~100° が「補助視野」[5]、いわゆる周辺視野にあたる。人間の周辺視野は、眼の構造上、動きに対して敏感だが、色や形状はわからないという特性を持つ [6]。この特性を有効に使用する方法として、動体の認識が考えられる。

本報告では、上記の想定の下、人間の視覚特性に注目し、

¹ 防衛大学校
NDA, Yokosuka, Kanagawa 239-0811, Japan
^{a)} em53035@nda.ac.jp

水平方向 360° の映像を、周辺視野へ水平方向に圧縮して表示する方法について複数提案し、ディスプレイを 3 面用いて表示する環境を構築した。各手法について、背後から正面へ回りこむように水平移動する動体（以下「ターゲット」）を認識した位置およびその形状識別の可否を調査することで、ターゲット認識に適した圧縮方法を検討する。

3. 提案手法

本報告では、映像を水平方向に縮小することを「圧縮」、被験者の周囲 360° の映像を「非圧縮映像」、非圧縮映像に提案手法を適用して 200° に縮小表示した映像を「圧縮映像」と呼ぶ(図 1)。非圧縮映像は、各手法により段階的、あるいは均一に圧縮されるため、表示領域ごとに圧縮の度合が異なる。この圧縮の度合を

「圧縮率」 C_{min}^{Max} = 非圧縮映像の領域/圧縮映像の領域とし、min,Max はその圧縮率が適用される表示領域の範囲とする。また、圧縮率の算出に用いる数値は、図 2 のように片側視野の正面を 0°、背面を 180° とし、圧縮率は左右対称とする。これらの表記により、実験に用いる圧縮手法を以下に示す。

(1) 均等圧縮法 :

図 3 の提案手法は、非圧縮映像を一律に圧縮して表示させるものである。

(2) 周辺段階圧縮法 :

図 4 の手法は、非圧縮映像のうち、0°~50° は圧縮せず、残りの 50°~180° を段階的に圧縮し、周辺視野 50°~100° に対して表示するものである。

(3) 後方圧縮法 :

図 5 の手法は、非圧縮映像のうち、0°~50° は圧縮せず、残りの 50°~100° を、周辺視野 50°~180° に圧縮して表示するものである。

上記 3 手法について、次章の実験を行い、ターゲットを認識した位置と、形状識別の可否について測定し、性能を評価した。

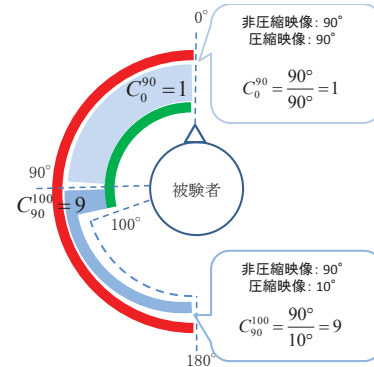


図 2 圧縮表示の一例

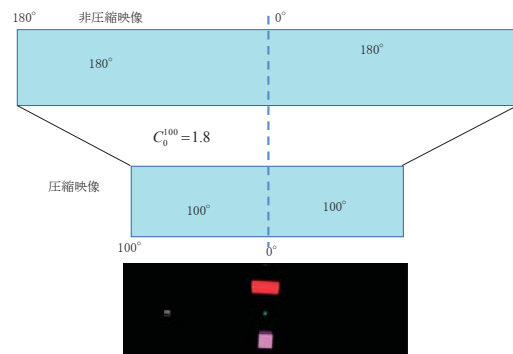


図 3 均等圧縮法

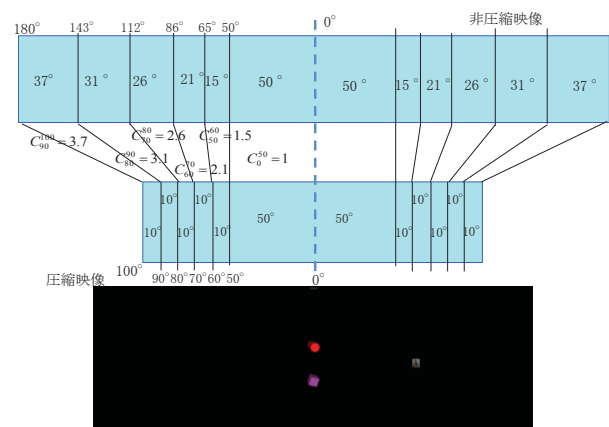


図 4 周辺段階圧縮法

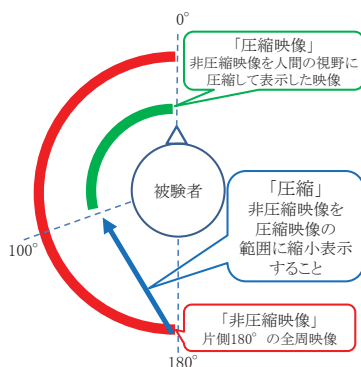


図 1 提案方式の表示モデル

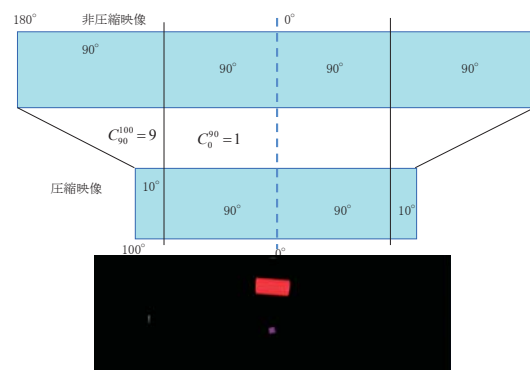


図 5 後方圧縮法

4. 実験

4.1 実験の目的

本実験は、視野外の情報の提示について、ターゲットの出現を認識した位置と、ターゲットの形状識別の観点から、3つの提案手法の有用性を評価することを目的とし、実施した。

4.2 実験環境

今回の実験では、360°の全周映像を人間の視野200°に圧縮表示するシステムを、仮想的に作成した。各提案手法について、表示位置と圧縮率の対応を算出することで、カメラの取得映像を縮小表示せず、3DCG空間上のターゲットのみを圧縮表示することにより、想定する環境を再現した。圧縮映像の表示装置として、水平方向の全視野に対して映像を出力するため、図6の装置を用いた。この表示装置は、25.5インチディスプレイ(LG電子製W2600-PF)をコの字型に配置したものである。入力装置は、図7のゲームパッド(BUFFALO製BSGP1203WH)を使用した。ソフトウェアはゲームエンジンUnity4(Version4.5.5f1)を用いて制作した。Unityで制作した映像は、1つのアプリケーションとして3画面を跨いで表示される。空間の中心に被験者がいるものと仮定し、カメラを3台配置する。カメラは図8のように、それぞれ左正横、正面、右正横を向いており、取得画像が対応するディスプレイに表示される。ターゲットには、図9の3つのテクスチャのうち1つが貼付されており、常にテクスチャがカメラを向いた状態を保つ。そして、ターゲットはカメラを中心に一定距離を保ちながら、左もしくは右100°から正面0°まで、算出した圧縮率に応じて大きさを変化させながら移動する。また、カメラ正面奥からは3種のオブジェクト(エネミー)が飛来する。

4.3 実験の流れ

本実験は、上述の機材を以下のように用いて実施した。

被験者は、コの字型に配置された3面ディスプレイの中心にある台に顎を乗せることで、ゲーム空間中心に配置された3台のカメラと視界を仮想的に一致させた。また、今回は周辺視野を活用するため、被験者の視線が正面から外



図6 本実験で使用した表示装置



図7 本実験で使用した入力装置(ゲームパッド)

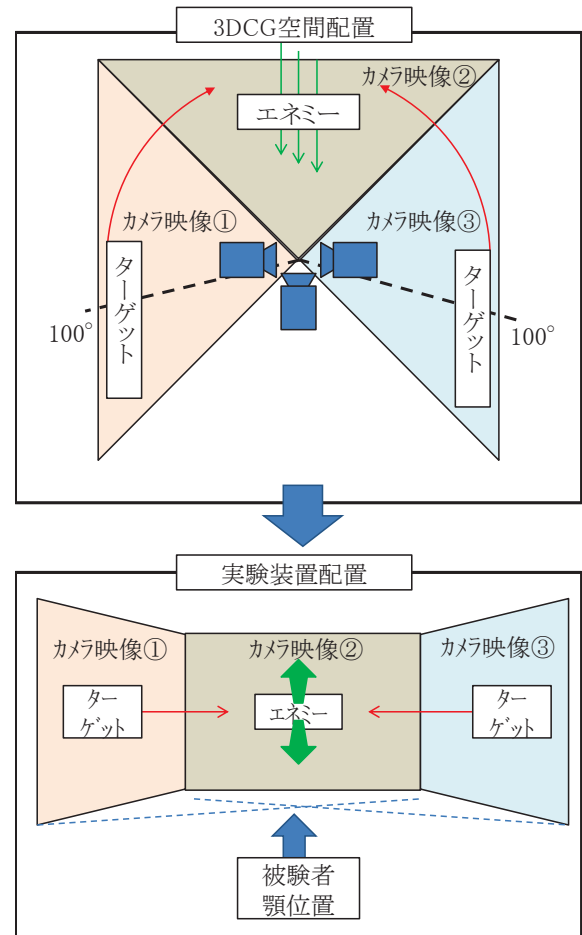


図8 ゲーム空間内におけるカメラの配置



図9 ターゲットに貼付するテクスチャ

れることを防ぐ必要があった。そこで、予め正面を向くよう被験者に伝えるとともに、ランダムな間隔で正面から飛来するエネミーを、ゲームパッドのボタンを押すことで破壊する作業を付与した。また、ターゲットを認識した位置を測定するため、左右それぞれのターゲットに対応するゲームパッドのボタンを押すことで、ランダムな間隔で出現するターゲットを破壊し、その時点でのターゲットと被験者の相対位置を記録するプログラムを使用した。さらに、ターゲット破壊時におけるターゲット形状の識別能力を評価するため、ターゲットに貼付されていたテクスチャをコントローラにより2秒以内に回答させた。2秒を超過した場合には識別不能による無回答と見なした。これらを45秒1セットとし、圧縮方法を周辺段階圧縮法、均等圧縮法、後方圧縮法の順に被験者1人あたり3セット実施した。

以上のタスクを20代前半~30代前半の男性18人の被験者に実施させ、ターゲット認識時の相対位置とその圧縮

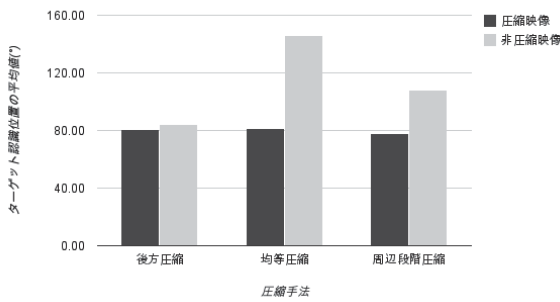


図 10 圧縮映像及び非圧縮映像におけるターゲット認識位置の平均値

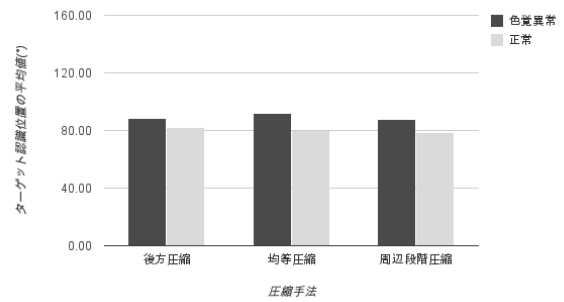


図 12 色覚異常の有無によるターゲット認識位置の平均値

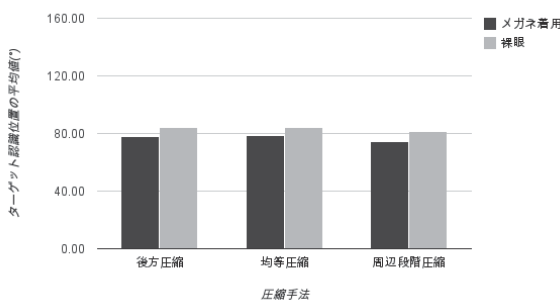


図 11 メガネ着用の有無によるターゲット認識位置の平均値

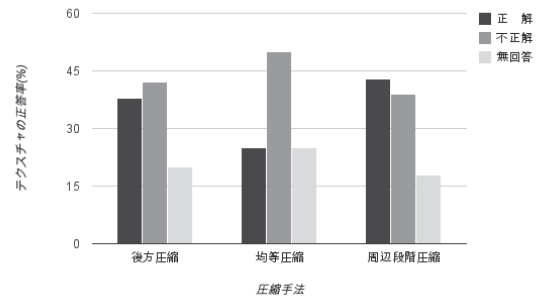


図 13 各圧縮法におけるテクスチャの正答率

率、及びテクスチャの正答率を求めた。

4.4 ターゲット認識位置に関する実験結果

まず、図 10 のグラフから、どの圧縮方法でも、圧縮映像における 80° 前後でターゲットを認識できることが分かった。この結果に各手法の圧縮率を掛けて算出した非圧縮映像におけるターゲットの認識位置は、各手法間で大きな差が表れた。特に視野外の映像に注目した場合、後方圧縮法では全く見えず、周辺段階圧縮法ではわずかに約 4° 見える程度であった。一方、均等圧縮法においては、視野外の映像が平均して約 40° 見えており、最も広範囲の視野外の情報を得ることができた。

次に、被験者の属性別に比較した。

メガネ着用の被験者と裸眼の被験者では、図 11 のように、メガネ着用の被験者のターゲット認識位置が視野の中央に寄っていた。これは、視力が悪いためにオブジェクトがぼやけて見え、裸眼の被験者よりも大きなオブジェクトにしか認識できなかった可能性がある。しかし、メガネのツルがターゲットに重なっていた可能性もあるため、メガネ着用者のメガネ着脱時の比較を行う必要がある。

裸眼かつ色覚異常である 3 名と裸眼かつ色覚正常者 5 名では、図 12 のように、色覚異常のグループが、より素早くターゲットを認識することができた。今回の実験で使用

したソフトウェアでは、画面全体の背景色は黒であったが、ターゲットの下地は白であり、その上にテクスチャを貼付したため、ターゲットのコントラストは非常に強調されていた。色覚異常のグループが素早くターゲットに反応した理由として、色覚異常者は周辺視野のコントラストに鋭敏な反応を見せる可能性が考えられる。ただし、サンプル数が極めて少ないため、追加のサンプルを検証する必要がある。

4.5 テクスチャ正答率に関する実験結果

テクスチャの正答率について、結果は図 13 のとおり、均等圧縮法が突出して正答率が低い結果となった。t 検定により、各提案手法間に正答率の有意差があるかどうか調べた結果、均等圧縮法と他 2 手法の間に 5% 水準を満たす有意差が見られたが、その原因は不明である。

4.6 考察

今回の実験に先立ち、我々は、圧縮率が高いほどターゲットを認識する位置もテクスチャの正答率も明確に悪くなると考え、両観点とも均等圧縮法 > 周辺段階圧縮法 > 後方圧縮法の順に良い成績が得られると予想していた。しかし、ターゲットを認識した位置に関してはどの手法も大差がなく、またテクスチャの正答率については予想と異なり均等圧縮法の正答率が低いという有意性が示されたため、

予想を裏付けることはできなかった。しかし、どの手法でも 80° 前後でターゲットの出現を認識するため、その位置での圧縮率によって、視野外の情報をどの程度得ることができるかが決まることがわかった。そのため、今回提案した 3 手法について、0° から 80° までの圧縮率の累積値が最も高かった均等圧縮法が、視野外映像の認識に最も適していることがわかった。

5. おわりに

本報告では、水平方向の全周映像を視野全体に圧縮表示する手法を 3 つ提案し、後方から前方に移動するターゲットの出現を認識する位置と、その時のターゲットの形状の識別について、どの手法が最も有用であるかを評価した。その結果、圧縮方法を問わずターゲットが正面から 80° 前後に位置した時に存在を認識することがわかった。また、形状の識別については、圧縮方法により一定の傾向が見られることがわかった。今後、より効果的な視野外映像の提示法を考えるにあたり、上記の基準に則る必要がある。また、被験者の属性により結果に特徴が出たものもあるが、データが不足し十分な検証ができなかったため、条件を整え、改めて実験を行う必要がある。

参考文献

- [1] 海上保安庁：“海難の現況と対策について（平成 25 年度版）”，海上保安庁（2014）。
- [2] Jerome Ardouin, Anatole Lecuyer, Maud Marchal, Clement Riant, Eric Marchand：“FlyVIZ”:A Novel Display Device to Provide Humans with 360° Vision by Coupling Catadioptric Camera with HMD”, Proceedings of the 18th ACM symposium on Virtual reality software and technology, pp.41-44(2012).
- [3] Jason Orlosky, Qifan Wu, Kiyoshi Kiyokawa, Haruo Takemura, Christian Nitschke：“Fisheye vision: peripheral spatial compression for improved field of view in head mounted displays”, Proceedings of the 2nd ACM symposium on Spatial user interaction, pp.54-61(2014).
- [4] 岸下直弘, 間下以大, 清川清, 竹村治雄：“広視野シースルー HMD による情報提示のための VR 環境を用いた周辺視野の影響の調査”，電子情報通信学会 2012-23(2012).
- [5] 編集委員会：“眼・色・光”，日本印刷技術協会（2007）。
- [6] Richard L. Gregory：“脳と視覚—グレゴリーの視覚心理学—”，ブレーン出版（2001）。