



左右眼独立視野の半自動制御による 全周視野インタフェースの開発

Development of a Panoramic Visual Interface
with Semi-Automated Control of Fields of View for the Left and Right Eyes

井上知樹 1), 井上康之 2), 萩原隆義 3), 鳥海智志 4), 北崎充晃 4), 勝俣安伸 5)
Tomoki INOUE, Yasuyuki INOUE, Satoshi TORIUMI, Takayoshi HAGIWARA,
Michiteru KITAZAKI and Yasunobu KATSUMATA

- 1) 沼津工業高等専門学校 専攻科 総合システム工学専攻 (〒410-8501 静岡県沼津市大岡 3600)
2) 富山県立大学 情報システム工学科 (〒939-0398 富山県射水市黒河 5180, inoue.yasuyuki@pu-toyama.ac.jp)
3) 長野工業高等専門学校 工学科 情報エレクトロニクス系 (〒381-8550 長野県長野市徳間 716,
t_hagiwara@nagano-nct.ac.jp)
4) 豊橋技術科学大学 大学院工学研究科 情報・知能工学系 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1,
toriumi.satoshi.db@tut.jp, mich@cs.tut.ac.jp)
5) 沼津工業高等専門学校 制御情報工学科 (〒410-8501 静岡県沼津市大岡 3600, katsumata.yasunobu@numazu-ct.ac.jp)

概要: 発表者らが提案する左右眼の向きを独立に制御する視野拡張インタフェースにおいて、周囲に出現するターゲットの位置に応じて視野方向を自動で操作する手法を導入した。視覚探索課題を用いて、コントローラによる手動操作と比較し、課題成績、ユーザビリティ、VR 酔いの観点から評価を行った。あわせて、視野の自動的な移動による違和感や酔いを低減する手法として、移動方向を示す手がかりの提示による効果についても検討した。

キーワード: 拡張認知、両眼視、視野闘争

1. はじめに

人間の視野の制約を超え、より広い範囲を効率的に把握するための視野拡張インタフェースが近年注目され、複数の提案がなされている。360° 映像を通常の視野範囲に収まるように変換して表示する方法[1]や、頭部のヨー軸回転に対応するゲインを 2 倍に設定して左右 90° の回旋で全周を見渡せるようにする方法[2]が提案されている。その他にも、任意の方向の独立した視野を両眼に提示するシステムが提案されており[3]、人の視野への適用と視覚能力の変化について検討されている[4]。

我々は、1 つのジョイスティックのみによる操作で、両眼融合による立体視と、左右の目が異なる方向を向く拡張視野を柔軟に切り替えて広範囲な視野を得ることができる左右眼独立視野制御システムを提案し、後方の視覚探索課題においてより高い成績が得られることを示した[5]。

本研究では、この左右眼独立視野を利用する際にジョイスティックで行っていた操作を自動化し、周囲に出現するターゲットの方向に左右眼の視野の向きを自動的に操作する手法を提案する。視野の向きを自動的に操作する場合、

周囲の監視や探索を効率的に行うことが可能となる一方で、違和感や酔いなどが生じる可能性があるため、視野の移動方向に対する予期を促す視覚情報を提示することにより、違和感や酔いの軽減が可能かどうかを検討する。

2. 提案手法

2.1 左右眼独立制御による視野拡張インタフェース

提案手法は、これまでに著者らにより開発された左右眼独立視野制御手法[5]に基づく。左右の視野をジョイスティックで操作する場合には、次のように視野の制御を行う。

ジョイスティックを操作しない場合 (図 1 中央) は、両眼融合による立体視を行う。ジョイスティックを右に倒した場合 (図 1 左) には、右眼の視野のみが右方向に外転し、左眼の視野は正面を維持する。左に倒した場合 (図 1 右) には、左眼の視野のみが外転し、右眼の視野は正面を維持する。視野の可動範囲は、ジョイスティックを最大まで傾けた場合に、180° の方向を向くよう対応させることで、ジョイスティック操作のみで全周の視野を得ることができる。

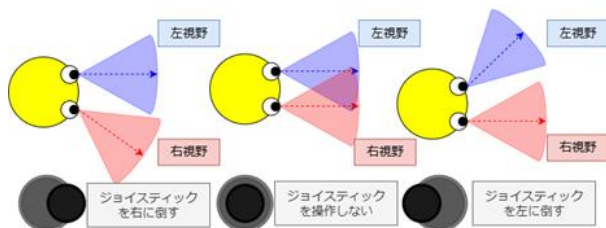


図 1. ジョイスティックによる視野の操作

2.2 左右眼独立視野の半自動制御

本研究で提案するシステムは、前節のジョイスティックによる操作を自動で行うものである。ユーザの全周から探索対象を検出し、その方向に自動的に一方の眼の視野を向けることで、正面と探索対象の方向の視野から同時に情報を得ることを目指す。今回は、片眼の視野を対象物の方向に対して自動的に回転させる機能のみを評価対象とし、対象物の方向から正面に戻す機能は対象外とした。

3. 方法

3.1 参加者

正常な視力または矯正視力を有する 10 名（男性 9 名、女性 1 名、平均年齢 20 歳、標準偏差 0.82）が実験に参加した。参加者は、実験の前に十分な説明を受け、同意書に署名した上で実験に参加した。本実験は、沼津工業高等専門学校 ヒトを対象とする研究倫理審査委員会の承認を得て実施された。

3.2 装置

コンピュータ（CPU: Intel Core i7-10700, GPU: NVIDIA GeForce RTX3060Ti, RAM: 40GB）に、ヘッドマウントディスプレイ（HMD: HTC VIVE Pro Eye, 各眼 1440 x 1600pixel）とゲームパッドを接続した。実験ではゲームパッドに搭載されたジョイスティックのうち左側の 1 つだけを使用した。実験の制御や刺激の生成は Unity (2022.3.22f1) で行った。

3.3 刺激と条件

バーチャル空間内で周囲に出現するターゲットの探索課題を用いて、視野方向の制御方式および方向手がかり提示の有無による影響を評価した。条件は、自動または手動による視野の制御と、手がかりの有無を組み合わせた計 4 条件を設定した。

- AC 条件（Automatic + Cue）：ターゲット出現方向に応じて、その方向の眼がターゲットの方向へ自動で外転する。試行開始直後に、視野の移動方向（ターゲット出現方向）を示す矢印型の手がかりを 0.5 秒間提示する。
- AN 条件（Automatic + No cue）：視野の操作は AC 条件と同様に自動で行われるが、手がかりの代わりに移動方向と無関係な矩形を 0.5 秒間提示する。
- MC 条件（Manual + Cue）：参加者がジョイスティックにより左右眼の視線方向を手動操作する。方向手がかりは AC 条件と同様に提示する。
- MN 条件（Manual + No cue）：MC 条件と同様に手動

操作する。手がかりの代わりに矩形を提示する。

方向手がかりおよび矩形は、残効の影響を避けるため視野の中央ではなく前方上部に提示した。

ターゲットの出現位置は、参加者を中心とした水平面上において正面を 0° としたときの 60° , 120° , 180° , 240° , 300° のいずれかの方向であった。

自動操作条件（AC, AN）かつターゲットが 180° 位置に出現する場合には、視野の回転方向は左右いずれも最短経路となる。このため、左右の回転方向の使用回数が均等になるよう、回転方向をランダムに割り当てた。

自動操作条件での視野の移動速度は、ターゲットの出現方向に対して 360 [deg/sec] に設定し、加減速処理は行わなかった。

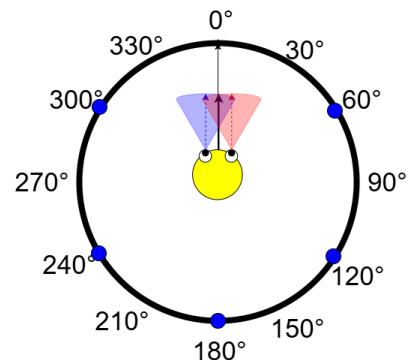


図 2. ターゲットの出現方向

3.4 手続き

参加者は HMD を装着し、座位姿勢で実験を行った。実験中は頭部をできるだけ動かさないよう教示した。

各試行の開始前には、参加者の正面に注視点が表示された。視線方向を初期化するため、注視点に対してピッチ角およびヨー角が一定範囲内に収まった状態が 2 秒間維持されると、注視点が非表示となり試行が開始された。

試行開始時には、AC および MC 条件では、ターゲット出現方向を示す矢印型の手がかりが、AN および MN 条件では方向の意味を持たない矩形が、それぞれ前方上部に 0.5 秒間提示された。自動操作条件（AC, AN）では、その後、視野が自動的に回転を開始した。手動操作条件（MC, MN）では、試行開始直後から参加者がジョイスティック操作を行うことができた。

参加者は出現したターゲットをできるだけ早く探索し、ターゲットの表面に書かれた 0 から 9 の数字のいずれかを口頭で報告するよう求められた。正しい数字が報告されると、次の試行が開始された。各条件につき 50 試行（合計 200 試行）を連続して行った。4 つの条件の実施順序は、順序効果の影響を低減するためラテン方格法を用いた。

各条件の終了後、主観評価として System Usability Scale (SUS) [6] によるユーザビリティ評価、および Virtual Reality Sickness Questionnaire (VRSQ) [7] による VR 酔いの評価を実施した。回答後は、次の条件の開始までに短い休憩をとった。

4. 結果と考察

各試行開始時点から参加者が正しい数字を回答するまでの時間を、操作方式の条件とオブジェクトの出現角度ごとに平均し、平均回答時間を算出した（図3）。自動で視野が操作される条件（AC, AN）では、手動操作の条件（MC, MN）と比較してどの角度においても回答時間が短くなっており、高い課題成績が得られた。

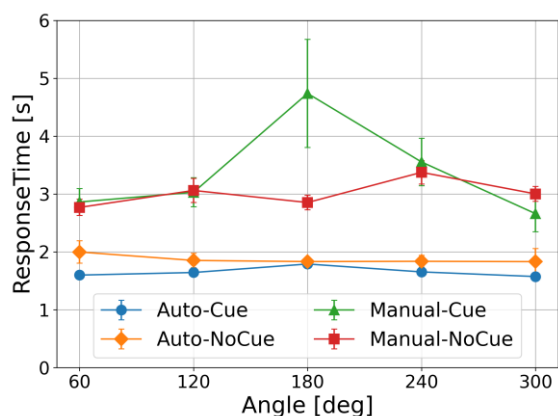


図3. 各条件の課題成績
（横軸：オブジェクトの出現方向、縦軸：回答時間）。
エラーバーは標準誤差。

MC 条件における 180° での回答時間は、他の角度に比べて低かった。これは、手がかりによって参加者がオブジェクトの表示位置が側方であると期待したため、真後ろである 180° 方向の探索が遅れた可能性がある。期待する範囲の外にターゲットが出現する場合、手がかりの効果は課題成績を下げる方向に作用することが考えられる。真後ろのターゲットに対しては左右とは別の手がかりを提示することで 180° の回答時間を短縮できる可能性がある。

AC 条件と AN 条件の比較では、AC 条件の課題成績が優れていた。AC 条件では、手がかりによって視野の移動方向を事前に知ることができたため、左右のどちらの眼にターゲットが表示されるかを予測して注意を向けることが可能であった。一方、AN 条件では左右のどちらの眼にターゲットが表示されるかの予測が困難であり、反応に時間を要したと考えられる。このことから、視野の自動操作を行う場合に、手がかり提示の有無が探索効率に影響する可能性がある。

MC 条件と MN 条件の間では、180° において回答時間の差が大きかった一方で、それ以外の角度では大きな差が見られなかった。この原因として、視野の回転がジョイスティックの入力に対して遅れなく高速に追従するため、方向手がかりによる探索効率の向上の影響が小さい可能性がある。視野の移動が高速であるにもかかわらず、自動操作条件よりも回答時間が遅い原因は、視野が高速に移動する場合にはターゲットを見逃しやすいことが考えられる。

5. おわりに

本研究では、左右眼の向きを独立に操作する視野拡張インタフェースに、視野方向を自動で操作する手法を導入し、周囲に出現するターゲットを探索する課題により評価を行った。さらに、方向手がかりの有無が課題成績に与える影響を検討した。その結果、提案する自動操作の条件で手動操作と比べて高い成績が得られた。

今後、視野の自動操作を行う際の移動速度を最適化することで、より課題成績を向上できる可能性がある。また、より汎用的な視野拡張インタフェースへの展開のために、左右以外の方向手がかりの提示や、左右の眼が現在どの方向を向いているかをフィードバックする手法の導入が求められる。

謝辞 本研究の一部は、科研費（JP23K18492）および豊橋技術科学大学 MILLA 高専連携教育研究支援プログラムの補助を受けて実施された。

参考文献

- [1] Ardouin, J., Lécuyer, A., Marchal, M., Riant, C., & Marchand, E. (2012). FlyVIZ: a novel display device to provide humans with 360 vision by coupling catadioptric camera with hmd. In Proceedings of the 18th ACM symposium on Virtual reality software and technology, 41-44.
- [2] Kitazaki, M., Onodera, R., Kataoka, J., Inoue, Y., Iwasaki, Y., & Ganesh, G. (2024). Owl-Vision: Augmentation of Visual Field by Virtual Amplification of Head Rotation. In Proceedings of the Augmented Humans International Conference 2024, 275-277.
- [3] Mizuno, F., Hayasaka, T., & Yamaguchi, T. (2009). Virtual chameleon - A system to provide different views to both eyes. IFMBE Proc., 25/5, 169-172.
- [4] Mizuno, F., Hayasaka, T., & Yamaguchi, T. (2011). A fundamental evaluation of human performance with use of a device to present different two-eyesight both eyes. IFMBE Proceedings, 37, 1176-1179.
- [5] 栗原那留基, 勝俣安伸, 井上康之, 北崎充晃 (2025). 1つのジョイスティックを用いた左右眼独立視野制御手法の開発と評価, 情報処理学会第87回全国大会講演論文集, 4, 85-86.
- [6] Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. Usability evaluation in industry, 189(194), 4-7.
- [7] Kim, H. K., Park, J., Choi, Y., & Choe, M. (2018). Virtual reality sickness questionnaire (VRSQ): Motion sickness measurement index in a virtual reality environment. Applied Ergonomics, 69, 66-73.