

Neckless: アイトラッキングに基づく疑似的な眼球の可動範囲拡張

村上幸乃^{†1} 橋本直^{†1}

後ろを振り向くという行為は日常的な行為であるが、周辺環境によってはその行為がためらわれる場合がある。そこで本研究では首を回転させることなく、目の動きだけで周囲 360°を視認可能な手法「Neckless」を提案する。提案手法では、アイトラッカによって水平方向の視線の角度を計測し、その3-4倍の角度に対応する方向の映像をヘッドマウントディスプレイ上に提示する。本稿では、バーチャルリアリティ環境でシステムを試作した結果について述べる。

1. はじめに

人間の水平方向の視野は約 200°であり[1]、人間が眼球運動のみで確認できない範囲が自身の後方に約 160°存在している。この範囲を見るために、人間は首や胴体を回して振り向くという行為を日常的に行っている。しかしながら、周辺環境によっては振り向くという行為がネガティブに作用したり、物理的に不可能な場合がある。例えば夜道で背後から足音が聞こえた場合、振り向くという行為は相手に不用意に刺激を与えてしまう可能性がある。また、自転車の運転中では、後ろを振り向く動作は運転姿勢を崩しかねない行為である。さらに、寝違えや負傷などで首を動かさない場合もある。

そこで本研究では首や胴体を回転させることなく、眼球運動のみで周囲 360°を視認可能な手法「Neckless」を提案する。ユーザは図1のように全地球カメラとヘッドマウントディスプレイ (HMD) を装着する。ユーザの視界は視線方向によって変更される。ユーザが正面を注視しているとき、ユーザには前方の女性が見えている。ユーザが右方を注視すると、HMD 上にはユーザの後方を捉えた映像が表示され、ユーザの背後の車が見える。通常、首や胴体を回すことなく背後を視認することはできないが、本システムでは眼球運動によって 360°を視認できる。最終的には現実空間での利用を想定しているが、本稿ではインタラクションの設計及び評価のために、VR 環境を用いて実装を行った。

2. 関連研究

視覚を拡張する手法は、これまでにさまざまなアプローチが提案されており、中でも HMD とカメラを組み合わせた先行事例は複数存在する。

SpiderVision[2]は、背後で物体や人物に動きがあった場合に、自身の前方視野の映像に後方視野の映像を透過表示することで視野を拡張するシステムである。通常時は実環境と同じ視覚を保っており、必要な場合にのみ前方視野に後方視野を加えた範囲を認識することができるが、視野の範囲は自身の意思ではなく環境の変化に依存する。

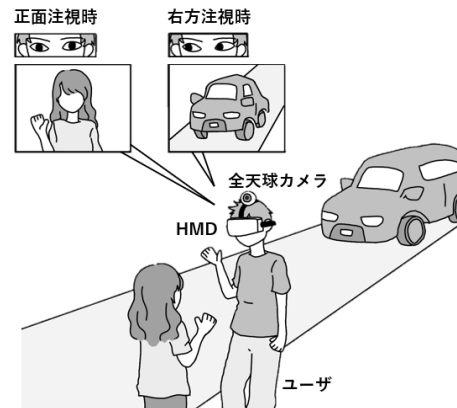


図1 Neckless

ParallelEyes[3]では映像が4等分され自分を含めた4人の視界が表示される、他者と視界を共有することで視覚拡張を行っている。ParallelEyesを用いて、鬼ごっこをするという実験が行われた。その結果、鬼や他の逃走者の視界を利用することで、被験者は自身の視界が広がったかのように行動するようになり、人間は自分以外の視点や複数の映像から自分の状況を把握できるということが示された。The PolyEyes 2.0[4]では、カメレオンの眼球のように独立してカメラを動かすことで視野拡張を行っている。HMDには左右のカメラで撮影した映像が左右の眼にバラバラに表示されており、正面を向いた状態で2方向の風景を一度に見ることができる。

本研究では、視線計測を用いることでユーザによる余計な入力や操作をすることなく、インタラクティブに周囲 360°を視認可能なシステムを提案する。

3. 提案手法

3.1 概要

Neckless はアイトラッカ内蔵 HMD を用いた視野拡張システムである。図2のように、ユーザの水平方向の視線の角度 θ を計測し、その数倍の角度 θ' に対応する視野の映像をディスプレイに提示する。ユーザの頭部を中心とする全周囲映像を得る方法として、市販の全地球カメラを頭頂

^{†1} 明治大学

部に置く方法や、JackIn Head[5]のように側頭部に複数のカメラを装着する方法がある。本研究は最終的には実世界での利用を想定しているが、本稿ではインタラクションの評価を優先して行うために、図3のようにVR環境においてプロトタイプを開発し、全周囲映像を取得するカメラデバイス周辺の実装については省略した。

3.2 前庭動眼反応への対応

前庭動眼反応は姿勢変化に関わる眼球の反応で、首や胴体を回転させたときに視線方向が変化することを自動的に補い、頭の運動を目の運動で打ち消すことで中心窩が変化しないようにしようとする反応である。本システムでは視線角度を数倍にした視野を提示しているため、前庭動眼反応で眼球が動いた角度も数倍になり、意図しない視界のブレが生じてしまう。そこで本システムでは、首振りを検知した場合、視線角度の計測を一度停止し、直前までの数値を保持することで解決している。

3.3 実装環境

アイトラッカ内蔵HMDとしてVIVE Pro Eyeを使用し、ソフトウェアの開発にはUnity 2021.3.1f1を用いた。

4. 予備実験

4.1 目的と条件

一般に目の水平方向の最大可動範囲は、正面を 0° とする平均約 $\pm 45^\circ$ [6]であるが、一方人間の視線はほぼ $\pm 25^\circ$ [6]以内に分布する。本システムでは眼球運動を入力しているため、本システム使用時の視線の範囲について、パラメータ決定のために調査する。実験参加者は6人(女性1名、男性5名)、年齢は19~24歳であった。提示視野決定のパラメータは、3倍に設定した。参加者にNecklessを装着させ、眼球運動と連動して視界が変化すると説明した。その後約1分間の体験を行い、眼球の可動範囲の計測と、使用感について自由記述によるアンケートを行った。

4.2 結果

眼球の可動範囲の平均は $\pm 26.3^\circ$ となり、最小値は $\pm 20^\circ$ 、最大値は $\pm 36^\circ$ となった。本システム使用中に検出された参加者の眼球の最大可動範囲は平均 26.3° となり、分布とほぼ同じ数値を得た。自由記述では、「使用に慣れると思った通りに視界を変化させることができた」「視界の違和感を感じなかった」といった肯定的な回答があったのに対し、「酔いを感じた」「背後の壁のシミなどの特定の物体を注視することが難しかった」などの否定的な回答も存在する。

5. おわりに

首を回転させることなく目の動きだけで周囲360度を

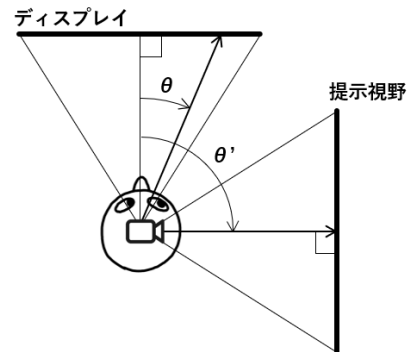


図2 提示視野の決定方法



前方注視時の視界

右方注視時の視界

図3 システム使用時の視界

視認可能な手法「Neckless」を提案した。アイトラッカによって水平方向の視線の角度を計測し、その数倍の角度に対応する方向の映像をHMD上に提示した。本稿では、VR環境において試作を行った。今後は、現実の空間での実装を検討している。

本システムの課題として、視認性の問題と酔いの問題がある。視認性については、物体の注視やユーザによる視界選択が十分に可能であるか今後検証を行う必要がある。酔いの問題は、本システムではカメラの位置や提示視野の選択方法によって起こることが考えられる。今後、検証を重ねるとともに、問題があれば改善を行っていきたい。

視覚拡張を行う先行研究において、使用によって人間の行動が変化したという結果が得られているため、今後本研究においても長期装用による影響について調査を重ねていきたい。

参考文献

- 1) 瀬谷安弘: 有効視野の特性とその測定手法, 日本光学会, Vol.42, No.9, pp. 473-474 (2013).
- 2) Kevin Fan, Jochen Huber, Suranga Nanayakkara and Masahiko Inami: SpiderVision: Proceedings of the 5th Augmented Human International Conference, AH'14, (2014).
- 3) Shunichi Kasahara, Mitsuhiro Ando, Kiyoshi Suganuma, and Jun Rekimoto: Parallel Eyes: Exploring Human Capability and Behaviors with Paralleled First Person View Sharing, CHI'16, (2016).
- 4) Bartlett School of Architecture, UCL INTERACTIVE ARCHITECTURE LAB, <http://www.interactivearchitecture.org/lab-projects/polymelia-the-body-as-an-evolutionary-machine>
- 5) Shohei Nagai, Shunichi Kasahara and Jun Rekimoto: LiveSphere: Sharing the Surrounding Visual Environment for Immersive Experience in Remote Collaboration, TEI, (2015).
- 6) John S. Stahl. Amplitude of human head movements associated with horizontal saccades. Experimental brain research. vol. 126, issue 1, pp. 41-54 (1999).