



カメレオンアイズ 左右眼独立制御による両眼視の拡張 : 視線制御モデルの検討

Chameleon Eyes: Augmentation of Binocular Vision through Independent Control of Left and Right Eyes
- An Investigation of Gaze Control Model

勝俣安伸¹⁾, 井上康之²⁾, 鳥海智志³⁾, 萩原隆義⁴⁾, 北崎充晃³⁾

Yasunobu KATSUMATA, Yasuyuki INOUE, Satoshi TORIUMI, Takayoshi HAGIWARA, and Michiteru KITAZAKI

- 1) 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)
- 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) 豊橋技術科学大学 情報・知能工学系 (〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘 1-1, mich@cs.tut.ac.jp)
- 4) 慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科 (〒223-8526 神奈川県横浜市港北区日吉 4-1-1)

概要: カメレオンは左右の目を独立に回転させて広範囲な視野を得ている。一方、人は両眼が輻輳することで両眼立体視ができるが独立に制御することはできない。本研究の目的は、左右の視野を視線運動により独立制御可能なシステムを構築し、その見え方を検証することである。そこで、視線運動から両眼の視野を独立に制御するモデルを用いて、両眼融合による立体視と両眼視野闘争による独立した視覚がスムーズに切り替わることを確認した。

キーワード: 両眼視, 視野闘争, 人間拡張

1. はじめに

人の視覚は、両眼融合による立体視によって奥行きや距離の認識を行う。しかし、両眼を独立に制御することはできず、視野の範囲は制限される。一方、カメレオンは左右の目を独立に回転させ、広範囲な視野を得ることができる。

このような視覚特性に着目した先行研究として、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[1]、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[2]。小野寺ら(2022)は、バーチャル空間内で、眼を頭部から独立させ位置・方位を操作できるシステムを提案している[3]。これらのシステムでは、両眼に独立した視野を提示可能であるが、視野の操作には手やコントローラを使用する必要があり、作業を行う場面では効率的でない。

従来のコントローラを用いた 3D 空間でのカメラの操作に代わる方法として、視線によってドローン(UAV)に搭載されたカメラを操作する方法が提案されており、より直感的に操作できる可能性が示されている[4]。

本研究では、視線運動のみによってカメラの向きを制御することにより先行研究の限界を克服し、両眼に独立した視野を提示できるシステムを構築することを目指す。

2. 提案手法

2.1 システムの概要

本研究で提案するシステムでは、図 1 に示すように、人の両眼に相当する位置にカメラを搭載し、1人称視点の映像を取得できるアバターロボットを想定する。これは著者らの先行研究で提案した 2 人 3 眼式テレプレゼンスシステム[4]である。左右の側方カメラは、中央カメラの光学中心を基準として、半径 65mm の Yaw 軸回転を左右独立して行うことができる。視野の上下方向にあたる Pitch 軸回転は、それぞれの眼の中心を回転中心として左右同期して回転する。これを対象として、左右の目の視野を通常の視線運動を用いて独立に制御することを目的としている。

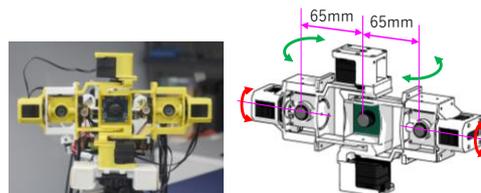


図 1. アバターロボットの概要。左：実機の外観。右：カメラの空間配置。なお、本研究においては中央カメラは使用しない。

2.2 視線制御モデルによる両眼視野の制御

提案するシステムでは、頭部搭載型ディスプレイ (HMD) に内蔵される眼球運動計測装置を用いてリアルタイムで頭部中心座標系における視線方向データを収集し、それに基づいて両眼のカメラ視野を以下のルールで制御する。

1. 視線方向が視野中心から一定範囲の閾値内 (e.g. FoV<30deg) に留まる間、左右カメラは初期姿勢における通常の両眼視映像を提示する (図 2a)。
2. 視点が左右いずれか横 (Yaw 軸) 方向の閾値を逸脱した場合、逸脱した向きと同側のカメラは視線の逸脱量と滞在時間に比例した一定のゲインで Yaw 軸方向の外転運動を行う。もう一方のカメラは現在の姿勢を維持する (図 2b)。
3. 視線方向が再び視野中心の閾値内に収まるとカメラの運動は停止し、その時の姿勢を維持する。さらに一定時間 (e.g. 3s) この状態が保たれると、カメラは一定の時定数 (e.g. 0.5s) で初期姿勢の正面方向に回帰する。
4. 上下 (Pitch 軸) 方向についても、同様のルールで視線方向の逸脱に応じたカメラの上転/下転運動の制御が行われるが、左右カメラの Pitch 軸の姿勢は常に同期して動く。

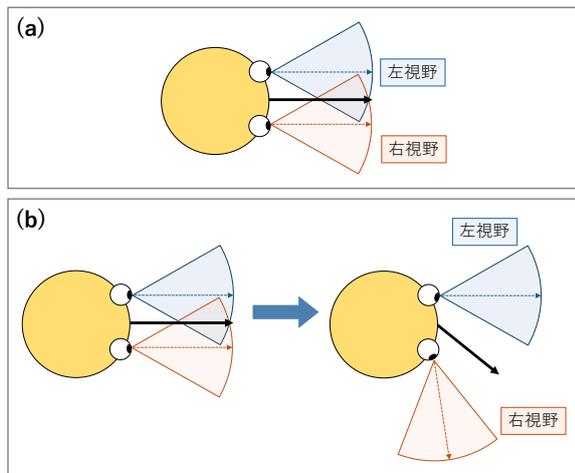


図 2. 提案する制御手法の模式図。(a) 視線が正面にある場合。(b) 視線が横を向いた場合。カメラは閾値からの逸脱量と逸脱時間に応じて外転運動する。

3. VR システムによる試作

提案手法を検証するために、VR 空間内でのシミュレーションを行った。Unity を用いて構成したバーチャル空間を HMD (HTC VIVE Pro Eye, 片眼 1440 x 1600 ピクセル, 90 x 110deg, リフレッシュレート 90Hz) に提示した (図 3)。HMD の眼球運動計測装置は使用せず、ゲームパッドのジョイスティックを用いて視線運動を模擬した。各軸の可動範囲は Yaw 軸、Pitch 軸それぞれ ± 180 度とした。

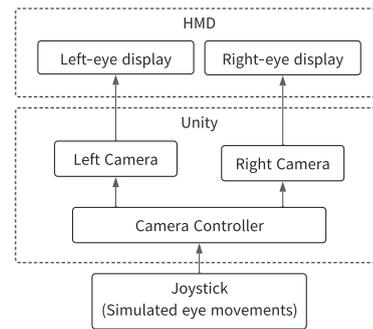


図 3. 試作システムの構成図

4. 評価

視線位置が正面にあるときは両眼視の映像を得るが、ジョイスティックの操作により視線位置を左右に移動した場合、左右のカメラの映像は両眼融合できず視野闘争が生じた。再び視線位置を正面に戻すと、カメラの向きが正面に戻ることにより両眼視に切り替わる。両眼融合と視野闘争が、ジョイスティックによる視線位置の操作により相互に切り替わることが確認できた。

5. むすび

本研究では、視線による左右眼独立制御システムを提案し、試作システムを実装した。本システムを用いて両眼融合による立体視と両眼視野闘争による独立した視覚がスムーズに切り替わることを確認した。今後はユーザビリティ評価を通じてシステムの有効性を評価し改良を重ねていくとともに、視線によって左右眼カメラの両眼視野を制御するシステムを開発する予定である。また、この技術を用いて視野の拡張を行った場合に利用者の知覚特性や運動特性がどのように変化するかについても調べる。

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] Mizuno, Fumio, Tomoaki Hayasaka, Takami Yamaguchi, Virtual Chameleon - A System to Provide Different Views to Both Eyes, IFMBE Proceedings, Vol. 25, pp.169-172, 2009.
- [2] Mizuno, Fumio, Tomoaki Hayasaka, Takami Yamaguchi, A Fundamental Evaluation of Human Performance with Use of a Device to Present Different Two-Eyesight Both Eyes, IFMBE Proceedings, Vol. 37, pp. 1176-1179, 2011.
- [3] 小野寺琉, 三村龍矢, 廣瀬修也, 井上康之, 北崎充晃, 逃走する眼: 身体と視覚の関係の解体, 日本バーチャルリアリティ学会大会 論文集, Vol. 27, 1G-01, 2022.
- [4] B. N., Pavan Kumar, Adithya Balasubramanyam, Ashok Kumar Patil, Chethana B., Young Ho Chai, GazeGuide: An eye-gaze-guided active immersive UAV camera, Appl. Sci., Vol. 10, No. 5, Article 1668, 2020.
- [5] 井上康之, 北崎充晃, 3眼アバターロボット: ユーザの視野を相互共有するテレプレゼンスシステム, 日本バーチャルリアリティ学会大会 論文集, Vol. 27, 3D1-4, 2022.