

令和元年度学内公募研究（萌芽型）
〔技術報告〕

両眼に任意の独立した視野の取得機能および 首振り機構を有する遠隔操作移動ロボットの開発

水野 文雄¹⁾, 大石 綾香²⁾

Development of a remote-controlled mobile robot with a function to get
independent images for both of eyes and a swing mechanism

Fumio MIZUNO¹⁾, Ayaka OISHI²⁾

Abstract

Some species such as chameleons locate the prey with highly mobile eyes. We assumed that the human becomes able to perceive the independent images to both of eyes and control visual axes with the appropriate support. In previous work, we developed a wearable system, named Virtual Chameleon, to provide independent fields of view to the eyes. The Virtual Chameleon provides an artificial oculomotor function to control directions of both eyes to the user. The Virtual Chameleon is supposed to be used in a wearable state or remote-controlled robot, but the current system is used only by a stationary user. In the case that wearable performance of the Virtual Chameleon is improved, or it is implemented in a mobile robot. In the previous experiments, the optical flow of the image generated in the field of view has influence on the perceptual state of the binocular rivalry, it is assumed that tie influence of movements is not small. To investigate the influence of optical flow induced locomotion, the platform robot is required. In this work, we developed a device that implemented a mobile function and a mechanism to realize the movements of the head in Virtual Chameleon.

1 はじめに

爬虫類、草食哺乳類や魚類などにおいて、両眼を別々に操り、全方位を視認することで捕食行動や危険察知などの行動を取る種が少なからず存在している。特に、カメレオンはこれらの種の中で、エサを追跡し正確に捕食するための視機能が発達している [1]。これまで我々は、両眼を独立して動かす特徴的な視覚行動を行うカメレオンに着目し、カメ

1) 東北工業大学 工学部 電気電子工学科

Department of Electrical and Electronic Engineering, Faculty of Engineering, Tohoku Institute of Technology

2) 東北工業大学 工学部 電気電子工学科（令和2年3月卒業）

Department of Electrical and Electronic Engineering, Faculty of Engineering, Tohoku Institute of Technology (Graduated in March 2020)

レオンのような両眼独立運動を疑似的に実現するウェアラブルシステム、「バーチャルカメレオン」の開発を行ってきた(図1) [2]。バーチャルカメレオンは両手に把持するセンサの動きに応じて頭部に取り付けられた2台のカメラの姿勢角を独立制御し、カメラからの映像を両眼にそれぞれ独立して呈示することで擬似両眼独立視を実現している。また、我々は眼球運動の調整などの補完運動やサッカードをはじめとする特徴的運動に着目し、類似する動作を行うシステム開発を行ってきた [3]。

従来システムのバーチャルカメレオンはウェアラブル化あるいは遠隔操作型ロボットへの実装など移動を伴う状況での利用を想定しているが、従来のシステムは静止状態のユーザによる使用にとどまっている。

バーチャルカメレオン使用時には、2つの像のうちどちらか一方が優位に知覚され、時間とともにこの優位性が交替する両眼視野闘争 [4] が生じる。両眼視野闘争の知覚の交替のタイミングは資格指摘となる像の動きに依存するところがあり [5]、これまでのバーチャルカメレオンを使用した実験から視野内に生じる像の流れは両眼独立視を行った際に生じる両眼視野闘争の知覚状態に大きな影響を及ぼすことが明らかになった [6]。バーチャルカメレオンをウェアラブル化や移動ロボットへ実装して使用すると、移動に伴う視野内の映像の流れが生じると考えられる。そのためバーチャルカメレオン使用時の、移動に伴い生じる像の流れが知覚に及ぼす影響を検証するためのプラットフォームが必要であると考えられる。そこで、本研究ではバーチャルカメレオンを、移動機構に実装することで両眼視野闘争状況下に移動した際の知覚状態の検証を行うためのシステム開発を行ったので報告する。

2 装置の概要

本研究では、二つの独立した視線方向に対応する視野映像の取得機能と移動機能以外に、平原らが開発した受聴者頭部のヨー回転運動に、ゲームヘッドを追従させるテレヘッド六号機 [7] を参考にし、頭部のヨー軸およびピッチ軸周りの運動も実現することにした。そのため、従来研究で開発してきたカメラの姿勢制御デバイスを頭部首振り機構および台車に実装するよう3 CAD (PTC社, Creo Parametric 6.0) により装置設計を行った。設計した装置の外観を図2に示す。カメラ姿勢制御装置は従来研究と同様にパン、チルトが可能な2自由度の装置とし、2台のカメラを搭載している台座に首振り機構とした。台車部については、様々な方向へ移動できるようにするためメカナムホイールを用いた全方向移動機構とした。



図1 バーチャルカメレオン

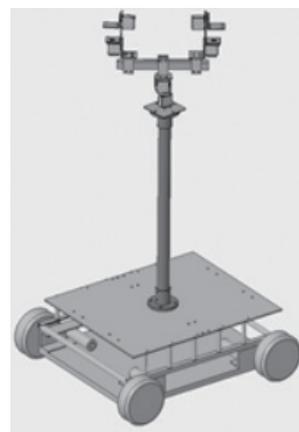


図2 装置設計図

3 開発装置

本研究で開発した装置の外観を図3に示す。本装置は全方向移動機能を有する台車、小型カメラ、カメラ姿勢制御デバイスおよび頭部に該当するカメラスタンドの姿勢制御デバイスおよび映像信号処理デバイスによって構成される。台車部分の車体寸法は全長600 [mm]、幅500 [mm]、搭載最大荷重は200 [kg]である。なお、可能な限り障害物に遮られることなく周囲を見渡せるように床からカメラまでの高さを1100 [mm]とした。カメラの姿勢制御装置および頭部機構はパイプスタンドを用いて台車ロボット上に設置した。



図3 開発装置外観

カメラ姿勢制御デバイスはカメラモジュールを、2自由度ジンバル構造を有する専用設計の雲台機構に取り付け、その雲台を目盛り付き支柱の梁上にスライド型クランプ構造の固定ジグで固定した。このような構成とすることで、瞳孔間距離に該当するカメラ間距離を定量的に変更することが可能となっている。カメラ姿勢制御デバイスに使用しているモータは、コマンド式サーボモータ（双葉電子工業社製、RS406CB、トルク：28.0 [kgf・cm]、軸回転速度：0.11 [s/60°]、通信インタフェース：RS-485）を使用した。また、カメラモジュールについては、Sonyが開発したVISCA（Video System Control Architecture）プロトコルによりズームをはじめとする各種機能制御を可能とする光学防振機構搭載のカメラ（MP1010-VC、ズーム：10倍、解像度：1920×1080）を採用した。

頭部首振り機能はコマンド式サーボモータを2台とアルミL型アングルを用いることで、ヨー運動、ピッチ運動の2自由度で姿勢制御が可能である。コマンド式サーボモータについては、カメラ姿勢制御デバイスと同様のものを使用した。

台車はメカナムホイール（土佐電子社製）を用いた四輪独立駆動による全方向移動機構となっている。メカナムホイールは1車輪に取り付けられた15個の樽型ローラを進行方向に対して軸が45度傾くように設置し、機体の対角上に配置されるタイヤのローラ軸の配向は同じとなっている。配置された4つのメカナムホイールを独立にDCモータで駆動させることで全方向移動が可能となっている。DCモータの駆動回路には、SH-2マイコン搭載小型組込ドライバーボード（土佐電子社製、最大出力電流：30A）を使用しており、シリアル通信（RS-232C）によるコマンド制御が可能となっている。また、台車の走行操作については、無線通信方式のジョイスティックコントローラ（ブイストン社製、VS-C1）を用いて行うことも可能となっている。無線ジョイスティックからの命令は台車に搭載されている専用レシーバ（ブイストン社製、VS-C1用レシーバ）で受信し、同じく台車に搭載されているH8マイコンでコマンドに変換してモータドライバに送信されるようになっており、台車の走行制御が可能となっている。

4 システム構成および操作方法

本研究で開発した開発装置のシステム概要図を図4に示す。カメラモジュールの姿勢制御は従来システムと同様に、両手に把持する3次元センサ（Polhemus社製、Patriot、位

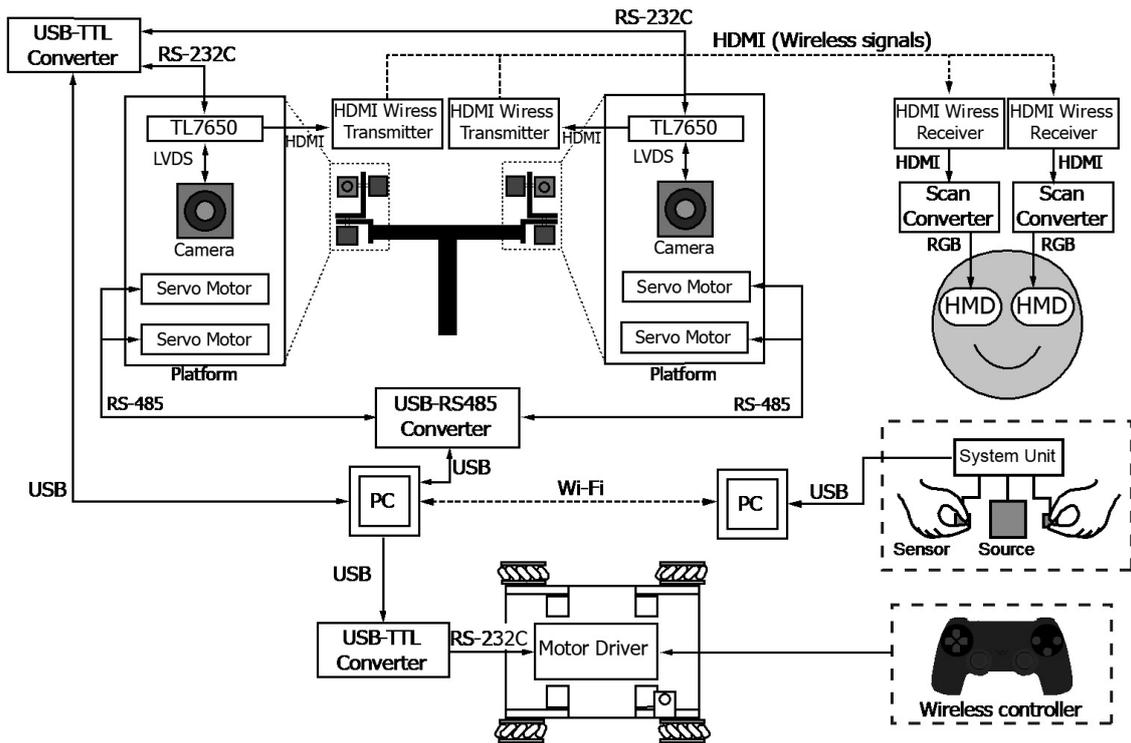


図4 システム概要

置精度：2.54[mm]，センサ姿勢角度精度：0.75[°]，計測範囲：半径 1.52[m]，センサ入力：2[ch]，サンプリング周波数：60[Hz]，インタフェース：USB) を用いることで、手の位置の変化に追従するように行う。このときセンサ情報はユーザーの手元にあるから、Wi-Fiを介して開発システムに搭載されているPC (CompuLab社製, FitPC3, CPU: AMD-G series APU 1.0 1.6[GHz], Memory, 2[GB]) に送信され目標角度の計算を行い、USB-RS485変換器を介してサーボモータにコマンドを送信することで姿勢制御を行うことが可能となっている。また、台車の走行制御については、ユーザーの手元に配置されているPCの制御信号をWi-Fi経由で開発システム側PCに送り、更にUSB-RS232C変換器経由で台車に送信され、走行制御を行うようになっている。また、台車については無線通信ジョイスティックを用いても行うことが可能となっている。

映像信号処理については、カメラモジュールから出力される信号をLVDS (Low voltage differential signaling) 経由で駆動回路 (AVION社 TL7650, HDMI信号出力1[ch], SDI信号出力2[ch]) に送られる。駆動回路からはHDMI信号を出力し、無線式HDMIエクステンダーを介してユーザーサイドに設置されているスキャンコンバータに送信する。スキャンコンバータからはRGB信号を出力し、HMD (Head-Mounted Display) (美貴本社製, Z800 3D Visor DUAL, 画角: 40 [deg], 解像度: SVGA, 左右2系統アナログRGB入力) に送信して映像呈示をすることができる。このような信号処理を2系統独立して行うことで、両眼に独立した視野を呈示することが可能となっている。VISCAプロトコルによるカメラ制御については、モータの姿勢制御と同様な方法で行うことが可能となっている。

5 おわりに

本研究では独立した2つの方向の視野映像取得と首振り機構を有する遠隔操作ロボットシステムの開発を行った。バーチャルカメレオンのカメラシステムを移動ロボットに実装することで、移動時における両眼独立視の知覚状態を調べるためのプラットフォームの開発を行うことができた。今後は、複雑となっている操作インタフェースの改良を行うとともに、本システムによって得られた視覚情報がユーザの知覚状態にどのような影響を及ぼすのかを検証したいと考えている。

謝辞

本研究は、東北工業大学学内公募研究（2019-03）の援助により行われたものである。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- [1] W. Kirmse, "Visuomotor operation in transition from object fixation to prey shooting in chameleons", *Biological Cybernetics* 71 (2), pp.209-214, 1994
- [2] F. Mizuno, T. Hayasaka, T. Yamaguchi, "A Portable Device to Represent Different Views to Both Eyes", *Proceedings of the 32nd Annual International Conference of the IEEE Engineering Medicine and Biology Conference*, pp.3210-3213, 2010
- [3] F. Mizuno, T. Hayasaka, T. Yamaguchi, "Development of a System to Provide Different Fields of View to Eyes with a Function to Generate Rapid Movements", *Proceedings of the 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering Medicine and Biology Conference*, pp.5311-5314, 2013
- [4] R. Blake and W. Wilson, "Binocular vision", *Vision Research* 51 (7), pp.754-770, 2011
- [5] B. B. Breeze, "Binocular Rivalry", *Psychological Review* 16, pp.410-415, 1909
- [6] F. Mizuno, T. Hayasaka, T. Yamaguchi, "Virtual Chameleon: Wearable machine to provide independent views to both eyes", *Biomimetic and Biohybrid Systems, 2nd International Conference, Lecture Notes in Artificial Intelligence* 8064, pp.412-414, 2013
- [7] 平原達也, 吉崎大輔, 塚田高充, "テレヘッド六号機の運動特性と騒音特性音像定位性能", *日本音響学会誌*, 71巻, 11号, pp.563-670, 2015