



# バーチャルカメレオン：擬似的な両眼独立視を実現するシステムへのズーム機能の実装と基礎検討

水野文雄<sup>1)</sup>, 早坂智明<sup>2)</sup>, 山口隆美<sup>2)</sup>

1) 東北工業大学 工学部 (〒982-8577 宮城県仙台市太白区八木山香澄町 35-1, fumio@tohtech.ac.jp)

2) 東北大学 医工学研究科 (〒980-8575 宮城県仙台市青葉区星陵町 2-1)

**概要**：カメレオンが行う両眼独立視に着想を得て、これまで我々は擬似的に両眼独立視を行う能力をユーザに与えるシステム「バーチャルカメレオン」の開発を行ってきた。我々が開発を行ってきた従来システムでは、カメラをパン-チルトする姿勢制御機能を実現したが、レンズの光学ズーム機能は有していなかった。ズームは、カメラで撮影される映像の空間周波数と目に提示される像の動きの視覚刺激でありシステム使用時の視覚状態に大きく寄与すると考えられる。そこで本研究では、光学ズーム機能を有するカメラの実装を行ったので報告する。

**キーワード**：人間拡張, VR 応用, 両眼視野闘争, HMD

## 1. はじめに

哺乳類、爬虫類および魚類など多くの生物は、両眼を独立に動かすことで周囲を見て捕食や危険回避を行う。我々はカメレオンの眼球運動に着想を得て、両眼を独立して動かして得られた異なる二つの視野をユーザの両眼に提示するシステム「バーチャルカメレオン」の開発を行ってきた[1,2]。バーチャルカメレオンは、ユーザが装着するヘルメットに搭載された 2 台のカメラの姿勢を独立して操作し、カメラから得られた像をヘッドマウントディスプレイ (HMD) により、ユーザの両眼に独立して提示するウェアラブルシステムである。バーチャルカメレオン使用時はユーザの両眼に独立した映像を提示するため、ユーザには両眼視野闘争が生じるが、タスクに対応する応答時間が非使用時に比べ最大 134.9%の遅れが生じるものの、両眼視野闘争状態で周囲を視覚することが可能であることを実験により確認した [3]。両眼視野闘争の視覚の優位性の交替のタイミングは、提示される 2 つの像に含まれる視覚刺激の強さに相関する[4,5]ということが知られている。ユーザがバーチャルカメレオンを使用している様子を目視により観察したところ、コントローラを操作してカメラを大げさに動かし画面上に像の動きを生じさせている場面が高頻度で見られた。従って、強い視覚刺激としての大きい象の動きを任意のタイミングで発生させることで、2 つの象の優位性を切り替えて、周囲の視覚を行いやすくしているのではと我々は仮定した。したがって、強い視覚刺激と

Fumio MIZUNO, Tomoaki HAYASAKA, and Takami YAMAGUCHI

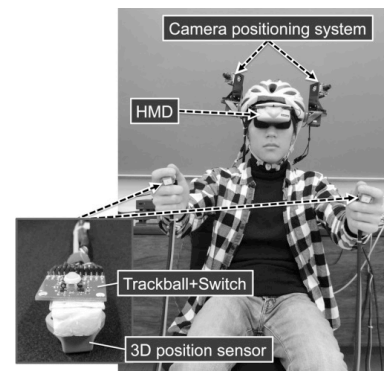


図 1: バーチャルカメレオン

なる像の動きを任意のタイミングで発生させることで、2 つの視覚の優位性を切り替えることを可能とし、周囲の視覚を行っているのではと仮定した。我々はヒトが最も高頻度で行う眼球のサッカド運動に注目し、モーメンタリスイッチを組み合わせた疑似サッカド生成機能を実装し、その効果の検証を行ったところ、バーチャルカメレオン使用時のユーザの応答性に関して最大で 80%の改善がみられた[6]。

これまで我々が開発を行ってきたバーチャルカメレオンは、カメラを 2 自由度で姿勢制御を行うことができたが、ズーム機能は実装させていなかった。2 自由度のカメラ姿勢制御を行うことによって得られる像の動きは上下左右方向への様なものであった。カメラの姿勢制御によって得られる様な像の動きに対してズームによって得られる像の動きは画面中心からの放射状の像の動きが得られ

る。また、ズームを行うことで視野内における視覚刺激として空間分解能の変化も得ることが可能なる。そのため、本研究では光学ズーム機能を有するカメラを装置に実装を行ったので報告する。

## 2. システムの概要

本研究で開発したシステムの外観を図2に、またシステム構成を図3に示す。本システムは、カメラの姿勢制御とカメラの光学ズーム操作用インタフェースとして使用するコントローラ、カメラ姿勢制御システム、光学ズームレンズ搭載カメラおよび映像呈示装置である HMD (Head-Mounted Display) により構成される。コントローラについては、6 軸 3 次元位置センサである POLHEMUS 社製 PATRIOT (空間分解能: 0.00038 [mm], センサ姿勢角度制度: 0.75 [deg], 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) とトラックボール (Sparkfun 製 Blackberry Trackballer Breakout, 電源: 2.5-5.25 [VDC]) を組み合わせることで構成した。コントローラを用いるこ



図 2: ズーム機能を有するカメラを実装したバーチャルカメラレオンの外観

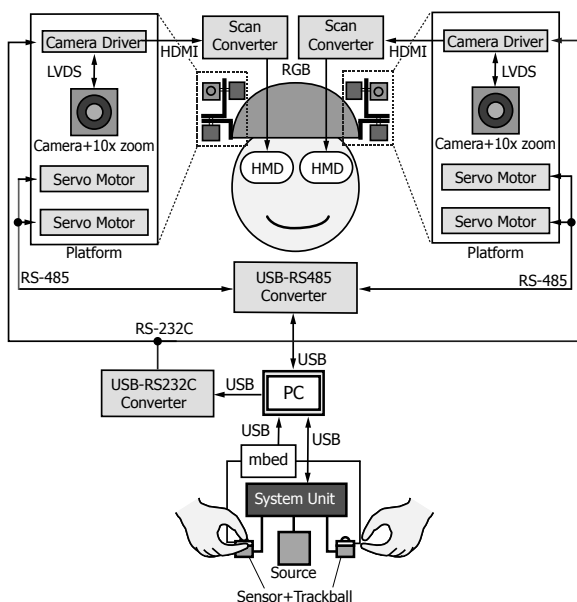


図 3: 開発システムの概要

とで、3次元位置センサの位置に追従するようにカメラの姿勢角度を制御し、トラックボールの回転によりカメラのズームの制御を行うことができる。カメラで撮影した2つの映像は、ユーザが装着する HMD に搭載されている2代のディスプレイに別々に投影される。ユーザは、両手に把持するセンサを見たい方向に向け、カメラの方向をその方向へ追従させ見たい方向の視野を得て、また、トラックボールでズームイン・ズームアウトを行うことが可能となっている。

本システムで使用するカメラには光学ズーム機能を搭載し、小型で軽量にするという点を考慮に入れ、タムロン社製のカメラモジュール MP1010-VC (解像度: FHD, レンズ: 光学 10 倍) を採用した。なお、本カメラモジュールは映像出力インタフェースが LVDS であるため、MP1010-VC 用バックエンドボードである TL7650 (AIVON) を用いて HDMI 規格信号に変換して出力する。ズーム倍率の制御は両手に把持しているセンサに搭載されているトラックボールの回転により行う。また、カメラモジュールの制御プロトコルは RS-232C 準拠 AV 機器制御インタフェース VISCA (Video System Control Architecture) コマンドを用いて行う。映像呈示装置として使用した HMD は美貴本社製 HMD (Z800 3D Visor DUAL, 画角: 40 [deg], 解像度: SVGA, 左右2系統アナログ RGB 入力) を採用した。HMD の信号入力インタフェースは RGB であるため、カメラからの HDMI 信号をスキャンコンバータにより変換して HMD へ入力するようにした。

## 3. カメラ姿勢制御装置

カメラ姿勢制御システムの機構部の外観を図2に示す。2台の CCD カメラは2自由度のジンバル構造を有するの台座に設置し、更にその台座をヘルメットの左右にそれぞれ設置した。外形寸法は、幅 395 [mm], 高さ 217 [mm], 奥行き 265 [mm] であり、重量は約 1.1 [kg] である。駆動用のアクチュエータとして、双葉電子工業製 RS401CR (トルク: 16.8 [kg-cm], 動作速度: 0.14 [s/60 deg], 可動域:  $\pm 150$  [deg]) を用いた。本研究で採用したアクチュエータは RS485 通信によるコマンド入力を行うことで、角度制御や制御時間などの制御を行うことが可能である。本研究では入力装置から得られた目標角度をサンプリング周波数 60 [Hz] で与えて駆動した。可動域については、パン・チルト方向ともに正眼位を 0 [deg] とすると、 $\pm 150$  [deg] と

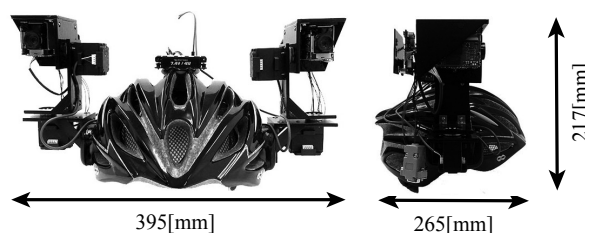


図 4: カメラ姿勢制御装置の外観

なっている。

本研究では、カメラの角度制御に用いる目標角度を以下に述べる手順により求めた。まず、式(1)により、3次元位置センサの発信器を基準とする座標系における受信器までの位置ベクトル ${}^0\mathbf{p}_n$  ( $n = 0,1$ )を、またユーザの肩峰付近を原点とする基準座標系の位置ベクトル ${}^{S_n}\mathbf{p}_n$  ( $n = 0,1$ )に変換する。なお、 $n$ については両手で把持しているセンサと、ヘルメットに取り付けられたカメラを示す。ここで、カメラ、発信器、センサの位置関係は図5に示す通りであり、カメラの撮影方向ベクトルとする ${}^C\mathbf{p}_n$ と ${}^{S_n}\mathbf{p}_n$ は平行であるとす。

$${}^{S_n}\mathbf{p}_n = {}^0\mathbf{p}_n - {}^0\mathbf{p}_{S_n} \quad (1)$$

このとき求められた ${}^{S_n}\mathbf{p}_n$ は、

$${}^{S_n}\mathbf{p}_n = [{}^{S_n}x_n \quad {}^{S_n}y_n \quad {}^{S_n}z_n]^T \quad (2)$$

また、 ${}^{S_n}\mathbf{p}_n$ を極座標系で表現するとき、

$${}^{S_n}\mathbf{p}_n = [r_n \quad \theta_n \quad \varphi_n]^T \quad (3)$$

とすると、 $r_n$ 、 $\theta_n$  および  $\varphi_n$  は、

$$r_n = \sqrt{{}^{S_n}x_n^2 + {}^{S_n}y_n^2 + {}^{S_n}z_n^2} \quad (4)$$

$$\theta_n = \tan^{-1} \frac{{}^{S_n}y_n}{{}^{S_n}x_n} \quad (5)$$

$$\varphi_n = \tan^{-1} \frac{{}^{S_n}z_n}{\sqrt{{}^{S_n}x_n^2 + {}^{S_n}y_n^2}} \quad (6)$$

と求めることができる。また、 ${}^C\mathbf{p}_n$ と ${}^{S_n}\mathbf{p}_n$ は平行であるため、 ${}^C\mathbf{p}_n$ は以下のように表される。

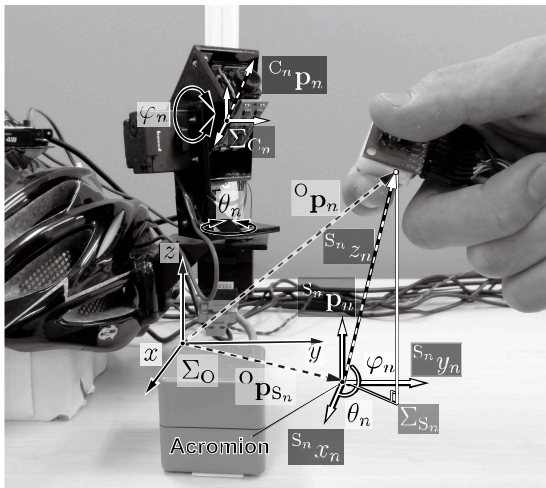


図5: カメラおよび3次元位置センサの位置関係

$${}^C\mathbf{p}_n = [1 \quad \theta_n \quad \varphi_n]^T \quad (7)$$

ここで求められた $\theta_n$ と $\varphi_n$ をカメラの姿勢角度として利用した。

#### 4. おわりに

本研究では、ズーム機能を有するカメラを実装したバーチャルカメラレオンシステムの構築を行った。本システムでは3次元位置センサとトラックボールを組み合わせたコントローラを使用することにより、直感的に見たい方向に両手で把持しているセンサを見たい方向に向けると、2台のカメラはその動きに追従する。このとき、撮影された映像を両眼に別々に呈示することで、両眼独立状態による周辺の視認を可能となった。また、トラックボールにより光学ズーム率を変更することで視野を拡大縮小することが可能となった。

今後は、光学ズーム機能を用いることで生じる両眼で異なる空間分解能と、ズームによって生じる放射状の映像の動きが視覚状態にどのように影響を与えるか検証したいと考えている。

#### 参考文献

- [1] Fumio Mizuno, Tomoaki Hayasaka and Takami Yamaguchi : Virtual Chameleon - A System to Provide Different Views to Both Eyes, IFMBE Proceedings, Vol.25, pp.169-172, 2009.
- [2] Fumio Mizuno, Tomoaki Hayasaka and Takami Yamaguchi : A Portable Device to Represent Different Views to Both Eyes, Proc. IEEE EMBC 2010, pp.3210-3213, 2010.
- [3] Fumio Mizuno, Tomoaki Hayasaka and Takami Yamaguchi : A fundamental evaluation of human performance with use of a device to present different two-eyesight both eyes, Proc. of IFMBE, Vol.37, pp.1176-1179, 2011.
- [4] Randolph Blake and Nikos K. Logothetis : Visual Competition, Nature Reviews Neuroscience, Vol.3, pp. 1-11, 2002.
- [5] B.B Breese : Binocular Rivalry, Psychological Review, Vol.16, pp.410-415, 1909
- [6] Fumio Mizuno, Tomoaki Hayasaka and Takami Yamaguchi : Development of a System to Provide Different Fields of View to Eyes with a Function to Generate Rapid Movements, Proc. of IEEE EMBC 2013, pp.5311-5314, 2013