

K-043

バーチャルカメレオン –任意の方向の独立した視野を両眼に呈示するシステムに関する基礎的研究–

Virtual Chameleon – Fundamental study on a system to present independent view fields of arbitrary direction to both eyes –

水野 文雄^{*1} 早坂 智明^{*2} 山口 隆美^{*3}
Fumio Mizuno Tomoaki Hayasaka Takami Yamaguchi

1. はじめに

カメレオンに代表されるように、爬虫類、草食哺乳類や魚類には、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存在する。一方、ヒトの眼球運動については輻輳や開散による差異は存在するものの、両眼が独立してまったく異なる方向へ運動することは無く、原則、同一方向への眼球の向転のみとなる。したがって、視差を生じる以上に異なる像を両眼が同時に認識することは無く、カメレオンの様に全く異なる方向を向いている両眼の視野を知覚することは無い。

しかし、カメレオンは、中心窩を有し、サッケード固視運動運動を行い[1]、そして視線移動に伴う眼球運動は Listing 則[2]に従う[3]ことから、単眼の運動機能や解剖学的構造はヒトを含む霊長類に共通する点がある。

そこで、我々はヒトの場合でも、適切な補助具を使用することで、両眼を独立した状態で、離れた別個の視野を同時に認識することができるのではないかとこの仮説を立て、仮想現実感技術によるヒトの両眼に対して独立した視野を呈示する装置、「バーチャルカメレオン」の開発を行ったので報告する。

2. システムの概要

バーチャルカメレオンの機構の概略図を Fig.1 に示す。本システムは、カメラの操作用装置として使用する 3 次元トラッキングシステム、カメラ姿勢制御システムおよび映像呈示装置により構成されている。バーチャルカメレオンは、ユーザが把持する 3 次元トラッキングシステムの位置センサの動きに追従するように、2 台の CCD カメラの姿勢を独立して制御する。2 台のカメラで撮影された画像は、頭部に装着した HMD を通じて、右眼と左眼に対して別々に投影される。

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 Fig.2 に示す。2 台の CCD カメラは Helmholtz 回転則[2]に従う 2 自由度の台座に設置し、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 400mm、高さ 250mm、奥行き 200mm であり、重量は 2.34kg である。

カメラの可動域は、カメレオンの眼球の可動域が水平方向に約 200deg、垂直方向に約 90deg である[4]のに対し、本装置では水平 360deg、垂直±90deg である

本システムではアクチュエータとして超音波モータ (USR60-E3, USR30-E3a) を採用した。CCD カメラのパン方向回転に USR60-E3 (定格出力 5.0W, 最大トルク 1.0Nm)、チルト回転には USR30-E3a (定格出力 1.3W, 最大トルク 0.05Nm) を用いた。

超音波モータの制御は、ドライバに対して与える速度指令電圧に応じて、回転速度を制御することが可能であるため、本研究では角度指令に基づく位置制御を行うにあたり単純な比例制御を適用した。

4. 三次元位置計測センサによる操作

本研究では、CCD カメラの撮影角度を指先で指示するために、三次元センサにより指先の位置情報の取得を行った。使用した装置は、POLHEMUS 社製の三次元トラッキングシステムである PATRIOT (位置精度: 2.54mm, センサ姿勢角度精度: 0.75deg, 計測範囲: 半径 1.52m, センサ入力: 2ch, サンプリング周波数: 60Hz, インタフェース: USB) を用いた。本装置は発信器と受信器により構成され、発信機の原点位置を基準としたデカルト座標系による受信

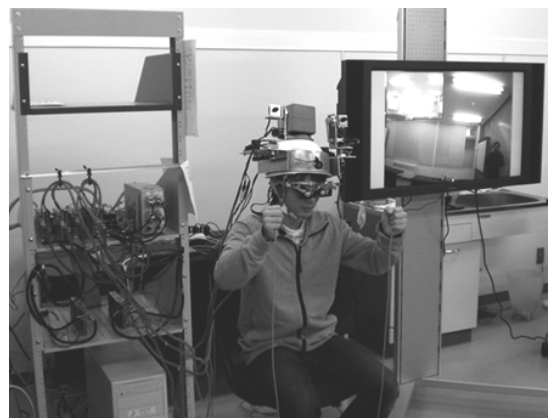
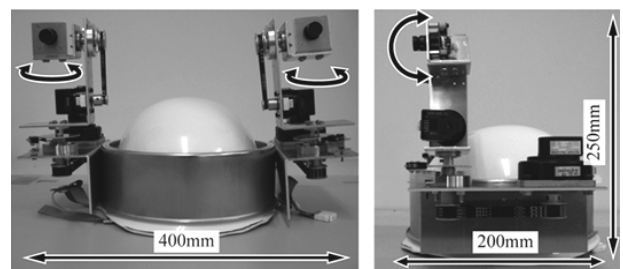


Fig.1 Exterior view of Virtual Chameleon



(a) Front view (b) Side view
Fig.2 Mechanism of camera positioning system

^{*1} 東北工業大学工学部知能エレクトロニクス学科

^{*2} 東北大学大学院工学研究科バイオロボティクス専攻

^{*3} 東北大学大学院医工学研究科医工学専攻

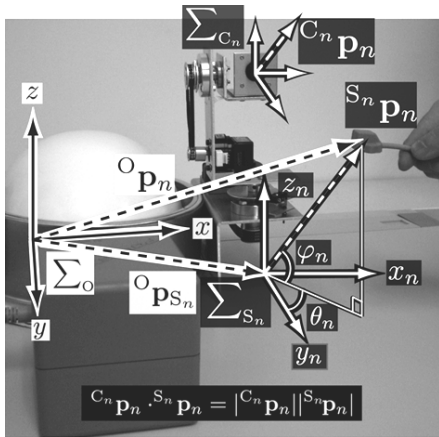


Fig.3 Positions of the camera, the sensor and the source

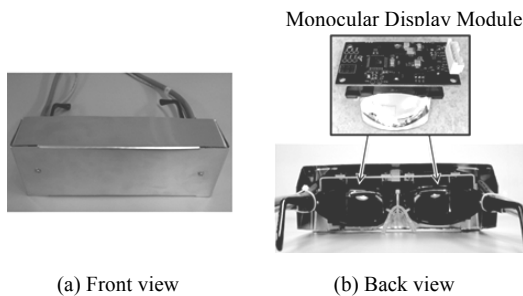


Fig.4 Exterior view of HMD

器の三次元位置情報を取得することが可能である。

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処理を行った。まず、式(1)により、発信器の基準座標系における受信器であるセンサの位置ベクトル ${}^O\mathbf{p}_n$ ($n=0,1$)を、ユーザの肩峰近傍を原点とする座標系の位置ベクトル ${}^{S_n}\mathbf{p}_n$ ($n=0,1$)へ変換する。ここで、カメラ、発信器、センサの位置関係は、Fig.3 に示す通りであり、カメラの撮影方向ベクトル ${}^{C_n}\mathbf{p}_n$ と ${}^{S_n}\mathbf{p}_n$ は平行であるとする。

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

このとき計算されたベクトルは、

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

であるとする。ここで、複素数 $b+ja$ の偏角を \arg とする場合にスカラ関数

$$\text{atan2}(b, a) = \arg(a + jb) \quad (2)$$

を定義すると、本式を用いてカメラ姿勢制御のパン方向への目標角度 θ_n とチルト方向の目標角度 φ_n は、以下の式(3)、式(4)のように求まる。

$$\theta_n = \text{atan2}(y_n, x_n) \quad (4)$$

$$\varphi_n = \text{atan2}\left(z_n, \sqrt{|x_n|^2 + |y_n|^2}\right) \quad (5)$$

5. 映像呈示装置

本研究で使用した HMD は、DAEYANG 社製の単眼用 HMD モジュール FX-603 (解像度:SVGA, 16-bit カラー, アナログ RGB コンポーネント信号入力) を 2 台組み合わせることで開発を行った。両眼に別々の像を提示することを

可能とするため、眼鏡とアルミ製フレームにより製作した専用フレームの右左の眼前に、各単眼用 HMD モジュール設置した (Fig.4)。

CCD カメラ(40 万画素, 811x508, カラー)から得られる NTSC 信号を、アップスキャンコンバータ(NOVAC 社製)を使用し、アナログ RGB 信号へ変換を行った後に HMD への入力を行うようになっている。

6. 結果

以上に述べた装置を組み合わせることで開発されたバーチャルカメレオンを用いて、健常な成人男性 14 名で構成される被験者に対して着用試験を行った。着用試験は、着用時間およびタスクは特に設定することなく、被験者が自由に使用するという形式で実施した。実験結果は、被験者からの口頭による報告により得た。

本稿における着用試験では、14 名中 14 名が本システムを使用して周囲を見渡すことができるという結果が得られた。特に着用時間は設定しなかったが、いずれの被験者の使用時間も 3 分前後であった。

各被験者からの報告より、左右の眼に提示された像は以下に述べるように共通して知覚された。装着当初は、像が重なって知覚され、特に、利き目側からの視覚刺激が優位に知覚されることがあった。このとき、知覚される視野上の様々な領域で、両眼の眼から得られた視野が断片的に混在して知覚された。被験者がカメラを素早く動かした際には、動いたカメラ側からの像の方が優位に知覚された。

なお、ほとんどの被験者は着用後十数分後には左右の像を判断し、能動的にカメラを操作し周囲を見渡していた。

7. おわりに

本研究では、2 台の CCD カメラ、ジンバル機構を有する 2 自由度のカメラ姿勢制御装置、3 次元位置計測センサおよび映像呈示装置などの装置を組み合わせることで、左右独立かつ非対称に視線を移動した際に得られる視覚を提示する装置「バーチャルカメレオン」の開発を行った。本装置を用いることで、カメレオンのように、両眼を独立して任意の方角へ動かすようにヒトの機能を拡張し、通常ヒトでは体験できない感覚をヒトに与えることが可能となることが、被験者による試用により確認された。

また、本研究で開発を行ったシステムは、通常のヒトには得られない視覚をユーザに与えることが可能あることから、ゲーム、アトラクションなどのアミューズメント用途への応用が可能であると考えられる。

今後は、長期着用実験を実施することで本装置がユーザに与える精神的および身体的負担の調査と、両眼独立視への順応について検証を行う予定である。

参考文献

- [1] Ott M.: Chameleons have independent eye movements but synchronise both eyes during saccadic prey tracking, *Exp. Brain Res.*, Vol.139, (2001), pp.173-179
- [2] 萩原 朗: 眼の生理学, 医学書院, pp.302-306, 1966
- [3] Peter, T. S. et al: Chameleon eye position obeys Listing's Law, *Vision Research*, Vol.41, (2001), pp.2245-2251
- [4] Mates J.W. H.: Eye Movements of African Chameleons, *Science*, No.199, (1978), pp.1087-1089