

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月26日現在

機関番号：31303  
 研究種目：若手研究（B）  
 研究期間：2010～2011  
 課題番号：22700127  
 研究課題名（和文） 両眼視野闘争時の内的知覚の交替現象を利用した全方位視知覚補助装置の開発  
 研究課題名（英文） Development of a device to assist visual perception of a user for arbitrary direction using alternations of visual perception at binocular rivalry  
 研究代表者  
 水野 文雄 （MIZUNO FUMIO）  
 東北工業大学・工学部・講師  
 研究者番号：20432289

研究成果の概要（和文）：

両眼に任意の方角の視野をユーザに呈示するウェアラブルシステムの開発を行った。本システムを用いて、両眼を独立状態でターゲットを探索する実験を行うことで、通常の視覚に比べ反応性は低下するが、ユーザは両眼を独立状態で周囲を見渡しながら探索を行うことを明らかにした。また、両眼独立状態で生じる知覚の交替現象に影響を及ぼす視覚刺激を与える方法として、擬似的なサッカド運動を生じさせる機能を追加した。

研究成果の概要（英文）：

We developed a wearable system that provides a human user with the artificial oculomotor ability to control their eyes independently. We performed fundamental experiments to evaluate effects on the user's visual capabilities. However, providing two independent fields of view led to binocular rivalry in volunteers, which reduced performance compared to the control case. We added functions to provide the user fields of view based on saccadic movements to the system.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：ヒューマンインタフェース

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：ウェアラブル機器、バーチャルリアリティ、ディスプレイ、認知科学

1. 研究開始当初の背景

カメレオンに代表されるように爬虫類、草食哺乳類、魚類の多くは両眼を巧みに操ることで全方位を視認し、捕食や危険察知などの行動を取る。一方、健常なヒトの眼球運動は、輻輳や開散などは存在するが、同一方向への向転が主となり、また、両眼が全く異なる方向の視野の像を同時に認識することは無い。進化の過程における視機能の分岐

が生じた結果とはいえ、カメレオンに見られるヒトとは全く異なる眼球運動の様式とその認知機能は非常に興味深い。

我々はバーチャルリアリティ技術を用いてカメレオンのように視線を両眼独立状態で動かし、まったく異なる方向の視野をヒトの両眼に独立して与える装置、「バーチャルカメレオン」の開発を行ってきた。本装置は、ユーザの両手で把持したセンサを動かすこ

とで2台のカメラを独立して制御し、2台のカメラから得られた映像をユーザの両眼に別々に呈示する。

通常、視能が健全なヒトの両眼に対して異なる2つの像を別々に与えた場合、両眼視野闘争と呼ばれる、左右別々に投影された像が競合することで、視覚時に交替で現れては消え、また現れるというような知覚の交替現象が生じる。

この両眼視野闘争の状況下においてヒトは、動きを伴う視覚刺激が優位に知覚される。我々が、バーチャルカメレオンを用いて試験を行ったところユーザが能動的にカメラを動かすことで優位に見える視覚が切り替わった。これは、ヘッドマウントディスプレイ上に画像の動きが生じ、優位な知覚を切り替えるにいたる主な原因となる視覚刺激生じているからだと考えられる。すなわち、能動的な知覚の切替え期間を短縮し適時性の最適化を行うことであることで、カメレオンが行うような両眼独立視を擬似的に実現することが考えられる。

また、逆さめがねを被験者に着用さ、長期間の生活をさせる心理実験は広く知られている。これらの実験において、被験者は水平面と正中面を180deg回転させた視野を与えられ長期間過ごすか、視覚情報と自己受容情報の関係が全く異なるよう変化させられているにもかかわらず、被験者は与えられた環境中においても適切に反応することを学習する。この逆さめがねの実験同様に、ヒトに対してカメレオンと同様に両眼を任意の方向へ能動的に動かす機能をヒトに与え、長期間の着用実験を行うことにより、ヒトがカメレオンと同様の両眼視状況下においても学習により適応した反応を獲得するかということと、その状態に至る過程は非常に興味深いと考えられる。

## 2. 研究の目的

本研究では、長期にわたる両眼独立視覚の影響下に置かれたユーザが、両眼独立状態の視覚へ適応状態を調べるため、長期着用状態で自由意志に基づき広範囲におよぶ移動や行動を可能とし、かつ両眼独立状態で任意の方向を見渡せる小型ウェアラブル版のバーチャルカメレオンの開発を行うことにする。

また、両眼独立視を行った際に生じる両眼視野闘争の状況下において知覚の交替現象に影響を与える視覚刺激として動きを伴う視野に注目し、ヒトの眼球運動に見られる特徴をバーチャルカメレオンのカメラの姿勢制御を実装することで、視覚刺激に変化を与え、その効果の基礎的な検討を行うこととする。

## 3. 研究の方法

(1) 本研究計画では、はじめに着用状態での長期の

運用を可能とするシステム構成とするバーチャルカメレオンの開発を行う。

(2) 開発システム着用時においてユーザの視野へ適応状態と視覚能力の変化についての基礎的検証を行う。ここでは、健常な男性11名(平均年齢: 23.5±8.0歳、全員晴眼者)を対象として実験を行った。実験は、バーチャルカメレオン着用状態と非着用状態について2種類について実施した。

実験器具と被験者の配置は、バーチャルカメレオン使用時は図1、図2、バーチャルカメレオン非使用時図3、図4に示す。本実験手順は、着席した被験者の両側に設置された3x3のマスのそれぞれ1箇所、ランダムにマークを配置する。被験者には、マーク位置の探索・解答させるというタスクを20回繰り返した。ここでは、設置されたマークを探索し、解答するまでの時間と正答率を求めた。

(3) 両眼視野闘争の知覚交替特性に影響を与える刺激に注目し、開発装置に対する機能追加を行った。与える視覚刺激は、像の流れ、像のコントラスト、明暗、空間分解能の変化などが挙げられる

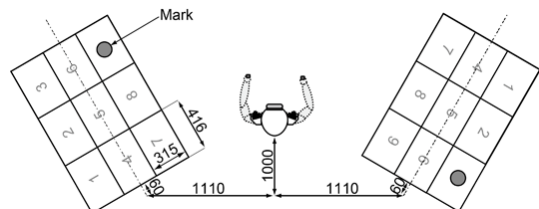


図1 実験条件上面図  
(バーチャルカメレオン有)

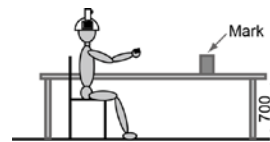


図2 実験条件側面図  
(バーチャルカメレオン無)

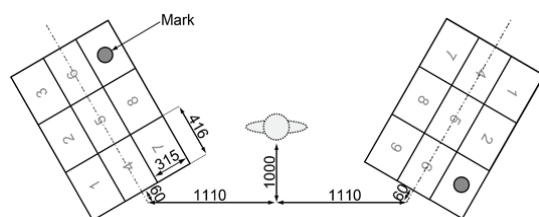


図3 実験条件上面図  
(バーチャルカメレオン無)



図4 実験条件側面図  
(バーチャルカメレオン無)

が、ヒトの場合でも眼球運動において生じるということと視覚行動とも関連が強いことから、はじめに像の流れの変化に着目した。そこで、ヒトが行う眼球運動で最も多くを占める素早く跳躍的に行う眼球運動であるサッカド運動を擬似的に実現するための機能追加を行い、検討を行う。

#### 4. 研究成果

(1) 開発を行ったバーチャルカメレオンをユーザが着用した状態の外観を図5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。ユーザの両手で把持している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Head-Mounted Display (HMD)を通じて、右眼と左眼に対して別々に投影される。

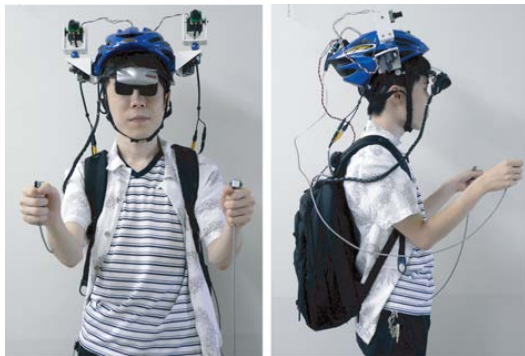


図5 開発システム外観

(2) 本研究における実験結果として正答率とマーカー探索までの平均時間を求めた。平均時間については、バーチャルカメレオン使用時と非使用時におけるマーカーを見つけるまでの時間間隔の平均を図6に示している。

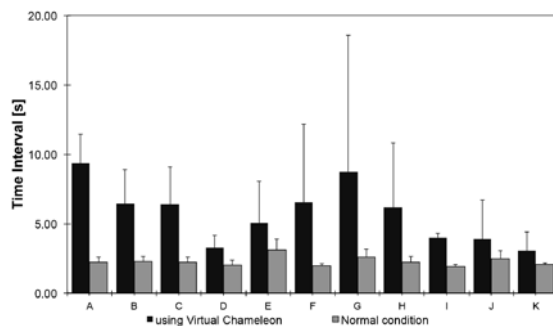


図6 実験結果

実験を行って得られた結果から、開発装置を用いた場合については、正答率が0.85-1.0であり、通常状態の実験結果も0.9-1.0であっ

たことから、両眼独立運動状態でもヒトは周囲の状況を理解することが分かった。

図6から応答時間については、バーチャルカメレオン着用時は、バーチャルカメレオンを着用しない通常状態に比べ50-300%のオーダーの遅延が生じる結果となった。このことから、周囲を見回し静止状態の周囲環境を理解することができるが、バーチャルカメレオンを使用することでヒトの応答性が低減されることになることが確認できた。応答性の低減は、被験者ごとに遅延の50~300%という分布についての原因はバーチャルカメレオンの操作方法に起因するのかわかるとは今後の研究で検証したいと考えている。

この実験結果から、開発システムは、素早い応答を要しないアプリケーションに応用すべきであることが分かった。また、被験者間に見られる応答の遅延時間に差が生じているため、システムの使い方、被験者毎の認知特性などを調べることでこの応答時間の遅延のばらつきが生じる原因の解明を行う必要があると考えられる。

(3) ここでは、従来開発を行ってきたシステムに基新たにセンサ類の追加を行うというかたちで開発を行った。開発システムしたシステムの外観を図7に、システム構成は図8に示すものとする。

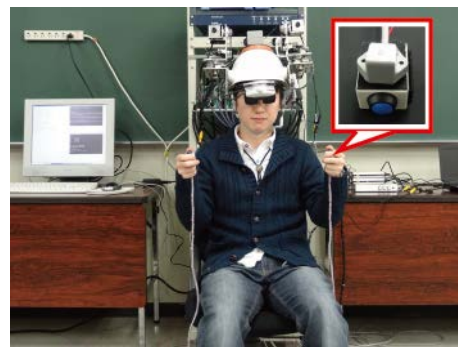


図7 システム外観

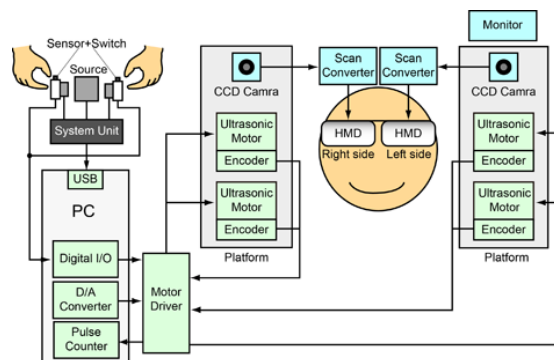


図8 システム構成

本システムでは、左右の手で把持されるセンサに取り付けられたモメンタリスイッチ

のON-OFF信号をデジタル入出力デバイスを用いて取得し、モメンタリスイッチがONになっている期間に、カメラの姿勢制御を行うことにした。

また、ここでは擬似的なサッカーボール運動の生成を行う手法の検討を行った。検証実験では、擬似的なサッカーボール運動実行時において最大 900[deg/s]のカメラ姿勢角速度を生成することが可能であることを確認することができた。ヒトの視線移動の最大速度が1000[deg/s]であるため、ヒトの視線移動と同等の運動機能を実現できたと考えられる。このことから提案手法を用いることで、サッカーボール時に網膜に投影される像と同等の象をユーザに対して両眼を独立にして与えることが可能になったと考えられる。

本システムを用いてユーザによるテストを行ったところ、擬似的なサッカーボール運動を生成した際には、両眼視野闘争の優位な知覚交替が素早く切り替えることを確認することができた。

以上に述べた通り本研究では、左右独立かつ非対称に視線を任意の方向に移動した際に得られる視覚を提示するウェアラブル型「バーチャルカメレオン」の開発を行った、また、開発した装置を用いた静止したターゲットを探索し位置を求める実験を行うことで、ヒトの近く及び行動の応答性に遅延が生じるが、カメレオンのように両眼を任意の方向に動かす機能をヒトに付与しても静止している周囲環境を両眼で見分け、理解することが可能であることを確認した。一方で、両眼に異なる二つの像を呈示した際に生じる知覚の交替現象である両眼視野闘争において、優位な知覚を素早く切り替える手法の検討を行った。これらの事から、本研究は基礎段階ではあるが、ヒトが持つ感覚をこれまでに無い形で拡張する新たな技術創出に貢献できるものと期待する。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① F. Mizuno, T. Hayasaka and T. Yamaguchi, A Portable Device to Represent Different Views to Both Eyes, Proc. of the 32nd Annual Int. Conf. of the IEEE Eng. in Medicine and Biology Society, Vol. 1, 3210~3213, 2010, 査読有
- ② F. Mizuno, T. Hayasaka and T. Yamaguchi, Fundamental evaluation of adaptation and human capabilities in a condition using a system to give a user an artificial oculomotor function to control directions of both eyes independently, i-Perception, Vol.2, 799,

2011, DOI: 10.1068/ic799, 査読有

[学会発表] (計7件)

- ① 水野文雄、早坂智明、山口隆美、擬似的な両眼独立視を実現する着用可能なシステムの開発、ロボティクス・メカトロニクス講演会'10、2010年6月16日、旭川
- ② F. Mizuno, T. Hayasaka and T. Yamaguchi, Virtual Chameleon - A Portable Device to Represent Different Views to Both Eye, 6th World Congress of Biomech. 2010年8月4日、Singapore
- ③ F. Mizuno, T. Hayasaka and T. Yamaguchi, Portable Device to Represent Different Views to Both Eyes, IEEE EMBC 2010, 2010年9月2日、Buenos Aires, Argentina
- ④ F. Mizuno, T. Hayasaka and T. Yamaguchi, Virtual Chameleon - A Wearable Device to Represent Different Views to Both Eyes, the 7th Int. Conf. & Expo on Emerging Tech. for a Smart World (CEWIT 2010), 2010年9月29日、Incheon, Korea
- ⑤ 水野文雄、早坂智明、山口隆美、任意の方向の独立した視野を両眼に呈示する着用型システムに関する基礎研究、ロボティクス・メカトロニクス講演会'11、2011年5月27日、岡山県
- ⑥ F. Mizuno, T. Hayasaka and T. Yamaguchi, A fundamental evaluation of human performance with use of a device to present different two-eyesight both eyes, 5th eMBEC2011, 2011年9月17日、Budapest, Hungary
- ⑦ F. Mizuno, T. Hayasaka and T. Yamaguchi, Fundamental evaluation of adaptation and human capabilities in a condition using a system to give a user an artificial oculomotor function to control directions of both eyes independently, 12th IMRF, 2011年10月17日、福岡県

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

水野 文雄 (MIZUNO FUMIO)

東北工業大学・工学部・講師

研究者番号：20432289