

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 27 日現在

機関番号：31303

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24700122

研究課題名(和文)多感覚情報に基づく注意呈示による両眼視野闘争の視覚誘導を行う全方位知覚装置の開発

研究課題名(英文)Development an omnidirectional display device to bias perceptual dominance in binocular rivalry by presenting attentions based on multisensory information

研究代表者

水野 文雄(Mizuno, Fumio)

東北工業大学・工学部・准教授

研究者番号：20432289

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円、(間接経費) 1,050,000円

研究成果の概要(和文)：我々は、ユーザが両眼に任意の独立した視野を得る装置「バーチャルカメレオン」の開発を行い、評価実験を実施してきた。本研究では、バーチャルカメレオンに搭載されたカメラの操作の可用性を向上し、触覚を伴う操作感を得られる追加機能の役割を果たすインタフェース開発を行い、検証実験を実施した。実験結果では、正答率については従来と同様に周囲を視覚していることを確認することができ、さらに与えられたタスクに対する応答性について、およそ従来比で32.7%の時間的な向上が見られた。このことから、視覚行動に対しても他の感覚や動作が、全方向視知覚の状態向上を図り行動の応答性の向上に関連することが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：We got an idea from their capabilities to move their both eyes independently and developed a system to provide a user an artificial oculomotor function to control directions of both eyes, which was named Virtual Chameleon. In this work, we focused on influence of saccadic eye movements on visual perception with binocular rivalry, and implemented a new function to make users control the system in various styles attitude control of camera platforms.

We performed experiments to evaluate effects on implementation of artificial saccadic eye movements. We obtained accuracy rates and response times to find out target positions. It was indicated that user could look around and distinguish independent views as previous work and the implementation of new functions improved the delay of up to 32.4% compared to previous system. It was suggested that the function to switch control timing of the system and generate saccadic eye movements improve human performance with use of Virtual Chameleon.

研究分野：総合領域

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 ユーザーインターフェース ディスプレイ バーチャルリアリティ

1. 研究開始当初の背景

カメレオンに代表されるように、魚類、草食ほ乳類およびは虫類など多くの生物が両眼を独立して動かし、周囲を視覚する。これら特異な視覚を行う生物とヒトの眼球の解剖構造は類似する点が多いのも関わらず全く異なる眼球運動様式と空間視覚を行うことは非常に興味深い。

我々は、カメレオンの両眼を独立して動かす眼球運動動態から着想を得て、カメレオンのように両眼の視線を任意の方向へ独立して動かしてその視野を与える装置「バーチャルカメレオン」の開発を行ってきた(図1)。



図1 バーチャルカメレオン

バーチャルカメレオンを用いることでユーザは、擬似的に視線を任意の方向へ動かし、通常では得ることができなかった両眼で独立した視野を得ることが可能となった。ヒトの両眼に異なる視野を与えると両眼視野闘争が生じることが知られているが、我々はバーチャルカメレオンを用いた試用を行うことでユーザには両眼視野闘争が生じた状態で視覚していることをこれまでの研究で確認した。

また、我々は健常な男性11名(平均年齢: 23.5 ± 8.0)を対象とし、バーチャルカメレオンを用いることで左右別々の視野を知覚できるのか、また出来る際にはヒトの視覚能力がどの程度変化するか検証を行うため基礎実験を行った。実験では、着席した被験者の左右に設置されたマス目の任意の位置に静止したターゲットを配置し、被験者にはターゲット位置の探索・解答させるというタスクを用意した。本実験の結果からバーチャルカメレオン使用して両眼で二つの異なる方向の視野を認識することができるが、両眼に異なる視野を与えられた際の周囲環境の認識および対応能力の低減が生じることを確認した。

両眼視野闘争下では、動きに伴う視覚刺激が優位に知覚され、実験中では被験者が能動的にカメラを操作することにより、ヘッドマウントディスプレイ上にオブティクフローを生じさせることにより視覚の優位性を切り替えて視認していると考えられる。

我々の実験において被験者は腕を動かすことでカメラを操作するがその速度そのものに差異は見られなかったため、被験者間の応答性の違いが生じる原因として、能動操作

における注意に着目した。その理由として、我々はヒトが感覚器から得る知覚情報を注意によってフィルターし、行動に必要な知覚を得ているためである。すなわち、適切な注意を適時に与えることができればバーチャルカメレオン使用時における両眼視野闘争下においてもその知覚の優位性をコントロールするだけで無く、適切な視覚情報を得られるようになるのではないだろうか。

2. 研究の目的

本研究では知覚行動における注意の誘導に着目し、視覚を中心とする多感覚情報に基づくよる注意呈示による全方位視覚についての視覚情報量の増大と応答時間の短縮を実現手法に関する研究を行うこととする。

3. 研究の方法

(1) 本研究では、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、コントラスト、明暗、空間分解能の変化などがあるが、眼球運動において生じるといふことに加え、視覚行動とも関連が強いことから像の流れの変化に着目した。また、視覚以外の感覚では体性感覚以外に触覚に注目し、装置操作時に触覚を伴う操作感を得られるようにした。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し、操作に触覚を伴うような機能追加を行うためのインターフェースの開発・実装を行い、検討を行う。

(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10名(平均年齢: 19.4 ± 1.7 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。また、比較のためバーチャルカメレオン着用状態では、新機能の有無についての実験も行うことにした。

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。

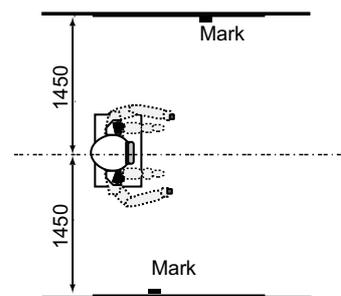


図1 実験条件上面図
(バーチャルカメレオン使用時)

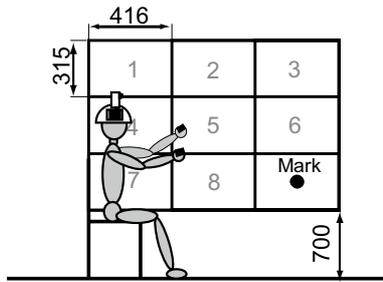


図2 実験条件側面図
(バーチャルカメラ使用時)

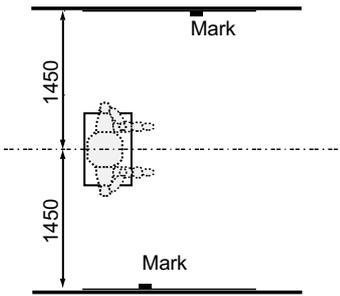


図3 実験条件上面図
(バーチャルカメラ非使用時)

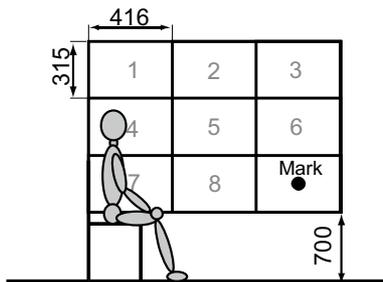


図4 実験条件側面図
(バーチャルカメラ非使用時)

本実験では、着席した被験者の両側に設置された3×3のマスのそれぞれ1箇所に、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とした。

なお、バーチャルカメラ使用時の実験では以下に述べる手順を20回繰り返すことにした。

1. HMDの電源をOFFにし、ブランクスクリーンにする。同時に、バーチャルカメラも停止状態とする。
2. 被験者の両側に設置されたマスの任意の位置ターゲットをそれぞれ配置する。
3. 被験者にターゲットの配置が終了したことを通知し、同時にHMDの電源をONとするとともにバーチャルカメラ稼働状態にする。
4. 被験者はバーチャルカメラを用いて周囲を見渡し、可能な限り素早くターゲット

トを探す。

5. 被験者はターゲットを見つけ次第、左右のターゲットが配置していると判断したマス目の番号を口頭で記録者に報告する。

同様に、バーチャルカメラ非使用時の実験では以下の手順を20回繰り返した。

1. 被験者には目を閉じイスに着席させる。
2. 被験者の両側に設置されたマスの任意の位置にターゲットをそれぞれ配置する。
3. ターゲットの配置が終わったことを被験者に通知する。被験者は可能な限り素早く周りを見渡しターゲットの探索を行う。
4. 被験者はターゲットを見つけ次第、左右のターゲットが配置していると判断したマス目の番号を口頭で記録者に報告する。
5. 報告終了後、再度、被験者に目を閉じさせる。

本研究では実験結果として、設置されたマークを探索し、解答するまでの応答時間と正答率を求めた。

4. 研究成果

(1) 本研究で用いたバーチャルカメラの外観を図5に示す。両手に把持した3次元位置センサの動きに合わせて、頭部に装着したヘルメットに配置した2台のカメラの姿勢をそれぞれ制御し、カメラで撮影した像は両眼独立型HMDを通じて両眼独立に呈示される。本研究では、サッカード運動を生成するために操作インターフェースに3次元位置センサに加え、モーメンタリスイッチ内蔵小型トラックボールをシステムに組み込むことにした。トラックボールを用いることにより、ユーザはカメラの姿勢を現在位置からトラックボールの操作量分だけカメラの姿勢を変更し、また、トラックボールを押してモーメンタリスイッチの状態をONの状態にした際にはトラックボールにより生じた位置変化をキャンセルした上で、3次元位置センサの位置を基にしたカメラの姿勢制御を行うことにより実験を行った。

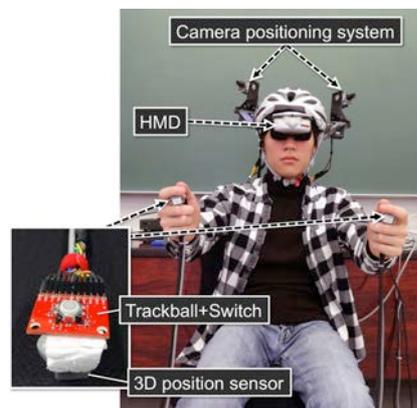


図5 開発システム外観

(2) 本実験結果を表 1 および図 6 に示す。表 1 の結果は実験終了時の平均正答率、また、図 6 にはバーチャルカメレオン使用時と非使用時におけるターゲットを見つけるまでの応答時間を示している。

表 1 正答率

| Subject/Age | A/22 | B/22 | C/22 | D/21 | E/18 | F/18 | G/18 | H/18 | I/18 | J/18 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Virtual Chameleon (only pursuit movement) | 0.95 | 0.90 | 0.90 | 1.00 | 0.95 | 0.85 | 1.00 | 0.95 | 0.90 | 0.95 |
| Virtual Chameleon | 1.00 | 0.90 | 0.80 | 1.00 | 1.00 | 0.95 | 0.90 | 1.00 | 1.00 | 0.90 |
| Normal Condition | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

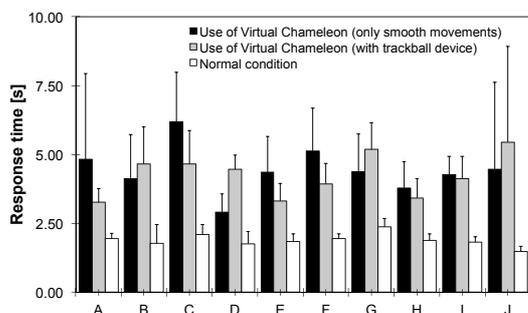


図 6 応答時間

表 1 から、両眼を独立にした状態でも周囲を視覚し、サッカー運動の組み合わせは実験結果の正答率に影響が無いことが分かった。また、図 6 から応答時間については、滑動性運動のみを行うに場合については、バーチャルカメレオンを非使用時の応答時間を基準にして 80-202%にわたる遅延が生じ、擬似的なサッカー運動生成機能を組み合わせた場合については、滑動運動のみの場合と比較して、10 人の被験者のうち 6 人について遅延の改善が見られ、その改善量は最大 80% となった。残りの 4 人については、サッカー運動を組み合わせることにより、応答時間の遅れが増大することになった。これはトラックボールが操作インターフェースとして追加され、操作の複雑性が増したことや、練習時間内における操作方法の習得が不足し、操作量と視覚方向感覚の不一致などが原因では無いかと予想される。しかしながら、遅延が増加したケースに対して遅延が減少したケースの方が多数であることから、本研究で提案した擬似サッカー運動の生成手法を用いることでバーチャルカメレオン使用時の反応性の向上に寄与する可能性が考えられる。

本研究では、従来の滑動性運動生成機能のみを有するバーチャルカメレオンに対して、操作インターフェースを追加することで擬似的なサッカー運動生成機能を実装し、装置使用時におけるユーザの視野に対する適応状態と視覚能力の変化についての検討を行うため基礎的な実験を行った。実験結果から、擬似的なサッカー運動生成機能使用時においても、ユーザは両眼独立状態での周辺視覚を可能としていることを確認した。加えて、提案手法の適用によりバーチャルカメレ

オン使用時の行動に関する応答性の低下を改善した事例を確認することができたことから、バーチャルカメレオン使用時における応答性の向上の可能性が示唆されたと考えられる。また、被験者ごとに確認された本手法適用に対する効果の差異については、装置の操作方法に起因するのか被験者の知覚能力に依存しているのかなどについては今後の研究で検証したいと考えている。

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 3 件)

- ① F. Mizuno, T. Hayasaka and T. Yamaguchi, Providing a human user artificial ability to control their eyes independently with various eye movement patterns, Seeing and Perceiving, Vol. 25, Issue 0, 2012, pp.171-172, DOI: 10.1163/187847612X648017, 査読有
- ② F. Mizuno, T. Hayasaka and T. Yamaguchi, Development of a System to Provide Different Fields of View to Eyes with a Function to Generate Rapid Movements, Proc. 35th IEEE Eng. in Medicine & Biology Society, Vol.1, pp.5311-5314, 査読有
- ③ F. Mizuno, T. Hayasaka and T. Yamaguchi, Use of a system to provide independent views to both eyes with a function to generate artificial saccade movements, Multisensory Research, Vol. 26, Supplement (2013), 2013, pp.176-177, DOI: 10.1163/22134808-000S0132, 査読有
- ④ F. Mizuno, T. Hayasaka and T. Yamaguchi, Virtual Chameleon: Wearable machine to provide independent views to both eyes, Biomimetic and Biohybrid Systems, Second International Conference, Lecture Notes in Artificial Intelligence 8064, pp.412-414, 査読有

[学会発表] (計 9 件)

- ① 水野文雄, 早坂智明, 山口隆美, 両眼への独立視野の呈示手法に関する基礎検討, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'12, 2012年5月29日, 静岡県
- ② F. Mizuno, T. Hayasaka and T. Yamaguchi, Providing a human user artificial ability to control their eyes independently with various eye movement patterns, 13th IMRF, 2012年6月21日, UK, Oxford
- ③ F. Mizuno, T. Hayasaka and T. Yamaguchi, Development of a System to Provide Different Fields of View to Eyes with a Function to Generate Rapid Movements, 34th IEEE EMBC, 2012年8月30日, USA, San Diego

- ④ 水野文雄、早坂智明、山口隆美、バーチャルカメレオン -身体動作で操作を行う擬似的な両眼独立運動の体験装置、第33回 バイオメカニズム学術講演会、2012年12月5日、宮城県
- ⑤ 水野文雄、早坂智明、山口隆美、両眼独立視を実現する装置の視野呈示に関する操作手法の基礎的検討、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'13、2013年5月23日、茨城県
- ⑥ F. Mizuno、 T. Hayasaka and T. Yamaguchi、 Use of a system to provide independent views to both eyes with a function to generate artificial saccade movements、 14th IMRF、 2013年6月4日、Jerusalem、Israel
- ⑦ F. Mizuno、 T. Hayasaka and T. Yamaguchi、 Development of a System to Provide Different Fields of View to Eyes with a Function to Generate Rapid Movements、 35th IEEE EMBC、 7月5日、大阪府
- ⑧ F. Mizuno、 T. Hayasaka and T. Yamaguchi、 Virtual Chameleon: Wearable machine to provide independent views to both eyes、 Living Machines 2013、2013年8月1日、UK、London
- ⑨ 水野文雄、早坂智明、山口隆美、両眼に独立視野を与える装置の操作方法に関する検討、日本機械学会第26回バイオエンジニアリング講演会、2014年1月11日、宮城県

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・准教授
研究者番号：20432289