

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 5 日現在

機関番号：32612

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2011～2014

課題番号：23680012

研究課題名(和文) 光学式時空間フィルタによる速度知覚調整システム

研究課題名(英文) Velocity perception controlling system using optical spatiotemporal filter

研究代表者

稲見 昌彦 (INAMI, Masahiko)

慶應義塾大学・メディアデザイン研究科・教授

研究者番号：00345117

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 20,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は速度知覚や移動物体の観察能力を、状況に応じて調整可能な「動きの眼鏡」を開発し、速度知覚のダイナミックレンジを拡大することを目的としている。本研究の成果として、小型軽量の強誘電性液晶素子で構成された光学式時空間周波数フィルタの試作を行い、提案システムを眼前に設置することで、(1)移動物体のブレの低減、(2)移動物体のモーションブラーと輪郭の同時観察、(3)並行移動物体の拡大および縮小といった知覚制御を実現した。これらの知見を用いて、実空間における移動時の速度知覚や移動物体を強調したり、逆に認知不可を下げるシステムへの応用が期待できる。

研究成果の概要(英文)：This study aims to enhance the dynamic range of human velocity perception by developing glass system which can affect the human velocity perception depending on situation. Through experiment using prototype system of optical spatiotemporal filter which consists of light and small LSD, we realized the function of perception control as follow. (1)Reducing motion blur of moving object, (2) allowing user to observe motion blur and outline of moving object, and (3)magnifying and reducing the size of moving object. These results are expected to apply for further advanced system which is able to affect human velocity perception and as a result reduce cognitive load.

研究分野：拡張現実感システム，触覚インタフェースなど，五感に関わるユーザインタフェース

キーワード：バーチャルリアリティ 知覚心理学 ヒューマンインタフェース

1. 研究開始当初の背景

[運動知覚に関する研究]

なぜラスコーの壁画から近代絵画に至るまで、作画表現に「被写体ブレ(Motion Blur)」は存在しなかったのだろうか?本研究課題は申請者の素朴な疑問に端を発した。恐らく我々は「動き」を記憶することも、適切に表現することも困難なのであろう。被写体ブレはカメラの発明によってようやく顕在化し、技術者はカメラの感光板の感度を上げ、ブレを無くすことに注力した。一方で流し撮りや漫画の動線などのように、ブレそのものの作画表現に用いるようになったのである。

申請者は H19-H22 年度に科研費・若手研究(A)「視覚・前庭感覚統合伝送システム」を構築する過程で、ストロボスコープやタキトスコープのように実世界を離散的に観察可能とする Stop Motion Goggle(SMG)を開発した。SMG は高速変調可能な強誘電性液晶シャッターにより構成されている。被験者に SMG を用いて被写体ブレの無い実空間の映像を提示した折「物体は明瞭に観察できるが、速度感が判りにくくなる」との興味深い主観報告を得た。また、SMG の左右のシャッターの位相を変えることで、左右に移動する物体がポップアウトしたかのように強調されて観察されるブルフリッシュ効果に類似した現象を発見した。これらの結果により、時間周波数フィルタを適切に設計することで速度知覚の刺激量を調整可能であるとの仮説を得た。

[高臨場感視覚提示システム]

申請者らはマクスウエル光学系を用いた頭部搭載型ディスプレイ、再帰性投影技術(光学迷彩)、「人間協調・共存型ロボットシステムの研究開発」におけるスーパーコックピットの開発、全周型裸眼立体レイグジスタンスブース TWISTER の開発、大都市大震災軽減化特別プロジェクトにおけるレスキューロボット操作インタフェースの開発など多数のプロジェクトに関わっており、VR におけるディスプレイ技術に関し豊富なノウハウを有している。

[コンテキスト適応動的パララクスバリア式立体ディスプレイ]

MIT Medialab の Lanman、Raskar らは提示映像内の物体の輪郭など、視差手がかりとなりうる部位に沿ってパララクスバリアを動的に生成することで、従来手法と比較して高い開口率の裸眼立体ディスプレイに関し研究を行っている。(D. Lanman et al. Content-Adaptive Parallax Barriers for Automultiscopic 3D Display. In Proc. of SIGGRAPH 2010, July 2010) 彼らの手法は裸眼立体視を目的としているが、映像に対する光学式時空間フィルタの動的生成法は、本提案において光学式時空間フィルタを設計する上で重要な成果である。

2. 研究の目的

本研究は速度知覚や移動物体の観察能力を、状況に応じ調整可能な『動きの眼鏡』を開発することで、速度知覚のダイナミックレンジを拡大することを目指す。視覚における明るさ知覚のダイナミックレンジを調光サングラスにより拡大したように、実空間における移動時の速度知覚や運動物体を強調したり、逆に認知負荷を下げる効果が期待できる。研究目的を達成するために、高速で時空間光変調が可能な強誘電性液晶素子を用いた光学系を用いた心理物理実験により、速度・運動特性に関して基礎的な知見を得る。また高速カメラと組み合わせたシステムの試験的実装を行うことで、構築システムの検証を行う。

3. 研究の方法

本研究は次の3つのPhaseにわけて研究を遂行した。

- Phase1: 強誘電性の液晶素子を用いた光学式時間周波数フィルタを用いた心理物理実験により、視覚における速度・運動知覚特性に関して基礎的な知見を得る。
- Phase2: 対象映像に適応した時空間フィルタ生成のための手法を探索する。
- Phase3: 光学式時空間フィルタと高速度画像取得装置を組み合わせたシステムを試作し、その効果を検証するとともにシステムの設計指針を明らかにする。

Phase1 では具体的に、強誘電性液晶のシャッターとランドルト環などの指標を移動速度可変で提示可能な装置を用いることで、時間周波数フィルタによる速度知覚と物体知覚との関係を調べた。また左右のシャッターの位相の変化による知覚への影響についても調査した。指標の提示は下図1のような実物体によるものと、ビデオモニタを用いたもの双方にて実験を行った。

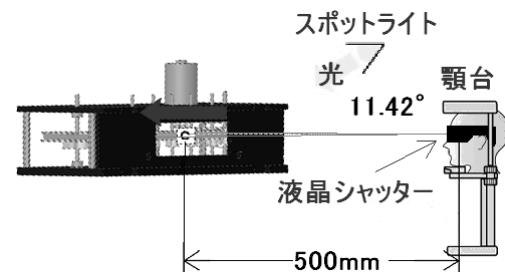


図1: 心理物理実験装置

Phase2 では、Phase1 と同様の装置を用いるが、液晶シャッターを透過型的高速液晶パネルに変え、時間周波数変調だけでなく、空間変調に関しても被験者実験を行った。なお、指標と液晶パネルが目の焦点深度の影響を受けない距離にパネルを配置する必要があるため、液晶パネルは頭部に装着はしていない。

い。また、高速度画像取得装置により得られた画像の実時間処理に関し実装を進めた。さらに、指標の形状・速度と、液晶パネルによるフィルタの時空間変調手法に関し精査した。また、高速度画像取得装置とモーションセンサを用いることでユーザの頭部運動に応じた変調手法に関しても検討した。

Phase3 では、高速度画像取得装置と光学式時空間フィルタを統合したシステム構築を目指した。また統合システムを用いた指標の速度の知覚、被験者自身の運動知覚に関しタスクを用いつつ評価した。さらに、これまでに得られた知見を基にHMDを用いて、頭部運動をパラメータとして、提示映像のオプティカルフローを制御することによる移動速度知覚変化の検討を行った。加えて、据置型の液晶パネルを用いて空間フィルタの設計に関して検討を行った。実験条件を各種試みることにより、システムのトレードオフなどの設計指針を得た。

4. 研究成果

本研究は速度知覚や移動物体の観察能力を状況に応じて調整可能な「動きの眼鏡」を開発し、速度知覚のダイナミックレンジを拡大することを目指した。本研究の成果として、小型軽量の強誘電性液晶素子で構成された光学式時空間周波数フィルタの試作を行い、提案システムを眼前に設置することで、(1)移動物体のブレの低減、(2)左右の時間フィルタの駆動種は数制御による移動物体のモーションブラーと輪郭の同時観察、(3)左右の時間フィルタの位相差を制御することによる並行移動物体の拡大および縮小といった知覚制御を実現した。また、ビデオスルー型の視覚提示システムと高速度ビデオカメラを用いて広範囲の空間を重ねて表示するための空間フィルタ設計手法に関する基礎的な知見を得た。特に、図2のように、2つのビデオカメラから映像を重ねてあわせて提示した場合においても、観察者は混乱す

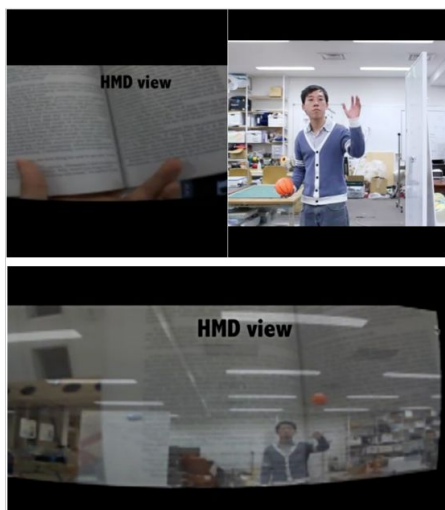


図2: (上) 2つのビデオカメラの映像、(下) 合成して提示した映像

ることなく、自身が見たい映像を選択的にみることが可能であることを確認した。

これらの知見を基に、光学式時間周波数フィルタとして据置型の透過型液晶パネルを用いることで、眼前ではなく空間上に設置する時空間フィルタの設計を行った。また、HMDを用いた映像提示に関して、同様の頭部運動に対して異なるオプティカルフローによる映像提示を行い検証することで、観察者自身の移動速度知覚が変化することを確かめた。

以上より、本研究で得られた知見を用いて、実空間における移動時の速度知覚や移動物体を強調したり、逆に認知不可を下げるシステムへの応用が期待できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

永谷直久、古川正紘、上間裕二、杉本麻樹、稲見昌彦、Stop Motion Goggle : 高速液晶シャッタを用いた視知覚の拡張、情報処理学会論文誌、査読有、Vol53, pp1319-1327, 2012

永谷直久、吉積将、杉本麻樹、稲見昌彦、前庭感覚電気刺激により生じられる主観的視野運動の計測、情報処理学会論文誌、査読有、Vol53, pp1372-1379, 2012

〔学会発表〕(計6件)

David Lindlbauer, Toru Aoki, Robert Walter, Yuji Uema, Anita Hochtl, Michael Haller, Masahiko Inami, Jorg Muller, Tracs: transparency-control for see-through displays, UIST'14: Proceedings of the 27th annual ACM symposium on User interface software and technology, Waikiki Beach Marriott Resort and Spa, Honolulu, Hawaii, USA, October5-8, 2014

青木透、上間裕二、Lindlbauer David, Haller Michael, 稲見昌彦、透明液晶を介した2者間の状況共有手法に関する研究、第19回日本バーチャルリアリティ学会大会、名古屋大学東山キャンパス、愛知、2014年9月17日 - 2014年9月19日

David Lindlbauer, Toru Aoki, Anita Hochtl, Yuji Uema, Michael Haller, Masahiko Inami, Jorg Muller, A collaborative see-through display supporting on-demand privacy, SIGGRAPH'14: SIGGRAPH2014 Emerging Technologies, Vancouver convention center, Canada, August10-14, 2014

Kevin Fan, Jochen Huber, Suranga Nanayakkara, Masahiko Inami,

SpiderVision: extending the human field of view for augmented awareness, The 5th Augmented Human International Conference, Kobe Convention Center, Hyogo, Japan, March7-9, 2014

穴井佑樹、小泉直也、古川正紘、稲見昌彦、液晶シャッターメガネを用いた位相差制御による実空間における移動体のサイズ変換、第18回日本バーチャルリアリティ学会大会、うめきた・グランフロント大阪ナレッジキャピタル、大阪、2013年9月18日 - 20日

Kevin Fan, Yuta Sugiura, Kouta Minamizawa, Sohei Wakisaka, Masahiko Inami, Naotaka Fujii, Susumu Tachi, Reality jockey: lifting the barrier between alternate realities through audio and haptic feedback, CHI '13 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Paris, France April27-May2, 2013

小泉直也、永谷直久、古川正紘、杉本麻樹、稲見昌彦、異なる周波数で制御された高速シャッターによる視知覚への影響、第17回日本バーチャルリアリティ学会大会、慶應義塾大学日吉キャンパス、神奈川、2012年9月12日 - 14日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

稲見 昌彦 (INAMI, Masahiko)
慶應義塾大学・メディアデザイン研究科・教授
研究者番号: 00345117

(2) 研究協力者

Ramesh Raskar (RASKAR, Ramesh)
米国 MIT・メディアラボ
准教授

Anatole Lecuyer (LECUYER, Anatole)
フランス国立情報学自動制御研究所
研究員

関口 大陸 (SEKIGUCHI, Dai roku)
Point Grey Research Inc.
Senior Hardware Engineer