

令和元年6月11日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15H01981

研究課題名(和文) 視覚経験を生み出す眼と脳と身体との連携

研究課題名(英文) Cooperation between eye, brain and body to constitute visual experience

研究代表者

伊藤 裕之 (Ito, Hiroyuki)

九州大学・芸術工学研究院・教授

研究者番号：40243977

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 25,600,000円

研究成果の概要(和文)：目は単独で物を見ることができない。身体との関連や脳での情報処理が不可欠である。本研究では、主に視覚情報によって体が動いて感じられる経験(ベクシオン)を促進する要因として、事前に広視野に注意が向けられることの重要性を明らかにし、影の知覚における重力の上方向と頭の左上方向が光源として仮定されやすいことを示した。また、まばたきによる視覚遮断に脳がどう対応しているのかについても検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

通常我々は目で見ると考えがちであるが、脳と身体は、目から入ってくる情報を補い、加工し、参照枠を作っている。学術的には、身体運動の知覚とコントロールにおける視覚情報の寄与や、目の不都合を脳がどのように補っているかという疑問に答える意義がある。社会的には、超高齢化社会における視覚機能の衰えを、目の衰えと短絡的に判断せずに、目と脳と身体を総合的に考えていく契機となる。

研究成果の概要(英文)：Eyes solely cannot constitute valid visual experience. Because information from the eyes is sometimes ambiguous, our eyes, brain and body should cooperate each other. Two sample topics of studies conducted here are attentional factors of visually induced self-body motion perception (paying attention to a wide-area visual field before viewing a motion stimulus promotes self motion perception) and a default assumption on the light source orientation (the light comes from the upper-left orientation). Accordingly, the lower-right cast shadow position is preferred. Both head orientation and gravity direction are involved here. We also tested how the brain deals with visual gaps in time caused by eye blinks. A possibility of postdictive perception was suggested.

研究分野：視覚心理学

キーワード：視覚 身体 脳 錯覚 参照枠 ベクシオン 陰影 まばたき

1. 研究開始当初の背景

目は、生理学的見地からは極めて不都合が多い。視野の周辺部は解像度が悪く、錐体・桿体細胞の相互作用で見え方が変わり、盲点があり、血管もある。網膜上には上下逆さまな像が映り、網膜上の映像からは、自分が動いているのか、周りが動いているのかすら区別できない。1秒間に2, 3回のサッケードと2, 3秒に1回のまばたきにより、視野は時間的に分断されている。しかしながら、脳はこれらの不都合を視覚情報処理の過程でうまく補い、加工して、ほぼ不都合のない視覚的世界を作ること成功している。また、身体、特に頭部は視覚的方向の参照枠となるし、手足は脳を介して視覚によりコントロールされる。これらの互いの連携や協力関係が、我々の視覚的経験を総合的に作るのではないかと考えた。

2. 研究の目的

目に由来する不都合が、脳と身体によってどのように補われて、安定した視覚的世界と自己の関係を築いているのか、いくつかの錯覚現象を使って実験心理学的に検討する。

3. 研究の方法

(1) 視覚情報による自己の身体運動の知覚

対象が動く場合にも、自己が動く場合にも網膜上の映像は動く。歩行など、自らの意思で身体を物理的に動かしている場合は、視覚と身体感覚からのフィードバックで確固とした移動感覚が生じるが、視覚だけでは、自己が移動しているのか、対象が動いているのか、特に視野の広い領域で像が動く場合には区別ができない。そしてしばしば、物理的には身体は移動していないのに、視覚情報だけで移動の感覚が生じる場合がある。これを視覚によって誘導された自己移動の感覚(ベクション)とよぶ。しかし、動く映像が呈示された際に移動感を感じることは、視覚情報と平衡感覚、身体感覚、自己の意思が矛盾した状態である。これらの矛盾がどのように解決されてベクションが生じるのか、その生起を促進する要因を検討した。具体的には、他の感覚や情報に対して、視覚が優位となるようあらかじめ視覚を活性化させた状態で、動く映像を被験者に見せると、ベクションの生起が早まるか、どのような刺激を事前に見せると効果的かを検討した。具体的にはランダムドットを動かす、配置をランダムに変更する等の操作を行った。

(2) 錐体・桿体細胞の応答時間差の知覚を抑制する仕組みの検討

網膜には、光に対する感度や応答速度、網膜上の分布が異なる、錐体と桿体の2つの光感受性細胞がある。この2種類の細胞は応答の潜時に、10数ミリ秒から数十ミリ秒の差があり、錐体の方が応答が早い。錐体と桿体が共に働く周辺視野において、この時間差が知覚されると、物が動いたり、目が動いたりするたびに、視野が2重にずれて見えることになる。これを避けるためには、目と脳の視覚システムのどこかで時間差かその知覚を抑制する必要がある。逆に、その時間差が知覚される条件がわかると、そのメカニズムを検討することができると思われる。我々は、周辺視において、赤背景に緑や青の図形を提示すると2回フラッシュして見える現象を、挑戦的萌芽研究(16K13508)の研究過程で発見した。我々は、錐体・桿体細胞の時間的特性の違いが何らかの原因で知覚的に現れているのではないかと考え、その出現条件を詳細に検討した。

(3) 自己身体の上下左右と重力の上下による、視覚情報処理への影響

もともと網膜像は上下左右逆さまに映っているのであるが、外界は正しい上下に見える。網膜上の座標は外界の座標と逆さまになっているだけでなく、姿勢(頭部の傾き)が変わるたびに大きなずれが生じる。そこで、我々にとっては上下の参照枠として、重力軸を代表とする客観的な外界の方向性と、頭部(あるいは網膜)の向きを基準とする個体特有の方向性が存在することになる。陰影の知覚の研究では、少なくとも大人は、頭部を基準とした座標系での「上」から光が当たっているものとしてシェーディング(物体面上の陰影)を解釈するとされている。ここでは、物体が面に落とす影(キャストシャドウ)について、頭部中心の座標系と重力を基準とする座標系の関係を調べた。曖昧なキャストシャドウがどの方向にある対象と結びつけられて知覚されるのかを実験的に検討した。その際、観察する姿勢を変えることで頭部と重力の座標系の関係性を変化させ、キャストシャドウの解釈にどのような影響がでるか調べた。

(4) まばたきによる時間的な視野の分断を知覚されないよう抑制する仕組みの検討

まばたきは、100ミリ秒以上の間、視覚を遮断する。これが2, 3秒に一度の割合で生じるのであるが、普段それに気づくことは少ない。同様の視覚情報の遮断をテレビやコンピュータの画面などで再現すると、見るに堪えないちらつきとなる。我々の脳は、このような時間的な視覚の遮断をどのようにして知覚されないよう、知覚を抑制するのだろうか。2つの可能性が考えられた。ひとつはまばたき前の情報が感覚記憶として残るという考え方であり、もうひとつは、まばたき後の視覚情報がそれ以前から存在していたように後付けで埋め合わせるという

考え方である。視覚より時間的制約が高い音刺激を用いて、まばたきが終わるときに初めて見える対象の視覚的出現タイミングを計った。まばたき後の情報がまばたき中の情報として扱われるのなら、まばたき中に対象の出現タイミングの知覚がずれこむ可能性があった。

(5) その他

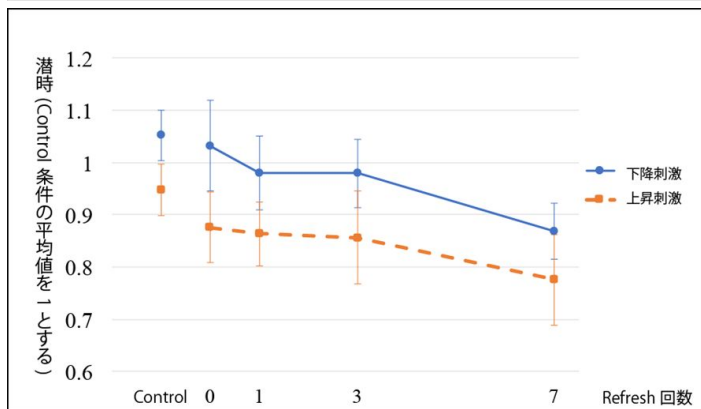
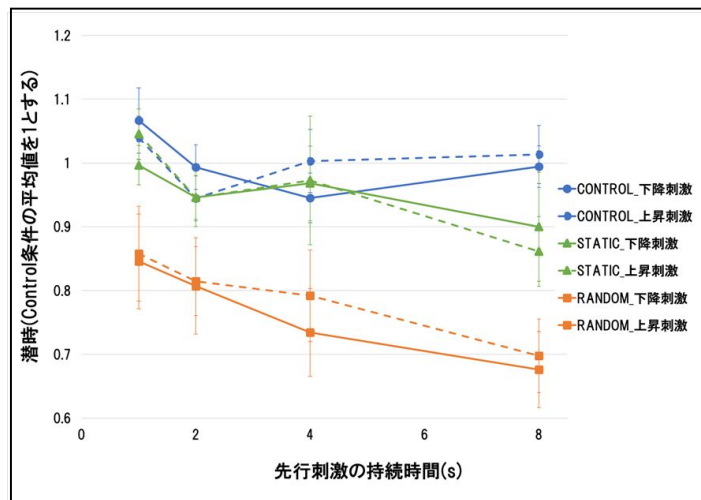
触運動の感覚と視覚情報を組み合わせたラバーハンド錯覚の研究、一様なグレーの領域で動くものが見えるエニグマ錯視、網膜上の時間解像度が悪いことによって自己や対象が動いたときに網膜上に擦れが起こるのと同様と思われる、運動線や集中線による漫画やアニメの動きの表現、その他、関連する現象の研究を行った。

4. 研究成果

(1) 右に代表的な結果を示す。上の図は、ベクシオンが生じるまでの潜時をコントロール刺激の潜時との比率を縦軸とし、ベクシオン誘導刺激の前に見せる先行刺激の提示時間を横軸としたものである。ランダムな動きを先行刺激として提示した場合にベクシオンの潜時が短くなっているのが明らかで、提示時間が長くなるとその効果は強くなっている。

下の図は、動きではなくランダムなドット配置の変更を先行刺激で行ったものである。先行刺激に動きがなくても配置の変更の回数が多くなると潜時の短縮が起こることがわかる。このことから、先行刺激の運動そのものは潜時短縮の必要条件ではなく、広い視野における変化によって注意が広い視野に向かったことがベクシオン潜時の短縮につながると解釈できる。

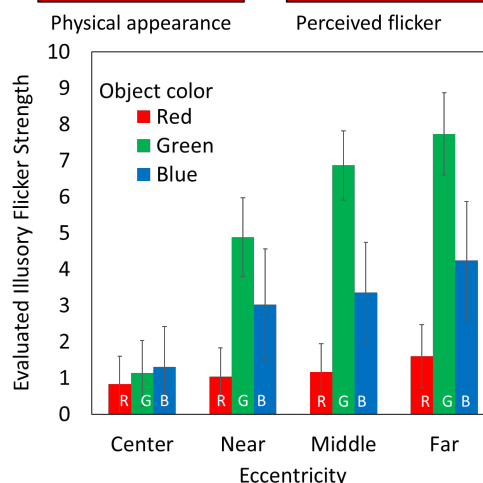
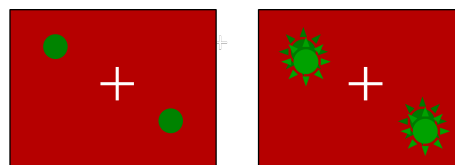
これらの結果をもとに、現在英語の論文を執筆中である。



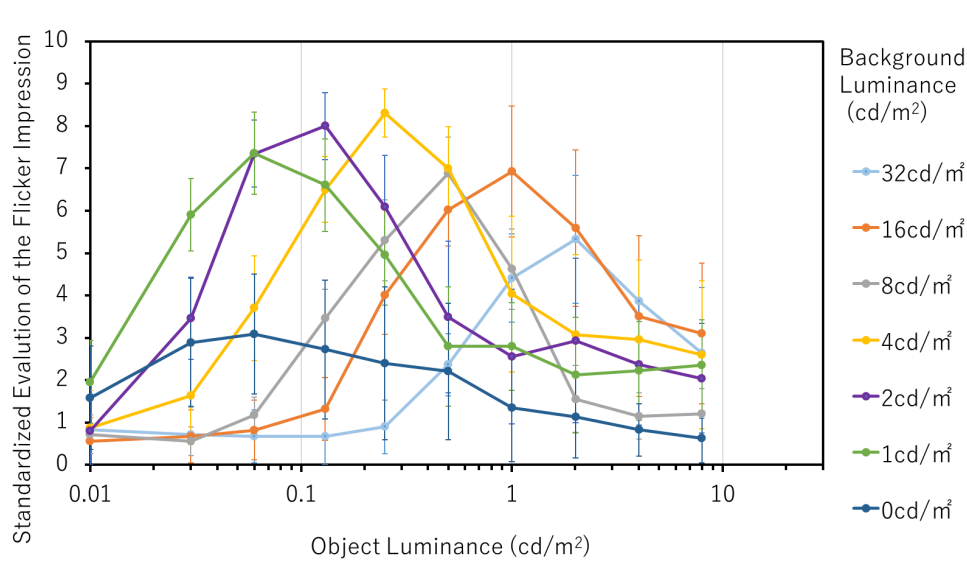
(2) 代表的な結果を以下に示す。右図は、赤背景上に赤、緑、青の四角形を提示した時のフリッカー印象を、中心視から周辺視まで変化させながら評価したものである。

この錯視は、中心視では起こらず周辺視で起こること、緑と青という桿体細胞の感受性が高い色と、赤という桿体細胞の感受性が低い色の組み合わせで起こること、赤の対象の出現時には起こらないことなどから、錐体・桿体細胞の相互作用が疑われる。逆に言えば、赤背景を用いることにより、時間的タイミングの統合の機能が失われたと考えることができるが、ここはまだ仮説の段階であり、今後検討が必要である。

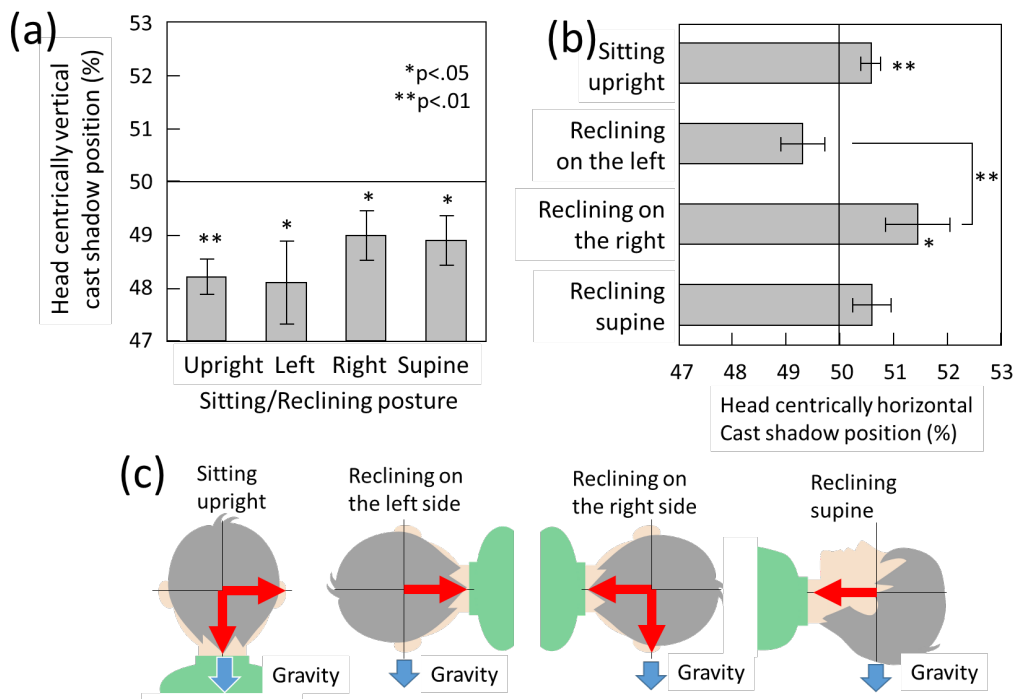
右の図はすでに論文として発表した結果であるが、下の図の結果はまた新たな論文として執筆中である。赤背景の輝度を変化させたときの、フリッカー錯視に最適な青の四角形の輝度を測定したものである。最も評価が高い(縦軸の上)青の四角形の輝度は、赤背景の輝度に比例して上昇する。緑の四角形でも同様の結果が得られた。これらの



結果は、この錯視にとって、赤の輝度と青の輝度あるいは緑の輝度との最適な比が存在することを意味している。その輝度比は赤対青で16：1、赤対緑で4：1であった。



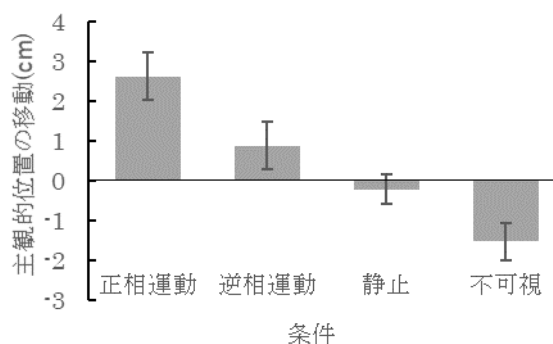
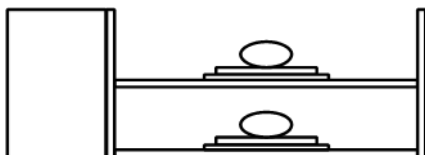
(3) 以下に代表的な結果を示す。我々はキャストシャドウの解釈の際に、左上から光が射す仮定が存在することを見出した。そしてその左上とは頭に対してなのか重力に対してなのか、姿勢を変えながら再度測定した。(c)の4つの姿勢で頭部の軸を変化させたが、(a)に示す通り、どの姿勢においても、頭部の上方向から光が射すという解釈のバイアスが見出された。(b)は頭部に対して左から光が射すという解釈のバイアスを示したもので、直立した姿勢では有意な効果がある。直立した姿勢では上からと左からのバイアスがあるので、左上からのバイアスとなる。一方、頭部の左を下にした姿勢では、頭部の左からのバイアスと重力の上からのバイアスが打ち消しあって、頭部の上からのみのバイアスが残ったと考えられる。頭部の右を下にした姿勢では、頭部の左と重力の上が一致するので、頭部の左からというバイアスは維持されている。これらの結果は頭部中心の上下軸と重力による上下軸の両方に、キャストシャドウの解釈を行う際の寄与があることを示している。



(4) 我々は短音を用いて、視覚対象の出現タイミングを計った。20名の被験者で実験を行ったが、まばたきをさせた条件と、物理的に対象を短時間遮蔽した条件との間に、有意な対象の出現タイミングの差を見出せなかった。これは極めて短い時間領域の中で、視覚と聴覚の刺激のタイミングの判断を行わせるという非常に難しい課題であったために、被験者の応答に大きな誤差が入ったものと考えられる。今後、より簡単な課題を工夫して再度取り組む予定である。

(5) その他

下図は、触運動によってラバーハンド錯覚を起こすため装置の正面図である。被験者は下の可動部を持ち、左右にスライドさせることができ、それに応じて上の可動部が同期して動く。上の可動部が手の動きと同方向（正相運動）逆方向（逆相運動）に動く場合、静止したままの場合、見えなくした場合で、自分の右手の垂直位置がどこにあるかを、左手で横の壁を指して自己の腕の感覚の移動を測定した。その結果、正相運動では最も自己の手の位置がずれて感じられたが、逆相運動においてもわずかだがずれて感じられている。静止した場合は効果は全くなく、見えない場合は逆方向に移動して感じられている。結果に複数の解釈が可能のため、さらなる実験が必要である。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計6件)

1. Tomomi Koizumi, Hiroyuki Ito, Shoji Sunaga, Masaki Ogawa, Erika Tomimatsu (2018) Assumed Lighting Direction in the Interpretation of Cast Shadows. *i-Perception*, 9, 1-12
2. Hiroyuki Ito, Tomomi Koizumi (2017) The peripheral flicker illusion, *i-Perception*, 8, 1-13
3. Tomomi Koizumi, Hiroyuki Ito, Shoji Sunaga, Masaki Ogawa (2017) Directional Bias in the Perception of Cast Shadows, *i-Perception*, 8, 1-17
4. Erika Tomimatsu, Hiroyuki Ito (2016) Directional bias of illusory stream caused by relative motion adaptation, *Vision Research*, 124, 34-43
5. 伊藤裕之, 小泉智美, 徳永唯香(2016) TVアニメーションに用いられる動きを表現する線, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 21, 3, 447-450
6. 東知宏, 伊藤裕之, 須長正治, 妹尾武治(2016) モーションラインによる運動の滑らかさの向上, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 21, 3, 521-524

〔学会発表〕(招待講演1件、国際学会18件を含む計30件)

1. 伊藤裕之(2018)周辺視における錯視. 日本バーチャルリアリティ学会 VR心理学研究会(招待講演)
2. Jin Ni, Hiroyuki Ito, Masaki Ogawa (2018) Effect of inter-stimulus interval on the reduction in vection latency caused by pre-presented motion stimuli. European Conference on Visual Perception
3. Tomomi Koizumi, Hiroyuki Ito, Shoji Sunaga, Erika Tomimatsu (2016) Effect of Body Posture on the Interpretation of Cast Shadows, 31st International Congress of Psychology.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)
取得状況(計 0件)

〔その他〕

ホームページ等
作成中

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：須長 正治

ローマ字氏名：SUNAGA, Shoji

所属研究機関名：九州大学

部局名：芸術工学研究院

職名：准教授

研究者番号(8桁): 60294998

研究分担者氏名：上岡 玲子

ローマ字氏名：UEOKA, Ryoko

所属研究機関名：九州大学

部局名：芸術工学研究院

職名：准教授

研究者番号(8桁): 30401318

(2) 研究協力者

なし

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。