

令和 4 年 6 月 3 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K12018

研究課題名（和文）高精細映像受容時のオクルージョン知覚機構に関わる視覚情報処理の分析

研究課題名（英文）Analysis of visual information processing on mechanism of occlusion perception viewing high-definition images

研究代表者

工藤 博章（KUDO, Hiroaki）

名古屋大学・情報学研究科・准教授

研究者番号：70283421

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、オクルージョン知覚機構について非侵襲での解明と、それを考慮して3次元画像を再現する手法の提案を目的としている。高精細画像を用いて生体信号を計測するシステムの構築を行ない、オクルージョンを生じる対象である円柱を提示し解像度に着目した実験を行った。解像度の変化に対して、眼球運動では異なる応答である傾向が見られたのに対し、屈折度では、有意な差は見られなかった。また、オクルージョンを生じさせる映像刺激において色の特性に着目し、錐体の出力の情報伝達経路に関する実験を行った。刺激パターンのサイズの違いに対する応答の変化から、青色単独に関連した経路での寄与が低いことが示唆される結果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

オクルージョンの知覚は、奥行知覚に深く関わっており、立体提示手法の検討の上で、重要な要因である。近年、高精細画像の普及が見られ、より精緻な表現が可能となっている。そのような映像に対して、人間の反応が、従来の映像に対する応答とは異なっている可能性があり、これを分析することを行った。解像度に着目して、眼球運動や水晶体の厚みの変化を分析の対象とした。また、視覚刺激に対する情報の伝達経路に着目し、青色に関して処理を行う経路において、オクルージョンが生じる刺激に対する寄与について分析を行った。これらの分析は、脳内で行われている情報処理過程の解明とともに、立体提示手法の手がかりとして役立つものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：The objective of this study is to elucidate the mechanism of occlusion perception by a non-invasive method and to propose a method of reconstruction of 3D images taking into account of its observations. We developed the measurement system of biological signals by using high definition images. We conducted the experiments displaying a cylinder image which causes an occlusion scene focusing on the resolutions. The eye movements and degrees of refractive index of eye lens were measured. The former was obtained the results which tends to affect by changing of resolutions. The latter was not affect significantly. We focused on color properties in visual stimuli of an occlusion scene. We conducted experiments on visual information processing path from outputs of cone cells. From differences of responses for various sizes of visual patterns, we obtained results that the path related on the processing of wavelength on blue colors did not contribute high for the occlusion perception mechanism.

研究分野：生体情報処理

キーワード：視覚情報処理 オクルージョン 視覚経路 色覚 モデル 映像 生体信号 知覚情報処理

1. 研究開始当初の背景

3次元映像は、2次元映像にない臨場感を与えることができ、観察者に大きなインパクトを与えることができる。しかし従来の3D映像の視聴では違和感が感じられることも多く、映像鑑賞の目的では、家庭に代表されるコンシューマ用途での普及は小さいものであった。その一因には、解像度の不足が考えられる。しかし、現在、映像分野では、従来のハイビジョン(2K)から画素数を4倍、16倍に増加させた4K,8Kの実用化が急速に進んでいる。

これまでに、研究グループでは、立体映像を対象にして、人の情報処理過程の分析として、オクルージョンの知覚機構に関して分析を進めてきた。オクルージョンは3次元世界で、前にある対象が後ろにある対象を隠す状態をいう。人は左右の網膜像から対応点を探索し脳内で3次元画像を再現するが、片方の網膜像にオクルージョンが生じると対応点を見つけることができない。この現象に対しては、対応点を探索できないという負の面だけでなく、そのような領域の存在が奥行き感の向上をもたらしている可能性も考えられる。

オクルージョンの例として、ランダムドットステレオグラムを考える(図1)(平行法での提示)。それぞれの目に提示される中央(近い面)と周囲(遠い面)の領域は、両目の像に共通した部分であり、対応づけることが可能な領域である。一方、左画像の「左のみ」とした領域、右画像の「右のみ」とした領域は対応しない領域である。これらの対応しない領域は、より遠い距離にある物体(この図では周囲の領域)と同じ奥行きに知覚される。このような、遠くにあるものを隠すオクルージョンの状況は、日常、絶えず生じている。さらに、物体が曲面を持つ場合には、片方の目のみ見える領域が物体部分にも遠い部分にも、両方にあり、より複雑な状況である(図2)。しかし、まれな事象ではない。

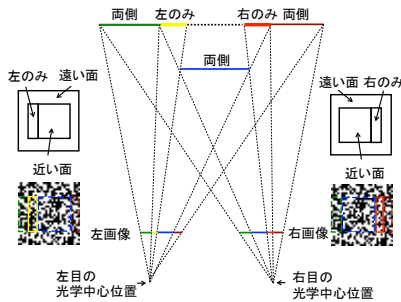


図1 オクルージョンの状況

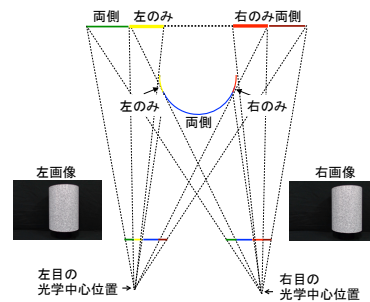


図2 曲面でのオクルージョンの状況

研究グループでは、1990年代に、このオクルージョンの問題に着目し、実物体を対象とし、オクルージョン領域に対してどのように注視が行われているかを計測することを試みている。注視位置について分析を行い、物体表面のテクスチャを条件にした実験で、無地の場合に比べてテクスチャがある場合に、平均的な注意位置が背景側にあることを報告している。オクルージョン領域の検出により、奥行き不連続が強調され対象物の奥行き感の向上を反映しているとも考えられる。その後、2010年代半ばには、映像の高精細化とそれを生成する映像表現のための環境の発展があり、実物体を対象にした実験だけでなくCGによる映像刺激を用いた実験を構築する環境が整った。また、人の応答を記録する対象も、眼球運動だけでなく、目の水晶体の厚み(屈折度)を計測することもできるようになった。このような状況から、実物体に限らず、視覚刺激を生成・制御し、生体信号を同時計測する装置の開発も進め、立体映像による実験を実施している。

その後の高精細映像のさらなる発展は、人の網膜の解像能力を超えるような水準に達している。本課題は、このような高精細映像を用い、これまでの計測装置の開発と実験で得られた知見を活用して実験を実施し分析することで、オクルージョンが考慮され、実画像と同等の3次元画像として知覚される手法の提案と、脳内で行われている視覚処理過程におけるオクルージョンに関わる対応点検出メカニズムの解明に資することとして計画された。

2. 研究の目的

オクルージョンは3D映像に対する知覚に関する研究課題としてだけでなく、情報処理機能のモデルに相当するコンピュータビジョンの研究領域においても、その知見が有用になると考えた。人は、オクルージョンの領域の知覚を積極的に利用して、奥行き知覚や3次元物体の再構成に役立っている可能性もある。本研究では、「人が脳内でどのようにしてオクルージョンを知覚して、奥行き知覚に活かしているか」を明らかにするために、「2D映像、3D映像におけるオクルージョンの役割の有用性」、「オクルージョン知覚の過程における情報処理経路の推定」を行うための実験を実施し分析を行うことにより、より自然な3D映像表示法の提案、2D高精細映像の奥行き感を向上させる手法の提案とつなげていくことを目的とした。

3. 研究の方法

「2D 映像, 3D 映像におけるオクルージョンの役割の有用性」, 「オクルージョン知覚の過程における情報処理経路の推定」を行うための実験を実施し, 分析を行った. 具体的には, 人の網膜の解像能力を超える高精細画像を用いて輻輳眼球運動と水晶体の屈折度を測定することと, 人の情報処理経路において, 刺激の色と空間周波数パターンの違いから, 伝達経路が異なることことに着目し, 対象表面のテクスチャを変化させて, 眼球運動を測定することを行った.

(1) 高精細映像を用いた眼球運動と水晶体の屈折度の計測

①刺激の提示と生体信号の記録装置の設計

高精細画像を用いて, 生体信号を計測するためのシステムの構築を進めた. 一枚の高精細映像の提示系の装置に加えて, 眼球運動と水晶体の屈折の記録装置での提示を実施した. 視差付きの映像の組を表示させ, 裸眼立体視による融合が可能であることを確認した. より安定した負担の少ない刺激提示方法が望まれたことから, 偏光フィルタを用いて左右像をそれぞれ提示する手法を検討したが, 記録装置の機構上, 眼前に偏光フィルタを設置することは不可であった.

計測システムとしては, 刺激提示と記録装置の連動を考慮したソフトウェアの実装を行った. また, 左右像の提示の過程では, ハーフミラーの設置による提示について検討を行なった.

今後, 偏光フィルタを必要としない裸眼立体視可能な映像機器を用いて 3D 映像を提示する実験を進める計画である(図 3).

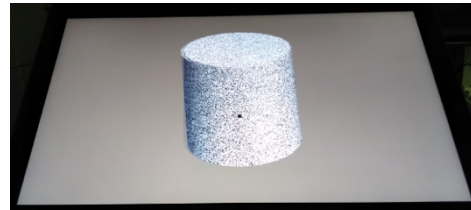


図 3 立体映像の例

②高精細画像提示の眼球運動と水晶体の屈折力の計測

オクルージョンを生じる対象である円柱を CG によって描画し, 解像度に着目した実験を行った. 両眼の眼球運動と水晶体の屈折度の計測を行なった. 固視点とオクルージョンを生じるリムを, 順に注視する課題を行い, 解像度変化に対する注視位置の移動量と屈折度の変化(図 4)を評価した. 解像度が高い時には, 移動量が大きくなる傾向にある結果を得た. 水晶体の屈折度の変化には, 有意な違いは見られなかった. 注視位置の結果は, 両眼視差の不一致領域の検出だけでなく, 空間周波数特性や他の要因の寄与も含まれる可能性があることを示唆していると考えられる. 実施した実験条件下では, 屈折度の変化への寄与は小さいものであった.

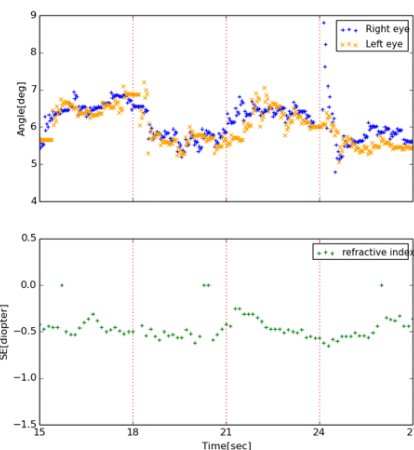


図 4 眼球運動と屈折度数の計測の例

(2) 等輝度知覚条件に基づいた色情報に基づいたオクルージョン知覚処理過程の解明

これまでに同じ輝度と知覚される条件として色彩情報を調整された視覚刺激による, オクルージョン知覚に関して眼球運動の分析を行なっている. 反対色に着目して分析を行なっている. 赤-緑のパターンで, オクルージョンの刺激に反応していることが確認されている. この色彩についての視覚処理の伝達経路としては, 小細胞経路(パルポ経路)に相当する. ついで, 青-黄の刺激パターンで実験を行っているが, 必ずしも赤と緑成分の寄与について明確には分離できない. そこで, 細胞の空間パターンに関する感受性を考慮して刺激パターンを変更し, 青色に関する伝達経路(コニオ経路)の処理が顕在化するように, 実験条件を構成した. これに対して, オクルージョン知覚時に見られる応答の抑制(表 1)が見られ, この経路での寄与が低いことが示唆される結果を得た.

表 1 円柱表面のパターンの変化に対する輻輳角の変化

輻輳角の変化	白から 0.5cpd	白から 1cpd	白から 1.5cpd
0.5 度以上	39%	36%	30%
0.5 度未満	61%	64%	70%

4. 研究成果

(1) 研究の主な成果

① 高精細映像を用いた眼球運動と水晶体の屈折度の計測

高精細映像を用いて、生体信号を計測するためのシステムの構築を行い、オクルージョンを生じる対象である円柱をCGによって描画し、解像度に着目した実験を行った。解像度の変化に対して、眼球運動の違いが見られ、高い解像度の条件で、オクルージョンの知覚が高まっている可能性が示唆されるような結果を得た。一方、水晶体の屈折度の変化では、有意な違いは見られない結果を得た。解像度は、物体のテクスチャパターン、すなわちさまざまな空間周波数の組合せにも関わるテーマであり、更なる検討が必要である。今後、各種の提示条件のもとで実験を実施し、分析を進めていく。また、3D映像による視覚刺激を用いた計測を行うために、生体信号の計測機器との構成から、裸眼で観視可能な刺激提示の方策を検討し、映像の精細度の高い裸眼3Dディスプレイに、円柱を描画した視覚刺激による実験を行うための環境構築を進めており、今後、計測を進めていく。

② 等輝度知覚条件に基づいた色情報に基づいたオクルージョン知覚処理過程の解明

これまで、オクルージョン知覚時の眼球運動への応答に基づいて、その情報伝達経路の解明を進めてきた。ここでは、錐体の出力のうち、これまで、詳細な検討がなされていない、コニオ経路に着目し、実験課題を設定した。コニオ経路では青色に関する処理がなされているが、パターンの生成を反対色の青色と黄色で構成し、また、コニオ経路の有する、空間周波数特性を考慮した実験を行い、この経路のオクルージョン知覚に対する寄与が低いことを示唆する結果を得た。今後は、構築した実験環境を用いて、さらに実験を実施し、分析を進めていく。

(2) 得られた成果の国内外における位置づけとインパクト

一枚（単体）の画像としては、精細度は、人の網膜の解像能力を超えるような水準に達しているが、それを超える解像度の提示についても、知覚の上で重要である。いわゆる副尺にみられるような、人のずれに対する検出能力は非常に高いものである。立体映像を対象とする時、現在の解像度を超えた高精細3次元表示技術の開発が求められるであろう。この際、現在、考慮がなされていないオクルージョンに関する知見を示したことは有用になると考える。

一方、脳内の情報処理に関しての、情報伝達経路に関する知見が得られ、これを示すことは情報処理の仕組みの解明に寄与するものである。コニオ経路の働きは、マグノ経路、パルボ経路に関する知見よりも少なく、研究対象として残されている部分が多い。知覚の分析だけでなく、生理学的な機能や情報処理過程のモデル化などの研究分野においても、ここで得られた知見が有用になると考える。

(3) 今後の展望

高精細映像の利用シーンとして、一枚（単体）での表示領域の拡大としての利用に限らず、立体映像での利用には、複数の映像の観察であることから、人のずれを検出する能力も考慮すると、単眼の網膜での細胞配置から見られるような分解能を超えて、より精細なものが求められると予想される。自然なシーンでは、立体表現において、オクルージョンの領域が含まれることの方が通常である。また、自然なシーンにおいては、色彩あふれることも多い。色彩に応じた情報伝達経路に対するオクルージョンに対する応答の考慮も含め、さらなる高精細映像に対するオクルージョンの知覚に関する分析が着目されるものと考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 SHINOHARA Miho, TAMURA Yukina, MOCHIDUKI Shinya, KUDO Hiroaki, YAMADA Mitsuho	4. 巻 E104-A
2. 論文標題 Occlusion Avoidance Behavior During Gazing at a Rim Drawn by Blue-Yellow Opposite Colors	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	6. 最初と最後の頁 897-901
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transfun.20201ML0001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件／うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Shinya Mochiduki, Yukina Tamura, Miho Shinohara, Hiroaki Kudo, Mitsuho Yamada
2. 発表標題 Occlusion avoidance behavior during gazing at a rim drawn by blue-yellow opposite colors
3. 学会等名 The 10th International Workshop on Image Media Quality and Its Applications (IMQA2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 青山拓真, 工藤博章, 松本哲也, 竹内義則
2. 発表標題 眼球運動特徴量を用いた計算課題における集中力低下の推定
3. 学会等名 電子情報通信学会イメージ・メディア・クオリティ研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 黒木将太, 松本哲也, 竹内義則, 工藤博章
2. 発表標題 高精細画像提示時の眼球運動と水晶体屈折力の計測
3. 学会等名 電子情報通信学会イメージ・メディア・クオリティ研究会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	山田 光穂 (YAMADA Mitsuhō) (60366086)	東海大学・情報通信学部・教授 (32644)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------