

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月26日現在

機関番号：12614

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15H03463

研究課題名(和文)立体視的3次元知覚に及ぼす背景面の効果 - 奥行き、方向、数量知覚について

研究課題名(英文)Effect of a surrounding surface on a three-dimensional perception

研究代表者

下野 孝一 (Shimono, Koichi)

東京海洋大学・学術研究院・教授

研究者番号：70202116

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,260,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は人間の3次元視覚特性(特に視方向、奥行き、数量知覚)に影響する要因として両眼視差をもった背景面、周辺面に着目した。従来、たとえば3次元奥行き知覚を媒介するメカニズムを考えると、奥行き知覚に関連している当該刺激以外(たとえば背景面)がどのように影響をするかはあまり研究されてこなかった。当該刺激が生む知覚が周辺の奥行き構造に影響する可能性はさほど注目を浴びなかったためである。本研究では上記3種類の視覚特性に関して背景面、周辺面が影響することを示し、両眼視差の処理がそれぞれの知覚特性に影響するという両眼視差負荷仮説を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は背景を含む周辺の奥行き構造が少なくとも、視方向、奥行き知覚、数量知覚に影響することを示した。この結果は、当該課題とは直接関係しない周辺刺激が両眼視差を持つと(あるいは奥行き構造を持つと)、課題に関連した感覚知覚が影響されることを示唆している。当該課題とは関連しない奥行き構造が視野内に存在することは日常的には一般的な観察条件である。このことから考えると、本研究結果は日常観察下で視覚特性を表現している可能性が高い。視覚系のメカニズムをより深く理解するためには、従来の還元主義的な条件での研究に加え、当該刺激と奥行き構造が並存する刺激条件での研究が必要であろう。

研究成果の概要(英文)：In this study, we examined the effect of a surrounding or back-ground surface on a three-dimensional perception, in particular, depth, direction and numerosity perception. We found that binocular or monocular visual direction of stimuli, depth seen in a photograph, and perceived numerosity are affected by the surrounding or back-ground surface. We propose a disparity-processing-load hypothesis to explain the findings.

研究分野：感覚・知覚心理学

キーワード：3次元知覚 背景面 奥行き 方向 数量知覚

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

ヒトの視知覚機能は大きく空間定位(対象がどこにあるかを“知る”機能)と空間認知(対象が何であるかを“知る”機能)に分類できるが、本研究では両眼立体視(以下、立体視)空間内での両機能のそれぞれを、心理物理学の実験法を用いて研究した。本研究が対象とするのは、前者の機能である奥行き知覚と視方向、後者の機能である数量知覚である。本研究では特に背景の効果に着目した。ここまでの研究でわれわれは、奥行き知覚、視方向、数量知覚において、背景や前景、あるいは周辺に奥行きを持った面がある場合には、従来の知見とは一致しない現象を見出した。本研究は、これらの現象をより詳しく調べることで、視知覚の特性をより一般的な観察条件、言い換えれば日常に近い観察条件--当該刺激に加え両眼視差をもった刺激(奥行き構造をもった刺激)が存在する観察条件--であきらかにすることを旨とした。

2. 研究の目的

本研究の目的は日常に近い観察条件で働いている視覚系の機能について研究することである。人間は日常3次元空間の中で生活している。そこでは異なる奥行きをもつ様々な対象が点在している。最近われわれは、研究対象である刺激(当該刺激)の周辺に、両眼視差--奥行き量の手がかりの1つ--をもつ奥行き構造刺激(3次元刺激、以下3D刺激)を提示すると、当該刺激の見えは従来の知見と異なることを発見した。この発見は両眼視差で定義される奥行き構造が当該刺激の空間定位や空間認知に影響することを示唆している。本研究ではこの発見を説明する両眼視差負荷仮説--周辺の奥行き構造が視覚系に“負荷”を与えた結果、当該刺激の見えが変化する--を提案し、その仮説の妥当性について実験的に検討した。

3. 研究の方法

以下に、それぞれの知覚特性毎に代表的な実験方法について記述する。

3-1) 奥行きに関する研究方法

観察者: 正常な視力を持つ32名の学生が実験に参加した。

刺激と装置: 刺激は60枚の写真で、2台の並列したテレビモニタ上に提示された。写真は様々な奥行き印象が得られるように選定した。観察者はある条件では、2台のうち1台のみを、枠なしであるいは枠(3D刺激)とともに観察した。(この場合、他方のモニタはカバーで覆われている。)また別の条件では、2台のモニタのうち、一方を枠なしで他方を枠とともに観察した。枠とモニタとの距離は13.0 cm(両眼視差は12.0 arcmin)であった。

手続き: 被験者は2種類の課題 - 奥行き評価課題と奥行き弁別課題 - を行った。奥行き評価課題では、被験者は枠をつけた、あるいは枠のない1枚の写真を観察し、その見かけの奥行き感を0(奥行きを感じない)から4(とても奥行きを感じる)までの数字で評価した。奥行き弁別課題では、被験者は2枚の同じ写真(一方には枠があり、他方には枠がない)のいずれがより深い(あるいは浅い)奥行きをもっているかを判断した。実験は2つの条件(枠先条件と枠後条件)からなり、それぞれの条件は3つの段階からなっていた。段階1と3では被験者は評価課題を、段階2では弁別課題を行った。各段階で被験者は60枚の写真に対して課題を行った。したがって、各被験者は180回の試行をおこなった。各段階での写真の提示順序はランダムであった。

3-2) 数量知覚に関する研究方法

観察者: 正常な視力、立体視力をもつ17名が実験に参加した。

刺激と装置：2D、3D刺激とも、同一の直径(4.4°、8.9°、13.3°)をもつ円の輪郭内に提示される正方形要素(6.7 x 6.7)からなっていた。刺激提示用の装置は鏡式実体鏡であり、観察者の正中面の左右にそれぞれ1つの2D刺激と3D刺激が提示された。左右の刺激は正中面から等距離に置かれ、両者の中心間距離は15.6°であった。3D刺激の要素数は100個に固定されたが、2D刺激の要素数は観察者ごとに異なり、100を中心に等間隔で(10あるいは20ずつ)、マイナス方向に3段階、プラス方向に3段階変化した。3D刺激は“立体透明視刺激”であり、融合すると同一方向にある2面の奥行き異なる重なった2面に見えた。3D刺激の対応する50個の要素は交差性7.8の網膜像差をもち前面に、残りの50個の要素は非交差性7.8の網膜像差をもち後面に定位された。2D刺激、3D刺激とも要素の輪郭内の位置はランダムに決定されたが、3D刺激の場合、網膜像差勾配を考慮し、複視を生じないように留意した。観察者から刺激までの光学的距離は66.0 cmであった。

手続き：被験者はディスプレイ上に提示された左右どちらの刺激がより多くの要素を含んでいたかを応答した。被験者の応答時間に制限はなかった。それぞれの被験者の総試行数は210試行(要素提示領域の大きさ3条件 x 2D刺激の要素数7条件 x 繰り返し10)であった。

解析：われわれは各観察者で、3D刺激と見かけの要素数が一致する、2D刺激の要素数(主観的等価点)を求めた。主観的等価点は、2D刺激の要素数の関数として、“2D刺激の要素数が3D刺激の構成要素数より大きい”と答えた反応をロジスティック関数で近似することで導きだした。

3-3) 視方向に関する研究方法

観察者：正常な視力(矯正視力を含む)および立体視を有する8名(うち1名は著者)が実験に参加した。

刺激および装置：刺激はランダムドットパターンからなるステレオグラムであった。ステレオグラムの左右の半視野は、左右並列した平行四辺形(底辺2.5°、高さ5.0°)の輪郭をもつパターンと、また左半視野は水平線分(左眼のみに提示)(横1°、縦0.25°)をもっていた(図1)。ステレオグラムはCRTモニタを使ったミラー式立体鏡上に提示され、融合したとき2つの矩形面が前額平行面に、あるいは水平軸を中心の前額平行面から(上辺あるいは下辺が)奥行き方向に40°の奥行傾斜をもつて見えた。面上の水平線分のうち左が標準刺激、右が比較刺激である。標準刺激の水平位置は常に右の平行四辺形パターンの中央であった。比較刺激の水平位置は実験参加者のキー押しによって変化した。各半視野の左の平行四辺形パ

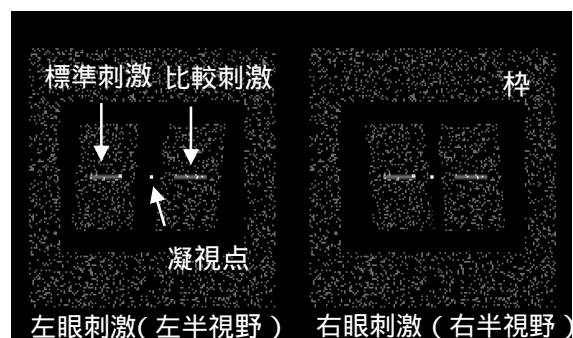


図1. 実験に使われたステレオグラムの模式図

ターの各ドットは左のドットに対して5種類の網膜像差(-15.0', -7.5', 0', 7.5', 15')を持っていた。輻輳を一定にするための2つのパターンの中心に注視点を、またパターンの回りにランダムドットパターンからなる枠を、常に提示した。

手続き：被験者は、標準刺激と比較刺激の水平位置が一直線になるように比較刺激の位置を調整した。各被験者の試行は120回(3種類の面の傾斜、5種類の網膜像差、8回の繰り返し)であった。それぞれの被験者で標準刺激と調整後の比較刺激の水平位置の差の平均値を、主観的一直線(point of subjective alignment, PSA)とした。刺激の提示順はランダムであった。

4. 研究成果

以下、それぞれの知覚特性毎に、研究の方法に対応した実験結果と議論について記述する。

4-1) 奥行きに関する実験結果と議論

評定課題：2種類の平均を評定結果の分析単位とした。最初の単位は、被験者ごとの60枚の写真に対する評定値の平均であった。段階（参加者内要因）× 枠条件（参加者内要因）の2要因分散分析を行った結果、2つの主効果に有意差はなかったが、交互作用に有意差があった [$F(1, 30) = 8.44, p < 0.01, \eta^2 = 0.020$]。2番目の単位は写真ごとの32人の評定値の平均である。同様の分散分析の結果、段階の主効果はなかったが、枠条件の主効果 [$F(1, 118) = 12.53, p < 0.001, \eta^2 = 0.007$]と交互作用 [$F(1, 118) = 39.72, p < 0.001, \eta^2 = 0.004$]、に有意差があった。

弁別課題：2種類の割合を弁別結果の分析単位とした。最初の単位は、被験者ごとの、60枚の写真の中で枠のあるものがより奥行きが深いと判断された割合であった。この割合の32名の被験者の平均(0.73)はチャンスレベル(0.5)より有意に高かった [$t(31) = 5.11, p < 0.001, \eta^2 = 0.46$]。次の単位は枠のある写真をより奥行きが深いと判断した確率がチャンスレベル(0.5)よりも高かった被験者の割合であり、その割合は29名中23名(0.79)であった。このような割合が出現する確率は統計的には、チャンスレベルよりも有意に小さい(サイン検定, $p < 0.01$)。

これらの結果は枠をつけた写真は、枠をつけていない写真に比べ、その奥行き感が増すこと(枠効果)さらにこの枠効果が生じるには一定の時間がかかることを示している。この枠効果は、枠と写真の間の両眼視差を処理する過程が視覚システムに負荷をかけ、結果的に写真に含まれる絵画の手がかりの効果を増すと仮定すると説明できる。

4-2) 数量知覚の実験結果と議論

図2に結果を示す。横軸が要素提示範囲を、縦軸が主観的等価点を表している。図からあきらかなように、主観的等価点はどの要素提示範囲でも100(3D刺激の構成要素数)よりも大きい。さらに主観的等価点は要素提示範囲が大きくなるにつれて、増加している。これらの結果は、統計結果とも一致している。主観的等価点に対する一要因分散分析の結果、要素提示範囲の効果は統計的に有意であり、 $F(2, 32) = 9.98, p < .05$ 、下位検定(ライアン法)の結果、提示範囲が最小の場合(4.4°)の主観的等価点は中間の提示範囲(8.9°)と最大の範囲(13.3°)より大きかった($p < .05$)。さらに各提示範囲でのPSEの95%信頼区間の下限は3D刺激の構成要素数よりも大きかった。この結果は3D刺激の要素数と等価に感じる2D刺激の数は有意に100よりも大きいことを意味し、どの提示範囲でも、数量過大推定現象が生じたことを示している。

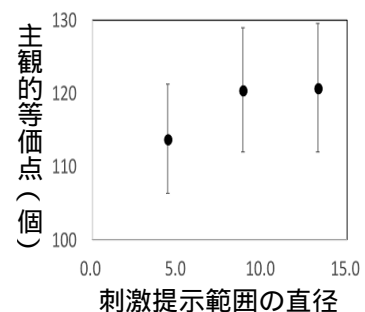


図2 要素提示範囲の関数としての要素比)。誤差棒は95%信頼区間を表す。

本研究は、1)少なくとも使われた提示範囲内では、3D刺激の要素数は2D刺激の要素数に比較して過大に推定される、2)過大推定の程度は要素提示範囲につれて増加することを示した。過大推定現象そのものは、Bellらの研究を除き、いくつかの研究で報告されている(Aidaら, 2015; 相田・下野, 2018; Matsudaら, 2017)。これらの研究間には実験手続きや刺激など多くの相違点があるが、Bellを除く研究では要素の提示範囲は比較的大きかった。Bellらで現象が報告されなかったのは、使用された要素提示範囲が比較的小さいことが影響した可能性がある。

4-3) 視方向に関する実験結果と議論

図3に結果を示す。図の横軸は面間の網膜像差であり、符号が正の時には左の面が右に比べ手前に、負の時には後ろに見えた。縦軸は左右の水平線分が一直線に見えた時のPSAの平均であり、値が正の時は標準刺激が比較刺激より上に、負の時は下に見えることを意味した。図のパラメーターは傾斜面である。図3から(1)PSAは提示された面の網膜像差に依存していること、(2)PSAは面の傾きに依存していることが見て取れる。(1)

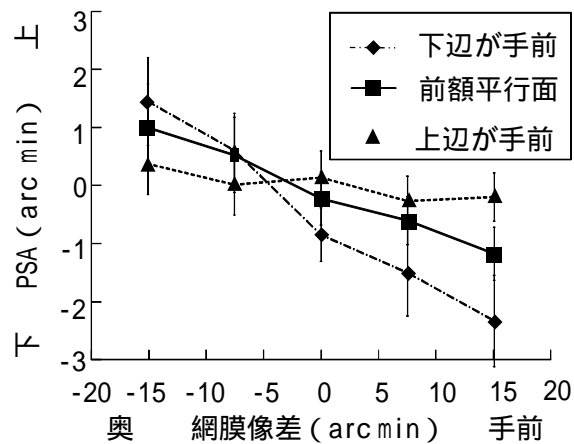


図3 . 面間の網膜像差と PSA との関係

の結果は単眼刺激の視方向は、それを取り囲む両眼刺激の網膜像差に影響を受けたことを示し、従来の結果 (Shimono & Wade, 2002) と一致する。また (2) の結果は単眼刺激の視方向はそれを取り囲む両眼刺激の視差勾配の影響を受けたことを示し、新しい発見である。これらの結果は面の傾斜 (3水準)、面間の網膜像差 (5水準) の2要因参加者内分散分析の結果、面の傾斜と水平視差との交互作用 ($F(8,56) = 7.06, p < .001$)、と網膜像差の主効果 ($F(4,28) = 13.57, p < .001$) が有意であった。

本結果は、単眼刺激が網膜像差を持つ両眼刺激上に提示されたとき、単眼視方向は網膜像差のみならず、両眼刺激の傾きにも影響を受けることを示唆している。この結果は、両眼刺激とともに提示された単眼刺激は、両眼刺激の一部として扱われると仮定すると説明できる (Shimono & Wade, 2002; Kusano, Aida & Shimono, 2015)。

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文](計 5 件)

- 1) K.Watanabe, J. Kayano, K. Kihara, & K. Shimono: Dual-Task and Body-Sway Affect Attention While Viewing a Ship-Navigation Simulation Video. *Transactions of Navigation*, 4(1), 11-19, 2019 (査読有)
- 2) Tsutomu Kusano & Koichi Shimono: Slant of a Surface Shifts Binocular Visual Direction *Vision*, 2, 2-13, 2018 (査読有)
- 3) Masakura Y, Ichikawa M, Shimono K, Nakatsuka R: Visual Presentation Effects on Identification of Multiple Environmental Sounds. *Frontiers in integrative neuroscience*, 10, 11, 2016 (査読有)
- 4) Aida S, Shimono K, & Tam WJ: Magnitude of perceived depth of multiple stereo transparent surfaces. *Attention, perception & psychophysics*, 77(1), 190-206, 2015 (査読有)
- 5) Aida S, Kusano T, Shimono K, & Tam WJ: Overestimation of the number of elements in a three-dimensional stimulus. *Journal of vision*, 15(9), 23, 2015 (査読有)

[学会発表](計 13 件)

- ・松田勇祐・下野孝一：奥行き異なる枠はテクスチャ勾配を含む画像の奥行き感を増加させる．2019年1月 日本視覚学会
- ・相田紗織・松田勇祐・下野孝一：3次元数量過大推定現象に及ぼす奥行き構造の効果．2019年1月 日本視覚学会
- ・松田勇祐・下野孝一：奥行き異なる枠は絵画的奥行き手がかり画像の奥行き感を増加させる．2018年1月 日本視覚学会

・相田紗織・松田勇祐・下野孝一：3次元数量過大推定現象に関する遮蔽仮説と背景面バイアス仮説の検討．2017年12月 日本基礎心理学会

・下野 孝一・東山 篤規・木原健・Ono Hiroshi：離れている枠は写真の見かけの奥行を促進する．2017年9月 日本心理学会

・Matsuda, Y., Shimono, K., & Aida, S. (2017). Overestimation of the number of elements in a three-dimensional stimulus is dependent on the size of the area containing the elements. *Journal of Vision*, 17(10), 151-151. (Vision Science Society)

・野崎裕嗣・木原健・Hiroshi Ono・下野孝一・大塚作一：視覚的注意が中心視刺激の両眼単一視に与える影響 注意の瞬き課題を用いた場合．2017年1月 日本視覚学会

・下野孝一・草野勉：単眼刺激の視方向は近接する両眼刺激の傾きに影響される．2016年12月 九州心理学会

・松田勇祐・相田紗織・下野孝一：3次元数量過大推定現象における刺激提示範囲の効果．2016年8月 日本視覚学会

・相田紗織・松田勇祐・下野孝一：3次元数量過大推定現象における面の重なりの効果．2016年8月 日本視覚学会

・下野孝一，東山篤規，木原健，Ono Hiroshi：枠組みが2次元画像の奥行き感に及ぼす影響．2016年8月 日本視覚学会

・K. Shimono, A. Higashiyama & S. Aida: Framing can enhance the perceived depth of a picture, 2015, *Perception*, 44, 317. (European Conference on Vision)

・K. Watanabe, T. Watanabe, S. Aida, J. Kayano, & K. Shimono: The effect of dual-task and body pitch on visual attention while viewing a video depicting ship navigation, 2015, *Perception*, 44, 135. (European Conference on Vision)

〔図書〕(計1件)

下野孝一：第3章 奥行き知覚 - ランダム・ドット・ステレオグラムによる両眼立体視、認定心理士資格準拠 実験・実習で学ぶ心理学の基礎 日本心理学会認定心理士資格認定委員会編、金子書房(2015)(pp. 33-43)

〔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

<http://www2.kaiyodai.ac.jp/~shimono/index.html>

<https://olcr.kaiyodai.ac.jp/db/profile.php?yomi=SHIMONO,Koichi>

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：氏家弘裕

ローマ字氏名：Ujike Hiroyasu

所属研究機関名：国立研究開発法人産業技術総合研究所

部局名：情報・人間工学領域

職名：研究グループ長

研究者番号(8桁)：40262315