

令和 4 年 6 月 10 日現在

機関番号：15501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K18187

研究課題名(和文)3次元立体視空間における数量判断過程の心理物理・脳科学的解明

研究課題名(英文) Psychophysical and brain scientific approach to the numerosity judgment process in 3D stereoscopic space

研究代表者

相田 紗織 (Aida, Saori)

山口大学・大学院創成科学研究科・助教(テニュアトラック)

研究者番号：80746983

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は3次元空間での数量判断についての研究である。同じ構成要素数をもつ2次元平面刺激と3次元立体刺激を比較すると、3次元立体刺激の構成要素数が2次元平面刺激よりも多く見積もられる(3次元数量過大推定現象)。これまでの実験の結果から、現象を説明する新たな仮説を提案した。この仮説は、3次元立体刺激の構成要素の両眼視差の処理が構成要素の数量推定過程に干渉しているという仮説(視差処理負荷仮説)である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、3次元空間での人間の視覚特性をより深く理解しようとするものである。従来の数量推定に関する研究では、2次元刺激が多く用いられてきた。人間の生活空間が主に3次元であることを考えると、3次元空間での数量推定を研究することは、人間の知覚行動特性を知る上で重要である。研究の結果、刺激を観察した時、構成要素の両眼視差の処理が構成要素の数量推定過程に干渉していることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：This study is about numerosity judgments in 3-D space. The number of elements was perceived to be higher in the 3-D stimulus than in the 2-D stimulus even when their physical numbers were identical to each other. To account for the 3-D overestimation phenomenon, we proposed a new hypothesis that processing disparities of elements in a 3-D stimulus interferes with the numerosity estimation of the elements.

研究分野：認知科学 実験心理学

キーワード：数量知覚 3次元知覚 奥行き知覚 両眼立体視 両眼視差 数量判断 numerosity 認知科学

1. 研究開始当初の背景

人間は日常 3 次元空間の中で対象の様々な物理刺激属性（距離、奥行き、色、数量など）を処理しながら暮らしている。一般に人間の知覚は、物理刺激属性を正確に反映していると考えられているが、必ずしも知覚と物理刺激は常に一致するわけではない。この一致しない現象をより詳しく調べることで、視覚特性を明らかにできる。

数量推定の研究は従来、前額平行面（2 次元平面）上に提示された構成要素の数を推定する量推定法（たとえば、Krueger, 1972）、あるいは、並列的にまたは連続的に提示された 2 種類の要素数の多寡を比較する弁別法（たとえば、Barth, Kanwisher, & Spelke, 2003）が多い。しかしながら、従来の研究（および数知覚過程研究一般）には、構成要素が 2 次元平面に置かれており、3 次元空間に提示されていないという問題がある（Aida, Kusano, Shimono, & Tam, 2015）。

最近、構成要素を 3 次元空間内に提示するという研究が始まっている（Aida, et al., 2015; Schütz, 2012）。たとえば、Aida, et al. (2015) は、奥行き方向に 2 つ（あるいは 3 つの）重なる前額平行面（立体透明視刺激）に構成要素が提示される 3 次元刺激を使用した。Aida, et al. (2015) は 3 次元刺激の構成要素数と単一の前額平行面に構成要素が提示された 2 次元刺激の構成要素数を比較し、提示された構成要素数が同じでも 3 次元刺激の構成要素数が多く感じられる（3 次元数量過大推定現象）ことを報告した。3 次元刺激を使用した時に、Aida, et al. (2015) が発見した現象は、数量知覚においても 3 次元独特の数的処理過程があることを示唆する。

この 3 次元数量過大推定現象を説明するために従来 2 つの仮説--遮蔽仮説と背景バイアス仮説--が提案されている。遮蔽仮説は、数量推定を行う時、視覚系は構成要素間に奥行きがある場合、手前の物が後ろの物を隠す可能性を斟酌していると仮定している（Aida, et al., 2015）。この仮説によれば、視覚系は前面の構成要素数と背景面の構成要素数に加え、“隠された”要素数も、数量推定に利用する。しかしながら、構成要素が前額平行面に提示される場合、隠された構成要素数は考慮されない。一方、背景面バイアス仮説は、立体透明視刺激を構成する構成要素が面として知覚される場合、構成要素の見かけの密度が増加し（Tsirlin, Allison, & Wilcox, 2012）、その結果全体の要素数が過大推定されると仮定している（Schütz, 2012）。この仮説によれば、視覚系は背景面の構成要素の見かけの密度を数量推定に利用する。

2. 研究の目的

3 次元数量過大推定現象は、3 次元刺激独特のものか、立体透明視刺激独特のものなのかを明らかにすることを目的とする。

遮蔽仮説と背景バイアス仮説の予測では、これら 2 つの仮説のいずれも、面の奥行き方向の重なりがなければ、過大評価は生じないと予測する。重なりがなければ、隠されている構成要素は考慮されず、あるいは背景面の見かけの密度の増加も生じないからである。さらに、背景バイアス仮説は構成要素が背景面として知覚されない場合、数量の過大推定は生じないと予測する。従来の仮説で現象を説明可能か調べることを目的とする。

3. 研究の方法

実験で使われた刺激は、2 次元刺激（構成要素が 1 つの前額平行面上にある刺激）と 3 種類の 3 次元刺激--立体透明視刺激（構成要素が奥行き方向に重なる 2 つの面として見える刺激）、階段状刺激（構成要素が奥行きをもつ 2 面に見えるが左右、上下に分離し、面の重なりのない刺激）、塊刺激（構成要素が奥行きをもって見えるが、面として見えない刺激）--であった（図 1 を参照）。実験での観察者の課題は、3 次元刺激の構成要素数と 2 次元刺激の構成要素数・奥行き・密度を比較することであった。心理物理学実験と脳活動計測実験を行った。

得られたデータから観察者ごとの標準刺激と見かけの数が一致する比較刺激の数（主観的等価点）を求めた。主観的等価点は、2 次元刺激の構成要素数の関数として、2 次元刺激の構成要素数が 3 次元刺激の構成要素数より大きいと答えた反応の心理物理関数から計算した。このデータに対して、シグモイド関数を当てはめた。求めた主観的等価点から標準刺激の構成要素数をひいた値を過大推定量とした。

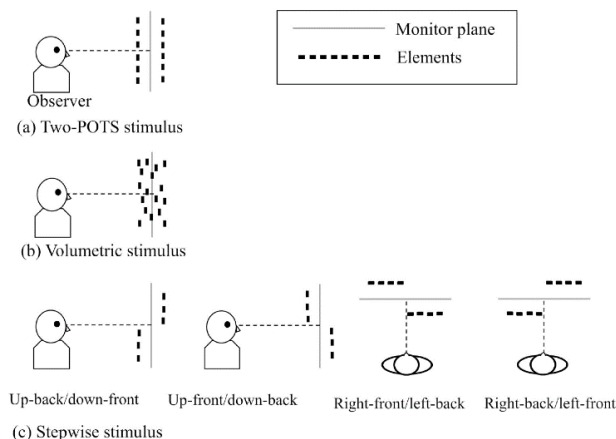


図 1. 刺激の模式図

4. 研究成果

実験から得られた14名の観察者の過大推定量の平均値について3次元刺激ごとにまとめたグラフが図2である。縦軸は過大推定量、横軸は両眼視差を示す。棒グラフは左から順に、青棒が立体透明視刺激、オレンジ棒が上後下前刺激、黄棒が上前下後刺激、緑棒が右前左後刺激、黄緑棒が左前右後刺激を示す。グラフに付した誤差棒は信頼区間95%を示している。図2から明らかなように、両眼視差が小さいとき信頼区間の下限はゼロよりも大きい。この結果は両眼視差が小さいときに立体透明視刺激と階段状刺激の両方で3次元数量過大推定現象が生じたことを示している。さらに、図2は両眼視差が小さいとき、各3次元刺激間で過大推定量に差はないことを示している。また、図2は両眼視差が大きいとき、立体透明視刺激においてのみ3次元過大推定現象が生じた。この結果は遮蔽仮説と背景バイアス仮説の予測とも矛盾しており、いずれの仮説も3次元数量過大推定現象を説明できないことを示している。しかしながら、もし階段状刺激の場合、視覚系が後ろの面が手前の面に遮蔽されていると解釈していると仮定すると、遮蔽仮説での説明は可能である。もし、この考えが正しく、また立体透明視刺激の過大推定と階段状刺激の過大推定が類似の過程で媒介されたとすると、階段状刺激では後ろの面で過大推定が生じているはずである。この予測について実験を行った結果、3次元数量過大推定現象は、使用した階段状刺激の単一面のみの推定において生じなかった。この結果は遮蔽仮説の予測と矛盾しており、遮蔽仮説では3次元数量過大推定現象を説明できないことを示している。

実験から得られた14名の観察者の過大推定量の平均値についてのグラフが図3である。縦軸は過大推定量、横軸は両眼視差を示す。棒グラフの紫棒は塊刺激を示す。グラフに付した誤差棒は信頼区間95%を示している。信頼区間の下限値がゼロよりも大きいということは、塊刺激において3次元数量過大推定現象が観察されたことを示している。この推定量は、立体透明視刺激及び階段状刺激で得られた推定量とほぼ等価であった。背景バイアス仮説によれば、背景面として知覚された場合には過大推定が生じ、知覚されない場合には、過大推定は生じないことを予測している。本実験では、使用された刺激の面の数を正確に知覚できた観察者はおらず、全ての観察者で3次元数量過大推定現象が生じた。このことは、背景バイアス仮説では3次元数量過大推定現象を説明できないことを示している。

脳活動計測実験の結果、数量、奥行き、密度弁別で脳活動部位が異なることを確認した。数量推定や3次元数量過大推定現象と脳活動との関連性については、今後更なる検討が必要である。

本研究では、3次元数量過大推定現象が生じたかどうかは、3次元刺激の視差量と奥行き構造に影響することを示した。3次元数量過大推定現象は、立体透明視刺激独特のものではないことが明らかになった。過大推定は、両眼視差が比較的小さい場合、使用された3次元刺激の奥行き構造に関係なく観察されたが、両眼視差が比較的大きい場合、奥行き構造によって結果が異なっていた。これらの結果は、遮蔽仮説と背景バイアス仮説のいずれとも一致しなかった。3次元数量過大推定現象を説明する新たな仮説は、3次元立体刺激の構成要素の両眼視差の処理が構成要素の数量推定過程に干渉しているという仮説（視差処理負荷仮説）である。これまでの実験で得られた実験の結果をもとに、3次元数量過大推定現象も説明できるモデルの作成を行った。このモデルをもとにシミュレーション実験を行った。視差処理負荷仮説は、全ての結果を必ずしも説明しているわけではなく、3次元数量過大推定現象が起こる要因は複数ある可能性があり、今後更なる検討が必要である。

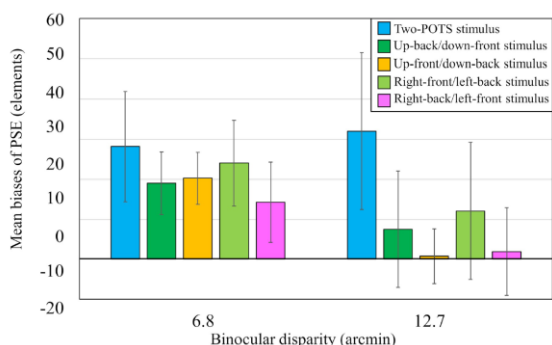


図2. 実験の結果(a)

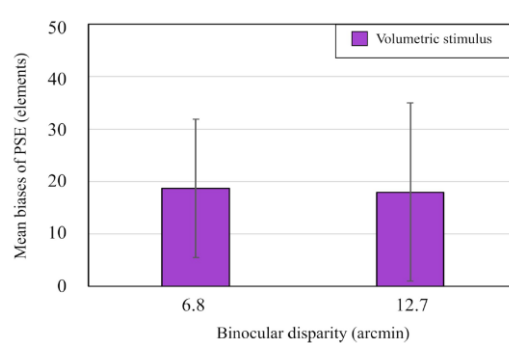


図3. 実験の結果(b)

引用文献

- Krueger LE., "Perceived numerosity," *Percept Psychophys*, **11**(1), 5–9, 1972.
- Barth H, Kanwisher N, Spelke E., "The construction of large number representations in adults," *Cognition*, **86**(3), 201–221, 2003.
- Aida S, Kusano T, Shimono K, Tam WJ., "Overestimation of the number of elements in a three-dimensional stimulus," *J Vis*, **15**(9), 23, 2015.
- Schütz AC., "There's more behind it: Perceived depth order biases perceived numerosity/density," *J Vis*, **12**(12), 9, 2012.
- Tsirlin I, Allison RS, Wilcox LM., "Perceptual asymmetry reveals neural substrates underlying stereoscopic transparency," *Vision Res*, **54**, 1–11, 2012.

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 1件）

1. 著者名 Aida Saori, Matsuda Yusuke, Shimono Koichi	4. 巻 15
2. 論文標題 Interaction of disparity size and depth structure on perceived numerosity in a three-dimensional space	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1371/journal.pone.0230847	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 相田紗織, 松田勇祐, 下野孝一
2. 発表標題 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
3. 学会等名 日本基礎心理学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yusuke Matsuda, Koichi Shimono, Saori Aida
2. 発表標題 Overestimation of the number of elements in a three-dimensional stimulus is dependent on the size of the area containing the elements
3. 学会等名 Vision Sciences Society (VSS) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 下野孝一, 松田勇祐, 相田紗織
2. 発表標題 3次元数量過大推定現象は要素提示範囲に依存する
3. 学会等名 日本心理学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 相田紗織, 下野孝一
2. 発表標題 3次元数量過大推定現象に関する遮蔽仮説の検討
3. 学会等名 21世紀科学と人間シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Aida Saori, Matsuda Yusuke, Shimono Koichi
2. 発表標題 Overlapping surfaces are not necessary for overestimation of the number of elements in a three-dimensional stimulus
3. 学会等名 European Conference on Visual Perception (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 相田紗織, 松田勇祐, 下野孝一
2. 発表標題 3次元数量過大推定現象に及ぼす奥行き構造の効果
3. 学会等名 日本視覚学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Saori Aida, Koichi Shimono
2. 発表標題 Does numerosity adaptation affect numerosity judgments of 3-D stimuli?
3. 学会等名 European Conference on Visual Perception (ECVP) (国際学会)
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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------