

平成 30 年 6 月 13 日現在

機関番号：12608

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2015～2017

課題番号：15H06615

研究課題名(和文) 視覚系の物体間の距離推定メカニズムの解明

研究課題名(英文) A new visual mechanism estimating distance among objects

研究代表者

久方 瑠美 (Hisakata, Rumi)

東京工業大学・工学院・助教

研究者番号：30588950

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000円

研究成果の概要(和文)：視覚系の主な機能は「何が」「どこに」あるかを視覚情報から認識することだが、「どこに」を処理する機能である空間認識の中でも、刺激の大きさや長さを推定する機能は空間の奥行きや構造を認識する上できわめて重要である。最近、高密度のテクスチャに順応すると、その後に呈示される物体間の距離や刺激のサイズの見えが縮小することを発見した(Hisakata, Nishida & Johnston, 2015)。本研究ではこの効果の基本的な時空間特性を検討し、その結果がサイズ順応による効果では説明できないこと、両眼性処理段階で発生していることを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：The main function of the visual system is to recognize "what it is" and "where it is" from retinal images. Especially, estimating size and length of object is extremely important to recognizing depth and structure of the space. Recently, Hisakata, Nishida & Johnston (2015) found that perceived size or distance between two objects shrank after adaptation to dense texture. In this study, I examined basic spatio-temporal characteristic of the aftereffect. I showed that the aftereffect could not be explained by the size adaptation. Also, the effect occurred at binocular processing stage.

研究分野：実験心理学

キーワード：空間認知 密度順応 距離知覚

### 1. 研究開始当初の背景

視覚系の主な機能は「何が」「どこに」あるかを視覚情報から認識することだが、「どこに」を処理する機能である空間認識の中でも、刺激の大きさや長さを推定する機能は空間の奥行きや構造を認識する上できわめて重要である。

従来考えられてきた距離推定に関する概念では、物体間の距離は、ある程度離れた2つの神経細胞から入力を受けるような「距離検出器」が存在し、それらが距離を検出していると考えられてきた(McGraw et al., 2012; Morgan & Regan, 1987)。しかし、網膜上で任意の位置に存在する2つの物体の距離は、何通りも考えられる。従来研究で提案されている距離検出器を用いて、視野上のどのような距離も検出するためには、網膜の神経細胞が120万個だとすると、その組み合わせの7千200億個の検出器を想定しなければならない。小脳も含めて脳全体の神経細胞の数はおよそ千数百億個と言われているのに対し、この距離検出器で視野上のあらゆる物体間の距離を検出していると仮定することはおよそ無理があり、なにか他のメカニズムがあることが想像できる。

研究代表者は最近、高密度のテクスチャに順応すると、その後に表示される物体間の距離や刺激のサイズの見えが縮小することを発見した(Hisakata, Nishida & Johnston, 2015)(図1)。この効果を以後「密度-距離順応」と呼ぶ。従来知られている密度順応は、高密度に順応した後はテクスチャが実際よりも「まばら」に見える現象である。しかし、今回発見された密度-距離順応では、順応の後ドット間の距離が近くなる、つまり単位空間あたりの密度が高くなっていることから、密度順応とは全く逆である。この密度-距離順応は、視覚系が距離を推定する時に密度情報をベースにして処理を行っていることを示している。

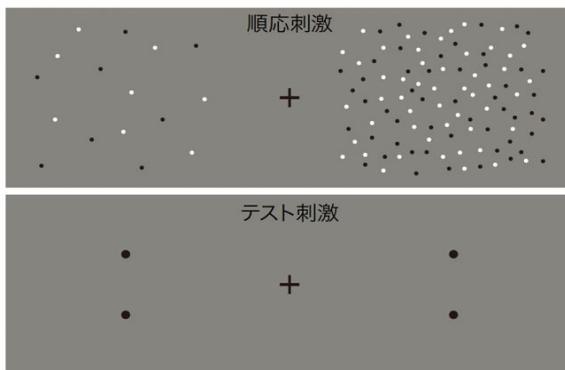


図1:密度-距離順応の例。真ん中の十字が注視点。下図の2点間のドットの距離は左右で同じだが、上図の注視点を1分凝視した後、下図の注視点を見ながら左右のドット間の距離を比べると、右の方がドット間の距離が短く見える。テスト刺激をサークルにすると、高密度順応した場所ではサークルのサイズが小さくなる。

この現象が示す新たな空間推定の処理は、従来の距離検出器の考えとは異なり、密度情報からダイレクトに距離を推定するメカニズムである。この現象の基本的な情報を明らか

にすることで、視覚系の未知の空間処理機能が明らかになると考える。

### 2. 研究の目的

本研究では、新しく発見した順応効果を用いて視覚系がどのように、ある物体間の「距離」を知覚しているのかについて、基本的なメカニズムを推定する。

具体的には、(1)サイズ順応効果との違いを実験的に明らかにする。次に(2)両眼処理段階での視覚系の処理段階を特定し、空間特性を検討する。最後に、(3)時間特性として順応効果がどの程度持続するか、順応刺激の時間周波数特性について検討する。

### 3. 研究の方法

(1)「密度-距離順応」の基本的な空間特性として、まず大きさ順応現象との相違を検討した。従来の大きさ順応現象は刺激単体の大きさに対して生起すると考えられているが、個々のドットが形成する全体的な順応刺激サイズ(順応エリアのサイズ)に対しても生起する可能性がある。この全体的刺激サイズがドット間の知覚距離またはテスト刺激の知覚的大きさを縮小させるのではないかと、という指摘に対して追加の実験的検討を行った。実験は、元の実験で用いた順応刺激と同時に黒い枠を呈示するものだった。順応刺激が呈示されている側、されていない側両方に刺激よりも大きな枠を呈示すれば、枠に対するサイズ順応は順応・非順応視野どちらでも発生することになり、コントロールできる(図2)。

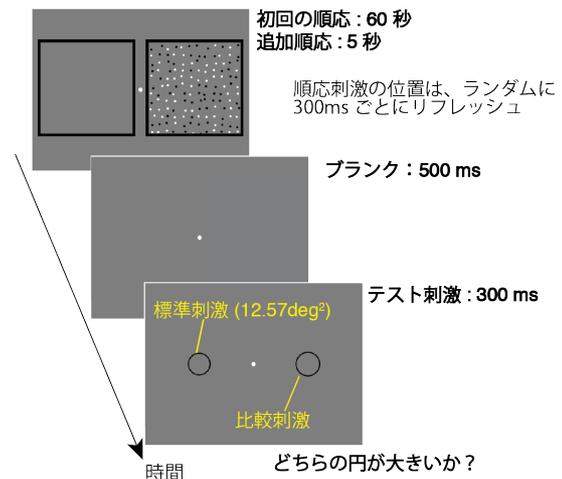


図2:サイズ順応の統制実験のイラスト図。

(2)順応効果が視覚系のどの処理段階で発生するのかを検討するため、両眼分離実験を行った。視覚系は、左右眼の情報が別々に処理される単眼性処理段階と、それらが統合して処理される両眼性処理段階があり階層性をもった処理がおこなわれることが知られている。順応刺激とテスト刺激を別々の眼に呈示することにより、順応効果がどの程度両眼

間転移するのかを検討することができる(図3)。もし両眼間転移率が1に近ければ、この現象はほぼ両眼性処理段階で発生していると考えられる。

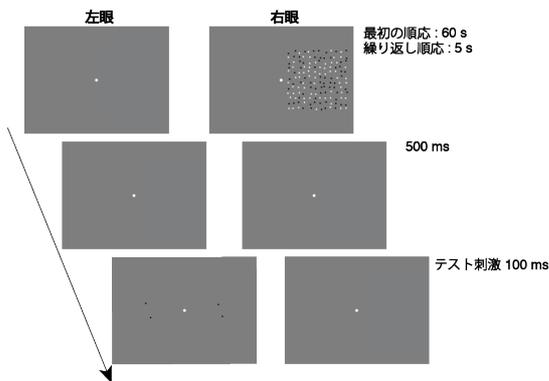


図3:両眼分離呈示実験のイラスト図。

もし両眼性処理段階で順応が発生しているならば、この現象には奥行き選択性があるかもしれない。ここでいう奥行き選択性とは、順応刺激が呈示された奥行き面上でしかテスト刺激の知覚距離が縮小されないことを言う。実験2ではこれを検討するため、順応刺激とテスト刺激を、両眼視差で定義されたそれぞれ異なる奥行き面に呈示する実験を行った(図4)。

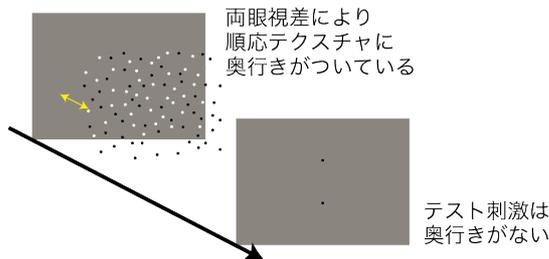


図4:奥行き選択性実験で使用された刺激のイラスト図。両眼視差定義の奥行き情報が順応刺激にのみ付加されて、順応刺激がディスプレイ面よりも浮いて(あるいは奥まって)見える。

(3)順応効果の時間特性を検討するため、順応刺激とテスト刺激の呈示時間の差(SOA)を操作し縮小量を検討した。さらに、短時間順応を引き起こすかどうかを検討するため、順応時間を2frameに設定し、各SOAに対してどのような減衰率をとるかを検討した。

#### 4. 研究成果

(1)実験の結果、枠へのサイズ順応があったにもかかわらず、高密度刺激が呈示されるとその後のドット間の距離やテスト刺激の知覚サイズが縮小することが明らかになった。この効果は低密度順応後にはみられなかったことから、サイズ順応効果とは別に、テクス密度への順応の効果が存在することが明らかになった(図5)。

このコントロール実験を踏まえ、密度-距離

順応現象を国際学会誌へ投稿し、採択された(業績雑誌論文)。

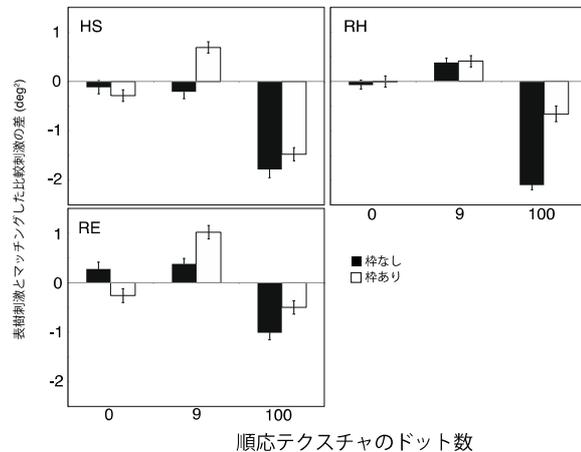


図5:各被験者の実験結果。黒いバーは枠がある条件、白いバーは枠がない条件を示す。エラーバーはブートストラップ法により求めた標準誤差(Hisakata, Nishida & Johnston (2016) Fig.3B より一部改変)。

(2)実験1では、密度-距離順応の両眼分離実験を行った。その結果、同一の眼に順応刺激とテスト刺激を呈示した縮小量と、両眼分離呈示した縮小量はほぼ変化がなかった。これらの量を比較すると、両眼転移率はどの被験者どの順応密度でも1付近になった。この結果は、この現象が両眼性処理段階にて発生していることを示しており、過去の密度順応の結果とも一致する。

実験1の結果を受けて、実験2では順応効果の奥行き選択性を検討した。結果、順応刺激がテスト刺激と違う奥行き面に呈示されたとしても、テスト刺激がかわらずに縮小されてみえた。密度順応それ自体について奥行き選択性を検討したが、こちらも奥行き選択性はみられなかった。この結果は、網膜上の2次元平面的な空間表現の段階で順応現象が起こっていることを示唆している。

この結果は、日本基礎心理学会にて発表された(業績学会発表)。さらに国際論文誌に投稿準備中である。

(3)順応効果の時間特性の検討した結果、順応刺激とテスト刺激の呈示時間をあけるほど、縮小効果が減衰する効果がみられた。また20msほどの短時間の順応でも知覚的距離の縮小が引き起こされることが明らかになった。

この結果は日本視覚学会2018年夏季大会にて発表予定である。

#### <引用文献>

Hisakata, R., Nishida, S. & Johnston, A. (2015) Adaptation to texture reveals a local metric underlying perceived size

and distance. *Vision Sciences Society Annual Meeting, Journal of vision* 15 (12), 771-771

McGraw et al., (2012). Size-induced distortions in perceptual maps of visual space. *Journal of Vision* 12: 8

Morgan & Regan (1987). Opponent model for line interval discrimination: Interval and vernier performance compared, *Vision Research*, 27(1), 107-118.

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 2 件)

久方瑠美 (2016). “数知覚”に関する最近の研究動向 専修人間科学論集心理学篇 (6), pp.25-30. (査読なし)

[http://ir.acc.senshu-u.ac.jp/?action=pages\\_view\\_main&active\\_action=repository\\_view\\_main\\_item\\_detail&item\\_id=9915&item\\_no=1&page\\_id=13&block\\_id=52](http://ir.acc.senshu-u.ac.jp/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=9915&item_no=1&page_id=13&block_id=52)

Hisakata R, Nishida S, Johnston A, (2016). An adaptable metric shapes perceptual space. *Current Biology* (26), pp.1911-1915. (査読あり)

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.05.047>

[https://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822\(16\)30544-9](https://www.cell.com/current-biology/fulltext/S0960-9822(16)30544-9)

[学会発表](計 2 件)

久方瑠美 (2017). 密度順応が引き起こす物体間の距離知覚の縮小. 生理研研究会「視知覚の総合的理解を目指して-生理学、心理物理学、計算論」(招待講演)

久方瑠美・金子寛彦 (2017). 密度順応による物体間の距離知覚の縮小現象と、両眼情報処理過程の関係の検討. 日本基礎心理学会大会.

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

久方 瑠美 (HISAKATA, Rumi)

東京工業大学・工学院・助教

研究者番号: 30588950