

令和 2 年 5 月 25 日現在

機関番号：15501

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2019

課題番号：18K13369

研究課題名（和文）時間特性から探る明瞭な視覚体験を可能にする空間的画像処理の計算過程

研究課題名（英文）Computational process of spatial image processing to enable a clear visual experience explored by studying the temporal characteristics

研究代表者

寺尾 将彦（Terao, Masahiko）

山口大学・時間学研究所・助教（テニュアトラック）

研究者番号：50772357

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、中心視野よりも粗い空間解像度を持つ周辺視野で、なぜ明瞭で一様な視覚世界を知覚することが可能なのかについて、周辺視野における空間圧縮現象の詳細を調べることで明らかにすることを目的とした。

研究の結果、周辺視野ではランダムドットテクスチャと呼ばれる多数のドットの集合で構成される画像が、提示範囲全体は圧縮して見える一方、個々のドットの間隔は逆に広がって見えることを発見した。さらに、時間的に離れた二つの物体が呈示された時、先行呈示された物体の見かけの位置が後発の物体の位置に大きく影響されること、そして、その影響の時間範囲は300ms程度の広がりを持つことを発見した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでの周辺視野に関わる研究は、周辺視では中心視に比べ、よく見えてはいないということを示すものが大半であった。しかし、実生活においては視野感でそのような見えの差を感じることは滅多にない。本申請課題は、逆になぜ周辺視野でも中心視野と同様の見えが可能なのかという学術的問いを立て、その理解を進展させる知見をいくつか発見し、周辺視野研究の新しい方向への展開に寄与した。周辺視野は視野の大部分をしめる。そのため、周辺視野におけるもの見え方に関する知見は、より効率的な情報呈示方法などといった工学的応用技術にも寄与する。

研究成果の概要（英文）：The aim of this study is to clarify how visual system achieves a clear visual image in the peripheral vision, which has a much coarser spatial resolution than the central vision. This study investigated the details of spatial compression phenomena in the peripheral vision and found that the area of random dot texture appears to be compressed, while the spacing between the individual dots appears to expand. Furthermore, the study found that when two temporally-separated objects are presented, the apparent position of the firstly presented object is affected by the position of the secondary presented object. The temporal range of the effect is about 300 ms.

研究分野：実験心理学

キーワード：周辺視 位置知覚 距離知覚 時間窓 空間統合

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、ディスプレイの大型化などの技術発展によって広範囲の視野に高精細な画像が呈示できるようになった。一方、視野の大部分を占める周辺視野では中心視野に比べ網膜上の視細胞の数が圧倒的に少ないため、デバイス側がいくら広範囲の視野に高精細な画像が呈示できても視覚系が実際に受け取れる画像はノイズの多い低精細な画像である。意図した通りの視覚情報を広範囲の視野に効率的に呈示するためには、高精細な画像呈示技術だけでなく、周辺視野における低精細な画像から高精細な視覚世界が生み出される画像処理の仕組みに対する理解が必須である。

これまでの研究によって、周辺視では局所的な画像特徴を大域的に統合し空間的に平均化する事がわかってきた。しかし、その時間的な側面は研究されていない。皮質上で大域的な情報を統合するには、なにかしらの時間が必要である。そのため、周辺視における空間的統合処理の理解には画像特徴が結合した場合の、時間特性を調べる事が不可欠である。

2. 研究の目的

本研究の目的は周辺視野における画像特徴の空間的統合処理を研究し、周辺視の明瞭な視覚体験を支える情報処理の理解を進展させる事である。

3. 研究の方法

予備的な研究をいくつか行なったところ、二つの離れた物体がお互いに近づいて知覚される現象を新しく発見した(図1参照)。これを、以下、空間圧縮現象と呼ぶ。この新しく発見した空間圧縮現象を手掛かりに、画像特徴の空間的統合処理の検証を行なった。空間圧縮現象は二つの物体がお互いに近付いて見えるという特徴から、情報处理的には局所的な位置情報の平均化が行われているという可能性を考えた。一方、もう一つの可能性として平均化ではなく、局所的な二つの位置情報間の間隔を、計量的に評価し、符号化する処理過程が介在している可能性を考えた。このどちらが妥当なのかを心理物理的に調べた。近年、ランダムドットテクスチャと呼ばれているある種の画像が間隔の符号化とメカニズムを共有していることを示す証拠が示されている。これを利用し、ドットテクスチャの密度の見え方と提示範囲の見え方を中心視野と周辺視野のそれぞれで調べた(図2参照)。さらに、2点を別々のタイミングで提示することによってどれくらい時間的に離れていても2点間の間隔が短く見えるのかを調べることによって、情報統合の時間窓を検証した。

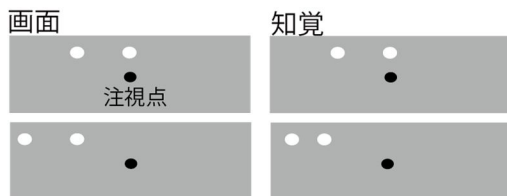


図1. 空間圧縮現象の模式図。画面上では同じ感覚だけ離れている2点に対し、注視点に近い2点間の距離より、注視点に離れた2点は短く見える。

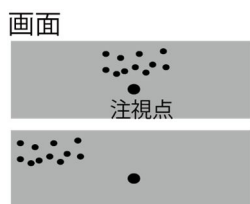


図2. ランダムドットテクスチャの模式図。画注視点の真上の中心視野付近に提示されたランダムドットテクスチャに対して、周辺視野に提示されたランダムドットテクスチャの提示範囲や、個々のドット間の距離の見えかたを調べた。

4. 研究成果

- (1) 周辺視野において、ランダムドットテクスチャの密度が疎に見えるのと同時に、全体の提示範囲が狭く見えることを発見した(図3)。もし、単純に刺激の位置信号を近辺の位置信号と空間的に統合し、平均化された結果であるのであれば、多数の位置信号の集合であるランダムドットテクスチャは、周辺視において、提示範囲全体が縮まって見え、かつ個々のドットが詰まって見える事が予想される。しかし、結果は、提示範囲は狭く見えるが、個々のドット間の間隔は広く見えるというものであった。これは、ランダムドットと粗密の計算と2点間の間隔の計量が仕組みを共有しているという可能性(Hisakataら2016)を支持する結果である。また、つまり、申請者が発見した空間圧縮現象は、位置信号が平均化された結果というよりも、局所的な位置信号同士の間隔を符号化した際に、中心視野と周辺視野で定量化に違いが生じた可能性が高いことが明らかとなった。この成果は、視野間にまったく、神経の数

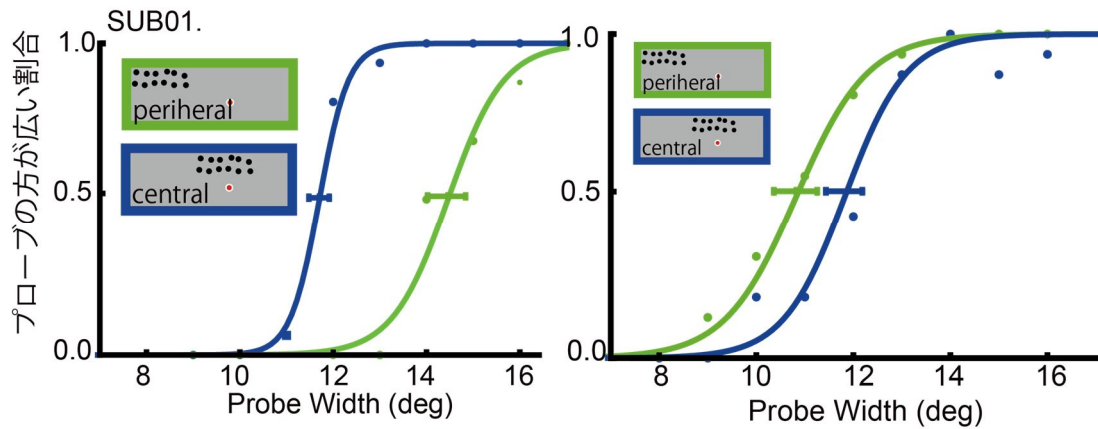


図3. ランダムドットテクスチャ実験の結果の例。左図は個々のドット間の距離の見え方を、右図は呈示範囲の広さの見え方を示す。それぞれ、プローブ刺激を広さを関数として心理物理関数を描いた。central は中心視野で観察した場合、peripheral は周辺視野で観察した場合を示している。左図は個々のドット（黒丸）は周辺視では中心視より広がって見えることを示しており、右図は範囲が周辺視野で観察すると中心視野での観察より狭くみえることを示している。

の不均一性がサイズや間隔の符号化に関わっている可能性を示唆している。今後、偏心度に結果がどれほど従うのかなどを調べることによって、皮質拡大などの関わりを調べてゆく。皮質拡大はしばしば古典的な周辺視における物体の縮小効果と関連づけられる。しかし、本研究成果は、単純な縮小効果では説明が難しい。つまり、単純に皮質拡大に対応して知覚サイズが縮小されるのであれば、ランダムドットテクスチャの提示範囲が狭くなる時、個々のドット間も狭くなるはずだからである。

- (2) 空間圧縮が生じる時間窓を同定し、空間圧縮効果を生み出す処理過程が時間的に非対称な統合窓を持つことを発見した。2つのディスクの提示タイミングを操作し、それぞれの見かけの位置を調べ、空間圧縮が生じる時間窓を可視化した。その結果、非対称な時間窓で位置信号が統合されることが明らかとなった(図4)。ある一点の位置(A)が他の一点(B)の存在によって変調されるには、AがBよりも先行、ないし同時に網膜に入力される必要があり、Bが先行した場合には圧縮効果は成立しないことがわかった。つまり、周辺視野における空間圧縮現象は、いわゆるポストディクティブな時間特性をもつことが明らかとなった。また、Aが先行した場合に、BがAに影響を与えることが可能な時間範囲は300ms程度にまで広がっていることがわかった。この結果は周辺視における空間圧縮効果が非常に広い時間範囲で位置信号を統合した結果であることを示すだけでなく、網膜から知覚が生じるまでの知覚潜時が300ms程度は必要であることを示す重要な結果である。つまり、網膜入力から300ms程度はものがどこにあるのかについては見えていないことがわかった。

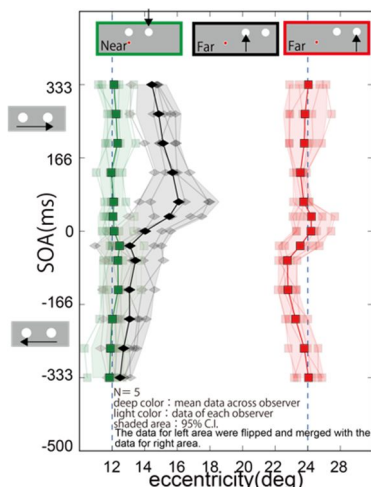


図4. 呈示位置とタイミングによる空間圧縮現象への影響。各矢印で示している白いディスクの見かけの位置（偏心度）をSOAの関数としてプロット。SAOは0が同時停止、正の符号は左側の白丸が先に呈示されたことを示す。緑のデータと黒のデータは網膜上同じ位置に白丸が呈示されている。しかし、もう一方の丸が「いつ」「どこ」に呈示されたかによって、見かけの位置が大きく異なる。

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 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Yoshimine, S., Ogawa, S., Horiguchi, H., Terao, M., Miyazaki, A., Matsumoto, K., Tsuneoka, H., Nakano, T., Masuda, Y., Pestilli, F.	4. 巻 223
2. 論文標題 Age-related macular degeneration affects the optic radiation white matter projecting to locations of retinal damage. Brain Structure and Function.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Brain Structure and Function	6. 最初と最後の頁 3889-3990
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s00429-018-1702-5	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 該当する

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Terao, M., Ono, F.
2. 発表標題 Compression and expansion effects for the perception of dot textures in the peripheral vision
3. 学会等名 41st European Conference on Visual Perception（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 寺尾将彦・小野史典
2. 発表標題 周辺視における仮現運動の見かけの距離の圧縮現象
3. 学会等名 日本視覚学会2019年冬季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Terao, M., Ono, F.
2. 発表標題 Interference across space and time for apparent position in the peripheral
3. 学会等名 42nd European Conference on Visual Perception（国際学会）
4. 発表年 2019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
--	---------------------------	-----------------------	----