

令和 6 年 5 月 30 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18H01099

研究課題名（和文）周辺視野での事物の定位に動的信号がおよぼす影響に関する視覚心理学的研究

研究課題名（英文）Psychophysical research on the influences of dynamic signals on peripheral object positioning

研究代表者

村上 郁也（Murakami, Ikuya）

東京大学・大学院人文社会系研究科（文学部）・教授

研究者番号：60396166

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,900,000円

研究成果の概要（和文）：周辺視野で観察される視覚対象の検知・定位・個別化の知覚については、網膜像の位置情報だけでは決まらない不確実性がある。視覚健常成人を実験参加者とした心理物理学的実験を通じて、局所的運動情報ないし視覚運動印象が存在することにより視覚対象の検知・定位・個別化の知覚に影響が及ぶことが見出された。得られた知覚実験データを定量的に解析することで、周辺視野での視覚対象の知覚に関連する脳内の神経基盤を推定することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

世界の解釈として決まる周辺視野での知覚的位置が運動情報をはじめとした文脈に影響されて決定されることを心理物理学的に実証したことで、知覚的空間の形成には視覚対象自身に関連する入力信号のみならずその周辺に置かれるべき対象との相互作用が重要であることを示した点で、学術的意義が見出せる。空飛ぶクルマなど、知覚的定位に深く関連する変革的技術が提案・実装されている時代に、視覚対象の検知・定位・個別化に関わる現象の基礎的知見を示した点で、社会的意義が見出せる。

研究成果の概要（英文）：The detection, positioning, and individuation of visual objects observed in the periphery of the visual field are not easily determined solely based on the position information of their images on the retina. Through psychophysical experiments for visually normal adult human participants, it was found that the presence of local motion information and/or visual motion impression has influences on the detection, positioning, and individuation of visual objects. By quantitative analyses of obtained experimental data about perception, the neural underpinnings in the brain related to the perception of visual objects in the periphery of the visual field were successfully estimated.

研究分野：実験心理学

キーワード：実験系心理学 認知科学

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年の視覚科学の研究動向においては、視覚系において、注意対象である図形のオブジェクト認知と、それ以外のシーンの雰囲気や認識するジスト知覚とに二極化して並列に情報処理が進んでいるらしいという枠組みでの理解が主流になっている。ジスト知覚がなされるシーンの情報表現が成立されるための基礎材料としての表現はオブジェクト未満のスープ状のようなもので、平均や分散などの要約統計量を手がかりにテクスチャマッピングがされて仮想現実が心的に構築されているのであるという (Rensink, 2000)。確かに、例えば人物像を元に、特定の皮質段階の視覚ニューロンが感度をもつ情報次元において互いに等価な別の視覚刺激に置換してもはや人物像でなくしても、観察者にはそれと気づかれない (Freeman & Simoncelli, 2011)。

(2) ここから、私たちの見ている視覚世界の幻影的な様子が推察される。しかしたとえ幻影であっても、「どこにあるか不定である事物」が知覚されることはない。必ず、その事物は特定の位置に決められて知覚にのぼるのであるが、そこで用いられているのはおそらくベイズ推定のように入力データからの最尤解と事前確率との相互作用で決まると思われる。注意対象であるもののオブジェクト認知をする際、中心視においては、視覚刺激の点灯した位置が優れた空間分解能で入手でき、精緻な感覚運動インタフェースを介して、「針穴に糸を通す」といった作業に象徴される外界の精密な操作に利用されるのに対して、周辺視においては、視覚刺激の点灯した網膜上の位置などはあまたある手がかりのうちのごく一部にすぎない、というのが本研究の出発点である。その貧しさを補完する補足的な材料として、多数の事前確率項、あるいは曖昧性解決のための制約条件や法則を導入して、最もありそうな解が採用されて位置知覚に至るのだと考えられる。

(3) そのうちの重要なひとつが運動情報である。自然環境において、視覚性の運動情報と位置情報、またアクションとその帰結としてのオブジェクト位置の更新は高く相関しているため、周辺視野においても相対的に感度が保たれている運動情報処理や感覚運動インタフェースを有効な装置としてオブジェクトの検知や個別化およびその属性値の知覚判断に参加させることには、一定の合理性があると思われる。

(4) 運動信号があることで、視覚刺激の位置がずれて知覚される現象については、心理物理学の検討が従来から行われてきた。研究代表者らの30年前の研究でも、視野周辺では静止した等輝度図形の位置がその周辺の運動図形の方に引きずられて知覚されるという様子が、網膜部位再現との関係で定量的に調べられている (Murakami & Shimojo, 1993)。また、運動順応を与えた視野領域で運動信号の偏りが生じているとおぼしき際に、見かけの位置が異なっている様子の報告例もある (e.g., Nishida & Johnston, 1999)。静止輪郭をもった図形の位置が、内包する図形模様の運動方向にずれて知覚されるという現象も報告例が多数ある (e.g., De Valois & De Valois, 1991)。

2. 研究の目的

(1) ボトムアップおよびトップダウンで動的な信号や制約条件があると、周辺視野という貧弱な定位状況において個別オブジェクトの検知や知覚的定位、個別化およびその属性値の知覚判断がなぜどのように決まるのか。これが、本研究課題の核心をなす問いである。動的な信号として、オブジェクトの知覚に対して効果的にはたらく特性、またシステム内部の制約特性はどのようなものか。心理物理学実験を通してこれらを解明することで、位置知覚におよぼす運動情報の役割に関する情報処理様式を推定することができる。

(2) 動的な信号によってオブジェクトの検知や知覚的定位、個別化およびその属性値の知覚判断が影響されたとき、その内容によってさらに変容を来す知覚現象などが存在するか。心理物理学実験を通してこれらを解明することで、処理のブロック図を描き、異なる情報処理との間の出力関係を推定することができる。

3. 研究の方法

(1) 静止画であるにもかかわらず周辺視においてオブジェクト内部が低速で動いて感じられる現象について、メカニズムの時空間特性を心理物理学的に調べ、網膜偏心度の関数としての挙動の定量的変化を追うことによって、周辺視野での事物の定位に本質的に関わる空間受容野のサイズ特性を解明することを目指した。空間スケールリング法を用いて、網膜偏心度と物理刺激サイズの関数として錯視量を測定した後、計画的事後解析において脳内の空間受容野を単位とする刺激サイズの関数として錯視量を定量的に再記述し、スケールリング係数の網膜偏心度依存性を推定した (Hisakata & Murakami, 2018)。

(2) 知覚順応のテクニックを用いて、一定の視覚環境に暴露された直後に、周辺視野での事物の定位などにゆがみが起こる可能性のある実験パラダイムを本格的に導入していき、それらの知覚的定位に動的信号がどのような影響をおよぼすのかを、心理物理学の実験を実施することに実証的に検討した (Nakada, Kiyonaga, & Murakami, 2019; Nakada & Murakami, 2021; 仲田・清永・村上, 2020; 仲田・村上, 2021)。

(3) 視野周辺のランダムな位置に配置した視覚刺激要素を同時に観察し、特定の刺激要素に選択的注意を払うことで位置知覚に対して促進的影響が生じることがわかり、このことから、特定の刺激要素群に対して分散的な注意を払うことで位置知覚あるいはその他の属性の知覚にどのような影響が生じるのか、特に視野周辺の事物の定位に関する要約統計量を計算する処理過程に関連すると考えられる知覚特性について、心理物理学の実験を行った (Nakada & Murakami, 2020)。

(4) 視野周辺のランダムな位置に配置した視覚刺激要素を同時に観察する際、特定の振動周波数で刺激変数が同時に変調されている視覚刺激を同時観察することの周波数依存的な促進的・抑制的な効果について、心理物理学の実験を行った。特に、同時に変調される刺激に交じって変調のない刺激を検出する課題を行う際の探索効率について、視覚探索実験を行った (Nakada & Murakami, 2020, 2021)。

(5) 視野周辺で運動刺激と同時に呈示するフラッシュ刺激の知覚的定位を計算する処理過程について、別の視覚刺激に関する処理過程との階層的関係がどのようになっているか、フラッシュ定位の特異的振る舞いと運動残効を同時に生起させる状況を作り、視野周辺でのフラッシュの知覚的定位を心理物理学的に調べた (鬼頭・村上, 2021)。

(6) 視野周辺で運動刺激と同時に呈示するフラッシュ刺激の知覚的定位を計算する処理過程について、別の視覚刺激に関する処理過程との階層的関係がどのようになっているか、フラッシュ定位の特異的振る舞いと知覚的充填を同時に生起させる状況を作り、視野周辺でのフラッシュの知覚的定位を心理物理学的に調べた (Murakami, Seshita, & Kito, 2021; 仲田・瀬下・島崎・鬼頭・中村・村上, 2023)。

(7) 大局的仮現運動刺激の各要素の中に局所的正弦波流動刺激を同時呈示した際に、大局的仮現運動をする運動オブジェクトとしての知覚的定位の解決と、同一視野位置において点滅する静止オブジェクトとしての知覚的定位の解決の、いずれが採用されやすいかについて、心理物理学的に調べた (Nakada & Murakami, 2023; Nakada, Yamamoto, & Murakami, 2019; 仲田・村上, 2021)。

(8) 大局的仮現運動刺激においてエッジ信号およびそれらによって推定される見かけの表面明度の空間変調が周辺視において知覚的にどのように定位するのかについて、明度錯視現象と仮現運動を組み合わせることで、知覚的定位の処理過程の時間分解能を心理物理学的に調べた (Yokosuka, Nakada, & Murakami, 2021)。

(9) 研究代表者は、心理物理学実験の実験暗室ブースを並列稼働させ、共有ソフトウェアを用いて有機的に実験環境が構築できるほか、知覚データの統計的取り扱いに習熟しており、研究統括と心理物理学の実験を担当した。また、同時並行的な研究体制を整えて運用するため、博士研究員およびリサーチアシスタントなど、科研費での雇用が可能な人的資源の確保をし、そうした者をはじめ大学院生等を研究協力者として研究推進の原動力としたほか、実験参加者への謝金の支出をして、安定的な実験心理学の環境を維持・発展させた。実験機材のリプレースを適宜行ったほか、研究動向調査のための国内外学会への旅費を伴う参加、また論文掲載料関連の支出を行った。これら以外には、少額の備品・消耗品・旅費・人件費・その他の支出を行い、実績報告した。

(10) 健常成人被験者を用いてデータを取得するため人権的・倫理的配慮についてヘルシンキ宣言および各種法令・倫理安全規定を遵守して研究活動を行った。実験者は説明書および口頭によって実験の内容並びに利益や不利益の可能性および権利についての説明を与え、実験参加者は自由な意思で実験に参加することに同意したことを、同意書への署名によって示した。これらの手続きは、学内の実験倫理委員会の審査を受け、書面による承認を事前に得ていた。

4. 研究成果

(1) 主な成果の一つとして (Hisakata & Murakami, 2018)、静止画が動いて見える錯視の錯視量が視野周辺の位置によって異なることを発見し、網膜偏心度の関数として記述できること、さらに計画的事後解析の結果、脳内に表象されているであろう刺激サイズの関数として再記述することが妥当であることを見出し、空間スケール係数の偏心度依存性を推定した。推定された関数から、初期視覚野において周辺視野での定位を担う網膜部位再現に従って受容野サイズ

の変わる神経ユニットがこの錯視現象の強さを決めていることを論じた。

(2) 主な成果のもう一つとして (Nakada & Murakami, 2021)、視野周辺のさまざまな位置に要素を配置した際、一方向運動している妨害刺激に交じった方向反転している標的は探索しやすいが、方向反転している妨害刺激に交じった一方向運動している標的は非常に探索しにくい、という探索非対称性を発見した。この探索非対称性はフリッカー探索と同等の効率の悪さであることを確認し、方向反転という情報は視覚探索のための誘導属性ではなく、妨害刺激が方向反転しているとむしろ妨害刺激棄却を妨げて注意窓を誤った要素に定位させる側にはたらくことを論じた。

(3) 主な成果のさらにもう一つとして (Nakada & Murakami, 2023)、大局的仮現運動が両義的に生じうるような刺激を設計し、その刺激の各要素の内部で局所的正弦波流動が同時に存在している事態を作り、各要素が周辺視野で跳躍的に位置の更新をするのか、同じ場所に定位し続けて内部属性値としての色が点滅するのか、いずれの知覚的解決がとられるのかを調べたところ、局所運動は大局的運動解決を非常に強く妨げ、仮現運動を大部分抑制することを発見した。滑らかに動く局所的連続運動の存在は、まばらに更新される大局的仮現運動の離散標本化周波数と矛盾するような、いわば反証としての感覚証拠とみなされるため、視覚オブジェクトの各々を個別化して各々が決まった位置に定位し続ける解決を促して、同一位置にオブジェクト同一性を保たせるはたらきがあると論じた。

(4) 上述した主な成果は、当該研究分野の世界トップレベルのジャーナルである *Vision Research* 誌、*Journal of Vision* 誌に査読有りオープンアクセス論文として掲載されたほか、主な成果を含めさまざまな新奇知見を当該研究分野の世界トップレベルの国際学会である *Vision Sciences Society*、我が国トップレベルの国内学会である日本視覚学会にて定期的に情報発信し続けてきた。これらのことにより、視覚科学の底上げの一端を担うことができたとして自己評価している。今後の展望としては、得られた知見のうち未公開のものを査読有り論文として刊行するよう準備を進めているほか、周辺視野での知覚的定位に関する諸問題を見据え、さらに発展的に学術展開できるような研究課題にて新たに科研費基盤研究(B)の活動を開始したので、研究終了後の備品の利活用ができるほか、得られた知見からさらに動機づけられた新規の研究テーマを開拓して、将来的な研究計画に向けて適切に接続していく予定である。

(5) 当初予期していない事象としては、上述の周辺視野のアンサンブル知覚に関する着想、明度錯視現象と仮現運動を組み合わせる着想などといったように、時系列的な観点からは当該研究課題の開始後に準備を始めて具体化した実験案が多々あり、それらを精力的に研究活動の一端に据えて進めることで、研究目的を広く見据えて多方面から基礎データ収集を展開することができたことが挙げられる。

<引用文献>

- ① De Valois, R. L. & De Valois, K. K. Vernier acuity with stationary moving Gabors. *Vision Research* 31(9), 1991, 1619-1626
- ② Freeman, J. & Simoncelli, E. P. Metamers of the ventral stream. *Nature Neuroscience* 14(9), 2011, 1195-1201
- ③ Murakami, I. & Shimojo, S. Motion capture changes to induced motion at higher luminance contrasts, smaller eccentricities, and larger inducer sizes. *Vision Research* 33(15), 1993, 2091-2107
- ④ Nishida, S. & Johnston, A. Influence of motion signals on the perceived position of spatial pattern. *Nature* 397(6720), 1999, 610-602
- ⑤ Rensink, R. A. (2000). The dynamic representation of scenes. *Visual Cognition* 7(1-3), 2000, 17-42

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Nakada Hoko, Murakami Ikuya	4. 巻 23
2. 論文標題 Local motion signals silence the perceptual solution of global apparent motion	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Vision	6. 最初と最後の頁 1~12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1167/jov.23.6.12	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 -

1. 著者名 Nakada Hoko, Murakami Ikuya	4. 巻 195
2. 論文標題 Search asymmetry in periodical changes of motion directions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Vision Research	6. 最初と最後の頁 1~11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.visres.2022.108025	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 -

1. 著者名 Hisakata Rumi, Murakami Ikuya	4. 巻 18
2. 論文標題 Spatial scaling of illusory motion perceived in a static figure	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Vision	6. 最初と最後の頁 1~11
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1167/18.13.15	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11件（うち招待講演 0件/うち国際学会 6件）

1. 発表者名 仲田穂子・瀬下優也・島崎遥・鬼頭宗平・中村友哉・村上郁也
2. 発表標題 モーダル補完およびアモーダル補完領域における flash-grab effect
3. 学会等名 日本視覚学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yokosuka, S., Nakada, H. & Murakami, I.
2. 発表標題 Temporal characteristics of the Craik-O'Brien-Cornsweet effect as revealed by high-speed motion correspondence
3. 学会等名 Vision Sciences Society (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nakada, H. & Murakami, I.
2. 発表標題 Adaptation to an illusory aspect ratio distorted by motion patches in a deformation vector field
3. 学会等名 Vision Sciences Society (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Murakami, I., Seshita, Y., & Kito, S.
2. 発表標題 The flash grab effect into the blind spot
3. 学会等名 Vision Sciences Society (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 仲田穂子・村上郁也
2. 発表標題 局所的なサイン波運動による大域的な回転仮現運動の抑制
3. 学会等名 日本視覚学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nakada, H. & Murakami, I.
2. 発表標題 Interactions between different visual features in the ensemble perception of size
3. 学会等名 Vision Sciences Society (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鬼頭宗平・村上郁也
2. 発表標題 フリッカー運動残効によるフラッシュドラッグ効果
3. 学会等名 日本視覚学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 仲田穂子・村上郁也
2. 発表標題 運動場への順応により生じるアスペクト比の残効
3. 学会等名 日本視覚学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nakada, H., Kiyonaga, M. & Murakami, I.
2. 発表標題 Adaptation to an illusory aspect ratio distorted by motion induced position shift
3. 学会等名 Vision Sciences Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakada, H., Yamamoto, K. & Murakami, I.
2. 発表標題 The disappearance of global apparent rotational motion with local drifting sinusoidal gratings
3. 学会等名 Asia-Pacific Conference on Vision (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 仲田穂子・清永深津紀・村上郁也
2. 発表標題 運動による位置ずれ錯視により知覚的に歪んだアスペクト比への順応
3. 学会等名 日本視覚学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 村上郁也	4. 発行年 2019年
2. 出版社 サイエンス社	5. 総ページ数 256
3. 書名 Progress & Application 知覚心理学	

〔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
---------	---------