

令和 5 年 6 月 14 日現在

機関番号：82636

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K20151

研究課題名（和文）視覚定位の個人差を生み出す視覚情報処理システムの脳内基盤

研究課題名（英文）Neural basis of individual differences in visual localization

研究代表者

村井 祐基（Murai, Yuki）

国立研究開発法人情報通信研究機構・未来ICT研究所脳情報通信融合研究センター・研究員

研究者番号：60847309

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）：転がり落ちたペンを拾う。あるいは人混みのなかをぶつからないように歩く。物体の位置の知覚はあらゆる日常場面で重要な役割を果たすが、視覚的的定位能力には著しい個人差があり、個人ごとに異なる誤差パターンを示す。本研究では、主に実験心理学的手法を用いて、定位の個人差が副尺視力やサイズの知覚といった異なるレベルの視覚情報処理と関連していること、個々人ごとに持っている視野上の空間表現をもとに最適化された知覚・行動戦略が存在することを示した。これらの研究は5報の査読付国際誌論文として対外発表された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

視覚的的定位能力は様々な生活場面で不可欠だが、その個人差の源泉となる視覚情報処理過程を、心理物理学的手法を用いて様々な側面から明らかにした点に学術的意義がある。定位能力は、目の前のコップをつかむといった日常動作は言うに及ばず、例えばスポーツ選手などエキスパート（野球選手がボールの位置を把握するような例）や加齢による衰え（視覚的に捉えた位置と体の位置の不一致で躓くような例）など様々な実社会場面に関与する機能である。定位の個人差を定量的に計測し、長期的に改善していく手法の開発など様々な応用場面が想定され、社会的意義も高いと考えられる。

研究成果の概要（英文）：Localizing objects is crucially important in daily life. You have to track where things are from moment to moment in order to, for example, pick up a pen that has tumbled down, or to walk through a crowd of people without bumping into them. There are marked individual differences in visual localization, with each individual exhibiting idiosyncratic bias patterns. Using psychophysical methods, the present study showed that individual differences in localization are related to multiple levels of visual information processing, from visual acuity to size perception, and that there are optimal perceptual and behavioral strategies based on the spatial representation across the visual field possessed by each individual. These studies were published as five peer-reviewed international journal articles.

研究分野：実験心理学

キーワード：視覚 知覚 心理物理学 脳波 MEG 神経振動 個人差

1. 研究開始当初の背景

われわれの視覚系の主な目的は、「なにが」「どこに」あるか、視覚情報から認識することである。近年の研究で、物体の形状やサイズあるいは顔認識といった比較的高次の視覚特徴の知覚に大きな個人差が存在することが示されている (Afratz et al., 2010; Grzeczowski et al., 2017; Wexler et al., 2015 など)。このような「なにが」の認識に関わる個人差が多く研究されてきた一方、「どこに」の認識に関わる個人差の研究は圧倒的に少ない。

一例として、Kosovicheva & Whitney (2017) は、視野上の様々な場所にフラッシュ刺激を呈示してその位置を被験者に答えさせたところ、被験者ごとに正しく答えられる場所と大きな誤差を示す場所が異なり、この誤差パターンは数ヶ月を経て再度テストしても極めて一貫していることを示した (図 1)。この研究が示す視覚定位の個人差は、物体・パターン認識などの比較的高次の視覚特徴のみならず、位置のような低次の視覚情報処理においても個人ごとに異なる処理メカニズムを持っていることを示唆している。

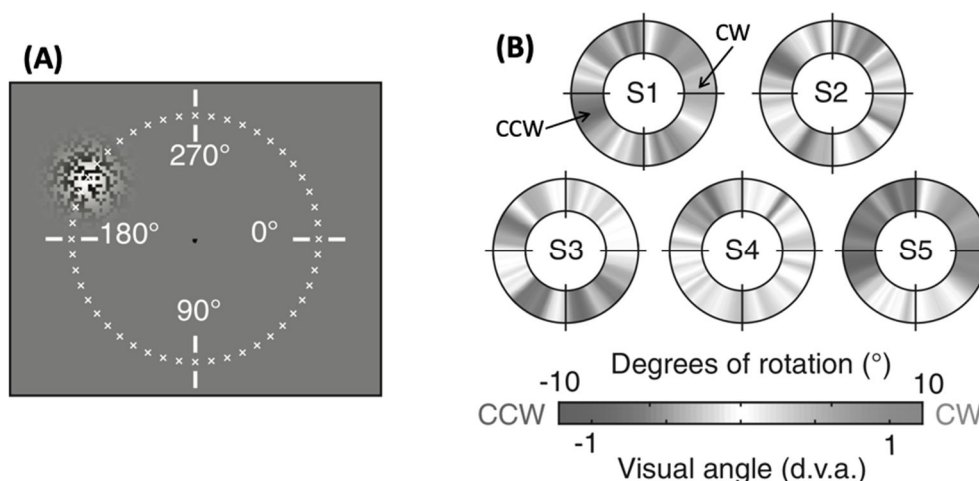


図 1：視覚定位の個人差の例。(A)実験では視野上の任意の点に一瞬フラッシュが呈示され、被験者はどこにフラッシュが呈示されたか答える。(B)視野上のそれぞれの点に対して、右回り(CW)もしくは左回り(CCW)の回答誤差がどの程度あったか定量すると、個々の被験者によって全く異なる誤差パターンを示す。例えば被験者 S1 は 180 度付近に強い左回りの誤差があるが、被験者 S3 は 180 度付近に大きな誤差はない。この誤差パターンは数週～数ヶ月経った後に再度テストしても各被験者内で極めて一貫した傾向を示す。

一般に時空間周波数や運動、色といった低次視覚特徴を処理する初期視覚野の神経細胞は、「受容野」と呼ばれる視野上の特定の場所における情報のみを符号化する一方で、高次領野ではそのような空間特異性は少なくなると考えられている。例えば、速度や空間周波数といった初期視覚情報は、上視野と下視野で精度に差があることが知られているが (Levine & McAnany, 2005) 顔や物体認識といった比較的高次の視覚特徴に対する視野特異性を調べた研究は殆どない。ところが近年の研究で、物体のサイズや顔の知覚といった高次の特徴量に対しても低次の視覚情報処理の空間特異性をそのまま保持していることを示唆する研究があり (e.g., Hisakata et al., 2016)、本来空間選択性を持たない高次脳領野で処理される情報にも知覚の空間特異性があるのかは議論が続いている。

2. 研究の目的

本研究が当初計画時点で目指した目的としては、このような視覚定位の個人差を生み出す視覚情報処理メカニズムおよびその神経基盤を明らかにすることであり、以下の二つの下位課題の解明を目指した。

- 1) 定位の個人差と物体認識の個人差を実験心理学的に比較することにより、「どこに」と「なにが」の処理システムに共通する空間情報表現を明らかにする
- 2) 視覚定位の個人差と脳の視覚野における解剖学的・機能的個人差を比較することで、定位の個人差の神経基盤を明らかにする

3. 研究の方法

まず、第二の目的であった定位の個人差の神経基盤の同定については、新型コロナウイルス感染症に伴う当時所属機関（カリフォルニア大学バークレー校）のMRI設備が長期にわたって閉鎖されたことに伴い、研究の重点を第一の目的である心理学的な空間表現の解明に移し、オンライン行動実験なども併用しながら研究の遅滞ない遂行に努めた。

第一の目的、つまり視覚情報処理過程における空間情報表現の解明については、1)定位の誤差(確度)と定位の精度の関連性、2)定位の精度と高次視覚特徴の精度の比較を主眼として、心理物理学手法を用いて主に個人差の観点からアプローチを行った。一般に感覚情報処理において確度と精度は必ずしも相関しないが、視野上の広い領域で定位の確度と精度を計測・比較することで、位置情報がどのような計算アルゴリズムによって符号化されているか検討できる。さらに、物体のカテゴリや大きさといった「なにが」にあたる高次視覚特徴に対する感度を視野上の様々な場所で測定し、視覚定位の空間特異性と比較することで、位置情報処理(「どこで」と物体情報処理(「なにが」)に共通する空間情報表現が存在するか否か検討した。

4. 研究成果

まず、位置の知覚や副尺視力と物体サイズの知覚に密接な関連があることを明らかにした。位置知覚に関する先行研究では、本研究では、定位の誤差パターンが副尺視力や物体のサイズといった異なる視覚属性の知覚の精確性とも高く相関していることを示し、副尺視力のような低次処理から物体サイズのような物体認識レベルの情報処理に至るまで空間情報のバイアスが保存されていることを明らかにした(Wang, Murai, & Whitney, 2020, Proc R Soc B; 図 2)。

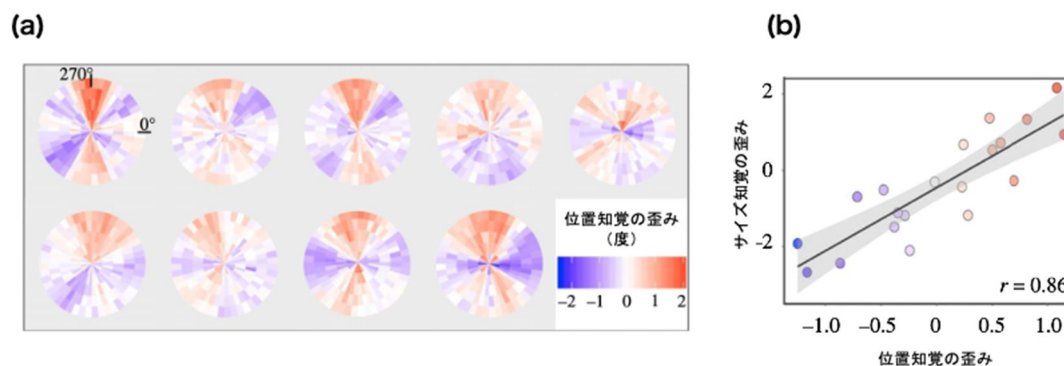


図 2 (a) 視野上の様々な場所で瞬間提示させた刺激の位置を答えさせると、被験者ごとに全く異なった誤差パターンを示す(図は全 9 名の被験者の結果)。 (b) 同様に物体サイズを視野上の様々な場所で答えさせると、位置知覚の歪みパターンとサイズ知覚の歪みパターンが相関する(図は代表的被験者の結果)。

次に、心理物理学的逆相関法という手法を用いて、現在注目している物体の知覚的テンプレートが、過去に観察した刺激に依存して変化することを明らかにした(Murai & Whitney, 2021, Current Biology)。さらに追加解析によって、この知覚的テンプレートの系列依存性が、過去に観察した刺激の提示位置近傍に局限していることを明らかにした。またこの系列依存性と呼ばれる現象は、各個人内で極めて一貫した特性を持つ個人差の大きい現象であり、かつ視野上の異なる場所で異なる効果量を示すことがわかった(Kondo, Murai, & Whitney, 2022, Journal of Vision)。この研究は、個々の観察者において各視野位置に特有かつ安定した空間表現があり、それをもとにした知覚的安定化の方略が取られていることを示唆している。

さらに、こうした個人差は実環境に近い物体認識課題でも観察されることを明らかにした。具体的には、GAN と呼ばれる機械学習手法を用いて生成したマンモグラフィ画像を用いて放射線科医に物体検出・認識タスクを行ってもらったところ、特異的な個人差が安定して存在することを示した(Wang et al., 2022, Frontiers in Psychology)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Kondo Aki, Murai Yuki, Whitney David	4. 巻 22
2. 論文標題 The test-retest reliability and spatial tuning of serial dependence in orientation perception	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Vision	6. 最初と最後の頁 5~5
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1167/jov.22.4.5	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
1. 著者名 Murai Yuki, Whitney David	4. 巻 31
2. 論文標題 Serial dependence revealed in history-dependent perceptual templates	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Current Biology	6. 最初と最後の頁 3185~3191.e3
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.cub.2021.05.006	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Zixuan Wang, Yuki Murai, David Whitney	4. 巻 287
2. 論文標題 Idiosyncratic perception: a link between acuity, perceived position and apparent size	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences	6. 最初と最後の頁 20200825
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1098/rspb.2020.0825	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
1. 著者名 Wang Zixuan, Manassi Mauro, Ren Zhihang, Ghirardo Cristina, Canas-Bajo Teresa, Murai Yuki, Zhou Min, Whitney David	4. 巻 13
2. 論文標題 Idiosyncratic biases in the perception of medical images	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Psychology	6. 最初と最後の頁 1049831
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fpsyg.2022.1049831	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

1. 著者名 Yoshimatsu Hiroshi, Murai Yuki, Yotsumoto Yuko	4. 巻 198
2. 論文標題 Effect of luminance signal and perceived speed on motion-related duration distortions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Vision Research	6. 最初と最後の頁 108070 ~ 108070
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.visres.2022.108070	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

[学会発表] 計6件(うち招待講演 0件/うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Allen H., Murai, Y., Manassi, M., Amano, K., & Whitney, D.
2. 発表標題 Decoding the orientation of small targets in the periphery using magnetoencephalography.
3. 学会等名 Vision Science Society 21st Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Murai, Y. & Whitney, D.
2. 発表標題 Spatial and feature tuning of serial dependence in audiovisual timing perception.
3. 学会等名 Vision Science Society 21st Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hisakata, R., Hu, X., & Murai, Y.
2. 発表標題 Neural correlates of density-size cross adaptation: An fMRI study
3. 学会等名 43rd European Conference for Visual Perception (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村井祐基
2. 発表標題 世界の「いま」が本当に見えるのか 事前情報に基づく知覚の安定化
3. 学会等名 日本基礎心理学会第40回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村井祐基, David Whitney.
2. 発表標題 方位知覚の系列依存性 心理物理学的逆相関法による検討
3. 学会等名 日本視覚学会2021年夏季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Zixuan Wang, Yuki Murai, David Whitney
2. 発表標題 Idiosyncratic Visual Spatial Distortions Affect Object Appearances
3. 学会等名 Vision Science Society 20th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020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
---------	---------