

令和 5 年 6 月 14 日現在

機関番号：13201

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K18690

研究課題名(和文)主観的に見えている感覚の脳機序：脳波周波数解析による検討

研究課題名(英文) Exploring psychological and neural mechanisms of visual consciousness

研究代表者

坪見 博之(Tsubomi, Hiroyuki)

富山大学・学術研究部人文科学系・准教授

研究者番号：70447986

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、注意やワーキングメモリの容量が制約されているにも関わらず、「目の前のすべてが見える」と主観的に感じるメカニズムを検討した。主観的に見えている感覚の特徴は、物体が目の前にあるときはすべてが見え、物体が消えると速やかに見えなくなったと感じることにある。この特徴は感覚記憶が対応すると考えられる。そのため、本研究では感覚記憶の心理機序と脳機序を検討した。研究期間にコロナ禍が重なったため、脳機序を明らかにするための脳波データは限られたが、心理学実験によって、従来は0.5秒しか持続しないと想定されてきた感覚記憶が少なくとも1秒以上持続することを新たに見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来の研究では、感覚記憶は0.5秒だけ持続すると考えられており、ほとんどの心理学の教科書に記載されるほど古典的な知見となっている。最近の研究では、刺激提示後0.5秒以上経過してからも情報が利用できることを根拠に、感覚記憶とは別の記憶貯蔵庫が存在するという提案がなされている。しかし、本研究の結果、感覚記憶は0.5秒より遥かに長時間持続することが示された。そのため、刺激提示後しばらく経過した後にも感覚記憶が利用されている可能性は高く、別の記憶貯蔵庫を想定する必要はないと考えられる。このように視覚記憶のモデルを構築する上で、感覚記憶の性質を明らかにすることは非常に重要であると考えられる。

研究成果の概要(英文)：We investigated the psychological and neural mechanisms underlying the subjective experience of 'seeing everything in front of us' despite limitations in attention and working memory capacity. The key characteristic of this subjective perception is that when an object is present in front of us, we perceive everything, but it quickly becomes invisible once the object disappears. This characteristic is attributed to the involvement of iconic memory. Thus, we examined both the psychological and neural mechanisms of iconic memory. The COVID-19 pandemic imposed limitations on EEG data collection, resulting in a restricted dataset for exploring the neural mechanisms of iconic memory. However, series of psychology experiments revealed that iconic memory persists for at least 1 second or longer, contrary to the previous assumption that it only lasts for 0.5 seconds.

研究分野：実験心理学

キーワード：感覚記憶 意識

1. 研究開始当初の背景

私たちは「目の前のすべてが見えている」と感じる。しかし、この直感に反して、私たちの視覚は、注意と記憶の二つの段階で一度に処理できる容量が極めて少数に限られる。これらは、「一度に注意を向けられる容量」や「短期的な記憶を担うワーキングメモリ容量」が、物体3個程度に制約されるからである (Luck & Vogel, 1997, *Nature*)。また、これらの二つの容量制約は、いずれも後頭葉の脳活動の限界に起因することも明らかになっている (Tsubomi et al., 2013, *J. Neurosci*)。

注意やワーキングメモリの容量制約は、主観的にすべてが見える感覚とのギャップを浮き立たせる点で重要である。しかし、なぜ、これらの容量が制約されるにも関わらず、すべてが見えると感じるのだろうか。この疑問に答えるためには、注意やワーキングメモリに焦点を当ててではなく、主観的に見えている感覚がどのように成り立つかを直接検討することが必要である (Cohen et al, 2016, *Trends Cogn Sci*)。

2. 研究の目的

そこで本研究の目的は、私たちが「主観的に見えると感じる」心的基盤と脳機序を明らかにすることであった。私たちの主観的見えの特徴は、物体が目の前にあるときは「すべてが見える」と感じ、消えると速やかに「見えなくなった」と感じることにある。注意やワーキングメモリは容量制約があるため、この特徴と対応しない。一方で、これまで意識との関わりで取り上げられることはなかったが、「感覚記憶 (Sperling, 1960, *Psychol Monogr*)」は、物体が提示されているときには容量制約なくすべての物体を表象し、物体が消えると 500ms 以内に消失する性質を持つため、主観的見えの特徴とよく対応する。感覚記憶は古くから知られていたが、視覚における役割が明らかではなく、不要な概念と批判されてきた (Haber, 1983, *Behav Brain Sci*)。しかし、視覚性意識の観点から捉え直すと、注意やワーキングメモリではなく、感覚記憶こそが「主観的に見えている感覚」を作り出しているのではないかと考えられる。そのため、本研究では感覚記憶の心的基盤と脳機序を検討することで「主観的に見えている感覚」のメカニズムを明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

まず心理学実験を行い、感覚記憶の持続時間を推定した。Sperling (1960) の古典的な実験では、感覚記憶の持続時間は 500ms だと推定されていたが、4 人の参加者のみのデータから推定されており、推測統計もかけられていなかった。そのため、Sperling (1960) とほぼ同様の手続きを用いて、感覚記憶の持続時間を推定した。また、実験を進めるうちに、測定方法により推定される持続時間が異なる可能性が出てきたため、テストの方法を変えながら複数の実験を行った。いずれの実験も 20-25 名の大学生が実験に参加した。以下に、4 つの主な実験結果を報告する。

まず実験 1 では、Sperling (1960) とほぼ同様の手続きを用いた。図 1 のように、参加者はディスプレイに 50ms 提示される 9 つのアルファベットを観察し、できるだけ多くのアルファベットを再生用紙に書き出した。その際、アルファベット提示終了から 0・100・500・1000・2000ms 後のいずれかのタイミングで、高・中・低の高さの音をスピーカーから鳴らした。高い音が鳴ったときは上の 3 文字のみ、中の音が鳴ったときは真ん中の 3 文字のみ、低い音が鳴ったときは下の 3 文字のみを報告することとした (部分報告法)。音が鳴らなかったときは 9 文字すべてを報告した (全体報告法)。音が鳴る 5 つのタイミング条件と音が鳴らない条件はブロック化し、参加者ごとにランダムな順序で実施した。ブロックの最初に 3 試行練習し本番は 30 試行ずつ行った。部分報告の条件では、3 文字の正答率に 3 を掛けて記憶数を推定した。

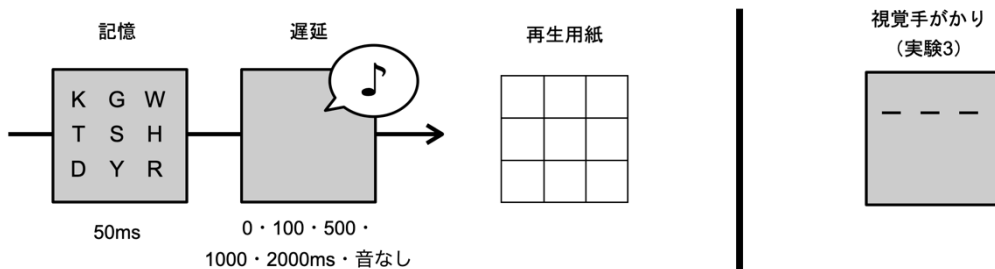


図 1 ・ 実験提示図

4. 研究成果

図2のように、推定した記憶数は、手がかりまでの遅延時間が延びるにつれ急速に低下した。手がかりなしのときに再生できた3.5個と比較した結果、手がかりによる利得は遅延時間が500msまでに限られていた。このことから、Sperling (1960)の最初の報告と同様、感覚記憶は刺激提示後500msの間持続することが確認できた。

実験2以降は、文字の提示数や、手がかりの種類、手がかりの数を変化させ同様の実験を行った。まず、文字数を4個ずつ3行の12個としても、推定持続時間は実験1と同様であった。また、図1のように音の手がかりを視覚手がかりにして3文字を報告させた場合でも、推定持続時間は同じであった(実験3)。しかし、手がかりが示す場所を3ヶ所から1ヶ所にして、1文字のみを報告してもらおうと、持続時間は1000msまで続くと推定された(実験4)。これらの結果は古典的な統計法(頻度統計)のみならず、ベイズ統計によって再分析した場合にも同様であった。従来の方法では、部分報告とはいえ3文字を報告する必要があった。その間に感覚記憶が減衰し成績が低下するため、持続時間が過小評価されていたのではないかと考えられる。しかし、感覚記憶の持続時間を推定する目的であれば手がかりを3ヶ所にする必要はなく、1ヶ所の手がかりでも十分である。そのため、感覚記憶は実際には1000ms程度持続していると考えられる。

以上の結果から、感覚記憶の持続時間は推定法によって異なり、また従来の想定よりも長時間持続することが明らかになった。さらに、従来は記憶を報告するために再生法が用いられてきたが、再認法にした場合、感覚記憶の持続時間は1000msよりさらに長く見積られる可能性も示された。これについては、今後更なる検討を進め、感覚記憶の持続時間を正確に推定する方法を確立する必要がある。

また、本研究では、感覚記憶の持続時間を反映して減衰する脳活動を特定することで、主観的に見えている感覚を作り出す脳機序を明らかにする計画であった。しかし、研究期間にコロナ禍が重なったため、脳波実験を十分に実施することができなかった。これを補うため、以前に取得した類似の実験の脳波データに対して、感覚記憶が1000ms持続するという仮定の下で解析を行ってみたが、感覚記憶を反映した脳信号を特定する十分な結果は得られなかった。ただし、用いた脳波データが今回の目的に最適化されていなかったことも原因として考えられるため、今後の更なる検討が必要だと思われる。

本研究では感覚記憶の心的基盤に関して、従来想定されてきたよりも長い時間持続するという新たな性質を明らかにすることができた。この観点は、感覚記憶の脳機序を明らかにする前段階として重要なだけでなく、刺激提示後にどのような種類の記憶が存在するのかという記憶の分類学(taxonomy)観点からも重要であると考えられる。感覚記憶が500msだけ持続するというSperling (1960)が見出した知見は、ほとんどの心理学の教科書に記載されるほど古典的な知見となっており、多くの研究者が参考にしてきている。最近の研究では、刺激提示後500ms以上経過した場合にも情報が利用できることを根拠に、ワーキングメモリに類した新たな記憶が存在すると提案されている(e.g. fragile working memory: Sligte et al., 2008, *PloS One*; Souza & Oberauer, 2016, *Atten Percept Psychophys*)。しかし、本研究の結果からは、感覚記憶は従来の想定より遥かに長時間持続することが示された。そのため、刺激提示後しばらく経過した後も感覚記憶が利用されている可能性は高く、別の記憶機構を想定する必要はないと考えられる。このように感覚記憶の性質を明らかにすることは、注意やワーキングメモリなどの類似した記憶機能との関わりや差異を明らかにすることにつながる。このような観点からも、本研究では有用なデータを取得することができた。

<引用文献>

- Cohen, M. A., Dennett, D. C., & Kanwisher, N. (2016). What is the bandwidth of perceptual experience? *Trends in Cognitive Sciences*, 20, 324–335.
- Haber, R. N. (1983). The impending demise of the icon: A critique of the concept of iconic storage in visual information processing. *Behavioral and Brain Sciences*, 6, 1–54.
- Luck, S. J., & Vogel, E. K. (1997). The capacity of visual working memory for features and conjunctions. *Nature*, 390, 279–281.
- Tsubomi, H., Fukuda, K., Watanabe, K., & Vogel, E. K. (2013). Neural limits to representing objects still

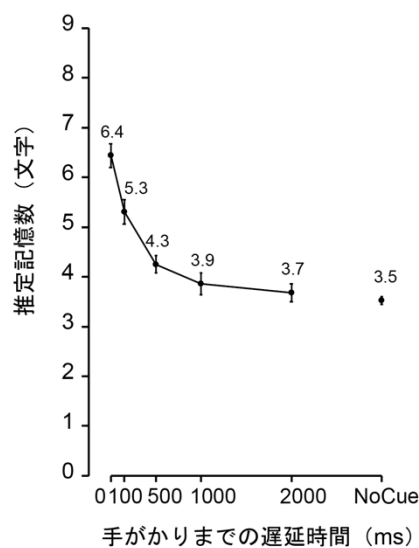


図2・遅延時間ごとの推定記憶数

within view. *The Journal of Neuroscience*, 33, 8257–8263.

Sligo, I. G., Scholte, H. S., Lamme, V. A. F. (2008). Are There Multiple Visual Short-Term Memory Stores?. *PLoS One*, 3, e1699.

Souza, A.S., Oberauer, K. (2016). In search of the focus of attention in working memory: 13 years of the retro-cue effect. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 78, 1839–1860.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Sone, H., Kang, M.-S., Li, A. Y., Tsubomi, H., & Fukuda, K.
2. 発表標題 Object-based dependence of features in visual working memory
3. 学会等名 Annual Meeting on Object Perception, Attention, and Memory (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 坪見博之
2. 発表標題 目的志向のワーキングメモリ
3. 学会等名 日本認知科学会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 坪見博之
2. 発表標題 視覚性ワーキングメモリの概念と測定
3. 学会等名 日本心理学会（シンポジウム・ワーキングメモリの測定と概念化）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 坪見博之	4. 発行年 2022年
2. 出版社 桂書房	5. 総ページ数 123
3. 書名 富山大学人文学部叢書V 人文知のカレイドスコープ「ワーキングメモリー知性の基盤」	

1. 著者名 源健宏・坪見博之	4. 発行年 2019年
2. 出版社 遠見書房	5. 総ページ数 234
3. 書名 公認心理師の基礎と実践 (第6巻・実験心理学・10章・ワーキングメモリ)	

〔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			
カナダ	University of Tronto, Missisauga			
米国	University of Oregon			