

2023 年 11 月 1 日

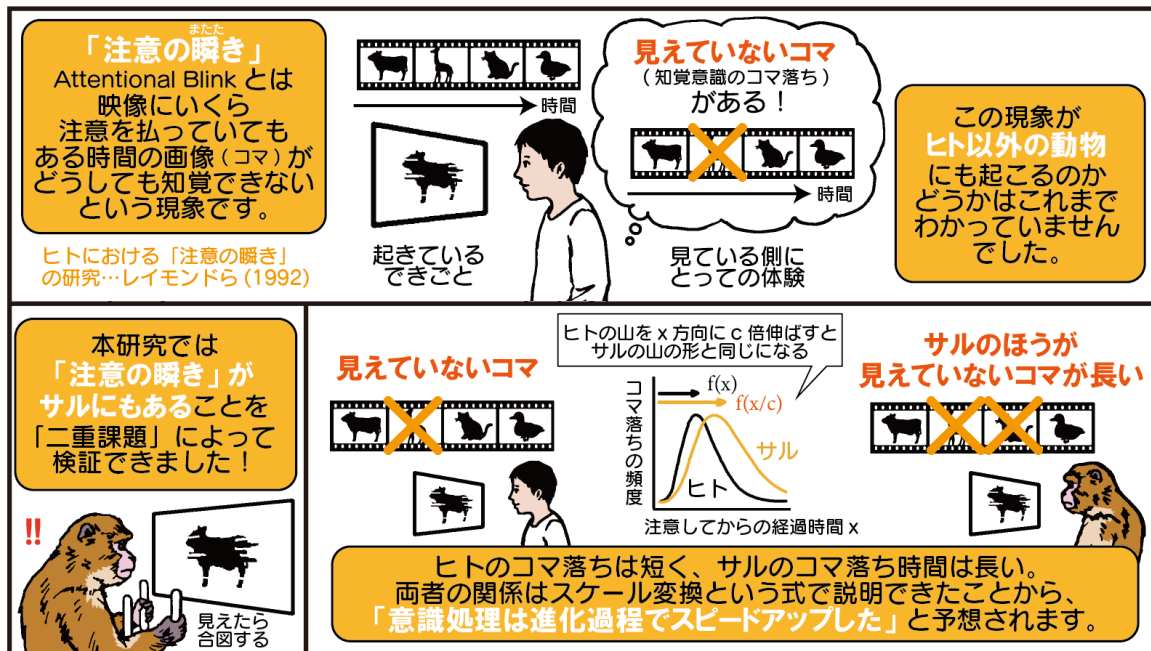
知覚のコマ落ちから、意識の時間を可視化

—意識の進化的側面にもアプローチ—

概要

みなさんは、スマートフォンで動画を見ると、映像がフリーズした後、映像が飛ぶような経験をしたことはありませんか。このようなコマ落ち現象は、私たちの知覚意識でも起こっています。それを端的に示す例として、「注意の瞬き」という現象があります。注意の瞬きとは、次々と現れる画像のうち、先行する画像に注目していると、数百ミリ秒ほど後続する画像が知覚できない現象で、研究分野において、いわば「知覚意識のコマ落ち」として知られています。京都大学大学院人間・環境学研究科 小村豊教授、知念浩司研究生、河端亮良修士課程学生らの研究グループは、サルにも注意の瞬きに特徴的な心理物理関数が現れることを明らかにしました。ただし、ヒトの注意の瞬きと比べると、ヒトの方がコマ落ちの時間が短く、その関数をスケール変換すると、サルのコマ落ち関数にフィットすることから、感覚信号が意識の上ののぼるための処理スピードに種間差があることも分かりました。最近の赤ちゃん研究において、注意の瞬きの時間が、発達と共に短縮される事が分かっています。ヒトの発達と霊長類の進化で拡大する脳領域は重複しているので、この領域が、感覚情報を意識情報へ変換する過程に関わっている可能性があります。今後、その詳細を明らかにしたいと考えています。本成果は、2023 年 10 月 31 日（米国東部時間）に国際学術誌「iScience」にオンライン掲載されます。

あなたも、私も、見えていない!?
「注意の瞬き」という現象がサルにもあることを発見し、意識の進化過程を推定しました。



タイトル: Inaccessible time to visual awareness during attentional blinks in macaques and humans

(サルもヒトも、注意の瞬きによって、視覚意識にアクセスできない時間がある)
著者: Koji Chinen, Akira Kawabata, Hitoshi Tanaka, Yutaka Komura
掲載誌: iScience DOI: 10.1016/j.isci.2023.108208

イラストレーション:
Mochiduki Ami and Hayanon
(Science Manga Studio, 2023)

イラストレーション: Mochiduki Ami and Hayanon (Science Manga Studio, 2023)

1. 背景

みなさんは、スマートフォンで動画を見ると、映像がフリーズした後、異なる画像へ飛ぶような経験をしたことはありませんか。このようなコマ落ち現象は、私たちの知覚意識でも起こっています。それを端的に示す例として、「注意の瞬き (Attentional Blink)」(用語 1) という現象があります。注意の瞬きとは、次々と現れる画像のうち、先行する画像に注目していると、数百ミリ秒ほど後続する画像が知覚できない現象で、研究分野において、いわば「知覚意識のコマ落ち」として知られています。先行する画像に注意を払わなければこのコマ落ちは起きず、先行する画像への注意によって、あたかも脳の知覚システムが、後続の外界情報を遮断しているように見えるため、Attentional Blink と名づけられました。私たちは日常生活で注意と意識をあまり区別せず使っていますが、注意の瞬き現象は、注意を払っている方が意識から消えるので、注意と意識のメカニズムが同一視できないことも示唆してくれる貴重な現象なのです。

ここまでの話は、ヒトを対象にした研究知見としてすでに分かっていることでした。では、ヒト以外の動物にも、注意の瞬きは存在するのでしょうか。この問いを解くために、私たちは、おさるさんの力を借りました。といっても、サルに言葉は通じないので、彼らの力が発揮できる非言語的な課題を独自に考案するところから、研究プロジェクトがスタートしました。

2. 研究手法・成果

サルには、モニターに次々と現れる画像のうち、二枚の画像に注目して複数のバーを用いて報告してもらう二重課題 (用語 2) と、一枚の画像に注目してバー報告するだけでよい単一課題の二条件を、切り替えながら解いてもらいました。すると二重課題の条件でのみ、知覚のコマ落ち現象が認められたのです。具体的には、先行する画像と後続の画像の提示時刻の差を横軸に、後続の画像を正しく報告できた割合を縦軸にとった心理物理関数 (用語 3) が、ヒトの注意の瞬きでは U 字曲線を示すことが知られていたのですが、サルでもこの U 字曲線を示したのです。同一の画像を提示しても、単一課題条件のときには、フラットな心理物理関数を示しており、知覚のコマ落ちは起きていませんでした。

しかし、サルの二重課題条件における U 字関数をよくみると、これまでのヒトでの報告よりも、間延びしているような曲線になっていることに気づきました。それは本研究グループでサルのために特別に用意した課題によるものなのか、ヒトとサルの種間差を示すものなのかを検証する必要があります。そのため本研究では、サルに提示した画像と全く同じ画像を使って、ヒトでも同じ非言語的な課題を行いました。そこで得られたヒトの結果とサルの結果を比べると、どちらも U 字の形を示しましたが、やはり U 字曲線の期間はサルの方が長かったのです。つまり、ヒトとサルには種間差があることが分かりました。

この関係を定量的に評価するために、単一課題の成績と二重課題の成績の差をとって、コマ落ちの関数を定義し、動的時間伸縮法 (用語 4) に基づいたアルゴリズムを援用しました。その結果、ヒトのコマ落ちの関数を時間軸方向に線形にスケール変換すると、サルのコマ落ち関数によくフィットすることが分かりました。知覚意識の理論の一つに、我々の感覚器から入った信号が意識の上のぼるためには、情報の固着という処理過程が必要で、その過程を経ない感覚信号は、意識にアクセスされずに減衰していくという考え方があります (文献 a)。この理論ののちとると、注意の瞬きの時間は、脳が先行する画像の意識化のために要している間、後続の視覚情報が意識にアクセスできない現象を反映しているということになります。この観点から、先ほどのコマ落ち関数の種間差の結果を解釈すると、先行する画像の感覚情報を意識情報へ変換するスピードが、ヒトの方がサルに比べて速いということになります。同時に、両者の差はスケール変換だけなので、裏を返せば、サルとヒトの知覚意識システムはスケール不変の性質を共有していることを意味しています。

3. 波及効果、今後の予定

昨年、フランスのグループが、赤ちゃんの注意の瞬きについて報告しました（文献 b）。赤ちゃん研究なので、定性的にならざるを得ないのですが、年齢が5か月と8か月の乳児は、成人に比べると、注意の瞬きの時間が長く、3歳になると成人と同等になるという結果が示されました。この報告は、知覚意識の起源と発達を考える上で重要な研究として注目されたのですが、我々の研究は、意識の進化的側面に関する知見を提供していると思います。ヒトの発達と霊長類の進化で拡大する脳領域は、しばしば重複することが知られているので（文献 c）、この領域が知覚意識に関わることが予想されます。

また広く感覚情報処理の種間差に関わる研究を調べると、視覚・聴覚を問わず、脳の感覚応答の初期成分は、サルの方が、ヒトより速いことが知られています（文献 d、e）。この先行知見は、一見、本研究の結果と逆のように見えます。しかし、初期応答成分は意識に関わらないことが多くの研究から示されているため（文献 f、g）、本知見から、より遅れた応答成分が感覚情報を意識情報に変換させることに関わっていることが予想されます。今後、その詳細を明らかにしたいと考えています。

これまで意識の研究は、理論やコンセプトが先行し、科学的な実証が追い付いていないという問題が往々にしてありました。その一因に、意識のモデル生物が確立しにくかったことが挙げられます。本研究は、その壁を突破する一助となることが期待されます。

4. 研究プロジェクトについて

本研究は、JST CREST（課題番号 JPMJCR1864）、JSPS 科研費（課題番号 JP21H04423）の支援を受けて行われました。

<用語解説>

- 1) 注意の瞬き (Attentional Blink) : 高速に画像を逐次的に提示して、二つの画像について知覚報告させると、後続の画像についての知覚成績が低下する現象で、1992年、Raymondらによって命名された。
- 2) 二重課題 : ある一つの試行で、二つの認知判断を求める課題。ヒト以外の動物で、この課題を取り入れられている研究例は、非常に限られている。
- 3) 心理物理関数 : 横軸に実験で操作する物理変数、縦軸にヒトや動物の行動成績をとって、両者の関係を表示したもの。適宜、フィッティングを行い、被検体の認知心理状態を定量的に推定することが多い。
- 4) 動的時間伸縮法 : 二つの時系列データ間の距離と類似度を測定する手法。本研究では、いくつか用意したモデル関数を利用して、一つの時系列を変換して、もう一つの時系列にどのくらいアラインできるかという点に着目している。

文献

- a> Chun, M.M., and Potter, M.C. (1995). A two-stage model for multiple target detection in rapid serial visual presentation. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 21, 109–127.
- b> Hochmann, J.R., and Kouider, S. (2022). Acceleration of information processing en route to perceptual awareness in infancy. *Current Biology* 32, 1206-1210.

- c> Hill, J., Inder, T., Neil, J., Dieker, D., Harwell, J., and Van Essen, D. (2010). Similar patterns of cortical expansion during human development and evolution. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 107, 13135–13140.
- d> Itoh, K., Konoike, N., Nejime, M., Iwaoki, H., Igarashi, H., Hirata, S., and Nakamura, K. (2022). Cerebral cortical processing time is elongated in human brain evolution. *Sci. Rep.* 12, 1103.
- e> Schroeder, C. E., Tenke, C. E., Givre, S. J., Arezzo, J. C., and Vaughan Jr, H. G. (1991). Striate cortical contribution to the surface-recorded pattern-reversal VEP in the alert monkey. *Vision Res.* 31, 1143–1157.
- f> Dehaene, S., and Changeux, J.P. (2011). Experimental and theoretical approaches to conscious processing. *Neuron* 70, 200-227.
- g> Koch, C., Massimini, M., Boly, M., Tononi, G. (2016). Neural correlates of consciousness: progress and problems. *Nat Rev Neurosci* 17, 307–321.

<研究者のコメント>

動物に意識の有無を問うことは一般的に難しいと考えられています。しかし研究室 OB の知恵も借りながら、おさるさんから意識・無意識の節目のような現象を引き出せた瞬間は、かけがえないのものでした。私たちは、データサイエンスにも興味があるのですが、データ利用やモデル化にとどまるのではなく、数理情報の技術を計測に生かし、誰も知らない生きた現象に、初めて立ち合う人にもなりたいと思いつつ、研究に取り組んでいます。(コメント：小村豊)

<論文タイトルと著者>

タイトル：Inaccessible time to visual awareness during attentional blinks in macaques and humans (サルもヒトも、注意の瞬きによって、視覚意識にアクセスできない時間がある)

著者：Koji Chinen, Akira Kawabata, Hitoshi Tanaka, Yutaka Komura

掲載誌： *iScience* DOI : <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.108208>

<研究に関するお問い合わせ先>

小村 豊 (こむら ゆたか)

京都大学 大学院人間・環境学研究科・教授

E-mail : komura.yutaka.6a[at]kyoto-u.ac.jp

<報道に関するお問い合わせ先>

京都大学 渉外部広報課国際広報室

TEL : 075-753-5729 FAX : 075-753-2094

E-mail : comms[at]mail2.adm.kyoto-u.ac.jp

科学技術振興機構 広報課

TEL : 03-5214-8404 FAX : 03-5214-8432

E-mail : jstkoho[at]jst.go.jp

<JST 事業に関するお問い合わせ先>

安藤 裕輔 (あんどう ゆうすけ)

科学技術振興機構 戦略研究推進部 グリーンイノベーショングループ

TEL : 03-3512-3531 FAX : 03-3222-2066

E-mail : crest[at]jst.go.jp