

2021年1月26日

報道関係者各位

慶應義塾大学
高知工科大学

不確かな環境での行動の切り替え 認知の制御と知覚の補完的な脳機構

慶應義塾大学理工学部生命情報学科の大学院生津村夏帆（研究当時、2019年理工学研究科修士課程修了）と地村弘二准教授は、高知工科大学の中原潔教授、竹田真己特任教授、青木隆太助教（研究当時）との共同研究で、知覚に不確かさがある状況で行動を切り替えるとき、ヒト脳の前頭前野と後頭側頭皮質が機能を補完することを発見しました。今回の結果は、知覚による意思決定に依存している行動の柔軟性が、大脳皮質の大域的な機構によって実現されていることを示しています。そして、ヒトに特有な高度な認知の機能が、大規模で精緻な神経回路に支えられていることを例示しています。この研究は米国神経科学学会（Society for Neuroscience）が発行するThe Journal of Neuroscienceの速報版で1月19日発表されました。

1. 本研究のポイント

- ・知覚の不確かさがある状況で、行動を切り替えるときのヒトの脳の活動を計測した。
- ・切り替えが起こると、前頭前野・後頭側頭皮質では適切な行動の情報が増大していた。
- ・不確かな状況での切り替えは、前頭前野から後頭側頭皮質への情報伝達により達成されていた。

2. 研究背景

日常生活において、あることを中断して別のことを始めるとき、状況に慣れずに困難を感じる場合があります。例えば、食事の準備で忙しくしているときに急用の電話がかかってくると、適切な判断ができないことがあります。このような行動の「切り替え」は、変化する環境に対して、行動を柔軟に適応させる認知の機能として、ヒトらしさを特徴づけているとされています。「課題切り替え」(※1)は、行動の柔軟性を調べるために、認知心理学や認知神経科学で用いられている枠組みの一つで、切り替えには、左大脳半球の前頭前野が重要であることが知られています(図A)。

これまでの課題切り替えの研究では、行動する状況が明確に知覚され、目標を達成するための情報が適切に判別されることが前提になっていました。しかし、私たちの日常生活では、重要な情報が常に適切に知覚できるわけではありません。例えば、電話の音声通信の状況はいつも良好であるわけではなく、相手の声が聞き取りにくいことがあります。「知覚的意思決定」(※2)は、知覚される情報の曖昧さを操作することによって、判別がどのように変化するかを調べる分野の1つです。視覚による知覚的意思決定では、視覚情報の様式(例えば、色や動き)に依存して、大脳の側頭葉と後頭葉の境界周辺にある後頭側頭皮質に、まだら状に分散した領域が関わっていることが知られています(図A)。

そこで今回、本研究グループは「知覚的な不確かさがある状況で、行動の切り替えは脳でどのようにおこるのか」という問いを立てました。上記の例では「食事の準備をしている途中で電話がかかってきて、相手の声が聞き取りにくいとき、適切な判断をするために脳はどのように機能するのか」という問いに相当します。

3. 研究内容・成果

本研究グループはまず、動きと色の曖昧さを同時に操作できる視覚刺激を作成しました（図B）。この刺激では、画面に緑色と橙色の小さい点がいくつか提示され、それぞれの点はランダムに動きます。緑と橙の点の割合と、動きのランダムさを独立に操作して、色と動きの曖昧さを別々に変化させました。そして、ヒト被験者は、指示に従って、画面全体の点の動き（上・下）または色（緑・橙）のどちらかを判別しました（図C）。このとき、判別の基準が「色」から「動き」、または「動き」から「色」に変わるときを「切り替え」とよびます。これらの課題を切り替えたときの脳の活動を機能的MRIで計測しました。

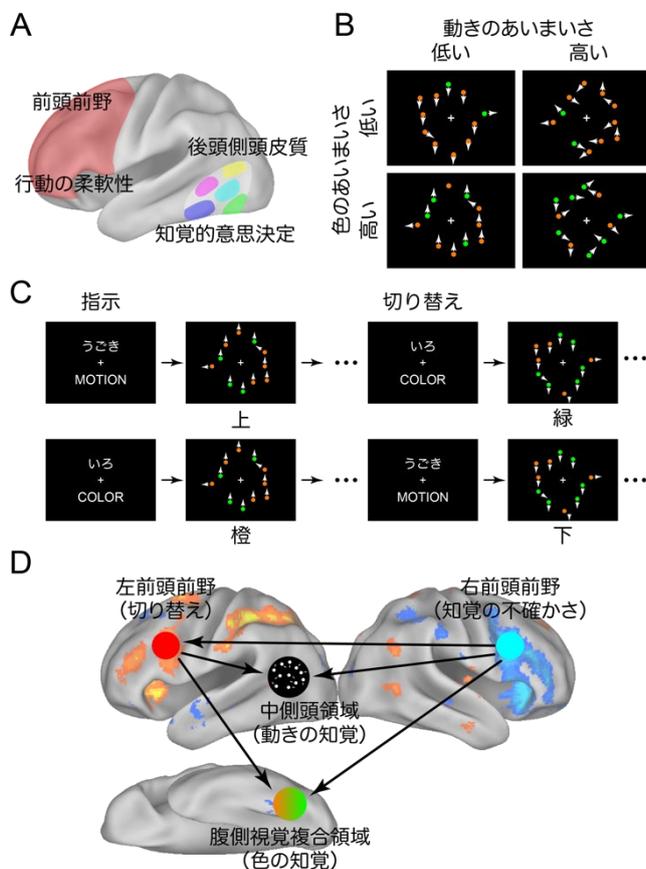
切り替えが起こると、左の前頭前野の活動が大きくなりました（図D）。また、動きと色が曖昧になって知覚の不確かさが強くなると、右の前頭前野の活動が大きくなりました。一方で、後頭側頭皮質にある、中側頭領域と腹側視覚複合領域は、それぞれ、色と動きを判別しているときに活動が大きくなりました。これらの領域の脳活動には、切り替え時に、動きと色のどちらを判別しているかという情報が多く含まれていました。そして、判別する情報の不確かさが増大すると、切り替えに関連する左の前頭前野と、動き・色の判別に関連する後頭側頭皮質は、知覚の不確かさに関連する右前頭前野から補完的な信号を受けることがわかりました（図D）。

以上の結果は、行動の柔軟性が、目的を達成するために必要な情報を環境から抽出する知覚的意思決定に依存していることを示しています。そして、行動の柔軟性に関連している左前頭前野、知覚の不確かさに関連する右前頭前野、課題に依存する後頭側頭皮質が相互に補完的な役割を果たすことによって、不確かな状況での切り替えが起こっていることを示唆しています。

柔軟な行動は、変化していく環境に適応することを可能にし、ヒトでもっとも発達している前頭前野が重要な役割を果たしています。行動の柔軟性が、知覚情報の処理機能と相互補完的になって不確かな環境で達成されていることは、ヒト大脳全体の神経回路機構を解明するうえで重要な手がかりになると考えています。

4. 今後の展開

今回の研究では、判別する対象自体に曖昧さが含まれていました。しかし、課題切り替えでは、課題の指示に曖昧さを含めることが可能で、現在解析を進めています（参考文献参照）。また、課題切り替え以外の認知の制御の研究にも、知覚的意思決定の枠組みを組み合わせることが可能で、現在実験をすすめています。そして、認知の制御と知覚的意思決定が協調して、より洗練された機能を実現するにはどのような情報処理の様式があるのかを知りたいと思っています。



<参考文献>

Tsumura K, Kosugi K, Aoki R, Takeda M, Nakahara K, Jimura K (2020) Flexible decision under ambiguous cues reverses neural signaling from occipitotemporal to prefrontal cortex. bioRxiv doi:10.1101/2020.07.29.227736.

<原論文情報>

Tsumura K, Aoki R, Takeda M, Nakahara K, Jimura K (2021) Cross-hemispheric complementary prefrontal mechanisms during task switching under perceptual uncertainty. J Neurosci doi:10.1523/JNEUROSCI.2096-20.2021.

<用語説明>

※1 課題切り替え：行動の柔軟性を調べるための実験心理学の枠組みの1つ。提示された絵や単語に対して、指示に従って判別の基準を切り替えていく。例えば、「りんご」という単語に対して、最初のひらがな（「り」）が子音を含むかどうかを判別する課題と、単語があらわしているものは自分よりも大きいか判別する課題を、「おと」と「おおきさ」という指示によって切り替えていく。課題が切り替わった直後では、判別に誤りが起こりやすくなり、時間がかかることが知られている。

※2 知覚的意思決定：視覚や聴覚などの物理情報に曖昧さを含ませて、知覚による判別がどのように変化するかを調べるための実験心理学の分野の1つ。例えば、視覚的に提示される点の動きの方向を判別する状況で点の動きの曖昧さを操作すると、曖昧さが大きくなる識別は難しくなり、誤りが起こりやすく、時間がかかることが知られている。

ご取材の際には、事前に下記までご一報くださいますようお願い申し上げます。

※本リリースは文部科学記者会、科学記者会、各社科学部等に送信させていただいております。

・研究内容についてのお問い合わせ先

慶應義塾大学 理工学部 生命情報学科 准教授 地村 弘二（じむら こうじ）

TEL : 045-566-1625 E-mail : jimura@bio.keio.ac.jp <http://ja.jimuralab.org/>

・本リリースの配信元

慶應義塾広報室（澤野智）

TEL : 03-5427-1541 FAX : 03-5441-7640

Email : m-pr@adst.keio.ac.jp <https://www.keio.ac.jp/>

高知工科大学 入試・広報部 広報課（濱田康太）

TEL : 0887-53-1080

E-mail : kouhou@m1.kochi-tech.ac.jp <https://www.kochi-tech.ac.jp/>