

ヒト脳機能を定量的に理解する



研究ノート

西本伸志*

Quantitative understanding of the human brain

Key Words : Natural perception, Cognition, Brain Representation, Systems Neuroscience

モデル構築によるヒト脳機能理解

私たちの日々の生活は、多様で複雑な感覚入力、膨大な事前知識、およびそれら进行处理する様々な脳機能によって成り立っている。例えば今朝の何気ない会話、「今年の冬は帰省できるかな」「そうだと良いね」といった些細なやりとりにも、その成立には感覚情報処理から意味・記憶・情動・社会性・予測・論理・運動等に関わる様々な脳機能が動員されている。これらのどれか一つが不調をきたすだけで、私たちのささやかな日常の維持には大きな困難が生じる。

多様で複雑なヒト脳機能を直接的に調べる手法として、近年、自然体験下における計測脳活動を説明・記述する予測モデル（エンコード・デコードモデル）を構築するアプローチが注目を集めている¹⁾（図1）。このアプローチでは、体験内容と脳活動の関係を定量的な特徴表現（映像、情動、認知表現等）を介した予測（回帰）モデルとして扱い、個々の表現定量の妥当性は新規体験下における予測性能によって評価する。また得られたモデルを解析することで（図1下）、脳内における表現構造（脳内表現空間）や、それらがどのように脳内にマップされているかを示す脳機能構造、異なる認知状態や個人間を比較する定量基盤、更には脳活動からその人が何を感じて・

意図しているかを推定する脳情報デコーディング等の多様な知見や技術を得る。ヒト脳活動計測について従来は脳波計（EEG）等の利用が一般的であったが、機能的磁気共鳴画像法（fMRI）を用いることで、脳波計と比べて1000倍程度以上の高い空間解像度および単一試行データからのモデル構築が行える信号強度比（SNR）が実現しており、詳細なヒト脳機能解明に向けた研究が進んでいる。

本稿では、fMRI計測と予測モデル構築を用いた脳機能研究の例を紹介し、その解釈や展望について概説する。

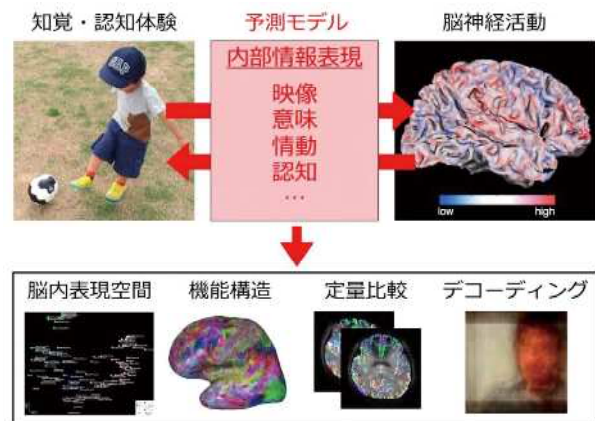


図1 脳モデル構築による研究の概念図。多様な知覚・認知条件下の脳活動を説明する予測モデルを構築することで、脳内情報処理・情報表現に関する包括的な知見を得る。



* Shinji NISHIMOTO

1978年5月生まれ
大阪大学 大学院基礎工学研究科 システム人間系専攻 博士後期課程修了 (2005年)
現在、大阪大学 大学院生命機能研究科 脳神経工学講座 知覚・認知神経科学研究室 教授 博士(理学)
専門/システム神経科学
TEL : 06-6879-4434
FAX : 06-6879-4438
E-mail : nishimoto@fbs.osaka-u.ac.jp

視聴覚情報表現

ヒトの知覚体験は重層的なものであり、たとえば視覚だけをとってみても、体験を構成する特徴としては映像そのもの（例：青い/四角い）からその意味（空/ホテル）、情動（楽しい/懐かしい）等、様々な観点からの記述が可能である。これらの記述に対応した予測モデルが構築できれば、脳内におけるこれらの情報表現の定量解析や脳活動の解読等が可能

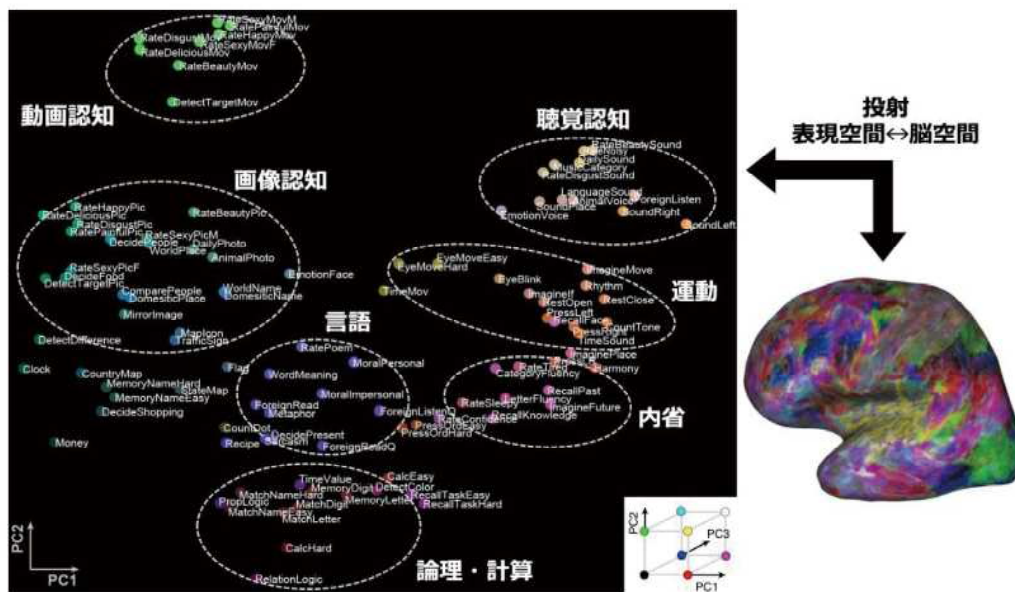


図4 脳内認知空間(左)とその脳空間投射(右)。103種類の認知タスクの脳内表現における相対的関係性(左)およびその脳機能構造(右)を可視化。(参考文献⁸⁾より抜粋。一部改変。CC BY 4.0 ライセンス)。

来的には認知全般を対象とした汎用的なブレイン・マシン・インターフェース等への応用が考えられる。

おわりに

本稿ではヒト知覚・認知を司る包括的な脳モデル構築の試みについて、その背後にある考え方、および研究の代表例をいくつか抜粋する形で概説した。紹介したアプローチは比較的新しく、脳機能計測および解析技術の進展に伴って今後のさらなる発展が見込まれる。

参考文献

- 1) Naselaris T, Kay KN, Nishimoto S, Gallant JL. Encoding and decoding in fMRI. *Neuroimage*. 56(2):400-10 (2011).
- 2) Nishimoto S, Vu AT, Naselaris T, Benjamini Y, Yu B, Gallant JL. Reconstructing visual experiences from brain activity evoked by natural movies. *Curr Biol*. 21(19):1641-6 (2011).
- 3) Huth AG, Nishimoto S, Vu AT, Gallant JL. A continuous semantic space describes the representation of thousands of object and action categories across the human brain. *Neuron*. 76(6):1210-24 (2012).
- 4) Nishida S, Nishimoto S. Decoding naturalistic experiences from human brain activity via distributed representations of words. *Neuroimage*. 180(Pt A):232-242 (2018).
- 5) Koide-Majima N, Nakai T, Nishimoto S. Distinct dimensions of emotion in the human brain and their representation on the cortical surface. *Neuroimage*. 222:117258 (2020).
- 6) Huth AG, Lee T, Nishimoto S, Bilenko NY, Vu AT, Gallant JL. Decoding the Semantic Content of Natural Movies from Human Brain Activity. *Front Syst Neurosci*. 10:81 (2016).
- 7) Nishida S, Nakano Y, Blanc A, Maeda N, Kado M, Nishimoto S. Brain-Mediated Transfer Learning of Convolutional Neural Networks. *Proc. AAAI* 34:5281-5288 (2020).
- 8) Nakai T, Nishimoto S. Quantitative models reveal the organization of diverse cognitive functions in the brain. *Nat Commun*. 11(1):1142 (2020).