

認知機能の脳内メカニズムラボ (Cognitive Brain Function Lab.)

研究項目：認知機能の脳内メカニズムの研究
研究期間：平成10年度～13年度

1. 研究の背景

当該ラボは、次の目標を据えて2年前に発足した。「インタフェース技術の高度化のために認知機能支援する情報処理技術の重要性が指摘されているが、その為には認知機能を物理量等に基づいて客観的に表現、評価し、認知機能のモデル化を計ることが重要である。本研究では、同時記録した認知心理実験データと脳活動データの両者のデータに基づき、各種の情報量の解析を適用し、記憶機能を中心とした認知機能の客観的な評価とモデル化手法の確立目的とする。このことにより、認知機能を支援する情報処理の基盤的技術に資することを旨とする。」

手短かに主張すれば、「脳型認知科学(Brain Cognitive Science)」の構築をおこない、社会で役に立つ認知モデルを開発できるようにするのが目標である。

現在の認知モデル開発は（現状の制約である）行動レベルのプロトコル等観察から得られる情報のみに依存しており、その構築、解釈、評価には限界がある（100年の心理学の論争で決着のつかない問題が多々ある）。認知モデルの解釈や評価に、最近の脳科学の成果を積極的に取り入れる必要がある。そこには当然、動物を対象とした神経生理研究、病理的知見からの神経心理研究の成果が入ってくる分けだが、認知モデル構築の観点からは問題がある。認知モデルの構築、解釈、評価サイクルを考えた場合、人間を対象とした脳MRイメージング研究は、高精度、高頻度に系統的な被験者実験をできる点で、我々の目的に適している。

2. これまでの研究経過と現状

認知研究に携わってきた我々にとって、生き物（当然、対象は人間）を対象とした脳研究を最初の一步から構築する必要があった。3つのキーワードがある：認

知機能、脳内（情報）表現、認知モデルである。

最初に、特定の認知機能をテストする心理実験、被験者の脳内活動の測定、そしてその解析、この全てを含めてMRI心理実験自体の確立を行ってきた。心理実験、解析、MRI測定共に克服すべきことは山のようにある（現在進行形）。現在、注目する十数項目の認知機能について、その脳内表現を調べている。研究の立ち上げ段階でも、測定された脳内表現から脳内メカニズムへの示唆は多く得られており、後程、その一例を紹介する。

さて、我々の最終目標が認知モデルであるので、我々が脳研究から得るべき中間成果は、単なる脳内表現ではなく「脳内情報表現」であるべきと考える。つまり、認知モデルを脳内情報表現に基づいて構築することが次のアドバンスな目標になる。MRIの膨大なデータを扱って分かる事は、現状では読み出されずに捨てられている膨大な情報が現に存在してことである。そのような情報を読み出すことが「脳内情報表現」に繋がると確信する。

現在我々がそのような「脳内情報表現」として試みているのが、多変量情報解析を用いた脳図作成（図1）²⁾である。図1のように、脳内の3地点間の情報の共有関係やシャノンの意味での情報の流れをマップとして

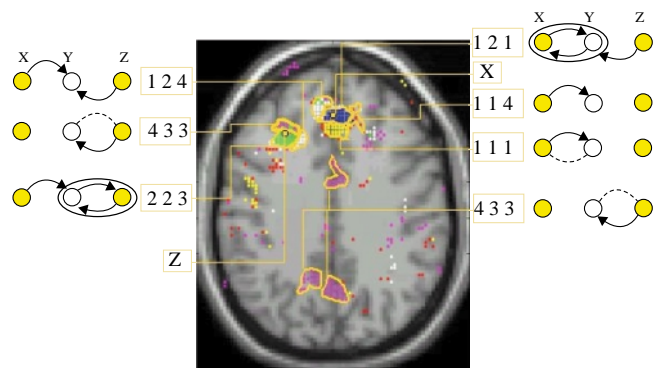


図1 MRIデータの多変量情報解析による接続および情報共有の解析

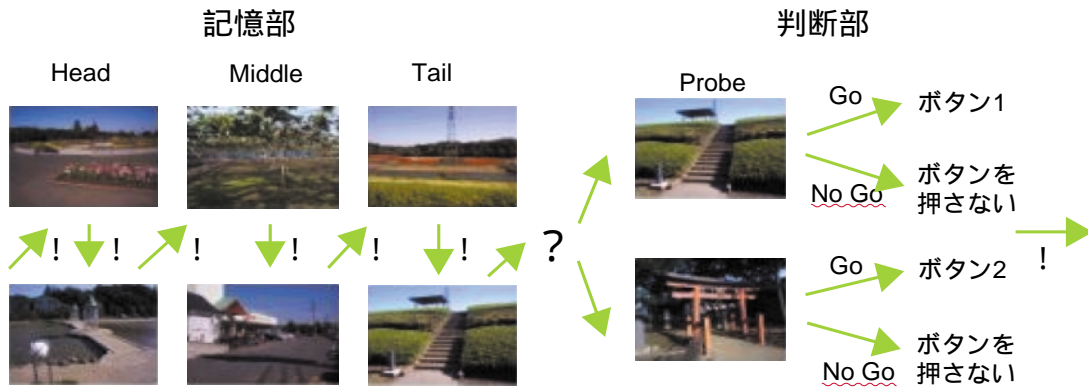


図2 実験で用いた写真表示(学習),再認判断 (今回Go/NoGoについては述べない)

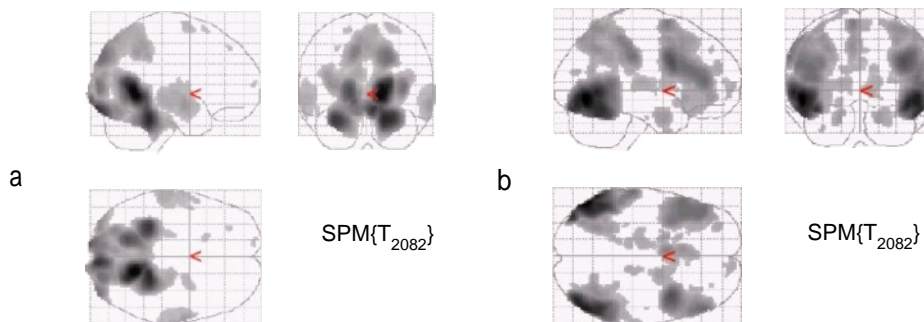


図3 学習時
(a)写真で強く反応,(b)絵に強く反応

示すことができる。図のように、脳の特定の部位 X, Y と他の脳の部位の関係を明らかにできる可能性を示している。

研究の将来展開を含めて、研究の展開を論じてきたが、現状においてもMRIイメージングを用いた脳内表現が認知モデル構成に役立つことを示すことは、研究の評価や将来展開の戦略を練るためにも重要である。以下に、一例として「学習、再認の脳内表現と脳内メカニズム実験」を示す。

6枚の写真(あるいは線画)を学習し、直後にProbeとして示された写真(あるいは線画)の再認テスト(図2)を行う。この単純なMRIを用いた心理実験から、様々な脳内メカニズムの推定が可能である(詳細は文献3)を参照)。

まず、学習フェーズの興味として、「何(絵と写真)を学習するか?」の脳内表現の相違を調べた。写真の学習では絵の学習に比べ、BA21、小脳と視覚17野で、有意に強い脳内活動がある(これは、2つの状態の差が $p < 0.001$ で統計的に有意であるところを意味する。以下

の比較において同様)、絵を学習するときは、視覚19野、言語45野が有意に働く(図3)。漫画チックな単純な線画は、言語的に学習されやすいことを意味する。また、視覚17野と19野の働きの相違が表現されているに違いない。写真に関しては、ペリフェラルに近い脳メカニズムが動員され、線画に関しては抽象度の高い処理をする脳メカニズムが動員されると考えられる。勿論、前頭葉等共通に使われる活動領域はある。

再認過程での興味として、「いつ学習」したかが再認に影響するか?相違の脳内表現を調べた。心理学で知られている近接効果(Recency効果)の脳内表現を調べる。Tailで学習した事柄の再認では、HeadやMiddleでの事柄の再認に比べ、両側のBA6野で優位な活動が見られる。逆に、HeadやMiddleでの事柄の再認に顕著に働く領域は、視覚18野とBA10野である(図4)。視覚野が働いたのは絵や写真を使っているためと思われる。BA10野は、困難な問題解決状況で働くことが知られている。確かに、Tail画像の再認より困難であることが知られている。BA6は、やさしいポジティブ課題で有為に

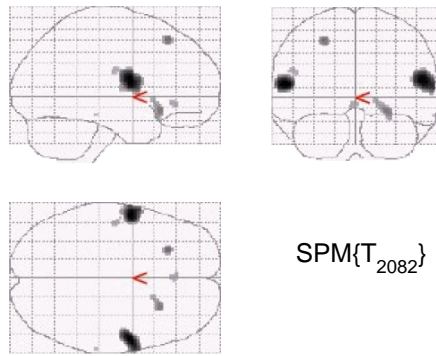


図4 再認時: Tail-(Head+Middle)条件での活性領域

活動することが、他の記憶実験でも確かめられている。このような隣接作用の脳内メカニズムを人間の脳で観察に成功したのは、初めてと思われる。

以上のように脳表現研究が、認知モデルの高度な構成に役立つことが理解してもらえたと思う。本研究は、岡山大学、筑波大学、中国アカデミィ心理研究所と共同研究している。

記憶研究を中心とした最近の成果⁴⁻⁶⁾は、イメージング研究が人間の認知機能の有力な研究アプローチであることを示している。

3. 成果の波及について

本研究の最終目標は、世の中で役に立つ認知モデルを構築するべく、その学術的技術的基盤を確立することである。ここで構築を目指す脳型認知科学(Brain Cognitive Science)というべき学術的基盤は、脳内情報表現の計算のために情報科学の基盤の上に立つ。脳内情報表現を使うことは新しい認知モデルの構築に繋がる。情報科学の基盤に立つ技術のため、高度で正確な認知モデルをヒューマンインタフェースに適用することも容易である。

人間の記憶や学習の脳内情報表現の研究の成果は、知的教育支援システム(ICA)等にも波及可能と期待している。

4. 今後の研究展開

本研究は、脳神経情報領域で今後展開する予定である。また、情報科学関連領域とも連携することが重要と考える。

参考文献

- 1) Kazuhisa Niki, Jyupei Hatou, Luo Jing and Ikuo Tahara : Functional Connectivity for fMRI Data using Mutual Information and interaction, NeuroImage 11, No. 5, p.484 (2000)
- 2) 仁木和久,羽藤淳平(東京理科大),太原育夫(東京理科大): 多変量情報量によるfMRIデータの脳活動マッピング画像化と構造解析, 第14回生体工学シンポジウム論文集, pp.429-433 (1999.10.8).
- 3) 仁木和久, 永田啓史, Luo Jing, 太原育夫: 写真と絵の再認の脳内表現 fMRI解析, 日本認知科学会第17回大会論文誌
- 4) Kazuhisa Niki and Luo Jing : Imaging the response inhibition process of No-Go item in a working memory task : Prefrontal activities revealed by event-related fMRI research, 日本認知科学会第17回大会論文誌
- 5) Kazuhisa Niki and Luo Jing : A fMRI research on finger tapping: the neural correlates of memorizing, planning, and controlling, International Journal of Psychology, Vol. 35, No. 3/4, p.238 (2000)
- 6) Luo Jing and Kazuhisa Niki : Imaging the metamemory process: An event-related functional MRI analysis of feeling-of-knowing judgements (FKJs), International Journal of Psychology, Vol. 35, No. 3/4, p.40 (2000)

当該研究担当者等

ラボ構成員(総数11名)

職員(4名) 仁木和久*, 栗田多喜夫, 山本吉伸, Steven Phillip(情報科学部)

職員以外(7名) Luo Jing(STAフェロー), 寺沢孝文(岡山大学), 太原育夫(東京理科大学), 羽藤淳平(東京理科大学), 梶井俊幸(東京理科大学), 林美都子(筑波大学), 吉田哲也(筑波大学)

*ラボリーダー