

## 2-2 人間の社会的行動を脳活動情報から解読し応用するための研究

### 2-2 Deciphering Real-World Human Social Behavior from the Brain

春野雅彦

Masahiko HARUNO

現代は情報通信技術の飛躍的發展により世界がますます小さくなり、ヒトと機械が入り混じった複雑で大規模な実社会ネットワークの時代である。本稿では我々が研究を進めてきた社会行動の中で生じる脳活動情報を解読し、応用するための研究の現状と将来展望について紹介する。

We are living in the huge and complex social network consisting of both humans and machines. Here, we describe our research efforts and future perspective to decipher such human real-world social behaviors.

#### 1 はじめに

現代は情報通信技術の飛躍的發展で世界がますます小さくなり、ヒトと機械が入り混じった複雑で大規模な社会ネットワークに特徴付けられる。しかしヒトはあくまでヒトであり、社会の中でヒト特有の行動様式が生まれ、時に大きなストレスがかかる。ヒトに優しい社会システムを設計し、新たなサービスを生み出すためには、このような実社会ネットワークにおけるヒト特有な行動と背後に存在する脳の活動パターンを理解することが重要である。

#### 2 社会行動の個人差と扁桃体

インターネットやソーシャルメディアでも日々経験するように、他者に対しどう行動するか、他者をどう認識するかが社会行動の要である。その重要な基礎に、他者と自分で資源や情報をどう配分するかを決める「分配行動」がある。

分配行動における、公平に振る舞う、あるいは自分の取り分を多くするといった個人差はどういう脳のメカニズムから生じるのであろうか？この問題が重要なのは分配行動の個人差が単に分配だけでなく、投票行動や寄付行動、精神疾患といった多くの重要な問題と関係することが知られているためである。

これまでは利己的に振る舞おうとする情動・報酬システムを、熟慮を行う前頭葉の認知システムが抑制することで公平な行動が生じるとする考え方が支配的であった。しかしながら、情動・報酬システムが無意識的な意思決定により不公平を避け公平な行動に至る可能性もある。

我々は公平な分配行動が前頭葉による意識的な熟慮

に基づいて行われるのか、あるいは情動・報酬システムにより無意識(直観)的に決まるのか調べる実験を行った [1]。まず被験者の社会価値志向性 (social value orientation) と呼ばれる分配の個人差を測定した。具体的には、匿名の相手とのお金の分け方を、約 10 秒で 3 択から選んでもらった (図 1 a)。選択肢 1 は自分と相手の報酬の和を最大にして差を最小にするので向社会的、選択肢 2 は自分の報酬を最大にするので個人的、選択肢 3 は差を最大にするので競争的な選択と呼ばれる。全部で 64 名の被験者に課題を 8 回行ってもらい、6 回以上一貫した選択をした 39 名の被験者 (向社会的 25 名、個人的 14 名) に、脳活動を調べる機能的核磁気共鳴装置 (fMRI) 実験に参加してもらった。

fMRI 実験 (図 1 b) では、自分と相手の報酬の組合せが提示され (図の例の場合、自分が 36 円、相手が 177 円)、被験者は組合せの提示後、できるだけ早くその好ましさを 1-4 段階で評価し、ボタンを押した。報酬の組合せは自分の報酬も相手の報酬も平均が 100 円で最大 200 円、最少 0 円となるような円周上から 36 点選んだ。この課題は、各被験者の評価に“自分の報酬”、“相手の報酬”、“不公平さ (報酬の差の絶対値)”という 3 種類の変数がどう影響するか定量的に決めることが可能であるのが特徴である。これら変数と相関する脳活動を探し、被験者グループ間でその活動に違いがあるか調べたところ、向社会的な被験者では、扁桃体の脳活動と“報酬の差の絶対値”の相関が見つかった (図 2 a)。一方、個人的な被験者にはその関係は見られなかった。さらにこの扁桃体の活動から、各々の社会的な被験者が、報酬のペアの評価において“差の絶対値” (不公平さ) を嫌がる程度が予測できた (図 2 b)。扁桃体は脳の深部にあるアーモンド状の構造で、我々がへびを見て素早く逃げる準備をしたり、

## 2 脳情報デコーディング技術

相手の顔の表情を読み取るなど、素早い（直観的な）危機管理を行ったりする際に関与することが知られている。我々の研究結果は、公平性という高度に社会的

な概念の基盤に前頭葉があるという従来の支配的な考え方に反して、魚やネズミから発達している構造である扁桃体が重要であることを見いだした。

### 3 不公平に対する扁桃体の活動パターンから将来のうつ傾向を予測

a

	自分 (円)	相手 (円)
1	100	100
2	110	60
3	100	20

b

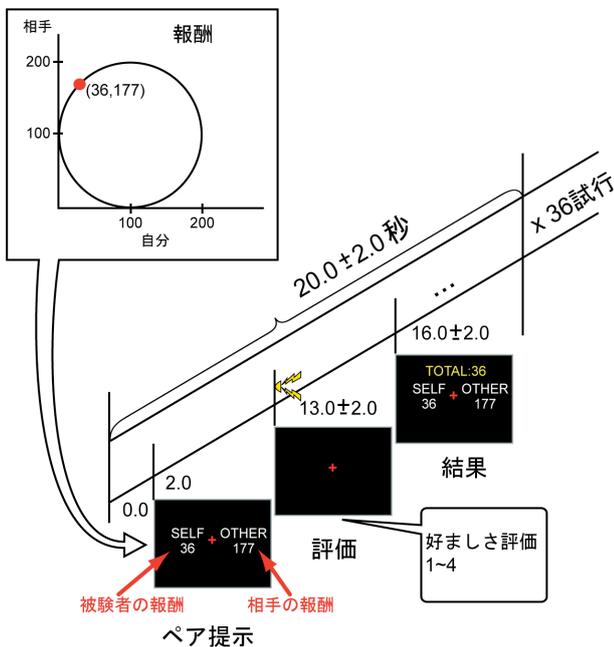


図1 社会価値志向性の神経基盤特定に用いた実験課題。a: 被験者のグループ分けのための選択課題 1 向社会的 2 個人的 3 競争的選択。b: 脳活動を計測するfMRI実験のための課題 報酬の組合せの好ましさ4段階で評価

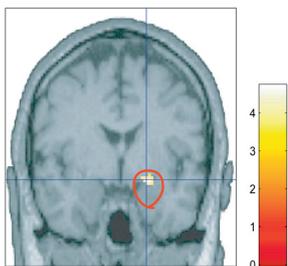
これまで扁桃体が不公平を避け公平な分配行動に関与することを見た。従来、大量の人々の質問票や行動を追跡調査するコホート研究で、経済的な不公平とうつ症状に強い相関関係があることが示されてきた。また、うつ病の患者には扁桃体/海馬の脳活動や体積が変化することも知られている。我々はこれらの知見から、不公平に対する扁桃体/海馬の脳活動パターンから現在と将来のうつ病傾向を予測できるのではないかと考え、被験者にfMRIを計測しながら最終提案ゲームを行ってもらった[2]。

最終提案ゲームでは、まず提案者がお金の分配の仕方を提案し(例えば提案者自身に269円、返答者に232円 図3a)、次に返答者がその提案を受入れるか拒否するかを決定する。返答者が受け入れればお金は提案どおりに分配され、拒否すればどちらの取り分も0円となる。もし自分の取り分をできるだけ多くすることを考えるなら、どんな提案でも受け入れる方が得であるが、ヒトは取り分が20%より少ない不公平な条件では拒否することが多いことが知られている。提案が示される段階での不公平に対する脳活動を調べたところ、これまでの研究と同様に扁桃体の活動が見られた(図3b)。被験者にはこの最終提案ゲームのfMRI実験の同時期と1年後の2回、Beck Depression Inventory II (BDI)といううつ病傾向テストを受けてもらった。

AI技術を用いて各被験者の不公平に対する扁桃体/海馬の脳活動パターンからfMRI実験と同時期と1年後のうつ病傾向予測を試みた(図3c)。その結果、同時期(左)と1年後(右)の両方においてうつ病傾向の実測値と予測値の間に正の相関が見られ、不公平に対する扁桃体/海馬の脳活動パターンからうつ病傾向予測が可能であることが分かった。

我々は様々な性格テストや経済状況調査、不公平以外の脳活動パターンからうつ病傾向を予測することも試みたがうまくいかなかった。このことは不公平がヒトの精神状態に及ぼす影響の大きさとその過程への扁桃体/海馬の関与を示すと同時に、特定の情報処理プロセス(今の場合不公平)に対する脳活動パターンからの予測手法が持つ能力の高さを示唆する。

a



b

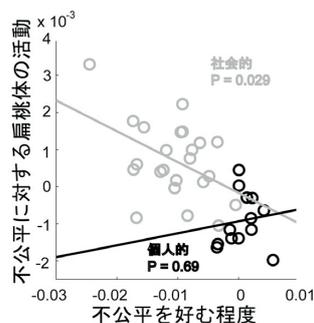


図2 実験結果 向社会的グループと個人的グループ及び向社会的グループ内での個人差と扁桃体(赤)の脳活動。a: 向社会的グループは扁桃体が自分と相手の報酬差の絶対値と相関する活動を示した。b: 向社会的グループの各被験者が報酬の組合せ(ペア)の評価において不公平を好む程度と扁桃体の不公平に対する脳活動とに負の相関があった。

## 4 実社会行動と脳情報通信

ヒトの社会はますます複雑・大規模ネットワーク化しており、社会行動を抜きに次世代の情報処理システムや脳情報通信を考えることはできない。したがって今後の研究開発においてはこれまで実験室で行われて

きた実験に加えて、実社会の行動の背後に存在する脳情報を解読する必要がある。そのためにはどのような研究開発項目が重要になるだろうか。

まず研究の基盤的データとして、実際の社会行動を反映した脳活動・行動ビッグデータが必要である。我々の研究グループではオンラインデータ収集システムを独自に構築し、大量の行動データ、性格テストデータを用いて脳情報処理モデルを作成し、同時に同じ被験者のSNS データ及び脳活動・脳構造データを収集するプロジェクトを進めている(図4)。現在のネットワーク社会がヒトに与える影響には不明な部分も多く、このような脳活動・行動ビッグデータを用いたストレスや幸福度の脳メカニズムを知ることは極めて重要である。

言うまでもなく実社会の社会行動は複雑であり、意識的処理と無意識的処理が複雑に絡み合っている。特に、無意識的な処理に強い自覚はなく、本人にアンケートをしても有効な答えは得られないことが多い。うつ病などの精神疾患において社会的ストレスが主要な要因となるが、この理由から原因であるストレスを早期に定量化するのは困難である。我々の研究例で示したようにこれら精神疾患に扁桃体など皮質下領域が深く関与する。また、購買行動においてもユーザーの行動が大規模アンケート調査と合わないことはよく知られた事実である。さらに、ソーシャルメディアにおける行動も無意識の間に他者から影響を受ける。これらの社会行動の背後に存在する脳メカニズム(特に無意識のもの)の解明が進めば、脳の状態から様々な予測が可能となり実社会の制度設計や情報通信システムに大

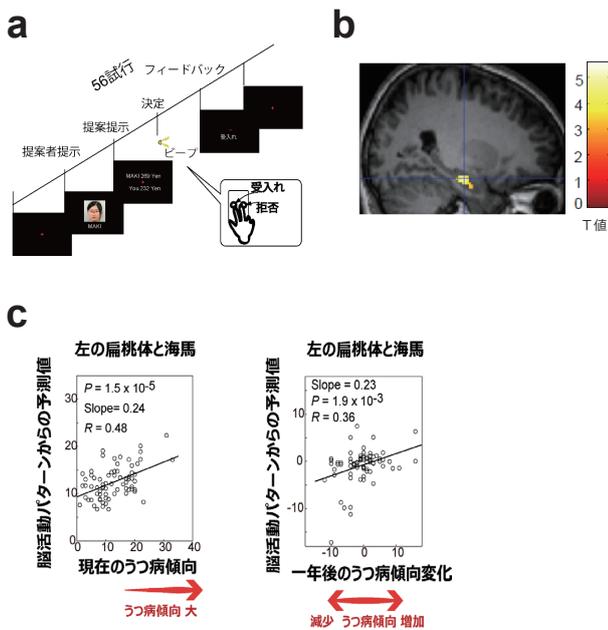


図3 不公平に対する扁桃体の脳活動パターンから現在と将来のうつ病傾向を予測。a: 被験者と提案者のお金の分け方に関する提案を受入れるか拒否するかを決める最終提案ゲーム。b: 最終提案ゲーム中の不公平に対する扁桃体/海馬の活動パターン。c: 各被験者の不公平に対する左扁桃体/海馬の活動パターンから現在(左)と1年後(右)のうつ病傾向を予測した結果、実測値(横軸)と予測値(縦軸)の間に正の相関が見られ予測が可能であることを示す。

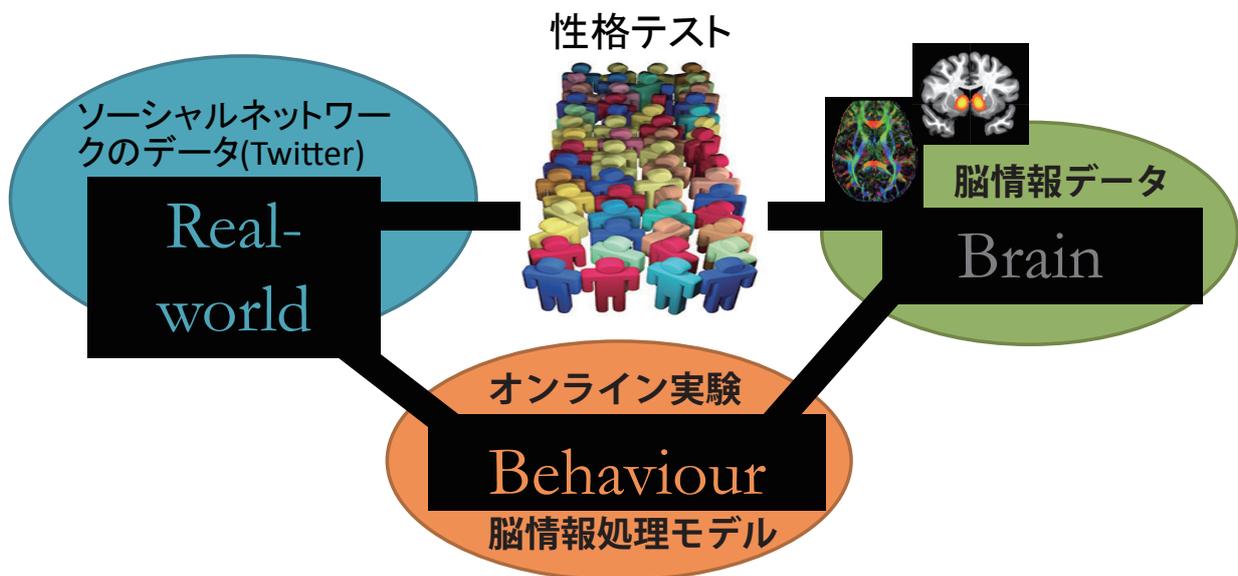


図4 オンライン実験システムにより収集した大規模な行動データと脳情報処理モデル、性格テスト、ソーシャルネットワークデータ及び脳情報データ。実社会の社会行動に即した脳情報処理モデルの構築を目指す。

## 2 脳情報デコーディング技術

きなインパクトを及ぼすことが期待される。我々の研究グループでは、脳情報通信融合研究センターが所有する最先端の計測手段と、オンライン技術で得られる超多次元・大規模データを用いて実社会の社会行動を対象とした脳情報処理モデルの研究・開発を進める予定である。

### 【参考文献】

- 1 Haruno M. and Frith CD. "Activity in the amygdala elicited by unfair divisions predicts social value orientation," Nature neuroscience 13, pp.160-162 2010.
- 2 Tanaka T., Yamamoto T., and Haruno M. "Brain response patterns to economic inequity predict present and future depression indices," Nature Human Behaviour 1, pp.748-756 2017.



**春野雅彦** (はるの まさひこ)

脳情報通信融合研究センター  
脳情報工学研究室  
研究マネージャー  
博士(工学)  
脳情報科学、計算論的神経科学、社会脳科学