

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 2 日現在

機関番号：13901

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2016

課題番号：25780454

研究課題名(和文)他者の目が課題遂行能力に影響を与える脳メカニズムの解明

研究課題名(英文)Neural mechanism of the task performance under pressure of audience eyes

研究代表者

渡邊 言也(Watanabe, Noriya)

名古屋大学・環境学研究科・学振特別研究員(PD)

研究者番号：90637133

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：人間の課題パフォーマンスは報酬以外の様々な要因によって影響されうる。外的要因の一つとして他者の視線によるパフォーマンスの低下がある。本研究ではその観察者の社会的地位の違いが課題パフォーマンスに与える神経基盤を検証した。総説研究を行った結果、社会的上下関係の知覚には扁桃体と外側前頭前野が重要であることを突き止めた。また、瞳孔径の計測とfMRIの同時計測を用いた実験を行い、瞳孔径計測からは課題遂行に先立つ生理的覚醒度の変化が成功試行と失敗試行では異なることを突き止めた。そしてfMRI解析からは失敗試行では準備期に扁桃体と線条体尾状核の活動が上昇していることが明かとなった。

研究成果の概要(英文)：Human task performance is not only decided by reward magnitude but also several external and internal factors. One of such factor is eyes of audience which can deteriorate task performance. In this study, we investigated the effect of social status of the audience to task performance. As a result of review study, we found that amygdala and lateral prefrontal cortex are essential regions for the perception of social dominance. We also conducted experiments with simultaneous data acquisition of pupillometry and fMRI. The data analysis of pupil dynamics showed that the effect of physiological arousal prior to task execution was different between success and failure trials. Additionally by fMRI data analysis, we identified that activity of amygdala and caudate nucleus were increased in failure trials compared to success trials.

研究分野：実験心理学

キーワード：社会的ヒエラルキー 観衆効果 生理的覚醒 課題成績

## 1. 研究開始当初の背景

起こりうる最悪の結果を避け、手に入れられる報酬を最大化することは、動物にとって最も重要な営みの一つである。しかしながら、課題のパフォーマンスは報酬量によって一義に決まるものではなく、課題遂行中に同時に喚起されるプレッシャーやストレスなどによっても簡単に影響されうる。その中でも他者の存在が我々の能力を変化させる現象は観衆効果(audience effect)と呼ばれ、100年以上前に Norman Triplett (1898)が報告し、その後社会心理学の分野で繰返し実験的に観察、理論化されてきた (Strauss, 2001)。さらに、この効果は観察する他者のプロパティによっても影響が変わりうる。例えばピアノを弾くという高度な精緻運動課題において、友人の前で演奏する場合と、ピアノの先生の前で演奏しているときでは、後者の方でプレッシャーを感じ極端にパフォーマンスが低下することが起こりうる。本研究では様々な他者のプロパティの中でも「社会的上下関係 (Social dominance)の知覚過程」に注目した。社会的ヒエラルキーは魚から人間まで多くの生物に共通してみられる社会的構造であり、それを無視しては生命を維持することは難しい。故に脳においても原始的な知覚プロセスであると考えられる。しかしながら、そもそも社会的上下関係の知覚システムは体系的にまとめられてはいない。そしてそのシステムが如何に課題遂行者のパフォーマンスに影響を与えているかも未だ明かになっていない。そこで本プロジェクトでは以下の二点に関する神経メカニズムを解明することを目的として総説研究と実験研究を行った。

## 2. 研究の目的

社会的上下関係の知覚プロセスに関係した心理学、神経科学分野の研究をサーベ

イし、その神経基盤を体系的に理解するための総説研究を行った。

の結果を元に外的プレッシャーが遂行者の課題パフォーマンスに与える神経メカニズムを行動実験と機能的磁気画像法 (fMRI)を用いた実験で明らかにした。

## 3. 研究の方法

約 110 件の実験心理学、神経科学分野の論文の中から社会的上下関係の知覚とヒエラルキー形成に関する論文を検証し、社会的上下関係の知覚に必要な脳領域と、実際の社会的ヒエラルキー形成に重要な神経伝達物質の役割の特徴を分類分けした。

の結果に基づいて課題パフォーマンスにおける観衆効果の影響を検証しようと計画したが、多少の研究方針の変更を行った。具体的には課題遂行中のプレッシャーを「他者の目」ではなく、「成功報酬」によって喚起させることとした。この理由は大きく分けて 2 点ある。一つには平成二六年頃に他者の視線と課題パフォーマンスに関する研究をアメリカの研究者がすでに行っていることを知ったために、研究方針を転換する必要があった。二つ目には他者の目の有無という二つの条件間の変化を検証するよりも、成功報酬 50 円 ~ 4000 円というように様々な変化をさせた方が、より詳細にプレッシャーと課題パフォーマンスに関する神経メカニズムを検証できるという判断があった。他者の目と報酬量の変化、その両方に共通した認知的過程として「覚醒水準の最適化」がある。我々が難度の高い課題を遂行する際には、高い集中と適切な生理的覚醒(自律神経系の反応)が必要であるが、高すぎる覚醒は逆にそれを妨げてしまう。他者の存在も報酬変化もこの覚醒度を大きく変化させ、その結果パフォーマンスが変化している可能性がある。そこで実験では課題遂行直前の生理的覚醒の制御が如何にその後の課題パフォーマンスに関係し

ているかを瞳孔サイズの変化を指標とした生理的覚醒度の計測と fMRI の同時計測によって検証した。

実験課題として Stop Watch task を考案した(図 1)。この課題では参加者は GO の合図から 5 秒ちょうどで時計を止めることが要求された。ただし、この際に時間のカウントは見えないので参加者は頭の中で時間をカウントする必要がある。参加者には試行毎に GO 合図の直前の SET 合図(5.5 秒間)で\$0.50 から\$40.00 の範囲で成功報酬金額が提示され、生理的覚醒度の変化を促した。課題成績は目標の 5 秒からどれほど近くでボタン押ししたかで評価された。解析では SET の時間に着目したデータ解析を行った。生理的覚醒のコントロールは課題遂行直前のこの SET のタイミングから始まっており、この準備が後の成功失敗に如何に影響するかを検証した。

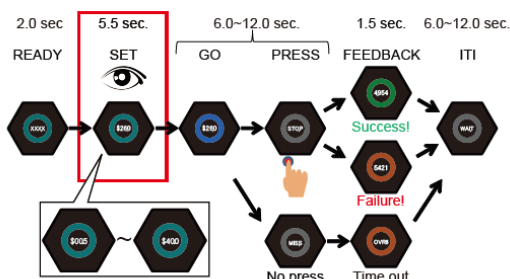


図 1. 実験課題 Stop Watch Task。参加者は GO の合図から 5 秒間を正確に頭の中で数え時計を止める。SET では成功報酬が提示され試行毎のモチベーションを変化させた。課題遂行直前である SET のタイミングの瞳孔変化と脳活動を計測。

#### 4. 研究成果

社会的上下関係に関する研究をサーベイした結果、扁桃体・線条体・海馬・頭頂間溝・外側前頭前野・内側前頭前野がヒエラルキー理解に一貫して関与しており、さらに社会的文脈(人間や同種の動物間の上下関係)に特異な領域として、扁桃体と外側前頭前野の二領域が特に重要であることが明らかとなった(図 2)。扁桃体の役割は社会的な知覚そのものに関与しており、扁桃体を損傷すると自身の社会的ヒエラルキーに即した適切なコミュニケーションが阻害される。また経験に基づく社会的地位の学習にも関与してい

ることが明らかとなった。一方で外側前頭前野は扁桃体で喚起された上下関係の知覚に基づいて道徳的行動を行う際に重要であることが明らかとなった。さらに、ドパミン(5-HT)・オキシトシン・そして NPB/W という近年同定された物質がヒエラルキー形成に重要な役割を持っていることが明らかとなった。これらの結果は Noriya Watanabe, and Miyuki Yamamoto (2015) Neural mechanisms of social dominance として Frontiers in Neuroscience に掲載した。また出版 2 年以内にすでに 8 件の論文で引用されている。

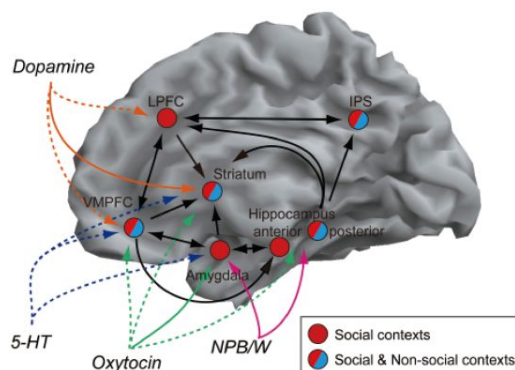


図 2. 社会的上下関係の知覚に関する脳領域と神経伝達物質。黒矢印は解剖学的知見を元にした脳内ネットワーク。色矢印は神経伝達物質が社会的上下関係の知覚に関与していると考えられる領域。

Stop Watch Task における準備期間(SET タイミング)の生理的覚醒度をその後の成功試行と失敗試行分けて解析した結果、失敗試行時には瞳孔サイズは金額に強く相関して変化していた。つまり、期待報酬額が小さい時には瞳孔サイズも小さく、反対に期待報酬額が大きい時には瞳孔サイズも大きくなっていった。一方で、成功試行時には瞳孔サイズと金額の相関レベルは小さく、各試行で安定したダイナミクスを持っていた。これは成功時には生理的覚醒の抑制的制御が働いたためだと考えられる。

そこで次にこの準備期間の脳活動を解析したところ、試行毎の期待報酬量に相関した線条体尾状核の活動に差があり、失敗試行で成功試行より強い活動が見られた(図 3A)。過

去の研究では線条体には期待報酬が表現されていることが繰り返し報告されていることから、成功試行ではその活動が抑制されたと考えられる。

さらに、試行毎の覚醒度(瞳孔サイズ)に 관련된扁桃体の活動は成功試行にて顕著に低下していることが明かとなった(図 3B)。

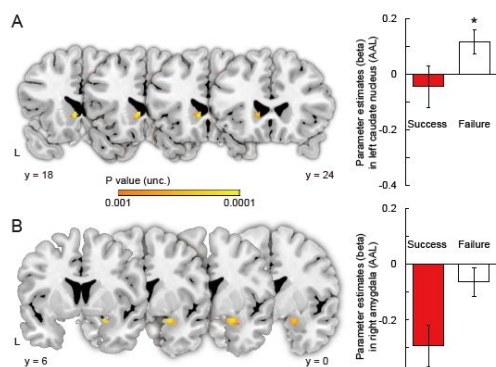


図3. 脳活動マップと各領域の推定された条件ごとのβ値  
A. 期待報酬量に相関する線条体尾状核の活動(失敗試行-成功試行)  
B. 生理的覚醒度に相関する扁桃体の活動(失敗試行-成功試行)

以上の結果から、難度の高い課題に取り組む際に脳は安定した課題遂行の障害となる生理的覚醒変化を課題遂行に先立った準備期間から積極的に抑制していることが明かとなった。今後は今回同定された扁桃体と線条体尾状核の活動が、成功試行にてどのようにして抑制されているかを検証する必要がある。可能性としては前頭前野のシステムがこの二領域の活動を制御していることが考えられる。

今回の研究では社会的上下関係の知覚と課題パフォーマンスへの影響を単一の実験で検証することはできなかったが、二つの研究で一貫して扁桃体が重要であることが明かとなったので、他者の存在によるパフォーマンス効果も、この扁桃体の活動が重要である可能性が高い。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

### 渡邊言也

情動反応と学習過程の相互作用

エモーション スタディーズ 1 (1) pp.87-92

2015 年 10 月 査読付

Noriya Watanabe, and Miyuki

Yamamoto

Neural Mechanisms of Social Dominance

Frontiers in Neuroscience 9 (154)

2015 年 5 月 査読付

Noriya Watanabe, and Masahiko

Haruno

Effects of Subconscious and Conscious

Emotions on Human Cue-reward

Association Learning.

Scientific Reports 5(8478)

2015 年 2 月 査読付

〔学会発表〕(計 12 件)

Noriya Watanabe and Mauricio Delgado

Contributions of physiological arousal levels to performance under pressure: an fMRI study.

24th Annual Meeting of Cognitive Neuroscience Society (CNS2017) San Francisco, USA, 2017 年 3 月

### 渡邊言也

覚醒制御と課題パフォーマンス

脳情報と社会行動研究セミナー

情報通信研究機構 脳情報融合研究センタ

ー 大阪 2017 年 3 月 招待講演

### 渡邊言也

Controlling of physiological arousal to better performance.

人間脳科学セミナー 第一回：情動と行動の相互作用 東北大学加齢医学研究所 宮城 2017 年 2 月 招待講演

Noriya Watanabe and Hideki Ohira

Pupil dynamics represent human task

performance prior to the execution.

The 45th Annual meeting of Society for Neuroscience, Chicago, USA 2015年10月

渡邊言也

感情と無意識

第8回日本感情心理学会セミナー 大阪  
2015年4月 招待講演

渡邊言也

情動反応が学習過程に与える影響とその特徴

1st Neuroeconomics workshop 神奈川  
2015年2月 招待講演

Noriya Watanabe

Pupil dynamics predict human task performance prior to the execution.

脳と心のメカニズム第15回冬のワークショップ, 北海道 2015年1月

Noriya Watanabe, and Masahiko

Haruno

Human associative learning is enhanced by the subliminal emotional primer.

The 44th Annual meeting of Society for Neuroscience, Washington DC, USA  
2014年11月

渡邊言也

情動喚起が学習に影響を与える脳メカニズム

日本心理学会第78回大会 京都 2014年9月

渡邊言也

閾下情動プライマーによる条件付け時の学習率促進効果

日本心理学会第78回大会, 京都 2014年9月

Noriya Watanabe, and Masahiko

Haruno

Human reinforcement learning is enhanced by subliminal emotional stimuli.

脳と心のメカニズム第14回冬のワークショップ 北海道 2014年1月

Noriya Watanabe, and Masahiko

Haruno

Subliminal emotional stimulus enhances cue-reward association learning.

日本神経科学学会 Neuro2013 京都 2013年6月

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0 件)

○取得状況(計 0 件)

〔その他〕

日本心理学会日本心理学会第78回学術大会優秀発表賞受賞 2014年3月

Scientific Reports にて掲載された研究が Nature Japan にて注目の研究として紹介される。

<http://www.natureasia.com/ja-jp/srep/abstracts/62924>

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

渡邊言也 (WATANABE NORIYA)

名古屋大学 環境学研究科 学振特別研究員(PD)

研究者番号: 90637133