

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 30 日現在

機関番号：15401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2016

課題番号：25870467

研究課題名(和文) 正答のある意思決定と正答のない意思決定の統合的理解：MRIと計算モデルによる検討

研究課題名(英文) Integrated understanding of internally and externally guided decision making

研究代表者

中尾 敬(Nakao, Takashi)

広島大学・教育学研究科・准教授

研究者番号：40432702

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：正答のない意思決定と内因性の脳活動との関連については、外側前頭の内因性の脳活動が正答のない意思決定時の内側前頭の活動を調整していることが明らかとなった。また、正答のない意思決定においては過去にその選択肢を自分で選択したものが選択されやすくなることが知られているが、その程度がうつ症状、報酬感受性、意思決定後に観察される前部帯状回を発生源とする α 波のパワーの程度によって影響を受けることを初めて明らかにした。強化学習モデルは正答のある意思決定と同様、正答のない意思決定にも適用できることが示されたが、単純な強化学習の適用では不十分であり、刺激の自己関連性といった要因が介在している可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：Regarding the relationship between internally guided decision making and intrinsic brain activities, it was revealed that the intrinsic brain activity of the lateral prefrontal cortex modulates the activity of the medial prefrontal cortex during the internally guided decision making. In addition, the extent of the preference for the option, which was chosen in the past, was modulated by depressive symptoms, reward sensitivity, and a degree of power of the α wave generated from anterior cingulate cortex. Although we showed that reinforcement learning models can be applied to the internally guided decision making as well as externally guided decision making, the simple application of reinforcement learning is insufficient and factors such as self-relatedness of stimulus might mediate the learning process during internally guided decision making.

研究分野：認知神経科学

キーワード：意思決定

1. 研究開始当初の背景

ヒトの脳内でどのように意思決定がなされているのかについては fMRI (functional magnetic resonance imaging) や脳波による研究が盛んに行われてきた。しかし、その多くは「1つの正答が存在する事態での意思決定」を検討したものであり、日常的に直面する「正答が存在しない事態での意思決定(例:職業選択)」については研究が少なく、詳細な検討が進んでいない。

本研究開始前までに研究代表者は、正答のない意思決定は正答のある意思決定とは異なり、安静時に記録される内因性の脳活動に強く影響されること等を明らかにしてきた。

2. 研究の目的

本研究は以下の3つの目的からなっていた。
【目的1】正答のない意思決定プロセスについて、どの脳部位における内因性の脳活動が、正答のない意思決定時の脳活動や意思決定の基準に影響しているのかを特定する。

【目的2】正答のない意思決定を方向づける基準がどのように決まるのかを明らかにする。

【目的3】正答のある意思決定と正答のない意思決定との関連を、計算モデルも用いることで明らかにする。

3. 研究の方法

実験1:5分間の安静時脳活動を記録した。その後、幼若期ストレスの程度、報酬感受性の程度等を質問紙尺度により測定した。正答のない意思決定として色の好み判断課題を、正答のある意思決定として色の類似性を判断する課題を参加者に課し、その際の脳活動を測定した。

実験2:MRIを用いて記録した安静時のデフォルトモードネットワーク(DMN)のグルタミン酸濃度を測定した。その後、正答のない意思決定(刺激の自己関連性判断)を参加者に課した。

実験3:正答のない意思決定(職業選択)と正答のある意思決定(給料判断)を参加者に課した。正答のない意思決定においては過去にその選択肢を自分で選択したかどうか、意思決定を方向づける基準として機能していることが知られている(選択による選好の変化)。そこで、過去に選択したことにより意思決定が方向付けられている程度を行動指標(選択の一貫性の変化)から算出し、脳活動との関連を検討した。またその際、一貫性の変化が、自身が選択した対象の価値を上げる強化学習モデルにより再現可能であるのかをシミュレーションにより検討した。さらに、その強化学習モデルによる行動データの解析を試みた。

実験4:正答のない意思決定(風景写真の

好み判断)について、選択による選好の変化と報酬感受性との関連を検討した。意思決定課題の前後にすべての風景写真について好み評定を課し、刺激ごとに好みの変化量を算出した。報酬感受性は質問紙尺度(TCI)により測定した。

実験5:実験4と同様の実験を実施し、選択による選好の変化とうつ症状との関連を調べた。うつ症状については質問紙尺度(CES-D)により測定した。

実験6:これまで明らかになった知見について、顔といった社会的刺激でも同様の知見が得られるかを検討するために、顔刺激の作成を行った。その際、感情価の操作も可能にするため表情表出者の感情状態を操作し、表情を記録した。

4. 研究成果

【目的1について】実験1から、正答のない意思決定と内因性の脳活動との関連については、外側前頭前野の内因性の脳活動が正答のない意思決定時の内側前頭前野の活動を調整していることが明らかとなった。また、正答のない意思決定時の内側前頭前野の活動が低下しているほど、色の好みといった自己の内的基準ではなく、色の類似性といった外的基準により意思決定が強く影響を受けることが明らかとなった。さらに、そのような意思決定傾向を示す個人ほど幼若期のストレスが高いことも示された。

また、実験2からは安静時のデフォルトモードネットワーク(DMN)のグルタミン酸濃度が、正答のない意思決定(刺激の自己関連性判断)を予測する刺激提示前の安静時の脳活動(波のパワー)と相関することを明らかにした。

【目的2について】一連の実験から、過去に選択したことにより意思決定が方向付けられている程度は、報酬感受性(実験4)、うつ症状(実験5)、意思決定後観察される前部帯状回を発生源とする波のパワー(実験3)の程度によって影響を受けることを明らかにした。

また、実験1から報酬感受性の程度が腹側前頭の内因性の脳活動と関連していることが明らかとなった。

これまでの研究では言語刺激と風景を用いてきたが、顔といった社会的刺激でも同様の知見が得られるかを確認するため、実験6において表情刺激を作成した。

【目的3について】実験3から、正答のない意思決定も正答のある意思決定と同様に、強化学習モデルによりある程度説明可能であることをシミュレーションにより示した。その強化学習モデルによる行動データの解析を試みたが、正答のある意思決定の場合と

は異なり、各刺激についての選好の初期値を推定する必要があるといった技術的な問題が存在することが明らかとなった。

また、強化学習と関連の深い報酬関連の脳活動(実験3)や報酬感受性(実験4)も正答のある意思決定と同様、正答のない意思決定にも影響していることが明らかとなった。さらに実験6からは正答のある場合と同様に正答のない場合にも、うつ症状が認められる個人ほど、選択しなかったモノの価値を下げる機能が低下していることが明らかとなった。

これらの結果から、正答のない意思決定についても正答のある意思決定と同様に強化学習モデルが適用できることが示唆された。しかし、一方で単純に強化学習モデルを正答のない意思決定に適用するだけでは説明できない行動データも観察されたことから、正答のない意思決定では正答のある意思決定とは異なり、刺激の自己関連性といった要因が報酬反応を調整している可能性が考えられる。

このように本研究課題を遂行することにより、ヒトの意思決定プロセスの理解に向けて一定の成果を上げることができた。これらの成果については査読有りの国際誌に投稿し、既に複数の論文が出版されている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 7 件)

1. 宮城 円・水落 亮平・楊 琬璐・柏原 志保・宮谷 真人・中尾 敬 2017(印刷中). *内的基準による意思決定における FRN 様成分 関与提示選択パラダイムを用いた検討* **生理心理学と精神生理学** 査読有
2. Shushi Namba, Takafumi Kagamihara, Makoto Miyatani, and Takashi Nakao. 2017. *Spontaneous Facial Expressions Reveal New Action Units for the Sad Experiences*. **Journal of Nonverbal Behavior**. doi:10.1007/s10919-017-0251-6. 査読有
3. Shushi Namba, Shoko Makihara, Russell S. Kabir, Makoto Miyatani, and Takashi Nakao. 2016. *Spontaneous Facial Expressions Are Different from Posed Facial Expressions: Morphological Properties and Dynamic Sequences*. **Current Psychology**. doi:10.1007/s12144-016-9448-9. 査読有

4. Takashi Nakao, Noriaki Kanayama, Kentaro Katahira, Misaki Odani, Yosuke Ito, Yuki Hirata, Reika Nasuno, et al. 2016. *Post-Response Power Predicts the Degree of Choice-Based Learning in Internally Guided Decision-Making*. **Scientific Reports** 6, 32477. doi:10.1038/srep32477. 査読有
5. Yu Bai, Takashi Nakao, Jiameng Xu, Pengmin Qin, Pedro Chaves, Alexander Heinzl, Niall Duncan, et al. 2016. *Resting State Glutamate Predicts Elevated Pre-Stimulus Alpha during Self-Relatedness: A Combined EEG-MRS Study on 'rest-Self Overlap.'* **Social Neuroscience** 11: 249-263. doi:10.1080/17470919.2015.1072582. 査読有
6. Takashi Nakao, Tomoya Matsumoto, Daisuke Shimizu, Machiko Morita, Shinpei Yoshimura, Georg Northoff, Shigeru Morinobu, Yasumasa Okamoto, and Shigeto Yamawaki. 2013. *Resting State Low-Frequency Fluctuations in Prefrontal Cortex Reflect Degrees of Harm Avoidance and Novelty Seeking: An Exploratory NIRS Study*. **Frontiers in Systems Neuroscience** 7: 115. doi:10.3389/fnsys.2013.00115. 査読有
7. Takashi Nakao, Tomoya Matsumoto, Machiko Morita, Daisuke Shimizu, Shinpei Yoshimura, Georg Northoff, Shigeru Morinobu, Yasumasa Okamoto, and Shigeto Yamawaki. 2013. *The Degree of Early Life Stress Predicts Decreased Medial Prefrontal Activations and the Shift from Internally to Externally Guided Decision Making: An Exploratory NIRS Study during Resting State and Self-Oriented Task*. **Frontiers in Human Neuroscience** 7: 339. doi:10.3389/fnhum.2013.00339. 査読有

[学会発表](計 13 件)

1. 宮城円・宮谷真人・中尾敬 *選択の主体感が選択による選好の変化に及ぼす影響* **日本認知心理学会 14 回大会** 2016 年 6 月 18-19 日 広島大学
2. Namba Shushi, Miyatani Makoto, Nakao Takashi *Dynamic Facial Displays as Detectors of Authentically Expressed Emotions*. **The 31st International Congress of Psychology (ICP2016)**, July

- 24-29, 2016, Pacifico Yokohama, Yokohama, Japan.
3. Miyagi Madoka, Mizuochi Ryohei, Yang Wanlu, Kashihara Shiho, Kobayashi Ryota, Hiramoto Ryosuke, Matsubayashi Haruko, Edahiro Misato, Miyatani Makoto, Nakao Takashi *Personality trait of novelty seeking predicts the degree of choice-induced preference change. The 31st International Congress of Psychology (ICP2016)*, July 24-29, 2016, Pacifico Yokohama, Yokohama, Japan.
 4. Nakao Takashi, Kanayama Noriaki, Odani Misaiki, Ito Yosuke, Hirata Yuki, Nasuno Reika, Hiramoto Ryosuke, Miyatani Makoto, Northhoff Georg *Post-response beta-gamma power predicts the degree of choice-based learning in internally guided decision-making. The 31st International Congress of Psychology (ICP2016)*, July 24-29, 2016, Pacifico Yokohama, Yokohama, Japan.
 5. 宮城円・水落亮平・柏原志保・小林亮太・平本亮介・李受珉・松林晴子・奥村聡太・枝廣美里・松田聖顕・中尾敬・宮谷真人 **好み判断課題においてもフィードバック関連陰性電位は出現する 感性脳工学研究会** 静岡大学浜松キャンパス光創起イノベーション研究拠点 2015年9月10-11日
 6. 宮城円・中尾敬・宮谷真人 **選択による嗜好の変化と抑うつ傾向との関連 日本認知心理学会第13回大会** 東京大学本郷キャンパス 2015年7月4-5日
 7. 宮城円・田中 紗枝子・中尾敬・宮谷真人 **選択肢の好ましさが拮抗する事態における選択に対する満足感と抑うつ傾向および損害回避傾向の関連 日本心理学会第79回大会** 名古屋国際会議場 2015年9月22-24日
 8. 中尾敬・松本知也・森田真智子・清水大輔・吉村晋平・Georg Northhoff・森信繁・岡本泰昌・山脇成人 **幼若期ストレスと内側前頭の活動及び意思決定スタイルとの関連 日本認知心理学会第12回大会** 2014年6月28-29日 仙台国際センター
 9. 中尾敬・大平英樹・Georg Northhoff **好みや美しさといった自己の内的基準による意思決定と外的基準による意思決定の神経基盤 感性脳工学研究会** 2014年9月4日-5日 大学共同利用機関法人自然科学研究機構岡崎コンファレンスセンター
 10. 宮城円・中尾敬・宮谷真人 **選択による嗜好の変化と個人特性の関連 感性脳工学研究会** 2014年9月4日-5日 大学共同利用機関法人自然科学研究機構岡崎コンファレンスセンター
 11. Nakao, T., Bai, Y., Nashiwa, H., and Northhoff, G. *Resting-state EEG power predicts conflict-related brain activity in internally guided but not in externally guided decision-making. The 17th World Congress of Psychophysiology (IOP2014)* September 23-27, 2014 International Conference Center Hiroshima, Hiroshima, Japan.
 12. 中尾敬 **正答のある意思決定と正答のない意思決定の違い：脳画像研究のメタ分析、脳波、及びNIRSによる検討（シンポジウム4「心理生理学による人間の探求」）第44回日本臨床神経生理学会学術大会** 2014年11月19-21日 福岡国際会議場
 13. 中尾敬 **正答のある意思決定と正答のない意思決定の違い：ニューロイメージング研究のメタ分析と脳波による検討 日本認知心理学会第11回大会** 2013年6月29-30日、つくば国際会議場
- 〔図書〕(計3件)
1. Nakao, T., Matsumoto, T., Shimizu, D., Morita, M., Yoshimura, S., Northhoff, G., Morinobu, S., Okamoto, Y., and Yamawaki, S. (2016). *Resting state low-frequency fluctuations in prefrontal cortex reflect degrees of harm avoidance and novelty seeking: An exploratory NIRS study.* In D. J. Hayes, G. Northhoff, A. J. Greenshaw (Eds.) **Reward- and aversion-related processing in the brain: translational evidence for separate and shared circuits** (pp. 72-80). Lausanne: Frontiers Media. doi: 10.3389/978-2-88919-836-8
 2. Nakao, T., Ohira, H., & Northhoff, G. (2015). *Distinction between externally vs. internally guided decision-making: Operational differences, meta-analytical comparisons and their theoretical*

implications. In G. J. C. Mograbi & C. E., Batista de Sousa (Eds.), **Decision-Making Experiments under a Philosophical Analysis: Human Choice as a Challenge for Neuroscience**(pp.43-68).Lausanne: Frontiers Media. doi: 10.3389/978-2-88919-668-5

3. 中尾敬 (2014). 第4章 自己の内的基準に基づく意思決定 荻阪直行 (編) **社会脳シリーズ6 自己を知る脳・他者を理解する脳 神経認知心理学からみた心の理論の新展開** pp.111-135, 新曜社.

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

なし

取得状況 (計 0 件)

なし

〔その他〕

ホームページ等

<http://seeds.office.hiroshima-u.ac.jp/profile/ja.97487e69368b5541520e17560c007669.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

中尾 敬 (Takashi Nakao)

広島大学・大学院教育学研究科・准教授

研究者番号： 40432702

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし

(4)研究協力者

なし