

令和 5 年 6 月 1 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2022

課題番号：18K03177

研究課題名(和文)自分らしく生きられる人とはどのような人か：自由選択事態における報酬反応の機能

研究課題名(英文)What kind of people are able to live their own lives: The function of reward responses in free choice situation

研究代表者

中尾 敬(Nakao, Takashi)

広島大学・人間社会科学研究科(教)・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)：研究機関全体では、主に以下の4つの成果が得られた。内的基準による意思決定に計算論モデル解析を適用することを実現した。外的基準による意思決定を通して学習された価値の高い刺激は、内的基準における意思決定においても価値が高く、好まれることで、さらに価値が高まること(外的価値基準の内在化)が明らかとなった。その一方で、そのような刺激は、内的基準による意思決定で新奇に学習された最も価値の高い刺激ほどは好まれない(内発的に学習された価値の優位性)という現象も明らかとなった。その現象の個人差が自発脳波の自己相関の持続性的の変化量と関連することも明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、自分自身の価値基準で選択するという内的基準による意思決定過程の数理モデル化を実現した。このことは、日常における人の行動選択を数理的に説明できる範囲の拡張を意味している。また、そのモデルを用いた解析により、外的環境から与えられる価値内的基準による意思決定への影響が明らかとなった。これまで別々の分野で検討されてきた2つの種類の意思決定の関係が明らかになったことで、人の意思決定の統合的理解が進んだといえる。我々は日々自ら選択することで、自らの人生を紡いでいる。その選択の背景にある認知・神経プロセスの一端を明らかにすることができたと考えられる。

研究成果の概要(英文)：We achieved the following four main results. (1) The application of computational model analysis to internally guided decision-making. (2) The stimuli with high value learned through externally guided decision-making were also highly valued and preferred in internally guided decision-making. (3) The stimuli that were of high value in externally guided decision-making were still of high value at the end of internally guided decision-making, but not as high as the novel stimuli in the most preferred internally guided decision-making (Superiority of intrinsically learned value). (4) The individual differences in the superiority of intrinsically learned value were related to the amount of change in the long-range temporal correlation of spontaneous EEG.

研究分野：実験心理学

キーワード：意思決定

1. 研究開始当初の背景

自分で自由に選択できる事態でも環境に流される人とそうでない人がいる。そのような個人差はなぜ生じるのであろうか。

自由に行動を選択できる事態には二種類ある。一つは「自分に選択権がある」という自由選択事態であり、特定の対象を選ぶことを明示的に強制されないことを指す。この自由選択はギャンブル時のように「選択権はあるが外的環境により決められた1つの正答が存在し、その基準に沿った判断が求められる意思決定（外的基準による意思決定）の研究で扱われてきた (Cockburn et al., 2014; Nakao et al., 2012)。

もう一つの自由選択は「自分の基準で選べる」事態であり、この意味では先述の外的基準による意思決定は自由選択とは言えない。この自由選択は好み判断や職業選択といった「外的環境により決められた1つの正答がなく、自分の基準による判断が求められる意思決定（内的基準による意思決定）」の研究で扱われてきた (Izuma et al., 2010; Miyagi et al., 2017)。

これら二種類の意思決定研究は独立に行われてきたため、自分の基準で選べるという自由選択事態でも外的基準の影響を受けるのか、といった基準間の関係は未解明であった。また、内的基準と外的基準の影響の程度に報酬反応といった要因が影響していることが考えられたが、そのような基準間の関係を調整する要因についても未検討であった。

2. 研究の目的

本研究では、主に以下の3点について検討を行った。

研究1: 内的基準による意思決定についても、認知プロセスの数理モデルを行動データにあてはめて解析する計算モデル解析を適用可能にする。

研究2: 自分の基準で選べる内的基準による意思決定においても、外的基準による意思決定を通して学習された価値が影響することを明らかにする。

研究3: 内的基準による意思決定の際に外的基準からの影響を受けにくい人の特性とは何かを明らかにする。

3. 研究の方法

研究1:

健常成人を対象に内的基準による意思決定課題を用いた行動実験を行った。従来の内的基準による意思決定課題では食品や職業といった刺激の選択が課されていたが、これらの刺激には課題遂行前から個人の好みが存在するため、計算論モデル解析による適切な解析が困難であった。そこで事前の好みがない無意味図形を用いた好み判断課題を用いた。参加者には左右に提示される無意味図形のうち、形状が好ましい方を選択するように求めた。計算論モデルとしては Nakao et al. (2016) における内的基準による意思決定のシミュレーションで用いられていた Choice based learning (CBL) モデルを用いた。CBL モデルは強化学習モデルをベースとしており、自身が選択した方を正解、選択しなかったものを不正解として価値の学習が生起するモデルである。

研究2:

健常成人を対象に外的基準による意思決定課題の後に、内的基準による意思決定課題を課した。外的基準による意思決定課題では4つの無意味図形のそれぞれに報酬確率を設定し、参加者が左右に提示された無意味図形のうち一方を選択した後に、その報酬確率に応じてフィードバックを提示した。フィードバックは報酬が得られたことを意味する+1、もしくは報酬が得られなかったことを意味する0であった。刺激には高確率報酬刺激と低確率報酬刺激の2種類を設定した。内的基準による意思決定課題は研究1と同様であったが、研究1とは異なり、無意味図形として内的基準による意思決定で初めて提示される新奇刺激に加え、外的基準による意思決定で価値が学習された刺激が含まれていた。外的基準による意思決定については、正答率を指標に、各刺激の価値が学習されていることを確認した。内的基準による意思決定については、選択系列のデータに研究1で採択されたCBLモデルをベースとしたモデルによる計算論モデル解析を適用した。

研究3: 研究2と同様の実験パラダイムでの実験を行い、脳波を測定した。その際、外的基準による意思決定の前、外的基準による意思決定と内的基準による意思決定課題の間、内的基準による意思決定課題後に、閉眼安静時の自発脳波を測定した。

4. 研究成果

研究1:

CBLモデルとして、選択した刺激の価値を上げるのみのCBL1-1モデル、選択しなかった刺激の

価値を下げるのみの CBL1-2 モデルを用意した。また、選択した刺激の価値を上げ、かつ選択しなかった刺激の価値を下げるモデルについては、その価値の変化の程度（学習率）が同じ CBL1-3 モデルと、学習率が異なる CBL1-4 モデルを用意した。また、統制モデルとして、各刺激についての過去の試行における選択率をその刺激の価値とするモデルを用意した。これらのモデルを内的基準による意思決定課題の選択系列にあてはめるところ、CBL1-3 モデルが最もあてはまりが良かった。このような結果は 2 つのデータセットについて一貫して認められた。

このように研究 1 では、内的基準による意思決定に計算論モデル解析を適用することを実現した。

研究 2:

外的基準による意思決定の正答率から、外的基準による意思決定における価値の学習は十分に生起していることが確認された。

内的基準による意思決定の選択系列データには、CBL1-3 モデルをベースに作成した 4 つの CBL モデルを用いて解析を行った。これらのモデルは、内的基準による意思決定における刺激の種類（外的基準による意思決定で高確率報酬であった高価値刺激、低確率報酬であった低価値刺激、内的基準による意思決定での新奇刺激）によって、内的基準による意思決定課題での価値の初期値に関する設定が異なっていた。CBL2-1 はこれら 3 種類の刺激の初期値が同じモデル、CBL2-2 は高価値刺激がその他の刺激の初期値とは異なるモデル、CBL2-3 は低価値刺激がその他の刺激の初期値とは異なるモデル、CBL2-4 はすべての刺激の初期値が異なるモデルであった。計算論モデル解析の結果、CBL2-2 が最も選択系列へのあてはまりがよく、外的基準による意思決定における高い価値が、内的基準による意思決定における初期値に反映されていることが明らかとなった。追加の解析として、CBL2-2 モデルと、価値の学習が生起しないことを想定したモデルとの比較を行ったところ、CBL2-2 が採択された。

また CBL2-2 モデルで推定した価値について分析を行ったところ、外的基準による意思決定を通して学習された高価値刺激は、内的基準における意思決定においても好まれて選択されることで、さらに価値が高まること（外的価値基準の内在化）が明らかとなった。その一方で、そのような刺激の価値は、内的基準による意思決定における新奇刺激のうち最も好まれた刺激よりは価値が低いという現象（内発的に学習された価値の優位性）も明らかとなった。

このように研究 2 では外的基準が内的基準による意思決定に及ぼす影響を明らかにするとともに、その影響の限界と内的基準による意思決定のみを通して形成された価値の特異性を示す現象も明らかとなった。

研究 3:

研究 2 の一連の結果の再現性が確認された。また内発的に学習された価値の優位性という現象の個人差が自発脳波の自己相関の持続性の変化量と関連することも明らかとなった。研究 3 とは別に実施した実験のデータセットからは、研究 3 と同様の脳波成分が、内的基準による意思決定における選択の一貫性や、アイデンティティの混乱の低さと相関していることが明らかとなっており、これらの神経、行動、心理レベルにおける時間的一貫性という特性が、外的基準から内的基準による意思決定への影響の程度を調整している可能性が示唆された。

引用文献

- Cockburn, J., Collins, A. G., & Frank, M. J. (2014). A reinforcement learning mechanism responsible for the valuation of free choice. *Neuron*, 83(3), 551-557.
- Izuma, K., Matsumoto, M., Murayama, K., Samejima, K., Sadato, N., & Matsumoto, K. (2010). Neural correlates of cognitive dissonance and choice-induced preference change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(51), 22014-22019.
- Miyagi, M., Miyatani, M., & Nakao, T. (2017). Relation between choice-induced preference change and depression. *PLoS One*, 12(6), e0180041.
- Nakao, T., Kanayama, N., Katahira, K., Odani, M., Ito, Y., Hirata, Y., ... & Northoff, G. (2016). Post-response $\beta\gamma$ power predicts the degree of choice-based learning in internally guided decision-making. *Scientific Reports*, 6(1), 32477.
- Nakao, T., Ohira, H., & Northoff, G. (2012). Distinction between externally vs. internally guided decision-making: operational differences, meta-analytical comparisons and their theoretical implications. *Frontiers in Neuroscience*, 6, 31.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Zhu Jianhong, Katahira Kentaro, Hirakawa Makoto, Nakao Takashi	4. 巻 4038327
2. 論文標題 Are Externally and Internally Guided Decision-Making Processes Independent in Terms of Their Computational Parameters and Learned Values? : A Reinforcement-Learning Model-Based Approach	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 SSRN Electronic Journal	6. 最初と最後の頁 1-66
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2139/ssrn.4038327	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Zhu Jianhong, Hashimoto Junya, Katahira Kentaro, Hirakawa Makoto, Nakao Takashi	4. 巻 16
2. 論文標題 Correction: Computational modeling of choice-induced preference change: A Reinforcement-Learning-based approach	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0248442
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0248442	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Sugimura Kazumi, Iwasa Yasuhiro, Kobayashi Ryota, Honda Tatsuru, Hashimoto Junya, Kashihara Shiho, Zhu Jianhong, Yamamoto Kazuki, Kawahara Tsuyoshi, Anno Mayo, Nakagawa Risa, Hatano Kai, Nakao Takashi	4. 巻 11
2. 論文標題 Association between long-range temporal correlations in intrinsic EEG activity and subjective sense of identity	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 422
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-79444-2	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Nakao, T., Miyagi, M., Hiramoto, R., Wolff, A., Gomez-Pilar, J., Miyatani, M., & Northoff, G.	4. 巻 201
2. 論文標題 From Neuronal to Psychological noise - Long-range temporal correlations in EEG intrinsic activity reduce noise in internally-guided decision making	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Neuroimage	6. 最初と最後の頁 116015
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neuroimage.2019.116015	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Nakao, T.	4. 巻 Available online
2. 論文標題 How to bridge the spatiotemporal dynamics to mental functions:: Comment on “ Is temporo-spatial dynamics the “ common currency ” of brain and mind? In Quest of “ Spatiotemporal Neuroscience ” ” by Georg Northoff et al.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physics of Life Reviews	6. 最初と最後の頁 1114
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.plrev.2019.09.007	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計16件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 Jianhong Zhu, Kentaro Katahira, Makoto Hirakawa, Takashi Nakao
2. 発表標題 Value learned through externally guided decision-making affects internally guided decision-making
3. 学会等名 The 32nd International Conference of Psychology (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Jianhong Zhu, Junya Hashimoto, Tatsuru Honda, Kazuki Yamamoto, Miyu Matsuguma, Risa Nakagawa, Mayo Anno, Shiho Kashiara Tsuyoshi Kawahara, Yasuhiro Iwasa, Ryota Kobayashi, & Takashi Nakao
2. 発表標題 The Relationship Between Indecisiveness and Network Integration in Scalp Resting-State EEG
3. 学会等名 The 20th World Congress of Psychophysiology (IOP2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中尾敬
2. 発表標題 強化学習モデルを用いたヒトの情報処理過程の理解
3. 学会等名 日本心理学会第85回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 朱建宏・片平健太郎・平川真・中尾敬
2. 発表標題 決断できる人ほど意思決定の基準を区別しない：外的基準が内的基準による意思決定に影響する程度と不決断傾向との関連
3. 学会等名 日本認知心理学会第18回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 朱建宏・垣尾咲穂・中村加奈・安居元紀・山田実玖・中尾敬
2. 発表標題 外的基準による意思決定では自己関連性が学習されているのか？
3. 学会等名 中国四国心理学会第76回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 朱建宏・片平健太郎・平川真・中尾敬
2. 発表標題 外的基準による意思決定を通して学習された価値は内的基準による意思決定に影響するのか
3. 学会等名 中国四国心理学会第75回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 朱建宏・橋本淳也・片平健太郎・平川真・中尾敬
2. 発表標題 選好課題への計算論モデルの適用 選ばれたものと選ばれなかったものの両方の価値が変化するのか？
3. 学会等名 日本認知心理学会第17回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jianhong Zhu, Kentaro Katahira, Makoto Hiragawa, Takashi Nakao
2. 発表標題 Does value learned through externally guided decision-making influence internal criteria?
3. 学会等名 58th Conference of Taiwanese Psychological Association (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Zhu, J., Hashimoto, J., Katahira, K., Hirakawa, M., Nakao, T
2. 発表標題 The impact of stubbornness on internally- and externally- guided decision-making
3. 学会等名 The 21st European Society for Cognitive Psychology (ESCoP) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中尾 敬
2. 発表標題 生理指標による心の測定は可能か？
3. 学会等名 HCGシンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中尾 敬
2. 発表標題 自発的脳活動の時間的ダイナミクスと自己関連処理
3. 学会等名 第一回 脳-身体信号解析研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中尾 敬
2. 発表標題 心理実験における生理指標の位置づけ
3. 学会等名 第34回広島実験心理学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nakao, T., Miyago, M., Hiramoto, R., Wolff, A., Miyatani, M. & Northoff, G.
2. 発表標題 Long-range temporal correlation of intrinsic alpha oscillation predicts consistency of internally guided decision-making.
3. 学会等名 19th World Congress of Psychophysiology (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中尾 敬
2. 発表標題 動的な脳情報処理
3. 学会等名 日本認知心理学会第16回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 朱建宏・橋本淳也・宮谷真人・中尾敬
2. 発表標題 選択による選好の変化の計算論モデル解析
3. 学会等名 中国四国心理学会第74回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 朱建宏・橋本淳也・中尾敬・宮谷真人
2. 発表標題 選好による選択時の競合検出の個人差に影響する要因
3. 学会等名 日本感情心理学会第26回大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

What your brain's noise tells about self https://rb.gy/4psfw The Mechanisms Behind Self-Identity https://www.discovermagazine.com/mind/brain-scientists-probe-the-mechanisms-behind-self-identity 広島大学認知心理学研究室 https://sites.google.com/view/hucogpsy/home/publications?authuser=0
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	片平 健太郎 (Katahira Kentaro) (60569218)	名古屋大学・情報学研究科・准教授 (13901)	
研究分担者	神原 利宗 (Kambara Toshimune) (90724120)	広島大学・人間社会科学研究所(教)・助教 (15401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------