

令和 5 年 6 月 6 日現在

機関番号：31304

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2022

課題番号：17K18116

研究課題名(和文)エピソード記憶における報酬への選択的注意と分割的注意の競合の脳内メカニズム

研究課題名(英文) Neural mechanisms of competition between selective attention and divided attention in episodic memory

研究代表者

重宗 弥生 (Shigemune, Yayoi)

東北福祉大学・総合福祉学部・准教授

研究者番号：70547273

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、報酬による選択的注意と分割的注意の競合が記憶に与える影響の脳内メカニズムの検討に加え、報酬系が亢進している問題ギャンブラーにおける報酬と罰に対する選択的注意と瞳孔反応の検討と、報酬系が低下しているパーキンソン病患者における内発的動機付けの検討を行った。その結果、分割的注意は報酬による選択的注意によって補償され、そのような補償に腹内側前頭皮質と内側側頭葉の相互作用が関与していること、問題ギャンブラーでは、報酬や罰に対する選択的注意と瞳孔反応が増大していること、パーキンソン病患者では、ドーパミン神経系の低下に伴い損なわれる内発的動機付けと、保存される内発的動機付けがあることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

報酬が記憶に与える影響についての先行研究では、記憶する対象が1つの研究が主に行われてきており、記憶する対象が複数となる本研究は、当該学術領域に対象同士の干渉や補償という新たな観点を提供し、研究領域を開拓するだろう。また、報酬による分割的注意の補償についての知見は、当該機能を注意や記憶のリハビリテーションとして利用できる可能性を提供し、報酬系に亢進、または低下がみられる問題ギャンブラーやパーキンソン病患者の認知処理の理解は、それらの疾患への理解を深め、予防や治療方法の開発に資することが考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we investigated the brain mechanisms underlying the effects of the competition between reward-driven selective attention and divided attention on memory. Additionally, we examined the selective attention and pupillary responses to rewards and punishments in problem gamblers, who have enhanced reward system, as well as the investigation of intrinsic motivation in patients with Parkinson's disease, who have deteriorated reward system. The results revealed that divided attention was compensated by reward-driven selective attention, and the interaction between the ventromedial prefrontal cortex and the medial temporal lobe was found to be involved in such compensation. Furthermore, problem gamblers exhibited increased selective attention and pupillary responses to rewards and punishments. In patients with Parkinson's disease, there was impaired intrinsic motivation due to the decline in the dopaminergic system, along with preserved intrinsic motivation.

研究分野：認知神経科学

キーワード：報酬 罰 記憶 注意 脳機能イメージング研究 fMRI 認知神経科学

様式 F-19-2

1. 研究開始当初の背景

『一石二鳥』や『二兎を追う者は一兎をも得ず』など、古くからのことわざで言われるように、2つの獲物(報酬)を同時に獲得しようとすることは日常生活でもよくみられることである。このような状況では、報酬に関係するものに注意を集中させようとする選択的注意と、一度に複数のことを行うために注意を配分する分割的注意が競合し、行動に影響を与えることが考えられる。本研究では、このような競合がエピソード記憶に与える影響とその脳内での処理メカニズムについて、アイトラッカーと functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI)を用いた検討を行った。

選択的注意とは複数ある情報の中から必要な情報を選択して処理する機能のことである(Cherry, 1953)。報酬や罰に関連する情報は、生物にとって食料の確保や外敵の回避など、生きていくために重要であるため、より選択的注意を集め(Anderson, 2013; Raymond & O'Brien, 2009)、そのような選択的注意の集中にモチベーションに関連する領域である内側前頭皮質が関与していることが示されている(Small et al., 2003; Krawczyk et al., 2007)。一方、分割的注意とは複数の情報を並行して同時に処理する機能のことである(Kahneman, 1973)。先行研究では、前頭皮質の損傷により分割的注意が障害されることや(Godefroy et al., 1996)、分割的注意に外側前頭皮質が関連することが示されている(Loose et al., 2003; Vohn et al., 2007)。研究代表者の研究を含む先行研究は、報酬によって記憶が促進され、そのような記憶の促進に報酬関連領域である前頭葉眼窩皮質、腹側被蓋野、線条体と記憶関連領域である海馬、海馬傍皮質の相互作用が関与していることを示しているが(Adcock et al., 2006; Shigemune et al., 2010; 2014)、2つの報酬を同時に獲得しようとすることによって起こる選択的注意と分割的注意の競合が、記憶に与える影響については検討されていなかった。記憶中に記憶以外の課題によって注意が分割されると、記憶関連領域である海馬や実行機能に関連する外側前頭皮質の活動が低下し、記憶成績が低下することや(Kensinger et al., 2003; Uncapher & Rugg, 2005; 2008)、複数の報酬情報の保持により判断が阻害され、そのような阻害に選択的注意に関連する内側前頭皮質と、分割的注意に関連する外側前頭皮質が関与することが示されている(Charron & Koehlin, 2010)。研究代表者の研究はこれらの領域が報酬の記憶促進効果を調節することを示しており(Shigemune et al., 2017)、複数の報酬により選択的注意と分割的注意が競合する場合には、選択的注意や分割的注意に関連する領域が、報酬関連領域と記憶関連領域の相互作用に干渉することによって、記憶が調節されることが予測された。

2. 研究の目的

本課題では、複数の報酬によって起こる選択的注意と分割的注意の競合がエピソード記憶に与える影響の脳内メカニズムを検討することを目的として、アイトラッカーと fMRI を用いた、(1)報酬による選択的注意と分割的注意の競合の研究に加え、選択的注意の理解を深めるため、報酬系の機能が亢進している問題ギャンブラーを対象とした、(2)問題ギャンブラーにおけるギャンブル中の報酬・罰に対する選択的注意と瞳孔反応の研究を行った。更に好奇心などの内発的な動機付けには、金銭などの外発的な動機付けと同じく報酬関連領域が関与していることが示されていることから(Kang et al., 2009; Jepma et al., 2012)、研究成果を内発的な動機付けに発展させていくため、報酬系の機能が低下しているパーキンソン病患者を対象とした、(3)パーキンソン病患者における内発的な動機付けと可能性損失への忌避感の研究を行った。

3. 研究の方法

(1) 報酬による選択的注意と分割的注意の競合の研究には、48名の大学生・大学院生が参加し、24名ずつの同時呈示群と順次呈示群の2つに分けられた(同時呈示: 男:女=13:11, 22.9±2.3歳; 順次呈示: 男:女=14:10, 22.2±1.9歳)。実験参加者はアイトラッカーによる視線計測と MRI 装置による fMRI 撮像を伴う記銘課題に参加した後、スキャナーの外で想起課題に参加した。記銘課題では、同時呈示群は画面の左右に同時に 1500 ミリ秒間呈示される単語を憶えるように求め、順次呈示群は画面の左右に決まった順番で 750 ミリ秒ずつ呈示される単語を憶えるように求めた。単語の前には高、中、低のいずれかの文字が呈示され、実験参加者には、想起課題で単語を思い出すことができたなら、それぞれ 1 単語につき 60 円、30 円、1 円が獲得できることを説明した。想起課題では記銘課題で呈示された単語とされなかった単語をランダムに呈示し、その単語が記銘課題で呈示されたかどうかの判断を行ってもらった。

(2) 問題ギャンブラーにおけるギャンブル中の報酬・罰に対する選択的注意と瞳孔反応の研究では、ギャンブル経験のある 65 歳未満の成人 100 人に日本語版 South Oaks Gambling Screen を実施し(Lesieur and Blume, 1987; Shaffer et al., 1994)、得点が高い問題ギャンブラー 22 名(男:女=15:7, 38.5±11.2 歳)と得点の低い非問題ギャンブラー(男:女=13:9, 38.7±10.4 歳)に、アイトラッカーによる視線と瞳孔径の計測を伴うギャンブル課題に参加してもらった。ギャンブル課題では、画面の左右に日用物品の写真を呈示し、そのどちらかを選択してもらった。実験参加者には、選択したものが赤い四角で囲まれたら 100 円得られ、青い四角で囲まれたら 100 円失い、灰色の四角で囲まれた場合には獲得も損失もないことを説明し、できるだけたくさんの金額を獲得するよう求めた。

(3) パーキンソン病患者における内発的な動機付けと可能性損失への忌避感の研究では、内

発的動機付けの課題には27名のパーキンソン病患者(男:女=7:20, 69.5±6.1歳)と27名の健常コントロール(男:女=10:17, 70.0±3.9歳)が、可能性への損失回避の課題には26名のパーキンソン病患者(男:女=12:14, 66.2±5.4歳)と27名の健常コントロール(男:女=12:15, 66.1±5.1歳)が参加した。内発的動機付けの課題では、不快情動の写真を見るか見ないかの判断を、写っているもの名前(例:ヘビ、ネズミ)が呈示される確実条件と、「?」が呈示され何が写っているか分からない不確実条件の2つの条件で行ってもらった。見ると判断した場合は写真が、見ないと判断した場合には待機画面が3秒間呈示された。可能性損失への忌避感の課題では、シャッター条件とコントロール条件の2つの条件で、呈示される3つの扉から1つの扉を選択することを60回の制限回数内で行ってもらった。シャッター条件とコントロール条件の両方とも、閉じた扉を選択するとその扉が開き、その開いた状態の扉を再び選択することでポイントが獲得できた。この時、選択しなかった扉は閉じた状態になる。実験参加者にはできるだけたくさんポイントを獲得するよう求めた。それぞれの扉から獲得できるポイントの平均は等しくなるよう設定されており、選択している扉を切り替えると、ポイントを獲得できるチャンスを無駄にしまうため、同じ扉を選択し続けることが最適戦略となる。シャッター条件では、選択されなかった扉にシャッターが降りていき、連続10回選択されないとシャッターが完全に降り切り、選択ができなくなるという設定が追加されていた。これらの課題では、パーキンソン病患者のみ Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT)を用いたドーパミントランスポート画像の撮像が行われた。

4. 研究成果

(1) 報酬による選択的注意と分割的注意の競合の研究では、記憶成績と記銘課題中の視線の解析により、順次呈示群より同時呈示群で単語への選択的注意が高くなるが、順次呈示群と同時呈示群で記憶成績に違いがみられないことが示された。更にfMRIの解析から、順次呈示群では報酬関連領域である線条体や腹側被蓋野の活動が、同時呈示群では内側前頭皮質や外側前頭皮質の活動がみられ、記憶関連領域である海馬をシードとしてPsychophysiological Interaction解析を行ったところ、順次呈示群では腹側被蓋野との、同時呈示群ではない内側前頭皮質との機能的相互作用がみられることが示された。これらの結果は、順次呈示では先行研究で報告されている報酬関連領域と記憶関連領域の相互作用が働いている一方で、同時呈示により選択的注意と分割的注意の競合が起こると、注意の制御に関連する領域と記憶関連領域の相互作用が補完的に働くことを示唆している。この研究の成果はInternational Brain Research Organizationで報告される予定で、Travel Grant Awardに選出されている。

(2) 問題ギャンブラーにおけるギャンブル中の報酬・罰に対する選択的注意と瞳孔反応の研究では、ギャンブル課題中の視線と瞳孔径の解析により、問題ギャンブラーでは非問題ギャンブラーより、選択時の右側の画像の中心部への注視と、報酬や罰のフィードバックに対する瞳孔径が大きくなることが示された。瞳孔径はノルアドレナリン神経系の活動を反映しているため(Eckstein et al., 2017; Larsen and Waters, 2018)、これらの結果は、問題ギャンブラーのギャンブル中の選択的注意とノルアドレナリン神経系の亢進を示唆している。この研究の成果は日本心理学会、中央大学人文科学研究所の公開研究会で報告され、国際的な学術誌に論文を投稿しているところである。

(3) パーキンソン病患者における内発的な動機付けの研究では、見ると判断した割合とSPECT画像の解析により、パーキンソン病患者と健常コントロールのどちらも、確実条件より不確実条件でより見ると判断していたが、パーキンソン病患者は健常コントロールよりも全体的に見ると判断する割合が低く、左右の線条体のドーパミントランスポート分布が低いほど、確実条件で見ると判断する割合が低くなることが示された。これらの結果は、不確実なものを知りたいという好奇心はパーキンソン病患者でも維持されているのに対して、外界への全体的な興味はドーパミン神経系の低下に伴い損なわれることを示唆している。この研究の成果はInternational Neuropsychological Societyで報告され、Neurological Sciencesに掲載された(Shigemune et al., 2021, ①)。可能性への損失回避の研究では、選択した扉を切り替えた回数とSPECT画像の解析により、健常コントロールは扉が選択できなくなるのを避けるため、シャッター条件でコントロール条件よりも切り替え回数が多くなるが、パーキンソン病患者ではそのような切り替え回数の増加がみられず、左の線条体のドーパミントランスポート分布が低いほど、シャッター条件での切り替えの増加が少なくなることを示された。これらの結果は、パーキンソン病患者ではドーパミン神経系の低下に伴って可能性を失うことへの忌避感が失われることを示唆している。この研究の成果は高次脳機能障害学会で報告され、Neuropsychologiaに掲載された(Shigemune et al., 2022, ②)。

<引用文献> 一部のみ記載

- ① **Shigemune Y**, Kawasaki I, Midorikawa A, Baba T, Takeda A, Abe N. Intrinsic motivation in patients with Parkinson's disease: a neuropsychological investigation of curiosity using dopamine transporter imaging. *Neurol. Sci.*, 42: 3349-3356. 2021
- ② **Shigemune Y**, Kawasaki I, Baba T, Takeda A, Abe N. Decreased sensitivity to loss of options in patients with Parkinson's disease. *Neuropsychologia* 174: 108322. 2022

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Shigemune Y, Kawasaki I, Midorikawa A, Baba T, Takeda A, Abe N	4. 巻 42
2. 論文標題 Intrinsic motivation in patients with Parkinson's disease: a neuropsychological investigation of curiosity using dopamine transporter imaging.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Neurological Science	6. 最初と最後の頁 3349-3356
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10072-020-04968-4	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 Shigemune Y, Kawasaki I, Baba T, Takeda A, Abe N	4. 巻 174
2. 論文標題 Decreased sensitivity to loss of options in patients with Parkinson's disease.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Neuropsychologia	6. 最初と最後の頁 108322
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.neuropsychologia.2022.108322	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

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 3件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 重宗弥生
2. 発表標題 問題ギャンプラーの報酬/罰刺激に対する鋭敏性：視線計測と瞳孔径からの検討
3. 学会等名 日本心理学会第85回大会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 重宗弥生
2. 発表標題 問題ギャンプラーの報酬/罰刺激に対する鋭敏性：視線計測と瞳孔径からの検討
3. 学会等名 オンライン研究会「脳機能亢進の神経心理学によって推進する「共生」人文社会科学の開拓」（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yayoi Shigemune, Iori Kawasaki, Akira Midorikawa, Toru Baba, Atsushi Takeda, and Nobuhito Abe
2. 発表標題 Is Intrinsic Motivation Impaired in Patients with Parkinson's Disease?
3. 学会等名 The International Neuropsychological Society 48th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 重宗弥生
2. 発表標題 社会的文脈による報酬/罰の記憶促進効果の調節：fMRIによる検討
3. 学会等名 日本心理学会第82回大会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 重宗弥生, 川崎伊織, 馬場徹, 武田篤, 阿部修士
2. 発表標題 パーキンソン病患者における選択肢を失うことへの忌避感の低下
3. 学会等名 第46回日本高次脳機能障害学会学術総会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yayoi Shigemune, Ryusuke Nakai, Kuniaki Yanagisawa, Kohei Asano, and Nobuhito Abe
2. 発表標題 Killing two birds with one stone: Neural correlates of episodic encoding while earning two rewards simultaneously.
3. 学会等名 11th International Brain Research Organization World Congress of Neuroscience (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Shigemune Y, Tsukiura T	4. 発行年 2017年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 16
3. 書名 Modulatory mechanism of three-layered hierarchical structure in memories associated with rewards and punishments: Evidence from functional neuroimaging studies. In Tsukiura T, Umeda S (Eds). Memory in Social Context: Brain, Mind, and Society	

〔産業財産権〕

〔その他〕

【研究】重宗准教授らの共著論文が『Neurological Sciences』に掲載されました https://www.tfu.ac.jp/education/dwp/s9n3gg0000018s95.html 阿部准教授らの共著論文が『Neurological Sciences』に出版されました http://kokoro.kyoto-u.ac.jp/20210830_abe/ 【研究】パーキンソン患者の選択肢への損失回避の脳内メカニズムを解明 / 福祉心理学科 重宗准教授 https://www.tfu.ac.jp/education/dwp/s9n3gg000001qwdy.html

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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------