

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 7 日現在

機関番号：34504

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01836

研究課題名(和文)道順記憶における脳梁膨大後皮質の役割

研究課題名(英文)The role of the retrosplenial cortex in route memory

研究代表者

佐藤 暢哉 (SATO, Nobuya)

関西学院大学・文学部・教授

研究者番号：70465269

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：脳梁膨大後皮質の機能の一端を明らかにすることを目的に、脳梁膨大後皮質を損傷したラットにおいて、環境の微小な変化を加えることが学習したルートの追従に与える影響について検討した。その結果、ルートを学習するまでに要する試行数に脳梁膨大後皮質の損傷の影響は見られなかった。しかし、テスト課題において、脳梁膨大後部皮質を損傷したラットで、迷路構造の変化を与えた際に、学習したルートから逸れた特定の領域に侵入する回数が増加した。脳梁膨大後皮質が学習したルートを自動的に追従することに関与し、その機能が微細な迷路構造の変化によって阻害されたと考えられる。

研究成果の概要(英文)：To manifest the function of the retrosplenial cortex, we examined the effect of a small structural change of the environment on route following performance in rats with lesions of the retrosplenial cortex. As a result, there was no effect of the retrosplenial lesions on the number of trials to learn a route in a lattice maze. However, in a test task, the number of entering into irrelevant areas in the maze increased in the rats with lesions of retrosplenial cortex when a part of the structure of the maze was changed. This suggests that the retrosplenial cortex was involved in automatically following of learned routes and that the function is disturbed by the small structural change of the maze.

研究分野：行動神経科学

キーワード：脳梁膨大後皮質 ナビゲーション ルート記憶 空間記憶 ラット

1. 研究開始当初の背景

ある特定の地点から別の地点への移動行動であるナビゲーションは、私たちヒトを含めた動物が生きていくために必要な行動である。ナビゲーションを行う際には、現在地から直接見渡すことのできない場所へ移動しなければならず、そのために目的地までの経路(ルート)に関する情報を脳内に記憶している必要がある。脳に損傷を受けた患者や、サルを用いた研究より、左右の大脳半球をつなぐ脳梁のすぐ後部に位置する脳梁膨大後皮質とナビゲーションとの関連が示されてきている。

研究代表者の研究室では、ルートを自由に設定できる迷路装置を開発し、ラットに対して、その迷路内のあらかじめ設定されたスタート地点から目的地まで移動するナビゲーション課題を学習させた。脳梁膨大後皮質を破壊されたラットは、破壊処置を行わない統制群のラットと同様にナビゲーション課題を学習することが可能だった。その後、迷路内の壁の一つを取り除き、近道を使用できるまでに要した試行数を計測した。脳梁膨大後皮質がナビゲーションに重要だとすれば、脳梁膨大後皮質を破壊されたラットは、統制ラットよりも近道を通るまでに要する試行数が増大すると予測した。しかし、結果は真逆となり、破壊群の方が統制群よりも早く近道を利用するようになった。

研究代表者が以前に行ったサルを対象とした研究において、ルートをたどって目的地へと向かう際、脳梁膨大後皮質がルート途中の特定の地点でどちらに進めばよいかという情報を有していることが示されている(Sato et al., 2006; 2010)。特定ルートをたどって目的地へ向かう場合は、この脳梁膨大後皮質ニューロンの情報を利用して、現在地やゴール位置の情報の計算を常にしなくてもよいように処理を簡略化していると考えられている。上述したラットの実験における逆説的な結果は、脳梁膨大後皮質が特定ルートを半ば自動的にたどることに関与していると考えたと説明が可能となる。近道テストを行う前には、元のルートについては十分に学習している状態で、そのルートを通るナビゲーション行動は自動化されていると考えられる。その状態で脳梁膨大後皮質が破壊されると、元のルートを自動的にたどる行動が取れなくなり、ルート上の選択地点において、次にどちらに進むのかという判断をするためには、現在地点がどこであるという情報や、ゴールやスタート地点の方向などの情報を統合して、毎回計算しなければならなくなる。このことが結果的に、新しい近道ルートを発見し、利用する行動を助長させた可能性が考えられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、脳梁膨大後皮質の損傷が

近道を取る行動の出現を早めるという逆説的な現象のメカニズムに迫り、そのことを通して、ナビゲーション行動において脳梁膨大後皮質が担っている機能について明らかにすることであった。ルートを自動的にたどるための処理に脳梁膨大後皮質が関わるとすると、その情報処理が損なわれることにより、よく学習されたルートであっても、途中の選択肢における学習された選択肢以外の出現率が高まる可能性が考えられる。

3. 研究の方法

被験体のラットに対して、興奮毒性のあるN-メチル-D-アスパラギン酸の局所投与によって、脳梁膨大後皮質を破壊する処置(統制群のラットには擬似手術)を行なった。

縦横に5本ずつ格子状に経路が走る迷路を用いて、スタートとゴールを1つずつ設定し、ラットに一つのルートを学習させた。ルート追従の学習後、テスト課題を行なった。テスト課題では学習したルートに加え、近道、遠回り、あるいは等距離となるような迷路環境の変化を1日に1箇所与えた。変化させる迷路箇所は7箇所用意し、脳梁膨大後皮質の損傷が学習ルートのナビゲーションに与える影響について検討した。

4. 研究成果

脳梁膨大後皮質の機能の一端を明らかにすることを目的に、脳梁膨大後皮質を損傷したラットにおいて、学習したルートに対して、環境の微小な変化を与えることの影響について検討した。その結果、学習課題においては、ルートを学習するまでに要する試行数に脳梁膨大後皮質の損傷の影響は見られなかった。テスト課題においては、脳梁膨大後皮質を損傷したラットで、一部であるが微細な迷路構造の変化を与えた際に、学習したルートから逸れ、迷路内の特定の領域に侵入する回数が増加した。また、学習したルート上から離れた位置に迷路構造の変化が与えられた場合には、さらに学習したルートから外れる行動が増加した。このことは、脳梁膨大後皮質の損傷によって自動的なルート追従が阻害され、その結果として、ルート上の各分岐点で次の進路を選択する必要性が生じるため、新奇ルートを発見しやすく、そちらへの新入が増えたと考えられる。

また、脳梁膨大後皮質を標的としてニューロン活動記録のための電極を埋め込み、学習したルートを走行している際のニューロン活動の記録を実施し始めた。今後はデータ収集を続け、ルート追従のこういった側面に脳梁膨大後皮質ニューロンが応答するのかについて検討していく予定である。

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 12 件)

- Kawai, T., Yamada, H., Sato, N., Takada, M., & Matsumoto, M. (in press). Preferential representation of past outcome information and future choice behavior by putative inhibitory interneurons rather than putative pyramidal neurons in the primate dorsal anterior cingulate cortex. *Cerebral Cortex*. [査読あり]
- Inoue, K., Otake, K., & Sato, N. (in press). Satiety change elicited by repeated exposure to the visual appearance of food: Importance of attention and simulating eating action. *Journal of Health Psychology Research*. [査読あり]
- Sato, N., Fujishita, C., & Yamagishi, A. (2018). To take or not to take the shortcut: Flexible spatial behaviour of rats based on cognitive map in a lattice maze. *Behavioural Processes*, 151, 39-43. [査読あり]
- Inoue, K., Yagi, Y., & Sato, N. (2018). The mere exposure effect for visual image. *Memory & Cognition*, 46, 181-190. [査読あり]
- Inoue, K., & Sato, N. (2017). Valuation of go stimuli or devaluation of no-go stimuli? Evidence of an increased preference for attended go stimuli following a go/no-go task. *Frontiers in Psychology*, 8, 474. [査読あり]
- 佐藤暢哉 (2016). 共感性研究に齧歯類を対象とすることの意義 - 神前・渡辺論文へのコメント -. *心理学評論*, 58(3), 295-298. [査読なし]
- Kawai, T., Yamada, H., Sato, N., Takada, M., & Matsumoto, M. (2015). Roles of the Lateral Habenula and Anterior Cingulate Cortex in Negative Outcome Monitoring and Behavioral Adjustment in Nonhuman Primates. *Neuron*, 88, 792-804. [査読あり]
- Sato, N., Tan, L., Tate, K., & Okada, M. (2015). Rats demonstrate helping behavior toward a soaked conspecific. *Animal Cognition*, 18, 1039-1047. [査読あり]
- Page, W. K., Sato, N., Froehler, M., Vaughn, W. J., & Duffy, C. J. (2015). Navigational Path Integration by Cortical Neurons: Origins in Higher-Order Direction Selectivity. *Journal of Neurophysiology*, 113, 1896-1906. [査読あり]
- 山岸厚仁・佐藤暢哉 (2015). ラットの扁桃基底外側核損傷が強化子の価値低減効果に及ぼす影響. *人文論究*, 65(4), 67-86. [査読なし]

- 福井隆雄・井上和哉・小松丈洋・佐藤暢哉 (2015). ヘッドマウントディスプレイを用いた到達把持運動における視覚・触覚情報の寄与に関する検討. *映情学技報*, 39(43), 1-4. [査読なし]
- 川合隆嗣・山田洋・佐藤暢哉・高田昌彦・松本正幸 (2015). “嫌な出来事を避ける”ための神経基盤—外側手綱核と前部帯状皮質の役割. *生体の科学*, 66, 24-28. [査読なし]

〔学会発表〕(計 30 件)

- 山岸厚仁・佐藤暢哉 (2017.11). ラットの援助行動にオキシトシンが及ぼす影響. 関西心理学会第 129 回大会(京都橘大学).
- 道野菜・佐藤暢哉 (2017.11). 前後軸を有する環境内での物体位置記憶の統合. 関西心理学会 129 回大会(京都橘大学).
- 林朋広・佐藤暢哉 (2017.8). ラットにおけるエピソード記憶と脳梁膨大後部皮質の関連. 行動 2017(東京大学駒場キャンパス).
- 道野菜・佐藤暢哉 (2017.9). 複数視点から物体位置を記憶する際の参照軸. 第 81 回大会日本心理学会(久留米シティプラザ). ポスター発表. 複数視点から物体位置を記憶する際の参照軸. 第 81 回大会日本心理学会(久留米シティプラザ).
- 藤山北斗・佐藤暢哉 (2017.9). 模写の正確性を高める昇目の効果. 第 81 回大会日本心理学会(久留米シティプラザ). ポスター発表. 模写の正確性を高める昇目の効果. 第 81 回大会日本心理学会(久留米シティプラザ).
- 山岸厚仁・佐藤暢哉 (2017.8). ラットにおける援助行動の獲得に伴う c-fos 発現. 行動 2017(東京大学駒場キャンパス).
- 高橋良幸・佐藤暢哉 (2017.8). ラットにおけるランダムドットパターン誘発性探索行動. 行動 2017(東京大学駒場キャンパス).
- Michino, S., Hirata, R., & Sato, N. (2017.10). Contextual semantic comprehension of a word written with different Japanese orthography. The 57th Annual Meeting of the Society for Psychophysiological Research, Vienna, Austria.
- Michino, S., & Sato, N. (2016.7). Consistency of the configuration in scenes from different viewpoints gives accurate spatial memory in a film. 31st International Congress of Psychology, Yokohama, Japan.
- Sato, N. (2016.7). Episodic-like memory in rats: answering to an unexpected question about past self-behavior. 18th meeting of the International Society for Comparative Psychology, Sydney, Australia.

- 佐藤暢哉・石井沙希 (2016.11). Effects of social interactions on spatial learning in a lattice maze. 日本動物心理学会第 76 回大会 (北海道大学).
- 山岸厚仁・佐藤暢哉 (2016.11). Oxytocin enhances rat's helping behavior for stranger. 日本動物心理学会第 76 回大会 (北海道大学).
- 道野菜・佐藤暢哉 (2016.11). 180 度ルールに従うカメラ移動が空間記憶の正確性に与える影響. 関西心理学会第 128 回大会 (京都大学).
- 林朋広・佐藤暢哉 (2016.7). Effects of lesions of the retrosplenial cortex on tracing the learned route in the environment with small change. 日本神経科学大会第 39 回 (パシフィコ横浜).
- 佐藤暢哉・稲岡慧 (2016.6). ヴァーチャル環境におけるルート知識の空間手がかりと主観的方向感覚との関係. 日本認知心理学会第 14 回大会 (広島大学).
- 沼田恵太郎・小松丈洋・嶋崎恒雄・佐藤暢哉・八木昭宏・宮田洋(2016.5). 不確実性がネガティブ感情に与える影響—SCC と NPV を指標として (1)—. 第 34 回日本生理心理学会大会(名古屋大学).
- 小松丈洋・沼田恵太郎・佐藤暢哉・嶋崎恒雄・八木昭宏・宮田洋(2016.5). 不確実性がネガティブ感情に与える影響—SCC と NPV を指標として (2)—. 第 34 回日本生理心理学会大会(名古屋大学).
- 福井隆雄・井上和哉・小松丈洋・佐藤暢哉 (2015.1). ヘッドマウントディスプレイを用いた到達保持運動における視覚・触覚情報の寄与に関する検討. 日本バーチャルリアリティ学会 VR 心理学研究会 (鹿児島大学).
- 山岸厚仁・佐藤暢哉 (2015.11). 古典的条件づけ—道具的条件づけ間転移の文脈制御. 関西心理学会第 127 回大会 (関西学院大学西宮上ヶ原キャンパス).
- 佐藤暢哉 (2015.10). ナビゲーションにおける意思決定. 平成 27 年度アルコール・薬物依存関連学会合同学術総会(神戸国際会議場).
- ②① Sato, N., Tate, K., & Okada, M. (2015.10). Rats demonstrate helping behavior toward a soaked cagemate. *Neuroscience 2015, 45th annual meeting of Society for Neuroscience, Chicago, U.S.A.*
- ②② Kawai, T., Yamada, H., Sato, N., Takada, M., & Matsumoto, M. (2015.10). Outcome monitoring and behavioral adjustment by putative pyramidal neurons and interneurons in the primate anterior cingulate cortex during a reversal learning task. *Neuroscience 2015, 45th annual meeting of Society for Neuroscience, Chicago,*
- ②③ 井上和哉・佐藤暢哉 (2015.9). 振動周波数が視覚刺激の時間知覚に与える影響. 日本心理学会第 79 回大会(名古屋国際会議場).
- ②④ 道野菜・佐藤暢哉 (2015.9). 視点移動の方法が空間記憶に与える影響. 日本心理学会第 79 回大会(名古屋国際会議場).
- ②⑤ 井上和哉・佐藤暢哉 (2015.8). 日本の心理学の統計教育の現状—書籍の分析による予備的検討—. 日本教育心理学会第 57 回総会(朱鷺メッセ).
- ②⑥ Hayashi, T., & Sato, N. (2015.7). The experiment of effect of the retrosplenial cortex lesion in shortcut task. 第 38 回大会日本神経科学学会(神戸国際会議場).
- ②⑦ Sato, N. (2015.7). Effects of lesions of the retrosplenial cortex on episodic memory in rats: answering to an unexpected question about past self-behavior. 第 38 回大会日本神経科学学会 (神戸国際会議場).
- ②⑧ 井上和哉・佐藤暢哉 (2015.7). 選択誘発性選好の生起に刺激の再評価は不要である. 日本認知心理学会第 13 回大会(東京大学).
- ②⑨ 沼田恵太郎・小松丈洋・佐藤暢哉・嶋崎恒雄・八木昭宏・宮田洋(2015.5). 不確実性がネガティブ感情に与える影響—心拍数を指標として(1)—. 第 33 回日本生理心理学会(グランフロント大阪).
- ③⑩ 小松丈洋・沼田恵太郎・佐藤暢哉・嶋崎恒雄・八木昭宏・宮田洋 (2015.5). 不確実性がネガティブ感情に与える影響—心拍数を指標として(2)—. 第 33 回日本生理心理学会(グランフロント大阪).
- 〔図書〕(計 3 件)
- 生理心理学と精神生理学 第 巻 応用 コラム「ラットの援助行動」(2017). 堀忠雄・尾崎久記 (監修) 片山順一・鈴木直人 (編) 佐藤暢哉 北大路書房 (416 ページ)
- 心理学ベーシック第 2 巻 なるほど! 心理学実験法 (2017). 三浦麻子 (監修) 佐藤暢哉・小川洋和 (著) 北大路書房 (212 ページ)
- 生理心理学と精神生理学 第 I 巻 基礎 第 3 章第 3 節「空間学習」, 第 4 節「社会的学習」(2017). 堀忠雄・尾崎久記 (監修) 坂田省吾・山田富美雄 (編) 佐藤暢哉 北大路書房 (320 ページ)
- 〔産業財産権〕
- 出願状況 (計 0 件)
- 名称 :
- 発明者 :

権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

関西学院大学文学部総合心理科学科 佐藤
暢哉研究室
<https://sites.google.com/site/nsatolab/>

関西学院大学研究者データベース
<http://researchers.kwansei.ac.jp/view?l=ja&u=41204&a2=0000012&o=affiliation&sm=affiliation&sl=ja&sp=5>

6. 研究組織

(1)研究代表者

佐藤 暢哉 (SATO, Nobuya)
関西学院大学・文学部・教授
研究者番号：70465269

(2)研究分担者

()

研究者番号：

(3)連携研究者

()

研究者番号：

(4)研究協力者

山岸 厚仁 (YAMAGISHI, Atsuhito)
関西学院大学・文学研究科・大学院研究員
林 朋広 (HAYASHI, Tomohiro)
関西学院大学・文学研究科・博士課程後期
課程