

令和 2 年 7 月 10 日現在

機関番号：13101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K21042

研究課題名(和文) 大脳皮質大域的ネットワークの時空構造操作による自己-外界間因果の主観的判断の改変

研究課題名(英文) Investigation of behavior and cortical network for social causal attribution in primates

研究代表者

足立 雄哉 (Adachi, Yusuke)

新潟大学・医歯学系・助教

研究者番号：40625646

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：我々は日常的に身の回りの出来事の原因を自己や他者、或いはその他の存在に帰属している。このような社会的帰属行動の神経機構を明らかにするためには動物における侵襲的手法を用いた研究が有効であり、したがって動物に適用可能な非言語的原因帰属行動実験系を構築する必要がある。よい出来事・悪い出来事の原因が自己や他者、その他の存在のいずれなのかをマカクザルが判断する実験系を構築し、自己を含む因果構造が質的量的に変化する中でサルが適応して原因帰属行動をとることができることが確認された。また本行動課題で社会的帰属に関わる脳領域を検討するために同等の課題でヒトにおける機能的磁気共鳴画像法実験を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

社会的な原因帰属に偏りが生じることは健常者においてもしばしばあることだが、とくに統合失調症などの精神疾患で出来事の原因帰属に障害が伴うことが知られている。動物に適用可能な社会的帰属行動実験系を構築し、またヒトにおいて機能画像法を用いた関連脳領域の検討を行ったことにより、動物において侵襲的手法を用いたさらに詳細な生理学研究により社会的帰属行動の神経機構を解明する基盤となり、原因帰属の障害がみられる精神疾患の神経生理学的理解につながる事が期待される。

研究成果の概要(英文)：In daily life we always attribute the causes of personal events to self, other agents, or other entities. Because invasive researches in animals are indispensable to clarify the details of the neural mechanism of social causal attribution, it is necessary to construct a nonverbal behavioral task that is applicable to non-human animals. We constructed a behavior experiment system in which macaque monkeys had to judge what was the cause of good or bad events. It was confirmed that monkeys could adapt to the situation where the causal relationship changed in qualitative or quantitative manners. We also performed functional magnetic resonance imaging experiments in humans with an equivalent task and examined the brain regions related to causal attribution in this task.

研究分野：認知神経科学

キーワード：認知神経科学 マカクザル

1. 研究開始当初の背景

我々は日常的に、身の回りで起こった出来事の原因を自己や他者あるいはその他の存在に帰属している。とくに自己への原因帰属は、自己認識の一側面として社会心理学、臨床心理学、発達心理学、人工知能など多くの分野の対象となってきた (Kelly et al., 1973; Gweon and Schulz, 2011; Bentall et al., 1994; Russell et al. 1995)。健常者においても自己への原因帰属はときに偏りがみられるが、とくに統合失調症など妄想を伴う精神疾患においては出来事の原因帰属に顕著に障害がみられることが知られている (Taylor, 1983)。

このような社会的要因帰属行動の神経機構についてはヒトを対象とした脳機能画像研究において後部帯状回、楔前部、側頭頭頂接合部近傍などが関連脳部位として示唆されてきたが、とくに自己、他者やその他の存在への原因帰属の間の脳活動の差異については知見が一貫していない。社会的要因帰属認知の神経生理学的機構をさらに詳細に検討するためには行動実験とともに侵襲性を伴う電気生理学的・薬理的・組織学的・遺伝学的手法などを用いた実験が有効であるが、そのためにはヒト以外の動物を被験体とすることが必要となる。自己への社会的要因帰属に限定せずヒト以外の動物での自己概念一般に視野を広げると、自己認識のすべてがヒトに特有のものであるとは必ずしも考えられておらず、とくにマカクザルの自己認識様行動に関する知見は近年複数報告されている (Chang et al., 2015; Couchman, 2013)。しかし一方で、従来のヒトを対象とした社会的な原因帰属に関する神経科学的研究は主に言語を介した行動課題を用いており、言語を持たないヒト以外の動物の行動実験に直接適用することができない。そこで動物に適用可能な、言語を用いない社会的要因帰属認知の行動実験系で神経科学研究に使用できるものを構築する必要がある。

また一般に自己に関する情報の処理には、ヒトにおける機能画像研究からは、広い範囲に分散した大脳皮質領域、たとえば大脳皮質正中中部や島皮質などが関連することが示唆されてきたが (Qin et al., 2013; Craig, 2009) 上述のように社会的な原因帰属については必ずしも知見が一貫しておらず、また言語を介さない社会的要因帰属については神経科学的知見が乏しいため生理学研究を行う際の関心脳領域が明らかではない。

2. 研究の目的

従来のヒトを被験者とした社会的な原因帰属認知の神経科学的研究は主に言語を介した行動課題を用いており、言語を持たないヒト以外の動物に直接適用することができないため、言語を必要としない社会的要因帰属行動実験系をマカクザルを被験体として構築する。自身や他者が関わる出来事やその結果を複数種類経験することで因果関係を理解し、現在の出来事の結果のよしあしの原因が自己や他者あるいはその他の存在のいずれなのかをマカクザルが判断できるかどうか、因果構造に変化が生じても適応してふたたび適切な原因帰属を行うことができるようになるかどうか、自己が関わる出来事の原因判断にはそのほかとは異なる行動傾向がみられるかどうか、を検討する。

またヒトにおける社会的な原因帰属に関連する脳機能画像研究についても、とくに自己や他者やその他の存在への原因帰属の間の差異に関しては知見が一貫しておらず、また言語を介さない社会的要因帰属については神経科学的知見がなく生理学研究を行う際の関心脳領域が明らかではないため、本研究でマカクザルにおいて構築する行動課題と同等のものを用いてヒトにおける機能的核磁気共鳴画像法 (functional magnetic resonance imaging, fMRI) 研究を行い関連脳領域を検討する。

3. 研究の方法

本研究ではマカクザル (*Macaca fuscata*) を被験体として、動物にも適用可能で複数頭が参加可能な非言語的原因帰属行動課題を構築した。本行動課題では、複数の行為者 (被験体自身を含むサル、あるいはヒトないしモニタ上に表示される仮想的な主体) のうちの一頭 (一人) がモニタ上の複数の物体のうちひとつをタッチするという出来事がよい結果・悪い結果 (ジュース報酬の有無と2種の異なる聴覚刺激により示される) のいずれかをもちた。出来事とその結果が生じたあとに、よい結果悪い結果を引き起こす原因が行為者と物体のどちらにあるのかを被験体であるサルに判断させた。各試行は、行為者ないし物体が異なりうる複数回の出来事・結果とそれに対する被験体の判断の繰り返しからなり、それぞれの行為者や物体が関わる出来事の結果は、そのときに設定されている制限 (因果構造) のもと試行間で変化する因果関係により決まっている。因果構造や各試行の因果関係は被験体に明示されないため、被験体は複数種類の出来事・結果・判断の繰り返しによりその試行における因果関係を探索し、また異なる試行を繰り返し経験することにより因果構造を学習して、その知識を使って現在の試行の出来事・結果の原因判断を行うことになる。実験には2頭のサルを用いた。

また本研究で被験体が行うような言語を介さない社会的要因帰属については行動学的・神経科学的知見が乏しいため、本研究で構築した行動課題を用いてヒトを被験者とした行動実験を実施し、また別の実験として同等の行動課題を遂行中のヒト被験者における fMRI 計測を行い、よい出来事悪い出来事のそれぞれの原因を自己、他者、そのほかの実体に帰属する判断に関わる脳

領域を検討した。

4. 研究成果

本研究における行動実験系では、行為者（被験体又は他者）がモニタ上の物体をタッチするという出来事がよい結果・悪い結果（報酬の有無と音刺激が異なる）のいずれをもたらしたかを観察したあと、被験体は結果のよしあしの原因が行為者と物体のいずれにあるのかを判断する。出来事の結果は、設定された制限（因果構造）のもと試行間で変化する因果関係により決まっているが、被験者は各試行の中で行為者ないし物体が異なる複数回の出来事・結果とそれに対する判断を通じてその試行での因果関係を探索する。行為者と物体のどちらかの状態にのみ結果が依存する条件や、結果を引き起こす行為者や物体の状態が個々に連続値として定められている条件において、マカクザルを被験者として行動実験を行った。また同様の行動実験を、ヒトを対象としても行った。どの条件においても、ヒトだけでなくサルにおいても、各試行内の出来事・結果・判断を繰り返し経験することにより自己や他者が関わる出来事の原因を探索できること、過去の試行の経験から得た因果構造の知識を現在の試行の出来事の原因帰属に適用することができること、因果構造が変更されても再度試行を重ねることで変化に適応して原因判断ができるようになることが確認され、ヒトと同様にサルも、自己や他者の出来事・結果の経験を重ねることで因果構造の質的・量的な性質を理解し現在の出来事の原因判断に適用する能力をもつことが示唆された。またよい結果と悪い結果、自己が関わる時と他者が関わる時との間で原因帰属行動にことなる傾向を認めた。

また、本研究のような言語を利用しない社会的責任帰属については責任脳領域に関する知見が乏しいため、マカクザルで構築したものと同等の行動課題を健常なヒト被験者を対象としたfMRI 実験をおこなった。これまでのヒトの脳機能画像研究において、被験者に提示された文章中の出来事の原因を自己や他者やそのほかの存在へ帰属することに関わることが示唆されてきた脳領域群のほかに、とくに自己概念一般に関する情報処理に関わることが示唆されてきた脳部位において、よい出来事、悪い出来事の自己や他者・物体への原因帰属に関わる脳活動の存在を示唆する結果を得た。

複数頭のサルが同時に行動課題に参加してともに原因帰属判断を行い、互いの判断の間の影響を調べる実験・解析、またヒトにおける fMRI 実験解析は継続中であり結果を検証中である。本研究でマカクザルの社会的責任帰属を検証可能な行動実験系を構築し、また非言語的な社会的責任帰属に関連する脳領域の検討を行ったことにより、動物において電気生理記録・刺激などの侵襲的手法を用いてさらに詳細な生理学研究を行い社会的責任帰属行動の神経機構を解明する際の基盤となる。

< 引用文献 >

- Bentall R.P., et al., Behaviour research and therapy. 32(3), 331-341 (1994).
Chang L. et al., Current Biology, 25, 212-217 (2015).
Couchman J.J., Animal Cognition, 18, 231-238 (2015).
Craig A.D., Nature Reviews Neuroscience, 10(1), 59-70 (2009).
Gweon H., Schulz L E., Science, 332, 1524 (2011).
Kelly H., American Psychologist, 28, 107-128 (1973).
Qin P. et al., Frontiers in human neuroscience 7, 937 (2013).
Russell S., Norvig P., Artificial Intelligence: A Modern Approach. (1995).
Taylor S.E., American psychologist 38(11), 1161-1173. (1983)

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 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Takeda M, Hirabayashi T, Adachi Y, Miyashita Y.	4. 巻 9
2. 論文標題 Dynamic laminar rerouting of inter-areal mnemonic signal by cognitive operations in primate temporal cortex.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 4629
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41467-018-07007-1	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 -

1. 著者名 Miyamoto K, Osada T, Setsuie R, Takeda M, Tamura K, Adachi Y, Miyashita Y.	4. 巻 355
2. 論文標題 Causal neural network of metamemory for retrospection in primates.	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Science	6. 最初と最後の頁 188-193
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1126/science.aal0162	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6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Kasedo R, Iijima A, Nakahara K, Adachi Y, Homae F, Hashimoto R, Yamamoto K, Fukuda M, Shirozu H, Hasegawa I
2. 発表標題 Neural activations linking dual-step merge processes during comprehension of sequentially presented letterstrings: an fMRI study.
3. 学会等名 The 42nd Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society Meeting（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 阿部湧, 足立雄哉, 田村滉樹, 齊藤孝臣, 飯島淳彦, 長谷川功
2. 発表標題 マカザル及びヒトの質的・量的な因果構造理解に基づく自己に関わる出来事の原因帰属行動
3. 学会等名 第66回 中部日本生理学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田村 滉樹, 足立 雄哉, 阿部 湧, 飯島 淳彦, 長谷川 功.
2. 発表標題 自己に関わる出来事の原因判断行動を検出するマカクザル実験パラダイム.
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 渡邊 諒太, 飯島 淳彦, 中原 潔, 白水 洋史, 福多 真史, 足立 雄哉, 長谷川 功.
2. 発表標題 fMRI を用いた文字から文への構造化プロセスに関わる脳領域の探索.
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本 俊輔, 渡邊 諒太, 飯島 淳彦, 中原 潔, 足立 雄哉, 長谷川 功
2. 発表標題 fMRIによる逐語的な文の階層構築過程における脳内機構の解明
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Osada T, Adachi Y, Miyamoto K, Jimura K, Setsuie R, Watanabe T, Miyashita Y
2. 発表標題 Hierarchical prefrontal network arising from frontal pole area 10 during contextual memory retrieval in macaques.
3. 学会等名 第39回日本神経科学大会 (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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