

令和元年6月27日現在

機関番号：26402

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H05401

研究課題名(和文) 内発的興味と外的報酬は異なる心的処理に基づいているのか？

研究課題名(英文) Do interest and extrinsic rewards have separate representations?

研究代表者

村山 航 (Murayama, Kou)

高知工科大学・総合研究所・客員教授

研究者番号：10748726

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 22,200,000円

研究成果の概要(和文)：内発的興味の脳内基盤を調べるため、プロのマジシャンを用いて撮影した「マジックショー課題」を用いて、機能的磁気共鳴画像法による実験を行った。結果、内発的興味と外的な報酬(食べ物)は、ともに線条体という脳の報酬系で処理されており、両者に共通の脳内基盤があることが明らかになった。また、一連の行動実験を通して、内発的興味は記憶の固定を促すこと、また、知識獲得を基盤に喚起され、蓄積的な効果があることも示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

知的好奇心や興味は脳のどのようなメカニズムで支えられているのだろうか？この問いに答えるため、マジックショーやトリビアクイズといった、知的好奇心を高めるような課題を用いて、脳イメージング研究を行った。その結果、興味は食べ物といった生理的な欲求と同じく、脳内の報酬系で処理されていることが明らかになった。興味と生理的欲求が同じ神経基盤に基づいていることから、今後、人の興味や知的好奇心を高めるための方法にも示唆を与えられると思われる。

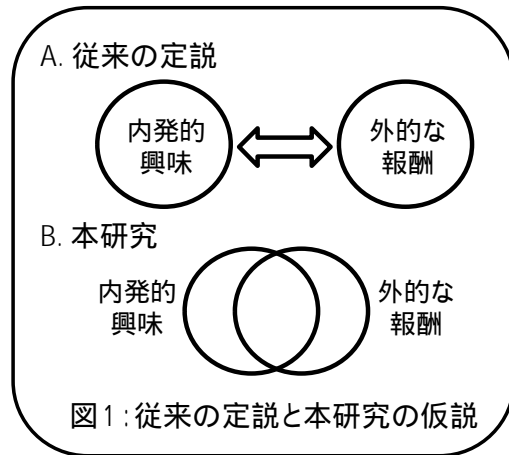
研究成果の概要(英文)：The current study tested the hypothesis that intrinsic interest and extrinsic rewards (i.e. foods) are processed in the common reward network in the brain, using a novel magic-show paradigm. Supporting our hypothesis, both food pictures and magic trick video clips activated the striatum (one core part of the reward network in the brain). Subsequent behavioral experiments also showed that, like extrinsic rewards, intrinsic interest promoted memory consolidation. Further behavioral experiments supported our additional hypothesis that knowledge acquisition has accumulative effects on intrinsic interest over time.

研究分野：動機づけ

キーワード：内発的動機づけ

### 1. 研究開始当初の背景

教育において学習者の内発的興味（もしくは知的好奇心）を育てることの重要性は、我が国の教育改革においても繰り返し指摘されてきた。しかし、現状では、我が国の学習者の内発的興味が、他の国に比べて高いとは依然言い難い。その原因はさまざまなものがあるが、1つとして、内発的興味の生起メカニズムに関する大きな誤解が、教育関係者のみならず研究者にもあると研究代表者は考える。具体的には、「内発的興味は課題自身に楽しみを発見する動機づけであるため、外的な報酬やフィードバックを与えることは内発的興味には逆効果だ」という考えが、教育関係者や研究者（特に心理学研究者）の間では支配的である。この考えを支持するものが、アンダーマイニング効果 (undermining effect) である。具体的には、多くの心理学研究で、興味を持って課題に取り組んでいる人に外的な報酬（金銭報酬など）を与えると、その外的報酬がなくなったときに、その人の課題に対する内発的な興味が失われることが示されている (Deci, Koestner, Ryan, 1999)。これらの知見から、内発的興味と外的な報酬は相容れないものだという考えが一般に根付いている (図 1A)。だが、この前提は正しいのだろうか。近年の脳科学研究では、金銭といった外発的ではない報酬であっても、脳内の線条体をはじめとする報酬系が賦活されることが明らかになっている (e.g., Kable & Glimcher, 2007)。このように考えると、今まで外発的報酬と相容れないと考えられていた内発的興味も、実はその背後には共通の報酬系に基づく心理プロセスを介している可能性が考えられる (図 1B)。しかし、内発的興味と報酬系の関係は、一部の先行研究で示唆されるものの (e.g., Kang et al., 2009)、それを直接システマティックに検証した研究は、研究開始当時には存在しなかった。また、こうした仮説が、内発的興味の機能にどのような示唆を持つのかを検討した研究も、研究開始当時にはまだほとんど行われていなかった。



### 2. 研究の目的

本研究の第一の目的は、「内発的興味が、外発的報酬と共通の報酬プロセスによって支えられている」という仮説をまず検討することであった。第二の目的は、この仮説が検証された後、行動実験をいくつか実施し、この仮説から導かれる新たな予測を実証することであった。この仮説は、本研究が実施される中で導出されたものだが、具体的には (1) 内発的興味は、外的な報酬と同じように記憶の促進効果がある、と (2) 内発的興味とそれに伴う報酬系の賦活は、知識獲得によって喚起されるため、得られた知識の量とある程度の正の関係がある、というものである。

### 3. 研究の方法

(1) 第一の目的を達成するため、機能的磁気共鳴画像法 (fMRI) を用いた脳イメージング実験を行った。この目的を達成するための大きなチャレンジが、どのようにして内発的興味を fMRI の実験場面で喚起するかということである。本研究では、従来から使われているトリビアクイズに加えて、新たに開発した、独自の「マジックショー課題」を用いて、内発的興味を操作した。このマジックショー課題では、被験者は 30 秒程度のマジックのビデオクリップをいくつも用意し、それを呈示する。トリックの分からないマジックを呈示することで、内発的興味を喚起させることを目的とする。

より具体的な実験では、トリビアクイズやマジックショー課題をスキャナ内で被験者に提示し、クイズの答えやマジックのタネをどれくらい知りたいかを、意思決定課題を用いて調べた。この意思決定課題の反応を用いて、知的好奇心に関わる脳内部位を知ることが可能になった。加えて、同じ被験者に食べ物写真の提示し、その食べ物への欲求も同じ意思決定課題を用いて測定した。これにより、内発的興味（知的好奇心）と、食べ物への欲求が共通の神経基盤によって支えられているかを直接的に検討することが可能になる。

(2) 第二の目的の最初の仮説を検討するため、知的好奇心をマジックショー課題で喚起した上で、マジックに関する記憶を測定した。また、第二の目的の 2 つ目の仮説を検討するため、知識獲得を系統的に操作できる新たな実験パラダイムを作成した。この課題では、被験者はほとんど知られていない国 (e.g., Republic of Kiribati) に関するテキスト情報が連続的に与えられる。1 つのテキスト情報が与えられるごとに、被験者の内発的興味を測定することで、知識量と内発的興味との関係を系統的に調べることが可能になる。

### 4. 研究成果

(1) 内発的興味を喚起するために、トリビアクイズ課題と、マジックショー課題を作成するこ

とに成功した。トリビアクイズ課題は、200以上のトリビア質問からなるデータベースを作成し、HP上に公開した（[その他]の欄を参照のこと）。データベースでは、1500人以上の被験者から集めたデータをもとに、好奇心や興味の評定、一週間後に測定した記憶課題の結果を、標準化データとして記している。また、4人のプロのマジシャンと契約を結び、100以上のマジックのビデオクリップを作成した（図2）。これらのマジックはほとんどが20秒 - 1分以内のものであり、ビデオ編集ソフトで、マジシャンの顔を隠すなど心理実験に適した課題で処理がなされている。このマジックビデオ刺激に関しても、400人以上の被験者から標準化データを得ており、現在そのデータベースを研究者と共有するための論文を執筆中である。

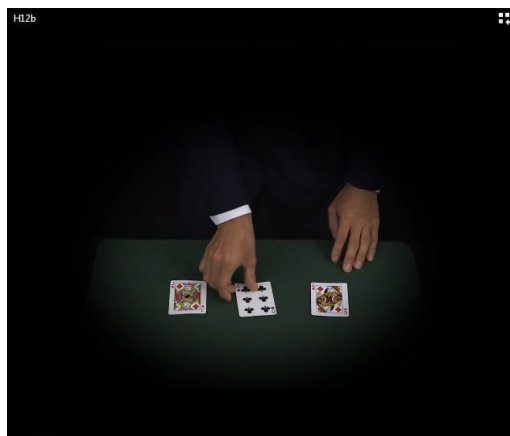


図2：作成されたマジックショー課題の例

得られた刺激をもとに、fMRI 実験を行った結果、内発的興味も外発的な報酬（食べ物）も、線条体（striatum）という脳内の報酬系によって支えられていることが明らかになった。この結果は、マジックショー課題を使った実験で示され、さらにトリビア課題を使った実験で追試された。一方、意外なことに、内発的興味特有、もしくは外発的な報酬に特異的に賦活される脳部位に関しては、2つの刺激を使った実験の間で一貫したものは見られなかった。こうした結果は、本研究のメインの仮説を支持するものである。こうした実証的な基盤をもとに、包括的な文献レビューを行い、内発的興味の生成メカニズムに関する理論的な枠組みをいくつかのレビュー論文で提唱した。この枠組みでは、内発的興味は外発的な報酬と同じ脳内メカニズムによってサポートされているとする。ただし、内発的興味は、外発的な報酬ではなく、「知識獲得」という心的プロセスによって生成されるものであり、報酬系が賦活するまでのプロセスに違いがあると考えられる。

(2) 第二の目的を達成するための行動実験も、いくつかの興味深い知見を得ることができた。1つめの行動実験において、仮説通り、内発的興味を喚起させるマジックほど、一週間後の記憶の固定が起きやすいことが示された（偶発再認課題）。特に、内発的興味によって促進される記憶は確信度が高い（記憶研究の文脈で述べるならば回想成分が大きい）ことが明らかになった。これは、報酬による記憶の固定効果と非常に類似したものであり、近年では別の研究でも示唆されている結果であるが、マジックといった動的な刺激を用いて示したのは本研究がはじめてである。また、内発的興味が記憶に与える影響の年齢差を調べるため、トリビア課題を用いて記憶を測定し、その結果を老人と若者と比較した。分析の結果、年齢に関係なく、内発的興味は記憶の固定に関係することが明らかになったが、わずかながら老人の方がその関係は強いことが明らかになった。

さらに、二つ目の行動実験では、内発的興味は知識の獲得に伴って蓄積的に増大することが明らかになった。この結果は研究代表者が提唱した理論的枠組みによって予測されたものと一貫するものであった。しかしながら一方で、その増大にはある程度の閾値があることも判明した。いくつかの文献では、知識を得ると飽和が起きてしまい低下するという考えが述べられているが、この結果はそうした一般的な見解と合致するものでもある。研究代表者はさらに、「自己選択」が報酬系を活性化するという近年の知見をもとに、同じパラダイムを用いて、自己選択の要因を操作した実験も実施した。具体的には、被験者は自分で獲得したい知識を自分で選択できる条件を追加して同じ実験を行った。その結果、内発的興味が知識の獲得によって増大するという知見が追試されただけでなく、この効果は、自己選択ができる条件でより顕著であった（図3）。

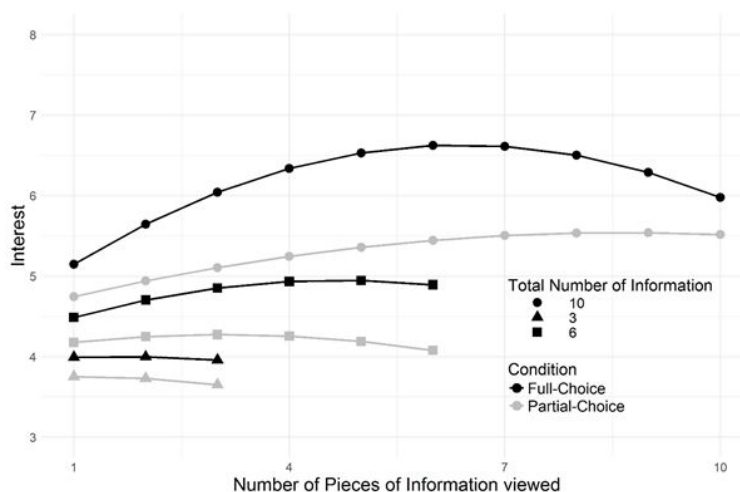


図3：知識獲得と選択が内発的興味に与える影響

なお、こうしたメインの実験に加えて、内発的興味に関する派生的なプロジェクトを特に海外の共同研究者と積極的に実施した。それらはたとえば、内発的興味が記憶の自己制御に与える影響、内発的興味が喚起する課題とアディクションとの関係などである。

以上、予定されていた研究は無事に遂行することができ、さらに派生的な研究にまで発展させることもできた。内発的興味に関する系統的な実験的研究は、国内外においてもまだ少ない。実際、本研究プログラムを開始して以降、いくつかの研究機関から、招待講演を依頼され、この未開拓な領域に関して、活発な議論を行うことができた。本研究から導き出した理論的枠組みでは、これまでの研究では指摘されてこなかった新たな予測もいくつか提出している。たとえば、内的な報酬の生成（内発的興味）は、知識獲得という不可視のプロセスによって生成されるため、人は自分自身の内発的興味が過小評価しがちなのではないかというのが予測の1つである。こうした予測は、申請者の予備的な調査では検証されているものの、まだ直接的な証拠は存在しない。また、知識を獲得することは、これまでに意識していなかった知識の欠如を自覚させることがあるため、より知識獲得の欲求を増大させることも予想される。この仮説は、上述の研究（図3）によって部分的に支持されてはいるものの、やはり直接的な検証はいまだ行われていない。今後は、こうした理論的予測を検証する実験を蓄積していく必要があると思われる。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 13 件)

- ① Vogl, E., Pekrun, R., Murayama, K. & Loderer, K. (印刷中). Surprised-Curious-Confused: Epistemic Emotions and Knowledge Exploration. *Emotion*, DOI: 10.1037/emo0000578 (査読有)
- ② Usami, S. & Murayama, K. (2018). Time-specific Errors in Growth Curve Modeling: Type-1 Error Inflation and a Possible Solution with Mixed-Effects Models. *Multivariate Behavior Research*, 53, 876-897. DOI: 10.1080/00273171.2018.1504273 (査読有)
- ③ Sakaki, M., Yagi, A., & Murayama, K. (2018). Curiosity in old age: A possible key to achieving adaptive aging. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 88, 106-116. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2018.03.007 (査読有)
- ④ Scholer, A. A., Miele, D. B., Murayama, K., & Fujita, K. (2018). New directions in self-regulation: the role of metamotivational beliefs. *Current Directions in Psychological Science*, 27, 437-442. DOI: 10.1177/0963721418790549 (査読有)
- ⑤ Ueno, T., Meteyard, L., Hoffman, P., & Murayama, K. (2018). The ventral anterior temporal lobe has a necessary role in exception word reading. *Cerebral Cortex*, 28, 3035-3045. DOI: 10.1093/cercor/bhy131 (査読有)
- ⑥ Fastrich, G. M., Kerr, T., Castel, A. D., & Murayama, K. (2018). The role of interest in memory for trivia questions: An investigation with a large-scale database. *Motivation Science*, 4, 227-250. DOI: 10.1037/mot0000087 (査読有)
- ⑦ Middlebrooks, C. D., Murayama, K., & Castel, A. D. (2017). Test expectancy and memory for important information. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, 43, 972-985. DOI: 10.1037/xlm0000360 (査読有)
- ⑧ Przybylski, A., Weinstein, N., & Murayama, K. (2017). Internet gaming disorder: Investigating the clinical relevance of a new phenomenon. *American Journal of Psychiatry*, 174, 230-236. DOI: 10.1176/appi.ajp.2016.16020224 (査読有)
- ⑨ Murayama, K., Pekrun, R., Suzuki, M., Marsh, H. W., & Lichtenfeld, S. (2016). Don't aim too high for your kids: Parental over-aspiration undermines students' learning in Mathematics. *Journal of Personality and Social Psychology*, 111, 766-779. DOI: 10.1037/pspp0000079 (査読有)
- ⑩ Murayama, K., Kitagami, S., Tanaka, A., & Raw, J. A. (2016). People's naivete about how extrinsic rewards influence intrinsic motivation. *Motivation Science*, 2, 138-142. DOI: 10.1037/mot0000040 (査読有)
- ⑪ Middlebrook, C. D., Murayama, K., & Castel, A. D. (2016). The value in rushing: Memory and

selectivity when short on time. *Acta Psychologica*, 170, 1-9. DOI: 10.1016/j.actpsy.2016.06.001 ( 査読有 )

⑫ Weidman, A. C., Augustine, A. A., Murayama, K., & Elliot, A. J. (2015). Internalizing symptomatology and academic achievement: Bi-directional prospective relations in adolescence. *Journal of Research in Personality*, 58, 106-114. DOI: 10.1016/j.jrp.2015.07.005 ( 査読有 )

⑬ McGillivray, S., Murayama, K., & Castel, A. D. (2015). Thirst for knowledge: The effects of curiosity and interest on memory in younger and older adults. *Psychology & Aging*, 2015, 825-841. DOI: 10.1037/a0039801 ( 査読有 )

〔学会発表〕(計 7 件)

① Murayama, K. (2018). Curiosity as a complementary reward for extrinsic incentives and metamotivational belief. International Conference on Motivation ( 招待講演 )( 国際学会 )

② Fastrich, G. & Murayama, K. (2018). Curiosity carry-over effect. Exploring curiosity workshop ( 国際学会 )

③ Murayama, K. (2016). Curiosity as a complementary reward for intrinsic incentives. Second Interdisciplinary Symposium on Information Seeking, Curiosity, and Attention( 招待講演 )( 国際学会 )

④ Murayama, K. (2016). Interest as a complementary reward for intrinsic incentives. Hong Kong Cognitive Science Society ( 招待講演 )( 国際学会 )

⑤ Lau, J., Ozono, H., Komiya, A., & Murayama, K. (2017). The seductive power of curiosity: An fMRI investigation. Organization of Human Brain Mapping ( 国際学会 )

⑥ Fastrich, G., Kerr, T. K., Castel, A. D., & Murayama, K. (2015). Establishing a trivia question database to examine how curiosity and interest influence memory. Annual Meeting of the Psychonomic Society ( 国際学会 )

⑦ Murayama, K. (2015). Within-person approach: What is it and why is it so important? British Psychology Society (BPS) Psychology of Education Conference ( 国際学会 )

〔その他〕

ホームページ等

トリビアクイズデータベース :

<http://koumurayama.com/resources.php>

## 6 . 研究組織

(1)研究分担者

(2)研究協力者

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。