

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：94301

研究種目：学術変革領域研究(B)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H05709

研究課題名(和文)クオリア構造と脳活動から得られる情報構造の関係性理解

研究課題名(英文) Understanding relationships between qualia structures and (brain-derived) information structures

研究代表者

土谷 尚嗣 (Tsuchiya, Naotsugu)

株式会社国際電気通信基礎技術研究所・脳情報通信総合研究所・客員研究員

研究者番号：80517128

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究領域の目的は、意識の質(クオリア)を特徴付ける新しい手法の確立であった。具体的には、クオリア間の関係性(クオリア構造)に着目した特徴付けの手法を確立し、そのクオリア構造と神経活動との対応関係の解明を目指した。特に視覚クオリアを対象として、A)視覚クオリア構造の可視化、B)神経活動パターンとの対応関係の解明、C)神経活動から抽出した情報構造との対応関係の解明を目指した。本研究領域における総括班の位置づけは、共同研究 促進・企画・広報・国際活動の計画を遂行し、3年後の学術変革領域 A の提案に向けて、領域全体の推進を促進することであった。この目的は概ね予定通りに達成できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

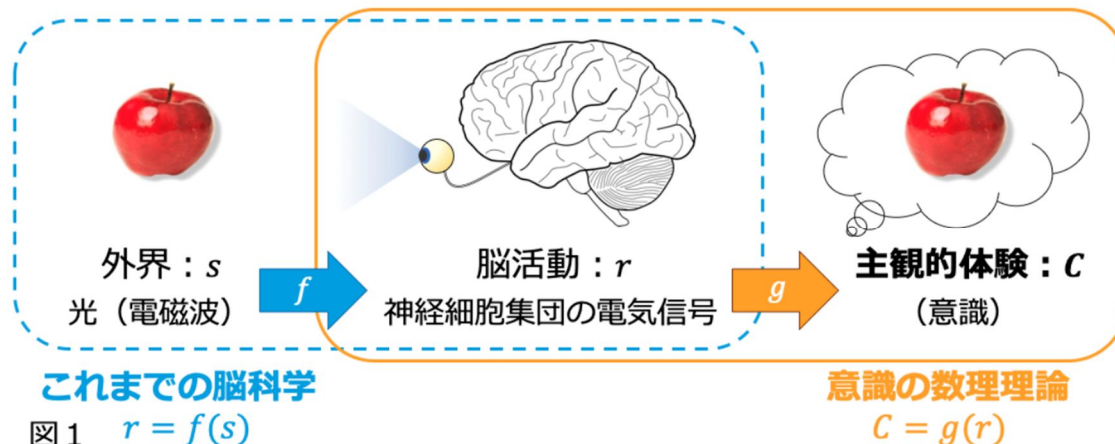
総括班の研究成果は、共同研究の促進・企画・広報・国際活動の計画を遂行であった。領域会議(オンライン2回、オンサイト2回)では、共同研究の促進がなされ、若手研究者の育成を行うことができた。また、企画の一部として領域手動のシンポジウムを5回開き、領域外の研究者との交流・新しい共同研究が生まれた。領域会議やシンポジウムはYoutubeを通じて国際的に広報を行うことで、領域の学術成果と知名度をあげるのに貢献した。またYoutubeでは領域内外の学生からの質問に答えるQ&Aなど、社会的意義のある貢献を行った。

研究成果の概要(英文)：The objective of this research was to establish a new method for characterizing the quality of consciousness (qualia). Specifically, we aimed to establish an experimental method to quantify the relationships among qualia as a qualia structure. Further, we aimed to elucidate the correspondence between the qualia structure and neural activity. In particular, we focused on visual qualia in order to a) visualize the structure of visual qualia, b) to visualize the structure of patterns of neural activity, and c) elucidate the correspondence between the structure of visual qualia and information structures extracted from neural activity. The goal of this project team (X01) was to help promote joint research projects, planning, public relations, and international activities, and to facilitate the promotion of the entire research area toward the proposal of Transformative Area A in three years' time. This objective was generally achieved as planned.

研究分野：実験心理学

キーワード：クオリア 情報構造 大規模心理実験 圏論 脳イメージング

1. 研究開始当初の背景



従来の脳科学では、外界の刺激 s (例えばリンゴという視覚刺激) に対して、どのような脳活動 r が生じるかという関係性を研究してきた。この数学的な関係性を関数 f を用いて $r = f(s)$ と書くこととすると、関数 f を明らかにすることが、従来の脳科学が主にやってきた研究であると言える(図1の点線で囲った部分)。こうした研究によって、外界の刺激という情報を脳がどのように処理しているかという、情報処理のメカニズムに関しては多くのことが明らかになってきた。一方で我々の脳は、単に外界の情報を処理するだけでなく、「リンゴが見えた」という主観的な体験も生み出している。この主観的な体験のことを意識と呼ぶ。本研究では、従来の脳科学が取り組んできた外界の刺激と脳活動との関係ではなく、脳活動 r から生み出される意識を C とした時、 r と C との関係性を明らかにすることを試みた(図1の実線で囲った部分)。具体的には、 r から C への数学的な変換 $C = g(r)$ を明らかにすることが究極の目標である。

1990年代ごろから Crick と Koch によって始まった、意識の神経相関を見出す研究パラダイムは、まさに意識と脳活動の関係性を明らかにしようという試みであった。しかし、主なリサーチクエスチョンは、例えば、「意識的に視覚刺激が見えたか見えないか」や「2つの視覚刺激の内、どちらが意識にのぼるか」であった。これらは二値的な質を検討したものであり(見えた or 見えない、視覚刺激 A or B)、私たちの視覚体験の質の豊かさに直接的に迫ったものではない。これまで意識の質、すなわちクオリアそのものを対象とする研究がほとんど行われていない理由は、クオリアを定量化するすべを持たなかったことによる。たしかに、私にとって何かが意識的に見えたか見えないかを報告するのは簡単だとしても、私がどのように「赤いリンゴ」を見ているのか、その見えた感じ・視覚クオリアを誰かに対して報告して、そのクオリアそのものを伝える、というのは不可能だ。クオリアが、言語で表現することが不可能であるということは、クオリアの大きな特徴の一つとして捉えられており(Ramachandran & Hirstein, 1997 J of Consciousness Studies)、意識の質そのものに迫る研究は、もはや原理的に不可能ではないかと考えられてきた。(クオリアとはテクスチャ(物の質感)という言葉と同義ではなく、意識の中身・質を指すより幅広い意味を持った言葉である)。

こうした状況を打破するために、領域代表者の土谷は、ある特定のクオリア(例えば「赤」)そのものを特徴づけようとするのではなく、複数のクオリアを考え(「赤」「青」「黄」)、これらのクオリアの間関係性を明らかにするという研究のパラダイムを提唱した(土谷, 西郷 2019 認知科学)。これは数学における圏論の中の米田の補題と呼ばれる定理にインスピレーションを得て思いついたパラダイムである。圏論で扱われる圏という概念は、モノとモノがどういう関係を持っているか、それらの関係がどう相互作用しているかを扱うためのもの

である。そして、米田の補題は、2つのモノ A と B がある時、「モノ A と他のモノとの関係」と「モノ B と他のモノとの関係」が同一の時、2つのモノ A と B は本質的に同じであるということを主張する。すなわち、モノが何であるかを規定することが難しい場合、そのモノと周囲のものとの関係性を規定することで同じ結果が得られるということである。例えて言うなら、「木」を特徴づけるのに、木の定義を行うことと、木と芝生や土、雑草、空気などとの関係性を特徴づけることは本質的に同じことになる、ことを意味する。この米田の補題をクオリアに応用すると、クオリア A とクオリア B を直接定義することは難しいとしても、「クオリア A とその他のクオリアとの関係性」が「クオリア B とその他のクオリアとの関係性」と同じであるならば、周囲との関係性から定義したクオリア A と B は本質的に同じであることを示すことが可能である。

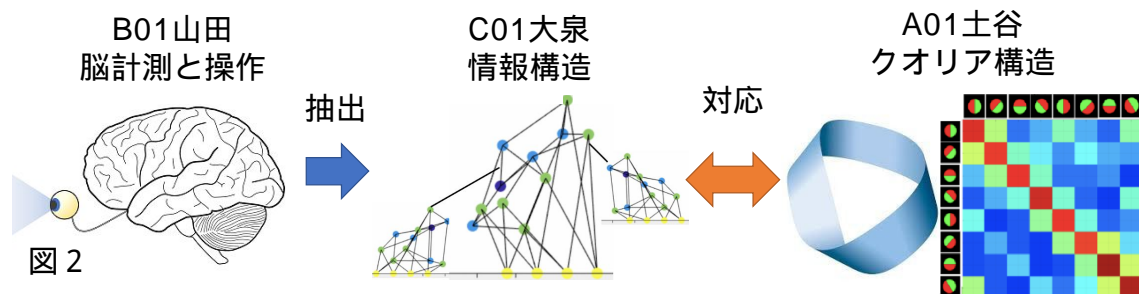
本領域の出発点は、この米田の補題の考え方を意識の中身・質、すなわちクオリアの理解に応用するというアイデアであった。もしも、クオリアの圏(周囲との関係性)を定義できるならば、私が感じている赤とあなたが感じている赤の同じさを数学的に検証できる可能性が出てくる。そしてこの論理は、個々人の間だけでなく、原理的には動植物・人工物を問わず応用が可能である。以上のような野心的なプロジェクトを、3年後に学術変革領域 A として提案することを念頭においた上で、本提案では、精密な意識経験の報告が可能で成人を対象とした新しい実験課題を用いてクオリアの構造を明らかにし、それに伴う脳情報構造も明らかにし、最後にクオリア構造と脳情報構造の関係性を明らかにすることを目的とした研究を開始した。

2. 研究の目的

本領域の目的は、これまで定義することが難しいとされてきた意識の質・クオリアにアプローチするために、

- 1) あるクオリアとその他のクオリアとの関係性の総体を探ることで、あるクオリアの構造を特徴づける、
- 2) 脳活動をもとに意識に関わる情報構造を特徴づける、そして、
- 3) クオリアの構造と情報構造の関係性を特徴づける、

というアプローチを確立することであった。この目的を達成するために、本領域は心理物理学・数理現象学を用いてクオリア構造を明らかにする A01 土谷、イメージングによる脳活動の測定と薬理負荷操作を用いてクオリアと脳活動の因果関係を明らかにする B01 山田、そして脳活動から情報構造を抽出し、クオリア構造との対応を検証する C01 大泉、という3つの班からなる構成で研究をすすめる。各研究班の間で概念・開発されたツール・結果を共有し、最終的に視覚クオリア構造と脳情報構造を繋ぐ、これまでにない意識の研究手法を確立する。



3. 研究の方法

総括班の位置づけは、**共同研究促進・企画・広報・国際活動の計画を遂行し**、3年後の学術変革領域 A の提案に向けて、領域全体の推進を促進することであった。具体的には以下の3つの役割を担った。

(1) **領域内の研究者間の共同研究促進**：2週間毎に行うオンラインでのミーティングの開催とその映像・資料記録と管理

(2) **領域外研究者との共同研究の促進・若手育成企画計画と実行**：領域会議の企画と開催。領域会議に、3年後の学術変革領域 A 提案において計画班代表・分担としてリクルートする予定のメンバーを招待する。

(3) **領域成果広報**：成果を広報用ウェブサイト・Twitter・FaceBook 運営・管理と意識研究 Youtube チャンネルの運営。

組織体制

代表：土谷 尚嗣 (ATR/モナシュ大学：領域促進・ミーティングの開催などの責任者)

分担：山田 真希子 (量研：領域会議の企画・実行の責任者)

分担：大泉 匡史 (東京大学：広報の責任者)

4. 研究成果

(1) 領域内の研究者間の共同研究促進：

コロナ禍でもあり、2週間毎にオンラインで Zoom ミーティングの開催をおこなった。2021年4月以降は、コア MTG と称し、土谷・山田・大泉に加え、後に学術変革 A の計画研究代表者として参加してもらうことになった森口・小泉を加え、MTG を行った。

(2) 領域外研究者との共同研究の促進・若手育成企画計画と実行：

領域会議は、以下のように5回オーガナイズした。

1. 2022.12.2-4 Qualia Structure Grant Meeting Nara Kasugano Hall
2. 2022.07.07-08 PI only Qualia week meeting at Kyoto University and Ritsumeikan University (Tsuchiya, Yamada, Oizumi, Phillips, Saigo, Moriguchi and other PIs joining from Qualia Structure A)
3. 2022.03.7-11 Qualia Week Zoom & Gather (members of the laboratories in Tsuchiya, Yamada, Oizumi)
4. 2021.07.01-02 [Event] The 1st research area meeting was held by Zoom and Gather. (members of the laboratories in Tsuchiya, Yamada, Oizumi)
5. 2020.11.10 [Event] A kick-off meeting was held at Zoom. (Tsuchiya, Yamada, Oizumi) <https://youtu.be/cAb0WpS--7Q>

領域企画シンポジウムとして以下の5件をオーガナイズした。

1. 2022.07.05 AI & Brain Speakers: Yamada, Taniguchi, Suzuki, Shimazaki (2022) Youtube, International Symposium on Artificial Intelligence and Brain Science (AIBS2022) hosted by Tsuchiya
2. 2021.11.30 [Event] Qualia Structure Symposium on Development of Consciousness. Organizer: Moriguchi (Kyoto U, Japan) and Qualia Structure
3. 2021.07.30 [Event] Qualia Structure Symposium at the Japan Neuroscience Society (qualia structure) Speaker: Tsuchiya, Yamada, Oizumi, Saigo

4. 2021.05.12 [Event] Information Structure of Brain and Qualia Symposium YouTube in English organized by Oizumi
5. 2021.03.17 [Event] Color qualia symposium was organized by Tsuchiya <https://youtu.be/-3b26eFBf5k>

(3) 領域成果広報：

領域成果は、主に Youtube・Twitter で行った。参加学生による、ジャーナルクラブ、土谷による意識の授業、意識研究セミナー、学生との Q&A、他領域研究者へのインタビューなどを開催することで、領域 YouTube Channel, Neural basis of consciousness は、2020 年 10 月には登録者 146 人だったが、その後 2023 年 3 月には 2057 人まで登録者が増えた。

また以下の 5 件のニュースレターもウェブサイトにて公開した。

1. 2021 June 7
https://docs.google.com/document/d/1XUVUxtvKPebnR2LLtoJHbUtpW2WDW8e1cWqSrEqXJgU/edit?usp=share_link
2. 2022 Jan 7
https://docs.google.com/document/d/1pxqg3fulfDDXd_rXcXM3yU6qv3U9yFuHbucv1WbUKBU/edit?usp=share_link
3. 2022 Aug 1
https://docs.google.com/document/d/1g5CifbOWbPkqgqgegoqU0nhBFlovo_kMm5czDBO0Rb5M/edit?usp=share_link
4. 2023 Jan 20
https://docs.google.com/document/d/14BcRpVpW5Ebh_dbGuxgLkByUuJwk3GawkxBTdx3Oy0w/edit?usp=share_link
5. 2023 Apr 8
https://docs.google.com/document/d/1bJS-2na_sSq4IxZFOH8bCF2M3Wf1dhNWgcltYPjKLbg/edit?usp=share_link

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計1件

1. 著者名 土谷 尚嗣	4. 発行年 2021年
2. 出版社 岩波書店	5. 総ページ数 152
3. 書名 クオリアはどこからくるのか？	

〔産業財産権〕

〔その他〕

クオリア構造と情報構造の関係性理解 https://qualia-structure.labby.jp/
--

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	大泉 匡史 (Oizumi Masafumi) (30715371)	東京大学・大学院総合文化研究科・准教授 (12601)	
研究分担者	山田 真希子 (Yamada Makiko) (50557444)	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・量子生命科学 研究所・グループリーダー (82502)	

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