

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 5 日現在

機関番号：63905

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K07729

研究課題名（和文）視線を介した注意共有が社会的意思決定プロセスに与える影響の検討

研究課題名（英文）The impact of sharing attention on the social decision-making process

研究代表者

小池 耕彦 (Koike, Takahiko)

生理学研究所・システム脳科学研究領域・助教

研究者番号：30540611

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、ハイパースキャンニングfMRIを用いて、注意共有行動（アイコンタクト、共同注意）の神経基盤の関係性や、注意共有行動に後続するさらに複雑で高次の情報共有の神経基盤を検討した。アイコンタクトと共同注意という異なるコミュニケーション行動の双方に、右前部島皮質-下前頭回および被殻が中心的な役割を果たしている可能性が示唆された。また注意共有後に高次の情報である物体に対する好み共有される過程の神経基盤を、ハイパースキャンニングfMRI実験で検討した。この過程には、背内側前頭前野、前帯状皮質、楔前部、左海馬、右小脳、そして左下前頭回（IFG）が関連している可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我々は、二者同時記録fMRI装置を用いた研究で、注意共有のようなコミュニケーションの背後に個体間脳活動相関が存在することを示してきた。しかし実社会でのコミュニケーションに個体間脳活動相関が役割を果たすかを理解する上では、単に一つの注意共有行動の神経基盤を検討するだけではなく、注意共有行動の神経基盤の関係性や、後続するより複雑で高次の情報共有の神経基盤の検討を進める必要がある。本研究により、情動や感情を言語で共有するような、複雑ではあるが現実社会で広くみられるコミュニケーション行動のメカニズムを理解できるようになり、Well-beingのメカニズムなどの理解が進むことが期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, we investigated the neural substrates underlying interpersonal attentional behaviors, such as eye contact and joint attention, as well as the neural substrates of more complex and higher-order information sharing following these attentional behaviors, using the hyper scanning fMRI experimental paradigm. Our findings suggest that both the right anterior insula and the posterior cingulate cortex play central roles in both eye contact and joint attention, which are distinct forms of communicative behaviors. Furthermore, we examined the neural substrates of the process in which higher-order information is shared following joint attention using hyper scanning fMRI experiments. Our results suggest that the dorsomedial prefrontal cortex, anterior cingulate cortex, anterior insula, left hippocampus, right cerebellum, and the left inferior frontal gyrus (IFG) associated with introspection may be involved in the process of sharing higher-order information, such as preferences.

研究分野：社会神経科学

キーワード：視線コミュニケーション アイコンタクト 共同注意 fMRI ハイパースキャンニング

## 1. 研究開始当初の背景

我々は、コミュニケーション中の脳活動を同時に記録可能な、二者同時記録 fMRI 装置を用いて研究をおこなってきた。この研究手法はハイパースキャニング(Hyperscanning)と呼ばれ、fMRI のみならず多くの脳機能イメージング装置を用いておこなわれている。一般的にこの方法では、古典的な脳活動量や機能的結合解析など個人の脳に帰属される脳活動指標のみでなく、脳活動の個体間相関を計算することが多い。個体間脳活動相関を計算することで神経基盤を検討する手法は、相互予測仮説と呼ばれる考えに基づいている(Hamilton, 2021)。コミュニケーションは二者が相互に相手の反応を予測し合っている状態である。このような状態では、二者の脳活動が相関しており、相関によりコミュニケーションの神経基盤を描出できると相互予測仮説は説明する。この仮説は、鳥コミュニケーションのデータを基にした計算機シミュレーションの結果とも一致しており、単に運動が揃っていることを超えた共有の神経基盤を明らかにできる可能性が示唆されている(Friston & Frith, 2015)。

我々は、ハイパースキャニングを用いてコミュニケーション中の脳活動を計測する研究により、相互予測仮説の示す通り、コミュニケーションの神経基盤が個体間脳活動相関により描出されうること示してきた(Koike et al., 2016, 2019, 2019 など)。しかしこれらの研究の目的は、実験課題を設計する際の制約などから、実験で用いられる課題が非常にシンプルなものになっている。たとえば我々は、視線を用いた注意共有(アイコンタクトや共同注意)が右島皮質-下前頭回の個体間脳活動相関を引き起こすこと、そして注意共有の重要な神経基盤の一つが右島皮質-下前頭回があることを示した。一般的に視線を介した共同注意では、アイコンタクトの後にそれがおこなわれる。また発達段階においては、共同注意行動はアイコンタクトのあとに現れる。これらの事実と我々の結果を合わせると、あたかも右島皮質-下前頭回は、相互に深く関係しているアイコンタクトと注意共有の双方を繋ぐ役割を果たすように思われるが、この関係性を直接に検討した研究は存在しない。また日常生活を考えると、アイコンタクトや共同注意そのものがコミュニケーションのゴールであることはあり得ない。注意が共有されて二人の意識が対象物に向けられたところで、はじめていわば本命のコミュニケーションが始まり、重要な情報が共有される。すなわち、注意共有に後続する本命の情報共有の間の関係性もよくわかっていない。

実際の社会における情報共有の背後に個体間脳活動相関が存在するかを理解する上では、これまでのように単に一つの注意共有行動の神経基盤をハイパースキャニング fMRI で検討するだけでなく、注意共有行動の神経基盤の関係性や、後続するより複雑で高次な情報共有の神経基盤の検討を進める必要がある。

## 2. 研究の目的

ハイパースキャニング fMRI の実験パラダイムを用いて、注意共有行動(アイコンタクト、共同注意)の神経基盤の関係性や、注意共有行動に後続するより複雑で高次な情報共有の神経基盤を検討する。

## 3. 研究の方法

本研究の目的を達成するためには、視線を介した注意共有（アイコンタクト、共同注意）中の脳活動や、注意共有後により高次の情報を共有するコミュニケーション行動中の脳活動を、コミュニケーションに参加している二者から同時に記録して解析する必要がある。本研究では、自然科学研究機構生理学研究所に設置されているハイパースキャニング fMRI 装置を利用して実験をおこない、そのデータを利用して解析をおこなった。

#### 4．研究成果

**注意共有行動（アイコンタクト、共同注意）の神経基盤の関係性の検討：**前出の通り、視線を介した注意共有行動は、まずアイコンタクトがおこなわれ、その後に共同注意がおこなわれる。これら近接して生起する行動の背後にある神経基盤の関係性を検討するために、ベータ結合性解析(Rissman et al., 2004; Koike et al., 2019)を利用した解析方法を考案した。この方法ではまず、アイコンタクトに関連した脳活動（ベータ値）を1トライアルごとに推定する。同様に後続する共同注意に関連したベータ値を1トライアルごとに推定する。その結果、アイコンタクト関連脳活動のトライアル間変動、共同注意関連脳活動のトライアル間変動が系列として得られる。まずこのベータ系列を利用して、アイコンタクトおよび共同注意に関連した脳内のネットワークを推定した。さらにアイコンタクトから共同注意へと推移する過程で、どのような情報の流れが起きているかをベータ結合性解析で検討した。ある領域がアイコンタクトと共同注意という、異なる注意共有にともに関連しているのであれば、アイコンタクト関連の脳活動変動と共同注意関連の脳活動変動には、何らかの関係性があることが期待される。このような特殊なベータ系列解析により、アイコンタクトと共同注意という異なる注意共有を結び働きを持つ脳領域を描出することを目指す。ただしアイコンタクトのあとに必ず共同注意がおこなわれるような実験の場合、一般的に解析で利用される脳活動量として、アイコンタクトと共同注意の神経基盤を別々に分けて描出することは難しい。そこで、アイコンタクトの後に必ず共同注意が続くわけではない実験デザインによるデータ収集も並行しておこなった。ベータ結合性解析を用いた解析の結果、アイコンタクト中および共同注意に関連したネットワークで、右前部島皮質および被殻が中心的な役割を果たしている可能性が示唆された。またアイコンタクト関連ネットワークと共同注意関連ネットワークの関係性を調べたところ、島皮質から右の側頭葉に情報が流れている可能性が示唆された。この結果について解析を継続するとともに、論文を執筆中である。また新しい実験デザインを用いた fMRI データ収集は終了し、現在は解析を継続中である。

**注意共有後の高次の情報共有の神経基盤の検討：**また注意共有が最終目的ではなく、注意共有を基盤としてより高次の情報が二者間で共有される場合に、どのような神経基盤が関係しているかについて、二者同時記録 MRI 装置を用いて検討した。本研究では「高次の情報」として、自分の心内にのみ存在する、物体に対する好みを利用した。このような高次の情報を共有することを可能とするため、内観した思考や知識を共有可能な、会話をを用いた実験をおこなった。実験において参加者は最終的に、あるオブジェクトを好きか嫌いか、言語で共有する。まずは二者間で注意を向ける対象となるオブジェクトを共有する。先行者と追従者の見ている画面には、オブジェクト名が呈示される。まず先行者が画面に提示されるオブジェクト名を発話し、追従者はそれを聞いて理解できたら返答する。たとえば、「ゴキブリ」「はい」のような会話がおこなわれる。この時点で、参加者らの注意は共有されたオブジェクトに向けられる。続けて、先行者は共有されたオブジェクトが好きか嫌いかを発言し、追従者も自分の好みを答える。たとえば、「わ

たしは好き」「わたしも好き」のような会話がおこなわれる。自分の自由意志でおこなわれるコミュニケーションは、実験者によって指示されて完全に構造化されたそれとは異なる可能性が高いため(Koike et al., 2021)、本研究では好みは参加者が自由に選んで答えることとした。二者間で意見が別れるトライアルを確保するため、先行者と追従者には異なるオブジェクト名が呈示される場合があった。たとえば先行者には「ゴキブリ」、追従者には「ケーキ」が呈示され、この場合は意見が別れる可能性が高くなる。ただし参加者には、異なるオブジェクトが呈示される可能性については事前には知らされていない。高次の情報の共有に特異的に関係した領域を描出するために、オブジェクトの視覚的特徴(色や数など)を共有する対照条件課題を設定した。好みという高次の情報が共有された過程では、より低次の対照条件と比較して、背内側前頭前野、前帯状皮質、前楔、左海馬、右小脳、内観を表す左下前頭回(IFG)の眼窩部など活性化した。特に左IFGは、2人の参加者の好み不一致だった場合に活性化した。この結果については、国際誌で発表をおこなった(Yoshioka et al., 2023)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 7件）

|   |                           |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Nakagawa E, Koike T, Sumiya M, Shimada K, Makita K, Yoshida H, Yokokawa H, Sadato N   | 4. 巻<br>15                |
| 2. 論文標題<br>The Neural Correlates of Semantic and Grammatical Encoding During Sentence Production in a Second Language: Evidence From an fMRI Study Using Structural Priming | 5. 発行年<br>2022年           |
| 3. 雑誌名<br>Frontiers in Human Neuroscience_  | 6. 最初と最後の頁<br>753245      |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.3389/fnhum.2021.753245   | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>-                 |
| 1. 著者名<br>Hashiguchi M, Koike T, Morita T, Harada T, Denis Le Bihan, Sadato N   | 4. 巻<br>166               |
| 2. 論文標題<br>Neural substrates of accurate perception of time duration: A functional magnetic resonance imaging study   | 5. 発行年<br>2022年           |
| 3. 雑誌名<br>Neuropsychologia  | 6. 最初と最後の頁<br>108145      |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.neuropsychologia.2022.108145  | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する              |
| 1. 著者名<br>Yoshioka A, Tanabe HC, Sumiya M, Nakagawa E, Okazaki S, Koike T, Sadato N   | 4. 巻<br>16(12)            |
| 2. 論文標題<br>Neural Substrates of Shared Visual Experiences: A Hyperscanning fMRI Study   | 5. 発行年<br>2021年           |
| 3. 雑誌名<br>Social Cognitive and Affective Neuroscience   | 6. 最初と最後の頁<br>1264 ~ 1275 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1093/scan/nsab082  | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>-                 |
| 1. 著者名<br>Kohei Miyata, Takahiko Koike, Eri Nakagawa, Tokiko Harada, Motofumi Sumiya, Tetsuya Yamamoto, Norihiro Sadato   | 4. 巻<br>117916            |
| 2. 論文標題<br>Neural substrates for sharing intention in action during face-to-face imitation  | 5. 発行年<br>2021年           |
| 3. 雑誌名<br>Neuroimage  | 6. 最初と最後の頁<br>117916      |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.neuroimage.2021.117916  | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>-                 |

|  |                      |
|--|----------------------|
| 1. 著者名<br>Eri Nakagawa, Motofumi Sumiya, Takahiko Koike, Norihiro Sadato                               | 4. 巻<br>225          |
| 2. 論文標題<br>The neural network underpinning social feedback contingent upon one's action: An fMRI study | 5. 発行年<br>2020年      |
| 3. 雑誌名<br>Neuroimage   | 6. 最初と最後の頁<br>117476 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.neuroimage.2020.117476   | 査読の有無<br>有           |
| オープンアクセス<br>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<br>-            |

|   |                      |
|---|----------------------|
| 1. 著者名<br>Shuntaro Sasai, Takahiko Koike, Sho Sugawara, Yuki Hamano, Motofumi Sumiya, Shuntaro Okazaki, Haruka Takahashi, Gentaro Taga, Norihiro Sadato | 4. 巻<br>224          |
| 2. 論文標題<br>Frequency-specific task modulation of human brain functional networks: A fast fMRI study   | 5. 発行年<br>2020年      |
| 3. 雑誌名<br>Neuroimage  | 6. 最初と最後の頁<br>117375 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.neuroimage.2020.117375  | 査読の有無<br>有           |
| オープンアクセス<br>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<br>-            |

|  |                   |
|--|-------------------|
| 1. 著者名<br>Ayumi Yoshioka, Hiroki C. Tanabe, Eri Nakagawa, Motofumi Sumiya, Takahiko Koike, Norihiro Sadato | 4. 巻<br>13(1)     |
| 2. 論文標題<br>The Role of the Left Inferior Frontal Gyrus in Introspection during Verbal Communication        | 5. 発行年<br>2023年   |
| 3. 雑誌名<br>Brain Sciences   | 6. 最初と最後の頁<br>111 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.3390/brainsci13010111   | 査読の有無<br>有        |
| オープンアクセス<br>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<br>-         |

〔学会発表〕 計6件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 2件)

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>小池耕彦   |
| 2. 発表標題<br>『二者間での情報共有の神経基盤の解明: ハイパースキャニングfMRIを用いて Hyperscanning fMRI to reveal the neural basis of sharing information』 |
| 3. 学会等名<br>第5回ヒト脳機能イメージング研究会 (招待講演) (国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2021年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>小池耕彦                             |
| 2. 発表標題<br>他者との情報共有に関する神経基盤：二者同時記録MRIを用いた研究 |
| 3. 学会等名<br>行動科学・実装科学セミナー 第5回行動科学セミナー（招待講演）  |
| 4. 発表年<br>2021年                             |

|                                       |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>小笠原香苗・小池耕彦・定藤規弘            |
| 2. 発表標題<br>プレッシャーが明示的な運動制御精度と力みに与える影響 |
| 3. 学会等名<br>日本認知科学会第38回大会              |
| 4. 発表年<br>2021年                       |

|                                      |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>小笠原香苗, 小池耕彦, 定藤規弘         |
| 2. 発表標題<br>プレッシャーが力みとパフォーマンス低下に及ぼす影響 |
| 3. 学会等名<br>第10回日本情動学会                |
| 4. 発表年<br>2021年                      |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>小池耕彦   |
| 2. 発表標題<br>Exploring the neural basis of social interaction-Using the hyperscanning functional magnetic resonance imaging |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会HIP研究会（招待講演）   |
| 4. 発表年<br>2020年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Takahiko Koike   |
| 2. 発表標題<br>Hyperscanning fMRI studies to reveal neural basis of eye-to-eye communication. |
| 3. 学会等名<br>Neurosync 2020 (招待講演) (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2020年   |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号) | 所属研究機関・部局・職<br>(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 |
|---------|---------|
|         |         |