

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 29 日現在

機関番号：14301

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2009～2013

課題番号：21120009

研究課題名(和文)他者との相互作用を介した情報獲得メカニズムの解明

研究課題名(英文)Clarification of mechanisms for getting information by interactions with others

研究代表者

中村 克樹(NAKAMURA, Katsuki)

京都大学・霊長類研究所・教授

研究者番号：70243110

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 51,100,000円、(間接経費) 15,330,000円

研究成果の概要(和文)：自己と他者の相互作用が、行動にどのように影響を持っているかを、特に相手の動作を介した情報獲得メカニズムに焦点を絞って研究を実施した。マカクザル扁桃核中心核ニューロンは対象をカテゴリカルに処理していること、扁桃核は情動情報を前頭前野はコミュニケーション情報を扱っていることが分かった。定型発達の幼児は人の顔や手に視線を集中させる一方、広汎性発達障害児は胴体や足なども含め偏りなく見ていることが分かった。ヒトはリズム情報を前頭頭頂小脳のネットワークで再現していることが分かった。これらは運動に関連した領域であり、リズムは運動系列として扱われている可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：We are interested in how the self-other interaction affects one's behavior. We studied the function of the monkey amygdala and prefrontal cortex in action recognition. The amygdala mainly processed emotional behavior whereas the prefrontal cortex mainly processed communicative behavior. We studied visual scanning patterns of typically developing (TD) infants and children with pervasive developmental disorder (PDD). TD infants exclusively looked at the faces and hands of humans, but children with PDD looked humans without such bias, that is, they looked at bodies and feet as well as faces and hands. Furthermore, we studied neural mechanisms underlying representation of rhythm because rhythm is of great importance not only for music but also for language. Rhythm information was represented in the fronto-parieto-cerebellar motor system. Rhythm may be represented as information about bodily movements in the neural system.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：乳幼児 サル コミュニケーション 自閉性障害 動作理解 ニューロン リズム

1. 研究開始当初の背景

申請者はこれまで特にヒトや霊長類を対象に言語を直接用いないコミュニケーション機能を行動や脳機能の観点から研究してきた。特にこの数年は、科学技術振興機構CREST研究の補助を受け、その発達過程に着目し、研究を推進してきた。その研究を通じて、コミュニケーションの獲得過程では、自己(乳幼児)と他者(養育者)が興味を共有できる対象物を介して、さまざまな動作を通じ情報をやり取りし、意図や感情を理解し共有していく過程が重要であることを示唆してきた。

具体的には、指さし・視線・表情等の動作に健常児が非常に注意を向けていること、笑顔のやり取りが親子の絆作りに重要な役割を果たしていること、特に他者の動作を模倣することによって自他の区別や認識が確立されていきこのことがコミュニケーションには不可欠であること、コミュニケーションに障害のある自閉性障害の子どもはこうした行動が見られないこと、などを明らかにしてきた。

一方で、こうした行動の基盤となるのは前頭葉と扁桃核を中心とした神経ネットワークの活動であることも同時に示唆してきた。こうした研究結果から、コミュニケーション機能の基盤として、他者の動作を理解する能力、そしてそれを模倣することによって自他の認識・身体図式等を確立する能力などが非常に重要であると考えに至った。

申請時点で以下の3つの項目に関して研究計画を立てた

(1) サルを対象とした動作理解や模倣に関連する神経機序の解明

ヒトを含めた多くの動物は、他の個体の示す動作からさまざまな情報を得ている。また、さまざまな動作は他個体の行動に影響を及ぼしている。こうした言語を直接介さない情報のやり取りは、ヒトとサルで共通している部分が多いと考えられる。こうした情報のや

り取りの神経機序を明らかにすることが重要であると考えた。

(2) ヒト乳幼児や障害児を対象とした、視線計測を利用した動作理解の研究

ヒトの乳幼児が大人の行動をどのように理解し模倣するのか、理解し模倣することが新たな情報や技術の獲得に影響するのか、を明らかにすることは他者の行動を介した情報獲得の理解に重要なテーマであると考えた。

(3) ヒト成人を対象とした、機能的MRIを用いた脳機能の研究

他者の動作理解や模倣を脳のどの領域が実現しているのかを明らかにすることは、このプロジェクトの中でも重要である。サルや乳幼児/障害児とことなり、さまざまな実験条件を持ち込めるヒト成人を対象とした研究では、さまざまな複雑な課題も実施できる。

2. 研究の目的

(1) サルを対象とした動作理解や模倣に関連する神経機序の解明

この一番目の研究に関しては、大きく2つの状況変化があった。まず一つ目は、当初の所属には動物実験用のMRI装置もあったので、動作の理解や模倣を学習したマカクザルを用いて、神経生理学的実験および機能的MRI実験により、どの脳領域が動作理解や模倣を実現しているのかを明らかにすることを目的とした。しかし、研究代表者が採択前に所属機関を京都大学に変わることになった。そのため、サルを対象とした機能的MRI実験の実施が困難となった。二つ目は、ポスドクとして雇用し研究を中心的に実施してもらう予定であった研究員が大学教員として採用されることとなった。そのため、研究計画を動作理解に絞り、また別の研究員をポスドクとして雇用し、サルを対象とした神経生理学的研究により、当初の目的の多くを達成すべく研究を推進した。

(2) ヒト乳幼児や障害児を対象とした、視線計測を利用した動作理解の研究

これまで乳幼児の研究経験のある研究担当者および多くの乳幼児や障害児に携わってきた経験の豊富な連携研究者の協力のも

と、動作理解や模倣に関する乳幼児や障害児を対象とした研究を実施する計画を立てた。この研究実施体制は、予定通り立ち上げることができた。

研究を進めていく途中で、乳幼児や障害児は自由に行動できる環境では質の高いデータを取得することが困難であると気づき、日常的に行っている母子の絵本読み聞かせの場面を実験場面として、落ち着いた状況で絵本の中の登場人物に対する視線の解析を行った。それを基に、定型発達児と広汎性発達障害児の視線計測に基づく動作理解の差異を検討することを目的とした。

(3) ヒト成人を対象とした、機能的 MRI を用いた脳機能の研究

研究代表者が採択前に所属機関を京都大学に変わるようになったため、ヒトを対象とした機能的 MRI 実験の実施は急遽東北大学で実施することとした。このため、大学院生をプロジェクトに参加させ、研究を推進した。研究の目的は、これまであまり多くの研究者が取り組んでこなかったリズムに関することに焦点を絞った。リズムは音楽だけではなく、ヒトとヒトの会話や特定の方言などで非常に重要な役割を示すものである。このリズムが脳のどこで表象され、どこで記憶されているのかを明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) サルを対象とした動作理解や模倣に関連する神経機序の解明

サルに注視課題を訓練し、サルが画面を見つめている間にさまざまな情動ビデオ刺激を与え、特に情動行動の制御に関与していると考えられる扁桃核からニューロン活動を記録解析した。

次に動作理解に関与していると考えられる外側前頭前野のニューロンの応答性を記録解析した。

(2) ヒト乳幼児や障害児を対象とした、視線計測を利用した動作理解の研究

日常的にみられる母子による絵本の読み聞かせ場面における視線計測を実施し、乳幼児と障害児の探索の差異を検討した。視線計測には非侵襲的なアイトラッカーを用いた。絵本には広く日本人に読まれている「おおき

なかぶ」を選んだ。いくつかの絵本を試したが、登場人物の動きが分かり易く描かれていて、もっとも一貫性のあるデータが得られたためである。

定型発達と考えられる幼児 19 名と広汎性発達障害と診断された障害児 17 名のデータを解析した。あらかじめ、絵本から 3 つのページを選び出し、各々のページで関心領域を設定し、そこにどれだけの時間視線が入っていたかを解析した。関心領域としては、登場人物の顔・登場人物の手・登場人物の足・カブ・動物などである。

(3) ヒト成人を対象とした、機能的 MRI を用いた脳機能の研究

言語や音楽の基礎となるリズムの記憶に関連する脳機能画像研究を実施した。実験では、ある簡単なリズムを提示して、それを記憶し、再生するという課題を行ってもらった。リズムは聴覚的と視覚的に与え、感覚種に依存しない活動があるか否かを検討した。リズムそのものに関連する活動があるのであれば、刺激としてあたえる感覚種が視覚でも聴覚でも体性感覚でも変わらない活動を示すと予測した。

次に、リズムの再現に関して、運動に依存するものだけであるのか、それとも運動そのものには依存しない要素があるのかを検討した。具体的には、リズムの表象には、時系列パターンとしての表象（運動そのものに依存しない）と運動系列パターンとしての表象があると仮定した。時系列としての表象であれば、体のどの部分を用いてリズムを再生しても変わらぬ活動を示し、運動系列としての表象であれば、用いる体の部分に依存して活動を変化させると予想した。この目的で、右手指・左手指・右足・口を効果器としてリズム課題を行ってもらい、脳活動を解析した。

4. 研究成果

(1) サルを対象とした動作理解や模倣に関連する神経機序の解明

扁桃核のニューロンは、さまざまな情動刺激に対して、その情動行動の種類や情動行動を行っている個体の違いで応答を変化させること、特にスクリームと呼ばれる恐怖の情動表出に強く応答することなどが分かっていたが、今回の研究から、外側核や基底核と

いった垂核のニューロンと異なり扁桃核中心核のニューロン応答は、対象をカテゴリカルに扱っていることが明らかになった。こうした応答は、対象に対する適切な情動反応をとるために非常に有用であると考えられる。中心核は、情動反応を直接誘発させる脳領域へと出力を出している垂核であり、この考えを支持する。

扁桃核のニューロンは強い負情動を示すスクリーンに反応するニューロンが多かったのに対し、前頭前野では多義的なクーに反応するニューロンが多く見られた。クーは、さまざまな場面でサルが仲間とコミュニケーションをとるときに用いる典型的な鳴き声であり、扁桃核との機能差を示すものであると考えられる。2つの領域のニューロン応答の性質の差から、扁桃核は情動情報処理を担い、前頭前野はよりコミュニケーション機能を担っているという仮説を立てるに至った。本研究成果は論文として投稿中である。

今回の前頭前野と扁桃核の動作理解や機能の差の理解は、脳全体としての動作理解に関与する神経機序の理解を進めたと考えられる。

(2) ヒト乳幼児や障害児を対象とした、視線計測を利用した動作理解の研究

定型発達と考えられる幼児は、登場人物の顔に視線を集中させることが分かった。それに続き動作をイメージさせる手を多く見ていることが明らかになった。一方、広汎性発達障害児は、顔や手も見ているが、それ以外の領域も頻繁に見ていて、どちらかという偏りが少ない見方をしていることが明らかになった。こうした注目する場所の差が、相手の動作の理解の差に結びついている可能性が示唆された。

ただ、広汎性発達障害の子であっても、定型発達の子と差のない見方をすると、顔はほとんど見ないという子と大きく2つの群に分かれる可能性、地域による差の可能性もあることが分かった。論文作成中である。

(3) ヒト成人を対象とした、機能的MRIを用いた脳機能の研究

リズム情報の記憶に関連する領域として、リズムの記録時には下前頭葉・下前頭溝・下頭頂葉・小脳が賦活し、リズムの再生時には

下頭頂葉と補足運動野が、視覚や聴覚によらず賦活した。

これらの領域は、運動制御に関連すると考えられる脳領域である。このことは、リズムが一連の運動パターンとして記憶されていると解釈できる結果であった。私たちが、あるリズムを聞くと自然と体を動かしリズムを刻むという現象を考えるとリズムと運動の関連が理解できる。

右半球の下頭頂葉と下前頭葉は、リズムの記録時にも再生時にも、効果器に依存しない賦活を示した。一方、左半球の下前頭葉や下頭頂葉や補足運動野は効果器に依存した賦活を示した。

今回の結果から、右半球の下前頭葉と下頭頂葉は、運動の効果器によらない時系列パターンとしてリズムを表象している可能性が示唆された。一方、左半球の下前頭葉や下頭頂葉や補足運動野は運動系列パターンとしてリズムを表象している可能性がある。今後はこうしたリズム関連の領域が、他者とのコミュニケーション等とどのように関連しているのかを解明することが重要である。本研究成果は論文としてまとめている。

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3件)

1. Kuraoka K, Nakamura K. Categorical representation of objects in the central nucleus of the monkey amygdala. *European Journal of Neuroscience*, (査読有), Vol. 35, No.9, 2012, 1504-1512. DOI:10.1111/j.1460-9568.2012.08061.x
2. Konoike N, Kotozaki Y, Miyachi S, Miyauchi CM, Yomogida Y, Akimoto Y, Kuraoka K, Sugiura M, Kawashima R, Nakamura K. Rhythm information represented in the fronto-parieto-cerebellar motor system. *NeuroImage*, (査読有), Vol. 63, No.1, 2012, 328-338. DOI: 10.1016/j.neuroimage.2012.07.002
3. 鴻池菜保, 中村克樹, 顔・表情, *Clinical Neuroscience*, (査読無), 月刊 臨床神経

科学、30 卷、2012、902-905。
<http://www.fujisan.co.jp/product/1281683673/b/818686/>

〔学会発表〕(計7件)

1. Nakamura K, Konoike N, Kotozaki Y, Miyachi S, Miyachi CM, Yomogida Y, Akimoto Y, Kuraoka K, Sugiura M, Kawashima R, Working memory of rhythm information in the front-parieto-cerebellar motor system. Dynamic Brain Forum 2012, (Sept. 3-6, 2012, Carmona, Seville, Spain)
2. Inoue-Nakamura N, Sasaki T, Nakamura K. Visual scanning patterns during reading a picture book aloud by mothers in children with pervasive developmental disorder. Dynamic Brain Forum 2012, (Sept. 3-6, 2012, Carmona, Seville, Spain)
3. Konoike N, Kotozaki Y, Miyachi S, Miyauchi CM, Yomogida Y, Akimoto Y, Kuraoka K, Sugiura M, Kawashima R, Nakamura K, Neural substrates for maintenance of rhythm information. The 35th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society, (Sept. 18-21, 2012, Nagoya)
4. Kuraoka K, Nakamura K, Categorical representation of social information in the central nucleus of monkey amygdala. 41th Annual meeting, Society for Neuroscience, (Nov, 2011, Washington, DC)
5. Kuraoka K, Nakamura K, Different temporal pattern of information processing about facial emotion conveyed by single neurons between the monkey amygdala and ventrolateral prefrontal cortex. Neuroscience Research 2011, 71 卷 (supplement), p.e283.
6. 倉岡 康治, 中村 克樹, サルの扁桃体と腹外側前頭前皮質で異なる表情情報表現の時間的变化, 第34回日本神経科学大会, (2011年9月14-17日, 横浜)
7. Konoike N, Kotozaki Y, Miyachi S, Miyachi CM, Yomogida Y, Akimoto Y,

Kuraoka K, Sugiura M, Kawashima R, Nakamura K, Different contributions of frontal, parietal, and temporal cortices to working memory of rhythm. 41th Annual meeting, Society for Neuroscience, (Nov, 2011, Washington, DC)

6. 研究組織

(1)研究代表者

中村克樹 (NAKAMURA, Katsuki)
京都大学・霊長類研究所・教授
研究者番号: 70243110

(2)研究分担者

中村徳子 (NAKAMURA, Noriko)
昭和女子大学・人間社会学部・講師
研究者番号: 90425702

(3)連携研究者

佐々木丈夫 (SASAKI, Takeo)
日本公文教育研究会