

令和 2 年 6 月 10 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01615

研究課題名(和文) 右半球に側性化される自己顔領域の形成過程とその機能解明

研究課題名(英文) Development of right-lateralized self-face area

研究代表者

守田 知代 (Morita, Tomoyo)

大阪大学・先導的学際研究機構・特任准教授(常勤)

研究者番号：60543402

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：自分の顔は自己を象徴する特別な存在である。実際、ヒトの脳には自己顔を専門的に処理する高次視覚領域(自己顔領域)が存在する。成人では、この自己顔領域が右半球に側性化して存在することが知られている。本研究では、自己顔領域がいつ、どのように形成されるのかを調べた。小学生、中学生、成人を対象に自己顔や他者顔に対する脳活動を機能的MRIにより計測すると、自己顔領域は10代半ば以降に右半球に形成されることが分かった。また、この領域は10代前半であらゆる顔に反応するようになるが、10代半ば以降になると他者顔への反応が抑えられることで自己顔への選択的な反応が出現するという形成過程を辿ることが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、自分の顔を専門的に処理する視覚領域(自己顔領域)は、小学生や中学生の時期には認められなかったことから、10代半ば以降に形成されることが明らかとなった。これは予想以上にゆっくりとした発達であり、10代半ばで成人と同程度に成熟すると考えられている高次連合野(右半球下前頭-頭頂領域)に位置する自己認知ネットワークよりも遅れて、自己顔領域が成熟することを意味する。脳の発達において、感覚領域は高次連合野よりも早く発達が進行し、成人様に成熟するというのが定説であるが、こうした見方に一石を投じる新しい知見と言える。

研究成果の概要(英文)：One's own face is a special symbol of the self. In fact, the human brain has a higher-order visual cortex (self-face area) that specializes in the processing of self-face. In adults, this self-face area is known to be lateralized in the right hemisphere. In the present study, we investigated how and when the self-face area develops. We measured brain activity when children (8-11 years), adolescents (12-15 years) and younger adults (20-24 years) viewed self-face images and those of others by using functional MRI. We found that the self-face area is formed in the right hemisphere after the mid-teens. We also showed that this visual cortex goes through a developmental process in which it responds to all faces (one's own and others' faces) in the early teens, but after the mid-teens, the response to other faces is suppressed, resulting in emergence of selective response to one's own face.

研究分野：認知神経科学

キーワード：自己顔 機能的MRI 脳発達 高次視覚野 言語

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

自分の顔は自己を象徴する特別な身体部位である。人を対象としたこれまでの脳イメージング研究により、自己(顔)認知に関わる脳領域が右半球を中心に広く存在することが分かってきた(Devue et al. 2007; Hu et al. 2016)。近年、私たちは、成人の高次視覚野にある下側頭回(ITG)には、自己顔を専門的に処理する自己顔領域が右半球に側性化して存在していることを見つけた。ところが、この自己顔領域が発達段階において、いつ、どのように右半球に形成されるのか、またこの領域の出現が自己認知にどのような恩恵をもたらすのかなど、全く理解が進んでいなかった。

成人では、右半球の自己顔領域とちょうど左右対称的な位置に存在する領域が、単語文字列に対して選択的に活動すること、またこの単語領域は左半球に側性化されていることが知られている(Cohen et al. 2000; Dehaene et al. 2010)。このような知見から、自己顔領域の右半球側性化は、単語領域の左半球側性化と密接に関連しながら形成されると想定されるものの、その証拠は存在していなかった。そこで、大脳半球間の機能分化のダイナミクスに着目しながら、自己顔領域が形成される過程を解明する必要があると考えた。

2. 研究の目的

本研究では、小学生から成人を対象として機能的MRIを用いた研究を展開し、高次視覚野において、自己顔を専門的に処理する自己顔領域が、いつ、どのように形成されるのかを明らかにすることを目的とした。加えて、自己顔領域の形成が、単語領域の形成と連関することを検証することにより、大脳半球間の機能側性化に見られるルールを記述することを目指した。

3. 研究の方法

(1) 成人を対象としたMRI計測

右利きの成人(20 - 24歳)20名を対象に、自己顔課題および単語課題をおこなっている最中の脳活動を機能的MRIを用いて計測した。自己顔課題では、被験者には被験者自身の顔写真および他者(未知人物)の顔写真をランダムに呈示し、それが自分であるか他者であるかをボタン押しにて回答するように求めた。単語課題では、被験者には音声にて名詞の単語を一つずつ呈示し、それに関連する動詞をできるだけ多く心の中に思い浮かべるように求めた。得られた脳活動データを基に、個人毎に各課題中のITG領域の活動がどの程度側性化しているかを示す側性化指標(LI; Wilke et al. 2006)を算出し、自己顔領域および単語領域の側性化の関連を評価した。

(2) 小学生および中学生を対象としたMRI計測

自己顔領域の発達過程を調べるために、右利きの小学生(8 - 11歳)および中学生(12 - 15歳)各20名を対象に、上記の自己顔課題を実施した。成人で同定される自己顔領域から個人毎のMRI信号を抽出し、自己顔や他者顔に対する活動パターンの発達的变化を可視化した。また、小学生の被験者のみ上記の単語課題も実施した。成人で同定される単語領域からMRI信号を抽出し、単語課題中の活動について成人との比較を行った。

4. 研究成果

自己顔課題中の脳活動を解析すると、成人では自己顔に関連する活動(自己顔 > 他者顔)は、右半球下前頭-頭頂領域に加え下側頭回(ITG)に認められた。また、このITG領域の活動は右半球に有意に側性化していることを確認した(図1緑)。一方で、小学生および中学生では、ITG領

域に自己顔関連活動は認められなかった。つまり、自己顔領域が右半球に側性化して下側頭回に形成されるのは10代半ば以降であることが明らかとなった。

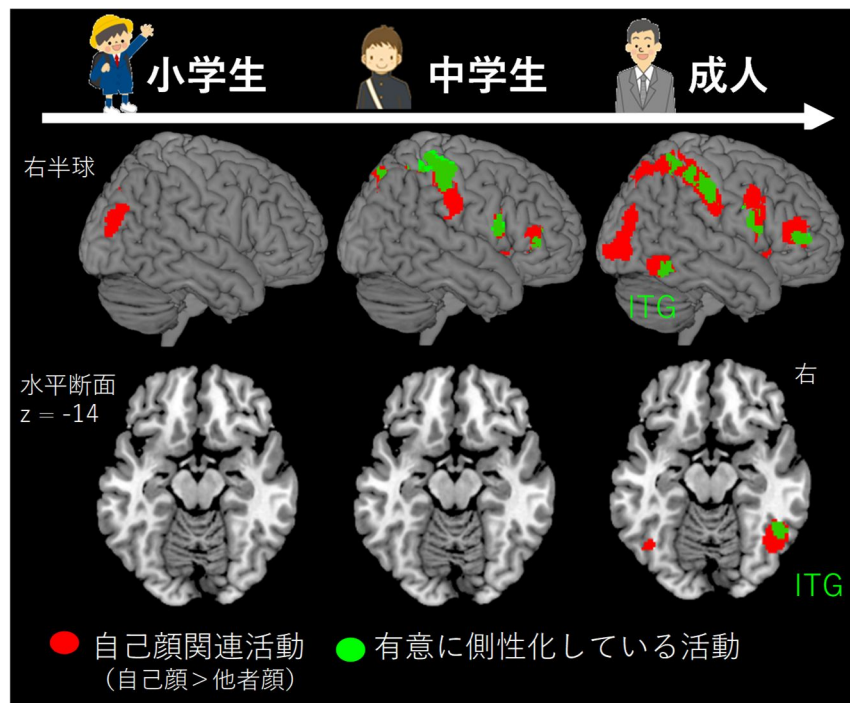


図1 各群において他者顔に比べて自己顔により強く活動する領域(赤色) およびその活動が有意に側性化している領域(緑色)を示す

さらに、右半球 ITG 領域の自己顔あるいは他者顔に対する活動を詳細に調べた。その結果、小学生では、いずれの顔に対しても ITG 領域は弱い活動しか示さないが、中学生では自己顔および他者顔の両方に対して一定レベルの活動を示し、成人では自己顔に対してのみ有意な活動を示すことが分かった。これらの結果から、この領域はいったんあらゆる顔に対して反応する時期を経て、10代半ば以降に他者顔への反応を抑制することによって自己顔に対する選択的な反応が出現するという形成過程を辿ることが明らかになった(図2)。先行研究においてすでに報告しているとおり、自己身体が多感覚情報処理に関与する右半球下前頭-頭頂領域は、10代半ば頃には成人様に成熟することが分かっている(図1)が、自己顔(身体)処理に特化した視覚領域が形成されるのは、それよりもさらに遅い時期である可能性が示唆された。

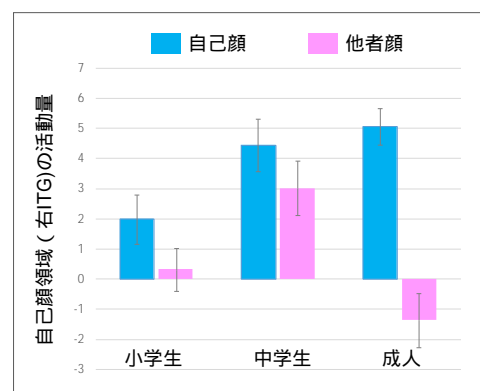


図2 各群における自己顔領域(右ITG)の自己顔および他者顔に対する活動量

単語課題中の脳活動を分析すると、成人では単語生成に関連する活動は、左半球前頭領域および側頭領域に加え、左半球下側頭回(ITG)に認められた。また、このITG領域の活動は左半球に有意に側性化していることを確認した(図3緑)。一方、小学生では成人とは異なり、左半球ITG領域には単語生成に関連する活動はみられなかった。この結果は、少なくとも学童期(10歳前後)には、まだ単語領域が下側頭回に形成されていないことを示している。

さらに、上記2つの課題中の成人の脳活動データから、自己顔領域および単語領域の側性化の関連を調べた。データ解析に用いた19名のデータのうち、先行研究で報告されている側性化のパターン (Morita et al. 2017; Cohen et al., 2000; Dehaene et al., 2010) を示したのが11名であった。つまり、ITG領域の自己顔関連活動は右半球側性化 ($-1 < LI < -0.2$) を示し、単語生成関連活動は左半球側性化 ($0.2 < LI < 1$) を示していた。興味深いことに、この11名では2つの側性化指標が有意に相関しており (図4赤, $r = -0.628$, $p < 0.05$)、自己顔関連活動が右半球により強く側性化している人ほど、単語生成関連活動が左半球により強く側性化しているという関係が見て取れる。この結果は、自己顔領域と単語領域は独立に左右のITG領域に形成されるのではなく、これらは互いに関連しながら左右の半球へと側性化されながら形成される可能性を示している。

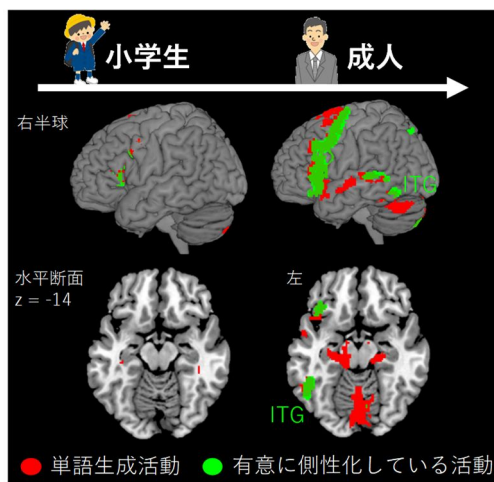


図3 小学生、成人において、単語生成に関連する活動を示す領域 (赤) およびその活動が有意に側性化している領域 (緑) を示す

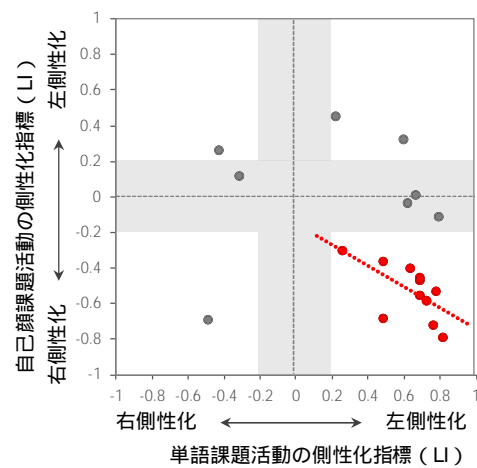


図4 成人での自己顔領域の側性化指標と単語領域の側性化指標の関係を示す。赤色のドットは、自己顔領域が右半球へ、単語領域が左半球へ側性化している被験者を示す。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Morita Tomoyo, Saito Daisuke N, Ban Midori, Shimada Koji, Okamoto Yuko, Kosaka Hiroataka, Okazawa Hidehiko, Asada Minoru, Naito Eiichi	4. 巻 28
2. 論文標題 Self-Face Recognition Begins to Share Active Region in Right Inferior Parietal Lobule with Proprioceptive Illusion During Adolescence	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Cerebral Cortex	6. 最初と最後の頁 1532 ~ 1548
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/cercor/bhy027	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 Morita Tomoyo, Asada Minoru, Naito Eiichi	4. 巻 425
2. 論文標題 Right-hemispheric Dominance in Self-body Recognition is Altered in Left-handed Individuals	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neuroscience	6. 最初と最後の頁 68 ~ 89
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2019.10.056	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 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 1件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Morita Tomoyo, Saito Daisuke N, Ban Midori, Shimada Koji, Okamoto Yuko, Kosaka Hiroataka, Okazawa Hidehiko, Asada Minoru, Naito Eiichi
2. 発表標題 Development of Right Hemispheric Dominance in Self-Body Recognition Tasks
3. 学会等名 Human Brain Mapping (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Morita Tomoyo
2. 発表標題 Development of Functional Lateralization in the Human Brain
3. 学会等名 1st international Symposium on Symbiotic Intelligent Systems (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Morita Tomoyo, Asada Minoru, Naito Eiichi
2. 発表標題 Development of right inferior frontoparietal network associated with self-body recognition
3. 学会等名 The 2nd International Symposium on Embodied-Brain Systems Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Morita T, Saito DN, Ban M, Shimada K, Okamoto Y, Kosaka H, Okazawa H, Asada M, Naito E
2. 発表標題 Development of human right inferior fronto-parietal cortices associated with self-face recognition
3. 学会等名 日本神経科学学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 守田知代, 齋藤大輔, 伴碧, 島田浩二, 岡本悠子, 小坂浩隆, 岡沢秀彦, 浅田稔, 内藤栄一
2. 発表標題 Development of human right inferior fronto-parietal cortices associated with self-face recognition
3. 学会等名 日本ヒト脳機能マッピング学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 守田知代
2. 発表標題 脳領域間抑制の観点からみたヒト脳機能分化の発達過程
3. 学会等名 生理研研究会「幼・小児の成長期における脳機能と運動の発達に関する多領域共同研究」(招待講演)
4. 発表年 2019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
連携研究者	内藤 栄一 (Naito Eiichi) (10283293)	国立研究開発法人情報通信研究機構・脳情報通信融合研究センター・研究マネージャー (82636)	
連携研究者	浅田 稔 (Asada Minoru) (60151031)	大阪大学・先導的学際研究機構・特任教授 (14401)	