

機関番号：63905

研究種目：新学術領域研究(研究領域提案型)

研究期間：2008～2013

課題番号：20119007

研究課題名(和文) 様々な手法を用いた基礎研究と臨床研究

研究課題名(英文) Basic and clionical studies using varous methods

研究代表者

柿木 隆介(KAKIGI, Ryusuke)

生理学研究所・統合生理研究系・教授

研究者番号：10145196

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 99,500,000円、(間接経費) 29,850,000円

研究成果の概要(和文)：脳波、脳磁図を用いた電気生理学的解析では、(1)顔認知の初期活動を詳細に分析した、(2)「倒立顔効果」の原因となる脳内メカニズムを明らかにした、(3)Williams症候群の児童達の顔認知メカニズムを明らかにした。脳血流解析では、近赤外線分光法(NIRS)を用いて乳児の顔認知発達過程を世界で初めて明らかにした。また、機能的MRIを用いて、「自分の変な顔」を自分あるいは他人が見た時に恥ずかしいと思う時の脳活動を明らかにした。

研究成果の概要(英文)： Electrophysiological studies using electroencephalography and magnetoencephalography: We clarified cortical activities in detail in the early period within 100 ms after viewing human faces. We clarified intra-cerebral mechanisms of face inversion effect.
Hemodynamic studies using near-infrared spectroscopy (NIRS) and functional magnetic resonance imaging (fMRI): We clarified cortical activities of infants while viewing various types of face, such as the mother and a stranger, happy and angry faces, and upright and profile faces, using NIRS. We clarified cortical activities in emotional processing for self-paced recognition, related to social behaviors.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：神経科学・神経科学一般

キーワード：顔 脳波 脳磁図 機能的MRI 近赤外線分光法

1. 研究開始当初の背景

申請者は以前より脳波、脳磁図と機能的磁気共鳴画像(fMRI)を用いた「人間の顔認知機構の研究」に強い関心を持っており、顔認知研究の先駆者であり 20 年来の友人でもあった Yale 大学の Dr. McCarthy (現在は Duke 大学教授)と主要共同研究者であった Dr. Puce (現在は West Virginia 大学教授)を生理学研究所に招き、彼らが fMRI による実験で使用した視覚刺激と同じものを使用して脳波と脳磁図での記録を開始した。当時米国では脳磁図の研究は遅れており、共同研究で互いの長所短所を補い成果を上げることができた。その後も米国のグループとの共同研究は続けており、日本からは初めて、世界でも 2 施設目の「脳磁図による人間における顔認知機構の研究」を発表することができた。

その後の研究は国内外で高く評価され、多くの学会やシンポジウムで招待講演を行なっている。また、科学技術振興機構の「社会技術」部門の「脳科学と教育」セッションで、「顔認知のメカニズム：その機能発達と学習効果の解明」というタイトルの申請が採択され、その研究代表者を 2006 年度まで務めた。最終報告では非常に高い評価を得、審査員の方々からも何らかの形式での研究続行を強く勧められこの申請を行う事とした。学際的かつ革新的、挑戦的な学術研究という、本領域の趣旨にきわめて合致した申請と思われる。

2. 研究の目的

人間の脳機能の中でも、「顔認知」は「言語認知」と並んで、他者ならびに社会に適応する上で最も重要なものの 1 つと考えられる。「顔認知障害」により様々な症状が出現する。それは「相貌失認」のような典型的な症状を呈する場合もあるが、軽度ではあっても社会生活において様々な問題を生じている可能性がある。本研究の目的は、脳波、脳磁図、fMRI、NIRS といった非侵襲的脳機能測定法を用い、人間における顔認知機構を明らかにし、その障害によって生じる適応的行動能力の障害過程を解明することである。他者の顔(視線や表情等)を正確に認知することにより、健常人が起こす行動を解析するとともに、顔認知障害を有する人間の行動異常の解析も行っていく。研究は脳磁図と fMRI を主として用いる。脳磁図の有する高い時間的分解能と、fMRI の有する高い空間分解能を有機的に統合して研究を行っていきたい。さらに、被験者を拘束せずに脳機能を解析できる、という利点を有する脳波と NIRS も目的に応じて用いる。特に後者は乳児の検査に有用である。

3. 研究の方法

脳波、脳磁図、fMRI、NIRS など多種類の非侵襲的脳機能検査法を用いてヒトの顔認知機能の解明をめざした。特に、顔認知機構発達の詳細な解明に焦点をおき、「脳波を用いた学童期における顔認知機構の解明」を開始した。発達過程の解明には経時の変化を調べることが必須であり、同一学童を対象として、数年間の変化を見た。さらに主として以下のテーマを中心に研究を進めた。

- (1) 倒立顔効果のメカニズム解明
- (2) 乳児の顔認知発達過程の解明

4. 研究成果

平成 20 年度：

NIRS を用いた乳児の顔認知研究では、横顔の認知を検討した。対象は、生後約 5 ヶ月の赤ちゃん和約 8 ヶ月の赤ちゃんの 2 つの群である。正面顔と横顔を呈示し、各々の群の赤ちゃんが、横顔を顔と認知するかどうかを検査した。すると、5 ヶ月児では正面顔を見た時には血流の増加が見られたが、横顔には反応が見られなかった。しかし、8 ヶ月児では、正面顔と横顔の両方に対して有意な血流の増加が見られた。この結果は、赤ちゃんの顔認知の発達過程において、横顔の認知は正面顔よりも遅れ、生後 8 ヶ月くらいでようやく顔だと理解できることを示している(Nakato, Kakigi et al.2008)。この結果は掲載誌である Human Brain mapping の表紙を飾り、朝日、読売を初めとして、多くの新聞で研究紹介された。

脳波を使った実験では、特殊な刺激方法(Random dots blinking)を用いて詳細に顔認知を研究した結果(Miki, Kakigi et al. 2009)と、顔認知に対する情動の影響を詳細に調べた結果(Hirai, Kakigi et al. B 2008)を発表した。

平成 21 年度：

random dots blinking という特殊な刺激方法を用いて、顔を含む様々な画像を作成し、脳波を用いて人間の顔認知機構を解析した(Miki, Kakigi et al. 2009)。実際の顔ではなくても、モード化された顔画像に対しても、顔認知中枢が活動する事を明らかにした。

顔の「出現」、「消失」、「変化」という 3 種類の刺激に対して、脳内のどの部位が活動するかを、脳磁図を用いて解析した(Tanaka, Kakigi et al., 2009)。脳内の 4 箇所が顔認知に関連する事を見出し、その中でも、側頭葉下面の紡錘状回が重要な役割を果たすことを明らかにした。

乳児の顔認知研究では、「福笑い」のように、目、鼻、口などの位置を変えた顔(scrambled face)を提示したところ、生後 7-8 月くらいの

乳児でも顔として意識されている可能性が示唆された (Honda, Kakigiet al. 2010)。

平成 22 年度：

脳磁図を用いて、顔の輪郭や内部を倒立した顔画像を見せた時の、顔認知中枢が存在する紡錘状回の反応を検索した。その結果、右半球の紡錘状回の活動は、顔の内部の動きに影響を受け、左半球の紡錘状回の活動は、顔の輪郭と内部の相対的位置関係の乱れに影響される事がわかった(Miki, Kakigi 他、2010)。乳児の顔認知研究では、表情認知の発達過程を解析した。すると、笑顔に対しては顔反応領域の活動は持続したが、怒り顔に対しては急速に活動が上昇するが、すぐに低下して持続時間が短い事を明らかにした (Nakato, Kakigi 他、2010)。

平成 23 年度：

乳児の顔認知研究では、8 - 9 か月の乳児では、知らない人の顔を見る時には主として右半球が活動するが、母親顔を見る時には両側の半球が活動することが明らかとなり、母親顔が特殊な認知過程を経て認識されている事を示唆する所見であった。また、この時期は「人見知り」が始まる時期であり、このような脳内の特殊な認知機構の開始が人見知りと関係している可能性を示唆するものであった(Nakato, Kakigiet al. 2011)。

平成 24 年度：

乳児の顔認知研究では、「アルチンボルドの顔のだまし絵」の認識を注視行動および近赤外線分光法 (NIRS) によって検討した。実験1では、顔に見える正立のだまし絵と顔に見えない倒立のだまし絵を対提示し、生後5-6ヶ月児および7-8ヶ月児の注視時間を計測した結果、生後7-8ヶ月児のみ正立のアルチンボルドのだまし絵を有意に選好した。実験2ではアルチンボルドのだまし絵を観察中の生後7-8ヶ月児の脳活動を計測した結果、正立のだまし絵を観察中でのみ左側頭部位の脳活動が有意に上昇することが示された。これらの結果は、アルチンボルドのだまし絵を顔として認識する能力が生後7ヶ月ごろに発達し、その処理は左側頭部位が関与していることを示唆するものである(Kobayashi, Kakigi et al. 2012)。

平成 25 年度：

自己意識情動(罪悪感・恥ずかしさなど)は、基本情動(喜び・悲しみ・怒りなど)とは異なる高次な社会情動である。そのメカニズムを明らかにするため、様々な表情の自己顔画像を被験者本人に見せ、明らかに奇妙な顔や写りの悪い自己顔を見せて、強い恥ずかしさを感じた時の脳活動を解析した。さらに、自己顔によって惹起される恥ずかしさを増大させるために、他

者の目(観察)を導入することで社会的な状況を2台のMRIの同時計測により実現した。その結果、相手からの観察により自己顔への恥ずかしさがより増大したヒトほど右島皮質の活動が増大することが明らかになった(Morita, Kakigi et al. in press)。

よく知っている著名人の顔であっても、白目と黒目の明暗関係を反転させた目にするると誰の顔かわかりにくくなる。ブレア錯視 (Tony Blair illusion) として知られるこの奇妙な顔は、乳児には‘顔’として見えているのかどうかを、近赤外分光法 (Near-Infrared Spectroscopy ; NIRS) を用いて計測した。その結果、(1) 正常な目の顔を見ているときは脳活動が上昇したが、白黒反転目では上昇しなかった。(2) 正常な目を見ているとき、脳の右後側頭部が強く活動した。これらの結果は、生後5ヶ月以降になると乳児はヒト特有の白目・黒目をもつ顔だけを‘顔’として認識すること、その処理は脳の右半球で行われていることを示唆すると考えられた。今回の研究は、赤ちゃんの脳内でヒト特有の目に反応する神経基盤を明らかにした世界で初めての研究である(Ichikawa, Kakigi et al. 2013)。

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 16件)

Morita T, Tanabe HC, Sasaki AT, Shimada K, Kakigi R, Sadato N, Motogi J, Kodaira M, Muragaki Y, Inui K, Kakigi R (in press) The anterior insular and anterior cingulate cortices in emotional processing for self-face recognition. Soc Cogn Affect Neurosci. doi: 未定. 査読有

Miki K, Kakigi R (2014) Studies of face perception in humans using magneto- and electro-encephalography. Jpn Psychol Res 56(1): 46-57. doi: 10.1111/jpr.12023 査読有

Ichikawa H, Otsuka Y, Kanazawa S, Yamaguchi M K, Kakigi R (2013) Contrast reversal of the eyes impairs infants' face processing: A near-infrared spectroscopic study. Neuropsychologia. 51(13): 2556-2561. doi: 10.1016/j.neuropsychologia 査読有

Nakamura M, Watanabe S, Inagaki M, Hirai M, Miki K, Honda Y, Kakigi R (2013) Electrophysiological study of face inversion effects in Williams syndrome. Brain Dev. 35(4):323-330. doi: 10.1016/j.braindev.2012.05.010. 査読有

Morita T, Slaughter V, Katayama N, Kitazaki M, Kakigi R, Itakura S (2012) Infant and adult perceptions of possible and impossible body movements: an eye-tracking study. J Exp Child Psychol.

113(3):401-414. doi:
10.1016/j.jecp.2012.07.003. 査読有
Kobayashi M, Otsuka Y, Kanazawa S,
Yamaguchi MK, Kakigi R (2012)
Size-invariant representation of face in
infant brain: an fNIRS-adaptation study.
Neuroreport. 23(17):984-8. doi:
10.1097/WNR.0b013e32835a4b86. 査読有
Yamashita W, Kanazawa S, Yamaguchi MK,
Kakigi R (2012) The effect of gaze direction
on three-dimensional face recognition in
infant brain activity. Neuroreport;
23(13):799-803. doi:
10.1097/WNR.0b013e32835734a8. 査読有
Kobayashi M, Otsuka Y, Nakato E,
Kanazawa S, Yamaguchi MK, Kakigi R
(2012) Do infants recognize the Arcimboldo
images as faces? Behavioral and
near-infrared spectroscopic study. J Exp
Child Psychol. 111(1):22-36. doi:
10.1016/j.jecp.2011.07.008. 査読有
Tsujimoto S, Yokoyama T, Noguchi Y, Kita
S, Kakigi R (2011) Modulation of
neuromagnetic responses to face stimuli by
preceding biographical information. Eur J
Neurosci. 34(12):2043-53. doi:
10.1111/j.1460-9568.2011.07903.x. 査読有
Miki K, Takeshima Y, Watanabe S, Honda
Y, Kakigi R (2011) Effects of inverting
contour and features on processing for static
and dynamic face perception: an MEG study.
Brain Res. 6;1383:230-41.
doi: 10.1016/j.brainres.2011.01.091. 査読有
Nakato E, Otsuka Y, Kanazawa S,
Yamaguchi MK, Honda Y, Kakigi R (2011)
I know this face: neural activity during
mother's face perception in 7- to
8-month-old infants as investigated by
near-infrared spectroscopy. Early Hum Dev.
2011 Jan;87(1):1-7. doi:
10.1016/j.earlhumdev.2010.08.030. 査読有
Nakato E, Otsuka Y, Kanazawa S,
Yamaguchi MK, Kakigi R (2011) Distinct
differences in the pattern of hemodynamic
response to happy and angry facial
expressions in infants--a near-infrared
spectroscopic study.
Neuroimage. ;54(2):1600-6. doi:
10.1016/j.neuroimage.2010.09.021. 査読有
Miki K, Watanabe S, Teruya M, Takeshima
Y, Urakawa T, Hirai M, Honda Y, Kakigi R
(2011) The development of the perception of
facial emotional change examined using
ERPs. Clin Neurophysiol. 122(3):530-8. doi:
10.1016/j.clinph.2010.07.013. 査読有
Ichikawa H, Kanazawa S, Yamaguchi MK,
Kakigi R (2010) Infant brain activity while
viewing facial movement of point-light
displays as measured by near-infrared
spectroscopy (NIRS). Neurosci Lett.

482(2):90-4. doi:
10.1016/j.neulet.2010.06.086. 査読有
Honda Y, Nakato E, Otsuka Y, Kanazawa S,
Kojima S, Yamaguchi MK, Kakigi R (2010)
How do infants perceive scrambled face?: A
near-infrared spectroscopic study. Brain Res.
1308:137-46. doi:
10.1016/j.brainres.2009.10.046. 査読有
Tanaka E, Inui K, Kida T, Kakigi R (2009)
Common cortical responses evoked by
appearance, disappearance and change of the
human face. BMC Neurosci. 2009 Apr
24;10:38.
doi: 10.1186/1471-2202-10-38. 査読有

〔学会発表〕(計 13件)

Kakigi R (2013.10.10-11) Face perception
and recognition. The 3rd NIPS-CIN Joint
Symposium Okazaki, Japan. Kakigi R
(2014.3.20-23) Pain and itch perception in
humans. 30th International Congress of
Clinical Neurophysiology (ICCN2014) of
the IFCN, Berlin, Germany.
Kakigi R (2013.8.28-31) Face perception.
5th Asian and Oceanian Congress of Clinical
Neurophysiology, Bali, Indonesia.
柿木隆介(2012.9.18-21)特別講演 脳波、
脳磁図、近赤外線分光法を用いたヒトの
顔認知機構の解明 第35回日本神経科学
大会(名古屋市)
柿木隆介(2012.9.6)神経イメージング
手法を用いたヒト顔認知機構の解明 第
10回日本 Awake Surgery 研究会(横浜
市)
Kakigi R (2012.7.1-4) Investigation of
human face perception and recognition using
EEG,MEG and NIRS. 2012 International
Conference on Complex Medical
Engineering (2012 ICME), Kobe, Japan
柿木隆介(2012.6.8-9)神経イメージング
手法を用いたヒト顔認知機構の解明 第
15回日本薬物脳波学会(東京)
柿木隆介(2012.5.11-13)顔認知に関する
最新脳科学研究 第32回日本脳神経外
科コンgres総会 横浜市
柿木隆介(2011.9.24-25)神経イメージ
ング手法を用いたヒトの顔認知機構の解明
第22回日本緑内障学会(秋田市)
柿木隆介(2011.5.18-20)神経イメージ
ング手法を用いた顔認知機構の解明 第52
回日本神経学会学術大会(名古屋市)
Kakigi R (2010.10.28-11.1) EEG/MEG" in
Symposium "Face perception" 29th
International Congress of Clinical
Neurophysiology (ICCN2010), Kobe,
Japan
Kakigi R (2010.9.17-18) Face
recognition-related potentials: EEG, MEG,
NIRS studies. 26th Symposium on Clinical

Neurophysiology of Vision and on Eye Movements, Ljubljana, Slovenia

柿木隆介 (2010.2.20) 社会生活における顔認知の重要性 第6回総合人間学国際シンポジウム (東京)

柿木隆介 (2009.11.18-20) シンポジウム4
「神経生理学での基礎医学と臨床医学の接点」神経イメージング手法を用いた顔認知機構の解明 第39回日本臨床神経生理学会 (北九州)

〔図書〕(計 1件)

「顔を科学する：適応と障害の脳科学」、
編集：山口真美、柿木隆介、医学書院、
総ページ、343ページ、2013年、東大出版会、東京

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況 (計 0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.nips.ac.jp/kaoninchi/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

柿木 隆介 (KAKIGI, Ryusuke)
生理学研究所・統合生理研究系・教授
研究者番号：10145196

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：