

## 乳児における表情の違いに対する脳血流反応 —乳児院在籍0歳児の月齢変化から見た発達評価の可能性—

斉藤 由里\* 利島 保\* \*\* 近藤 武夫\* 鈴木 伸一\*\*  
児玉 憲一\* 岡本 祐子\* 島津 明人\* 中村 菜々子\*\*

\* (広島大学大学院教育学研究科)

\*\* (広島大学大学院教育学研究科附属心理臨床教育センター)

### 問題

近年の「引きこもり」や「キレる」などの社会現象は、どのような環境や能力が背景として考えられるのだろうか。他者の言動を必要以上にネガティブに捉えたり、過敏に反応してしまうなど、他者と上手くコミュニケーションがとれない結果、不適応な行動現象が起こると考えられる。対人的状況下で他者理解を促すコミュニケーションには、言語的情報と非言語的情報がある。特に、表情や声の抑揚や身振りなどの非言語コミュニケーションは、相手の情動や意図や注意を理解する能力をもち(中村, 2004)、言語行動を媒介する表現以上に情動的情報を的確に伝達する上で重要であり、他者との円滑な社会関係を築くには不可欠な能力である。

非言語的情報の中でも表情は、発達のごく初期から母親を含む子どもと関わる周囲の人達との対人的コミュニケーション手段となっており、この非言語的コミュニケーション情報を理解する能力の発達が、乳幼児の愛着形成(Izard, 1991)や社会的参照(Klennert, 1984)の背景にもなっている。すなわち、新生児や乳児の微笑という表情表出は、養育者の養育動機を高め、乳児の微笑に対して微笑み返し、積極的な働きかけを促す。乳児は養育者の微笑みに対し実際に快感情として微笑をするという繰り返しが、親子の絆を深めていく。また、乳児から少し離れた所に乳児の興味を惹きそうな玩具があるが、そこに行くまでには障害物が置かれている状況があるとする。母親が笑顔で乳児に対応していれば、多くの乳児が障害物を乗り越えて玩具まで辿りつく。反対に母親の表情が険しい時には近づくのをやめる。乳児は母親の表情から感情を読み取り、それに応じて反応したと考えられる。このように、表情を含む非言語コミュニケーションの表出や認識は、他者の心を理解するという心の理論の素地となる点で、乳児期以降の発達にとっても重要であることが推察できる。

近年、母子相互作用を含む乳幼児期の非言語的コミュニケーションが、脳機能の発達を促す上での重要な要因であることが指摘されるようになった(Schore, 1994)。Harlow(1960)の母子分離飼育猿の情動異常の研究や、ネズミの母子分離飼育によるストレス脆弱性の神経学的基盤の発達不全の研究(神庭, 2004)などから、特に、母親の非言語的情報が、乳児期における脳の情動機能の発達に影響すると言われている。人間の乳幼児において、情動発達を支える神経基盤の発達と非言語的コミュニケーションを中核とする対人的相互作用の関係について、発達神経心理学的研究としての関心が高まっている。

Luria(1980)によると、発達に伴って複雑な組織化が起こる前頭皮質は、高次の制御機能を担うことで、次第に低次の機能を抑制するようになると仮定している。また、大脳皮質の中で最後に成熟するこの前頭皮質が自己制

御機能を持つようになる以前には、この領域が社会的環境の影響を受けやすいとも言われている (Schore, 1994)。例えば、Teicher, Ito, & Glod (1996)の研究では、早期に身体的、性的虐待を受けた子どもは、前側頭領域や前頭領域の EEG に異常が認められ、ストレスが前頭皮質の発達を変容、制止させたり、成人の能力に到達するのを妨げていると報告されている。さらに、Schore (1994)が、眼窩前頭の再組織化に母子の相互作用の重要性を仮定しているように、乳児期における社会情動的刺激は、脳の発達に重要な役割を果たすと考えられる。従って、言語機能の未発達な1歳未満の乳児の脳の成長にとって、非言語的情報による母子の相互作用の影響は大きいと考えられ、このことは、ヒトの脳の成長に臨界期があることを示唆している。

近年、脳機能画像法の技術により、非言語コミュニケーションにおける脳の働きが明らかになってきた。いくつかの脳機能イメージング研究結果から、表情や声の抑揚の認識には、扁桃核や島皮質 (Phillips, M. L. et al., 1997; Morris, J. S. et al., 1998) といった辺縁系や、眼窩前頭を含む下前頭葉が機能するという結果 (Homak, Rolls, & Wade, 1996; Nakamura, Kawashima, Ito, Sugiura, Kato, Nakamura, Hatano, Nagumo, Kubota, Fukuda, & Kojima, 1999) が得られている。Homak et al (1996)は、特に右半球の下前頭葉に損傷を受けると、声の抑揚、表情、身振りを通しての非言語的な感情表出とその理解の両方に障害が現れることを示している。また、Nakamura et al (1999)は、表情が持つ意味を評価する課題 (笑顔はポジティブ、泣き顔はネガティブなど) を行っているとき、右半球の下前頭葉が活動することを報告している。すなわち、非言語コミュニケーションに関しては、前頭葉、特に右側の活性化があり、ブローカ野を含む左前頭を活性化させる言語コミュニケーションとの対称性がみられる。また、眼窩前頭は、扁桃体を含む辺縁系領域と直接神経連絡があるため、情動のコントロールをする働きがあり (西条・小野, 2002)、非言語コミュニケーションを介して自分の感情を表現したり、相手の感情を理解する働きを持ち、この非言語コミュニケーションの表出と理解の能力は、脳機能の発達と密接に関係している。

本研究の目的は、表情による非言語的情報を、発達初期の乳児がどのように認識しているのかを脳活動から捉えることにより、対人的な相互作用における非言語的コミュニケーションが、乳児の脳機能発達にどのような影響を与えるのかを探索的に検討することである。近年開発された近赤外分光法 (NIRS) は、ヒトの脳の局所的な活動ともなう脳血行動態についての酸素化状態を非侵襲的に測定できることから、乳児にも安全に適用できる点で、乳幼児の脳機能発達の評価ツールとして注目されている (小泉, 2000)。そこで、本研究は、このNIRSを用いて、表情の豊かな顔と表情の乏しい顔を乳児が見たときの反応を、脳血流中の酸素化ヘモグロビンの活性化状態を測定する。そして、対人的コミュニケーション事態における乳児の非言語的な情動情報処理の発達評価を、乳児の脳血行動態のどのような側面に注目すべきかについて検討する。さらに、母子の絆形成の最終発達段階と Schore (1994)が仮定した前頭部領域の脳血行動態を、1人の乳児の生後3ヶ月から9ヶ月までの縦断的な変化について観察することにより、非言語的情動情報の処理に関する脳機能発達について考察する。

## 方法

対象児 乳児院在籍の0歳男児1名を対象とした。

測定時期 2004年7月(生後3ヶ月)、10月(生後6ヶ月)、2005年1月(生後9ヶ月)

課題 対象児にとって見知らぬ女性(20代)が、peck-a-boo(いないいないばあ)を行っている映像を課題として用いた。Fig.1に示すような smile 条件(手を開いた時に笑顔)と non-smile 条件(手を開いた時に無表情)を、

それぞれ5秒に1回のペースで行いビデオテープに撮影した。smile条件では5秒間のsmile画像を6回繰り返し(計30秒)、non-smile条件も同様に行い、刺激画像としてコンピュータ・ディスプレイに収録し呈示した。

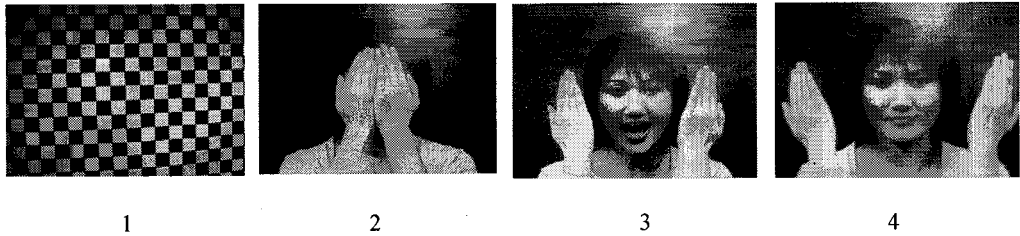


Fig. 1 課題画像

(1—安静時の画像；2—課題共通画像；3—smile条件；4—non-smile条件)

**装置** 脳血流動態測定用の2チャンネルNIRS装置として、赤外線酸素モニタ装置 (NIRO200；浜松ホトニクス製)、表情情報の呈示装置としてパーソナルコンピューター (SONY VAIO) を使用した。

**測定部位** Fig. 2に示すような左右前頭部領域2点にセンサーを装着した。

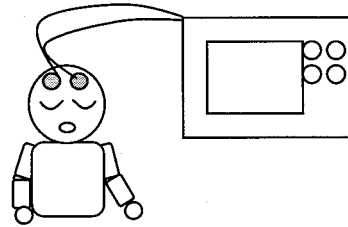


Fig. 2 NIRS装着部位

**測定時間** 各条件ともFig. 3に示すような共通の

脳血流測定スケジュールに従って、各条件において

1秒毎に血流量を測定した。なお、測定に要した全時間は、約3分であった。

**手続き** 実験はFig. 4に示すような配置で、NIROのセンサーを装着した乳児を実験協力が者が抱き、コンピュータの前に座り、乳児にコンピュータ画面を注視させた。なお、乳児の注意を画面に向けさせるために、画面を空白にせず表情刺激呈示の前後に30秒ずつ反転するFig. 1に示すようなチェッカーボードを呈示した。

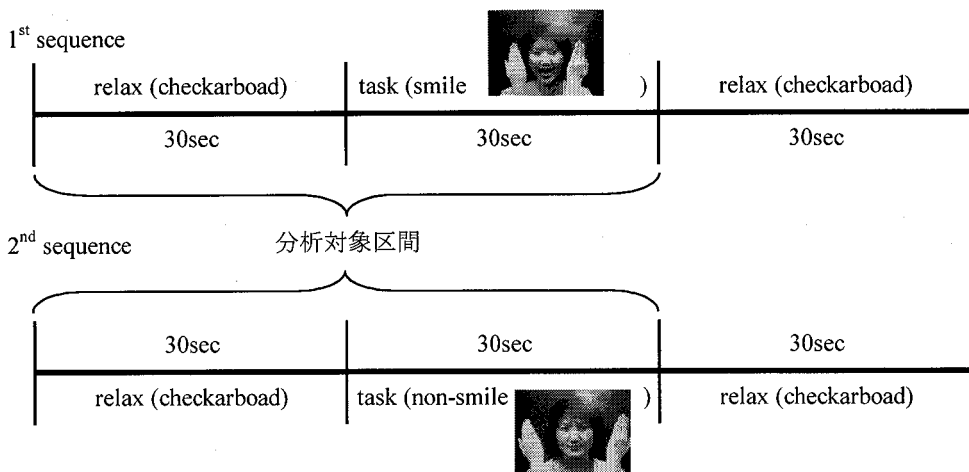


Fig. 3 実験スケジュール

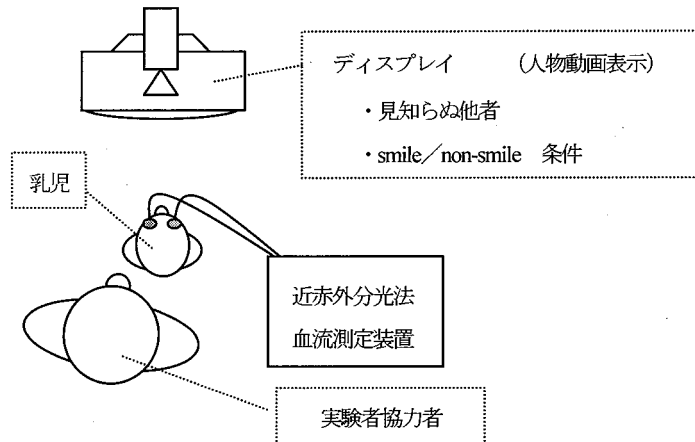


Fig. 4 乳児のセンサー装着部位とNIRS測定事態

## 結果と考察

各条件における課題前の安静時（チェッカーボード呈示の30秒間）と課題中（表情刺激呈示30秒間）の酸素化ヘモグロビンの値（各30回の測定値）を分析対象とした。まず、各条件内での平均値と標準偏差（SD）を求めた結果をTable 1に示した。これらの値について、2SDを越える値はモーション・アーチファクトとして削除し、条件別に安静時と課題中の酸素化ヘモグロビンの平均値を算出した（Fig. 5）。

Table 1 安静時と課題時における平均脳血流量（SD）

	3ヶ月				6ヶ月				9ヶ月			
	smile		non-smile		smile		non-smile		smile		non-smile	
	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左
rest	1.72 (1.77)	2.90 (1.48)	-4.30 (1.71)	0.58 (1.75)	3.12 (1.12)	-0.9 (1.91)	1.51 (1.45)	0.91 (1.48)	-0.03 (1.68)	1.00 (1.55)	1.81 (1.20)	2.41 (1.02)
task	5.26 (0.97)	3.75 (1.03)	-5.26 (1.39)	1.67 (1.36)	4.29 (0.58)	2.12 (0.66)	1.92 (0.85)	2.13 (0.72)	0.88 (1.01)	3.03 (1.09)	2.79 (1.25)	3.42 (1.24)

その結果、non-smile条件の右前頭において、生後3ヶ月では表情刺激に対して有意な脱活性化 ( $t=2.93, p<0.01$ ) がみられ、生後6ヶ月では課題前の安静時からの変化がみられなかった。それ以外では、月齢、条件、前頭の左右差に関わらず、smileとnon-smileの課題条件とも安静時より有意に活性化していた（3ヶ月 smile 右,  $t=9.37, p<0.001$ ; 3ヶ月 smile 左,  $t=2.66, p<0.05$ ; 3ヶ月 non-smile 左,  $t=3.61, p<0.01$ ; 6ヶ月 smile 右,  $t=4.72, p<0.001$ ; 6ヶ月 smile 左,  $t=10.91, p<0.001$ ; 6ヶ月 non-smile 左,  $t=4.63, p<0.001$ ; 9ヶ月 smile 右,  $t=6.06, p<0.001$ ; 9ヶ月 smile 左,  $t=14.00, p<0.001$ ; 9ヶ月 non-smile 右,  $t=7.46, p<0.001$ ; 9ヶ月 non-smile 左,  $t=8.18, p<0.001$ ）。上記の検定結果に基づき血行動態反応の月齢変化の傾向を整理したのが、table 2である。

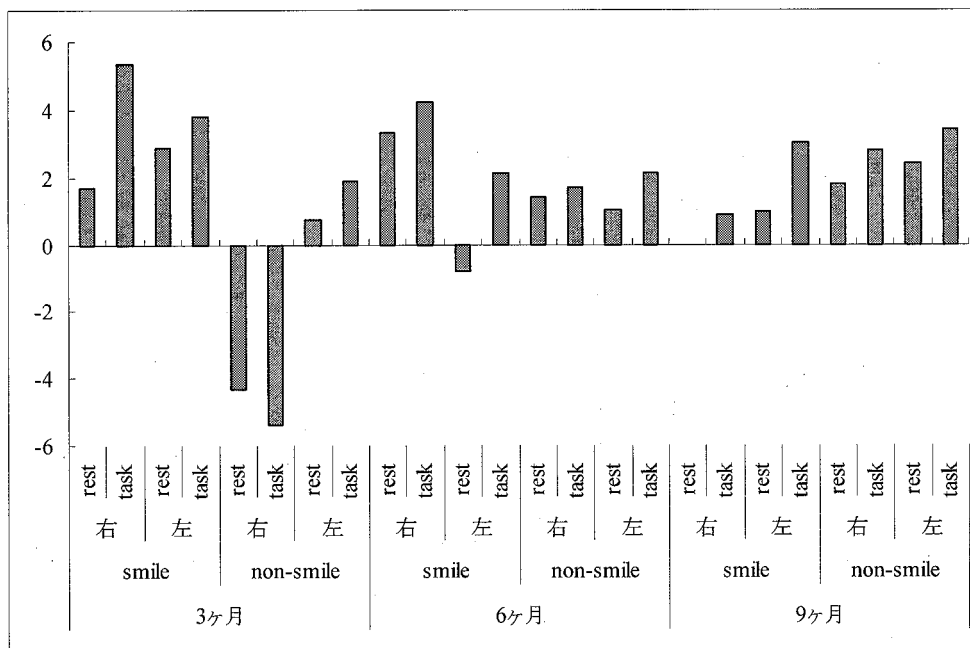


Fig. 5 各課題に対する左右前頭部領域の脳血行動態反応

Table 2 脳血行動態反応のまとめ

	smile		non-smile	
	右	左	右	左
3ヶ月	+	+	-	+
6ヶ月	+	+	=	+
9ヶ月	+	+	+	+

注) +; 有意に活性化, -; 有意に脱活性化, =; 有意差なし

このことから、乳児の前頭領域における脳血行動態は、全般的に表情認識に対して活性化することが示唆されるとともに、乳児の非言語的の情報に対する処理能力に、脳血行動態反応を測定することで、脳機能発達の評価の可能性も示唆された。

また、non-smile 条件では、月齢によって右前頭での血行動態反応が異なっていた。すなわち、3ヶ月時では刺激呈示に対して脱活性化が起き、6ヶ月時では変化がなく、9ヶ月時では活性化していた。星 (2003) によれば、年齢に関係なく小児でも不快刺激に対して前頭領域で脱活性化がみられるという報告があることから、本研究で使用した non-smile 表情が、3ヶ月時点では、この乳児にとって不快な刺激であったと考えられる。従来の研究によると、右前頭領域は非言語コミュニケーションを司る働きがあり、情動の影響を受けやすいと言われている (Homak, Rolls, Wade, 1996; Nakamura, et al., 1999)。この点から、3ヶ月時点では、non-smile 刺激をそのまま不快

刺激として処理したと考えられる。しかし、月齢を追って、6ヶ月時点では、安静時と表情刺激呈示との間に有意な脳血行動態反応差が認められず、更に9ヶ月時点では、右前頭領域での血行動態反応は、smile条件やnon-smile条件の左前頭領域と同様に刺激呈示に対し活性化を示していた。これは、快・不快という情動を調整する働きが、生後3ヶ月以降に徐々に現れた結果ではないかと思われる。

以上の結果から、表情という非言語的情報から情動内容を読み取る能力は、比較的早い時期の乳児から発達していくように思われる。この点から、非言語的情報の処理能力に関する乳児期の脳機能の発達評価ツールとして、NIRSを適用することの有効性が示唆されたと言える。

Schore (1994)の仮定した母子の情動的絆形成の最終発達段階である前頭領域が、非言語コミュニケーションを介した情動情報の処理に発達初期から関わっていると推測される。また、表情特性を反映する課題の実験的操作により、乳児の脳血行動態に発達の变化が認められることから、情動的処理機能に関係した乳児の脳機能発達は血行動態反応から評価できることも示唆された。

しかし、乳児の情動情報の処理が脳レベルにどのような形で反映しているかは、脳血行動態の活性化だけでは決めることはできない。本結果の一部から月齢による変化がみられたものの、単一事例であるため、今回の結果を一般化することはできない。さらに、左右半球に対応した測定部位の脳血行動態の左右差と情動機能の関係とその発達についても、母子相互作用の発達指標としての有効性という観点からの検討を重ねる必要がある。このことにより、乳児の情動機能の発達と母子の絆形成の関係が、脳機能レベルの発達評価指標としてのNIRSの有効性を高める方向に行くと期待される。

## 引用文献

- Harlow, H. F. 1960 Primary affectional pattern in primates *American Journal of Orthopsychiatry*, **4**, 676-68.
- Homak, J., Rolls, E. T., & Wade, D. 1996 Face and voice expression identification in patients with emotional and behavioral changes following ventral frontal lobe damage. *Neuropsychologia*, **34**, 247-261.
- 星 詳子 2003 脳機能解析研究部門の活動―“こころの問題”の背景にある神経機序の解明を目指して― 東京精神医学総合研究所ニュース, **294**, 1-2.
- Izard, C. E. 1991 *The psychology of emotions*. Plenum, New York.
- 神庭重信・金子奈穂子・工藤耕太郎 2004 養育行動が仔ラットに与える長期的影響と養育行動の神経基盤 ストレス性精神障害の成因解明と予防法開発に関する研究 平成15年度総括・分担研究報告書, 27-28.
- Klinnert, M. D. 1984 The regulation of infant behavior by maternal facial expression. *Infant Behavior Development*, **7**, 447-465.
- 小泉英明 2000 光トポグラフィが拓く21世紀の脳機能研究―トランスディシプリナリな脳研究へのアプローチ― 脳の科学, **22**, 1243-1253.
- Morris, J. S., Friston, K. J., Buchel, C., Frith, C. D., Young, A. W., Calder, A. J., & Dolan, R. J. 1998 A neuromodulatory role for the human amygdala in processing emotional facial expressions. *Brain*, **121**, 47-57.
- Nakamura, K., Kawashima, R., Ito, K., Sugiura, M., Kato, T., Nakamura, A., Hatano, K., Nagumo, K., Kubota, K., Fukuda, H., & Kojima, S. 1999 Activation of the right inferior frontal cortex during assessment of facial emotion. *Journal of*

*Neurophysiology*, **82**, 1610-1614.

中村克樹 2004 非言語コミュニケーションの意義 学術の動向, **2**, 28-31.

Phillips, M. L., Young, A. W., Senior, C., Brammer, M., Andrew, C., Calder, A. J., Bullmore, E. T., Perrett, D. I., Rowland, D., Williams, S. C., Gray, J. A., & David, A. S. 1997 A specific neural substrate for perceiving facial expressions of disgust. *Nature*, **389**, 495-498.

西条寿夫・小野武年 2002 情と意における大脳辺縁系と連合野の役割—生物学的価値評価, 行動戦略の決定—

松本 元・小野武年 情と意の脳科学—人とは何か— 培風館 Pp. 47-67.

Schore, A. N. 1994 *Affect regulation and origin of the self* Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. Publisher.

註)

1) 本研究は、大学院教育学研究科リサーチ・オフィス経費、広島大学研究支援経費、文部科学省科学研究費補助金基盤研究 (A)(2) (課題番号: 14201012; 研究代表者 利島 保), 厚生労働省科学研究費補助金 (こころの健康事業: 研究代表者 医歯薬学総合研究科教授 山脇成人, 分担研究者 利島 保) により行われた研究の一部である。

2) 本研究は、大学院教育学研究科の研究倫理委員会の承認の下で実施された。