

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 7 月 13 日現在

機関番号：14301

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2018～2019

課題番号：18H05809・19K21001

研究課題名(和文) 視覚-触覚間統合にかかわる神経応答の敏感期とそのメカニズムの解明

研究課題名(英文) The mechanisms of neural responses to visual-tactile integration

研究代表者

田中 友香理 (Tanaka, Yukari)

京都大学・教育学研究科・助教

研究者番号：00794075

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では他者に触れられる経験が乳児の身体生理状態や脳内情報処理過程に与える影響を実験的手法により検討した。生後5・9か月児を対象に、2名の見知らぬ他者顔を提示した時の心電図および脳波を計測した。一方の顔写真の提示時には、実験者が乳児の足をやさしくなで(触覚あり条件)、他方の顔写真の提示時にはそうしたはたらきかけをしなかった(触覚なし条件)。その後、同じ2名の顔写真を提示した時の乳児の心電図と脳波を解析した。その結果、触覚なし条件よりも触覚あり条件の方が脳活動が強かった(心電図と脳波との関連は現在解析中)。ここから、他者に触れられる経験が乳児の脳内情報処理パターンに影響することがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の研究成果として、他者に触れられるという経験が、乳児の脳活動を高めることが実験的アプローチによって明らかとなった。これまで、ほ乳類において、発達初期の親子間身体接触が、こども側の認知や情動の発達、アタッチメント等に影響を与えることを示してきた。本研究成果は、新たに、乳児の身体接触が乳児の脳機能発達を促進する可能性を示唆するものである。本研究は、発達初期の身体接触が、どのような仕組みで乳児期の心の発達に寄与するのかについての理解を深めることに寄与する。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to investigate the effects of the experience of 'being touched by others on infants' physiological state and information processing in the brain. Electrocardiograms (ECG) and electroencephalograms (EEG) of 5-9 month old infants when presented with two strangers' faces. During the presentation of one face, the experimenter gently stroked the infant's foot (touch condition) and during the presentation of the other face, the experimenter did not touch infants' body (non-touch condition). We then analyzed ECGs and EEGs of the infants when they were presented with the same two faces. The results showed that brain activity was stronger in the touch condition than in the non-touch condition (the relationship between ECG and EEG is being analyzed). The result suggests that the experience of being touched by others affects infants' information processing in their brains.

研究分野：発達科学

キーワード：乳児 脳波 触覚 多感覚 統合 身体接触 内受容感覚

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

本研究では、触覚-視覚間統合に関わる脳の反応性の発達的な敏感期の有無、および、敏感期に関わる生理学的要因を明らかにすることをめざす。これまで、ヒト乳児期において、身体接触を伴う社会的相互作用経験が、新規な顔や単語の学習に寄与することが示されてきた。しかし、身体接触の学習効果の神経学的・生理学的メカニズムに関する実証的な証拠はほとんどなかった。

2. 研究の目的

本研究の目的は次の問いを実験的なアプローチによって検討することであった：①他者に触れられながら他者の顔を見る経験が、乳児および成人の脳内の触覚-視覚間の情報統合を促すかどうか、②身体生理状態（自律神経系活動やそれに関わる求心性神経反応）の個人差と①が関連するかどうか。乳児の月齢に伴い、身体接触が乳児の学習に与える効果に違いがみられるかどうか。

3. 研究の方法

参加者：生後 5~9 ヶ月児 50 名が調査に参加した。

刺激：乳児にとって見知らぬ成人女性 2 名の顔画像が用いられた。女性は、視線を左または右にそらしていた（図 1）。先行研究（Longa et al., 2018）に基づき、直視の顔画像が乳児の顔学習を促すことから、学習の天井効果を避けるために逸視画像とした。合計 4 種類の顔画像が用いられた。条件と顔画像の組み合わせは参加者間でカウンターバランスがとられた。



図 1. テストフェーズで使用した視覚刺激。

手続き：まず、乳児の胸部と頭部にそれぞれ心電図および脳波キャップを装着した。心電図については、乳児の胸部と腹部に 3 つのシール型センサーを貼り付けた。脳波キャップについては、あらかじめ電解質溶液につけたネットタイプマルチセンサーネット (64ch, Geodesic Sensor net, Philips) を頭部にかぶせた（図 2）。心電図および脳波の信号は、脳波計 (Net Station, Philips) に送られ、計測された。



図 2. 計測の様子

具体的な実験手続きは以下の通りである。

1) 安静時脳波心電図同時計測 (2分)

実験内容とは直接関連のない動画 (i.e., 幾何学図形や物体が動く音つき動画) を提示している最中の乳児の脳波と心電図が計測された。これは、安静時の乳児の心拍誘発電位 (heart-beat evoked potentials: HEP) を計測するためであった。HEP とは、心臓活動に伴い立ち現れる脳波の成分であり、身体内部の感覚に対する求心性神経反応 (i.e., 身体内部の感覚) の指標のひとつである。

2) 経験フェーズ (2分)

乳児は母親のひざの上に座った状態で、画面上に提示された 2 名の女性の顔写真を交互に見た。この時、次の二つの条件が設定された：(i) 触覚あり条件では、一方の女性の顔写真が提示されている最中、実験者が乳児の足をやさしく、毎秒 2 - 3 センチの速度でゆっくりと繰り返しなでた、(ii) 触覚なし条件では、もう一方別の女性の顔写真が提示されたが、このとき実験者は乳児の足に触れることはなかった。提示する顔写真の女性と条件との組み合わせ、顔写真の視線方向 (左右) と条件の組み合わせは乳児間でカウンターバランスがとられた。

乳児は、2 名の女性の顔写真をそれぞれ 6 回ずつ、計 12 回みた。

3) テストフェーズ (5-10分)

テストフェーズでは、経験フェーズでみた 2 名の女性の顔写真を交互に乳児に提示した。顔写真を提示している最中の脳波と心電図が計測された。テストフェーズは、乳児がぐずる、泣く、画面を全く見なくなる、あるいは各条件ずつ 50 試行ずつ完了するまで続けられた。平均計測時間は 5 分であった。

最後に、乳児の心電図と脳波キャップを取り外した。

分析

1. テストフェーズ中の ERP 解析: 他者から触れられる経験が乳児の顔処理に関する脳情報処理パターンに影響を与えるかどうかについて解析した。顔処理に関連する情報処理過程を評価するために、各条件の顔写真が提示される 200 ミリ秒前から 1000 ミリ秒間を切り出し、その時間窓の事象関連電位 (ERP) を加算平均した。ERP とは、同じ刺激を繰り返し提示し、そ

の刺激に対する脳波反応を加算平均することにより、特定の事象に関連する脳の情報処理パターンを評価する方法である。刺激を提示してから数ミリ秒から数百ミリ秒間に立ち現れる波形の形とその振幅から、ERP を評価する。本研究では、触覚あり条件と触覚なし条件の ERP を比較した。

2. **テストフェーズ中の HEP の解析**：触覚経験の有無によって、内受容感覚由来の神経活動が調整されるかどうかについて、テストフェーズ中の画像提示中の HEP を条件間比較によって検討した。HEP とは、心電図の R 波のピークをオンセットとして数百ミリ秒間に立ち現れる ERP のことである。生後 5 か月児はすでに異なる感情の顔表情画像に対して異なる HEP を示すことから、本研究でも、他者から触れられる経験が乳児の内受容感覚に影響を与えるとすれば、顔写真を見ている最中の HEP も調整されると仮定し、条件間で比較する。
3. **安静時 HEP の個人差とテストフェーズ中の ERP との相関関係**：最後に、触覚経験が乳児の内受容感覚に与える影響の個人差を評価するため、安静時の HEP の振幅の大きさと、テストフェーズ中の視覚処理に関する ERP の振幅との相関関係を評価する。これは、課題に関連しない、個々の乳児の内受容感覚の敏感さを考慮したときに、内受容感覚の感性が高い乳児の方が、他者から触れられる経験による視覚処理過程の調整が大きい可能性を検討するためである。

4. 研究成果

解析の結果、**乳児では、触覚なし条件よりも触覚あり条件でみた顔写真を提示している最中の方が、頭頂領域および後頭領域の脳波の振幅活動が強いことがわかった (図 3)**。顔写真が提示されてから **400** ミリ秒付近の後頭領域の脳波の活動が、接触なし条件よりも接触あり条件の方が強いことがわかった (図 3 - 左)。脳の後頭領域の下頭頂皮質には、視覚情報と触覚情報を関連づけて統合する機能がある。本研究の成果は、他者から触れられる経験が、乳児の脳内の触覚 視覚間統合を促進した可能性を示唆する。検討項目 (1) については支持されたと考えられる。

また、顔写真が提示されてから **200** mm秒以降の前部頭頂領域の脳波のパターンが条件によって異なることがわかった (図 3-中央、図 3-右)。この **ERP** の詳細について、脳のどの領域が発生源にあたるかについて追加で解析中である。

一方、テストフェーズ中の **HEP** については条件間で有意な差が認められなかった。安静時の **HEP** の振幅とテストフェーズ中の感覚統合に関わる **ERP** の振幅との関連について追加解析中である。よって、検討事項 (2) については全面的には支持されず、追加解析を実施中である。

ERP および **HEP** の月齢間比較についても、月齢を中央値にて低月齢、高月齢で区切って比較した場合には、視覚処理に関する **ERP, HEP** について明確な差を示さなかった。そこで、乳児の体重なども考慮し、月齢ごとに **ERP** や **HEP** をプロットし、その動的な変化について再度解析中である。検討事項 (3) については現在、検討中である。

これらの研究成果は、国際雑誌に投稿するため論文執筆中である。

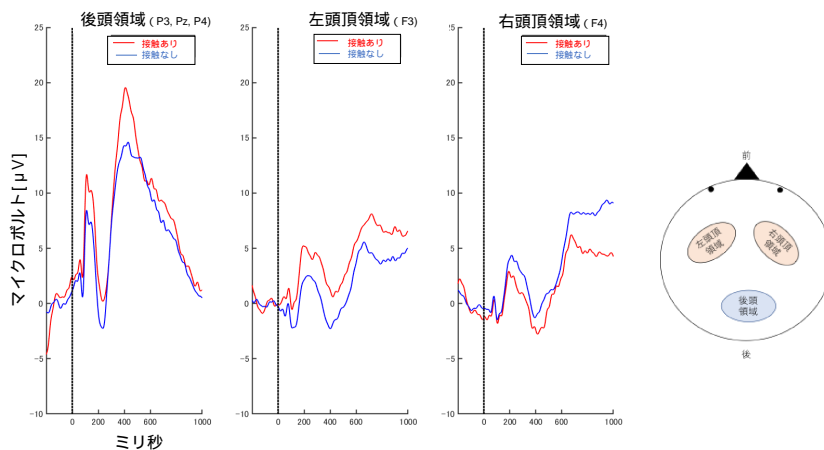


図 3. 各条件の脳波の違い。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Matsunaga, M., Tanaka, Y., & Myowa, M..	4. 巻 13
2. 論文標題 Maternal nurturing experience affects the perception and recognition of adult and infant facial expressions.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0205738
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205738	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 Fukushima, H., Tanaka, Y., & Myowa, M..	4. 巻 online
2. 論文標題 Temporal matching between interoception and exteroception: electrophysiological responses in a heartbeat discrimination task.	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Psychophysiology	6. 最初と最後の頁 1
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1027/0269-8803/a000224	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 1件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 田中友香理・Diaz-Rojas Francoise・菅文美・宗達也・明和政子.
2. 発表標題 母親のポジティブ感情を高める紙おむつ開発.
3. 学会等名 日本赤ちゃん学会 第19 回学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tanaka, Y., Francoise, D-R., Suga, A., So, T., & Myowa, M.
2. 発表標題 Enhancement of Mothers' Positive Emotions New Diaper Technology: Effect Verification by Electroencephalogram Measurement.
3. 学会等名 International Society for Developmental Psychobiology (ISDP 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中友香理.
2. 発表標題 経験が促す親性脳の発達
3. 学会等名 日本発達心理学会 第31回大会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Matsunaga, M., Tanaka, Y., & Myowa, M.
2. 発表標題 Maternal Nurturing experiences affects the perception and recognition of adult- but not infant - facial expressions
3. 学会等名 International Congress of Infant Studies 2018
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 田中友香理.	4. 発行年 2020年
2. 出版社 ミネルヴァ書房	5. 総ページ数 241
3. 書名 発達科学から読み解く 親と子の心・身体・脳・環境から探る親子の関わり	

〔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
---------------------------	-----------------------	----