

# 抱っこ時の乳児の生体反応センシング

研究代表者 吉田 さちね 東邦大学 医学部 助教

## 1 研究の目的

少子高齢化が急速に進む日本では、子育て支援は解決すべき喫緊の社会課題の1つである。しかし、子育ての大部分は、家庭という閉じた空間でなされるため、その実態把握は難しい。さらに、子育てに関する困難のタイプは多岐に渡る上、成長とともに移り変わってしまうので、個々の課題が捉えにくい。日常の子育ては、経験者からの伝聞に基づいてなされることが多く、「夜泣きへの対応」、「抱っこの頻度」、「添い寝の是非」といった身近な育児方法でさえ、科学的な検証は乏しい。「抱いて歩くと乳児が泣き止む」というよく知られた変化の数値化も、知る限り、研究代表者らの論文が世界初であった (Yoshida et al, *Current Biology*, 2013)。そこで本研究では、親子の触れ合い「抱っこ」に着目し、情報通信技術を活用して、抱っこ時に起こる乳児の行動や生理変化の定量を行う。「抱っこ」は、子育てにおいてよくみられる。授乳やまだ歩くことができない乳児と出掛けるときなど、栄養供給や移動を目的とする場面の他、スキンシップによる親子のコミュニケーション手段の1つとしても頻出する。しかし、親の抱き方とそれに対する乳児の反応をリアルタイムで定量し、関係性を検討した学術論文はほとんど皆無である。本研究の目的は、「乳児発達の理解促進」そして「科学的根拠に基づく育児技法の検証やその意義の発信を通じた子育て支援」である。得られる知見を通して、将来的には、新しい発達指標の確立、発達障害などの早期スクリーニングツール樹立への貢献を目指す。本研究では、親が子を抱きしめた時にみられる乳児の行動変化や生理変化について、様々な日齢の0歳児を対象に発達を追いながら検討する。

## 2 研究調査の背景

この研究調査には、3つの背景が関わっている。1つは、「抱っこ」で生じる触圧刺激が乳児に及ぼす影響がよく分かっていないことである。子どもの健康な心身の発達には、親や主たる養育者とのスキンシップが重要であることが知られている (Montagu, *Touching*, 1971)。また、育児に関する書籍でも「抱っこ」や「ハグ」が推奨されることが多い。近年、成人を対象としたアンケート調査より、他者とハグをすることでストレスへの対処が改善することが報告された (Murphy et al, *PLOS ONE*, 2018)。親子は、社会性をもった最小の人間関係の1つである。特に、子にとってその後の対人関係構築に大きく影響すると考えられている (Feldman, *Trends Neurosci*, 2015)。幼少期でも親が抱っこをすると、何らかの特徴的な反応が見られる可能性が高い。こうした背景が、本研究調査の着想の背景にある。

もう1つの背景は、研究代表者らによる乳児特性の発見である。泣いている乳児を抱いて歩くと、すぐに泣き止みおとなしくなることはよく知られている。しかし、そのメカニズムや生物学的な意義は不明であった。そこで、乳児を「抱いて座る」と「抱いて歩く」を繰り返し、発声量、自発運動量、心拍数を定量して、それぞれ場合で、どのように変化するのかを比較した。その結果、乳児を抱いて歩くと、直ちに乳児の発声量、運動量、心拍数のいずれもが大きく低下した鎮静状態となることが明らかとなった (Yoshida et al, *Current Biology*, 2013)。心拍変動解析より、抱き歩き中の乳児は、副交感神経が活性化したリラックス状態となることも明らかとなった。乳児を抱いて座るタスクでは、タスク開始後に、こうした変化はみられなかった。この研究によって、乳児をなだめるため、抱いて歩き回る育児技法の妥当性が初めて実験的に証明された。乳児を抱いて歩くとおとなしくなる現象は、振動器を使った前庭刺激の付与で乳児が泣き止む先行研究とも符合する (Vrugt & Pederson, *Child Dev*, 1973)。母乳で子育てをする全ての哺乳類にとって母子関係は生存に必須である。そのため母子関係の構築・維持に必要な脳内メカニズムは、進化的に保存されていると考えられ、哺乳動物を使った実験結果からの外挿も有効である。実験動物のマウス親仔での検討の結果、仔がおとなしくならないと親の仔運び効率が低下することが明らかとなった。一連の実験を通して、子どもは、親に運ばれる時に、おとなしくなることで親の移動を助けていることが示唆された。言語獲得をしていない乳児の場合、実験の意図を理解して協力的に参加することは難しい。そのため乳児研究では、モニ

ターを注視させる等、固定した計測システムに合うように乳児の行動を統制して行うケースが多い。上述の抱っこ歩き中の乳児の生理計測から、日常的な親子の動作に合うように計測システムを構築する実験アプローチの有効性も示された。これらの発見と経験が本研究調査の背景にある。

3 つ目に、スマートフォンの普及により親や子育て関係者が、容易に子育て情報を得られる昨今の時代背景がある。研究代表者らは、予備的なアンケートを行い、「子育て情報を何から得ているか？」を調査した。その結果、1 位が「インターネット (32%)」、2 位が「友人からの口コミ (29%)」となり、両方で 50% を超えることが分かった。一方、市区町村施設からの情報取得は、11%にとどまり、実際に子育てをしている地域からの情報発信サービスが効果的に機能していないことが伺えた (2 歳未満の子どもをもつ母親 222 人への調査より (吉田ら、未発表データ))。しかし、インターネット上には、科学的根拠が不明瞭な育児情報が多い。それにも関わらず、その情報の取捨選択は、ユーザーである親に委ねられているのが現状である。さらに、「子育て中にあると便利なモノ・サービスは何か？」についても調査した。その結果、1 位が「育児代行 (48%)」、2 位が「知識 (19%)」、3 位が「家事代行 (12%)」となった。実質的な家事支援よりも知識へのニーズが高いことが明らかになった。つまり、子育てに関する実験的検証結果を発信することは、知識共有に繋がり、子育て支援となる。子育ては、時代性や宗教感、文化の影響を強く受ける。研究者および研究参加者の属性によって調査結果が異なる傾向があるため、アンケート分析や解釈には、十分な注意を要する。また、子育ては、多くの人を経験する長期的なライフイベントの 1 つであり、各親は、自分のライフスタイルを変えるほどの実体験とそれに基づく持論を展開することになる。そのため、データに基づいて客観的に議論する機会が損なわれやすい。こうした背景を受け、身近な子育て動作の 1 つ「抱っこ」の影響を数値的に捉える本研究調査を開始した。

### 3 研究方法

#### 3-1 研究参加者の募集

本研究に参加する母子は、東邦大学医療センター大森病院産婦人科で出産した親子向けのイベント、東邦大学医学部が所在する大田区の子育て支援関連施設 (児童館、子育て支援センターなど) にてチラシ配布によって募集した。抱っこ動作ができる健康な日本人の母親と乳児が参加した。本研究調査は、所属機関の倫理委員会の承認を得ている (課題番号: A18121\_A18036\_A17065\_A16095\_27010\_26110\_26091)。

#### 3-2 計測手順

計測は、東邦大学医学部内に設置した計測室で行った。計測室には、ベビーベッド、計測機器、動画撮影用のビデオカメラ (2 台) が置かれている。親子は、計測室に到着した後、研究者による実験内容の説明を受ける。そして、同意書にサインをしてから、計測準備に進む。母親は、腕時計を外し、無地の T シャツに着替える。乳児の背中を支える側の母親の手の平には、柔らかい圧センサを着ける。乳児もオムツを交換して、体重を計測した後、無地のベビー服に着替える。乳児の胸の周りには情報送信機能付き心電図記録用電極、鎖骨脇には動きをセンシングする情報送信機能付き加速度センサを貼付する。いずれのセンサもワイヤレスで、粘着シールによって皮膚の上に貼付する。実際に親子が実験するスペースとは、カーテンで区切られた研究者滞在スペースに置かれた受信ボードで生体情報を受け取る。親子の着替えとセンサ装着が終わった後に、計測の手順を説明する。乳児をベビーベッドに置き、心拍のベースラインを記録した後に、実際の抱っこ実験を開始する。母親には、20 秒間乳児をベビーベッドに置いた後、研究者の合図に従って乳児を抱きあげ、20 秒間抱きしめるように指示をした。抱き方は、縦抱きに統一した。また母親には、計測中の子どもへの話しかけ、およびアイコンタクトを控えるよう依頼した。ベビーベッド上にいる乳児には触らないようにも依頼した。抱きしめている間、母親には体を揺らすことを禁じ、静止して立ってもらった。

#### 3-3 心拍計測

乳児 102 人 (男児 54 人、女児 48 人、生後 55 日から 365 日) の心拍データを収集した。心拍計測は、日本光電の多チャンネルテレメータシステムを用いて、1 ミリ秒間隔でサンプリングした。小児用心電記録用電極と送信機は、皮膚の上に直接貼付した。最初にソフトウェアを使って自動で R 波検出を行ったあと、動画データと照合しながら検出漏れやミスがないか手動で確認・修正を行った。各乳児の R 波検出時刻は、csv ファイルとして出力された。その後、心拍間隔 (RRI) を算出し、20 秒間ベビーベッドにいる時、あるいは、

20 秒間抱きしめられている時の RRI 増加率を算出し、比較検討に用いた。加速度センサも同じシステムの製品を使い、皮膚の上に直接貼付した。

### 3-4 接触圧計測

母親の手の平に圧センサを着けて、乳児を抱きしめてもらい、その時の RRI 増加率を検討した。計測した乳児は 14 人（男児 10 人、女児 4 人、生後 55 日から 347 日）である。母親には、乳児を縦抱きする時に、乳児の背中上部を支える手は右手か左手かを聞き、背中を支える側の手の平に圧センサを着けた。シート状のフレキシブル圧センサとマイコンボードを導線で繋ぎ、マイコンボードとパソコンを USB ケーブルで繋いだ。10 ミリ秒間隔でサンプリングを行った。計測開始前には、毎回重りを使って校正を行った。撮影開始と終了時には、他のセンサや動画と同期する際の目印が必要なので、圧センサを 3 回押してイベントマークを作成した。圧力データは、csv ファイル形式で出力された。

### 3-4 データ解析

動画データは、研究代表者を含め複数人で確認した。加速度データを参考に、「ベビーベッドの上にいる」あるいは「抱きしめる」タスクの開始点、終了点について、R 波検出時刻が入力された csv ファイル、圧センシング結果が入力された csv ファイルに、それぞれ手動で入力した。泣いている、もしくは寝てしまった乳児は、心拍計測に適さないので、除外した。統計解析およびグラフ作成は、フリーソフト R 3.3.2 を使用した。

## 4 結果と考察

生後 55 日から 365 日の乳児 102 人を対象に、母親に抱きしめられている時の RRI 増加率の変化について、発達を追いながら調べた。その結果、抱きしめられている時の乳児の RRI 増加率は、0 歳期を通して上昇していく傾向が明らかとなった（図 1,  $r = 0.44$ ,  $p < 0.0001$ ）。新生児の心拍数は高いが、成長とともに次第に下がっていく。乳児の心拍制御機構は、数年の生後発達過程を通して成熟していくことが知られている（Eyre et al, *Auton Neurosci*, 2014）。例えば、心拍変動パラメータのうち、副交感神経の活動の指標となる高い周波数領域のパワー積算は、生後 2 ヶ月から 6 ヶ月の間に増えることが報告されている（Patzak et al, *Am J Physiol*, 1996）。したがって、母親に抱きしめられた時の RRI 増加率の変遷は、乳児の心拍制御機構の成熟のタイミングと関わっている可能性が示唆される。また本結果より、条件を可能な限り厳密に揃えると、短時間（20 秒）の心拍計測データからも法則性をもった情報が抽出できることが示唆された。

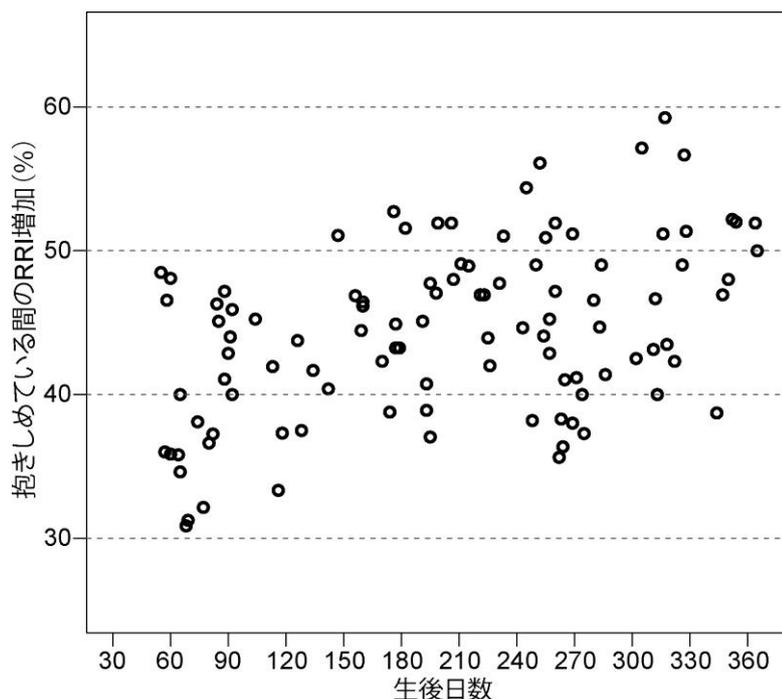


図1. 抱きしめている間の乳児の心拍間隔 (RRI) 増加率の変遷  
1つの黒丸は、乳児一人分のデータ点を示す。

興味深いことに、今回のデータセットでは、抱きしめることで母親の手の平に生じる接触圧と、乳児の体重との間に相関はみられなかった (図2,  $r = 0.12$ ,  $p = 0.67$ )。したがって母親は、乳児の成長に合わせて、乳児の背中を押す力の大きさを変えているわけではないことが示唆される。おそらく母親達は、乳児の体重とは関係なく、各母親が個々に設定している「自分の子どもを抱きしめる際の力の大きさ」で押している可能性が高い。この力の大きさが、例えば、母親自身が幼少期に抱きしめられた時の経験に依存するのかなど、どのように規定されるのかは、今後の研究によって明らかになることが期待される。また、乳児においても、発達に伴う RRI 増加率の変化には、「自分の母親らしい抱きしめる力の大きさ (相対値)」あるいは「ある特定の接触圧値 (絶対値)」のどちらがより影響するのかについて今後さらに検討を進める。

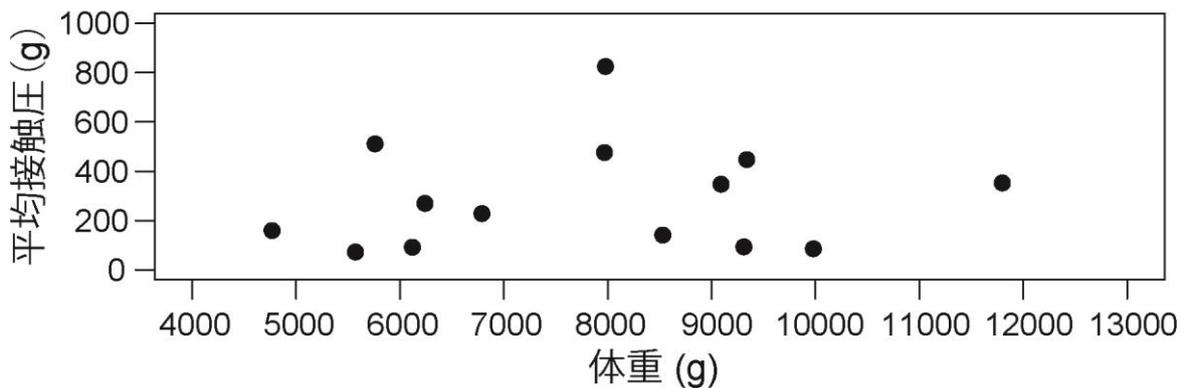


図2. 乳児の体重と抱きしめる時に母親の手に生じる接触圧との関係  
1つの黒丸は、乳児一人分のデータ点を示す。

## 5 おわりに

センシング技術を活用することで、今回初めて、母親に抱きしめられている時の乳児の生理反応について、心拍間隔応答を指標に数値的に提示することに成功した。抱きしめられている時の乳児の RRI 増加率は、一様ではなく、0 歳期の発達過程を通して、変化することが明らかとなった。将来的には、感覚過敏など感覚統合機能に困難を抱える幼児ではどのような数値的特徴がみられるのかについて、小児科医、児童精神科医など専門家との連携を通して検討していく。今後、乳児の自律神経機能や認知機能の発達と本成果との関係性を調べることで、「抱きしめる」ことが親子のコミュニケーションの中でどのような役割を果たしているのか明らかになることが期待される。

## 【参考文献】

- Feldman R, The adaptive human parent brain: implications for children's social development. *Trends Neurosci*, 38(6): 387-99, 2015
- Eyre EL, Duncan MJ, Birch SL, Fisher JP, The influence of age and weight status on cardiac autonomic control in healthy children: a review, *Auton Neurosci*, 186: 8-21, 2014
- Montagu A, *Touching: The human significance of the skin*, Harper Paperbacks, 1971
- Murphy MLM, Janicki-Deverts D, Cohen S, Receiving a hug is associated with the attenuation of negative mood that occurs on days with interpersonal conflict, *PLoS One*, 13(10): e0203522, 2018
- Patzak A, Lipke K, Orlov W, Mrowka R, Stauss H, Windt E, Persson PB, Schubert E, Development of heart rate power spectra reveals neonatal peculiarities of cardiorespiratory control, *Am J Physiol*, R1025-32, 1996

Esposito G, Yoshida S, Ohnishi R, Tsuneoka Y, Rostagni Mdel C, Yokota S, Okabe S, Kamiya K, Hoshino M, Shimizu M, Venuti P, Kikusui T, Kato T, Kuroda KO, Infants calming responses during maternal carrying in humans and mice, *Curr Biol*, 23(9): 739-45, 2013  
 Vrugt DT & Pederson DR, The effects of vertical rocking frequencies on the arousal level in two-month-old infants, *Child Dev*, 44(1): 205-9, 1973

〈発 表 資 料〉

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
なぜ子は親に運ばれる時におとなしくなるのか	第 82 回日本心理学会	2018 年 9 月
科学の目で見ると親子の絆	SciEduTech:子供の創造性の育み方について語る親子イベント（主催：JST さきがけ社会と調和した情報基盤技術の構築）領域	2019 年 3 月
Physiological and behavioral changes in infants during mother-infants interaction	9th Federation of the Asian and Oceanian Physiological Societies	2019 年 3 月