

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 5 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23700682

研究課題名(和文) 乳児の四肢運動が織りなす音響的な「場」

研究課題名(英文) Acoustics field by infant limbs movements

研究代表者

渡辺 はま (Watanabe, Hama)

東京大学・教育学研究科(研究院)・特任准教授

研究者番号：00512120

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円、(間接経費) 990,000円

研究成果の概要(和文)：乳児期初期の児を対象とし、さまざまな環境(場)における四肢運動を三次元動作解析システムによって計測し、四肢運動に含まれる多様な運動特性の抽出をおこなった。その結果、四肢運動パターンの発達にともなう変化、環境(音楽や玩具)との相互作用における四肢運動の特性が明らかにされた。これらの運動特性は、乳児の運動をもとに外界からの応答をフィードバックする豊かな環境のシステム構築に役立つと考えられる。

研究成果の概要(英文)：To investigate movement patterns in young infants, infant limbs movements were observed by a 3D motion analysis system. Results revealed developmental changes in motor coordination patterns among four limbs during developmental periods, and interactions between infants and specific environments (i.e., auditory environment and objective environment). These results suggest that rich motor information by young infants is useful for constructions of feedback systems based on infant spontaneous behaviors.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：身体教育学

キーワード：乳児 四肢運動 学習

1. 研究開始当初の背景

[研究動向および位置づけ]

言語や明確な身振り（ジェスチャー）を使用できない発達初期において、乳児が外界（他者）に認識される様式で生成できる情報は限られており、中でも身体運動は乳児が自己生成可能な主要な情報と位置づけられる。これまで、主に運動発達の観点から検討が進められ、ヒトの発達過程においては、胎児期より自発運動（四肢を継時的に複雑に動かす運動であり、外界の刺激と独立した「自発的」な運動である）が発現し、生後3,4ヶ月まで持続することが知られている（Prechtel, 1984, 1993; 渡辺・多賀, 2006）。また生後3ヶ月頃より、四肢運動を介して随意的に外界の事象を変化させることが可能になることも報告されている（Rovee & Rovee, 1969; Rovee-Collier, Hayne, & Colombo, 2000; Watanabe & Taga, 2006, 2009, 2011）。四肢運動は、複数の身体部位（四肢）それぞれに関して、空間における位置情報、速度・加速度情報、運動パターンの複雑性の情報等、たいへん豊富な情報量を持つものであるが、その複雑さ故に、リアルタイムでの情報の取得、その情報を用いたフィードバック技術開発、どのような情報を用いてフィードバックすることが適切かといったフィードバックする情報選択等に困難がある。従って、乳児が自己生成する情報として、より豊富で自由度の高い情報を有する身体運動（特に四肢運動）に焦点を当て、複雑かつ連続的な乳児の運動を特定のまとまりに切り取ることが重要である。外界との相互作用やコミュニケーション手段の創発を促進する基盤となる運動単位を取り出すことにより、取り出された情報に対して音響的フィードバックを提供するシステムの構築につながる。

2. 研究の目的

乳児期初期（乳児期含む）の児を対象とし、さまざまな環境（場）での四肢の運動情報から、音響情報をフィードバックするシステムの開発・利用につながる運動特性を抽出することを目的とし、三次元動作解析システム等を用いて計測される乳児の四肢運動に含まれる特性を検討した。

3. 研究の方法

(1) 乳児の自発運動に含まれる四肢運動の発達的变化：6名の定型発達の乳児を対象とし、生後2-4ヶ月齢の時期に三次元動作解析装置を用いて、外界からの刺激がない状況で自発的に生成される四肢運動を週に1回のペースで計測した。それらのデータを対象に四肢運動特性の発達的变化を明らかにした。

(2) 音響情報を含む場における乳児の四肢運動特性：生後3,4ヶ月齢の定型発達の乳児をリズムがはっきりした音楽の流れる環境下に置いた場合の四肢運動を、三次元動作

解析装置にて計測し、音楽と運動との関係を明らかにした。また運動中の発声行動を記録・解析した。

(3) 物体との物理的相互作用の場における乳児の四肢運動特性：生後3,4ヶ月の乳児が、環境中に配置された物体（玩具）と相互作用する様子を三次元動作解析装置により計測し、運動の量的・質的变化を明らかにすることにより運動特性を抽出した。

(4) 新生児期の四肢運動特性：低出生体重児のterm時期における自発運動を、家庭用ビデオカメラで撮影し、その運動特性の解析を実施した。

4. 研究成果

(1) 乳児の自発運動に含まれる四肢運動の発達的变化：①左右それぞれの腕と脚の動きの速度および②左右それぞれの腕と脚の動きのうち特に大きな動きの頻度に関しては、生後2~4ヶ月の間に顕著な変化は認められなかった。③腕や脚が同じ方向に同じタイミングで動く程度（位置の相関）は、年長（3~4ヶ月）の児の方が年少（2ヶ月）の児に比べて脚同士が同じ方向に動くことが明らかになった。また、④腕と脚が同じような速度で動く程度（速度の相関）は、3ヶ月齢以降の児において強くなることが示された。特に、腕同士の相関は発達が進むにつれて強くなることが明らかになり（図1）、発達初期には左右の腕が独立して動いているが、発達が進むにつれてその振る舞いが同期していくことが示唆された。

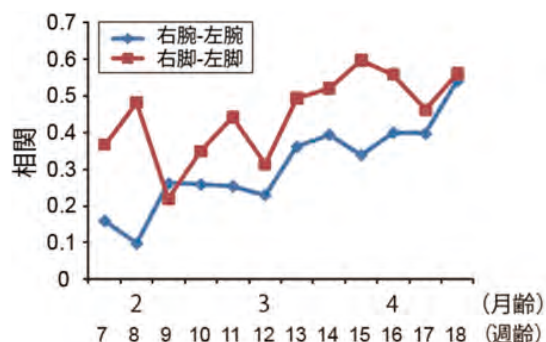


図1 腕および脚の運動における速度の相関

(2) 音響情報を含む場における乳児の四肢運動特性：生後3ヶ月齢の乳児30名を対象として、リズムがありビートが強調された音楽（ダンスミュージック）を提示した際の四肢運動および発声による音声を計測した。多くの児では、刺激に対する注意の増加により運動の減少が観察されたが、限られたケースにおいて運動や発声の増加が認められたため、そのケースについて詳細に解析を実施した。その結果、生後3ヶ月の乳児において、リズム（テンポ）に同期した四肢運動（たとえば特定の脚のキックや腕の振り）が見られること（図2A）、また発声行動が豊かになる

こと（基本周波数 F0 の上昇、フォルマント（F1, F2）の変動増大）（図 2B）が観察された。本研究は、生後 3 ヶ月の乳児が、外界との同期を伴う様式での身体運動や発声が可能であることを示すものであり、これらの情報を用いたフィードバックにより、より活発な環境とのインタラクションを引き出せる可能性を示唆するものである。

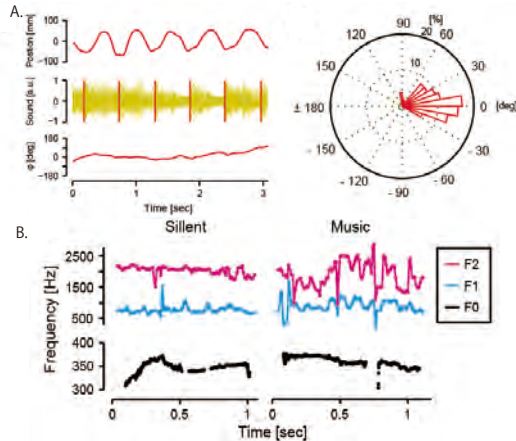


図 2. 生後 3 ヶ月齢の乳児の足の動きと音楽のリズムのタイミングの同期 (A) および発声における基本周波数 (F0) とフォルマント (F1, F2) の特徴 (B)

(3) 物体との物理的相互作用の場における乳児の四肢運動特性：「腕を動かすと頭上の玩具が動き鈴が鳴る」玩具で遊ぶ際の四肢の運動特性を三次元動作解析装置により計測したデータを解析対象とした（生後 3～4 ヶ月齢の乳児 298 名分）。玩具で遊ぶ前の運動 (P1) を、玩具で遊んでいる際 (P2) の運動と比較したところ、日齢によって四肢運動の特徴が異なることが明らかになった。すなわち、年少群 (90-109 日齢) では、P1 に比べて P2 の後半で運動量の増加が見られたが、年長群 (110-129 日齢) では、P2 の前半から運動量が増加することが明らかになった。また年長群では、四肢の動かし方のパターンが P1 と P2 で大きく異なることが示された（たとえば、P1 では腕と脚を同程度に動かしていたが、P2 では玩具を動かすのにより効果的な腕の動きが脚の動きに比べて優位になる等）。

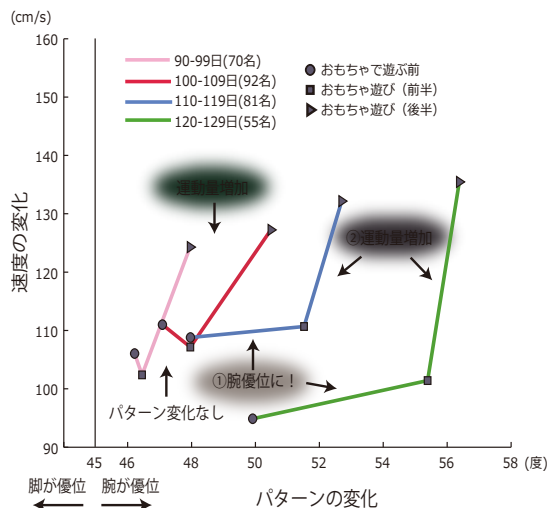


図 1 生後 90-129 日齢の乳児が腕の動きと運動した玩具で遊ぶ際の身体運動の変化

本研究は、年少の児はもともと持っている運動パターンを量的に増加させることで、一方年長の児は運動量および質（パターン）の双方を変化させることで、環境と相互作用していることを示している。これまでおこなってきた研究では運動の量的側面に焦点を当てていたが、本研究において量的側面と質的側面の分離に成功し、このことはフィードバックに乳児から得られる多様な情報を利用できる可能性を示唆している。

(4) 新生児期の四肢運動特性：124 名の児を新版 K 式発達検査により 3 歳児点の発達状況を normal、border、delay の 3 群に分類し、各群における新生児期の自発運動の特徴を検討した。normal 群に比べて delay 群において、運動速度が遅く、粗大運動の数が少なく、運動が間欠的であることが明らかにされた。また normal 群や border 群に比べて delay 群において四肢が同期して動く傾向が強いことが示された。これらの結果は、新生児期の自発運動から運動特性を抽出することが可能であることを示すとともに、児の個性に合わせたフィードバックシステムの構築が必要であることを示唆するものである。

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 3 件）

- ① Kato, M., Watanabe, H., & Taga, G. Diversity and changeability of infant movements in a novel environment. *Journal of Motor Learning and Development*, 1, 79-88, 2013, 査読有, <http://journals.humankinetics.com/jmld-back-issues/jmld-volume-1-issue-4-december>
- ② Kanemaru, N., Watanabe, H., Kihara, H., Nakano, H., Takaya, R., Namkamura, T., Nakano, J., Taga, G., & Konishi, Y. Specific characteristics of spontaneous movements in preterm infants at term age are associated with developmental delays at age 3 years. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 55, 713-721, 2013, 査読有, doi: 10.1111/dmcn.12156
- ③ Kanemaru, N., Watanabe, H., & Taga, G. Increasing selectivity of interlimb coordination during spontaneous movements in 2- to 4-month old infants. *Experimental Brain Research*, 218, 49-61, 2012, 査読有, doi: 10.1007/s00221-012-3001-3

〔学会発表〕（計 4 件）

- ① Kato, M., Watanabe, H., & Taga, G. Changeability of infant spontaneous

movements toward goal-directed
movements in a novel environment.

Society for Reserch in Child
Development 2013 Biennial Meeting,
Seattle, Apr. 18-20, 2013.

- ② 加藤萌・渡辺はま・多賀徹太郎 乳児の
運動の多様性と変化可能性 日本赤ちゃ
ん学科第12回学術集会プログラム・抄録
集, Tokyo, Jun 2-3, 2012.
- ③ Fujii, S., Watanabe, H., Oohashi, H.,
Hirashima, H., Nozaki, D., & Taga, G.
Precursors of dancing and singing to
music in three- to four-months-old
infants. 12th International
Conference on Music Perception and
Cognition, Thessaloniki, Greece, July
23-28, 2012.
- ④ Fujii, S., Watanabe, H., Oohashi, H.,
Hirashima, M., Nozaki, D., & Taga, T.
Audio-motor entrainment to a musical
beat in 3- to 4-month-old infants. The
Neurosciences and Music IV: Learning
and Memory, Edinburgh, UK, Jun 9-12,
2011.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡辺 はま (WATANABE, Hama)

東京大学・大学院教育学研究科・特任准教
授

研究者番号 : 00512120