

# ハイハイ動作の縦断的研究

## ～量的評価方法に着目して～

水澤 裕貴・吉岡 元

### 要旨

乳児のハイハイ動作は、正常運動発達過程において重要であるといわれている一方で、その動作の評価手法が確立していないため十分な検討がなされていない。そこで今回ハイハイ動作の量的評価方法の検討を目的に研究を行った。対象は研究協力に同意を得られた6名(月齢5～12ヶ月)の乳児で約7週間にわたって縦断的な観察を行った。分析においてはハイハイ動作をビデオカメラで撮影し、各四肢の動きを接地期と離地期に分類して、接地タイミングをみた。その結果、ずり這い期から対角パターンが存在すること、各被験児とも経時的に一貫した接地タイミングを維持することが示唆された。また、ずり這いー四つ這い移行期には動作が多様になる様子が観察されたため、成人の運動再学習においても同様の過程が存在するのではないかと考えた。

### はじめに

乳幼児は正常運動発達のなかで、生後3ヶ月頃に上肢で頭部から胸部を挙上できるようになり、生後5ヶ月頃には両手掌で上体を支えることができるようになる。生後7～9ヶ月頃に、ずり這い・四つ這い移動を開始・獲得し、1歳6ヶ月頃までには安定した歩行を獲得することができる<sup>1)</sup>。正常運動発達における四つ這いは、支持器官としての足の発達、そして手の把握・支持・認識器官としての発達指標である。そのため四つ這いは、単なる移動手段というだけでなく、2足歩行に至るまでの上下肢の発達においても重要な意味をもち、運動発達過程において重要であるといわれている<sup>2)</sup>。

一方、瀬川ら<sup>3)</sup>は、這い這い動作のうちずり這い、四つ這い、高這い、いざり這いの4様式について、乳児の母親に質問紙を使った調査を行っている(2002年実施)。その結果、20年前より「這い這い」の生起頻度が低下していたのがずり這いといざり這いで、歩行開始月齢と同様に這い這い動作にも変化が起きていると述べている。しかし、乳幼児のハイハイ動作のみについての先行研究は、個人差が大きく評価方法が確立して

いないなどの理由から非常に少なく、その内容もハイハイ時の姿勢や重心などに着目した研究が多くを占めている。このようなことから、ハイハイ動作の重要性について再考することが必要であると考えられる。

加えて、多賀ら<sup>4)</sup>は、10名の乳幼児の上下肢にマーカーを取り付けて、その軌跡を4ヶ月間にわたり二次元動作解析によって記録した。これによると、運動量のグラフが生後2ヶ月前後でU字を描く軌跡を辿った。つまり、多様であった動きの量が減少し、その後増加したということである。この研究において、乳児の運動発達は単純なものから複雑なものへと進行するのではなく、運動の変化は無作為な動きから、組織化された動きへと収束していくものであるとしている。また、この動きの変化が、皮質の発達中連続して起こっているのではと推測している。

そこで園田らは、ハイハイ動作獲得が乳児発達過程における運動学習経験として重要であると考え、ハイハイ動作における身体各部の動きの多様性を観察・分析し、ハイハイ動作におけるバリエーション数の増減を分析した<sup>5)</sup>。この研究では、ハイハイ動作の個体差を表すために動作の

バリエーションに着目して質的調査を行った。バリエーションの違いを判断する際は各サイクルでの動作を「頭部と体幹」「四肢の状態」「重心の移動」「推進力」から比較し、異なる動作を生じている場合をバリエーションとしてカウントしたとしている。結果、ハイハイ歴に応じてハイハイ動作のバリエーション数が少ない状態から一端増加し、その後減少すること、このバリエーションの変化が、ずり這いや四つ這いいずれにおいてもみられることを報告した。また、日齢でみていくとずり這い期は、バリエーションが多い状態から減少し、四つ這い期においてはバリエーション数が少ない状態から増加し、減少するとしている。

ハイハイ動作を量的評価に着目した量的研究はいくつか行われている。Yangら<sup>6)</sup>は、左足1サイクル中に、他肢がどのタイミングに接地するかを検討し、ずり這いや四つ這い、四つ這いの亜系、いずれにおいても対角線上の結びつきが全被験児の86%に観察されたと報告している。Fleedland<sup>7)</sup>らは、3次元動作解析を使用し乳児のハイハイ動作における接地期・離地期を明確にしたうえで、ハイハイ開始前にはほとんどの乳児が四肢を比較的バラバラに非協調的に動かすが、四つ這い位の開始にともない、対角パターンを使用した前進を始めると述べた。また、Adolph<sup>8)</sup>らは、乳児のずり這い・四つ這い動作を30フレーム/秒にて撮影し、得られた動画をもとに各肢の接地タイミングやハイハイの速度、サイクル時間や接地・離地時間を割り出した。結果、ずり這い経験児は四つ這い移行直後において、ずり這い未経験児よりもより動作が安定し、四肢の接地時においても対角パターンがより正確に出現することを述べている。加えてこれらは、乳児が前進を始めた時から、縦断的に研究を行っており四肢の協調性について、ほとんどの乳児が対角パターンを示すと報告している。このように接地タイミングに焦点を当てた研究は行われているが、対角パターンの開始時期に一貫した見解がなく検討の余地がある。そこで今回は先行研究にならない接地タイミングにみる量的評価を縦断的に行うこととし、また、対角パターンの開始時期の検討も行った。これに加えて、ハイハイ動作(ずり這い・四つ這いを含む)における経時的变化も動作観察により併せて検討することとした。

## 対象

長崎市内の私立保育園(1ヶ所)と同市内の子育て支援センター(1ヶ所)を利用している乳幼児(撮影開始時に月齢5ヶ月~12ヶ月)で、神経学的・整形外科的な問題がない児を対象とした。本研究に関する説明を受け、研究協力に保護者からの同意が得られた計6名(男児4名、女児2名)とする。このうち2名を分析から除外した。うち1名は、撮影に対する拒否が強く表れていたために撮影が行えず対象から除外し、他の1名は、前進移動がみられなかったために除外した。本研究は、長崎大学医歯薬学総合研究科倫理委員会の承認を得て(承認番号13071126)、さらに協力機関の承諾と保護者の同意を紙面で得た上で実施した。

## 撮影方法

対象児のハイハイ動作をデジタルムービカメラ(Panasonic HX-WA20)2台を用い、同時に2方向から撮影を行った(図1参照)。

画質設定に関しては、720×30ピクセルに設定し、30フレーム/秒にて撮影を行った。撮影環境は、各施設内で撮影し、床面は板張りであった。撮影は3名で行い、撮影者2名に加え、他1名が玩具で対象児の移動を促した。対象児によってずり這いおよび四つ這いに対する動機づけが異なるため、時間や距離に関する条件付けは行わなかった。対象児が拒否の行動を示した場合には撮影を中止した。撮影は週2回、各1



図1 対象児撮影時の風景

対象児の前方と後ろ斜め右方から同時に撮影

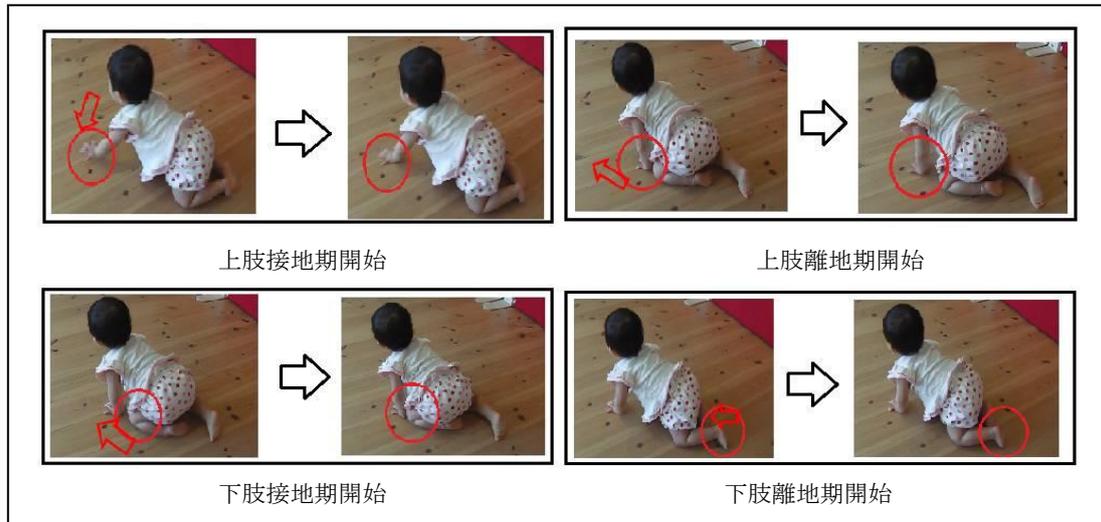


図 2 接地期・離地期の分類

図は四つ這い例を示した。ずり這い・四つ這いのいずれも上肢で手または前腕，下肢で膝または足底の動きを観察することで接地離地を分類した。

時間程度にて行い，撮影期間は 2013 年 10 月～2013 年 12 月までの約 7 週間であった。

### 分析方法

一連のハイハイ動作を区分するために，左手接地開始時から，再度左手が接地を開始するまでを 1 サイクルとした。また今回分析対象は，連続して 2 サイクル以上のハイハイ動作が得られたものとした。

Yang らの先行研究にならい，ハイハイ動作の各四肢の接地・離地を，動画をもとに分類した。なお，遊脚期の開始は，四肢の前方への動きを開始時，接地期の開始は四肢の前方への動きが終了し，床面に接地した時とした(図 2 参照)。他の四肢(左手以外)の接地開始のタイミングを，左手を中心とするサイクルのパーセンテージとして表現した。例えば，両手を同時に接地した場合，右手は左手 1 サイクル中の 0% 時点に接地したことを表し，また，両上肢を完全に交互に動かした場合，右手は左手 1 サイクル中の 50% 時点に接地したことを表す。左手-右足-右手-左足の順で，等間隔で連続的に動いた場合，右足・右手・左足はそれぞれ左手 1 サイクル中の 25%・50%・75% に接地したことを表す。今回，分析対象としたのは対象児から得られた合計 424 サイク

ル(内ずり這い 106 サイクル)であった。

### 結果

#### 1. 接地タイミングの縦断的变化(図 3)

被験児 B・C については，ずり這い期・ずり這い一四つ這い移行期・四つ這い期いずれにおいても一貫した傾向を示している。また全体にわたり対角パターンも示した。

被験児 A については，日齢が低い時には接地順序として対角パターンを行っているものの，対角線上の四肢をほぼ同時に動かしていないようであるが，日齢が高くなるにつれてより対角線上にある四肢を同時に動かす対角パターンを強めていることがわかる。

また，SD をみると，被験児 A は経時的に低値を示しているのに対し，被験児 B・C はグラフに突出した部分がみられ，これがずり這い一四つ這い移行期にあたる事が分かる。

#### 2. 全被験児における接地タイミングの度数分布

全体の傾向として，左手と右足の間における接地タイミング，同様に右手と左足の間における接地タイミングが短くなっていることから，対角パターンを示していることが考えられる(図 4)。

### 3.ずり這いと四つ這いの比較

ずり這い期においては左手と右足の接地がほぼ同時期に行われ、右手と左足も同様の傾向を示している。四つ這いにおいてもずり這いと同様

に左手と右足が、右手と左足がほぼ同時期に接地していることがわかる。よって、ずり這い、四つ這いに関わらず対角パターンを示した(図3・4)。

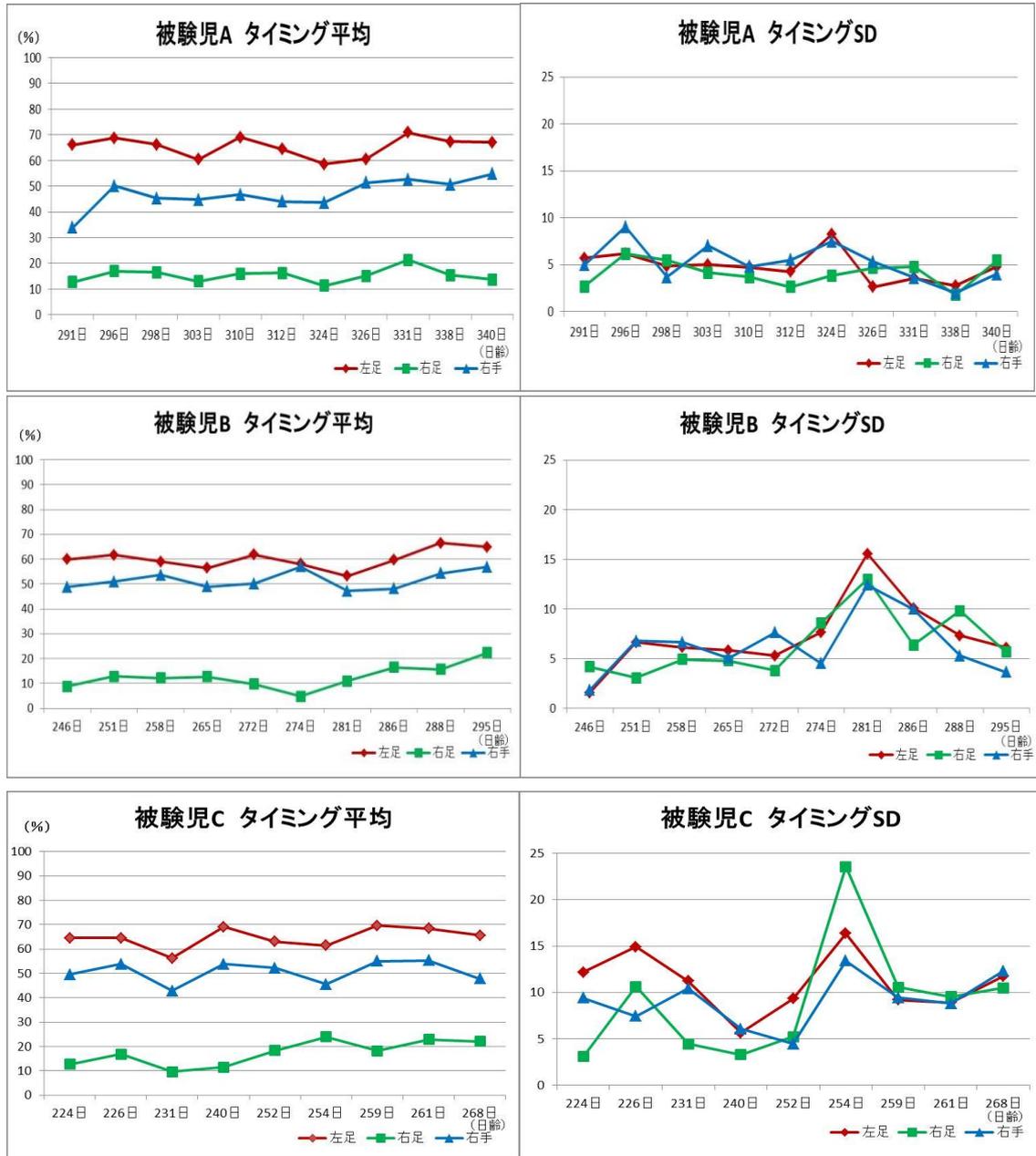


図 3 対象児 3 児における各肢の接地タイミング平均・標準偏差(SD)

左図は、同一撮影日に観察されたハイハイ動作の各四肢の接地タイミングの平均を算出し、経時的変化を示したものの、右図はその標準偏差(SD)を表す。

左図縦軸は左手 1 サイクル中におけるパーセンテージ、右図縦軸は標準偏差、横軸はそれぞれ日齢を表す。なお被験児 B は日齢 281 日が、被験児 C は日齢 252 日がずり這いー四つ這い移行期。

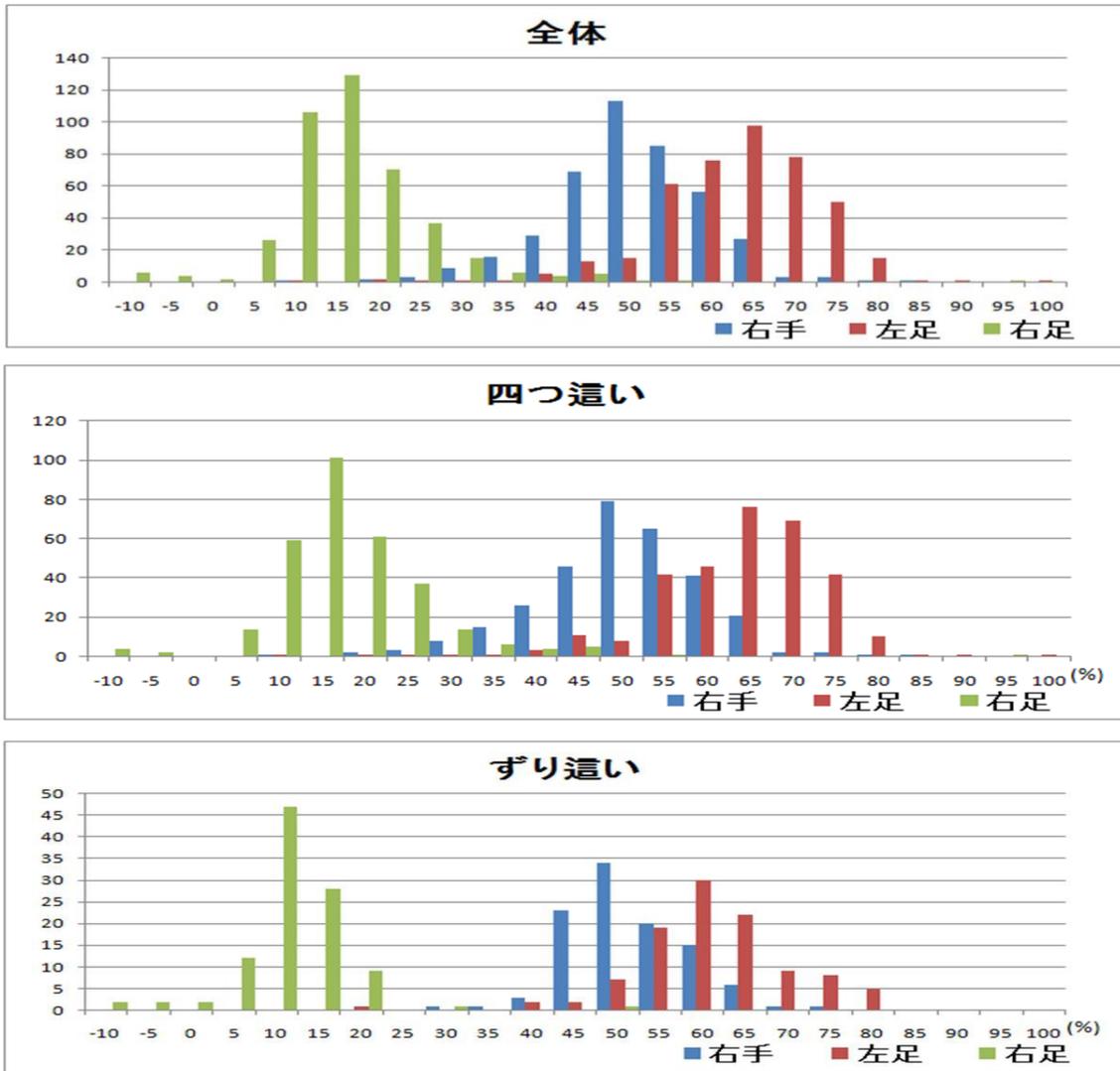


図 4 全対象児における接地タイミングの度数分布

上は全被験児の接地タイミング(全 424 サイクル)を、中央は四つ這い動作のみの接地タイミング(全 318 サイクル)を、下はずり這い動作のみの接地タイミング(全 106 サイクル)をそれぞれ度数分布で表したもの。

縦軸は度数を表し、横軸は左手 1 サイクル中におけるパーセンテージを表す。

## 考察

ハイハイ動作の接地タイミングに関する分析を行うことで、今回の被験児 6 名はすべて対角パターンを示したこと、ずり這い・四つ這いにかかわらず経時的に一貫した接地タイミングを維持することが分かった。

### 1. 接地タイミングの縦断的变化

今回の 6 児を対象とした縦断研究により、ずり這い・四つ這いいずれにおいても各肢の接地タイミングに大きな経時的変化がなく、一貫した接

地タイミングを維持しているという結果が得られた(図 3)。また左手ー右足、右手ー左足の接地タイミングの間隔が狭かったことから、今回いずれの児においても対角パターンを示した。対角パターンについて Adolph ら<sup>8)</sup>は、ハイハイ動作における対角的な四肢の動きは平衡を保ったり、前進したりすることに適しており、前進において身体を中心に置くことができ、身体の重心が端から端へ動くことや、前方へ移動する時の不安定さを最小限にすることができると述べ、移動において最も効率の良い四肢の動きであると考えられる。

また、同報告で Adolph ら<sup>8)</sup>は、ずり這い期間中は、腹部が床面に接地していることから、バランスの要求は最小限であり、四肢の動きのタイミングは、関連的に強制されないと述べている。それにも関わらず、ずり這い期間においても四肢の対角的な動きがみられたことは驚きである。

## 2.対角パターンの出現時期

Yangら<sup>6)</sup>の横断研究ではずり這い期や四つ這い期いずれにおいても対角パターンが多いことが報告されているが、今回の我々の縦断研究により、ずり這い期から対角パターンが存在し、四つ這い移行後も同様のパターンを維持することが示唆された(図 3・4)。これは他の動物における新生児期または胎児期の神経システムは、正常な歩行動作を始める前に協調した移動パターンを有する<sup>8)</sup>、とあることや、あらゆる種は生まれながらに「原始的な」移動パターンを有する<sup>8)</sup>とあることから、人の乳児においても移動動作獲得初期から他の種にもみられるように「原始的な」パターンが存在することが考えられる。

## 3.四つ這い動作獲得初期の変化

被験児B・Cに着目すると(図3.)、接地タイミングの平均は経時的に一貫しているものの、SDが高値を示した部分があり、それがずり這いー四つ這い移行期であった。接地タイミングの平均が経時的に一貫している一方で移行期のSDが高値であることは、移行期の各四肢の接地タイミングが一定でないことを表している。また今回動作観察により、ずり這いー四つ這い移行期には特に多様な動作を認めている。

Hadders<sup>9)</sup>によると、運動発達には2つの相があり、1つ目の相は運動発現が多様であり、動作のあらゆる可能性を探索する相(動作パターンの拡散)、2つ目の相は、成功・失敗体験の活動を基礎として、状況に適した動作を選択する相(動作パターンの収束)に分類できるとしている。これらの見解や、今回乳児のハイハイ動作(ずり這いー四つ這い移行期)にみるように、多くのパターンを作りだし、その中からある状況に適した動作・解決方法を選択するという運動学習過程は、成人における運動再学習過程にも応用できるのではないかと考えられる。

## 4.本研究を通して

接地タイミングによるハイハイ動作の分類は、Yangらの報告でもあるように、対角パターン以外を示す児もいることや、ハイハイ形態に関わらず同一の評価基準で分析できることから有用であると考えられる。一方でずり這いと四つ這いのように全く違う動作や各四肢の接地面の違いなど、接地タイミングは同じ値を示しても、動作自体はかなり異なることが多く、接地タイミングのみでハイハイ動作を分類すると、本来乳児がもつ個体差や動作の多様性を十分に評価できないと思われる。したがって乳児のハイハイ動作の評価にあたっては、接地タイミングの様な量的評価方法に加えて、動作観察を含めた量的評価方法を確立する必要があると考えられる。本研究の限界として、被験児が6児と少なく、結果が個人因子を多く含むこと、また乳児研究の難しさでもあるが、ハイハイ速度を一定の条件で統一できなかったり、一日に撮れるサイクル数にばらつきがあったりという点があげられる。今後はさらに被験児数を拡大することでより質の高い研究へとつなげていきたい。

## まとめ

今回はハイハイの重要性を検討する目的で、ハイハイ動作の各四肢の接地タイミングに着目して研究を行った。その結果ずり這い期から対角パターンが存在すること、各被験児とも経時的に一貫した接地タイミングを維持すること、ずり這いー四つ這い移行期には動作が多様になることが示唆された。今後は被験児数を増大し、さらに長期的に発達を追跡することで、ハイハイ動作とその後の発達との関係性を明らかにしていきたい。

## 謝辞

本研究に協力していただきました子育て支援センターおよび保育園のスタッフの方々、母子の皆様様に深く感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 當山潤: 移動・立位・歩行の発達の診かた. 小児科診療, 2012; 5号: 761-766.
- 2) 中嶋信太郎, 牟禮努, 他: 四つ這いについて. 理学療法学, 1987; 第14巻: 第5号: 399-404.
- 3) 瀬川昌也: 神経回路の発達からみた育児と教育の臨界齢の研究. pp. 71-72.  
<http://c11ibbul.secsites.net/result/brain/program/> (2013年12月27日引用)
- 4) Taga G, Takaya R, et al.: Analysis of general movements of infants towards understanding of developmental principle for motor control. 1991; Proc.IEEE SMC, V: 678-683.
- 5) 園田楽人, 寺尾瞳, 他: 這い這い動作の再考—這い這いはどう変化するのかわ— . 長崎大学医学部保健学科理学療法学専攻8期生, 卒業研究論文集, 2012; 42-48.
- 6) Yang JF, Patrick SK et al.: Developmental constraints of quadrupedal coordination across crawling styles in human infants. J Neurophysiol. 2012; 107: 3050-3061.
- 7) Freedland RL, Bertenthal BI.: Developmental changes in interlimb coordination: Transition to Hands-and-Knees Crawling. Psychological Science. 1994; Vol.5: No.1: 26-32.
- 8) Adolph KE, Vereijken B, et al: Learning to Crawl. Child Development, 1998; Vol.69: No.5: 1299-1312.
- 9) Hadders AM: Variation and Variability: Key Words in Human Motor Development. Physical Therapy, 2010: Vol.90: No.12: 1823-1835.

(指導教員 鶴崎俊哉)