

# コード化によるハイハイ動作分析の試み

## ～運動学習過程の経時的变化に着目して～

三宅杏奈・李 瑛熙

### 要旨

従来、運動発達理論は遺伝的要因が強い神経成熟理論で捉えられてきたが、近年、個人・環境・課題の相互作用によるというダイナミック・システムズ理論が有力視されてきている。運動発達は、個体自身の要因や環境要因が様々な運動バリエーションを生み出しながら獲得されていくものと推測される。この考えに基づき、我々は、臥位から二足歩行への橋渡しでありヒトが最初に獲得するダイナミックな移動動作であるハイハイ動作に着目し、「ハイハイ動作分析基準」によるコード化を試みている。今回我々は第5版に至ったこの分析基準を用いて3名の乳幼児のハイハイ動作を理学療法学生4名でコード化し、その信頼性について検討した。検査者間と検査者内の一致度を求めた所、1つの項目を除き検査者間と検査者内共に一致度の高い結果となった。今後はさらに分析基準の信頼性を高め、運動のバリエーションの変化を追っていき、運動発達の規則性を見出して行きたい。

### はじめに

古典的な発達神経学の運動発達理論は、McGraw<sup>1)</sup>や Gesell<sup>2)</sup>が提唱した神経成熟理論により捉えられてきた。この理論は、中枢神経系の下位領域から上位領域に向かって成熟が進み、上位領域の発達によって下位領域の活動が抑制され、随意運動が獲得されていくという階層的かつ直線的な発達モデルである。中枢神経系が前もって決めたパターンが段階的に出現し、運動発達は遺伝に制御されているという考えで、環境要因の影響は重要視されていなかった。

しかし、ここ20~30年で、神経成熟理論への疑問が投げかけられるようになった。多様性に富む発達変化を「起こす」のが神経成熟だけであるという見方は偏りすぎている、運動発達を説明するのに中枢神経系は必要であるが、運動の変化を説明するためには十分ではない、というような観点から、Gibson<sup>3)</sup>のアフォーダンス理論や Thelen<sup>4)</sup>のダイナミック・システムズ理論が新たに有力視されるようになった。これらの理論は、運動発達は個人・環境・課題の相互作用によるものであるというもので、神経成熟理論が直線的であったのに比べ同時並列的な視点を持った理論である。

また、このダイナミック・システムズ理論の観点から胎児行動発達を検討した deVries<sup>5)</sup>らの研究により、胎児の行動発現、運動開始時期にも順序性があることがわかっている。この研究では、行動発現は遺伝的ではなく、感覚器を持つ筋骨格系の身体構造に導かれて現れ、結果として一貫した行動発現の順序性も自然に現れるということを示している。これは、出生後の発達においても重要な見方であると考えられる。

しかし、いまだにヒトの発達過程には謎が多く、発達の順序性は生得性によるものなのか、環境における経験によるものなのか明らかになっておらず、発達メカニズムの再検討が迫られている。

そこで、我々が所属する鶴崎研究室では臥位から二足歩行への橋渡しの意味を持つと考えられ、ヒトの最初のダイナミックな移動動作であるハイハイ動作に着目し、運動発達を経時的に追える評価法を考案し、発達過程の規則性を見出すことを模索している。

試作段階である「ハイハイ動作分析基準」は改訂を重ね現在第5版である。

今回我々は、この分析基準の信頼性について検討していきたい。

**表 1 大項目と小項目**  
「ハイハイ動作分析基準(第5版)」

<b>I. ハイハイのパターンおよび上肢の使い方に関する項目</b>	
-1.	ハイハイの種類
-2.	右上肢の使い方(支持期)
-3.	左上肢の使い方(支持期)
-4.	上肢の動かし方
-5.	上下肢の動かし方の組み合わせ
-6.	上下肢を動かすタイミング
<b>II. 頭部の位置および動きに関する項目</b>	
-1.	右上肢を前に出す時(左上肢で支持している時)の頭の傾き方
-2.	右上肢が床に着いた時の頭の上がり方
-3.	左上肢を前に出す時(右上肢で支持している時)の頭の傾き方
-4.	左上肢が床に着いた時の頭の上がり方
-5.	身体を前進させる時の頭の動き
<b>III. 体幹の動きに関する項目</b>	
-1.	右上肢を前に出す時(左上肢で支持している時)の上部体幹の傾き方
-2.	左上肢を前に出す時(右上肢で支持している時)の上部体幹の傾き方
-3.	右下肢を前に出す時(左下肢で支持している時)の下部体幹の傾き方
-4.	左下肢を前に出す時(右下肢で支持している時)の下部体幹の傾き方
-5.	脊柱の伸展
-6.	右下肢を前に出す時(左下肢で支持している時)の脊柱の側彎
-7.	左下肢を前に出す時(右下肢で支持している時)の脊柱の側彎
<b>IV. 下肢の使い方に関する項目</b>	
-1.	右下肢の支持の仕方(左下肢を前に出すとき)
-2.	左下肢の支持の仕方(右下肢を前に出すとき)
-3.	右下肢が床についた時の膝の位置
-4.	左下肢が床についた時の膝の位置
-5.	右足部の使い方
-6.	左足部の使い方

**表 1 選択肢の例示**  
「ハイハイ動作分析基準(第5版)」

<b>I-1. ハイハイの種類</b>	
0.	コード化できない
1.	腹這い
2.	四つ這い
3.	混在
9.	コードに該当するものがない
<b>II-1. 右上肢を前に出す時(左上肢で支持している時)の頭の傾き方</b>	
0.	コード化できない
1.	頭をほぼ垂直に保っている
2.	頭が左に傾く
3.	頭が右に傾く
9.	コードに該当するものがない
<b>II-3. 左上肢を前に出す時(右上肢で支持している時)の頭の傾き方</b>	
0.	コード化できない
1.	頭をほぼ垂直に保っている
2.	頭が右に傾く
3.	頭が左に傾く
9.	コードに該当するものがない
<b>IV-1. 右下肢の支持の仕方(左下肢を前に出すとき)</b>	
0.	コード化できない
1.	足部で支持する
2.	膝関節で支持する
3.	大腿部が接地する
4.	下肢が接地しない
9.	コードに該当するものがない

## 「ハイハイ動作分析基準(第5版)」について

この分析基準は、三次元動作解析機のような大掛かりな装置を使用せず、場所を問わず乳幼児の自然なハイハイ動作を分析でき、保育士や保護者などの動作分析についての専門的な知識がない者でも扱えるというコンセプトの元に考案された。コード化に関する項目は大項目Ⅰ～Ⅳ、小項目計24項目からなる(表1)。

Ⅰ. ハイハイのパターンおよび上肢の使い方に関する項目

Ⅱ. 頭部の位置および動きに関する項目

Ⅲ. 体幹の動きに関する項目

Ⅳ. 下肢の使い方に関する項目

各小項目に5~7個の選択肢を設定し、その中から検査者が判断したものを選択しコード化を行うものとする。選択肢の中には、動画の角度等により観察ができないためにコード化できない場合に選択する「0. コード化できない」、基準の中に適切な選択肢がない場合に選択する「9. コードに該当するものがない」を各小項目すべてにおいて含んでいる(表2)。

## 対象と方法

### 1. 対象

長崎市近郊の保育園を利用している乳幼児で、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もの3名とする。対象の条件として、追跡調査が可能なもので、神経学的・整形外科的疾患のあるものを除外する。また、コード化・分析は長崎大学で理学療法学を学んでいる臨床経験のない学生4名(年齢25.3±5.1歳)を対象(検査者)とした。

### 2. 撮影方法

乳幼児3名のハイハイ動作を、カメラ(IO DATE Qwatch 型番TS-WLCAM)を6台を用い撮影した(図1)。撮影環境は保育園内の畳上である。

撮影は約180×180cmの正方形の範囲内で行い、カメラは正方形の四つ角に4台、支柱の約175cmの高さに2台設置し、可能な限り前後左右、上方からの動作が映るよう同時に6方向から撮影した。乳幼児によってハイハイに対する動機づけが異なったため、時間や距離に対する条件付け

は行っていない。また、乳幼児が拒否の行動を示した場合は撮影を中止した。撮影は週1回行い、撮影期間は2015年5月7日~11月4日までの約6か月間である。



○:カメラの位置

→:撮影方向

図1 撮影方法

カメラの位置と撮影方向

### 3. コード化の方法

コード化には「ハイハイ動作分析基準(第5版)」を用い、検査者4名がそれぞれ2回ずつ行った。コード化は、1サイクルごとに動画を観察し各小項目について検査者が最も適した選択肢を選んでいる。なお、1サイクルは右手(もしくは左手)が床に着いてから一旦離れ、再び右手(もしくは左手)が床に着くまでとしている。

### 4. 分析方法

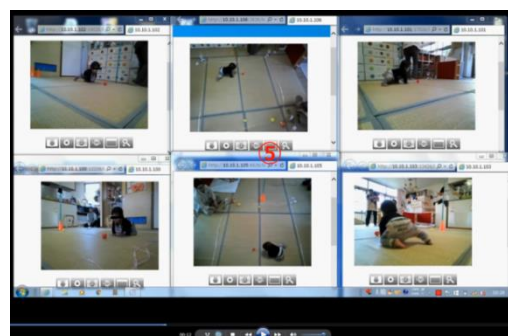


図2 動画のサイクル付け

①6台のカメラで撮影された動画は、中央赤数字のサイクル付けの処理後、パソコン画面上でこのように表示される(図 2).

\*「サイクル」とは、対象児が四つ這い姿勢をとり、右手が離地する瞬間を開始とし、その後再び右手が離地する瞬間までを 1 サイクルとする。

②動画を再生しながら評価用紙にサイクルごと各項目の数字を記入していく。この作業をコード付けとする。

③コード付けしたものをを用いて、

1- i ) 検査者4名が各1回ずつコード化したデータ一覧において、検査者間の各コードの一致率を大項目ごとに Siegel の  $\kappa$  係数を用いて分析

1- ii ) 検査者2名が2回ずつコード化したデータ一覧において、検査者内での 1,2 回目の各コードの一致率を大項目ごとに Cohen の  $\kappa$  係数を用いて分析

2- i ) 検査者4名が各1回ずつコード化したデータ一覧において、対象児の日齢におけるコードのバリエーション数を大項目ごとに級内相関係数(以下 ICC)を用いて分析

2- ii ) 検査者2名が2回ずつコード化したデータ一覧において、検査者内での 1,2 回目の対象児の日齢におけるコードのバリエーション数を大項目ごとに ICC を用いて分析

\*「バリエーション」について

コード化した各小項目の数字を、大項目ごとに一つにまとめたものを 1 バリエーションとする。例えば、日齢数 x の 1 サイクル目各小項目、I-1 を「1」、I-2 を「2」、I-3 を「3」とした場合、日齢数 x における 1 サイクル目の大項目 I のバリエーションは「123」となる。バリエーション数とは大項目ごとのバリエーションの種類を数えたものとする。

\*「 $\kappa$ 」について

$-1 < \kappa < 1$  で示され、1 に近いほど一致を表し、

$\kappa = 1$  で完全な一致

$0.81 \leq \kappa < 1$  でほぼ完全な一致

$0.61 \leq \kappa < 0.81$  で信頼度の高い一致

となる。

\*「ICC」について

Case1, Case2, Case3 の 3 種類があり、今回は検査者間の、または検査者内の一貫性を求める Case2-ICC (2, k) で示される一を用いる。ICC は 0 から 1 の範囲をとり、0.7 以上で信頼度が高い

とされる。

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行っている(承認番号 13071126)。

## 結果

1- i ) について、表 3 が示すように大項目 II が  $\kappa \approx 0.5$  となった。検査者間での一致度が低いことがわかる。その他の大項目は一致度が高かった。1- ii ) においては、大項目すべてにおいて、表 3 に示す通り、一致度、級内相関ともに高い数値となっていることから検査者内での再現性が高いことがうかがえる。

2- i ) に関しては表 3 から分かるように、どの大項目においても、検査者間でのバリエーション数の級内相関が高いことがわかる。2- ii ) においても 2- i ) 同様すべての大項目において、検査者内での再現性が高いことが分かる

表 3 各項目の一致率と級内相関

1- i ) 検査者間での大項目ごとの一致度	
I	$\kappa = 0.9755651$
II	$\kappa = 0.5203204$
III	$\kappa = 0.8223510$
IV	$\kappa = 0.9293127$
1- ii ) 検査者内での 1,2 回目大項目ごとの一致度	
I	$\kappa = 0.9896813$
II	$\kappa = 0.8246546$
III	$\kappa = 0.8246546$
IV	$\kappa = 0.9836804$
2- i ) 検査者間での対象児の日齢数におけるコードのバリエーション数の大項目ごと級内相関	
I	ICC (2, 4) 0.8121354
II	ICC (2, 4) 0.7869865
III	ICC (2, 4) 0.8364834
IV	ICC (2, 4) 0.9361021
2- ii ) 検査者内における 1,2 回目の対象児の日齢数におけるコードのバリエーション数の大項目ごと級内相関	
I	ICC (2, 2) 1
II	ICC (2, 2) 0.9830996
III	ICC (2, 2) 0.8994239
IV	ICC (2, 2) 0.9748797

## 考察

結果1)の検査者間での大項目ごとの一致率より、検査者間でのコード化の一致率は高いことがわかった。しかし、大項目Ⅱの頭部の位置および動きに関する項目のみ $\kappa$ 係数 0.52 と、信頼度が低い結果となる。これは、選択肢が「頭が垂直かそれ以上上がっている。もしくは視線が水平かそれ以上上を向いている」、「頭が水平かそれより下がっている。もしくは視線が手元かそれより下肢方向を向いている」という内容になっており、検査者によって、対象児の頭部の位置で判断した者と、視線の位置で判断した者に分かれたためと思われる。

結果 2)の検査者間での対象児の日齢数におけるコードのバリエーション数の大項目ごと級内相関より、同じ撮影日のハイハイ動作のバリエーション数が検査者間で高い一貫性を示している。このことから、検査者間で選択したコードが異なってもバリエーション数の級内相関は高いということがわかる。

つまり、大項目Ⅱの $\kappa$ 係数から検査者間でのコード付けの基準に個人差があると言える。しかし、検査者間でのバリエーション数の級内相関が高いことから、動きの変化の捉え方には個人差が少ないと思われた。

また今後、このコード付けを行ったものを使って、日齢数ごとのバリエーション数の推移に着目していく。今回の caseA・B・C において、日齢数ごとのバリエーション数を検査者間で平均値を出しグラフ化を行った(図 3)。

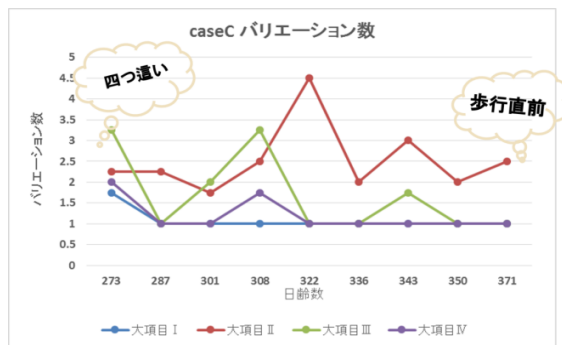
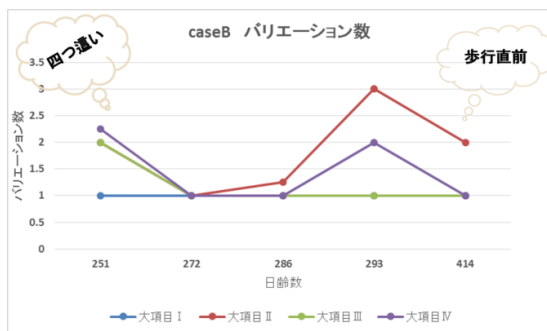
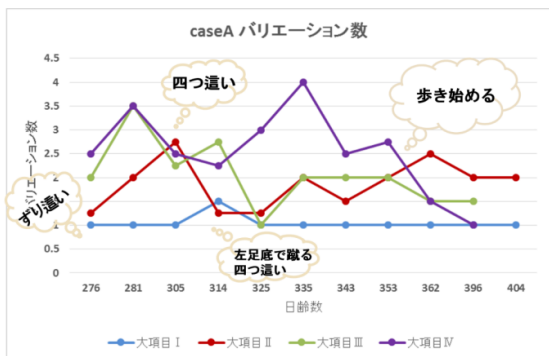


図 3 日齢数におけるバリエーション数の推移

すべての case において、今回は、四つ這い→立ち上がり移行期に、ハイハイ動作のバリエーションが増加したことがわかる。caseA のみ、ずり這い→四つ這い移行期が観察でき、移行期にバリエーション数の増加がみられた。

このことから、caseB・C でもずり這い→四つ這い移行期にバリエーション数の増加が見られれば、新たな動作獲得前に動きのバリエーションが増やし、環境に適した動きを模索し、1つの動きに収束していくということが言えるのではないかと考えられる。

今回はコード化の信頼性の検証がおもな研究の内容だが、将来的にコードを使って上記したような、ハイハイ動作の変化を追っていき、一定の規則性が見えてくる可能性がある。

## まとめ

コード付けに個人差はあるが、動きのバリエーションを追うという面では一定の結果が見られた。また、可能な限りずり這い開始期から動画の撮影を始め、新たな動作獲得前後の動きのバリエーシ

ヨン数の増減を見ることで発達の過程の規則性が対象児の立位や歩行獲得といった、その後の発達過程と重ね合わせることで、正常発達のパターン化が行え、発達異常との早期判別の材料にもなり得るよう今後の研究をさらに深めていく必要がある。

また、今回の研究の限界として、検査者数が少なかったため、一致度、級内相関の数値は軒

見えてくるのではないかと予測できた。そして、並み高かったものの、母数が増加しても同様になるかの検証が必要であると思われる。

## 謝辞

本研究にご協力頂いた保育園の職員の方々、母子の皆様には厚く御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) McGraw M.B.: Neuro muscular development of the human infant as exemplified in the achievement of erect locomotion. *Journal of Pediatrics*, 17, 747-771.
- 2) Gesell, A.: The ontogenesis of infant behavior. In L. Carmichael (Ed.), *Manual of child psychology*, pp.295-331, 1946
- 3) Gibson E.J.: *Perceiving affordances, A portrait of two psychologists*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 2002
- 4) Thelen, E. Motor development: New Synthesis. *American Psychologist*, 50, 79-59, 1995
- 5) J.I.P. de Vries, G. H. A. Visser, and H. F. R. Prechtl: The emergence of fetal behavior. i. qualitative aspects. *Early human development*, Vol. 7, pp.301-322, 1982

(指導教員: 鶴崎俊哉)