

乳幼児のハイハイ動作における 運動学習の多様性に関する研究

山本晨平

要旨

本研究では、乳幼児のハイハイ動作において運動発達の多様性がみられるのか、また、ずり這いから四つ這い、歩行への移行期において乳幼児に共通のバリエーション数が存在するのかを検証した。対象はハイハイ時期にある乳幼児である。対象児ごとにハイハイ開始時期から独歩獲得まで1～2週間の間隔を空け継続して撮影を行い、動画をもとに動作のバリエーション数の変化を追った。その結果、バリエーション数が収束するケースや増加し続けるケースなどの様々な型がみられ、ハイハイ動作における多様性が示唆された。一方、ハイハイ動作の移行期におけるバリエーション数に規則性はみられなかったことから、移行期のバリエーション数においても多様性があることが示唆された。また同時に、ハイハイ動作の移行に必要な最低限のバリエーション数が存在する可能性や、逆に、ハイハイ動作のバリエーション数獲得は必要ではないかもしれないという可能性が示唆された。

I. はじめに

ヒトの運動発達過程における中枢神経系の発達論¹⁾に基づくと、胎児期では、受精後17週時点において大脳での神経細胞の産出が完了に近づき、大脳の神経細胞数はこの時期に最大となる。これ以降は生涯を通じて減少していくが、新生児では、脳の細胞数はすでに成人とほぼ等しい。しかしながら、新生児の脳の重量は成人に比べて約1/3～1/4と小さく、成人のような運動行動は不可能である。これは脳の神経発達(脳内ネットワーク)が未熟だからだといえる。そもそも神経発達とは主に2つの要素から構成されている。1つは神経の髄鞘化(ミエリン化)であり、これは20歳頃まで続く。もう一つはシナプス形成で、これは1～3歳頃まで増加し、過剰なシナプス密度となった後に減少していく。Edelman²⁾の神経細胞群選択説(The Neuronal Group Selection Theory: NGST)では、脳内での莫大なシナプス形成後、必要な神経回路が選択され総数が減少していく過程を伴うとしている。つまり、出生後、一時的に増加した脳内ネットワークのうち、不必要なネットワークが削除されていく(刈り込み)ことで、より目的に応じた運動が可能となってくる。ま

た、NGSTによると、この神経ネットワークが削除される過程に対して強く影響を与えるのが乳幼児の周囲の環境である。そのため、乳幼児の運動発達には「多様性」がみられる。Minja³⁾は「運動発達とは、移行の段階を伴った非直線的なプロセスであり、多くの因子の影響を受ける。その因子は児の持つ内在的な特徴から、住宅環境、児に多くの経験を与える保護者の存在、おもちゃの存在などまで多岐にわたる。」と述べている。またKeilaら⁴⁾は「乳幼児の運動発達には家族構成やホームアフォーダンスだけでなく、母体の健康要因(うつ病や社会的暴力、栄養状態)なども関与する」と述べている。これらの先行研究は乳幼児の運動発達における多様性を示唆している。

これまで当研究室では乳幼児のハイハイ動作について研究を進めてきた。ハイハイ動作は乳幼児が歩行獲得以前に身につける移動手段で、ずり這いから四つ這いへと移行するにつれ重心は高くなり、支持面積は減少する。また上下肢の体重支持と体重移動が同時に起こり、相反性の肢運動や上下肢の対角線上の同時運動が起こり始める。すなわち、ハイハイ動作とは、運動学

習が非常に盛んに行われる動作である。ハイハイ動作に関する先行研究では Adolph ら⁵⁾や Yang ら⁶⁾などにより、ハイハイ動作の四肢の動きのパターンやタイミングに関する研究が多くなされてきた。しかし今回の研究テーマである「多様性」という観点からハイハイ動作を検証した研究はほとんど報告されていない。そこで我々は「乳幼児のハイハイ動作においても多様性がみられるのではないか」という仮説を立てた。

また、運動発達の多様性を検証するにあたって必要なのが“バリエーション”という概念である。バリエーションとは「乳幼児が実際に使っている動きの数でありレパートリー(乳幼児が生まれつき持っている動きや経験をもとに蓄積されていく内在的なもの)の中から適切と思われる動きを選択し、時には偶発的な動きから新たに生み出していく外在的なもの」と定義されている。Mijna⁷⁾は、「非定型発達児では、バリエーション数やレパートリー数が脳内の何らかの異常によって制限されるため、定型発達児と同様の運動発達が困難になる」と述べている。さらに、乳幼児期から動作のレパートリー数、バリエーション数を調べていくことが非定型発達児の早期発見につながるという可能性を示唆している。そこで我々は、ハイハイ動作において「ずり這いから四つ這い、歩行への移行にはある一定のバリエーション数の獲得が必要なのではないか」という仮説を立てた。

そこで本研究では、ハイハイ時期の乳幼児を対象に、ハイハイ動作においても多様性がみられるのか、また、ずり這いから四つ這い、歩行への移行に必要なバリエーション数を検証することを目的とした。

II. 対象と方法

1. 対象

本研究の目的・方法を説明し、研究への協力に保護者の同意を得られた A 市内の保育園に通う月齢 8 か月から 1 歳 3 か月の乳幼児で、特に整形外科的・神経学的な疾患を指摘されていない 29 名を対象とした。

2. 方法

IP カメラ 6 台を用いて前後左右と上方の 6 方向から同時にハイハイ動作を撮影した。撮影は 1

～2 週間の間隔を空け、研究参加への同意が得られてから独歩獲得まで継続して実施した。動画編集では、対象児が、左(または右)上肢が床から離れた時点から、移動のための体幹の動きがみられ、再び左(または右)上肢が床から離れるまでを 1 サイクルとして、毎回 10 サイクル前後を動画に収めて編集した(図 1 参照)。撮影動画の分析には当研究室が開発した「ハイハイ動作分析基準(第 6 版)」⁸⁾を用いて動作をコード化した(図 2 参照)。そして各体節(上肢・下肢・頭部・体幹)の動作のバリエーション数(コードの種類の数)の出現回数を集積し、日齢でのバリエーション数の推移と乳幼児間での比較を行った。なお、バリエーション数の集積にあたっては、撮影日に見られたバリエーション数をただカウントするのではなく、前回の撮影日までに見られたバリエーション数に加算する形をとり、バリエーション数(バリエーションの種類の数)の蓄積の推移を追った(図 3 参照)。



図1 動画撮影・編集の流れ

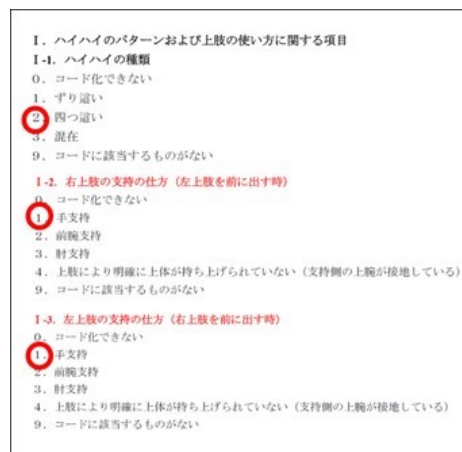


図2 動画分析(コード化)の流れ

上図は上肢における動作評価の例(一部抜粋)。

例えば、項目 I-1 が四つ這い、項目 I-2 が手支持(右)、項目 I-3 が手支持(左)の場合、「211」というコードになる。そして上肢・下肢・頭部・体幹それぞれのコードをつなぎ合わせ 1 つのバリエーションとした。

図3 データ集積の流れ

一番左の列は撮影初日(日齢X日)に見られたバリエーション. そのひとつつ右の列は撮影二回目(日齢Y日)に見られたバリエーションを撮影初日のバリエーションに足したもの. このようにして蓄積されたバリエーションの種類の数を追った.

III. 結果

撮影期間中に体調不良や転園により撮影が実施できずデータが不足した17名を除外し, 計12名の対象児のデータを分析対象とした.

表1は, ずり這いから四つ這い, 歩行への移行時点におけるバリエーション数と日齢をまとめたものである. ずり這いから四つ這いに移行したケースでは, 移行時点での日齢, バリエーション数ともばらつきがみられた. 歩行への移行時点(撮影最終日)での日齢の平均値は408日であり, バリエーション数においては最小値が16(case20), 最大値が40(case28)とばらつきがみられた.

ーション数ともばらつきがみられた. 歩行への移行時点(撮影最終日)での日齢の平均値は408日であり, バリエーション数においては最小値が16(case20), 最大値が40(case28)とばらつきがみられた.

	ずり這い⇒四つ這い移行時のVariation数	ずり這い⇒四つ這い移行時の日齢	ハイハイ⇒歩行移行時のVariation数	ハイハイ⇒歩行移行時の日齢
case8	—	—	20	425
case9	16	273	32	386
case10	—	—	26	490
case11	25	308	38	422
case12	12	286	23	421
case16	13	340	19	439
case20	10 (MIN)	314	16 (MIN)	392
case25	—	—	20	450
case26	24	291	29	416
case27	26 (MAX)	277	37	403
case28	—	—	40 (MAX)	327
case29	—	—	32	325
中央値	16	291	27.5	418.5
四分位偏差	6.0	14.75	6.625	19

表1 ずり這い⇒四つ這い, 歩行への移行時のバリエーション数と日齢

※case8,10,25,29は終始四つ這い, case28は終始ずり這い.

図 4-1,4-2 に全 12 ケースの変化を示す。縦軸がバリエーション数、横軸が日齢であり、目盛りは全例共通となるようにグラフ化した。撮影開始は同意が得られた時点であったため、すでに四つ這いを開始している対象もいた。一方、1 例は四つ這いを経ずに独歩に至った。四つ這いへの移行時期、独歩の開始時期には個人差が大きかった。

グラフの形状を見ると、case8 のようにバリエーション数が収束する型、case10 のようにバリエーション数が一度収束して再び増加する型、case27 のようにバリエーション数が曲線を描くように増加する型、case28 のようにバリエーション数が増加し続ける型など各対象児によって多様な変化が見られた

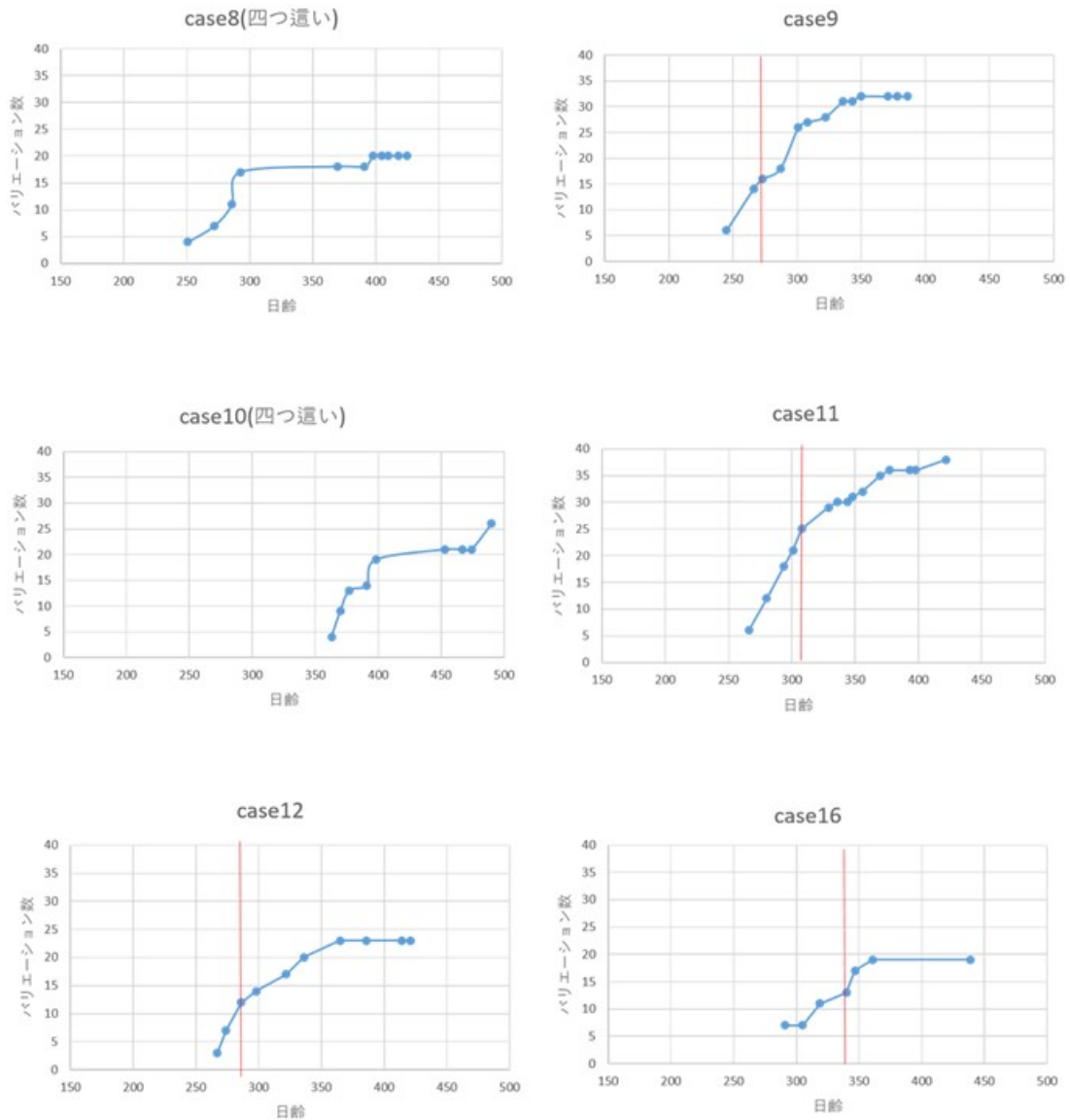


図 4-1

※グラフの縦線はずり這いから四つ這いへの移行時点を指す。

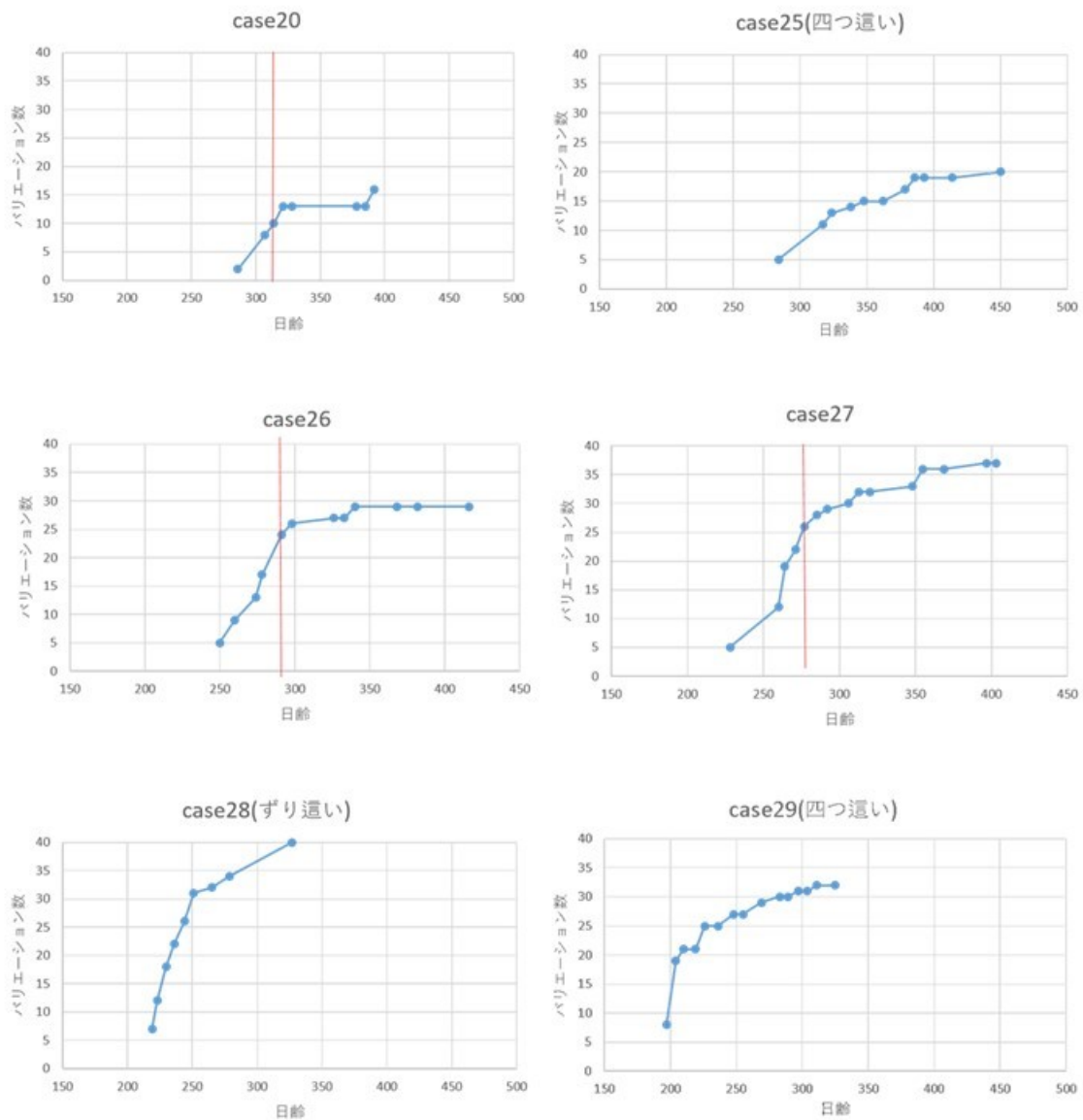


図 4-2

※グラフの縦線はずり這いから四つ這いへの移行時点を指す。

IV. 考察

本研究における対象児の歩行移行時点の日齢は最も遅かったもので 490 日であり、これは定型発達児の独歩獲得時期(1 歳~1 歳 3 か月頃)にはほぼ一致する。⁹⁾そのため、本時点ではすべての対象児は発達に問題がないと考えられる。

対象児によって日齢でのバリエーション数にばらつきがあり、バリエーション数が収束するケースもあれば、増加し続けるケースもみられた。

運動発達の過程には 2 つの相, Primary と

Secondary, がある。Primary では、自発的な運動によって求心性の情報を取り入れ、それに基づき神経系の探索的活動(形成)が促進される。

Primary から Secondary に移ると、行動や経験によって生み出された求心性情報を使い、シナプスの強度を修正し始め、状況に適した運動行動を行うようになる。Greenough WT ら¹⁰⁾によると、この Primary から Secondary への移行時期は各動作(機能特異)によって異なり、Secondary の相は個人に特有の試行錯誤を伴った活動経験に基

づく」とされる。したがって、本研究でみられたハイハイ動作におけるバリエーション数の多様な変化は、運動発達における多様性、特に児の運動発達が環境からの影響を強く受けている可能性が示唆された。

また、「ずり這いから四つ這い、歩行への移行にはある一定のバリエーション数の獲得が必要なのではないか」という仮説に対しては、これらの移行時点におけるバリエーション数のいずれにおいても規則性は見られなかった。このことから、ハイハイ動作の移行期(ずり這いから四つ這い、歩行)のバリエーション数においても多様性があることが示された。また同時に、ハイハイ動作の移行に必要な最低限のバリエーション数が存在する可能性も示唆された。したがってずり這いから四つ這い、歩行への移行に必要なバリエーション数はそれぞれ 10(case20)、16(case20)に近い値である可能性がある。一方で、case20 では歩行への移行時のバリエーション数が最小値 16 を示したにも関わらず、独歩獲得時の日齢は 392 日と平均値より小さい値を示した。このことから、「ずり這いから四つ這い、歩行への移行にはある一定のバリエーション数の獲得が必要」という仮説は誤っている可能性もあり、明確な結論は得られなかった。

引用文献:

- 1)脳科学メディア:脳の進化の 5 億年, 発達の 38 週間, 成長の 80 年.
<http://japan-brain-science.com/archives/112> (2018 年 3 月 22 日引用)
- 2) Edelman GM: Neural Darwinism. The Theory of Neuronal Group Selection. Oxford University Press. Oxford, 1989.
- 3) Mijna Hadders-Algra: Variation and Variability: Key Words in Human Motor Development. Phys Ther. 2010; 90: 1823-1837.
- 4) Keila RG Pereira, Nadia C, Valentini, et al.: Brazilian infant motor and cognitive development: Longitudinal influence of risk factors. Pediat Int. 2016; 58: 1297-1306.
- 5) Adolph K E, Vereijken B, et al.: Learning to Crawl. Child Development. 1998; 69: 1299-1312.
- 6) Yang JF, Patrick SK, et al.: Developmental constraints of quadrupedal coordination across crawling styles in human infants. J Neurophysiol. 2012; 107: 3050-61.
- 7) Mijna Hadders-Algra: The neuronal group selection theory promising principles for understanding and treating developmental motor disorders. Dev Med Child Neurol. 2000; 42: 707-15.
- 8) 鶴崎俊哉, 寺尾瞳: ハイハイ動作分析基準の開発と検証. Rigakuryoho Kagaku. 2017; 32: 323-328.
- 9) 森岡周: 発達を学ぶ～人間発達学レクチャー株式会社. 協同医書出版社, 東京都, 2015, pp.41.
- 10) Greenough WT, Black JE, et al.: Experience and brain development. Child Dev. 1987; 58: 539-59.

(指導教員 鶴崎俊哉)

また case28 については、全ケース中で唯一ずり這いのみを示し、独歩獲得時のバリエーション数が最大値 40 を示した。またバリエーション数は収束することなく独歩獲得に至っており、その移行期も比較的早かった。これは case28 が、他ケースに比べて早い時期にバリエーションを表出する能力を発揮したが、そこから適切なバリエーションを選択する能力 (Variability) に乏しかった可能性があると考えられる。しかしこれはあくまで推論であるため、今後は、これらの多様性が対象児の将来的な運動発達にどう関係していくのかを検証していく必要がある。そして本研究で示唆された環境因子(住宅環境や家族構成など)の重要性についても十分に配慮しつつ、今後も経年的に追跡していく必要があると考える。また、本研究では対象数が少なかつたため、今後は対象数の増加を図ることが必要である。

謝辞:

動画撮影にあたっては、ご協力をいただきました乳幼児とその保護者様、保育園のスタッフの皆さま、分析に当たってはお忙しい中ご尽力いただきました鶴崎研究室所属の皆様へ心より御礼申し上げます。