

行動分析的な視点に基づいた子どもの運動発達について

重島 晃史, 山崎 裕司

Motor development in children on a view of behavior analysis

Koji Shigeshima, Hiroshi Yamasaki

要 旨

子どもの運動発達は一般的に運動や姿勢の変化が生じる時期について示されることが多く、子どもを取り巻く環境との相互作用から述べられることは少ない。本論文では環境が運動発達に及ぼす影響について種々の先行研究を取り上げ、行動分析的な観点から運動発達を論じた。

生後数ヶ月の乳児は自分の足蹴り動作に伴って玩具が動くことを知ると、足蹴り動作の頻度を増加させる。この結果は、乳児が環境の変化を認識し、環境からの刺激によって行動を変化させ得ることを示している。また、一般的に自動歩行が消失する生後2ヶ月以降から6ヶ月までの間は足踏みが認められないとされてきた。しかし、乳児の体幹と下肢を水中に沈めたところ、交互の足踏みが出現した。この結果は浮力によって足踏み運動の難易度が低くなった結果、足踏み行動が生じるようになったと解釈できる。

環境から与える刺激によって乳児の行動をコントロールできるという事実は、言語の無い乳児期における小児リハビリテーションの可能性を広げるであろう。

キーワード：運動発達, 行動分析学, 環境

【はじめに】

運動発達については、運動や姿勢の変化が生じる一般的な時期について述べられることが多く、子どもに与える環境刺激が発達に及ぼす影響について語られることは少ない。また、遺伝的要因によって運動発達を説明する場合、運動発達と環境との間に生じる相互作用については注目されにくくなる。

一方、行動分析学では行動の変化を環境からの刺激との相互作用によって考える。つまり、行動は環境からの刺激によって変化させることができるという考え方である。乳幼児の発達障害に関わるセラピストにとって、言語を必要とせず適切な行動を生じさせる方法があるとすれば最大の関心事であろう。

実際、行動分析学は自閉性障害を中心とした特別支援教育の分野において画期的な成果を挙げている¹⁾。対象児の中には言語を持たない重症児も含まれており、口頭指示が通用しない対象者に対するこの介入の有益性は明らかである。

理学療法の分野ではあまり知られていないが、運動発達分野でも言語を持たない新生児・乳児の行動を対象とした研究が行われている。今回は、乳幼児の行動が、環境からの刺激によって変化させ得ることを明らかにした先行研究を行動分析的な解釈を付け加えて紹介する。そして、運動発達障害に対する行動分析的介入の臨床的可能性について考察したい。

【強化刺激あるいは嫌悪刺激が行動を増減させることを報告した研究（表1）】

表1に列挙される諸研究は新生児あるいは乳児に特定の条件や環境設定をすることで行動に変化をもたらすことを報告した。

例えば、Roveeら²⁾の研究では、生後3ヶ月の乳児を対象に足蹴り動作の獲得と動作の保持について検討がなされた。乳児の足首に紐をつけ、それが天井につるした玩具につながり、足の動きに合わせて連動するように設定されている（図1）。実験は4日間実施され、初めの3日間までは徐々に足蹴り動作の頻度が増加した。つまり、行動分析学的に言えば、動く玩具によって足蹴り動作が強化された（図2）。4日目に玩具を別の物に変更したところ、はじめは足蹴り動作が減少したが、その後は飛躍的に動作が増加した。これらの結果は、玩具の動きが乳児にとって好ましい視覚的刺激であれば³⁾、身体の動きと玩具の動きとの連動を認識し、足蹴り動作を増加させ得ることを示唆している。

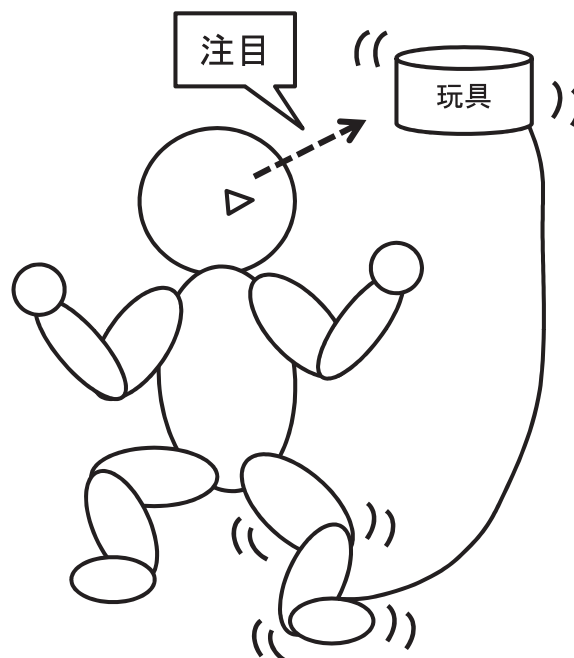


図1. 足蹴り動作への介入

また、Adolphら⁴⁾の研究では、歩き始めの乳児にとって歩行による転倒が嫌悪刺激にならず、むしろ歩行による移動の効率性の増大が動機づけとな

表1 強化刺激あるいは嫌悪刺激が行動を増減させることを報告した研究

文献著者名	研究の対象	比較・介入方法	結果
Rovee CKら(1976) ²⁾	生後3ヶ月の乳児	足蹴り動作の獲得と動作の保持について検討。乳児の足首に紐をつけ、それが天井につるした玩具につながり、足の動きに合わせて連動するように設定されている。	足蹴り動作と玩具の動きを知覚し、足蹴り動作の頻度増大。
Adolph KEら(2012) ⁴⁾	12か月から19か月の乳児。	這い這い群と自力歩行群に分類。両群間で歩数や移動時間、転倒の数を比較。	自力歩行群では転倒数が多いにも関わらず、歩数や移動時間は有意に多い。歩行を繰り返し練習することで歩行は洗練され、転倒数は減少。
Siqueland ERら(1966) ⁵⁾	生後40～93時間経過した新生児36名	頬への触覚刺激後に頭部を回旋したらブドウ糖液を与える群と触覚刺激の8～10秒後にブドウ糖液を与える群で頭部回旋の頻度を比較。	前者で有意に頭部の回旋頻度が増加し、後者では頭部の回旋頻度に著変は認められなかった。
Watson JS(1972) ⁶⁾	生後8週の乳児18名	枕に仕込んだセンサースイッチを頭部で押した時、眼前の玩具が動く群と玩具は動かない、あるいは押す動作とは無関係に動く群で、乳児がセンサースイッチを押す頻度を比較。	前者はセンサースイッチを押す行動の頻度が増加した。

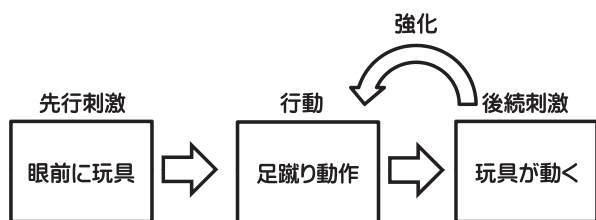


図2. 足蹴り動作の強化

り, 這い這い移動から歩行へ移行すると述べている.

若齢の乳児においても, 好ましく適切な環境刺激が行動頻度に影響を及ぼすことは Siqueland⁵⁾ や Watson⁶⁾ の研究によって証明されている. 若齢の乳児であっても姿勢反射の影響に左右されず, 自分の行動の結果生じた環境の変化を知覚して, 自発的に行動の頻度を高めていくことができる. すなわち,

乳児はある環境下で起こした行動がどのような結果をもたらすのかを学習するのである⁷⁾.

【行動の難易度の変化が行動を増減させることを報告した研究 (表2)】

行動分析学の技法の1つに行動の難易度の調整がある. 子どもの運動発達においても身体的な負荷を調整したり補助具を用いたりすることで, 一般的に知られている発達段階とは異なる運動や行動範囲の拡大を示すことが報告されている.

例えば, 自動歩行は, 新生児を垂直に抱え, 足底を床に接地させると交互に足踏み運動が生じる原始反射で, 生後2ヶ月頃この運動は認められなくなると知られている. しかし, Thelen⁸⁾ は生後4週

表2 行動の難易度の変化が行動を増減させることを報告した研究

文献著者名	研究の対象	比較・介入方法	結果
Thelen E ら (1984) ⁸⁾	生後4週 of 乳児12名	体幹と下肢を水中に沈め体幹・下肢に浮力を与える群と下肢に重錘を付け荷重負荷する群で, 下肢の足踏み運動の頻度を比較.	前者は有意に下肢の足踏み運動の頻度が増加したが, 後者は頻度が減少した.
Rochat P ら (1995) ⁹⁾	生後155~172日で座位保持不可能な乳児8名 (座位不可群) および生後172~236日で座位保持可能な乳児8名 (座位可能群)	座位不可群に対し, 骨盤周囲へのプレッシャーサポートを設定 (サポートなし, 20mmHg, 40mmHg). 乳児のリーチ動作について, 目標物までの距離や体幹と上肢運動の協調性を各条件で比較.	骨盤周囲への強いサポート (40mmHg) は他の条件と比べ有意にリーチ運動が良好で, 目標物までの距離や運動の協調性は座位可能群と類似していた.
Roca J (1986) ¹⁰⁾	生後18ヶ月 of 幼児	段差の高さを調整し, 下肢交互運動による階段昇降を観察.	18ヶ月 of 幼児であっても容易に下肢交互運動での階段昇降が可能.
Gustafson GE (1984) ¹¹⁾	生後6ヶ月半~10ヶ月までの乳児20名. 自力での這い這い移動は困難であるが歩行器は使用できる.	歩行器不使用群と使用群に分類し, 玩具や大人との関わる頻度や時間, 及び, それらの観察する頻度, 物の操作を比較.	物の操作以外は, 歩行器使用群で玩具や大人を観察したり, 関わったりする社会的行動が有意に増大した.
Clearfield MW (2011) ¹²⁾	生後9~11ヶ月で歩行器使用 of 乳児12名 (歩行器使用群) 生後9~12ヶ月で自力歩行 of 乳児16名 (自力歩行群)	歩行器使用群と自力歩行群で, 部屋間の移動回数や玩具及び大人と関わる時間, 身振りや発語を比較.	自力歩行群は有意に移動回数が多く, また玩具や大人との相互作用, 身振り, 発語も多かった.
Bower TGR ら (1970) ¹³⁾	生後6~20日 of 新生児21名	眼前にむかって近づいてくる物体に対する新生児の防御反応 (手を顔と物の間に持ち上げる) を観察.	物体の提示速度が遅いほど防御反応の頻度が増加した.

の乳児の下半身を水中に沈め浮力を与えたところ、沈めない条件下に比べ足踏み運動の頻度が増加することを発見した。Thelen らはこの結果について、生後2ヶ月頃足踏み運動が認められなくなるのは、大脳皮質の成熟による抑制ではなく、この時期に生じる体重の増加によって相対的な筋力不足を引き起こすためとしている。一方で、行動分析学的には浮力によって足踏み運動の難易度が低くなった結果、足踏み行動が生じるようになったと解釈できる。身体の成熟が不十分な乳児にとって重力下での運動は難易度の高い課題である。重力の影響を除くという環境の操作で乳児の行動が変化した興味深い結果である。他にも、Rochat ら⁹⁾はリーチ動作に関する研究において、座位保持が不十分である乳児と座位保持を獲得した乳児のリーチ動作の頻度を比較した。座位保持が不十分な乳児はリーチ動作の頻度は低かったが、骨盤周囲を固定する支持を与えたところ、座位保持を獲得した乳児とリーチ動作の頻度に有意差がなくなったことを報告している。このことは、座位保持の難易度が体幹前屈とリーチの協調性の発達に影響を与えることを示している。また、Roca¹⁰⁾は18ヶ月の乳児に対し、段差の低い階段で上り下りを観察したところ、下肢を交互に出した上り下りが可能であった。通常、交互の階段昇降は36ヶ月から48ヶ月までに獲得するとされている。このように、身体にかかる負荷を軽減させることができれば乳児の行動レパートリーに変化をもたらすことも可能である。

乳児の歩行の発達と社会的行動の関係について、Gustafson¹¹⁾や Clearfield¹²⁾は興味深い報告をしている。乳児は自力で這い這い移動ができない場合よりも歩行器を使用した方が周囲を観察する行動が増加し、玩具や大人に近づき関わる時間も増える。また、自力歩行する乳児は歩行器を使用する乳児よりもさらに社会的行動を増加させ、這い這い移動から自力歩行への発達は乳児の持つ環境との相互作用の影響を大きくしていく。これは歩行することによって、乳児が人や物との相互作用から得る強化刺激が歩行運動の頻度をさらに増大させる原因になると考えら

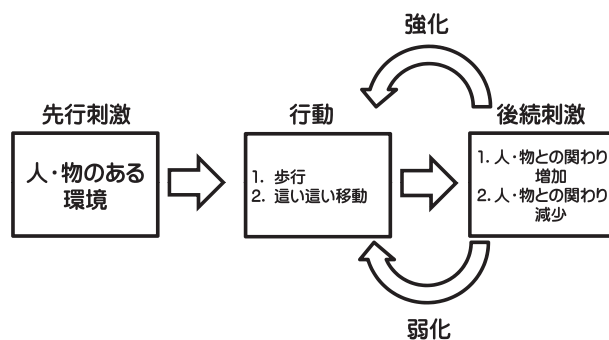


図3. 移動手段と社会行動との関係

れる(図3)。

【感覚刺激や姿勢反射、その他の要因で行動を増減させることを報告した研究(表3)】

新生児や乳児は優れた感覚を持ち、周囲の環境を知覚して適切な行動を示すことが分かっている。Wertheimer¹⁴⁾の研究では生後3分の新生児であっても視覚と聴覚の協調性が認められると報告している。左右いずれかの耳にクリック音を聞かせると音の鳴った方向へ眼球を動かすことを観察した。また、Rieser ら¹⁵⁾の新生児の嗅覚に関する研究では、生後16~130時間の新生児を対象に少量のアンモニアを嗅がせると明らかに顔を匂いの反対側へ向ける頻度が多かった。このような研究から新生児においても感覚と協調して運動を起こすことが可能であることが分かっている。

新生児や乳児は中枢神経系の成熟が未成熟であるため原始反射と呼ばれる運動が生じるが、それに反して赤ん坊は自由度の高い運動を示すことも先行研究により明らかにされている。前述した自動歩行に関して、Zelazo ら¹⁶⁾は生後2週目から8週目まで積極的に自動歩行を誘発する「訓練」を行った。訓練を実施した場合、自動歩行が通常認められなくなる8週目においても足踏み動作が観察された。これは当初反射的であった運動が刺激の繰り返しによって意図的な運動となり、学習の過程が生じたとしている。乳児の運動には反射的要素は含むものの、繰り返しの刺激(練習)あるいは環境設定の変更によって学習による運動も可能であることが分かる。

また、文化的環境の変化も子どもの運動発達に影響

響を与える。Dworetzky¹⁷⁾は歩き始めの時期が1930年代に比べ1990年代の方が数ヶ月早くなっていることを述べている。この背景について、1990年代は床にカーペットを敷くことが多くなったことから、転倒してもそれが歩行の動機づけを弱体化させる原因になりにくいことが運動発達を早めたと考察している。

このように、乳児は自身の行動によって生じた環境の変化を学習することができ、その変化を知覚するとますます行動を増大することができる^{7,18)}。

【小児リハビリテーションにおける臨床的応用の可能性】

本稿では種々の先行研究を取り上げ、乳児の運動行動と環境との関係について述べてきた。これら新生児や乳児に対する介入は言語を必要とせず、環境や難易度の調整、強化刺激の工夫によって行動の変化をもたらしている。子どもの理学療法において、

その目的の1つは年齢や環境の変化に応じて子どもの行動を適応させていくこととされる²⁰⁾。また、Shepherd²¹⁾は「発達」は単に子どもがより大きく成長することを意味するだけでなく、身体部位が遺伝的に決定された成熟過程を経ることや子どもの経験、環境の要求によって変化し適応していくことと述べており、子どもを取り巻く環境の影響は重要な意味を持つ。このように、環境の重要性は最近に始まった話ではないが、リハビリテーションの介入方略としての具体的な提案は少ないように思われる。そうであるならば、私たちは発達に関する考え方とリハビリテーションの介入方法の考え方を今後見直す必要があるかもしれない。従来の成書では、いわゆるハンドリングと呼ばれる他動的な身体操作に基づいたテクニックや姿勢反射の誘発あるいは抑制に焦点を当てるものが多く、動作を獲得するための具体的な環境設定や動作練習の手順を詳細に明記したものは少ない。

表3 感覚刺激や姿勢反射、その他の要因で行動を増減させることを報告した研究

文献著者名	研究の対象	比較・介入方法	結果
Wertheimer M (1961) ¹⁴⁾	生後3分の新生児1名	左右の耳にクリック音（聴覚刺激）を与えることによって刺激側に眼球運動が生じるかを観察。	新生児は聴覚刺激に合わせ、刺激側に眼球運動を示した。
Rieser J ら (1976) ¹⁵⁾	生後16～130時間の新生児20名	左右いずれかの鼻にアンモニア臭を嗅がせ、匂いに対する感受性を検討。	匂いとは反対側に顔を向ける頻度が増加した。
Zelazo PR ら (1972) ¹⁶⁾	生後1週間の男児24名	生後2週目～8週目まで自動歩行および台のせ反射を積極的な誘発した群（訓練群）と反射の誘発のない運動、運動未実施、あるいは8週日以降に反射を誘発した群（コントロール群）で、足踏み動作の頻度を比較。	訓練群は8週まで著明な足踏み動作の増加を認めた。一方、コントロール群は著明な増加を認めなかった。
Dworetzky JP (1993) ¹⁷⁾		自力歩行の獲得時期の違いについて、1930年代と1990年代で比較。	1990年代は床にカーペットを敷くことが多くなったことから、転倒してもそれが歩行の動機づけを弱体化させる原因になりにくいことが運動発達を早めた。
Thelen E (1986) ¹⁹⁾	生後7か月の乳児6名	対象児を垂直に抱え、足底をトレッドミル上に接地させる。	トレッドミルを駆動させるとすぐに下肢の交互運動が観察された。

しかし、これからのリハビリテーションでは、介入場面においてある行動を標的とするとき、環境をどのように調整し、どんな手順で介入および評価をして、その行動の自発性・随意性を促していくかを提案する必要がある。その意味で、本稿で紹介した諸研究は子どもに対する介入手段の良いヒントになるのではないかと考える。例えば、脳性麻痺を呈する子どもで、頭部や体幹の抗重力活動が不十分である場合を想定する。図4 aのように、頭部や体幹の伸展活動が十分でない場合は、まずは頭部だけでも伸展できるように強化刺激となる玩具を眼前に提示して、頭部の伸展活動をできる限り促す。また、1回の介入で何回頭部を伸展できるか、どれくらいの時間頭部を伸展位で保持できるかなど、頻度や持続時間を測定し、目標にどれくらい到達できたか分かるように数値目標を設定しておく。目標に到達したところで、図4 bのように玩具の提示位置を高くし、胸部と上腕の間にはロールを挟んで、頭部だけでなく体幹も伸展しやすい姿勢をつくる。再度、前述したような頻度や継続時間の目標を設定し、目標に到達したら次の段階へ進める。最後の段階ではロールを取り除き、上腕の支持や体幹の伸展が要求されるような設定をつくる(図4 c)。なお、好きな玩具の提示は強化刺激となって行動を増進させるが、さらに行動を促す方法として、数値目標に到達したら気持ちの良い音楽、触覚刺激、甘味飲料(報酬)などを適宜与えることがより効果的である。

ここで提示した例は玩具という強化刺激を付与し、姿勢の補助や玩具の提示方法を段階的に調整して行動の難易度を変化させた介入方法である。おそらく、経験の豊富なセラピストはすでにこのような例以上にもっと多彩な手段を講じ、その子どもに応じた適切な介入方法を取捨選択し日々実践しているに違いない。一方で、若手のセラピストや家族にとってはその技術を体得し、臨床や家庭で実践したいはずである。それにもかかわらず、実際にはベテランのセラピストの技術は暗黙知として蓄積され、これを明文化して若手や家族に継承するのは難しいのが現実である。しかし、ベテランのセラピストにおい

ても強化刺激を用いたり難易度を調整したりするような、行動分析的な概念による介入方法を無意識的に実施している場合も少なくないと思われる。行動分析学の手法を用いれば介入手順を系統立てて設定でき、明文化も可能である。そうすることで多くのセラピストがより有効な治療をおこなうことができるようになる。

発達障害に関わるセラピストにとって、子どもの運動発達や行動をどのように促し定着させるかは最大の関心事の1つである。今後の子どものリハビリテーションでは、行動分析学の概念に立脚した介入方法を構築する必要がある。

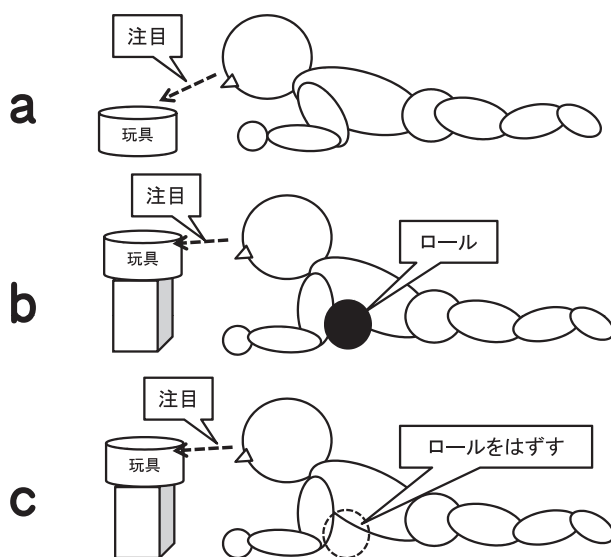


図4. 介入方法の例

文献

1. 山本淳一, 瀧谷尚樹: エビデンスにもとづいた発達障害支援—応用行動分析学の貢献—. 行動分析学研究23(1): 46-70, 2009.
2. Rovee CK, Fagen JW: Extended conditioning and 24-hour retention in infants. *J Exp Child Psychol* 21: 1-11, 1976.
3. Rovee-Collier CK, Capatides JB: Positive behavioral contrast in 3-month-old infants on multiple conjugate reinforcement schedules. *J Exp Anal Behav* 32: 15-27, 1979.
4. Adolph KE, Cole WG, et al.: How do you learn to walk? Thousands of steps and dozens of falls

- per day. *Psychol Sci* 23: 1387-1394, 2012.
5. Siqueland ER, Lipsitt LP: Conditioned head-turning in human newborns. *J Exp Child Psychol* 3: 356-376, 1966.
 6. Watson JS: Smiling, cooing and "The Game." *Merrill Palmer Q Behav Dev* 18: 323-339, 1972.
 7. 山口 薫, 清水直治・監訳: 行動分析学からの発達アプローチ, 二瓶社, 東京, 2001, pp69
 8. Thelen E, Fisher DM, et al.: The relationship between physical growth and a newborn reflex. *Infant Behav Dev* 7: 479-493, 1984.
 9. Rochat P, Goubet N: Development of sitting and reaching in 5- to 6-month-old infants. *Infant Behav Dev* 18: 53-68, 1995.
 10. Roca J: Registros evolutivos motores. Una observacion critica. *Apunts. Educacio Fisica* 6: 61-64, 1986.
 11. Gustafson GE: Effects of the ability to locomotion infants' social and exploratory behaviors: An experimental study. *Dev Psychol* 20: 397-405, 1984.
 12. Clearfield MW: Learning to walk changes infants' social interactions. *Infant Behav Dev* 34: 15-25, 2011.
 13. Bower TGR, Broughton JM, et al.: Infant responses to approaching objects: An indicator of response to distal variables. *Percept Psychophys* 9(2B): 193-196, 1970.
 14. Wertheimer M: Psycho-motor coordination of auditory-visual space at birth. *Science* 134: 1692, 1961.
 15. Rieser J, Yonas A, et al.: Radial localization of odors by human newborns. *Child Dev* 47: 856-859, 1976.
 16. Zelazo PR, Zelazo NA, et al.: "Walking" in the newborn. *Science* 176: 314-315, 1972.
 17. Dworetzky JP: *Introduction to Child Development* (5th edition), Minneapolis/St. Paul: West, 1993.
 18. 園山繁樹, 山根正夫・訳: 行動分析学から見た子どもの発達, 二瓶社, 東京, 1998, pp93
 19. Thelen E: Treadmill-elicited stepping in seven-month-old infants. *Child Dev* 57: 1498-1506, 1986.
 20. 千住秀明・監修: こどもの理学療法 (第2版), 神陵文庫, 兵庫, 2007, pp65-77
 21. Shepherd RB: *Physiotherapy in Paediatrics* (3rd edition), Butterworth-Heinemann, 1995.

