幼児の四足歩行における四肢の運び順と頸の位置との関係について

安倍希美*

Relation between the sequence of movement of the four limbs in quadrupedal walking
and the position of the neck relative to the body in childhood.

Maremi Abe*

This study focuses on the development of the sequence of movement of the four limbs in quadrupedal walking and tries to clarify its relation to the position of the neck.

Samples were 60 children aged 3 to 5. A theme was how the locomotion was affected by the position of the neck relative to the body under three conditions : neck straight, neck flexion, neck extension.

It was difficult to interpret the relationship from the results because the sequence of movement of the four limbs in human beings seems to be influenced, at least partially, by visual judgement. The most suitable quadrupedal walking for humans may depend on the individual walker. It can be concluded that the position of the neck relative to the body is not a critical factor in quadrupedal walking.

研究目的

動物の四足歩行に関する研究の一つでは、四肢の相対的な運動順序に着目して、RH-LF-LH-RF (R:右, L:左, F:前肢, H:後肢)と、左右で対となる後肢が前肢に先行して動く時は前方交叉型 (forward cross type), RF-LH-LF-RHと、左右で対となる前肢が後肢に先行して動く時は後方交叉型 (backward cross type) といった歩行型式の分類が行われている⁹⁾。そして霊長類は前方交叉型⁶⁾⁹⁾¹³⁾、犬や馬等の一般哺乳動物は後方交叉型⁴⁾⁵⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾の運び順を示すと報告され、系統により歩行中の四肢の運び順の異なる理由が力学的要素⁹⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁶⁾・機能的要素¹⁰⁾・神経要素¹⁵⁾等から考えられてきた。

これらの成果をもとに、筆者らは今までヒトの乳幼児および成人を対象に、膝をつけた四つ這いと、膝をつけない高這いの二種類の四足歩行について、離地と接地の両方における四肢の運び順の年令変化¹⁾、体重負荷との対応関係と移動時の前肢と後肢の機能²⁾、及び足部の動作から推測される移動時の後肢の機能³⁾等

について報告してきた。

その際に、頸反射が四足歩行における四肢の運動順序に関与しているのではないかという疑問がしばしば提起された。即ち四足位で頸部を後屈すると、頸反射により前肢は伸展し後肢は屈曲するため後肢が動きやすくなり前方交叉型が、頸部を前屈すると逆の理由により後方交叉型が生じやすくなるのではないか。それゆえにこれらの影響を受けないために、頸の位置が体幹と水平となるような四足歩行を分析の対象にするのが望ましいのではないか、ということである。

しかし今までの観察において四足歩行時における姿勢は個人差があり、頸の位置が体幹と水平となる者は多くは見受けられなかった。またどんなに頸を前屈、後屈させるとしても、それは個人内で安定して歩くことが可能な範囲であると思われる。先の問題を厳密に議論するためには、頸の位置を固定する等の外的規制を課すことが必要であると思われる。しかしこのことは幼児の四足歩行の遂行に困難をきたすと判断され、本研究では指示言語により頸の状態を変えさせる

* 北里大学 教養部 *College of Liberal Arts and Sciences, Kitasato University, Sagami-hara, 228 JAPAN

ことにし、四つ這いと高這いについて、頸の状態による四肢の運び順を発達的にとらえることにした。

研究方法

1) 実験方法

対象は3～5才の健常な幼児で、各年齢において20名ずつ合計60名であった。各人に四つ這いと高這いを、頸の位置が体幹と水平、後屈、前屈の三つの条件の下で行わせ合計6種類の四足歩行を観察した。水平の時は被験者に任せ、後屈の時は進行方向の上部に設置した目印を目標とさせ、前屈の時は験者が頸部を腹部の方へ押してやる等の援助を行った。動作の記録にはVTRを用いて主に被験者の側方より撮影した。

2) 分析方法

記録したVTRをもとに2.5サイクルにおける四肢

の離地と接地の時間的経過を追い、それぞれの四肢の運び順を求めそこよりパターンを決定した。

四肢の運び順は前述した前方交叉型と後方交叉型の他に、左右で対となる前肢と後肢が同時に動く完全交叉型 (synchronized cross type), RF-LF-RH-LH またはその逆の順序に動く側方交叉型 (transverse), LF-LH-RH-RF またはその逆の順序に動く回転型 (rotary) を用い、これらの型が見られなかった場合はxとした。

パターンは前述した運び順の型の英文字名称の頭文字を取って表した。例えば離地の全てと接地の全てに後方交叉型が現われた時はbbパターン、離地では前方交叉型が、接地では後方交叉型が現われた時はfbパターン等とした。つまりアルファベットの初めは複数サイクルの離地における、後は複数サイクルの接地におけ

表1 四つ這いにて指示した頸の位置における歩行パターンの年齢別生起率(%)

指示した頸の位置	年齢	歩 行 パ タ ン															
		ff	bb	tt	rr	fb	fs	ft	tb	tf	fx	bx	tx	rx	xb	xs	xx
水 平	3歳		15			55	5				20				5		
	4歳	5	35			25			10		15					5	5
	5歳	10	25			40	15	5							5		
上向き	3歳		5	5		45		5	5		20			5	5		5
	4歳	5	35		5	15		5	5	5	25				5		
	5歳	5	10			30	10	10	20		5				10		
下向き	3歳		10			40	10	20			5				10		5
	4歳	5	20	5		10		5	5		20			5	25		
	5歳		5			50	5	5	10		15	5			5		

表2 四つ這いにて指示した頸の位置における頸と体幹のなす角度の年齢別の平均値、最大値ゆ最小値、最大値と最小値の差(単位:度)

指示した頸の位置	年齢	平均値	最大値	最小値	最大値と最小値の差
水 平	3歳	47	71	-12	83
	4歳	47	70	-14	56
	5歳	54	73	-41	32
上向き	3歳	76	95	47	48
	4歳	70	92	46	46
	5歳	70	90	52	38
下向き	3歳	8	44	-30	74
	4歳	13	45	-35	80
	5歳	0	25	-24	49

歩行パターンのアルファベットは、f:前方交叉型、b:後方交叉型、t:側方交叉型、r:回転型、s:完全交叉型、x:特定の型がないことを現わす。2つ並んだアルファベットの初めは複数サイクルの離地における四肢の運び順を、後のアルファベットは複数サイクルの接地における四肢の運び順を示す。例えばbb:離地と接地ともに後方交叉型、fb:離地では前方交叉型、接地では後方交叉型、bx:離地では後方交叉型、接地では特定の型がない、xx:離地と接地ともに特定の型がないことをそれぞれ示す。

る運び順を示す。そして離地では前方交叉型が、接地では特定の型が現われなかった時は fx パタン等とした。どちらにも特定の型が現われなかった時は xx パタンとした。

またビデオコピーより得られた絵図をもとに頸と体幹のなす角度を測定した。基本軸は体幹の前額面中央線、移動軸は耳孔と頭頂との接合線、軸心は肩関節中心である。

結 果

以下、頸の位置の指示によるパタンの生起率と実際の頸の角度を、四つ這いと高這いに分けて述べていくこととする。

1. 四つ這い

それぞれの頸の位置の指示によるパタンの生起率を年齢別に示したものが表 1、体幹と頸のなす角度の平均値、最大値、最小値、最大値と最小値の差を年齢別に示したものが表 2 である。

1) 頸の位置で体幹と水平指示の場合

各年齢で生起した代表的なパタンとその生起率をみると、3 歳で最も多く生起したのは fb パタンで 55%，次に fx パタンで 20% であった。4 歳では bb パタンが 35%，fb パタンが 25%，5 歳では fb パタンが 40%，bb パタンが 25% であった。頸と体幹のなす角度の平均値は 3，4 歳でともに 47°，5 歳で 54° と特に年齢によって大差はなかった。最大値と最小値の差は 3 歳で 83°，4 歳で 56°，5 歳で 32° と 3 歳でかなりのひらきがあった。

2) 頸の位置が上向き指示の場合

3 歳で最も多く生起したのは、水平指示の場合と同様に fb パタンで 45% の生起率を示した。同じく fx パタンも 20% 生起した。4 歳では水平指示の場合と同じく bb パタンが 35% 生起し、fx パタンが 25% 生起した。5 歳で最も多く見受けられたのは、水平指示の場合と同様に fb パタンで 30% 生起した。頸の上向き指示により ff パタン（前方交叉型）の生起率が増加したのは 3 歳でわずかに 5% であった。頸と体幹のなす角度の平均値は 3 歳で 76°，4 歳と 5 歳でともに 70° であった。

3) 頸の位置が下向き指示の場合

3 歳で最も多く生起したのは、水平指示と上向き指示の場合と同様に fb パタンで 40%，4 歳では xb パタンが 25% 生起した。5 歳で最も多く見受けられたのは水平指示と上向き指示の場合と同様に fb パタンで 50% の生起率を示した。頸の下向き指示により bb パタン（後方交叉型）の生起率が増加した年齢はなかった。頸と体幹のなす角度の平均値は 3 歳で 8°，4 歳で 13°，5 歳で 0° であった。

2. 高這い

それぞれの頸の位置の指示によるパタンの生起率を年齢別に示したものが表 3、体幹と頸のなす角度の平均値、最大値、最小値、最大値と最小値の差を年齢別に示したものが表 4 である。

1) 頸の位置が体幹と水平指示の場合

3，4，5 歳で最も多く生起したのは bb パタンで、それぞれ 70%，70%，65% とかなりの生起率を示した。体幹と頸のなす角度の平均値は 3 歳で 50°，4 歳で 46°，

表 3 高這いにて指示した頸の位置における歩行パタンの年齢別生起率（%）

指示した 頸の位置	年 齢	歩 行 パ タ ン															
		ff	bb	tt	fb	ft	tb	tf	rb	fx	bx	tx	rx	xb	xf	xt	xx
水 平	3 歳		70							5	5		10				10
	4 歳		10	65	10	5	5	5						15	5		5
	5 歳													5			
上 向 き	3 歳		65		5			5			5	5					15
	4 歳		75		5		5	5		10	10	5		10		5	5
	5 歳		55	5	5			5									5
下 向 き	3 歳		75				5			10				5			5
	4 歳		90				5							5			
	5 歳		5	60	5	5	5		5					15			

表4 高這いにて指示した頸の位置における頸と体幹のなす角度の年齢別の
 平均値，最大値，最小値，最大値と最小値の差（単位：度）

指示した 頸の位置	年齢	平均値	最大値	最小値	最大値と 最小値の差
水 平	3歳	50	90	-12	78
	4歳	46	81	-19	100
	5歳	51	75	0	75
上向き	3歳	78	95	37	58
	4歳	74	99	50	49
	5歳	76	95	45	40
下向き	3歳	23	50	-12	62
	4歳	14	55	-40	95
	5歳	27	60	-10	70

歩行パタンのアルファベットは、f：前方交叉型，b：後方交叉型，t：側方交叉型，r：回転型，s：完全交叉型，x：特定の型がないことを現わす。2つ並んだアルファベットの初めは複数サイクルの離地における四肢の運び順を，後のアルファベットは複数サイクルの接地における四肢の運び順を示す。例えばbb：離地と接地ともに後方交叉型，fb：離地では前方交叉型，接地では後方交叉型，bx：離地では後方交叉型，接地では特定の型がない，xx：離地と接地ともに特定の型がないことをそれぞれ示す。

5歳で51°であった。最大値と最小値の差は3歳で78°，4歳で100°，5歳で75°と各年齢ともかなりのひらきがあった。

2) 頸の位置が上向き指示の場合

3，4，5歳で最も多く見受けられたのは水平指示の場合と同様にbbパターンであり，それぞれ65%，75%，55%の生起率を示した。頸の上向き指示によってffパタンの生起率が増加した年齢はなかった。体幹と頸のなす角度の平均値は3歳で78°，4歳で74°，5歳で76°であった。

3) 頸の位置が下向き指示の場合

3，4，5歳で最も多く見受けられたのは水平指示と上向き指示の場合と同様にbbパターンであり，それぞれ75%，90%，60%の生起率を示した。3歳と4歳では頸の下向き指示によって，水平指示の場合よりbbパタンの生起率がそれぞれ5%と20%増加した。しかし5歳では逆に5%低下した。体幹と頸のなす角度の平均値は3歳で23°，4歳で14°，5歳で27°であった。

考 察

本研究では，体幹に対する頸の位置によって四肢の運び順が変化するかどうかを検討するために，頸の向

きを指示して四足歩行を行わせた。しかし全体的にみて，指示に係わらず四つ這いは運び順に個人差が大きく，高這いはbbパターンを示す者が多く，指示した頸の向きにより四肢の運び順がある一定の変化を示す傾向は特には見受けられなかった。

これは，四足歩行の開始前には指示通りの頸の状態を維持できていたが，四足歩行を開始するとそのままの状態を維持することが困難で，個人にとって自然な姿勢に修正した者が多かったためであろう。

頸部と体幹の位置が変化すると，空間において眼位を以前と同じ位置に保ち注視しやすくするために，頸反射による代償的な眼位の変化が生じる¹¹⁾。しかしヒトの体幹に対する頭部の位置と視線は，直立姿勢を取ることにより，四足獣と比べて90°回転しており¹²⁾形態的にこのような特徴を持つヒトが，四足位を取った時に極端に頸を前屈もしくは後屈して四足歩行を行なうと，眼位の変化も限界を越えて進行方向や接地面を注視できなくなる可能性も考えられ，そのことによる心理的圧迫の方が運び順に強く影響を与えることも考えられる。

またヒトでは頸反射の影響を除外するために，頸を体幹に対して水平に保ちながら四足歩行を行なうことは困難であると思われる。この場合も進行方向や接地

面を目で確認しにくくなってしまうせいか、頸を下向きにするように指示してすらも、前屈とはならず、水平ともならず後屈している者が多く見受けられた。

ここで全60例のうち、頸の角度が水平と前屈になった例数と、四肢の運び順を水平の場合はその全てと前屈の場合はその主なものをみتينることにする。

水平となったのは、四つ這いにおいては全て下向き指示の時で、3歳と4歳で2例ずつ5歳で3例、合計7例であった。3歳ではbb, tbパタンが、4歳ではfx, xbパタンが、5歳ではbb, fb, fxパタンがそれぞれ1例ずつ現われた。高這いにおいては下向き指示の時に3歳で3例、4歳で1例、5歳で2例、水平指示の時に4歳と5歳で1例ずつ合計8例であった。bbパタンが各年齢で2例ずつ現われ他に3歳と5歳でtb, xbパタンが1例ずつ現われた。

前屈となったのは四つ這いにおいては下向き指示の時に3歳で5例、4歳と5歳でそれぞれ3例と9例、水平指示の時に3歳で1例、合計18例であった。fbパタンが3歳で2例、5歳で4例現われた。高這いにおいては下向き指示の時に3歳と5歳で1例ずつ、4歳で6例、水平指示の時に4歳で1例、合計9例であった。3歳ではxbパタン、5歳ではbbパタンが1例ずつ、4歳ではbbパタンが5例現われた。

以上のように頸の角度が実際に前屈、特に水平になった者の数は多くはなかった。頸反射の影響を受けないために、頸の位置を体幹と水平にすることはむずかしいようである。この少ない例を基にしても、四つ這いは運び順に個人差が大きく、高這いはbbパタンを示す者が多いといえる。また前屈すると後方交叉型が生じやすくなる傾向が現われたのは、3歳と4歳の高這いの下向き指示の時のみであったが、実際に前屈となった4歳の6名のうち5名がbbパタンを示した。しかしこの時に後屈であった者のほとんどもbbパタンを示した。このように頸の角度を基準にして四肢の運び順の分類を仕直してみても、特に意味を有しなかった。

今回の結果から、ヒトは視野の変化等を自分で調節可能な範囲内における頸四足歩行を行なうのではないかと考えられ、頸反射が四肢の運び順に与えている影

響はごく僅かではないかと思われる。今後、実際に頸に外的規制を加えた新たな課題の下で検討する必要があると思われるが、ヒトの通常の四足歩行を考える範囲では、体幹に対する頸の位置は特に考慮しなくてもよいのではないかと思われる。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、御懇篤なる御指導を賜りましたお茶の水女子大学の森下はるみ教授と、終始多くの御教示と御助力をいただきました、秋田大学の鈴木敏朗教授に謹んで感謝の意を表します。また多大な御協力をいただきました、秋田大学の伊藤奈穂子さんと佐藤知美さんに心より御礼申し上げます。なお本研究の一部は平成4年度文部省科学研究費補助金（奨励研究A、課題番号04780139）の援助を受けた。関係各位に合わせて謝意を表します。

参考文献

- 1) 安倍希美(1990), 乳幼児期における locomotion の特性, バイオメカニクス研究1990, バイオメカニクス学会編, 12-17.
- 2) 安倍希美・森下はるみ・鈴木敏朗(1990), 四足歩行における体支持機構と四肢の運び順との関係について, 日本体育学会第41回大会号B.
- 3) 安倍希美・森下はるみ・鈴木敏朗(1991), 四足歩行における足部の動作に関する研究, 日本体育学会第42回大会号B, 569.
- 4) Gray, J. (1968), Animal Locomotion. Weidenfeld and Nicolson, London, 265-282.
- 5) Hildebrand, M. (1966), Analysis of the symmetrical gaits of tetrapod, Folia biotheoretica, 6 : 9-22.
- 6) Hildebrand, M. (1967), Symmetrical gaits of Primates, Amer. J. phys. Anthropol., 26 : 119-130.
- 7) Hildebrand, M. (1968), Symmetrical gaits of Dogs in Relation to Body Build, J. Morphology, 124 : 353-359.
- 8) Hildebrand, M. (1976), Analysis of tetrapod gait, General consideration and symmetrical gaits, R. H. Herman et al., eds., Plenum, New York, 26 : 203-236.

- 9) 岩本光雄・富田 守(1966), サルの歩行型式と前後肢別体重について, 人類学雑誌, 74:46-49.
- 10) 木村 賛(1975), 足底力からみた霊長類の二足歩行, バイオメカニズム3, バイオメカニズム学会編, 219-226.
- 11) 香原 志勢(1975), 人類生物学入門, 中央公論社, 東京, 35.
- 12) 中島 雅之輔(1992), 発達からみた脳性運動障害の治療, 第一版, 新興医学出版社, 東京, 15-16.
- 13) Prost, J. H. (1965) The methodology of Gait Analysis and Gait of monkeys, Amer. J. Phys. Anthropol., 23:215-240.
- 14) 富田 守(1967), 歩行の四肢運動様式に関する研究 [1], 人類学雑誌, 75:120-146.
- 15) 富田 守 (1967), 歩行の四肢運動様式に関する研究 [2], 人類学雑誌, 75:173-194.
- 16) 山崎信寿(1975), 計算機シミュレーションによる生物の歩行の研究, 昭和50年度慶応大学博士論文.

(1993年5月6日受付)