

前進・後進ポイント・ライト・ウォーカーに対する 自然さ・滑らかさ判断

中 村 浩

1. 目的
2. 実験方法
3. 実験結果
4. 考察
5. まとめ

1. 目的

従来のポイント・ライト・ウォーカーを用いたバイオリジカル・モーション研究では、前進歩行動作が主な刺激事象として用いられて、その知覚処理メカニズムに関する研究 (Bertenthal & Pinto, 1994; Mather, Radford, & West, 1992; Thornton, Pinto, & Shiffrar, 1998; Cutting, 1978; Cutting & Proffitt, 1981; Johansson, 1973; 中村, 2003; Pavlova & Sokolov, 2000) や、バイオリジカル・モーションから得られる情報の豊かさに関する研究 (Cutting, Proffitt, & Kozlowski, 1978; Kozlowski & Cutting, 1977; Runeson & Frykholm, 1981, 1983) などが進められてきた。しかし、心理学の分野において前進歩行動作および後進歩行動作の特徴およびそれらに対する知覚傾向についてこれまで十分に検討されてきたとは言えない。特に後進歩行動作における足の運び方がどのように前進歩行動作と異なり、それが歩行動作全体の印象に対してどのような影響を与えるかという点についてはほとんど研究

がなされていない。

Johansson (1973) はポイント・ライト・ウォーカーの知覚においては下半身のポイントが提示されるだけで十分に人の歩行が知覚されることを述べているが、もし膝や足首の関節など、脚の解剖学的特徴、特にその骨格の構造上の特徴によって足の運び方が制約を受けるのであるならば、後方への歩行も同様の制約を受けるはずであり、その動作を「逆回し」にして観察したとしても、前進歩行と同様の足の運びとなり、その動きに対して不自然な印象は生じないことが予測される。逆に、脚の骨格上の制約以外の要因、例えば歩行時の脚の筋肉の働きが足の運びに対して影響を与えるのであれば、後方への歩行を「逆回し」にした映像に対して不自然な印象が得られることが予測される。

また、ビデオなどに映された人の歩行映像を「逆回し」によって観察した場合、それが滑稽で不自然な印象を持つという経験は多くの人が一度ならず持ったことがあるのではないだろうか。この場合歩行者と背景との関係、あるいはその歩行動作のもつ意味 (目的地点など) などが、動作の逆転に伴って変化し、それが不自然な印象を与える大きな要因になるものと考えられる (鷲見, 2002; 吉村, 2006)。しかしポイント・ライト・ウォーカー刺激は、歩行者の主な関節に取り付けられたポイントだけが観察されるために背景情報は捨象され、歩行動作に至った経緯など、その

キーワード：ポイント・ライト・ウォーカー、逆回し、前進歩行、後進歩行

歩行動作に意味付けをする情報も極端に少ないために、純粋に歩行動作のみを取出して実験的に調べることが可能となる。これまで、このようにポイント・ライト・ウォーカー刺激を「逆回し」にして用いた研究は少なく、Pavlova, Krageloh-Mann, Birbaumer & Sokolov (2002) による四足動物の歩行を「逆回し」にした研究や Sumi (2005) による身体の一部を「逆回し」にした研究が見られる程度で、十分に研究が進められているとは言えない。本研究は、ポイント・ライト・ウォーカー刺激のこのような利点を活かし、歩行動作を「逆回し」にしたときの「自然さ」や「動きの滑らかさ」の印象を指標として、前進および後進歩行動作の特徴について検討を加えようとするものである。

2. 実験方法

実験刺激： カメラの前を横切る歩行動作をデジタル・ビデオ・カメラで撮影し、その映像をもとに Macromedia Director MXJ を用いてポイント・ライト・ウォーカー刺激を作成した。撮影した歩行動作は前進歩行と

後進歩行で、カメラの前を右から左へ横切るものとその逆方向に横切るものの4種類であった。歩行するモデルの頭部、左右の肩、左右の肘、左右の手首、腰、左右の膝、左右の足首にテープを貼り、それを目印として1秒間30枚の画像1枚1枚にポイントをマークし、ポイント・ライト・ウォーカー・アニメーション刺激を作成した (Fig.1 参照)。そしてそれぞれの4刺激について、歩行動作を「逆回し」にしたアニメーションを作成して、合計8刺激を実験に用いた。なお、この8刺激の歩行モデルは同一人物で、短期大学部1年の女子学生であった (モデルH)。本モデルは、高校時代、バスケットボール部に所属しており、運動能力の高い学生であった。なお、歩行動作を撮影した場所はカーペット敷きの広い屋内 (200平方メートル以上) で、回りには撮影者と撮影補助の二人がいるだけで、照明も明るく、歩行に対して不安を与える要素 (机や椅子など) は極力排除されていた。その上でさらに後進歩行については、その動作に慣れてもらうために、10回以上練習した上で撮影した。

また上記モデルによる歩行動作と比較するために、他のモデル (モデルT) による後進歩行およびその「逆回し」のポイント・ライト・ウォーカー刺激2種類も用意した。このモデルTの歩行環境は比較的狭い部屋で、回りに人も多く、ほとんど練習をしていない状況で撮影したものであった。

それぞれの歩行刺激においてカメラのフレーム内を横切る時間は、前進歩行で約2.3秒、後進歩行で約3秒であった。歩行方向 (右から左・左から右) の違いの間にほとんど差は認められなかったためにそれらを平均し、モデルHの前進歩行と後進歩行、モデルTの後進歩行について、1サイクル (左右の2歩分) に要したコマ数、モニタ上で的一步の歩幅、振り上げた足の最大の高さをそれぞれ Table 1に示した。

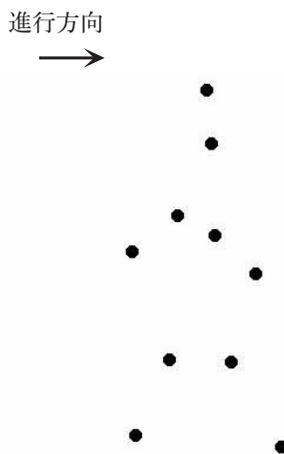


Fig.1 ポイント・ライト・ウォーカー 04H-backLR (左から右方向への後進歩行)の一コマ

Table1 モデルHとTの前進歩行と後進歩行における1サイクル（左右の2歩）のコマ数、画面上の一歩の歩幅、足首の床面からの最大の高さ

	1サイクルの時間	歩幅	高さ
モデルH前進	30	346	36
モデルH後進	31	284	24
モデルT後進	40	281	28

(コマ数) (pixels) (pixels)

実験手続：短期大学女子学生39名を被験者として集团的に実験を実施した。実験では、モデルHによる8刺激をTable2に示した順序で前方スクリーンに提示し、それぞれの刺激が歩行動作としてどの程度「自然」あるいは「不自然」と感じられるかを「自然-不自然」の形容詞対による5段階印象評定を求め、それと同時に全体の動きの「滑らかさ」について「滑らか-ぎこちない」の形容詞対による5段階印象評定を求めた。8刺激に対する印象評定が終了後、モデルTによる2刺激を提示し、同様の印象評定を求めた。各刺激は全被験者の評定が終わるまで繰り返し提示された。

3. 実験結果

(1) モデルHの8刺激に関する結果

モデルHの8刺激それぞれに対する自然さ

Table2 刺激の提示順序と内容（表中のrは「逆回り」を意味し、backは後進歩行、RL・LRは歩く方向、HはモデルHを示す。）

刺激提示順序	刺激名	刺激内容
1	01rH-RL	r-forward
2	02rH-backLR	r-backward
3	03H-LR	forward
4	04H-backLR	backward
5	05rH-backRL	r-backward
6	06H-RL	forward
7	07rH-LR	r-forward
8	08H-backRL	backward

得点および滑らかさ得点の全被験者平均を示したものがFig.2である。この図では、実際の歩行が前進歩行であるか後進歩行であるかに関わらず、見かけの歩行方向が前進となる4刺激を図の左側にまとめ、見かけの歩行が後進となる4刺激を図の右側にまとめて示した。さらにそれぞれの4刺激の内、実際の歩行が前進歩行であるものを左側に、実際の歩行が後進歩行であるものを右側にまとめた。

Fig.2から明らかなように、刺激提示画面上の進行方向（右から左、左から右）の間には評定平均の差がほとんど認められなかったためにそれらをまとめ、歩行動作に対する自然さの評定を指標として、見かけの歩行方向（前向き・後向き）×実際の歩行方向（前向

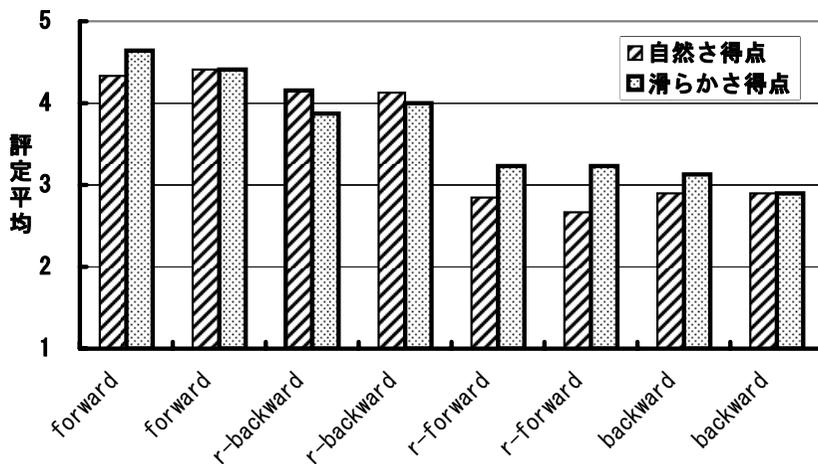


Fig.2 前方・後方歩行刺激およびそれらの逆転刺激に対する自然さ・滑らかさの印象

き・後向き)の2要因分散分析を実施した。その結果、見かけの歩行方向要因の主効果のみが有意であった ($F(1, 38)=57.55, p<.0001$)。同様に、動きの滑らかさ評定を指標として分散分析を実施した結果、見かけの歩行方向要因 ($F(1, 38)=46.17, p<.0001$) および実際の歩行方向要因の主効果 ($F(1, 38)=6.89, p<.02$) が有意であった。

また、8刺激を分類するために、自然さ評定および滑らかさ評定を指標としてクラスター分析を実施したところ Fig.3および Fig.4に示したデンドログラムが得られた。

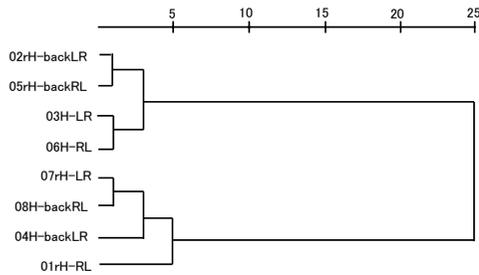


Fig.3 自然さ判断を指標とした8刺激のクラスター分析結果 (Ward法による)

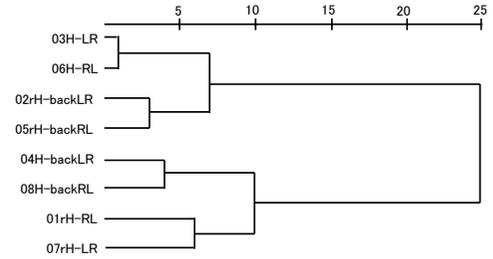


Fig.4 滑らかさ判断を指標とした8刺激のクラスター分析結果 (Ward法による)

(2) モデルTの後進歩行に対する印象評定結果

モデルTによる後進歩行動作およびその「逆回し」刺激に対する印象評定平均を求めると、自然さ得点については1.82と1.28, 滑らかさ得点については1.72と1.62であった。これはモデルHのどの歩行動作に対する印象評定よりもはるかに低い得点である。そこでモデルTとモデルHの後進歩行動作を細かく比較検討してみると、以下のような違いがあることが明らかとなった。

- 1) 左右それぞれ一歩ずつの1サイクルに要する時間が、モデルHでは約1秒であるのに対して、モデルTでは約1.3秒と長い。
- 2) Fig.5はモデルHによる左から右への前進歩行と右から左の後進歩行, ならびにモデルTの右から左への後進歩行それぞれにおける右足首の運動軌跡を示したものであるが,



Fig.5 モデルHの前進・後進歩行およびモデルTの後進歩行における右足首運動軌跡 (点と点の間が30分の1秒で、隣り合う点の間隔が広いほど動きが速い)

この図からも、モデルHに比べてモデルTの足首の運動軌跡がぎこちないことが理解できる。例えば、モデルHは振り上げた右足が着地するときの角度が水平面に対して小さいのに対してモデルTはその角度が大きい。これは後方への体重移動がモデルHの方がスムーズにしていることを示すものであるが、モデルTは体重が前方に残ったまま振り上げた脚を着地させるためにより垂直に近い角度で着地することになるものと考えられる。

3) 残った足の膝下の後方への傾きがモデルTの方が小さいと同時に、後方へ傾いている時間が少ない。画面上で観察される4歩分の平均を求めてみると、モデルHの後方への傾きは垂線に対して23.0度であるのに対して、モデルTは18.2度と傾きが小さく、残った脚が後方へ傾斜しているコマ数はモデルTが10.25コマ、モデルHが7.75コマであった。モデルHの方が一歩に要する時間が短いにも関わらず後方へ傾斜している時間が長いということはそれだけ後方への体重移動がスムーズに行われていることを示すものであり、それとは逆にモデルTでは残った脚に体重が残っている割合が大きいものと思われる。

4. 考察

(1) モデルHの歩行について

Fig.2 および分散分析の結果から、実際の歩行が前進であるか後進であるかに関わらず、見かけの歩行が前進である場合には自然で滑らかな印象が強いことが明らかである。これは、後進歩行における脚の運び方が前進歩行における足の運び方と類似したものであり、膝や足首関節の解剖学的制約が足の運び方に対して強く働いていることを示すものである。ただし動きの滑らかさ評定を指標とした分散分析の結果から、見かけの歩行方向だけではなく、実際の歩行の違いも滑らかさの印象に対して影響を与えており、後進歩行の動きに

対しては「ぎこちなさ」が知覚されていることも明らかである。従って後進歩行動作を「逆回し」によって見かけ上前進歩行として提示した場合、若干のぎこちなさは感じるものの基本的な動きについては前進歩行動作との違いに気付くことなく、自然な印象が得られたものと思われる。

Fig.3およびFig.4に示されたクラスター分析の結果からも、滑らかさについては実際の歩行方向と見かけの歩行方向の二つの要因に従ってモデルHの8刺激が分類されている。また、8刺激を大きく2群に分けたとき、見かけの歩行方向が一致する4刺激がそれぞれの群を形成し、しかも前進歩行の4刺激の方が互いの距離が近くなっていることが分かる。自然さの印象についても見かけの歩行方向の違いに従って大きく2群に分類されているが、それぞれの群における4刺激については一貫した分類基準を認めることはできない。特に見かけの歩行が後進となる4刺激の分類については基準が明確ではなく、後進であることによる不自然な印象が強く影響していたものと考えられる。

また、Table1およびFig.5に示したように、モデルHの前進歩行と後進歩行それぞれにおける一歩に要する時間はほぼ同じであるが、一歩の歩幅と振り上げた脚の高さに違いが認められた。これは前進歩行に比べて後進歩行の速度が遅いことを示すものであるが、動作が遅くなっているだけで、脚の運び方に大きな違いは認められず、従ってその動きを「逆回し」しても不自然な印象は得られなかったものと考えられる。前進と後進とでは筋肉の使い方は当然異なるわけであるが、膝や足首の関節の曲がる方向などの骨格上の制約が歩行動作に対して主に影響しているためにこのような結果が得られたものと思われる。

(2) モデルHとモデルTの後進歩行動作の比較

自然さの印象ならびに動きの滑らかさの印

象の両方で、モデルTの評定平均はモデルHのそれに比べて明らかに低い。これはTable1に示した歩行の1サイクル(2歩分)に要する時間や一步の歩幅などの違い、ならびにFig.5の足首の運動軌跡の違いを見ても明らかである。まず、モデルHとモデルTの間に一步の歩幅の違いは見られないが、一步に要する時間はモデルTの方が約1.3倍であり、足の運びが遅いことが分かる。また、実験結果の章においても示したように、残った脚(膝関節と足首を結んだ直線)が後方へ傾いている角度および後方へ傾いている時間の違いから、モデルHに比べてモデルTの後進歩行における後方への体重移動がスムーズでないことは、Fig.5の後方へ振り出した脚の着地時の足首の運動軌跡の角度の違いにも見られるとおりである。このように同じ後進歩行でもこのように自然さの印象が異なった理由として次の2点が考えられる。第1は、モデルHの場合、後進歩行の練習を十分行った上で歩行動作を撮影し、その映像を用いて刺激を作成した点である。それに対してモデルTは2回目の後進歩行映像を基にポイント・ライト・ウォーカー刺激を作成したために、モデルTがその時点で後進歩行にまだ慣れておらず、それが不自然な印象を与える結果につながったものと考えられる。第2点はそれぞれのモデルの後進歩行を撮影した歩行環境の違いが考えられる。すなわちモデルHの場合はかなり広いカーペット敷きの屋内で、しかも回りに撮影者とその補助の2名がいるだけで、ほとんど後ろを気にすることなく後進歩行が出来た点である。それに対してモデルTの場合は狭い部屋で、中に7、8人の学生がおり、後ろを気にしながら歩いていたために慎重な足取りとなっており、それが不自然な印象を与えたものと思われる。バイオロジカル・モーション研究の一領域として感情がその動きからどの程度知覚されるかという観点から行われているものがあるが(Atkinson,

Dittrich, Gemmell & Young, 2004; Dittrich, Troscianko, Lea, & Morgan, 1996; Walk & Homan, 1984), 歩行者に不安を与えるような歩行環境が歩行者のバイオロジカル・モーションにどのように影響を与え、それがどのように知覚されるかという研究はまだ十分になされているとは言えない。今後この点についてさらに条件を統制して実験を実施する必要があるものと考ええる。

5. まとめ

前進歩行と後進歩行における脚の動きの違いについて、ポイント・ライト・ウォーカー刺激とその逆回し刺激に対する自然さおよび動きの滑らかさ印象評定を指標として調べた。その結果、実際の歩行方向が前進であるか後進であるかに関わらず、見かけの歩行方向が前進のときは自然さおよび動きの滑らかさ両方の指標において高い評定点が得られた。ただし、動きの滑らかさの印象評定については実際の歩行が後ろ向きの場合は、その動きに対してぎこちなさを感じてはいるが、それが自然さの印象に対して大きな影響を与えていないことも明らかとなった。

また歩行環境ならびに後進歩行への練習が不十分な別のモデルによる後進歩行ポイント・ライト・ウォーカーと十分に練習をした後進歩行ポイント・ライト・ウォーカーとの違いを調べてみると、明らかに回りに障害物などが少なく、十分に練習した歩行動作に対する自然さおよび動きの滑らかさ印象が高いことが明らかとなった。実際に両者の脚の動きの違いについて調べたところ、一步に要する時間や後方への体重移動のスムーズさなどに違いがあることが明らかとなった。この結果から、歩行者の歩行環境内での練習の程度や慣れ、それに伴う不安などが歩行動作に影響を与えていることが示唆された。

引用文献

- Atkinson,A.P.,Dittrich,W.H., Gemmell,A. J., & Young,A.W. 2004 Emotion perception from dynamic and static body expression in point-light and full-light display. *Perception*, **33**, 717-746.
- Bertenthal, B. I. & Pinto, J. 1994 Global processing of biological motions. *Psychological Science*. **5**, 221-225.
- Cutting, J. E. 1978 Generation of synthetic male and female walkers through manipulation of a biomechanical invariant. *Perception*, **7**, 393-405.
- Cutting, J. E., & Proffitt, D. R. 1981 Gait perception as an example of how we may perceive events. In R. D. Walk, & H. L. Pick (Eds.), *Intersensory perception and sensory integration* (249-273). New York: Plenum Press.
- Cutting, J.E., Proffitt, D.R., & Kozlowski, L.T. 1978 Biomechanical invariant for gait perception. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **4**, 357-372.
- Dittrich,W.H., Troscianko,T., Lea,S.E.G. & Morgan,D. 1996 Perception of emotion from dynamic point-light displays represented in dance. *Perception*, **25**, 727-738.
- Johansson, G. 1973 Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Perception and Psychophysics*, **14**, 201-211.
- Kozlowski, L. T., & Cutting, J. E. 1977 Recognizing the sex of a walker from a dynamic point-light display. *Perception and Psychophysics*, **21**, 575-580.
- Mather, G., Radford, K., & West, S. 1992 Low-level visual processing of biological motion. *Proceedings of the Royal Society of London B*, **249**, 149-155.
- 中村 浩 2003 部分的に提示された歩行バイオロジカル・モーション知覚に寄与する運動情報の研究. 北星学園大学短期大学部北星論集, 第1号 (Vol.39), 37-46.
- Pavlova,M., Krageloh-Mann,I., Birbaumer,N. & Sokolov,A. 2002 Biological motion shown backwards: The apparent-facing effect. *Perception*, **31**, 435-443.
- Pavlova,M.,&Sokolov,A. 2000 Orientation specificity in biological motion perception. *Perception & Psychophysics*, **62**, 889-899.
- Pavlova,M., Krageloh-Mann,I., Birbaumer, N., & Sokolov,A. 2002 Biological motion shown backwards: The apparent-facing effect. *Perception*,**31**, 435-443.
- Runeson, S., & Frykholm, G. 1981 Visual perception of lifted weight. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, **7**, 733-740.
- Runeson, S., & Frykholm, G. 1983 Kinematic specification of dynamics as an informational basis for person and action perception: expectation gender recognition, and deceptive intention. *Journal of Experimental Psychology: General*, **112**, 585-615.
- 鷲見 成正 2002 映画の逆回し. アニメーション研究, **3** (2A) , 2-4.
- Sumi,S. 2005 Gait perception of part-reverse biological motion pattern produced by eight point-lights attached to the back of a walker. *Japanese Psychological Research*, **47**, 156-162.
- Thornton,I.M.,Pinto,J.,& Shiffrar,M. 1998 The visual perception of human locomotion. *Cognitive Neuropsychology*, **15**, 535-552.
- Walk, R. D., & Homan, C. P. 1984 Emotion and dance in dynamic light displays. *Bulletin of the Psychonomic Society*, **22**, 437-440.

吉村 浩一 2006 運動現象のタキシノミーー心理
学は動きをどう捉えてきたかー. ナカニシヤ
出版.

[Abstract]

Judgments of Naturalness and Smoothness for the Forward and Backward Point-light-walkers

Ko NAKAMURA

This study examined the naturalness and smoothness impression to the point-light-walkers which walked forward or backward, and also those which were presented with a reversed transformation. Thirty-nine Junior College students participated in the experiment, and observed four point-light-walker animations which walked forward or backward from left to right or right to left across the screen, and those which were shown respectively in reverse transformation. Subjects were asked to rate them in terms of the naturalness and the smoothness. Regardless of the actual facing direction of point-light-walkers, the rating of the naturalness and the smoothness were higher for those that walked forward apparently. It was also clarified that the ratings of the smoothness were affected by the actual facing direction of walkers, but not for the naturalness. A similarity of the motion of legs between forward and backward walking was discussed from the skeletal point of view.

Key Words : Point-light-walker, Reverse transformation, Forward walking, Backward walking

