

バイオロジカルモーション知覚における左右差の検討

池田 華子***・Randolph BLAKE***・渡邊 克巳**

* 筑波大学大学院 人間総合科学研究科 感性認知脳科学専攻

** (独) 産業技術総合研究所 人間福祉医工学研究部門 視覚認知機構グループ

〒305-8566 つくば市東 1-1-1 中央第六

*** Vanderbilt University

1. はじめに

人間の視覚系は入力情報が極度に制限された状況であっても、人の身体の動きを知覚することができる。例えば主要関節部に光源を付けた人間が暗闇で歩くと、運動する光点しか視覚情報は無いが、はっきりと歩いている人間の印象が得られる。しかし撮影した光点動画刺激のスナップショットだけを提示したり、フレームをランダムに並び替えたり、各光点のスタート位置を変えてしまうと、身体運動の印象は完全に消えてしまう。この非常に少ない視覚運動情報から身体運動を復元する機能はバイオロジカルモーションの知覚と呼ばれ、Johansson の古典的研究¹⁾以来多くの研究が行われてきた²⁾。

人間の視知覚には大脳半球の機能について、左右差があることが知られている(例えば、左半球は時間的順序、リズム、空間情報の分類、部分の把握などに優れ、右半球は空間情報の調節、全体の把握などに優れている)³⁻⁶⁾が、運動知覚に関しては左右半球差を示した研究は少ない。しかし近年の脳機能イメージング研究において、バイオロジカルモーション知覚に関わる機能が、右半球上側頭溝(superior temporal sulcus: STS)に関係しているという報告があり⁷⁻¹⁰⁾、バイオロジカルモーション知覚において左右半球差(左右視野差)がある可能性が示唆されている。そこで本研究ではバイオロジカルモーション知覚に左右視野差が見られ

るかどうかを、ノイズに対する頑健さ¹¹⁾を指標として検討した。

2. 方法

2.1 被験者

22~31歳の成人12名(男性8名、女性4名)が参加した。

2.2 刺激

刺激は人の主要な関節(頭、肩、肘、手首、腰、膝、足首)に12個の反射材を付け、様々な動作をしているところをデジタルビデオで撮影した映像を座標に変換し、黒点12個の動きに置き換えたバイオロジカルモーションを用いた。図1にその模式図を示す。使用された動作は5種類(走る、階段を上る、飛び跳ねる、ボールを投げる、ボールを蹴る)で、それぞれの動作を左右反転させたものも用いたため、合計10種類の刺激を使用した。1つの動作は20フレームからなる動画で構成され、25Hzで提示された。図2に示したように刺激は30×40cmの白色の背景のコンピュータディスプレイ上中心に4degの大きさで、注視点から6degの位置に提示された。左視野に刺激を提示する場合は、注視点を刺激の右側に提示し、右視野に刺激を提示する場合は注視点を刺激の左側に提示した。コンピュータ画面と被験者との距離は57cmであった。また、正立像の統制として、上下を反転させた刺激(倒立刺激)を用いた実験も行った。

2.3 手続き

被験者は注視点を固視した状態でボタンを押

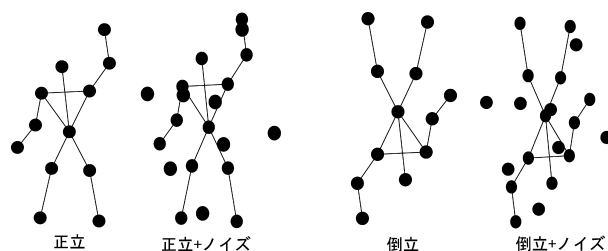


図1 ボールを投げるバイオロジカルモーションの模式図. 左から, 正立像, ノイズがかかった正立像, 倒立像, ノイズがかかった倒立像.

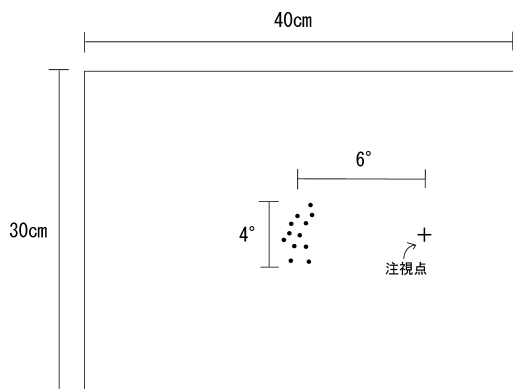


図2 実験ディスプレイ上の刺激配置. 図は左視野に刺激を提示した場合.

すことで試行を開始し, 試行中は固視を維持することが求められた. 1 試行では 2 つの刺激 (各 800 ms) が 500 ms の間隔において連続提示された (図 3). 片方が正しいバイオロジカルモーションであり, 他方は正しいバイオロジカルモーションの黒点のスタート座標をランダムに並び替えたものであった. 被験者は 2 つの刺激が提示された後に, 正しいバイオロジカルモーションがどちらであったかキー押しによって答えた.

図 4 に示したように被験者が 3 回連続で正しくバイオロジカルモーションを選択するたびに, 4 個ずつ黒点をノイズとして加え, 逆に被験者が誤った応答をした場合は, 1 回でノイズが 4 個減るようにした. ノイズの点の動きは試行中に刺激として用いられている以外の 9 種類のバイオロジカルモーションからランダムに選択し, それらのスタート座標もランダムに決めた. ノイズの増減が反転する点が 12 回になったところ

で, それ以降はノイズの増減個数を 2 個に減らした. 反転が 18 回続いたところで 1 セッション終了とした. 最後から 5 回分の反転ポイントのノイズ数を平均した値を 1 セッションの成績とした. 右視野-左視野 × 正立刺激-倒立刺激の組み合わせで, それぞれ 5 セッション繰り返し, その平均を各被験者のパフォーマンスとした. 応答は右手と左手でランダムに行わせた.

3. 結 果

各被験者のパフォーマンスを右視野と左視野でそれぞれ平均したものを図 5 に示す. 横軸は視野を, 縦軸はノイズ数を表している. 正立刺激を用いた実験 (◆) では, 刺激が右視野に提示されたときの方が, 左視野に提示されたときよりも, バイオロジカルモーションの検出が有為に良かった ($t(11)=2.35, p<.05$). 倒立刺激を用いた実験 (■) では, 検出のパフォーマンスは全体的に低下し^{11,12)}, 左右差も見られなかった ($t(11)=1.59, p=.14$).

4. 考 察

本研究では正立像を刺激として用いたときのみ, 右視野優位という結果となった. つまり左半球において, 少なくともノイズをかけた場合には, バイオロジカルモーションがより効率的に処理されているという可能性がある. さらに, 倒立刺激を用いた場合には左右差が生じないという結果は, 正立刺激で得られた右視野優位がバイオロジカルモーションの知覚に特異なものであることを示唆する.

一般に左半球優位と考えられている機能で,

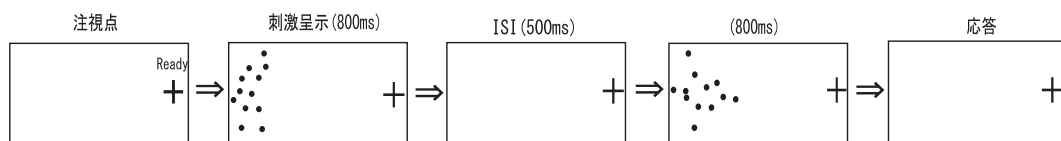


図3 手続きの模式図。

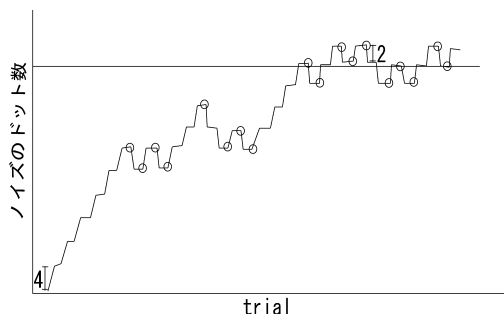


図4 応答によって増減するノイズ数の変化を表す模式図。横軸は試行数、縦軸はノイズの数を表している。

本研究の課題に関係するものとしては、（全体的把握に対する）部分の認知、時間的構造の処理などが挙げられる³⁻⁶⁾。本研究ではノイズにより刺激が覆われていて全体像を把握することが困難だったため、バイオロジカルモーションの手の部分の動きや、足の部分の動きといった、部分ごとの動きに注目し、それを手がかりに課題が遂行されていた可能性がある。また、実験に使われた5種類のバイオロジカルモーションは、それぞれに特徴的なリズムを有していた。このような時間的構造もまたバイオロジカルモーションの判断材料になっていた可能性がある。しかし、これら部分の認知や時間的構造の処理が右視野でより効率的に行われるのであれば、倒立刺激を用いた場合でも同様の左右差が観察されるはずである。したがって、これらの一般的な左半球優位機能が正立刺激における右視野優位を説明する主な要因であるとは考えにくい。

別の可能性として、ノイズの使用が課題をボトムアップに行うことを困難にしたために、トップダウン的な過程の関与が強くなった可能性もある¹³⁾。つまりノイズによって個々の点の動きから全体像を組み立てることが難しくなっ

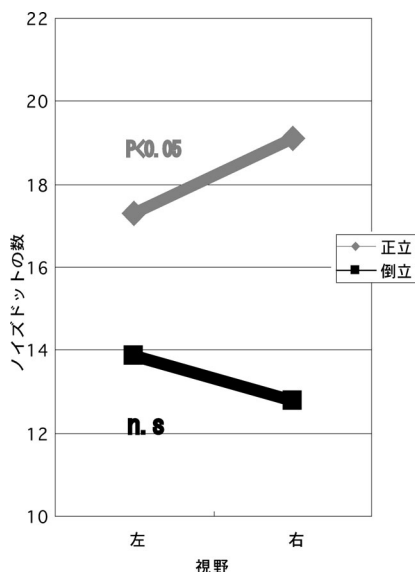


図5 バイオロジカルモーション知覚のパフォーマンス（被験者12名の平均）。横軸は視野。縦軸はノイズの数。◆が正立像による実験の結果。■が倒立像による実験の結果。

たため、特定の意味のある動作の鋳型を想定してそれをもとに動作を判断する方略が用いられたのかもしれない。近年の研究では、運動の計画と観察に関わる機能が重複していることが報告されている¹⁴⁻¹⁶⁾。これに関連して、意味のある動作を観察しているとき¹⁷⁾あるいは他人の動きを真似することを想定して動作を観察するとき¹⁵⁾には、左半球の運動前野を含む前頭葉ネットワークが活性化するという報告があり、バイオロジカルモーションを観察する際に左半球の運動計画／観察に関わる部位が関与することは十分に考えられる。

本研究の結果は右半球、特にSTSに活性化がみられたイメージング研究⁷⁻¹⁰⁾を強く支持するような結果とはならなかった。しかしながら、そもそもSTSの受容野はほぼ反対側の視野もカ

バーするほどに広く、右半球の STS が活性化したからといって左視野優位を想定することはできない。さらに最近のイメージング研究では、バイオリジカルモーションの知覚に左半球の下前頭溝 (inferior frontal sulcus: IFS) の関与が示唆されている¹⁸⁾。これは本研究の結果を支持するものである。

バイオリジカルモーションの知覚は、視覚系に依存した動物 (霊長類など) にとって大きな生存上の利点である。そのためにバイオリジカルモーションの知覚は、どんな状況でもその判断を最適化できるように様々な手がかりが利用され、また、状況によってその手がかりのパラメータが変化するのではないかと考えられる。今回の実験からは、ノイズによるマスキング等の操作によってボトムアップな過程がうまく働かなくなったときになって初めて、トップダウンな過程が働き出すという可能性が考慮されうる。今後の機能的脳イメージング研究では、バイオリジカルモーションの知覚過程として複数のレベル (例えばボトムアップとトップダウンの過程など) が、統合的に機能する可能性¹⁹⁾を考慮した上で実験を行う必要があるだろう。

文 献

- 1) G. Johansson: Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Perception and Psychophysics*, **14**, 201–211, 1973.
- 2) K. Verfaillie: Perceiving human locomotion: Priming effects in direction discrimination. *Brain and Cognition*, **44**, 192–213, 2000.
- 3) J. B. Hellige: *Hemispheric Asymmetry: What's Right and What's Left*. Harvard University Press, 2001.
- 4) S. M. Kosslyn: Seeing and imaging in the cerebral hemispheres: A computational approach. *Psychological Review*, **94**, 148–175, 1987.
- 5) I. Swisher and I. J. Hirsh: Brain damage and the ordering of two temporally successive stimuli. *Neuropsychologia*, **10**, 137–152, 1972.
- 6) G. Jager and A. Postma: On the hemispheric specialization for categorical and coordinate spatial relations: a review of the current evidence. *Neuropsychologia*, **41**, 504–515, 2003.
- 7) E. Bonda, M. Petrides, D. Ostry and A. Evans: Specific involvement of human parietal systems and the amygdale in the perception of biological motion. *Journal of Neuroscience*, **16**, 3737–3744, 1996.
- 8) A. Santi, P. Servos, E. V. Bateson, T. Kuratate and K. Munhall: Perceiving biological motion: dissociating visible speech from walking. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **15**, 800–809, 2003.
- 9) E. D. Grossman and R. Blake: Brain areas active during visual perception of biological motion. *Neuron*, **35**, 1167–1175, 2002.
- 10) M. Hirai, H. Fukusima and K. Hiraki: An event-related potentials study of biological motion perception in humans. *Neuroscience Letters*, **334**, 41–44, 2003.
- 11) J. E. Cutting, C. Moore and R. Morrison: Masking the motions of human gait. *Perception and Psychophysics*, **44**, 339–347, 1988.
- 12) S. Sumi: Upside-down presentation of the Johansson moving light-spot pattern. *Perception*, **13**, 283–286, 1984.
- 13) I. M. Thornton, J. Pinto and M. Shiffrar: The visual perception of human locomotion. *Cognitive Neuropsychology*, **15**, 535–552, 1998.
- 14) G. Rizzolatti, L. Fogassi and V. Gallese: Neurophysiological mechanisms underlying the understanding and imitation of action. *Nature Reviews Neurosciences*, **2**, 661–670, 2001.
- 15) P. L. Jackson and J. Decety: Motor cognition: a new paradigm to study self-other interactions. *Current Opinion in Neurobiology*, **14**, 259–263, 2004.
- 16) A. Hamilton, D. Wolpert and U. Frith: Your own action influences how you perceive another person's action. *Current Biology*, **14**, 493–498, 2004.
- 17) J. Decety, J. Grezes, N. Costes, D. Perani, M. Jeannerod, E. Procyk, F. Grassi and F. Fazio: Brain activity during observation of actions influence of action content and subject's strategy. *Brain*, **120**, 1763–1777, 1997.
- 18) A. P. Saygin, S. M. Wilson, D. J. Hagler, Jr., E. Bates and M. I. Sereno: Point-light biological motion perception activates human premotor cortex. *Journal of Neuroscience*, **24**, 6181–6188, 2004.
- 19) M. A. Giese and T. Poggio: Neural mechanisms for the recognition of biological movements. *Nature Reviews Neuroscience*, **4**, 179–192, 2003.