ミュラー・リヤー錯視による人間上肢運動の変化

小坂 翔*・原 正之**・黄 健***・藪田 哲郎*

Movement Change of Human Upper Limb by Effects of Müller-Lyer Illusion

Sho KOSAKA*, Masayuki HARA**, Jian HUANG*** and Tetsuro YABUTA*

It is generally thought that human beings have high-performance system in body movement. However, the mechanisms of body movement have not been clarified completely. In order to reveal mechanisms between human motion and vision cognition, this paper focuses on influence of visual illusion on the arm motion.

Key Words: Müller-Lyer illusion, motion cognition, motion capture, upper limb movement

1. はじめに

人が巧みな動作を行なえるのは、人体がとても精密に作られており、高性能なシステムを有しているためであると考えられる。しかし、その柔軟な構造のためシステムが複雑で、どのような原理や法則に基づいているのかがほとんど解明されていない¹⁾。

そこで本論文では、人間の運動メカニズム解明の一端として、人間の視覚と運動の関係について注目した。視覚情報が運動に及ぼす影響を測定するための手段として、錯視と運動の関係を利用することとした。有名な錯視としては Ponzo 錯視や Zollner 錯視などが存在するが、その中でも Müller-Lyer 錯視を用いて実験を行なう。Müller-Lyer 錯視は同じ長さの直線の両端に矢羽をつけたとき、外側に開かれた矢羽を描かれた直線のほうが長く見えるというものである。Müller-Lyer 錯視は人間の網膜像に写った 2 次元の情報から過去の経験を元に奥行き情報を無意識に検出(推定)することによって生じるものとされている²⁾。いい換えれば、錯視現象は 3 次元の実空間を認識するために必要な脳の機能の一部を反映しているものともいえる。錯視と運動の分野に関しての研究は Melvyn A Goodale のグループを中心として多くの研究が報告されている^{3),4)}。それら過去の研究はほとんどが錯視情報を提示しながら運動を行なうものであった。多くの従来研究を踏まえたうえで Glover は、錯視は運動の planning には影響を与えるが control には影響を与えないという planning-control モデルという仮説を立てている⁵⁾。われわれはこの仮説に注目し、錯視情報と運動の瞬間的な切り替えという新しい実験方法を用いてこの仮説を検証していく。

2. 実験システム

本論文で用いたモーションキャプチャシステムの構成を Fig. 2 に示す。画像測定には、3 次元リアルタイムトラッカーシステム (PRO-Tracker II, ディテクト(株)) を用いる。撮影範囲周辺に取り付けられた 6 台の CCD カメラ (XC-HR 57, SONY(株): Frame rate: 60 [f/s]) によってマーカーの 3 次元位置座標を検出する。撮影空間は暗幕に囲まれた高さ 2 m、縦横 1.5 m の空間で、内部に実験用の図形を表示するディスプレイが設置されている。

Fig. 1 Müller-Lyer illusion

Fig. 2 Motion capture system

* 横浜国立大学大学院工学府 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5

** スイス連邦工科大学ローザンヌ校

*** 近畿大学工学部 東広島市高屋うめの辺 1

* Graduate School of Engineering, Yokohama National University, 79-5 Tokiwadai, Hodogaya-ku, Yokohama

** Swiss Federal Institute of Technology

*** School of Engineering, Kinki University, 1 Takayama-umenobe, Higashi-Hiroshima

(Received July 25, 2008)

(Revised September 25, 2008)

3. Müller-Lyer 錯視の影響

3.1 実験条件および方法

この実験では Müller-Lyer 錯視を取り扱っていくうえで、Fig. 3 に示す 3 つの図形を Feather, Arrow, Normal と定義する。

まず、本実験装置での Müller-Lyer 錯視の各被験者への影響を調べるために、Fig. 4 に示すような図形を被験者に対して提示し実験を行なった。ここで、Fig. 4(a)を Arrow-Feather 型、Fig. 4(b)を Feather-Arrow 型と定義する。ディスプレイに表示された図形のうち左側の線分を基準とし、右側を比較対象とする。被験者には比較となる線分を Fig. 5 に示すようにコントローラを用いて、基準と同じだと思える長さに調節してもらう。図形の提示パターンは、Arrow-Feather 型、Feather-Arrow 型の 2 種類、基準となる線分の

Fig. 3 Definition of the figures

Fig. 4 Experimental figures

Fig. 5 Experiment scenery

長さが 0.10 m と 0.15 m の 2 種類、比較となる線分の初期長さは、基準長さの 50~150%までを 25%刻みに 5 種類である。これら 20 パターンの組み合わせを各 2 回ずつランダムに提示し、合計 40 回の実験を行なってもらう。

3.2 実験結果

Fig. 6 は基準の長さに対してどれほどの割合で錯覚が生じたのかを、Arrow-Feather 型、Feather-Arrow 型に分けて表示したものである。Arrow-Feather 型の場合、割合は 100 以下で表わされるが、その場合は比較しやすいように、得られた値で 100 を割った値を用いている。Fig. 6 を見るとわかるように、すべての被験者が錯覚を引き起こしている。その錯視量には個人差が見られるが、おおむね 120~130%程度といえるだろう。ここで注目したのは、Arrow-Feather 型と Feather-Arrow 型ではこのことから、錯視量は線分の型によって異なってくると考えられる。Feather-Arrow 型のほうの錯視量が大きくなっている点である。そこでその要因解析のために、今度は右側の線分を基準として左側の線分の長さを調節してもらう実験を行なった。その他の条件はすべて前回と同様である。

Fig. 7 にその結果を示す。やはり Feather-Arrow 型のほうが錯視量が大きくなり、5%t 検定を行なったところ、有意

Fig. 6 Illusional degrees (right side is changeable)

Fig. 7 Illusional degrees (left side is changeable)

Fig. 8 Experiment scenery

差が確認された。また, Fig. 7では Fig. 6よりも全体的に錯視量が小さくなっているが, これは Fig. 7の実験は Fig. 6の実験よりも後に行なったために多少の慣れと事前知識をもってしまったことが原因であると考えられる。

4. 上肢運動における Müller-Lyer 錯視情報の影響

4.1 実験条件および方法

今度は, Müller-Lyer 錯視が人間の上肢運動にどのような影響を与えるかを調べるための実験を行なう。Fig. 3に示した3つの図形のうち1つをディスプレイに表示する。被験者にはまず Fig. 8のように図形の中央の線分を左から右に3回なぞってもらいその長さを記憶してもらう。その後, この図形を消し, ディスプレイ内にランダムに表示される1点から, 先ほど覚えてもらった長さ分指を動かしてもらう。図形の提示パターンは, Arrow, Feather, Normalの3種類の形状で, その基準となる長さは0.15mと0.30mの2種類存在する。これら6パターンを各5回ずつ合計30回ランダムに表示し実験を行なう。このとき被験者の指先にはマーカーが取り付けられており, 指をどれだけ動かしたかが測定できるようになっている。

4.2 実験結果および考察

Fig. 9は, 6つのパターンにおける指先の平均移動距離を被験者ごとにまとめたものである。各被験者における左側3つの棒グラフは基準長さが0.15mのときの, 右側3つの棒グラフは基準長さが0.30mのときのものである。また, 黒, 灰色, 白のグラフは, 基準として表示された図形がそれぞれ Arrow, Normal, Featherのときのものである。5%t検定を行なったところこれら3つの間には有意差があると確認でき, 指先の移動距離に錯視の影響が生じていることがわかった。ArrowとFeatherを比較したときの錯視量は115~125%程度で, 前章で得られた運動を伴わない場合の Müller-Lyer 錯視の影響を, ほぼそのまま受けているといっていよう。運動を行なっている間は図形は表示されておらず, 被験者は直前まで行なっていた運動を思い出しながら軌跡を形成している。そのときの指先の移動距離に錯視の影響が現れたことから, これは運動の計画段階において錯視の影響が

Fig. 9 Distance of movements

強く現われたといえるであろう。この結果は Glover の planning-control モデル仮説における, 錯視は運動の planning には影響を与える, という部分に一致するものである。

5. まとめ

本論文では, Müller-Lyer 錯視による実空間での人間上肢運動変化について検証した。最初に, モーションキャプチャーシステム内部に設置したディスプレイによる Müller-Lyer 錯視において, 錯視現象が起こることを確認し本実験システムの有用性を示した。同時に, 本環境における Müller-Lyer 錯視の錯視量を測定した。つぎに, モーションキャプチャーシステムを用いて Müller-Lyer 錯視と人間の上肢運動との関係を解明する実験を行なった。その結果, Müller-Lyer 錯視情報は人間の上肢運動に多大な影響を与えていることがわかった。新しい実験方法として, 錯視情報と運動の切り替えをすばやく行なうことによって, 錯視は運動の planning に影響を与えるという仮説と一致する実験結果が得られた。今回の実験では, Glover の planning-control モデル仮説における, 錯視は control には影響を与えないという部分を確認することはできなかったが, 今後は, 本実験と異なる運動や環境での実験を行ない視覚情報と運動との関係をさらに突き詰めていきたいと思う。

参考文献

- 1) 有本 卓: 手の巧みさと解析力学: ベルンシュタイン問題 (身体運動の謎) への挑戦, 物性研究, **7**, 625/655 (2004)
- 2) 下條信輔: <意識> とは何だろうか—脳の来歴, 知覚の錯誤—, 講談社現代新書 (2000)
- 3) M. A. Goodale and A. Milner: Separate visual pathways for perception and action, Trends in Neuroscience, **15**, 20/25 (1992)
- 4) M. A. Goodale and D. A. Westwood: An evolving view of duplex vision: separate but interacting cortical pathways for perception and action, Current Opinion in Neurobiology **14**, 203/211 (2004)
- 5) S. Glover: Visual illusions affect planning but not control, Trends in Cognitive Sciences, **6-7**, 288/292 (2002)