

# 袈裟斬り動作の体性感覚に基づく主観評価と 運動計測に基づく客観評価

大武 美保子 (東大・COE) 山根 克 (東大) 中村 仁彦 (東大・CREST)

Subjective and Objective Evaluation through Somatic Sensation and Motion Capture  
—A case study of ‘kesagiri’—

\*Mihoko OTAKE\*<sup>\*1</sup> Katsu YAMANE\*<sup>\*1</sup> Yoshihiko NAKAMURA\*<sup>\*1\*2</sup>  
<sup>\*1</sup> Univ. of Tokyo, <sup>\*2</sup> CREST

**Abstract**— This paper presents a comparison between subjective and objective evaluations based on somatic sensation and motion capture, respectively. We chose diagonal cutting ‘kesagiri’ motion as an example and compared the self evaluation with the kinematic analysis of the measured sword trajectory. In our experiments, subjective evaluations showed qualitatively good correspondence with the numerical evaluations. This result indicates that we can use external observation for estimating somatic sensations, instead of conventional methods such as questionnaires which inherently contain ambiguity and uncertainty.

**Key Words:** somatic sensation, motion capture, kinematic analysis, kesagiri motion

## 1. はじめに

体性感覚は、身体の表層組織や深部組織にある受容器が刺激されて生じる感覚を指す。特に筋や腱、関節などの運動器官に起こる深部感覚は、新しい運動を習得する際に必要であることが知られている<sup>1)</sup>。体性感覚は一回の試行のフィードバック信号として働くだけでなく、繰り返し試行を伴う運動学習において動作結果を評価するための教師信号としての働きを持つと考えられる。したがって、評価が正しく行われなければ学習者は目的とする運動に習熟することができないことになるが、人間が運動の結果を正確に知覚できているかどうかは必ずしも明らかでなく、また主観的な感覚であるため計測も容易ではない。実際、アンケートによる評価では質問によって正反対の結果が出る例が報告されている<sup>2)</sup>。

本研究では、運動学習において体性感覚に基づく主観評価と外部からの観測に基づく客観評価とが一致しているのかを明らかにすることを目的とする。それらが一致していることがわかれば、外部からの観測により体性感覚を推定できることになる。ここでは習熟を必要とする全身協調動作として袈裟斬り(足を一步踏み込みながら剣を振りかぶり、斜めに大きく振り下ろす動作)を取り上げ、剣先を真直ぐ振り下ろせたかどうかを被験者が体性感覚に基づいて主観評価し、逆運動学計算<sup>3)</sup>に基づく客観評価と比較する。

## 2. 袈裟斬り動作

袈裟斬りは、正面に袈裟を着た人間が立っていると仮定して、袈裟の襟首から胸元に沿って剣を斜め下に振り下ろす動作である。剣士から見て左上から右下に斬る場合、以下のような手順で動作する。

1. 視線は常に正面を向き、剣の根元は常に正中線の正面に位置するよう保つ。右足を前、左足を後ろに、剣を左斜め前に構える。

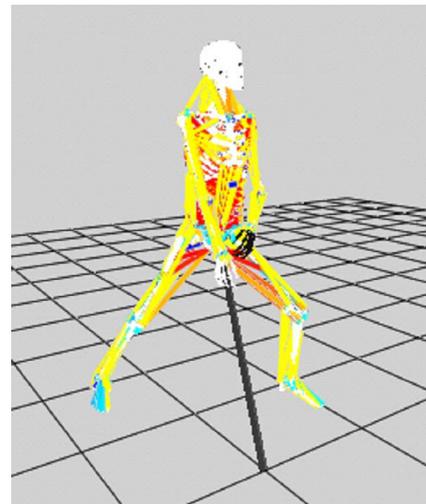


Fig.1 Final posture of diagnostic crossing ‘kesagiri’ motion

2. 剣を右上に振り上げ、頭上を素早く通過させ、剣先を左上まで移動させる。この時、両足を踏みかえる(その場で斬る場合)。
3. 剣を左上から右下へ真直ぐに、正面で速度が大きくなるよう振り下ろす。この時、肩の力をできるだけ抜いて剣に働く重力で剣先を加速させる。
4. 剣が右下まで到達したら、剣を素早く静止する。静止した時、左足は前、右足は後ろに位置している (Fig. 1)。

以上のように、袈裟斬りは典型的な全身協調動作であり、習熟を要する。どの筋肉をどのタイミングで動かせばよいかは明らかではなく、身体構造の相違から最適な筋肉の使い方人も人により異なると考えられる。稽古においては、繰り返し試行しながらよい軌道を描け

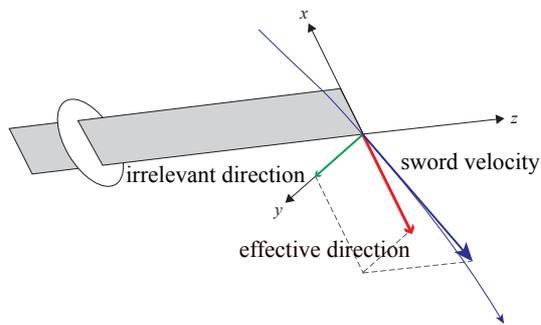


Fig.2 Decomposition of sword velocity into effective and irrelevant directions

た時の筋肉の使い方を覚え、よりよい軌道を探る。評価項目としては、(a) 始点及び (b) 終点の位置、(c) 始点と終点をつなぐ軌道の直進性、(d) 全身特に腕部の適度な弛緩、(e) 全身の動的安定性などがある。

### 3. 袈裟斬り動作の計測と主観評価

任意の位置にマーカーを取り付けることが可能な光学式モーションキャプチャシステム<sup>4)</sup>を用いて袈裟斬り動作におけるマーカーの三次元位置を計測し、逆運動学計算により人体筋骨格モデルの関節角・筋長および剣の絶対座標系における位置・姿勢の時系列データを得た。人体の筋骨格モデル<sup>5)</sup>は、366の筋、91の腱、34の靭帯、56の軟骨、53の骨群から構成される。

各試行が終わった時点で、上記(a)–(e)の5項目について自己最高と思われる結果を5、自己最低と思われる結果を1とする5段階評価を行った。1回の計測で袈裟斬りを1回だけ実行すると緊張により自己最高の結果が出にくいことがわかったので、自己最高と評価できる試行が出るまで10回以内繰り返すこととした。最終的には1回ずつの試行を7回、10回以内の試行を2セット行い、全部で26回の袈裟斬り運動を計測した。

### 4. 主観・客観評価の比較

斬るという目的の実現に最も重要と考えられる(c)軌道の直進性に注目して結果の解析を行った。具体的には、Fig.2のように剣先速度を剣の刃面に平行な有効成分と刃面に垂直な無効成分(ぶれ成分)に分解し、それぞれの最大値を比較する。刃先から背側に向かって $x$ 軸、刃面に垂直で背側から見て右向きに $y$ 軸、剣の付け根から剣先に向かって $z$ 軸を取ると、有効成分は $x$ 成分、無効成分は $y$ 成分となる。有効成分が大きく、無効成分が小さいほど剣先の向きが軌道に沿っており、直進性が高かったと評価される。

軌道の直進性の主観評価が1および5の場合の剣先速度をプロットしたものをFig.3に示す。主観評価が1,3,5の場合の $y$ 成分最大値はそれぞれ10.1, 8.51, 0.844 (m/s)であり、主観評価が高いほどぶれ成分の最大値が小さい。すなわち、剣先軌道の直線性に関する主観評価と、剣先速度の無効成分の最大値という客観評価とは大小関係において一致した。一方、剣先速度の $x$ 成分のピークは、それぞれ-14.5, -11.8, -14.4 (m/s)とほとんど違いが見られなかった。このことから、剣先速度の有効成分と無効成分を分離して感知できていると考えられる。

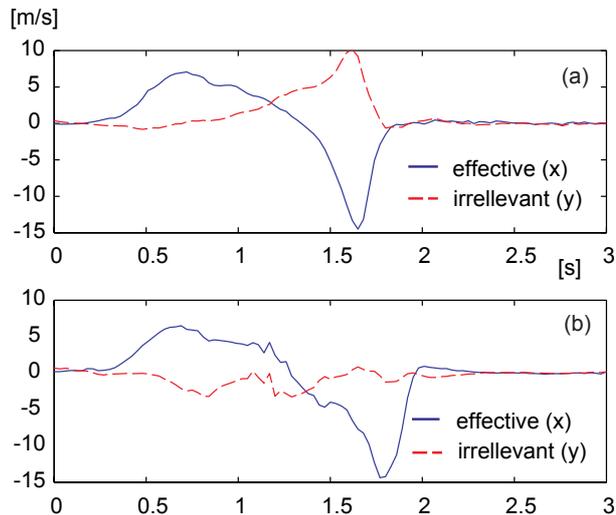


Fig.3 Effective and irrelevant velocities of the sword tip; objective evaluations were (a): 1, (b): 5

### 5. おわりに

本研究で得られた結果は以下の2点でまとめられる。

- 体性感覚に基づく運動の主観評価は、外部からの観測に基づく客観評価と一致する場合が存在することを、袈裟斬り動作実験により明らかにした。この時、剣が描く軌道の直進性は、運動器官に起こる深部感覚の違いに基づいて知覚される。
- 剣が描く軌道の直進性を、剣先速度を刃面に平行な成分とそれ以外の成分に分解することで定量的に評価する手法を提案した。

今後は、筋骨格モデルの動力学計算に基づく解析や複数の被験者を対象にした実験を通して、他の評価項目や個人差についても検証する予定である。長期的には、本研究を発展させて体性感覚に基づき動作の質を向上させる手法を開発したい。

### 参考文献

- 1) J.C. Rothwell, M. M. Traub, B.L. Day, Obeso J. A., Thomas P.K., and C.D. Marsden. Manual motor performance in a deafferented man. *Brain*, Vol. 105, pp. 515–542, 1982.
- 2) 岩村吉晃. タッチ. 神経心理学コレクション. 医学書院, 2001.
- 3) 山根克, 中村仁彦. ヒューマンフィギュアの全身運動生成のための協応構造化インタフェース. 日本ロボット学会誌, Vol. 20, pp. 113–121, 2002.
- 4) 鈴木一郎, 栗原一貴, 中村仁彦. 詳細な人体モデルのための表現豊かなモーションキャプチャシステム. 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'2003 講演論文集, pp. 2P2–3F–B4, 2003.
- 5) 鈴木一郎, 山根克, 多谷浩嗣, 栗原一貴, 中村仁彦. 高速動力学計算法を用いた詳細人体モデルに基づく人間の力学計算. 第20回日本ロボット学会学術講演会予稿集, p. 3C14, 2002.