

複数の運動特徴を提示可能な運動学習システムの開発

○大武美保子(東大) 中居雅明(東大) 浅間一(東大)

Development of Motor Learning Support System which can Extract and Display Multiple Kinetic Features

*Mihoko OTAKE (University of Tokyo), Masaaki NAKAI (University of Tokyo), Hajime ASAMA (University of Tokyo)

Abstract— Purpose of this study is to develop motor learning support system which can extract and display multiple kinematic features. Firstly, feature points and quantities are defined based on the experts' comments. System extracts a set of features from motion capture data. Extracted features are compared to experts' features. Kinematic features of the user are displayed with properties whether the data are ideal or not. The system was evaluated through the experiments. Effective feature to display for each subject was suggested by the experimental results.

Key Words: Motor Learning, System Integration, Feature Display

1. はじめに

身体を動かすことは、日々生活している上で意識的であっても、無意識的であっても行われていることであり、我々は経験や訓練を通し学習をし、運動スキルの向上を図る。運動学習の機構を解明するため、神経科学、身体運動科学、理学療法学など、幅広い分野で研究が行われている。川入ら [1] は小脳を模した人工ニューラルネットワークと人体モデルを接続することで運動学習を人工的に再現する研究を行っている。大塚ら [2] は運動時の筋電図の解析から、脳の運動制御戦略を推察している。その他、理学療法の分野においても運動学習の理論を取り入れる動きがある [3]。我々は、運動計測装置と人体の解剖学モデルを組み合わせ、運動を司る神経情報の特徴を抽出し提示することで運動学習を支援するシステムを提案した [4]。運動を特徴づける値は複数あり、ある特徴を目標の状態に近づけると、別の特徴が目標の状態から遠ざかることがあるが、運動の特徴量を複数抽出し、システムの利用者にフィードバックした場合、運動の特徴量の変化は明らかでなかった。本研究は、運動の特徴を任意に抽出し提示することが可能なシステムを開発し、その効果を明らかにすることを目的とする。

2. 運動の特徴を提示可能なシステムの開発

運動状態を測定する手段として、筋電図やフォースプレートを利用する方法などがあるが、本研究では、比較的着脱が容易で、全身運動を測定できる光学式モーションキャプチャシステムを用いる。Fig. 1 にシステム構成図を示す。モーションキャプチャ装置で得られる、身体の各部位に配置した、光学式マーカーの三次元位置と、身体の三次元モデルから、身体の各部位の三次元位置姿勢を求める。(Fig. 1 上段) ここで、あらかじめ計算方法を設定した運動の特徴量を、身体の各部位の三次元位置姿勢から計算する (Fig. 1 中段)。得られた特徴量と、達人の特徴量とを比較し、あらかじめ設定した閾値を超えるかどうかを調べる。値の範囲

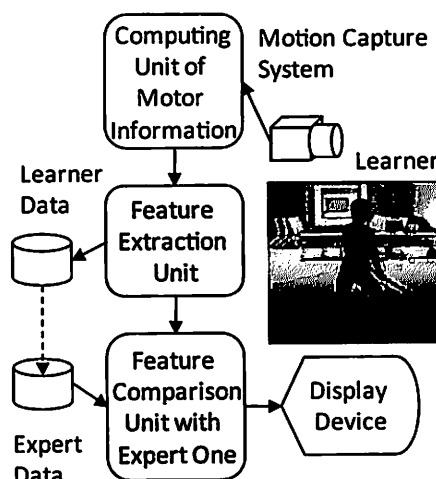


Fig.1 System Setup of Motor Learning System with Feature Extraction and Comparison Unit

に応じた属性を付与し、特徴量を画面に表示する (Fig. 1 下段)。例えば、腰の高さを一定に保つことが重要な運動を教示する場合、腰の中心の三次元位置を計算し、高さを保ったまま実際の腰から平行移動した位置に球を提示する。システムの利用者の身体モデルを実際に計測された空間上の位置に提示し、あらかじめ指定した閾値の範囲を超えるかどうかで、球の色を変化させる。これにより、従来指導者が目で見て教示を与えたり、ビデオカメラで計測した映像を後から解析することにより得られた情報を、その場でユーザが得られるようになった。Fig. 2 に提示画面の例を示す。計測と計算により得られる特徴量は、画面に提示するだけでなく、特徴量の時系列データとして同時に保存し、追って詳細な運動解析を行えるようにした。以下、開発した運動学習支援システムを用いて行った二つの評価実験について述べる。

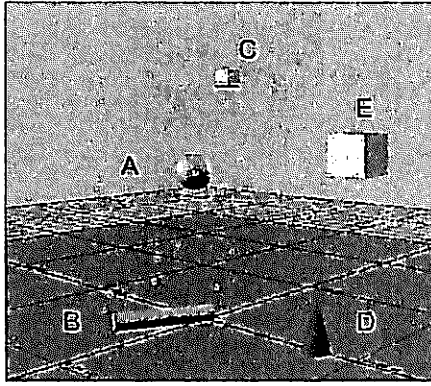


Fig.2 Displayed Image of Motor Learning System which Extracts and Displays Multiple Kinetic Features (A: Height of Pelvis, B: Distance between Left and Right Feet, C: Height of Hands, D: Orientation of Pelvis, E: Width of Sword Swinging)

3. 実時間提示の有無による運動の比較

第一に、提示する特徴点を一つと設定し、実時間提示の有無による比較を行った。測定対象の運動は、鹿島神流の基礎となる動作の一つである袈裟斬りである。外部に対しては、速度や力を及ぼす動的な特性が求められると同時に、身体の安定性を保つという相反する条件を満たす必要があるため、本システムの評価に用いることとした。特徴点は、満たすべき条件に対応して複数あるが、ここでは身体の安定性に対応する腰の高さを特徴点とし、分散を特徴量とした。実験は被験者2名に対し行った。被験者にはまず袈裟斬り運動の形を覚えてもらうために、熟練者のムービーを見せた。次に数分の練習を行った後、システムにおける提示がない場合を3回、提示がある場合を3回の試行を行った。一回の試行では木刀を10回振る。被験者の腰の高さの分散値はそれぞれ、10.56から8.71、3.77から1.43に減少し、提示がない場合より提示がある場合の方が安定性が増した。

4. 特徴点が異なる特徴量に与える影響

第二に、袈裟斬り運動における特徴点を複数設定した場合の実験を行った。Fig. 2に示す、腰の高さ(A)、両足の幅(B)、手の高さ(C)、腰の向き(D)、剣の振り幅(E)を特徴量とした。それらの特徴量に対し、熟練者のデータから決定した閾値を設定し、閾値内に特徴量がある時間の全体に対する割合を算出した。実験は、被験者3名に対し、週2回、3週に渡り計6回行った。1回目から5回目までは特徴点を一つずつ提示し、6回目に全て提示した。各回とも、袈裟斬り20本を7セット行った。解析では、提示する特徴点の種類によって、各々の特徴量がどの程度変化するかを評価することで、特徴点間の関係性を調べた。各特徴量が、異なる条件における対応する特徴量の平均値と比べ、目標とする状態に近い場合を1、遠い場合を0とした。結果をTable 1に示す。列が提示した特徴点、行が比較対象の特徴量である。全ての特徴点を提示した場合は、他の多くの特徴量も平均を上回っており、複数同時に提示することで効果が見られることが分かった。また、被

Table 1 Relative Effect of Each Displayed Feature Points in a Row to Other Feature Quantities in a Column (A: Height of Pelvis, B: Distance between Left and Right Feet, C: Height of Hands, D: Orientation of Pelvis, E: Width of Sword Swinging)

(Subject 1)	A	B	C	D	E	All
A	(1)	0	0	0	0	0
B	1	(1)	0	0	0	1
C	0	1	(1)	1	0	0
D	1	1	0	(1)	0	0
E	0	0	1	1	(1)	1

(Subject 2)	A	B	C	D	E	All
A	(1)	0	0	0	0	0
B	0	(1)	0	1	0	1
C	0	0	(1)	0	1	1
D	0	0	0	(1)	1	1
E	0	0	1	0	(1)	1

(Subject 3)	A	B	C	D	E	All
A	(1)	0	0	0	0	0
B	0	(1)	0	0	0	1
C	0	1	(1)	1	1	1
D	0	0	0	(1)	1	1
E	0	0	0	1	(1)	0

験者1における両足の幅のように、単一の特徴点の提示でも複数の特徴量に対し、効果がある場合もあること、そのような特徴量は被験者により異なることが分かった。

5. おわりに

本研究では、運動の特徴を提示可能な運動学習システムを開発した。設定手順についてまとめる。まず、対象とする運動の習熟者からの聞き取りにより注目すべき特徴を求め、特徴点及びその集合を設定する。システムは、運動計測装置を用い取得したデータから特徴を数値化し、特徴量を求める。熟練者のデータから、理想的な特徴量の状態を数値的に設定しておく。これらの準備の上でシステムは、ユーザの運動の特徴量を実時間で計算し、理想的であるかどうかと共に提示する。評価実験を行ったところ、ユーザの運動の特徴量が目標とする状態に近づくことが分かり、効果的な特徴点の提示方法を検討するためのデータが得られた。今後は、熟練者と初心者の特徴量の違いを明らかにすると共に、システムが運動学習に与える長期的な効果について検証する計画である。

参考文献

- [1] 川人光男. 脳の計算理論. 産業図書, 1996.
- [2] S. Sakurai and T. Ohtsuki. Muscle activity and accuracy of smash stroke in badminton with reference to skill and practice. *Journal of Sports Sciences*, Vol. 18, No. 11, pp. 901 - 914, 2000.
- [3] 大橋ゆかり. 運動学習理論と理学療法の接点. *理学療法科学*, Vol. 21, No. 1, pp. 93 - 97, 2006.
- [4] M. Otake and Y. Nakamura. Spinal Information Processing and its Application to Motor Learning Support. *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol. 17, No. 6, pp. 617-627, 2005.