

技能動作評価の類型化に関する研究

Study on Classifying of Skill Motion Evaluation

松浦 慶総*¹
Yoshifusa Matsuura

高田 一*²
Hajime Takada

福田 収一*³
Shuichi Fukuda

*¹ 横浜国立大学
Yokohama National University

*² 横浜国立大学
Yokohama National University

*³ 首都大学東京
Tokyo Metropolitan University

1. はじめに

近年、日本の製造業では若者の製造業離れによる後継者不足や、これまで重要な役割を果たしてきた熟練技能者の高齢化、「2007年問題」と呼ばれる団塊世代の大量退職にともなう継承問題が深刻化してきている^[経済産業省 2006]。大手企業では既に技術・技能の教育施設や制度を作り対応しているが、ものづくりの中心であった中小企業ではほとんど対策がされておらず、製造技術や技能の保存技術とその教育支援システムの開発が強く望まれている。また、最近急速に開発、利用されているWBT (Web-Based Training) システム等のeラーニングが新たな教育環境として注目されている。これにより、場所や時間等の物理的制約を受けずに教育を受けることが可能となった。しかし、これまで開発されているWBTシステムの多くは知識や情報の伝達を主眼としており、その伝達媒体はテキストや図、表といった言語情報が中心であった。

本研究で対象としている技能動作は、プロセス情報が重要であり、熟練技能者(教授者)の定性的表現による伝達、および定性的評価に大きく依存している。しかも技能教育においては、技能の形式知だけでなく暗黙知の習得が習熟度に大きな影響を与えると考えられる。従来は、この暗黙知の習得を OJT (On the Job Training) など熟練技能者が直接指導する、あるいは未習熟者(学習者)が熟練技能者の作業を観察するといった徒弟教授システムにより、暗黙知の獲得、継承を行っていた。また、動作のプロセス情報は、形状や姿勢といった静的情報と、動き出しの速度や方向といった動的情報に大別できると考える。

現在の技能継承問題においては、これらの技能の暗黙知やプロセス情報の定量化やデータベース化、教授システムの開発がきわめて重要である。さらに教授者と学習者との情報伝達の際には、動作情報の知的符号化、すなわち動作への意味的情報の付加を実現することが、学習者が動作の注視点を認識し、同時に教授者が学習者の学習状況を把握するためにきわめて重要となる。したがって、本研究では eラーニングによる技能教育システム開発の実現を目的とし、その初期研究として動作の定量的評価と類型化を行うシステムを開発する。

2. 動作解析システム

2.1 動作解析システムの特徴

今回開発した動作解析システムは、技能動作をモーションキャプチャシステムで取得した3次元時系列位置情報から動作習

得の際に重要となる要素動作の分類、および評価項目データの算出を行う。これらのデータから品質工学の一手法であるMT (Mahalanobis-Taguchi) 法^[田口 2002]により、教授者の模範動作データを「良品」として単位空間を作成し、「製品」である学習者の動作データとのマハラノビス距離を求めて正誤判定を行う。

この MT 法はパターン認識にも応用されていて、単位や尺度の異なる複数の評価項目を総合的に判定することが可能である。また専門家が判定した良品データで基準空間を作成するため、システムに専門家の判定基準を導入することになり、従来の統計的手法では困難であった良品不良品判定が可能で有用な手法である。したがって、動作のどこを注目し評価すればよいかといった、教授者の暗黙知をシステムに利用することが可能となる。また、判定の閾値の問題についても、教授者が良品と判定したデータから単位空間を作成していることから、教授者の定性的、総合的判定と高い整合性をとると考えられる。

さらに、要素動作を定義したことで、要素動作ごとの正誤判定から誤りの傾向を把握することが可能となる。またこの類似の誤り動作から新たに単位空間を作成することで、誤り傾向を判定して習熟度別に学習者を分類して指導することが可能となり、学習者同士による学習効果の向上が期待される。

2.2 MT (Mahalanobis-Taguchi) 法

本システムで使用しているMT法は品質工学の一手法として開発され、良品群の測定データから単位空間を設定し、判定する測定データと単位空間とのマハラノビス距離(以下 D^2 とする)を求めることで良品判別を行う。

D^2 を求めるためには、まず測定データの基準化を行う。基準化では測定データをZ変換して基準化値を求める。次に基準化値の相関行列、および相関行列の逆行列を求める。この逆行列が単位空間であり、この単位空間との D^2 を求める。なお、単位空間の D^2 の平均は1であり、1に近いほど単位空間に近いことを意味する。

2.3 システム概要

(1) モーションキャプチャシステム

モーションキャプチャシステムは、2台の CCD カメラにより動作を撮影し、その動画データを Frame-DIAS II (ディケイエイチ社製)により計測ポイントの3次元位置の時系列データに変換する(図1)。

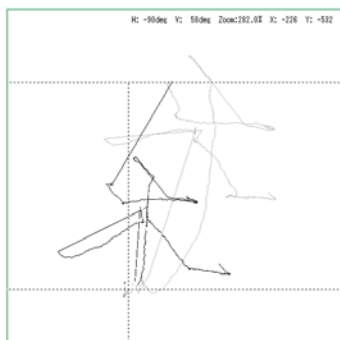


図1 習字動作の3次元軌跡 (Frame-DIAS II)

(2) 動作判定システム

動作判定システムでは、以下の手順により単位空間の作成、および学習者の動作判定を行う。

- 要素動作の抽出

本システムでは、動作の「静」と「動」の切り替わる時点に着目し、この時点を目印として対象動作を複数の動作に分割する。これを解析の基本単位とし、「要素動作」と定義する。技能動作を習得するために時系列的な属性として静的情報と動的情報に大別し、評価する必要がある。すなわち、動作の学習の際には「静」における姿勢や形と、「静」から「動」への動き出し、および「動」の状態の方向や速度とそれぞれのタイミングといった点が評価対象となっていると考えるからである。今回の実験では、技能動作として習字動作を取り上げ、運筆の基本点画(始筆、止め、送筆、ハネ、払い、終筆)をもとに要素動作を設定した。

- 評価ポイントの算出

各要素動作で計測した3次元位置情報を時間的に等分して評価ポイントを設定した。今回は基本的に1要素動作に対し5点の評価ポイントを算出した。

- 評価項目の算出

得られた3次元位置情報から設定した評価項目について計算を行う。今回の実験では、位置、筆と紙面との角度(水平面、垂直面)、回転角、速度ベクトルの各情報を算出した。

- 単位空間作成

教授者が技能動作で重要、かつ習熟度に応じて必要と思われる評価項目を選択し、教授者の入力した標準動作データから各要素動作の単位空間を作成する。ここで、あらかじめ教師の動作データの D^2 を求め、正誤判定のための閾値を設定する。

- 動作判定

学習者の動作データも上記の処理を同様に行い、教授者の単位空間から D^2 を求める。設定した閾値によりどの要素動作が誤っているかを判定する。また D^2 の程度により誤りの程度を推測することも可能である。

3. 実験結果

今回開発したシステムにより、習字動作の解析を行った。対象動作は楷書で「木」という文字を書いた時の動作とし、4画、11要素動作に分類した。なお、送筆と払いは動作時間が長いので、時間的に3分割した。また評価項目は、筆と紙面との角度と筆の回転角度の2項目とした。

単位空間は師範資格を有する被験者の動作データ(26データ)を使用して作成した。この単位空間を基に習熟度の違う被験者(1名:上級者, 4名:初級者)の動作の判定を行った。また、師範の被験者により各被験者の作品を3段階(3:良~1:悪)で

評価してもらい、その定性的評価との比較検討を行った。例として1画目の解析結果と定性的評価を表1, 2に提示した。

表1 動作解析結果

要素動作	yo0	yo1-1	yo1-2	yo1-3	yo2
被験者	1画入筆	1画送筆1	1画送筆2	1画送筆3	1画終筆
標準動作	0.84357	1.06659	0.84887	0.97649	1.15455
上級者	0.78021	2.45418	3.12196	1.51276	3.06873
初級者1	1.42502	1.75627	2.1476	1.55949	9.43555
初級者2	0.66815	1.83498	1.92978	7.97888	11.2442
初級者3	5.18536	1.10095	1.92819	1.88129	3.12586
初級者4	20.0869	7.24305	2.6307	6.02641	17.1882

表2 教授者の定性的評価

要素動作	yo0	yo1-1	yo1-2	yo1-3	yo2
被験者	1画入筆	1画送筆1	1画送筆2	1画送筆3	1画終筆
標準動作	3	3	3	3	3
上級者	3	2	2	3	2
初級者1	3	3	2	3	1
初級者2	3	3	3	1	1
初級者3	3	3	3	3	2
初級者4	1	1	2	1	1

動作判定では、 D^2 の値が2以下であれば上級者程度、2~5であれば基本の動作を習得していると判定した(表1)。なお、定性的判定との比較のため、上級者、および初級者のデータは5試行の D^2 を平均している。

一般的に、書道の基本点画において筆の角度が重要視されている。今回の判定結果と教授者の定性的判定(表2)とが全体として良く一致している。ただし、試行によっては部分的に相違が生じていた部分があったが、今回選定した評価項目は技能動作の静的情報のみであり、実際には動き出しの方向や速度などの動的情報が重要であることから、判定ではどのような評価項目の組合せが適切化を考慮する必要がある。

また、今回作成した単位空間が師範資格を有する教授者の動作データだけであったため、極めて範囲の狭い空間となってしまった。したがって、教授者が良いと判定できる動作を誤り動作と判定している場合もあった。これに対しては、良いと判定した動作を含めて改めて単位空間を作成することで容易に対応が可能である。

4. まとめ

本研究では、MT法を利用した動作の定量的評価・類型化システムの初期研究を行った。このシステムにより、模範動作から単位空間を作成することで教授者の基準に近い判定を行うことが出来た。

参考文献

[経済産業省 2006] 経済産業省: 2005年版製造基盤白書, 2006.
 [田口 2002] 田口玄一: 品質工学応用講座:MTシステムにおける技術開発, 日本規格協会, 2002.