

モーションキャプチャを用いた居合道動作の定量評価手法の提案

板東 央晃 (15810074)

ロペズ研究室

1. はじめに

近年器械体操やフィギュアスケートなどの判定競技が盛んに行われている。日本の武道である柔道や剣道、空手などのような相手を倒した際の競技者の競技に対する姿勢が重要視される競技においても競技化が進んでいる。その中で居合道も競技化が進んでいる。居合道とは刀を用いた抜刀術のことである。古流と呼ばれる戦国時代から明治時代頃までに作成された形と、制定居合と呼ばれる全日本剣道連盟によって作成された形の 2 系統が存在する。居合道の試合では主に古流から 2 種、制定から 3 種を抜粋した計 5 種の技を行う。その際、3 名の審判員が同時に 2 名の競技者の演武を目視で比較し、演武終了と同時に勝利者を選択する。そのため、勝敗の判定が審判員の主観評価に強く依存しており、公平性に疑義が残る。これに対し、モーションキャプチャ (MoCap) による身体の高精密計測技術を利用して、競技者の熟達度を評価する試みがなされてきた[1],[2]。従来研究されてきた居合術の定量評価指標では、競技者を段位ごとの分類に成功している。しかし、同段位者の競技者の熟達度を正確に分類する指標は作成されていない。

本研究では、古流に分類される夢想神伝流居合一本目初発刀について熟達度定量評価指標を構築する。初発刀とは、(1)起立:演武前の直立姿勢、(2)着座:正座の姿勢、(3)抜き付け:正座状態から相手の両眼に斬り付ける、(4)斬り下ろし:刀を頭上に振りかぶり、真っ向から斬り下ろす、(5)血振り:刀に付着した血を振り払う、(6)入れ替え足:倒した相手の生死を確認する、(7)納刀:その場に腰を落としながら刀を鞘に納める、(8)後退:立ち上がった後、演武開始位置まで後退する。これら(1)~(8)の 8 動作から成る。本研究では(3)、(4)、(5)、(7)の動作を研究対象 4 動作とした。4 動作はそれぞれ(i)型の正しさ、(ii)剣速度の速さ、(iii)体姿勢の良さ、(iv)序破急と呼ばれる動作が徐々に加速していく概念、

(v)気剣体一致と呼ばれる剣と体の動作の一致程度の 5 項目の熟達度合で評価されるものとする。

2. 相関分析法を用いた初発刀評価指標作製

2.1 変数定義

目的変数として初発刀熟達度を Z^0 と定義し、説明変数として 4 動作の評点を、抜き付け: y_1^E 、斬り下ろし: y_2^E 、血振り: y_3^E 、納刀: y_4^E とする。次に、目的変数として 4 動作の評点を y_1^O 、 y_2^O 、 y_3^O 、 y_4^O と定義し、説明変数として項目点を x_{1j}^E 、 x_{2j}^E 、 x_{3j}^E 、 x_{4j}^E ($j = 1, 2, 3, 4, 5$) とする。尚、 $y_i^O = y_i^E$ ($i = 1, 2, 3, 4$) である。

2.2 熟練者による初発刀動作採点

初発刀熟達度評価指標を作成するため、16 名の競技者の初発刀をビデオ撮影した (図 1)。ビデオより居合道熟練者によって熟達度を 10 段階で評価した (表 1)。



図 1: 初発刀動作採点ビデオ (抜き付け)

表 1: 初発刀動作採点結果

競技者	段位	抜き付け動作					斬り下ろし動作					血振り動作					納刀動作										
		項目点		型		一致	項目点		型		一致	項目点		型		一致	項目点		型		一致						
		速度	姿勢	速度	姿勢		速度	姿勢	速度	姿勢		速度	姿勢	速度	姿勢												
A	0級	3	5	4	4	3	4	4	3	8	6	5	4	2	3	4	4	3	2	4	3	4	4	2	3		
B	0級	3	3	4	3	4	3	6	4	4	3	3	4	2	4	3	5	2	2	4	2	3	3	4	2	3	
C	0級	1	1	1	3	3	1	4	2	4	5	4	3	2	2	3	3	3	3	4	1	1	3	2	2	2	
D	0級	3	3	4	3	4	2	3	3	4	5	3	4	3	5	5	4	3	5	3	3	3	6	3	6	6	
E	0級	5	5	5	6	4	5	5	5	6	6	6	4	4	5	6	4	4	4	4	4	4	6	3	6	6	
F	0級	3	3	4	5	6	3	3	4	5	4	5	4	3	4	5	4	3	4	4	5	5	6	3	4	4	
G	1級	4	4	5	5	4	3	3	4	4	5	4	6	3	3	4	4	3	3	3	4	4	3	4	3	4	
H	0級	2	1	1	3	3	2	4	2	3	5	4	3	2	2	3	4	4	3	3	1	1	3	3	2	2	
I	2級	4	3	4	5	2	3	4	4	4	5	4	4	4	4	5	5	4	4	3	3	4	5	3	6	6	
J	2級	6	4	4	6	5	5	4	6	6	7	5	6	6	6	6	6	4	6	6	6	6	6	5	6	6	
K	3級	7	7	8	6	7	7	8	7	8	8	8	8	7	7	7	7	7	8	7	8	7	8	8	8	7	7
L	0級	2	3	3	3	6	4	7	4	4	3	5	2	5	2	3	4	6	2	3	2	2	1	5	1	6	
M	0級	4	4	4	5	6	3	7	5	6	5	5	4	4	6	5	3	5	3	3	4	4	5	3	6	6	
N	1級	4	5	4	6	5	7	4	5	4	8	4	6	4	5	4	6	4	4	4	3	5	4	7	7	7	
O	1級	4	6	6	7	4	5	6	4	6	4	4	3	4	4	6	4	5	5	4	4	4	4	6	4	7	
P	2級	8	7	7	8	9	8	9	8	7	8	7	7	8	7	6	9	9	9	9	7	6	8	6	6	9	9

2.3 主観評価による初発刀定量評価指標作製

表 1 に相関分析を適用し、初発刀熟達度と 4 動作との関係及び 4 動作と 5 項目との関係を示す式を作成した。初発刀説明式として以下に示す。

2015 (平成 27) 年度卒業論文要旨

$$Z^o = 0.23y_1^E + 0.25y_2^E + 0.25y_3^E + 0.27y_4^E \quad (2.1)$$

$$y_1^E = 0.24x_{11}^E + 0.21x_{12}^E + 0.17x_{13}^E + 0.22x_{14}^E + 0.16x_{15}^E \quad (2.2)$$

$$y_2^E = 0.15x_{21}^E + 0.19x_{22}^E + 0.18x_{23}^E + 0.24x_{24}^E + 0.24x_{25}^E \quad (2.3)$$

$$y_3^E = 0.21x_{31}^E + 0.20x_{32}^E + 0.17x_{33}^E + 0.22x_{34}^E + 0.20x_{35}^E \quad (2.4)$$

$$y_4^E = 0.22x_{41}^E + 0.21x_{42}^E + 0.18x_{43}^E + 0.21x_{44}^E + 0.17x_{45}^E \quad (2.5)$$

3. MoCap を用いた初発刀熟練度値算出

3.1 計測器具

本実験では NaturalPoint 製の光学式 MoCap である OptiTrack を用いた。最大フレームレートは 360[FPS]で、マーカの計測誤差は 2[mm]以内である。光学式 MoCap は機械式や磁気式と比較してマーカが軽く、競技者に装着させ易い。しかし、マーカがカメラの認識圏外に隠れると、マーカ装着部の座標値データを損失する欠点が存在する。そのため、RigidBody システムを利用した剛体マーカを作成し、頭頂部、右肩、左肩、背中、左手の甲、刀の鐔の 6 か所に装着して計測を行った (図 2)。

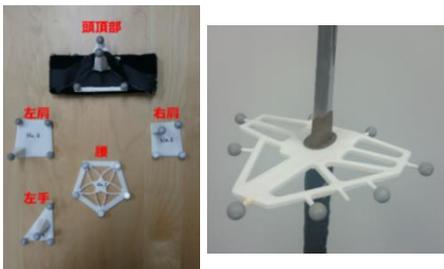


図 2: 座標値データ取得に用いた剛体マーカ

3.2 初発刀動作の自動分割

初発刀 4 動作について定量的に評価するためには、競技者の初発刀動作データから 4 動作区間を抽出する必要がある。そこで、初発刀動作時の鐔中心の時系列位置座標値データの地面からの高さ値 h に注目した。初発刀 8 動作の始点と終点に h の増減値に閾値判定を適用して自動分節を行った (図 3)。この初発刀動作自動分節アルゴリズムを 10 名の競技者に適用したところ、全ての場において動作を 8 分割することに成功した。

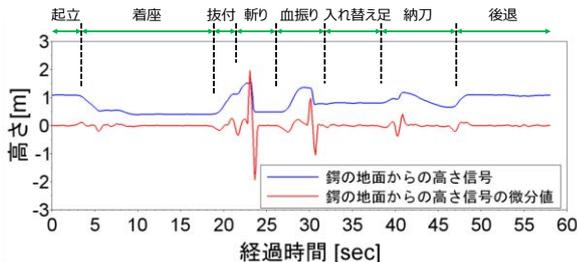


図 3: 初発刀動作 8 分割結果

3.3 客観評価による初発刀動作の定量評価指標作成

MoCap を用いて取得した各競技者の初発刀動作データを元に、(3)抜き付け、(4)斬り下ろし、(5)血振り、(7)納刀の 4 動作の項目点を算出した。算出した項目点をそれぞれ初発刀評価指標に代入する事で定量的な初発刀熟練度値を算出した (表 2)。

表 2: 初発刀総合評価値,4 動作得点の算出結果

競技者	初発刀総合評価	抜き付け	斬り下ろし	血振り	納刀
Q	3.6	3.1	2.7	3.8	4.9
R	5.7	5.1	6.0	6.5	5.1
S	4.8	4.9	6.0	4.5	4.0
T	5.7	4.7	5.9	7.0	5.2
U	6.3	5.6	6.5	6.4	6.7
V	4.4	4.4	4.3	3.6	5.2
W	5.4	6.4	4.7	5.0	5.7
X	5.0	4.8	4.9	4.4	6.1
Y	5.8	5.3	5.4	6.1	6.5
Z	6.5	6.1	6.8	6.2	7.0

4. 熟練者の採点結果と自動採点結果の比較

熟練者による主観評価結果と MoCap を用いた自動判定順位を比較した結果、1 組を除いた全てのパターンにおいて両方が同様の順位となった (表 3)。

表 3: 熟練者評価結果

競技者	熟練者判定順位	機械判定順位
Q	9	10
R	3	5
S	5	8
T	5	4
U	1	2
V	9	9
W	5	6
X	5	7
Y	3	3
Z	1	1

5. おわりに

居合道競技における初発刀の熟練度定量評価指標を構築した。作成した熟練度定量評価指標を用いて MoCap による客観評価を行った。熟練者による主観評価と MoCap による客観評価結果が合致する事を確認した。以上より、判定競技の公平性を確認する手法を作成した。

参考文献

[1] 平田栄次, 塩沢成弘, "居合術の動作解析と定量的評価の可能性", 電子情報通信学会技術研究報告. MBE, ME とバイオサイバネティクス 111(482), 95-100, 2012-03-07

[2] 崔雄, 関口博之, 八村広三郎, "モーションキャプチャを用いた居合道の熟練度に関する定量化", 情報処理学会研究報告. 人文科学とコンピュータ研究会報告 80, 39-44, 2008-10-11