

フェンシングの突きの動画データベース構築、及び選手と突きの技術の特徴付け

栗國晴楽, 小松歩夢, 中西蓮
浅野果南, 村松波, 西川哲夫
武蔵野大学工学部数理工学科

〒135-8181 東京都江東区有明 3-3-3

TEL: 03-5530-7333, Email: te_nishi@musashino-u.ac.jp

1. はじめに

日本フェンシング協会が掲げている3つのテーマ(①競技人口の増加、②ファンの拡大、③国際競技力の向上)を達成するために、我々は選手情報や試合情報、動画などを統合した「統合データベース」をすでに開発した[1]。しかし、③の競技力の向上のためには、単に選手の情報だけではなく、各試合で用いられた技術情報を蓄積して、そこから得点につながるような知識を抽出することが重要であると考えられる。

技術情報を蓄積したデータベース構築の試みは、剣のやり取りの分かりにくさもありデータ化が困難であるため、これまで報告がなく、多くの研究は2-3の試合の映像分析にとどまっている。そのため、得られた情報には偏りがあると考えられる。今回は、100試合の動画全てを用い、そこで用いられた突きの技術を全て目視でアノテーションすることによって、フェンシング技術に関する情報の網羅的なデータベース化を試みた。さらにそれを用いた分析を行うことによって得点につながるような知識を抽出することを目的とした。

2. 方法

2.1 データの収集とデータベースの構築方法

1) データの収集方法

ここでは、フェンシング対戦動画に含まれる得点が入った時点の突きについての情報を集めるために、①得点時点までの約6秒間のプレーを全て動画として保存する。次に突きに関するアノテーションを行い、②選手情報を収集する。選手の身長については、③画像からの推定の試みも行った。

①ショートクリップ(SC)の収集とアノテーション

100の対戦動画について、得点が入った時点の全ての突きの動画とそのアノテーション情報を目視によって抽出し、対戦毎にエクセルファイル(SCLと呼ぶ)に記録した(図2)。まず、対戦動画を、Kinoveaソフト[2]を用いて最初から視聴し、突きによるポイントがあった時点を順に特定し時刻を記録後に、突きの約5秒前から突きを含む時点までの動画(図3)を切り出し、対戦番号、突き番号、突き時刻をファイル名付で保存する(これをショートクリップ(SC)と呼ぶ)。全部で93対戦1937のSCを収集した。

No.	対戦	突き	時刻	種別	結果	備考	選手	身長	備考
1	202308	1025	3.2	0	成功	成功	栗國晴楽	178	
1	202308	1025	3.2	4	失敗	失敗	栗國晴楽	178	
1	202308	1025	3.2	5	成功	成功	栗國晴楽	178	

図1 ショートクリップリスト(SCL)



図2 SC中の突きの時点の画像

次に、突きの場面をスロー再生しながら、突きの種類と突いた場所を判定し記録する。判定は、別シートに定義された判定リストから選択し(図3)、必要なコメントを記載し動画ファイルへのリンクを作成する。別シートには、この対戦の突きの種類と場所に関する統計グラフが自動的に作成される(図2)。作成されたファイルをSCLと呼ぶ。判定作業は膨大であり、目視で6名が分担し1か月以上かけて行った。その上でフェンシング経験者2名が判定のチェックを行い、一定以上の精度の維持を図った。

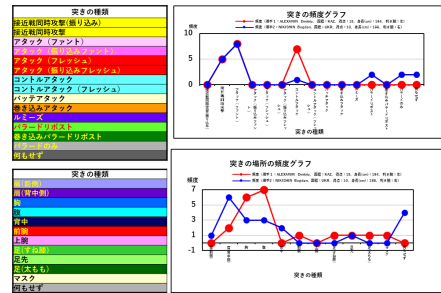


図3 判定リスト及び対戦の突きの統計グラフ

②選手情報の収集

選手情報については、FIEのAthletes & Rankingsページ[3]より情報を収集した。提供された100対戦からの95選手について、選手名、国籍、利き腕、年齢、世界ランク、身長、体重、最近の戦績を収集してリスト化した。身長、体重は、各国のフェンシング協会のサイトやウィキペディアなども用いて調べた。その結果、95選手のうち39名の身長情報を集めることができた。また、選手の身長は手の長さに関連しているため対戦の間合いに影響する。特にエペの場合は、手が長い方(身長の高い方)が有利になると考えられるため、動画の画像から身長を推定する方法の検討も行った。

図4に示すように、対戦相手の一方の身長が既知の場合に、もう片方の身長を予測する方法を試行した。OpenPose[4]で両者の骨格構造を抽出し、かかとから鼻までの骨格長を加算することで、画素数を計算し、身長既知の選手の身長情報を用いて身長を推定する。多くの画像での評価には至っていないが、条件の良い画像の場合は2-3cm程度の誤差で推定できる見込みが得られている。

OpenPoseによる骨格推定 対戦映像からのOpenPoseによる骨格推定

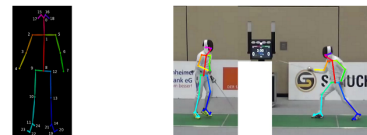


図4 OpenPoseによる骨格推定を用いた身長推定

2) データベースの構築方法

データベースは、対戦毎のSCLを集約した①全対戦SCL集約データベース(FSC-DB)と、①から選手ごとの統計情報を抽出した②選手毎の統計情報データベース(FA-DB)、及びSCLの持つ情報を得点グラフ上に可視化した③対戦状況画像データベース(FMD-DB)からなる(図5)。以下で詳細を示す。

FSC-DB から得られた、全ての突き集合における突きの種類と場所の頻度割合と成功割合は図10のようになる。

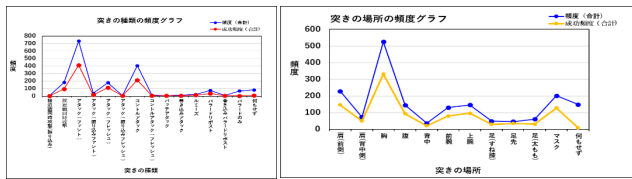


図 10 全ての突きの頻度割合と成功割合

突きの種類の頻度では、アタック (40%)、コントロールアタック (22%)、フレッシュ (10%) の順に多く、パラードリポストが 5%程度である。突きの場所では、胸が最大で約30%、前側の肩とマスクが10%強をである。前腕と上腕がそれぞれ8%程度であり足の3箇所はそれぞれ2~3%しかない。これは、剣からの物理的なアクセスのし易さを反映しているものと考えられる。

以下では、検索で収集した突きについて、頻度分布を頻度割合に変換し、全ての突き集合での頻度割合で規格化した量を用いた。

②アノテーションによる突きの分類と比較

アノテーションによって分類された突きの集合間の比較分析を行った。以下に 4 種類の比較の例を示す。

1) アタックとコントロールアタックの比較

アタック、コントロールアタックのアノテーションの突きの間で、突きの場所の頻度分布を比較した (図11)。

アタックでは、足先と足 (すね膝)、前腕が150%を超えているが、コントロールアタックでは足の頻度は50%以下である。これはコントロールアタックでは、相手の剣の後に攻撃を開始するため足を突く余裕がないためと考えられる。2)~4) においても同様の比較を行った。

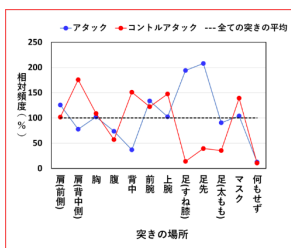


図 11 アタックとコントロールアタックの比較

2) 世界ランク 100 位以上と 10 位以内の比較

図12に成功割合についての比較結果を示す。世界ランク100位以上では、80~90%が多いが、10位以内では、多くの場合100%を超え、コントロールアタックでは110%、パラードリポストでは120%を超える。突きの頻度で比較すると違いは少ないことから、世界ランクの違いは、突きの技術の成功率の違いにあることがわかった。

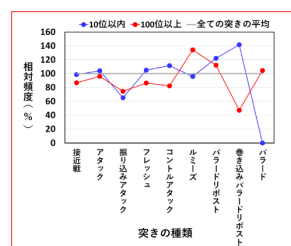


図 12 世界ランク 100 位以上と 10 位以内の比較

3) 身長 190cm 以上と 180cm 以下の比較

身長190cm以上では、背中と足 (すね膝) と足先が60%以下と極端に低いが、対称的に180cm以下では、背中が120%、足先が160%に達する (図13)。これは、身長の違いが突く場所に大きく影響を与えていることを示している。

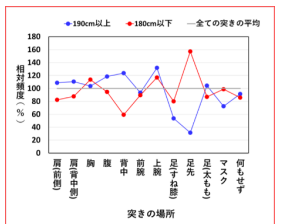


図 13 身長 190cm 以上と 180cm 以下の比較

4) 異なる国の選手の比較 (イタリアとフランス)

フランス人選手では、上腕と背中が高く足先や足 (すね膝)、前腕は低い傾向にあるが、イタリア人選手では、足と手が全体的に非常に高く、腹、胸、肩が低い傾向にあり、国籍によって戦いのスタイルの傾向が大きく異なることが示唆された (図14)。

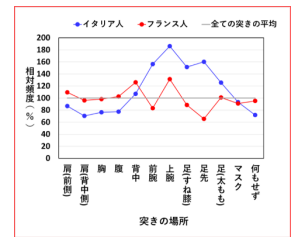


図 14 イタリア人選手とフランス人選手の比較

また利き手が異なる者同士では肩を突くことが多い傾向にある。それに対して、右利き同士では肩を突くことは著しく少なかった。SC-DBには、さらに多くの情報が含まれていると期待される。

②選手の特徴付け

1) 世界ランク Top 5 の特徴

FA-DB を用いて、世界ランク Top 5 の選手の突きの特徴を示した (図15)。突きの種類別でみると、アタック以外は大きく変動し。コントロールアタックに対してパラードリポストでは、負の相関がある。突きの場所別でみると、どの場所も変動が大きい。

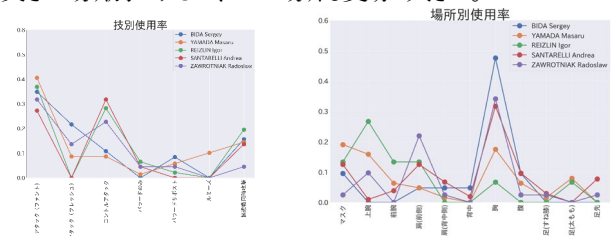


図 15 世界 Top 5 の突きの種類と場所別の使用率

1) 突きの種類・場所の相関関係

91名の選手のうち2試合以上戦った選手44名のデータを用いて相関分析とクラスタリング分析を実施した。

① 図16に突きの種類間の相関係数行列を示す。上述のコントロールアタックとパラードリポスト間で強い負の相関 (-0.27)があった。正の相関として、巻き込みパラードリポストと振り込みアタック(0.33)、パラードとフレッシュ(0.31)、負の相関として、アタックとパラードリポスト(-0.36)、アタックとフレッシュ(-0.46)、コントロールアタックと巻き込みパラードリポスト(-0.56)があった。

	アタック	フレッシュ	振り込みアタック	巻き込みパラードリポスト	パラード	コントロールアタック	ルミーズ	膝近	パラード
アタック	1.00	-0.36	0.33	0.31	0.00	-0.27	0.00	0.00	0.00
フレッシュ	-0.36	1.00	0.31	0.31	0.00	-0.27	0.00	0.00	0.00
振り込みアタック	0.33	0.31	1.00	0.33	0.00	-0.27	0.00	0.00	0.00
巻き込みパラードリポスト	0.31	0.31	0.33	1.00	0.00	-0.27	0.00	0.00	0.00
パラード	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
コントロールアタック	-0.27	-0.27	-0.27	-0.27	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
ルミーズ	-0.17	0.00	-0.37	-0.02	0.10	0.13	1.00	0.00	0.00
膝近	-0.17	0.00	-0.37	-0.02	0.10	0.13	0.00	1.00	0.00
パラード	-0.21	0.31	0.21	0.17	0.01	-0.10	0.27	-0.15	1.00

図 16 突きの種類間の相関係数行列

② 図17に突きの場所間の相関行列を示す。正の相関として、太ももと上腕 (0.47)、背中と上腕 (0.39)、負の相関として、上腕と胸 (-0.36)、肩(背中側)と肩(前側) (-0.32)があった。

	足(太もも)	腹	胸	背中	上腕	前腕	足先
足(太もも)	1.00	0.06	0.09	0.10	0.47	0.00	0.00
腹	0.06	1.00	0.16	-0.33	-0.15	1.00	0.00
胸	0.09	0.16	1.00	-0.29	-0.11	-0.14	1.00
背中	0.10	-0.33	-0.11	1.00	0.29	0.05	-0.22
上腕	0.47	-0.15	-0.14	0.29	1.00	0.05	-0.32
前腕	0.00	0.05	0.05	0.05	0.05	1.00	0.00
足先	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00

図 17 突きの場所間の相関行列

2) 突きの種類・場所のクラスタリング分析

各選手を突きの種類のプロファイル間のユークリッド距離によって、ワード法を用いてクラスタリングを行い、ヒートマップに示した (図18)。表1に突きの種類によるクラスターの特徴を示す。

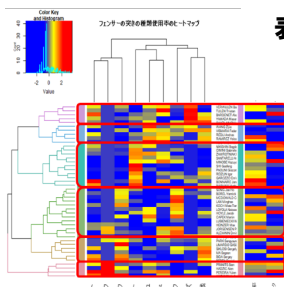


図18 選手の突きの種類のプロファイルによるクラスタリング結果

図18と表1に示すように、各選手が用いる突きの種類の組み合わせは、6種類のパターンに分類できた。各クラスターは、複数の突きの種類の組み合わせによって明確に特徴づけられることがわかった。図18には各選手の得点率や世界ランクも合わせて示しており、クラスター単位で得点率とも関係していることがわかる。

同様に求めた突きの場所のプロファイルによるクラスタリング結果を図19に示す。表2に得られたクラスターの特徴を示す。

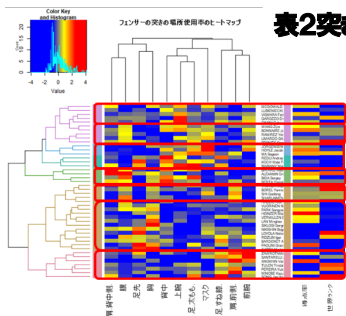


図19 選手の突きの場所のプロファイルによるクラスタリング結果

これらから、各選手が用いる突きの場所の組み合わせは、7種類のパターンに分類できた。各選手の得点率とクラスターの間を見ると、1つのクラスターが得点率の1つの傾向をあらわしている場合もあれば、複数の得点率のグループに分かれる場合もある。

③対戦の進行の特徴付け

全ての対戦についてFMDを作成し観察してみると、図18のように後半の点差が開いているときに同時攻撃が起きている場合が多く見られた。

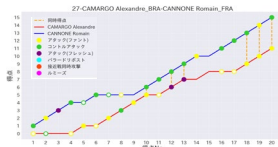
表1 突きの種類によるクラスター特徴

クラスター	選手	特徴	その他の特徴
1	Yoshida Yuki, Kuroki Yuta, Kuroki Yuta, Kuroki Yuta	ルミーズが高い。パレードドリフト、接近戦も少ない。	得点率はあまり高くない。
2	Yoshida Yuki, Kuroki Yuta, Kuroki Yuta, Kuroki Yuta	接近戦、パレード、フレッシュ、パレードリボストの使用率が高い。	得点率は高い。まれに低い人もいる。
3	Kuroki Yuta, Kuroki Yuta, Kuroki Yuta, Kuroki Yuta	パレードリボストが高い。パレードフレッシュまたは接近戦の使用率も高い。	得点率は全般的に高い。
4	Kuroki Yuta, Kuroki Yuta, Kuroki Yuta, Kuroki Yuta	コントロールアタックの使用率が高い。また、フレッシュ、パレード、フレッシュのいずれかの使用率が高い。	得点率は比較的高い。
5	Kuroki Yuta, Kuroki Yuta, Kuroki Yuta, Kuroki Yuta	接近戦、アタックの使用率が高い。また、巻き込みパレードリボストの使用率が高い。また、巻き込みパレードリボストの使用率が高い。	得点率はあまり高くない。巻き込みパレードリボストの使用率はやや高め。
6	Kuroki Yuta, Kuroki Yuta, Kuroki Yuta, Kuroki Yuta	巻き込みパレードリボストの使用率が高い。	得点率と世界ランクがやや高い。

表2 突きの場所によるクラスター特徴

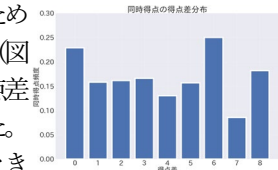
クラスター	選手	特徴	その他の特徴
1	Kuroki Yuta, Kuroki Yuta, Kuroki Yuta, Kuroki Yuta	全体的に、使用率が高い。特に、上の使用率が高い。	得点率は、あまり高くない。
2	Kuroki Yuta, Kuroki Yuta, Kuroki Yuta, Kuroki Yuta	頭、上腕、足、次も、マスクの使用率が高い。	得点率は全般的に高い。
3	Kuroki Yuta, Kuroki Yuta, Kuroki Yuta, Kuroki Yuta	背中、上腕、足、次も、マスクの使用率が高い。	一部得点率が高い。
4	Kuroki Yuta, Kuroki Yuta, Kuroki Yuta, Kuroki Yuta	頭、背中、腕、胸、足、次も、マスクの使用率が高い。	得点率は比較的高い。
5	Kuroki Yuta, Kuroki Yuta, Kuroki Yuta, Kuroki Yuta	頭と胸・首背の使用率が高い。	得点率は比較的高い。
6	Kuroki Yuta, Kuroki Yuta, Kuroki Yuta, Kuroki Yuta	足先、胸の使用率が高い。	約半分のデータに対して、得点率は非常に高い。
7	Kuroki Yuta, Kuroki Yuta, Kuroki Yuta, Kuroki Yuta	足・すね、腕・首背、首背の使用率が高い。	得点率は高い。世界ランクは低い。

図18 FMDの例



同時得点がいっしょに生じやすいかを調べるために、得点差毎の同時得点の分布を調べた(図19)。得点差が0における頻度が、得点差があるときに比べて高いことがわかった。これは予想外の結果で、得点差がないときに、点差をつけられないようにする意識が働いていると考えられた。

図19 同時得点における得点差の分布



試合の前半、後半で同時得点の分布が変わるのではないかと考え、前半10得点と後半5得点のプレーで分けた分布を作成した(図20と図21)。図20より、得点差が0における頻度がより大きくなっており、試合の始めて、攻めの意識を強く持つ人が多いのではないかと考えられた。

一方、図21からは、得点差が0から1になった際に頻度が減少するが、得点差が大きくなると、頻度の増加があった。これは試合の終盤では、点差が大きいため、同時得点によって勝利に近づきたいという意識が、得点をリードした選手で強くなるのではないかと考えられた。

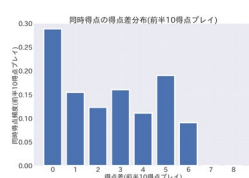


図20 前半10得点での同時得点の得点差分布

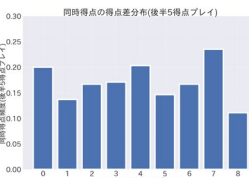


図21 後半5得点での同時得点の得点差の分布

4.結論と今後の課題

100対戦の動画から、目視により全ての突き(約2000)の動画(SC)とそのアノテーションを網羅的に収集したFSC-DBを世界で初めて構築し、そこから選手毎の突き統計を抽出したFA-DB及び対戦毎の得点推移画像を収集したFMD-DBを構築した。これらのDBによる検索から、興味のある選手や突きの情報を取得することがフェンシングの分野において初めて可能になった。これらのDBから、突き、選手、対戦間に関する情報を抽出した結果、突きの種類や場所の使用率と成功率に関する様々な相関が明らかになり、選手は、用いる技術や突く場所のパターンによって明確に分類できることが明らかになった。さらにフェンシングで特有な同時得点が、点差や前後半の違いで頻度が変わるといった新しい知見を発見した。

今後の課題として、得られた知見を戦術に反映させるとともに、SCの映像分析によるアノテーションの高度化や、突きが成功した時点以外のシーンへの拡張などが考えられる。

謝辞

本研究で用いたデータは、『情報・システム研究機構 統計数理研究所 医療健康データ科学研究センター』『公益社団法人 日本フェンシング協会』より提供していただきました。深く感謝いたします。

参考文献 (最終参照日: 2020/11/10)

- [1] 日本統計学会スポーツ統計分科会, 第8回 スポーツデータ解析コンペティション, <https://estat.sci.kagoshima-u.ac.jp/sports/compe08.htm>
- [2] Kinovea <https://www.kinovea.org/>
- [3] FIE of the Athletes & Rankings ページ <https://fie.org/athletes>
- [4] OpenPose <https://github.com/CMU-Perceptual-Computing-Lab/openpose/releases>
- [5] FFmpeg <https://ffmpeg.org/>