

フェンシングの未来のために ～見せ方の改革とデータによる技術の解明に向けて～

川田 瑛紀 武蔵野大学工学部数理工学科
 田寺 諒 武蔵野大学工学部数理工学科
 榎本 駿 武蔵野大学工学部数理工学科
 西川 哲夫 武蔵野大学工学部数理工学科
 連絡先：〒135-8181 東京都江東区有明 3-3-3
 TEL：03-6865-8090, E-mail：te_nishi@musashino-u.ac.jp

1. はじめに

日本フェンシング協会は、以下の3つのテーマを掲げて、「フェンシングを通じて感動体験を提供する」ための改革に取り組んでいる[1]。

- (1) 競技人口の増加
- (2) ファンの拡大
- (3) 国際競技力の向上

本研究では、上記の(1)、(2)に対しては、①競技を見て良く分からない。②フェンシングに関する情報にアクセスしにくい。(3)に対しては、③選手の得意技術に何が効いているか?を課題として捉え、それらの課題を解決するために、1)視聴支援ツールの開発、2)フェンシング統合データベースの構築、3)フェンシング映像の分析による技の特徴検討の3つを実施した(図1)。

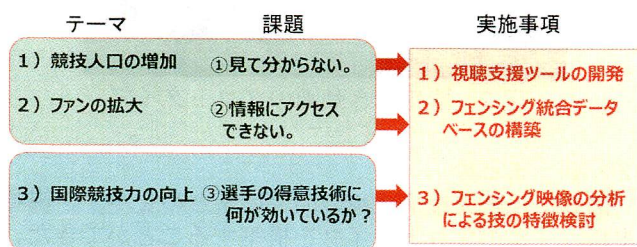


図1 テーマ・課題と実施事項

2. 視聴支援ツールの開発

フェンシングの試合映像はネット上に多く存在するが、剣のやり取りが速すぎることやルールの複雑さのために、映像をみても一般の人には、1)技術の様子(技術自体や技術の流れ)が分からない、2)どこが面白い(選手の戦術や技術の難しさ、すごさ)がわからない、という二つの問題がある。他のスポーツの多くは、どれも見ていて分かり易く誰が見ても何が起きているかがわかるし、技術のダイナミックさやすごさが伝わるのに対して、フェンシングは最も分かりにくい競技の一つではないかと思われる。

これら二つの問題を解決し、一般の人にフェンシングの映像をわかりやすくかつ面白く伝えるために、視聴を支援するための4つの対策を行なった(図2)。



図2 視聴支援ツールの開発

2.1 4つの対策

1) スロー再生映像の挿入

高速な展開でもわかりやすいように、得点時の剣のやり取りをスローモーションにして見せる。図3に示すように、得点前数秒間のスロー再生映像を、元の映像の得点時点に挿入する。得点時点の情報は、映像を画像処理することによって、自動的に取得する。

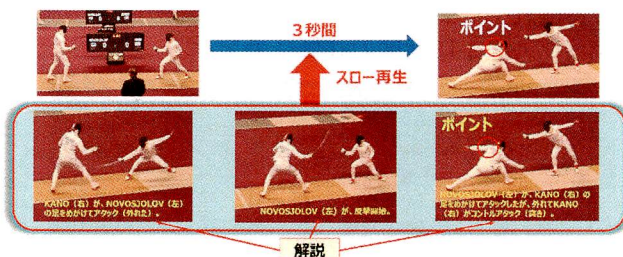


図3 スロー再生映像の挿入と映像への解説の付加

2) 映像への解説の付加

図3に示すように、映像に投稿型の解説を付ける。特にスロー再生映像に、現役や引退したフェンシング選手、コーチなどの経験者によって、テキストで技術や試合展開について解説を付けることで、視聴者にフェンシング技術の知識を伝えると共に、剣のやり取りへの理解を容易にさせる。

3) 映像へのアノテーション情報の付加

図4に示すように、映像に、フェンサーや大会に関するアノテーション情報を付与することで、選手や大会にも注目してもらおう。情報は、後述する別途構築するフェンシング統合データベースから抽出し、映像と同時に画面に表示する。

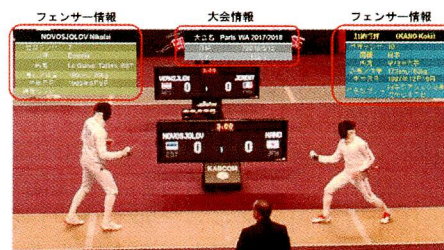


図4 映像へのアノテーション情報の付加

4) 上記加工を施した動画の公開

上記加工を施した見やすく分かり易い動画を公開して多くの人に見てもらおうことで、ファンの拡大につながると思った。

2.2 得点時点の取得方法

得点シーンの抽出では、オープンソースのコンピュータビジョンライブラリである OpenCV [2] を用いて動画に対して画像処理を行い、得点板の赤や緑のランプが点灯するのを認識させることで、自動的に行う。図 5 にそのアルゴリズムを示す。

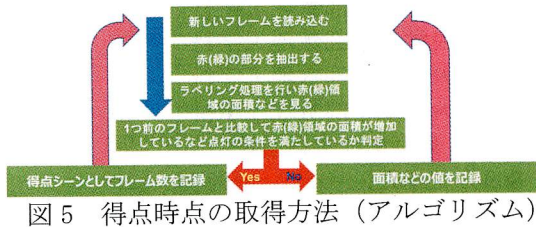


図 5 得点時点の取得方法 (アルゴリズム)

フレームを読み込む毎に、赤(緑)の部分抽出し、ラベリング処理を行い赤(緑)領域の面積を見ることで、1つ前のフレームと比較して赤(緑)領域の面積が一定の閾値を超えて増加していることを条件として、得点板の点灯の有無を検出する。

得点シーンの自動取得の精度を、元の動画と比較して取得漏れや過剰なシーンがあるかどうかという観点で調べた。表 1 に精度の評価結果を示す。

条件の良い映像の例 (別の試合などが映っていない)					条件の悪い映像の例 (別の試合が映っている)						
動画番号	全得点シーン数	自動取得得点シーン数	取得漏れ得点シーン数	取得過剰得点シーン数	動画番号	全得点シーン数	自動取得得点シーン数	取得漏れ得点シーン数	取得過剰得点シーン数		
9	17	18	16	94%	89%	22	21	42	19	90%	45%
7	31	23	22	96%	71%	30	34	17	16	94%	47%
40	23	20	19	95%	83%	35	38	24	23	96%	61%

表 1 得点時点取得方法の精度の評価結果

「全得点シーン数」と「自動取得してきたシーン数」、「自動で取得できた得点シーン数」を計測し、「全得点シーンのうち、どれだけ得点シーンを自動取得できていたかの割合」、「自動で取得したシーンのうち、実際に得点シーンであった割合」の両方で、精度の評価を行った。

条件が良い場合は、前者の割合は 90%以上、後者の割合は 70%以上であったが、別の試合が映像中に映っている場合など条件が悪い場合は、得点シーン自体はほぼ自動取得できたが、ノイズが多くなり後者の割合が 50%程度に低下してしまうことが分かった。

今回提案した方法の課題をまとめると、

- ①得点板のランプが映像内に映っている必要がある。
- ②得点以外でランプが点灯したときも取得してしまう。(周囲の試合、試し突きなど)
- ③環境によってうまくいかない場合がある。(床の色、得点板の方式など)

これらの課題に対して、得点表示ランプを専用に撮影するカメラを用意する、領域を限定してラベル化処理を行う、検出パラメータの自動調整機能を作成する、音声情報(審判のアレ、アルトの声)を組み合わせて利用するなどの対策が有効であると考えられる。

2.3 スロー再生映像を挿入した映像の自動構築

次に、自動取得した得点シーンの情報をもとに、得点シーンをスロー再生したものを動画に自動追加する方法を検討した。図 6 にその方法を示す。同じ動画ファイル A, B を同時に 2 回読み込み、動画 A から通常速度で動画を再生した直後に、記録している得点シー

ンの情報をもとに、動画 B から自動で得点シーンまわりの映像をスロモーションにしたものを再生し、動画 A からの再生動画に追加した動画を出力する。これによって、通常速度再生とスロー再生したものを「自動で」一本の動画にして出力することができる。

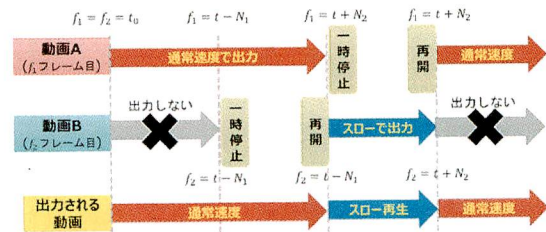


図 6 スロー再生映像を挿入した映像の自動構築方法

2.4 完成した映像の公開

自動で編集した動画は、YouTube などの動画共有サービスにアップロードすることができる。YouTube では、解説を字幕や音声で追加することが可能であり、アップロードした後も音声や字幕などを加えることができる。図 7 は、Youtube にサンプル映像をアップロードしたものを示しており、解説と選手の情報がテキストで表示されている。



図 7 情報付き動画のプロトタイプ

2.5 まとめ

図 8 に視聴支援ツールの開発のまとめを示す。視聴支援ツールのプロトタイプを構築することができた。試合の映像を見やすくするでき、多くの編集がほぼ全自動で行えるため、人手をかけることなくわかりやすい動画を配信できるようになると期待される。

- 「見て分からない」という課題に対処するために、視聴支援ツールの開発を行い、そのプロトタイプを作成した。
- プロトタイプでは、以下の機能を実装した。
 - 1) 自動抽出した映像中の各得点場面に、得点までの数秒間のスロー再生映像を挿入する。
 - 2) スロー再生映像の画面下部に、投稿型の解説コメントを挿入する。
 - 3) 映像全編に、フェンサー表、対戦表、大会表から抽出したアノテーション情報を付加する。
- 以上のことがほぼ全自動でできるため、人手をかけることなくわかりやすい動画を配信できるようになると期待される。

図 8 視聴支援ツールの開発についてのまとめ

3. フェンシング統合データベースの構築

図 1 の「情報にアクセスできない」という課題に対して、フェンサー情報や対戦情報、大会情報、映像情報などを有機的にリンク付け、様々な種類の情報からの検索を可能にする「フェンシング統合データベース (Fencing Integrated Database; FIDB)」のプロトタイプ構築を行なった。

3.1 日本と世界のフェンシングサイトの現状と課題

日本国内のフェンシングに関する情報は、日本フェンシング協会公式サイト[3]に集約されているが、以下に示すように、データベースのコンテンツやDB機能の構築が十分整備されていないという問題がある。

- 1) コンテンツ情報が不十分
 - ①フェンサーの情報がほとんどない
 - ②動画のサイトがない
 - ③詳細情報(大会やランキングの情報)のほとんどがPDFでのみ提供されている
- 2) コンテンツ間のリンクがほとんどない
- 3) 検索機能が不十分

世界的には、FIEサイト (THE INTERNATIONAL FENCING FEDERATION) [4]があり、以下に示すように、コンテンツが比較的充実している。

- 1) Fencers (選手のデータベース)
 - ①28,524選手(日本人:923人)のデータを格納
 - ②コンテンツとしては、詳細な情報を収集
世界ランク、年齢、過去の対戦結果、biography等
- 2) 大会のページ
 - ①多様な項目で検索可能
 - ②過去情報は詳しい対戦情報を掲載
- 3) メディアのページ
 - ① Youtube, Twitter, Facebook, Instagram, FIE Fencing Channel (動画のチャンネル)

しかし、以下に示すように、データベース機能が十分構築されておらず、せっかくのコンテンツが十分いかしきれていないと思われる。

- 1) 検索機能が不十分である
 - ・Fencersでは、検索項目数が不十分(国籍と氏名のみ)であり、ソートも不可となっている。
 - ・FIE Fencing Channelでは、キーワード検索しか提供されていない。
- 2) リンクが未整備
 - ・フェンサーや大会情報、動画情報間の互いのリンクが未整備で、相互にたどることができない。

このように、現状のフェンシングサイトでは、検索が十分できないため、見たい動画にたどり着けなかったり、フェンサーや大会のことがわからないため、興味がわきにくいという問題が生じている。このような現状を打開するには、統合データベースを構築し情報を広くオープンにすることが重要である。また、データベース化は、情報をオープン化することで、過去の蓄積を未来に伝え、分野を発展させるという意義も大きい。動画などをわかりやすくして広く公開し続けていけば、フェンシング技術の発展に対しても大きく貢献できるものと考えられる。

3.2 フェンシング統合データベース (Fencing Integrated Database; FIDB) の構築方法

統合データベースの構築方法を図9に示す。まずDBを構成する各種情報(フェンサー情報、対戦情報、大会情報、映像情報)の収集を行う。次に各収集情報のDB化として、各コンテンツ表の作成、表ごとあるいは表間に跨った検索機能の構築、コンテンツ画面の作成を行う。最後に、各DB間のリンク(関係)を設定することで、データベースの統合化を行う。

- 1) DB各種情報の収集
フェンサー情報、対戦情報、大会情報、映像情報
- 2) 各収集情報のDB化
コンテンツ表の作成
検索機能の構築
コンテンツ画面の作成
- 3) 統合化
各DB間のリンク(関係)の設定

図9 統合データベースの構築方法

1) データベースの各種情報の収集

データベースの各種情報の収集は、図10に示すように、フェンサー情報、対戦情報、大会情報、映像情報のそれぞれに対して実施する。

フェンサー情報については、FIEのFENCERサイトより情報を収集可能である。今回は、提供された103対戦からの83選手についてFENCERサイトより情報を収集した。日本選手については、ファンサイト[5]からより詳しい情報を収集した。

フェンサー情報

- ・FIEのFENCERサイトより情報を収集
- ・今回は、提供された103対戦からの83選手について情報を収集
- ・日本選手の情報は、より詳しい情報を収集する。(ファンサイト等)
- ・身長・体重の情報は、FENCERサイト、ない場合は、インターネットサイトでできる限り収集した

対戦情報

- ・国際大会や国内主要大会の対戦データをFIEなどから収集、今回は103対戦情報を使用

大会情報

- ・予選、トーナメント表、勝敗情報をFIEなどから収集、今回は103対戦の大会情報を使用

映像情報

- ・視聴支援ツールによって作成された映像
- ・解説が付加されたスロー再生映像の挿入
- ・映像全編へアノテーション情報の付加
- ・上記アノテーションに、フェンサー情報、対戦情報、大会情報を集約する。

図10 データベースの各種情報の収集

身長と体重の情報は、検索によってアクセスできるFENCERのindividual [6]のページには存在せず、男女各200名のリストからなるFENCERのBiographiesのページ[7]で取得した。選手によっては、ない場合もあるので、その場合はインターネットサイトからできる限り収集した。

対戦情報と大会情報については、国際大会や国内主要大会の情報を収集する必要があるが、今回は提供された103の対戦情報を使用した。映像情報としては、視聴支援ツールによって作成された映像を用いた。解説が付加されたスロー再生映像を追加し、アノテーション情報として、データベースのフェンサー情報、対戦情報、大会情報を集約して表示を行なった。

2) 各収集情報のデータベース化

次に、収集した情報を整理してコンテンツ表を作成し検索機能を構築する。

2-1) コンテンツ表の作成

①フェンサー表の作成と検索機能の構築

図11に示すように、各フェンサー(選手)を1行として、各選手に関する情報(選手名、世界ランク、国籍、種目、誕生日、身長、体重、種別)を表示する。各項目ごとにソートと検索機能が備えられる。

選手名	世界ランク	国籍	種目	誕生日	身長	体重	種別	備考
...

検索キーワード入力窓

全選手リスト

各選手ページへ

図11 フェンサー表と検索機能

②対戦表の作成と検索機能の構築

図 12 に示すように、各対戦を 1 行として、各対戦に関する情報（両選手の氏名、世界ランク、国籍、年齢、身長、身長差、体重、ポイント、大会名、試合時間、試合日など）を表示する。各項目ごとに、ソートと検索機能が備えられる。

対戦表

検索キーワード入力窓

各大会ページへのリンク

選手名1 国籍 世界ランク 選手名2 国籍 世界ランク 身長1 身長2 大会名 試合時間 試合日

ソート

選手名1

図 12 対戦表と検索機能

③大会表の作成と検索機能の構築

図 13 に示すように、各大会を 1 行として、各大会に関する情報（大会名、大会の種類、種目、試合数、参加人数、開催場所、開催日、優勝者など）を表示する。各項目ごとに、ソートと検索機能が備えられる。

全大会リスト

検索キーワード入力窓

大会名 種類 種目 試合数 参加人数 開催場所 開催日 優勝者

ソート

大会名

対戦表へのリンク

各大会画面へのリンク

図 13 大会表と検索機能

2-2) コンテンツ画面の作成

①フェンサー画面の作成

図 14 に示すように、1 人のフェンサー（選手）についての詳細な情報（選手名、世界ランク、国籍、種目、性別、年齢、身長、体重、利き腕、ツイッター URL、ファンサイト URL など）を表示する。選手の対戦表を表示しても良い。

選手情報

選手名: 藤原 大 年齢: 17歳

世界ランク: 10位 国籍: 日本

種目: 男子 年齢: 17歳

身長: 175cm 体重: 65kg

利き腕: 両手

ツイッター URL: @fujihara_dai

ファンサイト URL: http://www.fujihara-dai.com

知れ渡りの対戦表

大会名 種目 対戦相手 大会名 種目 対戦相手

図 14 フェンサー画面

②大会画面の作成

図 14 に示すように、一つの大会についての詳細情報（大会名、大会の種類、種目、試合数、参加人数、開催場所、開催日、大会結果など）を表示する。

Paris_WA 大会情報

大会名: Paris_WA

大会種類: WA

種目: 男子

試合数: 10

参加人数: 10

開催場所: Paris

開催日: 2018/12/12

優勝者: 藤原 大

大会結果

大会名 種目 対戦相手 大会名 種目 対戦相手

図 14 大会画面

3) 統合化

①検索トップ画面の作成

図 15 に示すように、検索トップ画面は、全試合リスト、全フェンサーリスト、全大会リストの 3 つの入り口を持つ。それぞれをクリックすると、それぞれのリスト画面（表）に遷移し、そこで、各項目によるソートや検索を行う。

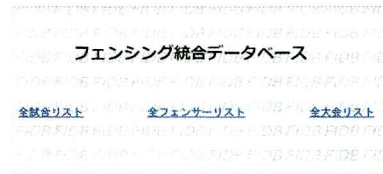


図 15 検索トップ画面

②各データベース間のリンク（関係）の設定

図 16 に示すように上記の表とコンテンツについて項目間の連結を行ない、関係データベース化を行う。

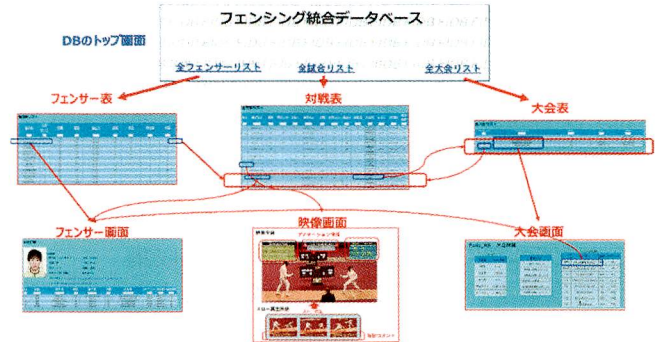


図 16 各表とコンテンツ間のリンク（関係）の設定

関係データベース化とリンクを適切に行えば、例えば、以下のような検索が可能である。

i) 検索例 1（フェンサー表からの検索）

フェンサー表で、フェンサー名や世界ランク、身長などからフェンサーを選び、フェンサー画面へ飛ぶとそのフェンサーについての詳細情報が得られ、さらにそのフェンサーの対戦表に飛ばせば、そのフェンサーが対戦した全試合のリストを見ることもできる。

対戦表からは、その対戦の動画へと飛ぶことができ、大会画面や対戦相手の画面に飛ぶこともできる。動画へ飛ぶと、動画の中にはフェンサー画面や対戦表、大会画面からの情報が画面に表示されフェンサーに対する興味を維持しつつ動画の視聴が可能になる。

ii) 検索例 2（対戦表からの検索）

最初から、対戦表いき、そこで、フェンサーや大会をキーにして対戦を検索することもできる。また、対戦についての特徴（例えば、得点や身長差などをキーにして検索することが可能である。

対戦についてのタグ付けができていれば（例えば用いられた高頻度の技術など）、そのタグをキーにして検索することも可能になる。

iii) 検索例 3（大会表からの検索）

最初から大会表いき、対戦結果やその大会に参加したフェンサーをキーにして検索していくことも可能である。ii)、iii) のいずれの場合も、最終的に動画にたどり着くことができる。

4) まとめ

図 17 に統合データベース構築についてのまとめを示す。このように、統合データベース化によって、データベースの各種情報を入口とした検索によって動画にアクセスし、多様な情報と共に視聴することが可能になった。

- フェンシング総合データベースを設計し、そのプロトタイプを作成した。
- 1) フェンサー情報、対戦情報、大会情報、映像情報からなるDB各種情報の収集を行った。
- 2) DB各種情報を関係データベースとして構築し、それぞれの情報で検索・ソート可能とし、情報間のリンクを設定した。
- 3) 動画情報をDB化し、動画画面の中に、DB各種情報を集約して表示した。
- 以上のプロトタイプによって、DB各種情報を入口とした検索によって動画にアクセスし、多様な情報と共に視聴することが可能になった。

図 17 統合データベース構築についてのまとめ

4. フェンシング映像の分析による技術の特徴検討

日本フェンシング協会が掲げている3つのテーマの一つである「国際競技力の向上」を達成するために、選手の「強さ」・「得意技術」に何が効いているか？という課題に着目した。

1) 選手の体格・年齢と強さの関係

ここでは、選手の体格（特に身長）と年齢が、選手の強さに大きな影響があるのではないかと考え、強さの指標と考えられる世界ランクや対戦の勝敗との関係について調べた。

1-1) 身長・年齢と世界ランクの関係

身長と世界ランクの相関をみるために、提供された103動画中の選手83名の内、FENCERサイトのページ等より34名の身長と世界ランクを取得し、世界ランクを縦軸に、身長を横軸にして散布図を描いた（図18）。エペでは、身長が高い方が手も長く有利だと考えられるが、本データでは、身長と世界ランクの間には、明確な相関関係は見られなかった。

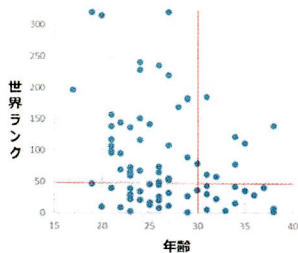


図 18 身長と世界ランクの散布図

次に、年齢と世界ランクの相関をみるために、動画中の選手83名の内、FENCERサイトのページ等より82名の身長と世界ランクを取得し、世界ランクを縦軸に、身長を横軸にして散布図を描いた（図19）。

図19より、30歳以上は30歳未満に比べると、世界ランクが高い選手の割合が多い。世界ランクが50位以内の割合は、30歳未満で、37.3%だが、30歳以上では、65.2%を占めることがわかった。

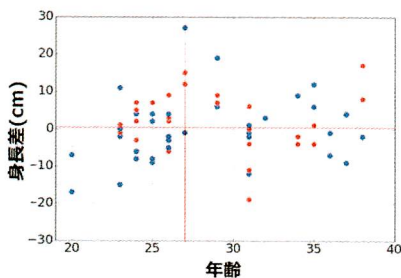


図 19 年齢と世界ランクの散布図

1-2) 身長差と対戦の勝敗との関係

次に、身長差と年齢が勝敗に影響しているかを調べるために、提供された103動画中身長が取得できた34名どおしの37対戦について、年齢と身長差（自分一相手）のプロットに、勝ち負け（赤：勝ち、青：負け）を表示し、年齢の中央値27歳でデータを分けて、身長差と勝敗の関係を調べた（図20）。

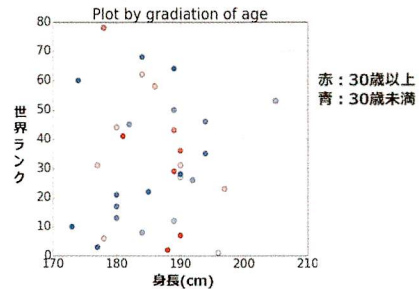


図 20 年齢と身長差と勝敗の関係

27歳未満では身長が高い場合の勝率が高く、若い選手は身長差のメリットを生かしているように見える。また、27歳以上では身長差と勝敗に有意な差は見られず、ベテラン選手は身長差のデメリットを克服しているようにみえる（図21）。

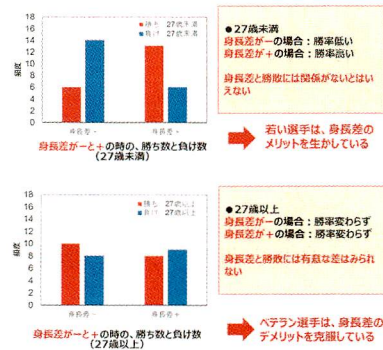


図 21 27歳未満と以上での身長差と勝敗の関係

身長差と身長が勝敗に影響しているかを調べた。身長と身長差（自分一相手）のプロットに、勝ち負け（赤：勝ち、青：負け）を表示し、身長の中央値186cmと180cmでデータを分けて、身長差と勝敗の関係を調べた（図22、図23）。

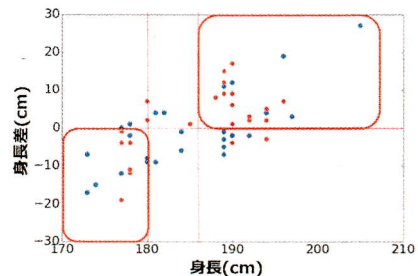


図 22 身長と身長差と勝敗の関係

180センチ以下では身長差がプラスでもマイナスでも勝敗に差がみられず、身長の低い選手は身長差のデメリットを克服しているのではないかと考えられた。また、186センチ以上では身長差がプラスだと勝率が高く、マイナスだと勝率が低く、身長のメリットを生かしているように考えられた。

身長の低い選手がどのようにデメリットを克服しているか調べるために、以下では、身長が低く世界ランクの高い選手に注目して分析を行なった。

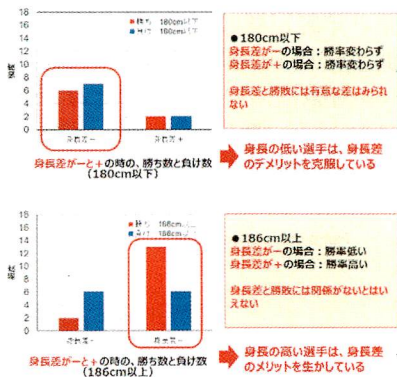


図 23 180センチ以下と186センチ以上における身長差と勝敗の関係

2) 身長の高い選手の対戦の特徴分析
2-1) 分析対象選手と試合の選択

図 24 に示すように、身長が180センチ以下で世界ランクが10位以内の選手が3人いたので、今回はこれらの選手に注目した。

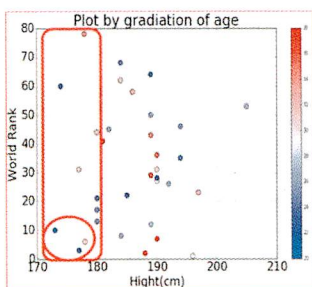


図 24 身長と世界ランクの散布図

表 2 に、注目した3人の選手の対戦情報を示す。スイスの HEINZER Max 選手 (178cm)、韓国の PARK Sangyoung 選手 (177cm)、日本の KANO Koki 選手 (173cm) である。

フェンサー名	国籍	身長 cm	世界ランク	フェンサー名	国籍	身長 cm	世界ランク	大会	得点
HEINZER Max	SUI	178	6	RODRIGUEZ John Edison	COL	205	53	Paris WA 2017/2018	12-5
PARK Sangyoung	KOR	177	3	HEINZER Max	SUI	178	6	Heidenheim WA 2017/2018	15-6
KANO Koki	JPN	173	10	NOVOSJOLDOV Nikolai	EST	190	7	Paris WA 2017/2018	13-15

表 2 分析対象として注目した選手

2-2) 対戦の特徴付けの方法

対戦の特徴づけは、図 25 に示すように、1) 映像解析ソフトの Kinovea [7] を用いた対戦のタグ付け、2) 攻撃の種類と突きの場所の統計と映像分析、3) 選手の動きの時系列分析の3つの方法で行った。

1) 対戦のタグ付け
●各得点シーンについて、映像解析ソフトウェアKinoveaを用いて視聴し、タグ付けを実施。
タグ付け項目
・得点、時間(s)、左右の選手の攻撃種類、どちらが突いたか、突きの場所、コメントなど

2) 「攻撃の種類」、「突きの場所」の統計と映像分析
●タグ付け表から、「攻撃の種類」、「突きの場所」の統計をとり、攻撃の特徴について映像を踏まえて考察を行った。

3) 「選手の動き」の時系列分析
●Kinoveaの軌道追跡機能を用い、マスク位置や手首の位置を追跡し時系列分析を実施し、動きの振幅や周期、間合い、手の動きのタイミングや大きさの特徴について考察。

図 25 対戦の特徴付けの方法

2-4) 分析事例-1 (HEINZER Max 選手)

HEINZER 選手 (176cm) が、RODRIGUEZ 選手 (205cm) と対戦した試合を取り上げる。

①対戦のタグ付け

表 3 にタグ付けの結果を示す。HEINZER 選手はフレッシュによる攻撃が多く、RODRIGUEZ 選手はコントロールアタック (カウンター) 攻撃が多いことがわかる。

得点番号	(1)	(2)	Time	1の攻撃 RODRIGUEZ	2の攻撃 HEINZER	突き	突き場所
			0:20	試合開始			
1	1	0	1:20	コントロールアタック	アタック (フレッシュ)	1	胸
2	1	1	1:53	アタック (フロント)	コントロールアタック (フレッシュ)	2	胸
3	2	1	2:28	アタック (フロント)		1	小手
4	2	2	4:07	コントロールアタック	アタック (振り込みフレッシュ)	2	胸
5	2	3	6:52	コントロールアタック	アタック (振り込みフレッシュ)	2	胸
6	3	3	7:31	コントロールアタック	アタック (フロント)	2	胸
7	3	4	8:39		アタック (フロント)	2	足先
8	4	4	9:23	アタック (フロント)		1	足先
9	5	4	9:46	コントロールアタック	アタック (フロント)	1	胸
10	5	5	10:07	コントロールアタック	アタック (フレッシュ)	2	胸
11	5	6	10:40	コントロールアタック	アタック (フレッシュ)	2	腹
12	5	7	12:06	アタック (フロント)	コントロールアタック	2	胸
13	5	8	13:38	コントロールアタック	アタック (フロント)	2	上腕
14	5	9	13:53	コントロールアタック	アタック (フレッシュ)	2	腹
15	5	10	14:42	接近戦同時攻撃	接近戦同時攻撃 (振り込み)	2	背中
16	5	11	15:25	接近戦同時攻撃	接近戦同時攻撃 (振り込み)	2	胸
17	5	12	15:55	アタック (フロント)	パラードリポスト	2	胸
			16:15	試合終了			

表 3 HEINZER 選手の試合のタグ付け結果

②「突き」の統計

突きの統計 (表 4) で見てみると、フレッシュはほとんど成功しており、コントロールアタックはほとんど失敗していることがわかる。

攻撃の種類	1	2
アタック (フレッシュ以外)	5	4
アタック成功	2	2
コントロール	9	2
コントロール成功	3	2
フレッシュ	0	7
フレッシュ成功	0	6
パラードリポスト	0	1
パラードリポスト成功	0	1

表 4 HEINZER 選手の突きの統計

図 26 に HEINZER 選手のフレッシュの画像を示す。



図 26 HEINZER 選手のフレッシュの得点シーン

2-5) 分析事例-2 (PARK Sangyoung 選手)

PARK 選手 (177cm) が、身長に近い HEINZER 選手 (178cm) と対戦した試合を取り上げる。

①対戦のタグ付け

表 5 にタグ付けの結果を示す。PARK 選手はパラードリポスト (払ってから突く) が多いように見える。

②「突き」の統計

突きの統計 (表 6) で見てみると、HEINZER 選手は得意なフレッシュの頻度が少なく成功率も低くなっている。PARK 選手はパラードリポストの成功率が高く、特に巻き込みリポストを多用している (図 27)。相手の攻撃を誘ったうえでやっている印象がある。

2-4) 分析事例-1 (HEINZER Max 選手)

HEINZER 選手 (176cm) が、RODRIGUEZ 選手 (205cm) と対戦した試合を取り上げる。

表5 の試合のタグ付け結果

得点番号	(1)	(2)	Time	PARK Sangyoung(1)の攻撃	HEINZER Max(2)の攻撃	突き	突き場所
			0:20	試合開始			
1	1	0	0:26	アタック (フアント)	バレードリポスト	1	マスク
2	1	1	1:06	同時攻撃	同時攻撃	2	肩
3	2	1	1:20	アタック (フレッシュ)		1	マスク
4	3	1	1:40	同時攻撃	同時攻撃	1	肩
5	4	1	2:11	巻き込みアタック	コントロールアタック	1	足(太もも)
6	5	2	2:26	アタック (フアント)	コントロールアタック	12	肩
7	6	2	2:51	バレードリポスト(巻き込み)	アタック (フレッシュ)	1	腰
8	7	3	3:22	コントロールアタック	アタック (フアント)	12	肩
9	8	3	4:54	接近戦同時攻撃	接近戦同時攻撃	1	背中
10	9	4	6:39	アタック (フレッシュ)	コントロールアタック	12	腰
11	10	4	7:31	バレードリポスト(巻き込み)	アタック (フアント)	1	腰
12	11	4	7:49	バレードリポスト	アタック (フアント)	1	背中
13	11	5	8:11	バレード	アタック (フレッシュ)	2	胸
14	12	5	9:11	コントロールアタック	アタック (フレッシュ)	1	肩
15	13	5	9:20	バレードリポスト(巻き込み)	アタック (フアント)	1	腰
16	14	5	9:29	アタック (フアント)	バレード	1	マスク
17	15	6	9:40	同時攻撃	同時攻撃	12	胸
18			9:44				

表6 PARK 選手の突きの統計

攻撃の種類	1	2
アタック	6	7
アタック成功	6	2
フレッシュ	2	3
フレッシュ成功	2	1
バレードリポスト	5	2
バレードリポスト成功	4	0
バレード巻き込みリポスト	3	0

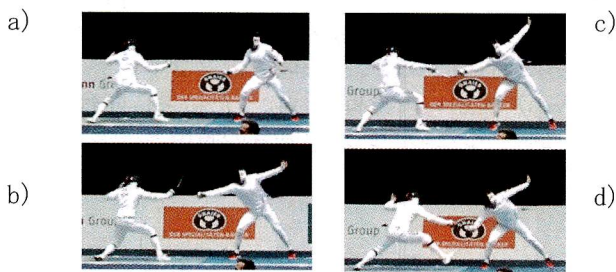


図27 PARK 選手の巻き込みリポストの得点シーン
 a) PARK 選手(左)が剣を挙げ前進しアタックを誘う。
 b) HEINZER 選手(右)が手を伸ばしてアタック。
 c) PARK 選手が、相手の剣をパラードし(排除し)、
 d) 巻き込みながら、リポスト(反撃)へ。

③「選手の動き」の時系列分析-1
 (マスク位置の水平方向と垂直方向への動き)

ここでは、選手の全体の動きに着目して、時系列分析を行なった。Kinovea ソフト[7]の軌道追跡の機能を用いて、マスクの位置の軌道を追跡し、水平方向と垂直方向の速度の時系列を取得した。審判の映像が重なると追跡が途切れてしまうため、数分間軌道追跡が確保できる時点を探索してデータ取得を行なった。

図28に、RODRIGUEZ 選手と HEINZER 選手の対戦時の時系列を示す。身長が低い HEINZER 選手の方が、水平、垂直いずれの方向においても、RODRIGUEZ 選手よりも全体的に2倍程度振幅が大きいことがわかる。

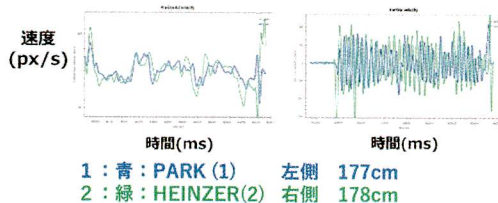


図28 RODRIGUEZ 選手と HEINZER 選手の対戦時のマスク位置の速度の時系列

一方、身長がほぼ同じの RODRIGUEZ 選手と HEINZER 選手の対戦時の時系列(図29)では、両者の振幅はあまり変わらないことがわかる。



図29 PARK 選手と HEINZER 選手の対戦時のマスク位置の速度の時系列

④「選手の動き」の時系列分析-2
 (手の水平方向の伸びと垂直方向の動き)

次に、手の動きに着目した。マスクと手首の位置を軌道追跡し(図30)、水平方向の手の伸びを、水平方向の(手首の位置-マスクの位置)で表して、時系列グラフを描画した。

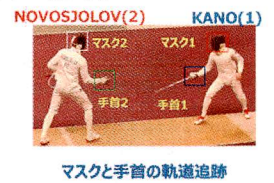


図30 軌道追跡

図31に、KANO 選手と NOVOSJOLOV 選手の手の伸びの時系列を示す。

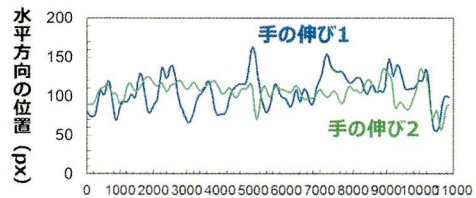


図31 KANO 選手と NOVOSJOLOV 選手の対戦時の水平方向の手の伸びの時系列

垂直方向の手首の動きは、そのまま時系列グラフを描画した。図32に、垂直方向の手首の動きの時系列を示す。水平方向と垂直方向の動きのどちらの場合においても、身長が173cmの KANO は、190cm の NOVOSJOLOV に比べて、動きの振幅が3~4倍大きいことがわかる。

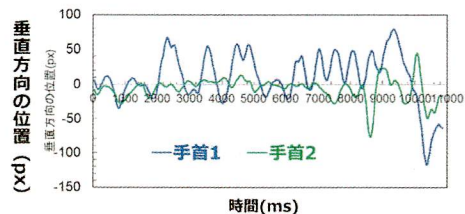


図32 垂直方向の手首の動きの時系列

2-6) 分析事例-3 (KANO Koki 選手)

①「選手の動き」の時系列分析-3 (間合いの時系列)
 ここでは、間合いの変化に着目した。選手間の間合いを、(マスク1の位置-マスク2の位置)で定義した。KANO 選手と NOVOSJOLOV 選手の対戦時の水平方向のマスク位置、及び間合いの時系列を図33に示す。

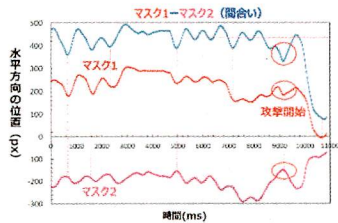


図 33 垂直方向の手首の動きの時系列

図 33 より、間合いは、ほぼ一定の距離のまわりで変動し、間合いが近づくのは、互いに近づき合う時点が多く、間合いが一定の値以下になると、攻撃や接近戦が始まっていた。間合いは、対戦にとって重要であるから、今後さらに分析を進めていきたい。

2-5) 分析した選手の対戦の特徴まとめ

表 7 に、身長の高い選手の課題をまとめた。

表 7 身長の高い選手の課題

選手	スイスのHEINZER (178cm)	韓国のPARK (177cm)	日本のKANO (173cm)
対戦相手	RODRIGUEZ (205cm)	HEINZER (178cm)	NOVOSJOLOV (190cm)
得意技	●フレッシュ	●巻き込みパラードリポスト	●体と腕の水平・上下の動きが大きく、
攻撃の特徴	●体の動きの振幅が大きい。	●体の動きの振幅が大きい。	絶えず動いており、フェイントを多用。
考察	<ul style="list-style-type: none"> ●間合いの詰め方の特徴 (3者3様のやり方) ●HEINZERは、フレッシュを多用し、一気に間合いを詰めている。 ●PARKは、相手の間合いに入ること、アタックを誘い、パラード・巻き込みリポストを多用している。 ●KANOは、体と腕の前後・上下の動きが大きく、絶えず動いてフェイントをかけることで、一気に間合いを詰めるタイミングをうかがっている。 		

身長の高い選手が勝つには相手の間合いにいかに入っていくかが大事で、フレッシュで一気に間合いを詰めたり、相手のアタックを誘いパラードリポストを決めたり、フェイントを多用したりしてさまざまに間合いを詰めていた。これらを実現するため、共通の動きの特徴として、体や手の動きの振幅が大きい傾向にあった。

表 8 に、身長の高い選手の課題をまとめた。逆に身長の高い選手は自分に自分の間合いを生かすかが大事で、リーチ差を生かせるコントロールアタックや小手突きを得意にして傾向があり、その実現のため体や腕の動きの振幅が小さい場合が多いのではないかと考えられた。

表 8 身長の高い選手の課題

得意技・攻撃の特徴	考察
<ul style="list-style-type: none"> ●コントロールアタック ●小手突き ●体や腕の動きの振幅が小さい 	<ul style="list-style-type: none"> ●リーチ差を活かすには、相手が間合いを詰めてきたときに、手を伸ばすのが有効 ●小手は最も近い標的であるため、リーチ差を活かせる。 ●相手の大きな動きや、小手的の小ささに対処するには、必要以上に手や体を動かさない方がより精度が高まると考えられる。

3. 技術の特徴検討のまとめ

図 34 に技術の特徴検討のまとめを示す。

<ul style="list-style-type: none"> ●身長、年齢と世界ランクとの関係 1) 世界ランクは身長と相関はないが、年齢の間では相関がある。
<ul style="list-style-type: none"> ●実際の勝敗と身長差との関係 1) 27歳未満では、身長差が+の場合に勝率が高く、若い選手は、身長差のメリットを生かしている。 2) 27歳以上では、身長差が勝率に影響せず、ヘアラン選手は、身長差のデメリットを克服している。 3) 180cm未満では、身長差が勝率に影響せず、身長の高い選手は、身長差のデメリットを克服している。 4) 186cm以上では、身長差が+の場合に勝率が高く、身長の高い選手は、身長差のメリットを生かしている。
<ul style="list-style-type: none"> ●身長が低くて世界ランクが高い選手 3 名の技術と動きの特徴 1) フレッシュ、アタックを誘った上でのパラード巻き込みリポスト、フェイントなどを多用。 2) その実現のため、共通の動きの特徴として、体や手の動きの振幅が大きい。 <ul style="list-style-type: none"> 1) は、間合いの問題の克服が目的と考えられた。
<ul style="list-style-type: none"> ●身長が高い選手の特徴 1) コントロールアタックや小手突きが得意な傾向にある。 2) その実現のため、体や腕の動きの振幅が小さい。

図 34 技術の特徴検討のまとめ

5. まとめ

3つのテーマの解決に向けて重要な課題であると考

えられる、「競技が見て非常に分かりにくい」、及び「フェンシングに関する情報が不足している」問題を解決するために、1)「視聴支援ツールの開発」、及び、2)「フェンシング統合データベースの構築」を試みた。また「いかにして勝利を得ているか」について知るために、3)「フェンシング映像の分析による技の特徴検討」を行ない、特に身長などの体格情報と得意技術との関係について分析を行なった。

1) 視聴支援ツールの開発：得点時点前の数秒間のスロー再生映像を自動的に生成して挿入し、投稿型の技術解説と選手・大会情報を映像に重ねて表示するシステムのプロトタイプを構築した。

2) フェンシング統合データベースの構築：視聴支援ツールを中心として、フェンサー、大会、対戦、動画情報を収集して関係データベースを構築した。

3) フェンシング映像の分析による技の特徴検討：身長、年齢と強さの関係を調べた結果以下のことがわかった。若い選手や身長の高い選手は、身長差のメリットを生かしているが、ベテラン選手や身長の高い選手は、身長差のデメリットを克服している。身長が低くて世界ランクが高い選手 3 名の対戦について、得意技術や動きの特徴について、映像分析ソフト

(Kinovea) を用いて分析を行なった結果、間合いの問題を克服するための共通の動きの特徴と、多様な得意技術が判明した。

謝辞

本研究を進めるにあたり、データを提供して頂いた公益社団法人日本フェンシング協会様、並びに情報システム研究機構統計数理研究所様に心より感謝を申し上げます。

文献

- [1] 協会理念 | 公益社団法人 日本フェンシング協会 公式サイト <http://fencing-jpn.jp/philosophy/>
- [2] OpenCV <https://opencv.org/>
- [3] 日本フェンシング協会公式サイト <http://fencing-jpn.jp/>
- [4] FIE サイト <http://fie.org/>
- [5] FENCER の individual のページ <http://fie.org/fencers/individual>
- [6] FENCER の Biographies のページ <http://fie.org/fencers/biographies>
- [7] Kinovea <https://www.kinovea.org/>