

JUDO×AI

～識別 AI を活用した柔道審判補助システム～

高田 錬^{*1}

指導教員：伊東 佳剛^{*2}

Email: ito-yoshitaka@ed.pref.toyama.jp

*1: 富山県立高岡高等学校普通科 2 年

*2: 富山県立高岡高等学校

◎Key Words 柔道, 識別 AI, 審判補助

1. はじめに

柔道は、単なる格闘技ではなく、心身を鍛える「教育」として創始された。その根本には「精力善用」と「自他共栄」の精神がある。試合において審判が不当な判定を行えば、不信感や怒りが生まれ、柔道が目指す人間形成の場ではなくなってしまう。そのため、柔道の試合では、すべての試合で正確に統一した基準を用いる判定が必要であると考えた。

そこで、高岡高校の総合的な探究の時間で学んだ識別 AI を応用して、柔道の試合での審判を補助する AI の開発ができないか考えた。

また、先行研究を調べたところ、機械学習による対戦相手の技の予測⁽¹⁾や試合局面の分析⁽²⁾などの研究は存在したものの、審判補助を行う先行研究は確認できなかった。

2. 審判判定の現状

2.1 「有効」と「技あり」

柔道の判定で特に判別しにくいポイントの中に、「有効」と「技あり」がある。

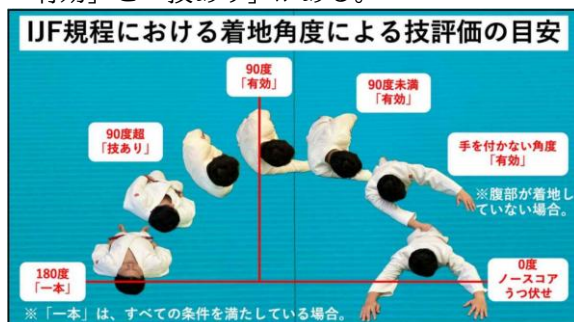


図1 国際柔道連盟試合審判規程⁽³⁾における「有効」と「技あり」の定義

実際の試合においても、主審の見る角度によっては判別が非常に難しくなり、投げられた瞬間に誤った判定を下してしまうケースが少なからずある。

2.2 ケアシステムによるビデオ判定

上述の通り、主審がビデオ判定を要請した場合や Jury (ビデオ判定を担当する審判補助員) が必要と認めた場合にはビデオ判定が行われる。しかし、特に地方の大会などではそのビデオ撮影が不

慣れな役員によって行われることもある。実際に、富山県で行われる中学生・高校生の大会の多くにおいて、ケアシステムのビデオ撮影は各校の生徒からなる補助役員に任されている。

このような要因から、ビデオ判定が行われてもすぐには正しい判定が出ないこともある。場合によっては5分以上試合が中断することもあり、試合進行に支障をきたしている。

3. 開発環境

3.1 識別 AI 「Teachable Machine」

AI の開発には、Teachable Machine (Google 社)⁽⁴⁾を用いた。これは、Web ブラウザ上で動作する機械学習 (画像・音声・ポーズの識別) モデル作成ツールである。迅速なプロトタイピングが可能であることと、AI の専門知識を持たないユーザーでも運用可能なシステムを作成することができるのが当該 AI を採用した理由である。

3.2 教育用マイコンボード「micro:bit」

投げ技が行われたかどうかの判定には、micro:bit (Micro:bit Educational Foundation) を採用し、その内蔵 3 軸加速度センサーから得られるデータを取得した。

3.3 独自機能拡張版 Scratch 「Stretch3」

プログラムの制御および各システムの統合環境として、Scratch の独自機能拡張版プラットフォームである Stretch3 (石原淳也 開発)⁽⁵⁾を使用した。

3.4 システム構成

本研究で開発したシステムは、ハードウェア、AI モデル、制御環境の 3 つから構成される。物理的な入力インターフェースには、micro:bit に内蔵された 3 軸加速度センサーを用いた。また、識別 AI の構築には Teachable Machine (Google 社) を使用し、判定を識別する学習済みモデルを作成した。これらハードウェアから得られるセンサー値と、AI による識別結果の統合・制御には、Web ベースのビジュアルプログラミング環境である Stretch3 を使用した。Stretch3 内の拡張機能 (micro:bitMore および TM2Scratch) を介することで、リアルタイムでのデータ連携とシステム制御を実現した。



図2 判定方法の模式図

4. 背中につける目印

「有効」と「技あり」は、主に投げられた際の背中の着地の程度によって判別する。そのため、柔道着の背中に目印を付け、カメラで撮影したときにどれほど目印が変化しているかを Teachable Machine に判別させる手法を取った。

4.1 ドットによる目印

最初に、背中にドットの画像を貼り付け、カメラに写ったドットの数から背中の着き具合を判別させる実験を行った。

Teachable Machine に学習させて判別を試した所、判別の際に映っているドットの数ではなく「各ドットのつぶれ具合」により強い影響を受けていることが分かった(図3)。また、倒れた際の影などにも影響を受けており、判別の精度は低かった。

表1 ドットの認識についての概略

背中の状態			
判定	有効	技あり	有効(エラー)



図3 ドットのつぶれ具合による不具合および投げられた際の画像

4.2 カラーテープによる目印

ドットによる問題を解決するため、図4のように柔道着にカラーテープを貼り付け、倒れたときに最も外側にある色から背中の着き具合を判別させる実験を行った。



図4 カラーテープを貼った柔道着

この手法により、倒れた状態での「有効」「技あり」の判別精度を大きく向上させることができた。

5. Stretch3 によるプログラムの作成

Teachable Machine および micro:bit の情報を処理する、以下のようなプログラムを構築した。

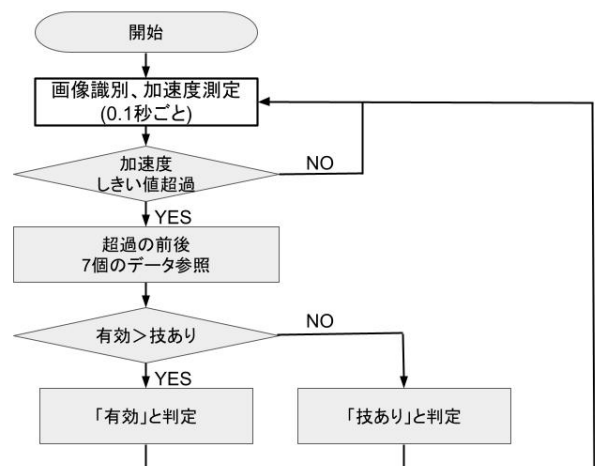


図5 プログラムのフローチャート図

このプログラムでは、常時 0.1 秒ごとに Teachable Machine の判定および micro:bit によって測定した加速度の記録を取り続け、加速度がしきい値を超過した(=投げられた)際にその前後の記録を参照するようにした。その際に参照する記録については、投げられる動きの実験の結果から、加速度がしきい値を超過する直前の 2 個、直後の 5 個の計 7 個とした。この 7 個のデータから「有効」「技あり」の判定を下す。

6. micro:bit を利用しないシステム構築

6.1 micro:bit を利用する上での懸念点

ここまでの手法では、micro:bit の加速度センサーを用いて「投げられた」かどうかの判定を行っていた。しかし、実際に柔道の試合で活用する際に micro:bit を装着することは安全面を考慮すると

現実的ではなく、プログラムの動作も重くなることがある(後述)ので、他の手段を用いて「投げられた」ことを識別することとした。

6.2 TeachableMachine 単体で動作するシステム

この問題を解決するべく、Teachable Machine に「有効」「技あり」の画像を学習させる時点で「投げられていない」の状態も学習させ、投げられた状態も同時に判別することを可能にした。また、その過程において、柔道着に貼るテープの配色を2種類用意することによって「A 有効」「A 技あり」「B 有効」「B 技あり」のように映像に映る2人のうちどちらが投げられたかの判別の実験も行った。

これらのシステムを導入することで判別精度は若干低下したが、Teachable Machine に学習させる画像の数を増やすことで識別精度を上げることが可能であると考えられる。

7. 現状の課題と今後の展望

7.1 識別精度の低下について

実験をする中で、同じ識別モデルを使用しているにも関わらず、Teachable Machine のサイト上での判定と Stretch3 での判定が異なっているという事象が何度か発生した。

その原因を調査した所、

- ・Teachable Machine のサイトでは、カメラの映像をトリミングして正方形にし、判定に使用している。

- ・一方、stretch3 では元のカメラの映像のアスペクト比を無理やり変更し、1:1 の正方形にしている可能性がある。

ということが分かった。

この問題を解決するには、「OBS studio」などのソフトを用いることで、入力するカメラの映像を1:1 の正方形のものにする必要がある。

7.2 識別間隔について

Stretch3 でプログラムを構築する際、Teachable Machine による判別の間隔は0.1秒毎としていた。しかし実験の際には、パソコンの動作環境によっては動作が重くなり、最低で約0.25秒毎の判定となることもあった。

これには使用するコンピュータのスペックなどの要因もあるが、地方の大会でも高性能なコンピュータを使わずシステムを動かせるように普及させたり、逆に世界大会など高性能なコンピュータが用意できる上で0.1秒より細かい識別を必要とする場面に対応したりする点を考えると、問題となる。

Stretch3 上では0.1秒毎の識別が限度であるので、この問題を解決するためには Stretch3 以外でのプログラム構築が必要となる。

7.3 今後の展望

7.3.1 カメラの追尾について

前述のように、たとえ判別精度が向上してもカメラに選手が映っていなければ判別は行えない。そのため、カメラが選手を追尾する機能を追加することでより確実な動作が期待される。

しかし、AR マーカーなどの柔道着の一部に加工を施す手法を用いると、柔道着が歪んだときに追尾ができなくなる。したがって、色で識別する Pixycam のようなカメラを使うことが望ましいと考えられる。

7.2.2 web アプリ化について

本研究で開発したシステムは、プロトタイプとして Stretch3 上で構築した。構成要素である Teachable Machine および micro:bit は、いずれも JavaScript 環境 (TensorFlow.js や Web Bluetooth API) との親和性が高い。そのため、今後は Web アプリケーションとしてのパッケージ化を想定している。これにより、ユーザーは特別な開発環境を必要とせず、一般的な Web ブラウザのみで本システムを容易に利用することが可能となり、社会実装へのハードルを大きく下げることが期待できる。

8 おわりに

ここ数年の間で、スポーツのみならず様々な分野において AI 技術は飛躍的に進歩している。その一方、柔道界においては AI などの技術が十分に使用されていないというのが現実である。

今回私が行った研究やこの先の研究を通して、柔道界、ひいてはスポーツ界全体がより活発になることを願っている。そして、このことが冒頭で述べた「精力善用」と「自他共栄」の精神に繋がると考えている。

謝辞

本研究を進める中で、丁寧に指導していただいた富山県立高岡高等学校の伊東先生、表先生、川腰先生、多くの面でご協力いただいた富山県立高岡高等学校柔道部およびコンピュータ部の皆様に深く感謝いたします。

参考文献

(1) S. Kato, S. Yamagiwa, Predicting successful throwing technique in judo from factors of Kumite posture based on a machine-learning approach, Computers, 10 巻, 10 号, 175, 2022.

(2) Anthony Miyaguchi, Jed Moutahir, Tanmay Sutar, Annotation Techniques for Judo Combat Phase Classification from Tournament Footage, arXiv preprint, arXiv:2412.07155, 2024.

(3) 2025-2028 国際柔道連盟試合審判規程について (2026.3.17) 2026 年 6 月 13 日閲覧
<https://www.judo.or.jp/coach-referee/referee-regulations-rules/>

(4)Google, Teachable Machine,
<https://teachablemachine.withgoogle.com/> 2026 年 12
月 14 日閲覧

(5) 石原淳也. Stretch3. <https://stretch3.github.io/>
2026 年 12 月 14 日閲覧