

氏名	佐藤 恵一
学位名	博士（システム情報科学）
学位記番号	第52号
学位授与年月日	令和3年3月22日
学位論文題目	空手組手競技へ導入するための深層学習を用いた攻撃動作の識別手法
論文審査委員	主査 鈴木 恵二
	副査 長崎 健
	副査 三上 貞芳
	副査 松原 仁（公立はこだて未来大学・特任教授）

## 論文要旨

空手組手試合において、審判の判定が困難な場面が多くあり、誤判定がしばしば発生する。近年、球技、陸上、競泳、体操などへ深層学習などの人工知能が導入され、審判だけでなく戦術や訓練システムにも応用されてきているが、空手組手競技に関する研究報告はいまだなされていない。この理由として、身体にセンサーを装着できないことや選手同士が高速に交錯し、死角が多く発生するなどの問題から、競技中の動作データの取得方法および動作を識別するための基本的な手法が開発されていないことにある。このようなことから、本研究の目的は、空手組手の動作データ取得方法および動作識別をするための基本となる手法を提案するとともに、誤審の発生原因や提案手法により導入するAIの役割に関する空手組手競技の新知見を示すことである。

最初に姿勢データを正確に測定するため、センサーを身体へ装着して光学式モーションキャプチャーシステムにより空手組手の動作を測定し、空手組手の動作識別実験を行った。この実験を行った理由は、有効な特徴量がどのような動作にあるのかを調査するためである。この実験により「攻撃部位が相手に当たるインパクト」を中心としたある範囲に動作識別に有効な動作があり、逆にその範囲の前後に動作識別の精度を悪化させる動作があることが判明した。この結果をもとに提案手法を考案した。

本研究の提案手法は、身体にセンサーを装着する必要のないビデオデータにより動作識別を行う。ビデオデータから画像フレームを抽出してCNN (convolutional neural network) を用いた提案手法により動作識別実験を行ったところ、光学式モーションキャプチャーシステムを用いた実験と同様に「攻撃部位が相手に当たるインパクト」を中心としたある範

困（フレーム幅）に精度のピークが見られ、またその範囲の前後に精度を低下させる画像フレームがあることが実験で確認された。

サッカー、アイスホッケーなど他のスポーツでビデオデータから深層学習を用いてプレー認識する手法では、CNN である程度の精度を実現することがベースとなっており、その CNN の出力をさらに高度なプレー認識するためのシステムへ接続している。先行研究のシステムは、「基本動作識別システム」と「ルールに従った判定システム」に大別されていると考えられる。

本研究では試合を模倣した空手組手をビデオカメラで撮影し、CNN を用いた動作識別実験を行い、その結果、「攻撃技である」または「攻撃技でない」の推定や、「攻撃技の当たっている」または「当たっていない」の推定で、さらに高度な動作識別をする「ルールに従った判定システム」へ接続するために必要な「基本動作識別システム」の精度が得られた。

誤審の発生原因や提案手法により導入する AI の役割に関する空手組手競技の新知見を述べる。誤審の発生原因は、副審に競技者や主審の体により死角が生じることであり、そのために副審が判定不能の状態になり、ポイントとなる有効技を取りこぼしてしまうということである。剣道の先行研究では、3 人の審判の見る角度により正解率にバラつきがあり、平均約 50% の正解率が示されており、空手組手競技も同様に考えられる。このようなことから本研究では下記のことを行う。

- (1) 試合中に副審が誤審をしてしまう具体例により、発生原因を示す。
- (2) 組手競技への提案手法導入の役割は、「副審がポイントとなる有効技の取りこぼし」を無くすことであることを示す。

## 審査結果の要旨

空手組手試合において、審判の判定が困難は場面が多くあり、誤判定がしばしば発生する。近年、球技、陸上、競泳、体操などへ深層学習などの人工知能が導入され、審判だけでなく戦術や訓練システムにも応用されてきているが、空手組手競技に関する研究報告はいまだなされていない。この理由として、身体にセンサーを装着できないことや選手同士が高速に交錯し、死角が多く発生するなどの問題から、競技中の動作データの取得方法および動作を識別するための基本的な手法が開発されていないことにある。よって本研究の目的は、空手組手の動作データ取得方法および動作識別手法を提案し、その有効性について検証し、審判補助の役割可能性を検討することである。

本論文では第 1 章を序論として本研究の背景と目的を示している。

第 2 章では当該関連研究分野について取りまとめている。

第 3 章では有効は特徴量がどのような動作にあるのかを調査することを目的として、光

学式モーションキャプチャーシステムにより空手組手の動作を測定した。この実験により「攻撃部位が相手に当たるインパクト」を中心としたある範囲に動作識別に有効な動作があり、逆にその範囲の前後に動作識別の精度を悪化させる動作があることを明らかにしている。

第4章では前章で得られた知見をもとに、ビデオデータから抽出した静止画をCNN (Convolutional Neural Network) で学習、識別する手法を提案し、約束組手および模擬試合それぞれにおいて、「攻撃技である」または「攻撃技でない」の推定や、「攻撃技の当たっている」または「当たっていない」の推定で、基本動作識別器として必要な正解精度が確認し有効性を示している。

第5章では実験実施方法および提案手法の結果に関する考察をまとめるとともに、競技場面での機械判定による審判補助の役割可能性について言及を行っている。

第6章は本論文をまとめている。

以上これを要するに、本論文はこれまで機械判定が為されなかった空手組手試合に対して、機械学習に基づく判定システムの構築に関して新知見を得たものであり、スポーツ工学及び複雑系知能領域の進歩に寄与するところ大なるものがある。よって学位論文として十分値するものと結論する。