HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	サッカー映像における戦術解析を実現するための深層学習に関する研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	鈴木, 元樹
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第14577号
Issue Date	2021-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/81105
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Genki_Suzuki_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学　位　論　文　内　容　の　要　旨

博士の専攻分野の名称　　博士（情報科学）　　氏名　鈴木　元樹

学　位　論　文　題　名

サッカー映像における戦術解析を実現するための深層学習に関する研究
（A Study on Deep Learning for Tactics Analysis in Soccer Videos）

本論文は, サッカー映像における戦術解析を実現するための深層学習に関する研究の成果をまとめたものである.

近年, スポーツ映像はテレビ放送に加えてインターネットによる映像配信サービスにより視聴可能となっている. これに伴い,DAZN に代表されるスポーツ競技を対象とした映像配信サービスでは, チームや選手に関する情報などが, 映像とともに提供されている. 特に, サッカー競技の市場規模は団体スポーツ競技の中で最も大きく, 競技に関する知識量が視聴者によって大きく異なることから, 視聴者の理解を助ける情報の生成に関する技術が必要であり, その実現のための研究が活発に進められている. 視聴者がサッカー映像の内容を十分に理解するためには, 選手や競技ルールに加えて, 選手の動きやフォーメーションなどの戦術に関する専門知識が必要となる. したがって, 視聴者のサッカー競技への理解を促すためには, サッカー映像からの戦術解析技術の構築が必要不可欠である.

サッカー競技で用いられる戦術は主に, 個人戦術, グループ戦術, およびチーム戦術の 3 つに大別される. まず, 個人戦術はシュートやドリブルなどの個人に着目した戦術である. グループ戦術は, パスやオフサイドトラップなど, 攻撃と守備において複数の選手が連携することで行われる戦術である. 最後に, チーム戦術は, チームメンバー全員で個人戦術またはグループ戦術を用いて攻撃や守備を行う戦術であり, 試合状況に応じて変化する. 従来より, サッカー映像から選手やボールを抽出し, 個人戦術またはグループ戦術の推定を可能にする手法が提案されている. また, 近年, 実際のスタジアムに設置されたセンサにより多くの選手・ボール位置データが高精度に取得可能となったことから, 個人・グループ戦術に加えて, チーム戦術を推定する研究の注目度が高まっている. チーム戦術は試合状況に応じて複雑に変化するため, 学習データから自動で識別器の構築が可能な機械学習による解析が行われてきた. 具体的に, 選手・ボールの位置に関するデータから算出した選手・ボールの動きに関する特徴と, 専門家が付与したチーム戦術に関するラベル情報を組とした学習データを用いて, チーム戦術の推定を可能にする識別器の構築が行われている. さらに近年では, 深層学習に関する研究が活発に行われており, その導入によるチーム戦術推定の高精度化が期待されている.

深層学習は多層のニューラルネットワークによる機械学習手法であり, 入力データと対応する出力ラベルの組を用いて入力データの特徴を学習することで, 隠れ層のパラメータが決定される. 深層学習の精度向上には, 一般に多数の隠れ層が必要であり, 最適に決定すべきパラメータ数が多くなるため, 大量の学習データが必要となる. しかしながら, チーム戦術は個人・グループ戦術よりも専門性が高いため, 学習データの出力ラベルの付与には膨大な時間と労力を要し, 十分な量のデータを収集することは困難である. このため, 深層学習に基づいた戦術解析については, 未だ高精度なチーム戦術の推定手法が実現されていない.

これまでに, 深層学習の分野では学習データ量が不足する場合, 学習データを加工・変形させ,

データ量を人工的に充足するデータ拡張手法や, 他のデータで学習を行った深層学習のモデルに対して対象分野のデータを追加し学習を行う転移学習など, 少量データからの学習を行う手法が様々提案されてきた. しかしながら, サッカー競技における戦術解析を対象とした場合, 単純な処理によって学習データを充足することは容易ではなく, また, 転移学習を行うための他の学習データにより構築されたモデルも存在しない状況にある.

そこで本論文では, 少ない学習データ量においてもサッカー映像における戦術解析を可能とする新たな深層学習手法を提案する. 具体的に, 少量データからの学習を可能にする手法の導入および, 戦術に関する知識の導入によって, 深層学習に基づいた高精度なチーム戦術の推定を実現する. 本論文では,1) フィードフォワード型学習の導入によって少量の学習データにおいてもモデルパラメータの最適化を可能にする深層学習手法の実現,2) チームの戦術の関係性に基づく推定の高精度化,3) サッカー経験者の競技に関する専門知識に基づく戦術解析の実現の 3 つのアプローチにより, 従前に存在した問題の解決を試みる. まず,1) では, 誤差逆伝搬法に基づかず, 大量の学習データを必要としない識別器 Deep Extreme Learning Machine (DELM) を戦術解析に導入し, 選手・ボール位置データから算出したチーム戦術に関する特徴を用いて学習を行う. これにより, 少量の学習データ量においても DELM のパラメータが最適化され, 従来のチーム戦術の推定手法と比較して高精度化が実現されることを示す. 次に,2) では,1) で構築した深層学習手法に, 新たにチームの戦術の関係性に基づいた制約を導入して戦術の推定結果を補正する. これにより, 対戦する 2 チームの戦術の組み合わせに基づく最適な補正が可能となり, チーム戦術推定の高精度化が実現される. 最後に,3) では, サッカー映像を視聴する経験者の視線の動きが競技に関する専門知識と高い関連性を有していることに着目し, これを深層学習に導入する. 以上のように, 本論文では, 戦術や競技に関する知識を導入した深層学習を構築することで, 少量の学習データからの戦術解析を実現する.

以下に本論文の構成を示す. 第 1 章では, 本論文の研究背景および目的を述べる. 第 2 章では, 本研究の関連研究としてサッカー映像からの戦術解析に関する従来研究を紹介し, 本論文で解決すべき課題を明らかにする. 第 3 章では,DELM に基づいて少量の学習データから高精度なチーム戦術の推定を可能にする手法を提案する. 第 4 章では, チームの戦術の関係性に基づく制約を導入したチーム戦術の推定手法を提案し, 推定結果の補正に基づく高精度化が実現されることを示す. 第 5 章では, サッカー経験者から取得した映像視聴時の視線データを用いた戦術解析手法を構築することで, サッカー競技に関する専門知識を導入することの有効性を示す. 最後に第 6 章では, 本研究の成果を要約し, 論文全体のまとめとする.

以上を要約すると, 本論文は, 少量データからの学習を可能にする深層学習モデルを構築することで, サッカー映像からの高精度な戦術解析を実現している. さらに, 本手法を実際のサッカー映像に適用する実験を行い, その有効性を示している.