



Title	AI-Driven Assessment of Player Contribution and Cooperation Dynamics in Team Sports Using Trajectory Data
Author(s)	田中, 毅
Citation	大阪大学, 2025, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/101764
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 （田中 毅）	
論文題名	AI-Driven Assessment of Player Contribution and Cooperation Dynamics in Team Sports Using Trajectory Data (AIによるチームスポーツにおける選手の貢献度と協調性の評価)
<p>論文内容の要旨</p> <p>高度な画像処理技術とGPS搭載機器の統合により、人間の動きを分析する能力が大幅に向上し、特にスポーツ分野をはじめとするさまざまな分野における集団力学の理解が深まっている。しかし、予測の根拠を抽出することは、高次元の情報から高度な予測を行うことを目指すAI研究における課題である。本論文では、AIモデルの入力に摂動を加える手法を活用することで、スポーツチームのパフォーマンスを予測するモデルを用いて、個々の選手の貢献度を予測するアプローチを検証する。本研究は、バスケットボールやサッカーなどのチームスポーツにおける個々の選手のパフォーマンスと選手間の相互作用の両方を評価するために、選手の軌跡を入力とするディープラーニングを使用することで、より現実に近いモデルの表現を目的としている。</p> <p>私たちは、3つの包括的なアプローチを提案する。まず、学習済みモデルの入力データの摂動を用いて選手の貢献度を推定する手法を開発する。このモデルは、畳み込みニューラルネットワーク（CNN）によって選手とボールの軌跡を分析することで、チームのスコアなどの主要な指標を予測するものである。次に、情報理論の原理を応用し、移動エントロピーを用いて選手の動きのパターンから選手間の協調の度合いを定量化する。この分析により、選手間の相互作用がチームパフォーマンスや結果にどのように影響するかを確認する。第三に、グラフニューラルネットワーク（GNN）を用いてこれらの相互作用の洞察を第一の手法に組み込むことで、予測モデルを強化した。これにより、すべての選手とボールの間の関係をより正確に再現することができ、最終的に予測精度や個人の貢献度の理解が向上する。</p> <p>1つ目の手法として、プロバスケットボールおよびプロサッカーのリーグから得た膨大なトラッキングデータを用いて、提案した手法を検証した。その結果、バスケットボールの高精度な得点予測モデルが得られ、曲線下面積（AUC）が約0.92を達成した。各選手の貢献度は、各選手の入力をマスクした際の出力値の変化を評価することで評価し、その結果の妥当性は、1シーズンの各選手の貢献度の平均値と既存の評価指標との比較により確認した。特に、バスケットボール選手の貢献度を表す指標である「Efficiency」との相関が非常に高く、得点やアシストなどの他の個人スコアとの相関は低いことが分かった。また、サッカーの得点機会予測モデルも構築し、バスケットボールよりもデータセットは小さいものの、約0.87の予測精度を達成した。さらに、サッカーの得点機会に対する選手の貢献度を評価する際、各チームの個人スコアとの相関を評価したところ、シュートやパスレシーブ、ドリブルをするなど、動きの軌跡に大きな影響を与える攻撃プレイの回数と高い相関があることがわかった。これらの結果から、提案した選手貢献度評価は、ブラックボックスなAIを用いて得点に直結する貢献度を評価する新たな手法であること、また従来から用いられている指標との比較による妥当性も解釈できることがわかった。</p> <p>2つ目の手法では、情報理論における移動エントロピーの概念を用いて、サッカー試合における選手間の協調度を算出する。これを算出するために、2人の独立した加速度や移動量などの時系列データを連続的な確率変数に変換し、2人の間に協調性があるかを評価する方法を提案した。また、実際のチームスポーツで評価データを収集するために、選手の負担が少なく複数のセンサーデータを収集できるウェアラブル端末を設計・試作した。試作した端末を用いてサッカーの試合で収集したデータを用いて、試合の組織的なパフォーマンスを専門家が評価した結果と、移動エントロピーに基づくネットワーク構造を比較した。その結果、特にチーム間の協調が組織的なパフォーマンスに大きな影響を与えることを確認することができた。</p> <p>第3の手法では、第2の手法で得られた仮説に基づき、第1の手法のディープラーニングモデルにGraph Neural Network（GNN）を適用した。選手間の相互作用を取り入れることで、より現実的なモデルによってバスケットボールの得点予測精度向上と選手貢献度評価の妥当性向上を目指した。バスケットボールのデータセットを用いて、選手間のグラフ構造に関する3つの異なる仮定を用いて予測精度を評価した。その結果、全選手とボールの相互作用を考慮したモデルが最も精度の高い得点予測モデル（AUC 0.95以上）が得られることを確認した。また、選手間の相互作用を考慮しないCNNを用いたモデルよりも予測精度が高く、再現率・適合率もスポーツで求められる0.9程度の水準に近づくことを確認した。</p> <p>この研究結果は、コーチやスポーツアナリストが従来用いてきた評価方法を自動化し、強化するAIの潜在的可能性を示している。データに基づく選手の貢献度や相互作用の評価に関する包括的な手法を提供することで、革新的な戦術の開発を促進し、これまで見過ごされていた選手の再評価を可能にする。これはチーム戦略や選手育成に実用的な効果をもたらし、意思決定のためのデータ主導の基盤を提供する。スポーツ分野における応用を超えて、この研究は、アスリートのトレーニング、パフォーマンスの評価、成長プロセスの理解など、より幅広い影響を与える可能性がある。これらの成果は、教育や生涯スポーツの取り組みに大きく貢献し、データ分析技術が子供の発達や健康全般などにポジティブな影響を与える可能性を示唆する。</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (田 中 毅)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教授	山口 弘純
	副 査	教授	村田 正幸
	副 査	教授	渡辺 尚
	副 査	教授	下西 英之

論文審査の結果の要旨

AI技術とトラッキングデータの進展により、スポーツにおける選手個々のパフォーマンスやチーム全体の協調動作を定量的に分析することが可能となった。本研究は、バスケットボールとサッカーを対象に、選手の動きや位置情報、ボールの軌跡をAIモデルに適用し、得点機会への貢献度やチーム内の情報伝達の構造を可視化する新しい手法を提案するものである。

第一の研究成果は、チームスポーツにおける個々のプレイヤーが得点機会にどのように寄与しているかを推定する深層学習モデルの開発である。本研究では、バスケットボールとサッカーを対象にし、選手とボールの軌跡データを用いて選手の動きを分析する方法を提案した。この方法の中核となるのは、予測モデルに対して入力データの一部を除外し、その出力変化を評価することで各選手の貢献度を定量化する手法である。これにより、従来の主観的な評価方法や単純な統計的指標を超えて、より正確で説明可能な評価が可能となった。バスケットボールデータではAUCが0.927、サッカーでもAUCが0.872と極めて良好な結果を示した。これにより、今後のプレイヤー評価やチーム戦略への応用が期待される。

第二の研究成果は、選手間の協力関係を定量的に評価し、チームパフォーマンスとの関連を探るために移動エントロピーを用いた分析手法を提案した点である。これは、選手ごとの加速度や位置データを時間連続変数として扱い、二者間の情報伝達量を測定する方法である。試合データを用いた分析では、選手間の動きの連携が重要な得点場面での成功率に強く影響することが確認された。またフィールド実験での検証でも、ウェアラブルデバイスにより取得したデータから、試合中の各選手の動きとその協調関係を実時間分析可能であることが示された。また、この手法により、異なる戦術に基づいたプレシナリオにおいても協力関係の違いが定量的に把握できるため、チーム戦術の最適化や選手の育成における有用性が高いといえる。

第三の研究成果は、バスケットボールの得点予測において選手間の相互作用を考慮するために、グラフニューラルネットワーク (GCN) を適用した点である。従来のニューラルネットワークでは選手の個別データを独立して扱うのに対し、GCNは選手間の関係性を構造化してモデルに反映することで、より現実的なチームプレイの分析を可能にした。NBAの公式トラッキングデータを使用した評価では、得点機会の予測精度が従来手法よりも大幅に向上したことが示された。具体的には、プレイヤー間の連携構造を示すグラフデータを入力し、各選手が得点機会にどの程度寄与するかを予測することで、AUCが0.95を超える高精度な結果が得られた。また、GCNの適用により、選手間の連携の強さやその変化が得点機会の成功確率に与える影響を分析することが可能となり、戦略的なプレイヤー配置や試合中の判断を支援するためのデータ駆動型アプローチとしての可能性が示唆された。

本研究は、チームスポーツにおける選手の貢献度評価やチーム内の協調動作の分析を実現する新しいアプローチを提案した。この成果により、試合中の選手の動きが得点にどのように影響するかを具体的に示すことが可能となり、客観的なデータに基づく戦術策定が可能となる。本研究は、他のスポーツ分野への応用も期待されており、スポーツ全般におけるパフォーマンスの向上に貢献すると考えられる。よって、博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める。