

学位論文題名

サッカー映像の意味理解を実現するための画像解析に
関する研究

(A Study on Image Analysis for Semantic Understanding of Soccer Videos)

学位論文内容の要旨

本論文は、サッカー映像の意味理解を実現するための画像解析に関する基礎的な研究の成果をまとめたものである。

テレビ放送の多チャンネル化やインターネットによる映像配信の普及により、多くの人が映像を視聴する機会が増加している。また、サッカー映像や野球映像などのスポーツ映像は、世界中で関心が高く、非常に多くの視聴者が存在する。しかしながら、視聴者がスポーツ映像を十分に理解するためには、選手や戦術などに関する知識や経験が要求される。加えて、視聴者が映像を視聴可能な時間は限られている。このため、視聴者が試合内容を容易に理解するためのデータの提示や映像の効率的な視聴を可能とする技術が必要とされており、様々な研究が国内外で活発に行われている。具体的に、スポーツ映像に対するメタデータの付与や、注目する場面を集めて試合を要約したハイライト映像の自動生成が挙げられる。

このような背景から、これまでスポーツ映像を解析し、試合内容に関するデータを取得する手法が種々提案されている。従来手法では、画像処理や音響信号処理の技術を用いて映像を解析することで、試合内容に関するデータの取得を試みている。具体的に、映像から特定の構図となる画像を検知することで、試合開始や得点、反則などのイベントのタグをメタデータとして付与する手法が提案されている。しかしながら、画像全体の構図でなく、選手の動きやフォーメーションが特徴的な場合にメタデータを付与することが困難となる。また、スポーツのハイライト映像を生成する手法では、画像の構図や歓声の大きさに基づいて注目すべき場面を検出し、試合を要約している。しかしながら、画像の構図や歓声の大きさによって注目すべき場面を検出するため、この手法においても選手の動きやフォーメーションが特徴的な戦術やイベントの場面を含むハイライト映像の生成は困難である。以上のように従来手法は、画像の構図や歓声の大きさに関する特徴量の解析によって実現されるため、選手のスキルや戦術などの解析までには至っておらず、視聴者が試合内容を容易に理解するためのデータを取得することが困難である。

サッカーの試合内容を理解するためには、多くの戦術の基本的な要素であるパスについての解析が有効である。さらに、多くの戦術は選手の配置とその移動によって決まるため、より適切なサッカー映像の意味理解を実現するためには、選手の追跡を精度良く行うことが重要である。そこで、本論文では、サッカーの試合内容が選手配置に関連することに注目し、画像解析によってサッカー映像から選手配置を取得する手法、および選手配置に基づいた戦術のモデル化によって戦術に関するデータを可視化する手法を提案している。本論文ではまず、サッカー映像における意味理解を実現するため、サッカー映像の特性に注目した画像解析により選手を追跡する。具体的には、選手のユニ

フォーム色が明らかであること、およびフレーム間で選手位置が大きく変化しないというサッカー映像の特徴に注目し、選手ユニフォームの色成分推定と複数フレームを同時に処理可能な手法を導入することで高精度な選手追跡を可能とする。さらに、本論文では、得られた選手追跡結果に基づいてサッカー映像においてパスが可能な領域を推定し、その結果を可視化する。具体的には、パスコースが選手の配置によって決定されることに注目し、選手の配置に基づいてパスに関するモデルを構築することで、画像中の特徴的な領域を抽出可能な手法を用いてパスが可能な領域の推定、およびその可視化を可能とする。以上のように、本論文では、サッカー映像からの選手配置の取得、および戦術に関するデータの選手配置に基づいた可視化によって視聴者が試合内容を容易に理解するためのデータの提示を実現する。

本論文では、まず第2章で関連研究としてスポーツ映像を解析する研究を紹介し、その問題点について示す。さらに、本論文で解決すべき課題について明確にする。第3章では、動的輪郭モデルであるレベルセット法を紹介する共に、サッカー映像の特性に注目した画像解析による選手追跡を提案し、選手の配置やその移動に関する解析を可能とする。提案手法ではまず、対戦するチーム間で選手のユニフォーム色が異なり、同一のユニフォームを構成する色は画像中で互いに近傍に存在することに注目し、色の共起頻度である色コリログラムを導入することで、サッカー映像から追跡する色成分を自動で推定可能とする。次に、提案手法では、サッカー映像のフレーム間で選手の位置が大きく変化しないという特徴に注目し、映像の時間軸を第3軸とする3次元のデータとして扱い、領域抽出手法であるレベルセット法を適用することで、サッカー映像中の選手位置を精度良く追跡することを可能とする。第3章によって、選手の配置とその移動に関するデータが取得されるため、サッカー映像の内容を解析することが可能となる。次に第4章では、画像中の特徴的な領域を抽出する手法であるアクティブネットを紹介すると共に、それを用いてパスが可能な領域の推定および可視化を行う手法を提案し、多くの戦術の基本的な要素であるパスについての解析を実現する。サッカーでは、パスコースは不可視である。そこで、提案手法では、パスは選手の配置が重要であることに注目し、選手の配置に基づいてパスに関するモデルを構築することで、サッカー映像にアクティブネットを適用可能とし、不可視なパス可能領域を可視化する。さらに、第5章では、3次元データ中の特徴的な領域を抽出する手法であるアクティブグリッドを紹介すると共に、選手の追跡結果を用いて複数フレームからパス可能領域を高精度に推定する手法を提案する。提案手法では、パスに関して映像の時間軸を第3軸とするモデルを構築し、選手の追跡結果に対してアクティブグリッドを適用可能とすることでより高精度にパス可能領域を推定可能とする。最後に、第6章において、本研究の成果について要約し、論文全体のまとめとする。

以上を要約すると、本論文は、画像の構図や歓声の大きさに関する特徴量の解析でなく、ユニフォームの色や選手配置に基づく画像解析によって、選手の追跡やパスコースの可視化を行い、視聴者が試合内容を容易に理解するためのデータの提示を実現した。また、本論文では本手法を実際のサッカー映像に適用した実験により、その有効性を示している。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 長谷山 美 紀
副 査 教 授 山 本 強
副 査 教 授 荒 木 健 治

学位論文題名

サッカー映像の意味理解を実現するための画像解析に 関する研究

(A Study on Image Analysis for Semantic Understanding of Soccer Videos)

本論文は、サッカー映像の意味理解を実現するための画像解析に関する基礎的な研究の成果をまとめたものである。

テレビ放送の多チャンネル化やインターネットによる映像配信の普及により、多くの人が映像を視聴する機会が増加している。また、サッカー映像や野球映像などのスポーツ映像は、世界中で関心が高く、非常に多くの視聴者が存在する。しかしながら、視聴者がスポーツ映像を十分に理解するためには、選手や戦術などに関する知識や経験が要求される。加えて、視聴者が映像を視聴可能な時間は限られている。このため、視聴者が試合内容を容易に理解するためのデータの提示や映像の効率的な視聴を可能とする技術が必要とされており、様々な研究が国内外で活発に行われている。具体的に、スポーツ映像に対するメタデータの付与や、注目する場面を集めて試合を要約したハイライト映像の自動生成が挙げられる。

このような背景から、これまでスポーツ映像を解析し、試合内容に関するデータを取得する手法が種々提案されている。従来手法では、画像処理や音響信号処理の技術を用いて映像を解析することで、試合内容に関するデータの取得を試みている。具体的に、映像から特定の構図となる画像を検知することで、試合開始や得点、反則などのイベントのタグをメタデータとして付与する手法が提案されている。しかしながら、画像全体の構図でなく、選手の動きやフォーメーションが特徴的な場合にメタデータを付与することが困難となる。また、スポーツのハイライト映像を生成する手法では、画像の構図や歓声の大きさに基づいて注目すべき場面を検出し、試合を要約している。しかしながら、画像の構図や歓声の大きさによって注目すべき場面を検出するため、この手法においても選手の動きやフォーメーションが特徴的な戦術やイベントの場面を含むハイライト映像の生成は困難である。以上のように従来手法は、画像の構図や歓声の大きさに関する特徴量の解析によって実現されるため、選手のスキルや戦術などの解析までには至っておらず、視聴者が試合内容を容易に理解するためのデータを取得することが困難である。

サッカーの試合内容を理解するためには、多くの戦術の基本的な要素であるパスについての解析が有効である。さらに、多くの戦術は選手の配置とその移動によって決まるため、より適切なサッカー映像の意味理解を実現するためには、選手の追跡を精度良く行うことが重要である。そこで、本論文では、サッカーの試合内容が選手配置に関連することに注目し、画像解析によってサッカー映像から選手配置を取得する手法、および選手配置に基づいた戦術のモデル化によって戦術に関するデータを可視化する手法を提案している。本論文ではまず、サッカー映像における意味理解を実現

するため、サッカー映像の特性に注目した画像解析により選手を追跡する。具体的には、選手のユニフォーム色が明らかであること、およびフレーム間で選手位置が大きく変化しないというサッカー映像の特徴に注目し、選手ユニフォームの色成分推定と複数フレームを同時に処理可能な手法を導入することで高精度な選手追跡を可能とする。さらに、本論文では、得られた選手追跡結果に基づいてサッカー映像においてパスが可能な領域を推定し、その結果を可視化する。具体的には、パスコースが選手の配置によって決定されることに注目し、選手の配置に基づいてパスに関するモデルを構築することで、画像中の特徴的な領域を抽出可能な手法を用いてパスが可能な領域の推定、およびその可視化を可能とする。以上のように、本論文では、サッカー映像からの選手配置の取得、および戦術に関するデータの選手配置に基づいた可視化によって視聴者が試合内容を容易に理解するためのデータの提示を実現する。

本論文では、まず第2章で関連研究としてスポーツ映像を解析する研究を紹介し、その問題点について示す。さらに、本論文で解決すべき課題について明確にする。第3章では、動的輪郭モデルであるレベルセット法を紹介する共に、サッカー映像の特性に注目した画像解析による選手追跡を提案し、選手の配置やその移動に関する解析を可能とする。提案手法ではまず、対戦するチーム間で選手のユニフォーム色が異なり、同一のユニフォームを構成する色は画像中で互いに近傍に存在することに注目し、色の共起頻度である色コリログラムを導入することで、サッカー映像から追跡する色成分を自動で推定可能とする。次に、提案手法では、サッカー映像のフレーム間で選手の位置が大きく変化しないという特徴に注目し、映像の時間軸を第3軸とする3次元のデータとして扱い、領域抽出手法であるレベルセット法を適用することで、サッカー映像中の選手位置を精度良く追跡することを可能とする。第3章によって、選手の配置とその移動に関するデータが取得されるため、サッカー映像の内容を解析することが可能となる。次に第4章では、画像中の特徴的な領域を抽出する手法であるアクティブネットを紹介すると共に、それを用いてパスが可能な領域の推定および可視化を行う手法を提案し、多くの戦術の基本的な要素であるパスについての解析を実現する。サッカーでは、パスコースは不可視である。そこで、提案手法では、パスは選手の配置が重要であることに注目し、選手の配置に基づいてパスに関するモデルを構築することで、サッカー映像にアクティブネットを適用可能とし、不可視なパス可能領域を可視化する。さらに、第5章では、3次元データ中の特徴的な領域を抽出する手法であるアクティブグリッドを紹介すると共に、選手の追跡結果を用いて複数フレームからパス可能領域を高精度に推定する手法を提案する。提案手法では、パスに関して映像の時間軸を第3軸とするモデルを構築し、選手の追跡結果に対してアクティブグリッドを適用可能とすることでより高精度にパス可能領域を推定可能とする。最後に、第6章において、本研究の成果について要約し、論文全体のまとめとする。

これを要するに、著者は、画像の構図や歓声の大きさに関する特徴量の解析でなく、ユニフォームの色や選手配置に基づく画像解析によって、選手の追跡やパスコースの可視化を行い、視聴者が試合内容を容易に理解するためのデータの提示を実現している。また、本手法を実際のサッカー映像に適用した実験により、その有効性を示しており、本研究を通じて、情報科学の分野に貢献するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士(情報科学)の学位を授与される資格があるものと認める。