

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 5 月 9 日現在

機関番号：32619

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26560357

研究課題名(和文)画像処理とグラフ理論によるサッカープレー分析システムの開発

研究課題名(英文)Development of analytical system for soccer play by means of image processing and graph theory

研究代表者

坂上 賢一 (Sakaue, Kenichi)

芝浦工業大学・工学部・准教授

研究者番号：40383509

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、市販ビデオカメラで撮影されたサッカーの試合映像から、背景除去などの基本的な画像処理とパーティクルフィルターを用いて選手・ボールを自動追跡してその位置を計測するものである。開発したシステムの精度は海外で使用されている既存のシステムと同程度の精度で計測できることが示された。また、計測された選手・ボール位置のデータから、攻撃時のボールの平均位置と相手チームの最終ラインを突破した攻撃との関係进行分析し、ボール位置が相手ゴールに近いほど有効な攻撃が多くなることが示された。

研究成果の概要(英文)：The present study developed the measurement technique for positions of soccer players and soccer ball from a soccer match movie by means of fundamental image processing and particle filter. It was shown that the measurement accuracy was almost the same as other systems used in Europe. From the measured position of the players and the ball, relation between the average ball position in attacking and successful attacking was analyzed. The results showed that the ratio of successful attacking increased as the average ball position got closer to an opposition goal.

研究分野：機械工学

キーワード：サッカー 画像処理 グラフ理論

## 1. 研究開始当初の背景

スポーツにおけるデータ分析は選手やチームの競技力向上に極めて有効であることから、データの分析方法が広く研究されている。しかし、サッカーでは、試合中の選手位置の計測が難しいばかりではなく、選手・チームの競技力を評価する指標が見いだされていないため、プレーを分析するための方法が確立されていない。それでも、海外では、映像から選手位置を計測する商用のプレー分析システムが広く用いられている。しかし、国内ではこれらのプレー分析システムは運用コストが高いことなどの理由から利用頻度が低く、国内では十分なプレー分析が行われていない。

日本国内において、試合中の選手位置の客観的計測とそれに基づくデータ分析の方法を定着させるためには、低コストで利用可能なプレー分析システムが必要である。また、サッカーのプレー分析に基づいたトレーニングの立案により競技力向上を目指すためには、プレーを定量化可能なプレー評価項目の開発が必要である。

低コストで利用可能なプレー分析システムでは、商用のプレー分析システムと同様に画像処理による選手位置計測法が有効であると考えられる。画像処理によってサッカー選手の位置を計測する試みは、情報工学や画像処理分野の研究者らによって多くの研究がなされている。しかし、これらの分野の研究では追跡が困難な状況において 100%の自動追跡が可能なアルゴリズムを提案することが目的であり、試合時間全体にわたって選手位置を計測することを目的とした研究やプレー分析システムの開発を目的としていることは少ない。

研究代表者(坂上)は、材料変形計測のための画像処理方法を応用し、研究分担者(石崎)と協力してサッカー試合映像からサッカー選手を自動追跡する方法に取り組んできた。この方法は、試合映像の撮影に市販のビデオカメラを用いることから低コストで利用可能な方法である。したがって、この方法により商用システムと同等の精度で追跡結果が得られるようになれば、日本国内のサッカー競技力向上に資する新たな計測手法を提供することが可能になる。

一方、計測データに基づくプレーデータとしては、総走行距離、スプリント距離、スプリント回数などが広く用いられているが、選手の競技力との関係が不明確である。競技力を定量的に評価可能な項目を見いだすには、大容量の計測位置データを数学的・統計的に分析する必要がある。

サッカーのチーム機能は選手間の「つながりかた」の問題であると考えられることから、要素間の「つながりかたの強弱」を評価する数学の一分野であるグラフ理論が応用できる可能性がある。したがって、グラフ理論に基づいて選手の競技力を考慮した選手間ネ

ットワークを数値化することにより、サッカーのチーム機能を評価できる可能性が極めて高い。

研究代表者らが開発している自動追跡システムに、グラフ理論を組み合わせたチーム機能評価などを組み合わせ、サッカーのデータ計測から評価までを行える方法が確立すれば、日本サッカー全体の競技力向上が期待できる。

## 2. 研究の目的

### (1) 選手・ボールデータの計測が可能な汎用プレー分析システムの開発

研究代表者らは、選手位置データが分析可能な安価なプレー分析システムを独自に開発してきた。研究期間内では、多数のスタジアムにて利用可能にするとともに、ボール追跡も可能にした汎用プレー分析システムを開発する。

### (2) 選手・ボールデータの統計数理的分析による新たなプレー評価項目の提案

自動追跡による選手・ボール位置データの計測実現により、これらの計測データを統計数理的に分析し、新たなプレー評価項目の提案する。特に、現在まで評価項目の確立されていないチーム機能の評価に関して、グラフ理論を活用してチーム機能の数値化を行う。

### (3) サッカープレースタイルの定量化と競技力向上のためのコーチング

提案した評価項目に基づき Jリーグクラブチームごとのプレースタイルを定量化し、定量化データをもとに現場スタッフと競技力向上のコーチング内容を検討する。

## 3. 研究の方法

### (1) 選手位置計測システム

2 台の市販のビデオカメラでサッカーピッチを半面ずつ撮影し、画像処理によって試合中の選手位置を計測する。選手位置計測システムは主に 5 つの画像処理によって構成される。

背景除去：静止物体を除去する。

階調削減：2 台のカメラ映像の色調の違いや照明の影響を軽減する。

パーティクルフィルター：追跡対象の選手が他の選手によって遮られた場合でも追跡を継続するため、追跡対象の位置を動体予測して追跡する。

ミーンシフト：局所画像相関により追跡対象の位置を正確に決定する。

射影変換：映像上の位置を実際のサッカーピッチ上の位置に座標変換する。

これらの画像処理により、1/20 秒毎に選手位置を追跡する。

### (2) ボール位置計測システム

2 台の市販のビデオカメラでサッカーピッチを半面ずつ撮影し、画像処理によって試合中のボール位置を計測する。計測システムは主に 5 つの画像処理によって構成される。

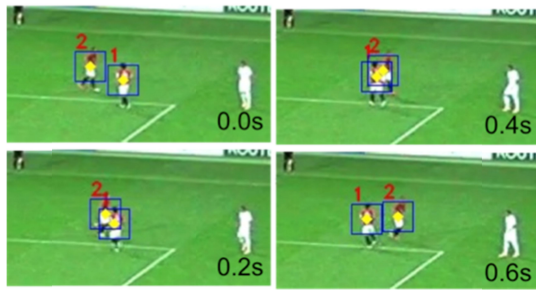


図1 選手の追跡画像

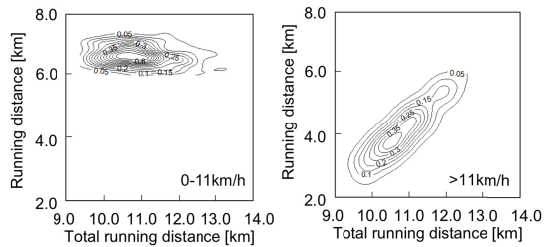


図2 総走行距離の分析結果

背景除去：静止物体を除去し，膨張収縮処理によりノイズを削除する．

輪郭情報に基づくボール検出：移動物体の輪郭を検出し，物体の面積，円形度，色からボールを検出する．

分離度によるボール検出：ボールと選手が重なっている場合に円形分離度フィルターによりボールを検出する．

グラフ理論によるボール最短経路探索：ボールとして検出された物体が複数ある場合やボールが検出されなかった場合のボール位置を，ボールが検出された他の時刻のボール位置からグラフ理論を用いて推定する．

射影変換：映像上の位置を実際のサッカーピッチ上の位置に座標変換する．

これらの画像処理により，1/20 秒毎にボール位置を計測する．

#### 4. 研究成果

##### (1) 選手位置計測システムによる選手評価

選手位置計測システムによる2名の選手を同時に追跡したときの連続画像を図1に示す．図1に示すように2名の選手は0.2秒から0.4秒にかけて重なっているが正しく追跡が継続していることがわかる．このように本研究で開発した選手位置計測システムでは，複数の選手が画面上で重なる場面でも追跡が可能である．90分の試合における自動追跡の達成率は76%から98%であり，既存のシステムに比べても良い結果である．

図2に選手位置計測システムで計測した試合中の選手の走行距離に関する分析結果を示す．図2の左図は90分間の総走行距離に対する11km/h以下の走行距離，右図は11km/h以上の走行距離を示しており，それぞれ182名の選手の結果をカーネル密度推定によって可視化した結果である．図2から，11km/h以下の走行距離は総走行距離の長さ

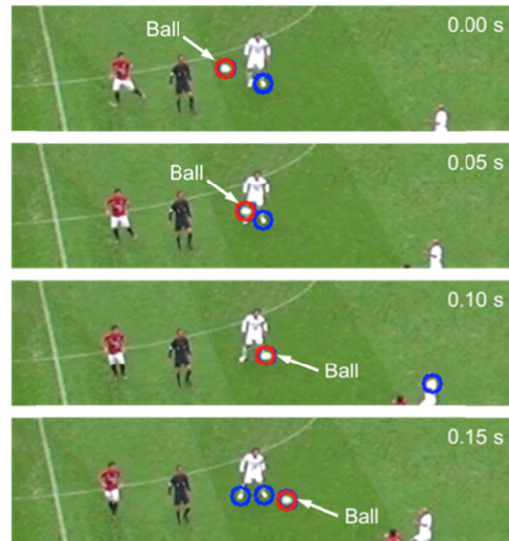


図3 ボールの追跡画像

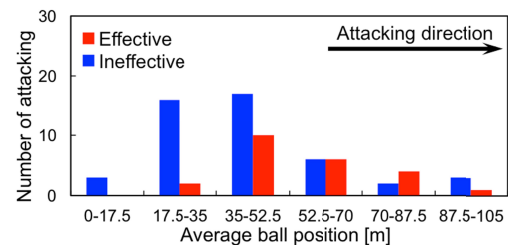


図4 有効・非有効な攻撃の分析結果

によらずほぼ同じであるのに対し，11km/h以上の走行距離は総走行距離が長くなることもあって長くなることわかる．このことから，総走行距離が長い選手は11km/h以上の高強度の走行が多いことがわかる．図2の結果は選手位置計測システムを用いることにより，試合中の選手の運動を定量的に評価できることを示している．

##### (2) ボール位置計測システム

ボール位置計測システムによるボール追跡時の連続画像を図3に示す．図3に示すようにボールは0.05秒から0.10秒にかけて選手と重なっているが正しく追跡が継続していることがわかる．ボールが選手の後ろ側にある場合などボールが画面上にない場合もあるが，ボールが画面上に映っている場合，本研究で提案する手法により80%以上の割合でボールの計測に成功している．

##### (3) プレーの定量化と分析

サッカーでは1試合のシュート数は平均11本程度であり，攻撃の評価指標として用いるには，シュート数は統計量として少ない．そのため試合中に数多く生じる攻撃の中からボールが相手チームの最終ラインを突破した場合を有効な攻撃と定義し，プレーの分析を行った．各チームの選手およびボールの位置は前述の計測システムにより計測した．

図4はあるチームの試合前半における攻撃

の分析結果を示している。横軸は攻撃時にボールを保持した時の平均位置、縦軸は有効な攻撃または非有効な攻撃の回数を示している。図4からボール保持時の平均位置が自分のゴール側(0mから52.5m)の位置では、攻撃の回数は多いが、相手チームの最終ラインを突破した有効な攻撃の割合は少ないことがわかる。一方、ボール保持時の平均位置が相手チームのゴール側(52.5mから105m)の位置では、攻撃の回数は少ないが有効な攻撃の割合が多くなることがわかる。したがって、ボールの保持位置が自分のゴール側の場合には有効な攻撃に繋がる可能性が低いことが分析により示された。

#### (4) 今後の展望

本研究では、2台の市販のビデオカメラでサッカーピッチを半面ずつ撮影した映像から、画像処理によって試合中の選手位置およびボール位置を計測するシステムを開発した。この方法により、試合中の選手の走行距離やプレーの分析が可能であることから、データをもとにした競技力向上のための方法として有効である。

一方、サッカーにおけるデータの計測環境は研究期間内に劇的に変化した。研究開始当初、サッカー選手は試合中に計測機器の装着が認められていなかったが、平成27年度の後半になると選手位置計測のためのGPS機器の装着が試合中も認められるようになった。GPSによる方法は容易なデータ処理のみによって選手位置計測が可能であることから、今後、広く用いられることが予想される。研究当初には予期していなかったこのような計測環境の変化のため、本研究の画像処理による選手位置・ボール位置の計測システムには、今後、サッカーのプレーに関するより高度な情報量の計測が要求される。

#### 5. 主な発表論文等

[学会発表](計6件)

坂上賢一・相馬綾乃・石崎聡之, 複数の物体追跡法によるサッカー選手自動追跡システムの高精度化, 日本フットボール学会 13th Congress, 2016年3月12日, 東洋大学(東京都文京区)

Ishizaki, S., Souma, A., Iseyama, R., Sakaue, K., Yasumatsu, M., Ayabe, M., Naito, H., Match running performance during recreational soccer match in Japanese senior players aged over-60 yr., 8th World Congress on Science & Football, 2015.5.21, Copenhagen (Denmark)

Souma, A., Sakaue, K., Ishizaki, S., Development of high-precision tracking system for soccer player analysis by using computer vision techniques, 8th

World Congress on Science & Football, 2015.5.20, Copenhagen(Denmark)

伊勢山諒・坂上賢一・石崎聡之, 輪郭情報を用いたサッカー映像解析によるボール検出, 日本実験力学学会 2014年度年次講演会, 2014年8月28日, 兵庫県立大学(兵庫県姫路市)

相馬綾乃・伊勢山諒・坂上賢一・石崎聡之, サッカー映像解析による選手追跡のためのパーティクルフィルタ法とミーンシフト法の比較, 日本実験力学学会 2014年度年次講演会, 2014年8月28日, 兵庫県立大学(兵庫県姫路市)

Iseyama, R., Souma, A., Sakaue, K., Ishizaki, S., Development of semi-automatic tracking system for soccer player by using particle filter, World Conference on Science and Soccer 4.0, 2014.6.6, Portland(USA)

[図書](計1件)

Iseyama, R., Souma, A., Sakaue, K., Ishizaki, S., Routledge, Development of a semi-automatic tracking system for soccer players by using particle filter, International Research in Science and Soccer II Edited by Favero T., Drust B., Dawson B., 2016, 251-258,

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

坂上 賢一 (SAKAUE, Kenichi)  
芝浦工業大学・工学部・准教授  
研究者番号: 40383509

(2) 研究分担者

石崎 聡之 (ISHIZAKI, Satoshi)  
芝浦工業大学・工学部・准教授  
研究者番号: 60321395

松原 良太 (MATSUBARA, Ryota)  
芝浦工業大学・工学部・准教授  
研究者番号: 70581685