

# ボロノイ図を用いたサッカーのチームスタイルの定量化

2018SS045 内藤亮太

指導教員：小市俊悟

## 1 はじめに

日本のプロサッカーリーグである J1 リーグでは 2017 年頃から川崎フロンターレの快進撃が続いている。川崎フロンターレがボールを保持しつづけ、ボールを動かし相手を走らせるパスサッカーをチームスタイルとして確立し、複数のタイトルを獲得したことは近年の J リーグにおける大きな話題の一つになっている。

本研究はこのようなチームスタイルの特徴をボロノイ図を用いた幾何学的分析から明らかにし、それを定量的に示そうとするものである。そのために、川崎フロンターレとチームスタイルが異なるとされる横浜 F マリノスを得点シーンにおいて比較する。

## 2 データ

本研究で利用するデータは、2020 年度の J1 リーグにおける川崎フロンターレまたは横浜 F マリノスの試合映像から入手できる選手の位置情報である。特に、ボールポゼッションを経て得点したシーンについて、およそ、その 10 秒前から映像に映る選手の位置を 1 秒毎に記録したものである。

## 3 ボロノイ図を用いた定量的指標

### 3.1 ボロノイ図

ボロノイ図とは平面上に設定された母点と呼ばれる複数個の点をもとに、どの母点に最も近いかによって平面上の各点を分類することによって得られる平面の分割、特に、それを図示した図のことである。各母点に対して形成される領域を各母点のボロノイ領域と呼ぶ。また、ボロノイ領域の境界をボロノイ境界と呼ぶ。各ボロノイ領域は凸多角形となるため、その頂点をボロノイ点と呼ぶ。

### 3.2 ボロノイ図を用いる理由

川崎フロンターレのようなポゼッションサッカーを実践するためには、基本的に、ボールの周辺において、選手の数的優位を確保し、パスコースを複数用意することが重要であると考えられる。パスの多くはフィールド上をボールが転がって届くので、パスの出し手と受け手のボロノイ領域は隣接、すなわち、ボロノイ境界として線分を共有していることが望ましいと推測される。

したがって、ボロノイ図を経由して、このような特徴を捉えるような指標や分析方法を考えることができれば、ポゼッションサッカーの特徴を捉えることができるのではないかと考えた。

## 4 ボールを中心としたボロノイ図

フィールドとして縦 68 メートル、横 100 メートルの長方形を仮定する。この長方形が  $xy$  平面にあるとし、長方形の 4 つの頂点を点  $(0, 0)$ ,  $(0, 68)$ ,  $(100, 0)$ ,  $(100, 68)$  とする。映像に映るのはおよそハーフウェイラインで分割された半分のフィールドであるため、座標を取得できる選手はその半分のフィールドに位置する選手だけである。

映像に映る半分のフィールドを対象に、選手に対応する点を母点とするボロノイ図を作成する。ボロノイ図の作成には、Python の `scipy` モジュール群の中にある `Voronoi` モジュール [1] を用いた。このモジュールでは、無限に広がる平面を想定してボロノイ図を作成するが、得点に直接関係してくるのはボールの周辺やゴール前のエリアであるので、半分のフィールドのボロノイ図からボールを中心とした領域のボロノイ図を作成する。ボールを中心とした領域として、基本的には、ボールを中心(重心)とした縦横 15 メートルの正方形を考える。ただし、この正方形がフィールドをはみ出す場合はフィールド外を除いた長方形とする。

`scipy` の `Voronoi` モジュールによって得られるボロノイ図では、各母点のボロノイ領域をボロノイ点のリストとして保持しているので、このリストにボロノイ境界であるような線分を含む直線と矩形領域の外枠との交点を新たに追加する。また、矩形領域の 4 つの頂点もボロノイ点のリストに加える。一方で、矩形領域の外に出る頂点は、各母点のボロノイ点のリストから削除する。これにより、半分のフィールドのボロノイ図を矩形領域で切り取ったような図が得られる。このようにして得られる矩形領域の分割では母点が必ずしも矩形領域内にあるとは限らず、厳密にはボロノイ図ではないが、簡便のために、ボールを中心としたボロノイ図と呼ぶことにし、ボロノイ領域やボロノイ点といった用語も同様に用いる。

図 1 は第 33 節の川崎フロンターレと浦和レッズの試合における三笥選手の得点前のシーンでのボールを中心としたボロノイ図である。青の領域が川崎フロンターレ、赤の領域が浦和レッズを示している。

## 5 ボロノイ図から得られた各指標の値

データに関する基本的な数値や、提案する定量的指標について、計算結果を表 1 にまとめる。

各項目の意味は次の通りである。以下では、得点をしたチームの選手のボロノイ領域にボールがある場面をボール保持場面と呼ぶ。

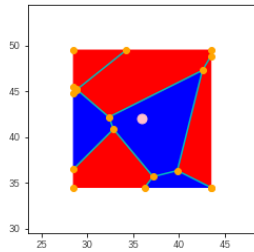


図1 ボールを中心としたボロノイ図の例

表1 領域や線分の比較

	川崎	横浜
(1) 平均人数 (人)	2.83	2.61
(2) 人数確保率 (%)	65	48
(3) 人数かつパスコース確保率 (%)	21	13
(4) ボール保持者との線分の長さ (m)	4.36	4.7
(5) ボール保持者との線分本数 (本)	1.45	1.34
(6) ボール保持者との線分作成率 (%)	60	54
(7) 過半数領域率 (%)	41	56
(8) 過半数領域における人数確保率 (%)	56	47
(9) 過半数領域におけるパスコース作成率 (%)	71	60

(1) **平均人数** ボール保持場面について、攻撃チームの人数の平均値である。

(2) **人数確保率** ボール保持場面のうち、攻撃チームが3人以上いるときの割合である。この割合が高いほど、攻撃に人数をかけている。

(3) **人数かつパスコース確保率** ボール保持場面のうち、攻撃チームが3人以上おり、かつ、攻撃チームの選手のボロノイ領域が隣接している数が2以上となっている場面の割合である。この割合が高いほど、ボール保持者をサポートできる選手が多いことを表している。

(4) **ボール保持者との線分の長さ** ボール保持場面のうち、ボールを保持している選手のボロノイ領域と同チームで隣接するボロノイ領域とのボロノイ境界となる線分の長さの平均値である。線分が長いほどパスが可能な角度が大きくなり、パスを容易に通すことができると考えられる。

(5) **ボール保持者との線分本数** (4)における線分の本数の平均値である。線分の本数はボール保持者のパスコースの数を表している。

(6) **ボール保持者との線分作成率** ボール保持場面のうち、ボール保持者のボロノイ領域と同チームのボロノイ領域が隣接し、ボロノイ境界となる線分を作成している場合の割合である。この割合が高いほどサポートの距離が近く、サポートする人数が多いことを示している。

(7) **過半数領域率** ボール保持場面のうち、ボロノイ領域の面積の和が相手チームを上回っている場面の割合である。ボロノイ領域の面積の和が相手チームを上回っている場合、局所的に優勢であると考えられる。

(8) **過半数領域かつ人数確保率** (7)のうち、攻撃チームが3人以上いる場合の割合である。

(9) **過半数領域かつパスコース作成率** (8)のうち、攻撃チームのボロノイ領域が隣接している場面の割合である。

## 6 考察

表1から読み取れることを述べる。(1)を見ると平均人数が川崎フロンターレは横浜Fマリノスよりも多くなって

いるので、川崎フロンターレは攻撃に人数をかけていることが分かる。

(2)と(3)のどちらも川崎フロンターレの割合の方が大きいことは、川崎フロンターレが横浜Fマリノスより選手間の距離が近く、サポートする選手の人数が多いことを示している。

(4)と(5)より、川崎フロンターレは横浜Fマリノスより線分の本数が多く、線分の長さが短かったので、コンパクトなエリアにサポートの選手がポジショニングをし、人数をかけ密集していることがうかがえる。

(7)は横浜Fマリノスの方が大きい。同チームの選手が密集することは、面積の占有率を高めることには必ずしもつながるとは限らない。そのために、川崎フロンターレが4割程度に収まっているのだと考えられる。

(8)と(9)より、ボールを中心とした局所的な領域でボロノイ領域の面積の和が相手チームを上回っている中で、56%で3人以上いて、7割以上でパスコースを作っていることから、川崎フロンターレは縦に速いサッカーではなく、しっかりとパスをつないで丁寧なサッカーを行っていることが分かる。

## 7 おわりに

選手の座標から作成したボールを中心とした局所的な矩形領域のボロノイ図からボロノイ領域の面積や、同チームで隣接するボロノイ領域の境界となる線分の長さや本数を求め、それらを用いた分析の結果から川崎フロンターレのサッカーの特徴を定量的に評価することができた。

より詳細な分析には、データ数を増やすことなど検討する必要がある。ただデータの入手が容易ではなかったため、よりよい収集方法も検討する必要があると考える。また、比較対象とするチームを増やし、特徴の定量化のためにより数値を細分化する必要がある。

## 参考文献

- [1] scipy.spatial.Voronoi のマニュアル (2021/06/11 アクセス) <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.spatial.Voronoi.html>