

サッカーの攻守推移のモデルからのパスの抽出 The pass extraction from an Offense/Defense Model in Soccer

佐藤 祐亮†
Yusuke Sato

山中 亮‡
Akira Yamanaka

大塚 寛†
Hiroshi Ohtsuka

1. はじめに

従来、サッカーにおけるゲーム分析は指導現場において映像や観測者の記録・経験をもとに培った主観などを中心に行われてきた。また学術的な分野からも、現場への貢献を目的に様々な分析法が行われてきた。しかし、ゲーム分析の目的が現場における共通認識の構築にあるとすると、指導現場における分析は、観測者の主観を基に構築される観点から客観性に乏しい。一方学術的な分野における分析は客観性を重視するあまり、競技としての知識の蓄積と位置付けられる戦術的な側面からの分析としては指導現場には活用しづらい。サッカーにおけるゲーム分析としては、客観性を維持しながらも戦術的に踏み込んだ、指導現場で活用できることが重要な要素となっており、現状の分析における課題でもある。

近年、国内外の競技・指導現場では、実際の映像と選手及びボールの位置データを利用したゲーム分析が主流となってきており、従来よりも分析者の主観や恣意性が排除された状態でのゲーム分析が可能となってきた。しかし、この位置データは主にフィジカルな側面の分析に用いられているが、攻撃や守備の質的分析いわゆる戦術的な側面への利用は非常に少ない状況にある。

我々は選手とボールの位置データを基に、時間制限付き優勢領域図を導入し、サッカーにおける攻守推移のモデルを構築してきており、今回このモデルを元にゲーム状況としてのパスの抽出を行った。位置データからパスを抽出できるようになると、チームにおける攻撃の質的分析が可能となる。例えば、抽出されたパスに方向・頻度・パスの出し手受け手等の情報を加えることで、映像のみからは一度に抽出しにくい情報(選手間のパスの頻度、チームとしてのパスの方向の傾向など)について分析が行えるようになってくる。

本発表では、位置データを基にしたパスに関する情報の抽出と、これに基づくゲーム状況の実際の映像との比較による考察について報告する。

2. ボールの近傍モデル

位置データを元に攻守を判定するには、ボールの近くにいる選手を考える必要がある。これにはボールを中心とし、一定の半径の円の内部とする標準的な方法と、どの選手がボールを支配しているかという方法がある。ここでは後者の方法である時間制限付き優勢領域図を紹介する。

2.1 選手の支配領域による近傍

† 愛媛大学 大学院 理工学研究科 Graduate School of Science and Engineering, Ehime University

‡ 愛媛大学 教育・学生支援機構 Institute for Education and Student Support, Ehime University

選手の近傍モデルに、計算幾何におけるボロノイ図[1]をサッカーに適用した優勢領域図[2]がある。ボロノイ図では各母点は静止しているが、サッカーでは母点に当たる選手は速度を持って移動していることを考慮し、優勢領域図は平面上の各点にどの母点が最も早く到達するかで平面を分割する。具体的には、母点 $p_i \in P$ が速度 v_i で移動しているとき、 $p_i \in P$ の優勢領域は

$$Dom(p_i) = \bigcap_{1 \leq j \leq n, j \neq i} \left\{ x \in \mathbb{R}^2 \mid t(p_i, x) < t(p_j, x) \right\}$$

で与えられ、 $t = t(p_i, x)$ は運動方程式

$$\left| x - p_i \right| = \left| V_{\max} \left(t - \frac{1 - e^{-\alpha t}}{\alpha} \right) \mathbf{e} + \frac{1 - e^{-\alpha t}}{\alpha} v_i \right|$$

を t について解いて得られる。

優勢領域図はボロノイ図と同じく平面の分割なので、各母点の到達範囲はかなり広くとられるが、サッカーでは選手の支配領域は到達時間が1秒前後の範囲と言われる。そこで優勢領域図と同じ前提で、更に k 秒以内に到達できる範囲と制限を付けた図を P の時間制限付き優勢領域図 (Time Restricted Dominant Region Diagram, 以下 TRDRD と略記)[3]と呼ぶ。 $p_i \in P$ の時間制限付き優勢領域 (TRDRD と略記) は、 k を制限時間として、

$$Dom(p_i, k) = \bigcap_{1 \leq j \leq n, j \neq i} \left\{ x \in \mathbb{R}^2 \mid \begin{array}{l} t(p_i, x) < t(p_j, x), \\ t(p_i, x) < k \end{array} \right\}$$

で与えられる。図1は $k=1.2$ とした TRDRD の例である。

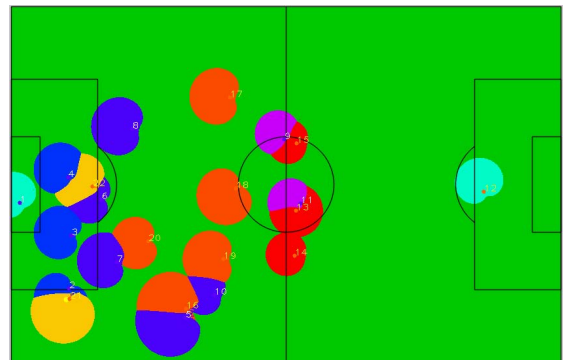


図1

3. 攻守推移のモデル

位置データは時間毎であるのに対し、攻撃または守備はある連続した期間で表される。そこで、

1. まず位置データから、時間毎にボールがどちらのチームに所属するか、未確定の場合も含めて定め、
2. 次に時間毎のボールの所属から、連続した時間にお

けるチームの攻守を定める、
という順にモデルを構成する[4]。

3.1 時間毎のボールの保持の抽出

標準的なボールの近傍モデルでは、時間毎に
ボールの移動速度の大小と方向の変化
ボールを中心とし一定の半径の円(近傍)内にいる選
手の人数

の組合せを元に判断する。ここでは時刻 k でのボールの
状態 $BC(k)$ を次で定める。

$$BC(k) = \begin{cases} shot & (v_b \geq shot_b \wedge |\theta_b| \leq angle_b) \\ keep & (\neg shot \wedge |X| = 1) \\ mix-up & (\neg shot \wedge |X| > 1) \\ others & (\neg shot \wedge |X| = 0) \end{cases}$$

定数は、6.データの諸元に記した試合のうち粗い方の広
島-愛媛(以下、同参照)を元に $shot_b=7.8m/s$, $angle_b=1/6$ と
した。また X は近傍にいる選手で $|X|$ はその人数である。

次に時刻 k でボールがどちらのチーム(α, β)に保持されて
いるかを示す所属 $BA(k)$ を未確定(\emptyset)も含めて次のように
定める。

$$BA(k) = \begin{cases} Own(\alpha) & (BC(k) \neq shot \wedge \emptyset \neq X \subseteq \alpha) \\ Own(\beta) & (BC(k) \neq shot \wedge \emptyset \neq X \subseteq \beta) \\ Own(\emptyset) & (BC(k) \neq shot \wedge o.w.) \\ BA(k-1) & (BC(k) = shot) \end{cases}$$

$shot$ 状態では、時間を遡って $shot$ ではない状態でのボー
ルの所属と定める。 $k=1$ での所属は確定している。

上のボールの状態、属性を TRDRD により再構成する。
状態 $BC(k)$ について、は選手には関係しないが、はボ
ールがどの選手の TRDR に属するかで定める。ただし
TRDR の衝突を考慮するので、ボールに近い選手が接近し
ている場合は $mix-up$ 状態となる(図2参照)。属性 $BA(k)$ は
標準的な手法と同じである。

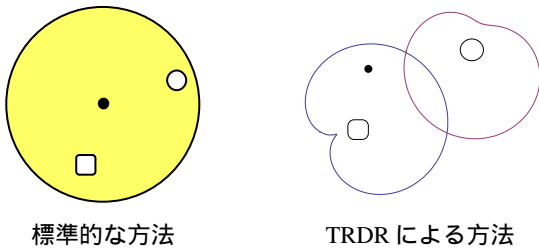


図2

サッカーでは連続した時間での攻撃があり、その中でパ
スやドリブルによる選手間のボールの移動がある。そこで
次に時間毎のボールの状態、属性を基に、連続した時間
におけるチームの攻守という試合の状態(攻撃権)を定める。

3.2 連続時間での攻撃権の取得

ボールの受け渡しには、蹴った時点と受けた時点でのボ
ールの所属が確定すればよいが、所属が未確定の場合もあ
るので、単純に各時点での情報から判断することが出来な

い。まずボールの所属がどちらのチームか確定していれば、
そのチームが攻撃していると判断する。ボールの所属が未
確定の場合、時間を先に進めてボールの所属が確定してい

$$isOff(k) = \begin{cases} \alpha off & \left(\begin{array}{l} BA(k)=Own(\alpha) \\ \vee \left(\begin{array}{l} BA(k)=Own(\emptyset) \\ \wedge BA(k+m)=Own(\alpha) \end{array} \right) \end{array} \right) \\ \beta off & \left(\begin{array}{l} BA(k)=Own(\beta) \\ \vee \left(\begin{array}{l} BA(k)=Own(\emptyset) \\ \wedge BA(k+n)=Own(\beta) \end{array} \right) \end{array} \right) \end{cases}$$

る時点での所属から判断する[5]。

ここで、 m, n は時間を下って所属が定まるような最小の自
然数である。直感的には $BA(k)$ と $isOff(k)$ の関係は図3の通
りである。

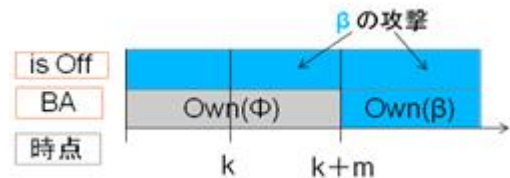


図3

攻撃権は所属が確定していればよいので、標準的な方法、
TRDRD による方法に関係なく取得できる。

3.3 攻撃権の抽出例

実際の試合データ(広島-愛媛)の下で2つの方法による攻
撃時間を比較した。

まず、攻撃時間を人の手で計測した(属人性をもつ)結果
は以下の通り。

攻撃時間	広島	愛媛
Sum	0:18:21	0:12:44
Ave	0:00:10	0:00:08
回数	106	101
Max	0:00:48	0:00:36
Min	0:00:00	0:00:00

2つの方法による結果は次の通りである。

攻撃時間	広島		愛媛	
	標準	TRDRD	標準	TRDRD
Sum	18:51	18:45	11:58	12:00
Ave	00:09	00:09	00:06	00:07
回数	118	114	106	103
Max	00:48	00:48	00:34	00:34
Min	00:00	00:00	00:00	00:00

4. パスの抽出

選手間のボールの移動にはパスやドリブルがあるが、こ
こでは戦術を分析する上で重要と思われるパスの抽出を試
みた。なおここで扱うパスは成功したパスに限る。パスは

攻撃権が続くチームの中で *shot* 状態が一定時間続いているものと判断される。例えばチーム *i* が攻撃している間、ボールは同じチーム *i* の選手間を移動する。

$$pass = \begin{cases} isOff(k) = off \wedge isOff(k+m) = off \\ \wedge BC(k+1) = BC(k+2) = \dots \\ \quad = BC(k+m-1) = shot \\ \wedge i \neq j \quad (i, j \in player) \end{cases}$$

をパスと判定する。 $i=j$ ならばドリブルである。ただし *shot* 状態を定める定数によっては、短いパスが抽出されない場合もある。

4.1 パスの抽出の詳細化

分析に用いる映像は、通常 5fps にフレーム変換したものをを用いているが、今回用いることができた映像は 30fps かつ解像度の上がったものをを用いて分析を行うことが可能となった。これにより今までのパスの抽出方法に加え、ボールの選手間の移動の距離に応じて定数 $shot_b$ を変え、より短いパスの抽出の詳細化を行った。

$$pass = \begin{cases} \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} < 15 \wedge \|v_b\| \geq slow_b \\ 15 \leq \sqrt{(x'_2 - x_1)^2 + (y'_2 - y_1)^2} \wedge \|v_b\| \geq shot_b \end{cases}$$

$(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x'_2, y'_2) \in R^2$ はパスの開始、終了時のボールの座標、 $slow_b = 7.3m/s$ とした[6]。

図4の左側は攻守を判断するモデル内でのパスの抽出方法によって得られたパスである。右側は詳細化したパスの抽出方法によって得られたパスである。

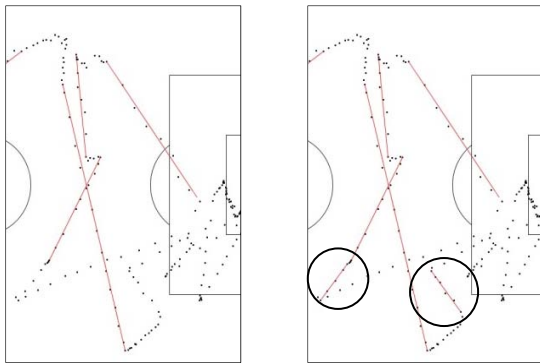


図4

右側の図の円で囲った短いパスが新たに得られている。

4.2 パスの抽出例

2つのパスの抽出による結果は次の通りである。ただし成功したパスのみを調べている。

鮮明な映像で確認できる広島-横浜(6.データの諸元参照、以下同)では次の通りである。

パス回数	広島	マリノス
従来のパス抽出	112回	157回
詳細化したパスの抽出	143回	207回

広島-愛媛では以下の通りである。

パス回数	広島	愛媛
従来のパス抽出	160回	76回
詳細化したパスの抽出	199回	93回

距離に応じて $shot_b$ 定数を変えたことで、パスの本数が増えた結果が得られた。

5. パスの抽出の応用例

パスが抽出されれば、その本数、1本1本の距離や方向、パスの出し手と受け手といった、パスに付随する各種情報が得られる。これらがどの程度可能か調べ、それらが人手で取った情報と比較してどの程度有効であるか考察した。以下ではその概要を述べる。

5.1 チーム毎のパスの抽出

攻守が入れ替わった地点らの1本目のパスは、相手チームが守備のバランスを失っている瞬間に対する攻撃の傾向を示していると考えられる。

そこでまず手始めにチーム全体でどこからどこへパスが出ているか抽出し、チーム毎の比較を行った。

次の図は広島-横浜におけるサンフレッチェ広島のパスである。ただし攻撃方向は右側である。

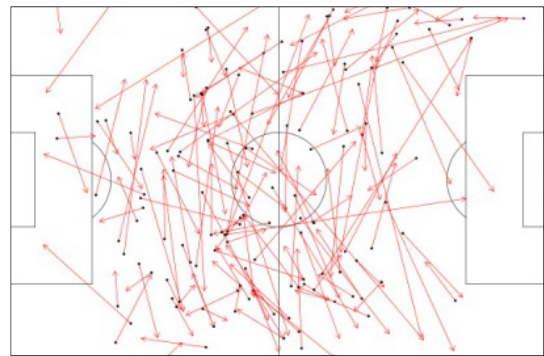


図5

同試合における横浜 F マリノスのパスは次の通りである。ただし攻撃方向は左側である。

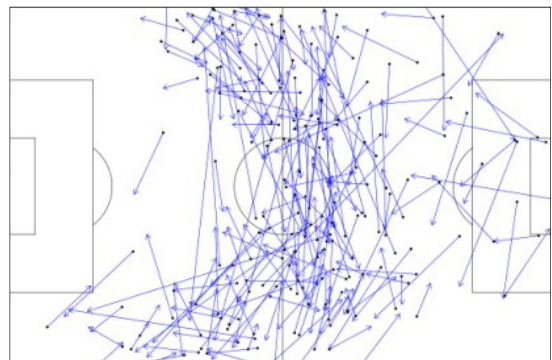


図6

サンフレッチェ広島は縦パスを多く出しているのに対し、横浜 F マリノスはサイドへのパスが多い傾向にある。

5.2 パスの方向、距離からの考察

攻守におけるチーム戦術を構成している要素は、各プレイヤーの選択したプレーであり、攻撃においてはパスの頻度、方向、距離によって示される。

そこで選手毎にパスを8方向に分割し、どの方向にパスが出ているか頻度を調べた。

図7は広島-横浜におけるサンフレッチェ広島の全選手に対するパスの方向の頻度である。

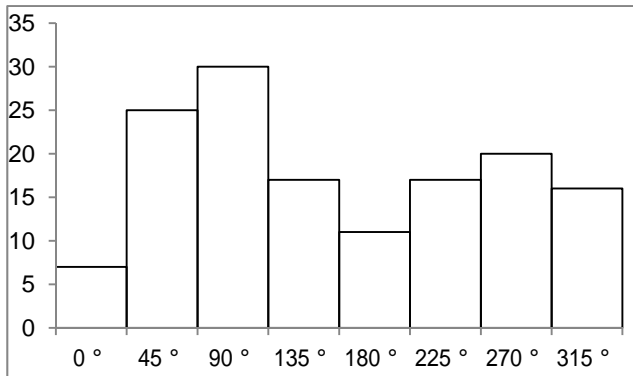


図7

縦軸は本数、横軸は攻撃方向から時計回りに角度を表わしている。

また図8は同試合におけるサンフレッチェ広島の全選手に対するパスの距離の頻度である。

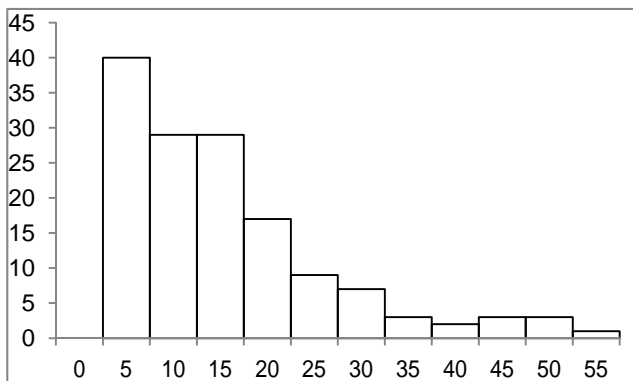


図8

縦軸は本数、横軸は距離を表している。

各プレイヤーにおけるパスの方向や頻度を分析することによって、ポジションの傾向やプレーの特徴について明確にしていくことができる。

6. データの諸元

この研究で利用した試合のデータを以下に挙げる。

広島-愛媛

2011.11.16 天皇杯3回戦

サンフレッチェ広島 対 愛媛 FC 前半

映像: HD, 5fps

データ: 5fps

広島-横浜

2011.5.14 Jリーグ第11節

サンフレッチェ広島 対 横浜Fマリノス 前半

映像: FullHD, 30fps

データ: 5fps

7. おわりに

現在まで TRDRD の有効性を示してきたが、その有効性を活用し、パスの抽出を詳細化することができた。また、抽出したパスについて、チーム及びプレイヤーにおける傾向に対する分析へつなげていけることが示唆された。

今後は、位置データを活用し、更なる客観性を担保した、戦術的分析法の確立につなげていきたい。

謝辞

試合の映像とデータを提供していただいた広島大学教育学研究科健康スポーツ科学講座沖原研究室の皆さまには感謝いたします。

参考文献

- [1] 譚学厚, 平田富夫, 計算幾何学入門, 森北出版, 2001
- [2] 藤村光, 杉原厚吉, “ボロノイ図を応用したスポーツチームワークの定量的評価”, 電子情報通信学会論文誌, 2001-03
- [3] 岩浅真秀人, “Time-Restricted Dominant Region Diagram for Analyzing Soccer Defence”, 修士論文, 愛媛大学理工学研究科, 2012
- [4] 山中 亮, 大塚 寛, “時間制限付き優勢領域図によるサッカーの攻守推移のモデル構築”, 第19回統計科学研究会, 2014.12
- [5] 山中 亮, 大塚 寛, “時間制限付き優勢領域図によるサッカーの攻守推移モデルの評価”, 第77回情報処理学会全国大会, 2015.3
- [6] Football LAB <http://www.football-lab.jp/column/entry/596/>