

## サッカーにおけるボールを中心としたゲーム状況の抽出への時間制限付き優勢領域図の適用

大塚 寛<sup>†</sup>山中 亮<sup>‡</sup>愛媛大学 大学院理工学研究科(理学系)<sup>†</sup>愛媛大学 教育・学生支援機構<sup>‡</sup>

### はじめに

この研究はサッカーの試合中のボールと選手の時間ごとの位置データからの情報の抽出、特にディフェンスに関する情報の抽出を目的として始めた。この過程で以下に導入する概念の有効性を確認するために、試合中に計測されたデータが我々の手法により得られるか調べたので、これについて報告する。

まず、選手の位置関係に基づく分析のために、計算幾何の概念であるボロノイ図を応用した優勢領域図に時間制限を設けた時間制限付き優勢領域図(TRDRD)を導入した。今回 TRDRD の有効性を確認するため、試合中に計測される攻撃時間の上記データからの取得を、ボールを中心とした標準的な分析と TRDRD による分析とで比較した。さらにボールの保持といった上記データから直接得られるフィジカルな情報から、チームの攻撃権やパスなどのより高次の情報を得るためのモデルを構築し、同様の比較を行った。

なお得られた情報はサッカーの指導者に提供することを前提として、数値的な指標より図または映像で表現することとし、試合の評価などの判断には言及しない。

### ボロノイ図と優勢領域図

平面上の  $n$  個の点(母点、この研究では選手)からなる集合  $P$  に対し、平面上の各点がどの母点に最も近いかで平面を分割した図を  $P$  のボロノイ図、その中の母点を含む領域をボロノイ領域という。ボロノイ図では各母点は静止しているが、サッカーの試合では選手は(方向を含む)速度を持って移動している。そこで、母点がある速度で移動しているとき、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して得られる図を  $P$  の優勢領域図、その中の母点を含む領域を優勢領域[1]という。

An Application of Time-Restricted Dominant Region Diagrams to Extract Ball-based Game Situations in Soccer

<sup>†</sup>Hiroshi Ohtsuka

<sup>†</sup>Graduate School of Science and Engineering, Ehime University

<sup>‡</sup>Akira Yamanaka

<sup>‡</sup>Institute for Education and Student Support, Ehime University

### 時間制限付き優勢領域図

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(TRDRD と略記)[2]と呼ぶ。 $p_i \in P$  が速度  $v_i$  で移動するとき、その時間制限付き優勢領域(TRDRD と略記)は式

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

で与えられ、 $t = t(p_i, x)$  は運動方程式

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

を時間  $t$  について解いて得られる。ここで  $\theta$  は  $p_i$  の移動方向から  $x$  への向きの角度、 $\mathbf{e}$  はその向きの単位ベクトル、 $V(\theta)$  は力の発揮具合を表す。

図 1 は選手の位置と速度、および  $k = 1.2$  とした TRDRD である。

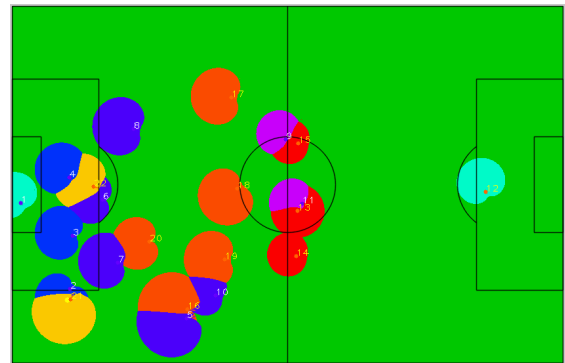


図 1

### ボールの保持の抽出

サッカーでは試合中に各チームの攻撃時間が計測されている。これを時間ごとの位置データから得るためのモデルを構築する。ボールを中心とした標準的な手法としては、時間ごとに

- ① ボールの移動速度の大小と方向の変化
- ② 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方法が考えられる。ここではボールの状態として① 速度 7.8m/s 以上、方向の変化  $\pi/6$  未満を shot 状態、それ以外は②

半径 2m 内の人数が 2 人以上, 1 人, 0 人をそれぞれ mix-up, keep, others 状態とする。次にボールがどちらのチームに保持されているかを示す所属を未確定も含めて次のように定める。keep 状態はボールの近傍内に 1 名おり、その選手が所属するチームが確定する。others 状態はボールの近傍内に誰もおらず確定しない。mix-up 状態はボールの近傍内に 2 名以上おり、チームが確定する場合と確定しない場合がある。shot 状態では、時間を遡って shot 状態でない状態でのボールの所属と定める。

上の状態、属性を TRDRD により再構成する。① は選手のデータには関係しないが、② はボールがどの選手の TRDRD に属するかで定める。ただしボールに近い選手が接近している場合は、上と同様 mix-up 状態とする。

標準的な方法におけるボールの保持がボロノイ図における点位置決定問題のボールを中心とする解法であるのに対し、TRDRD による方法は同問題の TRDRD 版と考えられる。したがって、例えば図 2 のように選手の移動を考慮する分、ボールのキープ状態をより反映していると見なせる。

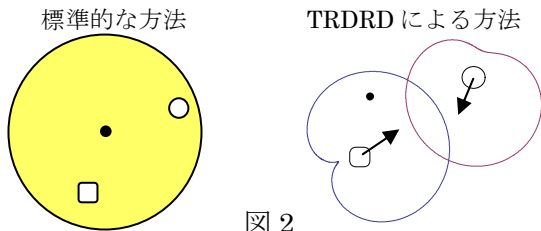


図 2

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ボールの移動がある。そこで次に上のモデルを基に、どちらのチームが連続した時間の中で攻撃しているかを定め、その応用として、その中から一連の shot 状態としてのパスの抽出を試みた。

### 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は単純に各時点での情報から判断することが出来ない。そこで、まず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)を決める。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る時点での所属から判断する。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。実際の試合

データの下で 2 つの方法による攻撃時間を比較する。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 |

### パスの抽出

連続した時間でのチームの攻撃権が確定すると、パスはその中で shot 状態が一定時間以上続いたものと判断される。図 3 は TRDRD による方法で得た状態、属性から取得した連続した攻撃時間中のパスを抽出したものである。

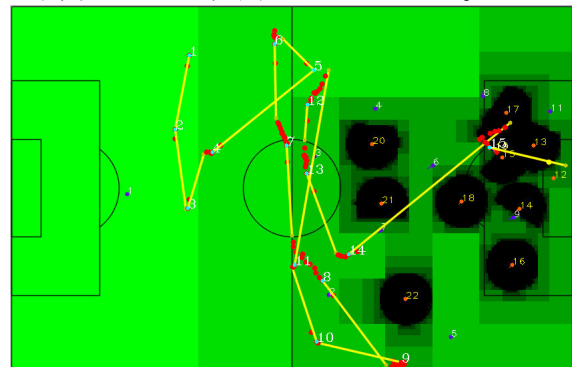


図 3

### まとめと課題

TRDRD の有効性を示すため、試合中に計測されたデータがどの程度再現されるか、標準的な方法との比較も含めて確認した。ただし、このモデルはパスの抽出を目的としており、失敗も含めたパスやその他のボールの移動を調べるには別のモデルの構築も必要と考えられる。

### 参考文献

- [1] 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
- [2] 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