

ボロノイ図に基づく3次元優勢領域によるパスコース評価について

On Pass Course Evaluation by 3D-Dominant Region Based on Voronoi Diagram

横井 真也[†] 浅見 莉絵子[‡] 石川 孝明^{††} 渡辺 裕[†]

Shinya YOKOI[†] Rieko ASAMI[‡] Takaaki ISHIKAWA^{††} and Hiroshi WATANABE[†]

[†]早稲田大学基幹理工学研究科 [‡]早稲田大学基幹理工学部情報通信学科 ^{††}早稲田大学国際情報通信センター

[†]Graduate School of Fundamental Science and Engineering, Waseda University

[‡]Department of Communication and Computer Engineering, School of Fundamental Science and Engineering, Waseda University

^{††}Global Information and Telecommunication Institute, Waseda University

Abstract Dominant region using Voronoi diagram is a method for analysis of soccer. In this research, we propose a method for expanding 2D-dominant region into 3D-dominant region. Furthermore, we obtain success probability of pass by using 3D-dominant region.

1. まえがき

2017年時点で様々なサッカー解析手法が提案されている[1][2]. 例えば, 映像からの情報抽出(ボール, 選手のトラッキング)や, 取得した情報を用いたフォーメーションの解析である.

本稿では, サッカー戦術解析の一手法である優勢領域を3次元に拡張する手法を提案する. また, 3次元に拡張した優勢領域を利用したパスの評価手法を示す.

2. 関連研究

サッカーにおいて, 各チームの優勢領域から戦術やパスを評価する手法が提案されている. 3次元パス可能領域を求める手法として, 高橋ら[2]の研究がある. これは, 映像から選手の位置や速度の情報を得て, パス可能領域の計算に用いるものである. しかしカメラやセンサーを利用した選手, ボールのトラッキングが, 実際の試合でも利用され, 選手の位置や速度の情報を記録したデータセットが公開されるなど, 中継映像から取得した情報よりも正確な情報を使用できる. そこで本研究では, 選手の位置や速度の情報を利用してパス可能領域を導く手法を提案する.

3. 優勢領域図

優勢領域図とは, どの選手が最も早くフィールド上の各地点へ到達可能かを表した2次元の図である. 選手の初速度, 加速度, 向き変更遅延など時間に関連する要素から各地点への到達時間を計算し, 最も到達時間の早い選手の優勢領域とする. これを利用することで, チームスポーツにおけるパスやフォーメーションなどを評価できる.

優勢領域は, 選手の最大加速度と減衰率を設定した運動方程式から算出した, 選手のフィールド上の各地点への到達時間により決定される.

優勢領域図の例を図1に示す.

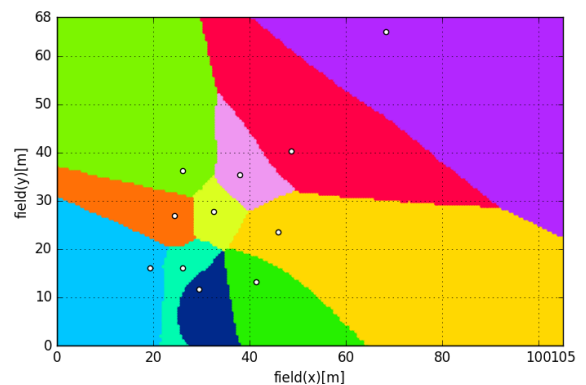


図1 優勢領域図例

4. サッカーボールの軌道計算

サッカーボールが蹴りだされた場合, 蹴りだされて空中を通過し, 地面と接触, 跳ね返りを繰り返した後, 地面を転がる, という遷移が発生する.

蹴りだされた直後のサッカーボールの軌道の算出法を示す. ボールの運動方程式は, $\mathbf{V} = (u, v, w)$ をボールの速度ベクトル, m をボールの質量, S をボールの投影断面積, C_D を抵抗係数, C_L を揚力係数, ρ を空気密度, q をボールの速度ベクトルの大きさとして, 式(3), (4)の k, l を用いて, 式(1), (2)[3]で表される.

$$\dot{u} = -\frac{k}{m}qu - \frac{l}{m}qw \quad (1)$$

$$\dot{w} = -\frac{k}{m}qw + \frac{l}{m}qu - g \quad (2)$$

$$k = \frac{1}{2}\rho SC_D \quad (3)$$

$$l = \frac{1}{2}\rho SC_L \quad (4)$$

実際に軌道を算出する場合は, 式(1), (2)に4次のRunge Kutta法を用いる.

また本研究では, 格子状領域で表現される3次元領域の格子1辺が1mであることから, 直前のバウンドでの最大高さが50cm未満となった場合, 転がる状態へ移行するよう

モデル化した。

5. 3次元優勢領域図

3次元優勢領域を定義する。3次元優勢領域の場合、選手が直接移動できない高さの領域も分割するため、2次元優勢領域と同様な選手の到達のみを基準にすることは不可能である。よってボール所持者チームのパスに注目し、以下の3領域への分割を行う。1)自チームの優勢領域だけを通過した場合、自チームの選手がボールを受け取ることができるボール所持者チームの優勢領域、2)ボール所持者の相手チームの優勢領域をボールが通過し、そのチームの選手がボールを奪取可能な相手チームの優勢領域、3)ボールがどちらの優勢領域も通過しない、ボール自身の優勢領域。

サッカーフィールド上高さ10mまでの領域を3種類の優勢領域へ分割するため、まず2次元優勢領域上に各選手の身長分の優勢領域、つまり選手が直接ボールに接触できる高さの優勢領域を設定する。ボール所持者の位置を始点としたボールの軌道を計算し、最初にどのチームの選手の優勢領域に到達するか、もしくは二チームの優勢領域を通過せず、フィールド外に到達するかを求める。この場合ボールが通過した領域は、ボールが最初に到達したチームの領域に属すると定める。つまり計算した軌道がボール所持者のチームの選手の領域に最初に到達した場合、ボールが通過した点はすべてボール所持者チームの優勢領域となり、フィールド外に出る場合にはボールの優勢領域となる。

フィールド全体を通過するような軌道データは計算に多大な時間を要するため、軌道データの計算量には上限を設ける。また、算出したボール軌道が通過しない点は、その点に最も近い種類の優勢領域と同じ領域と設定した。

AUTOCAD CIVIL 3Dを使用して作成したボール所持者チームの3次元優勢領域を図2に示す。3次元領域は図2右のカラーバーに基づき高さ1mごとに色分けした。

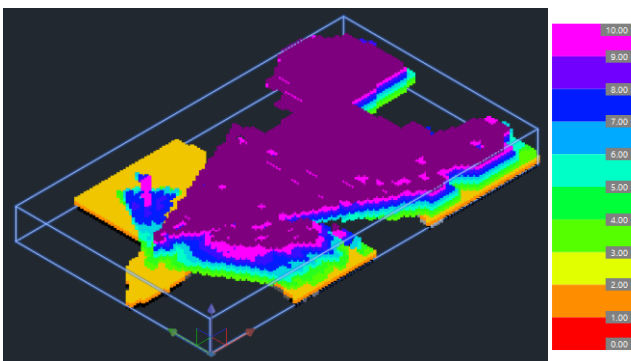


図2 3次元優勢領域図と高さに対応するカラーバー

6. パス評価手法

サッカーにおけるパス評価の要素には、ボールを相手選手に奪われる可能性、戦術上の有利性、の2種類が存在する。このうちパスが奪われる可能性を優勢領域が表している。そこで特定の選手一人を対象としたパスに絞り、より安全なパスを評価する手法を提案する。

ボール所持者チームの領域は、3次元優勢領域の定義

より、安全にボールを通過させることが可能である。逆に相手チームの優勢領域はボールを奪われる可能性が高い。これを利用しパスの危険度を決定する。ボール所持者が蹴り得るパス軌道のうち、最初に定めたパス受取選手の優勢領域に到達するパスを求める。このパス軌道において相手優勢領域に存在した時間の割合をそのパスの危険度とする。

7. 実験結果

優勢領域の通過を評価基準にしたパス評価の結果、最も危険度が低いパスの軌道を図3に示す。パスを蹴る選手は図中の赤丸、受け取る選手は図中の黄色丸である。この実験ではパス受取選手はx軸、y軸正の方向(図の右奥方向)に移動して受け取ることが最も安全となった。また最も危険度が低いパスと高いパスの情報を表1に示す。

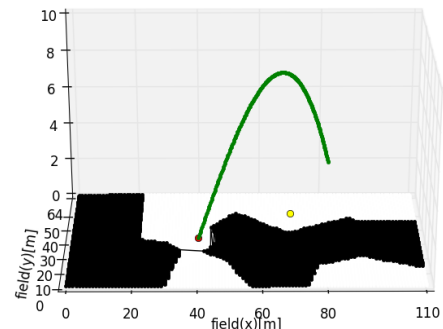


図3 最も危険度が低いパス軌道

表1 パス情報

危険度 [%]	x-y 平面角度 [度]	高さ方向角度 [度]	パス速度 [m/s]
0.0	27.96	22.0	28.0
82.43	9.96	13.0	24.0

8. むすび

2次元の解析である優勢領域を3次元拡張する手法を示した。

またパスの安全性を評価するため、3次元優勢領域を利用したパスの危険度の算出手法を提案し、この評価法により特定の一選手にパスを出す場合に最も安全なパスをシミュレーションにより算出した。

文 献

- [1] 瀧剛志, 長谷川純一, "チームスポーツにおける集団行動解析のための特徴領域とその応用", 電子情報通信学会論文誌, Vol. J81-D-II, No.8, pp.1802-1811, Aug. 1998
- [2] 高橋翔, 今宏史, 長谷山美紀, "アクティブネットを用いたサッカー映像におけるパス可能領域の推定", 電子情報通信学会論文誌, Vol. J92-D, No.4, pp.501-510, Apr. 2009
- [3] 坪井一洋, "抵抗と揚力の働く投射体の最大投射角", 日本機械学会論文集(C編), Vol.78, No.790, pp.1972-1983, Jun. 2012

〒早稲田大学大学院 基幹理工学研究科 情報通信専攻 渡辺研究室

〒169-0072 東京都新宿区大久保 3-14-9 早大シルマンホール 401

TEL.03-5286-2509 E-mail:shinya-0storm@ruri.waseda.jp