

ゴール型ボールゲームの戦術行動モデルの構築と評価 —Jリーグにおけるゲーム分析を事例として—

大森隆司¹⁾, 山田信幸²⁾, 国見保夫²⁾, 菅野直敏¹⁾

Construction of Strategic Action Model for Goal Oriented Ball Game and its Evaluation: Case study in J league game analysis

Takashi Omori¹⁾, Nobuyuki Yamada²⁾, Yasuo Kunimi²⁾ and Naotoshi Sugano¹⁾

¹⁾College of Engineering, Tamagawa University, ²⁾College of Education, Tamagawa University,
(Tamagawa University Research Institute, Machida-shi, Tokyo 194-8610, Japan).
Tamagawa University Research Review, 20, 15-21 (2014)

Abstract

In a soccer game, a player keeping a ball decides a pass course that can reach a same team player depending his/her intuition. But the ball passing is a physical phenomenon and it should be explained more rationally. But an algorithm for the pass course decision is not known in a computational sense. So, in this study, we examined a superior domain model as a player reachable area based on a real game data, and proposed an extension of the model to explain actual player behavior. As the proposed model quantitatively evaluates a defense crack and/or a possible pass and running in of an offence player, we may be able to estimate a tactile player action by rational criterion.

Keywords : goal type ball game, tactical behavior, computational model

1. はじめに

サッカーやバスケットボール、ハンドボールなどの集団のゴール型ゲームにおける選手の行動予測は困難と考えられている。しかし、そのようなプレイにも一定の行動規則は存在し、エキスパートは選手の行動をある程度予測する、あるいはその良し悪しを評価することができる。ルールに基づく行動決定の過程を適切にモデル化するならば、人工的な手段でもある程度の予測は可能と考えられる。しかしこれまで、集団のゴール型ゲームを対象とした人の行動決定過程のモデル化はほとんど行われ

ていない。そこで本研究は、サッカー、バスケットボールなどの目的志向のゲーム（以降、ゴール型ゲーム）を対象として、その協調的戦術行動のモデル化による情報処理的理解を目指す。これにより、従来の経験や直観に基づく説明ではなく、定量性・合理性に基づく試合の説明手法の開拓を目指す。

ゴール型ゲームでは、ボール保持者のパスの戦術選択と他の味方の選手による戦術判断が同じになったときに、味方選手が敵陣に走りこんでパスを受けるといった戦術的な行動が実現される。一方の敵味方間では、相手チームの戦術選択を予測してそれを妨害する。その際、

¹⁾ 玉川大学工学部, ²⁾ 玉川大学教育学部

連絡先: 大森隆司, 玉川大学工学部, 195-8610 東京都町田市玉川学園6-1-1, 042-739-8560, Fax042-739-8858,

味方の選手同士は練習を共にした経験から互いに戦術選択や行動選択を高い確度で予測して協調動作を行い、敵同士はフェイントや戦術的動きで騙しを行い、結果として敵の判断ミスを生発して裏をかく。このようにゴール型ゲームは、集団行動の視点では意図推定とだましのゲームである。

しかし現状では、ゴール型ゲーム、例えばサッカーのような自由度の高い場面での集団の戦術行動を評価するには、そもそもの個体の行動決定モデルが不足していると考えられる。そこで本研究ではその取り掛かりとして、パス行動の基礎となる優勢領域モデルを現実合うように改良し、その現実の試合データによる評価を行う。具体的には、ゴール型ゲームとしてサッカーに注目し、現実の試合におけるプレイヤーの走行速度の変化や方向転換のための時間ロス、パスボールの移動時の速度減衰などの物理的制約について考える。そして行動データから選手の到達領域のモデルである優勢領域モデルを精密化し、Jリーグの試合データ中のパスで評価する。最後に、サッカーと他のゲームとで戦術の違いが生じるメカニズムについて検討する。

2. 優勢領域モデルによる選手行動の予測

これまで、サッカーのようなゴール型ゲームでは、フィールドホッケーでの優勢領域に基づくチームワークの定量的評価（藤村 2004）、少人数サッカーでの優勢領域の近似計算手法（中西 2010）、フィールドホッケーでの試合展開に伴う圧力場ダイナミクス（横山 2011）などが提案されてきた。しかし、サッカーの現実のゲーム場面でそれらのモデルの妥当性が細かく評価されたことはない。それは試合の緻密な行動データの入手が困難であったためと考えられるが、近年はIT技術の進歩によりそのようなデータが入手可能となってきた。

そこで本研究では、現実のサッカーゲームでの選手の行動を予測・説明する行動決定モデルの構築と、他のゴール型ゲームとの比較を目指す。選手の位置を頂点とするボロノイ図に、選手の走行速度のモデル（ダッシュモデル）とパスのボール速度のモデル（ボールモデル）を導入すると、個々の選手が他の選手より早く到達してボールを受け取れる「優勢領域」を定義・視覚化できる（瀬古沢 2013）。これにより、味方選手が安定してパスを受け取ることができる領域を予測でき、さらに敵陣にパスの通るスペースを発見して走りこむといった攻撃側選手

の行動予測・説明が可能になると期待される。

しかしこれまで、実際のサッカーの試合で優勢領域モデルの妥当性が評価されたことはない。そこで本研究では、データスタジアム（株）が提供しているJリーグ試合中の選手・ボールの移動履歴データ（フィールド内のすべての個体およびボールについて、cm単位、25fps）に基づいて試合状況を再現し、そこでの優勢領域モデルに基づくパス行動の評価を試みる。

ここで注目すべきことは、サッカー、バスケットボール、ハンドボールなどのゲームでは、足で蹴る、手で投げる、ボールの大きさや重さ、フィールドの広さ、などが大きく異なり、それゆえに類似場面でも可能な戦術が異なることである。これらのパラメータは基本的に物理量であり、プレイヤーがその瞬間に取りうる行動を物理的に制約する。とするなら、本研究での分析・モデル化もまたこれらの物理量の制約から始めるべきであろう。そこで、まずボールの物理的動きと、選手が走るダッシュの動きのモデル化から取り掛かる。

3. ボールとダッシュのモデル化

優勢領域とは、ある瞬間にボールホルダから出されたパスがどの選手に受け取られるかという予測を示す、空間地図である。基本的に、ある選手はパスが自分の周囲に届くまでの時間内に到達可能な範囲でパスを受け取ることができる。いいパスが出されると特定の選手のみが受け取れるパスとなるし、そのコースやスピードが適切でないと敵味方、複数の見方選手が同時に到達できてパスの成功が予測できない事態が発生する。優勢領域とは、パスのスピードやコースは考えず、とにかくある選手が他の選手よりも早く到達できる領域を計算的に求めたものである。

優勢領域を計算するには、パスによるボール移動の速度が時間とともに減衰する過程を表現する「ボールモデル」と、それを受け取る選手の側のダッシュによる加速と移動の時間経過を表現する「ダッシュモデル」が必要となる。そこで人間サッカーの試合からシーンを抽出し、ボールモデルとダッシュモデルを構築した。使用する行動履歴データは2011年05月14日に行われたJ1の東京ヴェルディ対ギラヴァンツ北九州の試合である。試合には対応したテレビ放送の映像があり、その映像から解析に必要な選手の行動が多く含まれるシーンを切り出し、さらにそこからパスボールやダッシュのシーンを抽出す

る。そして、そのシーンに対応するフィールド内の選手の配置や行動履歴からパスとダッシュのモデルを構築した(瀬古沢 2014)。

3.1 選手のダッシュモデル

選手の移動軌跡からその走行の速さと方向を求め、選手がある瞬間から到達できる範囲の推定方式を検討する。前提として、選手はある瞬間から最大加速度でダッシュを行うが、その加速度は速さにも依存する、すべての選手のパラメータは等しいというモデルから出発した。最大加速度の数値が必要であるが、全選手が1試合中での最も速く走行した際の最大速度と最大加速度を抽出し、その平均値を選手モデルのパラメータとした。試合データから、選手の最大走行速度 $v_{\max} = 10$ [m/s]、最大加速度 $a_{\max} = 6$ [m/s²] となった。また、加速特性は1次減衰型の指数曲線と想定した。結果として、加速度 α 、走行速度の減衰率 k 、初速度 v_0 を用いて、到達距離は以下に示す式となった。一見して複雑に見えるが、通常の物体の加速と同じ運動方程式の解である。

$$\frac{dv}{dt} = -kv + \alpha \quad (1)$$

$$v_t = \frac{\alpha}{K}(1 - e^{-Kt}) + v_0 e^{-Kt} \quad (2)$$

$$D_t = \frac{\alpha}{K}t + \left(\frac{v_t}{K} - \frac{\alpha}{K^2}\right)(1 - e^{-Kt}) \quad (3)$$

3.2 方向依存の反応遅延

人間は、ボールの動きを観測してその到達位置と到達時間を判定するのに一定の時間が必要である。さらに、予測されたボールの到達位置に向けて身体の向きを変え、体制を整えて実際にダッシュを始めるまでに時間のロス(反応遅延)が生じる。その際、身体の正面方向と背後方向とでは、反応遅延は異なるのが自然である。

その影響を知るため、実際の試合映像から、選手がパスボールを見てから走り出す場面を抽出し、前後左右の各方向への反応遅延を3試合200シーンの映像から測定した。その結果を図1に示す。横軸は実際に走り出す方向に対する、パスが出された瞬間の身体の角度、縦軸はパスが出された瞬間から実際にダッシュが始まるまでの遅延である。これより、プロ選手でもパスが出された瞬

間からそれを観測して判断をして、さらにダッシュをするまで最低0.3秒の時間がかかっていることが判る。また、体の向きを変えて走り出すのに必要な時間は、角度に対する2次関数で近似できることが判った。従来モデルではこの遅延と身体方向を含んでおらず、一定時間内の選手の到達距離に誤差が生じていた。これにより、選手がボールに到達できる可能性の評価が変化する。

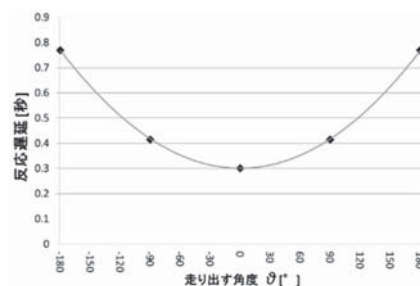


図1 選手の走り出す角度と反応遅延の関係。身体の正面を0度として、角度の2次関数で遅延が記述できる。

3.3 優勢領域によるフィールドの分割

遅延時間を導入した優勢領域は、試合の各瞬間に定義可能である。その結果、その瞬間の走る速さと向きから各選手の周囲にその選手がボールを受け取れる領域ができ、さらにフィールド全体をどちらのチームの選手が先に到達可能かという地図が書ける。図2はその一例である。図中の矢印型のマークは選手とその向きを表しており、その色は敵味方の区別となっている。各選手の周辺には色を付けられた領域があり、そこがその選手が他の選手より先に到達できる優勢領域となる。先述のとおり選手の向きはダッシュで到達できる範囲に影響するため、優勢領域は各選手の前方向に広がっている。

この地図とボールが現在位置からそれぞれの位置にどのタイミングで到達できるか判るなら、あるいはパスの速さを制御して到達させることができるかを計算するなら、ある場所から次の場所へのパスが味方同士で成功するかどうかは、計算できることになる。

ここではサッカーを事例として検討したが、優勢領域の概念はバスケットボールやハンドボールなどのゴール型ゲームに共通に適用できると考えられる。違いがあるとすると、フィールドの広さによるダッシュの範囲であろう。



図2 優勢領域モデルによるフィールドの分割

3.4 ボールモデル

パスは、ボールが宙を飛んである段階からバウンドし、最後に転がるという3段階の物理的過程を経てレシーバーに受け取られる。この挙動を知るため我々は、パスシーンのボールの軌跡データを切り出し、その速度変化からボール速度の減衰率を推定した。

パスボールの速度は指数減速すると想定した。データからは二種類の減衰率 [B_1 ($=0.82$ [%/フレーム]), B_2 ($=0.6$ [%/フレーム])] が見つかった。このシーンを実際の試合映像で確認すると、パスはバウンドしている状態（以下バウンドモード）から転がっている状態（以下グラウンダーモード）に移行しており、それにより減衰率が変化したと考えられる。バウンドモードからグラウンダーモードへの移行は、ボールの速度の初期値にも依存するが、本研究では速度が一定値 (11 [m/sec]) 以下になったときに起きると考えた。

ボールモデルは、2種類のボールの状態を想定したが、実際のボール状態は3段階ある。それはライナー性に空中を飛んでいるボール状態で、バウンドモードになる前の、ボールを蹴ってから最初に地面と接触するまでの過程である。しかしこのライナー性の状態となる時間は、パスボールのスピードや仰角によって変化するため本研究で使用する試合履歴データでは判別できず、2段階のボール状態でのモデルとした。

ボールモデルに関しては、バスケットボールやハンドボールなど手を使うゲームはサッカーと異なる属性があるように思われる。サッカーの場合は、足でボールを操作するため、基本的に身体が移動できる範囲でないとボールを受け取れず、その操作の自由度も高くない。しかし手を使えるゲームでは手は身体より広い範囲にまで届き、さらにボールは基本的に空中を移動するため地面

との関係を考える必要はない。しかしそれでも、優勢領域とボールモデルの組み合わせによるパス行動の解析は有効であろう。

4. パス行動のモデル化

サッカーのフィールド ($105\text{m} \times 68\text{m}$) を $1\text{m} \times 1\text{m}$ の正方格子のエリアに分割し、選手とボールが各エリアに到達する時間をモデルから計算することで、パスが可能領域を判断した。また、それぞれのエリアにゴールに向かうための重要さを重み付けることで、敵のゴールに向かって攻撃していくための効果的なパスが評価できる可能性がある。さらに、レシーバーがボールを受け取ってから敵選手が接近してくるまでの猶予時間も計算できる。サッカーでいう「空間」とはこの猶予時間も含んだ概念であり、守備によるプレッシャーの効果が評価できる可能性がある。

4.1 パス成否判断

エリアごとに、優勢領域モデルによる両チームの選手の最小到達時間を求め、さらにボールの到達時間と比較することで、そのエリアに選手とボールが到達する順番とその時間的余裕を計算することで、パスの成否の判断とその質の評価を行う。

パスの成否は表1に示すように4種に区別できる。パスの成否はパスが行われた瞬間を起点として各地点への選手とボールの到達時間を計算し評価する。原則は、パスボールが到達するエリアにボールに間に合うように最初に到達できる選手がボールのレシーバーになる。パスボールに最初に触れることができる選手が味方であればパスが成功する「パス可能領域」であるとする。各エリアでの敵選手からのプレッシャーは、味方選手がボールを受け取ってから、敵選手が到達するまでの時間的余裕に比例するとする。

表1 到達順によるエリアのパス成否判断

到達時間	パスの成否
味方 < ボール < 敵	パス成功
敵 < ボール < 味方	パス失敗
ボール < 味方・敵	パス失敗
味方・敵 < ボール	判定不可

4.2 パスエリアの評価

パス可能領域の各エリアに、そこにボールが到達した場合の評価値を与えるため、フィールド重みとプレッシャー重みを計算する。その評価値が最も高いエリアをパスモデルの求めたパスエリア候補とする。

(1) フィールド重み付け

ボールを所持しているチームが攻めていく敵ゴールおよびその周辺のエリアに、敵ゴールを基点とした重みを割り当てる。すなわち、敵ゴールに近くなるほど評価が高く、離れば次第に低くなるゴール距離重み付けと、敵ゴールの正面になるほど評価が高く正面から角度のある地点だと評価が低くなるゴール角度重み付けを掛け合わせ、その値をフィールド重み付けとする(図3)。敵ゴールに直接にシュートを打つ場合には、この2つの特徴を備えた場所がシュートの成功可能性が高くなると考えるためである。

0.10	0.12	0.14	0.17	0.22	0.29	0.42	0.68	0.98	0.68	0.42	0.29	0.22	0.17	0.14	0.12	0.10
0.20	0.23	0.27	0.33	0.40	0.51	0.66	0.85	0.96	0.85	0.66	0.51	0.40	0.33	0.27	0.23	0.20
0.28	0.33	0.38	0.45	0.53	0.64	0.77	0.88	0.93	0.88	0.77	0.64	0.53	0.45	0.38	0.33	0.28
0.36	0.41	0.47	0.54	0.62	0.71	0.81	0.89	0.91	0.89	0.81	0.71	0.62	0.54	0.47	0.41	0.36
0.42	0.47	0.53	0.60	0.67	0.75	0.82	0.87	0.89	0.87	0.82	0.75	0.67	0.60	0.53	0.47	0.42
0.47	0.52	0.57	0.63	0.70	0.76	0.82	0.85	0.87	0.85	0.82	0.76	0.70	0.63	0.57	0.52	0.47
0.50	0.55	0.60	0.66	0.71	0.76	0.81	0.83	0.84	0.83	0.81	0.76	0.71	0.66	0.60	0.55	0.50
0.53	0.57	0.62	0.67	0.72	0.76	0.79	0.81	0.82	0.81	0.79	0.76	0.72	0.67	0.62	0.57	0.53
0.55	0.59	0.63	0.67	0.71	0.75	0.78	0.79	0.80	0.79	0.78	0.75	0.71	0.67	0.63	0.59	0.55
0.56	0.60	0.64	0.67	0.71	0.74	0.76	0.77	0.78	0.77	0.76	0.74	0.71	0.67	0.64	0.60	0.56
0.56	0.60	0.63	0.67	0.70	0.72	0.74	0.75	0.76	0.75	0.74	0.72	0.70	0.67	0.63	0.60	0.56
0.57	0.60	0.63	0.66	0.68	0.70	0.72	0.73	0.73	0.72	0.70	0.68	0.66	0.63	0.60	0.57	0.56
0.56	0.59	0.62	0.64	0.67	0.69	0.70	0.71	0.71	0.70	0.69	0.67	0.64	0.62	0.59	0.56	0.56
0.56	0.58	0.61	0.63	0.65	0.67	0.68	0.69	0.69	0.68	0.67	0.65	0.63	0.61	0.58	0.56	0.56
0.55	0.57	0.60	0.62	0.63	0.65	0.66	0.66	0.67	0.66	0.66	0.65	0.63	0.62	0.60	0.57	0.55
0.54	0.56	0.58	0.60	0.61	0.63	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.63	0.61	0.60	0.58	0.56	0.54
0.53	0.55	0.57	0.58	0.60	0.61	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.61	0.60	0.58	0.57	0.55	0.53
0.51	0.53	0.55	0.56	0.58	0.59	0.60	0.60	0.60	0.59	0.59	0.58	0.56	0.55	0.53	0.51	0.51
0.50	0.52	0.53	0.54	0.56	0.57	0.57	0.58	0.58	0.57	0.57	0.56	0.54	0.53	0.52	0.50	0.50
0.48	0.50	0.51	0.53	0.54	0.56	0.55	0.56	0.55	0.55	0.54	0.54	0.53	0.51	0.50	0.48	0.48
0.47	0.48	0.49	0.51	0.52	0.52	0.53	0.53	0.53	0.53	0.52	0.52	0.51	0.49	0.48	0.47	0.47
0.45	0.46	0.48	0.49	0.49	0.50	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.50	0.49	0.49	0.48	0.46	0.45

図3 フィールド重み付けの事例

(2) プレッシャー重み付け

味方選手がパスボールを受け取ってから敵選手がそのエリアに到達するまでの時間(猶予時間)を、敵選手によるプレッシャーの基準とする。そのためパス可能エリアでボールの到達時間と敵選手の最短到達時間を比較し、猶予時間があるほど評価を高くする。

(3) パスエリアの決定と現実との対応

フィールド上の各エリアでフィールド重みとプレッシャー重みの値を求めたことで、パス可能領域のエリアごとにその質の評価ができた。さらに各エリアは最短時間で到達できる選手が判別できるため、ある選手からパスを受け取り可能な味方選手ごとに評価値が最も高いエ

リアを選択してパスエリアとすることができる。

それに対して、その瞬間に対応した現実の試合の人間行動のデータが存在する。例えば図4の場合、パスが出された瞬間の各プレイヤーの位置と速度からパス可能領域が計算されて、その中でも最も有利なパスコースとパスレーブの位置が計算された。それに対して実際に行われたパスのコースもあり、それを図4に重ねて表示した。見て判るとおり、足で蹴るという不確定さと選手の移動のダイナミクスを考慮に入れるなら、十分に高い精度でパスが予測できたものと考えられる。

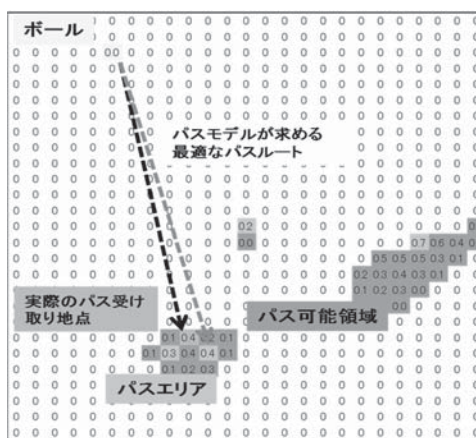


図4 フィールド重みとプレッシャー重みによるパスエリアの計算

5. パスモデルの評価

現実の試合を再現する過程で、ある選手がパスする瞬間にパスモデルにプレイの行動決定をゆだね、そのときにモデルの行動選択がどれだけ人間サッカーの行動を予測できるか(再現精度)が、パスモデルの評価の基準となる。多くの試合シーンについてこの評価を行うことで、本パスモデルが適用できる条件とその有効範囲が明らかになると考える。

図5は実際の試合の場面である。パスラー(14番)がゴール前でかつ敵選手のいないスペースに走りこんでいる味方選手(6番)にパスをする。このシーンのパス行動を実際のボール速度の範囲内で何段階かにボール速度を変えてパスモデルによりパスの可能性を評価した。

結果を図6に示す。パスモデルが味方の4人の選手へのパスが可能なエリア(A, B, C, D)を検出した。これらのパスエリアのうちで評価値が最も高いエリアBが本モデルが求めた最適なパスコースとなった。これら

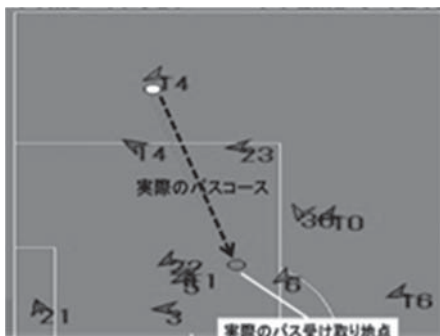


図5 実際の試合のパスシーンの事例。元データには選手の各瞬間の位置のみが含まれており、その系列から選手の方向も推定している。

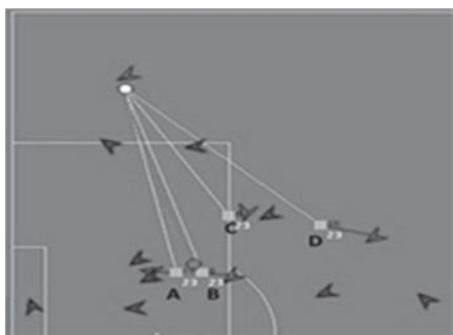


図6 本モデルで推定された可能なパスとその評価。四人の味方選手のそれぞれが最も高い評価でパスを受け取る位置が点 (A, B, C, D) で示され、その評価も示されている。

をより詳細に見ると、A・C地点にあたるエリアは、ゴールにより近い位置でその評価はよいが、敵選手がすぐ近くにいてプレッシャーが強く、評価値が低い。一方のD地点はマークしている敵選手がおらず評価値が高いエリアもあるが、パサーの位置よりもゴール重み付けの評価が低く、最適なパスエリアとしては選ばれない。結果として、B地点はゴール前であるにも関わらずプレッシャーが弱く、評価が高くなった。図4に示された実際のパスもまた、モデルが最適パスルートと判断したエリアBの近くとなっている。

6. より広い分析への適用可能性

ここまではパスの可能性を評価するための要素的な分析手法について検討してきた。しかしパスの可能性評価は、ここで述べてきた実際の試合でのパスの事後評価だけに限らず、ある瞬間のパスや戦術の可能性探索などより広い範囲に利用できよう。

例えば、守備側のチームがゾーンディフェンスで守っている際に、攻撃側の選手がその中に走りこみ、それに対応する守備選手を移動させてパスのコース、すなわち守備の隙間を作り出すという戦術がある。その場合、守備の隙間は仮想的なパス目標地点を探索することで発見が可能であり、走りこむ攻撃側の選手の移動計画もまたパス目標地点が判れば可能である。現在のモデルで評価されていないのは、ゾーンディフェンスにおける守備側選手の、走りこんでくる攻撃側選手に対応した移動である。フリーに走らせることはあり得ないので、誰かが対応して走りより、それにより空いた隙間をまた別の選手が埋めるのが原則である。しかしその時間ダイナミクスを考えると、短い間とはいえ隙間が発生する可能性は高く、その評価を計算機で探索できるなら、利用可能な方法であろう。例えば物理制約付きランダムツリーなどのモンテカルロ法により可能と思われる。

7. 他のスポーツへの適用可能性

ここまではゴール型ゲームの典型例としてのサッカーに注目して議論を進めてきた。その結果、パスについてはボールの移動と選手の加速という物理的な制約に、ゴールに近くシュートしやすい角度というゲームの制約を加えることで、ある範囲内のモデル化ができたと考えられる。では、この結果は他のゴール型ゲーム（例えばバスケットボールやハンドボール）にどこまで適用できるであろうか。

サッカーとこれらのゲームの間では、ゴールにボールを入れる、攻撃と防御のフォーメーションがある、パスを多用する、といった多くの共通点がある。その意味で、ここまでの議論で用いた優勢領域やフィールド重み付けの考え方自体は適用可能であると思われる。

しかし一方で違いも大きい。ボールを手で投げることでパスの精度が高く距離が短い、フィールドが狭い、ダッシュは同じでも走り続ける距離が短い、などバスケットボール等の規則によりパスエリアの評価量を計算する過程でのパラメータは大きく異なってくる。その結果、計算モデルは同様でも、競技ごとに戦略は異なってくる、というのが現状での理解である。しかし、データが入手できるなら現在の優勢領域モデルとパスエリア評価モデルである程度の行動予測が可能になろう。

8. まとめ

本稿では、ゴール型ゲームにおけるチームワーク的な行動決定のモデルとしてサッカー・バスケットボール・ハンドボールに注目し、その代表としてのサッカーにおけるパス行動の合理性を検討した。具体的には当初はハンドボールで提案された優勢領域モデルに注目し、その計算に必要なボールモデルとダッシュモデルを実際のサッカーの試合データに基づいて求めた。その過程で、選手の向きとダッシュの方向により遅延が生じることを発見し、それをモデルに組み込むことでより現実的な優勢領域が計算できた。このモデルにより、ある瞬間に出されたパスがどの選手に受け取られるかという物理的な予測が可能となった。

その予測に対応する現実の試合のパスの成否をモデルからの予測と比較することで、モデルが想定する人間のパスの計算過程が見えてくるものと期待する。例えば、本モデルでは選手はパスボールの動きを見てから動き出すと想定している。しかし実際の選手は、パスの視線、味方の位置などの要素から予測的にダッシュをしており、モデルの予測より広い範囲に到達している。一方で予測がはずれた場合には物理・計算的には到達可能のはずの選手の行動が間に合わず、目の前を通り過ぎるパスに到達できないということもある。そのような事例の発見と戦術的な視点からの分析、行動決定モデルの改良、さらにはチーム戦術のモデル的表現などが長期的な課題である。

より短期的には、パス行動決定の評価基準の1つであるゴール重み付けが『ゴール前のシュートを打てる位置に出す効果的なパス』という限定的な目的の評価法であることが課題である。実際の試合での、『センタリングを上げる選手への効果的なパス』としてサイドに出すパスや、前向きにシュートする選手に向けて後方に出すパスなどもあり、目的によってフィールドのエリア評価基準が変わっている。このようなパスの目的ごとに効果的

なフィールドの評価基準を構築することで、より多彩なパスコースを予測評価できるであろう。

このように、人間の直感的とも思える行動の背後には物理制約を考えた合理的な計算と意思決定があり、さらにその先には物理制約を超えるための協調行動のプランニングがあるはずである。現在のゴール型ゲームの試合の分析の多くは人間の直観に頼り、本モデルでのパスの評価のように「仮にこのようにしたら、あのパスを出していれば」といった「たれば」の議論は意義が薄いとされてきた。しかし本モデルのように仮想的なパスの妥当性が検討できるなら、事後の反省として、あるいは選手の訓練として、より深い試合の分析ができるものと考ええる。

また、バスケットボールやハンドボールなどの他の競技での評価も課題である。サッカーは試合のデータ計測が商業的になりつつ数少ない競技であり、我々もそれゆえに試合中の選手やボールの動きのデータを入手できた。同様のことはいずれバスケットボールなどにも普及すると予測される。これを活かして、新しい戦術の開拓をすることは、研究者としての夢の一つである。

参考文献

- 藤村 光, 杉原厚吉: 優勢領域に基づい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. D-II, 情報・システム, II-パターン処理 J87-D-II(3), 818-828, 2004.
- 中西良太, 村上和人, 成瀬 正: 集団行動のオンライン解析を目的とした優勢領域の近似計算法, 電子情報通信学会論文誌 D Vol. J93-D No. 1 pp. 20-28, 2010.
- 横山慶子・山本裕二: ボールゲームにおけるチーム内連携のダイナミクス—6人制フィールドホッケーによる検証—, 認知科学 Vol. 18 No. 2, pp. 284-298, 2011.
- 瀬古沢理一, 大森隆司: サッカーにおけるパス行動決定の計算モデル化の試み, 日本認知科学会第30回大会, P1-1, 2013.
- 瀬古沢, 大森: サッカーにおけるパス行動決定の計算モデル化, 人工知能学会大会, 4L1-2, 2014.