

# 仮想ディフェンダーシミュレータによる フェイント個人練習システムの提案

増田 稜 山本 景子 倉本 到 辻野 嘉宏

**概要:** サッカーでディフェンダーを抜くためにはフェイントが重要である。しかしフェイントを完全に習得するためには個人練習だけではなく対人練習が必要である。対人練習により、1) 様々なディフェンダーに対する経験を得ることができ、2) ボールを奪われないようにコントロールする技術が習得できる。本稿では、これらを個人でできるようにするために、仮想ディフェンダーのシミュレーションを用いた個人練習システムを提案する。仮想ディフェンダーは、1) に対応するためにオフェンスに抜かれないように動き、またこの反応速度をユーザが調整できる。そして2) に対応するためにユーザのボールを奪う可能性があるなら奪おうとする。シミュレーションにおけるボールを奪ったかどうかのボール奪取確率モデルを検証するため、2Dシミュレータによる評価を行った。その結果、モデルはユーザの評価とほぼ一致していることがわかった。

## 1. はじめに

### 1.1 背景

日本は1998年にワールドカップに出場してから、サッカー教育が発展し、日本は世界の国と戦えるようになってきている。日本のサッカースタイルは個人の力ではなくチームワークで戦うものである。しかし世界一になるためにはチームワークだけでは限界があり、個人の力の上達が必要不可欠である。2013年ブラジルワールドカップ出場を決めた日本代表の共同記者会見で、日本代表の中心選手である本田圭佑選手が「ワールドカップで優勝するために必要なことは？」という記者の問いに対し、以下のように答えた。

“シンプルに言えば個だと思います。(中略) 結局、最後は個の力で試合が決することがほとんどなので。日本のストロングポイントはチームワークですが、それは生まれ持った能力なので、どうやって自立した選手になって個を高められるかというところですよ。” [1]

本田選手が述べた個の力とは個人の能力のことであり、選手の個人技を含む。個人技というものはボールを蹴る技術やボールをトラップする技術などの基礎的な技術を構築したものを指す。本研究ではその中でも、1対1の状況に

なった時にドリブルで相手を抜くことができる技術に着目する。

### 1.2 目的

点を入れるためにはボールをゴールまで早く運ぶ必要がある。ボールを運ぶ方法には、1人でドリブルをして運ぶ方法と、11人の選手でボールを蹴って渡すことを繰り返しボールを運ぶ方法がある。味方にボールを蹴って渡すパスをできるだけ多く用いる方がボールを運ぶ効率が良いためドリブルよりも推奨されている。しかし、パスだけではある一定のところからゴールに近づくことは難しい。なぜなら、守備をしている選手はパスのことだけを気にすれば良く、シュートを打たれない距離以上離れたところでパスを回すしかなくなるように守備し、攻撃をしている選手がミスをするのを待たば良いからである。

パスだけでゴールに近づけなくなった時に有効な手段にドリブルがある。ドリブルで守備をしている選手を抜くと、その近づけなかった一定の距離を打ち破ることができるため、得点チャンスに繋がる可能性が高い。またドリブルという選択肢があることで、守備をしている選手はドリブルの可能性を考えながら守らなければならないため、パスが通りやすくなるというメリットもある。つまり攻撃の幅が広がり連携が行いやすくなる。特に1対1の勝負で、守備をしている選手を抜くことは大きな得点チャンスを作

<sup>1</sup> 京都工芸繊維大学  
Kyoto Institute Technology

ることに繋がる。このような個の力、その中でも1対1で守備をしている選手に勝つ個人技はチーム力を上げる大事な要素である。しかし1.1で述べたように日本の選手はその個人技の能力が低いと言われている。

ドリブルで相手に勝つためには守備をしている選手を騙す「フェイント」(2.で詳述)の習得が重要である。しかしこのフェイントを習得するためには多くの練習プロセス(2.3で詳述)が必要であり、このプロセスは1人ではできない対人練習も含まれている。したがって、現状では協力者がいないと1対1で相手をドリブルで勝つためのフェイントを習得することはできない。またチームメンバーが集まって行う全体練習ではチーム力を高める連携をメインにした練習が多いため、フェイントの練習をする時間は少なくなりやすく、また全体練習以外の時間で協力者を探すのは難しい。そこで本稿では、協力者がいなくてもいつでもフェイントを1人で習得できるシステムを提案する。

## 2. 個人練習の重要性

### 2.1 フェイント

本稿では点を入れるために攻撃している側のチームを「オフェンス」と呼び、ボールを持つてる人を「ボール保持者」と呼ぶ。逆に相手の攻撃を抑えるために守備をしている側のチームを「ディフェンス」と呼び、ディフェンスしている選手を「ディフェンダー」と呼ぶ。試合においてオフェンスは点を決めるためにボールをゴールに近づけようとし、ディフェンスはそれを阻止し、可能ならばボールを奪おうとする。この試合中のドリブル対決を「1対1」と呼ぶ。また1対1の結果、ボール保持者がディフェンダーよりもゴールに近づくことを「抜く」と呼ぶ。

1対1において相手を抜くために必要な技術は2種類ある。1つ目は思い通りにボールを操る技術である。これは個人練習によって身につけることができる技術である。2つ目は相手を「釣る」技術である。「釣る」というのは、ボール保持者がディフェンダーに対し、ボール保持者の抜く行為を妨害させないために、別の動作をするように見せかけ騙すことである。この時の「釣る」ための動作群が「フェイント」である。

フェイントを用いてボール保持者がディフェンダーを抜くまでの一連の流れを以下に示す。

- (1) ドリブルでボールを取られる直前の近さまでディフェンダーに近づく
- (2) フェイントを行ってディフェンダーを騙し、ボール保持者が抜きたい方向と逆の方向へディフェンダーを動かす(この行為が釣るにあたる)
- (3) ディフェンダーが釣られている間に、逆の方向へボールを運ぶ

もし(2)でボール保持者の「釣る」動作がうまくいかず、ディフェンダーが釣られかけた状態から本来取らなければ

ならないボール保持者を妨害する行動に修正する時間が短いと、結局ディフェンダーを抜くことはできなくなる。つまりこの修正時間がディフェンダーの釣られにくさと言える。本稿では以降、このディフェンダーをどれだけ釣ることができるかを「ボール保持者のフェイントの技術力」と呼び、逆にディフェンダーの釣られにくさを「ディフェンダーの技術力」と呼ぶ。

### 2.2 フェイントを習得するためのプロセス

一般的なフェイントの習得は以下の5つのプロセスで行われる。

#### (1) フェイントの理解

繰り返しフェイントの映像を見ることで、フェイントを基本動作まで分解し構造を理解する。基本動作以外に腕や体による体軸のバランスの取り方も理解する。

#### (2) イメージトレーニング

自分の中でフェイントの動作のイメージを作ること、フェイントの基本動作の一連の流れを自分の目線から想像する

フェイントの映像を見ずに想像できるまで(1)と(2)を繰り返す。

#### (3) 動作確認

ボールを使わずに想像したイメージ通りに1人で体を動かして、フェイントの一連の流れを確認する。慣れたらボールを使って思い通りにボールを操れるようになるまで繰り返す

#### (4) 対人確認

対人でフェイントを試す。ディフェンダー役の人は、初めはボールを奪おうとせず一連の動きについていくだけに留め、徐々にディフェンダーの技術力を上げていく。これを、ディフェンダーを釣るポイントである基本動作のタイミングやディフェンダーとの距離感の確認ができ、試合で対戦する時と同じレベルのディフェンダーを抜くことが可能になるまで繰り返す

### 2.3 フェイント習得における問題点

2.2のフェイント習得プロセスの(1)~(4)の中では、(4)が最も大事である。それにも関わらず、(1)~(3)のプロセスの練習は1人でできるのに対して、(4)は現状ディフェンダー役の人がいなければ練習できない。

また(1)~(3)の個人練習だけでは、試合中の1対1でフェイントを使ってもディフェンダーを抜くことはできない可能性が高い。これは、(1)~(3)の個人練習で想定した通りにディフェンダーが動くとは限らないからである。ディフェンダーを思い通りに操るためには、フェイントの重要部分である釣りの動作の質で決まる。ディフェンダーを釣ることができるように釣る前の基本動作のコツを掴んだりすることや、想定よりもディフェンダーを釣ることがで

きなかった時の修正方法，そして様々な能力のディフェンダーに対応するため，(4)で対人練習を複数人で複数回行い，経験を積む必要がある。

この時，ボール保持者のフェイントの技術力とディフェンダーの技術力が同じくらいであるほうが練習効果が高い。なぜならディフェンダーの技術力がボール保持者のフェイントの技術力よりも高すぎるとディフェンダーはフェイントに釣られないためそもそも抜くことができず練習にならない可能性があり，逆にディフェンダーの技術力がフェイントの技術力よりも低すぎるとボール保持者はディフェンダーを簡単に抜けてしまうのでやはり練習にならないからである。さらに，サッカーの全体練習ではチームワークを上げるための練習が多く，1対1の練習をする時間は少ない。そのため新しいフェイントを習得するための対人練習をする時間が取れず，全体練習以外の時間にディフェンダー役の協力者を頼む必要がある。さらに，ディフェンダーの技術に合わせて複数人の協力者を見つけることも難しい。

## 2.4 関連研究

松下ら [2] は，フェイント技術の指導方法を考案するための前提として，欧州選手権大会と南米選手権大会の試合を対象とし，フェイントの種類と成功率，使用されたエリアを調査している。これによると全フェイントの成功率は約73%であり，成功率の高いフェイントは「ストップ動作を含む切り返し」と「キックフェイント」であった。これらの成功率が高くなった要因としては，ディフェンダーがボール保持者のボールコントロールしようとしているコースを切る時に釣られてバランスを崩してしまい，次の反応に遅れてしまうことが挙げられる。反対に成功率の低いフェイントは「相手に向かってドリブルしながら急に切り返し」，「横に大きく踏み出す」，「ドリブルしながらの方向転換」であった。これらの成功率が低くなった要因としては相手とボールの間隔がとりにくく，近づきすぎてしまいボール保持者がボールをコントロールできなかったことが挙げられる。

これらの結果より，フェイントはディフェンダーを釣り，バランスを崩すことと，ボール-ディフェンダー間距離の2つが大事であることがわかる。

## 3. 提案システム

### 3.1 概要

本システムは，2.3で述べた問題を解決するために，人間と同様の動きや反応をシミュレートする仮想ディフェンダーによりフェイント習得を支援するものである。仮想ディフェンダーは人間の全身像を持ち，ディフェンダー役の協力者の代わりにその役を担う。ユーザは自分の体を動かし現実世界のボールを操ることで，ユーザが装着し

たHMD (Head Mounted Display) に立体表示された仮想ディフェンダーと1対1の練習ができる。センサにより，ユーザとボールの位置と速度，またユーザの足の動きの加速度を計測することで，様々なフェイントに対応する。提案システムの全体像を図1に示す。仮想ディフェンダーの実現に必要な要素は以下の3項目である。

- 仮想ディフェンダーはボール保持者とボールの動きに合わせて動く

ボール保持者やボールの動きに対してシュートを打たれず抜かれぬように仮想ディフェンダーは動く。つまりボール保持者やボールの現在の位置と速度，加速度から次の位置を予測して動く必要がある。人間は力を加えることによって加速度を制御し，位置を調整するため，仮想ディフェンダーの動きはボール保持者やボールの動きに対して2次遅れになると考えられる。

- 仮想ディフェンダーはボールを奪おうとする

抜かれぬように動くだけではディフェンダーとは言えない。ボール保持者に抜かれずボールを奪える可能性があるなら，ディフェンダーはボールを奪おうとする。しかし，仮想ディフェンダーは実体がないため現実世界のボールを奪うことは物理的に不可能である。そこでディフェンダーがボールを奪う確率に基づき，ボールを奪う行為をシミュレーションすることでこれに対処する。なお，抜けたかどうかをボール保持者が知るために，システムは仮想ディフェンダーが抜かれたもしくはボールを奪ったことをボール保持者に伝える必要がある。

- 仮想ディフェンダーの動く速度や反応速度，ボールを奪う能力を調整できる

2.3で述べたように，フェイント習得のためには様々な能力のディフェンダーが存在することが望ましい。このディフェンダーの能力はボール保持者の基本動作とボールの動きに対する2次遅れの反応によって表現する。これは，特に釣られた時，反応が騙された状態から本来取らなければならない行動がとれるまでの修正時間に影響するパラメータであるためである。この修正時間を変動させる反応を調整することによって，ディフェンダーの守備能力の差が表現できると考えられる。

### 3.2 仮想ディフェンダーの設計

3.1で述べた仮想ディフェンダーの具体的な設計について述べる。以降特に断りがない限り，仮想ディフェンダーを単にディフェンダーと呼ぶ。ディフェンダーの動きのうち，最も重要な位置取りについて考察するため，以降ではディフェンダーの姿勢や足の位置は扱わない。

#### 3.2.1 ディフェンダーの位置

ディフェンダーの位置はオフenseとボールの位置に

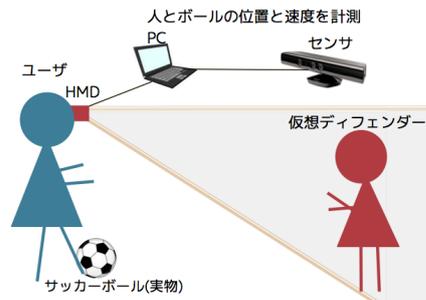


図 1 フェイント個人練習システムの全体像

よって決まる。

- ゴールとボール保持者を結んだ線と平行方向の動き  
ディフェンダーは、ボール保持者とある一定の距離を保とうとする。この一定の距離を「間合い」と呼ぶ。間合いがあまりに小さいとディフェンダーはボール保持者に抜かれやすくなるが、あまりに遠いとボールを奪えないため、ディフェンダーは常に間合いを適切に保とうと動く。
- ゴールとボール保持者を結んだ線と垂直方向の動き  
ディフェンダーは、ボール保持者やボールの動きに対してシュートを打たれず抜かれないようにするために、ボール保持者とゴールとの間に入るように動く。ディフェンダーはボール保持者やボールの位置と速度から次の位置を予測して動く。

このとき、ボール保持者とボールの位置は、実際のボール保持者の位置及び実際のボールの位置をセンサを用いてリアルタイムに取得するものとする。

### 3.2.2 ディフェンダーの状態

ディフェンダーは以下の3つの状態をとる。

- (1) 抜かれた
- (2) ボールを奪取した、もしくはボールをクリアした
- (3) 抜かれていないがボールも奪取できていない、かつボールをクリア（ディフェンダーがボールを大きく蹴りだすこと）することもできていない

この3種類の状態は、ボール、ボール保持者、ディフェンダー3者の位置関係に基づいて判別される。判別には以下に示すディフェンダーのボール奪取可能範囲とボール保持者のボールコントロール可能範囲を考え、ボールがどの範囲内にあるかで場合分けを行う。ディフェンダーのボール奪取可能範囲とボール保持者のボールコントロール可能範囲の概念図を図3に、各状況でどのようにディフェンダーの状態が変化するかを表1、ディフェンダーの状態と遷移図を図2に示す。

- ボール奪取可能範囲  
ディフェンダーがボールを奪うことが可能な範囲である。日本人男性の平均の足の長さが0.7[m]であるため、足を伸ばして届く範囲をこの範囲を半径1.0[m]の円と定める。またディフェンダーの向きや速度、加速

度によってこの範囲の形状や位置を変える。

- ボールコントロール可能範囲  
ボール保持者がボールをコントロールすることが可能な範囲である。ボールのコントロールは一般にボールを奪うよりも細かい動きを要求されるため、この範囲はボール奪取可能範囲よりも狭い。そこで足裏でボールをコントロールできる範囲を半径0.5[m]の円と定める。またボール保持者の向きや速度、加速度によってこの形状や位置を変える。

この2種類の範囲を基に、上述のディフェンダーの状態を変化させる方法について以下で詳述する。

#### (1) ディフェンダーが抜かれた状態

ボール保持者のボールコントロール可能範囲内かつディフェンダーのボール奪取可能範囲外にボールがある状況で以下の2つの条件を同時に満たす時、ボール保持者がディフェンダーを抜いたと定義する。

##### (a) 位置関係

ディフェンダーよりボール保持者がゴール側に近くなる：ゴールとディフェンダーを結んだ直線に垂直なディフェンダーの位置を通る直線よりボール保持者がゴールに近い。

##### (b) 速度

ディフェンダーがボール保持者に追いつけない：ディフェンダーのゴール方向への速度よりボール保持者とボールのゴール方向への速度の方が速い。この場合、ボール保持者は1対1でのフェイントに成功したことになる。

#### (2) ディフェンダーがボールを奪取した、もしくはボール保持者がボールコントロールできないようにした状態

ディフェンダーがボールを奪取した、もしくはボール保持者がボールコントロールできないようにした状態は、ボール保持者のボールコントロール可能範囲外かつディフェンダーのボール奪取可能範囲外にボールがあり、さらにディフェンダーのボール方向への速度がボール保持者のボール方向への速度より早いときに成立する。この場合、ボール保持者は1対1でのフェイントに失敗したことになる。

### 3.2.3 ディフェンダーがボールを奪う確率

ディフェンダーがボール保持者に抜かれておらず、かつディフェンダーがボールを奪えていない状態の時(3.2.2の(3))、ディフェンダーはボールを奪う可能性がある。しかし、ディフェンダーは仮想空間上の存在であるため実体はなく、実体であるボールを物理的に奪うことは不可能である。そこでボールを奪う確率に基づき生成される、シミュレーションの結果をもってボールを奪ったかどうかを定める。この時、ボール保持者は1対1でのフェイントに失敗したことになる。

ボールを奪う確率はボール-ディフェンダー間距離とボー

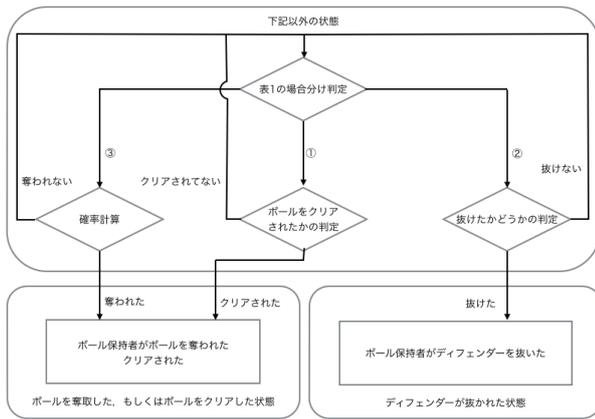


図2 ディフェンダーの状態と遷移図

表1 ディフェンダーの状態を変化させる要因

ボール位置	ディフェンダーのボール奪取可能範囲外	ディフェンダーのボール奪取可能範囲内
ボール保持者のボールコントロール可能範囲外	ボールをクリアされた可能性がある。(図2, 3中①)	ディフェンダーはボールを奪える可能性がある →奪ったかどうかの判定(図2, 3中③)
ボール保持者のボールコントロール可能範囲内	ボールコントロールできておりディフェンダーにボールを取られていない →抜けたかどうかの判定(図2, 3中②)	

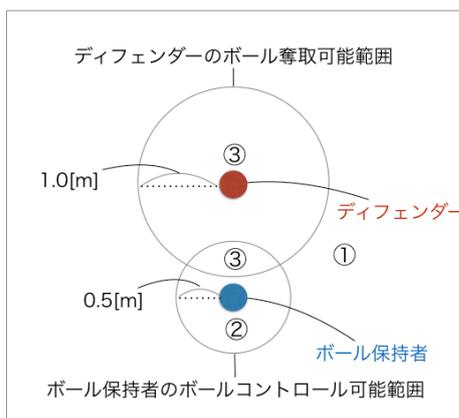


図3 ボールの位置とディフェンダーの状態

ル-ボール保持者間距離の比から求める。これは一般に、ボールとディフェンダーの距離が大きいかほどボールを奪う確率は低くなり、ボールとボール保持者の距離が大きいかほどボールを奪う確率は高くなるということが知られているためである。なお、ボール-ディフェンダー間距離とボール-ボール保持者間距離が等しい時にボールを奪う確率は、両方のボールに対する立ち位置が一致するため、50[%]であると

する。

## 4. ディフェンダーシミュレータの実装

### 4.1 概要

ここでは、ディフェンダーがボールを奪う確率のモデルの正しさを検証する。そのためにもまず、プロトタイプとして2Dシミュレータを実装する。この2Dシミュレータはフィールドを真上から俯瞰したものであり、ボール保持者やディフェンダー、ボールを全て円で表す。ボール保持者の足の動きなどは考慮しない。

2Dシミュレータの見た目を図4に示す。ディフェンダーの位置を原点とし、ゴールとオフenseを結んだ直線を  $y$  軸とし、ゴール方向をプラス方向とする。また  $y$  軸と垂直なディフェンダーを通る直線を  $x$  軸とし、ゴール方向を向いて右方向をプラス方向とする。

3.2.1で述べたように、2Dシミュレータで考えるパラメータは、ボール保持者とディフェンダー、ボールの位置と速度、加速度である。この実装では釣りが身体動作によって行われるフェイントは対象外とし、ボールコントロール動作によって行われるフェイントのみを対象とする。そのため2Dのシミュレータにおけるディフェンダーの動きはボールの位置のみに依存する。つまりディフェンダーは、フェイントを構成する基本動作のボールコントロール動作にのみ反応し、身体動作には反応しない。またこの2Dシミュレータではボールの位置のみによってボールを奪う確率を求めるため、ボール保持者とディフェンダーの間合いは考えなくても良い。そこでディフェンダーはゴールに対して平行の方向にのみ移動する。実装はUnity5.3.1を用いる。

### 4.2 ディフェンダーが抜かれたかどうかの判定

3.2.2(1)より、ディフェンダーが抜かれたかどうかの判定は、以下の2式が同時に満足されるかどうかで行われる。この状態を図5に示す。

$$p_y^o > 0 \quad (1)$$

$$v_y^d < v_y^o \quad (2)$$

$p_y^o$ : ボール保持者の  $y$  方向の位置…3.2.2の(a)に対応

$v_y^d$ : ディフェンダーの  $y$  方向の速度…3.2.2の(b)に対応

$v_y^o$ : ボール保持者の  $y$  方向の速度…3.2.2の(b)に対応

### 4.3 ディフェンダーにボールをクリアされたかどうかの判定

3.2.2(2)より、ボールをクリアされたかどうかの判定は、以下の式(3)が満足されるかどうかで行われる。

$$(v_x^{db})^2 + (v_y^{db})^2 > (v_x^{ob})^2 + (v_y^{ob})^2 \quad (3)$$

$v_x^{db}$ : ディフェンダーのボール方向への速度の  $x$  成分

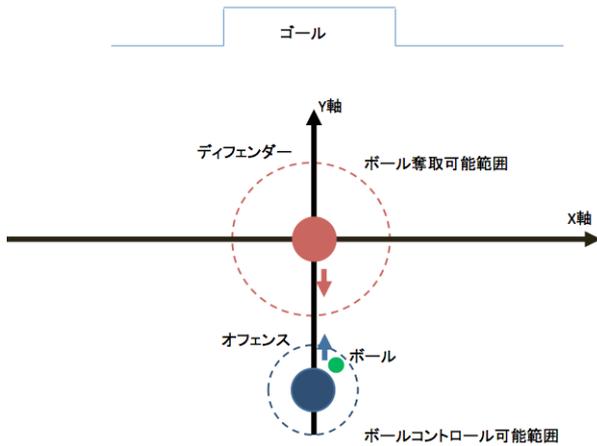


図 4 ディフェンダーとボール保持者の基本状態

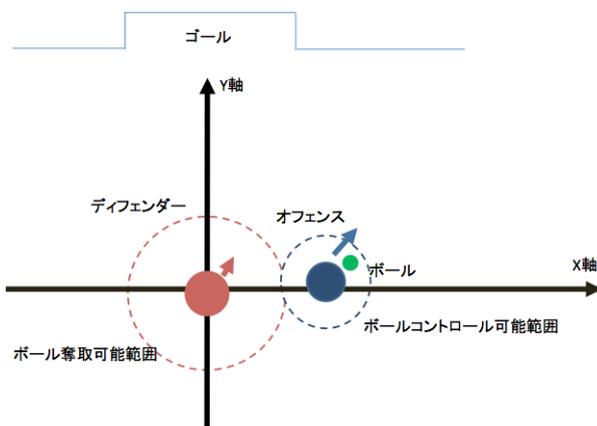


図 5 ディフェンダーが抜かれた状態

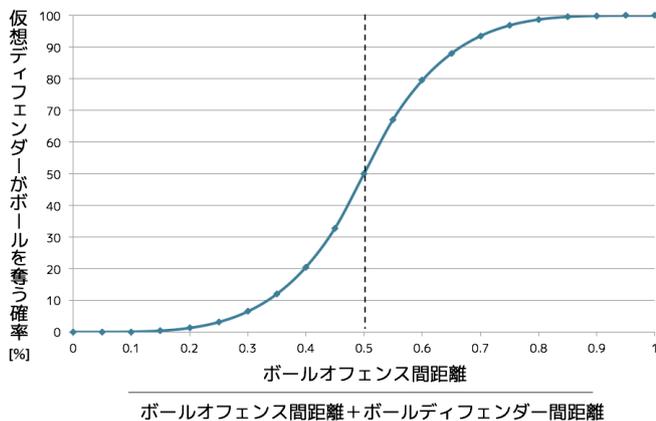


図 6 仮想ディフェンダーがボールを奪う確率

$v_y^{db}$  : ディフェンダーのボール方向への速度の  $y$  成分  
 $v_x^{ob}$  : ボール保持者のボール方向への速度の  $x$  成分  
 $v_y^{ob}$  : ボール保持者のボール方向への速度の  $y$  成分

#### 4.4 ディフェンダーがボールを奪う確率

3.2.3 より、ディフェンダーがボールを奪う確率は、以下の式 (4) と式 (5) により求められる。その時のグラフを図 6 に示す。ディフェンダーがボールを奪う確率がこのよう

になった理由は、3.2.3 で述べたように、ボール-ディフェンダー間距離とボール-ボール保持者間距離が等しい時にディフェンダーがボールを奪う確率が 50% となること、また 50% 付近では急激に確率が変わりやすく、ボール-ディフェンダー間距離がボール-ボール保持者間距離より短くなると確率は急激に下がり、反対に長くなると確率は急激に上がると考えられることからである。

- $d^{db} \geq d^{ob}$  の時

$$P = \frac{8(d^{ob})^4}{(d^{db} + d^{ob})^4} \quad (4)$$

- $d^{db} < d^{ob}$  の時

$$P = 1 - \frac{8(d^{ob})^4}{(d^{db} + d^{ob})^4} \quad (5)$$

$d^{ob}$  : ボール保持者とボールの距離

$d^{db}$  : ディフェンダーとボールの距離

## 5. ディフェンダーシミュレータの評価

### 5.1 目的

4. で設計した仮想ディフェンダーがボールを奪う確率は、ボールとディフェンダーの距離が近いほど高くなり、ボールとボール保持者の距離が近いほど低くなる。この確率が、サッカープレーヤーの感覚とどれぐらい合致しているのかを調査する。

### 5.2 方法

被験者は 3 年以上指導者がいる部活やクラブチームなどでサッカー指導を受けたサッカー経験者 18 人である。調査は 2D シミュレータのボール保持者がダブルタッチのフェイントを用い、ディフェンダーを抜いた様子を記録した映像を流すことで行う。以下にその流れを示す。

(1) 調査の目的と方法の説明を行う

(2) フィールドのイメージ映像を見せる

2D シミュレータの映像は真上から見た映像であるため、試合中のボール保持者とディフェンダー、ボールが見えるようにフィールドを真上から撮った実際の映像 [3] をみせ、人とボールの大きさや距離感を把握させる。映像の例を図 7 に示す。

(3) 2D シミュレータのサンプルの映像を見せる

フェイントを用いてボール保持者がディフェンダーを抜くまでの流れを把握させるため、実際に 2D シミュレータの動作の様子を記録したサンプル映像を用意する。この映像と同じものは以下の手続きでは使われない。なお、この映像においてディフェンダーがボールを奪う確率は 10% である。

(4) 評価のための映像を見せる

ディフェンダーのパラメータが (3) と異なる映像を見せる。ただし、奪う確率を被験者に考えさせるために、



図 7 イメージ映像 [3] の例

ボールとディフェンダーの距離が最も近い、すなわちボールを奪う確率が最も高いところで映像を止める。

- (5) ディフェンダーがボールを奪う確率を答えさせる  
ディフェンダーがボールを奪う確率は0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%の6段階から選んで答えさせる。この時、被験者が確率を考える目安として、ボール-ボール保持者間距離、ボール-ディフェンダー間距離が同時に確率は50%となることを説明をする。
- (6) (4) ~ (5) を全16種類の動画で繰り返す  
動画の提示は順序効果を打ち消すために、被験者によって順番を変える。動画は以下のパラメータが異なる16種類である。

- ボール保持者によるドリブル時のボールの離れ具合 (2種類)

ボール保持者1はドリブル時離れる距離の最大値が0.5メートルであり、ボール保持者2は離れる距離の最大値が0.7メートルである。

- ディフェンダーの反応速度 (8種類)

反応速度が高いほどディフェンダーがボールを奪う確率は高くなる。本実験では式(4)もしくは式(5)から求めたディフェンダーがボールを奪う確率は最も高い時で100%となる。この最も反応速度が速いものをディフェンダー8とする。これが今回用意した8種類のディフェンダーの中で最も反応速度が速いディフェンダーである。そしてディフェンダーがボールを奪う確率が20%になるディフェンダーをディフェンダー1とし、ディフェンダー1からディフェンダー8までディフェンダーのボールを奪う確率が20%から100%の間で均等になるよう昇順に定めた。

### 5.3 結果

ボール保持者1のディフェンダーの反応速度8種類に対する18人の平均値の結果を図8に、同じくボール保持者2の結果を図9にそれぞれ示す。グラフの横軸はディフェンダーの反応速度を表し、値が大きいくほど反応速度が早くなることを意味する。縦軸はディフェンダーがボールを奪

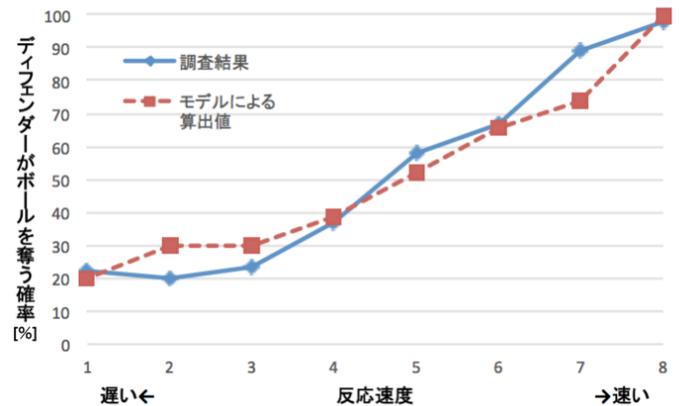


図 8 ボール保持者1に対する調査結果とシステムで求めた確率

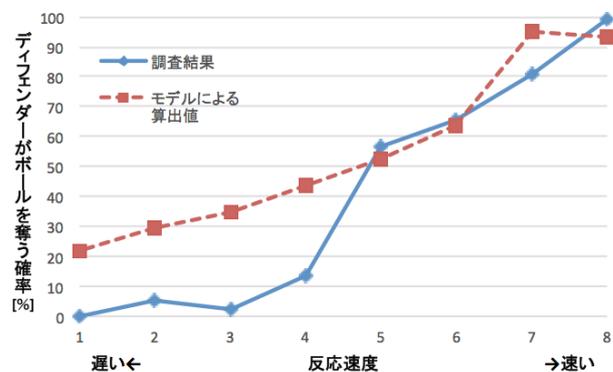


図 9 ボール保持者2に対する調査結果とシステムで求めた確率

う確率を表し、最大値は100%である。破線は、式(4)と式(5)によって求められるディフェンダーがボールを奪う確率の値をプロットしたものである。

### 5.4 考察

ボール保持者1の結果は調査で求めた確率とシステムで求めた確率とほぼ一致しているため、ボール保持者1ではシミュレータのディフェンダーによりボールを奪う確率が適切にモデル化されていると考えられる。しかし、ボール保持者2ではディフェンダー1~4で差が大きくなっている。この理由を考察するために、調査で被験者に見せたディフェンダー4に対する時のボール保持者1の静止画像とボール保持者2の4の静止画像をそれぞれ図10および図11に示す。

ボール保持者1と2の違いは、ドリブルする時のボール-ボール保持者間距離である。これはボール保持者1の方が狭く、そのため図10の方がボール-ボール保持者間距離が短く、同様にボール-ディフェンダー間距離も短い。図11はボール-ディフェンダー間距離が長い場合、ディフェンダーがボールを奪うまでに時間がかかることが予想される。そのためボールを奪う確率は低くなると被験者は直感

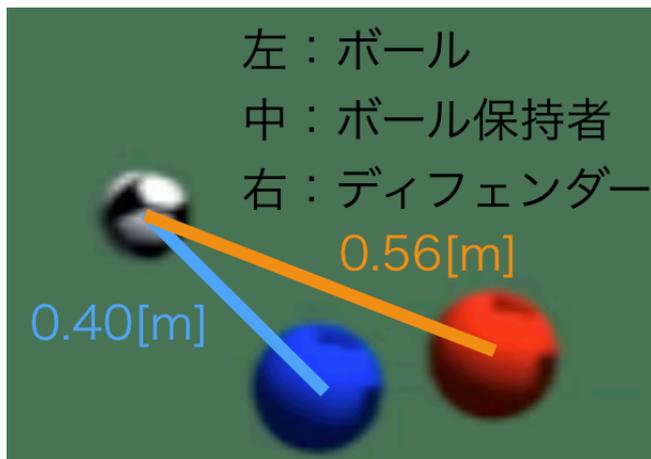


図 10 ボール保持者 1 のディフェンダー 4 の時の静止画像

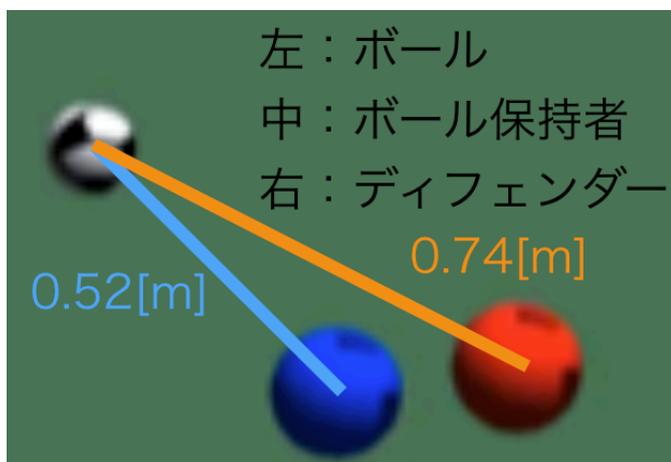


図 11 ボール保持者 2 のディフェンダー 4 の時の静止画像

的に予想したと考えられる。

つまりボール-ボール保持者間距離よりも、ボール-ディフェンダー間距離に強く影響を受けボールを奪う確率を考えたことが原因で、この差が生まれたと考えられる。これと同じことはディフェンダー 1, 2, 3 でも言える。逆にディフェンダー 5~8 でディフェンダーがボールを奪う確率が急に増加しなかったのは、ボール保持者よりもディフェンダーの方がボールに近くても、ボール保持者はもともとボールをコントロールをしている分有利であるという予想が被験者にあったため、ボールを奪う確率を低く予想したと考えられる。

この結果は、ボール保持者やディフェンダーを真上から見た円で表現したために、ディフェンダーの動作がわかりづらかったことが原因で生まれたと考えられる。したがって、この確率モデルが実際の 1 対 1 の視点でどの程度正しくなるかについてはさらなる評価が必要である。

## 6. おわりに

本稿では、フェイント習得のプロセスを明確にし、協力者がいない状況において個人でフェイントを習得するた

めの仮想ディフェンダーシミュレータを提案した。このシステムを評価するために、まずプロトタイプとして 2D シミュレータを実装した。この 2D シミュレータにおける仮想ディフェンダーはボールの動きのみに反応するもので、ボールの加速度から位置を予測し、2 次遅れで反応する。また、ディフェンダーのボールを奪う行為をシミュレーションするために、ボールを奪う確率を定めた。この確率はボール-ディフェンダー間距離とボール-ボール保持者間の比によって決まる。

このディフェンダーのボールを奪う確率がサッカー経験者の感覚とどれくらい合致しているかを調べる評価実験を行った。実験の結果、2D シミュレータのボールを奪う確率はサッカー経験者の感覚とほぼ一致することがわかった。ただしドリブルの時にボールが離れてしまう状況下で結果とシミュレーションとの間に差が生じたが、この原因は被験者がボール-ディフェンダー間距離のみによってディフェンダーがボールを奪う確率を考えてしまったことと考えられる。

今後の課題として、以下の項目が挙げられる。

- ボール保持者の目線で表示される 3D 仮想ディフェンダーを実現する
- 釣る動作がボールに触れない身体動作のフェイントにもディフェンダーは対応するのがユーザにとって望ましいため、身体動作に基づくモデルを構築する
- より多くのフェイントに対応する 3D 仮想ディフェンダーを実装する

## 参考文献

- [1] YouTube.com, “W 杯出場決定後の記者会見”, <[https://www.youtube.com/watch?v=0zS\\_leYWLcg](https://www.youtube.com/watch?v=0zS_leYWLcg)>
- [2] 松下 健二, 高藤 順, “世界の一流サッカー選手にみられるフェイント技術に関する一考察”, <<http://hdl.handle.net/10132/716>>
- [3] YouTube.com, “さがみはら ドリームマッチ 2014 & S C 相模原 空撮映像”, <<https://www.youtube.com/watch?v=CiXWM58Hpck>>