【講演会報告】

日本バスケットボール学会・武蔵大学バスケットボール部共催

サマーレクチャー2016

―特別報告―

トラッキング・センサデータを用いた バスケットボールにおける チームプレー・個人スキルに関する研究報告とその展望

講師　藤井慶輔

司会　岩見雅人

2016年８月９日（火）17:00～17:45
武蔵大学江古田キャンパス 1201教室

報告者　飯田祥明

【報告概要】

2016年８月９日，サマーレクチャーの特別報告として藤井慶輔氏による「トラッキング・センサデータを用いたバスケットボールにおけるチームプレー・個人スキルに関する研究報告とその展望」の発表が行われました．藤井氏は日本学術振興会の特別研究員（PD）として，名古屋大学に所属されており，近年バスケットボールを題材とした非常に革新的な研究を展開・発表されています．

今回の特別報告の内容を出来る限り多くの方々にお伝えするため，その主要部分を文章としてまとめたものを報告致します．内容の簡易化等の観点から内容を一部修正・省略させていただいております．

【登壇者プロフィール】

講師
藤井 慶輔
（名古屋大学総合保健体育科学センター 日本学術振興会特別研究員 PD）
略歴：大阪府立天王寺高等学校→京都大学総合人間学部→京都大学大学院人間・環境学研究科
博士（人間・環境学）
京都大学男子バスケットボール部アシスタントコーチ（2008-2011）・ヘッドコーチ（2011-2013）
現在の研究課題：球技（バスケットボール）における巧みさと集団のチームワーク

司会
岩見 雅人
（東京農工大学大学院　先端健康科学部門　助教）
略歴：順天堂大学（学士）→筑波大学大学院（修士・博士）→東京農工大学
現在の活動：運動生理学，バイオメカニクスを主とした研究教育活動に従事．東京農工大学バスケットボール部，アメリカンフットボール部顧問．JBA の科学サポートグループメンバーとしても活動中．

【講演】

岩見　それでは発表に先立ちまして，簡単に藤井先生のご略歴を紹介させていただきます．藤井先生は1986年にお生まれになり，大阪府住之江区出身．高校は，大阪府立天王寺高校をご卒業され，その後，京都大学総合人間学部，そして京都大学大学院人間・環境学研究科に進まれ研究に励まれてきました．

また，学業・研究活動に励まれる一方で，高校・大学ではプレーヤーとして，そして大学院ではコーチとして活躍をされています．

大学院で博士号取得後，名古屋大学総合保健体育科学センター，日本学術振興会特別研究員という形で現在の職場に勤めておられます．そちらでは，今回報告していただく研究のように革新的な研究成果を次々に発表されており，今後もさらなる活躍が期待されています．

また，日本バスケットボール協会科学サポートグループでも活動されていまして，トップリーグ選手の体力測定やゲーム分析にかかわっておられますので，研究，現場の橋渡しとなる大変貴重な活動，そしてこのような報告をしていただけるようになっています．今後も活躍が期待できる（先生のお話を伺える）大変すばらしい機会だと思っています．

それでは，早速ですけれども藤井先生から今回の研究の発表をお願いいたします．終わった後に５分から10分程度，質疑応答の時間をとりたいと思いますので，ぜひフロアのほうから皆さんの活発なご議論をお願いします．それでは，藤井先生，よろしくお願いいたします．（拍手）

藤井　岩見（雅人）先生，ご紹介ありがとうございました．また，このような話をする機会を与えてくださり，まことにありがとうございます．藤井慶輔と申します．よろしくお願いします．私は今回，チーム・個人パフォーマンスに関する研究報告をいたします．早速ですが話に移らせていただきます．

私は2015年と2016年に論文を一つずつ書いておりますが，その報告が今回の発表のメインになります．まず簡単に概要を説明しますと，一つはこの映像のような１対１を行ったときに，ディフェンスがどのようにして止めるのか，あるいはオフェンスはそれをどう引き起こすのかということを題材として研究を行いました．

もう少し詳しく説明すると，この白のディフェンスの選手のように，例えばクロスオーバーなどで動かされたときに，動きたくても動きがおくれてしまうということがどのようにして起こるのかというメカニズムを解明した研究になります．

もう一つは，５対５において守備の邪魔をするスクリーンプレーに対して，守備選手は一人一人守るのではなくどういうふうにチームで守るのかを明らかにした研究になります．いいスクリーンディフェンスとは，いいチームディフェンスとは何かという内容になります．

１対１の個人の研究と，チームの研究と，ばらばらな感じだと思われますが，私にとっては共通する部分があります．それはバスケットボールにおいて科学でアプローチしづらい，つまり学問としても新しいようなパフォーマンスを，トラッキングデータやセンサデータを用いて明らかにしたという点で共通しています．

次にトラッキングデータ・センサデータとはどういうことか，簡単に説明させていただきます．かっちりした定義はないのですが，こういうデータがトラッキングシステムあるいはセンサシステムといった測定システムから得られるデータとして話をしていきます．トラッキングシステムに関しては近年，NBA や J リーグなどで有効となっている，センサをつけずに，例えば NBA では選手の背番号を認識して自動で位置データを取得すると．例えばこの位置データを取得して再現すると（図１左），このように選手の２次元座標やボールの３次元座標などの動きが，大体わかりますよね．今，シュートを打って，今，トランジションで切りかわって，スクリーンも行なってという，こういうことがわかるデータになります．

センサシステムというのは心拍計だったり加速度計だったり，ラグビーなどで流行っているのですが，ワイヤレスの小さなセンサを体につけて，心拍やさまざまな動きのデータを測定するシステムになります．このようなシステムが現在流行しているのですが，研究レベルでは実は大ざっぱなデータでしか取得できないので，実際は，私もそうですがモーションキャプチャーシステムと呼ばれる測定システムを使っています（図１右）．テレビなどでよく見るやつですが，選手の体に反射マーカーをつけて，関節の動きのレベルでより詳しい動きの情報を見るというシステムを使いながら研究をしています．この情報を用いて，こういうデータが実際のゲームで測定されたときにどういう分析ができるかを検証することは，トラッキングデータからモーションキャプチャー的な分析は無理ですが，モーションキャプチャーデータからトラッキングデータの分析はできるので，そういうことを想像しながらモーションキャプチャーを使って研究をしています．

先ほど岩見先生に詳しく紹介していただきましたが，私の自己紹介を簡単に説明します．私は小学校からバスケットをやっていまして，大学まで選手でした．大学は京都大学の総合人間学部というところです．これはスポーツの学部ではなくて文系，理系，体育もある中のスポーツというところで，そこがスポーツの学部の方々と，研究のモチベーションが少し違うところがあって，そこを今日は少し詳しく説明したいと思います．

大学からずっとバスケットの研究をしていますが，

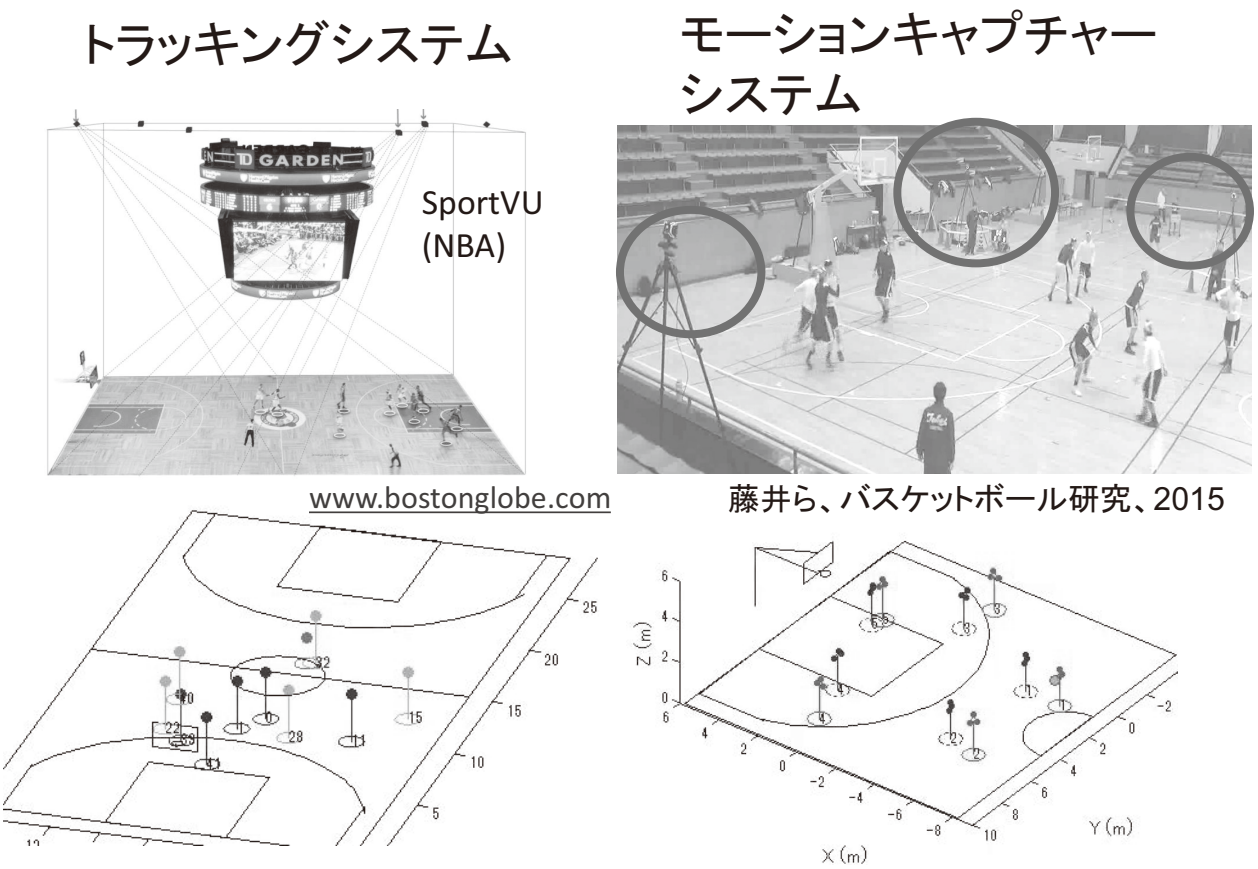


図１　トラッキングシステムとモーションキャプチャーシステム

テーマは「対人運動の巧みさ」で，トラッキングデータとかがほとんど出ない時代だったので，その１対１をやっていました．また，そのときもコーチだったり，あとは京都の学生連盟に行って試合の運営にも携わったりもしていました．

今現在は2014年に博士号を取った後に名古屋大学に異動しているのですが，テーマとしては「対人運動のチームワーク」ということで，５対５で実際どうなのかということを知りたいと思いまして，先ほどのトラッキングデータもちょうど流行していたところで，それはあまり予想してなかったのですが意外にも流行してきまして，そのデータを使って面白いことができないかということを考えています．

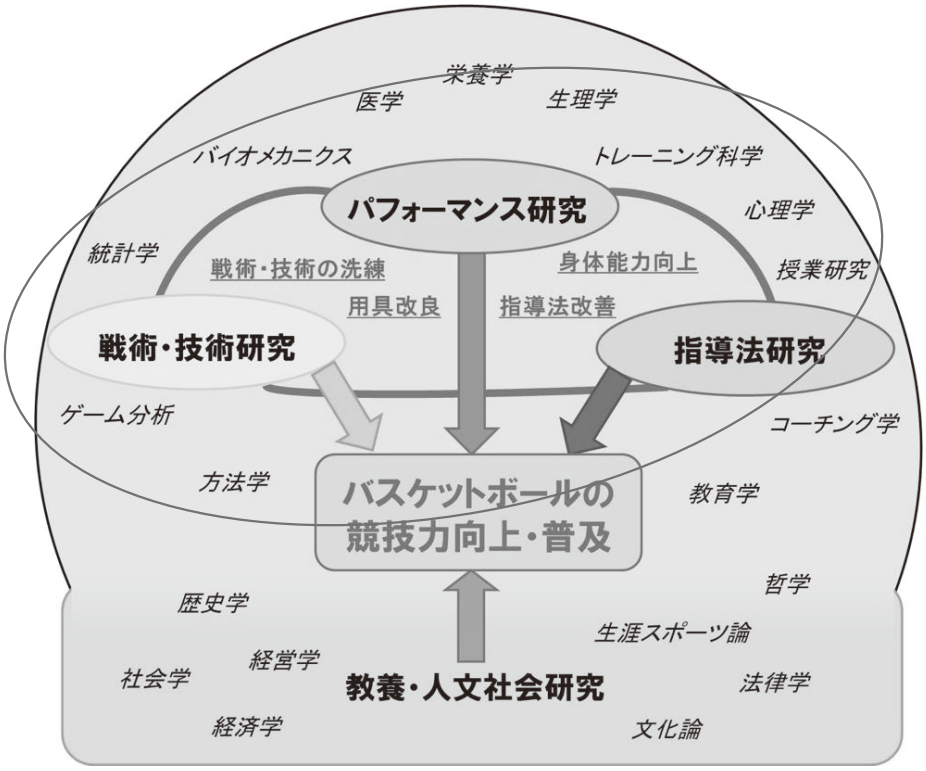
紹介いただいたように今現在は現場でコーチも選手もしておらず，日本バスケットボール協会のスポーツ医科学委員会のほうで活動していますが，今日はその話はしないでおこうと思っています．

研究のモチベーションのところで，もう少し詳しく説明していきます．二つありまして，一つは，これは研究されている方であれば皆さんが思うことだと思いますが，うまくプレーできるときとできないときは何が違うかという中から，難しい問題，明らかになっていないことをやりたいと思っています．それはコーチや選手としての経験に関連する，ハイレベルな環境の選手やコーチにしかわからない謎が多く残されています．明らかにされていないことが非常に多かったので，私のような熟練していないコーチや選手でもわかりやすい形で，データなどで明らかにできれば，経験のない選手・コーチにとってもよりわかりやすい情報になるのではないかと考えました．これが根本にある素朴なモチベーションです．

なぜ論文を書くか．これをやるに当たっても，先ほどの１対１でどう勝つかとか，いいチームワークとはどういうことかというすごく難しい問題なので，少しずつやるしかない．それでどこまで明らかになったかを記録したいというので論文を書いています．私ができなかったとしても次の人につなげられるので，そういう意味で論文として残しています．

例えば論文の表紙をとってくると，こんな形で2016年，2015年は同じ『SCIENTIFIC REPORTS』という雑誌ですが，これはスポーツ専門の雑誌ではなくて，医学とか生物とか心理学とかいろいろな学問分野が載っているものです．英語が読みにくいかと思いますので，本日はそれを日本語でできるだけわかりやすく説明します．

ちなみに，2015年のバスケットボール学会の第１号



（日本バスケットボール学会HPより）

図２　日本バスケットボール学会が考える、バスケットボールに関わる研究の概略図

の論文も載っています．こちらは日本語でワイヤレスセンサに関して載っています．比較的わかりやすくなっているかと思います．

もう少しだけ具体的にどんなスタンスで研究しているかを説明させていただきます．現在は名古屋大学に所属しながら，日本学術振興会の特別研究員という形で研究を行っています．これはホームページから説明すると，「自由な発想のもとに主体的に研究課題等を選びながら学術研究に専念する」ということで，基本的には学術研究です．そのテーマとしてバスケットボールをやっているという形です．

もう少し見ていくと，これは私が好きなバスケットボール学会の（ホームページにある）イメージ図（図２）ですけれども，学術研究といいながらパフォーマンス，戦術，指導法とか人文社会とか，かなり広範囲にわたった研究分野になっていまして，学術研究としてバスケットボールをやるのは実は非常に難しいです．ここ（例：バイオメカニクス）がわかると，例えばここ（例：心理学）はわからないとか，そういうことが頻繁に起こってきますので，逆に言えばこれが挑戦的な研究課題ということで，メインの仕事はこういうことをやりたいと．具体的に言うと，ここら辺の範囲（図２丸印）をやりたいと考えています．方法学とかゲーム分析とか統計学，バイオメカニクス，トレーニング科学，心理学，生理学といったようなところが興味ある範囲で，カバーしていきたい範囲と考えています．

やっとバスケット，スポーツの話に入ってきたのですが，非常に乱暴にというか大ざっぱな形でバスケットボール関係の研究を二つに分けてみたいと思います（図３）．バスケットを研究するとなって，例えばゲーム中のスキルを分析するとなったときに，一つの方向性は相手がいないほうに状況や環境を分解する．例えばこれはラグビーの映像ですけれども，切り返しの速さやそれを見る人のフェイントにひっかからない正確性とか．そういうように例えば下（正確性）だったら心理学や上（速さ）だったら工学のロボティクスみたいなところが親分野として多分あるのですが，その手法を応用して，分解して解明していくという方法．

もう一つは，ゲームそのものを見るという方法です．ゲームの方法というのは，これもトラッキングデータですが，例えば移動距離や速度を見るという方法で分析していく．この二つの方法はどちらがいい・悪いではなくて補い合う関係で，こちら（分解する方法）にばかり着目するとどんなに速いカッティングをしても，それを読まれてしまったらアウトだし，どんなに相手

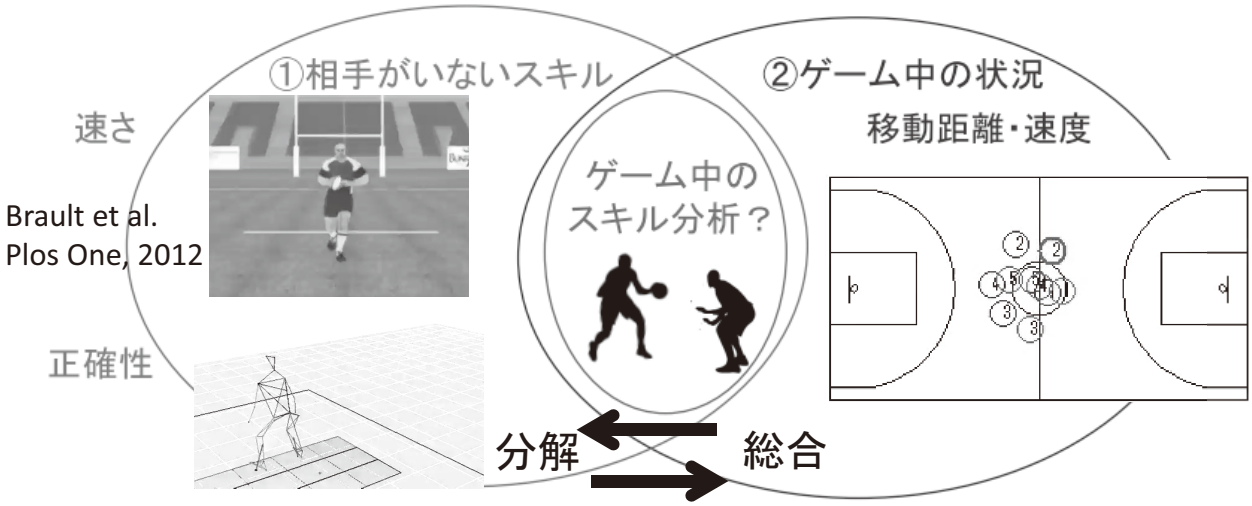


図３　これまでの研究方法の２つの方向性の概略図

の動きを読んでもその逆をつかれたときにどうなるかという話は常につきまとって，実際のゲームでどうなのかということがすごく気になると思います．

こちら側（総合する側）はこちら側で，例えば自動車だったり陸上競技みたいな分析であれば移動距離などはすごく大事ですが，これは実際にやられているバスケットボールの研究などでも競技レベルとほとんど関係なかったりするというのがすごく疑問に残ると．ですから，こっち側（総合）をやると分解したくなる．実際の細かい動きのスキルとしてはどうなのだと．スキルという部分が出にくいので，そういう意味で，総合したら分解したくなるし，でも分解したら総合したくなるしというような関係があって，これをジレンマと呼んでいるのですが，どちらかに着目すると難しくなる．

私自身もこちら（分解）から研究を始めているのですが，やはりこちら（総合）に行ってみたいと考えました．そしてこちら（総合）に行ったらまたこちら（分解）に行きたくなるというような，行き来しながらすることが大事なのではないか．このジレンマの解消に挑みたいというのが一貫したテーマです．その対象で１対１とか５対５というのは非常にいいテーマではないかと思っています．これを明らかにすると，普通は科学をバスケットボールに応用するというふうに考えますが，逆にバスケットボールから例えば対人の巧みさやチームワークというように学問に貢献できるのではないか．こういうことができれば非常に価値が高いのではないかと考えています．

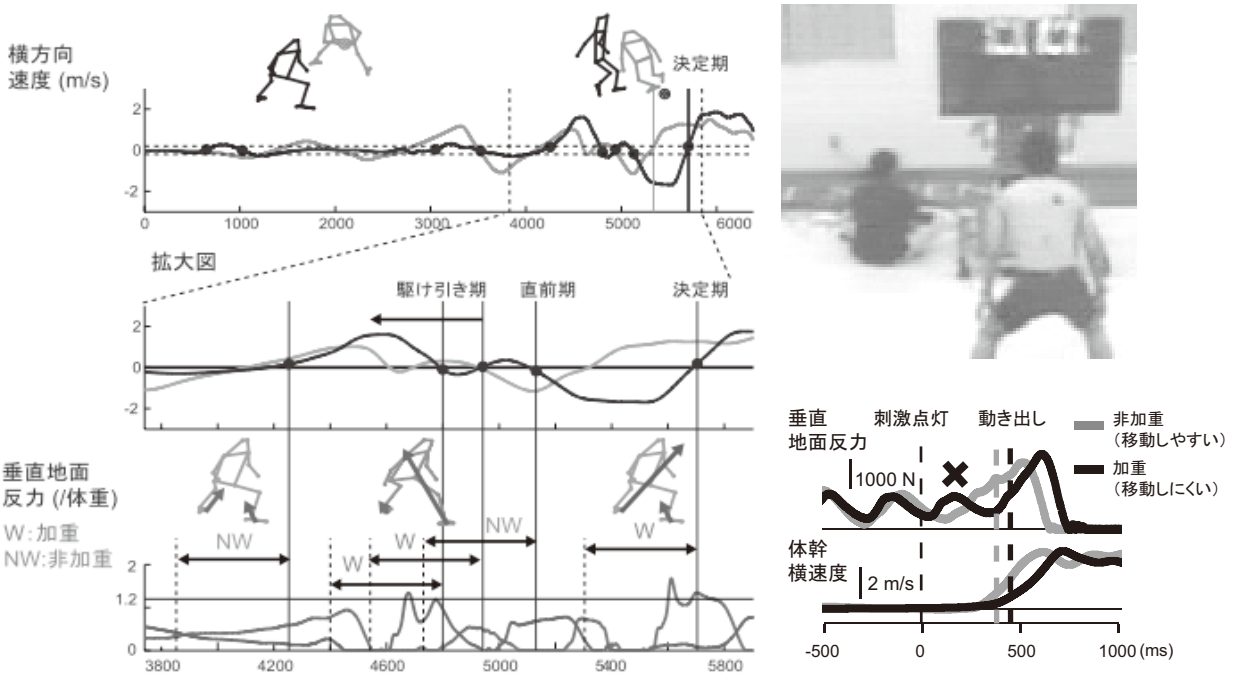
１対１の話に移ります．１対１にかかわる研究というのは2000年代にならないとなかなか見られませんでしたが，最近，測定器具の発達でやられてはいます．まず分解する研究手法としては，ラグビーなどが多いです．ある条件を設定して，高度な認知・運動，予測だったり運動の切り返しの速さだったり，そういう研究はいろいろあります．各分野で行われています．

もう一つのやり方，総合するやり方としては鬼ごっことか剣道を対象に，例えばこう着状態とか駆け引きというのは２人の相互作用がないと生まれない，分解してしまうと失われてしまう情報で，それはそのまま見ないといけません．これらのこう着状態とか駆け引きというものが二者の競争的な相互作用から生まれるというのを，バネのようなモデルで説明した研究がありました．

ただ，先ほど大枠で言ったように，どちらかだけではやはり難しくて，例えばどうしたら勝負に勝てるのか，ディフェンスが守れるのか，オフェンスが相手をかわせるのかというようなことがわからなかったため，こちらの枠組み（分解）とこちらの枠組み（総合）の両方を使って解決しようというのが2015年の論文になります．大枠をまとめると，場面的な駆け引きが行われている中で，ぱっと急激に勝敗が決まる状態に切りかわる．それがこちらの映像を見るとわかると思いますが，急激に切りかわります．

この切りかわりがどういう形で行われているのかというのを考えると，二者のレベルではそういうふうにすごく抽象的ですけれども急激に変わっていく．個人のレベルでは何がそれの原因になっているかというと，例えばオフェンスがここで攻める．あるいはここはちょっとフェイントをして様子を見ようというような意思決定が，かなり急激に変わって起こっているのではないか．

あるいは，ディフェンスがその行動を見て，ふだん



Fujii et al., Sport Biomech, 2015

Fujii et al., J Electromyog Kinesiol, 2013

図４　足に掛かる力の測定とその分析

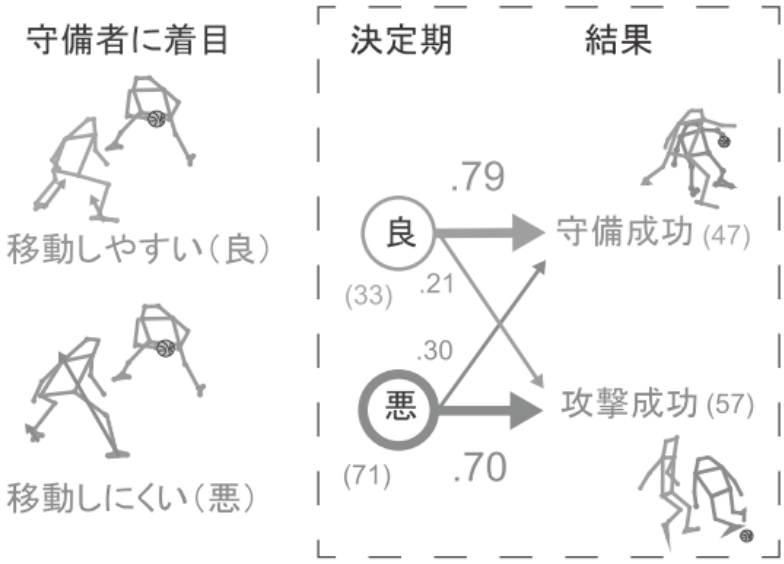
は動きたい方向に動けると思いますが，ある瞬間に動けなくなってしまう．こういうことが急激に起こると勝負が決まってしまうというふうに考えて，これをシミュレーションで確かめたのが2015年の論文です．ただ，シミュレーションだけだと遊びみたいなものなので，実際のデータが重要なのですが，まずは１対１のデータをとってからやっているので，その話をしたいと思います．

実際のデータというのは，これを見てみたらわかりますが，動き出す前に足に変な力がかかっていないか．そのせいで足がもつれてこけそうになっているのではないかというので，そこに着目して詳しく見てみました．

この図のように（図４左）最初にお見せした動画のように記録していったのですが，こちらのグラフは青（黒）がディフェンスで，灰色がオフェンスの横方向の体幹の速度が右に行ったり左に行ったりというのを示します．こういうふうにバネ的な駆け引きが行われていてなかなか分析が難しいので，ディフェンスの動き出しに着目して青（黒）の線を引きました．そこから少しだけさかのぼった区間で，足に変な力がかかっていないかということで地面反力を測定して，ある閾値を超えたところをピンク（W）で示した加重状態として，力が加わっていない状態，すっと足が動いた，動き出す前に足に変な力がかかっていないところを青（NW）で示された非加重状態というふうに二つに分けました．

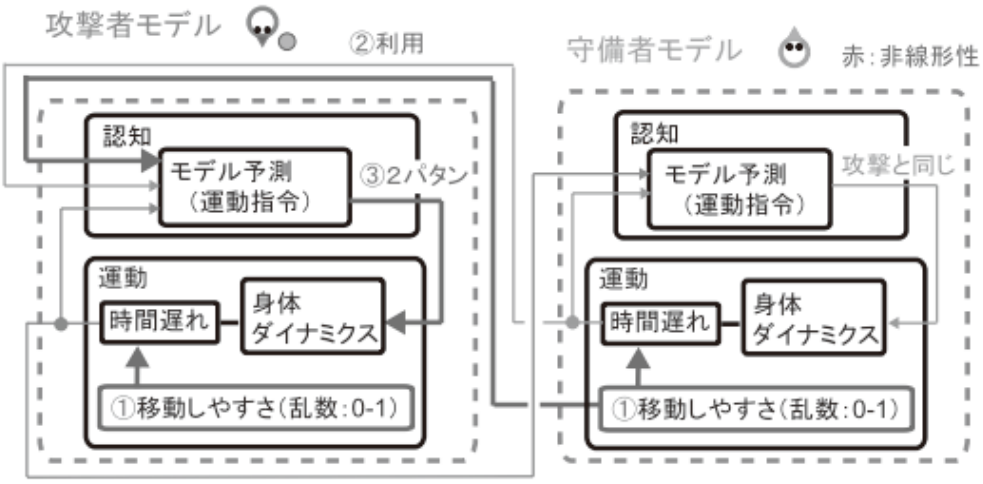
しかし，これだと本当に分析する時にわけがわからないので，これもまたさかのぼることになりますが，実はこの前に LED に光った方向にサイドステップを行うというような研究も行っています（図４右）．実際のデータは，こちらが地面反力ですけれども，動き出す前に力がかかっていないと（灰色線）足の力が地面に伝わって動き出しがスムーズにいくのですが，ピンク（黒線）のように一回，光が光ったときに足に大きな力がかかると，バツ印のところは動けないのでその分動きが遅くなって，実際の動き出しも遅くなってしまったというようなデータがあります．そういうことに基づいて順々に積み重ねていった結果，足に力がかかっている状態，かかっていない状態というふうに二つに分類していきました．

これもかなり簡単なデータを出していますが，１対１の研究の結果をまとめると（図５），足に力がかかっていないのを移動しやすい状態，足に力がかかって，その後に動くときを移動しにくい状態と．それを動画で示しています．勝負が決まる直前の決定期では，加重状態で移動しにくいということを括弧の中の数が多いことで示しています．100回ぐらい１対１をやりましたが，その中で70回加重状態になって，その結果，突破される，攻撃が成功する確率が上がります．この



Fujii et al., Sport Biomech, 2015

図５　移動しやすさと１対１の結果の関係



Fujii et al., Scientific Reports, 2015

図６　新しい１対１モデルの構築（2015）

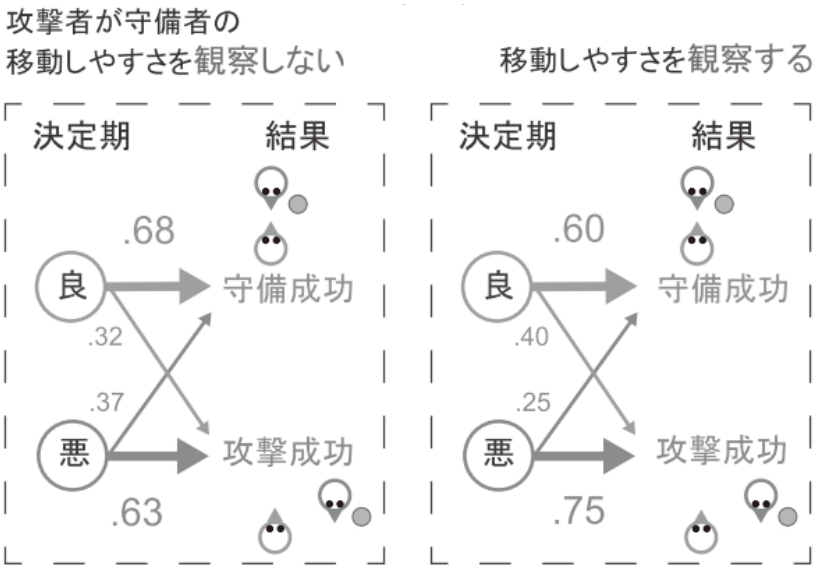
中には，動き出しがおくれてというデータも入っているのですが，この（動画の）ような形で足が出てしまって動き出しがおくれて守備が失敗する．逆に，非加重状態で保って動くと，79％で守備が成功したということがわかります．このように足がすっと動いて，フェイントに対して膝・関節が動いているというデータになります．

次にこれをモデル化しました（図６）．ちょっとややこしい図になっていますけれども，概要はオフェンスモデル，ディフェンスモデルで，運動指令を出す部分と運動を実行する部分．オリジナルの部分は移動しやすさ・しにくさという話をしていたので，そこをランダム変数で入れて，それによって時間遅れが生じると．さらに，それを攻撃者が利用して，そこを見ているのではないか．

１対１はスピードとか正確性の判断で勝負が決まる部分もありますが，そこは平等にして，そうなるとこういうところがきいてきます．それを攻撃者が利用して，フェイントで様子を見るか，抜くと判断して見るかという枠組みになっています．

このモデルをシミュレーションすると（図７），先ほどの実測であったような移動しやすいときに守備成功，移動しにくいときに攻撃成功みたいなのが再現できた．１万回ぐらいシミュレーションを行ったのですが，同じような確率の偏りが見られました．

もう一つは，さっきの守備者の移動しにくさを攻撃者が観察しない状況よりも観察する状況のほうが，より高い確率で攻撃成功になる．ディフェンスの移動し



Fujii et al., Scientific Reports, 2015

図７　モデルの移動しやすさと1対1の結果の関係

やすさを観察するほうがいいと．これは当たり前といえば当たり前ですけれども，ここから何が言えるかというと，スピードも正確性も同じようなオフェンス・ディフェンスがいたときに，攻撃選手はスピードで抜けないので相手が移動しにくいときを狙うと攻撃が成功しやすい．この被験者のスキルレベルの１対１がちょうどいい感じの１対１だったのですが，移動しにくいときを狙うと成功しやすい．守備は，常に移動しやすい状態を保っていかないといけないということが重要だということがわかりました．

まとめると，この駆け引きからどうやって勝負が決まるかということを説明するときに，「移動しにくさという新たな特徴に着目して，１対１の駆け引きから勝敗が決まるまでの過程を説明した」と．一言で言うとこんな感じになります．ただ，簡単なモデルの話になっているので，では移動しやすさとは何かというときに，やはり少し詳しく関節の動きがどうなって筋肉がどうなっているのかというレベルでしないと，結局，現場で生かされない．そういう方向でもう少し深めていかないといけないということが一つあります．

それが実際の練習とかトレーニングではどうなのか．これはイメージですけれども，足が動き出す前に地面反力が大きくならないように，こういう力が出ないように膝とか股関節を柔軟に使うということはここから言えるかと思います．それ以上のことはやはり言えないので，それは今後の課題かと思います．

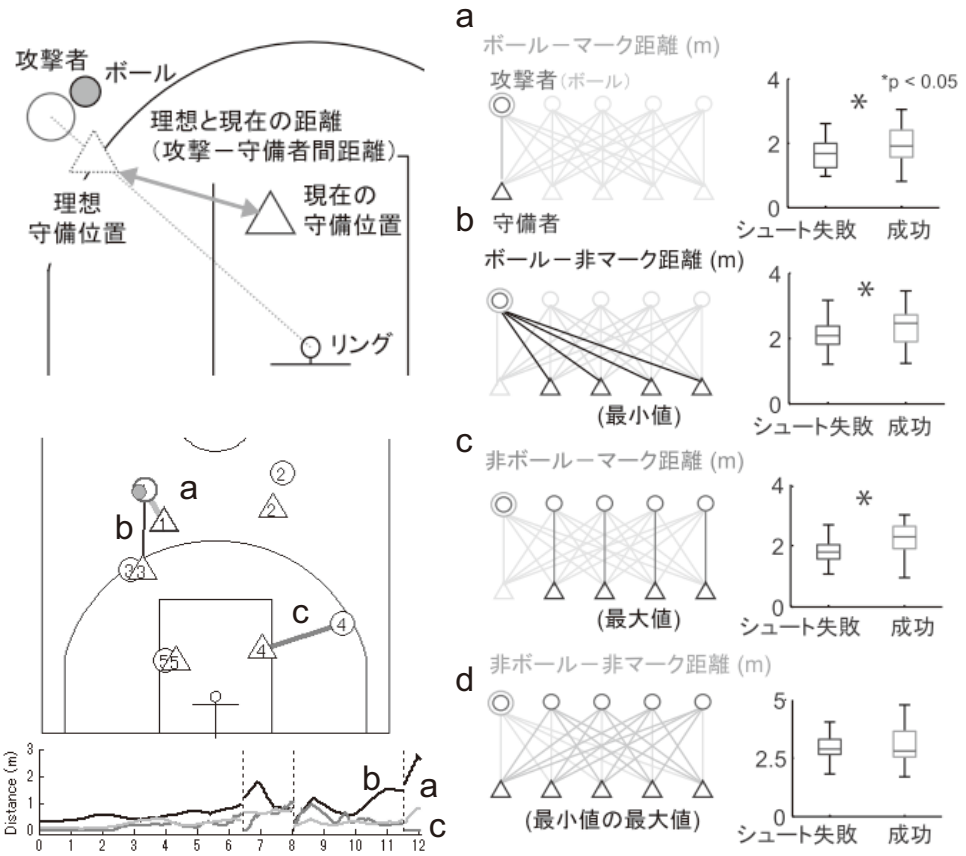
あとは，実際のゲームでどうなのか．これは１対１のつくられた状況なので，実際にゲームでやるとどうなるか．あとはトラッキングデータ，１対１ばかりバスケットはやっているわけではないので，５対５でどういうふうに攻防がやられているのかというのが次の話になります．

そこで２本目の2016年の（論文の）話をしますが，これまでのトラッキングデータ，先ほどお示ししたように選手の位置のデータを使った分析では，やはり移動距離や速度という使われ方がほとんどでした．コンディショニングとか何分で何メートル走ったとか何メートル毎秒の速度を上げていたとか，それが基本的な使い方でありますが，フィットネス指標として用いられるのがほとんどです．

MIT（マサチューセッツ工科大学）で毎年やられているMIT Sloan Sports Analytics Conferenceという学会がありますが，それではもう少し新しいデータを示しています．例えばボールスクリーンプレーを，機械学習を使って自動的に判別する．オフェンスリバウンドをとるために飛び込むかそれともセーフティーに戻るかという，それをゲーム理論的に論じたりするというような研究がされてきました．

これらの研究の説明をすると，運動の特徴を評価する，あるいはある特定のプレーを判別して成功率や期待値を算出するというような使い方が多くなされています．もう少し本当に勝敗にかかわるところが気になるので，どういうふうに動いて得点を決めるのかというのがなかなか明らかにできないところがあるようです．

それで５対５の測定をしたのですが，これは東海大



Fujii et al., Scientific Reports, 2016

図８　シュートが入りやすい状態とは？

学さんに協力していただいて体育館でやったのですが，これも実はモーションキャプチャーを使っていまして，ここからカメラでボールに反射蛍光を張って，ヒトにも３カ所４カ所反射マーカーを張って，こんな感じで割ときれいにとれました．やってもらったのは，マンツーマンディフェンスに対するハーフコートオフェンスで61回攻撃してもらって，シュートが26本成功したというような課題でした．

シュートを決めるための攻防というのを知りたかったので，まずシュートが入りやすいというのを定量化しないといけないと思いました．一番わかりやすいのは，ボールを持っている人がフリーかどうかというのを何とか数字にできないか．ここでやった方法は，理想の守備位置というのを考えました（図８左上）．オフェンス選手とリングを結ぶ線の中でワンアームを仮定した0.5メートルが一意に決めて，ここを理想としたときに現在とどれだけ離れているか．これがオレンジ（図８a）の線ですが，こういうような時系列になっていきます．そういうふうにして表現しました．このぐらい開いているとシュートを打ちやすくて，詰まっているとシュートが打ちにくい．

実際にここの最大値をとってくると，61回の攻撃でやると守備が成功したときよりも守備が失敗，つまりシュートが成功したときのほうが大きな値になっていたというので，近過ぎるとシュートが打ちにくいところはあるかもしれない．逆に理想と現在の守備位置の距離が大きいと，シュートの脅威があるという形で，ある程度示すことができました．

これは実は１本だけの距離で，オフェンス５人，ディフェンス５人の計25本距離がありますので，これをもう少し分類しないといけません．これは先ほど示した図ですが，例えば次はボールに２番目に近い状況です（図８b）．黒で示しているのですが，これは何かというと意味的にはヘルプの距離，ドライブのヘルプの距離で，ドライブのヘルプを考えると攻めにくいのかなと思って，それを出してみたところ，これもシュートが失敗したときよりも成功したときのほうが広がっていたと．１人目の距離だけではなくて，２人目の距離も大事だということがわかりました．

次の距離は，意味的にはパスが出やすい距離です（図８c）．ボールを持っていないオフェンスに対して，マンツーマンで守るディフェンス（一番近いディフェンス）の中で一番遠い距離となるオフェンスに対してパスが出やすい．これは時々出てくるピンクの距離（図８c）ですけれども，これ（シュートの距離）とこれ（ドライブのヘルプの距離）とこれ（パスの距離）

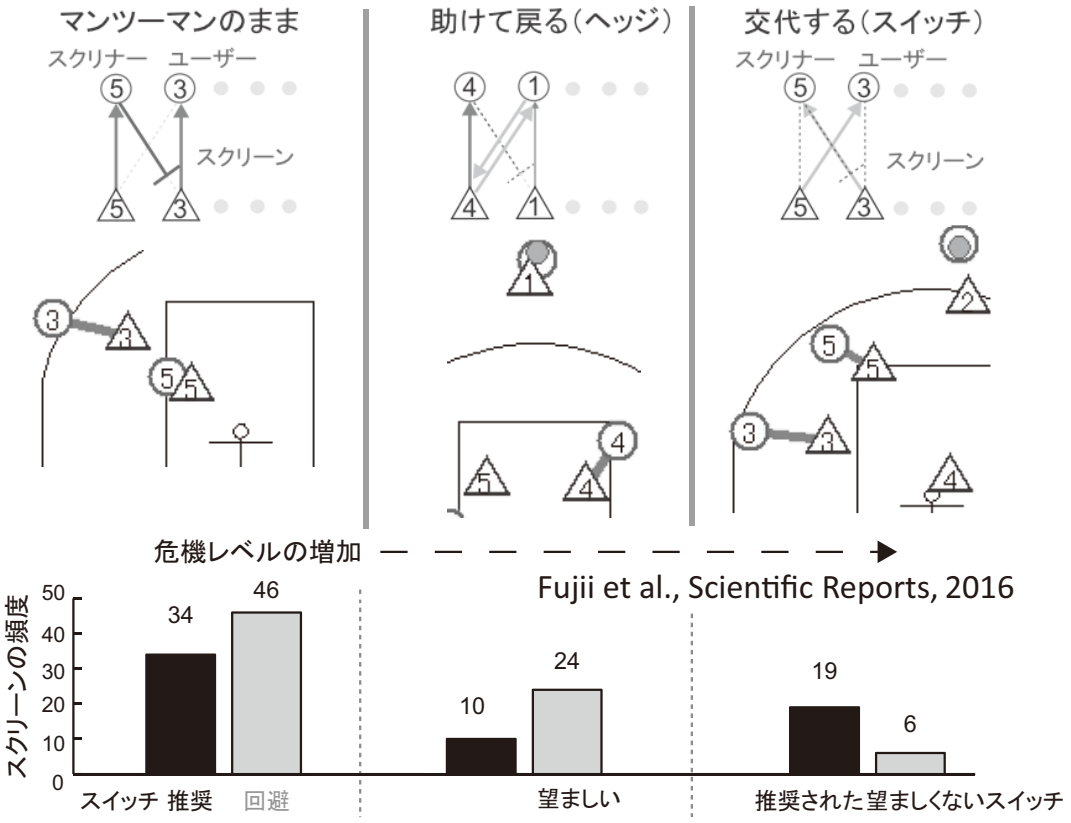


図９　守備チームの３種類のスクリーン対処

は別々であるにもかかわらず，シュートが成功したときのほうが広がっていくということです．残りの１つの距離（図８d）は差が出なかったので，東海大学のレベルの５対５では何が大事だったかというと，ボールから距離が遠いことがシュートを決めるために重要で，マンツーマンを崩すことにかかわってくると思いますので，マンツーマンを崩すことも重要だということがわかりました．

東海大学はセットプレーが多かったので，１対１がほとんど起こらなくて，やはりスクリーンプレーが多かったというので，スクリーンプレーに着目しないと５対５を説明できないと思いまして，マンツーマンを崩すスクリーンプレーに着目しました．

このスクリーンプレーの説明は不要だと思いますが，ディフェンスが邪魔をしてシュートを決めるというプレーで，まずはスクリーンがある・なしを判別しなければいけないですが，例えば（○の）３番が（△の）３番に近いとか，（○の）５番が（△の）５番に近いとか，そういうマッチアップを定義して，スクリナーはマッチアップしていない人に近づく．ここが多分スクリナーになって，そういうふうに近づいてさらにユーザーがスクリナーに近づく．それが起こって初めてスクリーンだと判別します．これは技術的な定義で実際のスクリーンとは違って，例えばスリップなどはこれに当てはまらない．スリップの判別は難しい．そういう判別のレベルなので，実際にその意図があったかの判別というのはかなり難しいところです．

そういうふうな形でスクリーンを判別して，得点に実際に結びついたスクリーンに守備チームはどう対処するか．これが2016年の論文のメインの部分です（図９）．

現場的にはそんなに難しいとはされていなくて，どうするかというと，一番簡単なのはスクリーンにひっかかったらスイッチしろというパターンです（図９上）．５が５に，３が３についていたのが，５が３に，３が５につくというようなスイッチパターン．もう１つのパターンはそうではなくて，スクリーンには全然ひっかからなかったときは，そのままでいいじゃないかと．３が３に，５が５についたままでいいのではないかというパターンも多くて，これも立派な対処かなと思います．

もう一つはその中間で，ピックプレーの対処などに見られるヘッジと呼ばれる，一瞬助けて，この青のメンバーのほうに戻るというパターンです．これは１対１と２対２の中間で対処しているようなパターンになります．これがどれぐらいの頻度で起こっているか（図９下）．140回のスクリーンのうち半分ぐらいがマンツーマンで，ヘッジとスイッチがその半分半分ぐら

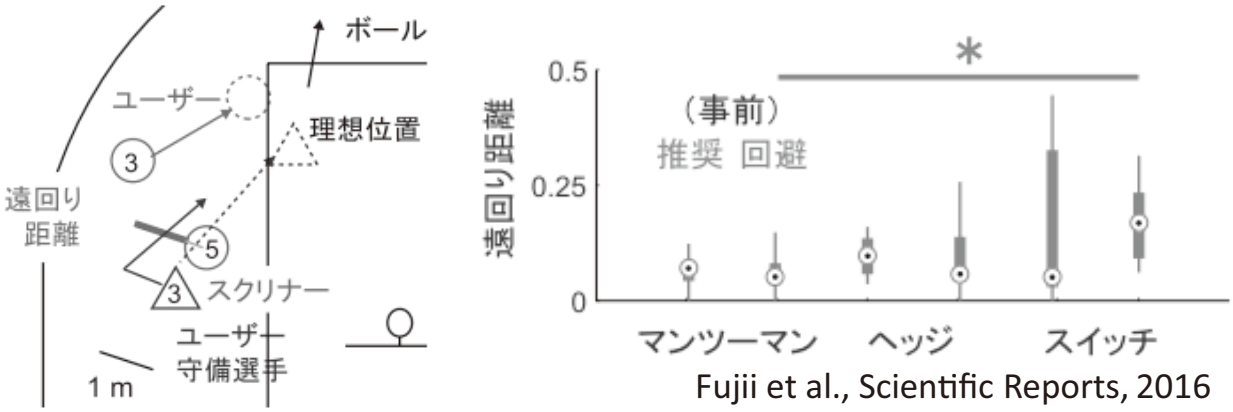


図10　守備の危機レベル：どういうスクリーンが効果的か？

いです．この青（黒色）とピンク（灰色）で何を分けているかというと，やはり状況によってスクリーンしたいときとしたくないときがあります．チームディフェンスのレベルも関係してきますが，例えばミスマッチなどが起こるパターン，あるいは何かそういうチームの決め事があったときに――スイッチをしたくないときはピンク（灰色）です．スイッチをしたいときが青（黒色）――その観点で見ると，スイッチしたくないときにスイッチしたというのが少なかった，スイッチしたいときにスイッチしたというのが多かった．

スイッチしたくないときはどうしたらいいかというと，ヘッジして一瞬助けて戻るというような行動をしている．そういうようなことがわかって，頻度としては自分たちがやりたいことをやっている．やりたいディフェンスを行っていたということもわかりました．

これの指標で見てみると，例えばやりたいディフェンスができていないときはヘッジが多くなったりとか，スイッチが多くなったりとかそういうことがわかるので，この頻度もデータがどんどん集まればチームディフェンスの成果がわかりやすい指標になるのではないかと考えられます．

もう少し知りたいのは，これがどういう基準で行われているのかということ．これはいま並べただけですので，この関係性というのを何によって選択されているのかを知りたいと思ったのが次です．これはディフェンスにとっての危機レベルで，オフェンスにとってスクリーンが効果的である指標だと思いまして，その仮説を検証しました（図10）．

この動画はひっかかったほうのスクリーンですね．スイッチせざるを得なかったスクリーンですけれども，このときはどういうことかというと，ユーザーが行きたいところに行けないというので，ユーザーの未来の理想値が求められますので，それだと現在の直線上にスクリナーがいたときに大回りせざるを得ない．遠回り距離という名前をつけましたが，そういう定量化を行って，いたら1，全然いなかったら0という値になるように考えました（図10左）．

これで先ほどの分類で見てみると，スイッチせざるを得なかったときは，マンツーマンでよかったときよりも大きくなる（図10右）．統計的にはここしか差が出なかったのですが，そういうスイッチせざるを得なかったときは，実際に遠回りしないといけないような距離であったということもわかりました．オフェンスの観点からいくと，スクリーンはこれだけではもちろんないですけれども，傾向としてディフェンスの直線上，青い点線の直線上に位置取ることが重要であると．今回はスイッチせざるを得なかったのは6回で，全体は140程度でデータが少ないので，今後トラッキングデータがふえればより詳しい検討ができるのではないかと．ここまでが研究でやったことの概要になります．

今後，どういうふうに利用していったらいいかということになりますが，現在このトラッキングデータを簡単に利用する方法はなくて，トップリーグですら導入していないので，NBA レベルだったらありますけれども，実際に使おうと思うと測定が大事で，測定できないと分析できない．ですから，測定・分析・利用という形がほとんどリアルタイムでできないと，使うことはできないと考えています．現在でも，現場ではビデオを撮って利用しやすいように分割して，それでコーチ・選手に見せるというようなサイクルがあって，そういうサイクルに乗せられないと直接的には利用できないと考えています．

今現在やっている方向性としては，測定システムができたらという仮定で，今後導入されるだろうと期待しながら先取りして研究を行っています．Ｊリーグなども導入されているので，もしかすると日本のプロ

リーグでも導入されるかもしれないと考えていますが，そういうふうにできたときに自動的にプレーを識別すると．そういう先行研究がありましたが，データを入れて自動的にプレーの有無や，あるいはどれぐらいの頻度であるというようなことができればうれしいなと思ってこれをやっています．今回，研究報告という形ですので，今後の研究に関しては日本体育学会や12月のバスケットボール学会でもお話ししたいと考えています．

今後のテーマでもう少し遠い将来の話として，本当にやりたいこととしては，スクリーンが起こったらスクリーンだけを今，分析していますが，実際はスクリーンが起こってヘルプが起こって，またそれを３人目のディフェンスがカバーしている．その後，この（動画の）青の線のようにずれがどんどんできてきて，最終的にシュートを打てるフリーができていくというのが実際のバスケットボールだと思うので，そういう時系列を分析できるところまでは行きたいなと．それがいつになるかわからないのですが，そこには行きたいと一つ考えています．

もう一つは，一番始めに言いましたが，それを実際の練習みたいに考えるわけです．５対５をやって，例えば分解練習してまた５対５をやるといったように，研究レベルでもそういうふうにしたい．実際，この中でも本当に細かい１対１が行われているはずですが，なかなかここはトラッキングデータだけでは出てこないので，いろいろ分解するなりして，１対１の話や，あるいは別のものになるかもしれませんが，そのように分解して戻してということを繰り返してやっていきたい．かなり遠い将来の話ですが考えています．

実際，こういうことを言うと無理だとよく言われますが，そういうことこそ価値があると思っていますので，研究者として研究が続けられる限りはこういうことをやっていきたいと考えています．ただ，あまり大風呂敷を広げるだけでなくて，こつこつ成果は積み重ねていきたいと考えています．

最後です．まとめますと，2015年の論文で何をやったかというと，移動しにくさ，動きたくても動けないということが実は大事なのだということを説明しました．2016年は，トラッキングデータだけを用いてスクリーンや守り方の効果を推定する．これは実際コーチがどう思っているかはまた別の話なので，それを推定する手法を開発した．今後はさまざまな方面で，例えば測定・分析・シミュレーションなども使いながら，やはりより利用しやすい形にしてやりたいとも思っていますので，いろいろな方面から今後も重ねていきたいと思います．

これらの研究は東海大学の陸川先生，小山先生を初め，ここに書き切れないほどの多くの方々にお世話になって行われました．ここに感謝申し上げます．長くなりましたが以上です．ありがとうございます．（拍手）

【質疑応答】

岩見　大変新規性に富んだ研究発表をありがとうございました．それでは，ただいまよりフロアのほうから質疑を受けたいと思います．今回，研究ということで少々難解な部分があったかもしれませんが，現場等で活躍されている方からご自身の抱えている問題とかをうまくこの内容とマッチさせて，ご自身の中で翻訳していただいて，藤井さんはどのような質問でも答えてくださると思いますので，ご自身の言葉で率直な疑問をどんどんぶつけていっていただければと思います．どなたかご質問はありますか．

古澤　貴重なご研究のご報告をありがとうございます．信州大学の古澤（栄一）と申します．本当に関心の高いことが幾つもありますが，分解と総合と１対１，個人のことと総合のことを両方絡めて考えるということは，研究者としてなかなか考えづらいというのでしょうか．まず個人のことをしっかりやって，例えば１対１をやったら２対２をやって，３対３，それから５対５に持っていこうかというふうに考えがちなのですが，そうではなくて両方というふうに考えた本当のきっかけというのでしょうか――本当のきっかけというのはおかしいですが，おっしゃっていたと思いますが，もう少し具体的なことで教えていただきたいのですが．

藤井　ありがとうございます．私もやはりきっかけは現場で起こっていまして，例えば選手だったときに，個人レベルのトレーニングとか１対１の練習をやったときに，実際に５対５でできるのかと．結局，チームで勝つことが第一目標で，その中で個人トレーニングをしたりするのですけれども，私がいた環境があれだったかもしれませんが，そのつながりがなかなかつかめなかった．

自分が教えているときも，やはり個人で練習してというところと，チームで有機的に一人一人がチームワークで勝つというところとなかなか融合しなかったというのが自分の頭の中でありました．それは学問全体についてもそういうのはあまりなくて，それは避けて通れないのではないかというので研究を続けていく

というのもありますし，それにチャンレジしてみようと考えていますので，（最初の質問に対するお答えとしては）現場でそれは生まれています．

古澤　ありがとうございました．もう１点だけ大変恐縮です．（私は）女子も少し教えていますが，私も男子（を教えています）．運動能力は高いけれども，いざゲームライクになるとそれが発揮できないという子がいるんですね．私の指導力がないからそうなってしまうと思いますが，何かいいきっかけみたいなことはありますでしょうか．

藤井　私のモチベーションも実はそこにありまして，運動能力が高くても（そういう子が）実際にいるわけですよね．例えばスクリーン一つにしても，どうかけたらひっかかるのか．ひっかかることすらあまり評価されないとか，あとは先ほどの移動しにくさみたいなこと自体は全然評価されないわけですよね．多分，速く走れる陸上選手（より）は移動しやすさという点でいえばバスケットボール選手のほうが上なはずで，いろいろな方向に移動する．そういうところを評価してあげたいと思ってきました．

具体的に言いますと，１対１のディフェンスで難しいところでいえば，私自身も不得意だったのですが，動く前にあまり力を入れ過ぎないと．膝，股関節を柔軟にしてできるだけ地面に力を加えない状態で，実際に動くときにだけ加えるというようなことが今の段階では言えたりします．

あとは，スクリーンで先ほど示したように，本当に詳しく具体的に言ってやると，ここに行かせたい方向とかはよく聞きますが，実際に遠回りさせる，あるいはコンタクトするというような近い位置で，ディフェンスの行きたいところにちゃんと立ってあげるというようなことも明らかにして，それを使っていただけたらと思います．今の段階ではそれぐらいしか言えませんけれども．

古澤　どうもありがとうございました．

岩見　そのほかにフロアからの質問．――はい．

元安　ありがとうございました．名古屋産業大学の元安（陽一）と申します．１対１の研究のところで，攻撃者が守備者の移動しやすさを観察するモデルにおいて攻撃が成功しやすいというところがあったと思いますが，観察というのは具体的にどういうことを観察しているのでしょうか．

藤井　それがなかなか難しいところで，何がと言われると，観察しているものというのを科学で見つけるのは非常に難しい．ただ，一般的に言われているのは，やはり足運びを見て，ここで切り返せないというところで切り返すと多分，例えばクロスオーバーだと効きやすいと．すごく抽象的ですけれども．そういうことが重要なのではないか．ここで切り返せないということはここで移動しにくいということで，その移動しにくいポイントを見つけることが，スピードが同じレベルの場合は１対１で勝つためには重要なのではないかと考えています．１対１がうまい選手というのはそこを見抜くのがうまいのではないか．もちろん足が速いとかもあるかもしれないですけれども，そのスキルがある人はそういう移動をしにくいときを見破る能力というのがあるのではないか．仮説段階ですけれども，そういうふうに考えています．

元安　それに関連して，観察するモデルと観察しないモデルというのは何が違うのですか．

藤井　移動しやすさというのを認知するかしないか，ここ（図６の②）を切るか切らないか．普通は相手の位置はわかりますよね．位置は絶対に見ているのですが，そうではなくて移動しやすさを見る．モデルでいえばここの接続があるかないかです．単純にそれだけですけれども，それが違うと大きく成功率が変わってくるというような理論的な話です．

元安　わかりました．ありがとうございました．

岩見　お時間になりますけれども，もう１点だけ何かご質問がある方．――はい．それでは，最後の質問とさせていただきます．

飯田　上智大学の飯田（祥明）です．まず藤井さんの研究から，現場にヒントになるようないろいろな知見がたくさん出てきたと思います．例えばその体重のかけ方が重要，のようなところを，実際にトレーニング実験や練習をして，再度藤井さんの研究の手法でどれだけうまくなったか検証する，さらにもう１段階実践に近付けていくという研究はできるのでしょうか．

藤井　方法的にはできると思いますし，それをしないといけないと思っています．ただ，今のところはやれる機会がなくて，人も集めないといけなかったりとか，すごくいろいろな理由があってできません．本当はしないといけないし，それができて初めて今やられているトレーニングの中に一つ要素が，移動しやすさを高めるようなトレーニングというのがもしかしてできるようになると，１対１により活きるようなトレーニングになるのではないかと考えています．

飯田　もう１点．これは質問というより，ぜひやってほしいことですが，コーチとして気になるのは選手の起用法だと思います．例えばスラッシャータイプの選手とかシュータータイプの選手とかいろいろな類型が藤井さんの手法でできると思いますが，どういうふ

うな５人をコートに入れるとバランスよくうまくいくかみたいな研究をやってくれると，コーチ陣としてはすごく役立つと思います．そういうビジョンがあるかどうか教えてください．

藤井　ありがとうございます．これが一番難しいところで，個人の能力だったりトレーニングだったりとチームの織りなすパフォーマンスみたいなところがわかると，そういうことが多分わかるようになるんですね．それは一番難しいけれどもおもしろいところで，今後は挑戦していきたいという感じです．今アイデアはないですけれども，いずれはやりたいなと思っています．

飯田　ありがとうございます．

岩見　皆様，活発なご議論をありがとうございました．お時間になりましたのでこれで最後にしたいと思いますが，最後に私から藤井先生にお願いです．研究を進められていて，さらに海外の動向とかも見ておられますので，日本バスケットボール界，特に男子のほうが世界と戦っていく上で，コーチングとかでもっとこういうデータを現場でやっていったほうがいいのではないかというところ，今日皆さんに持って帰っていただくような部分を一言，藤井さんの主観で構いませんので簡単に（お願いします）．こういうことを日本全体として進めていきたいというお気持ちを，ぜひお聞かせいただければと思います．

藤井　まず今回の研究を役立てるには測定システムが必要なので，直接的に今現在利用することは難しいのですが，これが多くの人々に理解してもらって，例えばコーチがこういうことをやられているよという話をしたりして，その根拠として使っていただくことで利用しやすくなるのではないかと考えています．例えばスクリーンのひっかかりぐあい，あるいは移動しやすさだったりとか，そういうすごく抽象的なことで申しわけないですが，それをご自身で使っていただくと．間接的になりますが，それがこの研究が役立つところかなと思います．

私が取り組みたいことというのは，実は自分自身も選手やコーチとしてできなかったことですし，例えば日本から見た世界でできない部分．例えばスクリーンが強くひっかかるだとか，似たようなことが様々なレベル間で起こっているようなことに興味がありますので，今後もそういう部分に興味を持って明らかにしていって，例えば日本人選手が海外のチームとやったときに，スクリーンががっちりかかるというようなことができるようになったらいいなと考えています．ありがとうございます．

岩見　ありがとうございます．それでは，今回のすばらしい発表に対して，そしてまた今後，藤井先生の研究がますます活発に進んで，我々のほうにどんどん還元していただくことを祈りまして拍手で終わりたいと思います．このたびの発表，ありがとうございました．（拍手）

それでは，以上で今回の特別報告を終わらせていただきます．

（終了）