

仮想ラグビー環境を用いた
意思決定スキルの持続

筑波大学

人間総合科学学術院人間総合科学研究群

情報学学位プログラム

2022年3月

蕪木 創平

仮想ラグビー環境を用いた意思決定スキルの持続

Effectiveness of virtual Rugby training

to sustain decision making skills

氏名：蕪木 創平

Kaburaki Sohei

本研究は仮想環境を用いてラグビー選手の意思決定スキルの持続を図るため、1. 意思決定に関するスキルの評価が可能なテスト課題の作成、2. 負傷者でも実施可能な意思決定トレーニング課題の提案という2つの目的を設定した。そして、これらの検証を行うために時間的オクルージョンが発生する映像を作成し、被験者実験を実施した。

実験の結果、本実験で得られた評価テストのスコアはプレーに必要な意思決定スキルを総合的に評価できる値であり、課題で提示する映像のオクルージョンポイントを+100ms ずらすことで、よりパフォーマンスに近い意思決定スキルを測定することが可能だった。加えて、+100ms 条件下の実験結果は熟練者もしくは初心者といった曖昧な基準によって行われた2分類ではなく、指導者から行われた個人に対する評価と強い相関を示した。よって、作成したテスト課題が高い精度でラグビー選手個人の意思決定スキルを測れることが実験によって明らかにされた。次に、トレーニング効果の検証のため、複数回にわたって実施されたテストスコアの推移を解析した。まず負傷中の選手かどうかの2分類で被験者グループ間の違いを比較した結果、実戦感覚の低下によって負傷中の選手から失われつつあった「ゲーム状況を読むこと」に関連するスキルの一部が1週間のトレーニングによって回復したことを確認できた。また、「意思決定」に関連のあるスキルのスコア推移については、実験期間で有意な差が認められなかった。この結果は、トレーニングによって被験者全員が同じように実戦経験を積むことができていた可能性を示している。最後に被験者をトレーニングに参加したかどうかの2群に分類し、スコア推移を比較した。その結果、最低2週間の間、計6日以上トレーニングを行うことで、被験者がより短い時間で正確な攻撃時のプレー予測が可能になったことが確認できた。よって、意思決定スキルが向上したことと、被験者全員が同じように実戦経験を積むことができたという結果から、本研究で提案したテストとトレーニングを使用することで、負傷中の選手を含めたラグビー選手の意思決定スキルを持続または向上することができると言える。

主研究指導教員：真栄城 哲也

副研究指導教員： 中山 伸一

目次

第1章 序章	1
1.1 背景	1
1.2 先行研究	1
1.3 研究目的と重要性	5
1.4 仮説	5
第2章 方法	6
2.1 実験概要	6
2.2 被験者対象	6
2.3 データ収集	7
2.4 実験準備	7
2.4.1 映像作成	8
2.4.2 評価テスト課題作成および分析項目の設定	10
2.4.3 トレーニング課題作成	12
2.4.4 実験期間の設定	12
2.4.5 評価テスト以外の評価尺度の用意	13
2.4.6 実験時の倫理的配慮	13
2.5 データ分析	13
第3章 結果および考察	14
3.1 評価テストスコアの精度検証	14
3.1.1 被験者による自己評価データとの比較	15
3.1.2 指導者による他者評価データとの比較	16
3.1.3 出場試合から得られた分析データとの比較	18
3.1.4 精度検証のまとめ	19
3.2 条件毎のスコア推移比較	20
3.2.1 1回目テストから4回目テストへの推移比較	20
3.2.2 各回テストの推移比較	23
3.2.3 スコア推移比較のまとめ	24

第4章 結論	25
4.1 まとめ	25
4.2 今後の展望	26
謝辞	27
参考文献	28

第1章 序章

1.1 背景

チームスポーツにおいては身体スキルだけでなく意思決定スキルも必要とされる。これは近年ボールゲームを対象に行われてきた研究^{[1][2]}からも明らかであり、特にラグビーにおいても同様である^[3]。ラグビーはコンタクトスポーツであり、ボールを持っている攻撃側の選手の進行を防ぐために行うプレーの1つがタックルである。こういった競技の特性から、他のスポーツよりも選手同士の接触の機会が増えるため、ラグビーでは試合に限らず練習時においても怪我をする可能性が非常に高い。また、その激しさから負傷者は半年から1年以上の長期的な治療が必要になるケースも多く、彼らは競技復帰のためにチームの練習から離脱し、リハビリテーションを行う。

ここで、負傷した選手らの何人かは競技復帰した際に「以前していたようなプレーができない」状況に落ち込んでしまうケースがある。この原因については様々なものが考えられるが、最も大きな要因のうちの1つと考えられるのが「実戦感覚の低下」である。この実戦感覚という曖昧な表現には多くの要素が含まれるが、この中には身体スキルだけでなく、意思決定のように選手がプレー中に行う情報处理的なスキルが含まれていることは明らかである。一方で、選手たちへ提供されてきた従来のリハビリテーションはしばしばこの要素が無視もしくは軽視されており、競技復帰のために適切な治療ができていない可能性がある。また、こういった諸問題が実際に発生しているにもかかわらず、ラグビーを扱って意思決定という側面でのリハビリテーションやトレーニングを行った文献や実際の現場などでの実例も非常に少ないのが現状である。

1.2 先行研究

まず、本研究で扱う「意思決定」の定義について確認する。我が国においては、スポーツの現場で「状況判断」という言葉がしばしば使用されてきた。ここで、我々が耳にするこれら2つの言葉が全く別の概念を指しているものであるのか、もしくは同じものであるのかを説明する。

中川^[3]は状況判断の基本概念を検討し、ボールゲームにおける状況判断という言葉は「ゲームの中で、遂行するプレーに関する決定を行うこと」^[3]と定義した。これは過去に定義された心理学における判断という概念を、ボールゲームの状況における意思決定に関する概念として規定しなおしたものである。また、中川はこの状況判断という言葉は主に国内でのみ使用されているもので、特に英語圏における関連研究では状況判断の意味で decision making が使われていたことから、これらは同じ意味として扱うことができると説明した。

そこで、本研究における意思決定という言葉はこの定義に従い、同様に扱うものとする。

次に正しい意思決定を行うために必要なスキルについて説明する。これまで意思決定に関するスキルというものは主に熟練者と初心者を比較することで評価されてきた。そして特に熟練者固有のスキルとして確認されてきたのが、予測スキルである。Williams^[4]はサッカー選手の知覚行動に注目し、この2群の比較を行った。そこで Williams は時間的に制約のある場面でも熟練者は目の前の状況にあるパターンとして思い出して、次に起こりうることの予測ができると説明した。これは Recognition Primed Decision (RPD) モデルを提案した Klein^[5]の主張をまさに裏付けるものである。RPD モデルとは、時間的制約がある状況下での意思決定モデルである。このモデルでは熟練者の特徴として、目の前の場面を過去に経験したものと照らし合わせ、最も似たパターンを現在の状況に当てはめられるかどうか予測することで、より迅速な意思決定を可能にすることが説明されている。また、中川^[3]は情報处理的アプローチに従うことが状況判断（意思決定）の理解のために有効であり、それによって未解明なことの多い状況判断の過程を Fig.1 のようにモデル化することができるとした。

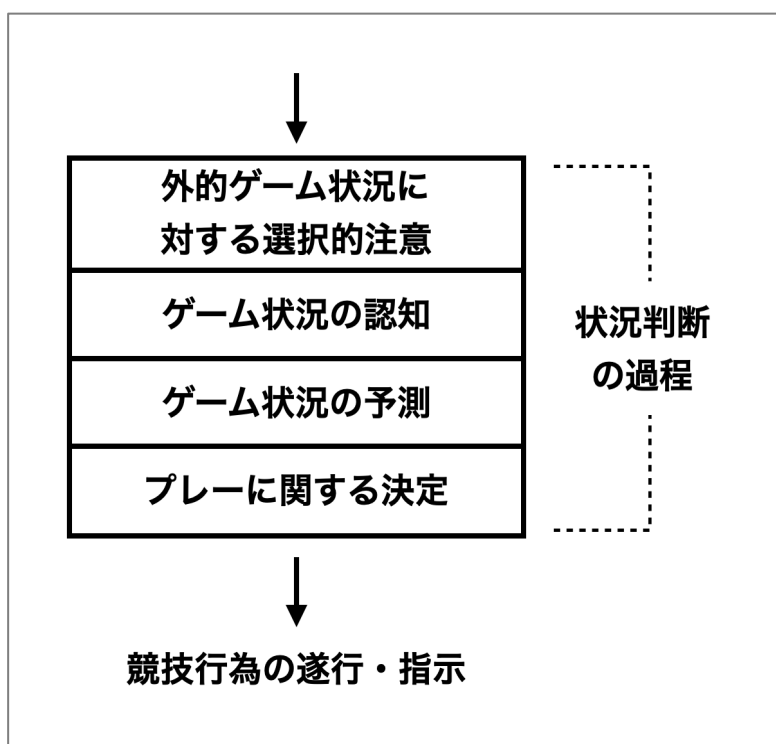


Fig.1: 状況判断過程の概念的モデル^[3]

この概念モデルにおいて思考の過程は4つに分けられ、プレーに関する決定を行う前には必ずゲーム状況の予測が行われることが示されている。このように視覚情報から必要な

要素を抽出し、相手の行動を予測するというプロセスはボールゲームにおける意思決定において必要不可欠なものであることがわかる。

これはラグビーにおいても同様である。Gabbett ら^[6]はプロラグビー選手の生理的、身体的、スキルの特性とプレーパフォーマンスの関係を調査した。この研究では映像を使用したテストを行い、選手の Pattern recall skill (パターン想起スキル) と Pattern prediction skill (パターン予測スキル) が攻撃時のパフォーマンスに強い関連があったことを報告した。このパターン想起スキルとは、Williams^[4]や Klein^[5]の注目した選手が予測時に行っている「目の前の状況から過去に経験した似たパターンを思い出す」行為を1つのスキルとしてチャック化したものである。彼らはこのスキルをプレー中の意思決定に大きな影響を与える要因の1つとして位置づけており、これは中川が作成した概念モデルにおいても「ゲーム状況の認知」の段階にあたる。また、Gabbett ら^[6]も使用したテスト方法を考案した Berry ら^[7]は、ラグビーに似たオーストラリアンフットボールの選手を対象に知覚と意思決定の調査を行い、この2つのスキル測定ために有効な課題を設定した。しかしこれらの課題で用いられた映像はテレビなどで放映されるような上から撮影した試合映像を使用したものである。そのため、その映像を見て行う予測が実際の試合で行う予測と同一のものであるかどうかは断言できず、選手本来のスキルを測定できているのか疑問が残る。

ここで、これまで行われてきたスキル測定方法について分類する。中川^[8]は意思決定スキルの測定方法を大きく2つに分類した。一方は実際の試合のプレーとそのプレー結果に基づいて選手を評価するプレーヤー観察法であり、もう一方は用意した環境下で行った判断やプレーの結果から選手を評価するテスト法である。さらにこのテスト法の中には、フィールドテストと実験室(ラボ)テストという2種類のものが存在する。前者は試合場面から切り取った意図的な状況をフィールド上で再現し、そこで実際に行わせるプレーを測定し評価する方法である。後者は実験室などの屋内にて実際のもしくは再現したゲーム状況を様々な媒体を通して被験者に提示し、そこでのプレーもしくは課題への回答を測定し評価する方法である。前述したラグビーにおけるスキル測定方法はいずれも後者のラボテスト法である。これらの測定方法は一長一短であるが、ラグビーはコンタクトスポーツであるためプレーヤー観察法やフィールドテスト法などは非常に高いコストを要する方法であると言わざるを得ない。なぜなら測定のために実際にプレーを行わせるこれらの方法は、測定の度に選手に怪我をさせてしまうリスクが発生するからである。よって、ラグビーにおける意思決定スキルはより低コストな方法で実施されることが望ましく、従来の研究^{[7][9]}ではこういった理由からラボテストが多く採用されてきた。

最後に競技スキル向上のためのアプローチについて触れる。スキル向上のための学習アプローチには大きく明示的(健在的)な学習と暗黙的(潜在的)な学習の2種類が存在する。

スポーツの現場において、ミニドリル的なトレーニングは多くの場合前者に該当する。例えば、正しい意思決定を行わせるために選手の注意を誘導するなどしてヒントをわかりやすく提示し、選手にそれらを意識させながら行うトレーニングなどがそれである。一方試合もしくは試合形式の練習を繰り返し行うトレーニングなどは後者に該当する。これらは実戦もしくはトレーニングの中で何が重要な点か示されていないまま毎回の学習が終了するため、偶発的に複雑な情報を理解することが促される。例に挙げたように実際の現場では、基本的にこれら2種類のアプローチが併用されることで競技スキルの向上が行われてきたが、その一方でどちらが優れているかについてはこれまで多くの議論もなされてきた。一般的に、意思決定に関するスキルのトレーニングは明示的な学習よりも暗黙的な学習アプローチの方がパフォーマンスの向上が実証されるまでに時間がかかる。しかしスキルの持続という点においては、暗黙的な学習によって得られたスキルの方がより高い定着率であったことが主張されている^{[10][11]}。

また、これまでは選手の成長期に注目し、指導者が実際の競技スキル向上のためにどのような指導方法で学習への介入を行うかが重要視されてきた。しかし近年技術の発達に伴い、仮想環境を用いたスキルの評価やトレーニングというものが注目されつつある^{[9][12][13]}。仮想環境で行う実験は従来のラボテスト法で用いられてきた古典的な映像課題^{[6][7]}よりも被験者に高度な没入感を与えることができるという点で大きなメリットがある。加えて、高度な没入感を再現した環境ではより正確な競技スキルの評価が可能であり、より実際の状況から得られるものに近い実戦経験を被験者に積ませることが期待できる。また、仮想環境で実施したトレーニングの効果が実際の運動スキルにも移行された例も以前から報告されている^{[12][14]}。

ラグビーの分野においては、Braultら^[9]やCummins, Craig^[13]が意思決定やそのための予測に注目して仮想ラグビー環境を設計した。彼らが考案した没入型環境において映像を見せる実験は、Berryら^[7]が用意した測定方法よりも、より高い臨場感を被験者に提供することを可能にした。しかしこれらの実験はよりインタラクティブな環境を目指すことを目的としていたため、提示されたラグビー映像は選手の動きをトレースした3Dモデルを用いたものであった。よってこれもまた実際の試合場面で選手の視点から見える状況と全く同じものを提示できているとはいえない。また、その実験内容も目の前に現れたボールを持った選手が自分に向かってきた状況で、左右どちらに行くのかを予測しブロックするというシンプルのものであった。そのため、この実験は実際の試合状況の複雑性を再現できておらず、この方法ではボールゲームにおける意思決定スキルを正確に測定できないことが懸念される。

これらの調査結果から、実戦経験を積むことのできない状態の選手に対して、リハビリテーションという意味でのトレーニング開発を試みた例は非常に少なく、特にラグビーを扱

った文献は不足していることが分かった。また、仮想環境を使用したトレーニングは怪我のリスクが高いという特性を持つラグビーとの相性が良いことが予想されるにもかかわらず、関連研究も未だ発達段階にあるといえる。

1.3 研究目的と重要性

本研究では「実戦感覚の低下」問題に対して意思決定という側面でのアプローチに注目し、スキルの持続を図る。そのために1. 意思決定に関するスキルの評価が可能なテスト課題の作成、2. 負傷者でも実施可能な意思決定トレーニング課題の提案の2つを目的として設定した。これらの2つの目的を達成することで、負傷した選手が競技復帰のために行うリハビリテーションの質を高め、「実戦感覚の低下」を軽減もしくは防ぐことが可能なトレーニングをスポーツの現場に提供できる。また、スポーツの中でもコンタクト（選手同士の接触）の多いラグビーは誤った判断が思わぬ事故につながる可能性がある。よって、正しい意思決定を行うためのトレーニングの開発を行うことで将来的に怪我の予防にも貢献することが可能である。

1.4 仮説

実戦に近い状況を再現し、そこでの意思決定スキルを客観的に評価するためにはより高い臨場感を再現したテスト環境が必要である。さらにこれまで熟練者と初心者で比較されてきたテストとは異なり、トレーニングのためには特徴の異なる選手個人のスキルを評価しなくてはならない。また、用意した環境でのトレーニング効果検証のためには、負傷者と通常選手のスコア、トレーニングを実施した選手としなかった選手の各条件にてスコアを比較する必要もある。よって本研究においては、以下の3つの仮説を設定し、用意した評価テストの精度とトレーニングの妥当性を検証した。

1. 仮想ラグビー環境を使用した評価テストは意思決定スキルを高い精度で測定できるものである
2. トレーニングを行うことで負傷中の選手の意思決定スキルが持続できる
3. トレーニング実施の有無が意思決定スキルのスコアに影響する

第2章 方法

選手の意思決定スキルの評価, トレーニングを行うために被験者実験を行った. 本章では具体的な実験準備, 実験方法について述べる.

2.1 実験概要

実験では, ヘッドマウントディスプレイを使用して被験者に映像を提示し(Fig. 2), その映像視聴後にプレーの予測に関する課題を課した. スキルを測るための評価テストとトレーニングは同じ環境下で行われ, 提示する映像や課題内容をそれぞれ作成した. 評価テストは1週間ごとに計4回行われ, その間の3週間でトレーニングを実施した.



Fig. 2: 被験者実験の様子

2.2 被験者対象

被験者はT大学体育会ラグビー部に所属するラグビー選手17名である. そのうち, 実験期間中プレーすることのできない負傷中の選手が5名, それ以外は実際に試合や練習に参加しプレーすることの可能な通常選手12名で構成された. さらにトレーニング効果検証のため, 通常選手はトレーニングを行いかつテストを受ける群とトレーニングをせずテストだけを受ける群に無作為に分けられた. よって本実験において被験者は以下の3群に分類された.

- G1. 負傷選手5名 (トレーニング&テストに参加)
- G2. 通常選手6名 (トレーニング&テストに参加)
- G3. 通常選手6名 (テストに参加)

2.3 データ収集

実験で使用するラグビーの意思決定場面は、実際の試合映像から収集した。試合は国家間の親善試合や国際大会、ラグビーワールドカップといった国代表レベルのプレーヤーで構成される試合を主な対象とした。その理由は先行研究から熟練者が素人のプレーなどを観察し予測し続けることで自身の運動が下手になる可能性がある^[15]ことがわかっているからであり、運動ではなく意思決定スキルにおいても同様のことが発生するリスクを回避することを意図とした。そして、対象の試合映像から攻撃側チームのプレーを無作為に抽出し、その中から複数のプレーが起こりうる攻撃状況を厳選した。この操作で省かれたプレー状況は大きく分けて3つある。1つ目は選手個人のスキル不足（内的要因）によってパスミスやボールのハンドリングエラーなどのプレー失敗が起きた場合である。全く同じような選手の配置で同じプレーが行われた映像が2つ存在した場合、プレーが失敗した映像は基本的に実験で使用しなかった。これは実験で行う予測課題が「プレーが成功するかどうか」ではなく「どんなプレーがその状況下で行われるか」を問うものだからである。2つ目は攻撃側の特にボールを最初に所持した選手が意思決定する間もなく防御側の圧力によってプレーが失敗した場合である。ラグビーはコンタクトスポーツであるため、例えば攻撃側の選手が味方からボールもらった瞬間に防御側の選手からタックルを受ける場合がある。この時の攻撃側選手の選択肢はボールを奪われないように確保することのみになり、複数のプレーが起こりうる状況に合致しないと判断した。3つ目はチームプレーではなく個人的なスキルによってプレーが成功した場合である。ラグビーにおいては個々人の身体の大きさや筋力などがプレーパフォーマンスに大きな影響を与える要因のうちの1つとなりうる。しかし、明らかにある選手特有の突出したスキルであったり、他の選手によって基本的に再現できない、ある状況下での最適解と思われる選択肢からあまりにも外れている選択肢によってプレーが成功した場面は排除した。これらの条件によって使用する映像を厳選し、基本的にはプレーが成功する場面が約200種類用意された。

2.4 実験準備

本研究では、映像を使用して意思決定スキルを測るための一般的な方法の一つであるオクルージョン課題を用いた。この課題は空間的オクルージョンと時間的オクルージョンの2つに分類される。前者は画面の一部分だけを意図的に遮断した状態で映像を被験者に見せる課題であり、後者は映像の全てを見える状態で再生するが重要な場面の直前で画面全てが遮断される課題である。ラグビーにおいては、Berryら^[7]やBraultら^[9]が行ったように時間的オクルージョンがしばしば課題として用いられてきた。そのため、本研究でも後者の時間的オクルージョン課題（Fig. 3）を使用し、実験を行う。実験を行うにあたっては、以

下の通り準備を行った。

2.4.1 映像作成

時間的オクルージョン課題を作成するため、第一に映像撮影を行った。流れとしては収集した試合映像をもとにラグビーフィールド上の選手の配置図を作成し、プレーによって各選手がどのように動くのかまでを紙に記録した。次に映像ごとに作成した配置図をもとに試合場面を再現し、それらを360度撮影用カメラ(RICOH THETA V)を用いて撮影した。再現には被験者対象とは別で大学の現役ラグビー選手らから参加者を募り、実際のラグビー場でプレーを行ってもらった。撮影時は、ボールを持つ選手の動作を確実に映像に残すため、ボールを持つ選手の周辺にカメラを配置する必要がある。これはプレーが行われる重要な場面の直前で画面を遮断しそこで見た映像に関するプレーの予測課題を後に被験者に出題するためである。よって、カメラを持った撮影者がボール所持者の目の前の防御側(敵)選手として、もしくはボール所持者に一番近い攻撃側(味方)選手として配置された状態でプレーが行われた。よって、ボールを持つ選手がパスを行うかつ撮影者が攻撃側選手である場面だった場合、撮影者にボールがパスされる状況も含まれた。そしてその場合は基本的に撮影者の目の前もしくは撮影者に向かってボールが投げられた。これらの要件からカメラは撮影者によって動かされた(固定されていなかった)ため、映像は目の前のプレー状況下に置かれたある選手から見える視点として記録された。また、本研究で扱うラグビーは15人制であるが、用意したプレー場面はそれぞれ試合場面から切り取った局所的なものであるため撮影した映像に映る選手は基本的に攻撃側と防御側選手を含め7~10名のみであった。また、通常の試合ならあるはずのチームごとのユニフォームの違いを視覚的にわかりやすくするため、防御側選手には赤色のビブスを着用させ、映像を見た時に一目で敵選手であるとわかるようにした。

第二に映像加工を行った。時間的オクルージョンが行われる映像は重要なプレー場面の直前で画面全てが遮断されるため、映像が遮断されるオクルージョンポイントを定める必要がある。そこで本研究においては、Braultら^[7]が定義した基準を応用した。Braultらはラグビーのサイドステップの動作の予測のためにヘッドマウントディスプレイを用いた没入型環境を作成した。そこでは時間的オクルージョン課題が使用され、映像が遮断された後のプレーに関する予測を行う必要がある。この時に用いられたオクルージョンポイントは映像に映し出された選手のサイドステップ動作がまきに行われる直前で、「the moment the attacker's foot made contact with the ground during the footfall before reorientation (方向転換前の足踏みの際に攻撃者の足が地面に接触した瞬間)」^[7]と定義された。しかし今回撮影した映像にはサイドステップなどを含むラン、パス、キック全ての動作が含まれる。そのため本実験では、このオクルージョンポイントをその後行われる予定の「プレー動作が始まる前から攻撃者の足が最初に地面に接触した瞬間」と定義し使用することにする。加えて、

Brault らはオクルージョンポイントから映像を遮断するポイントを 100ms 後ろにずらすことで、熟練者のみ予測正答率が一部有意に上昇する結果を示した。本研究においては条件の異なる被験者 3 群の評価テストスコア比較する。その際に、熟練者と初心者の 2 群に発生したような正答率の差が表れるのかどうかを検証するための手段としてこのオクルージョンポイントをずらす方法を使用する。例えば、攻撃側選手が進行方向右側にパスを行うプレー映像の場合、その選手がパスを行うモーションを行い始めてから足が最初に地面に接触した瞬間に映像が遮断される (Fig. 4)。つまり 100ms 秒ずらしたものを含め、ある場面ごとに 2 種類の映像が作成された。よって、1 つのプレー場面に対して攻撃側選手もしくは防御側選手からの視点の 2 種類、オクルージョンポイントをずらした 2 種類の最大 4 種類の映像パターンが用意された。また、各映像の再生時間は約 5 秒から最大 15 秒で構成された。



Fig. 3: 時間的オクルージョン課題

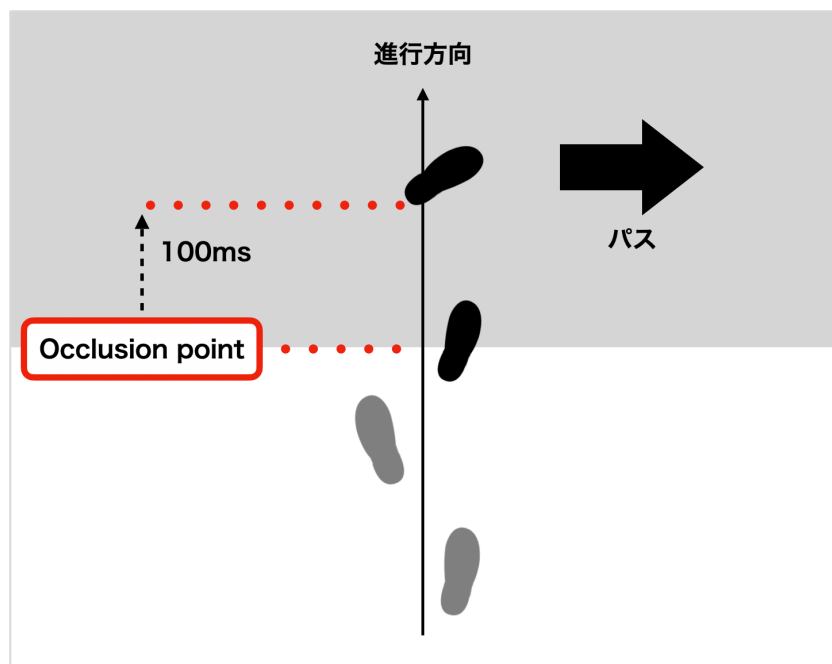


Fig. 4: 課題映像作成におけるオクルージョンポイント設定の例

2.4.2 評価テスト課題作成および分析項目の設定

作成した映像を被験者に提示し、映像が切れた直後に起こるプレーに関する質問を行った。また、複数回行ったテストで使用した映像は全て異なる場面を用いたものであった。事前情報として、実験前に映像内に映る選手は7~10名であることを説明し、各映像を提示する前には1. 現在プレーが行われているラグビーフィールド上のおおよそのエリア、2. そのエリアの中での自身の立ち位置、3. 自身から見てはじめにボールを所持している選手がいる方向、4. 映像が始まった直後左右どちらにプレーが展開していくかの4点をタブレット端末 (iPad) を使用して説明した。プレーに関する質問は Berry ら^[7]が作成した知覚と意思決定のタスクを応用し、各質問に対する回答は独自に用意した回答用紙に記入させた (Fig. 5)。被験者に行った質問 (課題) は以下の通りである。

- A. 自身を含め周辺にいた選手の立ち位置を記録する
- B. ボールの進行方向の予測を記入する
- C. 最終的にボールを所持している選手を予測し、記入する
- D. 自身の予測に対する確信度を選択する

映像はヘッドマウントディスプレイ (HTC Vive pro eye) を用いて被験者に提示され、被験者はまず映像が遮断された地点での選手の立ち位置を覚えている限り全て思い出すことを求められた (パターン想起課題)。この立ち位置は自身も含めたものであり、攻撃側選手を○ (マル)、防御側選手を× (バツ) で記入するように指示した。次に映像が遮断された直後のプレーを予測させた (パターン予測課題)。この課題ではプレー選択 (ラン、パス、キックなど) にかかわらずその後のボールの進行方向を矢印で記し、プレーの結果によって最終的にボールを持っている選手の上にさらに○ (マル) をつけることが求められた。そのため、ランが行われボールの所持者がそのままの場合やパスなどが行われその他の攻撃側選手がボールを持つ場合は◎ (二重マル) が記入された。一方、キックというプレーを選択した場合は、プレーの特性上その後のボール所持者を予測することが困難なため矢印だけが記入された。これら2種類の課題は、パターン想起課題が「ゲーム状況を読むこと」に、パターン予測課題が「意思決定」にそれぞれ関連していることが報告されている^[7]。最後に、記入したプレー予測に関して、どれだけ自信があるのかをみるために確信度の選択肢を5つ用意し (0%, 25%, 50%, 75%, 100%)、一番近いものに○ (マル) をつけさせた。実験では1つの映像に対してこれら4つの質問が行われ、全ての回答終了後に次の映像が提示された。また、1回の評価テストの所要時間は約35分であり、その時間内に計12回この一連の質問とそれに対する回答が行われた。さらに、この12回に試行の中には作成された4種類の映像が3回ずつ含まれ、それらは無作為に提示された。なお、実施されたテストの正誤は被験者に知らされなかった。

攻撃側選手：○ 防御側選手：x ボール所持者：○ ボールの進行方向：→						
T	T	—	—	T	T	
+	+	—	—	—	+	+
+	+	—	—	—	+	+
		—	—			
確信度 0%	25%	50%	75%	100%		

Fig. 5: 課題の回答用紙

実験で得られた被験者の回答は、回答用紙と同じ形式で用紙した解答を用いて実験終了後にスコアリングされた。この解答は映像作成の時に作成した配置図を元にして作成されたものであり、実際に行われたプレーに基づいて、オクルージョン後の選手の正しい立ち位置やその後のプレーの進行方向が記入された。パターン想起課題では、選手の回答と用意した解答を照らし合わせ、手動で照合を行った。照合の結果は、用意した解答との誤差がエラー率（立ち位置を間違えた選手の人数 / その場にいた選手の人数）として記録され、その場にいた選手が欠けていた場合や増えていた場合、正しい位置に書けていなかった場合について 1 人分のエラーとしてカウントした。この正しい立ち位置にかけていなかった場合のエラーについては、回答用紙のラグビーフィールド縦横 20 分の 1 以内の誤差までを正解と判定した。次にパターン予測課題についても同じように手動で照合を行い、ボールの進行方向やボールを所持している選手が合っていたかどうかのみをそれぞれ記録した。また、ボールの進行方向を記した矢印は 20 度以内の角度の誤差までを正解とした。

2.4.3 トレーニング課題作成

トレーニング課題では映像を提示した後に行うプレーに関する質問に口頭で答えてもらう形式に設定した。前提として、本研究における課題は実戦感覚の持続であり、全く経験のない選手に競技に必要な意思決定スキルを1から学習させることを目的としていない。さらに、このトレーニングは負傷中の選手も行うため、怪我の部位によってトレーニングに参加できない選手が発生しないような汎用的な内容である必要がある。また、ラグビーにおける意思決定に関わる認知的トレーニングを構築した過去の研究においても、思考プロセスを言語化することで一定のスキル向上をもたらすことが報告されている^[16]。よって、本実験においては仮想環境を用いた近年の研究で行われてきたような動作を含んだリアクションは実施しなかった。また、トレーニングで使用した映像に同じものは含まれなかったが、同じ場面を攻撃側・防御側から映した映像、オクルージョンポイントをずらした映像は含まれた。

映像は評価テストと同様にヘッドマウントディスプレイ (HTC Vive pro eye) を用いて被験者に提示された。実験では事前情報としてボールを所持している選手が現在どこにいるのかだけを説明し、一時停止した状態で映像を約 5 秒提示することで、周りの選手の状況などを把握させた。その後作成した映像を再生し、オクルージョンが発生した時に現在の場面でこの後どういうプレーが行われるかという質問を行った。被験者にはその質問に対して、どのようにボールが動くかや最終的に誰がボールを持っているかという評価テストで問われる要素までを含む「その後のプレーの予測」を口頭で回答させた。回答後はオクルージョンが発生しない加工前の映像を被験者に提示することで答え合わせを行い、場面の説明、映像の再生、この答え合わせまでを1試行として1回のトレーニングで20問の課題を用意した。また、1回のトレーニングの所要時間は約20~30分であった。

よって、課題内容はプレー予測を言語化した後にその解答を提示、さらにこの工程を何回も繰り返すだけといったシンプルなものであったが、スキルを持続させるための暗黙的な学習として十分なトレーニングになると判断した。

2.4.4 実験期間の設定

実験期間は約3週間とし、週に3日トレーニングが行われた。また、実験期間の間1週間ごとにテストを行ったため、期間中のトレーニングは計9回、テストは計4回行われた。これまでの意思決定や知覚・認知・予測といった意思決定に関するスキルの向上を目的とした研究では、肯定的な結果が示されている。しかしその期間についてはさまざまであり、1日^[17]のものから10日^[16]、6週間^[18]のものまで報告されている。また、1日のトレーニング時間も10分^[16]や45分^[17]と大きく異なっていたため、本実験のテストやトレーニングの所要時間、設定した3週間という実験期間は妥当なものであると判断した。

2.4.5 評価テスト以外の評価尺度の用意

本実験で得られたテストスコアが選手個人の意思決定スキルを正確に評価する精度の高い基準であることを示すためには他の評価尺度との比較を行う必要がある。本実験において、その比較のために用意したデータは被験者らから得た自己評価データとコーチなどの指導者から得た他者評価データ、出場試合から得られた分析データの3種類であった。自己評価データは、実験期間の前後で計2回被験者の意思決定スキルを1~10の10段階で自己評価をしてもらい、実験期間を経てそのスコアの増減も確認した。他者評価データは、4人の指導者らによって被験者の意思決定スキルとプレーパフォーマンスの2項目について同じく1~10の10段階で評価させた。指導者の構成はヘッドコーチ1人と学生（大学院生）コーチ3人であり、学生コーチらに関しては基本的に対象のポジションの選手にのみ指導を実施していた。そのため、指導者4人から被験者全員に対しての評価は得られず、1人の被験者に対する評価は最低2名から最大4名のコーチによって行われたものであった。試合の分析データに関しては各被験者らが出場した2021年度の試合から攻撃時、防御時の2種類のプレーの平均成功率を算出した。攻撃時のプレーの成功率にはコンタクト（相手との接触）成功率や他者のコンタクトへのサポート成功率といった評価項目が含まれ、防御時のプレー成功率にはタックル成功率と他者のタックルへのサポート成功率などの評価項目が含まれた。しかし被験者には長期負傷中の選手が含まれたため、分析データは被験者全員について用意はされなかった。

2.4.6 実験時の倫理的配慮

この実験は図書館情報メディア系研究倫理審査委員会（第21-65号）の審査後、承認を得て実施された。また、被験者には実験参加前に実験概要や実験で得られたデータの取扱いについて同意してもらい、何時、どんな理由であっても中断・辞退できることを説明した。

2.5 データ分析

各分析には統計ソフト（IBM SPSS Statistics ver.27）を使用した。まず、評価テストの精度を検証するため、テストスコアと用意した実験データ以外の評価尺度を使用して、各値Pearsonの相関分析を行った。次に、トレーニングの効果を検証するために4回の実験で得られた項目ごとのデータからその推移を計算し、分類した3群の被験者やその他の条件で比較するため分散分析を行った。グループ間で差が見られた場合には被験者を負傷者かどうかもしくはトレーニングを行ったかどうかの2群に再分類し、より明確な差を見るためにt検定を実施した。

第3章 結果および考察

被験者実験で得られた評価テストのスコアやそれ以外の評価尺度，条件により異なる被験者間の違いをもとに，用意したテストとトレーニングの効果を検証した．また，計4回行われた毎回のテストによって測定された評価項目は以下の4つであった．

- ① Recall Error：選手の立ち位置のエラー発生率
- ② Arrow Prediction：ボールの進行方向の予測正答率
- ③ Receiver Prediction：最終的なボール所持者の予測正答率
- ④ Confidence：予想（②と③）の確信度

3.1 評価テストスコアの精度検証

各テストスコアは定義したオクルージョンポイント（0ms）で作成された映像を見た時とそこからずらした場合（+100ms）の映像を見た時のスコアで2種類に分類された．各テストにおける被験者全体の平均スコアは以下の通りである（Table. 1）．

Table. 1: 各回の平均テストスコア

		Score			
		1回目 (SD)	2回目 (SD)	3回目 (SD)	4回目 (SD)
0ms	① Recall Error	26.55 (7.06)	30.03 (7.54)	37.03 (6.19)	37.39 (6.68)
	② Arrow Prediction	31.37 (22.05)	44.12 (16.11)	46.08 (14.61)	38.24 (17.86)
	③ Receiver Prediction	36.27 (18.29)	41.18 (14.14)	46.08 (13.44)	42.16 (16.29)
	④ Confidence	66.67 (12.94)	66.91 (14.25)	59.56 (13.76)	62.01 (14.98)
+100ms	① Recall Error	25.03 (7.42)	28.57 (9.75)	39.58 (8.74)	37.39 (6.6)
	② Arrow Prediction	28.43 (16.92)	63.73 (17.37)	64.71 (13.86)	60.78 (18.91)
	③ Receiver Prediction	31.37 (17.97)	65.69 (20.98)	74.51 (11.6)	62.75 (14.61)
	④ Confidence	74.02 (13.45)	68.38 (13.71)	76.23 (15.77)	70.1 (13.58)

N=17

精度検証の前に、テストのスコア同士の関係について確認するため、まずパターン想起課題のスコア (①) とパターン予測課題のスコア (②, ③) について相関分析を行った。対応するスコアの分析結果は以下の通りである (Table. 2)。

Table. 2: 課題別スコアの相関分析結果

		1回目	2回目	3回目	4回目
① Recall Error					
0ms	② Arrow Prediction	-.08	.08	-.60 *	-.56 *
	③ Receiver Prediction	-.05	.16	-.51 *	-.51 *
+100ms	② Arrow Prediction	-.59 *	-.03	-.08	-.47
	③ Receiver Prediction	-.63 **	-.17	.12	-.52 *

※1 *: p<.05 ** : p<.01

N=17

※2 色付き: 相関係数 |r|=.40以上

分析結果から、各回や条件 (0ms, +100ms) によって複数の関連が見られたが、本実験の結果だけでは、必ずしも行われた2つの課題で測られるスコアに関連が見られると判断することはできなかった。次に② Arrow Prediction と ③ Receiver Prediction のスコアについて相関分析を行った。その結果、各条件下において非常に高い関連が見られ ($r=.81^{**} \sim .95^{**}$)、予測する対象は異なるものの同じ課題によって測定される全体のスコアは非常に似た傾向になることがわかった。最後に予測課題 (②, ③) と確信度 (④) について相関分析を行った。分析の結果、1回目の+100ms 条件下の③ Receiver Prediction のスコアについてのみ相関が見られたが ($r=.50^*$)、それ以外のスコアは全て $r=.36$ 以下となった。よって、被験者が行ったプレー予測への回答に対する自信は基本的に予測正答率に関連がないことがこの結果から明らかになった。

本章では実験から得られたテストスコアのこれらの特徴を踏まえ、その他の評価尺度と比較を行うことで精度の検証を行った。

3.1.1 被験者による自己評価データとの比較

はじめに被験者全員に評価させた実験前後の自己評価データ (2種類) と本実験で実施された評価テストのスコアの相関分析を行った。自己評価は1回目のテストの直前と4回目のテストの直後に行われたため、それぞれ1回目と4回目のテストスコア①~③が比較のために使用された。結果を Table. 3 に示す。

Table. 3: 自己評価とテストスコアの相関分析結果

	0ms			+100ms		
	①	②	③	①	②	③
	Recall Error	Arrow Prediction	Receiver Prediction	Recall Error	Arrow Prediction	Receiver Prediction
実験前自己評価	-.06	.37	.25	-.30	.21	.25
実験後自己評価	-.20	.46	.62 **	-.03	.22	.19

※1 *: p<.05 **: p<.01
 ※2 色付き: 相関係数 |r|= .40以上

N=17

相関分析の結果、実験後の自己評価と 4 回目のテストの ② Arrow Prediction と ③ Receiver Prediction (0ms 映像視聴時) のテストスコアに正の相関が認められた。ただし、実験後 (2 回目) の自己評価は 4 回目の評価テストを行った直後に回答されたものであったため、その時の被験者の回答がテストの影響を受けたものである可能性がある。また、それ以外のスコアは全て相関が見られなかったことから選手らが行う意思決定スキルの自己評価は基準が曖昧なものであり、正確性に欠けるものであったと解釈できる。一方で、0ms 条件下のスコアをみると 1 回目から 4 回目にかけて全ての相関係数 (r) の値が増加する (エラー発生率である①Recall Error は負の相関が増える) 結果となった。よって 0ms 条件下で実施された課題は選手が自己の意思決定スキルを評価するための材料になりうる特徴を持っていた可能性がある。さらに、毎回のテストの解答やスコアは被験者に知らされなかったことから、本テスト課題は実施するだけで自身の意思決定スキルを正しく評価し認識するための指標を選手に提供できる可能性があることも推察される。

3.1.2 指導者による他者評価データとの比較

次に指導者 4 人から得られた他者評価データと評価テストのスコアの相関分析を行った。指導者からは被験者の意思決定スキルとプレーパフォーマンスに関する 2 種類の評価が行われた。また、指導者からの評価は実験期間中 3 回目のテストの前後で回答されたものであったため、比較のために 3 回目のテストスコア①～③を使用した。結果を Table. 4 に示す。

相関分析の結果、特に +100ms 条件下の① Recall Error, ② Arrow Prediction, ③ Receiver Prediction 全ての値について複数のコーチからの評価と相関が多く見られた。全体の相関係数 (r) を見ると、0ms 条件下では① Recall Error のスコアに正の値や② Arrow Prediction と③ Receiver Prediction のスコアに負の値が確認できたことから、この結果は +100ms 条件下のテストスコアの方が指導者からの評価により近い基準で意思決定スキルを評価できた可能性を示唆している。

Table. 4: 他者評価とテストスコア（3回目）の相関分析結果

		0ms			+100ms		
		①	②	③	①	②	③
		Recall Error	Arrow Prediction	Receiver Prediction	Recall Error	Arrow Prediction	Receiver Prediction
意思決定の評価	指導者A	-.20	-.12	-.13	-.32	.34	.03
	指導者B	-.16	.10	.15	-.12	.73 **	.45
	指導者C	-.55	.58	.53	-.47	.65 *	.51
	指導者D	-.08	.24	.43	-.16	.63 *	.45
パフォーマンスの評価	指導者A	-.26	.04	.11	-.40	.47	.18
	指導者B	.18	-.17	-.07	-.03	.61 **	.43
	指導者C	-.40	.55	.54	-.60	.59	.48
	指導者D	-.22	.24	.40	-.45	.58 *	.47

※1 *: $p < .05$ **: $p < .01$

N=17

※2 色付き: 相関係数 $|r| = .40$ 以上

※3 指導者C: N=10, 指導者D: N=15

ここで、まず指導者からの意思決定スキルの評価とテストスコアとの関係について確認する。結果としてパターン予測課題のスコア（②、③）が+100ms条件下で指導者4人のうち3人の評価と正の相関があることが認められた（Table. 4）。特徴としては相関のあった指導者（B, C, D）はポジションごとに選手を指導している学生コーチであり、相関のなかったAは指導者らをまとめるヘッドコーチであった。加えて、指導者同士の評価の相関分析を行ったところ、Fig. 6-Iのような結果になった。これらの事実からポジション別に選手をコーチングしている時間が長いもしくはより多くの時間近い距離で選手を見ている指導者の方が意思決定スキルの評価が正確であり、それらのスキル評価は指導者同士である程度関連する可能性が高いことが考えられる。また、今回の実験では相関のあった指導者が学生であったことから選手への評価は指導者のコーチングスキルのレベルに関係がないことも本テストによって示された。

次に指導者からのパフォーマンス評価とテストスコアとの関係について確認した結果、+100ms条件下で① Recall Error, ② Arrow Prediction, ③ Receiver Prediction 全ての値について指導者4人のうち3人以上の評価と相関が認められた（Table. 4）。まずここで注目すべきは、① Recall Errorのスコアである。意思決定スキルの評価時は相関係数 $|r| = -.40$ 以上（負の相関があるとみなせる値）が1人の指導者から得られなかったのに対し、パフォーマンスの評価時は3人に対して認められた。よって、本実験で得られたテストスコアによって指導者らが被験者を意思決定スキルやパフォーマンスといった異なる基準で評価した客

観的な証拠を提示することができた。加えて、Berry ら^[7]によって考案されたパターン想起課題は「ゲーム状況を読むこと」に、パターン予測課題は「意思決定」に関連していることが報告されていたがこの結果はその主張を一部裏付けるものである。また、この相関係数の差異からパフォーマンス評価は意思決定スキル以外の要因も含まれた総合的な評価であったことが推察される。一方で、本実験から得られたテストスコア② Arrow Prediction, ③ Receiver Prediction は意思決定の評価とパフォーマンス評価両方の場合において指導者3人以上との関連が見られた。さらに、指導者から得られた意思決定とパフォーマンスの評価について相関分析を行ったところ、指導者全員のこの2つの評価に正の相関が認められた (A: $r=.83^{**}$, B: $r=.47$, C: $r=.88^{**}$, D: $r=.47$)。よって、この結果からラグビーという競技においては意思決定スキルがプレーパフォーマンスの評価に影響を与える割合が非常に大きいことがわかる。また、この事実はラグビーの現場において意思決定スキルのトレーニングも、実戦感覚の持続のためのリハビリテーションに組み込むべきであると考え本研究の主張を裏付けるものである。

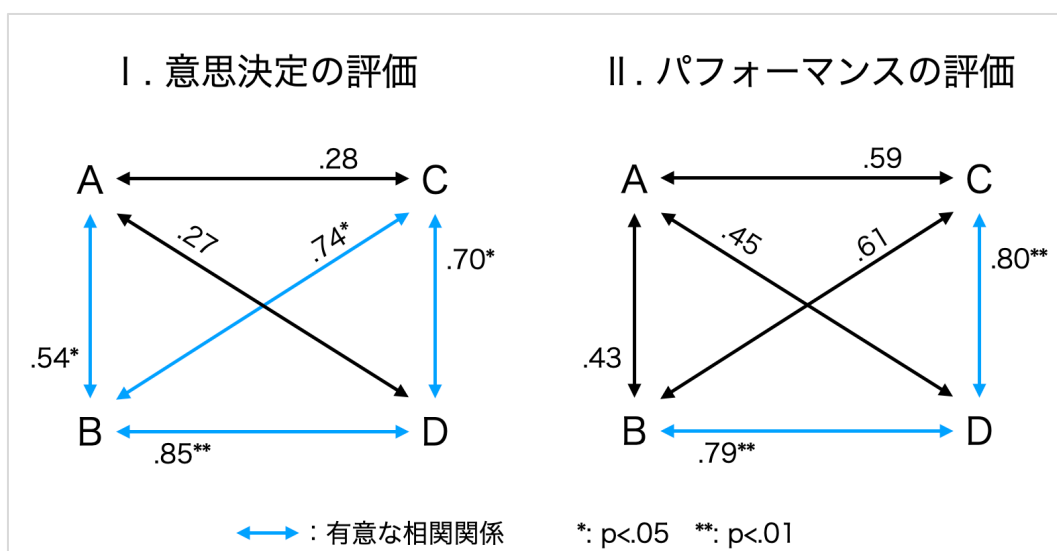


Fig. 6: 各評価における指導者間の相関図

3.1.3 出場試合から得られた分析データとの比較

最後に 2021 年度の出場試合から得られた分析データ (N=16) と評価テストのスコアの相関分析を行った。分析データは試合から攻撃時、防御時の 2 種類のプレーの平均成功率を算出したものであった。そのため、これまで比較してきた 0ms と +100ms の条件下のスコアを攻撃側選手の視点で映像が提示された時のアタック (AT) スコアと防御側選手の視点で映像が提示された時のディフェンス (DF) スコアにさらに細かく分類した。また、分析データは 1 年間の出場試合から得られたデータのため、1 回目～4 回目の全てテストスコ

ア①～③が比較のために使用された。しかし分析の結果、攻撃時のプレー平均成功率と AT スコア (0ms, +100ms 条件下), 防御時のプレー平均成功率と DF スコア (0ms, +100ms 条件下) 全てにおいて相関係数 $r=.40$ 以下となり、関連が見られなかった。この要因としては意思決定スキルの能力値が短期間でまたは選手の状態によって上下しうるスキルであるからと考えられる。例えば、本実験において指導者から得られた他者評価データを 3 回目のテストと比較した結果、2つの異なるデータ間に相関が認められた (Table. 4)。しかしここで指導者からの評価を約 1 週間後の 4 回目のテストと比較した場合は、例えば② Arrow Prediction (+100ms 条件下) の相関係数は $r=.01\sim.49$ で有意でなく、3 回目のテストに比べると2つのデータ間に関連があるとは言えない結果を示した (Table. 5)。また、分析データの攻撃時のプレーの成功率には主にコンタクト (相手との接触) に関するプレーの評価項目が含まれた。しかし実際の試合ではパスやキック, その他のプレーを行う際にも意思決定がされており、この分析データは選手のスキルの一部しか評価できていない可能性が高い。よって、これらの事実から本実験で測定された評価テストのスコアは、テスト測定時点での選手のスキルを評価できる特徴を持ち、ラグビーのプレー全般に必要な意思決定スキルを総合的に評価できるものであったと考えられる。

Table. 5: 他者評価とテストスコア (4 回目) の相関分析結果

		0ms			+100ms		
		①	②	③	①	②	③
		Recall	Arrow	Receiver	Recall	Arrow	Receiver
		Error	Prediction	Prediction	Error	Prediction	Prediction
意思決定の評価	指導者A	-.23	-.02	-.08	.00	.01	.13
	指導者B	-.14	.10	-.09	-.12	.18	.18
	指導者C	-.48	.00	-.09	-.50	.49	.52
	指導者D	-.12	.31	.11	-.09	.40	.30
パフォーマンスの評価	指導者A	-.25	.09	-.05	-.11	.14	.31
	指導者B	.05	-.29	-.31	.03	.15	.04
	指導者C	-.28	-.06	-.06	-.52	.59	.48
	指導者D	-.22	-.24	-.19	-.39	.60 *	.50

※1 *: $p<.05$ **: $p<.01$

N=17

※2 色付き: 相関係数 $|r|=.40$ 以上

※3 指導者C: N=10, 指導者D: N=15

3.1.4 精度検証のまとめ

これまでの研究においては、指導者からの曖昧な評価 (熟練者と初心者という大まかな 2

分類) とテストスコアを比較し、スコアの高低と 2 群との間に有意差や関連があったという結果が報告されていた^{[6][7]}。しかし本実験で得られたテストスコアは選手が熟練者かどうかではなく、選手個人の持つスキルに対して指導者からの評価と関連があることを示した。よって、過去に使用されてきた 3 人称視点での映像を用いたテスト課題よりも、没入型環境を使用した本テスト課題の方が精度の高い評価が可能であったことが考えられる。また、この実験では+100ms 条件下の方がより指導者からの評価と関連のあるテストスコアが得られるという結果を示した。これは Brault ら^[9]から報告されたオクルージョンポイントを+100ms 後ろにずらす方法を使用することで、意思決定スキルの熟練度の違いをよりパフォーマンスに近い形で評価できたことを示している。

3.2 条件毎のスコア推移比較

各回のテストは同じ条件の映像を同じ回数だけ提示した。そのため、当初は実験期間中トレーニングを実施していくにつれてテスト課題に対する回答の正答率や確信度は常に上昇していくと思われた。しかし各回のテストスコアの推移を見ると、テストの条件 (0ms, +100ms) や各回によってばらつきがある (Table. 1)。加えて、予測に関する自信を聞いた確信度についても、全ての値で常に増加の傾向が見られたわけではなかった。これはテスト課題で使用された映像場面の状況や行われたプレーの種類によってテストの難易度が異なっていた可能性を示している。よって、単純なテストスコアを比較では、意思決定スキルの推移を正確に測れない可能性がある。そこで、各回におけるスコアから個人の偏差値を算出し、その値の変化率をグループ間で比較することでトレーニング効果を検証した。また、映像の種類としては攻撃側と防御側の 2 種類の視点のものが用意されたため、本章においては 0ms と+100ms の条件下にて算出したスコアからさらにそれぞれ結果をアタック (AT) スコアとディフェンス (DF) スコアに分類してそのスコアの推移を確認することにする。

3.2.1 1 回目テストから 4 回目テストへの推移比較

はじめに 1 回目のスコアと 4 回目のスコアを比較するため、被験者の偏差値から変化率を算出した。この変化率について、一元配置分散分析を行い 3 群に分けられた被験者別の違いを確認した (Table. 6)。その結果、0ms 条件下の AT スコア② Arrow Prediction ($F(2,14)=4.74, p<.05$) と DF スコア① Recall Error ($F(2,14)=3.77, p<.05$)、+100ms 条件下の DF スコア① Recall Error ($F(2,14)=7.84, p<.01$) の 3 項目の変化率についてグループ間に有意な差が見られた。これらの変化率はそれぞれテストのみ参加した被験者 G3 (0.82 倍：変化率) と全てに参加した負傷中の被験者 G1 (1.18 倍)、全てに参加した被験者 G2 (0.88 倍) と被験者 G1 (1.14 倍)、被験者 G2 (0.76 倍) と被験者 G1 (1.40 倍) のグループ間の差として表れた。加えて、3 項目について分散分析によって明らかになったそれぞれ

のグループのうち被験者 G2 (1.09 倍), 被験者 G3 (1.04 倍), 被験者 G3 (1.07 倍) はどちらにも所属しうる可能性を示した. 分析結果は G3 よりもトレーニングを実施した G1, G2 の方が予測に関するテストスコアの変化率が高く, その一部 (G1) には有意な差もあったことを示した. しかし一方で, 有意差の表れた 3 項目のうちの後者 2 項目のように, トレーニングを実施した G2 よりも G3 の方が変化率の高かったスコアも存在した. テストスコ

Table. 6: 被験者グループ間における偏差値の変化率と一元配置分散分析結果

スコア偏差値の変化率 (倍率)	N	全体 (SD)	被験者グループ			F値	グループ間比較	
			被験者G1 (SD)	被験者G2 (SD)	被験者G3 (SD)			
0ms	AT	① Recall Error	1.05 (0.33)	1.21 (0.52)	0.87 (0.17)	1.09 (0.20)	1.66	
		② Arrow Prediction	1.02 (0.24)	1.18 (0.22)	1.09 (0.25)	0.82 (0.11)	4.735 *	G3 < G1*
		③ Receiver Prediction	1.03 (0.27)	1.17 (0.25)	1.12 (0.26)	0.83 (0.18)	3.631	
		④ Confidence	1.02 (0.22)	0.92 (0.24)	1.01 (0.08)	1.11 (0.28)	0.988	
	DF	① Recall Error	1.02 (0.18)	1.14 (0.23)	0.88 (0.09)	1.04 (0.14)	3.766 *	G2 < G1*
		② Arrow Prediction	1.04 (0.30)	1.09 (0.27)	1.11 (0.22)	0.93 (0.40)	0.644	
		③ Receiver Prediction	1.05 (0.35)	1.14 (0.31)	1.02 (0.11)	1.00 (0.53)	0.245	
		④ Confidence	1.03 (0.24)	1.01 (0.15)	1.08 (0.35)	0.99 (0.21)	0.22	
+100ms	AT	① Recall Error	1.02 (0.21)	1.04 (0.23)	0.98 (0.19)	1.04 (0.23)	0.147	
		② Arrow Prediction	1.04 (0.32)	1.03 (0.43)	0.99 (0.21)	1.10 (0.36)	0.164	
		③ Receiver Prediction	1.04 (0.32)	1.03 (0.51)	1.09 (0.22)	1.01 (0.26)	0.074	
		④ Confidence	1.02 (0.21)	1.00 (0.25)	1.07 (0.26)	0.97 (0.10)	0.338	
	DF	① Recall Error	1.06 (0.36)	1.40 (0.34)	0.76 (0.24)	1.07 (0.23)	7.842 **	G2 < G1**
		② Arrow Prediction	1.03 (0.25)	0.97 (0.19)	1.17 (0.30)	0.93 (0.22)	1.532	
		③ Receiver Prediction	1.02 (0.24)	0.98 (0.14)	1.16 (0.32)	0.93 (0.18)	1.638	
		④ Confidence	1.03 (0.23)	1.00 (0.29)	1.07 (0.28)	1.01 (0.15)	0.149	

※1 *: p<.05 **: p<.01

アの① Recall Error はスコアが高いほど自身の周りにいる選手の立ち位置をしなくなることを意味しており, この推移の差はトレーニング期間を通して選手の立ち位置の把握をよ

り行うようになった選手（通常選手：被験者 G2）と把握を行わなくなった選手（負傷選手：被験者 G1）がいた結果を示している。Ikegami, Genesh^[15]は熟練者が素人のプレーを観察し予測し続けることで自身の運動が下手になるという結果を示した。本実験で得られた結果は負傷中の選手がより周囲の選手の把握ができなくなったことを示したことから、これはトレーニングによって「ゲーム状況を読む」ことが下手になったことを示している可能性がある。しかし映像内で行われたプレーは国代表レベルの試合で行われたものを参考にしており、少なくともそのプレーを再現した選手は初心者ではなかった。また、これらの事実については本実験における被験者数が十分でなかった可能性も考え、さらに多くのデータによってこの統計的な変化率の違いを判断する必要がある。

よってこの結果について条件ごとの差をより詳しく見るために、まず被験者グループを負傷者かどうかで2群（G1, G2+G3）に再分類し、t検定を行なった。検定の結果、+100ms条件下のDFスコア① Recall Error で有意差 ($t(15)=3.13, p<.01$) があり、負傷中の選手の方がパターン想起課題におけるエラー発生率が実験期間を通して有意に増加する傾向にあったことがわかった。一方で、結果としてパターン予測課題のスコアの変化率に有意な違いは表れていなかった。よって、トレーニングを繰り返すことで視界に映る全選手の立ち位置の把握を以前よりも行わなくなったが、その結果はプレー予測に影響していないことが言える。Williams ら^[19]は熟練者の特徴として、厳選されたいくつかのディスプレイ上の特徴に注意を払うだけで正確なゲーム状況の理解が可能であることを主張したが、トレーニングによって現れたスコアの推移はこの主張を一部裏付けるものであるといえる。これらの事実は視界の中からプレーの予測に必要な要素だけを抽出し、そこで得られた情報から効率的な意思決定を行うためのスキルが身についた可能性を示唆している。ここで、推移ではなく実際のスコアからも違いを確認する。被験者グループごとの+100ms条件下のDFスコア① Recall Error（1回目、4回目）を Table. 7 に示す。この各回のスコアについて、グル

Table. 7: +100ms 条件下の DF スコア① Recall Error（1回目、4回目）

	Score	
	1回目 (SD)	4回目 (SD)
負傷中の選手（G1）	19.68 (7.98)	36.19 (5.16)
通常選手（G2+G3）	31.10 (6.85)	30.62 (10.32)

N=17

ープ間の違いを見るために t 検定を行ったところ、1 回目のスコアについて有意差 ($t(15)=2.99, p<.01$) が認められた。これはテスト 1 回目時点では負傷者の方が選手の立ち位置を正確に覚えていたことを示しているが、4 回目時点ではその差がなくなっていたことを表している。よって、この結果に関しては実戦感覚の低下によって失われつつあったパターン想起スキル (DF 時) をトレーニングによって「向上」ではなく「回復」することができたと解釈するのが妥当である。なお、1 回目のテスト実施時の負傷者 5 人 (G1) の負傷期間は最短 15 日から最長で 166 日であった。この負傷者の怪我受傷からの日数と +100ms 条件下の DF スコア① Recall Error (1 回目) について相関分析を行ったところ、相関係数 $r=.38$ となり必ずしも関連があると言える結果にはならなかった。よって、パターン想起スキルは負傷して実戦経験を積めないことにより低下するが、その低下度合には個人差があることが考えられる。一方で、パターン予測課題のテストスコアに 2 グループ間で差が見られなかったことは、トレーニングによって負傷中の選手でも通常選手と同じように意思決定スキルを使う実戦経験を積むことができていた可能性を示している。この結果から提案したトレーニングによって、意思決定スキルを持続または向上させることができたと考えられる。

次に被験者グループをトレーニングに参加したかどうかで 2 群 (G1+G2, G3) に再分類し、同じく t 検定を行った。その結果、分散分析によって表れた DF スコア① Recall Error (0ms 条件下) の有意差は見られなくなった。一方で 0ms 条件下の AT スコア② Arrow Prediction ($t(15)=3.06, p<.01$) と新たに③ Receiver Prediction ($t(15)=2.75, p<.05$) で有意差が認められ、トレーニングを行った選手の方がパターン予測課題におけるプレーの予測正答率 (0ms 条件下) が実験期間を通して有意に増加する傾向にあったことがわかった。この結果は本実験で用意したトレーニングを行うことで、被験者がより短い時間 (0ms 条件下) で攻撃時の正確なプレー予測が可能になったことを示している。つまり、このトレーニングによって選手の意思決定スキルが向上しており、先程の結果からそれは満足にプレーのできない負傷中の選手においても同様であったことが考えられる。

3.2.2 各回テストの推移比較

3 週間の実験期間中に、複数のスコアについてスキルの持続・向上が見られたことを確認した。一方で、これらの結果について本実験で設定された 3 週間というトレーニング期間が妥当なものであったのかを検証する必要がある。そこで次は、1 回目から 2 回目、1 回目から 3 回目の変化率といったように実験開始から経過期間の異なるテストスコアの偏差値の違いから変化率を算出した。なお、より明確な違いを確認するため、比較には再分類した条件ごとの 2 群を使用し t 検定を行った。

まず、負傷者かどうかの 2 群 (G1, G2+G3) を各回の変化率で比較した。検定の結果、1 回目のテストから 2 回目のテストにかけて、先ほど示した +100ms 条件下の DF スコア① Recall Error で変化率に有意差が認められた ($t(15)=4.10, p<.001$)。この結果は、4 回実

施したテストのうち負傷者のパターン想起スキル（DF時）のスコアが1回目に比べ、2回目の時にはすでに有意に上昇していたことを示している。よって、負傷者にこのスキルの回復効果をもたらすには1週間の間に行われた3日間のトレーニングで十分だったことが考えられる。次にトレーニングを実施したかどうかの2群（G1+G2, G3）で同じく各回の変化率を比較した。検定の結果、1回目から3回目のテストにかけて、先ほど示した0ms条件下のATスコア② Arrow Prediction で変化率に有意差が認められた($t(15)=2.38, p<.05$)。一方、先ほど同じく有意差を示した0ms条件下のATスコア③ Receiver Prediction は各期間の変化率に有意差は認められなかった。これは実験期間の3週間（1回目から4回目のテストの変化率）によってトレーニング効果がもたらされたことを示している。これらの結果から、共に意思決定に関連のあるパターン予測課題のスコアでも予測の内容（ボールの進行方向もしくはボールの所持者）によって、トレーニング効果が表れるまでの時間が異なることがわかった。また、本実験で用意したトレーニング方法で意思決定に関するスキルを向上させるには、最低2週間の間計6日以上トレーニングを実施する必要があることがこの結果から推察できる。

3.2.3 スコア推移比較のまとめ

同じ実験方法で意思決定スキルを検証した Berry ら^[7]や Gabbett ら^[6]はオクルージョン後のプレーの方向（本実験におけるボールの進行方向）とボールの所持者の2つの項目をセットで扱ったため、彼らの実験ではどちらか片方が間違っていた場合に正しい意思決定ができていないと判断された。よって、この2つの項目は選手の意思決定スキルを正確に測るためには同じくらい重要な要素であることが強調されていた。一方で本実験から得られたテスト結果では③ Receiver Prediction よりも② Arrow Prediction のテストスコアの結果の方がコーチからの意思決定の評価と相関が見られた（+100ms 条件下）。加えて、スコア推移の比較からはトレーニングの効果も② Arrow Prediction のテストスコアの方が早くテストスコアに表れる結果となった。よって、オクルージョンが発生した後のボールの進行方向の予測の方が意思決定に大きな影響を与える要素であることが本実験のテストとトレーニングによって明らかにされた。

第4章 結論

4.1 まとめ

本研究は「実戦感覚の低下」問題に対して意思決定という側面でのアプローチに注目し、仮想ラグビー環境を用いてラグビー選手のスキル持続を図った。そのために設定した目的は、1. 意思決定に関するスキルの評価が可能なテスト課題の作成、2. 負傷者でも実施可能な意思決定トレーニング課題の提案の2つであり、これらの検証のために以下の3つの仮説を立てた。

1. 仮想ラグビー環境を使用した評価テストは意思決定スキルを高い精度で測定できるものである
2. トレーニングを行うことで負傷中の選手の意思決定スキルが持続できる
3. トレーニング実施の有無が意思決定スキルのスコアに影響する

本研究ではこれらの検証のために時間的オクルージョンが発生する映像を作成し、仮想環境を用いて被験者実験を行った。実験の結果、本実験で得られた評価テストのスコアはプレーに必要な総合的な意思決定スキルを正確に評価できる値であったことを明らかにできた。また、テスト課題で提示する映像のオクルージョンポイントを+100ms ずらすことで、よりパフォーマンスに近い意思決定スキルを測定することが可能だった。加えて、+100ms 条件下の実験結果は従来の研究で使用されてきた熟練者もしくは初心者といった曖昧な基準によって行われた2分類ではなく、指導者から行われた個人に対する評価と強い相関を示した。よって、作成したテスト課題が高い精度でラグビー選手個人の意思決定スキルを測れることが実験によって証明された。

次に同じくオクルージョン映像を使用したトレーニング効果の検証のため、複数回にわたって実施されたテストスコアの推移を解析した。実験期間は約3週間に設定し、期間中のトレーニングは1週間ごとに3日の計9回、テストは1週おきに計4回行われた。その後得られた4回分テストスコアから、まず負傷中の選手かどうかの2分類で被験者グループ間の違いを比較した。比較の結果から、実戦感覚の低下によって負傷中の選手から失われつつあった「ゲーム状況を読むこと」に関連するスキルの一部を1週間のトレーニングによって回復することができたことを確認できた。また、実験期間を通してこの2群の間の「意思決定」に直接関連のあるスキルのスコア推移について、有意な差が認められなかった。この結果は、トレーニングによって被験者全員が同じように実戦経験を積むことができている可能性を示している。次に被験者をトレーニングに参加したかどうかの2群に分類し、スコア推移を比較した。その結果、最低2週間の間、計6日以上トレーニング

を行うことで、被験者がより短い時間で正確なプレー予測（攻撃時）が可能になったことが確認できた。よって、提案したトレーニングによって選手の意思決定スキルが向上しており、被験者全員が同じように実戦経験を積むことができていたという先程の結果からこれは満足にプレーのできない負傷中の選手においても同様であったことが考えられる。以上の考察から、本研究で提案したテストとトレーニングを使用することで、負傷中の選手を含めたラグビー選手の意思決定スキルを持続または向上することができたと言える。

また、指導者からの被験者に対するスキル評価などを見ると、ラグビーという競技においては意思決定スキルがプレーパフォーマンスの評価に影響を与える割合が非常に大きいことがわかった。この事実は本実験で行ったような意思決定スキルのトレーニングも、スポーツ現場のリハビリテーションに組み込むべきであると考え本研究の主張を裏付けるものである。加えて、負傷して長い期間試合に出場する機会の得られなかった選手の意思決定スキルというのは、試合などの実戦の場で再びプレーすることでしか顕在化されない。しかし本テストを行うことで、選手のその時点における意思決定スキルがどの程度であるか指導者の立場から客観的に判断する基準を作ることが可能になる。そうすることで、意思決定スキルのリハビリテーションが不十分なまま実戦の場に投入され、怪我を再発してしまう可能性を低めることに貢献できると考えられる。

4.2 今後の展望

本実験ではヘッドマウントディスプレイを用いて映像を提示したが、被験者に負傷中の選手も含まれたため作成したテストやトレーニングは実際のプレー動作を伴わない最低限のものであった。一方でスポーツスキルの獲得や持続、向上に関する研究については近年の技術発展に伴って、よりインタラクティブな仮想環境を用いた実験へとシフトされつつある。しかしラグビーはコンタクトスポーツである以上、コンタクト時の身体的フィードバックの扱いやプレーによって発生する怪我のリスクなどの諸問題への適切な対処が求められる。さらにリハビリテーションという文脈においては、この問題を踏まえた上で負傷中の選手でも実施可能なトレーニングの用意が必要である。よって、これらの条件をどう実験設計に反映させるかが今後の発展のための大きな課題となるだろう。

謝辞

本研究を進めるにあたり，多くの方にご協力をいただきました。

まず，本論文を作成するにあたり，テーマの設定から手法のアドバイス，最後の執筆までご指導くださいました研究指導教員の真栄城哲也先生に，深く感謝を申し上げます。また，同じ研究室の先輩や後輩の皆さんにも日頃のゼミでの報告について何度も助言をいただきました。ありがとうございました。

さらに，実験準備に際し全面的にご協力をいただきましたラグビー部監督の嶋崎達也先生，約3週間にもわたって実施した被験者実験や実験で使用する映像のための撮影などにご協力頂いた20名以上の筑波大学ラグビー部員の後輩の皆様には心からの御礼を申し上げます。本当にありがとうございました。

参考文献

- [1] Roel Vaeyens, Matthieu Lenoir, A. Mark Williams & Renaat M. Philippaerts. (2007). Mechanisms Underpinning Successful Decision Making in Skilled Youth Soccer Players: An Analysis of Visual Search Behaviors. *Journal of Motor Behavior*, 39(5), 395-408.
- [2] Joseph Baker, Jeane Cote & Bruce Abernethy. (2003). Sport-Specific Practice and the Development of Expert Decision-Making in Team Ball Sports. *Journal of Applied Sport Psychology*, 15(1), 12-25.
- [3] 中川 昭. (1983). ボールゲームにおける状況判断研究のための基本概念の検討. *体育学研究*, 28(4), 287-297.
- [4] Williams, A.M. (2000). Perceptual Skill in Soccer: Implications for Talent Identification and Development. *Journal Sports Sciences*, 18(9), 737-750.
- [5] Klein, G. A. (1993). A recognition-primed decision (RPD) model of rapid decision making. *Decision making in action: Models and methods*, 5(4), 138-147.
- [6] Gabbett, T. J., Jenkins, D. G., & Abernethy, B. (2011). Relationships between physiological, anthropometric, and skill qualities and playing performance in professional rugby league players. *Journal of sports sciences*, 29(15), 1655-1664.
- [7] Berry, J., Abernethy, B., & Côté, J. (2008). The contribution of structured activity and deliberate play to the development of expert perceptual and decision-making skill. *Journal of sport and exercise psychology*, 30(6), 685-708.
- [8] 中川 昭. (1985). ボールゲームにおける状況判断研究の現状と将来の展望. *体育学研究*, 30(2), 105-115.
- [9] Brault S, Bideau B, Kulpa R, Craig CM. (2012). Detecting deception in movement: The case of the side-step in rugby. *PLoS One*, 7(6).
- [10] Abernethy, B., Schorer, J., Jackson, R. C., & Hagemann, N. (2012). Perceptual training methods compared: the relative efficacy of different approaches to enhancing sport-specific anticipation. *Journal of experimental psychology: Applied*, 18(2), 143.
- [11] Peter Le Noury., Damian Farrow., Tim Buszard., Machar Reid. (2019). Instructional approaches for developing anticipation and decision making in sport, *Anticipation and Decision Making in Sport (1st Edition)*, 306-326.
- [12] Lammfromm, R., & Gopher, D. (2011). Transfer of skill from a virtual reality trainer to real juggling. In *BIO web of conferences*, 1, 54. EDP Sciences.

- [13] Cummins, A., & Craig, C. (2016). Design and implementation of a low cost virtual rugby decision making interactive. In International Conference on Augmented Reality, Virtual Reality and Computer Graphics, 16-32. Springer, Cham.
- [14] Todorov, E., Shadmehr, R., & Bizzi, E. (1997). Augmented feedback presented in a virtual environment accelerates learning of a difficult motor task. *Journal of motor behavior*, 29(2), 147-158.
- [15] Ikegami, T., & Ganesh, G. (2014). Watching novice action degrades expert motor performance: causation between action production and outcome prediction of observed actions by humans. *Scientific reports*, 4(1), 1-7.
- [16] 下園 博信. (2014). 状況判断に関わる認知的トレーニング法の構築-ラグビーフットボールを対象として. 九州工業大学生命工学研究科博士論文.
- [17] Hagemann, N., Strauss, B., & Cañal-Bruland, R. (2006). Training Perceptual Skill by Orienting Visual Attention. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 28(2), 143-158.
- [18] Hagemann, N., & Memmert, D. (2006). Coaching Anticipatory Skill in Badminton: Laboratory versus Field-Based Perceptual Training. *Journal of Human Movement Studies*, 50, 381-398.
- [19] A. Mark Williams, Jamie S. North & Edward R. Hope (2012) Identifying the mechanisms underpinning recognition of structured sequences of action, *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 65(10), 1975-1992.