

早稲田大学審査学位論文
博士（スポーツ科学）

サッカー選手のアジリティ動作における認知機能の検討

A Study of Cognitive Function on Agility of Soccer Players

2020年1月

早稲田大学大学院 スポーツ科学研究科

大西 史晃

ONISHI, Fumiaki

研究指導教員： 広瀬 統一 教授

目次

第1章 序論.....	1
第1節 序.....	1
第2節 研究小史.....	3
第3節 本論文の目的および構成.....	11
第2章 競技特異的な経験が反応時間における前動作局面に与える影響.....	15
第1節 緒言.....	15
第2節 方法.....	18
第3節 結果.....	25
第4節 考察.....	28
第5節 結論.....	35
第3章 競技力・年齢比較からみるサッカー選手の反応動作に対する認知機能の関わり.....	36
第1節 緒言.....	36
第2節 方法.....	37
第3節 結果.....	41
第4節 考察.....	46
第5節 結論.....	52
第4章 サッカー選手の認知機能に対する映像学習の効果.....	53
第1節 緒言.....	53

第2節 方法.....	54
第3節 結果.....	61
第4節 考察.....	65
第5節 結論.....	71
第5章 総合考察.....	72
第6章 結論.....	79
参考文献.....	81
Appendix.....	90
謝辞.....	91

本論文は以下の研究成果を基に執筆された。

【第2章】

・原著論文

Onishi F, Mineta S, Hirose N.: Does sport-specific experience affect reaction times in the premotor phase?, *Journal of Athletic Enhancement*, 8(2), 2019.

・学会発表

Onishi F, Mineta S, Hirose N.: A Study of Cognitive Function on Agility of Soccer Players, The 6th NSCA International Conference in Madrid 2018, Spain, 27th September 2018. Oral Presentation.

【第3章】

・原著論文

大西史晃, 広瀬統一: 競技力・年齢比較からみるサッカー選手の反応動作に対する認知機能の関わり, 日本アスレティックトレーニング学会誌, 5(1):43-52, 2019.

第 1 章

序論

第1節 序

チームスポーツの競技場面においては、アジリティの能力は勝敗をわける要素であるとされている¹⁾。このアジリティ能力については、「a rapid whole-body movement with change of velocity or direction in response to a stimulus」と定義され²⁾、そこには認知機能の関わりが表されている。また、アジリティ能力はクローズドスキルと呼ばれる身体的要因の「方向転換能力」とオープンスキルと呼ばれる認知的要因の「知覚・意思決定能力」の2つに大別される^{2,3,4)}。この二つの要素の関係性については、同時に両要因に関わる情報が競合した場合に運動課題が優先される⁵⁾。つまり、未習得の動作を行う、あるいは外部からの物理的な負荷に対して抵抗する姿勢をとる際など、内的因子である身体調整に大きな注意が必要な状況では外的因子である外部情報の受容が難しくなる。この点においては、基礎的な体力および競技技術が競技パフォーマンスの基盤となっていると考えられる。しかしながら、サッカー競技のように相手の動作が完了する前でも自らの意思決定が完了すれば動作を開始できる競技では、その意思決定の優劣はパフォーマンスを最大限に発揮することにおいて大きな影響を与えられとされる。なお、アジリティにおける情報処理の過程は「刺激の受容」、「反応選択」、「動作の実施」という順で進むとされ⁶⁾、前半の「刺激の受容」および「反応選択」は認知機能によるものである。これら認知機能に対しては、これ

まで多くの研究が行われており、競技力の高い選手はそうでない選手と比べて、異なる対応法を有していたり⁷⁾、認知能力自体が優れていたりとされており^{8, 9, 10, 11, 12, 13)}、そこには競技特異的な経験が関与しているとされている。この競技特異的な経験を獲得するには、競技特異的な環境下でのトレーニング、つまりサッカー競技であればサッカートレーニングを行うことが一般的であったが、近年では映像学習^{14, 15)}あるいはスポーツビジョントレーニング¹⁶⁾と呼ばれる映像テクノロジーを用いた方法でも行われ、その成果も報告されるようになってきている。

しかし、この競技特異的な経験という表現のうちの「特異的」という言葉が表すものとは、異なる競技の選手間であってもその競技中に用いる情報処理過程が課題に対して類似または共通する事項であれば同等となることなのか、あるいはこの特異性は競技内の個々の局面構造に基づくもので同一の競技の選手間でも様々な違いがみられることなのかは明らかになっておらず、「競技特異的な経験」という表現の具体的な意味合いに着目した研究は筆者の知る限りはみられない。この競技に「特異的」とされる経験がもつ構造が明らかになれば、競技力を効率的に向上させるトレーニングプログラムの構築に寄与できるものと考えられる。そこで、本論文では「競技特異的な経験の有無が競技特異的な状況下での反応動作開始までの時間に与える影響」、「アジリティ能力に影響を与える競技特異的な経験の意味合い」、「アジリティ動作における認知機能に対する介入トレーニングの効果」の3つの観点から実験を行い、競技特異的な経験に関する知見とともにそれらを用いた介入トレーニングの効果に関する知見をあわせて提

供する。

第2節 研究小史

第1項 反応動作における認知機能について

1-1. 刺激の受容

反応対象となる刺激の受容において、関連する情報を視覚によって探索する技術の有無とその優劣については、アスリートの専門競技やその競技レベルによって異なることがわかっている^{7,17)}。受容器としての眼は、周辺視で変化を感知し、中心視で識別するというように網膜からの距離によって機能および役割が異なる¹⁸⁾。サッカー競技のペナルティキックに対するゴールキーパーの研究では、観察初期は顔や頭付近を観察し、続くキック直前ではシューターの身体の特定の部位ではなく、下腿周辺の広いエリアを観察していることが示されており、顔や目線の向きを中心視で観察した後は下腿付近の広いエリアで次々に変化する下腿動作とボールの関係といった複数の重要情報を周辺視によって捉えようとしていると説明されている⁷⁾。周辺視と実際の競技パフォーマンスに関する報告も存在する。バドミントン選手の競技パフォーマンスと動体視力の関係を検討した研究では、瞬間的な情報に対する反応がより必要となるコート前方ネット寄りの位置で構えた際には、周辺視能力が高い選手ほどパフォーマンス得点が高いことが示されている¹⁹⁾。また視機能に関する興味深い事実として、専門競技によって視覚的な注意の幅が垂直方向（バドミントンやスカッシュ等）あるいは水平方向（サッカーやラグビー等）へ優れるといった視覚からの入力能力に違いがある

ことも報告されており²⁰⁾、アスリートたちは、競技経験に基づいて特異的な観察技術を獲得するだけでなく、その身体にも適応が起こっている可能性も示唆される。

1-2. 反応選択

受容した刺激に対して反応選択を行うにあたり、その処理過程の速さに関連するものとして Hick の法則があり、それは選択肢が多くなるほど反応選択に掛かる時間は延長するというものである²¹⁾。藤島ほか²²⁾の研究では、異なる選択肢数の条件（1方向、3方向、5方向）の下で光刺激に対して反応動作を行った場合、選択肢が1つの条件と比べ5つの条件下での反応時間が有意に遅くなることを示した。これは、反応時間の意思決定に掛かる時間が Hick の法則に則ることを表すものである。ただし、多くの選択肢をもってなお、反応選択に掛かる時間を短縮するため用いられる認知機能として「予想」と「予測」という類似するようで異なる機能がある。両者の違いは、未来の事象を事実や科学的データに基づいて推し測っているか否かの点であるとされる²³⁾。サッカー競技のパス動作場面で考えると、身体とボールの位置関係や選手同士の位置関係などからパスを行うことが可能なタイミングや方向を見当付けて「予想」し、パス動作の開始となる軸足の踏み込みや蹴り足の振りを感知し、認識することで実際に蹴り出されるタイミングやそのパスの方向を「予測」していると表現できる。これら予想・予測はその一連の流れの中で手がかりを探索する点で、脈絡ある動作の連続であるか継続的に変化が起こる事象に対して適用となる。Spierer et al.²⁴⁾の報告では、20m

スプリントに対するスタートの合図として視覚情報（前方のランナーが走り出すことがスタートの合図）と聴覚情報（被験者の後ろから出す声が出ることがスタートの合図）を用いた場合には視覚情報に対する試技の方が結果は優れていたとし、その理由を聴覚刺激の合図では関連情報を抽出することができないことにあるとしている。このように、予想・予測を基により早く動作を開始できることは高い競技パフォーマンスにつながるといえる。予想能力に関する「見当付け」は、技術的ともいえる系統だった視覚探索により視野内の関連の高い情報を組み合わせて意味のある情報として認識することで達成される²⁵⁾。この「見当付け」の重要な要素となる視覚探索技術については、その場面に対する知識によってその効率性が向上する。先行研究により、競技ごとに手がかりとなる特定の身体部位等の存在があることが報告されており^{7,17)}、単に一般的な運動学の観点から視覚情報の探索を行っているわけではないことは明らかであり、競技に特異的な場面に対する理解や知識が予想能力に影響を与えられられる。一方、予測能力に関する「認識」は目の前に現れた情報に対して長期記憶の中から類似するものを検索し、それを基に判断することで達成される²⁶⁾。この「認識」について、特に熟練者は状況の脈絡や記憶内の経験を基に概念化されたものを手がかりとしており、それを備えていないことで情報を一つずつ組み立てることが必要となる未熟練者よりも読み取り速度や精度が高いとされる²⁷⁾。Serpellet al.⁹⁾のラグビー選手の競技力の高い群と低い群を対象にカッティング動作映像に対する反応を比較した研究では競技力の高い群が優れた結果を示しており、その理由を競技力の高い選手の

方が重要となる運動学的手がかりを検出する能力が高いからであるとしている。この「認識」については経験が強く関与しており、類似する場面を反復して経験し概念として記憶する必要がある。このことは、文字の識別においても確認されており²⁸⁾、単純な視覚情報の受容を重ねることによっても向上する可能性が考えられる。ただし、これに加えて、Aglioti et al.²⁹⁾の観察力を比較した研究では、当該競技の身体動作を実際に行っているアスリートの方が観察のみを行っているジャーナリストよりもその競技動作に対する観察精度が高くなることを報告しており、単純な視覚情報の受容経験だけでなく、実体験も含めた多様な経験の統合が「認識」に関与していると考えられ、予測能力においても競技に特異的な経験が関与している。

第2項 反応動作に関する研究

反応動作の測定では、全身動作やスイッチ押しなどの実動作によるもの、あるいは脳波等によるものなど、これまで多岐にわたる様式での報告がなされている。また、その評価にも反応開始まで時間や反応動作完了までの時間、あるいは反応精度などがある。全身反応時間を測定した吉田ほか³⁰⁾の研究では、ラグビー選手のレギュラー群と非レギュラー群を対象に光刺激への反応による方向転換走のタイムを比較した結果、レギュラー群の方が優れた結果を示した。また、比較的新しい方法である脳波を評価した反応では、競技レベルの異なるサッカー選手を対象に、サッカー競技に特異的な反応課題¹²⁾に対する反応時間を比較した報告があり、競技力の高い選手において反応時間が優れていたとしてい

る。また、競技に特異的な反応課題においては、競技力が高い群のほうが注意レベルは低いということも示されている¹²⁾。これに関しては、未習熟課題に対する情報処理は大きな負荷となる点でその他の課題に対する注意力が低下するとされる Capacity model of selective attention と呼ばれる概念が存在し³¹⁾、競技力の高い選手は同じ競技で競技力の低い選手あるいは他競技の選手と比較して反応選択に掛かる負荷は少ないことが示唆される。

競技力の優劣に基づく反応時間の違いは、成人年齢だけでなく、育成年代においても一様にみられる結果となっている。三好ほか¹³⁾のプロサッカーチームの下部組織と地域のサッカーチームでプレーする小学生選手およびその対照群を対象に、サッカー競技の特異性に類似するとされる反応課題を用いたスイッチ押し動作を用いた反応時間の比較では、より競技力の高いプロサッカーチームの下部組織の選手の方が優れていることを示している。この違いは、その後の最終的な競技力にも影響を与えることがわかっている。広瀬・福林¹¹⁾によると、同様の課題で優れた結果を示したのは後にプロサッカー選手となった群であったとしている。ただし、ここまでの先行研究における反応時間測定は現れた刺激に対して反応を行うという形式によって測定した結果であり、そこに反応選択の速さは表されているが予想・予測を適用したものとはなっておらず、能力の違いは示されているものの競技特異的な経験を最大限に反映した反応動作における違いを表すものとはなっていない。実際に、競技力による差は反応時間に間接的に関連する事項においても違いがみられることが明らかになって

いる。Mann et al.⁸⁾のメタ分析では、競技力の高い方が反応精度と反応速度において優れていると報告するとともに、反応精度の観点においてはフィールド上での反応刺激という実際の状況に即した設定の方が静止画による提示様式よりも競技力間の差がより大きくなるとする結果も示している。さらに、この研究の中では反応速度における競技力の差について自らのペースで行う種目（ゴルフ、射撃等）よりも相手と目標物の関係性を計りながら行う種目（テニス、バドミントン等）や複数のプレーヤー間の動きに対して注意を払う種目（サッカー、フィールドホッケー等）でより大きくなることも示されており、競技種類によっても競技力間での違いの現れ方は異なることを示している。実際に予想・予測の適用となる状況での反応を比較した研究も報告されている。Ward・Williams¹⁰⁾によるサッカー選手を年齢ごとに5つのグループ（5グループ：17歳以下，15歳以下，13歳以下，11歳以下，9歳以下）に分けて競技力の高い群と低い群を比較した研究では、サッカーの映像問題（3種類：1vs1，3vs3，11vs11）におけるドリブルまたはパスの選択肢の予想精度を比較した結果、パスの予想精度では1vs1および11対11の課題において競技力の高い群が優れるということを示した。また、Serpell et al.⁹⁾のラグビー選手を対象とした研究において競技中の場面を模した映像課題に対する反応時間を競技力の高い群と低い群で比較した結果、競技力の高い群の方がタイムは優れていたが、映像を用いない非反応課題となる方向転換走では両群に有意な差はみられなかった。これらのことより、反応選択のみの能力においても競技力の差は反映されるが、予想・予測といった認知機能が適用

となる状況では、競技力の違いはより大きな差となって現れる可能性が考えられる。

第3項 アジリティ能力向上のための認知機能トレーニングと映像学習の現状と課題

競技スポーツにおいては、視覚能力を向上させることは優れた意思決定を行うために必要な情報を得るために重要となる事項のひとつである。視覚能力を鍛えることはスポーツビジョントレーニングと呼ばれ、これまで多くの研究がなされている。Appelbaum・Erickson³²⁾による総説では、スポーツビジョントレーニングはその対象となる機能等により「Component skill training」および「Naturalistic sports training」の二つに大別されるとしている。前者は、基礎的な視機能そのものや一般的な知覚 - 認知スキルといったもので、ランプの変化に反応するといったトレーニングが例に挙がる。一方で後者は、実際の運動環境を反映したもので、ストロボグラスや仮想現実空間（Virtual reality:VR）を用いたトレーニングが例に挙がる。Component skill trainingとしての報告は、Romeas et al.¹⁶⁾の複数の球体を目で追跡するトレーニングの効果についてサッカー選手を対象に検証したものがあり、結果よりドリブルやシュートにおいて変化はみられなかったが、パスの意思決定の精度においては向上がみられたとしている。一方で、VRを用いた研究について現状では研究発表の形式ではみられるもの、研究論文として公開されている数は少なく、Bailenson et al.³³⁾による太極拳の動きに対する学習効果を検討したものといった動作習得に関する報告はあ

るが競技パフォーマンスそのものに対する効果の検証をしたものは筆者が知る限りない。三次元での情報となるVRとは異なり、二次元での情報となるがビデオによる映像学習の効果を検証したものはいくつか存在し、サッカー選手を対象とした映像学習の効果として意思決定の速さや状況判断力が向上したことを示した研究^{14, 34)}やラグビー選手を対象とした映像学習の効果として反応時間の向上を示した研究¹⁵⁾などが報告されている。また、映像学習の方法に焦点を当てた知見も存在する。Schweizer et al.³⁵⁾のサッカー競技におけるレフェリーの意思決定に関する研究では、映像学習時に即時のフィードバックを行った群のみに学習効果が表れ、対照群および即時のフィードバックを行っていない群では変化がみられなかったことを示している。その他、Farrow・Abernethy³⁶⁾によると映像学習の方法として観察点に関する明示的なヒントを与えない暗示型学習の方が明示型学習よりも効果が高いことを示しており、その理由として暗示型であることで観察者の注意が偏ることなく反応対象となる動作の一連の変化に対する運動学的な関係性に意識を置くようになる可能性を挙げている。このように、学習方法によっても得られる効果は異なるとされる。

Appelbaum・Erickson³²⁾によると、優れたアスリートは優れた情報処理能力を有していることから、視覚情報の質向上が元来備えていた情報処理能力を最大化することにつながり、パフォーマンスの向上が達成できる可能性を示唆している。入力器としての眼の機能を向上させることも重要であるが、実際には反応選択を行うのは脳であり、この部分に対するアプローチの重要性が考えら

れる。

第3節 本論文の目的および構成

先行研究で明らかにされているように、アジリティ能力においては競技特異的な経験に基づく認知機能の活用が重要となると考える。そして、アジリティ能力の向上を目的とする効果的なトレーニングの開発には、この競技特異的な経験がどのような経験を指すのかを検討する必要がある。しかしながら、現状では競技特異的な経験が指す意味合いについては明らかになっておらず、また、認知機能の向上を目的とした学習およびトレーニングの効果についても因子を制御した実験室レベルでの効果は検証されている一方で、多様な因子の影響を受ける実際の競技中のパフォーマンスに反映されているかを検証した研究は筆者の知る限り非常に少ない。従って、競技現場で培われていない能力が実際の競技中のパフォーマンスにも反映される可能性についても今後検証されていくべきであると考える。

本論文ではアジリティ能力に影響を与える競技特異的な経験の存在とその構成を明らかにし、かつ学習用映像を用いた介入トレーニングが実際に競技中のパフォーマンスに反映されるのかを明らかにすることを目的とし、以下の検討を行った。

- ① 競技特異的な経験が反応時間における前動作局面に与える影響
(第2章)
- ② 競技力・年齢比較からみるサッカー選手の反応動作に対する認知機能の関わり

(第3章)

③ サッカー選手の認知機能に対する映像学習の効果

(第4章)

本論文は、第2章、第3章、第4章の3つの実験、総合考察(第5章)および結論(第6章)で構成されている。第2章、第3章および第4章の実験内容の概略は下記の通りである。

第2章：競技特異的な経験が反応時間における前動作局面に与える影響

男子大学生のサッカー選手とバレーボール選手を被験者として、サッカー競技に特異的な映像課題(サッカー選手のパス動作に反応し、パスとしてボールが出された方向に移動する)に対する反応動作開始までの時間を比較した。映像課題は、一方向への反応テストと二方向(右または左方向)への反応テストの二種類を用い、それぞれに対する反応動作開始までの時間を測定した。なお、この時に行われたパス動作にはインサイドキックおよびアウトサイドキックの二種類が含まれるものとした。また、反応動作を行うにあたってどのような手がかり(身体部位等)をどのように用いたかを問うアンケート調査もあわせて行った。競技中に用いる情報処理過程が課題に対して類似する群を比較することで競技特異的な経験が反応動作にどのように影響を与えるかを検討した。

第 3 章：競技力・年齢比較からみるサッカー選手の反応動作に対する認知機能の関わり

同じ大学男子サッカー一部内で最も高いレベルのチームの選手と最も低いレベルのチームの選手，そして同地域の中学生のサッカーチームの男子選手を被験者として，第 2 章の研究 1 と同様の反応動作測定およびアンケート調査を行った．加えて，キックの種類（混合：MIX，インサイドキック，アウトサイドキック）ごとの反応動作開始まで時間の比較も行った．サッカー競技の経験という共通する競技特異的な経験をもつ一方で，異なる競技レベルや年齢の被験者を属性間で比較するとともに異なる反応対象への反応を比較することで競技特異的状況下での反応動作に関わる認知機能を検討した．

第 4 章：サッカー選手の認知機能に対する映像学習の効果

男子大学生のサッカー選手を対象に，認知機能向上を目的に作成した映像学習による介入トレーニングを行い，その効果を検討した．介入前後では，第 2 章の研究 1 および第 3 章の研究 2 で用いた二方向への反応テストと 4 対 4+2 サーバーのミニゲームを行い，トレーニング効果を評価した．反応テストでは反応動作開始までの時間を，ミニゲームではゲーム中の行動をスコア化したものを群間で比較した．介入トレーニングとして用いた学習用映像は映像①および映像②の 2 種類であった．映像①の内容は，ミニゲームと同様な状況で正面からではなく角度がついた位置関係からモデルのパス動作を観察するもので，遮断等の加工無しで一連のパス動作を観察するものであった．映像②の内容は，測定

用課題映像と同様な状況でモデルのパス動作を正面から観察するものとし、なおかつモデルがボールを蹴ったフレームから300msec前で遮断する加工を行った上で、各シーンのパスの方向および用いられたキックの種類を問う問答形式を主として行い、即時のフィードバックを行った。競技特異的な経験に基づく認知機能のトレーニングとして用いた映像学習の効果とその効果が実践へと適用される可能性について検討した。

第 2 章

競技特異的な経験が反応時間における前動作局面に与える影響

第 1 節 緒言

サッカー競技において、相手のパスをインターセプトして奪うプレーは、得点する可能性を増大させる上で重要となるカウンター攻撃やその他切り替え局面で起こるプレー³⁷⁾を発動させる第一歩となる。そのため、守備側の選手が狙うべきプレーとして優先順位の高いものとされている。インターセプトを行う上でアジリティや反応アジリティといった能力は主要な能力であり、サッカー競技における優れたプレーを行う上で欠かすことのできないものである。

Sheppard・Young²⁾は、アジリティを「a rapid whole-body movement with change of velocity or direction in response to a stimulus」と定義し、そのうちの意思決定に関わる過程の一部として「Anticipation」といった認知機能の要素が重要であるとしている。サッカー競技では、相手の行動が完了する前であっても自らの意思決定が完了した時点で動作を開始することができる。その点で、相手のパスをインターセプトしたり、相手のドリブルに対してタックルを仕掛けたりする際に意思決定が早い段階で完了することは特に重要であり、意思決定に関する認知機能の要素は欠かすことのできないものといえる。また、アジリティ能力に関する情報処理の過程は「刺激受容、反応選択、動作の実施」と表される⁶⁾。この過程において、刺激受容および反応選択に掛かる時間は認知機能によるものであり、それらは身体能

力とは分類されないものである。そして、それらの時間は前動作局面ともいわれ、反応時間と強い関連があるとされる³⁸⁾。反応選択に掛かる時間は、分析の対象となる課題の難易度が高くなると延長される³⁹⁾。スポーツの場面における動作や状況に対する分析能力の優劣は、その競技に特異的な知識および経験と関連があるとされ、そういった対象に対する反応選択に掛かる時間の延長が起こることは明白である。

Williams et al.⁴⁰⁾によると、スポーツの上級者は動作に対する直接的または間接的に関連する手がかりを素早く検知することにより、相手がどんな動作を行おうとしているかを予測することに優れるとされる。さらには、スポーツの上級者は記憶を基に状況を効果的に認識することでこれから起こる動作を予想することも可能であるともしている。従って、予測能力は、相手の動作に基づく手がかりを検知することに役立つといえる。選手は、集中を保ち、状況を予想し、素早く効率的に意思決定を行う必要があり、そうすることで短い時間の中で正確に計算された動作を行うことができる。同様に、予想能力は考慮すべき選択肢を取捨選択し、適切な優先順位を付けることにつながる点で反応選択に掛かる時間を短縮することに役立つ。従って、瞬間的な反応となる場面で十分な情報が得られず予想を行うことができないような状況での反応時間は延長することが考えられる。

反応選択に掛かる時間は、特異的で関連ある経験に基づいた状況分析によって短縮することが可能である^{13, 41)}。各競技種目においては、それぞれに状況認識のための戦略が多様に存在する。Savelsbergh et al.⁷⁾の報告では、上級レベルのゴールキーパー

は蹴り足，軸足，そしてボールに対して注意を置く傾向があると
し，それらの部分は，サッカー競技におけるキック動作を認識す
る際に用いる手がかりとして利用できるといえる．対照的に，バ
レーボール選手においては，いつパスが出されるかを予測したり，
どの方向に向かってパスが出されるのかを予想したりする際に
は，相手セッターの身体を反らす動きや手首の角度，そしてボー
ルといったものに注目している傾向がある¹⁷⁾．身体における観察
点は異なるものの，これらの選手たちは効果的に状況把握を行う
ために特定の手がかりを活用することを行っており，そして，そ
れらは競技特異的な知識や経験に基づくものである．

反応過程に掛かる時間の長さは認知機能である予想，予測，お
よび状況分析によって短縮することができるが，これまでの多く
の研究では予想や予測といったものの過程は含まれておらず，状
況分析にのみ着目したもののばかりである^{11, 39, 41, 42, 43)}．いくつかの
研究においては，反応過程における予想や予測に着目したのものも
存在する⁴⁴⁾．予想や予測といった能力は，一連の動きがあるもの
や時間とともに変化するものに対して反応する場合にのみ用い
られる．

以上を背景として，本研究は，課題間(単純，複雑)および異な
る背景をもつ属性間(サッカー選手，バレーボール選手)で反応に
関する比較を行うことで，競技特異的な経験が単純課題および複
雑課題に対する反応時間と関連があるかを検証することを目的
とする．なお，アスリートの反応時間における予想や予測に関連
する時間は複雑課題で延長し，その課題間の差はバレーボール選
手で大きくなるとし，それは競技特異的な経験によるものである

ことを仮説とした。

第 2 節 方法

第 1 項 実験の手順

実験の流れとして、二群（サッカー群とバレーボール群）の被験者に対し、サッカー競技に関する映像課題を用いた一方向および二方向に反応するテストを行った後、課題に対して反応する際に用いた手がかりに関するアンケート調査を行った。なお、一方向への反応テスト（Single Direction Reactive Test: SDRT）は事前に伝えられているパス方向へ動く反応とし、二方向への反応テスト（Multiple Direction Reactive Test: MDRT）はパスが出された方向に動く反応とした。実験は、床面がタイル張りの教室で行われた。実験にあたり、被験者には直前にサッカーやバレーボールの練習、あるいはストレングストレーニングを行っていない状態で参加してもらった。チームスケジュールにより、実験は各群とも二日間にわたって行った。実験時の平均明度は、サッカー群で 227.5 lux, バレーボール群で 224.5 lux であった。また、平均騒音は、サッカー群で 44.8 db, バレーボール群で 43.8 db であった。実験時に着用するトレーニングシューズおよびウェアは、被験者に自由に選択させた。測定に慣れる目的で、被験者には SDRT の各種パスの映像を一度ずつ練習してもらった。なお、この練習に用いた映像は本測定には使用していない。

第 2 項 被験者

被験者は、大学サッカー地域 1 部リーグ所属の大学生のサッカー

一選手 26 名（年齢 20.0 ± 0.77 歳）と大学バレーボール地域 2 部バレーボール選手 21 名（年齢 19.8 ± 0.98 歳）で、それぞれのチームにおいてトップチームに所属する選手であった。緒言で述べたように、本研究の被験者は日常的なスポーツ活動において動作を予想、または予測する能力を使用している。なお、群間での主な違いは、状況を予想したり、動作を予測したりする際に手がかりとして親和性の高い身体部位が異なることである。本研究は、早稲田大学の人を対象とする研究における倫理委員会より承認（承認番号：2017-324）を得た後、各被験者またはその保護者より書面による研究参加への同意を得た上で行った。

第 3 項 課題映像

被験者として参加したサッカー部のコーチが映像課題におけるモデルを務めた。なお、このコーチは本研究のその他の一切の過程には関わっていない。映像課題は、デジタルカメラ (KissX7i; Canon Inc, Tokyo, Japan) を用いて作成され、その時のフレーム速度は 30fps であった。課題映像は、屋外の人工芝のピッチで撮影された。カメラはモデルの正面から 15m 離れた位置に高さが 110cm となるように設置した。モデルに対しては、5m 以内となる距離で短いドリブルを行った後、カメラの位置から左右に 7m 離れた位置に向かって自由なタイミングでパスを出すように指示をした（図 1）。モデルは、以下に示す種類のパスを 10 本ずつ行った。また、フェイント動作は行わないよう指示した。

1. インサイドキック右 (Inside kick - Right:IR) : 右脚でのインサイドキックにより、観察している被験者からみて右側にパ

スを出す。

2. インサイドキック左 (Inside kick - Left: IL) :左脚でのインサイドキックにより, 観察している被験者からみて左側にパスを出す。
3. アウトサイドキック右 (Outside kick - Right: OR) :左脚でのアウトサイドキックにより, 観察している被験者からみて右側にパスを出す。
4. アウトサイドキック左 (Outside kick - Left: OL) :右脚でのアウトサイドキックにより, 観察している被験者からみて左側にパスを出す。

各映像内において, モデルの足とボールが接触するフレームの端に赤丸を置いた。この加工はビデオ編集ソフト (Adobe Premiere Elements 2018; Adobe Systems Incorporated, Tokyo, Japan) を用いて行った。SDRT の課題映像は, IR と OR の中から 5 シーンずつ無作為に選択されたものを用いて作成した。MDRT の課題映像は, 各キックから 2 シーンずつ無作為に選択されたものを用いて作成した。従って, 被験者は SDRT 用課題映像では 10 シーン, MDRT 用映像課題では 8 シーンに対して反応を行った。

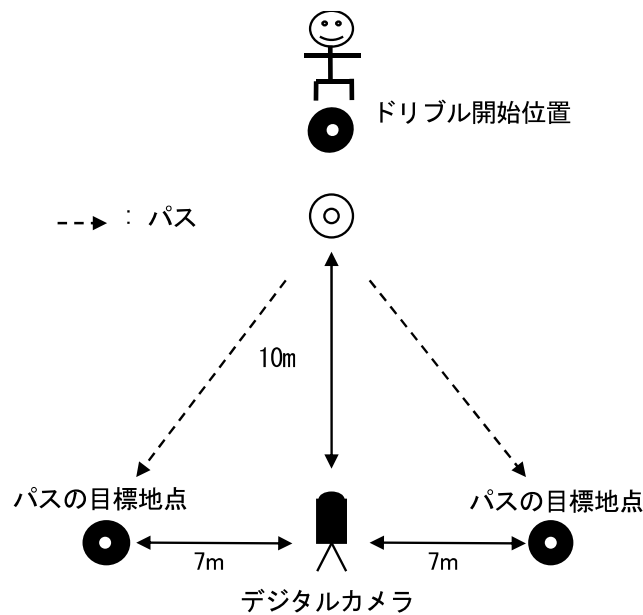


図 1. 課題映像撮影時の模式図

第 4 項 アンケート用紙

アンケート用紙は、SDRT、MDRT および各状況での難易度という 3 つの大項目で構成された (Appendix)。SDRT および MDRT についての項目ではパス動作を予想する際に用いた手がかりとその手がかりをどのように観察したかについて問うものとした。質問文は反応動作を行うために最も観察していたものは以下のうち、どれですか?」とした。回答の選択肢は、「1. 全身 (特定の部位というよりは全体の雰囲気)、2. 顔 (顔の向き、目線等)、3. 腕・肩 (キックの振りかぶり、上半身の傾きや捻り)、4. 足・脚 (蹴り足のキック面の出現、蹴り足の後方への振り、軸足踏み込みのためのつま先の向き/歩幅変化)、5. ボール (ボールの位置、ボールが実際に蹴り出される)」であった。また、どのようにその手がかりを観察したかについての質問文は「反応動作を行った際の状況に最も近いものは以下のうち、どれですか?」とした。回答

の選択肢は、「1. 反応した動作は、パス動作であることをしっかり見きわめて反応した, 2. パス動作というよりも変化（身体の動きやそのリズム・速度が変化する等）に反応した, 3. どちらでもない」であった。最後に各課題に対する難易度に関する問いは「二方向への反応の方が難しかったか？」とした。回答の選択肢は「1. そう思う（二方向の方が難しい）, 2. そう思わない（一方向の方が難しい）, 3. どちらも同じくらいの難易度だった」であった。なお、ここで「1」と回答した者には追加で「二方向への反応は、どちらの方向か見きわめる必要があるため、しっかりと動作を観察する必要があり、難しかった」という問いを設け、回答の選択肢は「1. そう思う, 2. そう思わない, 3. どちらでもない」とした。各問いに対して回答は一つのみとした。

第5項 測定データ

反応動作測定では、被験者にはモデルによって出されたパスをインターセプトする要領でボールが蹴り出された方向に動くように指示し、その先に予め設置してある光電管のゲートを切ることで測定を終了した（図2）。この光電管については、製造会社によって十分な精度と信頼性が報告されている。光電管は、「Start on Motion」モードに設定されており、被験者の身体が動くと同時に測定も開始される。動作を感知するセンサーは開始位置に立つ被験者の真後ろに設置した。被験者は、展開を予想し課題映像内でパスが出される前に反応動作を開始しても良いとしたが、実際の試合中と同じように、間違わないように集中するとともに考え無しに動き始めることがないように指示した。

データは、光電管 (TC Timing System; Brower Timing Systems, Utah, USA) とビデオカメラ (EX-ZR1000, CASIO COMPUTER CO., LTD., Tokyo, Japan) を用いて収集され、その時のカメラのフレーム速度は 120 fps であった。スクリーン上の課題映像内に現れる赤丸と動作時間の結果が映る光電管のディスプレイが画角に同時に映りこむように録画用のビデオカメラを設置した。これは、主要な測定項目の同期を目的としたものである。実験の説明および練習を終えた後、被験者には SDRT, MDRT, アンケート調査の順で行ってもらった。録画された映像は以下の測定項目に沿って分析した。各項目の関係を図 3 に表す。全ての測定値の単位は秒である。

1. 動作時間 (Motor Time: MT) : 実際の動作に掛かった時間で、光電管によって計測される。
2. 表示時間 (Displaying Time: DT) : 被験者が光電管のゲートを切ってから、MT が光電管のディスプレイに表示されるまでの時間。本研究の実験環境では、被験者が光電管のゲートを切る時点を特定できないため、この DT を測定することができないが、製造会社によりこの時間は一定であるとされている。
3. 推定単純反応時間 (Estimated Simple Reaction Time: ESRT) : 赤丸が現れたフレームから MT が表示されるまでの時間。フレーム数を数えることで計測され、その精度は 0.008 秒である。
4. 前動作時間 (Premotor Time: PMT) : 刺激の発現から MT の計測が始まるまでの時間。ESRT から MT および DT を引くことで算出される。
5. ESRT-MT : ESRT と MT の差によって算出される値。DT は一定で

ある点で，PMT を簡易的に表す．

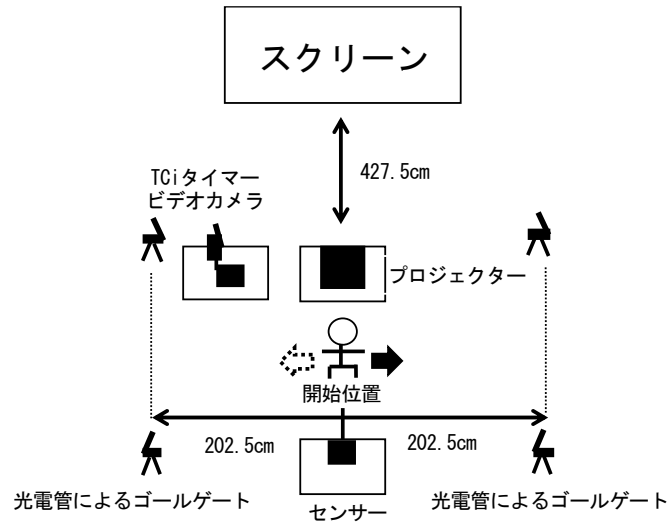


図 2. 反応動作測定時の模式図

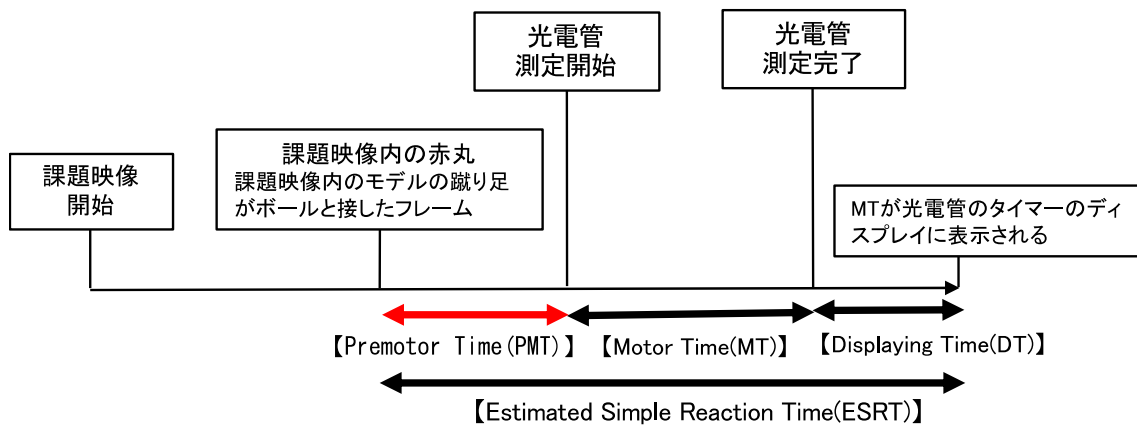


図 3. 各測定データの関係

第 6 項 統計処理について

課題（SDRT，MDRT）を被験者内因子，競技種目（サッカー，バレーボール）を被験者間因子においた混合様式の二元配置分散分析を用いて各因子の主効果および交互作用の有無を検定した．各

被験者の値を算出する前に，外れ値を除く目的で SDRT においては IR および OR の中から最も早い値と最も遅い値，および MDRT においてはインサイドキック（IR および OR）とアウトサイドキック（OR および OL）のそれぞれの中から最も早い値と最も遅い値となる ESRT-MT から除外した．従って，SDRT では残った 6 試行，MDRT では残った 4 試行の平均値と標準誤差を算出し，個人の値として用いた．なお，図中には属性の課題ごとの値を表すためにそれぞれの SDRT および MDRT の各平均値を表記した．

アンケート調査の各項目の結果の比較には独立性の検定を用いた．全ての統計分析は SPSS（version 25; IBM Japan, Chuo-Ku, Tokyo, Japan）を用いて行われた．被験者内因子と被験者間因子の効果を比較するために一般化イータ二乗値を算出し，その解釈は先行研究内のガイドライン（ ≥ 0.02 効果小， ≥ 0.13 効果中， ≥ 0.26 効果大）に基づいて行った⁴⁵⁾．これに加え，グループ間の課題間における変化を比較するために Cohen's d を算出し，同様にガイドラインに基づき >0.20 を効果小， >0.50 を効果中，そして >0.80 を効果大とした⁴⁶⁾．統計的有意水準は $p < 0.05$ とした．

第 3 節 結果

ESRT-MT の結果において，課題と競技種目の間に有意な相互作用（ $F[1, 45] = 1.45$ ，偏 $\eta^2 = 0.03$ ， $p = 0.235$ ）はみられなかった．しかしながら，ESRT-MT に対する被験者内因子（課題）において有意な主効果（ $F[1, 45] = 18.77$ ，偏 $\eta^2 = 0.29$ ，一般化 $\eta^2 = 0.08$ ， $p < 0.001$ ）がみられた．ESRT-MT は，SDRT 条件（M

$\pm SE = 0.71 \pm 0.02$, 95%CI [0.66, 0.76])の方がMDRT条件 ($M \pm SE = 0.79 \pm 0.02$, 95%CI [0.76, 0.82])よりも有意に小さかった。同様に, ESRT-MTに対する被験者間因子(競技種目)においても有意な主効果 ($F[1, 45] = 8.35$, 偏 $\eta^2 = 0.16$, 一般化 $\eta^2 = 0.12$, $p = 0.006$.)がみられた。ESRT-MTは, サッカー群 ($M \pm SE = 0.70 \pm 0.02$, 95%CI [0.65, 0.75])の方がバレーボール群 ($M \pm SE = 0.80 \pm 0.03$, 95%CI [0.75, 0.85])よりも有意に小さかった。なお, 効果量 d の値はサッカー群で0.47(効果小), バレーボール群で0.72(効果中)であった。

アンケート調査については, 動作予想に用いた手がかりに関する回答結果を表1および表2に示す。独立性の検定では, SDRT ($\chi^2[4, N = 47] = 4.94$, Cramer's $V = 0.32$, $p = 0.293$)とMDRT ($\chi^2[4, N = 47] = 5.93$, Cramer's $V = 0.36$, $p = 0.204$)ともに有意な関連はみられなかった。手がかりに対して, どのように注意を向けたかについての回答結果を表3および表4に示す。「どちらでもない」の選択肢を選んだ者はいなかったため, その選択肢は分析から除外した。独立性の検定では, SDRT ($\chi^2[1, N = 47] = 0.74$, Cramer's $V = 0.13$, $p = 0.391$)とMDRT ($\chi^2[1, N = 47] = 3.31$, Cramer's $V = 0.27$, $p = 0.069$)ともに有意な関連はみられなかった。加えて, 課題条件間の難易度における属性間 ($\chi^2[2, N = 47] = 3.91$, Cramer's $V = 0.29$, $p = 0.141$)に有意な関連はみられなかった。この条件間の難易度に関する質問では, サッカー群では22名が「はい」と回答し, その全員が追加質問に対しても「はい」と回答した。一方で, バレーボール群では18名が「はい」と回答し, 追加質問では1名ず

つ「いいえ」あるいは「どちらとも言えない」と回答した以外は「はい」と回答した。

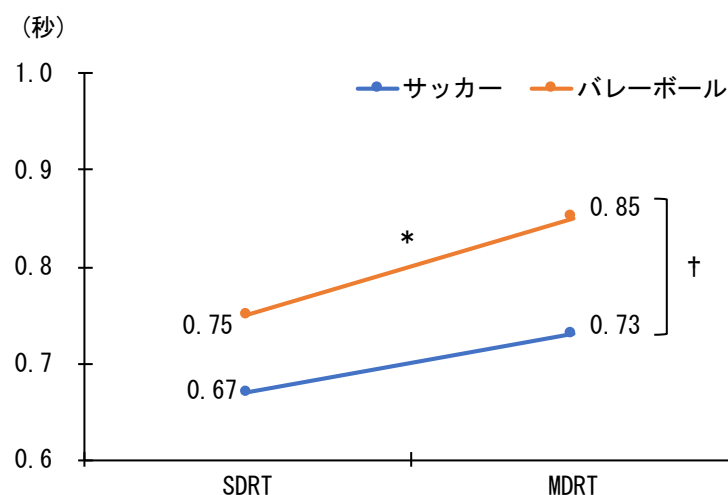


図 4. ESRT-MT 比較

* $p < 0.05$; 課題間の比較, † $p < 0.05$; 属性間の比較

表 1. 予想に用いた手がかりに関するアンケート結果
(Single Direction Reactive Test)

SDRT	Whole-Body Movement	Visual Cues chosen				Total	χ^2 (df=4)	P
		Face	Arm/Shoulder	Foot/Leg	Ball			
Sports								
Soccer	11	0	2	11	2	26	4.941	0.293
Volleyball	5	1	0	13	2	21		

Note. N=47

表 2. 予想に用いた手がかりに関するアンケート結果

(Multiple Direction Reactive Test)

MDRT	Visual Cues chosen					Total	χ^2 (df=4)	P
	Whole-Body Movement	Face	Arm/Shoulder	Foot/Leg	Ball			
Sports								
Soccer	14	0	2	8	2	26	5.932	0.204
Volleyball	5	1	1	12	2	21		

Note. N=47

表 3. 手がかりをどのように観察していたかに関するアンケート結果

(Single Direction Reactive Test)

SDRT	How you saw the visual cue		Total	χ^2 (df=1)	P
	Recognize "a pass"	Recognize "a change"			
Sports					
Soccer	8	18	26	0.735	0.391
Volleyball	9	12	21		

Note. N=47

表 4. 手がかりをどのように観察していたかに関するアンケート結果

(Multiple Direction Reactive Test)

MDRT	How you saw the visual cue		Total	χ^2 (df=1)	P
	Recognize "a pass"	Recognize "a change"			
Sports					
Soccer	8	18	26	3.305	0.069
Volleyball	12	9	21		

Note. N=47

第 4 節 考察

本研究は、サッカー選手とバレーボール選手がサッカー競技に特異的な状況に対して反応する際の PMT、すなわち刺激の発現から実際に動作を開始するまでの時間の違いを検証したものであ

る。本研究では、課題因子（SDRT, MDRT）および競技種目因子（サッカー, バレーボール）の主効果を比較した。PMTは、より単純な課題であるSDRTおよび課題映像内の競技特異性に対応した経験をもつサッカー群において短くなることがわかった。

課題間によるPMTの比較結果は、より単純な課題の方が反応動作開始までの時間が短いことを示し、それは本研究の仮説と先行研究を支持するものである³⁹⁾。SDRT条件下では、どちらの方向にパスが出されるのか被験者はすでに知っている状況であり、求められる判断はいつ動作を開始するかということである。この点において、被験者に求められる認識すべき動作はドリブル動作とは全く異なるものであり、パス動作であることさえも認識しなくて十分であったといえる。その一方で、MDRT条件では被験者に対して、いつ動作を開始するか、およびどちらの方向に動作を行うべきかを判断するという2つの課題が課せられる。つまり、被験者にはモデルの身体の動きから得られる運動学的手がかりを基に動作の変化だけではなく、ボールが蹴り出される方向も認識する必要があるということである。これらの課題を効率的に行うためには、被験者はモデルの動作によりどちらの方向にパスが出されるのかを2つの選択肢（右または左）から判断する、さらにはどちらのキックによってパスが出されるのかを2つの選択肢（インサイドキックまたはアウトサイドキック）から判断することを求められる。これらは、状況に対して競技特異的な分析を行うことを求められているものといえる。選択肢の数および予測に対する競技特異性の点で、MDRT条件の方がより複雑な課題であり、それによってPMTが長くなることにつながったといえる。

アスリートの見積もり能力は予想能力を構成する要素の一つであると言える。Williams et al.⁴⁰⁾によると、スポーツ場面での予想能力は可能性のある選択肢の取捨選択を行う能力であり、それは視界の中に多様に存在する異なる手がかり、あるいは競技に特異的な記憶の中から得られた情報を集める作業に基づくものとされる。この予想能力により手がかりとなるものの検出が強化され、それによって意思決定過程の開始が早まることで反応選択の時間が短縮されることにつながる。

同様に、Serpell et al.⁹⁾によると、相手の動きの中にある競技特異的かつ運動学的に重要な手がかりを見きわめることが素早い反応動作の達成には重要であるとされている。また、技術レベルの高い選手はこれらの手がかりを見きわめることに優れているということをあわせて報告している。より優れた予想能力をもつ個人になると、主として反応対象となる動作が発現する前に反応動作を開始することもあるとされる⁴⁷⁾。従って、結果より競技特異的な動作を予想したり予測したりする能力はPMTに反映されると考えられ、より豊かな競技特異的経験を有する選手は予想や予測をすることに優れていると考えられる。本研究の仮説において、課題間のPMTの変化は、サッカー群と比べてバレーボール群で大きくなるとしており、それはバレーボール群にとって不慣れとなるサッカー競技に特異的な情報を処理する必要がMDRT条件ではより多くなると考えられるからである。藤島⁴⁸⁾は、光刺激に対する全身反応時間においてバスケットボール、バレーボール、陸上、柔道、サッカー、バドミントンの選手を比較した場合、バレーボール選手が最も短いこと、そしてその内訳となる動

作開始時間と筋収縮時間のいずれにおいてもバレーボール選手が優れていると報告している。これに加えて、サッカー群は比較した群間において全身反応は速い方ではあるが、種目特殊性として全身反応時間の速さの要因は動作開始までの時間ではなく、筋収縮時間が短いこととしている。本研究結果では、被験者間因子における一般化イータ二乗値は被験者内因子のそれと比べて大きかったことに加え、バレーボール群の効果量 d はサッカー群に比べて大きいものとなった。先行研究による単純反応課題に対する種目間差およびサッカー競技の特殊性を踏まえ、これらの違いは本研究内でのパフォーマンスに対して競技経験の違いが影響を与えたことを示唆するものである。

図 4 は、競技特異的な経験が二つの条件下における PMT に与える影響を表したものであり、サッカーに特異的な状況での反応動作においてはサッカー選手の方がバレーボール選手よりも ESRT-MT が小さいことを示している。

Afonso et al.⁴⁹⁾ は、情報処理過程を 2 種類に分類しており、それぞれトップダウン処理とボトムアップ処理としている。トップダウン処理には個々の過去の競技特異的な状況での経験と関連があり、ボトムアップ処理には不意に現れる手がかり等に対する感知および認識と関連があることをあわせて報告している。従って、本研究での状況設定はサッカー競技に特異的であり、サッカー選手の方がバレーボール選手よりも速いトップダウン処理を行うことができたものと考えられ、それが結果に影響を与えたものとする。この点において、興味深い報告が存在する。運動学的な手がかりを検知する能力は、実際にその動作を行っている

アスリートの方が観察のみ行っているジャーナリストよりも優れているとされることである²⁹⁾。この報告は、バレーボール群の被験者は元々反応動作に対して動作開始までの時間と筋収縮時間ともに優れる属性であり、動作に対してもどのように対応すればよいかを理解しているにも関わらず、サッカー群と比較した場合には反応時間に差がみられた本研究の結果を説明できるものといえる。バレーボール群でみられた反応時間の長さは、サッカー競技に特異的な環境下での経験に乏しいことと関連していると考えられる。

これらに加えて、アンケート調査の結果からはいくつかの提案と考察が得られた。バレーボール群では「足または脚」の方を「全身の動作」よりも選択する傾向があるものの、両群を合わせた全被験者の8割以上が「全身」または「足または脚」のいずれかを反応時に手がかりとして用いていたと回答している。結果の段落でも言及しているように、これらは統計的には有意な違いとなっていないが、被験者はサッカー競技に特異的な状況下における動作を認識するために必要な情報が得られるとされる対象⁷⁾に注意を向けていることを表している。なお、Savelsbergh et al.⁷⁾の研究では優れたゴールキーパーはペナルティキックに対して反応する際の観察初期においては相手の頭や顔の付近を観察しており、その後は一般的なゴールキーパーと同様に相手の下腿およびボール付近の広い範囲に注意を向けており、特定の部位を注視しているわけではないことを報告している。この報告内では、頭や顔付近の動き等に着目していたのは表情の変化を認識、また下腿およびボール付近の広域に注意を向けているのは周辺視野

により関連動作の出現を捉えようとしていることが考えられるとしている。

先に述べたように、見積もり能力ともいえる予想能力は、反応対象となる動作や状況に関連する情報を集めることで可能となる。本研究において、サッカー選手は身体全体の動作を観察することで可能な限りの情報を集める傾向にあり、それはサッカー選手が下腿部付近といった重要なエリアに加えて身体の広いエリアにも注意を向けることができるだけの能力的な余裕があることを示唆する一方で、バレーボール選手は足や脚といった狭いエリアに注意を向ける傾向があることを示すものといえる。

サッカー競技に特異的な状況を認識するために用いる技術とは別に、本研究結果でみられた観察時に用いた手がかりの違いは、課題を行うにあたっての利用可能な情報処理容量によるものとも考えられる。この考え方は、未習熟の課題は大きな情報処理容量を消費してしまい、その他の課題に対する余裕を失ってしまうという Capacity model of selective attention に基づくもので、これによってパフォーマンスの低下が起こるとされる³¹⁾。バレーボール選手にとってはサッカー競技に特異的な動作は不慣れなものであることより、下肢によって行われるそれらの動作に注意を向けてこれから起こりうる動作を認識することは大きな情報処理容量を使ってしまい、結果として情報処理が遅れることに加えて関連する情報を集めることによる総合的な意思決定を行うことができなくなったと考えられる。

本研究結果からは、競技特異的な状況での反応動作において認知機能は重要な因子であることが示されたとともに、予想や予測

における効率性は反応対象に特異的かつ関連する経験を得ることによって向上する可能性が示唆された。従って、競技に特異的な状況下でのトレーニングを行うことは特に相手の動作を予想あるいは予測するという観点において競技パフォーマンスを向上させるために重要となるものの一つと考えられる。Young・Farrow⁵⁰⁾によると、既定のカッティングドリルのような非競技特異的な刺激を用いた場合、時間制限下のストレスに対する耐性という観点では向上が望めるものの、認知機能の向上とパフォーマンスの最大化を求めるのであれば競技特異的な状況に基づいたドリルへと漸進させていくべきである。また、認知および身体機能の両方を含む反応アジリティの構成要素に着目したプレーに対する振り返り学習を行うことも競技特異的な身体能力の向上にとって重要とされる⁵¹⁾。

本研究結果からは、競技特異的な経験はPMTに影響を与えることが示唆された。しかしながら、本研究はPMTの開始点ではなく、MTの開始点を測定するものであり、より競技特異的な経験値が高いとされるグループが競技特異的な状況での反応動作を行う際に予想や予測および反応選択といったうちのどの認知機能を用いていたのかは不明である。また、本研究の設定においてバレーボール競技に特異的な状況下での反応動作測定は行っておらず、その点で、競技特異的な経験の有無が反応動作に影響を与えることはわかったもののそれがどの程度であるかは確証を得られていないことは今後の課題と言える。なお、アンケート調査の結果からはサッカー競技に特異的な状況で反応する際に有効なテクニックに関する多少の示唆が得られたものの、同一競技の経

験をもちながら競技レベルや年齢が異なる被験者間での比較と
いったさらなる研究もあわせて必要であり、視界に複数の選手が
映るといったものも含む異なる課題による研究等も必要である
と考えられる。そのような研究によって、予想や予測および反応
選択といった反応動作に関連する認知機能に影響を与える経験
とはどのようなものであるかが明らかになると考えられる。

第5節 結論

本研究は、サッカー選手とバレーボール選手を対象に一方の専門競技となるサッカー競技に特異的な状況下での反応動作開始までの時間を比較することで競技特異的な経験が反応動作にどのように影響を与えるかを検討した。その結果、実験設定となるサッカー競技に特異的な経験をもつサッカー群の方がバレーボール群よりも反応動作開始までの時間が短いことが明らかになった。また、より競技特異的な要求が高く複雑な課題に対しては両群で反応動作開始までの時間は長くなることに加え、バレーボール群の方がその延長幅が大きくなることが明らかになった。本研究結果は、競技に特異的な経験の有無は競技特異的な状況下における反応に影響を与えることを示している。

第 3 章

競技力・年齢比較からみるサッカー選手の反応動作に対する認知機能の関わり

第 1 節 緒言

第 2 章より、競技特異的な経験の有無がその競技に特異的な状況下における反応動作を行う際に影響を与えることがわかった。この競技特異的な経験というのは特に認知機能である刺激受容や反応選択を行う際に用いられる。この認知機能に関しては、心理学の分野においても多様な報告がなされている。夏原ほか²⁶⁾は、熟練者は眼前の状況に対して以前に経験した類似する状況や知識を長期記憶から検索し、それを用いることで瞬間的な判断を可能にするとしており、その能力の獲得には状況が定型化され競技局面から乖離したものよりも、常に変化が起こるトレーニング形式を推奨している。

これらの競技特異的な認知機能あるいは領域特異的な情報処理能力には、経験によって構造化された知識が関与している²⁷⁾。しかし「経験」という言葉が、競技の原理・原則への理解が深まるほど全般的に質の高い反応が可能となるという競技大別的な経験値を指すのか、あるいは局面ごとの動作や位置関係への理解が深まるほどその局面構造に対する質の高い反応が可能となるという局面特異的な経験値を指すのかといった、具体的な意味合いに関する研究はほとんど見られない。従って、認知能力の習熟過程については不明点が多い。それらが明らかになれば、身体能力を競技力へと反映させる効率的なトレーニングプログラムの

立案に寄与できると考える。

本研究では、異なる属性のサッカー選手を対象とし、サッカー競技に特異的な状況下における反応動作開始までの時間を比較する。その際、反応課題には難易度(高度な認知)および種類(多様な認知)といった条件を設定するとともに反応時の思考を問うアンケート調査を行うことで、競技特異的な状況下での反応動作に関わる認知機能を検討する。難易度および種類の両条件下で反応に違いが表れ、認知能力には局面特異的な経験値が関与することがわかることを本研究の仮説とする。

第2節 方法

第1項 実験の手順

第2章と同様の設定となる映像課題に対する反応テストとその時の様子を問うアンケート調査を行った。なお、測定条件は研究1に準じた。

第2項 被験者

被験者は、大学生と中学生の男子サッカー選手とした。大学生は大学サッカー地域1部リーグ所属のチームの選手で、トップチームに所属する選手を競技力の高い群(HP: High Performance 群, 26名; 年齢: 20.0 ± 0.8 歳)、最も低いカテゴリーのチームに所属する選手を競技力の低い群(LP: Low Performance 群, 20名; 年齢: 19.1 ± 0.6 歳)とした。中学生は都道府県一部リーグに所属するクラブの選手(JY: Junior Youth 群, 19名; 年齢: 13.2 ± 0.8 歳)とした。各群のサッカー歴は、HP群(25名)は $14.2 \pm$

1.83 年，LP 群（19 名）は 11.3 ± 2.73 年，そして JY 群（19 名）は 6.3 ± 1.52 年であった。また，各群の競技レベルを示すために HP および LP では高校生の段階で所属していたチーム（出身チーム），JY では昨年度の卒クラブ生の進路先のチーム（進路先チーム）の現在における高円宮杯リーグのカテゴリーをカテゴリースコアとして点数化した。高円宮杯リーグとは，サッカー協会に 2 種登録するチームが所属する全国規模のリーグである。スコア化は，このリーグの最上位となるプレミアリーグ（西日本または東日本の 2 リーグ）を「4」，その下位リーグとなるプリンスリーグ（北海道，東北，関東，北信越，東海，関西，中国，四国，九州の 9 リーグ）を「3」，さらにその下位リーグとなる都道府県リーグの 1 部リーグを「2」，2 部リーグ以下を「1」とした。各群の被験者のカテゴリースコアの中央値（第 1 四分位点-第 3 四分位点）は HP で 3.00（2.00-3.75），LP は 1.00（1.00-2.00），そして JY は 1.50（1.00-2.00）であった。本研究は，早稲田大学の人を対象とする研究に関する倫理委員会の承認（承認番号：2018-211）を得た上で，被験者には実験手順および傷害等のリスク等について説明し，同意を得た上で実験を行った。

第 3 項 課題映像

課題映像は，第 2 章（研究 1）と同じものを用いた。課題映像内に用いられたのは以下の 4 種類のパスであった。測定にあたり，SDRT 用には R-1K および L-1K から 5 シーンずつ，MDRT 用には全種類のパスから 2 シーンずつ選択して用いた。従って，SDRT では 10 シーンへの反応および MDRT では 8 シーンへの反応を行った。

1. 右インサイドキック (R-IK: Right-Inside Kick) : 被験者からみて右側に向かって右脚のインサイドキックでパスを出す.
2. 左インサイドキック (L-IK: Left-Inside Kick) : 被験者からみて左側に向かって左脚のインサイドキックでパスを出す.
3. 右アウトサイドキック (R-OK: Right-Outside Kick) : 被験者からみて右側に向かって左脚のアウトサイドキックでパスを出す.
4. 左アウトサイドキック (L-OK: Left-Outside Kick) : 被験者からみて左側に向かって右脚のアウトサイドキックでパスを出す.

第 4 項 アンケート用紙

第 2 章で用いたものに準じた. 質問用紙は, 大項目として「SDRT について」, 「MDRT について」および「各課題の難易度」の 3 項目を置いた. 「SDRT について」と「MDRT について」の両項目では, 反応時に用いた手がかりと両項目で反応動作を行った際の状況をそれぞれ質問した.

第 5 項 測定データ

測定データは, 第 2 章と同様に以下の項目を算出した.

1. 動作時間 (MT: Motor Time)
2. 表示時間 (DT: Displaying Time)
3. 推定単純反応時間 (ESRT: Estimated Simple Reaction Time)
4. 動作前時間 (PMT: Premotor Time)
5. ESRT-MT

第 6 項 統計処理について

SDRT については R-IK および L-IK それぞれの ESRT-MT の最小値と最大値を除いた 6 試行の平均値, MDRT については R-IK と L-IK の ESRT-MT を合わせたうちの最小値と最大値および R-OK と L-OK の ESRT-MT を合わせたうちの最小値と最大値を除いた 4 試行の平均値と標準誤差を算出し, 個人の値 (MIX) として用いた. なお, 図中には属性の課題ごとの値を表すためにそれぞれの SDRT および MDRT の各平均値を表記した. また, キックの種類ごとの値について, SDRT では 6 回の試行のうちインサイドキックとアウトサイドキックはそれぞれ 3 回であり, その 3 回分の平均値を SDRT-IK および SDRT-OK とした. MDRT では 4 回の試行のうちインサイドキックとアウトサイドキックはそれぞれ 2 回であり, その 2 回分の平均値を MDRT-IK および MDRT-OK とした.

反応時間は混合様式の二元配置分散分析を用い, 被験者内因子を課題 (SDRT, MDRT) および被験者間因子を属性 (HP, LP, JY) とし, 因子間の主効果および交互作用の有無を検定した. また, 被験者内因子をキックの種類であるインサイドキック (SDRT-IK, MDRT-IK) およびアウトサイドキック (SDRT-OK, MDRT-OK) とした検定も行った. 事後検定としてボンフェローニ法による多重比較を行った. なお, インサイドキックへの反応からアウトサイドキックへの反応に対する変化を表すために効果量として Glass' s Δ を SDRT と MDRT それぞれで算出した. 効果量 Δ の値は, インサイドキックを統制群, アウトサイドキックを実験群として長島⁵²⁾による計算方法を基に算出した. このときの効果量の関係については, 同研究報告の段階分け (絶対値で表されており, $0 \leq \Delta <$

0.2, $0.2 \leq \Delta < 0.5$, $0.5 \leq \Delta < 0.8$, $0.8 \leq \Delta$) を用い、値が小さい方から「ほとんど効果なし」、「効果小」、「効果中」、「効果大」とした。また、アンケート結果は独立性の検定を用いて各項目における比較を行った。

また、測定時の学習効果の有無を測るために、個々の被験者の ESRT-MT 値の平均化前の実測値を試技順で並べ、それらの値の間に差があるか比較した。この比較において、反応課題を揃えるためにインサイドキックおよびアウトサイドキックのそれぞれで比較した。すなわち、SDRT-IK および SDRT-OK では 3 つ、MDRT-IK および MDRT-OK では 2 つの試技を行った順番に並べ、比較した。なお、順番が早い順にそれぞれ SDRT-IK 1, SDRT-IK 2, SDRT-IK 3 とし、SDRT-OK, MDRT-IK, および MDRT-OK についても試技順に番号を振り分けた。比較において、SDRT では対応のある一要因分散分析および事後検定としてボンフェローニ法による多重比較を行い、MDRT においては対応のある t 検定を用いて試技順で値に差があるかを検討した。統計的有意水準は $p < 0.05$ とした。

第 3 節 結果

課題を因子においた MIX での比較では交互作用は認められなかった ($F[2, 62] = 0.54$, 偏 $\eta^2 = 0.02$, $p = 0.583$)。なお、課題 ($F[1, 62] = 25.92$, 偏 $\eta^2 = 0.30$, $p < 0.001$) および属性 ($F[2, 62] = 14.42$, 偏 $\eta^2 = 0.32$, $p < 0.001$) とともに有意な主効果がみられた。ESRT-MT は MDRT ($M \pm SE = 0.81 \pm 0.01$, 95%CI [0.78, 0.83]) に比べて SDRT ($M \pm SE = 0.74 \pm 0.02$, 95%CI [0.71, 0.77]) で小さく、属性間では HP ($M \pm SE = 0.70 \pm$

0.02, 95%CI [0.66, 0.74]), JY ($M \pm SE = 0.77 \pm 0.02$, 95%CI [0.73, 0.81]), LP ($M \pm SE = 0.85 \pm 0.02$, 95%CI [0.80, 0.89]) の順で小さかった (図 1).

また, キックの種類を因子とした比較において, インサイドキック内でも交互作用は認められなかった ($F[2, 62] = 0.25$, 偏 $\eta^2 = 0.01$, $p = 0.779$) が, それぞれ各因子に有意な主効果がみられた. インサイドキック比較では課題 ($F[1, 62] = 23.34$, 偏 $\eta^2 = 0.27$, $p < 0.001$) および属性 ($F[2, 62] = 13.09$, 偏 $\eta^2 = 0.30$, $p < 0.001$) とともに有意な主効果がみられた. なお, アウトサイドキック内でも交互作用は認められなかった ($F[2, 62] = 0.44$, 偏 $\eta^2 = 0.01$, $p = 0.649$) が, 課題 ($F[1, 62] = 9.31$, 偏 $\eta^2 = 0.13$, $p = 0.003$) と属性 ($F[2, 62] = 12.40$, 偏 $\eta^2 = 0.29$, $p < 0.001$) とともに有意な主効果がみられた (図 2, 3).

SDRT および MDRT の両状況下において, HP (インサイドキック: $M \pm SE = 0.72 \pm 0.02$, 95%CI [0.68, 0.75]; アウトサイドキック: $M \pm SE = 0.68 \pm 0.02$, 95%CI [0.64, 0.72]) および LP (インサイドキック: $M \pm SE = 0.85 \pm 0.02$, 95%CI [0.81, 0.90]; アウトサイドキック: $M \pm SE = 0.84 \pm 0.02$, 95%CI [0.79, 0.89]) はアウトサイドキックに対して反応動作の開始が早くなる一方で, JY (インサイドキック: $M \pm SE = 0.75 \pm 0.02$, 95% CI [0.71, 0.79]; アウトサイドキック: $M \pm SE = 0.79 \pm 0.03$, 95% CI [0.74, 0.84]) は遅くなる結果となった. また, インサイドキックからアウトサイドキックへの反応の変化について, その効果量を表す Δ 値は HP, LP, JY の順で SDRT では -0.15, -0.10, 0.44, MDRT では -0.42, -0.20, 0.40 となった. このことから, JY においては反応動作開始まで

の時間は長く、かつ SDRT および MDRT の両条件でその効果量の効果は小程度であった。その一方で、HP および LP では反応動作開始までの時間が短く、SDRT で効果量は小未満であったが、MDRT で小程度の効果がみられた。なお、学習効果に関しては SDRT-IK 間では SDRT-IK 1 ($M \pm SE = 0.77 \pm 0.02$, 95%CI [0.74, 0.80]) が SDRT-IK 3 ($M \pm SE = 0.71 \pm 0.02$, 95%CI [0.67, 0.76]) よりも反応動作開始までの時間が有意に長かった ($F[2, 128] = 4.71$, 偏 $\eta^2 = 0.07$, $p = 0.011$) 一方で、SDRT-OK では試技順での有意な差はみられなかった ($F[2, 128] = 0.53$, 偏 $\eta^2 = 0.01$, $p = 0.593$)。また、MDRT-IK では試技順での有意な差はみられず ($p = 0.079$)、MDRT-OK では MDRT-OK 2 ($M \pm SD = 0.81 \pm 0.16$) が MDRT-OK 1 ($M \pm SD = 0.77 \pm 0.15$) よりも反応動作開始までの時間が有意に長かった ($p = 0.025$)。

アンケート結果については、「反応動作を行うために最も観察していたものは以下のうち、どれですか？」に対する回答において、SDRT ($\chi^2[8, N = 65] = 6.81$, Cramer's $V = 0.23$, $p = 0.558$) および MDRT ($\chi^2[8, N = 65] = 9.59$, Cramer's $V = 0.27$, $p = 0.295$) とともに属性間で有意な差はみられなかった (表 1, 2)。また、「反応動作を行った際の状況に最も近いものは以下のうち、どれですか？」に対する回答においては「3. どちらでもない」という回答がなかったため、統計処理からは除外した。結果は、SDRT ($\chi^2[2, N = 65] = 5.57$, Cramer's $V = 0.29$, $p = 0.062$) および MDRT ($\chi^2[2, N = 65] = 3.38$, Cramer's $V = 0.23$, $p = 0.184$) とともに属性間で有意な差はみられなかった (表 3, 4)。また、「二方向への反応の方が難しかった」に対する回答にお

いても属性間に有意な差はみられなかった($\chi^2[4, N = 65] = 9.10$, Cramer's $V = 0.27$, $p = 0.059$). 最後に, 追加質問では全回答が「1」であった.

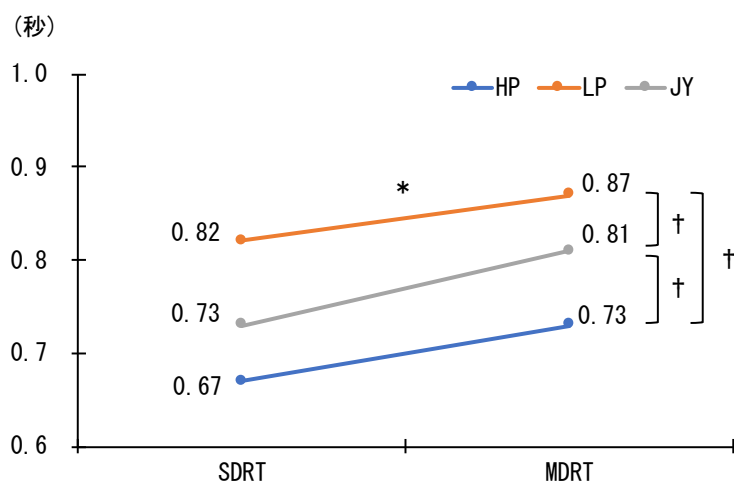


図 1. ESRT-MT 比較 (MIX)

* $p < 0.05$; 課題間の比較, † $p < 0.05$; 属性間の比較

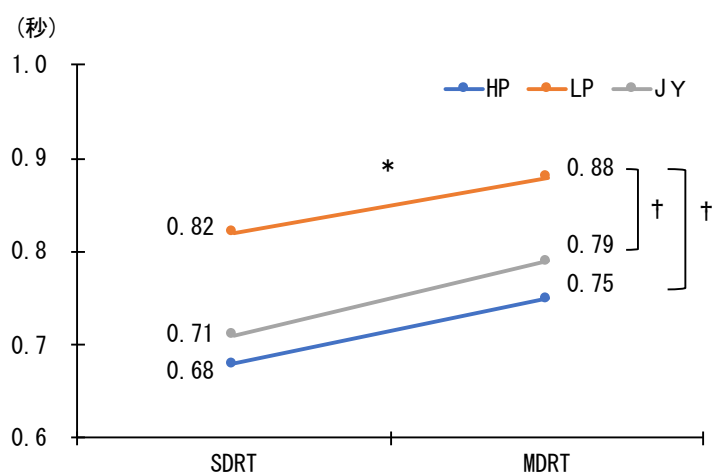


図 2. ESRT-MT 比較 (インサイドキック)

* $p < 0.05$; 課題間の比較, † $p < 0.05$; 属性間の比較

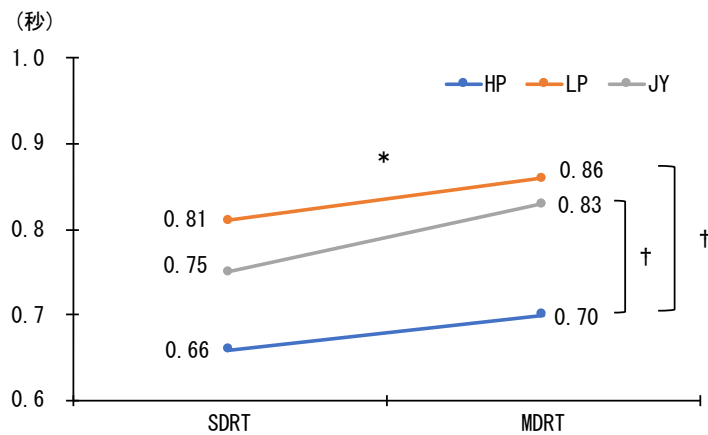


図 3. ESRT-MT 比較 (アウトサイドキック)

* $p < 0.05$; 課題間の比較, † $p < 0.05$; 属性間の比較

表 1. 予想に用いた手がかりに関するアンケート結果
(Single Direction Reactive Test)

属性	SDRT 反応動作を行うために観察していたもの						χ^2 (df=12)	P
	全身	顔	腕/肩	足・脚	ボール	合計		
HP	11	0	2	11	2	26	6.81	0.558
LP	6	1	1	9	3	20		
JY	4	1	4	9	1	19		

N=65

表 2. 予想に用いた手がかりに関するアンケート結果
(Multiple Direction Reactive Test)

属性	MDRT 反応動作を行うために観察していたもの						χ^2 (df=12)	P
	全身	顔	腕/肩	足・脚	ボール	合計		
HP	14	0	2	8	2	26	9.59	0.295
LP	9	0	2	7	2	20		
JY	5	1	5	8	0	19		

N=65

表 3. 手がかりをどのように観察していたかに関するアンケート
結果

(Single Direction Reactive Test)

属性	SDRT 反応時の状況			χ^2 (df=3)	P
	“パス動作” を認識	“変化” を認識	合計		
HP	8	18	26	5.57	0.062
LP	13	7	20		
JY	10	9	19		

N=65

表 4. 手がかりをどのように観察していたかに関するアンケート
結果

(Multiple Direction Reactive Test)

属性	MDRT 反応時の状況			χ^2 (df=3)	P
	“パス動作” を認識	“変化” を認識	合計		
HP	8	18	26	3.38	0.184
LP	11	9	20		
JY	10	9	19		

N=65

第 4 節 考察

本研究の主結果は、反応動作開始までの時間は全群で SDRT が MDRT より有意に短いこと、そして MIX での両条件下で HP, JY, LP の順で反応動作開始までの時間が有意に短いことであった。これらの結果は、反応動作開始までの時間に対する経験といった認知機能の関わりを表すものと考えられる。

本研究の課題難易度における結果は、課題が複雑になるほど反

応動作開始までの時間が遅延するという先行研究結果^{22, 39)}を支持するものであり、それは情報量の増加と反応の遅延を関係付けた Hick の法則に基づくと考えられる²¹⁾。本研究内の課題映像には 2 種類のキックを含み、反応対象としての選択肢は SDRT 条件で 2 つ、MDRT 条件ではキック×方向の 4 つとなり、MDRT 条件の方が難易度は高く、そのために反応動作開始までの時間が長くなったと考えられる。

一方、属性間での比較結果で興味深い点は、反応動作開始までの時間が同一年齢間では競技力の高い選手（HP）の方が低い選手（LP）よりも短く、異なる年齢間では中学生（JY）の方が競技力の低い大学生（LP）よりも短いことであった。

同一年齢において競技力が高い群が反応動作開始までの時間が短いという結果は先行研究結果を支持するものである。松竹ほか¹²⁾は、競技力の高い方が競技特異的状況下での単純反応時間が短い理由は反応選択の速さにあるとしている。また、Serpell et al.⁹⁾は競技力が高い選手の方が反応対象となる動作に関連する身体の動き（腕の振り等）といった運動学的手がかりを検出する能力が高く、それが反応時間の短縮につながっていることを論じており、競技力の高い選手は競技特異的な身体動作に対する見きわめ能力に優れると述べている。また、競技特異的場面での予想精度においても競技力が高い方が優れるという報告¹⁰⁾もあり、効果的な判断が反応時間短縮につながっていることが考えられる。この状況判断について、田中²⁷⁾によると、熟練者は記憶や文脈から対象となる状況と同種の場面の経験を集めて概念化されたものを手がかりに状況分析を行うとしている。その一方で、経験や

理解が十分でない未熟練者は同じ場面でもその場で得られた情報から事象を組み立てることから分析を始めるとしており、熟練者と比べて状況の読み取り時間やその精度に差が出やすいと考えられる。このことは、文字の識別においても報告されており²⁸⁾、スポーツ場面でも同様に識別時間は短縮されると考えられる。このように、状況が概念化されたものを記憶として多種多様に備えていれば、瞬間視で得られるような少ない情報に対しても反応選択時間の短縮や精度の向上が可能となると考えられる。従って、本研究において同一年齢間でみられた競技力に基づく群間差は、情報処理能力の差が関与していると考えられる。

次に JY を含む全群間での MIX の比較では、JY の反応動作開始までの時間は HP と同じ大学生である LP より有意に短い結果となった。これを説明する可能性のある要因として競技経験や生物学的成熟度が挙げられるが、先行研究によると後者による影響は早い段階で消失するとされている。近藤⁵³⁾は 5 歳から 15 歳の男子被験者を対象に全身反応時間を測定した結果、加齢とともに全身反応時間は短縮するが、12 歳頃をピークにその後は大きな変化はなかったとしている。また、全身反応時間内に含まれる認知と動作の時間をそれぞれ測定した結果、動作時間には大きな変化は認められず、反応時間は特に認知や判断および神経伝導に大きく影響を受けると結論付けている。また、成人男性を運動習慣の有無で比較した高野ほか⁵⁴⁾の報告では、測定したほぼ全ての体力項目で群間差が有意であったが、全身反応時間では有意な差はなかったとしている。これらのことから、一定の身体成熟後、いわゆる神経系機能の発達が完了した後の反応動作には、成長の個人差

よりも認知能力の影響を大きく受けると考えられる。従って、本研究の被験者間には反応速度に対する生物学的成熟度の影響はほとんどないものと考えられ、結果に表れたのは競技経験に基づく認知能力の差であると考えられる。このことについて、競技力という点をカテゴリースコアからみると、JYが少しではあるがLPよりも高く、MIXにおける反応動作測定の結果を支持するものではあるが、カテゴリースコアは個人ではなく所属チームの競技レベルを表す点で、本研究の被験者の競技力や競技経験を全て説明できるものではないと考えられる。

従って、競技経験については、その質的観点から、属性間でのキックの種類による比較を基に考察する。JYにおいては、反応動作開始までの時間に関してインサイドキックではHPと差がなく、かつLPに対して有意に短かった一方で、アウトサイドキックではLPとの差はなくなりHPと比べても有意に長くなる結果となった(図2,3)。これについては、先述の田中²⁷⁾や今村²⁸⁾の報告にもある経験に基づく識別能力の差が影響したことが考えられ、本研究結果においては「アウトサイドキックが育成年代のプレーの中で少ないこと」あるいは「各種キックに関する経験値が一定以上あれば、インサイドキックに比べてアウトサイドキックの方が判別は容易となること」、またはその両方の影響があったと考えられる。ただし、これら年代ごとのキック種別利用頻度の違いや視覚情報に基づくキック種別の識別難易度に関する先行研究はない。なお、アウトサイドキックの識別に関しては、アウトサイドキックはインサイドキックと比べた場合、股関節の回旋動作が逆であり⁵⁵⁾、かつボールは必ず蹴り足の外側に位置することで身体

から離れた位置関係となる。このようなインサイドキックやドリブルとは明らかに異なる点に関して概念化が達成できていれば、アウトサイドキックの方が識別は容易となる可能性が考えられる。このような「見たことがあるものを識別する」といった能力に加えて、「何を知覚すべきか理解している」といった経験に基づき知覚対象を絞る能力に関する報告も存在し⁵⁶⁾、反応動作の過程で用いられる「経験値」とは単に時間の長さではなく、動作や状況を記憶として貯蔵した量であると考えられる。Ward・Williams¹⁰⁾は、優れた選手では文脈的情報を統合して活用することが9歳頃から可能となる一方で、課題特異的な認知能力は基礎的な技術が身につくまで向上しないと示唆している。これらを考慮すると、経験を競技力に反映するには競技特有の戦術や局面にあわせた身体動作を理論的に捉えた上で反復する作業が必要と考えられる。育成年代においては、記憶学習への適応が可能となる年齢を考慮したトレーニングを行うことが選手の競技特異的認知能力の向上には重要と考えられる。

本研究内では、課題映像内のモデルの動作がドリブルからパスに切り替わる展開の変化を捉えることを重要としている。被験者は、モデルが一步ステップを踏むごとに変化する身体の動き、身体とボールとの位置関係等といったパス動作に関わる要素を観察し、状況や経験を基にした統合的な組み合わせからキックの種類やパスの方向に対する判断の選択肢を立てていると考えられる。つまり、その判断の選択肢が多いほど、実際に発現した状況および動作と記憶内に概念化されているものが一致する可能性が高まり、それは既知のものとして処理されることでそれに掛か

る識別時間は短縮すると考えられる²⁷⁾。このことから、「多様な要素の組み合わせを基に判断の選択肢を多くもつこと」および「概念化された状況および動作を記憶内に多くもつこと」の二点が重要であると考えられる。この点において、HPとLPでは後者の「概念化された状況および動作を記憶内に多くもつこと」の点で差があると考えられる²⁷⁾。一方、LPの方がJYよりも反応動作開始までの時間が長くなったことについては、LPの方がJYに比べて動作を観察する際に「多様な要素の組み合わせを基に判断の選択肢を多くもつこと」に優れていたのではないかと考察する。これについて、HPとの比較でも差として考察したように、判断の選択肢を多くもつことに対して記憶内の動作概念が十分でないのであれば、Hickの法則²¹⁾に基づき、選択肢が多いほど意思決定が遅延することとなる。つまり、細かい観察を行うことをしていると考えられるLPの方が見きわめに時間が掛かったと考えられる。

また、統計的な有意差はないものの、アンケート結果からも経験値の関与を支持する傾向がみられた。「反応動作を行うために最も観察していたもの」に対するHPおよびLPの回答では「1」または「4」の回答が多く、Savelsbergh et al.⁷⁾の報告で示唆されるサッカー競技のキック動作を観察する際の観察点と合致しており、適切な観察点から判断の選択肢を多くもつために丁寧な観察を行っている可能性が考えられる。

最後に、本研究ではアンケート調査を用いて数字からは見えない認知過程を表そうとした一方で、それは主観的感覚に頼ることであり、それは研究の限界とも言える。より高い精度で認知過程

を検討するためには客観的評価となる脳活動部位の測定等もあわせて行うことが考えられる。また、学習効果については SDRT-IK および MDRT-OK で有意な違いがみられたが、試技の回数を通して値が向上することを示しているものではなく、その他の SDRT-OK および MDRT-IK では差がみられなかったことから結果に影響を与えるほどの学習効果は試技中では得られていないと考えられる。ただし、SDRT-IK と MDRT-OK で相反する差がみられたことや継続的な練習による学習効果は本研究のデータからは検証できない点で研究の限界と言える。測定自体の再現性も含め、それらをより深く検証するためには、一般化された反応課題を用いた比較等をあわせて行っていくことが必要であると考えられる。

第 5 節 結論

本研究結果より、サッカー競技を専門としている被験者間においても反応動作開始までの時間に差があること、そして課題動作によって反応に違いがあることがわかった。これにより、反応動作には競技の原理・原則への理解といった競技大別的な経験値よりも、競技局面ごとの動作や位置関係といった構造に対する局面特異的な経験値が強く関与すると考えられる。トレーニングでは目的とする局面構造を理解することで記憶化を図ることや類似する局面を反復することで概念化を図ること等が局面特異的認知能力を培うために重要となることが示唆された。

第 4 章

サッカー選手の認知機能に対する映像学習の効果

第 1 節 緒言

第 2 章および第 3 章より，反応動作を行う際には相手の動作に対する「予想」および「予測」といった認知機能が関与していることがわかり，それらは競技特異的な経験に基づくものであることが示された．特に，反応動作のような瞬間的な視覚情報に対する認知は，同種の経験によって概念化された記憶を手がかりとすることでその識別速度は速まるとされている^{27, 57)}．従って，認知機能の向上にはその状況や動作の構造に関する知識に加え，類似する局面における経験を反復して得られるようなトレーニングを行うことが必要であると考えられる^{57, 58)}．そして，そのようなトレーニングとは実践に他ならないとされ，これまではサッカーフィールドでのサッカートレーニングが主たる選択肢であったが，近年ではマルチメディア等を用いた映像学習に関する報告もみられるようになった^{35, 59)}．Appelbaum・Erickson³²⁾によると，このようなマルチメディアを用いたトレーニングの利点として怪我のリスクを最小限に抑えながらも，必要な状況を抽出し，局面に対する総合的な認知機能を向上させることであるとしている．しかしながら，映像問題の正答率が上がるといった映像課題そのものに対する学習効果³⁵⁾や技の完成度あるいは精度といった自らの身体操作に対する学習効果⁵⁹⁾を検証したものはいくつかみられるが，競技中の反応動作のように，変化する状況の中での一瞬の視覚情報に基づく競技特異的な意思決定に対する映像

学習の効果を実践的な評価とあわせて報告した研究はほとんどない。映像学習によって競技に特異的な認知機能を向上させることに加え、その得られた効果が実践的な状況下に移行できることもあわせて明らかになれば、サッカートレーニングに対する補強プログラムとしても、あるいはスポーツ傷害受傷後のリハビリテーション期間中の代替プログラムとしても活用できる映像学習の開発に寄与できると考える。

そこで、本研究では、サッカー選手を対象にサッカー競技のパス動作における動作の変化点付近となる局面を集めた課題映像を用いた介入トレーニングを行い、そのトレーニング効果を映像課題に対する反応速度およびその反応動作の場面を含むミニゲームのパフォーマンスから検証することを目的とする。また、一連のパス動作の動きの変化点に注意が集まる設定となる介入トレーニングを行うことで、類似する場面の構造的な理解と概念化が進むことが考えられ、そのトレーニング効果は同種の映像課題だけでなく、実践の中でも確認できるようになることを本研究の仮説とする。

第2節 方法

第1項 実験の手順

被験者は、第2章および第3章で用いた課題映像を用いた反応動作測定（MDRTのみ）を事前に行い、その結果によって2群（対照群、実験群）に分けられた後、サッカーのミニゲームを用いたパフォーマンステストを行った。この時の反応動作測定およびパフォーマンステストを介入前測定値とした。また、介入トレーニング

ング後にも同様の反応動作測定とパフォーマンステストを行い、それらを介入後測定値とし、介入前後で比較することで介入トレーニングの効果を検討した。なお、反応動作測定の測定条件は研究 1 に準じた。実験は介入前測定から介入後測定を 5 日間で行い、そのうち介入トレーニングは 2 回行った。被験者は、実験期間中においても通常通りのサッカートレーニングを行った。

第 2 項 被験者

本研究には、大学サッカー地域 1 部リーグ所属のチームの選手で、最も低いカテゴリーのチームに所属する男子部員を被験者とした。被験者は、介入前に行った反応動作測定の結果を基に、対照群（4 名，年齢： 18.8 ± 0.96 歳，サッカー歴： 13.0 ± 2.45 年）および実験群（4 名，年齢： 18.8 ± 0.50 歳，サッカー歴： 12.8 ± 1.50 年）に分けられた。この時の反応動作測定の群間値に有意な差はなかった。

本研究は、早稲田大学の人を対象とする研究に関する倫理委員会の承認（承認番号：2019-033）を得た上で、被験者には実験手順および傷害等のリスク等について説明し、同意を得た上で実験を行った。

第 3 項 課題映像

課題映像の内容は、第 2 章および第 3 章で用いたものと同じものを用いた。課題映像内に用いられたのは、以下に表す 4 種類のパスを 2 本ずつ、つまり合計 8 本のパスシーンを収録したものを課題映像とした。

1. 右方向へのインサイドキック (IR: Inside kick to the Right) : 課題映像内モデルは右脚のインサイドキックによって, 被験者からみて右の方向にパスを出す.
2. 左方向へのインサイドキック (IL: Inside kick to the Left) : 課題映像内モデルは左脚のインサイドキックによって, 被験者からみて左の方向にパスを出す.
3. 右方向へのアウトサイドキック (OR: Outside kick to the Right) : 課題映像内モデルは左脚のアウトサイドキックによって, 被験者からみて右の方向にパスを出す.
4. 左方向へのアウトサイドキック (OL: Outside kick to the Left) : 課題映像内モデルは右脚のアウトサイドキックによって, 被験者からみて左の方向にパスを出す.

第 4 項 測定データ

測定データは, 第 2 章および第 3 章と同様に以下の項目を算出した.

1. 動作時間 (MT: Motor Time)
2. 表示時間 (DT: Displaying Time)
3. 推定単純反応時間 (ESRT: Estimated Simple Reaction Time)
4. 反応動作開始までの時間 (PMT: Premotor Time)
5. ESRT-MT

第 5 項 パフォーマンステスト

5-1. テスト様式

サッカー競技のトレーニングで用いられる 4 対 4+2 サーバー

(サーバー:ピッチのライン上に立ち,フリーマンとしてパスワークに参加する役割)形式のボールポゼッション型ミニゲーム内での行動をスコア化した.対照群4名と実験群4名がそれぞれでチームを組んで行った.この時のピッチサイズは15m(縦)×20m(横)とした.サーバーは2タッチ以下というタッチ制限を設けたが,ミニゲームに参加する選手たちに対してはタッチ制限を設けなかった.なお,テストは1分間の試行を3セット行い,各セット間の休憩は4分間とした.これらは人工芝のサッカーピッチで行われ,プレー環境は介入前テスト時で気温40度および湿度36%であり,介入後テスト時では気温37度で湿度50%であった.

5-2. スコア化

パフォーマンスを評価するにあたり, Gréhaigne et al.⁶⁰⁾の Invasion Games(1st modified version)に倣い,各チームの行動を以下のようにコード化し,それらを基にパフォーマンススコアを算出した.また,これらは日本サッカー協会の指導者ライセンスをもつサッカーの指導者によってスコア化した.なお,この時にどちらのチームが実験群であるかは知らされていなかった.

1. ボールを奪う(Conquered Ball:CB)

「インターセプト(Intercept:IC)」、「スライディングタックル(Tackle1:T1)」、「スタンディングタックル(Tackle2:T2)」および「ルーズボールを拾う(Recapture:RC)」をカウントした.

2. ボールを受ける(Received Ball:RB)

パスを受けた回数をカウントした.

3. ボールを失う:Lost Ball (LB)

「奪われる (Dispossession:DP)」および「パスミス (Errant Pass:EP)」をカウントした。

4. Performance Score (PS)

計算式「CB+RB」により総行動量 (Volume of Play:VP)を算出し、その VP を基に計算式「 $VP/(10+LB)$ 」により効率指数 (Efficiency Index: EI)を算出した。これら VP および EI を基に計算式「 $(VP/2) + (EI \times 10)$ 」によりパフォーマンススコアを算出した。

第 6 項 介入トレーニング

介入トレーニングは「映像①の視聴」と「映像②の視聴およびその映像に関する問答」の二つで構成される映像学習であった。映像学習は、先行研究に倣い、被験者には映像内動作の分析に関する情報を与えない暗示型学習とした。Farrow・Abernethy³⁶⁾の報告では、テニスのサーブ方向を予想することに対する映像学習において、重要となる動作の提示を行う明示型学習ではその動作を追うことに注意を過剰に奪われるなどする一方で、暗示型学習では意識することなく自ら動作の運動学的な関係性を構築しようとするため、その学習効果が高くなる可能性を報告している。視聴用映像の①および②の内容を以下に示す。各映像は、同課題映像用デジタルカメラで撮影し、そのフレーム速度は 30fps とした。

6-1. 映像①

映像①は、パフォーマンステストで行うミニゲーム内の選手の立ち位置に近い位置からモデルを撮影した映像である(図 1)。被

験者は、位置①と位置②の各位置より、A（B）から出されたパスをモデルが受けて、さらにB（A）へパスを出すシーンをそれぞれ8シーンずつ撮影した合計16シーンの映像を通し映像で視聴した。なお、2回の介入トレーニングでは同じ映像を用いた。

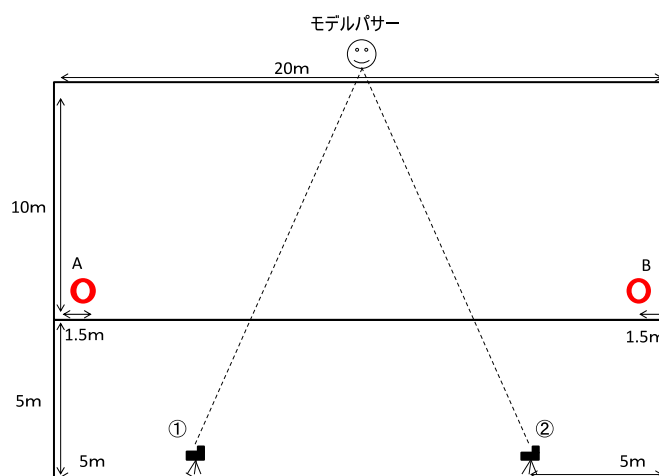


図 1. 映像①の撮影時の設定

6-2. 映像②

映像②は、課題映像と同様の条件で映像内モデルが全4種のキックを4本ずつ合計16本のパスを被験者の左右に出す映像である。唯一課題映像と異なる点は、映像②ではモデルが最初に被験者から見て右方向から出されたパスをトラップした後にドリブルを開始するという点のみで、その後の5mの範囲内のドリブルからパスを出すという手順は課題映像と同じである。この16本のパスシーンを集めたものを2セット（A, B）作成した。また、各セットでシーンの順序を変更したバージョンを2つ作成し、合計4種類の映像を作成した（A1, A2, B1, B2）。1回目の介入トレーニング回でAセット（A1とA2）、2回目の介入トレーニング回

では B セット (B1 と B2) を視聴した。

問答形式にするにあたり、各映像はモデルの足がボールと触れたフレームから 300msec 前のフレームで遮断されるという加工を同映像編集ソフトウェアにて行った。正解を含む映像の続きは、実験群の被験者全員の回答が終わった段階で映され、パスのシーンごとに被験者は正解のフィードバックを受ける形式とした。

第 7 項 統計処理について

ESRT-MT について、外れ値を除外する目的でインサイドキック (IR, IL) およびアウトサイドキック (OR, OL) のそれぞれ最大値と最小値を除いたそれぞれ 2 試行の合計 4 試行の平均値と標準誤差を算出し、個人の値 (MIX 値) として用いた。なお、図中には属性の課題ごとの値を表すためにそれぞれの介入前後における各平均値を表記した。また、インサイドキックおよびアウトサイドキックの各 2 試行の平均値をそれぞれインサイドキック値およびアウトサイドキック値とした。また、パフォーマンススコアにおいては、個人ごとにミニゲーム 3 回分の各スコアを平均化したものを個人のスコアとし、それらを合わせたものをチームのスコアとした。

各三種のキック (混合:MIX, インサイドキック, アウトサイドキック) の ESRT-MT およびパフォーマンステストの各スコアにおいて、時間 (介入前, 介入後) を被験者内因子および属性 (対照群, 実験群) を被験者間因子として繰り返しのある二元配置分散分析を用いて因子間の主効果と交互作用の有無を検定した。なお、介入前後での変化を表すために介入前を統制群, 介入後を実験群

として Glass' s Δ もあわせて算出した⁵²⁾。この時の効果量の関係については、同研究報告内での区分に倣い、 $0 \leq \Delta < 0.2$ を「ほとんど効果なし」、 $0.2 \leq \Delta < 0.5$ で「効果小」、 $0.5 \leq \Delta < 0.8$ で「効果中」、 $0.8 \leq \Delta$ で「効果大」とした。統計的有意水準は $p < 0.05$ とした。

第3節 結果

反応動作の開始までの時間を表す ESRT-MT の比較を図 2 に表す。MIX 値での比較では、交互作用は認められなかった ($F[1, 6] = 0.49$, 偏 $\eta^2 = 0.08$, $p = 0.508$)。なお、時間 ($F[1, 6] = 2.91$, 偏 $\eta^2 = 0.33$, $p = 0.139$) および属性 ($F[1, 6] = 0.04$, 偏 $\eta^2 = 0.01$, $p = 0.840$) においても有意な主効果はみられなかった。また、インサイドキック値での比較においても交互作用は認められなかった ($F[1, 6] = 3.85$, 偏 $\eta^2 = 0.39$, $p = 0.097$)。同様に、時間 ($F[1, 6] = 0.23$, 偏 $\eta^2 = 0.04$, $p = 0.647$) および属性 ($F[1, 6] = 0.01$, 偏 $\eta^2 = 0.00$, $p = 0.944$) においても有意な主効果はみられなかった (図 3)。その一方で、アウトサイドキック値では、有意な交互作用 ($F[1, 6] = 0.33$, 偏 $\eta^2 = 0.05$, $p = 0.586$) は認められなかったものの時間 ($F[1, 6] = 6.37$, 偏 $\eta^2 = 0.52$, $p = 0.045$) で有意な短縮がみられた。なお、属性 ($F[1, 6] = 0.32$, 偏 $\eta^2 = 0.05$, $p = 0.593$) においては有意な主効果はみられなかった (図 4)。つまり、アウトサイドキックにおいては両群で介入後に反応動作開始までの時間が短くなる結果 (介入前: $M \pm SE = 0.87 \pm 0.02$, 95%CI [0.82, 0.92]; 介入後: $M \pm SE = 0.75 \pm 0.04$, 95%CI [0.65, 0.84]) となった。

効果量でみた場合，実験群では全ての比較で反応動作開始までの時間が短縮（MIX：-1.33，効果大；インサイドキック：-1.09，効果大；アウトサイドキック：-1.76，効果大）した一方で，対照群は一様ではなく，反応動作開始までの時間がMIX値比較で短縮（-0.45，効果小），インサイドキック値比較で延長（0.46，効果小），アウトサイドキック値比較では短縮（-2.65，効果大）する結果となった（図2，3，4）。

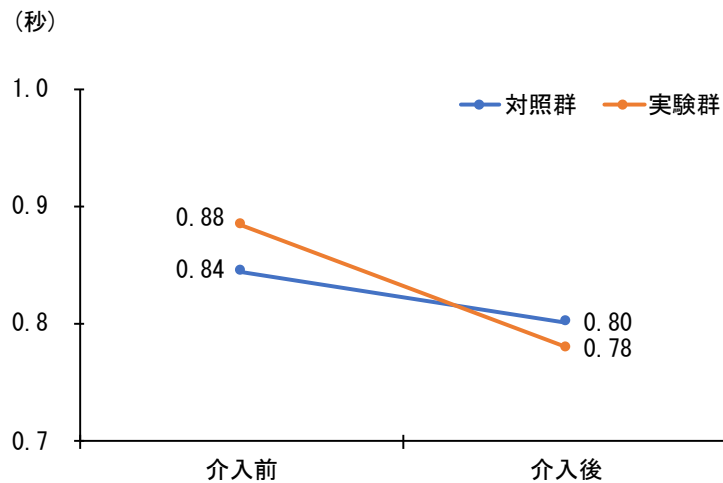


図 2. ESRT-MT (MIX) の比較

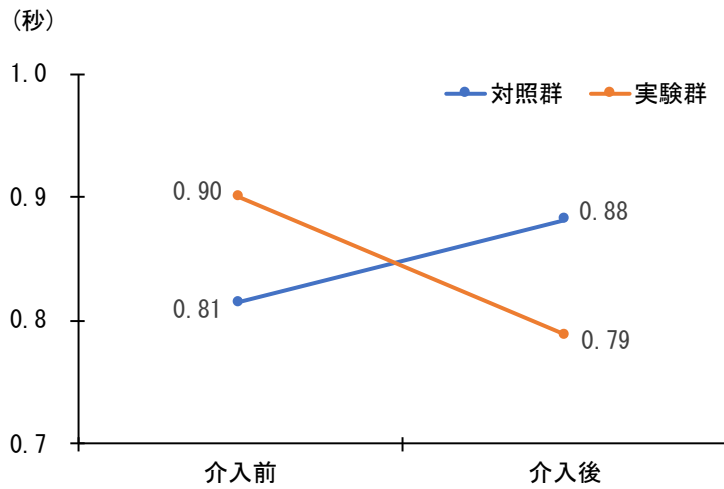


図 3. ESRT-MT (インサイドキック) の比較

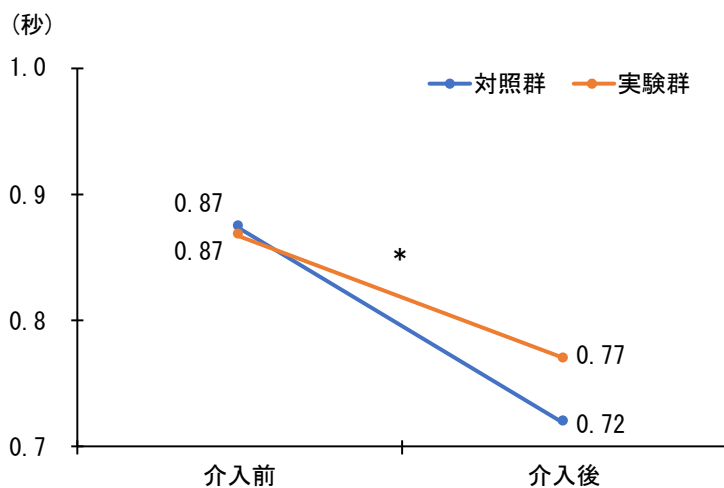


図 4. ESRT-MT 比較 (アウトサイドキック) の比較

* $p < 0.05$; 介入前後の比較

パフォーマンステストの結果における IC (交互作用: $F[1, 6] = 0.62$, 偏 $\eta^2 = 0.09$, $p = 0.463$; 時間: $F[1, 6] = 0.15$, 偏 $\eta^2 = 0.03$, $p = 0.708$; 属性: $F[1, 6] = 0.14$, 偏 $\eta^2 = 0.02$, $p = 0.722$), T1 (変化なし), T2 (交互作用: $F[1, 6] = 3.00$, 偏 $\eta^2 =$

0.33, $p = 0.134$; 時間: $F[1, 6] = 3.00$, 偏 $\eta^2 = 0.33$, $p = 0.134$;
属性: $F[1, 6] = 3.00$, 偏 $\eta^2 = 0.33$, $p = 0.134$), RC (交互作用: $F[1, 6] = 3.95$, 偏 $\eta^2 = 0.40$, $p = 0.094$; 時間: $F[1, 6] = 1.42$, 偏 $\eta^2 = 0.19$, $p = 0.278$; 属性: $F[1, 6] = 0.08$, 偏 $\eta^2 = 0.01$, $p = 0.791$), RB (交互作用: $F[1, 6] = 0.33$, 偏 $\eta^2 = 0.05$, $p = 0.585$; 時間: $F[1, 6] = 0.93$, 偏 $\eta^2 = 0.13$, $p = 0.373$; 属性: $F[1, 6] = 3.46$, 偏 $\eta^2 = 0.37$, $p = 0.112$), DP (交互作用: $F[1, 6] = 1.00$, 偏 $\eta^2 = 0.14$, $p = 0.356$; 時間: $F[1, 6] = 1.00$, 偏 $\eta^2 = 0.14$, $p = 0.356$; 属性: $F[1, 6] = 0.00$, 偏 $\eta^2 = 0.00$, $p = 1.000$) の項目では, それぞれ交互作用, 各因子の主効果に有意な変化はみられなかった. 一方で, EP においては有意な交互作用 ($F[1, 6] = 34.71$, 偏 $\eta^2 = 0.85$, $p = 0.001$) がみられた. その後の単純主効果検定では, 対照群で有意な増加 ($F[1, 6] = 7.71$, $p = 0.032$) および実験群で有意な減少 ($F[1, 6] = 30.86$, $p = 0.001$) がみられた. また, 表 1 はパフォーマンステストにおける介入前後での各行動の回数と算出された PS の値, 表 2 はその効果量を表したものである. 介入前と比較して, 対照群では IC の減少 (効果小未満), RC の増加 (効果大), RB の減少 (効果中), および EP の増加 (効果大) がみられた. 一方で, 実験群では IC の増加 (効果中), T2 の減少 (効果大), RC の減少 (効果中), RB の減少 (効果小), DP の増加 (効果大), および EP の減少 (効果大) がみられた. また, 実験群では変化がほとんどない一方で, 対照群の PS でより大きな減少がみられた.

表 1. パフォーマンステストの各項目の実数

	介入前								介入後									
	CB				RB	LB			PS	CB				RB	LB			PS
	IC	T1	T2	RC		DP	EP	IC		T1	T2	RC	DP		EP			
対照群	1.7	0.0	0.0	0.3	10.0	1.0	0.3	16.6	1.3	0.0	0.0	1.7	7.3	1.0	1.3	13.5		
実験群	0.7	0.0	0.7	1.0	12.7	0.3	2.3	19.3	1.7	0.0	0.0	0.7	12.0	1.7	0.3	19.1		

表 2. パフォーマンステストの各項目の効果量

	IC	T1	T2	RC	RB	DP	EP
対照群	-0.13	-	-	2.00	-0.54	0.00	1.50
実験群	0.75	-	-0.87	-0.50	-0.21	2.00	-3.00

第 4 節 考察

本研究の主結果として、介入前後でアウトサイドキックに対する反応動作開始までの時間が両群で有意に短縮したことが示された。また、効果量でみた場合、実験群で全キック条件（MIX, インサイドキック, アウトサイドキック）における反応動作開始までの時間が介入後で短縮し、かつその効果量は効果大を示すものであった。加えて、介入前後で実験群より対照群の PS においてより大きな減少がみられた。

介入トレーニングの効果については、学習用映像の設定を含めて考察する。本研究の映像②では 300msec を映像遮断点とした。Hunter et al.⁶¹⁾ のペナルティキックに関する研究では、インサイドキックではシュート速度が速くなると足とボールが接触する 300msec 前の時点でシューターの姿勢の明らかな変化が観察できるようになり、そのシュートの方向予想にとって大きな手がかりとなるとしている。この姿勢の変化とは、シュートの方向と関連付く腕や股関節、あるいは体幹部の動きが現われることであり、予測の開始が可能となるタイミングであるといえる。本研究

の映像②における遮断対象となった局面は、これと同様にモデルの姿勢の変化が現れるタイミングであり、後の正解映像のフィードバックと合わせて一連の動作に関する重要な脈絡に焦点を置いたものであるといえる。

また、学習形態に関しても先行研究に倣い、暗示型学習を採用した。前述の Farrow・Abernethy³⁶⁾によるテニスのサーブ方向の予測に対する映像学習効果を明示群と暗示群で比較した研究では、明示群では有意な学習効果がみられなかった一方で、暗示群において「ラケットがボールに当たる」局面での予想精度の変化に有意な学習効果がみられたと報告している。その理由は、暗示型学習にすることによって、明示型とは異なり意識的な注意が特定の部位に集中または分散することなく、サーブ動作そのものに関する運動学的要素とその結果の関係性が構築されたからであると考察している。これに加えて、映像②では被験者が回答した直後に正解を提示する形式を取った。Schweizer et al.³⁵⁾のサッカーのレフェリング能力に関する映像問題学習において回答直後に正解を提示する形式と全回答を終えた後に正解を提示する形式、および対照群の学習効果を比較した研究では、回答直後に正解を提示する形式においてのみ映像問題に対する正答率の有意な向上がみられたとしている。本研究の介入トレーニングも同様の形式であり、学習効果を得るにあたり、より効果的な設定であったと考えられる。なお、介入トレーニングの回数が2回であったことについて、先行研究では前後を測定日で挟んだ4日間4回にわたる介入トレーニングの効果を報告したものが存在する。中本ほか⁶²⁾の中学生の野球選手を対象とした投球予測に関する

映像トレーニングの効果を検討した研究では、比較として介入前測定のみ行った大学生の値と同等となる値の向上が得られたと報告している。本研究の介入トレーニングの回数は2回であったが、観察学習後に実践を合わせることによる相乗効果が得られる可能性があること⁶³⁾ および被験者は大学生ではあるが同一チーム内で最も競技力が低い群であり、改善の余地があると予想されることを踏まえ、本研究結果は介入トレーニングの効果によるものと考えられる。

次に、反応動作測定について考察する。大西・広瀬⁵⁷⁾によると、反応動作を行うにあたって重要な事項となるのは「多様な要素の組み合わせを基に判断の選択肢を多くもつこと」および「概念化された状況および動作を記憶内に多く持つこと」としており、前者は細かい状況観察であり、後者は経験に基づいた概念情報による識別時間の短縮だとしている。これらを踏まえて、本研究で行った介入トレーニングでは、類似する状況の最も重要となる局面の流れに対する反復した観察学習を行っており、前述の両事項に対して効果的なアプローチとなる設定であると考えられる。それらは、反応対象となる動作に関する運動学的要素への理解を促すことに繋がり、各種キックに関する記憶内での概念化を促進したことが実験群の全ての状況において、効果量が大きくなる変化が表れた理由と考えられる。

なお、観察学習そのものに関する効果についても報告されている。石倉⁶³⁾によると、モデル観察による観察練習にはタイミング習得や誤差検出に対して身体練習と同等の効果があるとしている。また、同様の課題に対する正確性および類似課題に対する転

移性については身体練習ほど学習効果がなかったとした一方で、その後気づきを踏まえた実践を行うことで身体練習と同等あるいはそれ以上の大きな学習効果を得られる可能性があることも報告している。本研究の実験期間中においては、被験者は通常のサッカーの練習を行っており、実験群は介入トレーニングの記憶をもった状態で実践の中での身体練習を行っていたこととなる。これにより、学習効果が高まっている可能性も考えられる。

ここで着目したい点は、介入トレーニングを行っていないにも関わらず、対照群でもアウトサイドキックにおける反応動作開始までの時間が短縮したことである。これについては、対照群においても実験群と同様に介入前測定の経験から、介入後測定時において動作の変化に関する手がかりを得ようと意識的に細かい観察を行っていた可能性が考えられる。短縮がみられたアウトサイドキックについては、先行研究においてインサイドキックやドリブルの体勢とは明らかに異なるとされており⁵⁵⁾、元々それらのキックの種類に対する一定の経験を備えていれば判別はインサイドキックよりも容易となる可能性があるとされている⁵⁷⁾。つまり、動作の変化が大きいアウトサイドキックに関しては、介入前測定時の経験を基にした細かい観察により、動作の変化を捉えることができたことが、対照群においても反応動作開始までの時間が短縮した理由であると考えられる。その一方で、足とボールの位置関係がよりドリブル時に近いインサイドキックは、識別に重要となる動作に関する明らかな変化が現れるのが遅いと考えられ、より瞬間的な視覚情報に頼ることとなり、その識別時間はアウトサイドキックと比べて記憶内の概念化された情報の有無

により強い影響を受けると考えられる。介入トレーニングを行っていない対照群では、課題映像内の各種キックに対する概念化が進んでいないと考えられ、意識的に細かい観察を行うことによって反応動作に関する選択肢を増やしたものの対応する記憶内の概念の多様性が不十分だとすると、Hick の法則²¹⁾に則って反応選択および意思決定時間の遅延が起こることが考えられる。このことが対照群において、インサイドキックに対する反応が遅延するという結果に関連していると考えられる。

実際のパフォーマンスに対する介入トレーニングの効果をパフォーマンステストの結果から考察する。まず介入前段階での反応動作測定の結果では、有意な差となるものではないものの対照群が優れた値であったにも関わらず、PS では実験群のほうが優れていた点に関しては、認知能力に基づく直接的な守備能力が低いということではなく、個々のチームプレーへの関わり方も影響する RB の値の差によるところが大きいと考える。介入前時点ではより良い守備動作の結果となる IC の値は対照群の方が優れていた点もあわせて反応動作測定の結果を説明するものであるといえる。また、介入前および介入後のパフォーマンステストの状況について、攻守の平均切り替わり回数は介入前テストで 4.3 回、介入後で 6.3 回だった一方で、回ごとのパス試行の平均本数は、介入前テストで 34.7 本、介入後で 33.0 本となっており、テスト間で大きな違いがあったわけではないことがわかる。従って、守備効率の変化が影響している可能性が考えられる。

次に、介入前後比較でみた実際のパフォーマンスについて考察する。統計検定によって有意差がみられた項目は群間での EP の

変化のみであった。しかしながら、項目によってはその変化に対する効果量が大きいものがあることに加え、PS は実験群でほとんど変化がないものの対照群では減少がみられることで介入トレーニングの効果はあったと考えられる。なお、PS を構成する内訳を見ると、対照群の RB 減少と LB 増加および実験群の LB 減少が結果に影響を与えているものと考えられる。加えて、実験群では介入前後で CB の値に変化はなかったものの、CB 内の T2 および RC が減少する代わりに IC が増加している。これは、反応動作測定の結果も踏まえ、実践においても総じて実験群の守備時の出足の早さが向上している可能性が考えられ、相手のパスが受け手に渡る前に先にボールに触れることができるようになった結果とも考えられ、先述の守備効率の向上を示唆するものといえる。

Schweizer et al.³⁵⁾によるレフェリーの判断に関する研究では、正確な視覚からの読み取り能力がそのまま正確な判断につながるわけではなく、長期記憶に基づいて多面的な情報処理を短い時間で同時に行うことが重要であるとしている。そして、そういった能力が同研究結果より、映像と合わせた即時の振り返り学習により向上するとしている。本研究においても、介入トレーニングの効果として視覚による瞬間的な情景の読み取りだけでなく、多面的な情報処理の能力の向上も達成できたと考えられる。従って、それらが実際のパフォーマンスに反映された可能性が考えられる。

本研究では、映像学習による介入トレーニングの認知機能への効果およびその効果は実践環境下でのパフォーマンスにも反映されるのかについて検討した。パフォーマンステストの設定上、

被験者を多く設定することが難しい点で効果量としては十分な値が得られたものの統計的有意差の検出が難しい状態であり、研究の限界であると考える。また、パフォーマンステストにおいて、判定された行動の質（例：行動としてのインターセプトの動作開始の状況や相手がパスを躊躇するようなポジショニング修正の有無等）に関する評価が確立できていない点は今後の研究課題といえる。GPS機能を備えたデバイスを同時に用いてパフォーマンステストを行うことで発現する行動の質を評価できる可能性があると考えられる。

第5節 結論

本研究結果より、競技特異的な状況であるサッカーのパス動作に関する映像学習は、同様の方法による映像課題への反応が向上すること、およびその効果は実践となるミニゲーム内でのパフォーマンスに反映された可能性があることが示された。また、映像学習については、注意を置くべき変化に含まれる競技特異性ともいえる運動学および構造的特徴を捉えた内容で構成することで競技特異的な認知機能の向上につながることを示唆された。

第 5 章

総合考察

本論文では、アジリティ能力における認知機能について検討した。Young et al.⁴⁾によるアジリティ能力の要素分類表では、「知覚・意思決定」に関する分類の下に認知機能もその構成要素として表している。そして、そのアジリティ能力における認知機能は競技特異的な経験との関連があるとされている^{27, 40, 41)}。そこで、研究 1 にて反応動作を行う際に相手の身体動作の変化等を捉えるという共通点をもちながらも観察点が異なる競技の選手（サッカー選手、バレーボール選手）を対象に、一方の競技（サッカー競技）の特異的な状況下における反応動作における反応動作開始までの時間の比較を行うことで競技特異的な経験の有無が反応動作に影響を与えるかについて検討した。研究 2 では、同一の競技（サッカー競技）を専門競技として行っているものの競技力や年齢の異なる 3 つの被験者群（大学生の競技力が高い群、大学生の競技力が低い群、中学生群）の間でサッカー競技に特異的な状況下での反応動作における反応動作開始までの時間の比較を行い、被験者の属性および異なる反応対象の観点から競技特異的な状況下での反応動作に関わる認知について検討した。研究 3 では、サッカー競技を題材に競技特異的な経験を獲得することを目的に作成された映像を用いた介入トレーニングを行い、同種の状況下での反応動作における反応動作開始までの時間に与える効果を検討した。これに加えて、その効果が実際の競技中のパフォーマンスに反映されるのかをサッカーのミニゲームのパフォーマンス分

析によって検討した。

研究 1 では、被験者の設定と課題間の変化に着目した。被験者は、サッカー選手とバレーボール選手とし、ともに競技中は相手の身体動作からパスの方向を読み取ることを多く行っている点が共通する一方でそれぞれの競技において重要な観察点となるのがサッカー競技では下肢、バレーボール競技では上肢となる点が異なる点である。サッカー競技の場合、ドリブルといった移動でもパス動作でも同じ「足（脚）」という部位が動く点においてその部位の動きがパス動作の開始を表すわけではない。つまり、反応動作測定の課題映像内のモデルがドリブル動作のために足を動かす一歩ごとにパス動作か否かの弁別反応を行う中でパス動作開始を認知するとともにパスの方向やキックの種類といった選択反応に関わる意識へとその比重が切り替わることとなる。このような状況下で動作の変化に対応するには細かな変化を捉える必要があり、競技に特異的な認知機能が強く要求されることが考えられる。ただし、SDRT では、観察する動作がパス動作かどうかではなく「ドリブル動作ではない」ことがわかった時点で意思決定が完了し、反応動作を開始することができる点で反応選択に対する競技特異的な経験の要求はそれほど高くないと考えられる。一方で、この要求は二方向（パスの方向）および二動作（キックの種類）それぞれへの反応選択を求められる MDRT においてさらに強くなることが考えられる。結果からは、サッカー群の方がバレーボール群よりも反応動作開始までの時間が短く、また選択肢の増加により難易度が高くなる MDRT において反応動作開始までの時間が長くなることが示された。また、注目すべき点は各

群における SDRT と MDRT の結果を比較した場合、MDRT において SDRT よりも反応動作開始までの時間は長くなることは同じであったが、その変化量はバレーボール群において大きいことが示されたことである。アンケート調査の結果からは、両群の回答に有意な違いはみられず、観察点について両群に明確な違いがなかったものの、観察の質には大きな違いがあったと考えられる。これにより、競技特異的な経験は反応動作に影響を与えることが明らかになった。

研究 2 では、研究 1 で明らかとなった競技特異的な状況下での反応動作に影響を与える競技特異的な経験について、関連すると考えられる様々な要因を基に比較した。被験者はすべてサッカー選手であり、競技特異的な経験という観点ではすべての被験者が有していると考えることができる。その点で研究の焦点となるのは「競技特異的な経験」という表現に含まれる「特異的」の意味合いといえる。田中²⁷⁾や夏原ほか²⁶⁾は反応選択を行う際には長期記憶として貯蔵された概念を手がかりにすることで識別時間を短縮するとしており、反応対象における局面構造への理解が重要であることを示唆している。研究結果からは、大学生の競技力が高い群 (HP:High Performance) が反応動作開始までの時間が最も短かったことに加えて、次に短かったのが中学生群 (JY:Junior Youth) であり、年齢や実際の競技経験年数では中学生群を上回る大学生の競技力が低い群 (LP:Low Performance) が最も長いことが示された。また、インサイドキックの結果とアウトサイドキックの結果に対する変化量を比較した場合、大学生の HP および LP ではアウトサイドキックの方が反応動作開始まで

の時間が短くなるのに対し，JY では逆に長くなることが示された．反応動作開始までの時間における属性間の差については，競技力が優れる選手はそうでない選手よりも認知機能も優れることがすでに報告されており^{8, 9, 10, 11, 12, 13)}，特に反応選択において記憶内の概念を用いて識別に掛かる時間を短縮しているとされている²⁷⁾．この点は本研究結果を支持するものである．一方で，HP と比べると競技力が劣るものの，JY よりも競技力が高いと考えられるLPがJYよりも反応動作開始までの時間が長かった点に関しては，LPが知識に基づいて細かい観察を行うことでJYよりも多くの選択肢に注意を払っていたことが考えられる．有意な差とはなっていないが，アンケート調査の結果からはLPが観察の手がかりとして回答したものはHPと同様に「全身」や「足・脚」を選択する傾向にあったが，どのように観察していたかについては段階的な確認作業が必要だったと考えられる「パス動作を認識」の回答がやや多くJYの分布に近い傾向がみられた．これにより，LPは注意が必要な部位を理解して細かな観察を行っていたが，得られた視覚情報を概念的に捉えることができなかつた可能性があり，JYよりも注意を払った選択肢の数が多い場合にはHickの法則²¹⁾に基づいて反応選択に時間を要したと考えられる．また，インサイドキックとアウトサイドキックにおける反応動作開始までの時間の変化からは，属性間で個別の動作ごとに反応の良し悪しがあることが示された．これにより，反応に影響を与える認知機能は局面ごとの経験が関与していることが示された．

研究3では，研究2より反応動作に影響を与える競技特異的な経験とは局面特異的なものである点に着目し，競技特異的状況下

での反応動作における認知機能向上のための介入トレーニングとして学習用映像を作成し、その効果を検討した。介入トレーニングと環境がほぼ同等となる反応動作測定の他に実践となる競技中のパフォーマンスに対する介入トレーニングの効果を評価するためにミニゲームを採用したことで、被験者数は少ないという条件での検討となった。作成した学習用映像では、キック動作において動きの変化が起こるとされる実際のキックから 300msec 前⁶¹⁾のシーンで遮断する加工を行い問答形式としたことおよびその後の即時フィードバックを行ったことでキック動作の変化点とされる局面に対する理解の向上と記憶化に貢献できる内容であったと考えられる。結果からは、アウトサイドキックに対する反応動作でのみ対照群と実験群の両群で有意な向上がみられた。ここで介入前後での効果量から両群を比較すると、実験群ではすべての種類のキックへの反応において介入前後で効果量が大きくなる時間の短縮が示され、向上がみられた。一方で、対照群ではインサイドキックで延長（効果小）およびアウトサイドキックで短縮（効果大）することが示された。実験群の結果より、介入トレーニングの効果があったことが示唆される結果となったが、対照群の変化については介入前測定による学習効果とアウトサイドキックという課題の難易度において検討の余地が残った。また、実際の競技中におけるパフォーマンスへの影響に関しては、結果からは指標として用いたパフォーマンススコアが対照群でより減少したことから実験群のパフォーマンスは相対的に向上したことが示唆された。パフォーマンススコアに関係する値としては、有意な変化ではないものの、ボールを受ける回数が特に対

照群で減少し、ボールを失う回数においては対照群で増加し実験群で減少したことである。合わせて、守備行動の実数では対照群でインターセプトの減少とこぼれ球を拾う回数の増加、実験群でインターセプトの増加とこぼれ球を拾う回数の減少がみられた。これらのことより、介入トレーニングで得られた効果は実際の競技中におけるパフォーマンスにも反映する可能性が示唆された。

最後に今後の課題と展望について述べる。本研究により、競技特異的な経験が認知機能としてアジリティ能力に影響を与えることを明らかにすることおよびその競技特異的な経験の構造に関する知見を得ることができた。また、本研究で用いた反応動作開始までの時間に対する測定方法は光電管とハイスピードカメラという安価で様々な指導現場で活用することができるといえる。しかしながら、測定項目として認知の開始点ではなく、動作の開始点を基準として採用している点で認知機能のうちの予想や予測および反応選択のどの能力が反映された結果であるのかは明らかになっていない。この点においては、アイレコーダーのような視線という刺激受容に関わる因子を捉える機器や脳波のような認知機能を数値化することが可能な機器による結果をあわせて検証していくことが必要と考えられる。また、研究3では競技中のパフォーマンスへの効果を評価するためにミニゲームの形式を採用し、一人当たりのボールへの関与時間やチーム内外の力関係といった因子を揃えるために4対4+2サーバーの形式で1組のみを対象とした。そのため、被験者数が少ないことおよびスコア化の対象となった行動の実数自体があまり多くない点で、一般化するには多様な被験者群での検証を重ねていくことが

必要であると考え、これらの点が今後の課題といえる。

本研究を基にした今後の展望としては、競技特異的な経験とは局面特異的な経験であることと、映像学習を用いた介入トレーニングはアジリティ能力の認知機能の向上に効果的であることの2点より考える。まず、競技特異的な経験については、その局面構造を理解することと概念化による長期記憶としての貯蔵も重要であることをトレーニング現場への知見として生かすことにつなげていきたい。局面構造を意識することの提唱は、フィールドでのスキルトレーニングにおける効果的なプログラムやコーチング、あるいはウェイトルームでのストレングストレーニングにおける、筋ではなく動作ごとの筋出力に対して認知的要素を付加したトレーニングの創造に本研究結果は活用できると考える。映像学習の効果については、スキルトレーニングに対する補助トレーニングとしての活用や競技復帰に向けたリハビリトレーニング時の補助トレーニングとしても映像学習を用いることの有効性を伝えることが可能になると考える。

先述した課題へのアプローチも含め、競技パフォーマンスの基盤となる身体動作を扱うストレングスコーチやアスレティックトレーナーはもちろん、その身体能力を競技パフォーマンスへと変換するための導きを行うスキルコーチも含めたアスリートを支える専門職が現場で活用できる十分な知見が発信されていくことが今後も望まれる。

第 6 章

結論

本論文では、アジリティ能力に影響を与える認知機能に関する新たな知見を得るために、認知機能に関与する競技特異的な経験に着目し、競技特異的な状況下での反応動作測定において多様な属性間および反応対象を用いた比較研究と映像学習を用いた介入トレーニング研究を行った。

その結果、以下のような結論を得た。

- ・サッカー競技に特異的な状況下となるサッカーパスに反応する反応実験では、サッカー選手の方がバレーボール選手よりも反応動作開始までの時間が有意に短かった
- ・サッカー競技に特異的な反応課題であるパス動作への反応において、反応する方向の選択肢が増加し難易度が上がるとサッカー選手、バレーボール選手ともに反応動作開始までの時間が有意に長くなった
- ・サッカー競技に特異的な反応課題の難易度が上がったことによる反応時間の変化はサッカー選手よりもバレーボール選手の方が大きかった
- ・競技特異的な経験の有無はアジリティ能力に影響を与えることが示された
- ・サッカー競技に特異的な反応課題において、反応課題が異なる場合に被験者の属性によって変化が有意に異なることが示された
- ・アジリティ能力に影響を与える競技特異的な経験とは局面特異

的な経験である可能性が示された

・競技特異的な経験に着目した映像学習による介入トレーニングは同様の反応課題に対する能力の向上に効果がある可能性が示唆された

・競技特異的な経験に着目した映像学習による介入トレーニングは実践となるミニゲーム中の競技パフォーマンスの改善に効果がある可能性が示唆された

参考文献

- 1) Paul DJ, Gabbett TJ, Nassis GP. : Agility in team sports : Testing, training and factors affecting performance, *Sports Medicine*, 46 : 421-442, 2016.
- 2) Sheppard JM, Young WB. :Agility literature review : Classifications, training and testing, *Journal of Sports Sciences*, 24(9):919-932, 2006.
- 3) Young W, Farrow D. :A review of agility:Practical applications for strength and conditioning, *Strength and Conditioning Journal*, 28(5):24-29, 2006.
- 4) Young WB, James R, Montgomery I. :Is muscle power related to running speed with changes of direction?, *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42(3):282-288, 2002.
- 5) 福川裕司, 中島宣行 : 運動課題と視覚課題との訓練における優先順位に関する研究, *順天堂大学スポーツ健康科学研究*, 7:39-47, 2003.
- 6) Zemková E, Vilman T, Kováčiková Z, Hamar D. :Reaction time in the agility test under simulated competitive and noncompetitive conditions, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(12):3445-3449, 2013.
- 7) Savelsbergh GJP, Williams AM, Van der Kamp J, Ward P. :Visual search, anticipation and expertise in soccer goalkeepers, *Journal of Sports Sciences*, 20 : 279-287,

- 2002.
- 8) Mann DTY, Williams AM, Ward P, Janelle CM.: Perceptual-cognitive expertise in sport: A meta-analysis, *Journal of Sport and Exercise Physiology*, 29:457-478, 2007.
 - 9) Serpell BG, Ford M, Young WB.: The development of new test of agility for rugby league, *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24 (12):3270-3277, 2010.
 - 10) Ward P, Williams AM.: Perceptual and cognitive skill development in soccer: The multidimensional nature of expert performance. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 25:93-111, 2003.
 - 11) 広瀬統一, 福林徹: プロサッカー選手のタレント識別指標の検討, *スポーツ科学研究*, 5:1-9, 2008.
 - 12) 松竹貴大, 夏原隆之, 小井土正亮, 鈴木健介, 田部井祐介, 中山雅雄, 浅井武: 競技力が高いサッカー選手の状況判断時における脳内情報処理過程, *体力科学*, 67(1):107-123, 2018.
 - 13) 三好健夫, 広瀬統一, 福林徹: サッカーパフォーマンスと選択反応時間及び生物学的成熟度の関係, *スポーツ科学研究*, 2:128-136, 2005.
 - 14) Nimmerichter A, Weber NJR, Wirth K, Haller A.: Effects of video-based visual training on decision-making and reactive agility in adolescent football Players, *Sports*, 4(1), 2016. DOI:10.3390/sports4010001
 - 15) Serpell BG, Young WB, Ford M.: Are the perceptual and

- decision-making components of agility trainable? A preliminary investigation, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5):1240-1248, 2011.
- 16) Romeas T, Guldner A, Faubert J.: 3D-Multiple object tracking training task improves passing decision-making accuracy in soccer players, *Psychology of Sport and Exercise*, 22:1-9, 2016.
- 17) 武澤実穂, 星野聡子:バレーボールにおけるレシーバーの視覚探索ストラテジ:トスおよびスパイクコースの正確な判断にむけて, *奈良女子大学スポーツ科学研究*, 16:9-19, 2014.
- 18) 福田忠彦: 運動知覚における中心視と周辺視の機能差, *テレビジョン学会誌*, 33(6):479-484, 1979.
- 19) 清水安夫, 煙山千尋, 尼崎光洋:スポーツ競技者の視覚認知とパフォーマンスとの関係:バドミントン選手の動体視力とパフォーマンス変数を指標とした検討, *桜美林論考. 自然科学・総合科学研究*, 1:81-95, 2010.
- 20) Hüttermann S, Memmert D, Simons DJ.:The size and shape of the attentional “spotlight” varies with differences in sports expertise, *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 20(2):147-157, 2014.
- 21) Hick WE.:On the rate of gain of information, *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 4(1):11-26, 1952.
- 22) 藤島仁兵, 松永郁男, 丸山敦夫, 高岡治, 鬼塚幸一, 古村 溝:光刺激呈示条件の差異に基づく全身反応時間の研究, *鹿児島大学教育学部研究紀要 自然科学編*, 44:39-51, 1992.

- 23) 武藤大介, 舟崎淳, 横田崇:「予知」と「予測」及び類似の語に関する調査, *験震時報*, 76:189-217, 2013.
- 24) Spierer DK, Peterson RA, Duffy K.:Response time to stimuli in Division I soccer players, *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(4):1134-1141, 2011.
- 25) Williams AM, Davids K, Williams JG.:Indirect theories of perception and action : an overview, *Visual perception & action in sport*, Routledge, New York, 9-10, 2013.
- 26) 夏原隆之, 加藤貴昭, 中山雅雄, 浅井武:サッカーの状況判断における知覚認知スキルの研究動向と今後の課題—コーチング学への示唆—, *コーチング学研究*, 31(1):1-10, 2017.
- 27) 田中雅人:ボールゲームにおける状況判断と知識の構造, *愛媛大学教育学部紀要*, 51(1):107-114, 2004.
- 28) 今村一博:多読が単語・コロケーション・定型句・反義語の認識(アクセス)速度に及ぼす影響, *外国語教育メディア学会機関誌*, 48:185-214, 2011.
- 29) Aglioti SM, Cesari P, Romani M, Urgesi C.:Action anticipation and motor resonance in elite basketball players, *Nature Neuroscience*, 11(9):1109-1116, 2008.
- 30) 吉田雄大, 板谷厚, 大田穂, 嶋崎達也:ラグビー選手の競技力評価におけるリアクティブアジリティテストの有用性, *トレーニング科学*, 29(1):55-63, 2017.
- 31) Cox RH.:Effects of attention, emotion and mood on

- performance, *Sports psychology concepts and applications (7th ed.)*, McGraw-Hill, New York, 131-133, 2012.
- 32) Appelbaum LG, Erickson G.:Sports vision training : A review of the state-of-the-art in digital training techniques, *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 2016, DOI:10.1080/1750984X.2016.1266376
- 33) Bailenson J, Patel K, Nielsen A, Bajscy R, Jung SH, Kurillo G.:The effect of interactivity on learning physical actions in virtual reality, *Media Psychology*, 11:354-376, 2008.
- 34) 李宇譔, 平田大輔, 續木智彦, 西條修光:サッカーにおける認知的トレーニングの有効性に関する研究, *専修大学体育研究紀要*, 36:1-8, 2012.
- 35) Schweizer G, Plessner H, Kahlert D, Brand R.:A video-based training method for improving soccer referees' intuitive decision-making skills, *Journal of Applied Sport Psychology*, 23(4):429-442, 2011.
- 36) Farrow D, Abernethy B.:Can anticipatory skills be learned through implicit video-based perceptual training?, *Journal of Sports Sciences*, 20:471-485, 2002.
- 37) Fédération Internationale de Football Association, Technical and tactical analysis, *FIFA Women's World Cup CANADA 2015 Technical Report and Statistics*, 39, n. d.

- 38) Botwinick J, Thompson LW. :Premotor and motor components of reaction time, *Journal of Experimental Psychology*, 71(1):9-15, 1966.
- 39) 松竹貴大, 實宝希祥, 門岡晋, 菅生貴之, 浅井武:サッカー選手の判断に伴う中枢情報処理能力の評価, *スポーツ心理学研究*, 43(1):1-13, 2016.
- 40) Williams AM, Davids K, Williams JG. :Anticipation and decision-making in sport, *Visual perception & action in sport*, Routledge, New York, 96-99, 2013.
- 41) Maciel RN, Morales AP, Barcelos JL, Nunes WJ, Azevedo MMA, Silva VF. : Relation between reaction time and specific function in volleyball players, *Fitness and Performance Journal*, 8(6):395-399, 2009.
- 42) Matlák J, Tihanyi J, Rácz L. :Relationship between reactive agility and change of direction speed in amateur soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(6):1547-1552, 2016.
- 43) 近藤明彦:反応時間からみた知覚-運動機能に及ぼす運動経験の影響, *慶應義塾大学体育研究所紀要*, 22(1):1-9, 1982.
- 44) Farrow D, Abernethy B, Jackson RC. :Probing expert anticipation with temporal occlusion paradigm: experimental investigations of some methodological issues, *Motor Control*, 9:330-349, 2005.
- 45) Bakeman R. :Recommended effect size statistics for repeated measures designs, *Behavior Research Methods*,

- 37(3):379-384, 2005.
- 46) 水本篤, 竹内理: 研究論文における効果量の報告のために- 基本的概念と注意点-, *英語教育研究*, 31:57-66, 2008.
- 47) Young WB, Willey B.: Analysis of a reactive agility field test, *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13:376-378, 2010.
- 48) 藤島仁兵: 光・音刺激に対する全身反応時の測定, *鹿児島大学教育学部研究紀要 自然科学編*, 22: 119-131, 1971.
- 49) Afonso J, Garganta J, Mesquita I.: Decision-making in sports: the role of attention, anticipation and memory, *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 14(5):592-601, 2012.
- 50) Young W, Farrow D.: The importance of a sport-specific stimulus for training agility. *Strength and Conditioning Journal*, 35(2): 39-43, 2013.
- 51) 広瀬統一, 菅澤大我.: アジリティトレーニング, ボールを使ったフィジカルトレーニング, ベースボール・マガジン社, 東京, 118, 2016.
- 52) 長島俊輔: 看護分野での統計改革を目指して: t 検定における d 効果量の報告状況とその普及に向けた課題, *日本看護研究学会雑誌*, 41(5):1013-1019, 2018.
- 53) 近藤明彦: 調整力テストとしての全身選択反応時間の測定とノルム作成の試み, *慶應義塾大学体育研究所紀要*, 34(1):1-19, 1994.
- 54) 高野淳司, 岩間優花, 菅野俊郎, 菅隆寿: 運動習慣の違いに

- よる全身反応時間と体力要素の関係, 一関工業高等専門学校研究紀要, 52:9-14, 2017.
- 55) Cerrah AO, Soylu AR, Ertan H, Lees A.:The Effect of Kick type on the relationship between kicking leg muscle activation and ball velocity, *Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine*, 7(1), 2018. DOI:10.26773/mjssm.180305
- 56) 赤木正人, 入江佳洋:音情景解析の概念にもとづいた音声プライバシー保護, *電子情報通信学会論文誌 A*, J97-A(4):247-255, 2014.
- 57) 大西史晃, 広瀬統一:競技力・年齢比較からみるサッカー選手の反応動作に対する認知機能の関わり, *日本アスレティックトレーニング学会誌*, 5(1):43-52, 2019.
- 58) Onishi F, Mineta S, Hirose N.:Does sport-specific experience affect reaction times in the premotor phase?, *Journal of Athletic Enhancement*, 8(2), 2019.
- 59) Leser R, Baca A, Uhlig J.:Effectiveness of multimedia-supported education in practical sports courses, *Journal of Sports Science and Medicine*, 10:184-192, 2011.
- 60) Gréhaigne JF, Richard JF, Griffin LL.: An introduction to the team-sport assessment procedure and the game performance assessment instrument, *Teaching and Learning team sports and games*, Routledge, New York, pp.89-93, 2012.

- 61) Hunter AH, Murphy SC, Angilletta MJ Jr, Wilson RS.: Anticipating the direction of soccer penalty shots depends on the speed and technique of the kick, *Sports*, 6(3):73, 2018. DOI:10.3390/sports6030073
- 62) 中本浩揮, 杉原隆, 及川研: 知覚トレーニングが初級打者の予測とパフォーマンスに与える効果, *体育学研究*, 50:581-591, 2005.
- 63) 石倉忠夫: 学習モデルを観察するだけでタイミングをどのくらい学習できるか?, *同志社保健体育*, 46:65-77, 2008.

Appendix

サッカー選手のアジリティ能力に関する認知機能の検討 アンケート調査

名前

種目

問1:一方向への反応動作テストについて

【1-1. 反応動作を行うために最も観察していたものは以下のうち、どれですか？(一つだけ)】

- 1. 全身(特定の部位というよりは全体の雰囲気)
- 2. 顔(顔の向き、目線等)
- 3. 腕・肩(キックの振りかぶり、上半身の傾きや捻り)
- 4. 足・脚(蹴り足のキック面の出現、蹴り足の後方への振り、軸足踏み込みのためのつま先の向き/歩幅変化)
- 5. ボール(ボールの位置、ボールが実際に蹴り出される)

【1-2. 反応動作を行った際の状況に最も近いものは以下のうち、どれですか(一つだけ)】

- 反応した動作は、パス動作であることを見きわめて反応した
- パス動作というよりも変化(身体の動きやそのリズム・速度が変化する等)に反応した
- どちらでもない(何を合図に反応動作を開始しましたか？:)

問2:二方向への反応動作テストについて

【2-1. 反応動作を行うために最も観察していたものは以下のうち、どれですか？(一つだけ)】

- 1. 全身(特定の部位というよりは全体の雰囲気)
- 2. 顔(顔の向き、目線等)
- 3. 腕・肩(キックの振りかぶり、上半身の傾きや捻り)
- 4. 足・脚(蹴り足のキック面の出現、蹴り足の後方への振り、軸足踏み込みのためのつま先の向き/歩幅変化)
- 5. ボール(ボールの位置、ボールが実際に蹴り出される)

【2-2. 反応動作を行った際の状況に最も近いものは以下のうち、どれですか(一つだけ)】

- 反応した動作は、パス動作であることをしっかり見きわめて反応した
- パス動作というよりも変化(身体の動きや動作の速度等)に反応した
- どちらでもない(何を合図に反応動作を開始しましたか？:)

問3:反応方向の数による難易度の変化について

【3-1. 二方向への反応の方が難しかった(一つだけ)】

- そう思う(二方向の方が難しい)→【3-2. へ】
- そう思わない(一方向の方が難しい)→【終了】
- どちらも同じくらいの難易度だった→【終了】

【3-2. 二方向への反応は、どちらの方向か見きわめる必要があるため、しっかりと動作を観察する必要があり、難しかった(一つだけ)】

- そう思う
- そう思わない
- どちらでもない

謝辞

本論文を作成するにあたり、指導教員である早稲田大学スポーツ科学学院の広瀬統一教授には、心より御礼申し上げます。本研究の中心となるアイデアのはじまりは、私が一般参加者として広瀬先生の講演を拝聴したことでした。課程に入ってから御多忙のなか質問や相談に真摯に対応して頂き、大変感謝致します。また、快く副査を御引き受け頂きました堀野博幸先生、彼末一之先生にも心より感謝申し上げます。研究室の大学院生の皆様には、いつもの確なアドバイスを頂き、また議論する中で私の人生にとって貴重な学びの3年間となりました。ありがとうございました。

研究を進めるにあたり、早稲田大学ア式蹴球部の外池大亮監督、野牧元様、東京有明医療大学の笹木正悟先生、びわこ成蹊スポーツ大学の望月聡先生、山田庸先生、田中忍先生、北村裕貴様、山口一樹様、およびBiwako Sports Clubの久保幸平様にはデータの収集において多大なる御協力を頂きました。また、早稲田大学ア式蹴球部、びわこ成蹊スポーツ大学男子サッカー部、BSCジュニアユースチームにおかれましては、研究対象者として御協力頂いた選手および保護者の皆様には厚く御礼申し上げます。

また、勤務先であるNSCA ジャパンの同僚の皆様には研究活動への御理解頂きましたことを感謝致します。特に、研究においてアドバイス等賜りました飯田祐士教育研究ディレクター、佐藤裕務教育研究オフィサー、渡部一郎ストレングス&コンディショニングコーチには心より感謝致します。

最後に、本論文を作成するにあたり、多くの時間を掛けた中で常に理解し、励まし、側で支えてくれた家族にはこの場を借りて感謝の意を表します。

2020年1月末日

大西 史晃