

九州工業大学大学院

生命体工学研究科脳情報専攻博士論文

広域視覚情報の獲得方略に関する研究

- 周辺視反応トレーニング法の構築に向けて -

今村 律子

(脳情報専攻)

指導教員 磯貝 浩久

平成 25 年度

目次

第1章	序論	5
1.1	眼とスポーツ	6
1.1.1	スポーツにおける視覚研究	6
1.1.2	視覚情報を利用したトレーニング	8
1.2	眼球運動	10
1.2.1	眼の構造と視覚機能	10
1.2.2	滑動性追従性眼球運動と跳躍性眼球運動－共動性眼球運動	13
1.2.3	輻輳・開散運動－非共動性眼球運動	14
1.2.4	注視点距離	15
1.3	スポーツと視野範囲	16
1.3.1	視野範囲	16
1.3.2	中心視と周辺視の処理過程	17
1.4	スポーツフィールドへの接近	18
1.4.1	刺激呈示が与える臨場感	18
1.4.2	球技種目選手の視覚情報活用状況	20
1.5	本研究のねらい	22
1.5.1	広域視覚情報の獲得方略へのアプローチ	22
1.5.2	研究の位置づけと目的	25
1.5.3	本研究の構成	28
第2章	刺激呈示サイズの違いにおける視覚情報の比較	30
2.1	目的	31
2.2	方法	32
2.2.1	対象	32
2.2.2	実験装置	33
2.2.3	実験条件	33
2.2.4	実験手続き	34
2.2.5	データ解析	37
2.3	結果	37
2.3.1	呈示サイズの違いにおける追従課題の比較	37
2.3.2	速度の違いによる視覚活動	42

2.3.3	視覚活動と課題に対する意識調査	42
2.4	考察	46
2.5	結論	49
第3章	注視点距離から見た周辺視の視覚情報獲得	50
3.1	目的	51
3.2	方法	52
3.2.1	対象	53
3.2.2	実験装置・環境	53
3.2.3	実験条件	56
3.2.4	実験手続き	57
3.2.5	データ解析	58
3.3	結果	61
3.3.1	反応時間における注意容量と反応形態による検討	61
3.3.2	反応形態と呈示条件別による反応時間と注視点距離の関係	62
3.3.3	注視点距離と疲労度	65
3.4	考察	66
3.5	結論	70
第4章	広域視野範囲におけるサッカー選手の視覚情報処理	71
4.1	目的	72
4.2	実験 I 有効視野(110°)と生理的視野(180°)の反応時間と注視点距離	74
4.2.1	目的	74
4.2.2	方法	75
4.2.2-1	実験装置・環境	75
4.2.2-2	実験条件	79
4.2.2-3	実験手続き	80
4.2.2-4	データ解析	81
4.2.3	結果	82
4.2.3-1	反応形態と呈示条件による反応時間と注視点距離の検討	82
4.2.3-3	反応形態と呈示条件別による反応時間と注視点距離の関係	84

4.2.3-4	条件間の注視点距離の関係	86
4.2.3-5	注視点距離とパフォーマンスとの関係	87
4.2.4	考察	89
4.3	実験Ⅱ 無関係刺激における反応時間と注視点距離の変化	92
4.3.1	目的	92
4.3.2	方法	92
4.3.2-1	対象・実験装置・環境	92
4.3.2-2	実験条件	92
4.3.3	結果	94
4.3.3-1	条件別における注視点距離の比較	94
4.3.3-2	条件間の注視点距離の関係	95
4.3.3-3	注視点距離とパフォーマンスとの関係	95
4.3.3-4	ランキング上位と下位の注視点距離変動パターン	97
4.3.4	考察	103
4.4	結論	107
第5章	総括	108
5.1	総括	109
5.2	トレーニング法の構築へ向けて	111
	参考文献	114
	研究業績リスト	124
	謝辞	127

第 1 章

序 論

1.1 眼とスポーツ

1.1.1 スポーツにおける視覚研究

多くの競技スポーツ場面において、アスリートは絶えず変化する環境の中で競技を行わなければならない。その中でも特に、スポーツ競技者にとって眼に入る周辺環境の視覚情報の役割は大きい。産業教育機器システム便覧(1972)によれば、人は環境からの情報を視覚 83%、聴覚 11%、臭覚 3.5%、触覚 1.5%、味覚 1%であるとされ、視覚情報の役割は大きいことが理解できる。特に球技種目においては、ボールやチームメイト、相手選手など対象となる情報の量が多く、時間的・空間的制約のある中で常に意思決定を行わなければならない複雑な環境下で競技を行っている(Williams et al., 1994)。

近年のスポーツにおける視覚研究では、眼球運動を中心に熟練者と非熟練者の違いが明らかにされている。視覚研究では、主に眼球運動記録装置を用いて、視線配置や視線停留時間や視線配置パターンなどの測定値から熟練者と非熟練者の違いが報告されており、各競技種目やポジション、状況などについて視覚研究が行われている。野球の打撃時における打者の視覚探索研究では、熟練者は投手のリリースポイント時に肘を中心に視線を置くことが報告されている(竹内・猪俣, 2012; Takeuchi and Inomata, 2009; Kato and Fukuda, 2002; 加藤・福田, 2002; Shank and Haywood, 1987)。仲里ほか(2013)は実際に投手に視線計測記機を装着させた状態で視線を計測し、プロ選手と学生選手の視線配置割合を比較している。空手(Williams and Elliot, 1999)、ボクシング(Ripoll et al., 1995)などの対人競技においても同様に、熟練度の違いによって視線を配置する位置や回数から視覚情報から明らかにされている。また、ラケット競技では、テニス(Goulet et al., 1989)やバドミントン(Hagemann, 2006)などショット時の予測を目的とした視覚研究が行われている。さらに、動かないターゲットへの視線配置をバスケ

ットボールのショット時(Oudejansa et al., 2005; Shawnee and Vickers, 2001; Vickers, 1996)やゴルフ(Naito et al., 2004), 射撃(Janelle et al., 2000)などでは, ターゲットへの視線配置が成功率に影響していることが報告されている. 球技種目であるサッカーでは, 1対1のディフェンス時のディフェンダーの視線の配置と視線の配置パターンの計測(Nagano et al., 2004)やペナルティーキック時における視線の測定が行われている(Nagano et al., 2004; Williams et al., 1994; Williams et al., 1999). アイスホッケー(Panchuk and Vickers, 2006; Martell and Vickers, 2004)においても同様にゴール前の状況において視線計測が行われている. これらのスポーツにおける視覚研究の共通点として, 対象となる競技やスポーツ状況は1対1の対人状況やその対象物の周辺範囲を視野範囲の対象であり, 競技特性や実施状況などが限定されることがあげられる.

Vickers(2007)は, 眼球運動による視覚探索を3つの構造に分けている. まず, ターゲット課題(Targeting Tasks)として動かない目標に向け視線配置を行うもので, バスケットボールのフリースローやゴルフのパッティングの状況をあげている. 次に, タイミング調整課題(Interceptive Timing Tasks)としてバレーボールのレシーブやパス時, 野球の打撃時など動くターゲットに対する視線配置を行う場合をあげている. 3つ目には, 戦術的課題(Tactical Tasks)としてスピードスケーターやサッカーなどの球技種目における予測などを目的とした視線配置を行う場合である. さらに, 視線配置だけでなくVickers(2007)は, 「Quiet eye (視線の長い停留)」という, 重要な局面では視線は空間のある1点に長く停留するという現象に注目している.

視覚研究では, 眼球運動測定装置を使用し, 注視点の座標から算出される視線位置や, 注視点の停留時間から習熟度が検討されてきた. 熟練者特有の視線が明確にできないことから, 視覚情報の対象の映像にマスキングを行い, 得られた一部の情報から予測を行うという空間的遮断手法を用いた研究もおこなわれている(竹内・猪俣, 2012; 武田ほか, 2012; Muller et al., 2006). Helsen and Pauwels(1992)は, 視覚探索の熟練度の違いは技術レベルや, 戦術などの知識レベルの違いが大きく影響していることを指摘

している。すなわち、選手個人の経験や身体能力、技術レベルの影響などを考慮することが、スポーツにおける視覚研究にとって重要だと考えられる。

1.1.2 視覚情報を利用したトレーニング

優れたパフォーマンスを発揮する熟練者は、非熟練者よりも視覚的ハードウェア的特性、いわゆる身体特性が優れているとされる(兄井, 2008)。このことから優れたパフォーマンスを発揮するためには、環境の情報を素早く正確に獲得する知覚・認知的能力が重要であるといえる。このような知覚・認知に関する能力をコンピューターになぞらえて理解するという観点から、視覚システムのハードウェア的特性とソフトウェア的特性として2つに大別されている(兄井, 2008)。

視覚的ハードウェア的特性を高める方法として、スポーツビジョンのトレーニングがあげられ、眼の諸機能を高めることで、いかにして競技パフォーマンスの向上が図れるのか進められた。球技種目に限らず、多くのスポーツ競技種目にとって視覚情報の役割は大きい。スポーツと視覚に関する研究は、1970年代半ばにアメリカで盛んに行われ、我が国においても、1988年にスポーツビジョン研究会の発足から研究が活発に進められている(石垣, 2007)。スポーツ関わる基本的な視覚機能として、静視力、KVA 動体視力 (KVA : Kinetic Visual Acuity), DVA 動体視力 (DVA : Dynamic Visual Acuity), コントラスト感度, 眼球運動, 深視力, 瞬間視, 目と手の協応動作の8項目の測定を行うことが、スポーツパフォーマンス向上の貢献に寄与するものとされている(真下, 2002)。そして、視力や眼球運動に関わる動体視力, 視野, 輻輳, 両眼視差, 調節による深視力, コントラスト感度などの測定指標を中心に測定し、トレーニングを行うことで、競技時におけるパフォーマンス変数との関連性が明らかにされており、パフォーマンスの向上に期待できることが報告されている(中本ほか, 2007; 清水ほか, 2010; 石垣, 2002; 村田・杉足, 2000)。

視覚的なソフトウェア的特性は、視覚情報処理の方略やそのスポーツ領域特有の専門的知識を活用することで、優れたスポーツパフォーマンスを発揮できるというものであり、視覚配置パターンや状況予測をもとに熟練者と非熟練者の視覚的ソフトウェアの違いが明らかにされてきた。スポーツにおける状況判断の研究においては、プレー状況のビデオ呈示により、ある場面で映像を遮断し、結果を予想させる時間的遮断法(張ほか, 2008)や、特定の空間部分が遮断された状態で結果を予測する空間的遮断法(竹内・猪俣, 2012; Abertnethy and Russell, 1987; Hagemann and Strauss, 2006; Abernethy, 1990)にて、結果に直接結びつきにくい周囲の状況からも有益な情報を抽出することで正確な予測を可能にしていることが明らかにされている。オープンスキルにおいて熟練者は、プレー状況の再生といったパターン認識の能力が非熟練者よりも有意に高いとされており、優れたパフォーマンスを発揮する熟練者は、長期のスポーツ経験によって組織化された概念や事実に関する宣言的知識や、運動の方法や情報収集方略に関する手続き的知識を保有している(武津, 2012)。これらの研究からわかるように、状況判断には視覚情報の獲得が重要である。Williams et al.(2004)は、視覚情報獲得スキルのソフトウェア的特性であるパターン認識や状況予測スキルの研究から、優れたスポーツパフォーマンスを発揮する熟練者の特徴を、①構造化されたプレー状況のパターンを早く正確に再生、再認でき、②スポーツパフォーマンスに関連するボールなどの対象を背景の中からより早く正確に検出することが可能で、③より効率的な視覚探索方略と有効な視覚手がかりを利用して対戦相手の動きを予測する能力に優れ、④与えられた特定の状況下で次に何が起こるのかといった予測が素早く正確に行える、といった知覚・認知的能力のソフトウェア的特性が優れているとまとめている。

1.2 眼球運動

1.2.1 眼の構造と視覚機能

眼に映る色や形を光の情報として網膜で受け取ることにより、電気的な刺激(信号)を生じさせる。電気信号は神経を伝って脳へ送られ、脳がその信号を形や色として認識し、初めて立体感のある映像が描き出される。また、眼球をどう動かすかは脳が指令を送り、神経を経由して筋肉を制御している。

眼は6本の骨格筋によって、バランスを保ちながら両眼が共同運動している。これを外眼筋という。外眼筋は、眼球を上下左右に動かすために、6種類の骨格筋によって回転運動を行っている。外眼筋は、透明な結膜の下の白目(強膜)に付着しており、眼球を上動かす上直筋、下動かす下直筋、鼻側(内側)に動かす内直筋、耳側(外側)に動かす外直筋、そのほか特殊なものとして、上斜筋と下斜筋があり、これらの眼球を斜め方向に動かしたり、回転させたりする役割を持っている(図 1-1)。外眼筋は、他の骨格筋と異なり筋繊維が著しく細く、均等の太さを有しており、構造的に特殊な運動を行うのに適していると言われている(日本視覚学会, 2000)。

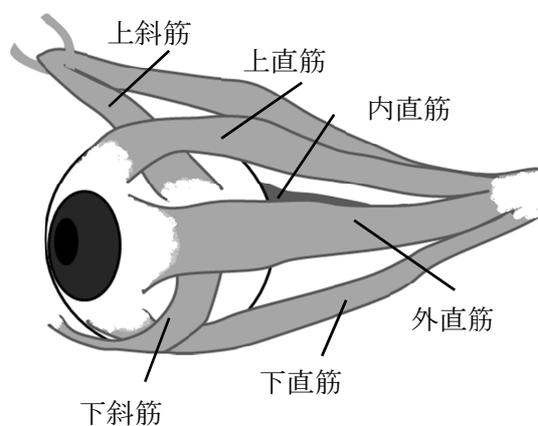


図 1-1. 外眼筋(左目の眼球)

眼の構造には、外壁部分(網膜、脈絡膜、強膜)、屈折や調節をおこなう組織(角膜、虹彩、水晶体、毛様体、チン小帯)、眼の内容物(硝子体、房水)があげられる(図 1-2)。

網膜—眼球の内壁にあり、網膜の中心部は視力に最も関係している部位である。黄褐色に見えるため、黄斑部と呼ばれる。さらに黄斑の中央部は網膜が 0.05 mm 程度と薄くすり鉢状に凹んでおり、中心窩と呼ばれる。網膜の視細胞層から外網状層にかけて視細胞が存在し、光刺激を吸収し電気信号へと変換する役割を持っている。視細胞には、明所で機能する錐体と暗所で機能する桿体の 2 種類がある。

脈絡膜—強膜の内側にある部分で、無数の毛細血管がはりめぐらされて、網膜と強膜に、酸素と栄養を送っている。

強膜—眼を衝撃から守り、眼の形を保持している。

中心窩—黄斑の中心を中心窩という。

角膜—白目部分の強膜とつながっており、眼球の形を保つ働きも持っている。角膜の厚さは 1 ミリ程度で、表面より上皮、ボーマン膜、固有質(実質)、デスメ膜、内皮の 5 層で構成され、眼の屈折力全体のおよそ 2/3 は角膜によるものである。

虹彩—中央に穴(瞳孔)があり、虹彩の中の平滑筋の働きにより、穴を変化させることによって、網膜に入る光の量を調節している。

水晶体—両凸レンズ状で、毛様体に連結されている。毛様体は水晶体の厚さの調節、つまり遠近調節に関係し、光量調節を行う。

毛様体・チン小帯—毛様体には毛様体筋という筋肉があり、毛様体筋の働きによってチン小帯を通じて水晶体の厚みを変化させ網膜にはっきりした像を結ぶようにしてピント合わせを行う。この働きを調節という。

硝子体—無色透明な組織で水晶体のうしろから網膜の前まで、眼球の大部分を成している。これにより、眼球の形をしっかりともつ役割があり、房水とともに、眼圧を作り出している。

房水—透明な組織である水晶体と角膜に、酸素と栄養を供給し、同時に、老廃物の回収を行っている。

瞳孔—ヒトの場合、瞳孔径は 2mm から 8mm 程度の間で変化する。明所では縮瞳が生じ、瞳孔径は小さくなる。暗所では散瞳が生じ、瞳孔径は大きくなる。瞳孔径の変化は、網膜に投射する光量の調整に寄与する。

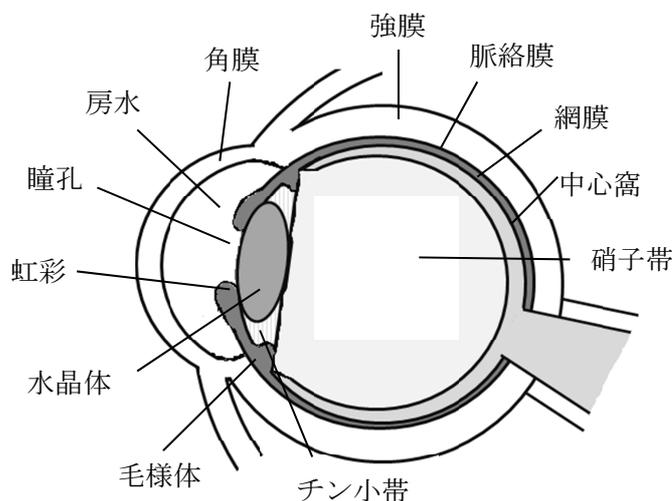


図 1-2. 眼球

池田(1988)は、網膜の諸細胞、視神経、外側膝状体や大脳皮質の細胞など、全てが備わっていても、それらはまだ働きを知らない部品にすぎないと主張している。すなわち視覚は、眼に映る外界の空間的現象が大脳に情報として送り続けられることで有効に働き見る機能として成立する。基本的な視覚機能の精度が高いということも大切であるが、そこに意味づけがなければただの映像にすぎず、眼に映り込む対象が何を意味し、その情報によってどう判断するかが行動を決定すると言える。

スポーツにとって重要な視覚機能として、石垣(1992)は、視力、視野、奥行き知覚をあげている。視力とは、物体の存在や、形状を認識する眼の能力であり、静止視力と動体視力が上げられる。視野は、外界の一点を凝視するとき、その点を中心として見える範囲とされる。奥行き知覚は生理的手がかりと経験的手がかりにより、二次元像を三次元に知覚することができる。これらの視覚機能は、ほとんどの対象が動きを伴っているスポーツ場面で重要な機能であり、その機能がどう有効に使われているかによって勝敗さえ左右する可能性を持っている。

1.2.2 滑動性追従性眼球運動と跳躍性眼球運動—共動性眼球運動

眼球運動は、両眼の眼球運動として左右の眼が同じ方向に動く共動性運動と、互いに逆方向に動く非共動性運動として輻輳・開散運動に分けられる。共動性運動は、二次元平面上や等距離の視対象を移動するときに生じる。

共動性眼球運動には、跳躍性眼球運動や滑動性追従性眼球運動などがあり、網膜上における外界の像のぶれを最小にし、安定した視界を確保するのに役立っている。跳躍性眼球運動は、目の前にボールが飛んできた場合にボールを見ようとするときにボールを視野の中心で捉えるために生じる素早い運動のことである。この跳躍性眼球運動は、視覚対象を網膜の中心窩にもたらず速い眼球運動であり、視標と視線の位置のズレの大きさによって眼球の移動量が決められ(篠田, 1985)、健常者でも疲労時や注意集中困難時に見られることがあるとされている(松浦, 2003)。

一方、滑動性追従性眼球運動は、一度捉えた対象を追いかけるために、ゆっくり動かして対象の像が網膜の中心窩と結ばれるように捉えるような眼球運動のことである。この眼球運動は比較的ゆっくり動く対象物を網膜の中心窩で捕らえながら滑らかに追視する運動で、動く視覚対象に注意を凝らしてそれを認知するために必要な眼球運動である。

跳躍性眼球運動は、随意的に注視点を変えていくため運動中の視覚が低下するのが特徴であり、一方、滑動性追従性眼球運動は、ゆっくり動くものをずれないように補正しながら眼球運動をコントロールするため、その間は視覚が保持されるという特徴がある。

スポーツ場面において眼球運動は、状況を素早く認知するために重要であり、スポーツ選手は一般人よりも注視が安定していること(Di Russo et al., 2003)や、跳躍性眼球運動の潜時が短いこと(Land and McLeod, 2000)などが報告されている。

1.2.3 輻輳・開散運動—非共動性眼球運動

輻輳・開散運動は非共動性の眼球運動である。輻輳・開散運動は、三次元的に距離の異なる視対象や立体画像などを見る時に生じる。輻輳運動は、目の前の対象に視線を交差させようとする両眼の動きであり、この緊張の度合い(輻輳角)と対象までの距離が対応していることから、奥行きなどの立体知覚ができる視機能である。網膜に写った映像が脳の中樞神経に伝わり、脳の命令によって眼筋が働き両眼を内に引き寄せ(輻輳)、両眼の映像を一つにして(融像)、調節をし、遠近感(立体感)を出している。輻輳は近距離、20m 程度までが有効とされ、遠方では視線が平行に近くなるため対象までの距離の差の検出は困難であるとされる(日本視覚学会, 2000)。

また、輻輳・開散運動は、調節作用と密接な関連動作を行っている。調節作用は、毛様体筋により水晶体の厚みを変化させて目の前にある像へのピント調整を行っている。特に、遠方から近いところへ視線を移動させたり、近距離の対象を注視させたりする場合は、外眼筋を使うために眼の疲れなどが生じる。

これらの輻輳・開散運動や調節作用は、スポーツ競技においても広域に起こる事象に対して(味方、対戦相手、ボールや審判など)、視点距離(奥行)を把握するために重要な視覚機能である。

1.2.3 注視点距離

注視点距離は、眼球運動のひとつである立体視や奥行きを感知するための輻輳・開散運動による左右の目の輻輳角から算出された視線が交差する点までのことを示している(図 1-3)。注視点の距離に目的対象物があれば、そこまでの距離は観察距離となり、実際の距離と同じである。注視点が対象物と同じ距離にあり、焦点を合わせているということは、中心視で対象物を捉えているということとなる。

注視点距離を算出する輻輳・開散運動の働きは、奥行知覚の最も重要な役割を担っている。この働きが作る角度(輻輳角)は物体までの距離によって変化するので、眼球の回転角が奥行きを知覚させる。

目的対象物に注視点を置き、固視の状態でも周辺視情報を捉えるための視覚情報獲得の方略は、立体視の知覚方略から説明される。注視点が遠くにある場合は、右目、左目がそれぞれ象を捉え、実際にある対象が遠い奥行に存在する場合に使われる非交差輻輳(平行法とも呼ばれる)という両眼視差の知覚運動によって視覚情報の獲得を行っている。一方で、対象よりも短い注視点距離の場合は、交差輻輳(交差法ともいう)を行っている。

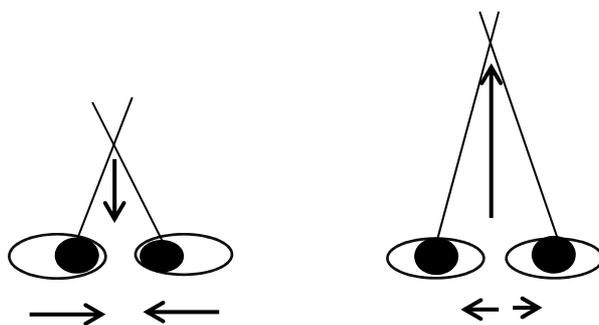


図 1-3. 輻輳・開散運動

1.3 スポーツと視野範囲

1.3.1 視野の範囲

視野とは、視覚刺激が処理できる視角の大きさをいい、視野は中心窩を基準として測定される。健常者の視野は、垂直方向に上側 60°、下側 75°程度とされる。水平方向では、単眼の場合、鼻側 60°、耳側 100°程度であり、120°程度の両眼で重複する視野が存在する。

中心窩から 20°程度の領域は中心視野とよばれ、それ以外の領域を周辺視野とされている。一般に中心視野ほど空間分解能が高く、周辺視野では色覚が失われるとされている。周辺視野は網膜構造、あるいは視力との関係で用いられることが多い。

有効視野は、中心視野の周り、すなわち周辺視野のうち、認知に寄与する部分を示す。有効視野は中心視野ほどの検出力はないが、注視点の移動先決定に関わっているため、何かに気づき、それを手掛かりに行動が決定されるため、情報獲得には重要になると考えられている。Mackworth(1976)は、有効視野は、単に視野計で測定されるような範囲ではなく、ある視覚課題の遂行中に注視点の周りで情報を検出、弁別、処理、貯蔵できる範囲と定義している。有効視野は課題特性に依存し、課題難易度や注意要件が増すと有効視野が縮小することが明らかになり、認知的要因や環境要因によって規定されることが報告されている(Ikeda and Takeuchi, 1975)。池田(1988)は、視野範囲の中でも知覚の及ぶ範囲を有効視野と呼び、有効視野は個人差があり、練習効果も見られ、注視しなければならない負荷が強いほど有効視野は狭くなるとことを示している。有効視野は注視する対象がダイナミックに変化しているスポーツ場面に当てはまる現象と考えられる。

また、注意の研究において、視覚上重なり合った出来事に対して、予測・探索・情報選択され、目の前で起こっていても注意を向けなければ無視できる(見えないものとす)というナイサー(1978)の選択的注視の研究があげられる。周辺視野の役割は他にも

バランスや距離感覚にも関わっており、石垣(1985, 1986)は周辺視野の制限がフリースローの成功率に影響することを検証している。

1.3.2 中心視と周辺視の処理過程

視覚の役割には、視対象の形・色などの物理的特徴やそれらの空間的配置など環境に関する情報を得る側面と、自己の身体運動の情報となる側面があげられる。身体運動によって頭部や眼球が動くことによって、網膜上に投影される環境からの光学的流動として知覚される。視覚情報を受容器レベルで見ると、神経系機能には、網膜にある視細胞特性を持つ錐体細胞と桿体細胞という2種類の視細胞がある。錐体細胞は網膜の中心(中心窩)に多く配置されており、周辺部に行くほど少なくなる。錐体細胞の光感度は低いとされているが解像度は優れており、明るさや色、形などの認識を行っている。一方、桿体細胞は錐体細胞とは違う働きを持っており、中心窩には存在せず周辺部に行くが増加し、視覚 20~30°付近で最も多くなる。桿体細胞は暗所でも光感度が高く、輝度が低い環境で働くが、空間解像度はよくない。桿体細胞は、暗い所でもものを見るための機能と周辺視の機能に関与しており、明暗の感度も高く、明確に「何があるか」ではなく、「何か動いた」という感覚が優先していると考えられ、高速に動くものを検知する働きを担っている。

視覚系を構成する神経経路には、網膜→外側膝状体→視覚野への経路があり、これは腹側経路と背側経路に分かれて情報処理を行う。外界環境から光として網膜へ投影された視覚情報は、錐体細胞、桿体細胞によって光を分析し、電気信号として脳へと送られる。これらの視覚情報は、第1視覚野(V1)へ入力され処理へと進められる。その後、色・形態の情報は、腹側経路としてV2→V4へと伝達され、視覚情報の形態や意味の情報を処理する。一方、空間・運動情報は、背側経路としてV2→V5へと伝達され視覚情報の位置や、その視覚情報へ働きかける運動の処理が行われる。

このように視覚情報は眼球内の網膜で捉えられ、大脳皮質に送られ物体や空間認識の

ための処理が行われている。視覚神経系の生理学の観点から視覚情報の処理経路には、動きや空間の3次元構造などの空間情報担当の背側経路と、色や形など物体認識を担当する腹側経路の2つの機能の理解も進んでいる(花沢, 2004)。また、視覚情報の処理経路は、知覚と行為もしくは行動に起因する異なる目的をもっているとされ、Treverthe n(1968)は、これらを視覚システムとして詳細な運動の指針となる中心視システムと、姿勢などの全身運動の指針となる周辺視システムと名付けている。詳細な情報を捉えるために狭い範囲に対応する中心視システムは、色の感度や形の認識度も高く意識的に情報を捉えるなどの機能を持っている。中心視システムは、視野対象に映る情報の詳細な検討を行ってから行動に結びつけるため反応速度は遅い。一方、周辺視システムは、広いエリアにおいて動いているものや対象の位置などの情報獲得に優れ、その視覚情報獲得のほとんどは無意識的に行われている。広い空間を把握し、姿勢制御などの全身運動の指針となる周辺視システムは、反応速度が速いとされている(加藤, 2004)。

2つの視覚システムが明らかにされているが、これまでの視覚探索研究の周辺視情報は1対1の対人場面を対象とした視覚探索方略研究における周辺視野は、注視すべき対象の周りを周辺視としている。加藤(2004)は、これらの研究において中心視による情報処理を前提とする跳躍性眼球運動に着目した研究は、周辺視システムの機能特性を議論の対象外としている点を課題としてあげている。

1.4 スポーツフィールドへの接近

1.4.1 刺激呈示が与える臨場感

臨場感とは、「あたかもその場に臨んでいるような感じ(大辞林 第三版)」という意味であるが、吉田ほか(2008)の臨場感に関するイメージ調査では、臨場感は視覚、聴覚、前庭感覚、そして身体運動感覚などの遠感覚および自己受容感覚と密接に結びついてい

ることを示している。さらに、「心揺さぶる」という意味で用いられる傾向があることも明らかにされている。現在は3D映像などを使用し、映像情報の呈示方式によって臨場感を引き出そうといった技術が進んでいる。

これまでの視覚研究では、刺激呈示方式として多くの呈示媒体はパソコン用モニターが使用されているが、その刺激呈示媒体そのものの大きさは問題とされていなかった。しかし、近年はプロジェクターや大画面テレビの普及により、情報呈示媒体の技術は急速に進んでいる(藤掛ほか, 2013)。

大画面によって引き起こされる臨場感は空間座標軸の誘導運動効果と大きく関係しているとされ、視機能の優れた中心視野(10°以内)に加え、周辺視野(90°程度)までを網羅した大画面表示により、観察者の重心変動や心理的誘導効果が表れるとされている(畑田, 2002)。また、広視野映像システムの臨場感評価を目的とし江本ほか(2006)の研究では、提示水平視角が広くなり、現実世界を見ている状態に近くなるにつれて、姿勢制御応答も安定し、提示水平視角が61.6°を超えると飽和する傾向にあることを明らかにした。郭ほか(2008)は、表示スクリーンの大きさと距離の知覚が変化することで印象評価に影響を与えることを示した。

映像機器の携帯性に伴う映像配信の発展や、ハイビジョン薄型テレビの普及が進み、3D表示のテレビも浸透し始め、映像は生活をする上で、大変身近な物となっている。また、パソコン用モニター、スマートフォン・タブレット端末の高精細化により、多様な映像を手軽に鑑賞できる環境が整っている。ディスプレイ画角変化の心理的効果のうち、広視野画像から受ける臨場感効果を測定した畑田(1979)は、広い視野に画像を呈示した際に感じる効果のひとつに表示面効果をあげており、画枠が広くなったり、表示面の素材が目立たなくなったりすると、画像表示の位置情報が弱くなり、平面画像が奥行きや広がりのある画像に感じると示している。また、表示情報と受容能力の関係として、画角を広げて行くことにより、視覚情報が増加し、自然な情報受容状態に近づいていくと述べている。画角の広さによる誘導効果の発生状態は、網膜位置による視機能特性と

関係ある知覚量から推定され、下記のような4つで視野の分類を行っている(畑田, 1979).

- a) 識別視野(3°以内)...図形識別など高密度な情報を正確に受容できる範囲
- b) 有効視野(20°以内)...弁別能力は1)よりも低下するが、眼球運動のみで自然な情報受容ができる範囲
- c) 誘導視野(20~110°)...呈示刺激の存在や簡単な判別はできるが、注視動作には頭部運動が自然発生する。全体的な外界情報を判断する際に影響を持つ範囲
- d) 補助視野(110°以上)...刺激の存在のみが判定できる範囲

スポーツと視覚研究の分野において、実験条件や観察の目的によってスポーツ場面への影響は異なるが、広視野の情報呈示を扱ったものは少ない。瀬谷ほか(2003)の追運動研究において、200cm×200cmサイズのスクリーンを使用しているものもあるが、大きさについて考察しているものではなく、他のスポーツビジョンのトレーニング関連の研究においても刺激呈示媒体の大きさにおける影響は検討されていない。

スポーツフィールドでは、「練習は試合のように」と指導者から繰り返される言葉にも表されるように、あたかも「その場にいるような」感覚を要した時にこそ、スポーツ選手の視覚情報処理の方略が捉えられると考えられるため、臨場感を考慮した研究の必要性が示唆される。

1.4.2 球技種目選手の視覚情報活用状況

スポーツフィールドへ接近するために、球技種目の視覚情報の獲得方略の解明には広域の視覚情報の呈示が必要である。同時に、球技種目の選手たちがフィールドで感じているかについて調査する必要がある。そこで、現役球技種目選手60名を対象に「自分の競技場面で、認知や判断が必要なときとは？」という質問を行った。インタビュー内容では、ピッチ、コート上で起こっていることが語られており、違う競技種目でありなが

ら球技種目に必要とされる認知、判断に必要な共通の情報(味方・敵・ボールの位置や数など)が見られた。下記は、主な内容であり、図 1-5 はそれらの内容をまとめたものである。

- ・ボールをもらう前に、もらった後にドリブルで行けるか、ワンタッチでボールを出すか判断する。そのためには、ボールをもらう瞬間には自分の位置、味方の位置、敵の位置をわかってないといけない(サッカー選手)

- ・正確なトスを上げるために、高さの把握(認知)が必要。体育館によっては、天井が低く、感覚がわからなくなるときがある。(バレー選手)

- ・セットプレーに入る前にどんな形でセットプレーになったかを把握しておく。自分たちの心理状態が変わる。それ次第で、どの選手につくか、ポジショニングなどで積極的に出ていくか心理戦が瞬間的に行われる。(サッカー選手)

- ・攻守の切り替えのときに、自分の位置と味方の位置を把握する。どこに走り込むか判断する。

- ・ボールを持つ瞬間の相手、味方のポジショニングを把握することと同時に、それが数的有利かどうかを認知しないと、次にどうするか判断ができないと思う(バスケット選手)

- ・一番後ろから全体を把握して、どこから攻めたら効果的か指示を出すために、全体の選手のバランス(ポジショニング)を見る。数的有利になる状況を予測して指示を送らないと、その場その場では遅い。(サッカー選手)

- ・(プレーが)うまくいったときは、いろんな状況が把握できていたと思う。(ラグビー選手)

球技選手のインタビュー内容から、球技種目の特徴である相手や味方、ボールの位置、そして、その数の把握が重要な視覚情報であることがわかる。これらの視覚情報は広域

の範囲にあり、同じ状況が起こりにくいことが報告された。また、状況の把握が戦術として自分の行動の判断を決定づけることになり、その判断は瞬時に求められる場合と、変わりゆく状況に合わせてながら最適な判断を行う場合などに求められる。その判断を行うには、常に状況の把握は重要である。従って、球技種目の選手は、広域の範囲で変化する視覚情報から有効な情報を獲得しながら、自分自身も動作を行い、同時にどう動くべきか判断を迫られる状況を長時間持続させなければならない。すなわち、あらゆる状況に対応できるよう、プレー前後の視覚情報の把握に重要性を置いていることがうかがえる。

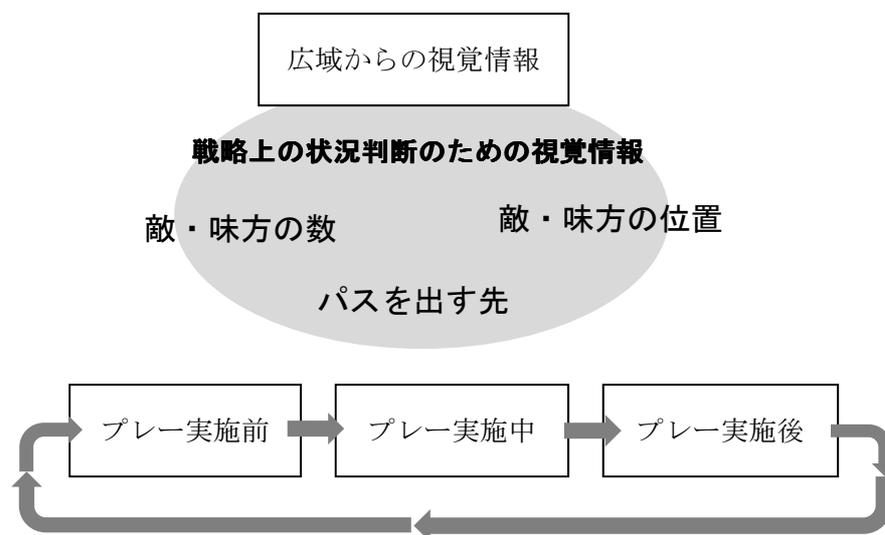


図 1-4. 球技種目選手の視覚情報活用状況

1.5 本研究のねらい

1.5.1 広域視覚情報の獲得方略へのアプローチ

日本古来より伝わる武道において、宮本武蔵の五輪書(2009)の「観見の目付」や、剣道の「遠山の目付」など、相手を見る目の使い方が重要視されている。両者は、身体の動きや相手の全体像を捉えることが必要であるとし、そうすることによって、潜在的な

情報を捉えることが可能になるという教えである。ここで推察されるのは、相手の全体をとらえるために視覚機能である周辺視の重要性が含まれている点である。すなわち、視覚機能において、情報を正確に捉える役割は中心視が担っているものの、スポーツのような複雑な環境下では周辺視による情報の捉え方も重要な意味があると考えられる(Williams et al., 1999)。しかしながら、視覚研究は中心視に着目したものが多く、周辺視については視線配置パターンと注視時間からの推察にとどまっているため、今後は周辺視システムの機能特性に着目していかなければならないことが指摘されている(加藤, 2004)。

これまでの視覚研究によって、対人種目・対人場面に限定した研究において遠山の目付の有効性が示唆されており、遠山の目付は対人種目に有効であることは指導現場で周知されてきた。では、周辺視を必要とされる球技種目においては、遠山の目付は有効であるだろうか。球技種目の選手であってもボールを奪い合う場合には1対1になる場面もあるが、彼らの多くの時間は、広域の環境から情報を得ることに費やされていると考えられる。また、指導者が「常に周りを見ておけ」と練習中でも広い範囲を意識させる姿も見られ、周辺視の重要さは実践場面からもうかがえる。このように時々刻々と変化するオープンスキル競技に必要とされる周辺視システムを見るためには、広域な視野範囲を想定した周辺視を検討する必要があると考えられる。

広範囲の視覚情報を得るには、中心視を活用した眼球運動のみではなく、全体の視覚情報を一度に情報を捉えることも必要である。そこで本研究では、遠くの山を見ると比喻される対象の後方に視点を置く遠山の目付という見方に着目した。すなわち、注視点距離の長さは周辺視を測る手がかりとなるとみなし、対象物の後方に注視点を置くことによって、広範囲の視覚情報を捉えられると考えた。これまでの遠山の目付に関連した研究では、中心視の視線配置パターンの少なさが周辺視情報の獲得の可能性を示していた(福田・加藤, 2003)。周辺視の範囲を広げるために視覚メカニズムとして、注視点は目的対象物より後方に存在すると考えられる。そこで本研究では、注視点距離に着目し、

周辺視の視覚情報処理方略の解明を目指すこととした。

奥行きを知覚するために重要である輻輳・開散運動は、広域の視覚情報源を活用していると考えられる。球技種目には必須のスキルであると考えられ、注視点距離に着目し視覚情報の獲得方略を明確にすることで、新しい周辺視の測定に近づくことが期待できる。

視覚研究において、注視点をどこにおいているのかという視線の位置を評価した視線配置、注視点を停留させている時間を評価した注視停留時間、視線配置や注視停留時間を基準としてその注視点を配置するパターンを評価したものなどがあげられる。これらの評価指標は、主に熟練者と非熟練者を対象としたものであり、視覚情報の獲得方略において習熟過程を説明するものであった。非熟練者が技術の向上を目指す獲得方略であり、技術向上のために有効となる見るべき位置やその順番などが種目、ポジション、状況などによって報告されている。その研究対象は、動かないターゲットに対する視覚獲得方略、対人場面や1対1の状況設定での視覚獲得方略であり、その視線計測の評価対象となる視野範囲は対象周辺に限られている。その原因として、視線計測方法や刺激呈示の困難さがあげられる。また、刺激呈示として主に動画映像が用いられて、その大きさはパソコンモニターなどで実施されていることが原因としてあげられる。

視覚研究において習熟度の違いが視線の位置や停留時間によって差が見られることが報告されているが、課題もあげられている。熟練者の長い停留時間は周辺視で必要な情報を捉えているであろうといった推察に留まっていることなどである。また、仲里ほか(2013)の研究では、プロ投手と学生投手に視線の配置割合に大きな差は見られなかったが、プロ投手の視線の配置には次の状況展開を予測している可能性を指摘している。つまり、熟練度が増すにつれ、有効な技術獲得を目的とした視覚情報獲得のためではなく、戦術や状況対応に向けた視覚情報の獲得方略が必要であると考えられる(図 1-5)。

球技種目選手の視覚情報源となる範囲は広域であり、サッカーで称されるオフ・ザ・ボール時など、自分がボールを保持していない時間帯でも、常に広域範囲において有効な視覚情報を獲得できるかどうか重要である。

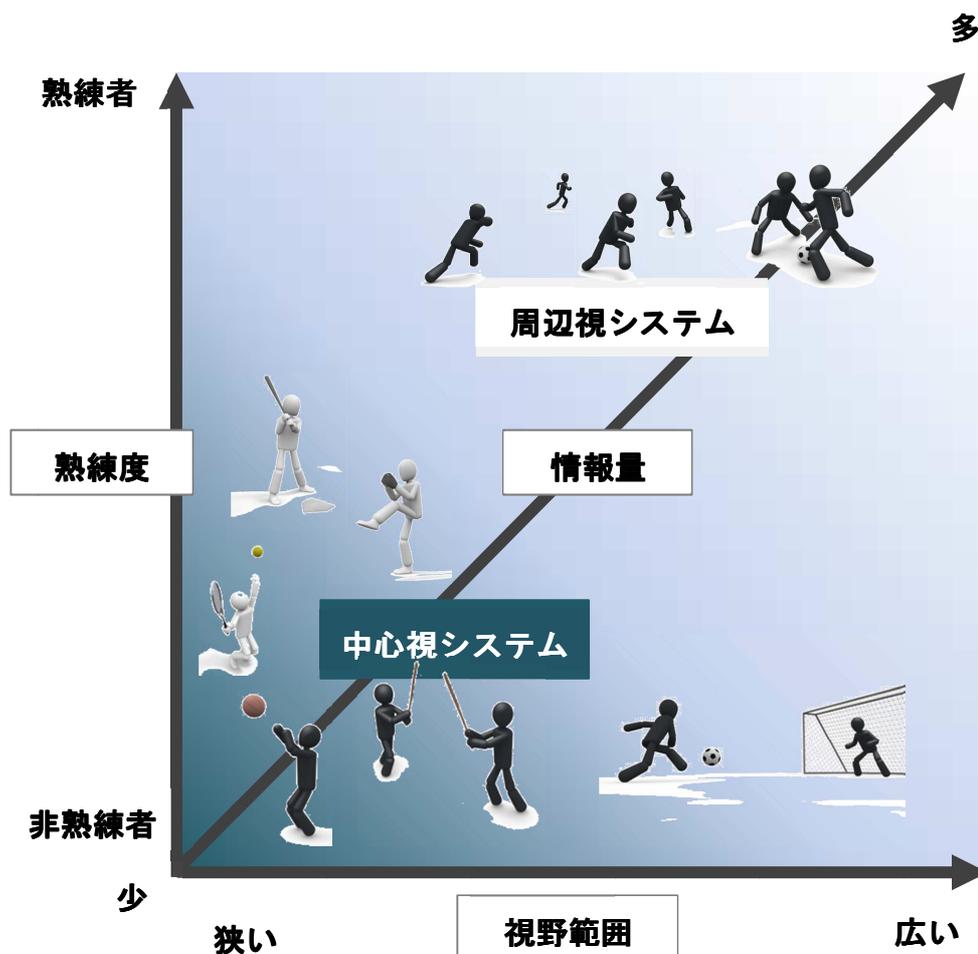


図 1-5. スポーツと視覚研究の課題

1.5.2 研究の位置づけと目的

これまでの視覚研究では、視線配置、停留時間や視線配置パターンによって習熟過程における視覚情報の比較が行われてきた。しかし、広域の視覚情報を対象とする球技種目において、必要となる視覚情報は、多様で複雑であり、広域視覚情報を有効活用できる選手は、すでに習熟度が高い選手であると思われる。また、広域の視覚情報を獲得す

る状況はプレー実施の前後であり、その視覚情報の獲得方略が、次のプレーを左右することにもなる。そこで、広域範囲の視覚情報をどのように獲得しているか、奥行きや位置情報の把握となる視覚機能の輻輳・開散運動から得られた注視点距離の変動を測定することで、プレー実施前後の視覚情報の獲得方略を検討する。また、これまでの視覚研究では、主に視覚刺激に対する反応形態は指押し課題が採用されていたが、本実験では、実際の状況に接近した全身反応課題との比較を行い、動作を必要としない判断状況と、動作を伴う判断状況との比較を行うこととした。広域範囲の刺激呈示に加え、反応形態には動作を伴う判断状況として全身反応課題を採用し、よりスポーツフィールドへの接近に向けて実験環境を設定した。

先行研究から、スポーツ選手が優れたパフォーマンスを発揮するためには、高いハードウェア的特性を保ちながら、競技特性毎に優れたソフトウェア的特性を持ち得なければならないことが理解できる。しかし、実際のフィールドに立った選手の目の前に広がる視覚情報源は複雑であり、競技種目やそのポジションなど役割毎に視覚情報の獲得には様々な方略が必要になると考えられる。それらを考慮し、視覚情報源から必要な情報のみを抽出する能力に加え、正確な動作を行うことまでが、優れたパフォーマンスを発揮する選手に必要なものである。優れたパフォーマンスを発揮する選手は「周りが良く見えている選手」と言われる。そこには見えるだけではなく、正しい選択が行え、その動作が実施できるということも含まれるのである。眼から獲得された情報が入力され、知覚・認知によって情報は選択され、動作実施として出力されるこの一連の結果を解明することには影響する要因が多いため、複雑であり、非常に困難である。つまり、Williams(2004)が主張するように、優れたスポーツパフォーマンスを発揮する熟練者の特徴を解明するためには、①一定の技術レベルを持った対象者であり、②多様な視覚情報源から有効な情報を獲得できること、③有効な視覚手がかりを予測に適応させ、④与えられた状況下にて期待される対応ができる実験環境の設定に向かうことが目指される必要がある。

以上のことから、本研究の目的は、視覚情報呈示範囲の操作と、刺激呈示に対する反応形態の工夫を行い、注視点距離を評価指標として用いることで、球技種目選手の視覚情報獲得方略を明らかにすることである。そして、本研究から得られた知見を基に周辺視へのトレーニングシステム法の開発の基礎データ構築を目指すこととする。そのために、視覚情報処理とその反応測定について以下に示すように検討していく(図 1-6)。具体的な目的は以下のとおりである。

目的①: 情報呈示サイズを制限された範囲での視覚情報処理とより広い範囲での視覚情報処理の違いを検出することを目的とした。視覚的に高い臨場感を実現するために広い範囲の視覚刺激と、限られた範囲で提示された視覚刺激に対する視覚方略の違いが見られるのではないかと考え、呈示モニターのサイズに映し出された追従眼球運動課題から眼球運動測定による視機能の変容とその視覚活動に対する意識を検討することを目的とした。(第2章)

目的②: 遠山の目付において「遠くの山を見る」と比喻される対象の後方に視点を置くという見方から、注視点距離に着目し、周辺視の視覚情報処理方略の解明を目指すこととした。対象の後方を見る遠山の目付は、平行法の見方であると推察され、注視点距離の長さは周辺視を測る手がかりとなると考えられるため、注視点距離から、広範囲の情報の獲得が必要とされる球技種目選手を対象とし、広範囲から視覚刺激が呈示された場合、注視点距離から周辺視の視覚情報の獲得がどのように行われているのかを検討することを目的とした。また、反応時間課題の反応時間をより実践的に評価するため、指押し課題と全身反応課題における注視点の違いを検討することとした。(第3章)

目的③：視野角 180°内において，刺激提示が人の反応においてどのような影響を与えるのか検討することを目的とする．5 か所から刺激を呈示し，パターンを変え，実際場面に近づけた広域に視覚情報を呈示した場合の反応時間を測定し，競技レベルの高い対象者は，広域の視覚刺激に対して視覚情報の獲得方略を行っているのか検討することを目的とした．（第4章）

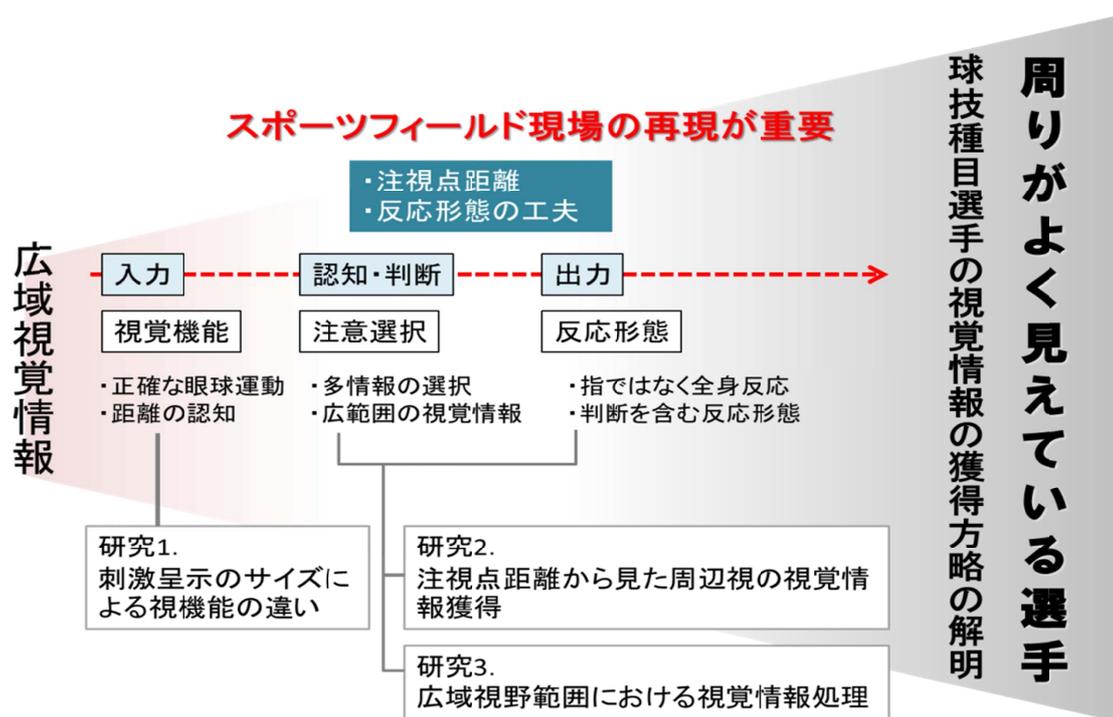


図 1-6. 本論文の目的と位置づけ

1.5.3 本論文の構成

本論文は以下に示す5章から構成されている。

第1章では，スポーツ選手の眼の機能とこれまでの研究をレビューしながら，視機能研究のスポーツのパフォーマンスへの貢献と課題を示した。

第2章では、これまでスポーツにおける視覚研究分野において着目されてこなかった、呈示刺激サイズを大きくすることで、スポーツを行う視覚環境へと接近させ、その時の視覚情報処理がどのように行われているか検討することを目的とした。

第3章では、周辺視注視容量の違いにおける反応時間の比較を行った。視覚刺激によって入力された情報を瞬時に的確に処理し、出力することがスポーツ選手のパフォーマンス評価とされる。これまでは、反応時間を中心とした判断力の速さが検討されたが、第2章の課題でもあげられた呈示刺激は制限されたものが多く見られ、反応形態も指押しキーによるものが多くの研究で採用されている。そこで、第3章では刺激呈示モニターを有効視野とされる110°の範囲に3台設置した刺激に対する全身反応時間測定を行うことでスポーツの視覚環境をよりフィールドへと近づけた。

第4章では、広域視野範囲における視覚情報処理と反応時間の関係を検討した。頭部運動、眼球運動を含め、常に360°の情報を把握している球技種目選手にとって、「眼の端で感じる」ということは、重要な情報であり、その対象に対する判断が、「体が勝手に動いた」と言われる現象ではないかと考え、広域範囲からの視覚刺激呈示に対して全身反応時間を測定した。反応形態は、方向性を与え、よりフィールド状況に近い視覚反応形態にした。

第5章は、広域視覚情報の獲得とその方略に関して、第2章、第3章、第4章とスポーツの視覚環境へ接近しながら行った実験を通して、スポーツ選手への周辺視反応トレーニングシステムへの構築の可能性を検討した。

第2章

刺激呈示サイズの違いにおける 視覚情報処理の比較

2.1 目的

スポーツ選手を対象にした視覚関連の研究の場合、どのような呈示刺激(映像など)を見せるかが結果に影響していると思われる。Mori et al.(2002)は実際の選手の映像を呈示し、眼球運動を比較した結果、見ることにに関してスポーツ選手は特有の専門的知覚を有していることを示唆しており、William et al.(2004)もスポーツ選手の視覚情報処理能力は、スポーツ特有の経験や知識による情報の効率化によるものであると主張している。また、瀬谷ほか(2002)の研究では、スポーツ場面といった特有な視覚環境を過ごしたスポーツ選手の視覚情報処理の研究には、視覚環境の考慮が必要であることを指摘している。つまり、スポーツ選手の視覚情報処理を検討する場合に、視覚呈示条件として、実際場面に接近することがスポーツ選手の視覚情報処理を明らかにすることを示唆しているが、これまでの研究は、対人競技や競技種目やポジションなど限定した視覚呈示が中心となっている。それらの研究には、刺激呈示媒体としてパソコン用モニターが多く使用されている。

オープンスキルに代表される球技種目(サッカー、バスケ、ラグビーなど)の選手は常に広い範囲の視野情報の知覚と判断が勝敗に関わる。従って広域視野の情報が実際場面の再現に寄与する要因のひとつではないかと考えられる。これまでのスポーツ選手と視覚の関連研究の中で、大山ほか(1978)は視距離 3m で視野角 40°のサイズの刺激呈示条件を採用し、瀬谷ほか(2002, 2003)のように 200cm×200cm サイズのスクリーンを使用した研究なども見られるが、大きな範囲を有する刺激呈示を採用している研究は少なく、刺激呈示そのものの大きさの影響を比較した研究はあまり見られない。オープンスキルの選手の視覚情報処理を見る場合、視覚環境を考慮した広範囲の呈示刺激を検討する必要があると考えられるが、広い範囲の視覚環境においてどのような視覚情報処理がなされるかについて明らかにされるまでには至っていない。

近年の大画面ディスプレイの高精細化は著しく、情報呈示媒体の技術は急速に進み、プロジェクター機器や大画面テレビの普及が急増している(藤掛ほか, 2013)。大画面によって引き起こされる臨場感は、空間座標軸の誘導運動効果と大きく関係しているとされ、視機能の優れた中心視野に加え、周辺視野までを網羅した大画面表示により、観察者の重心変動や心理的誘導効果が表れるとされている(畑田, 2002)。郭ほか(2008)は、表示スクリーンの大きさと距離の知覚が変化することで印象評価に影響を与えることを示しており、大画面ディスプレイの臨場感が得られる観視距離やサイズから知覚・認知の検証が行われている(窪田ほか, 2011)。大画面から情報呈示されることで「あたかもその場にいるような環境」が感じられる。すなわち臨場感を得られるのであれば、視覚刺激呈示を大きくすることは、オープンスキルの選手の視覚環境に近づき、その状況における視覚情報処理の解明につながると考えられる。

そこで、本章ではオープンスキルの選手の視覚環境の再現に接近するために、広い範囲に呈示した視覚刺激と、狭い範囲で呈示された視覚刺激に対する視覚情報処理の違いを明らかにすることを目的とした。

2.2 方法

2.2.1 対象

普段から広域の視覚情報を必要とする状況が多いと思われるオープンスキル種目選手を対象とした。対象者は球技種目(サッカー, バレー, ラグビー)選手 15 名(20.4±1.5 4 歳)、スポーツ経験年数は 5 年以上であった。視力(裸眼 6 名, 矯正 7 名)は 1.0 以上、視覚障害などが認められない正常な視覚機能を有しているものを有効対象データとし、13 名(男性 2 名, 女性 11 名)を今回の対象とした。

2.2.2 実験装置

測定機器は 眼球運動測定装置(nac 社製モバイル型アイマークレコーダーEMR-9)を使用した。眼球運動測定装置のサンプリングレートは 60Hz であり、最少分解能は 0.1°であった。被験者の頭部運動を防ぐために頭部固定がある顎台を用いた。

刺激呈示にはプロジェクターを用いてスクリーン(310cm×210cm)に投射した。呈示する大きさについては、プロジェクターの設置位置を変え、スクリーンに投射する 2 つの呈示サイズを設定した。刺激呈示用のサイズを比較するため、210cm×180cm に投射調整したサイズと、70cm×60cm に投射調整した 2 つのサイズになるようにプロジェクターの設置位置を調整した。スクリーンから対象者までの観察距離は 250cm とした。最大視角は大きいサイズで約 56°、小さいサイズでは 16°であった。なお、すべての実験は暗室にて行われた。

刺激の作成には、視覚呈示プログラム(Visual Basic .NET (visual studio 2010 professional)にて作成)を用い、実験条件の制御にはパーソナルコンピュータ(Hewlett-Packard 社製 d330sf)を使用した。追従眼球運動課題は、呈示刺激の速度が高速になると跳躍眼球運動(サッケード)の出現の可能性があるため、速度を押さえ、8 方向からの直線運動刺激とした。

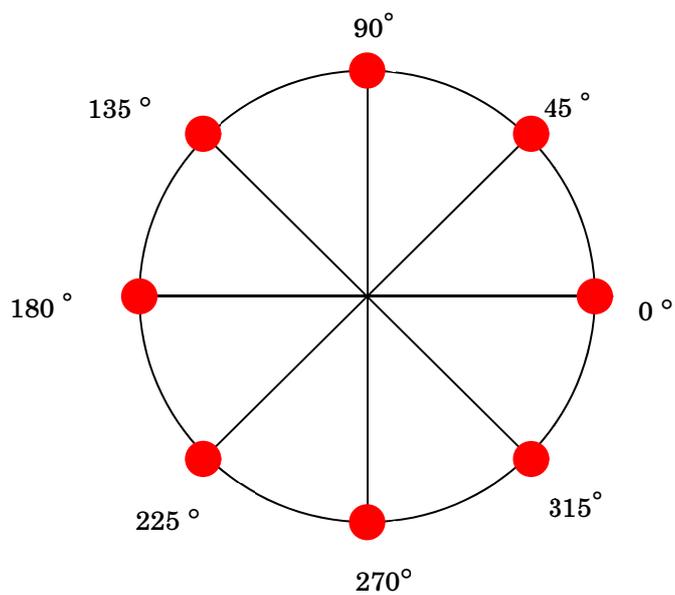
2.2.3 実験条件

刺激呈示用のサイズを比較するため、2 つのサイズに調節できるように 2 か所の設置位置を決定した。追従眼球運動課題は、8 方向(0°→180°、45°→225°、90°→270°、135°→315°、180°→0°、225°→45°、270°→90°、315°→135°)で光点が移動する(図 2-1 参照)。2 つのサイズに調整されたスクリーンに投射された実際の追従課題の投影サイズは小さいサイズが 60cm×60cm であり、これを「S1」とした。大きく映されたものは 180cm×180cm であり、この大きさを「S2」とした(図 2-2 参照)。追従運動課題は高速性を持つことで跳躍運動(サッカードとも呼ばれ、跳ぶような動き)が発現すると考えられ

る。本実験では、随従眼球運動(動いている対象を追従している時に生じる滑らかな眼の動き)を正確に測定するために、低速の3パターンを設定した。制御PCとプロジェクターの動作環境を考慮し、速度 A=0.3m/sec, 速度 B=0.6m/sec, 速度 C=1.2m/sec の3パターンの速度を設定した。

2.2.4. 実験手続き

被験者に実験要領を説明し、アイマーク装着後、キャリブレーション(9点)を行った。追従眼球運動課題は画面サイズ S1, S2 の2サイズにおいて、3速度(速度 A,B,C)×8方向からの追従課題(0°→180°, 45°→225°, 90°→270°, 135°→315°, 180°→0°, 225°→45°, 270°→90°, 315°→135°)×2 試行を実施。「見る」ことに意識を向かせるために、各条件の開始時に、「赤い点を追いかけてください。」と必ず教示した。スピードの呈示順序においては、カウンターバランスをとった。また実験終了後、Visual Analog Scale (VAS)法において、疲労度と課題難易度の測定を行った。VAS法とは、視覚的評価法スケールとして痛みなどの感覚の程度を客観的に評価する方法として多く採用されている。長さ10cmの黒い線(左端が「0」、右端が「100」)を対象者に見せ、感覚の程度を10cmの直線上のどの位置にあるかを示す方法である。疲労度を「0」を「疲労なし」状態、「100」を「疲労度が高い」、課題難易度については、各サイズで「0」を「簡単」状態、「100」を「難しい」とした。最後に、実験に対する感想として5分程度のインタビューを実施した。



0°→180°, 45°→225°, 90°→270°, 135°→315°, 180°→0°, 225°→45°, 270°→90°, 315°→135°

の8方向で光点が移動

図 2-1. 追従運動課題

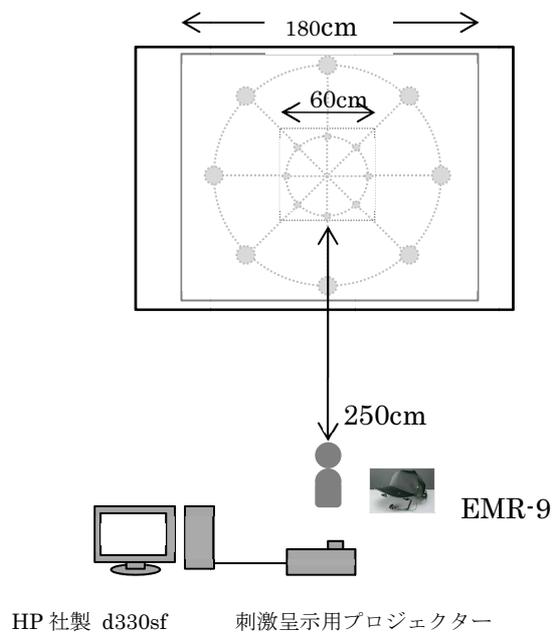


図 2-2. 実験環境



図 2-3. 実験の様子

2.2.5. データ解析

8方向, 3速度のアイマークレコーダーより以下のデータを抽出した.

1. アイマーク軌跡(視点座標データ)
2. 輻輳角から算出された視点距離(m)
3. VAS 評価値による疲労度(cm)と課題難易度(cm)

アイマーク軌跡は, サイズ比較として追従運動課題の正確性として, 各方向の誤差距離を算出し, 各方向において対応のある t 検定を行った. 次に, 輻輳角から算出された視点距離データにおいて, 速度別, 各方向において対応のある t 検定を行った. その後, 速度(3)×サイズ(2)の繰り返しのある 2 要因分散分析を行った. 各方向にて分析を行う場合, 眼球運動測定がエラーとなり検出できなかった被験者はその方向のみ欠損値として扱った. また, VAS 評価値による疲労度と課題難易度から被験者の視点距離変化パターンを検討した. 統計解析ソフトは SPSS20.0 を用いた.

2.3 結果

2.3.1 刺激呈示サイズの違いにおける追従課題の比較

アイマークデータを座標変換し, 各左右の眼において, 刺激光点からの距離の誤差平均を 8 方向別に比較した結果, 左眼 $180^{\circ} \rightarrow 0^{\circ}$ 方向追従する方向にのみ, 5%水準で有意な差が見られた($t_{11})=-2.14, p<.05$). しかし, 他の方向にはモニターの大きさにおける有意性は見られなかった. また, 3つの各速度においても同様に, 有意な差は見られなかった. これらのことより, 本章の課題について呈示サイズの大きさや速度に関わらず, 追従課題は正常に試行されていることが確認された.

両眼の動きによる輻輳角の算出は, 遠方になるとほぼ平行になるため算出が困難になることから近距離 20m までが有効とされている. そこで 20m 以上の値が算出された場

合に関しては 20m と統一し、各 8 方向を移動した時の視点距離の平均値を算出した。

速度別に、各方向で S1 と S2 の視点距離の比較を行った(図 2-4)。速度 A は、 $45^{\circ} \rightarrow 225^{\circ}(t_{12})=-2.3, p<.05)$ 、 $90^{\circ} \rightarrow 270^{\circ}(t_{12})=-2.43, p<.05)$ 、 $135^{\circ} \rightarrow 315^{\circ}(t_{12})=-3.37, p<.05)$ 、 $225^{\circ} \rightarrow 45^{\circ}(t_{11})=-3.01, p<.05)$ 、 $270^{\circ} \rightarrow 90^{\circ}(t_{12})=-2.98, p<.05)$ 、 $315^{\circ} \rightarrow 135^{\circ}(t_{12})=-3.48, p<.05)$ の 6 方向において 5%水準で有意な差が見られた。速度 A では、視点距離の平均値はこの 6 方向すべてにおいて S2 よりも S1 が長く、S1 を見ているときの視点距離が遠くを示した結果となった。速度 B では、 $0^{\circ} \rightarrow 180^{\circ}(t_{12})=2.4, p<.05)$ 、 $45^{\circ} \rightarrow 225^{\circ}(t_{12})=-2.26, p<.05)$ 、 $90^{\circ} \rightarrow 270^{\circ}(t_{12})=-3.03, p<.05)$ 、 $135^{\circ} \rightarrow 315^{\circ}(t_{12})=-3.36, p<.05)$ 、 $180^{\circ} \rightarrow 0^{\circ}(t_{12})=-2.26, p<.05)$ 、 $225^{\circ} \rightarrow 45^{\circ}(t_{12})=-2.2, p<.05)$ 、 $270^{\circ} \rightarrow 90^{\circ}(t_{12})=-2.56, p<.05)$ 、 $315^{\circ} \rightarrow 135^{\circ}(t_{11})=-3.96, p<.05)$ と全方向において 5%水準で有意な差が見られ、速度 A と同様に S2 よりも S1 の視点距離が長いことを示した。速度 C では、 $45^{\circ} \rightarrow 225^{\circ}(t_{11})=1.04, p<.05)$ 、 $270^{\circ} \rightarrow 90^{\circ}(t_{12})=-2.51, p<.05)$ の 2 方向において 5%水準で有意な差が見られた。3 速度において差が見られた方向は $45^{\circ} \rightarrow 225^{\circ}$ と $270^{\circ} \rightarrow 90^{\circ}$ であった。視点距離の S1 と S2 の平均値を比較した結果を図 2-4 に示した。以上の結果より、広い範囲を見た時よりも狭い範囲を見たときの注視点距離が長いことが明らかになった。

注視点距離を比較した場合に、刺激呈示されたスクリーンは平面であるため、S2 呈示では両端にひずみが生まれる。そのため注視点距離の平均値は、S1 より S2 がより長くなると考えられたが、S1 が S2 よりも注視点距離が長いという反対の結果であった。そこで、S2 の両端の注視点距離のデータを除き、アイマークの座標データから S2 が試行された時に、S1 の範囲に入る視点距離データのみを抽出し、S1 を見た場合と、S2 範囲内における S1 の同範囲の視点距離の平均値を比較した。その結果、速度 A においては、 $135^{\circ} \rightarrow 315^{\circ}(t_{12})=-3.03, p<.05)$ 、 $225^{\circ} \rightarrow 45^{\circ}(t_{11})=-2.28, p<.05)$ 、 $270^{\circ} \rightarrow 90^{\circ}(t_{12})=-2.56, p<.05)$ 、 $315^{\circ} \rightarrow 135^{\circ}(t_{12})=-1.28, p<.05)$ の 4 方向で有意な差が見られた。速度 B では、 $0^{\circ} \rightarrow 180^{\circ}(t_{12})=-2.39, p<.05)$ 、 $45^{\circ} \rightarrow 225^{\circ}(t_{12})=-2.19, p<.05)$ 、 $90^{\circ} \rightarrow 270^{\circ}(t_{12})=-3.42, p<.05)$ 、 $135^{\circ} \rightarrow 315^{\circ}(t_{12})=-4.06, p<.05)$ 、 $180^{\circ} \rightarrow 0^{\circ}(t_{12})=-2.29, p<.05)$ 、 $225^{\circ} \rightarrow 45^{\circ}(t_{11})=-3.01, p<.05)$ の 6 方向で有意な差が見られた。速度 C では、 $45^{\circ} \rightarrow 225^{\circ}(t_{11})=1.04, p<.05)$ 、 $270^{\circ} \rightarrow 90^{\circ}(t_{12})=-2.51, p<.05)$ の 2 方向において 5%水準で有意な差が見られた。

($t_{12}=-2.42, p<.05$)の6方向で有意な差が見られた。速度 C では、 $45^\circ \rightarrow 225^\circ$ ($t_{11}=-2.26, p<.05$), $270^\circ \rightarrow 90^\circ$ ($t_{12}=-2.31, p<.05$)の2方向で有意な差が見られた。どの速度においても、S2 よりも S1 の視点距離平均値が長く、刺激呈示サイズの違いによる視覚情報処理が違っていた。視覚呈示サイズは、広い範囲を見る時よりも狭い範囲を見た場合に、注視点距離が長くなった。つまり、同じ範囲を追従眼球運動で通過する場合、狭い範囲そのものを見る時と広い範囲から同範囲を通過する場合には、視覚情報処理が違うことが明らかになった。

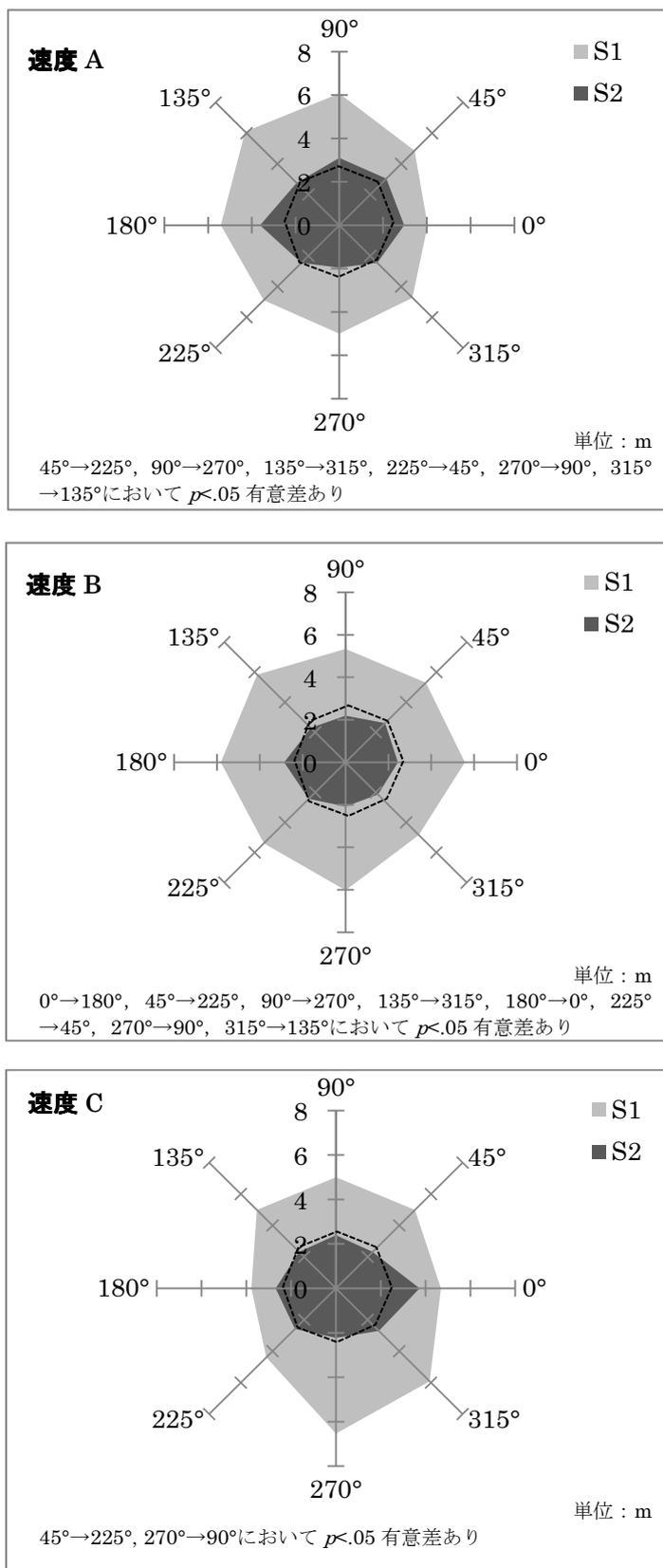


図 2-4. 速度別方角における S1 と S2 の注視点距離比較

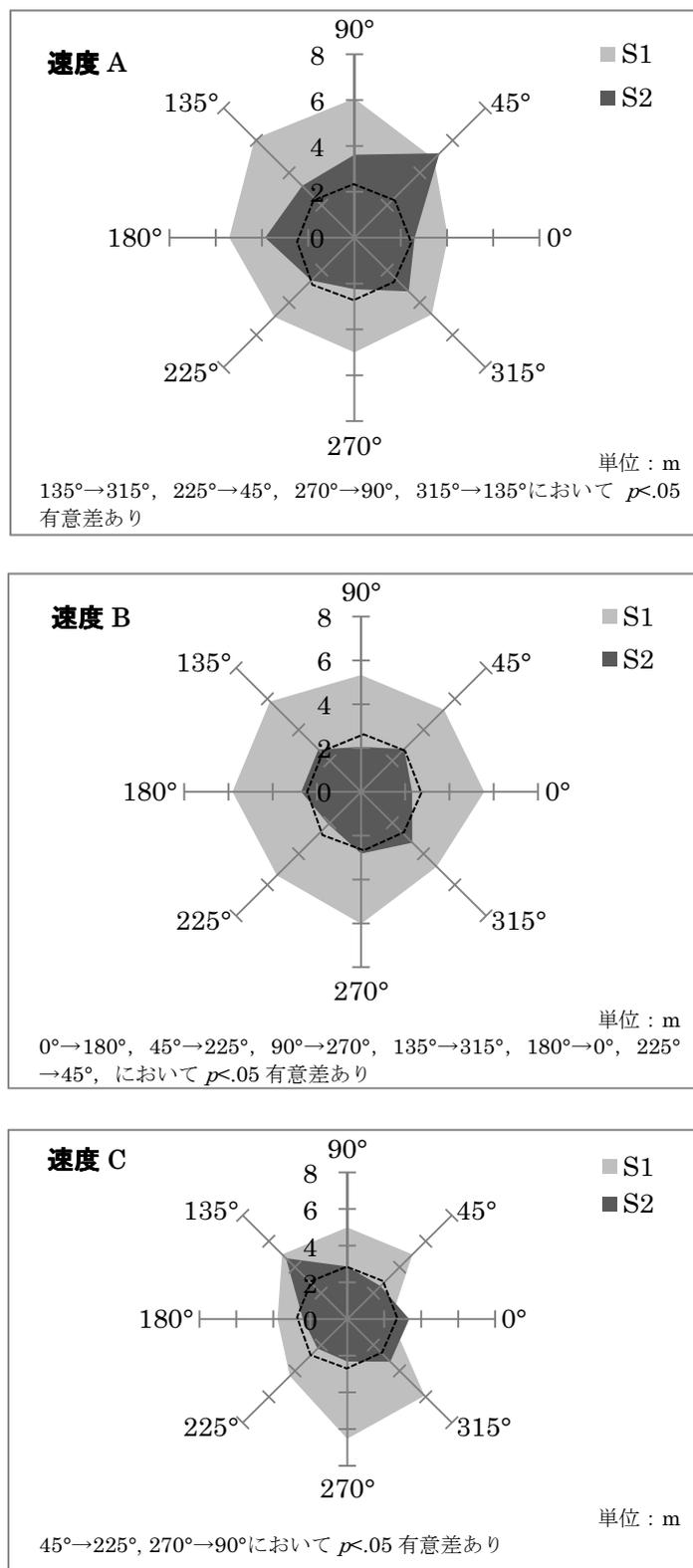


図 2-5. S1 範囲内にある速度別方角における

S1 と S2 の注視点距離データの比較

2.3.2 速度の違いによる視覚活動

速度が、視点距離に影響している可能性も見られ、3速度と呈示サイズの違いを見るために、8方向別に速度(3)×サイズ(2)の繰り返しのある2要因分散分析を行った(図2-6)。その結果、8方向の全てにおいて速度には主効果は見られなかった。また、同様に交互作用も見られなかった。しかし、6方向においては、主効果が見られた。45°→225°の方向($F_{(1,11)}=8.56$, $p<.05$)の視点距離の平均値は S2(2.53m), S1(5.03m), 90°→270°の方向($F_{(1,11)}=8.53$, $p<.05$)の視点距離の平均値は S2(2.32m), S1(5.36m), 135°→315°の方向($F_{(1,11)}=11.65$, $p<.05$)の視点距離の平均値は S2(2.22m), S1(5.40m), 225°→45°の方向($F_{(1,10)}=4.13$, $p<.05$)の視点距離の平均値は S2(2.35m), S1(4.44m), 270°→90°の方向($F_{(1,11)}=11.37$, $p<.05$)の視点距離の平均値は S2(2.18m), S1(5.39m), 315°→135°($F_{(1,11)}=11.09$, $p<.05$)の方向の視点距離の平均値は S2(2.35m), S1(2.25m)であった。これらの6方向において、S1がS2よりも遠くに注視点を置いていることが明らかになった。これらの結果より、刺激呈示サイズにおける注視点距離の違いには速度の影響は見られず、注視点距離の違いは速度に関わらずサイズによる影響することが明らかになった。

2.3.3 視覚活動と課題に対する難易度

実験後に一番苦手な角度とどちらのサイズが難しかったかを中心にVAS法による意識の調査を行った。10cmの直線上に記入された場所まで測定した長さを、意識を表す評価値とした。課題に対する難易度を刺激呈示サイズ別に聞いたところ、S1が2.63 cm (SD±1.96), S2は2.96 cm (SD±2.42)であり、追従眼球運動課題そのものは比較的に簡単であったと考えられる。

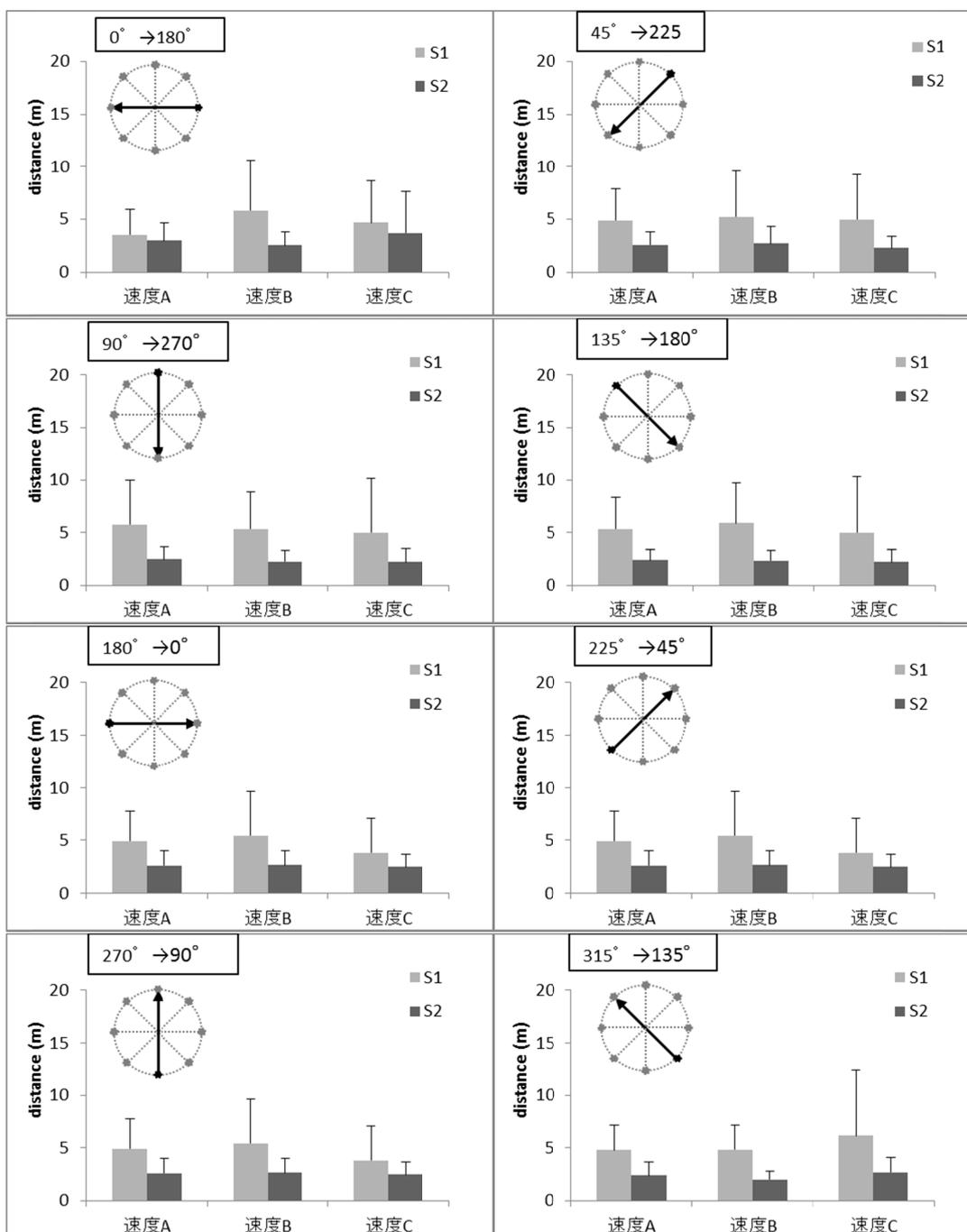


図 2-6. 方角別各速度での S1 と S2 の注視点距離比較

課題に対する難易度で、S1の困難度が高い値であった対象者をS1課題困難群とし、S2の困難度が高い値の対象者をS2課題困難群とした。その結果、S1課題困難群は6名(S1困難度：M=2.3cm, SD±2.14)、S2課題困難群は7名(S2困難度：M=3.76cm, SD±2.34)であった。注視点距離で2群間(2)×呈示サイズ(2)の2要因の分散分析を行った結果、呈示サイズの主効果が5%水準で有意であり($F_{(1,11)}=17.66, p<.05$)、サイズと群間において交互作用も5%水準で有意であった($F_{(1,11)}=9.29, p<.05$)。呈示サイズでは、S1の注視点がS2よりも遠くに視点を置いていた。S2課題困難群で単純主効果が有意であり($F_{(1,11)}=28.48, p<.05$)、図6にも示されるように小さいサイズのS1が大きなサイズS2よりも注視点が高いことが明らかとなった。注視点距離の平均値を見ると両群において、広い範囲の刺激呈示のS2の注視点距離が実際の観察距離に近く、対象物に対し正確な距離で追従眼球運動課題が行われたことが明らかとなった。

そこで、課題に対する難易度の意識と視覚情報処理の関連をより詳細に見るために、多くの方向に有意差が見られた速度Bの課題において特に難しかったと答えた方向の典型的な2名の例をあげる(図2-7)。次に、実験後に行ったインタビューの内容を検討した。その結果、S1困難群であるAさんのようなケースでは、「小さい範囲で細かく追いかけることが難しい」「大きい方は、ボールを追いかけることと点の動きが似ているので楽だった」などの報告があげられた。一方、Bさんのケースに見られるようなS2困難群で共通している内容は、「点のスピードに合わせるのが難しかった。」と低速の刺激に注視点を合わせることに困難さを感じており、反対に「小さい(課題)方は楽だった。」「大きい方より小さい方が疲労を感じなかった」などがあげられた。両群において課題難易度は高くなく比較的簡単ではあったようだが、疲労に関する項目が両群において共通の内容であった。

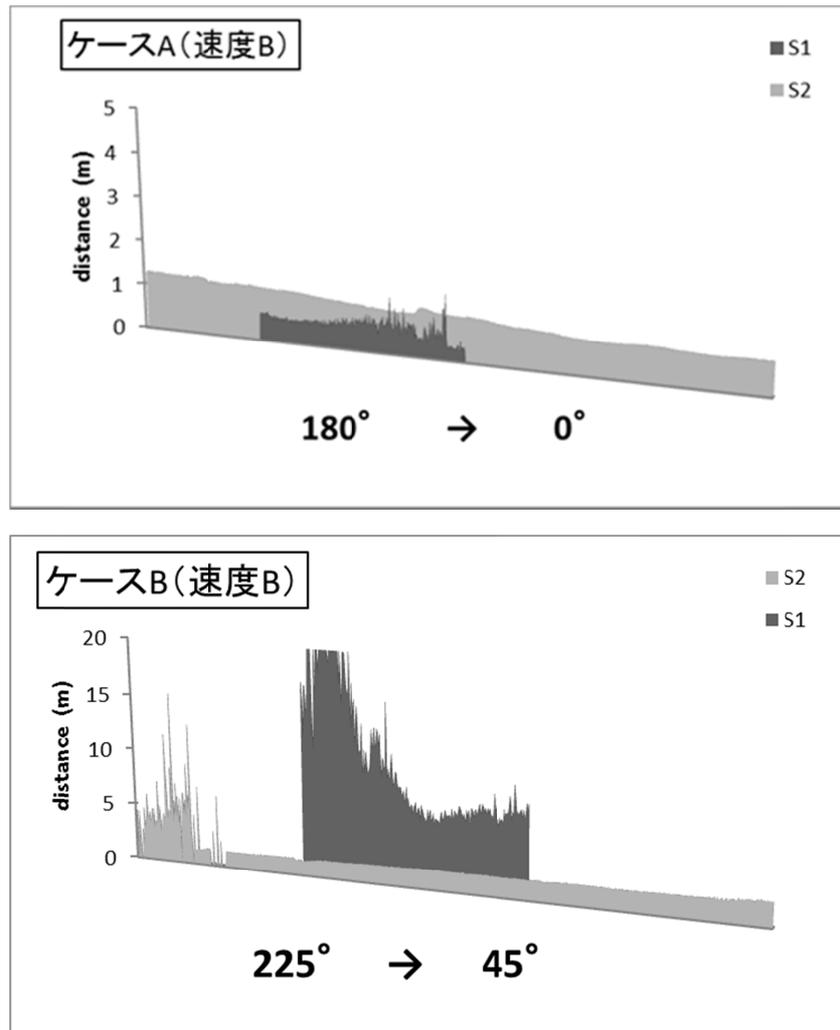


図 2-7. S1 と S2 注視点距離の変化のパターン例

そこで、VAS 評価による疲労度を検討した。対象者全員の疲労度評価の平均値は 6.07cm(SD±2.45)と比較的高かった。S1 困難群(5.98 cm)と S2 困難群(6.14 cm)で比較した結果、有意な差は見られなかった($t(7)=0.11$)。両群において疲労度は同様の結果が見られた。

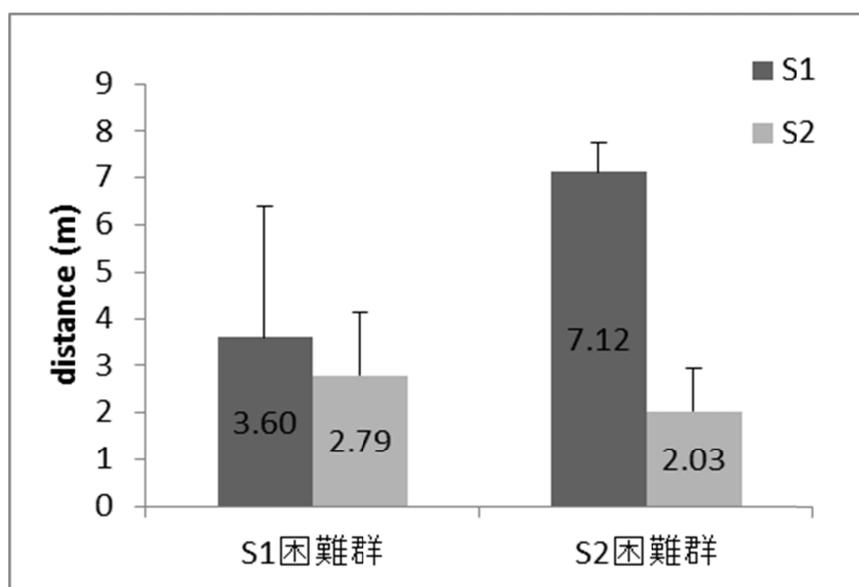


図 2-8. VAS による視覚呈示サイズ困難度別注視点距離の比較

2.3 考察

本章は、刺激呈示サイズの大きさに対する視覚情報処理の違いを明らかにすることを目的とした。その結果、本章課題の追従眼球運動課題では、広い範囲で呈示された課題に対して注視点距離を正確に捉えるという結果が得られた。

刺激呈示サイズの大きさの違いによって追従眼球運動課題の各 8 方向の移動を見た場合の距離誤差については、滑らかに視線の移動をする随従運動を見るため、低速にしたことで、呈示範囲の大小に関わらず、どの方向の移動も座標距離の誤差は見られなかつ

たと考えられる。両刺激呈示サイズの場合においても正確に追従されている結果となった。正確な位置を捉えることに関して、呈示サイズの違いは見られなかった。

次に、輻輳角から算出された注視点距離について検討した結果、小さな範囲を見る場合の注視点距離が長く、大きな範囲を見る場合は、実際の観察距離に近く正確な注視点距離を導き出すことが明らかになった。つまり大きな刺激呈示に関して絶対距離を知覚できていると考えられる。本来、注視点距離は、対象物そのものに視点の距離を合わせることであるが、小さい範囲への課題において、大きな範囲の課題ほどの眼球を移動させることも少ない。そのため、視点距離を合わせるという意識が低かったのではないかと推察される。

速度を考慮した刺激呈示サイズの比較については、注視点距離の長さは速度の影響を受けないことが明らかになり、刺激呈示サイズのみが影響していることが示唆された。本実験では、随従眼球運動(動いている対象を追従している時に生じる滑らかな眼の動き)を正確に測定するために課題を低速にしたことが、速度による影響が見られなかった原因と考えられる。スポーツ現場では様々な速度で注意を向けなければならない環境も予測され、刺激を多様な速度でランダム呈示することも今後の課題としてあげられる。

次に、視覚情報処理の違いと課題に対する意識を検討した結果、S2 が困難だったと答えた S2 困難群において、視覚呈示サイズの注視点距離に顕著な違いが見られた。このことは、ケース B のような S2 より S1 が簡単であったと答えた対象者の多くが、S1 を見ている注視点距離が長いことが要因であるとも考えられる。ケース B に見られる S1 に対する注視点距離は、少ない眼球運動のみで追従できる視野範囲内に収まり、S2 のように大きく眼球運動を働かせる必要は少なく、強く追従を意識することなく行われたと推察される。また、速度に関しても広域範囲では、普段は素早く動くものに対する、跳躍眼球運動を実施していることが多いと考えられる対象者にとっては、低速の課題での追従眼球運動を行うことが楽ではなかったのではないだろうか。

本実験を進めるに当たり必ず「赤い点を見てください」と教示をしており、課題試行

間に「見ていますか？」と声をかけ、対象者は「見ています」と必ず答える状況であった。同じように返答をしながらも、今回はケース B に 2 つの視覚呈示サイズで正反対の視覚情報処理が検出された。もちろん、呈示される視覚刺激がどのように処理されているか本人の内省のみで判断することは困難である。これまでの視覚探索活動の評価実験において (加藤・福田, 2002 ; Naito et al., 2004 ; Nagano et al., 2004), どこを見ていたかという質問に対して被験者は明確に回答できず、無意識的な視覚探索行動が行われたのではないかと推察している。このような視覚情報処理と意識(内省)の違いは、今後、現場の指導においても、「本当にこの選手はちゃんと意識して対象を捉えているのか？」という疑問の答えに近づくものであると思われる。

本章課題の追従眼球運動課題では、広い範囲の呈示が対象との注視点距離を正確に捉えるという結果が得られた。注視する対象を正確な距離で捉えることは、ボールや相手などの対象との距離を把握することにもつながり、重要な視覚情報処理であると言える。一方、本実験による課題実施時の疲労度は高くこれは注視点を一定の距離に保持するため、輻輳開散運動を固定させた外眼筋等(外直筋, 内直筋の収縮)の緊張を強いられるためとも推察される。何を対象に、どう見ているかという環境や状況の設定が問われるが、ケース B に見られるようなパターンにおいて、S1 範囲での視覚情報処理は、追従が楽であったという報告からも理解できるように、効率よく行うための方略になる可能性もある。本章は、呈示サイズの比較を目的としたため、課題を比較的簡単なものに設定したが、今後は視覚刺激の課題内容を複雑にしていく必要があると考えられる。

これまでの視覚研究において、環境設定と測定装置の進歩により、実際のスポーツ活動時のスポーツ選手の「眼」の解明が進んでいるが、視野情報の範囲が制限されており、動作も比較的安定している競技やポジションを対象とした研究が多く(内藤ほか, 2007 ; Kato and Fukuda, 2002 ; 加藤ほか, 2002 ; 仲里ほか, 2013), まだ広範囲の視野情報を必要とするダイナミックな動作を含むスポーツ競技における視覚研究は少ない。今後は、広い範囲の視覚情報を必要とするオープンスキル競技者を対象に、より実

際に近い広域の視野環境や状況から特有の視覚情報処理を検出することが必要となる。また、その視覚情報を見る選手側の意識を探ることも重要である。どのような環境で、何をどう見るかという対象者側の意識や感じ方を明らかにしていくことも、スポーツ選手の視知覚技能の向上へつながる可能性がうかがえる。つまり対象者が「あたかもその場にいるような感じ」を感じられることが重要であると思われる。今後は、より実際に近い広域の視覚環境での視覚情報処理を検出していくことが必要であると思われる。このことにより競技スポーツの現場において選手の視覚情報処理が解明されるであろう。

2.4 結論

本章では、刺激呈示サイズの大きさの違いにより、視覚活動がどのように変化するかについて眼球運動計測実験を行い検討した。追従運動課題を行った結果、呈示サイズの違いで注視点距離に差が見られ、広範囲の呈示が対象との注視点距離を正確に捉えるという結果が得られた。広い範囲の視覚情報を必要とするオープンスキル競技者にとって、注視する対象を正確な距離で捉えることは、ボールや相手などの対象との距離を把握することにもつながり、重要な視覚情報処理であると言える。本実験では、呈示サイズの比較を目的としたため、課題を比較的簡単なものに設定した。今後は、視覚刺激の課題内容を複雑にし、より実際に近い広範囲の視野環境や状況から特有の視覚情報処理を検出することで、球技種目選手の視覚情報処理の解明をする必要がある。

第3章

注視点距離から見た周辺視の視覚情報獲得

3.1 目的

これまでの視覚研究によって、対人種目・対人場面に限定した研究において「遠山の目付」の有効性が示唆されており、「遠山の目付」は対人種目に有効であることは周知されてきた。では、オープンスキルに代表される球技種目においては、「遠山の目付」は有効であるだろうか。球技種目の選手であってもボールを奪い合う場合には1対1になる場面もあるが、彼らの多くの時間は、広域の環境から情報を得ることに費やされていると考えられる。また、指導者も「常に周りを見ておけ」と、対象の周辺のみ範囲の意味ではなく、広い範囲を意識させる姿も見られ、周辺視の重要さは実践場面からもうかがえる。このように時々刻々と変化するオープンスキル競技に必要とされる周辺視システムを見るためには、広域な視野範囲を想定した周辺視を検討する必要があると考えられる。そこで本章では、広範囲の情報の獲得が必要とされる球技種目選手にも遠山の目付的視覚情報処理の方略が有用であるのかを検討することとした。

これまで周辺視の研究では、パソコンのモニターの使用などにより、制限された範囲に収まる部分を最大の周辺視野範囲として評価しているという問題が残されている。周辺視研究の課題として、広範囲の視覚呈示方法の難しさも感じられる。大山・石垣(1978)は、刺激呈示スクリーンに最大視野角40°、観察距離3mと実際場面に近づけて測定している。しかし、周辺視研究に用いられる評価指標としての反応時間課題にも問題が含まれる。その多くの反応時間を測定するための反応形態は指押し課題が多く、熟練者と非熟練者に大きな差は見られないことがあげられる。知覚と行為には相互依存性があり(福田・加藤, 2003)、眼球運動行動の研究方法を発展させることがこの2つの関連の解明に接近すると考えられている(Gibson, 1979)。つまり、実践場面を知覚できるような広い実験環境の設定と、競技場面で見られるような動作をとまなうような反応形態が、

広い周辺視を必要とする球技種目選手の視覚研究の課題となっている。

そこで本章では、遠山の目付において「遠くの山を見る」と比喻される対象の後方に視点を置くという見方に着目した。前述した遠山の目付に関連した研究では、中心視の視線移動パターンの少なさが周辺視情報の獲得の可能性を示していた。しかし、周辺視範囲を広げるために視覚メカニズムとして、注視点は目的対象物より後方に存在すると考えられる。そこで本章では、注視点距離に着目し、周辺視の視覚情報処理方略の解明を目指すこととした。

注視点距離は、眼球運動のひとつである立体視や奥行きを感知するための輻輳・開散運動による左右の目の輻輳角から算出された視線が交差する点までのことを示す。対象の後方を見る遠山の目付は、平行法の見方であると推察され、注視点距離の長さは周辺視を測る手がかりとなると考えられる。

これらの注視点距離から、広範囲の情報の獲得が必要とされる球技種目選手を対象とし、広範囲から視覚刺激が呈示された場合、注視点距離から周辺視の視覚情報の獲得がどのように行われているのかを検討することを目的とした。また、反応時間課題の反応時間をより実践的に評価するため、指押し課題と全身反応課題における注視点の違いを検討することとした。このように本章は、見るべき範囲が広範囲になることで視覚機能がどのように変化するのか、また、より実践に近い実験環境での反応時間と視覚機能の検出を行うこととしているため、より現場に活かされる知見が得られることが期待される。

3.2 方法

3.2.1. 対象

対象者は球技種目(サッカー、バスケットボール)選手 28 名(20.4±1.54 歳)、スポーツ

経験年数は6年以上であった。視力は1.0以上(矯正を含む)、視覚障害などが認められない正常な視覚機能を有しているものを有効対象データとし、24名(男性16名、女性8名)(裸眼12名、矯正12名)を対象とした。なお、すべての対象者には本実験の目的、実験内容、及び測定に伴う危険性を十分に説明し、対象者の同意を得た上で、十分な注意と体調に配慮を行いながら実験を実施した。

3.2.2 実験装置・環境

測定機器は眼球運動測定装置(nac社製モバイル型アイマークレコーダーEMR-9)を使用した。眼球運動測定装置のサンプリングレートは60Hzであり、最小分解能は0.1°であった。

視覚刺激呈示には3台の17インチPC用モニターを使用した。モニターの設置高は1.5mの位置に設定した。3台のモニターと対象者の観察距離は3mとし、設置位置は対象者の正面に1台、対象者正面を中心とし、対象者からの最大視角110°に映るように2台のモニターを左右にそれぞれ設置した。なお、実験室内の他の環境が影響しないようモニターの周囲には衝立を設置し、衝立外側にてモニターの制御を行った(図3-1, 3-2参照)。刺激の作成には、視覚呈示プログラム(Visual Basic .NET (visual studio 2010 professional)にて作成)を用い、実験条件の制御にはパーソナルコンピュータ(Hewlett-Packard社製d330sf)を使用した。

指押し課題の場合、被験者の頭部運動を防ぐために顎台を用いた。全身反応課題の場合には、キャリブレーション時のみスタンド式顎台を使用し、課題実施時の目安になるように顎の高さにゴム紐を引いて被験者自身にゴム紐の高さを試行毎に確認させ、試行中はできる限り頭を動かさないように指示した(図3-3参照)。また、正面モニター下部にカメラ穴を開け対象者の動きを確認するために撮影し、上下運動が激しい対象者のデータを除いた。

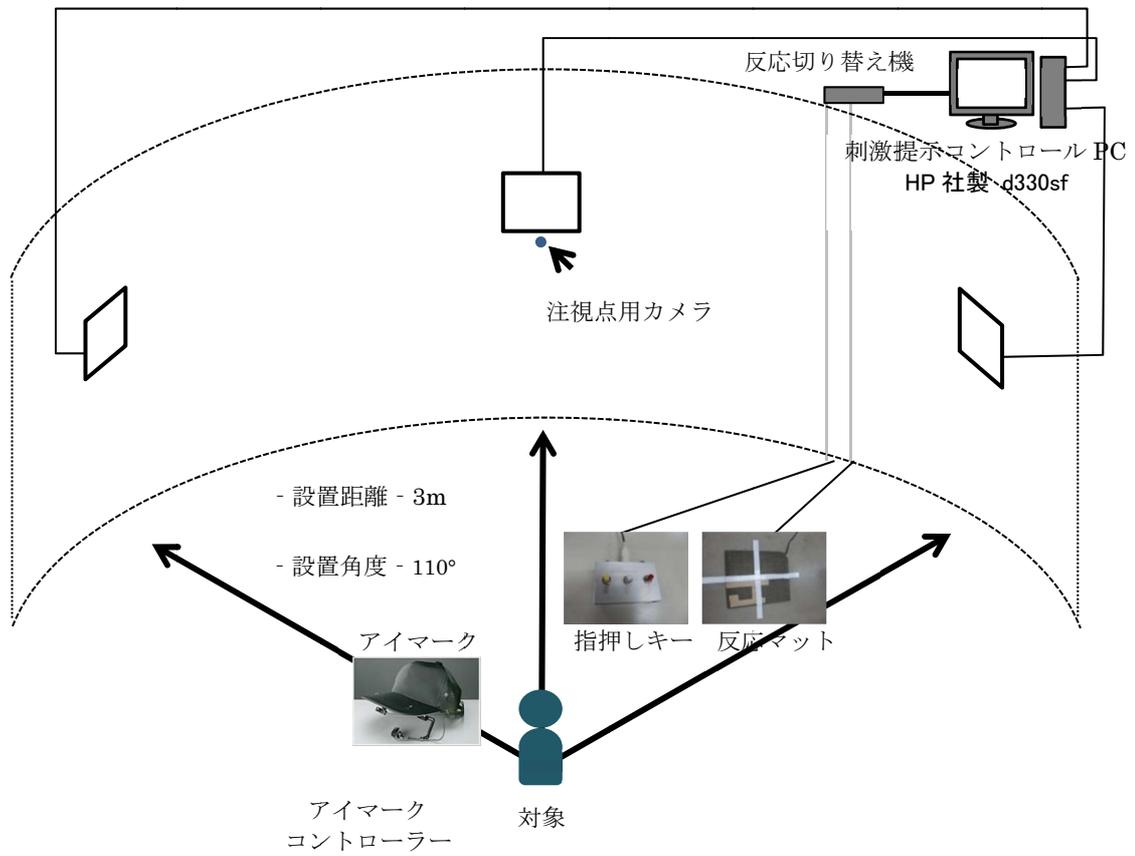


図 3-1. 実験環境設置図



図 3-2. 実験環境

3.2.3 実験条件

指押し課題、全身反応課題において、同じ刺激呈示条件で課題を実施した。各モニターには、赤、黄、緑、青の4色が1秒間隔でランダムに呈示され、条件課題に対する反応の正誤と反応時間が記録される。周辺視研究に使われている視覚刺激は、アルファベットや数字、刺激の輝度などを多く採用している。スポーツ場面で視覚情報の対象は、数値や文字などを判別することではなく、ダイナミックに変化する運動場面において、広範囲に位置するボールや敵、味方、パスコースのためのスペースなどの把握が重要な情報となる。そのため、呈示物そのものの内容の認識には複雑さを必要としないため、ユニフォームなどの色を把握することを想定し、本実験では、モニター画面にカラーを呈示することを課題とした。

条件課題に対し10試行の正反応ができるまで、課題が呈示される。3つの条件において呈示条件の確率は1/4となるように、呈示回数は1試行で必ず4回目までに正解が呈示されるようにプログラム設定を行った。条件課題は以下のとおりであった(表3-1参照)。

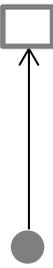
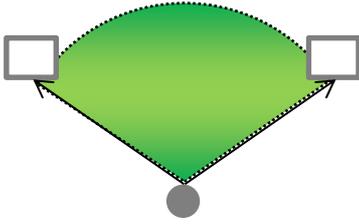
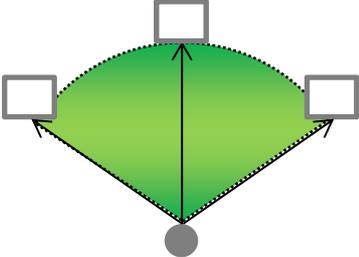
条件①正面モニターのみすべての色刺激が呈示され、その刺激が赤になった場合
(単純選択反応)

条件②両側2台のモニターのみ刺激が呈示され、その刺激の色が両方とも赤になった場合(2点単純選択反応)

条件③3台のモニターにすべての色刺激がランダムに呈示され、正面のモニターと両側のどちらかが赤になった場合(3点選択反応)

条件①は、正面のモニターのみの反応であり、条件②、③では課題が呈示される範囲が広がる。さらに、課題呈示範囲が同じではあるが、左右両端に注意を向ける条件②と、条件③は左右に加えて正面にも注意を向ける必要があり、条件③は条件②よりも正解パターンが複雑になるように設定した。

表 3-1. 呈示条件

		呈示条件(3)		
		条件①	条件②	条件③
反応形態(2)	指押し課題			
	全身反応課題			
呈示モニター数		正面モニター1台に課題呈示	110°範囲の左右に設置されたモニター2台に課題呈示	正面と110°範囲の左右に設置されたモニターの計3台に課題呈示
選択反応パターン		赤・黄・緑・青4色が呈示. 赤のみ反応.	赤・黄・緑・青の4色が2台それぞれランダムに呈示. 2台とも赤になった場合のみ反応.	赤・黄・緑・青4色が3台それぞれランダムに呈示. 正面と右もしくは正面と左の2台に赤がそろった場合のみ反応.

反応形態は、指押し課題と実践場面を想定した全身反応課題を実施した。指定されたモニターが赤になった場合に、指押し課題であればキーを素早く押す、全身反応課題では素早くマットから両足を外側へ出すように教示した。

3.2.4 実験手続き

被験者に実験要領の説明を行い実験参加の了解を得た後、アイマークを装着し、対象となるモニターを設置した 3m の位置においてアイマーク装置のキャリブレーションを実施した。指押し課題と全身反応課題の順序はカウンターバランスをとった。また、反応形態の課題が変わる際にキャリブレーション位置を修正するため、必ずオフセット作業を行った。

実験終了後、Visual Analog Scale (VAS)法において、疲労度と課題難易度の測定を行った。VAS 法とは、視覚的評価法スケールとして痛みなどの感覚の程度を客観的に

評価する方法として多く採用されている。長さ 10cm の黒い線(左端が 0, 右端が 100)を対象者に見せ、感覚の程度を 10cm の直線上のどの位置にあるかを示す方法である。本章では疲労度は、0 を疲労なし状態、100 を疲労度が高い、課題難易度は、各サイズで 0 を簡単、100 を難しいとした。課題難易度については、条件ごとに指押し課題と全身反応課題それぞれ質問した。最後に、実験に対する感想として 5 分程度のインタビューを実施した。その中で「自分の競技において瞬時の判断が必要だと思われる状況」について質問を行った。

3.2.5 データ解析

眼球運動測定装置と反応時間測定及び実験後の調査より以下のデータを抽出した。反応時間は、条件別に 10 回の正答した試行の反応時間を抽出し、中央値を算出した。注視点距離は、nac 社製アイマーク解析ソフト EMR-dFactory で抽出された注視点距離を採用した。この注視点距離を算出するための式は下記のとおりである。

被験者眼幅 $E[\text{mm}]$ 、キャリブレーション距離 $D[\text{mm}]$ で、キャリブレーション平面の中心を見た場合の輻輳角から基準係数を算出する。

$$\text{AngD}[\text{deg}] = 2 \tan^{-1}(E/2D)$$

左右水平線角度を $X_l[\text{左}]$ 、 $X_r[\text{右}]$ の場合の輻輳角(C_{vg})から注視点距離(Len)が求められる。

$$C_{vg}[\text{deg}] = (X_l - X_r) + \text{AngD}$$

$$Len[\text{mm}] = E/2/\tan(C_{vg}/2)$$

輻輳角から算出された注視点距離は、遠距離になるほど輻輳角の増減に対する距離の増減が大きくなり、眼球運動の測定誤差(0.1 度)の影響が大きくなる。具体的には、眼幅 6.4cm の対象者が注視点距離 3m でキャリブレーションを行った場合、注視点距離 5m, 10m, 15m, 20m での誤差はそれぞれ 0.31m, 1.25m, 2.95m, 5.59m である。そこで本章では、サッカー選手とバスケットボール選手を対象としていることから、できるだ

け遠距離のデータを収集するため、バスケットボールのハーフコート幅(14m)やサッカーコート内のゴールからのペナルティマーク位置(11m)を想定し、アイマーク解析ソフトにより算出された 10m 未満の注視点距離データを分析対象とした。注視点距離データはアイマーク専用分析ソフト EMR- dFactory により得られた。課題遂行中の固視点注視状態のデータ(60Hz サンプルング)を全て使用し、条件毎の平均値を解析に用いた。ただし、この分析ソフトにおいて頭部運動によるブレや垂直方向への視線移動はエラーとして検出される。さらに 10m 以上の注視点距離データは解析から除外した。また、試行間(3 秒間)のデータも平均値の算出に含まれている。試行間中の視線方向はおむね正面のモニターの範囲(注視点から約 7 度以内)にとどまっていた。

各条件で実施した試行回数の平均は、指押し課題(条件①10.3 回、条件②10.4 回、条件③10.6 回)、全身反応課題(条件①10.5 回、条件②10.3 回、条件③10.6 回)であり、その正答率を算出した。各条件の正答率は、指押し課題(条件①98.0%、条件②97.1%、条件③96.8%)、全身反応課題(条件①96.9%、条件②95.1%、条件③95.5%)であった。本実験では、時々刻々と変化する環境(刺激呈示)に対して「かまえ」という実践場面を想定した、より実践に接近した注視点距離のデータを得るために、条件別に 10 回正答するまで、試行間中のデータを含めた注視点距離データを分析対象とし、そこで算出された注視点距離の平均値を代表値として採用した。

VAS 評価値は、各質問項目で対象者が 0 から度合を記入したところまでの長さを測定した。統計解析ソフトは SPSS20.0 を用いた。なお有意水準は 5%水準とした。

指押し課題



全身反応課題

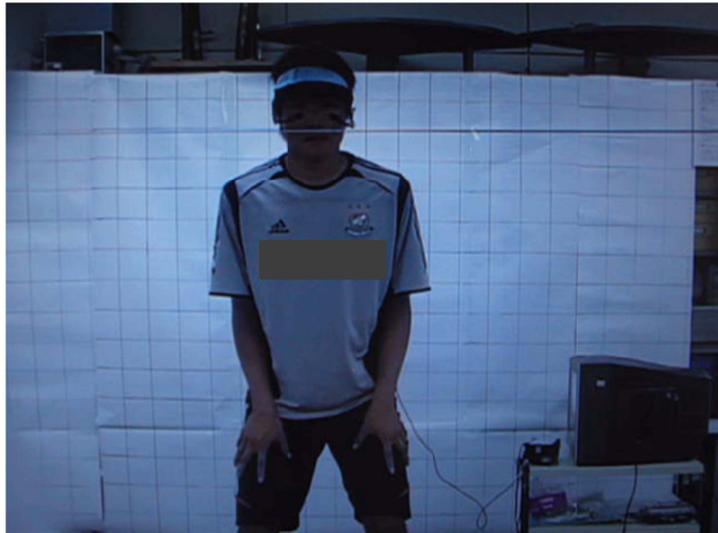


図 3-3. 実験の様子

3.3 結果

3.3.1 反応時間における注意容量と反応形態による検討

各条件, 反応形態別に反応時間の比較を行った(図 3-4). 呈示条件(1点呈示×2点呈示×1・2点呈示)と反応形態(指押し×反応マット)の2要因分散分析を行った結果, 呈示条件($F_{(2,27)}=35.2, p<.05$)と反応形態($F_{(1,23)}=160.4, p<.05$)に主効果が見られた. 呈示条件では, 条件①の正面モニターのみ($M=414.7\text{ms}$)が一番速く, 続いて条件②の両側モニター($M=489.0\text{msec}$), 条件③の正面と片側モニター($M=515.4\text{msec}$)の順で速かった. 反応形態は, 指押し課題が速く($M=392.9\text{msec}$), 全身反応課題が遅い結果となった($M=553.2\text{msec}$). しかし, 交互作用は見られなかった.

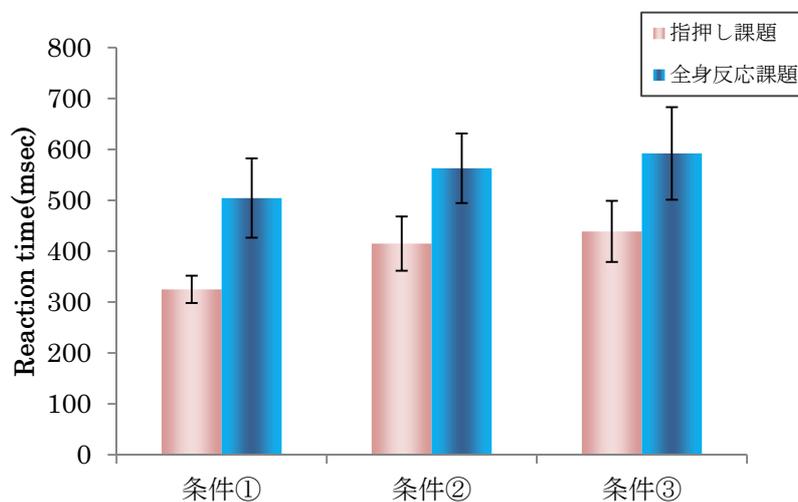


図 3-4. 反応形態と呈示条件による反応時間の比較

続いて注視点距離の比較を行った(図 3-5). 呈示条件(1点呈示×2点呈示×1・2点呈示)と反応形態(指押し×反応マット)の2要因分散分析を行った. その結果呈示条件で注視点距離の平均値は, 条件①(M=3.24m), 条件③ (M=3.28m), 条件② (M=3.38m)の順で長かったが, 有意な差は見られなかった($F_{(2,27)}=0.61$, n.s). また, 反応形態要因でも指押し課題(M=3.60m)が, 全身反応課題(M=3.00m)よりも注視点距離の平均値が長い結果となったが, 有意な差は見られなかった($F_{(1,23)}=3.61$, n.s).

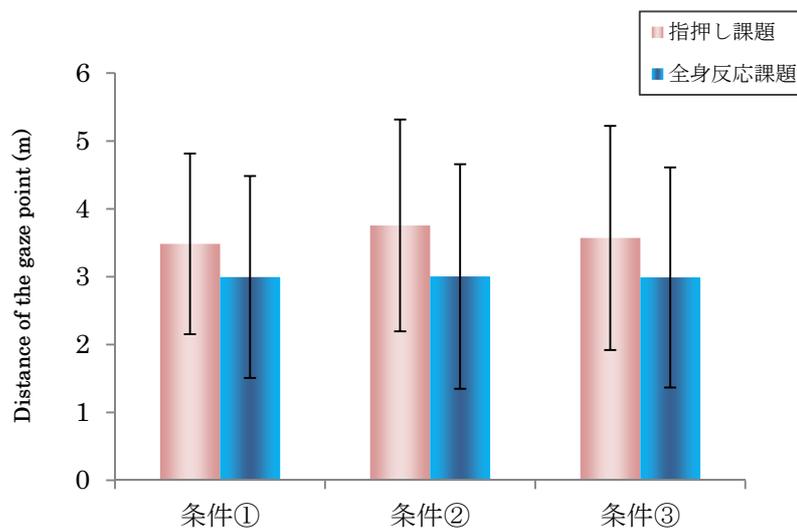


図 3-5. 反応形態と呈示条件による注視点距離の比較

3.3.2 反応形態と呈示条件別による反応時間と注視点距離の関係

輻輳角から算出された注視点距離と反応時間の関係を指押し課題と全身反応課題の2つの反応形態別に相関分析を行った. その結果, 指押し課題において注視点距離と反応時間の有意な相関は見られなかった($r_{(70)}=-0.09$, n.s). しかし, 全身反応課題では, 反応時間が短いと注視点距離が長いという有意な相関が見られた($r_{(70)}=-0.46$, $p<.05$). 反応形態によって視覚情報処理の方略の違いが反応時間の速さに影響していることが明らかになった(図 3-6).

次に、注視点距離と反応時間の関係を反応形態に加え呈示条件別において検討を行った。その結果、指押し課題においては、全ての呈示条件においても注視点距離と反応時間に有意な相関は見られなかった(条件①: $r_{(22)}=-0.24$, n.s, 条件②: $r_{(22)}=-0.17$, n.s, 条件③: $r_{(22)}=-0.14$, n.s). しかし、全身反応課題においては条件①($r_{(22)}=-0.53$, $p<.05$), 条件②($r_{(22)}=-0.46$, $p<.05$), 条件③($r_{(22)}=-0.52$, $p<.05$)のすべての条件で注視点距離と反応時間に有意な相関が見られた。全身反応課題においては、条件の違いに関わらず、反応時間が短いと注視点の距離が長いという結果が示された(図 3-7)。

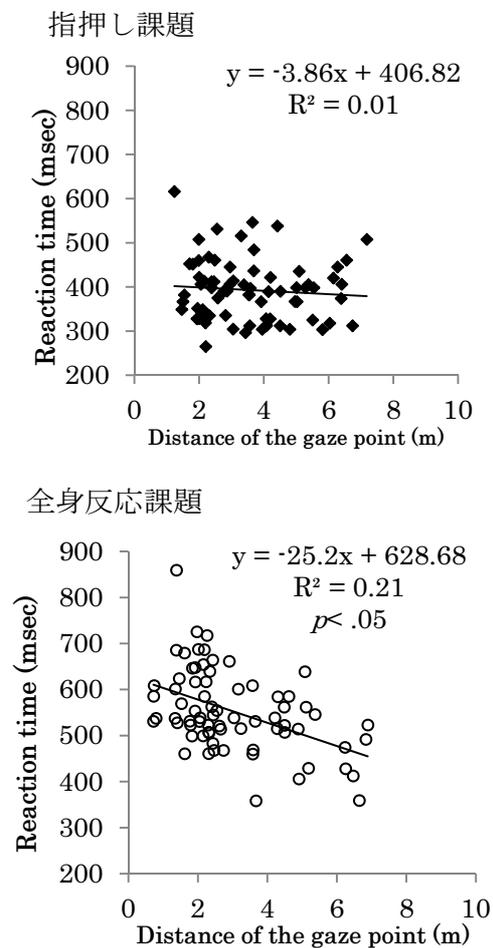


図 3-6. 反応時間と注視点距離

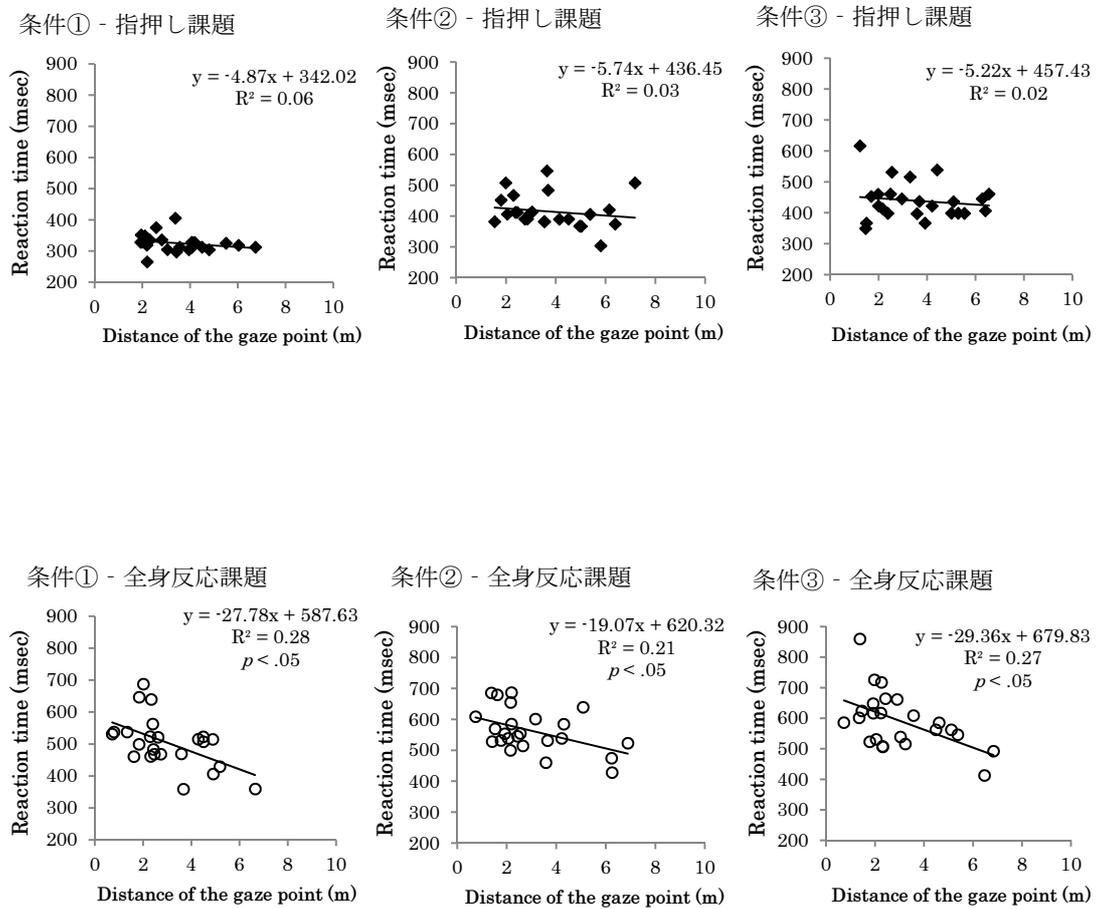


図 3-7. 反応形態・条件別における反応時間と注視点距離

3.3.3 注視点距離と疲労度

全ての実験課題終了後に、VAS 評価法において疲労度の調査を行った。対象者の平均疲労度は、 5.71 ± 2.15 cm であった。次に注視点距離と疲労度の相関分析を行った。その結果、指押し課題ではすべての条件において関係が見られなかったが、反応形態の全身反応課題において条件①($r_{(22)} = -0.42$, $p < .05$)で有意な相関が見られた。負の相関が認められたため、条件①の呈示における全身反応課題では、注視点距離が短いと疲労度が高いという結果となった(図 3-8)。

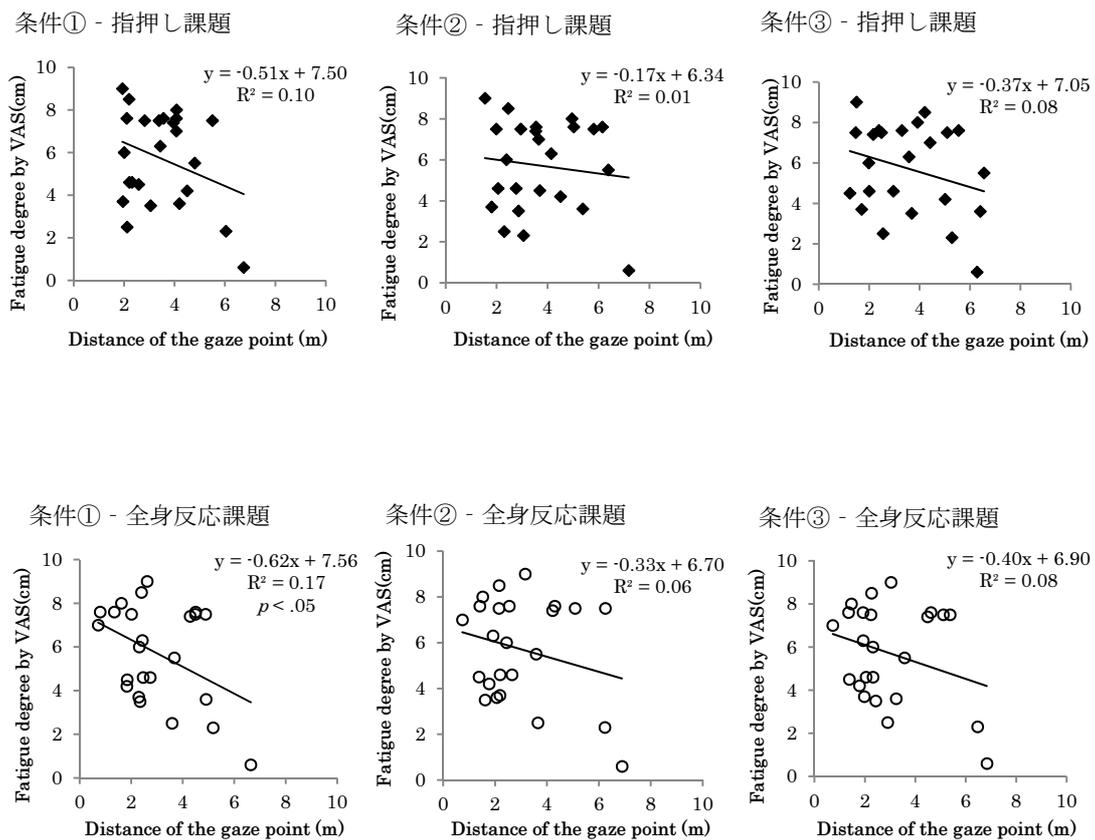


図 3-8. 反応形態・条件別における疲労度と注視点距離

反応形態別に、呈示範囲を正面(条件①)と110°範囲(条件②, 条件③)の2つの範囲においてVAS評価法を使って課題難易度の調査を行った。反応形態(指押し×全身)と呈示範囲(正面のみ呈示×110°範囲内呈示)の2要因の分散分析を行い、課題難易度の比較を行った。その結果、交互作用が見られ、110°範囲において反応形態の全身反応課題($M=5.60\text{cm}$)が指押し課題($M=3.65\text{cm}$)よりも難しいと感じていることが明らかになった($F_{(1,23)}=4.81, p<.05$)。

実験後にインタビューを行い、本実験の感想を尋ねた。インタビューの中で、「モニターが多い課題のほうが面白くて楽しかった」「疲れたが、ピッチでも全体を見ていないといけないので、その感じに近いと思った」「もう少し練習をすれば簡単になると思う」「範囲が広がると難しくなるが、要領がわかったら簡単に感じてきた」などの、110°範囲の課題に対するポジティブな意見が多く見られた。

3.4 考察

本章では、広範囲の情報の獲得が必要とされる球技種目選手にも遠山の目付的視覚情報処理の方略が有用であるのかを注視点距離に着眼点を置き検討を行った。また、反応時間課題の反応時間をより実践的に評価するため、指押し課題と全身反応課題における注視点の違いを検討した。

まず、反応形態と呈示条件による反応時間の検討を行った。反応時間において、全身反応課題よりも指押し課題の反応時間が速かった。反応時間と視覚刺激呈示において周辺視システムを活用させ、速い反応が見られると思われたが、複雑さの増加に伴い反応時間の遅延が見られた。これらの結果から、2つの反応形態において条件①よりも、条件②, ③の反応時間が遅くなる傾向は、視覚を対象とした反応時間課題で反応の選択肢数が増大すると反応時間が増大するというHick(1952)の結果と同様の知見が得られた。

続いて反応形態と呈示条件による注視点距離の検討を行った。注視点距離では、反応形態と呈示条件で有意な差が見られなかった。つまり、2つの反応形態でも、呈示条件の条件①の正面の単純課題及び、広い範囲の周辺視課題となる条件②、③でも注視点距離の変化が見られなかったが、これはそれぞれの標準偏差が大きいことが影響していると推察される。

次に注視点距離と反応時間の関係を指押し課題と全身反応課題の2つの反応形態別に相関分析を行った。その結果、全身反応課題では、反応時間と注視点距離において有意な相関が認められ、反応時間が速いと注視点距離が長くなることが明らかになった。指押しと全身反応といった反応形態によって視覚情報処理の方略の違いが反応時間の速さに影響していることが示唆された。指押し課題では、注視点距離とは関係なく対象の平均反応時間は300から400msecの範囲に分散しているが、注視点距離が対象モニター距離の3m付近では、全身反応課題になると500から700msecの範囲にあり反応時間が遅延している。これらのことから、広範囲の呈示刺激に対して注視点距離が短いと、全身反応課題の対応が困難であることが考えられる。

さらに、注視点距離と反応時間の関係を反応形態に加え呈示条件別において検討を行った。その結果、全身反応課題においてはすべての条件で注視点距離と反応時間に有意な相関が見られた。条件①の正面モニターの刺激に対しては、周辺視で見る必要はないため、注視点距離は他の呈示条件とは異なると仮定された。しかし、反応時間が速い人は、どの呈示条件であっても注視点距離は、正面呈示モニターの後ろの位置に存在していた。これらのことより反応時間が速い対象者は、正面の狭い範囲の条件であっても、情報を得る範囲が広がった場合であっても、注視点距離は長い状態であることが明らかになった。対象よりも後方に注視点がある対象者は視覚情報獲得の方略として平行法(非交差輻輳)を活用していると思われる。一方で、対象よりも短い注視点距離の場合は、交差法(交差輻輳)を無意識にとっていると思われる。

これまで周辺視の研究は、反応時間を評価指標として進められてきた。反応時間は課

題遂行成績の重要な指標とされ、反応時間が長いほど、複雑で多くの心的処理を要したと考えられている。人は中心を見続けると、注視点間隔が短くなり、一点を見る時間が次第に長くなる。その結果、処理すべき情報処理に負荷がかかり活動効率が下がるという報告もある(加藤・福田, 2002)。条件①で注視点距離が対象の3m付近にある対象者は、中心視にてモニターを凝視した結果、反応時間が遅くなっていることも考えられる。また、条件②, ③の広域範囲になる課題では、注視点の短い対象者は左右を意識する方略として交差法を活用している可能性もあり、眼筋の内側保持による輻輳運動を行ったため、負荷がかかり反応時間に影響を与えたのではないかと予測される。

すなわち、より現場に近い状況として1対1の対人状態においてその対象の後ろを見るといった遠山の目付は反応時間に影響していることが本章において示され、球技種目の選手でも有効であることが明らかになった。さらにその視覚方略は、球技種目選手が必要とする広範囲の周辺視で呈示された条件においても、対象の手前に注視点を置くよりも有効であることが示された。注視点が対象の後ろ側に存在しているということは、平行法を活用しており、遠くに注視点を取ることで、広範囲に速く反応できる方略であったと示唆される。

注視点距離と疲労度の関係を見るために、注視点距離とVAS評価法による疲労度の相関分析を行った結果、全身反応課題の条件①において、注視点距離が短いと疲労度が高いという結果となった。交差法による輻輳運動のための眼筋保持が、視覚情報獲得の方略自体に疲労感を引き起こしているのではないかと推察される。全身反応課題時のみ注視点距離が極端に短い(0.7m)被験者もいた。この対象者は安定して1m手前地点あたりに注視点があるため注視点を手前においた交差法を活用していたと考えられ、感想にも、非常に疲れたと答えている。安藤ほか(2010)は、身体運動の疲労によって周辺視反応時間が遅延することを明らかにしている。しかし、身体運動による疲労ではなく、目そのものの疲労によって、反応時間に影響する可能性もうかがえる。広範囲な情報を得る視覚方略は、見る方法の違いが、選手の疲労感も左右する可能性が示唆される。

次に、呈示範囲と反応形態による課題難易度を検討した。その結果、呈示範囲と反応形態による課題難易度は、難易度の高さである課題数の増加と呈示範囲の広さが影響していることが明らかになった。しかし、実験後の感想からも見られるように、「モニターが多い課題のほうが面白くて楽しかった」「疲れたが、ピッチでも全体を見ていないといけないので、その感じに近いと思った」などの意見があり、本実験の設定環境は、対象者が経験しているフィールドの環境に接近したものであることを感じている様子うかがえた。インタビュー内容から、全身反応課題の立位状態にいることは指押し課題とは違い、よりピッチやコートに立ち広い範囲に意識を向け「かまえる」という実践感覚につながる心理状態を生む可能性が見られた。

以上のことから、従来、剣道や柔道に代表される「遠山の目付」や「観音の目付」は、球技種目選手においても、対象よりも注視点を後ろに置く視覚情報方略を活用していることが明らかになった。さらに球技種目の環境である広範囲における視覚情報方略としても遠山の目付は有効であるとみなすことができる。したがって、見るべき対象も多く、広い範囲の情報を得ることが重要である球技種目の選手にとっても、遠山の目付は有用であることが言える。

これまでの視覚研究において加藤(2004)は、スポーツ競技者は日々の練習や試合の中で自然と体系化された無意識的な視覚探索を身に付けている可能性を示唆している。そのため、視覚研究では1種目に限定した研究が多い。そこで本章でも、球技種目の選手のみを対象とした。しかし、球技種目の特徴をより明確にするために今後は、他の種目の注視点距離を測定し、競技種目との比較が必要である、また、競技レベルによる注視点距離の比較を検討することも課題としてあげられる。

また、従来の視覚研究は、対象位置に対する視覚パターンを評価としており、対象との注視点距離は扱われていない。さらに、視覚パターンの範囲は限られており、球技種目に見られる広い範囲には対応していない。これまで球技種目の選手を対象とした広い実践場面を設定した注視点距離の研究は見られない。そこで、本章は、注視点距離とい

う視覚情報に着目して、遠山の目付という視覚情報処理の方略を明らかにした。しかしながら、広範囲の視覚情報を得ることは、注視点距離を左右する輻輳・開散運動の影響が大きく、輻輳角から算出された注視点距離には、遠距離になるほど輻輳角の増減に対する距離の増減が大きくなるという誤差が生じる。このように、注視点距離の研究には、測定装置の限界があることが指摘できる。注視点距離の測定には、抽出手法や測定装置の精度など、注視点距離の研究を進めて行く上での課題としてあげられる。そのため今後は、広域の刺激呈示条件を変化させた研究を積み重ねていくことが必要であろう。時々刻々とダイナミックに変化する環境の中で、常に判断を迫られる球技種目の視覚情報処理の方略を明らかにすることで、選手たちのパフォーマンス向上を目指したい。

3.5 結論

本章では、より実践に近い実験環境を設定し、視野の 110°範囲にて呈示条件を変化させた視覚刺激呈示に対する反応時間と注視点距離の測定を行い、球技種目選手における視覚情報獲得方略の検討を行った。反応時間と視覚刺激呈示において周辺視システムを活用させ、速い反応が見られると思われたが、課題の複雑性の増加に伴い反応時間の遅延が見られた。しかし、反応時間と注視点距離に有意な相関が見られ、注視点距離が長い対象者は対象物の後方に注視点を置く平行法を活用していると推察された。広域な範囲においても「遠山の目付」が有効である可能性がうかがえた。

第4章

広域視野範囲におけるサッカー選手の視覚情報処理

4.1 目的

スポーツ競技者にとって視覚情報の役割は大きく、サッカーなど球技種目では、複数の運動する物体を同時に認識、追跡する必要性が生じる。球技種目においては、自分が注目すべき場面(1対1やボール保持等)以外でも常に周囲を意識しておく必要があり、時間的・空間的制約の中で意思決定を行う複雑な環境下で競技を行っている(Williams, 1994)。そのため、広範囲に渡る視覚情報をいかに効率的に獲得できるかが、パフォーマンスに影響していると考えられる。

さて、人の視覚情報は眼球内の網膜で捉え、大脳皮質に送られ物体や空間認識のための処理が行われる。視覚神経系の生理学の観点から視覚情報の処理経路には、色や形などの詳細な認識を担当する腹側経路と、動きや空間の3次元構造などの空間情報担当の背側経路の2つの機能の理解も進んでいる(花沢, 2004)。これらの生理的機序をもとにTreverthen(1968)は、視覚情報処理について詳細な運動の指針となる中心視システムと、姿勢などの全身運動の指針となる周辺視システムに区分した。中心視システムは狭い範囲に対応し、色の感度や形の認識度も高く意識的に情報を捉えるなどの機能を持っており、視野対象の詳細な情報の検討を行ってから行動に結びつけるため反応速度は遅い。一方、周辺視システムは、広い範囲において動いているものや対象の位置などの情報獲得に優れ、その視覚情報の獲得のほとんどは無意識的に行われている。広い空間を把握し、姿勢制御などの全身運動の指針となる周辺視システムは、反応速度が速いとされている(加藤, 2004)。

これらの2つの視覚システムの機能特性を評価する手段として眼球運動測定が有効であるとされ、スポーツ選手の視覚研究が進んでいる(Kato and Fukuda, 2002; 加藤・福田, 2002; Nagano et al., 2004; 仲里ほか, 2013)。これらの研究を概観する

と、そのほとんどが対象者と対面した状況を想定した条件で行われており、注視すべき相手の周辺のみ狭い範囲を対象としているという課題が見られる。また加藤(2004)は、現在の視覚研究は中心視に着目したものが多く、周辺視については視線配置パターンという注視位置と注視時間からの推察にとどまっていることを指摘している。そのため、周辺視システムの広い範囲の機能特性に着目していかなければならないと言える。特に球技種目では、広域の視野範囲から人やボールを認識することが必要であるため、周辺視の役割は大きい。

周辺視の役割については、網膜の視細胞から説明できる。すなわち視細胞のひとつである桿体細胞は、周辺視野の機能に関与しており、「何があるか」ではなく、「何か動いた」という知覚が優先しており、高速に動くものを検知する働きを担っている。また、周辺視の役割は他にもバランスや距離感覚にも関わっており、石垣(1985, 1986)は周辺視を制限することでバランスを崩し、フリースローの成功率が低下することを検証している。このように、動くものへの反応やバランスなど周辺視の役割は、球技種目選手の反応・認知に大きく影響すると言える。

これらのことを踏まえると、時々刻々と変化するサッカーに必要とされる周辺視システムを明らかにするためには、広域な視野範囲を想定した周辺視を検討する必要性が指摘できる。視野角の範囲について生理的視野の広さは絶対的視野(静的視野)とされ、その範囲は視野角約 180–200°と言われている。また、知覚の及ぶ範囲の視野角約 100–120°は有効視野とされている。この有効視野には個人差があり、練習効果も見られ、注視しなければならない負荷が強くなるほど有効視野は狭くなる(池田, 1998)。このことから本章では、広範囲の視覚情報が行為の判断として重要なサッカー選手の、有効視野 110°と生理的視野 180°の位置からの刺激に対する反応の速さに焦点を当てた。

広範囲な周辺視を測る方法として、従来は注視位置に着目していたが、近年は注視点距離の有効性が指摘されている(Imamura et al., 2013)。注視点距離とは、眼球運動のひとつである立体視や奥行きを感知するための「輻輳・開散運動」による左右の目の輻

輻輳から算出された視線が交差する点までのことを示し、観察距離や絶対距離などとされる。Takemura et al.(2007)は、サルを用いた実験により眼球の輻輳・開散運動を精密に制御しているのは大脳皮質 MST 分野であることを発見し、輻輳・開散運動の制御が運動時の視覚情報処理に関わっていることから、スポーツ選手において運動時の視覚情報方略の解明の一助となる可能性を示唆している。剣道の「遠山の目付」といった、対象の後方に視点を置く見方が、広範囲の対象を見る球技種目の選手にとっても有効であり、速い反応ができることが報告されている(Imamura et al., 2013)。

そこで本章では、まず、実験Ⅰとして、広範囲の情報の獲得が必要とされるサッカー選手を対象とし、有効視野の範囲で視覚刺激が呈示された場合と、生理的視野の範囲から刺激が呈示された場合の、視覚情報の獲得方略を注視点距離から検討することを目的とした。また、実験Ⅱとして、広範囲の視覚刺激に加えて、その範囲付近で無関係な視覚刺激が提示され、注意を向け反応しなければならない場合に注視点距離はどのように変化をするのか検討することを目的とした。これらの2つの実験を通して、大学トップレベルの選手を対象とし、指導者の評価を含め、注視点距離と競技レベルの関係も検討することとした。スポーツ場面に近い広範囲の視覚情報獲得方略と指導者によるパフォーマンス評価との関係を明らかにすることで、より現場に活かされる知見が得られることが期待される。

4.2 実験1 有効視野(110°)と生理的視野(180°)の反応時間と注視点距離

4.2.1 目的

本実験では、視野角の範囲について生理的視野の広さの視野角約 180°の位置と、知覚の及ぶ範囲の視野角約 110°の有効視野の位置で単純な視覚刺激を呈示した場合の反

応時間と注視点距離の関係に焦点を当てた。

広範囲の情報の獲得が必要とされるサッカー選手を対象とし、有効視野の範囲で視覚刺激が呈示された場合と、生理的視野の範囲から刺激が呈示された場合の、視覚情報の獲得方略を注視点距離から検討することを目的とした。また、注視点距離が競技レベルの違いに関わっているのかを検討する。

4.2.2 方法

4.2.2-1 対象

対象者は広域の視覚情報を必要とする状況が多いと思われる男子サッカー選手 20 名 (19.8±1.04 歳)、スポーツ経験年数は 9 年以上(13.4±2.18 年)であった。対象者の視力は 1.0 以上、全員裸眼で視覚障害などが認められない正常な視覚機能を有していた。なお、すべての対象者には本章の目的、実験内容、及び測定に伴う危険性を十分に説明し、対象者の同意を得た上で、十分な注意と体調に配慮を行いながら実験を実施した。

4.2.2-2 実験装置・環境

測定機器は 眼球運動測定装置(nac 社製モバイル型アイマークレコーダーEMR-9)を使用した。眼球運動測定装置のサンプリングレートは 60Hz であり、最少分解能は 0.1° であった。

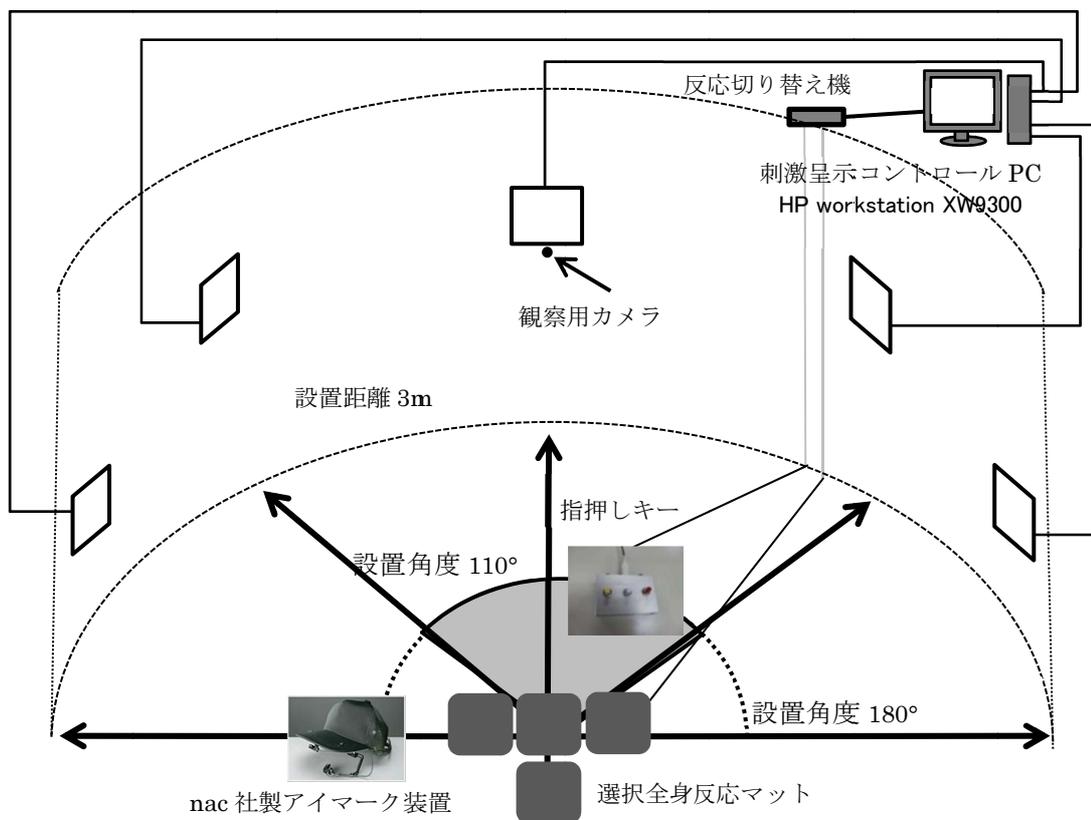


図 4-1. 実験機器設置図



図 4-2. 刺激呈示モニター

*i-Phon5 のパノラマ機能アプリケーションにより，対象者の観察位置から 3m の円周上(180°)に設置したモニターを撮影したもの

視覚刺激呈示には5台の17インチPC用モニターを使用した。モニターの設置高は1.5mの位置に設定した。5台のモニターと対象者の観察距離は3mとし、設置位置は対象者の正面に1台、対象者正面を中心とし、対象者からの最大視角110°に映るよう左右に2台を、180°の位置に左右2台を設定した。なお、実験室内の他の環境が影響しないようモニターの周囲には衝立を設置し、衝立外側にてモニターの制御を行った(図4-1参照)。刺激の作成には、視覚呈示プログラムを(Visual Basic .NET (visual studio 2010 professional)にて作成)を用い、実験条件の制御にはワークステーション(H P workstation XW9300)を使用した。

指押し課題の場合、被験者の頭部運動を防ぐために顎台を用いた。全身反応課題の場合には、キャリブレーション時のみスタンド式顎台を使用し、課題実施時の目安になるように顎の高さにゴム紐を引いて被験者自身にゴム紐の高さを試行毎に確認し、試行中はできる限り頭を動かさないように指示した(図2参照)。また、正面モニター下部にカメラ穴を開け対象者の動きを確認するために撮影した。

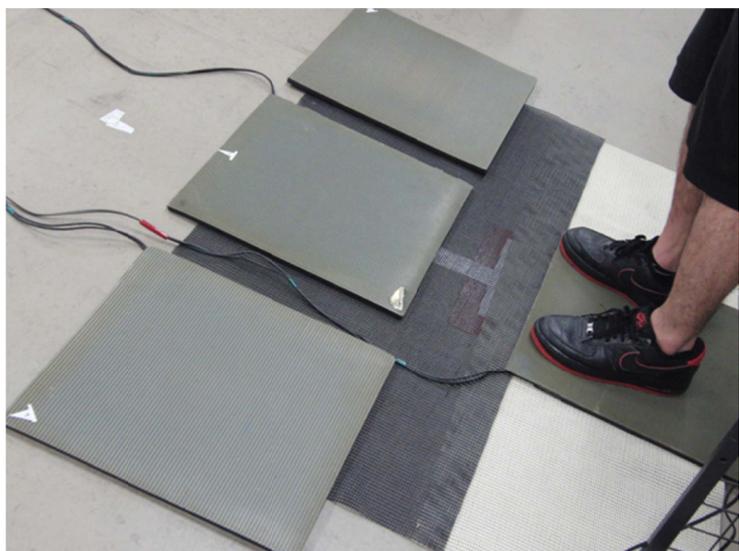
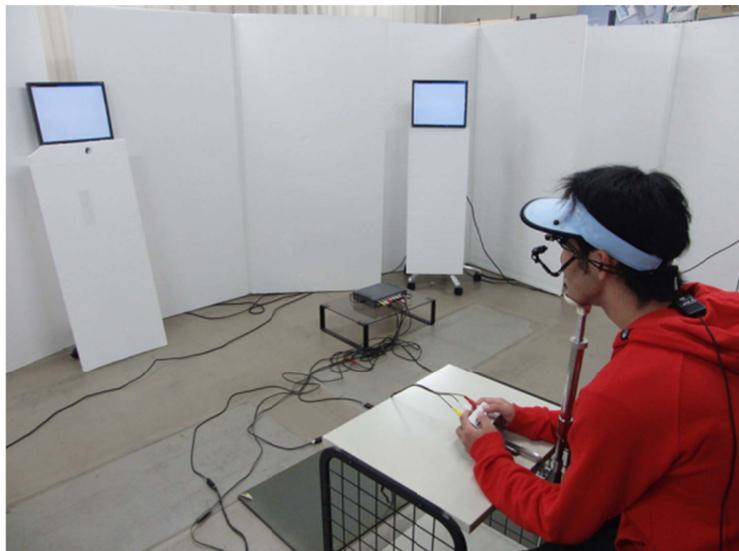


図 4-3. 反応形態・指押し課題(上), 全身反応課題(下)

4.2.2-2 実験条件

指押し課題と全身反応課題は、同じ刺激呈示条件で課題を実施した。各モニターには、課題が呈示される合図として緑が呈示され、その後モニターは白に戻り、赤が呈示されたら素早く反応し、その反応時間が記録される。周辺視研究に使われている視覚刺激は、アルファベットや数字、刺激の輝度などを多く採用している。スポーツ場面で視覚情報の対象は、数値や文字などを判別することではなく、ダイナミックに変化する運動場面において、広範囲に位置するボールや敵、味方の把握が重要な情報となる。そのため、呈示物そのものの内容の認識には複雑さを必要としないため、ユニフォームなどの色を把握することを想定し、本実験では、モニター画面にカラーを呈示することを課題とした。

課題は、各条件 10 試行行った。条件課題は以下のとおりであった(表 4-1 参照)。

条件①:正面モニターのみを使用し、赤色になったら素速く反応(単純反応)

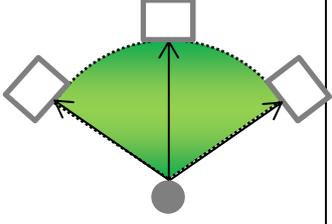
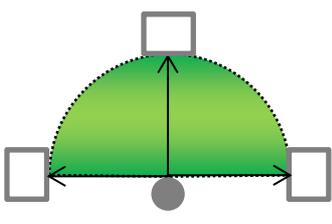
条件②:正面と 110°に設置された 2 台の計 3 台のモニターのうち、赤色が出た方向を選択(110°内選択反応)

条件③:3 正面と 180°に設置された 2 台の計 3 台のモニターのうち、赤色が出た方向を選択(180°内選択反応)

条件①は、正面のモニターのみの反応であり、条件②、③では課題が呈示される範囲が広がる。

反応形態は、指押し課題と実践場面を想定した全身反応課題を実施した。指定されたモニターに赤が表示された場合に、指押し課題であればキーを素早く押す、全身反応課題ではマットから選択する方向(右前、前、左前)のマットへ素早い移動を行うように教示した。

表 4-1. 刺激パターン説明一覧

			呈示条件		
			条件① 単純反応課題	条件②	条件③
反応形態(2)	指押し課題	キー 			
	全身反応課題	マット 			
呈示モニター数			正面モニター1台に課題呈示	正面と 110°範囲の左右に設置されたモニター計3台に課題呈示	正面と 180°範囲の左右に設置されたモニターの計3台に課題呈示
選択反応パターン			赤が呈示されたら反応	赤が呈示されたモニターと同じ方向のマットに移動	赤が呈示されたモニターと同じ方向のマットに移動

4.2.2-3 実験手続き

被験者に実験要領を説明し実験参加の了解を得て、アイマーク装着後、対象となるモニターを設置した 3m の位置においてアイマーク装置のキャリブレーションを行った。指押し課題と全身反応課題の順序はカウンターバランスをとった。また、反応形態の課題が変わる際にキャリブレーション位置を修正するため、必ずオフセット作業を行った。最後に、実験に対する感想として5分程度のインタビューを実施した。その中で「自分の競技において瞬時の判断が必要だと思われる状況」について質問を行った。

また、対象者をスターティングメンバー候補であるメンバーを A 群(10名)とし、そのほかの選手を B 群(10名)として 2 群の比較を行った。さらに、現場でのサッカー選手としてのパフォーマンスを評価するために、対象者の指導者に依頼し、対象者の氏名

が1枚ずつ記載されたカードを「サッカー選手として評価できる」と思われる順番に並べ選手の順位付けを行った。サッカー選手として評価できる内容として、「周囲の状況が常に把握できて、状況判断が優れている事、また、適度な緊張感を持ち、周囲の情報に敏感であること」があげられた。本章に協力した指導者は、S級ライセンスを所有し、国際試合の監督を務めることもあり、国際、国内での優勝経験を持ち、全国上位入賞のチームを率いている。

4.2.2-4 データ解析

眼球運動測定装置と反応時間測定及び実験後の調査より以下のデータを抽出した。反応時間は、条件別に10試行の反応時間を抽出し、中央値を算出した。注視点距離は、nac社製アイマーク解析ソフトEMR-dFactoryで抽出された注視点距離を採用した。

輻輳角から算出された注視点距離は、遠距離になるほど輻輳角の増減に対する距離の増減が大きくなり、眼球運動の測定誤差が大きくなる。具体的には、眼幅6.4cmの対象者が注視点距離3mでキャリブレーションを行った場合、注視点距離5m, 10m, 15m, 20mでの誤差はそれぞれ0.31m, 1.25m, 2.95m, 5.59mである。そこで本章では、サッカー選手を対象としていることから、できるだけ遠距離のデータを収集するため、サッカーコート内のゴールからのペナルティマーク位置(11m)を想定し、アイマーク解析ソフトにより算出された10m未満の注視点距離データを分析対象とした。注視点距離データはアイマーク専用分析ソフトEMR-dFactoryにより得られた。課題遂行中の固視点注視点状態のデータ(60Hzサンプリング)を全て使用し、条件毎の平均値を解析に用いた。ただし、この分析ソフトにおいて頭部運動によるブレや垂直方向への視線移動はエラーとして検出される。さらに10m以上の注視点距離データは解析から除外した。また、試行間(3秒間)のデータも平均値の算出に含まれている。試行間中の視線方向はおおむね正面のモニターの範囲(注視点から約7度以内)にとどまっていた。

統計解析ソフトはSPSS20.0を用いた。

4.2.3 結果

4.2.3-1 反応形態と呈示条件による反応時間と注視点距離の検討

反応時間において、モニター数と設置位置を変えた3つのモニター呈示条件(正面1点呈示×110°視野角内3点呈示×180°視野角内3点呈示)と反応形態(指押し×全身反応)の2要因分散分析を行った(図4-4)。その結果、呈示条件では、条件①(M=461.9msec)、条件②(M=510.9msec)、条件③(M=541.8msec)の順で反応時間が速く、反応形態では、指押し課題は(M=334.1msec)全身反応課題よりも反応時間が速かった。交互作用が有意であったため、単純主効果の検定を行った結果、指押し課題の条件①(M=275.1msec)、条件②(M=346.1msec)、条件③(M=381.0msec)、全身反応課題の条件①(M=648.7msec)、条件②(M=675.7msec)、条件③(M=702.7msec)の順で反応時間が速いことが明らかとなった($F_{(2,18)}=4.59, p<.05$)。

続いて注視点距離の比較を行った(図4-5)。モニター数と設置位置を変えた3つのモニター呈示条件と反応形態の2要因分散分析を行った。その結果呈示条件で注視点距離の平均値は、条件②(M=3.2m)、条件①(M=3.13m)、条件③(M=3.04m)の順で長かったが、有意な差は見られなかった($F_{(2,18)}=0.76, n.s$)。また、反応形態要因でも指押し課題(M=3.25m)が、全身反応課題(M=3.0m)よりも注視点距離の平均値が長い結果となったが、有意な差は見られなかった。

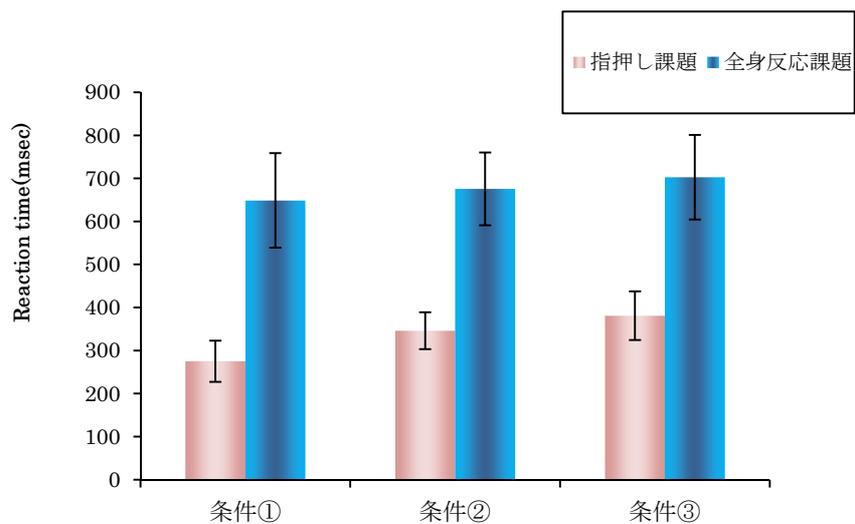


図 4-4. 反応形態と呈示条件による反応時間の比較

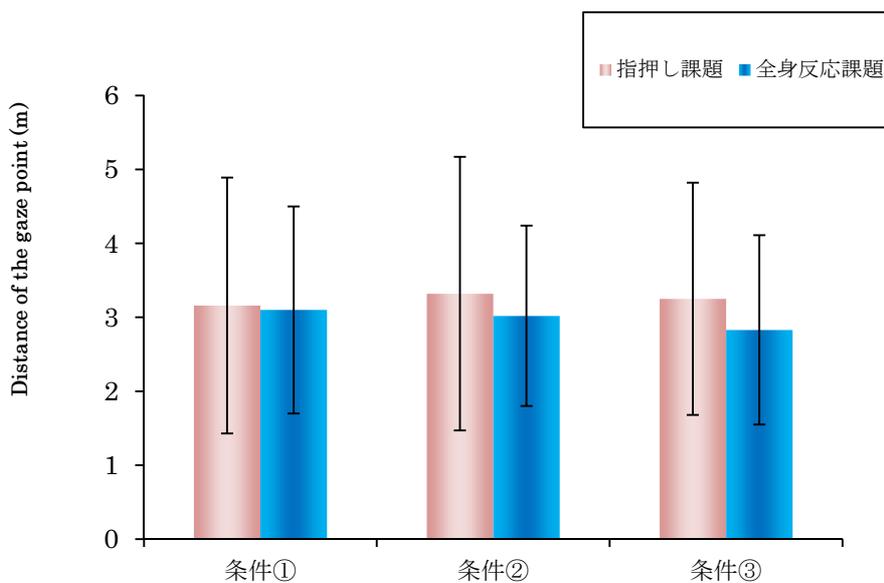


図 4-5. 反応形態と呈示条件による注視点距離の比較

($F_{(1,19)}=0.57$, n.s). 交互作用にも有意な差は見られなかった.

4.2.3-2 反応形態と呈示条件別による反応時間と注視点距離の関係

輻輳角から算出された注視点距離と反応時間の関係を指押し課題と全身反応課題の2つの反応形態別に検討を行った. 図4-6は横軸に注視点距離を示し, 反応時間を反応形態別に(◆指押し課題, ○全身反応課題)プロットしたものである. 全身反応時間は指押し課題よりも反応時間が遅く, 分散が見られるが, 相関分析を行った結果, 指押し課題($r=-0.23$, n.s)には相関は見られず, 全身反応課題($r=-0.41$, $p<.05$)に注視点距離と反応時間の有意な相関が見られた.

次に, 注視点距離と反応時間の関係を反応形態, 呈示条件別において検討を行った. 反応形態と呈示条件別によって各対象者のデータの分布を図4-7に示す. 横軸は注視点距離であり, 指押し課題(◆)では, 注視点距離の長さに関わらず対象者全体を見ても反応時間に大きな変化は見られない. 相関分析の結果, 指押し課題においては, 全ての呈示条件においても注視点距離と反応時間に有意な相関は見られなかった(条件①: $r=-0.37$, n.s, 条件②: $r=-0.39$, n.s, 条件③: $r=-0.27$, n.s). 次に, 全身反応課題(○)では条件①から②, ③になるにつれて注視点距離が短くなるように見られたが, 相関分析の結果, 全身反応課題の条件①に有意な相関が見られ, 条件②では注視点距離と反応時間に有意な傾向が見られなかった(条件①: $r=-0.45$, $p<.05$, 条件②: $r=0.44$, n.s, 条件③: $r=-0.32$, n.s). 情報を捉えるべき範囲が広がった条件の場合, 反応形態に関わらず, 注視点距離に変化は見られないことが明らかになった.

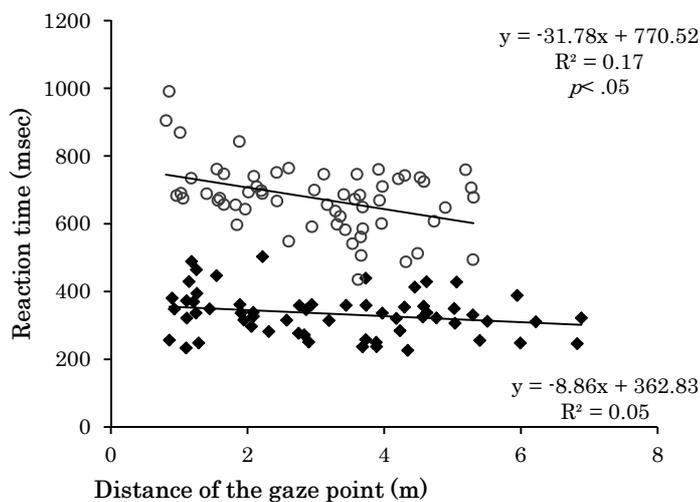
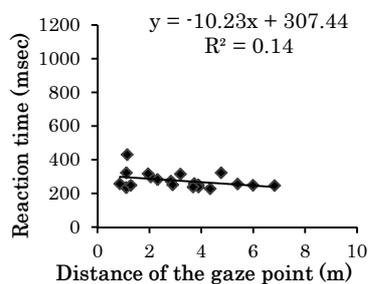
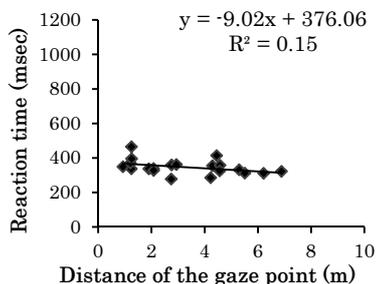


図 4-6. 課題別による反応時間と注視点距離

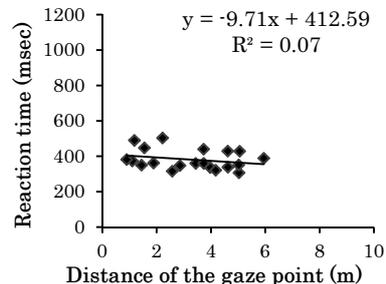
条件①—指押し課題



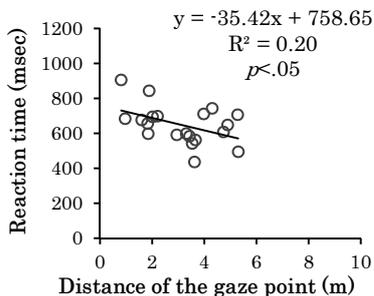
条件②—指押し課題



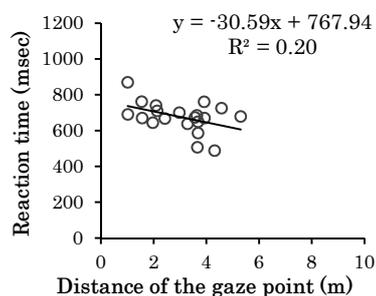
条件③—指押し課題



条件①—全身反応課題



条件②—全身反応課題



条件③—全身反応課題

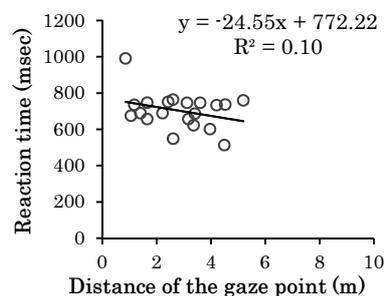


図 4-7. 条件・反応形態別における反応時間と注視点距離

4.2.3-3 条件間の注視点距離の関係

条件間の注視点距離の変化を検討した。図 4-8 は反応形態別において、条件①と②、条件①と③、条件②と③の注視点距離をプロットしたものである。2つの条件において、同じ注視点距離であれば、x,y 座標の直線上にプロットされる。指押し課題において条件②と③ではばらつきが見られるものの、全身反応課題においては、いずれの条件においても直線上に注視点距離の値があり、呈示条件による注視点距離の違いは見られなかった。どの呈示条件においても、注視点距離が短い対象者は短く、注視点距離が長い対象者は長い結果であった。

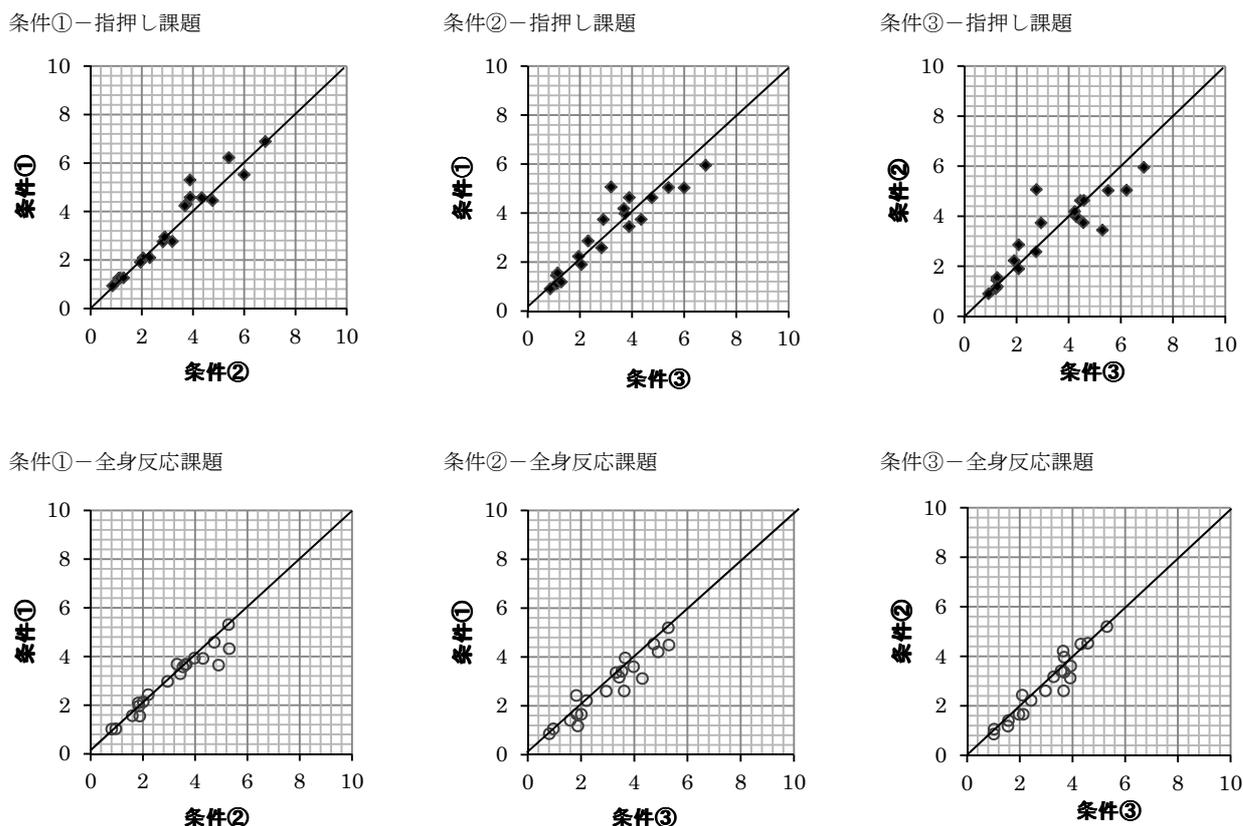


図 4-8. 反応形態別条件間の注視点距離の関係

4.2.3-4. 注視点距離とパフォーマンスとの関係

対象者をスタメン候補であるメンバーをA群(10名)とし、そのほかの選手をB群(10名)とした2群の注視点距離について、反応形態別に群(2)と呈示条件(3)の2要因分散分析を行った。その結果、指押し課題における呈示条件において群間 ($F_{(1,18)}=1.63$, n.s)と呈示条件($F_{(1,18)}=2.73$, n.s)の主効果は見られず、交互作用も見られなかった。また、全身反応課題では、呈示条件に差が見られ条件①(M=3.10m)、条件②(M=3.01m)、条件③(M=2.83m)の順に注視点距離が長かった($F_{(1,18)}=3.82$, $p<.05$)。しかし、群間の違いは見られなかった($F_{(1,18)}=2.53$, n.s)。いずれの条件でも注視点距離の平均値はA群の方が大きかったが各群内でのばらつきが大きいいため有意差はなかった(図4-9, 4-10)。

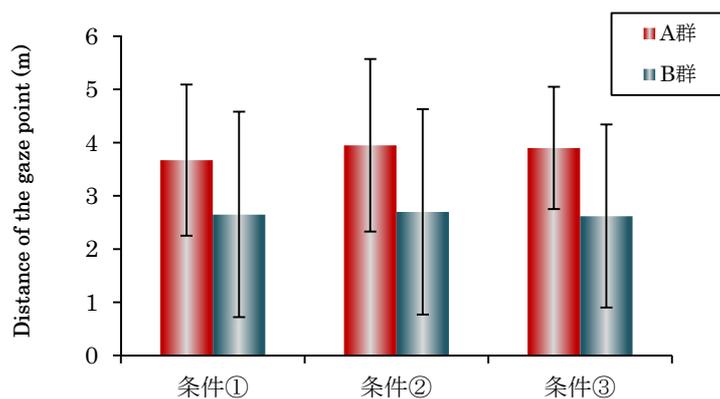


図4-9. 条件別による注視点距離の2群間比較(指押し課題)

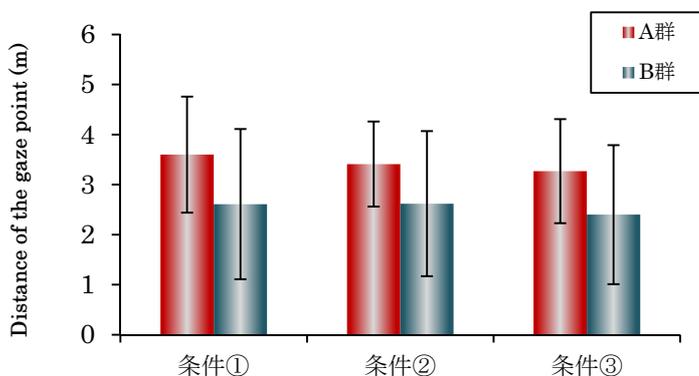


図4-10. 条件別による注視点距離の2群間比較(全身反応課題)

次に、対象となった選手の指導者に、対象者の氏名が一人に1枚記載されたカードを「プレー評価が高い選手」と思われる順番に並べ順位付けを行ってもらい、そのパフォーマンス評価の順位と注視点距離の関係を反応形態に加え呈示条件別において検討を行った。図4-11の指押し課題(◆)では、各条件において全て大きなばらつきが見られる。パフォーマンス評価順位と注視点距離の相関分析を行った結果、条件③の広範囲呈示条件にのみ有意な相関が見られた(条件①： $r=-0.32$, n.s, 条件②： $r=-0.32$, n.s, 条件③： $r=-0.47$, $p<.05$)。次に、全身反応課題(○)において、各条件別にパフォーマンス評価順位と注視点距離の相関分析を行った結果、すべての条件において有意な相関を示した(条件①： $r=-0.48$, $p<.05$, 条件②： $r=-0.49$, $p<.05$, 条件③： $r=-0.47$, $p<.05$)。つまり、指導者によるパフォーマンス評価順位が高いと注視点距離が長いという関係が見られた。

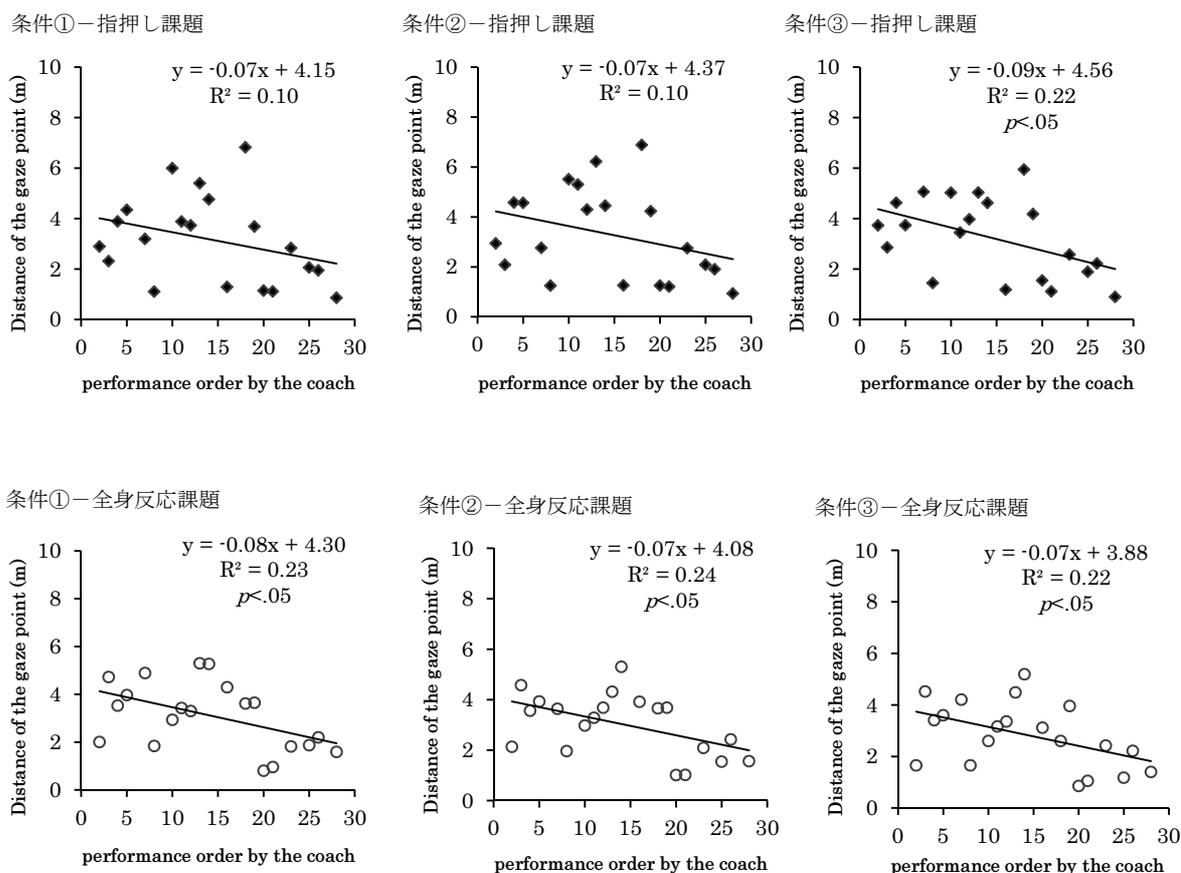


図4-11. 各条件別における注視点距離と指導者による選手ランキング

4.2.4 考察

本章では、サッカー選手を対象とし、有効視野の範囲 110° と生理的視野 180° の広範囲で視覚刺激が呈示された場合に、視覚情報の獲得がどのように行われているのかを注視点距離から検討することを目的とした。また、対象者であるトップレベルの選手たちの結果に指導者によるパフォーマンス評価を加え、注視点距離と競技レベルの関係について検討した。

まず、反応形態と呈示条件による反応時間の検討を行った。その結果、全身反応課題よりも指押し課題の反応時間の平均値が速く、呈示条件の範囲が広がるにしたがって反応時間が遅くなることが示された。本実験の反応形態の特徴として、3つのキーを選択するだけであった指押し課題に対し、全身反応課題では、方向性を課題とし、単純反応のようにマットから素早く降りる(足を離す)という動作ではなく、正しい方向のマットを踏む動作になっていたため、反応時間の遅延があったと考えられる。続いて、反応形態と呈示条件による注視点距離の比較を行った。広い範囲からの刺激に対して、注視点距離は長くなると仮定したが、結果においては呈示条件間に有意差は見られなかった。このことから対象者は、広範囲の刺激呈示条件(110° , 180°)でも、正面からの視覚呈示と変わらない注視点距離を保持していると考えられる。

次に、反応時間と注視点距離の関係について検討した。まず、注視点距離と反応時間の関係を、指押し課題と全身反応課題の2つの反応形態別に相関分析を行った。その結果、全身反応課題の反応時間と注視点距離において有意な相関が認められた。Imamura et al (2013)は、広範囲の呈示刺激に対して注視点距離が短いと、全身反応課題の反応時間が遅延する可能性を示している。今回の研究においても、先行研究と同様の知見が得られたものと言える。2つの反応形態をそれぞれ呈示条件ごとに、反応時間と注視点距離の相関分析を行った。その結果、全身反応課題の条件①に有意な相関が見られ、

条件②では有意傾向が確認された。正面課題(条件①)から有効視野 110°(条件②)までは、反応時間の速さは注視点距離の長さに関連していることがうかがえる。しかし、生理的視野 180°(条件③)には、反応時間と注視点距離の関係は見られなかった。つまり、有効視野に呈示される刺激に対して、全身反応課題では、方向を決定する際に前進する準備動作が容易になりやすい可能性がある。一方、生理的視野に呈示される刺激に関して、課題の開始設置から左右水平位置に刺激が呈示されるため、準備動作を行うタイミングにズレが生じ、そのため反応時間の遅延が見られたのではないかと推察される。このことを実際のフィールドの現象から推察すると、サッカーでは生理的視野に相当する広範囲から刺激(人やボール)に対する反応への意識が必要であり、それがなければさらなる反応時間の遅延が生じると考えられる。

次に呈示条件間による注視点距離の関係を検討した。指押し課題、全身反応課題の両反応形態において、呈示条件に関わらず注視点距離の変化は見られなかった。つまり、呈示刺激の範囲が正面に限られた場合でも、広範囲の場合であっても、各対象者には定まった注視点距離が見られることが明らかになった。このことから、どのような条件になったとしても、注視点距離が一定であるということには、個人特有の視覚情報獲得方略が存在していることが示唆された。このことには、スポーツ競技者は日々の練習や試合の中で自然と体系化された無意識的な視覚探索を身につけている可能性が指摘されていることが関係していると考えられる(加藤, 2004)。すなわち長年、広域範囲を視覚情報の獲得対象として競技を経験しているサッカー選手にとって、正面を見ることと、広範囲の視覚情報獲得の方略の違いは見られず、同様の方略を持っているとみなすことができるだろう。

次に、注視点距離とパフォーマンスの関係を見るために、スターティングメンバーに選ばれる A 群と控えの B 群の 2 群間の注視点距離の比較と、指導者によるパフォーマンス評価と注視点距離の相関分析を行った。

スターティングメンバー群と控え群の2群間の注視点距離の比較を行った結果、2つの群の注視点距離には差が見られなかった。この結果は、各群とも標準偏差のばらつきが大きかったためと推察される。続いて指導者による個人のパフォーマンス評価と注視点距離の関係の相関分析を行った。その結果、全身反応課題の全呈示条件において、注視点距離とパフォーマンス評価は有意な相関が見られた。また、指押し課題の条件③についても、全身反応課題と同様に注視点距離とパフォーマンス評価に有意な相関が見られた。つまり、有意な差が見られた4つの呈示条件において注視点距離が長い選手は、パフォーマンス評価が高いという関係が明らかになった。今回の実験の結果、観察距離である3m地点に位置する対象に対し、その後方を見るということが、左右に広がる範囲の情報を捉える方略のひとつであり、この視覚情報獲得方略がパフォーマンス評価に影響していることが明らかとなった。

4.3 実験Ⅱ 無関係刺激における反応時間と注視点距離の変化

4.3.1 目的

周辺視は、視細胞のひとつである桿体細胞が周辺視野の機能に関与しており、「何かあるか」ではなく、「何か動いた」という知覚が優先され、高速に動くものを検知する働きを担っている。また、周辺視の役割は他にもバランスや距離感覚にも関わっており、球技種目選手の反応・認知に大きく影響すると言える。そして、時々刻々と変化し続ける環境の中において広範囲での情報の中でも、反応すべき情報に対して正確な判断が迫られ、正しい判断をすべき状態を常に保持しておく必要がある。

そこで、実験は、広範囲の視覚刺激に加えて、その範囲付近で無関係な視覚刺激が提示され、注意を向け反応しなければならない場合に注視点距離はどのように変化をするのか検討することを目的とした。

4.3.2 方法

4.3.2-1 対象・実験装置・環境

対象者は研究Ⅱと同じ広域の視覚情報を必要とする状況が多いと思われる男子サッカー選手20名(19.8±1.04歳)とし実験を実施した。また、実験装置は研究Ⅰと同様に、眼球運動測定装置(nac社製モバイル型アイマークレコーダーEMR-9)を使用した。眼球運動測定装置のサンプリングレートは60Hzであり、最少分解能は0.1°であった。

実験環境は、研究Ⅰと同様の環境設定で実施した(図参照)

4.3.2-2 実験条件

指押し課題と全身反応課題は、同じ刺激提示条件で課題を実施した。各モニターには、課題が提示される合図として緑が提示され、その後モニターは白に戻り、赤が提示され

たら素早く反応し、その反応時間が記録される。

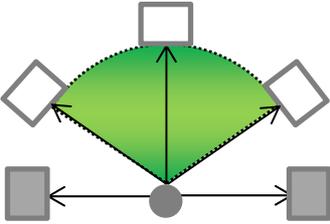
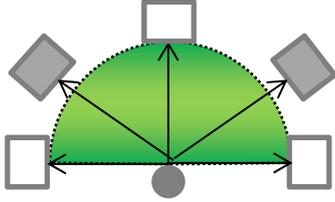
課題は、各条件 10 試行行った。条件課題は以下のとおりであった(表 4-2 参照)。

条件④: 正面と 110°範囲の左右に設置されたモニター計 3 台に課題呈示され、180°位置のモニターに無関係な刺激がでる

条件⑤: 正面と 180°範囲の左右に設置されたモニターの計 3 台に課題呈示され、110°位置のモニターに無関係な刺激がでる

反応形態は、指押し課題と実践場面を想定した全身反応課題を実施した。指定されたモニターに赤が表示された場合に、指押し課題であればキーを素早く押す、全身反応課題ではマットから選択する方向(右前、前、左前)のマットへ素早い移動を行うように教示した。

表 4-2. 刺激パターン説明一覧

			呈示条件(2)	
			条件④	条件⑤
反応形態(2)	指押し課題	キー 		
	全身反応課題	マット 		
呈示モニター数			正面と 110°範囲の左右に設置されたモニター計 3 台に課題呈示 180°位置のモニターに無関係な刺激がでる	正面と 180°範囲の左右に設置されたモニターの計 3 台に課題呈示 110°位置のモニターに無関係な刺激がでる
選択反応パターン			赤が表示されたモニターと同じ方向のマットに移動	赤が表示されたモニターと同じ方向のマットに移動

4.3.3 結果

4.3.3-1 条件別における注視点距離の比較

注視点距離の比較を行った(図 4-12). モニター数と設置位置を変えた 3 つのモニター呈示条件と反応形態の 2 要因分散分析を行った. その結果呈示条件で注視点距離の平均値は, 条件④ (M=3.03m) , 条件⑤(M=3.04m)でほとんど変わらず, 有意な差は見られなかった($F_{(1,19)}=0.18$, n.s). また, 反応形態要因でも指押し課題(M =3.34m)が, 全身反応課題(M =2.70m)よりも注視点距離の平均値が長い結果となったが, 有意な差は見られなかった($F_{(1,19)}=3.05$, n.s). 交互作用にも有意な差は見られなかった.

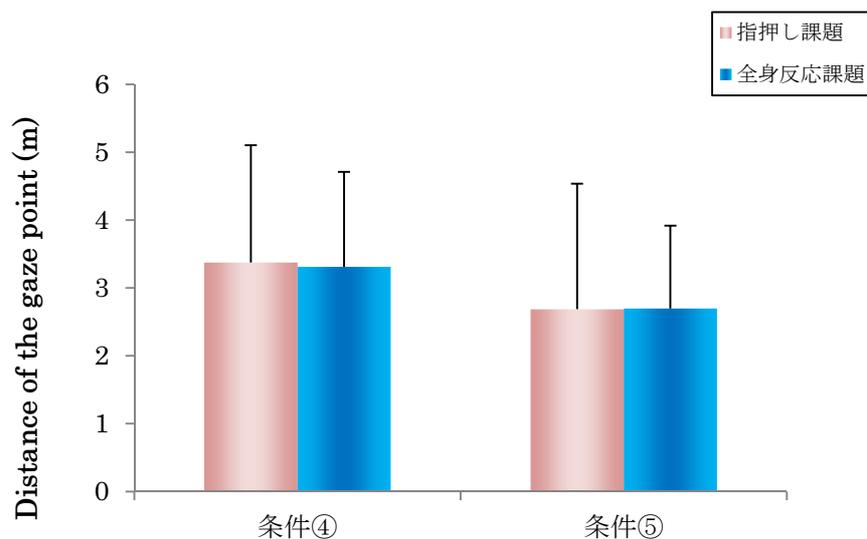


図 4-12. 反応形態・条件別による注視点距離

4.3.3-2 条件間の注視点距離の関係

条件間の注視点距離の変化を検討した。図 4-13 は反応形態別において、条件④と⑤の注視点距離をプロットしたものである。2つの条件において、同じ注視点距離であれば、x,y座標の直線上にプロットされる。指押し課題と全身反応課題、いずれの条件においても直線上に注視点距離の値があり、呈示条件による注視点距離の違いは見られなかった。どの呈示条件においても、注視点距離が短い対象者は短く、注視点距離が長い対象者は長い結果であった。

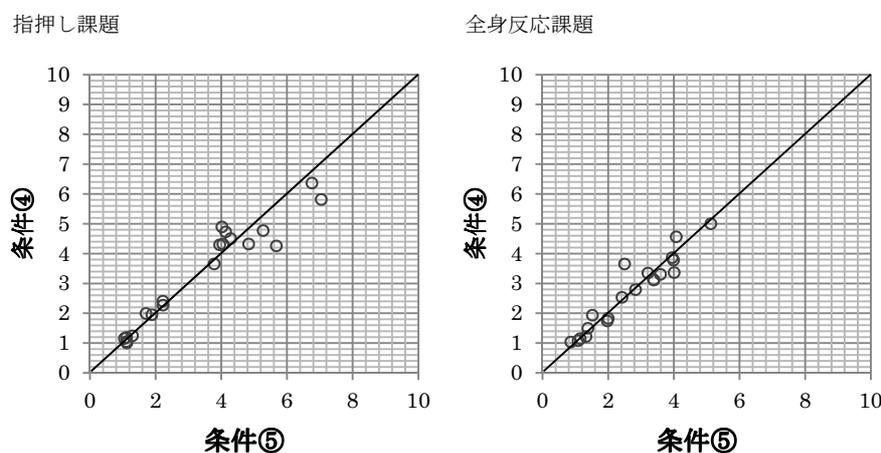


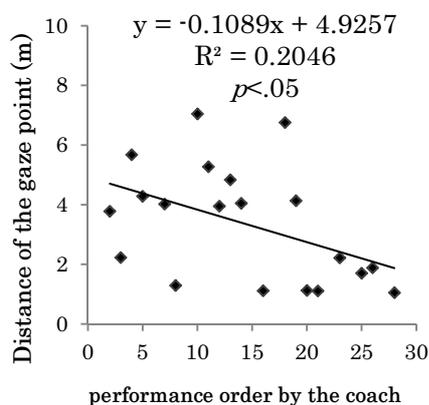
図 4-13. 反応形態別条件間の注視点距離の関係

4.3.3-3 注視点距離とパフォーマンスとの関係

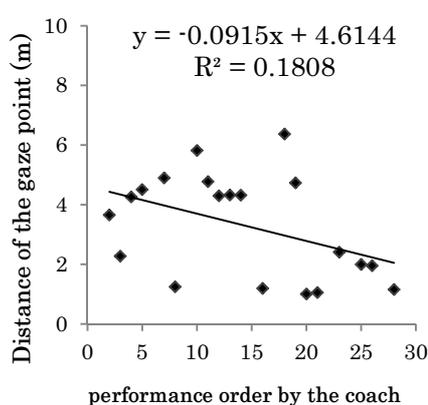
次に、指導者に「プレー評価が高い選手」と思われる順位付けを行ってもらったパフォーマンス評価の順位と注視点距離と関係を反応形態に加え呈示条件別において検討を行った。図 4-14 の指押し課題(◆)では、各条件において全て大きなばらつきが見られた。パフォーマンス評価順位と注視点距離の相関分析を行った結果、条件④のみ有意な相関が見られた(条件④ : $r=-0.49$, $p<.05$, 条件⑤ : $r=-0.41$, n.s). 次に、全身反応課題(o)において、各条件別にパフォーマンス評価順位と注視点距離の相関分析を行っ

た結果、条件⑤において有意な相関を示した(条件④: $r=-0.41$, n.s, 条件⑤: $r=-0.49$, $p<.05$). つまり、指導者によるパフォーマンス評価順位が高いと注視点距離が長いという関係が見られた。

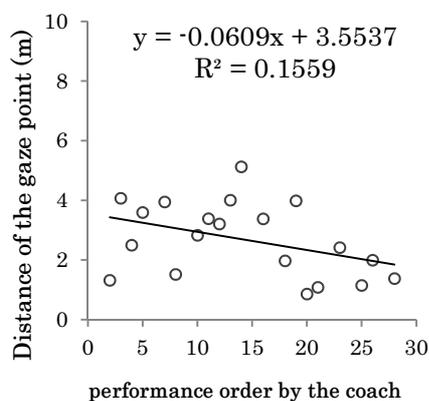
条件④－指押し課題



条件⑤－指押し課題



条件④－全身反応課題



条件⑤－全身反応課題

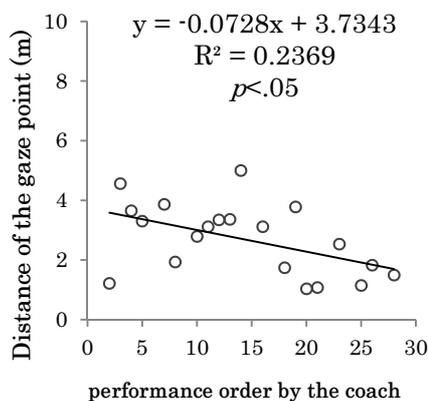


図 4-14. 各条件別における注視点距離と指導者による選手ランキング

4.3.3-4 ランキング上位と下位の注視点距離変動パターン

同じポジションで、指導者によって順位づけされたパフォーマンス評価の上位にランキングされている対象者と下位にランキングされている対象者の条件⑤における注視点距離の変動を検討した。図 4-15 はフォワードの選手 2 名、図 4-16 はミッドフィルダの選手 2 名、図 4-17 はディフェンスの選手 2 名の条件⑤全身反応課題の試行中の注視点距離の変動を示す。

どのポジションにおいても、下位ランクにあたる対象者(A,C,D)は、大きな変動が見られない。一方、上位ランクにあたる対象者(B,D,F)には、課題を行っている間注視点距離には、定期的な変動が現れている。

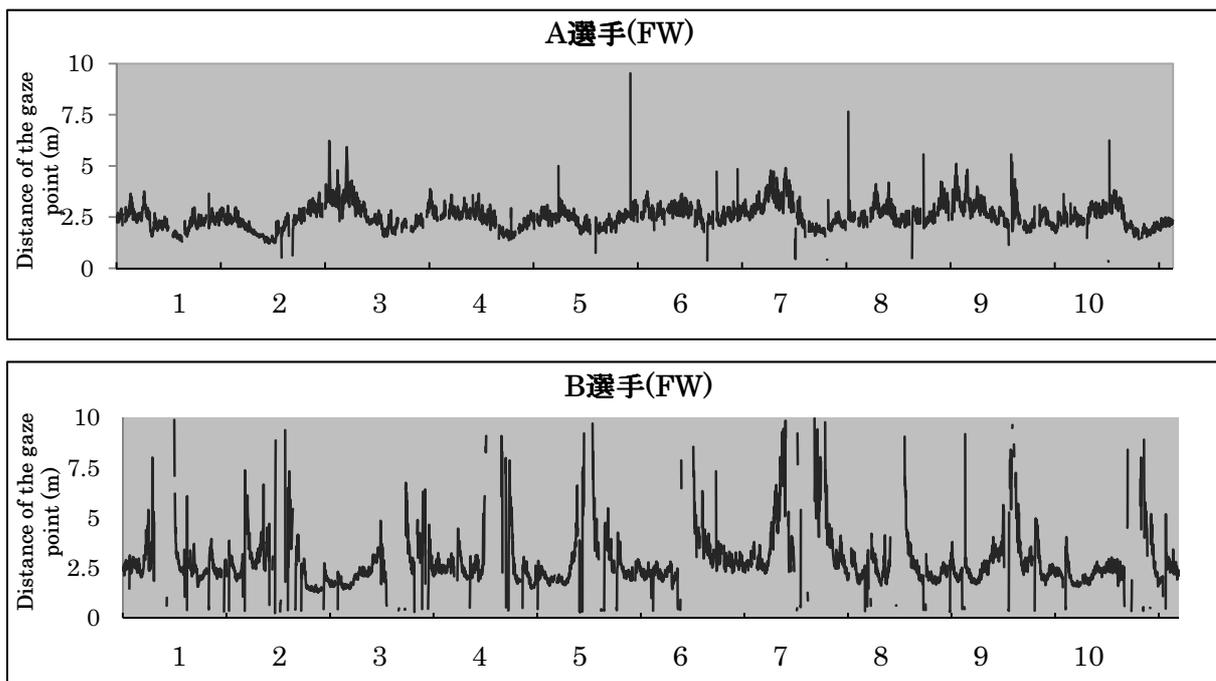


図 4-15. 条件⑤における 10 試行中の注視点距離の変化

ランク下位の A 選手(FW)とランク上位の B 選手(FW)

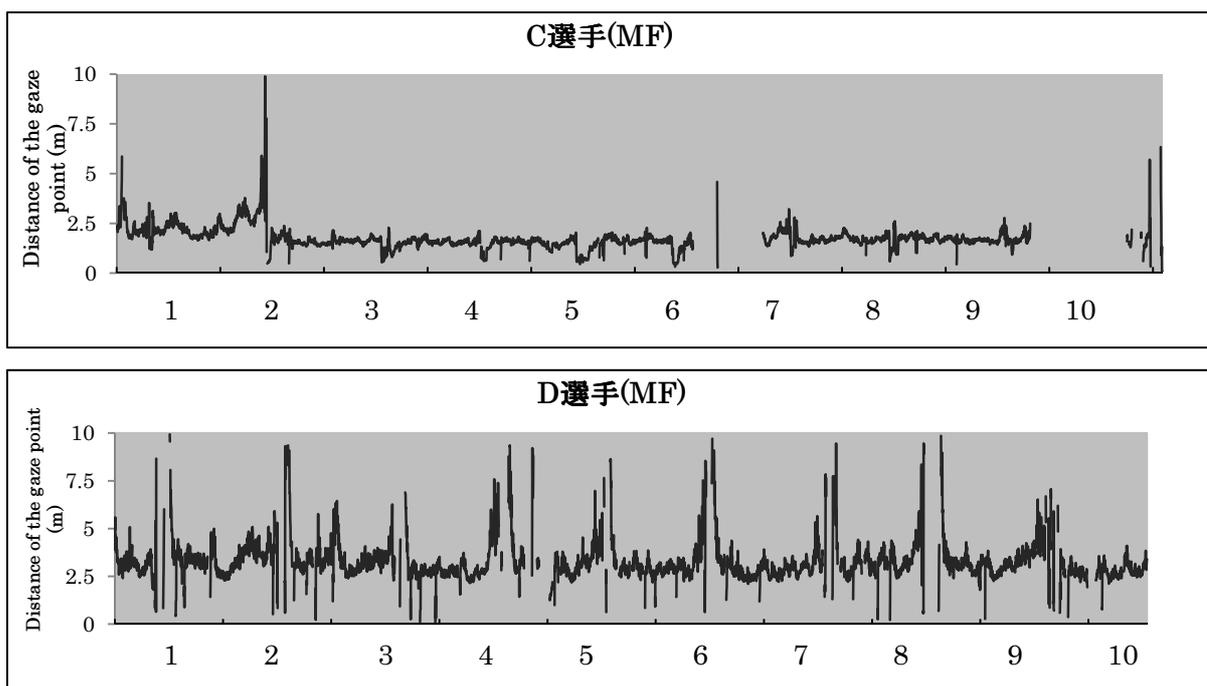


図 4-16. 条件⑤における 10 試行中の注視点距離の変化
 ランク下位の C 選手(MF)とランク上位の D 選手(MF)

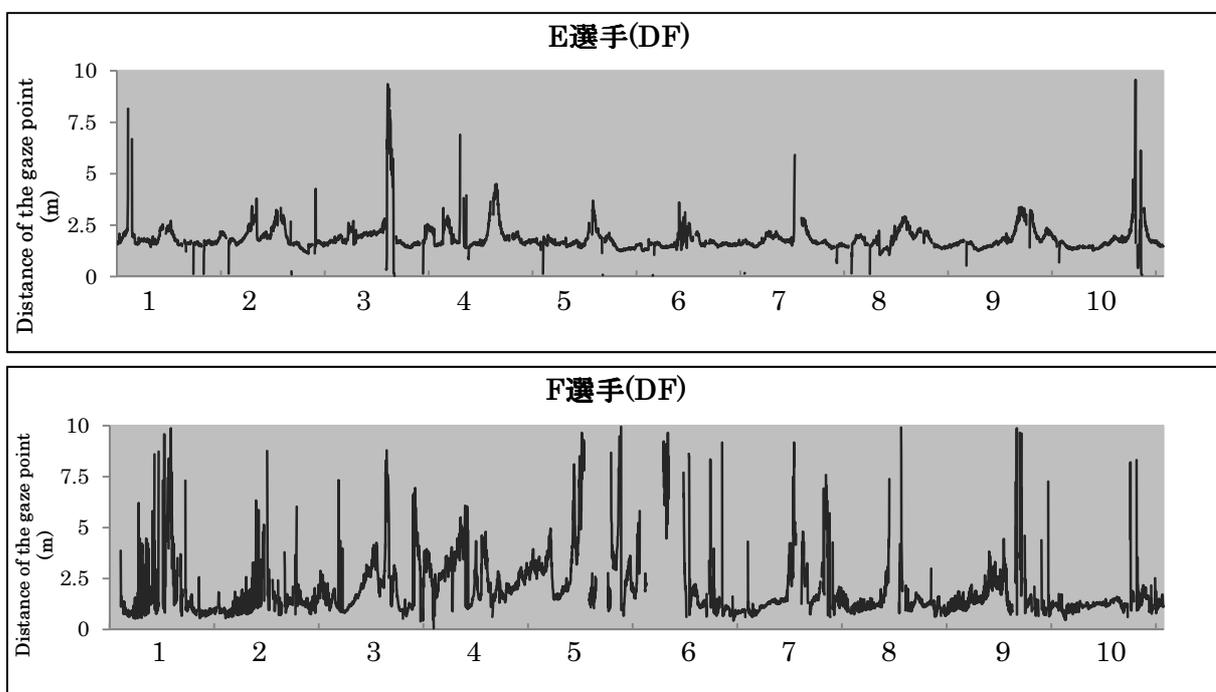


図 4-17. 条件⑤における 10 試行中の注視点距離の変化
 ランク下位の E 選手(DF)とランク上位の F 選手(DF)

次に呈示パターンが同じ試行の注視点距離を抽出した。まず、各試行の開始合図刺激(緑)が提示される。その後に対象者の左の110°モニターには無関係刺激が呈示される。その600msec後に本刺激が左の180°モニターに呈示されたパターンAの試行を図4-18に示す。変動の少ない下位ランクの3名に対し、上位ランクの3名には本刺激呈示後半に注視点距離が長くなる傾向がうかがえる。これらは、ポジションの別に関わらず共通しているように見える。

次に、対象者の左の110°モニターには無関係刺激が呈示される。その600msec後に本刺激が正面のモニターに呈示されたパターンBの試行を図4-19に示す。試行パターンBでも、パターンAと同様に大きな変動が見られない下位ランクの3名に対し、上位ランクの3名には、本刺激が提示されその後、注視点距離が長くなる傾向がうかがえる。

図4-20は、対象者の右の110°モニターに無関係刺激が呈示され、600msec後に本刺激が左の180°モニターに呈示された試行パターンCを示したものである。やはり、これまであげたパターンと同様に下位ランクの3名は変動が少なく、上位3名は本刺激の後半に注視点距離が長くなる傾向が見られた。

これらの3パターンにおいて、呈示範囲や無関係刺激呈示のパターン別に大きな特徴は見られなかった。これらに共通した特徴として、下位ランクの3名は、ほぼ大きな変動が見られない。一方、上位ランクの3名は反応後に大きな変動が現れているといえる。

これらのケースにて特徴的な注視点距離の変動は、どの呈示パターンであっても、下位ランク選手は一定もしくは、不定期に注視点距離が長くなるといったものが見られた。一方、上位ランクの選手3名は、大きく変動するもののその変動は、開始合図刺激呈示から無関係刺激、本刺激が呈示される間は視覚呈示対象の距離に接近し、その後注視点距離が長くなるといったパターンを繰り返している傾向が見られた。

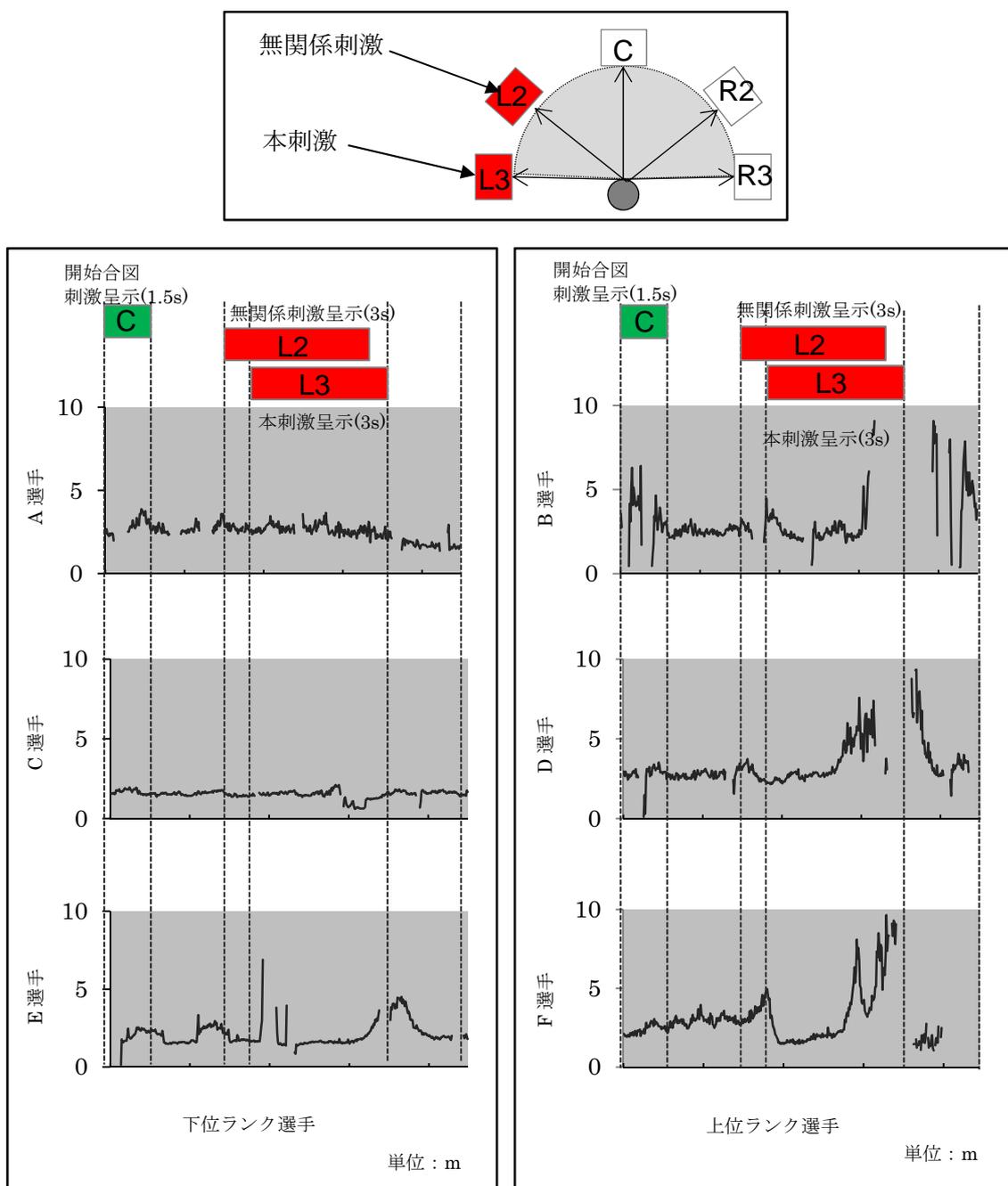


図 4-18. 下位ランク選手(左 3 名)と上位ランク選手(右 3 名)の
1 試行における注視点距離の変動(パターン A)

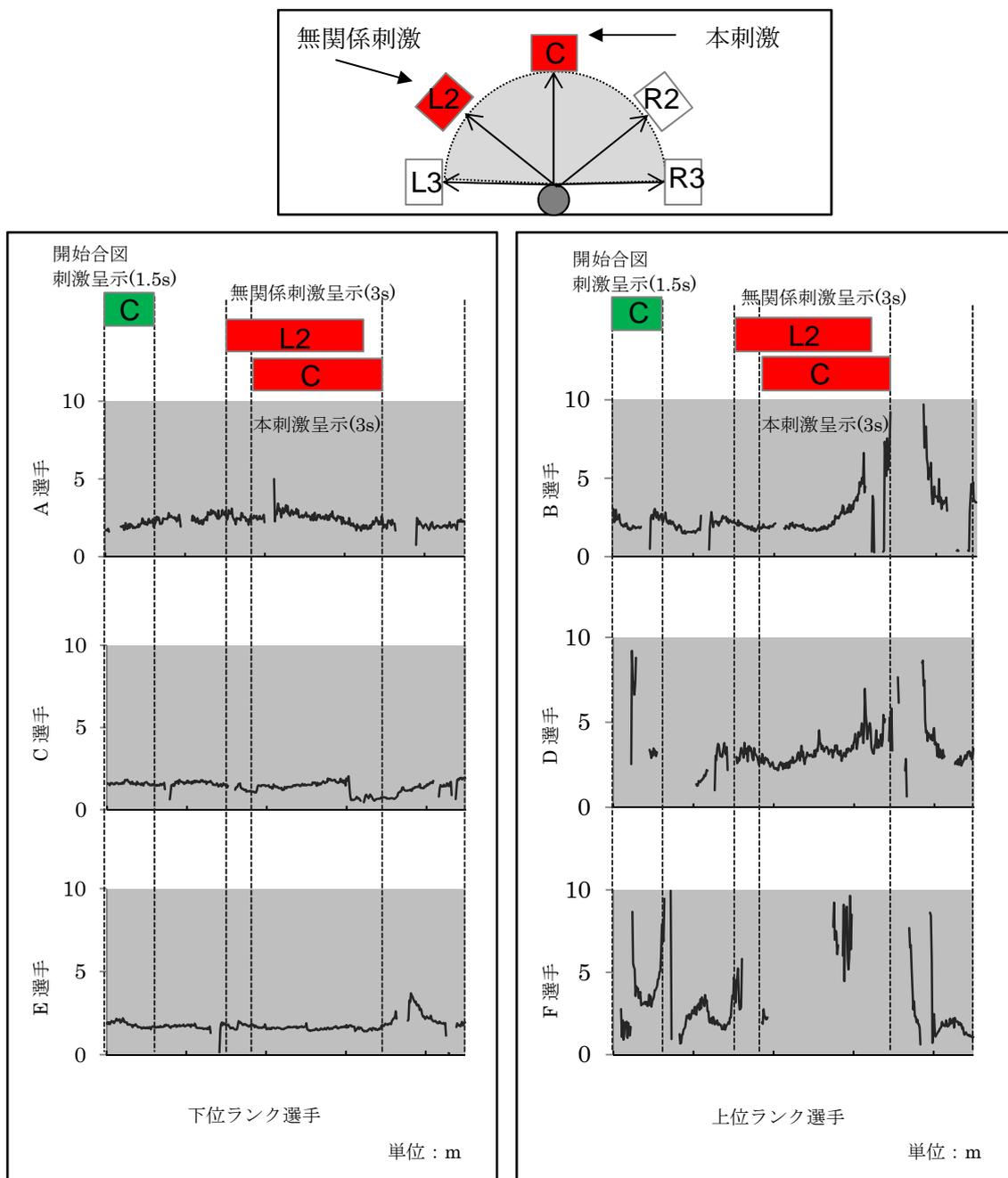


図 4-19. 下位ランク選手(左 3 名)と上位ランク選手(右 3 名)の
1 試行における注視点距離の変動(パターン B)

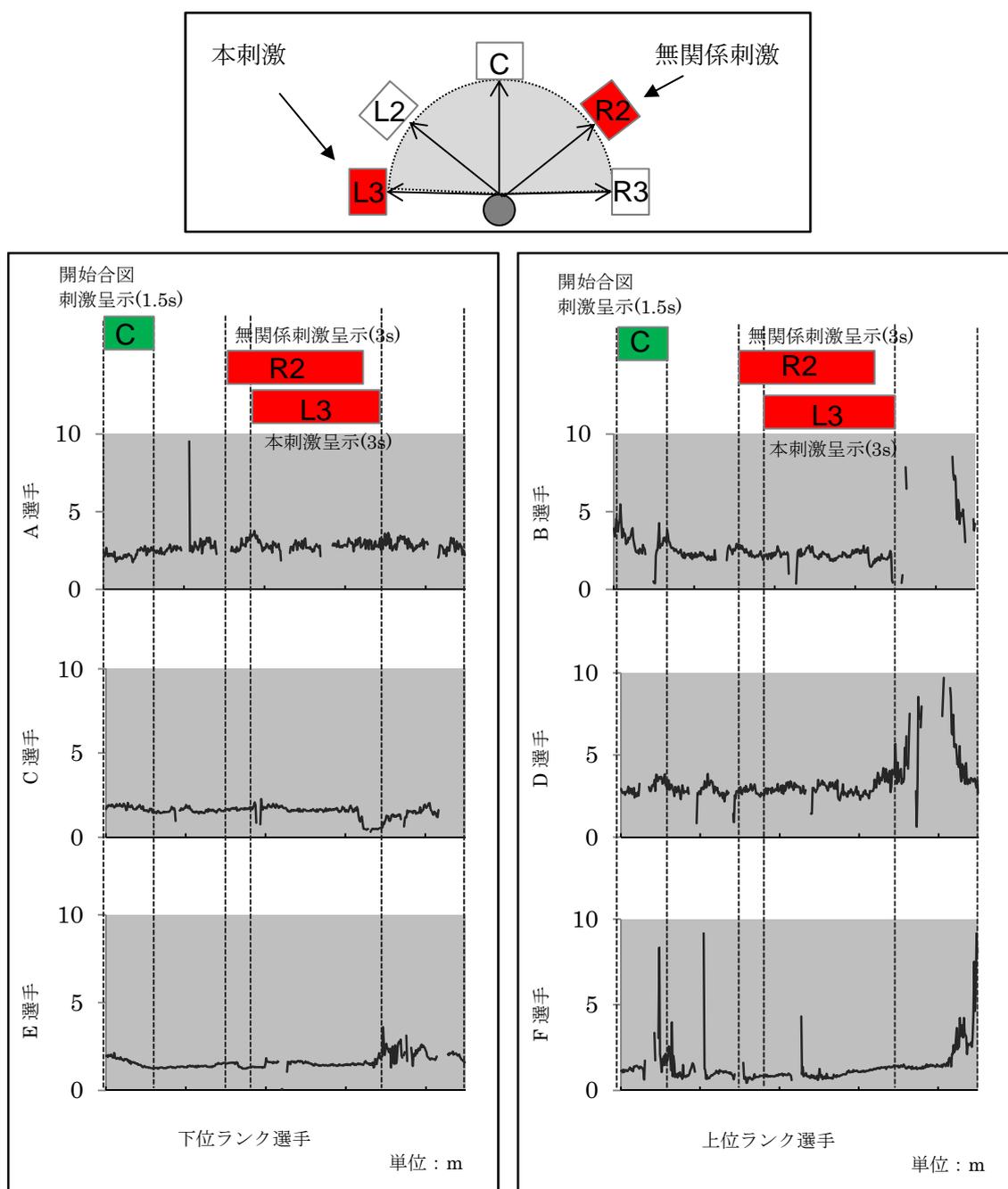


図 4-20. 下位ランク選手(左 3 名)と上位ランク選手(右 3 名)の
1 試行における注視点距離の変動(パターン C)

4.3.4 考察

本実験では、有効視野 110°内の課題時に、生理的視野 180°からの無関係刺激が出る場合と、生理的視野 180°の課題に、有効視野 110°からの無関係刺激が出た場合の注視点距離の変化を検討した。

全条件、反応形態下においても平均注視点距離の有意な差は見られなかった。これは、注視点距離が長い人は、どのような条件下においても、大きな変動が見られないという条件をプロットした場合からも同様なことが言える。つまり、呈示刺激の範囲外からの無関係刺激が呈示された場合でも、課題範囲内からの無関係刺激が呈示された場合でも、各対象者には定まった注視点距離が見られることが明らかになった。このことから、2つの条件において、注視点距離が一定であるということには、個人特有の視覚情報獲得方略が存在していることが示唆された。スポーツ競技者は日々の練習や試合の中で自然と体系化された無意識的な視覚探索を身につけている可能性が指摘されていることと関係していることが明らかになった。

次に、指導者による個人のパフォーマンス評価と注視点距離の関係の相関分析を行った。その結果、指押し課題の条件④、全身反応課題の条件⑤において、注視点距離とパフォーマンス評価は有意な相関が見られた。有意な差が見られた2つの呈示条件において注視点距離が長い選手は、パフォーマンス評価が高いという関係が明らかになったが、指押し課題条件⑤、全身反応課題の条件④について有意な差が見られなかったことから、本条件において対象者のばらつきが要因として考えられる。

ランキング下位の対象者の注視点距離のパターンは、呈示刺激モニターが設置されている3mよりも手前の位置で固定されており、大きな変動がほとんど見られない。一方、ランキング上位の注視点距離の変動パターンは反応が終わり、次の反応に入るところで

大きな変動が出現しているように見られる。ランク下位の対象者は、交差法にて左右の範囲への意識を向けている可能性がうかがえる。それに対して、ランク上位の対象者は、開始合図刺激呈示から無関係刺激、本刺激が呈示される間は視覚呈示対象の距離に眼球の輻輳運動によって接近し、その後眼球の開散運動により注視点距離が長くなるといったパターンを繰り返している傾向が見られた。すなわち課題呈示が消失した後に注視点距離が長く平衡法を用いている可能性がうかがえる。

これらのことから、上位にランクされている対象者は、視覚情報を獲得するための方略として、試行間に注視点距離を変動させることを行っていることが推察される。対象の物の後方に注視点を置く平衡法は「遠山の目付」的方略であり、注視点を手前に置く交差法よりも有効であることは今村ほか(2013)により報告されている。無関係刺激に関わらず、何を見るべきかを試行間を利用し情報を得て、本刺激に備えることを行っていることが示唆される。

上位ランクの注視点距離変動のパターンは、10 試行呈示される間に一定の間隔で「遠山の目付」的方略の出現が見られ、次に呈示にされる視覚刺激のための準備とも考えられる。しかしながら、1 試行のみの注視点距離の変動を見た場合、本刺激が呈示された後に「遠山の目付」的方略の出現が認められたため、反応後に出現している現象であると解釈することが妥当であると思われる。刺激呈示直前には能動的に注意を払い、交差法によって対象距離に接近し、反応後には眼球の開放運動が行われ平衡法にて広範囲に意識を向ける。この重要場面とそれ以外の場面の注視点距離の変動は、サッカーの戦術で重要とされる「オン・ザ・ボール(ボールを持った時の動き)とオフ・ザ・ボール(ボールを持たない時の動き)」に似ていると思われる。オン・ザ・ボール時では、選手個人の技術が要求されるのに対して、オフ・ザ・ボールでは技術的な要素よりも、状況判断のような認知的な要素が多くを占めている。つまり、ピッチ上でボールを持たない時こそ、周りの情報を把握しながら動かなければならないという点である。本実験において、上位ランク選手の注視点距離の変動は、反応すべき刺激呈示時の重要場面とそれ以外の

場面に対する視覚方略を取っていることがうかがえる。指導者による選手ランキングの基準の内容は「周囲の状況が常に把握できて、状況判断が優れている事、また、適度な緊張感を持ち、周囲の情報に敏感であること」があげられている。これらのことから、上位にランクされる選手の視覚方略パターンは、指導者の評価ランキングの基準内容と共通点がうかがえた。

「遠山の目付」的方略は周辺視システムとの関係が推察されるが、このことは、視覚システムからも説明が可能である。周辺視システムの中枢をなす大脳皮質の MT/V5 のニューロンは身体運動に伴う体性感覚によっても活動が見られるため、運動制御と周辺視システムの関連が考えられる(Hagen et al., 2002)。さらに、Takemura et al.(2007)は、輻輳・開散運動が大脳皮質 MST 野によって精密に制御されていることを明らかにしており、山本ほか(2010)によって MST 野は、MT 野によって記録された視覚刺激の動きの情報を用い、空間内の速度を再構成し現在遂行中の眼球運動を補正した空間座標系の情報を記録していることを報告している。輻輳・開散運動の制御が空間認知に関わっているということは、広範囲において敵、味方、そしてボールの位置などの情報を記録し、自分がどう動くべきかの判断を実行といった、その他の場面に表れる「遠山の目付」的方略ではないかと考えられる。本実験において被験者が注視点距離を意識的に変動させたかどうかについては指摘できない。しかし、空間認知に関わる MST 野が輻輳・開散運動の制御をしているということは、本実験から得られた広域範囲を視覚刺激に対する注視点距離の変動パターンは、広域の空間に提示される視覚情報を獲得するための輻輳・開散運動が起こったとも考えられ、上位ランク選手の「遠山の目付」的方略は、有効な視覚方略パターンであると推察される。今後は、運動制御と周辺視システムの関連からも、輻輳・開散運動の変動が広域の視覚情報の獲得方略と関わることを検討する必要性もあると考えられる。

また、下位ランク選手と上位ランク選手の方略パターンは、感覚入力を選択し、処理を促進させる神経機構の空間的注意の切り替えからも理解できる。ある位置に注意を向

けることで、呈示された視覚刺激に対する神経応答が増強することが知られており、眼球運動の軌跡が注意の方向によって変化することが報告されている(Sheliga et al., 1994). 本実験の本刺激に対して注意を向けることは能動的な注意であり、必要な情報を取り込む場合のトップダウン型の注意制御である。反対に受動的注意は突然起こる事象に注意が向けられるボトムアップ型の注意制御と言われる。運転の初心者に例えられる能動的な注意制御における行為は心的負荷が大きく精神的疲労を招くと報告されている(Bijleveld et al., 2009). つまり、「見なければ」という積極的かまへの連続は、長時間動き続けるスポーツ競技には致命的な状況であるとも言える。下位ランクの選手に見られる一定の注視点距離は、10 試行が行われている間、一定の距離を保持されており、交差法によって輻輳運動が固持されていたことが明らかである。一方、上位ランク選手の見るとき時に能動的注意が働いていると思われる。課題反応後に起こる「遠山の目付」的方略により、広い範囲を捉えているということは、受動的な注意状態により、出現する変化に即座に対応できる状態ができていることが考えられる。

これまで視覚研究において停留時間や視線配置パターンにおける熟練者と非熟練者の習熟度の違いが報告されてきた。本研究では、新たに競技経験やフィジカルなど一定のレベルを兼ね備えている競技レベルが高い選手の広域視覚情報の獲得方略が、注視点距離の変動パターンの違いにより明らかにした。的確な判断を行えると考えられる上位ランク選手の注視点距離の変動パターンは、広範囲の情報に対して効率的な視覚情報の獲得が行われていると推察され、指導者による評価の基準内容と関連していると考えられる。

本実験では、注視点距離に着目し、多様な条件下によって注視点距離の変動を検討することを目的とし、実験環境を実際のスポーツフィールドに接近させることに努めた。本刺激呈示の直前に無関係刺激を提示することで、広域範囲の周辺視における反応を「有効ではない視覚情報」としたが、無関係刺激に対する注視点距離の変動を見出すことはできなかった。今後は、スポーツ現場により接近するために、広範囲の視覚情報の

獲得がより必要となる状況において、意識が誘発されるような刺激が出た場合の呈示刺激を作成し、フェイント刺激の再現に対する注視点距離の変動を検討する必要があると思われる。スポーツ現場へ近づけることで、広域範囲の視覚情報獲得方略が明らかになり、周辺視のトレーニング構築のために活かされることが期待される。

4.4 結論

本章では、広域視野の範囲(有効視野 110°, 生理的視野 180°)におけるサッカー選手の情報処理を注視点距離から検討した。まず、広範囲からの視覚刺激に対する反応時間は、反応形態に関わらず遅延することが明らかとなった。次に反応時間と注視点距離の関係を検討した。反応形態において、全身反応課題では、注視点が長いと反応時間が速いという関連が見られた。また、指導者によるサッカー選手としてのパフォーマンス評価の順位は、指押し課題の 180°範囲呈示条件と全身反応課題においてすべての条件に注視点距離と有意な相関が見られ、注視点距離が長い選手は「周りが良く見えている選手」として評価されている可能性があることが示唆された。ことから、反応後もしくは反応前に対象よりも注視点を後ろにおく「遠山の目付」的方略を出現させる視覚情報方略が、広範囲における視覚方略を必要とするサッカー選手に有効であるとみなすことができる。

第5章

総括

5.1 総括

本研究は、視覚情報呈示範囲の操作と、刺激呈示に対する反応形態の工夫を行い、注視点距離を評価指標として用いることで、球技種目選手の視覚情報獲得方略を明らかにし、本研究から得られた知見を基に周辺視へのトレーニングシステム法の開発の基礎データ構築を目指すことを目的とした。

第2章では、刺激呈示サイズの大きさの違いにより、視覚活動がどのように変化するかについて眼球運動計測実験を行い検討した。追従運動課題を行った結果、呈示サイズの違いで注視点距離に差が見られた。広域範囲よりも制限された範囲において注視点距離を遠くにおいている対象者は疲労度を感じにくいと報告された。広い範囲での情報呈示と制限された範囲の呈示において、視覚活動の違いが確認された。ボールゲームに代表されるオープンスキルなどにおいては、相手の表情や動きなど詳細な情報が必要であるが、ダイナミックな動きを要するスポーツ競技においては、何がどう動くかといった全体の把握も重要であるといえる。この結果をもとに、情報呈示をより大きな範囲で見せることによって臨場感をもたせた状態で実験を進めることの重要性が示された。

次に、第3章では、より実践に近い実験環境を設定し、視野の110°範囲にて呈示条件を変化させた視覚刺激呈示に対する反応時間と注視点距離の測定を行い、球技種目選手における視覚情報獲得方略の検討を行った。反応時間と視覚刺激呈示において周辺視システムを活用させ、速い反応が見られると思われたが、課題の複雑性の増加に伴う反応時間の遅延が見られた。しかし、反応時間と注視点距離に有意な相関が見られ、注視点距離が長い対象者は対象物の後方に注視点を置く平行法を活用していると推察された。広域な範囲においても「遠山の目付」が有効であることがうかがえた。

第4章では、広域視野範囲における視覚情報処理と反応時間の関係を検討した。広域

視野の範囲(有効視野 110°, 生理的視野 180°)におけるサッカー選手の情報処理を注視点距離から検討した。まず、広範囲からの視覚刺激に対する反応時間は、反応形態に関わらず遅延することが明らかとなった。次に反応時間と注視点距離の関係を検討した。その結果、反応形態において、全身反応課題では注視点が高いと反応時間が速いという関連が見られた。また、指導者によるサッカー選手としてのパフォーマンス評価の順位は、指押し課題の 180°範囲呈示条件と全身反応課題においてすべての条件に注視点距離と有意な相関が見られ、注視点距離が高い選手は「周りが良く見えている選手」として評価されている可能性があることが示唆された。これらのことから、対象よりも注視点を後ろにおく視覚情報の獲得方略が、広範囲における視覚方略を必要とするサッカー選手に有効であるとみなすことができる。また、スキルレベルや身体能力の差によって影響を受けないように、競技レベルの高い選手に限定して検討した結果、競技レベルの高い選手は、全体的に対象物よりも後方に注視点を置くという視覚情報の方略がうかがえた。その中でも、指導者によるパフォーマンス評価のランキング上位の選手たちは、注視点距離を大きく試行後半に変動させる傾向が見られた。指導者評価の上位ランク選手は、注視点を一定の感覚で対象物の後方に置く平衡法を行うことで広範囲の視野の確認を行い、次の試行に備えるといった視覚情報の獲得方略をとっていると考えられた。一方、下位にランクする選手たちは、一定の注視点距離を保ちながら課題を実行しており、その方略は交差法により左右の視野の確保を行っていた。このように競技レベルの高い選手たちの中でも、視覚情報の獲得方略の違いが明らかとなった。

めまぐるしく試合状況が展開するスポーツ競技において、注視点距離をはじめとする自分と対象との距離を把握する必要がある。そのためには、スムーズな、眼球運動や輻輳開散運動は必須であると考えられ、その情報入力と同時に、正確な反応を示さなければならない。これから、視覚的ハードウェア特性とソフトウェア特性の両側面の知覚技能の向上にアプローチすることが必要であると考えられる。そのためには、より実際に近い広域の視覚刺激が提示される状況設定が必要である。身体反応などを組み合わせ、臨

場感を引き出す環境下で視覚トレーニングの実施は、現場のトレーニングの応用へと期待される。

結論として、これまで対人場面において有効であるとされた対象よりも注視点を後方に置く「遠山の目付」という教えは、広域の視覚情報を獲得する場合に有効であることが示唆された。さらに、レベルの高い選手は、広範囲の視覚情報を獲得する方略として注視点距離を変動させるといった輻輳・開散運動を活用していることが示唆された。以上のことから、本研究を通して熟練者の広範囲の視覚情報獲得の方略を明らかにすることができたと考える。

今後は、サッカー以外の競技種目や競技レベルの設定において、遠距離、広域の刺激呈示研究を積み重ね、刺激対象そのものの観察距離が変動するなど、精密な輻輳・開散運動を見るために広範囲に加え視覚刺激呈示の奥行(空間認知)に変化を持たした課題作成を目指す。これらのことによって、より実践を想定した呈示条件から注視点距離の変化を明らかにすることが、スポーツの現場で起こる刺激に対する視覚情報の獲得方略の解明につながるであろう。

5.2 トレーニング法の構築に向けて

周辺視のトレーニング法として、対象よりも後方に注視点を置くこと、注視点を固定せずに変動させるトレーニングを行うことが広域視覚情報の獲得方略として有効である。多様な競技種目や競技レベルにおいて、遠距離、広域の刺激呈示が可能な環境設定も重要である。本研究の3つの実験を通して、以下の3つの視点から周辺視トレーニング法を提案する。

1) 広域の視覚呈示の設定

広域の視覚情報は、正確な追従運動が可能であるが、疲労を招くなど広域の視覚

情報を獲得するには適さないことがうかがえた。全体を捉えるために、対象よりも注視点距離を後ろに置くことが視覚情報の獲得方略であることが示唆された。広域の視覚情報を効率的に獲得するためには、その獲得方略を探る必要性が示された。

広域の範囲を視覚情報源として活用する競技種目において、視覚呈示は広域でなければならないが、大型のモニターやスクリーンなどの機材においてその大きさには限界があり、費用面においても簡単に準備できるものではない。そこで、本研究は、可動式モニターを採用した。競技種目の状況や特性によって、呈示範囲を変動させることができる。周辺視トレーニングとして呈示刺激は、実際のスポーツ場面において、数字やアルファベットを識別することは少なく、敵や味方、ボールの位置の把握をするために、ユニフォームなどの色情報が主な視覚情報となる。可動式のモニターには色呈示のみを採用し、敵・味方といった色呈示をすることで状況判断の想定が可能である。

2) 全身反応課題

広域から呈示される視覚情報の選択反応は、全身反応課題と注視点距離の相関が見られ、反応時間が速い程、注視点距離が長くなるという有意な相関が見られた。すなわち、スポーツフィールドに接近した状況を想定した全身反応課題と注視点距離によって、広域の視覚情報に対して、有効な視覚情報の獲得方略が行われている可能性が示唆された。スポーツフィールドへの接近を考慮した全身反応課題を行ったことで、広域範囲における視覚情報の獲得方略が明らかとなった。

そこで、スポーツフィールドに接近したトレーニング環境を想定する場合、視覚呈示に対する反応形態は、全身反応課題を行う方が良い。このことが、指押し課題では得られない臨場感へのアプローチの一つとなる。その場合、速さのみではなく、視覚呈示による条件を付け、方向などの動作を加えることで、視覚情報を効率よく獲得しなければならない状況が作られる。

3) 注視点距離の変化

広域の範囲を有効視野と生理的視野からの視覚刺激呈示を行った結果、視覚刺激の範囲に差は見られなかった。一方、指導者の選手評価基準と注視点距離の長さに有意な相関が見られ、注視点距離は「周りが見えている選手」の手がかりとなることが示唆された。また、指導者の評価基準の上位ランク選手は刺激呈示がない課題間に注視点距離が長くなるといった傾向が見られ、課題実施後に遠山の目付の方略を出現させ、広域の視覚情報を得ている可能性がうかがえた。すなわち、プレー直後に必要である広域視覚情報の獲得方略が実施されており、その状況において判断が行われていると考えられる。

そこで、広範囲に加え奥行のある呈示刺激課題を設定し、動く呈示刺激に対する輻輳・開散運動に着目することが、周辺視のトレーニング法の確立につながると思われる。プレー前後の視覚情報の獲得が状況判断にも大きく影響することが考えられるため、課題呈示の工夫が必要である。本刺激の反応と同時に、広域の範囲に別刺激を提示することで、輻輳・開散運動の制御が必要な状況を作り出すことが可能となる。

参考文献

- Abernethy, B. (1990) Expertise, visual search, and information pick-up in squash. *Perception*, 19: 63-77.
- Abernethy, B. (1991) Visual search strategies and decision-making in sport. *International Journal of Sport Psychology*, 22: 189-210.
- Abernethy, B. and Russell, D.G. (1987) Expert Novice Differences in an Applied Selective Attention Task. *Journal of Sport Psychology*, 9: 326-345.
- Allard, F., and Starkes, J.L. (1980) Perception in sport: Volleyball. *Journal of Sport Psychology*, 2: 22-23.
- Allard, F., and Starkes, J.L. (1991) Motor-skill experts in sports, dance, and other domains. In: Ericsson, K.A. and Smith, J. (Eds.) *Toward a general theory of expertise: Prospects and limits*. Cambridge University Press: Cambridge, pp.126-152.
- 安藤創一・山田陽介・木村みさか (2010) キツイ運動は一瞬の判断を鈍らせるか？(運動中の認知課題のパフォーマンスからの検証). *デサントスポーツ科学*, 31 : 125-132.
- 兄井彰(2008) 知覚・認知能力, 日本スポーツ心理学会編スポーツ心理学事典. 大修館書店 : 東京.
- Bijleveld, E., Custers, R., and Aarts, H. (2009) The unconscious eye opener: Pupil dilation reveals strategic recruitment of resources upon presentation of subliminal reward cues. *Psychological Science*, 20: 1313-1315.
- Di Russo, F., Pitzalis, S., Spinelli, D., (2003) Fixation stability and saccadic latency in elite shooters. *Vision Research*, 43(17): 1837-1845.
- 江本正喜・正岡顕一郎・菅原正幸・野尻裕司 (2006) 視野静止画像による臨場感の提示視角依存性と評価指標間の関係. *映像情報メディア学会誌*, 60(8) : 1288-1295.
- 藤掛英夫 (2013) 情報ディスプレイ技術の研究動向. *映像情報メディア学会誌*, 67

(2) : 152-165.

福田忠彦・加藤貴昭 (2003) 実験で証明, 高段者の視線は一定だった(特集・目の技術).

剣道時代, 373 : 71-77.

Gibson, J.J. (1979) *The ecological approach to visual perception*. Hillsdale, Lawrence Erlbaum Associates: Hillsdale, New Jersey.

Goodale M.A. (2008) Action without perception in human vision. *Cognitive Neuropsychology*, 25(7-8): 891-919.

Goulet, C., Bard, C., and Fleury, M. (1989) Expertise Differences in Preparing to Return a Tennis Serve: A Visual Information Processing Approach. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 11(4): 382-398.

郭素梅・小黒久史・鈴木直哉・高橋慶文・佐藤美恵・阿山みよし・春日正男 (2008)

表示スクリーンの大きさと距離の知覚が感性的効果に及ぼす影響に関する検証.

電子情報通信学会技術研究報告, 画像工学, 107(488) : 79-84.

Hagemann, N., and Strauss, B. (2006) *Perzeptive Expertis von Badmintonspielern*. Perceptual expertise in badminton players. *Zeitschrift für Psychologie*, 214: 37-47.

Hagemann, N., Strauss, B., and Bruland, R.C. (2006) Training Perceptual Skill by Orienting Visual Attention. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 28: 143-158.

Hagen MC, Franzén O, McGlone F, Essick G, Dancer C, and Pardo JV.(2002) Tactile motion activates the human middle temporal/V5 (MT/V5) complex. *European Journal of Neuroscience*. 16(5): 957-64.

畑田豊彦 (2002) 高臨場感を生み出す大画面ディスプレイ効果. 映像情報メディア学会誌, 56(8) : 1213-1215.

畑田豊彦・坂田晴夫・日下秀夫 (1979) 画面サイズによる方向感覚誘導効果—大画面に

- よる臨場感に基礎実験－. テレビジョン学会誌, 33(5) : 407-413.
- 花沢明俊 (2004) 第2回視覚情報処理の神経機構(視覚心理). 映像情報メディア学会誌, 58(2) : 199-204.
- Ikeda, M., and Takeuchi, T. (1975) Influence of foveal load on the functional visual field. *Perception and Psychophysics*, 18: 255-260.
- 池田光男(1988)眼はなにを見ているか. 視覚系の情報処理. 平凡社 : 東京.
- Imamura, R., Yamamoto, K., Tokushima, S., Sakamoto, M., Soejima, K., Isogai, H., and Tanigawa, S.(2013) Review of The Response Time Based on Visual data on Basketball players. The ISSP 13th World Congress of Sport Psychology.
- 石橋千征・加藤貴昭・永野智久 (2010) バasketボールのフリースローの結果予測時における熟練選手の視覚探索活動. *スポーツ心理学研究*, 37(2) : 101-112.
- 石垣尚男 (1985) 重心動揺に関与する周辺視機能について. 愛知工業大学研究報告, A, 教養関係論文集, 20 : 29-32.
- 石垣尚男 (1986) 周辺視の制限が運動技能に及ぼす影響. 愛知工業大学研究報告, A, 教養関係論文集, 21 : 53-59.
- 石垣尚男 (1992) スポーツと眼—スポーツは眼からはじまる. 大修館書店 : 東京.
- 石垣尚男 (2002) スポーツビジョンのトレーニング効果. 愛知工業大学研究報告, B, 専門関係論文集, 37 : 207-214.
- 石垣尚男(2007)視覚負荷トレーニングの効果 (特集 最新ビジュアルトレーニング). *トレーニング科学*, 19(1) : 19-24.
- Janelle, C.M., Hillman, C.H., Apparies, R.J., Murray, N.P., Meili, L., Fallon, E.A., and Hatfield, B.D. (2000) Expertise Differences in Cortical Activation and Gaze Behavior During Rifle Shooting. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 22(2): 167-182.

- Johnson H, and Haggard P. (2005) Motor awareness without perceptual awareness. *Neuropsychologia*, 43(2): 227-237.
- 門田浩二 (2010) 滞在的な視覚運動制御からみたスポーツ動作. *スポーツ心理学研究*, 37(2) : 123-131.
- Kato T, and Fukuda T. (2002) Visual search strategies of baseball batters: eye movements during the preparatory phase of batting. *Perceptual and Motor Skills*, 94(2): 380-6.
- 加藤貴昭 (2004) 視覚システムから見た熟練者のスキル. *最新スポーツ心理学—その軌跡と展望*, 大修館書店 : 東京, p. 172.
- 加藤貴昭・福田忠彦 (2002) 野球の打撃準備時間相における打者の視覚探索戦略. *人間工学*, 38(6) : 333-340.
- 小松崎篤・篠田義一・丸尾敏夫編 (1985) 眼球運動の生理学, 眼球運動の神経学. 医学書院 : 東京, pp1-147.
- 窪田悟・岸本和之・合志清一・今井繁規・五十嵐陽一・松本達彦・芳賀秀一・中枝武弘・馬野由美・小林雄二 (2011) 液晶テレビの好ましい観視距離. *映像 A 情報メディア学会誌*, 65(8) : 1215-1220.
- 教育機器編集委員会編 (1972) 産業教育機器システム便覧. 日科技連出版社 : 東京.
- Land, M. F., and McLeod, P. (2000) From eye movement to actions: how batters hit the ball. *Nature Neuroscience*, 3: 1340-1345.
- Mackworth, N. H. (1976) Stimulus density limits the useful field of view. In R. A. Monty & J. W. Senders (Eds.), *Eye movements and psychological processes*, pp. 307-321. Hillsdale, Lawrence Erlbaum Associates: NJ.
- Martell, S., and Vickers, J.N. (2004) Gaze characteristics of elite and near-elite athletes in ice hockey defensive tactics. *Human Movement Science*, 22(6): 689-712.

- 真下一策 (2002) スポーツビジョン—スポーツのための視覚学. ナップ第2版: 東京.
- 松永勝也 (1990) 瞳孔運動の心理学. ナカニシヤ出版: 京都.
- 松浦雅人 (2003) 精神疾患の眼球運動異常. 脳の科学, 25: 685-692.
- 宮本武蔵 (著), 佐藤正英(翻訳) (2009) 五輪書. 筑摩書房: 東京.
- Mori, S., Ohtani, Y., and Imanaka, K. (2002) Reaction times and anticipatory skills of karate athletes. *Human Movement Science*, 21: 213-230.
- Muller, S., Abernethy, B., and Farrow, D. (2006) How do world-class cricket batsmen anticipate a bowler's intention? *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 59(12): 2162-2186.
- 村田厚生・杉足昌樹 (2000) スポーツビジョンと野球の打撃能力の関係. *人間工学*, 36(4): 169-179.
- Nagano, T., Kato, T., and Fukuda, T. (2004) Visual search strategies of soccer players in one-on-one defensive situations on the field. *Perceptual and Motor Skills*, 99(3): 968-974.
- ナイサー,U.著, 古崎 敬, 村瀬 旻 (訳) (1978) 認知の構図—人間は現実をどのようにとらえるか. サイエンス社: 東京.
- Naito, K., Kato, T., Fukuda, T. (2004) Expertise and position of line of sight in golf putting. *Perceptual and Motor Skills*, 99(1): 163-170.
- 内藤潔・加藤貴昭・福田忠彦 (2007) パッティングにおける視野制限の影響. *体育測定評価研究*, 7: 9-18.
- 中本浩揮・片野田隆紀・森司朗・丸山敦夫 (2007) ビジュアルトレーニングによる視機能評価課題中の視覚探索パターンの変化. *トレーニング科学*, 19 (3): 247-253.
- 仲里清・兄井彰・今村律子・伊藤友記・下園博信・磯貝浩久 (2013) 野球の投球動作時における投手の視覚探索とその意識. *コーチング学研究*, 27(1): 99-107.
- 日本バスケットボール協会 (2013) 2013バスケットボール競技規則, 第2章 コート,

- 用具・器具. 日本バスケットボール協会.
- 日本サッカー協会 (2013) *Laws of the Game 2012/2014* サッカー競技規則, 第 1 条
競技のフィールド. 公益財団法人日本サッカー協会.
- 日本視覚学会編集 (2000) 視覚情報処理ハンドブック. 朝倉書店: 東京.
- 大山慈徳・石垣尚男 (1978) 動体周辺視反応時間に関する研究. 愛知工業大学研究報告,
A, 教養関係論文集, 13 : 25-29.
- Oudejans, R.R.D., Koedijker, J., Bleijendaal, I., and Bakker, F.C. (2005) The
education of attention in aiming at a far target: Training visual control in
basketball jump shooting. *International Journal of Sport Psychology*, 3(2):
197-221.
- Panchuk, D., and Vickers, J.N. (2006) Gaze behaviors of goaltenders under
spatial-temporal constraints. *Human Movement Science*, 25(6): 733-752.
- Ripoll, H., Kerlirzinb, Y., Steinb, J. F., and Reine, B. (1995) Analysis of information
processing, decision making, and visual strategies in complex problem solving
sport situations. *Human Movement Science*, 14(3): 325-349
- 瀬谷安弘・森周司 (2002) スポーツ場面での知覚機能における追従眼球運動システムの
役割—注視の維持から見た空手道選手の知覚機能研究. 電子情報通信学会技術研究
報告, HIP, ヒューマン情報処理, 102(534) : 63-68.
- 瀬谷安弘・森周司 (2003) 空手道選手の追従眼球運動中の反応時間特性. 電子情報通信
学会技術研究報告, HIP, ヒューマン情報処理, 103(522) : 7-11.
- Shanee, K. H, Vickers, J.N. (2001) Training Quiet Eye Improves Accuracy in the
Basketball Free Throw. *Sport psychologist*, 15(3): 209-305.
- Sheliga, B.M, Riggio, L, Rizzolatti, G. (1994) Orienting of attention and eye
movements. *Experimental Brain Research*, 98(3): 507-22.
- 清水安夫・煙山千尋・尼崎光洋 (2010) 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.
- Starkes, J. L. (1987) Skill in field hockey: The nature of cognitive advantage. *Journal of Sport Psychology*, 9: 146-160.
- Starkes, J.L., and Deakin, J. (1984) Perception in sport: A cognitive approach to skilled performance. In: W.F. Staub and J.M. Williams (Eds.) *Cognitive Sport Psychology*, pp.115-128. Sport Science Associates: NY.
- 武田守弘・大場渉・坂手照憲 (2002) テニスのサーブコースと球種の予測における時期と手がかり. *スポーツ方法学研究*, 15(1) : 26-33.
- Takemura A., Murata Y., Kawano K., Miles F.A. (2007) Deficits in short-latency tracking eye movements after chemical lesions in monkey cortical areas MT and MST. *J. Neuroscience*, 27: 529-541.
- 武津翔吾 (2012) サッカーの視覚探索に及ぼす知識構造の影響. 九州工業大学情報工学部知能情報工学科 2011 年度卒業論文.
- Takeuchi and Inomata (2009) Visual search strategies and decision making in baseball batting. *Perceptual and Motor Skills*. 108(3): 971-980.
- 竹内高行・猪俣公宏 (2012) 野球の打撃時における視覚探索方略. *スポーツ心理学研究*, 39(1) : 47-59.
- Trevarthen, C.B. (1968) Two mechanisms of vision in primates. *Psychologische Forshung*, 31: 299-337.
- Van Lier, W., van der Kamp, J. and Savelsbergh, G.J.P. (2010) Gaze in golf putting: Effects of slope. In: *International Journal of Sport Psychology*, 41:160-176.
- Vickers J N. (1992) Gaze control in putting. *Perception*, 21(1): 117-132.
- Vickers J.N. (1996) Visual control when aiming at a far target. *Journal Exercise Psychology, Human Perception and Performance*, 22: 342- 354.

- Vickers J.N. (2007) Perception, Cognition, and Decision Training: The Quiet Eye in Act. Human Kinetics: U.S.
- Vickers, J.N. (1996) Control of visual attention during the basketball free throw. *American Journal of Sports Medicine*, 24: 93-97.
- Ward, P., Williams, A.M. and Bennett, S. (2002) Visual search and biological motion perception in tennis. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 73(1): 107-112.
- Williams, A.M. and Elliott, D. (1999) Anxiety, expertise, and visual search strategy in karate. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 21(4): 362-375.
- Williams, A.M. and Burwitz, L. (1993) Advance cue utilization in soccer. In: Reilly, T., Clarys, J., and Stibbe, A. (Eds), *Science and football II*, pp.239-243. E. & F. N. Spon: London.
- Williams, A.M. and Davids, K. (1995) Declarative knowledge in sport: A by-product of experience or a characteristic of expertise. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 17(3): 259-275.
- Williams, A.M. and Davids, K. (1998) Visual search strategy, selective attention and expertise in soccer. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 69(2): 111-128.
- Williams, A.M., Davids K, Burwitz, L., and Williams, J.G. (1994) Visual search strategies in experienced and inexperienced soccer players. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 65(2): 127-135.
- Williams, A.M., Davids, K. and Burwitz, L. (1994) Ecological validity and visual search research in sport. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 16: S22.
- Williams, A.M., Davids, K., and Williams, J.G. (1999) *Visual perception and action in sports*. E. & F. N. Spon: London.

-
- Williams, A.M., Ward, P., and Smeeton, N. (2004) Perceptual and cognitive expertise in sport: Implication for skill acquisition and performance enhancement. In: Williams, A.M., and Hodges, N.J. (Eds.) Skill Acquisition in Sport: Research, Theory and Practice. Routledge: London. pp.328-347.
- 吉田千秋・豊田雅信・佐藤幸男 (1992) 視野領域が機能分化した視覚系のモデル. 情報処理学会論文誌, 33(8) : 1032-1040.
- 吉田和博・寺本渉・浅井暢子・日高聡太・行場次朗・鈴木陽一 (2008) 「臨場感」に関するイメージ調査. 電子情報通信学会技術研究報告, HIP, ヒューマン情報処理, 108(356) : 53-58.
- 張剣・渡部和彦・馬淵麻衣 (2002) サッカー熟練者と非熟練者の予測正確性および視覚探索方略に関する研究, 1対1と3対3場面についての比較. 体育学研究, 53(1) : 29-37.

研究業績リスト

研究業績リスト

I. 学術論文

1) [原著]

今村律子, 山本勝昭, 徳島了, 坂元瑞貴, 磯貝浩久(2013)

刺激呈示サイズの違いにおける視覚情報処理の比較

運動とスポーツの科学, 19(1) : 35-43

2) [原著]

今村律子, 坂元瑞貴, 徳島了, 山本勝昭, 乾眞寛, 磯貝浩久(2014)

球技種目に遠山の目付は必要か? -注視点距離からみた広域周辺視の視覚情報獲得-

トレーニング科学, 25(2) : 137-148.

3) [原著]

今村律子, 徳島了, 乾眞寛, 花沢明俊, 坂元瑞貴, 山本勝昭, 磯貝浩久(2014)

広域視野範囲におけるサッカー選手の視覚情報処理

バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌(平成 26 年 4 月発行 受理)

II. 学会発表

- 1)今村律子, 山本勝昭, 徳島了, 坂元瑞貴, 廣田祥吾, 川面剛(2011)

認知トレーニングシステム開発の試み—EMR-9を使用した“見え方”の検証—

九州体育スポーツ学会第60回大会(公立大学法人名桜大学)

平成23年8月28日

- 2)今村律子, 廣田祥吾, 徳島了, 坂元瑞貴, 山本勝昭, 磯貝浩久(2012)

認知トレーニングシステムにむけた基礎研究—周辺視と反応時間測定の検討—

九州体育スポーツ学会第61回大会(宮崎公立大学)

平成24年9月9日

- 3)廣田祥吾, 徳島了, 山本勝昭, 今村律子(2012)

バスケットボールのピストルディフェンスの有効性に関する研究

九州体育スポーツ学会第61回大会(宮崎公立大学)

平成24年9月9日

- 4)Ritsuko Imamura, Katsuaki Yamamoto, Satoru Tokushima, Mizuki Sakamoto,

Kanako Soejima, Hirohisa Isogai, Satoshi Tanigawa (2013)

Reaction Times and the Relevance of Visual Search Strategies of Basketball Players

The 13th ISSP WORLD CONGRESS OF SPORT PSYCHOLOGY(Beijing)

平成25年7月21-25日

謝 辭

謝 辞

本研究を進めるにあたり、多くの貴重な時間を費やし、懇切なるご指導と有益な示唆を賜りました九州工業大学大学院生命体工学研究科の磯貝浩久先生に心から感謝の意を申し上げます。また、本論文を作成するにあたり、ご多忙な時間を割いて有益なご討論、ご助言を戴きました九州工業大学大学院生命体工学研究科の粟生修司先生、夏目秀代久先生、福岡大学スポーツ科学部の山本勝昭先生には深く御礼申し上げます。

「もっと強くなりたい！」記録の伸び悩みに陥っていた私がスポーツ心理学という分野に出会い、研究（探究）心のスタートをきったのは、大学2年の冬でした。その後、修士では臨床心理学を学び、プロチームへのメンタルサポートなど現場の温度を肌で感じながらも、「なんとか、アスリートのサポートシステムを確立したい」という思いで走ってきました。そして十数年後、ここ九州工業大学大学院にたどり着き、「2年間で学位取得」という覚悟を胸に、磯貝研究室の門を叩いたのは、2011年の秋でした。磯貝先生は、私が大学3年次の体育心理学実験実習にて非常勤講師として来られており、それから十数年後の私の突然の申し出に、「まさか、今村さんが博士取りにくるなんて思わなかった。」と驚かれたことを今も覚えています。

ここに来るまでに随分回り道をしたのかもしれませんが、でも、その時間があつたからこそ、たくさんの方々との素晴らしい出会いを生み、みなさんのお力をお借りすることができたのではないかと実感しております。

実験を実施するにあたり、測定装置や実験場所などを快く貸していただいた福岡大学スポーツ科学部の山本先生をはじめ、実験装置の作成でお世話になった同大学スポーツ心理学実験室の徳島了先生、測定補助や被験者のスケジュール調整などに奔走してくれた助教の坂元瑞貴さんや大学院生の副島加奈子さんには、本当に様々な面で支援をいただき心から感謝しています。そして、快く測定を承諾してくださった福岡大学スポーツ科学部サッカー部監督の乾真寛先生をはじめ、実験に参加してくださったサッカー

部のみなさん、そして、バスケットボール部のみなさんなど、多くのアスリートのみなさんの協力なしに論文の完成はなかったと思います。また、論文投稿にあたりご助言をいただいた九州工業大学大学院工学研究科の花沢明俊先生、そして、磯貝研究室のOBでもある九州共立大学スポーツ学部の仲里清先生にも、常に励ましの言葉をいただきました。最後に、今後の磯貝研究室をさらに盛り上げてくれるであろうD2の萩原吾一さんや秋山大輔先生をはじめ、院生や学部生のみなさんにも、励ましてもらったこと深く御礼申し上げます。

これからが研究者としてのスタートであると感じています。ひとりでも多くのアスリートの夢が叶うようなサポートシステムの開発を目指して、次なる目標へとまた走り出します。関係者のみなさまには、心より厚く御礼申し上げます。

平成 26 年 3 月 25 日 今村律子