

# サッカー選手と一般学生における 中心視野と周辺視野の反応時間

安藤 創 一\* 来田 宣 幸\* 小田 伸 午\*\*

Central and peripheral visual reaction time of soccer players and nonathletes

Soichi ANDO, Noriyuki KIDA and Shingo ODA

## Abstract

Visual reaction time of 20 soccer players and 13 nonathlete university students was measured using three different sizes of stimulus in central and peripheral vision. The results were summarized as follows:

1) Central visual reaction time of soccer players increased significantly with a decrease in size of a stimulus, while peripheral visual reaction time of nonathletes increased significantly with a decrease in size of the stimulus.

2) In soccer players the correlation between peripheral visual reaction time and central visual reaction time was higher when the size of the stimulus was small. In nonathletes, however, correlation of the same parameters was higher when the size of the stimulus was large.

These results suggest that soccer players have a higher ability of peripheral visual perception to the smaller object than nonathletes, that might enable to make quick judgement and decision to the far distant ball in the soccer field.

Key words: reaction time, peripheral vision, central vision

## I はじめに

スポーツ、とりわけ球技を巧みに遂行するには、視覚のはたらきは重要である。「視野が広い」とか、「状況判断が速い」などという言葉は、実際のスポーツの場面でよく使われる言葉であり、単に走る速さだけでなく、判断の速さを速くすることはスポーツにおいて重要な要素となっている。近年では、視聴覚機器を利用した状況判断能力のトレーニング方法などが検討さ

れている<sup>1)</sup>。視野の広さや状況判断の速さなどは個人差が大きく、また実施しているスポーツによって異なると思われる。

一般に視野といえば、視線を固定した時の視覚を起こしうる方向としての範囲をいい、静視野（以下、視野）を指す<sup>2)</sup>。中心窩で見る視野を中心視野といい、それを囲む網膜の周辺部位で見る視野を周辺視野という<sup>10)</sup>。身体の平衡の維持には中心視野からの視覚情報に比べて周辺視野からの視覚情報が重要である<sup>1)</sup>。また、

\* 京都大学大学院人間・環境学研究所: Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University, Nihonmatsu-cho, Yoshida, Sakyo-ku, Kyoto 606-8501

\*\* 京都大学総合人間学部: Faculty of Integrated Human Studies, Kyoto University, Nihonmatsu-cho, Yoshida, Sakyo-ku, Kyoto 606-8501

前方にある合い釘を母指と示指でつまみ上げる際に、中心視野だけに視野が制限されると距離を短く見積もってしまうという報告があり<sup>17)</sup>、周辺視野からの視覚情報はスポーツの状況においてのみならず日常的な身体活動においても重要な役割を果たしている。

判断および反応の速さを反応時間という客観的評価法を用いて測定する方法は、19世紀以来、心理学の実験を始めとして、多くの先行研究がみられ<sup>3,7,8,9,14)</sup>、中心視野および周辺視野における、様々な課題についての反応時間の測定<sup>2,4,6)</sup>も行われている。しかし、中心視野および周辺視野における反応の速さが、広域的な視野を必要とするスポーツの日常的なトレーニングにより影響を受けるかどうか、また広域視野の反応時間の差が技能差と関係するかどうかについて検討した研究はみられない。そこで、本研究は大学サッカー選手と日常的にスポーツを実施していない一般学生を対象に、中心視野と周辺視野における単純反応時間およびランダム反応時間を測定し、両グループ間の比較を行うことを目的とした。その際、選手とボールの距離に直接反映される刺激サイズを変化させることにより、その反応時間への影響をみることにした。

## II 方法

### 1. 被験者

被験者は、健康な右利きの学生33名であった。内訳は、高校・大学と運動部に所属せず、日常的にスポーツを行っていない一般学生13名(男子8名・女子5名)と大学サッカー部に所属する学生20名(すべて男子：サッカー歴9.1年, SD=2.7)であった。

一般学生13名は平均年齢21.5歳(SD=0.8)であり、視力の平均値は0.9(SD=0.4)、サッカー選手20名は平均年齢20.8歳(SD=1.6)で、視力の平均値は1.2(SD=0.3)であった。ただし、視力についてはいずれも両眼視で眼鏡やコンタクトレンズによる矯正を含むものであった。

### 2. 測定装置

被験者は、パーソナルコンピュータ(PC9821V13:Pentium133MH:NEC社製)のディスプレイ(CRTD151:NEC社製)に正対して椅子に着席し、ディスプレイ画面上の注視点に呈示される視覚刺激(白色、中抜きの日

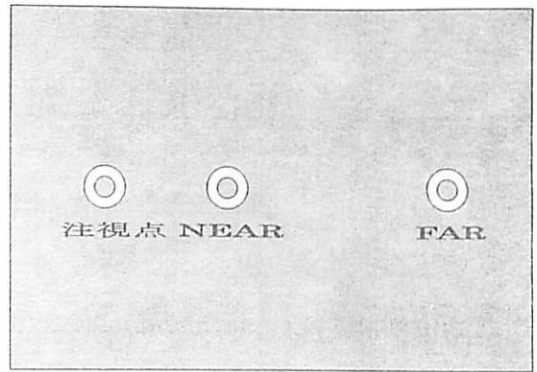


図1 コンピューター上に呈示される視覚刺激の位置

形)を両眼視で注視した(図1)。ディスプレイ上に呈示される注視点と被験者の両眼の中間点との距離は、30cmとし、頭の位置を固定した。そして、注視点と両眼の中間点を結んだ線分から、被験者から見て水平方向右側に10度開いた位置(NEAR)と、30度開いた位置(FAR)に視覚刺激を呈示した。視覚刺激は50ms間呈示され、呈示間隔は2秒、3秒、4秒、5秒のランダム間隔で実施した。実験は、ディスプレイの明度を一定にするために、室内の照明の条件を同一条件に保った。

### 3. 実験手順

実験の開始時には、被験者はキーボードのスペースキー上に、キーを押してしまわない程度の強さで右手の示指を添え、掌は机上に置いた。被験者は、視覚刺激に対してできるだけ早くスペースキーを押して反応した。

実験は、以下の4つの順番で行った。実験1は、中心視野反応時間を、実験2から4は、周辺視野反応時間を測定したものである。

実験1：中心視野単純反応時間(Central Visual Reaction Time; CV-RT)の測定

実験1では、図1で注視点と書かれた位置のみに視覚刺激が呈示され、被験者はこの位置に視覚刺激が呈示されると反応した。その際、被験者は視覚刺激が呈示される位置を両眼で注視した。

実験2：周辺視野単純反応時間(Reaction Time NEAR; RTN)の測定

実験2では、実験1の視覚刺激を常時呈示し、これを注視点とした。被験者は注視点を常に注視しながら、

図1のNEARの位置に視覚刺激が呈示されると反応した。

実験3:周辺視野単純反応時間(Reaction Time FAR; RTF)の測定

実験3では、被験者は注視点を常に注視しながら図1のFARの位置に視覚刺激が呈示されると反応した。

実験4:周辺視野ランダム反応時間(Random Reaction Time)

実験4では、実験2のNEARの位置と、実験3のFARのいずれかの位置でランダムに視覚刺激を呈示した。被験者は注視点を常に注視しながらNEARとFARのいずれかの位置に視覚刺激が呈示されると反応した。

視覚刺激を呈示してからスペースキーが押されるまでを1試行とし、最初の課題である中心視野単純反応時間課題(RT)についてのみ10試行の練習を行った。そして、実験1から実験3については各20試行ずつ行い、実験4については、20試行を2回、計40試行を行った。実験1から実験4までを1セットとし、最初は視覚刺激サイズを直径8mm(L、難易度・低)とし、その後順に、視覚刺激の大きさを直径4mm(M、難易度・中)、2mm(S、難易度・高)にして同様の実験を3セット行った。セット間には十分な休憩を取ることで、眼疲労の影響がないようにした。

反応時間の測定にはQuick Basic(Ver.4.50J)を用いたオリジナルプログラムを使用し、視覚刺激の呈示からスペースキーが押されたことをコンピューターが感知するまでの時間を反応時間とした。そして、反応時間の平均値(実験4についてはNEARとFARそれぞれの平均値)を各被験者の反応時間とした。

視覚刺激に対するキー押しや肘屈曲などの単純反応時間の筋放電潜時は、母指屈曲では120ms<sup>12)</sup>、肘屈曲では150msから170ms<sup>14)</sup>、掌屈では180ms<sup>7)</sup>とする報告がみられる。大築<sup>15)</sup>が多くの実験結果についてまとめた結果、様々な筋の筋放電潜時は90msから227msまで幅広い。このうち、指の電鍵押しについての筋放電潜時は平均180msであり、またランプ点灯に対しての上腕二頭筋の筋放電潜時は最小値で139msである。指の電鍵押しの筋放電潜時については上腕二頭筋の筋放電潜時を越えることはないと考え139msを最小の筋放電潜時とした。なお、追加実験を実施し、主動筋と拮抗筋

から導出した筋電図の筋放電潜時と圧センサーを用いてスペースキーが被験者に触れてから押されるまでの時間について検討した。これにより、被験者がスペースキーに触れてからコンピューターがキー押しを認識するまで約40msであることがわかった。よって139msに40msを加えて179msを考え得る反応時間の最小値とした。従って、179ms未満のデータは予測の影響と考えられたのでデータから除いた。

周辺視野での反応時間については石垣<sup>6)</sup>は、35度右方にずれると反応時間は66ms遅延し、Rains<sup>16)</sup>の実験では中心窩から30度ずれると反応時間は最大59ms遅れることを報告した。また、選択反応時間の筋放電潜時は230msから260msとされている<sup>15)</sup>。ランダム反応時間については、指標となるものが少ないため直接推測することはできないが、情報処理という点から考えると選択反応時間より遅くなることは考えにくい。よって260msに66msと40msを加えた366msより反応時間が遅延することはないと考え、366msを考え得る反応時間の最大値とし、それを越えるものはデータから除いた。

#### 4. 統計処理

統計処理については、2元配置の分散分析を行ったが、交互作用があったため1元配置の分散分析を行い、等分散性の検定を行った(交互作用の原因は不明・検討中)。さらに多重比較を行い、中心視野単純反応時間と各種周辺視野反応時間の比較を行った。また、t検定を行いサッカー選手と一般学生の反応時間の比較を行った。周辺視野反応時間については、NEAR、FARそれぞれの位置での単純反応とランダム反応を、また単純反応時間、ランダム反応時間をNEARとFARで比較した。相関係数を算出するときには、同時に有意検定を行った。

### Ⅲ結果

#### 1. 反応時間

図2は一般学生、サッカー選手それぞれの反応時間について示したものである。最も反応時間が短い値を示したのは、一般学生・サッカー選手ともに刺激サイズLの場合のCV-RTであり、一般学生で239ms、サッカー選手で244msであった。また、最も反応時間が大きい値を示したのは、一般学生、サッカー選手ともに刺激

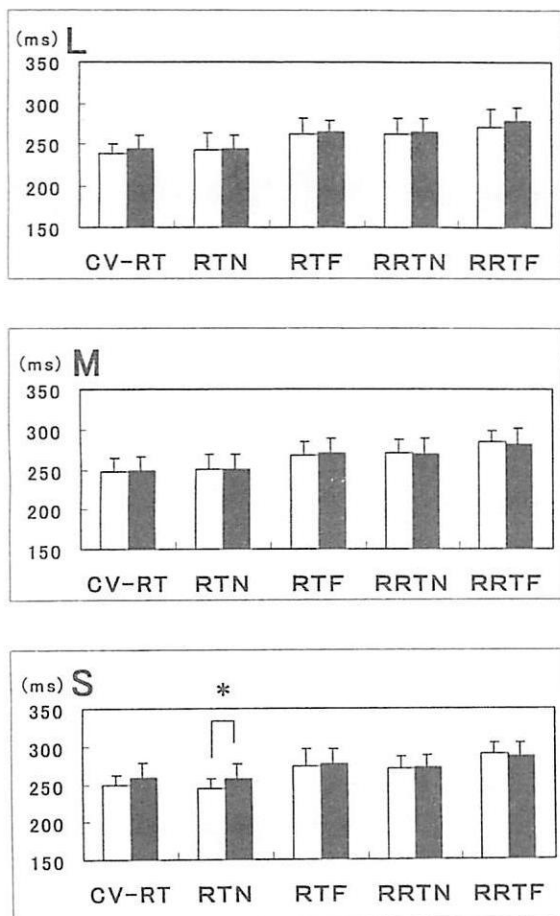


図2 一般学生と大学サッカー選手の刺激サイズ別の反応時間(平均値±標準偏差)。いずれのサイズも左が一般学生を、右がサッカー選手を示す。CV-RTは中心視野単純反応時間を示し、RTN, RTFは周辺視野反応時間NEAR, FARを、RRTN, RRTFは周辺視野ランダム反応時間NEAR, FARを示す。 $P < 0.05$  (有意差は一般学生とサッカー選手の比較)

サイズSの場合のRRTFで一般学生で290ms、サッカー選手で287msであった。刺激サイズがL、Mの場合は一般学生とサッカー選手の間で有意差はみられなかったが、刺激サイズSの場合は、RTNにおいて有意差がみられた( $p < 0.05$ )。

図3は一般学生とサッカー選手の反応時間について刺激サイズごとに示したものである。一般学生、サッカー選手ともに、各種周辺視野反応時間はRTNを除いてCV-RTより有意に大きい値を示した。一般学生は、刺激サイズが小さい時に、有意差のみられる項目数が多く、サッカー選手は、刺激サイズが大きい時に、有意差のみられる項目数が多い結果になった。

図4は一般学生とサッカー選手の反応時間について刺激サイズごとに示したものである。一般学生・サッカー選手ともに刺激サイズが小さくなるにつれて反応時間の値が大きくなる傾向がみられた。一般学生は、RRTFで刺激サイズLとSの間に有意差がみられた( $p < 0.05$ )。それに対し、サッカー選手はCV-RTとRTNで刺激サイズLとSの間に有意差がみられた( $p < 0.05$ )。つまり、刺激サイズの変化による影響は一般学生ではRRTFで、サッカー選手ではCV-RTとRTNでみられ、両グループが異なる傾向を示した。

## 2. 相関関係

図5は中心視野単純反応時間と各種周辺視野反応時間の相関関係を刺激サイズ別に相関係数で示したものである。一般学生は刺激サイズL、Mの場合に有意に相関係数が高く、Sの場合はRTFとRRTNにおいて有意な相関がみられないという結果になった。サッカー選手は刺激サイズSの場合に、ランダム反応において有意に高い相関を示した。以上より中心視野反応時間と周辺視野反応時間の相関関係においても一般学生とサッカー選手では異なる傾向を示した。

## IV 考察

周辺視野反応時間について検討した先行研究は、中心視野反応時間に関する研究に比べてその数は少ない。

石垣<sup>14)</sup>は、キー押しによる反応時間は、CV-RTと比べて、周辺視野への角度12度で4msから15ms長く、25度で19msから20ms長く、35度で60msから66ms遅延すると報告した。また、Rains<sup>15)</sup>は、右眼の中心視野と周辺視野でのスイッチ押しによる反応時間を測定した。その結果、中心窩の錐体細胞が刺激を識別できる明度においては、中心窩から鼻側網膜側、側頭葉網膜側のどちらにずれても中心窩での反応時間より大きい値を示した。さらにRainsは、刺激の明度が非常に強い時は中心窩から5度ずれると反応時間は鼻側網膜側で7msから14ms長く、側頭葉網膜側で12msから20ms長く、また中心窩から30度ずれると鼻側網膜側では13msから16ms長く、側頭葉網膜側では20msから29ms遅れると報告した。しかし、刺激の明度が落ちると反応時間は中心窩から5度ずれると鼻側網膜側で15msから29ms、側頭葉網膜側では24msから37ms長く、30°では鼻側網

サッカー選手と一般学生における中心視野と周辺視野の反応時間

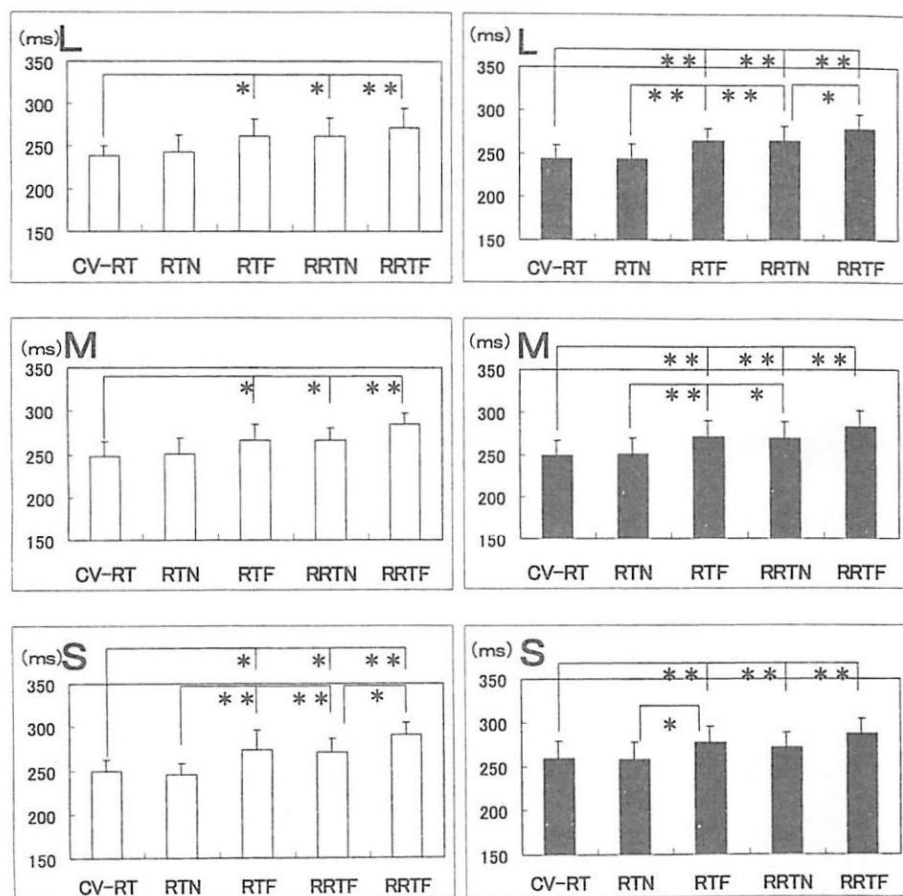


図3 刺激サイズ別の反応時間(平均値±標準偏差)を一般学生と大学サッカー選手それぞれ示す。左が一般学生を、右がサッカー選手を示す。\*\*  $P < 0.01$  \*  $P < 0.05$  (有意差は CV-RT と RTF, RRTN, RRTF の比較、RTN と RTF, RRTN の比較、RRTN と RRTF の比較)

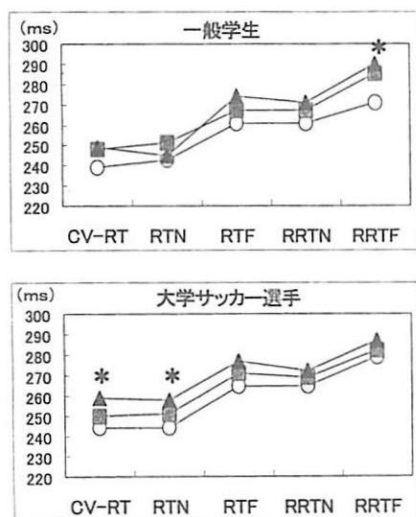


図4 一般学生と大学サッカー選手の反応時間(平均値±標準偏差)を示し、円形が刺激サイズLを、四角形がMを、三角形がSを示す。\*  $P < 0.05$  (有意差は刺激サイズLと刺激サイズSとの比較)

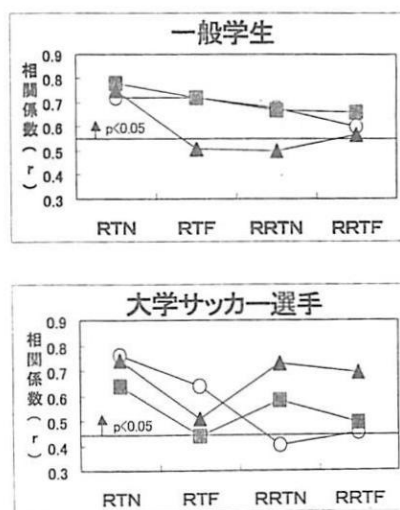


図5 一般学生と大学サッカー選手のCV-RTと各種周辺視野反応時間の相関関係を相関係数で示す。円形が刺激サイズLを、四角形がMを、三角形がSを示す。

膜側で21msから50ms、側頭葉網膜側では41msから59ms長いと報告しており、周辺視野では刺激の明度が反応時間に大きな影響を与えることが示唆される。

大きな筋力発揮を必要としない運動では男性と女性の間に反応時間の差はないという報告がある<sup>3,8)</sup>。今回の実験は、キー押しという大きな筋力発揮を要しない反応であり、男女差がないのと同様に、一般学生とサッカー選手の間に反応時間の差はみられなかったことが考えられる。しかし、一般学生、サッカー選手ともに、周辺視野反応時間が中心視野反応時間より遅延するという先行研究と同様の傾向はみられた。

今回の実験により、一般学生とサッカー選手では中心視野と周辺視野の反応時間に関して異なる傾向がみられた。すなわち、一般学生は、周辺視野の遠い位置でのランダム反応時間が刺激サイズの変化の影響を受けた。それに対し、サッカー選手では、中心視野単純反応時間と周辺視野の近い位置での反応時間が刺激サイズの変化の影響を受けた。Sivakら<sup>17)</sup>によると、中心視野は網膜中心窩を囲む直径10°の範囲としており、中心視野を本研究でもこの範囲で捉えたと、サッカー選手が刺激サイズの変化の影響を受けたCV-RTとRTNIは中心視野に含まれることになる。従って、サッカー選手は中心視野で刺激サイズの変化による影響がみられ、一般学生は周辺視野において刺激サイズの変化の影響がみられたことになる。刺激サイズの変化の影響を受けなかったことが視覚能力が高いと考え、絶対値としての反応時間については両グループに大きな差はみられなかったが、サッカー選手の視覚能力は、一般学生と比較して相対的に、周辺視野において優れており、逆に中心視野において劣っていることが示唆された。

一般学生は、刺激サイズが大きい場合に各種反応時間間に有意差のみられる項目数が少なく、中心視野単純反応時間との間に高い相関を示した。サッカー選手は、刺激サイズが小さい時に各種反応時間間に有意差がみられる項目数が少なく、中心視野単純反応時間との間に高い相関を示した。このことは、一般学生は、刺激サイズが大きい時に、つまり情報処理の難易度が低い時に、周辺視野反応時間が中心視野単純反応時間に依存しており、サッカー選手は、刺激サイズが小さい

時に、つまり情報処理の難易度が高い時に、周辺視野反応時間が中心視野単純反応時間に依存していると推察される。

Ishigakiら<sup>5)</sup>は、ランドルトC環をスクリーン上で高速で回転させ、切れ目の方向を正しく識別する回転速度の測定を通じて動体視力について検討した。その結果、一般学生と運動選手との間には、ランドルトC環の切れ目のサイズが大きい場合には識別する回転速度に差がみられなかった。しかし、切れ目のサイズが小さい場合には運動選手が切れ目を識別できる回転速度は、一般学生が切れ目を識別できる速度に比べて有意に速い結果を示した。今回の実験では、動いているものを識別する動体視力の実験ではなかったため、Ishigakiらのように運動選手と非運動選手で視覚能力に明確な差がみられなかったのかもしれない。しかし、サッカー選手は視覚刺激サイズが小さい場合の方が大きい場合に比べて各種周辺視野反応時間の長短が中心視野単純反応時間の長短に強く依存しており、これは一般学生と異なる傾向であった。このこととIshigakiらの実験で視覚刺激サイズが小さい時に運動選手と非運動選手との間に差がみられたことと考え合わせると、優れた視覚能力を要求されるサッカー競技の運動選手は、視覚刺激サイズが小さい時にその視覚能力を発揮することができるという特性を有する考えられる。実際のサッカーの状況に置き換えてみると視覚刺激サイズが小さい場合は、大きい場合と比べてボールが遠くにある状況であると考えられる。従って、ボールが遠くにある時にサッカー選手は適切な状況判断をしているのではないか。そのような場面が多い程、その刺激サイズに対する運動適応能力（反応時間）が向上するのではなかろうか。

選択反応時間について、運動選手と非運動選手の比較を行った研究によると、運動選手と非運動選手の間に差がみられた<sup>11,18)</sup>。選択反応時間での反応時間の差は、中枢での情報処理時間の差と考えられ、日常の運動競技におけるトレーニング効果と考えられる。一方、周辺視野と中心視野での反応時間の差は、刺激を受容する網膜の神経細胞活動レベルに起因すると考えられる。サッカーというスポーツは、瞬時に自分の位置、味方の位置、相手の位置を判断し、そして、パスをする

かドリブルをするか判断しなければならない。それゆえ、その競技特性から周辺視野における認知情報処理が非常に重要であると考えられる。従って、周辺視野反応時間においても一般学生とサッカー選手の間に異なった傾向がみられたものと思われる。

## 謝辞

本研究の執筆にあたり、中村栄太郎教授（京都大学総合人間学部）から統計検定に対してご指導いただきここに厚く感謝いたします。

## <文献>

- 1) Amblard, B. and Carblanc, A. (1980) Role of foveal and peripheral visual information in maintenance of postural equilibrium in man. *Percept.Mot. Skills*,51:903-912.
- 2) Borkenhagen, J.M. (1974) Rotary acceleration of a subject inhibits choice reaction time to motion in peripheral vision. *J. Exp. Psychol.*,102(3):484-487.
- 3) Botwinick, J.and Thompson, L.W. (1966) Components of reaction time in relation to age and sex. *J.Genetic Psychol.*,108:175-183.
- 4) Edwards, D.C. and Goolkasian, P.A. (1974) Peripheral vision location and kinds of complex processing. *J.Exp.Psychol.*,102(2):244-249.
- 5) Ishigaki, H. and Miyao, M. (1993) Differences in dynamic visual acuity between athletes and nonathletes. *Percept.Mot.Skills*,77:835-839.
- 6) 石垣尚男 (1989) 視覚機能に及ぼす身体運動の影響—運動中の視野狭窄について—。 *体育学研究*, 34(3):245-253.
- 7) 河辺章子, 大築立志 (1982) フェイント刺激に対する誤反応の修正—対側前腕屈筋への運動指令の切り換え時間について—。 *体育学研究*, 27(3):217-227.
- 8) 河辺章子, 大築立志 (1980) 移動指標の方向変化に対する反応時間。 *体育学研究*, 24(4):301-311.
- 9) 衣笠隆, 藤田紀盛, 田中英彦 (1985) 全身選択応答時間に及ぼす事前のジャンプの効果。 *体育学研究*, 30(1):45-53.
- 10) 松田隆夫 (1995) 視知覚。 *培風館*. pp43-80.
- 11) Mero, A., Jaakkola, L., Komi, P.V. (1989) Neuromuscular, metabolic and hormonal profiles of young tennis players and untrained boys. *J.Sports Sci.*, 7(2):95-100.
- 12) Monnier, M. (1952) Retinal, cortical and motor responses to photic stimulation in man. *J. Neurophysiol.*, 15:469-486.
- 13) 中川昭 (1995) ボールゲームにおける状況判断のトレーニング：視聴覚器の利用。 *トレーニング科学*, 7(2):53-58.
- 14) 奈良雅之, 笠井達哉 (1991) 運動開始前の前腕位及び手関節角度の違いが肘屈曲動作の反応時間に及ぼす影響。 *体育学研究*, 35(4):349-358.
- 15) 大築立志 (1998) 「たくみ」の科学。 *朝倉書店*. pp29-30, 78-87.
- 16) Rains, J.D. (1962) Signal luminance and position effects in human reaction time. *Vision Res.*, 3:239-251.
- 17) Sivak, B. and Mackenzie, C.L. (1990) Integration of visual information and motor output in reaching and grasping: the contributions of peripheral and central vision. *Neuropsychol.*, 28:1095-1116.
- 18) Williams, A.M., Davids, K., Burwitz, L., Williams, J.G. (1994) Visual search strategies in experienced and inexperienced soccer players. *Res.Q.Exerc.Sport.*, 65(2):127-35.

(1999年5月22日受付、7月24日受理)