

(続紙 1)

京都大学	博士 (人間・環境学)	氏名	國部 雅大
論文題目	The role of eye movements and fixation in the control of fast and accurate hand movements. (素早く正確な手運動の制御における眼球運動および注視の役割)		
(論文内容の要旨)			
<p>スポーツや日常生活の場面においては、素早くかつ正確な手の反応動作が必要とされ、その際、外界からの視覚情報を的確に捉えることが重要となる。眼球運動と手運動を協調させた動作をトレーニングしているスポーツ選手は、2つの運動指令を併せて素早く出力する能力が高いと考えられる。しかし、これまでにスポーツ経験が眼球と手の両運動を併せて行った場合の反応の早さに与える影響を検討した研究はない。また、周辺視野ターゲットへの到達運動においては眼球運動が手の運動に先行して開始され、中心視が素早く正確な手運動に貢献することから、手運動が視野空間内のどの位置を注視するかにより影響を受けることが考えられる。したがって注視点を奥行き方向も含めた3次元空間内に配置することを考慮して、注視位置が手運動の素早さや正確性に与える影響を検討していく必要がある。本学位申請論文は、素早く正確な手運動の制御に球技経験や眼球運動、および注視位置が与える影響について検討することを目的とした。</p> <p>本研究は、4つの実験から構成されている。実験1および実験2では、2次元平面内における眼球運動および注視移動が手指の反応および到達運動に与える影響を調べた。実験3および実験4では、奥行き方向を含めた3次元空間における注視を考慮に入れ、注視位置の遠近が手指の反応および到達運動に与える影響を調べた。</p> <p>第1章では、眼球運動の発生機序、眼球運動の記録に関する技術的側面とその応用性について先行研究をレビューし、本研究の背景となる事柄、研究目的、研究の意義を説明した。</p> <p>第2章では、大学バレーボール選手と一般成人を被験者とし、周辺視野に呈示された視覚刺激に対しサッカーとキー押しの各運動を単独で行う条件 (Single条件) と、両運動を併せて行う条件 (Dual条件) における各運動の反応時間を測定しその比較を行った (実験1)。その結果、サッカー反応時間は両被験者群ともにSingle-Dual条件間で差は見られなかったが、キー押し反応時間は、Single条件に比べDual条件において有意に遅延した。このキー押し反応時間の遅延は、手指の運動指令が眼球運動指令による干渉作用を受けたことによることが示唆された。また、バレーボール選手は一般成人に比べてキー押し反応時間の遅延の程度が小さかったことから、球技経験を積むことで眼球運動指令の手指の運動指令に対する干渉作用が小さくなる可能性が示唆された。</p> <p>第3章では、注視点の左右水平方向に隔てて配置された2つのターゲットへの両手到達運動を対象に、注視点の左右いずれの方向から先にサッカーを行うかという順序性が、左右肢の空間および時間制御に与える影響について調べた (実験2)。被験者は、注視点の左右水平方向に同時刻に呈示される2つの視覚ターゲットに対し、左右示指による到達運動をできるだけ早く正確に行った。その際、2つのターゲットを注視する順序 (左を先に注視、または右を先に注視の2条件) を予め教示した。その結果、各ターゲットに対する手の到達運動は、そのターゲットを先に注視した場合、後に注視した場合に比べて到達時刻が早くかつ到達位置のばらつきが小さい値を示した。さらに、手の到達運動の振幅の大きさが左右で異なる場合、先に遠距離ターゲットを注視し、後に近距離ターゲットを注視する条件において、眼球が近距離ターゲットを注視するより前に手運動が到達完了</p>			

し、その手の到達位置はオーバーシュートすることが明らかとなった。これらの結果から、眼球運動による顕在的注意の移動が、素早く正確に行う左右の手運動に対して重要な影響を与えることが明らかとなった。

第4章では、周辺視野の視覚刺激に対するキー離し反応時間課題において、注視位置を視覚刺激が呈示される2次元平面よりも奥または手前におくことによって反応時間がどのように変化するかについて検討した（実験3）。その結果、呈示刺激よりも奥を注視した条件では、手前を注視した条件に比べ反応時間が有意に短縮した。第5章では、注視位置を予めターゲットより奥あるいは手前におくことが、奥行き方向に配置されたターゲットへの手の到達運動制御に与える影響について検討した（実験4）。その結果、予めターゲットよりも奥を注視した条件における手の到達運動は、予めターゲットより手前を注視した条件に比べ有意に早く実行された。これら2つの実験結果から、予め呈示される視覚刺激位置よりも遠方を注視して運動の準備をすることにより、素早い手運動の実行が可能となることが示唆された。

以上、本学位申請論文における一連の実験結果から、球技経験を積むことで眼球運動指令による手指の運動指令への干渉が小さくなり、素早い手指の反応が行える可能性が示された。また、視野平面および視野空間内において、眼球運動を用いて注視を適切な位置に向けることにより、素早く正確な手運動の制御が可能になることが示唆された。

(論文審査の結果の要旨)

本学位申請論文は、眼球運動および視野空間内における注視位置を変化させ、素早く正確な手運動の制御において、球技経験や眼球運動、および注視の状態が与える影響を検討することを目的としたものである。本論文は、研究の背景と目的や意義について述べた緒言、一連の4つの実験研究、および結論から構成されている。

第1章では、本研究の背景となる眼球運動に関し、その発生機序について、これまでの神経科学の先行研究をレビューし簡潔にまとめている。次に、眼球運動の測定に用いられる各種機器の長所と短所についてまとめ、この領域の研究を志す者の指針となる情報を整理した。また、スポーツや日常の場面において、外界からの視覚情報を解像度の高い網膜の中心部分で的確にとらえるための眼球運動の重要性、ならびに眼球運動と手運動の協調に関する運動制御研究の意義について先行研究を網羅して記述した。

第2章では、周辺視野からの視覚情報処理と手運動の素早い制御を併せて処理するトレーニングを日常的に行っている大学バレーボール選手と一般成人を対象に、サッケードとキー押し の両運動を同時に行う場合の干渉効果について比較した。その結果、両被験者群において、キー押し反応時間は眼球運動と併せて行った場合、単独で行う場合に比べて有意に遅延したが、バレーボール選手は一般成人と比べて、キー押し反応時間の遅延の程度が有意に小さい値を示した。このことより、球技経験を積むことによって、手指の運動指令が眼球運動の運動指令から受ける干渉の程度が小さくなり、素早い手指の反応が可能になることが示唆された。第2章で得られた知見は、*Perceptual and Motor Skills* (2006)に掲載されている。

第3章では、注視点から左右水平方向に隔てて配置された2つのターゲットに対して両手をそれぞれ左右方向へ到達させる課題を通して、サッケードによる注視の順序性とその移動が左右の手運動の素早さと正確性に与える影響について検討した。その結果、先に注視したターゲットへの到達は、後に注視したターゲットへの到達に比べて、早く正確に遂行されることが明らかとなった。さらに、左右のターゲットへの到達距離が異なる場合には、遠距離ターゲットを先に注視してから近距離ターゲットを後で注視したときに、近距離ターゲットを中心視する前に手が到達し、手の到達位置がオーバーシュートしてしまうことを明らかにした。これらの研究成果は、行動学的知見を中枢の情報処理機能と関連させて論じる運動制御研究領域において国際的に高く評価され、*Experimental Brain Research* (2009)に掲載されている。

第4章では、周辺視野の視覚刺激に対して反応課題を行う際に、視覚刺激の呈示される二次元平面よりも遠方を注視したときの反応時間は、視覚刺激よりも手前を注視したときに比べてより短い値を示すことを明らかにした。従来、反応時間に関する研究は数多の研究者によって進展してきたが、奥行き注視が手指の反応時間を早くすることを突き止めた研究はこれまでに皆無であり、目と手の協調に関する研究進展の糸口を見出したことは評価に値する。第5章では、上肢による奥行き方向への到達運動に関しても、予めターゲットより遠くを注視して準備することにより、ターゲットより近くを注視して準備する場合に比べて素早い上肢の到達運動が可能になることを示した。

本学位申請者の研究は、スポーツの場面で素早く正確に反応するために、外界の情報を効率よくとらえる重要性の問題提起から始まっている。申請者はその問題を解決するため、眼球運動および反応時間を測定する研究手法を的確に用いて、球技経験が眼球運動と手指運動の間の干渉作用に影響を与えること、さらには、水平方向の注視移動および奥行き方向の注視位置が手指や上肢の素早く正確な運動に影響を与えると結論付けている。眼球運動や注視位置の違いが素早く正確な手運動に与える影響について、奥行き方向も含めた3次元空間内に注視位置を設定して行われた実験研究は従来みられなかったものであり、その独創性は高く評価できる。申請者の行ってきた一連の研究は、眼球運動の実験心理学、運動生理学、さらに神経科学を融合した基礎研究としてさらに発展する可能性を秘めていると同時に、スポーツ科学や体育教育における当該領域の研究を大きく進展させる二方向の価値を有している。

申請者の一連の研究は、眼球運動測定を中心に、反応時間および動作分析等の手堅い解析手法を用いて着実に成果を重ねている。本学位申請論文は、ヒトの眼球運動と肢運動の協調制御機構に関する新たな知見を得た点において、人間と環境の問題を総合的に考察し、困難な諸問題の解決をめざして創設された、共生人間学専攻認知・行動科学講座の研究に相応しい内容を備えたものであるといえる。

よって、本論文は博士（人間・環境学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成22年2月8日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

Webでの即日公開を希望しない場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。
要旨公開可能日： 年 月 日以降