

(続紙 1)

京都大学	博士 (人間・環境学)	氏名	廣瀬 智士
論文題目	脳内運動制御機構を利用した視覚情報処理		
(論文内容の要旨)			
本学位申請論文は人間がどのように外界の情報から適切な運動を生成しているのかについて、その基盤にある脳内機序を調査したものである。 人間が適応的に行動を行うためには、視覚的に捉えた物や他者の情報が必要不可欠である。特に目の前の物体がどのような形であるかという情報は、我々が最も頻繁に行う動作のひとつである“掴む”という動作を適切に行うために必要不可欠である。また、他者と協力して目的を達成するためには、相手がどのような運動をしており、どのような意図をもっているかを知らなければ正しい行動を選択することはできない。近年、ヒト脳内では目で見た物体や他者の情報を常に運動に結びつけることで素早く適切な行動選択を実現していると考えられ始めている。本論文では、運動と関連づけた視覚情報処理に注目し、物体の視覚情報(2章)および他者の視覚情報(3章)がどのように自己の運動に関連づけて知覚されているのかを明らかにする研究を行った。 本論文は、2つの実験を中心に構成されており、第1章では、本研究の背景となる事項、研究の目的、研究の意義を説明した。 第2章では我々が目の前の物を掴むことができるか否かを判断するためには、脳内のどの領域が関与しているのかを明らかにするため、機能的磁気共鳴装置(fMRI)を用いて脳活動測定を行った実験について記述した。この判断ができないと、対象に対してどのような掴み方が可能であるか分からず、適切な把握運動を選択することはできない。 17名の右利き被験者が実験に参加した。fMRIによる脳機能画像撮影中に、被験者は自己の右手のライブ映像と同時にその手の前に呈示される様々な大きさの箱の映像を見て、呈示された箱が右手で掴めるか否かを判断する課題を行った(運動判断課題)。また統制課題として、被験者は同じく自己の手と箱を見るが、握った手と箱の視覚的な大きさを比較する課題を行った(視覚判断課題)。運動判断課題では自己の運動能力と対象の大きさの比較が必要となるが、視覚判断課題ではその必要はない。脳機能画像解析の結果、背側運動前野前部領域が運動判断課題で特異的に活動することが分かった。さらに、この領域の活動は各被験者の運動判断課題時の応答時間と有意な正の相関を示した。これらの結果から、自己の運動可能性判断には背側運動前野前部領域が重要な役割を担っている事が明らかになった。この領域は、運動準備中にこれから行おうとする運動および運動の対象となる物体の、空間的な情報が表現されていることが知られている。背側運動前野前部領域はこれらの情報を比較することにより、実際の運動に先行して運動可能性を判断し、その状況に適した運動の選択に貢献していると考えられる。 第3章では他者の運動がどのように自己の運動と関連づけて処理されているかを、心理物理学的手法を用いて調査した。我々が他者の運動を観察しながら			

同時に自分自身も運動を生成する際、他者の手先の運動方向、関節運動の方向に引き込まれるような干渉効果があることが知られている。これは、他者運動の動き（キネマティクス情報）が自己の運動生成ネットワークを用いて処理されているからであると考えられてきている。本研究では、他者の力（ダイナミクス）の情報も自己運動の力の制御に関わる脳領域で処理されているのかを調べるため、他者が力を発揮している映像の自己の力発揮への干渉を測定した。16名の健常被験者に他者の手、足、顔が繰り返し力発揮を行っている映像を観察しながら、弾道的等尺性精密把握運動を行わせた。映像中の効果器が力を発揮しているタイミングで被験者に力発揮を求める条件を同位相条件、映像中の効果器が力を抜いているタイミングで力発揮を求める条件を逆位相条件とした。この結果、手の映像を観察しているとき、かつ映像中の手が力を発揮しているときに力発揮を求める条件でのみ、被験者の発揮する力を大きくする干渉が見られた。これは、他者の特定の効果器の力発揮の情報は、自己の同じ効果器の力発揮に、特定のタイミングで干渉することを示す。本研究の結果により他者運動のダイナミクス情報も自己運動のダイナミクス制御と共通の脳内ネットワークを利用して知覚している事を明らかにした。

第4章では本論文を総括し、脳内運動制御機構を用いた視覚情報処理機構に対する未解決問題を挙げ、今後の展望を述べた。

以上のように本論文は“ヒトがどのように外界の情報から適切な運動を生成しているのか”という心理学、脳科学の重要なテーマに対して、新しい知見を提示した。

(論文審査の結果の要旨)

ヒトは様々な環境のもとで、適応的な行動を選択しなければならない。様々な感覚器の中でも特に視覚は環境の情報を得て行動を選択するためには非常に重要な役割を果たす器官である。本論文では、目から入力された視覚情報がヒト脳内でどのように処理され、適応的な行動を可能にしているのか、特に1) 我々が物体を観察している際、その視覚情報が我々の運動とどのような関係にあるかを理解する脳内機構を調べた研究、2) 他者の運動から力を抽出するために脳内運動関連領域が関与していることを明らかにした研究、が報告されている。

1) の研究では、モニタ上に呈示した対象が掴めるか、掴めないかを判断する際の脳活動を、機能的磁気共鳴装置 (fMRI) を用いて計測した。17名の右利き被験者がfMRI装置内で自己の右手のライブ映像と様々な大きさの箱の映像を見て、呈示された箱が右手で掴めるか否かを判断する課題を行った (運動判断課題)。また統制課題として、手の大きさと箱の大きさを比較する課題を行った (視覚判断課題)。脳機能画像解析の結果、運動判断課題時に背側運動前野前方部に活動がみられた。またこの領域の活動は、視覚判断課題では見られず、運動判断課題に特異的な活動であった。さらにこの領域の活動は各被験者の運動判断課題時の応答時間と有意な正の相関を示した。これらの結果から、対象が掴めるか、掴めないかという判断には背側運動前野前部領域が重要な役割を担っていることが示された。この領域は、自己の運動に関する知識や、物体の空間的な情報を保持していると報告されている。本研究の結果から、背側運動前野前部領域はこれらの情報を比較することで把握運動可能性判断に貢献していると考えられる。本研究の結果は、国際雑誌Brain Research(2010)に掲載が決定している。

2) の研究では、他者の発揮する力の情報を自己の力発揮と関連づけて処理する機構の存在を、心理物理学的手法を用いて調査した。他者の運動を観察しながら同時に自分自身も運動を生成する際、他者の動きに引き込まれるように自己の運動が干渉を受けることが知られている。この干渉は、他者の動き (キネマティクス) が自己の運動生成のための脳内機構を用いて処理されているために起こると考えられてきている。実際多くの研究が、他者のキネマティクス情報が自己の運動生成のための脳内機構を利用して処理していることを示唆している。この研究ではヒトの運動制御のもうひとつの側面である力 (ダイナミクス) を他者運動観察中にどのように処理するか、に注目した研究である。16名の健常被験者に他者の手、足、顔が繰り返し力発揮を行っている映像を観察しながら、被験者には、手でデバイスに力を加える、動きのない運動を行わせた。このときそれぞれの映像に対してa)映像中の手、足、顔が力を発揮してい

るときに力発揮を求める条件（同位相条件）と、b)映像中の効果器が力を抜いているときに力発揮を求める条件（逆位相条件）でのそれぞれの映像が被験者の力発揮にどのような影響を及ぼすかを調べた。この結果、手の同位相条件でのみ、被験者の発揮する力が要求する力より大きくなるという干渉が見られた。この干渉は他者の力発揮の映像が目から取り込まれ、脳内で処理される過程で、自己の運動に関わる脳内機構を動員したために起こったと考えられる。さらに、本研究の結果はその動員の強さは他者の運動のタイミングに依存し、特定の効果器の映像はその効果器を制御する脳内機構を特異的に動員することを示している。本研究の結果から、他者運動のダイナミクス情報も自己運動のダイナミクス制御と共通の脳内機構をあたかも自分自身が力発揮を行っているように動員することが分かった。このような運動に関係する脳内機構による他者の力発揮により、我々は他者の運動から適切な情報を取り出し、運動に利用していると考えられる。本研究の結果は国際雑誌Neuro Report (2009)に掲載されている。

以上のように、本学位申請論文は、我々が環境に対して適応的に運動をするために、どのように情報を収集しているのか、という脳科学の重要なテーマに対して独創的な視点から研究成果を挙げることに成功している。

よって、本論文は博士（人間・環境学）の学位論文として価値のあるものと認める。また、平成22年1月12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