

令和 6 年 6 月 9 日現在

機関番号：32411

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2023

課題番号：19K14475

研究課題名（和文）視覚対象への身体運動制御を伴う場面での表象の修正メカニズムの解明

研究課題名（英文）Mechanisms of modification process of visual representations in physical motor control events.

研究代表者

村越 琢磨（Murakoshi, Takuma）

駿河台大学・心理学部・准教授

研究者番号：70624724

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、境界拡張現象を用いて視覚運動協応事態での視覚表象の変調メカニズムについて検討を行った。実験の結果、境界位置を視覚的に判断する場合でも画面へのポインティングにより判断する場合でも、知覚された境界位置は画角が狭いほど画像の中心から外側へ位置する程度が大きくなった。しかし、画面へのポインティングにより境界位置を判断する場合には、視覚的に判断する場合に比べて、知覚された境界位置はより狭い範囲に位置すると判断された。これらの結果から、視覚的に呈示された刺激の境界に対する知覚的な位置の決定は、視覚モダリティ内の処理の結果ではなく、複数のモダリティを統合した後の処理で行われる可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

触覚モダリティからの入力を用いて境界拡張を検討した先行研究では、情景の知覚に際して視覚モダリティからの入力ではなく、複数のモダリティからの情報が利用されていると主張されている。本研究ではさらに、複数モダリティが統合された後には、その視覚表象に基づいて外界にアクセスする際に、出力モダリティに応じて境界位置の調整が行われる可能性を示した。

近年では、スマートフォンやタブレット端末などのように、画面をタッチすることで操作を行う機器が広く用いられている。外界の環境に対する視覚的な判断と運動制御に用いられる表象の乖離を明らかにすることで、これらの機器のより有効な使用方法を提起可能である。

研究成果の概要（英文）：In this study, we investigated the modulation mechanism of visual representations in a visuospatial coordination using the Boundary Extension phenomenon. The results showed that the perceived boundary position moved outward from the center of the image to a greater extent when the angle of view was narrower, both when the boundary position was judged visually and when the boundary position was judged by pointing to the screen. However, when the boundary position was judged by pointing, the perceived boundary position was judged to be located in a narrower range than when judged visually. These results suggest that the determination of perceptual location relative to the boundary of a visually presented stimulus may not be the result of processing within the visual modality, but rather may occur after integration of multiple modalities.

研究分野：実験心理学

キーワード：境界拡張 視覚運動協応 視覚表象 運動制御

1. 研究開始当初の背景

近年、タッチパネルによる機器操作が求められる場面が増えてきた。従来の物理的なボタンでは、位置や大きさなどが固定であるのに対し、タッチパネル上の操作領域は、位置や大きさが可変である。このため、例えば、『次へ』といった同じ操作を求める場合でも、操作領域は異なる空間位置や大きさで呈示される。この時、タッチパネルでは、触・運動感覚情報から操作領域を特定できないため、視覚情報のみから操作領域を特定する必要がある。

このように視覚刺激に対して運動を行う際、我々は視覚入力により運動をナビゲーションしており、これには視覚系と運動系の相互作用が不可欠である。ただし、我々の視覚系は環境の物理的な大きさなどを必ずしも正確に知覚していない。例えば、ミュラーリヤー錯視やエビングハウス錯視などは、刺激の物理的な大きさと知覚された大きさが異なる有名な例である。実際の物理的空間構造とは異なる表象に基づき運動を制御するならば、タッチパネルにタッチするといった運動は不正確になるはずである。しかし、エビングハウス錯視などの幾何学的錯視図形を用いた研究から、運動系での反応では、物理的な空間構造に即した正確な大きさ判断が可能なが示されている (Aglioti, DeSouza, & Goodale, 1995; Ganel, Tanzer, & Goodale, 2008)。また、刺激の位置変化に観察者が気付かない場合にも、変化した位置へ正確にサッカード眼球運動を行うことや (Bridgeman, Heit, & Nagle, 1979; Hansen & Skavenski, 1985)、盲視患者が、見えないと報告する刺激に対して、正確に運動反応できる (Stoerig & Cowey 1997; Yoshida et al., 2012) ことも、視覚系と運動系の異なる物体知覚の証拠とされる。

上記のような研究に基づき、知覚と運動制御は独立した処理であるとする考えがある (for review, Goodale, 2011, 2014)。この考えでは、知覚のための視覚経路 (腹側経路) と運動のための視覚経路 (背側経路) は異なる脳内視覚経路であり、運動制御は錯視の影響を受けないとされる。そのため、錯視が生じた場合でも、刺激に対して正確な運動制御が可能とされる。

しかし、我々が実際に運動を行う際には、視覚系で処理された情報は運動の手がかりとして非常に有効である。実際、キーボードのキーの位置は変わらないにも関わらず、キーの位置を視覚で確認すると、隣のキーをタイプするといった運動系のミスは減少する。即ち、我々は、運動制御下においても視覚系で生成された視覚表象を利用していると推測するのが妥当である。また、視覚系と運動系の生態学的な目的を考えると、視覚系は外界の情報を獲得するために進化したのに対し、運動系は外界へのアクセスを目的に進化してきたと考えられる。このような異なる目的のために進化してきた二つの系は、それぞれの目的に適した手がかりを、より有効に利用すると思われる。従って、視覚系と運動系では、同じ視覚刺激に対して、異なる手がかりに基づいて表象形成が行われ、運動制御下において、その表象を修正することで、正確で円滑な運動のナビゲーションが実現されると推測される。

2. 研究の目的

本研究は、視覚対象への身体運動制御を伴う場面での表象の修正メカニズムの解明を目的とした。特に運動制御時の座標変換に着目し、身体運動が進行していく過程で、物体中心座標系から自己中心座標系へと表象の座標変換が行われるメカニズムの空間特性の解明を目指した。

感覚情報に基づく運動や運動計画、運動準備に関連する運動全野や、自発的な運動の開始に関連する補足運動野では、背側経路と腹側経路の両経路から投射を受けており、視覚情報に基づき画面をタッチするような運動中には両経路での異なる座標系に基づき表象が座標変換される可能性が考えられる。そこで本研究では、表象の座標変換に伴う表象の修正過程を解明することを目的とした。

本研究の学術的独自性は、表象の座標変換の観点から、視覚系と運動系の相互作用を解明することにある。また、運動制御による視覚表象の修正に着目し、運動を行うことで視覚情報処理の補助を目指す点は、タッチパネルが普及した現在に必要とされる創造的研究である。

視覚系と運動系の異なる表象処理様式が示されれば、従事する課題に応じた、適切な情報呈示手法が明らかになる。つまり、タッチパネルを使う際には、従来の視覚系のみを利用するディスプレイとは異なる情報呈示が必要となる。このことから操作機器の目的に応じて、円滑で正確な運動制御を促す情報呈示技術の開発に繋がる研究である。また、このような技術は、実際に画面をタッチする運動だけでなく、画面に呈示された映像などを基に機器を操作し、その運動制御の結果が、映像内容にフィードバックされるような事態、つまり、危険な場所でのロボットによる遠隔操作や内視鏡手術などといった、複雑な座標変換を伴う視覚運動協応場面に対して、有効な視覚情報の呈示技術の開発につながると期待される。

3. 研究の方法

視覚運動協応事態中の視覚表象の修正過程を検討するため、境界拡張という錯視現象を用いた。境界拡張とは、画像の呈示後にその画像を再生や再認する際、観察者が実際に呈示された画像の境界よりも外側に境界を知覚し、呈示画像よりも広い領域を知覚する現象である (Intraub & Richardson, 1989)。境界拡張は明瞭な背景上にオブジェクトが配置された情景画像などが視覚

刺激として用いられた際に、より大きな錯視が観察される現象であり、外界へのアクセスを目的とする運動制御を考えた際には、視覚場面内のオブジェクトの空間関係が重要となる情景画像を使用することが理に適うことに加え、錯視が生じることにより視覚情報とその視覚情報に基づいて運動制御を行う外界にずれが存在するこの境界拡張は、運動制御中に表象が修正されるメカニズムを検討するのに適した現象である。

境界拡張はワイドアングルで撮影された画像に比べて主となる被写体がクローズアップされた画像で錯視が生じやすいことが示されているため、本研究でも視覚的に呈示する情景画像の画角を操作することとした。境界拡張の生起指標としては、オブジェクトの大きさ、画像の撮影距離、画像の境界位置が考えられる。知覚された境界が呈示された画像よりも拡張した位置に知覚された場合、呈示された画像に比べ、画像領域に対するオブジェクトの相対的な大きさは小さくなるため、オブジェクトの大きさがより小さく判断されれば境界拡張が生じたことになる。また、知覚された境界が呈示された画像よりも拡張した位置に知覚された場合には、より広い範囲が画像内に投影されているため、呈示された画像よりもより遠くの距離から撮影されたと判断された場合に境界拡張の生起が確認される。しかしながら、境界拡張とは呈示された画像よりも広い画像領域が知覚され、その結果として境界位置も変更された位置に知覚される現象であり、画像の境界位置を錯視現象生起の指標とすることが最も妥当であると考えられる。そこで本研究では、オリジナルの情景画像に対して大きさの異なるのぞき窓を重ねて表示することで、オブジェクトの大きさや撮影距離を変更することなく表示領域を変更した、つまり画角だけを変更した複数の画像を用意した。この手続きにより、刺激画像としてクローズアップ画像、ワイドアングル画像、その中間の画像を記録刺激として設定した。この記録画像を呈示した後に、のぞき窓を重ねないオリジナルの画像を呈示し、記録された画像の境界位置がオリジナル画像上のどの部分に位置していたかの判断を実験参加者に求めた。知覚された境界位置の報告では、上下左右に呈示された線分を知覚された境界位置に調整することで視覚情報のみから境界位置を判断する条件（視覚条件）と、タッチパネル上の境界位置をポインティングする条件（運動）の2条件を設定し、両条件間で境界位置の変動割合を比較した。

さらに、刺激画像に対して物体中心座標系と自己中心座標系での座標移動操作を行った。具体的には、画像の記録に用いられるテスト刺激の呈示位置と可視領域を変化させた。物体中心固定条件では、テスト画像とオリジナル画像内でのオブジェクトの中心位置はともに画像の中心となるが、自己中心に対する位置は両画像で異なった。即ち、境界位置の報告に際して、物体中心座標系に基づく座標変換は必要ないが、自己中心座標系に基づく座標変換が必要であった。自己中心固定条件では、自己中心に対するオブジェクト位置は固定だが、両画像内でのオブジェクトの中心位置は異なった。即ち、境界位置の報告に際して、自己中心座標系での座標変換は必要ないが、物体中心座標系による座標変換が必要であった。この操作を行ったうえで、視覚情報のみから境界位置を判断する条件と、タッチパネル上の境界位置をポインティングする条件で境界位置の変動を比較した。

4. 研究成果

画角を操作した情景画像に対し視覚条件と運動条件で知覚された境界位置を測定した結果、境界位置を視覚的に判断する場合でも画面へのポインティングにより判断する場合でも、知覚された境界位置は画角が狭いほど画像の中心から外側へ位置する程度が大きくなった。即ち、ワイドアングルの情景画像が呈示された場合に比べて、クローズアップの情景画像が呈示された場合には、知覚されたと報告された領域は、記録段階で呈示された領域よりも広く、境界位置はより画像の中心からより外側に位置したと判断された。しかしながら、画面へのポインティングにより境界位置を判断する運動条件では、視覚情報から境界位置を判断する視覚条件に比べて知覚された境界位置はより狭い範囲に位置すると判断された。これらの結果から、視覚的に呈示された刺激の境界に対する知覚的な位置の決定は、視覚モダリティ内の処理の結果ではなく、複数のモダリティを統合した後の処理で行われる可能性が示唆された。

触覚モダリティからの入力を用いて境界拡張を検討した先行研究では、情景の知覚に際して視覚モダリティからの入力ではなく、複数のモダリティからの情報が利用されていると主張されている。Intraub & Dickinson, (2008)の multisource model of scene perception では情景知覚では複数のモダリティからの情報を統合する表象形成メカニズムが仮定されているのに対し、本研究の実験では入力モダリティとしては視覚系のみであるが、出力に際しては視覚系のみを使用する条件と視覚系と運動系の協応を必要とする条件が設定されていた。このことを考えると、従事する課題によって反応出力に必要とされるモダリティが異なることが知覚される領域を変更させる要因になっていると示唆された。つまり、外界へのアクセスを伴う場合には、身体運動と外界の環境との関係を調整するために視覚表象を調節するメカニズムが存在すると考察された。即ち、先行研究で示された情景画像の画角の効果に加え、本研究ではさらに、複数モダリティが統合された後には、その視覚表象に基づいて外界にアクセスする際に、出力モダリティに応じて境界位置の調整が行われる可能性を示した。

物体中心座標系と自己中心座標系での座標移動操作を行った実験では、運動条件での知覚された領域は視覚条件での知覚された領域に比べて狭いという結果を再び得た。また、物体中心座標系での情景画像の移動を伴う場合には、記録段階で呈示された情景画像に対して、座標移動の

方向への境界位置のずれが物体中心座標系での移動に比べて大きくなることも示され、この傾向は視覚条件と運動条件で同様の傾向がみられた。さらに、情景画像ではなく単純なオブジェクトの画像を刺激として用いた場合にも、物体中心座標系での移動の際にのみオブジェクトの位置のずれが見られ、これは視覚条件のみで観察された。これらの結果から、境界位置の変動は物体中心座標系に基づいて行われることが示唆された。しかしながら、複数モダリティからの入力統合された後に、主力の際に再び異なるモダリティに対して特定の座標系に基づいて境界位置が修正される段階的な処理までは明らかにすることは叶わなかった。このことを検証するためには、境界位置の変動する過程を空間的な側面だけでなく時間的な側面から測定する必要があると考えられる。

情景画像を観察する際に境界位置へ注意を向けるというバイアスの効果を調べるために、情景そのものに注意を向けている場合と境界位置へ注意を向けた場合での境界拡張の生起度合いについても調べたが、どちらに注意を向けた場合にも結果の違いは見られず、一連の実験で用いられた反応手続きは妥当であったことも確認された。

さらに、自己運動に伴う座標系の位置変動を検証するため、痛みの閾値を指標として自己運動を伴う自己刺激を受け取る場合と受動的に触刺激が与えられる場合についても測定を行った。これらの実験では、自己刺激による閾値の変化は見られたが、触知覚に対する位置の変動やバイアスは見られなかった。また、視覚判断に対するバイアスの効果についても測定を行ったが、好感度などの高次判断ではバイアスが見られたものの、位置判断などにはこのようなバイアスは見られなかった。記憶痕跡についての実験についても、位置判断に対する変容は確認できなかった。

近年では、スマートフォンやタブレット端末などのように、画面をタッチすることで操作を行う機器が広く用いられている。このような機器操作は適切な視覚運動協応が必要となる事態であり、今後、医療現場や災害現場など視覚情報に基づいて正確な機器操作を求められる場面がさらに増大することが考えられる。また日常生活でもこのような機器の操作はさらに増えていくことが予想され、外界の環境に対する視覚的な判断と運動制御に用いられる表象の乖離を明らかにすることで、これらの機器のより有効な使用方法を提起し、新たな技術開発につなげることができるだろう。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 村越琢磨
2. 発表標題 コントロール可能性と痛み知覚の変容
3. 学会等名 日本心理学会 第86回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 村越琢磨
2. 発表標題 他者に対する理解度の認知が好感度に及ぼす効果
3. 学会等名 日本心理学会 第85回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 村越琢磨
2. 発表標題 虚偽証言による記憶の改変に対する記憶の参照効果
3. 学会等名 日本心理学会第84回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 村越琢磨
2. 発表標題 能動的な刺激呈示と刺激呈示位置への予期が痛みの閾値と不快感へ及ぼす効果
3. 学会等名 日本基礎心理学会第39回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 村越琢磨
2. 発表標題 周辺事象への認知判断が顔再認課題の確信度に及ぼす効果
3. 学会等名 日本基礎心理学会第38回大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------