

運動予測に基づく視覚的運動と自己運動との関連性の認知メカニズムについての分析

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-07-30 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 齊藤, 寛人 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10291/20260

2018年度 先端数理科学研究科

博士学位請求論文（要旨）

運動予測に基づく視覚的運動と自己運動との関連性の認知メカニズムについての分析

先端メディアサイエンス専攻

齊藤 寛人

1 問題意識と目的

本論文では自己運動と視覚的運動との関連性の認知に自己の運動に対する運動予測がどのように関与するかを検証した研究成果について述べる。

ヒューマンコンピュータインタラクションの分野では、操作者が身体運動によって視覚的対象を操作するインタフェースの有効性が広く知られている。こうしたインタフェースが有効な理由の1つとして、ユーザが自分自身の運動と操作する視覚的対象がもたらす結果との関連性を認知することで、その対象を自己の身体と同一あるいは延長するものとして捉えていることが挙げられる。このような視覚的な対象を自己として捉えている感覚は“自己帰属感”と呼ばれ、インタフェースデザインの分野での重要なキーワードとなっている。また近年は、人の感覚特性を利用したバーチャルリアリティ技術などの発展がめざましく、様々なシステムやコンテンツが制作されている。特に、操作者の実世界における身体や運動をそのままバーチャル空間に再現するだけでなく、それらを拡張・変容して表現するインタフェースが多く提案されている。このような実世界を拡張するインタフェースの設計指針を考える上では、実身体とは見た目や運動が異なる視覚的対象に対して自己帰属感を上手く生起させる条件や、実世界では体験できないような知覚体験を生起させる条件の解明が求められている。

認知科学や脳科学の分野の多くの研究では、自己帰属感の生起には実身体の身体運動と視覚的対象の随伴関係を認知することが重要であると示唆されている。人は自身の身体運動を体性感覚からの情報によって知ることが出来る。この体性感覚によって得られた自己運動の情報と視覚によって得られた運動の情報とが一致するか否かを認知することが自己運動と視覚的運動の関連性の認知における1つの基盤となる。これに加え、能動的に身体を動かす際は、運動の結果得られる感覚フィードバックをあらかじめ予測していることが明らかになっている。したがって、能動的運動時は運動予測と視覚的運動結果とが一致性するか否かを認知することがもう1つの基盤となる。すなわち、能動的運動時には「視覚と体性感覚間の一致性の認知」と「運動予測と視覚的運動結果との一致性の認知」の2つの基盤が同時に働くといえる。先行研究では、受動的運動時と能動的運動時との比較を行い、能動的運動時の方が運動の関連性を認知しやすいことから運動予測の重要性が示唆されている。ただし、能動的運動時に運動予測がどのように働いているかは詳細には解明されていない。

また、視覚と触力覚間のクロスモーダル知覚として知られる Pseudo-haptics の生起においても、運動予測が関与することが示唆されている。具体的には Pseudo-haptics が外力として解釈される要因は視覚的運動と運動予測との差を認知することであるといくつかの研究によって主張されている。ただし、運動結果と運

動予測との差を認知することが疑似的な外力知覚が解釈される要因となることを直接的には示されておらず、Pseudo-haptics の生起においても運動予測がどのように働いているかの詳細な説明が求められる。

本論文の目的は、ユーザが自己の身体運動を用いて映像内に提示される視覚的対象を操作する際に、自己運動と視覚的運動との関連性をどのように認知し、その認知によってどのような解釈が生じ得るのかを明らかにすることである。特に本論文では能動的に身体を動かすことで生じる運動予測に注目し、自己帰属感と Pseudo-haptics の生起過程に運動予測が具体的にどのように関与するのかを検証する。これらの生起過程に運動予測が関与することは先行研究で示唆されているが、具体的にどのように関わるのかは詳細には明らかにされていない。その最大の理由は、能動的運動時には「視覚と体性感覚間の一致性の認知」と「運動予測と視覚的運動結果との一致性の認知」の2つの基盤が同時に働くため、それらを個別に検証することが難しいことである。そこで本論文では「運動予測と視覚的運動結果との一致性の認知」と「視覚と力覚間の一致性の認知」を分離した検証を行う新規実験系を構築することで自己運動と視覚的運動との関連性の解釈における運動予測による具体的な影響の調査を試みる。

2 構成及び各章の要約

第1章では、これまでの研究によって示唆されている身体感覚を利用したインタフェースの有効性およびその発展と認知科学的視点からの運動予測の重要性についてまとめ、自己の運動と視覚的運動の関連性の解釈メカニズムの説明の必要性を概説する。その上で本研究の目的および本論文の構成について述べる。

第2章では、自己運動と視覚的運動結果との関連性の認知によって生起する自己帰属感と Pseudo-Haptics の2つの知覚現象と本研究で重要視する運動予測についての先行研究を整理し、本研究で取り組む研究対象について説明する。

第3章では、本研究の目的について述べ、自己運動と視覚的運動との関連性の解釈によって生じる自己帰属感と Pseudo-Haptics の生起過程について本研究での具体的な問題意識とその解決手法についてまとめる。

第4章では、「運動予測と視覚的運動結果との一致性の認知」はしやすいが、「視覚と体性感覚間の一致性の認知」が難しい条件で、視覚的運動と自己運動との随伴関係の認知ができるかを新規実験系により検証した結果について述べる。具体的には視覚的運動結果を予測しやすい状況を保った上で、視覚と体性感覚間に空間的不一致が生じる状況を作るために、クランクハンドルによる回転操作を導入した。これは運動方向を右回り・左回りの円運動に限定し、映像内の視覚的対象を実身体に対して回転した位置に提示することでその状況を作るものである。この実験環境では、視覚的対象を回転して提示することで視覚と体性感覚間に空間的不一致が生じるが、運動方向が限定されることで運動結果は予測しやすい。この新規実験系を用いて、被験者が自己の運動と視覚的運動の随伴関係を認知できるか否かを検証する課題を実施した。その結果、この実験系においては視覚と体性感覚間に空間的不一致が生じることによる課題結果への影響は確認されなかった。この結果は、運動結果を予測しやすければ視覚情報と体性感覚情報が空間的に整合することが自己帰属感の生起する過程で必須ではなく、「視覚と体性感覚間の一致性の認知」が難しい条件であっても運動の随伴関係の認知ができることを示唆するものである。

第5章では、自己運動と視覚的運動との随伴関係の認知に対する運動の空間的不一致による影響が、実行する運動の様相や視覚的対象の見た目によってどのように変化するかを検証した結果について述べる。具体的には、ペン入力によるポインティング操作において、運動する複数の視覚的対象から被験者の操作に連動する1つを発見させるタスクの正答率を、「実行する運動パターン」・「視覚対象の見た目」・「呈示位置の回転」

の3種類を組み合わせた条件で比較した。運動パターンの条件には、第4章の研究で用いた円運動に加え、視覚的運動の呈示位置が回転することで運動結果を予測しにくくなると考えられる直線運動を導入した。その結果、円運動のように視覚的運動結果を予測しやすい条件では、第4章の結果と同様に空間的不一致が生じることによる身体運動と視覚的運動との随伴関係の認知に対する影響は確認されなかった。しかし、直線運動のように空間的不一致が生じることで運動結果を予測しにくくなる条件では運動の随伴関係の認知に差が生じることが確認された。また、視覚的対象の見た目によっても運動結果の予測のしやすさが左右されることが確認された。この結果は、自己運動と視覚的運動の随伴関係の認知では視覚的運動結果を予測できることが重要であり、その予測のしやすさは運動結果の空間的整合性だけでなく実行する運動の様相や視覚的対象の見た目など様々な要因に影響されることを示唆するものである。

第6章では、視覚的運動結果と運動予測との不一致を認知することが、Pseudo-Hapticsが外力として知覚される上での条件であるという仮説を立て検証した結果について述べる。この検証方法として、被験者の運動に意図しない運動を無意識化で誘発し、被験者が予測する運動と実際の運動結果が一致しない状況を作り出すことで、視覚と力覚間のクロスモーダル知覚が生じない状況であっても被験者が疑似的な外力を感じるかを調査した。具体的には、マウスを用いたステアリングタスクを被験者自身が行う試行と、他者がタスクを行っている映像を観察する試行を交互に実施することで被験者の手の運動に無意識的な運動伝染を誘発した。被験者には自身がタスクを行うときにタスク中に感じた外力の強度を回答させ、運動伝染が起こることでこの強度に変化が生じるかを調査した。その結果、誘発された意図しない運動伴った外力を被験者が感じることが認められた。この結果は、Pseudo-hapticsが外力として知覚される上では、運動予測と知覚された運動結果との差を認知することが重要な要因となっていることを示唆するものである。

第7章では、第4章から第6章で述べた各研究で得られた知見から総合的な議論を行う。各研究で得られた学術的知見から本研究全体の知見についてまとめ、インタフェースデザイン分野、認知科学分野における貢献と、今後の展望として人の身体感覚の特性を利用したヒューマンコンピュータインタラクション技術への本研究の応用可能性について述べる。

第8章では、本論文の成果と貢献について最終的なまとめを行う。本論文全体の学術的貢献は、曖昧に理解されてきた運動予測の有効性について具体的な知見を提供したことである。

以上