

平成 2 1 年 6 月 2 2 日現在

研究種目：基盤研究（C）
研究期間：2007～2008
課題番号：19500231
研究課題名（和文） 操作プロセスの脳内表象の多面的アプローチによる解明

研究課題名（英文） Investigation on the internal representation of interaction processing using multiple approach.
研究代表者
梅村 浩之（UMEMURA HIROYUKI）
独立行政法人産業技術総合研究所・人間福祉医工学研究部門・研究員
研究者番号：10356587

研究成果の概要：
本研究では、操作プロセスを三次元空間の知覚及び三次元物体の認識との関係から視覚認知タスク及び運動計測を通して明らかにすることにある。その結果、操作プロセスを通して外界の知覚を予測するように視覚系の変容すること及び、習慣化された運動を行う際には物体の部分と手のインタラクションに基づいた内部表象が働くのに対して、習慣化されていない運動についてはフィードバックによる修正が働くことが分かった。

交付額

(金額単位：円)			
	直接経費	間接経費	合 計
2007 年度	2,800,000	840,000	3,640,000
2008 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総 計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：認知科学
科研費の分科・細目：認知科学
キーワード：(1)認知科学, (2) バーチャルリアリティ, (3)視知覚, (4)操作

1. 研究開始当初の背景

三次元空間の知覚や、三次元物体の認識といった視覚認知機能は、人間が環境においてどのような行為を選択し、遂行するかに影響している。つまり、視覚認知において、どのような側面が身体により制約されているのか、そして身体の運動によって情報の獲得と利用がどのように促進・抑制されるのかを明らかにすることは、より生態学的に妥当な形で視覚認知をモデル化していく上で有効である。

PETやfMRIといった手法による脳活動のイメージング研究は、さまざまな高次の視覚認知課題の遂行時に運動関連領域にも活動が生じることが明らかにしてきた。こうした研

究は、実際に知覚に影響が生じない場合でも、対象を内的に操作するプロセスや運動視に関わるプロセスが潜在的に働いていることを示しており、身体の運動または身体による対象に対する運動を明示的に意識することがなくても、観察者の視点に依存しない視覚認知を達成しスムーズな動作へすばやく移行することを可能とするために、把持などの対象への操作的行為を含めた身体運動の計画や運動視に関わるメカニズムが関与していることの証である。

操作プロセスにはこのような道具に付随して想起されるという側面と、次に示すような実際に行った上での結果を予測するという側面がある。例えば三次元空間の知覚にお

いて、人間は網膜信号のみに基づいて計算を行っている訳ではないことがこれまでも報告されており、両眼の輻輳からの遠心性・求心性の信号や頭部を動かして運動視差を生じさせる際の頭部運動情報などが網膜信号以外の情報として挙げられる。しかし、操作デバイスを通した操作行動が視覚過程に与える影響についてはまだ分かっていない点が多かった。

2. 研究の目的

本研究の目的は視覚認知タスク及び運動計測を通して操作プロセスを三次元空間の知覚及び三次元物体の認識との関係から明らかにすることにある。人間の脳内で外界や物体は操作などの能動的な行動と非常に強固にリンクして表象されていると考えられるが、その表象の特性や形成過程については未知の点が多い。また、本研究で得られる身体と環境の間の相互関係の視覚運動マッピングとしての抽出とその成立過程についての知見は、「身体化による認知」という観点からヒトの視覚認知機能についての知見を再構成することができる。

3. 研究の方法

(1) 操作行動の視覚認知過程における内在化とそのモデル化

仮想空間内において操作デバイスを介した視点移動を繰り返し、この操作行動に対応した視覚認知過程が新たに成立するか検討した。具体的にはタッチパネルを用いることで手の動きの速度に合わせた移動を呈示した。このとき人間はその操作行動による視点移動と網膜像の変化過程を「内在的に」予測できるようになるのか、予測できるようになるとすればどのような過程を経るのか観察し、その成立過程を検討した。内在的な予測が成立しているかを観察する上では、被験者が奥行き移動を知覚する場合と知覚しない場合で異なる方向への回転の解釈を与えうる刺激を用い、被験者は回転方向を報告することで明示的に奥行きについて報告すること無しに被験者の知覚についての結果を収集した。また、これらの結果をベイズ推定の枠組みでモデル化を試みた。

(2) 操作行動が多様な知覚事態に及ぼす影響の検討

操作デバイスを通した操作行動が外界の解釈に影響を与える事態について、(1)とは異なる操作デバイスや反応方法における知見を得るための心理実験を行った。反力呈示装置を用いた変形実験では自ら面を押して凹形状を生成した事態とその変形事態を観察する条件を比較した。奥行き観察条件では自己のタッチパネル上での指の動きに同

期した運動から生成される3次元形状の奥行き知覚について検討した。さらに物体移動と視点移動の分離実験では静止仮説（物体は外界内で静止しているという仮説、これを視覚系は採用する傾向にある）と関連して物体と視点の分離に操作行動がどのような影響を及ぼすかを検討した。

(3) 道具使用におけるインタラクションの違いが運動学的特性に及ぼす影響

道具を使用する時に、道具のどの部分を、どのような手の形で把持するか、そして把持した道具をどのように動かすかといった要因がインタラクションを決定している。これらの要因は、道具の構造や親近度に影響を受けるものとそうでないものに分けられると考えられる。これらの要因について習慣的なパターンと一致している場合とそうでない場合での運動学的特性の違いを計測し、新奇な道具に対する操作的動作の計画および実行メカニズムを明らかにした。

(4) 手と道具のインタラクションのパターンに基づいた道具の分類メカニズムおよび道具の内部表現における運動情報

人間はあらかじめ貯蔵されている既存の道具についてのインタラクションのパターンを利用することにより新しい道具を比較的早く使いこなすことができるようになると考えられる。ここでは様々な種類の道具の写真及び実物を用いて、その道具の機能ではなく、実際に使用する時に、どのような手の形でどの部分を持ってどのように動かすか、といった基準の下で分類課題を行わせることにより、道具に関するインタラクションの内部表現の特性を明らかにした。また、ストループ課題における実験パラダイムを用いて、道具とその動きが一致している条件と一致していない条件とで動きの命名時間の違いを検討する。実験結果から、道具に関する知識において運動情報がどのように表現されているかが明らかにされることが期待される。

4. 研究成果

(1) 操作行動の視覚認知過程における内在化

操作行動の視覚認知過程における内在化研究において、操作デバイスを介した視点移動と視覚認知系の相互作用とその変容を検討した結果、図1に示すように被験者が操作デバイス（タッチパネル）を介した空間移動を繰り返すことにより、操作対象である3次元物体の知覚が、操作→外界の変化、の関係を予測した知覚へ変容することが示された。このとき、被験者が操作した刺激の移動だけを自動的に呈示した条件や、腕の移動と奥行

これらの結果はこれまで自己移動運動との関係で示されてきた運動による移動に対する視覚系の補償（外界の安定性を保つために駆動されていると考えられている）が、操作デバイスを通した視点移動でも比較的速やかに成立することを示した初めての研究結果であり、外界とのインタラクションの中での視覚系の成立について重要な知見を与えるものである。

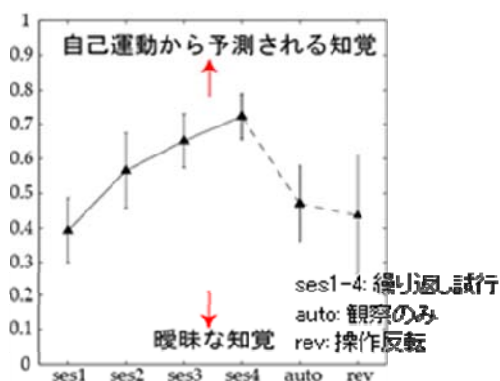


図1:セッションの進行と知覚の変容. 1-4セッション間には学習セッションが挿入された.

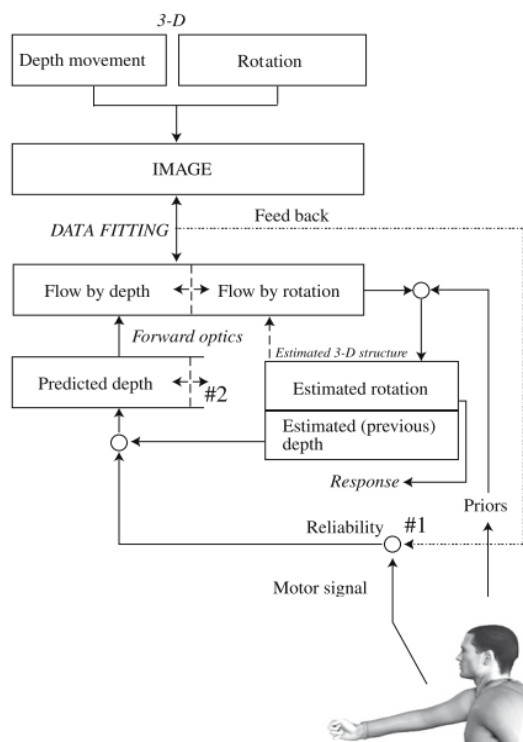


図 2: モデル

力覚提示装置を用いた力覚の呈示が外界の解釈に及ぼす影響は期待したほどの結果は得られなかった。これは(1)のような視点移動とここでの物体変形という操作結果の違いが主要な原因と考えられる一方、画面と装置間の距離といったセッティングの問題や学習手続きの問題も予想され、今後セッティングおよび学習の選択方法についてより詳細な検討を行う必要がある。

奥行き知覚においては操作対象である 3 次元物体の形状知覚はより正確な形状となった。これは運動からの形状復元における剛体性の仮定への信頼度が操作行為によって増加するためではないかと予想される。

視点移動と物体移動の分離実験では視点と物体が同時に運動する実験刺激において、操作時には視点と物体が一緒に動いているように知覚する頻度が高く、一定速度、またはランダムな速度で自動的に運動する時には、視点と物体の移動が別々に知覚されやすいことが示された。ただし、この実験においては自己運動時の移動を自動的に与えた実験では操作時に近い結果を示しており、操作の有無だけの影響ではないと考えられ、今後の検討が必要である。

(3) 道具使用におけるインタラクションの 違いが運動学的特性に及ぼす影響

日常物体への到達把持運動を行う条件とパントマイムのみを行なう条件で運動学的特性を比較する実験を行った結果、運動スキーマの利用しやすさに影響する被験者に対する取っ手の位置によって、指間距離の最大値と運動時間に違いがみられた。このことから、習慣化された運動を行う際には物体の部分と手のインタラクションに基づいた内部表象が働くのに対して、習慣化されていない運動についてはフィードバックによる修正が働くことが分かった。

(4) 手と道具のインタラクションのパターンに基づいた道具の分類メカニズムおよび道具の内部表現における運動情報

手と取っ手の向きの関係が把持とパントマイムの運動変数に及ぼす影響を検討し、低適合条件で視覚的フィードバックによる手形状の修正時間が長くなることを明らかにした。

道具の内部表現における運動情報の検討では Stroop 課題で標的に関連がある物体を事前提示することで標的に対する手形状の生成が促進されることが示された．さらに、音に対して対象を予測させる実験で、予測外の対象提示時に視覚的フィードバックによる修正時間が長くなった．これらは、スムー

ズな操作行為において運動プログラムを文脈によって予測的に利用することの重要性を意味している。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計2件)

- ① H. Umemura & H. Watanabe, Interpretation of optic flows synchronized with observer's hand movements, Vision Research, 49, p834-842, (2009), 査読有
- ② 梅村浩之, 渡邊洋, 操作行動に連動する物体の3次元構造の知覚とその変容, 電子情報通信学会技術研究報告, HIP2007, 44, ,p61-66 (2007), 査読なし

〔学会発表〕(計5件)

- ① 梅村浩之, 渡邊洋, 操作行動により生じた運動からの3次元構造の復元, 日本バーチャルリアリティ学会 VR 心理研究会, 2008/12/23
- ② 梅村浩之, 渡邊洋, 操作行動が運動からの構造復元に及ぼす影響, 日本心理学会第72回大会, 2008/09/20
- ③ 杉尾武志, 物体の向きと行為の適合性が運動学的変数に及ぼす影響, 日本心理学会第72回大会, 2008/09/20
- ④ 梅村浩之・渡邊洋, Interpretation of optic flow synchronized with self-hand movement. European Conference on Visual Perception, 2007/08/31
- ⑤ 梅村浩之・渡邊洋, 操作行動に連動する物体の3次元構造の知覚とその変容, 電子情報通信学会 HIP 研究会, 2007/06/28

6. 研究組織

(1) 研究代表者

梅村 浩之 (UMEMURA HIROYUKI)

独立行政法人産業技術総合研究所・人間福祉

医工学研究部門・研究員

研究者番号: 10356587

(2) 研究分担者

杉尾 武志 (SUGIO TAKESHI)

同志社大学・文化情報学部

研究者番号: 60334205