

平成 21 年 6 月 12 日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2006～2008

課題番号：18730473

研究課題名 (和文) 多重のダイナミクスをもつ物体の視覚運動追跡

研究課題名 (英文) Visual tracking of objects with multiple motion dynamics

研究代表者

朝倉暢彦 (ASAKURA NOBUHIKO)

金沢工業大学・人間情報システム研究所・助手

研究者番号：70308584

研究成果の概要：

本研究では、多重のダイナミクスをもつ物体運動の視覚追跡において、そのダイナミクスがどのように内部モデルとして生体に取り入れられ機能しているかを心理物理実験と計算理論の構築を通して検討した。心理物理実験では、物体の剛体・非剛体運動の知覚の切り替え、および運動方向が曖昧な 3 次元運動の知覚の切り替えについて検討し、それらのダイナミクスの特性を明らかにした。さらに、そのようなダイナミクスをもつ物体の内部モデルに関して、ベイズ推定とモデル選択の概念にもとづいた計算理論を構築し心理物理実験との対応を確認した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,400,000	0	1,400,000
2007 年度	1,400,000	0	1,400,000
2008 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	240,000	3,840,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：心理学・実験心理学

キーワード：物体追跡，ベイズ推定，モデル選択，運動からの構造復元，仮現運動

1. 研究開始当初の背景

動的な物体を認識し、その時空間的变化を追跡することは、生体の空間認知機能の重要な側面である。物体追跡を正確に遂行するためには、物体の運動に関する感覚情報とともに、物体の将来の運動を予測する機能が不可欠である。この予測機能は、予測対象の性質を取り込み、その状態を心的にシミュレ-

ションする内部モデルにより実現されると考えられている。近年、この内部モデルが脳内においていかに実現されているかについて、心理・生理・工学の各方面からの研究が精力的に行なわれている。

従来の研究では、物体固有のダイナミクスがいかにして内部モデルとして脳内に取り入れられ、物体追跡を実現しているかとい

うことに焦点が当てられてきた。しかし、生体が通常対峙する環境においては、物体の運動が単一のダイナミクスのみで表現できず、多重のダイナミクスを有する事態が多数存在する。この多重なダイナミクスがどのような形で内部モデルとして取り入れられ、それらをどのように制御して動的な状態予測を行っているかという理論的側面は未だ明らかではない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、多重のダイナミクスをもつ物体の追跡に関して、心理学実験を通してその詳細な行動データを計測するとともに、内部モデルによる動的な状態予測という観点から、行動データを説明する計算理論を構築することである。

3. 研究の方法

本研究では、状況に応じて物体運動のダイナミクスが切り替わって知覚される視覚刺激を構築し、その知覚特性の詳細を測定するとともに、その特性を説明しうる計算理論の構築を通して、物体運動の多重なダイナミクスがどのような形で内部モデルとして取り入れられているかを検討した。

4. 研究成果

(1) 運動からの構造知覚における生成モデルとモデル選択

本研究では、多重のダイナミクスをもつ物体の内部モデルに関して、ベイズ推定とモデル選択の概念にもとづいた計算理論を構築した。この計算理論では、物体の運動に関する視覚情報を予測する内部モデルが脳内で表現されていると考え、その予測と実際の視覚情報を用いて外界の物体の状態についてベイズ推定を行なう。さらに、そのような内部モデルを複数保持し、与えられた文脈にもとづいて適切な内部モデルを選択するモデル選択の概念を取り込むことで、外界の状態推定における文脈依存性を実現する。

さらに、この計算理論の有効性を確認するため、運動からの剛体および非剛体構造復元に関する心理物理実験を行なった。構築した計算理論の枠組みでは、剛体および非剛体運動による画像生成の内部モデルからの予測と実際に与えられた画像運動との適合度に

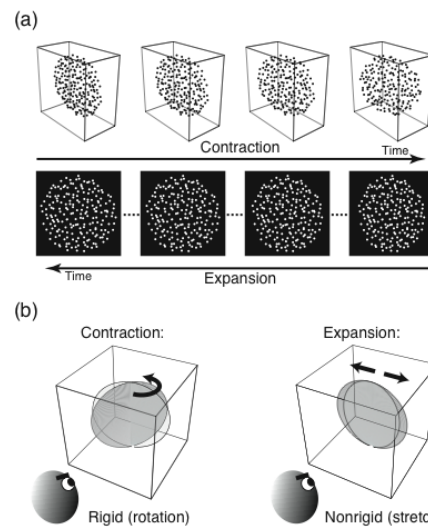


図 1. 剛体運動が非剛体運動と知覚される現象. (a) 平面の垂直軸回りの回転による拡大 (expansion) および縮小 (contraction) 画像系列. 上の段は対応する平面の回転の模式図. (b) それぞれの画像系列から知覚される外界の運動.

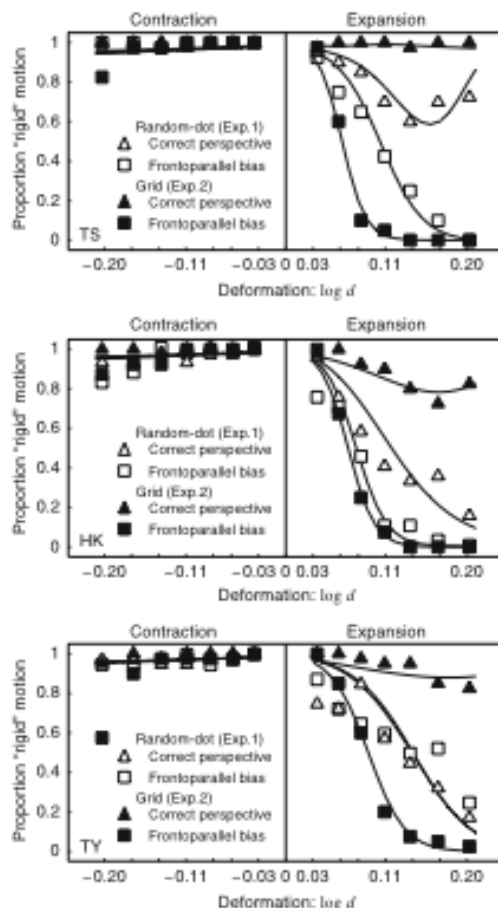


図 2. 心理物理実験における剛体判断割合. 被験者は 3 名. グラフの各点は 40 回の繰り返し判断にもとづく. グラフの右側が拡大画像系列, 左側が縮小画像系列に対する結果. 実線は 計算理論による予測で当てはめの結果

もとづいて適切な内部モデルを選択し、選ばれた内部モデルに対応した外界の構造を復元することになる。この枠組みを支持する知見として、剛体運動から生成される画像運動であっても、剛体運動の内部モデルからの予測に適合しない場合、非剛体運動として知覚されることを示す事例を示した(図1)。また、この剛体・非剛体運動知覚に関する詳細な心理物理実験を行った。そして、剛体・非剛体運動の内部モデルを確率分布として定式化し、バイズ決定による知覚判断モデルに取り入れてシミュレーションを行ない、心理物理実験で見いだされたモデル選択の過程が、構築した計算理論と適合するものであることを確認した(図2)。

(2) 運動対応における3次元の拘束条件

本研究では、外界での可能な運動方向が複数存在するような仮現運動刺激を用いて、物体運動のダイナミクスの知覚がどのように切り替わるのかを検討する心理物理実験を行った。従来、多義的な仮現運動刺激における特徴間の対応は、2次元網膜座標上でより短い距離の運動をもたらす対応を選ぶという近接性原理に基づいてなされると主張されてきた。そして、この近接性原理が3次元空間内での反映するかどうかについては、先行研究において議論が別れていた。そこで本研究では、多義的な仮現運動刺激としてよく用いられるモーションカルテット刺激を3次元空間内で構成し、対応問題の解決における3次元の拘束条件の効果を検討した(図3)。

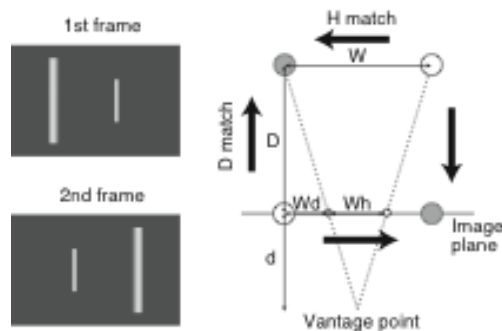


図3. 3次元のモーションカルテット。左: 刺激を構成する画像。右: 水平・奥行き方向における特徴の配置。白色が第1フレームで灰色が第2フレーム。この刺激配置においては、奥行き方向の運動の対応(D match)と水平方向の運動の対応(H match)の2通りの可能性が存在する。

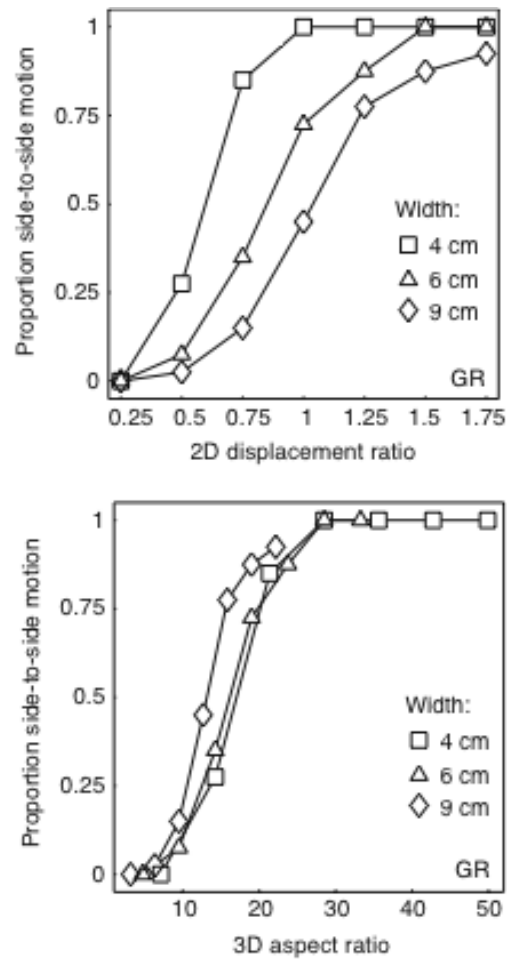


図4. 水平方向の運動(H match)が知覚された割合。

実験では、2次元の拘束条件と3次元の拘束条件を独立に操作し、仮現運動知覚の心理物理関数を計測した。図4にナイーブな被験者の結果を示す。上の図は2次元の拘束条件を独立変数として水平方向の運動の対応を選択した割合をプロットしたものであり、下の図は3次元の拘束条件を独立変数として同じデータをプロットしたものである。2次元の拘束条件で対応が決定されていれば上の図において、また3次元の拘束条件で対応が決定されていれば下の図においてカルテットの各水平幅のデータが共通の心理物理関数を構成する。結果は後者を示すものであり、もう1名の被験者においても同じ結果が得られた。これは、物体の網膜射影像上での2次元運動だけではなく、外界における3次元運動の事前知識が内部モデルとして脳内に取り入れられ、物体運動のダイナミクスの切り替えに寄与していることを示唆するものである。

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 朝倉暢彦, 計算理論にもとづく心理物理学—内部モデルとモデル選択の概念による運動からの構造復元—, 日本神経回路学会誌, Vol.14, 26-35, 2007, (査読無).
- ② 朝倉暢彦, 近江政雄, 運動からの構造知覚における生成モデルとモデル選択, 電子情報通信学会論文誌, J90-A, 605-615, 2007, (査読有).

[学会発表] (計2件)

- ① 朝倉暢彦, 運動からの構造復元におけるモデル選択—動画像予測による剛体・非剛体構造の選択的知覚—, 映像情報メディア学会・ヒューマンインフォメーション研究会, 2008年3月7日, 東京工業大学
- ② 朝倉暢彦, 近江政雄, 運動対応における3次元の拘束条件, 日本心理学会第72回大会, 2008年9月20日, 北海道大学.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

朝倉暢彦 (ASAKURA NOBUHIKO)
金沢工業大学・人間情報システム研究所・
助手
研究者番号 : 70308584

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし