

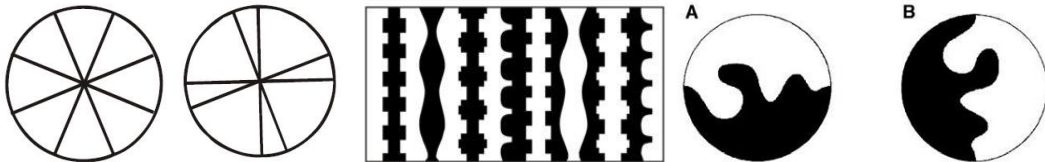
Figure-ground assignment to a translating contour: A preference for advancing vs. receding motion

Barenholtz, E., & Tarr, M. J. (2009). *Journal of Vision*, 9(5), Article 27.

Introduction

- 図地判別は視覚処理の基本的なステップである
 - オブジェクトの奥行順序や凹凸の判定に用いられる
- 図地割り当てについて、多くの手掛かりが発見されてきた
 - 大きさ(Koffka, 1935; Rubin, 1921)
 - 対称性(Bahnsen, 1928; Kanizsa & Gerbino, 1976)
 - 下部領域(Vecera, Vogel, & Woodman, 2002)
 - 凹凸(Kanizsa & Gerbino, 1976; Koffka, 1935; Stevens & Brookes, 1988)
 - 慣れ(Peterson & Gibson, 1993, 1994)

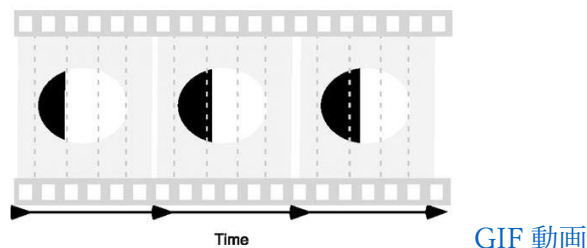
参考



- 多くの研究では静止画を対象に実験が行われてきたが、本研究は動画を対象とする
 - 自然界の物体はそれ自身や観察者や運動を通して網膜上に像を結ぶのが普通であり、動く輪郭の動的な特性は、静止画には存在しない情報源となりうる
- “Kinetic Occlusion”は動的な輪郭が図地割り当てに影響を与える報告の一つである
 - ある物体が移動することによってオブジェクトを覆い隠す(削除)、または出現させる(追加)ことである物体が手前をあるように感じさせる (Gibson, Kaplan, Reynolds, & Wheeler, 1969; Kaplan, 1969)
 - 一方、一様な背景(例えば黒い背景)の前に静止した物体(例えば白い円)が出現し長時間たつと、静止した物体は形状を消失させ、背景を覆い隠す面として扱われるようになる(Screening Effect/ Michotte, Thines, & Crabbe, 1964)
 - 動く輪郭が図地判定に与える影響を、内部の要素の類似性をもとにまとめられ、“Edge-Region Grouping”と呼ばれるようになった。(Palmer & Brooks, 2008)

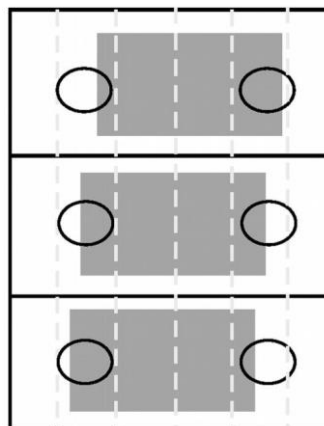
- これらの先行研究は運動が図地関係に影響を与えていることを示しているが、形状の特徴との相互作用を調べたものが多く、動的な輪郭のみに着目している研究は少ない
 - 1つの接合部と2つの辺を持つ動的な輪郭を用いた実験では、接合部をなす角度が凹面になるように図形を割り当てようとするのが明らかになった(Barenholtz and Feldman, 2006, Barenholtz & Tarr, 2008)
 - 本研究では、こうした動く輪郭の動的な特性について実験を行う
- 本実験では、並進運動をする動的な輪郭が、切り分けた2つ領域に対して、図地がどのように割り当てられるかを実験するものである
- 具体的には、白地に黒の図形にも、黒地に白の図形にも見える図形(例えば図1)を作成し、その輪郭を並進運動させる実験刺激を用いる
 - 黒を図と解釈すると、視野の中で「前進/拡大」している物体が徐々に背景を隠していく
 - 白を図と解釈すると、視野の中で「後退/縮小」している物体が徐々に背景を露出していくこととなる

Figure 1



- 一般的な視点としてこの実験刺激は、平行移動する直方体とその背景を切り出した図形であるととらえられる
 - その場合、最前部の視点(運動方向と同じ側の境界線)では前進運動、最後部の視点では後退運動が生じていると捉えられる

Figure 2



- 実験4を除き同様のパラダイムを用い、どちらの色が「手前」にあるかを報告させた

Experiment 1

Methods

Subjects

- 15名の大学生

Stimuli

- コンピュータで作成したアニメーション(Figure 1)
 - 灰色のスクリーンの中央に直径 2.5 visual degrees の実験刺激が表示され、参加者にはこの刺激を大きな図形が通過している開口部と説明した
 - 実験刺激は 700 ミリ秒であった
 - 境界線の向きはランダムに表示し、境界線の直行方向に直径の 15%移動した
 - 前進領域が開口面積の 20⇒35%、40⇒55%、70⇒85%を同数ずつ構成するようにし、面積の要因を取り出して検討できるようにした

Procedure

- 短い遅延の後に実験刺激が表示され、消失後、手前を動いている色を画面上に表示した正方形のボタンで選択させた
- 各参加者は計 96 回(1 面積当たり 32 回)試行に取り組んだ

Results

- 「手前を動いている」領域について、視野の中で前進している領域が選択された割合は 75%で、反対の選択よりも有意に大きかった($t(14) = 4.14, p < .001$)
- 参加者別にみると、12 人の参加者が有意な前進への偏り(約 85%)を示し、1 名の参加者は有意な後退への偏り(前進が 26%)を示した
- 3つの面積の要因が回答の偏りに与える影響について、1 要因 3 水準の参加者内計画で分散分析を行ったが、有意な差はみられなかった($F(2,13) = 2.235, n.s.$)

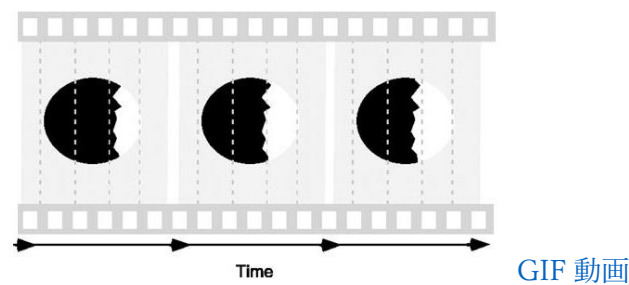
Discussion

- 参加者は前進する領域が手前にある、つまり図地問題における図と判別することが明らかになった
- このことの説明にはいくつかのアイデアが考えられ、動く輪郭の動的な性質と関係のない内容についてのものとして、以下のものが考えられる
 - 立方体の並進運動ではなく、立方体が奥から手前を移動しているような刺激であると捉えられた可能性
- そこで、この可能性を排除するために実験 2・実験 3 を行った

Experiment2

- 実験 2 では、境界線を複数の頂点からなるギザギザした多角形を構成する形状が用いられた
 - もし境界線を伴う立方体が奥から手前を移動しているならば、多角形の部分が移動するにつれて拡大することになる
 - 本実験は実験 1 と異なり、立方体が 2 次元上を移動していることを明確化したことになる

Figure 3



Participants

- 15 名の大学生

Stimuli & Procedure

- 刺激と課題のほとんどは実験 1 と同様であったが、2 色の領域を囲む輪郭が 25 から 30 個の連結した頂点から構成されている点が異なっていた。
- 各頂点は端点を結ぶ線の中心から開口窓の大きさの 2%から 5%の範囲でランダムにずれていた

Results

- 「手前を動いている」領域について、視野の中で前進している領域が選択された割合は 82%で、反対の選択よりも有意に大きかった($t(14) = 4.65$ $p < .0001$)
- 参加者別にみると、13 人の参加者が有意な前進への偏り(約 87%)を示し、2 名の参加者は偏りがみられなかった
- 3つの面積の要因が回答の偏りに与える影響について、1 要因 3 水準の参加者内計画で分散分析を行ったが、有意な差はみられなかった(n.s.)

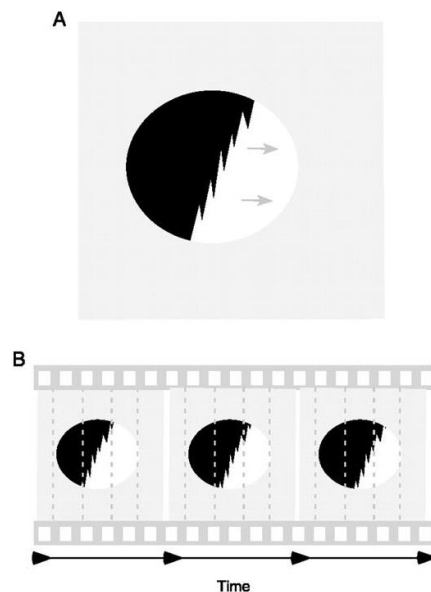
Discussion

- 立方体が 2 次元上を移動していることを明確化した実験刺激でも、前進する領域が手前にある、つまり図地問題における図と判別することが明らかになった
- ただし、実験 2 で用いたギザギザの多角形が作り出す凹凸は、矢印のような形で輪郭が進行する向きを混同させてしまった可能性がある

Experiment3

- 実験 3 では、ギザギザの多角形が構成する凹凸の向きが、進行方向を向かないような「のこぎりの歯状」の実験刺激を作成した
- のこぎりの歯状の輪郭は、その主軸と垂直になる方向に進行した
- それ以外は実験 2 と同様である

Figure 4



[GIF 動画](#)

Participants

- 15 名の大学生

Stimuli & Procedure

- のこぎりの歯状の実験刺激以外は、すべて実験 1・2 と同様であった

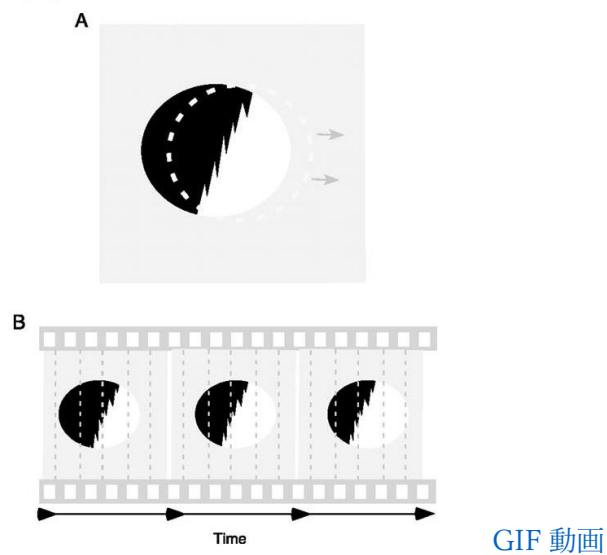
Results & Discussion

- 「手前を動いている」領域について、視野の中で前進している領域が選択された割合は 76% で、反対の選択よりも有意に大きかった ($t(14) = 4.65$ $p < .001$)
- 参加者別にみると、13 人の参加者が有意な前進への偏り (約 87%) を示し、2 名の参加者は偏りがみられなかった
- 3 つの面積の要因が回答の偏りに与える影響について、1 要因 3 水準の参加者内計画で分散分析を行ったが、有意な差はみられなかった (n.s.)
- したがって、本研究の結果は、輪郭が進行する向きを混同させてしまうようなことなく、輪郭自身の運動に対する選好が反映していることが分かる

Experiment4

- 実験 1 から実験 3 の結果は、輪郭の動的な性質による説明と、輪郭が囲んでいる領域が拡大による説明の双方が考えられる
 - 色の領域が拡大することでより目立つようになり、それを含む選択肢で回答を行った可能性がある
- そこで、実験 4 では、輪郭を動かさずに、領域が拡大することの効果調べる実験刺激を作成した。
- 具体的には、開口部を実験 1 から 3 と同じ速度で移動させることとした
 - 領域面積の変化のみで説明できる場合には、実験 4 も有意な差が見られることが考えられる
 - 輪郭の動的な性質が必要な場合には、実験 4 では有意な差が見られないこととなる

Figure 5



Participants

- 15 名の大学生

Stimuli & Procedure

- 輪郭は停止していて、開口部が一定の速度で動く実験刺激を参加者に掲示した
- 輪郭自体の動きがないため、回答は「どちらの色が手前にあったか」で行わせた
- そのほかについて、実験 1 から実験 3 との差異はなかった

Results

- 「視野の中で手前に存在する」領域について、領域が拡大していた色を選択された割合は 55% で、反対の選択との有意差は見られなかった (n.s.)

General Discussion

- 視野内で輪郭の動的な性質によって、視野の中で「前進/拡大」している領域に図地のうちの図を割り当てるという強い選好が見られた
 - これは、奥行き方向の接近を好む（実験 2）、輪郭の凸部の「指し示す」方向を好む（実験 3）、ある領域の大きさが単純に大きくなるという理由ではない
 - Kinetic Occlusion(Gibson et al., 1969)や Edge-Region Grouping (Palmer & Brooks, 2008)などの先行研究と異なり、グループ化や質感の付加・削除などの単純な規則性に訴えることでは説明できないものであった
- 本研究の結果は、一般的な視点を想定すると、移動物体がどこに向かっているかを追跡するために、移動物体の後端ではなく、前端である「前」を見たいという一般的な選好が存在するために発生した可能性が考えられる（輪郭ベースの選好）(Stephen Palmer による提案)
 - ただし、輪郭の動的な性質によって増加した領域の面積に着目していた可能性もある（視野内で面積が増加している表面の動きを見たい）
 - Kinetic Occlusion などの研究における削除や追加にあたる要素が、図地割り当ての結果によって連動していることに留意(Bertamini and Hulleman, 2006)

Relation to motion parallax

- 距離の推測の際に人は運動視差を用いることがある
 - 観察者の視点が変化することによる観察対象の動きは、それが遠くにあればあるほど遅く動く(車窓の景色などが例として取り上げられやすい)
- 運動視差は奥行きを順序付ける重要な手がかりであるが、静止オブジェクトに対しても発生する可能性がある
- この場合、前進運動と捉えるか後退運動と捉えるかは観察者の移動方向によるが、こうした現象に用いられる知覚メカニズムが関与している可能性がある

Dynamic cues to figure-ground assignment

- 図地割り当て研究のほとんどは静止した画像に対するものである
- 本研究では、動く輪郭の動的な性質が図地判定に与えた影響が大きく、面積の要因が図地の判定には影響を与えなかった
 - 動的な性質に関する計算は、静的な性質に関する計算に比べて少ない資源で行うことができるといった研究成果もあり、関連を検討する価値がある (Kim and Feldman, 2008)
- 運動の処理は形状の処理は別個であり、独立した神経回路に支えられているとされるが、本研究の結果は、運動が直接形状近くに繋がる事例に知見を追加するものとなった(Kinetic Occlusion や運動と形態処理の間のあいまいさなど)