

明度勾配図形錯視における知覚の離散的確率遷移

長 篤志*, 磯部純司*, 甲斐昌一**, 三池秀敏***

* 山梨大学大学院
** 山梨大学時間学研究所
*** 山梨大学

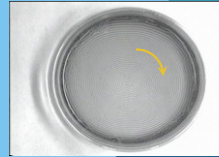
移動していると見えの明度が変化する

モーショントラップ現象

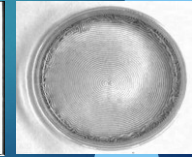
視覚の時間インパルス応答



- ▶ 視覚モデルを画像処理技術に応用
- ▶ エッジの鮮鋭化
- ▶ コントラストの強調



原動画像



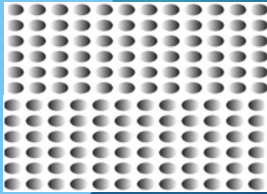
MSを応用した画像強調処理

明るさグラデーションのある図形の運動方向による明るさの違い

第2回錯視コンテスト入賞作品 (日本基礎心理学会)

▶ 中村 浩さん (北星学園大学)

▶ 下図が右や左へ移動しているとき明度が変化して見える



単純な明度勾配のある図形でも移動時に明度変化が知覚される

▶ 明度勾配が負の方向へ移動→勾配部分が明るく知覚



▶ 明度勾配が正の方向へ移動→勾配部分が暗く知覚

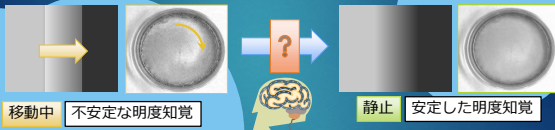


▶ 見えの明度変化は、モーショントラップ現象のモデル (視覚のインパルス応答) でも説明できる。

運動が停止し見えの明度が元に戻るまでの時間に注目

研究目的

「移動によって見えの明度が変化した図形が、静止した状態における見えの明度に安定するまでの遷移時間に、脳内で何がおこっているのか」についての知見を得たい。



脳内の明度知覚メカニズムを推測する

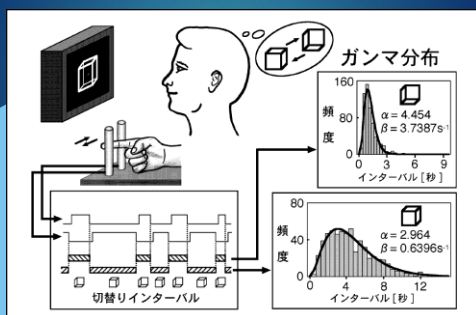
知覚闘争の脳内メカニズム

▶ Murata, Matsui, Miyauchi, Kakita, Yanagida (2003)

▶ 多義図形と両眼視野闘争の刺激を視測した際の見えの交代時間を計測した。



Murataらの実験方法



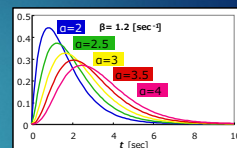
Murata et al. (2003)

ガンマ分布

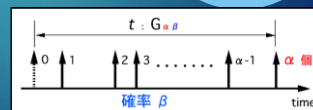
$$G_{\alpha\beta}(t) = w \times \frac{\beta^\alpha t^{\alpha-1} e^{-\beta t}}{\Gamma(\alpha)}$$

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty x^{\alpha-1} e^{-x} dx$$

α, β : 任意の正実数



▶ α が自然数を取る時、ガンマ分布は、単位時間当たり確率 β で生じる事象が α 回生じるまでの所要時間の分布を表す。(アーラン分布)

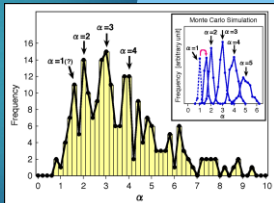
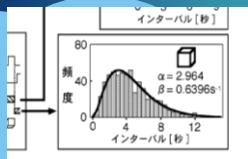


Murataの実験結果

▶ Murata は、多義図形の知覚交代時間の分布がガンマ分布になること、そしてそのパラメータ α が自然数となっていることを示した。

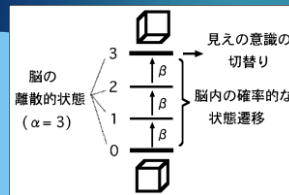
時間分布はガンマ分布に当てはまる

200回の実験より得た α の頻度分布

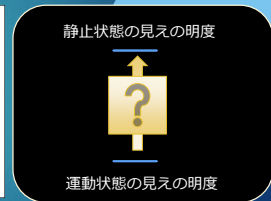


Murata et al. (2003)

脳に離散的状态があり、確率的ダイナミクスによって見えの切り替わりが起こる



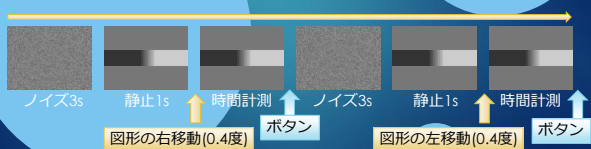
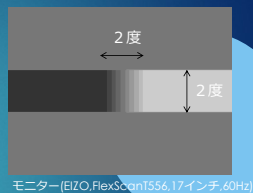
Murata et al. (2003)



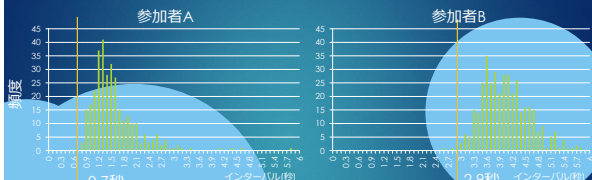
今回の対象ではどのようになっているのか?

実験

- ▶ 健康成人6名
- ▶ 図形の中心を凝視
- ▶ 図形が移動し、見えの明度が元にもどったらボタンを押さえる。
- ▶ 350回~450回



結果

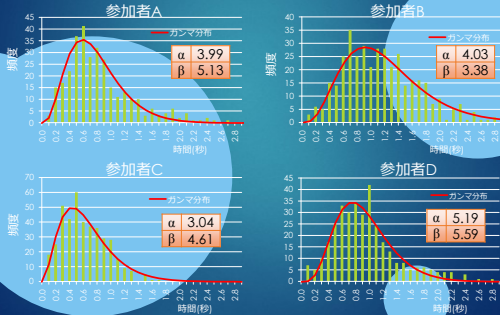


- ▶ 0.1秒単位で頻度分布を作成した。
- ▶ 最頻値は1.3~3.6秒にばらついた。分布が始まる時間もまちまち。
- ▶ 分布が立ち上がる秒の0.1秒前を0秒として明度戻り時間の分布を換算することにした。
 - ▶ 移動による明度変化時間 + 移動中明度持続時間 + 反応時間
 - ▶ 早く押しすぎることを考えて、小さな頻度は取り除いた。

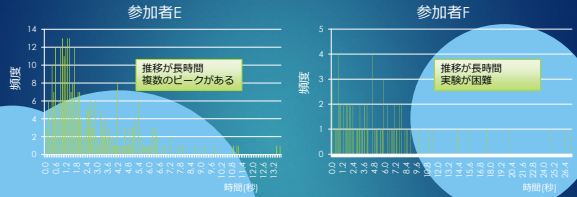
結果

(最小二乗法によるフィッティング)

- ▶ 6名中4名は、 α が約3,4,5のガンマ分布に最も良く一致した。

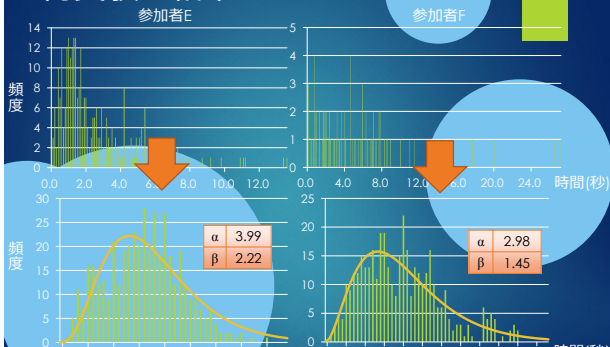


残り2名の結果



- ▶ これらの参加者は徹夜でアルバイトをしており、睡眠不足であった。

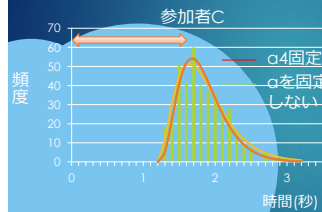
再実験の結果



- ▶ 疲労時と普通時との差がみてとれる。
- ▶ 時間分布が脳の状態を表している可能性

β と明度安定までの時間

- ▶ 各実験結果に対し、 $\alpha=4$ に固定して β を推定
- ▶ ピークまでの時間と β に逆相関の関係



参加者	β	ピークまでの時間(秒)
F	2	3.3
E	2.2	2.3
B	3.3	3.8
D	4.2	1.7
A	5.1	1.3
C	6.3	1.7

- β が高いと明度安定までの時間が早い。
- β は明度知覚に関する脳の処理速度と関連している可能性がある。

薬剤の影響

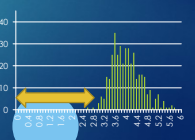
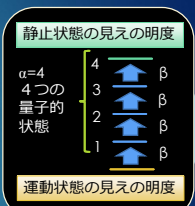
- ▶ 参加者G・・・精神安定剤を服用している
 - ▶ 本人の了承を得て、実験に参加してもらった
- ▶ 2種類の薬
 - ▶ メイラックス、スルピリド・・・精神安定剤
 - ▶ 効果の強さ メイラックス > スルピリド
 - ▶ 副作用として眠気、注意力や集中力などの低下が起こる

状態	$\beta(\alpha=4)$	ピークまでの時間(秒)
メイラックス服薬中	2.4	3.4
スルピリド服薬中	3.9	2.3
服薬停止1週間後	5.7	1.8

薬の効果は、 β 値に影響を与えている可能性がある。

考察

- ▶ 運動状態の見える明度から静止状態の見える明度へ変化する時間の分布は、ガンマ分布になる可能性がある
 - ▶ α の値は整数 ($\alpha=3\sim 5$)に近い(アーラン分布)
 - ▶ 多義図形(Murata2003)と同様な結果
 - ▶ 3~5の量子的状態を持ち、確率 β で遷移しているというモデルが立てられる可能性を示唆
 - ▶ β の値が、体調や薬の影響によって変動する可能性がある。
- ▶ 課題
 - ◆ 実験：明度が安定したこと判断が難しい
 - ◆ 反応が無い時間の意味が不明瞭
 - ◆ α は全員共通か？個人差があるのか？
 - ◆ β の個人差は何を意味するのか？



まとめ



- ▶ 脳において離散的状态があり、確率的ダイナミクスによって知覚明度を安定させる処理が行われている可能性を示した。
 - ▶ 脳は離散的に部位間相互作用を切り替えて処理しているのでは？
- ▶ パラメータ β が明度知覚に関する脳の処理速度と関係している可能性を示した。
- ▶ 今後の課題
 - ▶ 遷移時間のより正確な計測
 - ▶ 脳波計測による知覚の変化の観測
 - ▶ 反応が無い時間、パラメータ β の変動要因
 - ▶ 疲労との関係？、観測ノイズではなく脳内の自発ノイズが寄与？
 - ▶ 明度知覚に関する確率的ダイナミクスのモデル

