

平成22年 6月 8日現在

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2007～2009

課題番号：19730462

研究課題名(和文) 過渡的明暗コントラスト誘導現象の解明

研究課題名(英文) On the mechanism underlying transitory luminance contrast.

研究代表者

バン・トンダ・ハルト ヤコベス (V・T・G JAKOBUS)

京都工芸繊維大学・工芸科学研究科・准教授

研究者番号：30362586

研究成果の概要(和文)：本研究課題は、古くから知られているものの、未だその機序が明らかにされていない「過渡的明暗コントラスト誘導現象(Transient Luminance Contrast Induction; TLCI)」の解明を得ることであった。TLCI現象とは、細密な白黒線分で構成される2次元パターンを動かしたときに、パターンの運動に伴って、コントラストが強調された部分が様々に動揺して見える現象である。本研究では、多様な条件で観察されるTLCI現象に対する統一的な説明理論の構築を目指した。網膜錐体細胞の時間応答特性を考慮した神経モデルの挙動について検討したところ知覚特性との良い一致が得られた。

研究成果の概要(英文)：Transitory luminance contrast induction (TLCI) is a perceptual phenomenon where regions of subjective high contrast appears in black and white line stimuli. The underlying cause for TLCI remains unknown. In this research project, the physical stimulus parameters for evoking TLCI are experimentally verified, and used to program various models to simulate TLCI. A model of retinal cone dynamics most closely succeeds in simulating TLCI. This led the research towards a theoretical understanding of TLCI: the duration of stimulus changes predicts TLCI and explains why slowly responding cones cause TLCI. TLCI occurs in stimulus regions that are effectively stationary relative to the retina.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,300,000	0	1,300,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	570,000	3,770,000

研究分野：視覚計算論

科研費の分科・細目：心理学・実験心理学

キーワード：(1) 明暗コントラスト (2) 錯視 (3) 計算モデル (4) 明るさ知覚

1. 研究開始当初の背景

本研究課題は、古くから知られているものの、未だその機序が明らかにされていない「過渡的明暗コントラスト誘導現象 (Transient Luminance Contrast Induction; TLCI)」の解明に向け、新たな洞察を得ることであった。TLCI現象とは、細密な白黒線分で構成される2次元パターンを動かしたときに、パターンの一部の知覚的コントラストが強調され、パターンの運動に伴って、コントラストが強調された部分が様々に動揺して見える現象である。TLCIは、図1a (次ページ) に示すような刺激図形を、素早く上下左右に動かしたり、前後に遠ざけたり近づけたりしたときに観察される現象で、図1b-dに赤で示すように、過渡的に図形の一部の知覚的コントラストが高くなり様々なパターンが現れるというものである (実際に知覚されるパターンは白黒である)。本研究では、多様な条件で観察されるTLCI現象に対する統一的な説明理論の構築を目指した。

2. 研究の目的

本研究では、TLCI現象に関する精神物理学的研究と計算論的研究を推進し、この現象に関与する視覚情報処理過程を解明することを目指した。具体的には、

- (1) 物理的刺激パターンの時空間構造と、TLCIの時空間構造の対応関係を、精神物理学の実験により定量化する。
- (2) 上記実験により得られた対応関係に関するデータをもとに、研究代表者が開発してきた中心軸変換法に基づく領域分節モデルを拡張し、TLCI現象に関する計算論的モデルを構築する。

という2つの課題を達成することを目的とした。

3. 研究の方法

TLCI現象の知覚的メカニズムを解明するためには、まず、TLCI現象の刺激依存性を詳細かつ定量的に測定し、その特性を明らかにすることが必要である。このため、本研究の

第1段階として、刺激の時空間特性を組織的に操作し、様々な刺激条件下でのTLCI現象の知覚特性に関する実験データを収集した。

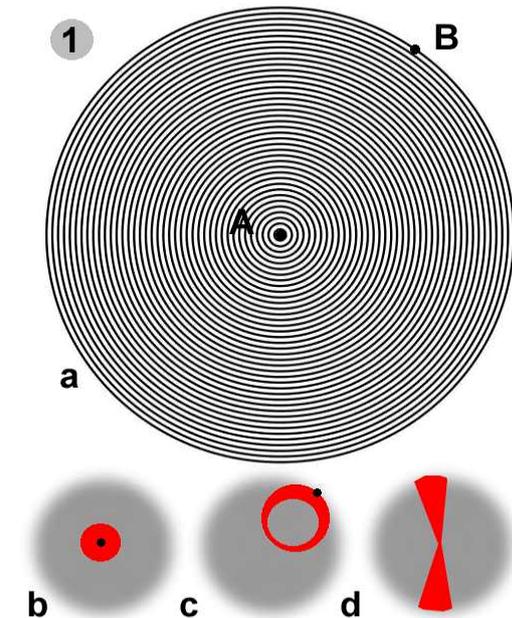


図1 : TLCI を観察するための刺激図形。図1aで、Aを固視しながら図形を素早く前後に動かすと、1bに赤で示すようなパターンが観察される (実際に観察されるパターンは白黒である)。また、Bを固視しながら図形を同様に動かすと1cのようなパターンが観察される。さらに、まずAを固視し、眼を動かさずに図形を左右に動かすと1dのようなパターンが観察される。

具体的には、知覚的に様々な時空間構造や強度を示すTLCI刺激を作成し、その知覚特性 (どのような形態に見えるか、どのような強さに見えるか、動きのパターンはどのようなものか) と刺激の物理的特性の関係を、弁別課題 (パターン間の識別)、選択課題 (選択肢から知覚されたパターンを選択する)、調整課題 (パターンの物理的特性を調整させる) などを用いて定量化した。また、必要に応じて、TLCI現象の安定性・良さといった感性的側面に関する評価実験も行った。

研究の第2段階では、TLCI現象に関する計算論的研究を推進した。具体的には、まず、

現時点で最も有効である平均化モデル (Gosselin & Lamontagne, 1997, Perception) の構造解析を行い、このモデルがヒトのTLCI現象を予測することができる条件と予測できない条件を明らかにした。

研究の最終段階では、これまでに明らかにされてきた視覚情報処理機構のメカニズムに立脚しつつ、TLCI現象に関する計算論的モデルの構築を行った。純粹に理論的なモデルと、視覚系の機能と構造の特徴を取り入れたモデルとの関係解析を行い、その共通点と相違点についての検討を行った。これらのモデル(理論的モデルと生物学的モデル)は、同一のmatlab環境上で構築した。

4. 研究成果

本研究で構築されたTLCI現象に関する計算論的モデルの予測と、心理学実験によって明らかにされたTLCI現象の知覚的な時空間特性を比較したところ、モデルの妥当性が確認された。具体的にはまず、心理学実験に用いられた白黒線パターン(刺激系列)を入力画像として、網膜錐体細胞の時間応答特性を考慮した神経モデルの挙動について検討したところ知覚特性との良い一致が得られた。ただしこのモデルは、錐体細胞の応答特性と知覚特性の対応を示すものではある(図2, 上のパネル)が、TLCI現象が生起する機序そのものに関する理論的枠組みを与えるものとはなっていなかった。このため、この現象を理解するための理論的枠組みをも表現しうる計算論的モデルの構築を目指した(図2, 下のパネル)。このモデルの本質は刺激画像の時間的変動の持続時間と変動の間隔を計算するものであるが、モデルの挙動は、先の神経モデルと同様、心理学実験で得られた知覚的TLCIのパターンと良く一致した。さらに、この計算論的モデルは、網膜における光受容器(錐体)の動作特性とも一致するものであった。

最終的に得られた計算論的モデルは、TLCI現象が、網膜の初期過程に起源を持つことを示唆するだけでなく、網膜の機能に関する新たな解釈にもつながるものである。具体的に

は、網膜は等方的な画像フィルターの集合であるとする従来の考え方に対し、今回のモデルは、眼球や画像が動く状況下では、網膜は非等方的なフィルターとして機能しうることを示唆している。

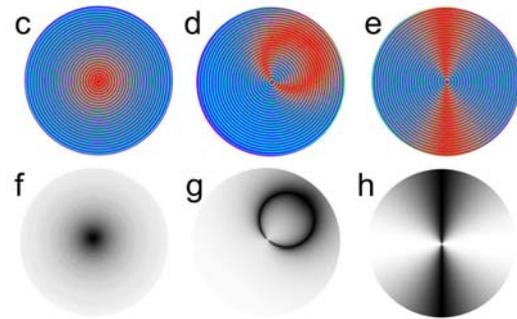


図2: 図1 a, b と c によって、TLCI を網膜錐体細胞の時間応答特性に基づく計算論的モデルの予測(上のパネル)、又は理論的な計算論的モデルの予測(下のパネル)。

即ち運動の要素が加わった場合、網膜は多重空間スケールのフィルタリングや、方位選択的なフィルタリング、さらには運動検出の機能を持ちうる可能性を示すものである。この計算論的モデルは、従来明確な説明がなされて来なかったTLCI現象を説明しうる定量的なモデルであるだけでなくヒトの明暗知覚特性全般に関するモデルとなりうるものであると同時に、ヒトの網膜の機能について新たな解釈を可能とするものであり、今後の心理学的研究及び生理学的研究にさらなる展開をもたらすものと期待できる。

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 1 件)

① Gert J. van Tonder, Perceptual disruption and composure in Bridget Riley's *Fall, Leonardo* (MIT Press), 2010 (in press) vol.43, No.3, pp. 283-288.

〔学会発表〕（計 5 件）

- ① Gert J. van Tonder, The retina: more than meets the eye, *Proceedings of The 3rd International Workshop on Kansei*, 22 February, 2010, pp.16-18, Kyushu University, Fukuoka.
- ② Gert J. van Tonder, Very early origins of visual qualities, *Proceedings of the ESF International Workshop on Qualities in Perception Science*, 2 November, 2009, 1 page abstract, University of Trento, Italy.
- ③ Gert J. van Tonder, Feature binding in swarming dot patterns, *Proceedings of The European Conference on Visual Perception*, 25 August, 2008, vol 37, p.36, Utrecht, The Netherlands.
- ④ Gert J. van Tonder & Yoshio Ohtani, A second order feedback model of visual transduction in cones of the monkey *Macaca fascicularis*, *Proceedings of The 23rd meeting of the International Society of Psychophysics*, 22 October, 2007, pp.195-198, Tokyo.
- ⑤ Gert J. van Tonder, Motion blur in the Op artist's palette, *Proceedings of The European Conference on Visual Perception*, 30 August, 2007, vol 36, p.21, Arezzo, Italy.

〔図書〕（計 1 件）

- ① Gert J. van Tonder, *Visual informing through an imperfect retina* in *Becoming Information* (Eds. L. Albertazzi, G.J. van Tonder and D. Viswanath), MIT Press, 2010 (in press), 20 pages.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

バン・トンダ・ハルト ヤコバス (V・T・G JAKOBUS)

京都工芸繊維大学・工芸科学研究科・

准教授

研究者番号：30362586

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：