

トリックアート制作手法の検討

神田 尚希[†] 渡辺 賢悟^{††} 宮岡 伸一郎^{††}

[†]東京工科大学大学院バイオ情報メディア研究科

^{††}東京工科大学 メディア学部メディア学科

“Technique for Trick-Art Production”

Naoki KANDA[†] Kengo WATANABE^{††} Shinichiro MIYAOKA^{††}

[†]Graduate School of Bionics, Computer Science, Media Science, Tokyo University of Technology

^{††}School of Media Science, Tokyo University of Technology,

E-mail: n.kanda1106@gmail.com kengo@mediatelier.net miyaoka@media.teu.ac.jp

概要

錯視とは目の錯覚のことで、多くの芸術作品や娯楽作品に取り入れられてきた。本研究では錯視に対する理解を深めるべく、錯視作品が容易に作成できるツールを提案する。今回は錯視の中でもトリックアートと呼ばれる作品の制作手法に注目する。特に「静止画だが動いて見える図形」に対象を絞り、その錯視効果の仕組みを調査・解析し、錯視が発生する条件を明らかにする。本研究では運動錯視の中でも「最適化型フレイザー・ウィルコックス錯視」に注目する。最適化型フレイザー・ウィルコックス錯視の本質である錯視輝度パターンを使用し、パターンの配置、パターンの形状や大きさなどによって錯視効果が増減するかを調査・検証した。結果、錯視輝度パターンの組み合わせ方法や錯視輝度パターンと視野角との関係性について知見を得ることができた。この知見を応用し、錯視作品生成ツールを開発した。このツールを用いればユーザが指定した任意の画像に対して錯視輝度パターンを生成し、運動錯視が発生する画像を自動生成することができる。

1. はじめに

錯視とは目の錯覚のことで、多くの芸術作品[1]や娯楽作品に取り入れられてきた。錯視は身の回りに存在しているが、一般の人々は普段、錯視を意識することは少ない。これは錯視作品が一方的に提供される存在だったからである。本研究では錯視に対する理解を深めるべく錯視作品が容易に作成できる手法を検討する。今回は錯視の中でもトリックアートと呼ばれる作品の制作手法[2][3]に注目する。本研究ではトリックアートが示す言葉の意味を広げ、錯視を利用した作品全般を含めている。特に「静止画だが動いて見える図形」を対象を絞り、その錯視効果の仕組みを調査・解析し、錯視が発生する条件を明らかにする。そして得られた知見をもとに錯視の知識がなくともトリックアート制作が可能なツールを試作する。

2. 最適化型フレーザー・ウィルコックス錯視の特徴

本研究では運動錯視の中でも「最適化型フレーザー・ウィルコックス錯視」に注目する[4]。最適化型フレーザー・ウィルコックス錯視は、視野周辺部で鮮明な運動錯視が確認されている錯視図形[5][6]であり、簡単な基本パターンから構成されている。基本パターンを図1に示す。最適化型フレーザー・ウィルコックス錯視にはいくつかの種類があるが、基本は黒色から濃灰色、白色から薄灰色の方向に錯視が発生する。代表的な作品として「蛇の回転」(図2)がある。これは、黒、濃灰色、白、薄灰色の輝度パターンを円環状に繰り返し並べることで、回転運動が知覚される作品である。



図1. 基本パターン 矢印の方向に運動錯視が発生

3. 最適化型フレーザー・ウィルコックス錯視の解析

3.1. 錯視輝度パターンとは

最適化型フレーザー・ウィルコックス錯視は図2のように錯視輝度パターン(黒、濃灰色、白、薄灰色を1パターンとする)を円環状に並べる例が多いが、円環状に限らず、錯視輝度パターンの条件が満たされていれば運動錯視が知覚される(図3)[7][8]。つまり最適化型フレーザー・ウィルコックス錯視において図4のような錯視輝度パターンの生成が本質である。そこで本研究においてもこの錯視輝度パターンを使用するものとする。これに加えて、本研究では図3を基本図形とし、錯視輝度パターンの配置、錯視輝度パターンの形状や大きさが変化することによって錯視効果が増減するかを調査・検証する。

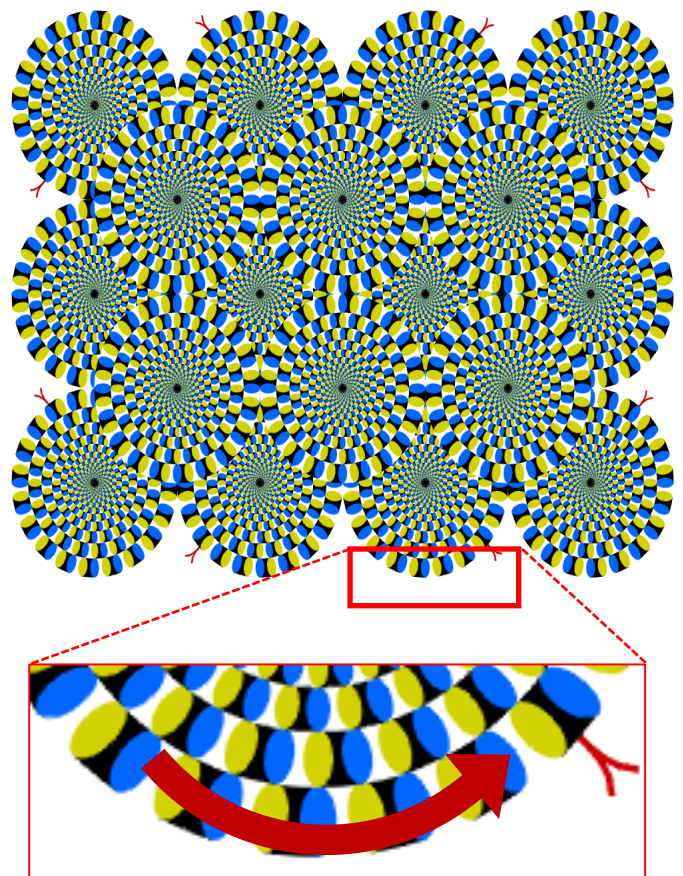


図2. 蛇の回転 矢印の方向に運動錯視が発生
(c) Akiyoshi Kitaoka 2003 (September 2, 2003)

調査方法は正常な視力を持つ被験者 28 名に協力を願い、それぞれ個別に実験画像を観察してもらった。実験環境は 19 インチ液晶モニタ(解像度 1280×1024pixel)、画像サイズは 600×600pixel、観察距離は約 50cm とした。被験者には「画像が動く・画像が動かない」の判定のみしてもらった。その結果を集計し「運動錯視の認知度合い」として定義した。

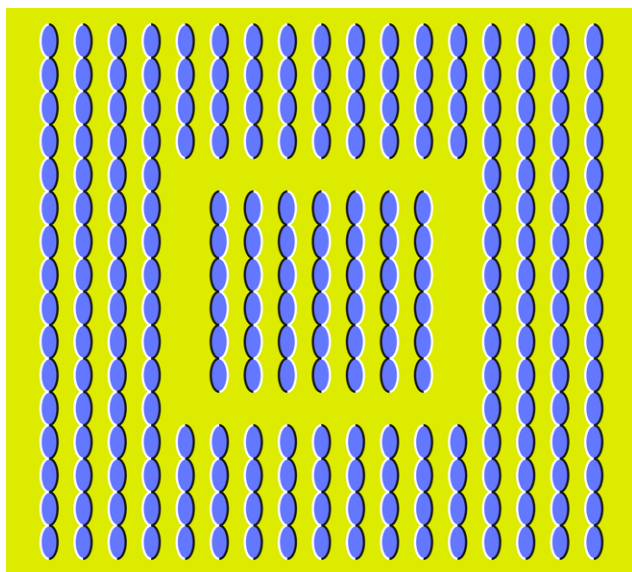


図 3. 「青い顔をした人々」

(c) Akiyoshi Kitaoka 2005 (October 27, 2005)

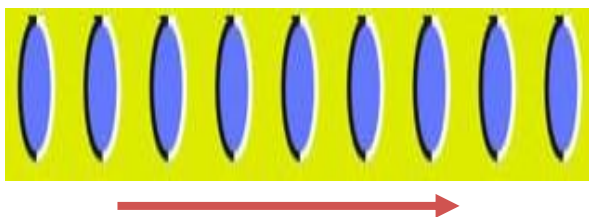
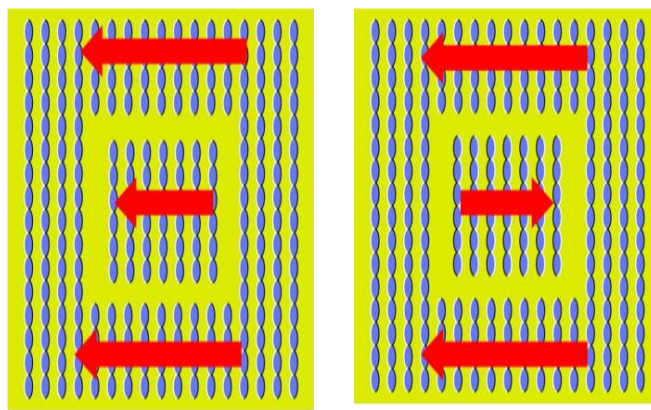


図 4. 錯視輝度パターン 矢印の方向に運動錯視が発生

3.2. 錯視輝度パターン配置変化による実験と結果

図 5 と図 7 を用いて錯視輝度パターンの配置を変化させる実験を行った。はじめに図 5 を使用した実験を行った。図 5 の(a)と(b)では配置してある錯視輝度パターンの方向が違う。図 5(a)は運動錯視が発生する向きを 1 方向に統一した配置であ

る。図 5(b)は運動錯視が発生する向きを互い違いに配置し 2 方向を組み合わせた。実験結果は図 6 である。図 5(a)の 1 方向のみが動いて見えたと回答した被験者は 10 人、図 5(b)の 2 方向の組み合わせが動いて見えたと回答した被験者は 25 人であった。運動錯視の認知度合いを比較すると、2 方向の組み合わせが動いて見えたと回答した被験者数は、1 方向のみが動いて見えたと回答した被験者数の 2.5 倍になっている。このことから、運動錯視が発生する方向が違う錯視輝度パターンを組み合わせると錯視効果が強まると考えられる。



(a)1方向のみ

(b)2方向の組み合わせ

図 5. 錯視輝度パターンの組み合わせ

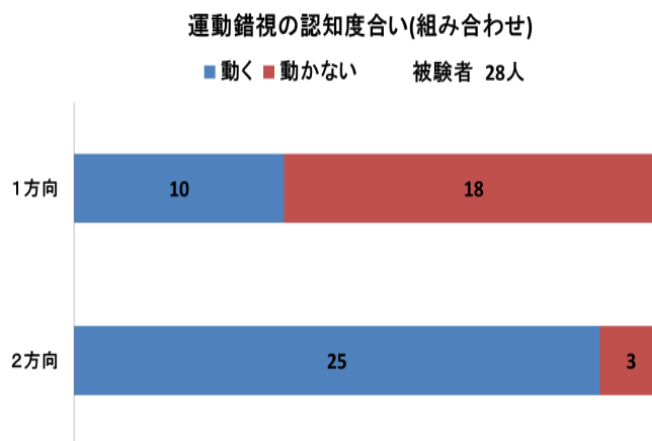


図 6. 配置(組み合わせ)に関する実験結果

次に図 7 を使用した実験を行った。図 7 の(a)と(b)では配置してある錯視輝度パターンの間隔

が違っている。図 7(a)は錯視輝度パターンが隙間なく配置してある(以下、背景なしと呼ぶ)。図 7(b)は錯視輝度パターンの存在しない部分ができるように配置してある(以下、背景ありと呼ぶ)。実験結果は図 8 である。図 7(a)の背景なしが動いて見えたと回答した被験者は 16 人、図 7(b)の背景ありが動いて見えたと回答した被験者は 24 人であった。運動錯視の認知度合いを比較すると、背景ありが動いて見えたと回答した被験者数は、背景なしが動いて見えたと回答した被験者数の 1.5 倍になっている。このことから、背景(錯視輝度パターンの存在しない部分)の存在は運動錯視を発生させるのに効果があると考えられる。

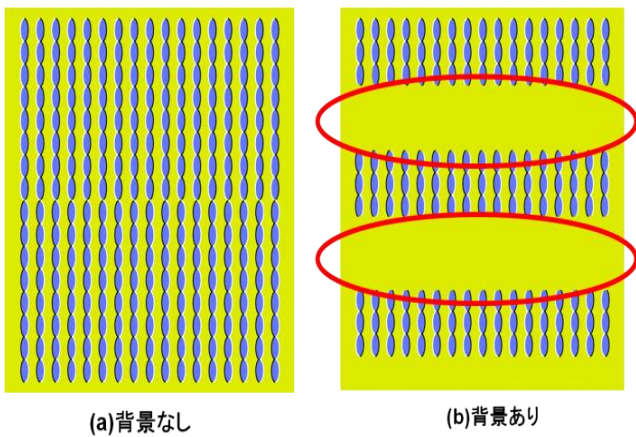


図 7. 背景(錯視輝度パターンの存在しない部分)あり

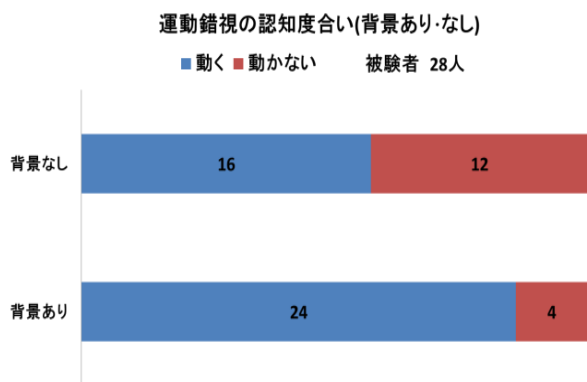


図 8. 配置(背景あり・なし)に関する実験結果

3.3. 錯視輝度パターン形状変化による実験と結果

3.2 の実験結果から得られた知見を用いて錯視輝度パターンの形状を変化させる実験を行った。この実験には図 9 に示してある 3 種類の図形を使用した。実験結果は図 10 である。図 9(a)の文字が動いて見えたと回答した被験者は 7 人、図 9(b)の三角形が動いて見えたと回答した被験者は 25 人、図 9(c)のアヒルが動いて見えたと回答した被験者は 27 人であった。図 9(a) 以外の図形で運動錯視の認知度合いが高いことがわかる。図 9(a)で運動錯視の認知度合いが低かった理由として、錯視輝度パターンの構成条件が考えられる。図 9(a)は他の図形と比較して運動錯視を発生させたい部分(図中の青色)の形状が少し複雑である。また、その部分では錯視輝度パターンの構成間隔が不規則になっている。よって、図 9(a)のみ運動錯視の認知度合いが低かったと考えられる。しかし、図 9 の(b)と(c)の結果を考慮すると形状による影響はほとんどない。

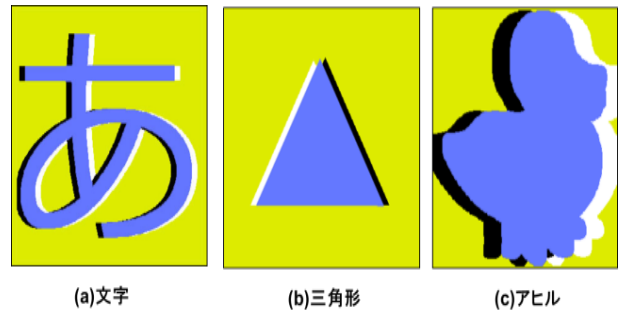


図 9. 形状に関する実験に使用した画像一覧

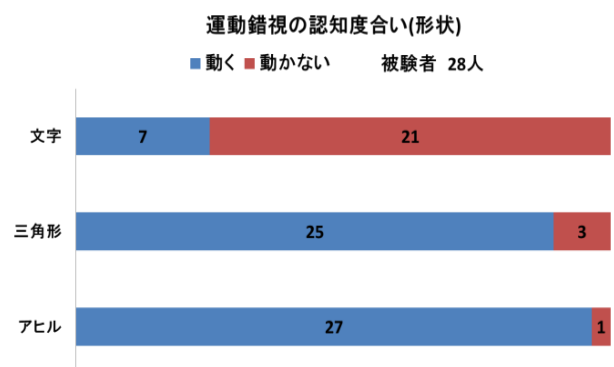
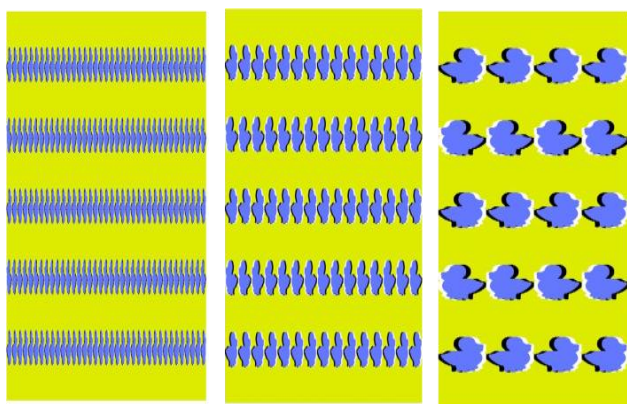


図 10. 形状に関する実験結果

3.4. 錯視輝度パターン大きさ変化による実験と結果

3.2, 3.3 の実験結果から得られた知見を用いて錯視輝度パターンの大きさを変化させる実験を行った。実験に使用した画像の一例を図 11 に示す。大きさを計測する指標として視野角を用いた。視野角 θ は錯視輝度パターン一つの大きさを d , 観察距離を r とした場合に $\theta = (d/2\pi r) * 360$ で求めた。視野角と錯視輝度パターン一つの大きさには正比例の関係が成り立っており、視野角が大きくなると錯視輝度パターン一つの大きさも大きくなる。実験環境は 19 インチ液晶モニタ(解像度 1280×1024 pixel), 画像サイズは 600×600 pixel, 観察距離は約 50cm とした。実験結果は図 12 である。視野角 0.5° が動いてみえた と回答した被験者は 11 人, 視野角 1° が動いてみえた と回答した被験者は 23 人, 視野角 2° が動いて見えた と回答した被験者は 27 人, 視野角 3° が動いて見えた と回答した被験者は 26 人, 視野角 5° が動いて見えた と回答した被験者は 16 人であった。運動錯視の認知度合いを比較すると, 視野角 $1^\circ \sim 3^\circ$ が動いて見えた と回答した被験者数は, それ以外が動いて見えた と回答した被験者数の約 2 倍になっている。実験結果から錯視輝度パターン一つの大きさが視野角約 2° 前後で運動錯視効果が最大となった。



(a) 視野角 0.5°

(b) 視野角 2°

(c) 視野角 5°

図 11. 大きさに関する実験に使用した画像例

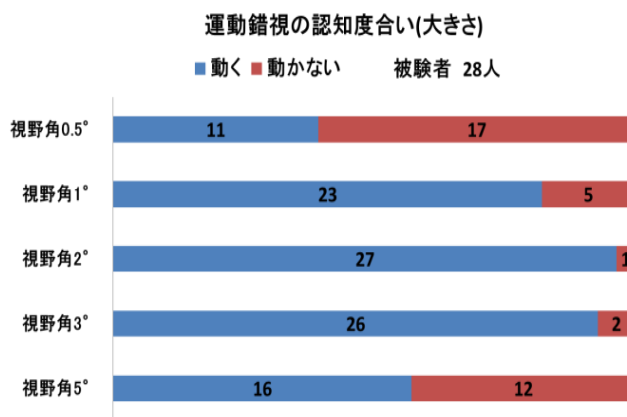


図 12. 大きさに関する実験結果

4. トリックアート制作支援ツール作成と評価

これまでの実験で得られた知見をまとめると, 運動錯視が発生する条件は以下のように考えられる。

1. 運動錯視が発生する方向が違う錯視輝度パターンを組み合わせると錯視効果が強まる
2. 背景(錯視輝度パターンの存在しない部分)の存在は運動錯視発生に効果がある
3. 形状による影響はほとんどない
4. 錯視輝度パターン一つの大きさが視野角約 2° 前後で運動錯視効果が最大になる

これら 4 つの条件から, ユーザが指定した任意の画像に対して錯視輝度パターンを生成し, 運動錯視図形を自動生成するツールを試作した。

4.1. ツールの機能説明

今回作成したツールの機能と生成される画像について説明する。図 13 は今回作成したツールの全体図である。



図 13. 作成したツールの全体図

4.1.1. 錯視輝度パターン生成

ユーザに任意の画像を読み込んでもらい(図 14(a)), 対象となる図形域を選択する(図 14(b)). 運動錯視を発生させたい図柄が白になるように2値画像を作成する(図 14(c)). 生成ボタンをクリックすることで錯視輝度パターンが自動生成される(図 14(d)).

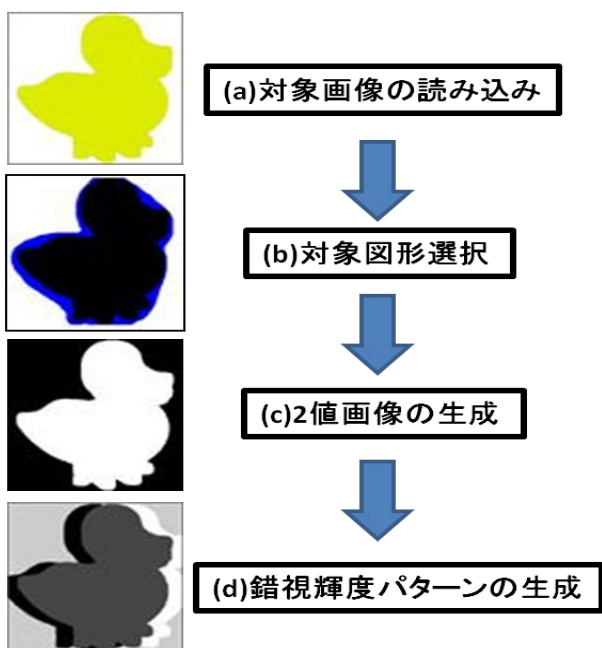


図 14. 錯視輝度パターン生成処理の流れ

4.1.2. 運動錯視図形生成

4.1.1 で生成した錯視輝度パターンをもとにして運動錯視図形を生成する. 本ツールでは 3.4 の実験結果から得た知見を利用して, 錯視輝度パターン一つの大きさを運動錯視効果が最大となる視野角 2° に設定している. 図 13 に示してある操作ボタン項目の中から, 距離・画面サイズが表示があるテキストボックスに任意の数字を代入し, 生成される運動錯視図形の観察環境を決定できる. カラー図形生成ボタンをクリックすると, 実験で使用していた基本図形(図 3)の色相をそのまま利用したカラーの運動錯視図形(図 15)を自動生成する. また, 錯視図形生成ボタンをクリックすることで色相の影響を除去したモノトーンの運動錯視図形(図 16)も自動生成できる. モノトーン図形はカラー図形と比較して運動錯視効果が弱い. 色相による運動錯視効果の増減については今後の検討課題である.

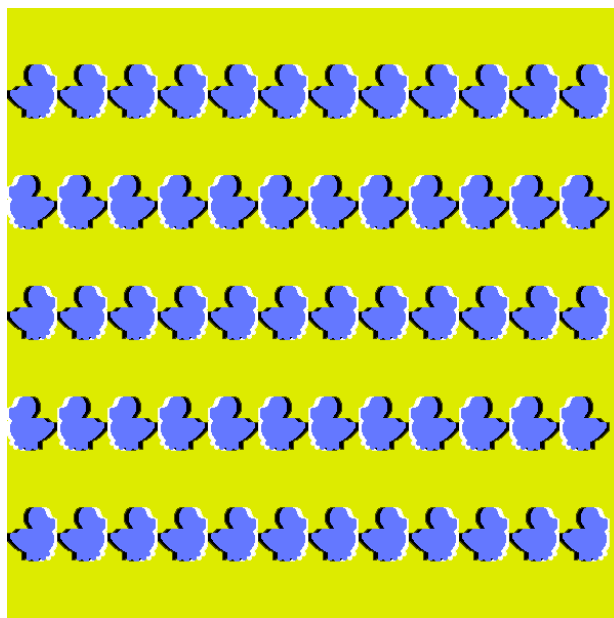


図 15. 作成したツールで生成したカラー図形 (例. 画像サイズ 600×600pixel, 観察距離 50cm)

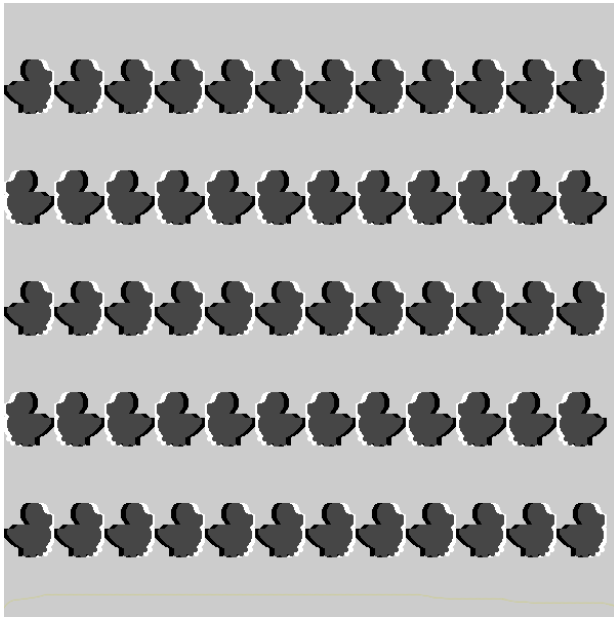


図 16. 作成したツールで生成したモノトーン図形
(例. 画像サイズ 600×600pixel, 観察距離 50cm)

4.2. ツールの評価

今回試作したツールを使用して作成した錯視画像の一例が図 17 である。円環状に並べた運動錯視図形に比べて錯視効果は小さいが、運動錯視が確認された。このように任意の図形を用いて錯視輝度パターンと運動錯視図形が生成される。ボタンをクリックするだけで画像が自動生成できる。

本ツールと既存のソフトウェアで作業時間を比較した。比較結果は表 1 である。ソフトウェアは Adobe Photoshop CS3 を使用し、作成した画像は図 18 である。本ツールを使用すると作業時間は格段に短くなる。既存のソフトウェアには錯視輝度パターンを自動生成する機能はなく、一から作成しなくてはならなかった。また、運動錯視図形を生成する場合も同様であった。本ツールではそれらの作業を自動で行う。しかし、本ツールでは錯視輝度パターンの配置図案が一つしかなく、ユーザによる配置図案の選択性がない。

表 1. 作業時間比較結果

	錯視輝度パターン作成時間(分)	運動錯視図形作成(分)	合計(分)
Adobe Photoshop	5.4	17.5	22.9
本ツール	0.7	0.08	0.78



走る人間

図 17. 本ツール生成される運動錯視図形

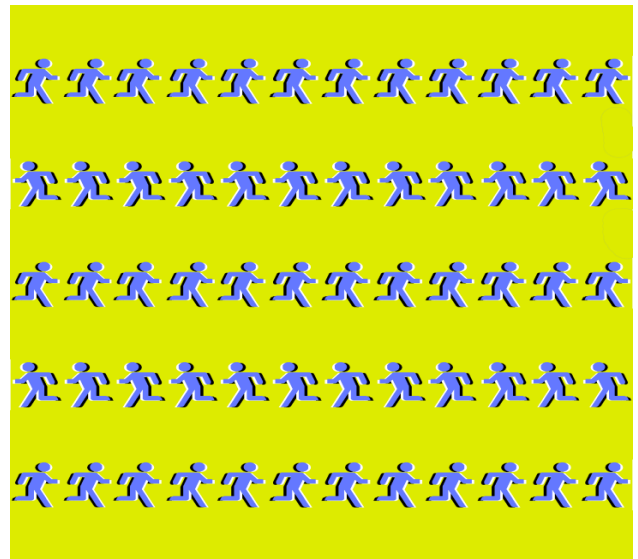


図 18. Adobe Photoshop で作成した画像

5. おわりに

本研究では人間の錯視への認識を深め普及す

るため、運動錯視が体験できるトリックアート制作支援ツール開発を行った。特に最適化型フレーザー・ウィルコックス錯視に注目して運動錯視が発生する条件を調査し、錯視輝度パターンとの組み合わせ方法や錯視輝度パターンと視野角との関係性について知見を得ることができた。この知見を応用し、錯視作品生成ツールを開発した。このツールを用いればユーザが指定した任意の画像に対して錯視輝度パターンを生成し、運動錯視が発生する画像を自動生成することができる。本ツールを使用することによって誰でも簡単に動く錯視図形制作が可能となる。今回は基本図形(図3)で使用されていた色相をそのまま利用して実験を行った。同様に錯視輝度パターンにおいても図4をそのまま利用した。しかし、今後は他の色相に対して錯視効果がどのように変化するか検証したい。また、錯視輝度パターンにおいてもより多くの人が運動錯視を体験できる配置図案を検討し、錯視表現の幅を広げたい。

参考文献

- [1] Al Seckel (原著), 坂根 巖夫 (翻訳) : 『錯視芸術の巨匠たち—世界のだまし絵作家 20人の傑作集』, 創元社(2008)
- [2] Chi, M., Lee, T., Qu, Y., Wong, T. : “Self-Animating Images: Illusory Motion Using Repeated Asymmetric Patterns”, ACM Trans. Graph. 27, 3, Article 62 (August 2008), pp.62:1-62:8, (2008).
- [3] 杉原厚吉 : “エッシャー風タイリングアートの自動生成”, 応用数理 ,Vol.19,No.2, pp74-83,(2009)
- [4] A.Kitaoka, H.Ashida : “ Phenomenal characteristics of the Peripheral drift illusion”, VISION , Vol.15,No.4, pp.261-262, (2003)
- [5] Susana Martinez-Code,Stephen L.Macknik(原著), 阪口 豊(翻訳) : “眼球運動の不思議 目の動きから心が見える”, 日経サイエンス

2007年11月号, pp20-29,(2007)

- [6] 久方瑠美,村上郁也 : “静止画が動いてみえる錯覚の空間スケーリング”, VISION, Vol.21, No.4, pp.233-236, (2009)
- [7] 高森圭介 : 『錯視完全図解—脳はなぜだまされるのか? 』, 株式会社ニュートンプレス,(2007)
- [8] 「北岡明佳の錯視のページ」
< <http://www.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/>>
(2011/8/22 アクセス)