

## トリックアート制作支援ツールの開発

神田 尚希<sup>†</sup> 渡辺 賢悟<sup>††</sup> 宮岡 伸一郎<sup>††</sup>

<sup>†</sup>東京工科大学大学院 バイオ情報メディア研究科

<sup>††</sup>東京工科大学 メディア学部メディア学科

## Support Tool for Trick-Art Production

Naoki KANDA<sup>†</sup> Kengo WATANABE<sup>††</sup> Shinichiro MIYAOKA<sup>††</sup>

<sup>†</sup>Graduate School of Bionics, Computer Science, Media Science, Tokyo University of Technology

<sup>††</sup>School of Media Science, Tokyo University of Technology,

E-mail: [n.kanda1106@gmail.com](mailto:n.kanda1106@gmail.com) [kengo@mediatelier.net](mailto:kengo@mediatelier.net) [miyaoka@media.teu.ac.jp](mailto: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、錯視作品が容易に制作できる支援ツールを提案する。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「最適化型フレーザー・ウィルコックス錯視」に注目する。最適化型フレーザー・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、錯視作品制作支援ツールを開発した。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制作することができる。

### Abstract

Illusion have been used in many works of art and entertainment products. To understand illusion better, we propose a support tool for Trick-Art production. Especially, we focused on the illusory motion in a still image. To clarify the condition that causes the illusion, we investigate and analyze the mechanism of the illusion effect. Our work is based on the optimized Fraser-Wilcox illusion. We observe the illusion effect using illusion unit pattern and changing the attribute of the pattern, for example, placement, shape and size. As the result, we obtained the knowledge about the condition which causes the illusion strongly. Using this knowledge, we developed a support tool for illusion production. Our tool makes it possible to create illusion products using the image specified by users as the illusion unit pattern.

## 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向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制作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。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。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支援ツールを試作する[4]。

## 2. 最適化型フレイザー・ウィルコックス錯視の概要

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[5]。最適化型フレイザー・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[6][7]であり、簡単な基本パターン(図1)から構成されている。最適化型フレイザー・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。本研究では 図1のような黒、濃灰色、白、薄灰色の基本パターンを錯視輝度パターンと呼ぶ。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により、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

最適化型フレイザー・ウィルコックス錯視を利用した作品制作手法にSelf-Animating Images[2]があ

る。Self-Animating Imagesはユーザが選択した画像に対して全自動で錯視輝度パターンを並べる。これにより運動錯視効果を与える作品(図3)を生成する。この手法は既存の絵画作品を変換して制作されており、作品を自由に制作することに制限がある。

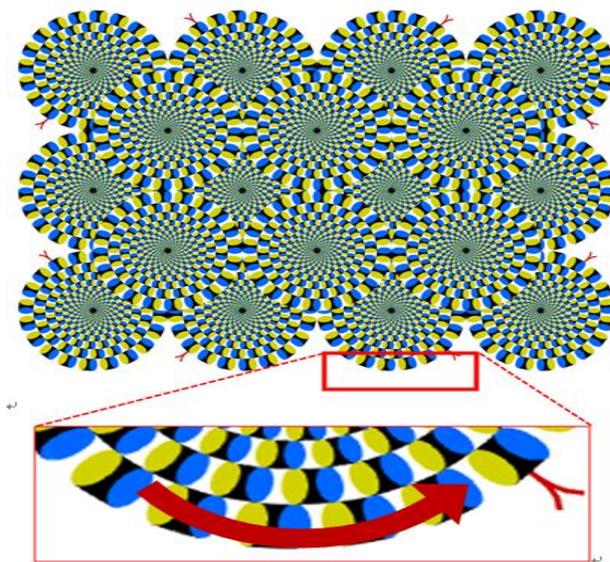


図 2. 蛇の回転 矢印の方向に運動錯視が発生  
(c) Akiyoshi Kitaoka 2003 (September 2, 2003)

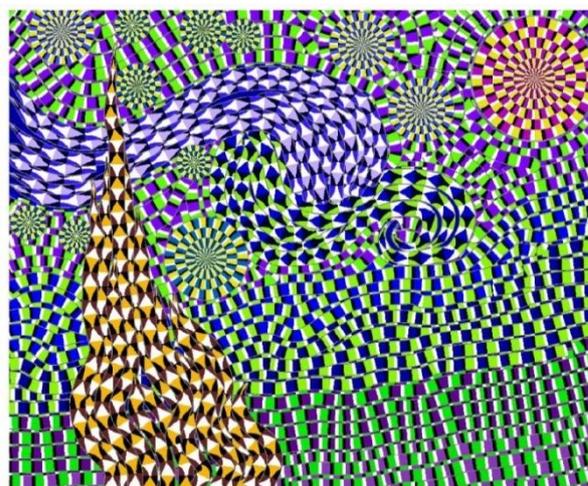


図 3. Self-Animating Images で生成された作品

## 3. 最適化型フレイザー・ウィルコックス錯視の解析

### 3.1. 錯視輝度パターンとは

最適化型フレイザー・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4)[8][9]. 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5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4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.

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.

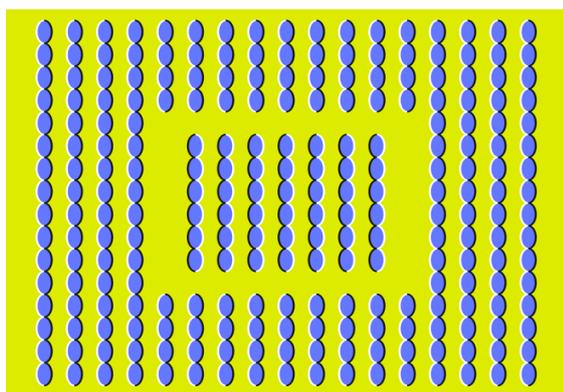


図 4. 「青い顔をした人々」

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

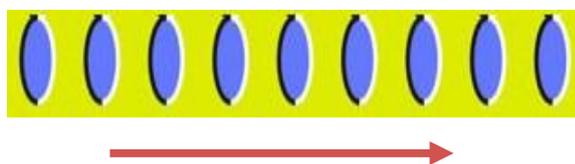


図 5. 錯視輝度パターン 矢印の方向に運動錯視が発生

### 3.2. 錯視輝度パターン配置変化による実験と結果

図 6 と図 8 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 6 を使用した実験を行った. 図 6 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 6(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 6(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 7 である. 図 6(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 6(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.

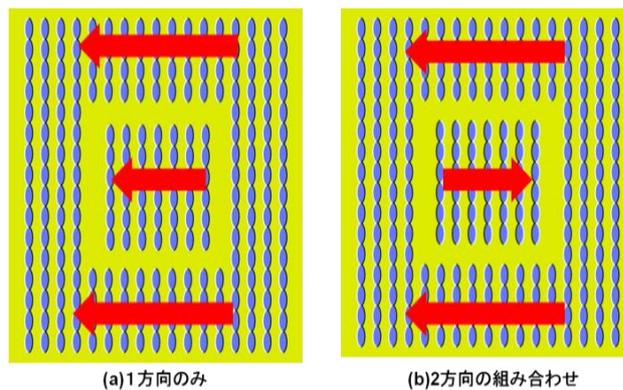


図 6. 錯視輝度パターンの組み合わせ

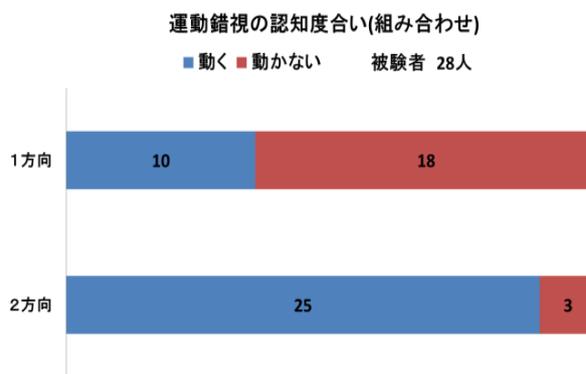


図 7. 配置(組み合わせ)に関する実験結果

次に図 8 を使用した実験を行った. 図 8 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 8(a)は錯視輝度パターンが隙間なく配置し

である(以下、背景なしと呼ぶ)。図 8(b)は錯視輝度パターンが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 9 である。図 8(a)の背景なしが動いて見えたという回答した被験者は 16 人、図 8(b)の背景ありが動いて見えたという回答した被験者は 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いう回答した被験者数は、背景なしが動いて見えたという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(錯視輝度パターンが存在しない部分)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。

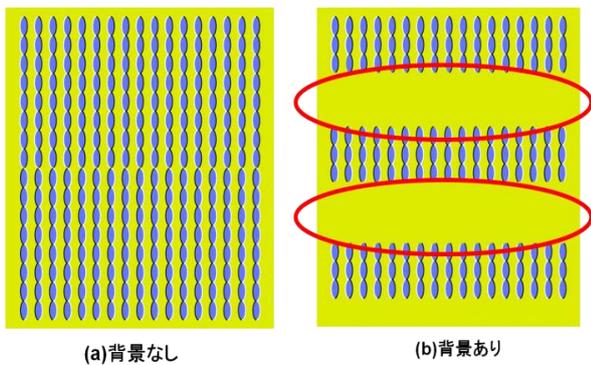


図 8. 背景(錯視輝度パターンが存在しない部分)あり

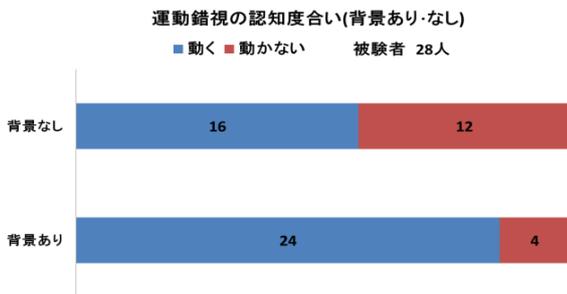


図 9. 配置(背景あり・なし)に関する実験結果

### 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 10 に示してある 3 種類の図形を使用した。実験結果は図 11 である。図 10(a)の文字が動いて見えたという回答した被験者は 7 人、図 10(b)の三角形が動いて見えたという回答した被験者は 25 人、図 10(c)のアヒルが動いて見えたという回答した被験者は

27 人であった。図 10(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 10(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 10(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 10(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 10 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。

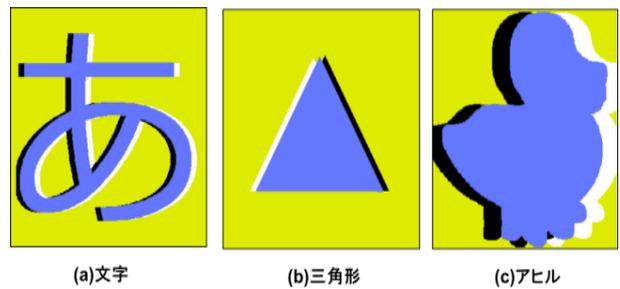


図 10. 形状に関する実験に使用した画像一覧

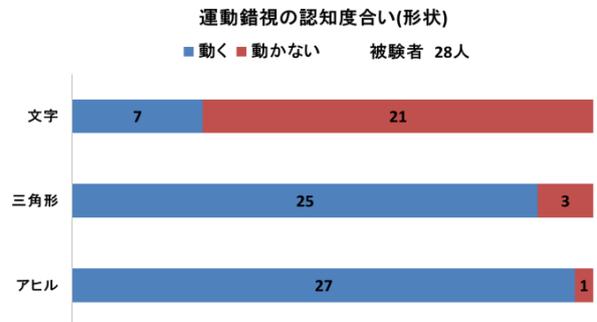


図 11. 形状に関する実験結果

### 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 12 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 $\theta$ は錯視輝度パターン 1 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 1 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 1 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 1280×1024pixel), 画像サイズは 600×600pixel, 観察距離は約 50cm とした。実験結果は図 13 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° ~ 3° 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。

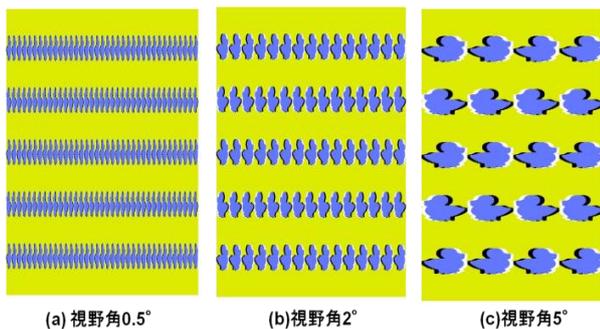


図 12. 大きさに関する実験に使用した画像例

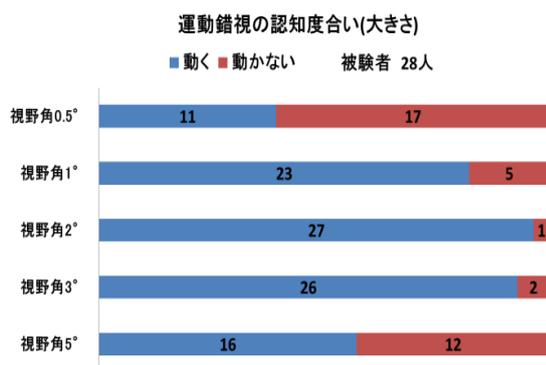


図 13. 大きさに関する実験結果

#### 4. トリックアート制作支援ツール作成と評価

Ming-Te Chi らの報告とこれまでの調査結果をもとにして制作支援ツールを開発する。開発方針は以下のようにした。

1. ユーザが運動錯視発生条件を気にせずに自由に錯視輝度パターンを描くことができる。
2. ユーザが任意の色に着色することができる。

この 2 つの条件を満たすようにトリックアート制作支援ツールを試作した。

#### 4.1. ツールの機能説明

今回試作したツールの機能と制作される画像について説明する。図 14 に試作したツールのインターフェイス画面を示す。画面左に作業用ツール, 右側にキャンバスを用意している。キャンバスの上側には各操作によって生成される画像が確認できるようになっている。本ツールでは既存の手法では実現されていなかった錯視輝度パターンをユーザが自由に描くことができる。

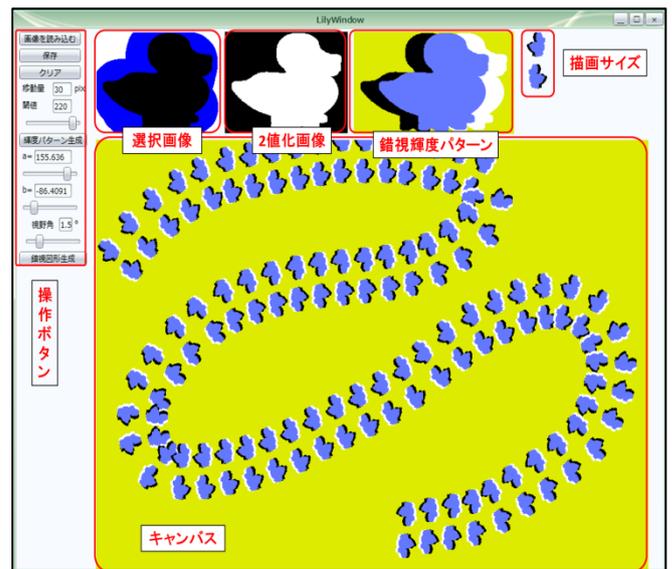


図 14. ツールのインターフェイス画面

#### 4.2. 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 15(a)), 対象となる図形を選択する(図 15(b)). 運動錯視を発生させたい図柄が白になるよう 2 値化した画像を作成する(図 15(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 15(d)). また, 今回試作したツールではユーザが任意の色を着色することができる(図 15(e)). Ming-Te Chi らの報告から錯視輝度パターンの着色を CIE-L\*a\*b\*表

色系(図 16)を用いて行った. CIE-L\*a\*b\*表色系は CIE が均等知覚色空間の標準化のために推奨した表色系で人間の視覚を近似するように設計されている.

錯視輝度パターン of  $L^*$  値は {黒=0, 濃灰=25, 白=100, 薄灰=75} とした.  $a^*b^*$  値を用いて濃灰/薄灰の部分が補色の関係になるように着色する(図 17). 図 17(a)は  $a^*$  軸での断面図を示しており, 図 17(b)はモノクロの錯視輝度パターンとカラーの錯視輝度パターンの対応関係を示している. 錯視輝度パターンを構成する黒, 濃灰色, 白, 薄灰色を C0, C1, C2, C3 とする.  $a^*$  軸での断面において C1, C3 を補色関係にすることで錯視効果が強められる. 操作ボタン内にある  $a^*$  スライダー・ $b^*$  スライダーを調整することでユーザが任意の色を選択できる.

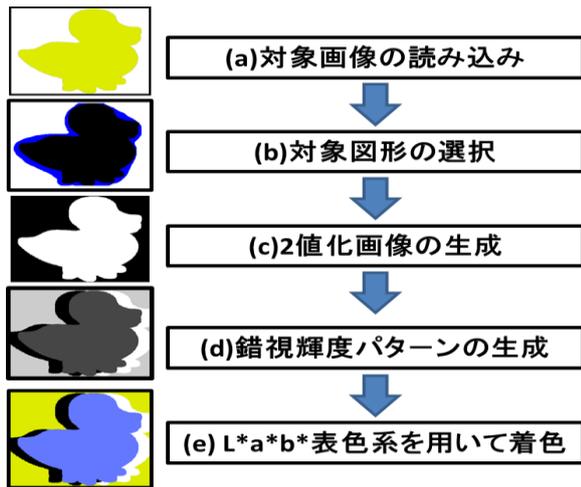


図 15. 錯視輝度パターン生成処理の流れ

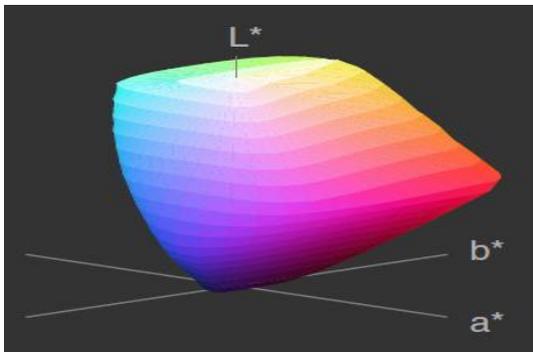
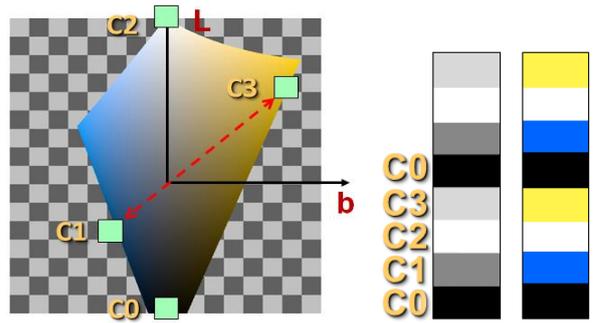


図 16. L\*a\*b\*表色系の概念図



(a) $a^*$ 軸での断面図 (b)モノクロ/カラーの対応関係

図 17. L\*a\*b\*表色系を用いた着色

### 4.3. 運動錯視図形生成

本ツールではブラシストロークに沿って錯視輝度パターンを描くことができる(図 18). ユーザが描くブラシストロークに対して法線ベクトル上に錯視輝度パターンを配置する. 配置する錯視輝度パターンは, Ming-Te Chi らの報告と著者らが行った調査結果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上下に1つずつ組み合わせた. また, 視野角のスライダーを調整することで錯視輝度パターンの描画サイズを変えられる(観察距離を 50cm として視野角 1~3°に調整できる). これによりユーザが運動錯視発生条件を気にせず自由に運動錯視図形を制作することができる.

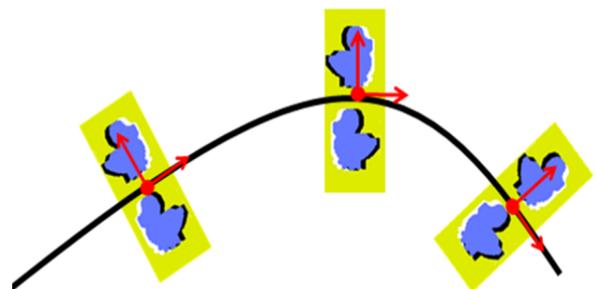
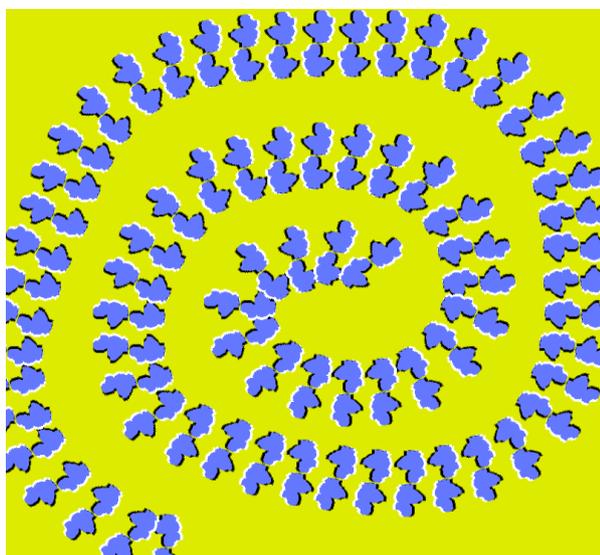


図 18. 法線ベクトル上に錯視輝度パターンを配置

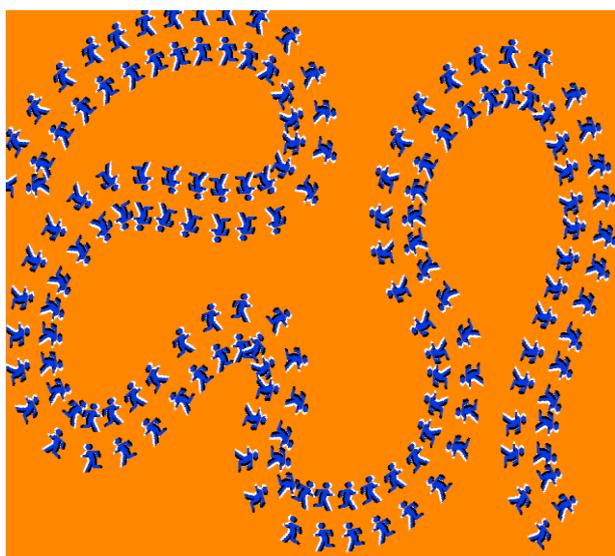
### 4.4. 制作した作品の評価

今回試作したツールを使用して運動錯視図形(図 19)を制作した. 任意の画像から錯視輝度パターンを生成し L\*a\*b\*表色系を用いて着色をする. ブラシス

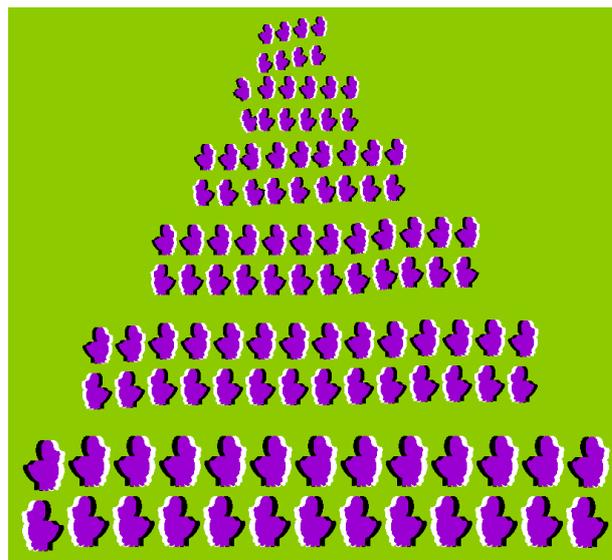
トロークに沿って自由に錯視輝度パターンを描くことができる。図 19(a)は 3.3 の実験で使用したアヒルの形状をした錯視輝度パターンを使用して渦巻を描いた。図 19(b)は走る人の図形を使用して制作した。図 19(c)は図 19(a)と同じくアヒルの形状で色を変えた錯視輝度パターンを使用した。大きさの違う錯視輝度パターンをピラミッド状に並べた。どの図形からも運動錯視効果を確認できた。図 19(b)は錯視輝度パターンの大きさが若干小さいためか錯視効果が弱く、大きさの違う錯視輝度パターンを組み合わせた図 19(c)は錯視効果が強い。



(a)作品例「うずまき」



(b)作品例「走る人」



(c)作品例「ピラミッド」

図 19. 試作したツールで制作した作品

## 5. おわりに

本研究では錯視への認識を深め普及するために、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、運動錯視図形が制作できる支援ツールを開発した。既存研究では錯視効果を発生させることに重点が置かれており、作品を制作することに制限があった。制作支援ツールとして実装することでユーザが自由に作品を制作できる。今後は制作支援ツールとしての機能を充実させたい。鮮明な錯視効果を発生させる事と作品制作の自由度にはトレードオフの関係が成り立っていると考えられる。ユーザが錯視効果の認知度合いを設定し、さらに独創的な作品が制作できるツールを開発したい。

## 参考文献

- [1] Al Seckel (原著), 坂根 徹夫 (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), p p.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] 神田尚希, 渡辺賢悟, 宮岡伸一郎:”トリックアート制作手法の検討”，第 27 回 NICOGRAPH 論文コンテスト,(2011)
- [5] A.Kitaoka, H.Ashida:“ Phenomenal characteristics of the Peripheral drift illusion”, VISION , Vol.15,No.4, pp.261-262, (2003)
- [6] 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)
- [7] 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)
- [8] 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)
- [9] 「北岡明佳の錯視のページ」  
< <http://www.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/> >  
(2012/3/13 アクセス)

### 神田 尚希



東京工科大学メディア学部メディア学科卒, 同大学院バイオ情報メディア研究科メディアサイエンス専攻博士前期課程在籍.

### 渡辺 賢悟



東京工科大学メディア学部メディア学科卒, 同大学院メディア学研究科博士前期課程修了. 東京工科大学片柳研究所メディアテクノロジーセンター嘱託研究員を経て, 個人事業によるアプリケーションコンテンツ開発に従事, 現職.

### 宮岡 伸一郎



東京工科大学メディア学部教授. 工学博士. 京都大学工学部数理工学科卒業, 同大学院工学研究科修士課程修了の後, 日立製作所に勤務. 同社システム開発研究所主任研究員, 独立しシステムコンサルタントを経て現職. イメージメディア技術関連の教育・研究に従事.