

戦略的創造研究推進事業 CREST
研究領域「数学と諸分野の協働による
ブレークスルーの探索」
研究課題「計算錯覚学の構築
―― 錯視の数理モデリングとその応用」

研究終了報告書

研究期間 平成22年10月～平成28年3月

研究代表者：杉原厚吉
(明治大学
研究・知財戦略機構、特任教授)

§ 1 研究実施の概要

(1) 実施概要

本チームは、3次元立体の錯視を主な対象とする杉原グループ、2次元図形の錯視を主な対象とする新井グループ、生体反応や図形の画質評価などを手がかりとして錯視を研究する山口グループの3つのグループによる構成で研究を推進した。

杉原グループは、数理工学者・メディア科学者・数理科学者が連携して、不可能立体とそのバリエーションを対象とした奥行き錯視、その実世界版とも言える道路環境における錯視、さらに現実の3次元世界で我々が受容する聴覚・味覚などの感覚も含む錯視を対象とし、そのメカニズムを探ると同時に、それを応用して、交通事故や渋滞の低減策の提言、メディアやエンタテインメントの新しい可能性の提案なども行ってきた。

新井グループは、数学者と心理学者が協働する形で、厳密な再構成が可能な独自の画像分解理論に基づいた新しい脳の視覚情報処理モデルの構築、それに基づいた幾何学的錯視等の構造解析・各種の錯視画像生成・各種の画像処理応用、心理学的な知見に基づいた錯視図形の生成・解析・新種発見などの活動を行ってきた。

山口グループは、図形科学者と認知科学者が協力する形で、ハイブリッド画像や視覚復号型暗号などの性能向上と多機能化、因果性や生物性の認知メカニズムの解明などを推進してきた。

それぞれのグループの研究に加えて、3つのグループが交流・協力することにより、次のような研究活動と成果も得られた。

第1に、研究活動スペースとして学外に確保したオフィスビルのフロアを、研究活動に支障の無い週末に一般公開する「錯覚美術館」としても活用し、本研究の中で生まれたメンバーの新しい錯視作品を中心に展示した。ここでは、計算錯覚学の目的や内容、さらに目でものを見るという視覚機能の解明に数学が役立っている姿を示すことができ、研究に対する一般の理解、数学分野への若者の興味喚起などの貢献もできた。さらに、この錯覚美術館は、我々からの情報発信の場としての初期の目的に加えて、来館者から錯視の事例や新しい研究テーマの芽を収集することのできる両方向の情報交換の場として機能することを発見し、それを活用することができた。

第2に、メンバーの英知を集めて、道路の錯視についての調査研究を行った。交通事故の直接の原因は当事者の前方不注意などであるが、その不注意を誘発する遠因として、道路状況が把握しにくいという広義の錯視が背景にあるという認識に基づいて、事故を誘発しかねない錯視事例をできるだけ多く集め、その低減策について検討した。この調査の中間報告の形で、冊子「道路の錯視とその低減対策」を編集・発行し、各方面へ配布した。これは、マスコミでも取り上げられ、事故防止のための注意喚起の役を果たせたと理解している。さらに、この冊子を元に、各都道府県の交通安全協会へ教材を提供している専門の出版社で、道路の錯視と交通事故との関連をまとめる小冊子の編集も進んでいる。この冊子は平成28年5月下旬に発行の予定である。

この成功に勇気づけられて、第3に、『写真の錯視と誇大広告防止』というコンセプトで、もう一つの合同調査研究も行った。これは、実際とは異なる印象を与える写真術が存在することに着目して、写真が商品の姿を確認する唯一の手段であるインターネットショッピングなどの場面で、消費者の誤解を招かないように何か提言できないかという目的でスタートさせたものである。しかし、こちらは、そもそも写真は現実の一側面を撮影者が主体的に捉えようとするものであること、そしてそれにとまなう表現の自由があることなどへの認識が深まり、単純な提言方向は見つからない段階で、検討を継続している。

第4に、半年に1回のペースで、『錯覚ワークショップ』という講演会シリーズを開催してきた。これは、五感の錯覚だけではなく、広告につられて不要な買い物をしたり、詐欺の被害に合ったりする社会行動に於ける錯覚も含めて、広い意味での錯覚現象の広がりを調査しようとするものである。それぞれのメンバーのネットワーク・研究交流実績を利用して、多様な錯覚の分

野と事例を発掘し、講師に招いて講演していただいた。さらにその1回は、錯視研究の心理学的アプローチと数理的アプローチの交流を目的とする国際研究集会の形で行い、併設の錯視展示とともに多数の参加者を集めた。この講演会シリーズによって、広い意味での錯覚科学という学術領域の姿を明確化できつつあると同時に、国内外の錯視研究者との密なネットワークの形成もできた。。

第5に、チームメンバーが研究の中で生み出してきた最先端の錯覚作品を錯覚美術館に集めて展示したこと、およびそれがテレビ・雑誌などに多数取り上げられたことなどがきっかけとなって、ミュージアム業界からの作品展示要請、出版業界からの錯視素材提供要請が急激に増え、錯覚ブームの様相を呈するまでになった。これも、本研究チームのメンバーの総体的活動の一つの副産物であると理解している。特に、「錯覚美術館」のロゴを明治大学が商標登録し、その商標の使用契約を結ぶ形で、2013年3月からイベント企画会社による錯覚美術館の地方巡回展示も始まっている。錯覚美術館本体は本年で閉館するが、その展示活動自体は地方巡回展示の形で継続されることになった。これもチームのメンバーの協力の一つ大きな成果であると言える。

ほかにも、本チーム活動を通して、メンバー相互の共同研究や相互刺激もたくさんある。たとえば、友枝と北岡研究室の共同研究による縦断勾配錯視模型を使った錯視緩和の試み、北岡と新井の静止画が動いて見える錯視の作り方を参考にした杉原の錯視図形制作簡易ソフトウェアなどがその例である。

(2) 顕著な成果

< 優れた基礎研究としての成果 >

1. 錯視をもたらす視覚の数理モデルの深化

概要:

人の視覚機能及びそれにともなつて生じる錯視という支配方程式が明確ではない現象に対して、本研究参加者が開発してきた数理モデリング手法を発展・進化させることができた。その中には、かざぐるまフレームレットを用いた錯視成分の検出と操作による錯視量の制御、視覚の周波数特性に基づいたハイブリッド画像のカラー化と動画化、直角優先最適化に基づいた投影逆変換の任意性除去などが含まれ、その独創性は、国際会議の基調講演者に招かれるなどによっても裏付けられている。

H. Arai: Mathematical models of visual information processing in the human brain and applications to image processing. Mathematical Progress in Expressive Image Synthesis, ML Lecture Note, vol. 50, 2013, pp. 84-89.

2. 新しい錯覚の発見と創作

概要:

色、形、動きなどに関する多様な錯視を発見・創作した。環境光の強さによって向きが反転する回転錯視、平行移動しているのに回転が見える錯視、実際とは逆向きの動きが見えるピジョンネック錯視、鏡に映すと姿が変わる変身立体、浮遊錯視生成原理に基づいた浮遊錯視作品群、色情報を利用したハイブリッド画像などが含まれる。ベスト錯覚コンテストにおいて、優勝 1 回、準優勝 1 回、ベストテン 1 回という国際的評価も得ている。

A. Kitaoka: Color-dependent motion illusions in stationary images and their phenomenal dimorphism. Perception, vol. 43, no. 9 (2014), pp. 914-925.

3. 視覚と錯視からヒントを得たロバスト計算原理の構築

概要:

解像度も処理速度も低いにもかかわらず大量の情報をうまく処理できる視覚の秘密の一つは、一旦判断したことはできるだけ覆さない性質からくることが錯視を観察すると推測できる。これをヒントに、数値誤差の含まれる環境でも安定に計算が進み、つじつまの合った結果を出すアルゴリズム設計原理を作ることができた。これは、本研究参加者の 1 人が従来から開発してきた位相優先計算法を補強・拡張するもので、基調講演への招待などによっても国際的に評価されている。

K. Sugihara: Computational geometry in the human brain. J. Akiyama et al. (eds.): Discrete and Computational Geometry and Graphics (LNCS 8845), Springer, 2014, pp. 145-160. (DOI: 10.1007/978-3-319-13287-7_13)

< 科学技術イノベーションに大きく寄与する成果 >

1. 脳内の視覚情報処理の数理モデルに基づいた錯視研究とデジタル画像処理

概要:

新井は独自に創った脳内のニューロンによる視覚情報処理の数学理論により錯視、画像処理に関する多くのエポックメイキングな発明を行い、特許群(発明者:新井・新井)が査定登録され(後述知財出願参照)、JST 知的財産戦略センターと協働し、発明者・JST・東京大学・企業の四者連携による数学イノベーションの次の二つの新しい道筋を実現した:特許技術に基づくデザイン作成によるライセンス、及び商業企画「ゆらりえ」(3.2 参照)。前者の一つは読売新聞、後者はビジネスニュース番組で大きく取り上げられた。

2. 調査報告「道路の錯視とその軽減対策」を通しての安全な交通環境整備のための提言

概要:

道路の状況を見誤る広い意味での錯視が、交通事故の遠因となっているのではないかとの認識に立って、交通状況を誤認しやすい道路環境例を収集し、調査報告冊子として発信した。そこには、ドライバーが道路の傾斜を逆に感じる錯視、上り坂の頂上の先の道路構造が見にくい例、左右を逆に感じやすいコーナーミラーなどが含まれる。これらの例は、各都道府県の交通安全協会で使用する教材用小冊子の一つとして取り上げられることも決まり、編集が進んでいる。

3. 錯覚美術館の運営とミュージアム業界・出版業界への錯視作品の提供

概要:

2002 年 5 月に、神田小川町に確保した研究活動スペースを利用して、研究で生まれてくる錯覚作品を毎週土曜日に一般公開する「錯覚美術館」を開設した。これは多くのマスコミでも紹介され、来館記帳者数は、2017 年 6 月末で 17,575 名(1 日平均 85 名)に達している。全国の科学館などでの錯覚関連展示への協力、書籍の執筆など、関連業界への作品提供でも実績を上げ、さらに、イベント企画会社による錯覚美術館地方巡回展示も実現している。

§ 2 研究実施体制

(1) 研究チームの体制について

①「杉原厚吉」グループ

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
杉原 厚吉	明治大学研究・知財戦略機構	教授	H22.10～
宮下 芳明	明治大学総合数理学部	教授	H22.10～
友枝 明保	明治大学・先端数理科学インスティテュート	研究推進員	H22.10～H23.3
友枝 明保	明治大学・先端数理科学インスティテュート	特任講師	H23.4～H26.3
中村 裕美	明治大学・理工学研究科	博士後期課程	H23.4～H26.3
山中 祥太	明治大学・理工学研究科	博士後期課程	H25.4～H28.3
木下 修一	明治大学・先端数理科学インスティテュート	研究推進員	H23.10～H26.3
中益 朗子	明治大学・先端数理科学インスティテュート	研究推進員	H23.10～H24.3
岡嶋 亮子	明治大学・先端数理科学インスティテュート	研究推進員	H23.10～H25.3
今 隆助	明治大学・先端数理科学インスティテュート	研究推進員	H23.10～H24.3
小林 奈央樹	明治大学・先端数理科学インスティテュート	研究推進員	H24.4～H25.3
出原 浩史	明治大学・先端数理科学インスティテュート	研究推進員	H25.4～H25.9
友枝 明保	武蔵野大学工学部	准教授	H26.4～H28.3
近藤 信太郎	明治大学・先端数理科学インスティテュート	研究推進員	H26.4～H28.3
中村 美恵子	明治大学・先端数理科学インスティテュート	客員研究員	H26.4～H28.3
物部 治徳	明治大学・先端数理科学インスティテュート	研究推進員	H26.4～H27.12
須志田 隆道	明治大学・先端数理科学インスティテュート	研究推進員	H27.4～H27.12

研究項目

- ・ 立体錯視の数理モデリングとその応用

②「新井仁之」グループ

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
新井 仁之	東京大学大学院数理科学研究科	教授	H22.10～
北岡 明佳	立命館大学文学部	教授	H22.10～
浅井 智朗	東京大学大学院数理科学研究科 付属数理科学連携基盤センター	特任研究員	H26.4～H27.1

高村 正志	同上	特任研究員	H27.6～
水藤 寛	岡山大学大学院環境学研究科	教授	H23.6～H26.8
角田 博子	聖路加国際病院放射線科	医長	H23.6～H26.8
植田 琢也	同上	医幹	H23.6～H26.8

研究項目

- ・ 数学と知覚心理学の協働による視覚・錯視のメカニズムの解明

③山口泰」グループ

研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
山口 泰	東京大学総合文化研究科	教授	H22.10～
植田 一博	同上	教授	H22.10～
福田 玄明	同上	学術支援職員	H22.10～H23.3
同上	同上	研究補助員	H23.4～H24.3
同上	理化学研究所脳科学総合研究センター	研究員	H24.4～H25.3
同上	東京大学総合文化研究科	助教	H25.4～H28.3
鈴木 裕一	同上	博士課程学生	H22.10～H23.3
Peeraya Sripian	同上	同上	H22.10～H25.3
同上	King Mongkut's University of Technology Thonburi	講師	H25.7～H28.3
孫 涛	東京大学総合文化研究科	博士課程学生	H22.10～H25.3
谷田川 達也	同上	同上	H24.4～H27.3
同上	学術振興会	特別研究員	H27.4～H28.3
山田 歩	東京大学総合文化研究科	研究補助員	H24.4～H25.9
同上	帝塚山大学経営学部	講師	H25.10～H26.3
藤堂 英樹	東京大学総合文化研究科	特任研究員	H25.12～H28.3
上田 大志	同上	同上	H26.4～H27.3
同上	NTT コミュニケーションズ 科学基礎研究所	リサーチアソシエイト	H27.4～H28.3

研究項目

- ・ 錯視現象に伴う生体反応計測とその応用

(2)国内外の研究者や産業界等との連携によるネットワーク形成の状況について

山口グループでは、研究項目「イラスト画像のリライティングとアニメーション」を実施するにあたって、レイヤーアニメーションのソフトウェア開発で当該分野をリードしている株式会社 Liev2D から開発キットを無償提供してもらい共同研究を行っている。

チーム全体では、民間のイベント企画会社(複数社)と研究代表者が所属する明治大学との間で「錯覚美術館」ロゴの使用契約という形で錯覚美術館の地方巡回展示体制が整い、3年以上の実績を作っている。これらの企画会社へは、研究成果の継続的な供給ができており、研究成果の展示を通して研究内容の啓蒙活動に貢献できている。

また半年に 1 回のペースで本研究チームが主催して行った錯覚ワークショップのシリーズを通して、全国の錯覚研究者との研究交流ネットワークを作ることができ、本分野の新しい研究プロジェクトの提案活動や研究者の継続的交流を通して、ますます密度の濃いネットワークへ進化しつつある。

§ 3 研究実施内容及び成果

3. 1 立体錯視の数理モデリングとその応用(明治大学 杉原グループ)

(1)研究実施内容及び成果

網膜像からそこに映っている立体や環境の奥行きを読み取る人の視覚機能に焦点を合わせ、数理モデリングによってその仕組みを理解し、それを利用して望みのものを作ったり、望みの環境を整備したりする方法論の確立を目指した。

杉原は、画像から立体を読み取る数理モデルを、(1)立体構造の候補を得る定性的解析、(2)その候補が正しい解釈か否かを判定する幾何学的解析、(3)正しいと判定できたとき、人と同じように奥行きを知覚する最適化処理の3つの処理段階を組み合わせて作ることができた。第1段階の処理は、画像に映っている立体の頂点・稜線・面の接続関係を推測するもので、これにはコンピュータビジョンの分野で長く研究されてきた線画解釈の方法が適用できる。第2段階の処理によって、不可能立体の絵と呼ばれるだまし絵の中から立体として作れるものを選別でき、第3段階の処理によって、人の視覚を欺く錯視立体の設計法を確立できた。この数理モデルを基盤として、立体が正しく知覚される場合と誤って知覚される場合の違いを明らかにし、そこから推測される立体錯視を検証することによって、多くの立体錯視の新種を発見できた。

その主なものを大きく分類すると3種類に分けられる。その第1は、本研究のスタート前から創作してきただまし絵を実現する「だまし絵立体」で、これは、第1世代の不可能立体とみなすことができる。その第2は、本研究の中で進化させてきた「不可能モーション」錯視をもたらす立体で、これは第2世代の不可能立体と呼ぶことができる。その第3は、本研究の中で新しく発見した「変身立体」である。これは、立体とそれを鏡に映した姿とがまったく異なって見えるという錯視を生じるもので、第3世代の不可能立体と呼ぶことができる。

特に変身立体は、本研究の中で新しく生まれた立体錯視のクラスである。画像には奥行きの情報が無いこと、二つの方向から見た形を与えると立体が一義に決まることは、図形科学の分野で古くからよく知られた数理的知見である。これに加えて、長さ一定の線分を方向を変えないで空間を動かしたとき掃出す立体は、柱体に見え、その端の曲線が柱体の軸に直交する平面で切断した切り口と知覚されるという視覚心理学的知見を組み込むことによって、二つの方向からそれぞれ望みの形に見える立体を設計するアルゴリズムを構成できた。最初に与える二つの図形から、それらを同時に満たす変身立体が作れるための条件も明らかにした。条件を満たす二つの図形を与えると、変身立体を計算することができる。

この変身立体には、多くのバリエーションを見つけることができた。鏡の中では形がまったく違って見えるもの、上下が反転して見えるもの、左右が反転して見えるもの、平行移動したように見えるもの、90度回転したように見えるものなどである。変身立体作品の一つである「変身するガレージ屋根」は、2015年の **Best Illusion of the Year Contest** で準優勝することができた。さらに最近では、鏡に映すと一部が消える立体や無かった部分が現れる立体(これには透身立体という名称をつけた)や鏡に映すともとの立体のトポロジー不変性が保たれないように見える立体(これにはトポロジー攪乱立体という名称をつけた)などのバリエーションの創作にも成功している。

これらすべての不可能立体の創作の基本は、1枚の画像には奥行きの情報が含まれていないという数理的性質と、画像から奥行きを読み取る人の脳は、直角の多い立体や対称性の高い立体を優先するという視覚心理学的観察を組み合わせた結果である。このように、これらが共通の立体知覚モデルから生まれたという意味で、数理モデルの有用性・多産性を示すこともできた。さらに、直角は多いが対称性の低い立体と、対称性は高いが直角の少ない立体を錯視によって知覚する場合を比較することによって、人の脳は、対称性より直角をより優先する傾向が強いことも確かめられた。

変身立体錯視現象の観察から、人の両眼立体視の性質についても考察することができた。人は両眼立体視が得意である。右目で捉えた画像と左目で捉えた画像を総合することにより、立体まで

の距離を知覚できる。数理的にはこれは三角測量の原理と同じである。一方、立体を直接見た姿と鏡に映した姿を1枚の画像の中に共存させたのが変身立体の一つの表現であり、そこには二つの方向からの見え方が与えられているという意味で、数理的に両眼立体視と同じだけの情報量が画像に含まれている。しかし、両眼立体視の場合とは違って、人は変身立体の画像から立体の本当の形を推測することはほとんどできない。二つの違う形を知覚しながら、そんなはずはないと思うだけで、脳活動は止まってしまう。このように二つの方向からの画像が与えられているという同じ状況にもかかわらず、両眼立体視の場合は容易に三角測量ができるのに対して、変身立体の場合は、二つの形が知覚されるという錯視が起こったところから先へ進むことができない。

この違いは、生物の進化の時間の違いと解釈できる。生物が形を捉えることのできる目を二つ獲得したのは、カンブリア紀中期といわれている。それから約5億年かけて両眼立体視の機能は進化してきたのであろう。それに対して、写真技術が生まれたのは数百年前であり、写真から立体を読み取るいわば単眼立体視の機能は、たかだか数百年しか進化の機会とは与えられていない。そのため、進化に必要な時間が足りず、1枚の画像の中に二つの方向からの立体の姿が含まれていても、立体を正しく知覚することができない。これが、変身立体錯視が起こる理由だと考えられる。このことから、テレビや映画を含む映像文明に囲まれた私たちの現代生活が、映像を通して立体形状を伝える場面では大変な危うさを含んでいることも明らかになる。

人の視覚は、コンピュータと比べて、得られる画像の解像度が低く、その情報を処理する速度も低いのに、通常は、安定して立体を認識できている。そのようなロバスト性がどこから生まれてくるかを明らかにすることは、人の知覚を理解する上でも、また、それを利用してコンピュータでの知覚情報処理のロバスト性を確保するためにも、重要な課題である。これに対する一つの答えは、立体錯視を観察することによって得られる。不可能モーションや変身立体の錯視においては、立体を色々な方向から眺めて本当の立体の形を理解したあとでも、特別の視点から眺めると、再度錯覚が起こる。このことから、人の視覚は、画像の中の個別の情報に対する判断を一旦下したあとは、それが正しいものだと信じて、次の処理はそれとつじつまを合わせるようにするという特徴を持っていることがわかる。

この一旦下した判断に固執し、容易には撤回しないで、その判断とつじつまの合う次の判断を探すという情報処理方式は、幾何情報を処理する一般のアルゴリズムに対してロバスト性を確保する戦略としても用いることができる。幾何要素間の接続構造に対するある判定がイエスかノーかは、精度の低い数値計算では正しく判断することが難しい場合がある。そのときは、イエスでもノーでもどちらも解釈可能であり、人の視覚とおなじように、その解釈を正しいと信じて、それとつじつまの合うように残りの判断を下せば、幾何情報処理は破綻しないであろう。この方針で、ロバストな幾何計算アルゴリズムを設計することができる。これは、杉原が以前から提案している位相優先法というロバスト幾何計算アルゴリズム設計法を拡張した原理とみなすことができる。

このロバスト幾何アルゴリズム設計原理を、直線骨格線の構成アルゴリズムに応用して、その性能を確かめることができた。直線骨格線とは、多角形の骨格線の形を折れ線で表現する幾何概念である。これを実際に計算する場面で、骨格線の支流がどのように合流するかに関して退化に近い微妙な場面では、どちらと判断しても実質的には大差ないのであるが、通常のアルゴリズムでは、それをどうするかもしっかり書かなければならない。しかし、精度が有限では正しい判断は保証されず、計算が破綻する危険性を持っている。それに対して、ここで成果として得られた方針は、微妙な場面では可能な選択の一つを採用し、一旦下した判断は曲げず、他の処理をそれに合わせる形で最終の計算結果を出力するというものである。具体的には、骨格線の支流の接続構造は、それと矛盾しない範囲でのみ決定する。この方法で作成したソフトウェアは、高度なロバスト性をもち、どれほど精度の低い計算環境で走らせても、それなりに良い近似としての計算結果を常に安定して出力できるようになった。

多角形の直線骨格線をこのように安定に計算する方法を開発できたために、それを応用して、幾何学的錯視の多くを統一的に説明する数理モデルを作って実証することもできた。このモデルでは、線で構成された図形に対して、それを見た視覚システムは網膜の解像度の有限性からぼけて面積を持った図形として受容し、その図形の骨格線を知覚するという情報処理を仮定する。一般に曲線や枝分かれした線は、ぼかしてその骨格線を抽出すると、元の線図形からずれる。このずれ

が、知覚の際に錯視となって現れるとみなす。特に、線が湾曲したり、角を持って方向を変えたりする場所では、ぼかした図形の骨格線は、元の図形から角度の小さい側にずれる。また、二つの線が交差する場所では、ぼかした図形の骨格線は、鋭角側にずれた二つの交点とそれをつなぐ線分に分離する。これによって、古典的な2次元図形の幾何学的錯視の多くを統一的に説明できた。その中には、ツェルナー錯視、ポグゲンドルフ錯視、ミュラー・リヤー錯視、ヘリング錯視、ポンゾ錯視、ヴェンド錯視などが含まれる。

2001年に Anstis が発見したフットステップ錯視を応用して、錯視アートとしての動画を作る研究を研究室の学生の小野および友枝と共同して行った。フットステップ錯視とは、等速で平行移動する長方形の図形が、ストライプの前を通るとき、動いたり止まったりしたり、伸びたり縮んだりして見える現象である。錯視のパターンとタイミングが起こる規則を、図形とストライプの幾何学的配置として分類し、それを組み合わせて望みの動きを作るという方法をとった。詳しい記述は友枝の成果に含まれている。

静止画が動いて見える錯視について、その簡易な描画法をまとめることができた。これは、古典的なオオウチ錯視、新井の浮遊錯視図形制作法、北岡のドリフト図形の制作法などを参考に、そこからお絵かきソフトでも描ける部分を取り出してまとめたものである。その基本原理は、次の通りである。第1に、網膜はいつもランダムに細かく振動している。これは、センサーとしての網膜は同じところで光を受け続けていると感度が低下するため、それを防ぐように場所を変えながら光を受けられるよう進化した結果と考えられている。第2に、動きを検出する脳のニューロンは、網膜領域の狭い範囲をそれぞれ受け持つために、その領域の外まで伸びた線が動いたとき、その線に垂直な動きの成分しか検出できない。この限界は窓枠問題と呼ばれている。そのため、主要なエッジ成分が同じ方向にそろったパターンをある領域に与え、それと垂直なエッジ成分を持つパターンを残りの領域に与えると、ニューロンが検出する動き成分が直交するため、分離してふらふら動くように知覚される。これが、静止画が動いて見える錯視図形を描くための基本原理である。

この基本原理に加えて、次のような工夫を加えることによって、錯視効果を増加させることができる。第1に、領域を覆うパターンはエッジ方向がそろいすぎない方がよい。なぜなら、動きを検出するニューロンは、方向選択性強いので、一つの方向のエッジしかないと、それに垂直な方向を受け持つニューロンだけが発火することになるからである。一つの方向を中心としてその周辺である程度の幅を持ったエッジ方向を混在させると、より多くの動き検出ニューロンが発火するため、錯視が強くなると考えられる。第2に、エッジはあまり長すぎない方がよい。窓枠問題を素朴に考えると、エッジの端点ができるだけ存在しない方がよいと想像できるが、実際には、長いエッジより短いエッジの方が錯視は強くなることが観察される。これは、一つのニューロンの興奮が、その周辺のニューロンの興奮を抑制する側抑制効果が原因であると考えられる。以上の二つを総合すると、領域に与えるパターンは、エッジ方向がある範囲の幅を持って揺らぎ、さらにエッジ自体の長さがあまり長くないものであることが、錯視を強める効果を持つ。

このように、ニューロンの働きに関する脳科学的知見を利用しながら、図形に対してどのように反応するかの数値モデルを作り、それに基づいて錯視図形を作ることが、簡易なお絵かきソフトでもできるようになった。

宮下は、錯覚のメディア応用に関する研究に取り組んできた。計算錯覚学はそのコンセプトの時点で、錯視量の最大化による新メディア表現(新しいエンタテインメントや芸術表現)、そして触覚・味覚・嗅覚・聴覚を含む人の五感に関する他の錯覚を含む横断性が提唱している。

そもそもメディア技術は、実際にはないはずの感覚を、あるように感じさせる技術であり、錯覚の応用そのものであると考えられる。代表的なメディアであるテレビや電話を考えてみても、そこにはないはずの景色を感じたり、そこにいないはずの人の存在感を感じたりすべく開発されている。以下、それぞれの領域において、錯覚のメディア応用を試み、それぞれ成果を得たことを報告する。

(1)コンピュータグラフィックスへの応用：不可能立体を含むシーンをレイトラシング法によってレンダリングし写実的な画像を生成する手法を提案した。また、モデリングからレンダリングまでの一連の作業を行うことの出来るシステムを制作し、ユーザが簡単かつ効率的に不可能立体の表現が行える枠組みを構築した。

(2)拡張現実感(AR)への応用: M.C.Escher の絵画に見られるような錯視を応用した不可能立体を 3DCG として拡張現実感的に表示するシステムを提案した。オブジェクトが描画されている面と面が重なり合っている部分に処理を施し、その奥行きを逆転させる操作をリアルタイムで行いながら AR マーカ上に重畳表示させることに成功した。

(3)錯覚コンテンツの制作支援: 隠し絵を描くためには人間の知覚的特性を理解し、更にそれを利用して絵画を描く技術が必要である。そのため、一般の人々にとって隠し絵は決して「描いて」楽しむものでなく、見て楽しむだけの存在となってしまう。そこで誰もが簡単に隠し絵を描くことのできる隠し絵作成システムを提案した。本システムは、ベクタードローツールに当たり判定をもったアンカーポイントを導入することで、描画した図形を吸着・変形させ図地反転が起きる状況を生み出す隠し絵作成を行える。

(4) 日常生活における錯覚応用: ラッピングにおいて大きさの見誤りによる失敗を減らすために、折り線を提示した包装紙を出力するシステムの研究開発を行った。本研究では、販売店などで実際に行われているラッピング方法の展開図を用いてモデル化しラッピングすべき対象物が包装可能か判定する手法を提案した。また、錯覚現象である主観的輪郭を応用して「包み手にとってわかりやすく」「もらう人にとって気付きにくい」折り線の提示し、実際にユーザがラッピングをする際に、正しい位置からずれていると容易に判断できる包装紙も設計した。

(5) 聴覚における錯覚の応用: 拡張現実感とは、カメラで撮影している映像に仮想オブジェクトが「そこにある」かのように錯覚させることが目的である。そのオブジェクトが音を発する場合、オブジェクトが「そこにある」ならば、「そこ」から音が聞こえる方が自然だと考えた。そこで、スピーカ付きのマーカを複数用い、いかにもオブジェクトのいる位置から音が鳴っているかのような音場を提示することで、オブジェクトの存在感を強調するシステムを提案した。

(6) 理解・記憶を促すインタフェース: 図形や色などの視覚的な情報が知覚的に解釈される現象を応用し、後から見返した時でも印象に残る講義ノートを作成できる、「知覚的解釈を促すノートツール」の開発を行った。また、家計簿における金額の大小を理解・記憶するための支援として、金額を図形の面積で表示することにより、その大きさやそれぞれの関係を実感するためのシステムを提案した。

(7) 身体の延長としての GUI、および操作感の研究: ユーザの操作にアニメーションを付加することによって、ドラッグの操作感に影響を与える手法を探求した。操作感を変更する先行研究として、視覚情報によって触覚情報を提示する「擬似触覚フィードバック」があげられる。この方法は、操作対象となるディスプレイ上のオブジェクトの動きにノイズのような変化を乗せることで実現される。変化が加えられることで、ユーザが操作の結果として感じる体の動きとディスプレイ上のオブジェクトの動きとの間に矛盾が生じるが、このような状況下では視覚による情報が優勢になることが知られている。つまり、視覚情報に整合するように、ディスプレイ上の変化が触覚に対して影響を与える。これによって、例えば、ファイルアイコンを移動する際の重量感やオブジェクトの表面情報を表現することができるため、GUI(Graphical User Interface)環境における操作感を充実させることに成功しているといえる。しかし、ユーザの操作に連動する対象に変化を加えるということは、操作時間や正確さといった GUI 環境における「操作性」に影響を与え得るといえるだろう。「操作感」を拡張して新たな情報提示を行う一方で、操作に時間がかかったり、思うように操作できなかったりする状況が生まれてくる。そこで、ユーザの操作に連動する対象には変化を加えずに、操作後に付加されるアニメーションによって操作感を変化させること目的とし、ユーザの操作軌跡を利用したアニメーションをデザインし、具体的な操作感として「ドラッグ操作の重量感」を取り上げて評価実験を行った。実験結果より、ユーザの操作を追いかける方向に高速に移動するアニメーションの付加によって、有意に軽い操作感を提示できることが明らかとなった。

(8) 文字コンテンツへの応用: ウェブ上のテキストコンテンツの閲覧における否定的な感情の伝染を防止するため、テキストコンテンツの換言によって印象を錯覚させる手法を提案した。その換言手法として、感情値を変更する換言(婉曲化、リフレーミング、文末表現変更、誇張表現)や、内容の信頼性を低下させる換言(文字化け、誤変換、むやみなカタカナ語、文末で茶々を入れて腰砕けにする)。また、閲覧者の気持ちを代弁するような換言を提案した。それらをウェブコンテンツ適用するための試作システムでは、換言に段階を設定し、テキストによる不快感レベルを制御可能

にした。

(9) 嗅覚・触覚・温度感覚への応用：プレゼンテーションの時間感覚提示に嗅覚を応用する実験や、インターネット生放送における視聴者の視線を放射熱によって伝達しリアルタイムに温度感覚に訴える研究などを行ってきた。

(10) 味覚への応用：舌へ陰極刺激提示を行うと、刺激提示中は塩味が阻害されるが、刺激を停止した後は「塩味をさらに強く感じさせる」錯覚効果があることが **Hettinger** らの研究で明らかになっている。この知見を応用し、減塩を支援するシステムを構築した。提案システムは食器（ストローまたはフォーク）と一体化した陰極刺激付加装置をもち、さらに飲食行動検知機構を備えている。飲食行動を検知すると、食品を媒介としてユーザの舌に陰極刺激を付加し、その後停止する。ユーザは、刺激停止後に塩味が強まったような感覚を得られる。このため、塩味の物足りない食事であっても、新たに塩分を付加せずにその感覚を増強することができ、過剰な塩分摂取を防ぐことができる。

以上のように、様々な感覚における錯覚現象を、日常生活に直接結びつけたシーンから計算機上の仮想空間、あるいはコンピュータの操作インタフェースといった領域にまで応用可能であることを実証できたと考えている。

友枝は、(1)サグ部での自然渋滞を引き起こす一つの要因と考えられる縦断勾配錯視を解消する方策とその検証、(2)ホロウマスク型錯視立体の数理的創作、(3)フットステップ錯視アート、およびその拡張としてのピジョンネック錯視の発見、(4)駐車場における車両事故の検証とドライビングレッスンフレームワークの立案、に関する研究を中心に進めてきた。

(1)については、ドライバーが上り坂を正しく認識できないことによって、サグ部で自然渋滞が発生している点に注目し、さらに、サグ部では、「縦断勾配錯視」の生じる構造が潜んでいることから、特に、縦断勾配錯視を解消し、正しく道路傾斜を認識できる方策を考案した。縦断勾配錯視は、道路傾斜の判断基準となる明示的な水平線が無いことによって生じていると考えられるため、壁面に判断基準となるストライプ線を入れるという方法である。この方策については、イラストを用いたアンケート調査およびその分散分析によって、道路傾斜の認識を変化させるために極めて有効であることが示された。さらに、この成果により一宮 JCT における渋滞対策の一つとして NEXCO 総研のドライビングシミュレーターに実装していただき、その有効性をさらに検証する機会を得ることができた。この検証結果として、渋滞対策という側面では、他の渋滞対策と大きな差は得られず、特に、被験者（サンプル数 20 名）にとっては、何も対策をしない場合が最も速度を上げたく感じるという結果が得られた。ただ一方で、速度抑制対策としては、既存の方法と比較して、同等あるいはそれ以上に有効であることが示された。

(2)については、ホロウマスク錯視と呼ばれる錯視に関する研究であり、ホロウマスク錯視の特徴であるマスクが回転して見える錯視現象について、その回転速度を数理的に明らかにした。また、線分ボロノイ図を用いることにより、ホロウマスク型の新しい錯視立体（「矢印の幻惑」（友枝、杉原：2012）など）を数理的に構築することに成功した。さらに、ホロウマスク錯視のように立体の凹凸が反転する錯視については、立体が示す陰影がキーとなっており、拡散反射を仮定した状況下での陰影計算を行うことにより、平面デザインを立体に見せることに成功し、この成果を示す作品（「はぐれ矢印」（友枝、小野、杉原：2013））も創作した。

(3)については、フットステップ錯視と呼ばれる錯視に関する研究である。フットステップ錯視は、ストライプの上をオブジェクトが動くとき、オブジェクトと背景のコントラスト差が少なくなるところでは、あたかも止まって見えるという錯視である。この錯視のキーは、オブジェクトと背景とのコントラスト差にあり、ストライプの幅とオブジェクトの幅の関係を計算することにより、止まっている時間が最も長くなるような設定を導くことに成功し、これは最も錯視の効果が大きくなる設定を得ることに成功したと言える。二つのオブジェクトがある場合に対して、同じように計算によって振る舞いを分類することにより、動きの基本パーツが得られ、フットステップ錯視アートを創作することにも成功した。このフットステップ錯視アート作品は、2013 年の世界ベスト錯覚コンテストにおいて最優秀賞に輝いた。また、このフットステップ錯視アートは時計のデザインに応用することができ、「時計装置及び時計プログラム」という発明名称で特許出願もしている（2 件）。さらに、フットステップ錯視の拡張として、

中間色を用いることで、オブジェクトがあたかも戻って見えることを発見し、特に幅のある状況でも同じ効果が得られるという新しい発見をし、これらの錯視を利用した「ピジョンネック錯視」(小野, 友枝, 杉原:2014)も創作した。これらの作品群は、2014 年の世界ベスト錯覚コンテストにおいてトップ 10 に選ばれている。

(4)については、まず、Times24(株)の駐車場内の事故原因を特定する研究を行った。特に、TS 横浜山下町、TS ココロット鶴ヶ峰、町田市民病院駐車場、立川市営駐車場のそれぞれにおいて、現場調査を行い、ガイドラインと駐車場構造との関係といった観点から問題点・解決策を提示した。さらに、タイムズステーション池袋で行った発券機への寄り付き状況を明らかにする研究については、各車両の発券機に対する進入速度が明らかとなり、発券機の設置角度を提案することができた。一方で、駐車時の事故を減らすためのドライバー教育の場として、タイムズドライビングレッスンというフレームワークも構築した。具体的には、駐車時のモニタリング方法、車幅・後方間隔のテスト方法などである。これらの提案・議論を元に、現在日本全国でタイムズレッスンという形で随時開催されている。さらに、駐車時の事故を解消するため、さらに、レッスン生の特徴を定量的に明らかにするため、駐車場における車室のどこに止まったかを推定する方法を構築中であり、本研究は Times24(株)社に研究費をサポートしていただく共同研究の形へと発展し、進行中である。

3. 2 数学と知覚心理学の協働による視覚・錯視のメカニズムの解明(東京大学 新井グループ)

(1) 研究実施内容及び成果

脳内の視覚情報処理の数理モデル、錯視現象の数理モデル、錯視の知覚心理学的研究をすすめ、錯視の機序に関する研究、応用研究、また社会に役立つ技術開発などを目指して研究を行った。本グループの研究者による主な実施内容・成果を研究者別に記す。

【新井仁之による研究成果】

新井は、幾何学的錯視の構造解析、脳内の視覚情報処理の数理モデルを用いたカラー画像の鮮鋭化、新しいタイプのエッジ検出、立体エッジ検出、ノイズ低減、輪郭線抽出などの画像処理技術、視覚に関する神経細胞に関する最近の成果を組み込んだ色知覚の数理モデルによる対比錯視のシミュレーション、色の対比知覚の逆問題の解決、2次元デジタルフィルタの全く新しい設計方法、文字列傾斜錯視の自動生成技術の開発、スーパーハイブリッド画像の開発などの研究成果を得た。これらのうち、多くの成果に関して特許を出願し、査定登録された。また、その特許のうちの何件かはライセンスされ、研究成果による商品販売にも繋がった。詳しくは後述するが新しい形態のビジネス企画「ゆらりえ/YURARIE」がスタートした。以下にこれらの概要を A1～A12 の項目に分けて記す。

A1. 脳内の視覚情報処理の数理モデルの構築に関する新井による新しいアイデア。

新井は「さきがけ研究」において、かざぐるまフレームレットという新しい数学的道具を創出した。これはコンパクト台を有するタイトフレームレットの一つであるが、視覚の数理モデル研究に適するように設計されている。さきがけ～CREST ではかざぐるまフレームレットを用いて、視覚情報処理の数理モデルを次のような新しい発想で構築した。まずかざぐるまフレームレットを用いてフィルタバンクを作る。これは完全再構成性を有する。人の視覚は錯視を起こすことから分かるように、不完全再構成である。従来の視覚情報処理の数理モデル研究では通常、直接的にこの不完全性を再現するモデルを作った。しかし、この方法の一つのデメリットは、特定の視覚機能または錯視のアドホックなモデルになってしまうことが往々にしてあることであった。この問題点を克服するために新井が考案した方法は、直接、不完全性を目指すのではなく、まず完全性を有するシステムを作成し、それに脳科学、神経科学、知覚心理学等の知見を取り入れて人の視覚の不完全性を付加し、数理モデルを構成するというものである。完全性を有するシステムを「基盤モデル」と呼ぶ。基盤モデルは視覚に関連するニューロンの働きを模してはいるが、視覚の数理モデルにはなっていない。こ

れに脳科学的・神経科学的な様々な非線形的・大域的情報処理を組み込んで「視覚情報処理の非線形モデル」(あるいは単に「視覚情報処理の数理モデル」)を作成した。考案したこのアイデアは非常に有効で、錯視科学上、あるいは画像処理技術上の多くの成果を生み出した。その成果の一部により A2～A8 で記すように複数の特許も取得した。

A2. 脳内の視覚情報処理の数理モデルによる画像処理(その1 鮮鋭化)

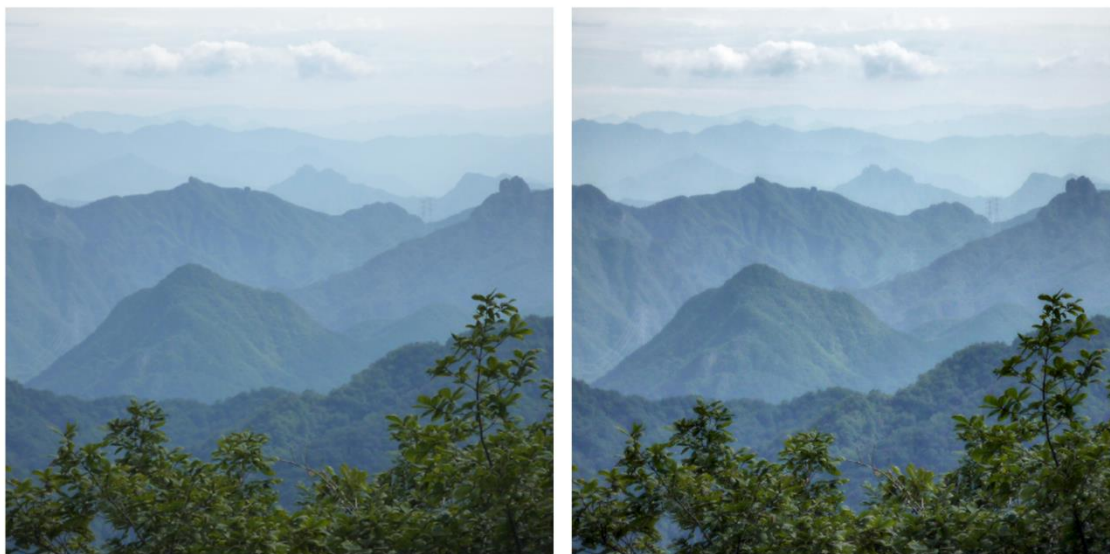
新井による脳内の視覚情報処理の数理モデルを使って、大別して次の二つのタイプの画像処理技術を開発した。

(i) 人の視覚に優しい画像処理

(ii) 人の視覚の機能の一部を強化・特化させた画像処理

人の視覚情報処理の数理モデルに基づく画像処理であるため、(i)が可能になる。ところで、今回考案の方法(A1 参照)の利点の一つは、基盤モデルに加える処理は必ずしも人の視覚機能を模したものである必要がないことである。即ち、人の視覚機能を超えた処理を付加して、かざるまフレームレットを基軸にした人の視覚を超えた新種の数理システムを構築することも可能である。これを実現したのが(ii)の技術である(A5, A4も参照)。

初めに (i)について述べる。まず色知覚の脳内の神経細胞による或る情報処理の数理モデルを作成した。それにより、さまざまな明暗に関する錯視、色対比の錯視の精緻なシミュレーションができ、さらにある種の幾何学的錯視の非線形解析も可能になった。本稿ではこの数理モデルを実装したコンピュータに、錯視画像ではなく、自然画像を入力した結果について記す。例として図 a1 左図を入力する。すると、そのコンピュータは自然な鮮鋭化をした画像(図 a1 右図)を出力する。



© Hitoshi Arai and Shinobu Arai, 2013.

図 a1. 左:原画像、右:本技術による鮮鋭化。本報告書の印刷、公開版画像圧縮等の為成果が分かりづらいこともある。

図 a1 左図は山の風景のやや不鮮明なカラー画像である。一方、出力画像(図 a1 右図)では山肌、その上の細かい木々、遠くの山の稜線、雲などが鮮鋭化され、しかも画像全体は不自然な処理がされていない。これは、従来の画像処理ソフトウェアによる鮮鋭化とは大きく異なるタイプのカラー画像の鮮鋭化である(比較の詳細は下記特許明細書参照)。本成果による処理は、人が強調して見たいところを自動的に鮮鋭化するものとなっていて、人の視覚に優しい鮮鋭化処理であると言える。更に前述(ii)の範疇に入るが、鮮鋭化に特化したシステムの設計もできる。(以上の成果は特許第 5599520 号(新井・新井)。)

A3. 脳内の視覚情報処理の数理モデルによる画像処理(その2 色知覚の逆問題)

脳内の視覚情報処理の新井による数理モデルは、色の対比錯視において、与えられた背景上でどのような色に見えるのかも A2 で述べた処理と同時に自動的に算出する。なお色知覚には個

人差があるが、本数理モデルは個人差もパラメータとして組み込んでいる。さらにこの数理モデルにより、色対比に関して、与えられた背景上でクライアントの望む色に見えるためには元々どのような色にすれば良いかも算出することができる。これは色の対比知覚の逆問題を解決している。(以上の成果は特許 5622971 号(新井・新井)。)

A4. 脳内の視覚情報処理の数理モデルによる画像処理(その 3 フィルタの新設計法)

新井による基盤モデルを用いて、有限長 2 次元デジタルフィルタの全く新しい設計法を考案した。基盤モデルは脳内のある種の神経細胞による情報処理を模したものであるため、人の視覚機能の一部を再現するようなデジタルフィルタの設計が可能である。さらに、人の視覚機能の一部を強調、特化した画像処理をするフィルタも設計できる。その意味でこの研究成果は先述の「(ii) 人の視覚の機能を強化・特化させた画像処理」を可能にする技術の一つとも言える。このフィルタ設計法により、有限長の高域、低域、中域通過有限長フィルタ、さらには特定の領域を通過させる有限長フィルタなどが従来法に比べて自由にできるようになった。この技術により、クライアントの望む有限長デジタルフィルタの設計が大幅にやすくなったといえる。これはフィルタの画期的な新設計法であるといえる。(以上の成果は特許第 5456929 号(新井・新井)) 以下にこの技術により設計した有限長フィルタの一例の周波数特性の図(図 a2)とこれによる周期的ノイズ除去例(図 a3)を示す。(注: 周期的ノイズ除去の為にフィルタとして、周波数領域を1と0で分けて作るもの、Butterworth フィルタ等が公知であるが、いずれも本フィルタと異なり IIR である。)

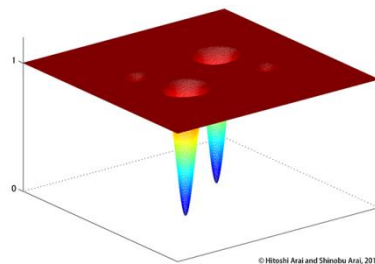


図 a2. 特許(新井・新井)により作成された有限長帯域遮断フィルタの周波数特性



© Hitoshi Arai and Shinobu Arai, 2013.

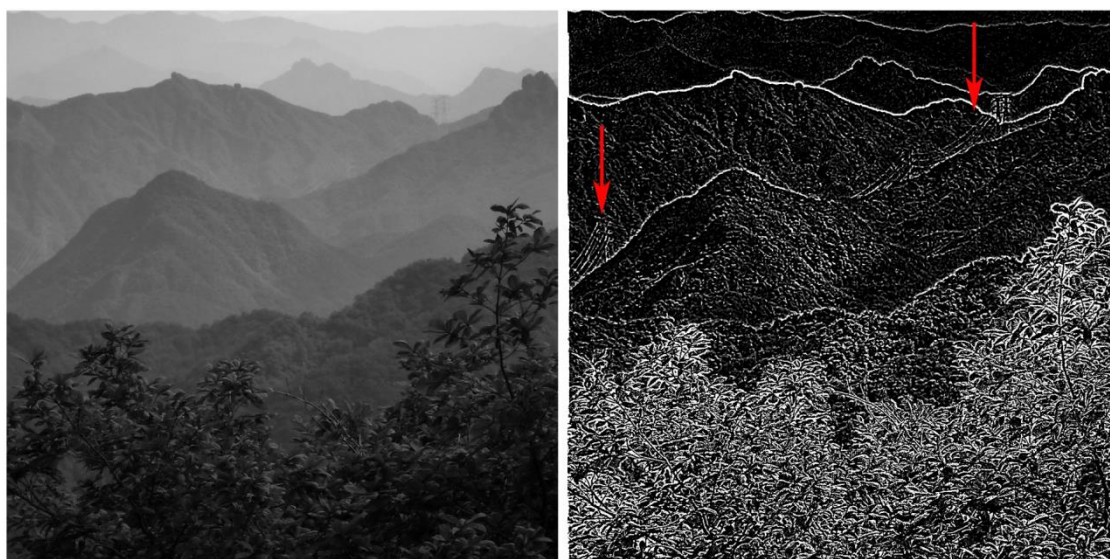
図 a3. 図 a2 に示したフィルタによる周期的ノイズの除去例(左:原画像、右:ノイズ除去実施例)。本報告書の印刷、公開版画像圧縮の為成果が分かりづらいこともある。

A5. 脳内の視覚情報処理の数理モデルによる画像処理(その 4 エッジ検出など)

この技術は、先述の「(ii) 人の視覚の機能を強化・特化させた画像処理」の一つである。人の脳には物体のエッジを検出する機能がある。その部分を新井による基盤モデルを用いて特化させるような画像処理を行うことにより、従来のエッジ検出法(たとえば Canny 法)とは全く異なるタイプの

エッジ検出が可能になった。このエッジ検出で注目すべき点は、図 a4 右図の赤矢印で示した部分である。そこには鉄塔と高圧線が容易に視認できるが、原画像(図 a4 左図)では、それを右図を見ずに原画像から即座に視認することは易しくない。特に左側の赤矢印の示す鉄塔と高圧線は原画像ではほとんど視認できない。このように本技術は、人には即座に視認し難いターゲットを容易に視認・捕捉できるようにする画像処理であるとも言える。(以上は特許第 5599520 号(新井・新井))

このほか、輪郭線検出の新技術も考案し、また、立体エッジ検出法という技術も開発した。後者はクレーター錯視とも関連している。(詳細は特許第 5599520 号(新井・新井)参照)



©Hitoshi Arai & Shinobu Arai, 2014.

図 a4. 左:原画像、右:本技術によるエッジ検出画像。本報告書の印刷、公開版画像圧縮の為成果が分かりづらいこともある。

A6. 浮遊錯視生成ソフトウェアの作成

浮遊錯視生成アルゴリズムによる特許に加えて、A4 に記載のフィルタの新しい設計法の特許技術を駆使して浮遊錯視生成ソフトウェアを作成した(作成者:新井仁之、新井しのぶ、著作権者:JST、東京大学)。これを JST が楽プリ株式会社に貸与し、新しいビジネス企画「ゆらりえ/YURARIE」が 2015 年 7 月からスタートした(A10 も参照)。

A7. スーパーハイブリッド画像の開発とアート作品への応用

「遠く」から見たときと「近く」から見たときで異なる画像に見えるハイブリッド画像がある。これは 2006 年に Oliva, Torralba, Schyns により考案されたものである。従来のハイブリッド画像は「遠く」と「近く」の二層からなるものであったが、新井・新井は初めて「遠く」、「それほど近くない」、「近い」の三層からなるスーパーハイブリッド画像を作成した。これは脳内の視覚情報処理の新井による基盤モデルを元にした技術であり、カラー画像でも可能である。勿論この技術により従来の二層ハイブリッド画像も作成できる。(以上の技術は特許 5385487 号。)本技術が可能になった理由は、基盤モデルが人の視覚特性を非常に良く反映し、さらに優れた分解能を有しているためである。本技術実施例:日本を代表するグラフィックデザイナー勝井三雄氏が展覧会「兆しのデザイン」(於ギンザグラフィックギャラリー、2014/1/9～1/31)を開催したが、展覧会のモチーフ「きざし」のスーパーハイブリッド画像を新井・新井が作成し、それが勝井三雄氏のプロジェクションマッピング作品に用いられた。

A8. 文字列傾斜錯視自動生成プログラム

```
>> illusion_maker
文字をいくつか入力してください
一二三四五六七八九十
何文字の錯視を作りますか? : 5

★ 5文字の文字列傾斜錯視を作りました ★

一四九七十一四九七十一四九七十一四九七十一四九七十
一四九七十一四九七十一四九七十一四九七十一四九七十
十七九四一十七九四一十七九四一十七九四一十七九四一
十七九四一十七九四一十七九四一十七九四一十七九四一
一四九七十一四九七十一四九七十一四九七十一四九七十
一四九七十一四九七十一四九七十一四九七十一四九七十
十七九四一十七九四一十七九四一十七九四一十七九四一
十七九四一十七九四一十七九四一十七九四一十七九四一
```

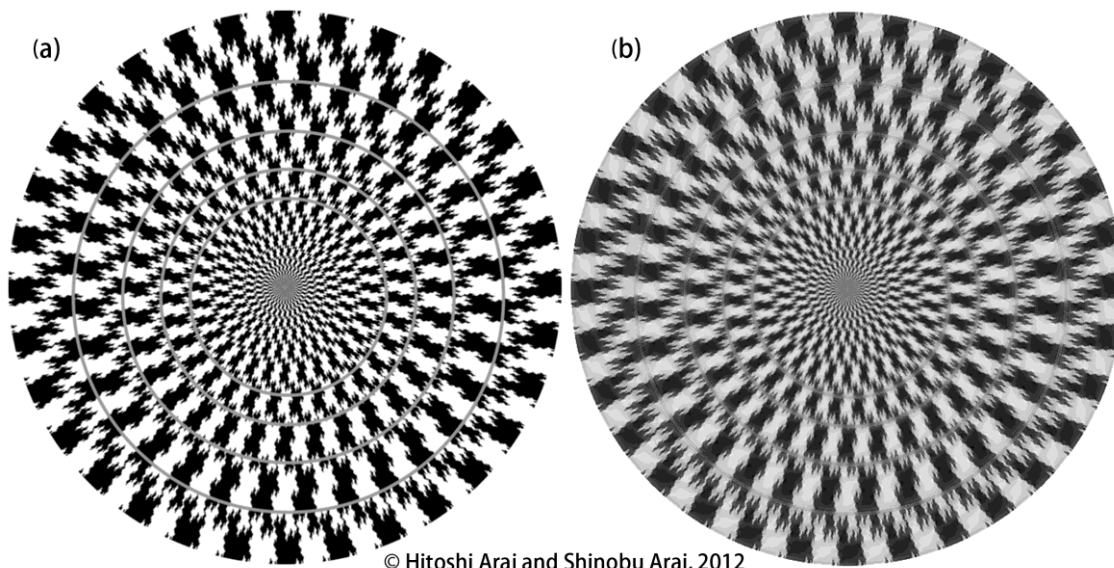
© Hitoshi Arai and Shinobu Arai, 2012

文字列傾斜錯視の自動生成プログラムを開発した(特許第 5456931 号(新井・新井))。これは好きな文字を X 文字入力し、そのうち Y 文字の(但し、Y は X 以下)文字列傾斜錯視を算出・作成するプログラムである。図 a5 がその実施例の一つである。このプログラムは特許出願後、直ちに新聞各紙(2012/3/22)で取り上げられ、同日テレビのワイドショーでも二回取り上げられた。また、日本経済新聞 web 版(2012/5/18)では、特集が組まれた。本発明の社会での反響は極めて高かった。

図 a5. 文字列傾斜錯視自動生成プログラム実施画面

A9. 錯視の構造解析法(錯視の新しい解析方法)

これは従来にない錯視の新しい解析法で、新井・新井により考案された技法である。基本的なアイデアは次のものである。新井の視覚の数値モデルにおけるニューロンに相当するものをコントロールし(本数値モデルの特性として、ピンポイントのコントロールが可能である)、本数値モデルを実装したコンピュータの(比喩的に言えば)視知覚が制御できるようになり、錯視画像を入力した結果により、錯視の要因のニューロンレベルの構造を詳細に解析することができる。これは 2005 年に原始的な形で発表(新井・新井)、その後、考え方、性能をアップしたものを 2010 年に発表(新井・新井)した。さらに歪同心円錯視の構造解析を行い、また静止画が動いて見える錯視にも適用できることをオオウチ錯視で例証した(2012 年、新井・新井)。なお 2013 年、日本応用数理学会より 2010 年の構造解析法の論文に論文賞が授与された。以下に歪同心円錯視での実施例の一部を示す。



© Hitoshi Arai and Shinobu Arai, 2012

図 a6. (a) 歪同心円錯視(新井・新井)、(b) 錯視成分の除去。本報告書の印刷、画像圧縮等の為成果が見にくい場合もある。

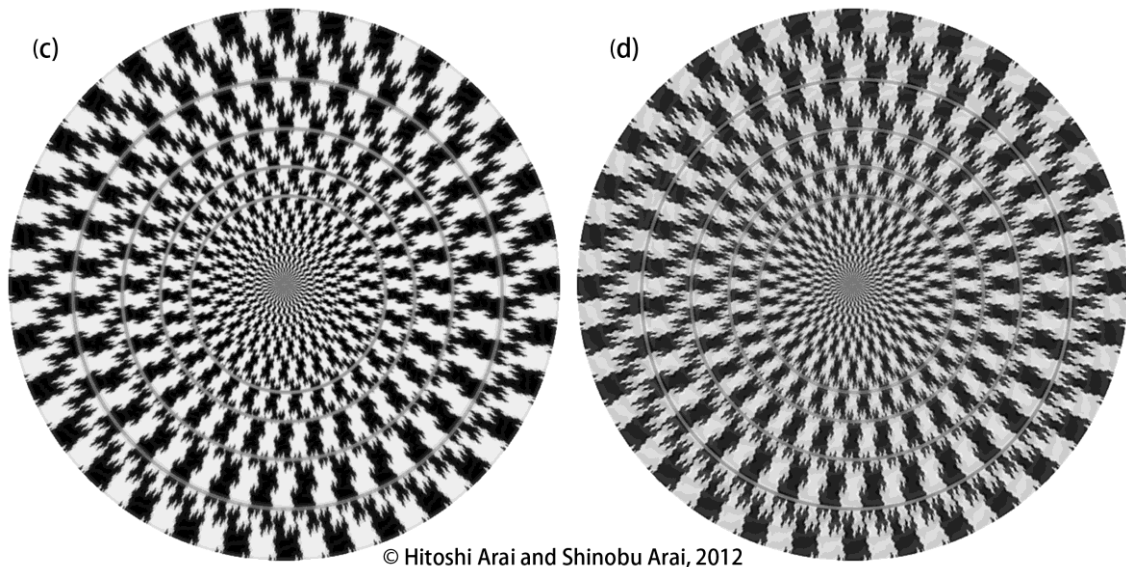
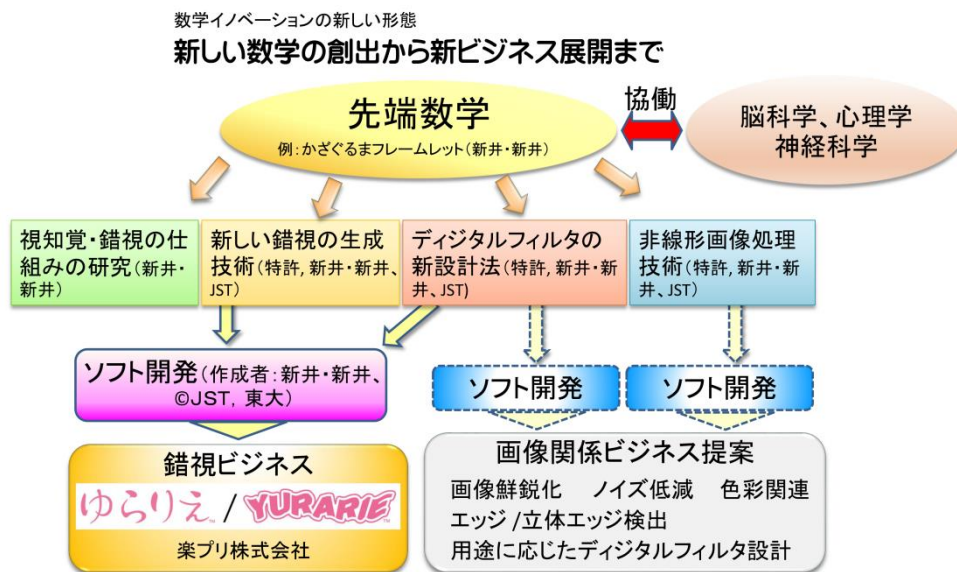


図 a7. (c) ゆがみ錯視成分除去、(d) 交わり錯視成分除去 本報告書の印刷、画像圧縮等の為成果が見にくい場合もある。

図 a6(a) が歪同心円錯視(新井・新井, 2010)の一つ。フラクタル螺旋錯視(新井・新井, 2007)に同心円を載せると、それが歪んで見える錯視である。似た錯視にフレーザーによる錯視(1908)があるが、それと違う点はフレーザーの同心円は捻れ紐であるが、歪同心円錯視では輝度が一定の(模様のない)同心円であることである。構造解析により、歪同心円錯視の錯視を同心円が「歪んで見える成分」、「交わって見える成分」等に分解でき、各錯視成分の特定と除去をすることができた。なお、構造解析によりある錯視の錯視成分の構造を解析すると、同種と考えられる錯視図形も同様の構造を有するという複数の例証がある。

A10. 特許群をベースにした新ビジネス企画と今後の展開

本特許群のソフトウェア化、それによる新しいライセンス形態等、新井は JST 知的財産戦略センターと協働し、発明者(新井・新井)、JST、東京大学、企業と連携した新しいビジネスモデルの構築を行い、その一つが実施された(ゆらりえ)。このプランの概略を図示する。



(さががけ〜) CREST で、上図のように新しい数学の創出から新ビジネス展開までを実際に実行したことは特筆したい。

A11. 研究成果のアートへの応用(A7も参照)

浮遊錯視によるアート作品を多数作成し、本の表紙、菓子パッケージ、うちわなどが販売、新聞での特集記事(日本経済新聞 2012/8/9)、第8回科学技術の「美」パネル展(科学技術団体連合主催)の優秀賞受賞などがあった。A6、A10の「ゆらりえ」も参照。

【北岡明佳による研究成果】

北岡は傾き錯視、静止画が動いて見える錯視、色の錯視の知覚心理学的研究を行なった。具体的には、カフェウォール錯視系統の錯視の基本図形を明らかにするとともに、それらと静止画が動いて見える錯視の関係を明らかにした。その中から生まれた「トゲトゲドリフト錯視」は両方の性質を兼ね備え、一目でその意味が理解できる良質のデモとして、錯覚美術館に展示された。静止画が動いて見える錯視のうちフレーザー・ウィルコックス錯視群の性質を明らかにした。この錯視群には色依存タイプがある。色依存のフレーザー・ウィルコックス錯視は輝度あるいは明暗順応によって錯視が逆転することがわかった。カチカチと動く時計の秒針のような動きをする特定の錯視の色配置を明らかにした。刺激のオン・オフ時における錯視的回転を発見し、それが交替する色に依存して逆錯視となることがわかった。色の恒常性が生じる色変換には乗法的色変換と加法的色変換の2種類があることを明らかにし、そのデモである「目の色の恒常性」という錯視作品は錯覚美術館に展示されている。本研究では、乗法的色変換と加法的色変換の変換式を明らかにするとともに、それらの逆変換のアルゴリズムを開発した。乗法的色変換あるいは加法的色変換によって一見してかなり劣化した画像でも、逆変換のアルゴリズムは元の画像を頑健に復元できることを示した。それらと同等のアルゴリズムが人間の視覚にも実装されていて色の恒常性が成立しているものと推測された。そのほか、並置混色には2種類あり、加法混色と減法混色が区別できることを指摘するとともに、それらがそれぞれ乗法的色変換と加法的色変換に対応づけられることを指摘した。名称は類似しているが、加法混色と加法的色変換が対応するわけではなく、加法混色は乗法的色変換と対応し、減法混色が加法的色変換と対応することを明らかにした。並置混色とムンカー錯視系統の色の錯視の連続性について指摘し、これらの数学的处理と色の錯視の関係を考察中である。さらに、ドレスの色の錯視(同じドレスの写真を観察してもそれが青と黒のドレスであると知覚する人と白と金のドレスであると知覚する人に分かれるという現象)に関連して、「暗い茶色」は「黒」に見えるという人が少なからず存在することを発見し(「インテル錯視」と呼んでいる)、この現象とドレス現象には正の相関があることを明らかにした。ただし、両現象とも色覚異常とは関係がないようである。

3.3 錯視現象に伴う生体反応計測とその応用(東京大学 山口グループ)

(1)研究実施内容及び成果

山口グループでは錯視現象に伴う生体反応計測とその応用として、「錯視現象の脳内機序」「違和感と生体反応」「画像知覚品質の評価・制御」について研究を進めてきた。これらの項目ごとに研究内容ならびに成果をまとめる。

1. 錯視現象の脳内機序

錯視現象の脳内機序としては、「色に関する錯視」として回転円盤の色錯視と記憶色の色錯視について研究を進めた。

1-1 色に関する錯視

まず新たに発見した回転円盤により生じる錯覚色に関する研究である。この回転円盤は色のついた扇型とそこに属する黒い弧からなり、回転によりこれらの弧が作るリングに錯覚色が知覚される。この現象に関していくつかの心理実験を行い、リングに見える色はそのリングを作っている弧が属している扇型の色の反対色であること、ならびに、それぞれの扇型の色が回転のため混色し知覚できない場合でも、この錯覚色はそれぞれの扇型の反対色であることを明らかにした。このことは、

扇型の色は知覚されないが脳では処理されており、その結果、錯覚色が生じることを示唆していると考えられる。このように、この現象は脳の色情報処理を反映していると考えられるため、脳計測を行うことで色の知覚と脳内処理の関係が調べられる可能性がある。そこで、錯覚色の知覚に伴う視覚性誘発電位計測により、その脳内機序を明らかにするため、多電極の脳波計システムを用いて計測を実施した。具体的には、錯覚色が知覚されている場合と、その錯覚色と同じ実際の色を知覚している場合との脳活動を比較した。これにより、最終的な知覚が同じであってもその処理が異なる場合に、脳波にどのような違いが見られるのかを検討した。その結果、視覚処理における初期の処理を反映すると考えられる刺激呈示後、80msec.～100msec.の脳波成分に違いが見られた。この成分は、知覚されない扇型の色の処理を反映していると考えられる。この結果は、知覚されない扇型の色が処理の初期においては処理されており、この処理が最終的な色知覚を引き起こしていることを示唆している。

さらに無彩色の物体の画像の上に2色からなる色ノイズ(「もや」)を重ねたとき、原理的には重ねた2色のどちらにも見え得るにもかかわらず、実際はその物体に固有あるいは典型的な色に近い色で知覚されるという「記憶色錯視」を発見した。この錯視現象は、物体色と環境光の分離が困難な状況で物体色を推定する際に、観察者は対象物体の典型的な色として記憶している色、すなわち記憶色を手がかりとして、物体色の推定を行っている可能性を示唆するものである。この錯視現象の成立を実験的に確かめるため、無彩色のリンゴまたはスイカの画像の上に赤と緑からなる半透明の「もや」(赤と緑からなるフラクタルノイズ)を重ねたもの(RG 条件)、無彩色のバナナ、レモンまたはナスの画像に黄と紫からなる半透明の「もや」(黄色と紫からなるフラクタルノイズ)を重ねたもの(YP 条件)の、2つの条件の錯視画像を用意した。背景色は「もや」に使われた2色の中間色の反対色とした。そして実験参加者にはこれらの錯視画像内における物体の色の見えを尋ねた結果、どちらの条件でも色の見えは有意に偏り、リンゴの場合は赤、スイカの場合は緑、バナナとレモンの場合は黄色、ナスの場合は紫に見られる場合が多いことが確認された。この結果は、物体の色がそれぞれの対象物体の記憶色に見えていることを示唆しており、記憶色錯視の成立を確認する第一歩となったと考えている。

2. 違和感と生体反応

違和感と生体反応に関しては、比較的高次の知覚に見られる「因果性の知覚」や「生物性の知覚」に伴う違和感を扱うとともに、「運動に関する錯視」の1つであるサイクロイド錯視について研究を進めた。

2-1 因果性の知覚

人はボールの衝突などの視覚情報から因果性を見出すことができる。複数の因果性のある事象(7組のボールが一斉に衝突するという事象)が同時に生じる際に、複数事象全体かあるいは個別事象に注意を向けさせることで、この因果性知覚の認知メカニズムの解明を試みた。その結果、個別事象に注意が向いている場合には因果性の有無に関する判断(因果性判断)はほぼ間違えることがなかったのに対して、複数事象全体に注意が向いている場合には、個別事象の因果性判断はできなかったが、複数事象全体のうちどの程度が因果性のある事象だったかという因果性の割合は判断できていた。さらにロジスティック回帰分析の結果、複数事象全体に注意が向いている場合の個別事象の因果性判断には、複数事象全体における因果性の割合に関する判断が強く影響していることが明らかとなった。本研究により、人は、注意が向けられていない自動的な処理では特定の事象の因果性を判断ができないものの、全体の情報を用いるというヒューリスティックによって特定の事象の因果性を判断することができるという、因果性の知覚における一種の錯視現象を明らかにすることができた。

2-2 生物性の知覚

生物性の知覚(アニマシー知覚)とは、人が人工物をあたかも生物と知覚あるいは認識してしまう現象である。これまで、構造をもった人工物のどのような特徴(物理量)を持った運動から人は生物性を知覚しているのかはあまり議論されてこなかった。そこで、2リンク機構の開閉動作に対して

人は生物性を知覚するのかどうかを実験的に検討した。また、人が生物性を知覚するのに重要な系内運動の物理量も同時に特定した。その結果、人の歩行や鳥の羽ばたきなど、実在する生物が示す運動と同じような物理量を持つ運動に対して人は敏感に生物性を知覚しており、このような特徴をもつ運動に対しては、たとえ人工物であっても人は生物性を知覚してしまうという錯覚現象の機序の一部が明らかとなった。

さらに人がいまだ「不気味さ」という感覚の認知過程、およびその「不気味さ」という感覚が人の認知・行動に及ぼす影響の一端を実験的に明らかにした。具体的には、大量の魚の写真を実験刺激として用い、方向性判断(direction discrimination)課題、空間的注意に関わる(spatial cueing)課題および注意バイアスを調べる(dot-probe)課題を用いて、不気味さが人の認知・行動に及ぼす様々な影響を調べた。その結果、direction discrimination 課題と spatial cueing 課題では不気味な魚ほど方向性判断ならびにターゲット検知を遅延させた一方で、dot-probe 課題では、不気味な魚の画像は、恐怖刺激の場合と異なり、空間的な注意を捕捉しなかった。これらの結果は、不気味な刺激は反応遅延をもたらすものの、それは恐怖感情を媒介としたものではないことを示唆している。このように、不気味さという感覚が人の認知・行動に及ぼす影響の一端を明らかにしたが、不気味な魚が単体で提示されると不気味だと感じられる一方で、食事として供される場面を想像すると、不気味さの感覚は弱まる可能性がある。このように、不気味さという感覚は文脈依存的である可能性があり、今後の研究でその解明が待たれる。

2-3 運動に関する錯視

円が直線に接触しながら回転移動するとき、円周上の1点の軌跡をサイクロイド(cycloid)という。また円の内部にある点の軌跡は低トロコイド(inferior trochoid)、円の外部にある点の軌跡は高トロコイド(superior trochoid)と呼ばれる。高トロコイドはループを含むが、低トロコイドやサイクロイドにはループは存在しない。しかし、低トロコイドやサイクロイド上を運動する点を観察すると、人はあたかも点がループを描いているかのように感じる。この現象のことをサイクロイド錯視と呼ぶ。このサイクロイド錯視が生じる要因を調べるために、追従眼球運動の計測ならびに解析を行った。

錯視の要因としては、並進運動と回転運動の知覚的な分離によるという仮説と、回転運動の瞬間中心位置の同定によるという仮説が挙げられている。これらの影響を明らかにするために、点のみの呈示、点と円の中心の呈示、点と円の呈示という3種類の視覚刺激を用意し、その際の追従眼球運動を計測した。いずれの場合にもサイクロイド錯視が見られたが、中心や円も呈示することで錯視の効果は強くなった。点と中心を呈示する条件は、錯視が強まったものの、追従眼球運動への影響は小さかった。一方、点と円を呈示する刺激では、運動知覚の精度が減少し、追従眼球運動が非常に困難になることがわかった。すなわち、サイクロイド錯視は視覚刺激によって、その効果が変わるとともに、運動知覚や追従眼球運動への影響も異なることがわかった。これは追従眼球運動が高次な運動知覚による影響を受けることを示唆するものであり、今後の研究で解明すべき点と考えている。

3. 画像知覚品質の評価・制御

画像の知覚品質の評価・制御に関しては、静止画像に関する錯視現象を利用した「ハイブリッド画像」と「視覚復号型暗号」について研究するとともに、応用として静止画像だけでなく動画像まで扱う自然な画像処理を目指す「画像編集手法」と「イラスト画像のリライティングとアニメーション」の研究を行った。

3-1 ハイブリッド画像

ハイブリッド画像は、2枚の原画像から異なる空間周波数を抽出して、それらを合成することによって作成される。具体的には、画像 A から高周波数成分、画像 B から低周波数成分をそれぞれ取り出して、2つの情報を合成すると、近くから観察する場合には画像 A、遠くから観察する場合には画像 B が見えるようになる。ハイブリッド画像は、人の視覚系における各周波数成分の影響を研究するためのツールとして開発された。しかし、単純な周波数成分の抽出と合成では、2枚の原画像に写っているものの形状が大きく異なると、近くで観察する際に両方の画像がともに見えてしまうと

いう問題があった。そのため従来は、原画像を注意深く選択して微妙な位置合わせをした上で、ハイブリッド画像を作らなくてはならなかった。そこで、2枚の画像の形状や輪郭を合わせることなくハイブリッド画像を作る手法ならびに、1枚のハイブリッド画像が距離に応じて2種類の異なった画像として見えることを確認する手法を研究した。

まず、人の視覚系において画像中の周波数成分が如何に認知に影響するかという課題に関して、これまでになされてきた研究を概観し、ハイブリッド画像の意義について検討した。しかし、従来の単純な作成法では、2枚の画像に写っているものが類似していないと、近い距離で2種類の画像が同時に見えるしまい適切な実験を行なえない場合がある。そこで、この問題を解決するものとして、位置合わせ不要なハイブリッド画像の作成法と、ハイブリッド画像において2種類の画像が認知される状況を計量化する評価法の必要性を明らかにした。次に位置合わせ不要なハイブリッド画像の作成法として、ノイズを利用する方法を検討した。これは高周波数のノイズを付加することで、近くから観察する際に低周波数の画像が見えにくくしようというもので、基本的なアイデアは先行研究で提案されている。しかし、先行研究ではノイズが画像全体で均等に付加されるため、高周波数の画像も見えにくくなるなどの問題点があった。そこで、2枚の画像からノイズを付加すべき領域を検出して、必要な部分にのみノイズを加える方法など複数の改善法を提案した。また、近くから観察する際に、高周波数の画像が強調されるようにするために、ハイブリッド画像に色を用いる手法を検討した。従来の手法が、原画像の色を利用することを前提としたのに対して、本研究では原画像の色とは無関係な補色対の縞模様利用を提案した。すなわち、高周波数の画像の背景部分に補色対からなる縞模様を付加することで、近くで観察する際には高周波数の画像に意識が向くようになる一方で、遠くで観察する際には補色が混ざり合って一様な灰色に見える。

さらに、ハイブリッド画像の性質を検証する評価法について提案するとともに、実際に提案した作成法の評価を試みた。距離によって2枚の画像の見え方が切り替わる状況を数値化する方法として、2枚の画像が同時に見える確率、いずれか一方だけが見える確率、どちらも見えない確率を求めることを提案した。この確率を求めるための実験形態として、画像中の高周波数と低周波数の2種類の情報の回答を参加者に強制する強制選択方式と、認知できなかった情報については回答を留保できる非強制選択方式とについて検討し、バイアスの生じにくい後者の手法の優位性を確認した。この枠組みを用いて、提案したハイブリッド画像作成法の有効性を示している。この評価法はハイブリッド画像という特殊な刺激を利用するがゆえに必要となるもので、新しい実験手法を構築し、実際に適用できることを示すことができた。

3-2 視覚復号型暗号

視覚復号型暗号とは、一切の計算を必要とせず、視覚のみで復号可能な暗号である。実際には画像を複数の透明シートに印刷し、それらを重ね合わせることで秘密情報を復元できる、という形式をとる。復元される秘密情報だけでなく、各透明シートにも意味のある画像が存在する場合には、特に拡張視覚復号型暗号と呼ばれる。これまでに拡張視覚復号型暗号について、様々な研究が行われてきたが、写真などの連続階調画像を扱うものはそれほど多くはなかった。それは、対象となる画像が2値画像であること、また暗号化に当たってピクセルを分割したサブピクセルを利用し、明暗(白黒)2種類のサブピクセルの配置によって暗号化を実現することが影響していた。結果として、連続階調画像を扱う際にはピクセル拡大とコントラスト低下という問題が避けられず、画質が大幅に劣化してしまい、画像としての魅力に乏しいものにならざるをえなかった。本研究では、これら2つの問題の解決を試み、画質を大幅に改善することに成功した。

まずピクセル拡大に関しては、画像の2値化、つまりハーフトーニングと暗号化を同時に処理する並列誤差拡散を利用した。通常誤差拡散は連続階調画像を量子化する手法であり、スキャンラインに沿って1ピクセルずつ進められる。連続階調のピクセルを量子化した際に生じる量子化誤差を未処理の近隣ピクセルに分配することで、誤差の補償を実現する。並列誤差拡散は与えられた画像の組、すなわち2枚の透明シート画像と秘密画像の合計3枚の画像に対して同時に2値化と暗号化を施す。暗号化の制約を満たすように2値化されるため、ピクセル拡大のない拡張視覚復号型暗号が得られる。コントラスト低下については、暗号化される際に3枚の画像の対応するピクセル間での明度の関係を解析し、ピクセル値の組が取りうる値の範囲を明らかにした。また等方的な

スケーリングのアフィン変換を利用することで、与えられた画像の組を暗号化可能な最大コントラストのピクセル値へと高速に階調変換する手法を開発した。さらに、3枚の画像のピクセルが満たすべき関係の性質上、平滑化フィルタを利用することによってコントラストを上げられることを示し、実験によって検証した。

上述の議論は2枚の透明シートを重ねることで秘匿されていた秘密画像1枚が復号される枠組みに関するものであった。これを3枚以上の透明シートがある場合に、重ねるシートの組合せによって1枚ないし複数の秘密画像が復号される枠組みについても検討した。たとえば、3枚の透明シートA,B,Cがあったとき、AとB、BとC、CとA、さらにはA,B,Cの3枚が重ねられた際に、それぞれ異なる秘密画像が復号されるというものである。まず、扱うシートの枚数と埋め込まれる秘密画像の枚数とを一般化した際の暗号化の制約を明らかにし、ピクセル拡大のない暗号化手法を示した。さらにシート画像と秘密画像のピクセルが満たすべき関係を導き、線形計画法によって暗号化の際のコントラストを効率的に最大化する手法を考案した。この任意枚数のシート画像と秘密画像によって構成される拡張視覚復号型暗号についても、実際に実験することで手法の有効性を検証した。

3-3 画像編集手法

ここでの編集処理とは、静止画像やビデオ映像などにおける物体の質感を変更する操作であり、指定した物体の色や肌理などを変えるものである。しかし、画像、特に動画像内の物体領域を精緻に指定する作業はユーザにとって堪え難い負担となる。そこで、このような編集処理を行なう際には、ユーザは物体領域の一部にスクリブルと呼ばれる線を描き、計算機はスクリブル情報をもとに物体と思しき領域全体、すなわち編集領域を推定する。この編集領域の推定には、画素同士の類似性が用いられる。つまり、スクリブルされた画素と近い色や近い位置を持つ画素を編集領域の画素と推定するのである。本研究では、この画素同士の類似性を利用した編集領域の推定法に関わる問題の解決を試みた。そこで、画素同士の類似性を利用した編集領域推定法の問題点を分析した。第一の問題は解くべき問題の大きさにある。画像全体で整合的に編集領域を推定するためには、画像中の全画素対について類似性を求めるとともに、その類似性をもとにした最適化問題を解くことになる。しかし、一般的な画像は、静止画像で100万前後の画素、ビデオなどの動画像ではより多くの画素から構成される。このため実用的な時間内で問題を解くためには、画像情報を適切な形式に圧縮近似する必要がある。第二の問題は動画像の性質に由来する。動画像中の物体は移動するため、画素の類似性における位置情報の扱いに注意を払う必要が生じる。物体の移動とともに、編集情報も適切に移送されなくてはならない。

第一の問題である最適化のための画像情報の圧縮近似法について検討した。既存研究の殆どの手法は、効率的な圧縮近似を実現するために、画像情報に加えてユーザの与えたスクリブル情報も利用する。しかし、動画像のような大きなデータを扱う場合には、圧縮近似処理自体に時間を要してしまう。本研究の提案手法では、スクリブル情報は利用せず、画像中の代表的な画素と、その画素に対する重みを付加した、放射基底関数(Radial Basis Function。以下、RBF)によって画像を事前に圧縮近似する。その際、代表的な画素の選出と重みの算出に、圧縮センシングを利用する。この圧縮センシングを利用したRBFによる近似法(以下、圧縮RBF)は、スクリブル情報を利用しない他の手法に比べて、相当に精度の高い圧縮近似に成功している。

次に、第二の問題である動画像中の編集情報の移送方法について提案している。ここでは動画像を構成する連続した2枚の画像間で、編集情報を移送するために編集伝播行列(Edit Propagation Matrix。以下、EPM)を用いる。編集情報は画像中の個々の画素に対応しており、編集済み画像の全画素に対する編集情報にEPMを適用することで、隣接した画像の全画素に対する編集情報が得られる。この際、2枚の画像間での物体の動きなどを反映して、編集情報が適切に移送されることが重要である。本論文では、EPMの計算にあたって、拡大行列を利用した低ランク近似計算を提案している。拡大行列を利用することによって、編集済みの画像から次の画像へと適切に編集情報を移送することが可能になるばかりでなく、画素数の異なる画像間であっても編集情報を移送できるようになっている。

さらに圧縮RBFとEPMの応用法を提案するとともに、その有効性を検討した。応用法としては、

動画像と光線場画像の編集を取り上げている。動画像が時間軸の1次元に並んだ画像群であるのに対して、光線場画像は2次元平面内で格子状に並んだ画像群で構成される。光線場画像をもとに、視点位置を変更した画像や焦点距離を変えた画像を合成できる。いずれも大量の画像群から構成されるため、編集結果を高速に得るためには、圧縮RBFによる近似とEPMを用いた編集情報の移送の組合せが有効に機能する。2つの手法の組合せ方と処理の効果を実験で確認した。

3-4 イラスト画像のリライティングとアニメーション

近年の3次元アニメは3次元形状に対して、アニメ調のレンダリング技術を適用することによってライティングや視点位置などを自由に制御している。一方、アニメやイラストのような2次元の手描き作品は、作者が想像する空間での照明条件に従って陰影をつけた画像を描いたもので、予めデザインされた3次元形状や反射特性が存在しないため、異なる方向から照明を施して陰影をつけないおすリライティングは不可能である。そこで、手描きのイラスト画像をもとに、人が見て自然なリライティングやアニメーションを実現する手法を検討した。

一般的な写真画像を対象として、陰影を解析して対象物体の形状や反射特性を推定する手法が研究されている。3次元形状と反射特性があれば、照明条件を変えて、任意の方向から照明を施した際の映像を生成するリライティングが可能となる。これらの研究では光沢や影のない単色の物体を前提とし、陰影が照明による放射照度に比例することを仮定している。しかし、手描きイラストやアニメ画像の場合には抽象化によって物体の明るさが非線形に変化するため、写真画像の手法は利用できない。本研究ではイラスト画像向けの形状と陰影モデルの推定手法を考察した。まず対象物体として人物のように曲面から構成される形状を仮定する。曲面形状の輪郭においては法線ベクトルが視線と垂直になることを利用し、物体領域全体の法線ベクトルを推定する。一方、反射特性に関しては、放射照度の大小関係が陰影においても保存されるものとして、照度と陰影のヒストグラムを一致させることによって陰影モデルを生成する。この手法によって獲得された法線情報と陰影モデルによって自然なリライティングが実現できることが確認された。

一方、2次元のイラスト画像を、頭や胴体、腕、脚、服装などのパーツごとに分解し、パーツを各レイヤーに配置することでキャラクタを動かす手法がある。このような手法をレイヤーアニメーションと呼ぶ。元々は顔の中の目や口の形状や配置によって表情を作る手法であったが、キャラクタ全体の動きにも利用されるようになってきた。全体の姿勢や向きが変わる場合には、照明条件が変わるためリライティングが欠かせない処理となる。しかし、パーツごとに法線ベクトルや陰影モデルを推定すると、たとえば頭と胴体とが独立した物体として扱われるために不連続になってしまう。一方、アニメーションのフレームごとにパーツを合成してから法線ベクトルと陰影モデルを推定したのでは、フレーム間の連続性が保たれなくなってしまう。本研究では、パーツ間でのレイヤーの上下関係や色の類似性などに着目して、パーツ間の連続性を推定することで自然な法線ベクトルと陰影モデルを生成することに成功した。

§ 4 成果発表等

(1)原著論文発表 (国内(和文)誌 19 件、国際(欧文)誌 51 件)

1. Haruaki Fukuda and Kazuhiro Ueda: Illusory colour induced by rapid flicker. AsiaGraph2010 Proceedings, vol. 4, no. 1, pp. 70-73, 2010.
2. Peeraya Sripian, Yasushi Yamaguchi: Toward a shape-free hybrid image: Experimental on visual contrast sensitivity. Proc. of 14th Intl. Conf. on Geometry and Graphics, 214:1-9. 2010.
3. Kokichi Sugihara: Spatial realization of Escher's impossible world. Asian Pacific Mathematics Newsletter, vol. 1, no. 1, pp. 1-5, 2011.
4. Hiromi Nakamura, Homei Miyashita: Augmented gustation using electricity, Proceedings of ACM Augmented Human International Conference 2011 (AH2011), 34:1-2, 2011.
5. Mieko Nakamura, Homei Miyashita: CatchyAccount: A system for acquiring a realistic sense of expenditures. Proceedings of ACM Augmented Human International Conference 2011 (AH2011), 29:1-2, 2011.
6. Kokichi Sugihara: Design of antigravity slopes for visual illusion. 27th European Workshop on Computational Geometry, Morschach, Switzerland, March 28-30, 2011, pp. 55-58.
7. Yasushi Yamaguchi: Extended visual cryptography for photograph images. Visual Cryptography and Secret Image Sharing, S. Cimato and C.-N. Yang eds., CRC Press, 2011.9.16.
8. Kokichi Sugihara: Robust geometric computation based on the principle of independence. Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE, vol. 2, no. 1(2011), pp. 32-42.
9. H. Koizumi and K. Sugihara: Maximum eigenvalue problem for Escherization. Graphs and Combinatorics vol. 27, pp. 431-439, 2011. (DOI: 10.1007/s00373-011-1022-5)
10. 中村美恵子, 宮下芳明: 認知ツール設計に係る認知科学および心理学的知見. 日本ソフトウェア科学会論文誌 コンピュータソフトウェア, Vol.29, No.1, pp.118-129, 2012.
11. 宮下芳明, 中橋雅弘: 学習者のモチベーション向上のための好意的解釈を行うフィジカルコンピューティング環境のデザイン. ヒューマンインターフェース学会論文誌, vol.13, no.4, pp.303-313, 2011.
12. Haruaki Fukuda and Kazuhiro Ueda. Opponent colours induced by rotating discs. Perception, Vol.40, No.8, pp.1012-1014, 2011.8.17. (DOI: 10.1068/p6979)
13. Haruaki Fukuda, Takeharu Seno and Kazuhiro Ueda: Two novel illusions accompanied with self-motion. ASIAGRAPH 2011 Proceedings, pp.53-56, 2011.10.20.
14. Yasushi Yamaguchi: Parallel error diffusion as an extended visual cryptography scheme. Proceedings of International Workshop on Digital-forensics and Watermarking, 2011. 10.23.
15. Kōske Takahashi, Haruaki Fukuda, Katsumi Watanabe, and Kazuhiro Ueda: Scintillating lustre induced by radial fins. i-Perception, vol.3, no.2, pp.101-103, 2012.2. (DOI: 10.1068/i0488sas)
16. Haruaki Fukuda, Masahiro Shiomi, Kayako Nakagawa and Kazuhiro Ueda: 'Midas touch' in human-robot interaction: evidence from event-related potentials during the ultimatum game", Proceedings of 7th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, pp.131-132, 2012.3.05. (DOI: 10.1145/2157689.2157720).
17. 中村裕美, 宮下芳明, 電気味覚による味覚変化と視覚コンテンツの連動, 情報処理学会論文誌, vol.53, no.3, pp.1092-1100, 2012.
18. 杉原厚吉, 投影の幾何学と立体錯視, 心理学評論, vol. 55, no. 3(2012), pp. 296-306.

19. 中村美恵子, 宮下芳明: 「「思考の道具」をめざした家計簿のインタラクションデザイン」, 芸術科学会論文誌, vol. 11, no. 4 (2012), pp.176-185.
20. 吉川祐輔, 宮下芳明: 「画像バッファの組み合わせによるリアルタイム錯覚表現生成手法」, 芸術科学会論文誌, vol.12, no.1 (2013), pp.11-23.
21. J. Stevanov, B. Spehar, H. Ashida and A. Kitaoka: Anomalous motion illusion contributes to visual preference. *Frontiers in Perception Science*, 3, Article 528, 2012, pp. 1-11.
22. H. Takemura, H. Ashida, K. Amano, A. Kitaoka and I. Murakami: Neural correlates of induced motion perception in the human brain. *Journal of Neuroscience*, 32(41), (2012), pp. 14344-14354.
23. Y. Araragi, T. Aotani and A. Kitaoka: Evidence for a size underestimation of upright faces. *Perception*, 41 (2012), pp. 840-853.
24. 新井仁之, 新井しのぶ: 「視覚の数理モデルと錯視図形の構造解析」, 心理学評論, 55(3), (2012), pp. 309-333.
25. 青野直也, 森田寿郎, 植田一博: 「2 リンク機構の運動から知覚される生物性の解析」, 電子情報通信学会論文誌 D, vol.J95-D (5), (2012 年 5 月), pp. 1268-1275.
26. A. Tomoeda and K. Sugihara: Computational creation of a new illusionary solid sign. *Proceedings of the 9th International Symposium on Voronoi Diagrams in Science and Engineering (ISVD 2012)*, June 27-29, 2012, Piscataway, New Jersey, USA, pp. 144-147. doi:10.1109/ISVD.2012.26
27. Hiromi Nakamura and Homei Miyashita: Development and evaluation of interactive system for synchronizing electric taste and visual content. *Proceedings of the 2012 ACM annual conference on Human Factors in Computing Systems (CHI2012)*, May 5-10, 2012, Austin, Texas, pp.517-520.
28. Peeraya Sripian and Yasushi Yamaguchi: Shape-free hybrid image. *Proc. of the International Symposium on Non-Photorealistic Animation and Rendering, ACM SIGGRAPH*, 2012, pp.11-19. (ISBN: 978-3-905673-90-6).
29. Yasushi Yamaguchi: An extended visual cryptography scheme for continuous-tone images. *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 7128 (2012), pp.228-242. (DOI: 10.1007/978-3-642-
30. Tatsuya Yatagawa and Yasushi Yamaguchi: A template-based completion framework for videos with dynamic background. *Lecture Notes in Computer Science*, vol.7432, 2012, pp.155-165. (DOI: 10.1007/978-3-642-33191-6_16)
31. K. Sugihara: Design of pop-up cards based on weighted straight skeletons. *Proceedings of the Tenth International Symposium on Voronoi Diagrams in Science and Engineering*, Saint Petersburg, Russia, July 8-10, 2013, pp. 23-28. (DOI 10.1109/ISVD.2013.9)
32. 小野 隼, 友枝 明保, 杉原 厚吉: フットステップ錯視アート of の設計法. 日本応用数理学会論文誌, 第 23 巻 第 4 号 (2013 年 12 月 25 日発行), pp. 585-600, 2013.
33. 山中祥太, 栗原一貴, 宮下芳明: 注視していないことを利用したポインティング高速化手法とその評価. 日本ソフトウェア科学会論文誌 コンピュータソフトウェア, 30 巻, 3 号, pp. 53-63, 2013.
34. 山中祥太, 宮下芳明: 重なりあったウィンドウ間を移動可能なマウスカーソル操作手法とその評価. ヒューマンインタフェース学会論文誌, 15 巻, 3 号, pp. 313-326, 2013.
35. S. Kanazawa, A. Kitaoka, and M. K. Yamaguchi: Infants see illusory motion in static figures. *Perception*, vol. 42, pp. 828-834, 2013.
36. T. Seno, A. Kitaoka, and S. Palmisano: Vection induced by illusory motion in a stationary image. *Perception*, vol. 42, pp. 1001-1005, 2013.
37. H. Arai: Mathematical models of visual information processing in the human brain and applications to image processing. *Mathematical Progress in Expressive Image Synthesis*, MI Lecture Note Vol. 50, 2013, pp. 84--89.
38. A. Yamada, H. Fukuda, K. Samejima, S. Kiyokawa, K. Ueda, S. Noba, and A.

- Wanikawa: The effect of an analytical appreciation of colas on consumer beverage choice. *Food Quality and Preference*, vol. 34, pp.1-4, 2014. (DOI: 10.1016/j.foodqual.2013.11.008)
39. Yasushi Yamaguchi: Extended visual cryptography scheme for multiple-secrets continuous-tone images. *Lecture Notes in Computer Science (Transactions on Data Hiding and Multimedia Security IX)*, vol. 8363, pp. 25-41, 2014. (DOI: 10.1007/978-3-642-55046-1_2)
 40. 北岡明佳: 常識を疑う—錯視は存在するのか? 立命館文学, 636, 2014, pp. 24-31.
 41. K. Sugihara: Design of solids for antigravity motion illusion. *Computational Geometry: Theory and Applications*, vol. 47 (2014), pp. 675-682.
 42. K. Sugihara: A single solid that can generate two impossible motion illusions. *Perception*, vol. 43, no. 9 (2014), pp.1001-1005. (Perception advance online publication, 2014, DOI: 10.1068/p7700)
 43. K. Sugihara: Computational geometry in the human brain. J. Akiyama et al. (eds.): *Discrete and Computational Geometry and Graphics (LNCS 8845)*, Springer, 2014, pp. 145-160. (DOI: 10.1007/978-3-319-13287-7_13)
 44. K. Sugihara: Right-angle preference in impossible objects and impossible motions. *Proceedings of Bridges 2014: Mathematics, Music, Art, Architecture, Culture (Bridges2014)*, Seoul, Korea, August 14-19, 2014, pp. 449-452.
 45. K. Sugihara: Mathematical modeling approach to creation of anomalous motion illusions. *Proceedings of the Fourth IEEEJ International Workshop on Image Electronics and Visual Computing Workshop*, Koh Samui, Thailand, October 7-10, 2014, C-3, 4pp.
 46. A. Tomoeda and K. Sugihara: Computational creation of a new illusionary solid sign with shading effect. the proceedings of Symposium MEIS2014: Mathematical Progress in Expressive Image Synthesis, K.Anjyo, H. Ochiai (eds.), *MI Lecture Notes 2014*, vol. 58, pp. 77-80. Also in: *Mathematical Progress in Expressive Image Synthesis II (Extended and Selected Results from the Symposium MEIS2014)*, Mathematics for Industry 18, Springer, pp.111-116 (2015).
 47. A. Kitaoka: Left bias of gaze perception in a cartoon face. *Psihologija*, vol. 47, no. 3 (2014), pp. 315-318.
 48. H. Hecht, E. Boyarskaya and A. Kitaoka: The Mona Lisa effect: Testing the limits of perceptual robustness vis-à-vis slanted images. *Psihologija*, vol. 47, no. 3 (2014), pp. 287-301.
 49. A. Kitaoka: Color-dependent motion illusions in stationary images and their phenomenal dimorphism. *Perception*, vol. 43, no. 9 (2014), pp. 914-925.
 50. R. Bååth, T. Seno and A. Kitaoka: Cats and illusory motion. *Psychology*, vol. 5 (2014), pp. 1131-1134.
 51. A. Kitaoka: Visual illusion in ARTPOP and pop art. *Japanese Journal of Psychonomic Science*, vol. 32, no. 2 (2014), pp. 232-234.
 52. 秋山耀, 宮下芳明: プロジェクションマッピングによる電子工作体験支援. *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, Vol.20, No.2, 2015.
 53. T. Yatagawa and Y. Yamaguchi: Temporally coherent video editing using an edit propagation matrix. *Computers & Graphics*, vol. 43 (2014), pp.1-10. Elsevier. (DOI: 10.1016/j.cag.2014.05.001)
 54. Y. Yamaguchi: Extended visual cryptography for continuous-tone images -- effect of the optimum tone mapping --. *The International Journal of Information and Communication Technology*, vol. 7, no. 1 (2015), pp.25-39. (DOI: 10.1504/IJICT.2015.065997)
 55. Tatsuya Yatagawa and Yasushi Yamaguchi: Sparse Pixel Sampling for Appearance Edit Propagation, *The Visual Computer*, Vol.31, No.6-8 (2015), pp.1101-1111. (DOI: 10.1007/s00371-015-1094-y)

56. K. Takahashi, T. Tachi and Y. Yamaguchi: Mesh approximation for generating development with creases and slits. *Journal for Geometry and Graphics*, Vol.19, No.1, (2015), pp.107-118.
57. K. Sugihara: Height reversal generated by rotation around a vertical axis. *Journal of Mathematical Psychology*, vol. 68-69 (2015), pp. 7-12, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmp.2015.07.001>
58. 山中祥太, 宮下芳明. 細長いターゲットのドラッグ開始を支援する手法とその評価, コンピュータソフトウェア(日本ソフトウェア科学会論文誌), Vol.33, No.1, pp.111-125, 2016.
59. 加藤邦拓, 宮下芳明. 紙窓: カード内領域を独立したタッチパネルディスプレイのように扱うインタフェース. ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.17, No.3, 特集「ディスプレイ再考」, pp.245-254, 2015.
60. K. Kato, H. Miyashita: ExtensionSticker: A Proposal for A Striped Pattern Sticker to Extend Touch Interfaces and its Assessment, *Proc. CHI 2015*, pp.1851-1854, (2015).
61. K. Kato, H. Miyashita: Creating a Mobile Head-mounted Display with Proprietary Controllers for Interactive Virtual Reality Content, *Adjunct Proc. UIST 2015*, (2015). (発表予定)
62. K. Takahashi, H. Fukuda, K. Samejima, K. Watanabe and K. Ueda: Impact of stimulus uncanniness on speeded response, *Frontiers in Psychology (Cognitive Science)*, Vol.6:662, 2015. (DOI:10.3389/fpsyg.2015.00662)
63. K. Sugihara: Ambiguous cylinders: A new class of impossible objects. *Computer Aided Drafting, Design and manufacturing*, vol. 25, no. 3(2015) (to appear).
64. 友枝明保, 小野隼, 杉原厚吉: 幾何計算と陰影計算を用いたホロウマスク型錯視立体「陰影つき矢印の幻惑」の設計法. *図学研究 (Journal of Graphic Science of Japan)*, 第 49 巻 4 号(2015 年 12 月), pp.3-9.
65. A. Tomoeda, K. Sugihara: Computational Creation of Hollow Mask Type Illusionary Solids with shading effect. *Computer Aided Drafting, Design and Manufacturing*, vol. 25, no. 3 (2015) (to appear).
66. 山中祥太, 宮下芳明: 幅の変化する経路を逆向きにステアリングする時間の予測方法の提案. *情報処理学会論文誌*, vol.57, no.2, (2016), pp.794-802.
67. 加藤邦拓, 宮下芳明: ExtensionSticker: タッチパネルを拡張するインタフェース. ヒューマンインタフェース学会論文誌, 特集「インタラクティブアプリケーション」, vol.18, no.1(2016), pp.9-18.
68. 山中祥太, 宮下芳明: 無限大のサイズをもつターゲットのポインティングに関する調査. *情報処理学会論文誌*, vol.57, no.4, 2016.
69. S. Yamanaka and H. Miyashita: Modeling the Steering Time Difference between Narrowing and Widening Tunnels. In *Proceedings of CHI 2016*. (to appear) (Acceptance rate 23.4%), 2016.
70. A. Kitaoka and S. Anstis: Second-order footsteps illusions. *i-Perception*. vol. 6, no. 6 (2015), p. 1-4.

(2)その他の著作物(総説、書籍など)

1. 杉原厚吉, 「まさかのへんな立体」, 誠文堂新光社, 2010 年 10 月 31 日.
2. 杉原厚吉, 「エッシャーマジック --- だまし絵の世界を数理で読み解く」, 東京大学出版会, 2011 年 1 月 5 日.
3. 杉原厚吉, 「投影逆変換と立体錯視」, 数学セミナー 2011 年 3 月号, 特集「錯覚の数理」, pp. 24-27.
4. 新井仁之, 「視覚と錯視の科学における数学的方法」, 数学セミナー 2011 年 3 月号, 特集「錯覚の数理」, pp.40-45.
5. 山口 泰, 「視覚復号型暗号とハーフトーニング」, 数学セミナー 2011 年 3 月号, 特集「錯覚の数理」, pp. 34-39.

6. 新井仁之, 北岡明佳, 山口泰, 杉原厚吉, 座談会:錯覚研究において数理的アプローチに期待すること. 数学セミナー 2011 年 3 月号, 特集「錯覚の数理」, pp. 8-16.
7. 杉原厚吉, 東洋経済ウェブジャーナル, 連載記事「錯覚から探る見ることの危うさ」
 第1回「錯視図形～古くて新しい不思議」(2011 年 11 月 1 日)
 第2回「静止画なのに動いて見える」(2011 年 11 月 28 日)
 第3回「不可能ではない「不可能立体」」(2011 年 12 月 22 日)
 第4回「不可能モーションの設計」(2012 年 1 月 26 日)
 第5回「写真でうそをつく方法、マンション広告写真が素敵な理由」(2012 年 2 月 27 日)
 第6回「錯視とタイリングアート」(2012 年 3 月 23 日).
8. 杉原厚吉, 「だまし絵の不思議な世界」, 誠文堂新光社, 2011 年 12 月 26 日.
9. 北岡明佳, 「色の錯視いろいろ (1)「目の色の恒常性」という錯視の絵」, 日本色彩学会誌, 35(2), pp. 118-119 (2011).
10. 北岡明佳, 「色の錯視いろいろ (2)色の恒常性と 2 つの色フィルタ」, 日本色彩学会誌, 35(3), pp. 234-236 (2011).
11. 北岡明佳, 「色の錯視いろいろ (3)トーンの錯視」, 日本色彩学会誌, 35(4), pp. 344-345 (2011).
12. 杉原厚吉, 「錯視と交通事故:渋滞や交通事故は錯覚が引き起こすことがある」, DIGNIO, vol. 16, 2012 Autumn, 日経ビジネス.
13. 杉原厚吉, 「こだわり館嘆符! 3 錯覚美術館」, そよかぜ通信 12 年秋号, 教育出版, 2012, pp. 12-15.
14. 杉原厚吉, 「だまし絵と線形代数」, 共立出版, 東京, 2012.
15. 杉原厚吉, 「錯視図鑑」, 誠文堂新光社, 東京, 2012.
16. 杉原厚吉, 「超ふしぎ体験! 立体トリックアート工作キットブック」, 金の星社, 東京, 2012.
17. 北岡明佳(監修), 「Newton 別冊 目の錯覚はなぜおきるのか? 錯視と錯覚の科学」, ニュートンプレス, pp. 160, 2013.
18. 北岡明佳, 「おもしろ錯覚図鑑」, 京都新聞 2012 年 6 月 13 日～12 月 20 日まで 24 回連載.
 第 1 回(6 月 13 日) 錯視とは
 第 2 回(6 月 20 日) 蛇の回転
 第 3 回(6 月 27 日) だまし絵
 第 4 回(7 月 4 日) アイシャドーの錯視
 第 5 回(7 月 18 日) ブラッドとランダムドット
 第 6 回(7 月 25 日) 動く錯視と傾き錯視
 第 7 回(8 月 1 日) ピカピカする錯視
 第 8 回(8 月 15 日) シルエットが招く複数の立体視
 第 9 回(8 月 22 日) 色の恒常性
 第 10 回(8 月 29 日) 鳥居の錯視
 第 11 回(9 月 5 日) 縞模様の錯視
 第 12 回(9 月 12 日) さかさ絵
 第 13 回(9 月 19 日) 錯視と美
 第 14 回(9 月 26 日) オオウチハジメさん
 第 15 回(10 月 3 日) 奥行き
 第 16 回(10 月 17 日) 渦巻き
 第 17 回(10 月 24 日) クラシックな錯視
 第 18 回(10 月 31 日) ステレオグラム
 第 19 回(11 月 7 日) 色の錯視の作り方
 第 20 回(11 月 14 日) これは錯視ではない?
 第 21 回(11 月 21 日) トリックアート
 第 22 回(11 月 28 日) エイムズの部屋
 第 23 回(12 月 5 日) 坂道の錯視

第 24 回(12 月 20 日) 蛇の錯視デザイン

19. 北岡明佳,「顔の錯視のレビュー」, **BRAIN and NERVE** 神経研究の進歩(増大特集 顔認知の脳内機構), 64 (7) (2012), pp. 779-791.
20. 新井仁之,「数学で探る錯視の世界」, 東京大学大学院数理科学研究科刊(同研究科創立 20 周年記念刊行物), 2012.
21. 新井仁之,「視覚と錯覚の数理科学」,「越境する数学」(西浦廉政編)第 4 章, 岩波書店, 2013.
22. 山口泰,「視覚で復号する暗号画像 — 目で見てわかる暗号とは?」, 高校生のための東大授業ライブ ガクモンの宇宙(東京大学教養学部編), 東京大学出版会, 2012.4.13, pp.18-28.
23. 山口泰,「特集「コンピュータグラフィックスの新展開」編集にあたって」, 情報処理, vol.53, no.6 (2012), pp.554-555, 2012.5.15.
24. 山口泰,「顔の見た目年齢と魅力の解析およびその操作方法」, フレグランスジャーナル, vol.41, no.3 (2013), pp.75-80, 2013.3.15.
25. 杉原厚吉,「計算幾何学」, 朝倉書店, 2013 年 6 月.
26. 杉原厚吉, 永井もりお,「トリック迷路」, 幻冬舎エデュケーション, 2013 年 6 月.
27. 杉原厚吉,「トリックアート工作キットブック2」, 金の星社, 2013 年 6 月.
28. 杉原厚吉,「トリック立体キット BOOK」, 永岡書店, 2013 年 7 月.
29. 宮下芳明,「身体部位とインタラクション」, ヒューマンインタフェース学会学会誌, 15 巻, 巻頭文, 2013.
30. 宮下芳明, 中村裕美,「CHI の変遷と CHI 勉強会」, ヒューマンインタフェース学会誌, 15 巻, 4 号, pp. 15-20, 2013.
31. 宮下芳明,「明治大学 先端メディアサイエンス学科(FMS 学科)の教育」, ヒューマンインタフェース学会誌, 15 巻, 4 号, pp. 49-52, 2013.
32. 新井仁之監修, こどもくらぶ編,「錯視のひみつにせまる本; 第 1 巻 錯視の歴史」, ミネルヴァ書房, 2013.
33. 新井仁之監修, こどもくらぶ編,「錯視のひみつにせまる本; 第 2 巻 錯視の技」, ミネルヴァ書房, 2013.
34. 新井仁之,「錯視のひみつにせまる本; 第 3 巻 錯視と科学」, ミネルヴァ書房, 2013.
35. 北岡明佳,「色の錯視いろいろ (8)「色の錯視の色の錯視」」, 日本色彩学会誌, vol. 37, no. 1, pp. 49-51, 2013
36. 北岡明佳,「色の錯視いろいろ (9)「色依存の静止画が動いて見える錯視: 杆体が関与?」」, 日本色彩学会誌, vol. 37, no. 4, pp. 400-401, 2013.
37. 北岡明佳,「色の錯視いろいろ (10)「色依存の静止画が動いて見える錯視: 輝度変化誘導性の運動錯視が関与?」」, 日本色彩学会誌, vol. 37, no. 5, pp. 511-512, 2013.
38. 北岡明佳,「色の錯視いろいろ (11)「錯視のデザインに及ぼす色の効果」」, 日本色彩学会誌, vol. 38, no. 1, pp. 26-27, 2014.
39. 北岡明佳,「色の錯視いろいろ (12)「色立体視」」, 日本色彩学会誌, vol. 38, no.2, pp. 62-63, 2014.
40. 福田玄明, 植田一博,「実験室における本物感(受賞者の言葉)」, 認知科学, vol. 20, no. 2, pp.173-174, 2013.
41. 植田一博,「アニマシー知覚: 人工物から感じられる生物らしさ」, 日本ロボット学会誌, vol. 31, no. 9, pp. 5-7, 2013.
42. 山口泰, 堤江美子,「第 9 回アジア図学国際会議報告」, 図学研究, vol. 47, no. 4, pp. 23-35, 2013.
43. H. Arai: Mathematical models of visual information processing in the human brain and applications to image processing. Mathematical Progress in Expressive Image Synthesis, MI Lecture Note Vol. 50, 2013, pp. 84-89.
44. 杉原厚吉,「錯視」の項を担当, 岩波書店編集部編:「広辞苑を 3 倍楽しむ」, 岩波書店, 2014 年 4 月.
45. 杉原厚吉,「立体トリックアート工作キットブック3」, 金の星社, 16 頁, 2014 年 7 月.

46. 杉原厚吉,「立体知覚と錯視の数理—人は欠けた奥行きをなぜ補えるのか」,三村昌泰(編):「現象数理学の冒険」,明治大学出版会,2015年1月,pp.25-69.
47. 杉原厚吉,「不可能立体／不可能モーションの数理1」,応用数理,チュートリアル,25巻1号,2015年3月,pp.24-29.
48. 宮下芳明,「コンテンツは民主化をめざす 表現のためのメディア技術」,明治大学出版会,2015.
49. 友枝明保,「交通渋滞と常微分方程式モデル」,日本評論社 数学セミナー2015年2月号(Vol.54_No.2_640),特集「微分方程式で現象を見る」,pp.20-25.
50. 北岡明佳,「色の錯視いろいろ」(15) 彩度の対比と同化」,日本色彩学会誌,39巻1号,2015年,pp.35-36.
51. 北岡明佳,「色の錯視いろいろ」(14) 静脈の色の錯視・その2」,日本色彩学会誌,38巻5号,2014年,pp.367-368.
52. 北岡明佳,「色の錯視いろいろ」(13) 静脈の色の錯視」,日本色彩学会誌,38巻4号,2014年,pp.323-324.
53. 北岡明佳,「色の錯視いろいろ」(12) 色立体視」,日本色彩学会誌,38巻2号,2014年,pp.71-72.
54. 北岡明佳,「色の錯視いろいろ」(11) 錯視のデザインに及ぼす色の効果」,日本色彩学会誌,38巻1号,2014年,pp.26-27.
55. 北岡明佳,「色の錯視と色覚および神経活動」,日本色彩学会・視覚情報基礎研究会・第20回研究発表会論文集,9-10,2014年(CSA-FVI-2014-2).
56. 北岡明佳,「世界一美しい錯視アート トリック・アイズ プレミアム」,2015年,カンゼン.
57. 友枝明保,「サグ部に潜む目の錯覚と「渋滞」」,一般社団法人 建築コンサルタンツ協会 会誌「Consultant」,第268号(2015年7月発行),pp.24-27.
58. 友枝明保,「計算を用いたフットステップ錯視アートの創作とその実用化に向けて」,日本シミュレーション学会学会誌「シミュレーション」,第34巻第2号(2015年9月発行予定).
59. H. Arai: From Mathematical Study of Visual Information Processing in the Brain to Image Processing, in Mathematical Progress in Expressive Image Synthesis II, Springer, (Anjyo, Ochiai eds.), pp.105-110, 2015.
60. 杉原厚吉,「不可能立体／不可能モーションの数理2」,チュートリアル,応用数理,第25巻2号(2015年),pp.29-32.
61. 杉原厚吉,「数理で探る錯覚一仕組みがわかると視覚の偉大さも見えてくる」,数学通信,第20巻第2号(2015年),pp.5-12.
62. A. Tomoeda and K. Sugihara: Computational Creation of a New Illusionary Solid Sign with Shading Effect, Mathematical Progress in Expressive Image Synthesis II (Extended and Selected Results from the Symposium MEIS2014), Mathematics for Industry 18, Springer, pp.111-116 (2015).
63. 新井仁之,「文字列傾斜錯視の数学的研究」,数学文化,第23号,pp.83-88(2015).
64. 新井仁之,「視覚と錯視の数理における非線形性」,電気情報通信学会誌,98巻11号(2015),pp.1012-1016.
65. 新井仁之,「錯視アートの新技術とその販促グッズ,パッケージへの利用」,包装技術,54巻1号(2016),pp.58-62.
66. A. Kitaoka, Slope illusion (Magnetic Hills) in Radan, ART AND ITS ROLE IN THE HISTORY: BETWEEN DURABILITY AND TRANSIENT -ISMS: Dedicated to the Memory of prof. Miodrag Jovanović, Ph.D (1932-2013) (ISBN 978-86-6349-034-5), 2015, pp. 751-76
67. Y. Yamaguchi: Image Synthesis in Consideration of a Human Visual System, The Visual Language of Technique, Springer, pp.65-79, 2015. (DOI: 10.1007/978-3-319-05341-7_4, ISBN: 978-3-319-05340-0)
68. 山口 泰,「Java による 3DCG 入門」,p.166,朝倉書店,2015. (ISBN: 978-4-254-12210-7)

69. 山口泰, 「連続階調画像のための拡張視覚復号型暗号」, 応用数理, チュートリアル, 25 巻 3 号, 2015 年, pp.33-38.
70. 山口泰, 「異種の画像からなるハイブリッド画像」, 応用数理, チュートリアル, 25 巻 4 号, 2015 年, pp.26-31.

(3)国際学会発表及び主要な国内学会発表

① 招待講演 (国内会議 44 件、国際会議 19 件)

1. 杉原厚吉, 基調講演「立体錯視の楽しみ」, AVSコンソーシアム主催, ビジュアライゼーションコンファレンス, 東京, タイムズ 24ビル, 2010 年 11 月 5 日.
2. 友枝明保, 招待講演「セルオートマトンモデルによる交通流現象の研究とその応用」, 横浜国立大学 工学部生産工学科 今野研究室セミナー, 2010 年 12 月 14 日.
3. 杉原厚吉, 招待講演「エッシャーマジックへの挑戦」, 3Dフォーラム「錯視が活かされる世界: 芸術と科学の架け橋」シンポジウム, 京都, 立命館大学, 2011 年 3 月 12 日 (論文原稿: 「3D 映像」, Vo. 25, No. 1, 2011, pp. 38-45).
4. 友枝明保, 招待講演「渋滞現象と数理モデリング: 交通流の数理」, 明治大学大学院先端数理科学研究科 現象数理学専攻 先端数理総合科目A, 明治大学, 2011 年 5 月 18 日
5. K. Sugihara, “Why are Voronoi diagrams so fruitful in application?”, Eighth International Symposium on Voronoi Diagrams in Science and Engineering, Qingdao, China, June 28-30, 2011, p. 14.
6. Haruaki Fukuda and Kasuhiro Ueda, “Contrast sensitivity function during perception of Benham–Fechner colour”, Perception 40 ECVF Abstract Supplement, pp.80. 2011. (2011. 8.28)
7. 杉原厚吉, 「計算錯覚学への招待」, CEDEC 2011 (Computer Entertainment Developers Conference 2011), 横浜みなとみらい, 2011 年 9 月 8 日.
8. 杉原厚吉, 「画像理解と不可能モーション錯視」, 日本心理学会大会ワークショップ, 日本大学, 2011 年 9 月 15 日.
9. Akiyasu Tomoeda, Invited Talk “Jamology - Mathematical modeling and challenges to resolve jams”, 71th Seminar on Nonlinear Phenomena and Analysis (NPA Seminar), Kyushu University, Fukuoka, 2011/10/13.
10. 杉原厚吉, 「人は目に届く光をなぜ読み誤るのかー視覚から学ぶ脳の働き」, オプティカルソリューションカンファレンス2011～生体と光～(サイバネットシステム主催), アキバプラザ, 2011 年 10 月 14 日.
11. 杉原厚吉, 「ベスト錯覚コンテスト世界チャンピオンまでの道」, 映像情報メディア学会メディア工学シンポジウム, 秋葉原ダイビル, 2011 年 10 月 29 日.
12. 杉原厚吉, 「数理で解き明かすだまし絵の秘密」, 明治大学創立 130 周年記念自然科学系シンポジウム「自然を探り、社会を変える数理科学: 現象数理学の挑戦」, 明治大学駿河台キャンパス, 2011 年 12 月 17 日.
13. 友枝明保, 招待講演「錯視現象の社会への積極的応用: Hollow face 錯視」, 京都駅前セミナー, キャンパスプラザ京都, 2012 年 1 月 26 日.
14. 杉原厚吉, 「視覚メディアと錯視一人の目はどこまで正しくみられるか」, 錯視&S3D研究会, 関東学院大学関内キャンパス, 2012 年 2 月 17 日.
15. 杉原厚吉, 「画像知覚と立体錯視～人はなぜ奥行きを読み取ることができるのか～」, 社会性知能発生学研究会, 2012 年 2 月 26 日.
16. 友枝明保, 「渋滞現象の解明から解消へ: 数理と実証」, 明治大学大学院先端数理科学研究科現象数理学専攻先端数理総合科目A, 明治大学, 2012 年 4 月 11 日.
17. 杉原厚吉, 「画像は錯視に満ちている一見たものを正しく疑うための数理」, 日本画像学会キーノートスピーチ, 東京工業大学長津田校舎, 2012 年 6 月 13 日.

18. 杉原厚吉, 「奥行き錯視の数理: 不可能立体・不可能モーションの設計法」, デジタルハリウッド大学大学院秋葉原校, 2012 年 6 月 16 日.
19. Hitoshi Arai, “Mathematical models of visual information processing and applications to visual illusions”, The Eighth Conference of East Asia Section of SIAM, National Taiwan Univ., 2012 年 6 月 25 日.
20. 北岡明佳, 「フレーザー・ウィルコックス錯視族の現象とモデル」, 信学技報, vol. 112, no. 168, (2012), NC2012-24, pp. 57-60, 立命館大学びわこ・くさつキャンパス, 2012 年 7 月.
21. Akiyasu Tomoeda, “Computational creation of a new illusionary solid sign with the hollow structure”, The 35th European Conference on Visual Perception (ECVP2012), Alghero, Italy, 2012 年 9 月 2-6 日.
22. 杉原厚吉, 「直角の大好きな脳—だまし絵から学ぶ見ることの偉大さと危うさ」, 日本矯正歯科学会大会, 2012 年 9 月 28 日.
23. 山口泰, 「コンピュータグラフィックスの新たな展開」, キヤノン「技術ワークショップ(コンピュータグラフィックスと画像処理)」, キヤノン本社, 2012 年 10 月 31 日.
24. 友枝明保, 「錯視を利用したユニークなデザインの時計・広告看板」, 龍谷大学・明治大学 新技術説明会, JST 東京別館ホール, 2012 年 11 月 27 日.
25. 友枝明保, 「渋滞の制御に向けて～渋滞させない運転術とその実証～」, 明治大学ワークショップ「複雑系ゆらぎデータの分析と制御 II: ベキ分布と非定常性へのアプローチ」, 明治大学, 2012 年 12 月 7 日.
26. 友枝明保, 「渋滞現象の数理的解明から渋滞解消法の実践へ」, 名城大学理工談話会, 名城大学, 2013 年 1 月 12 日.
27. Y. Yamaguchi, “Image synthesis in consideration of a human visual system”, The Visual Language of Technique between Science and Art (150th Anniversary of Politecnico di Milano), Milan (Italy), 2013 年 6 月 13 日.
28. 友枝明保, 「渋滞解消に向けて: 発進波の伝播現象から道路の錯視現象まで」, 芝浦工業大学談話会, 芝浦工業大学, 2013 年 6 月 26 日.
29. A. Tomoeda, “Starting wave in a queue of pedestrians and an analogy with compressible fluid flow”, 2013 SIAM Annual Meeting, California, USA, 2013 年 7 月 9 日.
30. K. Sugihara, “How to design impossible objects and impossible motions”, International Puzzle Party IPP33, Narita, Chiba, 2013 年 8 月 3 日.
31. Y. Yamaguchi, “Extended visual cryptography for continuous-tone images - effect of the optimum tone mapping -”, Asian Forum on Graphic Science, Dalian (China), 2013 年 8 月 10 日.
32. K. Sugihara, “Computational geometry in the human brain”, 16th Japan Conference on Discrete and Computational Geometry and Graphs, Tokyo, September 17-19, 2013, Abstracts of JCDCGG, pp. 14-15, 2013 年 9 月 17 日.
33. 新井仁之, 「目の錯覚の数理とその応用 - 数学で解明!? 錯視のしくみ -」, 同志社ハリスフォーラム 2013 広がる数理の世界, 同志社大学, 2013 年 9 月 28 日.
34. H. Arai, “Mathematical models of visual information processing in the human brain and applications to image processing”, Symposium MEIS2013, Centennial Hall Kyusyu Univ. School of Medicine, Japan, 22 Oct., 2013.
35. 友枝明保, 「自然渋滞の数理的解明から渋滞解消運転の実践へ」, Joint workshop on pure and applied mathematics, 東北大学, 2013 年 10 月 31 日.
36. 北岡明佳, “Mechanisms and functions of visual illusions”, Invited Talk II, Joint Workshop on Machine Perception and Robotics, 立命館大学朱雀キャンパス, 2013 年 11 月 1 日.
37. K. Sugihara, “Optical illusion --- Fun of visual illusion researches”, Malaysia-Japan Academic Scholar Conference (November 8, 9, 2013), Meiji University, Tokyo, 2013 年 11 月 9 日.

38. 友枝明保,「自然渋滞の解明から解消へ:数理モデルと実証」,研究集会「数学と現象: Mathematics and Phenomena in Miyazaki2013」,宮崎大学,2013年11月15日.
39. 北岡明佳,「錯視とは何か」,日本心理学会公開シンポジウム「錯視の科学」(オルガナイザー: 杉山尚子・北岡明佳),主婦会館プラザエフ 9F スズラン,2013年11月16日.
40. 北岡明佳,「街角錯視」,建築学会:建築空間における色彩・質感の視覚効果定量化 WG,キャンパスプラザ京都 5F 第4演習室,2013年11月22日.
41. 北岡明佳,「色の錯視いろいろ」,日本色彩学会東海支部講演会,名古屋大学東山キャンパス・環境総合館 1F レクチャーホール,2013年12月15日.
42. 友枝明保,「錯視現象を計算する:ホロウマスク錯視とフットステップ錯視」,JSIAM 若手の会,東京大学,2013年12月25日.
43. 新井仁之,「視覚と錯視のフレームレットモデル」,数学協働プログラム「人間行動への数理の応用による課題解決」ワークショップ,帝京大学霞ヶ関キャンパス,2014年1月16日.
44. 友枝明保,「幾何計算による錯視作品の創作とその実用化に向けて」,北陸応用数理研究会,金沢大学サテライトプラザ,2014年2月13日.
45. Y. Yamaguchi, “Image synthesis & processing for human visual system”, China-Japan Joint Workshop on Geometry and Graphics, Beijing Institute of Technology, Beijing (China), 2013年8月12日.
46. Y. Yamaguchi, “Extended visual cryptography scheme for multiple-secret continuous-tone images”, International Workshop on Digital-Forensics and Watermarking 2013, Auckland (New Zealand), 2013年10月2日.
47. 友枝明保,「渋滞学と形状最適化,連続体のトポロジー最適化理論の現実問題への応用」,京都大学数理解析研究所 RIMS 共同研究,2014年5月7-9日.
48. 友枝明保,「自己駆動粒子の集団運動と渋滞」アクティブマター談話会,北陸先端科学技術大学院大学(JAIST) 東京サテライト,2014年5月28日.
49. 友枝明保,「渋滞解消運転術が導く自己組織化」,第8回自己組織化討論会,晴海グランドホテル,2014年6月29日.
50. K. Sugihara, “Principle of independence for robust geometric software learned by the human visual computation”, 4th International Congress on Mathematical Software (ICMA 2014), Seoul, Korea, July 5-9, 2014.
51. 山口泰,「錯覚(ヒト視覚系の特徴)と画像処理技術への応用」,照明学会関西支部専門講習会「錯視のメカニズムとその応用」,神戸大学工学部教育棟,2014年11月29日.
52. 友枝明保,「錯視現象を計算する:幾何計算による現象の理解から錯視作品の創作へ」,数理人セミナー,早稲田大学西早稲田キャンパス 63 号館,2014年12月8日.
53. 友枝明保,「乗客輸送を考慮した公共交通の数理モデル -- ビッグデータの活用に向けて --」,第4回臨海地区産学官連携フォーラム,独立行政法人 産業技術総合研究所臨海副都心センター,2015年1月29日.
54. K. Sugihara, “Impossible objects as a tool for understanding the human vision systems”, Asian Forum on Graphic Science, Bangkok, August 5-9, 2015.
55. K. Sugihara, “Visual Media Culture Supported by Human Depth Illusion”, Invited talk, Mathematical Progress in Expressive Image Synthesis 2015 (MEIS2015), Fukuoka, September 25-27, 2015, pp. 16-22.
56. K. Sugihara, “Fragility of visual media culture suggested by mathematical modeling of depth perception”, JST CREST-PRESTO Symposium 2015: Mathematics for the 22nd Century, Tokyo, September 28 - October 1, 2015
57. K. Sugihara, “How Does Human Interpret Images? --- Week Points of Our Visual Systems Learned by Mathematical Study of Optical Illusion”, Prenary Talk at the 25th International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT 2015) and the 20th Eurographics Symposium on Virtual Environments (EGVE 2015) (ICAT-EGVE 2015), Kyoto, October 28, 29, 2015.
58. 新井仁之(東京大学),「視覚の錯覚から画像処理へ」,第74回日本医学放射線学会総会、特

別講演、パシフィコ横浜、2015 年 4 月 17 日.

59. 新井仁之,「視覚と錯視の数学からアート、そして画像処理」,日本数学協会第 14 回総会および講演会,東京大学,2015 年 6 月 7 日.
60. 新井仁之,「数理視覚科学からのイノベーション - 錯視と画像処理 -」,JST フェア 2015 - 1 学技術による未来の産業創造展-,東京ビッグサイト,2015 年 8 月 27 日.
61. 新井仁之,「視覚・錯視の数理科学とそのアート,画像処理への応用」,ロボット工学セミナー(日本ロボット学会主催),中央大学,2015 年 10 月 15 日.
62. 北岡明佳,「画像と錯視」,画像関連学会連合会第 2 回秋期大会,全体基調講演,京都工芸繊維大学,2015 年 11 月 19 日.
63. 山口泰,「ヒト視覚系の特徴を利用した画像生成・処理」,明治大学先端数理科学インスティテュート(MIMS) 現象数理学研究拠点(CMMA)「現象数理学コロキウム」,明治大学中野キャンパス,2015 年 11 月 20 日発表.

② 口頭発表 (国内会議 71 件、国際会議 24 件)

1. 青島さやか, 青木惇季, 宮下芳明,「60 万人の感情実況」,第 18 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ(WISS2010),福島県耶麻郡北塩原村 裏磐梯ロイヤルホテル,2010 年 12 月 1-3 日.
2. 藤本雄太, 宮下芳明,「プレゼンとプレゼンの場をマンガ表現するインタラクティブシステム」,第 18 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ(WISS2010),福島県耶麻郡北塩原村 裏磐梯ロイヤルホテル,2010 年 12 月 1-3 日. [ソネット賞金賞 受賞]
3. 友枝明保,「人の反応伝播速度とトラベルタイムの導出」,2010 年度応用数学合同研究集会,瀬田,2010 年 12 月 17 日.
4. 友枝明保,「人の反応伝播速度とロスタイム最小化」,日本応用数理学会 春の研究部会連合発表会,調布,2011 年 3 月 7 日.
5. 中村裕美, 宮下芳明,「電気味覚を活用した飲食コミュニケーションの可能性」,情報処理学会研究報告, Vol.2011-HCI-142 No.11, 2011 年 5 月 27 日.
6. 宮下芳明, 太田佳敬,「時空間の近接性にとらわれない学会のデザイン」,情報処理学会研究報告, Vol.2011-HCI-143 No.6, 2011 年 5 月 27 日.
7. 山中祥太, 宮下芳明,「発言履歴編集機能がチャットに及ぼす影響の考察」,情報処理学会研究報告, Vol.2011-HCI-143 No.7, 2011 年 5 月 27 日.
8. K. Sugihara, “Rescue boat Voronoi diagrams for inhomogeneous anisotropic, and time-varying distances”, Eighth International Symposium on Voronoi Diagrams in Science and Engineering, Qingdao, China, June 28-30, 2011, pp. 91-97.
9. 永瀬翔, 宮下芳明,「多人数協力型の速報プレゼンテーションツール」,情報処理学会研究報告, vol.2010-HCI-144, no.8, 2011 年 7 月 28-29 日.
10. 山中祥太, 宮下芳明,「重なりあったウィンドウ間を移動可能なマウスカーソル操作手法の提案」,情報処理学会研究報告, Vol.2010-HCI-144, No.8, 2011 年 7 月 28-29 日. (学生奨励賞)
11. 友枝明保,「渋滞学への誘い:渋滞を科学する」, N. L. P. M. Summer Seminar 2011, 南知多, 愛知, 2011 年 8 月 5 日.
12. 新井仁之,「数学的方法による視知覚と錯覚の研究」, I, II, NSC 特別講演会、北海道大学電子科学研究所, 2011 年 8 月.
13. 山口 泰,「自然画像のための視覚復号型暗号の一手法」,情報処理学会研究報告, 2011-CG-144, No.6, pp.1-8, 2011.9.4.
14. 杉原厚吉,「反重力すべり台の設計法」,日本オペレーションズリサーチ学会ワークショップ「娯楽のOR」, 甲南大学, 2011 年 9 月 16 日, 日本オペレーションズリサーチ学会講演アブストラクト集, 2-K-11, pp. 380-381.
15. 中村美恵子, 宮下芳明,「金額の理解を促すインタラクションデザイン」,情報処理学会研究

- 報告, vol.2011-HCI-145, no.5, 2011 年 10 月 14 日.
16. 山中祥太, 宮下芳明, 「スイッチバックカーソル: 重なりあったウィンドウ間を移動可能なマウスカーソル操作手法」, WISS2011, 第 19 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集, pp.66-71, 2011 年 12 月 1-3 日.
 17. 山田 歩, 福田玄明, 鮫島和行, 清河幸子, 南條貴紀, 植田一博, 野場重都, 鰐川彰. 「テイスティング方法がコーラの選好に与える影響」, 行動経済学会第 5 回大会予稿集, 2011.12.10.
 18. 中村裕美, 宮下芳明, 「電気味覚の応用による食メディア開発」, 信学技報, vol.111, no.479, MVE2011-103, pp.49-54, 2012 年 3 月 12 日.
 19. 友枝明保, 「サグ部の自然渋滞緩和に向けて～錯視現象とその緩和策～」, 第 4 回錯覚ワークショップ -横断的錯覚科学は成立するか-, 明治大学駿河台キャンパスアカデミーコモン, 2012 年 3 月 13 日.
 20. 山中祥太, 宮下芳明, 「コンテンツリストにおけるインタラクション手法の提案」, 情報処理学会研究報告, vol.2012-HCI-147 no.11, 2012 年 3 月 21-22 日.(研究会貢献賞)
 21. K. Sugihara, "Computer-aided generation of triply-crossing tile patterns", 28th European Workshop on Computational Geometry, Assisi, Italy, March 19-21, 2012.
 22. 太田佳敬, 中橋雅弘, 宮下芳明, 「創作時間そのものを利用したリミックス」, 情報処理学会第 148 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会, 沖縄産業支援センター, 那覇市, 沖縄県, 2012 年 6 月 1-2 日.
 23. 鈴木悠司, 井川洋平, 宮下芳明, 「トランプ型ファイルブラウジング手法の提案」, 情報処理学会第 148 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会, 沖縄産業支援センター, 那覇市, 沖縄県, 2012 年 6 月 1-2 日.
 24. 貫貴裕, 宮下芳明, 「輝度を用いて仮想回路と実部品を繋ぐ電子工作環境」, 情報処理学会第 148 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会, 沖縄産業支援センター, 那覇市, 沖縄県, 2012 年 6 月 1-2 日.
 25. 山田歩, 植田一博, 福田玄明, 「利用範囲の拡大はプリペイドカードの魅力を高めるか」, 第 44 回消費者行動研究コンファレンス, 関西学院大学, 2012 年 6 月 3 日.
 26. 加藤邦拓, 宮下芳明, 「時間とのインタラクションによるプログラミング支援」, 情報処理学会第 149 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会, 源平荘, 下関市, 山口県, 2012 年 7 月 19-20 日.
 27. 大島裕樹, 宮下芳明, 「Web コンテンツに対するプレゼンテーション形式での表現手法」, 情報処理学会第 149 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会, 源平荘, 下関市, 山口県, 2012 年 7 月 19-20 日.
 28. 大家眸美, 宮下芳明, 「ウェブコンテンツにおけるネガティブ感情表現の緩和手法」, 情報処理学会第 149 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会, 源平荘, 下関市, 山口県, 2012 年 7 月 19-20 日.
 29. 友枝明保, 「ボロノイ図を用いたホロウマスク型錯視立体の設計法」, N.L.P.M.Summer Seminar 2012, 岬の宿高砂, 鳥羽, 三重, 2012 年 8 月 9-12 日.
 30. 友枝明保, 「Hollow mask 錯視と同じ効果を持つ新しい立体の数理設計法」, 日本応用数理学会 2012 年度年会, 稚内全日空ホテル, 稚内, 北海道, 2012 年 8 月 28 日-9 月 2 日.
 31. 友枝明保, 杉原厚吉, 「Hollow Mask 錯視と同じ効果を持つ新しい立体の数理設計法」, 日本応用数理学会年会, 稚内, 2012 年 8 月 29 日.
 32. 小野隼, 友枝明保, 杉原厚吉, 「Footstep Illusion を利用した錯視アートの試み」, 日本応用数理学会年会, 稚内, 2012 年 8 月 29 日.
 33. Peeraya Sripian, 山口泰, 「物体形状に依存しないハイブリッド画像の作成手法」, 情報処理学会第 148 回グラフィクスと CAD 研究発表会, 九州大学西新プラザ, 2012 年 8 月 29 日.
 34. Peeraya Sripian, Yasushi Yamaguchi, "Shape-free hybrid image effects of artificial noise and complementary color", Perception, 41 Supplement (ECVP 2012 Abstracts) 2-6, September, 2012. (DOI: 10.1068/v120171).

35. K. Sugihara, "Impossible motions --- A new type of visual illusion generated by shape-from-image equations", European Conference on Visual Perception, Alghero, Italy, September 2-6, 2012.
36. J. Stevanov, M. Uesaki, H. Ashida, T. Carlson, G. Cupchik and A. Kitaoka, "Neural correlates of perceptual pleasure and "Aha" experiences triggered by perceptual flips in ambiguous images", Perception, 41, ECVF Abstract Supplement, p. 61, (Talk September 6, 2012, Alghero, Italy).
37. 鈴木宏昭, 植田一博, 渡邊克己, 「思考における無意識的处理」, 日本心理学会第 76 回大会, 専修大学生田キャンパス, 2012 年 9 月 13 日.
38. 宮下芳明, 「インタラクシオン 2012 の改革と課題」, 情報処理学会 エンタテインメントコンピューティング 2012, 神戸大学六甲台キャンパス, 神戸市, 兵庫県, 2012 年 9 月 28-30 日.
39. 高橋治輝, 宮下芳明, 「裁断された譜面を用いたドラム練習支援」, 情報処理学会 エンタテインメントコンピューティング 2012, 神戸大学六甲台キャンパス, 神戸市, 兵庫県, 2012 年 9 月 28-30 日.
40. Akiyasu Tomoeda, "Starting wave in a queue of pedestrians", 2012 International Conference on Modeling, Analysis and Simulation (ICMAS2012), Meiji University, Japan, 2012 年 11 月 8 日.
41. 小野隼, 友枝明保, 杉原厚吉, 「フットステップ錯視アート」, NICOGRAPH, 京都, 2012 年 11 月 17 日, pp. 25-26.
42. 谷田川達也, 山口泰, 「フレーム間の連続性を保持する動画編集法」, 情報処理学会 第 149 回グラフィクスと CAD 研究発表会, 横浜国立大学教育文化ホール, 2012 年 12 月 3 日.
43. 山中祥太, 栗原一貴, 宮下芳明, 「注視していないことを利用したマウスカーソル高速化手法」, ソフトウェア科学会 第 20 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ, 古牧温泉青森屋, 三沢市, 青森県, 2012 年 12 月 6-8 日.
44. 山田歩, 植田一博, 福田玄明, 「利用範囲の拡大は商品の魅力を高めるか」, 行動経済学会 第 6 回大会, 青山学院大学青山キャンパス, 2012 年 12 月 8 日.
45. 福田玄明, 塩見昌裕, 中川佳弥子, 植田一博, 「ヒューマンロボットインタラクシオンにおける social touch」, HAI シンポジウム 2012, 京都工芸繊維大学 60 周年記念館, 2012 年 12 月 9 日.
46. 友枝明保, 「人の待ち行列における発進波の伝播速度」, 第 18 回交通流のシミュレーションシンポジウム, 名古屋大学東山グリーンサロン, 2012 年 12 月 13-14 日.
47. 友枝明保, 「くぼみ構造を持つ立体の生成法とホロマスク型錯視」, 2012 年度応用数学合同研究集会, 龍谷大学瀬田キャンパス, 2012 年 12 月 20-22 日.
48. A. Kitaoka, "Color-dependent anomalous motion illusion and its reversal", Talk in the 2013 Winter Meeting of the Vision Society of Japan (視覚学会), January 23, 2013, Kogakuin University (工学院大学), Tokyo, Japan.
49. 中村裕美, 宮下芳明, 「陰極刺激の提示と停止による塩味味覚感度制御」, 情報処理学会インタラクシオン 2013, 日本科学未来館, 東京都, 2013 年 2 月 28 日・3 月 2 日.
50. 小林奈央樹, 脇田順一, 森山修, 山崎義弘, 杉原厚吉, 松下貢, 「バクテリアの時空パターンとモアレ錯視」, 日本物理学会大会, 広島, 2013 年 3 月 26 日.
51. 清河幸子, 加藤由梨子, 小松孝徳, 松香敏彦, 植田一博, 「オノマトペによる動きの表現」, 第 27 回人工知能学会全国大会, 富山市, 富山県, 2013 年 6 月 6 日.
52. 福田玄明, 「主観色知覚による色覚処理の検討」, The 7th Perceptual Frontier Seminar, 九州大学大橋キャンパス, 福岡市, 2013 年 7 月 26 日.
53. K. Sugihara, "How to make 3D solids that generate impossible motions", Illusions and Delusions, The Barn - Optical Phenomena, Leinroden, Germany. 2013 年 8 月 23-24 日.
54. A. Kitaoka, "The color-dependent Fraser-Wilcox illusion: motion direction is reversed depending on luminance", Talk in "Illusions and delusions" in the Barn, Leinroden, Germany, August 23, 2013.

55. S. Yamanaka and H. Miyashita, "Switchback cursor: Mouse cursor operation for overlapped windowing", IFIP INTERACT 2013, Cape Town, South Africa, 2 – 6 September 2013.
56. 小野隼, 友枝明保, 杉原厚吉, 「フットステップ錯視アート:キックバック錯視とアースワーム錯視」, 日本応用数理学会平成 25 年度年会, 福岡, 2013 年 9 月 11 日.
57. 友枝明保, 小野隼, 杉原厚吉, 「はぐれ矢印:錯視立体と陰影計算」, 日本応用数理学会平成 25 年度年会, 福岡, 2013 年 9 月 11 日.
58. 山口泰, 「複数の秘密画像を扱う連続階調画像の視覚復号型暗号」, 日本応用数理学会 2013 年度年会, アクロス福岡, 福岡市, 2013 年 9 月 11 日.
59. 谷田川達也, 山口泰, 「非対称類似度行列の低ランク近似による時間連続性を考慮した動画編集法」, 日本応用数理学会 2013 年度年会, アクロス福岡, 福岡市, 2013 年 9 月 11 日.
60. H. Nakamura and H. Miyashita, "Controlling saltiness without salt: evaluation of taste change by applying and releasing cathodal current", 5th Workshop on Multimedia for Cooking and Eating Activities: CEA2013, Barcelona, Spain, October 21, 2013.
61. 山田歩, 植田一博, 「利用範囲が広いほどプリペイド・カードの魅力は高まるか」, 日本社会心理学会第 54 回大会, 宜野湾市, 2013 年 11 月 2 日.
62. 山口泰, 「複数の連続階調秘密画像を埋め込める拡張視覚復号暗号」, 日本図学会 2013 年度秋季大会, 盛岡市, 2013 年 11 月 16 日.
63. 友枝明保, 「自然渋滞と縦断勾配錯視」, 第 1 回 JST CREST「数学」領域横断若手合宿～冬の学校@指宿～, 鹿児島, 2014 年 2 月 2 日.
64. 川名勇氣, 宮下芳明, 「自由なテンポで演奏した複数の録音データから楽曲を生成するシステム」, ヒューマンコンピュータインタラクション(HCI)研究会, 明治大学中野キャンパス, 東京, 2014 年 3 月 13-15 日.
65. 加藤邦拓, 宮下芳明, 「導電性インク複合機を用いたマルチタッチパターン生成手法」, ヒューマンコンピュータインタラクション(HCI)研究会, 明治大学中野キャンパス, 東京, 2014 年 3 月 13-15 日.
66. 山口泰, 「スパース放射基底関数マップによるリアルタイム画像・動画編集」, Visual Computing / グラフィクスと CAD シンポジウム論文集, 画像電子学会 / 情報処理学会 / 映像情報メディア学会, 早稲田大学国際会議場, 2014 年 6 月 29 日.
67. 藤堂英樹, 山口泰, 「陰影解析に基づく 2 次元イラスト画像のリライティング」, Visual Computing / グラフィクスと CAD シンポジウム論文集, 画像電子学会 / 情報処理学会 / 映像情報メディア学会, 早稲田大学国際会議場, 2014 年 6 月 29 日.
68. A. Tomoeda, "Jamology - from mathematical modeling and analysis to engineering applications", 10TH AIMS International conference on Dynamical Systems, Differential Equations and Applications, Universidad Autonoma de Madrid, Spain, 2014/ 7/10.
69. K. Takahashi, T. Tachi and Y. Yamaguchi, "An approximation method of triangular mesh models for generating development diagrams with creases and slits", International Conference on Geometry and Graphics, Innsbruck (Austria), 2014 年 8 月 5 日.
70. P. Sripian and Y. Yamaguchi, "Assessment method for an edge alignment free hybrid image", International Conference on Geometry and Graphics, Innsbruck (Austria), 2014 年 8 月 5 日.
71. 中村翼, 宮下芳明, 「日本初 3D プリンター屋オープン 変遷とこれから」, エンタテインメントコンピューティング 2014, pp.162-167, 2014 年 9 月 12-14 日.
72. 宮代理弘, 宮下芳明, 「140 文字 Processing プログラミング」, エンタテインメントコンピューティング 2014, pp.182-185, 2014 年 9 月 12-14 日.
73. 大島裕樹, 宮下芳明, 「インタラクティブアニメーションの分析・再利用のためのツール」, エンタテインメントコンピューティング 2014, pp.199-204, 2014 年 9 月 12-14 日.

74. A. Tomoeda, “Jamology-from mathematical modeling to engineering applications”, 2nd Slovak - Japan Conference on Applied Mathematics, Radzovce - Obrucna, Cerova vrchovina, Slovakia, 2014/9/14-18.
75. S. Yamanaka and H. Miyashita, “Vibkinesis: Notification by direct tap and ‘Dying Message’ using vibronic movement controllable smartphones”, Proceedings of UIST 2014. pp. 535-540, October 5-8, 2014.
76. A. Tomoeda, “Computational creation of a new illusionary solid sign with shading effect”, Symposium MEIS2014: Mathematical Progress in Expressive Image Synthesis, Nishijin Plaza Kyushu University, Fukuoka, Japan, 2014/11/12-14.
77. 大島裕樹, 宮下芳明, 「操作の気持ちよさを再現するためのインタラクティブアニメーション分析ツール」, 第 22 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集 (WISS2014), pp.31-36, 2014 年 11 月 26-28 日.
78. 山中祥太, 宮下芳明, 「Cross-drag: 細長いターゲットのドラッグを容易にする操作手法」, WISS2014 第 22 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集, pp.97-102, 2014 年 11 月 26-28 日.
79. M. Arief, H. Todo, Y. Yaguchi, K. Mikami, K. Kondo, “Texture projection control for hand-drawn gradient shading”, 日本図学会秋季大会, 東京藝術大学美術学部中央棟, 2014 年 11 月 29 日.
80. 友枝明保, 「ボロノイ図と陰影計算を用いたホロウマスク錯視型立体の設計」, 2014 年度日本図学会秋季大会, 東京藝術大学美術学部中央棟, 2014 年 11 月 29-30 日.
81. H. Ueda, K. Takahashi, K. Watanabe and Y. Yamaguchi, “Adding information does not necessarily help the motion perception: a study of the curtate cycloid illusion”, International Conference on Knowledge and Smart Technology, Chonburi (Thailand), 2015 年 1 月 29 日. (DOI: 10.1109/KST.2015.7051482)
82. 友枝明保, 「計算による錯視現象の理解と錯視作品の創作」, 第 9 回応用数理研究会, 休暇村能登千里浜, 2015 年 8 月 19-21 日.
83. A. Tomoeda and K. Sugihara, “Computational creation of hollow mask type illusionary solids”, The 10th Asian Forum on Graphic Science 2015 (AFGS2015), Bangkok, Thailand, 2015 年 8 月 4-7 日.
84. 藤堂英樹, 山口 泰, 「レイヤーアニメーションのためのシームレスな法線マップ連結手法」, Visual Computing / グラフィクスと CAD シンポジウム, 姫路市市民会館, 兵庫県, 2015 年 6 月 30 日.
85. T. Ohshima, T. Tachi, H. Tanaka, Y. Yamaguchi, “Analysis and design of elastic materials formed using 2D repetitive slit pattern”, The International Association for Shell and Spatial Structures Symposium 2015, Amsterdam, Netherland, 2015 年 8 月 17 日.
86. 松永聡太, 本田秀仁, 植田一博, 「概念的調和度が選択行動に与える影響の分析」, 日本認知科学会第 32 回大会, 千葉大学, 2015 年 9 月 18 日.
87. M. Arief, H. Todo, K. Kondo, K. Mikami, Y. Yamaguchi, “Controllable Region via Texture Projection for Stylized Shading”, Proc. of VRCAI 2015, ACM SIGGRAPH, 2015 年 11 月 2 日発表. (DOI: 10.1145/2818498.2818510)
88. K. Sugihara, “Design of ambiguous cylinders”, Asian Forum on Graphic Science, Electric Proceedings, F07, 8pp., Bangkok, August 5-9, 2015.
89. 加藤邦拓, 宮下芳明, 「なでて操作するカードボード HMD」, 第 23 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集 (WISS 2015), pp.13-18, (2015).(採択率 44%)
90. 薄羽大樹, 宮下芳明, 「コメントイン: コメントを先に書くことによる新形態の API リファレンス」, 第 23 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集 (WISS 2015), 2015.
91. 上野新葉, 加藤邦拓, 宮下芳明, 「表面でのタッチ操作が可能なタンジブルインタフェースの 3D プリント手法」, 情報処理学会研究報告 ヒューマンコンピュータインタラクション(HCI), ひひ

vol.2016-HCI-167 no.4, pp.1-7, 2016.

92. 北岡明佳, Stuart Anstis, 「2 次刺激によるフットステップ錯視」, 日本視覚学会 2016 年冬季大会, 工学院大学, 2016 年 1 月 22 日.
93. 松元明子, 北岡明佳, 辻村誠一, 「多原色光源表示装置を用いた色依存のフレイザー・ウィルコックス錯視の検証」. 日本視覚学会 2016 年冬季大会, 工学院大学, 2016 年 1 月 22 日.
94. 新井仁之, 「視覚と錯視の数理からアート, そして画像処理へ」, 日本応用数理学会主催「応用数理ものづくり研究会」, 中央大学, 2015 年 12 月.
95. C.-N. Yang, J.-K. Liao, F.-H. Wu, Y. Yamaguchi, “Developing Visual Cryptography for Authentication on Smartphones”, Proc. of EAI International Conference on Industrial IoT Technologies and Applications, 2016 年 3 月 24 日.
96. 谷田川達也, 山口泰, 「単一画像を入力とした非均質物体の BSSRDF 推定」, Visual Computing / グラフィクスと CAD シンポジウム論文集, 画像電子学会 / 情報処理学会 / 映像情報メディア学会, 早稲田大学国際会議場, 2016 年 6 月 18 日発表予定.
97. 藤堂英樹, 山口泰, 「減色されたトゥーンシェーディング画像の形状反射推定」, Visual Computing / グラフィクスと CAD シンポジウム論文集, 画像電子学会 / 情報処理学会 / 映像情報メディア学会, 早稲田大学国際会議場, 2016 年 6 月 18 日発表予定.

③ ポスター発表 (国内会議 98 件、国際会議 25 件)

1. 友枝明保, 「人の反応の伝播速度と膨張波」, 平成 22 年度 九州大学応用力学研究所 共同利用研究集会「非線形波動研究の新たな展開 ―現象とモデル化―」, 福岡, 2010 年 10 月 29 日. [最優秀ポスター賞受賞]
2. 太田佳敬, 中村裕美, 宮下芳明, 「切り取って燃やして返品する能動的読書」, 第 18 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ(WISS2010), 福島県耶麻郡北塩原村 裏磐梯ロイヤルホテル, 2010 年 12 月 1-3 日.
3. 山中祥太, 宮下芳明, 「Balloon Chat: 発言されないコメントも浮かばれるチャット」, 第 18 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ(WISS2010), 福島県耶麻郡北塩原村 裏磐梯ロイヤルホテル, 2010 年 12 月 1-3 日.
4. 吉永珠里, 宮下芳明, 「建前のあとに」, 第 18 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ(WISS2010), 福島県耶麻郡北塩原村 裏磐梯ロイヤルホテル, 2010 年 12 月 1-3 日.
5. 清水和晃, 宮下芳明, 「Bar-code Based Community: ソフト/ハードの区別なく同じツールのユーザ同士を繋げる仕組み」, 第 18 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ(WISS2010), 福島県耶麻郡北塩原村 裏磐梯ロイヤルホテル, 2010 年 12 月 1-3 日.
6. 中村裕美, 宮下芳明, 「飲食物 + 電気味覚」, 第 18 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ(WISS2010), 福島県耶麻郡北塩原村 裏磐梯ロイヤルホテル, 2010 年 12 月 1-3 日 [ソネット賞銅賞 受賞]
7. 中村美恵子, 宮下芳明, 「CatchyMemo 2: 記憶定着を促すメモ帳」, 第 18 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ(WISS2010), WISS Challenge, 福島県耶麻郡北塩原村 裏磐梯ロイヤルホテル, 2010 年 12 月 1-3 日.
8. 青木 惇季, 宮下 芳明, 「SeekRopes: 複数スライダとシークロープによる音楽制作」, インタラクシオン 2011, 日本科学未来館, 2011 年 3 月 10-12 日.
9. 瀬戸 優之, 宮下 芳明, 「ジェスチャ操作で入力する絵文字ソースの携帯プログラミング」, インタラクシオン 2011, 日本科学未来館, 2011 年 3 月 10-12 日.
10. 中村 裕美, 宮下 芳明, 「電気味覚を活用した味覚の増幅と拡張」, インタラクシオン 2011, 日本科学未来館, 2011 年 3 月 10-12 日.
11. 吉永 珠里, 宮下 芳明, 「建前のあとに: 空白を利用したウェブコンテンツのステガノグラフィ」, インタラクシオン 2011, 日本科学未来館, 2011 年 3 月 10-12 日.
12. 青島 さやか, 青木 惇季, 瀬戸 優之, 宮下 芳明, 「60 万人の感情閲覧による親近感の共

- 有」, インタラクシオン 2011, 日本科学未来館, 2011 年 3 月 10-12 日.
13. 中橋 雅弘, 宮下 芳明, 「HMMMML3: 他人を意識したモチベーション向上を考えたプログラミング環境」, インタラクシオン 2011, 日本科学未来館, 2011 年 3 月 10-12 日.
 14. 太田 佳敬, 宮下 芳明, 「減算的行為を収集する読書システム」, インタラクシオン 2011, 日本科学未来館, 2011 年 3 月 10-12 日.
 15. 松岡 拓人, 宮下 芳明, 「そこに立つだけで音域が広がる「口笛拡張場」」, インタラクシオン 2011, 日本科学未来館, 2011 年 3 月 10-12 日. [インタラクティブ発表賞 受賞]
 16. 吉川 祐輔, 宮下 芳明, 「レシピ・コラージュ: 新しい料理を生み出すためのツール」, インタラクシオン 2011, 日本科学未来館, 2011 年 3 月 10-12 日.
 17. Akiyasu Tomoeda, “Starting-wave of pedestrians and its application for marathon”, Far-From-Equilibrium Dynamics 2011, Kyoto, 2011 年 1 月 6 日.
 18. Hiromi Nakamura, Homei Miyashita, “Communication by change in taste”, CHI2011 Conference Proceedings and Extended Abstracts, The 29th Annual CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, 2011 年 5 月 7-12 日.
 19. 中村美恵子, 宮下芳明, 「CatchyAccount2: 金額の知覚的解釈による家計簿」, 第 10 回 NICOGRAPH 春季大会, 2011 年 6 月 10-11 日. [最優秀ポスター賞]
 20. 吉川祐輔, 宮下芳明, 「不可能立体の拡張現実感表現」, 第 10 回 NICOGRAPH 春季大会, 2011 年 6 月 10-11 日.
 21. 友枝明保, 「道路傾斜の錯視制御から渋滞緩和へ」, JST CREST「数学と諸分野の協働によるブレークスルーの探索」領域 第 2 回領域シンポジウム, アキバプラザ, 秋葉原, 東京, 2011 年 9 月 7 日.
 22. 中橋雅弘, 宮下芳明, 「File Based Programming ファイルを用いた新たなプログラミング手法の提案」, エンタテインメントコンピューティング 2011 予稿集, pp.58-60, 2011 年 10 月 7-9 日.
 23. 井川洋平, 宮下芳明, 「組み換え可能な AR マーカの提案」, エンタテインメントコンピューティング 2011 予稿集, pp.218-221, 2011 年 10 月 7-9 日.
 24. 吉田有花, 宮下芳明, 「ノリ乗リー観客のノリを動画に乗せて疑似ライブ感を共有するシステムの提案」, エンタテインメントコンピューティング 2011 予稿集, pp.232-234, 2011 年 10 月 7-9 日.
 25. 榎原絵里, 宮下芳明, 「ヴァイオリン初心者のための無音運指練習支援システム」, エンタテインメントコンピューティング 2011 予稿集, pp.235-237, 2011 年 10 月 7-9 日.
 26. 松野祐典, 宮下芳明, 「LayEditor: レイヤ機能を用いたテキストエディタ」, エンタテインメントコンピューティング 2011 予稿集, pp.238-240, 2011 年 10 月 7-9 日.
 27. 嶋本諒太, 宮下芳明, 「複数のスマートフォンを用いた多人数による動画編集システムの提案」, エンタテインメントコンピューティング 2011 予稿集, pp.383-386, 2011 年 10 月 7-9 日.
 28. 嶋屋友佳, 宮下芳明, 「アニメーションの手描き N 次創作支援システム」, エンタテインメントコンピューティング 2011 予稿集, pp.387-389, 2011 年 10 月 7-9 日.
 29. 青木惇季, 宮下芳明, 「複数時間軸を用いたコンテンツ制作環境」, エンタテインメントコンピューティング 2011 予稿集, pp.390-391, 2011 年 10 月 7-9 日.
 30. 前田晴己, 栗原一貴, 宮下芳明, 「発表者がスクリーン前に立つプレゼンテーションスタイルの提案」, エンタテインメントコンピューティング 2011 予稿集, pp.431-434, 2011 年 10 月 7-9 日. [展示発表賞]
 31. 矢田裕基, 栗原一貴, 宮下芳明, 「スライドの分割・統合による柔軟なプレゼンテーションツールの提案」, エンタテインメントコンピューティング 2011 予稿集, pp.435-438, 2011 年 10 月 7-9 日.
 32. 前田 晴己, 黒澤 祐也, 栗原 一貴, 宮下 芳明, 「MAEDE: スクリーン前でのプレゼンテーションスタイル」, WISS2011, 第 19 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集, pp.164-166, 2011 年 12 月 1-3 日.
 33. 瀬戸優之, 宮下芳明, 「例示による携帯プログラミングの拡張」, WISS2011, 第 19 回インタラ

- クティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集, pp.167-169, 2011 年 12 月 1-3 日.
34. 矢田 裕基, 栗原 一貴, 宮下 芳明, 「自動でスライドを分割・統合して時間を調整するプレゼンテーションツール」, WISS2011, 第 19 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集, pp.173-175, 2011 年 12 月 1-3 日.
35. 中村 美恵子, 宮下 芳明, 「金額を実感する入力手法の提案」, WISS2011, 第 19 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集, pp.176-178, 2011 年 12 月 1-3 日.
36. 嶋本 諒太, 宮下 芳明, 「えあわせ: テーブルに並べたスマートフォンによる動画編集」, WISS2011, 第 19 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集, pp.189-191, 2011 年 12 月 1-3 日.
37. 永瀬 翔, 栗原 一貴, 宮下 芳明, 「チームプレゼン!」, WISS2011, 第 19 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集, pp.221-223, 2011 年 12 月 1-3 日.
38. 太田佳敬, 宮下芳明, 「2 つの学会を同時視聴するシステム」, WISS2011, WISS Challenge, 2011 年 12 月 1-3 日.
39. 吉田有花, 宮下芳明, 「ノリ乗り♪」, WISS2011, WISS Challenge, 2011 年 12 月 1-3 日.
40. 栗原一貴, 松野祐典, 宮下芳明, 「WISS Gazer」, WISS2011, WISS Challenge, 2011 年 12 月 1-3 日.
41. 中村美恵子, 宮下芳明, 「家計簿を「思考の道具」とするインタラクションデザイン」, インタラクション 2012 論文集, pp.325-330, 2012 年 3 月 15-17 日.
42. 太田佳敬, 宮下芳明, 「2つの学会発表録画を同時視聴するためのシステム」, インタラクション 2012 論文集, pp.427-432, 2012 年 3 月 15-17 日.
43. 清水和晃, 宮下芳明, 「ToolBaCo: 提示型の情報共有コミュニティ」, インタラクション 2012 論文集, pp.497-432, 2012 年 3 月 15-17 日.
44. 吉田有花, 宮下芳明, 「身体動作の重畳表示による画面上での一体感共有」, インタラクション 2012 論文集, pp.527-532, 2012 年 3 月 15-17 日.
45. 松野祐典, 栗原一貴, 宮下芳明, 「動画共有サイトでの視線共有の試み」, インタラクション 2012 論文集, pp.611-616, 2012 年 3 月 15-17 日.
46. 中村裕美, 宮下芳明, 「映画鑑賞と飲食行為の連動」, インタラクション 2012 論文集, pp.689-694, 2012 年 3 月 15-17 日.
47. 吉川祐輔, 宮下芳明, 「複数の画像バッファを組み合わせることによる拡張現実感上での錯覚表現」, インタラクティブ 2012 論文集, pp.777-782, 2012 年 3 月 15-17 日. インタラクティブ論文賞ファイナリスト.
48. 谷田川達也, 山口泰, 「動的背景を含む動画に対する補完手法の高速化」, Visual Computing / グラフィクスと CAD シンポジウム, 早稲田大学国際会議場, 2012 年 6 月 23 日.
49. 井川洋平, 前田晴己, 中橋雅弘, 「プログラミングイベント ABPro の運用とその成果」, CEDEC2012, パシフィコ横浜, 横浜市, 神奈川県, 2012 年 8 月 20-22 日.
50. A. Kitaoka, "The Fraser-Wilcox illusion and its extension", Perception, 41, ECVF Abstract Supplement, p. 91, (Poster September 3, 2012, Alghero, Italy).
51. 大家眸美, 宮下芳明, 「表現を和らげてネガティブ感情伝染を防止するブラウザ」, ソフトウェア科学会第 20 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ, 古牧温泉青森屋, 三沢市, 青森県, 2012 年 12 月 6-8 日.
52. 大島裕樹, 宮下芳明, 「過去の状態をちょっと覗き見る時間の窓」, ソフトウェア科学会第 20 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ, 古牧温泉青森屋, 三沢市, 青森県, 2012 年 12 月 6-8 日.
53. 馬場さおり, 宮下芳明, 「路面上への二点投影による歩行速度ナビゲーション」, ソフトウェア科学会第 20 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ, 古牧温泉 青森屋, 三沢市, 青森県, 2012 年 12 月 6-8 日.
54. 吉田有花, 宮下芳明, 「視聴者の動きに応じてエフェクトを加える動画サービス」, ソフトウェア科学会第 20 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ, 古牧温泉青森屋,

- 三沢市, 青森県, 2012 年 12 月 6-8 日.
55. 太田佳敬, 中橋雅弘, 宮下芳明, 「他人の技を再利用できるリドゥインタフェース」, ソフトウェア科学会第 20 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ, 古牧温泉青森屋, 三沢市, 青森県, 2012 年 12 月 6-8 日.
56. 山本涼太, 宮下芳明, 「磁気センシングに基づくスマートフォン近辺でのイヤホン位置推定と非接触入力デバイスとしての活用」, ソフトウェア科学会第 20 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ, 古牧温泉青森屋, 三沢市, 青森県, 2012 年 12 月 6 日-8 日.
57. 井川洋平, 宮下芳明, 「タッチによる文字選択を廃した新しいフリック入力手法の検討」, ソフトウェア科学会第 20 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ, 古牧温泉青森屋, 三沢市, 青森県, 2012 年 12 月 6-8 日.
58. 中村裕美, 宮下芳明, 「減損塩味感: 足すだけではない, 新しい電気味覚のかたち」, ソフトウェア科学会第 20 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ, 古牧温泉青森屋, 三沢市, 青森県, 2012 年 12 月 6-8 日.
59. 加藤邦拓, 宮下芳明, 「HMMMML × 時間インタラクション: 過去のソースコードへの自由な時間移動と実行結果の「好意的可視化」によるプログラミング支援」, ソフトウェア科学会第 20 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ, 古牧温泉青森屋, 三沢市, 青森県, 2012 年 12 月 6-8 日.
60. 太田佳敬, 高橋治輝, 中橋雅弘, 宮下芳明, 「音響マクロ: マウス操作の音響記録・再生・配信と編集」, 第 151 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会, ニューウェルシティ湯河原, 熱海市, 静岡県, 2013 年 2 月 1-2 日.
61. 松岡拓人, 宮下芳明, 「そろそろ時間じゃない? なんか焦げ臭くない?」, 第 151 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会, ニューウェルシティ湯河原, 熱海市, 静岡県, 2013 年 2 月 1-2 日.
62. 井川洋平, 宮下芳明, 「「数値メモ」のための入力手法」, 第 151 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会, ニューウェルシティ湯河原, 熱海市, 静岡県, 2013 年 2 月 1-2 日.
63. 大家眸美, 宮下芳明, 「信頼性を下げることによる感情緩和表現」, 第 151 回ヒューマンコンピュータインタラクション研究会, ニューウェルシティ湯河原, 熱海市, 静岡県, 2013 年 2 月 1-2 日.
64. 中橋雅弘, 加藤邦拓, 宮下芳明, 「108107: 超好意的解釈コンパイラによりかかったプログラマのための激好意的解釈コンパイラ」, 情報処理学会インタラクション 2013, 日本科学未来館, 江東区, 東京都, 2013 年 2 月 28 日-3 月 2 日.
65. 榊原絵里, 宮下芳明, 「磁気ヘッドと磁気テープを用いたヴァイオリン運弓練習支援システム」, 情報処理学会インタラクション 2013, 日本科学未来館, 江東区, 東京都, 2013 年 2 月 28 日-3 月 2 日.
66. 嶋本諒太, 宮下芳明, 「笑いや拍手を誘発するプレゼンテーションシステム」, 情報処理学会インタラクション 2013, 日本科学未来館, 江東区, 東京都, 2013 年 2 月 28 日-3 月 2 日.
67. 嶋屋友佳, 宮下芳明, 「例文引用をベースとした英文作成ツール」, 情報処理学会インタラクション 2013, 日本科学未来館, 江東区, 東京都, 2013 年 2 月 28 日-3 月 2 日.
68. 松野祐典, 宮下芳明, 「「その場」に熱い視線が届く生放送」, 情報処理学会インタラクション 2013, 日本科学未来館, 江東区, 東京都, 2013 年 2 月 28 日-3 月 2 日.
69. 山本涼太, 宮下芳明, 「イヤホンを用いたスマートフォンの操作と個人認証」, 情報処理学会インタラクション 2013, 日本科学未来館, 江東区, 東京都, 2013 年 2 月 28 日-3 月 2 日.
70. 井川洋平, 宮下芳明, 「アイズフリーで速記できる「方向のみ」のフリック入力手法」, 情報処理学会インタラクション 2013, 日本科学未来館, 江東区, 東京都, 2013 年 2 月 28 日-3 月 2 日.
71. 大島裕樹, 宮下芳明, 「Rewind-ow: 特定領域の時間を巻き戻して閲覧するツール」, 情報処理学会インタラクション 2013, 日本科学未来館, 江東区, 東京都, 2013 年 2 月 28 日-3 月 2 日.
72. 大家眸美, 宮下芳明, 「文章の不快感レベルを制御する手法群とその実装」, 情報処理学会インタラクション 2013, 日本科学未来館, 江東区, 東京都, 2013 年 2 月 28 日-3 月 2 日.

73. H. Nakamura and H. Miyashita: “Enhancing saltiness with cathodal current”, CHI '13, Paris, France, 27 April – 2 May 2013.
74. 蘭悠久, 青野直也, 福田玄明, 植田一博, 北岡明佳, 「盲点における運動線分の補完の際の事象関連電位の測定」, 日本視覚学会 2013 年夏季大会, 札幌市, 2013 年 7 月 25 日.
75. 谷田川達也, 山口泰, 「編集シーンの変化を考慮した動画編集法」, 第 16 回画像の認識・理解シンポジウム MIRU2013, SS2-2, 学術総合センター, 千代田区, 東京, 2013 年 7 月 30 日.
76. Fukuda, H. & Ueda, K., “Can we perceive animacy from artificial agents? A brain ERP study using a motion Turing Test”, First International Conference on Human-Agent Interaction, Sapporo, 2013 年 8 月 8 日.
77. K. Sugihara, “View point tricks for visual distortion of photographs”, 36th European Conference on Visual Perception, Bremen, Germany, August 25-29, 2013.
78. A. Tomoeda, S. Tsuinashi, A. Kitaoka and K. Sugihara, “Traffic jam: a new method to reduce drivers’ illusion of the road slope by drawing stripe patterns on the side walls”, 36th European Conference on Visual Perception, Bremen, Germany, August 25-29, 2013.
79. J. Ono, A. Tomoeda and K. Sugihara, “Footstep illusion art: apparent rotation generated by pure translation”, 36th European Conference on Visual Perception, Bremen, Germany, August 25-29, 2013.
80. S. Matsushita, S. Muramatsu, and A. Kitaoka, “Influence of saccade direction on illusory motion”, Perception, vol.42, 36th ECVP, Bremen, Abstract Supplement, p. 39 (Poster August 26, 2013).
81. A. Tomoeda, “Traffic jam: a new method to reduce drivers' illusion of the road slope by drawing stripe patterns on the side walls”, 36th European Conference on Visual Perception (ECVP2013), Bremen, Germany, 2013 年 8 月 27 日.
82. K. Yanaka, T. Hilano, and A. Kitaoka, “Drifting triangles illusion and its enhancement by shaking or blinking”, Perception, vol. 42, 36th ECVP, Bremen, Abstract Supplement, p. 96 (Poster August 27, 2013).
83. A. Kitaoka and H. Yanaka, “Reversal of the color-dependent Fraser-Wilcox illusion under a dark condition”, Perception, vol. 42, 36th ECVP, Bremen, Abstract Supplement, p. 97 (Poster August 27, 2013).
84. J. Stevanov, M. Uesaki, A. Kitaoka, H. Ashida, and H. Hecht, “‘Face inversion effect’ on perception of the vertical gaze direction”, Perception, vol. 42, 36th ECVP, Bremen, Abstract Supplement, p. 199 (Poster August 28, 2013).
85. 杉原厚吉, 「視点位置が誘発する画像知覚錯視の危険性」, 日本応用数理学会平成 25 年度年会, 福岡, 2013 年 9 月 10 日.
86. S. Yamanaka and H. Miyashita, “The nudging technique: Input method without fine-grained pointing by pushing a segment”, UIST 2013, ST Andrews, UK, 8 – 11 October 2013.
87. 秋山耀, 宮下芳明, 「部品へのプロジェクションマッピングによる通電しない電子工作」, 第 20 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ, 高知, 2013 年 12 月 4-6 日.
88. 加藤邦拓, 宮下芳明, 「紙窓: そこに置くだけで操作可能なカードインタフェース」, 第 20 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ, 高知, 2013 年 12 月 4-6 日.
89. 友枝明保, 杉原厚吉, 小野隼, 「錯視現象の制御に向けて: アートから交通まで」, FIRST 合原プロジェクトと CREST 数学領域との合同シンポジウム, 2014 年 1 月 11 日.
90. 三宅明日香, 福田玄明, 植田一博, 「分散注意条件下での物理的因果性判断における全体的知覚」, 日本視覚学会 2014 年冬季大会, 新宿区, 東京, 2014 年 1 月 22 日.
91. 友枝明保, 「計算錯覚学: 計算による錯視作品の創作」, 第 1 回 JST CREST「数学」領域横断若手合宿～冬の学校@指宿～, 鹿児島, 2014 年 1 月 31 日.
92. 大島裕樹, 宮下芳明, 「クリップパイプ: ウィンドウの見たままを流し続けるアプリケーション連携手法」, インタラクシオン 2014, 東京, 2014 年 2 月 27 日-3 月 1 日.

93. 原健太, 川連一将, 尾高陽太, 高橋岳士, 渡邊恵太, 宮下 芳明, 「Twinkrun: 受信信号強度に基づく実世界ゲーム」, インタクション 2014, 東京, 2014 年 2 月 27 日-3 月 1 日.
94. H. Ueda, K. Takahashi, K. Watanabe and Y. Yamaguchi, “Interference of manual reactions by concurrent saccades: an analysis of the saccadic and manual gap effect”, The 10th Asia-Pacific Conference on Vision, Takamatsu (Japan), 2014 年 6 月 19 日.
95. A. Kitaoka, “Motion illusion induced by color changes”, 10th Asia-Pacific Conference on Vision (APCV), Sunport Takamatsu, Takamatsu, Japan, (Poster July 20, 2014 (P2-16)). <http://www.visionsociety.jp/apcv2014/>
96. A. Kitaoka, “A new type of the color-dependent Fraser-Wilcox illusion”, Perception 43 (37th) ECVF (Belgrade) Abstract Supplement, p. 20 (Poster #17 August 25, 2014). <http://ecvp2014.org/>
97. 上田大志, 高橋康介, 渡邊克巳, 山口泰, 「眼と手の同時運動反応課題によるギャップ効果の考察」, 第六回多感覚研究会, 広島大学霞キャンパス, 2014 年 11 月 12 日.
98. 山口 泰, 「拡張視覚復号型暗号の画質改善」, 日本図学会秋季大会, 東京藝術大学美術学部中央棟, 2014 年 11 月 29 日.
99. 金井達巳, 宮下芳明, 「極小タッチデバイスにおける文字の分割入力手法」, 第 22 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集 (WISS2014), pp.145-146, 2014.11.26-28.
100. 加藤邦拓, 秋山耀, 宮下芳明, 「タッチ入力の柔軟な再配置を可能としたインタフェースの作成支援」, 第 22 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集 (WISS2014), pp.151-152, 2014.11.26-28.
101. 中屋裕登, 宮下芳明, 「スーパー範囲選択: マウスドラッグによる複数選択の拡張」, 第 22 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集 (WISS2014), pp.155-156, 2014.11.26-28.
102. 宮代理弘, 宮下芳明, 「不動カーソル領域: ユーザが安心して画面を触ることができる閲覧インタフェース」, 第 22 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集 (WISS2014), pp.171-172, 2014.11.26-28.
103. 高橋治輝, 宮下芳明, 「HoverPen: 交わらない線が描けるペンで実現可能な表現」, 第 22 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集 (WISS2014), pp.173-174, 2014.11.26-28.
104. M. Arief, H. Todo, K. Kondo, K. Mikami and Y. Yamaguchi, “Practical region control in projective texture for stylized shading”, SIGGRAPH Asia 2014 Posters, 2014 年 12 月 4 日. (DOI: 10.1145/2668975.2668984)
105. A. Tomoeda, “Jamology: Cellular automaton models and related topics”, International Conference on Mathematical Modeling and Applications (ICMMA2014) 'Crowd Dynamics', Nakano Campus Meiji University, Tokyo, Japan, 2015/1/10-12.
106. 石倉一誠, 福田玄明, 植田一博, 「記憶色効果が引き起こす色錯視の検討」, 日本視覚学会 2015 年冬季大会, 工学院大学, 2015 年 1 月 23 日.
107. 友枝明保, 「計算錯覚学: 幾何計算による現象の理解から錯覚作品の創作へ」, 第 2 回 JST CREST「数学」領域横断若手合宿, 福岡, 2015 年 3 月 9-11 日)
108. K. Sugihara, “Ambiguous cylinders: A new class of solid that evokes anomalous perception”, 15th Annual Meeting of the Vision Science Society (VSS 2015), May 17, 2015, St. Peters Beach, Florida, USA.
109. S. Chaidee and K. Sugihara, “Numerical fitting of planar photographic images with spherical Voronoi diagrams”, Asina Forum on Graphic Science, Electric Proceedings, F21, 7pp., Bangkok, August 5-9, 2015.
110. 宮代理弘, 宮下芳明, 「打ち間違えを適度に許容するパスワード認証の提案」, 第 23 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集 (WISS 2015), 2015.
111. 大場直史, 宮下芳明, 「ゲームにおけるプレイヤ戦略の床清掃ロボットへの適用」, 第 23 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集 (WISS 2015), 2015.

112. 若林裕太, 加藤淳, 濱崎雅弘, 後藤真孝, 宮下芳明, 「拡張操作による柔軟なレーティングインタフェースの提案」, 第 23 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集 (WISS 2015), 2015.
113. 高橋治輝, 宮下芳明, 「3D プリンタの造形中もモデリング可能なインタラクティブ・ファブリケーション」, 第 23 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集 (WISS 2015), pp.13-18, 2015.
114. 土井麻由佳, 宮下芳明, 「プロジェクションマッピングによる箏への奏法提示」, 第 23 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集 (WISS 2015), 2015.
115. 秋山耀, 宮下芳明, 「ドラッグで配線できる基板による電子工作支援」, 第 23 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集 (WISS 2015), 2015.
116. 鳥山らいか, 宮下芳明, 「SensorPipe: スマートフォン側のプログラミングを一切行わないスマートフォン連携プログラミング」, 第 23 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集 (WISS 2015), 2015.
117. 林初実, 宮下芳明, 「鑑賞位置を指定する展示作品に対する鑑賞領域拡張手法」, インタラクシオン 2016 論文集, pp.278-280, 2016.
118. 上野新葉, 加藤邦拓, 宮下芳明, 「オブジェクト上でのタッチ操作を実現するタンジブルインタフェース」, インタラクシオン 2016 論文集, pp.872-877, 2016. [プレミアム発表] (採択率 18.2%)
119. 越後宏紀, 宮下芳明, 「PomPom: 紙巻きオルゴール漫画の制作支援システムの提案」, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.40, No.11, pp.269-272, 2016. CG-ARTS 人材育成パートナー企業賞(株式会社ランド・ホー), ポスター発表最優秀賞
120. A. Kitaoka, "Color constancy and the vein color illusion", 38th European Conference on Visual Perception (ECVP) (Liverpool), Poster 2P1M060, August 25, 2015.
121. H. Fukuda, N. Ma, S. Suzuki, N. Harasawa, K. Ueno, J. Gardner, N. Ichinohe, M. Haruno, K. Chen, H. Nakahara, "Neural computations for value-based decision-making with reward to others", The 2nd Multidisciplinary Conference on Reinforcement Learning and Decision Making, Edmonton, Alberta, Canada, 2015 年 6 月 8 日.
122. H. Fukuda, N. Ma, S. Suzuki, N. Harasawa, K. Ueno, J. Gardner, N. Ichinohe, M. Haruno, K. Chen, H. Nakahara, "Neural mechanisms for value-based decision-making with reward to others", 第 38 回神経科学学会大会, 神戸, 2015 年 7 月 28 日.
123. H. Ueda, K. Takahashi, K. Watanabe, Y. Yamaguchi, "Illusory motion perception and eye movements: a study of the cycloid illusion", The 18th European Conference on Eye Movements, Vienna, Austria, 2015 年 8 月 18 日.

(4)知財出願

① 国内出願 (10 件)

1. 発明の名称: 媒体、および、画像データ、発明者: 新井仁之、新井しのぶ、出願人: JST、出願日: 2012 年 6 月 8 日、出願番号: 特願 2012-131317、登録番号: 特許第 5276739 号.
2. 発明の名称: 動画編集方法及び装置、発明者: 山口 泰, 谷田川達也、出願人: 東京大学、(出願日) 2012 年 11 月 22 日、(出願番号) 特願 2012-256274.
3. 発明の名称: スーパーハイブリッド画像生成装置、スーパーハイブリッド画像生成方法、印刷媒体製造方法、電子媒体製造方法、および、プログラム、発明者: 新井仁之、新井しのぶ、出願人: JST、出願日: 2012 年 12 月 21 日、出願番号: 特願 2013-516040、登録番号: 特許 5385487 号.
4. 発明の名称: 画像処理用デジタルフィルタ、画像処理装置、画像処理方法、および、プログラ

ム、発明者:新井仁之、植田琢也、角田博子、新井しのぶ、出願人:JST、出願日:2013年1月30日、出願番号:特願 2013-016203.

5. 発明の名称:多面体メッシュから可展性の高い部分領域を生成する方法、当該方法を用いた多面体メッシュの可展化方法、及び、これらの方法を実行するコンピュータプログラム、多面体メッシュから可展性の高い部分領域を生成する装置、当該方法を用いた多面体メッシュの可展化装置、発明者:山口 泰, 舘 知宏, 高橋 都子, 出願人: 東京大学, 出願日: 2013年5月10日, 出願番号: 特願 2013-100115.
6. 発明の名称:画像処理装置、画像処理方法、および、プログラム、発明者:新井仁之、新井しのぶ、出願人:JST、出願日:2013年5月13日、特願 2013-541095、登録番号:特許第 5599520 号.
7. 発明の名称:時計装置及び時計プログラム、発明者:杉原厚吉, 友枝明保, 小野隼, 出願人: 明治大学, 出願日:2013年5月24日, 出願番号:特願 2013-110085.
8. 発明の名称:画像処理用デジタルフィルタ、画像生成装置、画像生成方法、デジタルフィルタ作成方法、および、プログラム、発明者:新井仁之、新井しのぶ、出願人:JST、出願日:2013年8月26日、出願番号:特願 2013-175060、登録番号:特許第 5456929 号.
9. 発明の名称:文字列傾斜錯視生成装置、文字列傾斜錯視生成方法、印刷媒体製造方法、電子媒体製造方法、および、プログラム、発明者:新井仁之、新井しのぶ、出願人:JST、出願日:2013年9月4日、出願番号:特願 2013-183354、登録番号:特許第 5456931 号.
10. 発明の名称:錯視の分析装置、原画像のとおり知覚させるように錯視を加味した錯視加味画像生成装置、錯視の分析方法、原画像のとおり知覚させるように錯視を加味した錯視加味画像生成方法、および、プログラム、発明者:新井仁之、新井しのぶ、出願人:JST、出願日:2013年9月30日、出願番号:特願 2014-514661、登録番号:特許 5622971 号.

② 海外出願 (7 件)

1. 発明の名称:準局所的遮蔽計算に基づく頑健な線画生成手法、発明者: 山口泰, 安田優, 出願人: 東京大学, 出願日: 2010 年, 出願番号: 米国暫定出願 61/358328, 出願国: 米国.
2. 発明の名称: OPTICAL ILLUSION IMAGE GENERATING DEVICE, MEDIUM, IMAGE DATA, OPTICAL ILLUSION IMAGE GENERATING METHOD, PRINT MEDIUM MANUFACTURING METHOD, AND PROGRAM, 発明者:新井仁之、新井しのぶ、出願人:JST、出願日:2011年11月15日、出願番号:PCT/JP2011/076747、出願国: 米国、ロシア、ブラジル、中国、台湾、韓国、インド、欧州、うち米国で特許査定登録: Patent No: US 8,873,879 B2、台湾で査定登録: 430652、ロシアで査定登録: 2535430、韓国で査定登録: 1333781.
3. 発明の名称: DIGITAL FILTER FOR IMAGE PROCESSING, IMAGE GENERATING APPARATUS, SUPERHYBRID IMAGE GENERATING APPARATUS, IMAGE GENERATING METHOD, DIGITAL FILTER CREATING METHOD, SUPERHYBRID IMAGE GENERATING METHOD, PRINTING MEDIUM MANUFACTURING METHOD, ELECTRONIC MEDIUM MANUFACTURING METHOD, AND PROGRAM, AND LETTER-ROW TILT ILLUSION GENERATING APPARATUS, LETTER-ROW TILT ILLUSION GENERATING METHOD, PRINTING MEDIUM MANUFACTURING METHOD, ELECTRONIC MEDIUM MANUFACTURING METHOD, AND PROGRAM, 発明者:新井仁之、新井しのぶ、出願人:JST、出願日:2012年12月21日、出願番号:PCT/JP2012/084256、出願国: 米国、ロシア、中国、韓国、インド、欧州、台湾など
4. 発明の名称: HETEROPTICS ANALYSIS DEVICE, HETEROPTICALLY-ALTERED IMAGE GENERATING DEVICE FOR GENERATING HETEROPTICS TO CREATE PERCEPTION APPROXIMATING ORIGINAL IMAGE, HETEROPTICS ANALYSIS METHOD, METHOD FOR GENERATING HETEROPTICALLY-ALTERED IMAGE TO CREATE PERCEPTION APPROXIMATING ORIGINAL IMAGE, AND

PROGRAM, 発明者:新井仁之、新井しのぶ、出願人:JST、出願日:2013年9月30日、出願番号:PCT/JP2013/077190、出願国:米国、中国、EP、台湾など

5. 発明の名称: IMAGE PROCESSING DEVICE, IMAGE PROCESSING METHOD, PROGRAM, PRINT MEDIUM, AND RECORDING MEDIUM、発明者:新井仁之、新井しのぶ、出願人:JST、出願日:2013年5月13日、出願番号:PCT/JP2013/063871、出願国:米国、中国、EP、台湾など。米国で特許査定を受けた。
6. (名称) 動画編集方法及び装置、(発明者) 山口 泰、谷田川達也、(出願人) 東京大学、(出願日) 2013年11月18日、(出願番号) PCT 出願 PCT/JP2013/081019、(出願国) 日本。
7. 発明の名称: IMAGE PROCESSING DIGITAL FILTER, IMAGE PROCESSING DEVICE, PRINTING MEDIUM, RECORDING MEDIUM, IMAGE PROCESSING METHOD AND PROGRAM、発明者:新井仁之、植田琢也、角田博子、新井しのぶ、出願人:JST、出願日:2014年1月29日、出願番号:PCT/JP2014/052596、出願国:米国他。

③ その他の知的財産権

1. 著作物名:FuyuuRP1*.exe、著作物の種類:ソフトウェア(プログラム)、著作者:新井仁之、新井しのぶ、著作権者:JST、東京大学、作成日:2015年7月2日、用途:ビジネス企画「ゆらりえ/YURARIE」実施のため、JSTより楽ブリ株式会社に貸与。
2. 著作物名:ハート円1、著作物の種類:デジタルデータ、著作者:新井仁之、新井しのぶ、著作権者:JST、東京大学、作成日:2012年11月15日、用途:六花亭製菓株式会社にライセンス。
3. 著作物名:ハート円 4、著作物の種類:デジタルデータ、著作者:新井仁之、新井しのぶ、著作権者:JST、東京大学、作成日:2013年10月28日、用途:六花亭製菓株式会社にライセンス。
4. 著作物名:ハート円 6.tif、著作物の種類:デジタルデータ、著作者:新井仁之、新井しのぶ、著作権者:JST、東京大学、作成日:2014年10月21日、用途:六花亭製菓株式会社にライセンス。

(5)受賞・報道等

① 受賞

1. 日本基礎心理学会主催第2回錯視コンテストで入賞、「落ちないかまぼこ屋根」、杉原厚吉、2010年11月27日。
2. インタラクシオン 2011 インタラクティブ発表賞受賞、「口笛拡張場」(口笛演奏者の音を推測して超指向性スピーカで演奏者の顔に当てることで演奏者も聴取者も口笛の音域が拡張されたと錯覚する“そこに立つだけで音域が広がる)、松岡拓人、宮下芳明、2011年3月10-12日。
3. 第10回 NICOGRAPH 春季大会 2011 最優秀ポスター賞、「CatchyAccount2:金額の知覚的解釈による家計簿」、中村美恵子、宮下芳明、2011年6月10-11日。
4. 情報処理学会研究報告、学生奨励賞、「重なりあったウィンドウ間を移動可能なマウスカーソル操作手法の提案」、山中祥太、宮下芳明、2011年7月28-29日。
5. エンタテインメントコンピューティング 2011 展示発表賞、「発表者がスクリーン前に立つプレゼンテーションスタイルの提案」、前田晴己、栗原一貴、宮下芳明、2011年10月7-9日。
6. 情報処理学会研究会貢献賞、「コンテンツリストにおけるインタラクシオン手法の提案」、山中祥太、宮下芳明、2012年3月21-22日。
7. 日本基礎心理学会主催第4回錯視コンテスト入賞、「満月のこうもり」、小野準、友枝明保、杉原厚吉、2012年11月3日。
8. 芸術科学会オーガナイズドセッションベストプレゼンテーション賞、宮下芳明、情報処理学会エンタテインメントコンピューティング 2012、神戸大学 六甲台キャンパス、神戸市、兵庫県、2012年9月28日～30日。

9. 情報処理学会グラフィクスとCAD研究会優秀研究発表賞（第145回グラフィクスとCAD研究発表会分）、谷田川達也、2012年6月22日。
10. HAI-2011 Outstanding Research Award(最優秀賞)、福田玄明、植田一博、2012年12月8日。
11. 日本認知科学会 2011 年奨励論文賞、福田玄明、植田一博、2012 年 12 月 14 日。
12. Best Illusion of the Year Contest 2013, 優勝, 「Rotation Generated by Translation」, J. Ono, A. Tomoeda and K. Sugihara, 2013 年 5 月 13 日。
13. 映文連アワード 2013 優秀企画賞, 「錯覚から人を知る 計算錯覚学の世界」, 制作: (株)イメージサイエンス, クライアント: (独) 科学技術振興機構 CREST「計算錯覚学の構築」チーム, 2013 年 9 月。
14. Best Paper Award in Proceedings of the 5th international workshop on Multimedia for cooking & eating activities (CEA '13), “Controlling saltiness without salt: evaluation of taste change by applying and releasing cathodal current”, H. Nakamura and H. Miyashita, 2013.
15. WISS2013, 第 20 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ対話発表賞, 「部品へのプロジェクションマッピングによる通電しない電子工作」, 秋山耀, 宮下芳明, 2013.
16. 日本応用数理学会論文賞(JJIAM 部門), “Framelet analysis of some geometrical illusions”, Hitoshi Arai, Shinobu Arai, 2013 年 9 月 9 日。
17. 情報処理学会グラフィクスと CAD 研究会優秀研究発表賞, 第 149 回グラフィクスと CAD 研究発表会分, 「フレーム間の連続性を保持する動画編集法」, 谷田川達也, 2013 年 6 月 24 日。
18. HAI-2012 Outstanding Research Award 優秀賞(岐阜市, 岐阜県), 「ヒューマンロボットインタラクションにおける social touch」, 福田玄明, 植田一博, 2013 年 12 月 7 日。
19. 情報処理学会 2013 年度山下記念研究賞, 第 149 回グラフィクスと CAD 研究発表会分, 「フレーム間の連続性を保持する動画編集法」, 谷田川達也, 2014 年 3 月 11 日。
20. 新井仁之、第8回科学技術の「美」パネル展(科学技術団体連合主催) 優秀賞、作品名「花が動いて見える錯視 - 数学が産み出す錯視アート」(作者・受賞者: 新井仁之、新井しのぶ)、2014 年 4 月。
21. 10th Best Illusion of the Year Contest, ベスト 10, “Pigeon-Neck Illusion”, J. Ono, A. Tomoeda and K. Sugihara, 2014 年 5 月 19 日。
22. Bridges 2014 Short Movie Festival 入選, “Impossible Motions”, K. Sugihara, 2014 年 8 月 16 日。
23. Bridges 2014 Art Exhibition に 3 作品入選, “Line Dance of UFOs, Eccentric Ring Toss 2, Bee and Stag Beetle”(Catalog, pp. 134-135), K. Sugihara, 2014 年 8 月 14-19 日。
24. 日本図学会第8回デジタルモデリングコンテスト造形部門優秀賞, 「変身する柱体「満月と星」」, 杉原厚吉, 2014 年 11 月 29 日。
25. 日本基礎心理学会主催第 6 回錯視コンテスト入賞, 「反転半重力双子屋根」, 杉原厚吉, 2014 年 12 月 6 日。
26. 第 15 回ヒューマンインタフェース学会論文賞, 山中祥太, 宮下芳明, 2015 年 3 月 11 日。
27. 日本図学会優秀研究発表賞, 2013 年度秋季大会分, 「複数の秘密画像を埋め込める連続階調の拡張視覚復号型暗号」, 山口泰, 2014 年 5 月 10 日。
28. 11th Best Illusion of the Year Contest, Second Prize, “Ambiguous Garage Roof”, K. Sugihara, 2015 年 6 月 12 日。
29. 第 7 回錯視コンテスト入賞, 「飛び乗る鶏」, 杉原厚吉, 2015 年 11 月 28 日。

② マスコミ(新聞・TV等)報道

1. 岐阜新聞 「錯覚も人間らしさ、明治大特任教授 杉原さん、母校斐太高校で講演」, 2010 年 10 月 2 日。
2. 中日新聞 「不思議だよ目の錯覚、明治大特任教授でOBの杉原さん斐太高校で講演」, 2010

年 10 月 7 日.

3. 十勝毎日新聞,「無限迷宮への招待(下)M. C. エッシャーの魅力 --- 科学と版画美術の融合」, 2011 年 4 月 10 日(水). 杉原のエッシャー風タイリングアートの制作支援ソフトが紹介された.
4. 十勝毎日新聞,「錯覚美術館オープン --- 不思議な『不可能立体』・・・40 点」, 2011 年 5 月 17 日(火). 錯覚美術館が紹介された.
5. サンデー毎日 6 月 5 日号,「大学プレスセンターニュースダイジェスト: 教育・研究拠点として成果を展示、気軽に見学できる大学博物館」, pp. 70-72, 2011 年 5 月 24 日. 錯覚美術館の開館が報道された.
6. Scientific American MIND, "10 Top Illusion" , May/June 2011, pp. 30-35. 「何でも吸引四方向すべり台」が展開図とともに紹介された.
7. 日本経済新聞「文化往来」欄,「先端科学の知見を生かした錯覚美術館」, 2011 年 6 月 3 日. 錯覚美術館が紹介された.
8. 聖教新聞,「錯覚の不思議な世界」, 2011 年 6 月 10 日(金). 錯視立体と錯覚美術館の紹介.
9. 日本経済新聞科学欄フォーカス, 杉原厚吉「趣味を本業に、錯覚美術館を設立」, 2011 年 7 月 4 日.
10. 岐阜新聞,「「錯覚」体験施設で紹介 明大が開設」, 2011 年 9 月 14 日. 錯覚美術館の紹介.
11. 埼玉新聞,「衝撃の先端研究を楽しく 明治大が「錯覚美術館」」, 2011 年 9 月 22 日(木). 錯覚美術館の紹介.
12. 新潟日報夕刊,「衝撃の先端研究楽しく」, 2011 年 10 月 1 日(土). 錯覚美術館の紹介.
13. 東京新聞,「錯覚究めたい:道路設計や看板に応用も」, 2011 年 10 月 3 日(月). 錯覚美術館の紹介.
14. 公明新聞「フューチャー」の欄,「目は不思議で危うい:錯覚美術館を設立、杉原厚吉明治大学特任教授」, 2011 年 10 月 23 日(日). 錯覚美術館紹介.
15. Time&Space Close Up の欄,「エッシャーの世界を現実化、数学の力で目の錯覚の仕組みを研究し人間の知覚の謎解明に挑む」, 2011 年 10/11 月号, pp. 12-13.
16. 生命誌ジャーナル 72 号, 対談「数学の目でもものの見方を解く」杉原厚吉×中村桂子
http://www.brh.co.jp/seimeishi/journal/72/talk_index.htm, 2012 年 3 月 15 日.
17. 日本経済新聞 Web 刊, 新井仁之,「平行なのに傾いて見える? 不思議な文字列」, 2012 年 5 月 18 日.
18. 日本経済新聞朝刊, 新井仁之,「ハートが鼓動する 数学で読み解く「錯視」」, 2012 年 8 月 9 日.
19. 読売新聞朝刊, 新井仁之,「錯視・・・高機能ゆえの「誤り」」, 2012 年 9 月 16 日.
20. 少年写真新聞社図書館教育ニュース, 第 1323 号, ありえない絵を表わす立体:杉原厚吉先生に聞く 数学が生み出す“立体だまし絵”の世界, 2013 年 11 月 28 日.
21. 日経BP電子版, エッシャーの「不可能立体」を可能にした男:錯覚研究は美術の世界から、食の世界などへ, 2014 年 2 月 21 日.
22. 読売新聞社, 連載「錯覚の効用1」, 道路の錯視と杉原のコメントの紹介, 2014 年 2 月 26 日.
23. 読売新聞社, 連載「錯覚の効用3」, 新井・新井の錯視アート及び北岡の錯視アート及び関連記事, 2014 年 2 月 28 日.
24. 読売新聞,「道路での錯視体験募集」で, 道路の錯視体験投稿サイトについて紹介された. 2014 年 4 月 25 日.
25. 東京新聞 世界と日本大図解シリーズ, No.1156, 錯視いろいろに画像提供. 錯覚美術館も紹介された. 2014 年 7 月 20 日.
26. 日本経済新聞,「探訪サイエンス、明治大学錯覚美術館、だまされる不思議な感覚」で錯覚美術館が紹介された. 2014 年 9 月 12 日.
27. 毎日新聞都内版で国際シンポジウムの紹介「錯視の世界、半円がM字型? 幽体離脱間隔も、

- 明日から明大中野で」が掲載された。2015 年 3 月 3 日。
28. 日刊工業新聞記事,「スマホ画面外でタッチパネル操作・明治大、タッチパネル入力拡張フィルム開発」, 2014 年 10 月 8 日。
 29. 日経産業新聞記事,「端末 たたいて操作 明大、ソフト開発 部位認識、ボタン代替」. 2014 年 10 月 17 日
 30. テレビ東京 WBS「トレンドたまご」取材,「【トレたま】拡張！タッチパネル」放送, 2014 年 10 月 17 日。
 31. 日本経済新聞記事,「明大、スマホのタッチパネルを広げるシート装置を開発」, 2014 年 10 月 21 日。
 32. 日刊工業新聞 19 面,「携帯がすり寄ってくる？ バイブレーション機能利用 持ち主に情報提供」. 2014 年 10 月 22 日。
 33. インドネシア新聞 Tribunnews.com 記事, “Kunihiko Kato Ciptakan Teknologi Baru Extention Sticker”, 2014 年 10 月 30 日。
 34. インドネシア新聞 Tribunnews.com 記事, “Teknologi Extention Sticker Permudah Para Penggemar Selfi”, 2014 年 10 月 30 日。
 35. 東京新聞記事掲載,「画面の外からスマホを操作 導電性シール 明大・宮下教授ら開発 画面の外からスマホを操作 導電性シール 明大・宮下教授ら開発」, 2014 年 11 月 12 日。
 36. 日刊工業新聞記事,「明治大、折り紙やカードでタッチパネル操作する技術「紙窓」開発・紙に銀インク配線」, 2014 年 11 月 13 日。
 37. TBS「未来の起源」, 2014 年 12 月 28 日放送。
 38. 小学館,「ドラえもん もっとふしぎのサイエンス」Vol.4. 錯視作品“矢印の幻惑”(友枝, 杉原作)が掲載された。2014 年 7 月
 39. 宝島社,「大人の錯視入門」.“縦断勾配錯視実験装置”, 錯視作品“矢印の幻惑”(友枝, 杉原作)が掲載された。2014 年 11 月。
 40. TBS テレビ「ひるおび！」(友枝), 2015 年 5 月 1 日。
 41. テレビ東京「L4you!プラス」(友枝), 2015 年 5 月 25 日。
 42. ブラジル Record TV「domingo espectacular」(友枝), 2015 年 6 月 14 日。
 43. フジテレビ「ニュースな晩餐会」(友枝, 2015 年 6 月 21 日)
 44. 新井仁之、目の錯覚をビジネスに、ワールドビジネスサテライト トrendたまご(テレビ東京)、2015 年 8 月 27 日放映。(新ビジネス企画「ゆらりえ/YURARIE」の特集)
 45. 朝日新聞be紙面での錯視の解説に協力, 杉原厚吉, 2015 年 9 月 19 日。
 46. 「奇跡体験アンビリバボー」で、変身立体が紹介された, 2015 年 9 月 24 日。
 47. NHK「おはよう日本」の生中継で、サイエンスアゴラに展示した変身立体が紹介された。2015 年 11 月 14 日。
 48. 新井仁之、『週刊ダイヤモンド』で研究の一部が紹介され, 錯視アート作品「週刊ダイヤモンドの浮遊錯視」も掲載された, 2016 年 1 月 26 日号。

③ その他

1. 発明協会発行の「発明」にインタビュー記事が掲載された。「知を磨く者3 不可能立体を究める 杉原厚吉」,「発明」2010 年 10 月号, pp. 20-23.
2. 文芸春秋社,「週刊文春」2011 年 1 月 20 日号の写真ページで, 不可能立体が紹介された。
3. テレビ大阪「科学でムチャミタス」,「君にはどう映る！？トリックの世界」, 2011 年 4 月 16 日(土) 9:30-9:45, 取材協力。
4. テレビ東京,「所さんの学校では教えてくれないそこんトコロ!」, 2011 年 5 月 13 日(金), 錯覚の紹介。
5. フジテレビ,「HEY!HEY!HEY!」, 2011 年 5 月 9 日(月)20:00~21:00, aiko さんの好きな動画として不可能モーションが紹介された。
6. NHK総合,「爆笑問題のニッポンの教養」に出演, 2011 年 5 月 12 日(木)夜 10 時 55 分～。

- 再放送が2011年5月17日(火)1時30分(16日深夜)～, 総合テレビ.
7. TBSテレビ,「王様のブランチ」, 2011年6月4日. 錯覚美術館が紹介された.
 8. テレビ東京,「タケシのニッポンのミカタ」, 2011年7月29日. 錯覚美術館が紹介された.
 9. 神田経済新聞ヘッドラインニュース,「神田淡路町に「錯覚美術館」ー数学で導き出した「錯覚」を体験」, 2011年7月15日 (「計算錯覚学」の研究活動について友枝が解説)
 10. 日本テレビ,「ザ! 世界仰天ニュース“人間の不思議SP パート③”」, 2011年8月10日(火). ハイブリッド画像, 不可能モーション錯視などを紹介した.
 11. 東京ケーブルネットワーク,「たば☆さとGO!」, 2011年9月6日(「計算錯覚学」の研究活動について友枝が解説, youtube にも配信)
 12. 神保町公式ガイド(Vol.2), 神田古書店連盟 (監修), 2011年9月15日(錯覚美術館について友枝が解説)
 13. TBSテレビ,「王様のブランチ」, 2011年10月29日. 錯覚美術館が紹介された. (2回目)
 14. TBSテレビ,「教科書に載せたい!」, 2011年11月29日(火). 高尾トリックアート美術館でトリックアートを紹介した.
 15. テレビ朝日「モーニングバード」の「アカデミョシズイ」のコーナー, 2012年1月16日(月). 錯覚の解説をした.
 16. 渋谷区教育委員会主催「企画展「錯覚」の不思議な世界」, 2012年3月23日～5月13日, 渋谷ハチラボ, 展示立体提供, および立体工作ワークショップ.
 17. 日本評論社「数学セミナー」の表紙画,「空と水」風タイリングアートが採用される, 2012年4月号(2012年3月発行)から開始.
 18. 札幌テレビ放送「トリックアート展」, 2012年4月28日(土)～5月6日(日), 展示協力.
 19. 明治大学生田図書館ギャラリーZero展示「見たまま感じたままを信じていいのですか? 計算錯覚学からのメッセージ」, 2012年5月8日～28日.
 20. 出雲科学館,「へんな立体コレクション」展, 2012年6月9日～24日, 立体展示.
 21. 佐川美術館, M. C. エッシャー展「変容・無限・迷宮」に併設される「錯覚体験コーナー」, 2012年7月14日～9月2日, 立体8点とタイリングアート制作システムを展示.
 22. 広島健康科学館,「遊ぼう! ためそう! 感覚ミステリー」, 2012年7月21日～10月21日, 不可能立体展示協力, 立体8点を展示.
 23. 板橋区立エコポリスセンター,「錯覚の不思議展」, 2012年7月21日～8月26日, 立体17点を展示.
 24. 日本テレビ「スッカリ」, 2012年7月25日, 錯視について解説.
 25. フジテレビ「とくだね」の「CMの裏側」, TOTOのCMの原理について説明.
 26. フジテレビ「知りたがり!」, 2012年8月14日, 屋島ドライブウェイ, ボールが坂を上るように見えるムービーが紹介される.
 27. ニューズウィーク日本版, 2012年8月夏季合併号(8月15日・22日号),「世界の頂点を極めた日本人」特集の中の「錯覚の不思議を数学で解く」, 杉原厚吉が紹介された.
 28. 東海テレビ「キャッチ!」, 2012年8月20日, トリックアートが取り上げられ, 不可能モーション「なんでも吸引四方向すべり台」などが紹介された.
 29. 大阪読売テレビ「大阪ほんわかテレビ」, 2012年9月9日, 縦断勾配錯視模型, 屋島ドライブウェイ画像が紹介される.
 30. 沼津市民講演会で杉原講演「だまし絵から探る見ることの危うさ」, 2012年9月15日.
 31. 連載「博物館ななめ歩き」,「文化庁月報」平成24年9月号, 友枝が錯覚美術館について解説した. (2012年9月15日)
 32. 週刊文春 2012年9月20日号,「天才博士の異常な愛情」特集「なぜ錯覚が起こるのか, 「数値化」で難問に迫る」, 杉原が紹介された.
 33. Nature 20 September, 2012 号,「社会に貢献する”先端”数理科学」, 三村昌泰・萩原一朗・杉原厚吉のインタビュー記事.
 34. 帯広美術館で杉原講演「オブティカルアートの秘密を探る」, 2012年9月22日.
 35. テレビ朝日「やじうまテレビ」, 2012年10月4日,『超ふしぎ体験! 立体トリックアート工作キ

- ットブック』が紹介された。
36. 岩手県立美術館で杉原講演「ふしぎな立体で頭の体操」(福田繁雄回顧展併設イベント), 2012年10月28日.
 37. NHK「いっとろっけん」の「いまほんコーナー」, 2012年11月16日, 杉原著「錯視図鑑」の紹介とインタビュー.
 38. テレビ朝日「若大将のゆうゆう散歩」, 2012年11月27日, 錯覚美術館が紹介された.
 39. フジテレビ「百識王」, 2013年2月5日(火)25:30~, 錯覚美術館(フットステップ錯視アート"満月のこうもり", 錯視立体"矢印の幻惑"など)が紹介された.
 40. フジテレビ「めざましテレビ」, 2013年2月20日, 錯覚美術館(フットステップ錯視アート"満月のこうもり", 錯視立体"矢印の幻惑"など)が紹介された.
 41. TOKYO MX テレビ「週末めとろポリシャン」, 2013年3月8日, 錯覚美術館が紹介された.
 42. 国立科学博物館機関紙 milsil, vol. 6, no. 2 (2013年3月), 「かたちと科学 第12回」にインタビュー記事「ヒトの脳の"錯覚"を数値化して広く応用する」が掲載された.
 43. 出版文化産業振興財団(JPIC)主催工作教室「はじめての不可能立体工作」指導, 2013年3月20日, ゲートシティ大崎(品川区).
 44. 新井仁之・新井しのぶ:「花が動いて見える錯視ー数学が生み出す錯視アートー」, 科学技術の「美」パネル展(科学技術団体連合主催), 於文部科学省, 2013年4月15-26日.
 45. アクアシティお台場アクアアリーナ特設展示. 「世にも不思議な錯覚美術館」で錯覚美術館の作品が紹介された. (2013年4月27日~5月6日).
 46. BSフジ「ガリレオX」(友枝明保), 2013年4月28日(日).
 47. 数学セミナー2013年5月号, pp. 62-65, インタビュー連載「この研究のここが面白い！」第1回「錯覚を数理的に考える:杉原厚吉明治大学特任教授にきく」(2013年4月).
 48. WOWOW テレビ局の生放送番組「WOWOW プライムショー」. 杉原が不可能モーション錯視などについて解説した. (2013年6月11日).
 49. WOWOW 「ザ・プライムショー」(友枝明保), 2013年6月11日(火).
 50. TBS テレビの生放送番組「アッコにおまかせ!」. 杉原が錯視について解説した. (2013年6月30日).
 51. NHK Eテレ「ニッポンのジレンマ」(宮下芳明), 2013年6月30日(日).
 52. 岐阜県先端科学体験センター「サイエンスワールド」の夏休み企画「ダメされないぞ! 錯覚」. 不可能立体の工作ワークショップに展開図を提供して協力した. (2013年7月20日~9月1日).
 53. 日本テレビ「所さんの目が点になる」. 杉原が不可能モーション立体について解説した. (2013年7月21日).
 54. 千葉県立現代産業科学館収蔵資料展. 不可能モーション立体と映像が展示された. (2013年8月10日~25日).
 55. 伊勢丹松戸店「錯覚の不思議展」. 不可能立体20点を展示した. (2013年8月7日~12日).
 56. 福井県立こども歴史文化館エッセル・エッシャー父子メモリアル企画「TRICK WORLD フシギフシギノクニ」展. 不可能立体の展開図を提供して協力した. (2013年7月20日~9月1日).
 57. 福井県立こども歴史文化館, ワークショップ「へんな立体を作ろう ビー玉がのぼる! ? 不思議すべり台」. 立体工作指導をした. (2013年8月11日).
 58. 東京 MX テレビ「TOKYO MX NEWS」(友枝明保), 2013年8月19日(月).
 59. 第1回「エッシャーの世界を学ぶ子どもワークショップ・コンテスト」(デザイン・クリエイティブセンター神戸). プロジェクトメンバーとして協力, 表彰式および展覧会 (2013年8月23日).
 60. 『イノベーション・ジャパン2013』(於東京ビッグサイト, JST, NEDO主催, 文科省, 経済産業省, 内閣府共催, 期間:2013/8/29-30)のJSTブースで新井仁之・新井しのぶの研究成果の一部が展示された.
 61. 『TechInnovation 2013』(於 Marina Bay Sands Expo and Convention Centre,

- Singapore, 2013年9月24日)のJSTブースにて新井仁之・新井しのぶの研究成果の一部が展示された。
62. 『2013 Taipei Int'l Invention Show ¥& Technomart』(於 Taipei World Trade Centre, Taipei, 2013年9月26日から29日)のJSTブースにて新井仁之・新井しのぶの研究成果を元に開発したコンピュータ・ソフトのデモと研究成果が展示された。
 63. こどもの図書館, pp. 2-3, 特集:科学に親しむ「だまし絵の立体を作ろう!」。不可能立体が紹介された。(2013年9月)。
 64. リクナビ進学ジャーナル「デートにもおすすめ! 無料で楽しめる大学の個性派博物館ランキング」。錯覚美術館が1位に選ばれた。(http://journal.shingakunet.com/column/7278/)(2013年9月)。
 65. こどもの図書館, 60巻9号, p.1, 「杉原厚吉:不可能立体」(2013年9月)。
 66. JST News, 2013年, 11号, pp. 12-13 「明日へのトビラ, Vo. 7 「道路の錯覚を解き明かして交通事故を減らす:数理モデルで錯覚を制御する」, 道路の錯視の研究が紹介された。(2013年11月)。
 67. JST News 2013年11月号, 「道路の錯覚を解き明かして交通事故を減らす」(友枝明保)。
 68. NHK総合「NHK ニュース7」(友枝明保), 2013年11月17日(月)。
 69. 世界的なグラフィックデザイナーの勝井三雄氏による勝井三雄展『兆しのデザイン』(於 ギンザ・グラフィック・ギャラリー, 2014/1/9-30)に, スーパーハイブリッド技法(特許, 新井・新井, JST)を用いて新井仁之・新井しのぶが作成した作品を元に作成された映像作品が展示された。
 70. TBS 「人間とはなんだ...! ?」(友枝明保), 2014年2月12日(月)。
 71. 「大学への数学」3月号, “ふしぎの国のスウガク使い”(友枝明保), 2014年3月。
 72. TBS 「朝ズバッ!」(友枝明保), 2014年3月7日(木)。
 73. 新井仁之・新井しのぶ:”朝日新聞GLOBEの浮遊錯視”, 朝日新聞日曜版(2014年3月16日刊)特集『脳のふしぎ』(同特集で新井・新井の研究成果が取り上げられ, 本オリジナル錯視アート作品がカラーで掲載された。)
 74. 2014年4月12日 フジテレビ「ぶらぶらサタデー〜有吉くんの正直さんぽ」。道路の錯視(屋島のおばけ坂の例)について解説した。
 75. 2014年4月16日 テレビ朝日「スーパーJチャンネル」。フットステップ錯視アートについて解説した。
 76. 2014年5月22日 テレビ東京「ニュースアンサー」。道路の錯視(屋島のおばけ坂の例)について解説しました。
 77. 新井仁之, 『錯視の数理とその応用』, 生理学研究所研究会「視知覚の現象・機能・メカニズム - 生理学的, 心理物理学的, 計算論的アプローチ」, 於 自然科学研究機構 岡崎コンファレンスセンター, 2014/6/12。
 78. 2014年8月14日 フジテレビ「めざましテレビ」。お盆の高速道路の渋滞に関して, カーナビアプリについて解説しました。
 79. 2014年8月19日 NHK「マサカメTV」。道路の錯視(屋島のおばけ坂の例)について解説し, ホロウマスク錯視について情報提供しました。
 80. 新井仁之, 『数学で探る視覚の不思議, Visual Illusions – Mathematical Approaches to Vision』, 於 水田美術館アートギャラリー(城西大学紀尾井町キャンパス), 開催期間: 2014/9/9~10/2 & 12/2。(新井による研究成果の和文・英文による学術解説と関連するオリジナル錯視アートの展覧会。)
 81. 2014年11月13日(木) Nautilus (米国のポピュラーサイエンス雑誌の電子版)で杉原の研究が紹介された。The Illusion Machine That Teaches Us How We See
http://nautil.us/issue/19/illusions/the-illusion-machine-that-teaches-us-how-we-see

(6)成果展開事例

①実用化に向けての展開

- ・ 新井仁之、六花亭のチョコレート缶のデザインを浮遊錯視生成プログラム（特許 JST, 発明者 新井仁之・新井しのぶ）により作成し、販売された。
- ・ 錯覚美術館の地方巡回展示がスタートした。最初の展示は、2013年3月24日(日)から4月7日(日)まで、イオンモール高岡のホールにおいて開催された。
- ・ 特許(発明者:新井仁之, 新井しのぶ, 出願人:JST)技術による錯視デザインを施したチョコレート缶(商品名:バレンタインラウンドハート)販売のため、JST が六花亭製菓株式会社に特許実施許諾を行った(2014年)。
- ・ 特許 1 件及び「さきがけ」研究の特許 1 件(いずれも発明者:新井仁之、新井しのぶ、特許権者:JST)の技術によりソフトウェアを開発し、それを用いて発明者(新井・新井)、JST、東京大学と楽プリ株式会社が連携して、商業企画「ゆらりえ/YURARIE」(楽プリ株式会社)がスタートした。
- ・ 特許 2 件及び「さきがけ」研究による特許 1 件(いずれも発明者:新井仁之、新井しのぶ、特許権者:JST)の実施許諾を(上記記載の六花亭を含めて)4 件行った。
- ・ 特許(発明者:新井仁之, 新井しのぶ, 出願人:JST)技術を用いて作成した錯視アートを缶のデザインとしたバレンタインラウンドハート(バレンタインデー用チョコレート)が 2016 年 2 月に六花亭製菓株式会社より発売された。特許がライセンスされた。

②社会還元的な展開活動

錯覚美術館の運営を通して、研究内容を一般の方に紹介できると同時に、目でものを見ることについて考える機会を与えることができた。錯覚美術館は、2011年5月にオープンして以来、毎週土曜日に開館しているが、2015年6月末までで、記帳者数 17,575 名(1 日平均 85 名)を達成できている。

錯覚美術館の地方巡回展示では、たとえば、姫路科学館での「錯覚美術館」は33日間で 27,000 人、宮崎科学技術館での「錯覚美術館&不思議な科学館」は17日間で7,800 人、松坂屋豊田店での「錯覚美術館&不思議な科学館」は15日間で12,000 人、高岡イオンモールでの「錯覚美術館&不思議な科学館」は10日間で6,466 人などの入館者数を達成している。

そのほかに、本研究に参加している研究者が、研究成果としての錯覚作品を提供して展示に協力した所には、名古屋市科学館、横浜大世界トリックアートミュージアム、千葉県現代産業科学館、山梨県科学館、千葉市科学館、渋谷区立子ども科学センター、仙台市科学館、札幌こども科学館、ハウステンボス、城西大学水田美術館、佐川美術館、広島市健康科学館、出雲科学館、岐阜県先端科学体験センター、福井県立こども歴史文化館、板橋区立エコポリスセンター、アクアシティお台場のアクアアリーナ、防府市科学館ソラール、多摩六都科学館、浜松科学館、Math Exhibition for Kids at Science Center NEMO (Amsterdam)などがある。

東京ドームシティアトラクションの3Dトリパラにおいて新井仁之の錯視作品コーナー「ビジュアルイリュージョン」が設置(2013/3~2014/3)。

水田美術館アートギャラリー(城西大・東京紀尾井町キャンパス)にて、新井仁之の研究成果展『錯視展 数学で探る視覚の不思議 Visual Illusions - Mathematical Approaches to Vision』開催(2014/9/9-10/2)。特筆したいことは、本展覧会では英文による解説パネルも充実させ、外国人学生・来訪者の便を図ったことと、2014/12/2 にも、講演会「数学で探る目の錯覚」(講師:新井仁之、場所:城西大・東京紀尾井町キャンパス)に合わせて臨時開催したことである:特に講演会では、展覧会のオリジナル錯視作品の解説と、それに用いた独自の数学理論を講義し、展覧会と連動したレクチャーになった。

サイエンスアゴラ(会場:日本科学未来館, 2015年11月14-15日)にて科学技術振興機構の知的財産戦略センターが「五感で感じる産学連携」を出展し, 五感のうち視覚の部門を新井仁之が担当し, 「数学から生まれる画像処理技術で脳をだます」というタイトルで, 特許技術の展示と開発ソフトウェアの実演デモを行った.

§ 5 研究期間中の活動

5. 1 主なワークショップ, シンポジウム, アウトリーチ等の活動

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2010年10月1日	全学講演会	岐阜県立斐太高等学校	800人	杉原厚吉が講演「だまし絵と錯覚～私たちはありのままを見ているのでしょうか～」
2010年10月29日	東京大学教養学部「高校生のための金曜特別講座」	東京大学教養学部18号館ホール, ネットワーク同時中継	104人(会場), 約150人(ネット接続の29校)	山口 泰 が講演「視覚で復号する暗号画像」
2010年11月7日	企画展示「見る！みえる？錯視から探る視覚の仕組み」併設イベント	千葉県立現代産業科学館	48人	杉原厚吉が立体工作教室の講師「だまし絵を立体にして, エッシャーを超えよう！」
2010年12月4日	南山大学・豊田工業大学連携講演会	豊田工業大学	250人	杉原厚吉が講演「不思議な立体が夢を育む～夢とは見るものではなくて作るもの～」
2010年12月6日	明治大学各研究科共通横断的カリキュラム	明治大学	30人	杉原厚吉が講演「錯覚から見たエッシャー芸術の数理」
2010年12月9日	明治大学各研究科共通横断的カリキュラム	明治大学	30人	杉原厚吉が講演「不可能モーションの数理」
2011年1月6日	Far-from-Equilibrium Dynamics 2011	京都大学	60人	友枝明保が movie session で講演「渋滞学」
2011年1月24日	スーパーサイエンスハイスクール数学講演会	福井県立武生高等学校	150人	杉原厚吉が講演「数学の力でエッシャーを超えよう」
2011年2月23日	数学講演会	十文字中学校	800人	杉原厚吉が講演「数学で調べるだまし絵 --- 私たちの目はなぜだまされるのでしょうか」
2011年5月14日	錯覚美術館	千代田区神田淡路町1-1神田クレストビル2階	1日当たり40名～240名	毎週土曜日に開館
2011年6月2日	国立情報学研究所平成23年度オープンハウス基調講演	国立情報学研究所	約200名	「不可能立体と不可能モーションー錯覚から見えてくる「見る」ことの偉大さと危うさー」
2011年6月27日	講演	Shandong University, 中国山東省	約30名	Principle of Independence for Robust Geometric Computation
2011年7月7日	講演	筑波大学付属駒場高校	約200名	「直覚の大好きな脳ー錯覚から見えてくる「見る」ことの危うさー」

2011 年 7 月 20 日～8 月 27 日	仙台市科学館で特別展 示	仙 台 市 教 育 局 科学館		不可能立体3個と、不可能モ ーション立体3個が展示され た。
2011 年 8 月 20 日～21 日	マナビゲート明治大学 ブース	東京国際フォ ーラム・マナビ ゲート明治大 学ブース		錯覚の不思議～君の眼は勝 てるか？」
2011 年 8 月 27 日	第 2 回エスモードファッ ションサイエンスセミナ ー	エスモード東 京校	約 50 名	講演「数理で探るエッシャー の秘密」
2011 年 8 月	錯覚立体工作ワークショ ップ	ハウステンボ ス		不可能立体の展開図の提供
2011 年 9 月 18 日	講演と不可能立体工作 教室	文 教 学 院 大 学 女 子 中 学 高等学校	約 40 名	「だまし絵を立体に」
2011 年 10 月 1 日	高校生のための数理工 学見学会	東京大学	約 100 名	「視覚の数理と立体錯視」
2011 年 10 月 12 日	講演	お茶の水女子 大学	約 60 名	「計算錯覚学：見ることの危う さ」
2011 年 10 月 13 日	講演	芝 浦 工 業 大 学	約 30 名	「ベスト錯覚コンテスト世界チ ャンピオンまでの道」
2011 年 11 月 25 日	画像工学見学会	錯覚美術館	25 名	錯覚美術館と、明治大学杉 原研究室の紹介
2011 年 11 月 17 日～11 月 28 日	ギャラリーZero 展示	明 治 大 学 生 田図書館		「ようこそ！ 計算錯覚学の世 界へ」
2011 年 12 月 14 日	講演	奈 良 一 条 高 校	80 名	「錯覚コンテスト世界チャンピ オンまでの道」
2012 年 1 月 16 日	講演	都 立 戸 山 高 校	20 名	「ベスト錯覚コンテスト世界チ ャンピオンまでの道」
2012 年 3 月 13 日, 14 日	第 4 回錯覚ワークショッ プ	明治大学アカ デミーコモン 9F, 309A 講 義室	55 名	11 名の招待講演者による講 演会
2012 年 3 月 24 日	錯覚展 ”見える”のふし ぎ	千 葉 市 科 学 館	30 名	不可能立体の講演と工作教 室
2012 年 3 月 25 日	「立体錯視の楽しみ」	山 梨 県 科 学 館	40 名	不可能立体の講演と工作教 室
2012 年 3 月 23 日～5 月 31 日	『錯覚』不思議な世界」	渋谷区立子ど も科学センタ ー・ハチラボ のハチギャラ ー		だまし絵立体・不可能モーシ ョン展示
2012 年 5 月 30 日	第 6 回チーム会議	錯覚美術館	8 人	行動経済学について議論

2012年7月6日	第7回チーム会議	錯覚美術館	8人	静止画が動く錯視について議論
2012年9月3日	Mathematical Approaches to Visual Illusion	Alghero, Italy	200人	European Conference on Visual Perception (ECVP) シンポジウム
2012年9月18,19日	第5回錯覚ワークショップ	明治大学駿河台キャンパス	人	錯覚科学を模索する研究集会
2012年11月21日	芸術支援数学の挑戦	明治大学駿河台キャンパス	41人	
2012年11月28日	第9回チーム会議	錯覚美術館	9人	道路の錯視について議論
2013年3月14,15日	第6回錯覚ワークショップ	明治大学駿河台キャンパス	人	錯覚科学を模索する研究集会
2013年9月11日	日本応用数理学会年会 オーガナイズドセッション「計算錯覚学:錯視の現象数理学」	アクロス福岡	40人	計算錯覚学に関するオーガナイズドセッション
2014年3月11,12日	第7回錯覚ワークショップ	明治大学中野キャンパス	67人	錯覚科学を模索する研究集会
2014年9月8,9日	第8回錯覚ワークショップ	明治大学中野キャンパス	49人	9件の講演で構成
2015年3月4-6日	International Symposium on Psychological vs. Mathematical Approaches to Optical Illusion	明治大学中野キャンパス	114人	講演14件, 錯覚デモ展示21件で構成した。
2015年9月7,8日	第9回錯覚ワークショップ「錯視と数理の融合ワークショップ」	明治大学中野キャンパス	24人	10件の講演で構成
2016年3月7,8日	第10回錯覚ワークショップ「錯覚科学への心理学的アプローチと現象数理学的アプローチ」	明治大学中野キャンパス	45人	9件の講演で構成