

令和 3 年 6 月 11 日現在

機関番号：32682

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K19827

研究課題名(和文)視点を連続に動かしても錯視が起き続ける不可能立体の開拓とその応用

研究課題名(英文)Impossible objects robust against viewpoint motion and their applications

研究代表者

杉原 厚吉(Sugihara, Kokichi)

明治大学・研究・知財戦略機構(中野)・研究推進員

研究者番号：40144117

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 4,800,000円

研究成果の概要(和文):視点を連続に動かしても錯視が起き続ける不可能立体の錯視要因の発見・整理をし、その知見を応用して道路カーブの誤認現象の一側面を明らかにした。発見した錯視要因は二つある。その第1は、錯視の手掛かりとなる幾何的性質が視点に依存しない立体固有の性質であることである。その第2は、絵と立体を混在させることによって、絵の部分も立体に見えてしまう視覚効果である。前者からは「軟体立体」「変身タイリング」などの錯視を創作でき、後者からは高さ反転立体などの錯視を創作できた。また、カーブの曲率を誤認する要因として、道路傾斜の変化に気付かない場合があることも分かった。これらを、不可能立体錯視の樹形図の形に体系化した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

視点を動かしても起き続ける新し立体錯視の種類を見つけ、その発生メカニズムを明らかにすると同時に、その作品例を多数創作した。これらは、「見る」という日常の行為の中に不思議さが残っていることを端的に示す材料となり、全国の科学館、児童館、美術館での視覚について考える特別展などでたくさん取り上げられた。道路カーブの鋭さの誤認メカニズムの解明によって、ドライバーへの注意喚起の方法として、今までの「スピードを落とせ」に加えて、「前方のカーブは見かけより急です」という新しいタイプのメッセージの有効性を示唆することができた。

研究成果の概要(英文):We found two main factors of impossible object illusions that do not disappear even if we change our viewpoints. The first factor is that the illusion-inducing properties belong to 3D shapes instead of 2D appearances. This factor works effectively in "deformable object illusion" and "ambiguous tiling illusion." The second factor is that the object is composed of 3D structures and 2D pictures in a mixed way so that picture parts also appear to be 3D. This factor works in "height reversal illusion." For road illusion, we found that the sharpness of a curve is misperceived both if the curve accompanies the change of the road slope and if the driver does not notice this slope change. This result suggests the importance of the road sign telling that the next curve is sharper than it appears, instead of recommending to decrease the speed. We summarized our results in a form of a family tree of impossible objects, which can tell why illusion occurs for each group of impossible objects.

研究分野：数理工学

キーワード：不可能立体 立体錯視 錯視の安定性 変身立体 曲率の誤認 変身タイリング 道路カーブ 動的立体錯視

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

錯視研究は、伝統的に 2 次元図形を主な対象として視覚心理学や認知科学の分野で研究されてきたが、そこでは実験に基づいた観察事実を積み上げるタイプの研究手法が一般的であった。これに対して近年ではコンピュータビジョン、パターン認識などの工学的研究から派生した数理的手法による研究も生まれてきた。本研究代表者も、視覚の数理モデルを作ることによって錯視の仕組みを予測し、それに基づいて新しい錯視立体を創作してその予測を検証するというスタイルの研究を行ってきた。その過程で、実在する立体でありながらその振る舞いがありえないと感じる不可能立体の多様なバリエーションを発見・創作してきた。これらの不可能立体は、視点を固定した画像から復元できる立体には無限の可能性があると数理的性質と、人間の脳はその中から特定の立体しか思い浮かべないという心理学的性質のギャップを利用して創作できる。したがって、視点を動かさず環境では錯視は消滅してしまう。

しかしこれは、立体は固定されていて変形しないという暗黙の前提での話である。立体が変形しているという印象を作り出すことができれば、視点の移動による画像の変化と連動して、あり得ない立体を脳が思い浮かべ続ける状況が作れる余地は残っている。そしてこれが実際に生じる例を、創作した錯視立体を観察しているなかで偶然見つけた。これが、本研究の構想に至った第一の背景・経緯である。

視点を連続に移動させる状況は、運転中のドライバーにも生じる。ドライバーは視野に写る道路の姿から、カーブの強さなどの知覚を修正しながら、安全な運転を確保しようとする。しかし、カーブと起伏が混在すると、視点を動かしても道路の形を誤認し続ける危険性がある。実際、応募者はテレビ局からの依頼で事故の多発する道路の現場を視察する中で、この危険性に思い至った(2017年8月22日の瀬戸内海放送「ニュース:交通事故の隠れた原因 目の錯覚」で放映)。これが、本研究が実用上も重要であることを認識するきっかけとなった経緯である。

2. 研究の目的

(1) あり得ない形や動きが見えてくる不可能立体錯視は視点を固定しないと作れないという今までの常識を覆し、視点を連続に移動しても錯視が起き続ける新しい不可能立体群を開拓する。そのような性質を持つ不可能立体の具体例を広く探索・創作するとともに、その背景にある錯視誘発要因を明らかにする。これによって、視点を動かしても錯視が起き続ける立体錯視を理論的に体系化する。

(2) 上の知見に基づいて、運転中のドライバーが前方に見えるカーブの鋭さを誤認し続ける錯視現象があり得ることを数理的に証明し、その危険性のある道路形状と誤認の程度との関係を定量的に特徴づけて、道路交通における安全性の確保のための指針として役立てる。

3. 研究の方法

(1) 視点を動かしても錯視が起き続ける不可能立体の開拓には、本研究代表者が今までに構築してきた網膜像から立体を求める立体復元方程式を利用する。その方程式の解の自由度を拘束する制約の中から、視点移動によって不変に保たれるものを見つけないという方針で不可能立体を探索・創作する。

(2) 知覚心理学の知見を利用して、立体復元方程式の解集合の中から脳が優先的に知覚する立体をやはり視点位置の関数として表現する。そこで不変に保たれた性質を整理することによってこの錯視立体を特徴づけ、錯視の仕組みを解明する。

(3) 視点の動きを道路に沿ったドライバーの動きに限定し、錯視の起こり続けるカーブと起伏の相互構造を特徴づける。その結果に基づいて、ドライバーが誤認しやすい道路の形状を明らかにし、安全性確保の立場から避けるべき道路構造及びドライバーへの注意喚起の方法を提言する。

4. 研究成果

(1) 視点を動かしても錯視が起き続ける錯視立体群その1「軟体立体」

鏡に映すと姿が激変する錯視立体(これには「変身立体」という名称を付けている)を創作する活動の中で、その一部に視点を移動させても錯視が起き続けるものがあることを以前から見つけていたが、本研究ではその錯視の仕組みを明らかにすることができた。

この性質を持つ立体の振る舞いの例を図1に示す。この立体は柱体で、その断面は図の(a)に示すように右を向いた矢印に見える。しかし、これを垂直な軸の周りで180度回転させると、図の(b)、(c)、(d)の姿を経て、再度右を向いた矢印となる。矢印なら、180度の回転で左を向くはずなのに、この立体は右しか向かないという錯視が起きる。この立体は剛体であるが、

回転の途中で柔らかく変形するように見えるので、この錯視立体群には「軟体立体」という名前を付けた。

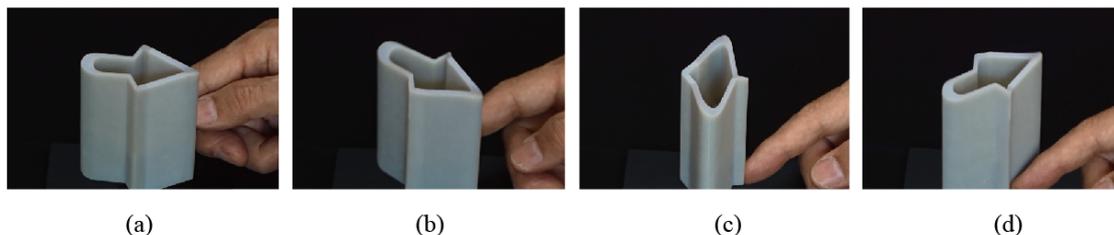


図1. 軟体立体「右を向きたがる矢印」の振る舞い（180度回転しても左を向かない）。

この立体の上端は起伏のある空間曲線であるが、柱体の軸に直交する平面に乗った平面曲線に見える。そのように知覚されるのは、柱体が上端の曲線を垂直方向に平行移動したとき掃き出す曲面として作ってあるために、その高さが一定であるからであると考えられる。この高さ一定という性質は視点に依存しない立体自体の性質であるため、視点を動かしても錯視が起き続ける。これによって、軟体立体の錯視現象を説明できることがわかった。この知見を利用して、多くの軟体立体を創作したが、その一つである「右の好きな小鳥」は、2019年の国際ベスト錯覚コンテストでベスト10に選ばれた。

1種類のタイルを隙間も重なりもなく平面に敷き詰めた図形はタイリングと呼ばれるが、タイリングが別のタイリングへ変身する錯視立体の設計法も開発した①④。図2にその一例を示す。この場合も、起伏のある立体だが、一方の姿勢からもう一方の姿勢へ連続に視点を動かしたとき、平面図形のように見えてきて本当の形が分かりにくい。その結果、一方のタイリングからもう一方のタイリングへ連続に変形するモーフィングを知覚できる。モーフィングは、図形を計算によって変形するコンピュータグラフィックスの技術であるが、変形しない立体の姿勢を変えるだけ物理的に実現できるという新規性もえられた。なお、この立体の一例は、飛騨山王宮日枝神社（岐阜県）へさい銭箱の蓋として奉納する機会を得ている。

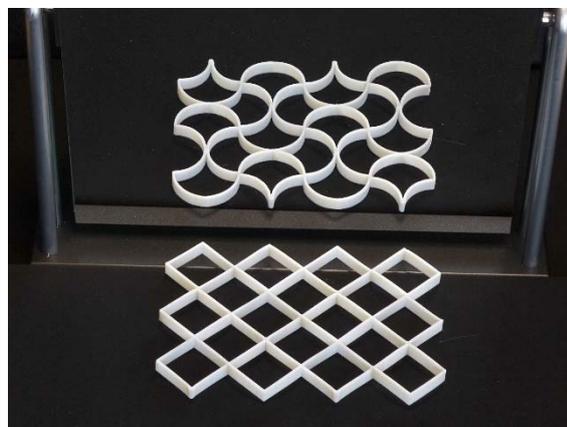


図2. 変身タイリング「正方格子と銀杏」

（2）視点を動かしても錯視が起き続ける錯視立体群その2「3次元装飾を施した絵」

水平に置いて斜めに見下ろしたとき立体に見える絵は、オクルージョン（立体の一部が他の部分に隠されるという状況）がなければ、反対側から同じ角度で見下ろしたとき、高さの反転した立体の絵に見える。この性質を利用して、鏡に映すと高さが反転する錯視立体を作ることができる。この絵に、本当の立体を追加すると、絵の部分が絵であることが分かりにくくなって、全体が立体に見えてくる。この性質を利用すると、視点を変えたとき絵の部分が期待と異なる変形を呈するため、錯視が起き続ける。この方法によっても、視点を動かしたとき錯視が起き続ける不可能立体が作れることが分かった。

この方法で作った立体の例を図3に示す。階段に手すりと支柱が取り付けられた立体に見えるが、階段部分は水平な絵である。手すりと支柱と赤い錐体は本当の立体である。これを垂直な軸の周りで連続に回転させると、立体が変形し、180度回転したところで、階段の向きが逆転して一番高かったところが一番低くなるという錯視が生じる。階段部分の絵は、「シュレーダーの階段図形」という名で古くから知られている多義図形で、階段を見下ろしたところという解釈と、階段の裏側を下から見上げたところという解釈を持つ。一方、手すりなどの3次元装飾を施すと、下から見上げたところという解釈は消滅するが、回転すると立体が変形するという新しい錯視が生まれる。図3の立体錯視は、2020年の国際ベスト錯覚コンテストで

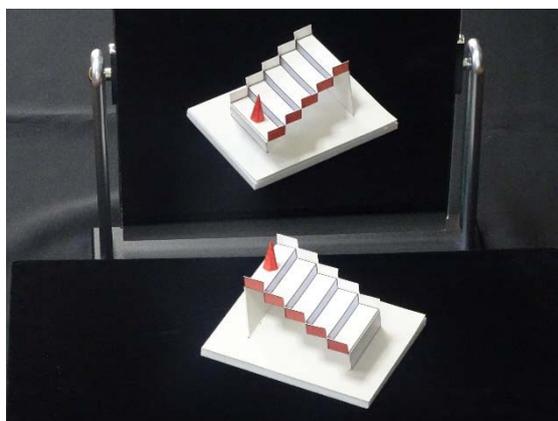


図3. 「立体版シュレーダー階段図形」

優勝を獲得した。

(3) その他の新しい不可能立体の発見・創作

絵と立体を組み合わせることによる視覚効果を調べる中で、新しい立体錯視を見つけることもできた。その一つは、3つの方向から見たとき異なる立体に見える「3方向変身立体」である⑤。その一例を図4に示す。直接見ると階段のある地形に旗が立った姿が見えるが、右奥と左奥に立てた鏡に映った姿は、別の地形になっている。実際には、水平に置いた絵に旗だけが本当に垂直に立っている。ここに使われている絵は、面が直角に接続された直角立体の垂直投影図で、鏡の向きは、絵の中の平行直線群（3組ある）の一つが網膜上で垂直方向を向くように調整してある。この立体錯視は、2018年の国際ベスト錯覚コンテストで優勝を獲得した。

「3方向変身立体」と「高さ反転立体」を組み合わせると、六つの方向から見たとき異なる形に見える錯視立体「6方向変身立体」を作ることができる。その一例を図5に示した。立体の後ろに5枚の鏡を立ててあるが、端から2番目と4番目の鏡に映った姿が3方向変身立体の視覚効果に対応し、残りの三つの鏡に映った姿は、それぞれの姿の高さ反転結果である。

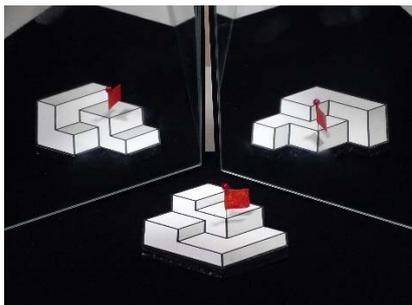


図4. 三方向変身立体



図5. 六方向変身立体

(4) 道路カーブの誤認メカニズム

ドライバーが前方のカーブの鋭さを知覚する過程は、基本的には実際のカーブとそれが投影された網膜像との幾何学的関係で記述できる③。ただし、この関係は、地面の起伏に依存する。ドライバーが角度 α で地面を見下ろしていると信じている場面で、この関係をグラフで示したのが図6である。横軸は、ドライバーが見下ろしていると信じている角度と実際の角度のずれを表し、縦軸は、実際の曲率半径に対する見かけの曲率半径の比を表す。

道路の傾斜が変化しているのに、その変化に気付かないで同じ傾斜で道路が続いていると誤解したドライバーにとっては、平面に描かれたカーブを斜めから見るときの知覚が働く。その結果、カーブの鋭さを誤認する。特に、下り坂が緩くなる場所にあるカーブ（同様に、上り坂が険しくなる場所にあるカーブ）は、曲率半径を実際より大きく（すなわち、曲率を実際より緩く）感じる。

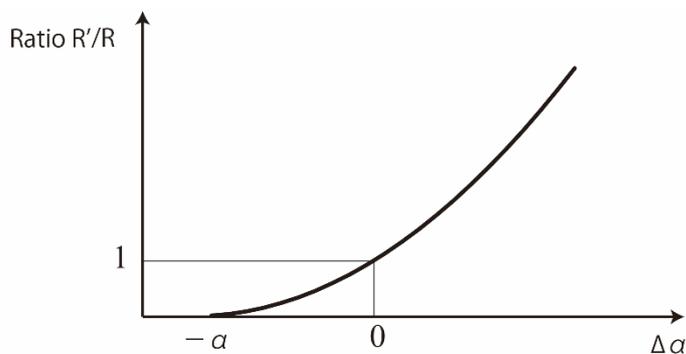


図6. 道路を見下ろす角度とカーブの曲率の関係

カーブを曲がり切れないで起こる事故は、ドライバーのスピードの出し過ぎが原因だと考えられる。通常これは、ドライバーが自分のスピードを誤認した結果とみなされる。しかし、前方のカーブを実際より緩いと知覚すると、スピードは正しく知覚していても相対的にスピードの出し過ぎとなる可能性がある。したがって、「スピードの出し過ぎに注意」のほかに、「次のカーブは見かけより急です」という注意喚起の標識も必要であろう。本研究結果は、このことを示唆している。

カーブを曲がり切れないで起こる事故は、ドライバーのスピードの出し過ぎが原因だと考えられる。通常これは、ドライバーが自分のスピードを誤認した結果とみなされる。しかし、前方のカーブを実際より緩いと知覚すると、スピードは正しく知覚していても相対的にスピードの出し過ぎとなる可能性がある。したがって、「スピードの出し過ぎに注意」のほかに、「次のカーブは見かけより急です」という注意喚起の標識も必要であろう。本研究結果は、このことを示唆している。

カーブを実際より緩く感じる原因には、もう一つトランスキー錯視もかかわる可能性があることも指摘できた。トランスキー錯視とは、円弧の一部を隠すとき、隠す部分が多いほど残りの弧が緩く見えるという視覚現象である。都会の高速道路などに設置されている遮音壁はカーブの先を大きく隠すため、同じような誤認の危険性があり、同様の注意喚起標識が有効であると推測できる。

(5) 不可能立体錯視の樹形図による体系化

物理的に実在する立体なのに見た人にあり得ないと感じる知覚が生じる「不可能立体」は、本

研究代表者が以前から見つけていたものと本研究の中で見つけたものを合わせると11種類ある。これらを、その錯視要因に注目して分類・整理し、樹形図の形にまとめることができた②。その結果は、図7に示すとおりである。

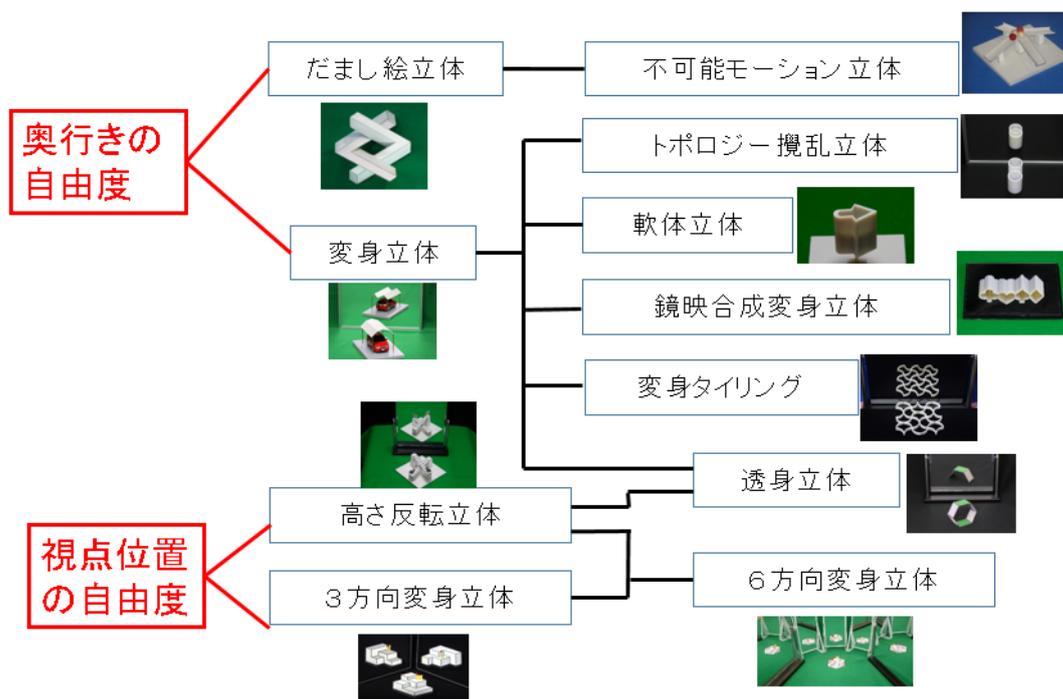


図7. 錯視生成要因に基づく不可能立体の体系化

立体錯視を誘発する主な要因は二つある。その第1は、網膜に写った画像には奥行き情報が含まれないので、画像から立体を一意に復元することはできず、奥行きを選択に自由度があることである。これにより、実際とは異なる奥行きを知覚する場合があります、それが錯視となる。軟体立体や変身タイリングは、この要因で生じる錯視である。

要因の第2は、与えられた画像をどこから眺めるかの視点位置の選択の自由度である。そのために、同じ絵でもどこから見るかによって違うものが見えてくる。この自由度を利用することによって、高さ反転錯視、3方向変身立体、6方向変身立体などが創作できる。

このように整理すると、さらに新しい不可能立体の可能性も見えてくる。例えば、あり得ない動きが見えてくる「不可能モーション立体錯視」と「高さ反転錯視」を組み合わせると、2種類の不可能な動きが生成できる立体の可能性などである。これらについて今後も探求を進めたい。

<引用文献>

- ① K. Sugihara, Ambiguous tiling. Computer Aided Geometric Design, vol. 79 (2020).
- ② K. Sugihara, Family tree of impossible objects created by optical illusion. Bridges 2020 Conference Proceedings, pp. 329-336.
- ③ K. Sugihara, Misperception of road curvature due to slope change. Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics, (accepted in 2020).
- ④ K. Sugihara, Modeling of ambiguous tiling for mold casting. Journal of the Society for Art and Science, Vo. 19 (2020), pp. 59-66.
- ⑤ 杉原厚吉：三方向変身立体の設計原理. 図学研究、54巻(2020)、2号、pp. 47-49.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 8件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Kim Deok-Soo, Ryu Joonghyun, Cho Youngsong, Lee Mokwon, Cha Jehyun, Song Chanyoung, Kim Sang Wha, Laskowski Roman A., Sugihara Kokichi, Bhak Jong, Ryu Seong Eon	4. 巻 251
2. 論文標題 MGOS: A library for molecular geometry and its operating system	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Computer Physics Communications	6. 最初と最後の頁 107101 ~ 107101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cpc.2019.107101	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Ryu Joonghyun, Lee Mokwon, Kim Donguk, Kallrath Josef, Sugihara Kokichi, Kim Deok-Soo	4. 巻 375
2. 論文標題 VOROPACK-D: Real-time disk packing algorithm using Voronoi diagram	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Mathematics and Computation	6. 最初と最後の頁 125076 ~ 125076
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.amc.2020.125076	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Sugihara Kokichi	4. 巻 79
2. 論文標題 Ambiguous tiling	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Computer Aided Geometric Design	6. 最初と最後の頁 101851 ~ 101851
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cagd.2020.101851	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Sugihara Kokichi, Moriguchi Masaki	4. 巻 10
2. 論文標題 Reflexively-Fused Cylinders	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Symmetry	6. 最初と最後の頁 275 ~ 275
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/sym10070275	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Chaidee Supanut、Sugihara Kokichi	4. 巻 36
2. 論文標題 Laguerre Voronoi Diagram as a Model for Generating the Tessellation Patterns on the Sphere	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Graphs and Combinatorics	6. 最初と最後の頁 371 ~ 385
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00373-019-02006-5	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Sugihara Kokichi	4. 巻 9
2. 論文標題 A Framework for Creation of Anomalous Motion Pictures	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Art & Perception	6. 最初と最後の頁 46 ~ 65
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1163/22134913-bja10017	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sugihara Kokichi	4. 巻 38
2. 論文標題 Misperception of road curvature due to slope change	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics	6. 最初と最後の頁 379 ~ 389
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s13160-020-00441-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sugihara Kokichi	4. 巻 19
2. 論文標題 Modeling of ambiguous tiling for mold casting	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Society for Art and Science	6. 最初と最後の頁 59-66
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Sugihara Kokichi	4. 巻 2020
2. 論文標題 Family tree of impossible objects created by optical illusion	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Bridges 2020 Conference Proceedings	6. 最初と最後の頁 329-336
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 杉原厚吉	4. 巻 54
2. 論文標題 三方向変身立体の設計原理	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 図学研究	6. 最初と最後の頁 47-49
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計20件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 K. Sugihara
2. 発表標題 Computational Illusion: Various Behaviors of Impossible Objects
3. 学会等名 Computational Photography 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Sugihara
2. 発表標題 Ambiguous Objects as a Potential Source of Magic
3. 学会等名 MAGIC Linves 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Sugihara
2. 発表標題 Latest Developments of 3D Illusion
3. 学会等名 International Display Workshop 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉原厚吉
2. 発表標題 立体錯視の設計原理とバリエーション
3. 学会等名 日本図学会2019年度春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉原厚吉
2. 発表標題 三方向変身立体の設計原理
3. 学会等名 日本図学会2019年度秋季大会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉原厚吉
2. 発表標題 6方向変身立体
3. 学会等名 日本図学会大11回デジタルモデリングコンテスト、日本図学会2019年度秋季大会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sugihara Kokichi
2. 発表標題 Evolution of Impossible Object
3. 学会等名 13th Gathering for Gardner Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sugihara Kokichi
2. 発表標題 Evolution of Impossible Objects
3. 学会等名 9th International Conference on Fun with Algorithms (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sugihara Kokichi
2. 発表標題 Evolution of Impossible Objects
3. 学会等名 International Symposium on the Exploration and Application of Visual Illusions (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 杉原厚吉
2. 発表標題 3方向多義立体の数理と作り方
3. 学会等名 第13回錯覚ワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sugihara Kokichi
2. 発表標題 Ambiguous tiling
3. 学会等名 Geometric Modeling and Processing 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sugihara Kokichi
2. 発表標題 Difficulty in representing 3D shapes by 2D images due to optical illusion
3. 学会等名 International Workshop on Advanced Image Technology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉原厚吉
2. 発表標題 傾斜変化を伴うカーブの曲率誤認の危険性
3. 学会等名 日本応用数理学科2020年度年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sugihara Kokichi
2. 発表標題 Modeling of ambiguous tiling for mold casting
3. 学会等名 芸術科学会NICOGRAPH2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 杉原厚吉
2. 発表標題 道路カーブの曲率誤認とその対策
3. 学会等名 2020年度日本図学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 杉原厚吉
2. 発表標題 変身タイリング「銀杏の舞う正方格子」
3. 学会等名 2020年度日本図学会デジタルモデリングコンテスト
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 杉原厚吉
2. 発表標題 立体版シュレーダー階段図形～ベスト錯覚コンテスト2020優勝作品の舞台裏
3. 学会等名 第15回錯覚ワークショップ
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉原厚吉
2. 発表標題 不可能立体への挑戦～数理で探る視覚の不条理～
3. 学会等名 芸術科学会 Art and Science Award 受賞記念講演会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 杉原厚吉
2. 発表標題 立体錯視と視覚へのコンピューターによるアプローチ
3. 学会等名 第6回視覚生理学基礎セミナー（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉原厚吉
2. 発表標題 仕組みを知っても修正できない立体錯視の世界～子の不条理とどう付き合うか～
3. 学会等名 パッケージデザイン懇話会（招待講演）
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 杉原厚吉	4. 発行年 2018年
2. 出版社 大和書房	5. 総ページ数 253
3. 書名 わかっていても騙される 錯覚クイズ	

1. 著者名 杉原厚吉	4. 発行年 2018年
2. 出版社 誠文堂新光社	5. 総ページ数 223
3. 書名 新錯視図鑑	

1. 著者名 杉原厚吉	4. 発行年 2020年
2. 出版社 あかね書房	5. 総ページ数 48
3. 書名 トリックアート図鑑 錯覚! 立体ペーパークラフト	

〔産業財産権〕

〔その他〕

Kokichi Sugihara's Home Page http://www.isc.meiji.ac.jp/~kokichis/

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
韓国	ハンヤン大学		
タイ	Chennai University		