

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：32714

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K22881

研究課題名（和文）発達過程での視環境条件を統制した新手法動物実験による色恒常性成立メカニズムの解明

研究課題名（英文）Revealing color constancy mechanism with a new animal experiment executed in controlled visual environmental conditions in the developmental process

研究代表者

内川 恵二（Uchikawa, Keiji）

神奈川工科大学・公私立大学の部局等・研究員

研究者番号：00158776

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究は色恒常性の成立に必要な先験的な知識は生得的か習得的か、先験的な知識とは何かを解明することを目的とした。ニワトリのヒナを被験体として、照明環境を統制して飼育し、1ヶ月後、色恒常性をテストした。合計6個体中生存した2個体では色恒常性は習得的なものである可能性を示した。その後、新型コロナウイルスの感染拡大により、動物実験が継続できなかったため、異なった照明光環境下で訓練された機械学習のニューラルネットによる照明光推定の違いと同じ条件で行った心理物理実験の被験者による照明光推定の違いを比較する実験を行った。その結果、照明光推定の個人差は被験者とニューラルネット間では明確ではなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人間の色恒常性のメカニズムの解明は古くから取り組まれてきた色覚研究の最も困難な課題の一つである。色恒常性の成立には何らかの先験的な知識が必要であるが、人間はこれをどのように獲得するかはまだ明らかとなっていない。本研究のような動物実験によってこの課題に取り組む研究は過去には例がなく、本研究のオリジナルである。したがって、本研究の研究成果は色恒常性の解明の新しい方法を開拓するという意味で、学術的意義がある。また、人間の色恒常性の解明は言うまでもなくコンピュータビジョンの進歩に大きな貢献をする。したがって、本研究の研究成果は社会的な意義を持つ。

研究成果の概要（英文）：The present study aimed at clarifying whether priori knowledge necessary for achieving color constancy is innate or acquired, and what the priori knowledge is. We used chicks as subjects. Chicks were raised under a controlled lighting environment, and, their color constancy was tested after one month. Two surviving individuals from a total of six showed the possibility that color constancy was acquired. After that, due to the spread of COVID-19, the animal experiments could not be continued. Therefore, an experiment was conducted to compare differences in illumination light estimations by machine learning neural networks trained under different illumination light environments and those by subjects in psychophysical experiments conducted under the same conditions. As a result, individual differences in illumination light estimation were not clear between the subjects and the neural networks.

研究分野：視覚心理物理学

キーワード：色恒常性 色覚メカニズム 先験的知識 動物発達実験 照明視環境

## 1. 研究開始当初の背景

視環境の照明光が変化しても物体表面の色は変わらず一定に見えるという「色の恒常性」は色覚のメカニズムを解明する上でも、コンピュータによる画像認識の上でも重要な視覚の特性である。多くの研究者がそのアルゴリズムの解明に挑み、これまでに数多くの理論が提案されている。しかし、そのいずれの理論でも、表面の反射光から視環境内の照明光成分と表面の反射率成分を分離するために、視環境内の物体表面についての何らかの先験的な知識が必要となっている。たとえば、視環境内のどの表面が白色であるかという知識 (Land and McCann, 1971)、あるいは、物体表面の色度輝度分布の知識 (Golz and MacLeod, 2002; Uchikawa et al., 2012) が必要となる。

動物の発達過程において視環境の分光成分が制限されると色の恒常性が成立しないということがサルの動物実験により報告されている (Sugita, 2004)。この結果によれば、先験的な知識は動物の発達過程で得ている可能性が高いが、研究はまだ単色光という極めて特殊な照明光条件を設定した一例に過ぎない。

研究代表者の内川はこれまで長年、色覚のメカニズムの解明に向けて色覚の心理物理学研究を進めている。特に、最近では色恒常性について精力的に研究を行い、自然風景の色度輝度の分布は、表面色の色度に対して理論的に求まる輝度限界 (オプティマルカラー) の分布に類似して、人間はこの色度輝度分布から照明光推定を行なっているとする新しいオプティマルカラー仮説を提案している (Uchikawa et al., 2012, Fukuda and Uchikawa, 2014, Morimoto et al., 2016, Uchikawa et al., 2017)。しかし、この仮説は色恒常性を精度良く説明しているものの、どのようにして人間は色度輝度分布を学習しているのかについては説明していない。自然界の太陽光スペクトルの変化に伴う自然物表面の色度と輝度変化を発達過程で学んでいるという予測は立てられるが、実証はされていない。

本研究において、動物実験により発達過程での視環境の色度と輝度分布を人工的に操作して、色恒常性の成立に影響することを確認し、発達過程での学習を裏付けるという研究構想に至った。実験動物としては、過去の色覚研究ではサルや鳥、昆虫などが比較的多く使われているが、本研究では、成長が早く、また容易に手に入り、飼育も易しく、さらに色恒常性を備えていることが分かっている白色レグホン (ニワトリ) のヒナを用いることとした。

## 2. 研究の目的

本研究では、先験的な知識は生得的なものなのか、あるいは発達過程で獲得する習得的なものなのか、さらに、必要な先験的な知識とは何かを明らかにすることを目的とする。色恒常性のあることが成鳥で確かめられている (Olson et al., 2016) 白色レグホンのヒナ (Gallus Gallus Domesticus) (以下、ヒナと書く) を視環境内の物体表面と照明光を統制した条件で飼育し、成長後、色恒常性の有無を測定するという新しい動物実験手法を用いる。

本研究は、動物の発達過程の視環境条件を厳密に統制し、成長後に視覚特性を測定するという分かりやすい原理であるが、実施は非常に困難である。本研究は視環境が色覚メカニズムの成立に決定的な影響力を持つという仮説を実験的に検証する新方法を提案するものであり、色覚メカニズムの成立に関わる本質を探る探索的研究である。この点、過去の研究で多く行われてきた色覚特性の測定とは異なり、これまでの色恒常性の研究体系を大きく変換・転換させる潜在性を有している。

## 3. 研究の方法

### (1) 動物実験：色恒常性は生得的か？習得的か？

視環境の照明光が可変と不変の2条件で白色レグホンのヒナを飼育し、成長後、ヒナの色恒常性の有無を調べる。照明光としては分光強度が平坦な白色(W)光、長波長側に大きい赤色(R)光の2種類を用いる。飼育箱(図1)の壁面には、分光反射率の異なる色票を貼り付ける。学習とテスト用の実験箱(図2)のフロントパネルにはヒナが選択する色票を1枚貼り付ける。[飼育] 下記の視環境条件下でヒナを卵から孵化して成長するまでの約一ヶ月間、飼育する。(a)照明光可変条件：照明光に変化を与えるため、W光とR光で1分おきに切り替えて飼育箱を照明する。色票は白色を除いた4種類とする。(b)照明光一定・色票一定条件：照明光が変化しないようにR光のみを用いる。色票は(a)と同じ4種類とする。(c)(b)の条件と等しいが、R光ではなくW光のみを用いる。[学習]一ヶ月の飼育期間が終了後、実験箱でヒナにターゲット色票を選択するオペラント学習を行う。継時的に呈示される3枚の色票(ターゲット(T)1枚、ディストラクタ(D1)、ディストラクタ(D1))の中からTを選択するように学習させる(図3)。学習時の照明光は飼育時と同じである。[テスト]学習の終了後、実験箱でヒナに色票選択のテスト課題を行う。テスト時の照明光はW光とR光とを混色した薄赤光(WR光)を用いた。

色恒常性に必要な先験的な知識が生得的に備わっているならば、条件(a)、(b)、(c)でTが選択される。しかし、先験的な知識が発達過程で得られる習得的なものならば、条件(a)ではヒナに色恒常性が備わるのでTが選択され

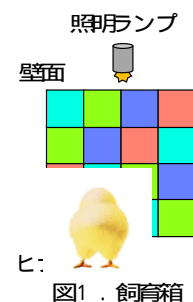


図1. 飼育箱

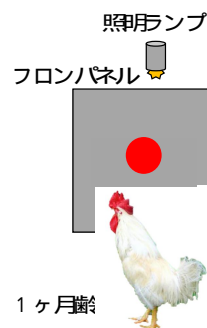


図2. 実験箱

る。条件(b)、(c)では色恒常性が備わらないので、Tは選択されず、反射光が学習時のTと近いD1かD2が選択される。

(2) 機械学習と心理物理実験：先験的な知識とは何か？

新型コロナウイルスの感染拡大により、2年目年度からは動物実験の施設が使えないことになった。そのため、研究開始当初の研究計画を変更して、動物実験の代わりに、環境照明条件を様々な変化させた場合の機械学習によるニューラルネットの色恒常性の個体差と、人間の色恒常性の個人差と比較して、人間の色恒常性が育成した環境照明条件に依存することを示し、どんな環境照明条件が先験的な知識となり得るかを示す実験を行った。

機械学習では、複数のConvolutional Neural Networkを異なる照明環境下の画像で訓練し、その後、検証用画像に対する応答をニューラルネット間で比較する。384シーンのハイパースペクトル画像から348シーンを訓練用、36シーンを検証用として用いた(図4)。照明条件は10種類(色温度:3000, 3810, 5217, 8276, 20000Kの黒体放射、強度:暗5,明10)を選んだ。訓練データは348シーンを画像変換(回転,平行移動,歪める,反転等)加えることによって約100倍に増大させた。ネットワークを照明環境の割合(色温度の偏り4種類:偏りなし(Net1,5,9),白が多い(Net2,6,10),黄が多い(Net3,7,11),青が多い(Net4,8,12)、照明強度の偏り3種類:偏りなし(Net1,2,3,4),暗が多い(Net5,6,7,8),明が多い(Net9,10,11,12))を変えて訓練し、12のネットワークを生成した(図5)。これらのネットワークNet1~Net12を用いて、心理物理実験と同じ216枚の検証画像に対して照明光推定を行う。

心理物理実験では、刺激画像は機械学習の検証画像の中から色温度3000,5217,20000Kの3種類と強度5,10の2種類の計6種類36x3x2=216枚を用いる。被験者は、暗順応5分後、刺激の輝度レベルへ白色明順応2分を行う。練習セッション後に、本セッションを行う。被験者は呈示された画像の照明光を推定して、画像の下部にある照明光パネルの一つを選択する(図6)。被験者は11名(男性10名,女性1名、年齢21~23歳)である。色覚は石原色覚検査表により10名が正常、被験者1名(S0)が2型色覚異常であった。

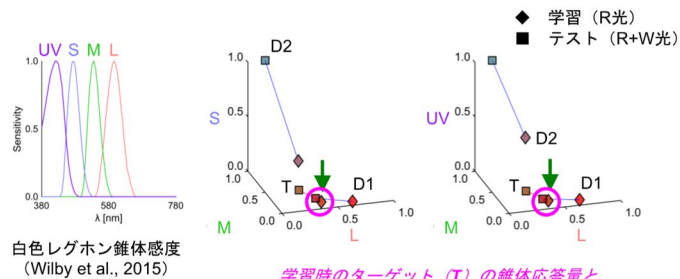
#### 4. 研究成果

##### (1) 動物実験

実験では、合計6個体中(b)条件の2個体しか生存しなかったため、(b)条件の結果を示す。テストの結果では、被験体1,2ともにほとんどTとD1を選択した(図7)。白色レグホンの錐体応答は学習時のTとテスト時のD1では近いことから、これは2被験体とも色恒常性が成立しているとは言えないことを示している。過去の研究では通常の照明環境では白色レグホンは色恒常性があることが報告されているので、この結果は色恒常性が発達過程で獲得する習得的なものであることを否定しない。ただし、(a)と(c)条件の結果が得られていないことから、この実験自体で色恒常性を測れるかどうかが確認されていない。したがって、色恒常性が発達過程で獲得する習得的なものであるとする結論に至るには更なる実験が必要である。

##### (2) 機械学習と心理物理実験

機械学習の結果を図8に示す。縦軸にNet1~Net12が示され、横軸に10種類の照明条件が示されている。図中の濃淡は正答率を表し、白が1.0、黒が0を示す。また、各パネルの上段には、呈示された遠照明光の色温度3種類と明暗2系6種類の条件が示されている。図8を見ると、



学習時のターゲット (T) の錐体応答量とテスト時のディストラクター1 (D1) の錐体応答量とが近い

図3. T, D1, D2.



図4. 訓練と検証シーン.

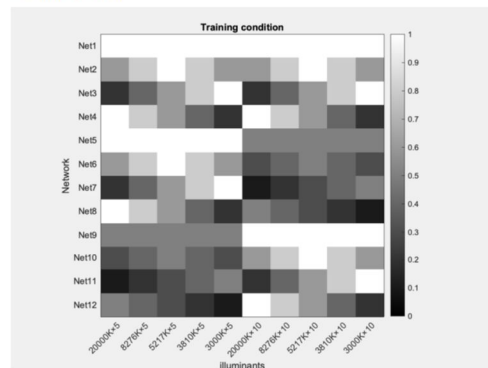


図5. ネットワークの訓練条件

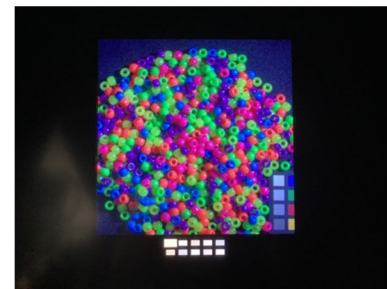


図6. 刺激画像例

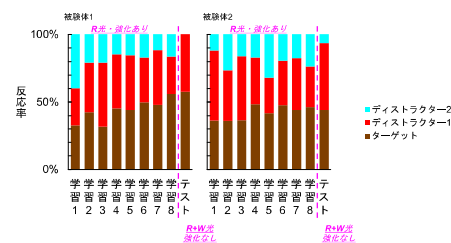


図7. 結果



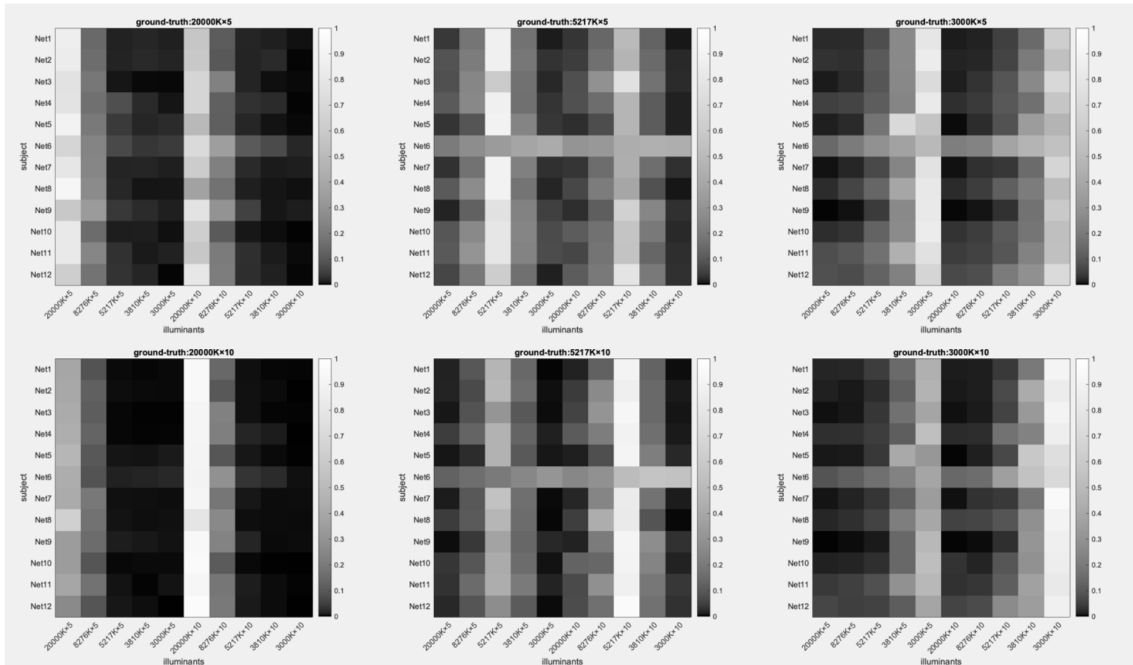


図8. 機械学習結果

ほとんど全ての Net では照明光の色温度は正確に推定しているが、明暗は曖昧になっていることがわかる。

心理物理実験の結果を図9に示す。縦軸に被験者が示され、横軸に10種類の照明条件が示されている。図中の濃淡は正答率を表し、白が1.0、黒が0を示す。また、各パネルの上段には、呈示された遠照明光の色温度3種類と明暗2系6種類の条件が示されている。図9を見ると、人間の場合、照明光の色温度は機械学習よりも不正確ではあるが、ある程度の予測が成り立つが、明暗の予測はほとんどできていないことがわかる。また、被験者間での個人差とNetの個体差との対応は明確ではない。機械学習の訓練時のネット間の照明環境条件の変化を修正するなどして、更なる実験が必要である。

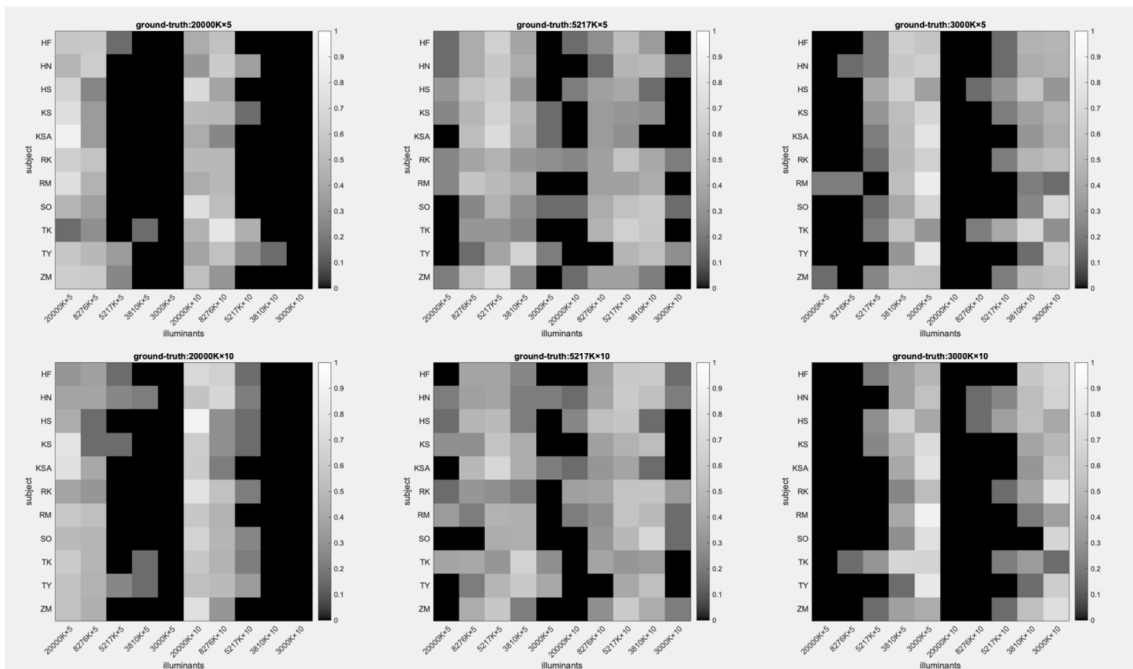


図9. 心理物理実験結果

### (3) まとめ

本研究は、研究開始時には目的達成のために(1)の動物実験を方法として用いた。白色レグホン2個体の実験では、色恒常性が発達過程で獲得する習得的なものであることを否定しないという結果が得られたが、新型コロナウイルス感染拡大のため、動物実験の継続が不可能となった。本研究で採用した動物実験という新しい方法は色恒常性の解明に有効であることが示されたが、明確な結論が得られるには研究期間が不足した。(1)の動物実験が継続できなかったため、(2)の機械学習と心理物理実験を組み合わせ、私たちが既に獲得している色恒常性の個人差が個人の発達時の照明環境に依存していることを示すことで、目的達成を図るように方法を変更した。被験者の個人差と機械学習したネットの個体差の対応を調べたが、結果として、や

はり研究期間が十分でなかったために明確な対応を示すには至らなかった。今後は、動物実験ができる環境を整備して、更なる動物実験を実施すること、また、十分な予備実験を通して、機械学習と心理物理実験を比較するために有効な照明環境条件の設定を準備し、更なる比較実験を行うことが課題である。

<引用文献>

- Fukuda, K., & Uchikawa, K. (2014). Color constancy in a scene with bright colors that do not have a fully natural surface appearance. *Journal of the Optical Society of America A*, 31(4), 239–246.
- Golz, J. & MacLeod, D. I. A. (2002). Influence of scene statistics on colour constancy. *Nature* 415, 637–640.
- Land, E. H. & McCann, J. J. (1971). Lightness and Retinex theory. *Journal of the Optical Society of America*. 61, 1–11.
- Morimoto, T., Fukuda, K., & Uchikawa, K. (2016). Effects of surrounding stimulus properties on color constancy based on luminance balance. *Journal of the Optical Society of America A*, 33(3), 214–227.
- Olsson P, Wilby D, Kelber A. (2016). Quantitative studies of animal colour constancy: using the chicken as model. *Proceedings of The Royal Society B*, 283, 20160411.
- Sugita, Y. (2004). Experience in early infancy is indispensable for color perception. *Current Biology*, 14, 1267–1271.
- Uchikawa, K., Fukuda, K., Kitazawa, Y., & MacLeod, D. I. A. (2012). Estimating illuminant color based on luminance balance of surfaces. *Journal of Optical Society of America A*, 29(2), 133–143.
- Uchikawa, K., Morimoto, T., & Matsumoto, T. (2017). Understanding individual differences in color appearance of “#TheDress” based on the optimal color hypothesis. *Journal of Vision*, 17(8), 10, 1–14.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 6件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Masakazu Ohara, Juno Kim, Kowa Koida	4. 巻 13
2. 論文標題 The Role of Specular Reflections and Illumination in the Perception of Thickness in Solid Transparent Objects	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in psychology	6. 最初と最後の頁 766056-766056
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpsyg.2022.766056	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 Takuma Morimoto, Cong Zhang, Kazuho Fukuda, Keiji Uchikawa	4. 巻 30
2. 論文標題 Spectral measurement of daylights and surface properties of natural objects in Japan	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 3183-3204
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.441063	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 Tama Kanematsu, Kowa Koida	4. 巻 13
2. 論文標題 Influence of Stimulus Size on Simultaneous Chromatic Induction	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in psychology	6. 最初と最後の頁 818149-818149
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpsyg.2022.818149	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 Takuma Morimoto, Ai Numata, Kazuho Fukuda, Keiji Uchikawa	4. 巻 21
2. 論文標題 Luminosity thresholds of colored surfaces are determined by their upper-limit luminances empirically internalized in the visual system	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Vision	6. 最初と最後の頁 7-1~7-23
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1167/jov.21.13.3	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 内川 恵二	4. 巻 61
2. 論文標題 視覚工学 (XI) - 色の恒常性 -	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本画像学会誌	6. 最初と最後の頁 171-176
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 Morimoto Takuma, Fukuda Kazuho, Uchikawa Keiji	4. 巻 178
2. 論文標題 Explaining #theShoe based on the optimal color hypothesis: The role of chromaticity vs. luminance distribution in an ambiguous image	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Vision Research	6. 最初と最後の頁 117 ~ 123
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.visres.2020.10.007	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 Morimoto Takuma, Kusuyama Takahiro, Fukuda Kazuho, Uchikawa Keiji	4. 巻 21
2. 論文標題 Human color constancy based on the geometry of color distributions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Vision	6. 最初と最後の頁 7 ~ 7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1167/jov.21.3.7	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 Kanematsu Tama, Koida Kowa	4. 巻 10
2. 論文標題 Large enhancement of simultaneous color contrast by white flanking contours	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 20136
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-77241-5	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 Ohara Masakazu, Kim Juno, Koida Kowa	4. 巻 11
2. 論文標題 The Effect of Material Properties on the Perceived Shape of Three-Dimensional Objects	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 i-Perception	6. 最初と最後の頁 1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/2041669520982317	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 Hyejin Han, Keiji Uchikawa	4. 巻 37
2. 論文標題 Skin-color perception of morphed face images	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Optical Society of America A	6. 最初と最後の頁 A217-A225
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 鎰谷賢治, 内川恵二	4. 巻 28
2. 論文標題 色と光沢が異なる顔肌画像の質感の差の定量化	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本画像学会誌	6. 最初と最後の頁 501-511
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25件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 15件)

1. 発表者名 Kenji Kagitani, Kenji Uchikawa
2. 発表標題 Differences in Unified Material Appearance of Real Objects
3. 学会等名 International Conference on Advanced Imaging (ICAI) 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 山本 成, 伊藤 謙吾, 伊藤 史織, 齋藤 豪, 内川 恵二
2. 発表標題 周辺視を含むCSFのBezier関数を用いた3次元モデル
3. 学会等名 VC+VCC2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鈴木雅洋, 矢口 晶, 中枝武弘, 増田 修, 内川恵二
2. 発表標題 眩しさ知覚へ及ぼす ipRGC 応答の寄与
3. 学会等名 日本視覚学会2021年夏季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 鯉田孝和, 平等裕也, 木村真大
2. 発表標題 青色刺激による瞳孔径変化の抑制
3. 学会等名 日本視覚学会2021年夏季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Allie C. Hexley, Takuma Morimoto, Keiji Uchikawa, Hannah E. Smithson
2. 発表標題 A machine-learning approach to illuminant estimation using statistical regularities in photoreceptor signals from real-world surfaces
3. 学会等名 43rd European Conference on Visual Perception (ECVP) 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masahiro Suzuki, Akira Yaguchi, Takehiro Nakatsue, Osamu Masuda, Keiji Uchikawa
2. 発表標題 ipRGCs contribute to glare sensation of high-intensity lights
3. 学会等名 43rd European Conference on Visual Perception (ECVP) 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takuma Morimoto, Kazuho Fukuda, Keiji Uchikawa
2. 発表標題 Spectral measurements of reflectance and transmittance of natural objects and daylight in Japan
3. 学会等名 43rd European Conference on Visual Perception (ECVP) 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Naru Yamamoto, Shiori Ito, Kengo Ito, Suguru Saito, Keiji Uchikawa
2. 発表標題 3D CSF models in peripheral vision using Bezier functions
3. 学会等名 43rd European Conference on Visual Perception (ECVP) 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡邊裕汰, 鯉田孝和
2. 発表標題 色残効のテスト輝度依存性は黄色で顕著
3. 学会等名 日本視覚学会2021年冬季大会 オンライン
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森本拓馬, 鈴木雅洋, 鯉田孝和, 福田一帆, 内川恵二
2. 発表標題 機械学習による色恒常性の成立に必要な学習条件
3. 学会等名 映像情報メディア学会HI研究会オンライン
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 内川恵二, 森本拓馬, 福田一帆, 佐藤雅之
2. 発表標題 色の見え, 恒常性, 個人差
3. 学会等名 玉川大学脳科学研究所社会神経科学共同研究拠点研究会オンライン (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木雅洋, 鯉田孝和, 福田一帆, 森本拓馬, 内川恵二
2. 発表標題 視環境光統制下で飼育された白色レグホンの色苦情性成立への照明条件の影響
3. 学会等名 日本視覚学会2020年夏季大会オンライン
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 磯村 凌、鯉田孝和
2. 発表標題 色素濃度による色変化と等色相曲線の相関
3. 学会等名 日本視覚学会2020年夏季大会 オンライン
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kazuho Fukuda, Takuma Morimoto, Ben Kusano, Keiji Uchikawa
2. 発表標題 Illuminants estimated by human observers for natural objects under daylights compared with those predicted by the optimal color hypothesis
3. 学会等名 OSA Fall Vision Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shiori Ito, Suguru Saito, Keiji Uchikawa
2. 発表標題 Experiments for Measurement of Peripheral Contrast Sensitivity Function
3. 学会等名 APCV 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kenji Kagitani, Takehiro Nagai, Tomohisa Matsumoto, Keiji Uchikawa
2. 発表標題 Estimation of difference in unified material-appearance yielded by color and gloss of a surface
3. 学会等名 APCV 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuto Araki, Yasuaki Tamada, Masayuki Sato, Keiji Uchikawa
2. 発表標題 An invisible target caused by backward masking induces a saccadic eye movement
3. 学会等名 APCV 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Emiko Kawabata, Masahiro Suzuki
2. 発表標題 A preliminary study on animal models of attachments to human fathers by utilizing of white leghorns' imprinting behavior
3. 学会等名 日本動物心理学会第79回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazuho Fukuda, Kotoe Hara
2. 発表標題 Effect of Object Recognition on the Object-color Appearance Mode Limitation
3. 学会等名 The 5th Asia Color Association Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tama Kanematsu, Kowa Koida
2. 発表標題 Large enhancement of simultaneous color contrast by surrounding white gap, but not by black gap
3. 学会等名 Vision Sciences Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tama Kanematsu, Kowa Koida
2. 発表標題 Remote simultaneous color contrast and assimilation effects across the l-m cone axis
3. 学会等名 ICVS 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tama Kanematsu, Kowa Koida
2. 発表標題 Large color contrast effect induced by a thin white-gap; evidence for interaction between color and luminance
3. 学会等名 APCV2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tatsuya Oikawa, Kowa Koida
2. 発表標題 Color naming is more reliable than position detection in peripheral visual field
3. 学会等名 APCV2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuta Watanabe, Kowa Koida
2. 発表標題 Magnitude of yellow-blue color aftereffect varied depending on luminance of test stimuli
3. 学会等名 APCV2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鯉田孝和
2. 発表標題 網膜から初期視覚野における神経生理学的基盤
3. 学会等名 第21回日本感性工学会大会 (招待講演)
4. 発表年 2019年



〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究分担者	鈴木 雅洋  (Suzuki Masahiro)  (30397046)	聖泉大学・人間学部・准教授   (34203)	
研究分担者	福田 一帆  (Fukuda Kazuho)  (50572905)	工学院大学・情報学部(情報工学部)・准教授   (32613)	
研究分担者	鯉田 孝和  (Koida Kouwa)  (10455222)	豊橋技術科学大学・エレクトロニクス先端融合研究所・准教授   (13904)	

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
---------	---------