

令和 6 年 6 月 18 日現在

機関番号：13501

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2022～2023

課題番号：22K21274

研究課題名（和文）深層学習による色覚障がい支援のための意味論的情報補償

研究課題名（英文）Deep Learning-based Semantics Information Compensation for Color Vision Deficiency

研究代表者

朱 臻陽（ZHU, ZHENYANG）

山梨大学・大学院総合研究部・助教

研究者番号：10954927

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、色覚障がいによる意味論的情報損失を補償するために、深層学習モデル及び拡張現実（Augmented-Reality, AR）グラスを取り入れた色覚補償技術Color Communication Glasses（CC-Glasses）を開発した。色覚障がいをもつユーザが色による対象物体を特定しにくいことを想定し、ARグラスで撮影したシーンを深層学習モデルを取り入れたサーバに送信し、解析した結果をARグラスで表示させる。本研究に取り入れる深層学習モデルの学習のためのデータセットを作成をした。また、開発した技術の有効性を検証するために、色覚障がい者による検証実験を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は医学と情報工学の共同研究であり、未だに医学的な根治手段が見つかっていない色覚障がいに対する情報技術による支援策を提供する。医工融合研究の重要性に関する発信にもつながる。本研究で開発するAI技術により、色の意味情報損失が補償され、CVD患者が自力で色を正確に認識したり形容することが可能となり、危険にさらされるリスクを避けることができる。また、日常生活補助のみならず、仕事面でも活躍できる分野が広がると考えられる。さらに、CVD患者が周囲とのコミュニケーションがより取りやすくなるため、社会全体においてQoLの向上が期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, a color vision compensation system called Color Communication Glasses (CC-Glasses) was developed, which incorporates a deep learning model and augmented reality (AR) glasses to compensate for semantic information loss due to color vision deficiency (CVD). Assuming that users with CVD have difficulty identifying target objects specified by colors, the system sends scenes shot captured by AR glasses to a server that incorporates a deep learning model, and displays the analyzed results on AR glasses. We created a dataset for training the deep learning model used in this study. Moreover, in order to verify the effectiveness of the proposed system, an evaluation experiment involving people with CVD was conducted.

研究分野：ビジュアルコンピューティング

キーワード：色覚補償 拡張現実 深層学習

## 1. 研究開始当初の背景

網膜上に分布する錐体細胞の欠損や異常により、色覚障がい（Color Vision Deficiency, CVD）が発生する。色覚障がいの殆どは遺伝性であり、根治の手段は未だ発見されていない。日本国内の色覚障がい発生率は、男性が約 5%、女性が 0.2%である。色覚障がいを持つ方では、正しく色を認識することが困難となり、知覚できる情報が激減するため、職業が制限されたり、他人とのコミュニケーションが困難になったり、危険に晒されるなど、生活の質が大きく低下する。偏光眼鏡等も開発されてきたが、その効果は極めて限定的である。

これまでの研究において、コントラスト強調と自然さ保存の両立を可能とする色変換技術が確立され、色覚障がいの方は色の区別が可能となったが、それぞれの色自身を正しく認識できないという色の意味論的情報損失の問題が依然残る。例えば、図 1 に示されるシーンにおいて、開発されたコントラスト補償技術によって、コップの色の違いを認識することができたが、コップの色情報を獲得することは未だにできない。



図 1 色変換技術による色覚障がい支援例

## 2. 研究の目的

近年では、画像処理や自然言語処理などの分野において、深層学習モデルがベースとなる人工知能（Artificial Intelligence, AI）技術が優れた性能を示している。また、画像やテキストの情報で現実世界を拡張できる Augmented Reality（AR）に関する研究も注目を集めている。本研究の目的は、AR グラスと深層学習モデルがベースとなる色覚障がい支援技術の確立し、障がい者がこの技術を利用することで意味論的情報損失問題を解決できるかを検証することである。

## 3. 研究の方法

本研究では、色覚障がいによる意味論的情報損失の補償システムを開発する。本研究は下記の三つの課題に取り組み、研究を展開する。

### ・課題Ⅰ：AR Glasses 補償システム開発

AR Glasses を装着する色覚障がいを持つユーザを中心に置き、カメラで捉えるユーザの視野情報を深層学習モデルが搭載されるサーバに送信し、解析して得た色情報を含んだ意味論的情報を AR Glasses に送り返し、ユーザに提示するシステムを開発する。

### ・課題Ⅱ：補償用深層学習モデル開発

ユーザが周囲とのコミュニケーションを取ることを考え、色とオブジェクトのペア情報を参照し、入力画像から指定されるオブジェクトを見つけ出せる深層学習モデルを作成する。作成するモデルにおいて、画像のほか、テキスト情報も入力として、特定のオブジェクトを検出する。

### ・課題Ⅲ：深層学習用データセット収集

設計される深層学習モデルを学習させるために、色ラベル付き画像データセットが必要となる。本研究では、普段のコミュニケーションにおいて多用する色ラベルを収集するために、色単語とオブジェクト単語のペアを含むコメントやタグ付き写真を無料で公開しているソーシャルネットサイトから収集し、オブジェクト検出技術で対象オブジェクト情報を抽出し、データセットの自動作成を行う。

## 4. 研究成果

### (1) AR Glasses 補償システム開発

本研究の提案システムの全体構造は図 2 に示されている。色覚障がいをもつユーザが AR グラスを装着する。AR グラスにあるカメラでユーザが置かれているシーンを撮影し、深層学習モデルを取り入れたサーバに送信し、受信した解析結果を AR グラスでユーザに知らせる。開発したシステムの有効性を検証するために、色覚障がい者による検証実験を行った。

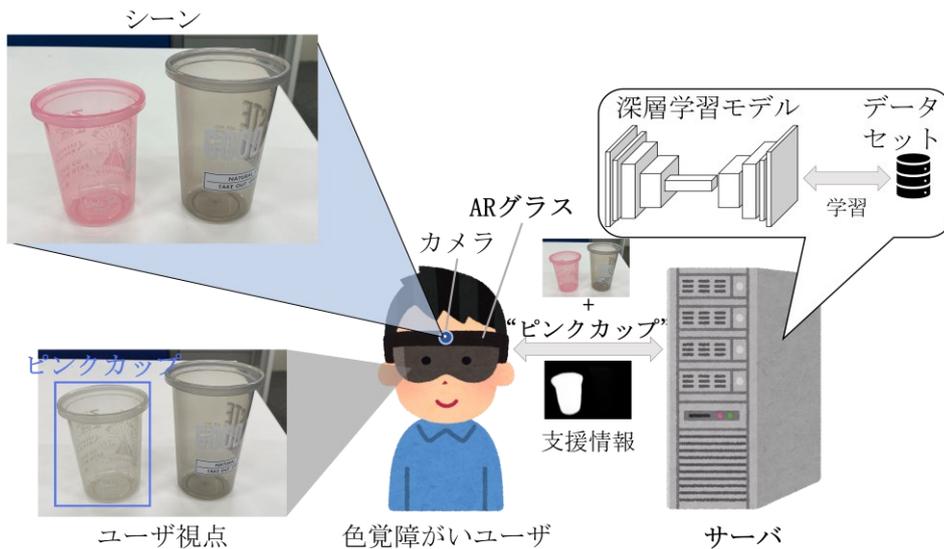


図2 提案システムフレームワーク

### (2) 補償用深層学習モデル開発

本研究では、Visual Transformer を取り入れた最先端の参照セグメンテーションモデル Vision-Language Transformer (VLT) [1] をベースにして、色覚障がい支援モデルを作成する。課題Ⅲで作成するデータセットを用いて、深層学習モデルを学習させ、対象オブジェクトを示すマスク画像を出力させる。図3に示されているように、入力画像とテキスト「赤いリンゴ」に対して、画像中にある赤いリンゴ四つが検出され、緑色のリンゴは検出されなかった。支援情報としてバウンディングボックスで、ユーザに表示する。



図3 深層学習モデルの検出結果

### (3) 深層学習用データセット収集

本研究では、データ収集を効率化するために、図4のように、自動収集と主観検証の二段階で行う。まずは、「色」と「オブジェクト」名詞ペアで収集してきた画像データを従来の物体検出モデル Mask RCNN [2] を利用し、対象のオブジェクトを示すマスク画像を生成し、入力画像とテキストとマスク画像を組み合わせたデータセットを作成する。次に、生成されたデータセットを人の目で検証し、間違ったデータをデータセットから除外し、データセットのクオリティを向上させる。

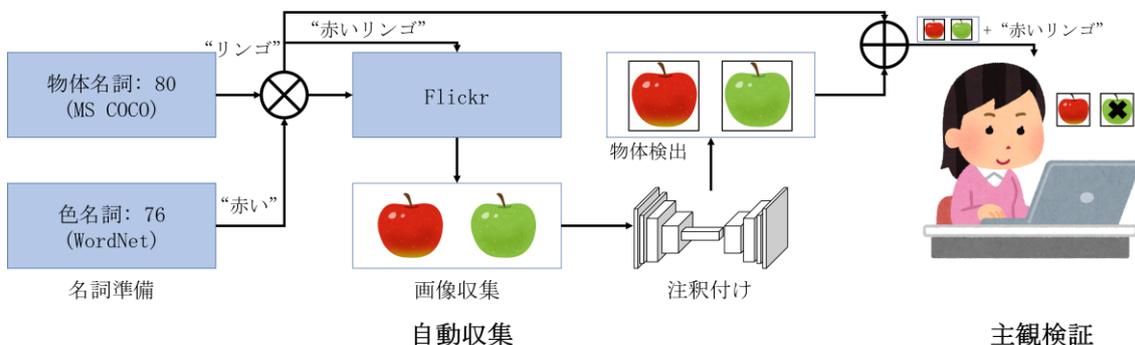


図4 二段階データ収集

### 参考文献

- [1] H. Ding, et al., “Vision-Language Transformer and Query Generation for Referring Segmentation,” CVPR, pp. 16321–16330, 2021.
- [2] K. He, et al., “Mask R-CNN,” ICCV, pp. 2961–2969, 2017.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 5件/うちオープンアクセス 2件）

|  |                           |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Huang Wangkang, Zhu Zhenyang, Chen Ligeng, Go Kentaro, Chen Xiaodiao, Mao Xiaoyang   | 4. 巻<br>38                |
| 2. 論文標題<br>Image recoloring for Red-Green dichromats with compensation range-based naturalness preservation and refined dichromacy gamut | 5. 発行年<br>2022年           |
| 3. 雑誌名<br>The Visual Computer  | 6. 最初と最後の頁<br>3405 ~ 3418 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/s00371-022-02549-4   | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する              |
| 1. 著者名<br>Chen Ligeng, Zhu Zhenyang, Huang Wangkang, Go Kentaro, Chen Xiaodiao, Mao Xiaoyang   | 4. 巻<br>36                |
| 2. 論文標題<br>Image recoloring for color vision deficiency compensation using Swin transformer  | 5. 発行年<br>2024年           |
| 3. 雑誌名<br>Neural Computing and Applications  | 6. 最初と最後の頁<br>6051 ~ 6066 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/s00521-023-09367-2   | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する              |
| 1. 著者名<br>Zhou Haiqiang, Huang Wangkang, Zhu Zhenyang, Chen Xiaodiao, Go Kentaro, Mao Xiaoyang   | 4. 巻<br>-                 |
| 2. 論文標題<br>Fast image recoloring for red-green anomalous trichromacy with contrast enhancement and naturalness preservation              | 5. 発行年<br>2024年           |
| 3. 雑誌名<br>The Visual Computer  | 6. 最初と最後の頁<br>-           |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/s00371-024-03454-8   | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する              |
| 1. 著者名<br>Zhu Zhenyang, Li Jiyi, Tang Ying, Go Kentaro, Toyoura Masahiro, Kashiwagi Kenji, Fujishiro Issei, Mao Xiaoyang                 | 4. 巻<br>-                 |
| 2. 論文標題<br>CC-Glasses: Color Communication Support for People with Color Vision Deficiency Using Augmented Reality and Deep Learning     | 5. 発行年<br>2023年           |
| 3. 雑誌名<br>Proceedings of the Augmented Humans International Conference 2023  | 6. 最初と最後の頁<br>190 ~ 199   |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1145/3582700.3582707  | 査読の有無<br>有                |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する              |

|  |                     |
|--|---------------------|
| 1. 著者名<br>Chiba Shota, Zhu Zhenyang, Inoue Daisuke, Mao Xiaoyang   | 4. 巻<br>-           |
| 2. 論文標題<br>Deep Learning and Augmented-Reality Glasses based Meat Cooking Support for Color Vision Disorder Compensation | 5. 発行年<br>2023年     |
| 3. 雑誌名<br>Proceedings of the 2023 Nicograph International  | 6. 最初と最後の頁<br>62~67 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1109/NICOINT59725.2023.00019  | 査読の有無<br>有          |
| オープンアクセス<br>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<br>該当する        |

〔学会発表〕 計2件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>陳 立庚、朱 臻陽、郷 健太郎、黄 望康、茅 曉陽          |
| 2. 発表標題<br>Swin Transformerを利用した色覚障がい支援用色変換手法 |
| 3. 学会等名<br>Visual Computing シンポジウム            |
| 4. 発表年<br>2022年                               |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Haiqiang Zhou, Wangkang Huang, Zhenyang Zhu, Xiaodiao Chen, Xiaoyang Mao                               |
| 2. 発表標題<br>Fast Image Recoloring for Anomalous Trichromacy with Contrast Enhancement and Naturalness Preservation |
| 3. 学会等名<br>Visual Computing シンポジウム  |
| 4. 発表年<br>2023年   |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

| 6. 研究組織 | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号) | 所属研究機関・部局・職<br>(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 |
|---------|---------|
|---------|---------|