

色弱者に対する実世界カラーピッカーの検討

酒巻 隆治[†] 小池 宏幸^{†‡} 益子 宗[†]

本研究では、色弱者が実生活において、何かの色を確認したいとき、色弱者にとって分かりやすい形で色情報を表示するカラーピッカーについて検討した。2 名の色弱者へのヒアリングを通し、知りたい色に関する情報を、カラーマップ、近似色の文字、類似色画像の 3 つの方法で表示するカラーピッカーを設計した。利便性を含めスマートフォン上に実装した。実装したカラーピッカーは、ヒアリングを実施した 2 名の色弱者により評価を受け、近似色の文字表示に関する有効性を確認すると共に、その他、改善点についても検討した。

A Study on Color Picker for Color Weakness Person

RYUJI SAKAMAKI[†] HIROYUKI KOIKE^{†‡} SOH MASUKO[†]

This research paper is to examine a Color Picker for color weakness person. If the person would like to check colors of something in their life, Color Picker show intelligible information about color for a color weakness person. We design the system which is based hearing from two color weakness person. Color Picker has three methods of showing color information. Three methods are color-map in the way of visualization, approximated Chinese character and similarity color image. Moreover, this system is mounted on the smart phone to convenient for using various situations. And, mounted Color Picker is evaluated from the color weakness person. In the result, a validity of Color Picker is checked and the future improving points are examined.

1. はじめに

IT 技術の進展に伴い、身体に障害を持つ人々に対して計算機器を用いて生活をサポートする研究が多くなされている^{1,2)}。本研究において我々は、色覚障害を持つ色弱者を研究対象とする。先天的に色覚障害を持つ人は、白人男性の 8%、黒人男性の 4%、黄色人の 5%といわれ、日本人においては男性の 5%、女性の 0.2%が該当しているといわれている。そのうち、特定範囲の色について差を感じにくいという色覚特性を有する色弱者については、先天的に色覚障害を持つ日本人男性の約 75%、女性の約 93%と、この大半を占めている。また近年、社会が長寿化している時代背景をもとに、主に加齢等を原意とした病変から、各種の後天的な色覚異常についても増加傾向にある^{3,4)}。そこで本稿では色弱者を対象とし、日頃生活する中で色についての情報が欲しいシーンにおいて、色に関する補足情報を得られる実世界カラーピッカーを検討した。まず色弱者へのヒアリングを通し、色弱者が持つ

色に関する問題点や状況を把握し、加えて色弱者にとって、より有効性が高い色の情報、色の提示方法について吟味した。この結果を踏まえ、実際にカラーピッカーを実装（図 1）した。その後、色弱者に対して、作成したカラーピッカーに関するヒアリングを行い、カラーピッカーの有用性と改善点を検討した。

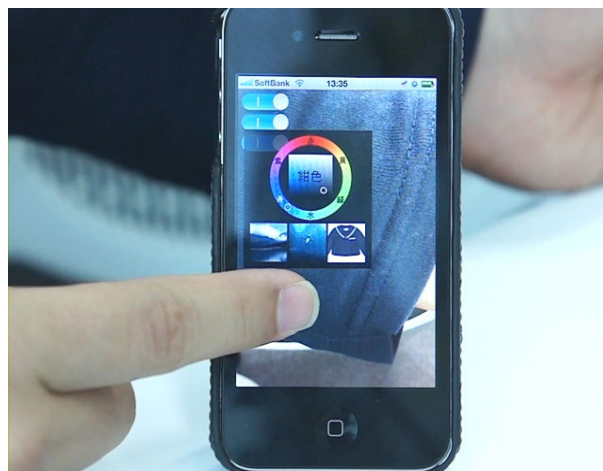


図1 本稿で検討するカラーピッカー
(袖の色を確認しているシーンを例示)

[†] 楽天株式会社 楽天技術研究所
Rakuten, Inc. Rakuten Institute of Technology
[‡] プラスアド株式会社
plusadd, Inc.

2. 関連研究

2.1 実世界からの情報可視化

本研究では実世界の色情報に関する補足を行う。実世界からの情報補足を行う研究領域は、情報可視化と呼ばれ、医療では体内の可視化、物理では気流等の現象可視化、情報ではデータ構成の可視化など、人間の認知能力を拡張する目的で、様々な分野で研究がなされている⁵⁾。これらの先行研究を俯瞰すると、可視化される情報の臨場感、ユーザとのインタラクションが情報可視化の要素技術となっている。臨場感の実現手段としては、大画面表示、立体視ディスプレイ、ヘッドマウントディスプレイなどの先行研究により、ユーザの没入感の重要性が示されており、またインタラクションについては、1つの情報に対して様々な情報提示方法を用意し、ユーザが使い分けられることの重要性が明らかにされている⁵⁾。本研究においては、後者、インタラクションに注目し、色に対して3つの情報表示方法を用意し、ユーザは任意の異なった視点において、色を把握することが容易となるようにする。

2.2 色弱者へのサポートツール

次に、既往の色弱者へのサポートに関する研究を見る。色弱者へのサポートとして、ディスプレイ上の色画像変換を行う研究がある。これらの研究の中では、色弱者の色覚特性を踏まえ、色弱者にとって見やすい、あるいは判断しやすい色調への画像補正が可能であることが示され、また、この手法が色弱者にとって有効となること明らかにされている^{6,7)}。しかし、ディスプレイ上の画像情報については機器による発色状況、利用時の照明環境に影響を受け、表示される色の厳密な制御が課題となる。システム側で閲覧環境を考慮した上での色補正をすることもある程度は可能と思われるが、既往研究では、室内で使うPCモニターに対する色情報の画像補正に留まっている。また、厳密には色弱者ごとに知覚される色が異なることから、人毎に異なる色補正が必要なことが示されている⁷⁾。そこで本研究においては、画面上に表示される色に対する画像変換で色補正するという方法論ではなく、個々人の記憶に対応するような形で色情報を表示するサポートツールを設計する。絶対的な色に対する知覚は個々人で異なるにせよ、生活経験を通し学習された、ある色に対応する記号は、共通であるという仮説を置く。

3. カラーピッカー設計

本研究では、日常生活において場所を問わず利用可能となることを目的とし、実世界からのカラーピッカ

ーを検討する。まず色弱者へのヒアリングを通し、色弱者が日常あるいはIT機器を取扱う中でどのようなシーンで困難を生じるかを吟味し、これらの情報を元に実世界からのカラーピッカーのあり方について検討し、これを実装する。

3.1 色弱者へのヒアリング

知人の縁をたどることにより、30代男性2名の色弱者から協力を得ることができた。これら2名に対してサポートツール作成を念頭に、色弱者の特性について把握すべくヒアリングを実施した。ヒアリングはそれぞれ60分程度となった。この結果を表1に示す。

表1 色弱者に対する事前ヒアリング

ヒアリング結果	
30代男性A氏	・細かい色は分らない。色鉛筆によくある12色程度の色イメージしかない。 ・濃淡については逆に良くわかる。 ・色に関する知識は生活しながら獲得していくが、そもそも色の分別が乏しく、色についての関心も薄いため、色に関する知識は少ない。 ・自分がいったいどの色がわかっていないのか、ということがわからない。 ・IT関係で困ることは、色をそろえるパズルゲームで、黄色と黄緑が同じ見えるためクリアできない。 ・オンラインショッピングの利用時には、概ね近くに家族等がいることが多いため困ることは少ない。逆に、外出先では服の色が分からないなどで困ることがある。結果的にどうしても白系か黒系の服を買い、着ることが多い。ネットでもリアル店舗でも、服の配色・コーディネートが困難。 ・パワーポイントなどに付属しているようなカラーマップの上に色が提示されていたら、相対的に色を把握しやすい。色でなくて場所の情報で選べるため、コーディネートもしやすくなる可能性がある。 ・スマートフォンだと外出時も利用できて便利。
30代男性B氏	・18色程度の色であれば、色が異なることがわかる。 ・青とピンクが見分けにくい。このため店で鮮やかなピンクのシャツを買い、それを会社に着て行き驚かれたことがある。自分ではそんなものかという感じでわからない。 ・色覚異常は遺伝らしく、兄弟で色がわからなかった。2人とも生活を通して色を覚えていった。おそらく分かりえない色はたくさんある。 ・分かり難い色を分かり易くしてもらえると助かる。

ヒアリングを通し、色弱者には「特定範囲の色について差を感じにくい」という医療の見解があるものの、実際には、全ての色が満遍なく分別しにくく、分別可能な色種類も少ないことがわかった。また色に対する情報は後天的に学習・獲得していくこと。細かな分けにくい色を分かり易く理解したい、という要望があること。外出先で困ることがあること等がわかった。

3.2 システム設計

まず、外出先で困るシーンがあることに注目し、本システムをスマートフォン上に実装する。色の情報は3パターンの表示方法を用意し、ユーザの視点を可変的にし、多面的な情報が取れる設計とする。色弱者からアイディアを念頭に、まず1つ目として、カラーマップにより、単純に色情報を可視化する方法を実装する。次に、色数は異なるものの、両者ともに20色程度未満の色しか認知・分別できないことに注目する。世の中には色弱者の知覚できる色より多くの色が存在する。これが色に対する理解を困難にしていることが推察される。そこで2つ目は、実世界において、色を知りたい対象の色を計算により減色し、基本的な15色のどの色に近いかわ文字情報として漢字表示した。15色は16進数のカラーコードが均一に分散するよう以下の表2ように設定した。さらに3つ目は、色に関する情報は後天的に獲得するということに注目する。色を代表するような、色に特徴を持っている画像郡を用意し、これらのどの画像と近い色かという類似色画像を提示するという表示手法を実装した。

表2 代表色一覧

色名	カラーコード	R	G	B
黒	#000000	0	0	0
白	#FFFFFF	255	255	255
灰	#808080	128	128	128
茶色	#800000	128	0	0
赤	#FF0000	255	0	0
黄土色	#808000	128	128	0
黄	#FFFF00	255	255	0
緑	#008000	0	128	0
黄緑	#00FF00	0	255	0
青緑	#008080	0	128	128
水色	#00FFFF	0	255	255
紺色	#000080	0	0	128
青	#0000FF	0	0	255
紫	#800080	128	0	128
桃色	#FF00FF	255	0	255

具体的には、iPhone アプリとして実装し、iPhone のカメラで撮影し、ディスプレイに表示された画像の任意の箇所にタッチし、この部位の色に関する情報を付与するツールとなる。表現としては、前述した理由から「純粋な情報可視化」「文字による情報補足」「類似画像による情報補足」と3段階で情報表示した。それぞれの色情報の表示方法については、抽象化の階層が異なる。そこで仮説による算出がない、カラーマップによる情報可視化を前提とした。この上に文字を表示するレイヤー、さらに情報可視化と文字を前提に、類似画像を表示するレイヤーを作成した。ユーザは色を確認したい対象を、カメラを通し画像として収集する。指で押下した箇所から直径 30pixel の平均値をカラーコード P として算出する。まず単純な色情報の可視化として純粋にタッチされた箇所の色をカラーマップ上で表現し、色情報を可視化する(図2)。また、押下された箇所のカラーコード P と、事前に用意した標準色(表2) Q とのユークリッド距離 d を式(1)にて算出し、距離 d の一番小さい基本色を決定する。これをカラーマップのセンターに漢字で表示するレイヤーを作成した(図3)。

$$d(P, Q) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2} \quad (1)$$



図2 カラーマップによる色情報の可視化

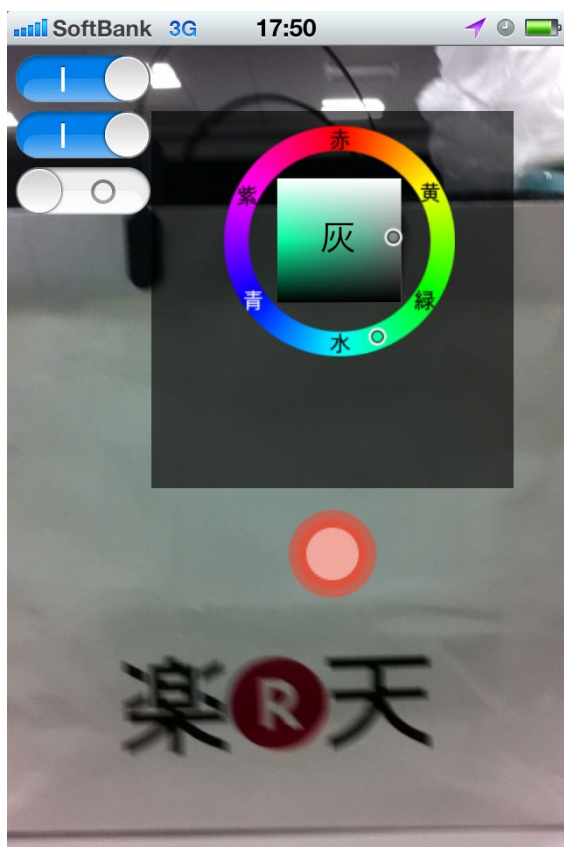


図3 近似された代表色を漢字で表示

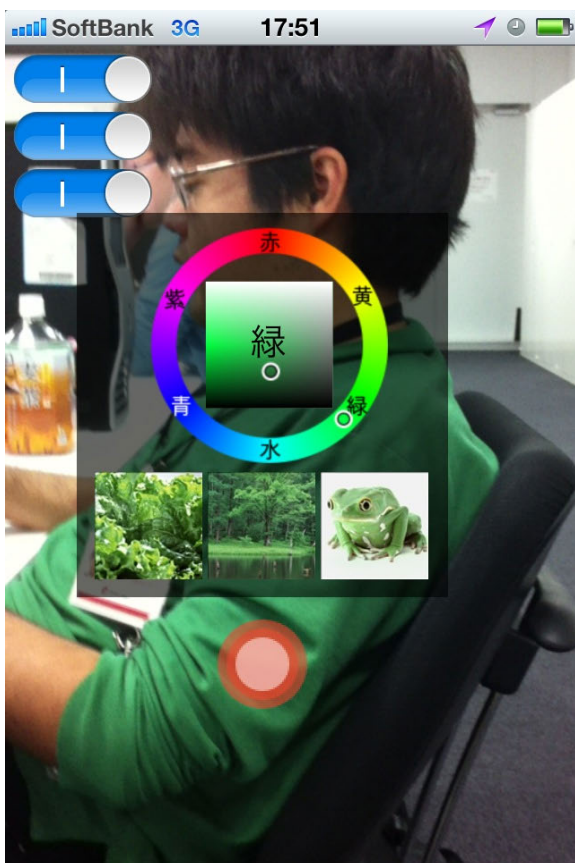


図4 該当部位の色類似画像を表示

さらに、我々が経験的に獲得していると思われる、各色を代表する画像を収集した DB を用意し、この画像群 X から、入力データ P から一番近いカラーを持つ画像を算出しこれを表示するレイヤーを作成した (図 4)．類似画像の算出には Earth Mover's Distance (EMD) を用いた．EMD は、比較する 2 画像の分布の距離計算を輸送問題としてとらえ、最適な輸送コストを算出することで距離が定義される．EMD の距離計算は、2 画像の分布において特徴量の数が異なっている場合でも計算が可能であるという特徴を持っており、今回のようにタッチした箇所の色数の複雑さと、DB に登録された画像の色数の複雑さが異なる場合において距離を算出する有効な手法と考えられる．具体的には下記式(2)に則し、1 個の特徴量を持つ分布 P (タッチ領域の色特徴量) と、減色し n 色の特徴量を持つ分布 Q (DB 登録画像の 1 つ) との距離を求めた．本研究では式(2)内の m は 1 となる．

$$\text{WORK}(P, Q, \mathbf{F}) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n f_{ij} d_{ij}, \quad (2)$$

ただし、上記のコスト関数を最小化する際、以下の制約条件を満たす必要がある．

$$f_{ij} \geq 0 \quad 1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n f_{ij} \leq w_{p_i} \quad 1 \leq i \leq m \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^m f_{ij} \leq w_{q_j} \quad 1 \leq j \leq n \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n f_{ij} = \min\left(\sum_{i=1}^m w_{p_i}, \sum_{j=1}^n w_{q_j}\right), \quad (6)$$

上記の式(3) は輸送量が正であることを表し、また輸送は P_i から Q_j に送られる一方通行であることを表している．式(4) は輸送元である P_i の重み以上に輸送できないことを表す．式(5) は輸送先である Q_j の重み以上に受け入れることができないことを表す．最後に式(6) が総輸送量の上限を表し、輸送先あるいは輸送元の総和が小さい方に制限されることを表す．以上の制約条件の下で求められた最適な全輸送量 F を用いて、分布 P, Q 間の EMD を以下の式(7)ように求めた．

$$\text{EMD}(P, Q) = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n f_{ij} d_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n f_{ij}}. \quad (7)$$

3.3 開発した実世界カラーピッカー

以上のように設計したカラーピッカーであるが、

EMD を用いて類似画像を自動算出した際、登録画像の複雑さによっては、背景色や、主役の色以外の部分の影響を受け、我々が直感的に感じる色と異なるものが抽出され画面上に表示された。そこで適切な類似画像については今後の課題とし、表 2 に示す 15 色により、まず画像ごとにタグ付けを行い、このタグに基づき近い距離と算出された類似画像を表示することにした。

4. 評価

実際にこのカラーピッカーを利用するにあたり、色弱者はどのような問題点を感じ、どのような部分にメリットを感じるかについて把握するため、前述した 2 名の色弱者に再度ヒアリングを行った。この結果を表 3 にまとめた。

表3 色弱者からの評価

評価結果
30 代男性 A 氏
・ カラーマップの表示方法は、余り有効とは思えない。表示色が何色の系統かという情報が、ここで中心から八方向どちら向きかということにより表現されるが、この部分については、ある程度、認識できることが多いので、「ああそうですね」と思うだけで我々があるがたいと感じる情報ではない。
・ 漢字での表示方法は有効。色情報が言語に紐付けられるため理解しやすい。
・ 類似色画像による表示方法は、現状の表示画像ではやや有効と感じる。類型表示はありがたいことだが、表示される画像の形状が複雑であると、その図形・写真のどの部分の色が、カラーピックした画像の色なのか分かりづらいため。表示される類似色画像の対象範囲が円で囲まれているなどしていると嬉しい。
・ 自分が利用することを考えると、主に商品購入時が想定シーンとなる。また外で景色を見た際に、ふと、あの景色は何色だろう？と思った際に、このツールで確かめられることは嬉しいことかもしれない。
・ 陰影の関係もあることは予想されるが、同じジャンパー、あるいはカバンの色をピックアップした際に、色が複数出てきており「で、結局これは何色なの？」というのが良く判らない。「紫と紺色が混ざったカバン」と説明する訳にもいかないので、全体としてみたときに何色と表現すべきなのかのわかるとさらに良くなると思った。
・ タップした箇所の色もありがたいが、どちらかと言えばカメラで全体像を写した際に、これが何色の画像

かを表示してもらえることもありがたい。

・ 買い物で使うことを考えると、商品をひとつずつ取って、かつ画面をタップしてその点の色を表示するという操作が面倒な気がする。例えば色説明モードにしてしばらく画像を映していると、QR コードの識別みたいな操作感で色についての情報・説明が画面上に表示されると楽かもしれないと思う。

30 代男性 B 氏

・ カラーマップによる色情報の補足はあまり有効ではない。もともと色がよくわからない人々にとって、カラーマップ上に表示されても分かりにくく、あまり意味がないと思う。

・ 漢字の色情報表示は、色がわからない人でも何色かが文字情報で直ぐにわかるのでとても有効。

・ 類似色画像による表示情報は、カラーマップよりは有効だが、漢字で色の情報が表示されれば、その情報が一番分かりやすいので、漢字だけで十分。

・ 実際に色がわからないことでそれほど困ることは少ないが、店頭での買い物等で利用してみたい。

・ また赤い色がよく分からないことが原因で、焼肉でまだ赤い状態の肉を食べてしまうのでこの解決にはなるかもしれない。肉食べながらスマートフォンで色を見ると驚かれそうですが。

・ 光の加減の影響かもしれないが、同じモノを見ている中で、表示される色がコロコロ変わると、それが何色なのか混乱する。

まずカラーマップに基づく「純粋な情報可視化」については、補足される情報が乏しく、色弱者にとって有効な表示方法ではないことがわかる。次に「文字による情報補足」については有効性が高い表示方法であることがわかる。色弱者がそもそも所有している知覚、色に対する記号化の記憶に合致する形で情報を提示していることから、色弱者が実世界から色を判断する際に、従来、都度、考えながら行っていたことを計算機が補助することになり、結果的に一番有用性が高い表示方法になったことが考察された。次に「類似画像による情報補足」であるが、現状では改善の期待をこめて、有効か否かの判断に困っていることが窺える。課題として、表示画像のどの部分の色が類似しているかという情報付与への要望と、色を知りたい 1 つの対象に対して、1 つの色情報の表示が期待されていることがわかった。またこのツールを利用したいシーンとして、商品購入時、あるいは風景、食べ物等、多くのシーンでの利用が期待されツールの有効性が示せた。

5. まとめと今後の課題

本稿では、色弱者の色理解を補助するツールとして実世界カラーピッカーについて検討した。色弱者へのヒアリングから、色弱者が理解できる基本的な色として 15 色を定義し、実世界からカラーピックした際にこれらのどれだけの色に一番近いかなを表示するアプリケーションを実装した。確認した画像上の色に対して、純粋な可視化としてカラーピッカーによる色情報の表示、基準となる 15 色どれに近いかについての色情報の漢字による表示、さらにはタッチ部分の色に近い類似画像を 3 つ表示するという 3 パターンを用意し、これそれぞれの表示方法の有用性について検討した。現況において漢字表記を中心に本研究の有効性が確認できた。また類似色画像の表示方法については期待に伴う改善案がでた。

そこで今後の課題として、表示する類似色画像について検討したい。本稿では当初 EMD に基づき類似画像を算出し、押下された箇所に近い色の類似画像を表示した。その結果、主観的にはあまり適切ではない画像が類似画像として表示される結果となった。そこで人手により各色の代表画像を選定して画像 DB へ登録した。今後は、色の代表色となり得る画像を自動抽出する仕組みとして以下のことを検討している。まず固有名詞の一覧をリストとして用意し、これと基準 15 色の組合せ全てを Google 検索 API に渡す。色毎に異なる検索ヒット数を集計しておき、ある固有名詞という単位で総計が 1 となるように総検索数の基準化を行う。例えば、(カニ, 赤) という組合せでは、カニという固有名詞の中で、他の色と比較し検索ヒット数が大きく、カニは、赤が代表色であることがわかる可能性がある。また基準化された値をリスト上の全ての固有名詞で比較することで、一番赤とされることが多い固有名詞が算出される。つまり、ある色で見たとき、基準化された値の大きい固有名詞から、表示することで、その色にとって代表となる固有名詞の抽出が行える可能性がある。こうして色を代表する固有名詞が特定されれば、この画像を色の代表画像として表示することができる。

また本稿のカラーピッカーが提示する類似画像を、実際にオンラインショッピングで販売されている商品画像からも表示可能とする、機能拡張も検討していきたい。実世界にある服などから、色を確認し、納得できた場合、ネット上で販売される類似色の商品が表示されることは、色弱者のみならず、健常者においても有効な実世界商品検索インターフェースとなることが

予想される。光の反射等、複雑な自然環境の中で、画像から人間が感じる色に近い色を同定し、類似色の商品画像の抽出を行う難しさはあるものの、これらの機能拡張についても試作を踏まえた検討をしていきたい。

謝辞 本研究遂行のうえで色弱者の方より多大な協力をいただきました。ここに御礼申し上げます。また楽天株式会社楽天技術研究所メンバーには本インターフェース開発のうえで協力と示唆をいただきました。感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) Joseph J. Lazzaro: アダプティブテクノロジー——コンピュータによる障害者支援技術、慶應義塾大学出版会、(2002).
- 2) 市川薫, 手嶋 教之: 福祉と情報技術 (知の科学), オーム社, (2006).
- 3) 日本視覚学界(編): 視覚情報処理ハンドブック, 朝倉書店, (2000).
- 4) 厚生労働省: 平成 18 年身体障害児・者実態調査結果, 厚生労働省, (2008).
- 5) Julie Steele, Noah Iliinsky: ビューティフルビジュアライゼーション, オライリージャパン, (2011)
- 6) 目黒光彦, 高橋知紘, 古閑敏夫: 混同色線理論と色覚モデルに基づくカラー画像からの弁別困難色の検出と弁別しやすい色への変換, 情報処理学会研究報告 2004-SLDM-116, pp.19-24(2004)
- 7) 望月理香, 中村竜也, 趙晋輝: 色弁別閾値を基準とした色弱の補正法に関する考察, 信学技法 HIP2006-128, pp.1-6 (2007).