

# PCCSを用いた情報可視化用の配色作成支援ツールの開発

南城 聖<sup>1,a)</sup> 三末 和男<sup>2,b)</sup>

**概要：**情報可視化において色は情報の効果的な伝達や閲覧者の興味関心を引き付けるために欠かせない存在である。しかし、色の持つ効果を十分に発揮させるためには情報可視化とデザイン双方における色の知識が必要であるため、それらを専門としていない人たちにとって効果的な配色の作成は容易でない。そこで本研究では、情報可視化やデザインの十分な経験および知識を持たない人による、情報可視化とデザインの双方が両立する配色の作成を支援するツールを開発した。そのツールの特徴は、情報可視化における色による量的な表現を正確に行うために、人間の視覚に近似する色空間である CIELAB を用い、さらに、色彩調和の問題の機械的な解決を目標として開発された PCCS（日本色研配色体系：Practical Color Co-ordinate System）を組み合わせていることである。開発したツールを用いて配色を作成しつつ既存の可視化手法の修正案を提示することで、ツールの操作性や製作物から有用性を示した。

## 1. はじめに

近年、様々なグラフの形成が可能なスライド製作ツールが普及したことで、多くの人々が情報を可視化する手段を手に入れた。さらに、デザイン性を重視した可視化手法であるインフォグラフィックスもその作成支援ツールの拡充により一般的になりつつある [1]。これらにより、情報可視化やデザインの知識がない者であっても、一般的なグラフによる表現だけではなく意匠を凝らした複雑な可視化も行うことが可能となりつつある。

色は情報可視化の際の視覚属性として頻繁に用いられ、その役割も重要なものである。例えば、色の濃淡を用いてデータの順序を表したり、色相の違いを用いてデータの区別をつけるために用いられる。また、色は抽象的または具体的な印象と結びつく象徴性を持っている [2] ため、可視化する情報の内容に即した色を使うことが、閲覧者の情報の把握の手助けとなる。さらに、情報可視化表現には閲覧者の興味関心を引きつけるデザインが求められ、色を効率的に利用することでこの目的を達成しやすくなる。このように、色は情報をより効果的に可視化する上で非常に有用な要素であり、情報可視化に対して色を用いる際の効果的な使い方に関しても研究がなされている [3]。しかし、人

は色から様々な情報を読み取ることができるため、使い方を間違えた場合は正しく情報を伝えられない可能性が生じる。また、デザインにも凝った可視化を行う場合、製作者は効果的な配色を行うために色の芸術的な特性を把握していなければならない。このように、情報可視化と色の双方の知識を持っていなければ、情報を適切に可視化しつつ、閲覧者の興味を引くデザインに仕上げることに對して困難が生じてしまう。

本研究の目的は、情報可視化およびデザインの知識が十分でない者による、情報可視化に適しており、かつデザイン性に優れた配色の作成を支援することである。そのためのアプローチとして、情報可視化に適した色を作成するために色空間の一種である CIELAB を用いて色の数値計算を行う。さらに、デザイン性に優れた色にするために、色彩調和の解決を目的とする PCCS（日本色研配色体系：Practical Color Co-ordinate System）を用いて色の調整を行う。最終的に、これらの特徴を組み込んだ配色作成支援ツールの開発を行った。

## 2. 関連研究

### 2.1 配色支援ツール

情報可視化の際の配色支援ツールとして、ColorBrewer[4]が存在する。ColorBrewer は WEB ブラウザでアクセスして使用することができる、統計地図の一種であるコロプレスマップを可視化する際の配色を支援するツールである。ColorBrewer には開発者の経験に基づき作成されたカラスキームが用意されており、ユーザーは目的に応じたカラスキームを選択することで実際に地図に反映させな

<sup>1</sup> 筑波大学情報学群情報メディア創成学類  
College of Media Arts, Science and Technology, School of Informatics, University of Tsukuba

<sup>2</sup> 筑波大学システム情報系  
Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

a) nanjo@vislab.cs.tsukuba.ac.jp

b) misue@cs.tsukuba.ac.jp

が確認することが可能であり、情報可視化の際に一からカラースキームを作成するよりも大幅に時間を短縮することができる。しかし、事前に用意されたカラースキームしか用いることができないため、可視化を行おうとしている情報の印象に合致する配色のパターンが存在しない可能性があり、色差も均等ではないため数値の表現においては正確性に欠ける。カラースキームの形態は sequential, diverging, qualitative の 3 種類用意されており、ユーザーは可視化を想定している情報の形式に応じてこれらの中から選択することが可能であり、本研究ではこの 3 種類の分類を参考にしている。

## 2.2 情報可視化物の色に関する研究

Harrison らは、情報可視化手法の一種であるインフォグラフィックスを閲覧者に一瞬だけ見せた場合に、構造と色がどのように第一印象に影響を与えるかを調査する研究を行った [5]。この研究は、構造と色は共に第一印象に影響を与えるが、特に色は男性と女性の両方に大きな影響を及ぼすことを明らかにした。

また、Borkin は可視化物の記憶性についての研究 [6] を行っており、この研究では可視化の際には単色よりも複数の色を用いたほうが記憶に残りやすくなるという結果を示した。

## 2.3 均等色空間を用いた配色手法の研究

情報可視化における配色の研究の一つに Hui らが行った研究 [7] がある。この研究は名義データに対する配色手法を検討しているもので、新しく作成または変化させる色の数や、色の持つ象徴性の維持などの制約を課した状況下で効果的な配色を行うことができるアルゴリズムを提示した。これらの色の操作のために色差を計算する際に視覚的な色の違いを正確に表現するために色の値の差が人間の視覚に近似する色差式である CIEDE2000 を用いて計算を行っている。

Tennekes らは CIELUV を用いたツリーに対する配色手法を考案した [8]。この手法では均等色空間である CIELUV を用いることで視覚的にバランスの取れた配色を行っており、大規模なツリーの構造をよりの確に把握することを可能とした。

SmartColor[9] は色覚障害者であっても正常者と同様の彩色効果を得ることができるような配色を支援するシステムである。彩色意図の定式化に伴い色差計算が必要となっており、この計算に CIELAB を用いている。このシステムにより、彩色された画像の意図する視覚効果を色覚正常者、障害者ともに得ることが可能となった。

## 3. 情報可視化と色

色は情報可視化において重要な要素である。この章で

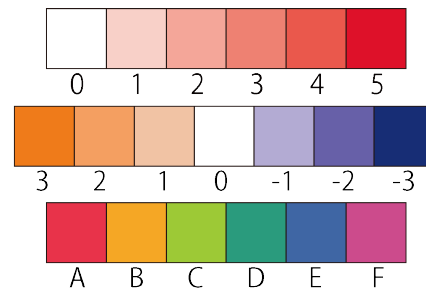


図 1: 色の利用例

は、情報可視化における色の役割に加え、色を操作する際に用いる色空間の特徴や、情報可視化の視点における問題点及び利点について述べる。

### 3.1 色の使われ方

情報可視化において、色は非常によく使われる要素である。図 1 は情報可視化において色を用いた際に、その色の表す情報を表した例である。上からそれぞれ色の濃淡による量の表現、色の濃淡と色相の違いを用いた正負のある量の表現、色相の違いを用いた項目の区別の表現である。

### 3.2 色空間

#### 3.2.1 RGB

RGB は赤 (Red)、緑 (Green)、青 (Blue) の 3 要素から成る色空間であり、液晶ディスプレイでの画像表示などに多く用いられている。アプリケーションなどでも多く用いられている一般的な色空間であるが、情報可視化に用いる場合は色の値の変化が人間が目で見ただ際の視覚的な色の変化と一致しないという問題が存在する。

図 2(a) は RGB にて  $\text{rgb}(255,255,255)$  の白から  $\text{rgb}(255,0,0)$  の赤までを均等に 5 分割して作成したグラデーションである<sup>\*1</sup>。この図において、0 から 4 までの隣り合う色は判別が容易であるが、4 と 5 の色は区別することがやや難しいことがわかる。このように、RGB は色空間内における距離が視覚的な差と一致していないため、色空間内にて一定の間隔で分割しても視覚的には部分的に判別しづらくなるという事態が発生する可能性がある。

#### 3.2.2 CIELAB

CIELAB(正式名称 1976 CIE  $L^*a^*b^*$  Space) は、明度を  $L^*$ 、色度を  $a^*$  と  $b^*$  に取る色空間である。この色空間の特徴は色の値の変化が人間が見た際に感じる変化に近似するように設計されている点である。この特徴により、3.2.1 節で述べたような、部分的に色の変化を判別しづらくなるという問題を回避することが可能である。また、JIS 規格において色の違いを知覚することができる度合いの分類にも用いられている [10]。

色を比較した際に知覚される差を色差といい、CIELAB

<sup>\*1</sup> 液晶ディスプレイと印刷物では色の見え方が異なる場合がある

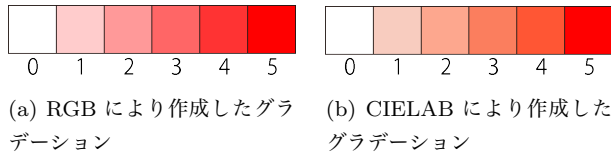


図 2: RGB と CIELAB で作成したグラデーションの比較

において色差は座標間のユークリッド距離で表される。ある 2 つの色の  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  の値の差をそれぞれ  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  とすると色差  $\Delta E_{ab}^*$  は以下の式で表される [11][17]。

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$$

### 3.2.3 RGB と CIELAB の比較

RGB と CIELAB のそれぞれを用いて色の値の計算を行った場合の比較を行う。図 2 について、(a) は 3.2.1 節でも述べたように RGB で  $\text{rgb}(255,255,255)$  の白から  $\text{rgb}(255,0,0)$  の赤までを均等に 5 分割する計算を行って作成したグラデーションであり、(b) は同じ白から赤までの均等な 5 分割の計算を CIELAB を用いて行って作成したグラデーションである\*2。3.2.1 節で述べたように、RGB を用いて計算した場合はグラデーションの 4 と 5 の色の判別がしづらいが、CIELAB を用いて計算した場合は 4 と 5 の色の違いをはっきりと認識することができ、RGB で計算したものと比較しても色の違いを見て取れることがわかる。このように、CIELAB は人間の視覚特性に近似するように設計されているため、RGB のように部分的に知覚的な色の違いがほとんど無くなってしまいう事態を防ぐことが可能である。以上より、CIELAB は RGB よりも情報を可視化する際の配色において有用であると言える。

## 4. 色彩の調和と PCCS

色がどのような状態にあれば美しく見えるかという命題は古くより科学者たちの議論の対象となっており、それらの議論を総称して色彩調和論と呼ぶ [16]。さらに、人の感性に基づく部分が大きい色彩調和の問題を機械的に解決しようとする試みも存在する。本研究では、ツールにこの色彩調和論の考え方を組み込んだ。

### 4.1 色彩調和論とは

色彩に関する研究を行っている財団法人日本色彩研究所が設立した日本色研事業株式会社は色彩調和について“配色が見る人に好感を与えるとき、それらの色は調和しているといえます。”と述べている [12]。色彩調和については古くから議論されており、特に 17 世紀からは科学的な研究もされ始めた。有名な色彩調和論としては自然学者の O.N.Rood、オストワルト表色系の創案者である Wilhelm Ostwald、色彩学者の P. Moon と D. E. Spencer の調和論

\*2 この計算において一部の色が RGB で再現できない CIELAB の値となるため、該当する色は 5.4.4 節で述べる補正をかけている

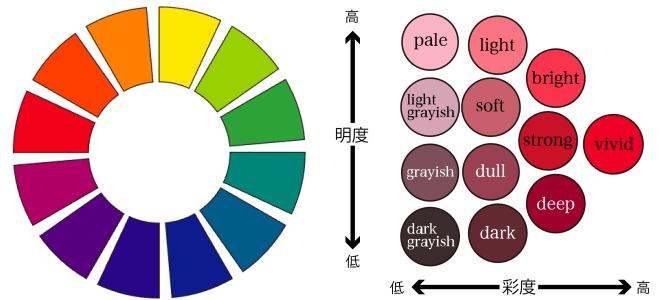


図 3: 本研究で用いる 12 種類の PCCS の原色

図 4: 12 種類のトーンの赤

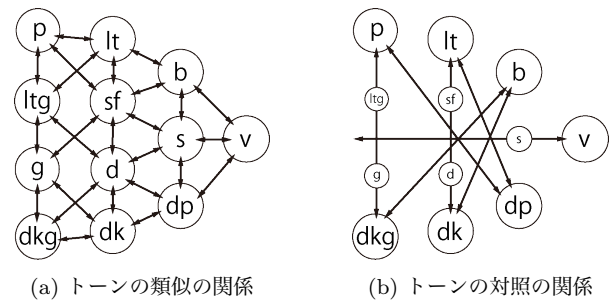


図 5: トーンの調和形式\*3

などがあり、これらを含め様々な色彩調和論をアメリカの色彩学者である D. B. Judd が色彩調和の一般原理として要約している [12][16]。

### 4.2 PCCS

色彩調和の問題を機械的に解決することを目的として日本色彩研究所によって開発されたものが PCCS (日本色研配色体系: Practical Color Co-ordinate System) である [13]。PCCS は色相とトーンによる二次元のカラーシステムである。PCCS には赤や緑などの基準となる色相が定められており、vivid のトーンの全 24 種の色相が PCCS における原色となる。本研究ではこの 24 色の原色の内、心理四原色と言われる赤、黄、緑、青の 4 色が含まれる偶数番号の 12 色を使用している (図 3)。図 4 は PCCS で設定されている 12 種類のトーンに、赤の色相における 12 種類のトーンの色を当てはめたものである。トーンにはそれぞれ雰囲気が設定されており、vivid の赤であれば鮮やかな赤、soft の赤であれば穏やかな赤といった雰囲気の色となる。PCCS のこれらの特徴により、色を選択する際により的確に目的の雰囲気の色を選択することが可能であり、複数の色相を使う場合もこのトーンのシステムにより雰囲気の統一を容易に行うことができる。

PCCS はトーンの組み合わせに関して、トーン同系、類似または対照の調和となるように分類がなされている [14]。同じトーンでは共通要素の原理により同系の調和、近接す

\*3 日本色研事業株式会社。PCCS を用いた色彩調和の形式。  
<http://www.sikiken.co.jp/pccs/pccs05.html>

るトーンでは類似性の原理により類似の調和、対照のトーンでは明瞭性の原理により対照の調和となる（図5）。

## 5. ツールの設計とカラースキームの作成手法

本章ではツールを開発するにあたり CIELAB と PCCS の要素をどのようにツールに組み込んだかということに加えて、ツールが作成するカラースキームの種類およびその作成方法について説明する。

### 5.1 ツールにおける CIELAB と PCCS の役割

本研究で開発したツールは色による数値表現を正確にするために CIELAB を用いている。これは 3.2.3 節で RGB と CIELAB を比較して述べたように、CIELAB は色空間内での色の距離が人間の視覚的な変化の差と一致おり、大きさを正確に表現したい量的データや、間隔を均等に表現したい順序データなどを色で可視化する際に RGB を用いるよりも正確に表現することが可能なためである。

作成するカラースキームとそれを用いた情報可視化表現の色彩の調和と雰囲気の問題を解決するために PCCS を用いている。PCCS はトーンの概念を持ち、トーンは色彩の調和を考慮し設計されている。さらに、それぞれに雰囲気が設定されているため、トーンを基準に色の選択と組み合わせを行うことで色彩を調和させつつ雰囲気の調整を容易に行うことが可能である。なお、ツールでは図5のトーンの調和関係をより細分化したものを使用している [15]。

### 5.2 ツールの対象者と設計方針

本ツールの対象者は情報可視化と色彩のデザインに関して十分な知識を持たない人を想定している。そのため、ユーザーインターフェース（以下、UI と呼称）は可能な限り入力を少なくするよう心がけた。一般的な UI では色を作成する際はカラーピッカーを用いたり、RGB の値を直接操作したり、色相、明度、彩度などを数値の入力もしくはスライドバーで調整する形式が多いが、色の知識がない場合は複数存在する色をそれぞれ調和させるような作業は非常に難しいものとなる。そのため、ツールの UI には色の数値そのものを入力するような箇所は設けず、作成したいカラースキームの種類、色の数、色相を選択さえすれば自動的にカラースキームを作成するようにした。カラースキームを作成する際に用いる色は PCCS で設定されている色を用い、それぞれのトーンの雰囲気や色の調和の情報は文字や色で UI 上に表示し利用者に伝達する仕組みとし、情報可視化と色彩のデザインに関する知識を持たない利用者であっても、それらが両立するカラースキームの作成を行うことが可能となることを目標とした。

図6が本研究で開発したツールの外観である。ツールは利便性を考慮し WEB ブラウザ上で稼働するものとし、実装環境を HTML と JavaScript に決定した。HTML と

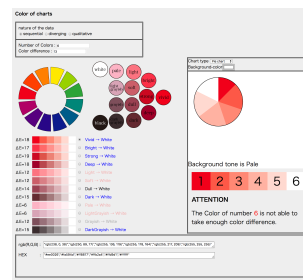


図 6: ツールの外観

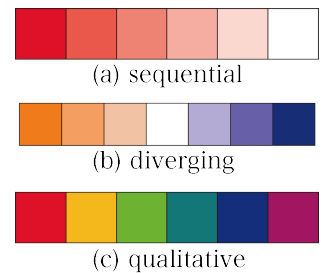


図 7: RGB を用いて作成したグラデーション

JavaScript では色は「rgb(255,255,255)」のような RGB を用いた表記か「#FFFFFF」のような HEX を用いた表記で扱われているため、入力には RGB もしくは HEX を用い、カラースキームを作成する際の数値計算を CIELAB で行い、出力する際に RGB もしくは HEX へ再変換し WEB ブラウザで表示を行っている。

### 5.3 カラースキーム

カラースキームとは、デザインにおける配色を定めたものである。情報可視化においてはグラフなどに用いられる配色を表す。本研究で開発したツールは 3 種類のカラースキームを作成する。1 つ目は sequential のカラースキームといい、図 7(a) のように、単一の色系統による 2 点間グラデーションのカラースキームである。2 つ目は diverging のカラースキームといい、図 7(b) のように、ある中間色から異なる 2 つの色系統へと変化する 3 点間グラデーションである。3 つ目は qualitative のカラースキームといい、図 7(c) のようにそれぞれ異なる色系統を用いたカラースキームである。

### 5.4 カラースキームの作成方法

#### 5.4.1 sequential のカラースキームの作成方法

sequential のカラースキームはある色から別のある色へ段階的に変化するグラデーションのカラースキームである。カラースキームに用いられる色は、CIELAB 色空間におけるカラースキームの始点と終点の色の間を均等な間隔に分割する点の色である。

図 7(a) のカラースキームを例に sequential のカラースキームに用いる色の作成方法を説明する。まずユーザーはカラースキームに必要な色の数を入力する。この例では 6 と入力した。次に、グラデーションの始点となる色相を選択する。色相の選択肢には図 3 にある PCCS における 12 種類の原色が用意されており、ここでは赤の色相を選択した。このツールは、始点に選択された色相における 12 種類のトーンの色を始点とする 12 種類のカラースキームを同時に作成して表示するため、始点は色相の選択のみとなる。最後に、グラデーションの終点となる色を選択する。

sequential と diverging の場合、終点の色の選択肢は始点の色相における 12 種類のトーンの色に白と黒を加えた 14 種類である。図 7(a) の例では白を終点に選択している。

以上の入力からカラースキームの作成を開始する。グラデーションの始点となる色を色 A としてその  $L^*$  の値を  $L_a$ 、終点となる色を色 B としてその  $L^*$  の値を  $L_b$  とし、必要な色の数として入力した数値を  $n$  ( $n \geq 2$ ) とすると、 $L_a$  から  $k$  番目の色の  $L^*$  の値  $L_k$  は次の式で表される。 $a^*$  及び  $b^*$  の値もそれぞれ同様の方法で計算する。

$$L_k = \frac{(n-k)L_a + (k-1)L_b}{n-1} \quad (k = 1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

#### 5.4.2 diverging のカラースキームの作成方法

diverging のカラースキームはある色を起点に 2 つの色へと段階的に変化するグラデーションのカラースキームである。カラースキームに用いられる色は、CIELAB 色空間におけるカラースキームの左右それぞれの始点の色と中点の色の間を均等な間隔に分割する点の色である。

図 7(b) のカラースキームを例に diverging のカラースキームに用いる色の作成方法を説明する。まず sequential と同じくカラースキームに必要な色の数を入力する。図 7(b) の例では 7 と入力した。次にグラデーションの始点の色相の選択となるが、ここで選択するのはカラースキームの左半分側のグラデーションの始点となる色相である。右半分側のグラデーションの始点となる色相は、ここで選択された色相の補色が自動的に選択される。最後にグラデーションの終点、diverging の場合はカラースキームの中点となる色を選択する。中点の色は、sequential と同様の 14 種類のトーンの中から選択されたトーンにおける左側の色相の色と右側の色相の色の、CIELAB 色空間内での中点に存在する色が用いられる。図 7(b) の場合は終点の色の選択段階ですべての色相に共通する色である白を選んでいるため、そのまま白がカラースキームの中点となっている。

以上の入力からカラースキームの作成を開始する。diverging の場合は、カラースキームの左端の始点となる色を色 A としてその  $L^*$  の値を  $L_a$ 、もう一方の右端の始点となる色を色 B としてその  $L^*$  の値を  $L_b$ 、グラデーションの終点となるカラースキームの中点の色を色 C としてその  $L^*$  の値を  $L_c$  とし、色 A から色 C、色 B から色 C へのグラデーションを作成する計算をそれぞれ式 (1) の計算式で行う。図 7(b) の場合、左端のオレンジの  $L^*$  の値が  $L_a$ 、右端の青の  $L^*$  の値が  $L_b$ 、中点の白の  $L^*$  の値が  $L_c$  である。なお、左右それぞれの計算を行うときは色の数は  $n/2$  とし、 $a^*$  及び  $b^*$  の値もそれぞれ同様の方法で計算する。左右それぞれ計算を行い色を作成したら、それをカラースキームの中点で繋げて 1 つのカラースキームとする。

#### 5.4.3 qualitative のカラースキームの作成方法

qualitative はある色相からある色相へ段階的に変化するカラースキームである。図 7(c) のカラースキームを例に

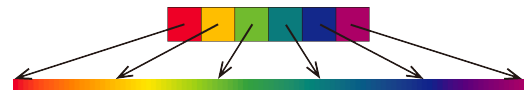


図 8: vivid の色配列と図 7(c) のカラースキームに用いられている色が存在する点

qualitative のカラースキームに用いる色の作成方法を説明する。始めにユーザーは色の数を入力、次にカラースキームの作成に用いる色相の範囲を設定する。色相は PCCS の原色が順番に並べられており、スライダーバーを用いることで色相の範囲の設定を行う。図 7(c) は赤から紫までの色相を用いる範囲に設定した場合のカラースキームである。qualitative の場合、1 つのカラースキームに用いられる色のトーンは統一されているため、sequential や diverging のようにトーンを選択は行わない。

以上の入力からカラースキームの作成を開始する。qualitative では始めに各トーンごとに、指定された色相の範囲に従って色の配列を作成する。ここでは赤から赤紫の色相を使用する範囲とした場合の vivid のトーンの色配列を例に説明する。まず、CIELAB にて PCCS における vivid の赤の色相からその隣の色相である vivid の黄みの赤の色相の間に存在する色を距離 1 の間隔で取得していく。次に vivid の黄みの赤からその隣の色相である vivid の黄赤の間に存在する色を距離 1 の間隔で取得していく。これを vivid の赤紫に到達するまで繰り返す、vivid の赤から vivid の赤紫までの色相に沿った滑らかな色の配列 (図 8 下部) を作成する。qualitative のカラースキームはこの色配列を均等に分割する点に存在する作成する色を用いて作成される。作成する色の数を  $n$ 、色配列の左端のインデックスを 0、右端のインデックスを  $m$  とすると、カラースキームの左端から  $k$  番目に用いられている色の色配列におけるインデックス  $i_k$  は次の式で表される。

$$i_k = \left\lfloor \frac{m(k-1)}{n-1} \right\rfloor \quad (k = 1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

図 7(c) はユーザーがカラースキームに使用する色相の範囲を赤から紫に設定し、色の数を 6 に設定した場合のカラースキームであり、図 8 が vivid の色配列において図 7(c) のカラースキームに用いられている色が存在している位置を大まかに指し示したものである。qualitative の場合は sequential や diverging とは異なりカラースキームの隣り合う色の色差は一定ではないが、qualitative の配色に求められるのは色によってグループとして認識されないことであり、色差が一定である必要はないと考え、この手法にて実装した。また、色相の範囲選択は 2 カ所にする 것도可能であるが、その場合はそれぞれの範囲に対して作成する色の数を入力して (6 色必要なら左に 2 色、右に 4 色など) 同様の処理を行った後、つなげて一つのカラースキームとする。vivid 以外のトーンも同様に色の配列を作成して同様の計算を行い、指定された範囲の色相を用いた計 12 種

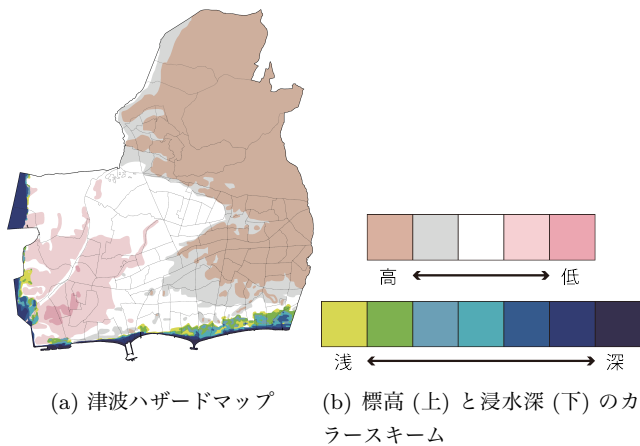


図 9: 茅ヶ崎市の配色を模した津波ハザードマップ

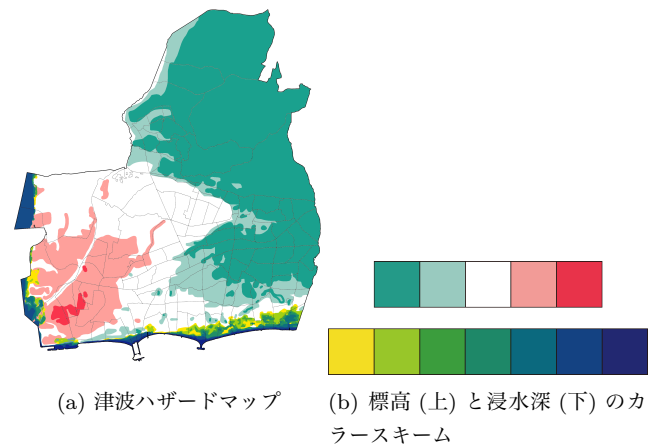


図 10: ツールで作成した配色のハザードマップ 1

類のカラースキームを同時に作成し表示する。

#### 5.4.4 RGB で再現できない色への対処

本ツールでは色の数値の計算を CIELAB で行うため、sequential, diverging, qualitative の 3 つ全てにおいて作成された色が RGB では再現できない数値となる場合がある。その場合は CIELAB にて以下の手順で計算を行い、RGB で再現可能な色に調整を行う。

sequential と diverging において作成した色が RGB で再現できない色であった場合は、CIELAB におけるグラデーションの始点と終点の色の点を通る直線に対する原点を通る法線ベクトルを用い、該当する色が RGB で再現できる値になるまで CIELAB 色空間の内側へ向けて移動することにより調整を行う。

qualitative の場合は sequential や diverging と同じ手法を用いると RGB で再現できる範囲に収めることができなくなる場合があるため、RGB で再現できる範囲の外に存在する色を法線ベクトルは用いずに CIELAB の原点に向けて移動を行い調整する。

## 6. ユースケース

この章では、本ツールで作成した sequential, diverging, qualitative の 3 種類のカラースキームを用いて、既存の情報可視化表現の修正案の提示を行いツールの使用例を述べていく。

### 6.1 各種カラースキームの作成方法

ユースケースの 1 つ目として、神奈川県茅ヶ崎市が公開している津波ハザードマップ<sup>\*4</sup>を参照しながら、各種カラースキームの作成方法と適用例を示す。

#### 6.1.1 茅ヶ崎市で用いられているカラースキームの適用例

はじめに、神奈川県茅ヶ崎市が公開している津波ハザードマップの説明を行う。図 9(a) が茅ヶ崎市が公開してい

るハザードマップに用いられている配色を参考にして作成したハザードマップで、図 9(b) はこのハザードマップに用いられている標高及び津波による浸水深のカラースキームである。

まず標高のカラースキームについて述べる。標高のカラースキームは標高が低い位置を赤で彩色し、標高が高くなるにつれ薄い赤、白、グレー、ベージュへと変化していく。この配色は中央の白を起点と考えると左右で色の変化の規則が異なっているため、色の表す情報の対応関係が分かりづらくなってしまっている。

次に、浸水深のカラースキームについて述べる。浸水深のカラースキームは、一般的に知られている光のスペクトルにおける黄から青への色相を用いたグラデーションとなっている。しかし、図 9(b) の浸水深のカラースキームにおける左から 3 番目と 4 番目の色の色相が、本来在るべき並びと入れ替わっている。色相の並びは左から大まかに黄、緑、青であるが、3 番目の色の方が青に近く、4 番目の方が緑に近い色であるため、この部分で視覚的な色の連続性が損なわれている。

#### 6.1.2 ツールで作成したカラースキームの適用例

次に本ツールを用いて作成したカラースキームを用いてハザードマップを作成する。まずは標高のカラースキームを作成する。茅ヶ崎市が用いているカラースキームは中点の白から双方向へ変化するカラースキームなので、diverging のカラースキームを使用する。茅ヶ崎市のカラースキームはグラデーションの片方の色相が赤なので、これに合わせて使用する色相は赤を選択する。これにより、もう片方の色相は補色である緑が自動的に選択される。中点は white を選択し、カラースキームのトーンは明るくて視認しやすい bright のトーンを選択した。次は浸水深のカラースキームを作成する。茅ヶ崎市のハザードマップで用いられているカラースキームは黄から青への色相のグラデーションなので、qualitative のカラースキームを選択する。使用する色相の範囲は黄から青の間に設定した。カラースキ

<sup>\*4</sup> 茅ヶ崎市. 茅ヶ崎市津波ハザードマップ <http://www.city.chigasaki.kanagawa.jp/bosai/1001267/1001268.html>

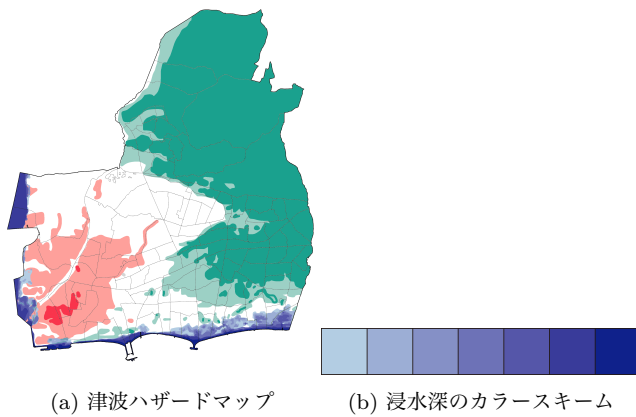


図 11: ツールで作成した配色のハザードマップ 2

ムのトーンは茅ヶ崎市のハザードマップで用いられているものに近い vivid のトーンのものを選択した。以上の内容で作成したカラースキームが図 10(b) であり、これらのカラースキームを適用したものが図 10(a) のハザードマップである。標高を表す色の彩度が高くなり、色の変化の規則性が向上したため読み取りやすくなったことがわかる。また、浸水深の色の変化も自然なものとなっていることが見て取れる。しかしこの浸水深のカラースキームの場合、標高と浸水深のカラースキームの両方に緑の系統の色が用いられてしまっている。異なる情報を可視化する上ではできる限り近い色相は用いられるべきではないため、浸水深のカラースキームを青の sequential のカラースキームで作成することにする。カラースキームの種類は sequential を選択し使用する色相は青を選択、グラデーションの始点は vivid、終点を pale のトーンとした。以上の内容で作成したカラースキームが図 11(b) であり、本ツールを用いて作成したカラースキームを用いて彩色したハザードマップの最終的な完成図が図 11(a) である。

## 6.2 雰囲気調整方法

ユースケースの 2 つ目として、NHK の 24 時間降水量<sup>\*5</sup>の表現に用いられている配色を参照し、これを適用したコロプレスマップを用いてツールによる雰囲気調整の方法を示す。

NHK の 24 時間降水量の表現に用いられている配色を参考に彩色したコロプレスマップが図 12(a) である。図中のカラースキームが降水量の表現に用いられている色で、海の色と陸の色が背景色にあたる。このコロプレスマップの背景色を淡く柔らかい雰囲気に変更し、それに合わせてカラースキームの雰囲気も調整したいという要求があった場合、以下の操作で雰囲気調整を行う。

まず背景色の設定を行う。淡い雰囲気にしたいため、変更前は海は bright のトーンの水、陸は strong のトーンの

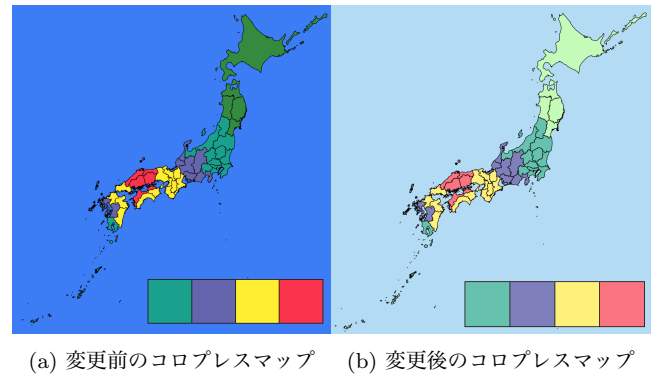


図 12: 降水量を表すコロプレスマップ

緑であったものを両方とも pale のトーンに変更する。ここからツールによるカラースキームの雰囲気の調整を行う。5.4.3 節で述べたようにツールは 12 種類すべてのトーンのカラースキームを同時に生成するため、今回のようにカラースキームの色相の変更はせずに雰囲気だけを調整する場合は、ツールに実装されているプレビュー画面を用いながらトーンの比較を行うのみとなる。今回は背景を pale のトーンに設定したためカラースキームのトーンも pale を選択するというのがまず最初に考えられる操作であるが、pale のトーンのカラースキームを選択すると背景と十分な色差が取れていないという警告文が表示される。そこで、pale より一段階彩度が高く、類似の調和となる light のトーンのカラースキームを選択することで、背景と十分な色差を取りつつ全体の色彩を調和させることができる。以上の内容で作成されたカラースキームとコロプレスマップが図 12(b) である。

## 7. 考察

ユースケースで述べた津波ハザードマップとコロプレスマップの作成を踏まえて、著者によるツールの使用感と利点および課題について述べる。

まず初めに UI の使用感について述べる。本ツールを開発する上で、情報可視化や色彩に関わる知識を持たないものでも悩むことなくカラースキームを作成することができるツールの開発を心がけたため、可能な限りユーザーの入力部分を減らすように設計した。そのため、カラースキームの作成に必要な入力項目はカラースキームの種類を選択、作成する色の数、使用する色相とトーンのみであるという点において操作における負担を減らすという目的を達成できたと考える。特に、色の数値そのものをユーザーが操作する必要がないという点は、色の知識がない者にとっては大きな利点であると考えられる。

次に、作成されるカラースキームについて述べる。津波ハザードマップの作成では、標高を表現するカラースキームに diverging のカラースキームを用いることで、良好な

<sup>\*5</sup> NHK ニュース：気象災害情報 -NHK オンライン。 <http://www3.nhk.or.jp/weather/rain/index.html\#ko=nk>;

視認性を確保し、しっかりと連続性が感じ取れる表現を行うことができた。また、浸水深のカラースキームの作成方法を qualitative から sequential に変更した場合でもすぐさま新しいカラースキームを作成し適用できたことから、一部のカラースキームの要件が変更された場合でも問題なく対応できることを示すことができたと考える。コロプレスマップの作成では、背景のトーンが変更された場合でも少ない操作で調和するトーンを選択し、全体の雰囲気を整ったコロプレスマップとなるカラースキームの作成が可能であることが示せた。

しかし、コロプレスマップとハザードマップの作成を通して、PCCS に則っているが故に色の細やかな調整が効かない部分が多かしく感じることもあった。例えば「あとほんの少し明るい色が欲しい」と言った感想や「もっと黒に近い色にしたい」と言った感想を抱くことがあった。これに関しては、PCCS で設定されている色からどれだけ逸脱しても調和を保つことができるのかの調査を行う必要があると考える。また、現在のツールは色覚に障害を持った人への対応がなされていないため、一般的な色覚とそうでない色覚を持つ人々における色の読み取り方の違いや色彩の調和の関係性などの調査を行い、これらを考慮した機能を盛り込んでいくことが今後の課題であると考えます。

## 8. まとめ

本研究では、ユーザーの入力に従いカラースキームの作成を支援するツールを開発した。情報可視化において色は重要な役割を持つため、適切なカラースキームを用いる必要がある。また、閲覧者の興味を引くためにはデザイン性にも配慮しなければならない。そのようなカラースキームを作成するためには情報可視化と色彩の知識の両方が必要であり、作成が難しかった。

そこで、本研究ではまず情報可視化において数値的に適切なカラースキームの作成が行えるようにするために、人の視覚特性に近似する CIELAB を用いることで色差の問題の解決を行った。次に、デザイン性に優れたカラースキームとするために、色彩調和の問題を機械的に解決することが可能な PCCS を用いることで、カラースキームの色彩が調和する状態を自動的に作り出すことができるようにした。これら CIELAB と PCCS の両方の特徴を組み込み、可能な限り操作の負担を減らすために簡易な入力部分のみを持ったインターフェースを設計し、カラースキームの作成を支援するツールを開発した。これにより、情報可視化と色彩の知識がない者でも、少ない手順で情報可視化に適し、デザイン性も兼ね備えたカラースキームの作成が可能となった。しかし現在の仕様では色の選択に関して柔軟性や色覚障害への対応が不十分であるため、より多くのユーザーの意向を反映することができるようになることが今後の課題であると考えます。

## 参考文献

- [1] 岩下知美, 矢谷浩司: インフォグラフィックスの作成をインタラクティブに支援するシステム, 情報処理学会研究報告ユビキタスコンピューティングシステム (UBI), Vol.52, No.8, pp.1-7 (2016).
- [2] 伊東三四: 色彩象徴性の心理的基礎に関する一分析, 徳島大学総合科学部人間科学研究, Vol.6, pp.7-12 (1998).
- [3] Few, S.: Practical rules for using color in charts, *Visual Business Intelligence Newsletter*, Vol.11 (2008).
- [4] Harrower, M. and Brewer, C.A.: ColorBrewer. org: an online tool for selecting colour schemes for maps, *The Cartographic Journal*, Vol.40, No.1, pp.27-37 (2003).
- [5] Harrison, L., Reinecke, K. and Chang, R.: Infographic aesthetics: Designing for the first impression, *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM, pp.1187-1190 (2015).
- [6] Borkin, M.A. et al.: What makes a visualization memorable?, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol.19, No.12, pp.2306-2315 (2013).
- [7] Hui, F. et al.: Categorical Colormap Optimization with Visualization Case Studies, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol.23, No.1, pp.871-880 (2017).
- [8] Tennekes, M. and Jonge, E.D.: Tree colors: color schemes for tree-structured data, *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, Vol.20, No.12, pp. 2072-2081 (2014).
- [9] 増田萌, 脇田建.: 彩色意図にもとづく色覚障害者のための再配色システム, 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), Vol.41, pp.27-34 (2007).
- [10] 日本電色工業株式会社. 色の許容差の事例 色と光の知識 (カラーストーリー). [https://www.nippondenshoku.co.jp/web/japanese/colorstory/08\\_allowance\\_by\\_color.htm](https://www.nippondenshoku.co.jp/web/japanese/colorstory/08_allowance_by_color.htm) (2017-01-06).
- [11] コニカミノルタ. 微妙な色の違い (色差) を伝えることも, 色彩計は得意です. 色学雑学. <http://www.konicaminolta.jp/instruments/knowledge/color/part1/11.html> (2017-01-06).
- [12] 日本色研事業株式会社. HomePage いろのはなし 色彩調和論. <http://www.sikiken.co.jp/colors/colors12.html> (2017-01-06).
- [13] 日本色研事業株式会社. HomePage PCCS. <http://www.sikiken.co.jp/pccs/index.html> (2017-01-06).
- [14] 日本色研事業株式会社. HomePage PCCS を用いた色彩調和の形式. <http://www.sikiken.co.jp/pccs/pccs05.html> (2017-01-06).
- [15] A・F・T 公式テキスト編集委員会: 色彩検定公式テキスト 3 級編, pp.78-81, A・F・T 企画 (2015).
- [16] A・F・T 公式テキスト編集委員会: 色彩検定公式テキスト 1 級編, pp.14-19, A・F・T 企画 (2015).
- [17] JISZ8781-4: 測色-第4部: CIE 1976 L\*a\*b\*色空間, (2013-12-20).