

令和 3 年 6 月 23 日現在

機関番号：32411

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11963

研究課題名（和文）数理モデルに基づく非感性的な色彩教育eラーニングシステムの設計と評価

研究課題名（英文）Design and evaluation of the e-learning system for color education based on mathematical models that does not require artistic sense.

研究代表者

井上 智史（INOUE, Satoshi）

駿河台大学・メディア情報学部・准教授

研究者番号：70339547

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、デジタル環境に適応する色彩教育法を感性に頼らない教育プログラムとして考案することを目的としている。

配色関係をデジタル情報である色の数値を利用した数理モデルとして定義し、それに基づいたeラーニングシステムを設計・開発した。配色関係の表現においては、色彩調和概念の数値的關係性を考えるために、各種表色系の中間項としてL\*a\*b\*カラーを利用することの有用性を確認することができた。eラーニングシステムの設計・開発と評価においては、複数色間の色相・明度・彩度を可視化する機能の有効性が確認できた。また、数理的關係性に基づく分析が可能とする色彩教育と配色研究の可能性や今後の発展性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来のデザイン教育は学習者と指導者の主観的判断を基準とし、その学習効果は学習者の感性やセンスと実習量に比例する部分が大きかった。本研究では、デジタル環境において色は数値情報であることに着目し、色彩の調和という概念を、客観的な指標を持つ色彩関係として学習者に提示することを意図して、配色を数値的な関係として示す方法を考案した。また、それに基づくeラーニングシステムを開発し、色彩関係を学習者に動的に可視化し提供する方法を検討した。いずれもが、学習者の資質に依存せず学習効率を向上させる色彩教育に効果的であり、このような研究の継続がデザイン教育の射程を広げることにつながると考えている。

研究成果の概要（英文）：This research aims to devise a color education method that adapts to the digital environment as an educational program that does not rely on artistic sense.

The color scheme relationship was defined as mathematical models using numerical values of colors as digital information, and the e-learning system was designed and developed based on mathematical models. In representing color scheme relationships, it was practical to use L\*a\*b\* color space to mediate between various color systems to consider the numerical relationships of color harmony. In the design, development, and evaluation of the e-learning system, the function to visualize hue, lightness, and saturation among several colors was effective. The results indicated the possibility and future development of color education and color scheme studies enabled by analysis based on mathematical relationships.

研究分野：グラフィックデザイン、デザイン教育、デザイン論

キーワード：デザイン教育 色彩教育 eラーニング

## 1. 研究開始当初の背景

従来の色彩調和や配色についての学習は、色の扱い方を感覚的に体得するために主観的な判断による反復を行うという学習方法が主流であった。学習者が配色した色を目で見て調和する／しないという判断を、場合によっては熟練者の判断を仰ぎつつ繰り返すという方法であり、学習者の感性やセンスに頼る部分が大きかったといえる。配色に関する理論や調和理論に関してはいくつかの表色系に基づく標準が示されてはいるものの、客観的な基準を伴う色の学習方法は未だ確立されていない。

## 2. 研究の目的

デジタル環境に適応する色彩教育法を、美術的な感性やセンスに頼らない教育プログラムとして考案することが本研究の目的である。色を作ることと数値を指定することが同義であるデジタル環境において、色の数値を配色の際の客観的な指標として用いることができれば、感性やセンスに依拠しない学習方法を考案できるのではないかと考えた。

研究は、以下の3つの段階から行われた。

- (1) 色彩理論に準じた色彩調和や配色における色の関係性を数値情報として取得する
- (2) 上記の数値情報に基づいて、色彩調和や配色の概念を数値間の関係性として表現する数理モデルを定義する
- (3) 数理モデルによる支援・分析などの機能を実装したeラーニングシステムを用い、その有用性を評価する

## 3. 研究の方法

### (1) 数値情報の取得

色彩調和や配色に関する色の情報を色彩理論や作品などの印刷物の図版から取得した。スキャニングによりRGB、HSVなどの数値として取得すると共に、図1のような色彩計（蛍光分光濃度計）を用いてYxy、L\*a\*b\*などの数値として取得した。その上で、マンセル表色系に基づく調和理論や、ヨハネス・イッテンの色相環に基づく調和理論などと、各種表色系の値との対応を確認・検討した。これは、顕色系による色彩理論と混色系による色の指定方法との対応を検討する作業でもあった。



図1 色彩計による取得

### (2) 数理モデルの定義

取得した数値情報と各種調和理論との比較検討を行うことで、各種調和理論に基づく配色の数理モデル化を試みた。モデル化は、数値情報の取得過程での検討からL\*a\*b\*カラーで利用できることを想定して行った。L\*a\*b\*カラーであれば公開されているマンセル表色系のデータやRGBカラーと相互の変換が容易だからである。

### (3) eラーニングシステムの設計・開発、評価

eラーニングとして行う実習の内容として、バウハウスなどの教育内容を参照し、基本的な色相・明度・彩度や調和概念の理解に関する数色を組みあわせる配色課題を想定し、全体的なシステムの設計を行うことにした。実習内容の高度化よりも、客観的な数値情報を学習者に提供する方法を検討するためである。開発は、既存のデザイン専用アプリケーションのプラグインとしての実装と、Webシステムとしての実装の双方の可能性から検討されたが、費用面の関係と学習管理機能の開発の容易さという観点から、Webシステムとして開発することにした。

## 4. 研究成果

### (1) 色彩計を利用した数値情報の取得

数値情報の取得を行う際に複数の方法を試みたが、印刷物からの色の情報の取得については色彩計の理由が有効であった。従来は印刷現場などにおけるカラーマッチングなどに利用される機器であるが、教育研究への活用も検討されて良いように思われた。また、印刷物はその状態により色が異なるが、通常我々が印刷物を通じ色彩調和や配色について考えていることと思えば、印刷物からの数値情報の取得も全体的な傾向を探るには十分実用的であったと考えられる。

## (2) 調和論との対応における L\*a\*b\*カラーの有用性

数値情報に基づく配色理論の検討とモデル化に関しては、配色状況を表したり分析したりする用途として、L\*a\*b\*カラーの有用性を確認できた。当初は、マンセルやオストワルト、PCCS といった表色系と RGB、HSV 表色系とを、相互に直接変換することを検討していたが、L\*a\*b\* カラーを各種表色系の中間項として利用することで、各種表色系を相互に参照することが容易になった。また、RGB 値の色相・明度・彩度を示すのにも有効であった。これらのことから、例えば、パソコンのアプリケーションなどで L\*a\*b\*カラーによる入力が一般的になれば、色彩教育のみならず、配色理論に準拠したデザイン制作やイラスト制作がより容易かつ正確に行えるのではないかという疑問など、新たな研究の発想となりうる考えを得ることができた。

従来の配色理論のモデル化に関するいくつかの知見も得られた。例えば、ムーン&スペンサーによるマンセル表色系に基づく調和理論に関しては、マンセルカラーと L\*a\*b\*カラーの相違を考慮せず、L\*a\*b\*カラーに基づいてその調和を判断しても、概ね結果は同様であるように観察された。しかし、同理論の問題点や調和／不調和の基準を L\*a\*b\*カラーに基づいて再検討する必要があると思われたがそれには至らなかった。今後の課題の一つである。

また、イッテンの色相環に基づく調和理論に関しては、イッテンの色相環の 12 色を L\*a\*b\*値で近似させ、図 2 のように、sRGB プロファイルを L\*a\*b\*カラーにプロットした図に重ね合わせることで、色相環と RGB の対応が検討できた。イッテンの調和理論は色相環上に直線や単純な図形を描くことで示されるが、図 2 の右が 12 色に基づくトライアド配色の RGB 空間上の位置である。調和理論の簡易的なモデルとし

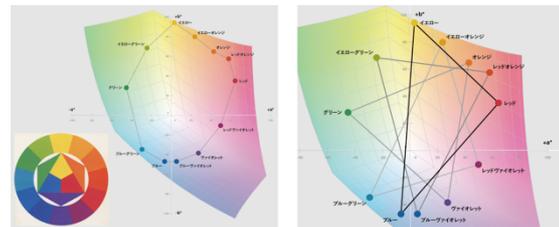


図2 イッテンの色相環と sRGB の対応 (左) と sRGB 空間におけるトライアドの位置 (右)

ては、RGB 値による離散的な数値の変化として (e ラーニングシステムに実装するのであればカラーパレットのような機能として) 実現することが可能であり、より精緻には RGB (およびその他の色空間の) 3 次元空間内の幾何学的な変換として定義できる可能性が示されたように思う。後者に関しては今後の課題の一つである。

いずれにしても、マンセルやイッテンなど顕在系の表色系に基づく調和論と RGB などの混色系による色の指定を仲介させるのに、L\*a\*b\*の有用性が高いことが確認できたことは成果の一つである。また、従来の調和理論をデジタル環境で再現するだけでなく、L\*a\*b\*カラーに基づいた調和理論を、従来の理論の整理・再構築に基づいて考案することが、デジタル環境に適応する配色理論の構築や教育プログラム開発に有効ではないかという新たな研究の視点を獲得することができたことも成果と考えている。

## (3) e ラーニングシステムの開発と評価

### [基本設計と機能]

e ラーニングシステムは、前項のような考察を踏まえ、L\*a\*b\*カラーによる計算を基本とする Web コンテンツとして設計した。複数色間の明度差を高低差で表すグラフと、色相・彩度の関係を同心円状に表すグラフの機能を実装し、各グラフを参照しながら伝統的な配色実習が Web ブラウザ上で行える。

次ページの図 3 および図 4 が、開発した e ラーニングシステムの基本画面である。画面右上には、RGB カラーおよび L\*a\*b\*カラーで色の指定が行えるカラースライダがある。RGB 値で指定された色は内部的に L\*a\*b\*値に変換され、画面右下で、明度差が高低のグラフとして、色相・彩度の関係が同心円状のグラフとして可視化される。色の変更に伴いグラフの表示も動的に変化する。図 3 は、2 色の配色実習の画面であり、2 色の明度を同一もしくは特定の差にする実習や、2 色の色相を類似関係や補色関係にする実習などに利用されることが想定されている。その他、図 4 のように、色彩対比、色彩スケールの作成、透明感の表出など、各種の実習が行える機能を実装した (5×5 の配色実習では、明度は数値として表示される)。また、実習結果である学習者ごとの色の値や実習に要した時間などのデータは、Web サーバを介して保存することができ、図 5 のように実習結果を一覧することが可能である。

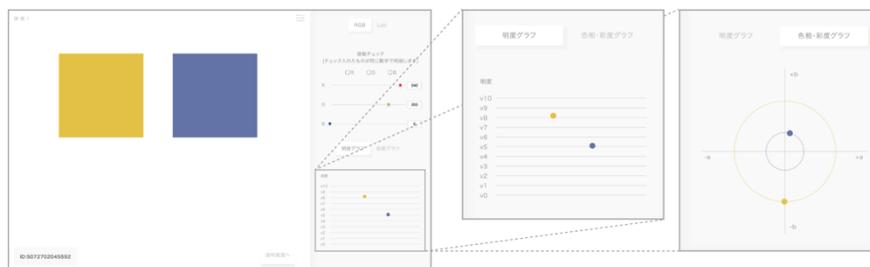


図3 eラーニングシステムの基本機能



図4 eラーニングシステムの各実習画面

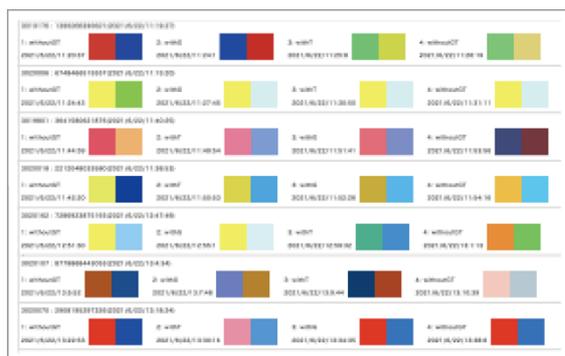


図5 eラーニングシステムの実習結果一覧画面

[教材の評価]

まず、色相、明度、彩度を確認しながら、RGB で色を指定する機能を実現できたことが一つの成果として挙げられる。特に、同一色相で段階的な明度を設定する実習などにおいて、明度差のみならず色相・彩度のズレなどをグラフとして学習者が視認できる点に意義が感じられた。また、開発前は、実習用システムとしての利用に意義があるのではないかと予想していたが、色の三属性などの解説などに用いるための講義用のツールとしての有用性も感じられた。

明度グラフおよび色相・彩度グラフによる可視化機能の評価を行うために、学習者（多くは色の三属性や配色に関する講義を1度受けた大学生）への提供を行なった。アンケート結果から、グラフの分かりやすさや、色立体に基づく資料（等色相面など）の提示よりは有用であるという評価があったが、学習効果という観点からは有意な結果を得ることはできなかった。おそらく、絵具などを利用した実習よりは効率が良くと仮説を立ててはいたものの、その効果を判断するには継続的な提供が必要なためだと思われる。今後、計画的に評価実験を行いたいと考えている。

しかしながら、学習効果という観点からグラフ機能の利用価値を中心に評価を行うつもりであったが、実際に運用してみると他の利用価値も示唆されたように思う。例えば、一部の实習においては、グラフを見ながらの作業は容易に過ぎ、グラフを見ないで行う作業は困難に過ぎるといった難易度に差が見られた。このことから、グラフ機能を一種の解答提示（答え合わせ）機能としての利用する見込みが示されたように思う。これは、学習者が独学するための自習教材としての可能性（指導者の判断を仰がずとも色彩の実習が行える可能性）に繋がるのではないかと考えている。また逆に、データを取得することで学習者の理解度（例えば明度と彩度が区別できていない学習者など）の把握が容易であったことを考えると、実習教材としての側面だけではなく、学習者への個別対応を行う根拠としての利用価値も示されたように思う。

(5) 今後の課題と展望

[eラーニングシステムの課題]

eラーニングシステムに実装を検討していた機能として、数理モデルに基づくアドバイス機能があるが、今回は実装することができなかった。これは、従来の調和論に依拠しながらも学習者

に間違いなく正しいと提供(アドバイス)できる実装形態を設計するに至らなかったからである。調和理論の妥当性や調和基準などの検証含めて今後の課題である。また、学習管理機能としてより詳細に学習者の理解度を可視化する機能の実装も予定していたが、こちらは主に時間的な問題から実装するに至らなかった。設計としては実現可能なので引き続き開発を続け、eラーニングシステムをより良いものへとしていきたいと考えている。

eラーニングシステムの設計の段階では、Webシステムではなく、Adobe Illustrator など既存のデザイン専用アプリケーションのプラグインとして開発することも検討した。主に費用的観点と学習管理機能の実装の難しさから開発を見送ったが、デザイン実習の多くが専用のアプリケーションを用いて行われている現状を考えると、アプリケーションに実装した方があらゆる作業に対応することができる。また、使用方法の学習に付随して色彩理論が学習できるような機能がアプリケーションに実装されていれば、その学習効果は一石二鳥であるように思われる。今後も検討を行いたいと考えている。

#### [作家・作品分析への応用の可能性]

今回のような研究の方法に関しては、配色理論の異なる方法による検証や、作家・作品分析に応用する可能性も示されたように思う。数値情報の取得やイッテンの色相環とRGB表色系の対応の検討に付随して、今回は試験的にイッテンの明度対比や彩度対比、面積対比の図版から数値情報を取得し分析することを試みた。例えば、イッテンは面積対比に関して、各色の明度比に応じた面積比による調和を提案しているが、L\*a\*b\*カラーを利用する場合を例とすれば、L\*値に応じた面積の図形を描画することは容易であり、コンピュータプログラムを利用すれば、調和理論の妥当性を検証する図を自動的に生成し理論の検証に供することも従来に比して容易となる。また、人の主観に基づく判断しか行えなかったような定性的な調和理論であっても、自動的に生成された多数の図に専門家による評価を加味するなどすれば、調和理論の検証に深層学習が利用できる可能性もあるように思う。また、それらの理論の検証に基づいて、作家の理論や作品を数値的に分析する可能性も示されたように思う。面積対比と同様にL\*a\*b\*カラーを利用する場合を例とすれば、グレースケールとは異なるヒストグラムとして明度の状況が示せるだろう。いずれも包括的な研究計画や知見を得られる段階に至っていないが、今後の研究課題の種子となりそうな着眼点を得ることができたのではないかと考えている。

学習者の感性やセンスに依拠しないデザイン教育に関しては取り組むべき課題が多いと考えているが、前述の研究成果に付随し記した課題とあわせて、今回も多く今後の課題と展望を得ることができた。継続して研究を行いたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 井上智史	4. 巻 28
2. 論文標題 L*a*b*カラーの数値情報を利用したヨハネス・イッテンの色相環の検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 基礎造形028：日本基礎造形学会論文集・作品集2019	6. 最初と最後の頁 69-74
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 -

1. 著者名 井上智史	4. 巻 26
2. 論文標題 色彩計（蛍光分光濃度計）を用いた図版からの色の測定について	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 メディアと情報資源：駿河台大学メディア情報学部紀要	6. 最初と最後の頁 17-22
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔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 井上智史（駿河台大学）、安藤公彦（東京工科大学）、松永信介（東京工科大学）
2. 発表標題 L*a*b*カラーの値を活用した色の三属性に関するeラーニングコンテンツの開発
3. 学会等名 情報処理学会第82回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井上智史（駿河台大学）、安藤公彦（東京工科大学）、松永信介（東京工科大学）
2. 発表標題 色彩教育のための色彩調和における数値情報の分析
3. 学会等名 情報処理学会第 81 回全国大会
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	安藤 公彦  (ANDO Kimihiko)  (00551863)	東京工科大学・先進教育支援センター・講師   (32692)	
研究 分担者	松永 信介  (MATSUNAGA Shinsuke)  (60318871)	東京工科大学・メディア学部・教授   (32692)	

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