

Title	デジタル環境下での 効率的な色識別能力支援システムの研究
Author(s)	大坪, 誠
Citation	
Issue Date	2017-03-24
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/14173
Rights	
Description	Supervisor:長谷川 忍, 情報科学研究科, 修士

修士論文

デジタル環境下での
効率的な色識別能力支援システムの研究

1510065

大坪 誠

主指導教員

長谷川 忍

審査委員主査

長谷川 忍

審査委員

白井 清昭

池田 心

北陸先端科学技術大学院大学

情報科学研究科

平成 29 年 2 月

目次

第1章	はじめに.....	1
1.1	背景.....	1
1.2	目的.....	3
1.3	論文の構成.....	3
第2章	関連研究及び既存の学習ツール.....	4
2.1	色の知覚モデルに関する関連研究.....	4
2.2	色の学習システムに関する関連研究.....	6
2.3	既存の色に関する学習ツール.....	6
2.3.1	HVC 色感トレーニングカード.....	6
2.3.2	新版色彩能力テスト.....	7
2.3.3	デジタル版 HVC カラートレーニング.....	7
2.4	考察及び必要と考えられる機能.....	8
第3章	提案手法.....	10
3.1	本研究の学習モデル.....	10
3.2	スキル学習.....	10
3.3.1	学習者の弱点部分の発見.....	12
3.3.2	オーバーレイモデルを用いた優先度の高い問題の提供.....	13
3.4	HVC 識別トレーニング.....	14
3.5	プレテスト.....	15
第4章	システムの設計.....	17
4.1	システム要件.....	17
4.1.1	概要.....	17
4.1.2	対象とする利用者.....	17
4.1.3	機能.....	17
4.3	ユースケース図.....	18
4.4	アクティビティ図.....	19
4.5	クラス図.....	20
4.5.1	オーバーレイモデルクラス.....	20
4.5.2	問題クラス.....	20
第5章	プロトタイプの実装.....	22
5.1	開発環境及びデータセット.....	22
5.2	ログイン機能.....	22
5.3	プレテスト機能.....	23

5.4 トレーニング機能.....	23
第6章 予備実験.....	25
6.1 実験目的	25
6.2 実験条件	25
6.3 実験手順	26
6.4 実験結果	27
6.5 アンケート結果	32
6.5 考察.....	33
第7章 おわりに.....	34
7.1 まとめ.....	34
7.2 今後の課題	35
謝辞.....	36
研究業績	37
参考文献	38
付録.....	40

第1章 はじめに

1.1 背景

近年、ディスプレイを持つデジタル・デバイスの普及が進んでいる。総務省の平成28年度の通信利用動向調査[1]によると、図1のようにパーソナル・コンピュータの個人保有率については平成21年度をピークに横這いであるが、タブレット端末、スマートフォンの保有率は増加傾向にある。このことから総合的には個人のディスプレイをもつデバイスを保有率自体は上昇している。またこれによりデバイスのディスプレイ注視する機会、すなわちディスプレイ上のデジタル・コンテンツを注視する機会も増加していると考えられる。

またデバイス内でコンテンツを見ることだけでなく、コンテンツを作成する機会も増加している。こういったコンテンツの作成はプロに限らず、一般のユーザによっても多く行われている。これはユーザ中心にコンテンツの作成と発信が行われるコンシューマー・ジェネレイテッド・メディアコンテンツ(CGM)の発展[2]により制作したコンテンツの発表の機会が増えたこと等によると考えられる。また比較的安価に使用できるデジタル上でのイラスト作成ツールといったコンテンツ作成ツールの普及等により、一般のデジタル環境の利用者にもとってコンテンツの制作自体も容易となっている。

アナログ環境で色を扱う場合、色を扱うために特定の色の画材、例えば絵具といったものをそれぞれ用意する必要がある。このため多くの色を扱うとその分のコストや、その管理の手間といったことが発生する。これに対しデジタル環境でのコンテンツ作成では、ディスプレイ上に再現できる範囲で、色を自由に使用することができる。このためアナログ環境のように色を扱うこと自体のコストや画材の管理に気を使わなくてよい。したがってアナログ環境に比べ色の扱いが容易であり、豊富な色を使ったコンテンツの作成が行いやすい。

一方で絵を描くといったこと等の、色を使ったコンテンツを作成の際には自分の感覚として見た色を再現したいという欲求が存在する。例えば、デジタル・サイネージ上に表示されるコンテンツの色を任意の色と同じようにしたい、デジタル・イラストレーションで特定の色を再現したい、等である。このためにある色を再現したいと考えた時、目標とする色に対して現在用意された色からどのような修正方針を与えていかなければならないかを考える必要がある。しかし、この修正方針を与えるためには目標の色と現在の色の差がどのような要素にあるのかがわからなくてはならない。このため色の選択がしやすいデジタル環境では、作成したものが目的の色に見えるよう色を識別、選択する能力の重要性は高まっている。

このように色を識別、選択する能力は重要であるが、どういった学習を行うことがよいか分かりにくい。特に前述したような色を扱うプロではない、一般のユーザがこの能力を向上させるための学習を個人で行いたいと考えたとき、どのような学習を行えばいいのか選択するのが難しい。これは学習者自身の現在の能力に対し、どういったトレーニングを行

例えば色識別能力を向上させるためのよいのか、ということが学習者にはわかりにくい
 ためである。この場合、学習は総当たりにトレーニングを行うなどの方法しかとれず、
 非常に効率の悪いものになってしまう。したがって、いかに学習者にとって必要な
 トレーニングはどのようなものであるのかを推定し、提示することができる支援シ
 ステムを用意することができるかといったことが、この問題を解決するために重要
 な課題である。

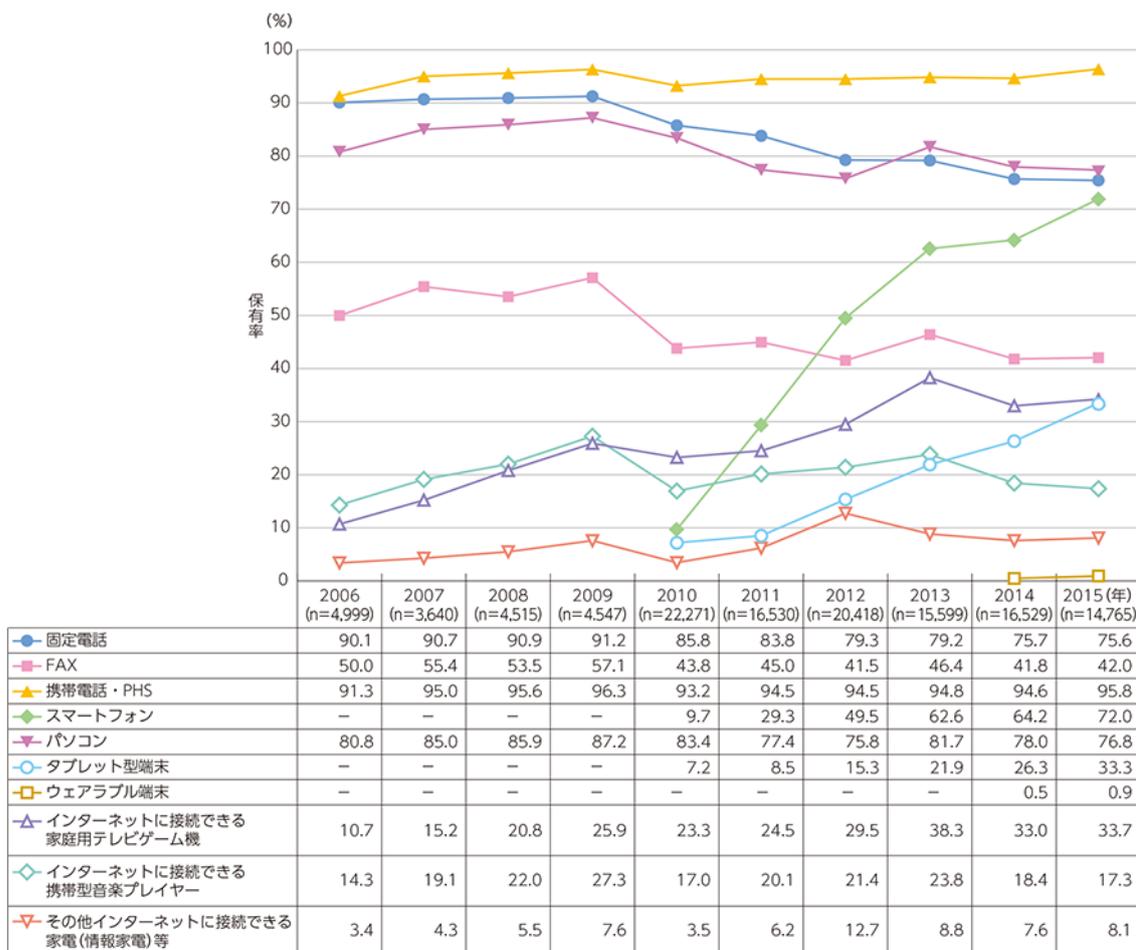


図 1 情報通信端末の世帯保有率の推移

出典：総務省「通信利用動向調査」

1.2 目的

本研究では背景で挙げた課題に対し、見た色を理解しそれを再現できるようになることを目標として、デジタル環境下で個人が色を識別する能力を向上させるトレーニングが可能なシステムを検討する。このシステムの対象となる学習者は、過去に何らかの色識別に関するトレーニングを受けたことがない者とする。

また、前述したように本稿におけるトレーニングとは、色を見た時にその色を再現するために必要な要素の差を認識する力を向上させるものを指す。さらに、この学習を行うにあたって、学習者にとって優先すべき問題を発見し、提示することで、従来の学習方法より効率の良い方法で能力の向上が行えることを目指す。

1.3 論文の構成

本論文では第 1 章で色識別能力の効率的なトレーニングを行うシステムの開発にあたって、その背景及び重要性について述べた。続く第 2 章で関連研究における取組、及び既存の色に関する学習ツールについて紹介し、それらで達成されている機能に対し本研究で新規に実装すべき機能について述べる。第 3 章は実装すべき機能の実現のために本研究で提案する手法について述べる。第 4 章ではシステムの設計を述べ、続く第 5 章で作成したプロトタイプについて述べる。第 6 章では本研究の評価、またそのための予備実験について述べる。第 7 章ではおわりに本研究のまとめ、今後の課題についてまとめる。

第 2 章 関連研究及び既存の学習ツール

色の識別を学習対象とするにあたって、人間がどのように色を認知しているかについてのモデルを考慮し、これによって得意不得意がどう発生し、それをどう改善するのかという観点から学習する要素を検討する必要がある。このため、はじめに人間がどのようなプロセスに従って色の識別をしているかに関連する研究を紹介する。

また、今回新たにシステムを作成するにあたって、既存の研究や学習ツールで達成されていることを確認し、本研究で新規に提案すべき機能を検討する必要がある。このため、まず色識別能力向上のための学習に関する先行研究及び既存の学習ツールを紹介し、その後それらで達成されていることに加えて本研究で開発すべき機能を検討する。

2.1 色の知覚モデルに関する関連研究

目黒らは、色覚異常により色の区別が困難である人に向けて、画像内の色を弁別しやすいものへ変換し、見やすいカラー画像を生成する手法を提案している[3]。この研究では人間の網膜にある 3 種類の錐体細胞、S 錐体、M 錐体、L 錐体の問題により存在する知覚困難な色の組み合わせを推測し、変換する色の対象としている。

目黒らの研究は錐体細胞に問題があり知覚することが出来ない場合であったが、錐体細胞に問題がない人の場合であっても色の認識は錐体細胞の働きによって行われることは同様である。したがって、差が発生する学習する要素は色の認識に用いられる三種の錐体細胞の特性を参考に作成するのが妥当である。これらの細胞は光を感知し、その波長別に色を認識するものである。図 2 にはそれぞれの錐体細胞が感知する波長が示されている。S 錐体から青、M 錐体から緑、L 錐体から赤といった色を認識し、その組み合わせによって多くの色を人間は認識することができる。つまり、光の 3 原色である赤、緑、青の認識の組み合わせによって人間は色を認識しているため、3 種の色系統ごとに学習する要素を分類するといったことが検討できる。

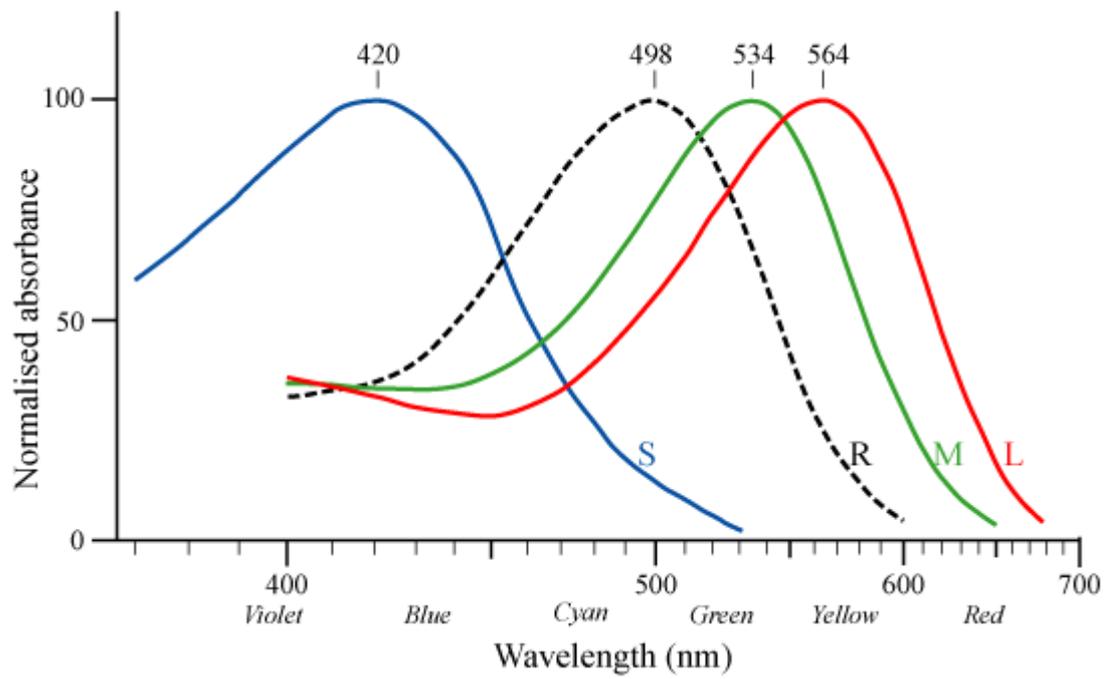


図 2 人間の錐体細胞 (S, M, L) と桿体細胞 (R) が含む視物質の吸収スペクトル

出典 : Wikipedia

2.2 色の学習システムに関する関連研究

色の学習システムに関する先行研究は少なく、紹介できる先行研究は限られている。軽部らによって、明度の識別トレーニングを行うデジタルのトレーニングツールの研究が行われている[4]。紙媒体でのトレーニングに伴うツールの劣化や、数が必要なこととその保有の難しさを解決するため、コンピュータのディスプレイ上でのトレーニングツールを提案している。ただしツールのデジタル化にとどまっており、トレーニング者がどのような学習を行うかといったことに焦点が向けられてはいない。

このように色の学習を行うといった観点からトレーニングの方法が考慮されている研究はなく、学習者の能力を上げるためにどのようなアプローチを取るかということについては新たに研究が行われる必要がある。

2.3 既存の色に関する学習ツール

ここでは一般財団法人日本色彩研究所から販売されている色の学習に関するツールについて紹介する。

2.3.1 HVC 色感トレーニングカード

図3のHVC色感トレーニングカード[5]では、マンセル・カラー・システム(Munsell color system)における色の三属性、色相(Hue)、明度(Value)、彩度(Chroma)に対してそれぞれの視点からトレーニングが可能である。

マンセル・カラー・システムは、色を上記の色の三属性によって表現する表色系である。色の三属性はそれぞれ、色相は色合いがどのようなかを表すパラメータ、明度は色の明るさを表すパラメータ、彩度は色の鮮やかさを表すパラメータである。これら3つのパラメータが組み合わさることによって色が表現される。

HVC色感トレーニングカードを用いたトレーニングにより、色の三属性のそれぞれの属性内での識別能力を向上させることができる。トレーニング方法は、カードを並べることで正しい表を完成させるものである。それぞれ色相は色相環の再現、明度はグレースケールの明度のグラデーション、彩度は等色相断面を色のついたカードを並べ完成させることを繰り返してそれぞれの要素を識別する能力を向上させる。



図3 HVC色感トレーニングカード

出典 : <http://www.jcri.jp/JCRI/seihin/KYOUZAI/hvc2/hvc2-1.htm>

2.3.2 新版色彩能力テスト

図4の色彩能力テスト[6]は微少な色の差の識別を行う能力判定、またそれを繰り返すことでの能力向上が可能である。テスト内容は3種存在し、それぞれ微小な色差を識別するもの、色の三属性の識別を行うもの、色の変化の尺度の識別を行うものである。

これらのテストを行うことで、自身がどの色相の系統だと色の差を識別出来ないか、色相、明度、彩度のどの変化が識別できないか、どの色の属性の変化が識別できないかといった、自身の能力をより詳細に把握することが可能である。



図4 新版色彩能力テスト

出典 : <http://www.jcri.jp/JCRI/seihin/KYOUZAI/jcat/jcat-1.htm>

2.3.3 デジタル版 HVC カラートレーニング

デジタル版 HVC カラートレーニング[7]では紙媒体でなくデジタル環境でのトレーニングを行うことが出来る。HVC カラートレーニングと色彩能力テストのトレーニングのうち、

微小な色差の識別以外をデジタル環境で行うことが可能である.現在色識別能力についてデジタル上で扱える少ないトレーニングツールである.

図 5 は同ツール内で行えるトレーニングの一つである HVC 判別である.表示される 2 色間にどのような差があるかを回答することを繰り返すことで,色相,彩度,明度の識別のトレーニングが行える.

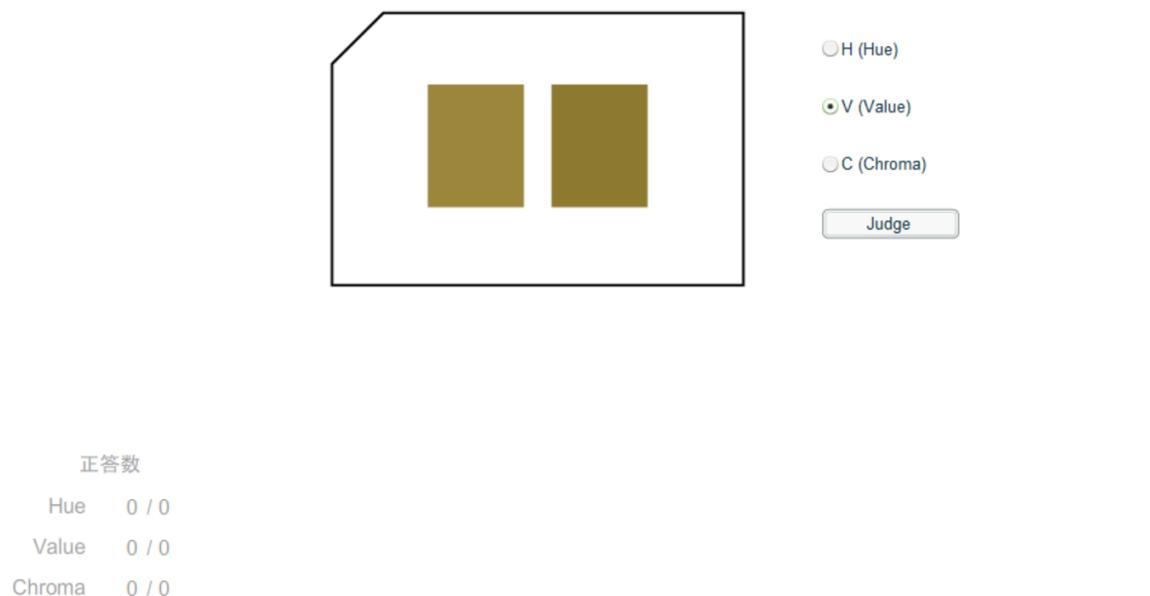


図 5 デジタル版 HVC カラートレーニングによる HVC 判別

2.4 考察及び必要と考えられる機能

デジタル環境で表色系としてよく用いられるものに RGB カラーモデルや HSV モデルといったものがある.RGB カラーモデルは光の三原色, R、G、B をパラメータとし,これを加法混合することによって色を表現するものである.しかしこの方法による表現は,パラメータを操作したときに出力される結果が想像しにくく,今回の色の差を識別するといった際に扱うのは向いていない.HSV モデルは,色相(Hue),彩度(Saturation),明度(Value)をパラメータとし,色を表現するものである.この色表現はマンセル・カラー・システムと同様に人の色を認識する感覚に近く [8][9], 出来上がる色がイメージしやすいため色を再現するという本研究の目的に適している.ただし,後述するように今回の研究では問題の提示方法による学習の有効性を検証することを主目的とするため,問題内容による差が表れないように比較対象となる既存ツールで用いられているマンセル・カラー・システムを用いる.

既存のマンセル・カラー・システムにおける色学習ツールで,色識別能力を向上させるということについてはおおよそ十分なものが揃っていると考えられる.ただし実際の色の要素

は一つの属性に注目すれば良いというわけではなく属性がいくつか複合しているため、明度と彩度が複合して変化しているもののトレーニング等も必要な可能性がある。

また既存のツールで能力向上は十分だが、効率的な学習ということを考えた際には不十分な点が考えられる。まず同じテスト問題を用いた繰り返し等の総当たりの学習が必要になることが挙げられる。効率よく学習を行うためにはトレーニング者が必要としている問題をより多く、得意としている問題をより少なくするような、問題の提供が必要である。また自身でテスト結果を記録して能力を把握しても、そこから学ぶ問題も自身で選択しなくてはならないといった課題がある。自分のできていない部分に対しての学習を自身で用意するのは難しく、出来ていない問題を繰り返し解くことになりがちである。出来ていなかった問題は見直してもわからないままのことが多く、変化のわからないものをカンで並べるような意味のないトレーニングになってしまう可能性がある。したがってトレーニング者のできていない部分とできていない部分の境界を探り、段階を追って問題を提示するようなことが必要である。

第3章 提案手法

3.1 本研究の学習モデル

既存のマンセル・カラー・システムにおける色の三属性の差の識別を学習の対象として、従来のもので不十分であった効率的な学習を行う学習方法を提案する。以下の図6は本研究で提案するシステムを用いた学習の流れを表したものである。学習セッションが開始すると、プレテスト未受験の場合は学習者モデルを初期化するためのプレテストを開始する。学習者がすでにプレテストを受験済みの場合は、トレーニングを開始する。それぞれに応じて学習者が問題に回答後、後述するオーバーレイモデルを更新し、学習を終了する。

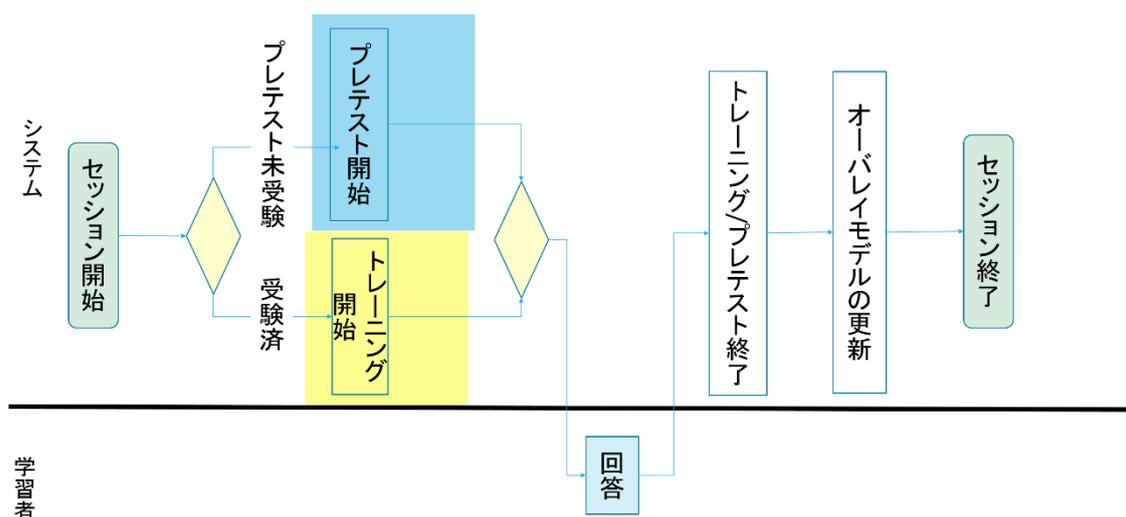


図6 学習セッションの流れ

3.2 スキル学習

足し算や引き算といった、学習対象を記号で表現可能なものを学習するものは形式知学習と呼ばれる。この学習ではトレーニング者が脳内で記号の操作を繰り返し、記憶することによって学習が進む。これに対し絵や音楽、スポーツのような学習対象の記号表現が困難なものを学習するものはスキル学習と呼ばれる。スキル学習では選択と行動を繰り返すことによって学習を進める[10]。表1にスキル学習と形式知学習の学習対象と学習方法の違いを示す。

色認識能力の学習は色そのものを記号で表すことは可能だが、その記号部分の記憶で能力を向上させるものではない。実際にそこに見える色がどんな色であるかということ記号表現することは困難であり、よって、この研究ではスキル学習を行うトレーニングシステムという考え方でシステムを検討する。

スキル学習では知覚認識、認識結果に応じて最適な行動の選択、行動、成果といった4つの相互作用で学習が行われる[10]。色認識にこれを当てはめると順に、対象の色の知覚、知覚した色に応じて調整する要素を決定パラメータの操作、色の表示となる。これらのどこで誤りが発生しているのかを発見し、それを修正することがスキル学習の支援には求められる。

したがってトレーニング者がこのどこで誤りをしているのか、といったことがわかる問題を作成し誤りを発見することでトレーニング者の今後の取り組む問題の方針を決定することができる。ここで色識別において誤りの発生しやすい要素についてまず、2章で挙げた色系統ごとの差という要素があげられる。したがって、赤系統、緑系統、青系統といった色ごとに誤りが発見できるような問題を作成する必要がある。また、ここで識別しなくてはならない要素の色の3属性、色相、明度、彩度についても誤りが起きる部分として特定できなくてはならない。

表1 スキル学習と形式知学習の違い

	学習対象	学習方法
スキル学習	記号表現が困難	大脳と小脳を使って行動と行動の選択を繰り返す
	適した方法が個人の能力に依存する	体を使って練習を繰り返す
形式知学習	記号表現可能	大脳内で記号操作する
	正解を万人で共有可能	大脳内で記号を記憶する

3.3 優先度の高い問題の提供

ヴィゴツキーの発達最近接発達領域[11]によると、学習者が自分一人でできる領域と、教育者側からの手助けがあればできる領域の差になる領域の問題を提示することで、最大限の発達が期待される。したがって効率的な学習のためには学習者に対してその個人にとって必要な問題、すなわち出来る部分と出来ない部分の境界となるような問題を発見し、提供する必要がある。このため学習者のできない、弱点となっている境目の問題を特定し提示するための機能を開発する。

3.3.1 学習者の弱点部分の発見

金子らによって、形式知学習における学習者の不得意分野をシステムが同定し、学習者が次に必要な問題を決定する研究が行われている[12]。このような学習者が得意な部分の学習を減らし、不得意な部分を重点的にトレーニングすることはスキル学習についても有効だと考えられる。

この形式知学習では、図 7 のように学習対象に学習領域の分類区分を設定し、木構造で表している。不正解の結果から探索で詳細な弱点部分を見つけることができる。これは学習領域が包含関係に基づいて階層的に分類できるものを対象としているため可能となっている。

前述したように本研究ではマンセル・カラー・システムにおける色の三属性の差を学習の対象とした。この時、本研究で行う色識別の学習は色系統と三属性の組み合わせから表されるものであり、全体を木構造で表現することは不可能である。したがって色識別能力の学習では弱点部分の発見について異なる方法を提案しなければならない。

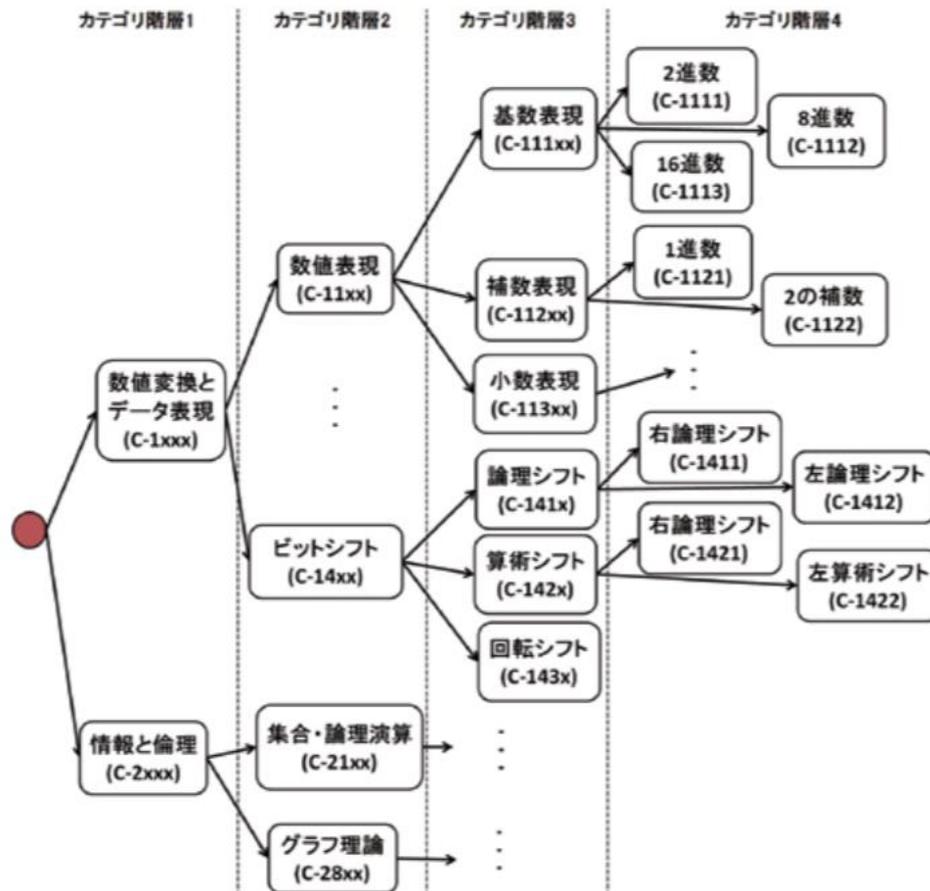


図7 木構造による学習全体の表現

出典：学習者の不得意分野を同定する CAI システム：学習者モデルと教授ロジックの提案

3.3.2 オーバレイモデルを用いた優先度の高い問題の提供

色識別の学習は木構造で表現することが不可能なため、3.3.1で紹介したような手法では弱点となる部分を発見することはできない。これに対し本研究では、以下の図8のように色相、明度、彩度の変化という三属性、赤、緑、青という色の系統、難易度の組み合わせを構成要素とするオーバレイモデルで学習対象全体を表現し、その達成度から優先して学習すべきものを決定する。また、オーバレイモデルとは、学習者の理解状況が進んでいくとともに、最終的に教材全体を表現する構造と学習者の知識が一致するようになるという考えから、学習者の理解状況を教材全体の部分集合として見るモデルである。この理解状況と教材全体の構造を重ね合わせ、これをもとにして学習者に提示する問題を決定する。

本研究では、色の学習において3属性および色系統のいずれかに得意不得意に偏りが生じると仮定してオーバレイモデルを構成した。難易度は今回1、2、3の3段階を用意す

ることで同じ色と属性の組み合わせの場合の回答できないレベルを発見することができることを想定している。これにより、トレーニングでの結果は全てオーバレイモデルに反映され、トレーニング終了ごとに次に提示するトレーニング問題がオーバレイモデルに基づいて決定される。オーバレイモデルにはそれぞれの要素ごとに問題を解いた結果に応じた正答率(%)が入る。その要素の問題を未回答の場合-1が入る。このとき、未回答部分を除いた中で、正答率の低い正答率のものを優先して学習すべき要素と考える。

	R 系統			G 系統			B 系統		
	難易度 1	難易度 2	難易度 3	難易度 1	難易度 2	難易度 3	難易度 1	難易度 2	難易度 3
色相変化	-1	100	-1	-1	66	-1	-1	100	-1
明度変化	-1	66	-1	-1	33	-1	-1	100	-1
彩度変化	-1	100	-1	-1	0	-1	-1	33	-1

図 8 オーバレイモデル

3.4 HVC 識別トレーニング

トレーニングではそれぞれの要素についての問題、20 問 1 セットを 5 分で行う。これはアナログでのトレーニングツールで紹介した「新版 色彩能力テスト」で行うテスト兼トレーニングの時間、5 分を参考に設定している。

同ツールで行う測定の中に能力の測定用の問題群 15 問を回答することを 3 セット繰り返すものがある。ここでの問題群は色相、彩度、明度の 3 要素すべてを含むものである。また 1 問あたりで問われるのは一つの要素のみで、要素が複合したものは無い。この測定自体がトレーニングを兼ねており、これを繰り返すことによって学習者の能力を向上させる。このことから今回行う 1 つの要素のみに着目したトレーニング問題は、前述の 20 問 3 セットに設定した。時間は 1 問当たりの回答時間 15 秒とし、合計 300 秒以内でのトレーニングを行う。

トレーニング問題のイメージを以下の図 9 に示す。図 9 では色相の異なる 2 つの色と回答のボタンを表示している。トレーニング問題では、あらかじめ設定されている色の組み合わせのデータセットに基づいて、画面に 2 つの色が表示される。回答ボタンは「色相」、「彩度」、

「明度」、「同じ」、「わからない」の5種類が表示される。回答は選択式で、学習者はこの中からどの要素の異なっているのかを選択し、ボタンをクリックすることで回答する。ここで「同じ」「わからない」という回答を用意するのは、勘による回答によってオーバーレイモデルが学習者の能力に対して正確に更新されない可能性を減らすためである。

トレーニングで表示される問題は学習者のオーバーレイモデルに基づき、最も達成度の低い部分の問題が優先して表示される。

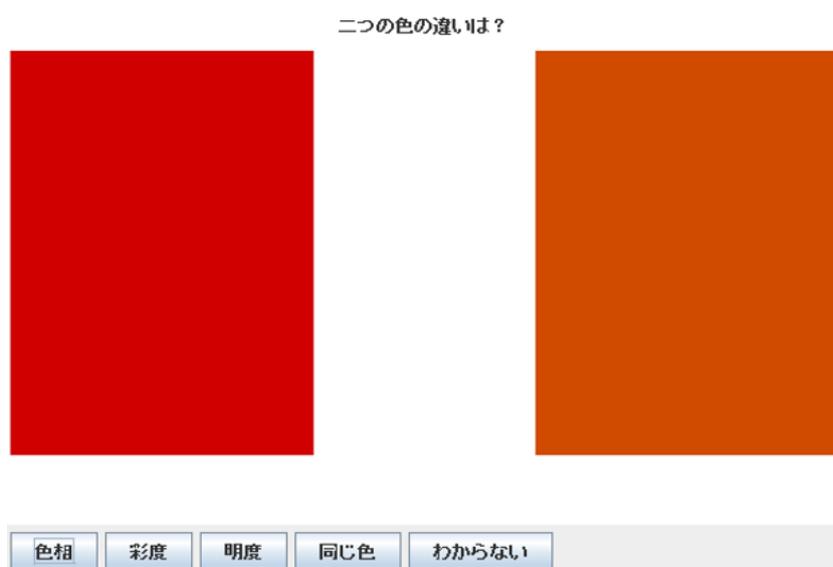


図9 トレーニング問題のイメージ

3.5 プレテスト

最初の学習開始時にはプレテストを行う。ここで行うテストは正確な能力を測る目的のものではなく、このテスト結果に基づいてオーバーレイモデルの初期値を決定し、今後のトレーニング問題の出題に利用するためのものである。したがって、システムを用いた学習に際して長時間のテストが必須になることで時間当たりの学習が非効率になることや、テスト自体がトレーニングになり総当たりの学習と差が無くなるといった問題の起きない、短時間で全体の傾向を見ることが出来るテストを開発する。

プレテストではオーバーレイモデルで用意した難易度 1~3 のうち、すべての要素について難易度 2 のものについてのみ行う。また出題する問題数はそれぞれの要素 1 つにつき 3 問である。ここで問題に正解した場合、正答率に応じてその要素に対してはトレーニングで難易度 3 の問題を提示し、誤答した場合は難易度 1 の問題を提示するといったアプローチを行う。問題は 1 問あたり 15 秒の回答時間とし、計 27 問で 405 秒=6 分 45 秒間のテスト時間を

想定する.

テスト問題の形式はトレーニングと同様である. ある色とそれの色の三属性いずれかが異なっているものの 2 つの色を表示し、これに対して学習者が二つの色の間での違いが何かを答える. 回答は選択式で、学習者は「色相」、「彩度」、「明度」、「同じ」「わからない」の 5 つのうちから回答を選択する. トレーニングと異なりテスト問題に出題される問題のセットは固定であるが、順番を記憶することによる回答等を防ぐため、出題順はランダムである.

第4章 システムの設計

4.1 システム要件

4.1.1 概要

本研究で開発する色識別トレーニングシステムは、学習者が効率的な色識別の学習を行えることを目的とした目的としたプログラムである。オーバーレイモデルを用いて、学習領域全体と学習者の理解状況を表示する。初めての学習開始時に、プレテストを受験することによってオーバーレイモデルの初期状態を決定する。トレーニングでは学習者が問題に回答するごとに学習者のオーバーレイモデルを更新し、これをもとに常に弱点となる部分への問題を優先して提示することで効率的な学習を促す。

4.1.2 対象とする利用者

本トレーニングシステムでは、今までに色識別に関する学習をしたことがなくかつ、先天性の色覚異常によって知覚できない色がない学習者を対象とする。また、ユーザインタフェースが日本語または英語であるため、いずれかを読むことができる学習者が対象となる。

システムを用いて同時に学習できる人数は一名である。ただし、個人ごとのIDを登録することが出来、対応した学習者のデータを保存、呼び出しが可能であるため複数の異なる学習者がシステムを交互に利用することは可能である。

4.1.3 機能

設計する機能は以下である。

(1) 「IDの登録」:

学習者が半角数字と半角英字からなる任意のIDを登録することができ、これを入力することで以前のユーザ毎のオーバーレイモデルを持つ学習データを呼び出すことができる。

(2) 「プレテスト」:

初回に起動した学習者に対して設定した固定の問題をランダムな順番で出題するプレテストを行い、オーバーレイモデルの初期状態を決定する。

(3) 「トレーニング」:

学習者に対してオーバーレイモデルに基づいて最も弱点となる部分のトレーニングを行える問題を提示する.回答後は正誤に応じて学習者のオーバーレイモデルを更新する.

4.3 ユースケース図

本システムのユースケース図を以下の図 10 に示す.学習者名の入力では,学習者が本システムを起動した際に ID の入力を促す.ここで ID の入力を行うと,その ID が未登録の場合は新規登録し,登録してあった場合には過去の学習データを読み込み,最終版の学習データを現在の学習者のオーバーレイモデルに更新する.

学習者に対して初回であればプレテストが開始され,そうでなければトレーニングの開始を選択することで学習を開始する.回答後はオーバーレイモデルが更新され,データベースに記録される

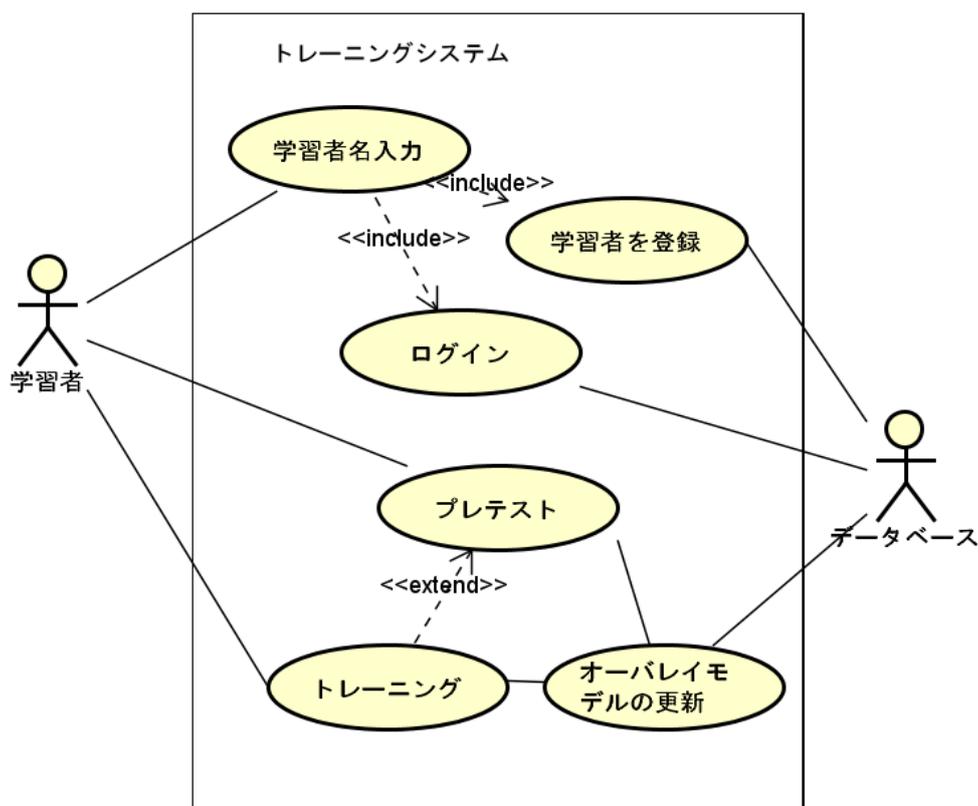


図 10 ユースケース図

4.4 アクティビティ図

本システムを用いての学習の流れのアクティビティ図を次の図 11 に示す。図では学習者とシステムの動きの流れを示している。学習が開始した時、プレテストが未受験であればプレテスト問題を表示する。学習者はこれに回答を行い、終了後オーバーレイモデルを更新する。プレテスト受験済、もしくは受験終了後、システムはオーバーレイモデルに基づいてトレーニング問題の表示をする。学習者がこれに回答し、トレーニングの終了後、オーバーレイモデルを更新し学習を終了する。

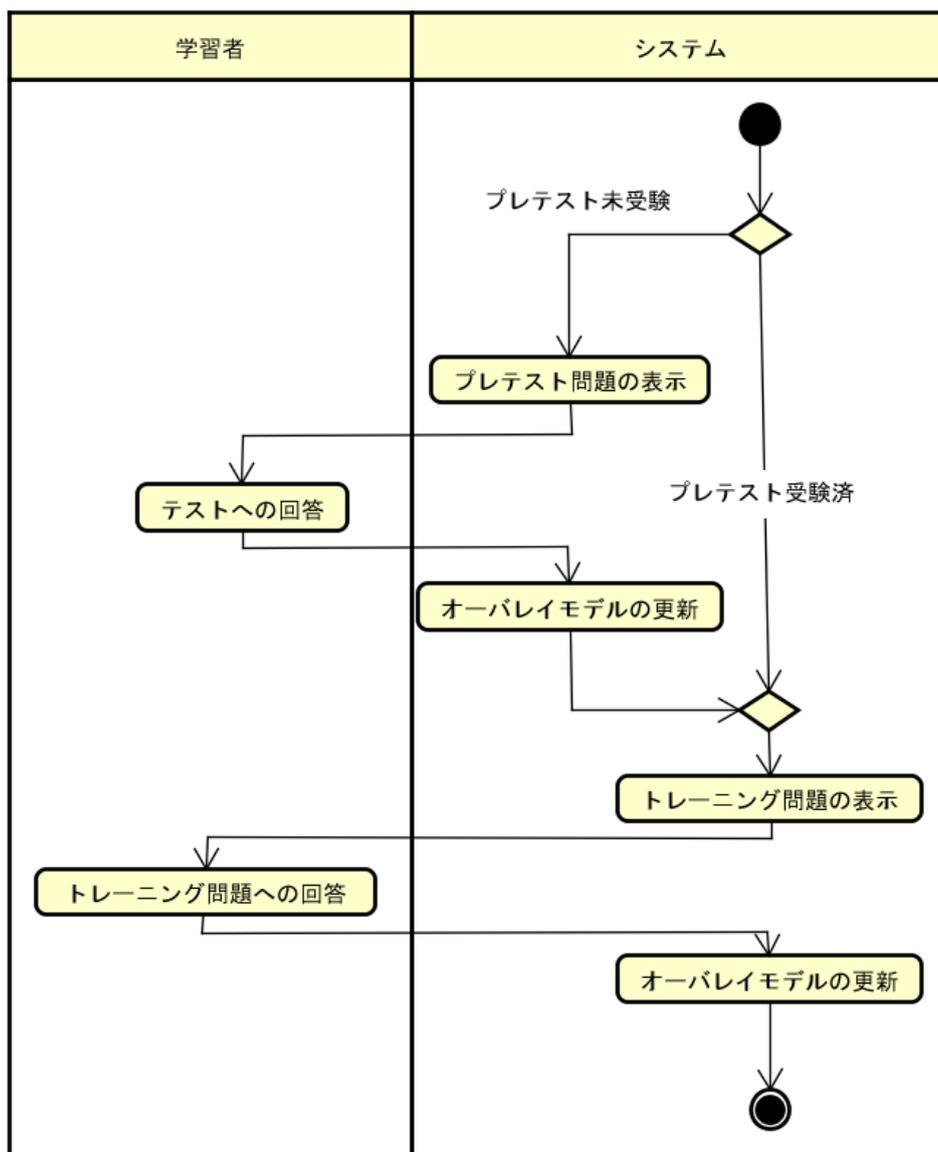


図 11 アクティビティ図

4.5 クラス図

本システムのクラス図の一部を示す

4.5.1 オーバレイモデルクラス

図 12 は、ユーザとオーバレイモデルを表している。これにより、学習者とその現在の学習状況を表すオーバレイモデルを表す。オーバレイモデルクラスは、オーバレイモデルの各要素に対しての正答率を格納する配列を持つ。また加えてそれぞれの要素に対応した最近 5 回の回答の正誤を格納する配列を持つ。この最近 5 回の回答をもとに、その要素の正解率を計算し、オーバレイモデルの中身とする。

ユーザクラスは名前とオーバレイモデルを持つ。学習者 1 人に対して 1 つのオーバレイモデルを持つため、ユーザクラスとオーバレイモデルクラスは 1 対 1 の関係になっている。

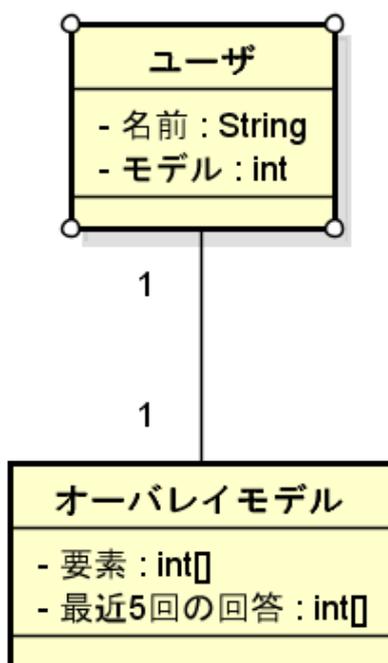


図 12

オーバレイモデルクラスとユーザクラス

4.5.2 問題クラス

図 13 は問題クラスを表している。カラーセットは 2 つの色の組み合わせを持つ。問題はテストかトレーニングかを示す属性の「種類」、難易度を示す「難易度」、問題に使う色の組み

合わせである「内容」、この問題の回答時間を示す「時間」、問題の正解を示す「答え」を持つ。テストセットはこの問題を複数(「問題数」の数)持つ。テストセット ID はこれをもとにして出題する問題を同じテストセット ID を持つ問題群の中から選択していく。

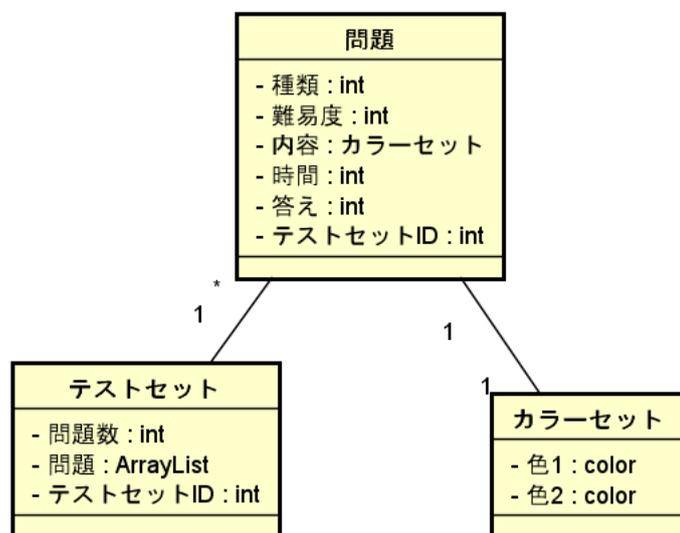


図 13 問題クラス及びカラーセットクラスとテストセットクラス

第5章 プロトタイプの実装

本研究で提案した、色の学習におけるオーバーレイモデルを用いた問題の提供方法の有効性を確認するためのプロトタイプを実装した。今回作成したプロトタイプでは、比較対象となる既存ツールと問題の提示方法以外の差を極力つけないようにするために、学習者の回答結果に応じた問題の難易度変更は行わず、後述するデータセット問題はすべて難易度2のみに設定し、他の問題は出題されないようにした。これによって弱点部分の問題を集中して学習する方法と、既存ツールを用いたすべての問題を解く総当たりの学習方法による差を比較する。

5.1 開発環境及びデータセット

プログラム開発環境には統合開発環境 Eclipse Version: Luna Service Release 1 (4.4.1)Java に Pleiades プラグイン日本語化プラグイン、Pleiades All in One を適用したものを使用した。

また、問題及びテストに使用する問題の色の組み合わせデータを用意した。今回システムを実装した目的は、既存ツールを用いた学習の問題提供方法と比較して、本研究の問題の提供方法の有効性を確認することである。このため使用する色の組み合わせのセットは、問題提供方法以外の部分である問題内容によっての差が発生しないように、比較対象の既存のツールで用いられている色のセット（二色の左右表示順は考慮しない）を再現した 33 組のカラーセットを作成し用いている。（付録2 参照）

5.2 ログイン機能

システムの起動時、以下の図 14 のダイアログが表示される。これに学習者が任意の半角英数字を入力することで ID の登録が行われる。入力した ID がすでに存在していた場合、その登録されている ID のデータの読み込みが行われる。

読み込みが発生する場合、読み込むデータはその学習者の各要素に対する正答率が記録されたオーバーレイモデルと、その各要素に対する最近 5 回の回答の正誤である。

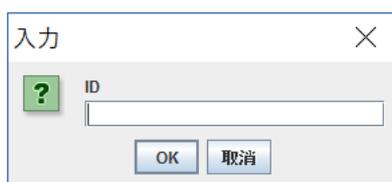


図 14 ID 入力画面

5.3 プレテスト機能

マンセル・カラー・システムにおける色識別のプレテストを行う。プレテスト機能を起動すると、図 15 左のようなダイアログが表示される。表示される色の組み合わせは赤系統、緑系統、青系統のそれぞれに色相差、明度差、彩度差の問題が各一問、計 9 種が用意されている。問題はランダムな順番にすべて 3 回ずつ計 27 問が出題される。

図 15 はテスト画面とその回答後に表示されるダイアログである。ダイアログ内に表示される色対して、二色間の差はいずれの属性であるか下のボタンの中から正解と思うものを選択し、クリックすることで回答を行う。回答後、正解だった場合は図のようなダイアログ、不正解だった場合は図のようなダイアログが表示される。表示によって学習者がわかるのは正誤のみで、どれが正解だったかといった情報を見ることはできない。

すべての回答終了後、回答結果に基づいて学習者のオーバーレイモデルを更新し、学習データを記録してプレテストを終了する。

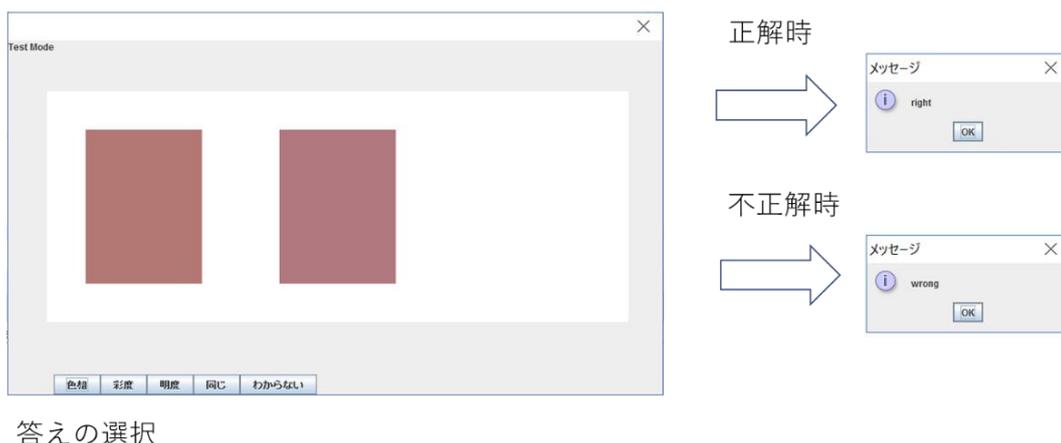


図 15 テスト画面と表示される正誤のみの結果

5.4 トレーニング機能

トレーニング機能を起動すると、ダイアログが表示されトレーニングが開始される。表示される形式はプレテストのものと同様である。ただし、表示される問題は学習者のオーバーレイモデルに基づいて決定される。学習者のオーバーレイモデルの中から最も低い正解率の要素、または同じ正解率であった場合はその中からランダムに要素が選択される。決定した要素の問題群の中からランダムに色のセットを選択し、その色の組み合わせを表示する。また、このとき表示される左右の順はランダムである。

問題の回答方法、及び回答後に表示されるダイアログはプレテストと同様である。回答完

了後、その要素の最近 5 回の回答結果を更新し、(最近 5 回の正解数)/(最近 5 回の回答数)をその要素の正解率としてオーバーレイモデルを更新する。

トレーニングは 20 問で 1 セットとなっており、これの全てに回答が終了したら学習データを記録してトレーニングを終了する。

第 6 章 予備実験

問題の提供方法による学習プロセスと学習結果の差について検証するための予備実験を行った。

6.1 実験目的

提案した手法を用いた場合と、既存ツールを用いた場合の学習での差を考察する。比較する対象として

- ・学習によって見られた「スキルの伸び」
- ・学習者の学習プロセス

を記録し、システムが学習者の能力を把握し、自動で弱点部分を優先してトレーニングする問題を提供することの影響と、この手法を用いてスキル学習を行うことの有用性について考察する。

実験に用いるシステムは、十分点数を取っている要素についてはトレーニング回数を少なくしてよく、減らした分を弱点部の要素のトレーニングに当てることによって、従来のすべての問題を解く総当たりの学習と比較して効率のよい学習ができるという仮定のもと開発されている。また用いるプロトタイプ及び既存実験ツールでは、高い難易度を選択し出ているスキルをさらに高いレベル上げを目的としたトレーニングは今回行わない。したがってここで挙げる「スキルの伸び」は、「ポストテストで出題されるレベルの問題全体を、どれくらいの達成度に行えるか」を指す。

6.2 実験条件

今回行った予備実験では、

(A)既存ツール(デジタル版 HVC 色感トレーニング)を用いた学習

(B)本研究で作成したプロトタイプシステムを用いた学習

の二つのグループで色識別能力の向上を目的としたトレーニングを実施した。

被験者は色の識別能力に関するトレーニングを行ったことがなく、また色覚異常によって色の見分けが困難でない学習者 5 名対象に行った。色覚異常の調査には『先天性色覚異常の方のための色の確認表』(アゼリア出版)を用いたが、全ての被験者で異常は確認されなかった。なお、システムの不具合により 1 名の被験者のデータが正常に取得できなかったため、4 名の被験者の結果について分析した。

ディスプレイ・デバイスが必要となる実験では、すべて同一のノート PC(TOSHIBA dynabook KIRA V73/PS)を用いて行った。

作成したシステムで使用したトレーニング問題のデータセットは、既存ツールで出題される問題と同じ色の組み合わせを全て再現したものを使用した。また、同様に、プレテスト

およびポストテストで使用した色の組み合わせもこれらのデータセット内から選択している

6.3 実験手順

(1)実験目的の説明 【5分】

本実験では、被験者が色識別能力の向上を目的としてトレーニングを行うことが必要である。こうした実験目的の説明を最初に実施した。

(2)先天性色覚異常の検査 【15秒×6 90秒】

『先天性色覚異常の方のための色の確認表』（アゼリア出版）を用いて、被験者に色覚異常が無いかを簡易的に確認した。確認方法は同著内で説明されているものに従い、計6問の問題を1問につき15秒、計90秒のテストを行った実験環境も同様に同著に従い、昼光色蛍光灯下で、問題の表を確認する距離は約50cmとした。

(3)色相、彩度、明度の考え方の説明 【10分】

事前に色に関する知識についての説明を行った。提案した手法及び既存ツールでは、色の3属性を知っていることが前提の学習が行われるものとなっている。このため、テスト及びトレーニング前に、色を構成する要素とは何か、3属性の意味とは何か、についての解説を行った。これらの内容については資料を用意し、被験者がいつでも確認できるようにした。

(4)使用ツールについての説明 【5分】

テストに使用するプログラムの回答方法について説明を行った。

(5)プレテスト 15秒×27問= 405秒 +5分休憩 【11分45秒】

トレーニングを行う前に事前テストを行ったテストは、赤系統、緑系統、青系統、それぞれに色相差、明度差、彩度差からなる3種類の決まった問題のセットがあり、これを各3回ずつ、計27問をランダムな順番に全て出題した。

(6)トレーニング

被験者をランダムに以下の二組に分け、それぞれトレーニングを行った。

・既存ツールを用いたトレーニング 5分×3 +5分休憩 ×3 【60分】

既存ツールであるデジタル版HVC色感トレーニングのHVC判別を用いてトレーニングを行った。既存ツールが提示する問題20問を5分以内で解いてもらう学習を3回行い、計60問をワンセットとした。ワンセット回答後は5分の休憩を行った。これを3回繰り返した。

- ・システムを用いたトレーニング 5分×3 +5分休憩×3 【60分】

本研究で作成したシステムを用いてトレーニングを行った。システムが被験者に提示する問題 20 問を 5 分以内で解いてもらう学習を 3 回行い、計 60 問をワンセットとした。ワンセット回答後は 5 分の休憩を行った。これを 3 回繰り返した。

いずれもデスクトップキャプチャーを用いてのトレーニング中の画面の動画形式の記録とアナログでの問題の解答記録を同時に行い、学習のプロセスを実験後確認できるようにした。

- (7)ポストテスト 15秒×27問 405秒 【6分45秒】

能力の伸びを比較するために、トレーニング後にポストテストを行った。テストに用いるシステム及び、問題のカラーセットは、プレテストで使用したものと同様である。ただし、問題の出題順はランダムであるため、問題の並びは多くの場合にプレテストで出題した順と異なる。

- (8)事後アンケート 【10分】

実験終了後に事後アンケートを行った。質問内容は学習するにあたって用意した問題の難易度等が適切に感じられたかどうかや、使用したツールの機能について感じたことについてである。

6.4 実験結果

まずは、学習によって見られたスキルの伸びについて確認するために、それぞれの被験者の色系統ごとの三属性のプレテスト、ポストテストの結果をまとめたものを図 16~19 に示す。双方の条件でほぼ全ての色系統・属性において向上が見られるが、特にシステムを利用した群ではポストテストが 2 名とも満点となった。

次にトレーニング問題 60 問 1 セットの間に関した色系統・属性ごとの問題の量の結果をまとめたものを図 20~図 22 に示す。既存ツールを用いたトレーニングのグループでは、プレテストの結果に関わらず 60 問の間に決まった量の問題が出題されている。これに対し、システム側では学習者とそのトレーニングをおこなったセットごとに偏りを持ったトレーニングが行われている。また、被験者 D の緑系統の色相、明度のようにプレテストで正解率がよくなかったものに対して多く出題されている場合もあったが、ここで多く出題されている問題は必ずしもプレテストで不正解だった要素とは一致しなかった。

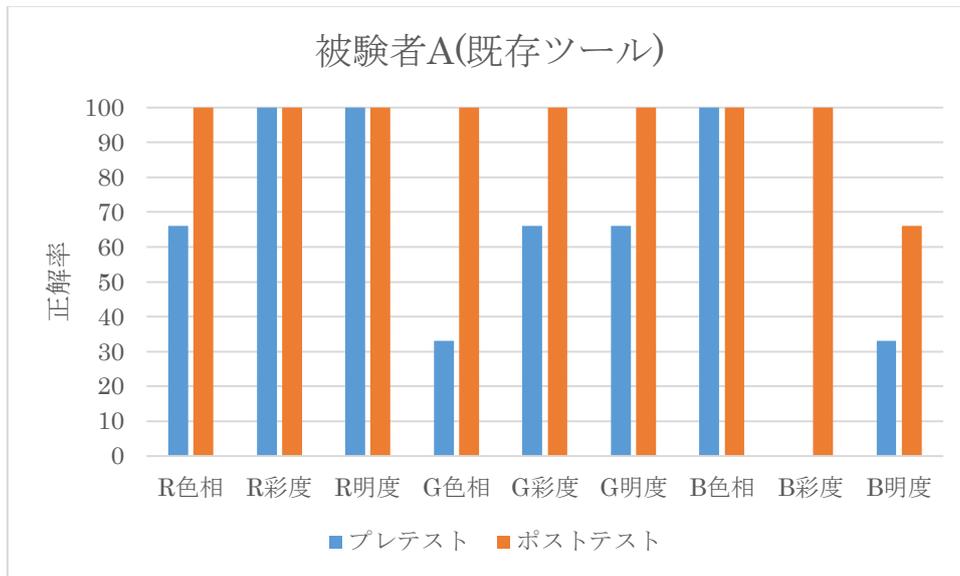


図 16 被験者 A(既存ツール)のプレテストおよびポストテストの結果

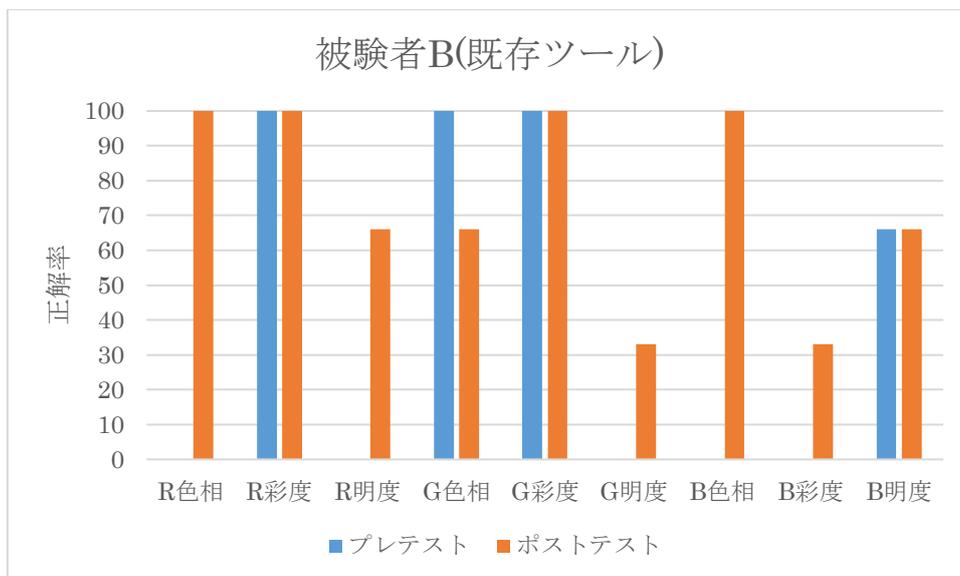


図 17 被験者 B(既存ツール)のプレテストおよびポストテストの結果

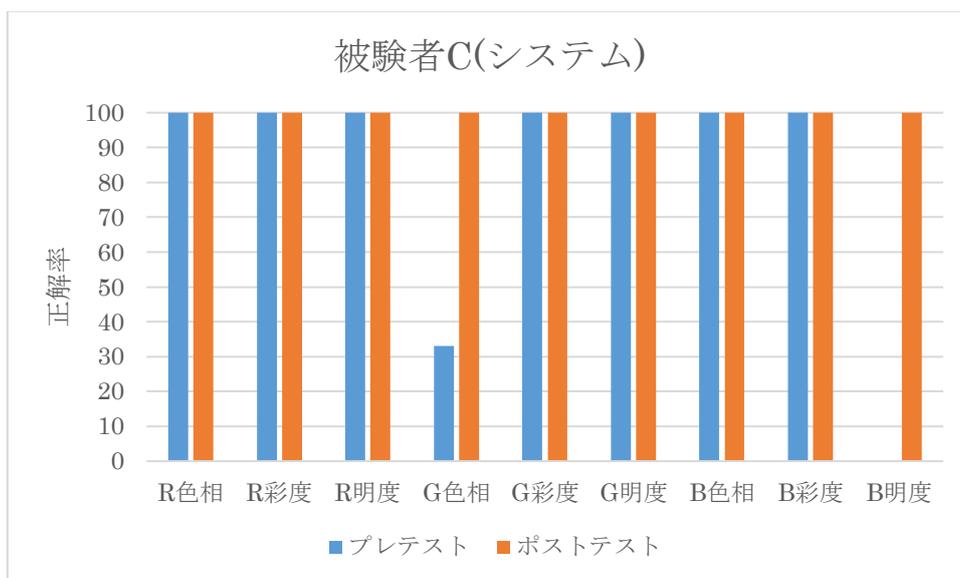


図 18 被験者 C(システム)のプレテストおよびポストテストの結果

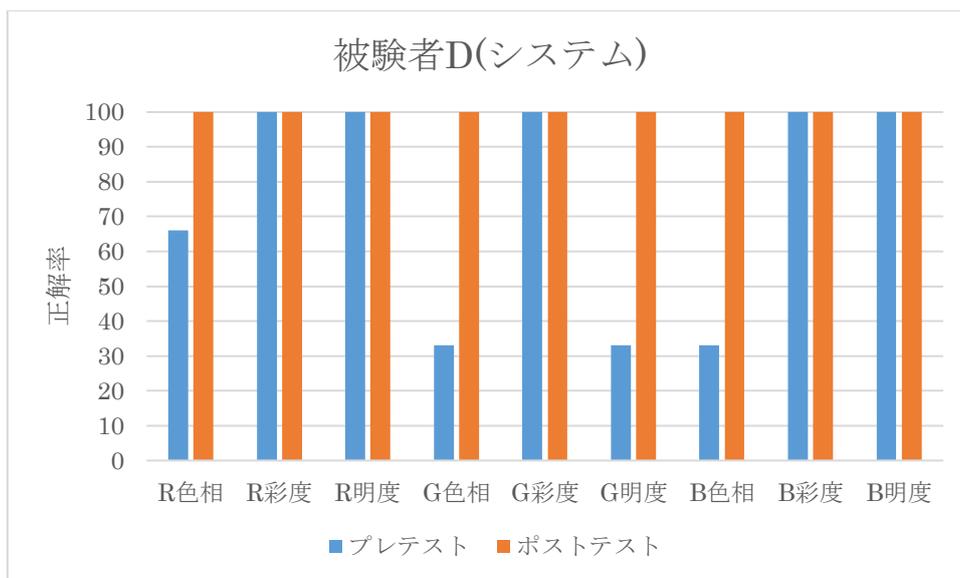


図 19 被験者 D(システム)のプレテストおよびポストテストの結果

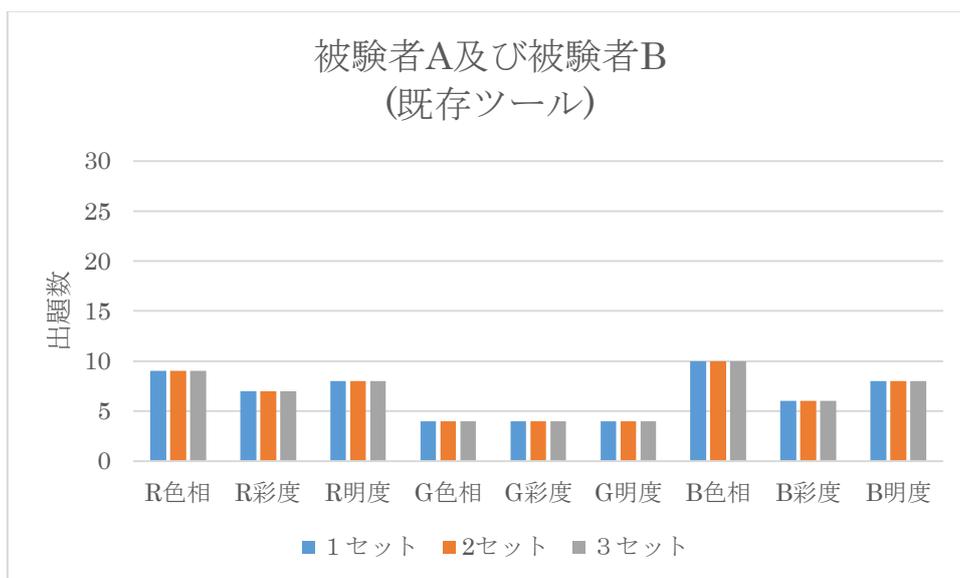


図 20 被験者 A(既存ツール)及び被験者 B(既存ツール)に出題された問題

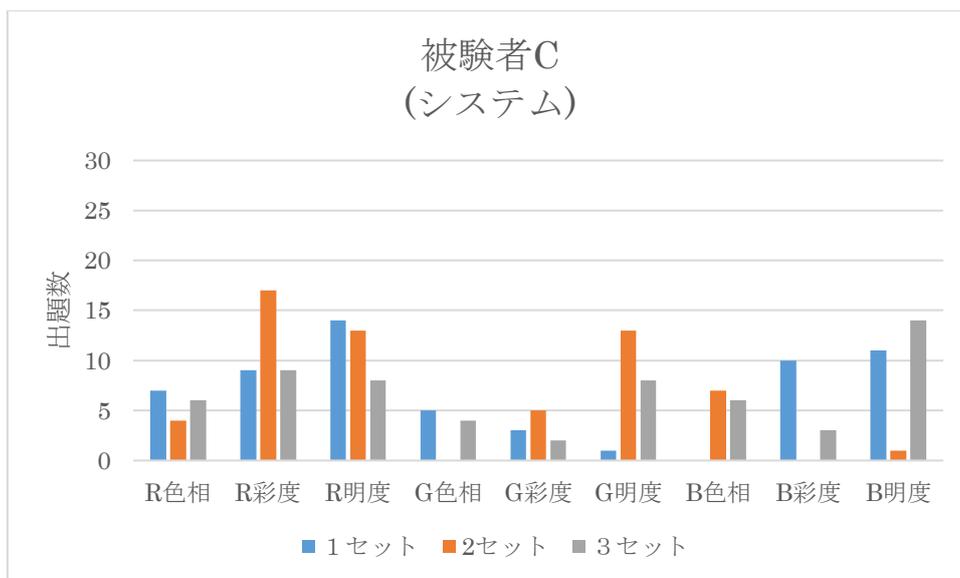


図 21 被験者 C(システム)に出題された問題

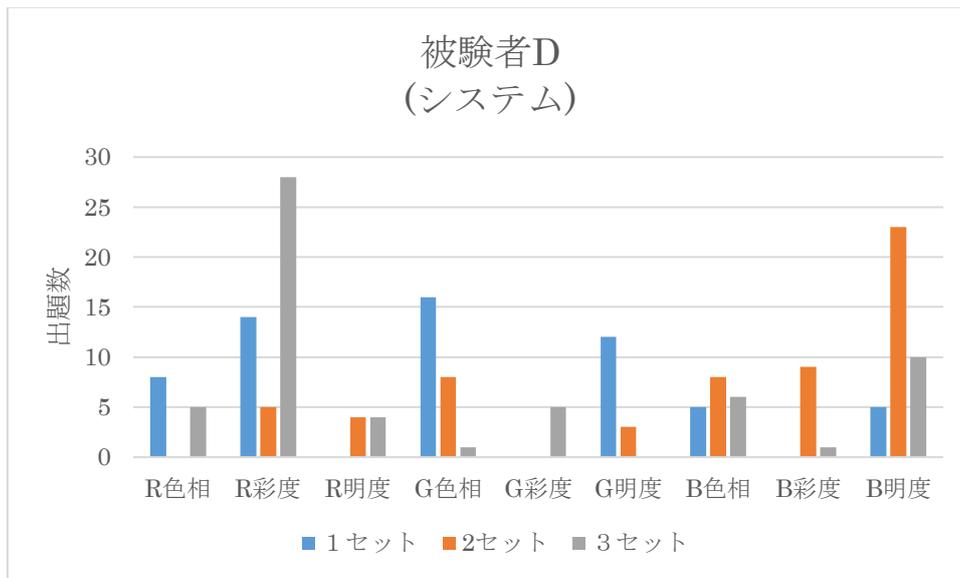


図 22 被験者 D(システム)に出題された問題

6.5 アンケート結果

アンケート結果を表2にまとめる。詳細な質問内容は付録1を参照

図23 事後アンケートの結果

アンケート内容	被験者A	被験者B	被験者C	被験者D
色の三属性(色相、彩度、明度)について知っていましたか				
1:知っていた 2:聞いたことはあった 3:知らなかった	1	2	2	2
聞いたことはあった、もしくは知らなかったと答えた人にお聞きします。				
今回の色の三属性の説明で内容が理解できましたか。				
5:できた 4:どちらかといえばできた 3:どちらでもない		4	5	5
2:どちらかといえばできなかった 1:できなかった				
この実験を通して色識別能力が変化した実感はありましたか				
5:あった 4:どちらかといえばあった 3:どちらでもない	3	1	5	5
2:どちらかといえばなかった 1:なかった				
今回実験に使用したテストについてお聞きします。				
・分量はどうでしたか。				
5:多かった 4:どちらかといえば多かった 3:丁度よかった	3	2	2	3
2:どちらかといえば少なかった 1:少なかった				
問題の難易度はどうでしたか。				
5:難しかった 4:どちらかといえば難しかった 3:丁度よかった	4	5	3	4
2:どちらかといえば簡単だった 1:簡単だった				
問題の難易度はどうでしたか。				
5:難しかった 4:どちらかといえば難しかった 3:丁度よかった	3	4	3	3
2:どちらかといえば簡単だった 1:簡単だった				
今回実験に使用したトレーニングについてお聞きします。				
・トレーニング時間、回数をどう感じましたか				
5:多かった 4:どちらかといえば多かった 3:どちらでもない	5	1	2	3
2:どちらかといえば少なかった 1:少なかった				
問題の難易度はどうでしたか				
5:難しかった 4:どちらかといえば難しかった 3:丁度よかった	4	5	3	4
2:どちらかといえば簡単だった 1:簡単だった				
色識別能力を上げるという目標に対して、適切なトレーニングすることはできましたか。				
5:できた 4:どちらかといえばできた 3:どちらでもない	5	2	4	5
2:どちらかといえばできなかった 1:できなかった				
トレーニングできる問題の種類はどうでしたか。				
5:十分だった 4:どちらかといえば十分だった 3:どちらでもない	2	2	4	4
2:どちらかといえば足りなかった 1:足りなかった				
の中に必要だと思った機能はありますか。				
あれば優先度の高い順に番号を書いてください。	2,1,3	3	2	3
1:学習履歴の記録 2:達成度の記録 3:トレーニングが必要な問題の提示				

6.5 考察

既存ツールを用いたグループ、本システムを用いたグループそれぞれでプレテストからポストテスト間でスコアの上昇が確認されたが、システムを用いたグループでは被験者 C,D ともに満点という高い結果が得られた。この結果から作成したシステムの目標であった、ポストテスト内で高い正解率を目指すということに関しては成果があったといえる。ただし、被験者 C に関してはポストテストの段階から高い正解率であったため、本システムによる効果の影響がどれほどであるか判断が難しい。より正確な評価をするにはプレテストを行った学習者を一旦集め、同程度の正解率であった学習者を 2 つのグループにわけてトレーニングを行うなどの方法をとる必要があると考えられる。

システムを用いたトレーニングではオーバレイモデルをもとに、正解率の低い問題を優先して出題するため、1 度目のセットではプレテストで正解率が低かった問題に対して問題が一定量出題されていた。しかし、その部分の正答率が上がったことで他の要素の問題が出題されるようになるとそちらで学習者の弱点部分を発見し、多くのトレーニングを行うことが見られた。またアンケートの結果から既存ツールを用いてのトレーニンググループからは色識別能力が変化したという実感があまり得られなかったのに対し、システムを用いてのトレーニングでは高い評価を得ることができていた。この結果から、プレテストで正解していた部分をトレーニングすることはあったが、効果的な学習自体は行っていた可能性が高い。プレテストで正解していた問題に対しても多くのトレーニングが発生していたのは、トレーニングで出題した問題の種類がプレテストで出題したものより多く、同じ要素でも問題によっては解けないものがあったこと、またはプレテストの問題だけでは要素ごとの弱点部分を見つけるのに不十分であったことといった可能性が考えられる。

第7章 おわりに

7.1 まとめ

デジタル環境において、既存のツールを用いて色識別能力のトレーニングをすることは十分可能であったが、問題すべてに対する総当たりの学習をしなくてはならず、効率の良い学習を行うという点からは不十分であった。また、学習者自身で自分の能力を把握し、学ぶ問題も自身で選択しなくてはならなかった。学習者にとって、出来ていない部分の把握も学ぶための学習を選択するのも難しく、効率的な学習を行うためには学習者に必要な問題を提示するような存在が必要であった。

この問題をうけて本研究では、色識別能力はスキル学習にあたることを考え、効率的なスキル学習を行うための手法を検討した。スキル学習の支援では、学習者が選択、行動を反復している際に、誤りが起きている部分を特定しその部分を修正することが重要である。これを実現するために、本研究では、色識別の学習における学習要素全体を赤系統、青系統、緑系統といった色要素と色相、彩度、明度といった色の3属性を組み合わせたオーバーレイモデルで表現し、学習者の達成状況と重ねることで不得意部分の特定と不得意部分の要素をもつ問題を提示する方法を考えた。

これに基づいて本研究では、色の識別能力に関するトレーニングを行ったことがなく、また色覚異常によって色の見分けが困難でない学習者を対象にした効率的に色識別能力を向上させるトレーニングシステムを提案した。

また、提案したシステムの設計及びプロトタイプの実装を行い、既存ツールを用いたトレーニングと比較する予備実験を行うことで有効性を調査した。予備実験の結果、既存ツールの総当たりの学習のみを行ったグループに比べ、システムを用いて不正解の問題を重点的にトレーニングする学習を行ったグループはポストテストで高い正解率を示した。また、アンケートの結果から既存ツールを用いたグループでは学習者自身に色識別能力が変化したという実感があまり得られなかったのに対し、システムを用いて学習したグループは能力が変化したという高い実感があったという評価を得ることができた。これら結果のように、実装したシステムは既存のツールに比べて良い結果となる傾向が見られた。

これらの学習を通して色識別能力を獲得することで、色相、彩度、明度といった要素が変化した際にどのような色になるのかといったことが感覚的に分かるようになることが期待される。本研究の最終目標である「ディスプレイ上に作りたい色を再現ができる」ことに対しても、どの要素が変わればどのような変化が起きるか、といったことがわからなくては修正方針を考えることができないため、必要な能力でありトレーニングしなくてはならないものである。

また本研究ではオーバーレイモデルを色識別というスキル学習を効率的に行うことに対し適用させることの有用性を調査したが、色識別以外のスキル学習においても学習領域全体

をオーバレイモデルで表現できれば同様の手法で効果が得られる可能性等も期待される。

7.2 今後の課題

今回開発したシステムで学習できる問題は、2つの色の間にある差が色相、彩度、明度いずれかを答えるものに限られている。デジタル版 HVC カラートレーニングには今回比較に用いた問題の他にも多くの問題タイプがあり、学習者が任意に選択できる。そのため、最終的には複数の問題のタイプを用意し、どういった問題を解けばいいのかといったことまで含めて提示できるようなシステムをつくることを目指したい。

また、本研究でのトレーニングでは色識別能力の向上を確認できたが、最終的な目標である「再現したい色を作る」ということについては、学習者自身にパラメータを操作させて画面上に目標とする色を作らせるようなアプローチ等も検討する必要がある。

今回は既存ツールで用いられているものと条件をそろえるためにマンセル・カラー・システムでのトレーニングを行ったが、デジタル環境ということに重点を置くのであれば HSV モデルのようなデジタル・ペイント・ツールでよく用いられている表色系でのトレーニングを行えるようにするといったことも検討しなくてはならない。

プレテストに用いた問題と、トレーニングで出題される問題の差によって回答率に差が出ないような問題設定を行う必要がある。今回、トレーニングに用いたカラーセットは黄色や紫に近い問題も出題されていたため、そういった色を今回のような色系統の分け方で扱う際にどのようにするのかといったことを検討する必要がある。

今回開発したプロトタイプでは回答率に応じて高いレベルもしくは低いレベルの問題を出す機能は実装しなかった。より正確な学習者が自分で解けないレベルの境界を見つけるためには、これらの機能の追加とその有効性の検証が望まれる。

また、今回は同一のディスプレイ内での色識別トレーニングは行うことができたが、デジタル環境にはディスプレイ毎、またはディスプレイの設定毎に表示される色が異なってしまう場合がある。このため、より広い範囲でこのシステムを正しく扱えるようにするためには、使用できるディスプレイや、その設定方法などの基準を設けなくてはならない。

今回の実施した実験は2時間程度以内の短期のもののみであったため、時間を空けてポストテストを実施することや、トレーニング自体を長期にわたって継続して行うといった実験も行うことで今回提案した手法の有用性を確認したい。

加えて、正確な有用性を確認するには被験者の数を増やすことやテスト問題の見直し等も求められる。

謝辞

本論文を作成するに際して、多くのご指導を頂きました長谷川忍准教授に深謝いたします。また、アドバイスをいただいた長谷川研究室の先輩方や同期の皆様、実験時に被験者を快く引き受けてくださった皆様に深く感謝いたします。

研究業績

口頭発表

1. 大坪 誠, 長谷川 忍

“デジタル環境下での効率的な色識別能力向上支援システムの研究” 教育システム情報学会 (JSiSE) 2016 年度第 4 回研究会 「身体知・経験知に関わる学習支援／一般」 pp13-20,2016.

参考文献

- [1] “総務省 | 平成 28 年版 情報通信白書 | インターネットの普及状況” ,
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h28/html/nc252110.html> ,
2017/02/09 アクセス
- [2] 柏原 剛, 市川 衛, 豊原 正智, 松井 桂三: “絵を描くことを主体とした疑似同期型
CGM サイトの構築” , 情報処理学会研究報告(CD-ROM), 3 号, ROMBUNNO.EC-
17,NO.15 (2010)
- [3] 目黒 光彦, 高橋 千紘, 豊原 小関 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の研究” , 電子情報通信
学会技術研究報告.IE, 画像工学 104(367),pp19-24 (2004)
- [4] 軽部 貴之, 赤澤 智津子: “ディスプレイを用いた明度識別トレーニングツール
の研究” , 日本デザイン学会研究発表大会概要集 58, pp.210-210 (2011)
- [5] “<改訂版>HVC色感トレーニングカード” ,
<http://www.jcri.jp/JCRI/seihin/KYOUZAI/hvc2/hvc2-1.htm> 2016/08/10 アクセス
- [6] “版色彩能力テスター” ,
<http://www.jcri.jp/JCRI/seihin/KYOUZAI/jcat/jcat-1.htm> 2016/08/10 アクセス
- [7] “デジタル版HVCカラートレーニング” ,
<http://www.jcri.jp/JCRI/seihin/KYOUZAI/digital-HVCtr/dhvctr-1.htm>
2016/08/10 アクセス
- [8] “HSV 色空間 : 研究開発 : 日立” ,
http://www.hitachi.co.jp/rd/portal/glossary/en¥_h/hsv¥_irokuukan.html
2016/09/05 アクセス
- [9] John C. Russ : “The IMAGE PROCESSING Handbook Third Edition”, CRC Press,
Boca Raton (1998)

- [10] 曾我真人: “スキルの診断と学習支援”, 第38回教育システム情報学会全国大会 (2013)
- [11] “最近接発達領域 (ZPD) ”,
<http://www.cscd.osaka-u.ac.jp/user/rosaldo/090113ZPD.html>
2017/02/09 アクセス
- [12] 金子 真也, 上之菌 和宏, 橘 知宏, 佐藤 彰紀, 橋立 真理恵, 古宮 誠一: “学習者の不得意分野を同定する CAI システム : 学習者モデルと教授ロジックの提案”, 電子情報通信学会技術研究報告. KBSE, 知能ソフトウェア工学 108(384), pp.25-30 (2009)

付録

付録 1 : 事後アンケート

付録 2 : プロトタイプに使用したカラーセット

付録 3 : 色の 3 属性に関する資料

付録 4 : 実験協力許諾書

付録：1

実験後アンケート

2月7日 北陸先端科学技術大学院大学 長谷川研究室 大坪誠

○今回の実験で説明した色の三属性(色相、彩度、明度)について知っていましたか

1:知っていた 2:聞いたことはあった 3:知らなかった

○聞いたことはあった、もしくは知らなかったと答えた人にお聞きします.今回の色の三属性の説明で内容が理解できましたか.

5:できた 4:どちらかといえばできた 3:どちらでもない
2:どちらかといえばできなかった 1:できなかった

○この実験を通して色識別能力が変化した実感はありましたか

5:あった 4:どちらかといえばあった 3:どちらでもない
2:どちらかといえばなかった 1:なかった

○今回実験に使用したテストについてお聞きします.

・分量はどうでしたか.

5:多かった 4:どちらかといえば多かった 3:丁度よかった
2:どちらかといえば少なかった 1:少なかった

・問題の難易度はどうでしたか.

5:難しかった 4:どちらかといえば難しかった 3:丁度よかった
2:どちらかといえば簡単だった 1:簡単だった

・問題の種類(色相、彩度、明度)はどうでしたか.

5:多かった 4:どちらかといえば多かった 3:どちらでもない
2:どちらかといえば少なかった 1:少なかった

○今回実験に使用したトレーニングについてお聞きします。

・トレーニング時間、回数をどう感じましたか

5:多かった 4:どちらかといえば多かった 3:どちらでもない
2:どちらかといえば少なかった 1:少なかった

・問題の難易度はどうでしたか

5:難しかった 4:どちらかといえば難しかった 3:丁度よかった
2:どちらかといえば簡単だった 1:簡単だった

・色識別能力を上げるという目標に対して、適切なトレーニングすることはできましたか。
理由も含めてお答えください。

5:できた 4:どちらかといえばできた 3:どちらでもない
2:どちらかといえばできなかった 1:できなかった

理由:

・トレーニングできる問題の種類はどうでしたか.2または1と回答した方は何が足りないと感じたかも含めてお答えください。

5:十分だった 4:どちらかといえば十分だった 3:どちらでもない
2:どちらかといえば足りなかった 1:足りなかった

何が足りないと感じたか:

・この中に必要だと思った機能はありますか。

あれば優先度の高い順に番号を書いてください。

1:学習履歴の記録 2:達成度の記録 3:トレーニングが必要な問題の提示

・他にどういった機能があればいいと思いましたか。

○その他感想があれば教えてください

ご協力ありがとうございました。

付録：2

資料：プロトタイプで使用した表示する2色の組み合わせ

表記は RGB 色空間で (R G B)

○色相差

赤系統

・(180 120 116) (178 120 128)

・(180 121 101) (180 120 116)

・(155 134 60) (142 138 59)

・(155 134 60) (167 129 71)

緑系統

(70 147 129) (80 147 118)

(101 145 96) (80 147 118)

青系統

(102 138 174) (79 142 170)

(126 133 174) (102 138 174)

(151 127 166) (136 131 173)

(151 127 166) (164 123 154)

○明度差

赤系統

- (180 120 116) (193 132 128)
- (180 107 103) (180 120 116)
- (180 120 116) (168 167 103)
- (155 134 60) (142 121 49)
- (155 134 60) (168 146 72)

緑系統

- (80 147 118) (64 135 106)
- (80 147 118) (92 160 129)

青系統

- (115 151 186) (102 138 174)
- (102 138 174) (89 126 162)
- (84 139 186) (102 138 174)
- (151 127 166) (163 139 178)
- (139 114 154) (151 127 166)

○彩度差

赤系統

- (167 125 123) (180 120 116)
- (180 120 116) (193 113 109)
- (180 120 116) (167 125 123)
- (155 134 60) (159 133 18)
- (150 134 88) (155 134 60)

緑系統

- (80 147 118) (34 151 113)
- (80 147 118) (102 144 123)

青系統

- (84 139 186) (102 138 174)
- (102 138 174) (116 137 160)
- (151 127 166) (156 123 175)
- (151 127 166) (146 130 155)

付録：3

資料

○色の三属性について

色相 (hue) :

色の種類を表す尺度のこと.

これが変化することで赤、青、緑といったような色合いの違いを表す.

色相変化の例



彩度 (Chroma)

色の鮮やかさを表す尺度のこと.

彩度が下がるほど無彩色(黒と白からだけ作られる色味のない色)に近づいていく

彩度変化の例



明度 (value)

色の明るさを表す尺度のこと.

高いほど明るい色になる.

明度変化の例(無彩色)



付録：4

実験協力許諾書

研究課題名：デジタル環境下での効率的な色識別能力向上支援システムの研究

実施責任者：北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 長谷川研究室 大坪誠

実験期間：2017年2月4日、5日、7日、8日のいずれか1日

拘束時間：2時間

実験内容：色の色相、明度、彩度の識別に関するテストとトレーニング

詳細

- (1)プレテスト：先天的色覚異常の確認、使用ツールの説明および事前知識の解説後、こちらの作成したプログラムを用いて色識別に関するテスト(計27問)をしていただきます。
- (2)トレーニング：こちらの指示するツールを用いて色識別のトレーニング(計180問)をしていただきます。その際トレーニング中の画面の記録および解いた問題数のカウントをさせていただきます。
- (3)ポストテスト：こちらの作成したプログラムを用いて色識別に関するテスト(計27問)をしていただきます。

謝礼：2時間分

収録したデータは本研究にかかわる目的以外には使用せず、いかなる場合にも被験者の個人情報が外部に出ることはありません。研究成果を論文または口頭発表としてまとめる場合には、被験者名はすべて特定のできないよう匿名表記にし、使用します。

以上

2017年2月

名前 _____