

タブレット端末を用いた パネル D-15 テストおよび SPP1 による色覚検査の自動化

杉本孝太[†] 佐伯昌造[†] 佐々木隆志[‡] 川原稔[‡]

愛媛大学大学院理工学研究科[†] 愛媛大学総合情報メディアセンター[‡]

1. はじめに

日本における先天性色覚異常者の割合は男性の約 5%、女性の約 0.2%といわれている。しかし、色覚検査の任意化に伴い、自身の色覚異常に気付かない世代が増えている。これにより、進学や就職に影響があることが報告されている[1]。

色覚検査の一つであるパネル D-15 テストは、15 色のキャップを色相順に配列させるものである。キャップの並びから色覚異常の程度を判断できる。

その他に、標準色覚検査表 第 1 部 (SPP1) を用いた色覚検査がある。デモ表、検出表、分類表がそれぞれ 4 表、10 表、5 表の合計 19 表で構成される[2]。SPP1 は、色覚異常の分類において優れていることが報告されている[3]。

パネル D-15 テストや SPP1 を用いた色覚検査は、簡便であり数分で終了する。しかし、検査器が印刷物であるため、表面の変退色が検査に影響する。さらに、照明環境によって色が影響を受けるため、設備が整っている施設に赴く必要がある[4]。以上のことから、現在行われている色覚検査は、検査を行うにあたり決してハードルが低いとは言えない。

よって本研究では、色覚検査をより簡便で正確に実施できるシステムの開発を目的とする。

2. 提案手法

本研究では、タブレット端末を用いたパネル D-15 テストおよび SPP1 による色覚検査の自動化手法を提案する。そのフローを図 1 に示す。

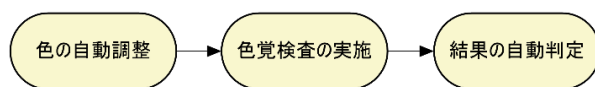


図 1: 自動化のフロー

2.1. 色の自動調整

タブレット端末のディスプレイには輝度や色の

Automated color vision testing with the panel D-15 test and SPP1 using a tablet device

[†]Kohta Sugimoto, Shozoh Saeki, Ehime University Graduate School of Science and Engineering

[‡]Minoru Kawahara, Takashi Sasaki, Center for Information Technology, Ehime university

不均一性が存在するので、正確な色を表現するためには色の調整が必要である[4]。本研究で作成した分光光度計を図 2 に示す。

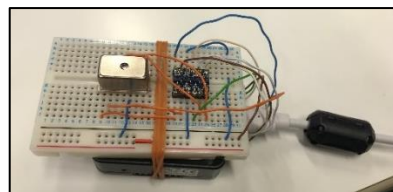


図 2: 作成した分光光度計

図 2 の分光光度計は光スペクトルを計測し、タブレット端末に即時送信する。スペクトルを受け取ったタブレット端末は、 $L^*a^*b^*$ 色空間において色差が $\Delta E_{ab^*} \leq 0.5$ になるように色を自動調整する。ただし、同一ディスプレイ上でも色の不均一性があるため、パネル D-15 テストでは色を表示する 16 か所で、SPP1 では色を表示する 4 隅で調整する。これにより、どの端末でも正確な色を表現可能になる。

2.2. 色覚検査の実施

パネル D-15 テストと SPP1 の画面は図 3 のように実装した。パネル D-15 テスト (図 3 左) では、一番左側の色票を固定して、被験者にその他の色を入れ替えるように指示する。SPP1 (図 3 右) では、左右に別々の数字を描画してより見えやすい数字を回答するように指示する。ただし、左右両方の数字が見えない場合もあるため、「数字なし」という選択肢も用意する。

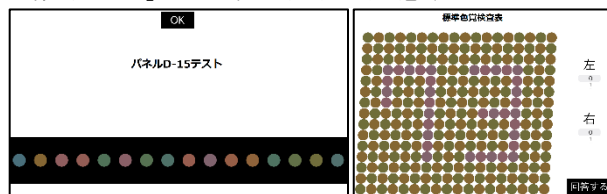


図 3: タブレット端末上での色覚検査の実装

2.3. 結果の自動判定

自動判定手法として、パネル D-15 テストでは Vingrys らが提案している指標[5]を用いる。これは異常の型を特定する Angle、色損失の程度を表す C-index、色票配置の特異性を数値で表す S-index という指標で色覚異常を評価する。検出に

においては、C-index もしくは S-index が 2.0 以上のときに色覚異常の疑いがあると判定する。分類においては、Angle の値が $0\sim 17^\circ$ のとき 1 型、 $-20\sim 0^\circ$ のとき 2 型、 $-90\sim -60^\circ$ のとき 3 型、それ以外は不明もしくは後天性の色覚異常であると判定する。

SPP1 では田辺らが提案している基準[2]を用いる。検出においては、検出表の 10 表中 7 表以上を間違えたときに色覚異常の疑いがあると判定する。分類においては、分類表の 5 表中多い回答をしたほうとする。

3. 対人実験

色の調整をあらかじめ行い、図 3 の画面で色覚検査の対人実験を実施する。色覚検査で使用するのは暗い色なので、タブレット端末の明るさを 30%にした状態で色調整する。

被験者は愛媛大学の学生を中心とした、20～24 歳（平均 21.71 歳，標準偏差 1.015）の 17 名（男性：13 名，女性：4 名）である。計測は iPad を 2 台使用して、800 lx 程度の照明下と 0～3 lx 程度の疑似暗室下で計測する。明順応状態を確保するため、60 cd/m²程度の白色を 30 秒提示した後に検査する。検査は各 iPad，照明条件に対して 2 回ずつ，合計 8 回行う。さらに，色覚異常に関するアンケートも実施する。

4. 結果・考察

どちらかの検査で 8 回中 1 回でも色覚異常と判定された被験者は 2 名いた（それぞれ被験者 A，被験者 B とする）。被験者 A，被験者 B におけるパネル D-15 テストの一部結果とその指標をそれぞれ図 4，表 1 に示す。さらに，SPP1 の一部結果を表 2 に示す。図 4，表 1，2 に示したのは，照明下における 1 回目の結果である。

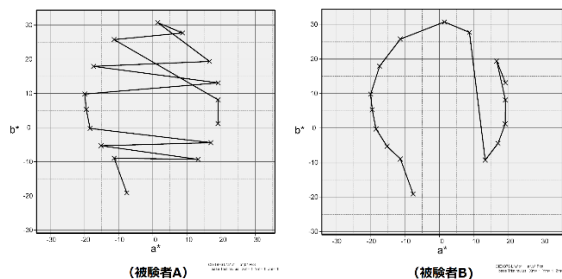


図 4：被験者 A，B のパネル D-15 テスト一部結果

表 1：被験者 A，B のパネル D-15 テスト指標

	S-index	C-index	Angle
被験者 A	3.641	3.562	-11.483
被験者 B	2.635	1.789	72.467

表 2：被験者 A，B の SPP1 一部結果

	正常	異常	1 型	2 型	3 型
被験者 A	4	10	0	5	0
被験者 B	13	1	2	3	0

被験者 A の図 4 は 2 型 2 色覚者の典型的な結果である。表 1 のパネル D-15 指標においても，2 型色覚者であると判定された。さらに，表 2 の SPP1 においても 2 型 2 色覚者の典型的な結果になっていた。アンケートでは，被験者 A が自身の色覚異常を自覚していることも確認できた。よって，被験者 A は 2 型 2 色覚者であると考えられる。

被験者 B の図 4 は 3 型 3 色覚者の典型的な結果である。表 1 のパネル D-15 指標においても，後天的色覚異常の傾向がみられた（[5]参照）。ただ，表 2 の SPP1 においては，色覚正常者の結果であった。これは，SPP1 が 1 型，2 型色覚の検出・分類を目的としたものであるため，3 型色覚は検出できなかったためと考えられる。

各照明条件の結果を比較した結果，照明下と暗室下の結果に大きな差は見られなかった。このことから，照明の有無にかかわらず色覚検査が実施できたと考えられる。

5. まとめ

本研究では，色覚検査の自動化手法を提案した。色の自動調整から結果の自動判定までをタブレット端末に実装できれば，より手軽に色覚検査ができるようになる。提案したシステムを 17 名で実験した結果，2 名の色覚異常者を検出できた。うち一人は色覚異常の自覚があることも確認した。さらに，照明条件を変更しても検査結果には影響しなかった。

これらのことから，照明に影響されず，タブレット端末上で正確な色覚検査を行うことができたと考えられる。

参考文献

[1]柳田多聞：学校検診における色覚検査廃止に関する諸問題，県立長崎シーボルト大学国際情報学部紀要/国際情報学部紀要委員会 編，Vol. 3，pp.191-196（2002）。

[2]田辺詔子，深見嘉一郎，市川宏，川上元郎：新しい色覚検査表（標準色覚検査表）について，日本色彩学会誌，Vol. 3，No. 3，pp. 84-95（1979）。

[3]秋山真紀，石黒進，田辺詔子，深見嘉一郎：仮性同色表（分類表）の評価，日本視能訓練士協会誌，Vol. 25，pp.229-232（1997）。

[4]Long To, Russell L. Woods, Robert B. and Goldstein Eli Peli. : Psychophysical contrast calibration, Vision Research, Vol.90, pp.15-24（2013）。

[5]Vingrys, Algis J. and P. Ewen King-Smith. : A quantitative scoring technique for panel tests of color vision, Investigative ophthalmology & visual science, Vol. 29, No. 1, pp.50-63（1988）。