

研究論文

高齢者のためのタッチパネル操作におけるカラーキャリブレーション手法

堀 井 千 夏

A Color Calibration Method of Portable Tablet Players for Persons of Advanced Age

Chinatsu HORII

【要 約】音楽や映画産業におけるコンテンツ制作のデジタル化が進み、従来のパッケージ販売からインターネットを介した配信販売へとビジネスモデルが変わってきた。こうしたコンテンツの流通方式の変化により容易にデジタル化されたコンテンツを入手し、何時でも何処でも音楽や映像を楽しむことが可能となった。これに伴って開発された携帯型の再生機器は購入者層を若者としたものが一般的であり、再生機器でコンテンツを利用するにはPCが欠かせないことも相俟って高齢者にとっては非常に使い難いものとなっている。しかし、少子高齢化社会を考えると、今後は販売層を拡大するために若者だけでなく高齢者も対象とした新たなサービスや機器の開発が求められることになる。本研究ではこうした背景に基づいて携帯型の再生機器の使いやすさを向上させることを目的とし、操作画面のタッチパネルについて高齢者の色に対する特性に焦点を当てて加齢に応じたキャリブレーションを行う手法について述べる。

1. はじめに

近年、音楽や映画産業におけるコンテンツ制作のデジタル化が進み、従来のパッケージ販売からインターネットを介した配信販売へとビジネスモデルが変わってきた。我々は、このようなデジタルコンテンツの流通により容易にデジタル化されたコンテンツを入手し、何時でも何処でも音楽や映像を楽しむことが可能となった。このデジタルコンテンツの配信について音楽業界を例にすると、図1に示すような2011年度音楽メディアユーザー実態調査報告書（12～69歳男女4,960人にアンケート調査）[1]では、CD購入およびインターネットを介した有料音楽配信購入の割合がCD購入率34.9%、音楽配信購入率10.7%といった結果となった。これは、前年度（2010年）に比べてCDが1.2%、音楽配信は1.4%の増加である。音楽業界ではまだカセットテープやCDといったパッケージ商品の販売が主力ではあるが、音楽配信サービスの需要が高まるにつれて、企業が力を注ぐ先はパッケージ販売に続いてデジタル配信販売となっている。

こうした背景には、我々が従来のように家族や友人と時間を共有するなかで音楽や映画を楽しむといった行動スタイルから、空き時間や移動時間を活用しながら個人が所有する携帯型の再生機器で手軽にコンテンツを楽しむといったスタイルへと変わってきたことが挙げられる。また、図2に示すように屋外だけでなく屋内であっても携帯型の再生機器を使用する傾向も強くなっている。このような点から、企業にとっては配信販売に比較的大きな需要を見込むことができ、人気商品を中心とした速いサイクルで製品やコンテンツの販売が可能となっている。

この一方で、これらの再生機器は流行に敏感な若者を主な購入者層と定めた製品が多く、高齢者に対する配慮は殆どみられない。図3に示した2011年度の音楽販売における年代別推定マーケットシェアに関する調査結果によると、中学生から3、40代がマーケットの中心である。この点から購入者層を若者に絞り込んで製品を開発することは企業として妥当だといえるが、少子高齢化が加速する現状を考えると、マーケットの2～3割を占める高齢者の存在を決して無視することはできない。

高齢者の特徴には、図4に示すように年代が高齢になるに従って携帯型の再生機器を使用しないという傾向がある。高齢者の殆どは音楽を聴く環境としてカセットデッキやCDラジカセのような従来の商品を好んで使用し、新サービスや新商品には手を出さない。この原因の1つには、携帯型の再生機器で一般に採用されているタッチパネルの操作が高齢者には非常に扱い難いことが考えられる[10]。また、高齢者にとっての使いやすさには、加齢のレベルによって個人差が生じるとされるが、この点についてこれまでの再生機器では十分な検討が行われていない。今後の販売層拡大やパッケージ世代の需要を考えると、配信方式への対応が困難な高齢者に向けたサービスの拡充や機器の開発は避けられない。本研究ではこうした状況に対する1つの解決法として、既存の再生機器におけるタッチパネル画面の色使いに焦点を当て、高齢者の特性に応じた色変換を用いることで高齢者の操作性を向上させるキャリブレーション手法を提案する。

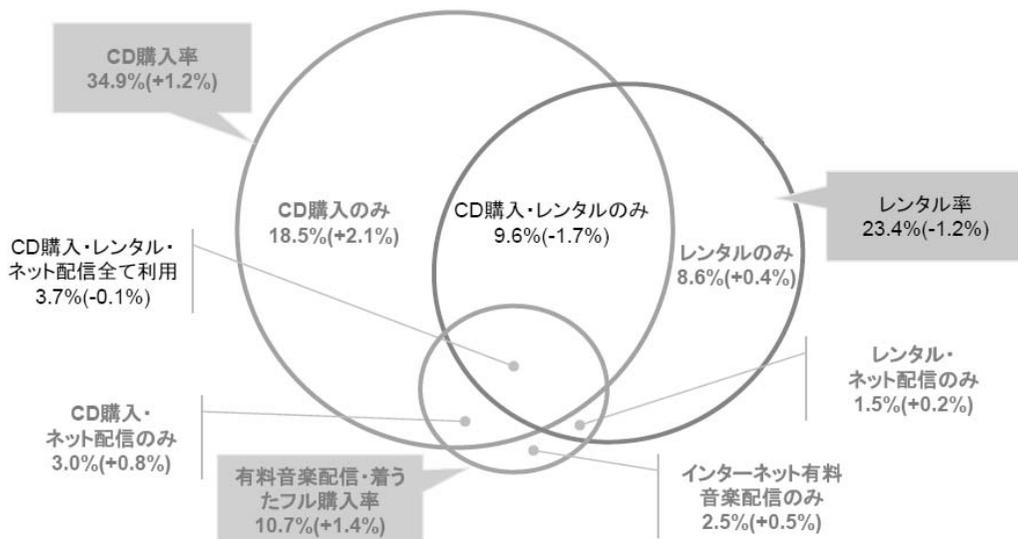


図1：CD購入、レンタル利用、インターネット有料音楽配信購入の割合
(12～69歳男女 4,960人にアンケート調査)
出所) 2011年度音楽メディアユーザー実態調査報告書

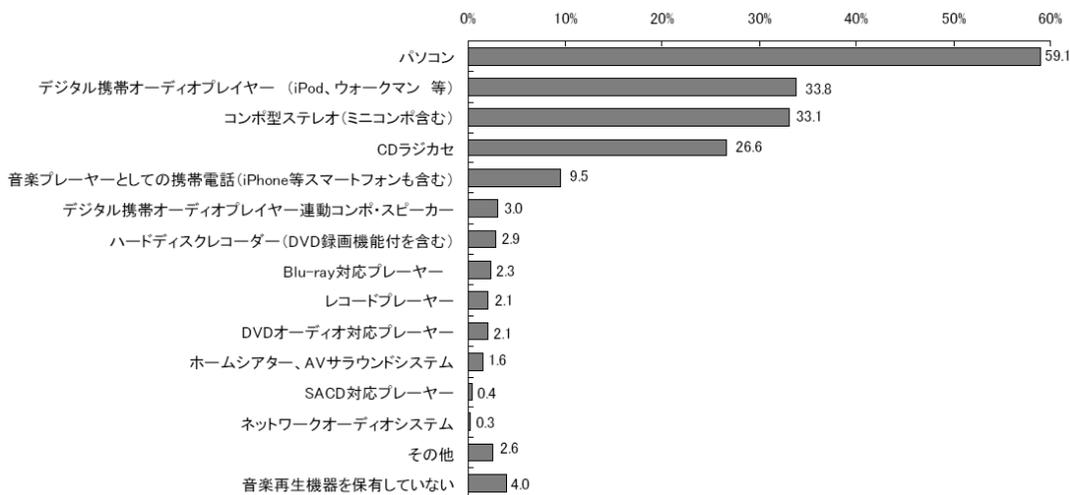


図2：普段、屋内で使用する機器 (12～69歳男女 4,960人にアンケート調査)
(Q.あなたが普段、家の中で音楽を聴く際に使っている機器はどれですか。)
出所) 2011年度音楽メディアユーザー実態調査報告書

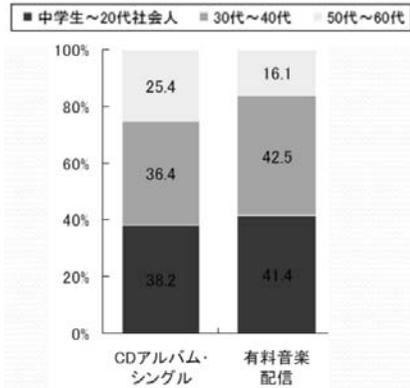


図3: 年代別推定マーケットシェア

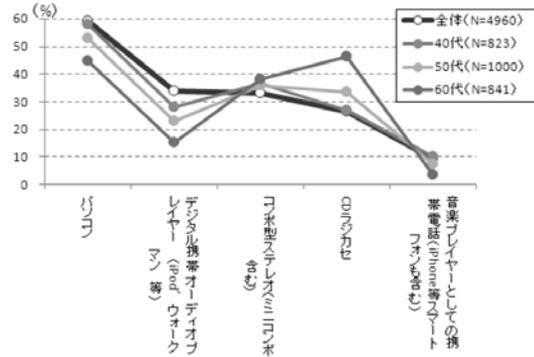


図4: 高齢者が普段使用する音楽機器

出所) 2011年度音楽メディアユーザー実態調査報告書 (図3・図4)

2. タッチパネル操作に対する高齢者の特性

駅の自動発券機、銀行や郵便局のATMなど我々が生活基盤として利用する施設の多くは、タッチパネルを端末の操作画面として採用している。これは高齢者や障害者を含めた多くの人が特別に学習することなく容易に操作できることが理由とされている[5]。同様の理由から高齢者が音楽や映像を閲覧するために所有する再生機器においてもタッチパネルは有効な操作画面だといえるが、この場合、公共施設のような共有端末とは異なり娯楽としての楽しさやデザイン性が求められるため、高齢者の加齢レベルに応じた操作性を追求する必要がある。

一般的に高齢者は、識別能力の低下により色やかたちの見えを適切に判断できないことや、運動機能の低下から反応が鈍くなる点が挙げられる[7,11]。図5は刺激に対する反応の加齢変化を示しており、5択、2択、1択による反応時間の測定結果から単純な選択であっても高齢者は若者層に比べて大きく反応が鈍くなっていることが分かる[8]。また、図6は等明度・等彩度の状態で色相だけを100段階変化させた色を色相順に並べた「100色相テスト」における誤差を年齢別に示したものであり、運動能力と同様に加齢と共に色相の違いを判断できなくなっていることが確認できる[9]。こうした症状は20才代をピークに年齢と共に現れるとされるが、色やかたちの見難さと反応速度や正確さは関連していることから、高齢者が持つ特性を詳細に測り知ることは容易ではない。このため、高齢者の傾向を取り入れたタッチパネル操作に関する研究では、高齢者の傾向を一括りにして扱い、あらかじめ文字の色や大きさについて検討した結果を用いてタッチパネルの設計を行う場合が多い[5,10]。しかし、加齢といってもその症状は一律でないため、個々の特性に応じた設計をしなければ逆に使い難さに繋がってしまう可能性がある。高齢者を対象とした場合、個人使用の再生機器には個々の特性に対応させたタッチパネルの設計が操作性の向上に繋がることから、本研究では簡単なパラメータの入力設定で個々の加齢レベルの状態を把握し、この特性についてキャリブレーションを行っていく。ただし、本研究では市販されている再生機器に見られるような操作画面の構成要素については簡略

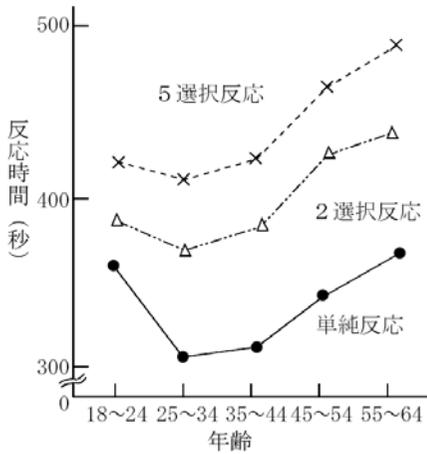


図 5：加齢と選択反応時間

出所) 長町三生「企業と高齢化社会—生涯的職務設計のすすめ」日本能率協会

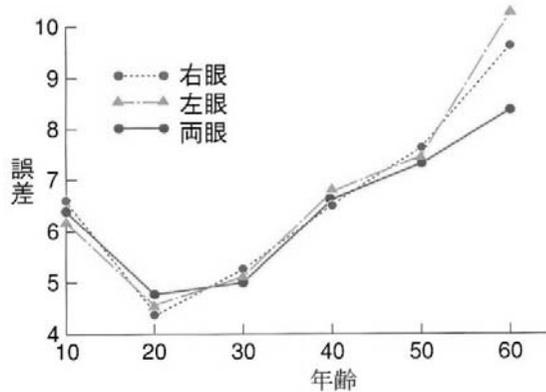


図 6：100 色相テストの年齢別誤差

出所) 日本色彩学会(編)「新編色彩科学ハンドブック第2版」東京大学出版会

化して扱うものとし、また、高齢者の使いやすさには見やすさの影響が最も大きいと考えて、操作画面の全体の色に対するメニュー項目等の色使いに焦点を当てて高齢者の見やすさについて述べていく。

3. 高齢者の使いやすさに対するカラーキャリブレーション法

加齢により生じる高齢者の大きな症状は、先に述べた通り識別能力と運動能力の低下である。識別能力が低下する要因としては、水晶体の色素沈着により黄斑色素が濃くなり、光線の通過量が減少することが広く知られている[6]。この現象により黄褐色のフィルタをかけたような状態となり、短波成分の光の通過が妨げられて外界が全体的に暗く見えてしまう[3,4]。また、運動機能についてはこの識別能力の低下に伴う認識の鈍さが相俟って反応速度が遅くなるとされる。この点を考慮して近年のタッチパネルでは操作メニューに高輝度色を使用し、文字をできるだけ大きく表示する傾向が強い。しかしこうした傾向は、個々の特性に応じた設定でなければ逆に見難さに繋がる可能性があるため、本研究では、高齢者の操作性を向上させるために、まず見やすさを考え、最も効果的な要素である色についてのキャリブレーションを行っていく。ここでは、高齢者の識別能力の低下原因とされる黄褐色のフィルタをかけた状態と短波成分の認識が鈍くなるという傾向に基づいて、個々の高齢者に対して「認識しやすい光の波長(色相)」と「認識しやすい光の明るさ」の2点をキャリブレーションしていく。ただし、本研究ではメニューの項目を簡素化して、画面全体を表す「背景領域」とメニューなどの要素項目を示す「描画領域」の2つの領域を想定し、これらの配色について以下に示す色変換を行うものとする。

① 背景色と描画色の色相（波長）変換

高齢者のための色相に基づいたカラーキャリブレーションとして、「背景領域」と「描画領域」の色値を RGB カラー空間から HSV カラー空間（H：色相（波長）、0～240°、S：彩度：0.0～1.0、V：明度：0.0～1.0）に変換し、変換後の H の値について調整する。この H を変更することで、高齢者が認識し難いとする波長の短い値を高齢者が見分けし易くなるように長波長へと補正していく。具体的な処理としては、式（1）に基づいて RGB 値から H 値を算出し、色相環の角度を最大値である 240°から適宜減少させることで色の波長を大きくし、見えやすい色へと補正していくことになる。

$$\begin{aligned}
 V &= \max(R, G, B) \\
 X &= \max(R, G, B) - \min(R, G, B) \\
 S &= 255 * X / \max(R, G, B) \\
 \text{このとき H は次の式で表される。} & \quad (1) \\
 \max(R, G, B) = R \text{ のとき } H &= 60 * (g - b) / X \\
 \max(R, G, B) = G \text{ のとき } H &= 60 * (g - b) / X + 120 \\
 \max(R, G, B) = B \text{ のとき } H &= 60 * (g - b) / X + 240 \\
 \text{ただし、} \max(R, G, B) &\text{は R、G、B の最大値をとる。}
 \end{aligned}$$

② 背景色と描画色の輝度変換

高齢者のための輝度に基づいたカラーキャリブレーションとして、「背景領域」と「描画領域」の色値を RGB カラー空間から YUV 色空間（Y：輝度、0～255、U：青の明るさから輝度を引いたもの、-128～127、V：赤の明るさから輝度を引いたもの、-128～127）に変換し、Y 値（輝度）を補正する。ここでは、色の明度ではなく、人の感じる明るさを指す値である輝度に着目する。Y 値が増加するように調整することで人間が感じる明るさが上昇していくことになり、高齢者にとって薄暗く見えた色が識別しやすい色へと変換することが可能となる。YUV 色空間は式（2）を用いて RGB 値から算出する。

$$\begin{aligned}
 Y &= 0.299R + 0.587G + 0.114B \\
 U &= -0.169R - 0.331G + 0.500B \\
 V &= 0.500R - 0.419G - 0.081B
 \end{aligned} \quad (2)$$

上記で述べた①色相（波長）変換、および、②輝度変換の処理により高齢者の症状に合った色の表示を行っていく。このカラーキャリブレーションを行うためのツールとして試作した「TouchChecker」については次章で説明する。

4. カラーキャリブレーションツール TouchChecker

本研究では、高齢者における識別能力の低下原因である水晶体の黄斑色素沈着と光線通過量の減少による影響を考慮したタッチパネル画面を実現するために、高齢者の色の見えに応じた波長および輝度変換を行うカラーキャリブレーション手法を提案した。この手法に基づいたカラーキャリブレーションツールとして「TouchChecker」を試作した。TouchCheckerの操作画面を図7に示す。このツールでは、まず、タッチパネル画面を簡略化した「背景」と「描画」の領域に関する初期設定として「背景・描画領域の矩形設定」に色と大きさを指定する。次に「色相（波長）と輝度の設定」において高齢者がどの程度の変換を必要とするかを入力設定する。各設定の入力後に補正した色を「補正色確認」で目視し、変換が不十分であれば再設定を繰り返す。変換が適当な段階で「終了」を押し、これを個々の加齢レベルに合った色の変換度として記憶する。ただし、今回の試作ツールにおいては、入力結果を測定して検証する必要があったため色変換の設定箇所では直接に数値を入力する仕様とした。しかし、高齢者の作業負担を考えると値を入力する操作よりも上下ボタンなどのメニューで変換量を設定する操作の方が容易であることから、今後の高齢者に対する実作業においては後者の操作に変更すべきだと考えている。また、色変換した結果を客観的に確認するために、高齢者が加齢により黄色のメガネをかけたような状態であることを利用し、図8に示すように実際の画面を示した画像に黄色フィルタを50%で α ブレンドした結果について考察していくものとする。今回は、高齢者の色の見えを表現する黄色フィルタとして黄色（R=250、G=250、B=0）を用いた。背景と描画領域の初期色には、短い波長が隣接する色相として背景に緑（R=0、G=128、B=0）および描画領域には青（R=0、G=0、B=255）を用いている。

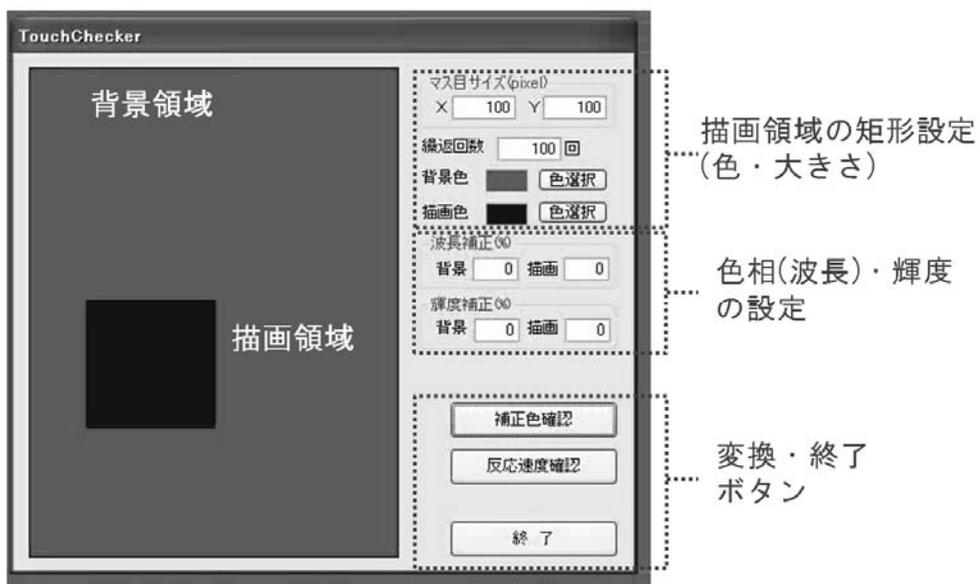


図7：カラーキャリブレーションツール TouchChecker の操作画面

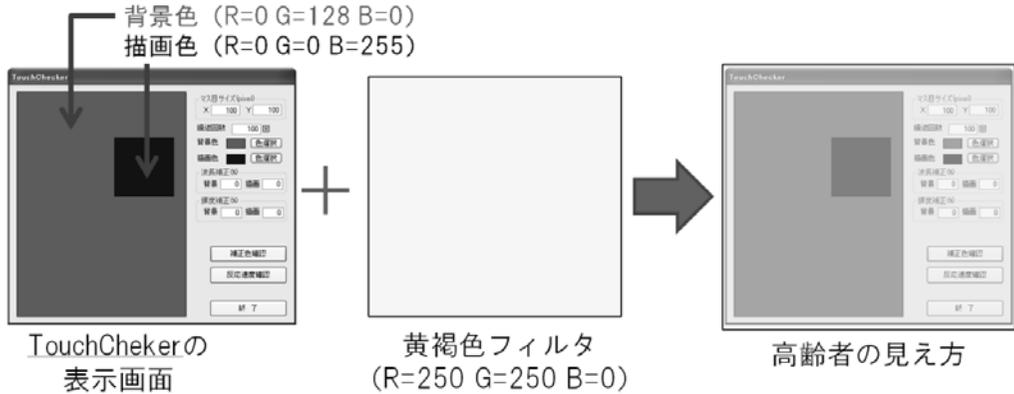


図8：カラーキャリブレーションツール TouchChecker を用いた
高齢者による色の見えのシミュレーション

5. TouchChecker を用いたカラーキャリブレーション実験

4章で述べたキャリブレーションツール TouchChecker をタブレット PC (MSI Windad 110W、OS:Windows 7 Home Premium 64ビット、CPU:AMDZ01) を用いて操作する実験を行った。背景色 (R=0、G=128、B=0) と描画色 (R=0、G=0、B=255) を初期値とし、この描画色に対して色相と輝度について変換した実験結果を図9～12に示す。ただし、擬似的に高齢者の見え方を再現するために黄色フィルタとして黄色 (R=250、G=250、B=0) を操作画面に50%で α ブレンドする。図9は背景領域については変更せずに描画領域だけを色相(波長)変換した結果である。ただし、H値については0～240°を100%で表すものとする。また、ここでは初期値の色を全く異なる色に変換することを目的とするのではなく、デザイン性を重視して可能な限り初期値の色に添った範囲での色変換と考えて図9には0～25%についての結果を示した。図10は、図9から描画領域におけるH値の変換率を0%(初期値)、10%、20%とし、黄色フィルタで50%の α ブレンドした操作画面である。背景領域と描画領域の色差と明度差はWCAG 2.0[2]で定められたウェブ画面に対するユーザビリティの基準値に基づいて以下の式から算出した。

$$\text{明度差} = ((R \times 299) + (G \times 587) + (B \times 114)) / 1000 \quad (3)$$

*明度差は125以上であることが理想

$$\begin{aligned} \text{色差} = & ((\max(R1, R2) - \min(R1, R2)) \\ & + ((\max(G1, G2) - \min(G1, G2)) \\ & + ((\max(B1, B2) - \min(B1, B2)) \end{aligned} \quad (4)$$

ただし、 $\max(A, B) / \min(A, B)$ は A, B の最大値/最小値をとる

*色差は500以上あることが理想

この実験結果より、H 値の減少に伴って低波長を高波長に変更することで、背景領域と描画領域の明度差が向上していることを確認できる。また、暗くて見難い色についての改善も見られる。しかし、H 値の変換率を上昇させる過程には必ず背景領域と描画領域が同色になる箇所が存在してしまう。青色と緑色のように背景領域と描画領域の色相が隣接するような場合については、早い段階で同色になってしまうことから、単純に H 値だけを増加すれば色が高齢者にとって見やすくなるということにはならない。この対策として隣接する色相間の変換についてはあらかじめ同色系になる箇所を間引いておくことや輝度変換と組み合わせる調整することが考えられる。

また、輝度変換の実験結果として図 9 と同様に背景領域はそのままにして描画領域について輝度変換した結果を図 11 に示す。ただし、初期色の Y 値については 0 ～ 255 を 100 % で表すものとし、変化率 0 ～ 100 % についての明度差と色差の結果として示した。また、図 12 では描画領域における Y 値の変換率を 0% (初期値)、25%、50%、75% に設定した操作画面を示した。ここでも色相の実験と同様に背景領域と描画領域の明度差と色差は WCAG 2.0 を用いて算出した。この実験結果より、人が感じる明るさを示す Y 値が増加するに従って明度差が向上し、高齢者であっても操作画面の色を明るく感じることを確認できる。ただし、Y 値の変化率が小さい場合は黄色フィルタの影響が強いため、色差が生じ難いという現象が起きる。このことは、実際の症状として高齢者の水晶体が色素沈着によって黄色く濁っていて色を見分け難い状態に在ることを表しており、加齢のレベルによってこの黄色フィルタの影響の強さが異なることになる。

上記の結果では、色相 (波長) 変換および輝度変換の各々の効果について検証したが、実際には高齢者がもつ固有の特性に応じてこれらの変換を組み合わせることでキャリブレーションすることが望ましい。このことにより、より効果的に高齢者の傾向に合った色の調整を行うことができることになり、従来の高齢者の傾向として固定された再生機器をより使いやすいものとして用いることが可能になるといえる。

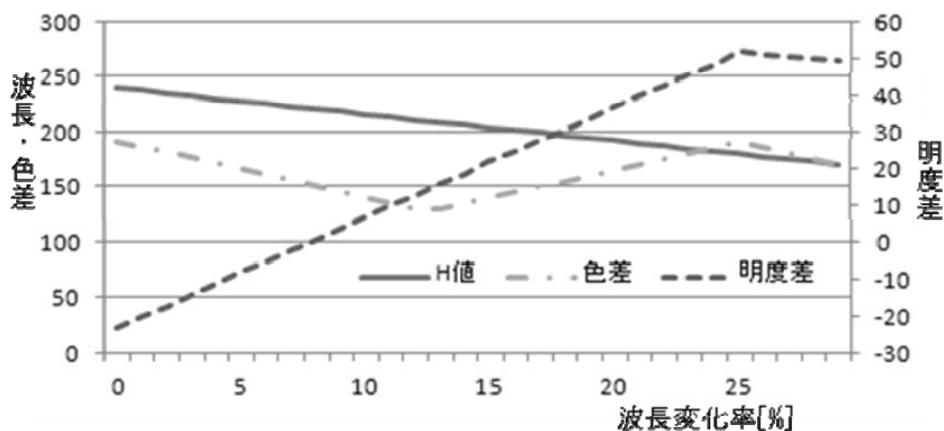


図 9：背景色と色相 (波長) 変換した描画色についての明度差と色差の結果

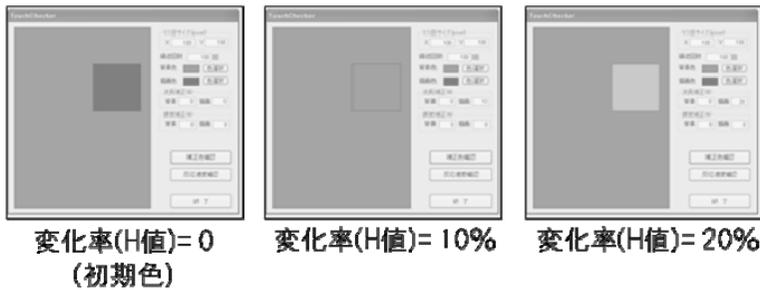


図 10：描画色を色相（波長）変換（H の増加率は 0%、15%、20%）した操作画面に対して黄色フィルタ（R=250、G=250、B=0）を 50%で α ブレンドした結果

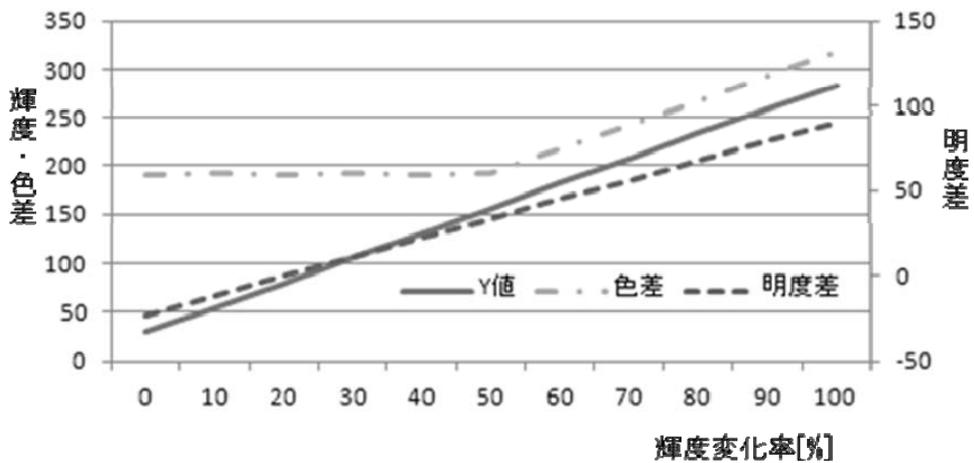


図 11：背景色と輝度変換した描画色についての明度差と色差の結果

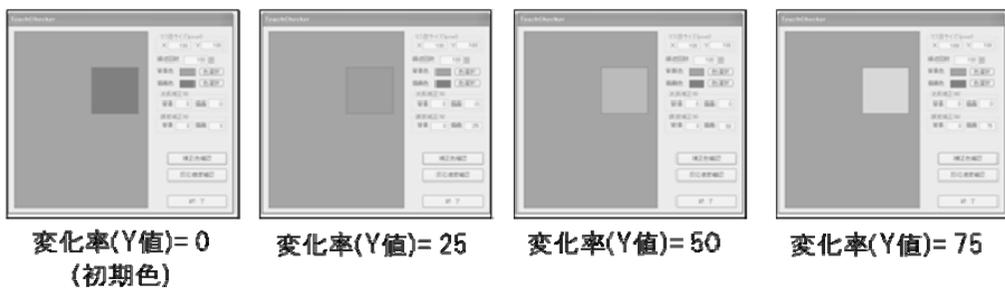


図 12：描画色を輝度変換（Y の増加率は 0%、25%、50%、75%）した操作画面に対して黄色フィルタ（R=250、G=250、B=0）を 50%で α ブレンドした結果

6. おわりに

本論文では携帯型の再生機器におけるタッチパネル画面に対して高齢者がもつ固有の色特性をキャリブレーションする手法を提案した。この手法により操作画面の見やすさから操作性を向上させることを試みた。また、提案手法を実装した **TouchChecker** を試作し、色相および輝度をサンプル画面に対して変換した実験結果を示した。この結果より、高齢者がもつ色の特性から加齢レベルに応じて操作画面を調整し、自分に合った見やすい画面でさまざまな再生機器を使用することが期待できる。

今回は高齢者における色特性に着目してキャリブレーションを行ったが、今後は、高齢者の反応遅延や操作ミスなど操作を妨げる他の要素に対するキャリブレーションへと拡張し、更には高齢者による実操作を経て操作画面の見やすさと使いやすさについて検証を行っていきたい。

謝辞

本研究を行うに当たり、摂南大学経営学部4年生の本川雅也君が研究補助を務めてくれたことを付記する。

参考文献

- [1] 一般社団法人日本レコード協会「2011年度音楽メディアユーザー実態調査報告書」。
[<http://www.riaj.or.jp/release/2012/pr120210.html>]
- [2] Infoaxia「カラー・コントラスト・アナライザー 2.2 日本語版」。
[<http://www.infoaxia.com/tools/cca/index.html>]
- [3] 下田 洋輔,「高齢者施設における色彩環境の違いが高齢者の快適性に及ぼす影響」。
[<http://www.design.ti.chiba-u.jp/DATA/9/04UM4205.pdf>]
- [4] 社会法人長野県建築士会「高齢者にやさしい色彩計画」。
[<http://www.arcsuwa.com/committee/seinen/koureisyaniyasasii.pdf>]
- [5] 高橋 里奈, 村田 厚生,「タッチパネル操作における利き手と非利き手のエラー特性の違いについて:若年者と高齢者の比較」, 人間工学, 45(3), 173-177 (2009).
- [6] 東京商工会議所編,「カラーコーディネーションの基礎」, 東京商工会議所.
- [7] 独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構「加齢に伴う心身機能の低下と職務再設計」。
[http://www.jeed.or.jp/data/elderly/research/download/saport12_03.pdf]
- [8] 長町 三生,「企業と高齢化社会—生涯的職務設計のすすめ」日本能率協会.
- [9] 日本色彩学会(編)「新編色彩科学ハンドブック第2版」, 東京大学出版会 (1998).
- [10] 野方 誠, 八木 美佑紀,「高齢者にやさしいタッチパネルを用いた映像家電リモコンの考案と検証」, the Society of Life Support Technology [編] 23(2), 87-94, (2011).
- [11] 野北 好春, 松田 雅弘, 高梨 晃, 塩田 琴美, 宮島 恵樹, 川田 教平, 勝木 員子, 加藤 宗規,「地域高齢者に対する反応時間測定回数についての検討」, 理学療法科学, 25(5), 663-666(2010).