

表示内容の色表現制御による Android 端末の ディスプレイ消費電力の低減手法と評価

坂本寛和^{†1} † 濱中真太郎^{†1} 井上知美^{†2}
山口実靖^{†2} 小林亜樹^{†2}

Android 搭載端末をはじめとするスマートフォンの問題点の一つに、消費電力の大きさがあり、ユーザの意識調査では最大の不満点となっている。また、Android 端末で最も消費電力の大きい装置はディスプレイであるとの研究報告があり、ディスプレイによる消費電力の低減は非常に重要な課題の一つと言える。我々はこれまでに、Android 端末のディスプレイ消費電力低減手法として表示内容の RGB 値を修正する手法を複数提案している。本研究では、のべ数百人規模の主観評価によりその有効性の検証を行う。

1. はじめに

近年、スマートフォンやタブレット PC が普及し、それらの携帯端末で動作する組み込み機器ソフトウェアプラットフォームの Android OS の重要性が増している。2014 年における Android OS の世界のスマートフォン OS でのシェアは 81.5% であり [1]、その重要性が非常に高いことが分かる。

Android OS 搭載端末をはじめとするスマートフォンの課題の一つにその消費電力の大きさがあり、スマートフォンユーザへの不満点の意識調査においてはバッテリーの持ち時間が最大の不満点となっている [2]。消費電力が大きい部分としては、ディスプレイ、通信デバイス、CPU などが上げられ、特にディスプレイによる消費電力が大きい [3]。ディスプレイによる消費電力を削減させるための手法として、一定時間無操作である場合に自動的にディスプレイ全体の表示をオフにする機能や、ディスプレイ全体の明るさを暗くする機能が多くの端末に用意されている。しかし、これらのディスプレイ全体を統一的にオフとするあるいは暗くする手法を過度に用いるとユーザの利便性を損なう恐れがあり (例えば、ユーザが閲覧中であるにもかかわらずディスプレイ表示がオフとなったり、過度に暗くなり文字が読みづらくなるなど)、その適用には限界があると考えられる。よってさらなる省電力化を実現するにはディスプレイ全体を統一的に制御するのではなく、部分ごとやピクセルごとに制御するなどの工夫が必要になると考えることができる。

我々はこれまで、ディスプレイ表示の RGB 値の変更により消費電力が変化をするディスプレイを想定し、ディスプレイ表示をピクセル単位で制御して省電力化を行う手法として HSV Value 減算手法 [4] や緑化手法 [5] を提案してきた。また、数名の小規模な検証によりその有効性を確認してきた。本稿では、のべ数百人以上の規模のより大きなサン

プル数での検証の結果に基づく提案手法の見やすさの評価、閲覧環境や被験者の年齢などの影響に関する考察を行う。

本論文構成は以下の通りである。2 章で Android 端末のディスプレイと色変換方法について説明する。3 章では、我々が過去に提案した表示内容の色表現制御による Android 端末のディスプレイ消費電力の低減手法を 2 つ紹介する。4 章では提案手法を端末に実装し、見やすさの評価を行う。5 章で関連研究の紹介を行い、まとめと今後の課題を 6 章で述べる。

2. Android 端末のディスプレイと色変換

2.1 Android 端末のディスプレイ

現在 Android 端末では、主に液晶ディスプレイ (LCD) と有機 EL ディスプレイが使用されている。

有機 EL ディスプレイでは、3 色 (赤、緑、青) の LED を利用してフルカラーの色を表現している。ピクセル毎に赤、緑、青の各色の LED を配置し、ピクセル毎に LED が光る強さを調整しさまざまな色を表現させている。白色の場合、全ての LED を強く発光させるため消費電力が大きくなる。逆に黒色の場合は消費電力は少なくなる。すなわち、RGB 値が大きいほど消費電力が大きくなる。前述の通り本研究では RGB 値の制御により消費電力が変わるディスプレイを想定しており、有機 EL ディスプレイがこれに該当する。

2.2 HSV 色空間と変換方法

HSV 色空間は色相 (hue)、彩度 (Saturation)、明度 (Value) の三つの成分で構成される色空間である。色相は色の種類を表しており、彩度は色の鮮やかさ (モノクログレースケール状態からの遠さ) を現しており、明度は色の明るさを表している。

RGB 値から HSV 値への変換は以下の式 (1)~(3) を用いて行うことができる [6]。

†1 工学院大学大学院 工学研究科 電気・電子工学専攻
Electrical Engineering and Electronics, Kogakuin University Graduate School

†2 工学院大学 工学部 情報通信工学科
Department of information and Communications Engineering, Kogakuin University

$$\left. \begin{aligned} H &= \text{undefined} && \text{if } MIN = MAX \\ H &= 60 \times \frac{G-R}{MAX-MIN} + 60 && \text{if } MIN = B \\ H &= 60 \times \frac{B-G}{MAX-MIN} + 180 && \text{if } MIN = R \\ H &= 60 \times \frac{R-B}{MAX-MIN} + 360 && \text{if } MIN = G \end{aligned} \right) (1)$$

$$V = MAX \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} S &= 0 && \text{if } MAX = 0 \\ S &= 255 \times \frac{MAX-MIN}{MAX} && \text{elses} \end{aligned} \right) (3)$$

また、HSV 値は以下の式(4)~(9)を用いて RGB 値に変換することができる[7].

$$H_i = \left\lfloor \frac{H}{60} \right\rfloor \quad (4)$$

$$F = \frac{H}{60} - H_i \quad (5)$$

$$M = V \times \left(1 - \frac{S}{255}\right) \quad (6)$$

$$N = V \times \left(1 - \frac{S}{255} \times F\right) \quad (7)$$

$$K = V \times \left(1 - \frac{S}{255} \times (1 - F)\right) \quad (8)$$

$$\left. \begin{aligned} R &= V, G = K, B = M && \text{if } H_i == 0 \\ R &= N, G = V, B = M && \text{if } H_i == 1 \\ R &= M, G = V, B = K && \text{if } H_i == 2 \\ R &= M, G = N, B = V && \text{if } H_i == 3 \\ R &= K, G = M, B = V && \text{if } H_i == 4 \\ R &= V, G = M, B = N && \text{if } H_i == 5 \end{aligned} \right) (9)$$

ただし、式(4)の[x]は、xの小数部分の切り捨てを意味している。

3. RGB 値変更による省電力手法

本章にて、我々がこれまでに提案した Android 端末における RGB 値制御による省電力手法である HSV Value 減算手法[4]と緑化手法[5]について述べる。

3.1 HSV Value 減算手法

本節にて、HSV 表現における Value 値を減少させ消費電力を削減する HSV Value 減算手法について述べる。

この手法においては、RGB 値で表されている値を 2.2 節の手法により HSV 表現に変換する。そして、変換された HSV における明度(Value)を減算させる。図 5 は Value の減算方法を表しており、減算式は、式(10)の通りである。この式における x は変換前の明度(Value)であり、入力値である。x' は変換後の明度であり、出力値である。そして、減算された明度を用いて再び RGB 表現に戻し、ディスプレイに表示させる。

本手法は、明度が大きなピクセルの RGB 値を大きく減らしているため、γ補正が適用されているディスプレイの様に RGB 値に対して照度が非線形に上昇する環境にて電

流削減の効果が大きいと期待できる。また、RGB 値の大きなピクセル間にてコントラスト(明暗の差)の劣化を生じさせず、RGB 値の小さなピクセル間にてコントラストを劣化させている。よって、明るいピクセル群が重要である状態ではユーザの見やすさを損なう程度が小さくなると期待できる。

$$\left. \begin{aligned} x' &\leftarrow \frac{x}{2} && \text{if } x \leq THSH \\ x' &\leftarrow x - \frac{1}{2}THSH && \text{if } x > THSH \end{aligned} \right) (10)$$

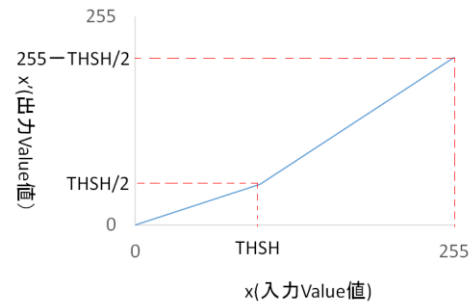


図 5.Value 減算手法

3.2 緑化手法

文献[4]の基礎調査結果より、発光する LED の色ごとに電流値と照度に特性があり、Blue は電流が高く照度が低く、Red は電流が低く照度が低く、Green は電流が高く照度が非常に高いことが分かった。この結果から、電流と照度の比において優れている Green のみを使用し、緑色と黒色による表示とすることにより、少ない消費電力で、高い照度と高い見やすさを実現できると期待できる。緑化手法では、下記の式(11)により各ピクセルの輝度を求め(これはモノクロ変換と同等)、RGB 値の G にこの輝度を適用し、R と B は 0 とする。

$$e = 0.3 * r + 0.6 * g + 0.1 * b \quad (11)$$

(11)式において、e は輝度(モノクロ変換値)であり、r は Red の、g は Green の、b は Blue の RGB 値を表している。

この手法は、同一消費電力で比較して他の手法より輝度が高いことが利点であり、色相や彩度の情報が失われることが欠点であると考えられる。よって、テキストエディタ等、主に文字で構成されている画面に有効であると予想される。

4. 見やすさの主観評価

本章にて提案手法の評価結果を述べ、その有効性について考察する。

4.1 評価方法

Android 端末におけるディスプレイ省電力化を通常手法(端末内蔵の明るさ調整機能)と HSV Value 減算手法と緑化手法で行い、その見やすさを評価した。評価に用いた端末

は表 1 のものである。

表 1 測定環境

| | CPU | Memory | OS | ディスプレイ |
|--------|------------------------------------|----------|---------------|---------------------|
| NexusS | Samsung Hummingbird S5PC110 [1GHz] | 512 [MB] | Android 4.0.3 | Super AMOLED (有機EL) |

本稿では、ほぼ同一の消費電力環境におけるある手法の表示内容と、別のある手法の表示内容の見やすさの評価を行う。消費電力の評価は文献[4]および文献[5]において網羅的に行われており、文献[4]にて HSV Value 減算手法では標準手法と同程度に電力を削減できることが示されており、文献[5]にて緑化手法においても通常手法と同程度の大幅な消費電力の削減が可能であることが示されている。ただし、HSV Value 減算手法はパラメータにより省電力化の強弱を指定可能な手法であり、緑化手法はパラメータがない手法である。

上記消費電力測定[4][5]および本稿における消費電力計測では、電圧は一定であると仮定し、「電流」と「単位時間当たりの消費電力」が比例するとし、電流の測定をもって単位時間当たりの消費電力の測定とした。また、すべての測定は満充電の状態で行った。

ディスプレイの表示内容としては、Google play store アプリケーションの人気ランキング無料トップ(2015年9月2日15時)の上位10件のアプリケーションの表示内容を用いた。

HSV Value 減算手法と緑化手法の評価は、評価用実装を用いて行った。評価用実装では、Android OS のカーネル(Linux カーネル)のフレームバッファを用いてディスプレイ表示の RGB データを取得し、RGB 値の変換をユーザ空間で行い、得られた RGB データを画像表示アプリケーションを用いてディスプレイに表示する。

4.2 見やすさの主観評価

本節において、各手法の見やすさの評価結果について述べる。通常手法、HSV Value 減算手法、緑化手法を適用して省電力化を行った画像の見やすさを主観により評価した。電流がほぼ同等となる2種類のディスプレイ表示を用意し、アンケートによる見やすさの主観評価を行った。用いたディスプレイ表示の設定とそのときの電流値は、通常手法と HSV Value 減算手法の比較の評価条件が表 2 に、通常手法と緑化手法の比較の評価条件が表 3 に、HSV Value 減算手法と緑化手法の比較の評価条件が表 4 に示されている。我々の提案手法(HSV Value 減算手法や緑化手法)と通常手法の比較においては、通常手法の方が消費電力がやや大きく、通常手法の方がやや有利な条件で比較を行った。我々の提案手法同士(HSV Value 減算手法と緑化手法)の比較では、HSV Value 減算手法がわずかに電流が高くなっている。

表 2 主観評価(HSV Value 減算手法と通常手法)

| 画面 | HSV Value 減算手法 | 通常手法 |
|-------------------|----------------------|-----------------------|
| ブラウザアプリケーション | THSH150 0.339[A] | 明るさ調整 50% 0.357[A] |
| 音楽アプリケーション | THSH250 0.270[A] | 明るさ調整 25% 0.272[A] |
| SNS アプリケーション | THSH200 0.259[A] | 明るさ調整 25% 0.263[A] |
| ゲームアプリケーション A | THSH250 0.224 [A] | 明るさ調整 25% 0.232[A] |
| ゲームアプリケーション B | THSH150 0.247[A] | 明るさ調整 50% 0.259[A] |
| ポータルサイトアプリケーション | THSH200 0.278[A] | 明るさ調整 25% 0.287[A] |
| ゲームアプリケーション C | THSH200 0.223[A] | 明るさ調整 50% 0.228[A] |
| 写真アプリケーション | THSH100 0.350[A] | 明るさ調整 50% 0.351[A] |
| ショッピングサイトアプリケーション | THSH250 0.277[A] | 明るさ調整 25% 0.287[A] |
| ゲームアプリケーション D | THSH250 0.292[A] | 明るさ調整 50% 0.309[A] |

表 3 主観評価(緑化手法と通常手法)

| 画面 | 緑化手法 | 通常手法 |
|-------------------|-----------|-----------------------|
| ブラウザアプリケーション | 0.329[A] | 明るさ調整 50% 0.357[A] |
| 音楽アプリケーション | 0.327[A] | 明るさ調整 50% 0.345[A] |
| SNS アプリケーション | 0.267[A] | 明るさ調整 50% 0.291[A] |
| ゲームアプリケーション A | 0.278 [A] | 明るさ調整 50% 0.294[A] |
| ゲームアプリケーション B | 0.246[A] | 明るさ調整 50% 0.259[A] |
| ポータルサイトアプリケーション | 0.356[A] | 明るさ調整 50% 0.376[A] |
| ゲームアプリケーション C | 0.221[A] | 明るさ調整 50% 0.228[A] |
| 写真アプリケーション | 0.330[A] | 明るさ調整 50% 0.351[A] |
| ショッピングサイトアプリケーション | 0.359[A] | 明るさ調整 50% 0.362[A] |
| ゲームアプリケーション D | 0.333[A] | 明るさ調整 75% 0.373[A] |

表4 主観評価(HSV Value 減算手法と緑化手法)

| 画面 | HSV Value 減算手法 | 緑化手法 |
|-------------------|----------------------|-----------|
| ブラウザアプリケーション | THSH150 0.338[A] | 0.329[A] |
| 音楽アプリケーション | THSH150 0.328[A] | 0.327[A] |
| SNS アプリケーション | THSH150 0.285[A] | 0.267[A] |
| ゲームアプリケーションA | THSH150 0.291 [A] | 0.278 [A] |
| ゲームアプリケーションB | THSH150 0.247[A] | 0.246[A] |
| ポータルサイトアプリケーション | THSH150 0.359[A] | 0.356[A] |
| ゲームアプリケーションC | THSH200 0.222[A] | 0.221[A] |
| 写真アプリケーション | THSH100 0.350[A] | 0.330[A] |
| ショッピングサイトアプリケーション | THSH140 0.360[A] | 0.359[A] |
| ゲームアプリケーションD | THSH100 0.336[A] | 0.333[A] |

主観評価は、60人の被験者に両方のディスプレイ表示を見せて「どちらが見やすいか」との質問をし、回答を得ることにより行った。「見やすさ」の定義は被験者の主観に委ねられている。ブラウザアプリケーション画面などでは文字の判別のしやすさが大きな要因の1つになったと予想できる。被験者60人の構成は、本稿執筆時点において年齢10代が20人、20代が20人、40代が20人である。評価は、どちらの表示が通常手法あるいは我々の提案手法によるものであるかを被験者が知る事ができない状態で行った。評価環境は、明るさ0[lx]の室内、344[lx]の室内、明るさが1976[lx]の屋外である。

4.2.1 手法ごとの評価

明るさは344[lx]の室内における HSV Value 減算手法と通常手法の主観評価結果を図1に、緑化手法と通常手法の主観評価結果を図2に、HSV Value 減算手法と緑化手法の主観評価結果を図3に示す。図の横軸は被験者がより見やすいと選択した手法であり、縦軸はその選択をした被験者の人数、各線(系列)は表示したアプリケーションの種類である。HSV Value 減算手法と通常手法の比較である図1のショッピングサイトアプリケーションの例は、60人の被験者が通常手法により省電力化した画面と HSV Value 減算手法により省電力化した画面を比較し、このうち52人が「HSV Value 減算手法の画面の方が見やすい」と選択し、8人が「通

常手法の画面の方が見やすい」と選択したことを意味している。

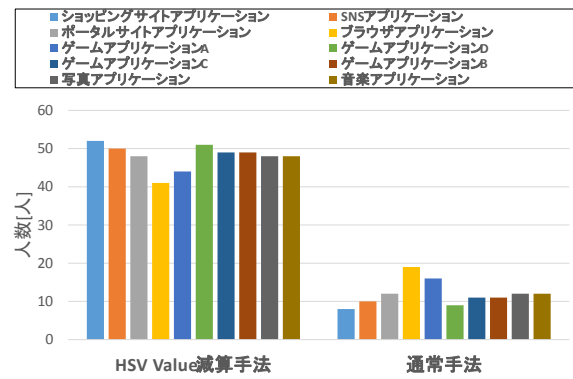


図1 HSV Value 減算手法と通常手法の主観評価結果 (全年代被験者 344[lx])

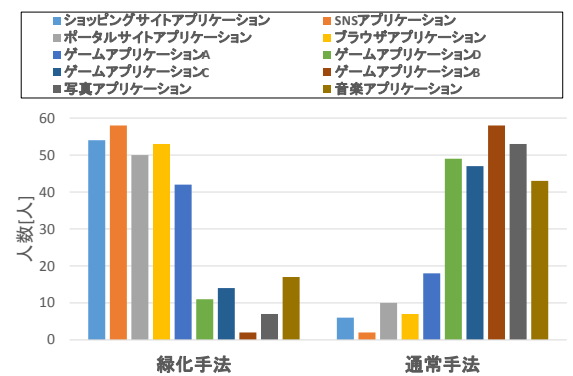


図2 緑化手法と通常手法の主観評価結果 (全年代被験者 344[lx])

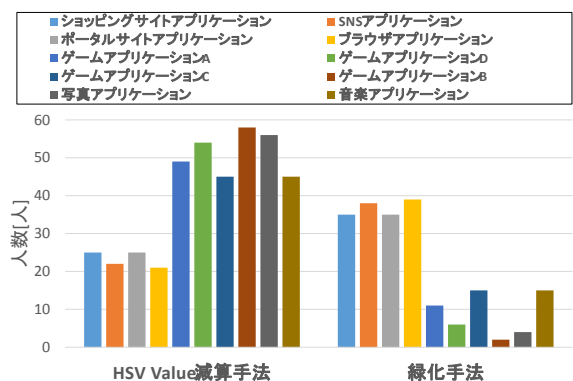


図3 HSV Value 減算手法と緑化手法の主観評価結果 (全年代被験者 344[lx])

図1より、全てのアプリケーションにて HSV Value 減算手法は通常手法より少ない電流にてより高い見やすい表示を実現できていることが分かり、HSV Value 減算手法の有効性を確認できる。図2より、緑化手法は一部のアプリケーション(SNS アプリケーションやブラウザアプリケーション等のテキスト主体の非ゲームアプリケーション)にお

いて HSV Value 減算手法を上回る非常に高い評価を得ることができるが、イラストが主体となるゲームアプリケーションや写真アプリケーションにおいては評価が低くなること分かる。

また、我々の提案手法同士の比較の結果は、非ゲームアプリケーション画面においては緑化手法がより高い評価を得て、ゲームアプリケーション画像においては、HSV Value 減算手法が高い評価を得る結果となった。

4.3 明るさごとの影響

前節で行った主観評価を、評価環境の明るさを変更して行い、評価環境の明るさと評価結果の関係についての調査を行った。主観評価を行った明るさは、0[lx]の室内、344[lx]の室内と 1976[lx]の屋外で行った。

HSV Value 減算手法と通常手法の比較の主観評価結果を図 4 に、緑化手法と通常手法の比較の主観評価結果を図 5 に、HSV Value 減算手法と緑化手法の比較の主観評価結果を図 6 に示す。

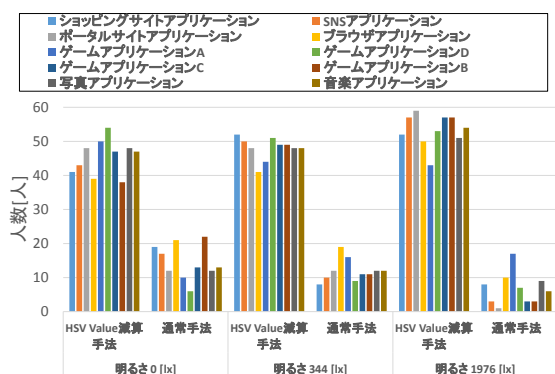


図 4 HSV Value 減算手法と通常手法の主観評価結果
 (全年代被験者 明るさごと)

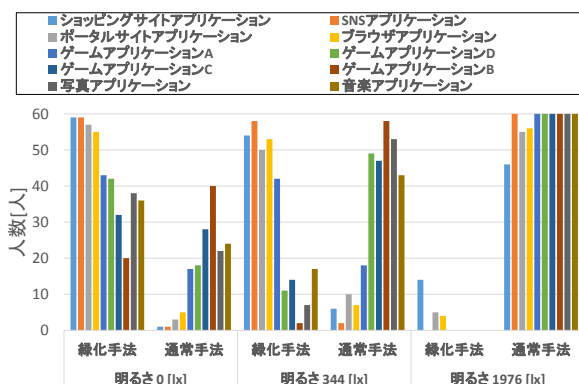


図 5 緑化手法と通常手法の主観評価結果
 (全年代被験者 明るさごと)

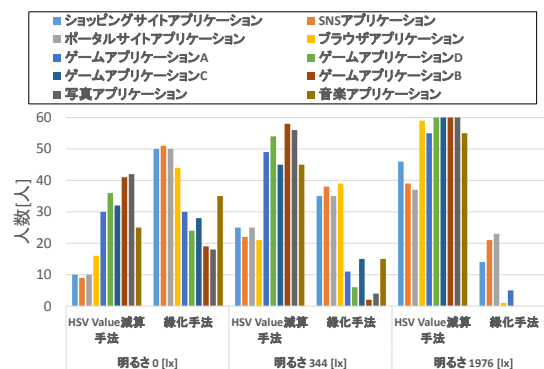


図 6 HSV Value 減算手法と緑化手法の主観評価結果
 (全年代被験者 明るさごと)

HSV Value 減算手法と通常手法の比較(図 4)においては、明るさによる大きな変化はないが、明るさが増すにつれ HSV Value 減算手法の評価結果が緩やかに改善していること分かる。特に、1976[lx]の屋外においては HSV Value 減算手法が非常に高い評価を得ている。

緑化手法と通常手法の比較(図 5)においては、明るさが増すおよび室内から屋外に変わるとして緑化手法の評価が下がっており、1976[lx]の屋外においては緑化手法の評価は非常に低くなっていること分かる。このことから、本手法は暗い室内において有効性が高く、明るい屋外においては有効性がほぼ無いこと分かる。

HSV Value 減算手法と緑化手法の比較の評価結果(図 6)においては、「カラフル(多く種類の色相と彩度の高いピクセルを多く含む)な画像においては HSV Value 減算手法が有効であり、テキスト主体の画面においては緑化手法が優れる」という特徴と、「明るさが増すおよび室内から屋外に変わるとして緑化手法の評価が下る」という特徴の両方が見られるが、特に後者の影響が強いこと分かる。すなわち、テキストが主体の画像であっても、明るい屋外では緑化手法は高い評価を得られないこと分かる。

4.4 年代の影響

前節で行った評価結果を年代ごとにまとめ、年代と部屋の明るさが見やすさに与える影響を考察する。主観評価内容は、4.3 節と同様であり、明るさ環境は前節と同様である。

HSV Value 減算手法と通常手法の比較の主観評価結果を図 7~9 に、緑化手法と通常手法の比較の主観評価結果を図 10~12 に、HSV Value 減算手法と緑化手法の比較の主観評価結果を図 13~15 に示す。また、これらの平均を図 16 に示す。

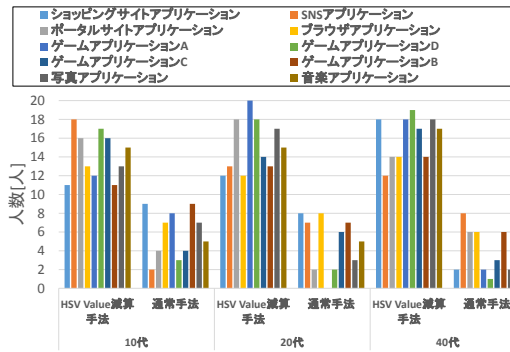


図7 HSV Value 減算手法と通常手法の主観評価結果
 (年代ごと 0 [lx])

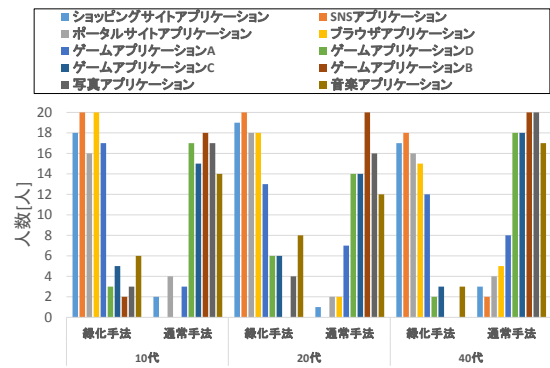


図11 緑化手法と通常手法の主観評価結果
 (年代ごと 344 [lx])

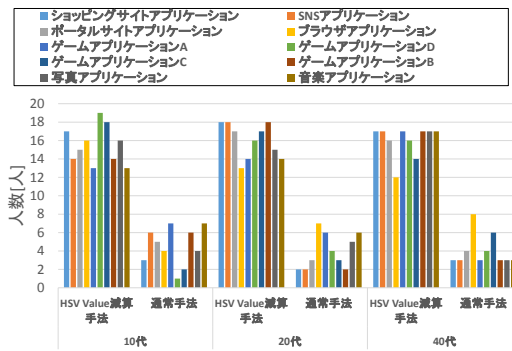


図8 HSV Value 減算手法と通常手法の主観評価結果
 (年代ごと 344 [lx])

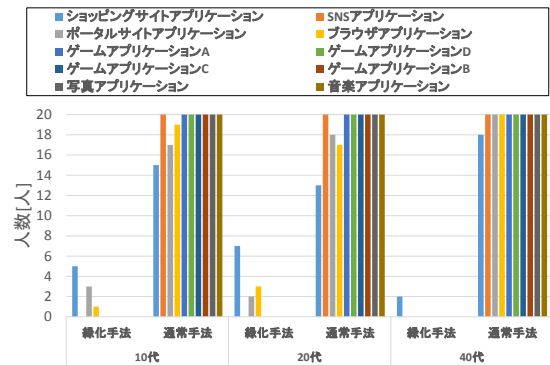


図12 緑化手法と通常手法の主観評価結果
 (年代ごと 1976 [lx])

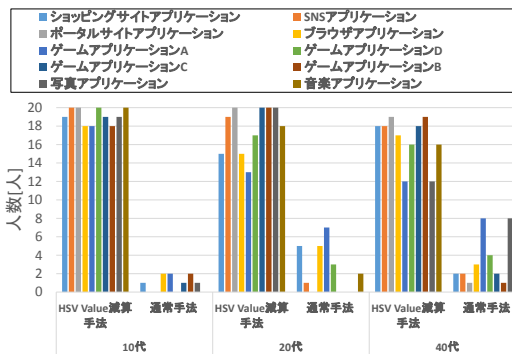


図9 HSV Value 減算手法と通常手法の主観評価結果
 (年代ごと 1976 [lx])

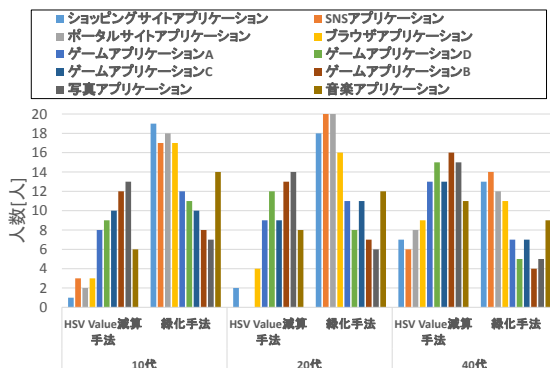


図13 HSV Value 減算手法と緑化手法の主観評価結果
 (年代ごと 0 [lx])

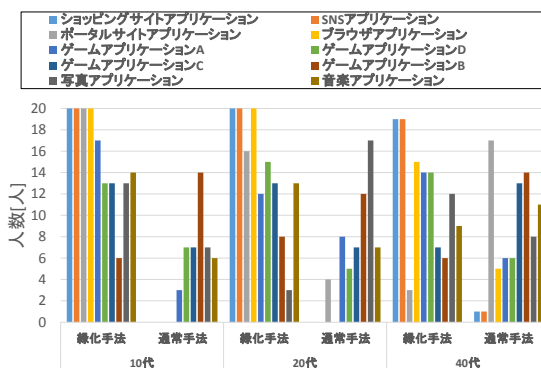


図10 緑化手法と通常手法の主観評価結果
 (年代ごと 0 [lx])

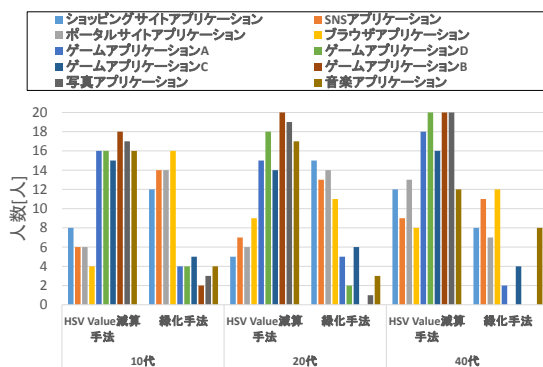


図 14 HSV Value 減算手法と緑化手法の主観評価結果
 (年代ごと 344[lx])

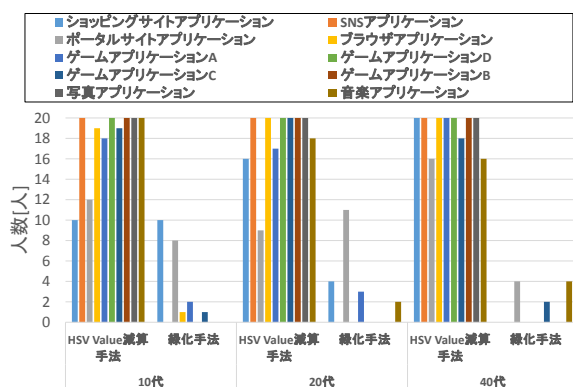


図 15 HSV Value 減算手法と緑化手法の主観評価結果
 (年代ごと 1976 [lx])

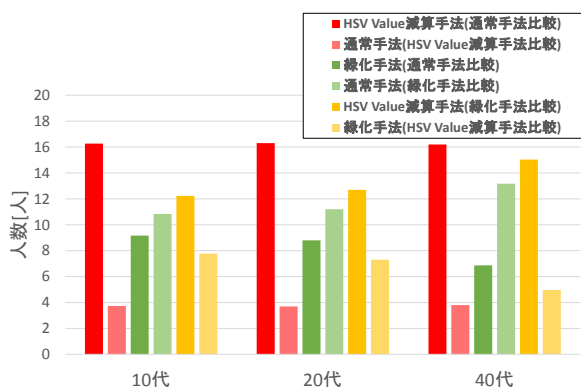


図 16 年代ごとの各手法別の平均値

被験者の年齢の影響に着目すると、HSV Value 減算手法は比較的年齢の影響が小さく、緑化手法は年齢の影響が比較的大きいことが分かる。すなわち、緑化手法は若い被験者による評価が年上の被験者の評価よりも高くなっていることが分かる。また前述の通り、HSV Value 減算手法の評価は明るさが上昇するおよび室内から屋外に変わるとつれて改善することが図 7～図 9 より分かるが、その改善の程度には年齢による差があり、若い世代ほど改善が大きいことが分かる。

これらの年齢による特徴と、前述の「テキスト主体の画

面にて緑化手法の評価が高い」や「明るい屋外で緑化手法の評価が低い」の影響を比較すると、後者の影響の方が強いことが分かる。例えば図 12 と図 15 に着目すると、明るい屋外においては、年齢に依らずかつ画面の特徴依らず緑化手法の評価が低くなっていることが分かる。

図 16 は年代ごとの各手法の平均値であり、図の横軸は年齢を表しており、縦軸はその選択をした被験者の人数の平均値、各線(系列)は適用した手法である。図 16 より、HSV Value 減算手法は年齢の影響が無く緑化手法は、年齢の影響が比較的大きくなっていることがわかる。

4.5 主観評価の考察

手法ごと、明るさごと、年代ごとに評価結果をまとめた結果、HSV Value 減算手法は通常手法と比較し、明るさや年齢に大きく左右されずに、高い評価を保つことが分かった。これに対して、緑化手法の有効性は閲覧環境の明るさと年齢の影響を受け、特に明るさの影響を強く受けることが分かった。

これらの結果より、テキストを主体とした非ゲームアプリケーション画面においては、閲覧環境が暗い室内である場合には緑化手法が適用し、明るい屋外で使用する場合には HSV Value 減算手法を適用することが好ましいといえる。閲覧環境の明るさのセンシングは既存のスマートフォンでも実行されており、この実現は容易であると期待できる。これに加え、照度の上昇が緑化手法に与える影響の大きさと、スペクトルが人工照明から太陽光に変わることの影響の大きさを比較することによりさらに適切な選択が可能になると期待できる。

また、ゲームアプリケーション画面では年齢、明るさ問わずに、緑化手法よりも HSV Value 減算手法が高い評価を得ていることから、HSV Value 減算手法が適しているといえることができる。

5. 関連研究

文献[4][5]において、HSV Value 減算手法と緑化手法が提案されている。そして文献[5]において、緑化手法はテキスト画面に適すが、写真などには適さないことが確認されている。また、文献[8]にて両手法の適切な選択の方法についての考察が行われている。しかし、いずれの文献においても数人規模の規模な主観評価しか行われおらず、本稿の様な大規模かつ年齢や閲覧環境の明るさを考慮した評価や考察は行われていない。

Android の消費電力に関する既存の研究としては、以下のものがある。Rahul Murmuria らはディスプレイを含む Android の様々なデバイス、機能による消費電力の調査を行っている[3]。そして、LCD において RGB 値を変更させたときの消費電力の変化の調査や、明るさ調整時の消費電力の調査などが行われている。しかし、当該研究ではディスプレイに単一色が表示されている場合を考察の対象とし

ており、アプリケーション利用時の考察はない。Aaron Carrollらは明るさ調整を変更したときの消費電力と明るさの関係の解析、内部 NAND フラッシュシステム、SD カードにおける読み込みベンチマーク時と書き込みベンチマーク時の消費電力の解析、音楽、映像再生時の消費電力の解析などを行っている[9]。Malik はスマートフォンの通信状態による消費電力と電流の関係の解析、各通信モードにおける通常状態とスリープ状態の消費電力の解析を行っている[10]。しかし、これらは調査のみを行った研究であり、消費電力削減手法に関する考察はない。Cho らによる出力 RGB 値を調整することにより LCD における消費電力の低減の調査を行っている[11]。彼らは、変換した画像を電流評価を行っている。しかし、主観評価を行っていない。また、これらの手法は全て LCD ディスプレイに基づく手法となっているため、有機 EL ディスプレイには適用できない。これらの手法は、画像処理にのみ触れられており、スマートフォンやタブレット PC などのデバイスでの実験は行われていない。

Android 端末における性能と消費電力のバランス制御を実現した手法として文献 [12]がある。本手法は CPU のクロック周波数と性能の関係を調査し、必要とされる値まで性能(クロック周波数)を上昇させ、不必要な消費電力を削減している。しかし、ディスプレイによる消費電力の削減を行った本稿とは研究の目的や貢献の内容が異なっている。

有機 EL ディスプレイを用いた携帯端末のディスプレイ表示内容による消費電力の影響の研究としては、Mian Dong らによる、画面表示内容と消費電力の影響の研究[13]がある。彼らは、表示内容のネガ化、緑化などを行っているが、ブラウザ画面など背景を白とした画像による評価を行っているのみで、アプリなどの評価は行われていない。

6. おわりに

本稿では、ディスプレイの表示内容の色表現制御による消費電力の低減手法に着目し、表示画像を取得し RGB 値を改変することによって消費電力の低減を行う既存の手法を2つ紹介した。そして、のべ百人以上の規模の主観評価結果を示し、有効性に関する考察を行った。

評価の結果、緑化手法の有効性は閲覧環境の明るさに大きく依存し、同手法は暗い室内にて特に有効であり、明るい屋外では有効性が著しく低いことがわかった。また、同手法は若い世代において高い評価を受けやすいことがわかった。

これに対して HSV Value 減算手法の有効性は閲覧環境の明るさ影響を受けづらく、若い被験者にて明るさが増し室内から屋外に変わるにつれて緩やかに評価が高くなること確認された。

今後は、閲覧環境のスペクトルの影響の調査、動画像や

ゲームなどの動く画面における評価、画像の部分ごとの特徴を考慮した手法に関する考察、より多くの画像での評価、Android 端末への実装を行う予定である。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 25280022, 26730040, 15H02696 の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) Smartphone OS Market Share, <http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS25450615>
- 2) 日本経済新聞, http://www.nikkei.com/article/DGXNASFK2600W_W3A320C1000000/2013年4月1日
- 3) Rahul Murmuria, Jeffrey Medsger, Angelos Stavrou, Jeffery M. Voas, "Mobile Application and Device Power Usage Measurements", Energy aware self-adaptation in mobile systems, USA, 2013
- 4) 坂本寛和, 中村優太, 野村駿, 濱中真太郎, 山口実靖, 小林亜樹, "RGB 値制御による Android 端末のディスプレイによる消費電力の低減", DICO MO シンポジウム 2014
- 5) 坂本寛和, 中村優太, 野村駿, 濱中真太郎, 山口実靖, 小林亜樹, "Android 端末における照度と消費電力の関係を考慮した読みやすさの低減を抑えたディスプレイ消費電力の低減", 第12回コンシューマ・デバイス&システム(CDS)研究発表会, CDS-6
- 6) B. S. Manjunath, "Color and Texture Descriptors", IEEE ON Transactions Circuits And Systems for Video Technology, Vol .11, No.6, 2001
- 7) Ding Xiao, Jun Ohya "CONTRAST ENHANCEMENT OF COLOR IMAGES BASED ON WAVELET TRANSFORM AND HUMAN VISUAL SYSTEM", IASTED International Conference Graphics and Visualization in Engineering, pp58-63, 2007
- 8) 坂本寛和, 濱中真太郎, 井上知美, 山口実靖, 小林亜樹, "彩度の領域に着目した表示内容制御による Android 端末のディスプレイ消費電力低減手法の選択", 第14回コンシューマ・デバイス&システム(CDS)研究会発表会, CDS-9
- 9) Aaron Carroll, Gemot Heiser, "An Analysis of Power Consumption in a Smartphone" NICTA, University of New South Wales, 2010
- 10) Muhammad Yasir Malik "Power Consumption Analysis of a Modern Smartphone", Seoul National University, 2012
- 11) Hyunsuk Cho, Oh-Kyong Kwon, "A Backlight Dimming Algorithm for Low Power and High Image Quality LCD Applications," IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol. 55, No. 2, pp. 839-844, 2009
- 12) Kyosuke Nagata, Saneyasu Yamaguchi, Hisato Ogawa "A Power Saving Method with Consideration of Performance in Android Terminals", ATC, 2012
- 13) Mian Dong and Lin Zhong, "Chameleon: A Color-Adaptive Web Browser for Mobile OLED Displays", ACM, New York, USA, 2011