

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

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}

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、見やすさの低減を抑えた Android 端末のディスプレイ消費電力低減手法として、HSV Value 減算手法と緑化手法を提案してきた。本稿では、表示内容の彩度に基づき適切な消費電力低減手法を選択する方法を提案し、その有効性を端末での主観評価と作業時間の測定によって検証を行う。

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 が重要となっている。2014 年通年における 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]、その重要性はとても高いと言える。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、ディスプレイ表示をピクセル単位で制御を行い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、小さな見やすさ(主観評価における見やすさ)の低減による大きな消費電力の低減を実現してきた。しかし、両手法の見やすさの優劣は表示内容に依存しており、適切な省電力化手法を選択する方法の構築が重要となっている。

本稿では、ディスプレイ表示の RGB 値の変更により消

^{†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

費電力が変化をするディスプレイを想定し、画像の彩度の値に基づき適切な省電力手法を選択する方法について考察する。

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 章ではディスプレイの表示内容(RGB 値)や明るさ調整と、照度や消費電力の関係の基礎調査結果を紹介する。4 章では、我々が過去に提案した画像の HSV 表現における Value 値の制御により省電力を行う手法と、画像を緑化して省電力を行う手法の 2 つの手法を紹介する。5 章では画像の彩度に基づき上記両手法から適切な手法を選択する手法を提案する。6 章では提案手法を端末に実装し、各手法の消費電力、見やすさ、作業効率の比較を行う。7 章で関連研究の紹介を行い、まとめと今後の課題を 8 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]。

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

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

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

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. 基礎性能調査

我々は文献[4]にて、Android スマートフォンにおけるディスプレイ表示内容(RGB 値)、明るさ調整値(端末備え付けの明るさ調整機能における調整値)と、消費電力、照度の調査結果が示しめた。本章では、当調査結果を紹介する。

3.1 測定環境

測定は表1のスマートフォンを用いて行った。明るさ調整は Android OS 標準の明るさ調整機能(設定→ディスプレイ→画面の明るさ)により行った。明るさ調整値は 0%から 100%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)

当該計測では、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」が比例すると考え、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。すべて

の測定は満充電の状態で行った。

照度は、照度計(sanwa mobiken ILLUMINANCE METER LX2)を用いて調査した。照度測定は受光部をディスプレイの中心部に接触させて固定して行い、明るさが 0.00[lx]室内で行った。

3.2 明るさ調整の評価

本節において、端末の明るさ調整と電流、照度の関係について述べる。

明るさ調整値と電流の関係の調査結果を図1に、明るさ調整と照度の関係の調査結果を図2に示す。図内の White(255, 255, 255)はディスプレイの全ピクセルの表示内容を RGB=(255, 255, 255)としたときの明るさ調整と電流関係を表しており、同様に図内の Gray(128, 128, 128)はディスプレイの全ピクセルを RGB=(128, 128, 128)としたとき、Black(0, 0, 0)は全ピクセルを RGB=(0, 0, 0)としたときの関係を表している。図1より、明るさ調整値と照度はほぼ比例の関係にあることが分かる。また図2より、明るさ調整値と電流は1次関数の関係にあり、約 0.2[A]をベースラインと考え、「明るさ調整値」と「電流のベースラインから増分」はほぼ比例の関係にあることが分かる。

以上より本端末において明るさ調整値と出力の照度や消費エネルギー(電流)はほぼ比例していることが分かる。

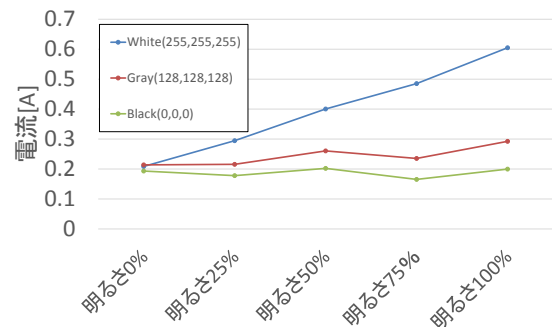


図1. 明るさ調整値と電流の関係(白黒発光)

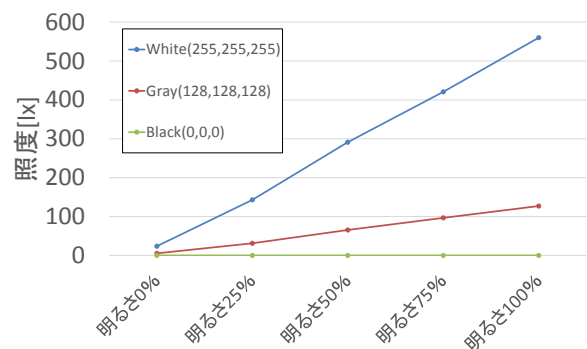


図2. 明るさ調整値と照度の関係(白黒発光)

3.3 原色ごとの評価

本節でディスプレイ出力の色(発光する LED の種類)と電

流, 照度の関係について述べる.

赤色のみ発光した状態における色(RGB 値)と電流, 照度の関係を図 3, 4 の“Red”に示す. 図 3, 4 の横軸の値は RGB の R の値であり, 例えば横軸の値が 192 であればディスプレイの全ピクセルが RGB=(192, 0, 0)の状態にある. 同様に緑色のみ発光した状態における色(RGB 値)と電流, 照度の関係を図 3, 4 の“Green”に, 青色のみ発光における関係を“Blue”に示す.

図 3, 4 より, いずれの色においても RGB 値を上昇させると電流, 照度ともに上昇するが, 上昇の程度は原色の種類により異なることが分かる. 例えば, RGB 値の B(青)の値を上昇させると電流が大きく上昇するが, 照度の上昇は小さいことが分かり, RGB 値の G(緑)の値を上昇させると電流の上昇が大きいと照度の上昇も大きいことが分かる. G(緑)の値の上昇に伴い照度が大きく上昇する理由は, 照度計が標準比視感度に則して測定を行っており, 標準比視感度において波長 555nm(緑)が最高の感度であるため, 緑の出力増加が照度の増加に繋がりやすいからであると考えられる. また, RGB 値が低い(64 以下)範囲では RGB 値の上昇による電流の上昇が小さいが, RGB 値が高い(192 以上)範囲では RGB 値の上昇に伴う電流の上昇が大きいことが分かる.

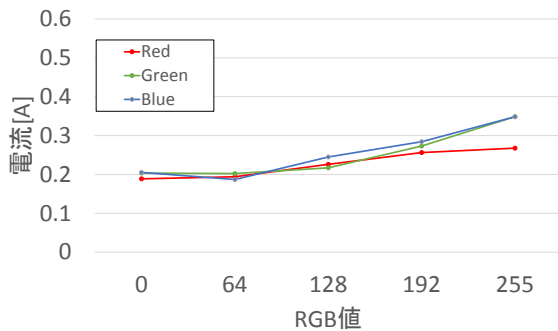


図 3. RGB 値と電流の関係

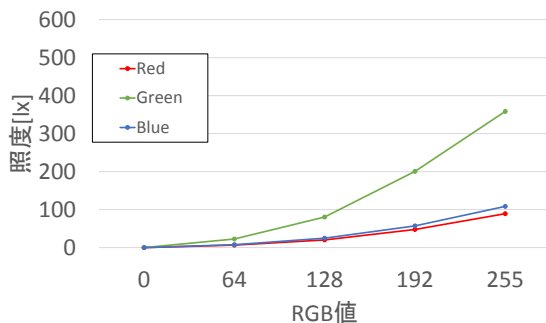


図 4. RGB 値と照度の関係

4. 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 端末における省電力手法 HSV Value 減算手法[4]と緑化手法[5]について述べる.

4.1 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 の減算方法である. 減算式は, 式(10)の通りである. 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, 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. さらに, 色相と彩度を変えずに明るさのみの低減を実現している.

$$\begin{cases} x' \leftarrow \frac{x}{2} & \text{if } x \leq THSH \\ x' \leftarrow x - \frac{1}{2}THSH & \text{if } x > THSH \end{cases} \quad (10)$$

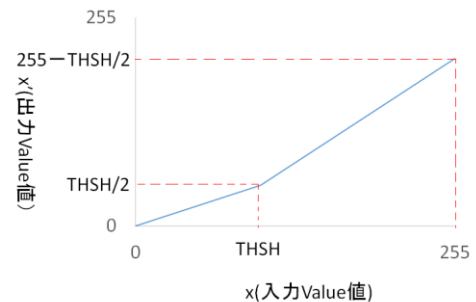


図 5.Value 減算手法

4.2 緑化手法

3.3 節の結果から, Blue は電流が高く照度が低い, Red は電流が低く照度が低い, Green は電流が高く照度が非常に高いことが分かる. 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(12)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.

$$e = 0.3 * r + 0.6 * g + 0.1 * b \quad (12)$$

(12)式において、 e は輝度(モノクロ変換値)であり、 r は Red、 g は Green、 b は Blue 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、主に文章で構成されている画像に有効であると予想される。

5. 彩度による手法の選択

本章にて、Android にて用いられているアプリケーションにおけるアプリケーションの種類と表示画像の彩度の関係結果を示す。そして、それに基づく適切な省電力手法の選択方法について考察する。

5.1 アプリケーションと表示画像の彩度の関係

アプリケーションのサンプルとして、Google play store ランキング(2015年9月2日15時)の上位10件のものをAndroid 端末にインストールし、アプリケーションの種類と表示内容の彩度の関係の調査をした。用いたアプリケーション10件のうち、4件が「ゲーム」カテゴリに分類されるものであり、6件がブラウザアプリなどのゲーム以外のカテゴリに分類されるものである。「非ゲーム」アプリケーションはテキストを多く含んでおり緑化手法が効果的に機能する可能性が高いと予想され、ゲームアプリはカラフルな(すなわち多く種類の色相と彩度の高いピクセルを多く含む)イラストを多く用いており緑化手法は効果的に機能しない可能性が高いと予想される。

図6に、各アプリケーションの画像の平均彩度を示す。平均彩度が80を超える画像はイラストや写真を用いている「ゲーム」アプリケーションの画像であり、平均彩度70未満の画像は文章を中心とした「非ゲーム」アプリケーションの画像となっている。

このことから、平均彩度によりアプリケーションの種類や緑化手法の有効性の有無が予想できると考えられる。本節の10アプリケーションの例では、平均彩度80を閾値に「非ゲーム」と「ゲーム」を分類できることとなる。

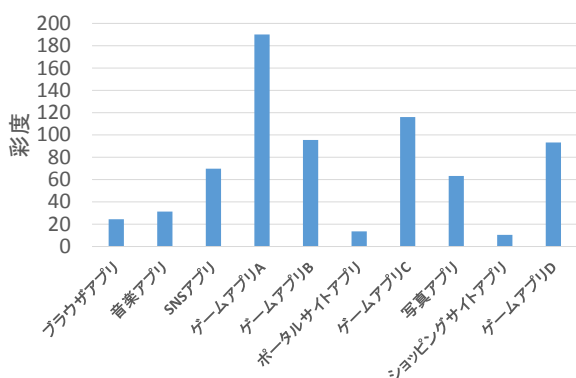


図6. 平均彩度

5.2 選択手法の提案

前節の調査により、表示内容の平均彩度の値により緑化手法が有効に機能する画像と、そうでない画像の分類ができる可能性が示された。

本節では、画像の平均彩度の値により省電力手法の選択を行う手法を提案する。具体的には平均彩度が閾値より低いものは画像がモノクロ(グレースケール)状態に近いと予想し緑化手法を適用し、閾値より高いものはモノクロ状態から遠いと予想し HSV Value 減算手法を適用する。閾値は端末に依存するチューニングパラメータである。本稿では本研究の初歩の研究として閾値特定に関する考察は行わず、適切な閾値を定めることにより適切な手法の選択が行えるか否かについて考察を行う。

6. 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。

6.1 評価方法

Android 端末におけるディスプレイ省電力を通常手法(明るさ調整)と HSV Value 減算手法と緑化手法で行い、その電流と見やすさを評価した。評価に用いた端末は3章と同様に表1のものである。消費電力の測定も3章の手法に従い、電流の測定を持って電力測定とした。ディスプレイの表示内容としては、前章同様に Google play store ランキング(2015年9月2日15時)の上位10件を用いた。

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 データを取得する。そして、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。

6.2 電流評価

通常手法(明るさ調整)、HSV Value 減算手法、緑化手法にて省電力を行ったときの電流を図7~16に示す。ただし、HSV Value 減算手法と緑化手法においては明るさ調整を常に100%として測定を行った。

図より、HSV Value 減算手法は通常手法と同程度に省電力に効果があり、通常手法と HSV Value 減算手法で削減できる範囲(最大削減量)はほぼ同等であることが分かる。また、HSV Value 減算手法では電流が THSH に対して一次関数に近い減少をしていることが分かる。暗い画面(ゲームアプリケーション C)においては HSV Value 減算手法の電流減少する幅が小さく、通常手法同様に HSV Value 減算手法は RGB 値が高いピクセルが多い状況でより大きな電流の削減ができることが分かる。

緑化手法も省電力に効果があることが分かる。特に非ゲームカテゴリのアプリケーションにおいて消費電力の低減効果が大きくなっており、緑化手法がこれらに対して有効

であると期待できる。

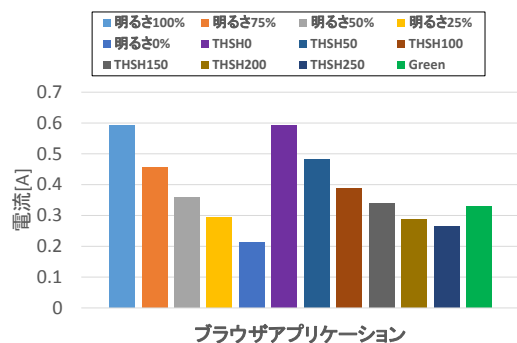


図 7. 電流評価(ブラウザアプリケーション)

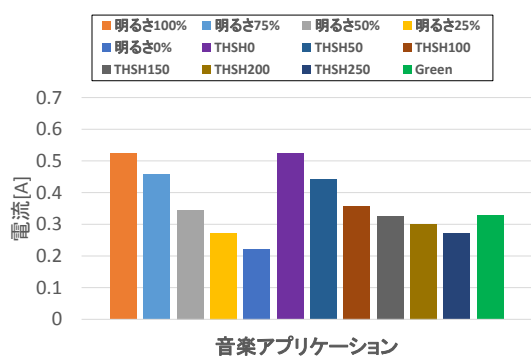


図 8. 電流評価(音楽アプリケーション)

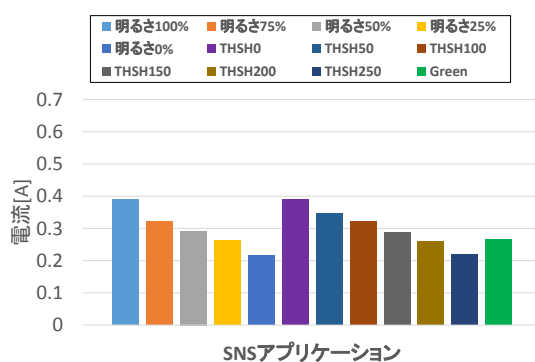


図 9. 電流評価(SNS アプリケーション)

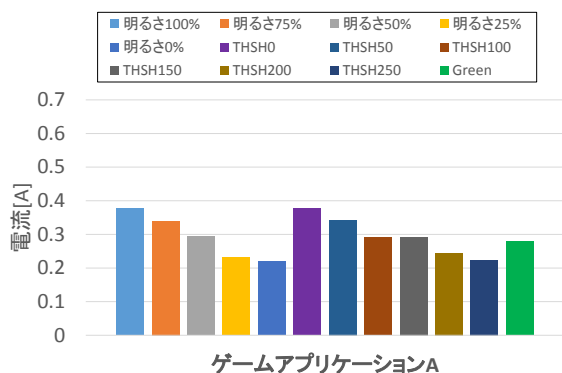


図 10. 電流評価(ゲームアプリケーション A)

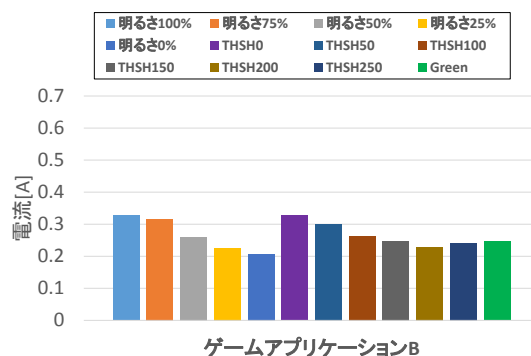


図 11. 電流評価(ゲームアプリケーション B)

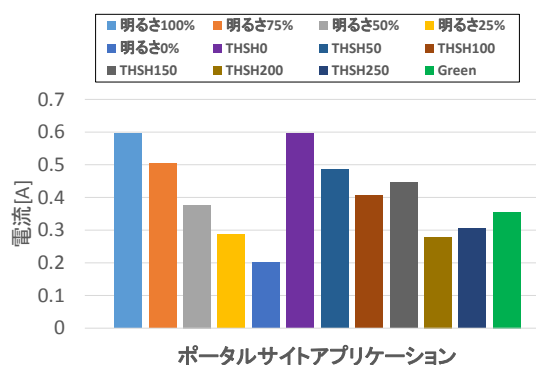


図 12. 電流評価(ポータルサイトアプリケーション)

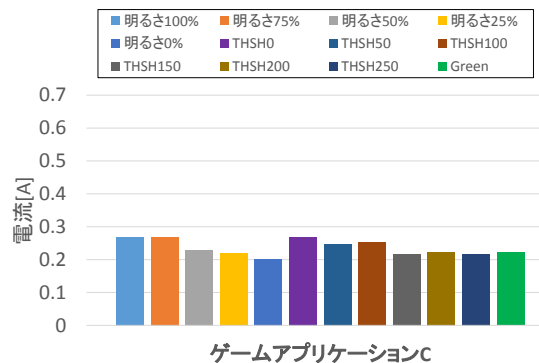


図 13. 電流評価(ゲームアプリケーション C)

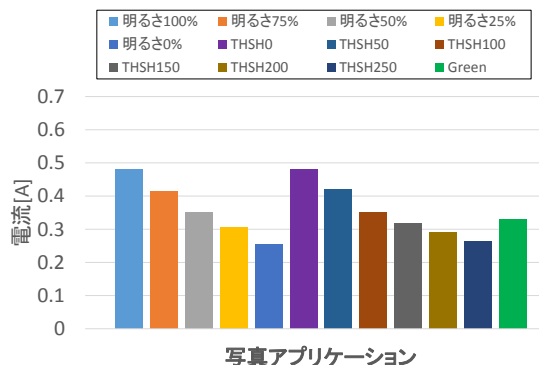


図 14. 電流評価(写真アプリケーション)

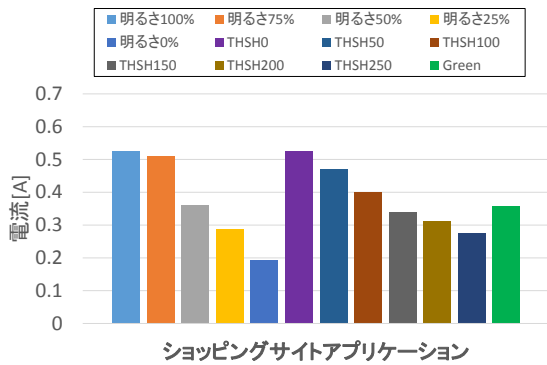


図 15. 電流評価(ショッピングサイトアプリケーション)

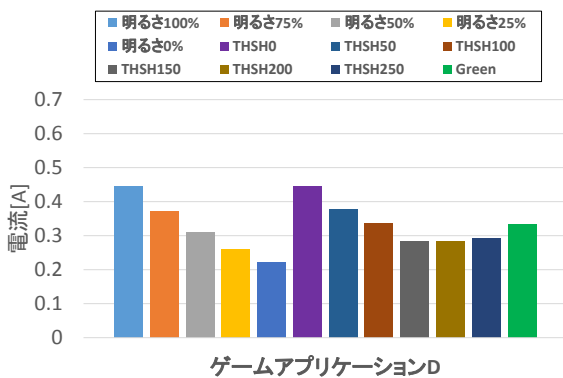


図 16. 電流評価(ゲームアプリケーション D)

6.3 テキスト画面閲覧作業による評価

ブラウザアプリケーション画面にて、テキスト閲覧作業の効率による読みやすさの評価を行った。評価実験では、通常手法(明るさ調整 50%, 0.357[A]), HSV Value 減算手法(THSH150, 0.339[A]), 緑化手法(0.329[A])を用いて作成した画像を被験者に見せ、画面内のテキストを黙読してもらい、黙読を終了するまでに要する時間を計測した。被験者は 10 代の 5 人である。読む順番は被験者によって異なっており、1 回の評価ごとに 10 分おいて次の評価を行った。テキスト画面には新聞社の記事を表示しており、白色背景に約 200 文字が黒色で表示されているものである。

表 2 テキストエディタの主観評価

被験者	通常手法	Value 減算手法	緑化手法
A	37 (s)	33 (s)	32 (s)
B	38 (s)	33 (s)	33 (s)
C	33 (s)	31 (s)	31 (s)
D	34 (s)	30 (s)	29 (s)
E	37 (s)	33 (s)	30 (s)

評価結果を表 2 に示す。表より、Value 減算手法と緑化手法ともに、全ての評価者において通常手法よりもテキストを読む速さにおいて優れていることがわかる。また、いず

れの被験者においても緑化手法が最も早く読み終えており、テキスト画面の表示において緑化手法が特に優れていることが分かる。

6.4 見やすさの主観評価

次に、通常手法と HSV Value 減算手法と緑化手法を適用した画像の見やすさの評価について述べる。各手法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(片方は通常手法により省電力を行った表示、もう片方は HSV Value 減算手法あるいは緑化手法により省電力を行った表示)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は HSV Value 減算手法が表 3、緑化手法が表 4 の通りである。

全ての比較において電流は通常手法の方がわずかに高くなっており、我々の既存手法(HSV Value 減算手法、緑化手法)にとってわずかに不利な条件での比較となっている。主観評価は、10 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、回答を得て行った。「見やすさ」の定義は被験者の主観に委ねられているが、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。すべての被験者は本稿執筆時点において中高生(12 才から 18 才)である。評価は、どちらの表示が通常手法あるいは我々の既存手法によるものであるかを被験者が知る事ができない

表 3 主観評価(HSV Value 減算手法)

画面	提案手法	通常手法
ブラウザアプリ	THSH150 0.339[A]	明るさ調整 50% 0.357[A]
音楽アプリ	THSH250 0.270[A]	明るさ調整 25% 0.272[A]
SNS アプリ	THSH200 0.259[A]	明るさ調整 25% 0.263[A]
ゲームアプリ A	THSH250 0.224 [A]	明るさ調整 25% 0.232[A]
ゲームアプリ B	THSH150 0.247[A]	明るさ調整 50% 0.259[A]
ポータルサイトアプリ	THSH200 0.278[A]	明るさ調整 25% 0.287[A]
ゲームアプリ C	THSH200 0.223[A]	明るさ調整 50% 0.228[A]
写真アプリ	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	THSH250 0.277[A]	明るさ調整 25% 0.287[A]
ゲームアプリ D	THSH250 0.292[A]	明るさ調整 50% 0.309[A]

表 4 主観評価(緑化手法)

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

状態で行った。評価環境は室内で、明るさは 326[lx]であった。

HSV Value 減算手法の主観評価結果は表 5 の通りである。全ての結果にて、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。

緑化手法の主観評価結果を表 6 に示す。ブラウザアプリケーション、ショッピングサイトアプリケーションのテキスト画面では HSV Value 減算手法を超える高い評価を得ることができていることが分かる。しかし、カラフルな(多く種類の色相と彩度の高いピクセルを多く含む)画面を表示するゲーム画面においては標準手法よりも評価が低くなってしまっている。また、画像を検索するアプリ(写真アプリケーション、音楽アプリケーション)でも、評価が低くなっている。写真アプリケーションはカラフルな写真がいくつか存在していることが原因であると予想できる。

選択手法の評価を行うと、平均彩度の低いブラウザアプリケーションやショッピングサイトアプリケーションなどにおいて緑化手法の方が良い性能を得ており、平均彩度で判断する手法の有効性をある程度確認できる。しかし、音楽アプリケーションなど平均彩度が低いものでも緑化手法が効果的に機能しない例もあり、提案手法は必ずしも正確に主観評価で高い評価を得られるものを選択できていないことが分かる。写真アプリケーションや音楽アプリケーション

は、彩度が高いカラフルな部分(写真やイラスト)と彩度が低い背景部分(白)が混在しており、平均彩度を計算すると低い値が得られる。しかしユーザは彩度が高い部分(写真やイラスト)を重要視しており、評価が低くなった。ポータルサイトアプリケーションも背景色の中に複数のアイコンが配置される類似の状況であり、アイコンが見づらいとの意見が寄せられ必ずしも高い評価につながらなかった。これらのことからそのアプリケーションにおいてユーザが重視している表示(テキスト、アイコンなど)を正しく把握することが重要であると考えられる。

表 5 主観評価結果(HSV Value 減算手法)

画面	提案手法を選んだ人数 (人)	通常手法を選んだ人数 (人)
ブラウザアプリ	7	3
音楽アプリ	6	4
SNS アプリ	8	2
ゲームアプリ A	7	3
ゲームアプリ B	6	4
ポータルサイト アプリ	10	0
ゲームアプリ C	6	4
写真アプリ	9	1
ショッピングサ イトアプリ	7	3
ゲームアプリ D	6	4

表 6 主観評価(緑化手法)

画面	提案手法を選んだ人数 (人)	通常手法を選んだ人数 (人)
ブラウザアプリ	9	1
音楽アプリ	4	6
SNS アプリ	7	3
ゲームアプリ A	3	7
ゲームアプリ B	4	6
ポータルサイト アプリ	8	2
ゲームアプリ C	3	7
写真アプリ	0	10
ショッピングサ イトアプリ	9	1
ゲームアプリ D	3	7

7. 関連研究

文献[4][5]において HSV Value 減算手法、緑化手法を提案している。また、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を確認している。し

かし、両手法の適切な選択の方法については考察されていない。

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[8]。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[9]。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[10]。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 [11]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[12]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。

8. おわりに

本稿では、ディスプレイ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、平均彩度の値によって適切な省電力手法を選択する手法の提案を行った。評価の結果、多くの例において提案手法が正しく選択できることが確認されるとともに、写真などの

彩度の高い部分と背景などの彩度の低い部分が混在する環境などにおいて平均彩度に基づく手法が必ずしも正確に選択できないことが確認された。

今後は、画像の部分ごとの特徴を考慮した手法に関する考察、手法選択の閾値に関する考察、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 2014 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) 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
- 8) Aaron Carroll, Gemot Heiser, "An Analysis of Power Consumption in a Smartphone" NICTA, University of New South Wales, 2010
- 9) Muhammad Yasir Malik "Power Consumption Analysis of a Modern Smartphone", Seoul National University, 2012
- 10) 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
- 11) Kyosuke Nagata, Saneyasu Yamaguchi, Hisato Ogawa "A Power Saving Method with Consideration of Performance in Android Terminals", ATC, 2012
- 12) Mian Dong and Lin Zhong, "Chameleon: A Color-Adaptive Web Browser for Mobile OLED Displays", ACM, New York, USA, 2011