Vol.2015-GN-93 No.10
Vol.2015-CDS-12 No.10
Vol.2015-DCC-9 No.10
2015/1/26

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

坂本寛和[†1]　中村優太[†1]　野村駿[†1]
濱中真太郎[†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課題の一つに，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．本研究では，出力 RGB 値と消費電力・照度の関係の調査結果を示す．そして，その結果に基づいた RGB 値の制御により消費電力を削減する手法を提案する．通常手法(端末の明るさ設定)で消費電力の低減を行った場合と提案手法を用いて消費電力の低減を行った場合の消費電力を比較した結果，通常手法，提案手法ともに同程度に消費電力を減少させることが可能であることが分かった．また，通常手法と提案手法においてほぼ同等の消費電力のときにどちらの手法による表示方法が見やすいかを主観評価により調査を行った．結果，メールやブラウザなどのテキスト表示において提案手法が有効であることが分かった．

HIROKAZU SAKAMOTO[†1]　YUTA NAKAMURA[†1]　SHUN NOMURA[†1]
SHINTARO HAMANAKA[†2]　SANEYASU YAMAGUCHI[†2]　AKI KOBAYASHI[†2]

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 が注目を集めている．2014 年の第 3 四半期における Android OS の世界のスマートフォン OS でのシェアは 84.4%であり[1]，その重要性はとても高まっている．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除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)，効果に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．

本研究では，ディスプレイのピクセル単位で制御を行い省電力化を行う手法について考察する．具体的には，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，ディスプレイの RGB 値を変更させることにより消費電力を抑える手法を提案する．

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について述べる．4 章では，RGB 値制御による Android 端末の省電力手法と HSV 表現における Value 値の制御による省電力手法の 2 つの手法を提案する．5 章では提案手法を端末に実装し，通常手法と提案手法の性能比較を行う．6 章で関連研究の紹介を行い，まとめと今後の課題を 7 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している．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小さくなる．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．

†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

ⓒ 2015 Information Processing Society of Japan

Vol.2015-GN-93 No.10
Vol.2015-CDS-12 No.10
Vol.2015-DCC-9 No.10
2015/1/26

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[4]．ただし，MAX と MIN は R，G，B の最大値および最小値である．

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

$$V = \mathrm{MAX} \quad (2)$$

$$\left.\begin{array}{ll} S = 0 & if\ \ MAX = 0 \\ S = 255 \times \frac{MAX-MIN}{MAX} & eles \end{array}\right\} \quad (3)$$

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[5]．

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

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

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

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

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

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

ただし，式(4)の$\lfloor x \rfloor$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

本章では，Android スマートフォンにおけるディスプレイ表示内容(RGB 値)，明るさ調節値(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，照度の関係について述べる．

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 (AOSP)	SUPER AMOLED (有機EL)

本稿の計測では，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．

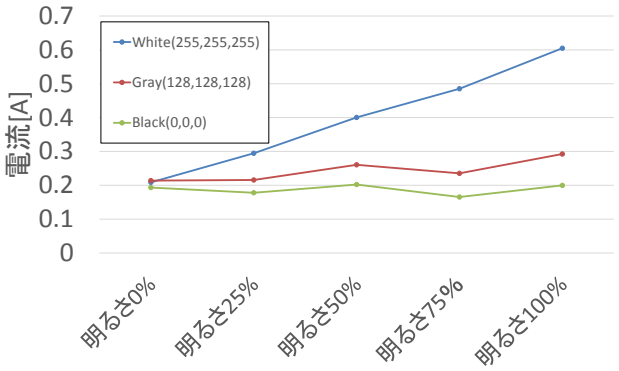


図 1. 明るさ調整値と電流の関係(白黒発光)

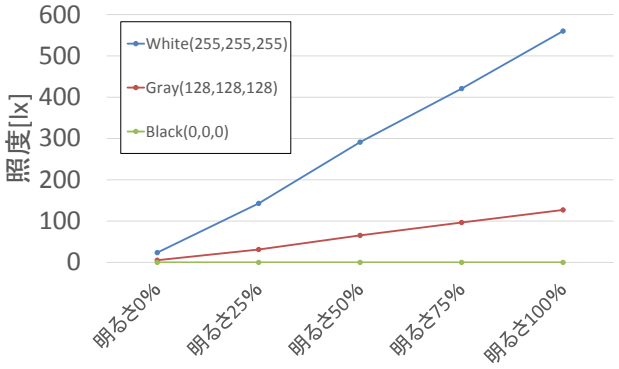


図 2. 明るさ調整値と照度の関係(白黒発光)

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)

ⓒ 2015 Information Processing Society of Japan

Vol.2015-GN-93 No.10
Vol.2015-CDS-12 No.10
Vol.2015-DCC-9 No.10
2015/1/26

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 2 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 1 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ると「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．

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．

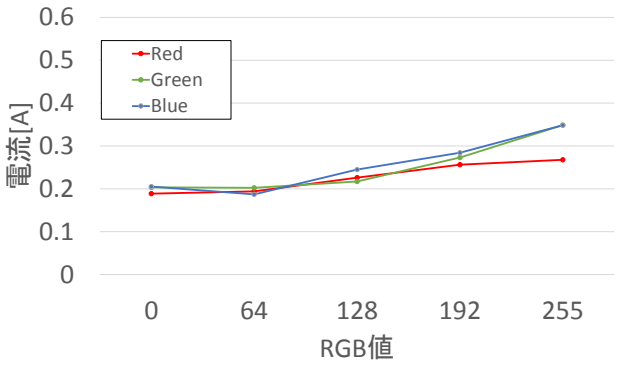


図 3. RGB 値と電流の関係

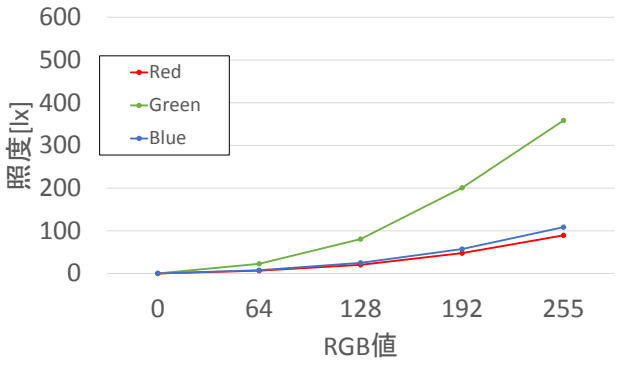


図 4. RGB 値と照度の関係

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が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．

4. 提案手法

本章にて，Android 端末における省電力化を実現する以下 2 つの手法を提案する．

4.1 RGB 減算手法

前章の調査より，RGB 値の減少により電流の減少を実現できることが確認された．また，RGB 値が高い範囲にて電流減少の効果が大きいことが確認された．本節にて，式(10)，図 5 に従い各ピクセルの RGB 値を減少させ，消費電力を低減させる手法を提案する．

$$\left.\begin{array}{lll} x' \leftarrow \frac{x}{2} & if & x \le THSH \\ x' \leftarrow x - \frac{1}{2}THSH & if & x > THSH \end{array}\right) \quad (10)$$

ただし，式(10)の x は提案手法適用前の RGB 値(入力)であり，x' は提案手法適用後の RGB 値(出力)である．THSH は暗くする(省電力を行う)強さを表すチューニングパラメータである．本手法は RGB 値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より大きく劣化させている．よって，白色に近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．そして，多くの主要なアプリケーション(メールやブラウザなど)にてこの特徴が存在すると我々は予想している．

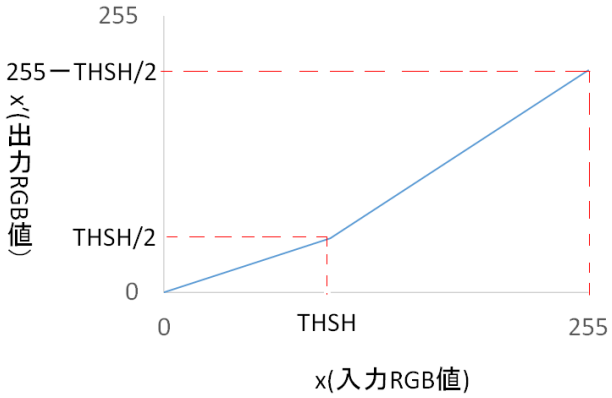


図 5. RGB 減算手法

ⓒ 2015 Information Processing Society of Japan

Vol.2015-GN-93 No.10
Vol.2015-CDS-12 No.10
Vol.2015-DCC-9 No.10
2015/1/26

4.2 HSV Value 減算手法

本節にて，HSV 表現にて Value 値を減少させ消費電力を削減する手法を提案する．

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．減算式は，式(10)における入力 RGB 値にあたるxを明度(Value)に置き換えたものを使用し，RGB 値減算手法と同様の減算を行う．そして，減算された画像を再び RGB 表現に戻し，ディスプレイに表示させる．この手法では，色相や彩度に変化を生じさせず明度のみを減少させることが可能となる．

4.3 γ減算手法

本節にて，γ補正のγを減少させることにより省電力を行う手法を提案する．図 6 を指数関数で近似したところ，本端末におけるγは 2.17 程度であった．これをγ=1.8 と同様になる様に RGB 値を減少させる．これは$x' = x^{1.8/2.2}$と同等となる．

4.4 緑化手法

3.3 節の結果から，青(Blue)LED の発光は電流増加が大きく照度増加が小さい，赤(Red)は電流増加が小さく照度増加が小さい，緑(Green)は電流増加が小さく照度増加も大きい結果となった。このことから，照度増加と電流増加の比において優れる緑(Green)のみを発光させる手法が省電力効果を見やすさの比において優れると考えられる．本節にて，出力画像をモノクロ化し，緑(Green)LED のみを発光する手法を提案する．具体的には，式(11)[6]を用いて，RGB データを 1 次元化(グレースケール化)し，得られた e の値の強さで緑(Green)LED のみを発光する．

$$e = 0.298912 * r + 0.586611 * g + 0.114478 * b \quad (11)$$

(11)式は，モノクロ変換の際に使用した式である．e は，変換後の RGB 値であり，r は Red，g は Green，b は Blue を表している．

この手法は，主にテキストエディタなど，文章で構成されている画像に有効であると考えられる．

5. 評価

本章にて提案手法の評価結果を述べ，その有効性を示す．

5.1 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(AndroidOS における明るさ調整機能)と提案手法で行い，その電流と見やすさを評価した．評価に用いた端末は表 1 のものである．ディスプレイの表示内容としては，ブラウザ画面，メール画面，ゲーム画面，待ち受け画面を用いた．ブラウザ画面とメール画面は白色に近いピクセルが多く，ゲーム画面は黒に近いピクセルが多い．待ちうけ画面は灰色に近いピクセルが多い．

提案手法の評価は，以下で述べる評価用実装を用いて行った．評価用実装では，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．

5.2 電流評価

5.2.1 RGB 減算手法

通常手法(明るさ調整)および RGB 減算手法にて省電力を行ったときの電流を図 6～9 に示す．図内に“明るさ調整”と記されているものが通常手法であり，“THSH”と記されているものが RGB 手法である．ただし，提案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，通常手法，提案手法ともに省電力に効果があること，通常手法と提案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，元々RGB 値の高い色のピクセルが多い画面(ブラウザ画面やメール画面)ほど，元の電流値が高く，削減の効果が多きことが分かる．電流の減少の速度(明るさ調整値や THSH と，削減された電流の量の比)に着目すると，通常手法においては明るさ調整値と電流はほぼ一次関数の関係で減少しており，提案手法においても THSH10 から THSH70 までは一次関数に近い速度で減少していることが分かる．

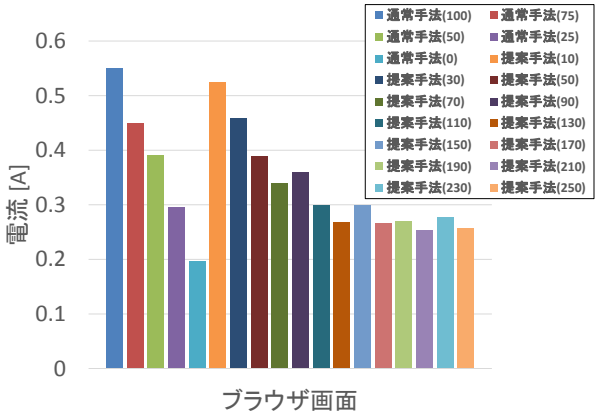


図 6. 電流評価(RGB 減算手法，ブラウザ画面)

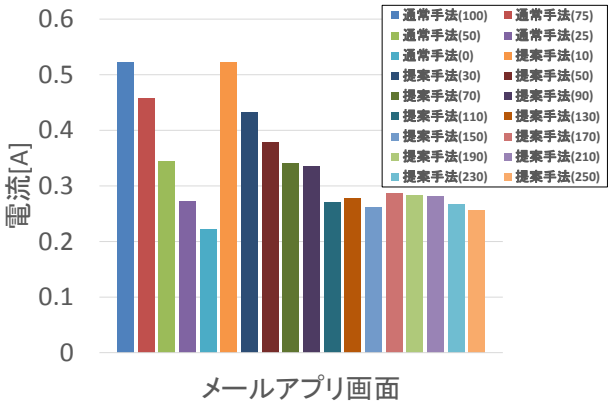


図 7. 電流評価(RGB 減算手法，メールアプリ画面)

ⓒ 2015 Information Processing Society of Japan

Vol.2015-GN-93 No.10
Vol.2015-CDS-12 No.10
Vol.2015-DCC-9 No.10
2015/1/26

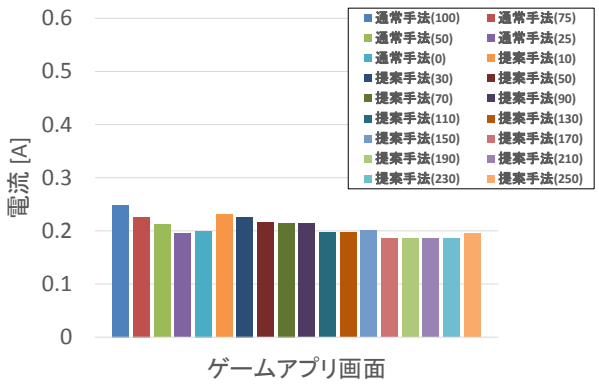


図 8. 電流評価(RGB 減算手法，ゲームアプリ画面)

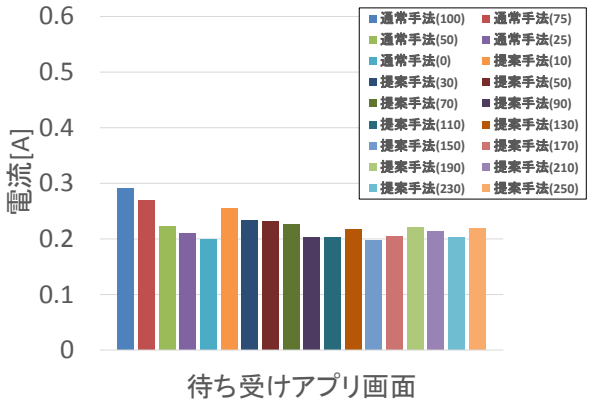


図 9. 電流評価(RGB 減算手法，待ち受けアプリ画面)

5.2.2 HSV における Value 減算手法

通常手法(明るさ調整)および Value 減算手法にて省電力を行ったときの電流を図 10~13 に示す．ただし，提案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，通常手法，提案手法ともに省電力に効果があること，通常手法と提案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．

RGB 減算手法に比べると，明るい画面(ブラウザ画面，メール画面)においては消費電力が緩やかに減少していることが分かる．また，THSH250 のときまで一次関数に近い減少をしていることが分かる．しかし，暗い画面(ゲーム画面，待ち受け画面)においては減少する幅が小さく，THSH150 を越えた辺りからほぼ減少していない．このことから，Value 減算手法も 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．

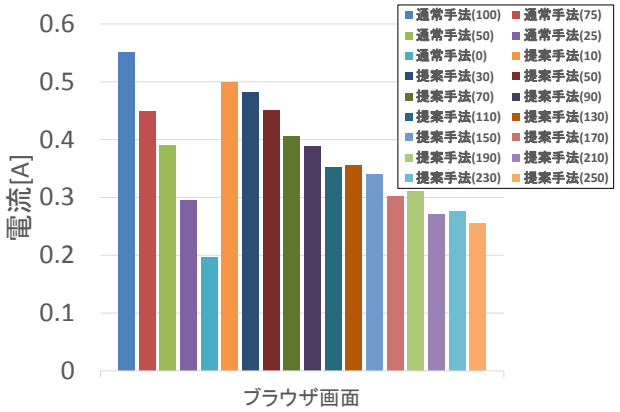


図 10. 電流評価(Value 減算手法，ブラウザ画面)

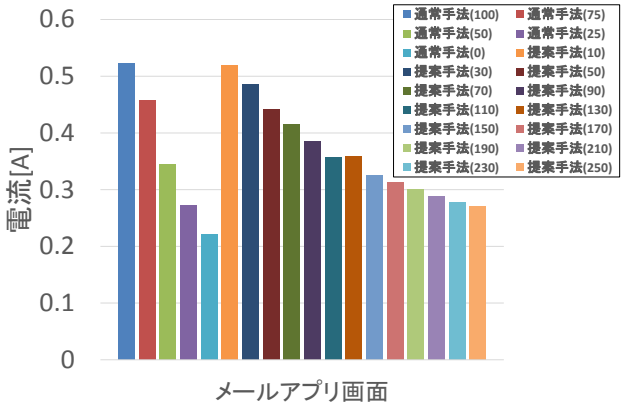


図 11. 電流評価(Value 減算手法，メールアプリ画面)

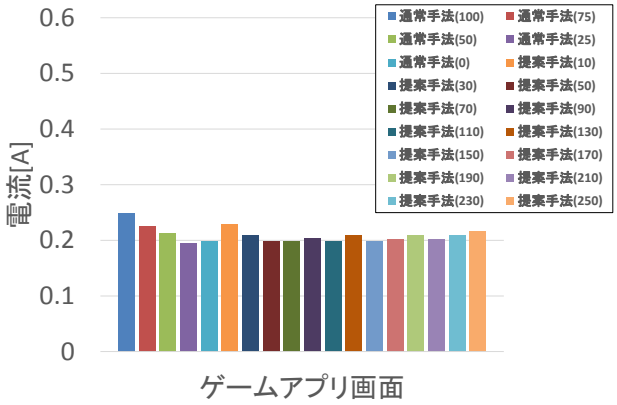


図 12. 電流評価(Value 減算手法，ゲームアプリ画面)

ⓒ 2015 Information Processing Society of Japan

Vol.2015-GN-93 No.10
Vol.2015-CDS-12 No.10
Vol.2015-DCC-9 No.10
2015/1/26

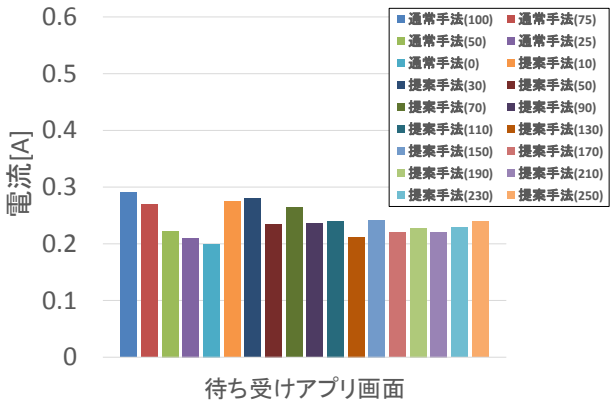


図 13. 電流評価(Value 減算手法，待ち受けアプリ画面)

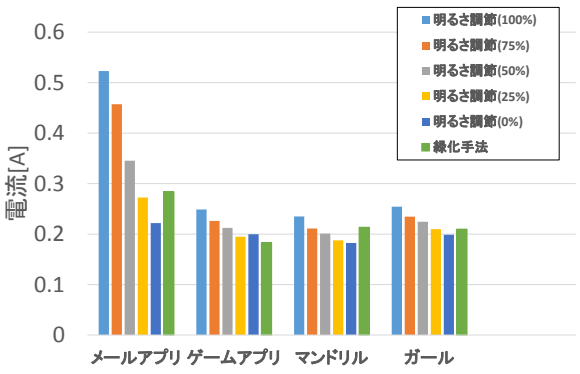


図 15. 緑化手法の電流評価

5.3 γ減算手法

通常手法(明るさ調整)およびγ減算手法にて省電力を行ったときの電流を図 14 に示す．γ値は 2.0，1.8，1.6 にして出力させた．また，提案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．評価画面には，メール，ゲーム，標準画像(マンドリル，ガール)を用いて行った．図より，通常手法，提案手法ともに省電力に効果があること，通常手法と提案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，γ値補正を大きくすることで，消費電力を抑えることができることが確認された．また，メール画面においては，より消費電力を低減できることが確認された．

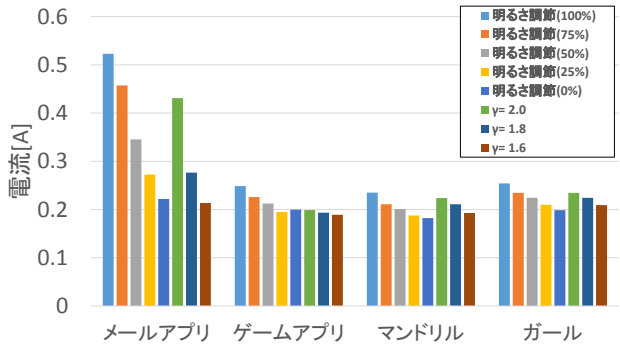


図 14. γ減算手法の電流評価結果

5.4 緑化手法

通常手法(明るさ調整)およびそれぞれの緑化手法を画面に適用した提案手法にて省電力を行ったときの電流を図 15 に示す．ただし，提案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．用いた画面は，メール，ゲーム，標準画像(マンドリル，ガール)[7]である．

図より，通常手法，提案手法ともに省電力に効果があることが分かる．特に，メール画面において，消費電力の低減効果が大きくなっており，緑化手法は消費電力を抑えることができる．

5.5 見やすさの主観評価

次に，通常手法と提案手法を適用した画像の見やすさの評価について述べる．通常手法と 4 つの提案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，もう片方は提案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 RGB 減算手法による評価が表 2，HSV における Value 減算手法が表 3，γ減算手法が表 4，緑化手法が表 5，6 の通りである．

表 2 主観評価(RGB 減算手法)

画面	提案手法	通常手法
ブラウザ	THSH50 0.389[A]	明るさ調整 50% 0.391[A]
メールアプリ	THSH50 0.340[A]	明るさ調整 50% 0.345[A]
ゲームアプリ	THSH30 0.210[A]	明るさ調節 75% 0.212[A]
待ち受けアプリ	THSH100 0.219[A]	明るさ調節 50% 0.223[A]

表 3 主観評価(Value 減算手法)

画面	提案手法	通常手法
ブラウザ	THSH90 0.388[A]	明るさ調整 50% 0.390[A]
メールアプリ	THSH250 0.270[A]	明るさ調整 25% 0.272[A]
ゲームアプリ	THSH70 0.263[A]	明るさ調節 75% 0.269[A]
待ち受けアプリ	THSH70 0.197 [A]	明るさ調節 0% 0.199[A]

ⓒ 2015 Information Processing Society of Japan

Vol.2015-GN-93 No.10
Vol.2015-CDS-12 No.10
Vol.2015-DCC-9 No.10
2015/1/26

表 4 主観評価(γ減算手法)

画面	提案手法	通常手法
メールアプリ	γ=1.8 0.271[A]	明るさ調整 25% 0.275[A]
ゲームアプリ	γ=1.8 0.198[A]	明るさ調整 25% 0.199[A]
標準画像(マンドリル)	γ=1.8 0.213[A]	明るさ調節 75% 0.216[A]
標準画像(ガール)	γ=1.8 0.220 [A]	明るさ調節 50% 0.220[A]

表 5 主観評価(緑化手法)

画面	提案手法	通常手法
メールアプリ	0.287[A]	明るさ調整 50% 0.340[A]
ゲームアプリ	0.184[A]	明るさ調整 25% 0.199[A]
標準画像(マンドリル)	0.215[A]	明るさ調節 75% 0.216[A]
標準画像(ガール)	0.206 [A]	明るさ調節 25% 0.209[A]

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，提案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，15 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，ブラウザ画面やメールアプリ画面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．被験者は 10 代 14 人，60 代 1 人である．評価は，どちらの表示が提案手法によるものであるかを被験者が知ることができない状態で行った．評価環境は室内で，明るさは 313[lx]であった．

主観評価結果は表 7 から 10 の通りである．RGB 減算手法，Value 減算手法，γ減算手法は全ての実験にて，通常手法と同じ電流にてより見やすい表示を提供できていることが分かり，提案手法の有効性が確認された．特に，Value 減算手法がより高い見やすさを実現できることが確認できる．これは，RGB 減算手法がしきそうと彩度の変化を伴うのに対して Value 手法は色相の変化を伴わずに電流の削減を実現していること，γ手法は，RGB 値が高い領域まで極端に RGB 値を減少させてしまっていることが理由であると考えられる．

緑化手法の主観評価結果を表 10 に示す．表より，テキストを表示する画面(メールアプリ)においては高い評価を得られるものの，カラー画像である標準画像をモノクロ化して緑化した場合は高い評価が得られていないことが分かる．

表 7 主観評価結果(RGB 減算手法)

画面	提案手法を選んだ人数	通常手法を選んだ人数
ブラウザ	10 人	5 人
メールアプリ	10 人	5 人
ゲームアプリ	9 人	6 人
待ち受けアプリ	9 人	6 人

表 8 主観評価結果(HSV における Value 減算手法)

画面	提案手法を選んだ人数	通常手法を選んだ人数
ブラウザ	13 人	2 人
メールアプリ	11 人	4 人
ゲームアプリ	10 人	5 人
待ち受けアプリ	9 人	6 人

表 9 主観評価(γ減算手法)

画面	提案手法を選んだ人数	通常手法を選んだ人数
メールアプリ	11 人	4 人
ゲームアプリ	9 人	6 人
標準画像(マンドリル)	9 人	6 人
標準画像(ガール)	8 人	7 人

表 10 主観評価(緑化手法)

画面	提案手法を選んだ人数	通常手法を選んだ人数
メールアプリ	11 人	4 人
ゲームアプリ	7 人	8 人
標準画像(マンドリル)	2 人	13 人
標準画像(ガール)	6 人	9 人

6. 関連研究

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

ⓒ 2015 Information Processing Society of Japan

析などを行っている[8]．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らは出力 RGB 値を調整することにより LCD における消費電力の変化の調査を行っており[9]，変換した画像表示時の電流の評価も行っている．しかし，主観評価を行っていない．また，上記手法は全て LCD 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．

有機ELディスプレイの消費電力と画質の研究としては，桑原らによる固定長符号化マルチラインアドレッシングを用いる手法の提案[10]や，大橋らによる有機 EL ディスプレイの消費電力の解析[11]がある．これらの研究において有機 EL の消費電力の評価などが行われているが，画面の明るさ(明度)と消費電力の関係を考慮した省電力手法の提案や評価はなく，本研究とは目的や貢献の内容が異なっている．

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．

7. おわりに

本稿ではディスプレイによる消費電力に着目し，画像を取得し改変することによって消費電力の低減を行う手法を提案した．そして電流の計測と見やすさの主観評価を行い，RGB 減算手法，Value 減算手法，γ減算手法の評価において提案手法は端末に用意されている通常手法より同じ電流でより高い見やすさを実現できている結果を得ることができ，提案手法の有効性が確認された．

今後は，入力画面の色相の多様性や彩度の強さを考慮した提案手法の調整などについて考察していく予定である．

謝辞

本研究は JSPS 科研費(24300034，25280022，26730040)の助成を受けたものである．

参考文献

1) Smartphone OS Market Share, Q3 2014,
http://www.idc.com/prodserv/smartphone-os-market-share.jsp
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 mobaile systems, 2013
4) B. S. Manjunath，“Color and Texture Descriptors,” IEEE ON Transactions Circuits And Systems for Video Technology，Vol .11, No.6, 2001
5) 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
6) Kumiko Yasuda, Daigo Muramatsu, Takashi Matsumoto, “Visual-based Online Signature Verification by Pen Tip Tracking,” IEEE, Vienna, pp175-180, 2008
7) 標準画像/サンプルデータ 神奈川工科大学
http://www.ess.ic.kanagawa-it.ac.jp/app_images_j.html
8) Aaron Carroll，Gemot Heiser，“An Analysis of Power Consumption in a Smartphone,” National ICT Australia Ltd , 2010
9) 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
10) 桑原卓也，服部励治，“固定長符号化マルチラインアドレッシング有機 EL ディスプレイの消費電力及び画質の評価”，電子情報通信学会　信学技報, EID-2011-10, pp29-32,2011
11) 大橋誠二，杉本慎太郎，服部励治“パッシブマトリクス駆動有機 EL ディスプレイの消費電力解析”，電子情報通信学会，信学技報，EID2011-20, pp.33-36, 2012
12) Kyosuke Nagata，Saneyasu Yamaguchi, Hisato Ogawa “A Power Saving Method with Consideration of Performance in Android Terminals,” IEEE Advanced Technologies for Communications, 2012

ⓒ 2015 Information Processing Society of Japan