

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

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}

スマートフォンやタブレット PC の急速な普及により、その基盤ソフトウェアである Android の重要性が高まっている。それに伴い、Android 端末の消費電力の大きさに注目が集まっている。スマートフォンに搭載されている装置の中で消費電力が大きい装置として、ディスプレイ、通信デバイス、CPU が上げられ、この中でも特にディスプレイによる消費電力が多くの割合を占めている。本研究ではディスプレイによる消費電力に着目し、ディスプレイ表示内容の 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し、その評価を行う。ディスプレイは RGB 値の制御により消費電力が変化するものを対象とし、たとえば有機 EL ディスプレイがこれに該当する。通常、ディスプレイによる消費電力を低減させるにはスマートフォンに搭載されている明るさ調整機能を用いてディスプレイ全体の明るさを下げて消費電力を低減させる。提案手法では、表示内容の RGB 値を減少させ消費電力を低減させる。通常手法と提案手法で消費電力の低減を行いその消費電力を評価したところ、提案手法においても通常手法と同等の消費電力の低減をすることが確認できた。また、消費電力がほぼ同一の状態でも通常手法と提案手法の見やすさを主観評価した結果、提案手法の方が高い評価を得ることができ、提案手法は通常的手法よりも高い見やすさで省電力が可能であることが確認された。

Saving Display Power Consumption in Android Terminals by controlling RGB

HIROKAZU SAKAMOTO^{†1} YUTA NAKAMURA^{†1} SHUN NOMURA^{†1}
SHINTARO HAMANAKA^{†2} SANEYASU YAMAGUCHI^{†2}

An investigation has shown that the most serious issue in the current smartphones is their power consumption. In many cases, display device consumes the largest power. In this paper, we focus on power consumption of display device in Android terminals and propose a method for decreasing its power consumption by controlling RGB value. We have evaluated power consumption of the normal power saving method and the proposed method, and then the experimental results have demonstrated that the both method have been able to decrease power consumption similarly. In addition, we have conducted subjective evaluation and it has demonstrated that the proposed method has provided clearer display than the normal method.

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。2013 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 81.9%であり[1]、その重要性はとて高まっている。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(装置)としては、ディスプレイ、通信デバイス、CPU 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)、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するディスプレイを想定し、ディスプレイ表示の 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について紹介する。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本性能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

^{†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

を行う。6章で関連研究の紹介を行い、結論を7章で述べる。

2. 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、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少なくなる。すなわち、RGB 値が大きいくほど消費電力が大きくなる。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。

3. 基本性能調査

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。明るさの調整値は 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)

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 mobilen 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]の室内で行った。

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。

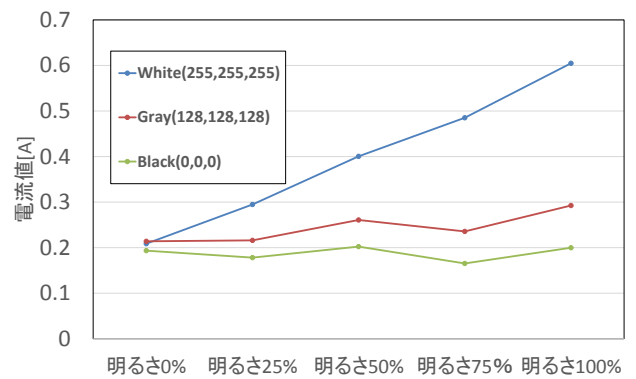


図 1 明るさ調整値と電流の関係 (白黒発光)

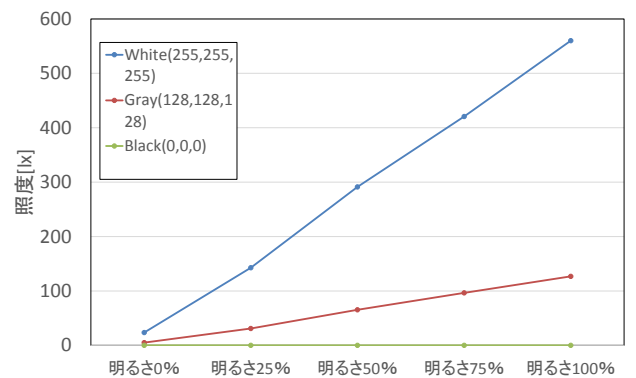


図 2. 明るさ調整値と照度の関係 (白黒発光)

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)は、ディスプレイの全ピクセルを RGB=(128, 128, 128)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、「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 色の評価

本節でディスプレイ出力の色(発行する 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

る関係を“Blue”に示す。

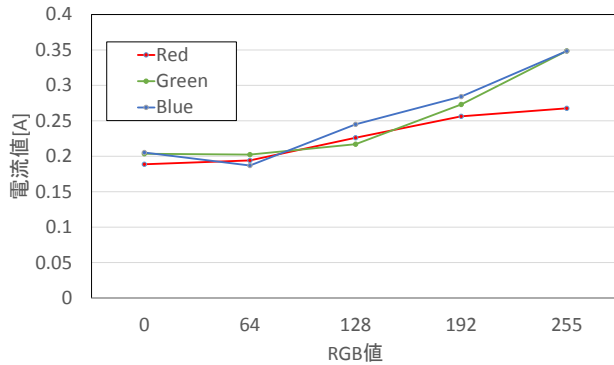


図3 RGB値と電流の関係 (単色発光)

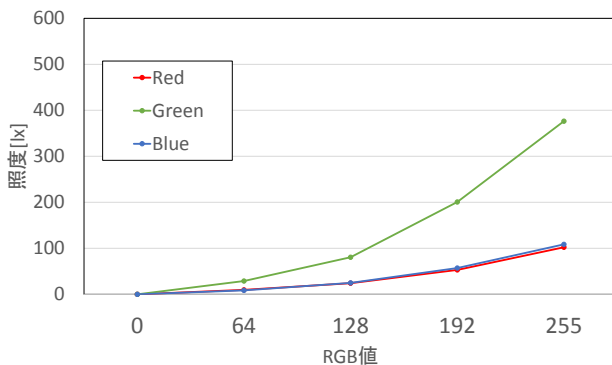


図4 RGB値と電力の関係 (単色発光)

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多きことが分かる. 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がやすいからであると考えられる.

また, RGB値が低い(64以下程度)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以上程度)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

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. 本章にて, 式(1), 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.

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

ただし, 式(1)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(省電力を行う)する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. また, 我々は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予想している.

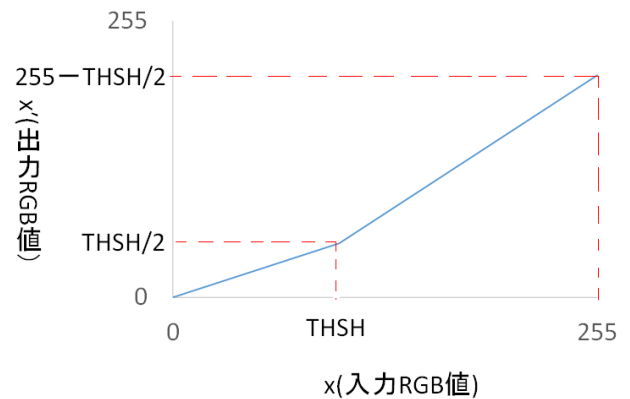


図5 RGB減算手法

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(明るさ調整)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. 待ち受け画面は灰色に近いピクセルが多い. 各画像の各RGB値の出現頻度(ヒストグラム)は付録に示されている.

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

通常手法(明るさ調整)および提案手法にて省電力を行ったときの電流を図 6-9 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.

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, 削減の効果が大ききことが分かる. 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 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.

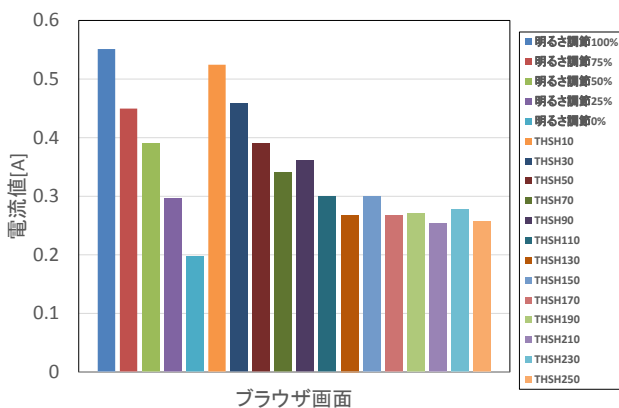


図 6 電流評価 (ブラウザ画面)

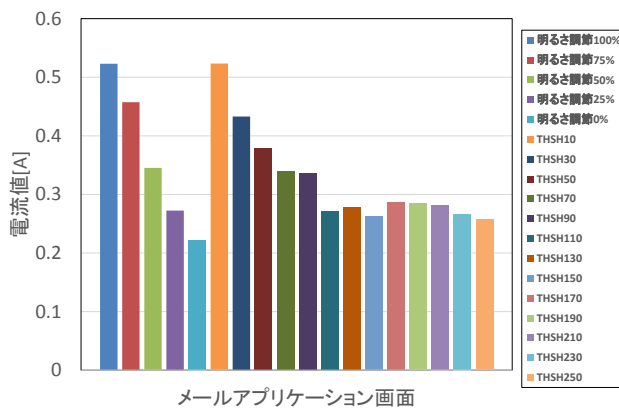


図 7 電流評価 (メールアプリケーション画面)

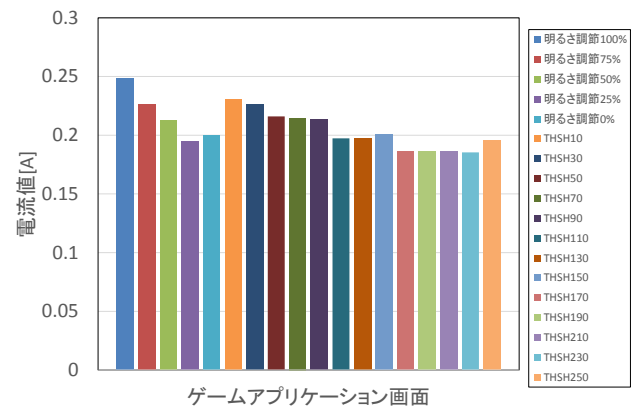


図 8 電流評価 (ゲームアプリケーション画面)

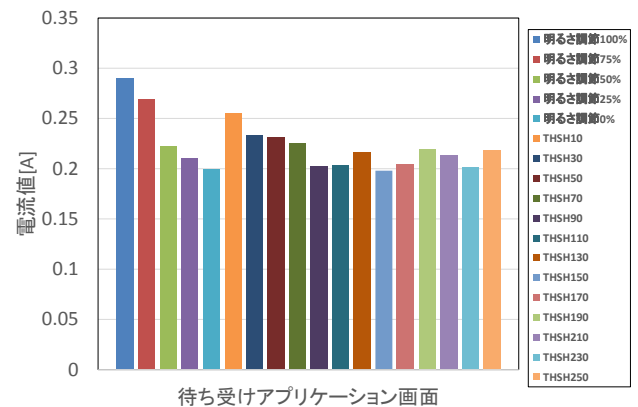


図 9 電流評価 (待ち受けアプリケーション画面)

5.3 電流評価見やすさの評価

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は, 表 2 の通りである.

表 2 主観評価

	画面	提案手法	通常手法
①	標準ブラウザ	THSH50 0.389[A]	明るさ調整 50% 0.391[A]
②	メールアプリ	THSH50 0.340[A]	明るさ調整 50% 0.345[A]
③	ゲームアプリ	THSH30 0.210[A]	明るさ調整 75% 0.212[A]
④	待ち受けアプリ	THSH100 0.219[A]	明るさ調整 50% 0.223[A]

全ての比較において電流値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、7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ゆだねられているが、ブラウザ画面やメール画面では文字の判別のしやすさが大きな要因の一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大学生(22才から23才)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事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。

表3 主観評価結果

	画面	提案手法を選んだ人数	通常手法を選んだ人数
①	標準ブラウザ	5人	2人
②	メールアプリ	4人	3人
③	ゲームアプリ	5人	2人
④	待ち受けアプリ	4人	3人

主観評価結果は表3の通りである。全ての結果にて、提案手法は通常手法と同じ電流値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。

6. 関連研究

Androidの消費電力に関する既存の研究としては、Rahul MurmuraらによるAndroid端末の消費電力の調査がある[3]。この研究ではAndroidの様々なデバイス、機能による消費電力が調査されており、ディスプレイについての考察も行われている。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。また、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。

有機ELディスプレイの消費電力と画質の研究としては、桑原卓也らによる固定長符号化マルチラインアドレスングを用いる手法の提案[4]や、大橋誠二らによる有機ELディスプレイの消費電力の解析[5]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。

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、画像を取得し変更することによって、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、全て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得ることができ、提案手法の有効性が確認された。

今後は、HSV表現による明度(Value)のみの制御による省電力、液晶ディスプレイへの適用、より多くのアプリケーション画面による評価を行っていく予定である。

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) Gartner Says Annual Smartphone Sales Surpassed Sales of Feature Phones for the First Time in 2013, <http://www.gartner.com/newsroom/id/2623415>
- 2) 日本経済新聞 http://www.nikkei.com/article/DGXNASFK2600W_W3A320C1000000/2013年4月1日
- 3) Rahul Murmura, Jeffrey Medsger, Angelos Stavrou, Jeffery M. Voas, "Mobile Application and Device Power Usage Measurements", Energy aware self-adaptation in mobaile systems, USA, 2013
- 4) 桑原卓也, 服部励治, "固定長符号化マルチラインアドレスング有機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, 2012
- 5) 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

付録

評価実験で用いた4枚の画像(標準ブラウザ画面、メール画面、ゲーム画面、待ち受け画面)のRGB別の出現頻度は図10から図21の通りである。

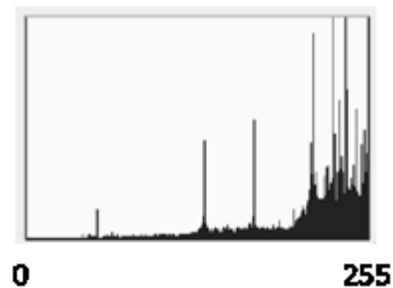


図10 標準ブラウザ画面における赤色出現頻度

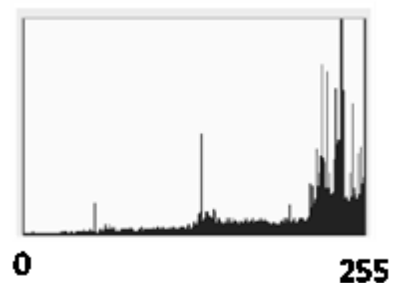


図11 ブラウザ画面における緑色出現頻度

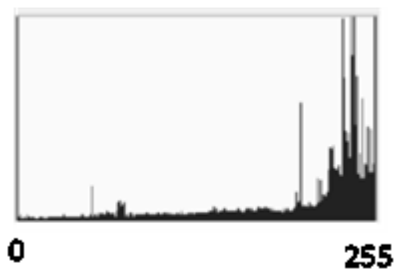


図 12 ブラウザ画面における青色出現頻度

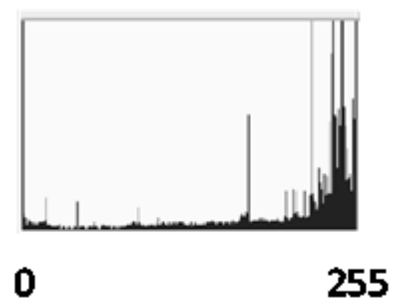


図 13 メールアプリケーション画面における赤色出現頻度

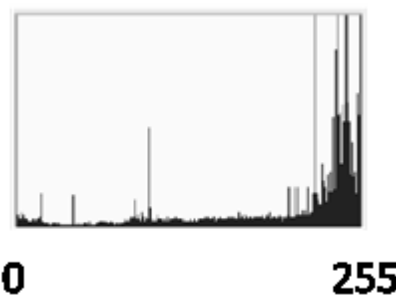


図 14 メールアプリケーションにおける緑色出現頻度

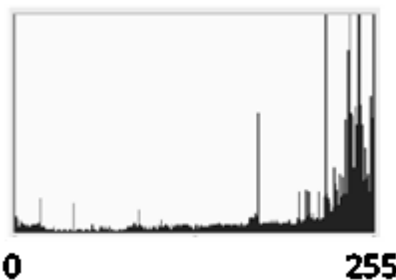


図 15 メールアプリケーションにおける青色出現頻度

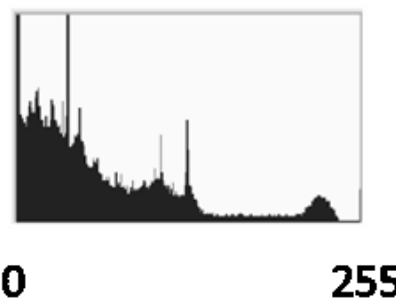


図 16 ゲームアプリケーションにおける赤色出現頻度

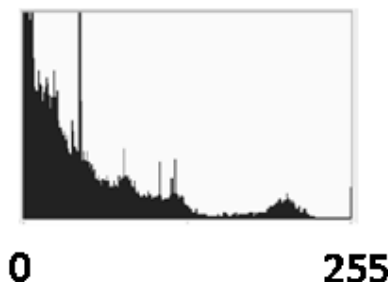


図 17 ゲームアプリケーション画面における緑色出現頻度

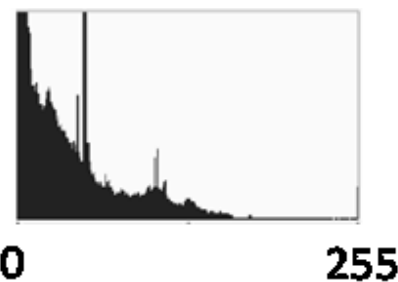


図 18 ゲームアプリケーション画面における青色出現頻度

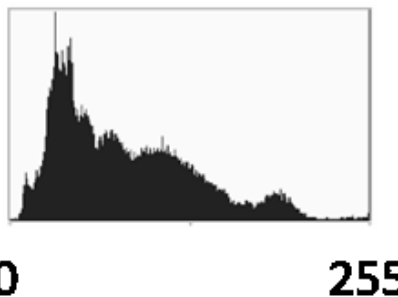


図 19 待ち受けアプリ画面における赤色出現頻度

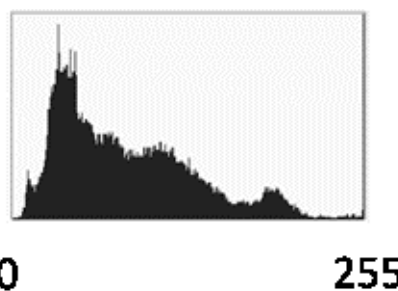


図 20 待ち受けアプリ画面における緑色出現頻度

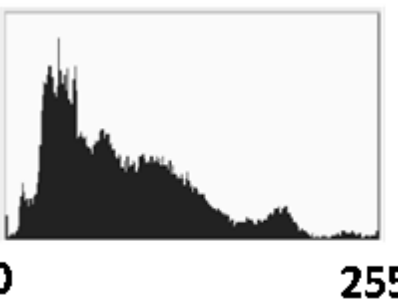


図 21 待ち受けアプリ画面における青色出現頻度