

Web 広告が閲覧デバイスに与える副作用の実証的調査

中島 弘貴[†] 松尾 裕幸[†] 松本 真佑[†] 楠本 真二[†]

[†] 大阪大学大学院情報科学研究科, 吹田市

E-mail: †{h-nakajm,h-matsuo,shinsuke,kusumoto}@ist.osaka-u.ac.jp

あらまし 近年, Web のユーザにとって望ましくない「煩わしい」広告が増えている. 例えば GIF アニメーションを用いた広告や, 画面のスクロール動作に追従する広告などである. これらの広告は, コンテンツの読みやすさやユーザビリティの低下といった人への影響だけでなく, バッテリー消費量やページの初期ロード時間, ネットワーク通信量の増加といった, 閲覧デバイスへの影響も少なからず発生させる. 一方で, 「煩わしい」広告の回避を目的とした広告ブロック技術も普及しつつある. 仮にあらゆるユーザがこれらの技術を利用すれば, コンテンツの提供/享受と広告の揭示/閲覧によって成り立つ Web のエコシステムは崩壊する恐れがある. 本研究の長期的な目的は Web のエコシステムの持続であり, そのための手段としてユーザに受け入れられやすい広告について検討することである. 本稿ではそのような広告が持つ性質のうち, 閲覧デバイスに与える影響に着目し, その影響の程度を調査する.

キーワード Web 広告, 消費電力, ネットワーク通信量, AdBlock

An Empirical Study on Side Effects by Web Advertisements on Mobile Device

Hiroki NAKAJIMA[†], Hiroyuki MATSUO[†], Shinsuke MATSUMOTO[†], and Shinji KUSUMOTO[†]

[†] Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University Suita

E-mail: †{h-nakajm,h-matsuo,shinsuke,kusumoto}@ist.osaka-u.ac.jp

1. ま え が き

Web は閲覧者に対する無償での情報の提供, および情報提供者に対する広告収入によって成り立つ, 一種の生態系 (エコシステム) を形成している. すなわち, 現在のような無償かつ手軽に情報を取得可能な Web を存続させるためには, Web 広告は欠かせない存在であるといえる.

しかしながら, 近年ではユーザにとって望ましくない「煩わしい」Web 広告が増加しつつある [1]. 例えば, GIF アニメーションを用いた動く広告や, 画面のスクロール動作に追従する広告, コンテンツにオーバーレイする広告などである. さらにはクリック詐欺のような悪意のある広告も少なくない [2]. これらの広告は, コンテンツの読みやすさやユーザビリティの低下といった人への影響だけでなく, バッテリー消費量やページの初期ロード時間, ネットワーク通信量の増加といった, 閲覧デバイスへの影響も少なからず発生させる.

この煩わしい広告の普及に伴い, Web 広告のブロック技術 [3]~[5] が数多く登場しつつある. 広告ブロック技術は, OS レベルでのホスト名の解決を阻害するもの [3] や, Web ブラウザ上でのプラグインとして動作するもの [4], [5] など, その実現手段は多岐にわたる. これらの広告ブロック技術は Web のエ

コシステムの崩壊を助長するものであり, 仮にあらゆるユーザが広告をブロックすれば, Web 広告掲載による収益モデルは成り立たなくなる. 実際に, 広告ブロック技術の調査を行っている PageFair によると, 広告ブロックによる経済損失は 2015 年時点で 220 億ドルに達していると報告されている [6].

本研究の長期的な目的は, Web のエコシステムの持続であり, その手段としてユーザに受け入れられやすい Web 広告について検討する. どのような広告が受け入れられやすいかは様々な調査と検討が必須であるが, 基本的には以下 2 点の性質を満たすと考えられる.

- 閲覧者に与える副作用が小さい
(可読性を低下させない, コンテンツに溶け込む等)

- 閲覧デバイスに与える副作用が小さい
(バッテリーを消費しにくい, 通信量を増加させにくい等)

また広告という特性上, 一つ目の性質については揭示効果が高い (クリックされやすい) という観点とのトレードオフも検討する必要がある.

本稿ではユーザに受け入れられやすい Web 広告が持つ性質のうち, 閲覧デバイスへの影響に着目し, その影響の程度を調査する. 具体的には, 消費電力, ページの初期ロード時間, およびネットワーク通信量の 3 つの指標について, Web 広告あ

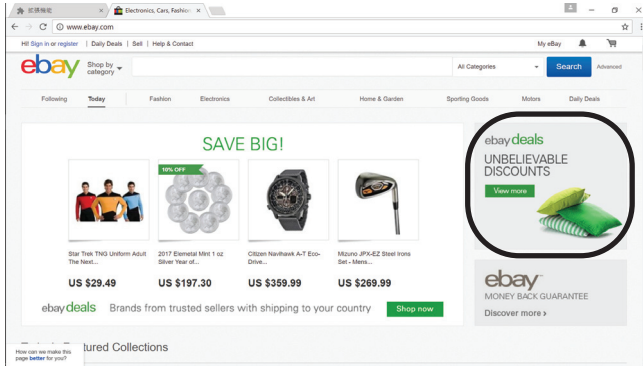


図 1 ebay.com のトップページ (黒枠は広告)

りとなしの場合それぞれについて比較を行う。近年では、ソフトウェアの消費電力に関する研究 [7]～[11] も数多く実施されており、消費電力は利用者にとって関心度合いの高い指標であるといえる。これらデバイスへの影響の定量的な調査結果に基づき、ユーザに受け入れられやすい広告が持つ特性や指標について議論する。

2. 準備

2.1 Web 広告

本研究では Web ページに含まれる様々な HTML 要素の内、広告収益を目的として表示される要素を Web 広告と定義する。Web 広告には、以下のように様々な種類が存在する。

バナー広告: ページ内の固定された枠内に、画像などを表示する広告

ポップアップ広告: ページを開いた時に、自動的に最前面に表示されるウィンドウ上の広告

フローティング広告: ページ上のコンテンツに重なった状態で表示される広告

動画広告: ページ上の動画内に表示される広告

これらの広告にはさらに、GIF アニメーションを含むものやミスクリックを誘発するものなどがあり、これらの要素は複合し得る。また、ネイティブ広告と呼ばれるものも存在する。これは、ページ内のコンテンツの一部として自然に存在し、ユーザにストレスを与えないような広告のことである。

以上のように、Web 広告の種類は多岐に渡るため、これらの分類を一般化することは困難である。また、HTML のある要素が Web 広告であるかどうかを客観的に判断することも難しい。そこで本研究では、後述の Adblock が用いているフィルタによってブロックされる要素を Web 広告とみなし、調査を行う。

2.2 Adblock

Adblock [4] は、Web 広告要素に含まれる画像や動画のダウンロード通信をブロックすることができる、Google Chrome の拡張機能である。Adblock が広告をブロックする方法には、以下の 2 種類が存在する。

通信ブロック: Web 広告要素に含まれる画像等をダウンロードするための通信をブロックする

表示ブロック: Web 広告要素の CSS のプロパティを変更し、

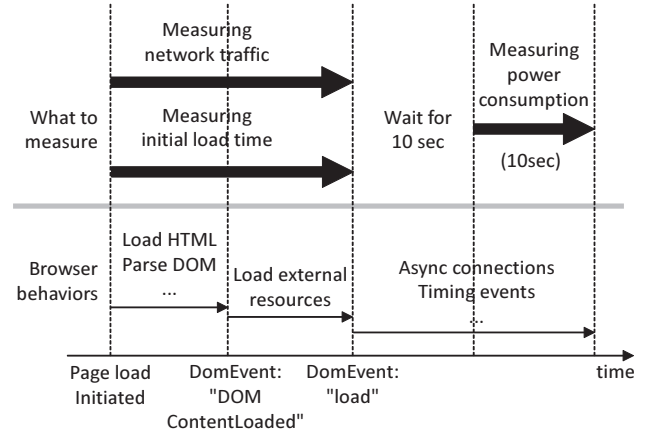


図 2 Web ページアクセス時のブラウザの挙動と計測項目

非表示にする

また、Adblock がどの広告をブロックするか、あるいはブロックしないかは、フィルタを設定することにより指定できる。本研究では、Adblock をインストールした初期状態でのフィルタ^(注1)を用いて調査を行う。

3. 調査目的

3.1 調査動機

Web 広告が閲覧デバイスに与える影響について考えるため、図 1 のような Web ページ [12] を考える。図 1 の Web ページ上には、図中の黒枠で示される広告が含まれている。この広告は GIF アニメーションを用いて動いているため、CPU やディスプレイなどのデバイスの消費電力を増加させる。一方で、Adblock を用いるとこの広告は表示されなくなる。そのため、Adblock を用いた場合は用いない場合に比べて、このページを表示している間の閲覧デバイスの消費電力は減少すると考えられる。

また、広告要素が Adblock の通信ブロックによってブロックされた場合、閲覧デバイスのネットワーク通信量は減少すると考えられる。さらに、広告要素のダウンロードがブロックされることにより、Web ページの初期ロード時間も短くなると考えられる。

本研究では、このような広告による閲覧デバイスへの影響がどの程度あるのかについて調査を行う。

3.2 調査項目

本研究の目的は、Web 広告が閲覧デバイスに与える影響をバッテリー消費量、ページの初期ロード時間、およびネットワーク通信量の観点から調査することである。そこで、調査を行うにあたって以下の調査項目を設定した。

RQ1: 広告を表示することによって、閲覧デバイスのバッテリー消費量がどの程度変化するか。

RQ2: 広告を表示することによって、ページの初期ロード時間がどの程度変化するか。

(注1) : Acceptable Ads, EasyList, ABP Japanese filters, Adblock 警告除去リスト

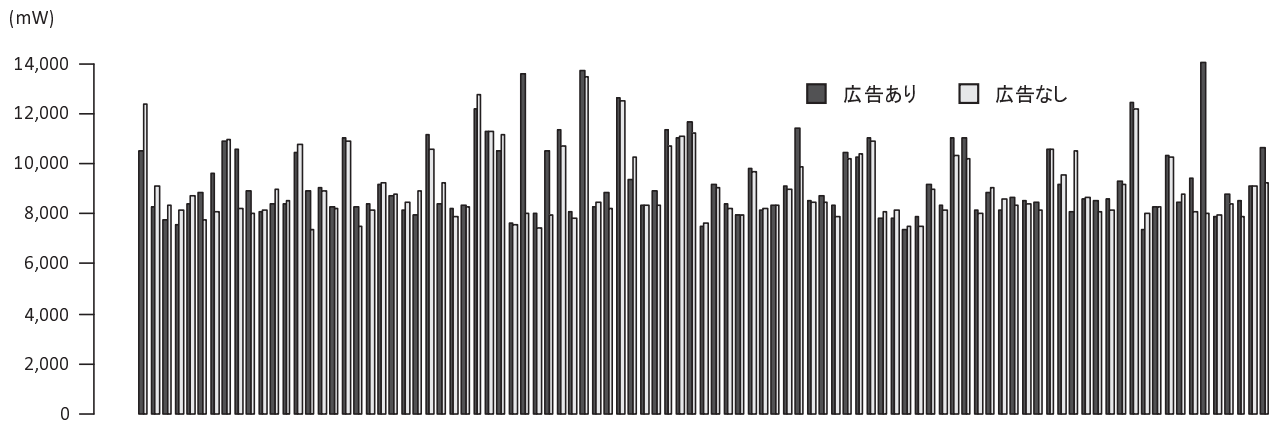


図 3 消費電力の計測結果 (横軸は調査対象のページをアクセス数が多い順に左から並べたもの)

表 1 広告数の概要

	合計	平均
通信ブロックされた広告	1,732	18.2
表示ブロックされた広告	873	9.2

表 2 消費電力の変化が大きいページ

ホスト名	消費電力 (mW)		ブロック数	
	広告あり	広告なし (変化率%)	通信	表示
cnzz.com	14,059	8,014 (-43)	9	0
ebay.com	136,19	8,022 (-41)	15	0
mail.ru	105,44	7,976 (-24)	89	0
qq.com	105,80	8,226 (-22)	4	43
instagram.com	8,936	7,401 (-17)	2	0
amazon.com	9,630	8,066 (-16)	65	0
alibaba.com	9,449	8,104 (-14)	44	0
youku.com	11,425	9,896 (-13)	51	511
alipay.com	10,642	9,248 (-13)	2	0
wikipedia.org	8,858	7,787 (-12)	0	0
...	...	...	...	...
sohu.com	7,931	8,917 (+12)	92	139
google.com	10,546	12,421 (+18)	0	0
google.com.tw	8,107	10,556 (+30)	0	0

RQ3: 広告を表示することによって、ネットワーク通信量などの程度変化するか。

RQ1~3 に基づいて調査を行い、もし Web 広告が閲覧デバイスに与える影響が大きいのであれば、閲覧デバイスへの影響が小さい広告を模索する必要があると言える。もし影響が小さいのであれば、Web 広告が人に与える影響についても調査を行い、「煩わしい」広告とそうでない広告の違いを明らかにする必要があると言える。

4. 調査

4.1 調査方法

本調査では前節で挙げた調査項目に回答するために、以下の 2 種類の調査を行った。

広告あり: 拡張機能をオフにした Google Chrome で計測

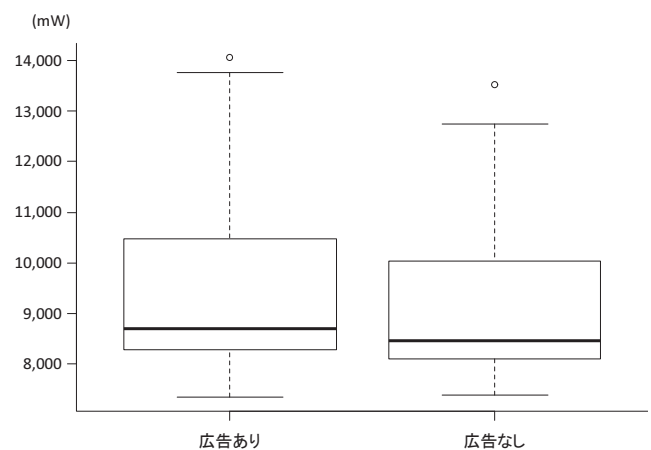


図 4 消費電力の箱ひげ図

広告なし: Adblock を起動した Google Chrome で計測

広告ありでは、ブラウザのデフォルト状態で消費電力等の計測を行う。広告なしでは、Adblock を用いて広告要素のダウンロードや表示をブロックした状態で計測を行い、広告ありの場合と比較して広告が閲覧デバイスに与える影響を調査する。

各調査における具体的な調査手順は、以下の通りである。

ステップ 1: 調査対象の Web ページを開き、ネットワーク通信量を計測しながらページのロードを開始し、ロード完了までの時間を計測する

ステップ 2: ページのロード完了から 10 秒経過した後、消費電力を 10 秒間計測する

ステップ 1 ではネットワーク通信量の計測を行いながら、ページのロードを行う。また、ロードにかかった時間の計測も行う。このステップでは、ページのロード開始から終了までの間に消費電力が大きく増加するため、広告の影響による消費電力の変化が判別できない。そのため、ステップ 1 では消費電力の計測は行わない。

ステップ 2 ではページのロード終了後、10 秒間は消費電力の計測を行わない。これは、ページのロードによる消費電力増加の影響を緩和し、消費電力が安定した状態で計測するためである。ページのロード完了から 10 秒経過した後、消費電力の計

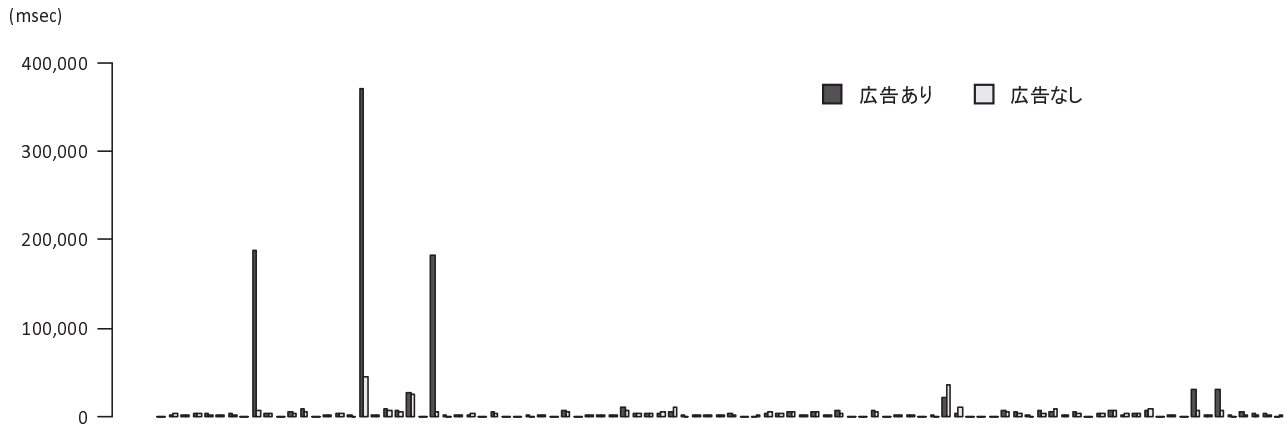


図 5 初期ロード時間の計測結果 (横軸は調査対象のページをアクセス数が多い順に左から並べたもの)

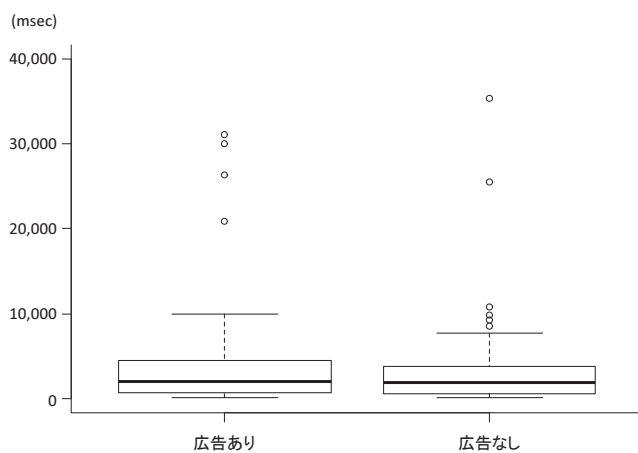


図 6 初期ロード時間の箱ひげ図

測を 10 秒間行う。

図 2 は、調査対象の Web ページにアクセスした際の、ブラウザの挙動と計測項目を図示したものである。図中の Page load initiated はページのロード開始時点、DomEvent: "DOMContentLoaded" はページの DOM 要素のロード終了時点、DomEvent: "load" はページのロード終了時点をそれぞれ表している。また、Measuring network traffic はネットワーク通信量を計測する時間、Measuring initial load time はページのロード時間を計測する時間、Measuring power consumption は消費電力を計測する時間をそれぞれ表している。

本研究では、後述の調査対象の全ページについて、上記の 2 ステップを広告ありおよび広告なしの場合について各 1 回行った。

4.2 調査対象

本調査では Alexa [13] で集計されている、2016 年 9 月 23 日時点でアクセス数トップ 100 のホストの全ウェルカムページを調査対象とした。ただし、アクセスできないページなどが含まれていたため、実際の調査はそれらを除いた 95 個のページを対象として行った。

4.3 調査環境

本調査を行った環境は VAIO Pro 13 | mk2, Windows10 Pro,

Intel Core i5@2.20GHz 2.19GHz, 8.00GB の RAM, ディスプレイサイズは 1,920 × 1,080 ピクセルである。また、以下の設定を行った。

- 学内ネットワークに WiFi で接続
- 調査に関係のないアプリケーションを全て終了
- ディスプレイの輝度最大
- 各種類の調査毎に Google Chrome の履歴を削除
- Google Chrome のキャッシュを無効化

また、このノートパソコンの消費電力の計測は WeMo@Insight Switch [14] を用いて行った。

5. 調査結果

5.1 広告数

調査を行った 95 ページにおいて、AdBlock によって通信ブロックおよび表示ブロックされた広告の数は表 1 の通りである。表中の合計欄は 95 ページ全ての広告数を合計したものであり、平均欄は 1 ページあたりの広告数である。また、どちらの種類の広告も含まないページの数 24 であった。

5.2 RQ1(消費電力)の調査結果

広告ありの場合および広告なしの場合の調査を行った結果、各調査における全ページの消費電力の平均値は図 3 のようになった。また、これらの分布を箱ひげ図として表したものが図 4 である。図の縦軸は消費電力を mW 単位で表示したものであり、広告ありおよび広告なしはそれぞれ調査の種類を表している。図 4 より、消費電力の中央値については広告なしの方が小さいということが分かった。

また、広告ありの場合および広告なしの場合の消費電力についてウィルコクソンの順位和検定を行った。検定の結果、p 値は 0.137 となり、有意水準 5% のもとで消費電力に有意差がないということが分かった。さらに、通信ブロックまたは表示ブロックされた広告が少なくとも 1 つ以上あるページについても、同様に消費電力について検定を行った。検定の結果、p 値は 0.128 となり、有意水準 5% のもとで消費電力に有意差がないということが分かった。

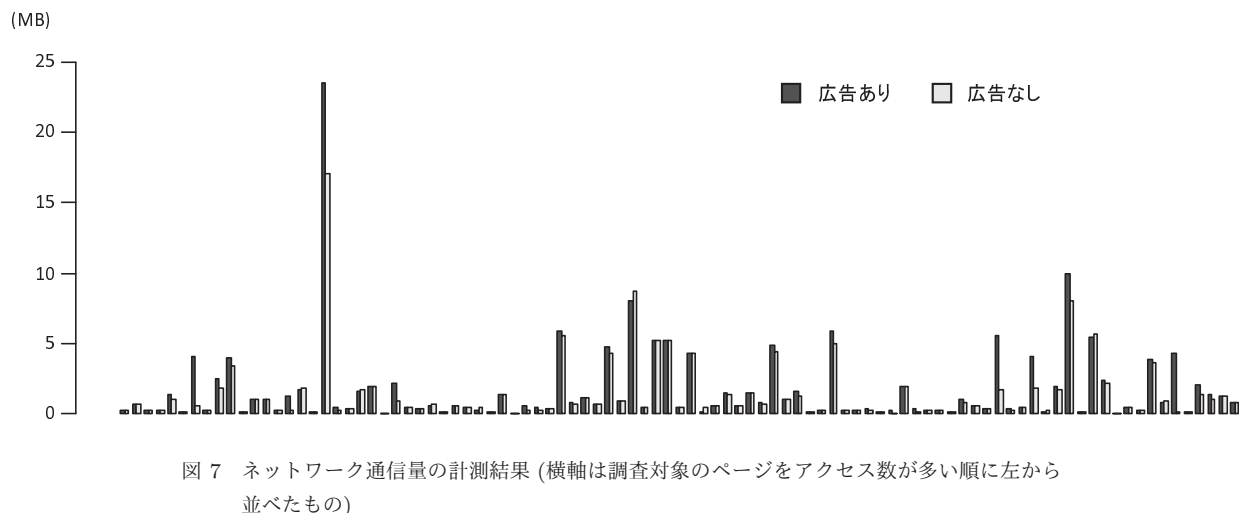


図 7 ネットワーク通信量の計測結果 (横軸は調査対象のページをアクセス数が多い順に左から並べたもの)

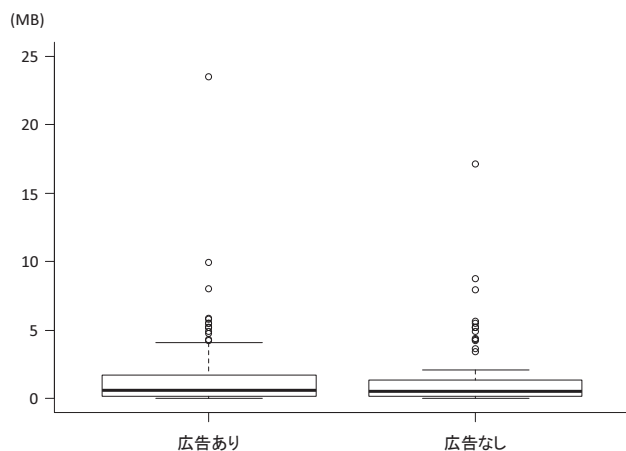


図 8 ネットワーク通信量の箱ひげ図

より詳細な分析として、広告をブロックした際の各ページにおける消費電力の変化率一覧を表 2 に示す。表中のホスト名は消費電力の変化率で昇順に並び替えられており、変化率が $\pm 10\%$ 以上変化したもののみが抜粋されている。また、AdBlock による通信と表示ブロックの数も併記されている。

広告をブロックすることによって、10 件のページが 10% 以上消費電力が削減されている。特に cnzz.com と ebay.com では約半分近くの電力が削減されていた。これら 10 件のページを目視で確認したところ、wikipedia.org 以外のページにはページアクセス時のディスプレイ表示範囲内に Flash や GIF アニメーションを用いた動画広告が含まれていた。この動画広告が消費電力の変化に大きく寄与していたと考えられる。

また、広告のブロック数と消費電力の変化率には大きな相関は見られなかった。上記の動画広告の事例に見られるように、消費電力の変化は広告の種類や性質が強く寄与しており、単なるブロックの数だけでは判断ができないと考えられる。受け入れられやすい広告の性質を考えるためには、数だけでなく質を考慮した検討が必要であるといえる。

さらに、3 件のページはブロックによって電力が 10% 以上増加していた。広告が存在しない google が 2 件含まれているこ

とから、電力計測時のノイズである可能性が高い。より詳細な分析と実験環境の改善については今後の課題である。

5.3 RQ2(ページの初期ロード時間) の調査結果

広告ありの場合および広告なしの場合の調査を行った結果、各調査における全ページの初期ロード時間は図 5 のようになった。また、これらの分布を箱ひげ図として表したものが図 6 である。図の縦軸は初期ロード時間を msec 単位で表示したものであり、広告ありおよび広告なしはそれぞれ調査の種類を表している。ただし、図 6 は初期ロード時間が 0msec~40000msec の範囲のみを表示している。図 6 より、初期ロード時間の中央値については広告なしの場合の方が小さいということが分かった。

また、広告ありの場合および広告なしの場合の初期ロード時間についてウィルコクソンの順位検定を行った。検定の結果、p 値は 0.379 となり、有意水準 5% のもとで初期ロード時間に有意差がないということが分かった。

さらに、通信ブロックまたは表示ブロックされた広告が少なくとも 1 つ以上あるサイトについても、同様に初期ロード時間について検定を行った。検定の結果、p 値は 0.261 となり、有意水準 5% のもとで初期ロード時間に有意差がないということが分かった。

なお、広告なしの場合の初期ロード時間が広告ありの場合より短いページは 66 個あり、その内広告ありの場合の 10% 以上短いページは 50 個あった。

5.4 RQ3(ネットワーク通信量) の調査結果

広告ありの場合および広告なしの場合の調査を行った結果、各調査におけるネットワーク通信量は図 7 のようになった。また、これらの分布を箱ひげ図として表したものが図 8 である。図の縦軸はネットワーク通信量を MB 単位で表示したものであり、広告ありおよび広告なしはそれぞれ調査の種類を表している。図 8 より、ネットワーク通信量の中央値については広告なしの場合の方が小さいということが分かった。また、広告ありの場合および広告なしの場合のネットワーク通信量についてウィルコクソンの順位検定を行った。検定の結果、p 値が 0.395 となり、有意水準 5% のもとでネットワーク通信量に有意

差がないということが分かった。

なお、広告なしの場合のネットワーク通信量が広告ありの場合より少ないページは 70 個あり、その内広告ありの場合の 10%以上少ないページは 29 個あった。

6. 議 論

6.1 調査結果の考察

調査結果から、Web 広告による閲覧デバイスの消費電力への影響は、Alexa が集計しているアクセス数トップ 100 のページでは大きくないという知見が得られた。ただし、広告をブロックすることによって消費電力が 10%以上減少したページが 10 個あるため、個々のページによっては差が大きいものも存在すると思われる。

ページの初期ロード時間については、広告の有無にはあまり影響されないという結果が得られた。しかし、広告をブロックすることによって初期ロード時間が 10%以上短くなるページが 50 個あるため、消費電力の場合と同様に個々のページによる差が大きいと考えられる。

ネットワーク通信量についても、広告による影響は小さいという結果となった。しかし、広告なしの場合のネットワーク通信量が広告ありの場合よりも減少したページが 70 個あるため、影響は小さいながらも全体的に減少する傾向であると考えられる。

上記のように広告による閲覧デバイスへの影響があまり見られなかった原因の 1 つとして、調査対象の選定方法が挙げられる。今回の調査対象には Google 系のページが 19 個含まれているなど、広告が少ない、あるいは含まれていないページも多くあった。そのため、広告による閲覧デバイスへの影響が現れにくかったと考えられる。

6.2 妥当性への脅威

本研究における調査対象には広告が存在しない、あるいは少ないページも含まれている。そのため、調査結果には広告の影響とは言えないものも含まれている。

本調査で用いたノートパソコンは可能な限り調査に影響を与えないように設定した。しかし、全ての機能を制御することはできないため、調査中の予期しない動作によって調査結果が影響を受ける可能性がある。

本研究では Adblock のフィルタによってブロックされるものを広告とみなして調査を行ったが、Adblock によってブロックされない広告も存在する。本研究では、そのような広告の影響は計測できていない。

広告も含めた Web ページ上のコンテンツは、ページにアクセスした日時によって変わる可能性がある。本研究ではその影響を考慮していないが、全ての調査は同日中に行った。

7. あとがき

本研究では、Web 広告がそれを閲覧しているデバイスに与える影響について、デバイスの消費電力やページの初期ロード時間、ネットワーク通信量の観点から調査を行った。Alexa が集計しているアクセス数トップ 100 のページを対象として調査を

行った結果、消費電力については個々のページによる差が大きかったものの、全体として大きな差はないということが分かった。また、ページの初期ロード時間についても一部のページでは大きな差があったが、それほど差のないページも多かった。ネットワーク通信量については、全体的に減少しているものの統計的に有意な差は見られなかった。

これらの結果から、Web 広告が閲覧デバイスに与える影響は大きいとは言えないということが分かった。しかし、Web 広告がそれを閲覧している人に与える影響については分かっていない。今後は調査対象や調査環境などを見直した上で、Web 広告が閲覧デバイスだけでなく、人に与える影響についても調査する予定である。

謝辞 本研究は、科学研究費助成事業（基盤研究 S JP25220003, 基盤研究 B JP16H02908, 若手研究 B JP26730155）の助成を得て行われた。

文 献

- [1] Viktor Krammer. An effective defense against intrusive web advertising. In *Sixth Annual Conference on Privacy, Security and Trust, PST '08*, pp. 3–14, October 2008.
- [2] Zhou Li, Kehuan Zhang, Yinglian Xie, Fang Yu, and Xiaofeng Wang. Knowing your enemy: Understanding and detecting Malicious web advertising. In *Proceedings of the 2012 ACM Conference on Computer and Communications Security, CCS '12*, pp. 674–686, New York, USA, 2012.
- [3] AdAway. <https://adaway.org/>.
- [4] Adblock. <https://chrome.google.com/webstore/detail/adblock/ghghmmpioibklfepjocnamgkbbiglidom?hl=ja>.
- [5] μ Block. <https://chrome.google.com/webstore/detail/ublock/epcnnfbjfcgphgdmggkamkmgoidagdn?hl=ja>.
- [6] The cost of ad blocking. https://downloads.pagefair.com/wp-content/uploads/2016/05/2015_report-the_cost_of_ad_blocking.pdf.
- [7] Ding Li, Yingjun Lyu, Jiaping Gui, and William G. J. Halfond. Automated energy optimization of http requests for mobile applications. In *Proceedings of the 38th International Conference on Software Engineering, ICSE '16*, pp. 249–260, New York, USA, 2016.
- [8] Phillip Stanley-Marbell, Virginia Estellers, and Martin Rinar. Crayon: Saving power through shape and color approximation on next-generation displays. In *Proceedings of the Eleventh European Conference on Computer Systems, EuroSys '16*, pp. 11:1–11:17, New York, USA, 2016.
- [9] Ding Li and William G. J. Halfond. An investigation into energy-saving programming practices for android smartphone app development. In *Proceedings of the 3rd International Workshop on Green and Sustainable Software, GREENS '14*, pp. 46–53, New York, USA, 2014.
- [10] Ding Li, Angelica Huyen Tran, and William G. J. Halfond. Making web applications more energy efficient for OLED smartphones. In *Proceedings of the 36th International Conference on Software Engineering, ICSE '14*, pp. 527–538, New York, USA, 2014.
- [11] Abram Hindle. Green mining: A methodology of relating software change to power consumption. In *Proceedings of the 9th IEEE Working Conference on Mining Software Repositories, MSR '12*, pp. 78–87, Piscataway, NJ, USA, 2012.
- [12] eBay. <http://www.ebay.com/>.
- [13] Alexa. <http://www.alexa.com/>.
- [14] WeMo@Insight Switch. <http://www.belkin.com/us/p/P-F7C029/>.