

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 16 日現在

機関番号：32682  
研究種目：若手研究(B)  
研究期間：2014～2016  
課題番号：26730041  
研究課題名（和文）安全なWebブラウジングの実現法に関する研究

研究課題名（英文）Proposal for safer web browsing method

## 研究代表者

早川 智一（Hayakawa, Tomokazu）

明治大学・理工学部・専任講師

研究者番号：00714700

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、悪意のあるコンテンツを含むWebページ（以下、悪意のあるWebページ）から閲覧者を保護する手法を実現することにある。この目的を実現するために、仮想的なWebブラウザ（以下、仮想ブラウザ）を設計・実装した。仮想ブラウザは、閲覧者が要求したWebページを外見が等価な画像に透過的に変換することで、悪意のあるWebページの脅威を低減する。評価実験を通じて、仮想ブラウザが悪意のあるWebページから閲覧者を保護する有用な手段であることを確認した。

研究成果の概要（英文）：The main objective of this research is to provide users a safer web browsing method that enables users to browse malicious web pages without any harm. To achieve the objective, this research proposes a virtual web browser. The virtual web browser makes malicious web pages harmless by transparently transforming web pages requested by users into equivalent images. Through evaluations, we conclude that the virtual web browser is a great help to protect users from malicious web pages.

研究分野：ソフトウェア

キーワード：ウェブブラウザ 仮想化 画像化 セキュリティ プロキシ HTML CSS JavaScript

### 1. 研究開始当初の背景

WWW (World Wide Web) の普及とともに、悪意のあるコンテンツを含む Web ページ (以下、悪意のある Web ページ) が問題となっている。この例として、当該 Web ページを閲覧しただけで閲覧者にウイルスなどを感染させるドライブ・バイ・ダウンロード攻撃がある。一般に、悪意のある Web ページへの対策としては、(1)最新の Web ブラウザ (以下、ブラウザ) を使う、(2)ブラウザのプラグイン (例: Flash Player など) を最新化する、(3)最新のアンチウイルス製品を使う、(4)最新の OS (Operating System) を使う などが挙げられるが、これらの対策を講じるのが難しい場合や講じても不十分である場合が少なくない。たとえば、これらの対策は、バグの修正パッチやウイルスのパターンファイルが適用される前に行われるゼロ・デイ攻撃には効果が薄い。したがって、悪意のある Web ページを安全に閲覧する手法が必要であるが、実運用環境に適用可能な実用性の高い方法は提案されていない。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、実用性や利便性をなるべく低下させずに、悪意のある Web ページから閲覧者を保護する手法を実現することにある。なお、ここでの実用性とは、(1)悪意のある Web ページの脅威を低減する能力を提供し、(2)既存の環境に容易に導入でき、(3)低い初期・運用コストで使用できることを意味するものとする。また、ここでの利便性とは、閲覧者が(1)実行環境として追加ソフトウェアをインストールすることなく日頃から使用しているブラウザを使え、(2)従来どおりブックマーク機能が使え、(3)従来どおりキーボードやマウスで操作でき、(4)従来どおりフォームの入力や送信ができ、(5) Cookie や Local Storage などの永続化機能を使う Web アプリケーションも利用できることを意味するものとする。

### 3. 研究の方法

前述の目的を実現するため、悪意のある Web ページへの対策として、HTML5 準拠のブラウザ上で動作する仮想 Web ブラウザ (以下、仮想ブラウザ) を設計・実装した。仮想ブラウザのアイデアは、(1)閲覧者のブラウザからの HTTP 要求を中継する際に、(2)要求された Web ページを外見が等価な画像に変換し、(3)変換した画像を HTTP 応答として閲覧者のブラウザに送り返す ことで悪意のある Web ページの脅威を低減し閲覧者を保護する点にある (図 1)。仮想ブラウザは、クライアント環境とサーバ環境とで構成される。仮想ブラウザのクライアント環境は HTML5 で記述され、HTML5 に準拠したブラウザ上で閲覧者から見て透過的にあたかも仮想化されていないかのように動作する。仮想ブラウザのサーバ環境は、認証・中継サーバと画

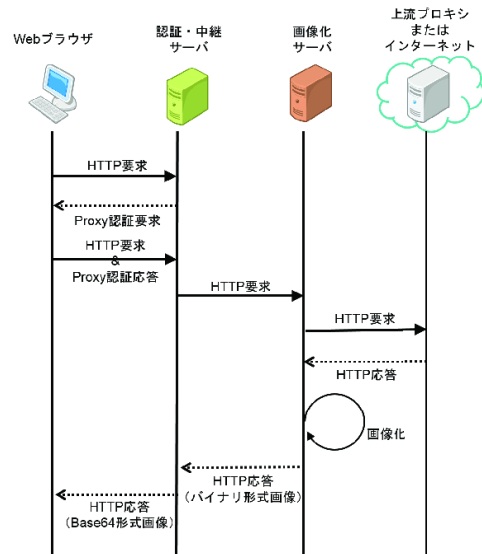


図1 仮想ブラウザの動作概要

像化サーバとで構成される (図 2)。我々は、仮想ブラウザを、HTML5 と JavaScript 関連技術のみを用いて実装した。これは、実装に用いる技術を Web 開発の標準技術に限定することで、移植性を最大化しつつ開発・運用コストを低減するためである。

### 4. 研究成果

#### (1) 仮想ブラウザのスクリーンショット

図 3 は、情報処理学会の Web ページを表示した仮想ブラウザのスクリーンショットである。注目すべき点として、図中のコンテキストメニューに「ページのソースを表示」が表示されていない点を挙げる。これは、Web ページ全体が 1 枚の画像に変換されているためである。なお、仮想ブラウザは閲覧者の操作イベントを捕捉して処理するため、仮想ブラウザ上に表示されているリンクはクリック可能である。リンクがクリックされると、仮想ブラウザは新しい URL に遷移し、新しい URL に対応した画像を表示する。

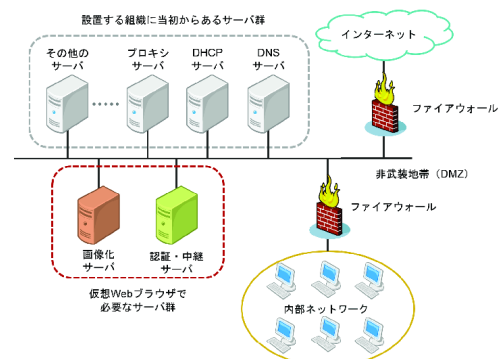


図2 仮想ブラウザのネットワーク構成

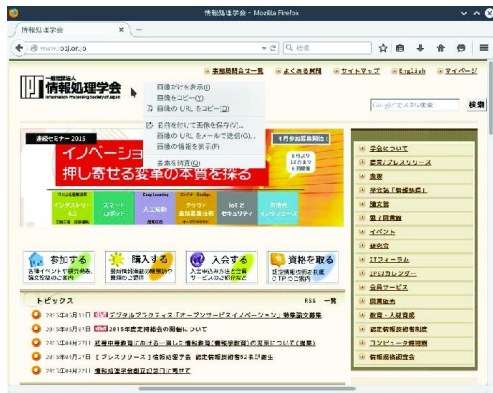


図3 仮想ブラウザのスクリーンショット

## (2) 仮想ブラウザの評価

我々は、仮想ブラウザの有用性を評価するために2つの試験を行った。評価においては、Web上のトラフィック量の上位10サイトを使用した。

### ネットワーク転送量による評価

第一に、仮想ブラウザと認証・中継サーバとの間のネットワーク転送量の測定を行った。オリジナルのWebページ(当該Webページに含まれるCSSやJavaScriptや画像などの外部コンテンツも含む)のサイズに対し、当該Webページを画像に変換した場合の画像形式および圧縮形式ごとのファイルサイズ(表1)を評価値とした(評価値は10回の試行の平均値)。評価の結果、仮想ブラウザは対象のすべてのWebサイトを画像化することができた。また、表1から、deflateで圧縮することで、Base64形式への変換で増加す

る画像サイズを変換前のサイズとほぼ同じにできることが分かる。我々は、この評価の結果から、CPU資源さえ十分ならば、仮想ブラウザがネットワーク転送量を増加させることなくWebページを外見が等価な画像に変換できるという結論を得た。

### 応答時間による評価

第二に、仮想ブラウザの応答時間を測定した。仮想ブラウザを使用した際に発生する遅延時間と画像変換にかかる時間とを評価値とした(評価値は10回の試行の平均値)。評価の結果を表2に示す。この中で「読込時間」は特に重要である。なぜならば、この値は、生のブラウザを使った場合と仮想ブラウザを使った場合との体感時間の差を表しているからである。ここで、体感時間の差が生じる理由は、生のブラウザはトップページを受け取ると画面の描画を行いながら外部リソースを要求するのに対して、仮想ブラウザは画像化を行うという特性上すべての外部リソースの取得が完了するまでは画面の描画を開始できないためである。表2より以下のことから分かる。多くの場合、(1)画像の変換時間は最大でも600ミリ秒弱である、(2)ページの読込完了時間は最大でも3秒強である、(3)体感的な待ち時間の増加は最大でも3秒弱である。我々は、この評価の結果から、多くの場合において、仮想ブラウザが応答時間を大幅に増加させることなくWebページを外見が等価な画像に変換できるという結論を得た。

表1 各ウェブサイトのトップページの画像形式ごとのファイルサイズ(バイト)

ウェブサイト	オリジナルサイズ	JPEG	JPEG Base64	JPEG Base64 Deflate	PNG	PNG Base64	PNG Base64 Deflate
Google.com	282,949	22,910	30,548	17,986	36,669	48,892	35,156
Facebook.com	1,841,983	86,045	114,728	68,634	197,519	263,360	194,507
Youtube.com	2,574,599	352,287	469,717	305,638	1,384,083	1,845,446	1,372,784
Yahoo.com	1,571,936	455,125	610,501	403,917	1,132,177	1,504,048	1,113,362
Baidu.com	422,609	23,152	30,872	14,281	27,435	36,580	23,946
Amazon.com	5,582,703	428,599	571,466	391,707	2,265,560	3,020,748	2,253,555
Wikipedia.org	122,410	137,928	183,904	131,014	281,168	374,892	276,862
Taobao.com	2,427,956	172,384	229,848	141,732	915,262	1,220,351	910,249
Qq.com	3,620,629	913,987	1,218,650	856,511	3,235,599	4,314,134	3,215,905
Twitter.com	1,448,727	105,838	141,119	86,574	447,561	596,750	443,572

表2 各ウェブサイトのトップページに対する各種応答時間(ミリ秒)

ウェブサイト	リソース数	読込開始 時間	読込完了 時間	読込時間	JPG 変換 時間	PNG 変換 時間
Google.com	10	20	164	144	19	26
Facebook.com	34	190	1,376	1,186	54	78
Youtube.com	86	99	1,257	1,157	340	561
Yahoo.com	39	365	1,819	1,454	107	291
Baidu.com	12	248	367	119	28	33
Amazon.com	200	205	3,087	2,881	162	564
Wikipedia.org	20	129	662	532	42	70
Taobao.com	193	242	2,546	2,303	115	286
Qq.com	221	33	3,222	3,188	192	597
Twitter.com	16	136	920	783	72	171

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

小泉 修一, 早川 智一, 疋田 輝雄, ブラウザ部分仮想化の提案, 情報処理学会第79回全国大会講演論文集, 査読無, 第3分冊, 2017, 151-152

早川 智一, 疋田 輝雄, HTML5 を用いた仮想 Web ブラウザの提案と評価, 情報処理学会論文誌, 査読有, 57巻2号, 2016, 573-582

〔学会発表〕(計1件)

小泉 修一, ブラウザ部分仮想化の提案, 第79回情報処理学会全国大会, 2017年3月18日, 名古屋大学(愛知県・名古屋市)

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

早川 智一 (HAYAKAWA, Tomokazu)  
 明治大学・理工学部情報科学科・専任講師  
 研究者番号: 00714700