

# プライバシーリスクを考慮したウェブページ閲覧を促す検索インターフェースの設計

清水勇祐<sup>1</sup> 山本祐輔<sup>2</sup>

本稿では、ウェブ検索中のユーザに「ウェブページの閲覧履歴が誰にどの程度共有される可能性があるのか」についての情報を提供するための検索結果スニペットを提案する。提案する検索結果スニペットは、(1) 行動履歴データが共有される第三者の属性、(2) 共有される第三者の数、(3) 行動履歴データの利用目的をウェブ検索ユーザに提示する。提案スニペットの狙いは、ウェブページ閲覧によるプライバシーリスクと、ウェブページアクセスによる便益との間のトレードオフの検討をウェブ検索ユーザに促すことにある。本稿では、提案スニペットがウェブ検索中のユーザのプライバシー意識やウェブ検索行動に与える影響を分析するために、オンラインユーザ実験を行った。ユーザ実験の結果、行動履歴データが共有される第三者の属性を表示するスニペットおよび、行動履歴データの利用目的を表示するスニペットを使用した実験協力者は、自身が懸念するプライバシーリスクに気づくことができたと感じていることが明らかになった。加えて、検索行動の分析の結果行動履歴データの利用目的を表示するスニペットを使用した実験協力者は、より深い位置の検索結果をクリックする傾向があることがわかった。

## 1 はじめに

深層学習をはじめとするデータ分析技術の発展により、情報配信の個人最適化がますます盛んに行われるようになってきている。そのような情報配信を効果的に行うため、様々なサービスにおいて個人データを収集する動きが盛んになっている。個人データの収集が盛んになる一方で、収集された個人データの扱われ方に懸念を感じる人が増えている [1]。このような懸念から、諸外国では、GDPR (General Data Protection Regulation: 一般データ保護規則) <sup>1</sup> やカリフォルニア州消費者プライバシー法 <sup>2</sup> といった個人のプライバシーを守るための制度が策定・運用されつつある。

今日、多くの人々がウェブ上の情報を得るためにウェブ検索エンジンを利用している。一方で、ウェブ検索にはプライバシーリスクと情報閲覧の便益の両立をする上でいくつか問題がある。第一に、ウェブ検索エンジンが返す検索結果リストには、ウェブ検索ユーザがプライバシーリスクを検討するための必要な情報が提供されていない点である。Googleに代表される典型的なウェブ検索

結果には、ウェブページのURL、タイトル、概要文しか掲載されていない。そのため、ウェブ検索ユーザの多くは、ウェブ検索中に自身のプライバシーについて考える情報や機会に乏しいという問題が生じている [12] [14]。

第二に、ウェブページのプライバシーポリシーを確認するためにはスキルや時間的コストを要する点である [2]。プライバシーポリシーはウェブページを閲覧するユーザに、データの扱い方について伝えるための主要な手段である。一般に、プライバシーポリシーを確認すれば、ウェブページを閲覧、利用した際にどのような行動データがどのような理由で収集されるかを知ることができる。しかし、そのようなプライバシーポリシーの確認にはスキルや時間が必要となる。また、プライバシーポリシーを確認するためにはウェブページを閲覧する必要があり、プライバシーポリシーを閲覧する際にも行動データが追跡されてしまう危険性が存在する。ウェブページ訪問のプライバシーリスクは、そのウェブページを閲覧する前にウェブ検索結果上で評価できることが好ましい。

第三の問題は、ウェブページ閲覧・利用の便益と閲覧によるプライバシーリスクとのトレードオフである。ウェブ検索中のユーザのプライバシーを守る単純なアプローチは、ウェブ検索結果からプライバシーリスクのあるページをあらかじめ除外する、もしくはその種のウェブページを閲覧しないことである。例えば、Tsaiらは検索結果画面に単一の指標に定量化されたプライバシーリスクを表示するインターフェースを提案している [14]。しかし収集されるデータの利用目的や検索しているトピックによっては、ウェブ検索ユーザは個人データを提供することを受け入れる場合もありえる [5]。そのため、プライバシーリスクのあるウェブページを除外したり、リスクの種別や要因を明らかにせずリスクがあることのみを提示するアプローチは、ウェブ検索ユーザがリスクを受け入れられる場合でもウェブページを閲覧する機会を奪うことになる。

本稿では、ウェブ検索結果リスト上で各ウェブページのプライバシーリスクを顕在化することで、ウェブページへのアクセスによってえられる便益とプライバシーリスクのトレードオフの検討を支援するウェブ検索結果スニペットを提案する。提案スニペットは、行動履歴データが共有される第三者の属性、共有される第三者の数、収集されたウェブページ閲覧・利用データの利用目的をウェブ検索中のユーザに伝えることを目的としている。提案スニペットの概観図を図1に示す。図1(a)および(b)では対象となるウェブページの閲覧、利用にかかるトラッキングによるプライバシーリスクに着目している。図1(a)型のスニペットは、ウェブページの履歴が共有される可能性のあるウェブサイトのファビコンを表示することで、ウェブ検索ユーザに行動履歴データが共有される可能性のある第三者を具体的に想起させることを狙っている。図1(b)型のスニペットは、ウェブページの履歴が共有される可能性のあるウェブサイトのカテゴリと数を表示することで、ウェブ検索ユーザに行動履歴データが共有される第三者の属性とプライバシーリスクの程度を想起させることを狙っている。図1(c)型のスニペットは、ウェブページの閲覧、利用によって生じるプライバシーリスクを提示することで、ウェブ検索ユーザにリスクの種別を意識させることを狙っている。これら提案スニペットを使用する

<sup>1</sup> 非会員 Sansan株式会社

yusuke.shimizu@sansan.com

<sup>2</sup> 正会員 名古屋市立大学データサイエンス学部

yusuke.yamamoto@acm.org

<sup>1</sup> <https://gdpr-info.eu/>

<sup>2</sup> <https://oag.ca.gov/privacy/ccpa>

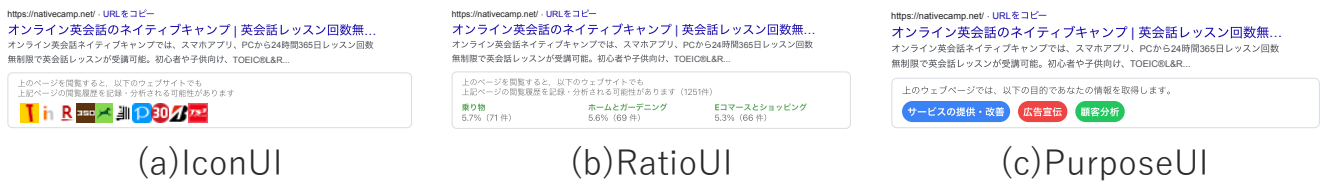


図1 提案スニペット(a),(b)および(c)の外観図

ここで、ウェブ検索ユーザはどのようなプライバシーリスクがどの程度存在するのかという観点から、ウェブ検索結果（に掲載されたウェブページ）を比較および評価できるようになる。

本稿では、オンラインユーザ実験を行い、上記3つの提案スニペットがウェブ検索中のプライバシー意識およびウェブ検索行動に与える影響について分析を行った。本研究の貢献は以下の通りである：

- 図1(a)型のスニペットを使用した実験協力者は、自身の行動データが誰と共有される可能性があるのかという観点から、プライバシーリスクに気付くことができたと感じていることが明らかになった。
- 図1(c)型のスニペットを使用した実験協力者は、自身の行動データがどのような目的で扱われる可能性があるのかという観点から、プライバシーリスクに気づくことができたと感じていることが明らかになった。また、より深い位置の検索結果を閲覧する傾向にあった。

## 2 関連研究

### 2.1 ウェブ行動履歴の収集への懸念

近年、多くの人々がウェブ上での行動がトラッキングされていることに懸念を抱いている。トラッキングによって個人最適化された広告を有用と感じる一方で、プライバシーを侵害されることに対する危機意識から多くの人々が行動ターゲティング広告を不気味に感じている [15]。また、ウェブ検索履歴を用いたウェブ検索結果の個人最適化についても懸念を示すユーザがおり、特に政治トピックについて個人の趣向に沿うようウェブ検索結果が個人化されると有害なフィルターバブルが発生する恐れがある [19]。

個人に関するデータの収集に懸念がある一方で、条件付きではあるが個人データを活用したサービス改善に期待する声もある。Maticらは、高度に個人化された広告に対する人々の反応を調査した [8]。Manticらの調査では、参加者をよく知る人物によって作成された広告を一般的な広告として表示することで、参加者の興味関心を強く反映した広告に対する反応を調査した。調査の結果、個人の興味関心に沿うように高度に個人化された広告は好意的に受け止められ、広告配信を個人最適化するために個人に関するデータを提供することを厭わないと感じる人が多い傾向が見られた。Leonらは、プライバシーポリシーが、ウェブ検索ユーザの個人データの共有意欲にどのように影響するかを調査した [5]。調査の結果、ウェブ検索ユーザ自身がどのようなデータを誰が収集できるのかを細かく制御できるのであれば、個人データを共有す

る意欲を高められることが明らかになった。Mathurらは、よく使うウェブサイトや欲しい情報を得るためには一定程度のトラッキングを受け入れる傾向にあることが明らかにした [7]。これらの研究結果は、ウェブ検索ユーザは収集される情報の制御が可能であれば、個人データの収集に対する懸念が軽減されることを示唆している。本研究では、ウェブ検索ユーザ自身がプライバシーリスクを考慮し、閲覧するウェブページおよびウェブサービスの選択ができるように支援する検索結果スニペットを提案する。

### 2.2 ウェブ閲覧ユーザのプライバシー意識の強化

一般的に、ウェブ検索ユーザが自身のプライバシーを懸念していたとしても、プライバシーを守るための具体的な行動を取らせるのは困難である [10]。プライバシーポリシーはウェブページを閲覧するユーザに、データの扱い方について伝えるための主要な手段である。しかし、多くのプライバシーポリシーは十分な機能を提供していないことが指摘されている。Reidenbergらは、技術的な知識のある人とそうでない人の間で、プライバシーポリシーの解釈に大きな隔りがあることを実証した [11]。またObarらの調査では、ユーザの74%はプライバシーポリシーを読んでおらず、読んでいた人の平均時間はわずか73秒であることが明らかになっている [9]。これらの研究から、プライバシーポリシーはユーザのプライバシー意識を高めるのに不十分であると言える。Harkousらはプライバシーポリシーを分析し、収集されるデータやその目的を図示するアプリケーションを開発した [3]。自身のプライバシーについて敏感なユーザであればこのようなアプリケーションを使用し、プライバシーポリシーの内容を確認することができる。しかし、ウェブ検索ユーザの多くはこのようなアプリケーションを用いてプライバシーポリシーの内容を調べるほどプライバシーに敏感ではない。本研究はプライバシーに敏感ではないウェブ検索ユーザに対しても、ウェブ検索結果画面でプライバシーリスクの評価ができるようにスニペットを設計する。

ウェブページの利用によるプライバシーリスクについて、分かりやすく提示する手法に関する研究も行われている。Kelleyらはプライバシーポリシーの表現方法として、食品の栄養管理ラベルを模したラベルを提案した [4]。食品の栄養管理ラベルを模した形式でプライバシーポリシーを要約することで、直感的なわかりやすさを向上させることを狙っている。Tsaiらは、事前に定義したユーザのリスク基準に合致するかという観点からウェブサイトのプライバシーポリシーを5段階で評価し、その評価結果をウェブ検索結果リストに表示するインタフェースを提案した [14]。しかし、何をプライバシーリスクとするかは個人の考えや検索中のトピックにも依存する。そのため、個人の趣向やウェブ情報探索の文脈に応じてプ

ライバシリスクを判断・実感させられるような情報の提供が必要となる。Windlらは、ウェブページ閲覧中に、ユーザが閲覧している文脈に沿った情報をプライバシーポリシーから抜き出し表示するインタフェースを提案した [18]。このインタフェースによって、プライバシーポリシーが見つげづらいという問題を解消することができる。ウェブ閲覧ユーザが一度に読む必要のある文章を減らすことができる。一方で、ウェブ検索ユーザがウェブ閲覧履歴を含めたウェブサイトの利用データの扱われ方を理解した上で、ウェブサイトやウェブサービスを使用するか意思決定を行うのは、ウェブページの閲覧中ではなく閲覧前のほうが望ましい。

本研究ではTsaiらやWindlらの研究と同様に、プライバシーポリシーの内容をわかりやすく提示するインタフェースを提案する。Windlらの研究とは異なり、提案インタフェースはウェブ検索ユーザが実際にウェブページを閲覧する前にプライバシーリスクを評価できるよう設計されている点に違いがある。

### 3 提案手法

本研究では、ウェブ検索ユーザがウェブ検索を行う際に、ウェブページの閲覧前に自身の行動履歴データがどのように扱われるのかに関する情報を提供するためのインタフェースを提案する。具体的には、ウェブページ閲覧から得られる便益との釣り合いを考えさせるために、ウェブ検索結果画面におけるスニペットを3種類設計する。提案する検索結果スニペットでは、検索結果ページに表示されたそれぞれの検索結果に対し、ウェブ検索ユーザの行動履歴データがどのような相手に共有される可能性があるのかという情報および、どのような目的で利用される可能性があるかについての情報を提示する。これにより、ウェブ検索ユーザはウェブページを閲覧する前に、自身の行動履歴データがどのように扱われるのかについて知ることができるようになる。

#### 3.1 検索結果スニペットの設計

##### IconUI: 共有先ウェブページ的具体例の表示

図1(a)に示すように、IconUIはウェブ検索結果のそれぞれに対して、トラッキングによって自身の行動履歴データが共有されるウェブページのリファレンスを表示する。このUIによって、ウェブ検索ユーザはトラッキングが行われていることを知ることができると同時に、自身の行動履歴を共有しているウェブサイトの具体例を知ることができる。図1(a)の例では、「オンライン英会話のネイティブキャンプ英会話レッスン回数無…」というウェブサイトを閲覧することで、「楽天」「ブリジストン」といったウェブサイトを閲覧した記録と紐付けられることを示している。

IconUIは、Wangらの研究を参考に作成した [17] [16]。Wangらは、SNS(Social Networking Service)で共有される写真を閲覧できる人物を投稿画面に提示し、予期せぬ友人が自分の写真を閲覧できる可能性をユーザに理解させることを提案している。Wangらの手法は、SNSで写真を共有する際のプライバシーリスクをユーザが直感的に理解するのに役立つことを明らかにした。Wangらの研究とは異なり、IconUIはウェブ検索ユーザにパーソナライズされた例ではなく、自身の閲覧履歴を共有できるウェブページを共有先の例としてウェブ検索ユーザに表示する。

##### RatioUI: 共有先ウェブページのカテゴリ別の数の表示

図1(b)に示すように、RatioUIは、自身の行動履歴を共有しているウェブサイトのうち上位3つのカテゴリと、そのカテゴリに含まれるウェブページの数を表示している。RatioUIによって、ウェブ検索ユーザはウェブ検索結果をクリックした際に、そのウェブ検索結果ページの行動履歴がどのようなカテゴリのウェブサイトと共有される可能性があるのかを知ることができる。また、RatioUIでは、カテゴリごとに何件のウェブサイトと行動履歴が共有されてしまうのかという情報も表示する。図1(b)の例では、「オンライン英会話のネイティブキャンプ英会話レッスン回数無…」というウェブサイトを閲覧したことが共有されるウェブページが1251件検出され、そのうち「乗り物」カテゴリのウェブページが最も多く、全体の5.7%を占めていることを示している。

IconUIとは異なり、RatioUIでは共有先のウェブサイトの具体例ではなく、共有先の数とカテゴリの割合が表示される。IconUIのデメリットとして、ファビコンで表現された具体的なウェブページを知らないユーザに対しては効果的ではないことが考えられる。RatioUIは、ウェブ検索ユーザが共有先ウェブサイトの詳細を知らない場合にも、共有先の範囲や種類を理解できることを期待している。

##### PurposeUI: 行動履歴データの収集目的の表示

図1(c)に示すように、対象となるウェブページが行動履歴データの収集を行っている場合、その収集目的を表示する。収集目的が複数ある場合はそのすべてを表示する。このUIによりウェブ検索ユーザは、収集される行動履歴データがどのような目的で利用されるのかを知ることができ、自身が望まないような目的で利用されるウェブページを見つけることができる。図1(c)の例では、「オンライン英会話のネイティブキャンプ英会話レッスン回数無…」というウェブサイトは収集した行動履歴データを、「サービスの提供・改善」「広告宣伝」および「顧客分析」の3つの目的で使用していることを示している。

なお、表示する収集目的の項目名はKelleyらの研究 [4]を参考に決定した。Kellyらは食品の栄養表示にヒントを得て、ウェブサイト上のプライバシーリスクを分かりやすく表現することを検討している。Kellyらの提案した表現方法では、個人データの利用目的をP3P 1.1 Working Group Note<sup>3</sup>の内容を参考に、“Provide service and maintain site”、“Marketing”、“Telemarketing”、および“Profiling”の4つに分類した。“Provide service and maintain site”はサービスの機能提供に必要な情報であり、該当のウェブサービスを利用する際に必要となる情報を指す。“Marketing”はサービスおよび製品を売り込むために連絡することであり、“Telemarketing”は電話による連絡が別ラベルとして定義されたものである。“Profiling”は調査、分析およびウェブサイト上での行動に基づいて広告を表示することなどと定義されている。本研究では“Provide service and maintain site”および“Profiling”はそれぞれ「サービスの提供・改善」「顧客分析」と読み替えた。“Marketing”および“Telemarketing”は統合し「広告宣伝」と読み

<sup>3</sup> <http://www.w3.org/TR/P3P11/>



替え、目的項目として使用した。

### 3.2 仮説

本研究では、提案する検索結果スニペットがウェブ検索ユーザのプライバシー意識やウェブ検索時の検索行動に与える影響を分析する。また、3種類の提案スニペットを比較し、検索ユーザがプライバシーリスクを考える上でどのような情報提示が有効かを分析する。具体的には、以下の仮説を検証することに焦点を当てた。

- H1** ウェブ検索ユーザに自身の行動履歴データが共有される範囲や目的を表示することで、ウェブ検索ユーザは自身のデータがどのように扱われるかを考え、プライバシーリスクを意識するようになる。
- H2** 自身の行動履歴データが共有される範囲や目的を表示することで、ウェブ検索ユーザは検索結果を注意深く探索するために、検索結果の確認により多くの時間をかけ、より下位の検索結果を閲覧するようになる。

## 4 実験

提案した検索結果スニペットの有効性を検証するために、オンラインユーザ実験にて評価した。本実験は検索結果スニペットの種類別 (IconUI, RatioUI, PurposeUI, ControlUI) を要因とする、1要因参加者間計画で実験を実施した。以下、実験の詳細について記す。

### 4.1 実験協力者

クラウドソーシングサービスであるランサーズ<sup>\*4</sup>で438名の実験協力者を募集した。事前にデータ収集の方針を説明し、検索タスクで収集したデータを使用することに同意してもらった上で、ユーザ実験を実施した。なお、72名の実験協力者はタスクの実行に異常に時間がかかったため、外れ値として分析から除外した<sup>\*5</sup>。その結果、計366名の実験協力者の回答を分析した。実験協力者の属性を表1に示す。タスクを完了した実験協力者には、報酬として150円を支払った。

### 4.2 検索タスク

今回のユーザ実験では、「オンライン英会話」および「家具レンタル」というカテゴリで2つの検索タスクを用意した。それぞれのカテゴリのいずれかについて、利用したいウェブサービスを検索してもらい、最終的に利用したいものを1つを選び、回答してもらった。検索タスクでは、各実験協力者には事前に用意したウェブ検索結果のリストを提示し、利用したいウェブサービスを検討させた。回答が用意できた実験協力者には、検索システムを通して最終的に選択したウェブサービスのURLとそのウェブサービスを選択した理由を報告させた。

### 4.3 実験手順

はじめに、実験協力者をユーザ実験用のウェブサイトに誘導し、実験協力者に対しタスクの流れと検索システムの説明をおこ

表1 実験協力者のデモグラフィック情報

	人数	割合
実験協力者の合計	438	
性別		
男性	275	62.8%
女性	162	37.0%
無回答	1	0.2%
年齢		
20歳未満	1	0.2%
20-29歳	27	6.2%
30-39歳	132	30.1%
40-49歳	184	42.0%
50-59歳	69	15.8%
60歳以上	25	5.7%

なった。また、ユーザ実験中の行動データ収集の方針についても説明した。なお、検索タスク中に収集したデータを使用しても問題がないと同意した実験協力者のみをユーザ実験の対象とした。

次に、実験の開始前に各実験協力者に対し事前のアンケートを行った。事前アンケートでは、タスクとして用意した「オンライン英会話」および「家具レンタル」のサービスについて利用経験の有無を回答させた。今回の実験では、特定の目的のために利用するサービスを検索するタスクを設定した。そのため、各実験協力者には事前アンケート調査で利用したことがないと回答したカテゴリから1つを無作為に割り当てた。その際、検索UI条件も無作為に割り当てた。

タスクカテゴリの割り当て後、各実験協力者は4.2節で述べた検索タスクをおこなった。実験協力者は提示されたウェブ検索結果のリストおよびリンク先のウェブページを閲覧し、好みのウェブサービスの探索を行った。その後、最終的に選択したウェブサービスと選択理由をユーザ実験用のウェブサイト上で報告した。検索タスクが完了したあと、実験協力者は4.6節で述べる事後アンケートに回答した。事後アンケートでは、実験協力者のウェブ検索中のプライバシーリスクに対する認識および検索UIに対する主観的な評価を尋ねた。

### 4.4 実験システム

ユーザ実験において、検索タスクの実行と実験協力者の行動を監視するために、実験用のシステムを開発した。実験システムの検索結果ページは、一般的なウェブ検索エンジンの検索結果ページを模して作成した。実験システムでは、事前に用意したウェブページのリストを検索結果として提示した。実験システムは検索結果1ページにつき10件のウェブページを表示し、各カテゴリで4ページの検索結果を表示した。このため、実験協力者は1つのカテゴリに対して最大40件のウェブページを閲覧することになる。なお、検索結果ページでは実験協力者が検索クエリを変更できないように検索システムを構成した。これにより、すべての実験協力者は固定された順序の検索結果リストを閲覧した。また、

<sup>\*4</sup> <https://www.lancers.jp>

<sup>\*5</sup> タスクのセッション時間を対数変換した値のIQR (四分位範囲) を算出した。対数変換したセッション時間が $Q3 + 1.5IQR$ 以上または $Q1 - 1.5IQR$ 以下の実験協力者を外れ値として除外した。

各検索結果をクリックすると、それに対応するウェブページが表示されるようにした。検索システムは検索結果画面上の各ウェブ検索結果に対して、以下の手順で提案スニペットを生成する。

1. 従来の検索エンジン（GoogleやBingなど）のAPIを用いて検索結果リストを取得する。
2. 得られた検索結果のそれぞれについて、スニペットに必要な情報を取得する。
  - (a) トラッキングによるプライバシーリスクに着目したスニペット表現（IconUIおよびRatioUI）では、ウェブページに含まれるサードパーティクッキーの発行元ドメインを分析する。
  - (b) ウェブページの閲覧および利用によって生じるプライバシーリスクに着目したスニペット表現（PurposeUI）では、ウェブページのプライバシーポリシーを同定し、行動履歴データの利用目的を抽出する。
3. 提案スニペットを生成し、検索結果と同時に表示する。

手順1では、Bing Web Search API<sup>\*6</sup>を用いて、検索結果に表示されるタイトル、URLおよびページ概要文を取得した。4.2節で述べたように、実験で行った検索タスクは「オンライン英会話」および「家具レンタル」のカテゴリにおいて利用したいウェブサービスを検索するものであった。そのため、「オンライン英会話」および「家具レンタル」というクエリをAPIに発行し、オンライン英会話および家具レンタルを提供するウェブサービスの情報を20件取得した。また、ウェブ検索を行ってウェブサービスを比較検討する際には、ウェブサービスについての評価や比較を行ったウェブページを合わせて閲覧することが一般的と考えられる。そのため、「オンライン英会話」および「家具レンタル」というクエリをAPIに発行し、ウェブサービスについての評価や比較を行ったウェブページの情報についても同様に20件取得した。今回の検索タスクでは、奇数順位のウェブ検索結果には回答の候補となるウェブサービスを表示し、偶数順位のウェブ検索結果にはウェブサービスについての評価や比較を行ったウェブページを表示するように調整を行った。その上ですべての検索UIにおいて、奇数順位のウェブ検索結果にのみ提案スニペットを表示するようにした。

手順2(a)では、オープンソースツールのwebXray [6]を用いて、ウェブページのトラフィックやコンテンツを分析し、ウェブページ内のサードパーティクッキーを検出・分析する。また今回の実験では、提案スニペットにおいて共有先として表示するウェブページの候補について、ウェブサイトのトラフィックを網羅的に分析するウェブサービスであるSimilarWeb.com<sup>\*7</sup>を使用して決定

<sup>\*6</sup> <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/cognitive-services/bing-web-search/overview>

<sup>\*7</sup> <https://www.similarweb.com>

<https://nativecamp.net/> : URLをコピー

オンライン英会話のネイティブキャンプ | 英会話レッスン回数無...  
オンライン英会話ネイティブキャンプでは、スマホアプリ、PCから24時間365日レッスン回数無制限で英会話レッスンが受講可能。初心者や子供向け、TOEIC&L&R...

図2 比較用のUI（ControlUI）の概観図

した。24の主要なカテゴリについて、日本のウェブサイトで最もアクセス数の多い100のウェブページを候補となるウェブページとして取得した。候補となるウェブページについても、同様にウェブページ内のサードパーティクッキーを検出・分析する。提案スニペットを生成する対象の検索結果にサードパーティクッキーが含まれている場合、そのクッキーの発行ドメインが候補となるウェブサイトに対して検出されたドメインのリストに含まれているかどうかを確認する。検索結果Xが候補ウェブページYと同じサードパーティドメインのクッキーを含んでいる場合、Xの閲覧履歴がYと共有される可能性があるかと判断する。

手順2(b)では検索結果として表示するウェブページのそれぞれに対して、プライバシーポリシーの同定および行動履歴データの利用目的の抽出を実験開始前に手動で行った。提案スニペットでは、3.1節で述べた3つの項目のうちプライバシーポリシーに記載されていたもののみを表示した。プライバシーポリシーから行動履歴データの利用目的が確認ができない検索結果については「記載なし」と表示した。

なお、検索結果リストの表示を高速化するために、手順1および2の検索結果リストと検索結果スニペットは実験開始前にあらかじめ取得、生成しておいた。また、実験では比較用のUIとして一般的なウェブ検索エンジンが提供する検索結果を参考に、ベースラインのUI（以下ControlUI）を用意した。図2に示すように、提案UIと異なり、ControlUIではプライバシーリスクを伝えるための情報を生成しない。

#### 4.5 行動指標

実験協力者の行動を分析するため、ウェブ検索タスク中に以下の行動指標を測定した。

##### 検索結果画面閲覧時間（SERP閲覧時間）

本稿では、自身の行動履歴データが誰にどのような目的で利用されるかに関する情報を表示することで、ウェブ検索ユーザは検索結果を注意深く探索するためにより多くの時間をかけるようになるとの仮説を設定した（H2）。本仮説を検証するため、実験協力者が検索タスク中に、検索結果画面（SERP）を閲覧している時間の合計（SERP閲覧時間）を測定した。

##### 最大クリック深度

自身の行動履歴データが誰にどのような目的で利用されるかに関する情報を表示することで、ウェブ検索ユーザは検索結果を注意深く探索するために、より多くの検索結果を探索しようとすると考えられる（H2）。これを検証するため、実験協力者が検索タスク中に閲覧した検索結果が上位から何番目に位置していたかを計測した。

#### 4.6 アンケート項目

ユーザ実験では、検索タスクの終了後にアンケートに回答してもらった。アンケートでは提案UIおよび検索タスク自体に関する

る10件の質問および人口統計学的質問を用意した。実験協力者は以下の質問に5段階のリッカート尺度で回答した。

- Q1 どの程度のウェブページがトラッキングを行っていると思うか
- Q2 自身の行動履歴データがどのような目的で利用されるかを考えたか
- Q3 自身の行動履歴データが誰に利用されるかを考えたか
- Q4 プライバシリスクのある検索結果を避けようとしたか
- Q5 プライバシリスクを考慮した上で安心して検索できたか
- Q6 役に立つ検索結果のを見つけやすさ
- Q7 自身が懸念するプライバシリスクに気づいたかどうか
- Q8 検索のしやすさ
- Q9 表現のわかりやすさ
- Q10 提案インタフェースを日常的に使用したいと思うか

## 5 結果

366人の実験協力者の回答を分析し、3つの提案UIがウェブ検索ユーザの検索行動に与える影響を調べた。収集したデータが正規分布に従わなかったため、ノンパラメトリック一元配置分散分析(Kruskal-Wallis検定)を採用した。事後解析では、FDR(Benjamini-Hochberg法) [13] を用いて多重比較を行った。なお、本分析では有意水準を $\alpha = 0.05$ とした。

### 5.1 主観評価アンケート

4.6節で述べた10のアンケートに対する回答の平均値と統計的検定の結果を表2に示す。また、事後解析における3つのUIの多重比較の結果を表3に示す。表2中の数値は、高いほど実験協力者がUIに対して肯定的な評価を示したことを意味する。

Q2 (自身の行動履歴データがどのような目的で利用されるかを考えたか)、Q3 (自身の行動履歴データが誰に利用されるかを考えたか)、およびQ7 (自身が懸念するプライバシリスクに気づいたかどうか)については、分散分析の結果4つのUI間に有意な差があることがわかった。多重比較の結果、Q3、Q7においてIconUIはControlUIと比較して、有意に高く評価されていた (Q3: ControlUI= 2.57, IconUI= 3.06; Q7: ControlUI= 2.53, IconUI= 3.08)。IconUIを使用した実験協力者は、ControlUIを使用した実験協力者と比較して、自身の行動履歴データが誰に利用されるかを意識する傾向にあることがわかった。また、IconUIを使用した実験協力者は、ControlUIを使用した実験協力者と比較して、自身がどのようなプライバシリスクを懸念に思うかについて気づかせる傾向があることがわかった。

PurposeUIを使用した実験協力者は、ControlUIを使用した実験協力者と比較して、自身の行動履歴データがどのような目的で利用されるかを意識する傾向にあることがわかった (ControlUI= 2.69, PurposeUI= 3.32)。また、PurposeUIを使用した実験協力者は、ControlUIを使用した実験協力者と比較して、自身がどのようなプライバシリスクを懸念に思うかにつ

いて気づかせる傾向があることがわかった (ControlUI= 2.53, PurposeUI= 3.14)。一方で、RatioUIにはそのような傾向は見られなかった。

ユーザビリティについて訪ねた項目のうち、Q9 (表現のわかりやすさ) およびQ10 (積極的に使用したいかどうか) については、分散分析の結果、3つの提案UI間に統計的な有意差があることがわかった。多重比較の結果、PurposeUIはIconUIおよびRatioUIと比較して、表現がわかりやすいと評価された (IconUI= 3.22, RatioUI= 3.03, PurposeUI= 3.59)。また、IconUIのほうがRatioUIよりも利用したいと評価された (RatioUI= 3.03, IconUI= 3.34)。

Q4 (プライバシリスクのある検索結果を避けようとしたか)、Q5 (安心して検索できるかどうか)、Q6 (役に立つ検索結果のを見つけやすさ) およびQ8 (検索のしやすさ) についてはUI間に統計的な有意差は見られなかった。

### 5.2 行動指標

#### 5.2.1 SERP閲覧時間

提案した検索結果スニペットを使用することで、実験協力者が検索結果を注意深く探索するようになるかを確認するために、検索タスク中にSERPを閲覧している時間の合計を測定した。表4に示すように、4つのUIの間に有意な差は見られなかった。

#### 5.2.2 最大クリック深度

提案した検索結果スニペットを使用することで、実験協力者が検索結果を注意深く探索するようになるかを確認するために、検索タスク中にクリックして閲覧した検索結果のうち最も深い位置の検索結果の順位を測定した。分散分析の結果、表4に示すように、4つのUIの間に有意な差があることがわかった。多重比較の結果、PurposeUIを使用した実験協力者はControlUIを使用した実験協力者と比較して、より深い位置の検索結果 (ウェブページ) をクリックする傾向にあることがわかった (ControlUI= 8.47, PurposeUI= 12.05)。

## 6 考察

### 6.1 仮説の検証

自身の行動履歴データがどのような目的で利用されるかを考えられたかという観点で、実験協力者はPurposeUIをControlUIより高く評価した (表2のQ2を参照)。また、自身の行動履歴データが誰に使用されるかを考えられたかという観点で、実験協力者はIconUIをControlUIより高く評価した。加えて、自身が懸念するプライバシリスクに気づいたかどうかという観点で、PurposeUIおよびIconUIはControlUIより高く評価された (表2のQ7を参照)。このことから、PurposeUIは行動履歴データの使用目的という観点から、IconUIは行動履歴データの共有範囲という観点からプライバシリスクを意識するよう促すことができると言える。したがってH1は支持されると結論づけた。

提案した3つのUI (IconUI, RatioUIおよびPurposeUI) はControlUIと比較して、実験協力者に対してより慎重にウェブ検索結果のリストを探索すること促すと予想した。その結果、提案した3つのUIを使用した実験協力者はControlUIを使用した実験協力者と比較してより深い位置の検索結果を閲覧し、より多く



表2 事後アンケートの質問に対する回答の平均値、標準偏差 (SD), および統計的有意差 (有意水準は\*: 0.05, \*\*: 0.01, \*\*\*: 0.001). Q1~Q10は, 5段階のリッカート尺度 (1: 強く否定的, 3: 中立, 5: 強く肯定的) で回答.

質問項目	UI				p-value
	Control	Icon	Ratio	Purpose	
Q1. どの程度のウェブページがトラッキングを行っていると思うか	3.87 (0.59)	4.10 (0.67)	4.10 (0.76)	3.89 (0.80)	*
Q2. 自身の行動履歴データがどのような目的で利用されるかを考えたか	2.69 (0.98)	2.94 (1.10)	2.82 (1.07)	3.32 (1.10)	***
Q3. 自身の行動履歴データが誰に利用されるかを考えたか	2.57 (1.02)	3.06 (1.18)	2.83 (1.07)	2.81 (1.16)	**
Q4. プライバシリスクのある検索結果を避けようとしたか	2.62 (1.03)	2.96 (1.16)	2.76 (1.10)	2.87 (1.21)	0.22
Q5. 安心して検索できるかどうか	2.95 (0.86)	3.16 (0.89)	3.07 (0.75)	3.14 (0.86)	0.33
Q6. 役に立つ検索結果の見つけやすさ	3.05 (0.94)	3.32 (0.97)	3.12 (0.85)	3.30 (0.91)	0.07
Q7. 自身が懸念するプライバシーリスクに気づいたかどうか	2.53 (0.98)	3.08 (1.10)	2.84 (1.11)	3.14 (1.10)	***
Q8. 検索のしやすさ	-	3.38 (1.16)	3.31 (1.06)	3.40 (1.11)	0.74
Q9. 表現のわかりやすさ	-	3.22 (1.00)	3.03 (1.03)	3.59 (1.00)	***
Q10. 積極的に使用したいかどうか	-	3.34 (0.91)	3.03 (0.90)	3.18 (0.88)	*

表3 事後アンケート項目に関して多重比較を行った際の統計的有意差の有無 (有意水準は, \*: 0.05; \*\*: 0.01; \*\*\*: 0.001). 分散分析において統計的有意差が見られなかった項目にはNAと記載.

質問項目	組み合わせ					
	Control-Icon	Control-Ratio	Control-Purpose	Icon-Ratio	Icon-Purpose	Ratio-Purpose
Q1	0.05	0.05	0.77	0.88	0.14	0.14
Q2	0.18	0.47	***	0.47	*	**
Q3	**	0.22	0.22	0.22	0.22	0.85
Q4	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Q5	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Q6	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Q7	**	0.10	***	0.17	0.73	0.10
Q8	-	-	-	NA	NA	NA
Q9	-	-	-	0.20	*	***
Q10	-	-	-	*	0.21	0.21

の時間をかけると予想した。しかし, SERP閲覧時間において有意な差は見られなかった (表4のSERP 閲覧時間 (秒)を参照)。一方で, PurposeUIを使用した実験協力者はControlUIを使用した実験協力者と比較してより深い位置まで検索結果を閲覧する傾向にあった (表4の最大クリック深度を参照)。また, 主観アンケートの結果から, PurposeUIを使用した実験協力者は, 行動履歴データがどのような目的で利用されるかを考え, 自身が懸念するプライバシーリスクに気づく傾向にあった (表2Q2およびQ7を参照)。以上のことから, PurposeUIを使用した実験協力者は自身の行動履歴データがどのような目的で扱われるのかという観点からプライバシーリスクを意識し, より深い位置の検索結果まで閲覧したと考えられる。したがってH2は部分的に支持されると結論づけた。

## 6.2 研究の限界点

本研究の限界として, 行動履歴データの共有先および収集目的の検出方法が挙げられる。ユーザ実験で使用したシステムでは, 検索結果のそれぞれに対して提案スニペットの生成に際し事前の分析を必要とした。そのため, ウェブ検索中にリアルタイムで行動履歴データの収集目的を抽出できない。本研究ではプライバシーリスクの表現に焦点を当てており, 提案したUIはトラッキングの検知方法や行動履歴データの収集目的の抽出方法に依存しない。しかし, 今後はトラッキングの検知および行動履歴データの収集目的の抽出をリアルタイムで実現できる効果的な方法を検討する

必要がある。

第2の限界に, 実験環境に関するものである。本研究ではクラウドソーシングサービスを利用し, 提案スニペット表現がウェブ検索ユーザのプライバシー意識や行動にどのような影響を与えるかを調査した。しかし, 提案したシステムを使用している間, 実験協力者が何を考えていたかについては詳細に調査していない。オンラインでのアンケート調査および行動指標の分析のみでは, プライバシリスクの理解度を検証することは困難であるため, 今後はインタビュー調査を行い, ウェブ検索ユーザのプライバシー意識の変化をより詳細に分析する必要がある。

## 7 おわりに

本稿では, ウェブ検索中のユーザに「ウェブページの閲覧履歴が誰にどの程度共有される可能性があるのか」についての情報を提供するための検索結果スニペットを提案した。提案スニペットの狙いは, ウェブページ閲覧中によるプライバシーリスクと, ウェブページアクセスによる便益との間のトレードオフの検討をウェブ検索ユーザに促すことにある。提案スニペットがウェブ検索中のユーザのプライバシー意識やウェブ検索行動に与える影響を, オンラインユーザ実験を行い検証した。ユーザ実験の結果, 実験協力者は行動履歴データが共有される第三者の属性を表示するスニペットおよび, 行動履歴データの利用目的を表示するスニペットによって, 自身が懸念するプライバシーリスクに気づくことができたと感じていることが明らかになった。また, 検索行動の分析の結果, 行動履歴データの利用目的を表示するスニペットを使用した実験協力者は, より深い位置の検索結果をクリックする傾向があることがわかった。今後はプライバシー指標のリアルタイムでの生成に向けた効果的な方法を検討するとともに, インタビュー調査などを行うことによって, ユーザのプライバシー意識の変化についてより詳細な分析を行うことが考えられる。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 21H03554, 21H03775, 22H03905, および大幸財団の助成を受けたものです。ここに記して謝意を表します。

表4 実験協力者の検索行動指標の平均値と標準偏差, および統計的有意差 (有意水準は\* : 0.05, \*\* : 0.01).

行動指標	UI condition				p-value
	Control	Icon	Ratio	Purpose	
SERP閲覧時間 (秒)	533.2 (531.6)	558.3 (415.7)	649.5 (594.8)	696.3 (910.3)	0.16
最大クリック深度	8.47 (8.06)	8.16 (8.24)	9.63 (8.26)	12.05 (10.98)	**

表5 行動指標に関して多重比較を行った際の統計的有意差の有無 (有意水準は, \*: 0.05; \*\*: 0.01; \*\*\*: 0.001). 分散分析において統計的有意差が見られなかった項目にはNAと記載.

行動指標	組み合わせ					
	Control-Icon	Control-Ratio	Control-Purpose	Icon-Ratio	Icon-Purpose	Ratio-Purpose
SERP閲覧時間 (秒)	NA	NA	NA	NA	NA	NA
最大クリック深度	0.64	0.29	*	0.25	**	0.26

## 参考文献

- [1] Farah Chanchary and Sonia Chiasson. User perceptions of sharing, advertising, and tracking. In *Proceedings of the 11th USENIX Symposium On Usable Privacy and Security (SOUPS 2015)*, pages 53–67, 2015.
- [2] Joshua Gluck, Florian Schaub, Amy Friedman, Hana Habib, Norman Sadeh, Lorrie Faith Cranor, and Yuvraj Agarwal. How short is too short? implications of length and framing on the effectiveness of privacy notices. In *Proceedings of the 12th USENIX Symposium on Usable Privacy and Security (SOUPS 2016)*, pages 321–340, 2016.
- [3] Hamza Harkous, Kassem Fawaz, Rémi Lebret, Florian Schaub, Kang G. Shin, and Karl Aberer. Polisis: Automated analysis and presentation of privacy policies using deep learning. In *Proceedings of 27th USENIX Security Symposium (USENIX Security 2018)*, pages 531–548, 2018.
- [4] Patrick Gage Kelley, Lucian Cesca, Joanna Bresee, and Lorrie Faith Cranor. *Standardizing Privacy Notices: An Online Study of the Nutrition Label Approach*, pages 1573–1582. 2010.
- [5] Pedro Giovanni Leon, Blase Ur, Yang Wang, Manya Sleeper, Rebecca Balebako, Richard Shay, Lujo Bauer, Mihai Christodorescu, and Lorrie Faith Cranor. /what matters to users? factors that affect users' willingness to share information with online advertisers. In *Proceedings of the 9th USENIX Symposium on Usable Privacy and Security (SOUP 2013)*, pages 1–13, 2013.
- [6] Timothy Libert. Exposing the hidden web: An analysis of third-party HTTP requests on 1 million websites. *International Journal of Communication*, pages 1–10, 2015.
- [7] Arunesh Mathur, Jessica Vitak, Arvind Narayanan, and Marshini Chetty. Characterizing the use of browser-based blocking extensions to prevent online tracking. In *Proceedings of the 14th USENIX Symposium on Usable Privacy and Security (SOUPS 2018)*, pages 103–116, 2018.
- [8] Aleksandar Matic, Martin Pielot, and Nuria Oliver. Omg! how did it know that?: Reactions to highly-personalized ads. In *Proceedings of the 25th ACM Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization (UMAP 2017)*, pages 41–46, 2017.
- [9] Jonathan Obar and Anne Oeldorf-Hirsch. The biggest lie on the internet: ignoring the privacy policies and terms of service policies of social networking services. *Information, Communication & Society*, 23:1–20, 07 2018.
- [10] Joseph Phelps, Glen Nowak, and Elizabeth Ferrell. Privacy concerns and consumer willingness to provide personal information. *Journal of public policy & marketing*, 19(1):27–41, 2000.
- [11] Joel Reidenberg, Travis Breaux, Lorrie Cranor, Brian French, Amanda Grannis, James Graves, Fei Liu, Aleecia McDonald, Thomas Norton, Rohan Ramanath, N. Russell, Norman Sadeh, and Florian Schaub. Disagreeable privacy policies: Mismatches between meaning and users' understanding. *SSRN Electronic Journal*, 01 2014.
- [12] Yusuke Shimizu, Tetsushi Ohki, and Yusuke Yamamoto. Privacy-aware snippets: Enhancing assessment of balance between privacy risks and benefits in web search. In *Proceedings of the 2022 ACM Conference on Information Technology for Social Good, GoodIT '22*, page 24–31, New York, NY, USA, 2022. Association for Computing Machinery.
- [13] David Thissen, Lynne Steinberg, and Daniel Kuang. Quick and easy implementation of the benjamini-hochberg procedure for controlling the false positive rate in multiple comparisons. *Journal of educational and behavioral statistics*, 27(1):77–83, 2002.
- [14] Janice Tsai, Serge Egelman, Lorrie Cranor, and Alessandro Acquisti. The effect of online privacy information on purchasing behavior: An experimental study. *Information Systems Research*, 22:254–268, 01 2011.
- [15] Blase Ur, Pedro Giovanni Leon, Lorrie Faith Cranor, Richard Shay, and Yang Wang. Smart, useful, scary, creepy: Perceptions of online behavioral advertising. In *Proceedings of the 8th USENIX Symposium on Usable Privacy and Security (SOUPS 2012)*, pages 1–15, 2012.
- [16] Yang Wang, Pedro Giovanni Leon, Alessandro Acquisti, Lorrie Faith Cranor, Alain Forget, and Norman Sadeh. A field trial of privacy nudges for facebook. In *Proceedings of the 2014 ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 2014)*, pages 2367–2376, 2014.
- [17] Yang Wang, Pedro Giovanni Leon, Kevin Scott, Xiaoxuan Chen, Alessandro Acquisti, and Lorrie Faith Cranor. Privacy nudges for social media: An exploratory facebook study. In *Proceedings of the 22nd International Conference on World Wide Web (WWW 2013)*, pages 763–770, 2013.
- [18] Maximiliane Windl, Niels Henze, Albrecht Schmidt, and Sebastian S. Feger. Automating contextual privacy policies: Design and evaluation of a production tool for digital consumer privacy awareness. In *Proceedings of the 2022 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '22, New York, NY, USA, 2022. Association for Computing Machinery.
- [19] Yusuke Yamamoto and Takehiro Yamamoto. Personalization finder: A search interface for identifying and self-controlling web search personalization. In *Proceedings of the ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries in 2020 (JCDL 2020)*, pages 37–46, 2020.