

対面協調 Web 検索における情報共有通知のタイミング制御

是常 雄大¹ 高田 秀志^{2,a)}

受付日 2018年4月16日, 採録日 2018年10月2日

概要: 複数人がスマートフォンなどの携帯端末を持ち寄り, 共通の目的を達成するために協調して検索を行う「協調 Web 検索」においては, 検索した Web ページの共有が作業間で頻繁に行われるため, 共有にともなう通知回数が増加し, 作業者の認知的負荷や生産性に悪影響をもたらす. 本研究では, 対面での協調 Web 検索中に発生する作業の区切れ目 (ブレイクポイント) に着目し, 通知のタイミングを制御することで, 作業者に与える認知的負荷を低下させることを考える. まず, 協調 Web 検索において通知を行うのにふさわしいと思われるタイミングを調査する実験を行い, 「検索画面へ戻る」「同じクエリを入力する」「素早いスクロールを行う」という行動の発生をブレイクポイントとして抽出した. また, これらのタイミングで通知を行うように制御する機能を持った協調 Web 検索システムを構築し, 実際の作業に適用して評価を行った. その結果, 作業を達成するのに必要な時間についての認知的負荷が減少する傾向にあり, 作業効率が向上している可能性があることが示唆された.

キーワード: 協調 Web 検索, 情報共有, 携帯端末, 通知, ブレイクポイント

Controlling the Notification Timing of Information Sharing in Co-located Collaborative Web Search

TAKEHIRO KORETSUNE¹ HIDEYUKI TAKADA^{2,a)}

Received: April 16, 2018, Accepted: October 2, 2018

Abstract: In “collaborative Web search” where multiple people bring mobile terminals such as smartphones and collaboratively perform a search task in order to achieve a common purpose, they frequently share useful Web pages, leading to the increasing number of notification which adversely affects cognitive load and productivity of workers. In this research, we focus on the concept of “break points” existing between actions occurring during co-located collaborative Web search, and consider reducing the cognitive load given to workers by controlling the timing of notification. We conducted experiments to investigate the timing that is considered appropriate for notification in collaborative Web search, and timings such as “returning to the search screen”, “entering the same query” and “performing quick scrolling” were extracted as appropriate breakpoints occurring between actions. We also constructed a collaborative Web search system with a function to control the notification timing. As a result of applying the system to an actual search task, the cognitive load on the time required to accomplish the work tends to decrease, suggesting that the work efficiency may be improved.

Keywords: collaborative Web search, information sharing, mobile terminals, notification, break point

1. はじめに

複数人で, ある共通の目的を達成するために, Web 上の

情報を検索し, 共有を行う「協調 Web 検索」という作業がある [1]. 本研究では, 作業者がスマートフォンなどの携帯端末を持ち寄り, 同一の場所で対面して協調 Web 検索を行う作業を対象とする. このような対面協調 Web 検索での情報共有手段として, 電子メールやインスタントメッセージング (IM) を用いたり [1], 最近では, 近接しているデバイスどうしの情報共有を支援する Apple 社の AirDrop などを用いたりして, Web ページの URL を共有する方法

¹ 立命館大学大学院情報理工学研究科
Graduate School of Information Science and Engineering,
Ritsumeikan University, Kusatsu, Shiga 525–8577, Japan

² 立命館大学情報理工学部
Faculty of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University, Kusatsu, Shiga 525–8577, Japan

a) htakada@cs.ritsumeik.ac.jp

がとられている。このような情報共有ツールを利用した場合、情報が共有された際の通知は、ポップアップやバナーなどの様式で即時に行われるのが一般的である。

対面協調 Web 検索作業では、短時間に多くの情報を共有するため、作業者は通知による割込みを多く受けることが想定される。このような割込みがもし不適切なタイミングで発生すれば、認知的負荷が増加することや生産性に悪影響をもたらすことにつながる [2], [3], [4], [5]。対面協調 Web 検索においても、情報共有にともなう通知によって、自身が行っていた検索作業が中断され、認知的負荷が増大し、作業効率の低下が発生していると考えられる。

本研究では、対面協調 Web 検索作業において、情報共有にともなう通知による認知的負荷を軽減させ、作業効率の向上を図るために、検索作業中に発生する作業の区切れ目（ブレイクポイント）[6]に着目し、通知のタイミングを制御することを考える。そのためにまず、対面協調 Web 検索作業で発生する情報共有の通知をどのようなタイミングで受け取るのがふさわしいかを調査する。そのうえで、情報共有にともなう通知のタイミングを制御する手法を提案する。さらに、通知のタイミングを制御する機能を搭載したシステムを実装し、実作業に適用することで、認知的負荷の軽減や作業効率の向上が達成されたかの検証を行う。

以下に、本論文の構成を示す。2章では、対面協調 Web 検索におけるブレイクポイントとはどのようなものかについて述べ、協調 Web 検索における情報共有の通知方法や、ブレイクポイントが発生したタイミングに基づいた通知のスケジューリングに関する関連研究を紹介したうえで、本研究との差異を述べる。3章では、対面協調 Web 検索中に発生する通知をどのようなタイミングで受け取るのがふさわしいかを調査した実験について述べる。4章では、対面協調 Web 検索において通知を管理するシステムについて述べる。5章では、通知タイミングの制御が対面協調 Web 検索に与える効果の検証を行った実験について述べる。最後に、6章では、まとめと今後の課題について述べる。

2. 対面協調 Web 検索におけるブレイクポイント

2.1 ブレイクポイント

ブレイクポイントとは、心理学分野における概念の1つであり、人間の連続行動は複数の行動単位の時系列な集合として表される。図1に示すように、行動単位と行動単位の間には区切れ目が存在しており、この区切れ目のことをブレイクポイントと呼ぶ。対面協調 Web 検索の場合、具体的には、「検索結果の閲覧」という行動から「新しいクエリによる検索」という行動へ移り変わるとき、「検索結果の閲覧」と「新しいクエリによる検索」という行動の間にはブレイクポイントが発生していると考えられる。

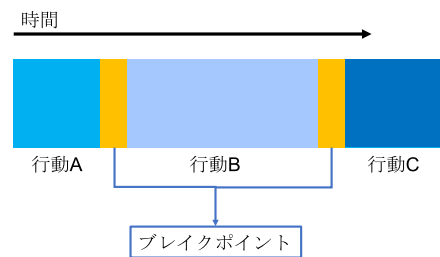


図1 ブレイクポイントの概念

Fig. 1 The concept of breakpoints.

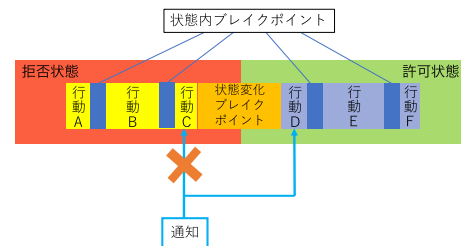


図2 協調 Web 検索における通知モデル

Fig. 2 A notification model for the collaborative Web search.

2.2 対面協調 Web 検索における通知モデル

対面協調 Web 検索においては、それぞれの作業者が検索によって発見した情報を作業者間で吟味したうえで、意思決定を行う。そのためには、それぞれの作業者が持つ端末の間で Web ページを共有することが必要であり、先に述べたように、電子メールや IM, AirDrop などのツールを用いて情報共有を行う場合が多い。

作業中に行われた情報共有を作業者の端末上で通知する場合、作業を中断させないように、行動と行動の間に存在するブレイクポイントまで遅らせて通知することが望ましいと考えられる。しかし、ブレイクポイントが発生していたとしても、情報共有の通知を受け取ってもよい状態（許可状態）と、通知を受け取りたくない状態（拒否状態）があると考えられ、拒否状態のときに通知を行うのは好ましくないと考えられる。

そこで、図2のような対面協調 Web 検索における通知モデルに基づいて通知の制御を行うことを考える。このモデルでは、作業者の状態変化を検知し、拒否状態において発生した情報共有を許可状態に遅らせて通知する。このようなシステムを実現することで、情報共有が適切なタイミングで行われることになり、作業者の認知的負荷が低減できると考えられる。

許可状態と拒否状態の間の変化には行動の変化をとめない、行動の間にブレイクポイントが存在すると考えられる。また、各状態内においても行動の変化は発生しており、ブレイクポイントが存在すると考えられる。したがって、対面協調 Web 検索中に発生するすべてのブレイクポイントのうち、状態変化をとまなうブレイクポイントはどのような行動の間に発生するのかを調査する必要がある。そのう

えで、調査により明らかになった行動を検出し、適したタイミングで通知を行うような通知タイミング制御機能を実現する。

2.3 関連研究

2.3.1 協調 Web 検索における情報共有と通知

本研究で対象としている協調 Web 検索における情報共有は、多くの場合、電子メールや IM などを用いて Web ページの URL が共有されることが示されている [7]。また、ユーザの検索体験を向上させることを目的として、検索機能とメッセージング機能を統合した環境も構築されている [8]。さらに、Web ページの共有が行われた際に通知を行うことにより、検索活動がどのように進んでいるのかに関するアウェアネスが向上することが示され [9]、Web ページの共有だけでなく、検索キーワードも通知として共有するようなツールも実現されている [10]。

このような研究においては、対面しているユーザだけでなく、地理的に離れたユーザによる協調 Web 検索を支援することを前提としているため、通知によって検索活動の状況を即座に共有することは重要であるが、ユーザの活動を妨げないように通知タイミングの制御を行っている例は見当たらない。

また、対面協調 Web 検索において、端末を縦向きに持っているか横向きに持っているかによって個人作業用の機能と共同作業用の機能を切り替えるような仕組みによって、ユーザがどのような作業状態であるのかの手がかりを視覚的に与えるとともに、個人作業と共同作業をスムーズに行き来できるようにしたツールが実現されている [11]。このツールは、検索活動の状況を通知という手段を用いずに共有することを可能にしているが、個人作業をひととおり終えた後で共同作業へ移行し、お互いの検索活動の状況を知るという大まかな単位での情報共有が前提となっている。一方、Web ページが共有されるたびに通知によって検索活動の状況を知らせるといった細かい単位での情報共有を前提とした場合には、本論文で述べるような通知タイミング制御の必要性は高いと考えられる。

2.4 通知の制御

不適切なタイミングでの通知による悪影響を緩和する通知手法は、「通知の鎮静/緩和」と「通知のスケジューリング」の 2 種類に大きく分類される。通知の鎮静/緩和では、バイブレーションや光を用いて通知を行う方法や刺激の強弱を用いた通知手法 [12] が提案されている。また、通知のスケジューリングでは、忙しさの判別による通知手法 [13] や、本研究でも着目しているブレイクポイントを用いた通知手法がある。以下、ブレイクポイントに基づいて通知タイミングを制御する研究をあげ、本研究との差異を述べる。

Yahoo! Japan アプリ内で、ユーザのブレイクポイント

に基づいて通知を行うようにした研究 [14], [15] では、モバイルセンシングと機械学習に基づき通知の割込み処理を行っている。この研究では、ブレイクポイントに基づいた通知システムを Yahoo! Japan のアプリに導入して効果の検証を行った結果、ユーザにとって適切なタイミングで通知することで、既存の通知手法に比べ、ユーザの応答時間に向上が見られることが示されている。また、通知手法の変更により、ユーザはアプリを継続的に使用するようになったことが示されている。

この研究では、日常生活で発生する様々なタスクに対する通知タイミングの最適化や通知によって人の行動を阻害しないことを目的としている。これに対して、本研究では、対面協調 Web 検索という特定のタスクを遂行中に発生する通知のタイミングを最適化することを考える。

また、グループで行動している人への通知タイミングを最適化している研究 [16] では、「Scan」という社会的コンテキストウェア通知管理システムを構築している。この研究では、オンラインビデオを被験者に閲覧してもらい、どのようなタイミングで通知することが適切であるかについて、調査実験を行っている。また、調査実験で明らかになった通知タイミングを高い精度で検出可能であることが示されている。

この研究では、同じ場所にはいない人からの通知タイミングを最適化することを目的としている。また、同じ場所にはいない人から通知を受け取るタイミングとして、同じ場所にいる人とのインタラクションがなくなったときや、離席などで 1 人になったときを採用している。したがって、本研究で対象としているような同じ場所にいる人と共同で作業している場合の通知箇所としては適していない。

3. 調査実験

対面協調 Web 検索におけるブレイクポイントの発生タイミングの調査を行うために、2 つの調査実験を行った。まず、協調 Web 検索を行いながら通知を受け取ってもよい状態と受け取りたくない状態の変化をユーザ自身に表明してもらい、ブレイクポイントをユーザ自身がどのように認識しているのかを調査する (調査実験 1)。次に、あらかじめ用意した対面協調 Web 検索作業の録画映像を第三者に閲覧してもらい、通知を受け取ってもよいと考えるタイミングについて調査する (調査実験 2)。

3.1 調査実験 1

3.1.1 調査方法

本実験では、対面協調 Web 検索におけるブレイクポイントの発生タイミングをユーザの主観に基づいて調査する。対面協調 Web 検索中の作業者がどのような行動をきっかけに通知の受け取り状態が変化するのかを調査するために、携帯端末の Web ブラウザ上に「主観的ブレイクポイ

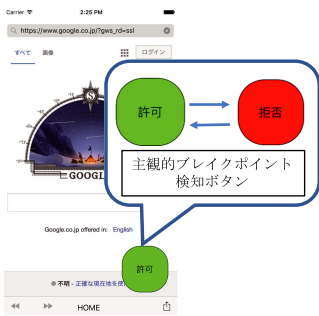


図 3 調査システム画面

Fig. 3 A screen shot of the investigation system.



図 4 個別送信機能

Fig. 4 The individual transmission function.

ント検知ボタン」を設け、他者からの情報の受け取り許可、または拒否といった状態を取得する。また、通知の可否がどのような行動をとまっているかについて調査するために、作業者の携帯端末の画面を録画する。

本実験を行うために、スマートフォンとして iPhone を利用し、対面協調 Web 検索におけるブレイクポイントを調査するためのアプリケーションを独自に構築した。図 3 に各ユーザが実際に使用した Web 検索画面を示す。画面右下には、被験者が主観的に情報の受け入れ状態の表明を行う「主観的ブレイクポイント検知ボタン」が備えられている。このボタンをタップすることで、被験者は現在の受け入れ状態を表明することが可能である。アプリケーション上では、タップされた時刻と状態をログとして出力する。なお、本アプリケーションはいわゆる「タブ機能」を持っておらず、複数の Web ページを同時に開いておき、タブで切り替えるような機能は実装されていない。

また、本アプリケーションには、共有したい Web ページを他者に対して個別に送信することが可能な「個別送信機能」が備えられている。図 4 に示すように、画面下部にあるボタンをタップすることで、他者の名前が表示されたボタンが現れ、送信先をタップすることで対象の端末に Web ページを送信することが可能である。

3.1.2 実験内容

本実験の被験者は、情報系学生 6 人であり、3 人一組の 2 グループを構成した。被験者は約 1m 幅の机を挟んで着席した。協調 Web 検索として実施した作業の内容は、被験者 3 人で東京に旅行へ訪れるための計画の立案である。各グループは、実行可能な旅行計画を立案し、観光地名や食事処、移動経路などを計画書にまとめて提出する。

表 1 実験手順

Table 1 The investigation procedure.

時間	内容
5 分	実験説明
3 分	ブレイクポイント説明
2 分	主観的ブレイクポイント検知ボタン機能の説明
5 分	調査システム説明
20 分	調査システムを利用した協調 Web 検索

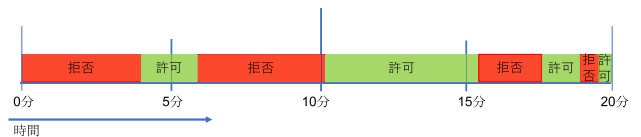


図 5 被験者の状態遷移

Fig. 5 State transition of a subject.

表 2 ボタンタップ回数

Table 2 The number of button taps.

ユーザ	タップ回数
被験者 A	4
被験者 B	7
被験者 C	6
被験者 D	5
被験者 E	6
平均	5.6
標準偏差	1.02

実験の手順を表 1 に示す。本実験では、実験説明に加え、ブレイクポイントの説明として、Web 検索中に発生するクエリ入力などの行動を例にあげ、その概念を伝える。また、通知の受け取り状態が変化した際にタップする主観的ブレイクポイント検知ボタンの説明を行う。

3.1.3 結果

実験終了後、機材不備により 1 人のログデータが取得できていないことが判明したため、残り 5 人についての結果を示す。

5 人の被験者のうち、主観的ブレイクポイント検知ボタンによって取得した 1 人の状態遷移を図 5 に示すように、作業開始時は情報の受け入れを拒否している時間が長くなる傾向にあった。一方で、作業の中ほどにかかる許可時間が長くなる傾向にあった。作業終了前では、許可と拒否が頻繁に入れ替わっていることが分かる。さらに、各被験者が主観的ブレイクポイント検知ボタンをタップした回数とその平均、標準偏差を表 2 に示す。

次に、主観的ブレイクポイント検知ボタンがタップされた前後において、すべての被験者を対象に、作業画面の録画映像からどのような行動をとっていたのかを判別した結果を図 6 に示す。録画映像からは、短い時間で判別できる細かい粒度の行動と、長い時間で判別しなければならない粗い粒度の行動が見られた。図に示している各行動がどの

	許可状態	遷移方向	拒否状態
細粒度	Webページ閲覧	→	検索クエリ入力
	検索クエリ入力	←	検索結果閲覧
粗粒度	共有ページ閲覧	→	情報探索
	情報探索終了	←	情報探索

図 6 主観的ブレイクポイント前後の行動

Fig. 6 Actions taken before and after a breakpoint.

ようなものかについて、以下に示す。

- 細粒度
 - Web ページ閲覧
検索ページから離れ、何らかの Web ページを閲覧している。
 - 検索クエリ入力
検索ページでクエリを入力している。
 - 検索結果閲覧
検索ページで結果の一覧を閲覧している。
- 粗粒度
 - 共有ページ閲覧
他ユーザと共有した Web ページを順に閲覧している。
 - 情報探索
検索クエリの入力と結果の閲覧を何度か繰り返している。
 - 情報探索終了
他の作業者と情報探索の結果などについて議論を行っている。

3.1.4 考察

以上の結果に基づき、対面協調 Web 検索中に許可状態と拒否状態がどのように変化し、これに基づいて通知のタイミング制御を行うことが可能かについて考察する。

図 5 に示されているように、作業開始から 10 分頃にかけて情報の受け入れを拒否している時間が長い。作業画面の録画映像で確認してみると、被験者は「観光先の検索」や「食事処の検索」といった行動をしていることが観察された。上記のことから、作業の序盤においては自身の検索作業を邪魔されたくないため、拒否の時間が長くなったと考えられる。

一方で、10 分頃から 15 分頃にかけては情報の受け入れを許可している時間が長い。録画映像からは、Web ページの共有が行われ、共有された情報を閲覧していることが確認された。このことから、他者が収集した情報を欲していたため、許可の時間が長くなったと考えられる。

15 分頃から 20 分までは、情報の受け入れ可否の状態が頻繁に変化している。録画映像から、候補地の場所を地図上で確認したり、共有されたページを確認した後に新たに



図 7 観察者用閲覧動画

Fig. 7 Movie browsed by the observers.

検索したりする行動が見られた。上記のことから、グループでの合意形成を行うために情報を共有して議論を行い、足りない情報があれば再び検索作業に移行しているため、このような状態の遷移が現れていると考えられる。

実際に主観的ブレイクポイント検知ボタンがタップされた前後の録画映像を観察した結果、ボタンをタップする前後で各被験者の画面状態が切り替わっていることが分かった。これにより、今回の実験で主観的ブレイクポイント検知ボタンがタップされたタイミングでは、ブレイクポイントが発生しているといえる。

しかし、実験終了後に被験者から、「検知ボタンの押し忘れがあった」との意見があったため、すべてのブレイクポイントを検知できていないわけではない。また、被験者の主観で検知ボタンを押しているため、被験者自身が気づいていないブレイクポイントが存在している可能性もある。そこで、第三者的な視点でブレイクポイントの発生を判断する調査実験 2 を実施する。

3.2 調査実験 2

3.2.1 調査方法

本実験では、あらかじめ用意された動画を第三者が観察し、動画内の作業者がいつ通知を受け取るのがよいかについて調査する。本調査実験を行うために、スマートフォンを用いた対面協調 Web 検索を実施してその様子を録画し、第三者が観察する動画の作成を行った。この対面協調 Web 検索では、情報系学生 3 人により、京都駅周辺の飲食店を決めるというテーマで作業を実施した。また、動画の観察は著者と同じ研究室に所属する複数の学生により行った。

観察者が閲覧する動画の例を図 7 に示す。動画には、作業画面の録画映像と作業風景全体、開始時からの経過時間が表示されている。観察者は本動画を閲覧し、通知を受け取ってもよいと思われる場面を発見する。発見した箇所については、別紙に時間と理由の 2 項目について記入する。また、観察者には、許可状態が瞬間的であると判断した場合には、時刻を記載し、一定時間持続していると判断した場合には、時間を記載するように伝えた。

3.2.2 結果

観察者から得られた回答に基づき、通知を行ってもよい時間の前後に見られた特徴的な行動について分析を行った。その結果、以下のような行動が発生する際に通知を行ってもよいと判断されることが分かった。

- Web ページの閲覧から検索結果のページに戻ったとき
- 素早い上向きスクロールが生じたとき
- 以前と同じ検索ワードを入力したとき
- ページ遷移が頻繁に生じたとき

3.2.3 考察

通知を行ってもよいと判断される行動について、調査実験1で見い出された許可状態における行動との関連は、図8のように整理できると考えられる。調査実験2で見い出された「Web ページの閲覧から検索結果のページに戻ったとき」については、調査実験1の結果である「情報探索終了」に相当する。また、「素早い上向きスクロールが生じたとき」については、閲覧していた Web ページを見終わった状態であると考えられるため、これも「情報探索終了」に相当する行動である。「以前と同じ検索ワードを入力したとき」については、調査実験1において、「検索クエリ入力」は許可状態と拒否状態の両方に現れる行動であるが、同じ検索ワードを入力したときには検索作業に行き詰まっていると想定され、許可状態における「検索クエリ入力」に相当すると考えられる。「ページ遷移が頻繁に生じたとき」については、ある程度情報探索を行った後に検索作業に行き詰まっていると想定され、「情報探索終了」に相当すると考えられるが、一方で、拒否状態における行動である「情報探索」を行っているとも考えられる。

以上により、図2に示した許可状態中の行動が明らかとなり、この行動の前には必ずブレイクポイントが存在していることを示している。また、観察者全員が、通知を受け取ってもよいと判断した箇所を時刻ではなく時間で記入していたため、その状態には継続性があり、許可状態の期間であれば通知を受け取ることに問題はないという知見が得られた。

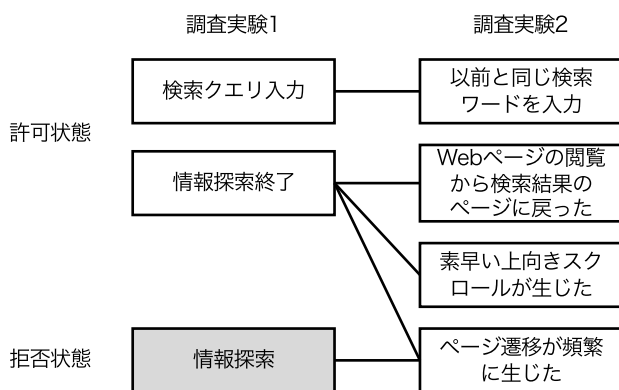


図8 調査実験で見い出された行動の関係

Fig. 8 Correspondence of actions found in the experiments.

4. 対面協調 Web 検索における通知タイミング制御機能

4.1 機能概要

調査実験をふまえて、対面協調 Web 検索における通知タイミング制御機能を搭載した Web 検索システムを構築する。本システムでは、作業中に発生する情報共有として2つの場面を想定した機能を提供する。1つ目は、今見ている Web ページに対して、後で確認するためにお気に入り登録し、そのページを作業間で共有する「アウェアネス共有機能」である。2つ目は、すぐに Web ページについて他の人と議論を開始したい場合に使用する「即時共有機能」である。アウェアネス共有機能では、共有相手を指定せず、登録した Web ページを作業者全員で共有する。一方、即時共有機能では、共有相手を指定したうえで Web ページを共有する。

本システムのツールバーの各機能を図9に示す。これらに加えて、フリックによる Web ページ遷移機能やツールバーでの検索機能などを搭載している。なお、調査実験で構築したアプリケーションと同様に、本システムは「タブ機能」を備えていないため、同時に開くことのできる Web ページは1つのみである。

4.2 アウェアネス共有機能

作業者は、図9中の星マークをタップすることで、開いている Web ページをお気に入りに追加することができる。お気に入りに追加された Web ページは、自分を含めた全作業者の端末上でお気に入り受信箱に追加され、図10に示すような通知様式によって他の作業者の端末上で通知される。

アウェアネス共有が行われた場合の通知様式としては、バナー通知を採用する。このバナー通知は、画面上部から飛び出してくるような形で通知が行われる。作業者は、通知によってお気に入りに Web ページが追加されたことを確認することができるが、何らかの操作をして応答しな

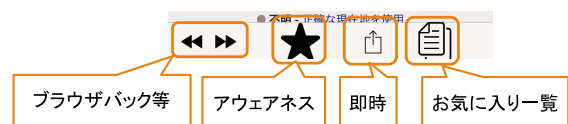


図9 ツールバー一覧

Fig. 9 Buttons on the toolbar.



図10 アウェアネス共有受信時の通知様式

Fig. 10 The notification style upon receiving the awareness sharing.



図 11 アウェアネス共有受信箱

Fig. 11 Inbox of the awareness sharing.

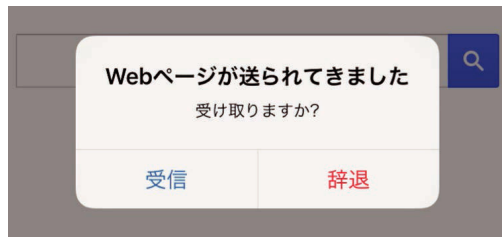


図 12 即時共有受信時の通知様式

Fig. 12 The notification style upon receiving the immediate sharing.

なければならないという制約はない。

アウェアネス共有によって作業員間で共有された Web ページを閲覧するためには、図 11 のアウェアネス共有の受信箱に移動する。受信箱では、お気に入り追加した作業員名（自分自身の場合には「私のお気に入り」）と Web ページの URL が表示されており、閲覧したい Web ページのセルをタップすることで、自身の Web ブラウザ上で閲覧することができる。

アウェアネス共有では、3.2.2 項で述べた行動に基づいたブレイクポイントを検知すると通知する。ただし、「ページ遷移が頻繁に生じたとき」については、3.2.3 項で述べたように、拒否状態における「情報探索」と許可状態における「情報探索終了」の両方に位置づけられており、どちらの状態なのかの判別が困難であるため、通知を行う行動からは除外する。

4.3 即時共有機能

即時共有機能では、図 9 中の即時共有ボタンを押すことで、他の作業員の端末へ Web ページを送信することが可能である。この際、即時共有ボタンを押した際に表示される接続端末名を選択することで、送信者は送信先の端末を指定し、Web ページを個別に送信する。Web ページの送信が行われると、図 12 に示すような通知様式によって、送信先の端末上で通知が行われる。

即時共有が行われた場合の通知様式としては、ポップアップ通知を採用する。ポップアップ通知は、重要度の高い通知で用いられることが多く、必ず目にとまるという特徴がある。受信者は、即時共有で受信した Web ページを受

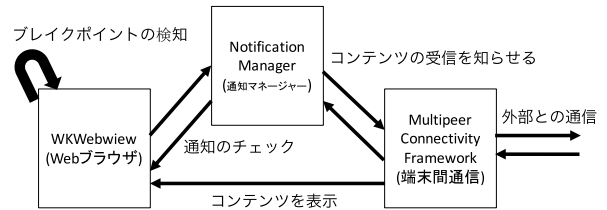


図 13 通知機構の全体構成

Fig. 13 Overall structure of the notification mechanism.

け入れるか、辞退するかを判断をしなければならない。受信した Web ページを受け入れた場合には、対応する Web ページが受信者の端末上で表示される。

即時共有機能では、アウェアネス通知と同じブレイクポイントに加えて、作業中に発生する最も細粒度の行動であると考えられる「画面を触る」という行動もブレイクポイントとし、通知を行う。これは、この機能が Web ページを共有してすぐに議論を始めたいときに使用されることを想定しているため、アウェアネス通知と同じブレイクポイントまで通知を遅延すると、議論に支障をきたすと考えられるためである。具体的には、画面スクロール、または、画面のタップが行われたことを UI イベントによって判別する。さらに、情報共有の即時性を損なわないよう、タイマによりタイムアウトを監視し、10 秒以内に UI イベントが発生しない場合には、通知を行う。

4.4 実装

今回の実装では、端末として iPhone を利用する。情報共有の際には、Apple 社の端末上で P2P 通信を行うための基盤として提供されている MultipeerConnectivity フレームワークを用いて通信を行う。本通知機構の構成を図 13 に示す。

本通知機構は、Web ブラウザ、端末間通信、通知マネージャから構成されている。端末間通信では、他端末との通信を行い、他端末からの通知情報の受信を行う。通知情報を受信すると、通知マネージャに通知の存在を伝える。通知マネージャでは、即時共有とアウェアネス共有のそれぞれに応じた通知タイミングと通知様式によって通知を行う。Web ブラウザでは、前節で述べた通知タイミングを検知しており、通知タイミングと判断された場合には、通知マネージャに通知の有無を確認する。

次に、通知タイミングの検知方法について述べる。Web ページの閲覧を終了し、検索結果のページに戻ったかどうかは、iOS 上で Web ブラウザを構築する際に使用する WKWebKit フレームワークにおいて、ブラウザバックやブラウザフォワードのページ遷移方向を確認し、ブラウザバックした際に、以前閲覧していたページが検索結果 URL ではなく、次に閲覧するページが検索結果 URL かどうかによって判別する。同じ検索クエリが使われたかどうかは、

検索に使われたクエリをすべて記憶しておき、同じクエリが入力されていないかを新たなクエリが入力されるたびに確認することで判別する。スクロールの速さが閾値を超えたかどうかの判別は、スクロール量をキューに格納し、単位時間あたりの平均スクロール量を算出することで行う。

5. 評価実験

5.1 実験内容

本システムが対面協調 Web 検索に与える影響の調査を行うために、比較システムを用意したうえで評価実験を行った。本実験では、通知タイミングの制御によって作業効率が向上するかどうかを評価するために、作業者の認知的負荷を測定する。認知的負荷の測定は、主観的に作業負荷を計測するための尺度である NASA Task Load Index (NASA-TLX) [17] を用いたアンケートによって行う。

比較システムとしては、本システムと操作面がまったく同じであるが、通知タイミングの制御を持たないシステムを利用する。すなわち、アウェアネス共有、即時共有ともに、共有が行われると即座に通知が行われる。本実験の被験者は、情報系学生 9 人であり、3 人一組の計 3 グループを形成した。また、被験者としては、本研究や本実験についての事前知識がない学生を選んだ。さらに、各グループともに、メンバは初対面ではなく、お互い友人関係であり、同学年であるため、実験前のアイスブレイクなどは行っていない。

次に、作業内容について説明する。実験手順を表 3 に示す。順序効果を考慮し、グループ 1, 3 の実験では、比較シ

表 3 実験手順

Table 3 The experiment procedure.

時間	内容
5 分	実験説明
20 分	本システムあるいは比較システムを用いたボストンの旅行計画
5 分	NASA-TLX アンケート
20 分	本システムあるいは比較システムを用いたメルボルンの旅行計画
10 分	NASA-TLX と通知制御に関するアンケート

表 4 NASA-TLX に基づいたアンケートの質問内容

Table 4 Questions based on the NASA Task Load Index.

	項目	質問内容
質問 1	知的	どの程度、考える、決める、記憶するなどといった知的活動を必要としましたか？
質問 2	身体的	どの程度、操作する、動き回るなどの身体的活動を必要としましたか？
質問 3	時間	計画を立てるにあたって、時間は足りていましたか？
質問 4	満足度	あなたはこの作業にどの程度満足していますか？
質問 5	努力	旅行計画を立てるにあたって、どの程度一所懸命に作業をしなければならなかったですか？
質問 6	ストレス	作業中に、イライラ、ストレスなどをどの程度感じましたか？
質問 7	全体	さまざまな負荷要因、負荷原因、部分部分の課題内容を統合すると、全体としてどの程度の作業負荷を感じましたか？

ステムを先に利用し、グループ 2 の実験では、本システムを先に利用した。各作業終了後には、NASA-TLX アンケートを実施し、作業の認知的負荷を計測した。NASA-TLX アンケートでは、「知的」「身体的」「時間的」「満足度」「努力」「ストレス」「全体的」の各尺度において作業負荷を 20 段階で評価する。本実験で用いたアンケートの内容を表 4 に示す。また、通知制御に関して、「通知制御ありとなしで何か違いはありましたか？」という自由記述回答のアンケートを実施した。さらに、映像ログとして、作業の様子を録画、各スマートフォンの画面録画を行い、スマートフォンのログとして、共有回数、および、アウェアネス通知と即時共有通知のタイミングを取得した。

被験者には、作業内容の現実性を確保するために、次の条件を提示して実験を実施した。被験者 3 人は、旅行会社の大学生向け卒業旅行の企画立案を行う。そのため、現実離れた移動にならないようにすることや、必要となる料金などを考慮しながら作業を実施する。また、被験者には、緊張感を持って作業を実施するために、企画した旅行計画は、第三者に評価してもらうことを伝える。

5.2 結果

5.2.1 Web ページ共有回数の結果

本システムおよび比較システムの Web ページ共有回数の結果について、アウェアネス共有での Web ページ共有回数の結果を表 5 に、即時共有での Web ページ共有回数の結果を表 6 に示す。アウェアネス共有ではグループ全員で情報を共有するため、グループ内で発生した共有回数を示している。即時共有では、各被験者が Web ページを受信した回数を示している。

表 5 アウェアネス共有での Web ページ共有回数

Table 5 The number of Web page sharing in the awareness sharing.

グループ	提案	比較
1	8	8
2	9	8
3	5	2

表 7 アウェアネス共有における通知タイミングの結果

Table 7 Results of notification timing in the awareness sharing.

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	計
検索結果へ戻る	3	2	4	2	0	3	1	2	1	18
同じクエリ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
速いスクロール	1	4	0	2	2	1	2	2	3	17

表 8 即時共有における通知タイミングの結果

Table 8 Results of notification timing in the immediate sharing.

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	計
検索結果へ戻る	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
同じクエリ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
速いスクロール	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
画面スクロール	1	2	0	0	0	0	0	0	0	3
画面タップ	0	0	0	1	1	0	0	1	0	3
タイムアウト	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1

表 6 即時共有での Web ページ共有回数

Table 6 The number of Web page sharing in the immediate sharing.

グループ	被験者	提案	比較
1	A	1	0
	B	3	0
	C	0	0
2	D	1	1
	E	1	2
	F	0	2
3	G	0	0
	H	1	1
	I	0	0
平均		0.78	0.67
標準偏差		0.92	0.82

5.2.2 通知タイミングの結果

本システムでどのようなタイミングで通知が行われたかの結果について、アウェアネス共有と即時共有の2種類について結果を示す。まず、アウェアネス共有における通知タイミングの結果を表 7 に示す。アウェアネス共有では、「検索結果へ戻る」と「速いスクロール」の2つのブレイクポイントにおいて通知されている一方、「同じクエリ」のブレイクポイントでは、1度も通知されることがなかった。

次に、即時共有における通知タイミングの結果を表 8 に示す。即時共有では、拒否状態におけるブレイクポイントとして追加した「画面スクロール」「画面タップ」「タイムアウト」の3つのブレイクポイントにおいてすべての通知が行われている。一方、アウェアネス共有と共通の通知タイミングである「検索結果へ戻る」「同じクエリ」「速いスクロール」での通知は1度もなかった。

また、全体としては、即時共有はほとんど用いられず、ほとんどアウェアネス共有によって Web ページの共有が行われたことが分かる。

5.2.3 NASA-TLX アンケートの結果

本システムおよび比較システムを用いた作業に対する NASA-TLX アンケートの結果を図 14 に示す。図中の棒グラフは、各評価項目の平均値を表している。この結果に対して t 検定を行った結果、図中の赤枠で囲まれている「時間」の項目に関して両側検定で $p = 0.185$ 、片側検定では $p = 0.092$ であり、有意傾向にあることが分かった。また、「満足度」の項目に関しても、本システムと比較システムの間の差が比較的大きかった。

5.2.4 通知制御に関するアンケートの結果

本システムと比較システムを利用した後に、通知制御の有無によって作業へ影響があったかの調査を行った。結果として、9 人中 8 人から制御の有無によって作業への影響はなし、もしくは、何も違いは感じられなかったという回答を得た。1 人の被験者からのみ、作業への影響があり、「アウェアネス通知で大量の Web ページが受信したことを知らされると、確認の意欲や作業から取り残されている感じがした」との回答があった。

5.3 考察

本研究は、通知制御が対面協調 Web 検索作業に与える影響を調査することが目的である。そこで、本システムを導入することで、作業者の行動にどのような変化があったかについて考察する。また、調査実験をふまえ、通知を行うタイミングとして利用したブレイクポイントの妥当性についても考察する。

5.3.1 通知制御が対面協調 Web 検索に与える影響

NASA-TLX アンケートの結果によると、有意差は認められないものの、提案システムの方が認知的負荷が低い傾向にあり、通知制御が有効に働いた可能性がある。特に、「時間」に関する評価については比較システムとの差が他の項目と比べて大きく、拒否状態のときに通知による割込

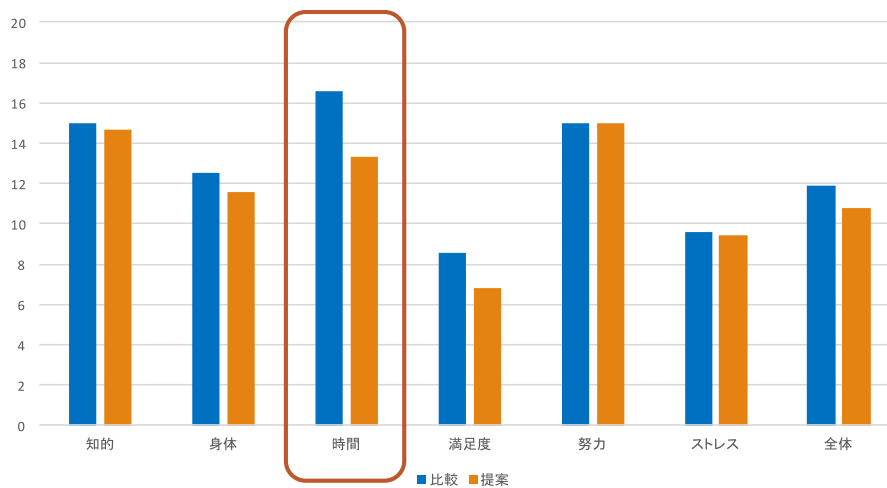


図 14 NASA-TLX アンケートの結果
Fig. 14 Results of the NASA-TLX questionnaire.

みを受けないことが作業の効率を上げ、作業時間が足りていたと感じることへつながっているのではないかと考えられる。また、「満足度」に対する評価についても比較的差が大きかったことから、検索結果の質が高まっている可能性も示唆される。

一方、通知制御を行うことで、Web ページを送る際に送り先の作業を中断しないため、Web ページの共有回数が増加すると考えていたが、共有回数に違いは見られなかった。この理由として、通知タイミング制御の有無を感じなかったという被験者がほとんどであったため、共有の促進につながらなかったことが考えられる。

また、1人の被験者において、アウェアネス通知によって、「大量の Web ページの受信を知らされると確認の意欲や作業から取り残された感じがした」という意見があったが、この被験者は1つ1つの Web ページを吟味しながら検索作業を行っていたため、通知許可状態に遷移することがあまりなく、通知が遅れてしまったことが原因だと考えられる。今回、即時通知のみにタイムアウトを採用したが、アウェアネス通知においてもタイムアウトを採用することや、遅延される通知の数に上限を設定することで、この問題は解消されるのではないかと考えられる。

5.3.2 通知タイミングとしての妥当性

次に、対面協調 Web 検索作業の通知制御としてブレイクポイントを用いたことや、調査実験で得られた通知を行ってもよいと判断されたブレイクポイントが妥当であったかについて考察する。

まず、通知制御の方法として、ブレイクポイントを用いることが妥当であったかについては、被験者は通知制御の有無で作業に違いを感じていないとの回答が多数を占めていることから、被験者は通知制御に対して違和感を感じることなく作業を進めていたと考えられ、ブレイクポイントに基づく通知制御は妥当であったと考えられる。ただし、Web ブラウザの UI イベントやページ遷移などからブレイ

クポイントの検知を行っているため、ブレイクポイント判別精度としての課題は残る。

次に、通知タイミングの妥当性について考察する。アウェアネス共有では、「検索画面に戻る」「同じクエリ」「速いスクロール」を通知タイミングとして用いたが、すべての通知は「検索画面に戻る」と「速いスクロール」で通知され、「同じクエリ」では通知は行われなかった。通知が行われた2つのブレイクポイントについては、すべての被験者において、一定以上の頻度で通知タイミングとして利用され、かつ、5.3.1 項で述べたように、このような通知タイミングの制御が作業の効率を上げることにつながっている可能性が示唆されているため、通知のタイミングとして妥当であったと考えられる。一方、「同じクエリ」で通知が行われなかったことについては、20分として設定していた作業時間が作業量に対して短時間であったことが原因で、検索テーマが目まぐるしく変化していることが動画観察から見受けられたことから、同じ検索テーマで長時間検索する機会が少なく、同じクエリを入力する場面がなかったと考えられる。

即時共有では、即時共有向けに加えたブレイクポイントですべての通知がされた。これは、即時共有のタイミングとして用いた「画面を触る」という行動は、アウェアネス共有で用いている「検索画面に戻る」などの行動を構成する、より細かい粒度の行動であるからであると考えられる。時間経過とともに、ブレイクポイントを検知する行動の粒度を細かくしていくような方法をとれば、アウェアネス共有と共通のタイミングにおいても通知が行われるようになる可能性があると考えられる。

6. おわりに

本論文では、対面協調 Web 検索における通知タイミング制御を提案した。通知タイミングを制御するために、対面協調 Web 検索作業中に発生するブレイクポイントに着

目し, 調査実験によって通知に適したタイミングを明らかにするとともに, 通知のタイミング制御機能を搭載した協調 Web 検索システムを構築した. また, 本システムを実作業に適用することで, 作業効率の向上や認知的負荷が低減されたかの検証を行った結果, 時間的負荷について有意傾向にあり, 作業効率の向上が見られた. 一方で, 通知のタイミングとして用いられなかったブレイクポイントもあるため, 作業内容や作業時間を考慮したうえでさらに検証が必要であると考えている.

今後は, ウェアラブルデバイスとスマートフォンを連携させることで, 新たなブレイクポイントの発見を可能にし, より適切なタイミングで通知を行えるようにしていくことが期待される.

参考文献

- [1] Morris, M.R.: A Survey of Collaborative Web Search Practices, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.1657–1660 (2008).
- [2] Adamczyk, P.D. and Bailey, B.P.: If Not Now, When?: The Effects of Interruption at Different Moments Within Task Execution, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '04*, pp.271–278, ACM (2004)
- [3] Cutrell, E., Czerwinski, M. and Horvitz, E.: Notification, disruption, and memory: Effects of messaging interruptions on memory and performance, *Human-computer Interaction: INTERACT '01: IFIP TC. 13 International Conference on Human-Computer Interaction*, pp.263–269 (2001).
- [4] Czerwinski, M., Cutrell, E. and Horvitz, E.: Instant messaging: Effects of relevance and timing, *People and Computers XIV: Proc. HCI*, Vol.2, pp.71–76 (2000).
- [5] Bailey, B.P. and Konstan, J.A.: On the need for attention-aware systems: Measuring effects of interruption on task performance, error rate, and affective state, *Computers in Human Behavior*, Vol.22, No.4, pp.685–708 (2006).
- [6] Newton, D. and Engquist, G.: The perceptual organization of ongoing behavior, *Journal of Experimental Social Psychology*, Vol.12, No.5, pp.436–450 (1976).
- [7] Carrascal, J.P. and Church, K.: An In-Situ Study of Mobile App & Mobile Search Interactions, *Proc. 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '15*, pp.2739–2748 (2015).
- [8] Bentley, F.R. and Peesapati, S.T.: SearchMessenger: Exploring the Use of Search and Card Sharing in a Messaging Application, *Proc. 2017 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work and Social Computing, CSCW '17*, pp.1946–1956 (2017).
- [9] Kelly, R. and Payne, S.J.: Collaborative Web Search in Context: A Study of Tool Use in Everyday Tasks, *Proc. 17th ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work and Social Computing, CSCW '14*, pp.807–819 (2014).
- [10] Amini, S., Setlur, V., Xi, Z., Hayashi, E. and Hong, J.: Investigating Collaborative Mobile Search Behaviors, *Proc. 15th International Conference on Human-computer Interaction with Mobile Devices and Services, MobileHCI '13*, pp.213–216 (2013).
- [11] Teevan, J., Morris, M.R. and Azenkot, S.: Supporting Interpersonal Interaction during Collaborative Mobile Search, *IEEE Computer*, Vol.47, No.3, pp.54–57 (2014).
- [12] 金子雅司, 岩田 満: 刺激の強弱に着目したブレイクポイントの作りやすい通知手法の検討, 第 79 回全国大会講演論文集 (2017).
- [13] 赤池勇磨, 荒川 豊, 諏訪博彦, 安本慶一: 参加型センシングの効率化に向けたコンテキストに基づく応答の推定, 情報処理学会論文誌, Vol.57, No.2, pp.543–552 (2016).
- [14] Okoshi, T., Ramos, J., Nozaki, H., Nakazawa, J., Dey, A.K. and Tokuda, H.: Attelia: Reducing user's cognitive load due to interruptive notifications on smart phones, *2015 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom)*, pp.96–104 (2015).
- [15] Okoshi, T., Tsubouchi, K., Taji, M., Ichikawa, T. and Tokuda, H.: Attention and engagement-awareness in the wild: A large-scale study with adaptive notifications, *2017 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom)*, pp.100–110 (2017).
- [16] Park, C., Lim, J., Kim, J., Lee, S.-J. and Lee, D.: Don't Bother Me. I'm Socializing!: A Breakpoint-Based Smartphone Notification System, *Proc. 2017 ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work and Social Computing*, pp.541–554 (2017).
- [17] 芳賀 繁, 水上直樹: 日本語版 NASA-TLX によるメンタルワークロード測定—各種室内実験課題の困難度に対するワークロード得点の感度, 人間工学, Vol.53, No.2, pp.71–79 (1996).



是常 雄大

2016 年立命館大学情報理工学部情報システム学科卒業. 2018 年同大学大学院情報理工学研究科情報理工学専攻博士課程前期課程修了. 2018 年よりグローリー株式会社に勤務.



高田 秀志 (正会員)

1968 年生. 1991 年京都大学工学部情報理工学科卒業. 1993 年同大学大学院工学研究科情報理工学専攻博士前期課程修了. 同年三菱電機 (株) 入社. 2001 年京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻博士後期課程修了. 2004 年京都大学大学院情報学研究科研究員. 2006 年立命館大学情報理工学部助教授, 2010 年 4 月同教授, 現在に至る. 分散システム, 協調作業支援システム, 教育・学習支援システム等の研究に従事. 博士 (情報学). 電子情報通信学会, 日本教育工学会, ACM, IEEE Computer Society 各会員.