

モバイル協調検索におけるユーザ間の情報共有支援

小谷 大祐[†] 中村 聡史^{††} 田中 克己^{††}

[†] 京都大学工学部情報学科 〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町

^{††} 京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻 〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町

E-mail: †{d.kotani,nakamura,tanaka}@dl.kuis.kyoto-u.ac.jp

あらまし 本稿では、モバイル環境における複数人での協調検索を効率化する手法を提案および実装する。モバイル環境での協調検索では、発見したページを情報共有したり、探索空間を伝えようと思っても、ディスプレイサイズの制約があるために難しいという問題がある。そこで本稿では、簡単なインタラクションにより他のユーザの検索結果一覧に結果を割り込むことで通知する手法と、他のユーザの探索空間を提示する機能によってユーザの協調検索を支援する手法を提案および実装し、その有用性を明らかにする。

キーワード 携帯情報端末, ユーザインタフェース, 協調検索, モバイル協調検索

1. はじめに

現在、日本の携帯電話の人口普及率は 89.0% [1] であり、特に 30 代・40 代の利用率は 95% を超える [2] など、世の中全ての人が 1 台の携帯電話を持つ状況が現実的になりつつある。また、普及している携帯電話の 81.2% はウェブの閲覧が可能であることも分かっている [3]。つまり現在では、携帯電話を用いてウェブ検索をすることによって、いつでもどこでも目的の情報を得ることができるようになってきていると言える。

Morris [4] は、ある共通の目的を達成するために、複数人が協調してウェブ検索を行う“協調検索”が日常的に行われていると報告している。1 人が 1 台以上のウェブ閲覧可能な携帯電話を持つようになると、モバイル環境においても、複数人が携帯電話を用いて共通の目的を達成するためにウェブを協調的に検索する“モバイル協調検索”が日常的になると考えられる。例えば、懇親会の後に 2 次会を行う場所を決める状況や、観光中のグループが次に行く場所を決める状況などがある。

このようなモバイル協調検索には、(1) ユーザが各自でウェブ検索を行う段階、(2) 気になるウェブページを他のユーザに伝え、意見を聞く段階、(3) ユーザらが見つけたウェブページを比較・検討する段階の 3 つがある [5]。これらの段階において、ユーザらは、それぞれ、他のユーザと別のトピックについて探索するために他のユーザの探索空間を知ろうとしたり、他のユーザに自分が見つけたウェブページを伝えたり、各々が見つけたウェブページを共有したりしようとする。

しかし、現状のモバイル環境では、ディスプレイサイズの制約があるため、1 つの携帯端末を複数人で覗き込むことは難しく、また一度に多くの情報をディスプレイに表示することは難しいため、こうした情報をやりとりすることは容易ではない。ユーザは他のユーザに話しかけたり話しかけられたりすることにより情報のやりとりするしかないが、このとき、他のユーザから話しかけられたユーザは現在行っているウェブ検索を強制的に中断させられることになる。複数ユーザから話しかけら

れると、集中してウェブ検索を行うことができないため、新たな情報を検索して得ることが難しい。そのため、ユーザらは、モバイル協調検索においてユーザらが持つ情報を効率的に収集・共有することができず、またやりとりに参加できなかったユーザらの意見はグループで出す結論に反映されにくい。また、多くのウェブページが候補として挙がってしまうと、それらのウェブページを比較検討することが困難になるという問題もある。これらの問題により、グループで出す結論に対するユーザらの満足度は低くなってしまう。

そこで本稿では、モバイル協調検索におけるこうした情報の共有および比較検討を支援するための手法を提案する。

1 つ目は、ユーザが気になったウェブページを他のユーザの検索結果一覧の表示中の部分に 1 つの検索結果アイテムとして割り込むことで、他のユーザに見て欲しいということを通知する手法である。これにより、他のユーザが各自のタイミングで各自の携帯電話で情報を見ることができるようになる。

2 つ目は、各ユーザの入力クエリや閲覧ウェブページ集合に含まれるキーワードを提示したり、検索結果上で他のユーザが既に閲覧したページをそれとなく示すことにより、他のユーザの探索空間を提示する手法である。これにより、ユーザは他のユーザの探索空間を考慮してウェブ検索を行うことができる。

3 つ目は、割り込まれたウェブページに対して各ユーザによる正、零、負のフィードバックを可能とし、多くのユーザが支持したウェブページから順にランキングして提示する手法である。この手法により、ユーザらは多くのユーザが支持するウェブページから順に比較検討することができる。

また、時間および距離の近さに基づいてシステムがグループに属するユーザを認識することで、ユーザらが手軽に協調検索を開始できる仕組みも導入する。

我々はこれらの手法をプロトタイプシステムとして実装し、ユーザベースの評価実験によってユーザ間の情報共有がより容易になるとともに、検索タスクに対する結論の満足度が向上したことを確認した。

2. 関連研究

2.1 1台以上のPCがある環境における協調検索支援

Morrisら [6] は、遠隔にいるユーザ同士がそれぞれのPCを用いて、同期的、もしくは非同期的に協調してウェブ検索を行う際の支援を行うシステムを提案している。このシステムには、他のユーザが使用したクエリを提示する機能や、ウェブページにコメントや点数などのメタ情報を付加する機能、ユーザ間のチャットシステム、他のユーザへウェブページを推薦する機能などがある。

CoSearch [7] は、複数のユーザが1台のコンピュータを共有している環境において、複数のマウスや携帯端末を用いることで、協調検索におけるユーザの満足度の向上を目的としたシステムである。このシステムは、複数のマウスでアプリケーションを操作する機能や、ディスプレイ上に表示されているコンテンツの一部を携帯端末で表示する機能などを備えている。

これらの研究は、1台以上のコンピュータを利用できる環境を想定しており、携帯端末のみが存在する環境におけるディスプレイサイズなどの制約を考慮していない。本稿は、コンピュータが存在せず、複数の携帯端末のみが存在する環境を想定している点で、これらの研究と異なる。

2.2 モバイル環境における協調検索支援

Maekawaら [8] は、複数の携帯端末を使ったウェブ閲覧支援システムを提案している。このシステムでは、1つのウェブページを複数に分割し、それぞれの携帯端末で部分毎に閲覧することができる。本稿は情報検索全体を対象にしている点で、この研究と異なる。

奥ら [5] は、複数の携帯端末のみを用いた協調検索において、複数のユーザがウェブコンテンツを比較・検討することを支援するシステムを提案している。このシステムでは、各ユーザがウェブ検索をしている間に気になるコンテンツを簡潔な操作で保存し、保存したウェブコンテンツに対し順位をつけることができる。また、ウェブコンテンツを比較する段階において、システムに保存されたコンテンツをユーザ毎にユーザが付けた順位で提示したり、ウェブコンテンツのサムネイルを端末間で同期して表示することができる。本稿は、ユーザがそれぞれウェブ検索を行う段階においても気になるウェブページや探索空間などの情報を共有することを支援することで、協調検索のプロセス全体を支援しようとしている点で異なる。

3. 提案手法

3.1 モバイル協調検索における問題点

我々は、図1のようにモバイル協調検索の流れを整理した。ユーザらは、初めにそれぞれウェブ検索エンジンにクエリを入力し、ウェブ検索を行う。あるユーザが自分が気になるウェブページを見つけると、他人に対してそのウェブページに対する評価を求める。このとき、ユーザらが検索の目的を達成したと判断すると、協調検索は終了する。さらにウェブ検索が必要であれば、それぞれがウェブ検索を行う段階に戻る。ユーザは、ある程度現在のクエリに対する検索結果を見終えると、クエリ

を修正する。このとき、他のユーザと探索空間が重ならないように、他のユーザに対して検索したクエリや得た情報を尋ねる。ユーザらはある程度ウェブ検索を行ったと判断すると、これまでに見つけたウェブページを比較・検討し、検索の目的を達成しようと試みる。ここで、ユーザらが検索の目的を達成したと判断すると、協調検索は終了する。そうでなければ、ウェブ検索段階に戻る。

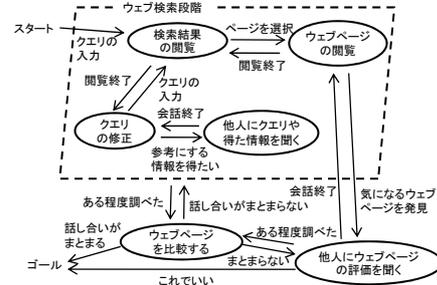


図1 モバイル協調検索におけるユーザの振る舞い

上記のやりとりにおいて、我々は下記に上げる3つの問題に注目し解決することで、モバイル協調検索を支援する。

1つ目は、ディスプレイサイズの制約から生じる問題である。この制約により、ディスプレイ上に一度に表示できる量が限られている。また、複数人が1台の携帯端末を覗き込むことは困難である。そのため、ディスプレイ上に表示されたウェブページなどの情報を複数ユーザで閲覧する際に1台の携帯端末をユーザ間でやりとりし操作しなければならず、これには多くの時間がかかってしまう。

2つ目は、他のユーザにウェブ検索を強制的に中断させられることから生じる問題である。話しかけられたユーザは、自身の検索結果や閲覧行為を中断し、やりとりに参加した後、自分の端末の検索結果やウェブページの閲覧に戻るようになる。複数のユーザからばらばらのタイミングで話しかけると、自分の端末を使ったウェブ検索に集中することができず、新たな情報を検索して得ることが難しくなる。つまり、他のユーザにウェブ検索を強制的に中断させられることにより、効率的にウェブ検索を進めることができない。

3つ目は、ユーザらがいろいろなウェブページを見つけても、その数が多ければ多いほど、その比較検討および最後の意思決定が難しいという点である。

1つ目の問題に対しては、各ユーザが自分の端末で必要な情報を見ることができるようすることで解決できると考えられる。2つ目の問題に対しては、他のユーザとやりとりをして得る必要があった情報をシステムが提示し、やりとりの回数を減らすこと、他のユーザが自分のタイミングで検索行動を中断することができるようにすることで解決できると考える。3つ目の問題に対しては、共有された情報について各自で評価できるようにし、その結果をランキング化するなどで解決できると考える。また、これらの手法により、結果として、グループとして効率よく情報共有できると期待できる。そこで、本稿では具体的に解決する手法として、あるユーザが他のユーザに見てほ

しいと思ったウェブページを、1つの検索結果アイテムとして他のユーザの検索結果の適切な位置への割り込む手法と、他のユーザの探索空間に関する情報の提示、さらに各ユーザのウェブページに対する評価を集約しランキングする手法を提案する。また、ユーザらが協調検索のためのグループを簡単に作る方法も提案する。

3.2 検索結果への割り込み

ユーザが他のユーザにウェブページの評価を求める際、複数人が1台の携帯端末のディスプレイを覗きこむことは困難である問題に対しては、各自の端末で閲覧できるようにすることで解決できる。これを、他のユーザの検索行動を強制的に中断させないように提示する手法を検討する必要がある。

ユーザは、検索結果から選択したウェブページとそこからリンクを辿って閲覧することができるウェブページを閲覧し終わると、次に閲覧を始めるウェブページを選ぶために検索結果の閲覧に戻る。つまり、検索結果はユーザがウェブ閲覧を始めるウェブページの候補の集合である。そこで我々は、検索結果一覧にウェブページを1つの検索結果アイテムとして挿入し、検索結果の項目の1つとして提示する手法を提案する。これにより、ユーザは自分の意志とタイミングで他のユーザから伝えられたウェブページの閲覧を始めることができる。

このとき、ユーザが他のユーザの操作により割り込まれたウェブページがあることを確実に認識できるようにすることが重要である。そこで本稿では、ユーザが検索結果中の現在閲覧するために表示している位置にこのウェブページを1つの検索結果アイテムとして割り込むことで、確実に画面に表示されるようにする。また、他の検索結果の項目と区別できるように表示することで、ユーザの目を引くようにする。

具体的な手法は以下の通りである。

(1) ユーザは、他のユーザに評価を求めたいウェブページをシステムに伝える。

(2) システムは、他のユーザの携帯端末に(1)で指定されたウェブページに関する情報を送信する。

(3) 他のユーザの携帯端末上のシステムは、検索結果一覧で現在画面上に表示されている部分にそのウェブページを1つの検索結果アイテムとして挿入する。このとき、挿入された検索結果アイテムが他のユーザから評価を求められているウェブページであることが分かるように表示する(図2)。閲覧している検索結果一覧の中に割り込まれるものと同一のウェブページが存在すれば、ユーザが戸惑うことを防ぐため、検索結果一覧からそのウェブページに該当するアイテムを削除し、表示中の部分にその検索結果アイテムを挿入する(図3)。

検索結果へウェブページを割り込むイメージを図2に示す。他のユーザが閲覧中の検索結果はウェブページ{A, B, C, D, E}の順に並んでおり、ウェブページ{A, B, C}が画面に表示されているとする。ここで、ウェブページZが割り込まれるとする。画面に表示されているウェブページAとウェブページBの間にウェブページZを挿入する。また、他のユーザから割り込まれたものであることを示すために、背景色をつけて他の項目と区別する。

割り込まれるウェブページが既に検索結果中に存在する場合のイメージを図3に示す。割り込まれるウェブページはウェブページEで、このウェブページは既に検索結果中に存在している。そのため、検索結果からウェブページEに該当するアイテムを削除し、画面に表示されているウェブページAとウェブページBの間にウェブページEを挿入する。

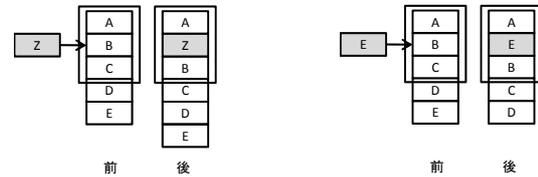


図2 検索結果へウェブページを 図3 検索結果中に存在するウェブページを割り込むイメージ

ウェブ検索段階と他人とウェブページの評価を話し合う段階を何度も繰り返すと、検索結果に他のユーザから割り込まれたものが多く表示され、ユーザのウェブ検索の妨げになる可能性がある。ユーザはスクロールすることでそうした割り込みを飛ばすことはできるが、それでは不十分である場合もある。そのため、簡単な操作によりユーザが他のユーザから割り込まれたウェブページの検索結果アイテム群を消すことができるようにすることで、ユーザが検索結果の閲覧に不便を感じないようにする。

3.3 他のユーザの探索空間に関する情報の提示

システムが各ユーザの入力したクエリや閲覧したウェブページを記録し、ユーザの求めに応じてシステムがそれらの情報を提示することで、ユーザは他のユーザの検索行為を中断させることなく他のユーザの探索空間に関する情報を得ることができるようになると考えられる。

我々は、ユーザが他のユーザに探索空間に関する情報を聞く理由を、他のユーザと探索空間が重ならないようにすることによってより広い範囲のウェブページをグループとして探索するためであると考え、次の手法を提案する。

(1) ユーザが閲覧している検索結果の中に、他のユーザが既に見たウェブページがあれば、そのことが分かるように表示する。

(2) 他のユーザが入力したクエリと閲覧したウェブページ集合のキーワードを提示する。

(1)は、ユーザが検索結果を閲覧しているときに他のユーザが閲覧したウェブページであることを提示することによって、探索空間が重ならないようにユーザが判断できるようにするためのものである。(2)は、他のユーザがどのような探索をしているかを知るためのものである。ここで、ユーザに見せるべき情報としてはウェブページ閲覧履歴も考えられる。しかし、ウェブページ閲覧履歴は量が多いために、表示するには大きなディスプレイが多くのスクロール操作が必要であり、携帯端末で表示するには適していないと考えられる。そこで、閲覧ウェブページ集合からのキーワード抽出と提示を行う。

ユーザらはある共通の目的を持って検索をしているが、探索

空間はユーザ毎に異なるため、あるユーザの閲覧ウェブページ集合で頻出する単語には、他のユーザの閲覧ウェブページ集合でも頻出する単語と、そのユーザの閲覧ウェブページ集合のみに頻出する単語の2種類があると考えられる。他のユーザがどのような探索をしているかを知るためには、ユーザ毎に探索空間がどのように異なっているのかを知る必要がある。そのため、後者の単語を提示するのが望ましい。本稿では、tf/idf法を用いてこのような単語を抽出し、提示する。

今、 l 人のユーザ $U = \{u_1, u_2, \dots, u_l\}$ が協調検索を行っているとする。グループが閲覧したウェブページ集合に含まれるウェブページに含まれる単語全体を $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ とする。ユーザ $u \in U$ が閲覧したウェブページの集合を $P_u = \{p_{u1}, p_{u2}, \dots, p_{un}\}$ とし、ユーザ $u \in U$ の単語 $t \in T$ の重みを $w(u, t)$ とする。 $w(u, t)$ の値が大きなものから順にユーザに提示する。 $w(u, t)$ を求める手順を以下に示す。

まず、各ユーザ $u \in U$ 毎に、ユーザが閲覧したウェブページ集合の特徴ベクトル $v_u = (v_{u,t_1}, v_{u,t_2}, \dots, v_{u,t_m})$ を求める。

$$v_{u,t_i} = \sum_{p \in P_u} \frac{\text{freq}(p, t_i)}{\sum_{t \in T} \text{freq}(p, t)} \quad (1)$$

$\text{freq}(p, t)$ は T に含まれる単語 t がウェブページ p において出現した回数である。あるウェブページの単語の出現回数がユーザの特徴ベクトルに大きく影響しないように、 $\text{freq}(p, t)$ をウェブページ p の全単語の出現回数の和で正規化している。

次に、グループの特徴ベクトル $v_{\text{group}} = (v_{\text{group},t_1}, \dots, v_{\text{group},t_m})$ を求める。

$$v_{\text{group},t_i} = \sum_{u \in U} \frac{v_{u,t_i}}{\max_{t \in T} v_{u,t}} \quad (2)$$

ユーザごとに閲覧ウェブページ数が異なると、その違いがグループの特徴ベクトルに大きく影響する可能性がある。そのため、全てのユーザの特徴ベクトルがグループの特徴ベクトルに等しく影響するように正規化する必要がある。

これらを用いて、 $w(u, t)$ を以下のように求める。

$$w(u, t) = v_{u,t} \cdot \log \frac{l}{v_{\text{group},t}} \quad (3)$$

これにより、あるユーザが閲覧しているウェブページによく出ている単語で、他のユーザが閲覧しているウェブページにはあまり出ていない単語に高い重みが割り当てられる。

3.4 割り込まれたウェブページの比較段階での利用

各ユーザが他のユーザに評価を求めたウェブページは、それぞれのユーザが興味をもったものであるため、ウェブページを比較する段階において、比較するウェブページの候補になる可能性が高い。そこで、割り込みが行われたウェブページの一覧を提示できるようにする。

このとき、ウェブページをどのような順で提示するかが問題となる。比較検討を行う際は、できるだけ多くのユーザが高く評価したのから検討すべきであろう。そのようなウェブページを素早く参照できるように、多くのユーザが高く評価したウェブページから順に提示することが望ましい。

そこで、ユーザが割り込まれたウェブページを閲覧する画面において、正、零、負のフィードバックを行うことができるようにする。そして、割り込まれたウェブページの一覧を提示する画面において、正のフィードバック数から負のフィードバック数を引いた値が大きなウェブページから順に提示することで、多くの人から支持されたウェブページを上位にランキングする。

3.5 時空間的近さを利用した協調グループ生成

ユーザらがモバイル協調検索を行おうとするとき、まず最初に、ユーザらはそれぞれが持つ携帯端末を1つのグループとしてシステムに認識させる必要がある。この作業に時間がかかると、ユーザらは速やかに協調検索を始めることができない。そこで、ユーザらが各携帯端末で同時に指定の操作をすることで、システムがその操作のされた時間と端末の位置情報を用いて下記の手順で自動的にグループを認識する手法を提案する。

(1) ユーザらが各携帯端末で指定の操作をすると、携帯端末は管理サーバに対して、携帯端末の識別子と位置情報を含むグループ作成要求を送る。

(2) N 秒後、各携帯端末は管理サーバに対してグループ作成結果要求を送る。この要求を受け取ったサーバは、 $N + \alpha$ 秒前以降に、距離が β 未満である位置情報を持つグループ作成要求を送信した携帯端末を1つのグループとして認識し、クライアントに対して作成したグループに関する情報を送信する。もし、 N 秒前以降に、他の携帯端末のグループ作成結果要求によって1つのグループとして認識されていた場合は、その時に作成したグループに関する情報を送信する。

これにより、ユーザらは各携帯端末で同時に指定の操作をするだけでグループをシステムに認識させることができる。

4. プロトタイプシステム

我々は、提案手法を iPhone, iPod touch 上で動作するアプリケーションとして実装した。本プロトタイプシステムはサーバ/クライアントアーキテクチャを採用し、クライアント間のデータのやりとりはサーバを介して行っている。サーバは Python を用いて実装し、CGI として動作する。クライアントは Objective-C を用いて実装し、iOS 4.2 を搭載した端末上で動作する。

検索結果の表示例を図4に示す。他のユーザから割り込まれたウェブページへのリンクは、赤に近い背景色をつけることによって区別している。既に他のユーザによって訪問されたウェブページへのリンクは、スニペット(検索結果に表示されるウェブページの説明もしくは引用)の左に黒丸を表示することでユーザが認識できるようにしている。また、これらのリンクには、誰の操作であるのかをユーザが知ることができるように、URLの左にユーザ名を表示している。携帯端末を振ることで、割り込まれたウェブページへのリンクは削除され、ウェブ検索エンジンから取得した検索結果の提示に戻る。

検索結果の表示画面で、画面下部の“PageList”ボタンを押すと、過去に割り込まれたウェブページと、いずれかのユーザが訪れたウェブページの一覧の表示画面に遷移する(図5)。ここでは、3.4節で述べた順にウェブページへのリンクが提示さ

れる．正のフィードバック数から負のフィードバック数を引いた値が同じであるものが複数ある場合は，最後に割り込み操作のされた時間が新しい順に提示している．この値が変わると背景色の有無が切り替わる．割り込みがされたウェブページの一覧の下に，少なくとも一人以上のユーザが閲覧したが割り込みはされなかったウェブページの一覧を提示している．スニペットの左の黒丸がこれに該当するウェブページであることを示している．

図 6 にウェブブラウザの表示例を示す．表示中のウェブページを他のユーザの検索結果に割り込むには，ウェブページを表示した状態で携帯端末を数回振るか，画面下部の“Notify” ボタンを押す．表示中のウェブページが検索結果に割り込まれたリンクを選択して表示されたものである場合，画面下部の“+1”，“0”，“-1” ボタンを用いてウェブページに対するフィードバックを行うことができる．それぞれのボタンは“正”，“零”，“負”のフィードバックに対応している．



図 7 ユーザの探索空間の表示例



図 8 グループ作成画面

5. 評価実験

本章では，提案手法がモバイル環境で協調検索を行う状況において情報の共有を支援し，ユーザの満足度が向上することを確認するために行った評価実験について述べる．

5.1 比較システム

我々は，比較のためのシステムとして，通常の携帯端末での検索を模したシステムを作成した．これは，提案システムとほぼ同じインターフェイスをもつが，以下の点で異なる．

- 検索結果への割り込みができない
- ウェブブラウザにおいて，携帯端末を振る，もしくは“Notify” ボタンを押すことで，ウェブページの URL を保存しておくことができる．これは，検索結果表示画面で“PageList” ボタンを押すことで表示される．

• “PageList” ボタンを押したときには，携帯端末を使用しているユーザが保存したウェブページのみが提示される．つまり，ウェブページを携帯端末の間で共有する機能はない．

• 探索空間の提示がされない．“UserHistory” ボタンを押すと，携帯端末を使用しているユーザの過去のクエリのみが提示される．また，検索結果中に他のユーザがすでに見たウェブページがあっても，それは提示されない．

• ウェブブラウザでウェブページへのフィードバックができない

5.2 実験方法

被験者は，大学，大学院生で計算機科学の研究室に所属している 20 代の男性 16 名である．我々は，被験者を日常的に会っている者が同じグループになるように 4 グループに分け，それぞれのグループ毎に，提案手法を実装した提案システムと比較システムを使って，我々が与えた 2 つのタスクを 1 タスクあたり 10 分程度実行してもらった．実験は，研究室内のミーティングスペースで机を介さずに座った状態で，以下の手順で行った．

(1) 提案システム，比較システムの機能や使い方を説明し，文字入力方法やシステムの操作に慣れてもらうため，それぞれのシステムを 10 分間ずつ使ってもらう．

(2) 各グループに 2 つタスクを与え，グループ 1, 3 は比較システム，提案システムの順で，グループ 2, 4 は提案システム，比較システムの順で実行してもらう．2 つのタスクの間に 5 分程度の休憩をとる．実験に使用したタスクの例を表 1 に示す．グループ 1, 2 は異なる 2 つの旅行先で行く店を検索してもらう．グループ 3, 4 は異なる 2 つの旅行先で時間ができ



図 4 検索結果表示例

図 5 割り込みページ一覧表示例

図 6 ブラウザ表示例

検索結果の表示画面で“UserHistory” ボタンを押すと，ユーザの探索空間の表示画面（図 7）に遷移する．この画面では，ユーザ毎に，入力したクエリと，抽出されたキーワードが提示される．クエリが複数ある場合は，重複したものを除いて，最後に入力されたものから順にカンマで区切って提示される．図 7 では，iphone1 ユーザは“三条河原町 ご飯”のクエリでウェブ検索し，“河原町，三条，店，京都，居酒屋，検索，口コミ”などのキーワードが抽出されたこと，iphone2 ユーザは“丸太町 洋食”，“丸太町 ご飯”のクエリで検索し，“京都，店，洋食，検索，町，丸太，三条”などのキーワードが抽出されたことを表示している．

グループの作成画面を図 8 に示す．ユーザ名を入力し，“グループを作る” ボタンを押すと，管理サーバに対してグループ作成要求が送られる． N 秒後に管理サーバに対してグループ作成結果要求が送られ，それに対する応答に含まれるグループのメンバー（図 8 の ipod1, ipod2, iphone1, iphone2）と，画面下部にある“OK” ボタンが表示される．“OK” ボタンを押すと，新しいグループにその端末が参加することができる．ここで，3.5 節におけるパラメータはそれぞれ $N = 5$, $\alpha = 15$, $\beta = 1km$ としている（ β の値が大きいのには，iPhone, iPod touch の位置測定の精度のためである）．

た状況を想定し、観光プランを立ててもらおう。

(3) 被験者に、各タスク 10 分以内に結論を出すよう依頼する。もし、10 分を経過しても結論が出ていない場合は、その時点で早く結論を出すよう促す。また、タスクに対して結論が出たらそのタスクは終了とすることにする。

(4) 結論や検索に対する満足度や検索効率、どの程度情報共有できたかなどを 5 段階のリッカート尺度で問うアンケートに回答してもらおう。

表 1 実験に使用したタスクの例

グループ 1, 2 (旅行先で店を検索する)
金沢に友達と旅行に来ていて、ちょうど観光が終わり、金沢駅前のホテルに帰ってきたところです。時間は夕方です。明日からは富山に移動するため、これから金沢の美味しいものを食べに行きたいと思っています。これから行く店を 1 つ決めてください。
グループ 3, 4 (観光地を検索する)
福岡で研究室のメンバーと国内の会議に参加しています。今は午前のセッションが終わって、午後のセッションが始まるまでの休憩時間で、昼飯を食べ終えたところです。会議は今日で終わりますが、明日の午後の新幹線で帰るため、午前中は時間があり、また全く観光していないため、明日の午前中に観光に行きたいと考えています。宿泊先は博多駅前です。時間を考慮しながら、行く場所を 1 つ以上決定してください。

評価実験の間、ユーザの携帯端末の操作ログを取得し、また協調検索の様子をビデオカメラで撮影した。その後、アンケートや操作ログ、撮影した映像の分析を行った。

5.3 実験結果

全てのタスクにおいて、10 分以内に結論が出ることはなかった。10 分を経過した時点で結論を出すよう促してから結論が出るまで、どのタスクも 1 分程度であった。操作ログと撮影した映像については、協調検索を始めてから 10 分間のものを分析対象とした。

グループで出した結論への満足度を尋ねたところ、比較システムを使った場合では平均 3.9($\sigma = 0.8$)、提案システムを使った場合では平均 4.5($\sigma = 0.5$) と上昇した。どの程度情報共有しながら協調検索することができたかを尋ねたところ、比較システムでは平均 3.0($\sigma = 0.8$) であったのが、提案システムでは平均 4.4($\sigma = 0.6$) と上昇した。

比較システム、提案システムを使用した場合の平均発話数、提案システムにおいて、割り込み機能、過去に割り込まれたウェブページの一覧を表示する機能、他のユーザらのクエリ履歴とキーワードを表示する機能のそれぞれの平均使用回数を表 2 に、発話数の平均を 1 分毎に求めたものを図 9、各機能の平均を 1 分毎に求めたものを図 10 に示す。各機能の使用回数と発話数の平均は、ユーザらがその機能を使用した回数、もしくは発話した回数の合計のグループ毎に求め、その数の平均を求めたものである。また、被験者毎に発話数を比較したところ、発話数の標準偏差がグループ 1, 2, 3, 4 でそれぞれ比較システムで 6.5, 10.2, 4.6, 23.1, 提案システムで 9.1, 10.7, 7.9, 18.2 であった。

表 2 発話数と各機能の使用回数の平均

比較システム:発話数	提案システム:発話数	
106.3	106.3	
提案システム: 割り込みページ数	提案システム:割り込み ページ一覧表示回数	提案システム:クエリ・ キーワード表示回数
21.5	11.8	6.8

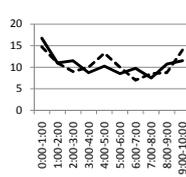


図 9 発話数の推移

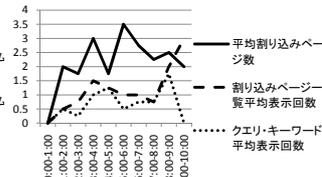


図 10 各機能の使用回数の推移

観察の結果、ユーザらは、検索しながら会話することによって自分の得た情報を交換していた。また、比較システムを用いたタスクでは他のユーザに画面を見せるように求め、2 人以上で 1 つのディスプレイを見る場面が見られた。提案システムを用いたタスクでは自分から他のユーザに画面を見せる場面はあったが、他のユーザに画面を見せるように求め、複数人で 1 つのディスプレイを見る場面は見られなかった。

アンケートにおいて、他のユーザと情報共有するのに手間がかかったかどうか尋ねたところ (1:手間がかかる ~ 5:容易である)、比較システムにおいては平均 2.5($\sigma = 0.8$) であったのが、提案システムにおいては平均 4.3($\sigma = 0.7$) と上昇した。アンケートの自由記述欄において、提案システムを使用し検索した場合に検索における一体感が高いという意味の記述があった。

ユーザ自身のウェブ検索への満足度については、比較システムでは平均 3.3($\sigma = 0.7$)、提案システムでは平均 3.6($\sigma = 0.6$) であり、ほとんど変化がなかった。また、効率よくウェブ検索できたかどうかを尋ねたところ、比較システムでは平均 3.0($\sigma = 0.7$)、提案システムでは 3.4($\sigma = 0.9$) であった。この項目については、グループ 1, 2, 3 が比較システムで平均 2.9、提案システムで平均 3.7 と上昇した一方、グループ 4 では比較システムでは平均 3.0、提案システムでは平均 2.75 と減少した。グループで出した結論にどの程度自分の意見が反映されているかの問いでは、比較システムで平均 3.4($\sigma = 1.2$)、提案システムで平均 4.0($\sigma = 1.2$) となった。この項目についても、グループ 1, 2, 3 が比較システムで平均 3.5、提案システムで平均 4.3 と上昇したが、グループ 4 では比較システムで 3.3、提案システムで平均 3.0 と減少した。

ユーザが使用したクエリ数や訪問したウェブページ数などのグループ毎の合計の平均を表 3 に示す。比較システムと提案システムの間で、訪問したウェブページ数やクエリ数、ユニーククエリ数、単語数に大きな違いはない。しかし、訪問したウェブページ数とユニークウェブページ数の差は、比較システムではほとんどないが、提案システムでは 12.5 ページの違いがあった。アンケートにおいて、割り込みページが増えてくると、自分のクエリの検索結果を見るよりも割り込まれたページを見る時間のほうが長くなった、との記述が見られた。

表 3 クエリ数や訪問ウェブページ数などの平均

	クエリ数	ユニーククエリ数	クエリに含む単語数の合計	クエリに含む単語の種類数
比較システム	19.0	16.8	37.0	16.25
提案システム	19.0	16.8	36.25	17.75
	訪問したウェブページ数		訪問したユニークページ数	割り込みページ閲覧数
比較システム	34.0		31.5	
提案システム	36.5		24.0	15.0

提案システムにおいて、割り込み機能、割り込まれたウェブページの一覧を表示する機能、ユーザらのクエリ履歴とキーワードを提示する機能のうち一番必要な機能を1つ選び、また各機能の有用さを5段階で評価してもらった結果を表4に示す。一番必要な機能については無回答が1名いたため、表4の合計は15名となっている。

表 4 各機能に対する評価

機能	一番有用と回答した人数	有用さの平均と標準偏差
割り込み機能	10名	4.0($\sigma = 1.1$)
割り込まれたウェブページの一覧を表示する機能	1名	3.1($\sigma = 1.0$)
クエリとキーワードの表示機能	4名	3.8($\sigma = 1.3$)

それぞれの機能についてコメントを求めたところ、割り込み機能に対しては「他人が何を調べているのか分かるので便利」「自分の検索が一段落したときに割り込まれたページを閲覧できるのが便利」というコメントがあった一方で、「送られてくるものが多いと少し見づらい」「割り込みされたページ群と検索結果ページ群は別々にしてほしい」「選択しようとしているウェブページが割り込みによってずれてしまって不便である」とのコメントがあった。

割り込まれたウェブページの一覧を表示する機能を利用する時間帯は後半に集中していた(表2)。発話数(図9)は最初と最後の数分が多い。最初の数分はどのように探索範囲を分割するかを相談する発話や既に知っていることを伝える発話、最後の数分はウェブページの具体的な内容を伝える発話、いくつかのウェブページを比較する発話、意思決定をする発話が多かった。アンケートのコメント欄には、全てのウェブページを見てフィードバックするのは不可能である、口頭で話したほうが早い、正と負のフィードバック数も表示してほしい、というコメントがあった。

クエリやキーワードの提示に関しては、割り込まれたウェブページでだいたいどんなことを調べているのか分かるので一度も使わなかった、表示させるのに一手間かかって使い勝手が悪かったというコメントや、他人のクエリを見られるのはいい機能という意見があった。キーワードに関するコメントはなかった。また、他のユーザのクエリを随時見られるようにしてほしい、いちいち画面を切り替えるのが面倒というコメントもあった。

6. 考察

6.1 ユーザ間の情報共有

比較システムを使用したタスクと提案システムを使用したタスクで、発話数は大きく変化していない(表2, 図9)。しかし、ウェブページの割り込み機能や他のユーザの探索空間に関する情報を提示する機能を使用することにより、他のユーザに話しかけることなく気軽に各ユーザの探索空間を知ることができるために、ユーザは提案システムにおいてより情報共有しながら協調検索ができたと感じているのではないと思われる。実際、割り込まれたウェブページの一覧を提示する機能以外は、協調検索のプロセス全体を通して使われている(表2, 図10)。

提案システムでは、ウェブページの一部分を指して他のユーザの携帯端末に送ることができない。提案システムを使ったタスクで見られた自分から他のユーザに画面を見せたケースでは、ウェブページの一部を指して伝えたいようであった。ウェブページ全体だけでなく、ウェブページの一部分を伝える手法を検討する必要がある。

6.2 ウェブ検索と協調検索の結論に対する評価

自分のウェブ検索に対する満足度と効率に関しては、ユーザらは2つのシステムの間でほとんど差がないと感じている。操作ログの分析の結果、クエリ数やユニーククエリ数、単語数、訪問したウェブページ数に大きな違いはないが、訪問したユニークウェブページ数は提案システムにおいて減少するという結果を得た。また、訪問したウェブページ数とユニークページ数の差を見ると、比較システムではほとんど変化がないが、提案システムでは12.5ページの差があり、これは割り込まれたウェブページへのリンクを選択した回数の平均15.0回と比較的近い値である。

提案システムにおいて、割り込まれたウェブページを閲覧すると、訪問したウェブページ数は増加する。しかし、他のユーザと同じウェブページを見ていることになるため、ユニークページ数は増加しない。そのため、提案システムにおいて訪問したウェブページ数とユニークウェブページ数の間に大きな差ができたのだらうと考えられる。割り込まれたウェブページ数とこの差の値が近いことがこのことを示唆している。また、今回は協調検索を行う時間を10分程度としたため、割り込まれたウェブページ以外のウェブページの閲覧にかかる時間が少なくなった結果、ユニークページ数は比較システムより提案システムのほうが少なくなったのだらうと考えられる。これはユーザらの探索範囲の広がる早さが比較システムより提案システムのほうが遅いのではないかとすることを示唆していると考えられている。一方で、ユーザ間でより情報を共有できるようになった結果、それぞれのユーザが他のユーザの意見を反映しながらウェブ検索できるようになり、グループで出す結論に適合するウェブページをより早く発見できるようになった可能性も考えられる。この点については、今後さらなる実験を行うことで検証予定である。

グループ1, 2, 3とグループ4で、結論へ自分の意思が反映されているかの問いに対する回答の傾向が異なったのは興味深

い。同じタスクを行ったグループ3とグループ4で違いを見ていくと、2つのグループでユーザ毎の発話数の分散が大きく異なる。これは、グループ4において極端に発話者が偏っていることを示している。あまり発話しなかった被験者はグループにおける意思決定においてなかなか意見を述べることができず、結論が自分の意思に沿うようであれば高く評価し、そうでなければ低く評価したため、このような違いが出たのではないかと考えている。

6.3 各機能に対する評価

各機能に対する評価は、割り込み機能に対する評価が最も高く、次にクエリ履歴とキーワードの提示機能、割り込まれたウェブページの一覧を表示する機能の順であった。

ウェブページの割り込み機能に対するコメントや表3、および表4より、検索結果へ割り込む手法は他人が何を調べているのかをユーザに通知するための手法として有用であるということが分かった。また、割り込みによって他のユーザに関する多くの情報が提示されることにより、ユーザのウェブ検索の効率を低下させる可能性があることを示唆している。割り込む情報をシステムが選択して提示することは今後の課題である。

割り込まれたウェブページの一覧を表示する機能は、主に協調検索の最後に行われる比較段階で利用されていた(図10)。コメントには、割り込まれた全てのウェブページに対してフィードバックするのは手間であるという意見もあった。ウェブページを比較する段階では、割り込まれたウェブページに対するグループの評価は、会話をしてグループの意思を決定する過程で頻繁に変更される。この変更を共有するため、ディスプレイ上の表示に迅速に反映させる手法が必要である。

クエリ履歴やキーワードによって探索空間を提示する機能に対して、クエリが見られるのは有用であるという意見や、割り込みによって他のユーザがどんなことを調べているのか分かるので不要という意見があった。キーワードに関してコメントがなかったのは、今回の実験においてはユーザらはほとんど異なるクエリを使用していたため(表3)、クエリのみで他のユーザがどのようなことを検索していたのかを知ることができ、キーワードを見ることはほとんどなかったためであろうと考えられる。また、他のユーザのクエリや見ているウェブページを随時分かるようにして欲しいというコメントなどもあった。ユーザに対して探索空間に関する情報をどのように提示するかについて、割り込み手法を用いるなど、より同期的に提示する手法を検討する必要があると考えている。

7. ま と め

本稿では、複数ユーザが各自の携帯端末を用いてウェブ検索を行うモバイル協調検索において、ユーザ間で情報の共有および比較における問題を解決する手法を提案した。具体的には、(1)他のユーザの意見を聞きたいウェブページを他のユーザの検索行動を妨げることなく伝えるために、ウェブページへのリンクを他のユーザの検索結果へ割り込む手法、(2)他のユーザが探索している空間を知りたいということに対して、他のユーザのウェブページ閲覧履歴を検索結果中にそれとなく提示した

り、ユーザらが使用したクエリや閲覧したウェブページ集合のキーワードを提示する手法、(3)各ユーザのウェブページに対する評価を集約してランキングする手法の3つである。

また、我々は、これらの手法をプロトタイプシステムとして実装して評価実験を行い、プロトタイプシステムによってユーザらが情報を容易に共有できると感じていること、情報を共有しながら検索を進めることができたと感じていることを示し、検索に対する結論の満足度が向上することを確認した。

今後の課題としては、キーワードの抽出手法の改善や、他のユーザが閲覧していない探索空間を推定しクエリなどの形でユーザに提示すること、ユーザを指定した情報のやりとりを可能にすること、ウェブページの比較段階におけるユーザらの意思の変化を迅速に表示に反映させることなどが挙げられる。また、検索結果への割り込み手法に関しては、ユーザの検索行動から検索結果に割り込むべきタイミングであるかどうかを判断すること、他のユーザのクエリや閲覧したウェブページなど、評価を求められているウェブページ以外の情報も選択的に提示することを考えている。

謝辞 本研究の一部は、文部科学省科学研究費補助金 挑戦的萌芽研究「モバイル協調検索に関する研究」(研究代表者:中村聡史, 課題番号 22650018), 科学研究費補助金 特定領域計画研究「情報爆発時代に対応するコンテンツ融合と操作環境融合に関する研究」(研究代表者:田中克己, A01-00-02, 課題番号 18049041), グローバル COE 拠点形成プログラム「知識循環社会のための情報学教育研究拠点」によるものです。ここに記して謝意を表すものとします。

文 献

- [1] 総務省: 情報通信統計データベース, <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/index.html>.
- [2] 社団法人中央調査社: 2009年パーソナル先端商品の利用状況, <http://www.crs.or.jp/data/pdf/ptg2009.pdf>.
- [3] 社団法人電気通信事業者協会: 携帯電話・PHS契約数, <http://www.tca.or.jp/database/index.html>.
- [4] Morris, M. R.: A survey of collaborative web search practices, *Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, CHI '08, New York, NY, USA, ACM, pp. 1657-1660 (2008).
- [5] 奥梓, 小牧大治郎, 荒瀬由紀, 原隆浩, 上向俊晃, 服部元, 西尾章治郎: 携帯端末を用いた協調 Web 検索におけるコンテンツ比較支援インターフェイス, 第2回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム, DEIM2010 (2010).
- [6] Morris, M. R. and Horvitz, E.: SearchTogether: an interface for collaborative web search, *Proceedings of the 20th annual ACM symposium on User interface software and technology*, UIST '07, New York, NY, USA, ACM, pp. 3-12 (2007).
- [7] Amershi, S. and Morris, M. R.: CoSearch: a system for collocated collaborative web search, *Proceeding of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, CHI '08, New York, NY, USA, ACM, pp. 1647-1656 (2008).
- [8] Maekawa, T., Hara, T. and Nishio, S.: A Collaborative Web Browsing System for Multiple Mobile Users, *Proceedings of the Fourth Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications*, PerCom '06, Washington, DC, USA, IEEE Computer Society, pp. 22-35 (2006).