

# 役割に基づく協調検索における検索行動分析

## Analyzing Effect of Roles on Search Behavior in Collaborative Search

山本 岳洋<sup>♡</sup> 山本 光穂<sup>◇</sup> 田中 克己<sup>♡</sup>

Takehiro YAMAMOTO Mitsuo YAMAMOTO  
Katsumi TANAKA

本研究では、協調検索におけるメンバの明示的な役割の有無が、メンバの検索行動に与える影響を明らかにする。これまで、協調検索においてグループの検索効率を向上させるための役割がいくつか提案されてきたものの、そうした役割が、クエリの選択や検索結果の閲覧といったメンバの検索行動にどのような影響を与えるのかは明らかにされてこなかった。本研究では、**Gatherer**と**Surveyor**という2つの役割に注目し、自身やパートナーの検索行動履歴が、クエリ選択やページ閲覧といった検索行動にどのような影響を与えるのかを検証した。20名10組の被験者に対して行った実験より得られた検索行動ログおよびアンケート結果を分析することで、他のメンバの検索行動が、あるメンバの検索行動にどのように影響を与えるのかを分析し、役割ごとの特徴的な検索行動を分析した。また、得られた知見をもとに、それぞれの役割に応じたクエリ推薦手法やランキング手法について議論を行った。

**This paper investigates how explicit search roles assigned to group members affect their search behavior in collaborative information seeking (CIS). Although several roles have been proposed in CIS, how these roles affect the search behaviors of the members has not yet been explored. We focus on the existing Gatherer and Surveyor roles and analyze their effects on query formulation and page visiting behaviors. We conducted a user study with 20 participants in 10 pairs, where each pair of Gatherer and Surveyor were asked to perform a recall-oriented collaborative search task. We analyzed how their queries were affected by their preceding queries or webpages that were visited through a questionnaire and log analysis. Finally, we discuss what algorithms would be required to support role-based CIS.**

### 1. はじめに

複数のメンバが同一の情報要求や目的を共有し、お互いに協働しながら情報検索を行う協調検索 [2][3][4] が広く行われるようになってきている。204名の知識労働者を対象に行った Morris の調査によれば、54.6%のユーザが、これまでに他者と協調してウェブ検索を利用したことがあり [8]、38.5%が週に1

回、15.6%が月に1回程度、恒常的にそのような経験をしていると回答している。このような協調検索を支援するため、近年多くの研究者がユーザインタフェース [5][7][9][15] や検索アルゴリズム [10][11][13] の両面から盛んに研究に取り組んでいる。

協調検索に関する研究の大きな流れの1つに、グループのメンバに異なる役割 (Role) を与えることで、適合ページの獲得にかかる時間の効率化や、検索タスクの最終成果の質を向上させることを目的とした研究がある [6][12][13]。明示的な役割をメンバに与えることによって、各メンバは行動の指針が定まり、他者より協調しやすくなる。たとえば、代表的な役割として、Shahらが提案した Gatherer と Surveyor がある [12]。Gatherer とは適合ページをひたすら収集する目的を持ったメンバであり、Surveyor はできる限り多様なページを収集する目的をもったメンバである。Shahらは、これらの異なる役割を想定したユーザに応じた検索ランキングアルゴリズムを提案している [12]。

しかし、各役割に応じた検索ランキングが提案されてきたものの、そうした役割に基づくユーザがどのような検索行動を取るのかについては、明らかにされてこなかった。既存研究では、役割に基づいたメンバがどのような検索行動を取るのかについては焦点が当てられてこず、そうした役割に適した検索ランキングが議論されてきた [11][12]。たとえば、先述した Gatherer や Surveyor といった役割は、その性質上自身や他のメンバのクエリや閲覧ページに影響を受け、クエリの選択やページの閲覧を行うと考えられる。こうした、各役割に基づくメンバがどのように他者とインタラクションを行い、どのような検索行動を振る舞うのかを明らかにすることができれば、協調検索という、複数のユーザが互いに影響を与え合う複雑な検索を理解するための一助になると考えられる。さらに、役割に応じた検索行動の特徴が明らかになれば、そうした特徴を利用することで、各役割に応じた最適な検索ランキングやクエリ推薦アルゴリズムを実現することが可能となる。

本研究の目的は、協調検索における明示的な役割が、メンバのクエリ選択や検索結果の閲覧にどのような影響を与えるのかを分析することである。具体的には、下記の研究課題について取り組む。

1. 協調検索において、役割の違いによりメンバの検索行動はどのように異なるか。
2. 自身や他者の検索行動履歴が、メンバの検索行動に与える影響は役割によって異なるか。

これらの研究課題を明らかにするため、本研究では、Gatherer と Surveyor という2つの役割に焦点をあて、被験者実験により協調検索ユーザの検索行動を収集、分析した。2人組のグループに対して、実装したシステムを用いて情報収集に関するタスクを行ってもらうことで、クエリ推薦、ページの閲覧といったログ分析や、主観的なアンケートの分析により、各役割が検索行動に与える影響を検証した。

実験より得られた、10グループ計20名のデータを分析することで、(1) Surveyor は Gatherer よりも多くのクエリを投入し、Gatherer は1クエリあたりに時間をかけより多くの重要なページを発見するという傾向があるという、既存研究の仮説をサポートする結果、(2) Surveyor が投入するクエリは、自身のこれまでの閲覧ページに影響を受けること、(3) Gatherer が投入するクエリは、Surveyor のこれまでの検索クエリに影響を受け、Surveyor のこれまでのクエリと類似するクエリを多く投入する、といった知見が得られた。また、得られた知見をもとに、それぞれの役割に応じたクエリ推薦手法やランキング手法について議論を行った。

### 2. 関連研究

本章では、協調検索に関する研究の中でも特に本研究と関連が深い研究について述べる。まず、協調検索における役割を扱った研究を紹介し、その後、協調検索におけるユーザの検索行動分析を扱った研究について述べる。

<sup>♡</sup> 正会員 京都大学大学院情報学研究所  
{tyamamoto, tanaka}@dl.kuis.kyoto-u.ac.jp

<sup>◇</sup> 正会員 デンソーアイティラボラトリ  
miyamamoto@d-itlab.co.jp

## 2.1 協調検索における役割

協調検索における役割を扱った研究として、メンバ間の非対称な役割を扱った研究が多くなされてきた。1章で述べた、Shah らが提案した、Gatherer と Surveyor という役割 [12] のほかにも、Pickens らは、Prospector と Miner という役割を提案している [11]。Prospector と Miner は、それぞれ Surveyor と Gatherer と類似した役割であり、Prospector は検索ドメインの空間を広げるためにクエリの投入を主にし、一方で Miner は検索結果の適合性判定を主にし、Pickens らは、Prospector と Miner それぞれに応じた検索インタフェースを用い、それぞれの役割の行動に基づいた動的なランキングアルゴリズムを提案している。Gatherer と Surveyor が、メンバの戦略に関する役割なのに対して、Prospector と Miner はメンバの検索行動に直接関する役割であると言える。また、Soulier らは、メンバの検索行動から各メンバの役割を動的に推定し、それぞれの役割に応じた検索結果ランキングを行うことで、協調検索の検索効率を向上させることを提案している [13]。

検索行動よりもより大きな視点から協調検索の役割を提案した研究として、Imazu らの研究がある [6]。Imazu らは、検索タスクだけでなく、その検索を通して作成する成果物を意識した、作業タスクが協調検索において重要であると指摘し、Searcher と Writer という役割を提案している。Searcher が PC を操作し実際に検索を行う役割であるのに対し、Writer は検索は行わず、随時メモを取りタスクの成果物として要求されているレポートを作成することを目的とした役割である。

本研究では、Shah らの提案した Gatherer と Surveyor に焦点をあて、これらの役割とユーザの検索行動の関係分析を行う。Shah らは、それぞれの役割に適した検索結果を自動的に生成するアルゴリズムを提案している [12]。彼らのアイデアは、メンバが投入したクエリで得られる検索結果集合を 2 つにクラスタリングし、クラスタの半径が小さいクラスタを Gatherer に、もう一方のクラスタを Surveyor に提示することで、検索効率が向上するというものである。

彼らのアイデアはその有用性を示しているものの、提示される検索結果は、メンバのそれまで検索行動に依存せず、役割のみによって決定される。しかし、1章で述べたとおり、それぞれの役割に基づくメンバの行動は自身や他者の検索行動に影響を受けると考えられる。また、メンバの行動はページ閲覧だけでなく、クエリの選択についても自身や他者の検索行動から大きな影響を受けると考えられる。本研究の目的は、こうしたメンバ間の影響を分析することで、より最適なクエリ推薦やランキング手法に対する知見を得ることである。

また、Gatherer と Surveyor の役割に注目した理由として、これらの役割が、メンバのシステムや行動について大きな制約がなく一般的である点、また、その役割の一般性から得られた知見が個人による検索にも適用できる可能性を持っている点からである。

## 2.2 協調検索における検索行動分析

協調検索において、クエリの作成や検索結果の閲覧といったユーザの検索行動の分析に焦点をあてた研究は少ない。本研究と関連する研究として、Yue らの実験がある [14]。Yue らは、協調検索におけるクエリ修正がどのような要因から影響を受けるのかを被験者実験を通して分析している。彼らは、2名のメンバで構成される 10 組のグループを対象に実験を行い、メンバ間のチャット、過去に自分や他者が投入したクエリや閲覧したページといった要因がクエリ修正に与える影響を分析している。その結果、78%のクエリがチャットの内容と間接的に関連していたと報告している。彼らの実験は、特定の役割をメンバに課さない自由な状況下で検索を行った際の分析である。そのため、本研究で対象とする、明示的に役割の基での協調検索では、メンバの検索行動はチャットだけでなく、自身や他のメンバの検索行動に影響を受けると考えられる。



(1) チャット (2) 検索 (3) 検索履歴 (4) 共有ブックマーク  
図 1: 実験に用いた協調検索インタフェース。

特定の役割を課した際のユーザ行動の分析として、2.1 節で述べた Imazu らの研究がある [6]。Imazu らは、Searcher と Writer という役割を課すことで、メンバ間の会話が最終的な成果物に関する内容と関連する割合が高くなることを報告している。彼らの研究は、役割を課したグループとそうでないグループにおいて、検索行動や会話にどのような影響が生じるのかを分析しており、個々のメンバの検索行動の違いについては分析されていない。

## 3. 実験

本章では、本研究で行った被験者実験について述べる。まず、本研究で対象とする、Gatherer と Surveyor の 2 種類の役割について説明し、その後、実際に行った実験の詳細について述べる。

なお、本研究では、役割の影響の分析に注力するため、他の既存研究 [6][11][13][14] と同様 2名のグループによる協調検索、かつ、互いのメンバがお互いに離れた環境 [14] における協調検索を対象とした。

### 3.1 Gatherer と Surveyor

2章で述べたとおり、本研究では Shah らの提案した Gatherer と Surveyor に焦点をあて実験する [12]。Shah らの定義によれば、Gatherer とは適合する情報をひたすら収集する目的、Surveyor とは探索空間を広げ、できる限り多様な情報を収集する目的を持った役割である。

これら 2種類の役割は、その検索行動がグループのメンバの行動に影響を受けると考えられる。たとえば、Gatherer は適合ページを探し求めるため、すでに得られた適合ページと類似する検索結果や、適合ページが得られたクエリと類似するクエリを選択しやすくと考えられる。一方、Surveyor はすでに得られた適合ページとは異なる検索結果や、すでに投入したクエリとは類似しないクエリを選択しやすくと考えられる。こうした仮説が正しければ、各役割に基づくメンバの検索行動を、自身やパートナーの検索行動履歴の情報を利用して予測することが可能となる。

### 3.2 検索インタフェース

図 1 に実験に用いた協調検索インタフェースを示す。本研究では、役割に基づく検索行動の分析に焦点をあてるため、協調検索におけるインタフェースについては Yue らの研究 [14] を参考に実装を行った。インタフェースは、ブラウザ上で動作するシステムとして実装されており、大きく分けて以下の 4 つの機能を持つ。

1. チャット：パートナーと会話を行うためのチャットウィンドウ。送信、受信したメッセージがリアルタイムに反映される。
2. 検索：クエリを入力し検索結果を表示する。本研究では、Bing search API<sup>1</sup>で得られる上位 50 件のウェブ検索結果および上位 8 件のクエリ推薦を取得し、ユーザに提示する。また、

<sup>1</sup><https://datamarket.azure.com/dataset/bing/search>

各検索結果にはページを共有ブックマークに追加するためのボタンが表示されている。

3. 検索履歴：ユーザおよびパートナーが入力したクエリが最新のものから順に、リアルタイムに表示される。
4. 共有ブックマーク：ユーザおよびパートナーが共有ブックマークに保存した検索結果がリアルタイムに表示される。

### 3.3 タスク

実験に用いたタスクについて述べる。協調検索では、一般的に、ある話題の網羅的な調査や旅行計画といった、探索的検索に関するものが典型的である [6][8]。代表的なものとしては、Morris らが指摘しているように、協調検索の典型的な検索タスクには、情報を網羅的に収集するタスク (recall-oriented タスク) と、観光計画のように意思決定を伴うタスク (decision-making タスク) の 2 種類があり [8]、これら 2 種類の検索タスクが既存研究の多くでも用いられている。

本研究では、情報を網羅的に収集するタスクに注目したタスクを用意した。トピックとして、Soulier らの実験 [13] でも用いられている、地球温暖化に関するトピックを用いた。また、タスクにかかる時間についても、彼らと同様 30 分間とした。以下に、実験に用いたタスクの説明の例を示す。

あなた達 2 人は、現在同じ講義を履修しています。その講義では「地球温暖化に対する世界の取り組み」というテーマで、A4 用紙 4 枚のレポートを 2 人でまとめることになっています。実験システムを使い、30 分間かけ、レポートを執筆するために役に立つと感じるページを共有ブックマークに保存していただきます。30 分間で、テーマに関する有用なページを、できる限り、さまざまな観点から多く集めることがあなた達の目的です。

### 3.4 被験者

実験にあたり、京都大学に所属する学部生、院生 20 名計 10 グループの被験者を集めた。20 名のうち、男性は 11 名、女性は 9 名であり、男女混合のグループは 4 グループであった。また、彼らの専門は農学、医学、薬学、工学、法学、経済学などであった。本研究では、互いに協働しやすいよう、互いが知り合いのグループを対象に被験者を集めた。また、被験者は実験に協力した謝礼として、2,000 円分の Amazon ギフトカードを受け取った。

### 3.5 実験手順

各グループについて、以下の手順で実験をおこなった。なお、実験開始から終了まで概ね 1 時間であった。

1. 両者が互いに確認できる場所に集まってもらい、実験の概要について説明し、実験目的のために各種ログを保存することを伝えた。その後、被験者の検索習熟度と、タスクの事前知識を問う事前アンケートに回答してもらった。
2. 3.2 節で述べたシステムに慣れてもらうため、システムの説明を 5 分程度おこなった。そして、訓練タスクとして「今から訪れてみたい京都の観光地」について 2 人でシステムを用いて検索し、有用だと感じるウェブページを共有ブックマークに保存するという作業を 5 分程度行ってもらった。
3. 3.3 節で述べたタスクについての説明をおこなった。この時、一方の被験者には Surveyor の役割が、もう一方の被験者には Gatherer の役割が与えられており、これらの役割を踏まえてタスクを行うことを伝えた。
4. お互いが直接見えない、離れた場所に移動してもらい、30 分間かけてタスクをおこなってもらった。

表 1: 実験より得られたクエリ数、閲覧ページ数、共有ブックマーク保存数のグループごとの平均。表中の“直接入力”、“クエリ推薦”、“検索履歴”はそれぞれ、検索ボックス経由での検索、推薦されたクエリの選択による検索、検索履歴に表示されたクエリの選択による検索の数を表している。また、表中の ( ) 内の数値は標準誤差を表す。

	Surveyor	Gatherer
クエリ数	33.70(8.55)	26.60(4.74)
直接入力	28.70(8.54)	18.10(4.80)
クエリ推薦	3.40(2.30)	0.90(0.53)
検索履歴	1.60(0.91)	7.60(3.37)
閲覧ページ数	42.70(5.34)	56.10(5.76)
1 クエリあたりの閲覧ページ数	1.64(0.69)	2.67(0.43)
ブックマーク保存数	17.40(2.83)	23.00(4.17)
1 クエリあたりのブックマーク保存数	0.62(0.22)	0.96(0.15)
ブックマーク保存数 / 閲覧ページ数	0.41(0.15)	0.42(0.07)

5. タスク終了後、行ったタスクに関するアンケートについて回答してもらった。アンケートでは、タスク全体を通じての満足度や自身が役割を發揮できたと感じるかどうかに関する主観的反応を被験者に回答してもらった。さらに、タスク中に投入した各クエリについて、そのクエリを投入した際に役に立ったと感じる情報源を次の 7 種類から回答 (複数可) してもらった。具体的には (1) 自身のこれまでの閲覧ページ (2) 自身がこれまでに保存したブックマーク (3) パートナーがこれまでに保存したブックマーク (4) 自身がこれまでに検索したクエリ (5) パートナーがこれまでに投入したクエリ、(6) クエリ推薦として表示されたクエリ、(7) パートナーとのチャット、の 7 種類である。これは、被験者が投入するクエリが、自身やパートナーの検索行動履歴とどのような関係があるのか、被験者の主観的な反応を分析することで検証するためである (詳しくは 4.2 節で述べる)。

実験では、各被験者は、Windows 7 が搭載されたノートパソコンを使用し、Chrome<sup>2</sup>をウェブブラウザとして用いた。それぞれのノートパソコンの解像度は 1,400×1,050 に設定した。これは、図 1 にて示したインターフェースが、スクロールバーを用いず 1 画面で表示されるサイズである。

実験では、上記で述べたアンケートだけでなく、被験者のタスク中の検索クエリやページ閲覧、共有ブックマークへの保存といった検索行動やチャット内容などをログとしてサーバに保存し、分析に用いた。

## 4. 分析

本章では、3 章で収集したデータを分析することで、1 章で述べた 2 つの研究課題 (1) 協調検索において、役割の違いによりメンバの検索行動はどのように異なるか (2) 自身や他者の検索行動履歴が、メンバの検索行動に与える影響は役割によって異なるか、について取り組む。まず、3 章で述べた、10 組の被験者の実験データより得られた結果の概要について述べ、Surveyor と Gatherer の検索の特徴を明らかにする。その後、クエリ生成とページ閲覧という 2 つの視点から、被験者のアンケートと検索行動ログを分析することで、これらの行動と、自身やパートナーの検索行動履歴との関係性を分析する。

### 4.1 基礎的な統計量

表 1 に、実験より得られたそれぞれの役割ごとのクエリ数、閲覧ページ数、共有ブックマーク保存数の 10 組のグループの平均を示す。

<sup>2</sup><https://www.google.co.jp/chrome/>

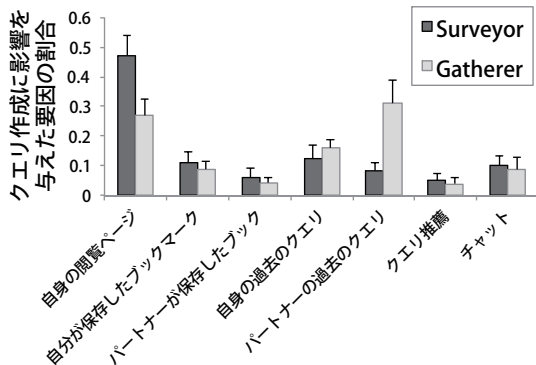


図 2: 被験者が回答した、クエリの作成に影響を受けた情報源の割合。図中のエラーバーは標準誤差を表す。

表 1 より、Surveyor は Gatherer よりも多くのクエリを投入している一方で、Gatherer は Surveyor よりも多くのページを閲覧しているという傾向が分かる。Surveyor の目的はより多様な情報を探ることである。そのため、1 つのクエリ内で多くのページを閲覧して情報を探すと戦略よりも多くのクエリで検索し、さまざまな情報を発見していくという戦略の方が Surveyor の目的にかなっており、多くの被験者がこの戦略に沿って検索したためではないかと考えられる。同様に、Gatherer の目的は多くの適合ページを発見することであるため、多くのクエリを投入してあらたな情報を積極的に探していくよりも、1 つのクエリ内で多くのページを閲覧する方が、目的にかなっていると考えたためではないかと考えられる。この、Surveyor と Gatherer に関するクエリ数と閲覧ページ数の際については、同様の指摘を Soulier が既に指摘している [13]。しかし、彼らは、明示的にこれらの役割を与えた実験については扱っておらず、実際に Surveyor と Gatherer がこのような検索行動をするかについては分かっていなかった。本研究で得られたデータは、既存研究で指摘されていた仮説をサポートするデータであると考えることが出来る。

メンバが投入したクエリの内訳をみると、表 1 より、Gatherer (7.60 回) は Surveyor (1.60 回) よりも検索履歴経由で検索を行うことが多いことが分かる。次節で述べるように、Gatherer は Surveyor のクエリに影響を受けクエリを決定することが多いことが、アンケート結果から分かった。従って、Surveyor のクエリを参考に投入する例として、Surveyor の投入したクエリをそのまま用い、Surveyor がまだ発見していない有用なページを検索する機会が多かったために、Gatherer の方が Surveyor よりも検索履歴経由の検索を多く行ったのではないかと考えられる。

また、両側  $t$  検定の結果、1 クエリあたりのブックマーク保存数において、Surveyor と Gatherer との間に有意差 ( $p < 0.05$ ) がみとめられた。このことは、Surveyor が 1 クエリあたりに情報を探す時間を少なくし、より多くのクエリから情報を集めようとするのに対し、Gatherer は 1 クエリあたりにより多くの時間をかけ情報を探すと、それぞれの役割に従って被験者が行動した結果であると考えられる。一方、表 1 のその他の項目については、Surveyor と Gatherer との間に有意差がみられなかった。本研究では、10 組のグループを対象に実験を行ったが、より信頼性のある議論を行うためには、被験者数を増やし、より多くのデータを収集する必要がある。

## 4.2 クエリの影響分析

本節では、各メンバが投入するクエリが、自身やパートナーがこれまでに検索したクエリとどのような関係があるのかを分析する。

### 4.2.1 アンケート分析

図 2 は、各クエリに対して、影響を受けたと被験者が回答した 7 つの情報源の割合を示したグラフである。両側  $t$  検定の結果、自分

表 2: 投入したクエリと過去のクエリとの類似度の平均。表中の最左列の“最大”と“平均”は、投入されたクエリと、過去のクエリ集合との類似度を計算する際に、類似度の最大値を求めるのか平均値を求めるのかを表している。

		検索結果類似度		単語類似度	
		Surveyor	Gatherer	Surveyor	Gatherer
最大	自身のクエリ	0.60(0.02)	0.63(0.03)	0.23(0.03)	0.28(0.05)
	パートナーのクエリ	0.57(0.02)	0.67(0.06)	0.16(0.03)	0.38(0.09)
	グループのクエリ	0.64(0.02)	0.77(0.04)	0.26(0.04)	0.54(0.06)
平均	自身のクエリ	0.40(0.04)	0.43(0.06)	0.06(0.02)	0.10(0.03)
	パートナーのクエリ	0.38(0.05)	0.40(0.05)	0.05(0.02)	0.07(0.01)
	グループのクエリ	0.38(0.04)	0.42(0.05)	0.05(0.02)	0.09(0.02)

表 3: 投入したクエリと直近のクエリとの類似度の平均。

		検索結果類似度		単語類似度	
		Surveyor	Gatherer	Surveyor	Gatherer
	自身のクエリ	0.46(0.03)	0.51(0.03)	0.15(0.03)	0.18(0.03)
	パートナーのクエリ	0.38(0.05)	0.40(0.05)	0.06(0.02)	0.14(0.05)
	グループのクエリ	0.43(0.04)	0.46(0.05)	0.11(0.03)	0.18(0.05)

の閲覧ページとパートナーの過去のクエリの 2 つの情報源について、Surveyor と Gatherer との間で、影響を受けたと回答した割合に有意差 ( $p < 0.05$ ) がみとめられた。このことは、Surveyor は自身がこれまでに閲覧したページに影響を受けてクエリを作成することが多く、一方で Gatherer はパートナーのこれまでのクエリに影響を受けてクエリを作成することが多いということを示唆している。

Surveyor の目的が新しい情報を積極的に探ることである。そうした Surveyor が、自身の閲覧ページに影響を受ける理由として、以下の 2 種類が考えられる。

- 新しい情報を探すために、これまで閲覧したページには含まれないような情報を表すクエリを作成した。
- あるページを閲覧した際に、これまでに調べていない事柄に関する情報に出会ったため、その情報に関するクエリを作成した。

上記のような影響を受け、メンバがクエリを生成したのではないかと考えられる。また、Gatherer は 4.1 節で述べたように、1 つのクエリにより多くの時間をかけて情報を収集する。そのため、多くの場合、Surveyor は Gatherer よりもすでに多くの話題に関するクエリで検索しており、Gatherer は Surveyor が探索して得た情報に関するページやそれに関する情報を深めるような検索を多く行ったのではないかと考え、パートナーの過去のクエリに影響を受けたと回答した被験者が多かったのではないかと考えられる。

### 4.2.2 ログ分析

上記で述べた結果は、被験者の主観的な回答であるため、実際の検索とは異なる可能性があると考えられる。そこで、実験で得られたクエリログを分析することで、メンバのクエリと、自身やパートナーの過去の検索行動との関連を検証する。本研究では、メンバが投入したクエリと、それまでに投入されていた自身やパートナーのクエリとの類似度を計算する。メンバが投入したクエリが、過去の自身やパートナーのクエリと大きく類似していたり、あるいは類似していなかったりすれば、メンバのクエリはそうした過去のクエリと強い関連があることが分かる。

表 2 は、メンバが検索したクエリと、その時点ですでに検索されていた自身、パートナー、あるいはその両者のクエリ集合との類似度を計算し、全てのクエリの平均を求めたものである。本研究では、クエリ間の類似度を測る方法として、2 つの手法を用いた。1 つ目は、クエリで得られる検索結果集合同士の類似度を計算する方法 (表 2 中の“検索結果類似度”) である。具体的には、各クエリを、そのクエリで得られる上位 50 件の検索結果中出现

表 4: 閲覧ページと、過去または直近に共有ブックマークに保存されたページとの類似度の平均。表中の最左列の“最大”と“平均”は、閲覧ページと、過去のブックマーク集合との類似度を計算する際に、類似度の最大値を求めるのか平均値を求めるのかを表している。

		過去にブックマークされたページ		直近にブックマークされたページ	
		Surveyor	Gatherer	Surveyor	Gatherer
最大	自身のブックマーク	0.12(0.01)	0.14(0.02)	0.07(0.01)	0.08(0.01)
	パートナーのブックマーク	0.11(0.01)	0.10(0.01)	0.03(0.01)	0.04(0.01)
	グループのブックマーク	0.16(0.01)	0.17(0.01)	0.06(0.01)	0.07(0.01)
平均	自身のブックマーク	0.04(0.00)	0.04(0.01)	0.07(0.01)	0.08(0.01)
	パートナーのブックマーク	0.04(0.00)	0.04(0.00)	0.03(0.01)	0.04(0.01)
	グループのブックマーク	0.04(0.00)	0.04(0.00)	0.06(0.01)	0.07(0.01)

表 5: 共有ブックマークに保存したページと、過去または直近に共有ブックマークに保存されたページとの類似度の平均。

		過去にブックマークされたページ		直近にブックマークされたページ	
		Surveyor	Gatherer	Surveyor	Gatherer
最大	自身のブックマーク	0.12(0.01)	0.15(0.02)	0.06(0.01)	0.07(0.01)
	パートナーのブックマーク	0.12(0.01)	0.11(0.01)	0.04(0.01)	0.04(0.01)
	グループのブックマーク	0.16(0.01)	0.18(0.02)	0.06(0.01)	0.06(0.01)
平均	自身のブックマーク	0.04(0.00)	0.04(0.01)	0.06(0.01)	0.07(0.01)
	パートナーのブックマーク	0.04(0.00)	0.04(0.00)	0.04(0.01)	0.04(0.01)
	グループのブックマーク	0.04(0.00)	0.04(0.00)	0.06(0.01)	0.06(0.01)

する単語を tf-idf にて重み付けした特徴ベクトルで表現し、特徴ベクトル間のコサイン類似度をクエリ間の類似度としたものが検索結果類似度である。なお単語の tf-idf を計算するにあたり、今回の実験で得られた、全被験者が訪れた文書集合から idf 値を計算した。2 つ目は、クエリ中に含まれる単語集合間の Jaccard 係数 (表 2 中の“単語類似度”) である。2 つのクエリが、共通の単語を含むほど、クエリ間の Jaccard 係数は高い値をとる。

表 2 をみると、どのような類似度の計算方法かに依らず、Gatherer が投入するクエリは、過去のクエリとの類似度が Surveyor よりも高い値となっていることが分かる。つまり、Gatherer は Surveyor と比べて、すでに調べられている情報と類似する情報に関するクエリを多く生成していると考えられる。また、両側  $t$  検定の結果、過去のクエリ集合の類似度の最大値を求めた場合の (1) グループの過去のクエリとの検索結果類似度 (2) パートナーの過去のクエリとの単語類似度 (3) グループの過去のクエリとの単語類似度の 3 項目について、Surveyor と Gatherer との間で有意差 ( $p < 0.05$ ) がみとめられた。このことは、Gatherer のクエリは、Surveyor と比べて、パートナーのクエリと類似する傾向が強いということを示唆しており、4.2 節で分析した、被験者の主観的な回答が実際の協調検索にも表れていることを示している。

メンバが作成するクエリは、検索当初の古いクエリよりも、より新しい直近のクエリから影響を受けると考えることができる。表 3 は、表 2 と同様の計算を、メンバが投入したクエリに最も時間的に近い、過去のクエリに対して行った結果である。表 3 から、表 2 と同様に、Gatherer は Surveyor よりも高い類似度となっていることが分かる。

#### 4.3 ページの影響分析

最後に、メンバがクリックして閲覧したページや、共有ブックマークに保存したページが、自身やパートナーの過去にブックマークに保存したページとどのような影響を受けているのかを、実験より得られたログデータを分析することで検証した。

表 4 は、メンバの閲覧ページと、過去、あるいは直近に共有ブックマークに保存されたページとの類似度を計算し、グループごとに平均を求めたものである。同様に、表 5 はメンバがブックマークに保存したページと、過去、あるいは直近に共有ブックマークに保存されたページとの類似度を計算し、グループごとに平均を求めたものである。なお、ページ間の類似度については、各ページをそのタイトルとスニペット中に出現する単語を tf-idf で重み付けした特徴ベクトルで表し、その特徴ベクトル間のコサイン類

似度とした。

表 4, 5 を見てみると、全体の傾向として、Gatherer が閲覧するページや保存するページは、過去のブックマークとの類似度が Surveyor よりも高くなっていることが分かる。これは、4.2 節の分析から分かったように、Gatherer は既に投入されたクエリとより類似するクエリを用いるという傾向があることが一つの要因であると考えられる。

一方で、表 4, 5 から分かったとおり、閲覧ページやブックマークに保存されたページと過去の履歴との類似度に関して、Surveyor と Gatherer との差は、4.2 節で行ったクエリの分析と比べると非常に小さい。その原因として、Surveyor と Gatherer との間に、ページの閲覧や保存という観点からはクエリの選択ほど役割間の差異が小さいということの他にも、ページ間の類似度の計算方法の問題があげられる。今回、ページ間の類似度を、対応する検索結果のタイトルとスニペットから得られる特徴ベクトル間のコサイン類似度にて求めている。そのため、多くのケースでページ間の類似度が非常に小さな値をとってしまい、役割間の差が大きく現れなかったのではないかと考えられる。

## 5. 考察

本章では、4 章で行った分析を元に、それぞれの役割に応じた、過去の検索行動履歴を用いたクエリ推薦手法やランキング手法について議論する。その後、本研究での分析の問題点について述べ、今後の分析の方向性について議論する。

### 5.1 役割とグループの検索行動履歴に基づくシステム支援

4.2 節で行った分析の結果、Surveyor は自身がこれまでに閲覧したページに影響を受けている場合が多く、一方で Gatherer は Surveyor が検索した過去のクエリに影響を受けていることが多いことが分かった。また、ログ分析の結果でも、投入するクエリと過去のクエリとの類似度が役割によって異なっており、Gatherer は Surveyor よりも類似度が高く、特にパートナーの過去のクエリとの類似度が高いという知見が得られた。

こうした知見を考慮すると、Surveyor に対してクエリを推薦する際は、自身がこれまで閲覧してきたページとは類似しないようなクエリやグループのクエリとはあまり類似しないクエリを優先的に推薦することで、Surveyor は自身の検索をより効率良く行えとえられる。また、閲覧ページ中に存在する、これまで探していない情報に関するキーワードをシステムが動的に発見することができれば、そうしたクエリを優先的に推薦することで、Surveyor が自身の話題を広げていく行動を支援できると考えられる。また、Gatherer に対しては、グループの過去のクエリと類似したクエリを優先的に推薦することで、適合ページを収集する効率を支援できると考えられる。その際、特に自身のクエリではなく Surveyor の過去のクエリとよく類似するクエリを推薦することで、Gatherer は適合ページを多く収集できるようになると考えられる。

次に、それぞれの役割に適した検索結果ランキングについて検討する。クエリ推薦と同様、検索結果のランキングについても、各役割が閲覧する可能性の高いページを上位にランキングすることで、各メンバの検索効率を向上させることができると考えられる。しかし、4.3 節で分析したように、今回の実験からでは、役割ごとに特徴的な、ページ閲覧やブックマーク保存行動は発見することができなかった。役割ごとにより特徴的な行動を明らかにするためには、更なる分析が必要であると考えられる。

### 5.1 今後の分析

最後に、役割ごとに適したクエリ推薦や検索結果ランキングを実現するために、今後必要な分析の観点について述べる。

まず 1 点目は、検索の経過時間を考慮した類似度の分析である。今回は、クエリ投入やページ閲覧が起こった時点から、過去に起こった全てのデータ、あるいは直近の 1 件のデータのみを対象に

類似度を計算していた。しかし、ある程度獲得する情報が増え、新たな話題が探しくくなると、Surveyor と Gatherer との行動に大きな違いが無くなってくることも考えられる。従って、検索開始から時間が経過すればするほど、今回の方法で計算した類似度は両役割とも類似の値になっていくのではと考えられる。そのような、時間経過と役割の関係を分析するため、一定の時間区間でデータを区切り、その区間毎に類似度を計算していくといったことが必要ではないかと考えられる。

2点目は、クエリ修正の分析である。本研究では主にクエリ間の類似度を計算することで、過去のクエリの影響を分析した。しかし、クエリ間の類似度以外にも、あるクエリと過去のクエリとの関係を分析する手法は考えられる。特に、役割ごとに特徴が現れると考えられるものとして、Boldiらのクエリ修正タイプがあげられる[1]。Boldiらは、クエリ修正前と修正後のクエリ間の関係を大きく5つに分類している。その中でも、Surveyor と Gatherer に大きく関係するものとしては、Parallel Move と Specializationだと考えられる。Parallel Move とは、クエリの修正前後で検索の観点が変わっているような検索であり、新しい情報を積極的に検索する Surveyor と関連が強いのではと考えられる。実際、今回の実験で得られたクエリログでも、“地球温暖化 水質汚染”から“地球温暖化 砂漠化”のように、話題を変えるようなクエリ修正が見受けられた。また、Specialization とは、修正前のクエリよりも詳細な情報に絞りこむようなクエリ修正を指し、ひたすら適合ページを収集することが目的の Gatherer と関連が深いと考えられる。今後は、実験より得られたクエリログを分析し、役割とこうしたクエリ修正タイプの関係についても見ていく必要がある。

## 6. おわりに

本研究では、協調検索における Surveyor と Gatherer という2つの役割に注目し、それぞれの役割によって各メンバの検索行動が自身やパートナーの検索行動からどのような影響を受けるのかを分析した。20名10組の被験者を対象に、情報収集型のタスクを用いて実験を行い、ログデータおよびアンケートを分析した。

分析の結果(1) Surveyor は Gatherer よりも多くのクエリを投入し、Gatherer は1クエリあたりに時間をかけより多くの重要なページを発見するという傾向があること(2) Surveyor が投入するクエリは、自身のこれまでの閲覧ページに影響を受けること(3) Gatherer が投入するクエリは、Surveyor のこれまでの検索クエリに影響を受けること、といった知見が得られた。また、得られた知見に基づき、それぞれの役割に適したクエリ推薦や検索結果ランキングについて検討を行った。本稿では、協調検索におけるメンバの役割に注目し、役割がメンバの検索行動に与える影響の分析に取り組む。明示的な役割が与えられた状況下での協調検索行動を収集するため、被験者実験によって各メンバのデータを収集する。

今後は、より多くの被験者による実験を行うとともに、5章で述べたような更なる分析を行い、それぞれの役割間で特徴的な検索行動について明らかにしていく予定である。そして、得られた知見をもとに、実際にそうした役割間に顕著な特徴が、クエリ推薦や検索結果ランキングの改善にどの程度有効なのかを、今回の実験で得られたログデータを用いて検証予定である。

## 【謝辞】

本研究の一部は、文科省科研費基盤(A)「ウェブ検索の意図検出と多角的検索意図指標にもとづく検索方式の研究」(24240013, 研究代表者: 田中克己)によるものです。ここに記して謝意を表します。

## 【文献】

- [1] P. Boldi, F. Bonchi, C. Castillo, and S. Vigna. From “dango” to “japanese cakes”: Query reformulation mod-

els and patterns. In *WI*, pages 183–190, 2009.

- [2] J. Foster. Collaborative information seeking and retrieval. *Annual review of information science and technology*, 40(1):329–356, 2006.
- [3] J. Freyne, B. Smyth, M. Coyle, E. Balfe, and P. Briggs. Further experiments on collaborative ranking in community-based web search. *Artificial Intelligence Review*, 21(3-4):229–252, 2004.
- [4] G. Golovchinsky, P. Qvarfordt, and J. Pickens. Collaborative information seeking. *Information Seeking Support Systems*, 2008.
- [5] R. González-Ibáñez and C. Shah. Coagmento: A system for supporting collaborative information seeking. In *ASIST*, pages 1–4, 2011.
- [6] M. Imazu, S. Nakayama, and H. Joho. Effect of explicit roles on collaborative search in travel planning task. In *Information Retrieval Technology*, pages 205–214, 2011.
- [7] D. Kotani, S. Nakamura, and K. Tanaka. Supporting sharing of browsing information and search results in mobile collaborative searches. In *WISE*, pages 298–305, 2011.
- [8] M. R. Morris. A survey of collaborative web search practices. In *CHI*, pages 1657–1660, 2008.
- [9] M. R. Morris and E. Horvitz. Searchtogether: an interface for collaborative web search. In *UIST*, pages 3–12, 2007.
- [10] S. Ohshige, S. Nakamura, and K. Tanaka. *Supporting Mobile Collaborative Searches with Query Suggestions*. Workshop on Collaborative Information Seeking, 2013.
- [11] J. Pickens, G. Golovchinsky, C. Shah, P. Qvarfordt, and M. Back. Algorithmic mediation for collaborative exploratory search. In *SIGIR*, pages 315–322, 2008.
- [12] C. Shah, J. Pickens, and G. Golovchinsky. Role-based results redistribution for collaborative information retrieval. *Information processing & management*, 46(6):773–781, 2010.
- [13] L. Soulier, C. Shah, and L. Tamine. User-driven system-mediated collaborative information retrieval. In *SIGIR*, pages 485–494, 2014.
- [14] Z. Yue, S. Han, D. He, and J. Jiang. Influences on query reformulation in collaborative web search. *Computer*, 47(3):46–53, 2014.
- [15] 大重智志, 山本岳洋, 田中克己. 協調検索における検索・閲覧行動の共有とクエリ推薦に基づく制御. 第5回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2014), B8–6, 2014.

## 山本 岳洋 Takehiro YAMAMOTO

京都大学情報学研究科社会情報学専攻助教。2011年京都大学大学院情報学研究科博士課程修了。博士(情報学)。情報検索におけるユーザインタラクションやユーザ理解に関する研究に従事。情報処理学会、日本データベース学会、ACM各会員。

## 山本 光穂 Mitsuo YAMAMOTO

(株)デンソーアイティラボラトリ研究開発部シニアエンジニア。2003年長岡技術科学大学電気電子システム工学修了。主に車載機器向けサービスの開発及び情報検索の研究に従事。

## 田中 克己 Katsumi TANAKA

京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻教授。1976年京都大学大学院博士前期課程修了。博士(工学)。主にデータベース、マルチメディアコンテンツ処理、ウェブ検索の研究に従事。IEEE Computer Society, ACM, 人工知能学会、日本ソフトウェア科学会、情報処理学会、日本データベース学会各会員。