

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 30 日現在

機関番号：11601

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2015～2016

課題番号：15H06061

研究課題名(和文) 協調探索における戦略理解・考察能力育成のための探索コンテキスト抽出・視覚化手法

研究課題名(英文) Extraction and Visualization of Search Contexts for Cultivating the Consideration Abilities of Strategies in Collaborative Exploration

研究代表者

中山 祐貴 (Nakayama, Hiroki)

福島大学・共生システム理工学類・研究員

研究者番号：80761569

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：協調探索では、自身の探索意図をクエリとして上手く表現し、経緯や結果を協調メンバー間で的確に相互把握しながら最善の探索方針を模索する「探索戦略の理解・考察能力」が重要だが、経験の浅い未熟者にとってその能力修得は難しい。本研究では、Web探索に介在する履歴データ群の一体的管理を可能とする支援システムを開発した。あわせて、探索意図と閲覧実態の差異抽出手法、協調メンバー間の探索方針の差異抽出手法をそれぞれ開発した。これらの手法に基づいて、探索コンテキスト中の差異抽出と探索者への示唆を担う機能を支援システムに実装することで、協調探索における戦略理解・考察能力育成支援の新たな可能性を示唆した。

研究成果の概要(英文)：Skillful sharing of the intentions of search and their results is quite important to enable collaborative exploration to be smoothly conducted. However, such sharing is usually difficult for explorers since they often face difficulties in expressing search intentions into queries and suffer from the troublesome in page selection. Such problems become more serious for novices. This research was aimed at showing new possibility of cultivation support of the consideration abilities of search strategies in collaborative exploration. Specifically, methods for extracting the gap of actual browsing against search intentions and that of the difference of search directions among collaborative explorers were respectively developed along with the support system capable of synthetic management of the histories and deliverables involved in Web explorations. Finally, the functions that suggest these differences in search contexts to explorers were implemented on the system.

研究分野：教育学

キーワード：協調探索 探索戦略考察能力 探索コンテキスト 情報視覚化 教育学

1. 研究開始当初の背景

PBL (Project-Based Learning: 課題解決型学習) におけるグループワークや研究活動における模索的サーベイなどの協調探索では、自身の探索意図をクエリとして上手く表現し、経緯や結果を協調メンバー間で的確に相互把握しながら最善の探索方針を模索する「探索戦略の理解・考察能力」が重要だが、経験の浅い未熟者にとってその能力修得は難しい。

これに対して、協調探索時の閲覧ページ共有や検索キーワードの推薦など、探索活動自体の効率化を目指す研究は数多く報告されている。しかしながら、単なる探索効率化と能力育成は本質的に異なる。特に、探索戦略の理解・考察能力(「探索意図に対して、自ら捻出した検索クエリや閲覧ページが噛み合っているかを把握する力・姿勢」, 「協調メンバー間で状況を相互把握し、探索方針を考察する力」)の育成について有効な支援方法は実現されていなかった。

ゆえに、協調探索の上記ポイントにおける「2つの差異」を学習者が自ら把握し、実際に探索方針考察を体得させるための支援が重要と考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、探索コンテキストの学習者自身による理解を重視した「探索戦略を実際に考察させる」新たな能力育成方法の可能性提示を目指す。この探索戦略の理解・考察を左右する重要要素として、探索コンテキストの自己・他者2重の把握困難性に着目し、その抽出・視覚化手法を開発する。

3. 研究の方法

本研究では、Web探索に介在する履歴データ群の一体的管理を可能とする支援システムを開発する。あわせて、探索意図と閲覧実態の差異抽出手法、協調メンバー間の探索方針の差異抽出手法をそれぞれ開発する。これらの手法に基づいて、探索コンテキスト中の差異抽出と探索者への示唆を担う機能を支援システムに実装する。これにより、探索戦略理解・考察に対する支援を試みる。

4. 研究成果

4.1 協調探索支援システムの開発

4.1.1 支援システムの概要

本システムは、ユーザーになるべく負担を強いることなく、探索活動に介在する履歴情報(検索クエリ、閲覧ページ、閲覧ページを体現する特徴語、等)の一体的管理を可能とする環境を提供する。

本システムは、Webブラウザと検索エンジンを用いた探索行動を監視し、探索履歴データを自動的に取得・蓄積する。これらの履歴を分析し、「探索オブジェクト」を抽出し、アイコン化する。この探索オブジェクトを、直感的操作により自由に配置・管理ができる環境(探索活動考察マップ)を整備する。

その上で、本システムは、探索オブジェクト、および、ユーザーによるその主観的管理の様子の分析に基づいて、各ユーザーがそれぞれの探索を行う「探索活動フェーズ」における探索意図と閲覧実態の差異、探索経緯の「共有フェーズ」におけるメンバー間の探索方針の差異を抽出する。これらの差異を示唆することにより、ユーザーの探索戦略理解・考察を促す(図1)。

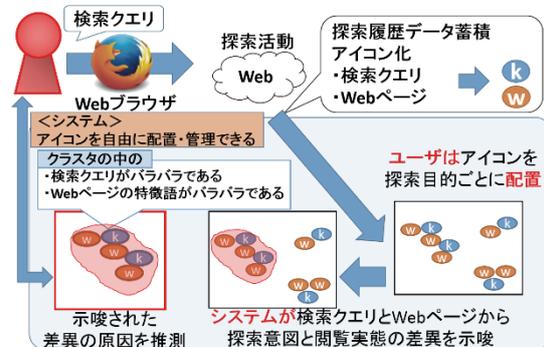


図1 探索活動支援の概要

4.1.2 設計

(1) システム要件

協調探索の実際様態の観察等に基づいて、システム要件を整理した。主なものを以下に示す。

- 要件1. ユーザーに大きな負担を強わずに、探索介在情報の一体的管理が可能なること
- 要件2. 視覚的・直感的操作で、探索介在情報を配置・管理できること
- 要件3. 探索意図と閲覧実態の差異を抽出・示唆できること
- 要件4. 協調メンバー間の探索方針の差異を抽出・示唆できること
- 要件5. 探索の経緯・成果の振り返り、探索戦略の考察をあわせて実施できること

(2) 機能設計

システム要件を充足するために、本システムに以下の機能を具備させる。

- ・ 探索オブジェクト抽出・蓄積機能
- ・ 探索活動考察マップ機能
- ・ 配置アイコンサーチ機能
- ・ アイコンクラスタラベリング機能
- ・ 探索意図と閲覧実態/探索方針の「差異」示唆機能

これらの機能を備えた支援システムを開発し、協調探索活動に導入することで、個々の探索者の自己理解、協調メンバー間の相互把握双方のレベルで、探索コンテキストの把握・考察経験のためのきっかけを提供する。

(3) システム構成

本システムの構成を図2に示す。本システムは、上記の各機能を実現するため、探索オブジェクトクラスタ管理部、探索意図と閲覧実態/探索方針の差異抽出部など、いくつかのモジュールによって構成される。また、各

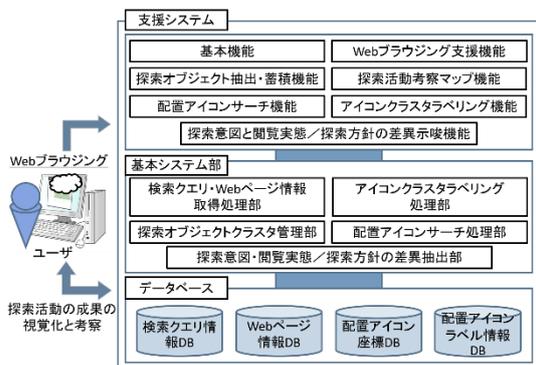


図2 システム構成

モジュールでの処理結果や関連する中間データ等を管理するためのデータベースを備える。

4. 1. 3 プロトタイプの実装

上述の設計に基づき、本システムのプロトタイプを実装した。フレームワークと主要モジュールは、主にC#で実装した。また、データベースは、MySQLを用いて構築した。探索オブジェクト抽出・分析モジュールは、ユーザが探索に用いるWebブラウザから自動的に履歴データを取得する。なお、本プロトタイプは、差異抽出手法のテストベットのとしての意味を併せ持つ。

探索オブジェクト抽出・蓄積機能

ユーザは、Webブラウザ・検索エンジンを使って探索を行い、有望であると判断した閲覧ページを適宜ブックマークする。この時、本システムは、探索者が閲覧ページをブックマークする行為をトリガーとして、そのページにたどり着くまでに使用した検索クエリと閲覧ページの内容を取得・蓄積する。取得したデータは、モジュールを介してデータベースに一次保存される。その後、本システムは、取得したデータを分析し、探索オブジェクトを抽出し、データベースに蓄積する。

このように本機能は、ユーザには特段の制約を課すことなく、通常と変わらないスタイルでのWeb探索を許容しつつ、支援に必要なデータ取得を実現する。

探索活動考察マップ機能

探索オブジェクト抽出・蓄積機能により、抽出・蓄積された探索オブジェクトは、探索オブジェクト蓄積エリアに順次自動的に登録される。

ユーザは、蓄積エリアに登録・提示された探索オブジェクトの中から任意のものを選択し、マウスのドラッグ&ドロップ操作のみで視覚化エリアに配置できる。視覚化エリアに配置された探索オブジェクトは、検索クエリ、ブックマークなど種類別のアイコンとして表示される。アイコン形式で視覚化することで、探索活動における探索意図と閲覧実態の全体像の視認性を確保する。

ユーザは、アイコンを各々の考え方に応じて自由に（例えば、探索意図が類似したもの

は近くに配置する等）配置できる。

このように本機能は、探索の成果や経緯のマップとしての直感的管理、自由度の高い考察を可能とする環境を提供する（図3）。

加えて、本機能は、配置されたアイコンを、配置状況（隣接度合い等）に基づいてクラスタリングし、ユーザによる探索結果・経緯の整理と考察を容易にする。



図3 探索オブジェクトの直感的管理

配置アイコンサーチ機能

本機能は、膨大な数になり得る探索オブジェクトの確認容易化を担う。具体的には、マップ状に配置されたアイコンの一覧を表示し、ユーザが注目するものを選択すると、当該アイコンの配置箇所に自動的に焦点を向ける。

また、ブックマークページ、検索クエリのアイコンをマウスでクリックすることで、探索オブジェクトの詳細（ブックマークページ：URL、ページタイトル、ページ内容、ページ内容を体現する特徴語。検索クエリ：検索クエリの文字列）を確認できる。

この他に、探索活動を考察する際の補助として、書類に付箋を貼り付ける感覚で、視覚化エリアにメモ書きをアイコン形式で配置する機能を備えている。

アイコンクラスタラベリング機能

本機能は、探索活動視覚化エリアに配置した探索オブジェクトを、クラスタごとに自動的にラベリング（色分け表示）する。これにより、ユーザが探索活動の成果・経緯を考察する際の理解性を高め、捻出・使用した検索クエリや収集した有望Webページの振り返りを容易化する。

探索意図と閲覧実態／探索方針の「差異」示唆機能

個々の探索者が支援システムの探索活動視覚化エリアに配置した探索オブジェクトのクラスタについて、検索クエリと成果物の一致状況を分析し、探索意図と閲覧実態の差異が生じていないか診断する。差異が疑われる箇所が存在する場合には、当該クラスタを強調表示することでユーザに示唆を与える。

また、協調メンバ間で、同一の探索意図に相当するクラスタについて、それらの間の検

索クエリ・成果物の類似度を算出する。類似度が一定未満の場合には、メンバ間で探索方針に差異が生じている可能性があるものと診断し、強調表示により当該クラスタを示唆する。

このようにして「きっかけ」を与え、探索者の自発的な探索戦略理解・考察を促す(図4)。

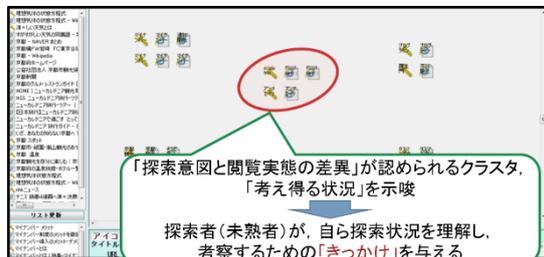


図4 探索意図と閲覧実態の「差異」示唆

4. 2 探索意図と閲覧実態の差異抽出

探索意図と閲覧実態の差異とは、「探索活動フェーズ」で得られた情報をユーザが整理した際に、探索意図ごとにまとめたにも関わらず、検索クエリまたは成果物の特徴語に差異が生じている状況を指す。

本研究では、ユーザによって支援システム上に配置されたアイコンクラスタについて、「検索クエリと成果物間の一致度」に着目した分析を行い、差異を抽出する。

具体的には、蓄積した Web ページを形態素解析し、テキストマイニングツール[1]を用いて重み付けし、コサイン正規化する。重みが上位の単語をユーザによるブックマーク群を体現する特徴語とする。

その後、式(1)により、各クラスタの検索クエリと成果物の特徴語の一致度を算出する。一致度が一定以下の値の場合に、当該クラスタに探索意図と閲覧実態の差異が生じている可能性があるものと診断する。

$$\text{一致度} = \frac{\text{検索クエリの値の合計値}}{\sum_{i=1}^n \text{検索クエリの個数} \times i \text{ 番目に高い特徴語の値}} \quad (1)$$

さらに、探索意図と閲覧実態の差異が認められるケースについて、当該クラスタに所属する全ページ間の類似度、個々の検索クエリによって獲得されたページ間の類似度をそれぞれ算出する。

その上で、主な差異発生状況として、以下の3つのパターンのどれに該当するかを診断し、該当するクラスタと共に探索者に示唆することで、考察を促す(図4)。

[パターン1] クラスタに所属する全ページの類似度は一定以上であるが、個々の検索クエリにより獲得されたページ間の類似度は低い場合：ユーザが探索意図はある程度明確にもっているものの、それに見合った検索クエリを上手く捻出できていない(捻出不足、曖昧さ等)状況と考えられる。この場合には、成果物から抽出した特徴語を基として、新たな検索クエリ候補を生成し、提示する。

[パターン2] 個々の検索クエリにより獲得されたページ間の類似度は一定以上であるが、クラスタに所属する全ページ間の類似度は低い場合：自身の探索意図に基づいた個別の検索クエリ捻出はある程度上手く行っているものの、閲覧したページの取捨選択が甘い状況と考えられる。この場合には、当該クラスタに所属するページのうち、使用した検索クエリが内容に含まれていないものを抽出・提示し、ページ内容の再確認を促す。

[パターン3] クラスタに所属する全ページ間の類似度、個々の検索クエリにより獲得されたページ間の類似度が、双方ともに一定未満の場合：探索活動の内容についての理解が不十分な状況、あるいは、支援システム上でのアイコンの配置ミスなどが考えられる。この場合には、探索意図自体のユーザ自身による再確認、検索クエリの妥当性や成果物の整理方法の見直し、支援システム上での配置違いの確認を促すメッセージを表示する。

4. 3 協調メンバ間の探索方針の差異抽出

協調メンバ間の探索方針の差異とは、「探索活動フェーズ」で得られた情報を個々のユーザが整理した後、「共有フェーズ」で共有・検討する際に、探索方針に差異が生じている状況を指す。

共有フェーズでは、まず、協調メンバがそれぞれに作成したクラスタの中で、同一の探索意図に関するものを見定める。本研究では、この作業をあえてユーザ自身に行わせる。

その上で、同一探索意図に関するものとされたクラスタ群について、そこに所属する成果物の類似性を分析する。その結果に基づき、類似度が一定以下のクラスタ群については、メンバ間で何らかの差異が生じているものと診断する。当該クラスタ群については、主な差異発生状況として、以下の3つのパターンのいずれにあたるかを推定し、その結果を探索者に示唆することで、考察・議論を促す。

[パターン1] 使用している検索クエリは一定程度共通しているが、クラスタとしてまとめて保持している成果物の類似性が低い場合：探索意図自体は概ね一致しているものの、探索成果の見極めに関するポイントについて認識差異がある状況と考えられる。この場合には、閲覧ページとブックマーク、それらの順番などの遷移を提示し、メンバ間の違いとその是非の確認を促す。

[パターン2] 使用している検索クエリの類似性が一定未満であり、一方で、成果物については部分的一致が認められる場合：成果物として重要視する情報の見方についてはある程度認識共有があるものの、検索クエリとして意図を表現する方法が違う状況と考えられる。この場合には、各ユーザが使用した検索クエリ、共通して保持する成果物の特徴語を提示し、検索クエリ捻出がどう違うのかとその是非などの議論を促す。

[パターン3] 使用している検索クエリの類似性、当該クラスタ群を構成する成果物の類似性がいずれも一定未満である場合：同一の探索意図に関するクラスタの見定めが上手く行えていない、あるいは、それに関わる探索経緯の相互理解が不十分な状況と考えられる。この場合には、共有フェーズの最初の段階に立ち戻って再度丁寧に意思疎通・議論を行うよう促す。

4. 4 実験と考察

(1) 実験概要

探索意図と閲覧実態の差異抽出手法、協調メンバ間の探索方針の差異抽出手法の有効性の検証、課題抽出を目的として実験を行った。

まず、実験協力者2名に探索テーマを与え、各々でWebブラウザを用いて探索活動(探索フェーズ)を実施して頂いた。探索終了後に、使用した検索クエリと生成したブックマークを、支援システムの機能を使用して、アイコンとして探索目的ごとに配置して頂いた。次に、協力者間で、各々が配置したクラスタを確認し合い、同じ探索目的に該当するクラスタを対応付けて頂き、探索方針について検討して頂いた(共有フェーズ)。

作業終了後に、協力者による探索オブジェクト(アイコン)の配置状況を、提案手法に基づいて分析し、探索意図と閲覧実態の差異、協調メンバ間の探索方針の差異をそれぞれ抽出した。一方、生成されたクラスタの実際状況精査と、協力者に対するインタビューにより、上記2つの差異に関する正解データを作成した。

最後に、提案手法による抽出結果と正解データを比較し、抽出精度を検証した。あわせて、アンケート調査を実施した。

(2) 結果と考察

まず、探索意図と閲覧実態の差異抽出については、概ね高い精度が得られていた。一部正しく抽出できていないケースについて、実際状況を精査したところ、提案手法による分析の過程で、成果物のヘッダー等から探索テーマとは直接的に関係していないワードを特徴語として抽出している箇所があり、そのことが結果に影響しているものと考えられることが分かった。この点については、成果物から特徴語を抽出する際の対象範囲のチューニングにより、改善が見込める。

協調メンバ間の方針差異についても、概ね意図通りの抽出が行えていることが確認できた。探索フェーズにおける探索意図と閲覧実態の差異抽出と比較すると、適合性がやや低めとなっていた。実際状況を精査したところ、ある共通の探索意図に関する探索オブジェクトの配置であっても、クラスタとして整理する粒度が探索者によって異なり、結果として、同じ探索目的のクラスタ群として対応づける際に漏れが生じている(対応づけに苦慮している)様子が伺えた。自由な配置管理ゆえの

現象と言え、協調メンバによる議論・提案手法による自動抽出それぞれについて、複数クラスタを統合的に解釈する指針を検討することが重要と考えられる。なお、探索意図と閲覧実態の差異抽出、協調メンバ間の探索方針の差異抽出共に、再現性優勢の結果となった。このことは、考察のきっかけを与える本研究の趣旨に照らし、良好な結果と言える。

また、アンケート調査の結果から、協力者が、差異の示唆は、探索コンテキスト把握や探索方針の決定に有効との感触を抱いていることを確認できた。「差異が示唆されたことで、探索経緯を整理するきっかけができた」等のコメントからも、本研究の支援に対する期待感を認めることができる。

今回の実験は限られたものであるが、これらの結果から、今後期待を持てる感触を得た。今後は、実際のデータを用いた検証・知見集約を重ねていくことが重要と考える。

<引用文献>

[1] termex, <http://gensen.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/> (2017/05/19 参照).

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計2件)

- ① Hiroki Nakayama, Ryo Onuma, Hayato Takagi, Hiroaki Kaminaga, Youzou Miyadera, Shoichi Nakamura, Methods for Supporting the Understanding of Differences between Search Intentions and Actual Browsing Situations in Collaborative Exploration, Proc. of The 11th International Conference on Digital Information Management, pp.225-230, IEEE, 査読有, 2016.
- ② 中山祐貴, 高木勇人, 大沼亮, 神長裕明, 宮寺庸造, 中村勝一, 協調探索における探索意図と閲覧実態の差異抽出による探索コンテキスト把握支援, 電子情報通信学会技術研究報告, 査読無, Vol.115, No.492, pp.237-242, 2016.

[学会発表] (計3件)

- ① 渡辺剛稜, 中山祐貴, 大沼亮, 神長裕明, 宮寺庸造, 中村勝一, 協調探索におけるメンバ間の探索コンテキストの差異抽出, 平成28年度情報処理学会東北支部研究会, 2017年2月10日, 東北学院大学(仙台・宮城).
- ② Daisuke Arakawa, Hiroki Nakayama, Ryo Onuma, Hiroaki Kaminaga, Youzou Miyadera, Shoichi Nakamura, Dynamically Visualizing the Relationships between Web Pages Depending on User's Search Viewpoints, 11th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions, 2016年12月5日-7日, (バルセロナ・スペイン).
- ③ Hiroki Nakayama, Ryo Onuma, Hiroaki Kaminaga, Youzou Miyadera, Shoichi

Nakamura, A Method for Extracting the Search Contexts in Collaborative Exploration, 2015 IEEE International Conference on Data Science and Data Intensive Systems, 2015 年 12 月 11 日-13 日, (シドニー・オーストラリア) .

6. 研究組織

(1)研究代表者

中山 祐貴 (NAKAYAMA, Hiroki)
福島大学・共生システム理工学類・研究員
研究者番号：80761569