

検索の前後における利用者のコンセプトマップの分析: 検索の有無による比較*

齋藤 ひとみ^{†,a} 江草 由佳^{‡,b} 高久 雅生^{‡,c}

[†] 愛知教育大学 [‡] 国立教育政策研究所 [‡] 筑波大学

a) hsaito@aeu.ac.jp b) yuka@nier.go.jp c) masao@slis.tsukuba.ac.jp

概要 本研究では、Web 情報探索における利用者の検索前後のトピックに関する知識構造の変化を捉えるために、コンセプトマップの利用について検討する。先行研究では、検索前後に書かれた実験参加者のトピックに関するコンセプトマップを比較し、検索の前後でマップに大きな変化が見られる事を明らかにした。また、マップの変化は収集する情報の制約条件によっても異なることが明らかになっている。本研究では、先行研究の結果をさらに確認するため、検索を行う場合と、検索を行わない場合(タイピングゲーム)でのトピックに対するコンセプトマップの変化を比較する実験を実施した。実験の結果、検索前後でのマップの変化と検索を行わない場合のマップの変化では変化の傾向が大きく異なった。したがって、マップの変化は検索によって参加者が閲覧した情報が影響していることが確認された。

キーワード Exploratory Search, Concept Map, User Studies, Knowledge Change

1 はじめに

近年、Web の情報探索は単なる検索手段としてだけでなく、知識獲得の手段として使用されるようになってきた。例えば、新しいデジタルカメラを買うとき、人々はたくさんのデジタルカメラのサイトや、購入者のレビューにアクセスする。これらの活動をとおして、彼らはデジタルカメラについて学習し、様々な知識を獲得する。Marchionini[2] は、このような探索を Exploratory search と定義し、システムによって支援する必要があると指摘している。

Exploratory search を支援するシステムを評価するには、システム的な評価手法だけではなく、ユーザ指向の評価についても検討する必要がある。本研究では、Exploratory search を評価するためのユーザ指向のシステム評価について検討する。ユーザ指向の評価に関する研究では、システムがユーザにどのように利用されたか、ユーザがシステムとどのようなインタラクションを行ったかを分析することによってシステムを評価する手法 [3, 4] や、探索の結果としてユーザが作成したアイデアやレポートなどの成果物を分析する手法 [5] が提案されている。しかしながら、探索をとおしてユーザがどのような情報を獲得し、それによってユーザの検索対象に対する知識構造がどのように変化したのかを捉える手法についてはまだ十分明らかになっていない。

我々は、ユーザの探索による変化を捉える手法として、コンセプトマップを利用する。本研究では、コンセプトマップによって、ユーザのトピックに関する知識構造の

探索による変化を捉える事ができるかを検討する。

2 先行研究

コンセプトマップとは、物や出来事に対しての知識やアイデアを単語やフレーズとしてことばに表し、それらのことばをその概念ごとに整理し、視覚的に表現したものである [6]。コンセプトマップは、モノやコトを表すノード、ノード同士をつなぐリンク、ノードとノードの関係を表すリンクラベルで構成される。図 1 は、「植物」に関するコンセプトマップの例である。植物や花、茎などの丸で囲まれた名詞がノード、矢印がリンク、矢印の上にかかれたもつ、のようななどがリンクラベルを表す。

コンセプトマップは、これまで学習者の知識や理解を測定する指標として利用されてきた。先行研究では、授業やコースの前後でコンセプトマップを比較すると、後の方がマップの形状が複雑になり、ノードやリンク、リンクラベルの数が増加することや、誤概念が減り有用な概念が増加することなどが報告されている [7, 8]。

情報探索の分野においても、検索の前後でコンセプトマップを比較した研究が行われている。それらの研究では、分野や分野に対する経験がコンセプトマップの形状などに違いを与える可能性、長期的なスパンでの比較、行動とマップとの関係、シナリオの違いが影響を与える可能性が示されている [9, 10]。

我々もこれまで、検索の前後の利用者のコンセプトマップを分析してきた [11, 12, 13]。先行研究では、課題やトピックの違いが検索前後のマップの変化にどのような影響を与えるかを検討した。その結果、検索の前後で利用者のコンセプトマップは大きく変化すること、同じトピックでも課題の種類によって利用者の探索行動が

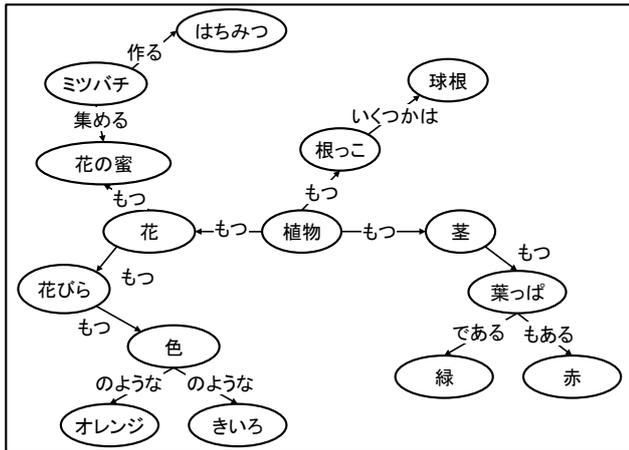


図1 コンセプトマップ

変化し、それが検索前後のマップの変化に反映される事などを明らかにしている。

しかしながら、情報検索におけるコンセプトマップに関する研究では、検索前後の変化のみを対象とされてきた。そのため、実験で得られた利用者の検索前後のコンセプトマップの違いが、本当に検索による影響なのか、それとも検索をしなくても教示や時間を置くだけで変化したものなのかが明らかになっていない。そこで本研究では、先行研究で得られた結果が検索による変化なのかどうかを明らかにするために、検索ありと検索なしの2つの条件を設定して、課題の前後のコンセプトマップを比較する。

3 方法

3.1 実験計画

実験は、検索の有無2水準(検索条件とフィルター条件)とトピックの種類2水準(環境問題と教育問題)を参加者内要因、タスクの種類2水準(発散的情報収集タスク、収束的信息収集タスク)を参加者間要因とする2×2×2の混合計画で実施した。

3.2 参加者

35名の大学生が実験に参加した。年齢は19-24歳で、性別は男性18名、女性17名だった。参加者は、関東近郊の様々な大学・専攻からアルバイトとして参加した。実験参加者は、タスクの種類のどちらかに年齢・性別・専攻が等質になるように割り当てられた。検索の有無およびトピックの種類の遂行順序については、カウンターバランスをとった。

3.3 タスクとトピック

タスクは、大学の授業の課題として情報収集を行うという設定で行われた。参加者には、大学の教養の授業でのグループディスカッションの準備のために各トピック(環境問題・教育問題)についてWebの情報を収集する

状況を想定して課題に取り組むよう教示した。

収束的信息収集タスク(収束タスク)の参加者は、トピックの特定の内容についての詳細な議論のための情報を収集することが求められた。それに対して、発散的情報収集タスク(発散タスク)の参加者は、トピックの広い範囲の議論のための情報を収集することが求められた。

3.4 条件

検索の有無は、検索条件とフィルター条件を設定した。検索条件では、参加者はWebで検索を行った。フィルター条件では、参加者はタイピングゲームに取り組むよう教示された。

各条件、タスク、トピックごとに教示文を用意した。教示文の具体例として、付録Aにトピックが環境問題で、タスクが収束で、条件が検索の場合の教示文を示す。付録Bにトピックが教育問題で、タスクが発散で、条件がフィルターの場合の教示文を示す。

3.5 手続き

参加者は、最初に自身のサーチエンジンやインターネットの利用経験に関する質問に応えた。次にコンセプトマップの記述方法についての説明を受けた後、5分間の練習を実施した。

練習の後、1つめのタスクを実施した。タスクに関する教示の後で、与えられたトピックに関するコンセプトマップの作成を10分間行った。コンセプトマップの作成では、トピックに関するノード(環境問題・教育問題)のみが中心に書かれた用紙が配布され、参加者は自由にマップを作成した。マップを作成したあと、参加者は15分間、教示で示された条件に従ってタスクに取り組んだ。タスクの遂行後、参加者は再度トピックに対するコンセプトマップの作成を10分間行った。その後、トピックに関する知識や興味、困難さに関する質問、情報収集の難しさや集めた情報に対する満足度などの質問に答えた。

その後2つめのタスクを実施した。1つめのタスクと同様の手続きで実施した。2つのタスクが終了した後で、参加者は2つのタスクの違いやタスク前後の知識の変化に関する質問に答えた。最後に、参加者はタスクごとに自身が書いたタスクの遂行前後のマップに対して、両方に共通する概念があるかどうかの判定をした。共通する概念には同じ番号を付与するよう指示した。この作業の後で、遂行前後のマップを比較し、どの程度変化したと思うかを尋ねた。

3.6 実験環境

参加者はWindows7のノートPCを使用した。WebブラウザはInternet Explorerを使用し、ブックマークにGoogle, Yahoo! Japan, Bing, Infoseek, gooなどのサーチエンジンを登録した。タイピングソフトは“タイ

ピングオブ填輪”を使用した。検索条件における参加者のタスク遂行画面は、HyperCam で記録した。

4 分析方法

参加者のトピックに対する知識構造がどのように変化したかを分析するため、各タスクの遂行前後に彼らが記述したコンセプトマップを比較する。図2に実験参加者 (Sub28) が記述したタスク遂行前とタスク遂行後のコンセプトマップを例として示す。灰色のノードは中心ノードである。同じ数字が書かれた点線のノードは、実験の最後の調査で参加者自身が同じ意味を持つと判断したものである。以降では、マップの分析方法について述べる。

4.1 共通・新規・削除ノード数の分析

我々は、タスク遂行前後の変化を基に3種類のノードとして Common, Lost, New を次のように定義し [12], マップ内の各ノードの個数をカウントした。

Common : 遂行前後の両方のマップに共通して存在するノード。参加者が同じ意味を持つと判断したノードと中心のノードが分類される。

Lost : タスク遂行前のマップのみに存在するノード

New : タスク遂行後のマップのみに存在するノード

4.2 中心からの距離ごとのノード数の分析

次にタスクや条件間の各ノードの位置の違いについても分析するため、各ノードと中心ノードとの距離の分析を行った。我々は、ノードの距離を各ノードと中心ノードの間のリンク数として定義し [12], 各距離ごとのノード数をカウントした。複数のノードからリンクが結ばれ、複数の距離を持つノードについては、短い距離の方でカウントした。

さらに、条件やタスク間の違いを明らかにするため、各距離のノード数について、タスク遂行前後の差を距離ごとの変化量として定義した。距離ごとの変化量は、遂行後の各距離のノード数-遂行前の各距離のノード数で計算した。もしタスク後の距離 n のノード数がタスク前の距離 n のノード数より多ければ、変化量は正の値をとり、逆の場合は負の値を取る。

4.3 仮説

先行研究の結果に基づいて、以下のような仮説を立てた。

仮説 1 : 検索条件の参加者は様々な Web ページを閲覧して新しい情報を得るため、タスク前後のコンセプトマップは大きく変化すると考えられる。したがって、検索条件の参加者の Lost, New ノードの数は、フィルター条件の参加者よりも多くなる。

仮説 2 : フィルター条件の参加者は Web ページも閲覧せず新しい情報も得ないため、タスク前後のコンセ

プトマップはあまり変化しないと考えられる。したがって、フィルター条件の参加者の Common ノードの数は、検索条件の参加者よりも多くなる。

仮説 3 : 収束タスクの参加者は、特定の内容についての詳細な情報を収集するのに対して、発散タスクの参加者は、幅広い情報を収集すると考えられる。したがって、収束タスクの参加者のマップは、タスクの前後で中心から離れた距離のノード数が増加、近い距離のノード数が減少する。それに対し、発散タスクの参加者のマップは、タスクの前後で中心から近い距離のノード数が増加、離れた距離のノード数が減少する。

仮説 4 : 仮説 2 と同様の理由により、フィルター条件では、収束タスクと発散タスクの間で大きな違いは見られない。

5 分析結果

4章で示した分析方法に従って、参加者のコンセプトマップを分析した。なお分析は、リンクのないマップを作成した実験参加者 1 名を除外した 34 名分のデータを対象に実施した。また以降の分散分析は、条件を参加者内要因、タスクを参加者間要因とする 2 要因混合分散分析を実施したものである。

5.1 共通・新規・削除ノード数の分析

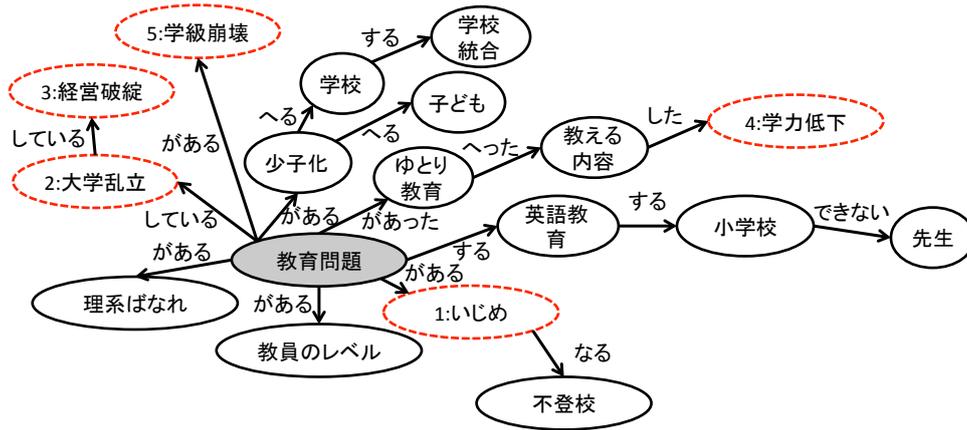
図 3 は各タスクの条件ごとの Common, Lost, New ノード数の結果を示している。ノードの種類ごとに分散分析を実施した結果、検索条件における Lost と New のノード数がフィルター条件に比べて少ない傾向にあることが明らかになった (Lost: $F(1,32)=3.86, p < .10$; New: $F(1,32)=3.80, p < .10$)。また、フィルター条件の Common ノード数は、検索条件に比べて有意に多いことが明らかになった ($F(1,32)=5.22, p < .05$)。

これらの結果は、検索を行った時の方が、行わない時よりもタスク遂行前後の参加者のコンセプトマップが大きく変化したことを示している。

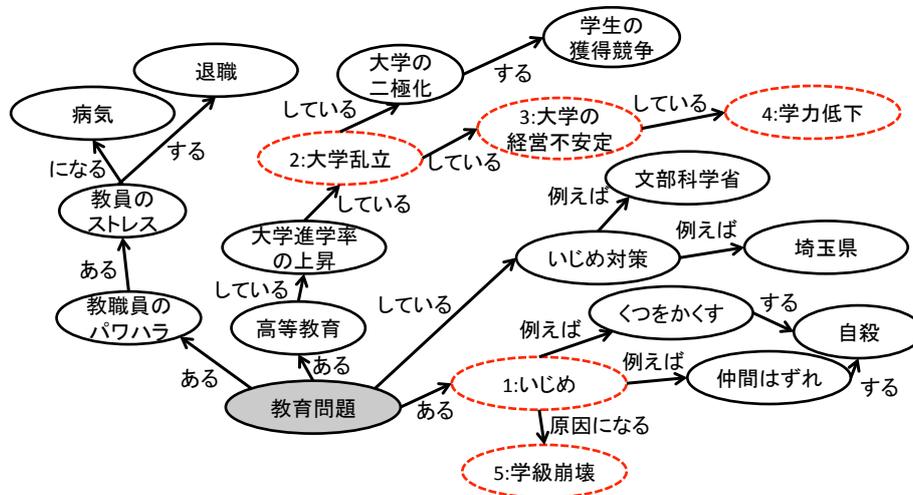
5.2 中心からの距離ごとのノード数の分析

図 4 は各条件でのタスクごとの中心ノードからの距離 1,2,3,4,5 以上の変化量を示している。各距離の変化量について分散分析を実施した結果、タスク・条件間に違いがみられた。

距離 1 の変化量では、タスクの主効果 ($F(1,67) = 6.96, p < .05$) とタスクと条件の交互作用が有意であった ($F(1,67) = 6.36, p < .05$)。検索条件では、発散タスクの方が収束タスクよりも距離 1 の変化量が有意に大きかった ($F(1,32)=15.9, p < .01$)。また、検索条件における収束タスクの方が、フィルター条件における収束タスクよりも距離 1 の変化量が少ない傾向が見られた。



(a) タスク遂行前のコンセプトマップ



(b) タスク遂行後のコンセプトマップ

図 2 収束タスク・検索条件の参加者 (Sub28) によって記述された教育問題に関するコンセプトマップ

($F(1,32)=3.74, p < .10$) .

距離 2 の変化量では、発散タスクの方が収束タスクよりも変化量が大きかった ($F(1,67)=6.77, p < .05$) .

距離 4 の変化量では、交互作用が有意だった ($F(1,67) = 4.22, p < .05$) . 検索条件では、発散タスクの方が収束タスクよりも距離 4 の変化量が有意に大きかった ($F(1,32) = 6.73, p < .05$) . また、検索条件における収束タスクの方が、フィルター条件における収束タスクよりも距離 4 の変化量が大きかった ($F(1,32) = 4.57, p < .05$) .

6 考察

本研究では、タスク遂行前後のコンセプトマップの変化について検索の有無およびタスクの種類による違いを検討した .

ノードの種類分析から、検索条件の方がフィルター条件よりも New と Lost ノードの数が多く、検索条件よりもフィルター条件の方が Common ノードの数が多いことが明らかになった . これらの結果は、検索条件ではコンセプトマップが大きく変化したのに対して、フィルター条

件では大きな変化はみられなかったことを示しており、仮説 1 と 2 を支持するものである .

中心ノードからの距離ごとのノード数の分析では、まず検索条件において、発散タスクの方が収束タスクよりも距離 1 と 2 の変化量が大きく、距離 4 の変化量が小さかった . フィラー条件では、距離 2 の変化量のみ発散タスクの方が収束タスクより大きかった . これらの結果は、検索条件の方がフィルター条件よりもタスクの影響が見られたことを示唆している . つまり検索条件では、発散タスクではタスク遂行後に中心ノードから近いノードが増え、収束タスクではタスク遂行後に中心ノードから遠いノードが増えた . 検索条件における今回の結果は先行研究と同様の傾向を示しており、仮説 3 を支持するものである . 仮説 4 については、フィルター条件における距離 2 のノード数に関する結果を除けば、やや支持する結果となった .

仮説 2 と 4 において、我々はフィルター条件のタスク前後のコンセプトマップはほぼ同じものになると推測していた . しかしながら、実験の結果、フィルター条件にお

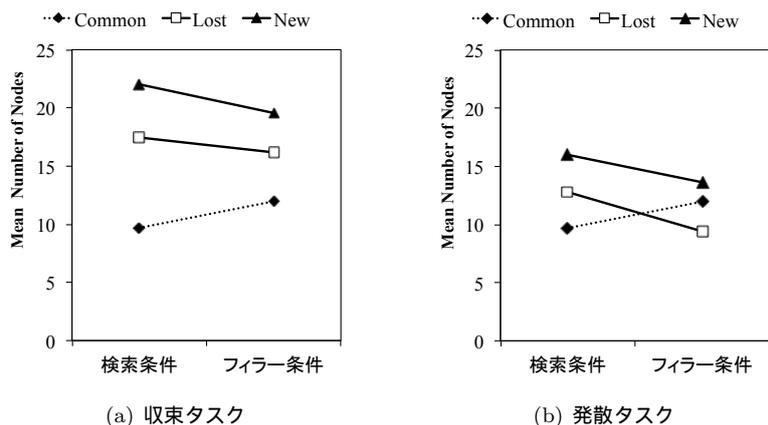


図3 各タスクの条件ごとの Common, Lost, New ノード数の平均

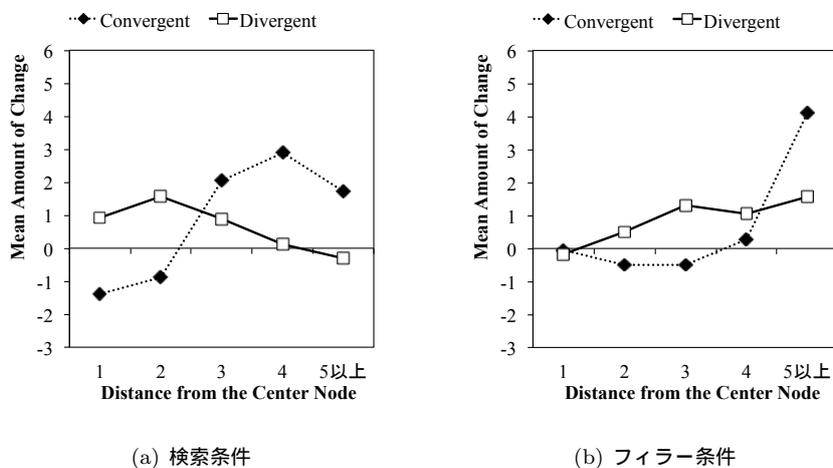


図4 平均変化量: 遂行前後の各距離ごとのノード数の差

いてもタスク前後でコンセプトマップにも変化が見られる事が明らかになった。ここでは、予測と異なる結果になった理由について、参加者の内省報告の結果を基に考察する。何人かの参加者が、フィラー条件におけるタスク前後のコンセプトマップの変化について尋ねた質問について以下のように回答していた。なお、括弧内は分かりやすいように著者が追記したものである。

時間をおいた事で持っている知識を思い出したからだと思う (参加者 01, タスク: 発散, トピック: 教育問題)

事前事後で (トピックに関する自分の) 興味の方向が変わったから (参加者 05, タスク: 発散, トピック: 教育問題)

(タスク後にはトピックに関する) まったく別のイメージばかり浮かんだのでそのことを書いている (参加者 25, タスク: 収束, トピック: 教育問題)

これらの報告より、検索をしない場合、トピックに対

する視点が変化したり、別のアイデアやイメージが浮かぶことによって、課題の前後のマップが変わると考えられる。しかし、検索を行った場合は、閲覧した情報が参加者のマップの変化に影響するのに対して、検索を行わない場合は、参加者自身が既に持つ知識の変化になるため、個人差もあり、タスクなどの影響をあまり受けていない。したがって、コンセプトマップは、検索によって得られた情報による参加者の知識構造の変化を捉えることができると考えられる。

7 おわりに

本研究では、コンセプトマップによって、探索をとおしたユーザの知識構造の変化を捉える事ができるかを検討した。今後の課題は、コンセプトマップの変化とユーザの検索行動との関係を行動ログなどから分析する事である。

参考文献

- [1] Yuka Egusa, Masao Takaku, and Hitomi Saito. How concept maps change if a user does search or not?

In *Proceedings of the 5th Information Interaction in Context Symposium, IIX '14*, pp. 68–75, New York, NY, USA, 2014. ACM.

- [2] G. Marchionini. Exploratory search: from finding to understanding. *Commun. ACM*, Vol. 49, pp. 41–46, 2006.
- [3] Carol Tenopir, Peiling Wang, Yan Zhang, Beverly Simmons, and Richard Pollard. Academic users' interactions with sciencedirect in search tasks: Affective and cognitive behaviors. *Information Processing & Management*, Vol. 44, No. 1, pp. 105–121, 2008.
- [4] Ann Blandford, Anne Adams, Simon Attfield, George Buchanan, Jeremy Gow, Stephann Makri, Jon Rimmer, and Claire Warwick. The pret a reporter framework: Evaluating digital libraries from the perspective of information work. *Information Processing & Management*, Vol. 44, No. 1, pp. 4–21, 2008.
- [5] Bill Kules and Ben Shneiderman. Users can change their web search tactics: Design guidelines for categorized overviews. *Information Processing & Management*, Vol. 44, No. 2, pp. 463–484, 2008.
- [6] J.D. ノヴァック, D.B. ゴーウイン. 子どもが学ぶ新しい学習法 概念地図法によるメタ学習. 東洋館出版社, 1992.
- [7] Stacy Rebich and Catherine Gautier. Concept mapping to reveal prior knowledge and conceptual change in a mock summit course on global climate change. *Journal of Geoscience Education*, Vol. 53, No. 4, pp. 355–365, 2005.
- [8] Tomas Meagher. Looking inside a student's mind: Can an analysis of student concept maps measure changes in environmental literacy? *Electronic Journal of Science Education*, Vol. 13, No. 1, pp. 1–28, 2009.
- [9] Mikko Pennanen and Pertti Vakkari. Students' conceptual structure, search process, and outcome while preparing a research proposal: A longitudinal case study. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, Vol. 54, No. 8, pp. 759–770, 2003.
- [10] Charies Cole, Yand Lin, John Leide, Andrew Large, and Jamshid Beheshti. A classification of mental models of undergraduates seeking information for a course essay in history and psychology: Preliminary investigations into aligning their mental models with online thesauri. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, Vol. 58, No. 13, pp. 2092–2104, 2007.
- [11] Yuka Egusa, Hitomi Saito, Masao Takaku, Hitoshi Terai, Makiko Miwa, and Noriko Kando. Using a concept map to evaluate exploratory search. In *IIX2010: Proceedings of the Third Symposium on Information Interaction in Context*, pp. 175–184, New York, NY, USA, 2010. ACM.
- [12] Hitomi Saito, Yuka Egusa, Hitoshi Terai, Noriko Kando, Ryo Nakashima, Masao Takaku, and Makiko Miwa. Changes in users' knowledge structures before and after web search on a topic: Analysis using the concept map. *Proceedings of the American Society for Information Science and Technology*, Vol. 48, No. 1, pp. 1–4, 2011.
- [13] Hitomi Saito, Yuka Egusa, Masao Takaku, Makiko Miwa, and Noriko Kando. Using concept map to evaluate learning by searching. In *Proceedings of the 34th Annual Meeting of the Cognitive Science Soci-*

ety, pp. 953–958, 2012.

付録

付録 A 環境問題トピック, 収束タスク, 検索条件

次のような状況を想定して、課題に取り組んでください。

あなたは大学の一般教養の授業で、「現代と社会」という授業を受けています。
先週の授業で、「グループで環境問題について話し合いを行うため、インターネットで環境問題について調べる」という課題ができました。
先生からは、「様々な問題についての多様な情報よりも、特定の問題についての詳細な情報を調べてくるように」という指示がありました。
今日がその授業ですが、あなたは課題があることをすっかり忘れていました。
授業は 15 分後に始まります。あなたは、15 分でインターネットを検索し、課題に関する情報をお気に入りに登録することにしました。

課題の進め方

- (1) ブラウザを起動すると「実験ページ」が表示されます。サーチエンジンリストから好きなサーチエンジンを選び、課題に取り組んでください。
- (2) 必要な情報を見つけたら、お気に入りに登録してください。

付録 B 教育問題トピック, 発散タスク, フィラー条件

次のような状況を想定して、課題に取り組んでください。

あなたは大学の一般教養の授業で、「現代と教育」という授業を受けています。
先週の授業で、「グループで教育問題について話し合いを行うため、インターネットで教育問題について調べる」という課題ができました。
先生からは、「特定の問題についての詳細な情報よりも、様々な問題についての多様な情報を調べてくるように」という指示がありました。
今日がその授業ですが、あなたは課題があることをすっかり忘れていました。
授業は 15 分後に始まります。あなたは、あきらめてタイピングソフトで 15 分遊ぶことにしました。

課題の進め方

- (1) デスクトップにある「タイピング オブ ザ 埴輪」を起動してください。
- (2) 15 分間、ゲームに取り組んでください。