

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 18 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23300088

研究課題名(和文) 情報検索における検索語の選択と結果評価の脳活動データの解析

研究課題名(英文) Brain activity analysis of keyword selection and evaluation in information search

研究代表者

中山 伸一 (Shin-ichi, Nakayama)

筑波大学・図書館情報メディア系・教授

研究者番号：60155885

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,200,000円、(間接経費) 4,560,000円

研究成果の概要(和文)：検索語を考える過程を対象に2種類の脳活動計測実験を実施した。検索語を考える過程は、それなしでは情報を検索することができず、さらには得られる情報検索結果の質に影響するため、複数ある情報検索行動の過程の中でも、重要性が高い過程である。2種類の実験の違いは、被験者へ提示する文章量と、被験者が提示された文章から検索語を考える方法である。これらのfMRI実験データの解析を進めた結果、情報検索するメディアが文章の場合において、検索語を考える際の核となる脳内活動ネットワークと、条件によって起動する活動ネットワークが明らかになった。切り分けが曖昧な過程を本研究によって明らかにできた。

研究成果の概要(英文)：Two types of brain activity measurement experiments were executed. Generation of search query is an important process because without this step the information search process cannot start, and the selection of query keywords directly influences the quality of the search result. The two types differ in the text amount that is displayed to the subject and the generation method of search keyword. A analysis of fMRI experimental data indicates the presence of a common brain network and brain networks specific to each search task.

研究分野：応用情報学

科研費の分科・細目：情報学・図書館情報学・人文社会情報学

キーワード：情報検索 脳活動

## 1. 研究開始当初の背景

Google や Yahoo に代表されるインターネットで利用可能な検索システムは、インターネット上の膨大な情報を検索する方法として、その重要性が増しつつある。これらの情報検索の行動は、何かを得るために探す、という日常生活において重要な行動の 1 つである。情報検索は、推論や記憶、意思決定、視聴覚等の感覚系からの認知、のように様々な脳の機能が関与し、情報検索の中核活動は脳内で生じている可能性が高いため、従来の研究で行われている外面的な観測のみでは本質を理解することが困難な行動である。そこで本研究では、情報検索に関わる推論や記憶、意思決定といった脳が司る機能を脳活動イメージングによって直接計測し、情報検索の本質を探ることを目的とする。

情報検索に関する脳活動データを解析した研究は見当たらない。従来の情報検索に関する情報行動の研究は、被験者の作業を外部から観測可能な側面からのみ扱っている。例えば、情報検索行動を説明するための確立されたモデルとして、Kuhlthau による ISP (Information Seeking Process) モデルが挙げられる。このモデルは、情報検索行動を 6 段階に分類し、各段階の主な目的を定義したものであるが、ISP モデルと実現象との対応付け、特に段階の切り分けが困難な場合が多い。さらに、検索結果が表示された後の情報行動の理解として、視点移動の計測を用いた視覚注意と、ランキングの関係を調査した研究がある。しかし、どの時点で検索結果の閲覧・評価から新しい検索語の作成等の別の行動へと認知的遷移が行なわれるのかを明らかにするのは既存の手法では難しい。例えば、内容を閲覧する文章の選択をしているのか、別の検索語を考えているのかや、これらの組合せなのか、といった点が不明である。しかし、これらの事柄の明確化が、適切な検索支援を開発・提供する上で重要であることが共同研究者 (上保) らによって明らかになっている。一方、Think aloud protocol を使った場合でも、被験者自身が何を考えているのかを把握するためには、被験者に負荷がかかるため、本来の実験課題の作業に影響が出る可能性があり、正確な観測は保証されない。本研究では、これらの欠点を脳活動イメージングによって克服する。

現在 脳活動データの計測手法として fMRI, MEG, EEG, NIRS, PET 等が挙げられ、それぞれに利点と欠点がある。本研究では fMRI を主に用い、計測データを補完するために MEG を用いる。fMRI と MEG の利用の一般化に伴い、脳の部位と認知機能の関係が徐々に明らかにされつつある。fMRI には空間分解能が高い一方、時間分解能が低いという問題がある。逆に MEG は高い時間分

解能と低い空間分解能を持つ。本研究では fMRI と MEG を用いて、空間分解能と時間分解能ともに高いデータを生成し、解析を行う。

本研究で対象とする情報検索の作業中には、脳の様々な機能が関与するとともに、使われる機能が時系列で変化すると考えられる。これらの一連の動作の遂行中に、脳活動データを平行して計測することで、どの部位がどのように活動しているかが判る。このデータを、これまでに発表および蓄積されている脳活動データと比較することで、脳活動の観点から情報検索を捉えることができる。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、情報行動の中核部分について脳活動を計測することである。(A) 情報検索の中核部分である検索語の生成における脳活動のパターンを明らかにする。(B) 脳活動に基づく情報検索行動のモデルを構築する。

本研究の特色は、(1) 情報検索行動を、脳活動データから記述し、モデルを構築する点、(2) 情報検索内容の専門性を要因として変動させて脳活動データを計測し、情報検索の基本的な脳活動パターンを調べる点、である。これらは、これまでは外的側面からしか調べていなかった情報検索行動の研究とは根本的に異なり、情報検索の中核を担うと考えられる脳内の活動から調べるものである。

また、本研究の成果として、脳科学の観点からの情報検索モデルが挙げられる。特に、本研究によって得られる脳活動データの時系列データから、従来では切り分けが困難であった検索語の生成過程をより厳密に定義できる。

本研究の意義としては、(1) 外的側面のみを対象とする従来の研究では明らかにできなかった情報検索時の脳活動を捉えること、(2) 脳科学という従来とは異なる側面から情報検索および情報行動を捉えること、(3) まとまった数の被験者を対象に、同一条件下で実施する情報検索における脳活動データが得られ、今後の脳研究および情報検索の研究の発展に貢献できること、(4) グーグル等の検索サービスの普及からも判るように、特にインターネット上で増加しつつある情報を有効に活用するための知見が得られること、(5) 脳活動イメージングによって情報検索行動を解析する方法論の確立に貢献できること、が挙げられる。

## 3. 研究の方法

使用する fMRI 装置および MEG 装置は

ATR-BAIC に設置されている。fMRI 装置の静磁場強度は 3T, MEG 装置の磁束密度分解能は 10fT/Hz<sup>1/2</sup> 以下であり, どちらも本研究の目的には十分な性能を持っている。刺激提示装置としてモニタ, そして被験者からの入力装置として, ボタンパッドおよびマイクを用いる。得られた脳活動実験データから, 検索語の生成時に活動している認知機能を特定する。これまでに蓄積されている膨大な脳研究データを用いる。fMRI データの解析には, MATLAB のツールを使う。

1つのセッションは以下のように行う。

- 1- 被験者は実験装置内に入る。
- 2- 検索対象のトピック内容の説明を被験者に提示する。
- 3- 被験者は検索語を考え, 音声で伝える。
- 4- 実験者は検索を実行し, 検索された文書を画面を通して被験者に提示する。提示するのは検索結果の文章のタイトルリストである。
- 5- 規定回数に達していなければ, (4) へ戻り, 繰り返す。
- 6- 被験者は装置内から出る。

#### 4. 研究成果

##### 行動実験

脳活動実験をデザインするために行動実験を実施し, 実験のパラメータや刺激情報, 検索対象の文章コレクション, 被験者が遂行できる課題であるか, 課題の繰り返し回数といった条件を検討した。脳活動計測の実験は, 被験者が連続して長時間装置内に入っていないことによる時間的な制約, fMRI 装置および MEG 装置内で被験者が取る必要がある姿勢に起因する, 被験者が実験中にできる動作, fMRI 装置および MEG 装置の空間的制約および地場に関する制約による, 被験者への刺激知事と反応取得に利用できる機器の制限, がある。これらのことから, より価値のある実験結果を出すために, 本研究で実施する脳活動実験内容の検討に, まず行動実験を行なった。これは, 同じコントロールされた環境下での実験でも, 行動実験の方が脳活動実験よりも自由度が高く, 様々な条件を比較的手軽に実施し確認できるためである。行動実験によって, 検索語を考えるまでの時間や, トピック内容との関係, 刺激表示内容や刺激表示順序の組合せ, 実験後の解析に必要な最小限の被験者の反応といった条件を調べた。これらで得られた知見を脳活動実験のデザインに利用した。

##### 文章コレクション

1人の被験者の脳活動計測時間は約40分である。検索トピックが書かれた文章を被験者に提示し, 検索語を思考する過程の脳活動を計

測する。検索対象とする文章コレクションは, 独自に構築した一般的な話題かつ時事性を強く持たない内容で構成される。新たに文章コレクションを構築した理由は, 研究開始時に, その内容が本研究に適していると判断して選択した文章コレクションが, 時事性が強く, 本研究の実験形態と, 実験に参加する被験者には向かないことが, 予備実験の段階で明らかになったためである。また, 検索結果の文章の文字数が数十文字と短かすぎるデータや, 表の内容がそのまま文章となっているデータのように, 文章の質が一定ではない問題があった。このように, 既存の文章コレクションでは, 本研究で必要とする最低限の質が確保されておらず, 文章コレクションの中から基準以下のデータを削除するには, 部分的に人手に頼る必要せいがあるために半自動でしか処理できず, さらには部分的にデータを削除することで, トピック毎の適合文章の割合の変動や実験の精度に影響する可能性がある。このような理由から, 本研究で要求される条件を満たす文章を 5,000 収集し, 20 個の時事性が弱いトピックを設定した。その後, 1つの文章につきトピックの適合性を 2人が独立に判断した。このようにして構築した文章コレクションを, 脳活動実験で使用した。

##### 脳活動用情報検索実験システム

情報検索で脳活動を計測するには, 通常 of 脳活動実験で使用されるシステムをそのまま利用できないため, 本研究の実験に適した実験システムを構築した。このシステムでは, 実験時に被験者が口頭で伝える1つまたは複数の検索語を入力すると, 検索サーバへ検索語を送信し, サーバから送られる検索結果を受け取ると, 文章のタイトルリストや検索精度を事前に設定したフォーマットに沿って配置し, 画像をリアルタイムで生成するシステムである。また, 実験者が操作するインタフェースについては, 操作ミスの排除と操作の自動化の向上を, 複数のバージョンを経て実現した。この改良によって, 被験者が装置内に入っている時間が短縮でき, 被験者の負担の軽減と, 実験効率の向上が達成できた。このシステムは, 今後の情報検索に関わる脳活動研究に有用である。

##### 実験デザイン

8人の被験者を対象に脳活動計測の予備実験を行ない, 情報検索を対象とした脳活動実験をデザインした。これは, 特に検索語の生成時に重点を置くため, この過程を効果的に計測できる実験である。また, 予備実験の結果から, 実験を2種類に分割することが適切であると判断した。2種類の実験の違いは, 被験者へ提示する文章量と, 被験者が提示された文章から検索語を考える方法である。さら

には、予備実験によって、被験者への説明手順や実験群と対照群の提示数および提示順序、実験全体の流れ等を、実験データの計測および実施効率の両面から、適切な値を見出した。本研究でデザインした実験手順は、今後の情報検索における脳活動実験に有用であると考えられる。

#### 目の録画用治具

被験者が fMRI 装置内で画面に表示される文章を読んでいる状態や、注視点を見ている状態を解析できるようにするため、ビデオカメラを用いて fMRI 装置内に入っている被験者の目の状態や眼球運動を録画する。そのために、fMRI 装置外に置いたビデオカメラが映像を取得できるように、fMRI 装置内に設置する専用の治具を作成した。この治具は、fMRI 実験時に眼球運動を記録する必要がある場合に有用である。

#### 脳活動パターン

予備実験で確定した2種類の実験を実施した。これらの fMRI 実験データの解析を進めた結果、情報検索するメディアが文章の場合において、検索語を考える際の核となる脳内活動ネットワークと、条件によって起動する活動ネットワークが明らかになった。検索語を考える過程は、それなしでは情報を検索することができず、さらには得られる情報検索結果の質に影響するため、複数ある情報検索行動の過程の中でも、重要性が高い過程である。従って、この過程の詳細が明らかになれば、情報検索に関して価値のある知見が得られ、多くの人々が日々活用している情報検索サービスの向上に役立つ。この解析結果は、空間分解能が高いデータである fMRI 実験データから得たものである。このデータを補完するため、時間分解能が高いデータが得られる MEG 装置を使った実験をデザインした。実験に用いた情報検索の対象メディアは、fMRI 実験の場合と同じく、文章である。この MEG 実験データと、これまでに得た fMRI 実験データを統合することで、文章を検索する際の、特に検索語を考える過程における時間分解能と空間分解能がどちらも高い脳活動データが得られる。デザインした MEG 実験の予備実験を行ない実験手順を調整した後、本実験を実施し、実験データの解析を進めた。これらの脳活動データからデータベースを構築した。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表](計 7件)

Fukuzawa, R., Joho, H., Maeshiro, T. (2013) "Survey on Practice and Experience of University Students' Task Management: Case of University of Tsukuba, Japan". In: Proceedings of the 5th International Conference on Asia-Pacific Library and Information Education and Practice (A-LIEP 2013), pp. 114-127, 2013年7月10日~12日, Pullman Khon Kaen Raja Orchid Hotel, Khon Kaen City, Thailand.

Joho, H., Sakai, T. (2013) "Overview of NTCIR-10". In: Proceedings of the 10th NTCIR Conference", 1-7, 2013年6月18日~21日, 学術総合センター, Tokyo, Japan.

Joho, H., Jatowt, A., Blanco, R. (2013) "A Survey of Temporal Web Search Experience". In: Proceedings of the TempWeb 2013 Workshop, WWW 2013, pp. 1101-1108, 2013年5月13日~17日, Windsor Barra Hotel, Rio de Janeiro, Brazil.

Fujikawa, K., Joho, H., Nakayama, S. (2012) "Constraint can affect human perception, behaviour, and performance of search". In: Proceedings of the 14th International Conference on Asia-Pacific Digital Libraries (ICADL 2012), pp. 39-48, 2012年11月12日~15日, GIS NTU Convention Center, Taipei.

Imazu, M., Nakayama, S., Joho, H. (2011) "Effect of Explicit Roles on Collaborative Search in Travel Planning Task". In: Proceedings of the 7th Asian Information Retrieval Societies (AIRS 2011), pp. 205-214, 2011年12月18日~20日, University of Wollongong, Dubai, UAE.

Sakai, T., Joho, H. (2011) "Overview of NTCIR-9". In: Proceedings of the Ninth NTCIR Workshop Meeting on the Evaluation of Information Access Technologies (NTCIR-9), pp. 1-7, 2011年12月6日~9日, 学術総合センター, Tokyo, Japan.

Suzuki, S., Nakayama, S., Joho, H. (2011) "Formulating Effective Questions for Community-based Question Answering". In: Proceedings of the 34th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval (SIGIR 2011), pp. 1261-1262, 2011年7月24日~28日, Beijing Hotel, Beijing, P.R.C.

[その他]  
ホームページ等

<http://www.kc.tsukuba.ac.jp/hiis/grant23300088.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

中山 伸一 (NAKAYAMA, Shin-ichi)  
筑波大学・図書館情報メディア系・教授  
研究者番号：60155885

### (2) 研究分担者

真栄 城哲也 (MAESHIRO, Tetsuya)  
筑波大学・図書館情報メディア系・准教授  
研究者番号：30361356

上保 秀夫 (JOHO, Hideo)  
筑波大学・図書館情報メディア系・准教授  
研究者番号：00571184

北村 達也 (KITAMURA, Tatsuya)  
甲南大学・知能情報学部・教授  
研究者番号：60293594