ページ情報エージェントの組織化による Web 検索エンジンの適応インタフェース

Adaptive User Interface of a Web Search Engine by Organizing Page Information Agents

山田 誠二
Seiji Yamada

東京工業大学大学院総合理工学研究科知能システム科学専攻
CISS, IGSSE, Tokyo Institute of Technology
yamada@ymd.dis.titech.ac.jp, <http://www.ymd.dis.titech.ac.jp/>

村瀬 文彦
Fumihiko Murase

(同 上)
murase@ymd.dis.titech.ac.jp, <http://www.ymd.dis.titech.ac.jp/>

keywords: page information agent, the WWW, adaptive interface, a search engine, organization

Summary

In this paper, we develop an organization method of page information agents for adaptive interface between a user and a Web search engine. Though a Web search engine indicates a hit list of Web pages to user's query using a large database, they includes many useless ones. Thus a user has to select useful Web pages from them with page information indicated on the hit list, and actually fetch the Web page for investigating the relevance. Unfortunately, since the page information on a hit list is neither sufficient nor necessary for a user, the adequate information is necessary for valid selection. However which information is adequate depends on a user and a task. Hence we propose adaptive interface AOAI in which different page information agents are organized through man-machine interaction. In AOAI, the page information agents indicating different page information on a hit list like the file-size, network traffic and a page title are prepared at first. A user evaluates them through searching with a search engine, and the agents are organized based on the evaluation. As results, different organizations are achieved depending on a user and a task. Finally we make experiments with subjects and find out AOAI is promising for adaptive interface between a user and a search engine.

1. は じ め に

インターネット, 特に WWW の急速な広がりに伴い, そこから得られる情報も膨大になっている. しかし, 一般的にユーザは, 自分の欲しい情報をもつ Web ページの所在がわからないため, 検索エンジンにクエリを入力して, 適合した Web ページのリストであるヒットリストを返してもらい, そこに載っているページから欲しいページを探すという作業を日常的に行っている. 図 1 に, 主要な検索エンジンの一つである Infoseek^{*1} が提示するヒットリスト (クエリは, interface agent) の一部を示す. 図のように, 一般にヒットリストは, 単語の出現頻度などにより計算される, クエリに対する Web ページの適合度を基に Web ページをランキングして表示する. よって, 本来なら, ユーザは, ランキングの順にヒットリスト中の Web ページを調べていくことにより, 効率よく所望の Web ページを見つけることができるはずである. しかし, 正確な適合度の算出は難しいため, ヒッ

トリストのランキングも正確でない場合が多い. よって, 実際に欲しいページを探すには, ユーザはヒットリスト中の Web ページを自分の判断による優先順位で調べていくことになり, そのときの判断材料になるのが, ヒットリスト中に提示されている Web ページに関する情報 (我々は, これをページ情報と呼ぶ.) である. このページ情報は, 検索エンジンにより異なるが, 量的に必要十分でもなく, 被覆率と鮮度のトレードオフ [Menczer 99] により, 質的に新鮮でもない場合が多い. また, さらに重要な問題は, 適切なページ情報は, ユーザ及びタスクに依存すると考えられるため, ユーザに独立な固定したページ情報を事前に用意できないことである.

よって, 本研究では, 検索エンジンのページ情報を個別に表示するページ情報エージェントが, ユーザとのインタラクションを通してグループ化 / 分解することにより, 漸進的に適切なページ情報を提示していく適応インタフェース AOAI (Agent Organization-based Adaptive Interface) を提案する. AOAI では, まず最初にページ情報の要素を個別に表示する複数のページ情報エージェ

^{*1} <http://infoseek.go.com/>

1. Agent Info

My research concerns the use of autonomous agents in the fields of HCI and CSCW - commonly referred to as Interface Agents. As such, I have collected quite a substantial bibliography on this topic as well as on ...

Relevance: 100% Date: 26 Oct 1995, Size 2.2K, <http://www.cs.bham.ac.uk/~amw/agents/index.html>

Find similar pages | Translate this page

2. IJCAI-97 Workshop

What the Workshop is About Workshop Committee Publication of Workshop Papers Workshop Schedule Workshop Participation Important Dates Financial Support for IJCAI-97 Participants Workshop Participants ...

Relevance: 100% Date: 15 Oct 1999, Size 23.9K, <http://www.dfki.uni-sb.de/imedia/workshops/anina.html>

Find similar pages | More results from www.dfki.uni-sb.de | Translate this page

図 1 Infoseek のヒットリスト (一部)

ントを提示して、ユーザはそれらのエージェントの示す情報を選択的に参照しながら、ヒットリスト中のページを調べるということを繰り返す。そして、任意の時点で、ユーザは欲しい Web ページの選択に有効であったページ情報エージェントを評価し、さらにエージェントのキャラクタをドラッグ&ドロップすることによりエージェントの配置も自由に変更できる。評価が高く近傍にある複数のエージェントが新たな一つのエージェントに統合され、評価の低いエージェントが消滅していくことにより、適切なページ情報だけがユーザやタスクに応じて残っていき、適応的インタフェース [Norcio 89] が実現される。

適応インタフェースの研究は、ユーザの操作履歴からユーザモデルを構築してそれを基にユーザの次の行動を予測し、提示するものが多い [Cypher 91, Thomas 93, Masui 94]。また、Web のブラウジングでも、ユーザの次に見る Web ページを予測し、提示するシステムが研究されている [Lieberman 95, Joachims 97]。これらの適応インタフェースシステムに対し、本研究の目的は、コマンド入力、Web ブラウジングなどのシーケンシャルな動作の予測を行うことではなく、ユーザが検索エンジンのヒットリスト中から適合 Web ページを選択するために適切な情報を提示するインタフェースを構築することであり、大きく異なる。

Pnadit と Kalbag は、複数認識エージェントを統合することにより、PC 上でのテキスト処理を支援するシステムを開発している [Pandit 97]。それぞれのエージェントは、クリップボードにあるテキストから URL、電話番号、地名などの情報を獲得し、ユーザのシステムへの入力を支援する。複数のエージェントがテキスト情報を獲得し、提示する場合、それらのエージェントは階層化されたメニューに統合される。しかし、その統合は固定されており、ユーザの選好に適應できない。

Dryer は、2 つの異なるインタフェースエージェント：Wizards, Guides をいかに組み合わせるかについて報告している [Dryer 97]。Wizards は、シーケンシャルな手続きを正確に誘導するのに適しており、また、Guides はより柔軟性をもつ手続きを誘導できるが、しばしば誤った誘導を行う。本研究で我々が扱うページ情報エージェントはそれら異種の 2 つのエージェントとは異なり、ペー

ジ情報を扱うという機能レベルでは同種であり、提示するページ情報が異なるだけである。また、エージェントの組織化の目的も大きく異なる。

Khme は、ユーザモデルに透過性を持たせ、ユーザ自身がそれを修正することも許すというように、ユーザの適応をシステムが支援する、ユーザ中心の適応インタフェースを提案している [Khme 93]。本研究も、複雑なユーザプロファイルやユーザモデルを持たないという点において、ユーザ中心の考えにそうものである。

2. AOAI による検索

2.1 ユーザインタフェース

AOAI のユーザインタフェースであるユーザインタフェースウインドウ UIW を図 2 に示す。このウインドウは、ページ情報エージェント、Web ページ番号アイコン (図 2 の (A))、解体工場アイコン (図 2 の (B))、ゴミ箱アイコン (図 2 の (C))、Exit, NextPage, BackPage ボタン (図 2 の (D)) からなる。Web ページ番号アイコンは、Web ページを表し、マウスカーソルをその上に持っていくと、すべてのページ情報エージェントがその Web ページのページ情報について各自の担当する情報を表示する。なお、この表示方法では、すべての Web ページのページ情報を一覧することができない。しかし、数十以上のエージェントを一度に提示して一覧表示にすると、非常に見にくいものとなるのと、ドラッグ&ドロップによる配置が困難になるなどの理由から、このようなページ毎の表示方法を用いた。

また、Web ページ番号アイコンの横にあるチェック欄は、その Web ページのページ情報がすべて集められた時点でチェックされる。また、後述するように、統合されたエージェントの分解を解体工場アイコンで行い、評価により消滅したエージェントはゴミ箱アイコンに格納されている。Exit, NextPage, BackPage ボタンは、それぞれ検索の終了、次のヒットリストページ、一つ前のヒットリストページの表示を行う。

2.2 全体の手続き

AOAI は、図 3 で示すように、検索エンジンとユーザの間で働く適応インタフェースである。AOAI は、ユーザ

図 2 AOAI の UIW

からクエリを受け取り、それを検索エンジンに渡し、その検索結果であるヒットリストを獲得する。次に、ヒットリスト中に提示された Web ページのオフライン情報とオンライン情報をページ情報エージェントが獲得し、それぞれを提示して、ユーザに評価してもらうという処理を繰り返す。ここで、Web ページのオフライン情報とは、Web ページに関して検索エンジンから得られたヒットリストから得た情報であり、獲得は高速であるが、一般に鮮度が低い [Menczer 99]。これに対し、オンライン情報とは、ページ情報エージェントが実際にそのページを持つ Web サーバに接続して、HTML ファイル、ヘッダ等を獲得して、そこからタグ構造などを参考に抽出した情報であり、鮮度は高いが、ネットワークトラフィックの影響などにより獲得には時間がかかる。この 2 つの情報のどちらがユーザにとって有益かは一概に決まらないため、AOAI では両方を用意している。AOAI の一回の検索手続きの詳細を以下にまとめる。

- (1) AOAI に、検索したいクエリを入力し、その結果のヒットリストを得る。
- (2) ヒットリスト中の Web ページそれぞれについて、各インタフェースエージェントが自分の情報を獲得する。各エージェントは、JAVA のスレッドに割り

当てられ、疑似並列的に実行される。なお、エージェントにより、オンライン情報、またはオフライン情報を調べる。

- (3) ユーザインタフェースウィンドウ (図 2) が提示される。ユーザは、それを基に以下の処理により目標ページを探す。

- a ユーザがページ情報の欲しい Web ページの Web ページ番号上にカーソルを移動させると、そのページのページ情報を各エージェントは吹き出しを使って 1 つずつ提供する。
- b ページ情報エージェントの提示するページ情報を見ながら、適切な Web ページを決定して、その Web ページ番号アイコンをクリックすると、Web ブラウザが開き、そのページが表示される。
- c ユーザは、ブラウザの表示したページを見て、それが目標ページなら、Exit ボタンを押す。目標ページでないなら、3b へ。

- (4) ページ情報エージェントの成長及び組織化が行われ、検索は終了する。

また、ユーザは、(3) の任意のタイミングで、以下を実行可能である。

図 3 AOAI の概要図

図 4 吹き出しを持つページ情報エージェント

- エージェントの評価：ページ情報エージェントを評価できる。ユーザは、ページ選択にとって有用であったエージェントを右クリックすることにより、その評価値を増加させる。また、役に立たなかったエージェントを中クリックすることにより、評価値を減少させる。これらのクリック数に制限はなく、ユーザは好きなタイミングで好きな回数だけクリックしてよい。
- 直接操作によるエージェントの配置：ユーザは、各エージェントをドラッグ&ドロップし、それぞれ提示する情報が見やすいようにエージェントを配置することができる。
- 直接操作によるエージェントの分解と再生：エージェントは統合と分解が可能であるが、その分解は、ユーザが統合されたエージェントを解体工場アイコンにドラッグ&ドロップすることにより実現される。また、ゴミ箱には、評価により消滅したエージェントが格納されており、ユーザはゴミ箱アイコンをダブルクリックで開き、適当なエージェントをゴミ箱外にドラッグ&ドロップすることにより、再生することができる。

3. ページ情報エージェント

AOAI では、複数のページ情報エージェントと呼ばれるプログラムが、ページ情報をユーザに提示する。このページ情報エージェントは、ユーザにシステム側の持っている情報を提示するという意味で、インタフェースエージェント [Maes 94] の一種である。すべてのエージェントは、図 4 のように、その吹き出し中にページ情報を表示する。

さらに、すべてのページ情報を表形式で表示し、使用する属性のオンオフをユーザが選択する方法等では実現できない AOAI の機能として、以下のものが考えられる。

- 列をページ情報、行を Web ページとした表形式では、ページ情報は 1 次元の位置関係として扱われるので、全順序関係で評価される。それに対し、AOAI では、エージェントは、2 次元平面に配置されるため、半順序関係の評価に対応でき、より柔軟な評価が可能である。
- エージェントのキャラクタを表示することにより、ユーザに対し単なる表よりもより注視を促すことが可能である [André 98]。
- 子供から大人に変化するキャラクタ表示により、エージェントの評価が非常に直観的に把握できる。表形式でも、図形の大小、色などにより、評価を表現可能であるが、キャラクタの方がより直観的であり、説明がなくとも解釈が一意に決まる。

初期状態では、一つのエージェントは、一種類のページ情報を吹き出し中に表示し、後に複数のエージェントが一つに統合されるとそれらのエージェントの表示情報がまとめて提示される。AOAI では、以下に示す 12 個のエージェントを用意している。同じ意味のラベルで、“_Now” がついているものは、オンライン情報を意味する。

URL エージェント： オフライン情報である、Web ページの URL を表示する。

Traffic エージェント： オンライン情報である、Web ページのサイトへのネットワーク負荷を表す、“Light”，“Heavy”，“Server down” を表示する。

Title エージェント： オフライン情報のページタイトルを表示する。

Title_Now エージェント： オンライン情報のページタイトルを表示する。

Head エージェント： オフライン情報である、Web ページの最初の数単語を表示する。

Head_Now エージェント： オンラインでページを獲得し、タグを取り除いて最初の数単語を表示する。

Precision エージェント： オフライン情報である、検索エンジンが算出したスコア (%) を表示する。

Size エージェント： オフライン情報である、Web ページの容量を表示する。

Size_Now エージェント： Web ページのヘッダ情報を Web サーバからオンラインで取得し、ページの容量を表示する。ヘッダ情報に容量がない場合は、“UnKnown” を、ヘッダが返ってこない場合は “Not Found” を表示。

LMD_Now エージェント： オンラインでヘッダ情報を取得し、そのページの最終更新日を表示する。Size_Now エージェントと同様に、“UnKnown” と “Not Found” も表示する。

Image_Name エージェント： Web ページが画像フ

図 5 各ランクのキャラクタ

ファイルへのリンクをもつ場合、そのファイル名、属性を表示する。これは、HTML ファイルを解析して得られるオンライン情報である。

Image エージェント： Image_name エージェントの解析結果と URL から画像ファイルをオンラインで取得して表示する。

このようなエージェントの中には、一見あまり重要ではない情報を提示していると思われるかもしれないが、それは本システムにおいては重要な問題ではない。なぜなら、その情報が必要か否かはユーザが判断し、不要なエージェントは消去されていくからである。つまり、システム側はユーザの選択範囲が広がるように十分な種類のエージェントを設計することが重要である。

4. ページ情報エージェントの組織化

4.1 エージェントの属性

ページ情報エージェント A_i は、組織化やそれ自体の振る舞いのために、次のような属性を持っている。

- 成長度 G_i : この値は、エージェント A_i に対するユーザの評価を表し、下式で計算される。いずれの評価回数も、過去 10 回の検索におけるマウスクリック回数である。このように制約することにより、ユーザの興味が変化した場合にも追従可能になる。

$$G_i = (\text{正の評価回数}) - (\text{負の評価値回数})$$

- ランク R_i : エージェントのランクは、成長度 G_i に応じて、*trash*, *mini-baby*, *baby*, *child*, *adult*, *organ*, *embedded* の 7 つの値をとる。各エージェントのランクの初期値は、*baby* であり、ユーザの評価により、*child*, *adult*, *organ* に成長、あるいは、*mini-baby* に衰退し、その後エージェントの統合を繰り返した結果、最終的に一つになったエージェントは UIW に埋め込まれ、そのランクは *embedded* となる。ゴミ箱に捨てられたエージェントのランクが、*trash* である。なお、エージェントは、ランクに対応した図 5 のようなキャラクタを持っている。
- ページ情報 I_i : エージェント A_i が表示する情報のリストである。
- 位置 $P_i(x, y)$: UIW 上でのエージェント A_i の 2 次元座標である。この値は、 A_i と A_j の間の距離 D_{ij} を計算するために使用される。

4.2 個々のエージェントの成長

AOAI は、成長閾値 $\psi_G(R_i, R_j)$ と衰退閾値 $\psi_E(R_j, R_i)$ により組織化を制御する。基本的には、ランク R_i のエージェントの成長度 G が $\psi_G(R_i, R_j)$ 以上になったとき、ランクが一つ上の R_j となり、 $G = 0$ でリセットされる。また、逆に、ランク R_j のエージェントの成長度 G が $\psi_E(R_j, R_i)$ 以下になったとき、そのランクが一つ下の R_i となり、 $G = 0$ でリセットされる。ただし、ランクが *mini-baby* のエージェントの G が $\psi_E(\text{mini-baby}, \text{trash})$ 以下になった場合、そのエージェントはゴミ箱に入れられる。また、埋め込みについては、後述する別処理が行われる。

4.3 ページ情報エージェントの統合

AOAI では、個々のエージェントの成長度と、エージェント間の距離に基づき統合が行われる。これは、近くに配置したエージェント同士は、統合した方が見やすいということをユーザが示唆していると考えられるためである。まず、2 つのエージェント A_i と A_j 間で、下式の条件が調べられる。ここで、 D_{ij} は、 A_i と A_j 間の最近 10 回の検索における距離の平均である。この式は、2 つのエージェント間の距離 D_{ij} が ψ_D より小さく、かつ両方のランクが *organ* であるという意味である。

$$(D_{ij} < \psi_D) \wedge (R_i = \text{organ}) \wedge (R_j = \text{organ})$$

次に、上式の条件が満たされたすべてのエージェントをノードとして、そのペアの間にアークを貼った無向グラフを考える。そして、そのグラフにおける極大連結グラフのノードの集合を一つのグループとしてエージェントの統合を行う。極大クリークでは、完全グラフである必要があり、統合されにくくなるため、より条件の緩い極大連結グラフを用いた。また、極大連結グラフを取り出すために縦型探索を行うが、計算コストは $O(n)$ (n : エージェントの個数) で、その操作は十分に速い。統合が行われた後、エージェント $A_i, \dots, A_j$ が統合された新しいエージェント A_k の I_k と G_k は、それぞれ $I_k = I_i \cup \dots \cup I_j$, $G_k = 0$ となる。

ユーザによる評価が進むにつれて、最終的には 1 つのエージェントに統合されたときに、そのエージェントがもつページ情報はテキストとして、UIW に埋め込まれる。

4.4 実行例

図 6 は、AOAI の初期画面 (図 2) から、各エージェントが成長した画面を示している。図 7 にインタフェースエージェントの統合結果を示す。ここで、図 6 の左下の 3 つのエージェントと右上の 2 つのエージェントは、それぞれランクが *organ* であり、かつ距離が十分近いことから、先の統合の条件を満たし、それぞれが一つのグループに統合され、表示結果にも反映されている。

図 6 各エージェントの成長

図 7 エージェントの統合

このように使用頻度の低いエージェントは消去されていき、使用頻度の高く、距離が近いエージェントどうしは統合される。そしてエージェントが 1 つに組織化された時、図 8 のように埋め込みが行われる。ここでは、5 つのエージェントが 1 つに統合され、ヒットリストにそれらの表示するページ情報が埋め込まれた状態である。

図 8 最終埋め込み画面

5. 評価実験

AOAI がページ情報エージェントを組織化することの価値を示し、また検索エンジンとの比較実験を行うことにより、本システムの有効性を示すため、被験者による 3 つの実験を行った。実験 1 では、被験者に AOAI を自由に使用してもらい、ユーザによって適切なページ情報が異なることを示す。実験 2 では、検索キーワード分野の変化に対して、AOAI がどのように追従するかを調べる。最後に、実験 3 では、本システムと従来の検索エンジンとの比較実験することで、本システムの優位性を示す。

以下のすべての実験における被験者は、理工系大学院の教員 1 名と修士課程の学生であり、事前に実験の目的等の実験結果に支障をきたすことは伝えていない。ただし、“XX_Now” と表示のあるのは、オンライン情報であること、そしてオンライン情報の意味は被験者に事前に伝えた。また、AOAI が使う検索エンジンは、大規模なものとしては比較的レスポンスのよい Infoseek を用いた。なお、全実験を通して、成長閾値は、 $\psi_G(\text{mini-baby}, \text{baby}) = 1$, $\psi_G(\text{baby}, \text{child}) = 5$, $\psi_G(\text{child}, \text{adult}) = 10$, $\psi_G(\text{adult}, \text{organ}) = 15$, 衰退閾値は、 $\psi_E(\text{organ}, \text{adult}) = -15$, $\psi_E(\text{adult}, \text{child}) = -10$, $\psi_E(\text{child}, \text{baby}) = -5$, $\psi_E(\text{baby}, \text{mini-baby}) = -1$, $\psi_E(\text{mini-baby}, \text{trash}) = -5$, そして、エージェント間距離の閾値は、 $\psi_D = 200(\text{pixel})$ と設定した。UIW の大きさは、 $1000(\text{pixel}) \times 780(\text{pixel})$ である。

5.1 実験 1：ページ情報のユーザ依存性

もし適切なページ情報がどのユーザでも同じであるなら、そのページ情報を事前に調べてインタフェースを設計すればよく、AOAI のようにユーザやタスクに対し適応的にインタフェースを構築する必要はない。そこで、実験 1 として、適切なページ情報がユーザに依存するかどうかを調べた。具体的には、9 名の被験者に、エージェントが埋め込み状態になるまで、自由に AOAI を使ってもらい、埋め込まれたエージェントを調べた。

埋め込み状態まで残ったエージェントを、表 1 に示す。埋め込み状態までの平均検索回数とその標準偏差は、9.0 回と 3.4 回であった。また、1 検索あたりの平均時間とその標準偏差は、165 秒と 92 秒であった。また、埋め込まれたエージェントの累積を図 9 に示す。

それぞれの実験結果におけるエージェントの記号は、それぞれ URL: URL エージェント, Tr: Traffic エージェント, T1: Title エージェント, T2: Title_Now エージェント, H1: Head エージェント, H2: Head_Now エージェント, S1: Size エージェント, S2: Size_Now エージェント, Pr: Precision エージェント, LMD: LMD_Now エージェント, I1: Image_Name エージェント, I2: Image エージェントを表している。

表 1 から、Web ページ検索において必要としている情

表 1 実験 1 の結果

被験者	埋め込まれたエージェント
A	URL, Tr, T1, H2, LMD, I2
B	URL, T1, H1, Pr, LMD, I2
C	Tr, T1, T2, LMD, I1, I2
D	URL, T2, H2, Pr, I2
E	Tr, T2, H2, Pr, I2
F	URL, T1, T2, H1, H2, I2
G	T1, T2, H1, H2
H	URL, Tr, T1, T2, H1, LMD, I1, I2
I	URL, T1, T2, Pr, I2

図 9 埋め込まれたエージェントの累積

報はユーザによって大きな違いがあることがわかる。また、図 9 から、すべてのユーザが必要とするページ情報は、1 つもなかったことがわかった。特に、ほとんどの検索エンジンがヒットリストに提示しているページ情報であるファイル容量を表示する Size, Size.Now エージェントに関しては、今回のすべての被験者が必要としていないことは注目に値する。

また、オンラインとオフラインの両方があるページ情報 Title, Head, Size について、どちらの情報も埋め込みまで残ったを調べた。その結果は、オンライン情報が 21, オフライン情報が 13 であり、表示に時間を要するにも関わらず、オンライン情報が多く使われていることがわかる。

以上の実験 1 の結果から、ユーザに応じて提示するページ情報を選択することは、有効であると考えられる。

5.2 実験 2 : クエリ分野の変化

本実験では、クエリが属する分野 (クエリ分野) が変化した場合に、ユーザは、AOAI を通して適切なページ情報を適応的に追従させることができることを確認する。4 つのクエリ分野から 1 人 3 分野ずつ選択して、実験 1 のテキスト埋め込み状態から始めて、自由な順序で各クエリ分野の検索をしてもらう。分野が変化した際に、ゴミ箱の中に必要なエージェントがあればそれを取り出し、

図 10 実験 2 の典型例

再度埋め込み画面になると 1 分野の終了とし、次のクエリ分野に移る。また、数回検索を行った後、ゴミ箱中に必要なエージェントがないと試験者が判断した場合も、そのクエリ分野は終了とする。4 つのクエリ分野として、以下のものを用意した。

- Program : プログラミングテクニック関係分野
- Paper : 文献関係分野
- Present : 懸賞関係分野
- Image : 画像関係分野

被験者 4 名で、合計 12 のクエリ分野の変更を行った結果、11 のクエリ分野変更に対して、埋め込み状態からゴミ箱中のエージェントの再生、さらに再埋め込みという状態遷移が見られ、ユーザが AOAI を通して、クエリ分野の変化に対して適切なページ情報を適応的に追従させていることが確認された。また、クエリ分野が変化した際に、埋め込み状態が解消され次の埋め込み状態になるまでの平均検索回数は 6.6 回であった。典型的な結果を、図 10 に示す。クエリ分野の変化に伴い、インタフェースエージェントが再組織化されていることがわかる。

なお、本実験の結果において、同じクエリ分野で使われるエージェントが、必ずしもユーザ間で共通しているわけではない。この実験結果で我々が主張したいことは、「ユーザの検索意図が変化したときに、ユーザがエージェントを操作することにより、その変化に対応できる枠組みを AOAI は提供できる」ことである。よって、埋め込まれるエージェントに共通性がないことは、我々の主張を否定するものではない。

5.3 実験 3 : 検索エンジンとの比較

AOAI の埋め込み状態と検索エンジンの検索性能を比較評価する。比較対象の検索エンジンは、主要な検索エンジンの一つであり、AOAI でも使われている Infoseek を用いた。被験者は、実験 2 の 4 つのクエリ分野の中から 1 つを選択し、その分野に即したクエリを被験者が選んで検索を行う。AOAI は、その分野で埋め込み状態に

表 2 1 試行あたりの平均時間 [sec] と実際に調べたページ数

分野	平均時間 [sec]		調べたページ数	
	AOAI	Infoseek	AOAI	Infoseek
program	261	475	4.4	13.4
paper	219	330	2.6	11.8
present	551	546	5.9	5.5
image	207	381	1.7	9.8
全体	298	411	3.4	9.1

なったヒットリストを用いて実験を行う。また、インタフェースの効果を評価したいので、Web ページのリンクはたどらないとする。そして、適合する Web ページを一つ見つけるまでを 1 試行とし、クエリを変えて計 4 試行ずつ実験をする。

被験者 9 名で、その内 program, paper, present の分野において 2 人ずつ、image には 3 人の被験者で実験を行った。実験結果として、AOAI と検索エンジンの 1 試行あたりの平均時間と、実際に調べられた Web ページ数の平均を表 2 に示す。

表 2 から、1 試行あたりの平均時間は、AOAI の方が短い。しかし、 t -検定（危険率 5%）を行った結果、有意差はなかった。しかし、調べたページ数については、クエリ分野全体の平均で、AOAI の方が半分以下になっており、この差は t -検定（危険率 5%）で有意であった。ユーザにとって、ヒットリスト中の Web ページを実際に取ってきて、それが求めるページであるかを調べる作業は、大きな負荷となるため、時間が検索エンジンとほぼ同じで、かつ調べるページ数は検索エンジンの半分以下である AOAI は、検索エンジンよりも優れていると言える。

ただし、この実験は、クエリ分野に依存した評価である。つまり、あるクエリ分野で得られた埋め込み状態は、そのクエリ分野においては、検索エンジンよりも調べるページ数が少なくすむということであり、クエリ分野に依存せずに一般的に有効な埋め込み状態が得られたわけではない。このことは、先の実験 2 からわかるように、AOAI がクエリ分野に依存したインタフェースを構成することから、当然の結果と考えられる。

6. ま と め

本論文では、検索エンジンのヒットリストにおけるページ情報を表示するマルチページ情報エージェントを、ユーザが評価し、また直接操作により適切に配置することにより、徐々にエージェントの統合が行われ、最終的にはユーザにとって適切なページ情報のみを表示するヒットリストを構成できる適応インタフェース AOAI を提案した。また、被験者による実験を行い、ユーザによって、あるはタスクによって、適切なページ情報が異なること、AOAI によりページ情報の埋め込まれたヒットリストと検索エンジンの比較実験により、AOAI の優位性を示した。

謝 辞

本研究は、日本学術振興会 未来開拓学術研究推進事業 研究プロジェクト「生物的適応システム」の支援のもとに行なわれました。記して、感謝いたします。

◇ 参 考 文 献 ◇

- [André 98] André, E., Rist, T., and Müller, J.: Guiding The User Through Dynamically Generated Hypermedia Presentations with a Life-Like Character, in *1998 International Conference on Intelligent User Interfaces*, pp. 21–28 (1998).
- [Cypher 91] Cypher, A.: Eager: Programming Repetitive Tasks By Example, in *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 33–39 (1991).
- [Dryer 97] Dryer, D. C.: Wizards, guides, and beyond: rational and empirical methods for selecting optimal intelligent user interface agents, in *Proceedings of the 1997 International Conference on Intelligent User Interfaces*, pp. 265–268 (1997).
- [Joachims 97] Joachims, T., Freitag, D., and Mitchell, T.: WebWatcher: A Tour Guide for the World Wide Web, in *Proceedings of the Fifteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pp. 770–775 (1997).
- [Khme 93] Khme, T.: A user-centered approach to adaptive interfaces, in *Proceedings of the International Workshop on Intelligent User Interfaces*, pp. 243–245 (1993).
- [Lieberman 95] Lieberman, H.: Letizia: A agent that assists Web Browsing, in *Proceedings of the Fourteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pp. 924–929 (1995).
- [Maes 94] Maes, P.: Agents that Reduce Work and Information Overload, *Communications of the ACM*, Vol. 37, No. 7, pp. 30–40 (1994).
- [Masui 94] Masui, T. and Nakayama, K.: Repeat and Predict – Two Keys to Efficient Text Editing, in *Proceedings of the ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'94)*, pp. 118–123 (1994).
- [Menczer 99] Menczer, F. and Monge, A. E.: Scalable Web Search by Adaptive Online Agents: An InforSpiders Case Study, in *Intelligent Information Agents*, pp. 323–347, Springer (1999).
- [Norcio 89] Norcio, A. F. and Stanley, J.: Adaptive Human-Computer Interfaces: A Literature Survey and Perspective, *IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. 19, No. 2, pp. 399–408 (1989).
- [Pandit 97] Pandit, M. S. and Kalbag, S.: The Slection Recognition Agent: Instant Access to Relevant Information and Operations, in *Proceedings of the 1997 International Conference on Intelligent User Interfaces*, pp. 47–52 (1997).
- [Thomas 93] Thomas, C. G. and Krogster, M.: An adaptive environment for the user interface of Excel, in *Proceedings of the International Workshop on Intelligent User Interfaces*, pp. 123–130 (1993).

〔担当委員：國藤 進〕

2000 年 3 月 27 日 受理

著 者 紹 介

山田 誠二(正会員)

1984 年大阪大学基礎工学部卒業．1989 年同大学院博士課程修了．博士（工学）．同年大阪大学基礎工学部助手．1991 年同大学産業科学研究所講師．1996 年東京工業大学大学院総合理工学研究科助教授，現在にいたる．人工知能，特に，Web での情報収集，ロボット学習に興味をもつ．情報処理学会，日本ロボット学会，電子情報通信学会，AAAI, IEEE, ACM 各会員．

村瀬 文彦(学生会員)

1998 年東京工業大学工学部制御システム工学科卒業．2000 年同大学大学院総合理工学研究科修士課程在修了．現在，（株）デンソーに勤務．