

エージェントとの対話によってユーザの操作を支援する VoiceWeb システム

大宮 広義[†] 荒木 雅弘^{††}

[†] 京都工芸繊維大学院工芸科学研究科 〒606-8585 京都府京都市左京区御所海道町
E-mail: †ohmiya@vox.dj.kit.ac.jp, ††araki@dj.kit.ac.jp

あらまし 音声対話システムは残念ながら広くは普及していない。その原因として、音声対話システムのふるまいがわかりにくいということ、また非常に用途が限られていることが挙げられる。本研究では、エージェントの存在感を利用し、ユーザの嗜好の学習や操作補助を行うことで音声対話システムのわかりにくさを解消する。また、オンラインの情報を広く利用できるような汎用性を音声対話システムに持たせるような枠組みを提案する。本稿では、それらの提案手法の有効性を検証する。

キーワード VoiceWeb, 音声対話システム, エージェント, ユーザ支援

VoiceWeb System Supporting User's Operation through Interaction with Agent

Hiroyoshi OHMIYA[†] and Masahiro ARAKI^{††}

[†] Kyoto Institute of Technology Hashigami, Sakyo-Ku, Kyoto 606-8585 Japan
E-mail: †ohmiya@vox.dj.kit.ac.jp, ††araki@dj.kit.ac.jp

Abstract Voice Interactive Systems are not so widely used. We suppose the main reasons are: User cannot expect the next response of system, and Voice Interactive Systems are developed for very narrow purpose. In this paper, we propose a system that supports user's operation and learns user's preference through interaction with agent, and a framework that might spread the purpose of Voice Interactive Systems. We also verify the validity of the proposed method.

Key words VoiceWeb, Voice Interactive System, Agent, User Support

1. はじめに

現在に至るまで、音声対話システムに関する研究がなされ、数々の音声対話システムが開発されてきた。ユーザがシステムと音声で対話をするだけで、ユーザの目的が達成されれば、キーボードやマウス操作、あるいはコンピュータ自体に不慣れたユーザでもコンピュータやオンラインの情報を簡単に利用できる可能性がある。しかしながら、昨今の研究成果とは裏腹に音声対話システムは普及していない。その理由として、本稿では2つの原因があると考えられる。

まず1つ目は、音声対話システムのふるまいがわかりにくいことである。既存の音声対話システムでは我々が普段話しているような自由な発話が可能であるわけではなく、ある決まった発話方法、いわゆる発話文法に従った発話をする必要がある。そのシステムに精通したユーザでない限り、システムを目の前にして何をどう発話すべきかわからない。また、対話を進めて

いくにつれてユーザが意図しない方向へ処理が進んでいくこともあり、ユーザにとっては先が読めず、システムのふるまいが理解しにくい。このように、本来コンピュータの操作に不慣れたユーザを助けるべきであるシステム自体がわかりにくいものになってしまっている。以後、本稿ではこのことを「音声対話システムのわかりにくさ」と呼ぶ。

次に2つ目は、音声対話システムの用途が非常に限られていることである。音声対話システムはデータベースの情報を利用する等に利用されている。しかし、知識源がデータベースによるため、用途が非常に限られてしまっている。例えば、観光案内を行うシステム[1]などもあるが、これは公共施設に設置しておき、観光客などが音声で気軽に情報を検索できることをねらったものだ。しかしながら、今後音声対話システムが広く普及していくには、知識源を限定するのではなく、インターネット上の情報に知識源を広げ、実用性を持たせる必要がある。例えば、ニュースを読んだり、ショッピングが行えたり、あるい

は新幹線のチケット予約ができたりといった具合だ。しかしながら、現在のところ、インターネット上の情報に広くアクセスできる音声対話システムはあまり見当たらない。

少なくとも以上の問題が解決されない限り、今後も音声対話システムは普及しないと考えられる。本稿は、上記の問題を解決すべく、エージェントを用いて音声対話システムのわかりにくさを解消し、また用途を広げるような汎用性を音声対話システム (VoiceWeb) に持たせる枠組みを提案する。

2. エージェントによる音声対話システムのわかりにくさの解消

2.1 エージェントという存在感の利用

コンピュータの操作に不慣れなユーザが、誰の力も借りずにインターネット上の情報を利用することは非常に困難なことであり、操作に困った際にユーザに適切なアドバイスやガイドを行い、ユーザの操作を支援するような機構が必要となる。音声対話システムの場合、音声によるガイドを行ったり、ガイドする内容が書かれたページをユーザに提示することでユーザを支援するものがある。しかしながら、これらの手法はユーザ支援という点に関しては少し弱い。なぜなら、音声のみでは視覚的な情報がないためユーザを適切にガイドしきれない恐れがあり、音声とページの両方を利用したとしても、システムと対話しているという感覚がユーザにとって希薄となってしまう。そこでもう一つの解決法としてエージェントがある。エージェントを音声対話システムに利用し、ユーザがシステムと対話するのを助けることの有効性は確かめられている [2], [3]。エージェントの持つ存在感によって、ユーザはシステムと対話しているという感覚が得られ、スムーズな対話が可能である。本研究でエージェントは、ユーザ-システム間の対話を助けたり、ユーザの操作を補助することでユーザを支援する。また、ユーザにとって実用的となるようユーザの嗜好を学習する。以上のようなエージェントを用いることで音声対話システムのわかりにくさを解消していく。

2.2 ユーザ操作の補助

ユーザの操作の補助として以下のように3種類ある。

(1) ユーザが利用する Web サイトに関して利用の仕方やコンテンツについてガイドを行う

(2) 情報入力を行う発話について、どのように発話すればいいのかアドバイスする

(3) ユーザの個人情報に詳しく、過去に入力した値を用いて入力フォームを自動的に埋めてくれる

1 番目と 2 番目の補助を行うためには、ユーザが利用する Web サイトに関して、3 番目の補助を行うためにはユーザの個人情報に精通している必要がある。

1 番目と 2 番目の補助を行うため、次章で詳しく述べるシステムではサイトマップファイルを利用する。サイトマップファイルには Web サイトの構造と流れ、各ページに応じてエージェントがすべきアクションが書かれており、サーバ上に置かれる。エージェントは Web サイトをガイドする際に、該当サイトに応じたサイトマップファイルを読み込むことでショッピングサ

イトの構造とアクションを読み込む。読み込んだアクションに従い、ユーザが利用する際に埋めるべきフォームがあればそれらを埋めるような対話を開始する。また、埋める際にどのように発話すればいいか、つまり発話文法に関するアドバイスもを行い、ユーザの発話を助ける。

また、3 番目の補助を行うためエージェントは、ユーザが一度購入の際に個人情報を埋めた時点で、その情報を保持しておく、次回から個人情報を自動的に埋めてくれる役割をする。それにより、購入の際に必要な個人情報を毎回音声入力する必要はない。

2.3 ユーザの嗜好の学習

2.3.1 学習の目的

近年、ニュースや音楽など様々なコンテンツが提供されているが、膨大な量のコンテンツの中からユーザが自分の嗜好に合ったコンテンツを獲得することは困難になりつつある。このような状況を解決するための一つのアプローチとして推薦システムが開発されている [4]。これは、ユーザの嗜好に応じて情報をフィルタリングし、ユーザの関心のあるものを提示したり、優先度を与えたりするものである。音声対話システムに関わらず、実用性を高めるにはユーザが自身の関心のある情報を簡単に獲得できることが望ましい。本研究でエージェントは、ユーザの嗜好を学習し、ユーザの関心のありそうな情報を優先的に提示するだけでなく、学習結果を音声対話に反映する。

例えば、本システムではインターネット上に公開されている RSS をもとにしたニュースの一覧が利用できる。その際、ユーザが記事を利用していくにつれてエージェントはユーザの嗜好を学習する。学習した嗜好をもとに、ユーザの関心のありそうな記事を優先的に一覧の上位に提示する。また、ショッピング等でもユーザの嗜好を学習し、ユーザが好みそうなサービスを勧めたりする。

2.3.2 学習の具体的な手法

エージェントがユーザの嗜好を学習し対話に反映するためには、エージェントの持つ知識表現と推薦機構が必要となる。

ユーザの嗜好を学習し、推薦する手法として、決定木を用いて帰納学習を行い、プレファレンス値を用いてランク付けするもの [5] や、TextExtractor [6] がある。前者は決定木を用いてユーザの好みかどうかを判別し、コンテンツに設定されたプレファレンス値をもとにランク付けをするものであるが、ユーザが明示的に好きか嫌いかの評価を行い、それをもとに決定木とプレファレンス値を設定するため、推薦の質はユーザが評価した個数に依存する。推薦の質を高めるためにはユーザに負担のかかるものになってしまう。後者は、ユーザの明示的な評価と暗黙的評価を組み合わせ用いており、ユーザ負担の軽いものとなっている。しかし、ユーザの好みの変化に柔軟に対応できていないという問題がある。以上を踏まえた上で、本研究ではユーザ嗜好の学習を行い、学習結果をもとにユーザの好みを予測して推薦し、またユーザの好みの変化に柔軟に対応するような枠組みを提案する。

2.3.3 知識表現としての OWL

まず、知識表現としてオントロジー記述言語 OWL [7] を用

いる。近年、インターネットのメタ情報を、よりコンピュータが扱いやすい形式で整理し、そのデータベース内の知識を抽出して構造化するというセマンティック Web が普及しつつある。そのセマンティック Web の基本的な技術である OWL と RDF の特徴を生かし、ユーザが利用する単語を構造化して記憶する。RDF は、メタ情報を記述する XML 形式の言語であり、個々のデータをメタ情報として記述できる。一方、OWL は XML 形式のオントロジー言語であり、RDF で書かれたメタ情報の二項間の関係を記述できる。これらを応用することにより、「サッカーは球技であり、スポーツのカテゴリに含まれる」といった関係を記述できる。また、メタ情報を元に記述された世界の中で推論も行うことができる。推論機構を利用することにより、未知単語がどのカテゴリに属するかを推測し、単語を個データとするデータ構造を構成してゆく。例えば、「ユーロ 2004」や「アジアカップ」という単語が「サッカー」に関連が強いと推論され、「サッカー」の子ノードとして追加される。

AI のモデリングの際、内部の知識表現として OWL を利用することは有効であるといえる [8]。本システムでは、ノードを単語として持つ OWL ツリーを形成し、あらかじめ上位概念を組み込みで用意しておく。その OWL ツリーにユーザが関心のある単語を OWL が本来持っている推論機構を用いて自動的に追加していく。

2.3.4 推薦機構としてのペジアンネットワーク

推薦機構としてペジアンネットワークを利用する。ペジアンネットワークを利用して、顧客をプロファイリングする研究もされ、今後の取引を期待できる顧客かどうかを確率的に判別する手法もある [9]。本研究ではペジアンネットワークを OWL ツリーと組み合わせることで、推薦機構として利用するアプローチを試みる。

形成した OWL ツリーに含まれる単語をもとにペジアンネットワークを形成し、確率テーブルは以下の要素によって学習させる。

- ユーザの最近の利用履歴
- ニュースの日付
- ユーザによる単語の明示的な登録

ニュース記事の場合、ユーザの最近の利用履歴をもとに好みを判断した方がよいと考える。なぜならば、ユーザの好みはいつ変化するかわからないからである。好みの変化に柔軟に対応するために、最近参照した情報である程好みである確率を高く設定する。また、一定期間参照されなければ、確率を低く設定する。これにより、随分前の好みは最近の好みと同じレベルで推薦されるのを防ぐことができる。

また、利用履歴だけでなく関心のある情報でも最新のニュースである程関心がある可能性が高いと考えられる。また、普段は好みでなくても一般的に最新ニュースには関心が高いと考えられる。

さらに、ユーザが単語を明示的に登録することもでき、明示的に登録したものは興味のある確率も高く設定する。そもそも好みの単語の登録には、明示的手法と暗黙的手法がある [6]。本研究では、キーボード、マウス、および音声を用いるためマル

チモーダルな環境を提供している。マルチモーダルな環境では、キーボード、マウス、音声を同意のモーダルとして扱うのが一般的であるが、本研究では音声を特別なモードとして扱い、明示的な嗜好の登録手段として利用する。音声入力された単語にある程度の高い確率を与えて、ユーザの好みとして登録する。一方で、マウスでクリックされたニュース記事に関しては、暗黙的な登録手段として扱い、記事のタイトルに含まれる単語を音声入力されたものよりも低い確率を与えて登録する。

以上のように、ペジアンネットワークを学習させることで、ユーザの好みを確率的に判断し、確率の高さによって好みをランク付けする。ユーザの好みである確率が高いほどエージェントは優先的にユーザに対し推薦を行う。

3. 用途を広げるための汎用性を持たせた音声対話システム

3.1 一般的な VoiceWeb システムについて

本研究で提案する音声対話システムは、音声のみの対話システムではなく、Web ブラウザをベースにしたシステムである。このような音声対話システムを VoiceWeb システムと呼ぶ。Web ブラウザをベースにすることにより、ユーザが普段インターネット上の情報を利用する環境に音声インタフェースが追加されるだけの形となり、ユーザは音声インタフェースを気軽に利用でき、音声インタフェースを利用する機会が増えたと期待できる。例えば、甘粕ら [10] によるシステムがある。また、Web ブラウザをベースにするとインターネット上の情報をそのまま利用できるため実用性も高い。しかしながら現在、様々な VoiceWeb システムが提案されているが、どれも知識源のある特定のデータベースに依存しているため、限定された用途にしか利用されていない。音声対話システムがより普及していくためには、ユーザが手軽に音声インタフェースを利用できるだけでは不十分で、システムの知識源をインターネット上へ広げて汎用化し、実用性を持たせる必要がある。本研究では、音声対話システムに汎用性を持たせる枠組みを提案する。

3.2 汎用性を持たせる枠組み

本システムでは、音声対話システムの知識源として実用性を考慮し、インターネット上のショッピングサイトや新幹線のチケット予約サイト等を利用する。ユーザが購買を完了するためにシステム、つまりエージェントがサイトの構造を知っている必要がある。本システムでは、サーバ上にサイトの構造と購買の流れを記述した XML 形式のファイルを用意する。このファイルをサイトマップファイルと呼ぶ。また、サイトマップファイルにはエージェントがサイトの構造に応じてユーザをガイドできるよう、エージェントの発話内容などのアクションも記述できる。エージェントが、サーバ上にあるサイトマップファイルを読み込むことによりユーザに購買の手順をアドバイスしたり、今どこをガイドしているのかといったポジションを理解しておける。また、ユーザはエージェントと対話をしていくだけで Web サイトが利用でき、様々な Web サイトを音声で利用できるようになる。以上のようなサイトマップを各 Web サイトに適用することで、音声対話システムに汎用性を持たせる枠組

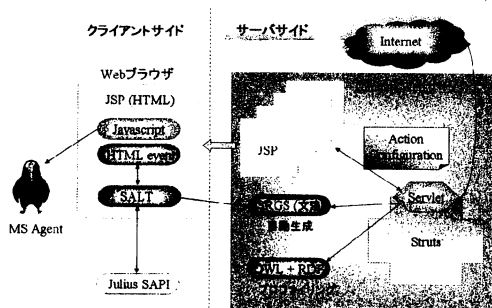


図 1 VoiceWeb システム「OHM」の全体図
Fig. 1 VoiceWeb System "OHM"

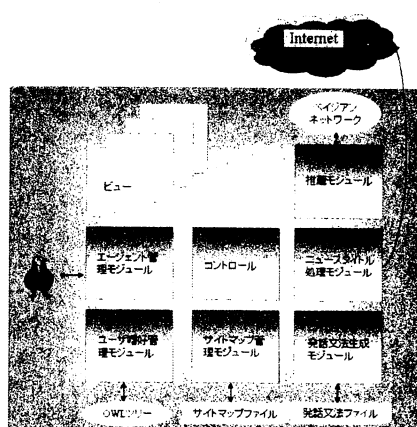


図 2 VoiceWeb システム「OHM」の詳細
Fig. 2 The structure of VoiceWeb System "OHM"

みを提案する。

3.3 サイトマップファイル

本節ではサイトマップファイルの記述方法について具体的に述べる。

サイトマップは、ページ毎の情報とサイトの構造を記述した XML 形式のファイルであり、サーバ上に置く。ショッピングサイト内のページ毎につきそれぞれ 1 つのオブジェクトとして記述し、オブジェクト内には以下の要素を記述できる。

- ユーザが埋めるべきフォーム
- エージェントのアクション (発話、動作、バルーン表示等)
- ページの遷移先 (正常、エラーの場合の両方)

ページ毎にユーザが埋めるべきフォームがあればそれを記述でき、エージェントはユーザに必要なフォームを埋めるように順を追って音声によりガイドを行う。また、適宜バルーン表示によりガイドすることもできる。

フォームをすべて正常に埋め終わった状態の場合と、エラーの場合のページ遷移先を記述でき、正常状態であれば次のページへ進み購買を継続させ、エラーの場合は適切なガイドをし、ユーザに操作や発話を促す。正常な場合の遷移先はページ遷移の情報が記述できるため、購買の流れをエージェントがモニタリングし、すべての工程が完了すればユーザは購買を完了できている。また、ユーザに許す発話文法へのパスを記述でき、エージェントがユーザに対してどのように発話すればよいかをガイドする。

サイトの構造はページ毎のオブジェクトをツリー構造として記述する。XML 形式だと、入れ子になった構造の記述が容易であることを利用できる。これにより、エージェントはサイトのどの位置をガイドしているのかをモニタリングでき、ユーザのリクエストによって任意のページに遷移することも可能となる。

4. VoiceWeb システム「OHM」

4.1 システム概要

本章では、我々が実装する VoiceWeb システムの全体的な概要について述べる。図 1 に全体図を示す。

本システムにアクセスすると、ユーザが行えるメニューの書かれたトップページが見え、エージェントが現れる。ニュー

ス、ピザの注文、新幹線の予約等のわかりやすいメニューがあり、エージェントに対して行いたいメニューを発話するか、メニューをクリックすることで情報が利用できるようになっている。ユーザは発話ボタンを押すことによってシステムに対して発話可能となり、システムの応答はエージェントを介して行われる。したがって、ユーザはエージェントと対話しながらシステムを利用する感じとなる。キーボードやマウスによる操作もできるが、エージェントがユーザをガイドしてくれるため音声のみでサービスを利用することが可能だ。また、ニュースサイトを利用する際、ニュースタイトルに含まれる単語を発話することで、その単語を好みとして明示的に登録することもできる。

サーバは Struts と JSP により構築し、音声インタフェースには SALT を利用する。サーバはサイトマップファイルに従って HTML と SALT、SRGS 形式の発話文法ファイルを生成する。音声認識エンジンは Julius SAPI を使用しクライアント上で動作し、音声合成などシステムの応答はすべてエージェントを介して行われる。また、ユーザとの対話で獲得したユーザの嗜好はサーバ上に OWL ツリーとして保持し、ニュース記事のタイトル一覧をユーザに提示する際には、OWL ツリーと内部のペイジアンネットワークによりタイトルのソートを行う。

4.2 システムの詳細

システムの制御部はすべてサーバサイドにあり、クライアントには Julius SAPI および SALT プラグイン、MS-Agent のインストールのみでよい。

一方でサーバ上のシステムは以下のモジュールに分かれている。詳細図を図 2 に示す。

- ビュー
- コントロール
- 発話文法生成モジュール
- エージェント管理モジュール
- ニュースタイトル処理モジュール

- ユーザ嗜好管理モジュール
- 推薦モジュール
- サイトマップ管理モジュール

以下、各モジュールについての詳細を説明していく。

4.2.1 ビュー

ユーザがシステムと直に接する部分であり、ユーザが利用したいサイトに音声インタフェースを付加したページを出力する。出力は、HTML, Javascript, SALT である。HTML によりサイトのページをそのまま出力する。Javascript により、エージェントに発話を行わせたり、アクションをさせるといったエージェント制御を行う。また、SALT によりユーザからの音声入力を受け付けるための音声インタフェースを提供し、ページの HTML に埋め込む形で出力する。

4.2.2 発話文法生成モジュール

ページにあるフォームを埋めるために必要な発話文法や、ニュースサイトのニュースタイトルに含まれる単語を受け付けるために発話可能な単語リストを SRGS 形式のファイルで出力する。発話文法はサイトのフォームに応じて生成され、またニュースタイトルの単語は後述するニュースタイトル処理モジュールで得られた単語リストをもとに生成する。また、発話文法ファイルには、エージェントがユーザに発話文法の例を提示できるように、発話例も発話文法にしたがって自動的に生成される。

4.2.3 エージェント管理モジュール

本モジュールにより、サイトマップファイルを読み込み、エージェントの発話、動作、ハルーン表示などのアクションを生成する。読み込んだアクションをもとに Javascript の記述に変換し、ユーザが利用するページ内に埋めこめるようビューに渡す。システムがユーザに対して行うガイドや応答はエージェントを通して行われるため、システムの応答をエージェントに渡す橋渡しの処理を行う。また、サイトマップファイルに記述されたエージェントのアクションを読み込むと、アクションの内容をメモリ上に保持しておく。

4.2.4 ニュースタイトル処理モジュール

本モジュールは、インターネット上に公開されている RSS 形式のニュースタイトルを取得しタイトル一覧を生成する。また、タイトルに含まれている単語を茶筌により形態素解析した後、名詞のみを取り出し単語リストを生成する。

4.2.5 ユーザ嗜好管理モジュール

ユーザの好みとして明示的に登録された単語や、ユーザがクリックしたリンクに含まれる単語、またユーザがショッピング等を行った際に利用した商品名などを OWL ツリーに追加する。各単語は RDF により記述し、属性も同時に付加する。OWL ツリーへの追加には Java により実装されている Jena を利用している。また、後述する推薦モジュールがニュースタイトルなどのソートを、OWL ツリーに含まれる単語をもとに行うため、ユーザが好みとする単語のリストも同時に保持している。

4.2.6 推薦モジュール

ユーザに対してユーザが好みそうなサービスを提示するために、ユーザが本当に好みかどうかを確率的に評価する必要

がある。前述のように、評価にはベイジアンネットワークを用いる。ベイジアンネットワークの実装には、Java のライブラリとして提供されている Weka の API を利用している。ユーザ嗜好管理モジュール内の OWL ツリーに含まれる単語をベイジアンネットワークのノードとして保持し、確率テーブルは前述のとおり、「ユーザの最近の利用履歴」、「ニュースの日付」、「ユーザによる単語の明示的な登録」により学習させる。また、一度学習させた後は、ユーザの利用に応じてさらに学習をし、確率テーブルの変更を行ったり、OWL ツリーの変更に応じてノードを追加、削除をするなどベイジアンネットワークの管理を行う。

さらに、ニュースタイトルであれば、タイトルに含まれる単語の個数や種類に応じてユーザのプレファレンス値を確率的に算出し、タイトル一覧のソートも行う。前述のニュースタイトル処理モジュールからタイトル一覧が渡されると、タイトルのソートを行い、ビューへ返す。

4.2.7 サイトマップ管理モジュール

サイトマップファイルを読み込み、サイトの構造やページ単位の情報をメモリ上に保持する。ユーザが利用する状況に応じて、ユーザがサイトのどの位置を参照しているかといったポインタを持ち、ユーザの利用位置をモニタリングする。また、ページ単位のオブジェクト内に記述されたページの遷移先の情報により、システムが次にどのページに遷移すればよいかを保持しておき、後述するコントロールから参照できるようにする。

4.2.8 コントロール

コントロール部は、以上のすべてのモジュールの統括を行う。主に、モジュール間のデータの受け渡しと制御を行う。

5. まとめと今後の課題

本稿では、音声対話システムが広くは普及していない問題を 2 つ挙げた。1 つ目は、音声対話システムのふるまいがわかりにくいということ、2 つ目にシステムの用途が非常に限られていることである。我々が実装を行ったシステムでは、エージェントの存在感を利用し、ユーザの嗜好の学習や操作補助を行うことで音声対話システムのわかりにくさを解消している。また、オンラインの情報を広く利用できるような汎用性を音声対話システムに持たせるような枠組みを提案した。

しかしながら、提案する VoiceWeb システムには未だ下記の点が課題として残っている。

5.1 サイトマップファイルの自動生成

サイトマップファイルはすべて組み込みで用意している。本研究では、音声対話システムに汎用性を持たせる枠組みを提案しているが、インターネット上の任意のショッピングサイト等のサイトの構造や購買の流れをサイトマップファイルに記述するには手間がかかりすぎる。しかし、インターネット上での購買完了までにかかるステップ数は、複数商品の追加は同じループだと考えると、高々 10 ステップもいかない。サイトすべての構造を網羅するのは現実的ではないが、購買にかかる範囲でサイトマップファイルを生成するのは現実的だと考えられる。音声対話システムにより汎用性を持たせ、なおかつ開発にかかる

負担を軽減するためにも、より簡単にサイトマップを生成する仕組みを考える必要がある。

5.2 OWL ツリーの上位概念の自動的な分類

OWL ツリーによりユーザの嗜好を知識として持っているが、上位概念は組み込みで用意している。これでは、今後単語が増えてきた場合に正確なカテゴリ分けができなくなってしまう。自動的にカテゴリを形成させたり、単語の属性を識別する仕組みを考える必要がある。

文 献

- [1] 傳田 明弘, 伊藤 敏彦, 中川 聖一: マルチモーダルインタフェースを備えた観光案内対話システム, 情報処理学会 研究報告 vol.1996 no.074
- [2] 李 晃伸, 山田 真土, 西村 竜一, 鹿野 清宏: 公共音声情報案内システム「たけまるくん」の運用および収集発話の分析, 情報処理学会 研究報告 2004-SLP-53-9, 2004
- [3] 八木 裕司, 多胡 順司, 峯松 信明, 広瀬 啓吉: エージェント対話システムにおける対話管理と応答生成, 情報処理学会 研究報告 IPSJ-SLP03047013
- [4] P. Resnick and H. R. Varian: "Recommender Systems", Communications of the ACM, vol.40, pp.56-58, 1997
- [5] 李 鵬, 山田 誠二: 帰納学習を用いた映画推薦システム, The 18th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2004
- [6] 土方 嘉徳: 情報推薦・情報フィルタリングのためのユーザプロファイリング技術, 人工知能学会誌, Vol.19, No.3, pp.365-372, 2004
- [7] W3C. Owl web ontology language semantics and abstract syntax. Technical Report. Available at: <http://www.w3.org/TR/owl-semantics/>. Accessed: 20th September 2003, Aug. 2003.
- [8] 溝口 理一郎, 池田 満, 來村 徳信: 対象モデリングの視点から見た知識表現, 人工知能学会誌 Vol.18 No.2 pp.183-192, 2003
- [9] Paola Sebastiani, Marco Ramoni, Alexsander Crea: Profiling your Customers using Bayesian Networks, SIGKDD Explorations, 2000
- [10] 甘粕 哲郎, 平沢 純一, 富久 昭弘, 宮崎 昇: データベースアクセス機能を有する自由発話対話プラットフォーム, 情報処理学会 研究報告 2004-SLP-53-8, 2004
- [11] Prolifroni, J. and Chung, G.: Promoting Portability in Dialogue Management, ICSLP-2002
- [12] Kataoka, A., Takahashi, Y., Yamada, S., Asanoma, N. and Furuse, O.: Agent-Mediated Architecture for Efficient Goal-Oriented Communication across Languages, Asian Symposium on Natural Language Processing to Overcome Language Barriers, 2004