

タスク知識に基づく サービスナビゲーション技術

ドコモは、モバイル環境で利用可能な多数のサービスの中から、実世界におけるユーザの状況や目的に適したサービスを提示する知的情報基盤の研究を行っている。その中でも、サービスの利用事例から抽出されたユーザのタスクモデルを格納する知識ベースを用いて、実世界の問題解決に適用可能なサービスを容易に発見可能とするサービスナビゲーションシステムの研究を行った。

ながぬま たけふみ くらかけ しょうじ
長沼 武史 倉掛 正治

1. まえがき

携帯電話に代表されるモバイルインターネット技術の発展は急速に進み、IP (Internet Protocol) 接続可能な携帯電話の普及台数は日本国内だけで6,900万台 (2004年3月現在) に達している[1]。この高い普及率を背景に、携帯端末から利用可能なWebコンテンツも増加を続け、ユーザはさまざまな情報サービスを時間や場所を問わずに利用可能となっている。さらに、将来的には、無線LAN (WLAN : Wireless Local Area Network) やBluetooth^{*1}、RFID (Radio Frequency Identification) といった近距離無線を用いたユビキタスサービスの実現が予想され、携帯端末を通じて、より多くの情報サービスの利用が可能になると考えられる。ユーザにとっては、多種多様な情報サービスを目的に応じて適切に選択することにより日常生活で直面する多くの問題を、場所に縛られることなく解決可能な環境が整ってきたといえる。

ユーザに適切な情報サービスを提供するには、ユーザの状況や目的を考慮した最適な情報サービスを選択・提示する知的なサービス提供のインフラを実現させることが重要となる。しかし、現在利用可能なサービス提供のインフラは、依然として、ディレクトリ型検索メニューやキーワード型全文検索エンジンが主流となっている。ユーザはこれらの検索システムを用いて候補となる情報サービスを選択し、それら候補の中からインデックス記述などをヒントにサービスの内容を判断しなければならない。一般に、情報サービスは何らかの問題解決のために利用されており、そ

*1 Bluetooth : 米国Bluetooth SIG, Inc.の登録商標。

の問題解決プロセスは6段階のプロセスモデル[2]として定義されている(図1)。このモデルにおいて、第3段階「情報源にあたる」が従来の検索システムのサポート範囲に相当する。しかし、適切な情報を利用するためには、第2段階「情報探索戦略」にて、どのような情報を利用すればよいのかをユーザ自身が判断する必要があり、情報探索のスキルを持たないユーザが適切な情報サービスを発見するには不便である。

著者らは、サービスの利用事例から抽出されたユーザのタスクモデルを格納する知識ベースを構築し、ユーザタスクと情報サービスを関連付けることにより、情報探索のスキルを持たないユーザでも、携帯端末を用いて容易に問題解決に適用可能な情報サービスを発見可能とするサービスナビゲーションシステムを提案する。そして、これを実現するための知識ベースの構築手法、およびクエリーマッチング方式について議論した後、構築したプロトタイプシステムと主観評価の結果について述べる。

2. 背景

2.1 関連研究

近年、Web上の情報リソースにメタデータ^{*2}を付与し、メタデータ間の意味的関係を明示化することにより、情報リソースを意味的に識別可能とすることを目的とした研究が活発化している[3][4]。情報リソースを意味的に識別可能とすることで、検索精度の向上や意味情報に基づく情報統合が可能となる。しかし、これらの研究で取り扱う意味

情報は、記述内容を一意に識別するための情報(企業名や人名、製品情報などに対するメタデータなど)に限定されており、このような汎用的な意味情報だけでは問題解決に必要なとされる情報リソースを識別することは困難である。

また、知識ベースを用いてユーザが入力した検索文から検索ゴールを推論し、別の検索文を生成することにより、情報システムの利用に不慣れなユーザでも適切な情報を検索可能にすることを目指した研究がある。GOOSE[5]は、インターネット上の一般ユーザから集められた膨大な知識(常識知識)を利用することで、ユーザの検索ゴールを推論し、ゴールを達成するための検索結果を提示するシステムである。しかし、自然言語で入力されたユーザの検索文を解析し知識ベースと照合することで検索ゴールを推定するため、検索文が短い場合には適切な推論ができないと考えられる。したがって、携帯端末などの文字入力に制限のある環境に適用するのは困難である。

2.2 アプローチ

人間の日常的な問題解決行動は、問題をいくつかのサブ問題に分割し、分割されたサブ問題を解決することにより実現されると考えられている。例えば、人間の日常行動の目的を未来の望ましい出来事である「遠隔ゴール」と現在の行為の目的である「直近ゴール」とに区別し、前者により後者が決定され、後者により現実の行動が決定されるという多重ゴールモデルを示しているアプローチがある[6]。

*2 メタデータ：対象データに関する属性などの情報を示したデータ。

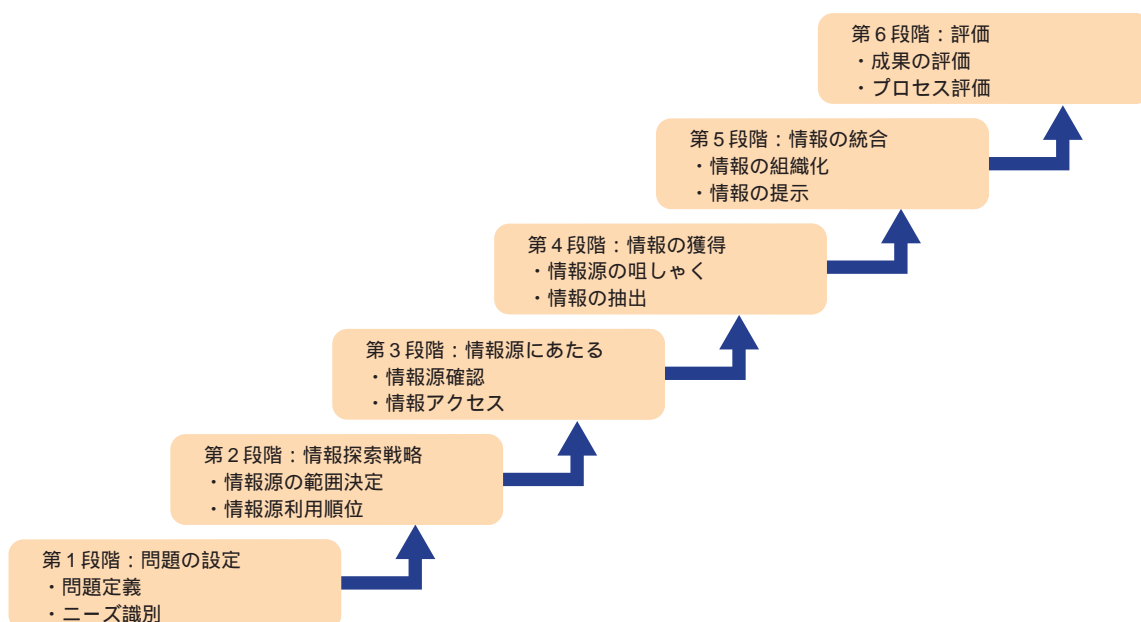


図1 情報問題解決プロセス (big6 モデル)

この考えに従うと、情報サービスを解決手段として用いる問題解決の情報探索行為とは、ユーザが想定する「遠隔ゴール」を、情報サービスが提供する機能に応じて適切な「直近ゴール」へと分割する行為であると考えられる。

上記の考えを具体例に基づき説明する。ユーザが想定する問題の具体例として、「週末にテーマパークへ遊びに行く。どのような情報サービスが利用できるだろうか？」といった実世界に即した問題を想定する。この問題に対する情報探索行為は、例えば、以下のように定義される。

「テーマパークへ行く 日程を決定する 移動手段を決定する 移動経路を決定する」

上記例において、「テーマパークへ行く」という問題が「遠隔ゴール」に相当し、これを実現するためのサブ問題である「日程を決定する」、「移動手段を決定する」、「移動経路を決定する」が「直近ゴール」に相当すると考えられる。

著者らは、上記の考えに基づき、問題をタスクとして取り扱い、上位のタスクを下位のサブタスクへと分割するための知識をタスク知識として格納するタスク知識ベースを構築する。また、タスクと情報サービスを関連付ける知識をサービス知識として格納するサービス知識ベースを構築する。

3. サービスナビゲーションシステム

提案するサービスナビゲーションシステムのアーキテクチャを図2に示す。本システムは、タスク知識を格納するTKB (Task Knowledge Base)、TKBと情報サービスのURI

(Uniform Resource Identifier) を関連付けるSKB (Service Knowledge Base)、携帯端末からの要求に応じて、TKBおよびSKBを探索し応答を返すKS (Knowledge Server)、ユーザインタフェースを提供し、KSと通信してTU (Task Unit：ルートとなるタスクとそのサブタスクを含むTKB内で関連付けられたタスクノードの集合) を取得・表示するCA (Client Application) により構成される。

ユーザは、CAを通じてKSへTUの取得要求を行う。KSは要求を解析し、TKBを探索することにより、要求に合致するTUを選択する。さらにKSはSKBを探索し、選択したTUと関連付けられるすべての情報サービスのURIを取得し、TUと共にCAへ送信する。ユーザはCA上に表示されたTUを探索し、実行するタスクを選択する。そして選択したタスクに関連付けられた情報サービスから利用する情報サービスを選択する。

3.1 タスク知識ベース

タスク知識は、ユーザが実世界で認識する問題に相当するタスクノードをルートとし、これを分割していくことにより構成される階層構造となる。情報サービスが提供する機能(サービス機能)は、この階層構造に含まれるタスクノードのうち、直接解決可能なタスクノードに相当する。そこで、まず、実際に提供されている情報サービスの分析を行い、サービス機能を抽出する。次に、情報サービスの利用に至るまでの具体的な事例(シナリオ)の分析を行い、先に抽出したサービス機能と統合することによりタスク知

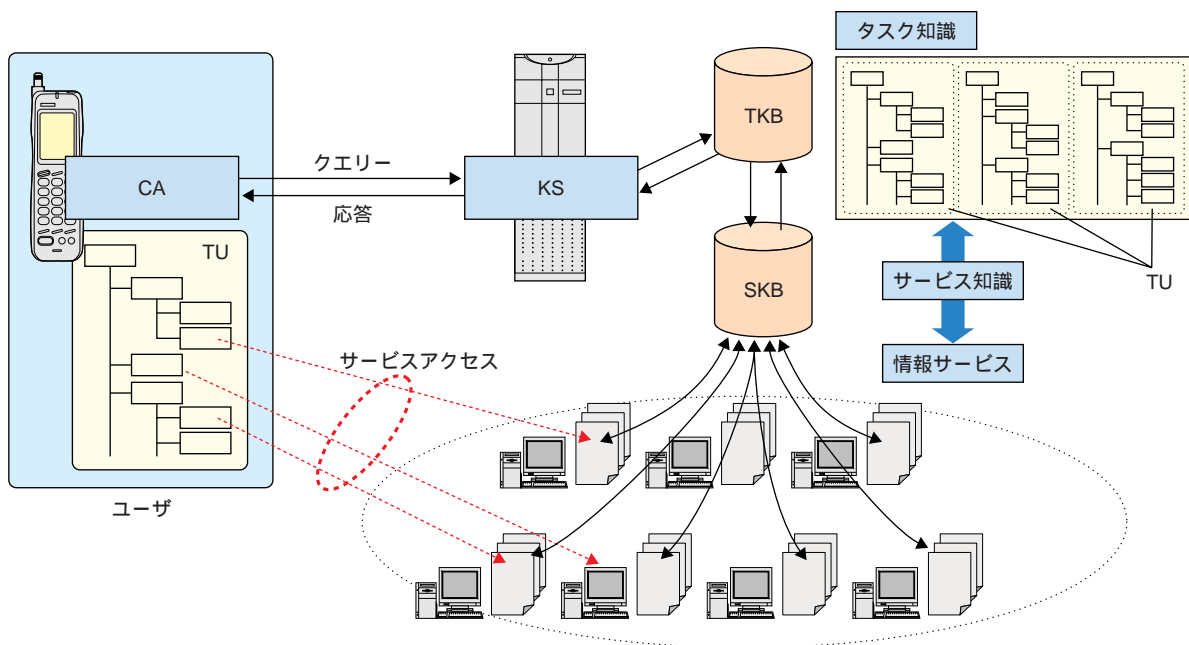


図2 提案システムのアーキテクチャ

識を構造化する．

知識ベースの構築にあたり，システムが対象とする問題領域を明確化するため，実世界における場所のカテゴリ（テーマパークやデパート，ホテルなど）に基づくドメインモデルを導入した．このモデルは，目的地に至るまでの準備行動，目的地への移動行動，目的地における行動，の3つの活動領域を包含して1つのドメインとして取り扱う．タスク知識は，これらのドメインに含まれる活動領域に属して構成される．

タスク知識を構成するタスクノードの表現には，動作の対象となる名詞（汎化名詞）と，対象に対する行為を示す動詞（汎化動詞）により構成される汎化プロセスを用いる．タスクノードを表現する際の問題点として，自然言語のあいまい性による記述の揺らぎがあげられる．端的な例としては，「車」と「自動車」などの表記揺れなどがあり，同義のタスクノードが複数定義されることとなる．この問題を解決するため，利用可能な語彙に意味的な定義を与える22万語収録のシソーラスを導入している．また，複数の作業員により知識ベースを構築する際には各語彙の汎化レベルを統一する必要があるため，本研究では語彙統合支援ツールを実装・利用している．このツールは，入力した語彙の関係語（上位語，同義語，下位語）が知識ベース中で利用されている頻度を検出する機能を有し，これにより作業員間での汎化レベルの差を吸収する．

(1) サービス機能の抽出

情報サービスの利用により直接解決可能なタスクノードを定義するため，実際に提供されているサービスを収集・分析し，サービス機能を抽出する．サービス機能は，Web コンテンツが提供する機能が意味を失わない範囲で一般化したものであり，タスクノードと同様に汎化プロセスとして記述する．まず，携帯電話向けWeb コンテンツを複数の情報源からランダムに抽出する．このとき，着メロや待受画像，ゲームといったユーザの行動支援に適用できないコンテンツはサンプリングの対象外とする．次に，サンプリングしたWeb コンテンツに対して，サービス機能を付与する．複数の機能を有するコンテンツに対しては，複数のサービス機能を付与する．最後に，個々のサービスごとに付与されたサービス機能をマージし，意味的に等価なサービス機能を統合する．上記手順に従い，これまでに約2,700件のWeb コンテンツを対象に約2,000件のサービス機能を定義している．

(2) 事例に基づくタスク知識の構造化

情報サービスの利用に至るまでの具体的な事例を用いて上位のタスクノードを抽出し，先に定義したサービス

機能と統合することによりタスク知識を構造化する．利用する事例として，ユーザのサービス利用意図を含む以下のようなシナリオを利用している．

“家族と遊園地に遊びに来た．近辺に着いたが，空腹なので入園前に昼食をすませたい．そこで，パレードの開始時刻を調べた後，近辺のレストランを検索した．そして，地図サービスによりレストランの場所を確認した．”

このような事例を用いることにより，実世界のさまざまな場所で生じるユーザの問題解決要求と情報サービスを関連付けるタスク知識の抽出が可能となる．また，個々の事例は，ユーザがサービスを利用した際のログに過ぎず容易に収集可能であるため，知識獲得のボトルネックを回避できる．これまでに，「テーマパーク」，「デパート」など9つのドメインを対象に，約500件の事例を収集し，タスク知識ベースを構築している．タスク知識ベースの構築例を図3に示す．

3.2 クエリーマッチング

ユーザの問題解決要求に応じて，解決手段となるタスクノードをタスク知識ベースから選択し，ユーザに提示する必要がある．クエリーマッチングとは，ユーザの問題解決要求とタスク知識を照合するメカニズムを指す．問題解決要求は，携帯端末からの入力を考慮し，問題を表現する短い文字列と想定する．そのため，タスクノードの選択は，1つのタスクノードを選択するのではなく，ユーザの要求と関連のあるタスクノードの集合（TU）を提示し，提示されたTUを用いて実際に実行対象とするタスクノードをユーザに選択させる方式をとる．

タスク知識は，シソーラスに含まれる語彙により構成されるタスクノードの階層構造として表現される．ユーザの問題解決要求に含まれる単語がシソーラスに含まれる場合，指定された単語に同義語を加えた単語集合 W を用いて，タスクノードとの照合を行う．タスクノード T の評価値 $val(T)$ は，以下の式により決定する．なお， $p(T, w)$ は，タスク T と単語 w の照合が成功した際に定数を返す関数である．

$$val(T) = \sum_w p(T, w)$$

ユーザの問題解決要求に含まれる単語がシソーラスに含まれない場合（企業名や人名，地名などの固有名詞など），指定された単語を全文検索エンジンへ転送し，結果リストに含まれるページ集合を用いて以下の方法により特徴語の集合 C を抽出する．

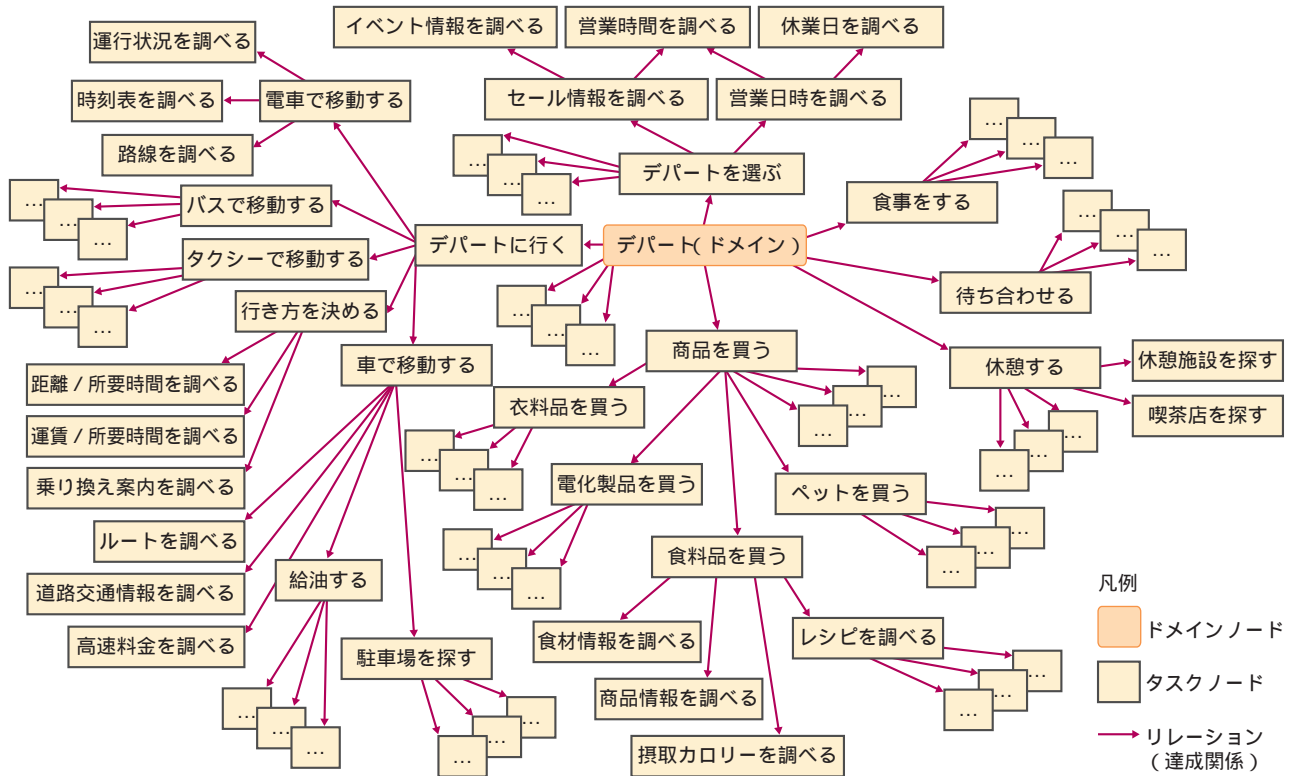


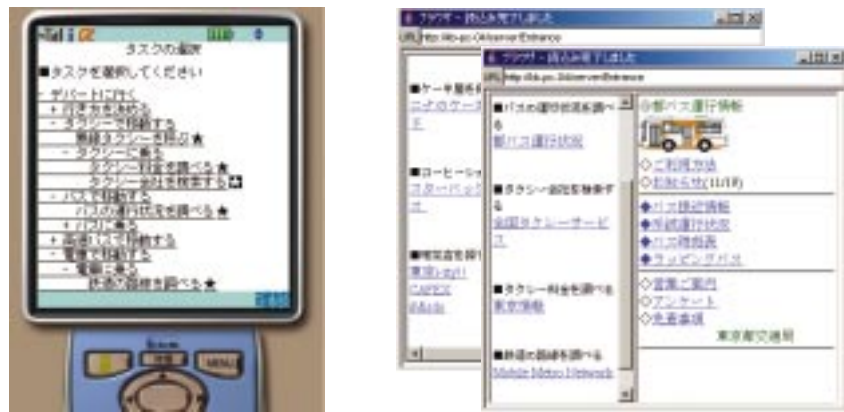
図3 タスク知識の構築例

- STEP1: 問題解決要求に含まれる単語を携帯端末用 Web コンテンツの全文検索エンジンへ転送し、上位10個の文書集合 *Doc* を取得
- STEP2: *Doc* からアンカータグに挟まれた文を取り出し、形態素解析を行うことで名詞集合 *N* を取得
- STEP3: 名詞集合 *N* とシソーラスを照合し、シソーラスに含まれない単語を除去。また、「日時」「情報」「時間」といったタスクの識別能力が低いと考えられる単語およびその同義語についても同様に除去

KSは、特徴語の集合 *C* に含まれる単語 *c* に同義語を含めた単語集合 *CR* を用いて、TKB との照合を行う。照合によるタスク *T* の評価値 $va(T)$ は、以下の式で決定する。なお、 $q(T, w)$ は、タスク *T* と単語 *w* の照合が成功した際に定数を返す関数である。

$$va(T) = \sum_{c \in CR} q(T, w)$$

適用する TU は、問題解決要求に含まれるすべての単語



(a)

(b)

図4 プロトタイプの表示例

をTKB内のすべてのタスクノードと照合し、各タスクノードに付与された評価値をTUごとに合計した上で、1タスク当りの評価値が最も高いTUを選択することで決定する。

4. 実装

提案するサービスナビゲーションシステムのプロトタイプ(ユーザインタフェース)を図4に示す。携帯端末上のCAは、携帯電話用Java^{*3}エミュレータを用いて実装した。

*3 Java: 米Sun Microsystems社が提唱しているネットワークに特化したオブジェクト指向型開発環境である。

また、KSは、LinuxOS上のアプリケーションサーバTomcatを用いて、Servletとして実装した。

問題解決要求の入力は、テキスト入力により行う。ユーザが入力する問題解決要求は、「デパート」「電車」といった単語や、「デパートへ行く」「DVDプレーヤを買う」といった問題を表現する自然文の入力を想定する。自然文が入力された場合は、形態素解析により、複数単語への分割を行い、複数の単語集合として取り扱う。

問題解決要求の入力により、KSは、TKBから適合するTUを選択し、CAへと送信する。このとき、KSは、選択したTUに関連付けられた情報サービスのURIをSKBより取得し、併せてCAへと送信する。CAは、受信したTUを展開し、ツリー状に表示する(図4(a))。ユーザは、提示されたTUを辿りながら目的とするタスクを選択する。1つ、または複数のタスクを選択後、ユーザは、タスクに関連付けられた情報サービスの中から、実際に利用する情報サービスを選択する。選択したすべてのタスクに対して利用する情報サービスを決定することにより、CAはネットワーク上の情報サービスを操作可能なビュー上に表示する。なお、プロトタイプにおいて情報サービスのビューは、エミュレータのブラウザ機能を利用し、フレーム型のHTML形式で表示している(図4(b))。

5. 評価

提案システムの有効性を検証するため、被験者10人による主観評価を実施した。現在の知識ベースの対象範囲は限定的であるため、評価は知識ベースの対象ドメインに限定して実施した。被験者は、キーワード型全文検索(A)、およびディレクトリ型検索(B)と、提案システムの比較を行う。問題解決手段に相当するサービスを発見するまでのプロセスを機能性と認知性(分かり易さ)の両面から評価するため、評価項目は、適切なサービスへの到達可能性、問題解決に至るまでの認知性、の2点とした。

評価方法として、被験者に問題の定義と各々のシステムを利用した際の問題解決手順を示した。なお、定義した問題は、いずれのシステムを用いた場合も解決可能である。問題解決手順として、キーワード型全文検索エンジンに対するキーワードと結果リストの探索手順、およびディレクトリ型検索メニューに対するディレクトリ探索手順、を示した。問題解決手順をあらかじめ提示する理由は、被験者の各システムに対する利用経験の差が評価に与える影響を少なくするためである。被験者は、問題解決手順に従い、定義された問題の解決を行った上で、各システムに対して1(簡単)から5(困難)までの評価値を与えた。問題は、

表1 適切なサービスへの到達可能性

	タスク	キーワード型検索A 平均スコア	ディレクトリ型検索B 平均スコア	提案システム 平均スコア
テーマパーク ドメイン	1.a	2.1	2.8	2.5
	1.b	1.5	2.3	2.6
	1.c	1.0	4.6	1.2
デパート ドメイン	2.a	3.0	4.6	2.2
	2.b	1.9	3.0	1.6
	2.c	4.3	2.1	1.5
	Avg.	2.3	3.2	1.9

凡例(表1, 2共通)

テーマパークドメイン:

1.a 目的地の決定, アトラクションの調査, 飛行機の予約確認, ホテルの予約

1.b 渋滞情報の確認, 高速道路の経路確認

1.c 郵便番号の確認

デパートドメイン:

2.a 目的地の決定, セール情報の調査, 電車の経路確認, 天気確認

2.b 車によるルート確認, 道路料金の確認

2.c 近辺店舗の検索

表2 問題解決に至るまでの認知性

	タスク	キーワード型検索A 平均スコア	ディレクトリ型検索B 平均スコア	提案システム 平均スコア
テーマパーク ドメイン	1.a	2.2	2.7	2.0
	1.b	1.8	2.9	3.6
	1.c	1.1	4.8	1.2
デパート ドメイン	2.a	2.8	4.6	2.4
	2.b	2.3	3.0	1.4
	2.c	3.8	2.2	1.3
	Avg.	2.3	3.4	2.0

テーマパーク、およびデパートの各ドメインに対し3問ずつ、合計6問を用意した。問題の凡例と評価結果を表1、表2に示す。

評価結果は、適切なサービスへの到達可能性、および問題解決に至るまでの認知性の2つの項目ともに、提案システムが最も良いスコアを示したことで提案システムの有効性を確認した。また、評価の対象領域とした2つのドメインを比較すると、デパートドメインについての評価が相対的に高いスコアを示した。この結果から、デパートなど関連情報を包括的に取り扱うサイト(ポータルサイト)が少ないドメインに対して提案システムが有効に機能すると考えられる。

6. あとがき

本稿は、タスク知識に基づくサービスナビゲーションシステムを提案し、要素技術として、タスク知識ベースの構築方法とクエリーマッチングの方式について述べた。また、プロトタイプの実装と評価を行い、限定された領域ながら、提案システムの有効性を確認した。

提案システムは、情報サービスをユーザの視点から組織

化するものであり，情報サービスの利用に不慣れなユーザでも容易に必要なサービスを楽しむことを目指したものである．また，提案システムは，上位タスクを複数のサブタスクへと分割して表示する方式であることから，ユーザが当初想定していなかった問題解決手段の提示による「気づき」の効果も得られるものと考えられる．

今後の課題は，知識ベースの効率的な拡大方式の確立である．また，位置情報や周辺機器からのセンサ情報などのさまざまなコンテキスト情報と連携させることにより，適用するタスク知識を最適化する方式の検討を行う．

文 献

- [1] 電気通信事業者協会，<http://www.tca.or.jp/>
- [2] M.B.Eisenberg and R.E.Berkowitz: " Information Problem Solving: The Big Six Skills Approach to Library and Information Skills Instruction, " Ablex Publishing Corp, Norwood, NJ, 1990.
- [3] <http://www.w3.org/2001/sw/>
- [4] Atanas Kiryakov, Borislav Popov, Damyan Ognyanoff, Dimitar Manov, Angel Kirilov and Miroslav Goranov: " Semantic Annotation, Indexing, and Retrieval, " Proc. 2nd International Semantic Web Conference, LNCS 2870, pp.484 - 499, Sanibel Island, FL, USA, Oct.2003.
- [5] Hugo Liu, Henry Lieberman and Ted Selker: " GOOSE:A Goal - Oriented Search Engine With Commonsense, " Proc. Adaptive Hypermedia and Adaptive Web - Based Systems 2nd International Conference, LNCS 2347, pp.253 - 263, Malaga, Spain, May 2002.

- [6] A.Bandula: " Self - regulation of motivation and action through internal standards and goal systems, " Goal Concepts in Personality and Social Psychology, A.P.Lawrence, PP.19 - 85, Lawrence Erlbaum Assoc, 1989.

用 語 一 覧

CA : Client Application
IP : Internet Protocol
KS : Knowledge Server
RFID : Radio Frequency Identification
SKB : Service Knowledge Base
TKB : Task Knowledge Base
TU : Task Unit
URI : Uniform Resource Identifier
WLAN : Wireless Local Area Network (無線LAN)