

Web 知識を用いた時空間依存な対話システムの試作

服部 峻†

† 東京工科大学 コンピュータサイエンス学部
〒 192-0982 東京都八王子市片倉町 1404-1
E-mail: †hattori@cs.teu.ac.jp

あらまし 近年，インターネット上でのチャットやインスタントメッセンジャー，コンピュータゲームなどで一般にも存在が認知されつつある人工無脳（会話ボット）は，人間同士が会話する対話モデルをトップダウン的に作り込むことで，ユーザと人間らしく，知的な会話を行うことを目指している対話プログラムの一種である．人間は，話し相手が全く同じ発言をしたとしても，彼らの共有する状況（コンテキスト），特に，時間や空間に依存して異なる返答をする場合があるため，人工無脳も時間や空間に応じて返答できる必要があると考える．本論文では，Web 上で日々増大し続ける Web 文書を知識として活用して，時空間依存な対話システムを試作する．時空間依存な会話ボットは，一般に広く浸透したモバイル環境においてモバイルユーザが地域情報を検索したい場合などのインタフェースとして，モバイルユーザと互いに共有する時空間に依存した知識やキャラクターを持つ「時空間のコンシェルジュ」を実現するための重要な一歩でもあると考える．

キーワード 対話システム，時空間依存，モバイル環境，Web 知識，Web 知能，人工無脳．

A Prototype of Spatio-Temporal Chatbot Using Web Knowledge

Shun HATTORI†

† School of Computer Science, Tokyo University of Technology
1404-1 Katakura, Hachioji, Tokyo 192-0982, Japan
E-mail: †hattori@cs.teu.ac.jp

Abstract Chatbots, who have been commonly found in Web chats, Instant Messengers, or PC games etc. and are being recognized more and more widely in recent years, are computer programs designed to simulate a human-like and/or intelligent conversation with one or more human users by using natural language sentences in a textual or auditory form. A human sometimes respond to his conversational partner(s) dependent on their shared time and/or space (place). Therefore, a chatbot could also respond to her human user(s) dependent on her time and/or space. This paper shows a prototype of spatio-temporal chatbots using Web knowledge, as a first step to realize “Spatio-Temporal Concierges” with knowledge and characters dependent on their shared time and space.

Key words Dialogue Systems, Space-Time Dependency, Mobile Computing Envrionments, Web Knowledge, Web Intelligence, Chatbots, Chatterbots.

1. はじめに

近年，インターネット上での Web チャットやインスタントメッセンジャー，コンピュータゲームなどにおいて一般にも存在が認知されつつある人工無脳（会話ボット: chatterbot）は，人工知能研究において主であるボトムアップ的なアプローチではなく，人間同士が会話するモデルをトップダウン的に作り込むことによって，ユーザと「人間らしい」会話を自然言語で擬似的に行うことを目指しているコンピュータプログラムの一種である．多くの簡単な人工無脳は，ユーザからテキストまたは

音声で入力された自然言語文を構文解析や形態素解析などの解析はするものの，入力文の意味などを深く理解することはしないまま，入力文からキーワードを切り出し，応答パターンや会話ルールのデータベースとのマッチングを行い，単純な相槌や聞き返しなどによって会話らしきものを維持しようと試みるだけではあるが，一見するとユーザの入力文を真に理解した上で「人間らしい」あるいは「知的な」応答をしているかのように見えてしまう場合もあることが非常に興味深い．より「人間らしい」会話を装うために，応答文の文字の出力（タイピング）速度を一定ではなく適度に変化させたり，わざと適度にタイプ

ミスしたり、「知的な」動作とは言えないが「人間らしい」動作をするものもある。

人工無脳の研究は、1966年に開発された「ELIZA [1]」に始まったと言われている。ELIZAは、来談者中心療法のセラピストを装い、多くの場合、ユーザ（患者）の入力文から切り出したキーワードを決まり文句に埋め込んだり、特定のフレーズを置き換えたりすることで質問文に変換し、それを応答文としてオウム返しするだけの単純なプログラムではあるが、コンピュータプログラムが人間同士の対話であるかのように装うことに挑戦し、部分的に成功した最初の試みである。その後、様々な目的や手法に基づく会話ロボット [2], [3] が作製されているが、知性や推論能力は持たず、基本的に単なるパターンマッチングに基づいて動作する点はあまり変わっていない。

東京工科大学の思考と言語研究室では、ユーザの入力文における未知語の品詞推定や意味推定といった未知語処理を行うことによって、より円滑な対話応答システムを目指す研究 [4]、人工無脳にも肯定・否定や喜怒哀楽などの感情を持たせた上で、テキストだけでなく画像や音も活用することによって、ユーザに伝えたい印象を補強する研究 [5]、さらには、癒し系ロボット PDDIN において、状況依存な発話や行動を実現するための手法の研究 [6] などを行っている。

本論文では、自然言語による対話システム（人工無脳）が「人間らしい」会話を実現するための一つの重要な性質として、「状況依存性」「コンテキスト・アウェアネス」、特に「時間依存性」や「空間（場所）依存性」に着目する。人間は、話し相手が全く同じ発言をしたとしても、彼らの共有する状況（コンテキスト）、特に、時間や空間に依存して異なる返答をする場合があるため、対話システムも同様に時間や空間に応じて返答することで、より人間らしく、知的な会話を人間と行うことができるようになると思われる。

従来の人工無脳はインターネット上でのチャットやインスタントメッセージにおける話し相手としての利用が主であり、話しの文脈は重要であっても、話し相手の状況、時間や空間は一般的には透過である（意識しないように努めている）ためか、人工無脳における「時間依存性」や「空間依存性」の重要性はあまり議論されて来っていない。例えば、インターネット上での Web チャットやインスタントメッセージでは、あるユーザと話し相手は状況を互いに共有しているとは限らないことが前提であり、ユーザ自身にとっては「朝」の時間帯であるために「おはよう」と挨拶した場合に、話し相手にとっては本来は「こんばんは」と返す「夜」の時間帯であっても、自身の存在する時空間には依存せず、相手（の話し文脈）に合わせて「おはよう」と返す方が普通であろう。言い換えれば、会話の最初、相手に何らかの挨拶で話し掛ける場合に、その相手の時空間を大して意識しないまま、取り合えずの挨拶を交わすだけの方が普通であろう。また、あるユーザが話し相手に何らかの質問をした場合、その話し相手がたまたま人工無脳であり、何ら時空間に依存しない答えを返して来ていたとしても、そのユーザにとって話し相手の存在する時空間が透過であるならば全く気にも留めないかもしれない。

しかしながら、前出のようなロボットの対話システムとして利用する場合には、対話者（人間）はロボットが自身と互いに状況を共有している（いて欲しい）と考えるため、「時間依存性」や「空間依存性」などの「状況依存性」は非常に重要であると考えられる。また、従来のインターネット上での Web チャットやインスタントメッセージにおいても、会話のやり取りの中で、或いは他の何らかの方法で話し相手の状況に関する情報が得られてしまった場合には、そのユーザは話し相手の状況を意識するようになり、状況に相応しくないような応答が話し相手から返って来ると、話し相手の「人間らしさ」に疑念が生じ始めるかもしれない。もちろん、このようなリスクを避けるために人工無脳は「状況」に関する話題（質問）への返答を上手く避けるという方法も取り得る。そもそも、人工無脳はコンピュータプログラムであり、物理的な時空間に存在するわけではないため、人間の話し相手とは異なり、本来は物理的な「状況」を持ってはいない。しかしながら、ユーザ（人間）に依って、求める話し相手（会話ロボット）は必ずしも同一ではないであろう。一様で均一な会話ロボットではなく、趣味や嗜好、性格などのパラメータによってキャラクター付けし、多様な会話ロボットを作製する研究も行われているように、意図的に「時間」や「空間」といったプロファイルを会話ロボットにも持たせた上で、ユーザからの入力文に対して「時間依存性」や「空間依存性」を反映した応答文を返す機能は重要であると考えられる。近年、従来の固定環境だけでなく、携帯電話やスマートフォン、携帯メディアプレイヤーなどのモバイル環境が一般にも非常に浸透して来ており、モバイル環境における会話ロボットの一つの存在意義として、モバイルユーザが地域情報を検索したい場合のインタフェースとして、モバイルユーザと互いに共有する時空間に依存した知識やキャラクターを持つ「時空間のコンシェルジュ」を実現するための重要な一歩でもあると考えられる。

本論文では、Web 上で日々増大し続ける Web 文書を知識として活用して、ユーザからの入力文に対して時空間依存な応答を返すことが可能な時空間依存な対話システムを試作する。Web 上には、ある特定の時間や空間（場所）に関して記述された Web 文書が多数存在するため、Web 全体を情報源として Web 文書を解析するのではなく、ある特定の時間や空間（場所）に関して記述された Web 文書だけを情報源として知識を抽出することで、ユーザからの入力文に対して時空間依存な応答（文）を自動生成できると考える。例えば、ブログ記事 [7] や Twitter [8] のつぶやき、2ちゃんねる [9] のレスなどには投稿日時がメタデータとして付与されている。Google ウェブ検索エンジン [10] を用いれば、ある特定の期間をオプション指定することで、一般の Web 文書も時間依存で検索することもできる。もちろん、各 Web 文書の内容自体に時間に関する記述がある場合もある。未来の時間に記述（投稿）された Web 文書は存在しないが、未来の時間に関して記述された文書は得られる可能性があるため、未来の時空間に依存させることも可能かもしれない。空間（場所）に関してはメタデータとしては付与されていないため、各 Web 文書の内容自体から空間に関する記述を見付ける必要がある。

2. 提案手法

本章では、Web上で日々増大し続けるWeb文書を知識として活用して、対話システム（人工無脳）がユーザからの入力文に対して時空間依存な応答を返す手法について説明する。

Web全体を情報源としてWeb文書を解析するのではなく、ある特定の時間、及び、ある特定の空間（場所）に関するWeb文書集合だけを情報源とすることで、ユーザからの入力文に対して時空間依存な返答を生成する。

時間に関しては、特定の日時や年だけに数値データに基づいて限定したい場合には、期間指定オプションを有するWeb文書検索エンジンであるGoogleウェブ検索[10]などを用いる。「朝」「昼」「夕方」「夜」などの時間帯を表す言葉、「春」「夏」「秋」「冬」などの季節を表す言葉のように文字データに基づいて限定したい場合には、ユーザからの入力文に基づいて構成される検索クエリに追加し、質問拡張した上でWeb文書を検索する。数値データに基づいて限定したい場合にも、期間指定オプションを活用するのではなく、検索クエリに追加する方法も取り得るが、その時間に関するWeb文書だけに精度良く限定することは難しい。一方、空間（場所）に関しては、投稿日時のようにメタデータがWeb文書に付与されているわけではないので、ある特定の空間を表す言葉（地名や地域名など）を検索クエリに追加し、質問拡張した上でWeb文書を検索する。

ユーザから何らかの入力文が与えられると、提案システムはまず、入力文中の主話題（トピック）を求め、本論文では、Yahoo!APIの「キーフレーズ抽出[11]」を用いて、最大の重要度を有するキーフレーズを入力文中の主話題として採用する。但し、「こんにちは[感動詞]」のように入力文が単一の形態素から成る場合には、それが（最重要な）キーフレーズと見なされていない場合であっても、主話題として採用している。例えば、「好きな動物は何？」という入力文からキーフレーズを抽出すると、「動物」が最大の重要度100、「何」が重要度39となるので、この入力文の主話題は「動物」になる。「好き」も重要であるように思われるが、この入力文をYahoo!APIの「日本語形態素解析[12]」で形態素解析すると、「好き[形容動詞] / な[助動詞] / 動物[名詞] / は[助詞] / 何[名詞] / ?[特殊]」となるため、キーフレーズとなり得るのは名詞のみであるようである。Yahoo!APIの「キーフレーズ抽出」を使うのではなく、提案手法の仕組みに合ったトピック抽出が必要であるかもしれない。ちなみに、この入力文をMeCab[13]で形態素解析すると、「好き[名詞-形容動詞語幹] / な[助動詞] / 動物[名詞-一般] / は[助詞-係助詞] / 何[名詞-代名詞] / ?[記号-一般]」となる。代名詞である「何」はトピック語としては相応しくないが、入力文が「はい」「いいえ」で返答すべき疑問文なのか、或いは、何らかの具体例で返答すべき疑問文なのかを区別するのに活用することもできると考えられる。

次に、主話題の直後に「は」を付けたフレーズに基づいて検索クエリを構成する。最大の重要度を有する主話題以外の話題語も検索クエリの構成に活用することはできるが、どれを選択すべきかは単純な問題ではないため、本論文では主話題のみ

を用いることにする。ある特定の時空間に限定するための期間指定オプションや質問拡張を施した上で、Googleウェブ検索を用いて最大1000件のWeb文書を検索してテキストを収集する。但し、本論文では、検索結果の各Web文書のHTMLソース自体をダウンロードすることせず、Googleウェブ検索が検索結果として返す、各Web文書のタイトルとスニペット（概要）のみを用いている。各Web文書のHTMLソース全体を用いると、主話題と掛け離れた話題も含む可能性が高まってしまうため、及び、テキスト量が膨大になり解析時間が増大し、対話システム（人工無脳）としてのリアルタイム応答性が損なわれるためである。

以上までにより、ある特定の時空間に限定され、かつ、ユーザからの入力文の主話題に関するWeb文書中の記述が得られている。最後に、これらのテキストデータを解析することで、ユーザからの入力文に対する時空間依存な返答を自動生成する。本論文では以下の二つの手法を取り上げる。一つ目は、主話題の直後の「は」に続いて、高頻度に現れるキーフレーズ（形態素3個まで最長優先）を抜き出し、ユーザからの入力文に対する時空間依存な応答とする言語パターンに基づく手法である。二つ目は、テキストデータに基づいて学習したマルコフ連鎖モデル[14]から自動生成できる文章の中から、主話題で始まり、或いは、主話題を含み、生起確率がより高いものを採用する手法である。形態素2個をプレフィックス、形態素1個をサフィックスとしており、ランダム性は導入していない。

前者の手法の場合、ユーザからの入力文に対する時空間依存な返答として相応しい応答を返せるかどうかは、適切な言語パターンを用意できるか否かに依る。一方、後者の手法の場合、ヒューリスティックな言語パターンや特別な抽出ルールを予め登録しておく必要は無いが、テキストデータが適していないと、ユーザからの入力文に対する時空間依存な返答として全く相応しくない応答にもなり得る。

3. 実験

本章では、Web上で日々増大し続けるWeb文書を知識として活用して、対話システム（人工無脳）がユーザからの入力文に対して時空間依存な応答を返すために前章で提案した手法による結果の具体例をいくつか示す。

表1は、入力文「こんにちは」という挨拶文に対して、様々な空間（場所）に依存するように返答を生成した結果を示している。最上位はいずれもノイズになってしまっているが、空間「沖縄」においては「はいさい」や「ハイサイ」といった沖縄方言が、空間「アフリカ」においてはスワヒリ語「ジャンボ」やフランス語「ボンジュール」やポルトガル語「ボアタルデ」が、空間「ドイツ」においてはドイツ語「グーテンターク」「GutenTag」「グーテン・ターク」が現れており、入力文の「こんにちは」という挨拶文に対して空間に依存して（返答）変換できる可能性を示唆している。

一方、表2は、入力文「好きな動物は何？」や「どんな動物がいる？」といった疑問文に対して、様々な空間（場所）に依存するように返答を生成した結果を示している。

表 1 入力文「こんにちは」に対する空間依存な応答

Table 1 Space-dependent response to an input “kon-nichiha (hello)”.

	@北海道	@沖縄	@アフリカ	@ドイツ
1	何と言い 7	今日 11	読んだこと 26	何と言い 18
2	今日 6	仕事にも 8	20年ぶり 13	ゲーテントーク 12
3	道東に関する情報 5	はいさい 6	メールの書き出し 11	今日 12
4	‘O好 4	ち 6	今日 10	GutenTag 9
5	今 4	そんな 5	ジャンボ 8	ゲーテン・ターク 9
6	な 4	5月 5	本作の 7	こちら 9
7	1時間弱 3	ハイサイ 4	タメ口だ 5	どう 8
8	忘れてしまい 3	ニーハオ 4	そんな 4	ドイツ 6
9	サワディー 3	同じ 4	ボンジュール 3	日本語 6
10	私たちの 3	最高の本音 4	ポアタルデ 3	止めてくれ 5
M a r	こんにちは」は、 は、は、は、は、	こんにちは」は、 「みなさん、 こんにちは」は、	こんにちは」は、 メールの書き出し などでは、	こんにちは」は 「GutenTag!

表 2 入力文「好きな動物は何？」に対する空間依存な応答

Table 2 Space-dependent response to an input “suki na dobutsu ha nani?
(what is your favorite animal?)”.

	@北海道	@沖縄	@アフリカ	@ドイツ
1	何ですか 8	何 15	5匹まで 23	人間 23
2	野生 8	人間 12	何 19	何 20
3	人間 7	自然 9	アフリカゾウ 15	物で 18
4	虫歯に 7	いない 8	いない 14	ドイツ 12
5	犬 7	好き 8	ライオン 14	いない 10
6	北海道に 7	もちろん 8	もちろん 13	全部 8
7	自然 7	なんですか 7	人間 9	私 8
8	それだけ多くの 7	沖縄 7	何と思ひ 9	それだけ多くの 7
9	自分 7	対馬のツシマヤマネコ 6	日本 8	牛 7
10	なぜ大きい 6	イヌ 6	ほとんど 8	白内障で視力 7
M a r	動物は、 北海道には、 北海道には、	動物は、 沖縄県の絶滅の おそれのある	動物は、 アフリカの動物は、 アフリカの動物は、	動物は、 ドイツの動物は、 ドイツの動物は、

表 3 入力文「おはよう」に対する空間依存な応答

Table 3 Space-dependent response to an input “ohayo (good morning)”.

	@北海道	@沖縄	@アフリカ	@ドイツ
1	いい 8	朝 18	主人公の一人称 14	GutenMorgen 17
2	お早く 7	— 9	他の国 7	ドイツ語で 17
3	— 7	いいます 7	ジャンバルナ 4	朝 15
4	誰が対応 6	オよ 7	日本語だから 4	グーテンモルゲン 9
5	朝 Whats 5	主人公の一人称 5	Wasuzeotya?」 4	こちら 8
6	この項目 5	一杯の 5	Wasuze 4	何 7
7	ない 5	磨き—洗い立て 5	アラビア語で 4	適切で無い 4
8	どう 5	最高に贅沢 5	言わ 4	怪しいという 4
9	私 5	6時半から 4	カリテンボ 3	ザオー 4
10	朝だけ 5	言わない 4	早朝 3	農耕民族の 4
M a r	おはようは、 「おはようは」は 「おはようは」は	おはようは、 沖縄県那覇市出身の シンガーソングライター	おはよう」は 「椎名は気が	おはよう」は 「おはよう」は 「おはよう」は

表 4 入力文「好きな食べ物は何？」に対する空間依存な応答

Table 4 Space-dependent response to an input “suki na tabemono ha nani?
(what is your favorite food?)”.

	@北海道	@沖縄	@アフリカ	@ドイツ
1	おいしい 31	沖縄 25	何 22	ドイツ 21
2	美味しい 20	美味しい 17	大丈夫 14	何 18
3	北海道 15	なんですか 15	日本 7	おいしい 11
4	何ですか 11	おいしい 15	美味しい 7	ソーセージ 10
5	うまい 14	何でも 10	豊富 7	美味しい 10
6	本当に 7	何ですか 9	草 6	やっぱり 9
7	なんですか 6	あまり 8	全て 6	日本 8
8	体 6	大好き 8	昆虫 5	あります 8
9	揚げ出し豆腐 5	大切に 7	ドングリ 4	まずい 8
10	何でしょう 5	体 7	なんですか 4	パン 7
M a r	食べ物？	食べ物？	食べ物は、 アフリカの食べ物は、 アフリカの食べ物は、	食べ物は、 ドイツの食べ物は、 ドイツの食べ物は、

4. おわりに

近年、インターネット上でのチャットやインスタントメッセージ、コンピュータゲームなどで一般にも存在が認知されつつある人工無脳（会話ロボット）は、人間同士が会話する対話モデルをトップダウン的に作り込むことで、ユーザと人間らしく、知的な会話を行うことを目指している対話プログラム的一种である。人間は、話し相手が全く同じ発言をしたとしても、彼らの共有する状況（コンテキスト）、特に、時間や空間に依存して異なる返答をする場合があるため、人工無脳も同様に時間や空間に応じて返答することで、より人間らしく、知的な会話を行うことができるようになってきた。そこで本論文では、Web上で日々増大し続けるWeb文書を知識として活用して、時空間依存な対話システム（人工無脳）を試作した。時空間依存な会話ロボットは、携帯電話やスマートフォン、携帯メディアプレイヤーなど、一般に広く浸透したモバイル環境においてモバイルユーザが地域情報を検索したい場合などのインタフェースとして、モバイルユーザと互いに共有する時空間に依存した知識やキャラクターを持つ「時空間のコンシェルジュ」を実現するための重要な一歩であると考えられる。

Web知識を活用して生成した時空間依存な応答が、その時空間において実際に多くの人間が返す応答をどの程度正確に反映しているかは不明であるが、提案手法によって、少なくとも時空間に依存して対話システムの返答を変動させることができることは確認できた。日本語のWeb文書を解析しているため、海外などの空間に限定した場合、その地域において真に相応しい返答というよりも、日本人にとっての各場所に対するイメージを大きく反映してしまっているかもしれない。

今後は、Web知識を活用して生成された返答が想定した時空間にどの程度相応しいか、リアルな統計データとの相関を求めるとして評価を行う予定である。

また、より多くの入力文に対して時空間に応じた返答を返すことができるように、「は」だけでなく「＝」や「といえば」などの他の言語パターンも活用してロバスト性を向上させたり、既存の概念階層（is-a/has-a関係）のWeb抽出手法[15]を時空間依存にしたりすることで、提案手法の改善も図って行く。

さらに、一般のWeb文書を時空間で限定したものを情報源とするだけでなく、Webニュース記事やブログ記事、Twitterのつぶやき、2ちゃんねるのレスなど様々な形態のメディアに分類し、どのようなメディアの時空間に関する記述を情報源とすると、ユーザからの入力文に対して時空間依存な応答をより適切に返すことができるか、Web文書のメディア（形態）依存性[16]についても調査したいと考えている。

文 献

- [1] Joseph Weizenbaum: "ELIZA - A Computer Program For the Study of Natural Language Communication Between Man And Machine," Communications of the ACM, Vol.9, No.1, pp.36-45 (1966).
- [2] Michael L. Mauldin : "ChatterBots, TinyMuds, and the Turing Test: Entering the Loebner Prize Competition," Proceedings of the Eleventh National Conference on Artificial Intelligence (Vol.1), pp.16-21, AAAI Press (1994).
- [3] Richard S. Wallace: "The Anatomy of A.L.I.C.E.," Book Chapter 13 of Parsing the Turing Test, pp.181-210 (2008).
- [4] 福岡 知隆, 税田 竜一, 久保村 千明, 服部 峻, 亀田 弘之: "文の類似性を用いた未知語処理手法の提案とそれに基づく円滑な対話応答システムの作成," 情報処理学会創立 50 周年記念全国大会 (第 72 回全国大会), 6X-2, 第 2 分冊, pp.619-620 (2010).
- [5] 江刺 利彦, 久保村 千明, 服部 峻, 亀田 弘之: "擬人化エージェントによるマルチモーダルなカウンセリングシステムの構築," 情報処理学会創立 50 周年記念全国大会 (第 72 回全国大会), 6X-4, 第 2 分冊, pp.623-624 (2010).
- [6] 千頭 真八, 服部 峻, 久保村 千明, 亀田 弘之: "対話ロボットにおける状況依存発話・行動機能実現手法の提案," 2010 年度 (第 24 回) 人工知能学会全国大会 (JSAI'10), 2E4-1 (2010).
- [7] Google ブログ検索, <http://blogsearch.google.co.jp/> (2010).
- [8] Twitter, <http://twitter.jp/> (2010).
- [9] 2ちゃんねる掲示板へようこそ, <http://2ch.net/> (2010).
- [10] Google ウェブ検索, <http://www.google.co.jp/> (2010).
- [11] Yahoo!デベロッパーネットワーク - テキスト解析 - キーフレーズ抽出, <http://developer.yahoo.co.jp/webapi/jlp/keyphrase/v1/extract.html> (2010).
- [12] Yahoo!デベロッパーネットワーク - テキスト解析 - 日本語形態素解析, <http://developer.yahoo.co.jp/webapi/jlp/ma/v1/parse.html> (2010).
- [13] Macab, <http://mecab.sourceforge.net/> (2010).
- [14] 秋山 智俊: "恋するプログラム - Ruby でつくる人工無脳 -," 毎日コミュニケーションズ刊 (2005).
- [15] 服部 峻, 田中 克己: "性質継承と概念の再帰的適用に基づく Web からの概念階層抽出," 情報処理学会論文誌 (トランザクション) データベース, Vol.1, No.3 (TOD40), pp.60-81 (2008).
- [16] 服部 峻, 亀田 弘之: "Web テキストにおける未知語の頻度調査," 電子情報通信学会 思考と言語研究会 (SIG-TL), 信学技報, Vol.110, No.63, TL2010-2, pp.7-12 (2010).
- [17] 神尾 広幸, 松浦 博, 正井 康之, 新田 恒雄: "マルチモーダル対話システム MultiksDial," 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J77-D2, No.8, pp.1429-1437 (1994).
- [18] 熊本 忠彦: "自然言語対話システムにおける協調的応答の生成," 人工知能学会誌, Vol.14, No.1, pp.3-10 (1999).
- [19] 岩野 公司, 斉藤 朗, 貞効 宏宣, 田熊 竜太, 古井 貞熙: "自由発話を対象とした対話システムの構築と評価," 情報処理学会研究報告「音声言語情報処理」, Vol.2001, No.55, pp.79-86 (2001).
- [20] 田中 穂積, 徳永 健伸: "ロボットとの会話 - 人工知能からのアプローチ -," 情報処理, Vol.44, No.12, pp.1247-1252 (2003).
- [21] 滝澤 正夫, 楨原 靖, 白井 良明, 島田 伸敬, 三浦 純: "サービスロボットのための対話システム," システム制御情報学会誌, Vol.16, No.4, pp.174-182 (2003).