

# 会話処理応答文生成のためのキーワード連想方法

田中亜紀子<sup>†</sup> 渡部広一<sup>†</sup> 河岡司<sup>†</sup>

<sup>†</sup>同志社大学工学部知識工学科

## 1. はじめに

高齢化社会が進むにつれ、高齢者の精神的サポートとして、人間のようにコミュニケーションの取れるロボットが注目されている。そこで、人間の発言や感情を捉えさせることにより、自然なコミュニケーションを行うロボットの実現を目指す。

この実現のために、人間同士が日常的に行っているコミュニケーションの仕組みをモデル化し、コンピュータと人間とのインタフェースに、これを取り入れられることが望まれる。そこで、本研究では、常識判断メカニズムと連想メカニズムを用いることにより、応答処理を成立させるモデルを採用した。その中でも、本稿では、応答処理に関するシステムの提案を行う。これは、入力文に対して内容理解や連想を行い、適切な応答文を生成するためのものである。

本稿では、自然な応答文を作成するために、拡張されたキーワードの範囲から最も適切な語を選択する方法を提案する。この流れとしては、入力された文を構文解析により情報フレーム(6W1H(Who, What, When, Where, How, Why, Whom) + 用言)への分解を行った後、それらの語に対し、時間、場所、感覚、語の属性などの観点での常識的連想により、応答のキーとなる語の拡張を行うというものである。常識的連想のために、概念ベースや各種の常識判断システムを利用している。

例えば「私は昨日、本屋で雑誌を買った」という入力文に対し、「その雑誌に何が掲載されていたの?」や「お客さんは多かった?」という自然な応答文を返すため、連想を行うことにより、「掲載」、「客」という応答文に用いるキーワードの選択方法を考案する。

また、連想を行う文に対し、緊急的な文や、お祝いの文、落胆的な文は、直接的に連想が不要な文である。本稿では、これらの文を「緊急動詞などを含む文」と呼ぶことにする。また、常識的な文や不変的事実を表す文も、直接的に連想が不要な文である。これらの連想処理不要な文を判別する例外処理として、「緊急動詞などを含む文の判別処理」や、「常識的、不変的事実の文の判別処理」を考案する。これらの文については、連想を行わない。図1に例文を示す。

緊急的な文: 「車が突然飛び出した」
お祝いの文: 「彼はテストに合格した」
落胆的な文: 「彼は選挙に落選した」
常識的な文: 「海水は塩辛い」

図1. 連想が不要と考えられる例文

## 2. 判断知識

本章で述べる判断知識は、ベースとなるメタ知識であり、これを利用して本研究の連想処理を実行している。

### 2.1 概念ベースと関連度計算

概念ベース<sup>[1]</sup>とは語(概念)の特徴を表す語(属性)を集めたものであり、属性には重要度(重み)が定義されている。概念ベースには概念が約9万語格納されている。

また、関連度計算<sup>[2]</sup>とは、2つの概念間の関連の強さを定量的に評価するものであり、各概念を二次属性まで展開し、重みも考慮した属性集合の一致度合いを計算している。関連度

計算には、意味的にどれだけ近いかを判断することで概念間の関連性を評価する意味関連度計算方式と、単語同士が伴って出現する共起頻度を用いる共起関連度計算方式がある。共起関連度計算方式には、ある語の対が複数の文書で共に出現する頻度が高ければ高いほど、その語の間には関連があると考える「表記的共起関連度計算方式<sup>[3]</sup>」と、それらの語を意味的に近い語に置き換えた場合であっても、新たな2語の間に高い関連性が存在するという「意味的共起関連度計算方式<sup>[4]</sup>」がある。例えば、「自動車」と「運転」を共に属性に持つ概念数を数えるとき、「自動車」に意味的に近い「車」と「運転」を共に持つ概念も対象となるという考え方が、「意味的共起関連度計算方式」であり、意味的に近い語との共起を考慮するというものである。

### 2.2 TF・IDF

TF<sup>[4]</sup>とは、文書内での出現頻度で、ある領域内で繰り返し出現する単語は重要であるという考え方に基づく。また、IDF<sup>[4]</sup>とは、稀に出現する単語は重要であるという考え方に基づく重み付け手法である。本研究で用いるIDFは、概念ベースの中で、三次属性まで展開した属性を母集団としたものである。

## 3. 常識判断システム

常識判断システムは、2章の判断知識のようなメタ知識ではなく、1つのシステムとして成り立っている。

本研究では、時間、場所、感覚の判断システムを用いる。

時間判断システム<sup>[5]</sup>とは、日常的な表現から時間/季節を得るシステムである。特に、用言の知識ベースを持たずに、名詞と用言の組み合わせから時間/季節を連想するという特徴をもっている。

場所判断システム<sup>[6]</sup>とは、会話で使われた言葉が場所に関する語かどうかを判断し、場所に関する語と判断された場合は、そこに何が存在し、何をやる場所なのかを連想するシステムである。

また、感覚判断システム<sup>[7]</sup>とは、名詞から感覚(視覚・嗅覚・聴覚・味覚・触覚)を連想するシステムである。

## 4. 連想処理実行までの入力文判別方法

入力文を6W1H(Who, What, When, Where, How, Why, Whom) + 用言のフレームに分けたものを情報フレーム<sup>[8]</sup>という。図2に格納例を示す。

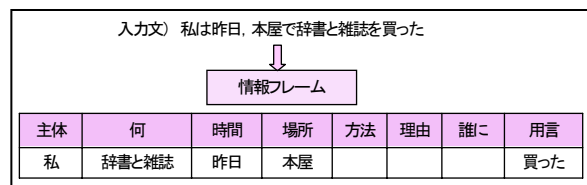


図2. 情報フレームへの格納例

まず、入力文の語を情報フレームへ格納し、連想処理を行うことが必要な入力文かの判別を行う。

「緊急動詞などを含む文の判別処理」(連想が必要かどうかの判別処理 1) では、前述した緊急的な文やお祝いの文、そして落胆的な文に対する特定動詞のデータベースを作成した。

この特定動詞をそれぞれ、緊急動詞、祝杯動詞、落胆動詞と呼ぶ。これらの動詞を含む入力文の場合は連想処理を行わない。

「常識的、不変的事実の文の判別処理」(連想が必要かどうかの判別処理 2) は、緊急動詞などの 3 種類の動詞を含まない場合実行し、述部が形容詞で、主語と動詞の関連度が 0.1 以上の場合、及び、主体の全親シソーラスの中に、用言の名詞が含まれている場合、連想処理を行わない。

また、連想が必要かどうかの判別処理 3 は、処理 1 と 2 の両方に該当しない場合行ふ。これは主体と用言のみの文であり、主体が人以外で、用言が進行形の入力文の場合、連想不要と判別する。よって、この条件以外は、全て連想処理となる。連想処理と判別された場合、5 章の処理を行うことになる。この連想処理実行までの処理の流れを図 3 に示す。

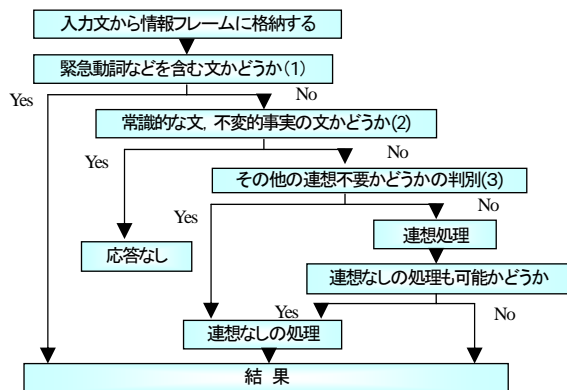


図 3. 連想処理実行までの処理の流れ

## 5. 連想処理 (キーワード選択処理)

本章では、研究の本題となる連想処理について述べる。これは 4 章で連想処理と判別された入力文についての処理である。入力文に対して自然な応答文を生成するために、最も適切なキーワードを選択する方法を提案する。以下に処理手順を述べる。

### 5.1 応答のキーワード拡張方法

応答文に用いる最も適切な語を選択するために、まず選択するキーワードの範囲を拡張することを考える。この方法として、一次属性を用いて連想を行う「一次属性によるキーワード拡張方法」と、常識判断システムを用いて連想を行う「常識判断システムによるキーワード拡張方法」を提案する。この 2 つの拡張方法を共に用いることにより、より広い範囲の語の獲得を行う。

#### 5.1.1 一次属性によるキーワード拡張方法

4 章により情報フレームへの格納を行ったそれぞれの語の IDF 値を求め、その中から IDF 値の高いもの上位 2 つを選ぶ。このとき閾値を、実験により得られた値である 1.09 と定め、IDF 値が 1.09 以上である語を選択する。IDF 値を求めるにあたり、動詞が現在形以外 (過去形など) の場合については、現在形に直した語の IDF 値を求めることにする。また、サ変動詞については「する」を省いた名詞の IDF 値を求める。

そして、概念ベースを用いて、選択された語の一次属性を求め、キーワードの拡張を行う。

この処理例を図 4 に示す。

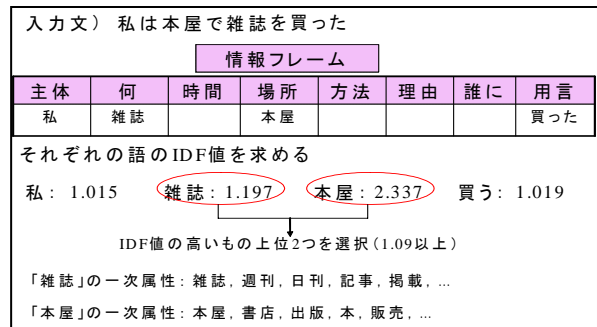


図 4. 一次属性によるキーワード拡張方法の例

#### 5.1.2 常識判断システムによるキーワード拡張方法

4 章により情報フレームへの格納を行ったそれぞれの語を、適切な常識判断システムに渡し、連想された語を連想フレームへ格納し、キーワードの範囲の拡張を行う。連想フレームとは、情報フレームに格納された語から連想を行うことによって得られた語を格納するフレームである。

連想フレームには、「時間」、「場所」、「感情」、「感覚」、「職種」のフレームがあるが、本研究では「時間」、「場所」、「感覚」のフレームを用いる。また、用いる常識判断システムは、時間判断、場所判断、感覚判断である。

まず、各情報フレームに渡す常識判断システムを示す。

- ① 「何」フレーム：時間判断システム、感覚判断システム (「何」フレームの語を時間判断に渡して連想された語を、さらに感覚判断に渡して感覚語が得られる場合は、感覚判断にも渡す。)
- ② 「時間」フレーム：感覚判断システム
- ③ 「場所」フレーム：場所判断システム
- ④ 「理由」フレーム：感覚判断システム

次に、それぞれの連想フレームに、どのような語が格納されるかを以下に示す。

- ① 「時間」連想フレーム：時間判断に渡し取得した語。
- ② 「場所」連想フレーム：場所判断に渡し取得した語。
- ③ 「感覚」連想フレーム：感覚判断に渡し取得した語。

この処理例を図 5 に示す。図 5 では、「秋」、「客」、「店長」、「涼しい」という語が、常識判断システムによって拡張されたキーワードである。

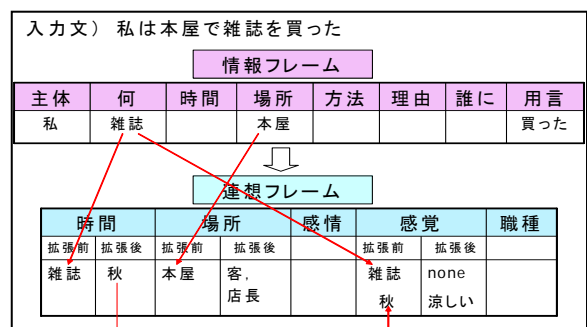


図 5. 常識判断システムによるキーワード拡張方法の例

#### 5.2 キーワード選択方法

次に、5.1 節により拡張されたキーワードを選択する方法を述べる。5.1.1 節で一次属性により拡張されたキーワードの中で選択を行い、また、5.1.2 節の常識判断システムにより拡張された語の中からも選択を行うことにより、一次属性と常識判断のそれぞれから選択した語を候補に残すことを考える。

このために、まず 5.2.1 節では、3 種類の方法で比較実験を行うために単語に対する重み付けを行う。その方法について

説明する。また、5.2.2 節では、キーワードを選択し、このキーワードを応答に利用する。

### 5.2.1 単語に対する重み付け方法

(1) 意味的共起関連度を計算する

① 「一次属性により拡張された語」を用いた関連度計算

5.1.1 節で IDF 値の高いもの上位 2 つを選び、さらに IDF 値が 1.09 以上である語を選択して得られた語 (図 4 では、「雑誌」、「本屋」) と、5.1.1 節で得られた一次属性の語 (図 4 では、「雑誌」、「週刊」、「日刊」、…、「本屋」、「書店」、「出版」、…) との意味的共起関連度を求める。

② 「常識判断により拡張された語」を用いた関連度計算

5.1.2 節で常識判断により連想する前の語 (図 5 では、「雑誌」、「本屋」、「秋」) と、常識判断により連想された語 (図 5 では、「秋」、「客」、「店長」、「涼しい」) との意味的共起関連度を求める。

(2) IDF 値の算出

5.1.1 節で得られた一次属性の語 (図 4 では、「雑誌」、「週刊」、「日刊」、…、「本屋」、「書店」、「出版」、…) の IDF 値を求め、また、5.1.2 節で常識判断により連想された語 (図 5 では、「秋」、「客」、「店長」、「涼しい」) の IDF 値を求める。

(3) 意味関連度を計算する

上記の(1)と同様にそれぞれの意味関連度を求める。

### 5.2.2 キーワード選択

5.2.1 節で求めた重みに基づいて、以下の 2 種類の方法によりキーワード選択を行う。

① 上位 1 位の語を選択

5.2.1 節の(1)の意味的共起関連度を計算した語に対しては、最も数値の高いもの上位 1 位の語を選択する。(2)の IDF 値を求めた語に対しては、最も数値の低いもの (頻繁に使用される語) 上位 1 位の語を選択する。また、(3)の意味関連度を計算した語に対しては、最も数値の高いもの上位 1 位の語を選択する。

② 上位 3 位までの語 (3 語) を選択

上記の①と同様に、上位 3 位までの語を選択する。

## 6. 実験

### 6.1 実験内容

5.2 節の方法で求めたキーワードが応答文に用いる語として適切であるかを評価するために、テストデータを用いて実験を行った。データは、中学英語のテキストから、用言が動詞であり、1 文が主語と動詞のみで構成されていない単文 100 文を用いた。

この入力文 100 文を、6.2.1 節と 6.2.2 節のそれぞれについて評価した。評価は、目視による三段階評価 (○, △, ×) を行い、それぞれの非常識度 (×のみの割合) を求めた。

### 6.2 実験評価

上位 1 位の語の評価については、応答文のキーワードとして適切なるものを○、不適切でないものを△、不適切なるものを×で示し、非常識度 (×のみの割合) を求めた。また上位 3 位までの語の評価については、100 文から得られた 300 語について、上記の方法でそれぞれ○, △, ×の評価を行い、非常識度 (×のみの割合) を求めた。

#### 6.2.1 一次属性により拡張した語を用いた評価結果

① 上位 1 位の語を選択した場合

それぞれの非常識度を求めたところ、意味的共起関連度では 80%、IDF では 95%、意味関連度では 78%となった。

② 上位 3 位までの語を選択した場合

それぞれの非常識度を求めたところ、意味的共起関連度では 74%、IDF では 87%、意味関連度では 73%となった。

#### 6.2.2 常識判断により拡張した語を用いた評価結果

① 上位 1 位の語を選択した場合

それぞれの非常識度を求めたところ、意味的共起関連度では 53%、IDF では 51%、意味関連度では 53%となった。

② 上位 3 位までの語を選択した場合

それぞれの非常識度を求めたところ、意味的共起関連度では 51%、IDF では 60%、意味関連度では 62%となった。

## 6.3 考察

6.2 節によると、どちらも上位 3 位までの語を選択した結果の方が全体的に非常識度が低くなり、上位 1 位の選択より精度が高いことが分かる。また、意味的共起関連度や意味関連度により上位 3 位までを選択する方法は、精度が高くなり、IDF による選択は非常に精度が低い。

これらの結果について、実験に用いた「彼は故郷で医者を開業した」の入力文を例に挙げて考える。「一次属性により拡張した語」を用いた場合、拡張前の「医者」との意味的共起関連度や意味関連度により、上位 3 位内の語として選択された拡張語の「診察」は応答文に用いる語として適切なキーワードであると考えられる。このように、意味関連度、及び、意味的共起関連度を用いて得た語は、いずれも意味的に関連の深い語であり、適切な結果となっている。これに対し、拡張語を IDF により選択した上位 3 語は「掏摸る」、「人」、「自分」であり、応答文に用いる語としてふさわしくない。

6.2 節の評価結果から、意味的共起関連度は意味関連度の結果をほぼ包含しており、以降、意味的共起関連度のみで考察する。

## 7. 精度向上と再評価

### 7.1 WEB Hit 件数と精度向上方法

5.2.2 節の手法では非常に精度が低かったため、6.2 節で評価の高かった意味的共起関連度に別の手法を組み合わせることを考えた。意味的共起関連度は、表記的な共起回数だけでなく、意味的に近い語との共起も考慮されるため、より広い範囲の連想語を選択できる。このことから、表記的共起関連度を使用せず、意味的共起関連度を用いる。そして、意味的共起関連度により選択された語から、別の手法を用い、さらに語を絞り込むことを考える。その方法として、表記的共起関連度を用いることを考えるが、表記的共起関連度は、辞書の文からの語の検索になるため、普段会話で使用するような現実的な語が選択できないという欠点がある。よって、より現実的な検索が可能である WWW 検索エンジンを用いた精度向上を提案する。これは、検索エンジンで 2 つのキーワードを AND 検索するとき、その入力した 2 つのキーワード同士が関連が強いときや頻繁に共に用いられると、WEB ページの獲得件数 (WEB Hit 件数) が多くなることを利用しようというものである。

以上の方針により、5.2.1 節で行った「一次属性により拡張された語」と「常識判断システムにより拡張された語」の両方に対して次の方法を実行する。

まず、意味的共起関連度により、拡張前の語と拡張された語との関連度計算を行う (5.2.1 節の(1)を実行する)。そしてさらに、「一次属性により拡張された語」に対しては、以下の①と②の方法を実行し、「常識判断システムにより拡張された語」に対しては、以下の③の方法を実行した。

①意味的共起関連度により求めた数値の高いもの上位 10 位までを選択する。その選択した語 10 個とそれぞれの拡張前の語との WEB Hit 件数を求め、その中で数値の高いもの上位 1 位の語を選択する。このとき、選択した語が拡張前の語と一致した場合は、上位 2 位の語を選択する。さらに、数値の高いもの上位 3 位までの語 (3 語) の選択を行う。このとき、選択した語の中に拡張前の語が存在する場合は、その語を削除した上で上位 3 位までの語を選択する。

②意味的共起関連度により求めた数値の高いもの上位 20 位

までを選択する。選択した上位 20 位までの語 20 個とそれぞれの拡張前の語との WEB Hit 件数を求め、①と同様に、上位 1 位の語と、上位 3 位までの語 (3 語) を選択する。

- ③意味的共起関連度により求めた数値の中に、0 より大きい意味的共起関連度を持つ拡張語が 9 個以下の場合、数値の高い順に順位をつけ、全てを選択する。(例えば、除去した後の拡張語数が 6 個なら、6 位の語まで選択。) また、10 個以上 19 個以下なら、数値の高いもの上位 10 位までを選択する。20 個以上なら、数値の高いもの上位 20 位までを選択する。この方法で選択した語とそれぞれの拡張前の語との WEB Hit 件数を求め、①と同様にして、上位 1 位の語と、上位 3 位までの語 (3 語) を選択する。

## 7.2 再評価

7.1 節の方法に対して、6 章で用いた同じ評価データの入力文 100 文を用い、再度実験を行った。評価は 6.2 節と同様に、目視による三段階評価 (○, △, ×) を行い、それぞれの非常識度 (×のみの割合) を求めた結果は以下ようになった。

(1) 「一次属性により拡張した語」を用いた評価結果

①意味的共起関連度により上位 10 位までを選択した場合

7.1 節の①の方法で、上位 1 位の語を選択した結果と上位 3 位までの語を選択した結果の非常識度を求めたところ、WEB Hit 件数上位 1 位の選択では 46%、WEB Hit 件数上位 3 位までの選択では 46%となった。

②意味的共起関連度により上位 20 位までを選択した場合

7.1 節の②の方法で、上位 1 位の語を選択した結果と上位 3 位までの語を選択した結果の非常識度を求めたところ、WEB Hit 件数上位 1 位の選択では 45%、WEB Hit 件数上位 3 位までの選択では 41%となった。

(2) 「常識判断システムにより拡張した語」を用いた評価結果

7.1 節の③の方法で、上位 1 位の語と上位 3 位までの語を選択した結果の非常識度をそれぞれ求めたところ、WEB Hit 件数上位 1 位の選択では 46%、WEB Hit 件数上位 3 位までの選択では 45%となった。

## 8. 評価比較と考察

(1) 「一次属性により拡張した語」を用いた評価結果の比較

6.2.1 節の②と 7.2 節の(1)の①の「WEB Hit 件数 3 位まで」の評価結果を比較すると、精度向上を行った後の WEB Hit 件数を用いた方が、非常識度が 28%低くなり、28%の精度向上に成功した。さらに、意味的共起関連度による上位 10 語からの選択を、7.2 節の(1)の②の「上位 20 語からの選択」にすることで、さらに 5%の精度向上となった。

以上より、意味的共起関連度により上位 20 位までの語を選択し、WEB Hit 件数により 20 語から上位 3 位までの語を選択する方法が、図 6 に示す評価結果のように、非常識度が 41% と低くなり最も精度が高い方法といえる。

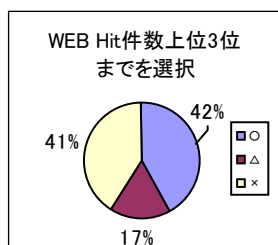


図 6. WEB Hit 件数を用いた精度向上結果

この結果について、実験に用いた入力文「私は昨日喫茶店でケーキを食べた」を例に挙げて考える。6.2.1 節の②の 3 種類の方法でそれぞれ 3 位まで選択した結果、応答に適切な語が得られなかった。これに対し、7.2 節の(1)の①のように、

意味的共起関連度により選択した上位 10 語から、さらに WEB Hit 件数を用いて上位 3 位まで選択した結果、「菓子」、「洋菓子」、「和菓子」が選択され、この場合、応答文に用いる適切なキーワードとして「菓子」、「洋菓子」が得られた。

また、同じ入力文において、7.2 節の(1)の②のように、意味的共起関連度により選択した上位 20 語から、さらに WEB Hit 件数を用いて上位 3 位まで選択すると、「甘い」、「菓子」、「洋菓子」が選択され、これらは全て応答文に用いる適切な語と判断できる。

このように、意味的共起関連度、又は、IDF、又は、意味関連度で単独に選択するという手法では、適切なキーワードが得られない。そこで、「WEB Hit 件数」を、「意味的共起関連度」と組み合わせて用いることで、「意味的共起関連度」のみで選択する方法よりも、望ましいキーワードが得られる。

(2) 「常識判断により拡張した語」を用いた評価結果の比較

6.2.2 節の②と 7.2 節の(2)の「WEB Hit 件数 3 位まで」の評価結果を比較すると、前述の(1)と同様に、WEB Hit 件数を用いることで精度が向上したと分かる。

よって、(1)と(2)より、意味的共起関連度による選択を行った後、WEB Hit 件数を用いる手法が、応答文に用いるキーワードの選択に最適であることが分かった。

## 9. おわりに

本研究では、入力文に対する応答文に用いる適切なキーワードを選択する手法を提案した。改良前の 5.2 節の手法に WEB を組み合わせて用いることで、精度向上が実現できた。

今後の課題としては、一次属性と常識判断により選択したそれぞれ 3 語ずつのキーワードを 1 語ずつに絞り込み、最終的に適切な語を 1 つのキーワードに絞り込むことである。また、WEB を使用する方法は、結果が出力されるまでにかかりの時間を必要とするため、WEB を使用せずに精度向上ができる方法を考案する必要がある。

## 謝辞

本研究は、文部科学省からの補助を受けた同志社大学の学術フロンティア研究プロジェクト「知能情報科学とその応用」における研究の一環として行ったものである。

## 参考文献

- [1] 広瀬幹規, 渡部広一, 河岡 司, “概念間ルールと属性としての出現頻度を考慮した概念ベースの自動精練手法”, 信学技報, NLC2001-93, pp.109-116, 2002.
- [2] 渡部広一, 河岡 司, “常識的判断のための概念間の関連度評価モデル”, 自然言語処理, Vol. 8, No. 2, pp. 39-54, 2001.
- [3] 青田正宏, 渡部広一, 河岡 司 “概念の意味・表記と共起情報をを用いた関連度計算方式”, 同志社大学理工学研究報告, Vol. 45, No. 1, pp.23-34, 2004.
- [4] 徳永健伸”言語と計算 5 情報検索と言語処理”, 東京大学出版会 (1999)
- [5] 小畑陽一, 渡部広一, 河岡 司, “単文の名詞と動詞から時間/季節を判断するメカニズム”, 信学技報, AI2000-56, pp.1-6, 2001.
- [6] 杉本二郎, 渡部広一, 河岡 司, “概念ベースを用いた常識場所判断システムの構築”, 情報処理学会自然言語処理研究会資料, 2003-NL-153, pp.81-88, 2003.
- [7] 渡部 広一, 堀口 敦史, 河岡 司, “常識的感覚判断システムにおける名詞からの感覚想起手法”, 人工知能学会誌, Vol. 19, No. 2, pp.73-82, 2004.
- [8] 篠原宜道, 渡部広一, 河岡 司, “常識判断に基づく会話意味理解方式”, 言語処理学会第 8 回年次大会発表論文集, B6-2, pp.651-654, 2002.