(特集論文) 「ヒューマンエージェントインタラクション (HAI)」

知的会話処理における連想応答手法

Association Reply Method for Intelligent Conversation Processing

吉村 枝里子
Yoshimura Eriko

同志社大学 理工学部
Faculty of Science and Engineering, Doshisha University
eyoshimura@indy.doshisha.ac.jp

芋野 美紗子
Imono Misako

同志社大学大学院 工学研究科
Graduate School of Engineering, Doshisha University
mimono@indy.doshisha.ac.jp

土屋 誠司
Tsuchiya Seiji

(同 上)
stsuchiy@mail.doshisha.ac.jp

渡部 広一
Watabe Hirokazu

(同 上)
hwatabe@mail.doshisha.ac.jp

keywords: conversation, discourse relation, sentence generation, association ability, commonsense judgement

Summary

This paper proposes a response autonomous production method on chatting system for intelligence conversation. An autonomous response method needs some rules for fixed pattern talking and application ability for new expression. A response must make autonomously based on understanding of natural language sentence. So, it needs a mechanism of humanistic association and amphiboly based on grammar and rule of conversation. This paper explains a mechanism of concept association and commonsense judgement and proposes a association response method based on commonsense using the mechanism that is unrealizable only with statistical processing. The proposed response method are place association method, adjective association method and change topic association method based on place information getting from conversation situation. And then there was able to achieve an accuracy of 80%, 74% and 71%.

1. 導 入

近年、機械は我々の生活・社会と密接に関与し、必要不可欠な存在となりつつある。そのため、機械の目指すべき姿は「人と共存する機械(ロボット)」だと言えるだろう。この夢は、二足歩行ができる、走ることができる、踊ることができるなど身体能力に長けたロボットが数多く開発されたことにより、その一部が実現されつつある。今後、ロボットが真に人と共存するためには、優れた身体能力を持ったロボットに「知能」を持たせることが重要になる。機械がスムーズな会話を行うことにより、人と円滑なコミュニケーションがとれる知能ロボットの実現が可能となる。そこで知能ロボットの自律的応答が今後の課題とされている。自律的応答は人間にとって容易だが、機械には非常に困難となる。それは、機械はあらかじめ定められた動作に対応することはできるが、様々な状況に対応する応用力には乏しいからである。自律的応答には決められたルールに加え、新たな表現や思考に対応する応用力が必要となる。しかし、そのためには、自然言語を理解し、応答を自律的に判断し、応答表現を組み立てなければならない。よって、文法や会話のルールの基礎的知識を持ち合わせた上で、言語の曖昧性や人間

の連想能力に対応した機構を組み立てる必要がある。

会話のルールに特化した応答処理手法の研究として、あらかじめ決められたパターンに沿って会話を展開するタスク型会話がある。これは、目的となるタスクを達成するために会話を誘導し、話題を制御する。事務的な作業を行う際に非常に有効であり、例えば DARPA プロジェクトの航空券案内システム DARPA ATIS[Kaufmann 90, Kaufmann 91, Kaufmann 92]、列車発車案内システム TRAINS[H.Kauts 86]、旅館予約システム[飯田 06]、秘書システム[谷垣 95]等、目的に沿った会話システムが開発されている。これらのシステムは会話状態を遷移図として把握し、タスクに必要な情報を的確に得るために有効な会話ルールを展開し、それ以外の話題は受け付けないことで実用化されている。もちろん、タスクを達成するためだけに会話を行うため、タスク以外の話題や、登録されていない語に対応することはできず、雑談のような話題の展開には非常に弱い。

雑談型のシステムとして、例えば対話システムの一つである Eliza[J.Weizenbaum 65]がある。これは、相手から会話を引き出すことを目的としたカウンセラーシステムであった。基本的に Eliza が生成する応答文はキーワードをデータベース検索し、それに応じた一般的な質問文

を返す。また、過去に発言した内容の一部分を記憶し、その単語をパターンの応答に組み込む。そのため、ユーザーのどのような会話にも対応することができ、自律的応答を行っているように見せかけることができた。しかし、その会話内容を評価することはなかったため、相手の発言を理解し、適切な応答を作成したわけではなかった。結果的に人間との会話であると錯覚させた Eliza に触発され、後続したチャットシステム (A.L.I.C.E, Ractor, Verbot, Julia etc.) は、相手の応答を応答パターンとして学習し、人間とのチャット環境に置かれ続けることで膨大な応答パターンを保有するように改良されていった。非タスク指向型の対話研究は多数 [徳久 06, 稲葉 09] 行われており、例えば [木村 01] らによる音声対話システムは膨大な対話例を元に遺伝的アルゴリズムを用いた帰納的学習によって対話ルールの獲得を行い、ELIZA 型よりも良い性能を示している。これらは膨大な対話例から会話を模倣することで応答を生成し、雑談型の会話に強いことがわかる。しかし、パターンを学習するだけでは過去のパターンを模倣するだけであり、機械自身の意図により応答することはできない。一見、雑談が可能であるように見えるが、パターン学習のみでは自律的応答には限界がある。

これらの問題を踏まえ、自然な会話を行うために事例パターン知識ベースの大規模化に加えて、発話文の文法的・意味的解析に語の出現頻度などの統計処理を活用する自然言語処理の研究 [河原 06][Maedche 01] がすすめられてきた。これは文の意図・意味を語の出現の統計的な観点から捉えようという試みである。つまり、自然言語処理の主流は、文の文節や単語間の連結を出現頻度による統計処理で処理するものである。これにより、音声認識やタスク処理型会話における文解析は大きく進歩した。これにより意味を理解し、知識や常識に基づいて自律的に応答する基盤ができたといえる。

そこで本論文では、従来の自然言語処理や膨大な事例パターンだけでは補いきれない、言語の曖昧性や人間の連想能力に対応した機構を組み込み、知識や常識に基づいて応答する手法について提案する。本論文では特に連想や常識といった、自律的な会話の重要な要素となる構造について議論する。そして、その応用方法としての連想応答手法の提案について説明を行う。これにより常識に基づいた連想を行い、より自律的で応用力に富んだ応答を行う方法の提案を行う。

雑談型対話システムにおける関連研究として文献 [江頭 12][高柳 11][柴田 09] が挙げられる。これらは本論文のように、タスク処理型とは異なり分野依存性が低い。文献 [江頭 12] は Web 上の情報を元に質問応答などの技術を用いて対話を行い、強化学習を用いることで適切な対話戦略を獲得している。対話を重ねることで話題の流れを学習させ、対話戦略を練ることでユーザーが好ましいと感じる会話を選択できるという知見は興味深い。しか

し、同時に話題選択の際に人間が発話した内容に基づいた連想は行っており、これによりユーザーが悪い印象を持つ可能性があることも示唆している。本論文では人間の発話内容から連想応答する手法について提案することでこの点についての解決方法を提示できると考えられる。文献 [高柳 11] はペット型ロボットを想定し、質問応答・常識知識獲得/利用・吉凶判断・スクリプト対話・定型応答の機能を備えた対話システムを提案している。特に本論文と関連のある常識知識については、対話を重ねることで常識知識を獲得し、その知識を三段論法を用いて推論し応答としている。ただ、ここでの常識知識は対話によって得られる論理的包含関係のみを扱っており、本論文のように知識自体の体系化やその知識の意味的連想能力にまで踏み込むことについては述べられておらず、話に広がりを持たせるのが難しい。また、文献 [柴田 09] は広い対話領域での自由対話を実現し、タスク処理型会話システムと Eliza 型自由対話システムとの中間に位置する対話システムを提案している。これはユーザー発話に対する応答として適切な文を Web 上より検索し、システム発話としてユーザーに提示する。発話同士の話題の繋がりに関する表層的結束性とユーザー発話からの連想のし易さと情動的価値を近似した意味的整合度という二つの選択基準を用いて表層的にも意味的にも自然で意味のある発話を生成している点は非常に興味深い。特に意味的整合性という連想能力を用いた基準により候補文を選択している点は、本論文のように対話において意味的な連想能力が必要であるという観点において一致している。ただ、過去に書かれた Web 上の文書の中から候補文を検索するため、直前の会話に関連はしているが直接的な話題内容ではない候補文も多く、タスク処理型と Eliza 型の良点と共に悪点も継承している面があると考えられる。また、本論文では常識的観点を導入し、各観点における連想能力を用いることでより内容に沿った連想を行う手法を提案する。

2. 連想メカニズム

人間は受け取った情報を適宜に解釈することができる。これは、言語に関する基本的な知識を蓄積し、経験上で培った語概念に関する常識を持つからである。常識的な判断能力を持つためには語の概念化、すなわち、ある単語に対して関連のある概念を想起する能力が重要な役割を果たしていると考えられる。このような言葉に関する常識的な判断能力を持つために、語に関する知識を理解する必要がある。

そこで、人間が持つ語に関する知識をモデル化し、機械に理解させる。このことで、人間の会話の仕組みと類似した会話機構ができると考えられる。この考え方に基づいて概念連想と常識判断を行う機構を構成する。

概念連想は言葉（概念）に関する汎用的な知識を連想

し、常識判断は場所・時間・感覚などの様々な常識的観点における言葉を常識的に判断する。よって、概念連想は、基本的な語の関係を定義するシステムによって構成し、常識判断は各々の常識的観点独自の連想を行うシステムによって構成する。

2.1 概念連想

概念連想は、基本的な語の関係を定義するシステムによって構成する。日本語の語彙を体系づけた NTT シソーラス [池原 97] や同義語・類義語辞書も概念連想に必要なシステムとなる。

機械が人間らしい概念の連想を行うためには、単語間の意味的な類似性を定量的に示す必要がある。同義・類義・包括関係だけでなく、共起関係や部分関係その他常識に関わる体系化されていない関係が存在する。そこで、人間の常識的な感覚に近い概念連想を行うため、単語間の意味的な類似性を定量的に表現する必要がある。

この必要性に鑑み、概念間の関係性について [岡本 01] や [渡部 06] らによる研究がおこなわれてきた。[岡本 01] らは人間の連想実験によって収集したデータを元にその頻度情報や確率から概念間の類似性を定量化 (概念数 660 語) し、[渡部 06] らは辞書や新聞を元に、大規模なデータの頻度情報や確率より概念間の類似性を定量化 (概念数 34000 語) している。本論文ではより多様な連想を行うため、[渡部 06] らによる手法を利用する。

概念ベースは、複数の電子化辞書などから各見出し語を概念、その見出し語の説明文中の自立語を概念の属性として、機械的に自動構築された大規模なデータベースである。本研究では、機械的に構築した後、人間の感覚からは不適切である属性を削除し、必要な属性を追加する自動精練処理を行った概念ベース (概念数約 9 万) [奥村 07] を利用している。

初期の概念ベース (基本 CB) [笠原 97][川島 05] は、約 3 万 4 千の概念表記 A とその属性 a_i 及び重み w_i を複数の国語辞書の語義文から自動的に獲得した。これは辞書の見出し部の単語を概念表記、語義文に含まれる自立語を属性として抽出し、それらの属性の重みはその属性の出現頻度を基に付与する。さらに、属性の自己参照による新たな属性の追加、及び不要な属性の統計的な除去からなる精練を行うことによって概念ベースを機械構築している。

概念ベースにおいて、任意の概念 A は、概念の意味特徴を表す属性 a_i と、この属性 a_i が概念 A を表す上でどれだけ重要かを表す重み w_i の対で表現される。概念 A の属性数を N 個とすると、概念 A は以下のように表すことができる。ここで、属性 a_i を概念 A の一次属性と呼ぶ。

$$A = \{(a_1, w_1), (a_2, w_2), \dots, (a_N, w_N)\}$$

概念 A の一次属性 a_i は概念ベースに定義されている

電車	電車, 0.36	汽車, 0.21	線路, 0.10	...	一次属性
	電車, 0.36	汽車, 0.21	線路, 0.10	...	
	汽車, 0.21	電車, 0.23	鉄道, 0.25	...	
	線路, 0.10	列車, 0.11	電車, 0.18	...	
	...	...	...	...	
					二次属性

図 1 概念「電車」を二次属性まで展開した場合の例

概念としているため、 a_i から同様に属性を導くことができる。 a_i の属性 a_{ij} を概念 A の二次属性と呼ぶ。概念ベースにおいて「概念」は n 次までの属性の連鎖集合により定義されている。また、各概念表記に対し平均 30 属性が付与され、属性に付与される重みはその概念表記に対する重要度であり、各概念表記について、その総和が 1.0 となるように正規化されている。概念「電車」を二次属性まで展開した様子を図 1 に示す。

概念ベースに存在する概念に対し、その概念集合における各概念の重要性、概念ベース IDF 値を計算することができる。IDF 値は情報検索の分野で用いられる単語重み付け手法であり、稀に出現する語は重要であるという観点から重み付けされた対数文書頻度の逆数である。ここでは以下の方法で概念ベース IDF 値を求める。

- (1) 概念ベース内の属性全てを対象とし、概念連鎖によって三次まで展開する。
- (2) 全概念数を N_{All} とする。また、全概念を三次まで展開した属性群 (文書空間) 内での概念 t の出現数を $df(t)$ とし、 $idf(t)$ を以下の式で計算する。

$$idf(t) = \log \frac{N_{All}}{df(t)} \quad (1)$$

汎用的な辞書の知識である概念ベース内で使用頻度の低い語は日常会話でもあまり使用されない。そこで、IDF 値を用いると、概念ベース内で使用頻度の低い語として雑音を除くことができる。本来、IDF 値とは出現頻度の低い語の値が大きく、重要である、という観点で重み付けされるものであるが、ここでは「稀に出現する語は一般的でない」という観点で、そのような語を抽出するための単なる「計算式」として用いる。

関連度は、概念と概念の関連の強さを定量的に評価する。具体的には、対象となる二つの概念において、概念連鎖により概念を展開し、最も対応の良い一次属性同士を対応づけ、それらの一致度合いを計算することにより算出される。本研究では動的関連度計算方式 [荒木 07][渡部 06] を用いた。

概念関連度は 0.0 ~ 1.0 の値を取り、値が高いほど関連の深い語であることを意味する。

概念 A と概念 B に対して関連度計算を行った例を表 1 に挙げる。

概念ベースと関連度計算は次の手法で精度評価を行う。

まず、任意の概念を基準概念 X とし、人間が判断して非常に高い関連があると考えられる概念 A 、概念 A ほどではないが、概念 X に対して関連があると考えられる概念 B 、そして概念 X に対して無関連だと考えら

表 1 関連度計算の例

概念 A	概念 B	関連度の値
花	桜	0.224
花	車	0.001
天気	晴れ	0.446
天気	学校	0.002

表 2 $X-ABC$ 評価用データ

X	A	B	C
飲食店	食堂	客	得意
飲み物	飲料	液体	選択
病人	患者	治療	磁石

れる概念 C を一組とするデータを準備する．このような 4 つの見出し語を一組として構成するデータセットを $X-ABC$ 評価用データ (表 2) と呼ぶ．概念 X と概念 A との関連度を $DoA(X, A)$ ，概念 X と概念 B との関連度を $DoA(X, B)$ ，概念 X と概念 C との関連度を $DoA(X, C)$ とする．そして表 2 で示したデータセット 500 組での $DoA(X, C)$ の平均を $AveDoA(X, C)$ とし、次の条件によって評価を行う (m はテストセットの総数であり、 $m = 500$)

$$DoA(X, A) - DoA(X, B) > AveDoA(X, C)$$

$$DoA(X, B) - DoA(X, C) > AveDoA(X, C)$$

$$AveDoA(X, C) = \frac{\sum_{i=1}^m DoA(X_i, C_i)}{m}$$

概念 X と関連がない概念 C との関連度 $DoA(X, C)$ は、本来 0.0 となるのが理想だが、関連度計算方式の特性上、微小な値が算出される．そこで概念 C との関連度を誤差とみなし、その平均 $AveDoA(X, C)$ をテストデータ全体での平均誤差とする．そして $DoA(X, A)$ 、 $DoA(X, B)$ 、 $DoA(X, C)$ それぞれの関連度の間に平均誤差以上の差が存在していれば、正当な数値として正解と見なす．この評価を全ての組に対して行った上で、正解となったテストデータの組の比率を概念ベースの精度とする．本研究では 85.6% の精度 [芋野 11] を得た概念ベースを使用する．

2.2 常識判断

人間は曖昧な情報を受け取った場合にも、適宜に解釈し適切に会話を進めたり、行動をとることができる．これは、人間が長年の経験から、言語における知識を蓄積し、その基本となる概念に関する常識を確立しているからである．このことから、コンピュータに常識を与え、判断させる研究がおこなわれている [秋葉 04][村本 11]．また、常識をデータベース化することが必要であるとの認識から、近年 MIT による Open Mind Common Sense[MITb] やそれを体系づけた ConceptNet[MITa][Havasi 07] などの研究活動が活性化しつつある．しかし日本語において

は質量ともに不足し、未だこれらの常識収集プロジェクトは進行途上にある．また、常識すべてを網羅するデータベースを作成すること、およびそれらすべてを機械的に体系づけることは非常に困難である．

そこで本研究では常識知識の体系づけと情報収集を分離し、質量ともに高い常識知識の構築を目指すメカニズムを採用する [渡部 04][杉本 03]．本メカニズムでは、常識知識は複数の観点 (量、時間、感覚、感情、場所など) に類別し体系づける．

人間は経験によって培われた「知識」と既に持っている知識を経験によって応用する「応用力」によって「常識」を確立している．本研究で用いる常識知識ベースにおいて、構成する知識は各種常識判断特有の知識を表、分類木、ルールなどの知識表現方式により定義し、少数の代表的な語とそれに関する知識を表現する．この各種の判断に必要な特有の知識が、経験によって培われる「知識」に相当する．一方、各種常識判断機構では基本的な語の関係を定義する概念連想が組み込まれている．概念連想は言葉に関する汎用的な知識を有し、辞書や新聞記事を元に大規模なデータから構築されている．この概念連想は「応用力」に相当し、各種の判断に必要な特有の少数の代表的な知識を一般的な知識によって拡大し、応用するための手段として用いる [土屋 02]．本節では常識知識の観点の中でも感覚、場所についてシステム化したものを説明する．

感覚という常識の観点として [渡部 04] の感覚判断システムを用いる．これは名詞に対して、人間が常識的に想起でき、特徴付けられる感覚に関する語を取得するシステムである．この「感覚」とは五感 (視覚・聴覚・嗅覚・味覚・触覚) の刺激によって得られる感覚を指す．感覚判断システムは名詞とその特徴である「感覚」の関係を日常的名詞の知識ベース (感覚判断知識ベース) を構築することによって明確にし、必要な感覚語を取得する．

感覚判断知識ベースはシソーラス構造をとる．感覚に関する語という観点で見た場合、名詞にはその名詞のグループが持つ感覚とその名詞固有の感覚の 2 種類がある．感覚判断知識ベースはこの 2 種類の感覚を継承できるようにするためにシソーラスのリーフとノードの関係をj用いて構築されている．具体的には、日常よく使用される 680 語をシソーラスのリーフ (代表語) として登録し、それぞれにその語固有の感覚を付与している．また、それらをグループ化しシソーラス構造をとるための語をノード (分類語) として 153 語登録し、そのグループが持つ感覚を付与している．この感覚判断知識ベースは図 2 のような構造を用いている．

また汎用知識である概念ベースとシソーラスを用いることで、構築した感覚判断知識ベースにない語 (未知語) に対しても「感覚」を想起することができる．未知語に対して感覚を付与する場合、分類語としての感覚とその未知語固有の感覚を付与する処理を行う．これは未知語

図2 感覚判断知識ベースのイメージ図

表3 未知語と代表語 680 語（一部）の関連度計算例

未知語	代表語	関連度
パンダ	熊	0.266
パンダ	牛	0.220
パンダ	宝石	0.149
パンダ	本	0.047

に対して、関連度計算を用いて感覚判断知識ベース内に含まれる高い関連度を持つ代表語を取得し、その語群の属するシソーラスのノードから分類語としての感覚を取得する。

例えば「パンダ」の場合、680 語の代表語（シソーラスのリーフ）と「パンダ」との関連度計算を行う。このとき、最も高い関連度を持つ代表語（表3の「熊」）を取得する。代表語には感覚語があらかじめ付与されているが、これはその語固有の感覚語となる。そのため、この代表語に付与されている感覚語をそのまま取得するのではなく、代表語が属する分類語（シソーラスのノード）に付与されている感覚語を取得する。例の場合、「熊」が属するノード「動物」に付与されている「暖かい」を取得する。

これに加えて、未知語固有の感覚語を取得する。概念ベースを用い、未知語の一次属性に現れる感覚語を、概念ベースの特徴を利用した自動精錬法（詳細は文献[土屋02]を参照されたい）を行った後、未知語固有の感覚として取得する。

表4に未知語固有の感覚取得の例を示す。表4の未知語「パンダ」の例では、その属性から「白・黒・大きい」などを未知語固有の感覚として取得することができる。感覚判断システムを用いた例を表5に示す。

表4 未知語固有の感覚取得の例

概念	属性
パンダ	熊, 動物, 白, ライオン, 自然, 生きる, チベット, めいぐるみ, 足, 黒, 山, 中国, 大きい, 林, 竹, …

表5 感覚判断システムの使用例

概念	感覚語
林檎	赤い, 甘い, 丸い
夕焼け	眩しい, 赤い, 美しい
騒音	煩い

表6 場所判断知識ベースの一部

場所語	場所主体語	場所目的語
神社	神主, 鳥居, …	参拝, 祈願, …
病院	医者, 患者, …	診察, 入院, …

また、場所という常識の観点として[杉本03]の場所判断システムを用いる。これは場所を表現する語からその場所に存在する人や物、行われる事象を想起する。ここで、場所とは、「神社」や「病院」のように、ある人・物・事象が実際に存在する具体的な場所を表す語とする。

場所判断システムは、場所を表現する語（以下、場所語と呼ぶ）を収録した知識ベース（以下、場所判断知識ベースと呼ぶ）と、未知語処理手法により構成されている。

場所判断知識ベースには、その場所に存在する人や物と、その場所で行われる事象が場所語と関連付けられて登録されている。前者の人や物を場所主体語、後者の事象を場所目的語と呼ぶ。表6に具体例を示す。

以下、場所判断知識ベースに登録されている場所語を代表語と呼ぶ。これら代表語と場所主体語、場所目的語の関係を効率よく表現するために、場所判断知識ベースはシソーラス構造をとる。

代表語をシソーラスのノードまたはリーフとして登録し、それぞれのノード、リーフの属性として場所主体語と場所目的語が登録されている。場所語に該当する部分は、ノード120語、リーフ7825語であり、場所語に関係するリーフ7825語のうち、全てのリーフをチェックした結果、本質的に場所に関する語が443語であった。よって、場所判断知識ベースには分類語（ノード）120語、代表語（リーフ）443語が登録されている。具体例を図3

図3 場所判断知識ベースの具体例

表 7 場所判断システム使用例

入力	場所語か	場所主体語	場所目的語
牛乳	×	-	-
本屋		客, 店長, 本, 雑誌, …	売る, 買う, 接客, …
時計	×	-	-

に示す.

分類語(ノード)と代表語(リーフ)は継承関係にある. 分類語に付与された場所主体語, 場所目的語は代表語に継承される. 代表語はそれぞれ固有の場所主体語・場所目的語を持っており, その固有の情報と分類語から継承された情報を含めて場所主体語・場所目的語を出力する.

ある未知語が場所語であるか否かの判断は, ある未知語 X が場所判断知識ベースに登録されている分類語 P に対して意味的な関連性が極めて強い場合, すなわち, 未知語 X と分類語 P との関連度が定義した閾値(実験により検証された)を越える場合, ある未知語 X は場所語であると判断する. これを未知語処理手法と呼ぶ.

また, 場所語であると判断された語について, 場所主体語と場所目的語を想起する. 場所語のうち既知語(代表語)については, その語から想起される場所主体語と場所目的語があらかじめ場所判断知識ベースに登録されているため容易に想起を実現できる. 未知語については, 未知語処理手法により関連の強い分類語がわかる. その分類語に属する代表語との関連度計算を算出し, 最も関連が強い代表語に未知語を対応付ける. そして, 対応付けられた代表語に登録されている場所主体語, 場所目的語との関連度を算出し, その値があらかじめ設定したある閾値(実験により検証された)を越える場合のみ, 未知語に関連付ける場所主体語, 場所目的語として取得する.

このシステムの使用例を表 7 に示す.

3. 文の意味理解

自律的な会話を行うためには, ユーザーの会話文の意味を理解しなければならない. しかし, 機械が人間のように文の意味を理解することは本質的に難しいため, 理解したように「見せかける」必要がある. そこで, 文の各要素及び単語が持つ役割を分類することで明確にし, 機械が文の意味を理解したということを示す.

各単語の意味は辞書や連想機能によって明確にすることができ(例:「林檎」「赤い」「丸い」「果物」「甘い」). 文を理解するには, 更にそれぞれの単語がどのような状態か, を把握することが必要である.

そこで, 文におけるそれぞれの単語の役割を区別するための情報フレームを作成する. 本論文では入力文(単文)を 6W1H + 用言(verb)のフレームに分割して格納する手法を採用した. これは格助詞や文法ルールを用いた,

入力文例

私は夏休みに海で大きな西瓜を割りました

意味理解

情報フレーム

Who	What	When	Where	Why	How	Whom	Verb
私	大きな西瓜	夏休み	海				割る

図 4 意味理解の例

USER: 美術館へ行きました.
SYSTEM: 絵画を見てきたのですか?

図 5 場所連想の例

文を理解するための整理手法である[篠原 02]. 例を図 4 に挙げる.

4. 連 想 応 答

意味理解した文に対し, 2 章で説明した常識や連想能力を踏まえて応答文を生成する. この時, 話者がどのような状態であったのか把握することが必要となる. 話者の状態とは, 環境, 心情の 2 種類が存在する. 本論文では前述した常識や連想能力の応用例として, 特に環境(場所)に関する情報に起因した連想応答を提案する.

4.1 場 所 連 想

ユーザーの発話文内の場所に関する語(場所語)を元に, 話者の行動(何を行ったか)を連想して応答を行う方法を提案する. 例を図 5 に示す. 例では, 場所語「美術館」で行われること「絵画を見る」を連想し, その行動について問う, という形式を示す.

ユーザーの入力文を意味理解すると, Where フレームに「美術館」, Verb フレームに「行く」が格納される. その入力文より, その「場所」ならば一般的に「何を行うか」を連想し応答を行うため, What フレームが空欄である入力文に対して処理を行う.

そこで, 場所連想を行う入力文の要件を, What フレームが空欄であること, Where フレームが空欄でないこと, 用言フレームが後述する場所動詞知識ベースに存在すること, とする.

場所に対する話者の行動を問う場合, その入力文が「場所を訪れる」という内容を含み, それが主内容である必要がある. 例えば, 「遊園地を所有している」のように, 場所には関係するが訪れていない文, 「公園で骨折した」のように, 動詞に重要な意図がある文は除く. 「遊園地を所有している」ならば, その場所には行ったことにはならない. また, 「公園で骨折した」ならば, その場所での行動を連想した応答をするより, 「骨折」という重要な情報について問うのが適切だと考えられる.

表 8 場所動詞知識ベース (13 語)

行く, 訪れる, 訪問する, 出発する, 出かける, 連れて行く, 飛び立つ, 帰る, 帰宅する, 戻る, 近づく, 入る, 来る

表 9 「美術館」に対する場所主体語と場所目的語の取得例

場所語	場所主体語	場所目的語
美術館	彫刻, 絵画, 館長, 工芸, 美術品, 版画	展示, 閲覧, 鑑賞, 見る

そこで, 場所動詞知識ベースには「行く」や「訪れる」のように場所を訪れたことを主内容とする動詞 (二格とヲ格の目的格を取り, 且つ動詞の目的語に場所語を入れた際, その文が適切な文となる) を格納した. この場所動詞知識ベースを表 8 に示す.

これらの要件を満たした入力文に対し, 場所連想を行う. まず, Where フレームの語 (場所語) を場所判断システムに入力として渡し, 場所主体語・場所目的語を取得する. 「美術館へ行きました」の場合の例を表 9 に示す.

次に, 場所主体語から「館長, 駅員」などの人物に関わる語を省く. 場所主体語の人物ノードをランダムにピックアップ調査した結果, 応答生成に向かないと判断した. これは話者の行動を連想して応答に用いる場合, その場所に存在する人物 (館長, 駅員) は日常会話ではあまり使用されにくいからと考えられる. このため, NTT シソーラス [池原 97] を用い, 場所主体語から「人物」ノードに含まれる語を除く.

また, 場所目的語から「公開, 展示」などの受身を取る頻度が高い語を省く. 受身を取る頻度が高い語は話者の行動を表す語となりにくいからである. このため, Web から自動構築された大規模格フレームシステム [河原 06] を用いて, 受身を取る頻度が高い語を除く. これを用いた例を表 10, 表 11 に示す. このシステムに, 用言「展示」, 名詞「絵画」(場所主体語内で最も「展示」と関連が深い) を与えると, ガ格・受身で最も多用されることがわかる (表 10 よりガ格が最多, 表 11 よりそのガ格において受動態が最多であることがわかる). そこで, 「展示」は受身で用いられることが多いと考えられるため, このような語を削除する.

表 12 に表 9 から「美術館」に対する不必要な語を除いた場所主体語と場所目的語の例を示す.

次に, Where フレームの語 (場所語) と不必要な語を

表 10 格に対する頻度数

名詞 (入力)	用言 (入力)	格 (出力)	件数 (出力)
絵画	展示	ガ格	376
		ヲ格	267
		ノ格	47
		カラ格	2

表 11 「絵画が展示」に対する態の頻度

名詞 (入力)	用言 (入力)	格 (入力)	態と件数 (出力)
絵画	展示	ガ格	能動態 28 件 受動態 348 件 使役 0 件

表 12 不必要な語を除いた場所主体語と場所目的語

場所語	場所主体語	場所目的語
美術館	彫刻, 絵画, 工芸, 美術品, 版画	閲覧, 鑑賞, 見る

除いた場所主体語群で関連度計算を行い, 最も関連度が高い場所主体語を選択する. 同様に選択した場所主体語と不必要な語を除いた場所目的語群で関連度計算を行い, 最も関連度が高い場所目的語を選択する.

例を用いて説明すると, 不必要な語を除いた場所主体語群「彫刻, 絵画, 工芸, 美術品, 版画」と場所語「美術館」をそれぞれ関連度計算した結果, 「美術館 - 絵画」の関連度が最も高かった. そのため, 場所主体語「絵画」を選択する. このことが, 入力文において空欄であった What フレームを連想したことになる.

更に, この選択した「絵画」と場所目的語「閲覧, 鑑賞, 見る」をそれぞれ関連度計算し, 結果として「絵画 - 見る」の関連度が最も高かった. このため, 連想応答に用いる語として「絵画 - 見る」を選択する.

この選択した名詞と用言の組を用いて, 語尾変換を行い, 適用条件に合致するテンプレートを利用して応答文を作成する. この手法によって, 「美術館へ行きました」という USER の入力文に対し, 「絵画を見ましたか?」や「絵画を見てきたのですか?」といった連想応答文を作成する.

4.2 形容詞連想

疑問文で終わる質問応答だけでは会話は機械による一方的な質問に終始し, 人間にとってストレスを感じさせる要因になると考えられる. そこで, 一般的な感覚による共感を示す応答によってその問題を解消させる.

本節では, ユーザーの発話文内の場所に関する語 (場所語) を元に, そこに存在する人や物体を連想し, その物体に対する一般的な感覚を応答として用いる方法を提案する. 存在する人や物が既に入力文に含まれている場合は, それに対する一般的な感覚を応答として用いる. そこで, 入力文を意味理解した際, What フレームに語が存在するか否かで処理を変更する.

What フレームに語が存在する場合の例を図 6 に示す.

また, What フレームに語が存在していない場合, What フレームに入る語句を連想した上で応答文を生成する. この場合の例を図 7 に示す.

USER: 草原でタンポポを見ました。
SYSTEM: タンポポは綺麗ですね。

図 6 形容詞連想の例 (What あり)

USER: 私は博物館へ行きました。
SYSTEM: 彫刻は美しいですね。

図 7 形容詞連想の例 (What なし)

What フレームに語が存在していない場合の What フレームの連想方法は 4.1 節の手法と同様である。すなわち、場所語の場所主体語から不要語を除き、その場所主体語群と場所語で関連度計算を行い、最高関連度を持つ場所主体語を取得する。「博物館」を例にすると、不要な語を除いた場所主体語「彫刻、美術品」などと「博物館」の関連度を取り、最高関連度であった「彫刻」を What フレームの連想語として取得する。

What フレームの連想語もしくは What フレームに存在する語句を用いて更にその語句から連想できる形容語を連想する。これは、一般的な感覚による形容語で形容することで、常識的な会話を行うことを目的とするためである。例えば、「赤ちゃんは可愛い」「雪は冷たい」などの常識的な感覚を用いることにより一般的な感覚による共感を示すことができると考える。

そこで感覚判断システムを用いて形容語を取得する。また、補助的に Web から自動構築された大規模格フレームシステムを用い、上位 30 件の形容詞を取得する。「彫刻」「タンポポ」を例として、連想される形容詞の候補を表 13 に示す。

次に、取得できた形容語の候補語と What フレームの語との関連度を計算し、最高関連度をもつ形容語を決定する。例の場合「彫刻 - 美しい」「タンポポ - 綺麗」の組が最も高い関連性を示した。このため、連想応答に用いる語として「彫刻 - 美しい」「タンポポ - 綺麗」を選択する。この選択した名詞と形容語の組を用いて、語尾変換を行い、適用条件に合致するテンプレートを利用して応答文を作成する。

表 13 連想される形容詞の候補

任意の名詞	感覚判断 system からの連想	格フレーム system からの連想
彫刻	美しい, 素晴らしい	好き, 詳しい, 有名, ...
タンポポ	なし	好き, 綺麗, 大好き, ...

USER: 動物園でパンダを見ました。
SYSTEM: ライオンは見ましたか？

図 8 話題転換連想の例

図 9 話題転換連想の処理例

4.3 話題転換連想

4.1 節や 4.2 節の連想方法では、ユーザーの入力文から常識的に予測できる行動を連想して応答を行う方法を説明した。しかし、前述してきたような直接的な受け答えのみの場合、会話は滞りがちになり、新たな話題へと発展しづらいと考えられる。そこで、会話に揺れを起こし、会話の流れを起こすことを目的として、本節では、会話に流れを作りだすため、入力文の内容から連想し、関係はあるが異なった話題を行うための応答を作成する。すなわち、話題転換を行うための連想応答手法を提案する。話題転換連想の例を図 8 に示す。

例では、ユーザが「パンダを見た」という情報を伝えているにも関わらず、システムは「ライオンを見たか？」という情報の応答を行っている。これはユーザの発言に対する直接的に関係する応答ではない。扱う入力文は入力文を意味理解した際に Where フレーム, What フレームを含む文とする。

処理例として「カジノでポーカーをしました」というユーザの入力文を挙げる (図 9 に示す)。

入力文の場所語「カジノ」の場所主体語から不要語を除く (4.1 節と同様)。不要語を除いた「ルーレット、コイン、バカラ、ポーカー、スロット」から What フレームの「ポーカー」を更に除く。これにより、入力文の場所語と関連はあるが、入力文の名詞 (What フレーム) と同じではない語句を候補として残すことができる。

次に候補語群と場所語「カジノ」の関連度を計算し、最高関連度を持つ語を取得する。例の場合「カジノ - ルーレット」の組が最も高い関連性を示した。このため、連想語として「ルーレット」を取得する。更に、取得した「ルーレット」と場所目的語「接客、賭博、遊ぶ」の関連度を計算し、最高関連度を持つ用言を取得する。この

表 14 テンプレートパターン

適用条件	テンプレートパターン
用言が 「動詞」 または 「サ変接続」 の場合	・ { 場所主体語 } を (に/は) { 場所目的語 } てきたのですか？ ・ { 場所主体語 } を (に/は) { 場所目的語 } のですか？ ・ { 場所主体語 } を (に/は) { 場所目的語 } ましたか？
用言が 「形容詞」 の場合	・ { 場所主体語 } を (に/は) { 状態語 } ですね ・ { 場所主体語 } を (に/は) { 状態語 } でしたか？ ・ { 場所主体語 } を (に/は) { 状態語 } のですか？

場合「ルーレット - 遊ぶ」の組が最も高い関連性を示した。これらのことから、話題転換連想に用いる語として「ルーレット - 遊ぶ」を選択する。

この選択した名詞と用言の組を用いて、語尾変換を行い、適用条件に合致するテンプレートを利用して応答文を作成する。この手法によって「カジノでポーカーをしました」というユーザの入力文に対し「ルーレットで遊びましたか？」といった話題転換の連想応答文を作成することができる。

4.4 応答文テンプレート

応答文テンプレートとして、以下の表 14 に示すテンプレートパターンを知識ベース化しておく。

助詞の選択では大規模格フレーム検索を用いる。大規模格フレーム検索では名詞と用言の用法を検索することができるため、名詞に場所主体語、用言に場所目的語及び状態語を指定し、名詞と用言の二語の関係から複数の用言の用法と頻度を取得することができる。最も高い頻度をもつ用法を助詞として獲得する。

また、用言の語尾変換は過去形とし、テンプレートに沿うように動詞を過去形に変換する。動詞の過去形は「連用形」+「た」が基本形であり、上一段活用の「着る」を例にすると、連用形は「着」となるため「着」+「た」となる。しかし、五段活用「買う」の場合、連用形は「買い」になるので「買う」の過去形は「買い」+「た」となる。「買う」の過去形は「買った」であるので「買い」を連用形の音便形を用いて「買っ」と変換する必要がある。

以上のように、上一段活用動詞や下一段活用動詞では音便処理は必要ないが、五段活用動詞については音便処理が必要となる。五段活用動詞における、過去形とするための音便の種類を表 15 に示す。未然形の種類によって分類される。

表 15 音便の種類

未然形	音便	変換語	具体例
カ, ガ	イ音便	い	書く 書い+た
サ	イ音便	し	探す 探し+た
ア, ラ, ワ	促音便	っ	買う 買っ+た
ナ, バ, マ	撥音便	ん	遊ぶ 遊ん+た

図 10 連想応答評価結果

4.5 評価と考察

提案した連想による応答手法が応答文として適切であるかを評価する。評価データは中学英語テキスト [hor 05, cro 05, sun 05, tot 05, one 05, col 05] の日本語訳文を用いる。中学校で学習する英語はコミュニケーションの基礎を養うことを目標としており、テキストもそれに準じた基礎的なコミュニケーション会話を多く含んでいる。そのため、基礎的なコミュニケーション会話の指標として中学英語テキストより、連想応答の生成条件に合致する、場所に関する名詞が含まれる会話文（疑問文や命令文ではない文）を抽出した。場所連想、形容詞連想、話題転換連想それぞれについて評価を行うため、それぞれの連想応答手法の生成条件に合致する 100 文を評価データとする。生成条件に合致しても出力文として必ず成功するわけではなく、各応答手法において連想機構によりシステムが自由に連想し、出力文を生成するため、連想によっては自然な文とならない可能性がある。

評価データを入力とし、提案した連想応答手法を用いて出力した応答文を 3 名にて評価した。被験者は本システムと関係のない理系の男子学生 (20 代前半) であった。評価者は入力文と応答文を同時に観察し、作成された応答文を「常識」「非常識」に分類する評価を行った。評価基準はそれぞれ 3 名中 2 名以上が常識としたときを「〇」、3 名中 1 名が常識としたときを「△」、3 人全員が非常識としたときを「×」とした。これにより、出力文が自然な文章か不自然な文章かを評価する。

場所連想、形容詞連想、話題転換連想のそれぞれに対して評価を行った結果を図 10 に示す。「〇」と「△」を合わせた割合を精度とすると、場所連想は 80%、形容詞連想は 74%、話題転換連想は 71% の精度となった。

図 11 関連度の高さ順による組み合わせ評価

表 16 場所連想の成功例と失敗例

	入力文	出力文
成功例	カジノへ 行きました	ポーカーで 遊びましたか？
失敗例	図書館へ 行きました	蔵書を 閲覧してきたのですか？
	教会を 訪れました	聖書を 信仰してきたのですか？

また、提案手法では名詞と動詞（または形容語）の組み合わせ候補のうち、入力文の語彙と最も関連性の高い語の組でシステム構築を行っている。そこで他の候補語の組についての調査を行った。場所連想を例として用い、関連度が最も高い語の組を第 1 候補とし、更に第 2 位から第 7 位の語の組において評価を行った（図 11）。

図 11 より、入力文の語彙と関連性が高い語の組であるほど精度が高いことがわかる。そこで、候補として用いる際の順位付けとして関連度を用いることは適当であると考えられる。

場所連想の成功例、失敗例を表 16 に示す。

失敗例として「図書館へ行きました」という入力文において、場所語「図書館」から得られる場所主体語に適切な語「本」があるにも関わらず、「図書館」との関連度が最も高い「蔵書」が選択された。そのため、雑談のような会話ではあまり用いられない「蔵書」を用いた応答文が生成されてしまい、不自然な文と感ぜさせる結果となった。「蔵書」という知識は「図書館」という場所知識の中では常識に入ると考える。つまり、常識知識（場所）データベースは正しく格納されている。しかし、この「蔵書」という言葉を雑談で扱うには硬い表現と考えられるため、常識データベースでは必要な情報であるにも関わらず、雑談システムでは除かれるべき言葉が存在していることがわかった。また、「教会を訪れました」という入力文においては、連想によって「聖書」や「信仰する」を導いたものの、教会で行う具体的な行動に結びつかず、

表 17 形容詞連想の成功例と失敗例

	入力文	出力文
成功例	動物園で 象を見ました	象は 大きいですね
失敗例	洞窟で コウモリを見ました	コウモリは 有名ですね
	喫茶店で 珈琲を飲みました	珈琲は 黒かったですか？

表 18 話題転換連想の成功例と失敗例

	入力文	出力文
成功例	喫茶店でケーキを 食べました	紅茶を 飲みましたか？
失敗例	教会で聖書を 読みました	十字架を 信仰しましたか？
	劇場で映画を 見ました	証明を 鑑賞しましたか？

それらを用いた適切な応答が作成できなかった。このように、場所に存在する物（場所主体語）や行動（場所目的語）を組み合わせるだけでは適切な応答ができない入力文が存在することがわかった。

また、形容詞連想の成功例、失敗例を表 17 に示す。

形容詞連想の失敗例の大きな要因は、名詞を適切に形容する語が少ないことが挙げられる。形容する語を取得する方法として、感覚判断システムと大規模格フレームシステムを複合的に用いたが、対象とする単語によっては適切な形容語をほとんど取得できない場合もある。例えば「洞窟でコウモリを見ました」という入力文に対して、対象とする単語「コウモリ」から取得した形容語には適切な形容語がほとんど存在しておらず、その中で最も関連度が高かったのは、「有名」であった。そのため、適切な形容語を関連度に閾値を設けるなどの処理によって判断し、適切な形容語が存在しない場合は連想を行わないという処理が必要になると考えられる。

また、形容詞連想においても、場所連想での失敗要因と同様の関連度による失敗が見られた。例えば「喫茶店でコーヒーを飲みました」という入力文に対して「コーヒー」から得られる形容語のうちに適切な形容語「美味しい」が取得できたにも関わらず、関連度が最も高い「黒い」が取得されたため、不自然な応答文となった。形容する語の中でも「色」のように、物を表現する上で当然の事柄に関しては会話において非常に優先度が低いと考えられる。よって、このような形容語について整理し、応答候補としての優先度を低くする必要があると考えられる。

次に、話題転換連想の成功例、失敗例を表 18 に示す。

話題転換連想の失敗の要因としては、場所に存在する物（場所主体語）に対する適切な行動が場所目的語にあまり存在しなかったことによる。例えば「教会で聖書を読みました」という入力文に対して「十字架」を連想す

ることができたものの、「十字架」に対する適切な行動が場所目的語に存在せず、それらを用いた適切な応答が作成できなかった。このように、場所に存在する物（場所主体語）や行動（場所目的語）を組み合わせるだけでは適切な応答ができない入力文が存在することがわかった。

このように、それぞれの手法においては改善点や追及すべきところが残されているものの、場所連想は 80%、形容詞連想は 74%、話題転換連想は 71%の精度という評価を得ることができた。

5. ま と め

本論文では機械による会話について考察し、目的のない会話である雑談における機械からの応答について整理を行った。また、応答を行うための一般的な応答処理方法を提案し、更に会話内容から常識的に連想してより豊かな応答を行う連想応答についての提案を行った。提案手法に基づいて構築したシステムにより検証を行った結果、場所連想は 80%、形容詞連想は 74%、話題転換連想は 71%の精度という評価を得た。

提案手法を用いて応答文を作成することにより、会話を促進し、その応答によって、機械が常識を持ち、会話の内容を理解していることをアピールすることができる。しかし、提案手法の応答文を出現させる条件・順番・状態については更に議論を重ねる必要がある。定型的な応答文、質問文の中に適切な条件と割合で提案手法の応答文を出現させることにより、より自然に近い応答システムとなることが期待される。

謝 辞

本研究の一部は、科学研究費補助金（若手研究（B）24700215）の補助を受けて行った。

◇ 参 考 文 献 ◇

- [秋葉 04] 秋葉 友良, 藤井 敦, 伊藤 克且: 質問応答における常識的な解の選択と期待効用に基づく回答群の決定, 情報処理学会研究報告, NL-163, pp. 131-138 (2004)
- [荒木 07] 荒木 孝允, 奥村 紀之, 渡部 広一, 河岡 司: 比較対象概念の共通属性を重視する動的関連度計算方式, 同志社大学理工学研究報告, Vol.48, No.3 (2007)
- [col 05] COLUMBUS 21 ENGLISH COURSE 1,2,3, 光村図書 (2005)
- [cro 05] NEW CROWN ENGLISH SERIES 1,2,3, 三省堂 (2005)
- [江頭 12] 江頭 勇佑, 柴田 知秀, 黒橋 禎夫: 雑談対話システムにおける強化学習を用いた応答生成モジュールの選択, 言語処理学会第 18 回年次大会発表論文集 D3-7, pp. 654-657 (2012)
- [Havasi 07] Havasi, C., Speer, R., and Alonso, J.: ConceptNet3: a Flexible, Multilingual Semantic Network for Common Sense Knowledge., In *Recent Advances in Natural Language Processing* (2007)
- [H.Kauts 86] H.Kauts, and J.F.Allen.: Generalized plan recognition, *Proceedings of the AAAI'86*, pp. 32-37 (1986)
- [hor 05] NEW HORIZON English Course 1,2,3, 東京書籍 (2005)
- [飯田 06] 飯田 善久, 梅津 圭介: アスペクト指向プログラミングによる旅館予約システムの開発, 成蹊大学理工学研究報告, Vol. 43, No. 1, pp. 9-15 (2006)
- [芋野 11] 芋野 美紗子, 吉村 枝里子, 土屋 誠司, 渡部 広一: 概念ベース精練のための属性追加手法の提案, 信学技報 AI2010-58, pp. 1-6 (2011)
- [稲葉 09] 稲葉 通将, 磯村 直樹, 島海 不二夫, 石井 健一郎: 意味ネットワークによる非タスク指向型対話システムの評価, 信学技報 AI2008-69, Vol. 108, No. 456, pp. 29-34 (2009)
- [村本 11] 村本 晃一, ジェブカ ラファウ, 荒井 健治: 自動生成された常識的知識を表現する文の自然性判定, 人工知能学会第 25 回全国大会, 3C2-OS19-8 (2011)
- [J.Weizenbaum 65] J.Weizenbaum.: ELIZA - A Computer Program For the Study of Natural Language Communication Between Man and Machine, *Communications of the Association For Computing Machinery*, Vol. 9, No. 1, pp. 36-45 (1965)
- [笠原 97] 笠原 要, 松澤 和光, 石川 勉: 国語辞書を利用した日常語の類似性判別, 情報処理学会論文誌, Vol. 38, No. 7, pp. 1272-1283 (1997)
- [Kaufmann 90] Kaufmann, M.: DARPA(1990), *Proceedings of the Third DARPA Speech and Natural Language Workshop* (1990)
- [Kaufmann 91] Kaufmann, M.: DARPA(1991), *Proceedings of the Forth DARPA Speech and Natural Language Workshop* (1991)
- [Kaufmann 92] Kaufmann, M.: DARPA(1992), *Proceedings of the Fifth DARPA Speech and Natural Language Workshop* (1992)
- [河原 06] 河原 大輔, 黒橋 禎夫: 高性能計算環境を用いた Web からの大規模格フレーム構築, 情報処理学会 自然言語処理研究会 171-12, pp. 67-73 (2006)
- [川島 05] 川島 貴広, 石川 勉: 言葉の意味の類似性判別に関するシソーラスと概念ベースの性能評価, 人工知能学会論文誌, 20 巻 5 号 B, pp. 326-336 (2005)
- [木村 01] 木村 泰知, 荒木 健治, 桃内 佳雄, 柄内 香次: 遺伝的アルゴリズムを用いた帰納的学習による音声対話処理手法, 電子情報通信学会論文誌 Vol.J84-D2, No. 9, pp. 2079-2091 (2001)
- [Maedche 01] Maedche, A. and Staab, S.: Ontology learning for the Semantic Web, *Intelligent Systems, IEEE*, Vol. 16, No. 2, pp. 72-79 (2001)
- [MITa] MIT.: ConceptNet5, <http://conceptnet.media.mit.edu/>
- [MITb] MIT.: Open Mind Common Sense, <http://openmind.media.mit.edu/>
- [岡本 01] 岡本 潤, 石崎 俊: 概念間距離の定式化と既存電子化辞書との比較, 自然言語処理, Vol. 8, No. 4, pp. 37-54 (2001)
- [奥村 07] 奥村 紀之, 土屋 誠司, 渡部 広一, 河岡 司: 概念間の関連度計算のための大規模概念ベースの構築, 自然言語処理, Vol. 14, No. 5, pp. 41-64 (2007)
- [one 05] ONE WORLD English Course 1,2,3, 教育出版 (2005)
- [柴田 09] 柴田 雅博, 富浦 洋一, 西口 友美: 雑談自由対話を実現するための WWW 上の文書からの妥当な候補文選択手法, 人工知能学会論文誌, Vol. 24, No. 6, pp. 507-519 (2009)
- [篠原 02] 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, A2-9, pp. 275-278 (2002)
- [杉本 03] 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)
- [sun 05] SUNSHINE ENGLISH COURSE 1,2,3, 開隆堂 (2005)
- [高柳 11] 高柳 俊祐, 中山 敬太, 石川 勉: ペット型ロボットを想定した知識処理利用の雑談型自由対話システム, FIT2011, E-011 (2011)
- [谷垣 95] 谷垣 宏一, チャクラボルティゴウタム, 白鳥 則郎: 自然言語インタフェースに基づいた電子秘書システムの構成, 情報処理学会研究報告, マルチメディア通信と分散処理研究報告 95(22), pp. 73-78 (1995)
- [徳久 06] 徳久 良子, 寺島 立太: 非課題遂行対話に関する研究動向 ~ 雑談システムへの接近 ~, 人工知能学会 言語・音声理解と対話処理研究会 (SIG-SLUD-A503-4) (2006)
- [tot 05] TOTAL ENGLISH 1,2,3, 学校図書 (2005)
- [土屋 02] 土屋 誠司, 小島 一秀, 渡部 広一, 河岡 司: 常識的判断システムにおける未知語処理方式, 人工知能学会論文誌 Vol.17, No. 6, pp. 667-675 (2002)
- [渡部 04] 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, 人工知能学会論文誌, Vol. 19, No. 2, pp. 73-82 (2004)
- [渡部 06] 渡部 広一, 奥村 紀之, 河岡 司: 概念の意味属性と共起情報を用いた関連度計算方式, 自然言語処理, Vol. 13, No. 1, pp. 53-74 (2006)

[池原 97] 池原 悟, 宮崎 正弘, 白井 諭, 横尾 昭男, 中岩 浩巳, 小倉 健太郎, 大山 芳史, 林 良彦: 日本語語彙体系, 岩波書店 (1997)

〔担当委員: 堂坂 浩二〕

2012 年 6 月 28 日 受理

著 者 紹 介

吉村 枝里子

2004 年同志社大学工学部知識工学科卒業。2006 年同大学院工学研究科知識工学専攻博士前期課程修了。2009 年同大学院工学研究科知識工学専攻博士後期課程修了。同年、同志社大学理工学部研究員。博士（工学）。主に知識処理、意味解釈、会話処理の研究に従事。言語処理学会、情報処理学会各会員。

芋野 美紗子

2009 年同志社大学工学部知識工学科卒業。2011 年同大学院工学研究科情報工学専攻博士前期課程修了。同大学院工学研究科情報工学専攻博士後期課程在学。主に、概念処理の研究に従事。言語処理学会会員。

土屋 誠司(正会員)

2000 年同志社大学工学部知識工学科卒業。2002 年同大学院工学研究科知識工学専攻博士前期課程修了。同年、三洋電機株式会社入社。2007 年同志社大学大学院工学研究科知識工学専攻博士後期課程修了。同年、徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部助教。2009 年同志社大学理工学部インテリジェント情報工学科助教。2011 年同准教授。博士（工学）。主に、知識処理、概念処理、意味解釈の研究に従事。言語処理学会、情報処理学会、日本認知科学学会、電子情報通信学会各会員。

渡部 広一(正会員)

1983 年北海道大学工学部精密工学科卒業。1985 年同大学院工学研究科情報工学専攻修士課程修了。1987 年同精密工学専攻博士後期課程中途退学。同年、京都大学工学部助手。1994 年同志社大学工学部専任講師。1998 年同助教授。2006 年同教授。工学博士。主に、進化的計算法、コンピュータビジョン、概念処理などの研究に従事。言語処理学会、情報処理学会、電子情報通信学会、システム制御情報学会、精密工学会各会員。