

令和 2 年 9 月 16 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16H02869

研究課題名（和文）対話システムにおける対話を通じたドメイン知識の獲得

研究課題名（英文）Acquiring domain knowledge during dialogues for dialogue systems

研究代表者

駒谷 和範（KOMATANI, Kazunori）

大阪大学・産業科学研究所・教授

研究者番号：40362579

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,500,000円

研究成果の概要（和文）：「話すほど自律的に知識を獲得して賢くなる対話システム」を目指して研究を行った。具体的には、ユーザとの対話中に現れる未知語に関する知識を、ユーザの話す意欲を削ぐことなく取得するための暗黙の確認というプロセスを提案した。これに際して、質問の種類がユーザの印象に与える影響を、クラウドソーシングを用いて分析した。さらに知識グラフ補完を使って、システムにとって未知である知識に関する質問を選択する手法も新たに提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

対話システムが話しながら知識を獲得することは重要なトピックであり、ここ数年で海外のいくつかのグループでも研究が開始されている。その中でも我々のグループでは、ユーザの話す意欲を削がない手法に注力しており、このような観点からのアプローチは世界的にもまだ類を見ない。一見賢いがすぐに飽きられるような対話システムの次世代を考えるうえで、個人に応じてシステムが育つ技術は必須であり、それを実現するための基盤技術にあたる。

研究成果の概要（英文）：We have studied towards an intelligent dialogue system that autonomously acquires domain knowledge and becomes smarter as we talk. Specifically, we proposed a process called implicit confirmation for acquiring knowledge about unknown terms that appear during dialogues, without reducing the user's willingness to talk. We also investigated and revealed the influence of the question types to acquire knowledge on the user's impression using crowdsourcing. Furthermore, we proposed a novel framework for selecting questions about knowledge unknown to the system, using a technique called knowledge graph completion.

研究分野：知能情報学

キーワード：対話システム ドメイン知識獲得 未知語 未知概念 暗黙の確認 質問選択

1. 研究開始当初の背景

これまでに数多くの対話システムが構築されてきており、近年では、スマートフォン上での音声応答アプリケーション (Siri, しゃべってコンシェルなど) がユーザに広く使われつつある。またテキストチャットでも、日本マイクロソフト社の「りんな」が多くのユーザに使われている。しかしこれらではいずれもシステムの持つ知識はシステム開発者が作り込んでいる。このため、システムは対話を通じて何ら新たな情報を得ることはなく、事後にシステム開発者が逐一人手で必要な情報をアップデートするしかないのが現状である。この結果、新規語彙やそれらの概念が更新されないことから、システムが正しくユーザの発話を理解できない問題が生じる (対話システムの未知語問題; 図 1)。



図 1: 音声対話における未知語問題

対話システムにおける知識獲得は、そのタイミングにより、対話前、対話中、対話後の 3 種類に大別できる。はビッグデータからの知識獲得に相当し、は対話ログからのテキストマイニングに相当する。本研究では、の対話中における知識獲得に取り組む。とは大量データがあればオフラインで取り組めるのに対して、の研究はシステム自体が必要であり、対話システムの研究者にしか取り組めない重要課題である。

さらに、対話システムで必要となる知識はドメイン固有のものが多いことから、対話中の知識獲得は重要課題である。例えば家庭用ロボットが普及した際には、一般的な語彙だけでなく、近所の飲食店名やそれらに対するコミュニティ内での呼称、家族の友達の名前など、多くの固有名詞や未知語が現れる。これらを各家庭向けにカスタマイズするのはコスト的に現実的でなく、また各家庭で初期設定としてこれらを網羅的に人手で登録することも現実的ではない。つまり、その場所で使用される語彙や知識を、対話を通じて獲得できる枠組みが必要である。

2. 研究の目的

本研究では、システムが対話中に適切な質問を行うことにより、ドメイン知識を獲得する手法を提案する。ドメイン知識として、対話システムが対象とするドメインの語彙やその属性を扱う。以降、レストラン検索を例として説明する。図 1 のように「理解できませんでした」と応答したり、単純に全て「それって何ですか?」と質問し続けたりせず、システムの理解できた範囲を示しつつ、知識を獲得する質問を生成する。

つまり問題設定は以下のとおりである。ユーザ発話中に未知語が出現した場合に、それと既知語との関係 (同義、並列、is-a など) やその属性を、対話を通じて獲得する。そのためにシステムは適切な質問を行う。本研究では、ドメイン知識を獲得するということを、システムが持つ知識の中に位置づけられることとする。例えばシステムの知識が対象ドメインの関係データベースとして保持されている場合、出現した未知語をその中に正しく位置づけられれば、知識を獲得できたとする。

この機能の実現には、以下の 2 つの問題に対する解法が必要である。

1. 獲得する知識の候補の自動取得
出現した未知語と既知語の関係や、未知語の属性の候補を得る必要がある。つまり、候補の自動推定結果を利用して、対話中の知識獲得を試みる。ただしこの場合、これらの推定結果には誤りも含まれる。
2. 適切な質問生成・選択
1. で候補を自動的に得る際には誤りが含まれる。これらの候補の中から、ユーザが負担に感じないような質問を行う必要がある。あまりにも見当外れな質問や、候補を生成せずに、単純に「それって何ですか?」を繰り返すことは、ユーザにとって負担となる。

3. 研究の方法

(1) 暗黙的確認による確認内容の正誤推定

料理に関する非タスク指向型対話において、未知の料理名のクラスを題材とし、この属性を、対話を通じて獲得する方法について検討を進めた。知識を獲得する際に、単純な「それって何ですか?」のような明示的質問を繰り返すのは、ユーザにとって煩わしく、対話を継続する意欲を削ぐと考えられる。このため、暗黙的な質問、つまり話題を継続させつつ確認したい内容を含めた発話をシステムが行い、それに対するユーザの応答を踏まえて知識を獲得する枠組みを新たに提案した。この一連のプロセスを暗黙的確認と呼ぶ (図 2)。まず未知語の表記からその所属クラスを機械学習により推定する。この際の推定を最下位クラスと中間クラスとの 2 つのレベルで行い、その結果を用いて暗黙的な質問を実行することで、対

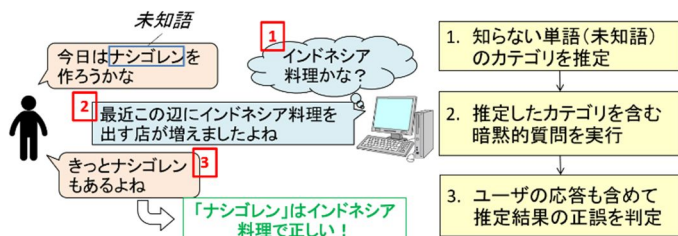


図 2 暗黙的確認の例

話を継続させつつ知識を獲得することを狙った。

次に、この暗黙的質問に含めた確認内容を誤りなく知識として獲得するために、その内容が正しいかどうかを推定する手法を開発した。クラウドソーシングによりデータを収集し、このデータを用いて、暗黙的質問に含めた内容の正誤を推定する実験を行った。また複数のユーザに対して同じ暗黙的質問を行って応答を得る状況を想定し、応答したユーザの数と推定性能との関係も調査した。

(2) 質問の形式の違いがユーザに与える印象の違いの調査

システムが行う様々な質問の形式がユーザに与える印象について、被験者実験を通じて検証した。質問の形式は、明示的質問 (Yes/No)、明示的質問 (Wh)、暗黙的質問である。これに確認内容の正誤を加えて 3 回の質問を 1 セットとした質問のパターンを作成し、ユーザに提示した。これをクラウドソーシングにより大規模に収集し、質問形式やその正誤がユーザに与える印象について分析した。

(3) 汎化が可能な知識表現の検討

対話システムが持つドメイン知識の表現として、グラフ構造を持つデータベースである知識グラフを採用した。この知識グラフにおいて潜在的な情報を利用するために、知識グラフ補完と呼ばれる手法を導入した。つまり、暗黙的質問を含む、知識を獲得するための質問の内容の選択を、知識グラフ補完を用いて行う手法に着手した。具体的には「システムの知識にはないためその真偽が得られれば有用であるが、ユーザの意欲を削いでしまう明らかな間違いではない」質問を選択するという問題を新たに設定した。この枠組みを、食べ物に関するチャットボットが利用している知識グラフに適用し、実行可能性や有効性を検証した。

(4) 音声入力を対象とした未知語獲得手法の検討

テキスト入力ではなく、入力を音声入力へ拡張した場合についても検討を進めた。音声入力を対象とする場合には、未知語は単語辞書にないため、音素列から未知の単語を同定する必要がある。これを音響モデルの高精度化や、サブワードを扱える言語モデルを検討する。

4. 研究成果

(1) 暗黙的確認による確認内容の正誤推定

システムからの暗黙的質問に対して、単純にユーザが肯定否定表現で応答する場合に加えて、その中で使われるクラスの有無や、前後の発話との関係、応答の表層的表現などを素性として扱い、機械学習により正誤を予測する手法を開発した。これにより、正しいクラスを予測する F 値が 0.308 向上した。さらには、複数のユーザからの応答も利用した。暗黙的質問に対する単一のユーザの応答のみを使った場合の推定精度は 7 割程度であったが、複数のユーザに対する暗黙的確認の結果を利用することにより精度をさらに向上させた。これらの成果の一部は、人工知能学会論文誌にジャーナルとして採録され、また国際会議 SIGDIAL2017 にも採択されて口頭発表を行った。

(2) 質問の形式の違いがユーザに与える印象の違いの調査

暗黙的質問と、通常の「って何ですか?」という明示的質問とを比較した印象評価を実施した。このために、クラウドソーシング用のシステムを構築し、収集したデータにおける分析を実施した。この結果、一部想定とは異なる結果も得られたものの、まず質問の種類の間、ユーザを感じるシステムの賢さや煩わしさに関して、一定の順番があることが確認された。また、明示的質問を複数回続けると暗黙的質問を複数回続けるよりも煩わしいという結果を定量的に示した。この結果を取りまとめて、対話システムシンポジウムで口頭発表し、また国際会議 SIGDIAL にも投稿した。

(3) 汎化が可能な知識表現の検討

知識グラフ補完のモデルの一つである ComplEx を用いて、その埋め込み表現から事実に対する確信度を計算し、質問選択に利用した。これにより、システムにとって未知の事実に関する質問を選択できることや、その具体例を示した。この成果の一部を、第 9 回対話システムシンポジウムにおいて発表し、若手奨励賞を受賞した。

さらに、この知識グラフ補完において、ラベルの文字列の利用と、負例サンプリングの制限を組み込む手法を提案した。ラベルとは知識グラフ内のエンティティの名称で、この部分文字列を利用することで補完精度の改善を図った。また、知識グラフは一般的に正例のみで構築されるため、未知の知識を暗黙的に負例として学習を行うという方策がしばしばとられる。この負例サン



図 3 質問タイプごとの賢さ

プリングに制限を加えることで学習効率の向上を図った。これらの手法の効果を検証し、どのような質問が行えるかを示した。

(4) 音声入力を対象とした未知語獲得手法の検討

音声を入力とした場合の未知語獲得についても検討を進めた。辞書にない語を単語単位で正しく音声認識するのは不可能であるため、音素レベルでのモデル化を行い、ノンパラメトリックベイズの枠組みで未知語の音素列や単語境界を得ることを試みた。またここで得られる情報を用いて、未知語の所属カテゴリの推定手法も開発した。これらの結果を複数の国際会議にて発表した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Kazunori Komatani, Naoki Hotta, Satoshi Sato, Mikio Nakano	4. 巻 8
2. 論文標題 User-Adaptive A Posteriori Restoration for Incorrectly Segmented Utterances in Spoken Dialogue Systems	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Dialogue and Discourse	6. 最初と最後の頁 206-224
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5087/dad.2017.209	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 大野 航平, 武田 龍, ニコルズ エリック, 中野 幹生, 駒谷 和範	4. 巻 33
2. 論文標題 対話を通じた未知語のクラス獲得に向けた暗黙的確認の提案	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 人工知能学会論文誌	6. 最初と最後の頁 DSH~E_1-10
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1527/tjsai.DSH-E	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 駒谷 和範	4. 巻 55
2. 論文標題 階層的発話行動理解に基づく音声インタラクション	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 計測と制御	6. 最初と最後の頁 878-883
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11499/sicejl.55.878	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 駒谷 和範	4. 巻 101
2. 論文標題 円滑な対話進行のための音声からの情報抽出	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電子情報通信学会誌	6. 最初と最後の頁 908-913
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計22件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 9件）

1. 発表者名 Kazunori Komatani
2. 発表標題 User-aware dialogue systems with adaptive responses
3. 学会等名 International Conference on Natural Language Generation (INLG) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kazunori Komatani, Shogo Okada, Haruto Nishimoto, Masahiro Araki, Mikio Nakano
2. 発表標題 Multimodal Dialogue Data Collection and Analysis of Annotation Disagreement
3. 学会等名 International Workshop on Spoken Dialogue Systems (IWSDS) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryu Takeda, Kazunori Komatani, Alexander Rudnicky
2. 発表標題 Word Segmentation from Phoneme Sequences based on Pitman-Yor Semi-Makov Model Exploiting Subword Information
3. 学会等名 IEEE Workshop on Spoken Language Technology (SLT) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shogo Okada, Kazunori Komatani
2. 発表標題 Investigating Effectiveness of Linguistic Features Based on Speech Recognition for Storytelling Skill Assessment
3. 学会等名 The 31st International Conference on Industrial, Engineering and Other Applications of Applied Intelligence Systems (IEA/AIE-2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masahiro Araki, Sayaka Tomimasu, Mikio Nakano, Kazunori Komatani, Shogo Okada, Shinya Fujie, Hiroaki Sugiyama
2. 発表標題 Collection of Multimodal Dialog Data and Analysis of the Result of Annotation of Users' Interests
3. 学会等名 Language Resources and Evaluation Conference (LREC) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤岡 勇真, 林 克彦, 中野 幹生, 駒谷 和範
2. 発表標題 対話システムにおける知識グラフの埋め込み表現を用いた応答生成の試み
3. 学会等名 第9回対話システムシンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kohei Ono, Ryu Takeda, Eric Nichols, Mikio Nakano and Kazunori Komatani
2. 発表標題 Lexical Acquisition through Implicit Confirmations over Multiple Dialogues
3. 学会等名 18th Annual SIGDIAL Meeting on Discourse and Dialogue (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ryu Takeda, Kazunori Komatani
2. 発表標題 Unsupervised Segmentation of Phoneme Sequences based on Pitman-Yor Semi-Markov Model using Phoneme Length Context
3. 学会等名 International Joint Conference on Natural Language Processing (IJCNLP) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大野 航平, 武田 龍, 中野 幹生, ニコルズ エリック, 駒谷 和範
2. 発表標題 対話中の未知語獲得のための正しいクラスに基づく暗黙的確認要求の抽出
3. 学会等名 人工知能学会第31回全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大野 航平, 武田 龍, ニコルズ エリック, 中野 幹生, 駒谷 和範
2. 発表標題 暗黙的確認による未知語獲得のためのユーザ応答に基づくクラス推定結果の正誤判別
3. 学会等名 言語処理学会第24回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ryu Takeda, Kazunori Komatani
2. 発表標題 Bayesian Language Model based on Mixture of Segmental Contexts for Spontaneous Utterances with Unexpected Words
3. 学会等名 International Conference on Computational Linguistics (COLING) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kohei Ono, Ryu Takeda, Eric Nichols, Mikio Nakano, Kazunori Komatani
2. 発表標題 Toward Lexical Acquisition during Dialogues through Implicit Confirmation for Closed-Domain Chatbots
3. 学会等名 Second Workshop on Chatbots and Conversational Agent Technologies (WOCHAT) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 大野 航平, 武田 龍, Eric Nichols, 中野 幹生, 駒谷 和範
2. 発表標題 対話を通じた未知語のクラス獲得に向けた暗黙的確認の実現
3. 学会等名 第78回言語・音声理解と対話処理研究会 (SIG-SLUD) (第7回対話システムシンポジウム)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 駒谷 和範
2. 発表標題 音声対話システムにおける発話行動の階層的理解
3. 学会等名 第111回音楽情報科学研究発表会 (音学シンポジウム2016) (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 駒谷 和範
2. 発表標題 人とわかり合える音声対話ロボットの実現を目指して
3. 学会等名 第226回自然言語処理研究会 第111回音声言語情報処理研究会 合同研究発表会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 大野 航平, 武田 龍, エリック ニコルズ, 中野 幹生, 駒谷 和範
2. 発表標題 対話を通じた未知語獲得に向けた暗黙的確認の提案
3. 学会等名 第226回自然言語処理研究会 第111回音声言語情報処理研究会 合同研究発表会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

AIが対話の流れから単語を学ぶ手法を開発
http://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2017/20171221_1

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	武田 龍 (TAKEDA Ryu) (20749527)	大阪大学・産業科学研究所・准教授 (14401)	
研究分担者	林 克彦 (HAYASHI Katsuhiko) (50725794)	東京大学・大学院情報理工学系研究科・助教 (12601)	