

研究報告書

「漸進的な言語理解・知識獲得に基づく音声対話システム」

研究タイプ: 通常型

研究期間: 2016 年 12 月～2020 年 3 月

研究者: 吉野 幸一郎

1. 研究のねらい

本研究課題では人間と協働を行うことができる音声対話システムを目指して、主として対話システムが取り扱う言語理解、言語理解空間の設計、言語理解に基づく漸進的な知識の更新などに焦点を当てる。また、ユーザとリアルタイムでやりとりを行うことができるシステムの構築を目指し、理解の漸進性についても取り組む。具体的には、ユーザの発話に含まれる述語と項の関係に着目した言語解析を漸進的に行い、この結果に応じて自身の知識を更新するような対話システムの構築を行う。また、対話を通じてユーザに対して情報開示要求を行い、受動的な知識更新だけでなく、システムが必要とするような情報を能動的かつ対話的に取得するような機能についての研究開発を行う。これらにより、ユーザとリアルタイムで情報授受を行い、知的協働を行うことができる対話エージェントの構築と、この関連技術の開発を目指す。

2. 研究成果

(1) 概要

研究目的の実現のため、漸進的な話し言葉の言語理解、対話を通じた知識の獲得、情報案内対話のモデル化、対話意図に基づく言語生成システムの研究を行った。要素技術にフォーカスしたテーマにおいては、いずれも学術論文を発表した。また、一部の研究成果についてはソースコードやデータの公開を行った。

(2) 詳細

研究テーマ A「漸進的な話し言葉の言語理解」

音声対話において、ユーザ発話を漸進的にリアルタイム処理する能力が重要である。音声認識の分野においては、認識のリアルタイム化が進んでいる。そこで本研究テーマでは、逐語的に与えられる音声認識結果に対してリアルタイムで言語理解を行うシステムの構築に取り組んだ。具体的には、単語が認識時点で与えられることを仮定し、ユーザの発話終了を待たずユーザの発話意図を推測するようなシステムの構築に取り組んだ。

言語理解のタスクとして、述語を中心とした項の意味役割を当てる項構造解析(意味役割ラベル付与)と、あらかじめ定義された対話フレームの中身を当てる対話状態推定に取り組んだ。図1に提案した枠組みを示す。提案システムにおいては、まず前向きな再帰型ニューラルネットワーク(LSTM)で逐次的に項構造解析または対話状態推定を行う。この解析結果と、発話全体を与えた場合に得られる解析結果との差異を学習に用い、ユーザ発話の途中であ

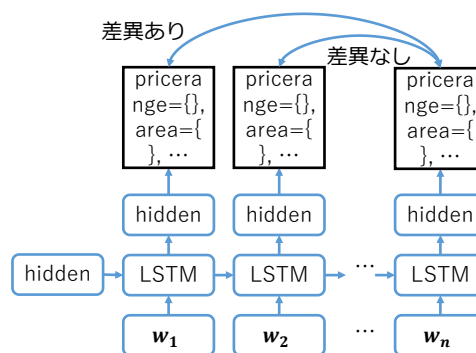


図 1. 漸進的言語理解器

でも頑健に言語理解を行うことができるシステムの開発を行った。本研究テーマでは提案時の研究目標を概ね達成し、今後は実システムでの応用を行う。研究成果としては査読付き国際会議で発表を行った(原著論文-3)他、開発したソースコードの公開を行った。

研究テーマ B「対話を通じた知識の獲得」

ユーザとシステムの対話においては様々な情報がやり取りされるが、この対話的やり取りを通じて様々な知識を更新することができる。従来型の対話システムにおいて、システムの知識はデータベースやオントロジーに基づく静的なものであったが、対話中から得られた知識からこれを動的にアップデートすることが本研究テーマの目的である。このため、対話相手から能動的に知識を引き出すための質問生成と、システムが必要とする知識を対話相手から収集する際の情報取得における対話戦略最適化に取り組んだ。質問生成においては、ユーザ発話中の述語項構造と大規模 Web データから収集された格フレームの情報を活用、

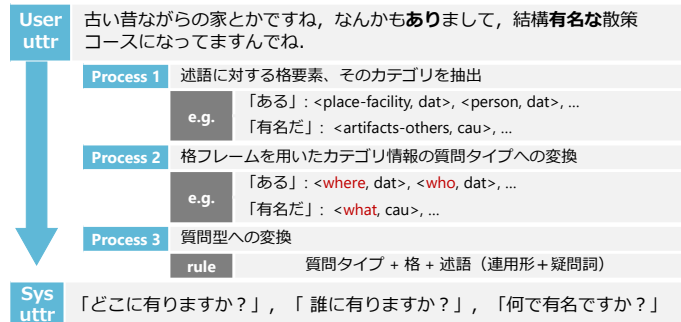


図 2. 質問生成の枠組み

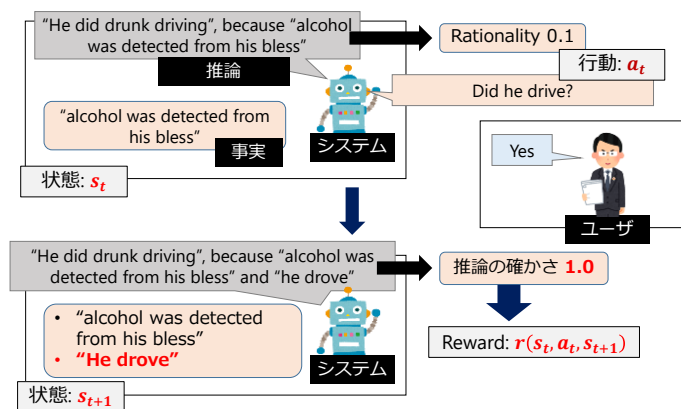


図 3. マルコフ決定過程に基づく質問の決定

「哲学の道は結構有名な散策ルートなんですよ」「何で有名ですか?」のように、システム側の理解において不足する情報を補う質問を生成することができるシステムを構築した(図 2)。本システムでは、対話の様々な文脈において、人手で構築した質問テストセットのうち、87%を自動生成できることを確認した。また、知識収集を行う対話戦略最適化においては、情報授受過程をマルコフ決定過程として定式化した。この定式化に基づき、強化学習を用いることでより迅速にシステムが必要とする知識の構築できることを示した(図 3)。本研究の成果は学術論文誌や査読付き国際会議論文として発表した(原著論文-1)。システムが対象とする知識や質問の範囲には用いたデータセットに由来する偏りがあり、より汎用的なシステムを構築することは今後の課題である。

研究テーマ C「情報案内対話のモデル化」

対話システムがユーザとやりとりをする中で、どのような情報がどのような形式で授受されたかを可視化することが必要である。このため、項構造に基づく言語理解基盤の構築を行った(非公開項目)。また、対話の Protokol としての対話行為に着目し、対話行為の推定とこれに基づく適切な対話行為決定のモデル化を行った。また、対話の種類として、情報の授受が行われる図書館の司書対話(Reference Interview)に着目して分析を行った。対話行為推定や対話行為決定においては、畳み込み構造を持つニューラルネットワーク(CNN)を用いて高

い推定精度を実現した(原著論文-5)。特に行為レベルでのモデル化は提案時の目標をほぼ達成し、対話コンテンツレベルでのモデル化についても論文執筆を行っている。加えて、これらの対話データへのアノテーション基準の構築と、アノテーション付与データの作成を行った。アノテーションデータについては順次公開を進めている。

研究テーマ D「対話意図に基づく言語生成システム」

対話システムの意思決定、行動決定は対話制御によって行われるが、これをユーザに伝えるためには言語生成システム

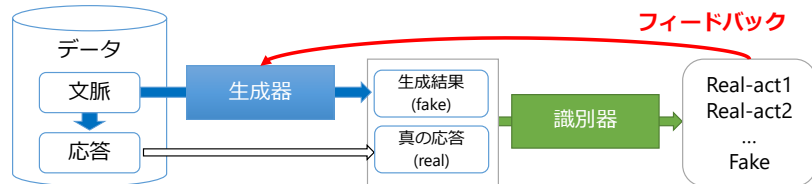


図 4. 対話意図に基づく言語生成システム

が必要である。また、この言語生成システムは、対話システムが持つ意図に従った生成を行っていることが保証されることが望ましい。そこで、系列データに対する敵対的学習を適用することで、より意図した内容を入力する言語生成器の構築を行った(図 4)。具体的には、既存の敵対的学習の枠組みに、意図(act)に従っているかどうかを多クラス分類で識別する仕組みを導入し、この効果を確認した。本成果は査読付き国際会議論文として発表を行った(原著論文-2)。本テーマは研究提案時には企図しなかったものであるが、本研究提案の主要テーマである対話システムにおいて重要な役割を担うものである。

3. 今後の展開

現在、音声認識の精度が向上したことから、音声を用いたアシスタントシステムが注目を集めている。しかし、それらが基にする理解や制御の枠組みは昔から続くフレーム表現、オントロジーを抜け出していない。一方で研究レベルでは、ニューラルネットワークを用いた対話生成の枠組みが盛んに研究されているものの、その制御の難しさからなかなか商用へと繋がっていない。本研究課題における成果はこうした状況を打開し得るものであり、特に人とやりとりを行うシステムに求められる説明可能性を実現するものである。特に本研究成果では裁判における論証や観光案内などの対話ドメインで、論理や推論を扱うことができる対話システムを構築しており、今後様々な対話ドメインでの実証が期待される。

また、本研究では事態表現として述語項構造を用いたが、事態同士の関係をどう取り扱うかについては明らかでない部分も多く、今後の課題であると言える。特に、因果関係や論理の支持、反論などは人手で構築したものを用いているが、これらを自動構築する手法の検討が必要である。

言語理解の漸進性という点においては、漸進的な理解やターンテイキングをある程度実現したものの、実際に人間が行うターンテイクから考えると単純化されたモデルである。また、対話行為レベル、非言語イベントなどで表出される現象との統合など、今後の課題が多く残されている。

これまでの対話研究では、多くがユーザの対話目的を想定し、システムがそれを助けるものとする対話シナリオを設計してきた。これに対して、システムが自身の対話目的を持ち、これに対応する明示的な意図やユーザへの情報要求を持つことは、今後対話システムの社会実装を行う上で重要な項目である。システムが明示的に対話目的への意志を示すこ

とで、ユーザ側もシステムとの対話に入りやすくなり、より社会実装が進むと考えられる。

4. 自己評価

研究目的の達成状況としては、各研究テーマにおいては概ね目的を達成し、また研究提案時には着想しなかったテーマでの研究進捗もあった。一方で、言語理解基盤の構築においてはまだ研究が必要な項目が残っている。特に論理等の取扱いについては新たな研究課題が明らかになったので、今後これを進めていく必要がある。研究実施体制および研究費執行状況としては、初年度に実験基盤を整え、最終年度に向かって成果報告や国際共同研究を増やしていくなど、適正な執行ができたと考えている。一方で、各研究項目全体を統合したシステム構築はプロトタイプ構築に留まっており、これを実証実験可能な形に持っていくことが重要な課題である。研究成果の科学技術及び社会・経済への波及効果としては、対話システムの国際ワークショップで Best paper award を受賞するなど、今後有望な研究としてある程度認知されたと考えている。また、対話システム研究コミュニティにとって本研究課題で構築したデータセットは重要であり、今後この活用を考えている。また、構築している言語理解基盤を様々なドメインで活用し、その効果について調査する。特に近年、言語理解基盤としては言語モデルに基づく BERT と呼ばれる手法が一般化しつつあるが、本提案手法は BERT と比較して言及された内容の可視化が容易であり、異なる情報を抽出できている可能性がある。この比較評価についても今後行う。

5. 主な研究成果リスト

(1) 論文(原著論文)発表

1. 勝見 久央, 吉野 幸一郎, 平岡 拓也, 秋元 康佑, 山本 風人, 本浦 庄太, 定政 邦彦, 中村 哲 “論証対話システムにおける情報探索対話戦略の最適化.” 人工知能学会論文誌, Vol.35, No.1, DSI_D, pp.1-12, 2020
2. Seiya Kawano, Koichiro Yoshino, Satoshi Nakamura. “Neural Conversation Model Controllable by Given Dialogue Act Based on Adversarial Learning and Label-aware Objective”, In Proceedings of INLG, Tokyo, Japan, October 2019
3. Andrei Catalin Coman, Koichiro Yoshino, Yukitoshi Murase, Satoshi Nakamura and Giuseppe Riccardi. “An Incremental Turn-Taking Model for Task-Oriented Dialog Systems.” In Proceedings of INTERSPEECH2019, Graz, Austria, September 2019
4. Shohei Tanaka, Koichiro Yoshino, Katsuhito Sudoh, Satoshi Nakamura. “Conversational Response Re-ranking Based on Event Causality and Role Factored Tensor Event Embedding.” In Proceedings of 1st workshop on NLP for ConvAI workshop in ACL conference, Florence, Italy, 2019.7 (**Best Paper Award**)
5. Seiya Kawano, Koichiro Yoshino, Yu Suzuki, Satoshi Nakamura. “Dialogue Act Classification in Reference Interview Using Convolutional Neural Network with Byte Pair Encoding.” International Workshop on Spoken Dialogue System Technology (IWSDS2018), Singapore, Singapore, May 2018 (**Best Paper Award Nominee**)

(2) 特許出願

研究期間累積件数:0 件(公開前の出願件名については件数のみ記載)

(3)その他の成果(主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等)

1. Best Paper Award, ACL2019 1st workshop on NLP for Conversational AI, NLP for ConvAI workshop committee, 2019 年 8 月 1 日.
2. Chiori Hori, Julien Perez, Ryuichiro Higashinaka, Takaaki Hori, Y-Lan Boureau, Michimasa Inaba, Yuiko Tsunomori, Tetsuro Takahashi, Koichiro Yoshino, Seokhwan Kim “Overview of the Sixth Dialogue System Technology Challenge: DSTC6.” Computer Speech & Language, Vol. 55, pp.1-25, 2019.5.
3. Yukitoshi Murase, Koichiro Yoshino, Satoshi Nakamura “Associative Knowledge Feature Vector Inferred on External Knowledge Base for Dialog State Tracking.” Computer Speech & Language, Vol.54, No.3, pp.1-16, 2019.3.
4. 2018 年度論文賞, 言語処理学会, 2019 年 3 月 8 日.
5. Koichiro Yoshino, Chiori Hori, Julien Perez, Luis Fernando D’ Haro, Lazaros Polymenakos, Chulaka Gunasekara, Walter S. Lasecki, Jonathan K. Kummerfeld, Michel Galley, Chris Brockett, Jianfeng Gao, Bill Dolan, Xiang Gao, Huda Alamari, Tim K. Marks, Devi Parikh and Dhruv Batra. “Dialog System Technology Challenge 7.” Thirty-second Conference on Neural Information Processing Systems, 2nd Conversational AI Workshop, Montreal, Canada, Dec. 2018.