

博士學位論文審査要旨

学位申請者氏名	曾 傑
論文題目	対話システムにおける知識グラフと発話意味内容予測に基づく質問生成 -食に関する嗜好獲得インタビュー対話システムに向けて-
審査委員 (職名・氏名・印)	
主 査	教 授 中野 有紀子
審査委員	教 授 世木 寛之 教 授 酒井 浩之 教 授 駒谷 和範
論文審査結果 (合 否)	合 格
論文審査の要旨	<p>近年, Siri や AI スピーカー, チャットボット等, 音声やテキストによる対話機能を有する情報機器・システムが多くの人に身近な存在になりつつあり, 対話システムの研究は, 人工知能における最重要課題の1つとして大きく注目されている. 対話システムが実用化され, 社会に普及し始める中, ユーザにパーソナライズしたサービスの提供のためには, ユーザの要求や嗜好といったユーザへの理解が不可欠であるが, そのためには, 対話システムが自動的にユーザの特性を獲得することが必要となる. アンケートへの回答依頼はその1つの方法であるが, かえってユーザに負担を強いてしまうこともある.</p> <p>この問題に対し, 本研究では, 食に関する嗜好獲得に焦点を当て, ユーザがシステムとの対話を楽しむ中で, システムがユーザの嗜好を獲得するインタビュー対話システムの実現を目指し, ドメイン知識と文脈に着目した, 対話システムにおける質問内容決定手法を提案している. 具体的には, ユーザ情報を獲得するための多様, かつ適切な質問を生成するための要素技術の開発を目的とし, 課題1: ドメイン知識を利用した発話内容の決定, 課題2: 意味と文脈に基づく発話内容の決定, の大きく2つの課題に取り組んでいる.</p> <p>序論である第1章では, まず, 研究背景として, 対話システムの構成技術について概要を述べたうえで, 本研究の目的を設定している. 次に, 本研究で取り組む2つの課題についてのアプローチを説明し, 本研究の学術的貢献についてまとめている. 第2章では, 従来の対話システムについて, その対話制御手法と応答生成手法の観点から類型化し, これに基づき本研究の位置づけを述べている. 第3章では, 課題1: ドメイン知識を利用した発話内容の決定について, 第4章では, 課題2: 意味と文脈に基づく発話内容の決定について, 手法の提案を行っている. 第3章, 第4章が本学位論文の中核をなし, 申請者が筆頭著者となる論文を再編成した内容となっている. 第5章では, 今後の展望として, 提案した2つの手法を統合した対話システムについて述べるとともに, 残された問題について議論する. 最後に, 第6章では結論を述べている. 以下に, 各章の内容を簡単に説明する.</p>

論文審査の要旨（続）

第3章では、大規模知識グラフを用いて、料理についての関連話題を選択し、これを利用して質問生成を行う手法を提案している。知識グラフとは、物事を表す「エンティティ」とエンティティ間の「関係」をグラフ構造で記述した知識ベースである。主語のエンティティ (S)、目的語のエンティティ (O)、そしてこれらの関係を表す述語 (P) の三つ組を知識トリプルと呼び、知識グラフはこの知識トリプルの集合として表現される。ここでは、大規模知識グラフ **Freebase** を利用し、知識グラフ中のエンティティ間の関係(P)を話題とみなし、話題どうしの関連の強さを大規模テキスト **Wikipedia** より学習し、**Skip-gram** により話題埋め込み表現を作成することで、関連話題の選択を可能にした。しかし、関連話題が選択されても、これに対応する知識トリプルが知識グラフ中に存在しない場合がある。この問題を解決するために、知識グラフ埋め込み表現を用いて知識グラフ補完を行うことで、欠損している知識を補完しながら、関連話題を用いた質問生成を行う手法を提案した。その結果、提供する話題のバリエーションを大幅に増やすことができた。

次に、開発した手法を搭載した **Web** 上で動作するテキストベースの対話システムを実装し、クラウドソーシングで実験協力者を募り、評価実験を行った。手法の有効性を評価するために、3つの実験条件 (**BL**: 基本対話機能のみを有するシステム, **TE**: 話題埋め込みによる話題選択機能を有するシステム, **TE+KE**: 話題埋め込みによる話題選択と知識補完機能の両方を有するシステム) を設定し、被検者にはすべての条件を実施してもらった。評価実験の結果、関連話題の選択と知識グラフ補完を組み合わせた提案システムは、話題のバリエーションに富み、ユーザの言及した料理名や材料名をきっかけとした会話をより長く継続できることがわかった。また、対話破綻回数が少なく、システムとの対話が比較的うまく進んだ場合には、文脈の継続性についても肯定的な主観評価が得られた。

第4章では、意味と文脈を考慮した対話を通して、ユーザの食に関する嗜好を尋ねるインタビュー対話システムを提案している。ここでは、対話データから深層学習モデルを作成するために、まず、インタビュアー役と客役の人同士のテキスト対話を収集し、収集したコーパスに対して、インタビュアー発話の意図と発話の意味内容のアノテーションを行った。そのために、インタビュアーの発話意図のラベルとして、34種類の伝達機能ラベルを定義した。また、発話中に言及されている対象の名前や対象の属性に関する情報を構造化した意味ラベルを発話の意味内容として付与した。

次に、アノテーションされた対話データを用いて、2つの学習モデルを作成した。一つは、過去数発話分の履歴を入力とし、次の発話の意味内容を生成する **GPT-2** モデルである。**GPT-2** は、深層学習のアーキテクチャの一つである **Transformer** の **Decoder** ブロックを用いることで、事前のトークン列から次のトークンを逐次予測する言語モデルである。また、大規模なテキストデータで事前に学習したモデルを用いて、様々な言語生成タスクに **fine-tune** することで、良い性能を得られることがわかっている。そこで、本研究で作成した少量の対話コーパスを用いて **fine-tune** することで、意味内容生成モデルを学習した。もう一つの学習モデルは、インタビュアーの発話意図である伝達機能ラベルを予測するモデルである。対話履歴から次のインタビュアー応答で用いるべき伝達機能ラベルを予測するために、日本語事前学習済み **BERT** を利用して分類器学習を行う、**fine-tuning** アプローチを採用した。そして、これらの学習モデルを搭載した対話システムを実装し、対話生成を行った。

論文審査の要旨 (続)

開発手法の評価のために、用例検索とテキスト生成手法の2つの方法と、提案手法との比較を行った。用例検索とは、対話コーパス中に存在する発話サンプルの中から最適なものを検索し、それをシステム応答として出力する方法である。一方、テキスト生成手法は、深層学習を用いて、入力テキストから応答のテキストを予測する **sequence-to-sequence** アプローチによる手法である。提案手法では次の発話の意味内容が生成されるのに対し、テキスト生成手法では、応答のテキストが直接生成される。機械翻訳タスク等における自動評価指標の1つである **BLEU-4** を用いた自動評価において、提案モデルは比較対象の手法に比べ高いスコアを達成することを確認した。これは提案手法が応答に用いる意味内容を、比較手法に比べ正しく生成できることを示す結果である。

さらに、収集した対話のインタビュアーの発話を対話システムが生成した応答文に置き換えた対話サンプルを作成し、人による印象評価を行った。その結果、提案手法により生成された対話は、比較手法に比べて、文脈に関連し、相手の発話を深堀りし、ユーザの情報を引き出し、継続的に話したいという印象を与えることが分かった。この結果は、提案手法を実装したインタビュー対話システムは、意味と文脈を考慮しながら、食に関する嗜好情報を引き出すための応答を生成することが可能であることを示唆するものである。

第5章では、今後の課題として、知的なインタビュー対話システムの実現に向け、3章で提案した大規模知識グラフを利用した発話内容の決定手法と、4章で提案した意味と文脈に基づく発話内容の決定手法を統合したインタビュー対話システムの構想とその可能性について議論している。両手法を統合すると、対話履歴をシステムの内部状態管理部より取得し、これを入力として次の発話意味内容を決定するとともに、発話内で言及される対象に紐づく知識を、知識グラフより取得することができ、知識と文脈を考慮した、質問を生成することができるシステムが実現すると考えられる。

本論文は、対話システムにおける発話内容決定について、「知識」と「文脈」という対話制御には不可欠である要素に焦点を当て、最新の深層学習の利点を活かしつつ、深層学習モデルに基づく対話生成手法ではあまり注目されていなかった「発話の意味」を重視した手法を提案している。この点において本研究の独創性は高く評価でき、また十分な評価実験を通して手法の有効性が明確に示されている。よって、本論文の内容は、博士(理工学)の学位にふさわしいものである。

(以 上)