

知識と話題の埋め込み表現に基づく応答生成 —料理嗜好インタビューシステムに向けて—

Response Generation based on Embedding Representation of Knowledge and Topics: Towards Food Preference Interview Systems

曾 傑^{*1}
Jie Zeng

高瀬 裕^{*2}
Yutaka Takase

中野 有紀子^{*2}
Yukiko Nakano

^{*1} 成蹊大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Technology, Seikei University

^{*2} 成蹊大学理工学部
Faculty of Science and Technology, Seikei University

This paper proposed a dialogue system that collects user's preference while providing topics related to food. First, the dialogue system generates in-depth question for user's utterance using expressions of taste and texture, and case frame. Second, the dialogue system provides topic using Freebase knowledge base and selects nearby topics from embedding of properties. Additionally, if the system fails in knowledge search, it predicts missing knowledge using knowledge graph embedding representation.

1. はじめに

近年、飲食店などで接客や案内等を行うロボットが登場し、サービス提供の一環として、ロボットの需要が高まっている。よりきめ細かい接客を実現するには、ユーザの嗜好情報を把握し、ユーザに適した対応が望まれる。

ユーザの嗜好情報を利用した研究として、料理やレシピ推薦システムがある[Trattner 2017]。レシピ推薦システムに用いられるアルゴリズムとして、内容ベースや協調フィルタリングがあるが、どちらも推薦精度向上のためには、多くのユーザから様々な料理や特徴についての評価を集める必要がある。したがって、よりよい推薦を行うには、ユーザからより多くの情報を引き出すことが重要であるといえる。一方、ユーザから情報を引き出す対話としてインタビュー対話が存在する[Johnston 2013] [Stent 2006]。その多くはあらかじめ定義した項目についてユーザに質問を行い、肯定、否定や5段階の評価といったシンプルな回答を求めている。しかし、料理の味や食感などの好みは多様であるため、雑談のように料理に関する幅広い話題を提供する中で、ユーザの嗜好を聞き出す対話のほうがユーザ嗜好の獲得には効果的であると考えた。

そこで本研究では、料理推薦に向けて、ユーザから料理に関するより多くの情報を引き出すことを目的とし、料理に関する嗜好獲得の対話システムを提案する。その中で、ユーザの嗜好を獲得する、次の2つの対話戦略を実現する。

- ①料理や、相手の発話に対する深堀り質問
 - ②様々な料理についての多様な話題選択
- この2つの対話戦略を実装し、対話システムに組み込む。

2. 深堀り質問生成手法

2.1 食味表現を用いた質問

味覚表現やオノマトペを使うことで多様な好みを表現しやすいことがわかっている [Komatsu 2012]。これを応用し、食味表現を用いた質問をすることで、料理や材料の食味・食感の好みを獲得する。具体的には、料理名や材料名のキーワードに対し、それらと共起しやすい典型的な食味表現のデータベース(以下、

食味表現 DBと表記)を作成する[曾 2018]。これは、キーワードを検索語とし、Twitter から最大 10000Tweet を収集する。その後、あらかじめ用意したテキスト表現や味覚表現を含む食味表現リスト(eg. ふにふに、噛み応え、甘い)に含まれる食味表現を収集した Tweet から抽出する。例えば「たこ焼き」の場合、「辛い」「甘い」「ふわふわ」などが Tweet で共起した食味表現として取得でき、キーワードとそれに対応して抽出された食味表現を食味表現 DB に保存する。これを用いて、食味表現を用いた質問はキーワードを入力とし、このキーワードを使って食味表現 DB より食味表現を2つ取得し、以下のテンプレートに当てはめ応答を生成する。

どんな\${キーワード}が好きですか? \${食味表現_1}, \${食味表現_2}はいかがですか。

2.2 動詞の格フレームを利用した質問

ユーザ発話に対して、さらに具体的な情報を求める質問のために、「どこで」、「何を」などの疑問詞を使った質問を動詞の格フレームを使って生成する[古川 2005]。図1に動詞の格フレームを利用した質問生成プロセスを示した。はじめに、ユーザ入力文に対して形態素解析器 JUMAN、係り受け解析器 KNP を用いて格フレームを取得する。この入力文例では「動詞:食べる」の格要素となりうるのは、ガ格、ヲ格などであることがわかる。次に、これらの格要素に応じた疑問詞の付与を行う。そのため

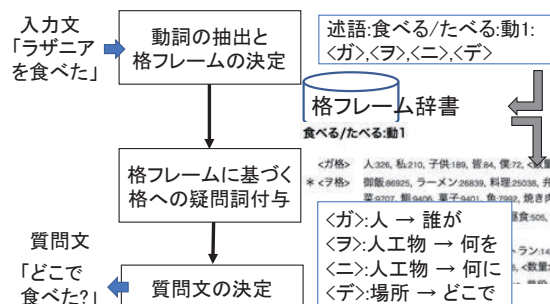


図1 動詞の格フレームを用いた質問生成フロー

連絡先: 曾傑, 成蹊大学大学院理工学研究科, 知的インタフェース研究室, 東京都武蔵野市吉祥寺北町 3-3-1
E-mail: dm176204@cc.seikei.ac.jp

¹ 京都大学格フレーム: <http://lotus.kuee.kyoto-u.ac.jp/cf-search/>

に、これらの格要素が取りうる単語を格フレーム辞書¹より取得し、それを JUMAN カテゴリに変換することにより、当該格助詞において最頻出のカテゴリを決定する。例えば、ガ格は人カテゴリ、デ格は場所カテゴリが最頻出カテゴリである。そして、人カテゴリには「誰」、場所カテゴリには「どこ」を付与する。格要素ごとに付与した疑問詞を用いて、質問文テンプレート「疑問詞+格+動詞+?」を適用し、質問文を生成する。最後に、これらの質問文の中からランダムに1つ選択し、質問文として出力する。図1の場合、デ格による質問文「どこで食べた?」を出力している。

3. Freebaseを用いた関連話題の提供と遷移手法

この章では、会話に幅を持たせる話題提供を目的とし、Freebaseを用いた話題選択方法について述べる。

3.1 Freebaseトリプルを使った話題の提供

本研究では、話題の提供と遷移を実現するために、大規模知識 Freebase を用いる。Freebase は主語(Subject, 以降 S と表記)、述語(Predicate, 以降 P と表記)、目的語(Object, 以降 O と表記)のトリプル構造により知識を表現している。Freebase 上で「カルボナーラ」のようなエンティティに対してユニークな識別子(MID)として「m.0273gv」が与えられ、これを S とし、P: type.object.name の O を取得すれば日本語のラベルが取得できる。同様に、材料を示す P: food.dish.ingredients に対応する O を取得すると「パンチェッタ」や「鶏卵」を表すエンティティが取得できる。このように料理や材料を S としたトリプルを取得し、トリプルの P を話題とみなし、P に応じたテンプレート(表1)に S や O を適用することにより応答文を生成し、話題提供を行う。例えば、S: 寿司, P: food.dish.ingredients, O: 米の場合、「寿司の材料は米ですが、他にどんな材料が好みですか?」が生成される。

3.2 Wikipedia による話題埋め込みの作成と利用

話題遷移の際に、現在の話題と近い話題を関連話題として提供する。そこで、(1) 話題の近さを扱うことが可能な話題埋め込みの作成方法と、(2) 話題埋め込みを用いた話題遷移の手法について述べる。

(1) Wikipedia による話題埋め込みの作成

話題埋め込みは Wikipedia と Freebase を用いて、(a) Wikipedia 記事から述語(話題)の並びを抽出し、(b) この並びを話題遷移の流れとみなし、Skip-gram で学習を行い作成する[Lee 2015]。

(a) Wikipedia 記事からの述語の並びの抽出

本研究では、話題の流れの学習に、Wikipedia のテキストを用いた。Wikipedia は英語版を使用し、かつ料理に関する記事のみを用いた。図2に「カルボナーラ」の記事から P(話題)を抽出する例を示す。例えば、記事タイトル「Carbonara」を S とし、リンクを持つ本文中の単語「guanciale」、「pepper」を O とすると、Freebase から材料を示す P: food.dish.ingredients が得られる。「Rome」を O とすると、料理のジャンルを表す P: food.dish.cuisine が得られる。このように記事の段落ごとに P の並びを作成する。

(b) Word2Vec の Skip-gram による話題埋め込みの作成

Wikipedia 記事を用いて段落ごとに抽出した P(話題)の並びを、一連の話題の流れと見なし、Word2Vec の Skip-gram[Mikolov 2013]を用いて学習を行い、埋め込み表現を得る。作成した話題埋め込みにおいて、材料を示す P の最近傍3つを表2に示す。材料を表す P の近傍には、料理のタイプを示す

表1 P とそれに対応するテンプレート例

P	トリプル(SPO)を用いた応答テンプレート
food.dish.cuisine	S のジャンルは O ですが、他にどの O が好きですか
food.dish.ingredients	S の材料は O ですが、他にどんな材料が好みですか
base.schemastaging.food_extra_broader	S は O の1つですが、他に好みの O はありますか



図2 「カルボナーラ」記事からの P(話題)抽出

表2 話題埋め込みにおける P: food.dish.ingredients の最近傍上位3つ

P(話題)	food.dish.ingredients とのコサイン類似度
food.dish.type_of_dish1	0.952
food.dish.cuisine	0.894
base.schemastaging.food_extra_broader	0.638

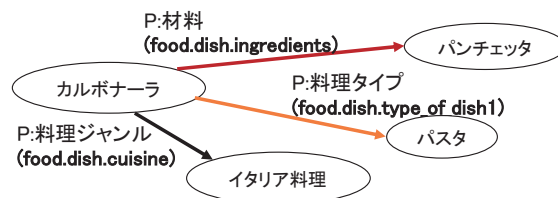


図3 話題埋め込みを利用した「カルボナーラ」の話題遷移例

す P: food.dish.type_of_dish1 や日本料理やイタリア料理などのジャンルを示す P: food.dish.cuisine が現れている。

(2) 話題埋め込みを用いた話題遷移

話題埋め込みより、現在の話題である P に関連する P' を次の話題として選択することができるようになった。例えば、「カルボナーラ」について以下図3のような話題遷移が可能となる。例えば、赤線で示した S: カルボナーラ, P: food.dish.ingredients, O: パンチェッタの話題を提供したとする。その後、提供した話題に関連した話題を提供する際に、元の P: food.dish.ingredients に近い話題を話題埋め込みにより取得する。ここで図3のように話題 food.dish.ingredients と最も近い話題として橙線で示した P: food.dish.type_of_dish1 を選択し、S: カルボナーラ, P: food.dish.type_of_dish1, O: パスタを関連話題として優先的に発話することになる。

4. 知識グラフ埋め込みの作成と利用

前章では話題埋め込みによる話題遷移について述べた。しかし、関連話題として選ばれた P についての知識が必ずしも Freebase に存在するわけではない。このような知識グラフの問題

に対応する技術として、明示的に与えられていないノードやリンクについての予測を行う知識グラフ埋め込み(Knowledge Graph Embedding)がある。本研究では知識グラフ埋め込みのモデルの1つである TransE[Bordes 2013]を用いる。

4.1 食に関する知識グラフ埋め込みの作成

食に関するトリプルを TransE で学習するために、まず、Freebase 中の P:type.object.type (エンティティのカテゴリや分類を表す) を用い、そこで得られた(O)が料理や材料などの食についての分類を表す food.food を持つものを収集した。次に食に関するトリプルは、上で定義した食に関するエンティティを S または O とした時に得られるトリプルとした。この食に関するトリプルを学習データとし、TransE モデルにより学習した。

4.2 知識グラフ埋め込みを用いた予測による話題提供の拡張

3章の話題埋め込みを用いた話題遷移時に S と関連話題 P を使い Freebase より O の取得を行うが、トリプルが存在しないため O が取得できない場合がある。例えば、S:ミートソース、関連話題 P:材料が決定した場合に、Freebase の知識にミートソースの材料についての知識が存在しないため、材料名(O)を使った発話ができない。そこで、知識グラフ埋め込みを用いることで O の予測ができ、予測したものを使用することにより応答の幅を広げることができる。O の予測は知識グラフ埋め込みに存在する S と P のベクトルを用いて、S+P によって得られる値に近いエンティティに相当する。表 3 に S:餃子、材料 P:food.dish.ingredients から Freebase に実際には存在しない O の取得結果を示す。餃子の材料の取得として材料エンティティである穀粉やタマネギを予測できている。

4.3 知識グラフ埋め込みを用いた話題遷移

知識グラフ埋め込みを予測に利用する他に、知識グラフ埋め込みでのエンティティ近傍に、エンティティが持つ複数の P の構造が似たエンティティが集まると考えることができる。「カルボナーラ」近傍エンティティを表 4 に示す。

ここで知識埋め込みにて、入力エンティティを遷移元とし、近傍エンティティからランダムに選んだエンティティを遷移先とし、以下のテンプレートに当てはめ話題遷移の応答文を生成する。

$\{S_{遷移元}\}$ の他に $\{S_{遷移先}\}$ はいかがですか

5. 対話システムの実装

嗜好獲得に向けた深掘り質問と関連話題の戦略に基づき、(a)食味表現を用いた質問、(b)動詞の格フレームを用いた質問、(c)Freebase のトリプルを用いた話題提供、(d)話題埋め込みを用

表 3 TransE による S:餃子 P: food.dish.ingredients から O の予測

エンティティのラベル(和)	類似度 $\sqrt{2-2*\cos(u,v)}$
鶏卵	0.891
穀粉	0.928
魚類	0.948
タマネギ	0.949
水	0.958

表 4 知識グラフ埋め込みでの「カルボナーラ」近傍エンティティ

エンティティのラベル(和/英)	類似度 $\sqrt{2-2*\cos(u,v)}$
ボンゴレ	0.694
ブッタネスカ	0.729
Chicken Marengo	0.738

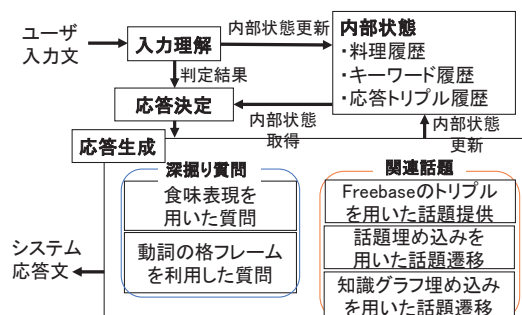


図 4 システム処理フロー

いた話題遷移、(e)知識グラフ埋め込みを用いた話題遷移、の 5 つの応答方式を実装した対話システムを提案する。図 4 にシステム処理フローを示す。以下各構成要素について説明する。

5.1 入力理解部

入力理解部では、応答生成に必要な情報をユーザー入力文から抽出する。具体的には以下の2つを行う。

①料理と材料からなるキーワードの抽出: 本システムは料理や材料に関する言葉を起点に深掘りや関連話題の提供が行われる。そのために料理と材料をキーワードとして入力文から抽出する。料理と材料キーワードは、Freebase 中の P: type.object.type を用い、O に料理を示す food.dish、もしくは材料を示す food.ingredient を持つエンティティ、かつ対話システムの入力日本語であるため、日本語ラベルを持つものとする。抽出したキーワードは内部状態のキーワード履歴に保存され、そのキーワードが料理名であれば料理履歴にも保存する。

②動詞の格フレームの存在判定: 応答方式(b)で、動詞の格フレームを用いるため、2.2 節で述べた手法により動詞の抽出と格フレームの特定を行い、応答方式(b)の採用可否を応答決定部に送る。

5.2 内部状態

入力理解部で得たキーワードやシステム応答の内容を履歴として保持し、応答生成時に使用する。

キーワード履歴: 入力文から抽出したキーワードや、応答方式(e)の話題遷移先キーワードを保持する。

料理履歴: 関連した料理の話題に遷移するため、キーワードのうち料理名であるものを保持する。

応答トリプル履歴: 応答方式(d)を適用するために、システム応答に用いた SPO トリプルを保持しておく。

5.3 応答決定部

入力理解部の出力と内部状態に基づき、応答方式(a)~(e)の 5 種類の応答の中から応答を 1 つ選択する。はじめに、それぞれの応答について、応答を生成するための条件が満たされているかどうかを確認する。なお、ユーザーの発話した内容を深掘りせず、すぐに別の話題へと遷移するのは不自然と考え、得られた新規キーワードについては、深掘りの応答が可能であれば、深掘りを一度優先する。

5.4 応答生成部

応答決定部により決定された応答内容から、応答文を生成する。応答方式(d)以外の応答はすでに述べた((a):2.1 節, (b): 2.2 節, (c):3.1 節, (e):4.3 節)。ここでは応答方式(d)の応答生成について述べる。

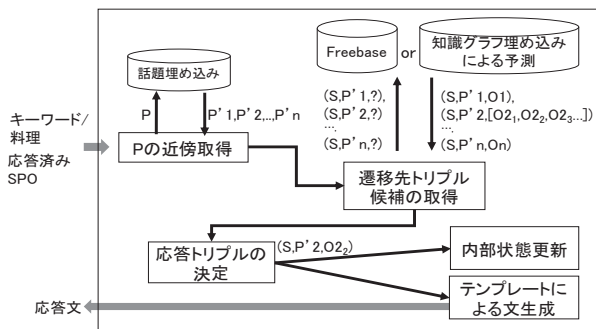


図 5 話題埋め込みを用いた話題遷移の応答プロセス

話題埋め込みを用いた話題遷移: 図 5 に応答方式(d)の生成プロセスを示す. 既に話題となった話題 P を応答済み SPO から取得し, 話題埋め込みにより複数の近傍 P' を取得する. そして, 遷移先トリプルとして, キーワード S, 複数の近傍 P', 及びそれぞれに対応する O を取得する. O は Freebase から取得し, それができなければ, 知識グラフ埋め込みを用いた予測(4.2 節)により取得する. 以上により得られた遷移先トリプル候補の中から1つランダムに選択し, 表 1 のテンプレートを使い文生成する. なお, 予測した O を用いる時は, 「ですが」と言い切らず, 「でしょうか?」や「であると予測しますが」と不確定な表現にする.

6. 対話例

提案した対話システムによる対話例を表 5 に示す. あらかじめ用意した発話(S1)からスタートし, ユーザの回答(U1)からキーワードとして「カルボナーラ」を抽出している. システムは深掘りを優先し, 動詞の格フレームを用いた質問を生成している(S2). ユーザから場所の回答を得るが, キーワードは抽出されず, システムは「カルボナーラ」についてのトリプル(S:カルボナーラ, P:ジャンル O:イタリア料理)を Freebase から取得し, 話題提供を行なっている(S3). ユーザの回答から「ミートソース」を抽出し(U3), システムはミートソースについて食味表現を用いた深掘り質問を生成している(S4). 続けてシステムは S3 で話した P:ジャンルから話題埋め込みを用いた話題遷移により, S:ミートソース, P:材料, O:タマネギを遷移先トリプルとして利用し, これを用いて応答している. S7 では知識グラフ埋め込みよりベーコンの近傍エンティティとして豚肉を選び, 話題として提供している.

7. まとめ

本研究では, 料理に関するユーザの嗜好を引き出す対話システムに向けて, 深掘り質問として, 食味表現を用いた質問や動詞の格フレームを用いた質問を生成した. 関連話題を提供する手法としては, Freebase を用いた話題提供, 話題埋め込みによる関連話題への遷移, Freebase に知識が存在しない問題については知識グラフを用いた予測を行なった. さらに知識グラフ埋め込みを用いた話題遷移を提案した. 最後にこれらの手法を組み込んだ対話システムを実装した.

今後の課題として, Freebase に存在する料理に関する P が少なく, 話題遷移先のバリエーションを増やす必要がある. また, 本手法を組み込んだ対話システムの有用性を検証するために, ユーザ満足度や得られた嗜好情報の量や質に関する評価を行う必要がある.

謝辞

本研究は, 科学技術振興機構(JST) 戦略的創造研究推進事業(CREST)「実践知能アプリケーション構築フレームワーク

表 5 提案システムによる対話例(S:システム,U:ユーザ)

	ユーザ入力文/システム応答	キーワード履歴
S1	最近食べた料理について教えてください	
U1	カルボナーラを食べた	カルボナーラ
S2	どこで食べた?	
U2	麻布のレストランでね	
S3	カルボナーラのジャンルはイタリア料理ですが, 他にどのイタリア料理が好きですか	
U3	ミートソースが好き	ミートソース
S4	どんなミートソースが好きですか? ジュースリーやこってりはいかがですか	
U4	濃厚なのがいいです	
S5	ミートソースの材料はタマネギがあると予想しますが, 他にどんな材料が好みですか	
U5	ベーコン	ベーコン
S7	ベーコンの他に豚肉はいかがですか	

PRINTEPS の開発と社会実践」(JPMJCR14E3), および理化学研究所革新知能統合研究センターの支援を受けたものである.

参考文献

[Trattner 2017] Trattner Christoph, and David Elswiler: Food Recommender Systems: Important Contributions, Challenges and Future Research Directions, arXiv preprint arXiv:1711.02760, 2017.

[Johnston 2013] Johnston, Michael, et al.: Spoken dialog systems for automated survey interviewing, Proceedings of the SIGDIAL 2013 Conference. 2013.

[Stent 2006] Stent, Amanda, Svetlana Stenichikova, and Matthew Marge: Dialog systems for surveys: The Rate-a-Course system, Spoken Language Technology Workshop, 2006, IEEE, IEEE, 2006.

[Komatsu 2012] Komatsu, Takanori: Quantifying Japanese onomatopoeias: toward augmenting creative activities with onomatopoeias, Proceedings of the 3rd Augmented Human International Conference, ACM, 2012.

[曾 2018] 曾 傑, 高瀬 裕, 中野 有紀子: 食味表現に着目した料理嗜好対話システム, 人工知能学会全国大会論文集, 2018.

[古川 2005] 古川智雅, 吉野幸一郎, 須藤克仁, 中村哲: 格フレームを用いた質問生成によって深掘りを行う対話システム, SIG-SLUD 5.02, 94-95, 2018.

[Lee 2015] Lee, Kyusong, et al.: Conversational knowledge teaching agent that uses a knowledge base, Proceedings of the 16th Annual Meeting of the Special Interest Group on Discourse and Dialogue, 2015.

[Mikolov 2013] Mikolov, Tomas, et al.: Distributed representations of words and phrases and their compositionality, Advances in neural information processing systems, 2013.

[Bordes 2013] Bordes, Antoine, et al.: Translating embeddings for modeling multi-relational data, Advances in neural information processing systems, 2013.