

話題誘導を考慮した対話制御および応答文生成を備えた 説得対話システム

Persuasive dialogue system with dialogue manager and natural language generation considering guiding users to target topics

平岡拓也
Takuya Hiraoka

山内祐輝
Yuki Yamauchi

ニュービッググラム
Graham Neubig

サクテイサクリアニ
Sakriani Sakti

戸田智基
Tomoki Toda

中村哲
Satoshi Nakamura

奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科
Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology

We have proposed a probabilistic dialogue modeling method for persuasive dialogue systems that interact with the user based on a specific goal, and lead the user to take actions that the system intends from candidate actions satisfying the user's needs. We develop a dialogue model assuming the user makes decisions based on preference and methods to guide the user from topic to topic. We build and evaluate the system in a practical task that tests the system's persuasive power, with experimental results indicating that the proposed method is effective in this respect.

1. はじめに

従来の対話システムの多くはユーザ側の目的を達成するために道具として利用されてきた(図1の左側の領域)。このようなシステムが扱うタスクとして、ユーザの目的達成のための情報提示、情報推薦、娯楽のための雑談などが主な対象とされてきた[Raux 05, Misu 11, Weizenbaum 66]。他方、計算機による説得技術に関する研究が近年盛んに行われている[Fogg 03]。説得技術を用いたシステムは、システム側の目的達成のために能動的にユーザに働きかける(図1の右側の領域)。応用例として、商品販売、広告、習慣改善などが挙げられる。

ここで、従来の対話システムと説得技術の交差領域を説得対話(図1)と定義する。システムは、システム側の目的とユーザ側の目的の両方を達成するように、対話を進める。我々はこれまでにユーザの意思決定候補が少数の状況を想定した実験において、話題誘導等の手法の有効性を示した[平岡 12]。

本稿では、ユーザの意思決定候補が多数存在する状況における説得対話システムの対話制御部と言語生成部の構築に取り組む。取り扱う説得対話として、ある程度ユーザの嗜好に合致する範囲内において、システムの目標を達成する対話に着目する。対話状態のベイジアンネットワークによる確率的なモデル化とそれに基づくシステム応答決定処理[Williams 07]を用いて対話制御部を構築する。また、話題誘導を対話制御部と言語生成部に導入する。話題誘導を行う際に利用するシステムの知識ベースは、山内らが提案した手法[山内 12]を用いて構築する。説得対話タスクとして、研究室勧誘を対象とするシステムを構築し、その性能を実験的に評価する。実験結果から、ユーザの意思決定候補が多数存在する状況においても提案法が有効に働くことを示す。

2. 説得対話システム

説得対話システムは主に二つの機能をユーザに対して提供する。

機能 1: ユーザに各話題に関する情報提示を行う。

機能 2: 特定の代替案を選択するよう説得を行う。

また、これらの機能を実現するため、システムは図2のような話題とそれらの間の関連についての知識を保持している。話題はシステムが情報提示できる物事を表わしており、代替案はユーザの意思決定候補を表わしている。また、決定要因はユーザの代替案選択に影響を与える話題を表わしている。例えば、所属研究室を選定する学生に対して、特定の研究室へと勧誘する説得対話システムを想定すると、代替案は「研究室に入る」、決定要因は「研究分野」をそれぞれ表わすことが考えられる。上記の例で言うと代替案と決定要因間の関係は「研究室がある研究分野を取り組んでいるか」を表わし、決定要因間の関係は「上位概念・下位概念」等を表わすことが考えられる。システムは、これらの知識を基に言語生成を行うための各話題の説明文と発話テンプレートを保持しており、次節でこれについて詳しく述べる。対話の一例を表1に示す。

3. 対話制御及び言語生成

システムが説得を行う上で、ユーザが代替案を選択する際に重視する決定要因を推定する必要がある。また、現在の話題から勧誘目標に関する話題へと対話を誘導する機能は説得対話を実現する上で有効であると予想される。そこで、これらの機能を備えた対話制御部を提案する。

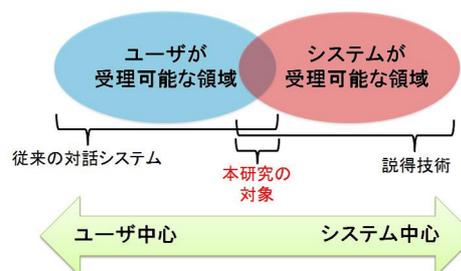


図1: システムの目的の分類

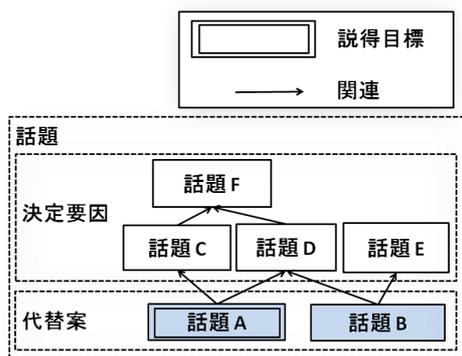


図 2: システムの知識例

3.1 ユーザの嗜好に基づく説得対話

説得対話システムは、ユーザ側の目的を考慮しつつ、システム側の目的を達成できるよう、ユーザに特定の意思決定を取らせる。したがって、システムはユーザの意思決定に関するモデルを考慮する必要がある。このようなユーザモデルを統計的枠組を用いて記述し、情報推薦に利用したシステムとして翠らによる意思決定支援システム [Misu 11] が挙げられる。我々はこれまで、このシステムに用いられるユーザモデルを利用し、嗜好に基づいて説得を行う手法を提案してきた [平岡 12]。ここで、嗜好とは、ユーザが特定の代替案を選択する際に重視する決定要因であり、どの決定要因がユーザの嗜好に合致するかは対話を通して不変とする。以下でこのシステムを簡単に説明する。

本研究の対話モデルにおいても、ユーザは自らの嗜好に最も合致した決定要因と関連する代替案を選択すると仮定する。システムの説得目標に関連する決定要因に対するユーザの嗜好を利用し、最終的な勧誘を行うことでユーザを説得する。ユーザの嗜好に合う決定要因はシステムにとって未知であるため、対話を通して推定する必要がある。そこで、対話状態を次式にてモデル化する。

$$P(e_k|A, O) = \frac{P(O|A, e_k) \sum_{e'_k} P(e_k|e'_k)P(e'_k)}{P(O|A)} \quad (1)$$

ここで、 e_k は決定要因 k がユーザの嗜好に合致しているかを表し、 A はシステムの直前の発話行為、 O はユーザの発話行為を表す。また e'_k はユーザとシステムの直前のターンにおける研究分野 k に対するユーザの嗜好を表わす。

対話開始時点から現時点までの対話履歴は、マルコフ過程に基づき、対話状態 (信念空間) として表現され、現時点における対話状態に基づき、システムの発話行為を決定する。システムの対話戦略はシステム側の目的とユーザ側の目的の両方を満足するよう最適化を行う。

ここで、システム側の対話目的 *SystemGoalAchievement* とユーザ側の対話 *UserGoalAchievement* はそれぞれ下記の等式によりそれぞれ評価される。

$$SystemGoalAchievement = \begin{cases} 1 & (k = target) \\ 0 & (otherwise) \end{cases} \quad (2)$$

$$UserGoalAchievement = \sum_{m=1}^M p_m \cdot e_{k,m} \quad (3)$$

SystemGoalAchievement はシステムの説得目標が最終的にユーザに選ばれたか、*UserGoalAchievement* はユーザが選

択した決定要因がどれほどユーザの嗜好に合致していたかにそれぞれ基づいている。 M はシステムが扱う決定要因の総数を表わし、 p_m は決定要因 m に対するユーザの嗜好を表わす。 $e_{k,m}$ はユーザが選択した代替案 k と決定要因の関連度を表わす。ただし、システムの知識上で直接関連がない場合は 0 となる。また、 $target$ はシステムの説得目標を表わす。

3.2 話題誘導

説得対話においては、現状の話題から説得目標に関する話題へと対話を誘導することで、より説得目標についての情報提示を行うことが出来ると考えられる。

説得対話システムの発話行為として、現状の話題から所望の話題への誘導をシステムのアクションとして導入する。システムは直前のユーザの発話の中の話題に着目しその話題に直接関係のある研究分野から説得目標への誘導に向けて、最も嗜好が高いと推定される話題を新しい話題として提示する。具体的には下記手順に基づいて次の話題を提示する。

1. システムの知識において、話題と話題間の関係をそれぞれノードとエッジとし、重みが $\log(P(e_k))$ である重み付きグラフを作成する。
2. 開始点 ($e_{k,1}$) と終点 ($e_{k,n}$) をそれぞれ現在の話題と勧誘目標とし、重みの総和が最大となる系列 $e_{k,1} \dots e_{k,n}$ を求める。すなわち、 $\operatorname{argmax}_{e_{k,1} \dots e_{k,n}} \sum_{i=1}^n \log(P(e_k, i))$ を計算する。
3. $e_{k,2}$ を次の話題に選ぶ。

話題誘導を行ううえで、話題とそれらの関係を表わす知識 (2 節) が必要となる。それらの知識は、人手によって構築した概念辞書と Web 検索を用いた手法 [山内 12] により構築する。構築した知識の話題間には、誘導を行う際の自然性を表わすスコアが付与されているため、域値以上の自然性を持つ関係のみ話題誘導に利用する知識として残す。

3.2.1 概念辞書に基づく手法

概念辞書とは、話題間の関係を記述した辞書である。概念辞書に記述のある話題間の関係を基に応答文テンプレートを作成し、現在の話題と誘導する話題を入れることで、応答文を生成する。例えば、上位語から下位語へ誘導する応答文テンプレートとして「〈Current〉の研究には〈Next〉もありますよね。」を作成する。[山内 12] の実験的評価により、概念辞書内の距離が近い用語ペアほど自然性の高い応答文が生成できることが確認されている。

3.2.2 Web 検索を用いる手法

Web 検索により取得した話題間の関係性を利用して、応答文テンプレートに対して埋め込み対象となるペアを抽出する。手法の手順を以下に示す。

1. 話題誘導応答文に利用できる可能性が高い関係を想定した応答文テンプレートを作成
例：応答文テンプレート：「〈Current〉は〈Next〉に使われていますよね。」
2. 応答文テンプレートを基に検索テンプレートを作成
例：「〈Current〉を用いた〈Next〉」
3. 検索結果を基に応答文テンプレートに当てはまる関係のある話題ペアを決定 (ヒット件数が 0 の場合は関係がないと判断)

誘導に利用する話題ペアを決定する際の尺度として、用語間の相互情報量を用いる。実験的評価により、相互情報量が高い話題ペアの応答文ほど自然性が高くなる傾向が確認され、上位

の話題ペアは概念辞書に基づく手法の子孫関係（例．上位語の上位語）にある話題ペアの応答文と同等の自然性が得られている．

4. 実験的評価

4.1 実験条件

本研究で提案した手法の評価を行うため，所属研究室を選定する学生に対して，特定の研究室へと勧誘する説得対話を行うシステムを構築する．システムは説得目標に該当する研究室をユーザが選ぶよう対話を行う．システムの知識は研究室勧誘ドメインに適応されたものを用いる．この知識中では，代替案と決定要因はそれぞれ，奈良先端大における研究室（22 種類）と研究領域（128 種類）をそれぞれ表している．また，話題間には上位概念や下位概念等の 9 種類の関連が用いられる．

4.2 実験条件

提案手法に基づくシステムについて主観評価を行う．対話状態をモデル化する上で必要となる変数間の一部の遷移確率や観測確率については，対話状態のモデル化が行われるように人手によりチューニングを行う．また，対話状態からシステム応答発話を選択する方策関数についても，各システムに対して人手で決定する．

各システムを評価する際の実験手順を以下に示す．

1. ユーザは対話を行う前に，研究分野は 128 種類の中から，嗜好に沿った研究分野を 2 つ選定するよう指示する．
2. システムの説得目標となる研究室を決定する．まず，ユーザが嗜好に沿って選んだ研究分野の内，少なくとも一つを取り組んでいる研究室を枚挙する．そして，それらの研究室の中からランダムに説得目標となる研究室の一つを選択して，対話を開始する．
3. システムの勧誘に対して，ユーザがどの研究室に入るかという意思決定を行う，もしくは，システムとの対話を打ち切る時点に対話を終了する．

音声認識誤り，言語理解誤り，合成音声による明瞭性低下などの影響を無くし，対話制御部のみの評価を行うために，ユーザとシステムの間を人を仲介させて，該当箇所を人手で代用する．被験者数は 5 人であり，各被験者はシステムに対して 4 回対話を行う．以下に示す 2 種類の評価基準により，システムの評価を行う．

説得成功率 システムが勧誘目標とする研究室を，最終的に被験者が選んだ割合

表 1: 研究室勧誘対話の一例．S はシステム応答発話を表し，U はユーザ応答発話を表す．システムは A 研究室への勧誘を行う．

発話文
S1: どんな研究分野に興味がありますか
U1: 対話やコミュニケーションに興味があります
S2-1: コミュニケーション支援に興味があるんですね
S2-2: 音声翻訳はコミュニケーション支援につながります
S2-3: 音声翻訳に興味がありますか
U2: はい，あります
S3-1: 音声翻訳は知能コミュニケーション研究室で取り組まれています
S3-2: 知能コミュニケーション研究室に入ってはいかがですか
U3: 入ります

満足度 利用者が対話に満足したかを 5 段階で評価した結果（1: 満足でない，3: どちらとも言えない，5: 満足である）

4.3 実験結果

事前にユーザが選んだ嗜好に合う決定要因と関係のある代替案は実験を通して，平均で 3.4 個存在した．説得成功率は 55% となり，ユーザが 3.4 個の代替案からランダムに特定の代替案を選んだ場合の 29% と比べ高くなっている．平均満足度は 2.75 となり，説得が成功した対話と失敗した対話での平均満足度はそれぞれ 3.38, 2.22 となり，これらの満足度の間には有意な差がみられた ($p < 0.01$)．これらの結果から，実用規模の状況においても提案手法を用いたシステムはユーザをある程度説得できることが示唆される．

5. まとめ

本稿では，よりユーザの意思決定候補が多数の状況における説得対話システムの対話制御部と言語生成部の構築に取り組んだ．対話状態のベイジアンネットワークによる確率的なモデル化とそれに基づくシステム応答決定処理を用いて，対話制御部を構築した．また，話題誘導を対話制御部と言語性部に導入した．説得対話タスクとして，研究室勧誘を対象とするシステムを構築し，その性能を実験的に評価した．実験結果から，実用規模においても提案法が有効に働くことを示した．

今後は，対話が失敗した要因の分析と改善を進めるとともに，ユーザシミュレータの提案と対話戦略の自動学習を行う．また，人同士の説得対話の分析と知見を反映させたシステムの構築の評価に関わり込む．

参考文献

- [Fogg 03] Fogg, : *Persuasive Technology*, Morgan Kaufman (2003)
- [Misu 11] Misu, T., Sugiura, K., Ohtake, K., Hori, C., Kashioka, H., Kawai, H., and Nakamura, S.: Modeling Spoken Decision Support Dialogue and Optimization of its Dialogue Strategy, *ACM Transactions on Speech and Language Processing* (2011)
- [Raux 05] Raux, A., Langner, B., Bohus, D., Black, A. W., and Eskenazi, M.: Let 's go public! taking a spoken dialog system to the real world, in *Proceedings of the International Speech Communication Association* (2005)
- [Weizenbaum 66] Weizenbaum, J.: ELIZA - A Computer Program for the Study of Natural Language Communication between Man and Machine, *Communications of the Association for Computing Machinery* (1966)
- [Williams 07] Williams, J. D. and Young, S.: Partially Observable Markov Decision Processes For Spoken Dialog Systems, *Computer Speech and Language* (2007)
- [山内 12] 山内 祐輝, Neubig, G., Sakti, S., 戸田 智基, 中村 哲.: 対話システムにおける単語間の関係性を用いた話題誘導応答文生成, 情報処理学会 第 94 回音声言語情報処理研究会 (2012)
- [平岡 12] 平岡 拓也, Sakti, S., Neubig, G., 戸田 智基, 中村 哲.: 説得対話システムにおける話題誘導に基づく対話制御, 情報処理学会 第 94 回音声言語情報処理研究会 (2012)