

ユーザの焦点を用いた POMDP による音声情報案内システム

吉野 幸一郎[†]

河原 達也[†]

[†] 京都大学 学術情報メディアセンター

1. はじめに

近年、スマートフォンアプリに代表される多くの音声対話システムが実世界で展開され、多様なユーザに利用されている。しかし、こうしたシステムの多くは天気案内 [1] や乗換案内 [2, 3] に代表される明確に限定されたタスクで、タスクゴールや必要なスロットを人手で定義することによって成り立っている。こうしたシステムでは、ユーザはシステムに定義されたタスクゴールと、場所・日時などのタスク達成に必要なスロットといったシステムの想定に沿った発話を行うことが求められる。

これに対し本研究では、特定のタスクゴールを想定しない情報案内システムを実現する。システムはスポーツや旅行などのドメインを想定し、ユーザの質問意図が明確でない場合もドメイン知識や対話の履歴を利用して柔軟な応答を行う。こうした情報案内タスクは先行研究でいくつか検討されているが [4, 5, 6]、本研究ではニュース記事を情報源として情報案内を行うシステムについて述べる。システムは Web 上から収集したニューステキストを、ユーザの興味に応じて案内する。

こうしたシステムに対する対話制御は、人手で作られた単純なルールによるものが一般的であった [7, 8] が、構築方法が確立されているわけではない。そこで本研究では、ユーザの意図と焦点を利用して統計的に対話制御を行うことでユーザが潜在的に求める情報を提供することを目指す。

2. ニュース案内システム

本研究では情報案内のタスクとして、ニュース案内を扱う。システムは Web 上から収集したニューステキストを、ユーザの興味に応じて案内する。システムは図 1 に示されるモジュールによって情報案内を行う。システムは Topic Presentation (TP) モジュールによって対話を開始し、案内できるニュース (=トピック) を紹介する。このモジュールはニュースのヘッドラインを読み上げる。紹介したトピックにユーザが興味を示した場合、システムは Story Telling (ST) モジュールによってニュースのあらましを紹介する。このモジュールはニュース記事の冒頭にあるサマリーを読み上げる。ユーザが詳細に関して質問を行った場合、システムは Question Answering (QA) モジュールによって応答を行う。ユーザの反応がなくなっても、ユーザがまだ興味がありそうな場合は、Proactive Presentation (PP) モジュールによってシステム主導の情報推薦を行う。QA と PP のモジュールは、述語項構造を用いた情報案内システム [9] の機能を用いる。この他に Greeting (GR)、Keep Silence (KS)、Confirmation (CO) の各モジュールが実装され、図 1 で定義された遷移によって対話を行う。定義されるモジュールの種類は情報案内の種類に依存するが、ニュース案内タスクではこれらの 7 種類のモジュールを用いる。

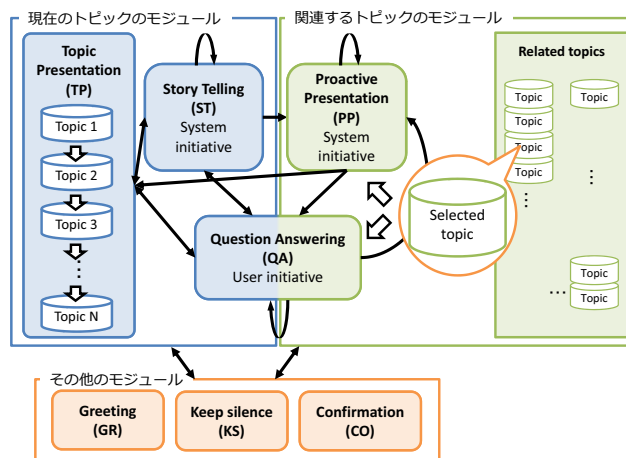


図 1: 情報案内システムの概要

2.1 情報案内におけるユーザの焦点

焦点は、「所与の時点における物体、状態、関係、発話意図などの情報への顕著な注意状態」として定義される [10]。ユーザ発話に焦点を含む場合、発話中のいずれかの対象に対して興味があると解釈できる。そこで、ユーザの焦点を「ユーザの興味の中心を示す特定の対象」として定義する。例えば、「イチローは活躍しましたか?」という質問では「イチローは」に焦点が当たっていると解釈する。本研究で対話制御に用いる POMDP では、ユーザ発話中にこの焦点が存在するかの情報を用いる。

3. 音声言語理解

音声言語理解モジュールは、ユーザの意図と焦点について尤度付きの解析結果を出力する。ユーザの意図としては、以下の 6 通りを設定する。

- TP: TP モジュールへの要求
- ST: ST モジュールへの要求
- QA: QA モジュールへの要求
- GR: GR モジュールへの要求
- II: 音声認識誤りに起因する無効入力
- NR: 一定時間の無音の検出 (本研究では 5 秒)

また焦点については、当該発話中に焦点が存在するかを判定する。これをロジスティック回帰モデルにより実現した結果 [11] は、ユーザの意図に対する識別精度が 92.2%、ユーザの焦点が発話中に存在するかどうかの識別精度が 99.9% であった。

4. 情報案内のための対話制御

焦点を用いた POMDP による統計的対話制御では、次の信念更新式に従ってユーザの意図を追従する。

$$b_{s_j^{t+1}, f_m^{t+1}}^{t+1} = P(o_s^{t+1}, o_f^{t+1} | s_j^{t+1}, f_m^{t+1}) \sum_i \sum_l P(s_j^{t+1}, f_m^{t+1} | s_i^t, f_l^t, \hat{a}_k^t) b_{s_i^t, f_l^t}^t \quad (1)$$

Conversational Information Navigation System based on POMDP with User Focus Tracking.

[†]Koichiro YOSHINO, [†]Tatsuya KAWAHARA

[†]Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University

表 1: 各ターンで与えられる対話制御の報酬 r_C

state s	focus f	action a							
		TP	ST	QA	PP	GR	KS	CO	
TP	0								
	1	+1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0
ST	0								
	1	-1	+1	-1	0	-1	-1	-1	0
QA	0								
	1	-1	+1	1	-1	-1	-1	0	0
GR	0								
	1	-1	-1	-1	-1	+1	-1	0	0
NR	0								
	1	+1	-1	-1	-1	-1	0	0	0
II	0								
	1	-1	-1	-1	-1	-1	+1	0	0

ここで b はユーザの意図 s およびユーザの焦点 f に対する確率変数であり、 o_s および o_f は実際にロジスティック回帰モデルによって推定されたユーザの意図と焦点、 a はシステムの行動（選ばれるモジュール）である。POMDP の学習のために実際に収集した対話データ [11] から確率的に振る舞うシミュレータを構築する。このシミュレータによって Grid-based value iteration と Q 学習により信念を学習して用いる。

4.1 報酬の定義

POMDP の学習のためには報酬が必要となる。そこで本研究では、ターンごとの基本的な対話制御の適切性に関する報酬である r_C と、情報案内の達成報酬である r_I を定義する。まず、表 1 に各ターンにおける対話制御の報酬 r_C を示す。また、許容されるが正しい行動ではない行動（0 の行動）をした場合 1、誤った行動（-1 の行動）をした場合 2 のフラストレーションポイントが与えられ、フラストレーションポイントが 10 に達すると強制的に対話が終了され -20 の報酬が与えられる。20 ターン以上対話を継続できた場合は +20 の報酬が与えられる。

次に、情報案内の報酬 r_I について述べる。ユーザの要求に従って QA または PP のモジュールが呼ばれた場合に、正しい応答をすると +1、曖昧な応答をすると 0、誤った応答をすると -1 の報酬が、先行研究 [9] での質問応答の精度に応じて与えられる。これらの対話制御の報酬 r_C と情報案内の報酬 r_I の和によって、学習時の報酬を定義する。

5. 実ユーザによる評価

POMDP による対話制御を学習するために、ルールベースの対話システム [9] によって 10 話者 606 発話、そこから構築した統計ベースの対話システムによって 8 話者 312 発話の対話データを収集した。また、評価用に 12 話者、626 発話からなる実ユーザとの対話を収集し、構築した対話制御を評価した。このうち、5 秒以上のユーザの無音区間は 58 回存在し、システムが行動を決定する点は 684 個であった。評価尺度としてはユーザの意図の理解精度 (DST)[12] とシステムの行動選択の精度 (ACT)、及び 1 対話あたりの報酬を用いる。

比較手法としては、ルールによって動作するシステム (Rule)[9] と、焦点を用いない POMDP による対話制御 (POMDP w.o. focus) を用いる。結果を表 2 に示す。提案手法は比較手法より高い精度でユーザの意図を捕捉し、的確な対話モジュールを応答に選択できていることがわかる。特にシステムの行動選択の精度 (ACT) は、比較手法に対して有意な差 ($p < 0.01$) があつた。

表 2: ユーザの意図の理解精度、システムの行動選択の精度、及び 1 対話あたりの報酬

	Rule	POMDP w.o. focus	POMDP proposed
DST (1-best)	0.812 (=508/626)	0.853 (=534/626)	0.867 (=543/626)
ACT (1-best)	0.788 (=539/684)	0.751 (=514/684)	0.854 (=584/684)
報酬	33.9	26.6	40.0

```

Sys: こんにちは。
Usr: こんにちは。今日の野球のニュースを教えてください。
Sys: マー君、脅威のスプリット。一緒に練習のサバシア、「うお！何だこれ！」
Usr: 脅威のスプリットってなんですか。
Sys: 田中のスプリットは直球の軌道で、ホームプレート直前で沈み込むよ。
Usr: 田中はどこで練習してたの。
Sys: 田中が20日、ニューヨークヤンキースのブルペンで練習を行ったよ。
Usr: (無音)
Sys: ちなみに18日の立ち投げでは、従来のものよりも沈むツーシームを練習したよ。
Usr: ツーシームが沈むの？
Sys: 18日に田中のブルペン投球を受けた捕手は「ツーシームが従来の横の変化だけでなく沈んだ」と証言していたよ。
Usr: ふーん、他にニュースは？
Sys: ヤンキースイチロー、猛練習！
Usr: それ教えてください。
Sys: ニューヨークヤンキースのイチローが普段より一時間早く球場入りし、練習に汗を流したよ。
...
    
```

図 2: 対話例

図 2 にこのシステムによる対話例を示す。この例では、実際にユーザ発話に焦点が含まれる場合に適切に情報推薦をできていることがわかる。

参考文献

- [1] V. Zue, S. Senef, J.R. Glass, J. Polifroni, C. Pao, T.J. Hazen, and L. Hetherington. Jupiter: a telephone-based conversational interface for weather information. *IEEE Transactions on Speech and Audio Processing*, Vol. 8, No. 1, pp. 85–96, Jan 2000.
- [2] Harald Aust, Martin Oerder, Frank Seide, and Volker Steinbiss. The philips automatic train timetable information system. *Speech Communication*, Vol. 17, No. 3-4, pp. 249–262, 1995.
- [3] L. Lamel, S. Bennacef, J.L. Gauvain, H. Dartigues, and J.N. Temem. User evaluation of the mask kiosk. *Speech Communication*, Vol. 38, No. 1-2, pp. 131–139, 2002.
- [4] 翠輝久, 河原達也, 正司哲朗, 美濃導彦. 質問応答・情報推薦機能を備えた音声による情報案内システム. *情報処理学会論文誌*, Vol. 48, No. 12, pp. 3602–3611, 2007.
- [5] Yi-Cheng Pan, Hung yi Lee, and Lin shan Lee. Interactive spoken document retrieval with suggested key terms ranked by a Markov decision process. *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing*, Vol. 20, No. 2, pp. 632–645, 2012.
- [6] Graham Wilcock. Wikitalk: A spoken wikipedia-based open-domain knowledge access system. In *COLING-2012 Workshop on Question Answering for Complex Domains*, pp. 57–69, 2012.
- [7] Dan Bohus and Alexander I. Rudnicky. Ravenclaw: Dialog management using hierarchical task decomposition and an expectation agenda. In *Proceedings of the 8th European Conference on Speech Communication and Technology*, pp. 597–600, 2003.
- [8] Michael E. Bratman, David J. Israel, and Martha E. Pollack. Plans and resource-bounded practical reasoning. *Computational Intelligence*, Vol. 4, No. 3, pp. 349–355, 1988.
- [9] 吉野幸一郎, 森信介, 河原達也. 述語項の類似度に基づく情報抽出・推薦を行う音声対話システム. *情報処理学会論文誌*, Vol. 52, pp. 3386–3397, 2011.
- [10] Barbara J. Grosz and Candace L. Sidner. Attention, intentions, and the structure of discourse. *Computational Linguistics*, Vol. 12, No. 3, pp. 175–204, 1986.
- [11] Koichiro Yoshino and Tatsuya Kawahara. Information navigation system based on POMDP that tracks user focus. In *Proc. of SIGDial*, pp. 32–40, 2014.
- [12] Jason D. Williams, Antoine Raux, Deepak Ramachandran, and Alan Black. The dialog state tracking challenge. In *Proceedings of the 14th Annual Meeting of the Special Interest Group on Discourse and Dialogue*, pp. 404–413, 2013.