

特集 「音声言語インタフェースの実用化と音声言語対話への展開」

# 適応的ユーザインタフェースと音声対話

## Adaptive User Interfaces and Conversational Interaction

市瀬 龍太郎  
Ryutaro Ichise

スタンフォード大学言語情報研究所 / 国立情報学研究所知能システム研究系  
Center for the Study of Language and Information, Stanford University. / Intelligent Systems Research Division,  
National Institute of Informatics.  
ichise@nii.ac.jp, <http://research.nii.ac.jp/~ichise/>

パット・ラングラー  
Pat Langley

スタンフォード大学言語情報研究所  
Center for the Study of Language and Information, Stanford University.  
langley@csl.i.stanford.edu, <http://www-csl.i.stanford.edu/c11/langley.html>

**Keywords:** adaptive user interface, conversational interface, dialogue system, recommender system.

### 1. はじめに

近年の情報技術の発達により、個々のユーザが得られる情報の量は増加の一途をたどっている。それにつれ、ユーザが必要な情報を探するための手間が非常に大きくなってきている。そのような状況を受け、90年代半ばより各種のリコメンダシステム [Resnick 97] が考案された。一般的なりコメンダシステムは、ユーザの嗜好、状況などを勘案して、与えられた膨大な情報の中から、ユーザが必要としている項目を数個取り出してユーザに推薦する。このようなシステムは、ユーザの意思決定を助けるシステムであると言える。しかし、より良い推薦を得るためには、ユーザの要求を機械が細かく把握しなければならないため、機械と人間のインタラクションが必要となる。このインタラクションは、人間にとって非常に手間と時間がかかる作業である。そこで、筆者らは、機械学習の手法を利用することで、インタラクションの手間を減らすことができる適応的ユーザインタフェース [Langley 99a] を提案している。

一方、従来の一般的なりコメンダシステムでは、ユーザと機械が対話を行うときに、GUIが多く用いられていた。しかし、近年の携帯電話技術の発達、カーナビゲーションシステムの高度化などを背景として、リコメンダシステムは、モバイル環境で必要とされることが多くなってきている。そのため、対話の手段として、GUIのかわりに音声を使うリコメンダシステムの必要性が高まってきている。そして、近年では、音声対話を利用するリコメンダシステムが実際に開発されはじめている。

そこで、本稿では、音声を対話手段として用いた、リコメンダシステム、適応的ユーザインタフェースの研究について解説を行う。2章では、リコメンダシステム、適応的ユーザインタフェースとは、どのようなものかについて、研究の現状とともに解説をする。3章では、筆

者らが構築した、音声対話を利用した適応的ユーザインタフェースについて解説を行う。4章で、本稿をまとめると同時に、今後の方向性について述べる。

### 2. ユーザに合わせた情報の提示

本章では、適応的ユーザインタフェースをつくるための基礎となるリコメンダシステムとはどういうものかについて、初めに解説する。次に、音声対話インタフェースとリコメンダシステムを組み合わせた適応的ユーザインタフェースについて解説する。

#### 2.1 リコメンダシステム

リコメンダシステムとは、巨大なデータベースの中から、ユーザが必要としているものを、機械がいくつか推薦してくれるシステムである。従来の情報検索システムと比較すると、情報検索システムが一般的に大量の文書の中から、ある単語が含まれるのをすべて返してくるのに対し、リコメンダシステムでは、文書以外の項目も対象として、結果を数個しかユーザに提示しないという点に違いがある。ユーザの意思決定をする際には、数が多いことよりも、本当に重要なものが数個提示されるほうが価値があるからである。

このようなシステムは、さまざまな分野において研究されている。例えば、図書推薦システム LIBRA [Mooney 00]\*1 は、読者の読んだ本の好き嫌いを例として、読者の本の好みを学習し、新たな本の推薦をする。このシステムでは、オンライン書店のアマゾンドットコム [Ama] に掲載されている本の概要、読者のレビューなどを本の情報として利用している。そして、ベイズテキスト分類の手法を用いて、読者の嗜好を学習し、その情

\*1 このシステムは、オンラインで利用できるようになっている。  
<http://www.cs.utexas.edu/users/libra/>

報を推薦に使っている。ほかにも、テレビ番組 [Guttag 00]、映画 [Mov] など、さまざまな分野でリコメンダシステムは開発・研究されている。また、最近では、商用の Web サイトにおいて、リコメンダシステムが実際に組み込まれて、利用されている。そのような商用サイトについては、[Schafer 01] で詳しく解説されている。

## 2.2 適応的ユーザインタフェース

リコメンダシステムでは、ユーザの欲しているものが必ずしもいつも提示されるわけではない。異なるユーザは、異なる嗜好をもっているからである。そのため、対話を行いながらユーザのモデルを学習し、ユーザに合わせた項目を提示する適応的ユーザインタフェースの研究が多く行われるようになってきている。適応的ユーザインタフェースの研究対象は、従来のリコメンダシステムがいくつもの分野を対象としているのと同様に、いくつもの種類がある。Web ページの推薦は、そのようなものの一つである。例えば、AOAI [山田 01] では、Web ページの集合から、それぞれのページを示すエージェントを生成し、そのエージェントを対話的に操作することで、ユーザが必要とするページを表示するようになっていく。しかし、Web ページにおいては、読むことが重要となるため、GUI を使った適応的ユーザインタフェースシステムは多く研究されているものの、音声対話を使った研究は行われにくい。

音声対話を使った適応的ユーザインタフェースが必要となる代表的な対象は、カーナビである。カーナビは、一般的にマウスやキーボードで操作するわけにはいかないため、ユーザとの対話で音声を使われることが想定される。そのような状況を仮定した研究として [沼尾 01] と [Rogers 99] があげられる。前者は、カーナビを使用している環境で、レストランの推薦を受けるシステムである。目的地に行く途中でレストランに寄り道をする場合に、どのようなものが適しているかの制約をそれぞれのユーザごとにモデル化する。後者は、道路検索の際に、あるユーザは運転距離の短い道を選択するが、別のユーザは曲がる回数が少ない道を選ぶといった嗜好を学習し、ユーザに合った道路を推薦する。残念ながら、これらのシステムは、GUI をインタラクションのための手段として利用しており、まだ音声システムとの融合は、行われていない。

GALAXY-II [Seneff 98] は、旅行についての助言を与える音声対話システムである。このシステムは、ユーザに対して考えられる候補を減らすための質問を発する。ユーザがそれに答えることによって、システムがデータベースに与える検索式を対話的につくっていき、旅行に使うことができる飛行機のルートをユーザに提示する。このシステムではユーザとの対話を効率的に行うように、対話中にユーザモデルの構築を行う。しかし、そのモデルは、次にこのシステムを使ったときには、使われ

ない。つまり、対話が1回終了するごとに新たなユーザモデルがつけられる。

TRAINS [Allen 95] は、自然言語を使用してユーザと機械が対話を行い、計画問題の解決を助けるシステムである。システムの中には、部分計画が含まれ、会話を通じて、その計画を修正していくことで徐々にユーザの求める計画の作成を行っていく。おのおのの会話では、いつ、どこで、どのように計画を完遂するかについて話題にしていく。

COLLAGEN [Rich 01] は、アプリケーションから独立した対話的ユーザインタフェースエージェントである。アプリケーションの例として、筆者らはいくつかをあげているが、実際に音声を使って対話を行うものとして、二つの例を出している。一つは、ビデオデッキを設置するのを助けるためのシステムで、ケーブルのつなぎ方の助言などをしてくれる。もう一つは、プログラミングを助けるためのシステムで、プログラマが対象を分析したりするのに助言を行う。

## 3. Adaptive Place Advisor

本章では、音声対話を用いた適応的ユーザインタフェースの一例として、筆者らが構築したレストラン助言システム Adaptive Place Advisor [Göker 00, Langley 99b] について紹介する。このシステムは機械がユーザと対話をすることによって、ユーザに適したレストランを助言するシステムである。例えば、自動車を運転中に、夕食を食べたくなるとしよう。そのときに、レストランに詳しい同乗者がいたとすると、次のような会話が繰り広げられるであろう。

- 質問者 今夜はどこで食べようか。  
 助言者 そうだね。どんな料理がいいかな。  
 質問者 どんな料理があるの。  
 助言者 例えば、中華料理、インド料理、地中海料理とか。  
 質問者 それならば、インド料理かな。  
 助言者 どれぐらいの良さの店に行きたいかい。  
 質問者 安ければ、気にしないよ。  
 助言者 支払方法はどうする。  
 質問者 やっぱ、中華のほうがいいな。  
 助言者 そうか。じゃあ中華料理にかえよう。どこの街がいいかい。  
 質問者 バークレーなんてどうかな。  
 助言者 バークレーには、三つの安い中華レストランがあるよ。University Avenue にある Long Life Vegi House でいいかい。  
 質問者 それでいいよ。

このような助言者の役割を果たすのが Adaptive Place Advisor である。この機能を実装するためには、数多く

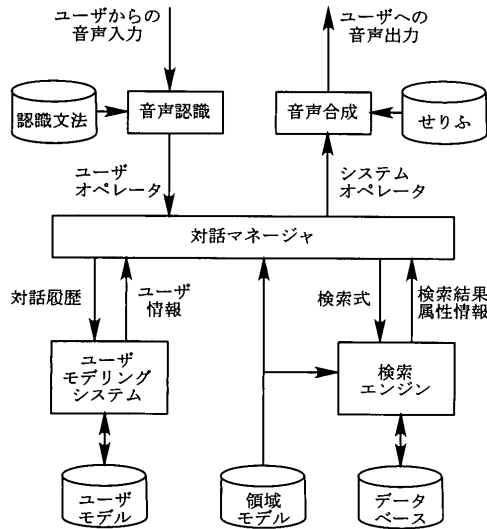


図1 Adaptive Place Advisor の構成図

の要素が必要である。例えば、会話の生成、データベースの参照、ユーザモデルの生成などがあげられる。Adaptive Place Advisor では、これらの要素を五つに分割し、図1のようなモジュールに分けて構築している。

音声認識モジュールは、ユーザからの質問や、システムが発した質問へのユーザの答えを認識し、機械が解釈できるようなオペレータに変換するためのものである。このオペレータは、ユーザオペレータと呼ばれ、表1で表される10個のオペレータで構成されている。

音声合成モジュールは、システムが発する質問や回答を音声として合成し、ユーザに返すためのものである。システムが発する質問などは、システムオペレータと呼ばれ、表2に表される6個のオペレータで構成されている。

この二つの音声に関するモジュールは、音声の認識、生成にNuance [Nua] という製品を利用している。

検索エンジンは、対話マネージャの生成する検索式に従って、データベースの検索をするモジュールである。Adaptive Place Advisor では、関係データベースで使わ

表1 ユーザオペレータ

Provide-Constrain	属性の値を提供
Reject-Constrain	提案された属性を拒否
Accept-Relax	属性の値を削除することを受理
Reject-Relax	属性の値を削除することを拒否
Accept-Item	提案された項目を受理
Reject-Item	提案された項目を拒否
Query-Attributes	可能な属性を質問
Query-Values	可能な属性の値を質問
Start-Over	新たな検索の要求
Quit	終了の要求

表2 システムオペレータ

Ask-Constrain	属性の値を得る質問
Ask-Relax	属性の値を削除する質問
Suggest-Values	属性の値の幾つかを提言
Suggest-Attributes	属性の幾つかを提言
Recommend-Item	制約を満たす項目を提示
Clarify	発言が明確になるように質問

れるものと同じような形式で、データベースを保持している。すなわち、属性と値の組でおおのこの項目が表されている。レストランの項目には、場所、食事の種類、営業時間、支払方法、値段、駐車場の有無、予約の必要性、名前の属性が含まれている。会話中に得られる「タイ料理で、予約がいない場所」といった条件は、対話マネージャにより検索式に変換され、検索エンジンに与えられる。そして、データベースの検索に用いられる。

対話マネージャは、ユーザオペレータからデータベースの検索式に変換することと検索結果からシステムオペレータに変換することを行う。このために、2種類の制御規則をもっている。一つはユーザから返ってきた反応を取り扱う規則であり、もう一つは、ユーザに対する発話を生成する規則である。前者は、ユーザオペレータによって決まるいくつかの規則からなっており、後者は、検索エンジンから返ってくる検索結果によって決まるいくつかの規則からなっている。各制御規則は、次のようなIf-Then形式をしている。

```

If    0 < Size(Query) < 4
Then Recom = Select-Candidate (Query, Rejected).
      Recommend-Item (Recom).
    
```

ここにあげた例は、ユーザに対する発話を生成するための制御規則の一つである。この規則は、検索結果が検索エンジンから返ってくると調べられる。もし、検索結果の個数が0より大きく4より小さいならば、検索結果とすでに拒否された項目を利用して、推薦するものを決定し、システムオペレータのRecommend-Itemを実行する。これに当てはまらない場合には、別の制御規則が同じように調べられ、当てはまるものが実行される。If-Thenで書かれた制御規則の中には、次にユーザに問合せを行う属性を決める手続きなどに、いくつかの選択肢が残されている場合がある。そのような場合には、情報理論に基づく基準を使って、選択肢を決定する。与えられた制約の中で、最も情報量が大きいものが選択されるようになっている\*2。つまり、不確実性が減るように選択されていく。

ユーザモデリングシステムは、対話の履歴からユーザのモデルを構築し、そのモデルを利用することで、ユーザに合わせた質問が生成されるようにする。この部分は、「適応的」という部分の核となるモジュールである。一般的な適応的リコメンデーションシステムでは推薦の精度に焦点を当てて「適応的」なユーザモデルを構築するのに対して、このシステムにおいては、対話が行われた時点で、項目的には受理可能な助言ができるため、それとは別のレベルで「適応的」なユーザモデルを構築する。このユーザモデルは、会話を効率的にするために使われ

\*2 決定木における属性選択と同じである。

る。例えば、これから行くレストランをよく知っている友人と相談する場合と、全く知らない人と相談する場合では、前者のほうが、お互いに好みを知っているため、会話が短くてすむであろう。そのようなことを実現するために、レストラン自体に対するユーザのモデルではなく、ユーザが答えやすい質問やその答えの傾向に関して、ユーザモデルの作成を行う。ユーザモデルの作成法として、事例ベース推論システムと同じような手法を用いている。過去の対話に対して、受理された質問とその答えの事例を、順序に従って蓄積しておく。そして、現在の対話の状況とその事例とを比較し、近いものを利用して、次の質問を構成していく。また、各属性に対して重み付けを行い、ユーザがどの属性を重視するかについても、モデル化を行っている。

このシステムに対して、被験者を用いた実験を行っている。実験の結果は、この手法を使うと発話の数を減らし、対話時間を短くすることができることを示していた。

#### 4. む す び

本稿では、Adaptive Place Advisor を中心として、音声対話を行う適応的ユーザインタフェースについて紹介を行った。適応的ユーザインタフェースは、ユーザとの対話を通じてユーザモデルの構築を行う。その結果、対話を繰り返すことで、ユーザの好みのものが精度高く提示されるようになると同時に、ユーザとの対話時間が少なくてすむようになっていく。適応的ユーザインタフェース研究では、対話の質をいかに高めていくかという点に重点があると言える。今後は、音声対話システムの中に、このような技術が積極的に組み込まれていくことが期待される。

#### ◇ 参 考 文 献 ◇

- [Allen 95] Allen, J. F., Schubert, L. K., Ferguson, G., Heeman, P., Hwang, C. H., Kato, T., Light, M., Martin, N. G., Miller, B. W., Poesio, M. and Traum, D. R.: The TRAINS Project: A case study in building a conversational planning agent, *Journal of Experimental and Theoretical AI*, Vol. 7, pp. 7-48 (1995)
- [Ama] Amazon.com, <http://www.amazon.com/>
- [Göker 00] Göker, M. H. and Thompson, C. A.: Personalized Conversational Case-Based Recommendation, in Blanzieri, E. and Portinale, L., eds., *Proc. 5th European Workshop on Case-Based Reasoning*, Vol. 1898 of *LNAI*, pp. 99-111, Berlin (2000), Springer
- [Guttag 00] Guttag, S., Kurapati, K., Lee, K., Martino, J., Milanski, J., Schaffer, J. D. and Zimmerman, J.: TV Content Recommender System, *Proc. 7th Conference on Artificial Intelligence and of the 12th Conference on Innovative Applications of Artificial Intelligence*, pp. 1121-1122, Menlo Park, CA (2000), AAAI Press

- [Langley 99a] Langley, P.: User modeling in adaptive interfaces, *Proc. 7th International Conference on User Modeling*, pp. 357-370, Banff, Alberta (1999), Springer
- [Langley 99b] Langley, P., Thompson, C., Elio, R., and Haddadi, A.: An Adaptive Conversational Interface for Destination Advice, in Klusch, M., Shehory, O. M. and Weiss, G., eds., *Proc. 3rd International Workshop on Cooperative Information Agents III*, Vol. 1652 of *LNAI*, pp. 347-364, Berlin (1999), Springer
- [Mooney 00] Mooney, R. J. and Roy, L.: Content-based book recommending using learning for text categorization, *Proc. DL-00, 5th ACM Conference on Digital Libraries*, pp. 195-204, San Antonio, US (2000), ACM Press, New York, US
- [Mov] MovieLens, <http://movielens.umn.edu/>
- [Nua] Nuance Communications, <http://www.nuance.com/>
- [沼尾 01] 沼尾正行: Global Intelligence による知識流通, 情報処理学会 知能と複雑系研究会, Vol. 01-ICS-124, pp. 1-8 (2001)
- [Resnick 97] Resnick, P. and Varian, H. R.: Recommender systems, *Communications of the ACM*, Vol. 40, No. 3, pp. 56-58 (1997)
- [Rich 01] Rich, C., Sidner, C. L. and Lesh, N.: COLLAGEN: Applying Collaborative Discourse Theory to Human-Computer Interaction, *AI Magazine*, Vol. 22, No. 4 (2001)
- [Rogers 99] Rogers, S., Fiechter, C. -N. and Langley, P.: An Adaptive Interactive Agent for Route Advice, in Etzioni, O., Müller, J. P. and Bradshaw, J. M., eds., *Proc. 3rd Annual Conference on Autonomous Agents*, pp. 198-205, New York (1999), ACM Press
- [Schafer 01] Schafer, J. B., Konstan, J. A. and Riedl, J.: E-Commerce Recommendation Applications, *Data Mining and Knowledge Discovery*, Vol. 5, No. 1/2 (2001)
- [Seneff 98] Seneff, S., Hurley, E., Lau, R., Pao, C., Schmid, P. and Zue, V.: Galaxy-II: A reference architecture for conversational system development, *Proc. International Conference on Spoken Language Processing*, pp. 931-934 (1998)
- [山田 01] 山田誠二, 村瀬文孝: ページ情報エージェントの組織化による Web 検索エンジンの適応インタフェース, 人工知能学会論文誌, Vol. 16, No. 1, pp. 46-54 (2001)

2002年3月27日 受理

#### 著 者 紹 介



市瀬 龍太郎 (正会員)

1995年東京工業大学工学部情報工学科卒業。1997年同大学院情報理工学専攻修士課程修了。2000年同大学院博士課程修了。博士(工学)。2000年より国立情報学研究所知能システム研究系助手。2001年よりスタンフォード大学言語情報研究所客員研究員。機械学習、知識発見などの研究に従事。電子情報通信学会、情報処理学会、日本認知科学会

各会員。



パット・ラングレイ

1979年カーネギーメロン大学博士課程修了。Ph.D.その後、カーネギーメロン大学、カリフォルニア大学アーバイン校、NASA Ames 研究センター、シーメンス、タイムラークライスラーを経て、現在、スタンフォード大学教授。機械学習、知識発見、適応的ユーザインタフェースの研究に従事。AAAI フェロー。Cognitive Science Society 会員。