

## 知識ベースに基づく対話管理

高野 敦子<sup>†</sup> 平井 誠<sup>‡</sup> 北橋 忠宏<sup>‡</sup>

兵庫大学 経済情報学部<sup>†</sup>  
松下電器産業株式会社 中央研究所<sup>‡</sup>  
大阪大学 産業科学研究所<sup>‡</sup>

兵庫県加古川市平岡町新在家 2301  
tel: 0794-27-5111  
e-mail: takano@humans-kc.hyogo-daiac.jp

あらまし

本研究では従来の計画立案に基づく対話管理に対して、知識ベースに基づいた情報主導型の対話管理の枠組みを提案する。発話の前提条件や効果を認識する代わりに、利用者の興味と思考の状態を推測する。それに基づいて、知識ベース上での情報間の関係によって伝達する情報を決定する方法である。システムは利用者の発想を支援する可能性のある情報を提示することが目的であり、それに対する利用者の発話によって、システムの応答の効果を推測することになる。この枠組みは、対話管理に対する考え方は、従来の計画立案に基づく管理と相対するものであるが、運用上は相補的な関係にあると考えている。

キーワード 情報検索 対話管理 知識ベース 計画立案 ユーザモデル 近傍概念群

## A Framework of man-machine dialogue based on the knowledge base

Atsuko Takano Hirai Makoto Tadahiro Kitahashi  
Faculty of Economics Information Science Hyogo University,  
Center Research Laboratories, Matsusita Electric Industrial. Co.,  
The Institute of Scientific and Industrial Research Osaka University

Kakogawa, Hyogo 675-01. JAPAN  
telephone 81-794-27-5111  
e-mail takano@humans-kc.hyogo-daiac.jp

### Abstract

In this paper, we propose a framework for controlling system-user dialogue for book information retrieval. We have been pursuing a dialogue control scheme which aims to satisfy incompletely defined users' needs through a dialogue between users and system. In this scheme, the system does not require users to formulate a queries. The system constructs an image of the view of users' interests based on their inputs and responds with the information according to the image through system-user interaction. In order to realize the control scheme, we introduce a "knowledge base" approach based on users' interests and a method which reconstructs the knowledge base by grouping analogous concepts in view of users' interests.

key words information retrieval, dialogue control, knowledge base, plan, user model, grouping analogous concepts

## 1 はじめに

近年、パソコン通信やインターネットの普及に伴い、情報散策と呼ばれるような明確な目的を持たない情報検索の利用が増加してきた。それに伴いユーザフレンドリーなインタフェースの必要性が高まり、そこでは自然言語処理技術の利用も求められている。自然言語処理技術の導入にあたって、大きく2つのアプローチが考えられる。1つは、インタフェースの入出力を自然言語で行うというもので、これはかなり以前から研究されている。それに対して本研究で我々が注目したのは、対話管理手法の導入である。

情報検索の分野でも Oddy が開発した T O M A S 検索プログラム [Oddy 77] では、システムは利用者との対話的やりとりを通して利用者の要求をモデル化し、それをもとに検索を行う。これは、情報検索の作業の過程の中で、最も困難な作業の1つである検索条件の定式化における利用者の負担削減を狙っている。但し、ここでの利用者の入力にはキーワード群の提示であり、システムの応答は検索された文献一覧である。対話的ではあるが、我々が考える自然言語による対話の主要な要素を含んでいない。

一方、自然言語処理の分野ではほとんどの対話を扱った研究は、Allen によって提唱された計画立案 [Allen 83] に基づいた対話管理手法を用いている。実際、従来の研究が扱ってきた対話は駅や郵便局の窓口業務など、目的が明確であり、使用知識も対話の構造もプランとサブプランの関係に基づいた構造で記述できるものが大半であった。実際的な研究の対象となる対話の大半がそのような対話であると考えられてきた。しかし、情報の収集・選択の重要性がますます増す昨今、本研究が取り上げた情報検索のインタフェースをはじめ、具体的な行為を伴わず、情報のやりとり自体を目的とした対話を扱う研究はますます重要となると考えられる。そして、そのような対話が扱う知識は、意味ネットワーク等で記述されたデータベースである。そして、そのデータベースの検索などを目的とした対話では、利用者の目的や興味は流動的である。したがってそこでの対話は、システムが発話の前提条件や効果を明示的に認識し、あらかじめ用意された計画立案に基づいて管理されるのではなく、むしろ利用者の発想を支援して予期しなかった効果を生み出し得るような緩やかで柔軟に管理されることが望ましいと考える。

そこで本研究では、知識ベースに基づいた情報主導型の対話管理の枠組みを提案する。発話の前提条件や効果を認識する代わりに、ユーザの興味と思考の状態を推測する。それに基づいて、知識ベース上での情報間関係によって伝達する情報を決定する方法である。この枠組みではシステムの応答の効果は利用者が決める。システムは利用者の発想を支援する可能性のある情報を提示することが目的であり、それに対する利用者の発話によって、システムの応

答の効果も推測することになる。この枠組みは、対話管理の考え方は、従来の計画立案に基づく管理と相対するものであるが、運用上は相補的な関係にあると考えている。

本研究では、「ぐりーんぶつくす‘96」という広い意味での「ぐりーん」分野の本500冊からなる書籍データベースの検索システムを事例としてとりあげ、検討を進めている。以下で用いる例は、その事例研究から得たものである。

## 2 枠組みの基本的考え方

本枠組みでは、情報検索をはじめとして対象としている対話では、知識ベースの構造自体がそこでのタスクの構造を表していると考え、知識ベースを処理の中心に位置づける。その知識ベースを対話の過程で得られる利用者の興味と認識の状態を用いて漸進的に再構成する。つまり、知識ベース上に利用者モデルを構築する。そして対話の進め方、具体的にはシステムが次に利用者に提示する情報をこの知識ベースを探索することによって決める。その情報は、利用者の興味と思考過程を考慮して、その時点での利用者の思考の進行を助けることを意図して導くものである。これを実現するための基本的なアイデアを以下に述べる。

### 2.1 利用者の発話の浅く流動的な認識

計画立案に基づく対話管理手法を用いる場合には、利用者の発話からその意図を認識する必要があり、領域知識を用いた深い認識が必要である。それに対してここでは、利用者の発話に対して、表層的照合を用いた浅い解析によるキーワードの抽出に止める。なぜなら、ここで対象とする利用者は目的も明確化しておらず、当然、要求する情報が十分に定式化されていない段階で入力しているので的確な表現をしているとは限らない。むしろ、不正確な発話を容認することがこの対話管理の特徴の1つである。そのことを考慮すると、利用者の発話をシステムが単独で深い意味解析を行うことは意味がない。それに対して、我々が提案する利用者の発話の処理の考え方を以下に述べる。

まず、利用者の発話と知識ベース上の概念との最初の照合処理は曖昧性を残した表層的な処理に止める。つまり、利用者がイメージしている概念を表現している可能性のある複数の概念と照合させる。さらにその複数の概念の中にも利用者のイメージする概念が必ずしも含まれていない可能性もあるとする。システムの応答は、このように利用者の発話理解が不十分であることを前提としている。後で述べるように対話の初期の段階でのシステムの応答は利用者の発想を広げることを意図しているので不十分な照合もさほど深刻な問題にはならない。利用者システムが情報のやりとりを繰り返す中で、利用者の発想を広げるなど相互に作用しあいながら、システムは利用者のイメージする情報要求を漸進的に知識ベース上に対応づけていく。このよう

な処理機構が実現できれば、利用者の最初のイメージを単に実現するだけでなく利用者が興味に応じてイメージを変更、拡大することを支援することも可能である。これは利用者の要求定式化作業が試行錯誤的要素を有することを考慮すると、有効な機能と言える。

## 2.2 利用者の発想を支援する情報の提示を目的としたシステムの応答

本枠組みでは、システムの応答の目的はあくまで利用者への情報の提示であり、それが利用者にも与える具体的な効果までは明示的に規定しない。従来の対話管理は、利用者の目的を出発点に、プラン・サブプランの関係に基づいて応答内容を決定するいわばトップダウン的な手法であった。切符の購入といった具体的な行為を目的とするような対話では、このような管理方法は効果的であるが、情報提示が目的の場合に、その実現方法の記述にプラン・サブプランの関係を用いることは効果的とはいえない。またその方法では、事前に予測できるような内容の応答が導かれる可能性が高く、利用者の新たな発想を支援する情報を導く可能性が低い。したがって本研究では、利用者の興味に基づいて知識ベースをたどることで、まず応答内容を導き、その後で先行発話と関係づけるという情報先行型のボトムアップ的制御を採用する。

提示する情報は、その時点での利用者の興味の所在と思考状態を考慮して導く。例えば、初期の検索段階では、参考文献のように発想を広げる情報やそれまで意識上ではあまり興味を持っていなかった情報が求められ、ある程度検索の目処が立った段階では興味が集中してきた検索対象の情報が求められる。そこで本研究では、利用者の思考状態を3つに分類し、各状態に応じて利用者の興味を考慮した知識ベースの探索方法を規定し、応答する情報を生成する手法を提案する。

## 2.3 対話管理の概要

上記の考え方に基づいて、利用者の発話を受けてから、応答を生成するまでのシステムの処理の概要を以下に示す。

1. 利用者の発話からキーワードを抽出し、それらを知識ベースに対応づける。それと同時に利用者の興味に基づいた知識ベースの再構成を進める。
2. 利用者の発話から利用者の思考状態を推測する。
3. (1)で対応づけられたノードを出発点にしてその時の利用者の思考状態に適した情報にたどり着くまでネットワークをたどり、たどり着いたノードの内容を応答発話の内容とする。
4. 停止したノードと出発点のノードとの関係より利用者の発話と応答発話の関係を特定する。

## 3 利用者の発話認識と利用者の興味に基づく知識ベース再構成

### 3.1 知識ベース

知識ベースは支援システムが扱う概念全てを3種類のノードで表し、その間の関係を3種類の有向リンクで表す。3種類の概念を以下に示す。括弧の中には事例研究の場合の具体的な内容を示す。

- ・ 情報検索の対象（書籍）
- ・ 対象の属性（著者、出版社、ジャンル、出版年）
- ・ 対象を構成する概念（目次情報）

以下に関係を示す。上と同様に括弧の中には事例研究の場合の関係を示す。

- ・ 対象とその属性の関係（書籍とその属性）
- ・ 構成される概念と構成する概念の関係（書籍と最上位目次情報及び上位目次情報と下位目次情報の関係）
- ・ 連想関係（書籍とそれが参照している書籍との関係）

である。この知識ベースは、データベース本体と各書籍内容から自動的に生成可能な情報である。ただし、現状では書籍とその属性に関するデータは既存の電子化情報を利用できるが、それ以外のデータは印刷物からの電子化作業を要する。

### 3.2 発話認識

利用者の発話は、複文は分解していくつかの単文（これを断片的情報と呼ぶ）の集まりと考える。まず、各断片的情報を表層的照合によって知識ベース中の1個以上の概念（ノード）と対応づける。対応づけられた概念（ノード）を各情報断片に対する照合概念と呼ぶ。次に、1回の発話中に含まれる情報断片すべてを合成し、それに対する知識ベース上の概念（ノード）を入力に対する照合概念と呼び、その入力に対する検索の開始ノードとする。両照合概念の生成方法を以下に示す。

知識ベース中のすべての概念（ノード）は形態素解析した結果の形態素のリストとしても表現しておく。入力された情報断片もそれぞれ形態素解析を施した結果である形態素のリストで表す。それらを知識ベース中のノードの形態素リストと照合し、共通する自立語数が最大となるノードをすべて抽出し、これらを情報断片に対する照合概念と呼ぶ。次に、1入力中の全ての情報断片の形態素のリストから自立語を取り出し、それらの集合を作る。この集合と最大個数の共通自立語を形態素リストが含むノードをその入力に対する照合概念とする。

図1では、情報断片が2個の自立語を共有する3個のノードと照合されている。

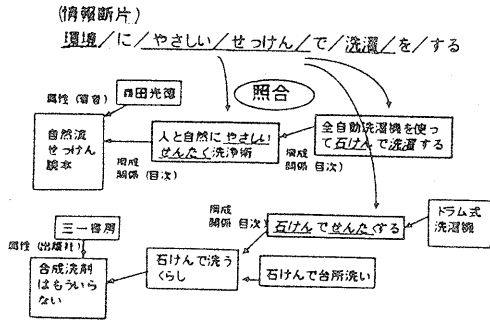


図1. 照合概念の生成方法

以下の入力例は以下のように形態素解析が施される。図1に示した知識ベース上では、下線を引いたのべ9個の自立語の中の3個を共有する概念“全自動洗濯機を使って石けんで洗濯する”がその入力に対する照合概念となり、検索の開始ノードとなる。

- ・ 全自動洗濯機/を/買い替え/たい。
- ・ 環境/に/やさしい/石けん/で/洗濯する。
- ・ 電気代/の/安い/全自動洗濯機/に/したい。

### 3.3 近傍概念群を用いた知識ベース再構成

我々は、ネットワーク構造上に利用者の興味を組み込み、利用者の興味の観点からネットワークを再構成するために、‘利用者が興味を有する観点から類似する’概念をグループ化し、それを介してネットワーク上の概念に新たな関連性を与える仕組みを導入している。[高野 96b]ここで、‘利用者が興味を有する観点’の認識が必要であるが、これを明示的に認識することは困難である。そこで、‘利用者が言及する’ことを‘利用者が興味を持つ’ことであるとする。つまり、利用者の入力中の各情報断片に照合されるネットワーク上の概念は一意に絞られず複数個のままに止められているので、これらをグループ化し、近傍概念群と呼ぶことにする。これらは、利用者が提示した‘検索のための手がかり’となる各情報と表層的に共通な概念を含むという意味で、利用者の興味という観点からの類似概念群と考えることができる。このグループ化によって、対話の進行に伴いネットワーク構造とは独立に利用者の観点から知識ベースを構造化していくことができる。この近傍概念群による構造と既存のネットワークによる構造という独立した2つの構造を結合させてノード間をたどることに

よって、近傍概念群に属するノードを介して元のネットワーク構造上ではなかった新たな概念間の関連を発生させることができる。その関連によって利用者の要求のイメージにより近い概念あるいはそれを見つけるための手がかりとなる概念にたどり着く可能性を持つ。

具体的には図2に示すように、ネットワークをたどる際に同一近傍概念群に属するノードを同一のノードと見なすことによって結合する。つまり、ノードAとノードBが同一の近傍概念群に属する場合、ノードAにたどり着くと、同時にノードBにもたどり着いたとみなし、次のノードはノードAと同様にノードBからもたどることを許す。つまり、X3からAにたどり着き、その後Bに移ってX6へたどることが可能となる。これによって、利用者が興味を持っている概念の周辺では利用者の興味という観点から類似した概念を介して、既存のネットワーク上ではつながっていないノードへの移動が可能となる。

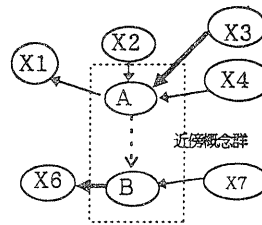


図2. 近傍概念群を介したネットワークの結合

さらに、発想の発散を狙ったとり方をすれば、利用者が自分自身で検索条件を定式化する場合に検索されることのない発展性のある連想関係を提示することもでき、用者の新たな発想の支援が可能となる。

### 3.4 利用者の興味内容の管理

利用者の興味の所在は、各ノードに対する概念を利用者が言及するという事態にシステムが探索の過程で通過するという事態を加えて認識する。また、その管理は長期的な興味と直前の入力における興味の2種類を各ノードに対する属性を用いて行う。まず、対話中での長期的興味の度合いとして、各ノードが利用者によって言及された回数とシステムが探索の過程で通過した回数の合計をその長期的活性値として保持する。ここで言及するとは、その概念が利用者の入力中の情報断片に対する照合概念となることとする。さらに、最新の興味の所在を表すために、直前の入力中の各情報断片に対する照合概念を表すノードを活性化状態ノードとし、それ以外のノードは非活性化状態ノードとして区別する。それを用いて、各ノードの短期的活性値は以下の式で算出する。

<活性化状態のノードの場合>

$$1 + (\text{リンクしている活性化状態の属性ノード数})$$

＜非活性化状態のノードの場合＞

(リンクしている活性化状態の属性ノード数)

本稿では利用者の入力単なる情報検索の手がかりと捉えるものの、情報検索条件としての要素も多少は含んでいることを考慮した結果、直前の入力中の属性に関する情報を重視して上記の算出方法を用いることとした。

## 4 利用者の思考状態のモデル化と認定方法

### 4.1 利用者の思考状態の分類

Ellis [Ellis 89]は社会科学者の情報検索活動が主として6つのカテゴリーに分類されることを発見した。それは、開始、連鎖、ブラウジング、分別、追跡・監視、抽出である。ここで対象とする1回の対話はいくつかの項目の情報収集作業のシーケンスと考えられる。Ellisの分類を踏まえてここでは、各情報項目に対する収集作業における利用者の思考状態を次の3つの状態に分類した。すなわち、発想の拡散状態、情報の整理分類状態、発想の収束状態である。これは、情報収集における利用者の基本的な作業の流れを次のようにモデル化したことによる。まず知識ベース上を散策してある程度発想を発散させた上で得られた情報や必要とする情報を整理分類する。そして、最終的に必要な対象を絞り込んでいくというものである。1情報項目に対して、これらの状態を基本的にはこの順に移動すると考え、その過程を状態遷移図を用いてモデル化したのが図5である。対話の中でこの状態遷移が繰り返されると考える。

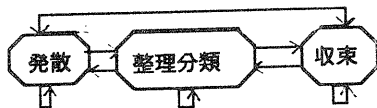


図3. 思考状態の遷移図

### 4.2 思考状態の認定方法

利用者の思考状態は、利用者の発話内容によって推測する。以下に示す順にチェックを行い、当てはまった時点で利用者の思考状態を認定する。

直前のシステムの応答内容に言及した場合：基本の遷移方法での次の状態に進む。

直前の利用者の発話内容に言及した場合：状態は変わらず。

先行発話に出現した属性値に言及した場合：属性分類に遷移する。

先行発話に出現した対象に言及した場合：収束状態に遷移する。

上記のいずれにも当てはまらない場合：発散状態に遷移する。

## 5 応答生成

### 5.1 知識ベースの探索

利用者の入力に対する応答内容は近傍概念群によって、利用者の興味の状態が組み込まれるように再構成され、各ノードにその時点での短期・長期的活性値が与えられている知識ベースを探索することによって求める。探索は利用者の発話に対する照合概念から開始して、短期的活性値と長期的活性値を用いて記述された探索ルールに従ってノードをたどる。そして、たどったノード間の関係によって記述された停止条件を満たした時点で探索を止め、停止したノードの内容を応答内容とする。入力に対する照合概念は1個以上あるため、はじめから探索ルートは複数ある可能性がある上、近傍概念群にたどりついたら、そこに属するノードすべてから探索を進めるため、近傍概念群が多い場合には、同時にかなり多くの探索を進めることになる。そこで運用上、3件の探索が停止した時点で、探索処理は中止し、その3件の情報を応答することとする。また、3件に満たない場合には探索時間の上限値によって停止することにする。その際の処理については、稿を改めて議論する。

以下に思考状態毎の探索ルールと停止条件を示す。

#### 【探索ルール】

各状態毎に記述した優先順位でルールを動かして次に進むノードを決定する。

発散状態の場合：

- ・ 長期活性値が低いノード
- ・ 短期活性値が低いノード

整理分類の場合：

- ・ 長期活性値が高いノード
- ・ 短期活性値が低いノード

収束状態の場合：

- ・ 短期活性値が高いノード
- ・ 長期活性値が高いノード

#### 【停止条件】

発散状態の場合：

- ・ 対話において既出の対象と連想関係にある情報

- ・ 対話において既出の対象と同一の属性値を持つ対象

整理分類の場合：

- ・ 属性値

収束状態の場合：

- ・ 対象

## 5.2 応答生成例

\_\_U1：水問題についての本。

\_\_.....

\_\_U7：美味しい水をつくりたい。

\_\_\_\_\_：汲み置き法というのを聞いたことがある。

このような利用者の発話が行われ、知識ベースの1部が図4に示した構造になっている場合の例を示す。水問題についての書籍を検索している利用者が発話U7で言及した情報断片の中に、「汲み置き法」といった概念がある。それによって、図のような近傍概念群が構成される。つまり、その情報によって食生活のジャンルの書籍Dの構成概念である「汲み置き法」と近傍概念群を構成する。したがって、U7の照合概念は「汲み置き法による美味しい水」であるが、概念：汲み置き法からもネットワークをたどることになる。この時、思考状態が収束の場合には、長期活性値が高い水問題のジャンに属する書籍Cをたどると考えられる。一方発散状態の場合には、長期活性値の低い書籍Dを示すノードをたどることになる。利用者が興味を持つ概念を利用者が気づいていない新たな観点から捉えた情報を提示することがねらいである。試行錯誤的な作業の場合の初期の段階では、このような発想を広げるような応答の有用性を重視しているためである。近傍概念群を介することによって、このような発想支援型の応答が自然に導かれる。

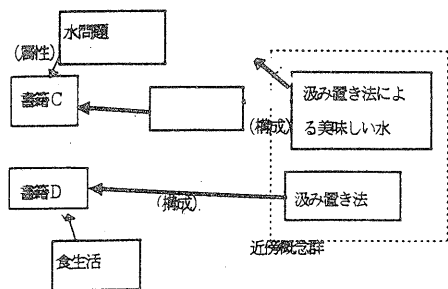


図4

## 6 まとめ

従来の計画立案に基づく対話管理に対して、対照的な立場からの対話管理の枠組みとして、知識ベースに基づく対

話管理を提案した。両者は一般的に優位性を論じるものではなく、対話の状況に応じた使い分けが必要なのではないかと考えている。1つの対話の中に置いても、両者を統合して適用する試みも検討しちゆうである。

## 参考文献

[Allen 83] Allen J.F.: Recognizing intention from natural language utterances, in Cambridge MA : MIT Press(1983)

[Oddy 77] R.N.Oddy, : Information Retrieval through Man-Machine Dialogue, Journal of Documentation, Vol.33, No.1, pp.1-14(1977)

[高野 96] 高野, 平井, 北橋, : ユーザの興味を考慮し発想支援を目指した応答生成手法について, 電子情報通信学会技術報告, Vol.96 No.4, pp.21-26(1996)

[Ellis 89] David Ellis, : A Behavioural Approach to Information Retrieval System Design, Journal of Documentation, Vol.45, No.3, pp.171-212(1989)

[高野 98] 高野, 平井, 北橋, : 情報検索の自然言語インタフェースにおける対話管理の枠組み' 情報処理学会, 自然言語研究会, Vol.98 No.21, pp.103-110(1998)