

# 知的インタビューシステム I<sup>2</sup>S における 学習機能について

和田 充弘 川口敦生 溝口 理一郎 山口 高平 角所 収  
大阪大学産業科学研究所

我々はインタビューにおける様々な問題を検討するために知的インタビューシステム I<sup>2</sup>S を開発してきた。一般に人間のインタビュアーはインタビューで獲得した知識を別のインタビューで利用できるため、インタビュー能力が次第に向上していく。従来の I<sup>2</sup>S では、組み込みの質問戦略のみにインタビュー能力が依存しているため、このような機能はなかった。そこで獲得したドメインの知識を有効に再利用するための学習機構を I<sup>2</sup>S に付加することを試みた。I<sup>2</sup>S に、獲得したドメイン、動詞、名詞の知識を階層的に管理し、関連する各知識間に間にポインタを張ることにより、後のインタビューで利用できるようにする。その結果、インタビューを繰り返すにしたがって、ユーザに対して様々な有益な示唆が行なえるようになった。本稿では、I<sup>2</sup>S がインタビューを通じて学習する知識とその学習機構について述べている。また、学習した知識の利用法とその効果について検討している。

## Learning Mechanism for Intelligent Interview System

Mitsuhiro WADA, Atsuo KAWAGUCHI, Riichiro MIZOGUCHI,  
Takahira YAMAGUCHI, and Osamu KAKUSHO  
ISIR, Osaka University  
Mihogaoka 8-1, Ibaraki, Osaka, 567, Japan

We have been developing I<sup>2</sup>S(Intelligent Interview System) in order to investigate various issues about interviewing. In human interviewers, they can improve their own interviewing facilities, by applying experiences in past interviews to another interview. The old version of I<sup>2</sup>S didn't have such a facility, because its interviewing facilities have only the built-in question strategies. So here is discussed the learning mechanism, which enables I<sup>2</sup>S to reuse domain information dynamically. It organizes various kinds of information about domains, verbs, and nouns and then generates the pointers between relevant information, in order to utilize it in future interview. Thus it turns out for I<sup>2</sup>S to give more effective suggestion to the users by repeating interview.

## 1. はじめに

我々はインタビューを「専門知識の移行を目的とした自然言語による対話」と捉え、インタビューの具体例としてデータベースの概念設計時におけるデータベース設計の専門家とデータベースの発注者が行う対話を取り上げ、検討を加えてきた。そして、データベースの専門家の振舞いをシミュレートする知的インタビューシステム I<sup>2</sup>S を開発してきた [川口86]。一般に人間のインタビュアーは、類似のドメインに対してインタビューを繰り返す行なうにつれて、そのドメインに関して効率的なインタビューが行えるようになってくる。また、経験豊富なインタビュアーは全く未知のドメインに関しても過去の経験から得た知識を用いてインタビューを行うことが出来る。一方、I<sup>2</sup>S はシステムにあらかじめ用意された質問戦略に基づいてインタビューを行うので、どの様なドメインに関してもインタビューの能力は一定である。そこでインタビューにおいてより適切な示唆や質問を行なうために、質問戦略とともに過去のインタビューを通じて獲得した様々なドメインに関する知識を現在実施しているインタビューにおいて用いることを検討した。

本稿では、上記のような機能を可能にするための I<sup>2</sup>S の学習機構について述べる。まず次節で、インタビューと学習について述べる。次に第3節で I<sup>2</sup>S の概要とその知識について述べ、第4節で I<sup>2</sup>S に新たに付加した学習機構の概要、学習する3種類の知識、それらの知識の学習方法および学習した知識の以後のインタビューにおける利用法を述べる。最後に本学習機構の検討と今後の課題について述べる。

## 2. インタビューと学習

インタビューは、知識獲得のための一つの手段である。インタビュアーは、インタビューの受け手（以後、「受け手」と略す）に対して様々な質問を行なって、受け手の持っている知識を獲得しようと試みる。しかし受け手が自分の持っている全ての知識を正確に表現できることは一般に稀である。特にエキスパートシステム構築に必要な専門知識には、専門家自身が無意識に使っているものが少なくない。そのため、インタビュアーは受け手からより多くの知識を引き出すために、受け手にとって曖昧なことや忘れがちなことに気付かせるような質問や示唆（「良い刺激」と呼ぶ）を行なうことが必要である。

良い刺激を与える一つの方法は、獲得しようとする知識（あるいはその知識が用いられるタスク）の特性に基づいて導かれる質問戦略を用いることである。このような考えに基づくシステムとしては、MORE [Kahn85]、I<sup>2</sup>S [川口86] などが挙げられる。MORE では診断型エキスパートシステムの構築時のインタビューに適した8つの戦略が、また I<sup>2</sup>S ではデータベースの論理設計時のインタビューに適した4種類の質問戦略が用いられている。

さて、人間のインタビュアーの場合、一般に次の2つの事実が観察される。

(1) 類似するドメインについて何回かインタビューを経験すると、そのドメインに関して以後のインタビューでは効率が上がる。

(2) 色々なドメインについて何回かインタビューを経験すると、後のインタビューでの効率が上がる。

これらの事実に対しては、いくつかの解釈があると思われるが、我々は (1) については、あるドメインについての知識が増えたため、(2) については、いろいろなドメインについての知識が増えたために、それらの知識の一般化である質問戦略が強力になったためと考えている。

従来の質問戦略を基礎においたインタビューシステムでは、(1) に関してはシステム自身を汎用するためにドメインの知識を極力利用しないという方針をとるために、(2) に関しては質問戦略が固定されているために上記のような効果は生じ得ない。本稿では、当面の目標として (1) の効果の実現を取り上げ、検討する。

上記の (1) のような効果は、インタビュアーが過去のインタビューで獲得した知識の中から、その活動が現在の対象領域における活動と類似した領域を想起して、その領域の持つ知識を現在の対象領域に対して適用しているためと考えることが出来る。このような知識の利用を可能にするための一つの方法として、インタビューで獲得した知識を対象領域ごとに一般化し、関係のある他の種類の知識とポイントで接続して記憶するという方法が考えられる。そして、以降のインタビューでは、このポイントをたどることにより、ある知識を手掛かりとしてそれに関係のある知識を想起し利用することが可能になる。

本稿では、上述のような考えをもとに実現したインタビューを通じて獲得したドメインの知識を後のインタビューに利用するための学習機構およびインタビューシステムの枠組みについて議論する。

## 3. I<sup>2</sup>S

I<sup>2</sup>S は、データベースの論理設計に関する専門家の振舞いをシミュレートするシステムで、発注者にインタビューを実施し、構築するデータベースの論理設計を行う。インタビューは以下の順序で行われる。

- (1) 構築するデータベースの名前を尋ねる。
- (2) データベースで処理したい検索要求文を尋ねる。
- (3) 検索要求文を解析して得られた情報をもとに構築するデータベースのドメインをモデル化する。
- (4) (3) において生成された attention (システムが気付いた疑問点で、一つ一つが I<sup>2</sup>S のもつ質問戦略に対応している) をもとにインタビューを行ない、ドメインモデルを洗練していく。
- (5) ドメインモデルからデータベースの概念スキーマを生成する。

I<sup>2</sup>S との対話例を図1に示す。これは、製造業に関するデータベースを初めて構築するときの対話例である。なお、図1にみられるように、I<sup>2</sup>S における対話は簡単な英語を用いて行われるが、本稿の本文中では理解しやすくするために日本語に直して記述した。

1) Please enter the name of your database.  
 > makerDB.  
 Do you want to create a new database 'makerDB' ?  
 > Yes.

2) Now, let's start designing conceptual schema of makerDB.  
 Please enter an information requirement.  
 > I want to know the costs of parts which are constructed from other parts.  
 Is 'cost' one of the attributes of the part ?  
 > Yes.  
 Do you want to know the costB of part-1's which are constructed from part-2's ?  
 > Yes.

3) Please enter the next information requirement.  
 > Find the names of employees.  
 Do you want to know the names of employee-1's ?  
 > Yes.

4) Please enter the next information requirement.  
 > No more.

5) Let's discuss the following fact:  
 F1: Part-1's are constructed from part-2's.  
 I think you should store the information about following verbs which are possible to precede 'construct'.  
 1. buy 2. sell 3. make 4. ship 5. lend 6. stock 7. supply 8. issue ....  
 Do you agree ? > Yes.  
 Which do you want to store ? > 7.  
 Please enter the information requirement about 'supply'.  
 > Some parts are supplied.  
 Do you want to store the information about "Part-1's are supplied" ? > Yes.

6) Let's discuss the following facts:  
 F1: Part-1's are constructed from part-2's.  
 F2: Part-1's are supplied.  
 Is the next fact true ?  
 F: Part-1's in F1 are constructed from part-1's in F2. > Yes.

7) Let's discuss the following fact:  
 F2: Part-1's are supplied.  
 From where are part-1's supplied ?  
 > From other companies.  
 Is the next fact true ?  
 F: Part-1's are supplied from company-1's.  
 > Yes.

8) Let's discuss th following noun:  
 N: Part.  
 I think it's one of the physicalObject.  
 Is it right ? > Yes.  
 The part has an attribute of 'cost'.  
 Please choose other attributes of the part from:  
 1. size 2. weight 3. color 4. price 5. other  
 > 2, 4.

9) Let's discuss the following noun:  
 N: Employee.  
 Please choose the concept to which the employee belongs.  
 1. relation  
 2. time 3. space 4. quantity 5. unit  
 6. humanSubject  
 7. individual 8. organization  
 9. artificialObject  
 10. physicalObject 11. abstractObject  
 12. nature  
 13. stimulation 14. natureSubstance 15. body  
 16. livingThings  
 17. other.  
 > 7.  
 Please choose the attributes of the employee.  
 1. age 2. sex 3. address 4. occupation 5. others.  
 > 1, 2, 3.

10) Let's discuss the following noun:  
 N: Company.  
 .....

11) Ok. I start designing conceptual schema. Wait for a moment, please.

12) Designed conceptual schema is as follows:  
 construct(part-1, part-2)  
 supply(part, company)  
 part(weight, price)  
 employee(name, age, sex, address)  
 company(name, address)

図1 I<sup>2</sup>S との対話例 (1)

インタビューを通じて獲得されるドメインに関する知識はプラン構造として表現される(図2)。プラン構造では、ドメインにおける活動と実体をそれぞれ動詞フレーム、名詞フレームで表しており、これらのフレームをポインタで関係付けることによって、ドメインにおける活動と実体を表現している。また、コンテンツフレームがドメインモデルに含まれる動詞と名詞のリストを持ち、ドメインモデル全体を要約している。各動詞の意味はプランの概念を用いて記述されており、動詞フレームは goal, action, precondition の3つのスロットを持っている。これらの各スロットを埋める要素として現在10個の意味素を定義して用いている。また、名詞フレームは super\_class\_is スロットと属性スロットを持ち、それぞれ概念階層における上位クラスの名前、その名詞が持つ固有の属性名が記述されている。

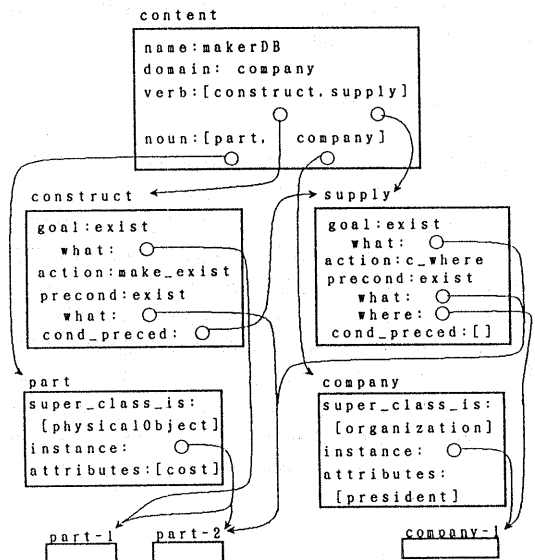


図2 プラン構造の例

I<sup>2</sup>Sにおける知識の分類を表1に示す。I<sup>2</sup>Sは、ドメインに依存しない汎用な支援を目標としているので、意味がドメインに依存する名詞に関しては、辞書を用意せずに未知概念として扱い、代わりにドメインに独立な約30個の抽象概念に関する知識を用意している。動詞に関しては、ドメインに独立な辞書をあらかじめ用意している。動詞辞書には、動詞フレームの各スロットに入る概念の候補を記述するための候補概念スロットがあり、初期値として、抽象概念のリストが記述されている。インタビュー中に現れた新しい名詞は、関連する動詞フレームに対する動詞辞書の候補概念スロットの中の記述を手掛かりとして、ユーザにその名詞の上位概念とその名詞に固有の属性を尋ね、その名詞と上位概念をポインタで接続する。

I<sup>2</sup>Sは、ドメインに独立な質問戦略を持っており、その戦略にしたがってユーザにインタビューを実施する。

| あらかじめ持っている知識    | インタビューで獲得する知識  |
|-----------------|----------------|
| 名詞以外の単語辞書       | ドメインモデル        |
| 約30個の抽象概念に関する知識 | 各実体(未知名詞)の概念関係 |
| 動詞の意味辞書         | 各実体(名詞)の属性     |
| 構文知識            |                |
| 質問戦略            |                |
| プランニングに関する知識    |                |
| 論理設計用の知識        |                |

表1 I<sup>2</sup>Sの知識

各々の質問戦略は、ドメインモデル内のプラン構造が持つ情報を豊かにする方向にシステムを誘導するよう設定されている。質問戦略の例としては、プランニングを用いて動詞フレームに接続可能な未入力の動詞を示唆する戦略(図1(5))や、未知名詞の上位概念を示唆し、その上位概念の属性を用いて未知名詞の属性を検討する戦略(図1(8))などが挙げられる。

#### 4. I<sup>2</sup>Sの学習機構

##### 4.1 概要

前節で述べたように、I<sup>2</sup>Sが対象領域において獲得する知識は、ドメインにおける活動を表現したドメインモデル、動詞フレームのスロットに入る概念、名詞の概念関係とその名詞が持つ属性の3種類である。第2節で述べたように、これらの知識をドメインごとに一般化し、以降のインタビューで互いに参照可能なように、関係のある他の知識に対してポイントで接続し、組織化を行なう。このように学習した知識を以降のインタビューで用いることによって、冗長な質問の回避や、インタビューの受け手にとって曖昧あるいは忘れがちな事柄に気付かせる質問や示唆(「良い刺激」)を与えることが可能になる。

##### 4.2 学習する知識と機構

以下に、学習する3種類の知識とその学習方法について述べる。

###### (1) ドメインフレームの導入とその階層化

ドメインの特徴を表すものとしてドメインフレームを導入する。ドメインフレームは、その活動を表現する動詞と名詞のリストを持っている動詞は目的語としてその動詞フレームのgoalスロットに対する候補概念を併せて記述する。第3節で述べたコンテンツフレームは、ドメインフレームのインスタンスにあたる。個々のドメインフレームを階層化して、後のインタビューで利用する。

ドメインフレームの階層化は以下の方法によって行なわれる。

- (a) インタビューの結果生成されたコンテンツフレームとドメインフレームの階層を比較し、前者が示す活動に含まれていて、かつ最も近い活動を示しているドメインフレームを探し出す。そして、それがこのドメインモデルの上位クラスであるか

ユーザに尋ねる。ユーザが同意すれば、そのドメインフレームの下位クラスにコンテンツフレームと同じ活動を持つドメインフレームを作り、コンテンツフレームをそのインスタンスとしてドメインフレームの階層に統合する。

- (b) 階層中のドメインフレームの中で、共通の活動をもつドメインフレームの組を探し、それらがその共通の活動で一般化できるかユーザに尋ねる。ユーザが同意すれば、それらを一般化して、それらに共通する活動を持つ新しいドメインフレームを生成し、その名前をユーザに尋ねる。

###### (2) ドメインに依存する動詞辞書の生成

第3節で述べたように従来のI<sup>2</sup>Sでは、動詞辞書には動詞フレームの各スロットに入る候補概念が記述されていた。これをドメインごとに動詞辞書が存在するように拡張し、ドメインに依存した候補概念を記述する。

ドメイン依存の動詞辞書は次のようにして学習する。まずあるインタビューで動詞が入力されると現在インタビューの対象になっているドメインに対するその動詞フレームを生成する。各スロットに対する候補概念の初期値は、システムにあらかじめ用意されたドメイン独立の動詞辞書に候補として記述された抽象概念のリストを用いる。そして、構文解析などによって新たな名詞が動詞フレームのスロットに入った場合に、その名詞をそのスロットの候補に加える。但し、その名詞が他の候補(抽象概念は除く)と概念階層において上位-下位の関係にある場合は、上位の名詞のみを候補概念リストに記述する。これはこのリストに記述されている候補概念の全ての下位概念を候補概念としてシステムは取り扱っているためである。インタビュー終了時に、この動詞フレームをそのドメインに関する動詞辞書に登録する。

###### (3) 名詞の概念階層の詳細化

インタビューで得られた各ドメインにおける新しい概念とその固有の属性および同義語や part\_ofなどの特別な関係について、システムに用意された抽象概念からなる概念階層をドメインごとに詳細化していく。

名詞の概念階層の詳細化は、以下の方法によって行われる。

- (a) 新しい名詞は、動詞辞書の候補概念などを参照することによって候補を提示し、その上位概念と固有の属性をユーザに尋ねる。概念階層に統合する。
- (b) インタビュー終了後、新しく入力された名詞と共通の属性をもつ名詞を概念階層の中で探し、それらの名詞が共通して持つ属性で一般化できるかユーザに尋ねる。ユーザが同意すれば、それらを一般化して、その共通する属性を持つ新しい名詞フレームを生成し、その名前をユーザに尋ねる。

(c) 動詞辞書の候補概念のリストに新たな名詞が加わった場合、その候補概念間の関係(同じ上位概念を持つ、上位一下位の関係にあるなど)をユーザに尋ね、その答えにしたがって名詞の概念階層を詳細化する。

(1), (2), (3) で述べた知識の関係を図3に示す。これらの知識はそれぞれ、関係のある他の種類の知識をポインタで指示することによって、互いの参照を可能にしている。但し、本学習機構においては、名詞から動詞へのポインタは設定していない。名詞(例えば、「人」)によってはそれに関連する動詞の数が膨大になるためである。

各ポインタは次のようにして参照される。

- ①ドメイン → 動詞: ドメインフレームのverbスロットに記述されている動詞のリストを参照することにより、そのドメインの中に存在する動詞を得ることが出来る。
- ②ドメイン → 名詞: ドメインフレームのnounスロットに記述されている名詞のリストを参照することにより、そのドメインの中に存在する名詞を得ることが出来る。

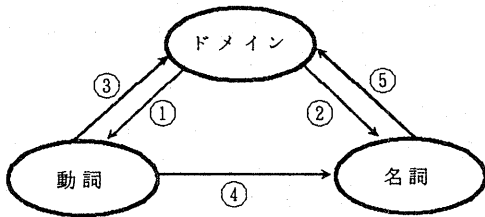


図3 各知識間のポインタ

④動詞 → ドメイン: 動詞の辞書を参照することにより、その動詞が以前に用いられたドメイン、即ちその動詞をドメインにおける活動として持っているドメインを得ることが出来る。

⑤動詞 → 名詞: ドメイン依存の動詞辞書の各スロットに記述されている候補概念を参照することにより、そのスロットに対してそのドメインにおいて入る概念の候補を得ることが出来る。

⑥名詞 → ドメイン: 名詞の概念階層を参照することにより、その名詞が以前に用いられたドメイン、即ちその名詞をドメインにおける実体として持っているドメインを得ることが出来る。

上記の学習の結果得られる知識の例を以下に示す(図4)。図中の【domains】、【verbs】、【nouns】は、それぞれドメインの階層、動詞の辞書、名詞の概念階層の最上位のフレームである。【construct:common】は、ドメインに独立な辞書であり、「physicalObject」から「physicalObject」が組み立てられる」という一般的事実を示している。【physicalObject:concept】は、抽象概念の1つで、「weight」という属性を持っている。以上が、システムにあらかじめ用意されているフレームである。【maker:dframe】と【maker:cont】は、それぞれ「construct part (部品を組み立てる)」という活動をもつ【maker】というドメインのドメインフレームとコンテンツフレームである。【company:dframe】は、2つのドメインフレーム【maker:dframe】、【trader:dframe】を共通する活動(supply)と実体(company, employee)で一般化したドメインフレームである。【construct:maker】はドメイン依存の動詞の辞書で、「part」から「part」が組み立てられる」という【maker】ドメインにおける事実を示している。【part:maker】は、「part」という名詞が【maker】ドメインで【physicalObject】

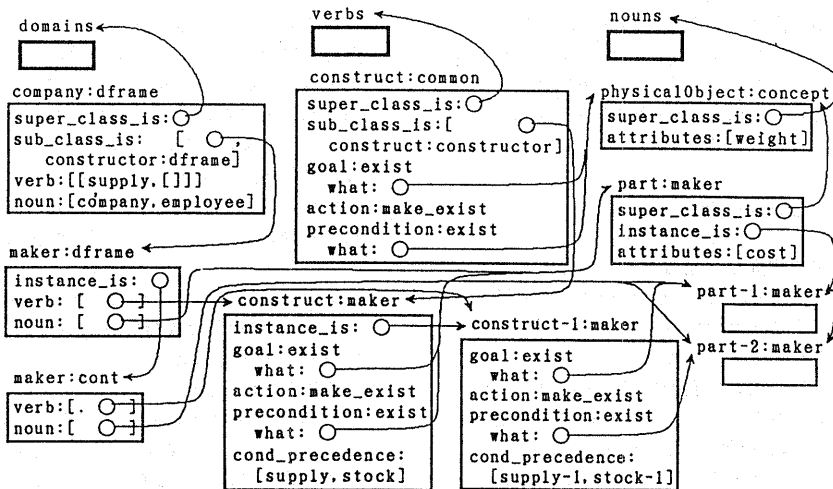


図4 I<sup>2</sup>Sが学習する知識

に属し、'cost'という属性を持っていることを示している。また、[construct-1:maker]、<part-1:maker>、<part-2:maker>は、【maker】ドメインの活動を表現する動詞と名詞のインスタンスである。

#### 4.3 学習した知識の利用

上記の学習機構によって学習された知識を以降のインタビューで利用することにより、構築中のドメインに最も活動が似ているドメイン（以後、類似ドメインと呼ぶ）を現在のドメインの活動から類推し、その類似ドメインの持つ知識を利用することによって、ユーザに対して、様々な示唆を「良い刺激」として与えることができた。冗長な質問を回避できるようになる。本節では、まず類似ドメインの類推方法について述べた後、学習された知識が以降のインタビューに及ぼす効果について述べる。

##### 4.3.1 類似ドメイン

構築中のドメインに含まれる動詞や名詞のポインタによって、それらが以前に用いられたドメインを参照する。そして、最も多くのポインタで指されているドメインを類似ドメインとする。これは、第2節で述べた知識（動詞、名詞）をインデクスとして用いて、関係のある他の知識（ドメイン）を想起することに相当する。ドメインフレームの階層性を利用して、類似ドメインの知識と階層における位置に近いドメインの知識を両方利用することも考えられる。しかし類似の類似となり信頼性が落ちてしまうので、この階層性の利用は、課題となっている。

次に、類似ドメインの類推の具体例を示す（図5）。現在、【constructor（建設業）】というドメインモデルを構築しているとする。まず、【constructor】のコンテンツフレーム【constructor:cont】のverbとnounのリストに記述されている動詞（supply, construct）の辞書と概念階層中の名詞（building, material）フレームを参照して、それらのポインタがどのドメインを指しているか調べる。図5では、最も多い3個のポインタ（supply, construct, material）に指されている【maker】ドメインを類似ドメインとする。

##### 4.3.2 インタビューにおける効果

###### (1) 類似ドメインを用いたインタビュー

類似ドメインを類推し、類似ドメインのもつ知識を利用することにより、以下のような「良い刺激」をユーザに与えることが出来る。

###### (a) 未入力の活動と実体の示唆

類似ドメインの動詞や名詞のリストのリストにはあるが、構築中のドメインモデルにはない動詞や名詞をユーザに提示することによって、現在のドメインでユーザが入力し忘れていたかも知れない動詞や名詞を示唆する。

例えば、【constructor】ドメインの類似ドメインとして【maker】ドメインが類推されたたとす

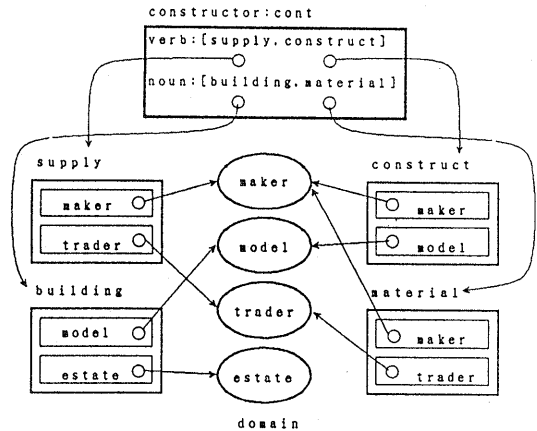


図5 類似ドメインの類推

る。【maker】のドメインフレームのリストにはあって【constructor】にはない動詞や名詞（図6の下線部）に関して、「ship, stockなどの動詞やpart, warehouseなどの名詞は、データベース化しなくてよいですか」とユーザに尋ねることができる。これは、インタビュアーが「こんなことについて言い忘れてはいませんか」と相手に尋ねることに相当する。

| 構築中のドメイン   | 類似ドメイン  |
|--|---|
| <pre> constructor:cont verb:[supply,       construct] noun:[building,       material] </pre> | <pre> maker:dframe verb:[supply, construct,       <u>ship, stock</u>] noun:[<u>part, material,</u>       <u>warehouse</u>] </pre> |

図6 未入力の活動と実体の示唆

###### (b) 接続する動詞の示唆

従来のI<sup>2</sup>Sでは、動詞フレームに接続する動詞の候補を、プランニングの手法を用いてユーザに示唆している。しかしこの方法には無関係の候補（動詞）が数多く提示されてしまうという欠点があった。今回、類似ドメインにおける動詞間の接続関係（動詞辞書のcond\_precedenceスロット）を参照することによって、その動詞フレームに接続する動詞に関してより適切な候補の提示が可能になった。

例えば、【constructor】ドメインにおいて、[construct-1]に接続する動詞を調べたい場合、類似ドメイン【maker】におけるconstructの動詞辞書のcond\_precedenceスロット（supply, stock）を参照することによって、「'construct-1'に、'supply'や'stock'は接続しますか」とユーザに尋ねることができる。これは、インタビュアーが、「この活動の前にはこんな活動が起こっている必要があるのではないですか」と相手に尋ねることに相当する。

### (c) 動詞フレームにおける欠落情報の示唆

従来のI<sup>2</sup>Sでは、ある質問戦略に基づいて動詞フレームの空スロットのを埋めるための質問が為された場合は、ユーザがその内容をなんの手掛かりもなしに入力しなければならなかった。今回、類似ドメインの動詞辞書の候補概念のリストを提示することによって、ユーザにその内容を示唆することが可能になった。

例えば、【constructor】ドメインの'supply'という動詞フレームのスロット ( precondition: exist:where) が空スロットである場合、類似ドメイン【maker】の動詞辞書の対応するスロットの候補概念 ( company) を参照することにより、「'material (資材)' は 'company' から供給されるのですか」とユーザに尋ねることができる。これはインタビュアーが「この活動は、こんなものに対して、こんな所で、こんな風に起こっているのではないですか」と相手に尋ねることに相当する。

### (d) 未知名詞の上位概念の示唆

未知名詞が構文解析などによって動詞フレームのスロットに入ったときは、構築中のドメインの動詞辞書に記述された候補を提示して、ユーザに未知名詞の上位概念を尋ねる。ここで複数の候補が存在する場合は、類似ドメインにおける上位概念がその候補の中に含まれていれば、それを提示する。

例えば、【constructor】ドメインにおいて、[construct] の goal:exist:what スロットに未知名詞'laboratory'が入ると、動詞辞書を参照し候補概念として、'building'、'bridge'を得たとする。このとき、類似ドメイン【maker】の概念階層における'laboratory'の上位概念 ( building) を参照することにより、「'laboratory'の上位概念は'building'ですか」とユーザに尋ねることができる。これはインタビュアーが「この動詞はこの話題の時はいろいろな種類の目的語をとるが、似たような場合を考えると、この名詞はこんな種類の名詞ではないか」と相手に尋ねることに相当する。

また、名詞が動詞フレームとは関係なく入力された場合、従来のI<sup>2</sup>Sではその上位概念を知るためには、概念階層の全ての抽象概念を提示して、ユーザに選ばせるしか方法がなかった。本システムでは、類似ドメインフレームの名詞リストにその名詞が含まれているときに限り、その類似ドメインの概念階層におけるその名詞の上位概念を提示することにより、上位概念を示唆することが可能である。

例えば、【constructor】ドメインにおいて、「employee (従業員)の名前が知りたい」と入力された場合、類似ドメイン【maker】の概念階

層中の<employee>の上位概念 ( individual) を参照することによって、「employeeの上位概念はindividual (個人) ですか」と尋ねることができる。「この名詞は、同じような話題の時にはこんな種類の名詞であったから、この場合も同じ種類のものではないですか」と相手に尋ねることに相当する。

### (2) ドメイン依存の動詞辞書を用いたインタビュー

構文解析時などで、未知名詞が動詞フレームのスロットに入った場合、動詞辞書の候補概念をユーザに提示して、その未知名詞の上位概念を尋ねる。しかし、従来のI<sup>2</sup>Sでは動詞辞書が全ドメイン共通であったため、構築中のドメインに全く関係のない候補も提示されていた。本システムでは、動詞辞書がドメインごとに存在する。構築中のドメインおよびその類似ドメインの動詞辞書を参照することにより、現在関係のある候補だけを提示することが可能になった。

例えば、【constructor】ドメインにおいて、<construct>の goal:exist:what スロットに未知名詞'laboratory'が入り、類似ドメイン【maker】の動詞の辞書から候補概念として、'building'と'bridge'を得たとすると、「'laboratory'の上位概念は'building'ですか、'bridge'ですか」とユーザに尋ねることができる。これは、インタビュアーが「この動詞はいろいろな種類の名詞を目的語としてとるが、今の話題から考えると、こんな種類に属する名詞ではないか」と相手に尋ねることに相当する。

### (3) 名詞の概念階層を用いたインタビュー

名詞に関して、属性、同義語、part\_of といった特別の関係にある名詞がわかっていれば、構文解析の能力が向上し、冗長な質問を回避することが出来る。しかし、これら名詞の関係はドメインによって異なっているので、ドメインごとに名詞の概念階層を詳細化することによって、ドメインに適した質問の実施が可能になった。

例えば、【constructor】ドメインで「materialのcostが知りたい」という文が入力された場合、cost (原価) が materialの属性であることがわかっていたら、余分な質問をせずに構文解析できる。これは、インタビュアーが「この名詞とこの名詞の関係はどうなっているのですか」と相手に尋ねなくてすむということに相当する。

### 4.3.3 対話例

図7に、本稿の学習機能を付加したI<sup>2</sup>Sによるインタビューの対話例を示す。これは建設業 (【constructor】ドメイン) に関する2回目以降のインタビューの例である。以下、この対話例に関して、図1に示した従来のI<sup>2</sup>Sによる製造業 (【maker】ドメイン) に関する1回目のインタビューの対話例と比較しながら、新しく付加した学習機構による効果について述べる。図1と図7の

- 1) Please enter the name of your database.  
 ) constructorDB.  
 Do you want to modify the existing database  
 constructorDB' ? ) Yes.
- 2) Now, let's designing conceptual schema of  
 constructorDB.  
 Please enter an information requirement.  
 ) I want to know the costs of materials from which  
 laboratories are constructed.  
 Do you want to know the costB's of material-1's  
 from which laboratory-1's are constructed ? ) Yes.
- 3) Please enter an information requirement.  
 ) Find the names of employees.  
 Do you want to know the names of employee-1's ?  
 ) Yes.
- 4) Please enter an information requirement.  
 ) No more.
- 5) OK. I think you should store the information about  
 'supply'.  
 Do you agree ? ) Yes.  
 Please enter information requirement about 'supply'.  
 ) Materials are supplied.  
 Do you want to store the information about  
 "Material-1's are supplied" ? ) Yes.
- 6) Let's discuss the following facts:  
 F1: Laboratory-1's are constructed from material-1's.  
 F2: Material-1's are supplied.  
 Is the next fact true ?  
 F: Laboratory-1's are constructed from material-1's  
 in F2. ) Yes.
- 7) Let's discuss the following fact:  
 F2: Material-1's are supplied.  
 I think material-1's are supplied from company-1's.  
 Do you agree ? ) Yes.
- 8) Let's discuss the following noun:  
 N: Laboratory.  
 I think it's one of the building.  
 Is it right ? ) Yes.  
 Please choose the attributes of the laboratory from:  
 1. size 2. price 3. address 4. others  
 ) 1, 2, 3.
- 9) Let's discuss the following noun:  
 N: Employee.  
 I think it's one of the individual.  
 Is it right ? ) Yes.  
 Please choose the attributes of the employee from:  
 1. age 2. sex 3. address 4. occupation 5. others  
 ) 1, 2, 3.  
 I think 'position' is an attribute of the employee.  
 Do you agree ? ) Yes.
- 10) I think you should store the information about  
 following verbs and nouns:  
 Verbs: ship, stock.  
 Nouns: part, factory, warehouse.  
 Please enter an information requirement, if any.  
 ) Materials are stocked in some warehouses.  
 Do you want to know the information about  
 "Material-1's are stocked in warehouse-1's" ?  
 ) Yes.

図7 I<sup>2</sup>Sとの対話例(2)

同じ数字の対話は、基本的に同じ種類の質問戦略に基づいている。

まず、図7(2)では、新I<sup>2</sup>Sは1回目のインタビューによって「原価(cost)が資材(material)の属性である」ことを知っているので、図1(2)のような質問を回避している(4.3.2(3))。図7(5)では、接続する活動を示

唆する際に、多くの候補(図1(5))を示さずに、類似ドメインの類推によって適当な候補のみを提示している(4.3.2(1)b)。図7(7)では、「どこから供給されるか」に関する情報をユーザによる入力(図1(7))に頼らずに、類似ドメインの類推によって、「会社(company)から供給されるのではないか」と示唆を与えている(4.3.2(1)(c))。図7(8)では、未知名詞の上位概念を図1(8)のような抽象概念ではなく、建設業ドメイン固有の候補概念(1回目のインタビューで獲得)を提示している(4.3.2(2))。図7(9)では、動詞の手掛かりなしに入力された名詞(図7(3))の上位概念を、図1(9)のように全ての候補概念を提示するのではなく、類似ドメインを類推によって適当な上位概念を示唆している(4.3.2(3))。従来のI<sup>2</sup>Sには対応する質問戦略は存在しないが、図7(10)では、類似ドメインの類推によって、ユーザが入力し忘れているかもしれない活動や実体について示唆している(4.3.2(1)a)。

## 5. おわりに

I<sup>2</sup>Sの学習機構の特徴を以下に示す。

- (1) インタビューで得られたいろいろなドメインに関する知識をドメインフレームの階層という形で記憶している。
- (2) 動詞、名詞に関する知識をそれぞれドメインごとに記憶している。
- (3) インタビューを実施するに従って、インタビューの能力が向上する。

今後の課題を以下に述べる。

- (1) より有効なドメインフレームの類似度の判定方法の検討  
 本学習機構では、ドメイン間の類似度の判定をドメインが持つ活動と実体の一致する数により行なっているが、人間の類似ドメインの決め方などを参考にすることによって、より有効な質問や示唆を可能にするような類似ドメインの判定方法を検討していく必要がある。
- (2) 複数の類似ドメインフレームによる示唆の検討  
 類似ドメインの数を一つに限定せずに、一つの対象に関して複数の類似ドメインによって示唆を生成し、その結果にしたがって、ユーザに対して行なう示唆の内容を決定する。

以上、知的インタビューシステムI<sup>2</sup>Sの学習機能について述べた。なお本学習機構は日本Sun Microsystems社のSun3上でC-Prologを用いてインプリメント中である。

## 参考文献:

- [川口86] 川口他, 「データベースの論理設計を支援する知的インタビューシステム」, 知識工学と人工知能48-1, 1986.
- [Kahn85] Kahn, G., et al., "Strategies for Knowledge Acquisition," IEEE PAMI, Vol. PAMI-7, No. 5, 1985.