

## 英会話教育用 ICAI システムの 構築について

山本秀樹+ 甲斐郷子+ 大里真理子+ 椎野努+  
沢山ゆかり++ 加藤正明++

+ 沖電気工業 (株)    ++ (株) 沖テクノシステムズラボラトリ

本稿では、英会話教育用 ICAI システムの設計と構築について述べる。本システムの目標は、あたかも先生と英語で会話しているかのような状況に学習者において英会話を学習させることである。そのため、システムには、会話をシミュレーションする機能が要求される。

本システムは、会話をシミュレーションする中で、学習者の発話の中の単語、文法誤り等を同定し、その誤りを指摘する。また、会話の流れに沿わない発話に対しても指摘する。システムからの発話は、学習者モデルのレベルに合わせて変化させることができる。

### Design and Implementation of ICAI system for English Conversation

Mariko OSATO+ Kyoko KAI+ Hideki YAMAMOTO+ Tsutomu SHIINO+  
Yukari SAWAYAMA++ Masaaki KATO++

+OKI Elec. Ind. Co., Ltd.    ++OKI Techno Systems Laboratory Inc.

Systems Research Laboratory, OKI Electoric Industry Corporation, Ltd.  
4-11-22 Shibaura Minato-ku Tokyo 108 Japan

This paper describes the design and implementation of ICAI system for English conversation. The goal of this system is to give a student the experience that he speaks something in English with a teacher and to make him be used to English conversation. To achieve this goal, the function to simulate English conversation between a student and a teacher is required.

While simulating conversation, this system can recognize grammatical mistakes and/or spelling mistakes in utterance of the student and point out those mistakes to him.

And this system can recognize the utterance which dose not follow the context and tell it to him. The utterance of this system can be changed in accordance with student model which has been changed by his mistakes.

## 1. はじめに

AI技術を用いた知的CAI（以下ICA Iと呼ぶ）システムの研究が近年盛んに行われるようになってきた。ICA Iシステムは、知識ベースと推論機構を持ち、学習者に合わせた個別教育の実現を目指している。

ICA Iシステムは、一般に教材に関する知識を処理するモジュール、教授知識[大概87]を処理するモジュール、学習者の理解状態を正確に表わす学習者モデルを構築するモジュール、そしてマンマシンインタフェースのモジュールから構成される。ICA Iシステムの構築は、教育の対象とする世界、学習者の知的レベル、そして教育目標などを考慮し、個々のモジュールの機能や実現方法を考えなければならない[岡本88]。

すでに、学習者モデルについても、いくつかのモデルが提案され、実現化されているが、まだ汎用的なモデルはなく、またシステムの対象領域ごとの最良のモデルというものも提案されていない状況である。したがって、より多くのシステムの構築を通じてICA Iシステムに関する知見を高めて行くことが必要である。

本稿では、自然言語による自然な対話を行う英会話用ICA Iシステムについて報告する。

## 2. 英会話ICA Iにおける会話のモデル

現在、英会話学習に使われる教材としては、音声を中心としたもの（テープ、CD）、音声と画像を用いたもの（ビデオ）等がある。これらは、多くの例文の記憶及び、パターン化された会話の記憶には効果を発揮する。しかし、現実の会話を考えてみると、パターン化された会話では対応できない状況の方がより一般的である。会話においては、当意即妙な受け答え、予期しない話題への追従性といったことが必要とされる。

このような技能の訓練には、実際に、英語を話すことができる人と会話をするのが望ましい。しかし、学習者の都合のよい時間に英語を話すことができる人と会話をできるとは限らない。

そこで、あたかも人間と会話をしているような状況に学習者を置ける英会話システムが望まれる。学習者が入力した文に対して、その入力文の意味情報まで解析せずに、入力文の表層の情報だけから応答文を生成し答える談話システム[Weiz66]は、既に実現されている。この原理を基にして、入力された英文の文法誤りや単語誤りなどを指摘する英会話ICA Iシステムは、比較的容易に構築できる。しかし、そのようなシステムとの会話は、単調な会話になりやすく、会話の流れへの追従性などの訓練には十分でない。

学習者が、実際に人間と会話するように完全に自由なテーマでシステムと会話できるようにするためには、システムが人間と同じだけの知識をもつが必要であろう。しかし、現状の知識表現、推論処理、知識管理の技術では、人間の持つ多岐に渡る知識をすべて計算機内に表現し、処理することは不可能である。

そこで、英会話ICA Iシステムの会話のモデルとして、目標指向の会話モデルを用いる。目標指向の会話モデルとは、会話には目標があり、それを達成するために会話が情報を交換すると

いうモデルである。このモデルに基づいて会話をシミュレーションすることで、常に学習者が主導権を持った会話だけでなく、双方が主導権を持つ会話が可能となり、会話の訓練を十分に行うことができる。

## 3. 英会話ICA Iシステムの機能

本システムにおける学習は、システムと学習者が行う英会話を中心としている。このため、システムには、以下の機能が要求される。

### (1) 会話の流れを理解する

会話の流れを理解し、学習者からの入力に誤りがある場合でも、その入力の意図するところを理解しなければならない。また、会話の流れに依存するような、間接的な発言行為にも対応できなければならない。

### (2) 話題の変化に追従する

会話の目標が決まると、ある程度は会話の流れを予測できる。しかし、学習者の興味の変化または学習の進度により会話の流れはダイナミックに変化すると考えられる。システムは学習者が主導する会話の流れに追従し、状況に応じて適切な会話が行えなければならない。

### (3) 学習者のレベルに合わせた会話を行う

学習者の会話能力に合わせて、会話のレベルを調節でき、また能力が増すにつれて徐々に会話のレベルを上げていくことができないなければならない。

### (4) 教育的なアドバイスをを行う

学習者の入力に、単語や文法の誤りなどが含まれていた場合には、それに対して教育的なアドバイスができなければならない。

### (5) 応答の即時性

会話の臨場感を保つために、システムの応答は即時でなければならない。

## 4. システムの構成

英会話ICA Iシステムは、図1のように、入力文理解部、質問応答部、会話制御部、出力文生成部の4つのモジュールと、知識ベース、モジュール間のインタフェースとなる短期記憶（予測メモリと学習者データ）、そして学習者の入力文の内部形式を記憶する状況メモリからなる。入力文理解部と出力文生成部はマンマシンインタフェースに関する処理を行う。会話制御部は、教材に関する知識と教授知識を扱う。学習者データは学習者モデルを反映している。各部の概要を以下に説明する。

### 4. 1 知識ベース

本システムは、会話制御知識、対象知識、そして文法辞書知識の3種類の知識ベースを持つ。

会話制御知識は、会話の流れ及び学習者の発言を予測する知識であり、プロダクションルールの形式で記述する。このルールによって次の発言内容が決まる。

対象知識は、会話の際に必要な対象物の静的な知識や、手続き的な知識である。例えば、ホテルのチェックインの会話の場合

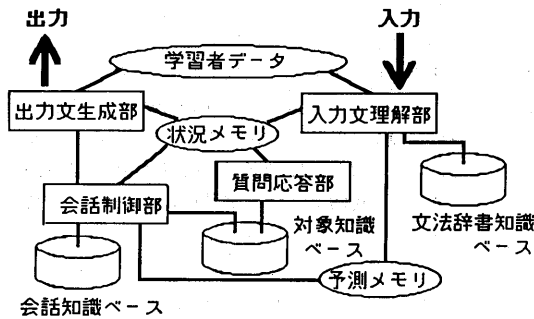


図1 システムの構成

では、ホテルの空き部屋の情報などが静的な知識であり、2部屋以上の予約をした場合に、1部屋の料金から複数の部屋の料金を計算する知識などが手続き型の知識である。この知識は、質問応答部と会話制御部で使用される。

文法辞書知識は、学習者の入力文をイベント形式（後述）と呼ばれる内部形式に変換するための文法知識と単語の辞書からなる。文法知識は、正しい文を処理する文法だけでなく、誤りを含んだ文を処理する文法、誤りに対する教育的メッセージ情報、内部形式を生成するための知識を含んでいる。この文法辞書知識ベースは理解部によって使用される。

#### 4.2 状況メモリ

状況メモリは、学習者の入力文やシステムの推論結果をイベント形式で記憶する。学習者の入力文は、入力文理解部によって内部形式に変換され、状況メモリに埋めこまれる。

#### 4.3 予測メモリ

予測メモリは、次の入力で予測される入力文のイベント形式と、その予測がはずれたときの動作を決める予測ルールを記憶する。予測メモリの内容は、学習者の発話毎に会話制御部によって変更される。

#### 4.4 入力文理解部

入力文理解部は、入力文の構文解析を行い解析木を内部表現形式に変換する。構文解析と同時に、単語・文法誤りなども調べ、その情報を学習者データに送る。入力文が宣言文の場合には、イベントを状況メモリ中に埋め込み会話制御部を起動する。入力文が質問文や命令文の場合は、イベントを質問応答部を送る。

#### 4.5 質問応答生成部

質問応答部は、入力文理解部から受け取った質問に答えるため、必要な知識を対象知識ベースと状況メモリの中から探し出し、答える内容を決める。その内容は出力文生成部に送られる。

#### 4.6 出力文生成部

出力文生成部は、応答を高速に行うためテンプレート方式 [Bohr77] で出力文を生成する。出力文生成部は、質問応答生成部、または会話制御部によって起動され、同時にテンプレートを指定される。テンプレートは、学習者のレベルにあわせて出力文を変

化できるように、複数用意してある。出力文生成部は、指定されたテンプレートと学習者データによって発話内容を決定する。テンプレートを埋めるデータは、会話制御部から直接指定される場合と、状況メモリから探し出される場合がある。

#### 4.7 会話制御部

会話制御部は、会話の流れに沿った発話を実現する。会話の制御については、6章で詳しく説明する。

### 5. 学習者モデル

#### 5.1 学習者モデル

学習者のレベルに合わせた会話を行うために、英会話に必要な知識の理解状態を表現する学習者モデルを構築する。英会話に必要な知識には、単語、熟語、構文、文法、会話の状況などがあり、学習者は、これらの知識を正確に理解していないために誤りを含んだ文や、会話の流れからはずれた文を発話する（図2参照）。本システムでは、学習者モデルとしてバギーモデル [Burt82] を想定し、学習者の発話の誤り等から理解状態を把握する。

単語の綴り誤り、文法の誤り、構文の誤りは、入力文を処理する入力文理解部が同定し、会話の流れからはずれた発話は、会話制御部が同定して、学習者データを変更する。その学習者データは、出力文生成部が参照し、システムから出力する会話のレベルに反映させる。

##### (1) 単語の綴り誤り

例： 誤 正  
reserevation -> reservation

##### (2) 文法、構文の誤り

例： 誤 正  
I has a book -> I have a book

##### (3) 会話の流れからはずれた発話

例：システムからの質問に対し、全く関係のないことを答える  
System: What kind of room do you want?  
Student: I don't have a reservation.

図2 誤り、会話の流れからのずれの例

#### 5.2 誤りなどの同定

##### (1) 単語の綴り誤り

システムは、キー入力の間違い、記憶違いなどで辞書に無い単語が入力された場合、正しい単語を見つけたための機構を入力文理解部に持たせている。

##### (2) 文法、構文の誤り

入力文理解部が、通常の構文解析を失敗した後に、文法誤りを同定するのでは効率が悪い。そこで、本システムは、学習者が誤って使用する可能性のある文法と、その誤りに対する教育的なアドバイスとを、正しい文法と共に、文法辞書知識として持ち、誤りを含んだ文も1回で構文解析ができるように構築している。文

法誤りがある文は、構文解析の結果として生成される構文解析木に、文法誤りがあったという情報が付加され、システムは、その誤りを学習者に指摘し、教育的なアドバイスを行う。構文解析木は、文法誤りを含んでいるか否かにかかわらず、イベント形式に変換される。すなわち、文法誤りを含んだ文が入力されても会話を続けることができる。図3に文法誤りの同定の例を示す。

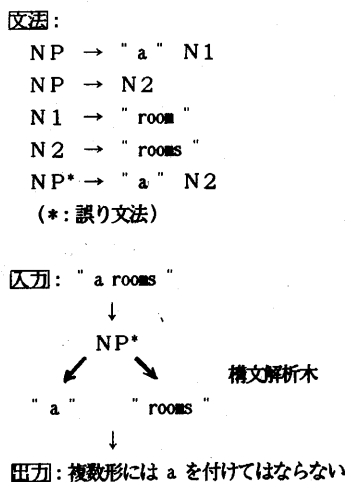


図3 文法誤りの同定

### (3) 会話の流れに関する誤り

会話の流れに関する誤りは、会話の制御と関連しているので、6章で説明する。

## 6. 会話の制御

この章では、学習者やシステムの会話文の内部形式にあたるイベント形式と呼ばれる知識表現と、会話の流れに沿った会話をを行う制御方法を述べる。入力文は、入力文理解部で構文解析され、このイベント形式に変換される。

### 6.1 状況メモリの知識表現

イベントは動作を中心とする知識表現であり、図4に示すスロットを持つ。

対象スロットと細部情報スロットの値はそれぞれ、オブジェクトリスト、プロパティリストと呼ばれるリスト形式をとり、修飾関係を表わすことができる。プロパティリストは、属性と値の対リストのリストであり、オブジェクトリストは、1つのカテゴリ値とプロパティリストから成る。例えば、「静かで眺めのよいシングル部屋を1つ欲しい」というイベントの対象スロットの値は

```

( room ( roomtype single )
  ( number 1 )
  ( sound quiet )
  ( view good ) )

```

と表わされる。ここで、リストの第1要素の room がカテゴリであり、roomtype や member は属性、そして 1, quiet がそれぞれの属性値である。

また、sentence type で文の種類を大きく3つ(平叙文、YES/NO で答えられる疑問文、それ以外の疑問文)に分類している。文の種類が平叙文であれば、そのイベントは状況メモリに埋め込まれ、その状況メモリをもとに会話制御部が次の発話を決定する。文の種類が疑問文であれば質問処理部においてその質問に対する答えを探す。

predicate (動作)	
agent (行為者)	: 動作の主体
object (対象)	: 動作の対象
truth value (真偽)	: 否定か肯定か
want (要求)	: 命題であるか、可能であるか、要求であるか
from (始点)	: 動作の始点
to (終点)	: 動作の終点
tense (時制)	: 過去、現在、未来のいずれか
method (方法)	: 動作を実行するための方法
place (場所)	: 動作を実行する場所
others (細部情報)	: 上記のスロットには入らない その他の情報
sentence type (文の種類)	: 文の種類

### 図4 イベントの構造

## 6.2 学習者の発話内容の同定

ここでは、入力イベントとその時点までの会話の関連付け、及び、それ以降の会話との関連付けについて述べる。

### 6.2.1 予測メモリ

人間と人間の会話を考えると、文脈に沿った発話の場合、ある程度省略された文を使用しても会話が成り立つ。これは自分が発話した後に、相手の発話を予測し、その予測を元にして、相手の発話の省略された部分を推論しているためである。本システムでは、相手の発話を予測するために、次の入力でも予測できる入力文のイベントを、予測メモリに置く。予測イベントは、1つとは限らない。

また、自然言語の構文の曖昧性などの理由で、入力文理解部は、省略が無い場合でも1つの入力文から複数のイベントを生成する。会話の流れを理解するためには、入力文から生成された複数のイベントと複数の予測イベントから、学習者が真に意図するイベントを選択・生成しなければならない。本システムでは、そのために put 型のマッチング方式を導入した。

put 型でマッチングするとは、入力イベントのスロットの値がすべて、予測イベントの対応するスロットの値に反することがない場合を言う。put 型でマッチングした結果得られるイベントを学習者の意図したイベントとする。

例えば、図5において予測イベントが 1) であり、入力イベントが 2) であるならば、put 型でマッチングした結果得られる 3) のイベントが、学習者の意図した入力イベントである。

- 1) predicate : possess  
agent : student  
object : ( room ( roomtype ))
- 2) predicate : nil  
agent : nil  
object : ( nil ( nil single ))
- 3) predicate : possess  
agent : student  
object : ( room ( roomtype single ))

図5 put型のマッチングの例

予測メモリには、予測イベントの他に予測ルールを記述できる。学習者の発話を満たすであろうと予測できる条件がある場合、これを満たさない学習者の発話は会話の流れからずれていると同定する。予測ルールでは、学習者の発話はその条件を満たさない場合に、会話の流れに戻るようなアクションと学習者データを更新するアクションを記述できる。

#### 6. 2. 2 状況メモリへの埋め込み方法

学習者の意図したイベントを決定した後、そのイベントと、同じ対象、同じ行為を指している状況メモリ中のイベントが異なるのは、不都合である。そこで、イベント間の照応関係を考慮する。

ここで照応関係のあるイベントとは、put 型でマッチングするイベントを言う。マッチングした場合は状況メモリ中のそのイベントのスロット中に入力イベントの情報を付加し、マッチングしなければ、状況メモリに入力イベントを新たに付加する。

状況メモリへの付加は、そのイベントの sentence type が平叙文であるものについてだけ行う。

#### 6. 2. 3 デモン

例えば、ホテルのフロントのチェックイン時に用いられる会話で、I want to stay here. と I want a room. のように、異なった表現だが同じ意味であるような入力文が存在する。

また、I have a reservation. や Do you have a room for me? から I want to stay here. のように、異なった意味であるが、推論できる内容もある。

本システムでは、前者のように意味を同定するためや、後者のように推論を行うために、状況メモリや対象知識へアクセスした時に起動するデモンを用いている。

デモンには2種類の起動方法がある。1つは、入力イベントを状況メモリに埋め込む際に起動する方法であり、もう1つは、質問に対する答えを探すことにより起動する方法である。

これらのデモンは、各モジュールや状況メモリ、6. 3で述べる焦点スタック等にアクセスするという動作を行う。従って、入力イベントと同様の意味をもつイベント、またはそのイベント

から推論可能なイベントを状況メモリに埋め込むことができる。

### 6. 3 発話内容の決定

#### 6. 3. 1 スタックによる会話の焦点制御

会話の流れを制御するための知識が会話知識であり、プロダクションルールの形式で記述されている。このルールは、ルールカテゴリと呼ばれるいくつかのルール群に構造化されており、ルールの条件部は活性化しているルールカテゴリのルールについてだけ試される。

ルールの条件部は、状況メモリの内容を参照する関数を記述できる。アクション部では、次の動作が記述できる。

- (1) 出力文生成部の起動
- (2) 次に予測される学習者の入力文に対応するイベントの予測メモリへの追加
- (3) 対象知識ベースの知識の更新
- (4) 他のルールカテゴリの活性化

会話の焦点は、ルールカテゴリを活性化して焦点スタックに積むことで制御される。

平叙文の入力イベントは、Grice の会話の協調原則により一番最近活性化されたルールカテゴリのルールとマッチングできるものと予測できる。会話制御部は、ルールが発火すると、そのルールのアクション部を実行する。(4)が実行されると、会話の焦点が移動する。ルールカテゴリ中に発火可能なルールが1つもない時は、焦点スタックから一番上のルールカテゴリが取り除かれ会話の焦点は前に戻る。

疑問文の入力イベントの場合、6. 2. 3で述べたデモンによって、相当するルールカテゴリをスタックに積むことができる。これによって、まもなく会話知識で用意しておいた会話の流れからずれた会話への対応がある程度可能になる。

#### 6. 3. 2 質問に対する発話内容の決定

疑問文のイベントに対しては、状況メモリまたは対象知識ベース中のイベントから関連のあるイベントをみつけだし、そのイベントのスロットの値から答えを生成する。関連あるイベントとは入力イベントとマッチングするものであるが、前述の put 型でマッチングしたイベントが質問に対する答えを持っているかどうかは保証できない。従って、put 型のマッチング方式とは異なった方式を考える必要がある。そこで新たに get 型のマッチングを導入する。

get 型でマッチングするとは、入力イベントのスロットの値が状況メモリまたは対象知識中のイベントのスロットの値に内包される場合を言う。

入力イベントの sentence type が yes/no型質問ならば、get 型でマッチングしたイベントの真偽スロットを見て答えを生成する。それ以外の質問ならば、入力イベントのスロットの値に変数割り付ける。get 型でマッチングした結果、その変数はマッチングしたイベント中の対応するスロットの値とバインドしているので、その値から答えを生成する。

#### 6. 4 発話レベルの決定

学習者のレベルは、学習者データによって決定される。発話の内容については、6. 3の方式で決定するが、発話そのものについては英文生成部において学習者データ部の値をもとに決定される。

### 7. 会話例

ホテルのフロントでの会話を例にして本システムと学習者の会話を図6に示す。

①でまず、システムは、学習者が「宿泊したいという意志を持つ」ということを理解し、チェックインという目標を達成しようとしていることを理解する。その結果、副目標として「予約の確認」を設定し②を発話する。

システムは、予約の確認の次の話題として③で名前を尋ねている。予約者の名前と部屋のタイプは、あらかじめ対象知識ベースに静的知識として格納されており、システムは、入力された名前があるかどうかを、手続き的知識を使って調べる。④では、学習者の当意即妙性を確かめるために、いったん「名前が見つからない」と答えている。

これに対して、学習者は⑤で、もう一度調べるように要求している。⑥では、予約が見つかったのでその内容の確認を取っている。次の⑦では、チェックインのための値段の交渉の副目標を設定している。⑧の学習者の答えに含まれる代名詞 it が、状況メモリの記憶から、\$110を差していることを理解する。また、⑨で示すように単語の綴り誤りを指摘し正しく解釈する。

⑩では、学習者が、話題を転換しているが、システムは、それに追隨して応答を返している。そして、この話題が終わるともとの話題に戻り、さらに話を進めている。

⑪の学習者の答えは、会話の流れからはずれているので、会話のレベルを変えて別の⑫の言い方を取っている。

- C: Clerk (System), T: Traveller (Student)
- C: May I help you?
- T: I want a room. ...①
- C: Do you have a reservation? ...②
- T: Yes.
- C: May I have your name? ...③
- T: My name is John Tenniel.
- C: Just moment, please.  
I'm sorry, I can't find your name. ...④
- T: Check my name, again. ...⑤
- C: May I have your name, again?
- T: My name is John Tenniel.
- C: Yes, here it is.  
Mr. Tenniel, we have a reservation  
for a twin for tonight for you.  
Is that right? ...⑥
- T: Yes.

- C: Twin is \$110. OK? ...⑦
- T: It's too expensiv. ...⑧

綴りが正しくありません  
誤: expensiv  
正: expensive ...⑨

- C: There is \$100. OK?
- T: By the way, do you know the good  
place to have a dinner around here? ...⑩
- C: Yes, I think our restaurant is good.  
Would you fill in this form?
- T: No. I don't have enough cash. ...⑪
- C: Please put your name and address here. ...⑫
- T: All right.

図6 会話例 (ホテルのチェックイン時の会話)

### 8. まとめ

本稿では、英会話のシミュレーションを行う ICAI システムの機能を分析し、プロトタイプ構成とその機構について述べた。本システムは、英会話教育のための会話モデルとして目標指向の会話モデルを採用し、それに基づいて会話をシミュレーションする。システムは、学習者の発話中の単語、文法の誤りなどを同定し、その誤りを指摘する。さらに、誤りを含んだ発話からでも正しい意味を理解し、会話を続けることができる。システムからの発話は、学習者のレベルに沿って変化する。

本システムは、対象知識ベースを入れ替えることにより、他の分野の ICAI システムにも流用可能である。

### 参考文献

- [大概87] 大概, "知的CAIの現状と問題点について", 昭和62年度人工知能学会全国大会チュートリアル講座, 1987.
- [岡本88] 岡本他, "幾何論証の学習世界における知的CAIの構成について", 情報処理学会論文誌, Vol. 29, No. 3, 1988.
- [Bobr77] Bobrow, D. G. et al., "Gus, A Frame-Driven Dialog System", Artificial Intelligence 8, 1977.
- [Weiz66] Weizenbaum, J., "ELIZA-A computer program for the study of natural language communication between man and machine", CACM, 1966.
- [Burt82] Burton, R. R., "Diagnosing Bugs in a Simple Procedural Skill, Intelligent Tutoring Systems", ed. Sleeman et al., Academic Press, London, 1982.