

# 工学部案内の国際化対応プロジェクト

任福継<sup>1\*</sup>, 鈴木基之<sup>1</sup>, 松本和幸<sup>1</sup>

## Internationalization of Campus Navigation Robot

by

Fuji Ren, Motoyuki Suzuki, Kazuyuki Matsumoto

We have developed an intelligent campus navigation robot, which can communicate with a human by speech. It also recognizes user's emotion from a voice and a facial expression, and the agent represents its own emotion using voice and behavior.

In this paper, we improve the robot to be able to deal with multi languages. It is needed to guide campus information with English, Chinese, and other languages, but it is hard to develop many communication systems each of which corresponds to each language. Therefore, we have introduced a machine translation system in the robot. It realized that the core dialog system can be used for many languages.

We also have introduced an ontology as a knowledge representation. It represented a knowledge smaller than conventional representations, and it realized that the robot can accept more various representation as input.

**Keywords:** Intelligent campus guide system, Machine translation, Ontology-based dialog system.

### 1 はじめに

我々はこれまで、工学部の案内を対象タスクとしたロボットの開発を行ってきた [1, 2]。このシステムでは、単純に聞かれたことに対して回答するだけではなく、相手の気持ちを理解し、ロボット自身も感情を持つことによって、あたかも人間同士が対話しているような、そんな円滑なコミュニケーションの実現を目指してきた。そのため、相手の発話内容を理解する自然言語処理技術の開発 [9-17] はもちろん、顔表情や音声の韻律情報からの感情識別 [20-22]、実際の人間によるアンケート結果に基づいたロボット自身の感情の創成 [18, 19]、更には、動作や音声などによる感情の表出といった数々の技術を開発してきた。

一方、現在大学には多くの留学生が在籍し、また外

部からの訪問者にも海外の人々が増えている。そのため、英語や中国語といった外国語にも対応した案内システムの開発は必須であり、その完成が待たれている。そこで本プロジェクトでは、今までに開発した知的学内案内システムをベースとし、その対話機能を多国語化することで国際化に対応する。しかし、各対象言語ごとに別々の案内システムを開発することは非効率であり、現実的ではない。そこで、案内システムのフロントエンドに機械翻訳システム [5-8] を導入することで、バックエンド側（意味解析や感情推定、回答の生成など）には手を加えることなく、多国語化することを目指す。

更に、現在までに開発した案内システムの更なる高精度化も行う。現在の回答生成部では、入力されるであろう質問文をあらかじめ想定し、それに対してどのような回答を行うか、といった表を事前に準備することで回答を生成している。しかしこの方法では、タスクが変更になるたびに表の更新が必要であり、汎用性

<sup>1</sup>徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部  
Institute of Technology and Science, The University of Tokushima

\*連絡先：〒 770-8506 徳島市南常三島町 2-1  
徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部

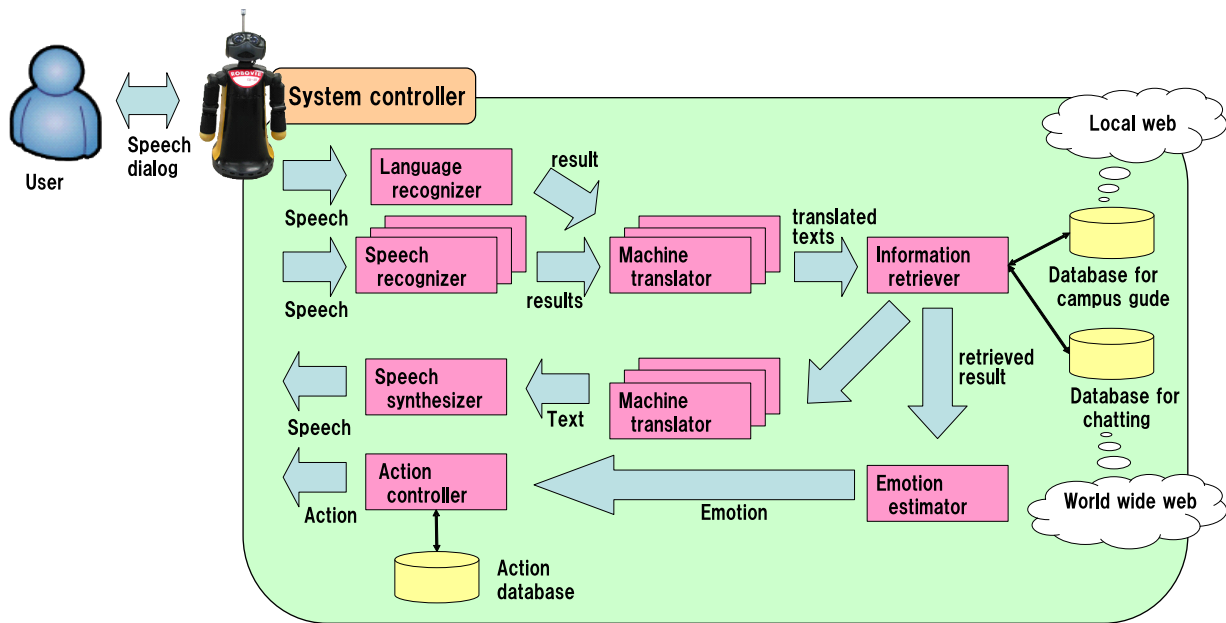


Fig. 1: Block diagram of the intelligent campus guide system.

に欠ける。そこで、知識表現としてオントロジー [3,4] を導入し、この中から回答を自動で抽出することで、汎用的な知識表現から直接回答を生成する方法を提案する。

## 2 工学部案内システムの構成

Fig. 1 に本研究で構築した工学部案内システムの構成を示す。

ユーザはロボットと音声を通じて会話を行うことができる。入力された音声は、音声認識されテキスト情報に変換される。この際、入力される言語が特定できないため、英語用音声認識システム、中国語用音声認識システム、といったように、入力可能な言語それぞれに対応した専用音声認識システムを準備し、並列に動作させることで認識を行う。それと同時に、GMM (Gaussian Mixture Model) ベースの言語識別器を動作させ、各音声認識システムが出力した尤度 (認識結果のもっともらしさ。言語の異なる音声を無理矢理認識すれば、どのような認識結果がでるにせよ、尤度は低くなる) とあわせて、入力された言語を確定する。

ここで確定された言語がバックエンド側の言語と異なる場合、音声認識結果を機械翻訳することで、バックエンド側の言語に翻訳する。ここで当然誤りが含ま

れることとなるが、発話文に含まれる重要なキーワードに注目することで、キーワード以外に誤りが含まれていても影響されない情報検索を行う。また、複数のキーワードから検索を行うことで、キーワードに誤りが含まれていても影響を受けにくい構造とする。

情報検索処理クライアントから検索結果が得られると、それを入力された言語に自動で翻訳し、回答文を生成する。最後に各言語ごとに準備された音声合成システムを駆動することで回答文を出力する。また、入力されたテキストと選択された回答文からロボットの感情が推定され、ロボットの行動や音声の韻律を制御することでそれを表出する。

このようにすることで、バックエンド側は単一の言語で動作させながら、フロントエンド側に他言語用の音声認識システム、音声合成システム、また機械翻訳システムを準備するだけで、簡単に多国語化が行える。

以降では、特に機械翻訳、情報検索処理について本研究で開発した技術を詳細に説明する。

## 3 Super Function を用いた機械翻訳の高精度化

ある言語の文を自動で他の言語に翻訳する機械翻訳法は数多く提案されているが、我々は Super Function を用いた機械翻訳法を提案している [5-8]。この方法



Fig. 2: Matching of Super Function and Japanese sentence

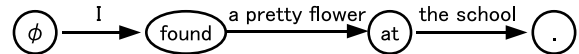


Fig. 3: Generating an English sentence from the Super Function

は例文ベースの翻訳法のひとつであり，対訳コーパスに存在する例文とマッチさせることで，入力された文を高精度に翻訳する。この際，対訳コーパスに存在する例文を，一部の単語を変数としてテンプレート化することで，類似した文に対しても適用することを可能とし，汎用性を確保している。

本研究では，更に広範囲な入力文に対応させることを目的とし，対訳コーパス中の文を自動で変形する方法を提案する [23, 24]。

### 3.1 Super Function を用いた機械翻訳の概要

Super Function では，対訳コーパスにおける例文（同じ意味をもつ 2 つの言語で書かれた文の対）を基本とし，その一部を変数にすることで汎用性を高めている。例として「私は学校でかわいい花を見つけた」という文章を英語に翻訳する様子を説明する。

事前に，対訳コーパスから対応するテンプレート  $f_1$  を構築しておく。

$$f_1 : L_1 \text{ は } L_2 \text{ で } L_3 \text{ を見つけた} \\ \implies L_1 \text{ found } L_3 \text{ at } L_2$$

ここで  $L_i$  は変数を表し，日本語，英語それぞれの対応する部分に同じ意味の単語が代入される。

このテンプレートを用いると，日本語を形態素解析しあてはめることで， $L_1 \rightarrow$  私， $L_2 \rightarrow$  学校， $L_3 \rightarrow$  かわいい花と対応することがわかる (Fig.2) そこで，それぞれの単語を英訳し，テンプレートの英語側に代入することで，“I found a pretty flower at the school.” という文を生成することができる (Fig.3)。このテンプレート 1 つだけで，数多くの類似した文（「彼女は駅で友達を見つけた」等）を翻訳することが可能である。

### 3.2 否定・肯定に注目した Super Function の自動拡張

Super Function は対訳コーパスより生成するため，対訳コーパスに存在しない文型については原理的に生成することができず，結果として翻訳することができない。この問題を解決するため，本研究では対訳コーパスに存在する文を自動で変換し，新たな文を生成することでテンプレートを構築する方法を提案する。

自動拡張する文型はいくつか考えられるが，ここでは最も単純で，しかも拡張される範囲のひろい「肯定否定」変換を行う。ここでは，動詞・形容詞の語形変化に着目して肯定文から否定文を作成する。提案する方法の流れを Fig.4 に示す。

まず最初に日英対訳コーパスより肯定文の対訳文を取り出し，極性判定規則を用いて変換型を決定する。極性判定規則の一部を表 1, 2 に示す。この規則では動詞や形容詞の活用形，それに続く品詞を調べることで否定か肯定，現在か過去を判定し，変換方法を示す。

まず動詞，助動詞，形容詞が出現したら形態素タグの“活用形”を照合する。“次の品詞”は部分一致を許可する。“次の品詞”の判定に競合が起こった場合，上にある規則を適用する。極性判定規則にない“活用形”と“次の品詞”の組み合わせは変換できないものと判断する。例えば，動詞で“活用形”が“終止形”，“次の品詞”が“形容詞”だった場合，現在形の変換を行い動詞は“～ない”という形に変換できる。

具体的な変換の例を次に示す。

- 動詞・助動詞を否定する

- 持っている            持っていない
- できた                できなかった
- have                 do not have
- can                  can not

- 形容詞を否定する

- 白い花                白くない花

- 美しかった      美しくなかった
- white flower      not white flower
- was beautiful      was not beautiful

このとき、日本語では形態素解析上で一つの動詞が“名詞+スル”の形に分かれてしまうことがあるが、これを合わせて一つの形態素とする。主に次のような場合に動詞が分解される。

Table. 3: Accuracy

作成数	正解数	正解率
2,226	2,168	97.4%

Table. 4: Details of decision errors

失敗例	e-1	e-2	e-3	other
失敗数	30	13	8	7

Table. 1: Decision rules for verb.

活用形	次の品詞	変換型
未然形	助動詞_特殊・又	否定
連用形	助動詞_特殊・タ	過去
連用形	名詞	現在
連用タ接続	助動詞_特殊・タ	過去
終止形	形容詞	現在
終止形	名詞	現在
命令形	助詞	現在

- 勉強する      勉強 (名詞) + する (動詞)
- 移動する      移動 (名詞) + する (動詞)

なお、今回は次のような否定文を考慮しないこととした。

- 二重否定      私は彼が 来ない とは 思わない。
- 対義語      私は 賛成 する。 私は 反対 する。

最後に、極性判定規則により変換可能と判定された語を制限付変数として Super Function に登録する。制限付変数とは自由に入れ替えられる変数と異なり、原型(語幹)を残したまま一部を変換できる変数のことである。

Table. 2: Decision rules for adv.

活用形	次の品詞	変換型
未然形	助動詞_特殊・ナイ	否定
未然又接続	助動詞	否定
連用タ接続	助動詞_特殊・タ	過去
終止形	記号	現在
終止形	副詞	現在
命令形	記号	現在
命令形	助詞	現在

### 3.3 評価実験と考察

本方法で日本語の否定文がどの程度作成できるかについて実験を行った。実験には日本語肯定文 1,200 文を用いた。肯定文の平均形態素数は 13.1 個で、動詞、形容詞の数はそれぞれ 3,916 個、281 個である。

肯定文 1,200 文から 2,226 文の否定文を作成した。否定文作成の正解率を Table.3、種類別の失敗数を Table.4 に示す。

作成した否定文 2,226 文中 2,168 文が正解で否定文作成に失敗したのは以下のようなものである。下線部は否定時の変換箇所、() は変換した語を示す。番号は Table.4 に対応している。

- 否定文作成に失敗した例

- e-1 お元氣と 聞かない、本当に安心しました(聞き)
- 祝いをいただかない、うれしく思います(いただき)

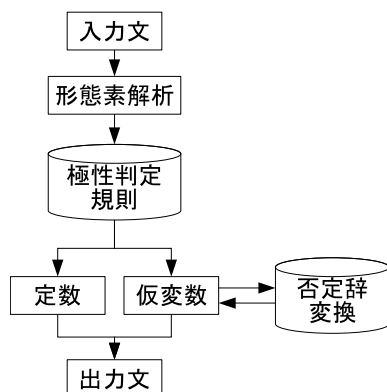


Fig. 4: Overview of the proposed method

e-2 私には関係 なくない(ない)

自信が なくない(ない)

e-3 単純に言って しまわないば(しまえば)

ルールの一つでも 破らないば(破れば)

● 否定文にならなかった例

- 準備をしておく必要が あるかと思ひます  
準備をしておく必要が なかろうかと思ひます

### 3.4 結果の分析

否定文作成に失敗したうちの 30 文は「～、～」と読点で区切られた形である。これは読点も句点も同じ“記号”として扱われているせいである。「～ない。」であれば正解だが、「～ない、～」となると失敗になる。記号の中で読点と句点を分けるルールに変更することで解決できる。次に多い失敗が「ない」が形容詞の場合である。「ぬ」で置き換えられない「ない」は形容詞である。形容詞となる「ない」は他の形容詞と同じルールで変換されてしまい、「なくない」となってしまう。これは現状のルールでは対応できないため、形容詞の「ない」を見分けるルールを作らなければならない。3 番目に多い失敗が仮定形「～えば」の形である。これを否定する場合「なけれ」を使わなければいけないが、「ない」を使って失敗している。これは、否定変換規則の変換型に「現在」か「過去」しかないため、「～ない」か「～なかった」にしか変換できなかった。変換型に「仮定」を作成することで解決できると思われる。実験によりほぼ全ての否定文の生成が可能であることが分かったため、本手法により肯定文から否定文への変換は有効であるといえる。

## 4 オントロジーを知識源として用いた対話システムの構築

従来開発してきた対話システムでは、想定される質問に対して回答をあらかじめ準備しておく、という形式でロボットは知識を保持していた。具体例を以下に示す。

### 想定質問文，応答文

徳島駅はどこですか，徳島駅は〇〇です  
徳島駅はどちらですか，徳島駅は〇〇です  
どこに徳島駅はありますか，徳島駅は〇〇です  
徳島駅の場所を教えてください，徳島駅は〇〇です  
どう行けば徳島駅へ行けますか，徳島駅へは  
で行けます  
徳島駅への道を教えてください，徳島駅へは  
で行けます  
徳島駅へのルートを教えて，徳島駅へは で行  
けます  
徳島駅へ行きたいのですが，徳島駅へは で行  
けます  
.....

この例の上 4 文と下 4 文ではそれぞれ同じ意味の想定質問文を記述しており，応答文も同じである。このように，ユーザからの入力も，同じ意味の質問であっても表現方法は様々であり，こうした表現の揺らぎに対応しようとする想定質問文は可能な限り多く作成する必要があり，その結果構築コストが膨大となる。

また，こういった知識源は具体的な文で構成されているため，他の対話システムに利用することが非常に困難であり，意味解析など他のシステムに利用することも，逆に他のシステムの知識源を利用することも困難である（低い再利用性）。そのため，システム毎に知識源の構築が必要である。

そこで本研究では，オントロジーを知識源として用いることで情報をコンパクトにし，また再利用性の高いシステムを構築する方法を開発する [25]。

### 4.1 オントロジーの概要

オントロジーは『概念』と上位下位関係や is-a 関係，同義・対義関係などの様々な『関係』から構成される。そして『概念』間を『関係』で繋ぐことにより『事実』を記述する。Fig.5 にオントロジーの例を示す。

この例では，“太郎が徳島大学生である”と“太郎は自然言語処理の研究をしている”という『事実』を

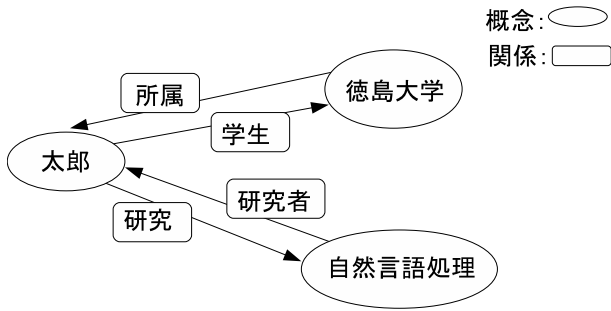


Fig. 5: Example of an ontology

表している。概念間の関係が有効グラフで示されているのは『太郎から見た徳島大学』と『徳島大学から見た太郎』では関係が異なるためである。オントロジーは様々な関係を扱うため、シソーラスのようなツリー構造とは異なり、ネットワーク構造を形成する。

#### 4.2 オントロジーに基づく対話システム

提案システムの構成を Fig.6 に示し、処理全体の流れを説明した上で各モジュールについて説明する。

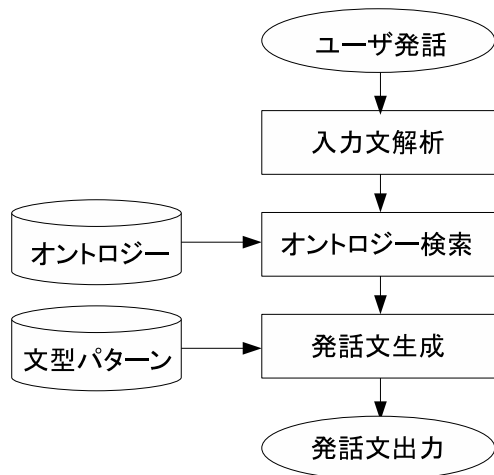


Fig. 6: Overview of the system

ユーザが発話を行う（発話文を入力する）とシステムの処理が開始される。まず、入力文解析モジュールで入力文を形態素解析し、複合語処理や未知語処理を行う。その後、疑問詞に注目することで質問の意図を推定する。こうして得られた質問意図をもとに、オントロジーを検索して回答となる概念を抽出する。最後

に発話文生成モジュールで発話文を生成する。ここでは「AのBはCです」といった回答テンプレートを3種類準備しておき、抽出された概念を代入することで文を生成する。

以下に、オントロジーの検索アルゴリズムの詳細を示す。

1. 解析結果の単語群（複合語含む）から一つを検索語として選択
2. 検索語と文字列がマッチする概念を検索
3. 2で得られた概念が持つ関係及び関係概念のうち、入力文の単語とマッチするものを検索
4. 3で得られた概念にスコアを付与
5. 1～4を繰り返す

ここで、得られた概念に付与するスコアは以下の通りである。

- 疑問詞に関連する概念：3
- 疑問詞がない場合の質問意図に該当する概念：2
- その他の概念：1

ここで、同じ関係を持つ概念が複数ある場合（行っている研究が複数ある場合等）は平均値をスコアとする。

検索が終了したとき、最もスコアが高い抽出概念が回答に用いられる。同点1位の場合は、先に抽出された情報を利用する。また、回答候補となる情報が1つも抽出されなかった場合は発話文生成モジュールで発話文を生成する際『すみませんが分かりません』という発話文が選択される。

#### 4.3 評価実験

提案システムの対話能力を測るため、従来システムとの比較実験を行った。

##### (1) オントロジーの構築

本研究では徳島大学工学部知能情報工学科に関するオントロジーを構築した。オントロジー内に記述している情報は、徳島大学教育・研究者情報データベース

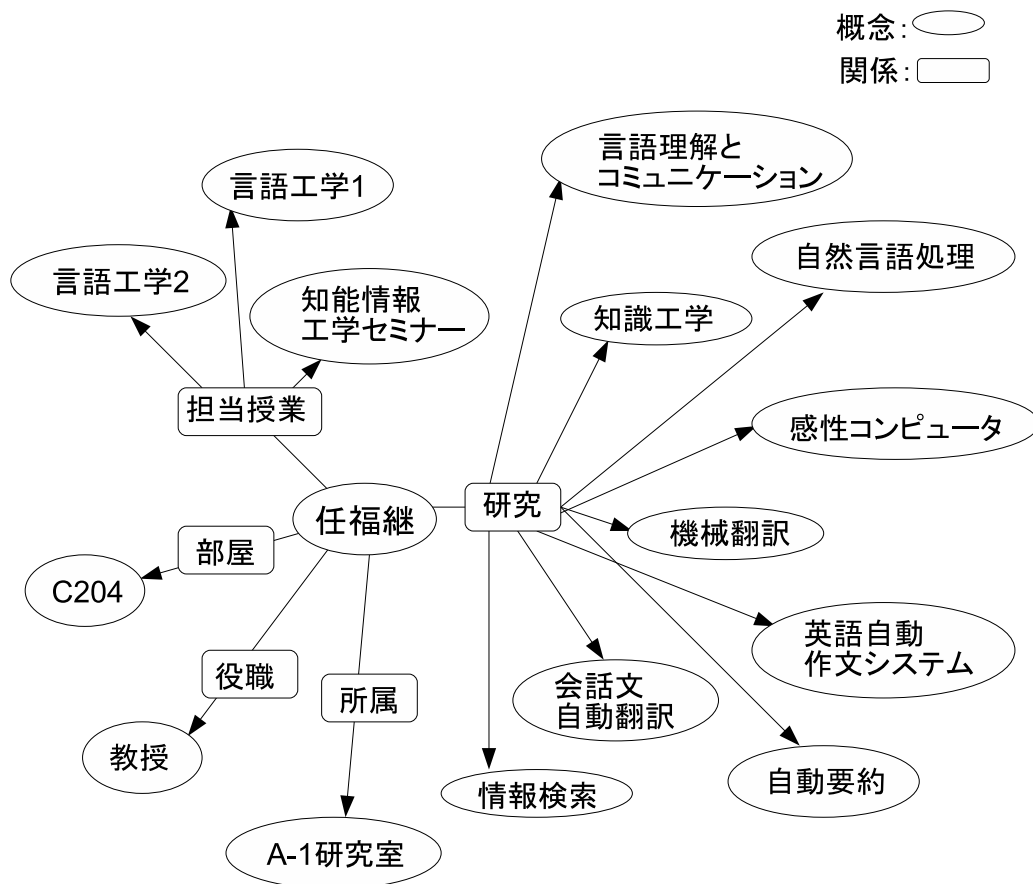


Fig. 7: Example of the developed ontology

(EDB)を参考にした。オントロジーはテキストエディタで手作業により構築を行った。

オントロジーに含まれるクラス，プロパティの一部を以下に紹介する。

クラス

- 人(教員)：任福継，鈴木基之，など
- 研究分野：自然言語処理，音声言語情報処理，など
- 職位：教授，准教授，助教，講師
- 組織：知能情報工学科，A-1研究室，など
- 部屋：C204，など

プロパティ

- 研究：人から研究への関係
- 研究者：研究から人への関係
- 役職：人から職位への関係
- 所属：人から組織への関係
- 担当授業：人から授業への関係

実際に構築したオントロジーの例を図7に示す

(2) 実験条件

比較対象の従来システムとして，我々の研究室で開発された徳島大学工学部案内システム [1] を用いた。この案内システムは想定質問・応答文型の知識源を利

用している。

入力文セットは2種類用意した。各セットの内容を以下に示す。

入力文セット1 従来システムに搭載している想定質問文のうち、知能情報工学科に関する質問文1742文

入力文セット2 入力文セット1からランダムに選択し、人手により言い換え(表現の変更)を行った質問文51文

システムが出力した応答文の正解については、

- 回答として正しい情報が入っているか
- 発話文が日本語の文として自然であるか

の2点を基準に著者自身が判断した。

### (3) 実験結果と考察

実験結果をTable.5, 6に示す。

Table. 5: 入力文セット1の結果

	正解数	正解率
提案システム	1552/1742	89%
従来システム	1324/1742	74%

Table. 6: 入力文セット2の結果

	正解数	正解率
提案システム	45/51	88%
従来システム	40/51	78%

入力文セット1では、提案システムの正解率が89%、従来システムの正解率が74%であり、入力文セット2では、提案システムの正解率が88%、従来システムが78%となった。

実験結果より、両方のテストセットで提案システムの正解率が10%以上高い結果となった。このことから提案システムは従来システムと同程度以上の対話能力を持つことが確認された。

続いて、質問文・発話文の例を示しながら考察を行う。

- 提案システムでは正解し、従来システムで誤りの場合

『自然言語処理を研究している先生は』

従来システムでは自然+言語+処理のような複合語を含む質問文の場合は失敗している場合があった。それに対して提案システムでは複合語が存在する場合も正解していた。従来システムでは単語の解析が形態素解析のみであったため、複合語を構成する単語ごとにキーワードのマッチング処理を行っており、正解文以外にもスコア数が同じ文が出たためである。それに対して提案システムでは複合語解析器も用いており、さらに2つの解析器で解析できなかった単語も未知語処理によって対応できるため複合語を含む場合でも正解率が高いと考えられる。

このことから、複合語解析器と未知語処理の有効性を確認できた。

- 提案システムで誤り、従来システムで正解の例

質問文:『任先生について』

発話文:『分かりません』

この質問文は任先生以外に質問の意図となる情報が存在しないため、その結果探すべき情報が分からず、『分かりません』と答える結果となった。このように、質問の意図が人間でも理解することが難しい抽象的過ぎる質問への対応は想定しておらず、提案システムの入力文解析では対応ができない。

このことから、入力文解析モジュールで入力文自体の意図が不鮮明な入力に対応する機能が必要であると考えられる。

- 言い換えにより正解から誤りとなった例

変換前:『顔画像検出をやっているのは』

『顔画像検出はカルンガル先生がやっています』

変換後:『顔の画像を検出するのをやっているのは』

『顔の画像はカルンガル先生がやっています』



例に示したような、複合語を句に変えた質問文では変換後に誤回答となった。これは、文の意図としては“顔の画像を検出するの”を句として扱っているが、システムは“顔の画像”までを名詞句として解析したためである。

このことから、入力文解析モジュールでの『句』の認識方法の改善が必要であると考えられる。

また、全体を通して文型パターンの不足を確認することはできなかった。

## 5 まとめ

本研究では、これまで開発してきた知的学内案内ロボットの国際化を行った。複数の言語による入力を許容し、内部で自動的に翻訳を行うことで、バックエンド側は単一言語から変更することなく、容易に多国語化が可能な対話システムを構築した。

まず、Super Function による機械翻訳法の高精度化を行った。Super Function はテンプレートベースの方法であるため、いかに高性能なテンプレートを多数用意するかが性能の鍵となる。ここでは、肯定文・否定文の関係に注目し、すでに獲得したテンプレートを自動拡張する方法を提案した。検証実験を行った結果、非常に高い精度でテンプレートを拡張可能であることが示された。

更に、タスクに対しても容易に変更できるよう、オントロジーを知識源として用いた対話システムを構築した。キーワードを中心としてオントロジーを探索することで多様な発話に頑健な性能を示すことができた。

## 謝辞

本研究の一部は、徳島大学工学部知能情報工学科 A1 研究室に所属する学生達、特に大学院先端技術科学教育部 桂康君、佐藤達也君の協力のもとに行われた。ここに感謝の意を表す。

## 参考文献

- [1] 任, 鈴木, 土屋: 知能エージェント及び工学部ナビゲーションシステムの開発, 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部研究報告, 54, 1-10 (2009).
- [2] 任, 鈴木: 感情認識及び感情創生に基づく知的学内案内ロボットの構築, 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部研究報告, 55, 9-18 (2010).
- [3] 溝口: オントロジー研究の基礎と応用, 人工知能学会誌, 14(6), 977-988 (1999).
- [4] 溝口: オントロジーと知識処理, 人工知能学会誌, 15(2), 21-29 (2000).
- [5] 篠山, 黒岩, 任: Super-Function に基づく日英機械翻訳における日付・時間表現の抽出, 電気学会論文誌 C, 128(8), 1342-1350 (2008).
- [6] M. Sasayama, F. Ren and S. Kuroiwa: Automatic Super-function Extraction for Translation of Spoken Dialogue, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, 4(6), 1371-1382 (2008).
- [7] M. Sasayama, F. Ren and S. Kuroiwa: Automatic Super-Function Extraction for Translation of Spoken Dialogue, Proc. IEEE NLP-KE 2007, 141-148 (2007).
- [8] L. Mi, X. Luo and F. Ren: Chinese-Japanese Translation of Causative Sentences Using Super-function Based Machine Translation System, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, 4(4), 915-926 (2008).
- [9] K. Matsumoto, F. Ren, S. Kuroiwa and S. Tsuchiya: Emotion Estimation Algorithm Based on Interpersonal Emotion Included in Emotional Dialogue Sentences, Lecture Notes in Artificial Intelligence, 4827, 1035-1045 (2007).
- [10] 松本, 三品, 任, 黒岩: 感情生起事象文型パターンに基づいた会話文からの感情推定手法, 自然言語処理, 14(3), 239-271 (2007).
- [11] K. Mishina, S. Tsuchiya and F. Ren: Comparison Between the Human Emotion Transfer Ratio and the Similarities of Emotion, Proc. ICAI 2008, 126-129 (2008).

- [12] A. Hakamata, F. Ren and S. Tsuchiya: Human Emotion Model based on Discourse Sentence for Expression Generation of Conversation Agent, Proc. IEEE NLP-KE 2008, 235–242 (2008).
- [13] K. Hisazumi, S. Tsuchiya, S. Kuroiwa and F. Ren: Extraction of the term which has an explicit relation using Coincidence Frequency, Proc. IEEE NLP-KE 2007, 178–183 (2007).
- [14] K. Mishina, S. Tsuchiya, S. Kuroiwa and F. Ren: An Emotion Similarity Calculation Using N-gram Frequency, Proc. IEEE NLP-KE 2007, 160–165 (2007).
- [15] S. Tsuchiya, F. Ren, S. Kuroiwa, H. Watabe and T. Kawaoka: A Semantic Information Retrieval Technique and an Evaluation for a Narrow Display Based on a Association Mechanism, Proc. IEEE NLP-KE 2007, 209–214 (2007).
- [16] M. Shinomiya, F. Ren, S. Kuroiwa and S. Tsuchiya: Extracting the Opinions of News Articles based on Emotionally Laden Words, Proc. IEEE NLP-KE 2007, 262–267 (2007).
- [17] T. Yamada, S. Tsuchiya, S. Kuroiwa and F. Ren: Classification of Facemarks Using N-gram, Proc. IEEE NLP-KE 2007, 322–327 (2007).
- [18] H. Xiang, S. Xiao, F. Ren and S. Kuroiwa: A Mind Model for an Affective Computer, International Journal of Computer Science and Network Security, 6(6), 62–69 (2006).
- [19] H. Xiang, P. Jiang, S. Xiao, F. Ren and S. Kuroiwa: A Model of Mental State Transition Network, IEEJ Trans. EIS, 127(3), 434–442 (2007).
- [20] J. Ma, M. Suzuki and F. Ren: Speaker Detection Method for Autonomous Robot in Complex Communication Environment Based on Image Processing, Proc. ICAI 2008, 349–354 (2008).
- [21] P. Jiang, J. Ma, Y. Minamoto, S. Tsuchiya, R. Sumitomo and F. Ren: Orient video database for facial expression analysis, Proc. 10th IASTED International Conference Intelligent Systems and Control, 211–214, (2007).
- [22] J. Ma, S. Tsuchiya, S. Kuroiwa, F. Ren and Y. Lei: The New Image Processing Method in Expression Recognition System, Proc. IEEE NLP-KE 2007, 134–139 (2007).
- [23] Y. Katsura, K. Matsumoto and F. Ren : Flexible English Writing Support Based on Negative-Positive Conversion Method, Proc. IEEE NLP-KE2010, 499–505 (2010).
- [24] 桂, 松本, 任: 名詞にかかる形容詞を対象とした Super-Function の拡張, 情報処理学会創立 50 周年 (第 72 回) 全国大会講演論文集 (2010).
- [25] 佐藤, 鈴木, 任: オントロジーに基づく多様な発話に対応した対話システムの構築, 情報処理学会創立 50 周年 (第 72 回) 全国大会講演論文集 (2010).