

## 英語物語に関する質問応答のための意味比較による正誤判定

國近 秀信<sup>†a)</sup> 本田 実<sup>††\*</sup> 平嶋 宗<sup>†††</sup> 竹内 章<sup>††</sup>

A Method of Judging Answers by Comparing Semantic Information for Questions and Answers

Hidenobu KUNICHIKA<sup>†a)</sup>, Minoru HONDA<sup>††\*</sup>, Tsukasa HIRASHIMA<sup>†††</sup>, and Akira TAKEUCHI<sup>††</sup>

あらまし 本論文では、英語物語の表層的な内容を対象とし、学習者の理解状態に適合した質問応答を行う学習機能のための正誤判定について述べる。本質問応答機能は、自然言語による自由な解答を許しているため、物語と解答文の意味情報を比較し正誤判定を行うことが必要である。正誤判定では、語句の挿入・欠落・置換の妥当性について検証を行いながら意味情報の差異を同定するとともに、自然言語処理結果のあいまい性の解消を行う。本論文では、更に、正誤判定機能の評価として、適用範囲の調査結果について述べる。

キーワード 英語学習、質問応答、知的 CALL、正誤判定、あいまい性解消

## 1. ま え が き

外国語学習を行う際には、特定の表現を機械的に繰り返し発音するなど、単純に刺激を繰り返し与えるよりも、意味のある活動を行わせることが望ましい[2]。そのような理由から、テキストをリスニングまたは読解した後にその内容に関する質問に答えるという学習方法が、教科書、問題集、会話訓練などで一般的に利用されている。質問及び解答の形式には様々な種類があるが、解釈と表出の両方を学習することが重要であるため[2]、学習対象の言語で問題を提示し、学習対象の言語で解答を入力させるという形式が多く利用されている。

質問応答により学習支援を行うためには、学習者が入力した解答文から学習者の語彙・文法に関する知識やテキスト文・質問文の内容の理解状態を把握し、

各学習者の理解状態に合致した指導を行う必要がある。これまでに、英文の内容に関する質問応答を行う学習機能を備えた言語学習支援システム（例えば、[4], [11], [16]）が研究・市販されているが、これらのシステムでは、あらかじめ用意して組み込まれた質問文を利用してしているため、オーサリングの際に文章ごとに質問とその正答及び誤答を用意する作業が必要である。したがって、学習者の多様な理解状態に対応できるだけの十分な数の質問と解答を用意することは、大変困難な作業だといえる。

これに対して我々は、教材作成者や学習者が用意した英語物語の表層的な内容を対象とし、動的に変化する学習者の理解状態に適合した質問応答を実現することを目的に研究を行っている。これには、物語から構文・意味情報を抽出する機能、学習者の理解状態に合わせた質問文を生成・出題する機能、学習者の解答の正誤を判定し誤りがあればその誤りを同定する機能、及び誤りがあった場合に指導を行う機能が必要である。我々はこれまでに、英文を解析し構文・意味情報を生成する自然言語理解機能[5]、質問文の生成機能[6]、質問の難易度[7]を考慮した適応的出題機能[8]、及び誤りがあった場合の指導機能の設計・実現を行った。解答文の正誤判定と誤り同定については、構文的及び意味的处理が必要であるが、これまでに構文的な誤りを同定する機能を実現した。

<sup>†</sup> 九州工業大学大学院情報工学研究科，飯塚市  
Graduate School of Computer Science and Systems Engineering, Kyushu Institute of Technology, Iizuka-shi, 820-8502 Japan

<sup>††</sup> 九州工業大学情報工学部知能情報工学科，飯塚市  
Dept. of A.I., Kyushu Institute of Technology, Iizuka-shi, 820-8502 Japan

<sup>†††</sup> 広島大学大学院工学研究科，東広島市  
Department of Information Engineering, Hiroshima University, Higashi-hiroshima-shi, 739-8511 Japan

\* 現在，セイコーエプソン株式会社

a) E-mail: kunitika@ci.kyutech.ac.jp

本研究の目的は、解答文の正誤（構文的誤りとは無関係に、質問の解答として適切かどうか）を判定するとともに、解答が誤っていた場合には、その誤りを同定する意味的正誤判定機能を実現することである。従来の研究では、あらかじめ用意しておいた正答や誤答と文字列の比較を行うという方法で正誤判定が行われている場合が多い（例えば、[4],[13]）。これは、あらかじめ用意しておいた質問を用いる場合に、利用可能な方法である。我々も単純な質問に対しては、文同士の比較による正誤判定機能を実現している[10]。ただし、本研究で用いる質問文は自動生成されたものであり、あらかじめ正答を用意しておくことができないため、主に質問文のもとになったテキスト文の単語を入れ換えることで正答を自動生成するという方法をとっている。しかし、本研究で扱っている「複数文の内容に関する質問」[6]などの単純ではない質問に対する正答については、複数文にまたがる語句間の照応関係や事象間の時間関係などを同定する必要があるため、単語を入れ換えるという方法で自動生成することはできない。したがって、物語と解答文の意味解析を行い、その結果得られる意味情報を用いた正誤判定法が必要となる。

本論文では、意味情報を比較することで正誤判定を行うとともに、自然言語処理の際に生じる解釈のあいまい性を解消する手法を提案する。以降の章では、まず質問応答機能の概要を述べ、次に正誤判定機能の実現法について説明する。その後、本正誤判定機能の評価実験について述べる。

## 2. 質問応答機能の概要

本学習機能は、中学校の教科書で使用されているレベルの英文を対象とし、物語の表層的な内容に関して質問応答を行う機能である。本学習機能では、システムが英語で質問を行い、それに対して学習者が英語で解答を行う。対象となる学習者のレベルは、限定していない。学習者は「読む」または「聞く」などにより、その内容をある程度理解していることを前提とし、テキストを隠した状態で質問応答を行う。

本学習機能の目的は、特定の知識の理解状態を確認するとともに知識の定着を図ることである。したがって、物語の内容を記憶するために大きな負担がかからない5~6文程度の短い物語を対象としており、質問応答で扱う内容は物語の表層的な意味に限定している。

質問応答機能の処理の流れは以下のとおりである。

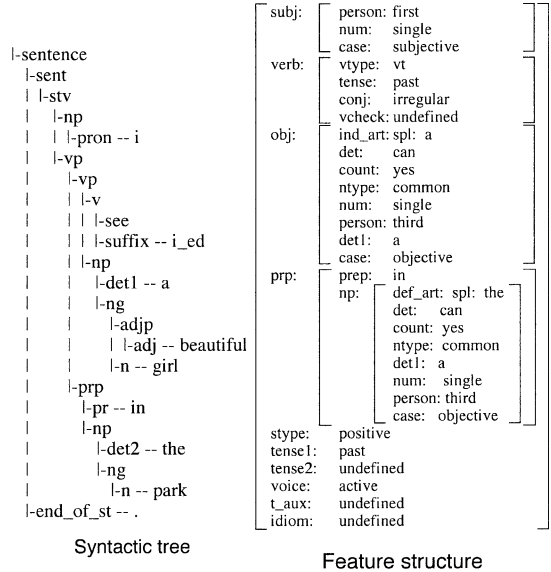


図 1 構文情報の例

Fig. 1 An example of syntactic information.

まず、教材作成者が用意した物語テキストから、自然言語理解モジュールを用いて構文・意味情報などのテキスト文情報を抽出する。本自然言語理解モジュールは、Prolog の DCG (Definite Clause Grammar)[14] を使用して実現している[5]。また、抽出された構文・意味情報は、ユニフィケーション処理により、Prolog のリストを用いた素性構造によって表現される。構文情報及び意味情報の例を図 1 及び図 2 に示す。次に、質問文生成モジュールにより、質問文及び正誤判定のための情報を生成するとともに、生成した質問の複雑さを算出する。生成される質問文の形式は、Yes/No で解答する一般疑問文、及び疑問詞を用いた特殊疑問文である。その後、質問制御モジュールにより、質問応答履歴や学習者の理解状態を考慮して学習者に適切な質問文を選択・出題する。学習者の解答は、自然言語理解モジュールにより解析され、構文・意味情報が抽出される。ここで、構文的誤り同定及び正誤判定が行われる。もし学習者が誤った入力をした場合は、学習者に熟考を促すように支援するという基本的姿勢で、誤り治療モジュールを利用して、ヒントや簡単化した問題の提示を行う。なお、現在は、良い解答文へ導く支援は行っていない。

## 3. 意味的正誤判定の概要

意味的正誤判定の目的は、学習者の解答文の正誤を

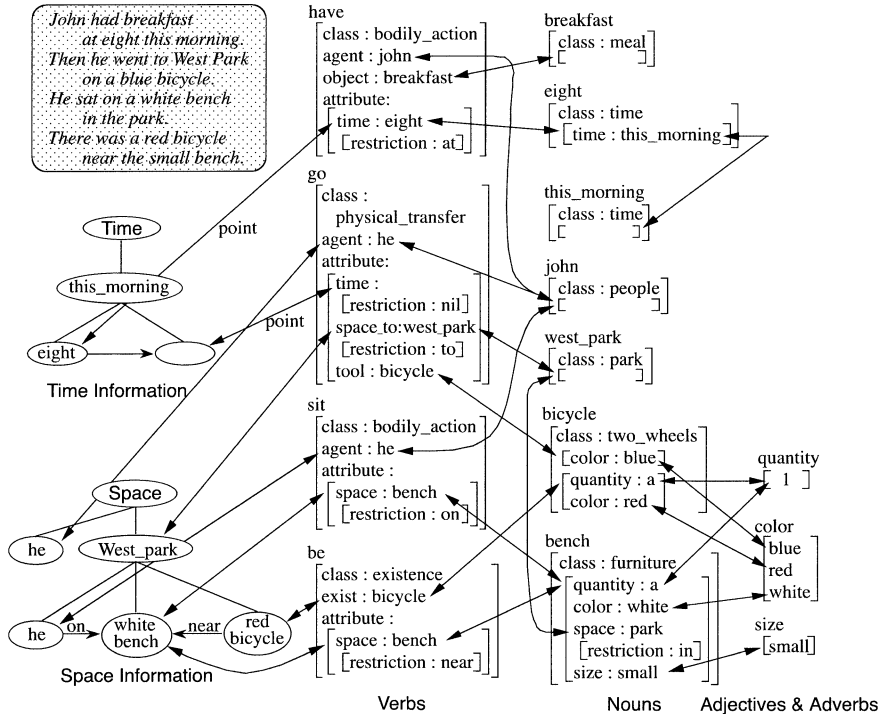


図 2 意味情報の例  
Fig. 2 An example of semantic information.

判定するとともに、誤りが含まれていた場合は、その後の支援の際に必要な「誤り情報」を抽出することである。正誤判定では、原則として、解答文に最低限必要な情報が含まれており、テキストの内容と意味的に矛盾しなければ正解と判断する。また、解答文に解釈のあいまい性があり、正解にも誤りにもとれる場合は、正解の方を優先する。

本章では、まず誤り情報とその利用について説明する。次に、本質問応答機能の正誤判定では様々な解答の表現形式を処理できる必要があるため、想定される解答文の形式を整理する。その後、正誤判定の方法について述べる。

### 3.1 誤り情報とその利用

誤り情報は、誤りの種類（挿入、省略、不一致）、誤り箇所、誤った語句、及び正しい語句のことを指している。学習者の解答文が誤っていた場合には、これらの情報を参照し、学習者に熟考を促すことを目的として段階的にヒントを提示する。つまり、最初は抽象的なヒントを与え、同じ誤りを繰り返す場合はより具体的なヒントを提示する。以下に、最も具体的なヒントによる治療例を示す。

質問文生成元: Sally bought a white car.

The car is small.

質問文: What did Sally buy?

解答文: She bought the small dog.

治療メッセージ: “Sally” が “buy” した対象は “dog” ではなく “car” です

ここで、「buy」した対象が誤り箇所であり、「dog」が誤った語句、「car」が正しい語句である。この例では同じ誤りを繰り返したため、どのように修正したらよいかという情報を具体的に提示している。なお解答文では、質問生成元の次の文で出現する “small” を用いているが、その修飾対象である “car” は質問生成元の文の “car” と同一物体であることが意味情報で表現されているため、正しい情報と判断される。

### 3.2 解答文の形式

前述のとおり、本研究の質問応答機能の質問文の形式は、一般疑問文と特殊疑問文であり、それぞれ「Yes/No」と「疑問詞に対応するテキストの内容」が「解答に最低限必要な情報」である。本研究ではこれを必須情報と呼ぶ。

我々は、中学校の英語の教科書や参考書を調査し、解答文として入力される可能性のある解答文の形式を整理した。以下、本質問応答機能で取り扱う解答形式とその例を示す。

(f1) 必須情報のみ

質問文：Who is Jean's brother?

解答例：Ted.

(f2) Yes/No, 代名詞 + {do(does, did), 助動詞, be 動詞}

質問文：Is Ted Jean's brother?

解答例：Yes, he is.

(f3) 必須情報 + {do(does, did), 助動詞, be 動詞}

質問文：Who is Jean's brother?

解答例：Ted is.

(f4) 解答指示語 + be 動詞 + 必須情報

質問文：Who is Jean's brother?

解答例：It is Ted.

(f5) 平叙文

質問文：What did Sally buy?

解答例：She bought the small ring when she stayed in Tokyo.

(f6) Yes/No, 平叙文

質問文：Did Tom see a man who was reading a book in the park?

解答例：No, he saw a man who was running in the park.

### 3.3 意味的正誤判定法

本正誤判定では、まず解答形式の検査を行い、その後、解答文の内容の確認を行う。その際には、その後の誤り治療で必要になる、誤りの種類、誤り箇所、誤った情報及び正しい情報を抽出することが要求される。以下、各手法について述べる。

#### 3.3.1 解答形式の検査 [10]

自然な質問応答が成立するためには、質問・解答間の適切な対応関係がとれていることが必要である。本研究では、教科書や文法書等を参考にして、質問形式と解答形式の対応関係を調査・整理した結果を利用し、一般疑問文に対する解答文が 3.2 の (f2) 及び (f6) の形式になっているかどうか、また特殊疑問文に対する解答文が (f3)~(f5) の形式になっているかどうかを検査している。

#### 3.3.2 予想正答文との比較による正誤判定 [10]

3.2 で述べた解答文の形式のうち、解答文の種類が

限られている (f1) から (f4) までを対象とし、予想正答文と学習者の解答文とを比較することで、正誤判定及び誤りの検出を行う。具体的には、まず解答文の形式を判断し、各形式に応じた方法で質問文の構文情報から予想正答文を自動生成する。続いて、予想正答文及び解答文の単語と構文情報の比較を行う。その際には、必須情報以外については、仕組みの簡単化のために、単純に語句の比較を行う。また、必須情報については、修飾語句の省略を許すために、主要部 (head) の原形同士の比較を行う。もし、必須情報が修飾語句以外であり、修飾語句を省略しない場合は、「質問生成元と同一の修飾語句に限る」という方針で検査を行う。

#### 3.3.3 意味比較による正誤判定

3.2 で述べた解答文の形式のうち、前節の比較による正誤判定法では処理困難な (f5) 及び (f6) を対象とし、解答文の意味情報と物語の意味情報とを比較することで正誤判定及び誤りの検出を行う。また、その結果を利用し自然言語解析のあいまい性の解消も行う。詳細は、次章で述べる。

## 4. 意味比較による正誤判定法

本質問応答機能は、自然言語入力による自由な解答を許しているため、学習者が入力する解答文は、必ずしも物語のテキスト文と同一ではなく、情報の過不足や同義語・異なる表現の利用の可能性がある。したがって、3.3.2 で述べた予想正答文との比較による正誤判定だけでは処理可能な解答文に限られてしまう。本研究では、多くのバリエーションの解答文に対処するために、自然言語処理の結果得られる解答文の意味情報と物語の意味情報とを比較することで、正誤判定及び誤り情報の抽出を行う。ここで問題となるのが、自然言語処理の際に生じる解釈のあいまい性である。一般に、自然言語処理を行う際には、複数の解釈の可能性が生じるという問題があるが、学習者に適切なフィードバックを返すためには、学習者の解答文を正しく解釈する必要がある。

本正誤判定機能では、まず、生成されたすべての自然言語処理結果について、物語の意味情報との比較を行い、誤り情報を抽出する。次に、その結果を考慮して最も妥当な自然言語処理結果を選定する。意味情報の比較の際には、解答文の意味情報、物語の意味情報及び質問文の情報を比較することにより、解答文の意味的な誤りの種類や箇所などを同定する。また、あいまい性の解消では、質問応答における学習者の解答

は物語の内容に沿ったものであると仮定し、物語の構文・意味情報を用いることにより最も妥当な自然言語処理結果を選定する。以下、4.1で意味情報の比較について述べ、4.2で自然言語処理結果の選定について述べる。

#### 4.1 意味情報の比較

解答文の意味情報と物語の意味情報を比較する際は、意味情報に記述されている同じ格同士を比較し、挿入、省略、不一致という誤りの種類及び場所を同定する。しかしながら、解答文中で、代名詞、同義語、反義語などの異なる語句が使用される場合があるため、それらの妥当性を検証するための規則が必要である。以下では、まず解答文中で用いられる語句の妥当性に関する判断基準について説明し、その後、必須情報の検査について述べる。

##### 4.1.1 意味的妥当性の検証

###### (1) 代名詞

本研究では、「解答文中の代名詞の被指示語は質問文中に存在すること」という制約を設け、代名詞選択の適切さの検査を表1を参照して行う。人称代名詞については、所有代名詞や再帰代名詞を含めた格変化に対応している。もし、質問文中に代名詞が指す語句が存在しない場合は「代名詞の指示語の省略」という誤りと判断し、表1の制約に違反している場合は「代名詞の不一致」と判断する。また、質問文の中では一人称と二人称が用いられることはないため、解答文中にIやyouが用いられていた場合も「代名詞の不一致」と判断する。

###### (2) 冠詞

冠詞は英文の意味を特定する際に重要な要素であるが、解答文中で冠詞を正しく使用しているかどうかを判断するための基準を決める事は非常に困難である。

例えば、テキスト文“Sally bought the small car.”に関する質問文“What did Sally buy?”に対し、定冠詞を不定冠詞に変え、“She bought a car.”と解答した場合も質問の解答としては十分だと考えられる。したがって、現在は冠詞に関する誤りの検出は行っていない。

###### (3) 同義語

学習者は、物語の内容を解釈・記憶したものを解答文として表出するため、物語の英文と同一の語句を使用するとは限らない。このような場合に対処するため、同義語辞書を参照して正誤を判断する。一般に、語句が異なるとそれらの意味も異なるが、本研究では、canとbe able toなど、教科書などで置換可能と説明されている語句のみを同義語として取り扱う。

###### (4) 反義語

方向性のある動詞の場合、反義語を用いて同様の意味を表現することが可能である。そのような語句は、置換規則とともに反義語辞書に登録されており、それを用いて正誤判定が行われる。例えば、sellとbuyの場合、動作主と受け手が入れ換わっているかどうかを確認する。

###### (5) 語順を入れ換えることが可能な動詞

語順を入れ換えても、意味が同じになる動詞がある。このような動詞について、置換規則を用意しており、それに合致しているかどうかを検査する。例えば、lease, rentは動作主と受け手が置換可能であるという知識を保持している。

###### (6) 言換え

学習者は記憶しているテキストの意味から英文を表出するため、テキスト文とは異なる表現が用いられることがある。例えば、a. “May took Jefferson to the lake.”と解答すべきところで、b. “May went to the lake with Jefferson.”やc. “May and Jefferson went to the lake.”と解答する場合が考えられる。これらの英文の意味には、 $a < b < c$ という包含関係が存在すると考えることができる。つまり、物語中にaのような表現がありその内容を尋ねる質問に対してcのような表現で解答したとしても単に誤りと判断することは適切ではないと考える。本研究では、上記のように文の必須格が同一で意味の包括関係が成り立っている場合に限り、意味の省略を許す。この処理の実現のため、本研究では、単語ごとの対応関係を知識として記述している。上記a, b, cの例文では、「takeより上位の概念としてgoがあり、takeの動作対象はgoの動作

表1 代名詞の利用規則

Table 1 Rules on using pronouns.

	単数		複数	
	特定	不特定 (*1)	特定	不特定
男性	he		they	they/so me[any] (*3)
女性	she			
中性	it	one		
通性	he/sh e/it (*2)	he/sh e/one (*2)		

(\*1) 質問文中でa[an]が修飾している場合は不特定、それ以外は特定

(\*2) 物語中で性別がわかっている場合はhe/she, わからない場合はitもしくはone

(\*3) 質問文中でanyが修飾している場合はsome[any], それ以外はthey

主になることができる」, 「with が同伴の意味をもつとき, その後に続く名詞は動作主になることができる」という知識を利用して文の言い換えの検査を行う。

#### (7) No, 平叙文

一般に, No と解答した後は正しい情報を加える。必須情報が No となる一般疑問文は, 反義語辞書を用いて質問文生成元の動詞や形容詞などの語句を反義語で置き換えることにより生成される。したがって, No に続く平叙文中に「テキスト文中の正しい情報」が含まれているかどうかを検査する必要があるため, 前述の(1)から(6)までの方法だけでは不十分である。もし正しい情報が含まれていない場合は, 「反義語で置き換えた語の省略」という誤りと判断する。例えば“Lucy caught cold in winter.” に対して “Did Lucy catch cold in summer?” という質問が出題され, 学習者が “No, she caught cold in winter.” と解答した場合は正解となるが, “No, she caught cold.” と解答した場合は “in winter” という正しい情報が欠如しているために「反義語で置き換えた語の省略」という誤りだと判断される。

##### 4.1.2 必須情報の検査

必須情報は, 解答文中に必ず含まれていなければならない情報であるため, 解答文のほかの部分とは異なる処理が必要である。以下, 必須情報の検査について述べる。

#### (1) 修飾語句

解答文中では, 物語の中で使用されていた修飾語句の一部またはすべてが省略されている場合が考えられる。また, 質問生成元以外の文中で出現している修飾語句を解答文で使用している場合もある。このような場合には, 誤りと判断すべきではない。例えば, 質問文 “What did Sally buy?” の生成元が “Sally bought a white car.” であり, その後同一の car のことを述べた “The car is small.” という文があったとする。この場合, 質問生成元以外の文中の形容詞を使用して “She bought the small car.” と解答しても誤りと判断すべきではない。このような場合にも対処できるようにするため, 本研究では以下のルールを定義・利用する。

- 修飾語句の省略の可否は教師が定める
- 質問文中に表れている修飾語句は省略可能
- 質問文生成元以外の物語で表れている修飾語句は省略可能

#### (2) 複数の必須情報

例えば “John and Mary” を疑問詞に置換して質問文を生成した場合など, 必須情報に複数の事物が含まれており, その一部だけを解答する場合が考えられる。このような場合は, 「必須情報を省略」した誤りと判断する。

また, 質問によっては物語の複数の文に正解が含まれている場合が考えられる。もし, 質問生成元以外の内容を解答した場合であっても, 正解と判断する必要がある。そのためには, 質問文生成元以外の物語の内容との比較が必要である。本研究では, 以下の条件を満たす場合に, 質問文生成元以外の英文の意味情報との比較を行う。

- 解答文と質問文生成元の動作が異なっている
- 解答文と質問文生成元以外の物語の動作が同じである

#### 4.2 自然言語処理結果の選定

一般に, 自然言語処理の際には解釈のあいまい性が生じる。質問応答では, 学習者が誤った英文を入力する場合もあるため, 解釈の可能性の数は正しい文のみを対象とする場合よりも多くなる。学習者の理解状態に適した指導を行うためには, 学習者の解答文の解析の際に生じるあいまい性を解消する必要がある。

あいまい性を解消する方法として, 常識的知識を利用することが考えられる。しかし, あらゆる物語に適応可能な知識と推論の仕組みを実現することは困難である。また, 本質問応答機能は, 物語の内容に関する質問応答を行う機能であるため, 学習者は物語の内容の一部を表出していると仮定し, 物語の内容に最も近い解釈を採用するという方法であいまい性の解消を行う。本研究は, 物語の表層的な内容を扱っているため, あいまい性の種類を構文的あいまい性と意味的あいまい性の二つに分けることができる。構文的あいまい性の解消及び意味的あいまい性の解消は, 互いに独立した処理であるため, それらの実行順序は任意であるが, 現在は, 意味的あいまい性の解消を先に行っている。本節では, 二つのあいまい性の解消法について述べる。

##### 4.2.1 意味的あいまい性の解消

英単語の中には, 一つの語句が複数の意味をもつものがある。例えば, 名詞 rock は「岩」と「ロック音楽」の二つの意味をもち, 動詞 put は原形・過去形・過去分詞形すべて同じ形で表現されている。そのため, 一つの英文に対して複数の解釈が生じる場合がある。前述のように, 物語の意味情報と解答文の意味情報を比較した際に, 二つの意味情報の相違点が抽出される。

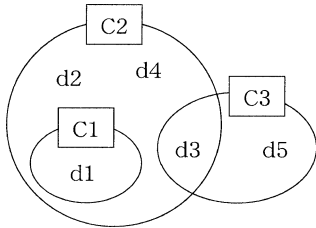


図 3 解釈及び相違点の関係

Fig. 3 Relationship among the interpretations and differences.

本研究では、相違点の包含関係を用いてあいまい性を解消する。

例えば、“Eva fishes for her mother.” という英文から生成された質問に、“Eva fishes her mother.” と解答した場合、構文的誤りも考慮すると以下のような解釈が可能である。以下、各解釈ともとの文との相違点を列挙する。なお“□”は、語の欠落を表す。

C1 : Eva fishes □ her mother.

(d1) 動作属性の前置詞を省略した

C2 : Eva fishes her □ □ mother.

(d1) 動作属性の前置詞を省略した

(d2) 動作属性の冠詞を省略した

(d3) 動詞 fish を他動詞として用いた

(d4) 動作対象 her を挿入した

C3 : Eva fishes her mother.

(d3) 動詞 fish を他動詞として用いた

(d5) 動作対象 her mother を挿入した

d1 及び d2 は構文的誤りである。図 3 に、これらの解釈及び相違点の関係を示す。同図からも分かるように、C1 と物語との相違点は C2 と物語との相違点の一部である。これは語句の多義性のために不要な解釈が生じた結果である。よって C2 は、正しい解釈ではないと判断する。また、C3 は C1 より物語との相違点を多くもつが、包含関係になっておらず、この時点ではどちらの解釈が正しいのかを判断できないため、これ以上の解釈の選定は行わない。このように、より多くの相違点をもつ解釈を選択候補からはずしていく。

#### 4. 2. 2 構文的あいまい性の解消

前置詞句など修飾語句の係り受け関係にあいまい性が生じる場合がある。例えば、“Tom saw a man in the park.” の “in the park” は、動詞または直前の名詞句にかかる解釈できる。物語の英文と学習者の英文が同一の場合、物語の英文の構文情報を参照し、その係り受け関係をもつ解析結果を採用する。しかし、

学習者の入力する解答文は、物語の英文と同一とは限らないため、文字列の比較だけでは対処できない。例えば、間違った前置詞を用いた “Tom saw a man on the park.” という英文が入力される場合が考えられる。このような問題を解決するため、我々は、計算機が解答文中の語句の修飾関係を予想するための判断基準として、解答文と物語の修飾関係（語句及びその品詞）の適合度を以下の五つのレベル（L5 が最高）で表現した。各解析結果のレベルを求め、最も高いレベルの修飾関係を採用する。

L5. 質問文生成元と修飾関係が同じ

L4. 質問文生成元以外と修飾関係が同じ

L3. 質問文生成元の修飾関係と品詞が同じで、語句は片方が同じ

L2. 質問文生成元の修飾関係と品詞が同じで、語句ははじめの単語が同じ

L1. その他

前項の例の場合、C1 が L3、C3 が L1 となり、より高いレベルの C1 の解釈が最終的に選択される。

#### 4. 2. 3 自然言語処理結果の選定の限界

構文的・意味的あいまい性の解消だけでは、あいまい性を解消できない場合がある。以下に例を示す。

質問文生成元 : Tom sings a song.

質問文 : Who sings a song?

解答文 : Tom sings a song for June.

June に人名と月という意味があると考え、 “for June” を目的または時間と解釈することができる。このように、追加された情報が原因であいまい性が生じる場合は、先の方法ではあいまい性を解消することができない。このような場合、本研究では自然言語処理結果を任意に選定する。以下に、その理由を挙げる。

- 意味的誤り治療では、字面のみで治療を行うため、格を同定する必要はない。例えば、上記の例の場合、「for June は余分な情報です」という情報を学習者に与える。

- 学習者モデルでは、誤りの種類は保存するが、誤りが含まれていた語句の格は保存しない。

## 5. 評価

我々は、本研究の正誤判定法が、実際の正答及び誤答を正しく判断できるかどうかを確認するために、調査を行った。本章では、正誤判定法の評価として、その調査結果について述べる。

5.1 調査方法

中学校の英語の教科書にある物語から6文を取り出し、質問文自動生成機能 [6] を用いて質問文を生成した。その中から、一般疑問文及び特殊疑問文を各5問選択した。一般疑問文のうち、2問がNoと答えるべき質問である。図4に物語文及び質問文を示し、図5に物語の意味情報を示す。調査の際には、まず2分間物語を読んで内容を理解してもらい、その後物語を見ずに各問題に解答してもらった。解答文の形式及び数については自由とした。被験者は、本学の大学生及び大学院生32名である。

調査の結果、一般疑問文に対する165の解答文及び特殊疑問文に対する163の解答文が得られた [10]。その中で、本論文で述べた正誤判定法が対象としている (f5) 及び (f6) の形式の解答文の数を表2に示す。表の値には、つづり間違いのために解析できない文も含ま

物語文：

On a beautiful afternoon, the Titanic started on its first journey.  
 Many people were enjoying the journey.  
 There were some icebergs (氷山) around the Titanic.  
 Icebergs are dangerous to ships.  
 A man saw a very big iceberg near the ship.  
 He shouted in a loud voice.

一般疑問文：

Did the Titanic start on its first journey which many people were enjoying?  
 Were there some icebergs around the titanic?  
 Are icebergs safe to ships?  
 Did a man see a very small iceberg near the ship?  
 Did man shout in a loud voice?

特殊疑問文：

When did the Titanic start?  
 Who was enjoying the journey?  
 What is dangerous to ships?  
 What did a man see near the ship?  
 How did a man shout?

図4 物語文及び質問文

Fig. 4 A story and questions.

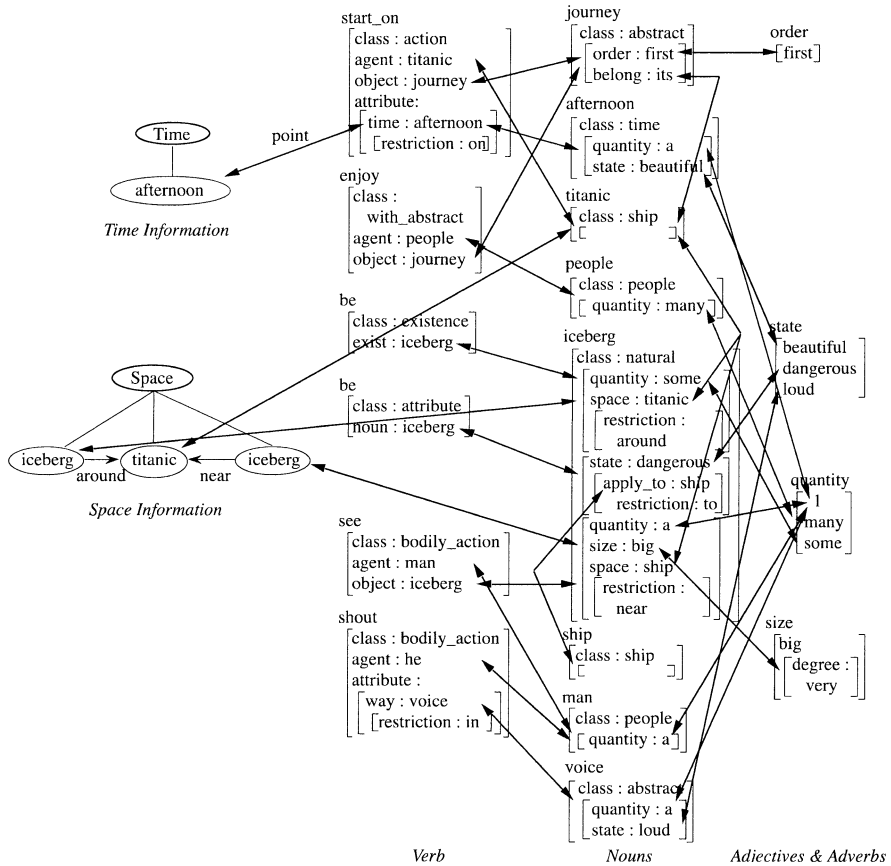


図5 物語の意味情報

Fig. 5 The semantic information of the story.



表 2 (f5) 及び (f6) の形式の解答文の数  
Table 2 Number of answers written in (f5) or (f6).

	一般疑問文	特殊疑問文	合計
(f5) 文	0	88	88
(f6) Y/N+文	29	0	29
合計	29	88	117

表 3 解答文の数  
Table 3 Number of answers.

	一般疑問文	特殊疑問文
対象とする解答形式 (正答率)	28 (79%)	79 (61%)
正しく判定した解答文	28	74
正しく判定した割合(%)	100	94

表 4 解答文のバリエーション数  
Table 4 Number of answer variations.

	一般疑問文	特殊疑問文
対象とする解答形式 (正答率)	21 (71%)	64 (53%)
正しく判定した解答文	21	59
正しく判定した割合(%)	100	92

れており、そのような文を除いた、一般疑問文に対する解答文 28 文及び特殊疑問文に対する解答文 79 文を対象にし、本手法で正しく正誤判定が行えるかどうかを確認した。

## 5.2 結果と考察

表 3 に、本正誤判定法で対象としている解答形式の解答文と正しく判定された解答文の数を示す。これらには、同じ解答も含まれている。異なる解答を数えた結果を表 4 に示す。表 4 より、予想解答文を事前に準備するには困難な数のバリエーションが存在することが分かる。

表 3 に示すように、本手法により正しく正誤判定を行うことができた解答文の割合は、一般疑問文では 100%であり、特殊疑問文では 94%であった。また表 4 より、正しく判定できたバリエーションの割合は、それぞれ 100%と 92%であった。解答文の正答率（一般疑問文及び特殊疑問文を合算した場合）については、解答文数で算出すると 65%であり、バリエーション数では 58%であった。つまり、本評価で用いた解答文は、正答または誤答に極端に偏っているわけではない。したがって本手法は、解答形式 (f5) 及び (f6) について、実際の質問応答の際に入力されるほとんどの解答文を正しく正誤判定できるといえることができる。

正誤判定が失敗した原因は、以下のとおりである。

- 本研究の質問生成機能では、物語の表層的な内容で答えられる質問を生成しているが、学習者が直接的に答えずに、推論をすれば正解と判断されるような解答をしている場合があった。常識的知識とそれを用

いた推論の仕組みを用意すれば、正しく正誤判定を行うことができると思われるが、あらゆる物語を想定して知識を用意しておくことは大変困難である。

- 4.1.1(3) で述べたように、教科書などで書換え可能と扱われている語句については同義語辞書に登録し、置換可能として扱うが、その同義語辞書に登録されていない語を使用した解答文があった。そのような語句は、同義語として登録すれば正しく判断することができるが、すべての同義語を列挙することは大変困難である。

このような解答文は、本質問応答機能が対象としている「表層的な内容」の範囲を逸脱するものである。言い換えると、本実験の結果からは、表層的な内容の範囲であれば正しく正誤判定を行うことができると判断できる。

## 6. む す び

近年、学習者の理解状態に適した支援を行う知的言語学習支援システムに関する研究が増えてきている [3]。これらのシステムの多くは、意味的正誤判定を行うための方法として、教材作成者があらかじめ用意しておいた正答・誤答と解答文との文字列の比較を行っている [4], [13]。また、オートマトンを用いた正誤判定も行われている [16]。これらの手法により、自動生成された質問に対する解答文の正誤判定を行うためには、質問生成元の文の語句を入れ換えるなどの操作が必要となる。しかし、単なる語句の入換えでは、複数文にまたがる語句間の参照関係や時空関係などを取り扱うことができないため、「複数文の内容に関する質問」に対処することができない。一方、我々のシステムは、英語文章を構文・意味解析して語句間の参照関係や時空関係などを抽出し、そのような情報を含む意味情報を用いて正誤判定を行っているため、「複数文の内容に関する質問」も扱うことができる。また、従来のシステムでは格情報を扱うことができないため、4.1.1 で述べた代名詞、語順変更可能な動詞、言換えなどに対処できない。

学習者の解答文を解析する方法としては、文法・語彙規則を用いた構文解析が多く利用されている（例えば、[1], [4], [11]）。しかし、誤り同定及びその治療は構文的なものに限定されており、我々が行っているような意味的誤り（質問の解答として不適切である場合）の同定及び治療は行われていない。また、オートマトンを利用したシステム [16] では、文法的誤りのほかに

語用に関する誤りも認識し、学習支援を行うことが可能であるが、問題ごとに解答文のパターンを分析し、テンプレートデータ及び支援メッセージを事前に用意しておく必要がある。したがって、正誤判定及び治療のための準備は大きな負担となる上に、その性能はテンプレートデータを作成するために使用した元データに大きく依存するという問題がある。そのほかに、解答文の意味解析を行い、正解の意味情報との比較を行うシステムもある [11]。しかし、このシステムの場合は、解析時のあいまい性の解消を学習者が行う必要があるため、特に初期の学習者にとっては好ましくないと考えられる。

このように従来のシステムは、教材作成者が正誤判定のための十分な量の情報をあらかじめ用意しておく必要があるため、教材作成者にとって大きな負担となる。しかも誤り治療は、文法的誤りに限定しているものがほとんどであり、我々が行っているような意味的誤りの治療は行われていない。それに対して我々のシステムは、教材作成者または学習者が用意した任意の英語文章から質問文を自動生成し、学習者の理解状態に合致した質問を選択・出題する。また、解答文解析時のあいまい性の解消は自動的に行われ、構文的・意味的正誤判定及び治療のための教材作成者の作業は不要である。

自然言語処理の研究分野では、従来、規則や制約を利用して自然言語を解析する手法がとられてきたが、近年では統計的な手法が多く採用されている [12]。しかし、統計的な手法を学習支援システムに応用することを考えた場合、学習者が構成した文が統計的に正しいかどうかの判断はできるが、なぜ文法的に誤っているのかという情報が得られないという問題点がある。また、ユーザとの対話を実現するため、自然言語の意味を解釈する研究も数多く行われている。例えば文献 [15] では、実用的なシステムとして、Web ページから製品情報、リクルート情報、論文情報を抽出するシステムが紹介されている。同文献によると、論文情報の抽出に関する研究の正解率は 80% であるが、十分に有用であることが紹介されている。このようなシステムは、幅広い種類の文の意味を解釈することを目的としたものが多く、正解率が多少低かったとしても実用的なシステムとして利用することが可能である。しかしながら、学習支援システムにおいては、適用範囲の広さよりも正しく解釈できることの方が重要である。したがって、上記のようなシステムをそのまま学習支

援システムに応用することはできない。

以上のような検討をもとに、我々は、文法・語彙規則を用いて構文・意味解析を行う自然言語理解モジュール [5] を実現・利用している。また、自然言語処理の分野で以前から利用されている素性構造や格フレームを、質問生成や正誤判定に適したものに改良し、それを用いて解析により抽出される情報を表現している。例えば本研究の意味情報は、語句・文の参照関係や時空間関係を抽出・利用しやすい表現になっている。

解答文を解析し正誤判定された結果は、その後の学習支援に利用される。前述のとおり、従来の言語学習支援システムは、主に構文的な誤りを検出し、その誤りを治療するために、あらかじめ用意しておいたメッセージを出力するものが多い (例えば, [4], [11], [16])。German Tutor [4] では、更に、学習者のレベルに応じたメッセージを提示する。それに対して我々のシステムは、構文的誤りのみならず意味的誤りも治療の対象とし、学習者の熟考を促すことを意図して、誤り箇所と修正のための情報を交互に、かつ、誤り頻度を考慮して段階的に情報を詳細にしていくという方法でフィードバックを行うということに特徴がある [9]。

本論文では、任意の英語文章から適応的質問文を自動生成・出題し、構文的・意味的正誤判定及び治療を行う質問応答機能の上位機能の一つである「意味情報の比較による正誤判定機能」の実現、及びその適用範囲について述べた。調査の結果、本手法を利用することで、文の形式の解答文のほとんどを正しく正誤判定できることが確認できた。

4.1.1 で述べた同義語、反義語、語順の入換え、及び言換えの検証については、単語及び置換規則をあらかじめ用意しておき利用するという方式をとっているが、現在はその仕組みを実現した段階であり、登録されている知識は少数である。

今後の課題は、これらの知識を簡単に入力できるようにするための方式の確立、及び知識の充実である。また評価については、今回は大学生及び大学院生の解答文を使用した。他のレベルの被験者に対しても同様の結果が得られるとは限らないため、より幅広いレベルの被験者を対象にした調査が必要である。

## 文 献

- [1] C. Bowerman, "An intelligent language learning system for writing in German," Proc. East-West Conference on Computer Technologies in Education, pp.29-34, 1994.
- [2] H.D. Brown, Principles of Language Learning and

- Teaching, Prentice-Hall, NJ, 1980.
- [3] J. Gamper and J. Knapp, "A review of CALL systems in foreign language instruction," Proc. 10th International Conference on Artificial Intelligence in Education, pp.377-388, 2001.
- [4] T. Heift and D. Nicholson, "Web delivery of adaptive and interactive language tutoring," Int. J. AIED, vol.12, pp.310-324, 2001.
- [5] H. Kunichika, A. Takeuchi, and S. Otsuki, "Hypermedia English learning environment based on language understanding and error origin identification," IEICE Trans. Inf. & Syst., vol.E77-D, no.1, pp.89-97, Jan. 1994.
- [6] 國近秀信, 花多山知希, 平嶋 宗, 竹内 章, "英語長文読解学習のための質問文自動生成機能の実現とその評価," 信学論 (D-I), vol.J83-D-I, no.6, pp.702-709, June 2000.
- [7] 國近秀信, 宇留島稔, 平嶋 宗, 竹内 章, "英語長文読解学習のための質問の複雑さの定義とその評価," 人工知能誌, vol.17, no.4, pp.521-529, 2002.
- [8] 國近秀信, 宇留島稔, 平嶋 宗, 竹内 章, "英語長文読解学習のための適応的出題制御," 教育システム情報学会研究報告, vol.18, no.3, pp.7-12, 2003.
- [9] H. Kunichika, M. Honda, T. Hirashima, and A. Takeuchi, "A method to resolve ambiguity of interpretation of English sentences for intelligent English learning support systems," Proc. International Conference on Computers in Education 2003, pp.1139-1146, 2003.
- [10] 國近秀信, 本田 実, 平嶋 宗, 竹内 章, "英語物語に関する質問応答のための予想正答文との比較による正誤判定法," 教育システム情報学会誌, vol.21, no.3, pp.232-240, 2004.
- [11] L. Levin and D. Evans, "ALICE-chan: A case study in ICALL theory and practice," in Intelligent Language Tutors: Theory Shaping Technology, ed. V. Holland, J. Kaplan, and M. Sams, Ch.5, Lawrence Erlbaum Associates, NJ, 1995.
- [12] 松本裕治, 徳永健伸, "コーパスに基づく言語処理の限界と展望," 情報処理, vol.41, no.7, pp.793-796, 2000.
- [13] M. Murphy and M. McTear, "Learner modelling for intelligent CALL," Proc. Sixth International Conference, UM97, pp.301-312, 1997.
- [14] F.C.N. Pereira and D.H.D. Warren, "Definite clause grammars for language analysis — A survey of the formalism and a comparison with augmented transition networks," Artificial Intelligence, vol.13, pp.231-278, 1980.
- [15] 関根 聡, "情報抽出—情報を整理して提示する," 情報処理, vol.45, no.6, pp.563-568, 2004.
- [16] 徳田尚之, 黄 亮, 陳 亮, 日下部誠, 永井 明, "テンプレートオートマトンによるオンライン知的英作文教育支援システム," 信学論 (D-I), vol.J84-D-I, no.7, pp.1089-1101, July 2001.

(平成 16 年 4 月 9 日受付, 8 月 7 日再受付)



國近 秀信

平 4 九工大・情報工・知能情報卒・平 6 同大学院修士課程了。平 8 同大学院博士後期課程了。同年同大・情報工・知能情報工学科助手。現在, 同大学院・情報工助教授。情報工博。知的学習支援システム, 特に言語学習支援に関する研究に従事。情報処理学会, 人工知能学会, 教育システム情報学会各会員。



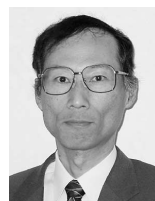
本田 実

平 13 九工大・情報工・知能情報卒・平 15 同大学院博士前期課程了。現在, セイコーエプソン(株)。



平嶋 宗 (正員)

1986 阪大・工・応用物理卒・1991 同大学院博士課程了。同年同大産業科学研究所助手。九州工業大学情報工学部助教授を経て, 2004 広島大学大学院工学研究科教授。知的学習支援システム, 情報フィルタリングなどの研究に従事。1993 年度人工知能学会全国大会優秀論文賞, ED-MEDIA95 優秀論文賞, 1996, 1998, 1999 年度人工知能学会研究奨励賞, ICCE2001 優秀論文賞。情報処理学会, 教育システム情報学会, 教育工学会, IAIED, AACE 各会員。



竹内 章 (正員)

1976 九大・工・造船卒。1978 同大学院修士課程了。九州大学工学部助手, 講師を経て, 1989 九州工業大学情報工学部助教授。現在, 同教授。工博。知的教育システム, ヒューマン・マシンインタフェースなどの研究に従事。情報処理学会, 人工知能学会, 教育システム情報学会各会員。