

## 帰納的学習による機械翻訳手法の評価実験

内山 智正<sup>+</sup> 荒木 健治<sup>++</sup> 宮永 喜一<sup>+</sup> 栃内 香次<sup>+</sup><sup>+</sup>北海道大学工学部電子工学科<sup>++</sup>北海学園大学工学部電子情報工学科

人間の翻訳においては、2つのやり方が融合されて用いられていると考えられる、それらは文法知識を用いる解析型手法と、既知の翻訳例からの類推に基づく用例学習型手法である。それゆえ、機械翻訳においても両者を融合した手法が効果的であると考えられる。解析型翻訳手法の利点、問題点については既に多くの研究があるが、用例学習型の翻訳手法については未だそれほど多くの研究はない。我々は解析型と用例学習型を融合した翻訳手法を実現するための一段階として、帰納的学習による機械翻訳手法を提案した。本論文では、この手法の利点と問題点を明らかにすることを目的として行なった大量の文献による翻訳実験結果について述べる。

## An Evaluation of Machine Translation by Inductive Learning

Norimasa Uchiyama<sup>+</sup>, Kenji Araki<sup>++</sup>, Yoshikazu Miyanaga<sup>+</sup> and Koji Tochinali<sup>+</sup><sup>+</sup>Department of Electronic Engineering, Hokkaido University<sup>++</sup>Department of Electronics and Information Engineering, Hokkai-Gakuen University

It is considered that two types of translation methods are combined in the translation by human beings. One is an analytical method based on grammatical knowledge, and the other is an example-learning method based on analogy from known translation examples. Therefore, it is natural to consider that this combined method is useful for the machine translation. Although a number of studies had been made on advantages and problems of the analytical method, researches on example-learning method are not so many. We proposed a method for the machine translation by inductive learning, as a step of realizing a method which combines both an analysis method and an example-learning method. In this paper, we report an evaluation using large amounts of text data to make clear the advantages and problems of the inductive learning method.

## 1. はじめに

近年、国際交流が盛んになるに従い、機械翻訳の研究が盛んに行なわれてきている。ハードウェアの向上、つまり処理時間の短縮、記憶容量の大容量化により、機械翻訳を行なう上での計算機環境は整ってきた。しかし、数多くの機械翻訳システムが実用化されているが、十分に良質な翻訳結果が得られるまでには至っていないと思われる。これは、翻訳方法にこれといった決め手がなく、未だ多くの研究者が模索中であるということに他ならない。

これまでに提案された翻訳手法<sup>1, 2)</sup>の多くが、文法解析を基とした翻訳手法を採用している。この種の翻訳手法は、多数の言語学的知見を基にした翻訳辞書を作成し、構文解析処理、意味解析処理を行ない、翻訳結果を得るものである。このような解析型の翻訳手法の共通の問題点として以下のことが挙げられている<sup>5)</sup>。

(1) 言語現象の多様性により、全ての現象を解析規則により表わすことは、規則数の多さ、複雑さ、例外の多さ、等により困難である。このように、規則だけでは言語現象を記述することはできず、たとえば慣用句表現など、解析処理前に特別な場合分け等を行なう必要がある場合も多い。

(2) 解析処理を行なうために必要な知識は、膨大かつ複雑であり、システム処理が複雑なものとなる。そのため、使用している知識表現の拡張が困難であり、さらに知識の拡張による既存モジュールへの副作用があること等、首尾一貫した処理の枠組みを確立することが困難になる。

(3) 翻訳システムの作成者が翻訳システムに知識を与えるために、知識に偏りを生じることが避けられず、利用者にとっての対象分野が狭くなってしまふ。

上記の問題点を解決するため、実例に基づいた翻訳<sup>3)</sup>、用例に基づいた翻訳<sup>4)</sup>、など従来の翻訳手法とは異なる新しい翻訳手法が研究されている。これらの翻訳手法は、実例や用例などの変換知識を利用した高品質の翻訳を目的とし、変換プロセスに重点が置かれている。中でも実例より翻訳規則を学習し、その翻訳規則を用いて翻訳を行なう学習型の翻訳手法の研究は盛んで、我々が先に提案した帰納的学習に基づく機

械翻訳手法<sup>6)</sup>もその一つである。学習型の翻訳手法の多くは、実例における単語の対応関係や品詞等を与える必要があり、既存のシソーラスを用いたり、ヒューリスティックスを与えること等により解決している。

我々の手法<sup>6)</sup>は、学習部により翻訳例から差異部分と共通部分を多段階に抽出し、具象的ルールから抽象的ルールへと翻訳ルールを抽出し、翻訳辞書を構築していく。翻訳部では、具象的ルールより順に翻訳ルールを適用し翻訳を行なう。その後、翻訳された結果の正誤を利用者が判断し、フィードバック学習を行ない、次の翻訳の精度を向上させる。我々は、このような手法を多段階共通パターン抽出法<sup>6)</sup>と呼んでいる。この学習で得られる知識(翻訳ルール)はシステムが作成した知識であり、既存の知識を利用した学習が、主にシステムの作成者が与えたヒューリスティックスを利用しているのとは異なった手法であると考えている。本報告では英日翻訳について行なっているが、学習するデータを変える事により種々の言語間の機械翻訳を行なうことができる。

実際、解析型と用例学習型の二つの翻訳手法は、それぞれに長所と短所があり、人間が翻訳をする際には両者の手法を使い分けしていると考えられる。そのため、両者の手法を融合した手法が最も理想的な手法と考えられる。解析型の翻訳手法における、利点と問題点は多く研究されている。しかし、用例学習型の翻訳手法においては十分な考察がされているとは言えず、まだその利点と問題点が明らかにされていない。そこで、我々は解析型と用例学習型の融合された翻訳手法を実現するための第一歩として、これまで十分に検討されていない用例学習型の機械翻訳手法の利点と問題点を明らかにすることを目的とした、大量の資料による性能評価実験を行なった。

## 2. 処理過程

処理過程を図1に示す。

翻訳を行なう前に、学習部に英日の翻訳文の対を入力し、翻訳ルールを獲得させる。翻訳されるべき文が入力されると、翻訳部はその時点までの学習により獲得された翻訳ルールを用いて翻訳を行なう。翻訳結果に誤りが存在する場

合には、使用者が校正を行なう。次に、正しい翻訳結果に用いられた翻訳ルールの尤度を上げ、誤った翻訳結果に使用された翻訳ルールの尤度を下げる処理を行なう。この処理をフィードバック学習と呼ぶ。この処理により、次回からの翻訳の精度が向上する。さらに、このようにして得られた正しい翻訳結果と入力文の組みを用いて学習を行ない、新たな翻訳ルールを獲得する。また、入力文の日本語はべた書き文であるため、既存の形態素解析システムを用いてトークンに分割する必要がある。

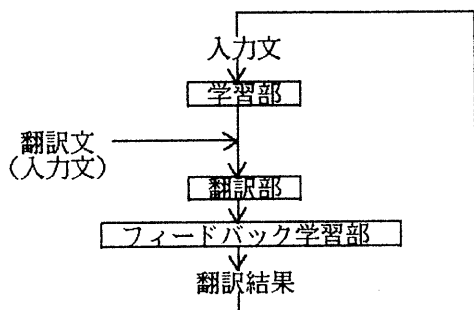


図1 処理の流れ

## 2.1 学習部

基本的には2つの翻訳例の共通部分と差異部分を多段階に抽出することで翻訳ルールを獲得する。また、差異部分であったところに変数部分を表す'@'と数字をあて、英文と日本語にそれぞれ対応させる。学習部による学習例を以下に示す。

(1) 次の翻訳例を与える。

- [1-1] ( He is Taro. ;  
彼／は／太郎／です。)
- [1-2] ( She is Hanako. ;  
彼女／は／花子／です。)
- [1-3] ( He is my father. ;  
彼／は／私の／父／です。)
- [1-4] ( She is my mother. ;  
彼女／は／私の／母／です。)

(2) 1段階目の共通部分、差異部分を抽出する。

### ①共通部分

- [1-1]、[1-3]より
- [2-1] ( He is @1. ; 彼／は／@1／です。)

- [1-2]、[1-4]より
- [2-2] ( She is @1. ; 彼女／は／@1／です。)

### ②差異部分

- [1-1]、[1-3]より
- [2-3] ( Taro ; 太郎 )
- [2-4] ( my father ; 私の／父 )
- [1-2]、[1-4]より
- [2-5] ( Hanako ; 花子 )
- [2-6] ( my mother ; 私の／母 )

(3) 2段階目の共通部分、差異部分を抽出する。

### ①共通部分

- [2-1]、[2-2]より
- [3-1] ( @1 is @2. ; @1／は／@2／です。)
- [2-4]、[2-6]より
- [3-2] ( my @1 ; 私の／@1 )

### ②差異部分

- [2-1]、[2-2]より
- [3-3] ( He ; 彼 )
- [3-4] ( She ; 彼女 )
- [2-4]、[2-6]より
- [3-5] ( father ; 父 )
- [3-6] ( mother ; 母 )

(4) 学習後の翻訳ルールは次のようになる。

(具象→抽象の順に示す)

### ①変数を含まない。

#### a. 例文

- [1-1] ( He is Taro. ;  
彼／は／太郎／です。)
- [1-2] ( She is Hanako. ;  
彼女／は／花子／です。)
- [1-3] ( He is my father. ;  
彼／は／私の／父／です。)
- [1-4] ( She is my mother. ;  
彼女／は／私の／母／です。)

#### b. 単語

- [2-3] ( Taro ; 太郎 )
- [2-4] ( my father ; 私の／父 )
- [2-5] ( Hanako ; 花子 )
- [2-6] ( my mother ; 私の／母 )
- [3-3] ( He ; 彼 )
- [3-4] ( She ; 彼女 )
- [3-5] ( father ; 父 )
- [3-6] ( mother ; 母 )

### ②1つ変数を含む。

- [2-1] ( He is @1. ; 彼/は/@1/です。)  
 [2-2] ( She is @1.;彼女/は/@1/です。)  
 [3-2] ( my @1 ; 私の/@1 )

③ 2つ変数を含む。

- [3-1] ( @1 is @2. ; @1/は/@2/です。)

実際に学習を行なう場合、このような類似の翻訳例が頻繁に出現するとは限らない。そこで、次の2つの学習方法を追加している。

- (a) ある翻訳例の全ての単語が学習対象とする翻訳例の中にそのままの並びで存在し、英文と日本語における差異部分が1対1に対応付けられる場合に、その単語部分を変数部分とする。  
 (b) 翻訳例の中に翻訳ルールが含まれる場合、翻訳例と翻訳ルールの共通部分を変数部分とする。

まず、(a)の学習例を以下に示す。

(1) 次の翻訳例を与える。

- [1-5] ( This is a tree. ;  
 これ/は/木/です。)

- [1-6] ( This is a big tree. ;  
 これ/は/大きな/木/です。)

(2) 共通部分、差異部分を抽出すると、次の翻訳ルールが抽出される。

① 共通部分

- [2-7] ( This is a @1 tree. ;  
 これ/は/@1/木/です。)

② 差異部分

- [2-8] ( big ; 大きな )

次に、(b)の学習例を以下に示す。

(1) 翻訳ルールに次のルールが存在する。

- [3-3] ( He ; 彼 )

(2) 次の翻訳例を与える。

- [1-7] ( He plays tennis. ;  
 彼/は/テニス/を/する。)

(3) 共通部分、差異部分を抽出すると、次の翻訳ルールが抽出される。

・ [1-7]、[3-3]より

- [2-9] ( @1 plays tennis. ;  
 @1/は/テニス/を/する。)

新規に入力された翻訳例を既存の翻訳ルール

全てと比較して、差異部分が一意に対応づけられるとき、共通部分・差異部分を翻訳ルールとして抽出する。また、差異部分を抜き出した翻訳例も、そのまま翻訳ルールとする。次に、抽出された翻訳ルールを既存の翻訳ルールと比較し、共通部分・差異部分が抽出されなくなるまで繰り返す。翻訳例を学習することにより具象的ルールから抽象的ルールを導き出すが、過剰な抽象化は誤った学習を引き起こしたり、翻訳部における翻訳ルールの適用が膨大になる。そこで、抽象化するときの閾値を任意に設けて翻訳ルールにおける変数部分の割合を決定し、学習に制限をつける。

以上をまとめると学習処理過程は図2のようになる。

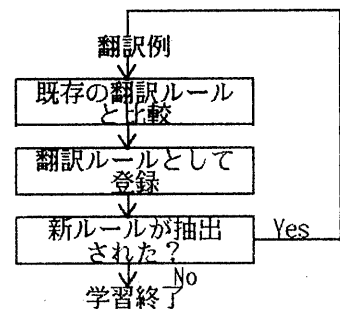


図2 学習部の流れ

## 2.2 翻訳部

翻訳部では、学習部により抽出された翻訳ルールを用いて翻訳文を作成する。翻訳の例を以下に示す。

(1) 入力文を受け取る。

He is my friend.

(2) 適用可能な翻訳ルールを選出する。

[2-1] ( He is @1. ; 彼/は/@1/です。)

[3-2] ( my @1 ; 私の/@1 )

さらに、次のルールが抽出されているとする。

[4-1] ( friend ; 友人 )

(3) 翻訳結果は次のようになる。

彼は私の友人です。

入力文を翻訳ルールの組み合わせで作出せるならば、対訳も同じ翻訳ルールの組み合わせで作成可能である。翻訳の処理過程を以下に示

す。

(1) 入力文に適用できる、最も具象的な翻訳ルールを検索する。

(2) 検索された翻訳ルールの変数部分に適用できる、最も具象的な翻訳ルールを検索し変数部分に代入していく。

(3) 全ての変数部分に最も具象的な翻訳ルールが代入されると翻訳を終了する。

学習が進んでいない状態での翻訳は、未登録語が出現するのでほとんどが翻訳不能となる。そこで、未登録語がある程度出現してもその未登録語をそのまま翻訳ルールに代入し翻訳結果を得る。これにより、完全に翻訳できない場合でもできたところまで翻訳結果を知ることができる。未登録語処理は、基本となるルール（入力文の基礎的な構造を表現するルール）が存在し、その変数部に適用する単語が翻訳ルールに存在しない場合に、入力文内の未登録語をそのまま翻訳ルールとして使用するものである。但し、未登録語の語数が余りに多いと翻訳文としての意味をなさないため、未登録語単語数は最大2とする。

また、複数の翻訳結果が得られた場合、どの翻訳結果が最も確からしいかを評価する。この評価は、過去に翻訳ルールが使用された際の精度を基にして決定する。この情報を保持しているのが、フィードバックデータである。フィードバックデータを基に翻訳結果の順位を決定する。以下に、翻訳結果を評価する基準を示す。

- ①未登録単語数が最小
- ②適合度Sが最大
- ③正翻訳度数が最大
- ④誤翻訳度数が最小
- ⑤任意

ここで、適合度Sは次式で定義する。

$$S = \alpha \cdot \text{正翻訳度数の和} \\ - \beta \cdot \text{誤翻訳度数の和} + \text{使用回数の和} \\ (\alpha, \beta \text{は任意定数})$$

また、正翻訳度数の和、誤翻訳度数の和、使用回数の和は、その翻訳結果を得るのに用いられた翻訳ルールのすべての組み合わせの和である。

## 2.3 フィードバック学習部

フィードバックデータは、翻訳結果に対して利用者が正誤の判断を行なった結果により作成・更新される。フィードバックデータは、使用ルール番号と正翻訳度数と誤翻訳度数をひとまとめとした要素と、その要素の個数、使用回数からなっている。フィードバックデータはルールとルール間の関係を示しており、すなわち、その翻訳ルールがどのような組み合わせで用いられた場合に正しい翻訳を行なったかを記録しているものである。

翻訳結果が正翻訳の場合は、その翻訳に使用した全ての翻訳ルールに対する、使用した他の翻訳ルールの正翻訳度数を1増加し、各ルールの使用回数も1増加する。翻訳結果が誤翻訳の場合も同様に誤翻訳度数を1増加させる。

例えば、ルール番号{3, 8, 9}の組み合わせで正翻訳を得たとすると、フィードバックデータには以下のような操作を行なう。

(1) ルール番号3について、使用ルール番号8と9の正翻訳度数を1増加。

(2) ルール番号8について、使用ルール番号9の正翻訳度数を1増加。

(3) ルール番号3, 8, 9における、それぞれの使用回数を1増加。

## 3. 性能評価実験

### 3.1 実験方法

中学1年用教科書ガイド・ワンワールド<sup>8)</sup>に掲載されている原文と訳文の組1200文を順次学習させる。この学習結果を初期辞書として翻訳実験を行なった。

次に中学1年用教科書ガイド・ニューホライズン<sup>9)</sup>に載っている英文800文を、100文ごとに翻訳させた。そのとき、翻訳結果に誤りがあれば、全てニューホライズンに掲載されている日本語になるように修正した。また、未登録単語処理で得た単語には訳を与えていない。そして、その翻訳・修正した100文の対訳を学習させ、次の100文の翻訳実験を行なった。そのとき、翻訳、学習に要したCPU時間を記録した。学習に使用した計算機はSUNスパークステーション2、翻訳に使用した計算機はVAX8550である。

### 3.2 実験結果

全入力文は800文で、表1のような結果が得られた。この中で実際に使用可能な訳文は、正翻訳、未登録であり、全体の41.2%となっている。ここで、正しい翻訳結果を正翻訳、誤った翻訳結果を誤翻訳、未登録語を含むものを未登録、翻訳できなかったものを不翻訳と呼ぶ。

全800文を翻訳・学習した際にかかったCPU時間を表2に示す。翻訳時にかかるCPU時間は、1文平均約1.2秒であった。また、学習時にかかるCPU時間は、1文平均約4.0秒であった。

### 3.3 考察

#### ・正翻訳

本手法による翻訳結果のうち、一応正しいとみなしてよい翻訳結果は4割であった。

#### ・未登録

未登録は使用可能な未登録と使用不可能な未登録とに分けられ、使用可能な未登録とは未登録語に訳を与えることにより簡単に正翻訳を導き出せる場合、名詞、形容詞などに限っている。

翻訳結果の推移を見ると、最初は未登録語が多かったが、学習を重ねるにつれ減少している。未知語は、従来の翻訳システムの大きな問題であったが、本手法では一度未知語が現れても、学習を行なうことにより未知語を減少させている。

次に挙げる例は使用不可能な未登録の例である。

入力文 That is an album.

翻訳文 あれはanアルバムです。

使用ルール

[4-2] ( album ; アルバム )

[4-3] ( that ; あれ )

[4-4] ( @1 is @2 @3. ;  
@1 / は / @2 / @3 / です。 )

未登録単語 an

変数を含んでいる翻訳ルールの基となっているのは、

( This is my pen. ;  
これ / は / 私の / ペン / です。 )

というような、所有格を含む学習から得られた

ものである。英語と日本語における翻訳例において、a、an、the、などはよく省略され、字面情報のみを利用して共通部分、差異部分を求める本手法では大きな問題となる。対応する訳のない単語として、誤った学習の原因となる。また、あまりに抽象化した翻訳ルールはどのような入力文が与えられても適用してしまうので、適切な翻訳ルールの適用ができなくなることや、翻訳ルールの組み合わせの爆発を引き起こす原因となる。

次に挙げる例は、誤った翻訳ルールの適用をした場合の例である。

入力文 How are you.

翻訳文 Howはあなたです。

使用ルール

[4-5] ( you ; あなた )

[4-6] ( @1 are @2. ; @1 / は / @2 / です。 )

未登録単語 How

この翻訳結果は、学習が進んでいない初期の段階で得られたもので、成句として成り立っている文を翻訳させる場合に、抽象化された翻訳ルールを誤って(強引に)適用しこのような結果を得てしまう。先に述べたように、言語現象の多様性を規則で表現することは困難なので、より多数の翻訳例を学習させることが必要である。

#### ・誤翻訳

次に誤翻訳となった翻訳結果の例を2つ挙げる。

1つは、翻訳部で入力文(英文)を翻訳ルールで再現する際に、同じ翻訳ルールを適用して2通り以上の組み合わせができる例である。

入力文 Do you like basketball , Mike?

翻訳文 あなたはバスケットボール、  
マイクが好きですか？

(組み合わせ順番

[4-8], [4-9], [4-7])

あなたはバスケットボールが  
好きですか、マイク？

(組み合わせ順番

[4-9], [4-8], [4-7])

使用ルール

[4-7] ( basketball ; バスケットボール )

[4-8] ( do you like @1. ;  
あなた / は / @1 / が /

好きです／か。)

[4-9] ( @1 , Mike. ; @1 /、 /マイク。)

組み合わせる順番が異なるだけで、適合度S、翻訳ルール組み合わせの数、正翻訳度数の和、誤翻訳度数の和、使用回数の和すべてにおいて同じ値になってしまう。この翻訳結果の2文の優先順位を決めることは、今のフィードバックデータだけでは不可能である。このような翻訳結果は、“and”、“、”、が入力文中に含まれる場合に得られた。しかし、“and”、“、”、等は前後する文の接続なのか単語の接続なのかを判断するのは困難である。この対処方法として、学習時において入力文の基本的な構造を含むルールなのか、翻訳ルールの中から抽出した翻訳ルールなのかを記録しておき、そのデータを翻訳に用いる。

2つ目として、学習の誤りによる翻訳結果がある。次にその例を挙げる。

入力文 It's my pen.

翻訳文 それは私の私のペンです。

使用ルール

[5-1] ( pen ; 私の /ペン )

[3-2] ( my @1 ; 私の /@1 )

[5-2] ( It's @1. ; それ /は /@1 /です。)

次のような、翻訳例が学習部に与えられたときに以下の翻訳ルールが抽出される。

#### (1) 翻訳例

[1-8] ( This is my pen. ;  
これ /は /私の /ペン /です。)

[1-9] ( This is my book. ;  
これ /は /僕の /本 /です。)

#### (2) 共通部分、差異部分を抽出

・[1-8]、[1-9]より

[5-3] ( pen ; 私の /ペン )

[5-4] ( book ; 僕の /本 )

[5-5] ( This is my @1. ;  
これ /は /@1 /です。)

このように、日本語における表現の違いにより誤った学習を行ってしまう。人間は、“私の = 僕の”といった知識を得ることにより、このような誤った知識は得られないだろう。人間の場合は誤った知識を“誤り”と認識することで知識の修正・回復を行なうことが可能であるが、本手法においてはこのような能力が欠けている

と思われる。本学習で得られる翻訳ルールは「曖昧さ」を含んでいて、あくまでシステムの中の仮説にすぎない。その仮説と現実世界を結ぶものがフィードバック学習であり、フィードバック学習の強化が「曖昧さ」を減少させる方法である。具体的に挙げると、フィードバック学習によって得られた誤翻訳度数を基に、ある一定回数以上の誤翻訳に使用された翻訳ルールは誤った学習による翻訳ルールとして学習・翻訳には使用しない。このような方法で、誤った学習により得た知識の回復を行なう。

#### ・不翻訳

表1より、不翻訳が翻訳精度を低下させている大きな原因となっている。この原因としては以下の2つのことが考えられる。1つは入力文の基本的な構造を含む翻訳ルールが存在するが、未登録単語の単語数が3以上となる場合である。もう1つは、学習により入力文の基本的な構造を含む翻訳ルールが抽出されていない場合である。本手法では、少なくとも2つの似通った翻訳例が存在しなければならない。しかし、今回実験に利用した中学1年生の教科書でも似通った翻訳例は存在するが、日本語における「～です。」「～だ。」等の表現の違いにより、差異部分を1対1に対応付けられずに学習ができない場合が多くある。

次に、フィードバック学習における問題点を挙げる。学習部において翻訳ルールを抽出する際に、フィードバック学習を行なうべきである。これは、翻訳結果を得て初めて翻訳ルール間の関係が位置づけられるのではなく、翻訳ルールを抽出するときにこそ重要な翻訳ルール間の関係が求められるからである。翻訳ルールが抽出されたときに、その共通部分を含む翻訳ルールと差異部分を含む翻訳ルールの正翻訳度数を増加させることで、より適当な翻訳順位が求められる。

処理時間については、今後さらに大量の資料を用いて学習・翻訳を行なう際に、翻訳ルール辞書の大容量化は避けられない。従って、学習・翻訳時における辞書検索に時間がかかり、翻訳時間、学習時間が増大していくことが考えられる。この問題を解決するために、辞書検索の

高速化、翻訳ルールの索引化、特に学習条件の細分化などが必要である。

4: おわりに

本稿では解析型と用例学習型の融合した翻訳手法を実現するための第一歩として、本手法の利点と問題点を明らかにするための大量の資料による性能評価実験結果を行なった。しかし、

翻訳率の精度はまだ高いとは言えず、翻訳手法をさらに改良することが必要である。今後さらに学習手法および翻訳手法の改良を行ない、高校3年生程度の英語の教科書を対象としての実験で、より複雑な文での精度の向上と処理時間の短縮を計り、学習型機械翻訳手法の利点と問題点を明らかにしたい。

表1 翻訳率

文	一文確定				任意選択			
	正翻訳	未登録	誤翻訳	不翻訳	正翻訳	未登録	誤翻訳	不翻訳
100	25	28	17	30	32	33	5	30
200	52	10	19	19	56	15	10	19
300	27	15	18	40	28	22	10	40
400	28	4	21	47	30	12	11	47
500	33	19	23	25	34	28	13	25
600	27	5	30	38	28	7	27	38
700	29	4	18	49	29	9	13	49
800	14	10	20	56	16	10	18	56
計	235	95	166	304	253	136	107	304
割合	29.4%	11.8%	20.8%	38.0%	31.6%	17.0%	13.4%	38.0%

表2 処理時間

文	学習時間 (分)		翻訳時間 (分)	
	学習時間	1文平均	翻訳時間	1文平均
100	52.6	0.5	12.6	0.1
200	60.6	0.6	16.8	0.2
300	59.2	0.6	20.7	0.2
400	74.7	0.7	26.5	0.3
500	77.8	0.8	19.7	0.2
600	72.4	0.7	25.8	0.3
700	66.9	0.7	28.4	0.3
800	78.7	0.8	41.8	0.4
計	542.9	0.7	192.3	0.2

参考文献

- (1) 辻井純一：機械翻訳システム、スペクトラム, Vol.11, pp.48-57(1988).
- (2) 上田良寛：タイプ付き素性構造主導型生成、情報処理学会論文誌, Vol.33, No.1, pp.28-35(1992).
- (3) 佐藤理史：MB T 2：実例に基づく翻訳

における複数翻訳例の組合せ利用、人工知能学会誌, Vol.6, No.6, pp.75-85(1991).

(4) 隅田英一郎、飯田仁、幸山秀雄：用例に基づいた翻訳、情報処理学会第40回全国大会講演論文集, pp.411-412(1990).

(5) 古瀬蔵、隅田英一郎、飯田仁：変換主導型機械翻訳の実現手法、情報処理学会研究報告, Vol.90, No.93, pp.1-8(1990).

(6) 荒木健治、栃内香次：多段階共通パターン抽出法を用いた翻訳例からの帰納的学習による翻訳、情報処理北海道シンポジウム'91, pp.47-49(1991).

(7) 赤間清：未知言語環境における帰納的学習のモデル、情報処理学会論文誌, Vol.28, No.5, pp.446-454(1987)

(8) 教科書ガイド教育出版版ワンワールド1、日本教材、東京(1991).

(9) 教科書ガイド東京書籍版ニューホライズン1、あすろ出版、東京(1991).