

# ルールベース翻訳と統計翻訳を結合した特許翻訳

Patent Translation using Rule Based Machine Translation with Statistical Machine Translation

村上仁一 \* 徳久雅人 \*\*

Jin'ichi Murakami Masato Tokuhisa

鳥取大学 工学部 知能情報工学科

Tottori University

\* murakami@ike.tottori-u.ac.jp

\*\* tokuhisa@ike.tottori-u.ac.jp

## 概略

本研究では、標準的な統計翻訳における問題点である、未知語の問題と構文情報を利用していないことを解決するために、始めに、ルールベース翻訳を利用し、次に標準的な統計翻訳を利用することを考えた。特許における日英翻訳において実験を行った結果、標準的な統計翻訳や単独のルールベース翻訳と比較すると、BLEU や NIST や METEOR の値が向上し、提案した方式の有効性が示された。

## abstract

We have developed a two-stage machine translation (MT) system. The first stage is a rule-based machine translation system. The second stage is a normal statistical machine translation system. We believe this method has two advantages. One is that there are fewer unknown words. The other is that it produces structured or grammatically correct sentences. From the results of experiments, we obtained a BLEU score of 0.2924 in the patent JE task using our proposed method. In contrast, we obtained a BLEU score of 0.2229 in the patent JE task using a standard method (MOSES). This means that our proposed method was very effective for the patent JE task.

## 1 はじめに

機械翻訳の研究の歴史は、コンピュータの誕生とともに始まっている。そして大きく3つの世代に分類できると考えている。

第一世代は"ルールベース翻訳(RBMT)"である。日英翻訳においては、まず、入力された日本語に対し、ルールを用いて日本語を解析する。次にルールを用いて英文生成のルールに変換する。最後に辞書などを用いて英文を生成する。現在商用化されている翻訳システムはルールベース翻訳であると思われる。そして現在、ある程度の

翻訳精度が得られている。しかしながら、ルールベース翻訳を構築するためには、言語の専門家の知識を必要とし、莫大な時間や労力を必要とする。例えば、ルールベースの翻訳には、常に複数の候補が出力される。これらの曖昧性を解消するためにルールを厳密に定義していく必要がある。このために膨大なコストが必要になる。第二世代は"用例翻訳(EBMT)"である。あらかじめ、日本語と英語の対訳文を準備しておく。そして、入力された日本語文に対して、類似した日本語文を検索して、対応する英語文を出力する。最後に、出力された英語文を修正して英文を出力する。第三世代は"統計翻訳"である。統計翻訳は、言語を統計的に扱って翻訳する方法である。統計翻訳には多くの方法があるが、"単語に基づく統計翻訳"(Word based SMT)から始まった[1]。Word based SMTは、単語単位で統計的に翻訳を行うモデルである。しかし、この方法では、日本語の1つの単語が、英語では出現しない場合、NULLモデルに適合させる必要がある。このNULLモデルは、翻訳のときに全ての単語の出現を想定する必要がある、そのため英文生成においては深刻な問題を引き起こす。この結果翻訳精度は低下しがちである。問題となるNULLモデルを止めるために"句に基づく統計翻訳"(Phrase-based SMT)[2]が提案された。"句に基づく統計翻訳"は"単語に基づく統計翻訳"と比較するとNULLモデルがない。その結果、翻訳精度が高い。これらの理由から"句に基づく統計翻訳"が急速に広がった。

現在、世界的にみると翻訳方式はPhrase-based SMTが主流である。そしてツールがソースつきで公開されている(MOSES[3])。Phrase-based SMTの長所として、翻訳言語対から自動的に翻訳モデルと言語モデルを作成するため、大量の対訳データがあれば様々な言語への拡張が容易に行なえる。一方、Phrase-based SMTはデータ量がおなじ場合、言語間の文法構造が類似しているイタリア語-英語間の翻訳では翻訳精度が高い。しかし、言語間の文法構造が相違している日本語-英語間の翻訳で

は翻訳精度が低くなる傾向がある [4]。また、統計翻訳には多くの問題点がある。その 1 つに言語モデルの問題がある。言語モデルには、通常  $N$ -gram モデルが利用される。しかし  $N$ -gram モデルは、局所的なモデルであり、文法情報のような文の構造を示す情報は少ない。そのため、非常に奇妙な文が出力される場合がある。

本研究では、 $N$ -gram の問題点を解決するために、従来のルールベース翻訳 (以後 RBMT とする) に句に基づく統計翻訳 (Phrase-based SMT:以後 SMT とする) を組み合わせた 2 段階の翻訳を試みる。提案した翻訳方式で実験を試みた結果、翻訳精度の高い結果が得られた。

## 2 ルールベース翻訳 (RBMT) と句に基づく統計翻訳 (SMT) を組み合わせた翻訳

### 2.1 システムの概要

本研究では、局所的な言語モデルの問題点を解決する方法として、従来の RBMT と Phrase-based SMT を組み合わせた、2 段階の翻訳を試みる。具体的には、日英翻訳の場合を例に手順を示す。

#### 1. ルールベース翻訳 (RBMT)

始めに、入力日本語に、RBMT を利用して、英文を得る。(日英翻訳)

#### 2. 句に基づく統計翻訳 (SMT)

次に、SMT を利用して、RBMT から得られた英文を、英文に変換する。(英英翻訳)

翻訳モデルと言語モデルを学習するときのフローチャートを図 1 に示す。また、翻訳するときのフローチャートを図 2 に示す。

### 2.2 予想されるシステムの利点

RBMT と SMT を組み合わせた 2 段階による翻訳には、以下の利点が考えられる。

#### 1. 未知語

SMT では、対訳データが多くても、未知語が出力される。例えば、人名地名などの固有名詞や数字は、すべての対訳が翻訳対にないため、未知語になりやすい。これらの名詞は、ルールにしたがって翻訳すれば、未知語にならない。そこで、RBMT をもちいて、入力された日本語を英語に翻訳することで、RBMT+SMT は未知語が減少すると考えられる。つまり、RBMT+SMT は、SMT 単独で翻訳するよりも、未知語が出力されなくなるため、翻訳精度が向上すると考えられる。これは特に対訳データが少

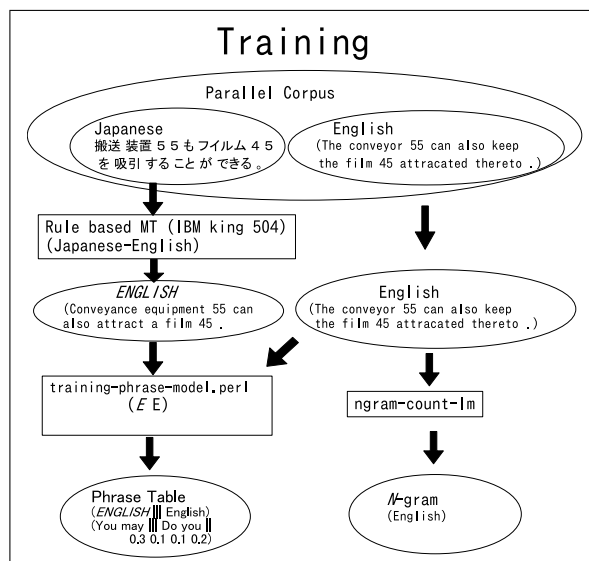


図 1 Flowchart of Training

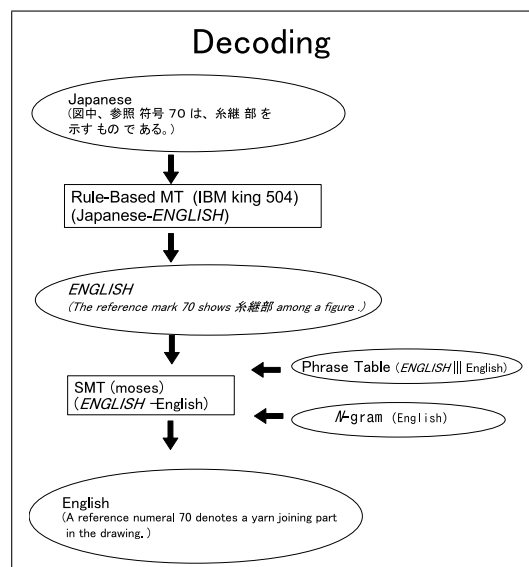


図 2 Flowchart of Decoding

ない場合、有効であると考えている。

#### 2. 文法情報と $N$ -gram

従来の SMT では、言語モデルとして  $N$ -gram が利用されている。しかし  $N$ -gram は、局所的な言語モデルであり、大局的な言語モデルではない。特に、構文的な情報は、あまり持っていない。一方、従来の RBMT は、文法を考慮して入力文をルールで解析する。そのため、入力された文がルールで正確に解析できた場合、非常に精度の高い翻訳が得られる。しかし任意の文に対するカバー率が低いことや、複数候補が出力されやすく、この候補選択をルールでおこなうことは困難である。

しかし、RBMT を用いて英文を出力した後で、従来の SMT で英英翻訳することで、RBMT が間違っても翻訳精度は大きく減少しないと考えている。その仮説を以下に示す。

(a) 解析が正しい場合

RBMT において、入力文に対して、ルールによる解析が成功した場合、正しい英文の語順が得られる。得られた英文に対して SMT で英英翻訳を行ったばあい、SMT において使用される  $N$ -gram は、局所的な言語モデルであるため、RBMT の出力の語順を SMT は大きく変化せずに出力する。つまり、RBMT+SMT において、RBMT が精度の高い英文を出力した場合、SMT も翻訳精度が高い文が得られると考えられる。RBMT で得られた文法情報が SMT の出力に反映されるとも考えられる。

(b) 解析が間違っている場合

RBMT において、入力文に対して、ルールによる解析が失敗した場合、正しい英文の語順が得られるとは限らない。しかし、SMT において、誤った英語の語順が入力されても、さらに翻訳精度が低くなるとは考えにくい。つまり、RBMT+SMT は、直接 SMT を行った場合と翻訳の精度に差がないと考えられる。

以上のことから、RBMT+SMT は、SMT と比較して翻訳精度が向上する可能性が高い。

### 3 関連研究

#### 3.1 後処理としての統計翻訳

##### (言語適応としての統計翻訳)

RBMT と SMT を組み合わせる手法としては、L.Dugast ら [5] や M.Simard ら [6] の研究がある。彼らは、仏英翻訳において RBMT として SYSTRAN を用いて翻訳を行ない、SMT を後処理として用いた。その結果、SYSTRAN 単独の場合や SMT 単独のときと比較して、BLEU スコアが向上しており、手法の有効性が確認できた。論文 [6] では、英仏翻訳において、News-Commentary のデータにおいて BLEU 値が SMT で 25.98 であったのに対し、SYSTRAN+SMT が 28.80 に向上したこと、また仏英翻訳において SMT で 25.17 であったのに対し、SYSTRAN+SMT が 26.79 に向上したことが述べられている。

また、江原 [10][7][8][9] は、日英特許翻訳において、同様な考え方でシステムを構築している。そして、論文 [8] では、BLEU の値を評価している、しかし、SMT(mose) が 0.2821 であるのに対し、RBMT+SMT は 0.2912 と

なり、あまり向上していない。しかし、[9] では、コンテスト参加者の中で、尤も高い BLEU 値を得ている。(なお、文献 [10] は、初めて RBMT+SMT の構成を提案した論文であるかもしれない。)

これらの手法は、SMT を RBMT の後処理として考えている。RBMT で翻訳できない範囲を、SMT で翻訳している。つまり SMT は後処理であり、適応とも考えられる。

#### 3.2 前処理としてのルールベース翻訳

##### (構文情報のためのルールベース翻訳)

本研究では、RBMT を SMT の前処理として考える。

一般的に、SMT では、イタリア語から英語へ翻訳する場合、語彙や文法構造が似ているため翻訳精度が高い。しかし、日本語から英語へ翻訳する場合、語彙や文法構造が異なるため、翻訳精度が低い。そこで、翻訳する言語の文法構造を目的言語の文法構造に似せて、SMT を行う研究が行われている。目的言語の文法構造に似せる方法としては、翻訳する言語に構文解析を使用することで、翻訳する言語の文法構造を把握する。その後、目的言語の文法構造と同じになるように、翻訳する言語の単語列を移動する [21][22]。例えば、日本語は、主語 + 目的語 + 動詞 (S+O+V) の語順である。一方、英語は主語 + 動詞 + 目的語 (S+V+O) である。そこで日本語をあらかじめ英語と同じ語順に変換し、それから従来の句ベースの統計翻訳を用いる [11]。このようにすると、単語の翻訳の場所の移動が小さいため、翻訳精度の向上が期待できる。この方法は文献 [12] が最初かもしれない。この論文では独英翻訳においてドイツ語の分離動詞の対策として、ドイツ語の分離動詞を 1 つの動詞に変換してから SMT を行っている。この論文においては、ある程度の翻訳精度の向上が見られる。また、日英翻訳において、単純な文法構造である単文を用いて、日本語の動詞を移動した後、SMT を行い、翻訳精度を調査した。しかし、わずかに翻訳精度しか向上しなかった [11]。

そこで、文法構造を変更するのではなく、構文解析結果を利用して日英翻訳まで行い、次に出力された英文に対して統計翻訳で英英翻訳することを考えた。この考えでは、RBMT は SMT のための前処理となる。この考え方にそって、[13] において、日英単文翻訳および日英特許翻訳において RBMT+SMT の有効性を示した。この論文では BLEU の大幅な向上を示している。また、[14] は、単文および重複文における有効性を示した。同時に BLEU 値と人手による対比較試験の差について述べている。また [15] において、特許翻訳において RBMT+SMT の有効性を再度示した。

## 4 実験

### 4.1 実験データ

提案した, RBMT と SMT を組み合わせた 2 段階の翻訳の実験を行う. 実験は日英翻訳と英日翻訳とし, 特許文 [16] で行う. 特許文は ntcir08 で配布されたデータである. 一般的な日本語文と比較すると, 文長がかなりある. また特許文独特の表現文である. それぞれの実験にもちいた学習データと開発データとテストデータの量を表 1 に示す.

表 1 実験に使用したデータ量

文種別	学習データ	テストデータ
日英翻訳	292,0434	1251
英日翻訳	292,0434	1191

### 4.2 実験条件

実験条件を以下に述べる.

#### 1. ルールベース翻訳

RBMT には, 市販の IBM 製品の翻訳の王様 (King 504)[18] を利用する.

#### 2. 統計翻訳

SMT として MOSES[3] を利用する.

#### 3. phrase table の作成

phrase table の作成には, [19] の train-phrase-model.perl を利用する. 最大の phrase の単語数を規定する max-phrase-length は 20 とする.

#### 4. 言語モデル

言語モデルは SRILM[20] を用いて学習する. 5-gram を用いる. スムージングとして -ukndiscount を利用する.

#### 5. パラメータチューニング

すべての実験において, 同じ実験を行うため, パラメータチューニング [17] は行わない. なお, 通常, パラメータチューニングを行うと BLEU 値は向上する.

#### 6. decoder

decoder には MOSES[3] を利用する. decoder のパラメータを表 2 に示す. なお, RBMT+SMT のときは, 英英翻訳となるため, 単語の移動が少ないと考えられるため, distortion-limit は, 6 とする. SMT のみのときは, 日英翻訳となり, 単語の移動は大きいと考えられるため -1(無限大) とする. それ以外の値は default 値を利用する.

表 2 decoder のパラメータ (moses.ini)

ttable-limit	40	0
weight-d	0.1	
weight-l	1.0	
weight-t	0.5	0.0 0.5 0.1 0.0
weight-w	-1	
distortion-limit	(-1 or 6)	

## 5 実験結果

### 5.1 翻訳例

特許文の日英の翻訳例を表 4 に示す. 特許文の英日の翻訳例を表 5 に示す.

表中の “INPUT” は, 入力した日本語文である. “Proposed” は, 提案手法 (RBMT+SMT) の英文出力である. “Baseline” は, 標準的な SMT である MOSES の英文出力である. “IBM” は, 入力文を入力したときの IBM King504(翻訳の王様) で得られた英文である. “REFERENCE” は, 正解の英文である.

### 5.2 自動評価

特許文の BLEU[23] および NIST[23] および METEOR[24] の評価を表 3 にまとめる. なお, 参照文は 1 文である. 表中の “proposed” は, RBMT と SMT を組み合わせた提案手法である. 表中の “baseline” は SMT の MOSES 単独の実験結果である. 表中の “IBM” は RBMT である IBM King504 単独の実験結果である.

この表 3 から, 日英翻訳においては提案手法 (Proposed) が Baseline(MOSES) より, 大きく値が向上していることがわかる. しかし, 英日翻訳においては提案手法 (Proposed) が Baseline(MOSES) より, 値があまり向上していないことがわかる.

## 6 考察

### 6.1 日英翻訳における文の解析

提案手法の翻訳結果をみると, RBMT が構文を決め, SMT が局所的な翻訳をしていると思われる. 例えば, 表 4 の 112 番の文を見ると, RBMT+SMT は RBMT の翻訳結果に沿って翻訳されていて, when の構文で翻訳されている. つまり, RBMT+SMT では構文情報を含んで翻訳されている. また, 出力文を解析すると, RBMT で翻訳された文が, 正解文と比較して構文的にあっている場合, RBMT+SMT は, 翻訳精度の高い文を出力する傾向がある. また RBMT で翻訳された文が構文的にあっていない場合, RBMT+SMT は SMT 単

表 3 実験結果

	task	BLEU	NIST	METEOR
Proposed (RBMT+SMT)	JE	0.2924	7.2904	0.6216
Baseline (SMT [MOSES])	JE	0.2229	6.1266	0.5842
IBM (RBMT)	JE	0.2125	5.9832	0.5479
Proposed (RBMT+SMT)	EJ	0.3276	7.5638	
Baseline (SMT [MOSES])	EJ	0.3232	7.2663	
IBM (RBMT)	EJ	0.2870	6.7770	

体と同じ精度の文を出力する傾向がある。

## 6.2 BLEU と人手の評価

本論文で提案した RBMT+SMT の実験では、SMT 単独と比較すると BLEU の値が向上した。しかし、RBMT+SMT で翻訳をおこなった場合、BLEU 値が向上しても、人手の評価では、悪化することが報告されている [14]。したがって、翻訳結果の評価には、人手による評価が必要である。なお、この結果は、パラメータの最適化 [17] において BLEU を使うことに問題があることも示している。

特許文は、通常の日本語と比較すると非常に特異な文である。そのため、翻訳された英語も非常に特異な文とも言える。今回の日英翻訳の結果を人手において 20 文ほど調査した。その結果、人手の評価では、大きな差が見られなかった。一方、BLEU 値では、RBMT+SMT は SMT より向上している。特許文の日本語も英語が特異であるため一般の人では評価が困難であり、専門家による評価が必要であると考えている。

## 6.3 様々なルールベース翻訳

本研究において、提案手法と標準的な SMT と比較して、日英翻訳では BLEU 値が大きく向上したが、英日翻訳では BLEU 値はあまり向上しなかった。英日翻訳の RBMT の出力日本語をみると、翻訳の品質が低いように見える。また、本研究では、RBMT において IBM King504[18] を利用した。しかし、別の市販の翻訳ソフトをもちいたところ、BLEU 値、METEOR 値が Baseline よりも悪化した。また同じ日英の特許翻訳でも論文 [8] では BLEU 値があまり向上していない。また、論文 [6] は日英翻訳であるが、この論文でも、本論文ほど BLEU 値が大きく向上していない。

これから RBMT+SMT の構成では、RBMT の翻訳品質が、RBMT+SMT の翻訳品質に大きく影響している可能性がある。今後、どのような RBMT が RBMT+SMT において精度の高い翻訳になるか調査していきたい。

## 6.4 特許翻訳のデータのクリーニング

本研究で利用した特許翻訳データの対訳データは、対訳文として信頼度が低い。例えば、固有名詞に統一性がない。日本語と英語の対訳データが誤っている翻訳対もある。また、日本語英語共に不自然な記号が混じっている。これらをクリーニングすることで、翻訳精度は、かなり向上する可能性が残っている。

## 6.5 RBMT に求められる性能

RBMT+SMT のシステムにおいて、RBMT を SMT の前処理とみなすか、SMT を RBMT の後処理とみなすかによって RBMT の役割が異なる。RBMT を SMT の前処理と見なす場合、RBMT は構文情報を与えるモジュールになる。そのため、入力文の文構造は精度良くとらえる必要があるが、翻訳精度はあまり必要とはしない。また、カバー率も、高い必要がない。しかし、SMT を RBMT の後処理と見なす場合、RBMT は、翻訳精度が高く、カバー率も高いシステムを目指す必要があると思われる。通常、RBMT は、カバー率と翻訳精度にトレードオフが発生する。カバー率を向上させると、翻訳精度は低下する。翻訳精度を向上させると、カバー率が低下する。今後 RBMT を、SMT の前処理と考えるのか、SMT を後処理と考えるのか、両者から考えて翻訳精度とカバー率も含めて作成していきたい。また、RBMT の自動作成も今後考えていきたい [25]。

## 7 まとめ

本研究では、標準的な SMT システムにおける問題点である、未知語の問題と構文情報を利用していないことを解決するために、始めに、ルールベース翻訳 (RBMT) を利用し、次に標準的な句に基づく統計翻訳 (Phrase-based SMT) を利用することを考えた。実験の結果、特許における日英翻訳において、Phrase-based SMT 単独の BLEU が 0.2229、METEOR が 0.5479 であったのに対し、提案手法 (RBMT+SMT) の BLEU 値は 0.2924、METEOR が 0.6216 となり、提案した方式の有効性が示された。

提案方式は、前段の RBMT の翻訳精度によって、全体の翻訳精度がある程度決まるとと思われる。今後、より最適な組み合わせを考えていきたい。

## 参考文献

- [1] Peter F. Brown, Stephen A. Della Pietra, Vincent J. Della Pietra, and Robert L. Mercer., "The mathematics of machine translation: Patamter estimation", *Computational Linguistics*, 19(2): pp. 263-311. (1993).
- [2] Philipp Koehn, Franz J. Och, and Daniel Marcu, "Statistical phrase-based translation", In *Proceedings of HLT-NAACL 2003*, pp. 127-133, 2003.
- [3] Philipp Koehn, Marcello Federico, Brooke Cowan, Richard Zens, Chris Dyer, Ondrej Bojar, Alexandra Constantin, Evan Herbst, "Moses: Open Source Toolkit for Statistical Machine Translation", *Proceedings of the ACL 2007 Demo and Poster Sessions*, pages 177-180, 2007.
- [4] H.Schwenk, Marta R.Costa-jussa, and Jose A.R.Fonollosa, "Continuous space language models for the IWSLT 2006 Task", in *IWSLT, 2006*, pages.166-173
- [5] L.Dugast, J.Senellart, and P.Koehn, "Statistical postediting on SYSTRAN's rule-based translation system", in *Second Workshop on SMT, 2007*, pages.179-182
- [6] M.Simard, N.Ueffing, P.Isabelle, and R.Kuhn, "Rule-based translation with statistical phrase-based post-editing", in *Second Workshop on SMT, 2007*, pages.203-206
- [7] Terumasa Ehara, "Rule Based Machine Translation Combined with Statistical Post Editor for Japanese to English Patent Translation", *Proceedings of Machine Translation Summit XI, Workshop on Patent Translation*, pp.13-18, Sept., 2007.
- [8] 江原暉将, "句レベルの統計の後編集と翻訳精度の評価", 平成 19 年度 AAMT/Japio 特許翻訳研究会報告書, pp.2-11, March, 2008.
- [9] Terumasa Ehara, "Machine Translation for Patent Documents Combining Rule-based", *Translation and Statistical Post-editing, NII Test Collection for IR Systems 08 WorkShop, (NTCIR08 2010)*, pp.384-386, 2010.
- [10] 江原暉将, "規則方式機械翻訳と統計の後編集を組み合わせた特許文の日英機械翻訳", 平成 17 年度 AAMT/Japio 特許翻訳研究会報告書, pp.40-44, March, 2006.
- [11] 岡崎 弘樹, 村上 仁一, 徳久 雅人, 池原 悟, "日本語文法構造の変換による日英統計翻訳", *言語処理学会 2008 年度年次大会*, pp.240-243, 2009.
- [12] Sonja Nieben, Herman Ney, "Morpho-Syntactic Analysis for Reordering in Statistical Machine Translation", *Proc. MT Summit VIII, 2001*.H.Schwenk, Marta R.Costa-jussa, and Jose A.R.Fonollosa, "Continuous space language models for the IWSLT 2006 Task", in *IWSLT, 2006*, pages.166-173
- [13] 村上 仁一, 徳久 雅人, 池原 悟, "パターン翻訳と統計翻訳の結合", *言語処理学会 2008 年度年次大会*, pp.120-123, 2009.
- [14] 福田智大, 村上 仁一, 徳久 雅人, 池原 悟, "ルールベース翻訳を前処理に用いた統計翻訳", *言語処理学会第 16 回年次大会*, PB2-12, pp.676-679, 2010.
- [15] Jin'ichi Murakami, Masato Tokuhisa, Satoru Ikehara, "Statistical Machine Translation adding Rule based Machine Translation", *NII Test Collection for IR Systems 08 WorkShop, (NTCIR08 2010)*, pp.454-461, 2010.
- [16] Atsushi Fujii, Masao Utiyama, Mikio Yamamoto, Takehito Utsuro, "Overview of the Patent Translation Task at the NTCIR-7 Workshop", *Proceedings of the 7th NTCIR Workshop Meeting, 2008*.
- [17] Franz Josef Och, "Minimum Error Rate Training in Statistical Machine Translation", *Proceedings of the 41st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, July 2003*, pp. 160-167.
- [18] インターネット翻訳の王様バイリンガル V5, ASIN: B00005YTTY, <http://www-06.ibm.com/software/jp/internet/king/>
- [19] NAACL 2006 WORKSHOP ON STATISTICAL MACHINE TRANSLATION Shared Task, Exploiting Parallel Texts for Statistical Machine Translation Shared Task Baseline System, training-release-1.3.tgz, "<http://www.statmt.org/wmt06/shared-task/baseline.html>"
- [20] Andreas Stolcke, "SRILM - An Extensible Language Modeling Toolkit", in *Proc. Intl. Conf. Spoken Language Processing, Denver, Colorado, September 2002*
- [21] Yushi Xu, Stephanie Seneff, "Two-Stage Translation: A Combined Linguistic and Statistical Machine Translation Framework", *Proceedings of the Eighth Conference of the Association for Machine Translation (AMTA) 2008*.
- [22] Jason Katz-Brown, Michael Collins, "Syntactic Reordering in Preprocessing for Japanese English Translation: MIT System Description for NTCIR-7 Patent Translation Task", *Proceedings of the 7th NTCIR Workshop Meeting, 2008*.
- [23] NIST Open Machine Translation, <http://www.nist.gov/speech/tests/mt>.
- [24] Banerjee, S. and A. Lavie, "METEOR: An Automatic Metric for MT Evaluation with Improved Correlation with Human Judgments", *Proceedings of Workshop on Intrinsic and Extrinsic Evaluation Measures for MT and/or Summarization at the 43th Annual Meeting of the Association of Computational Linguistics (ACL-2005)*, June 2005.
- [25] 西村 拓哉, 村上 仁一, 徳久 雅人, 池原 悟, "文単位のパターンを用いた統計翻訳", *言語処理学会第 16 回年次大会*, PB2-12, pp.676-679, 2010.

表 4 Outputs for JE

107	Input	図 1 1 において、高圧ポンプ吐出量が大、または、小のとき、スピル弁駆動タイミングの変化量に対し高圧ポンプ吐出量の変化量が小さい。
	Proposed	In FIG . 11 , when high-pressure pump discharge quantity is larger , the amount of change is small with respect to the amount of change in the amount of discharge of the high pressure pump spill valve drive timing .
	Baseline	In FIG . 11 , the high-pressure pump discharge quantity is large or small , or when the spill valve drive timing variations with respect to variation of the high-pressure pump discharge quantity is small .
	IBM	In Fig . 11 , when high-pressure pump 吐出量 is size or smallness , the amount of change of high-pressure pump 吐出量 is small to the amount of change of スピル valve drive timing .
	REFERENCE	In FIG . 11 , when the high-pressure pump discharge quantity is large or small , the change quantity in the high-pressure pump discharge quantity is small with respect to the change quantity in the spill valve drive timing .
108	Input	フィードフォワード量演算部 1 0 0 では、燃料噴射弁から各気筒に供給される燃料量と同量の燃料がフィードフォワード量 $Q_{Finj}$ として設定され、PID制御部 2 0 0 では目標燃圧 $P_{Fo}$ と燃圧 $PF$ に基づいてフィードバック量 $Q_{Fsp1}$ が算出される。
	Proposed	The amount of each cylinder is calculated based on the target fuel pressure $P_{Fo}$ and the fuel pressure $PF$ to the PID control unit 200 , and the feedback amount is set as the feed forward amount from the fuel injection valve in an amount equal the amount of fuel supplied to the fuel feed forward operation section 100 , $Q_{Finj}$ $Q_{Fsp1}$ .
	Baseline	The amount of fuel $Q_{F}$ is set as a final fuel injection amount $Q_{F}$ based on the fuel pressure $PF$ and the target fuel pressure $P_{Fo}$ and the PID control unit 200 as a feedback signal . $2 pl$ is calculated from the fuel injection valve feed forward amount calculating section 100 is supplied to each cylinder of the feed forward amount .
	IBM	In the amount operation part 100 of フィード forwards , the fuel of the amount of fuel supplied to each cylinder from a fuel injection valve and the amount of said is set up as an amount $Q_{Finj}$ of フィード forwards , and the amount $Q_{Fsp1}$ of feedbacks is computed based on target 燃圧 $P_{Fo}$ and 燃圧 $PF$ in the PID control part 200 .
	REFERENCE	In the feedforward quantity computing unit 100 , the same quantity of fuel as the quantity of fuel supplied from the fuel injection valve to each cylinder is set as a feedforward quantity $Q_{Finj}$ , and in the PID control unit 200 , a feedback quantity $Q_{Fsp1}$ is calculated on the basis of the target fuel pressure $P_{Fo}$ and the fuel pressure $PF$ .
109	Input	まず、所定の範囲が機関回転速度に基づき変更される場合、しきい値 $1 \times P_{FH}$ 、しきい値 $2 \times P_{HL}$ は、例えば図 7 のように設定される。
	Proposed	First , as shown in FIG . 7 , when the predetermined range is changed based on the engine rotational speed $N$ , and the threshold value $1 \times P_{FH}$ $2 \times P_{HL}$ are set .
	Baseline	First , the engine speed is within a predetermined range based on a change in the threshold value 1 is set , for example , as shown in FIG . 2 , the threshold value $H \times P_{FH}$ $X P_{HL}$ .
	IBM	First , as shown in Fig . 7 , when the predetermined range is changed based on organization rotation speed , threshold $1 \times P_{FH}$ and threshold $2 \times P_{HL}$ are set up .
	REFERENCE	First , when the predetermined range is changed on the basis of the engine rotation speed , the threshold value $1 \times P_{FH}$ and the threshold value $2 \times P_{HL}$ are set as shown in FIG . 7 , for example .
111	Input	次に図 1 4 の動作説明図を参照しながら、上記のように構成された筒内燃料噴射式内燃機関の燃料圧力制御装置における第二のフィードバック量の挙動について説明する。
	Proposed	Next , the operation of the second feedback quantity of the fuel pressure control apparatus for a direct injection type internal combustion engine combustion chamber , shown in FIG . 1 will now be described with reference to the flow chart of FIG . 14 .
	Baseline	A description will now be given , with reference to FIG . 14 of the direct cylinder fuel injection control device for an internal combustion engine having the above structure will now be described as a second feedback amount of the behavior of the fuel pressure .
	IBM	Next , the action of the second amount of feedbacks in the fuel pressure control device of the charge injection formula internal combustion engine of pipe internal combustion constituted as mentioned above is explained , referring to the diagram of Fig . 14 of operation .
	REFERENCE	Next , the behavior of the second feedback quantity in the fuel pressure control apparatus of the cylinder fuel injection type internal combustion engine configured as described above will be described with reference to FIG . 14 .
112	Input	ここで積分項 $P_{FFB} - I$ が式 ( A ) より大きいとき ( 即ち、YES )、ステップ S 4 0 9 で次式により、しきい値 $1 \times P_{FH}$ 以上の量を除いた目標吐出量 $Q_{Fsp1}$ を算出する。
	Proposed	When the integral term $I$ is larger than the target amount of one or more of threshold values is calculated using the following equation at step S409 . $XPFHs$ $Q_{Fsp1}$ except for the discharge amount ( i.e. , YES ) , $P_{FFB}$ equation ( A )
	Baseline	The integral term $I / F - B$ is larger than the threshold ( that is , YES ) , the routine proceeds to step 409 , the amount of the target discharge quantity $Q$ is calculated . 1 excluding at least 1 according to the following equation ( A ) $PF$ type $XPF pl Fs$ .
	IBM	When integration clause $P_{FFB} - I$ is larger than a formula ( A ) ( namely , YES ) , target 吐出量 $Q_{Fsp1}$ except the quantity of 1 or more $XPFHs$ of thresholds is computed by the following formula at Step S409 here .
	REFERENCE	Here , when the integral term $P_{FFB} - I$ is larger than the expression ( A ) ( i.e. , YES ) , the target discharge quantity $Q_{Fsp1}$ excluding a quantity equal to or greater than a threshold value $1 \times P_{FH}$ is calculated by the following expression in step S409 .

Input means input Japanese sentence.

Proposed means the output of our proposed method.

Baseline means the output of MOSES.

IBM meas the output of IBM King504 (翻訳の王様).

REFERENCE means the correct sentence and handmade.

表 5 Outputs for EJ

5	Input	Through the temperature control circuit ( CPU ) , the operation of the heater is controlled so that the temperature to be detected by each thermistor becomes the target temperature .
	Proposed	それぞれのサーミスタの検出温度が設定温度になるように、ヒータ温度制御回路（CPU）によってその動作が制御される。
	Baseline	これにより、ヒータ温度制御回路（CPU）の動作を制御することにより、夫々のサーミスタの温度が目標温度を検出する。
	IBM	温度コントローラ一周（CPU）を通して、それぞれのサーミスタによって見つけれられる温度が目標温度になるように、ヒーターの操作は、コントロールされます。
	REFERENCE	温度調節回路（CPU）により、それぞれのサーミスタにおいて検知された温度が目標温度となるようにヒータの動作が制御される。
6	Input	As the abnormal temperature rise observed in this embodiment is up to approximately 190 & # xb0 ; C . , the high-temperature offset and downtime are not caused .
	Proposed	この実施例では、約 1900、# x + b で観測しているために、停止時間ずれや高温異常な温度上昇が立ち上る。は発生しない。
	Baseline	また、本実施の形態では約 190 ° C まで昇温された異常停止し、高温オフセットが発生しない。
	IBM	異常な温度増加がこれで体現が上がっていることを観察したので、おおよそ 190 & # xb0 ; に、C . 高温度のオフセットと非稼働時間は、引き起こされません。
	REFERENCE	本例では異常昇温が 190 程度までであったため、高温オフセットやダウンタイムは、発生しない。
8	Input	The fixing roller 51 rotates clockwise as indicated by the arrow .
	Proposed	矢印で示すように、定着ローラ 51 は時計方向に回転する。
	Baseline	また、定着ローラ 51 は矢印の時計方向に回転する。
	IBM	矢によって示されるように、固定しているローラ 51 は、時計回りに回転します。
	REFERENCE	また、定着ローラ 51 は矢印の時計方向に回転駆動される。
13	Input	FIG . 8 shows the belt , seen from the fixing roller .
	Proposed	図 8 は定着ローラベルトから見た状態を示している。
	Baseline	図 8 は、前述のように、定着ローラで構成されている。
	IBM	図 8 は、固定しているローラから見られたベルトを見せます。
	REFERENCE	図 8 はベルトを定着ローラ方向から見た図である。
15	Input	The pressure belt 53 is brought into contact with the fixing roller 51 .
	Proposed	加圧ローラ 53 と定着ローラ 51 に当接するようになっている。
	Baseline	加圧ローラ 53 と定着ローラ 51 に当接されている。
	IBM	圧力ベルト 53 が固定しているローラ 51 に接触させられます。
	REFERENCE	この加圧ベルト 53 は、定着ローラ 51 に当接される。
17	Input	Referring now to FIG . 3 , the arrangement of the fixing unit 9 in the longitudinal width direction is described .
	Proposed	図 3 を参照して、定着装置 9 の長手方向の幅、配置について説明する。
	Baseline	次に、図 3 を参照して、定着装置 1 の長手方向の幅 ) の構成を示すブロック図である。
	IBM	今をイチジクに引き合すこと。3、固定している 9 号の打ち合わせは、経度の広さ方向で述べられます。
	REFERENCE	次に、定着部 9 の長手幅方向の配置に関し、図 3 を参照しつつ説明する。
19	Input	Next , the fixing unit 9 in accordance with the first embodiment is described in conjunction with FIG . 2 .
	Proposed	次に、第 1 の実施の形態に係る定着装置を 9 を用いて説明する。
	Baseline	次に、図 2 を参照して、実施の形態 1 に係る定着装置 9 について説明する。
	IBM	次に、最初の体現に従った固定している 9 号は、イチジクとともに述べられます。2 .
	REFERENCE	次に、この第 1 の実施形態による定着部 9 について図 2 を用いて説明する。
22	Input	The width of the conductor patterns 11a & # x2013 ; 11d and lead conductors 13 , 14 after fired is set , for example , to about 40 & # x3bc ; m .
	Proposed	焼成は約 40 μ m に設定した後、120、131 a - 11 d とリード導体 13 及び 14 のパターン幅を、例えば、3 b c # x x 番の導体である。
	Baseline	導体パターン 11 a ~ 11 d とリード導体 13 及び 14 の幅 W は、焼成した後は、例えば、約 40 μ m である。
	IBM	発射したのは約 40 & # x3bc ; m へのセット、例えば、だつた後で、案内者の広さは、11 a & # x2013 ; 11 d と先頭案内者 13、14 を基づいて作ります。
	REFERENCE	導体パターン 11 a ~ 11 d 及び引き出し導体 13、14 の焼成後における幅は、例えば 40 μ 程度に設定される。

Input means input English sentence.

Proposed means the output of our proposed method.

Baseline means the output of MOSES.

IBM means the output of IBM King504 (翻訳の王様).

REFERENCE means the correct sentence.