

機械翻訳文法のカスタマイズ

熊野 明 吉村裕美子 平川秀樹 天野真家
(株)東芝 総合研究所

機械翻訳システムのユーザは出力訳文に対して異なった要望をもっていることがある。すべてのユーザに対してチューニングされた文法を提供することは現実的でない。そこで異なった要望をパラメータ化し翻訳文法に取り入れた。ユーザが希望する翻訳処理に応じた値を入力した後、翻訳文法がその値を参照することによって出力の多様性を実現した。このカスタマイズ機能によって、ユーザが最終的に求める訳文との距離を縮めることができ、機械翻訳システム全体のパフォーマンスが向上した。今後はカスタマイズ変数の種類を増やし、訳文の品質向上を図る。

Customization of Machine Translation Grammars

Akira Kumano, Yumiko Yoshimura, Hideki Hirakawa and Shin-ya Amano
Research and Development Center, Toshiba Corp.
1, Komukai Toshiba-cho, Saiwai-ku, Kawasaki, 210 JAPAN

One user of a machine translation system may want to have the output slightly different from that of other users. But it is nearly impossible to tune the grammar of machine translation according to each user's desire. We have parameterized many users' desire and improved the translation software to interpret the parameters. Through the customization parameters inputted by the user, the translation software understands his desire and translates according to them. Since this customization function helps the user get a better translation, the total performance of the machine translation system has greatly improved. Our future task is to augment the customization parameters to refine the output of machine translation.

1. はじめに

機械翻訳システムの性能向上は、ハードウェアの進歩による処理速度の高速化で実現されている。しかし、システムの出力である訳文をユーザの希望に近付けるためには、辞書や文法に記述されている知識を拡張することによって、より正確な翻訳を行う必要がある。

しかし、ユーザの翻訳しようとする文書は多様である。マニュアルや技術文書を翻訳することを主たる目的としている翻訳システムではあるが、ユーザによっては多種多様な文書の翻訳にシステムを利用することがある。またたとえ用途をマニュアル翻訳に限定したとしても、原文の性質や求められる訳文の特徴は、文書の違いによって、あるいはユーザによって異なる場合がある。

さらに、ユーザの要求は多様である。その内容が翻訳処理の立場から些細なことでも、その要求が実現されればユーザにとって質の良いものになる。そのためには個々のユーザに対応した環境が必要である。

これに対応するために、従来はユーザ辞書の構築を行ってきた。しかし、ユーザ辞書構築による効果が現れるのは、辞書に登録した語が直接関与する場合のみであり、翻訳文書全体に対する割合は数パーセントに過ぎない。その結果、出力された訳文が要求を満たさないものである場合、後編集作業が大きくなってしまふ。

また、求められる翻訳処理は一様でない。あるユーザからの希望で特殊な処理を文法に導入したとする。そのユーザにとっては翻訳品質が向上したことになるが、そのほかの多くのユーザにとってはその処理の特殊性のために受け入れられないこともあり得る。

ユーザの意向を反映させる手段として、対話的な学習も考えられる^[1]。しかし、これは一般的に手間がかかる。機械翻訳処理の主流は「一括翻訳」による大量翻訳である。したがって、翻訳処理の前にユーザの希望を指定しておき、その指定にしたがって細かい翻訳処理を行うことが望まれる。

以上のように、機械翻訳システムの翻訳処理部分をカスタマイズすることに対するニーズは十分高まっているといえる。

2. カスタマイズの手段

機械翻訳の出力をユーザの意向に合ったものにするため、すなわち翻訳処理方法をユーザに合わせるためにはいくつかの手段が考えられる。一つの手段は、翻訳処理に用いる文法をユーザに公開し、ユーザの手で文法をチューニングすることである。しかし不特定多数のユーザに、複雑な機械翻訳用文法をそのままの形式で公開するのは、かなりの危険性ははらんでいる。翻訳文法全体の理解が不十分なユーザが不用意にある規則を修正することによって、予想しなかった副作用で、これまで正当に翻訳できていたものが出来なくなることも考えられる

。結果的に翻訳システム全体のパフォーマンス著しく低下させることになる。

第二の手段は、ユーザの希望によって解析・変換・生成等の文法をチューニングし、個々のユーザに依存した文法記述を用意する方法である。しかし、各文法ファイルはチューニングの種類の数だけ並行に作成、維持しなくてはならない。さらに、一種類の文法ファイルに多くの種類のチューニング項目が関係すると、その項目の種類数に応じた文法を用意しなければならず、文法のバージョンアップなどの作業量が増大するばかりか、多くのファイルを同等に改良していくことに困難を来す。ユーザの要望の増加にともなって組合わさ的に増大する数の文法ファイルを整備、管理することは事実上困難で、非常に効率が悪い。

これに対して、解析・変換・生成等の文法をそれぞれ一種類で管理し、多様なユーザの要望をパラメータとして抽出し、文法の枠組みにそのパラメータを参照することを許すことでも実現できる。複数の文法ファイルを並行して維持する方法に対して、ひとつの文法に記述される内容は必然的に複雑になるが、異なる種類のパラメータをいくつも取込むことが可能であり、同種の文法ファイルが複数個存在することはなく、管理が容易である。

そこで我々は、第三の手段を採用した。翻訳処理前に翻訳処理を制御する指示をカスタマイズパラメータとして入力し、必要に応じて文法記述がその値を参照することにより、翻訳処理の多様性を実現するものである。

つまり、ユーザに指定できる要素を限定し、この範囲ならどのような指定をしても翻訳性能を低下させない出力を保証する。このようにして機械翻訳システムの訳文出力に関するカスタマイズ機能を実現し、ユーザに提供を開始した。

限定された方法ではあるが、機械翻訳文法のユーザへの開放の第一歩と位置付けている。

3. カスタマイズの対象

機械翻訳文法の中で、カスタマイズする対象項目は大きく次の4種類に分類される。

3.1 文書様式

原文の様式の違いによって翻訳処理を制御すべき種類のものである。

ユーザが把握できた範囲で原文の性質をあらかじめ指示しておくことにより、翻訳処理、特に構文解析・意味解析の処理負担を軽減することができる。

例えば、英日翻訳の場合、原文に現れる動詞の-ed形は、一般に過去形と過去分詞の可能性がある。英文を解析する際には、-ed形が出現するたびに過去形と過去分詞の解釈を調べる必要があり、一文に含まれる-ed形の動詞が多くなれば解釈の負担は飛躍的に増大する。ところが

たとえば機械のマニュアルで動作の原理を説明する文章や、操作の手順を示す文章の場合、過去の内容を表現する可能性は少ないと予想される。-ed形が過去分詞として用いられる例に比べて過去形として用いられる例の数は非常に限られるであろう。このような文書を翻訳する際、過去形の出現する可能性が極めて少ないという性質をあらかじめ指示すれば、構文解析は、-ed形の動詞に対して過去分詞の解釈を優先して処理することができる。そのほとんどは過去分詞の解釈で成功し、効率が上昇する。

3.2 訳文書式

もうひとつは訳文書式に関わるものであり、訳文候補が複数あり、いずれも誤りではない場合である。日本語の区切り記号に句読点を用いるかカンマ・ピリオドを用いるかは、単にユーザの好みの違いであり、一方が正しく一方が誤りとは言えない要素の一種である。カタカナの複合語を表記する際、構成語の間を中黒(・)で区切るか、連続して表現するかの違いは、ユーザの文章基準、用語基準に左右されるものである。

3.3 訳文様式

訳文書式に似て、複数の訳文候補のどれもが誤りとは言えないが、文書の種類を考慮するとより適切なものと、どちらかと言えば不自然なものに分類する基準のあるものがある。

たとえば、英語の命令文に対して日本語でどういう文末表現に生成するかは、その一文だけを考えて「～なさい」と訳出しようが「～して下さい」と訳出しようが誤りではないが、多くの場合、文書の種類によってその適切性に差が生ずる。

個人的な通信文や、公式な案内状などでは、日本語の丁寧な表現が好まれるが、操作マニュアルなどでは、「～すること」と言い切った表現が一般的である。

日本語に比べて多用される英語の受動態の文に対して、多くの場合、日本語で受動態で表現することも、能動態で表現することも可能である。生成するかを選択などがこの種類に含まれる。

日英翻訳の場合にも、同様の状況がある。日本語で主語のない平叙文は頻繁に出現するが、その扱いには注意する必要がある。機器の解説を述べる文章では、英語訳文で主語を明示するのを避けるために受動態に変換して表現する手段が利用される。しかし、他の文書、例えば操作手順マニュアルなどでは、ユーザの行うべき操作を直接的な命令文を選び、平叙文で示すことが多い。このような場合には、英語の訳文が命令文になるほうが適切である。同じ機器のマニュアルでも、その章の違いで原理文と操作

文の異なった性質の文章を含むことが多い。

3.4 その他

最後の種類はこれまでの3種類とは性質を異にするものである。もうひとつは文書の意味に関わるものであり、解釈知識が不十分なときにそれを補い、機械翻訳の訳文生成を助けるためのものである。例えば分詞構文には、理由、同時進行など複数の解釈の候補があり、翻訳処理の上でそのいずれかに解釈する必要がある。しかし大規模な知識辞書をもってしても解決できない例はまだ多い。このような場合は、「わからなければこの解釈にする」という基準が必要である。

英語の法助動詞には、根源の意味と陳述緩和の意味をもつものがある^[2]。例えばmayは、許可を示す根源の意味と可能性を示す陳述緩和の意味もっている。翻訳処理の過程でそのいずれの意味かを判断し、相当する日本語のモーダル表現を生成する必要があるが、必ずしも解釈をひとつに絞る必要はない場合がある。この場合も「わからない場合はこの表現で出力する」という基準が必要である。

以上述べたように、カスタマイズ変数はユーザの違いによって変更可能であることはもちろん、翻訳処理文書ごとにも変更可能でなければ意味がない。特定のユーザが機械翻訳処理する文書は必ずしも同種のものではないからである。今回のカスタマイズ機能の実現においても、翻訳処理単位で管理・制御されるようにしている。

4. 実現手段

4.1 システム構成

機械翻訳システムにおけるカスタマイズ機能の性質を考慮し、ソフトウェアとしての仕様を次のように決定した。

(1) カスタマイズ変数の設定値は翻訳文書ごとにかかるものであり、その値は翻訳処理に先立って指定される。

(2) すべてのカスタマイズ変数はデフォルト値をもち、その値を変更したいときのみユーザが指定する。

(3) 翻訳用文法、辞書の記述においては、カスタマイズ変数を導入する前の仕様と出来る限り近い記法で参照できる。

(4) すべてのカスタマイズ変数を一元管理し、翻訳プログラム・周辺プログラムから同等に設定、参照ができる。

以上の性質を実現するように、カスタマイズ機能のソフトウェアを設計した。システム構成の概要を図に示す。

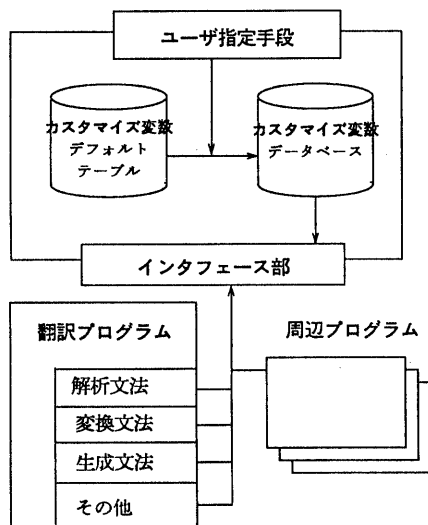


図1 システム構成

4.2 カスタマイズ変数

翻訳処理に先立って、カスタマイズ変数をセットする。このカスタマイズ変数は、訳文に対するユーザの希望を項目ごとにパラメータ化したもので、専用のツールを用いて入力する。システムはあらかじめすべての項目に対してデフォルト値をもっているため、設定作業を行わなければすべて標準設定値で処理が行われる。

今回英日機械翻訳システムに実現したカスタマイズ変数の例を表1に示す。

変数の意味	変数のとりうる値
受動態	通常受動態 / 能動態変換
主語you	省略する / 省略しない
分詞構文	して / するので / しながら
文体	常体 / 敬体
区切り記号	句読点 / ビリオド・カンマ
命令文	しなさい / してください / すること
助動詞may	してもよい / するかもしれない
助動詞must	に違いない / なければならない
助動詞should	べきである / したほうがよい
省略可能な送りがない	出力する / 省略する

表1 カスタマイズ変数

カスタマイズ変数の値は翻訳処理中に各文法から参照される。文法をカスタマイズ変数の値の数だけ用意するのではなく、単一の文法であらゆる変数値に対応した処理ができるようにした。つまり、文法にはカスタマイズ変数を参照する記述が含まれており、参照値をもとにして各処理の制御を行う。

カスタマイズ変数の設定内容は、翻訳文書ごとに保存される。再翻訳する際には保存された設定値をもとに再実行されるので、新たに設定し直す手間が省略できる。

5. 文法からの参照

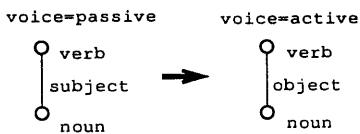
解析文法、変換文法、生成文法など翻訳処理の各文法からカスタマイズ変数を参照し、処理を制御することができる。いずれの場合も、条件部において、一般の属性値を調べるのと同様にカスタマイズ変数を参照する。文法からのカスタマイズ変数参照は、図1のインタフェース部を介して行われる。

以下に、各文法からカスタマイズ変数を利用している例を示す。

5.1 変換文法

英日翻訳で使用している構造変換文法の例を2種類示す。

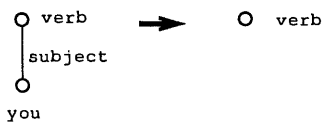
```
(a) 1 (subject_2)=1 (object_2) /
    [$STRAN_PASS="active":
     1.voice="passive":]
    [modify(1;(voice;"active"))];
```



```

1
(b) 1 (subject_2)=1/
    [ $TRAN_NO_YOU="Yes":
      2.sourceword="you": ]
    [ ]

```



(a), (b)とも、1行目に変換前(左辺)と変換後(右辺)の木構造を表し、数字がノード、英字名がアークを示している。2,3行目は変換規則の適用される条件を表し、太字で示した部分がカスタマイズ変数の参照部分である。4行目は変換規則の適用後に行う属性変更などの操作である^[3]。

規則(a)は、英語で受動態表現になっている文を、日本語では能動態に変換して生成するためのものである。条件記述中、\$TRAN_PASSは英文が受動態の際の処理を指定するカスタマイズ変数で、その値が"active"の場合が「能動態変換を行う」と指定した事を示す。この条件が満たされた場合に、能動態変換を行うものである。

規則(b)は、英文の主語"you"を省略するか否かを判断、実行するルールである。\$TRAN_NO_YOUは、主語"you"の省略/生成を指定するカスタマイズ変数である。デフォルトも含めて、この値が"Yes"になっている場合にこのルールが適用され、日本語訳文では「あなた」の主語を生成しない。

5.2 構文生成文法

英日翻訳で使用している構文生成文法の例を示す。規則(a)から実行が始まり、\$の付いた名前はそれを左辺にもつ別の規則にプッシュダウンし、右辺の順に操作する。大文字名は木構造中のアーク名であり、そのアーク以下の構造を生成する^{[4][5]}。

```

(a) S=$SUBJ,$DELIM,$OBJ,$VERB,$PUNC;
(b) $SUBJ=SUBJECT
    +"は"[(「は」を優先する条件記述)
        |$GENE_SCASE="HA"]
    +"が"[(「は」を優先する条件記述)
        &$GENE_SCASE="GA"];
(c) $DELIM=
    "、"[$GENE_PUNC="Kuten"],
    "。"[$GENE_PUNC="period"];
(d) $OBJ=OBJECT+"を";
(e) $VERB=verb;
(f) $PUNC=
    "。"[$GENE_PUNC="Kuten"],
    "。"[$GENE_PUNC="period"];

```

構造変換文法の例と同様、カスタマイズ変数の参照部分は太字で示してある。

規則(b)は主語の名詞句とそれに続く助詞を生成するためのものである。カスタマイズ変数を参照することにより、名詞句直後の助詞に「は」「が」のどちらを用いるかを決定している。「は」を優先する条件(詳細は省略)を満たせば当然「は」を生成するが、そうでない場合は、カスタマイズ変数を参照して決定する。

規則(c)および(f)は、日本語訳文中の区切り記号の種類を制御するもので、カスタマイズ変数\$GENE_PUNCの値が"Kuten"ならば句読点を用い、値が"period"ならばカンマ・ピリオドを用いることを示している。

5.3 日本語形態素生成文法

英日翻訳で使用している形態素生成文法の例を示す。

```

modal
|KAMOSHIRENAI
  [modal="may"&$JAPM_MAY="possible"]
|CHIGAINAI
  [modal="must"&$JAPM_MUST="true"]

```

上の例はモーダルに対応した形態素を生成する規則の一部分である。2行目と3行目では、助動詞"may"に相当するモーダルをもつ場合、カスタマイズ変数\$JAPM_MAYの値が"possible"ならば、形態素「(し)てもよい」のかわりに「(する)かもしれない」を生成することを示している。同様に、4行目と5行目では、助動詞"must"に相当するモーダルをもつ場合、カスタマイズ変数\$JAPM_MUSTの値が"true"ならば、形態素「(し)なければならない」のかわりに「(する)に違いない」を生成することを示している。

```
#imperative=
NASAI [ $JAPM_IMP!="KOTO" ]
KOTO [ $JAPM_IMP="KOTO" ]
```

上の例は、命令文の語尾の形態素を生成する規則の一部分である。条件部で参照されているカスタマイズ変数 \$JAPM_IMP は、ユーザが「すること」形式の表現を選択したときに "KOTO" という値になり、それ以外はデフォルトの場合も含めて他の値をとる。2 行目の規則では、カスタマイズ変数 \$JAPM_IMP の値が "KOTO" でなければ形態素「なさい」を生成することを示し、3 行目では、\$JAPM_IMP の値が "KOTO" であれば形態素「こと」を生成することを示している。

6. 処理方針

6.1 処理の流れ

カスタマイズ変数を用いた翻訳処理は、以下の原則を順次適用して行われる^[6]。

[原則 1]

翻訳処理による解釈を必要としないものは、カスタマイズ変数の指示通り生成する。訳文形式に関するカスタマイズ項目は、この原則で処理が容易に決定する。

[原則 2]

翻訳処理の過程で解釈ができ、適切な解析・変換・生成手段が判断できた場合は、その結果に従った処理を行う。ここで「解釈ができた」「適切な処理手段が判断できた」という基準は、解釈・変換または生成の確信度が十分高いことを示している。この時点で確信度が十分高くないものは、解釈を保留している。

[原則 3]

原則2で解釈を保留した、解釈・変換または生成の確信度の低い解釈に対しては、5章で示した方法を用いてカスタマイズ変数を参照する。ユーザによる変数設定があれば、その指示に従って処理を行う。

[原則 4]

解釈を保留した項目に対してユーザによる変数設定がなければ、システムが用意したデフォルト値に従って生成する。このデフォルト値には、一般的なマニュアル翻訳に適した設定値が用意してある。

6.2 英日翻訳の処理例

上記の処理原則に沿ったカスタマイズ翻訳処理例を説明する。

例えば、日本語の区切り記号を句読点にするかカンマ・ピリオドにするかは、翻訳処理の解釈を必要としない。[原則 1] により、カスタマイズ変数の指示に従って出力する。命令文の日本語文末表現なども、解釈の問題ではなく生成だけの問題であり、[原則 1] に適合する。

英語で多く現れる受動態英文を日本語で生成する際の表現は、受動態でも能動態でも意味する内容には本質的に差はない。しかし、訳文の理解し易さに差が生じ、結果的に翻訳出力全体の品質を左右することが多い。

次の受動態の英文(a)に対して、受動態の訳文と能動態の訳文例を示す。

- (a) The remote files cannot be removed.
 (a-1) リモートファイルは削除されることができない。
 (a-2) リモートファイルは削除することができない。

一般的には能動態に変換した(a-2)が、日本語として明らかに自然な文である。これは助動詞canの意味が関与しており、日本語における可能表現の性質によるものである。この場合は[原則 2] に従い、カスタマイズ変数が「受動態で生成する」を指示していても、生成の確信度の高い「能動態変換」で訳文生成を行う。

助動詞 may を含んだ次の英文(b)に対して、助動詞の意味の2通りの解釈による訳文例を示す。

- (b) The program name may appear on the list.
 (b-1) プログラム名はリストに現れてもよい。
 (b-2) プログラム名はリストに現れるかもしれない。

文法的に判断する限り、2通りの訳文はいずれも誤りとはいえないだろう。しかし、自動詞 appear の意味と無生物主語の性質から、(b-1) の意味は不自然で、(b-2) の訳文が正しいと思われる。理由は、appear は意志性をもたないので、その動作を許可することは意味をもたないし、無生物に対して許可を与えることも意味がないからである。この場合も[原則 2] に従い、カスタマイズ変数が許可を示す根源的意味の「してもよい」を指示していても、生成の確信度の高い可能性を示す陳述緩和の意味の「するかもしれない」の表現を用いる。このように、特徴的

な性質をもつ語に関しては、語彙的な例外処理が可能である。

6.3 日英翻訳の処理例

箇条書きの一文 (c) に対する訳文を5種類挙げる。

- (c) 1. ピンAを移動する。
- (c-1) 1. Move the pin A.
- (c-2) 1. It moves the pin A.
- (c-3) 1. Moving the pin A.
- (c-4) 1. To move the pin A.
- (c-5) 1. Moves the pin A.

操作手順を説明する文書では、(c-1)の命令文表現が適当であろう。また、機器の機能を紹介する文書では、(c-2)の平叙文あるいは(c-5)の主語なし文で表現することが求められる。一連の動作を列挙する文脈では、(c-4)のような不定詞表現が好まれる場合もある。このように、英語の文体もカスタマイズの対象と考え、処理の多様化を実現している。

その他、翻訳処理の上では些細な現象ではあるが、ユーザの指定によって翻訳作業の効率を上げることのできるものがある。

章や節の見出し部分は一般的に地の文より目立たせるために大文字を多用する傾向にある。しかし、ユーザによっては、タイトル部分の全部の文字を大文字にしたり、すべての単語の頭文字のみを大文字にしたり、タイトルの最初の一文字だけを大文字にしたりする。このような選択は、文書全体を通して統一されるものであり、ユーザが指示すればそれにしたがって出力することは、機械処理には容易なものである。例を以下に示す。

- (d) ユーザ用データの制限
- (d-1) RESTRICTION OF DATA FOR USERS
- (d-2) Restriction of Data for Users
- (d-3) Restriction of data for users

7. 結果

カスタマイズ変数を英日・日英翻訳処理に導入することにより、訳文様式・訳文書式に合った出力を実現することができた。結果的にユーザの希望する翻訳結果に近づくことができる多くの出力を得た。

文法的内容、意味解釈の内容に関するカスタマイズ変数の利用には、確信度というべき判断基準を考慮した。翻訳システムが確信をもっている部分はその情報を優先して生かし、確信度の低い部分に対してカスタマイズ変数を参照させた。その結果、システムの知識とユーザの嗜好が協調する翻訳出力を

現することができた。

カスタマイズの対象にしたものの中には、文法現象に関係するもののほか、訳文の表面的な情報(訳文形式)に関するものも含まれている。後者は機械処理には比較的容易なものであり、誤りが少ないので、出力訳文をユーザの希望に近付ける効果は非常に大きい。

これまでユーザ辞書に登録されている語に関する処理以外は基本的に一通りの処理方法しか実現できなかった機械翻訳システムだが、翻訳に用いる文法をパラメータという限定された形式で部分的に開放したといえるだろう。

8. おわりに

翻訳処理の前に、原文の性質や訳文に対するユーザの嗜好を補助的に入力することによって、文書全体にわたって従来より効率的に、かつユーザにとって質のよい翻訳結果を得ることができた。また、出力訳文の評価観点からは、これまで原則として一通りの結果しか出力しなかった機械翻訳システムが、ユーザの意向に合わせて訳文を出力するものになった。

その結果、これまで単純な編集作業を含んでいた後編集の作業量が減少する効果を生じた^[7]。ユーザがシステムに向かう時間は確実に軽減され、入力から最終出力までの翻訳システム全体を通したパフォーマンスが向上した。

文法のカスタマイズの機能はユーザの求める翻訳出力に近付けるために重要な要素技術である。極論すれば、核の部分を除いた文法規則のひとつひとつをユーザの指定対象にして細かくカスタマイズすることも不可能ではない。しかしユーザの指示が繁雑になり、不要な判断を強いられることになる。現状では、本稿で述べたように、多様性を求められるであろう部分に限ってカスタマイズの対象とし、さらにデフォルト値を提供することにより、実現している。

今後、ユーザからの要求をもとにカスタマイズの対象項目を順次増やし、より細かくユーザの意向に沿った翻訳出力を実現する。

また、カスタマイズ変数の設定は、必ずしも逐一ユーザが行う必要のない場合もある。新たに文書の翻訳を行う場合、もし似た内容の翻訳結果が素手にある場合、その訳文を観察することによって訳文様式の多くの部分は自動的に決定できる可能性がある。

具体的には、現在行っている目的言語からの訳語学習の方法を利用することができる^[8]。ユーザが既にもっている同分野で異なる文書の翻訳結果をもとにすればカスタマイズ変数の一部は自動設定を行う

ことも可能であろう。今後の研究課題として考えている。

参考文献

- [1] 増山顕成, 他: 機械翻訳システムにおけるチューニング機構について, 情報処理学会第39回全国大会, 3G-6 (1989).
- [2] 熊野明, 他: 英日機械翻訳システムの訳文生成について, 情報処理学会自然言語処理研究会資料, NL40-6 (1983).
- [3] 熊野明, 他: 日英機械翻訳システムにおける構造変換について, 情報処理学会第32回全国大会, 3S-9 (1986).
- [4] 天野真家, 他: 機械翻訳システムTAURASにおけるトランスファおよび生成方式, 情報処理学会第26回全国大会, 4L-4 (1983).
- [5] 吉村裕美子, 他: 自然な文章生成のための規範, 情報処理学会自然言語処理研究会資料, NL74-3(1989).
- [6] 熊野明, 他: ユーザ協調型日本語生成システム, 情報処理学会第42回全国大会, 2C-9 (1991).
- [7] Amano, S. et al: "The TAURAS Design Philosophy", the Proceeding of MT summit II (1989)
- [8] 野上宏康, 他: 既存目的言語文書からの訳語の自動学習方式, 情報処理学会第42回全国大会, 2C-6 (1991).