

英和辞書からの日英翻訳ルールの自動獲得

田中 貴秋 松尾 義博 大山 芳史
NTT コミュニケーション科学研究所

機械翻訳において、イディオムなどの連語表現を収集することは原言語の文の解析、目的言語の文の生成両面で重要である。しかし、このような表現を網羅的に収集し翻訳ルールを獲得することは難しい。対象表現は対訳コーパスから抽出することが一般的であるが、コーパスが多量に必要であり現実的に利用できる量では網羅的に表現を集めることは困難である。さらに、ルール化するためには二言語間で対応のとれた対訳表現が必要であるが利用できるものは限られる。本稿では、表現を網羅的に収集する対象として英和辞書に着目した。辞書を用いることにより一般のコーパスからは得られない表現を収集できることを示し、獲得したルールを翻訳システムに適用した結果について述べる。

Automatic Acquisition of Japanese-to-English Machine Translation Rules from an on-line English-Japanese Dictionary

Takaaki TANAKA Yoshihiro MATSUO Yoshifumi OOYAMA
NTT Communication Science Laboratories

A robust machine translation system needs to be able to recognize and handle a wide range of idioms in order to correctly analyze and translate texts. However, it is difficult to extract a good collection of common idioms from corpora, since any one corpus will only contain a limited number of idiomatic expressions. In addition, obtaining machine translation rules requires well aligned bilingual corpora that are not widely available. This paper describes a method to automatically acquire translation rules from a machine readable English-to-Japanese dictionary. It then shows the results of using these translation rules in a Japanese-to-English machine translation system.

1.はじめに

機械翻訳において品質のよい翻訳を行おうとすれば、人間によって書かれた目的言語の表現を収集し利用することが重要である。用例型機械翻訳方式[1, 2, 3]では、翻訳例をもち類似したものを模倣して変換することで質の高い翻訳結果を得ることを実現している。また、慣用表現や共起表現に関する分析も行われており[4, 5]、構文トランスファ方式においてもこれらを翻訳辞書や翻訳ルールとして持ち利用することが一般に行われている。

しかし、実際にこれらの表現を収集することは容易ではない。連語や慣用表現をコーパスから収集する研究は数多く行われているが、その網羅性には問題がある。また、収集された表現をルール化して翻訳辞書などに登録することは人手を要する煩雑な作業である。

仕事量基準を用いてコーパスから定型表現を抽出する研究[6]や助詞相当語句を抽出する研究

[7]など、表現の出現頻度などに基づく統計量を使用する方法が一般的であるが、有効な表現を収集するためには大量のコーパスを必要とする。また、頻出する表現には適用しやすいが、出現回数が低い表現はノイズに埋もれてしまい取り出すことが困難である。

新納らの研究[8]では、「水をあける」のように「AをBする」の形をした述語型慣用表現を、名詞Aが他の類義語に置き換え（「真水をあける」など）ができないものに注目して抽出する方法を提案している。この方法では、抽出に名詞Aと動詞Bの相互情報量を利用するのではなく、動詞の出現頻度のみを利用しているので、表現全体としては出現頻度が低いものも取り出せる。しかし、翻訳という観点からすると日本語では一般的な表現であっても、英語の慣用句に翻訳されるような表現は抽出の対象とはならない。

本稿では、日英機械翻訳で自然な英文を生成するルールを獲得することを目的として、日英機械

翻訳に有用な表現を収集する対象として人間用の電子化された英和辞書を選択した。白井らは英和辞書に記載されている英単語の訳語の分析を行っている[9]が、ここではより大きい単位を収集するため英語連語に焦点を絞って述べる。英和辞書には見出し語ごとに整理して連語表現が記載されているので翻訳の質の向上に必要な目的言語の表現を効率的に収集することができる。

また、機械翻訳のルールに利用する知識を獲得するためには対訳コーパスを対象とする[10]のが一般的であるが、日本語と英語については言語構造の違いから両言語間で対応をとるのが難しい。

Kaji らは日英の対訳文の句構造木を対応させて翻訳テンプレートを作成する研究[11]を行っているが、2言語の単語間の対応付けを利用して、慣用句のように両言語の単語間で関係がとれない表現が含まれているものを扱うのが難しい。

本稿では、収集する対象に英和辞書を着目し、日常的に使用される一般的な表現を二言語の対訳として網羅的に集める。また、記載されている対訳語句は原則的に両言語で文法的に同様の機能をもっているため、翻訳ルールを生成しやすいという利点がある。収集された対訳語句は両言語に簡単な解析を行いルール化する。

2章で英和辞書に記載されている英語連語の分類と収集する表現について検証し、3章で実際のルール化について述べ、4章では生成したルールについて考察する。

2. 連語表現について

2.1. 英和辞書収録の連語表現

日英対訳表現を収集する対象として市販されている電子化された英和辞書(学研英和辞書データベース、見出し語約 60,000 語)を使用した。この英和辞書には、約 4300 の英語の連語表現が収録されている。1つの英語表現に複数の日本語がつけられているものがあるので、日本語の表現は重複するものを含めてのべ約 5500 ある。

英語の連語表現については末松らが電子辞書の記述法、表現法について考察し、部分統語木(syntactic sub-tree)による方法を提案している[12]が、ここでは連語全体を一語として扱いその機能について分類するにとどめた。収録されている表現は日本語と英語の両方の文法機能を見ると、

述語、連用修飾句、連体修飾句、名詞句、
独立句/文、その他

に大きく分類できる。以下では各分類ごとの表現の特徴とルール化する際の留意点を述べる。

2.1.1. 述語

英語が動詞句で日本語は用言が中心の語句である。英語全体で日本語一語に訳されているものや、日本語が一部の格要素を含んだ形で現れているものなどがある(1)。

・ have a longing for ~ = …にあこがれる (1)

日本語中に陽に格要素が現れたものには、慣用的な用法のものと、日本語のごく一般的な用法のものがある。日本語が慣用的なものは、その格要素に対応する語句が英語句中には存在しない(2)が、一般的な用法のものは、対応する語句が英語中に存在する(3)。

・ preen oneself on ~ = …を鼻にかける (2)

・ overstep the mark = 限度を超える (3)

(3)の例の「限度」に対しては“the mark”が対応しているが、(2)の表現では日本語では「鼻にかける」という慣用句で表現されているので、当然ながら、英語には「鼻」に対する語句は存在しない。このようなものを収集する必要があるのは言うまでもないが、(3)のように日本語として特別な用法でないものでも英語は“overstep”に対して“the mark”を“the limit”と言い換えられないことを考えると、これらについても収集することに意味がある。

人間が使用する目的で作成された辞書であるために、英日の連語対の記載には全ての格要素が現れていないことである。ガ格はほとんどの場合が省略されているが、補うことはさほど問題にな

らない。

- join issue with ~ = …と議論する (4)

(4)の例ではヲ格について記述されておらず「彼と環境問題について議論した。」という文をこの対訳表現のみを利用して変換することができない。これについては、複数の辞書を参照するか、他のコーパスを使用して不足している格要素を補うことが考えられる。

2.1.2.連用修飾句

副詞的用法の表現である。英語は前置詞句が大半を占め、残りが英語の副詞を伴う表現である。日本語は一語の副詞で表されているものや、動詞の連用形や名詞に助詞が付いたものが対応している。日本語の副詞に訳されているものについては、そのまま登録することができる(5)。

- back and forth = あちこちに (5)

日本語部分に変数部がふくまれており、一連の日本語が英語の前置詞相当の働きをするもの(関係表現)も多数存在する(6)。これらの日本語の単位をルールとして登録することは、解析、生成両面で有益であると考えられる。

- in view of ~ = ~から考えて (6)

名詞に接辞がついて副詞的に使われるものも含まれ(7)、名詞+接辞で登録するのが適当と思われる。

- for convenience sake = 便宜上 (7)

2.1.3.連体修飾句

英語では、形容詞や名詞+前置詞の形で前から修飾するもの(8)と、前置詞句として後ろから修飾するものがあるが、ほとんどが後者である。日本語では、主に「…の」の形か活用語の連体形(9)に訳されている。be動詞の補語となれるものは、合わせた形で述語としても登録するのが適当と考えられる。

- a large quantity of ~ = 多量の… (8)
- on the move = 活動している (9)

2.1.4.名詞句

日本語では、一語あるいは複合語に訳されている(10)。日本語に無い単語は説明的になっているものもある(11)が、これらは辞書登録などでそのまま利用できる。

- a dinner party = 晩さん会 (10)
- a millstone around one's sack = 逃れられない重荷 (11)

2.1.5.文 / 独立句

格言やことわざなどもふくまれており、日英のほぼ同意味の表現を対にしているもの(12)と、英語の表現を説明的に翻訳しているもの(13)がある。前者の場合は文脈に依存する部分はあるがほとんどの場合、どちらもそのまま置き換えることができると思われる。また、標語や注意の類(14)も含まれるが、これらは文の一部として使われると両者の機能が一致しなくなることがあるので(例、「彼は禁煙をあきらめた。」)、文として扱わなければならない。

- The burnt child dreads the fire = あつものにこりてなますをふく (12)
- A stitch in time saves nine = 適当なときの一縫いは九針の手間をはぶく (13)
- No smoking = 禁煙 (14)

2.1.6.その他

前述のいずれにも該当しない語句で、接続詞や様相を表すものなどがある。

- hardly ~ when … = ~するやいなや… (15)
- I wonder if ~ = …かしら (16)

2.2.そのままルール化できない表現

一つの日本語の表現について二つ以上のの英語が同一の日本語に訳されているものは、単純にルール化することができない。

- in reference to ~, with respect to ~, relative to ~, in terms of ~, apropos of ~, in connection with ~, in relation to ~ = …に関して

これらをルール化するには何らかの訳語選

択基準を設ける必要がある。例えば、「…に関して」の場合，“in reference to”のあとには具体的なものや事柄，“with respect to”に続く語句は抽象的なものが来るなどの訳し分けがされる。このことは、前後に共起する語句を調べてそれらの名詞などの属性により分類できる可能性がある。

また、数は多くないが数詞を含む表現の場合、具体的な数字を示している場合がありルール化する際には抽象化する必要がある。

・ for the past ten years = 過去 10 年間

2.3. 英和辞書収録連語の有用性

英和辞書中に収録されている英語の連語を文法の機能によって次の6つに分類した*。各分類ごとの日本語の重複を含んだ数は以下に示す通りである。

- ◆ 述語 : 2707
- ◆ 連用修飾句 : 1714
- ◆ 連体修飾句 : 25
- ◆ 名詞句 : 811
- ◆ 文/独立 : 103
- ◆ その他 : 113

このうち述語になるものについては、動詞の結合価パタンの収集[13]が進んでおり、これで翻訳できるものが多い。連用修飾句は、数も多くルール化の効果が期待できるが、従来収集が難しかったためあまり行われてこなかった。以下では収録されている連用修飾句のうち英語が前置詞句であるものについて実際の日本語の文章中でどの程度使用されているのかを調べて、その有用性を検証する。日本経済新聞の3か月分(1983年1月~3月)を対象として、収集された日本語語句の出現頻度を調べた。検索には辞書から抽出された日本語表現をそのまま使用しており、漢字かな表記の違いや、語句の切れ目の違いなどは吸収していない。また、「だけ」や「ほど」のように自立語を含まない表現は翻訳単位として適当でな

* 3.2.で述べる方法によって分類した。

表1 連用修飾句の新聞中での出現頻度

	全種類	総出現回数(文の総数に対する割合)	出現した表現の種類(総数に対する割合)
連用修飾句全体	1258	37254 (25%)	667 (53%)
日本語1に対して英語1の表現	763	7472 (5%)	299 (40%)

いと考えられるので以下では除外する。

表1上段に示すように、約15万文中、日本語の表現が(字面通りに)出現したのが約37,000回で、全文に対して約25%の割合で対象とする表現が現れている。日本語語句1258種類中一回以上現れたものは667種類である。これらの表現のうち出現回数が上位20位のを図1に示す。

「仕事」が含まれているのは辞書に「at work = 仕事」という記述誤りと考えられるものがあつたためである。図中の○印の付けられている表現は全て一つの日本語の表現に対して二つ以上の英語表現が対応している。全体として上位の語句は、様々な表現の中で異なった用法で使用され、この単位だけでルール化するのは適当でないと考えられる。

表1下段に示すように、連用修飾句の中から日本語の表現に対して英語が一種類のみ対応しているもの763種類だけに絞り込むと、図2のよう

日本語表現	頻度
○ 中で	2960
○ 時に	1450
○ まだ	1349
○ ほとんど	903
○ 仕事	875
○ 同時に	794
○ なお	698
○ 実際	658
○ 実際の際	487
○ それだけ	453
○ もちろん	444
○ にもかかわらず	430
○ 事実上	425
○ 問題の	420
○ 重要な	418
○ 必ず	408
○ かつて	401
○ を求めて	400
○ に関して	395

図1 新聞における修飾頻度上位20位の連用修飾句(1)

日本語表現	頻度
○ の際	487
○ それだけ	453
○ 結局	377
○ 応じて	282
○ 今後は	276
○ に応じて	271
○ を考えて	248
○ の形で	228
○ に関連して	194
○ を見て	188
○ 一気に	187
○ 多少	183
○ 中にも	172
○ 今は	160
○ 家で	152
○ 原則として	143
○ の中から	138
○ 春に	114
○ これからは	93
○ 増加して	90

図2 新聞における出現頻度上位20位の連用修飾句(2)

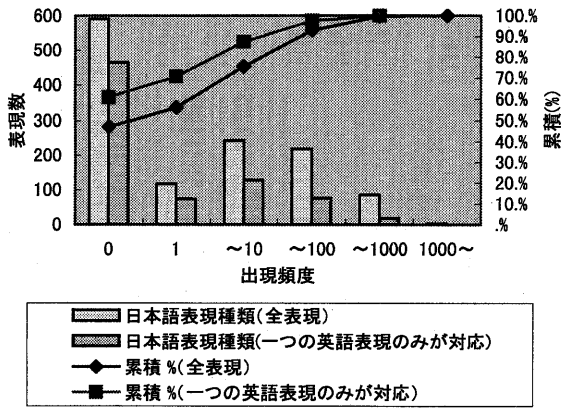


図3 対象表現のコーパス中における出現頻度の分布

な表現が上位にくる。これらは、自立語を含まない表現を除いて約7,400出現し、約15万文に対して約5%の文で現れている。

「に応じて」「を考えて」「に関連して」など英語の前置詞相当の表現が上位に来ていることが目立つ。また、「に関連して」という表現の半数近くが「これに関連して」という形で使われており、表現によってはより大きな単位で扱うことが有効であることを示唆している。

また、図3に示すように全く出現しなかった表現と、1回しか出現しなかった表現を合わせて、全表現で約60%、複数の英語が対応する表現を除いた場合で約70%を占めている。コーパス中に出

涙を流して
力尽きて
予告なしに
無造作に
万難を排して
放課後
平服で
不在中に
不規則に
念のために
同情して
頭からつま先まで
大体において
大昔から
滞って
総合してみると

図4 出現しなかった表現の例

話のついでに
論争になって
礼儀正しく
良心にちかかって
旅行ちゅうで
流行おくれの
率直に言えば
要領よく
用意のととのった
無関心に
文字どおりに
武装して
微笑して
飛行機内で
非常の際に
日没後
定期よりおくれ

図5 出現回数1回の表現の例

現しなかった表現と1回だけ出現した表現の一部をそれぞれ図4、図5に示す。頻度の低いものの中にも、日本語として一般的な表現であり対訳表現を持つことが解析や生成に寄与する可能性のあるものが多く含まれる。しかし、辞書から得られたこのような有効な表現を15万文程度のコーパスから統計量に基づく方法で収集することは難しいといえる。

3.英語連語表現の収集とルール化

3.1.ルール化の流れ

電子化された学研英和辞書から連語表現を収集し、ルールを生成するまでの過程を図6に示す。(step 1)

始めに英和辞書中の連語表現を示す記号をもとに、英語の連語表現とその日本語訳を抜き出す。英語とその日本語訳中にある括弧で括られた注釈や補足、言い換えなどは削除し以降では無視する。

(step 2)

日英両言語を簡単に解析する。具体的には日本語は形態素解析を行って単語ごとに品詞を付与し、英語は単純に単語ごとに辞書引きをし各単語ごとに取りうる品詞を付ける。この段階で英語については品詞の接続表など制約を使用していな

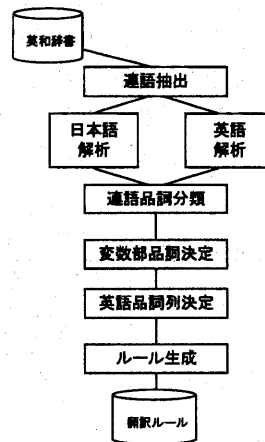


図6 ルール収集と生成の過程

いので複数の品詞が付くものがある。

・例 in charge of ~ = ~を担当の

(P/ADV) (N/V) (P)

(step 3)

日英の解析結果からヒューリスティックスによって対訳表現の全体品詞を決定する。この際に英語の品詞も一部が決定される。

(step 4)

同様に、変数部を含む表現は変数部に入る品詞などを決定する。

(step 5)

一部決定された英語の品詞から簡単な接続ルールによって各単語の品詞を決定する。

(step 6)

対訳表現の全体品詞、変数部の品詞、英語の品詞から翻訳ルールを生成する。

3.2. 語句の品詞決定

辞書から収集した表現は、断片的な語句であるので、翻訳ルールとして利用するためには、語句全体の文法機能を決定しなければならない。しかし、語句という短い単位を扱うために通常の文を対象とする言語解析を行っても曖昧性が生じやすい。英和辞書に収録されている対訳表現は、両者の語句の機能がほぼ等しくなっているので、これを利用して日英両言語に対して粗い解析を行い、その結果から語句全体の機能を決定する。英語には多品詞語が多く、日本語は品詞は比較的決定しやすいが語句の文法機能が決定しにくい(例、「一軒一軒」は名詞の連続であるが、句としては副詞の機能を持つ)という特徴から、両者の解析

結果を用いて各々を補完できる。

語句の文法機能は以下に示すように日本語語句の最後の単語の品詞で大きく分けることができる。

(1) 名詞や接辞

語句の文法機能は名詞、あるいは副詞である。これらは、英語をみることで判別ができる。先頭が前置詞であれば副詞であり、それ以外で末尾が名詞ならば句全体も名詞であると判断できる。

[名詞句] よもやま話 = small talk

[連用修飾句] 過去しばらくの間 = for some time past

[文] どうも失礼 = Excuse me

[文] とらぬたぬきの皮算用 = Don't count your chickens before they are hatched

(2) 動詞

語句の文法機能は述語に対応する。

[述語] …する義務がある = be bound to do

(3) 形容詞や形容動詞

述語、連用修飾句、連体修飾句のいずれかになっている。

[連体修飾句] とても熱い = piping hot

[述語] …の見込みがない = have no change of …

[述語] …が好きだ = have a fancy for …

[連用修飾句] きわめて正確に = like clockwork

(4) 副詞

連用修飾句に対応する。

[連用修飾句] そのとき以来ずっと = from then onward

(5) 付属語

「[動詞]+[助詞]」で副詞に対応するものや、末尾が助動詞の終止形で動詞句に対応するものが

表2 日本語と英語の品詞による語句の機能分類

語句の機能	日本語の特徴	英語の特徴
連用修飾句	末尾が「の」以外の助詞	先頭が前置詞
	末尾が活用語の連用形	
	末尾が名詞・接辞	
連体修飾句	末尾が副詞	任意
	末尾が助詞「の」	先頭が前置詞
名詞句	末尾が活用語連体形	
	末尾が名詞	末尾が名詞
述語	末尾が活用語の終止形	先頭が動詞
文/独立	末尾が動詞または名詞	先頭の語が大文字で始まり動詞を含む

ある。

【副詞】…に加えて = in addition to …

【動詞】…に気づかない = be unaware of …

以上のような特徴を含めて規則を記述すると表2のようになる。このように、両言語の表層的な情報を利用することで、曖昧性を解消して語句全体の文法機能を決定することができる。

3.3. 変数部の品詞決定

英和辞書収録の連語には変数部を「～」などの記号で表記しているものがある。ルール化する際には変数部の品詞を決めなければならない。3.2.と同様に日本語と英語の単語から表3のようなルールを使用して変数部を決定する。例えば「～に加えて = in addition to ～」という対訳語句の場合、日本語の変数部の後に助詞が続いていることから、名詞が入ると決定される。

表3 変数部の品詞決定

条件		変数部の種類
日本語の特徴	英語の特徴	
～【助詞】		名詞句
～【活用語】	to ～	動詞句
～と	that ～	節

4. ルールの生成実験と評価

4.1. ルールの生成

学研英和辞書の中から、連用修飾句のうち英語の前置詞句で訳されるものについてルールの生成を行った。ルール化に際して同一の日本語に対して複数の英語表現が対応しているものは、ここで扱う情報だけでは訳語選択が行えないので除外した。また、2.2.で述べたように収集した日本

表4 ルール化した連用修飾句

	対象外	該当表現数
連用修飾句 (前置詞句)	-	1494
対応する英語表現が一つだけ存在	805	763
解析が正しい	75	688
変数部対応済みの表現	50	638
ルールがマッチ	53	585

語のうち英和辞典の見出しになっている単語の対訳に同じ日本語が存在する場合も、同様の理由からルール化の対象外とした。これらの表現自体が、ルールに不適合であるというのではなく、現段階で選択する基準を持っていないことが理由で除いている。さらに、解析誤りのためのルール化が困難なものと変数部が one になっているもの(後述)など未対応の表現を含むものを除いて、対象とするルールを 638 に絞り込んだ。

実際のルールは「…を無視して = without respect to …」のように変数部を含むもの扱えるように ALT-J/E のパタン変換ルール* [14, 15] により記述した。3.1.に述べた方法でルール化し日英機械翻訳システム ALT-J/E[16]にルールを組み込んだ場合と組み込まない場合で翻訳を実行させその差分をとった。

評価用にルール化した表現を含んだ文を作成し、意図通りに翻訳されるかを試験した。その結果、表4に示すように 638 のうち 585 (92%) がルールの有無により翻訳結果に変化が出た。そのうち、約 80%が訳文品質が向上し、ルールを組み込まなくても翻訳できていたものを含めると約 94%が良い結果を出力した(表5)。

表5 マッチしたルールでの訳文品質の変化

総ルール	訳文品質が向上	訳文品質変わらず (良)	訳文品質変わらず (悪)	訳文品質が低下
585	467 (80%)	84 (14%)	15 (3%)	17 (3%)

4.2. 収集、生成されたルールの効果

訳文の品質に向上が見られたものには、「【動詞】+て(で)」の形のものが多く見られた。例えば、「彼は私の忠告を無視してその扉を開いた。」という文は

“He ignored my advice and open the door.”

と重文で翻訳されるが、「…を無視して = without respect to ～」というルールにより、

* 構文部分木の形で記述されたルールをもとに、二言語の変換を行える。

“He open the door without respect to my advice.”
に翻訳される。

5. 検討すべき課題

訳文品質を下げている例には、通常の表現をルールによって特殊な表現に言い換えているものがある。

・それはあっという間に飛んだ。

(ルール無し) *It flew in a twinkkle.*

(ルール有り) *It flew before one can say Jack Robinson.*

ルール自体が誤っているのではないが、使われる頻度が低いので多用すると不自然な文が生成される。このようなルールが入ると翻訳に悪影響を及ぼしかねないので除く必要があるが、機械的に判断させるのは困難である。

また、単純にルール化できない表現に代名詞や再帰代名詞に“one”や“oneself”を使って変数部を表しているものがある。このようなものはどの要素を使って変数部を埋めるかを決定することができない。

・ *in one's stead* = …のかわりに

・ *on one's way to* ~ = …の途中で

6. おわりに

英和辞書収録の連語表現から、日英機械翻訳に有用な知識を抽出し、特に連用修飾句について簡単な方法でルール化が可能であることを示した。英語の表現を網羅的に収集できたのと同時に、訳語である日本語も実際の日本語でそのまま使用されている例も多く有用なルールが作成できる。また、辞書を使うことにより、一般のコーパスからは得られにくい表現も収集することができることを示した。また、全て日本語と英語で文法機能がほぼ等しい対訳表現が得られるので、ルール化に際して、両言語の表層的特徴を利用するだけで句の文法機能と変数部の品詞を決定し容易にルール化が行えることを示した。

本稿で行った実験ではルール化に際して表層レベルの情報しか使用していないので、同一の日本語句に複数の英語表現が対応していても訳し

分けることができない。今後は、連語表現における訳語選択について検討していく予定である。

参考文献

- [1] O.Furuse and H.lida: Constituent Boundary Parsing for Example-Based Machine Translation, *Proc. of COLING*, Vol.1, pp.105-111 (1994)
- [2] 野美山浩: 事例の一般化による機械翻訳, 情報処理学会論文誌, Vol. 34, No. 5, pp. 905-912 (1993)
- [3] 佐藤理史: MBT: 実例に基づく訳語選択, 人工知能学会誌, Vol. 6, No. 4, pp. 592-600 (1991)
- [4] 首藤公昭, 吉村研二, 武内美津乃, 津田健蔵: 日本語の慣用表現について, 情報処理学会自然言語処理研究会報告 66-1 (1988)
- [5] 鈴木克志, 太細孝: 日英機械翻訳における共起表現の扱い, 情報処理学会自然言語処理研究会報告 82-9 (1991)
- [6] 北研二, 小倉健太郎, 森元達, 矢野米雄: 仕事量基準を用いたコーパスからの定型表現の自動抽出, 情報処理学会論文誌, Vol.34, No.9, pp.1937-1943 (1993)
- [7] 新納浩幸, 井佐原均: コーパスからの関係表現の自動抽出, 情報処理学会論文誌, Vol.35, No.11, pp.2258-2264 (1994)
- [8] 新納浩幸, 井佐原均: 語義の特異性を利用した慣用表現の自動抽出, 情報処理学会論文誌, Vol.36, No.8, pp.1845-1853 (1995)
- [9] 白井諭, 大山芳史, 我妻知恵, 石崎俊: 英単語に対する連語的日本語訳語の分析, 言語処理学会第3回年次大会 pp.55-58 (1997)
- [10] 宇津呂武仁, 松本裕治, 長尾真: 二言語対訳コーパスからの動詞の格フレーム獲得, 情報処理学会論文誌, Vol.34, No.5, pp.913-924 (1993)
- [11] H.Kaji, Y.Kida, Y.Morimoto: Learning Translation Templates from Bilingual Text, *Proc. 1st COLING*, pp.672-678 (1992)
- [12] 末松博, 杉浦真弓, 有岡昌子, T. Jones: 電子化辞書における英語連語の記述・表現法, 情報処理学会自然言語処理研究会報告 86-3 (1991)
- [13] S.Shirai, S.Ikehara, A.Yokoo and H.Inoue: The Quantity of Valency Pattern Pairs required for Japanese to English MT and Their Compilation, *Proc. of NLP/RS*, Vol.1, pp.443-454 (1995)
- [14] Y.Matsuo, S.Shirai, A.Yokoo and S. Ikehara: Direct Parse Tree Translation in cooperation with the Transfer Method, *Proc. of NeMLaP*, pp.144-149 (1994)
- [15] Y Matsuo and S Shirai and S Ikehara: Changing Syntactic Classes in transfer-based Machine Translation, *Proc. of NLP/RS*, pp.432-437 (1995)
- [16] S.Ikehara: Multi-level Machine Translation Method, *Journal of Future Computing Systems*, Vol.2, No.3 (1989)