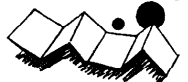


解説



機械翻訳†

長尾 真††

1. はじめに

機械翻訳は古くからの研究テーマであり、非常にむづかしい問題を多く含んでいるため、実現不可能な課題であると考えている人々も多い。しかし過去10年余りの間に言語理論が非常に発展したし、計算機システムの能力も格段の向上があったこと、また一方では、社会における情報流通の広汎・迅速・高度化にともなう、翻訳の機械化への要求が非常に大きくなってきたことなどから、最近ふたたび活発な研究が行われるようになってきた。ヨーロッパ共同体では1984年には人間の適切な介入を前提とした多言語間自動翻訳を行うべく、その開発をスタートさせようとしている¹⁾。

機械翻訳を実用レベルで考える場合には、これを総合システムとしてとらえ、システム設計をしなければならない。まず大量の翻訳すべきデータの入力自動化の問題があるが、これはまだ試行的に行われている段階である。タイプ入力を前提とすれば、入力データの校正は省略できないから、そこで入力データの適切な前処理 (pre-editing) を行うことも考える必要が出てくる。翻訳に必要な辞書の内容をどのように作るかは非常に大切な問題であるが、辞書の記憶と参照の問題だけとりあげても、データベースシステムとして十分検討すべき問題を含んでいる²⁾。

翻訳の過程においては、人間が種々の段階で機械と対話し、翻訳を助けることが必要となる。そのための対話システムと、翻訳システムむきのすぐれたテキストエディタが必要となる。翻訳の結果はテキストエディタで形式をととのえたあと、計算機タイプセッティングによって出力する必要がある。

要するに翻訳システムが実用的となるためには、大量のドキュメントの入力から、訳文の出力、使用者の手にはいるまでについて、そのスループットの速度、

翻訳の品質、コストパフォーマンスなどあらゆる点から十分な検討が必要である。このような配慮のもとに、人間の適切な援助を前提とした機械翻訳システムを作ることは、現在の技術レベルでも十分可能であると推定される。

2. 機械翻訳システムのレベル

機械翻訳のレベルとしては、図に示すようにいくつかの段階が考えられる³⁾⁴⁾。1950年代に行われた語対語の翻訳はおくとして、1960年代には構文解析を中心にした翻訳が活発に研究された。1970年代になって、意味レベルの翻訳が試みられ、一部には文脈情報の利用、現実世界の知識の活用や、よりよい中間言語に対する努力もなされつつある。人間が発話する際に頭の中にもっている内容は、言語の種類に関係なく、人間すべてに共通の形で存在すると仮定し、それを表現する理想的な形式のことを中間言語と言っている。しかしそのような理想的な形式が存在するという保障はなく、これからの研究にまたねばならない。

機械翻訳システムの分類の仕方としては、(1)入力言語と出力言語が固定された場合の両言語のもつ特性に強く依存した2言語間翻訳システム、(2)多言語間翻訳を前提として、それらの言語間に共通なある種の中間的表現を仮定し、これを介して翻訳を行うもの、さらに、(3)意味の解析を中心としたユニバーサルな中間言語を想定して行うもの、などの区別を考えるこ

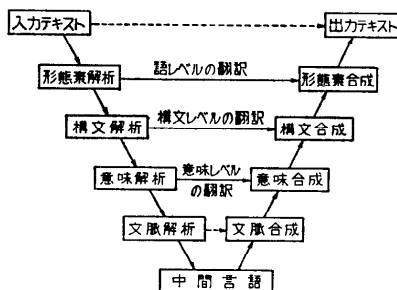


図 自動翻訳システムのレベル

† Machine Translation by Makoto NAGAO (Faculty of Engineering, Kyoto University).
 †† 京都大学工学部電気第二教室

ともできる。(1)は1960年代前半までのものであり、第1世代の翻訳システム、(2)は1960年代後半から1970年代前半、さらには現在に至るまでのシステムで、第2世代のシステムと呼ばれている。(3)は現在のいくつかの野心的試みと、これからの問題である。

機械翻訳の入力から出力までを完全に自動化することは、将来とも非常にむづかしいことであり、どこかの段階で人間が介入せざるをえない。このような観点からすると、(1)入力文の前処理、出力文の後処理(修正)を中心に介入し、翻訳の途中の段階では介入せず、できるだけ高速の出力を得るようにする方式と、(2)翻訳のあらゆる段階で、機械が処理不能になったり、いくつかの選択の可能性について決定が下せなかった時などに、その状況を人間に呈示し、人間に教えをうけたり、選択を求めたりする方式の二つがある。いずれにしてもできるだけ介入を少なくすることができることが大切である。

翻訳の対象となる文章の範囲については、文学的な文章はもちろん除外するとして、一般の科学技術論文を対象とするものから、装置やシステムの仕様書、取扱説明書などを扱うもの⁶⁾、天気予報の文章などのように特に限定された分野の文章など⁶⁾、いくつかの種類がある。これをさらに進めて、自然言語的ではあるが、非常に限定された用語と構文法則のもとに書かれた文章で、ほとんど一意的に扱えるものを対象とするシステムもある⁷⁾。

3. 中間言語について

翻訳の橋わたしとなる理想的な中間言語を考えることはむづかしいので、比較的表層に近いレベルのものがいろいろ考えられている。その場合には、中間言語の表現形式はそれぞれの言語にかなり依存した形のものとならざるをえない。これまでに広く用いられてきた中間表現としては、句構造表現、依存構造表現であり、より意味の世界に近づいたものとして、Schunkの提唱する概念依存構造がある。また述語論理式による表現や、Montague文法によるものなども試みられている。

句構造表現は機械翻訳の初期から広く文の解析に用いられてきたもので、単語列から句を作り、句から文を作ってゆくものである⁸⁾。文脈規定型句構造文法(変形文法)は、より単純明解な内部表現としての木構造をうるために、木対木の変換を行うものである。これはまた深層構造からの文の生成においても重要な役割

を演じる。

依存構造文法は、D. G. Haysによって提案されたものであるが⁹⁾、その後 C. Fillmoreの格文法(case grammar)¹⁰⁾の考え方によって、意味的にさらに明確化された文法である。格文法では、述語に対して他の句がどのような役割で存在するかについて考える。また述語に対してどうしても存在しなければならない格(必須格)と、存在してもしなくてもよい格(自由格)とを区別する。Fillmore以後、格に対する種々の考え方が提案されている¹¹⁾。

句構造文法が本質的に語のならび方を解析のよりどころとしているのに対し、格文法では、句の述語に対する役割を知ることが中心となるから、語順や語形もさることながら、語や句のもつ意味がかなり明確に表現できないと解析がむづかしいという難点がある。しかしながら、本質的には語順によらない方法であるために、日本語のような言語の解析には非常に適したものであると言えよう。

述語論理による表現は、非常にしっかりした枠組の内での表現であり、種々の操作に対する保証があること、ユニバーサルな中間言語として考えることができることなどに特色がある¹²⁾。しかし一方では、述語論理表現は表層表現からただちに得られるものではなく、多くの場合、格文法による解析をへて得られるものであり、また述語論理表現に変換する際に、言語表現がもっていた多くの情報がおとされて、骨組だけの情報がおとされ、目的言語の世界での言語表現が非常にまづしいものになって、元の文のもっていたニュアンスその他多くのものを表現できなくなってしまうことなどに問題がある。

Montague文法は^{13), 14)}、句構造文法の一つである範疇文法(categorial grammar)によって解析された文構造の各部分に対して、機械的に内包論理による記号論理表現を対応させ、これを整理・単純化することによって、文内容の述語論理表現を与えることができるものである。最近この考え方にもとづく機械翻訳の研究が現れてきた¹⁵⁾。

Schunkの概念依存構造や、Minskyのフレーム理論を中間言語あるいは翻訳のための橋わたしとする考え方もあるが¹⁶⁾、あまり一般的ではない。

4. 解析の過程⁸⁾

入力された文(表層構造)から、3に述べたような中間言語表現を得る過程を文の解析といっているが、

その過程は大きくわけて、形態素解析、構文解析、および意味解析の三つのレベルがある。

形態素解析は一つの単語がどういう構造をもっていかをしらべるもので、接頭語、接尾語、語幹、性、数、格などのほかに、科学技術論文などの場合には非常に多くの合成語・複合語があり、これらをどのように扱うかが問題となる。単語に関するこれらの構造を明らかにするためには、各種の辞書を用意することが必要である。辞書引きされ抽出された各要素については、隣接要素間の接続可能性をしらべ、不都合なものを取りのぞくことを行う。そのモデルとしては有限オートマトンの考え方が広く用いられている。これは形態素解析における制約条件が、多くの場合隣接要素間の関係によって決定されるからである。

日本語については形態素解析の問題は簡単ではない。日本語の文章では単語がくぎられていないので、まず単語を切り出すことが問題となる。これについては最近いくつかの研究がある^{21),17)}。主として漢字、かななどの字種のかわりめに注目し、さらに文節の付属語部分について精密なテーブルを用意し、これらによって単語単位への分割を行い、このレベルで可能なすべての場合を出すという方法が基本的な考え方である。かな書き部分については、ほとんどあらゆる分割の可能性が存在するので(かな1文字か2文字で名詞となるものは多く、名詞と名詞の接続にははっきりした制約条件がないため)、よく現れるかなり長い付属語列をあたかも一つの単語であるかのようにあつかうことによって、意味のない分割の可能性の検討をばよくことができ、精度の高い解析が可能となる。

文の構造解析の基本となる句構造解析では、書き換え規則の適用を、入力単語列が最後に一つのシンボル(文)におきかえられるまで、くりかえし行う。この場合、書き換え規則の適用の仕方について、次のようないくつかの場合が考えられる。

(1) 入力文の左から右にむかって、適用可能な規則をすべて適用し、あらゆる可能な解析結果を出す方法。文の入力の途中において、入力されたところまでについてのあらゆる可能な構造を出しながら進む方法もある。

(2) 入力文の右から左にむかって(1)と同様のことを行う方法。

(3) 書き換え規則に順序をつけておき、その順序にしたがって書き換え規則の適用を行ってゆく方法。即ち、ある規則が文全体のどこかの部分に適用できな

いかどうかをしらべ、適用できるところは書き換える。これを順序づけられた書き換え規則のすべてについて行い、その結果がまだ一つの句にまとまらないときは、また書き換え規則の最初から上記のプロセスをくりかえし、解析が終了するまで行う。

(4) 文のキーとなる部分、即ち、述語の現れる部分をまず検出し、その述語に関係する部分の構造を確定する。これをうめこまれた文から順に行って最後に文全体におよぼす。

これらはすべて単語列から順次句を作り、文を組み立ててゆく、いわゆるボトムアップの方法であるが、それとは逆に、述語の型から文の型を想定してトップダウン的に解析してゆく方法もある。あらゆる可能な解析結果を出すということが原則であるが、それらを並列的に同時に求めてゆく方法と、一つの解析結果を得てから次の解析結果の可能性を求めてゆく方法とがある。

(3)に述べたような文法規則の順序づけが出来れば解析は非常に簡単になるが、一般にはそのようなことは大変むづかしい。しかし書き換え法則をいくつかのあいサブグループにわけ、それらの間には適用順序をもうけ、またあるサブグループ適用後、次に適用すべきサブグループを指定するといった工夫を行い、それによって解析の効率をあげることもなされている¹⁸⁾。

W. Woods が最初に試みた拡大遷移ネットワーク(ATN)法は¹⁹⁾、以上に述べた種々の性質をそなえたトップダウン的な解析法であり、広く使われているが、日本語のように語順が比較的自由な文に対しては問題があるといえよう。

依存構造による文の解析法としては、句構造解析ののち、得られた構造からの変換によって依存構造を得る方法が欧米語などではなされている。日本語では語順が自由であるため、そのような方法は使えない。そこで(4)の方法によって格文法のかなめとなる述語をとらえ、その述語のもつ格に関する文法的・意味的情報と入力文の句のそれらとの対応関係をしらべることによって解析を行うことになる²⁰⁾⁻²²⁾。

形態素解析をおえて、構造解析にはいる前に、形態素解析でえられた情報から入力文をできるだけ変換し、標準形文を得るようにし、構文解析はこの標準形文に対して行うという方法も試みられている²³⁾。

いずれにしても一つの単語がいくつかの品詞をもっていることが多く、これらすべてを許したうえで、可能な解をすべて出すという過程は非常に複雑なものと

なり、いずれの方法をとっても解析の時間が長くなる。文中のどこかの部分が構文的に確定したものであることがわかれば、その確実な情報をうまく利用することによって、最も妥当性のある解析結果を早く出すことができる。このようにして解析の場合の数をへらす工夫をすることは大切なことである。

5. 目的言語への変換

入力文を解析した結果えられる深層構造の表現形式は、目的言語の文についても同じであることが望ましい。即ち、入力文に対応する目的言語の文を同様に解析すれば、同じ深層構造になるという仮定である。しかしこれは一般には成立しない。そこで入力言語文の深層構造から、目的言語文の深層構造に、構造対構造の変換が行われる。こうして目的言語文の深層構造が得られると、そこから表層構造の生成が行われることになる¹⁸⁾。

深層構造で表現されているものは、理想的には単語として表出されている意味要素とその結合関係であるため、それぞれの意味要素にどのような単語をそう入するかによって、文の具体的な構造がきまってくる。したがって生成の面からみてどの段階で訳語そう入が行われるべきかは重要な問題である。

また一つの単語に目的言語の多くの単語に対応するので、それらのうちのどれをとるべきかをきめることもむづかしい。単語対単語の対応には種々の選択があり、その選択を計算機にのるアルゴリズムに整理し作りあげることは大変な仕事である。一般に訳語決定は単語対単語で行うことができず、格構造全体の情報からきめられるべきものである。即ち、深層構造での目的言語への変換は格構造対格構造で行われる必要がある。したがって格構造のスロットにはいる要素にはかなり精密な意味マーカをつけ、これによって入力文の深層構造における(述語中心の)格構造が、目的言語のどの格構造にマッチするかをしらべて変換をすることが必要となる。

格構造のすべての格が入力文によって満されているとは限らない。したがって、たとえば主語が省略されている場合には受身の形で生成するなどのように、深層構造からの文の生成においては工夫を必要とする。また主語にあたる部分が長くて複雑な構造をもっている場合には、英語ではしばしば主語後置を行う。名詞に対する修飾語も、それが簡単でみじかい場合には、直接前から名詞を修飾する形で行えばよいが、その部

分が長い場合には which などを介して後置されるなどである。これらの生成の側面については現在まだよく研究されていない。

6. 翻訳における問題点

以上に概略的に述べたプロセスによって翻訳が行われるが、その各段階で多くの困難な点を含んでいる。これらの主要なものについて以下に述べよう。

(1) 単語のあいまいさ

英語の多くの名詞は動詞としても働く。このように多品詞語が非常に多く、文中の単語の品詞をきめることは簡単でない。同形異義語と多義語の問題もある。

(2) 辞書にない単語の取扱い

通常の単語は辞書にあるが、特殊な単語、専門用語などは辞書にない。辞書にない単語はほとんどの場合名詞として扱ってよいが、翻訳に際してはその単語は訳さずにそのままですか、人に援助を求めねばならない。こういったことは専門分野の論文には非常によく現れるので、専門分野の用語集を用意する必要がある。特にあまり広くない分野ごとの専門用語集(マイクログロサリー)を用意することが機械翻訳においては特に大切である¹⁹⁾。専門用語はつねに変化し、増加してゆくため、その更新に十分な配慮が必要である。

長い複合語をすべて辞書に入れておくことはほとんど不可能に近いので、名詞の連続したものをどのようにして分割するかが重要なテーマとなる。長い複合語が、目的言語では名詞の連続したものととはならず、複雑な句や文形式となって表現される場合には、名詞連続のもつ意味的な依存関係が解明できねばならず、これは非常にむづかしい問題である。

(3) 構文的あいまいさ²⁰⁾

構文的なあいまいさは非常に多くの場合に生じうる。特に修飾句がどの名詞を修飾しているかについては、構文解析の段階では決定できないことが多く、意味情報をたよりに調べる必要がある。並列句についても、どの部分同志が並立するかを構造的には一意的に決定できない場合が多い。

(4) 意味的あいまいさ

ある単語の意味のとり方によって、文の構造について異なった解析をしなければならぬことがある。単語の意味の一意的な決定が、その単語と述語などのように二つの単語の間の関係がきまるのではなく、(主語、述語、目的語)のように三つ以上の、いわゆる必須格すべての組合せによってきまるのが普通である。

このような三つ以上の単語の間の関係を記述し表現することはむづかしい。

(5) 指示詞のさすもの²⁵⁾

指示詞は目的言語においても指示詞に訳しておけばよいといっても、指示詞のさすものが明確でないと、その性、数、格などが定まらないことになる。指示詞のさすものをきめるためには、その文より以前の文にさかのぼって（最近の翻訳文体の日本語ではさすものがあとにくることもある）、なるべく近くに現れた名詞で、性、数、格が一致し、かつ述語との格関係として意味的に許されるものを探さねばならない。指示詞のさすものが必ずしも以前に現れていないこともあり、その決定はむづかしい。

(6) 省略句²⁵⁾

日本語では省略が多いが、何が省略されているかを推定し、補わねば英語に訳せないという場合が多い。この場合、述語のもつ格構造の情報を活用し、さらに以前の文の情報とから推定することになる。

(7) 数と冠詞

日本語には数と冠詞がないが、英語などに翻訳する場合には、これらを適切に挿入しなければならない。これを自動的に行うことは多くの場合非常に困難である。現状ではポストエディティングとして人間の介入にたよらざるをえないだろう。

(8) 文体について

目的言語の文をどのように生成したらよいか、特にどのような構造の文をとるべきかについては、ほとんどわかっていない。適切な文体をとらなければ、ほとんど理解不可能という場合も多く出てくるだろう。

(9) 人工知能的アプローチ²⁶⁾

言語理解の分野では人工知能的アプローチとして、フレームやスクリプトを基礎として考えられることが多い。しかし翻訳の対象となる文章は、かなり広い範囲についての種々の詳しさでの記述である。したがってそのような場面について、あらかじめフレームやスクリプトを用意しておくことは不可能に近い。

一方、文法的情報と比較的簡単な意味的情報とだけでも、かなりよく翻訳ができる可能性があり、最終的に読む人のもつ知識によって翻訳の不完全さを補うことができる。このような種々の理由から、実用をめざす機械翻訳においてはこのようなアプローチはとられていない。

7. ソフトウェア・サポート

機械翻訳システムを作ろうとすると、翻訳のための言語データとプログラムとは完全に分離した形にすべきであるということは、特に多言語間翻訳を必要とする今日では常識である。翻訳の対象となる言語が増加すれば、その言語に関する情報だけをシステムに追加することによって翻訳ができるようにする必要があるのである。このような場合でなく、一つの言語の解析を考える場合でも、書き換え規則はつねに改善しなければならないし、辞書データも増加しなければならない。このような部分は言語学の専門家が行うことになり、つねに変更・改良がなされるという前提にたつたシステムを作っておかねばならない。

そこで言語データを受入れて実際に翻訳をするプログラムは、一般的で柔軟な形に作っておかねばならない。言語解析のためのプログラミングシステムとしては、SYSTEM-Q²⁷⁾、PLATON²⁸⁾、LINGOL²⁹⁾などいろいろなものを作られているが、ここではグルノーブル大学のものについて紹介しよう¹⁸⁾。このシステムは、ATEF、CETA、TRANS、SYGMOR と名づけられた四つの部分からなっている。

ATEF は非決定性の有限オートマトンの構造をもつもので、文字列を木に変換する変換器である。スペースで分割されてはいつてくる単語は、ATEF によって形態素解析され、品詞、性、数、格、意味などの属性情報が附与される。どのような属性情報と、それぞれの属性に対する値とを取り扱うかは、言語学者が任意に定義してシステムに与えることができるし、そのような形式で辞書を作ることも言語学者にまかされている。

形態素解析に用いる辞書としては全部で7種類までのものを定義して作り、使うことができる。解析は左から右へ、または右から左へのいずれかを指定することができる。言語による特質を利用でき、さらに解析をうまく効率よく行うための種々の戦略を指定できるという。

CETA は木から木への変換プログラムであって、原始帰納関数のレベルの能力をもっている。文法の書き換え規則は、規則名と左辺の入力木との部分マッチングをさがす木、それが変換されてできる部分木を表わす右辺とからなり、属性情報のチェックもできるようになっている。そしてこれらの書き換え規則は、言語現象に対応して多くのサブグループにわけられ、そ

それぞれのサブグループは階層構造的に適用順位が指定できる。

一つのサブグループ内では規則の適用についての優先順に規則がならべられ、またある規則は適用できるかぎりくりかえし適用がゆるされるという指定ができる。また規則適用に先だて、その規則適用のための条件をチェックすることができ、むだな操作をしなくてよいようにしている。以上のように文法を整理することによって、まれにしか現れない表現や、特に複雑な規則などは、特別な文構造が現れたときのみに限って適用されるようにでき、全体の解析の速度をあげることができる。このようなシステムによって、ほとんどどのような句構造文法、変形文法をも取扱うことができるようになっていく。

TRANS は CETA の適用によって解析された文の深層構造に対して働き、辞書を参照して、単語を目的言語の単語に置き換えることを行う。この際、入力言語の深層構造の各ノードにつけられた属性情報をたよりに、目的言語における単語の選択が行われる。また入力言語の単語に対し、目的言語の木構造が対応する場合もある。この操作につづいて、入力言語の深層構造が目的言語における深層構造に変換されるが、この木対木の変換は CETA が行う。

SYGMOR は文の生成の部分のうちのもので、木構造から文字列を作り出す。これは二つの部分にわかれている。その一つは木の各ノードを順序だててたどることによって、そこについている単語と属性情報を構造をもたない列にかえる部分である。第2の部分は単語と属性情報とから形態素合成を行い、最終的な文の形を得るものである。ここでも文生成に関する目的言語の各種の辞書が必要であり、最大七つまでの辞書を定義することができる。

以上のように、言語の文法、辞書などを言語学的に明確にすれば、ほとんどの言語をこのシステムの枠組みの中で取扱うことができ、このシステムは多言語間翻訳のための強力な道具となっている。

8. おわりに

機械翻訳の世界の現状がどのようになっているかについては W. J. Hutchins のすぐれた解説がでた⁴⁾。さらに、内容的にはかなり古いデータもまじっているし、はいついていないものもあって完璧ではないが、H. E. Bruderer のほう大な調査結果がある³⁾。また最近簡単な解説も本学会誌に出た³⁰⁾。

機械翻訳は初めにも述べたように総合システムとして考えねばならないが、一方では言語理論を具体的にアルゴリズムとして実現させる物としても大きな意味をもつ。かなり広い範囲の文がうまく翻訳できれば、計算機に実現した内容は、その範囲において有効な言語理論となっている。逆に言語理論の客観的妥当性は計算機上に実現できてはじめて明らかになるともいえる。そういった両方の意味からも今後の機械翻訳の健全な発展が望まれる。

参 考 文 献

- 1) Commission of the European Communities: Plan of action for the improvement of the transfer of information between European languages. Brussels, (COM (76) 705 final.) (1976).
- 2) 長尾 真, 辻井潤一, 山上 明, 建部周二: 国語辞書の記憶と日本語文の自動分割, 情報処理, Vol. 19, No. 6 (1978).
- 3) Bruderer, H. E.: Handbook of machine translation and machine-aided translation, North-Holland, Amsterdam (1977).
- 4) Hutchins, W. J.: Machine translation and machine aided translation, Jour. of Documentation, Vol. 34, No. 2, pp. 119-159 (June 1978).
- 5) Isabelle, P. et al.: TAUM-AVIATION: Un système pour la traduction automatique de manuels techniques, in the Proceedings of COLING 78.
- 6) Chandiox, J. Meteo: An operational system for the translation of public weather forecasts. In: FBIS Seminar on Machine Translation, American Journal of Computational Linguistics, microfiche 46, pp. 27-36 (1976).
- 7) Ducrot, J. M.: Le système TITUS II. A.N.R.T. Information, et Documentation, 3-40 (4, Oct. 1973).
- 8) Rustin, R. ed.: Natural language processing, Algorithmic Press, New York (1973).
- 9) Hays, D.: Dependency theory: A formalism and some Observations, Language, 40 (1964).
- 10) Fillmore, C.: The case for case, in (eds.) Bach & Harms, Universals in Linguistic Theory (New York: Holt, Rinehart & Winston) (1968).
- 11) Bruce, B.: Case systems for natural language, Artificial Intelligence, 6 (1975).
- 12) Sandwall, E.: Representing Natural Language Information in Predicate Calculus, Machine Intelligence, Edinburgh Univ. Press. (1971).
- 13) David R. Dowty: A guide to Montague's PTQ, Internal Report (1978).
- 14) Hobbs, J. R. and Rosenschein S. J.: Making computational sense of Montague's intentional

- logic, Artificial Intelligence, 9 (1978).
- 15) Hauenchild, C.: SALAT: System for automatic language analysis and translation, Proc. COLING 78, Bergen (1978).
 - 16) Carbonell, J. et al.: Towards knowledge-based machine translation, Proc. COLING 78, Bergen (1978).
 - 17) 首藤公昭: 日本語における文節の構造とその処理について, 福岡大学研究報告第35号 (1978).
 - 18) Vauquois, B.: L'évolution des logiciels et des models linguistiques pour la traduction automatisée, GETA, Univ. Grenoble (Nov. 1977).
 - 19) Woods, W. A.: Transition network grammars for natural language analysis, Communications of the ACM, 13, pp. 591-606 (1970).
 - 20) 石原好宏, 田町常夫: D-tree モデルとそれに基づく英日機械翻訳のための言語分析について, 信学会論文誌, Vol. 57 D, No. 7 (1974, 7).
 - 21) 石原好宏, 田町常夫: D-tree モデルに基づく一つの英日機械翻訳システムおよび実験, 信学会論文誌, Vol. 57 D, No. 7 (1974, 7).
 - 22) 首藤公昭: 専門分野を対象とした日英機械翻訳について, 情報処理, Vol. 14, No. 9 (1974, 9).
 - 23) 藤田 毅, 鶴丸弘昭, 吉田 将: 日本語の機械処理—日本語文の標準形分解, 信学会論文誌, Vol. 58-D, No. 7 (1975, 7).
 - 24) 長尾 真, 辻井潤一, 田中一敏: 意味および文脈情報を用いた日本語文の解析—名詞句・単文の処理, 情報処理, Vol. 17, No. 1 (1976).
 - 25) 長尾 真, 辻井潤一, 田中一敏: 意味および文脈情報を用いた日本語文の解析—文脈を考慮した処理, 情報処理, Vol. 17, No. 1 (1976).
 - 26) 長尾 真: 自然言語の理解, 情報処理, Vol. 19, No. 10 (1978).
 - 27) Colmerauer, A.: Les systèmes-q ou un formalise pour analyser et synthetiser des phrases sur ordinateur, Project de Montréal, TAUM 71 (Jan. 1971).
 - 28) 長尾 真, 辻井潤一: 自然言語処理のためのプログラミング言語 PLATON, 情報処理, Vol. 15, No. 9 (1974).
 - 29) 田中穂積, 佐藤泰介, 元吉文男: 自然言語処理のためのプログラミングシステム—拡張 LINGOL について, 信学会論文誌, Vol. 60, D 12 (1977, 12).
 - 30) 長尾 真: 情報科学と自然言語, 情報処理, Vol. 20, No. 3 (1979, 3).

(昭和54年6月20日受付)