HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	FORTRANによる和文英訳
Author(s)	小野, 正俊; 酒井, 彰; 森, 伸夫 他
Citation	北海道大學工學部研究報告, 66, 51-61
Issue Date	1973-03-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/41110
Type	departmental bulletin paper
File Information	66_51-62.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

FORTRAN による和文英訳

小野正俊* 酒井彰** 森伸夫*
須戸満* 栃内香次* 仲丸由正*

(昭和47年9月30日受理)

A FORTRAN Program for Japanese-English Translation

Masatoshi ONO, Akira SAKAI, Nobuo MORI
Mitsuru SUDO, Koji TOCHINAI, Yoshimasa NAKAMARU

(Received September 30, 1972)

Abstract

This paper deals with a computer program for Japanese-English translation.

By our method, some improvements were added to the common immediate constituent method and semantical informations are contained in a word dictionary. A method which finds a harmonious relation between the subject and the verb was also developed in such way that the conjugation of the verb can be correctly decided.

In our experimental program, we used 397 English words, 443 Japanese equivalents and 176 grammatical patterns, with which we have obtained good results as shown in the appendix. The program is written in FORTRAN and consists of 2031 statements.

1. 序　　言

本研究は，計算機による和文英訳を扱ったものである。従来から機械翻訳の手法としてよく用いられてきた直接構成要素法を改善し，文脈依存関係を取り扱えるようにするとともに，単語辞書に簡単な意味情報を加え，この情報を用いてより良い訳文を得る新しい手法を考え，その実験を行なった。また，主語と動詞の呼応関係を見い出す手法により，動詞の変化などをより正確に行なうことができた。実験では，397の英単語，443の日本語単語を用いている。また文法パターンの数は176である。なお，プログラムは FORTRAN で書かれ，ステートメント数は2031である。

2. 和文英訳の概略

図1に和文英訳の処理手順を示す。まず，日本文を読み込み，単語ごとに分ち書きの形にする。次に分ち書き日本文を規格化日本文に書き改める。ここでは前後の関係から日本文に足りない要素を補なったり（ 例1）参照)英文の構文にあうよう日本文を書き替えたり（ 例2）参照）する。また，一つの日本文が英文では細かく分れるような場合，それを分析して英文にあうように書きたしたり，逆に日本文では細かく分れるが英文ではそうでないところを適当にあらくした

* 電子工学科 電子機器工学講座
** 科学技術庁

りする。前者の例として数量，冠詞に関する例があげられる。また，日本語は英語と比較すると能動と受動の観念が不明確であり，この点でも日本文の方があらいといえる。逆に日本語では“です”体，“します”体，“だ”体，等の文体をもち，さらに種々の敬語，ていねい語，けんじょう語が存在する点などが英文より細かい点である。

次に規格化分ち書き日本文から規格化英文を生成する。まず文中の熟語となる単語群を見出し，それらに日本語熟語辞書を適用して熟語をまとめて1つの単語とするとともに，その単語に品詞，訳語番号，属性等の構文分析に必要な情報を付与し，他の単語群には日本語単語辞書を適用して同じく品詞，訳語番号，属性等の情報を付与する。次に書き替え変換法則表をもちいて，誤ってつけられた品詞，訳語番号，属性等を訂正する。

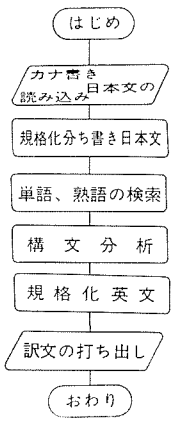

図1　和文英訳の手順

つづいて構文分析に移りパターン表，スタック手法をもちいて，日本語の語順のままになっている単語列を英文の語順に並べなおす。このとき，日本語の助詞，助動詞が英文の語順を決定する大切な役目を果す。

次に訳語辞書をもちいて，訳語番号をてがかりに擬似英文を生成し，さらにオペレータを作用させて規格化英文を生成する。次に関係代名詞等が多く，まわりくどい形の規格化英文を不定詞や前置詞をもちいるすっきりした表現になおして完全な訳文を生成する。

本研究で用いる和文英訳手法はこの段階，すなわち規格化日本文から規格化英文を生成させるところが大きな特徴であり，さらに品詞に属性情報を付与し，より正確な機械翻訳ができるようにした点も特徴の一つである。なお，現在の段階では前置詞を唯一に決定できない場合があり，そのときは属性によっていくつかの群に分類し，群に属するものを複数個出力してそのうち適当なものを人間が選択するようにしている。

3.　和文英訳の手順

われわれが用いている和文英訳手法の大要を図2のフローチャートにしたがい，各ブロックごとに説明する。

3.1　ブロック0

このプログラムで使われる配列の宣言を行っている。

3.2　ブロック1

日本語単語辞書は例3）のように見出し，品詞，訳語番号，属性から構成されている。見出しは8文字ごとに折りたたんで格納されているが，日本語単語は平均して3文字程度であるから8文字単位で折りたたむようにするのは多少冗長であるとも考えられる。したがって4文字単位程度で折りたたむようにしてメモリーを節約することも考えられる。

本研究で行なっている手法は単語に属性という情報を持たせている点が従来の方法にない新しい特徴であり，これを利用して従来のものより正確な訳文が得られる。属性は一種の意味的情報で現在はごく簡単な情報しか持たせていないが，さらに種々の情報を持たせることにより，より正確な訳文が得られると考えられる。属性情報は2進36ビット分を用意している。

現在格納している日本語単語は443単語で，助動詞のほぼ全部，助詞は重要と思われるものを選んで入れてあり，その他の品詞についてはごく基本的な単語のみを収録している。活用形のある動詞，形容詞，形容動詞は活用形全てを入れている。辞書中の単語の配列方法，辞書の編集方式については，現在のところ考慮はしていないが，翻訳速度を向上させるためには編集方式を十

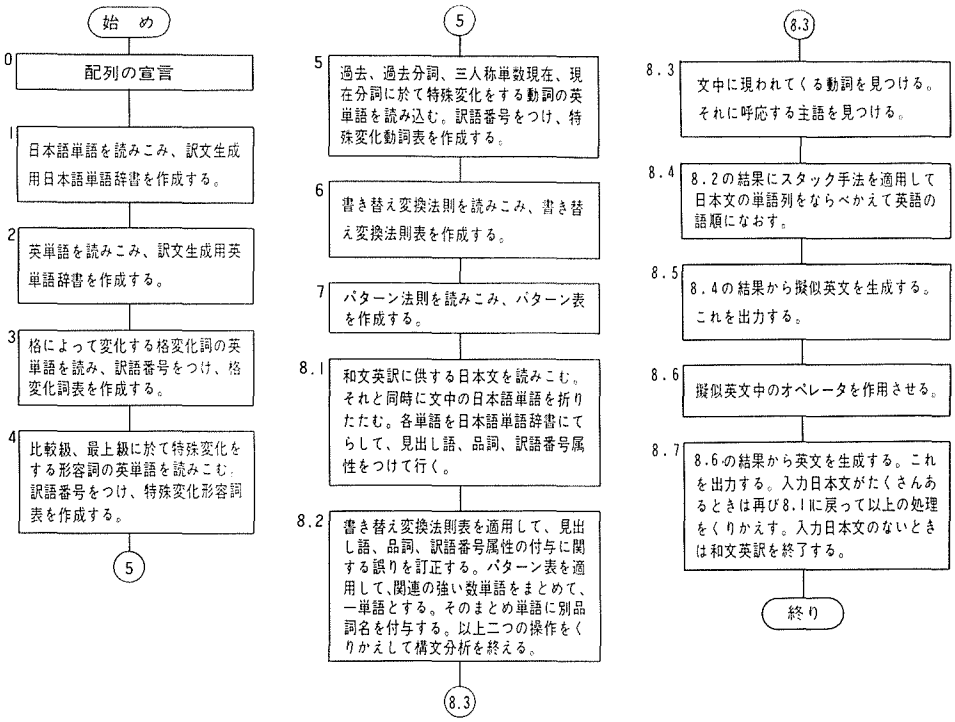

図2 和文英訳のフロー・チャート

分考慮する必要がある。また，今後の課題としては，属性としてどのような情報をいかに効果的に入れるかという問題がある。属性の中に入れるべき情報としてわれわれは次のようなものを考えている。

(1) 品詞一般 **その品詞が同音異義語を持つか否かを示す情報**：同音異義語がある場合それを決定するのは非常に困難であるので，その種類だけの翻訳を行ない，人間が最も適当なものを選ぶという方法が考えられる。また翻訳をマン・マシン・システムで行ない，日本語の段階でどの意味を選ぶかを人間に尋ねる方式も考えられる。現在は同音異義語に異なる品詞名を与えておき，後述する書き替え変換法則表を使って，より適当と思われる単語を選ばせるようにしてあるが，これだけでは充分ではない。書き替え変換法則表はもともと文法的な訂正のために使用されるのであるが，上述のような用途にも利用できる。

(2) 名詞 **その名詞が単数，複数のどちらであるかを示す情報**：主語が名詞の場合，この情報をもとにして動詞の活用形を決定することができる。この情報は日本語名詞自体からは得られないが，翻訳中に前文との関係，形容詞，接尾辞との関係などから単数，複数のいずれかを決定することができる。本研究ではこの1部分の実験を試みており，主語が名詞のとき，単語の見出しから人称を知り，属性から単，複を知って動詞の活用形を決定することが可能になっている。主語が名詞で，さらにその前に名詞に単，複どちらかを要求する形容詞，またはオペレータがある場合，または前文との関係で名詞に単，複どちらかを要求する場合に，それによって名詞の単，複を決定し，さらに動詞の活用形を決定することが可能である。

その名詞の複数形が存在するか否かを示す情報：固有名詞，物質名詞には複数形がなく，普通名詞には複数形が存在する。そこで複数形が存在しない名詞に，複数形を要求する形容詞，またはオペレータが作用しても，この名詞が複数形をとらないようにするための情報をおくことが考えられ

るが，現在はまだおいていない。

その名詞が人，もの，ことがら，時間，場所のどの部類に属するかを示す情報：関係代名詞，副詞は現在はすべて THAT と訳される。これを改善するためには先行詞となっている名詞が，人，もの，ことがら，時間，場所のどれに当り，かつ従属節の主語，目的語，副詞のどれになっているかを知らなければならない。先行詞の従属節における格は容易に知り得るので，あとは名詞が上述のどの分類に入るかを属性で決定できれば，関係代名詞，副詞を正確に決定する問題が解決できる。

(2) 動詞 **動作をあらわす動詞，状態その他をあらわす動詞の区別を示す情報**：動作をあらわす動詞には進行形があり，状態，所有，感情，継続をあらわす動詞には進行形がない。本研究では，一応進行形の文章を作っておき，そののち属性を調べて進行形のある動詞か否かを知り，最終的に進行形の文章にするか否かを決定するという方法を用いている。

知覚，使役動詞か否かの区別を示す情報：知覚，使役動詞は TO のない不定詞をとるのでこの区別は必要である。一応 TO のある不定詞を作り，あとで属性を調べて，TO をそのままつけておくか否かを決定する方法が考えられるが，現在は組込んでいない。

その動詞がどんな構文を要求するかを示す情報：動詞の中には他動詞となるもの，自動詞となるもの，そのどちらにもなりうるものがある。また他動詞の中には直接目的語のみをとるものと直接，間接目的語の両方をとるものがある。本来は直接，間接目的語の両方をとる動詞がそのどちらか一方しかとっていない場合は，他の目的語が前文の関係から容易に推察できる。これを補っの正確な訳文を作るには，まず何が欠除しているかを検出しなければならない。現在自動詞，他動詞の区別だけを品詞名でおこなっているが充分でない。

(4) 前置詞 **前置詞が必要か否か，また必要とすればどんな前置詞が必要かを示す情報**：情報を正確に伝えるには，誰が (WHO)，いつ (WHEN)，どこで (WHERE)，どのようにして (HOW)，何を (WHAT)，する (DO) という6要素が必要である。このうち WHO を主体，WHEN と WHERE をまとめて主体の抽象的活動場所，HOW と WHAT をまとめて活動と呼ぶ。こうすると文は「主体が抽象的活動場所で活動をする」という構成であらわされる。「抽象的活動場所で」をあらわすには，英文では「前置詞＋名詞」の関係が用いられる。ここで前置詞が必要か否か，また必要とすればどんな前置詞が必要かは主に名詞の性質による。例 4)，5) を参照。

しかし場合によっては，この名詞だけでなく主体の影響により前置詞が定まることもある。例 6) を参照。

一般的には主体に，主体と比べて広い，中程（特定），せまいのうちのどの抽象的活動場所を提供するかにより，IN，ON，AT，等の前置詞が定まってくると考えられる。従ってまず主体が何であるかを知り，次に抽象的活動場所が主体にとってどの程度の広さをもつかを知り，前置詞を決定するというアルゴリズムが必要となる。また，「活動をする」をあらわすには主に動詞が中心となる。この場合も前置詞が必要か否か，必要とすればどんな前置詞が必要かが問題となる。これは主に動詞そのものが持っている意味的性質による。したがって動詞の属性にも前置詞に関する情報をおくことが考えられる。例 7) を参照。

現在のところ，前置詞を完全に一義的には決定できないので，そのような場合は可能な前置詞を全て列挙して英文を出力し，人に選んでもらうようにしている。例 8) 参照。

3.3 ブロック2

このブロックでは英単語を読み込み，英単語辞書を作成する。英単語辞書は例 9) のように見出し，訳語番号から構成されている。使用した計算機は1語に4文字が入るようになっているため，見出しが4文字以上の英単語は例 10) のように数ワードにまたがって格納されている。現在

格納されている英単語は 397 である。

3.4 ブロック 3

このブロックでは格変化詞に訳語番号をつけて格変化詞表を作成する。ここで格変化詞とは格によって変化する人称代名詞，疑問代名詞，疑問形容詞，等の総称である。

```
SG.
I 83 YOU 59921 HE 59941 SHE 59961 IT 85 WHO 19851
WHICH 19856 WHAT 19861 HOW/MANY 19866 HOW/MUCH 19871
  PL.
WE 59911 YOU 59921 THEY 59951
```

図3 格変化詞表の内容

```
GO 65006 RUN 65001 COME 65011 HAVE 6 GIVE 75006 EAT 75011
SEE 75016 WRITE 75021 LOVE 75026 INVESTIGATE 75036
F1NISH 75041 CUT 75046 CLOSE 75031 LEND 75051
```

図4 特殊変化動詞表の内容

この表の使われ方を例 11)，例 12) で説明すると，2+はその次にくる語の 2 格を作るオペレータであって，これと格変化詞表に照らして I を MY に変える。現在格変化詞表に格納されている単語は図 3 にあげてあるように単数形 10 個，複数形は 3 個である。

3.5 ブロック 4

このブロックでは特殊変化形容詞の処理を行なう。比較級，最上級のいずれかにおいて特殊変化する形容詞をまとめて特殊変化形容詞と名づける。この中には LARGE のように比較級，最上級において ER, EST のかわりに R, ST のみを語尾につけるものが含まれている。このような単語は元来，規則変化形容詞に属するものであるから，これらの語尾処理を行なうアルゴリズムが確立できれば特殊変化形容詞表から削除することができる。したがって特殊変化形容詞表は，本来は不規則変化形容詞の表である。この表の使われ方を例 13)，例 14) で説明すると ER+はその次にくる語の比較級を作るオペレータであり，これを特殊変化形容詞表に照らして BEAUTIFUL を MORE/BEAUTIFUL に変える。現在特殊変化形容詞表に格納されている単語は図 4 にあげている 3 個である。また／は／の前後の単語が熟語的に連って 1 単語を構成していることを示している。翻訳の最終段階で／はスペースになおされる。

3.6 ブロック 5

過去，過去分詞，3 人称単数現在，現在分詞のいずれかにおいて特殊変化をする動詞をまとめて特殊変化動詞と名づける。このブロックではこのような特殊変化動詞に訳語番号をつけて特殊変化動詞表を作成する。この表の使われ方を例 15)，例 16) で説明する。ED+はその次にくる語の過去形を作るオペレータであって，これを特殊変化動詞表に照らして GO を WENT に変える。現在特殊変化動詞表には 14 個の単語が格納されている。

3.7 ブロック 6

このブロックでは書き替え変換法則を書き替え変換法則表に読み込む。これはある単語に一旦付与した品詞，訳語番号，属性を文脈によって後から訂正するための法則群である。書き替え変換法則表の適用はパターン表の適用に先だって行われる構文分析のための予備処理と考えられる。

この法則の使われ方を例 17)，例 18) によって説明する。例 17) に見られる「美しい」は，単独の形を見たのでは終止形か連体形か区別できないので，一応，形容詞終止形「AC」と品詞が付与される。しかしそのあとに「花」という名詞が存在するので，書き替え変換法則表を参照して形容詞連体形「AD」に訂正される。書き替え変換法則表は文法的訂正のみならず，機械翻訳の構文分析に都合のよい形に書き替える操作や，意味を考えた訂正等にも利用されるが，後者は変則的な使い方であって，本来は単語の属性のみを利用して行なう方がよい。

現在 1～4 連語に適用可能な書き替え変換法則があるが，1～6 連語にまで拡張する方がよいと

思われる。例19) を参照。幾連語までの書き替え変換法則を用意しておけば十分かの正確な検討は加えていないが，今のところ6連語程度で十分であろうと考えている。書き替え法則は品詞記号6個が別な1個に替わるもの，2個の組が別の2個の組に替わるもの，……等にわかれ，それぞれ T 1, T 2, T 3, T 4 と名づける。

現在書き替え変換法則表に格納されている法則群は T 1 に属するもの2個，T 2 に属するもの44個，T 3 に属するもの15個，T 4 に属するもの12個である。

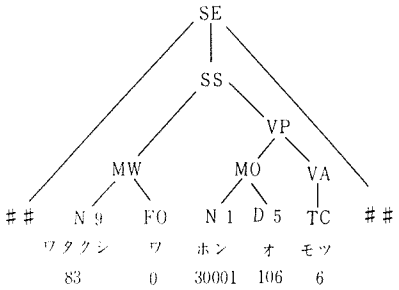

図5　構文分析

3.8 ブロック7

このブロックではパターン法則をパターン法則表に読みこむ。これは日本文中の関連の強い数単語を1ついまとめ，これに別の品詞名を与え，英文の語順にならべかえるための法則群である。パターン法則は6種類に分けられるが，2, 3, 4連語をまとめて句とするものをそれぞれ A2, A3, A4 パターンと呼び，2, 3, 4連語をまとめて文資格のものを作るパターンをそれぞれ B2, B3, B4 パターンと呼ぶ。このパターン法則が日本文を英文に翻訳するための中枢になっている。

A 2	N 9 FO	MW	01
	N 1 D 5	MO	01
	MŌVA	VP	02 01
B 2	MWVP	SS	01 02
B 3	## SS ##	SE	02

図6　パターン法則表の一部

このパターン法則の使われ方を例をあげて説明する。図5，図6，図7を参照。入力日本文はまず書き替え変換法則表に照らされる。TC は書き替え変換法則表から VA と書き改められる。次に入力日本文はパターン法則表に照らされる。パターン法則表から品詞 N9 と FO はまとめられて MW と名づけられる。このとき FO に対応する英単語はないのでこれは削除される。品詞 N1 と D5 はまとめられて MO と名づけられる。このとき D5 に対応する英単語はないのでこれも削除される。次に MO と VA がまとめられて VP と名づけられるが，この際英文の語順に合うように MO と VA の順序が逆になる。これはパターン法則表の MO VA VP 0201 を見ればよい。

MW	N 9
100001	83

MO	N 1
100002	30001

VP	VA	MO
10003	6	100002

SS	MW	VP
100004	100001	100003

SE	SS
100005	100004

図7　日本文の単語列を英文語順変換

これは数字列0201によって1番最初の要素は02番目，つまり VA であり，その次は01番目，つまり MO であって，これをまとめて VP と名づけることをあらわしている。MW と VP が B2 パターンでまとめられて SS となる。最後に ##, SS, ## が B3 パターンでまとめられて SE となり構文分析を終る。現在パターン表に格納されているのは A2, A3, A4 パターンがそれぞれ107, 26, 19個で B2, B3, B4 パターンがそれぞれ16, 6, 2個である。

3.9 ブロック8.1

このブロックでは分ち書き日本文を読みこみ，日本文中の各単語を8文字単位で折りたたんで，これをその単語の見出し語とする。日本語単語辞書を検索してこれと同じ見出し語をもつ単語があれば，その品詞，訳語番号，属性を日本文中の単語に付与する。日本文の読みこみ領域としては160文字分をとってあり，単語と単語間のスペースも含めて1文160文字以内の文章を読みこ

むことができる。もちろんプログラムの1部を訂正することにより，160文字以上の文字数からなる文章の読みこみを可能にすることができる。また，連続して一度に翻訳できる文の数には制限がない。入力日本文はローマ字入力，カナ文字入力のどちらかにすることが考えられるが，今回はカナ文字入力の形式をとった。

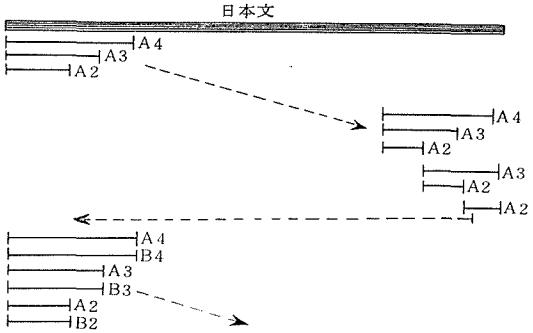

図8　パターン表適用し単語をまとめる

3.10 ブロック 8,2

このブロックでは日本文に書き替え変換法則表を適用する。該当する単語列があれば文法的な誤りを訂正し，再び日本文の最初から書き替え変換法則表に照らして行く。完全に書き替え変換を必要とするものがなくなった段階でパターン法則表を適用する。図8を参照。日本文の左側から A4, A3, A2 パターンを順次適用して行く。一致するものが見つかればそれらをまとめた後，再び上述の処理を行なう。一致しなければ基準位置を1つ右へ進めて再度 A4, A3, A2 パターンの適用をはかる操作を続ける。最右端迄行っても一致するものがなければ左端から A4, B4, A3, B3, A2, B2 の順でパターンを適用して行く。一致すればこれらをまとめた後，以上の処理をくり返す。一致しなければ基準位置を1つ右へ進めて再度 A4, B4, A3, B3, A2, B2 パターンの適用をはかる操作を続ける。最右端迄行っても1文が1つの抽象語にまとまらない場合は，構文分析ができなかったことになり，一方上述の操作をくりかえして1文が1つの抽象語にまとまれば構文分析が完了したことになる。

3.11 ブロック 8.3

このブロックでは文中にあらわれてくる動詞と主語の呼応関係を明らかにする。一般に主語の人称，単数により動詞の活用形が決められるのでこの関係は重要であり，翻訳過程にこの関係を導入した点は本研究の特徴の一つとなっている。この手法は文が単文の場合はもちろん，複文，重文において主語と動詞の呼応関係が複数個ある場合でも適用可能である。このアルゴリズムの原理と使われ方を図7を参照して説明する。

(1) 原理　主語と動詞の呼応関係は SS か NX の中に見い出される。SS の中に主語と動詞の関係が発見されるのは普通の場合（単文，重文の場合）である。NX は名詞のたぐいという意味で，この中に主語と動詞の関係が発見される場合は関係代名詞，副詞，形容詞を含む複文の場合である。SS または NX の中に BE 動詞，HAVE 動詞，VP, VA の中に動詞が見いだされる。この中で最初にあらわれてきた動詞的要素を動詞と見なす。これは英文の場合，重要なもの程前にでてくるという原則から考えて合理的と思われる。動詞が発見された SS，または NX の中を見ると，この中の MW, MG, NX の中に主語が見いだされる。この中で最初にあらわれてきた名詞的要素を主語と見なす。主語が複数個ある場合については現在のところ考えてはいないが簡単に解決できる。すなわち MW, MG, NX の中に等位接続詞，またはそれと同等のものを発見して，その前と後の区間中に主語があると考え，等位接続詞で区切られた各区間について，最切にあらわれた名詞的要素を主語とする。この考え方であれば主語は何個でも許される。等位接続詞，またはそれと同等なものとしては，，OR, AND 等が考えられよう。以上の考え方はあくまでも原則であり，例外的場合が存在することは充分考えておくべきである。たとえば，ここではどんな文にも必ず主語が存在すると考えているが，日本文には表面上主語のない文があり，ま

た英文においても命令文では主語がない。しかし文の裏には必ず主語があり，主語が書かれていないのは主語が何であるか容易に推察できる場合である。これらのことから文には表面にあらわれなくとも，必ず主語を持つと考えてさしつかえない。従って入力日本文の前処理段階で主語を補ない，その後翻訳処理を行なうようにしている。そして生成英文が「正確な英文」から「良い英文」に書き替えられる段階で，主語をつけておくべきか，または取り除くかを決定する。

(2) 使われ方　主語と動詞の呼応関係は SS の中に見いだされる。SS 100004 の中で，VP に動詞が見いだされる。従って VP 100003 に飛び，VA 6 を動詞として発見する。SS の中で MW の中に主語が見いだされる。従ってMW 100001 に飛び N9 83 を主語として発見する。

3.12 ブロック 8.4

ここではブロック 8.2 でまとめられた単語群にスタック手法を適用して日本文の単語列を英語の語順になおす。図 9 を例にとって説明する。

N 9	83	……→ I
VA	6	……→ HAVE
N 1	30001	……→ BOOK

図 9　構文分析終了結果

100000 以上の訳語番号は訳文生成の過程で生じた抽象語であり，100000 以下の訳語番号にあたればそれを訳語として抽出し，それ以上の訳語番号にあたれば，その番号—100000 列に飛ぶ。

出発点はまとめ項中 1 番数の大きい 5 列のまとめ項 100005 におく，その内容項 100004 を見て 4 列に飛ぶ。この 1 列の内容項を見ると 83 なので，これを訳語として抽出する。1 列の内容項の処理を全て完了して，1 列への出発元であった 4 列の 1 番目の内容項にもどる。

4 列の 1 番目の内容項の処理を終り，2 番目の内容項 100003 に移り，3 列に飛ぶ。3 列の 1 番目の内容項は 6 であるからこれを訳語として抽出する。

3 列の 1 番目の内容項の処理を終り，2 番目の内容項 100002 に移り，2 列に飛ぶ。2 列の内容項は 30001 であるからこれを訳語として抽出する。

2 列の内容項の処理を全て完了して，2 列への出発元である 3 列の 2 番目の内容項にもどる。3 列の 2 番目の内容項の処理を終る。

3 列の内容項の処理を全て完了して，3 列への出発元である 4 列の 2 番目の内容項にもどる。4 列の 2 番目の内容項の処理を終る。

4 列の内容項の処理を全て完了して，4 列への出発元である 5 列の 1 番目の内容項にもどる。5 列の 1 番目の内容項の処理を終る。

5 列の内容項の処理を全て完了して，最初の出発点と最後のもどり先が 5 列のまとめ項 100005 に一致して構文分析を終える。その結果として図 9 が得られる。

この結果をみてわかるように冠詞の処理にはなお検討を要する。ブロック 8.4 の結果，英語の語順に並んだ訳語番号が得られる。ついで英単語辞書から各訳語番号に対応する英単語をひいてきてこれる出力する。この結果得られる英文はオペレータをそのままの形で含むので，これを擬似英文とよぶ。なお，各単語の間には 1 つずつスペースが入って出力される。

3.13 ブロック 8.6

ブロック 8.4 の結果にはオペレータが含まれる。このオペレータをその次にくる語に作用させて図 9 の訳語番号列を訂正し構成しなおす。オペレータは部分的な修正をするオペレータ群と訳文全体の構成を変えるような影響力の大きなオペレータ群との 2 種類に大別されている。前者は近接的な作用をするオペレータ群であり，作用上の優先順に並べると，2+，3+，4+，ER+，EST+，LY+，ING+ (現在分詞)，ING+ (動名詞)，EN+，となる。一方，後者は遠隔的な作用をするオペレータ群で優先順位はなく，NOT+，DO+，ED+，WILL がある。これに優先

順位を持たせなかったのは，態，時制，肯定，否定，疑問を全て知った上で，一括処理して英文を作り出すのが良いと考えたからである。また，オペレータを作用させて肯定文，否定文，疑問文を作る必要上，文の種類を一般動詞文と BE 動詞文とに大きく2種類に分けている。ここでいう BE 動詞文とは，BE 動詞が含まれていて，それが主役動詞として働いている文をいう。この定義は普通の文法でいわれている BE 動詞文とは異っていることに注意していただきたい。BE 動詞文の中には，受動態，一般にいう BE 動詞文，進行形の文章が含まれている。NOT+，DO+，ED，WILL の作用の仕方は2種類の文では大きく異っている。HAVE 動詞を含む文は現在 DO YOU HAVE A BOOK ? 等という文章が見られるので一般動詞文に入れ，否定文，疑問文で助動詞 DO の助けを借りることとした。

3.14 ブロック 8.7

ブロック 8.5 の結果，英語の語順に並んだ訳語番号の列が得られる。英単語辞書から各訳語番号に対応する英単語をひいてきてこれを出力する。これにより英文が得られて和文英訳は終る。出力する際，各単語間には1つづつスペースが入るが，S（複数，3人称単数現在の語尾），ED（動詞過去の語尾），ING（現在分詞，動名詞を示す詞尾），等は前の単語に続いてすぐ出力される。1文の翻訳が終ると再びブロック 8.1 に戻って次の文の翻訳をする。

4. 実験結果及び考察

使用した電子計算機は北大大型計算機センターの FACOM 230-60 で，コア容量は 80 K ワードである。このコア上にメインプログラム，サブルーチン，各種辞書，表などをおき，合計 61 K ワード弱を使用している。これはかなり大きな量であるが，実験的プログラムなので，むだなコアの使い方をしている点もある。翻訳に要する時間は約 10 文節程度の日本文で 4 秒程度である。現在までに得られた翻訳結果の一部を付録に示す。今後，このプログラムを拡張して実用化することを考えるとメインプログラム，サブルーチンはコアにおき，各種辞書，表などは収録単語数を多くとるためにドラム，またはディスクにおかなければならない。このようにした場合には表の構成，索表アルゴリズムに注意を払わなければ，翻訳スピードが，かなり落ちるおそれがある。プログラムは FORTRAN で書かれており，メインプログラムが 1456 ステートメント，サブルーチンが 575 ステートメントで合計 2031 ステートメントである。前述のように，現在は前置詞

例 題

1) 学校へ行つた。⟶私は学校へ行つた。
2) 私はリンゴが好きです。⟶私はリンゴを好む。
   今走つているのは誰か？⟶誰が今走つているか？
3) ホン N1 3001 0
   見出し 品詞 訳語番号 属性
4) I will go there tomorrow.
5) It happened { in the evening. / at 6 o'clock. / on sunday. }
6) A fly is on his nose.
7) I { look at / see } him.
8) Tokyo is the largest city (at, on,in, with, of,from, by, because of) Japan.
9) BOOK 30001
10) BEAU 10001 TIFU 10001 L␣␣␣ 10001
11) 2+ I⟶MY
12) 格変化詞表の一部
    I 83 MY 59902 ME 59903 MINE 59904
13) ER+ BEAUTIFUL⟶MORE/BEAUTIFUL
14) 特殊変化形容詞表の一部
    BEAUTIFUL 10001 MORE/BEAUTIFUL 10002 MOST/BEAUTIFUL 10003
15) ED+ GO⟶WENT
16) 特殊変化動詞表の一部
    GO 65006 WENT 650$_0$7 GONE 65008 GOES 65009 GOING 65010
17) 美しい花⟶美しい花
    AC N1 ADN1
18) 書き替え変換法則表の一部
    書き替え前 書き替え後
    AC N1 ADN1
19) 私は 彼 に リンゴ を 与え られる
    N9 DA N1 D5 TA ZO⟶N9 DB N1 D5 TAZO
    そのままでは MI となつて 以後 BP となつて副詞
    間接目的語と見なされる 句と見なされる
20) DO+ YOU ED+ GO ⟶DID YOU GO ?

を一義的に決定できず，考えられる前置詞をすべて列挙して英文を出力し，人に選択してもらうようになっている。最近属性によって前置詞を一義的に決定する方法，および適切な関係代名詞，関係副詞を決定する方法を検討中であり，その見通しもほぼついているが，これらについては別な機会に報告したい。末尾ながら，カナ文字の取扱い等でいろいろ御配慮いただいた北大大型計算機センター各位に感謝する。

付　　録

KEISANKI NI YORU WABUN EIYAKU NO KEKKA

ソレハ ワタクシタチ ノ ガッコウ デス。
IT IS OUR SCHOOL.

カレハ ガッコウ ヘ イキ マス。
HE GOES TO SCHOOL.

ワタクシ ハ カレ ニ 1サツ ノ ホン オ アタエル。
I GIVE (,AT, ON, IN, TO, BY) HIM A BOOK.

ワタクシ ハ ハシッタ。
I RAN.

アナタ ハ ボウル ヲ モッ テイタ。
YOU HAD BALL.

カレ ハ ガッコウ ヘ イク デショウ。
HE WILL GO TO SCHOOL.

ワタクシ ハ ショウネン デ ナイ。
I AM NOT BOY.

カノジョ ハ ウツクシク ナイ。
SHE IS NOT BEAUTIFUL.

カレ ハ アルカ ナイ。
HE DOES NOT WALK.

ワタクシタチ ハ パン オ タベ ナイ。
WE DO NOT EAT BREAD.

カノジョ ハ ワタクシ ヨリ ウツクシイ。
SHE IS MORE BEAUTIFUL THAN I.

カレ ハ ワタクシ ヨリ セガタカイ。
HE IS TALLER THAN I.

カレ ハ ワタクシ ヨリ セガ タカイ ショウネン デス。
HE IS TALLER BOY THAN I.

カノジョ ハ アナタ ヨリ オオイ カネ オ モッ テイル。
SHE HAS MORE MONEY THAN YOU.

カノジョ ハ ワタクシタチ ノ クミ デ イチバン ウツクシイ。
SHE IS THE MOST BEAUTIFUL (AT, ON, IN, WITH, OF, FROM, BY, BECAUSE OF) OUR CLASS.

トウキョウ ハ ニッポンデ イチバン オオキイ トシ デス。
TOKYO IS THE LARGEST CITY (AT, ON, IN, WITH, OF, FROM, BY, BECAUSE OF) JAPAN.

ワタクシ ハ ガッコウ ヘ イキ ツツアル。
I AM GOING TO SCHOOL.

カレ ハ イマ ハシッ テイル。
HE IS RUNNING NOW.

カレ ハ ハシル トコロデス。
HE IS GOING TO RUN.

ワタクシ ハ イマ テガミ オ カコ ウトシテマス。
I AM GOING TO WRITE LETTER NOW.

アナタ ハ イシャ デス カ。
ARE YOU DOCTOR?

カノジョ ハ クル デショウ カ。
WILL SHE COME?

マド オ シメ ナサイ。
CLOSE WINDOW.

ソコヘ イク ナ。
DON'T GO THERE.

アナタ ハ ソコヘ イク ナ。
DON'T YOU GO THERE.

ワタクシ ニ アナタ ノ エンピツ オ カシ テクダサイ。
PLEASE LEND (,AT, ON, IN, TO, BY) ME YOUR PENCIL.

イッショニ アソビ マショウ。
LET'S PLAY TOGETHER.

カノジョ ハ カレ ニ アイサレタ。
SHE WAS LOVED (,AT, ON, IN, TO, BY) HIM.

ワタクシ ハ カレ ニヨッテ リンゴ オ アタエ ラレル。
I AM GIVEN APPLE BY HIM.

カノジョ ハ ウツクシイ。
SHE IS BEAUTIFUL.

ワタクシ ハ テガミ オ カイ タトコロデス。
I HAVE WRITTEN LETTER.

アナタ ハ クジラ ヲ ミ タコトガ アリマス カ。
DO YOU HAVE SEEN WHALE?

参 考 文 献

1) A.D. Booth: Machine Translation, North-Holland Publishing Co. (1967).
2) C. C. Fries: The Structure of English, Longmans, Green and Co. Ltd. London (1965).
3) P.Roberts: Patterns of English, Harcourt Brace & World, Inc. (1956).
4) W. L. Price: Computer Translation-is it worthwhile, Electronics & Power, Vol. 13 September (1967).
5) N. Chomsky: "Syntactic Structure" Mouton & Co., The Hague (1962).
6) 中村忠之: FÖRTRAN による英文和訳のプログラミング, 北大大学院工学研究科修士論文 (1970).
7) 坂井, 長尾: 機械による英文和訳, 電気通信学会誌 Vol. 49. No. 2 (1966).
8) 坂井, 杉田, 渡辺: 電子計算機による和文英訳, 情報処理 Vol. 10. No. 6 (1969).
9) 中村, 栃内, 仲丸: FÖRTRAN による機械翻訳プログラムについて, 電気四学会北海道支部大会論文 (1969).
10) 坂井, 長尾: 最近の言語処理研究について, 情報処理 Vol. 10. No. 1 (1969).
11) 西村恕彦: 機械翻訳のための英和文法の研究電気試験所研究, 電気試験所研究報告第 696 号 (1969).
12) 坂井, 他: "計算機による和文英訳", 電気通信学会専門委員会資料 (昭 44-01).
13) 栗原, 鶴丸, 吉田, 藤田: 語の意味分類と概念構成 (I) 電気通信学会専門委員会資料 (1971-11).
14) 木村 滋: 機械翻訳のための日本語文の分析法, 電気通信学会専門委員会資料 (1971-11).
15) 栗原, 他: 日本語文の意味処理について (I), 電子通信学会専門委員会資料 (1971-11).
16) 栗原, , : 言語の機械翻訳 (I) (II), 電気通信学会雑誌 Vol. 46. No. 11 (昭 38-11).