

最近の言語処理研究について*

坂井利之** 長尾 真**

1. はじめに

機械翻訳に関する解説は過去に幾つかあって^{1),2)}, 1965年ごろまでの状況を知ることができるが, その後の発展状況を概観するに当たって, 筆者らの特に強く感じることは, 今日まで, これといった目ざましい発展のなかったことである。すなわち, この3年間になされたことは, 1965年までに行なわれてきたことの単なる延長であったというよりも, むしろ, 研究の方向が幾つかに分れ, かつ, 機械翻訳からはずれていっていることである。アメリカにおけるこの現象を最もよく特徴づけ, かつ, このような方向を決定づけた事件は, なんとといっても, 1965年なかばに出された ALPAC report³⁾ であろう。これは J. R. Pierce を長とする Automatic Language Processing Advisory Committee が National Academy of Sciences に出したもので, 1964~65年当時の機械翻訳の状況と, それがかかえている問題点から, 近い将来において機械による翻訳は, 経済的その他の理由から, 人間の行なう翻訳にくらべて, 利点がないという結論であった。しかしながら, 言語の分野に計算機が応用された意義は高く評価され, 今後の言語研究にはたず計算機の役割が強調された。要するに計算機の助けをかりて, 言語のより広く深い組織的研究が強調されたのである。

もちろん, この ALPAC report に対しては, するどい非難もある。この report は非常に限られた範囲の MT 研究のみから結論をいそいでおり, 情報検索との関係については目をつむっているし, thesaurus の役目, 辞書に関する研究についてもふれていない。まして, これらの基礎研究に対する何らの具体的勧告をもしていないのは不都合だというわけである。ともかく, このような経過によって, 現在アメリカにおいて, 言語翻訳を直接研究テーマとして行なっているところはなくなり, 言語の変換法法的性質を調べるなど

の基礎的・理論的方向に進むものと, 情報検索, オンラインの質問応答システムの研究に進むものといった種々のものが行なわれている。これら最近の言語処理については 1967年にグルノーブルで開かれた International Conference on Computational Linguistics の Proceedings,⁴⁾ A. D. Booth の編になる Machine Translation (North-Holland, 1967)⁵⁾, それに幾つかの言語処理に関する本⁶⁾⁻⁸⁾をみれば, ほとんどがつくされているといつてよいであろう。

言語処理に関係した入出力装置としては, CRT ディスプレイ装置の発達による漢字の入力装置や, 音声による出力装置など幾つかの新しい試みがあり, この方面では, これからもますますすぐれた研究成果が期待できるものと思われる。

ここでは言語理論的なものを除き, 言語処理に関することで, 幾つか筆者らの興味をひいたものについて述べよう。情報検索についても述べるべきであろうが, 紙面の都合もあって, ここでは省略した。

2. 機械翻訳の問題点

現在行なわれている syntactic analyzer としては, Robinson のもの⁹⁾, M. Kay のもの¹⁰⁾, S. Kuno¹¹⁾ のものなどである。久野氏の predictive analyzer は IBM 7094 で行なわれているもので, 英語の文法約 3,500個, 25,000個の活用した形の単語辞書からなっており, 平均して 70語の文章を1分以内で構文分析することができる。もちろん構造分析のできない文章もあるが, 分析できる文章でも, 一意的な分析でなく, 多数の分析結果の出るのが普通である。有名な Time flies like an arrow. では四つの解析が生じる。このように一般の文章で生じる多数の可能性について, その中から適切なものを決定するためには, 意味の問題をもっと深く研究する必要がある。しかし, 構造分析に関してだけでも, つぎのような種々の問題がある^{12),13)}。

- (1) 構造分析をより正確にするための文法規則の改善。

* Recent Trends of Computational Linguistics, by Toshiyuki Sakai and Makoto Nagao (Dept. of Electrical Engineering, Kyoto University)

** 京都大学工学部

- (2) 文章に存在する構文上の ambiguity (あいまいさ) をさらに明らかにすること。
- (3) ambiguity がなく、あまり不自由でない人工言語の開発。
- (4) 構文情報を考えた呼応、一致の研究。

などであり、要するに、電子計算機を用いて、大量の文章を対象として構文分析を行なうことにより、言語学者などが経験的に調べていては、とてもできないような種々の場合を明らかにでき、言語学の理論と実際とを、より正確にすることができるわけである。しかし、計算機を用いることの意味は、単に大量のデータであるからというのではなく、計算機はいわれたとおりのことを正確に行なうということによる。人間が文章分析を行なう場合、いかに正確を期したとしても、そこにルールにないあいまいな判断のはいる可能性がある。言語の構造を明らかにするということが、万人にとって明確であるという意味であるならば、それは手前勝手なことをしない計算機の動作に表現できなければならないということを強調しておこう¹⁴⁾。

意味に関する研究としては大きく分けて scaling, statistical association, componential analysis の三つの方法がある。scaling は幾つかの意味に関する軸についてどの位置にあるかを調べることで C. Osgood が行なった Semantic Differential が最も有名である¹⁵⁾。しかし、この方法で辞書を作ることは非常に困難であり、また、とるべき意味の軸とその値も一般的に決めることはむずかしい。

現在、computational linguistics で最も広く行なわれているのは、statistical association であって、これは二つの単語が context (文脈) 的にどのような関係にあるかを統計的に調べるもので、具体的には二つの単語が、意味的にどのように似ているかを調べる。そして、これを thesaurus に作り上げるわけである。たとえば、-C という context で AC, BC がどの程度ひんばんに現われるかを調べると、これが A, B の意味的な共通点として抽出されることになる。さらに、これをひろげて CD と ED とが現われ、かつ、AC と BE とが現われると、A と B とは、1次の association C と E を介して 2次の association になっている等とする方法がある¹⁶⁾。このようなことを大規模に行なうために、アメリカなどでは大きな辞書を磁気テープに入れているところが多い。数十万語の見出し語と、それらの説明をすべて入れているところも幾つ

もあり、morphological な問題とともに意味分類の研究も行なっている^{17), 18)}。

componential analysis というのは Roget's thesaurus のように単語の意味を書き出すもので、Katz¹⁹⁾, Ceccato²⁰⁾, われわれ²¹⁾ などの行なった方法がこれにあたる。この場合、要素となる意味単位が、辞書の見出し語よりずっと少なくてすむようにできればよいのであるが、これを大規模に行なったところはまだない。いずれにしても semantics の問題に関しては、まだその方法論がはっきりせず、非常に微妙な点が多く存在し、あまり多くの研究はなされていない。

context analysis, あるいは discourse analysis の問題は、これから積極的に取り上げるべきものであるが、広い範囲を調べる必要があるとともに、どのようにアプローチしたらよいかもわかっていないなど困難な点が多く、未開拓の分野である。

機械翻訳の問題点としては、構文分析をうまく行なうということとともに semantics の問題、discourse の問題等が一般にはあげられているのであるが、より基本的な問題に注意をむける必要がある。われわれ人間が翻訳を行なうとき、単に単語の意味と文章の構造がわかって、それを機械的に他の言語におきかえているのではなくて、文章がわかって翻訳しているのであるが、この文章の意味がわかるとはいかなることかということが、科学的・工学的に解明されなければ、ほんとうの意味での翻訳を機械に行なわせることはむずかしいであろう。現在質問応答の研究、情報検索の研究、その他種々の言語処理研究が行なわれているが、これらはいずれもこの基本的な問題をどう取り扱い、どう解決すべきかを大なり小なり意識して行なわれているものであって、この方向の研究は、今後ともさかんに行なわれるものと考えられる。

言語処理研究の他の目標としては、人間が機械に対して対話が行なえるか、人間の意志をどのようにしたら、人間にとってなるべく自然な形で機械に伝えることができるかという問題がある。

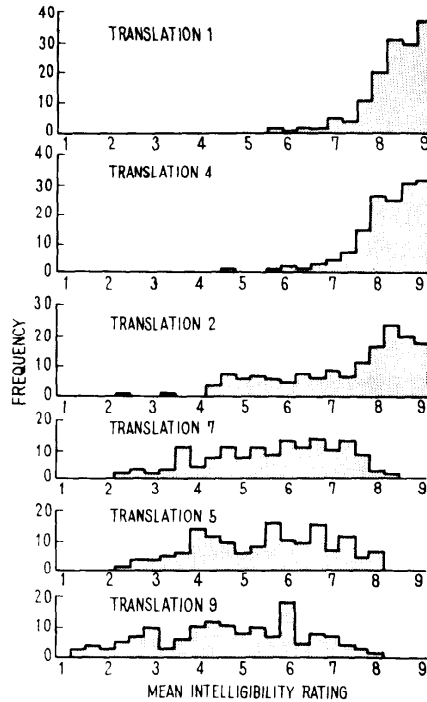
3. 翻訳文章の了解度

機械翻訳は辞書、構文分析、意味などの分野で、種種の研究がなされてきたが、翻訳された結果の文章に対する了解度に関しては、ほとんどこれといった検討がなされていなかった。翻訳された文章について、これらのことを明確にすることは、今後の研究にとって有益であることは明らかであろう。

ALPAC report では了解度 (intelligibility) として、つぎのような九つの段階を設定している。

9. Perfectly clear and intelligible. Reads like ordinary text; has no stylistic infelicities.
8. Perfectly or almost clear and intelligible, but contains minor grammatical or stylistic infelicities, and/or midly unusual word usage that could, nevertheless, be easily "corrected."
7. Generally clear and intelligible, but style and word choice and/or syntactical arrangement are somewhat poorer than in category 8.
6. The general idea is almost immediately intelligible, but full comprehension is distinctly interfered with by poor style, poor word choice, alternative expressions, untranslated words, and incorrect grammatical arrangements. Postediting could leave this in nearly acceptable form.
5. The general idea is intelligible only after considerable study, but after this study one is fairly confident that he understands. Poor word choice, grotesque syntactic arrangement, untranslated words, and similar phenomena are present, but constitute mainly "noise" through which the main idea is still perceptible.
4. Masquerades as an intelligible sentence, but actually it is more unintelligible than intelligible. Nevertheless, the idea can still be vaguely apprehended. Word choice, syntactic arrangement, and/or alternative expressions are generally bizarre, and there may be critical words untranslated.
3. Generally unintelligible; it tends to read like nonsense but, with a considerable amount of reflection and study, one can at least hypothesize the idea intended by the sentence.
2. Almost hopelessly unintelligible even after reflection and study. Nevertheless, it does not seem completely nonsensical.
1. Hopelessly unintelligible. It appears that no amount of study and reflection would reveal the thought of the sentence.

この尺度による種々の翻訳に対する評価は第1図に示すようになっている。機械翻訳の結果は、このスケ



翻訳 1, 4, 2 は人間による翻訳
 翻訳 7, 5, 9 は機械による翻訳
 (ALPAC レポートより)

第 1 図 了解度の分布

ールのほぼ中央にあることがわかる。

ALPAC report 以外にも了解度に関しては、幾つか報告されているが^{22), 23)}、いずれにおいても、機械翻訳は大体において、“Fair, takes a good deal of time to extract meaning and even then there is no great confidence in it, resulting in a partial understanding”であり、よい方では“mostly very good, a few sentences obscure, so that something essential may be lost, but normally clear enough”というところである。post-edit (事後編集) した文章では、かなり了解度の上がるのが明らかになっている。

4. Machine-Aided Translation と Man-Aided Translation

完全に自動的な機械翻訳は、現在のところ困難であるので、計算機の助けをかりて、人間が能率よく翻訳を行なおうという試みがあり、これを Machine-aided translation という。これに対して、機械の処理のむずかしい部分のみを人間が教えることにより、翻訳を

機械に行なわせようというのが Man-aided translation である。ALPAC report にもものっているとおり、Machine-aided translation はドイツの Federal Armed Forces Translation Agency, Luxembourg の European Coal and Steel Community などで行なわれている。いずれの場合も翻訳は人間が行なう。翻訳者は、まず、与えられたテキストを読み、わからない technical terms に下線をほどこす。つぎに、この下線をほどこされた単語のみを語尾を辞書引きに適した形にしてパンチし、計算機で照合をとる。こうして、わからない単語の訳を計算機の助けをかりて翻訳者の手もとに得られる。Luxembourg の方式では、下線をほどこした単語とともに、文章全体をパンチして計算機へ入れ、その文章の context に一番よくマッチした単語の訳を打ち出す。もちろん、この場合機械は翻訳を行なうのではなく、単語として一番よく合ったものを出すだけである。この両者のいずれも、人間が辞書をひいて翻訳するのと比較して、50% 以上の能率をあげて運用されているとのことである。

Cambridge Language Research Unit の M. Masterman はおもしろい考え方で、Man-aided translation の研究を行なっている²⁴⁾。これは人間と計算機との interactive な会話により、計算機が不明な箇所を自分で明確にしていき、最後に正しい訳を出そうとするものであり、計算機のコンソールの前にすわって行なう。研究は英語からフランス語への翻訳をとりあげている。計算機の中には Roget の thesaurus と類似のものを持っており、情報検索の技術によって、長い context のマッチングを行ない、key となる文節を見出し、計算機からの応答を作っている。この方法の方針は、post-editing を行なわずにすむように、人間と計算機との対話によって、入力文に対して十分な pre-processing を行なうこと、対話は operator の母国語で行なえることなどにある。post-editing を避けるのは、完全な post-editing を行なうためには、どうしても原文にまでもどらなければならないからである。結局、この方法は対話をすることによって、英語文章を慣用のフランス語に対応した形に変更していくところに特徴がある。したがって、たとえば、英語の受身文で、フランス語ではどうしても能動文でないと言えないもの、英語で形容詞+名詞がフランス語で名詞+前置詞句になる場合など、対話によってこれをフランス語構文に対応した形に直してしまうのである。

5. Transformational Grammar Tester

Chomsky の提唱した変形文法 (transformational grammar) は、句構造文法にくらべ非常に複雑であり、これを実際の言語について作りあげることにある程度でも成功した例はまだない。これは transformation が文章の構造とともに、意味にも関係してくるからである。ある変形法則がある場合にうまく働いたとしても、他のすべての場合にも、正しく働くかどうかは、なかなか完全にはわからない。そこで作り上げた変形文法が、相互矛盾なくうまく、すべての場合に成立するかどうかをテストする必要が生じ、そのために transformational grammar tester が作られている。IBM²⁵⁾、MITRE²⁶⁾、SDC²⁷⁾、Stanford 大学²⁸⁾などで、この種のプログラミング・システムを作っている。

これらは、一般に句構造法則、辞書、変形文法、およびこれらを結びつける制御部分の四つの部分からなっている。テストは文章の発生を行ない、発生された文章の良否によって、法則を訂正するという方式をとる。まず、句構造を用いて base tree を作り、この tree に単語をつける。つぎに、これを一連の変形法則によって変換し、いわゆる、surface structure を得るわけである。この場合 contextual feature が単語につけられていて、これが変形を行なうときの一つの制限になっている。

6. 質問応答

計算機の発展、時に、time sharing system が広く用いられるようになってくると、計算機に対して、人間から各種の指令を与えるのに、なるべく人間の側が楽に行なえるようなシステムを考えることが可能になってきたし、使用する人が専門家でなく、広い層になるにつれて、この種の要求が強まってきた。ところで、人間の要求というのは、一般に、すべてが厳密に表現されるとは限らない。これに対して計算機は、常に厳密性を要求するというところから、人間が機械に対して出す要求に対して、機械はそのあいまいな点、不明の点を人間に聞き返すということが行なわれるようになり、これを一般に質問応答システムといっている。質問応答システムの他のねらいは、人間が言語によって物事を理解し、演繹を行なうのは、どのようなメカニズムによるか、これを工学的に実現するには、どうすればよいかを知ることにある。

質問応答に関しては、R. F. Simmons のすぐれた解説があるが²⁹⁾、従来行なわれてきたものは、大きく分けて二つある。1つは自然言語による質問応答システムで、他はデータ管理システムと呼べるものである。前者は、主として質問文章の意味を分析し、解釈する方法に関するものであり、方法は非常に複雑なものもあるが、そのモデルは非常に小さいものである。後者は実用を旨とし、大量のデータの記憶と、その検索方法に重点をおくものであるが、受け付けることのできる質問文章は、非常に限られた形のもののみである。最近では、この両者のギャップを埋める努力がなされており、たとえば、C. H. Kellogg などは、つぎのようなシステムを考えている³⁰⁾。すなわち、実際に存在する大量のデータに対して、オンラインで質問をうける。この質問は英語のある範囲(いわゆる subset)のものであって、これを記憶されているデータに対応するように変換し、これによってデータファイルを渡し、答を英語文章で出すというシステムである。英語の文章が、うまくデータ検索に合った内部表現に変換できないときには、人間が単語をいいかえたり、文章をいいかえたりするように、機械の側から情報を提供する。こうしてシステムが質問を解釈できるようにもってくる。

文章の構造分析は、普通の句構造法則によっているが、これに semantic interpretation を加えて、論理式に似た内部表現に直している³¹⁾。たとえば

What is the distribution of people by income and age?

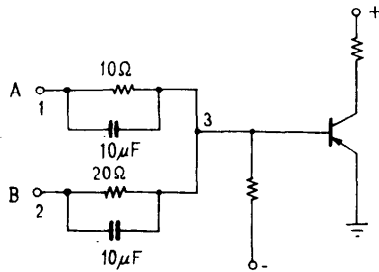
という質問は

- ((PRINT (MEDIAN FAMILY INCOME)
- (PERCENT FAMILY INCOME UNDER 3000 DOLLARS)
- (PERCENT FAMILY INCOME UNDER 10000 DOLLARS)
- (AGGREGATE POPULATION INCOME IN MILLIONS OF DOLLARS)
- (PERCENT POPULATION UNDER 5 YEARS OF AGE)
- (PERCENT POPULATION 21 YEARS OLD AND OVER)
- (PERCENT POPULATION 65 YEARS OLD AND OVER))

のように分析される。そのプロセスの詳細は省略するが、このようにして、米国の cities, counties, states,

regions に関する 1960 年のすべての統計データに関する質問応答システムを作っている。社会的・経済的なインデックスとして、データにつけられている言葉は 250 程度あり、データそのものは 600,000 をこえるものである。

SRI の L. S. Coles の行なっている質問応答システムは³²⁾、言語とそれが意味するものとの間の関係をさぐる研究の例としておもしろい。彼は比較的簡単な図形に関して述べられた英語の文章を syntax-directed interpretation により述語論理の形にかえ、これと図形との対応をとる。図形は graphic display console から入力される。このような対応をとることによって、文章が正しい内容であるか誤っているかを判定できるし、また、文章の持つ構造的な ambiguity も対応する図形の情報から、一意的にとけるという特徴を持つ。semantics は言語の用いられる場 (linguistic universal) と密接な関係を持つものであり、Coles はこの場を図にとったわけである。たとえば、第 2 図に示す回路と、これに対する文章



第 2 図 NOR 回路の図

Each resistor in parallel with a capacitor which is ten micro farads is an input resistor.

を考えよう。この文章の which は構文分析の結果、capacitor にも resistor にもかかりうる。これを構文分析したのち、semantic interpretation を行なうと、つぎのような形が得られる。

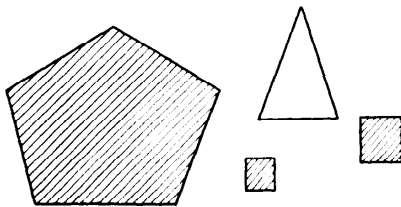
$$\begin{aligned}
 & (\forall x) \{ R(x) \wedge (\exists y) \{ C(y) \wedge P(x, y) \} \wedge 10\mu f(x) \\
 & \Rightarrow I(x) \wedge R(x) \} \\
 & (\forall x) \{ R(x) \wedge (\exists y) \{ C(y) \wedge P(x, y) \wedge 10\mu f(y) \} \\
 & \Rightarrow I(x) \wedge R(x) \}
 \end{aligned}$$

このうち第 1 の式は which が resistor にかかるとした場合、第 2 の式は capacitor にかかるとした場合である。

このような分析に対して、図形の側からも、その要素の結合の仕方をつぎのように分析する。

OB₁←/(TYPE: RESISTOR, INPUT)
 (OHMS: 10)(LINK: 1,3);
 OB₂←/(TYPE: CAPACITOR)(UFD: 10)
 (LINK: 1,3);
 OB₃←/(TYPE: RESISTOR, INPUT)
 (OHMS: 20)(LINK: 2,3);

このようにして分析された図形の情報と、文章の論理形式への分析とから、マッチングをとるなどして、与えられた文章が対応する図形に対して、正しい内容であるかどうかを調べるわけである。たとえば、第3図に対して



第3図 対象とする図形

Each black polygon smaller than a triangle is a square.

という文章を入力したとき、答として

Valid with respect to displayed figures.

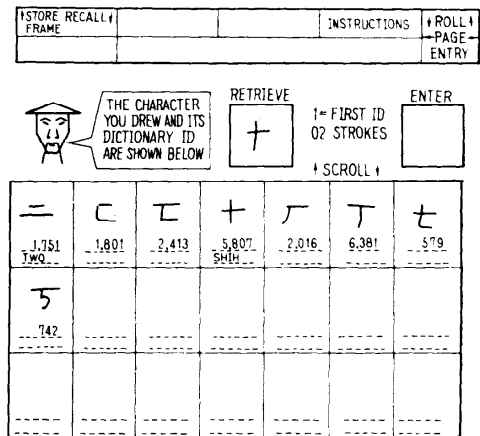
という答を得ようというわけである。

7. 文字入出力装置

計算機が言語処理研究にはたしている役割は非常に大きい。特に、日本と異なっている点は、辞書や文献、本などを計算機にかかる形で多量に持っていることである。最近発達してきた種々の文字読取装置、文字・図形の表示装置は、言語の入出力をかなり容易にしているといえる。しかしながら、漢字はいぜんとして困難な問題として残っている。Sinotype³³⁾ などもあるが、普通は偏やつくり、字画の数などで該当する漢字をCRT上に出し、その中から正しいものを選ぶという方法が一般にとられている。久野氏の行なった漢字入力の方法は³⁴⁾、入力としてCRTをPDP-1につないだもの、出力としてCRT、またはIBM-7094とStromberg Carlson 4020という写真印刷装置を用いる。まず、漢字の記憶には、CRT上の16×16の格子の上に標準の文字を書き、各ストロークの座標を記憶する。これと同時に tele-code, radical, stroke number, four-corner system index, 発音などが記憶

される。つぎに、与えられた文章の漢字を計算機に入力したいときには、漢字の radical, または radical と残りの stroke 数とを与える。radical は 214 あるので、5枚のテーブルに分けてCRT上に表示され、その中から一致する radical をライトペンで指示すると、この radical を持つ漢字がすべて表示される。そこで再びこの中から、目的とする漢字をライトペンで指示することによって、一つの漢字が入力されたことになる。

RAND Corp. の行なっている方法は、RAND Tablet を用いるもので、認識能力を持ったシステムである³⁵⁾。RAND Tablet のわくは第4図に示すよ



第4図 RAND Tablet による漢字の入出力

うに区切られていて、漢字の記憶には、図の ENTER BOX にペンで漢字を正しい筆順で手書き入力する。計算機は漢字の最初のストロークの種類とストロークの数を記憶し、これにより漢字を分類する。これと同時に漢字に与える番号、発音、訳語なども記憶される。こうして作られた漢字辞書からの retrieval は、図の RETRIEVE BOX 中へペンで漢字を書けば、その漢字の第1ストロークとストロークの数の一致する文字が、下の箱に表示されるので、その中から正しいものの番号を改めて指示することによって、その漢字などが得られる。

このようなシステムは、人間の行なうべき操作が複雑でめんどろな上、システム全体としてハードウェアの値段が非常に高くつく。この程度の金を投入するのなら、IBMのNagyらの行なった漢字の自動認識の研究³⁶⁾を、もっと積極的に進めた方が得策であろう。

文字出力で注目すべきものに computer typesetting と呼ばれるものが、最近急速に発達してきた³⁷⁾。これは植字のレイアウト、活字の大きさなど、すべてを計算機によって自動的に行ない、写真植字機を計算機制御のもとに働かせるもので、日本科学技術情報センタの開発したのも注目にあたいする³⁸⁾。

8. 音声出力装置

言語の大きな部分を占める音声の研究においても、徐々ではあるが着実な進歩がある。音声認識はいぜんとして困難な問題として残っているが、音声合成の方面では、大きな進歩をあげている³⁹⁾。音声合成における考え方としては、純粹に理学的なものを実用を日ざしたものに分けて考えることができるであろう。前者は、いわゆる、analysis by synthesis の立場であって、音声の合成を行なうことによって、音声における重要な因子はなにかを知り、これによって analysis を押し進めようとするものである。Haskins 研究所で行なわれた Pattern Play Back はその代表的なものであるが、いずれも、つぎに述べるように実用する場合に必要な条件を備えていない。

これに対し、実用を考える立場のものは、あまりよくない音でも、人間の能力によって聞き分けられるという点を救いとして非常に発展してきている。簡単な限定された単語や文章に対しては、すでに株式市場において用いられているし⁴⁰⁾、天気予報や電話番号案内などに対しても、非常に品質のよいものが試作されている。

方式としては、限定された単語などに対しては、磁気ドラムなどに録音された音声を取り出してきて、適当につなぐ方式がまず開発されたが、一般的に、どんな文章でも非常に短い時間で発生できることが重要であり、また、音声応答といって、将来、情報ネットワークができたとき、ボタンダイアルの電話で問い合わせ、電話音声で応答を得るシステムを考えたときには、電話のネットワークのように、多重の端末機器に同時サービスのできるものが最も重要となる⁴¹⁾。現在、このような点を目標として、音声合成の研究が進められている。われわれの開発した音声合成方式は、このような点に重点をおいたもので、つぎのようになっている³⁹⁾。

すべての音韻に対する音声波形は、まず、零交差波に直して、その零点をよぎる時間間隔をも量子化した。この量子化の幅間隔を 26, 19, 14 段階(周波数

領域上で、それぞれ、ほぼ 50 Hz, 100 Hz, 200 Hz に対応)にした場合でも、音声にそれほど品質の劣化はみとめられなかった。したがって、たとえば、母音の 1 ピッチ分は、たとえば、つぎのように表わされる。

$$(A): +8-8+12-3+3-8+9-10+9-10+11-1 \\ +4-10+8-10+8-10+6-7+8-8+9-7$$

そこで、母音アはこの (A) を何回か繰り返すことによって発生させられる。そこで、たとえば、10 回繰り返すことを (A)¹⁰ と表現する。このように音の編集の単位として、音韻よりさらに細かいレベルのもの(これを素因子と呼ぶ)を採用し、振幅および零交差時間をも量子化したところに特色がある。

そこで、音韻は素因子とその振幅、その繰り返し数の三つのパラメータの組で表現される。素因子としては、有声音の場合は上に述べたように 1 ピッチ、破裂部ではその破裂時間の間を量子化されたシンボル系列で表現する。摩擦音などでは乱数から作ったシンボル系列を用いる。一般に音韻 [X] は

$$[X]=l_1(x_1)^{r_1} \cdot l_2(x_2)^{r_2} \cdot l_3(x_3)^{r_3}$$

の形で表現される。(x_i) は素因子、l_i はその振幅、r_i はその繰り返し回数である。たとえば、[D] の場合には

$$[D]=2(D)^6 \cdot 3(T)^1$$

と表わされる。ここで (D) は [D] の先行音の 1 ピッチ分であり、(T) は破裂部である。

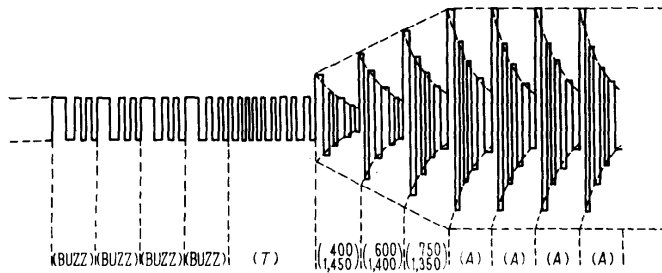
つぎに問題となるのは、子音と母音、母音と子音、または、母音間のわたりの素因子の生成であって、われわれの場合は、常に母音+子音+母音の形を考え、ここでのわたりは、第 1 および第 2 フォルマントがなめらかに移行するように適当な内挿法を用いている。このようにして、たとえば、…DA…という文字の音を生じさせる場合には

$$(a) \dots DA \dots$$

$$(b) \dots 3(D)^6 \cdot 2(T)^1 \cdot 8(400, 1450)^1 \cdot 8(600 \cdot 1400)^1 \\ \cdot 8(750, 1350)^1 \cdot 10(A)^{10} \dots$$

$$(c) \dots 3(61, 41, \dots, 1)^6 \cdot 2(6, 5, \dots, 10)^1 \cdot 8(\dots)^1 \cdot \\ 8(\dots)^1 \cdot 10(8, 8, \dots, 9, 7)^{10} \dots$$

という順に音声波形の方にもっていく。(b) における (T) と (A) との間の三つのピッチ区間は、音韻のわたりの部分であり、たとえば、8(600, 1400) は振幅が 8 で、第 1 フォルマント 600 Hz, 第 2 フォルマント 1400 Hz の素因子を意味する。このようにして (c) の形のデータが音声合成器に送られ、これが第



第5図 合声音声の波形

5図に示すような波形に変換されるのである。(a)から(b),(c)への変換は計算機によって行なわれるが、このときアクセント、ピッチの変更も行なうことが簡単にできるという利点がある。

この方式は合成に要する時間がきわめて短いこと、合成に要する情報の量が少ないこと、合成のためのハードウェアが簡単なことなど、多くの長所を持っている。現在、われわれの研究室で開発した英文和訳のプログラム⁴²⁾と、この音声合成のプログラムとをつなぎ、紙テープにタイプされた英語の文章が計算機で翻訳されるとプリントされるとともに、直ちに音声として聞くことができるようになっている。

9. おわりに

言語処理研究は、以上に概観してきたとおり、翻訳そのものよりは、もっと広くいろいろな方面にむかいつつあるが、それでは翻訳が完全にきまらめられたかということそうではない。翻訳を直接の目的として研究を行なっているところも幾つかあるわけで、中でもフランスのCETA(Centre d'étude pour la traduction automatique)などは、精力的に翻訳にとりくんでおり、その成果はグルノーブルでのConferenceにも現われている⁴³⁾。また、ここでは解説できなかったが情報検索⁴⁴⁾やinformation reduction⁴⁵⁾の研究など興味ある研究が進められている。言語は音声認識や図形認識などとも密接な関係を持ち、今後とも情報処理における中心問題として、種々の面からますます総合的に研究されていくものと考えられる。

参考文献

- 1) 田町常夫: 言語の機械翻訳[II], 信学誌, 46巻11号, 1963年11月
- 2) 和田 弘: 機械翻訳の現状と将来, 情報処理, Vol. 6, No. 3, 1965年5月
- 3) Language and Machines: Computers in Translation and Linguistics, National Academy of Sciences, 1966
- 4) 2ème Conference internationale sur le traitement automatique des langues, Grenoble 23-25, août 1967
- 5) A.D.Booth, ed.: Machine Translation, North-Holland, 1967
- 6) C. A. Cuadra, ed.: Annual Review of Information Science & Technology, Vol. I (1966), Vol. II(1967), Interscience Pub.
- 7) H. Borko, ed.: Automated language processing, John Wiley, 1967
- 8) A. W. Pratt et. al. ed.: Seminar on Computational Linguistics, National Institute of Health, 1966
- 9) J. Robinson: PARSE: A System for Automatic Syntactic Analysis of English Text. RM-4654-PR, RAND Corp. 1965
- 10) M. Kay: Experiments with a powerful parser, in 4)
- 11) S. Kuno, A. G. Oettinger: Multiple-path Syntactic Analyzer, Information Processing 62, North Holland, 1963
- 12) S. Kuno: Automatic Syntactic Analysis, in 8)
- 13) M. Nagao: Engineering Approach to Language Problems, U. S. Japan Survey Seminar on Computational Linguistics, Hawaii, 1968
- 14) P. L. Garvin: Computing Natural Language and Natural Language in Computing, in 8)
- 15) C. E. Osgood, et. al.: The Measurement of Meaning. Univ. Illinois Press, 1957
- 16) H. Rubenstein: Directions in Semantic Research, in 8)
- 17) H. Kucera, W. N. Francis: Computational Analysis of Present-day American English, Brown Univ. Press, 1967
- 18) D. S. Worth: A Deep Index of Derivational Morphology. RM-5143-PR, Sept. 1966, RAND Corp.
- 19) J. J. Katz, J. A. Fodor: The Structure of a Semantic Theory, Language 39, 1963
- 20) S. Ceccato: Linguistic Analysis and Programming for Mechanical Translation, Gordon & Breach, 1961
- 21) T. Sakai, M. Nagao: Sentence Generation by Semantic Concordance, 1965 International Conference on Computational Linguistics.
- 22) J. McDaniel, et. al.: An evaluation of the usefulness of machine translations produced at Teddington, and an account of the translation methods, in 4)
- 23) J. B. Carroll: An Experiment in Evaluating

- the Quality of Translations, mechanical translation, Vol. 9, No. 3 & 4, 1966
- 24) M. Masterman: Man-aided computer translation from English into French using an on-line system to manipulate a bilingual conceptual dictionary or thesaurus, in 4)
 - 25) P. Rosenbaum, D. Lochak: The IBM Core Grammar of English, in D. Lieberman ed, Specification and Utilization of a Transformational Grammar, AFCRL-66-270, 1966
 - 26) A. M. Zwicky, et. al.: The MITRE Analysis Procedure for Transformational Grammar, FJCC 1965
 - 27) D. L. Londe, W. J. Schoene: TGT: Transformational Grammar Tester, TM-3759, SDC, Nov. 1967
 - 28) J. Friedman: A Computer System for Transformational Grammar, AF-21, Jan. 1968, Stanford Univ.
 - 29) R. F. Simmons: Answering English Questions by Computer: A Survey, Comm. ACM, Vol. 8, No. 1, Jan. 1965
 - 30) C. H. Kellogg: CONVERSE- A System for the On-Line Description and Retrieval of Structured Data Using Natural Language, SP-2635/000/00, SDC, May 1967
 - 31) R. F. Simmons, J. F. Burger—A Semantic Analyzer for English Sentences, SD-2987, Jan. 1968, SDC.
 - 32) L. S. Coles: An On-Line Question-Answering System with Natural Language and Pictorial Input, SRI, Feb. 1968
 - 33) S. H. Caldwell: The Sinotype—A Machine for the Composition of Chinese from a Keyboard, Jour. Franklin Inst. Vol 267, No. 6, June 1959
 - 34) S. Kuno: Graphical Input/Output of Non-Standard Characters, U. S.-Japan Survey Seminar on Computational Linguistics, Hawaii, March 1968
 - 35) G. F. Groner, et. al.: On-Line Computer Classification of Handprinted Chinese Characters as a Translation Aid, p-3568, RAND Corp. April, 1967
 - 36) R. Casey, G. Nagy: Recognition of Printed Chinese Characters, IEEE Trans. EC, Feb, 1966
 - 37) G. D. Friedlander: Automation comes to the printing and publishing industry, IEEE Spectrum, April 1968
 - 38) 科学技術情報センター: JICST のシステム, 情報処理学会 CL 研究会資料, 43 年 5 月 18 日
 - 39) 大泉, 坂井, 他: 音声の合成, 情報の科学Ⅲ, ラテイス, 1968
 - 40) 坂井利之: 文字読取装置と音声用装置, 情報処理, Vol. 6, No. 6, 1965 年 11 月
 - 41) 坂井利之: 電子通信学会雑誌音声特集号, 1968 年 11 月Ⅲ応用篇 3.1 概観
 - 42) S. Sugita: A Study on Mechanical Translation from English into Japanese, Doctoral Thesis, Kyoto Univ., Jan. 1968
 - 43) B. Vauquois, et al.: Un métalangage de grammaires transformationnelles, in 4)
 - 44) G. Salton, M. E. Lesk: The SMART Automatic Document Retrieval System— An Illustration, Comm. ACM, Vol. 8, No. 6, June 1964
 - 45) N. Sager: Information Reduction of Texts by Syntactic Analysis, in 8)

(昭和 43 年 10 月 2 日受付)