

自然言語処理研究の現状

— 第6回国際計教言語学会に出席して —

長尾 夏：辻井 潤一
(京大・工)

1 はじめに.

計算機による言語処理の研究は、初期の機械翻訳の研究から出発して、多くの変遷を経て、徐々にではあるが着実に、「言語情報の科学的解明」という目的に向って進歩してきている。特に最近の傾向としては、計算機科学の側からのアプローチだけでなく、一部の心理学者や言語学者も、計算機による言語処理に興味を持ち始めている。^{3, 24}

このような、学際的がまだ明確な立論を持たない分野を展望することは、非常に困難なことであるが、6月28日から7月2日の5日間カナダで開催された第6回国際計教言語学会の様子を中心に報告することにする。

2 全体の印象

一時期の機械翻訳のような中心的課題がないために、言語処理研究といっても種々の研究が行なわれている。このなかで、とくにアメリカを中心とした自然言語理解に対する人工知能的アプローチと、アメリカ・カナダ等の伝統的な機械翻訳の研究が、この会議ではきわだった対照となっていた。人工知能的アプローチをとる研究者は、言語理解の過程と人間の知識との関連を問題とし、従来の言語処理研究の枠組自体を考へ直さうとしていくようである。

今回の会議で特に目立った話題を以下に列挙する。

- (1) MITのM. MinskyのFrame理論と自然言語処理との関連。人工知能全般に対するこの理論としてのFrame理論は、当然自然言語理解システムの研究にも大きな影響を与えている。特にエール大学のR. SchankのグループのScript^{2, 8}、エディンバラ大学のY. Wilksのsurvey的な講演³は多くの人が関心を持ったようである。しかし、人間の言語理解の過程に、膨大な知識が関与していることは事実としても、その関与の構造をScriptやFrameで表現するのが適切かどうか、またこの種の抽象的な議論が現実の成果に結びつくかどうかに関しては、実務的な研究者からかなり厳しい批判が出されていた。
- (2) データ・ベースと自然言語。質問応答システムとData Baseシステムの研究が非常に近づきつつあることは、この会議の前日訪問したIBMのSan Jose研究所でも感じたが、この会議でもオランダのフィリップス社^{4, 9}、BBN、IBMのWatson研究所¹⁴から自然言語処理とデータベースの結合についての発表が行なわれた。特にrelational data baseの枠組でsemantic networkを定式化しようとするBBNの発表は興味を引いた。
- (3) 音声認識、音声合成。音声認識ではBBN¹¹、SRI⁵、CMU¹³、京大から発表があった。いずれも音声認識における言語情報処理に重点を置いたものである。米国の研究グループでは、一応今年の秋がプロジェクトを解散するところ

が多く、これまでの各グループの研究の総合報告的な発表が多かった。音声合成ではMITのグループが morpheme 辞書を使った合成システムを発表した。¹⁴

(4) 機械翻訳。ベルノーブル大、モントリオール大を中心として発表があった。モントリオール大のシステムは、以前の System-Q を中心としたシステムから、ATN (Augmented Transition Network) モデルに依った REZO というプログラム言語に移行しつつあり、かなり系統的に長期の計画に従って研究をすすめていくようである (ATN については、BBN から ATN のコンソイルを作ったという報告もある¹⁵)。モントリオール大のシステムは技術論文の翻訳に関してはかなり上質の結果を得ているようである。またエール大の Schank のグループは、英語から中国語の翻訳システムを発表したが、これは実用システムを目指したものではなく、5 等の conceptual dependency structure から任意の言語の文法生成が可能かどうかをテストするための仕事との印象をうけた。

(5) 情報検索、統計処理。コーネル大の G. Salton が自動インデキシングの手法について述べた。基本的には頻度の大きな語は句、頻度の小さな語は上置語に変換することによって、呼出率・適合率とともに良い key word key phrase の組を得ようというもので、説明力のある発表があった。

会議全体を通じて、招待講師の C. J. Fillmore, H. Thompson 等の言語学者が再び計算機による言語処理に興味を持ち出していること、また計算機科学の側からも単に既存の言語理論を計算機で実行するだけでなく、積極的に独自の言語モデルを構築しようとしていることなどが目立った。

以下の各節では、いくつかの視点から、今回の会議で発表された言語処理システムを整理し、自然言語処理研究の現状を展望する。ただし、自然言語文を単なるデータの集積とみて、これに対して統計処理を行なう方向の研究も、計算機による言語処理研究の大きな分野があるが、以下ではこれについては言及しない。また、説明の都合上、今回の会議では発表されなかったことについても述べない。

3. Parsing の方式

言語データを統計的に処理するという方向の研究を除外すると、計算機による言語処理の研究は、多かれ少なかれ自然言語文の構造分析 (parsing) と関係してゐる。機械翻訳システム、質問応答システム、paraphrase を行なうシステム等は、いずれもまず入力文の parsing を行なわなければならない。そこで、どのような parsing の方式をとるべきか、システムを分類すべきかができる。また、parsing 方式の問題は、自然言語処理研究のなかで最も明確な目的と手法とを確立しつつある分野である。

Parsing 方式の評価の基準としては、次の3つの観点があろう。

- (1) 文法規則の明晰さ、理解の容易さ
- (2) 文法規則を適用するコントロール構造の柔軟さ

(iii) 効率の長さ

この3つの観点から最も多く使われている parsing 形式は、W. A. Woods によって提案された ATN (Augmented Transition Network) parser であろう。代表的な ATN parser としては、BBN の LUNAR システムが使われたものがある。BBN の speech understanding 研究でも、この LUNAR は task として使われたのが、BBN の speech understanding 研究 HWIM (Hear What I Hear) の統語処理プログラムは ATN が書かれている。今回の会議では、ATN のためのコンパイラについての発表が BBN からあった。また、BBN の HWIM では、統語処理と意味処理との緊密な interaction を実現するために、意味的な制限条件も統語的なルールで表現した 'pragmatic grammar' を使っているが、これも ATN で記述されている。

モントリオール大学の機械翻訳グループ TAUM は、従来の文法記述用言語の system-Q から ATN-モデルに従ってプログラム言語 REZO を開発していた。この REZO は、我々の開発した PLATON とかなり類似した考えに基づいて作られており、ノターマツチングの能力とバックトラック能力を持っている。またこの言語はコンパイラ言語である。

その他、ATN モデルそのものではないが、IBM の Heildorn の文法記述用言語 NLP²¹ は、後のいう APSG (Augmented Phrase Structure Grammar) が ATN と類似しており、ATN の一変種と考えることができる。今回発表はなかったが、MIT の V. R. Pratt のプログラミンク言語 LINGOL²⁰ の開発とも、大きな文法(ルール数がある程度大きな文法)で、しかも意味処理等の複雑な処理をした場合には、やはりこの種のプログラミンク言語が必要になるであろうと思われる。

parsing の基本として、既存の文法理論を枠組として採用するか、あるいは全く新しい枠組を作り出すかによって、parsing 形式を分類することも可能であろう。この区分は統語、統語的な情報を中心に parsing を進めてゆくか、あるいは、意味的、概念的なレベルでの関係を手掛りとするかの区別である。前者の立場に立つシステムに IBM のワトソン研究所が開発されている REQUEST²² がある。REQUEST の文法は伝統的な変換文法の枠組にかなり忠実に従っており、parser によって作り出された核文の構造は、さらに意味解釈部門への入力となり、最終的には Data Base 探索用言語での表現に変換される。また、NYU の N. Sager のグループの parser も、統語情報主導型の parser である。これらの parser は、新しい parsing の形式を提案するに用いたものではないが、多数のルールと辞書記述をもっており、長期間に渡って開発されている、かなり能力の高い parser になっている。

一方、統語的情報よりも意味的、概念的なレベルでの関係を重視する parser として、エール大学の R. Schank 等のグループの parser がある。この parser は以前の Margie システムが使われたもので、今回発表された SAM システム²³ も使われている。この parser は辞書中の単語の意味記述に大きく依存している。即ち、各単語辞書には、その単語があらわれた時に、あらわれるであろうと予想される他の単語、概念が expectation の形で記述されている。各 expectation はそれ以後の解析過程を監視していて、予想していた単語、概念があらわれた時点で

これをとらえて単語間の関係をつけてゆく。概念的、意味的なレベルでの関係を重視した parser として、Y. Wilks の preference semantic に基づく parser がある。この parser は、エール大学の parser が概念的関係を expectation という形で表現したのと同じで、template でこれを表現している。

「学校行く私昨日」という単語のラ列から、「私は昨日学校へ行った」という意味がくみとれることは確かであるが、前者を理解するのに要する時間は後者を理解する時間よりもはるかに長くかかるであろう。これがより複雑な文から総語情報を無視して組立てられた語のラ列になると、ほとんど理解不可能になるであろう。現在までの経験から、我々は総語情報だけでは自然言語文の曖昧性を解明することは不可能なことを知っている。しかし当然のことながら、意味的関係のみから適切な解析結果を得ることは出来ない。よするに、parsing は実世界の知識、意味情報、文脈情報、総語情報という種々の手掛りを有効に使って、最も妥当な入力文の解析を行う過程があると考えられる。種々の知識の源 (Knowledge Source - KS) をいかに有効に使うかという立場に立つ parsing 手法としては、近年アメリカが盛んに行なわれた speech understanding system といわれた手法は興味深い。即ち、speech understanding system では、上記の種々の KS に、さらに acoustic な情報についての KS、phonetic なものについての KS がつけ加わり、かなり種類のちがう E、多くの KS が存在するからである。今回の会計では、BBN, SRI, CMU の各グループが彼等のとったアプローチについて発表を行なった。

よく知られておりよするに、この種のプログラムでは、いつ、どの KS についての処理を起動するかという制御の仕様が問題になり、図 1、図 2 に示す二つの形式が基本的に考えられている。

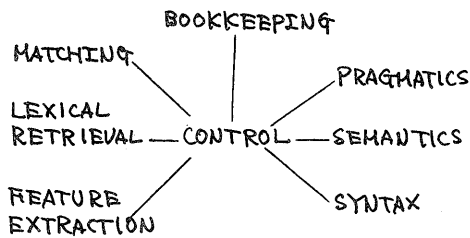


図 1 Heterarchical system

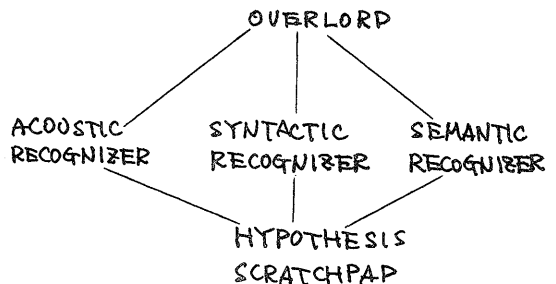


図 2 Pandemonium organization

図 1 は集中型、図 2 は分散型の制御を行なっていると考えられる。BBN の SPEECHLIS は集中型²⁸、CMU の HEARSAY²⁹ は分散型の代表的なものであり、SRI⁵ は両者の中間的な制御形式をとったと考えられる。

この二つの形式は互に利点、欠点がある。まず集中型の制御形式では、control 部分が各 sub-component の役割、能力を知っていること、各 sub-component は他の sub-component がどのような情報を必要としているか、またある特定の情報を得るためには、どの sub-component に問合せればよいかわかることを知っているため、最も効果的と考えられる component を起動できるといえる。また、効率が良い。

しかしながら、programmingに際しては、あらかじめどのようなフローで仕事を処理するか、どのような状況ではどのcomponentを起動するのがよいかなどの詳細な検討が必要になる。

一方、分散型の制御方式をとりシステムでは各componentが自律的に動作しており、component間の情報の交換もそれほど緊密には行なわれない。CMUのHEARSAYでは、blackboardと呼ばれる、各componentからアクセス、書き込みの可能な共通の領域を設定し、各componentは独立にこのblackboardに対して仕事をこなす。component間の情報の交換もこのblackboardを通じてimplicitに行なわれる。この方式では、各componentが独立していて、自律的に動作すること、component間の通信が一律な形式が楽にできること等の利点を持っているが、逆に各componentの仕事を監視し、手控する能力が乏しいために、各componentの仕事が有目的に一つの目標に向って協力し合うことがあつた。例えは、他のcomponentが提供できない情報を得るために、無駄なprocessingを行なうとか、2つのcomponentの行なっている仕事が互に矛盾してしまったりといった事態が起り得る。

結局、集中型/分散型は、component間のinteractionを重視するか、componentのmodularityを重視するかの差があるとも考えられる。

図3はBBNのシステム構成を概念的に示す。ここで囲まれているcomponentは、processing unit、図形で囲まれているcomponentはデータ構造を示している。

BBNのグループでは、各component間の情報交換やコントロールのフローを定めるために、人間と計算機に作る'incremental simulation'の手法を用いたことは、すでに発表されている。今回の発表でも、1973年のシステム以降どのような改良がなされたかを議論しているが、そのほとんどは、component間の情報交換をより能率よくするための改良である。

一方、CMUのシステムでは、自律的なcomponentをいかに一定の方向に向かって引張っていくかというfocussingの問題が重要になってくることなどが今回の発表でも示された。

これからspeech understandingの研究は必ずしも期待通りの結果を得たとはいえないが、これからの言語処理の方向を考える上で、有益な提案、実験を行な

HWIM

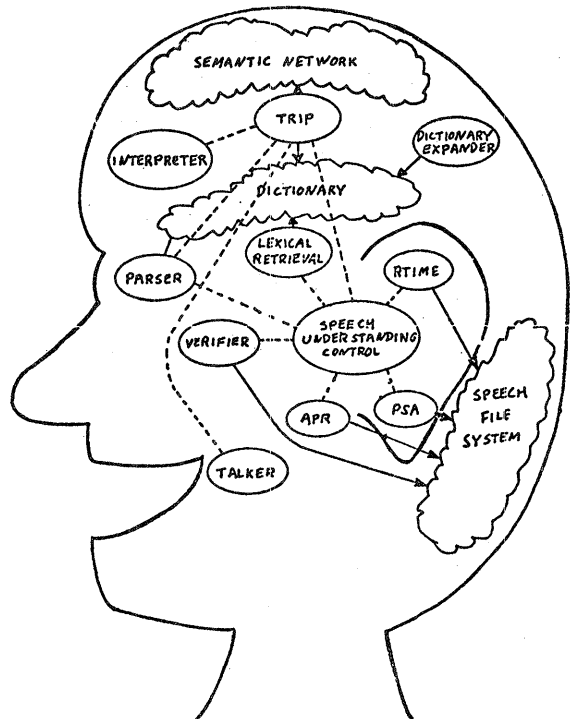


図3. BBNのSpeech understander

ったといえるであろう。

この他に parsing の制御問題としては、今回は発表がなかったが、MIT の M. Marcus の提唱している Walt-and-See parser がある。^{23,24} この parser は Winograd のシステム以降士かんにあったバックトラッキングに対する批判にもとがいて作られている。後の parser はモジュールと呼ばれる、パターンマッチングによって起動される demon 的なプログラム単位の集合ができていく。各モジュールは先読みを行なう能力を持ち、ルール適用に曖昧性がある場合には、その適用を保留して、先読みを行ない、曖昧性が解消された時、はいめてルール適用を行なう。これと同様の考え方は、今回発表のあったオランダ・フリッポス社の質問応答システム PHIL@AI が使われている parser にもみられる。この parser は木構造の変換を繰返し行なうべくという方式に従っているが、規則適用の順序がなく、各規則の適用可能性が確定になった時点で、はいめて適用される²⁵。

D-B (Decision- and- Backtracking) 方式に従う parser では、文法規則(あるいは処理の単位)の適用にあらかじめ決められた順序があり、ある規則の適用を行なうなりとそれ以上の processing が進まないために、一応十分な確証なしに規則の適用を行なうなりはなならない。これに対し、W-S 方式の parser では状況に応じて、確かな規則から優先的に適用してゆくために、バックトラッキングの必要性が少なくなる。しかし、どちらの方式の言が効率が良いかは、議論の分かれるところであろう。

4 知識表現の問題

人間の持つ知識を計算機内部でどのように表現し、使用するかは最近の人工知能研究の中心的な話題である。特に MIT の Minsky²⁶ が Frame 理論を発表して以来、これを中心に議論が湧きあがっており、今回の会議でもアメリカの研究者を中心にかなりの発表があった。

知識表現の問題は、自然言語処理の分野では「意味」を計算機内部でどう表現し、使用するかの問題としてとらえられていた。この意味表現の方式は parsing 方式の場合と同様に $\langle \rangle$ かの見よから分類がききである。まず上の分類は「意味を内面的にとらえる」が、「意味を外延的にとらえる」かである。前者は、単語や文の意味を、システムの論理した基本的要素に分解し、その組合せで表現しようとする立場とも考えられる。古くは Katz と Fodor に于ける Semantic marker に于ける意味の表現がある。最近では、R. C. Schank の概念依存理論 (Conceptual Dependency) の 14 の基本的行動型が表現する立場、Wilks の基本的な意味記号の式で単語の意味を表現しようとするのがこの立場に立った研究である²⁷。

一方、「意味を外延的にとらえる」立場の原型は、R. Quillian の semantic network の研究にみられる²⁸。この semantic network の発想は、連想的な情報の記憶と検索に特長がある。知識の有機的な存在を重視する Frame 理論が、自然言語処理分野に比較的に早く投入された理由として、この semantic network の延長としての一面を Frame 理論が持っていたことにもなる。semantic network を使った研究は今回も44発表された。BBN^{14,21}、SRI の speech understanding がル-70⁵、IBM の Heidorn 等による応答システム、我々の化学に関する質問応

答システム¹⁶等がどうである。また、Woodsが指摘したように、semantic networkの考え方は、かなり一般的に使われているにもかかわらず、論理的な厳密さに欠けている。これに対して、今回の会議²¹はR. BrachmanがWoodsの議論をさらに追って議論している。R. Reiter¹⁹は、semantic networkをrelational data baseのモデルと関連して基礎づけを行なっているが、自然言語処理システムが現実の応用的な分野と関係してくるにつれて、semantic networkの考え方も直観的にとらえられていて、厳密性を欠いていて概念がさらに厳密に定義されてゆく傾向にある。この方向の研究としては、今回発表はなかったがL. K. Schubertの研究や、G. Hendrix²²のsemantic networkのpartitioningの研究等がこの方向を目指していると考えられる。

E. Charniak¹⁸は談話理解のシステムを作るのに、demonという機構を使った。このdemonは、処理のメインフレームとは独立に、処理過程を監視していて、各々のdemonに付けられた特定の条件が満足されると、自動的に呼び出されて必要な処理を行なうというものである。しかしながら、このdemonはそれぞれ独立なモジュールとして作られており、demon間の相互通信や、不要なdemonの削除、実行可能なdemonをどの順序で実行するかといった大局的な制御構造をもたないという欠点があった。結局、何がその談話の中でのtopicになっっているかといったより高いレベルでの構造を考えないと、各行ごと、各単語ごとに独立してdemonを発生していったのでは、組合せ的にdemonが生成されてしまっ、うまく制御ができないことになる。

これに対して、SchankのScript^{24,27}は、「典型的な状況における適切な出来事の流れ」を考える。この典型的な出来事の流れを考えることにより、'demon'の無制限な生成を防ぐわけである。この考え方は、Rieger³²のCommon Sense Algorithm, MinskyのFrame-交通にみられる考え方があり。

Wilks³は今回の発表の中で、これらの考え方にみられる共通点を整理して、次の二つの仮説が交通に存在していることを指摘している。

(1) Plot-line の仮説

「我々(計算機)がある物語を理解するのは、その物語をもっとも標準的と思われる事態の流れと比較して、どこが同じか、どこが違うかを判断することによって、行なわれる。」

(2) Do-it の仮説

「言語の理解は、本質的に我々がその言葉によって表現されていることを実行したことがある、あるいは実行することのできる能力を持っていることに依存している。」

SchankのScriptは、どちらかと言うと(1)の仮説に重点を置き、RiegerのCommon Sense Algorithmは(2)の仮説に重点を置いたものであると考えられる。

今回のCullingfordの発表は、Schankのグループが作ったScriptの考えにもとづいてシステムSAMについての報告がある。SAMは彼等の以前のシステムMagieと同様にparaphraseの能力を持っている他に、Summaryを作り出す能力、物語についての質問応答を行なう能力を持っている。次のページの図にSAMの処理した例題を示す。

図4

SAMの処理例

Input: John went to a restaurant. The hostess seated John. The hostess gave John a menu. John ordered a lobster. He was served quickly. He left a large tip. He left the restaurant.

Long paraphrase:

John decided he was going to go to a restaurant. He went to one. He asked the hostess for a table. She told him he could go to it. He went to it. She went to it. He sat down in a chair. He got a menu from her. He read it. A waiter saw John was at the table. The waiter went to it. John ordered a lobster. A chef cooked it. The waiter got it from the chef. The waiter served it to John quickly. He ate it. He asked the waiter for a check. John got it from the waiter. John remembered the waiter had served the lobster to him quickly. John left the waiter a large tip. John paid the check. He left the restaurant.

Summary: John went to a restaurant and he ate a lobster.

(2)の仮説を重視する Rieger 等のシステムでは、自然言語理解のシステムが次第に問題解決システムと類似してくる傾向がある。

このまうな Frame, Script, Common Sense Algorithm 等が、現実の text に適用し、実質的な効果をあげるようになるためには、まだ種々の障壁がある。現在の Script や Frame は、一つの物語を理解するために、その物語用の Script, Frame が必要になるという傾向が強い。いままで一般的な形で Script が構成されるのは、Script 自体がもともと「ある特定の状況での適切な事柄の系列」という性質を持っているためにあつかい問題となる。また、数多くの Script の中から、与えられた物語を理解するために最も適切なものを選ぶ能力は、現実ではほとんど見られずにいる。これは現実にはいるようなシステムが使われているソフトウェアに関する情報のヒラ出し枠組みもはるかに複雑で困難な問題である。

Frame, Script 等は、「仮説主導型」(Hypothesis driven) 処理であるが、実際の自然言語文の理解過程では、物語を読み進んでいくにつれて、全体的な物語の構造が読者に明らかになってゆくという側面がある。即ち、ある物語を読み始める前には、その物語の語る世界についての予想を持たず、読み進めにしたがって、理解のために必要な枠組を選択してゆく能力が人間にはある。これは「データ主導型」(data driven) 処理である。この能力が適切な Script の選択という能力にも強く関係していると思われる。

現在、このまうな理論が説得力に乏しいのは、より下位のレベル(例えば文の総語処理、局所的な意味処理)とうまく統合されていないためと考えられる。

5 おわりに

この国工CCLの誌題を中心に、自然言語処理の現状について、我々の立場からの報告を行なった。もちろん、ここで取りあげた話題は非常に限定されており、多くの重要な研究に言及していない。このようにしてはまた別の機会に整理したいと思っている。

< ICCL 發表論文 >

1. Ronald J. Brachman ; *What's in a Concept : Structural Foundations for Semantic Networks*
2. Richard P. Burton ; William A. Woods , *A Compiling System for Augmented Transition Networks*
3. Yorick Wilks ; *Frames, Scripts, Stories and Fantasies*
4. Remko J. H. Scha ; *Semantic Types in PHLIQA1*
5. William H. Paxton ; *A Framework for Language Understanding*
6. Walter Stutzman ; *Organizing Knowledge for English-Chinese Translation*
7. Wendy Lehnert ; *Dynamic Processing and Question Answering*
8. R. E. Cullingford ; *The Application of Script-Based World Knowledge in an Integrated story-Understanding System*
9. S. P. J. Landsbergen ; *Syntax and Formal Semantics of English in PHLIQA1*
10. Raymond Reiter ; *Query Optimization for Question-Answering System*
11. Bertram Bruce , B. L. Nash-Weber ; *Evolving Uses of Knowledge in a Speech Understanding System*
12. Richard Kittredge et al., ; *Design and Implementation of an English-French Transfer Grammar*
13. F. Hayes-Roth , D. J. Mostow ; *Organization and Control of Syntactic , Semantic Inferential and World Knowledge for Language Understanding*
14. M. S. Hunnicutt ; *A New Morph Lexicon for English*
15. George E. Heidorn ; *Supporting a Computer-Directed Natural Language Dialog for Automatic Business Programming*
16. M. Nagao, J. Tsujii ; *Analysis of Japanese Sentences by Using Semantic and Contextual Information.*

<参考文献>

17. D.G. Bobrow, T. Winograd; An overview of KRL, a Knowledge Representation Language
Xerox Memo, May 28, 1976
18. E. Charniak; Towards a model of children's story comprehension, ph. D. Thesis, MIT,
MIT AI Lab., Technical report 266, 1972
19. " ; Organization and Inference, in Theoretical Issues in Natural Language
Processing, Cambridge, Mass., BBN, 1975
20. F. Hayes-Roth et al., ; Focus of Attention in a distributed logic speech understanding
system, Proc. of IEEE Int. Conf. on ASSP, 1976
21. G. E. Heidorn; Automatic Programming Through Natural Language Dialogue: A
Survey., in Journal of Research and Development, Vol. 20, 1976
22. G. G. Hendrix; Partitioned Network for the mathematical modeling of natural
language semantics, ph. D. Thesis, Univ. of Texas, 1975
23. H. Marcus; Wall-and-See strategies for parsing natural language, MIT,
MIT AI Lab., Working Paper 75, 1974
24. " ; Diagnosis as a Notion of Grammar, in Theoretical Issues in
Natural Language Processing, Cambridge, Mass., BBN, 1975
25. P. Hedema; A Control Structure for a Question-Answering System, in Proc.
of 4th IJCAI, 1975
26. H. Minsky; A Framework for Representing Knowledge, MIT AI MEMO 306,
1974
27. J. Mylopoulos, et al.; TORUS - A Natural Language Understanding System
for Data Management, in Proc. of 4th IJCAI, 1975
28. B. Nash-Webber; The role of semantics in automatic speech understanding,
in Representation and Understanding, (eds) B. G. Bobrow,
A. Collins, Academic Press, 1975
29. W. J. Plath; REQUEST: A Natural Language Question-Answering System,
in IBM J. of Res. Develop, Vol. 20, No 4.
30. V. R. Pratt; LINGOL - A Progress Report, in Proc. of 4th IJCAI, 1975
31. M. R. Quillian; The Teachable Language Comprehender, CACM, 1969
32. C. Rieger; The Common Sense Algorithm in Theoretical Issues in
Natural Language Processing, Cambridge, Mass., BBN,
1975
33. R. S. Rosenberg; Artificial Intelligence and Linguistics, in Proc. of 1st Annual
Meeting of the Berkeley Linguistic Society, 1975
34. D. E. Rumelhart et al.; Active Semantic Network as a Model of Human Memory,
in Proc. of 3rd IJCAI, 1973
35. R. C. Schank et al.; Inference and Paraphrase by Computer, JACH, 1975
36. " ; Scripts, Plans and Knowledge, in Proc. of 4th IJCAI,
1975
37. " ; SAM -- A story Understander, Yale Univ., Research
Report 43, 1975
38. T. Winograd; Frame Representation and the Declarative/Procedural
Controversy, in Representation and Understanding, 1975