

## IJCAI-89 の報告

### 1. はじめに

第 11 回 IJCAI (Eleventh International Joint Conference on Artificial Intelligence) が、8 月 20 日から 25 日まで、ミシガン州 (アメリカ) のデトロイトで開かれた。この学会は 2 年に一度開催される人工知能に関する国際会議であり、AAAI (National Conference on Artificial Intelligence) と並んで、この分野の主要な学会である。アメリカとそれ以外の国で交互に開催され、アメリカで開催される年は AAAI は開催されない。主催は IJCAI (International Joint Conferences on Artificial Intelligence, Inc) であり、AAAI (American Association for Artificial Intelligence) が共催である。本年は 1200 件以上の論文が投稿され、そのうち 266 件が採択された。参加者は、新聞によると 5000 名程度とのことであった。テクニカルセッションでの日本からの発表は、日本の企業から 6 件、大学から 5 件、アメリカの大学在籍の日本人から 2 件であった。テクニカルセッションにおける論文の発表のほかに、6 件の招待講演、5 件のパネル討論、2 日間にわたる 24 件のチュートリアル、AI ベンダによる製品展示、16 件のワークショップなどが開かれた。今年からの新しい試みとして、ビデオによる発表のセッションが設けられた。(古関)

### 2. チュートリアル

2 日間にわたって以下のような 24 のチュートリアルが行われた。チュートリアルは、その研究分野を先駆的に開拓してきた 2 人の研究者自身によって行われ、その講演、資料共に質が高く、得るところが大きいものが多い。参加費は高価であるが、レベルも高いので自分の興味と一致したものであれば有用である。なお、チュートリアルのテキストは、ボリュームはさまざまであるが、いずれも 1 冊 8 ドルで入手可能であった。

- SA1 : Introduction to AI
- SA2 : Logic Programming
- SA3 : Planning and Reasoning about Time
- SA4 : Evaluating Knowledge Engineering Tools
- SA5 : Truth Maintenance Systems
- SA6 : Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems
- SP1 : Natural Language Processing : From

### Sentence to Discourse

- SP2 : Artificial Intelligence in Education
- SP3 : Programming and Metaprogramming in the Common Lisp Object System
- SP4 : Advanced Architectures for Expert Systems
- SP5 : Computer Vision from an AI Perspective
- SP6 : Uncertainty Management in AI Systems
- MA1 : Model-Based Diagnosis
- MA2 : Case-Based Reasoning
- MA3 : Real-Time Knowledge-Based Systems
- MA4 : Neural Networks Architectures for AI
- MA5 : Managing Expert Systems Projects
- MA6 : Knowledge Representation
- MP1 : Artificial Intelligence and Design
- MP2 : Reasoning About Action and Change
- MP3 : Inductive Learning
- MP4 : Verifying and Validating Expert Systems
- MP5 : Constraint Directed Reasoning
- MP6 : Integrating AI and Database Technologies

### 2.1 SA5 : Truth Maintenance Systems

講師は、D. McAllester, K. Forbus, J. de Kleer の 3 人である。まず、McAllester が TMS, 非単調性、関係依存型バックトラック (dependency-directed backtraking) などの入門説明をした。次に、Forbus が基本的なシステムである Justification-based TMS (JTMS) の説明をした。彼は簡単な例を使って、JTMS の動作を詳細に追いかけた。更に、TMS をあるシステムのサブシステムとして組み込んだアーキテクチャの例を説明した。また、単純な時制型バックトラックに比べ関係依存型バックトラックが効率が良いことを N-Queens 問題を使って、定量的に示した。それによると、実行時間比は、 $N=2$  では、時制型/JTMS=2/3 だが、 $N=5$  で 10/9 と逆転し、 $N=8$  では 1256/385 となる。de Kleer は Assumption-based TMS (ATMS) の説明をした。ATMS と一般の TMS とを比べると、単純には解を一つ得られればよいのなら TMS でよいが、可能解をすべて手に入れたければ ATMS がよい。また、TMS などでは新しい制約条件を加えることはほとんどコスト不要だが、それ以外のコストは大きい。一方、ATMS では、新しい制約を

加えるには大きいコストを払わねばならないが、それ以外については、仮説の実行時の変更やコンテキストの変更を含め、ほとんどコストがかからない。したがって、与えられる制約条件がコンパイル時にすべて明確であれば ATMS の実行コストは小さくてすむ。(島津)

## 2・2 SA6 : Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems

John Boose (Boeing Computer Services) と Mildred Shaw (University of Calgary) が講演を行った。知識獲得の方法について、その難しさ、課題などをまとめたあとで、人間が行う場合の方式と、(半)自動化するための各種の方式/ツールを紹介した。ツールについては、65 のツールについて、その対象とする問題の性質、特定問題向けか一般問題向けか、自動化の程度、使用のために必要な訓練の度合、守備範囲について分類し、全体的傾向を分析した。解析的な問題(診断、分類、選択など)を扱うツールがほとんどで合成的な問題(設計、計画、構成など)を扱うツールはほとんどない。特定問題向けのツールのほうが一般的なツールよりも多く、また自動化度が高いものが多い。自動化度が高いツールのほうが使用のための訓練の必要度も少ない。その後で、主要な 11 のツールについてケーススタディとして紹介をした。課題として、自動化・エキスパートシステム開発ツールとの統合化・複数の専門家からの獲得・知識の検査手法・学習機能の利用・文書解析技術の利用・ハイパーメディアの利用・ソフトウェア開発ツールとの統合化などがあげられた。(古関, 寺野)

## 2・3 SP1 : Natural Language Processing : From Sentence to Discourse

講師は、B. Grosz と J. Allen で、初心者向けに話がされた。前半 2 時間半で自然言語処理一般、シンタックス、セマンティックスの話をし、後半 1 時間で文脈処理の話がされた。説明は、Grosz が主にイントロとセマンティックスを担当し、Allen がシンタックスと文脈処理を担当した。

導入部で Grosz が、「70 年代の初め頃は、推論や知識表現が難しい問題で、画像認識・自然言語理解・生成、アクション、といった問題は単に入出力インタフェースにすぎないという見方だった。しかし、70 年代の終わりには、それは間違いで、それらの一つ一つが推論、知識表現と同等の大問題であるという認識に変わった」という説明をした。

文脈処理については、まず、Grosz によって、省略表現の扱い方、代名詞の参照方法などについて一般的な手法が説明された。次に、文脈処理のための具体的

な手法のいくつかが個別に紹介された。それらは、焦点化、コンテキストのスタックによる処理、音声入力を前提とした場合の困難さの増加などが取り上げられた。次に、Allen によって、トップダウンの文脈処理手法のいくつかを紹介された。

具体的には、スクリプト、プラン、ゴール、信念、意図といった概念を導入することが文脈解析の一助となることが示された。これらの話は最先端の成果の紹介ではないが、種々の研究者の研究を網羅的に扱っているので、勉強をするときの良いポインターにはなるというものである。(島津)

## 2・4 MA2 : Case-Based Reasoning

講師は C. Riesbeck と J. Kolodner という Schank 門下の 2 人だった。聴講者が 300 人ぐらいいて、この分野が研究者のみならずインダストリーからも注目されていることがわかった。講演では、Case-Based Reasoning (CBR) の考え方をまず説明し、CBR に基づいたシステムを紹介した。次に、CBR の種々の技法について retrieval (適切な過去の事例の取り出し) と adaptation (取り出した過去の事例を現在状況に適用できるように変更する) のフェーズに分割して説明した。

技術的な説明については、retrieval 約 1 時間、adaptation について約 1 時間半費やした。adaptation のほうが面倒な処理のようである。CBR で残された問題は何か、という質問に対して、記憶のインデックス化と創造的な adaptation である、と答えていた。また、analogical reasoning とどこが違うかという質問に対しては、事例のマッチングについてより精細にしていることと、事例を adaptation するフェーズがあることをいっていた。(島津)

## 2・5 MA5 : Managing Expert Systems Projects

Richard Fikes と Neil Jacobstein が講演を行った。彼らは、ともにビッグフォーと呼ばれた AI ビジネスのベンチャー企業でエキスパートシステム開発に携わってきた。現在ではこれらのベンチャー企業の景気は必ずしもよくない。したがって、この講演者は AI ビジネスの成功と失敗とに直接かかわってきたことになる。そのため、2 人の話の内容は比較的つきなみなものであったにもかかわらず、その中には経験に裏打ちされた迫力があり、講演が終了したときに大きな拍手が起こったのが印象的であった。ちなみに彼らが主張していたことは、研究とビジネスとは別物であり、「役にたつ」システム開発では技術的な冒険を避けなければならないということである。(寺野)

## 2・6 MP3: Inductive Learning

講師は J. Schlimmer と T. Dietterich の 2 人。ID3, Greedy3, Perceptron, PAC, 多層のニューラルネットワーク, Case-Based Reasoning, Genetic Algorithm というように種々の帰納的学習について幅広く紹介した。このリストの中に、多層のニューラルネットワークと Case-Based Reasoning が入っているのが意外だった。この二つに対して、Dietterich は次のように言っていた。一般の帰納学習は、ある種の予想 (guessing) をかけるのでアドバイスが必要であるが、ニューラルネットワークはバイアスも好み (preference) も持たずに nearest neighbor を探す。"Neural network is happy today." だが、問題は、scale out できないことである。また、Case-Based Reasoning については、それは、error corrective (例間の差を矯正して解釈する) であり hill climbing ではない、非常に簡単な手法なのにもかかわらず強力であるし practical である、と言っていた。講演後の質問の中で、帰納推論で難しいのは何かという質問に対して、それは良い feature を見つけることだ、Quinlan は、ID3 (自動弁別プログラム) で良い動作をする feature を選ぶのに 2 ヶ月かかった、といった発言が印象に残った。

(島津)

## 2・7 MP4: Verifying and Validating Expert Systems

Daniel O'Leary と Robert O'Keefe が講演を行った。エキスパートシステムのテスト技術や検査技術が確立していない現状のもとでは、この内容は非常に講演しにくいものである。彼らの主張は、エキスパートシステムは、モジュラリティが高いという意味では V&V が容易だが、専門知識に根拠を求めているという意味では、V&V はきわめて難しいということに集約される。彼らの紹介した技法の中では、統計的な手法を用いてシステムの評価を行うやり方が興味深かった。(寺野)

## 2・8 MP5: Constraint Directed Reasoning

Mark Fox (CMU) と Bernard Nadel (Wayne State Univ.) による講演。制約に基づく推論の方式について、OR における方式を簡単に紹介した後、OR では解けないような問題の解法として AI の立場からの方法を説明。AI による方法を CSP (Constraint Satisfaction Problem) としてとらえる方式と制約をガイドにした探索の問題 (Constraint Guided Search) としてとらえる方式に分類し、前者を Nadel が、後者を Fox が担当して説明した。CSP に関しては、問題の定義もはっきりしており、基本的なサーチのアル

ゴリズム、各種の Constraint Propagation による探索空間縮小方式とそれらの長所短所についてかなり整理されている。しかし、現実の工場スケジューリング問題などは、CSP では扱えないほど複雑であって定式化は難しい。そこで、そのような定式化が難しい問題について、Fox が制約をガイドにした探索の問題として、各種の方式について説明した。制約違反を批判として利用する方式、制約を問題の統合化に利用する方式、制約を問題の単純化に利用する方式、制約を問題点の焦点合わせに利用する方式などについて説明した。しかし、この後半の話は、前半に比べると定式化がされていないので、場当り的な方式の集合という印象が残るのは仕方がないのかもしれない。(古関)

## 3. ワークショップ

テクニカルセッションと並行して AAAI 主催の十数のワークショップが開催された。その中のいくつかについて報告する。

### 3・1 Workshop on Verification, Validation and Testing of Knowledge-Based Systems

Kirstie Bellmann がチェアパーソンとなって、このテーマについて 1 日のワークショップが開催された。参加者は 40 人で、そのうち、あらかじめ定められた 10 人がポジションペーパーの発表を行い、それに、1~2 名がディスカッサントとしてコメントしたのちに、自由討論に入るというスタイルで議論が進められた。エキスパートシステムの評価 (verification & validation) は、従来システムに比べて簡単な面と難しい面との両方がある。しかし、具体的な方法については、さまざまな意見があり、はっきりとした方向性が見られなかった。ただし、技術的に確立しているルールシステムについては、さまざまなテスト手法が提案された。また、宇宙用・軍用用のエキスパートシステムに対する基準を設けたいという参加者が多くみられた。そのため、Heavy Duty システムの評価を中心とした議論となり、ニューロ、ファジィなどの新しい技術を用いたシステムに対しては、評価手法の議論はまったくなかった。(寺野)

### 3・2 Workshop on Manufacturing Production Scheduling

SIGMAN (Special Interest Group in Manufacturing) 主催で、AI の産業への応用、特に生産、人員、配達などのスケジューリングについて、朝 8 時 15 分から午後 5 時まで、50 名程度の参加者の間で熱心に討論が行われた。1 日を 4 セッションに分けて、それ

ぞれ1時間半ずつの中で、4、5名の発表者が5分程度発表を行った後、自由討議形式でディスカッションをした。発言者によってスケジューリング問題のとらえ方が、CSP (Constraint Satisfaction Problem) として単純に定式化してとらえる考え方、評価関数がわかっている組合せ最適化問題としてとらえる考え方、そして評価関数すらよくわかっていない組合せ最適化問題であるとする考え方と多岐にわたるために、議論が噛み合わないことも少なからずあった。

最後のセッションにおいて、将来の課題として学習機能およびカオス理論の応用について話をした後、ベンチマーク問題の設定の提案があった。スケジューリング問題の解法がいろいろ提案されているが、語彙も違えば、扱っている問題の性質も千差万別で、評価のしようがないので、ベンチマーク問題を設定して、各システムの評価を行おうという提案。Fox は、ベンチマークの結果の評価が書いていない論文は査読しないことにしてはどうかなどと過激な発言をしていた。しかし、これに関しては反対意見が多かった。スケジューリング問題はそもそもいろいろあって、標準的な問題などというものは考えられないというのが大方の意見。ましてや、それで査読などされてはたまらないとの意見が多かった。しかし、問題の体系化および語彙の統一はやるべきであるとの意見が多かったため、Kempf などの中心的人物がこれまでに発表された主要システムの類型化を試み、それをもとに今回のワークショップまでに参考文献などの分類を試みることとなった。(古関)

### 3.3 Workshop on Constraint Processing and Their Applications

本ワークショップの目的は関連する技術分野の研究者間で交流を持ち、制約処理技術の成熟度に関して意見を交換することである。制約処理(CSP)、TMS、制約論理型プログラミング(CLP)、応用という四つの観点からパネルを中心に議論を行った。問題の自然な表現を可能にすること、専用アルゴリズムを持つことという二つの点で、CSPは述語論理の精密化であり固有の言語や問題解決パラダイムである、というのが参加者の一致した見方であった。また、CSPは静的なネットワークを対象に数学的な枠組の観点から眺めたものであるが、TMSは実行時に制約が追加される動的な制約ネットワークを対象にしたAIシステム構築技法の一つという点で異なる。最後に、各CSPアルゴリズムを評価するベンチマーク問題の必要性が話題になり、NASAのスケジューリング問題(JSS)を採用する方向で意見が一致した。まもなく、Internet

を通じた問題の配布を可能にするという。(中島)

### 3.4 Workshop on Automating Software Design

AAAI-88に合わせて開催された同名ワークショップの続編である。合わせて12件の発表があり、定理証明によるアプローチから応用領域依存のプログラム自動合成まで広い範囲を網羅する。そのため、的が絞られにくいという印象もあったが、本分野の大御所が一堂に会したため熱の入った会議となった。話題の中心となったのは、最後に発表したE. Kant(シュランパーチャ研究所)のグループであり、偏微分方程式の境界値問題を対象とした自動合成システムに関する発表を行った。また、定理証明による変換アプローチでは変換過程の制御戦略に関する研究に興味の中心が移っている。最近、研究が活発化している要求仕様の形成段階に関する発表は残念ながら1件のみであり、W. L. JohnsonがUSCにおいて過去数年来行ってきたKBSAの概要について報告した。(中島)

### 4. テクニカルセッション

近年のIJCAIおよびAAAIは、より基礎的で学際的な論文を受理する方針を打ち出している。実用的な応用に近い論文は、CAIAやIAAIなどのAI応用の学会に投稿することを推奨している。このため、発表される論文は大変専門的な場合が多く、その分野に精通した者でないと理解がなかなか困難である。

論文の内訳は、Foundations (3), Tools (20), Parallel and Distributed Processing (11), Real-time and High Performance (7), Search (13), Automated Deduction (22), Intelligent Tutoring Systems (3), Cognitive Models (13), Machine Learning (44), Planning, Scheduling, Reasoning about actions (30), Commonsense Reasoning (19), Knowledge Representation (47), Speech and Natural Language (16), Vision and Robotics (16)である。

特に注目されるのは、学習に関する論文の数が多いこと(44件)だろう。これは、エキスパートシステムのブームが鎮静化しつつある一方、学習するシステムへの興味と期待が増大していることを裏付けている。また、学習の中でニューラルネットに関するセッションが設けられて、コネクショニストのアプローチと従来のAIにおけるアプローチの差異が真剣に議論されたのは、注目に値する。(古関)

論文発表について発表元を国別に分類し、件数3件以上の国を件数順に並べると、アメリカ(167)、カナ

ダ(19), 西ドイツ(18), イギリス(12), 日本(9), イタリア(7), 中国(6), オーストラリア(6), フランス(4), スウェーデン(3)であった。

やはり, アメリカの発表が過半数を越えている。人工知能研究の歴史から考えて当然であろうが, 開催国がアメリカであることも影響しているかもしれない。AAAI と違って国際性を重視する学会ではあるが, 何となく国別のバランスを考えた要因が反映されるようにも思われるが, これは勘ぐりすぎであろうか。

アメリカの発表元では, 従来通りスタンフォード大学, カーネギーメロン大学がそれぞれ 15, 11 件と多い。また, 企業では IBM が 14 件と多く層の厚さを示している。ゼロックス社は 4 件と意外に少なく, 展示にも参加していなかった。AAAI の次期会長が Xerox PARC の Daniael Bobrow に決定していることから, 低迷しているとは考えにくい。(元田, 山田直之)

#### 4・1 知識表現

従来の分類における知識表現の研究の中では, 自己認識論理と truth maintenance や circumscription との関係を論じたものが注目される。自己認識論理とは従来の命題論理に「信じている」ということを表現する論理結合子 L を導入した論理である。Truth maintenance の処理に自己認識論理 (autoepistemic logic) としての意味論を与え, より効率的なアルゴリズムを見いだそうとしている。Truth maintenance のためのアルゴリズムが自己認識論理における定理証明とみなせることを利用すれば, 効率的なアルゴリズムを導出できると期待される。まだ, 整合性維持の処理と自己認識論理の関係が議論されているのみで, 具体的なアルゴリズムの開発には至っていないが, 組合せ爆発を免れない従来のアルゴリズムより効率的なアルゴリズムが登場する可能性がある。(元田, 山田直之)

#### 4・2 推論

推論手法としては, 常識推論の分野でアブダクションが, また知識獲得の分野で抽象化に関する研究が注目される。アブダクションは診断の問題解決で多用されてきた。ここでは, この推論手法を常識推論という枠組で広くとらえたもので, より広い問題解決手法として議論されている。一方, 抽象化は人間の問題解決手法として非常に一般的なものである。膨大な知識を使用する複雑な問題に対しても, 抽象化により問題を単純化して解くことができる。更に, 抽象化は問題解決手法としてのみでなく知識獲得の手段としても有効である。抽象化を新たな問題解決手法, 知識獲得手法として SOAR の枠組の中で定式化する試みは注目に値する。また, 抽象化に対して論理的な枠組を与える

という試みもある。現状は, 非常に単純化した問題に対して基本的な処理を実現している段階であるが, 実用的な手法が開発されれば知識処理システムの適用対象を拡大できる可能性がある。(元田, 山田直之)

#### 4・3 知識獲得, 機械学習

エキスパートシステムの普及につれ, 知識獲得, 機械学習の研究がクローズアップされているが, この傾向は今回の IJCAI でも同様である。手法としては 1986 年に発表された EBL に関連するものが圧倒的に多い。EBL のような演繹的な学習では, 学習によって知識が増えると学習した知識も探索の対象になり, 最終的に役に立たない場合には不要なバックトラックが増加することになり, かえって効率が悪くなるという問題がある。これを避けるため, 学習する知識の表現を制限したり, 新しく学習した知識の使用方法を制限する方法が模索されているが, まだ決定打が出ていない。IJCAI ではニューラルネット関係の発表は少ないが, 今回 ID3 による帰納学習と Back Propagation 法による Feedforward Network の学習との性能比較に関する発表が人目を引いた。結論は月並みで, 学習結果に大きな差はない。Neural Network はノイズに強いが学習に時間がかかるということであるが, 3 件の発表が同じデータを使用していた点を注目したい。アメリカではベンチマークに使えるようなデータを揃えようという動きがあり, その効果が始めていると感じられた。この分野はエキスパートシステム構築方法論とも不可分の関係にあり, 知識獲得と問題解決方法論を組み合わせた総合的な構築ツールを開発しようとする研究も盛んである。(元田, 山田直之)

#### 4・4 説明に基づく学習: EBL

最近流行の EBL に関する研究は, 今回も多数の発表(直接的に関連するのは 6 件)があった。EBL の研究も初期の「EBL システムを作成しました」というだけの発表は姿を消し, EBL の本質的問題である, ①誤った領域理論への対処, ②複数の説明木の処理などに関する解決策の提案が発表の大半を占めており, これからの EBL 研究の方向性を示唆していると思われる。ただし, 今回提案された諸手法は, システムに依存したものや限定された領域におけるものが多く, より一般的な解決策がこれからの課題となるだろう。

これまで EBL における形式化はほとんどされていなかったが, Greiner と Likuski は, EBL で得られた知識(マクロ)を既存の知識に追加すべきか, あるいは追加するとしても既存の知識のどこに追加すべきか, という EBL の実用化にとって本質的な問題に対し, 解析的な解答を与えようとしている。ロジックブ

プログラミングにおける計算コストの形式化と Smith のデータベースの最適化手法などを用いながら解析がされており、これからの EBL 研究の一つの方向が示されていると考える。

EBL の実際的な問題として、領域理論の正確な記述が難しいことがある。そのため、領域理論の過不足、特殊・一般的過ぎる領域理論などの問題についての対処が必須となる。Pazzani は、スキーマ学習システム: OCCAM において、正確でない領域理論、特に特殊すぎる領域理論を検出し、修正する手法を提案している。ここで学習されるスキーマのインデックスは、イベントの結果をキーとするものと、原因をキーにするものがあり、その片方だけで説明可能な場合にそのスキーマが特殊過ぎるとされる。そして、正しいスキーマとの比較により差異を検出し、誤った箇所とそれを生成した原因である領域理論を検出できる。ただし、学習された知識から誤っているものを検出する手法が、スキーマという学習対象、あるいはスキーマの記述形式(インデックスの設定)に依存している感じがある。

EBL で学習されたルールを、すべて既存のルールに追加していたのでは、学習されたルールの急増に伴い、かえってパフォーマンスが低下してしまう現象が起こる。それは、サブゴールを満たす、学習されたルールを探索するコストが非常に大きくなるからである。このことは、S. Minton により IJCAI-85 で報告されたが、Mooney はその対処法として、学習されたルールを制限して使用することを提案している。ルールをどのように制限するかであるが、ここで示されている方法は、他のルールと組み合わせることなしに、単独で問題解決できるような学習されたルールのみを使うことである。この手法によりルールを制限した場合、制限なしに学習する場合、そして学習なしの場合の三つについて、ブロックワールドにおけるロボットのプランニングと定理証明の二つの分野において、そのパフォーマンスを実験的に調べている。その結果、学習されたルールの制限付き使用が有効なことが確かめられた。更に、探索戦略(縦型、横型)の変更による検討もされている。(山田誠二)

#### 4.5 実時間処理

今回、リアルタイム処理と効率化という分野が新しく登場している。従来から数学的な定式化が困難な対象に対して知識処理システムを適用するという試みは制御、診断などの分野で行われているが、それらに適した知識処理システムをアーキテクチャのレベルからとらえ直すというものである。従来のブラックボード

アーキテクチャを基本として、これにリアルタイム処理に適した信号処理、分散処理の管理、通信などを組み込み、医療関係の応用システムに適用する試みもその一つである。各種の問題領域での効率化手法の開発と合わせたアーキテクチャの研究も重要である。(元田, 山田直之)

#### 4.6 コネクションイズム

今年から、ニューラルネットワークについての独立したセッションが設けられた。その中で、Tomabechi と Kitano による周波数変調ニューラルネットワークが注目を引いていた。これは、局所回路の発振と周波数変調により Variable Binding を解決したものである。Wu は、probability をもったマーカ・パッシングモデルを提案している。Sumida と Dyer は、因果関係を分散ニューラルネットワークで実現するモデルを提案した。彼は、ネットワークの各ノードに対してマイクロ・フューチャを与えるのではなく、各ノードは記号的な意味を持たない activation pattern ensemble という概念による表現方法を導入している。(北野, 島津)

#### 4.7 ニューラルネットワーク学習と記号レベル 帰納学習の比較

記号主義的な AI が中心の IJCAI では、ニューラルネットワークに関する研究発表はあまり多くはない。しかし、ニューラルネットワークの研究が盛んになるにつれ、ニューラルネットワークの対象分野が、記号レベル学習の対象とされてきた分野と重なることが多いため、記号レベル学習とニューラルネットワーク学習を比較する動きが出てきた。今回の IJCAI では、[Mooney, Shavlik, Towell and A. Gove], [Weiss and Kapouleas], [Fisher and McKusick] らの3件の発表がされた。

以上の3件の発表の内容は、使用システム、実験結果ともに重複する部分が多いので、1件目の Mooney らの発表のみについて説明する。本論文では、帰納的学習システム: ID3, パーセプトロン, バックプロパゲーション(BP)の三つの学習システムについての比較を行っている。データは、記号学習でこれまでに使われてきた、大豆の病気診断、チェス、聴力障害のデータに加えて、NETtalk で使われたデータが用いられた。使用マシンは、SUN4/110 (8Mbytes メモリ)。ID3 は Quinlan の論文をもとにインプリメント。ノイズを含んだ NETtalk のデータにはノイズ対応の ID3 を使用し、学習回数は1回。BP は、PDP の第3巻を参考にCで記述。ネットワークは、それぞれのカテゴリに対応した出力を持ち、隠れユニットは入出力ユニット総和の10%で経験的にチューニングされている。テストデータでの正答率が99.5%以上になっ

たら学習終了。

データ集合は、トレーニング用とテスト用にランダムに分けられたものを10個つくる。10個のデータ集合それぞれに対しトレーニングデータで学習の後、テストデータに対するパフォーマンスが調べられ、その平均をとる。また、BPのユニットの重みの初期値は毎回ランダムに設定される。

実験の結果、パーセプトロンが意外によい性能を示した。これは、今回与えたほとんどのデータが線形分離可能なことが要因と考えられる。多くの現実世界の問題は線形分離可能であるので、パーセプトロンをまずたたき台として使うことには意味があると主張している。正答率は三つのシステムで大差なかったが、ノイズを多く含むNETtalkのデータに関しては、BPが正答率が高く、ノイズに強いことを示している。ただし、BPは学習に極端に多くの時間が必要なことが指摘されている。実験結果全体としては、事前に予測される範囲の妥当なものであったと思われる。(山田誠二)

#### 4・8 事例ベース推論

RisslandとShalakは、CBRとルールベースシステムの協調モデルを提案した。法令中の定義のあいまいな語(例: principal place of business)をCBRで明確化する手法を示した。Ashleyは、立場・状況が変ると同一のケースに対して全く別の解釈が可能になる機構をHYPOシステムに実現したことを説明した。(島津)

#### 4・9 診断, 設計

知識表現の分野では、診断と設計に関する問題解決法に関する発表が目立った。診断では、従来のアブダクションによる方法とモデルをベースにした方法を比較し新しい組合せを探るといった研究、モデルをベースとした方法にEBLを組み合わせ、診断と同時に一般化した診断用の知識を獲得するといった方法が新しい動きを示唆している。いずれも深い知識としてのモデルの重要性を主張するものであり、これに学習などの最近の成果を組み合わせたものである。設計においては従来のルーチン設計の枠組を越えるものの発表はなかった。(元田, 山田直之)

#### 4・10 自然言語

WermterはLehnertの学生で、シンタックスとセマンティックスを統合したconnectionistモデルを提案している。特徴は、低いレベルでは分散ネットワークが動作し、上位レベルでは局所ネットワークがそれと独立に動作するというモデルである。両者のインタフェースは、3種類のノードがつかさどる。論文では、

名詞句の処理を例として扱っている。Allgayerらは、マルチモーダルな自然言語インタフェースシステムXTRAについて述べている。例えば、“I commute daily from here (^) to Volklingen by bus.”という文を入力するとき(^)では、画面上に出ている地形情報上のある場所をマウスで指示するのである。XTRAは、言語知識、視覚(visual)知識、世界知識を持ってこのようなインタフェースを実現している。本文をキーボードから入力する限り便利とは思えないが、音声認識が可能ならおもしろい。マルチモーダルの考え方それ自身は、一般的になりつつある。(島津)

#### 4・11 サマリーセッション

今回は初めての試みとして、主要な分野について発表論文のまとめのセッションが設けられた。これは、探索、帰納学習、計画、知識表現の四つの主要な分野について、IJCAI-89の発表を中心に研究動向をとりまとめたものであった。Quinlanによる帰納学習、Deanによる計画、Levesqueらによる知識表現の三つに参加したが、これらは、事前のセッションの発表までを含め非常に優れたサーベイとなっており、直接発表を聞いていない場合でも、その内容と研究上の位置づけがよく理解できるものであった。知識表現のサマリーでは、この春に開催されたKR-89の報告が行われ、優秀論文の(再)発表があった。難しい理論的な内容にもかかわらず明解であった。我が国のAI学会でも権威者による、このようなまとめがあってもいいのではないかと感じる。(寺野)

#### 4・12 受賞講演

Computer&Thought Awardは、Henry A. Kautzに与えられた。彼の講演は、常識の扱いなどのAIの理論研究では、すぐに計算量の増加が問題となることを指摘したもので、一見当り前に見える単純な例題を分析することの重要性を主張した。(寺野)

IJCAI Research Excellence AwardはA. Newellが受賞し、それに対して1時間講演をした。彼の経歴はAIの歴史と全く重なっており、彼のこれまでの研究の進展を聞くことはおもしろかった。彼は、AIの歴史を5年ごとに区切って次のように規定した。

- 1965 theorem proving, vision/robotics, semantic network
- 1970 natural language, speech understanding, AI language
- 1975 expert system, a little program synthesis, planning
- 1980 learning, more expert system, connectionism

- 1985 vision and robotics again, general architectures

85年から、再び vision と robotics が中心課題になっているのがおもしろいと思った。Newellの話は、その後 general architecture の話が中心となり、CMUで進めている三つの general architecture project である SOAR, Prodigy, Theo の紹介と比較をした。

(島津)

#### 4・13 ビデオトラック

10件ほどのビデオショー(一つが5分程度)があったが、その中の幾つかを紹介する。

- ① CT スキャナーのデータをもとにしてCGの生成のデモで、頭蓋骨の上に肉を被せ、皮を被せて人の顔を再現する。また、それらを自由に剥がしたりするというもの。
- ② 人間の指とそっくりに動く Hand Jive と名付けられた機械の手。
- ③ 人間がオフィスから出て別のオフィスの仲間のところへ会いに行くという極く簡単なことを、ロボットがいかに苦勞して行うかを Flakey という自律型ロボットが実現して見せたもの(カメラが Flakey の後を追う)。
- ④ 飛行機から撮影した動画情報をもとにして建物を抽出し、その形状を3次元情報として再現するもの。(島津)

#### 5. 製品展示

100社程度のAIに関するハードウェアベンダ/ソフトウェアベンダ/出版社/コンサルティング会社/大学が展示を行った。ハードウェア、ソフトウェアに関して目立った新製品はあまりなかった。LISPマシン

は全く影をひそめ、Micro Explorer や MacIvory のような LISP チップを登載した Macintosh が寂しそうに置いてある程度で、AIハードウェアは完全に汎用ワークステーションとPCの時代になったようだ。ワークステーションでやはり目立つのはSUNで、小型のSPARCstationや、高速グラフィックス装備のSPARCstation370などに人気が集まっていた。SUNに対抗するのはDECの3100とHPのワークステーションで、AIワークステーションはほぼこの3社にしぼられたようだ。その横でApple社のMacintoshが我が道を行くという感じで、Macでのソフトウェアも充実しつつあるようだった。Neuron DataなどのAIツールメーカーも新製品の発表は余りなく、むしろ使用できるマシンの充実、データベースや既存のソフトとの統合機能を宣伝していた。(古関)

#### 6. おわりに

本報告は、本学会に参加した下記の8名が担当した。各報告者の原稿をJUNETの電子メールシステムを利用して集め、古関が編集を行った。編集する際には、各報告者の意見を尊重するために、極力、原稿の内容をそのままにし、章構成の編成のみにとどめるように努力した。

[古関 義幸(日本電気(株)C&Cシステム研究所)]

[寺野 隆雄((財)電力中央研究所経済研究所)]

[元田 浩((株)日立製作所基礎研究所)]

[山田 直之((株)日立製作所エネルギー研究所)]

[島津 秀雄(日本電気(株)C&C情報研究所)]

[山田 誠二(大阪大学基礎工学部)]

[中島 震(日本電気(株)C&Cシステム研究所)]

[北野 宏明(Carnegie Mellon University)]