

第2回マシンインテリジェンスに関する国際ワークショップ (International Workshop on Machine Intelligence 1993) の報告

1993年11月11日(木)～13日(土)に日立製作所基礎研究所(埼玉県鳩山町)において、人工知能学会と Turing Institute の共催で標記ワークショップが開かれた。人工知能研究者なら、あの由緒正しい Machine Intelligence シリーズを一度はひもといたことがあると思う。このシリーズは、英国の Turing Institute が各国と共同で行ったワークショップの成果を出版しているもので、本ワークショップは、その14回目にあたる。昨年より Daiwa Foundation からの援助が受けられるようになり、上記のように日英共同の国際ワークショップとして、日本、英国で交互に開催されることになった。第1回目は一昨年(1992年)8月にスコットランド、グラスゴー近郊の Loch Lomond 湖畔、Strathclyde 大学所有の優雅な宿泊施設 Ross Priory において開かれた。2回目の今回が日本、次回は今年の9月頃、英国の Oxford 大学で開催される計画である。今回は、ワークショップを主宰してきた Michie 教授の70歳の誕生日に合わせて開催日を調整し、1日目の夜のバンケットは教授の誕生パーティも兼ねたものとなった。参加者は、英国6名、日本20名で、その他にカナダ、ドイツ、アメリカ、インド、オーストラリアから7名、計33名であった。3日間とも、昼間はほぼいっぱいスケジュールであったが、2日目の夜には Robinson 教授のピアノと古川教授のチェロによるコンサートが開かれるなど、終始和やかな雰囲気の中で徹底した議論が行われ、小規模なワークショップの良さを味わうことができた。

大規模な会議の報告では、全体の傾向を述べるに留まるのが普通だが、このワークショップでは少数の発表について十分な議論がなされたので、英国側の若手の研究者の発表を中心に、全発表を以下にまとめる。

• D. Michie : Game-playing and Real-time Control

インテリジェンスとは何かについて、チェスのゲームを例にとり、深く考察した。特に、リアルタイム制御については認知的な視点からの研究が今後重要だと指摘した。

• I. Bratko : Deriving Qualitative Control for Dynamic Systems

従来、PID制御などの手法を用いて解かれていた制御問題をとり上げ、系のダイナミクスを定性的に表現

し、それから得た制御則を用いて制御する手法を報告した。ポールバランスの制御に応用し、二重のPID制御と同等の性能が得られることを示した。

• A. Tate : Putting Knowledge Rich Plan Representations to Use

知識集約型のプランニングシステムの実用的な構築法について紹介し、この手法が三つの応用例に具体的にどのように使われているかを紹介した。各層間で知識が相互参照できるように問題を階層化することにより、規模の増加に対処している。

• M. Bain and A. Srinivansan : Inductive Logic Programming with Large-scale Unstructured Data

Chess endgame の KRK (King and Rook against King) endgame に対して、帰納論理プログラムを用いた概念学習を行った。論理プログラムの否定を構成するため既存の学習アルゴリズムを改良した UPDATE というアルゴリズムを構築し、そのアルゴリズムに基づき KRK を解いた。0手(チェックメイト)と1手の KRK endgame を特徴づける論理プログラムが、UPDATE によって構成できる。

• R. D. King : Discovery of Protein Structural Constraints in a Deductive Database using Inductive Logic Programming

機械学習ツールを使ったデータからのパターン発見には対話的な手法が有効であると主張し、このことをタンパク質データベースから構造的制約を発見する問題で示した。帰納論理プログラム GOLEM を会話的に用いることによっていくつかの構造的制約を見つけ、人間が見つけた構造的制約と比較した。GOLEM によって見つかったもののいくつかは既知であったが、いまだ知られていない構造的制約も見つけることができた。

• A. Srinivasan : Empirical Tests on Statistical and Logical Induction

データ集合を、均等に五つの部分集合に分割し(四



写真 1

つから仮説生成, 残りの一つで正答率評価), 学習アルゴリズム not (Golem) を用いて 5 回の試行を行い, 最大に圧縮された仮説の正答率, 生成した仮説のなかでの最大正答率を比較した. データ集合, KRK, Mesh では, 両者の正答率に統計的有意差はなかったが, Drugs には有意差があったので, 他のデータ集合と異なる特徴について検討した. 質疑応答では, MDL 関連の議論などが行われた.

• S. Muggleton and A. Strinivasan : Mode-directed Inverse Resolution

背景知識のもとで, 正例を説明しかつ負例に対し無矛盾な仮説を逆導出によって求める構成的帰納に関する PROGOL について発表した. 特筆すべき点は, 背景知識, 例, および仮説を記述する対象言語とは独立に, 述語の入出力に関するモード情報を記述するモード言語を考え, これに制約された形で最も特殊な節を逆導出により求めることにある. 効率的な探索を行うためにいわゆる best-first 法が採用され, さらに最適な仮説を得るために, 探索理論で著名な A^* 法に類似した手法により, 簡潔な仮説を求めるアルゴリズムを提案している.

• A. Siromoney and R. Siromoney : Local Exception in Inductive Logic Programming

Ripple Down Rule のアイデアを論理プログラムに応用した研究の発表. 決定木 (Decision List) の部分族である「例外つき決定リスト」を節の本体に否定の使用を許した論理プログラムとみなして, 深さ 2 の例外つき決定リストの PAC 学習可能性から, 否定の使用を許した対応する論理プログラムの族の PAC 学習可能性を導出した.

• S. Akiba and T. Sato : Learning Logic Programs and Regularities from Examples by Inductive Inference

帰納論理プログラミングのように, 実行可能な論理プログラムを直接求めるのではなく, 宣言的に意味のある数多くの論理式を列挙して, 選択および変形することにより, より性質の良いプログラムを生成することを提案した.

• M. Suwa and H. Motoda : On Dealing with Dynamic Utility of Learned Knowledge

学習した知識のユーティリティは, 保有コストと枝刈りメリットのトレードオフとして計算できるが, そのデータは実際に問題に適用して初めて収集できる. 収集データから, 悪い知識はできるだけ早期に捨てる決断を下す必要があるが, その評価戦略について基礎的な検討を試みたもの.

• K. Saito and R. Nakano : A Concept Learning

Algorithm with Adaptive Search

過去に解いた問題を用いて, 適応的に探索効率を改善する概念学習法 RF4 の評価結果を発表した. 既存法では, 20 数問しか正答できない 41 のボンガルド問題を, RF4 は全部正答できた. 41 問を解答した後, RF4 の問題解決時間は平均して 1/3 に短縮され, 問題解決を高速化する知識を抽出できた.

• K. P. Jantke, E. Pippig and U. Goldammer : Towards Learning Calculi in Several Formal Settings

帰納学習を, 不完全な仕様と例を変換して完全な仕様を得るための演算として定式化し, 単調性や無矛盾性など, この推論演算子が持つべき性質について論じた. この枠組みに基づいた学習の具体例として, 関数の入出力例からニューラルネットワークを構成する問題と, 未知関数の例と不完全な仕様から目的とする項書換え系を構成する問題について, 講演者が現在進行中のプロジェクトから紹介した.

• H. Tsukimoto and C. Morita : Efficient Algorithms for Inductive Learning

古典論理を拡張して得られる多重線形関数空間 (ユークリッド空間) を帰納学習に応用した. その基本は, 重回帰して得られる多重線形関数 (2 変数では, $axy + by + cy + d$) を古典論理関数で近似することであり, 回帰式が線形ならば効率的なアルゴリズムが存在することを示した.

• R. Goebel : Introduction to Constrained Induction

制約論理プログラムや, 仮説推論は今まで帰納論理プログラムのコミュニティとは独立に研究を進めてきたが, 両者には共通する点が多くあり, 今後これを追求してみたいという主張に関する発表.

• M. Haraguchi : A Reasoning System for Legal Analogy

階層知識のもとに法的ルールを類推適用するシステムに関し発表した. 高階の関係を表す述語を簡潔に表現し, かつそれらに対する演繹および汎化推論を一階の論理内で行うために, 順序つきソート論理に基づいた新たな記号系のもとでの汎化手法を提案している.

• K. Hirata : A Classification of Abduction—Abduction for Logic Programming

論理プログラムのアブダクションを分類し, その分類のもとで既存のアブダクションの研究を位置づけた. また, そのなかで最も基本的なルール選択アブダクションについての理論的結果を発表した.

• J. A. Robinson : Logic and the Human Window

論理と人間の関係について、長年論理を研究してきた研究者の境地として、人間あつての論理を訴えた非常に味わい深い講演。

・C. Sammut : Controlling a Steel Mill with BOXES

ポールバランスの制御問題で提案された BOXES アルゴリズムを、鉄を帯状に加工するローラの制御用に拡張した。制御可能パラメータは3種類5段階の圧力、起こり得る状態は、鉄の帯の Elongation, tilt, crown の3種類である。BOXES はプラントの現状態に対応する箱領域からなり、おのおのの箱が一つの制御行動とそれによるメリットの評価データを格納し、それを学習で改善していく。実問題に適用するにはノ

イズ環境におけるロバスト性の追求、行動シーケンスのスムーズさの導入など課題は多い。

なお、今回の会議録は Oxford 大学出版局から Machine Intelligence シリーズの第14巻として出版されることになっている。

[沼尾 正行(東京工業大学)
有村 博紀(九州工業大学)
原口 誠(東京工業大学)
平田 耕一(九州大学)
斉藤 和巳(NTT コミュニケーション科学研究所)
諏訪 正樹((株)日立製作所基礎研究所)
月本 洋((株)東芝研究開発センター)
元田 浩((株)日立製作所基礎研究所)]