

1990 年夏のワークショップ報告

松原 仁 吉田 裕之
電子技術総合研究所 富士通研究所

概要

今年の「夏のワークショップ」は、北海道の天人峡温泉にて総勢 37 名を集め、「人工知能を実用的なものにするためには外界との相互作用によって学習するシステムを作らなければならない」というテーマを議論する目的で開催された。本稿ではその概要を報告する。また付録にワークショップ当日に持参された原口誠氏（東工大）のポジションペーパーを付ける。

1990 AI summer workshop report

Hitoshi MATSUBARA Hiroyuki YOSHIDA
Electrotechnical Laboratory Fujitsu Laboratories Ltd.

ABSTRACT

This year's AI summer workshop was held at Tenninkyō Onsen, Hokkaido, with 37 participants. The main theme was to discuss a proposition that to make AI practical we have to build systems that learn through interaction with their outerworlds. This article summarizes the discussions. Prof. Makoto Haraguchi's position paper is shown in the appendix.

1 はじめに

昨年恒例となった「夏のワークショップ」は、今年は北海道旭川市郊外天人峡温泉に総勢37名のAI研究者を集め、7月12日から14日までの2泊3日で開催された。このワークショップの目的は、AI研究者にとって共通のテーマについて泊り込みで率直な意見を交換し、各自で新たな研究方向を見出すための手掛かりを得ようというものであった。

今回のテーマは「人工知能を実用的なものにするためには外界との相互作用によって学習するシステムを作らなければならない」というものであり、これを次の三つのサブテーマに分けて討論を行なった。

1. 人工知能システムが実用的であるとはどういうことか？現在実用的なシステムは存在するか？
2. 外界との相互作用を考慮することが機械に知能を持たせるために必要か？知能ロボットを作らなくては行けないか？
3. いろいろな学習方式（説明に基づく学習、コネクションイズム、などなど）が提案されているが、どの方式がよいか？

参加者の内、19名は上のテーマの一つを選んであらかじめポジションペーパーを投稿し、これに一般講演者4名と一般参加者14名を加えた37名で、以下のようなスケジュールで活発な討論が行われた。

12日午後 ポジションペーパーの講演 8件

総合討論（夕食時～深夜）

13日午前 ポジションペーパーの講演 2件

総合討論（前半のまとめ）

13日午後 一般講演 4件

ポジションペーパーの講演 7件

総合討論（夕食時～深夜）

14日午前 ポジションペーパーの講演 2件

総合討論（まとめ）

ワークショップの発表題目ならびに発表者は以下の通りである。1-14の岡隆一氏は事情により参加できなかった。ポジションペーパーの内容については[1]を参照されたい（なお当日持参された1-19の原口 誠氏のポジションペーパーは本稿の最後に付録として付けている）。

1-1. 人工知能システムにおける心と世界のシミュレーションについて

寺野 隆雄（筑波大）

1-2. 人工知能システムが実用的であることについて

金剛寺 英雄（JIPDEC）

1-3. 実用化のレベルとその満足度

桜庭 俊典（本田技研）

1-4. Symbolizer Hypothesis

斉藤 康己（NTT）

1-5. CO-WORK: 知的対話システムの要件

伊藤 昭（郵政省・通信総合研究所）

- 1-6. 環境なくして知能なし
畝見 達夫 (長岡技科大)
- 1-7. 外界とは何か - 知能を持つためにどのような外界との相互作用が必要か
岡 夏樹 (ICOT)
- 1-8. 環境への埋め込みと情報の流れ
橋田 浩一 (ICOT)
- 1-9. 速さの追求が高次知能への道
石塚 満 (東大生研)
- 1-10. 人工知能システムが実用的であるために
吉田 裕之 (富士通研)
- 1-11. 知能にとって外界とは何か
中島 秀之 (電総研)
- 1-12. 進化のどの段階で知能は出てきたのか
山下 樹里 (製科研)
- 1-13. 熱力学的に閉じた系での学習の不可能性について
石川 孝 (ぺんてる)
- 1-14. なぜ記号の発生に場所が無関係なのか?
岡 隆一 (電総研)
- 1-15. 機械学習には外界との相互作用が必要か
佐藤 理史 (京大)
- 1-16. EBL にとって「説明」とは何か
山田 誠二 (阪大)
- 1-17. 仮説に基づく推論における演繹学習では、何を目的とするか?
矢澤 利弘 (電力中研)
- 1-18. 学習方式を統合した人工知能システムについて
秋葉 澄孝 (電総研)
- 1-19. 類推は仮説推論か?
原口 誠 (東工大)
- 1-20. 事例に基づく推論はフレーム理論である
松原 仁 (電総研)

以下に各発表とそれに対する議論の概要を示す。

2 サブテーマ (1) 「人工知能システムが実用的であるとはどういうことか？」

このテーマでポジションペーパーを投稿したのは5名であった。

寺野 (筑波大) は、強い AI (計算機によって心を実現する試み) と AI 技術が実用的かどうかは無関係であると主張し、実用的な AI システムを開発するには、専門家の心のシミュレーションを行う必要がどこまであるのか、それは現状の AI 技術で実現可能なのかを見極めることが重要であると述べた。

金剛寺 (日本情報処理開発協会) は、エキスパートシステムの実用性を議論するには開発したシステムの評価手法の確立が必要であるとし、開発協会のエキスパートシステム評価ガイドライン研究委員会の活動を紹介した。

桜庭 (本田技研) は、あるエキスパートシステムの開発経験に基づいて、実用性という点からユーザと開発者からみてある程度の満足度は達成可能であるとし、さらなる発展として外界との相互作用による学習機能への期待を述べた。

吉田 (富士通研) は、実用的であることを「現場に導入されること、使い続けられること」と定義し、そのポイントとして「メリットを感じさせる、洗練されたユーザインタフェースを提供する、覚えることが少ない」をあげた。いずれもユーザの視点によるものであり、現状では必ずしもユーザの期待を満足させてはいないと指摘した。

石塚 (東大生研) は、AI 研究が「実用性」から遠ざかってしまわないために推論の速さの追求を怠ってはならず、また類推や学習などは推論の高速化のために必要である点を忘れてはならない、と主張した。

総合討論では、まず何をもって AI システムと定義するのかが議論されたが、客観的な定義が困難であることだけが分かった。このことは、金剛寺の評価手法や吉田の実用性の定義がともに、AI システムに固有なものではなくて、計算機システム一般にそのまま通用するものであることによっても裏付けられている。しかし両者が指摘した問題点 (評価手法が確立していないことやユーザの期待が過大であること) は、AI システムの場合に特に際立つものであり、したがって AI 技術・研究に対する社会の目が厳しくなる傾向があるという認識は一致した。結局、個別の AI 技術を使うメリットを明らかにし、システム開発にあたっては寺野が指摘するように問題解決のどの部分に AI 技術が必要なのか / それをどの技術で実現するかを見極めることが重要であり、またそうした現実的な技術として使えるものを増やしていくためには石塚が指摘するように推論の高速化が重要な観点であることで衆議一致した。

3 サブテーマ (2) 「外界との相互作用を考えると機械に知能を持たせるために必要か？」

このテーマでポジションペーパーを投稿したのは 9 名であった。

斉藤 (NTT) は、人間の持つ外界の認識機構のうちシンボル操作で扱えるシンボルになるまでの部分を symbolizer と命名し、知的であることのカギはシンボル操作ではなくて symbolizer にあるという「symbolizer 仮説」を唱えた。

伊藤 (郵政省通信総合研) は、人と人との対話において共体験が相互理解のための重要なポイントになっていることから、人とシステムの対話においても共体験が必須であるとし、この点から「外界との相互作用」を扱うことが必要であると論じた。

畝見 (長岡技術科学大) は、そもそも知能は環境との相互作用の中でのみ存在可能であるとし、その上で「観測者にとっての環境・価値」と「主体にとっての環境・価値」を明確に区別し、後者を客観化された分析対象とすることが必要であると主張した。

岡 (ICOT) は、実世界のシュミレータを計算機内に作れば、実世界と直接相互作用をせずとも知能の研究は可能であると述べた。

橋田 (ICOT) は、知能における環境の役割を重視する立場から、認知システムを環境に埋め込む際の指針として、情報伝播のパターンを過度に限定しないことが重要であることを示した。

中島 (電総研) は、外界に適應するための学習に外界との相互作用が必要なのは自明ではあり、外界そのものをモデルとして用いればよいとする意見も認められるが、そのような知能は低い知能 (昆虫の知能) であり、より抽象的な知能 (人間の知能) にとってはむしろ外界は不要であり、外界を内部にモデルとして持つことによって外界

そのものの変化にも追従できる、と論じた。

山下 (製品科学研) は、人間も動物である、生物は外部世界との相互作用によって環境に適応しながら進化をとげ知能もまたそこから生み出されてきた、と述べ、知能の理解には進化の過程の影響の解明が不可欠であり、動物の知能を調べることを手掛かりとして、生物の知能を再構成することを人工知能実現の基本としたいと主張した。

石川 (べんてろ) は、熱力学的な考察から閉じた系での学習の不可能性について論じ、さらに知能を実現する上での物理的に自然な階層構造に関する仮説を紹介した。

佐藤 (京大) は、外界との相互作用が必要か否かという問題には、賛否両側から論じることが可能であって、重要なのは主観的にデータや結果を評価できるシステムを目指すことであると述べた。

総合討論を進めるにあたって最も問題となったのは、参加各人が意図している「知能」や「外界」の定義が微妙に異なっていることであった。時にはまったく同一に思われるロジックが賛否双方で使われることもあり、こうした観念的なテーマを多人数で論じることの難しさをうかがわせた。結論として一つの合意には到らなかったが、いわゆるシンボル処理以前の部分の実現を重要視する立場と、より高度な知能はやはりシンボル処理によるものだとする立場があることが分かった。

4 サブテーマ (3) 「いろいろな学習方式が提案されているが、どの方式がよいか？」

このテーマでポジションペーパーを投稿したのは5名であった。

山田 (阪大) は、EBL における説明を SBL におけるバイアスの一種と考えると、EBL はただ一つの例から一般化を行える最強のバイアスを使った SBL とみなせることを示した。

矢澤 (電力中研) は、仮説推論における学習方式として EBL の適用を考えた場合に、矛盾を推論する規則の獲得に利用できることを示した。

秋葉 (電総研) は、各学習方式をその特質に合わせて所要所に配置した人工知能システムの構想を述べた。

原口 (東工大) は、類推は仮説推論の一種であると主張し、両者の形式的・技術的な共通要素について論じた。

松原 (電総研) は、事例に基づく推論が Minsky のフレーム理論の拡張になっていることを指摘した。

このテーマでは「○○方式がよいのだ」という主張は結局聞かれることがなく、「○○方式は実は□□方式なのだ」という話ばかりになった。このことはおそらくは偶然ではなく、学習には何か普遍的なものが存在していて、それをある側面から見る (実現する) と○○方式、別の側面から見ると□□方式になっているのではないかと考えた。AI では一見新しそうな概念が日々提案されているが、実は既存の概念とあまり変わりのないものが多い。そのへんを十分に見極める必要のあることが再確認された。EBL(Explanation-Based Learning) と SBL(Similarity-Based Learning)、CBR(Case - Based Reasoning) と RBL(Rule-Based Reasoning)、類推と仮説推論、などについて両者の関係を明確にしていくことが研究の進展につながるものと期待される。

5 まとめ

本ワークショップのメインテーマは「人工知能を実用的なものにするためには外界との相互作用によって学習するシステムを作らなければならない」というもので

あった。このテーマは抽象的であまりに大きな問題の設定であり、ワークショップによってただちに解答が得られることを期待したものではない。むしろ、AIに関心を持つ人であれば誰でも議論に参加できるような命題として選んだつもりである。

今年も幸い参加者の積極的な発言によって活発な議論を行なうことができた。ワークショップの各サブテーマは、それらに明確な結論を出すということではなく、それらをきっかけに自由に議論を展開することを目的として設定したものである。その意味でワークショップを開いた目的はかなりの程度満たされたのではないかと考える。よく言われているように、AIでは用語の定義があいまいで研究者によって解釈がかなり異なっている。本ワークショップの議論の中でもそのことがしばしば問題になった。そもそものAIをはじめとして、AIシステム、実用的、外界、知能、相互作用、環境、学習、などの用語についてさまざまな解釈が存在している。本ワークショップでの議論を通じて、各参加者がそれぞれの立場を再確認することになったのではないかと期待している。

今年のワークショップでは昨年の反省を踏まえて、発表時間を20分に増やす、2泊3日にして全体討論の時間を増やす、などの工夫を行なった。この点は議論の時間が（十分とは言えないまでも）かなり取れたということで参加者に好評であった。しかし議論の焦点の絞り方、進め方などについてはまだまだ改善の余地がありそうである。昨年は夜の総合討論をサブテーマごとに分かれて行なったが、今年は一ヶ所でまとまって行なった。皆と議論できるという長所はあるものの、議論が発散しがちになるという短所もあったように思われる。全体としては率直な意見交換の場として貴重であるという意見が多かったので、来年以降もワークショップをなんらかの形で続けていきたいと考えている。

謝辞

ワークショップの参加者のみなさまに感謝します。会場の手配をしていただいた赤間清氏（北海道大学）に感謝します。またワークショップの感想を寄せていただいた下井恵美子氏（沖電気）と石川孝氏（ぺんてる）に感謝いたします。最後に、いろいろ面倒をおかけした学会事務局に感謝します。

参考文献

- [1] 松原 仁（編）：“1990年夏のワークショップ ポジションペーパー”，情報処理学会 AI研究会 71-1(1990)。

東工大・総合理工 原口 誠

— 37 —

づけに基づく類推においては、写像 $\Phi = \{p \sim q, \alpha \sim \alpha'\}$ において β に関する対応を定義しないことにより、陰に p と q を α に関連して対応づけることを記述していることになる。

このように考えるならば、類推を仮説推論だと主張するときに「仮説」として知識 $\Phi(A)$ ではなく、むしろ類似性を与える Φ そのものであると考えるべきであろう。この仮説 Φ であり、何が Φ によって仮定されるかという Φ に関する知識は推論システムが固有に持っていると考えられる。この考え方に従って、類推を仮説推論(ATMS, もしくは CMS 風に)記述してみる。 Given:

1. 仮説空間 A : 可能な対応 $x \sim y$ を要素とする集合
2. 領域知識の集合 Σ (justification, 制約等を含む)
3. $\Delta \subseteq \Sigma$: 変換可能な知識の集合.
4. 対応の集合 $\Phi \subseteq A$ (これを対応づけと呼ぶ) からターゲットの知識を推論するメタ規則 M

Find $\Phi \subseteq A$ s.t.
 (1) $\Phi \cup M(\Phi) \cup \Sigma \models G$, かつ
 (2) $\Phi \cup M(\Phi) \cup \Sigma$: 無矛盾

メタ規則の適用 $M(\Phi)$ は、可能な Φ の適用をあらかじめ想定したメタルール M^* の規則で書けることが多い。例えば $p(x, a) \rightarrow q(x)$ に対し

$\Phi = \{p \sim p', q \sim q', a \sim a'\}$ を適用した結果が

$p'(x, a) \rightarrow q'(x)$ であるとする。 $p \sim p'$ を命題的に記述する新たな命題記号 $\gamma(p, p')$ を用いて、 (*)

$p'(x, a'), \gamma(p, p'), \gamma(a, a'), \gamma(q, q') \rightarrow q(x)$.

と表記でき、したがって、理論的には M の代わりに (*) の形式の式 M^* が与えられると考える。 M は M^* の生成器を定めるとすれば現実的にも (計算量の問題を除いて) 十分である。

ここで、 $\Phi \subseteq A$ は γ を用いた $\Phi = \{\gamma(p, p'), \gamma(q, q'), \gamma(a, a')\}$ なる命題集合として表記されると修正しておく。

Find Φ s.t.
 (5-1) $\Phi \cup M^* \cup \Sigma \models G$
 (5-2) $\Phi \cup M^* \cup \Sigma$: 無矛盾

$M^* \cup \Sigma$ はあらかじめ与えられていることを仮定できるので、これを改めて Σ と書けば、 Φ の極小性を除いて仮説推論の枠組みと一致する。

4. Nogood pairing

演繹推論の単調性によって、 Φ が (5-2)' の条件に反すれば、 $\Phi \subseteq \Phi' \subseteq A$ なる任意の Φ' は矛盾を引き起こす対応づけとなる。 ATMS に習い、こうした極小な Φ を nogood pairing (NP) と呼ぶことにする。 NP 対応づけの計算に関しては類推も一般の仮説推論と全く同じ問題を抱え込む。異なる点は対応づけ Φ が関数であることから、 Φ の空間が束 (ATMS の場合は集合 $2^{A \times A}$ 代数) にはないこととをあげることができる。ただし、meet 演算と最小元 (空関数) の存在は保証できる。

もう一つの重要な点は、NP 対応づけを仮定できる場合の類推が「 γ 」計算と同様なメタシステムをもつことである。これを説明する為に例で考えてみよう。簡単な為、述語記号 p に対し、 $\gamma(p, p) \in \Phi$ かつ、異なる述語 p, p' に対し、 $\gamma(p, p') \notin \Phi$ なる対応づけのみを考える。

$\Sigma : \text{sp}(\text{X}, \text{eng}) \leftarrow \text{nat}(\text{X}, \text{uk}),$
 $\text{nat}(\text{makoto}, \text{japan}) \leftarrow$

$\text{X} \leftarrow \text{X}, \text{sp}(\text{makoto}, \text{X})$

M^* は定義から任意の定数 $*Y, *Z$ に対し、

$\forall X [\text{sp}(X, *Y) \leftarrow \gamma(\text{eng}, *Y),$
 $\gamma(\text{uk}, *Z), \text{nat}(X, *Z)]$

を含んでいる。 Σ が 1-2 節から成り立っているときは初期 γ である。

$\leftarrow \text{sp}(\text{makoto}, \text{japanese})$

からの反駁 (の失敗) によって、 $\gamma(\text{uk}, \text{japan})$ に

$\Phi = \{\gamma(\text{eng}, \text{japanese}), \gamma(\text{uk}, \text{japan})\}$ が得られる。この最後の γ 節が初期 γ に対する解を与えるとすると、 Φ がどの NP の superset にもならないことと同値である。

5. メタ規則の強化

こうした仮説推論としての類推を効果的なものにするためには、 M^* の生成器であるメタ規則を強力なものにし、矛盾の早期発見手法を開発する必要がある。過去の技術、例えば 1 対 1 性によって、対応付けの整合性を対応づけの候補を推論しながら同時に検証する技法を開発する必要がある。この目的のために、類推は、類推がメタ規則のどのような規則が妥当であるかという問題には答えなければならぬ、今日の時点では一般的に念が及ばない。例を提示し、類推を多用的なよう (例えば日本での領法) 個別領域のメタシステムによって、領域固有の類推のためのメタ規則があることを信じたい。