

人工知能基本問題研究会の紹介

Introduction to Special Interests Group on Fundamental Problems in Artificial Intelligence

山本章博^{*1}

Akihiro Yamamoto

^{*1} 京都大学 情報学研究科

Graduate School of Informatics
Kyoto University

平田耕一^{*2}

Kouichi Hirata

^{*2} 九州工業大学情報工学研究院

Department of Artificial Intelligence
Kyushu Institute of Technology

We introduce the activity of the Special Interest Group on Fundamental Problems in AI (SIG-FPAI). The group was started when JSAI was founded with the name SIG-FAI, and changed the name in 2004 with aiming at clarifying the role of fundamental research in the development of AI research and the recent environment surrounding it. One of the recent subjects treated in papers presented in workshops of SIG-FPAI is Machine Learning, and we explain that SIG-FPAI is supporting two research directions, one is based on the symbolic logic and another is on Bayesian Networks with graphical modeling. The two directions look different, but we show that they are two instances of a naïve model of learning.

1. はじめに

人工知能基本問題研究会(略称 SIG-FPAI)は、人工知能学会と同時に設立された人工知能基礎論研究会(略称 SIG-FAI)が 2004 年に改称した研究会である。SIG-FAI は、人工知能の基礎・基本に関わる理論的・哲学的・認知科学的な話題を軸にして活動を続けてきた。

ご承知のとおり、人工知能という学問領域を取り巻く環境は急激に変化し、その学問内容は多様化するとともに深化も進んでいる。このような状況の中で、“人工知能の基礎・基本”の位置付けを明確にするために、研究会名は SIG-FAI から SIG-FPAI へ改称された。改称にあたり、その趣旨は次のように説明されている。

(新たな)応用分野において生じる問題は、人工知能で根幹となるメカニズムに関わるものになるでしょう。そのような根幹となるメカニズムを一般的に解くための主要な方法の一つは理論的アプローチです。しかし、より深い解決のためには、すでに定式化された理論に関する研究だけでなく、その定式化に至る知的処理に関する深い洞察も重要です。

また、SIG-FPAI が対象とする具体的な分野として、人工知能の根幹の問題に対するアプローチ、人工知能パラダイムや基礎理論に関する話題、応用分野における基礎理論の展開や萌芽に関するものがあげられている。

2. 論理から学習へ・演繹から帰納へ

研究会での発表題目を見ると、論理やさまざまな推論といった知識の表現や操作に関するものに代わり、この 10 年間は特に機械学習やデータマイニングなどに関するものが多くなっている。前者は演繹的推論や発想推論に関するものと考えことができ、後者は帰納的推論に属すると考えられる。前者については、単に論理や推論の体系を提示するだけでなく、計算量の分析をはじめとする体系の評価や応用可能性に重点が置かれるようになった。後者についても、バイオインフォマティクスに代表される自然科学や e-コマースに代表される実務などさまざまな

な領域への応用が取り上げられている。

論理は、人工知能システムの“内部”メカニズムを実現するための理論であり、機械学習は“内部”と“外部”の接し方に関する理論とすることができる。実際、形式論理の体系とは、証明すべき命題が与えられた理論の上で成立するかどうか、成立するのであればその根拠を証明として提示する。したがって、システム外部との接点は最初の証明すべき命題だけである。一方で、機械学習は、外部から複数の訓練例が与えられたときに、それを一般化した規則を構成し、未知の事例に適用する。つまり、訓練例という外部との接点によってシステムの挙動が決まり、構成される命題と未知事例の適用結果は、訓練例の与え方によって変化することもある。非単調論理や発想推論は両者の境界にあると見做すことができるが、外部からの刺激によるシステムの変化を考慮していないと考えることができる。

このように観察すると、SIG-FPAI で発表される研究内容は、人工知能システムの“内部”と“外部”の接点を考える場合はそれらの接続を考慮し、人工知能の“内部”を考える場合はその上に構築される応用システムを考慮していることになる。これは人工知能研究の現状と周囲の環境において必然といえる。

3. 機械学習研究の二方向からの支援

SIG-FPAI 活動の基軸になっている機械学習の研究は、深化と応用の広がりが進んでいる。SIG-FPAI としては、基礎理論の展開と新たな応用分野の開拓を支援するという方針で企画を立てている。その一環として、論理を代表とする記号計算に基づく研究、および、ベイズ推論にグラフ表現を組合せた研究に対して、特集研究会の設定と国際ワークショップの協賛を行っている。両研究は一見相反するようであるが、次節で説明するようにそれぞれ共通の枠組みの具体化とみなすことができる。まず本節では、SIG-FPAI としての企画内容を紹介する。

3.1 記号論理からの機械学習に関する企画

記号処理を利用した機械学習の中で、一階述語論理、特に論理プログラミングを利用するものは帰納論理プログラミング(ILP)とよばれている。

SIG-FPAI では、この分野の特集を 2 回企画した後、2005 年からは人工知能学会全国大会併設国際ワークショップの1つである“論理と学習に関するワークショップ(Workshop on Learning with Logics and Logics for Learning, LLLL)”に協賛している。この分野の代表的な国際会議でありヨーロッパ中心の ILP とは一線を画すことを意識している。会議名も、論理は機械学習への

連絡先: 山本章博, 京都大学 大学院情報学研究科 知能情報学専攻, 606-8501 京都市左京区吉田本町, Email: akihiro@i.kyoto-u.ac.jp

平田耕一, 九州工業大学 大学院情報工学研究院 知能情報工学研究系, 820-8502 飯塚市大字川津 680-4, Email: hirata@dumbo.ai.kyutech.ac.jp

寄与とともに機械学習の論理への寄与も主題の一つとすることから選ばれている。

データマイニングにおいて有名な、関係データベースからの相関規則(association rule)の発見や構造化データのデータベースからの頻出パターンの発見も、次節で述べるように ILP の特殊な場合と解釈することができる。そのため最近の LLLL においては、このような内容の論文が多く発表されている。また LLLL が開催されなかった 2008 年は PAKDD の併設ワークショップ ALSIP を協賛している。2009 年は人工知能学会全国大会とは独立に、SIG-DMSM 主催の国際会議 DMSS と共同で LLLL を開催している。

LLLL のポストワークショップ論文集は、他の人工知能学会国際シンポジウムのもので共同で Lecture Notes in Artificial Intelligence として Springer から刊行されている。なお、収録論文は、会議終了後再査読の上、プログラム委員会が選抜したものである。

3.2 グラフィカル・モデリングからの学習に関する企画

確率的なパラメータ間の相関関係や因果関係をグラフにより表現する手法は、グラフィカル・モデリングと呼ばれている。グラフィカル・モデリングの代表は、確率変数間の関係をベイズの定理に基づいて表現したベイジアン・ネットワークである。グラフィカル・モデリングを規則表現の手法とする機械学習は、近年多大な注目を集めており、さまざまな分野への応用されている。

SIG-FPAI では、グラフィカル・モデリングに基づく機械学習特集テーマとする研究会を 2005 年から毎年企画している。研究会プログラムは、この分野で活躍されている研究者の招待講演を中心とし、内容も、グラフィカル・モデリングの基礎理論から最新の応用まで多岐にわたってものとしている。企画開始以来毎年盛況であり、講演者・参加者にも好評である。特に、この2年間においては、SIG-FPAI における年間を通じて最も参加者が多い研究会となっており、分野の注目度の高さを表している。

本年度は特集研究会と連続して、人工知能学会国際ワークショップ(JSAI-isAI)の一つとして“Advanced Methodologies for Bayesian Networks”を開催する準備を進めている。

4. 論理と統計を繋ぐ機械学習

記号論理に基づく機械学習とグラフィカル・モデリングに基づく機械学習は、その成立も内容も全く異なっている。しかし、初期の素朴な機械学習のモデルを用いると、それらは2つのインスタンスになる。

そのモデルは図 1 に表すことができる。学習機械(learning machine) M は、訓練例の集合 E (または確率分布 $P(E)$)が満たす規則性のある方法で表現すると仮定し、訓練例を逐次受取り、それ全体が満たす規則性を仮説 H として、生成テスト法などで探索する。例えば、パーセプトロンでは、訓練例の集合は正例と負例からなっており、それらを識別する線形関数 H が規則性である。最初に M に設定した方法で表現された規則性の表現能力は、正例と負例からの学習の場合には分離能力になる。

このモデルを用いて Bayes の定理

$$P(H|E) = P(H)P(E|H) / P(E)$$

を解釈する。確率 $P(H|E)$, $P(H)$, $P(E|H)$ はそれぞれ、

- (1) 与えられた訓練例 E に対して、それを説明する各仮説 H の選択基準
- (2) 各仮説 H の尤度、あるいは、 H が選択される優先度
- (3) H を用いた E の説明の確かさ

という意味である。例えば、事後確率最大化は

$$\operatorname{argmax} P(H|E) = \operatorname{argmax} P(H)P(E|H)$$

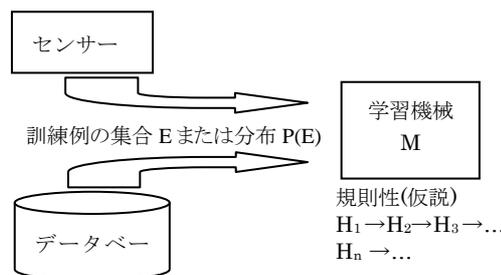


図 1 素朴な機械学習のモデル

であり、確率の大小比較と四則演算を用いて仮説が選択されていることになる。

ILP では、訓練例 E とそこから得られる規則性 H の間の関係を論理における伴意(entailment) \models の概念を用いて $H \wedge B \models E$ (B は学習の開始前に前提としている知識の表現)と表現できることを基にしている。これは、 H を用いた E の説明の確かさの表現と見做すことができる。ILP では仮説間にも伴意関係が定義できるので、仮説 H が選択される優先度として伴意に基づく順序関係を採用している。

さらに、頻出アイテム集合の発見は、 H を原子論理式で、各変数がただ1だけ出現するものとし、 E は変数を含まない原子論理式の連言とした場合と解釈できる。このとき、仮説間の順序とそて包摂関係(subsumption)を利用し、さらに伴意 \models が包摂関係と同値になることに着目していると見做すことができる。伴意関係を単純化した代わりに、 E の要素となる原子論理式に相対頻度を用いて確率的な処理を行っていることになる。

なお、ベイジアン・ネットワークにおいては、複数個の前提を用いた条件付き確率 $P(E | H_1, \dots, H_n)$ の連鎖をグラフで表現している。つまり、仮説 H_n の選択が、また他の推論によってなされることを示している。同様の連鎖を ILP において実現するためには、訓練例と仮説を表現する言語が同一であることを仮定しておかなければならない。しかし、頻出アイテム集合の発見を見るとわかるように、ILP においては、通常 H と E で変数の扱いが異なっている。変数を扱わない論理である命題論理を用いれば、ベイジアン・ネットワークの解釈が可能とはなるが、それでは述語論理を用いる特徴が失われてしまう。この問題の解決は、論理とベイズ推論の融合に対する解となり、世界中で多くの提案がなされている。SIG-FPAI のグラフィカル・モデリングの特集でも毎年、最新結果の解説を招待講演の一つとしている。

5. おわりに

本稿では、最近の SIG-FPAI の発表傾向を踏まえて、機械学習を中心とした研究について紹介した。“私の研究は FPAI で発表していいのでしょうか”という問合せを受けることがあった。この2年間は、“どのような分野でも歓迎しますが、それが人工知能の基本問題であるということをしっかり主張してください”と回答してきた。今後も、開かれた人工知能の基礎・基本を目指して本研究会の活動を続けていきたい。研究会開催案内は、本学会のメーリングリストで告知するほか、研究会 HP にも掲示している。

[Webサイト]
 2010 年度 SIG-FPAI ホームページ
<http://www.dumbo.ai.kyutech.ac.jp/sigfpai/index.html>
 LLLL ホームページ
<http://www.iip.ist.i.kyoto-u.ac.jp/LLLL/LLLL.html>