

# 人工知能と法律人工知能

櫻井成一郎

## 1. はじめに

コンピュータの基礎をなす集積回路は1965年に発表されたムーアの法則に従って18ヶ月で2倍のトランジスタ数増加が実現されてきた。現在集積回路の実装技術自体は限界を迎えつつあるものの、この半世紀は指数関数的な発展を達成した事になる。指数関数的な集積回路の性能向上は同時にコンピュータの演算性能も向上させてきた。1980年頃には128KBのメモリがあれば、大容量メモリと言われたが、現在ではノートPCでさえ2GBから4GBのメモリが搭載されている。実に約8,000倍から約16,000倍への拡大である。このようなコンピュータの演算性能の指数関数的な発展により人工知能技術も新たな展開を迎え、近年ではいくつかの分野で人間の能力を凌ぐようになってきた。20世紀末には、IBMのコンピュータがチェスの世界チャンピオンに既に勝利したが、チェスに比べて探索空間の広い将棋や囲碁にコンピュータが勝つことは難しいだろうと考えられてきた。しかしながら、2013年の将棋プログラムとプロ棋士との対戦においては遂に将棋プログラムが勝ち越す事になったし、囲碁においてもプロと互角の戦いを行えるまでになってきた。一方、米国ではIBMのワトソンがクイズチャンピオンになり、Googleが自律走行する自動車の開発に成功し、一部の領域ではコンピュータが人間と同等の能力を発揮するようになってきているのである。筆者は人工知能研究に卒業研究として取り組みはじめ、以来人工知能を中心課題として研究活動を行ってきた。本稿では、筆者のこれまでの研究を概説し、今後の抱負を述べたい。

## 2. 人工知能との出会い

筆者の「人工知能」との出会いは、後に筆者の指導教授となる志村正道教授（現東京工業大学名誉教授）による人工知能という専門科目の講義に遡る。1980年代後半に人工知能ブームが訪れるものの、当時の人工知能は一般にそれほど着目されていたわけではなく、鉄腕アトムやHALのようなコンピュータを作りたいという漠然とした希望はあったが、技術的にはまだ未成熟な感があった。大学4年生への進級に際し、卒業研究配属先として志村教授を希望したところ、運良く志村教授の下で6年間ご指導を受けられることとなった。卒業研究は、研究室の先輩の「算数の文章題を解くプログラム」を引き継ぎ、当該プログラムを稼働させることであった。当該プログラムを稼働させるために、プログラミング言語lisp<sup>1</sup>、構文解析、意味処理、プロダクションシステム（if-thenルールのインタプリタ）、数式処理、日本語処理等、先輩の作成されたプログラムの分析を行い、その分析を通じて、当時の人工知能の基礎技術を学ぶことができた。大学院時代は、問題解決システムとしての算数の文章題を解くプログラムから機械学習に重点をシフトし

つつ、同プログラムの改良を進めると同時に、lisp自身のデバッグやワークステーションへの移植を行った。当時は研究室にワークステーションが導入され、その上で動作するlispのデバッグが自身のプログラム作成には必須だったからである。ワークステーション上で文章題を解かせると、時折不審な挙動をする<sup>2</sup>ので、lispレベルのデバッグでは不十分で、機械語レベルのデバッグが不可欠であった。筆者はマイコン少年ではなかったため、機械語レベルのデバッグは初めての体験であったが、CPUの動作と機械語については実践を通して学ぶことができた。

### 3. 機械学習から法律人工知能へ

就職に際しては、東京工業大学に着任されたばかりの原口誠助教授（現北海道大学大学院教授）の助手として採用された。原口教授は既に当時類推研究で著名な研究者であり、原口教授の下で仕事ができることは筆者にとってはとても幸運なことだった。原口教授は論理プログラミングの専門家でもあったので、大学院生の指導のためにもlispによるプログラミングからProlog<sup>3</sup>によるプログラミングにシフトすることになった。同時に研究のテーマも、機械学習の中でも帰納的論理プログラミングへとシフトした。帰納的論理プログラミングは、データから論理プログラム（Prologプログラム）を自動合成する手法であり、自動プログラム合成の一種とすることができる。すなわち、Prologを使って、Prologプログラムを生成するプログラムを作成していたのである。

就職に伴い、大岡山キャンパスから横浜キャンパスに移動して一番困ったのはネットワーク環境であった。大岡山キャンパスの一部は当時既にインターネット接続を達成しており、ほぼリアルタイムで海外ニュースや電子メールのやりとりを行っていたのに対して、当時の横浜キャンパスのネットワーク環境はほとんど整備されていなかったため、自らの所属専攻だけでなく、横浜キャンパス全体のネットワーク敷設や整備にボランティアとして協力した。この経験は後に大学全体のネットワーク管理にも関与することにつながっていった。

所属先のシステム科学専攻（現知能システム科学専攻）では、優秀な同僚にも恵まれ、類推研究者や人工知能研究者、認知科学研究者に囲まれて、共同で類推の研究をすることもでき、後に学際的な研究を行う下地を身につけることができた。共同研究では、鈴木宏昭氏（現青山学院大学教授）と高橋真吾氏（現早稲田大学教授）と共に、「抽象化に基づく類推」をテーマとして設定した。人工知能における類推は、ベースあるいはソースからターゲットへの直接写像としてとらえられることが多いが、抽象化と呼ぶ図式を経由して写像されると考えるのが抽象化に基づく類推である。直接写像では、制約がほとんどなく、組み合わせ的爆発を招くので、写像を制約する抽象化を仮定する方が多いであろうというのが基本的な考え方である。この共同研究は、科研費重点領域「知識科学」に公募研究として採択された。

共同研究によって学際的な研究を行う面白さを知っただけでは、法学との出会いはなかった。筆者を法学へと誘って頂いたのは、上司の原口教授であった。原口教授は、理論家であるだけでなく、応用研究にも強い興味を持たれており、民法の類推適用についての研究をはじめられていた。原口教授に誘われて参加したのが、明治学院大学の吉野一教授（現明治学院大学名誉教授）

が主催された法律エキスパートシステム研究会である。元々、法律に興味を持っていたので、法律エキスパートシステム研究会に参加することはまったく苦とはならなかった。研究会では、興味深い議論に参加させていただきだけでなく、多くの先生と出会うことができた。中でも、吉野一名誉教授と加賀山茂教授との出会いは筆者にとってとても鮮烈であった。お二人の先生は法学者でありながら、自らPrologを学び、エキスパートシステムを作成されていたのである。研究会に参加するようになってからは、吉野名誉教授、加賀山教授と一緒に、先の科研費重点領域「知識科学」に共同研究を申請し、こちらの共同研究も採択された。

このように個別の共同研究を進めつつ、法律エキスパートシステム研究会のメンバーを中心に、吉野名誉教授をリーダーとして科研費重点領域「法律エキスパートシステムの開発研究」（略称、法律エキスパート）を申請し、採択された。法律エキスパートでは、法学者の研究者と工学者の研究者との学際的な研究が進められ、筆者は法学と工学の両方の研究会に参加させて頂いて、二つの研究会を架橋する役割を担っていた。本プロジェクトにおいては、吉野名誉教授のシステム構築に協力させていただくとともに、様々なパーツの基本設計を行った。

法律学の先生との共同研究を実施する一方で、人工知能研究者の中で法律や法的推論に興味を持つ先生とも共同で研究する機会が得られた。第5世代コンピュータの新田克己氏（現東京工業大学大学院教授）を中心とする研究グループである。現在では、この研究グループを中心として法情報学国際シンポジウム（JURISIN）が毎年開催されており、筆者も微力ながら協力させて頂いている。

#### 4. 法科大学院時代の法学教育方法に関する研究

明治学院に着任する前年から、法律エキスパートの後継プロジェクトとして、再び吉野名誉教授を代表とする科研費特別推進研究「法創造教育方法の開発研究」が開始された。このプロジェクトでは、大学院における法学教育に焦点をあて、教育方法の開発研究を進めた。筆者は吉野名誉教授と共同して、ソクラティックメソッド支援システムの開発や知識ベースに基づく法学教育システムの開発を行った。ソクラティックメソッド支援システムでは、CMS<sup>4</sup>上に議論のためのデータベースを作成し、LMS（Learning Management System）を実現した。LMSとは、学習の進展状況に応じて教材提供を制御するシステムである。知識ベースに基づく法学教育システムでは、Prologベースの知識ベース構築システムを学生向けに構築した。更に、法律エキスパートシステムの後継システムのためのトレーサを作成し、システムの改良を行った。

#### 5. 法科大学院から法学部へ

法科大学院から法学部に移動になった2012年度からは、科研費挑戦的萌芽研究「法的アブダクションに基づくIRAC学習支援システムに関する研究」が開始された。これは先の「法創造教育方法の開発研究」の成果を活用し、学生の理解過程をアブダクションとしてとらえることによって、学習支援システムの構築を行う研究である。アブダクションとは、従前の知識のみでは説明

できない現象に遭遇した際に、ある種の知識を仮定する事によって当該現象を説明しようとする推論形態の一種である。学生の理解過程に関して、認知科学的に接近する事で、法的推論の一部の解明をめざしている。

## 6. おわりに

本稿では、筆者のこれまでの研究を振り返ったが、吉野名誉教授や加賀山教授をはじめとして、明治学院大学の先生方のご指導によるものであり、改めて感謝したい。現在、筆者は明治学院大学の研究環境を有効に活用して更に研究を深化させて行きたいと考えている。諸先生の変わらぬご指導およびご鞭撻を賜れば幸甚である。

- 
- 1 Lispは主に米国では中心的な人工知能用言語であり、現在でも現役のプログラミング言語である。当時の学科のカリキュラムでは、lispを学ぶものの、バッチ方式のlispプログラミングのみであったので、対話的なlisp環境を学んだのは研究室に所属してからであった。
  - 2 Lispは関数（λ算術）を基礎におくプログラミング言語であり、lispの最大の特徴は不要なメモリを解放する自動ゴミ集めの機能であり、本来解放してはならないゴミが解放されてしまうと不自然な動作をするようになる。そのバグを修正するために、ソースコードを眺めながら、食事をしていたことが思い出される。
  - 3 Prologは論理を基礎におくプログラミング言語であり、手順を記述するのではなく、関係を記述する事で、それがプログラムとしても機能すると言う特異な言語である。Lispのごみ厚め機能はもちろん、パターンマッチングとバックトラックの機能により探索型プログラムを容易に作成できる。
  - 4 CMSとは、Content Management Systemの頭文字を取ったもので、Webサーバ上のコンテンツをクライアントから管理するシステムであり、現在のホームページの多くがCMSにより実現されている。

## 人工知能と法律人工知能

櫻井成一郎

### 本日の内容

- 私の立場について
- 人工知能研究との出逢い
- 算術問題解答システム
- 機械学習
- 類推
- 法律エキスパートシステム
- 法学教育システム
- アブダクション

### 私の立場について

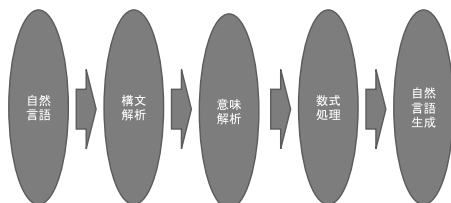
- 理論よりも実践派のプログラマ
  - UtilispのUNIXへの移植協力とデバッグ
  - Franz lispのバイナリパッチによるデバッグ
  - Sicstus Prologのデバッグ
  - Emacsへのデバッグ協力
  - NetNewsのデバッグ協力

### 人工知能研究との出逢い

- 多くの人工知能研究者と同じく「鉄腕アトム」や「HAL」に対する憧れ
- 志村正道 東工大名誉教授との出逢い
  - 学部4年から博士課程5年間
- 人工知能研究の立場
  - 知的アルゴリズムの研究
  - 認知機構の研究=認知科学
- 人工知能研究への関心
  - 知識表現・推論(演繹・帰納・アブダクション)

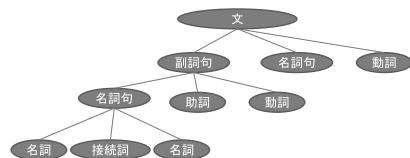
### 算術問題解答システム

- 研究室の先輩の残したプログラムの継承
- 算数の文章題を解くシステム



### 構文解析の方法

- 故田中穂積東工大名誉教授らの開発したLingollにより構文木を構築

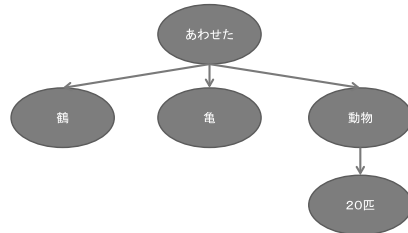


### 意味解析の方法

- 構文木が構築されると、構文木中の意味解析プログラムが起動
- 予め与える知識の中にはlispプログラムが埋め込まれ、意味ネットワークが構築される
  - フレーム型知識表現

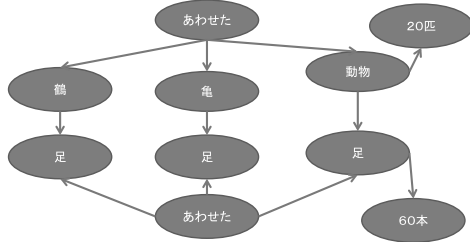
### 意味解析の例1

- 「鶴と亀があわせて20匹います。」



### 意味解析の例2

- 「鶴と亀の足があわせて60本です。」



### 算術問題の解法

- 意味ネットワーク⇒連立方程式の抽出
  - 方程式を抽出するルールを与えておく
- 数式処理プログラムによる解の導出
  - 鶴亀算
  - 植木算
  - 図形の面積の計算
  - 食塩水の濃度に関する問題

### 機械学習

- 算術問題解決システムの学習機能の実現
  - ルールのマクロ学習
  - 自然言語による不足した知識の獲得
  - パラメータチューニングによる学習
- 帰納的論理プログラミング
  - Prologプログラムの学習

### 帰納によるルールの学習

- ルールのマクロ学習
  - EBL(Explanation Based Learning):証明を汎化することで、一般的な知識(マクロ)を学習する
- 自然言語による不足した知識の獲得
  - 問題を解くための公式を自然言語入力から獲得
  - 例:「食塩水の濃度は食塩の重さを水の重さで割ったものに等しい」

### 帰納論理プログラミング

- 事実の集合から論理プログラム(Prolog)を学習する
- 学習例:  
`append([],X,X).`  
`append([A|X],Y,[A|Z]) :- append(X,Y,Z).`
- スキーマ(アブストラクション)に基づく帰納論理プログラミングの研究

### 類推

- 人工知能における類推とは
  - 類似した状況では類似した結論がもたらされるという考え方
- 抽象化(アブストラクション)に基づく類推
  - 抽象化を仮定した類推では、直接対象同士の対応付けを行うのではなく、対象同士の関連付けに際して抽象化が介される。
    - 抽象化によって強く制約された類推が行われる

### 法律エキスパートシステム

- 吉野名誉教授の法律エキスパートシステム研究会への参加
- 吉野名誉教授・加賀山教授らと共に科研費重点領域研究「知識科学」への公募参加
- 吉野名誉教授代表の科研費重点領域研究「法律エキスパート」への積極的参加

### 重点領域研究 「法律エキスパート」

- 法学研究者と工学研究者との学際的研究
  - 法学研究者と工学研究者の橋渡し役
- CISGを対象として知識ベースの構築と法律エキスパートシステムの構築を目指す
  - 知識表現の基礎的検討
  - 知識エディタの基本設計
  - 推論エンジンの基本設計
  - エクスパートシステムのWeb化の検討

### 法学教育システム

- 「法律エキスパート」を継承する特別推進研究「法創造教育方法の開発研究」(代表 吉野名誉教授)の共同提案
  - 吉野名誉教授と共同でソクラティックメソッド支援システムの実現
  - 吉野名誉教授と共同で知識ベースを用いた法学教育方法の開発
  - LES8のトレーサの実装

### ソクラティックメソッド 支援システムの実現

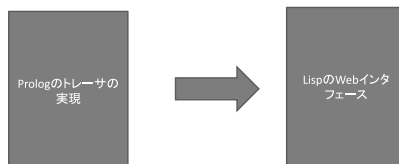
- CMS(Plone)上への実装
  - CMSとは: 様々なコンテンツをアップロード・編集・削除が行えるWeb上のシステム
  - ソクラティックメソッドのためのLMS(Learning Management System)の実現
    - LMSとは: e-learningにおける学習進度に応じた教材提供を制御するプログラム

### 知識ベースを用いた法学教育方法

- WebベースのPrologインタプリタ+簡易CMSの統合
  - Javascriptで動作するので、別途のアプリ無しにブラウザだけで動作可能
  - 目標は簡易版知識ベース構築を通じた法的知識の可視化(体系化)

### LES8のトレーサの実現

- Web版法律エキスパートシステムの改良



### 現在の研究テーマ

- アブダクションに関する研究
  - 科研費 挑戦的萌芽研究(2012~2014)
- アブダクションとは
  - 特定の目標を達成する説明(証明)を構築する事
  - アブダクション=第三の推論機構
  - 法解釈の形式的な理解の枠組
- 究極の目標は法解釈を行える機械の実現

### 最後に

- ご清聴ありがとうございました