

解集合プログラミングの宣言的問題解決に関する計算機実験

文理学部情報科学科

5419045 高林 秀

2022 年 1 月 9 日

概要

本稿は、今年度論理と計算 2 の課題研究として、具体的な問題に対して ILAPS システムを用いて解答するものである。本稿前半部では、解答に必要な計算理論の説明を行う。後半部では、実際に ILAPS システムを使用して、与えられた問題に回答していく計算機実験を行う。

目次

1	目的	1
2	計算理論説明	1
2.1	推論の概要	1
2.2	発想推論 (abduction) の説明	3
2.3	帰納推論の説明	4
2.4	解集合からの学習について	4
2.5	ILAPS システムの概要	4
2.6	初期の ILAPS における仮説導出アルゴリズム	4
3	計算機実験	4
3.1	実験準備	4
4	巻末資料	5

1 目的

本稿は今年度論理と計算 2 の第 3 回目の課題研究として、ILASP システムを用いた宣言的問題解決を通じ、解集合プログラムに基づく帰納推論に関する学修内容を振り返ることを目的とする。必要な計算理論の説明を通して学習内容の復習を図るとともに、本稿後半部に記載する問題の計算機実験を通して、内容の定着を図るものとする。

2 計算理論説明

この章では、今回の計算機実験に使用した各計算理論の解説を行う。

2.1 推論の概要

推論とは、デジタル大辞泉には以下のように記されている。

ある事実をもとにして、未知の事柄をおしはかり論じること。「実験の結果から推論する」

すなわち、現在知っている事実。知識を元に新たな事実を導くことを示す。

推論にはいくつかその手法により種類が存在する。

- 演繹推論
- 帰納推論
- 発想推論
- 類推推論

■**演繹推論** 演繹推論は単に演繹法とも呼ばれ、後述する帰納法とは反対の推論手法となる。一般的、すなわち普遍的な事実やルールを前提（条件）とし、特定の場、ケースに適用して結論を得る推論手法である。

具体例を以下に示す。既知の普遍的な事実として以下 2 つのルールが与えられているとする。

1. パソコンは電気を使う。
2. 電気を使うのは機械である。

この 2 つのルールから、次の新たなルール、事実が導き出せる。

パソコンは機械である。

いま、前提 1,2 から上記の新たな事実を導いた。このように、前提となる事実・ルールから新たな事実を論ずるのが演繹推論である。

ただし演繹推論では、前提に偏った観点や、論理が混在した場合、その論理は成立しなくなることには注意が必要である。前提の論理が正しく確立していれば、強力な論理として成立させることが可能な推論方法である。

■**帰納推論** 帰納推論は単に帰納法とも呼ばれ、既知の事実や事例から読み取れる傾向を総合し結論を論ずる推論方法である。特定のケース、条件と結論のセットからあるルールを導出する。

具体例を示す。既知の事実として以下の情報が与えられているとする。

1. 朝のニュース番組で原油価格についての報道があった。加えて、近所のガソリンスタンドの 1 リッターあたりの単価が以前より高くなっていた。
2. 友人からもガソリン代が高くなったので車での外出は控えているという話を聞いた。

以上 2 つの既知の事実から、全国的にガソリン価格が高騰している、という結論が導き出せる。このように、既知の事実から同一の傾向を抽出し結論を導く、これが帰納推論である。つまり、ケースと結論の対関係からルールを導出するということである。

詳細については後述する。

■**発想推論** 発想推論とは、普遍的なルールと結論から、あるケース、条件を導出する推論手法である。これまでの推論では、あくまで前提から結論を導出していたのに対して、この発想推論では前提部のケース、条件を結論から推論する。詳細は後述する。

■**類推推論** デジタル大辞泉に、類推の意味が次のように書かれている。

1. 類似の点をもとにして、他を推しはかること。「過去の事例から類推する」
2. 論理学で、二つの事物の間に本質的な類似点があることを根拠にして、一方の事物がある性質をもつ場合に他方の事物もそれと同じ性質をもつであろうと推理すること。結論は蓋然的。類比推理。類比。比論。アナロジー。
3. ある語形または文法形式との関連から、本来の語形または文法形式とは別の新しい語形または文法形式を作ろうとする心理的な作用。この種の働きによって、多くの不規則な語形が規則化されていることがある。

これまでの推論手法は、基となる事実があり、そこから結論またはルールを導き出す。これに対し、類推推論では、似たような事実から結論を導き出すというを行う。すなわち、推論をする際に用いる事実や知識が他の推論手法と異なっているという点で違いがある。

2.2 発想推論 (abduction) の説明

発想推論とは、一言で述べると仮説の形成である。 a を前提 (仮定) , b を結論としたとき、 b にある規則「 a ならば b 」を当てはめて a を推論する。帰納推論が仮定と結論の傾向から、ルールや規則を導出したり、演繹推論が、前提となる事実・ルールから新たな事実を論ずるのとは異なり、発想推論は結論と規則から「仮定 a 」を求めるという点で大きな違いがある。

■**形式的定義** 発想推論の形式的定義として、論理式 P と観測事実 G に関して $P \not\models G$ であるとき、 $(P \cup \Delta \models G) \wedge (p \cup \Delta)$ は矛盾しないことを満足させる、論理式の集合 Δ を求める、というように示すことができる。 P に Δ を保管することにより、 G を説明、証明することができる。

Δ を「発想的説明」と呼ぶことがある。加えて、 $P \cup \Delta$ を「発想的拡張」と呼ぶことがある。 Δ に入れることができる文の区分 (クラス) を「候補仮説集合」と呼ぶ。このとき、 Δ の条件として以下の点を満たさなければならない。

- 候補仮説集合の要素はすべて原子文であること
- 与えられた一貫性制約を満たすこと
- 説明が基本的であること
- 説明が極小 (minimal) であること

■**発想推論の注意すべき点** 発想推論において注意すべき点としては、推論して導出した仮定 a が真理値的に真 (true) であることが保証されないという点である。これに関しては次の具体例で説明する。

以下のようにそれぞれ記号の意味を定めるとする。

- na : アリバイなし
- c : 犯人である

- ルール: $c \Rightarrow na$ (犯人であるならばアリバイなし。)

このとき、発想推論を行い前提（仮定）部分の c を導出してみる。節集合として $\{c, c \Rightarrow na\}$ と $\{na, c \Rightarrow na\}$ があり以下のような伴意関係が導ける。

$$\begin{aligned}\{c, c \Rightarrow na\} &\models na \cdots 1 \\ \{na, c \Rightarrow na\} &\models c \cdots 2\end{aligned}$$

このとき、式 1 に関しては、節集合のどれか一つが true であるとき、例えば、 $c = true$ すなわち犯人であることが真であるときは、必然的に犯人であるので「 na アリバイなし」は成立する。したがって、式 1 に関しては成立する。しかし、式 2 に関して、 $na = true$ すなわち「アリバイがない」という条件だけでは犯人であるか否かを決定することができない、すなわち c が $true$ か $false$ であるかを決定することはできないので、式 2 に関しては成立できない。したがって、仮に発想推論の結論として仮定 a を求めたとしてもその結論が真であるか否かは保証されない。よって求めた仮定が本当に正しいかどうかに関しては別で議論する必要がある。

2.3 帰納推論の説明

先に示したように、帰納推論は既知の事実や事例から読み取れる傾向を総合し結論を論ずる推論方法である。特定のケース、条件と結論のセットからあるルールを導出する。

フランシス・ベーコンによって提案された概念で、これをより人間学に近いよう噛み砕いたものは特に「ジョン・ロックの経験論」と呼ばれる。

帰納推論は、その手法から概念学習と称されることがある。個別事実の細部を無視し、共通して見られる部分や傾向を抽出することで一般的な概念を学習する。

一般的に、帰納とは人間のような知的判断力を有する生物が行動を学習する原理を定式化したものである。以下に他の推論との比較表を挙げる。（引用元：Wikipedia「帰納」<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%B8%B0%E7%B4%8D>）

	演繹推論	狭義的な帰納推論	発想推論	類推推論
例	前提 1 : a ならば b である 前提 2 : a である 結論 : b である	前提 1 : a_1 は P である 前提 2 : a_2 も P である 結論 : (たぶん) すべての a は P である	前提 1 : a である 前提 2 : H と仮定すると a が説明できる 結論 : (たぶん) H である	前提 1 : a は P である 前提 2 : b は a と似ている 結論 : (たぶん) b は P である
情報量増加	×	○	○	○
真理保存性	○	×	×	×

表 1 推論手法の比較

■補足 数学的帰納法や、構造的帰納法などの手法は、名称に帰納とついているが、手法としては演繹に当たる。

2.4 解集合からの学習について

2.5 ILAPS システムの概要

2.6 初期の ILAPS における仮説導出アルゴリズム

3 計算機実験

3.1 実験準備

3.1.1 実験環境

今回の実験は仮想マシン上で clasp のバイナリをダウンロードして行った。下記に実験時の環境を示す。

- ホスト OS : Window10 Home 20H2
- 仮想 OS : Ubuntu 20.04.2 LTS
- CPU : Intel(R)Core(TM)i7-9700K @ 3.6GHz
- GPU : Nvidia Geforce RTX2070 OC @ 8GB
- ホスト RAM : 16GB
- 仮想 RAM : 4GB
- clingo version : 5.4.0

4 巻末資料

本稿で使用した画像、プログラムコード等はすべて以下のリンク先に掲載している。必要に応じてご覧頂きたい。

- GoogleDrive:<https://drive.google.com/drive/folders/1YZg84--BFR0XRyXArL1TTY5m5xGxITxG?usp=sharing>
- GitHub:https://github.com/tsyu12345/logical_and_calculating_LectureCode/tree/master/No14