

# Prolog による集合意思決定の体験的学習の可能性

東京学芸大学：澤谷 拓郎：b042103f@u-gakugei.ac.jp  
東京学芸大学：高籾 学：takayabu@u-gakugei.ac.jp  
東京学芸大学：岸 卓甫：n045114n@u-gakugei.ac.jp  
東京学芸大学：村田 晴紀：n045143s@u-gakugei.ac.jp

## 1 はじめに

集合的選択理論とは、社会状態の選択肢に対する、個人の多様な嗜好を集計し、集団の意思決定を行う上で、どのような集計ルールを設計するか、また、集計ルールがどのような性質を持っているかを研究するものである。その集計ルールの1つに単純多数決制がある。単純多数決制は現代社会においては、民主制と密接に関わりながら、広く用いられているにも関わらず、さまざまな問題を孕んでいることが分かっている。こうした単純多数決制による意思決定メカニズムについて学習することは、重要であるだろう。しかし、集合的選択理論は、論理式上の抽象的思考を必要とするため、学習者にとっては非常に難解であると考えられる。そこでわれわれは、論理プログラミング言語である Prolog により、抽象的な論理式による集合的選択問題をコード化し、シミュレーションを行うことで、難解な意思決定メカニズムの理解が促進されると考えた。本報告は、集合的選択理論の学習における、Prolog の利用法の提案と、その有効性の検討を目的とする。

## 2 集合的選択理論

集団意思決定の理論研究では、アロー (Arrow, K)、セン (Sen, A.) などの功績が有名であり、アローの「一般可能性定理」などは経済学、倫理学、社会学など様々な分野において応用されてきた。われわれは、集合的選択理論の1つである単純多数決制に着目した。単純多数決制は今日の社会では広く採用されているが、「投票のパラドックス」などといわれ

る矛盾が存在するなど、様々な問題があることが分かっている\*<sup>1</sup>。こうした問題が生じないためにはどのような制限が必要であるかといった研究もなされている。多数決は民主主義との関連から、学校教育においても重要な位置を占めており、例えば、中学校社会科公民的分野では、現代民主政治と関係する形で多数決が学習内容として含まれている。こうしたことから、単純多数決制による集団意思決定メカニズムとそれが持つ課題について学習することは非常に重要なことであると考えられる。

## 3 Prolog とは

Prolog (Programming in logic) は、その名の通り、論理プログラミング用に設計された言語である。

### 3.1 基本構造と単一化

Prolog のコードはホーン節と呼ばれる事実を表す節やルール節と呼ばれる規則を表す節などの論理式の集まりであり、知識データベースに登録される。以下に節の例を示す。

```
ホーン節 female(jane).  
          father_of(tom,taro).  
          father_of(taro,jane).  
ルール節 grandfather_of(A,B) :-  
          father_of(A,C), father_of(C,B).
```

ホーン節の例は「tom は taro の父親である」という事実を表し、ルール節の例は「A が C の父親

\*<sup>1</sup> 個人の嗜好順序は推移的であるにも関わらず、集団の嗜好順序に非推移性が生じる状態

であり、かつ、C が B の父親であるとき、A は B の祖父である」という規則を表す。次に質問の例を示す。

```
?-female(jane).  
Yes  
?- father_of(X, jane).  
X = taro  
Yes
```

Prolog は、質問を目標にして、知識 DB と照合しながら、それが真であるか、偽であるかの試行を繰り返す。「jane は女性であるか？」という質問に対しては、知識 DB に登録されているので真を返す。また、「jane の父親 X は誰か？」という質問に対しては、知識 DB と照合し、X が taro と対応して、真を返す。これらの基本的な導出原理に加え、導出中に失敗が起こったら直前の選択点に戻り、別の選択肢を試すというバックトラック機能により、与えられた条件をみたすような論理式を、時間とコンピュータのメモリが許す限り調べ上げる。

#### 4 Prolog を利用する意義

集合的選択理論を学習するにあたっては、数理論理学が用いられていることなどによる理論の抽象性が問題になる。しかし、日常的な場面においてしばしば集合的選択が行われているように、高度に抽象化された理論ではない。そこで、Prolog により、論理式をコード化し、具体的な事例をシミュレーションすることができれば、高い学習効果が得られると考える。Prolog は、論理式のコード化において、他の言語より遥かにコード化がしやすく、単一化・バックトラック機能により、自動的に条件に合致するケースを調べるので、より具体化された結果を得ることができると考えられる。Prolog のコードは論理式をプログラミング言語として表現したものであるので、そのコードを読むことだけでも集合的選択理論の理解に貢献できるであろう。また、フリーで利用可能な実装が複数存在することも利点であ

る\*2。

#### 5 Prolog を利用した教材

Prolog により、3 選択肢、3 人における単純多数決ルール of 論理モデリングを行い、コード化を行った。これにより、抽象的な論理式で表されていたルールが、論理的な意味を持つプログラミング言語として表現された。これを読むことだけでも意思決定メカニズムの理解に貢献できる。また、より実験的な学習として、3 選択肢、3 人の限定された状況においては、具体的なシミュレーションを行うことが可能である。このシミュレーションにより、単純多数決制において、個人の選好がどのようなときに、社会的選好はどのように決定されるかといった具体的な意思決定メカニズムを観察できる。また、どのような場合に、社会的選好に矛盾が生じるかという、単純多数決制の持つ問題点についても導出可能であり、それらを回避するためにはどのように条件を制限したらよいかという、さらに発展した学習にも応用可能である。このことは、学習者にとって有効であるばかりでなく、研究者にとって、新たな制限や、ルールによって矛盾が生じないかといった証明を自動的に行うという点で、負担の軽減につながると思われる。こうしたことから本教材は、集合的選択理論の学習に効果的であると考えられる。また、この教材を LiveCD に組み込むことで、学校現場の多様な教室環境にも対応する。

#### 参考文献

- Arrow, K. (1963) *Social Choice and Individual Values* : Yale Univ.  
Sen, A. (1982) *Choice, Welfare, and Measurement*: MIT.  
大庭健・川本隆史訳『合理的な愚か者』勁草書房, 1989)  
犬童健良 (2006) 「論理プログラミングによる多数決投票ルールの分析」, internet. <http://www.us.kantogakuen.ac.jp/indo/wp/majority.pdf>.  
大黒学 「初級 Prolog 講座」, internet. <http://tutorial.jp/prog/prolog/prolog.pdf>.

\*2 SWI-Prolog, GNU Prolog などの処理系がある