

前向き推論エンジンを用いた自動非単調推論 ～ デフォルト論理における事例研究

伊藤 拓也、後藤 祐一[†]、程 京徳[†]

埼玉大学大学院理工学研究科数理電子情報専攻[†]

1. はじめに

前向き推論エンジンは発見や予測を行う情報システムにおいて必要不可欠な構成要素である[2]。

汎用前向き推論エンジン FreeEnCal [2]は、さまざまな分野における発見や予測を行う情報システムに利用できる前向き推論エンジンとして、提案され開発されている。FreeEnCal は自動定理発見[3]や鍵交換プロトコルにおける推論的形式分析手法[6]などに利用されている。

一方で、我々人間は不完全な状況において、常識に基づいて推論を行っている。常識に基づいた推論は新たな事実がわかることによって結果が覆される可能性がある。このような結果が覆ってしまう可能性のある性質を持つ推論は、非単調推論と呼ばれる[5]。非単調推論を定式化する手法の一つに、デフォルト論理というものがある[4]。

結果が覆されないような推論は単調推論と呼ばれ、先の利用例ではFreeEnCal は単調推論を自動化するために用いられている。現在、FreeEnCal を用いて非単調推論を自動で行えることのできる機構は存在しない。

前向き推論エンジンを用いた非単調推論の自動化の手法を明らかにするため、その第一歩としてデフォルト論理を用いた推論を例として事例研究を行う。そのために、Antoniou のデフォルト論理に関するサーベイ論文[1]で登場する6種類のデフォルト論理について、FreeEnCal を用いた自動前向き推論の仕組みを検討し、事例を用いてその有効性を明らかにする。

2. デフォルト論理に基づく推論

デフォルト論理では、知識ベースをデフォルト理論と呼ぶ。デフォルト理論は $T = (F, D)$ で表される。 T は、検討対象の分野において正しいと考えられている定理を論理式で表現したものの集合 F と、デフォルト規則の集合 D 、という二つの集合から構成されている。

デフォルト規則は、以下のような形式で表される。

$$\frac{Bird(x):Fly(x)}{Fly(x)}$$

この形式において”Bird(x)”は前提条件、上側の”Fly(x)”は根拠、下側の”Fly(x)”は結論となる。デフォルト規則を適用する時点で論理式の集合に前提条件が含まれ、かつ根拠に矛盾しないならば結論を導出する。この例は x が鳥であり、 x が飛ぶことが無矛盾ならば、 x は飛ぶものとする。という意味である[4]。デフォルト論理に基づく推論を進めていくと、デフォルト規則の適用順によって得られる結論の集合が異なる場合がある。すなわち、デフォルト論理に基づく推論にはあいまいさがある。あいまいさを表現するため、拡張という概念が定義されており、拡張は複数存在する場合がある。拡張の詳しい定義は文献[1]に従う。

3. 汎用前向き推論エンジン FreeEnCal

論理定理フラグメントとはある論理体系の論理定理の集合の部分集合である。また、ある論理体系に基づいてある分野で成り立つ定理（経験定理）から導出された定理の集合を形式理論という。前向き推論エンジンの応用においては、ほとんどの場合対象分野の形式理論フラグメントを得ることが目的となる。FreeEnCal は、論理結合子及び様相演算子の入れ子の度合いを制約条件として用いて論理定理フラグメントおよび形式理論フラグメントを導出している。

FreeEnCal は、利用者によって与えられた推論規則、論理式の集合、制約条件を入力として受け取り、論理定理フラグメント及び経験定理フラグメントを出力する[2]。

4. 前向き推論エンジンを用いたデフォルト論理に基づく前向き推論

デフォルト理論 $T = (F, D)$ とし、 $D = \{\delta_i\}$ (i は自然数)とする。 δ_i は i 番目のデフォルト規則を表す。デフォルト論理では F の生成方法を考慮しないが、前向き推論エンジンを用いて推論を行う際には、利用者によって与えられたある分野の経験定理の集合 C に推論規則の集合 I を繰り返し適用することで導出する。すなわち、 F は C に I を適用した演

Automated Non-monotonic Reasoning with Forward Reasoning Engine - A Case study in Default Logics

[†] Ito Takuya, Goto Yuichi, Cheng Jingde, Saitama University Graduate School of Science and Engineering

