

多値論理に基づく粒状推論のフレーム問題への適用

Application of Granular Reasoning based on Many-Valued Logics for Frame Problem

中山陽太郎 (Yotaro NAKAYAMA)

This research proposes a new approach for the frame problem related to description, processing, and partiality of information. This research adopts the zooming reasoning based on the granular computing and proposes its paraconsistent and multi-valued logic as a basis. Zooming and conditional logic based on paraconsistent many-valued logic reconstruct deduction systems and preference models for update and query for a database. We already show a deduction system based on partial semantics using sequent calculi and tableau calculi.

フレーム問題は、知識エージェントの知識表現の記述性の限界に関する問題であり、人工知能研究における未解決問題の一つとされる [1]。例えば、ある世界に置かれたロボットは、その世界の情報をすべて認識することは不可能であり、断片的な情報や部分的な情報から判断を行うことが求められる。また情報の増加により、既存の情報との整合性の保証をどのように行うかが課題である。これらの記述量や情報の部分性の解決のため、非単調推論に基づく論理システムが研究されている。

本研究では、フレーム問題における状況の定義を粒度計算における粒状の概念として捉え、属性の変化をズーム推論 [2] を用いて記述することを提案する。このため、ズーム推論の意味関係を多値論理 [4] で解釈し、部分意味論に基づく帰結関係を定義する。また、ズーム推論は矛盾許容論理として解釈できることを示し、従来の非単調論理に基づくデフォルト推論を、矛盾許容論理の推論に適用させることを試みる。これより、記述量の削減と整合性対応が、多値論理においても有効性があることをみる。また非単調論理におけるデータベース更新の計算量の課題について、矛盾許容論理と条件論理 [3] に基づく選好モデルを用いることで適切な帰結を導出すると同時に、フレーム問題における記述量と処理量を削減できる可能性について検討する。

研究手法として、粒状計算に基づくズーム推論を用い、フレーム問題に適用された非単調推論による知識表現に対して、ズーム推論を矛盾許容論理に拡張した論理システムによる解決を図る。論理システムとして、ズーム推論を多値論理の部分的意味論に基づく帰結関係と対応付ける。これによって、多値論理の演繹的制約に対応するとともに、シーケント計算やタブロー計算による推論の自動化を保証する。本研究では、論文 [6,7,8,9,10] において、多値論理によるラフ集合の決定論理の演繹システムの拡張を示した。多値論理は、値の解釈により異なる論理体系を構成することができるが、それらの論理システムは、二値論理の演繹体系とは異なる特性を持つ。それらを統合的に扱うため、帰結関係をそれぞれ定義し、統一的なモデルによって三値論理と四値論理の演繹システムを定義した。推論システムとして、シーケント計算、及びタブロー計算を用い、Henkinタイプの証明により、健全性と完全性を示した [7,8]。これにより、多値論理による自動推論の実現性を示すことができた。

今後の方針として、フレーム公理を一般性の概念と仮定し、非単調論理に基づくアプローチに対する矛盾許容性を考慮した論理システムの適用の検討を進める。データベース(知識ベース)の枠組として矛盾許容論理を考慮した粒状計算による条件論理 [3] への拡張を検討する。従来、デフォルト推論の枠組みで研究されてきた「典型的には」を意図する推論や含意について検討するとともに、データベース更新や問い合わせにおける選好性の問題について、条件論理と矛盾許容の多値論理の枠組みで再検討する。

参考論文

1. J. McCarthy and P. Hayes, Some philosophical problems from the standpoint of artificial intelligence, *Machine Intelligence* 4, (1969).
2. T. Murai, M. Sanada, Y. Kudo, M. Kudo, A Note on Ziarko's Variable Precision Rough Set Model and Nonmonotonic Reasoning, *Rough Sets and Current Trends in Computing*, 103-108, (2004).
3. T. Murai, Y. Kudo and S. Akama, Paraconsistency, Chellas's Conditional Logics, and Association Rules, *Paraconsistent Engineering*, 179-196, (2016).
4. A. Urquhart, Basic Many-Valued Logic, *Handbook of Philosophical Logic*, Springer, (2001).
5. S. Akama, T. Murai and Y. Kudo, Reasoning with Rough Sets, *Logical Approaches to Granularity-Based Framework*, Springer, (2018).
6. Y. Nakayama, S. Akama, and T. Murai, Deduction System for Decision Logic based on Partial Semantics, *SEMAPRO, Barcelona*, (2017).
7. Y. Nakayama, S. Akama, and T. Murai, Deduction System for Decision Logic Based on Many-valued Logics, *International Journal on Advances in Intelligent Systems*, 11, *IARIA Journal* 105-114, (2018).
8. Y. Nakayama, S. Akama, and T. Murai, Four-valued Tableau Calculi for Decision Logic of Rough Set, *Proceedings of KES, Belgrade*, (2018). (to appear)
9. 中山 陽太郎, 赤間 世紀, 村井 哲也, “三値論理に基づく決定論理の演繹システム”, 第33回ファジィシステムシンポジウム FSS2017, (2017).
10. 中山 陽太郎, 赤間 世紀, 村井 哲也, “粒状計算に基づく情報の粒度を考慮した推論のフレーム問題への適用”, 人工知能学会 107 回人工知能基本問題研究会(SIG-FPAI), (2018).