

## 多値論理およびラフ集合 - 決定論理と常識推論への応用

### Many Valued Logics and Rough Sets - Applications to Decision Logic and Commonsense Reasoning

中山 陽太郎 (Yotaro NAKAYAMA)

This study proposes a deduction system based on many-valued logics and rough sets for knowledge representation. As an application of reasoning, we assume situation calculus and apply a granularizing operation to grasp objects in a situation with abstraction and refinement. We adopt zooming inference based on granular computing as an action in a situation and propose a deduction basis with many-valued logics. In Epistemic Situation Calculus, the action can be seen as modality, and we apply zooming inference to epistemic situation calculus. This approach leads to adding the inference ability to the knowledge of the agent.

本研究は、多値論理とラフ集合を用いた新たな推論システムの構築を目的し、応用として状況計算に基づく常識推論への適用を行う。ラフ集合を意味的解釈とする多値論理の体系の構築を行い、粒状推論によるズーム推論の基底論理として多値論理の適用を検討した。ズーム推論と多値論理による演繹体系については、部分的意味論に基づく帰結関係と対応関係を示し、シーケント計算やタブロー計算による推論システムを示した [5,6,7,8,9,10,11,12].

今回、応用として粒状推論に基づくズーム推論を状況計算における知識表現へ適用し、常識推論、および知識表現における有効性を確認する。状況計算は、知的システムにおける知識表現の形式化を目的として、McCarthy and Hayes により提唱され、動的な対象に対する知識表現の課題はフレーム問題として問題提起された [1,2]。ある世界に置かれたエージェントは、世界の情報をすべて認識することは不可能であり、部分的な情報から行動に必要な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が問題となり、膨大な量の推論はシステムの実現性における課題となる。これらの課題を背景に、非単調推論や常識推論の研究が進展してきている。

本研究では、Lakemeyer and Levesque による認識論的状況計算に対し、状況をラフ集合の粒状計算として捉え、情報の変化をズーム推論 [4,5] を用いて記述することを提案する。粒状計算の適用において、認識論的状況計算 [3] に基づき状況を可能世界として扱う。行為を様相として解釈することで、アクションによるエージェントの知識の変化を、状況に対する同値関係で捉えることが可能となる。ズーム推論をアクションの様相として、状況計算に組み込むことで、状況の抽象化と具体化を認識することが可能となる。また、粒状化により、近似する性質をもつ対象の抽象化や、具体化することにより例外の扱いが可能となり、エージェントの知識表現や推論に有効である。流量 (状況の属性) におけるフレーム公理をズーム推論により抽象化して捉えることで情報量の観点からも効果があると考えられる。

参考論文

1. J. McCarthy and P. Hayes, Some philosophical problems from the standpoint of artificial intelligence, *Machine Intelligence* 4, (1969).
2. R. Reiter. *Knowledge in Action: Logical Foundations for Specifying and Implementing Dynamical Systems*, The MIT Press, 2001.
3. A semantic characterization of a useful fragment of the situation calculus with knowledge, *Artificial Intelligence*, Vol.175, 2011.
4. 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).
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).
9. Y. Nakayama, S. Akama, T. Murai, Four-Valued Semantics for Granular Reasoning Towards Frame Problem, *SCIS&ISIS 2018*: 37-42.
10. Y. Nakayama, S. Akama, T. Murai, Bilattice Logic for Rough Sets, 2019 (Submitted).
11. 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uzzyシステムシンポジウム FSS2017, (2017).
12. 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).