

Title	オントロジー矛盾解消のための棄却可能推論手法
Author(s)	To, Hoai Viet
Citation	
Issue Date	2014-09
Type	Thesis or Dissertation
Text version	ETD
URL	http://hdl.handle.net/10119/12296
Rights	
Description	Supervisor:池田 満, 知識科学研究科, 博士

氏名	TO HOAI VIET		
学位の種類	博士(知識科学)		
学位記番号	博知第 158 号		
学位授与年月日	平成 26 年 9 月 24 日		
論文題目	Defeasible Reasoning Approach to Resolve Conflict in Inconsistent Ontologies (オントロジー矛盾解消のための棄却可能推論手法)		
論文審査委員	主査	池田 満	北陸先端科学技術大学院大学 教授
		中森 義輝	同 教授
		Huynh Nam Van	同 准教授
		由井 隆也	同 准教授
		Le Hoai Bac	ベトナム国家大学ホーチミン市校 准教授

論文の内容の要旨

With the emergence of new knowledge sources such as machinery knowledge and organizational knowledge, knowledge creation process has shifted to a new level of co-creation process where multiple participants share and utilize other's knowledge to create newly collaborative knowledge. One issue of knowledge co-creation is the heterogeneity and conflict among knowledge from various sources. Ontologies are the solution for heterogeneous problem since they can explicitly represent the knowledge within each participant to make the knowledge understandable and manipulatable by the others. They have been used widely in many areas relating to Knowledge Science such as knowledge managements, service science, bioinformatics, e-healthcare, e-learning, among others. There are various specification for ontology representation among which description logics (DLs) is chosen as the recommendation in Semantic Web environment due to their good tradeoff between expressive power and computational efficiency. DL ontology represents the world by concepts, which correspond to groups of objects, and roles, which correspond to the relationship among concepts. A DL ontology contains logical axioms, which are understandable by a computer and make it is possible to automatically handle an ontology.

This research aims to accelerate and accurate knowledge co-creation process by studying and extending ontology abilities to handle heterogeneous and conflict knowledge shared among collaborators. We construct an expressive ontology for School of Knowledge Science, **KS ontology**, and propose an extension of description logic (DL) ontology, named **defeasible DL**, which can handle conflict knowledge in inconsistent ontologies. The KS ontology is an explicit representation of educational program of School of Knowledge Science which allows students to exchange and create their own knowledge about studying plan with the assistant of computer. DL axioms are used to express educational program so that computer programs can process the ontology to provide assistant services. The application of KS ontology demonstrates the role of DL ontology to support knowledge

sharing and co-creation process in real world situation.

Upon building ontology for real-world application, we recognize the problem of conflict knowledge. Conflict appears naturally because of the incompleteness of participant's knowing in a knowledge co-creation environment. For example, the advances of machine learning and data processing techniques can allow computer to generate the knowledge that have not been discovered by human being. Conflict knowledge can make an ontology inconsistent and infer meaningless conclusion. Reasoning with inconsistent ontologies is necessary and has attracted much attention in recent years. Those researches extend ontology reasoning ability by integrating non-monotonic reasoning mechanisms or providing uncertainty representation to handle conflict knowledge in ontology.

We propose defeasible DL, an extended representation of DL ontology, which contains defeasible axiom and priority relation. Defeasible axiom provides a mean to represent knowledge that can be retracted when there is contradict evidence and priority relation is used to assign the preference among axioms to resolve conflict among defeasible knowledge. Based on the principle of defeasible reasoning, we propose a reasoning framework for defeasible DL ontology which utilizes a selection function to select axioms and create a consistent sub-theory of original ontology and perform reasoning. The selection function is skeptical because it looks ahead to see whether there is any contradict conclusion that can be inferred and only select an axiom if all contradict conclusions are eliminated. Compared with other related works, our approach has simplicity and flexibility, expressive power, and computational efficiency as the advantages. Therefore, this research can help to accurate the conflict issue in knowledge co-creation application. Due to the simplicity, our approach also has the limitation of not exploiting the semantics of elements in the knowledge. This limitation can be solved by integrating our reasoning approach with more complicated uncertainty representation, which is the future perspective of our research.

Keywords: ontology, defeasible reasoning, description logics, knowledge representation and reasoning, conflict knowledge

論文審査の結果の要旨

近年の情報インフラの高度化と普及に伴い、知識の創造・共有の基盤としての知識情報処理技術が重要な役割を担うようになってきている。その中で、オントロジー工学は知識を構成する概念の体系を表現・共有するための技術として中核的な役割を担っている。オントロジーは、知識に関わる活動の主体（人・情報システム）が、知識の構成に関する相互理解を形成することの基礎を提供する。しかしながら、知識の構成はそれぞれの主体の視

点や知識が活用される文脈に依存するため、オントロジーの一貫性を保つことは簡単なことではなく、オントロジーの一貫性を維持するための手法の確立が求められている。このような、オントロジーの一貫性維持という課題に対して、本研究では、棄却可能論理の理論を基礎にし、矛盾を含むオントロジーへの棄却可能推論アプローチを提案している。従来の棄却可能推論のアプローチと異なり、懐疑主義を応用するアプローチである。懐疑的推論では、矛盾する結論が導かれていないかを先読みし、矛盾する結論をすべて除去するように知識を選択したうえで推論を行う。既存の棄却可能推論アプローチでは、この先読みにおいて、結論の間にある膨大な数の組み合わせを考慮しなくてはならない。本研究では、常に一つ推論パスを吟味するだけで、矛盾しない結論を導くアルゴリズムを構成している。この原則は、推論の計算複雑さを減らし、実問題に応用することを可能にしている。

本論文では、最初に、**Defeasible Description logic(DDL)**という棄却可能論理の表現と意味論を新たに定義し、半自動的な矛盾解消推論アルゴリズムを構成している。DDLの表現において棄却可能な公理集合とその公理間の優位性を与えれば、本論文で提案しているアルゴリズムは、公理数を n 、オントロジー推論の時間複雑さを C として、 $O(n^2C)$ の時間複雑さで、矛盾解消推論を行うことができることを証明している。既存のアルゴリズムは、すべて、棄却可能な公理数の指数オーダーの時間複雑さであったため、本アルゴリズムが、オントロジーのサイズの増加に従来手法より適応できる手法として有効であることが示されている。また、本アルゴリズムを、オントロジー開発環境として国際的に最も利用されている **Protegy** のプラグインとして実装している。

総じて、本研究は、オントロジーの一貫性維持の問題に対して知識科学視点での実証的な知見は十分に示されていないが、その基礎として、アルゴリズムの独創性と有効性において学術的貢献を目指したものであると認めることができる。

以上、本論文は、棄却可能論理に基づいたオントロジーの矛盾解消手法について、知識科学的視点での意義を論じたうえで、推論効率の良い **Defeasible Description Logic** の表現と推論アルゴリズムを示し、その応用可能性について論じたもので、学術的に貢献するところが大きい。よって、博士（知識科学）の学位論文として十分価値あるものと認めた。