

自己評価報告書

平成23年 3月 25日現在

機関番号：32689

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2008～2011

課題番号：20700015

研究課題名(和文) 部分構造論理とその情報科学への応用

研究課題名(英文) Substructural logics and their applications to computer science

研究代表者

上出 哲広 (KAMIDE NORIHIRO)

早稲田大学・高等研究所・研究員

研究者番号：60332053

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・情報学基礎

キーワード：部分構造論理, パラコンシステント論理, 時間論理, 線形論理, 完全性定理, 決定可能性, カット除去定理

1. 研究計画の概要

本研究の目的は、部分構造論理を含む非古典論理の証明システムおよび意味論を構築し、非古典論理の理論的基盤を構築・整備するとともに情報科学への応用に役立てることである。非古典論理の具体例としては、線形論理、適切論理、BCK 論理、等の部分構造論理族および、時間論理、パラコンシステント論理が挙げられる。本研究では、拡張線形論理、拡張時間論理および拡張パラコンシステント論理に対する各種証明システムおよび意味論を構築する。そしてそれらシステムと意味論の基本的性質であるカット除去定理、(強)正規化定理および完全性定理を証明する。また、それらシステムの決定可能性を証明し、決定手続きの計算量を明らかにする。以上の理論的結果を利用することにより、知識ベースシステム、オントロジー記述言語、並行・分散システム、プログラミング言語、等の論理的形式化を実現する。

2. 研究の進捗状況

(1) 拡張時間論理に関する研究成果：

本研究では、時間論理 CTL とパラコンシステント論理を組み合わせた拡張論理および時間論理 LTL と CTL を組み合わせた拡張論理をいくつか構築した。そしてこれら論理に対する証明システムおよび意味論を構築した。それら証明システムと意味論に対して、埋め込み定理、カット除去定理および完全性定理を証明した。さらにこれら論理の決定可能性および決定不可能性を証明した。決

定可能な論理に対しては、決定手続きの計算複雑さを明らかにした。これら枠組みを使用して、並行・分散システム、知識表現、マルチエージェントシステム、プログラミング言語、モデル検査技術等に対する論理的基礎を与えた。CTL とパラコンシステント論理を組み合わせた拡張論理では、矛盾性を許容可能な並行システムを記述することが可能になった。CTL と LTL を組み合わせた拡張論理では、モデル検査アルゴリズムの計算量を CTL と同等に抑えたまま LTL の簡明な論理式記述を実現することができた。

(2) 拡張パラコンシステント論理に関する研究成果：

本研究では以下の拡張パラコンシステント論理を導入し、その基本的な性質を明らかにした。

- ① 記述論理をベースにした拡張パラコンシステント論理,
- ② 代数構造であるトライラティスをベースにした拡張パラコンシステント論理,
- ③ 時間論理をベースにした拡張パラコンシステント論理,
- ④ 従来の伝統的パラコンシステント論理の変種およびリファインメント。

特に①に関しては、現在まで研究されてきたいくつかのパラコンシステント記述論理のすべての利点を併せ持つような新たな拡張パラコンシステント記述論理を構築することができた。

3. 現在までの達成度

区分：②おおむね順調に進展している。

理由：

- (1) 共同研究が順調に進展している。
- (2) 当初から予定していた完全性定理および正規化定理の証明が完了している。
- (3) いくつかの論文がジャーナルおよび国際会議に受理・掲載されている。
- (4) 部分構造論理に関する単著のモノグラフの執筆が完了しつつある。

4. 今後の研究の推進方策

- (1) 部分構造論理に関するモノグラフ（単著）の執筆を推進する。
- (2) Prof. Heinrich Wansing との共著のモノグラフの執筆を推進する。
- (3) ドイツに短期間滞在し、上記共同執筆を推進する。
- (4) 研究結果を、国際会議 International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information and Engineering Systems (KES 2011) で発表する。
- (5) いくつかの論文をジャーナルに投稿する。

5. 代表的な研究成果

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 32 件）

- [1] Norihiro Kamide, Phase semantics for linear-time formalism, Logic Journal of the IGPL 19 (1), pp. 121--143, 2011. 査読有.
- [2] Norihiro Kamide and Heinrich Wansing, A paraconsistent linear-time temporal logic, Fundamenta Informaticae 106 (1), pp. 1--23, 2011. 査読有.
- [3] Norihiro Kamide and Heinrich Wansing, Combining linear-time temporal logic with constructiveness and paraconsistency, Journal of Applied Logic 8, pp. 33--61, 2010. 査読有.
- [4] Norihiro Kamide and Heinrich Wansing, Sequent calculi for some trilattice logics, The Review of Symbolic Logic 2 (2), pp. 374--395, 2009. 査読有.
- [5] Norihiro Kamide, Proof systems combining classical and paraconsistent negations, Studia Logica 91 (2), pp. 217--238, 2009. 査読有.

〔学会発表〕（計 17 件）

- [1] Norihiro Kamide, Embedding-based approaches to temporal logics: A survey, International Conference on Mathematics of Date (ICMD 2010-2011), 2011 年 1 月 1 日, India, Allahabad.
- [2] Norihiro Kamide and Ken Kaneiwa, Resource-sensitive reasoning with sequential information, The 23rd Australasian Joint Conference on Artificial Intelligence (AI'10), 2010 年 12 月 8 日, Australia, Adelaide.
- [3] Norihiro Kamide, A sequent calculus for 3-dimensional space, The 20th Brazilian Symposium on Artificial Intelligence (SBIA 2010), 2010 年 10 月 26 日, Brazil, Sao Bernardo do Campo.
- [4] Norihiro Kamide and Ken Kaneiwa, Extended full computation-tree logic with sequence modal operator: Representing hierarchical tree structures, The 22nd Australasian Joint Conference on Artificial Intelligence (AI'09), 2009 年 12 月 3 日. Australia, Melbourne.
- [5] Norihiro Kamide, Linear exponentials as resource operators: A decidable first-order linear logic with bounded exponentials, The 11th European Conference on Logics in Artificial Intelligence (JELIA 2008), 2008 年 9 月 28 日, Germany, Dresden.

〔その他〕

個人 HP:
<http://www.geocities.jp/logicincomputer-science2006/indexj.html>