

平成25年度北海道大学情報基盤センター共同研究成果報告書

1. 研究領域番号 A2 大規模問題解決の基盤技術
2. 研究課題名 帰納法を使った論理等価式の証明に基づくプログラムの構成部品の自動生成
3. 研究期間 平成25年4月1日 ~ 平成26年3月31日
4. 研究代表者

氏名	所属機関・部局名	職名	備考
三浦 克宜	北見工業大学・情報処理センター	講師	

5. 研究分担者

氏名	所属機関・部局名	職名	備考
赤間 清	北海道大学・情報基盤センター	特任教授	
内海 隆行	山口東京理科大学・工学部	教授	
関根 優年	東京農工大学・工学部	教授	
Ekawit Nantajeewarawat	タマサート大学（タイ王国）	准教授	

6. 共同研究の成果

下欄には、当該研究期間内に実施した共同研究の成果について、その具体的内容、意義、重要性等を、共同研究申請書に記載した「研究目的」と「研究計画・方法」に照らし、800字～1,000字で、できるだけ分かりやすく記載願います。文章の他に、研究成果を端的に表す図表を貼り付けても構いません。なお、研究成果の論文・学会発表等を行った実績（発表等の予定を含む。）があれば、あわせて記載して下さい。

【目的と成果】本研究は、等価変換計算モデルに基づいて、与えられた問題記述からプログラムを生成するための方法論の確立を目的としている。我々は、特に、論理等価式と呼ばれる論理式を経由して、問題記述から等価変換ルールを作り出す方法論について検討した。

この方法による等価変換ルールの生成では、論理等価式の正しさを保証することが極めて重要である。本研究の成果は、論理等価式のあるクラスに関して、その正当性を証明するための新たな理論を与えたことである。

【研究内容】本研究で扱う論理等価式のクラスは、アトム集合同士の等価性を定義した式であり、以下の2つの形式で表される。

$$\text{式① } \forall (\{H_1, H_2, \dots, H_n\} \Leftrightarrow \{eq(x, y), H_1, H_2, \dots, H_n\})$$

$$\text{式② } \forall (\{H_1, H_2, \dots, H_n\} \Leftrightarrow \{\text{false}\})$$

式①は、 $\{H_1, H_2, \dots, H_n\}$ の中の異なる2つの変数 x と y が等しいという知識を記述しており、式②は、 $\{H_1, H_2, \dots, H_n\}$ の真理値が偽であるという知識を記述している。

式①から作られる等価変換ルールは、確定節中の変数の具体化を促進させ、式②から作られる等価変換ルールは、述語の制約を満たさないアトムを持つ確定節を取り除くため、これらを効果的に使うことで、効率的な計算が可能になる。つまり、式①および式②の正当性を証明する方法は、結果的に、高速なプログラムの生成に役立つと考えている。

(研究成果のつづき)

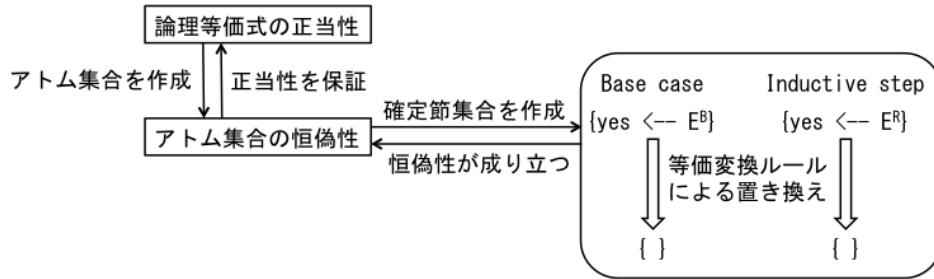


図 1 論理等価式の正当性を保証する枠組み

本研究では、アトム集合の恒偽性に基づいて、論理等価式の正当性を証明する方法を提案している。恒偽のアトム集合は、任意の基礎代入に関して、そのアトム集合の真理値が常に偽になる。提案方法により式①の正当性を証明するならば、アトム集合 $\{H_1, H_2, \dots, H_n, \text{not}(\text{eq}(x, y))\}$ の恒偽性を証明し、一方、式②の正当性を証明するならば、アトム集合 $\{H_1, H_2, \dots, H_n\}$ の恒偽性を証明する。

提案方法では、アトム集合の恒偽性が成り立つことを証明するために、等価変換ルールによる確定節集合の置き換えを利用している。公表論文では、アトム集合の恒偽性に関する定理証明が与えられている。図 1 で、Base case と Inductive step の 2 つの確定節集合の置き換えが記載されている理由は、本研究では、等価変換ルールの一般的な計算では証明が難しいアトム集合の恒偽性にも着目しており、その範囲をカバーするために、帰納法を導入しているからである。帰納法は、一般的に、Base case と Inductive step に分けて計算される。ここでは、Base case のための確定節集合の置き換えと、Inductive step のための確定節集合の置き換えに分けている。

等価変換ルールの生成の観点から提案方法の有用性を検証した結果、既存の等価変換ルール作成法では生成できなかった等価変換ルールが生成できるようになることが分かった。さらに、その中には制約充足問題を解くのに重要な等価変換ルールが含まれていることが分かった。

今後の課題として、我々は、論理等価式の新たなクラスに関する証明法の提案、および問題記述から論理等価式を自動的に生成するシステムの構築を目指している。

【研究成果の公表】

Katsunori Miura, Kiyoshi Akama, Hidekatsu Koike and Hiroshi Mabuchi : “Proof of Unsatisfiability of Atom Sets based on Computation by Equivalent Transformation Rules”, International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Vol.9, No.11, November 2013, pp4419-4430.