

氏名	鈴木晋
学位(専攻分野)	博士(工学)
学位記番号	論工博第3436号
学位授与の日付	平成11年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	演繹データベースシステムにおける再帰的な問い合わせ処理の効率化に関する研究

(主査)

論文調査委員 教授 茨木俊秀 教授 上林彌彦 教授 加藤直樹

## 論文内容の要旨

演繹データベースシステムは現在広く使われている関係データベースシステムに推論機構を付加したものである。関係データベースシステムの拡張として、また、人工知能分野における知識ベースシステムの核として期待されている。演繹データベースシステムの長所の一つは再帰的な問い合わせを扱えることにあるが、素朴な方法でこれを処理しようとする多大な計算時間を要するために、処理の効率化が重要な研究課題の一つとなっている。本論文は、そのために、拡張HaNa法、直積法、緩和法と呼ぶ適用範囲の異なる三つの新しい問い合わせ処理法を提案している。また、直積法の内部処理に関連して、多次元直方体被覆問題と呼ぶ基本的な組合せ問題を考え、この問題を効率的に解くためのアルゴリズムを提案している。

第1章は本論文の序論であって、再帰的な問い合わせ処理の効率化についての従来の研究の概要を紹介したのち、従来の研究と比較しながら、本論文で提案する問い合わせ処理法およびアルゴリズムの概要を説明している。

第2章では、同世代問題の再帰述語の引数の数を2から一般の整数 $m$ にした問題を考え、この問題を効率的に解くための方法として拡張HaNa法を提案している。同世代問題は演繹データベースの問い合わせに現れる代表的な問題であり、 $m=2$ の場合について多くの研究が行われている。拡張HaNa法は、 $m=2$ の場合の同世代問題に対して提案されたHaNa法を $m \geq 3$ の場合に効率的に動作するように変形した方法である。拡張HaNa法の最悪時間量を解析し、従来の方法の中で最悪時間量において最も効率的であるマジック集合法と比較し、 $m \geq 3$ の場合に、通常よく生じるデータに対して、拡張HaNa法がマジック集合法より効率的であることを示している。

第3章では、直積問題と呼ぶ新しい問題を定義し、この問題を効率的に解くための方法として直積法を提案している。直積問題は同世代問題クラスを包含し、また、一部の非線形問題を含む比較的広い問題クラスである。直積法は、効率化のために、直積問題に対して従来の方法が生成する複数の中間データをまとめて一つの間データとして扱うように工夫している。直積法と、従来の方法の中で最も効率的であるとされているマジック集合法を比較するために、同世代問題の再帰ルールを複数にした問題、および、非線形にした問題を考え、計算機実験を行った。その結果、与えられたデータが密な場合、直積法がマジック集合法より効率的であることが示された。

第4章では、多次元直方体被覆問題と呼ぶ組合せ問題を考え、これを効率的に解くための三つのアルゴリズムを与えた。多次元直方体被覆問題は連続性の条件を加えた直積問題に直積法を適用したときに直積法の内部処理に現れる組合せ問題である。また、この問題は組合せ問題の分野において有名な充足可能性問題の素直な一般化になっている。この問題を解くため、充足可能性問題の解法であるDavis-Putnum法および局所探索法を多次元直方体被覆問題に素直に拡張した二つのアルゴリズム、さらにDavis-Putnum法を直方体群の幾何学的性質を利用して拡張した、変形Davis-Putnum法と呼ぶ新しいアルゴリズムを提案している。これら三つのアルゴリズムの効率を調べるために計算機実験を行った結果、(i) 変形Davis-Putnum法が、あるタイプの多次元直方体被覆問題に対しDavis-Putnum法および局所探索法より効率的であること、(ii) これら三つのアルゴリズムを併用すれば、様々な性質をもった多次元直方体被覆問題の多くを効率的に解き得ること、が判

明した。また、(ii)の結果として、これらの三つのアルゴリズムを直積法に組み込むことにより、連続的な直積問題に対しては直積法の効率を更に高め得ることを示している。

第5章では、Datalog問題および一部のホーン問題を効率的に解くための方法として緩和法を提案している。Datalog問題は同世代問題や直積問題を包含するきわめて一般的な問題である。緩和法は、従来の方法と同様、探索空間の制約を求め、それを利用することによって問い合わせに無関係な中間データの生成をできるだけ防ぎ、問題を効率的に解く。しかし、制約の求め方が従来の方法より柔軟になっている。一方、このような広い範囲の問題に適用できる従来の方法の中では、マジック集合法の拡張であるマジックテンプレート法が最も効率的とされている。そこで、新しい方法である緩和法とマジックテンプレート法を理論的に比較することを試み、マジックテンプレート法が扱うことのできる任意の問題を緩和法が少なくとも同程度の効率で解き得ること、ある場合は緩和法がより効率的であること、さらに緩和法はマジックテンプレート法より広範な問題を扱い得ることを示している。

第6章では以上の結果をまとめ、研究を総括している。

### 論文審査の結果の要旨

本論文は、演繹データベースシステムにおける再帰的な問い合わせ処理の効率化を目的として行った研究をまとめたものであり、適用範囲の異なる三つの問い合わせ処理法の提案、および、その内の一つに関連する基本的な組合せ問題を解くアルゴリズムの提案を含んでいる。得られた成果は次の通りである。

1. 演繹データベースにおける代表的な問い合わせ問題である同世代問題について、その再帰述語の引数の数を2から一般の整数 $m$ にした問題を考え、拡張HaNa法を提案した。拡張HaNa法の最悪時間量を解析し、従来の方法の中で代表的であるマジック集合法と比較し、 $m \geq 3$ の場合、通常よく生じるデータに対して、拡張HaNa法がより効率的であることを示した。
2. 比較的広い問い合わせを扱い得る直積問題を定義し、これを解くため直積法を提案した。直積法と、マジック集合法を比較するために計算機実験を行い、与えられたデータが密な場合、直積法がマジック集合法より効率的であることを示した。
3. 直積法において、連続的な直積問題を処理する際に現れる多次元直方体被覆問題と呼ぶ組合せ問題を考え、充足可能性問題のためのDavis-Putnum法と局所探索法を素直に拡張した二つのアルゴリズム、さらに変形Davis-Putnum法と呼ぶ新しいアルゴリズムを提案した。計算機実験により、データがある性質をもつとき変形Davis-Putnum法が他の二つより効率的であること、および、これら三つのアルゴリズムを直積法に組み込むことにより、直積法の効率を更に高め得ることを示した。
4. Datalog問題クラスを包含する広い範囲の問題を扱う方法として緩和法を提案し、さらに、従来の方法の中で最も効率的であるマジックテンプレート法に対し、理論的評価と例によって、緩和法の優位性を示した。

以上要するに、本論文は、演繹データベースシステムにおける再帰的な問い合わせを効率的に処理するための複数の新しい方法を提案し、その有効性を明らかにしており、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成11年2月19日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。