

氏 名	お 越 ち ひろ ゆき 越 智 裕 之
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	工 博 第 1363 号
学位授与の日付	平 成 6 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	工 学 研 究 科 情 報 工 学 専 攻
学位論文題目	Algorithms and Data Structures for Manipulating Boolean Functions (論理関数処理のためのアルゴリズムとデータ構造)
論文調査委員	(主 査) 教 授 矢 島 脩 三 教 授 津 田 孝 夫 教 授 上 林 彌 彦

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、デジタルシステムを構成する大規模集積回路のための計算機援用設計の効率を高め、その可能性を広げることを目的として、様々な論理関数の処理手法を提案したものである。提案された手法はそれぞれ計算機上に実現され、その効果が実験により示されている。本論文の各章の内容は以下の通りである。

第1章は序論であり、本研究の動機・背景、並びに本論文の目的と構成を概説している。

第2章では、与えられた論理関数の全ての素項を高速に生成する手法として、ベクトル計算機向きアルゴリズムを提案している。提案されたアルゴリズムは Tison の共有展開に基づいており、共有展開を幅優先で行なうこと、および論理関数の真理値表表現や得られた素項の集合のマップ表現を用いることにより、ベクトル計算機の性能を引き出そうというものである。これらに加え、4変数論理関数の素項をテーブル参照によって与えることにより、共有展開や非素項除去の繰り返し回数を削減する工夫をしている。提案された手法はベクトル計算機 FACOM VP-400 E 上に実現され、高いベクトル加速率が得られることや、従来手法と比較しても遙かに高速であることが示されている。さらに、提案された手法の応用として、論理関数の素項の数に関する研究も行なっており、5及び6変数論理関数の素項数の最大値が五十嵐の仮説通りそれぞれ32及び92であることを初めて明らかにした。

第3章及び第4章では、実用的な論理関数の論理演算などを効率良く行なうことができるものとして近年注目されてきている共有二分決定グラフを取り上げ、その効率の良い操作のための二つの手法を提案している。共有二分決定グラフは非巡回有向グラフによる論理関数の表現であり、これまで再帰的手続きに基づく操作アルゴリズムが用いられていたが、ここでは幅優先アルゴリズムを提案し、その有効性を示している。

第3章では、共有二分決定グラフ上での論理演算に対応するグラフ操作を高速に行なうための手法として、ベクトル計算機向きのアルゴリズムを提案している。大きなベクトル長を得るため、幅優先アルゴリ

ズムを採用するとともに、共有二分決定グラフの操作に不可欠なハッシュテーブルのアクセスを工夫し、100%に近いベクトル化率を達成している。提案された手法はベクトル計算機 HITACS-820/80上に実現され、高いベクトル加速率が得られることが実証されている。さらに提案された手法の応用として、共有二分決定グラフを用いた計算木論理モデルチェックに基づく順序機械の設計検証システムを実現して評価を行ない、その有用性を示している。

第4章では、主記憶上に格納できないような大きな共有二分決定グラフを取り扱うべく、二次記憶上に格納された共有二分決定グラフを効率良く処理する手法について述べている。従来の深さ優先アルゴリズムをそのまま適用すると二次記憶空間に対してランダムアクセスを行なうことになり、効率が極めて悪くなる。これを避けるべく、グラフを幅優先でレベル毎に一括処理するアルゴリズム、及びレベル別にグラフの節点やハッシュテーブルを分けて格納するデータ構造を提案している。これに加え横滑り型詰め替えを行なうガーベジコレクションを導入することにより、さらに二次記憶アクセスの効率化を図っている。提案された手法は64メガバイトの主記憶装置と1ギガバイトのハードディスク装置を備えたワークステーション Sun SPARC Station 10上に実現され、従来取り扱うことのできなかったような大きな共有二分決定グラフの構成が可能になったことが示されている。

第5章は結論であり、本論文で得られた結果を総括している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、大規模集積回路の計算機援用設計システムなどで重要な位置を占める論理関数処理の効率や可能性を広げることを目的とし、そのための新しいアルゴリズムやデータ構造を提案し、その有用性を実験によって示したものである。得られた主な成果は次の通りである。

1. 大きなベクトル長と高いベクトル化率を達成する高速なベクトル計算機向き素項生成法を提案し、従来よりも変数の数の多い任意の論理関数の全素項の生成を可能ならしめた。また、これを応用して論理関数の素項の数に関する基礎的研究も行ない、5及び6変数論理関数の素項数の最大値等を初めて明らかにした。
2. 幅優先アルゴリズムに基づくベクトル計算機向きの共有二分決定グラフ処理法を提案し、きわめて高速に共有二分決定グラフを処理することを可能ならしめた。その有効性は実験結果でも示されている。これは、1.とあわせ、ベクトル計算機の数値計算への応用の可能性を大きく広げた成果といえる。
3. 計算機の主記憶上に格納できないような極めて大きな共有二分決定グラフを取り扱うことを目的とし、幅優先アルゴリズムに基づいて二次記憶上で共有二分決定グラフを処理する効率の良い手法を提案している。従来取り扱うことのできなかった大きな共有二分決定グラフが処理できるようになったことが実証されており、また、2.とあわせ、共有二分決定グラフの応用の可能性を大きく広げたといえる。

以上本論文は、様々な論理関数の処理手法を提案してその有用性を示したものであり、学術上、実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6年1月24日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行なった結果、合格と認めた。