

氏 名	Henry Jose Block Saldana			
学位の種類	博士(工学)			
学位記番号	博甲第8532号			
学位授与年月日	平成30年3月23日			
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当			
審査研究科	システム情報工学研究科			
学位論文題目	FPGA Hardware Acceleration of Phylogenetic Tree Reconstruction with Maximum Parsimony Algorithms (FPGA を用いた最節約法による進化系統樹構築アルゴリズムの高速化)			
主 査	筑波大学	教授	工学博士	丸山 勉
副 査	筑波大学	准教授	博士(工学)	延原 肇
副 査	筑波大学	教授	学術博士	和田 耕一
副 査	筑波大学	教授	博士(工学)	安永 守利
副 査	筑波大学	准教授	博士(工学)	山口 佳樹

論文の要旨

審査対象論文は、与えられた複数の遺伝子配列から、それらの配列間の差異に応じた進化系統樹を構築する手法の高速計算に関するものである。遺伝子配列間の差違から進化系統樹を構築する手法として、最節約法が用いられており、また、計算量を削減するために確率的局所探索法が用いられている。本論文では、高速化のために FPGA(Field Programmable Gate Array) と呼ばれる書き換可能な LSI が用いられている。従来、幾つかの FPGA を用いた高速化システムが提案されているが、部分的な処理のみの高速化を行ったものが多く、どの FPGA システムも、本問題に対する最も高速なソフトウェアである TNT の処理速度を上回ることができていない。本論文では、Indirect Calculation of Tree Length 法、alternative second-pass optimization 法、incremental tree optimization 法等のソフトウェアで用いられている探索の効率化手法を FPGA 上に実装し、さらに探索の各フェーズのパイプライン処理を実現することにより、TNT に対して 2.66～31.94 倍の処理速度を実現した。本システムは、遺伝子配列に基づく進化系統樹の作成に関しては、現在、最も高速な処理を実現している。また、確率的探索アルゴリズムにおける木構造に基づく最適化手法を初めてハードウェア上に実現し、その有効性を評価したものである。

審査の要旨

【批評】

審査対象論文は、進化系統樹構築の高速計算に関するものである。確率的局所探索アルゴリズムの実現に木構造を用いており、探索の最適化のレベルに応じて、5つのFPGAシステムが構築され、それぞれの性能が実際の問題を用いて評価されている。ひとつ目のシステムにおいては、単純な木探索アルゴリズムが実装され、2つ目のシステムでは Indirect Calculation of Tree Length 法が追加され、3つ目のシステムでは、さらに alternative second-pass optimization 法が実装されている。4つ目のシステムでは、さらに incremental tree optimization 法が実装され、5つ目のシステムでは、4つ目の実装方式を改良され、内部メモリに対するアクセスの集中を防ぐと共に、計算時間の高速化が行われた。その結果、最速のソフトウェアシステムである TNT に対する高速化率が 2.66～31.94 倍となった。本システムは、遺伝子配列に基づく進化系統樹の作成に関しては、現在、最も高速な処理を実現している。本研究では、ハードウェアを用いて、木構造に基づく確率的探索手法の高速化を実現した。木構造を用いた探索においては、無駄な探索を省くための様々な最適化手法が提案されているが、いずれの手法も単純なものではなく、これまでハードウェア上で実現された例は、ほとんどない。本研究では、これらのアルゴリズムをハードウェア上に単に実現するだけでなく、高速化のためのパイプライン処理も実現しており、その有効性を、最速のソフトウェアである TNT を大きく上回る性能を実現することで明らかにした。このような研究は、他に例がなく、ハードウェアによるこの分野の問題の十分な高速化が可能であることを示した初めての成果である。以上より、本研究は、学位(博士)論文として十分な内容であると判断できる。

【最終試験の結果】

平成 30 年 1 月 25 日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士(工学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。