

## 論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	甲/乙第 号	氏 名	MOHAMAD SOFIAN BIN ABU TALIP
論文審査担当者：			
主査	慶應義塾大学教授	工学博士	天野英晴
副査	慶應義塾大学教授	博士（工学）	斎藤英雄
	慶應義塾大学教授	理学博士	藤代一成
	慶應義塾大学准教授	博士（工学）	西宏章
<p>(論文審査の要旨)</p> <p>学士(工学)、修士(工学)、MOHAMAD SOFIAN BIN ABU TALIP 君の学位請求論文は「Partial Reconfiguration Implementation on Fluid Dynamics Computation Using an FPGA (FPGA を用いた流体動力学計算における部分再構成実装)」と題し、六章から成る。</p> <p>流体動力学計算は、風洞実験に比べて安価で手軽であることから、航空機の設計などに広く用いられており、JAXA（宇宙航空研究開発機構）でも、流体動力学計算用ソフトウェアパッケージが開発されている。このソフトウェアパッケージを用いることで、対象物体のメッシュの作成や、場合に応じた解法の指定などを簡単に行うことができるため、設計者にとって利便性が高い。一方で、このソフトウェアパッケージは対象問題が大規模な場合に計算時間が長くなり、この短縮が重要な課題である。そこで、最近発展が著しいFPGA(Field Programmable Gate Array)を用いて、流体動力学計算の主要部をハードウェア化して高速実行する研究が盛んに行われている。実用的なソフトウェアパッケージは規模が大きく、全てをハードウェアで実現するには多数のFPGAが必要になり、実装コストが大きくなる。本論文は、実用的なソフトウェアパッケージの規模が大きい場合でも実際に動作している部分は限られていることに着目し、部分再構成手法を用いて実装コストを低減することを目的としている。</p> <p>まず第一章で、背景と論文の目的を述べ、続く第二章では流体動力学計算を紹介し、その高速化手法を論じている。第三章ではFPGAを用いた高速化手法の実例を紹介し、実用的なソフトウェアパッケージに対してこの手法を用いる場合の問題点について述べ、その解法としての部分再構成手法を紹介している。部分再構成は、FPGAを動作中に、その一部分のみの構成情報を入れ替えることによりハードウェアモジュールを入れ替える手法である。最近設計ツールが整備されたことから暗号化処理、ソフトウェア無線などで用いられているが、入れ替えモジュールの選定と性能に対するオーバーヘッドの問題から科学技術計算への応用例は少ない。</p> <p>第四章以降が本論文の主題である。まず提案手法をJAXAが開発した古典的な流体動力学ソフトウェアパッケージUPACSのサブルーチンの一つであるMASCUL中のFlux limiter関数に適用し、利用資源を従来に比して44%～63%削減することに成功した。次に、複数の領域を設けて、他方が動作中にもう片方を部分再構成することで、再構成時間を隠蔽する方法を実装した。部分再構成を導入することにより、ハードウェアの実行速度を妨げることはなく、PC上のソフトウェアに対して14倍の性能向上を実現することを示した。次に第五章では、提案手法をJAXAが開発した最新のソフトウェアパッケージであるFaSTARにおけるAdvection termモジュールに適用した。5種類の関数モジュールを部分再構成によって交換可能とすることで、利用資源を62.75%削減すること成功し、動作速度についてもPC上のソフトウェアの2.65倍の性能向上を達成した。第六章には結論と今後の課題をまとめている。</p> <p>以上、本論文は、FPGAの部分再構成を、数値演算の実用的なソフトウェアパッケージに応用し、利用資源の節約と再構成時間の短縮を達成した点で、その貢献は工学上少なくない。よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			
学識確認結果	<p>学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査会委員で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。</p> <p>また、語学（英語）についても十分な学力を有することを確認した。</p>		