

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 （ 工 学 ）	氏名	藤田 徹
学位授与の要件	学位規則第4条第1・2項該当		
論 文 題 目			
Efficient GPU Implementations for Bulk Computations (バルク計算のための効率的な GPU 実装手法)			
論文審査担当者			
主 査	教 授	中野 浩嗣	印
審査委員	教 授	藤田 聡	印
審査委員	准教授	伊藤 靖朗	印
〔論文審査の要旨〕			
<p>GPU (Graphics Processing Unit) は内部に多数の演算コアを搭載したグラフィクス処理用のハードウェアであり、並列演算能力に優れている。バルク計算とは、多数の入力に対して同一のアルゴリズムを実行する計算処理を指す。本論文では、3つのアルゴリズムのバルク計算を GPU 上で効率的に実行するための実装手法を提案している。</p> <p>第1章では、研究の背景、研究成果及び本論文の構成について述べている。</p> <p>第2章では、GPU アーキテクチャ及び統合開発環境 CUDA について、本論文で提案する GPU 実装を理解するのに必要な事項を述べている。</p> <p>第3章では、アルゴリズムの oblivious 性について述べている。あるアルゴリズムにおいて、アクセスされるアドレスが入力に依存しない場合、そのアルゴリズムは oblivious であるという。また、アルゴリズム全体のメモリアクセスのうち、ほぼ全てのアクセスでアドレスが入力に依存しない場合、そのアルゴリズムは semi-oblivious であるという。本章では、GPU のメモリアクセスモデルを用いて oblivious 及び semi-oblivious なアルゴリズムのバルク計算が GPU 上で効率的に動作することを示している。</p> <p>第4章では、GPU を用いたユークリッドアルゴリズムのバルク計算について述べている。ユークリッドアルゴリズムは入力された2つの整数の最大公約数 (GCD) を計算する。本章では、巨大な整数に対する GCD 計算を効率的に実行するための新しいアルゴリズムである近似ユークリッドアルゴリズムが提案されている。提案アルゴリズムでは、2つの整数の上位桁の値のみの除算を用いて近似的な比率を求めることにより、剰余演算を用いるオリジナルのユークリッドアルゴリズムと比較して大幅な計算コストの削減を実現している。また、提案アルゴリズムが semi-oblivious であることを示しており、提案アルゴリズムのバルク計算を GPU 上に実装して性能評価を行っている。</p>			

第 5 章では、バルク計算を高速化させるための新しい手法である Bitwise Parallel Bulk Computation (BPBC) 手法を提案している。BPBC 手法は、bitwise 演算を用いてバルク計算の高速化を行う。bitwise 演算は、32 ビット整数型に格納された値に対してビット単位で AND や OR などの論理演算を実行する命令であり、bitwise 演算を用いてバルク計算を行うアルゴリズムに対応する組み合わせ回路をシミュレートすることで、複数の入力に対する処理を同時に実行することができる。

第 6 章では、セル・オートマトンの一種であるライフゲームシミュレーションを GPU 上で高速化させるための手法について述べている。ライフゲームにおいて各セルの次世代の状態は組み合わせ回路で計算できるため、BPBC 手法を用いて複数のセルの次世代計算を同時に実行することができる。本章では、BPBC 手法を用いた次世代計算の GPU 実装手法を提案している。また、GPU 上におけるメモリアクセス及び同期処理の回数を削減するための実装手法を提案している。

第 7 章では、構文解析アルゴリズムの 1 つである CKY パージングのバルク計算の GPU 実装手法について述べている。CKY パージングは、与えられた文法が入力された文字列が導出可能かどうかを判定するアルゴリズムであり、CKY テーブルと呼ばれる 2 次元テーブルの要素を計算することで判定を行う。CKY テーブルの各要素は組み合わせ回路で計算できるため、CKY パージングに BPBC 手法を適用することができる。本章では、BPBC 手法を用いた CKY パージングを GPU 上に実装し、多数の入力文字列に対する処理を GPU 上で並列に実行することで高速化を行っている。

第 8 章では、第 7 章までの研究成果を要約し、結論としてまとめている。

以上、審査の結果、本論文の著者は博士（工学）の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。

備考：審査の要旨は、1,500 字以内とする。