T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	大規模並列ヘテロジニアス環境におけるメモリ構造を考慮したソーティングおよび配列アラインメントの最適化
Title(English)	Memory-Conscious Optimizations for Sorting and Sequence Alignment for Massively Parallel Heterogeneous Architectures
著者(和文)	DROZD Aleksandr
Author(English)	Aleksandr Drozd
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9420号, 授与年月日:2014年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:松岡　聡,遠藤　敏夫,山下　真,脇田　建,渡辺　治
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9420号, Conferred date:2014/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（博士課程）

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第　　号		学位申請者氏名	Aleksandr DROZD	
論文審査 審 査 員		氏　名	職　名	氏　名	職　名
	主査	松岡　聡	教授	渡辺　治	教授
	審査員	遠藤　敏夫	准教授		
		山下　真	准教授		
		脇田　建	准教授		

論文審査の要旨（2000 字程度）

本学位論文は「Memory-Conscious Optimizations for Sorting and Sequence Alignment for Massively Parallel Heterogeneous Architectures」と題し，最新の計算機環境において大規模データを対象とする計算アルゴリズムの実行性能を向上させる手法について述べている．中でも特に重要なソートと配列アラインメントの２つの問題に着目している．本論文は以下のような英文５章で構成されている．

第一章「Introduction」では，本研究の対象とする背景，問題提起及びそれに対する主要な成果について総括的に述べるとともに，本論文の構成を示している．

第二章「Background」では，本研究に関連する背景をより詳細に述べている．まず ヘテロ型計算環境とそのプログラミングモデルについて，具体的に GPU による並列プログラミング手法やスーパーコンピュータ TSUBAME 2.5 を挙げて詳細に説明している．また，大規模ヘテロ型計算機上で高性能計算を実現するための課題について述べている．具体的には，本論文で対象としている配列アライメント及びソートの高速化のための，階層型メモリの効率的な利用，ホストメモリとデバイスメモリ間の通信や負荷分散について述べている．

第三章「Sequence Alignment」では，配列アラインメントの問題に関し，ヘテロ型計算環境における既存の手法の問題を分析し，新たな手法について述べている．まずゲノム計算分野における問題の概略について解説し，問題を厳密に定義している．そしてデータ構造まで詳細に説明し，選択されたアルゴリズムを GPU アーキテクチャで実行する場合の効率という観点での分析を行っている．特にボトルネックとなりやすい GPU とホスト間のデータ転送のコスト削減に注力している．またデータ構造を見直し，コンパクト化することで配列アラインメント処理の性能向上を実現している．Burrows-Wheeler 変換による suffix array 法の利用及び探索アルゴリズムの改良によって既存の高速な GPU 実装である MummerGPU++の 3~4 倍の計算速度を達成している．データサイズが GPU のデバイスメモリ容量を超える場合についても性能モデルを構築し，性能が最高となるように一度にデバイス上で処理するデータのサイズをモデルから算出することに成功しており，また複数 GPU の利用にも対応している．

第四章「String Sorting」では，既存のソートアルゴリズムをデータ型など特定の計算機アーキテクチャに対する適応性の面で分類している．文字列データのソートに適用可能なソートアルゴリズムの中で，GPU に適していると判断された most significant digit による基数ソートに焦点をしぼっている．文字列データを対象とするヘテロな計算機における，ソートの並列化は世界で初の試みであり，並列実行時のスケーラビリティを改善するため異なる並列化手法を CPU と GPU で２段階に組み合わせた手法を提案している．GPU 用の実装ではホストからデバイスへのデータ転送がボトルネックとなっていることが判明したため，通信量削減手法によりこの問題を解決している．

第五章「Discussion and Conclusions」では，提案手法の実装経験や性能評価から得られた知見をまとめている．それらは今回対象とした分野だけでなく，スーパーコンピュータプログラミング一般に適用可能である．この研究成果の計算生物学や文字列データ解析等に対する寄与は大きく，また大規模データを対象とした各種アルゴリズムをアクセラレータ型計算機システムに対して最適化する場合の指標となるものである．

以上のように，本論文は大規模並列環境を対象とした配列アラインメントやソート処理の高速化手法を提案し，その有効性を証明しており，理学上貢献するところ大である．よって本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値があるものと認める．