

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

|                   |   |
|-------------------|---|
| 題目(和文)            | エクストリームビッグデータアプリケーションのための不揮発性メモリの片方向通信への融合  |
| Title(English)    | Integration of Non-volatile Memory into One-sided Communication for Extreme Big Data Applications   |
| 著者(和文)            | 松宮 遼  |
| Author(English)   | Ryo Matsumiya   |
| 出典(和文)            | 学位:博士(理学),<br>学位授与機関:東京工業大学,<br>報告番号:甲第11068号,<br>授与年月日:2019年3月26日,<br>学位の種別:課程博士,<br>審査員:遠藤 敏夫,増原 英彦,脇田 建,額田 彰,横田 理央   |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Science),<br>Conferring organization: Tokyo Institute of Technology,<br>Report number:甲第11068号,<br>Conferred date:2019/3/26,<br>Degree Type:Course doctor,<br>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  |

## 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 | 松宮 遼 |       |     |
|-------------|-----|-------|---------|------|-------|-----|
| 論文審査<br>審査員 |     | 氏名    | 職名      |      | 氏名    | 職名  |
|             | 主査  | 遠藤 敏夫 | 教授      |      | 横田 理央 | 准教授 |
|             | 審査員 | 増原 英彦 | 教授      | 審査員  |       |     |
|             |     | 脇田 建  | 准教授     |      |       |     |
|             |     | 額田 彰  | 准教授     |      |       |     |

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Integration of Non-volatile Memory into One-sided Communication for Extreme Big Data Applications (エクストリームビッグデータアプリケーションのための不揮発性メモリの片方向通信への融合)」と題し、片方向通信と呼ばれる通信モデルと不揮発性メモリ (NVM) を融合する場合の性能向上手法とその実装方法について議論している。本論文は以下のような英文 7 章で構成されている。

第 1 章「Introduction」では、まず本研究の対象であるエクストリームビッグデータアプリケーションの開発には大容量のメモリや高性能のデータ移動といったハードウェア的課題と、高生産性や高移植性といったソフトウェア的課題があることを述べている。それらの課題を解決するために高い密度を持つ不揮発性メモリと、高い生産性と性能を持った通信モデルである片方向通信に着目し、不揮発性メモリに対して片方向通信を適用する上で生じる問題と、それに対する主要な貢献を述べている。

第 2 章「Background」では、本論文を理解する上で必要となるメモリ技術および通信モデルについて述べられている。まずメインメモリとして一般的に利用されている DRAM について述べ、DRAM では大メモリ容量を達成することが困難であることを指摘している。他方で、NVM は大メモリ容量を実現することが可能であるが、DRAM と比較して速度性能が低くなることを指摘している。また通信モデルについては、片方向通信に至るまでの歴史的背景について述べている。

第 3 章「ComEx-PM: Vertical Approach」では、NVM に対応した片方向通信ライブラリ ComEx-PM の設計・実装・評価について述べている。ComEx-PM は既存のフレームワーク Global Arrays (GA) でも使用されている片方向通信ライブラリの ComEx をもととしており、これに対して NVM をメインメモリ、DRAM をキャッシュとして利用する垂直的アプローチを提案し、適用している。ComEx-PM は 1 つのノードに複数のアプリケーションプロセスを立ち上げ、各プロセスのヒープを NVM と DRAM の間でスワップさせることにより、GA を使用したアプリケーションの変更をすることなく NVM を利用することができる。評価では、この目的が達成されていることと、複数プロセス間のコンテキストスイッチなどによるオーバーヘッドについて議論している。また、ステンシル計算アルゴリズムの改良によりオーバーヘッドを低減する最適化手法についても評価している。

第 4 章「vGASNet: Horizontal Approach」では、NVM に対応した別の片方向通信ライブラリ vGASNet の設計・実装・評価について述べている。ここでは垂直的アプローチに加え、遠隔ノードの DRAM をキャッシュとして利用する水平的アプローチを提案し、既存の片方向通信ライブラリ GASNet を拡張することにより実装されている。vGASNet 上では、既存アプリケーションのコード変更が必要となるケースもある一方、コンテキストスイッチによるオーバーヘッド等は軽減される。更には水平的アプローチを実装する上で発生するキャッシュコヒーレンスの課題について触れ、新たなキャッシュコヒーレンスプロトコルである MOESI-F プロトコルを提案している。評価では、水平的アプローチを採用した vGASNet 上の通信性能の向上について示している。

第 5 章「Related Work」では、本論文と近い目的意識を持つものや、垂直的アプローチおよび水平的アプローチの根幹となった研究を複数紹介し、本論文との関連性や差異について述べている。また、ComEx や GASNet 以外の片方向通信ライブラリと本研究の親和性についても触れている。

第6章「Future Directions」では、まず最新のメモリ関連技術および片方向通信の影響を受けて開発されたハードウェア技術の動向について紹介している。その上で、それらの技術と垂直的アプローチ、水平的アプローチの融和性の議論を行っている。さらに、近い将来のハードウェア技術・ソフトウェア技術と本論文で提案した手法を組み合わせることによって、エクストリームビッグデータアプリケーションのための新たな計算機システムが構築できる可能性について詳細に議論している。

第7章「Conclusion」では、本研究の総括を述べている。

以上のように、本研究はDRAM容量を超える超ビッグデータアプリケーションの実現のための、片方向通信と不揮発性メモリの融合時における、垂直的・水平的アプローチとその性能向上技術を提案し、またその有用性を確認しており、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。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。