

令和 2 年 6 月 10 日現在

機関番号：32613

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00109

研究課題名（和文）コンテナ型仮想化環境を用いる低負荷高速で低消費電力なビッグデータ処理基盤

研究課題名（英文）Big data platform based on Containers with low power consumption

研究代表者

山口 実靖（Yamaguchi, Saneyasu）

工学院大学・情報学部（情報工学部）・准教授

研究者番号：50439262

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究ではコンテナ型仮想化環境を用いて低負荷高性能で低消費電力なビッグデータ処理基盤を構築し、ビッグデータ処理アプリケーションの性能向上を実現することを目的としていた。そして、この目的のために主として、コンテナ環境の動作観察システムとコンテナ環境用ファイルシステムを構築することを目的としていた。本研究では、上記処理基盤の構築、上記アプリケーションの性能向上、動作観察システムの構築、コンテナ環境用ファイルシステムの構築を達成し、すべての目標を達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

IoTやAIの様な大規模なデータを扱う応用とクラウド環境が普及し、大規模データ処理を仮想化環境で行う機会が増えている。また、近年はより低負荷高性能なコンテナ型仮想化環境が注目を集めており、この性能の向上が非常に重要な課題となっている。本研究ではこの重要な課題に挑み、性能を向上させ成果を上げている。

研究成果の概要（英文）：In this research, I planned to develop a low load, high performance, low power consumption big data processing platform using a container-based virtualized environment. The main purpose of this project was to improve the performance of big data processing applications with a container-based environment. For this purpose, I aimed mainly to develop a system for monitoring the behavior of container-based environments and to construct a file system for a container-based virtualized environment.

In this project, I have met all these purposes. I developed the processing platform, improved the performance of the applications, constructed the monitoring system, and built a file system for container-based environments.

研究分野：オペレーティングシステム

キーワード：コンテナ型仮想化 ビッグデータ ファイルシステム

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

## 1. 研究開始当初の背景

IoT (Internet of Things) や人工知能のディープラーニング (深層学習) などにおけるビッグデータ解析が普及し、大規模データ処理を並列分散環境で行う機会が増えていた。

近年 (研究開始当初および終了時) の並列分散処理は、大量の計算資源を容易に確保できる仮想化環境型クラウド基盤上で行われることが多く、仮想化環境におけるデータ処理性能の向上は重要な研究課題となっていた。

## 2. 研究の目的

本研究では主として、

- ・ コンテナ型仮想化環境を用いて低負荷高性能で低消費電力であるビッグデータ処理基盤を構築すること

- ・ ビッグデータ処理アプリケーションの性能向上を実現すること

を目的としていた。

そして、これらの目的の達成のために主として、

- ・ コンテナ環境の動作観察システムの構築

- ・ コンテナ環境用ファイルシステムの構築

- ・ ビッグデータ処理アプリケーションの高速化

を目的としていた。

## 3. 研究の方法

コンテナ型仮想化環境を用いるビッグデータ処理基盤は、オープンソース実装 (Linux や Docker) と PC クラスタを用いて実現する。

コンテナ環境の動作観察システムの構築は、上記オープンソース実装を改変することにより実現する。

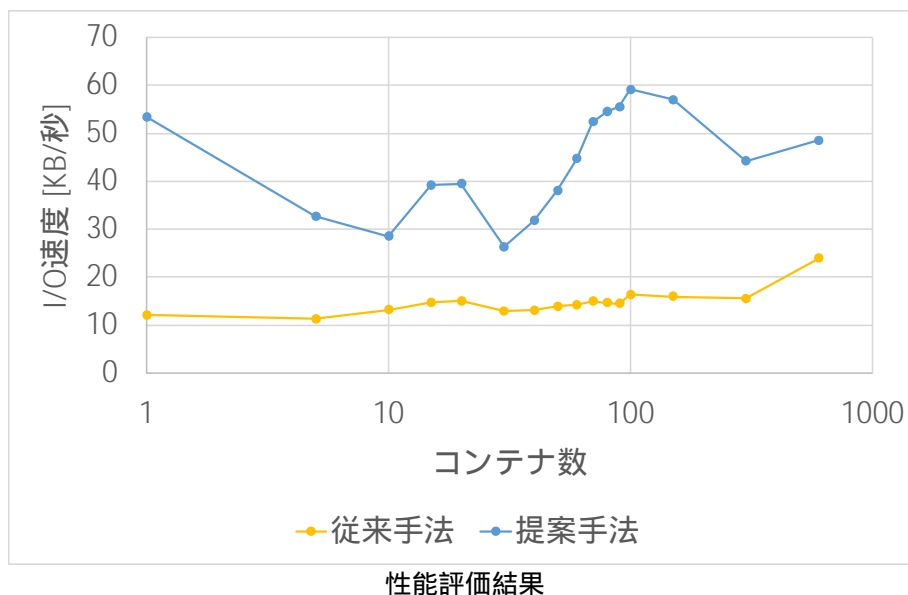
コンテナ環境用ファイルシステムの構築は、上記観察システムにより明らかにした性能劣化原因を解決したファイルシステムを実装することにより実現する。

ビッグデータ処理アプリケーションの高速化は、上記ファイルシステム上で同ビッグデータ処理アプリケーションを実行させることにより実現する。

## 4. 研究成果

本研究では研究期間内に、上記処理基盤の構築、上記アプリケーションの性能向上、動作観察システムの構築、コンテナ環境用ファイルシステムの構築を達成し、すべての目標を達成した。そして、これらの研究成果を国際会議を含む複数の学会で発表した。

処理基盤の構築は、上記のオープンソース実装である Linux と Docker を用いて達成することができた。



次に、これらオープンソース実装を改変してこれら実装の動作の履歴を取得することを可能とし、動作観察システムの構築を実現した。

さらに、同動作観察システムを用いてアプリケーションの動作を観察し、I/O処理の中の各機能に要する時間を調査し、ファイルシステム内の特定の機能に大半の時間を要していることを明らかにした。

最後に、この長い時間を要する機能を実行しないファイルシステムを実装し、同ファイルシステムを用いることによりアプリケーション性能の向上を実現させることができた。上図は性能評価の結果であり、これら研究成果によりI/O性能が数倍以上に向上することができることが確認された。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Shunsuke Yagai, Masato Oguchi, Miyuki Nakano, Saneyasu Yamaguchi	4. 巻 E100-D
2. 論文標題 Power-effective File Layout based on Large Scale Data-intensive Application in Virtualized Environment	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 The IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 2761-2770
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transinf.2017PAP0003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 花井 雅人, 山口 実靖, 小林 亜樹	4. 巻 58
2. 論文標題 遅延時間制御手法の破棄制御によるTCP公平性の向上	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 1993 - 2005
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Eita FUJISHIMA Kenji NAKASHIMA Saneyasu YAMAGUCHI	4. 巻 E101-D
2. 論文標題 Hadoop I/O Performance Improvement by File Layout Optimization	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 415-427
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transinf.2017EDP7114	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Ai Hayakawa, Masato Oguchi, Saneyasu Yamaguchi	4. 巻 5
2. 論文標題 Controlling Middleware for Reducing the TCP ACK Packet Backlog at the WLAN Access Point	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Management Studies	6. 最初と最後の頁 219-233
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.17265/2328-2185/2017.03.007	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計47件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 38件）

1. 発表者名 Naoki Mizusawa, Joichiro Kon, Yuya Seki, Jian Tao, Saneyasu Yamaguchi
2. 発表標題 Performance Improvement of File Operations on OverlayFS for Containers
3. 学会等名 The 2nd IEEE International Workshop on Big Data and IoT Security in Smart Computing (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 N. Mizusawa, J. Kon, Y. Seki, J. Tao and S. Yamaguchi
2. 発表標題 Improving I/O Performance in Container with OverlayFS
3. 学会等名 2018 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), Seattle, WA, USA, 2018 pp. 5395-5395. doi: 10.1109/BigData.2018.8622479 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 水沢直暉, 関 優也, Jian Tao, 山口実靖
2. 発表標題 コンテナ環境におけるI/O性能向上に関する一考察
3. 学会等名 情報処理学会第81回全国大会, 1L-08
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福田 翔貴, 栗原, 駿, 濱中 真太郎, 小口 正人, 山口 実靖
2. 発表標題 カーネルの時刻管理実装の改変によるアプリケーション観察時間の短縮
3. 学会等名 The 1st. cross-disciplinary Workshop on Computing Systems, Infrastructures, and Programming
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shinnosuke Nirasawa, Masaki Hara, Akihiro Nakao, Masato Oguchi, Shu Yamamoto, Saneyasu Yamaguchi
2. 発表標題 Application Switch using DPN for Improving TCP Based Data Center Applications
3. 学会等名 2nd IFIP/IEEE International Workshop on Analytics for Network and Service Management (AnNet 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Naoki Oda, Saneyasu Yamaguchi
2. 発表標題 HTTP/2 Communication Performance on Highly Delayed Network
3. 学会等名 The 13th International Conference on IP + Optical Network (iPOP2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masaki Hara, Shinnosuke Nirasawa, Masato Oguchi, Akihiro Nakao, Shu Yamamoto, Saneyasu Yamaguchi
2. 発表標題 Evaluation of Service Identification from IP Flows
3. 学会等名 The 13th International Conference on IP + Optical Network (iPOP2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shinnosuke Nirasawa, Masaki Hara, Akihiro Nakao, Shu Yamamoto, Masato Oguchi, Saneyasu Yamaguchi
2. 発表標題 Performance of TCP-supporting Application Switches
3. 学会等名 The 13th International Conference on IP + Optical Network (iPOP2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1 . 発表者名 Ryusuke Mori, Shintaro Hamanaka, Masato Oguchi, Saneyasu Yamaguchi
2 . 発表標題 A Study on Promotion of Generational GC in ART
3 . 学会等名 2017 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-TW) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Joichiro Kon, Kenji Nakashima, Eita Fujishima, SaneyasuYamaguchi
2 . 発表標題 File Placing Location Control for Big Data Processing
3 . 学会等名 The 1st USJapan Workshop Enabling Global Collaborations in Big Data Research ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Masato Hanai, Saneyasu Yamaguchi, Aki Kobayashi
2 . 発表標題 Queue Management and TCP Fairness Improvement
3 . 学会等名 The 1st USJapan Workshop Enabling Global Collaborations in Big Data Research ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 Kenji Nakashima, Joichiro Kon, Saneyasu Yamaguchi
2 . 発表標題 File Placing Control for Improving the I/O Performance of Hadoop in Virtualized Environment
3 . 学会等名 The 1st USJapan Workshop Enabling Global Collaborations in Big Data Research ( 国際学会 )
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 中島健司・近丈一郎・山口実靖
2. 発表標題 SSDキャッシュの制御によるシーケンシャルアプリケーションの性能向上
3. 学会等名 FIT2017 第16回情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉田光太郎・山口実靖
2. 発表標題 仮想化環境における下位キャッシュの局所性を高めるファイルシステム
3. 学会等名 FIT2017 第16回情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 福田翔貴・栗原 駿・小口正人・山口実靖
2. 発表標題 時間加速Android環境におけるシステム安定性に関する一考察
3. 学会等名 FIT2017 第16回情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 森光由輝・水野 修・山口実靖
2. 発表標題 I/Oスケジュールの制御によるKVSノード追加時間の短縮に関する一考察
3. 学会等名 FIT2017 第16回情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 近丈一郎・中島健司・山口実靖
2. 発表標題 巨大ブロックサイズファイルシステムによるセキュアなコンテンツ共有・流通基盤の大規模I/O性能の向上
3. 学会等名 FIT2017 第16回情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ryusuke Mori, Masato Oguchi, Saneyasu Yamaguchi
2. 発表標題 Memory consumption saving by optimization of promotion condition of generational GC in android
3. 学会等名 2017 IEEE 6th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shun Kurihara and Shoki Fukuda, Masato Oguchi, Saneyasu Yamaguchi
2. 発表標題 Estimation of Power Consumption of Each Application Based on Software Dependency in Android
3. 学会等名 2017 IEEE 6th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuki Morimitsu, Saneyasu Yamaguchi, Osamu Mizuno
2. 発表標題 A STUDY ON REDUCTION OF NODE JOINING TIME BY CONTROLLING EXPIRETIMES
3. 学会等名 The 16th International Symposium on Advanced Technology (ISAT-16) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Joichiro Kon, Kenji Nakashima, Saneyasu Yamaguchi
2. 発表標題 A Large Block Filesystem for Improving I/O Performance of Secure Data Sharing and Distribution Platform
3. 学会等名 The 16th International Symposium on Advanced Technology (ISAT-16) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kenji Nakashima, Joichiro Kon, Saneyasu Yamaguchi
2. 発表標題 I/O Performance Improvement on Modern Storage
3. 学会等名 The 16th International Symposium on Advanced Technology (ISAT-16) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuto Tachibana, Joichiro Kon, Saneyasu Yamaguchi
2. 発表標題 A Performance Survey of Web Applications in a Highly Consolidated Server with Container-based Virtualization for Each HTTP Request
3. 学会等名 The 16th International Symposium on Advanced Technology (ISAT-16) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kotaro Yoshida, Saneyasu Yamaguchi
2. 発表標題 A Caching Filesystem for Increasing Cache Hit Ratio in the Second Cache in a Virtualized Environment
3. 学会等名 The 16th International Symposium on Advanced Technology (ISAT-16) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Naoki Mizusawa, Joichiro Kon, Kenji Nakashima, Sanayasu Yamaguchi
2. 発表標題 Performance of File Operations on Docker with OverlayFS
3. 学会等名 The 16th International Symposium on Advanced Technology (ISAT-16) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shunpei Hayakawa, Joichiro Kon, Kenji Nakashima, Saneyasu Yamaguchi
2. 発表標題 File Storing Performance over Network on Object Storage
3. 学会等名 The 16th International Symposium on Advanced Technology (ISAT-16) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yuto Tachibana, Joichiro Kon and Saneyasu Yamaguchi
2. 発表標題 A Study on the Performance of Web Applications Based on RoR in a Highly Consolidated Server with Container-based Virtualization
3. 学会等名 the 8th International Workshop on Advances in Networking and Computing (WANC 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Joichiro Kon, Kenji Nakashima and Saneyasu Yamaguchi
2. 発表標題 A Deletion Aware Usable Space Control for SD2
3. 学会等名 the 8th International Workshop on Advances in Networking and Computing (WANC 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shun Kurihara, Shoki Fukuda, Masato Oguchi and Saneyasu Yamaguchi
2. 発表標題 Estimation of Power Consumption of Each Application Caused by Device Lock Considering Software Dependency in Smartphones
3. 学会等名 the 8th International Workshop on Advances in Networking and Computing (WANC 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Naoki Mizusawa, Kenji Nakashima and Saneyasu Yamaguchi
2. 発表標題 Performance Evaluation of File Operations on OverlayFS
3. 学会等名 the 8th International Workshop on Advances in Networking and Computing (WANC 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yusuke Sato, Shun Kurihara, Shoki Fukuda, Masato Oguchi, Saneyasu Yamaguchi
2. 発表標題 Height Estimation based on Sensor Data on Smartphone
3. 学会等名 In Proceedings of the 15th International Conference on Advances in Mobile Computing & Multimedia (MoMM2017), Pages 102-106 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shohei Shirataki, Saneyasu Yamaguchi
2. 発表標題 A study on interpretability of decision of machine learning
3. 学会等名 2017 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), Boston, MA, 2017, pp. 4830-4831. (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kenji Nakashima, Joichiro Kon, Gil Jae Lee, Jose Fortes, Saneyasu Yamaguchi
2. 発表標題 A study on big data I/O performance with modern storage systems
3. 学会等名 2017 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), Boston, MA, 2017, pp. 4798-4799. (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Joichiro Kon, Naoki Mizusawa, Ayaka Umezawa, Saneyasu Yamaguchi, Jian Tao
2. 発表標題 Highly consolidated servers with container-based virtualization
3. 学会等名 2017 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), Boston, MA, 2017, pp. 2472-2479. (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masato Hanai, Saneyasu Yamaguchi, Aki Kobayashi
2. 発表標題 TCP Fairness Evaluation with Modified Controlled Delay in the Practical Networks
3. 学会等名 12th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (ACM IMCOM 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenji Nakashima, Joichiro Kon, Saneyasu Yamaguchi
2. 発表標題 I/O Performance Improvement of Secure Big Data Analyses with Application Support on SSD Cache
3. 学会等名 12th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (ACM IMCOM 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshida Kotaro, Saneyasu Yamaguchi
2. 発表標題 A Caching Filesystem for Increasing Locality in the Second Cache in a Virtualized Environment
3. 学会等名 12th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (ACM IMCOM 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tsubasa Murakami, Shun Kurihara, Shoki Fukuda, Masato Oguchi, Saneyasu Yamaguchi
2. 発表標題 Saving Power Consumption of Smartphones in the Screen-off State with Disabling the Wi-Fi
3. 学会等名 2018 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shoki Fukuda, Shun Kurihara, Masato Oguchi, Saneyasu Yamaguchi
2. 発表標題 Stability Improvement of an Accelerated Android Operating System for Application Observation
3. 学会等名 2018 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naoki Oda and Saneyasu Yamaguchi
2. 発表標題 HTTP/2 Performance Evaluation with Latency and Packet Losses
3. 学会等名 IEEE Consumer Communications & Networking Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masahiro Arai, Fumiko Akagi, Saneyasu Yamaguchi, Kazuetsu Yoshida
2. 発表標題 Performance Improvement of Calculation of Static Magnetic Field of Micromagnetic Simulator Using Supercomputer FX10
3. 学会等名 the International Conference on High Performance Computing in Asia-Pacific Region (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 野崎優太, 山口実靖
2. 発表標題 複数の仮想マシン動作時におけるKSMの性能向上に関する一考察
3. 学会等名 情報処理学会第80会全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 早川峻平, 山口実靖
2. 発表標題 オブジェクトストレージにおけるオブジェクト数と性能に関する一考察
3. 学会等名 情報処理学会第80会全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ruriko Kudo, Miki Enoki, Akihiro Nakao, Shu Yamamoto, Saneyasu Yamaguchi, and Masato Oguchi
2. 発表標題 Real-Time Event Search Corresponding to Place and Time using Social Stream
3. 学会等名 In Proc. the 3rd IEEE International Conference on Big Data Intelligence and Computing (DataCom2017), pp.1047-1053, Orlando, Florida, USA (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tsumugi Tairaku, Akihiro Nakao, Shu Yamamoto, Saneyasu Yamaguchi, and Masato Oguchi
2. 発表標題 Application Specific Traffic Control using Network Virtualization Node in Large-Scale Disasters
3. 学会等名 In Proc. the IEEE Workshop Data Science for Networking (DS4N) in conjunction with the IEEE International Conference on Big Data (Big Data 2017), pp.3922-3927, Boston, Massachusetts, USA (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tsumugi Tairaku, Akihiro Nakao, Shu Yamamoto, Saneyasu Yamaguchi, and Masato Oguchi
2. 発表標題 Application Specific Traffic Control in Large-Scale Disasters
3. 学会等名 In Proc. the IEEE International Conference on Big Data (Big Data 2017), Poster, pp.4756-4758, Boston, Massachusetts, USA (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ayumi Shimada, Saneyasu Yamaguchi, and Masato Oguchi
2. 発表標題 Performance Improvement of TCP Communication based on Cooperative Congestion Control in Android Terminals
3. 学会等名 In Proc. the 12th ACM International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (IMCOM2018), 3-2, Langkawi, Malaysia (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考