

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 5 日現在

機関番号：32643

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26330146

研究課題名(和文)多拠点間連成計算における通信スキームの研究開発

研究課題名(英文)Development of a communication scheme for many site coupled calculations

研究代表者

小林 泰三 (KOBAYASHI, Taizo)

帝京大学・福岡医療技術学部・准教授

研究者番号：20467880

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：連成計算や大規模な数値計算ではファイルの移動やマージなどのI/Oが多く占められており大きなボトルネックになっている。この問題を解決するために、ファイルI/Oを介さずプロセス間同士が直接通信するスキームを研究開発した。具体的には(1)通信スキームの要素技術を洗い出し、C言語のstdioの要領で通信を可能にするNSTDIOを研究開発した。(2)次に、基盤センター間でジョブの連携を行うなどの多拠点間連携をユーザー権限のみで実現するフレームワークであるEGCPOPSを研究開発した。(3)最後に、これらのフレームワークが稼働するために必要な不確定要素対応機構SRXの概念設計を行った。

研究成果の概要(英文)：A big bottleneck in coupled simulations and large scale high performance computing is files I/O. In order to reduce this bottleneck, we have studied and developed a communication scheme of which processes are able to connect each other directly. (1) We have implemented a simple and compact communication library: NSTDIO. The interface of this communication library is designed based on "stdio" of C programming language. This library is enabled to download from GitHub <https://github.com/y-morie/nstdio> (2) We have developed and implemented a framework of jobs/processes cooperation on inter-site: EGCPOPS. This framework realizes jobs cooperation on inter-site without any administrator authority. This framework is also available from GitHub <https://github.com/RyzeVia/exgcoup> (3) Because of these framework work well, we have also studied and developed a conceptual design of mechanism for uncertainty: Self-Referential executable: SRX.

研究分野：情報学

キーワード：計算基盤 高性能計算 分散処理 連成計算 ポスト処理連携 通信スキーム

1. 研究開始当初の背景

(1) 大規模な数値計算環境が整備されるにつれて、その様な環境で初めて実行可能になる連成計算を用いた研究が活発になってきている。その一方で、既存の単体の数値計算においてもポスト処理でのファイル I/O が新たなボトルネックとして現れてきた。

(2) この状況は、連成計算のみならず、大規模な数値計算での計算結果解析にも大きなボトルネックとして問題になっている。実際に、研究代表者が取り組んでいる流体音の数値計算では、計算機上での処理の実に 9 割がファイルの移動やマージなどの I/O で占められていた。しかしながら、これらの I/O ボトルネックを回避する研究は少なかった。

2. 研究の目的

ボトルネックであるファイル I/O を回避するためには、数値計算やポスト処理プロセスを直接通信でつなぐ以外に現実的な解決法は存在しないので、プロセス間を自由につなげる通信スキームを開発して、ファイル I/O ボトルネックを解消するのが本研究の目的である。

開発物は、基盤センターのスーパーコンピュータで実証実験を行い、サービス水準に到達するために必要な技術的課題も明らかにする。

3. 研究の方法

通信スキームの適用は、研究代表者が研究対象にしている流体音の数値計算で用いている OpenFOAM を対象に行った。

具体的には、以下の 3 つの段階を想定した。

(1) まず数値流体計算のボトルネックを解消するためにポスト処理連携を研究開発する。これはメインである数値計算からポスト処理への**単方向の連成**である。これは連成計算の通信スキームを研究開発する最初の段階の位置付けである。

(2) 数値計算とポスト処理を別拠点で実行する多拠点化で必要な**通信の安定制御**を確立する。

(3) 単方向連成計算で培った知見をもとに、多拠点間をまたいだ**双方向連成計算に必要な技術的課題**を明らかにする。

4. 研究成果

主な研究成果として以下の 3 つを述べる。

(1) 通信スキームの要素技術

ファイル I/O を回避するための通信に必要な要素技術を研究開発した。その通信スキームに要求されるのは、ノードやサイトをまたいでプロセスが通信を任意に開始し終了することである。またその機能を利用する方法が煩雑では実利用のための解決にはならない。そこで、C 言語の標準ライブラリとして付随する `stdio` の使い勝手とインターフェース設計を手本にして、ファイルの読み書きをする要領でプロセス間通信をするライブ

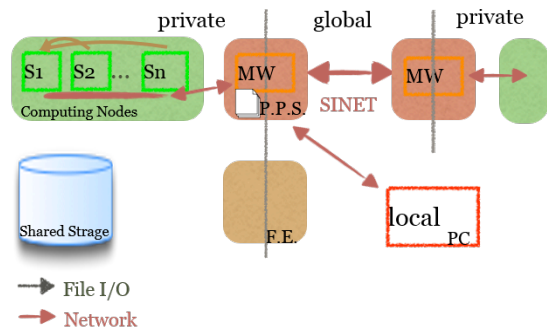


図 1. File I/O を回避したポスト処理連携の概念図

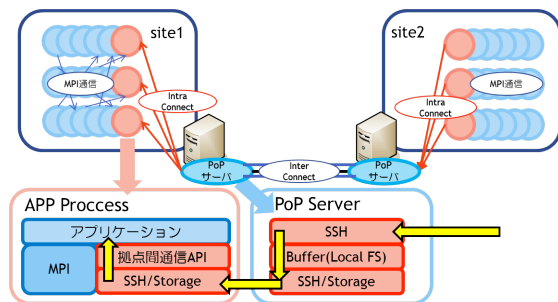


図 2. 多拠点間連携フレームワーク EGPOPS における、メッセージ処理大れくシオン概念図

ラリを研究開発した。NSTDIO と名付けて連携研究者の森江善之が開発実装を担当した。この NSTDIO により、管理が煩雑であるソケットプログラミングから解放され、個々のプロセスが自由に通信を開始し終了することが可能になった。本システムは、github からアプリケーションのサンプルコード、設定ファイル例とともに一般に公開している。
(<https://github.com/y-morie/nstudio>)

(2) 多拠点間連携フレームワーク
多拠点間プロセス通信をユーザー権限で安定して利用するために設計実装したフレームワークが EGPOPS (図 2 参照) である。このフレームワークでは、ログインノードを Point of Presence (PoP) とし、ここでメッセージのリダイレクションを行うプロセスを立ち上げることで、各拠点のプライベートな計算リソース上で動いている連携アプリケーション間でのメッセージ送受信を可能としている。連携研究者の實本英之が設計と実装を行い、HPCI/JHPCN 採択課題としても研究支援を戴いた。本システムは、github からアプリケーションのサンプルコード、設定ファイル例とともに一般に公開している。
(<https://github.com/RyzeVia/exgcoup>)

(3) 不確定要素対応機構の概念設計
連成計算や、多拠点間連携計算を安定して実行させるには、様々な不確定要素にリアルタイムに対応していかなければならない。例え

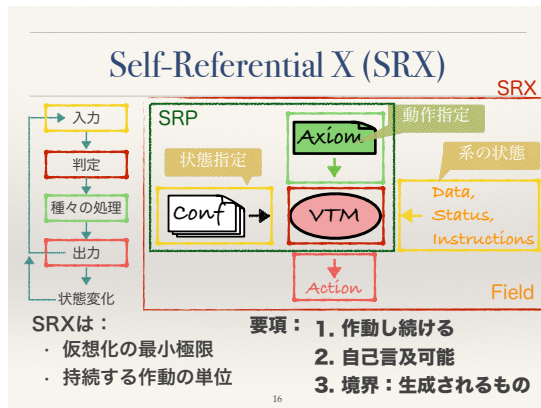


図 3. 不確定要素対応機構 SRX の概念図

ば、連成計算では、連成させる物理量や領域・時間などを計算している系の状況に依存して臨機応変に対応する必要があり、計算開始前に事前に対応を仕込んでおくのは非現実的である。現在でも連成計算が困難である本質が、この連成自体の不確定性にある。

また、多拠点間連携では、計算環境としての多様な不確定性があり、いつこの拠点がどの程度のリソースを利用できるのか曖昧なままジョブ投入をしなければならない。この場合も、予めジョブ実行手順を固定するこれまでの方法は非現実的である。

これらの状況から、不確定要素対応機構の要件として、動作しながら動作内容（管理対象と方法）を変更できる自己言及的な機能が必須になることが判る。そこで、図3に示す不確定要素対応機構 SRX の概念設計を行い、実装を開始した。

以上、OpenFOAM への SRX 適用は叶わなかったが、当初の目的である、多拠点間連成計算に必要な技術的課題を明確にすることは成功し、通信スキームとしての NSTDIO を開発できた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 6 件)

1. Kin'ya Takahashi, Sho Iwagami, Taizo Kobayashi, Toshiya Takami, "Theoretical Estimation of the Acoustic Energy Generation and Absorption Caused by Jet Oscillation", J. Phys. Soc. Jpn., Vol. 85, No. 4, Article ID: 044402, 2016
2. Taizo Kobayashi, Hidetaka Matsuda, Toshiya Takami, Kin'ya Takahashi, "Numerical study for the function of moving pad on tone hole acoustics", The Journal of the Acoustical Society of America 140(4):3037-3037, October 2016, DOI:

10.1121/1.4969427

3. Shuhei Tateishi, Genki Tsutsumi, Taizo Kobayashi, Toshiya Takami, Kin'ya Takahashi, "Numerical study of the influence of the mouth-flue-foot geometry on sounding mechanism of an "air-jet" instrument model", The Journal of the Acoustical Society of America 140(4):3037-3037, October 2016, DOI: 10.1121/1.4970302
4. Sho Iwagami, Taizo Kobayashi, Kin'ya Takahashi, Yuji Hattori, "Numerical study on acoustic intensity of edge tone with change of jet velocity", The Journal of the Acoustical Society of America 140(4):3037-3037, October 2016, DOI: 10.1121/1.4970301
5. Kin'ya Takahashi, Sho Iwagami, Taizo Kobayashi, Toshiya Takami, "Acoustic energy generation of "air-jet" instruments: Energy transfer between jet oscillation and acoustic field", The Journal of the Acoustical Society of America 140(4):3037-3037, October 2016, DOI: 10.1121/1.4970298
6. T. Kobayashi, T. Akamura, Y. Nagao, T. Iwasaki, K. Nakano, K. Takahashi, M. Aoyagi, "Interaction between compressible fluid and sound in a flue instrument", Fluid Dyn. Res. 46 061411, 2014

[学会発表] (計 45 件)

1. 岩上翔, 小林泰三, 高見利也, 服部裕司, 高橋公也, 「エッジトーンの基礎問題の流体音響解析 II」, 19pB23-9, 日本物理学会 第 72 回年次大会, 2017 年 3 月, 大阪大学
2. 松田怜, 松清一樹, 岩上翔, 小林泰三, 高見利也, 高橋公也, 「エアリード楽器の 3 次元流体解析」, 19pB23-9, 日本物理学会 第 72 回年次大会, 2017 年 3 月, 大阪大学
3. 若狭大輝, 小林泰三, 松田秀隆, 高見利也, 高橋公也, 「木管楽器の音孔と移動境界 II」, 19pB23-9, 日本物理学会 第 72 回年次大会, 2017 年 3 月, 大阪大学
4. 立石修平, 堤元気, 小林泰三, 高見利也, 高橋公也, 「アンブシュアを考慮したオルガンパイプの流体音響解析」, 音楽音響研究会, 6, 九州大学, 2017 年 1 月
5. 高橋公也, 岩上翔, 松清一樹, 松田怜, 小林泰三, 高見利也, 「Howe のエネルギー推論を用いたエアリード楽器の音響エネルギー発生メカニズムの解析」, 音楽音響研究会, 7, 九州大学, 2017 年 1 月

6. Taizo Kobayashi, Hidetaka Matsuda, Toshiya Takami, Kin'ya Takahashi, "Numerical study for the function of moving pad on tone hole acoustics", 5Th Joint Meeting ASA/ASJ, October 2016, Honolulu, Hawaii, USA
7. Shuhei Tateishi, Genki Tsutsumi, Taizo Kobayashi, Toshiya Takami, Kin'ya Takahashi, Numerical study of the influence of the mouth-flue-foot geometry on sounding mechanism of an "air-jet" instrument model", 5Th Joint Meeting ASA/ASJ, October 2016, Honolulu, Hawaii, USA
8. Sho Iwagami, Taizo Kobayashi, Kin'ya Takahashi, Yuji Hattori, "Numerical study on acoustic intensity of edge tone with change of jet velocity", 5Th Joint Meeting ASA/ASJ, October 2016, Honolulu, Hawaii, USA
9. Kin'ya Takahashi, Sho Iwagami, Taizo Kobayashi, Toshiya Takami, "Acoustic energy generation of "air-jet" instruments: Energy transfer between jet oscillation and acoustic field", 5Th Joint Meeting ASA/ASJ, October 2016, Honolulu, Hawaii, USA
10. S. Iwagami, T. Kobayashi, K. Takahashi, Y. Hattori, "Fundamental Mechanism of Fluid-Acoustic Interaction in Edge Tone", OS13-13, 13th International Conference on Flow Dynamics, 2016年10月, 東北大学YY
11. K. Takahashi, S. Iwagami, T. Kobayashi, T. Takami, "Energy Transfer between Jet Oscillation and Acoustic Field: Fundamental Mechanism of Flue Instruments", OS13-13, 13th International Conference on Flow Dynamics, 2016年10月, 東北大学
12. 立石修平, 堤元気, 小林泰三, 高見利也, 高橋公也, 「アンブシュアを考慮したオルガンパイプの流体音響解析」, 14aAF-5, 日本物理学会 2016年秋季大会, 2016年9月, 金沢大学
13. 松清一樹, 野見山亮, 篠原浩佑, 馬場玲於, 岩上翔, 小林泰三, 高見利也, 高橋公也, 「閉管楽器のレジスターホールの機能における流体音響解析」, 14aAF-6, 日本物理学会 2016年秋季大会, 2016年9月, 金沢大学YY
14. 岩上翔, 堤元気, 小林泰三, 高見利也, 服部裕司, 高橋公也, 「エッジトーンの基礎問題の流体音響解析」, 14aAF-7, 日本物理学会 2016年秋季大会, 2016年9月, 金沢大学
15. 馬場玲於, 三木晃, 鬼束博文, 宮川矩昌, 岩上翔, 堤元気, 松清一樹, 小林泰三, 高見利也, 高橋公也, 「フルート唄口近傍の流体音響解析」, 14aAF-8, 日本物理学会 2016年秋季大会, 2016年9月, 金沢大学
16. 小林泰三, 松田秀隆, 高橋公也, 高見利也, 「木管楽器の音孔と移動境界」, 16aPS-143, 日本物理学会 2016年秋季大会, 2016年9月, 金沢大学
17. 小林泰三, 「連成計算とIoTの共通課題としての不確定性対応」, アカデミッククラウドシンポジウム 2016, Aug. 30 2016, 北海道大学
18. Y. Morie, H. Honda, T. Nanri, T. Kobayashi, H. Shibamura, R. Susukita, Y. Ajima, "Memory Efficient One-Sided Communication Library "ACP" in Globary Memory on Raspberry Pi 2", DOI: 10.1109/ICDCS.2016.54 Conference: 2016 IEEE 36th International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS)
19. 小林泰三, 「動的過程の不確定要素とオートポイエーシス」, 研究会「第二回 非線形現象の捉え方」, 2016年5月13~15日, 石垣島
20. 岩上翔, 堤元気, 小林泰三, 高見利也, 高橋公也, 「エッジトーンの発音機構における数値解析」, 19aBU-7, 日本物理学会 第71回年次大会, 2016年3月, 東北学院大学
21. 馬場玲於, 三木晃, 鬼束博文, 宮川矩昌, 岩上翔, 堤元気, 松清一樹, 小林泰三, 高見利也, 高橋公也, 「フルート唄口近傍の流体音響解析 II」, 20pPSA-60, 日本物理学会 第71回年次大会, 2016年3月, 東北学院大学YY
22. 松清一樹, 野見山亮, 馬場玲於, 岩上翔, 小林泰三, 高見利也, 高橋公也, 「音孔のついた閉管の共鳴状態の流体音響解析 II」, 20pPSA-61, 日本物理学会 第71回年次大会, 2016年3月, 東北学院大学
23. T. Kobayashi, "Uncertainty and Dynamical Process on Computation", International Workshop on Advanced Future Studies, Mar. 14-16, Kyoto, Japan
24. 岩上翔, 堤元気, 小林泰三, 高見利也, 高橋公也, 「エッジトーンにおける流体音源の数値的評価」, 第29回数値流体力学シンポジウム, A04-2, 九州大学, 2015年12月
25. 小林泰三, 「フルートの発音 ~流体音入門~」, 研究会「非線形現象の捉え方」, 2015年10月9~11日, FITセミナーハウス(湯布院)
26. 實本英之, 小林泰三, 松本正晴, 「多拠点連成アプリケーションを実現するユーザ駆動型・拠点連携システム」, 第

- 151 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, 沖縄県那覇市, 2015 年 9 月
27. 小林泰三, 岩上翔, 高見利也, 高橋公也, 「エアリード楽器の流体音源と Howe's energy corollary」, 17aCW-1, 日本物理学会 2015 年秋季大会, 2015 年 9 月, 関西大学
28. 岩上翔, 堤元気, 小林泰三, 高見利也, 高橋公也, 「エッジトーンにおける Lighthill 音源の数値的評価」, 17aCW-2, 日本物理学会 2015 年秋季大会, 2015 年 9 月, 関西大学
29. 高橋公也, 岩上翔, 小林泰三, 高見利也, 「トイモデルを用いた振動するジェットからの音響エネルギー発生メカニズムの解析」, 17aCW-3, 日本物理学会 2015 年秋季大会, 2015 年 9 月, 関西大学
30. 松清一樹, 野見山亮, 馬場玲於, 岩上翔, 小林泰三, 高見利也, 高橋公也, 「音孔のついた閉管の共鳴状態の流体音響解析」, 17pPSA-83, 日本物理学会 2015 年秋季大会, 2015 年 9 月, 関西大学
31. 北崎祥一, 馬場礼於, 松清一樹, 岩上翔, 堤元気, 小林泰三, 高見利也, 高橋公也, 「バスレフポートスピーカーのポートノイズの流体音解析」, 17pPSA-84, 日本物理学会 2015 年秋季大会, 2015 年 9 月, 関西大学
32. 馬場玲於, 三木晃, 鬼束博文, 宮川矩昌, 岩上翔, 堤元気, 松清一樹, 小林泰三, 高見利也, 高橋公也, 「フルート歌口近傍の流体音響解析」, 17pPSA-85, 日本物理学会 2015 年秋季大会, 2015 年 9 月, 関西大学
33. T. Kobayashi, S. Iwagami, T. Takami, K. Takahashi, “Vortex Sound from a wavy jet and Howe's energy corollary”, XXXV Dynamics Days Europe, P.3, 6-10 September 2015, University of Exeter, UK
34. 小林泰三, 「動的過程の計算論」, 京都大学基礎物理学研究所研究会「複雑システムにおける創造的破壊現象の原理に迫る」, 2015 年 8 月, 京都大学
35. T. Kobayashi, Y. Morie, H. Jitsumoto, T. Takami, M. Aoyagi, “A New Bottleneck in Large-Scale Numerical Simulations of Transient Phenomena, and Cooperation Between Simulations and the Post-Processes”, PANACM 2015, 1st. Pan-American Congress on Computational Mechanics, [3. 17 MS: High Performance Computing and Related Topics I], April 27-29, 2015, Buenos Aires, Argentina,
36. S. Iwagami, G. Tsutsumi, K. Nakano, T. Kobayashi, T. Takami, K. Takahashi, “Numerical Analysis on the Lighthill Sound Sources of Oscillating Jet”, PANACM 2015, 1st. Pan-American Congress on Computational Mechanics, [Contributed Session on Advanced Methods in Computational Fluid Dynamics II], April 27-29, 2015, Buenos Aires, Argentina,
37. 岩上翔, 堤元気, 中野健一郎, 小林泰三, 高橋公也, 「エッジトーンにおける流体音源の数値的評価」, 21aPS-20, 日本物理学会 第 70 回年次大会, 2015 年 3 月, 早稲田大学
38. 堤元気, 岩上翔, 中野健一郎, 小林泰三, 高橋公也, 「エアリード楽器でのジェットの安定性解析」, 21aPS-21, 日本物理学会 第 70 回年次大会, 2015 年 3 月, 早稲田大学
39. 宮川矩昌, 小林泰三, 高橋公也, 吉川茂, 流体音響シミュレーションによる曲管の音響解析」, 21aPS-22, 日本物理学会 第 70 回年次大会, 2015 年 3 月, 早稲田大学
40. T. Nanri, T. Soga, Y. Ajima, Y. Morie, H. Honda, T. Kobayashi, T. Takami, S. Sumimoto, “Channel Interface: Primitive Model for Memory Efficient Communication”, PDP 2015, 23rd Euromicro International Conference on Parallel, Distributed, and Network-Based Processing, [Systems and Architectures], Mar. 4-6, 2015, Turku, Finland,
41. 森江善之, 南里豪志, 安島雄一郎, 本田宏明, 曾我武史, 小林泰三, 住元真司, 「InfiniBand による ACP 基本層の実装と評価」, 第 148 回ハイパフォーマンスコンピューティング研究発表会, 大分県別府市, 2015 年 2 月
42. T. Nanri, T. Soga, Y. Ajima, Y. Morie, H. Honda, T. Kobayashi, T. Takami, S. Sumimoto, “Design and Implementation of Channel Interface as a Memory Efficient Communication Model”, ACSI2015, [5-A], Jan 26-28, 2015, Tsukuba, JAPAN,
43. T. Kobayashi, T. Iwasaki, K. Takahashi, T. Takami, M. Aoyagi, “A numerical simulation for a tone hole of flue musical instrument”, XXXIV Dynamics Days Europe, P2-5, 8-12 September 2014, University of Bayreuth, Germany
44. K. Takahashi, T. Kobayashi, T. Akamura, Y. Nagao, T. Iwasaki, K. Nakano, M. Aoyagi, “Evaluation of acoustic energy generation and absorption in a flue instrument with Howe's energy corollary”, XXXIV

- Dynamics Days Europe, CT1.1-5, 8-12 September 2014, University of Bayreuth, Germany,
45. 實本英之, 小林泰三, 松本正晴, 「複数拠点利用を実現するユーザ駆動型・拠点協調フレームワーク (コンピュータシステム)」, 2014年並列/分散/協調処理に関する『新潟』サマー・ワークショップ (SWoPP 新潟 2014), 新潟市, 2014年7月

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]

ホームページ等

- (1) “NSTDIO” : stdio の様にネットワークを利用できる通信ライブラリ
<https://github.com/y-morie/nstdio>
- (2) “EGCPOPS” : ユーザー権限のみで多拠点連携するフレームワーク
<https://github.com/RyzeVia/exgcoup>

6. 研究組織

- (1) 研究代表者
小林泰三 (KOBAYASHI, Taizo)
帝京大学・福岡医療技術学部・准教授
研究者番号: 20467880
- (2) 連携研究者
棟朝雅晴 (MUNETOMO, Masaharu)
北海道大学・情報基盤センター・教授
研究者番号: 00281783
- (3) 連携研究者
實本英之 (JITSUMOTO, Hideyuki)
東京工業大学・学術国際情報センター・助教
研究者番号: 00545311

- (4) 連携研究者
高見利也 (TAKAMI, Toshiya)
大分大学・理工学部・教授
研究者番号: 10270472
- (5) 連携研究者
南里豪志 (NANRI, Takeshi)
九州大学・情報基盤研究開発センター・准教授
研究者番号: 70284578
- (6) 連携研究者
森江善之 (MORIE, Yoshiyuki)
九州大学・情報基盤研究開発センター・学術研究員
研究者番号: 80512946