

ポストペタスケール高性能計算に資するシステムソフトウェア技術の  
創出  
平成 23 年度採択研究代表者

H25 年度 実績報告
----------------

塩谷 隆二

東洋大学総合情報学部総合情報学科  
教授

ポストペタスケールシミュレーションのための階層分割型数値解法ライブラリ開発

## § 1. 研究実施体制

### (1)「東洋大学」グループ

- ① 研究代表者:塩谷 隆二 (東洋大学総合情報学部, 教授)
- ② 研究項目
  - ・ 階層型ソルバーライブラリの基礎研究とその応用

### (2)「名古屋大学」グループ

- ① 主たる共同研究者:荻野 正雄 (名古屋大学情報基盤センター, 准教授)
- ② 研究項目
  - ・ 階層型ソルバーライブラリの基礎研究とその応用

### (3)「東京大学」グループ

- ① 主たる共同研究者:越塚 誠一 (東京大学大学院工学系研究科, 教授)
- ② 研究項目
  - ・ 階層分割型入出力ライブラリ並びに連続体力学向け問題領域専用言語の基礎研究と  
その応用

## § 2. 研究実施の概要

ポストペタスケール及びエクサスケールコンピュータなど次世代の並列計算機アーキテクチャにおいて、大規模な数値計算データ処理を必要とする実アプリケーションが高い演算効率を得るためには、マイクロプロセッサやメモリなどハードウェアが持つ階層構造を考慮したプログラミングモデルを採用することが必要である。特に、入力データ生成や可視化などのプレ・ポスト処理から数値解析手法などのソルバー処理に至るまで、全ての処理がスパコン上で行われることを想定する必要がある。つまり、次世代並列計算機を利活用するエクサスケールコンピューティングを実現するためには、モジュール間のデータ受け渡しを最小限にし、並びにそれに基づく大規模数値計算データ処理システムの基盤技術が不可欠と言える。

本研究では、次世代並列計算機上における大規模数値計算データ処理システムに関する基盤技術として、研究代表者らがこれまで主に数値解析手法向けに研究開発してきた HDDM (Hierarchical Domain Decomposition Method, 階層型領域分割法) の技術を応用した、HDDM による大規模数値計算データ処理システムの研究開発を目指す。ターゲットとするアプリケーションは大規模分散並列計算で実績のあるオープンソース CAE ソフトウェア ADVENTURE システムである。ADVENTURE は、構造・熱・流体・電磁場など複数の FEM (Finite Element Method, 有限要素法) 解析ソフトウェアを備えている。

本研究では、「DDM 入出力ライブラリ」、「DDM ソルバーライブラリ」、「連続体力学向け DSL」、「連続体力学系シミュレータ」の 4 つの研究項目に分類して研究開発を行っている。平成 25 年度の成果として最も顕著なものは、「DDM 入出力ライブラリ」と「DDM ソルバーライブラリ」の β 版公開である。特に、「DDM 入出力ライブラリ」内の高精細可視化ライブラリ LexADV\_VSCG は、エクサスケールコンピューティングで生成される超大規模データから効率的に重要な情報を抽出するために、図 1 の様な 10 万×10 万ピクセルを超える高解像度画像をスパコン上で作成することができる。また、同ライブラリを利用した FEM 向け高精細並列オフライン可視化ツール LexADV\_WOVis も合わせて公開される。「DDM ソルバーライブラリ」内の DDM 反復法ライブラリ LexADV\_IsDDM は、非構造格子を用いる FEM において、1000 億自由度解析の実績を有している。また、FEM 技術者を対象として、DDM 反復法の試験環境を提供する LexADV\_TryDDM も合わせて公開される。さらに「連続体力学系シミュレータ」として、図 2 の様な大規模津波解析を行うことができる粒子法陽解法ライブラリの LexADV\_EMPS も公開される。

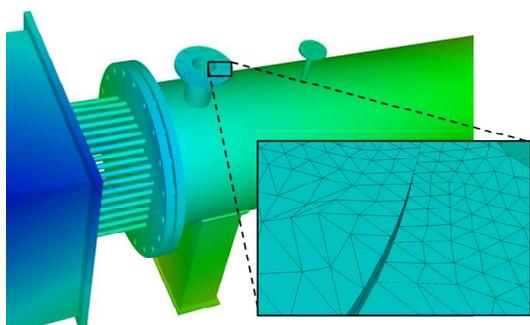


図 1. 10 万×10 万ピクセル可視化例

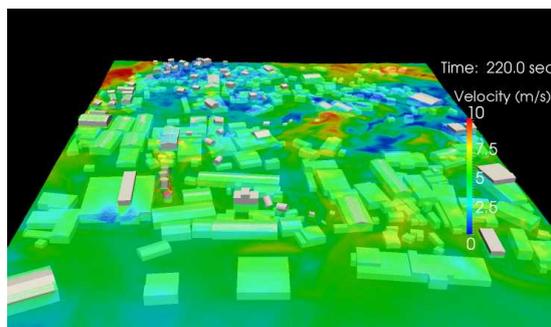


図 2. 431 個の地上構造物が剛体として流れる津波解析

### § 3. 成果発表等

#### (3-1) 原著論文発表

##### 論文詳細情報(国内)

1. 荻野正雄, “領域分割法の対角スケーリング前処理に関する考察”, Transaction of JSCES, Vol. 2013, 20130013, 2013 (DOI: 10.11421/jscs.2013.20130013).
2. 崎原康平, 松原仁, 江戸孝昭, 原久夫, 矢川元基, “付帯条件付き多次元型移動最小自乗法とエレメントフリーガラーキン法における境界条件の精度”, 日本機械学会論文集(A編), Vol. 79, No. 797, pp. 100-104, 2013 (DOI: 10.1299/kikaia.79.100).
3. 広瀬孝三郎, 江戸孝昭, 松原仁, “き裂性岩盤の狭小領域構造を考慮した広大領域における物質移動シミュレーション”, 土木学会論文集 C(地圏工学), Vol. 69, No. 3, pp. 367-377, 2013 (DOI: 10.2208/jscejge.69.367).

##### 論文詳細情報(国際)

4. Hiroshi Kanayama, Masao Ogino, Shin-ichiro Sugimoto and Seigo Terada, Large-Scale Magnetostatic Domain Decomposition Analysis Based on the MINRES Method, IEEE Transactions on Magnetics, vol. 49, No. 5, pp. 1565-1568, May 2013. (DOI: 10.1109/TMAG.2013.2238612)
5. Kohei Murotani, Shin-ichiro Sugimoto, Hiroshi Kawai and Shinobu Yoshimura, Hierarchical Domain Decomposition with Parallel Mesh Refinement for Billions-of-DOF Scale Finite Element Analyses, International Journal of Computational Methods, published via internet, 21 June 2013. (DOI: 10.1142/S0219876213500618).
6. Norihiro Nakajima, Akemi Nishida, Hitoshi Matsubara, Osamu Hazama, Yoshio Suzuki, Kazuhiro Sawa and Kazuhiko Iigaki, Assembly Structural Analysis System, Transactions of SMiRT-22, Division III (Applied computation simulation and animation), Paper-ID:814, 2013.8.
7. Agung PREMONO and Hiroshi KANAYAMA, Characterization of Void Coalescence in Alpha-iron in the Presence of Hydrogen, Journal of Computational Science and Technology, Vol. 7, No. 3, pp. 395-409, 2013/9. (DOI: 10.1299/jcst.7.395)
8. Hiroshi KANAYAMA and Hiroshi DAN, A Tsunami Simulation of Hakata Bay Using the Viscous Shallow-water Equations, Japan Journal of Industrial and Applied Mathematics, Volume 30, Issue 3, pp. 605-624, 2013/11. (DOI: 10.1007/s13160-013-0111-7)
9. Kosaburo Hirose and Hitoshi Matsubara, Mudcrack patterns of Okinawa regional soils, Proceedings of the 7th International Joint Symposium on Problematic Soils and Geoenvironment in Asia, pp. 35-38, 2013.11.

10. Taka-Aki Edo, Hitoshi Matsubara and Hisao Hara, Comparison of Numerical and experimental results on Red soil muddy water flow in sand basin with filtration, Proceedings of the 7th International Joint Symposium on Problematic Soils and Geoenvironment in Asia, pp. 39-42, 2013.11.
11. Taka-Aki Edo, Hitoshi Matsubara and Hisao Hara, Kita-Uebaru Landslide Analysis by using Material Point Method (MPM), Proceedings of the 7th International Joint Symposium on Problematic Soils and Geoenvironment in Asia, pp. 127-130, 2013.11.
12. M. Yokoyama, O.Mochizuki, G.Yagawa, Surface Condition of Solid in Splash Formation, EXPRESSIONS, Bulletin for the International Association for Computational Mechanics, No. 34, pp. 2-5, 2014.
13. A.M.M. Mukaddes, Masao Ogino, and Ryuji Shioya, "Performance Evaluation of Domain Decomposition Method with Sparse Storage Schemes in Modern Supercomputer", Special IJCM Issue based on ICCM2012 (in press).
14. N. MITSUME, S. YOSHIMURA, K. MUROTANI and T. YAMADA: MPS-FEM PARTITIONED COUPLING APPROACH FOR FLUID-STRUCTURE INTERACTION WITH FREE SURFACE FLOW, International Journal of Computational Methods (in press).
15. Amane Takei, Shin-ichiro Sugimoto, Masao Ogino, Shinobu Yoshimura, and Hiroshi Kanayama, "EMC Analysis in a Living Environment by Parallel Finite Element Method Based on the Iterative Domain Decomposition Method", Theoretical and Applied Mechanics Japan, Vol. 62 (in press).