

jh130044-NA21

# 災害影響評価のための 大規模マルチフィジックス・シミュレータの性能・機能強化

田上 大助 (九州大学)

**概要** 我々は、数値シミュレーションを利用した災害影響評価に基づいた防災・減災対策の推進に寄与するために、高精度かつ高効率な大規模マルチフィジックス・シミュレータのプラットフォーム構築に着手している。プラットフォーム構築の第一段階として当拠点公募型共同研究課題において我々が着目している、地震および地震に伴って生じる津波が構造物に与える影響評価に向けて、流れ現象に対する粒子型解法に基づく高精度なシミュレーション手法の構築と得られる流体力が構造物に及ぼす影響の評価について、本年度の進捗状況を述べる。

## 1. 研究の目的と意義

2011 年 3 月 11 日の東日本大地震によって引き起こされた津波により太平洋沿岸地域に甚大な被害が発生した。発生した津波の高さが 10m を超えた箇所が多く報告されている点や、従来の津波対策で主として建設されてきた堤防や防波堤が大きな被害を受けている点等からも、従来とは異なる新しい災害対策の必要性が分かる。

実際、このような大規模災害に対して、防波堤・防潮堤などの構造物を用いて居住地域などへの津波の遡上を防ぎ、経済的被害と人的被害の両者を抑える「防災」と、河川や港湾における津波の遡上経路や損壊した構造物からなる瓦礫の動きなどを予測して、一定の経済的被害を容認しつつ人的被害を抑える「減災」との両面を考慮した、総合的な災害対策が検討されている。対策を検討するに際して、現実の大規模複雑人工物や自然地形を利用した実験を行うことで災害の影響を評価することは事実上不可能であるため、実験の代替手段として高性能・高効率な数値シミュレーションを行うことが重要であると考えられている。実際、ペタスケールの演算性能を持つスパコンの整備に代表されるような計算機環境の進展に伴い、多くの研究者が災害の影響を評価する手段として数値シミュレーションの利用を試みている。しかしながら、災害発生時には複数の物理現象(マルチフィジックス現象)が互いに連成した非常に複雑な現象が生じているため、適切な数値モデル・シミュレーション手法・実装手法の

構築には多くの困難があり、数値シミュレーションによって災害の影響が十分に評価できる状況にあるとは言えない。

そこで我々は、数値シミュレーションを利用した防災・減災対策の推進に寄与するために、従来よりも高い精度かつ高い効率で災害の影響を評価することが可能と成り得る大規模マルチフィジックス・シミュレータのプラットフォーム構築を、当拠点公募研究課題などを進めることで着手している。本研究課題では、特に、地震および地震によって引き起こされる津波が構造物に与える影響に着目し、

- (A) 波動・流れ・弾塑性の連成現象に対する高精度な数値モデル・シミュレーション手法の構築;
- (B) 次世代並列計算機アーキテクチャにおける高効率な実装手法の確立;

の 2 点に重点を置いて研究を進めている。これらの重点項目に対して今年度は、提案した粒子型解法を用いた津波遡上シミュレーションと、遡上に伴い構造物が受ける流体力の影響評価などに重点を置いて本研究課題を遂行した。

本研究課題の目的が実現されれば、数値シミュレーションを利用した災害影響評価による総合的な防災・減災対策の推進、あるいは安全・安心な社会の構築の推進への寄与が期待できる。

## 2. 当拠点公募型共同研究として実施した意義

本研究課題は、超大規模数値計算系応用分野を共同研究分野、名古屋大学情報基盤センターおよび九州大学情報基盤研究開発センターを共同研究機関、名古屋大学情報基盤センターが所有する Fujitsu FX1, Fujitsu PRIMEHPC FX10, および Fujitsu PRIMERGY CX400, 九州大学情報基盤研究開発センターが所有する Fujitsu PRIMEHPC FX10, Fujitsu PRIMERGY CX400S1, および Fujitsu PRIMERGY RX200S6 を主たる計算機資源とし、九州大学、名古屋大学、および愛媛大学に所属する教員からなる共同研究体制を組んでいる。

第1節で述べたように、災害の影響を評価する際には、対象となるマルチフィジックス現象に対する適切な数理モデル・シミュレーション手法の選択を行うことが必要不可欠である。また災害の中で考慮すべき自然現象・実構造物に対する数値シミュレーションを行う場合、その過程に現われる計算モデルは非常に大きな規模となり、これを効率良く求解することも必要不可欠である。さらにシミュレーション結果に基づいて生じる現象の評価を行う場合、生成されるデータが非常に大きな容量となるため、データを効率よく取り扱うことも必要不可欠である。これらの要求される特徴から、2008 年に1 ペタフロップスを達成したアメリカ Los Alamos 国立研究所の Roadrunner を皮切りに、2011 年に運用が開始され 10 ペタフロップスを達成した日本理化学研究所の京、2012 年に京を上回る 16 ペタフロップスを達成したアメリカ Lawrence Livermore 国立研究所の IBM Sequoia など、国内外で整備されつつあるペタスケールの演算性能を持つ次世代スパコンの持つ演算性能を活用する有用なアプリケーションの一つとして、数値シミュレーションを利用した災害影響評価を捉えることが出来る。従って、学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点の下で、超大規模計算機や超大容量ストレージといった情報基盤を十分に有効活用するためのアプリケーション構築を図ることが重要となる。

## 3. 研究成果の詳細

本研究課題の主たる成果と研究計画の達成状況を、目的とする2点の重点項目のうち、本年度に主として取り組んできた内容について述べる。マルチフィジックス・シミュレーシ

ョンを目指した津波遡上問題、特に構造物に対する流体力の影響評価に関して、粒子型解法を用いた数値シミュレーションによる成果を取り上げる。

### 3.1 粒子型解法による数値シミュレーション

1990年代以降、数値流体力学の一手法としてラグランジュ的に動く粒子を用いたシミュレーション手法である粒子型解法の開発が盛んに行われてきた。その手法が持つ特徴から、我々が解析の対象とする津波のように、流体の占める領域が時間とともに変動する流れ問題では、粒子型解法がしばしば用いられている。そこで我々は、時間積分に射影法を適用した Incompressible Smoothed Particle Hydrodynamics (ISPH) 法に基づく粒子型解法を用いて、津波遡上や関連する問題に対する数値シミュレーションを行った; [1]-[4], [9], [13]-[17], [32]-[35].

本シミュレーション手法は、昨年度までに当拠点公募研究課題において基礎的な精度検証などを行い、圧力振動や体積保存性悪化などの問題点を解消し、従来よりも安定した圧力評価を得ている。その鍵となっているのは、射影法で現われる圧力ポアソン方程式に緩和係数付き密度修正項を導入した点、LES 乱流モデルの一種で、渦粘性を考慮した Smagorinsky 渦粘性モデルを導入した点、の2点である。

### 3.2 橋梁に作用する流体力評価

本年度は、我々が提案している ISPH 法を用いて、遡上する津波によって橋梁に作用する流体力の評価を中心に検討した。以下にその詳細を述べる。

#### 3.2.1 小型橋梁模型実験との比較検証

最初に、用いるシミュレーション手法が橋梁に作用する流体力を十分な精度で評価できるかを確認した。精度評価の検証例題には、図1に示す中尾らによる小型橋梁模型を用いた実験(例えば、土木学会論文集 A2 特集号, “応用力学論文集”, 67 (2011), pp.I481-I491; や構造工学論文集, 55A (2010), pp.564-575 などを参照)を用いた。中尾らによる実験は、前面に取り付けたゲートを開けることで貯水部に溜水した水を放水し、津波を模擬した波を橋梁模型に衝

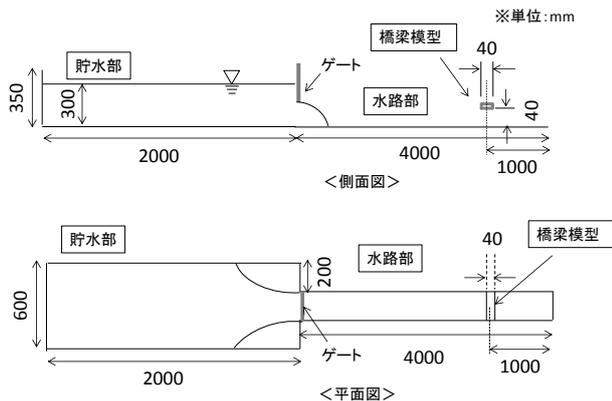


図1: 橋梁模型の流体力評価実験の概略

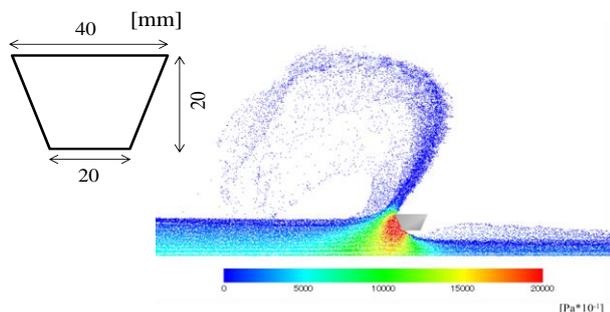


図2: 橋梁模型詳細図と数値シミュレーション例

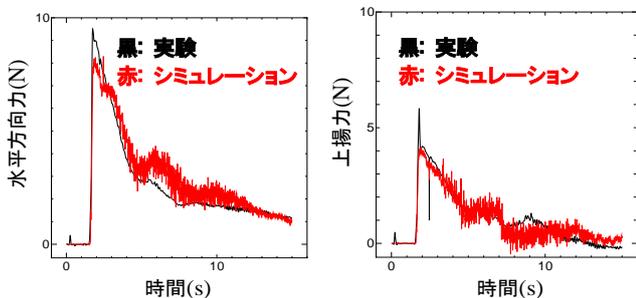


図3: 小型橋梁模型に作用する流体力の実験とシミュレーションによる比較

突させるものである。橋梁模型に作用する流体力を ISPH 法による数値シミュレーションで評価し、実験による計測結果との比較を行った。橋梁模型には、図2左上に示す逆台形型の断面を有する模型を用いた。数値シミュレーションに用いた計算モデルは、実験模型と同寸法の3次元モデルを用いた。

図2右下は、橋梁模型に作用する上揚力および水平方向力がほぼ最大値を示した1.9[s]後の数値シミュレーション結果であり、色は流体の圧力を示している。図3は橋梁に作用する流体

力の上揚力と水平方向力の時間変化のグラフであり、赤線が数値計算により、黒線が実験により得られた結果をそれぞれ示している。流体力のそれぞれの成分について、最大値や最大値の到達時刻、あるいはその後の時間経過に伴う流体力の減衰などが、数値シミュレーションによって精度よく再現できていることが分かる。

### 3.2.2 実スケール・形状の橋梁模型に作用する流体力評価

次に、実スケール・形状の橋梁模型を用いて作用する流体力の評価を行った。この橋梁模型では、図4に示すように段波状の波を模擬したモデル(ケース1)と、徐々に水位が上がる非段波状の波を模擬したモデル(ケース2)の2ケースを用いて数値シミュレーションを行い、津波の形状が橋梁に与える影響を考察した。それぞれのモデルにおいて、高さ10[m]、速度10[m/s]の津波が流入すると仮定した。橋梁模型には、図5右上に示す断面を有する模型を用いた。数値シミュレーションには、12.5[cm]間隔に配置した粒子を用いた。この時、総粒子数は約1,000万である。

図6は、流入する津波形状の違いによる、実スケール橋梁模型に作用する流体力の上揚力と水平方向力であり、黒線がケース1(段状波)を、赤線がケース2(非段状波)を示している。流体力の上揚力および水平方向力の最大値は、いずれも段波状の方が非段状波の波の場合と比較して2倍以上も大きい。また流入する津波の形状によらず、上揚力の最大値が水平方向力の最大値の2倍程度となっている。また図5左下は、流体力の上揚力および水平方向力が最大

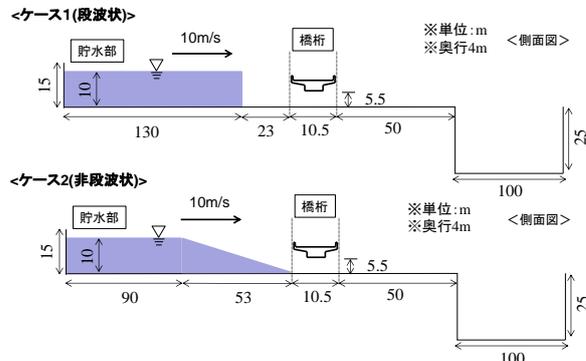


図4: 実スケール橋梁模型の数値シミュレーションモデル

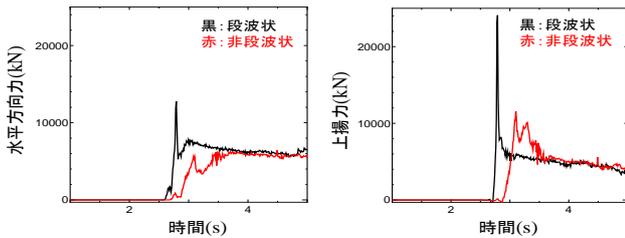


図 6: 流入する津波形状の違いによる実スケール橋梁模型に作用する流体力の比較

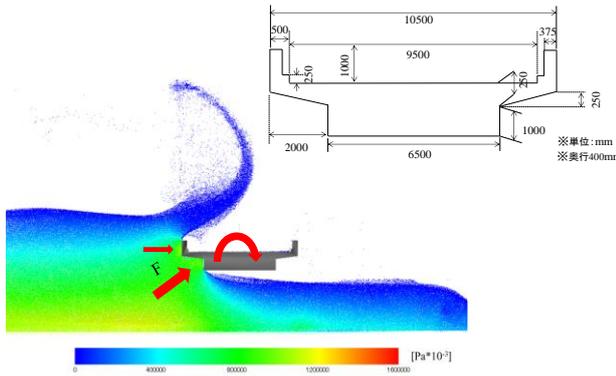


図 5: 橋梁模型詳細図と実スケール橋梁模型における遡上する津波のシミュレーション例

となる時刻付近での、橋梁周りにおける津波の数値シミュレーション結果で、色は流体の圧力を、矢印は図 6 の結果から得られる、橋梁にかかる流体力を模式的に現したものである。

2011 年の東日本大震災における津波被害調査では、橋梁流失の主な原因として津波によってもたらされる流体力の上揚成分が影響していることが指摘されている。図 6 の結果から得られる図 5 の矢印が示すように、橋梁には上揚力が作用することで矢印に示す向きのモーメント力が働いていることが確認できる。また橋梁が回転を始めると、津波からの水平方向力を受ける面積が大きくなり、流失危険性を助長する恐れがあることが分かる。

### 3.2.3 簡易モデルによる剛体挙動の評価

本年度の最後に、津波遡上時における橋梁の流失過程の数値シミュレーションを念頭においた基礎的検討について述べる。橋梁流失過程においては、流体と構造物といった密度差の大きい異なる連続体を粒子型解法によって数値シミュレーションする必要がある。そこで、前節までに用いたような橋梁モデルで、剛体であ

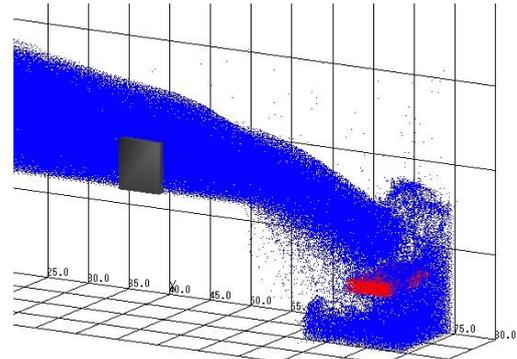


図 7: 時刻 4.00[s]における剛体モデルを用いた橋桁流失のシミュレーション例

る橋桁が、津波から受ける流体力によって流失する流体構造連成モデルを考え、その挙動について考察した。

橋桁の剛体密度が  $1,000[\text{kg}/\text{m}^3]$  とし、粒子数約 110 万、時間増分  $0.001[\text{s}]$  で数値シミュレーションを行った。

図 7 は時刻 4.00[s]における橋桁流失のシミュレーション結果の様子である。左黒色の直方体が流体力の影響を受けないと仮定した橋脚部、右下部赤色の直方体が流体力の影響を受けて流失した橋桁部である。流体力を受けた剛体移動が再現出来ていることが伺える。

## 4. これまでの進捗状況と今後の展望

本年度は、津波遡上の際に見られるマルチフィジックス現象の数値シミュレーションを見据え、昨年度までは考慮していなかった現実の津波遡上における現象として、橋梁が津波から受ける流体力の評価を取り上げ、その精度検証などを行った。用いたシミュレーション手法は、これまでの当拠点公募型共同研究課題などで良く知られた検証問題による数値実験的な精度検証を行なっている手法を用いた。その際、計算規模の増大に備え、やはり昨年度までの成果で一定の有効性が得られている並列化手法も導入している。さらに、流体力を受けた橋桁の剛体移動をシミュレーションするための基礎的な計算手法の検討も行うことが出来た。従って、見積もられた流体力をそのまま構造設計へ適用し、津波によって生じる流体力を受ける防波堤などの構造物の挙動把握など、構造問題と流れ問題との連成問題の数値シミュレーシ

ョンに関する検討が開始可能であると期待できる。

最初に、小型橋梁模型を用いた流体力評価の問題を取り上げ、実験との比較により粒子型解法による数値シミュレーションの精度検証を行った。得られた結果は、上揚力および水平方向力が時刻履歴および最大値ともに実験と一致し、十分な精度のシミュレーションが可能であると判断できた。引き続き、実スケール橋梁模型を用いた流体力評価の問題を取り上げ、その数値結果を検証した。上揚力から生じる橋梁に対する回転モーメントの存在や、津波の流入形状の違いによる流体力の差異などが観察することができた。最後に、流体力を受けた橋桁が剛体移動により流失する問題を取り上げ、その数値結果を検証した。流体と剛体という密度差の大きく異なる2つの連続体を粒子型解法によって統一的にシミュレーションするための手法構築へ向けた基礎的検討を進めることが出来た。

今後は、回転モーメントの影響を受けた構造物の移動といった流体構造連成シミュレーションに対する数値シミュレーション手法のより現実的なモデルへの対応を行っていく。さらに、より大規模な計算モデルを用いる際にも高い計算効率を維持するために、バックグラウンドメッシュを用いた粒子型解法に対する並列計算手法の検討、BDD-DIAG の実装で得られた知見 (研究成果[5], [18]–[23], [37]–[40]) や反復型領域分割法に関する数学的基礎検討で得られた知見 (研究成果[12], [27], [28], [31]) などを元に使用する計算機資源の特長を活かす並列計算手法の検討などを行っていく予定である。

以上のことから、震源から海岸線付近までの津波伝播に基づくより精度の良い津波の流入条件に関する問題点はあるものの、昨年度までの当拠点公募型共同研究課題で行ってきた海岸線から陸地への津波遡上の数値シミュレーション、および構造物周辺の流れと流体力が構造物へ及ぼす影響の数値シミュレーションに関して、両者を統合した津波と構造物間の流体構造連成問題の数値シミュレーションへの道筋が付きつつあると考えられる。

また研究成果[11], [26], [29], [30]により本研究課題で用いている粒子型解法の基礎となる

近似作用素の数学的な打ち切り誤差評価に関する提案を行った。これらの提案手法に対する高効率な実装手法を開発することで、最終的なマルチフィジックス・シミュレータのさらなる性能強化へ向けた基盤も整備されつつある。

以上のように、地震および地震に伴って生じる津波が構造物に与える影響を考えるための第一歩として掲げた2つの重点項目のうち、粒子型解法を用いた流れ問題の数値シミュレーションと、マルチフィジックス・シミュレーションで必要となる、実問題に対する高精度な流体力評価の適用に向けて、その基礎付けが可能となった。

さらに共同研究体制に参画している各々の研究者らが得た知見を活かし、大規模データの効率的な取り扱いに関する検討 (研究成果[10], [41]), より高精度な数値計算を行うための精度保証演算の検討 (研究成果[6], [7], [24], [42]–[44]), および津波などから生じる流体力を受けた構造物の破壊現象など流体構造連成への拡張を睨んだ破壊現象の数理モデルの基礎的な検討 (研究成果[8], [25], [45]) なども平行して行っている。また本研究課題に関連する内容での学会賞受賞 (研究業績[49], [50]), 書籍分担執筆 (研究業績[46]–[48]) など本研究課題の外部に対する公開・周知活動も積極的に行っている。

以上で述べた本研究課題で得られた成果を元に、粒子型解法のさらなる高効率化へ向けた並列実装の検討、より計算機資源に適したハイブリッド並列実装の検討、より高精度なシミュレーションを可能とするための基礎的な数理モデルの検討、マルチフィジックス・シミュレーションのための流体構造連成シミュレーションの開発などへの展開が期待できる。

## 5. 研究成果リスト

### (1) 学術論文

- [1] 田邊 将一, 浅井 光輝, 中尾 尚史, 伊津野 和行: 3次元粒子法による橋桁に作用する津波外力評価とその精度検証, 構造工学論文集, **60A** (2014), pp.293–302.

- [2] Aly, A.M., Asai, M., and Sonoda, Y.: Modelling of surface tension force for free surface flows in ISPH method, *Int. J. Numer. Methods Heat Fluid Flow*, **23** (2013), pp.479–498.
- [3] 浅井 光輝, 藤本 啓介, 田邊 将一, 別府 万寿博: 階段状の非適合境界を有する粒子法解析における仮想マーカーを用いたすべり・非すべり境界面処理法, *日本計算工学会論文集*, **2013** (2013), Paper No. 20130011.
- [4] 藤本 啓介, 浅井 光輝, 一色 正晴, 舘澤 寛, 三上 勉: 高解像度地形モデルを用いた ISPH 法による津波シミュレーション, *地震工学講演会論文集 (土木学会論文集 A1 特集号)*, A1S-0224.
- [5] 荻野 正雄: 領域分割法の対角スケールリング前処理に関する考察, *日本計算工学会論文集*, **2013** (2013), Paper No. 20130013.
- [6] Kinoshita, T., Watanabe, Y., and Nakao, M.T.: An improvement of the theorem of a posteriori estimates for inverse elliptic operators, *Nonlinear Theory and Its Applications*, IEICE, **5** (2014), pp. 47–52.
- [7] Watanabe, Y., Kinoshita, T., and Nakao, M.-T.: A posteriori estimates of inverse operators for boundary value problems in linear elliptic partial differential equations, *Math. Comp.*, **82** (2013), pp.1543–1557.
- [8] Abe, K. and Kimura, M.: Vibration-fracture model for one dimensional spring-mass system, *J. Math-for-Industry*, **5** (2013), pp.25–32.
- (2) 国際会議プロシーディングス
- [9] Asai, M., Tanabe, S., and Isshiki, M.: A large scale tsunamis run-up simulation and numerical evaluation of fluid force during tsunami by using a particle method, *Proceeding of the 2013 World Congress on Advances in Structural Engineering and Mechanics (ASEM13)*, pp. 1559–1566.
- [10] Nanri, T.: Proposal of HINT interface for runtime tuning of communication libraries, *Proceedings of WIP Session of PDP 2014*, to appear.
- (3) 国際会議発表
- [11] Tagami, D. and Imoto, Y.: Truncation error analysis of finite difference operators in SPH method based on Voronoi decomposition, *The 3rd Conference on Particle-Based Methods (PARTICLES 2013)*, Sep. 2013, Germany.
- [12] Tagami, D.: Efficient numerical algorithms on large scale magnetic field problems using an iterative domain decomposition method, *The 19th COMPUMAG Conference on the Computation of Electromagnetic Fields (COMPUMAG 2013)*, Jul. 2013, Hungary.
- [13] Tanabe, S., Asai, M., and Sonoda, Y.: Numerical evaluation of fluid force acted on bridge girders during tsunami by using a particle method, *5th Asia Pasific Congress on Computational Mechanics and 4th International Symposium on Computational Mechanics (APCOM & ISCM2013)*, Dec. 2013, Singapore.
- [14] Morimoto, T., Asai, M., and Sonoda, Y.: Fundamental study for seawall collapse simulation during tsunami by using a particle method, *5th Asia Pasific Congress on Computational Mechanics and 4th International Symposium on Computational Mechanics (APCOM & ISCM2013)*, Dec. 2013, Singapore.
- [15] Asai, M., Isshiki, M., and Tanabe, S.: Large scale tsunami simulation by the incompressible SPH with real geography generated from aero-survery data, *The 3rd International Conference on Particle-Based Method (PARTICLES 2013)*, Sep. 2013, Germany.
- [16] Asai, M., Morimoto, T., and Isshiki, M.: Frontiers of discontinuous numerical methods and practical simulation in engineering and disaster prevention, *The 11th International Conference on Analysis*

- of Discontinuous Deformation (ICADD 11), Aug. 2013, Japan.
- [17] Asai, M.: Large scale tsunami simulation by a particle method and its application to disaster prediction, The 12th U.S. National Congress on Computational Mechanics (USNCCM12), Jul. 2013, USA.
- [18] Ogino, M.: A balancing domain decomposition method combined with diagonal scaling preconditioner for multi-materials, 5th Asia Pasific Congress on Computational Mechanics and 4th International Symposium on Computational Mechanics (APCOM2013 & ISCM2013), Dec. 2013, Singapore.
- [19] Kawai, H., Ogino, M., Shioya, R., and Yoshimura, S.: Large-scale linear dynamic analysis based on domain decomposition method using local Schur complement and inverse of coarse matrix, 5th Asia Pasific Congress on Computational Mechanics and 4th International Symposium on Computational Mechanics (APCOM2013 & ISCM2013), Dec. 2013, Singapore.
- [20] Mukaddes, A.M.M., Ogino, M., and Shioya, R.: A new implementation of sparse matrix-vector multiplication in the parallel finite element, 5th Asia Pasific Congress on Computational Mechanics and 4th International Symposium on Computational Mechanics (APCOM2013 & ISCM2013), Dec. 2013, Singapore.
- [21] Ishikawa, I., Ogino, M., Mukaddes, A.M.M., and Shioya, R.: Trial study of multi-level domain decomposition method for heat transfer analysis, 5th Asia Pasific Congress on Computational Mechanics and 4th International Symposium on Computational Mechanics (APCOM2013 & ISCM2013), Dec. 2013, Singapore.
- [22] Hori, M., Tanaka, S., Ichimura, T., Lalith, M., Miyamura, T., Ogino, M., and Okazawa, S.: Application of HPC to earthquake engineering —Seismic structure response analysis and urban area earthquake simulation—, The 4th International Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering (COMPDYN 2013), Jun. 2013, Greece.
- [23] Kawai, H., Ogino, M., Shioya, R., and Yoshimura, S.: Performance benchmark of local solvers on supercomputers in domain decomposition method, The 9th International Conference on Fracture & Strength of Solids (FEOFS2013), Jun. 2013, South Korea.
- [24] Watanabe, Y.: A comparison of computer-assisted proofs for the Kolmogorov problem, International Workshop on Numerical Verification and its Applications 2014 (INVA2014), Mar. 2014, Japan, 招待講演.
- [25] Kimura, M.: Continuous and discrete crack propagation models with energy gradient property, Czech-Japanese Seminar in Applied Mathematics 2013, Sep. 2013, Japan.
- (4) 国内会議発表
- [26] 井元 佑介, 田上 大助: 粒子法における高次近似ラプラス作用素, 第 27 回数値流体力学シンポジウム, 2013 年 12 月, 名古屋市.
- [27] 田上 大助: 静磁場問題に対する階層型領域分割法, 日本機械学会第 26 回計算力学講演会, 2013 年 11 月, 佐賀市.
- [28] 田上 大助: 流れ問題に対する反復型領域分割法の数理, Joint workshop on pure and applied mathematics, 2013 年 10 月, 仙台市.
- [29] 井元 佑介, 田上 大助: SPH 法と MPS 法に用いる近似作用素の打ち切り誤差解析について, 日本数学会 2013 年度秋季総合分科会 応用数学分科会, 2013 年 9 月, 松山市.
- [30] 井元 佑介, 田上 大助: Voronoi 分割に基づく SPH 法の近似差分作用素の打ち切り誤差解析, 第 18 回計算工学講演会, 2013 年 6 月, 目黒区.

- [31] 田上 大助: 磁場問題に対する反復型領域分割法の効率化, 第 18 回計算工学講演会, 2013 年 6 月, 目黒区.
- [32] 田邊 将一, 浅井 光輝, 園田 佳巨, 粒子法における境界条件処理方法による流体力の相違, 第 18 回計算工学講演会, 2013 年 6 月, 目黒区.
- [33] 森本 敏弘, 浅井 光輝, 園田 佳巨, ピンガム流体・弾性体の混合モデルを導入した SPH 法による洗掘シミュレーション, 第 18 回計算工学講演会, 2013 年 6 月, 目黒区.
- [34] 藤本 啓介, 浅井 光輝, 一色 正晴, 測量情報を基にした地形モデルを用いた ISPH 法による津波遡上解析, 第 18 回計算工学講演会, 2013 年 6 月, 目黒区.
- [35] 一色 正晴, 浅井 光輝, 津波シミュレーションによる大規模粒子データの可視化手法について, 第 18 回計算工学講演会, 2013 年 6 月, 目黒区.
- [36] 屋 雄介, 荻野 正雄, 石井 克哉: 有限要素解析のための並列領域分割法ライブラリの開発と評価, 2014 年ハイパフォーマンスコンピューティングと計算科学シンポジウム, 2014 年 1 月, 国立市.
- [37] 荻野 正雄: エクサスケールに向けた数値計算ライブラリ advis の開発と性能評価, AXIES 大学 ICT 推進協議会 2013 年度年次大会, 2013 年 12 月, 千葉市.
- [38] 荻野 正雄: Diagonal-scaled BDD 法を用いた複合材料の並列有限要素解析, 日本機械学会第 26 回計算力学講演会, 2013 年 11 月, 佐賀市.
- [39] 河合 浩志, 荻野 正雄, 塩谷 隆二, 山田 知典, 吉村 忍: 領域分割法ソルバーの性能ベンチマーク, 日本機械学会第 26 回計算力学講演会, 2013 年 11 月, 佐賀市.
- [40] 荻野 正雄, 塩谷 隆二: 階層型領域分割法による 1000 億自由度並列有限要素解析, 第 18 回計算工学講演会, 2013 年 6 月, 目黒区.
- [41] 南里 豪志, 通信ライブラリの自動チューニングを支援する Hint API の提案, 第 141 回 HPC 研究発表会, 2013 年 9 月, 那覇市.
- [42] 木下 武彦, 渡部 善隆, 中尾 充宏: An alternative approach of invertibility verifications and norm estimations for linear elliptic operators, 日本応用数理学会 2014 年研究部会連合発表会, 2014 年 3 月, 京都市.
- [43] 渡部 善隆: 計算機援用証明による Orr-Sommerfeld 問題の安定性・不安定性解析, 日本数学会 2014 年度年会, 2014 年 3 月, 新宿区, [特別講演].
- [44] 渡部 善隆, 藤原 宏志, 中尾 充宏: exlib による平行 Poiseuille 流れの不安定性解析の高精度化, 日本応用数理学会 2013 年度年会, 2013 年 9 月, 福岡市.
- [45] 木村 正人: 亀裂進展現象のエネルギー変分的数理モデリングの基礎と展開, 日本応用数理学会 2013 年度年会研究部会 OS “連続体力学の数理” 特別講演, 2013 年 9 月, 福岡市.
- (5) その他 (特許, プレス発表, 著書等)
- [46] 田上 大助: 電磁場問題の数値解法, “応用数理ハンドブック” (日本応用数理学会 監修, 分担執筆), 朝倉書店, 2013.
- [47] 藤野 清次, 阿部 邦美, 杉原 正顕, 中嶋 徳正: 線形方程式の反復解法, 丸善出版, 2013.
- [48] 渡部 善隆: 偏微分方程式の精度保証, “応用数理ハンドブック” (日本応用数理学会 監修, 分担執筆), 朝倉書店, 2013.
- [49] 井元 佑介, 田上 大助: 日本応用数理学会 2013 年度年会, 最優秀ポスター賞, 2013 年 9 月.
- [50] 荻野 正雄: 第 18 回計算工学講演会ベストペーパーアワード, 日本計算工学学会, 2013 年 7 月.