

令和 5 年 6 月 1 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2018～2022

課題番号：18H05239

研究課題名(和文) 震災軽減のためのヘテロ解析による地殻イメージング手法の開発とその適用

研究課題名(英文) Development of crust imaging enhanced by hetero-computing for reducing earthquake disaster

研究代表者

市村 強 (Ichimura, Tsuyoshi)

東京大学・地震研究所・教授

研究者番号：20333833

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 144,700,000円

研究成果の概要(和文)：震災軽減や地震現象のメカニズム解明を目指して、地震・地殻変動観測の高度化が図られつつある。このような先進的な観測データをより活用するためには、従来よりも高詳細な解析が必要とされてきたが、その解析コストが膨大過ぎるため、その実現が難しいとされてきた。本研究課題では、最先端の計算科学・計算機科学を創成・活用しつつ、新たな解析手法を創出することで、従来難しいとされてきた解析を実現するとともに、最先端の計測・最新の固体地球科学の知見を踏まえつつ実際の問題へ適用することで開発手法の有効性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高度化されつつある地震・地殻変動観測を用いた地殻内部状態推定(地殻イメージング)に関する研究開発の進展が期待され、震災軽減や地震現象のメカニズム解明に資すると期待される。また、本課題にて創出した様々なヘテロ性を活用した新たな解析手法は汎用的なものであり、地殻イメージングだけではなく、例えば、地震の被害想定では地盤増幅解析や地震動解析などにも活用可能であるため、震災軽減へ向けた検討等においても活用が期待される。

研究成果の概要(英文)：The advancement of earthquake ground motion and crustal deformation observation is being promoted in order to mitigate earthquakes and to elucidate the mechanisms of earthquake phenomena. In order to make better use of such advanced observation data, more detailed analysis has been required, but this has been difficult to achieve because the analysis cost is too large. In this research project, we have created a new analysis method by utilizing state-of-the-art computational science and computer science, and demonstrated the effectiveness of the developed method by applying it to actual problems based on state-of-the-art measurements and the latest knowledge from solid earth science.

研究分野：地震に関するシミュレーション一般

キーワード：ヘテロコンピューティング 地震シミュレーション 波動解析 地殻変動解析

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

日本は地震多発国であり、地震・津波外力想定技術は高い水準にある。一方で、地震・地殻変動観測の高度化が図られつつあるも、これらの観測データのさらなる活用を可能とする高詳細モデルを用いた地殻イメージング(地殻の内部状態の予測)にはブレークスルーが期待される状況にあった。その課題の主なもののひとつが、地殻イメージングの解析コストであった。高分解能・高精度な有限要素解析はこのような地殻イメージングに適しているものの、地殻という巨大な領域における高分解能・高精度な解析は、超大自由度となり、その大規模な有限要素モデル構築及びこれを用いた解析コストが膨大となり過ぎ、その実現が難しいとされていた。結果的に、地震・地殻変動観測の高度化を活用しうる、高分解能・高精度な地殻イメージングの実現は難しいとされていた。

2. 研究の目的

本課題では、最先端の計算科学・計算機科学を創成・活用しつつ、従来難しいとされてきた高詳細な地殻構造を用いた超大規模解析を実現し、地震・地殻変動観測の高度化に耐えうる高分解能・高精度な地殻イメージングを実現すること、また、解析手法を、最先端の計測・最新の固体地球科学の知見を踏まえつつ実際の問題へ適用することで開発手法の有効性を示すことを目的としていた。

3. 研究の方法

研究代表者である市村のグループが解析手法を開発し、分担者である堀のグループが開発された解析手法と実データを用いて地殻イメージングを試みた。具体的には、市村グループにおいて地殻イメージング手法である大規模有限要素法に基づく高分解能・高精度な3次元不均質地殻構造モデルでの地震動・地殻変動の超高速解析手法を研究開発し、堀グループでは、市村グループにより開発された手法を順次導入することで、地殻イメージングシステムのプロトタイプを構築し、実データを用いて地殻イメージングを試みた。

4. 研究成果

本課題では、上記のように、最先端の計算科学・計算機科学を創成・活用しつつ、「(1) 地殻イメージングのための超大規模・超高速有限要素解析手法の研究開発」及び「(2) 地殻イメージング結果の妥当性向上のための研究開発」を行い、最先端の計測データ・最新の固体地球科学の知見を踏まえつつ、「(3) 地震イメージングの妥当性検証」を行うことで本課題開発手法の有効性を示した。以下では、各(1)~(3)の代表的な成果の具体について述べる。

(1) 地殻イメージングのための超大規模・超高速有限要素解析手法の研究開発

低次非構造要素をもちいた有限要素解析において大規模解析を実現した。計算機のヘテロ性を活用するアルゴリズムに加え、解析手法のヘテロ性(従来の微分方程式求解に、データサイエンス的アプローチを加えた新たなアルゴリズム)の活用を強化した新たな手法を創出した。

人工知能により対象系の性質(微分方程式から導かれるグリーン関数と離散化から導かれるコネクティビティの密度と局所的な ill-posed さの関係)を学習し、方程式求解の高速化した超大規模・超高速有限要素解析手法を開発した。この研究は、高性能計算による物理シミュレーションと人工知能の融合という点で強みがある。また、カスタマイズした変数型(FP21)を用いた変動精度演算を組み込むことで更なる高速化を達成している。

上記超大規模・超高速有限要素解析手法をもとに計算機のヘテロ性に着目した新たな解析手法を構築した。その capability を確認するため、米国オークリッジ国立研究所のスーパーコンピュータ Summit 全系を用いて、1.67 兆自由度の超大規模有限要素モデルを構築して解析を行ったところ、有限要素ソルバー全体で 416P(41.6 京) FLOPS、カーネル部分で 1.10Exa(110 京) FLOPS という従来法と比較して非常に高い性能を発揮することが出来た。CPU と GPU を混成したヘテロコンピューティングのうち、GPU の内部にはさらなるヘテロな演算機構(ここでは NVIDIA Volta GPU の Tensor Core)があり、これを加速器として用いて変動精度演算を行うことで、演算の加速を行うことが出来る(例えば、NVIDIA Volta GPU の倍精度演算性能は 7.8 T(7.8 兆) FLOPS だが、その Tensor Core では半精度演算で 125T(125 兆) FLOPS となる(16 倍高速))。ただし、これはデータの強い局所性がなければ性能を発揮できない弱点がある。そこで、このアーキテクチャの特性にあわせた「データの強い局所性」をもつ新たな有限要素法求解アルゴリズムを構築することで、このヘテロコンピューティングのさらなるヘテロ性を引き出した超高効率な解析を可能とした。なお、このアルゴリズムの演算量は従来法と比べて有意に増加するが、その演算が加速器に適しているため、計算時間としては相当な短縮を可能としている。本手法の実問題への applicability を確認するため、南海トラフと同様に、米国西海岸にて M9 地震が懸念されている Cascadia 沈み込み帯近傍の巨大地殻構造(1944x2646x480km)の有限要素モデル(149 億自由度)を構築し、Summit の一部 162 ノードを用いて地殻変動解析を行ったところ 23 秒で解

析することが出来ており、従来法と比較して、実問題においても相当の高速化が達成された。

解析性能のさらなる向上のため、データサイエンシス的なアプローチの導入を進めた手法を開発した。具体的には、AIを活用することで、有限要素解析手法の求解の高速化を行った。AIによる微分方程式の求解はいくつか方法があるが、精度の良いとされる手法でも数値シミュレーションの観点からは誤差が大きく、時刻歴発展問題を解くと、時間ステップが進むにつれ、おかしな解に到達する場合がある。また、シミュレーションで必須とされる精度の保証が難しいという課題がある。これらの課題を解決可能な、「AIを用いた精度保証可能な有限要素解析手法の求解」を創出した。有限要素解析により得られた結果をAIで学習することが一般的に行われているが、動的問題ではこのようなアプローチでは精度を出すことが難しい。そのため、解析結果ではなく、微分方程式自体の性質を学習したAIを構築する。すなわち、微分方程式のグリーン関数を学習したAI（グリーン関数AI）を組み合わせることで解を推定する。有限要素解析により得られた結果と比較して、グリーン関数の形状は比較的単純かつ高次の解モードまでを効率よく含んでいるため、グリーン関数AIにおける解の推定性能は高くなる。ただ、このままではAI内の統計的な推定部分による揺らぎの影響もあり、精度の保証は難しく、従来の有限要素解析の精度保証で求められる誤差のレベルにはならない。そのため、このグリーン関数AIを有限要素解析で用いる方程式求解の反復解法の前処理として用いることとする。このようにすることで、AIの観点からすれば反復解法のプロセスによりAIの精度保証が、従来の物理シミュレーションの観点からは性能の良い前処理をAIにより実現することとなる。なお、前処理としてAIを用いているだけであるため、結果的に得られる精度は従来の物理シミュレーションと同様に設定することが出来る。以上のような解析手法のヘテロ性を活用したアルゴリズムは、演算機構の有効活用につながる。即ち、グリーン関数はポイントワイズに定義され、かつ、グリーン関数による解の構成はそのポイント近傍の変数のコンボリューションの計算になる。つまり、通常物理シミュレーションではあり得ない、有限要素法の節点毎独立にメモリ連続アクセス性の非常に高い、前処理となるため、演算効率が非常に高くなることになる。そのため、実はグリーン関数AIによる演算数自体は増加するが、演算性能が非常に高くなるため、解析に要する時間は改善されることになる。さらに、これをGPUと連成させて解くことにより、このメモリ連続性の有効性がさらに高まる。実際、A100 GPUを用いた場合、CPUを用いたstate of artと比較して、相当な高速な解析が実現された。

さらなる解析能力向上のため、データサイエンシス的なアプローチとの融合をさらに進めた。見方を変えれば、有限要素解析結果は対象系の性質を含んだ大量のデータである。特に時刻歴の問題であれば、得られた過去時間ステップの有限要素解析結果を用いることで、現時間ステップの有限要素解析求解の高速化を期待したくなるが、これは一般に難しい。なぜならば、過去時間ステップの有限要素解析結果に含まれる解のモードを適切に拾い上げ、それを現時間ステップの解の再構成に活かすことが難しいためである。これを踏まえ、新たな手法を開発した。このデータ学習手法により過去時間ステップの解を逐次学習して反復解法の初期解の推定性能をあげることが可能となるため、解析時間の短縮につながると期待される。なお、有限要素解析で生じるランダムアクセス卓越型のメモリアクセスとは異なり、解の高次モードを局所領域で推定するアルゴリズムは連続メモリアクセスとなるため、演算効率が飛躍的に高くなる。つまり、物理シミュレーションの演算を、データサイエンシス的なアプローチによって演算器に適した演算に置き換えたことにより、解析能力の向上を実現したことになる。この演算はGPUに向けており、高い演算性能を発揮することに成功した。

以上のように、計算機及び解析手法のヘテロ性を活用した新たな手法を創出し、解析能力の大幅な向上を実現した。なお、開発した手法は汎用性の高いアルゴリズムであり、地震シミュレーションだけでなく、他分野や他アーキテクチャでの性能向上に貢献することが期待される。

(2) 地殻イメージング結果の妥当性向上のための研究開発

非線形最適化における大域解推定のための人工知能を活用した手法を開発し、従来法では推定が難しい問題を超高速に推定することが可能なことを示した。また、最適化により地殻構造を改良したとしても決定論的に地殻構造を確定することは難しいが、これを解決するための解析手法を開発することで、地殻イメージング結果の妥当性向上を実現した。

本課題では、観測データと波動場解析を用いた最適化により地殻構造の妥当性向上のための手法開発を行い、その有効性を確認した。まず、解決すべき課題は如何に大域解を補足するかに集約されたため、(1)で開発を進めていた超高速有限要素モデル生成・解析手法とヒューリスティックな最適化手法を組み合わせたrobustな手法（有限要素モデル生成はCPUで、波動場解析はGPUというヘテロ解析）を開発したが、推定パラメータが多い場合には適用が難しいことが分かった。そこで、大量の順解析結果から推定パラメータと誤差の関係をAIにより分類問題として学習し、効率的にパラメータ空間を縮約する手法を開発した。波動場を用いた内部構造推定問題に本手法を適用したところ、推定パラメータ数が多く従来法では全く収束しなかった問題においても、効率的に超高速にパラメータ推定可能なことが示された。また、本手法は、ヘテロ計算機環境でのBig Data & Extreme Computingを前提に開発した手法であり、サンプリングは完全に並列に可能であるため、高効率な並列計算が可能であり、逐次的なプロセスが多くなるヒューリスティックな最適化手法に比べて、パラメータ推定効率が高い。なお、本手法は、上記のような最適化に限らず一般に適用可能なrobustな手法であり汎用性が高い。

上記の手法により、地殻構造の妥当性向上はある程度図られるものの、deterministic に地殻構造を推定することは難しく、本質的な妥当性向上には余地がある。これを解決するための方法として、曖昧さをもつ地殻構造であっても解析可能な手法を開発し、地殻イメージング結果の妥当性向上を実現した (Uncertainty Quantification)。すなわち、曖昧さを確率的にとらえた確率地殻構造を設定し、その確率的な応答を解析可能な手法を開発した。このような場合、シミュレーションの品質保証として、時空間の解の収束性の確認に加え、確率空間での収束をも考慮して確率的な応答場を解くことが必要となる (確率応答の収束性担保)。従来は、例えば、モンテカルロシミュレーションにより解くが、deterministic なシミュレーションに比べ計算コストが飛躍的に増加することとなり、実現が難しい (十分収束した確率場を得るためには多数サンプルが必要)。そのため、この解析コストを軽減可能な、確率・物理空間を非構造二次四面体要素により離散化し、混合精度陰解法反復ソルバーにより倍精度求解する確率有限要素法を開発した。なお、確率空間での応答の収束性を担保するためには確率空間での基底展開次数を多くする必要があり、この場合、求解時の方程式の次元数が飛躍的に増大する問題がある。即ち、反復ソルバー内で「超大次元の行列×ベクトル」の演算を行うこととなり、解析コストが膨大となる。これを解決するために、複雑な定式化を踏まえて、確率有限要素法のコアカーネル部分のプログラムを自動生成するプログラムを開発した。このプログラムにより「超大次元の行列×ベクトル」の演算を、「大次元の行列×中次元の行列」の演算に組み換え、演算の稠密性を飛躍的に向上させて解析コストを削減することに成功し、ヘテロ計算機環境上で高い解析性能を実現した。

(3) 地震イメージングの妥当性検証

まず、地震イメージングの肝となる解析の妥当性を検証し、次に、南海トラフを対象とした高詳細モデルでのデータ同化の試行を行うとともに、南海トラフを対象とした高詳細モデルでのシナリオ計算とデータとの整合性評価を行った。

地震イメージングの肝となる解析の妥当性の検証

地震イメージングで肝となる、詳細な地殻モデルと断層すべりの時空間変化の数理モデルの組み合わせの妥当性を、2011年東北地方太平洋沖地震というM9の超巨大地震後の複雑な地殻変動データで実証するとともに、南海トラフ全域を対象とした固着・すべりの逐次データ同化の数値実験で予測性能の検討を行い、同化手法の有効性を確認した。

本課題における地震イメージングの肝になるのは、断層すべりの時空間変化の数理モデルと観測方程式 (断層すべりと観測データである地殻変動) に、市村グループによる超高詳細地殻モデルを取り入れることで、データとの整合性評価をより現実的なものに改良することである。その際、観測される地殻変動データは、断層すべりだけでなく地殻・マンツルの粘弾性応答がもたらす変動も含んでいる。しかも、南海トラフ地震で問題となる大地震の時間差発生の際には、まさに最初の大地震による粘弾性応答とゆっくりした断層すべりが生じ、次の大地震に至る。このため、粘弾性応答についても尤もらしいモデルを用意しておくことが必要不可欠である。南海トラフでは、比較すべき大地震直後の粘弾性応答の観測データは存在しないが、東北地方太平洋沖地震後の海陸の地殻変動データは、地殻・マンツルの粘弾性応答について、世界的にみても最も豊富な情報を持っている。そこで、この地震後のシナリオを対象として、地震イメージングの妥当性を検証した。市村グループがすでに開発していた高詳細粘弾性地殻モデルでの断層すべりに対する粘弾性応答に伴う地殻変動計算を行うためのコードと、堀グループが開発していた断層すべりの時空間変化を計算するためのコードを組み合わせることで、地震後の地殻変動をもたらす粘弾性応答と断層のゆっくりしたすべりの双方を計算できるようにした。その上で、東北地方太平洋沖地震の震源断層を含む日本列島の高詳細地殻構造 FEM メッシュを生成 (図 1) し、計算を実施した。その結果、地

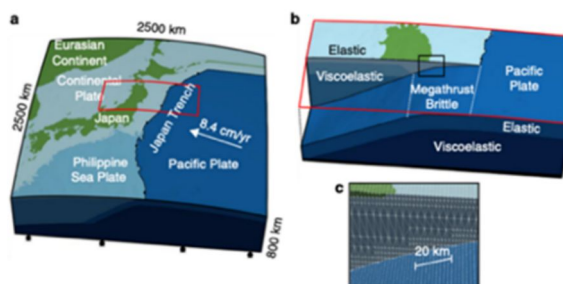


図1 東北地方太平洋沖地震の震源域を含む詳細地殻モデルのFEMメッシュ

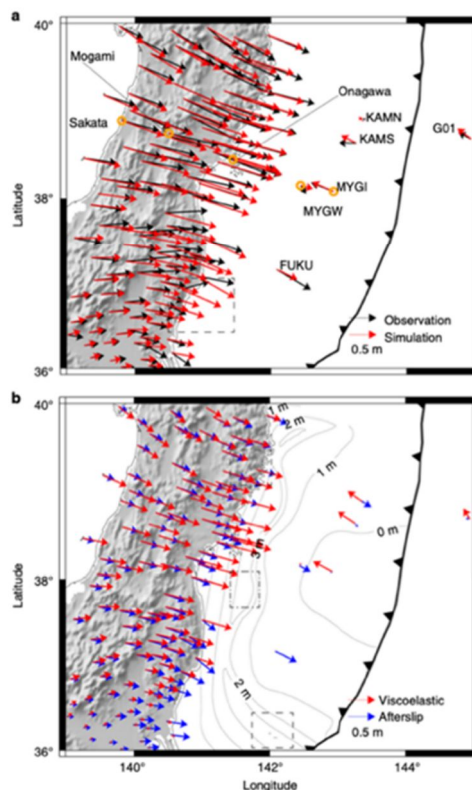


図2 地殻変動のデータ (黒) と計算値 (赤)、粘弾性応答 (赤) と地震後すべり (青)

震時のすべりによってもたらされる粘弾性応答と地震後の断層のゆっくりしたすべりの両者の組み合わせで、海陸、あるいは南北で空間的に異なるパターンを示す地震後の地殻変動(図2)を説明できることを明らかにした。また、各点での時間変化も整合することが確認できた。また、南海トラフ全域を対象とした、南海トラフ地震の固着域の深部で繰り返し発生するゆっくりしたすべりを対象とした逐次データ同化の数値実験をおこなった。逐次データ同化手法を、南海トラフ全域を対象とできるよう大規模・並列化し、ゆっくりすべりへの適用を通してモデルの予測性能を検討した。南海トラフ沿いで繰り返し発生するゆっくりすべり域(東海・紀伊水道・豊後水道)と隣接する大地震発生域(固着域)を設定し、フォワード計算による地殻変動にノイズを加えてデータを生成し、断層すべり速度や摩擦則のパラメータを推定する同化実験を行った。その結果、初期アンサンブルを適切に選択することで推定できることが確認できた。

南海トラフを対象とした高詳細モデルでの同化の試行

南海トラフに対する詳細な地殻モデルを用いた同化の試行により、不均質構造の曖昧さが「震源状態推定」に無視できない影響を与えることを明らかにした。

地震イメージングの対象領域である南海トラフに対して、高詳細3次元地殻モデルを構築して、「震源状態推定」のための地震時のすべり分布に対する地殻変動データからの同化の試行を行った。ここで問題になるのが、地殻モデルの物性の曖昧さである。有効なイメージングを行うには、より現実的で詳細な地殻構造モデルを用いることが望ましい一方で、地殻構造は直接測定することはできないため曖昧さを必然的に伴う。そこで本研究では、地殻構造の曖昧さが地震時すべりの「震源状態推定」に与える影響を定量的に検討した。堆積層、上部地殻、下部地殻、マンツルのそれぞれに対して、想定される物性値(地震波速度)の曖昧さの幅を考慮した異なる構造モデルを用意して、それぞれに対して小断層での単位すべりに対する地殻変動を計算することで多数のグリーン関数を計算した(なお、高詳細な地殻モデルにおいて、多数のグリーン関数を計算することは、その解析コストが膨大となることから従来は難しいとされてきたが、市村グループにおける本課題での成果によってGPUクラスタを用いた大規模高速計算が実現されたことにより本解析が実現可能となった)。そして、「正解」のモデルで計算した地震時すべりに対する地殻変動を模擬データとして、物性の曖昧さを考慮した様々な異なる構造モデルのグリーン関数を用いて「震源状態推定」を行なった。その結果、堆積層や下部地殻、マンツルについては有意な影響は見られなかったが、地震時すべりが最も卓越する部分に接する上部地殻が正しい物性でない場合については、地震時のすべりが逆向きになるという有意な影響があることが示された。なお、これは地震時のすべりに対して、逆向きのすべりも許した解析をしたからこそ明らかになったことであり、先験情報としてすべりの向きを与えてしまえば、すべり量を多少間違えるということだけで、正解がわからない実際の解析の際には区別がつかない。ここでは、そのような先験情報を用いることなく同化を行うことで、もし地殻モデルが実際と異なるものであれば、「震源状態」として物理的に尤もらしくない結果を与えることになり、その結果を地殻モデルにフィードバックすることで、より尤もらしい地殻モデルでの同化を行うことができることになる。これはイメージングのためのシステムを構築し、今後実際の解析を進めていく上で非常に重要な点である。

南海トラフを対象とした高詳細モデルでのシナリオ計算とデータとの整合性評価

(3)の 詳細な地殻モデルに、(3)の で述べた地震後の粘弾性応答を考慮した地震後のシナリオ計算を行い、実際の地震活動データとの整合性評価を実施した。

地震イメージングのシステムを構築するためには、(3)の で述べたように地震後の粘弾性応答まで考慮したモデルの構築が必要となる。ここでは、(3)の で述べた詳細な弾性モデルに、さらに粘弾性構造を導入した。その上で、様々な地震時のシナリオを考慮するために複数のすべり領域を設定し、その組み合わせによって作った地震時すべりのシナリオに応じた地震後の地殻変動ならびに応力の変化を計算し、地震後に発生するプレート内部の地震の発生データとの整合性評価を行なった。前回の南海トラフの地震(1944年東南海地震、1946年南海地震)を模擬したシナリオを与えた場合、1945年三河地震や1948年福井地震のような半割れ後の地震や全体の破壊後の地震については、地震後の応力変化が整合する結果が得られた。また、沈み込むプレート内の地震に対して、粘弾性の影響がより大きいことがわかった。一方で、境界層の粘性率によっては地震活動データと整合しない場合があることもわかり、よりデータと整合するような粘弾性構造の推定が、イメージングの性能を改善するために重要であると言える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計40件（うち査読付論文 40件 / うち国際共著 8件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 Kusakabe Ryota, Fujita Kohei, Ichimura Tsuyoshi, Yamaguchi Takuma, Hori Muneo, Wijerathne Lalith	4. 巻 50
2. 論文標題 Development of regional simulation of seismic ground motion and induced liquefaction enhanced by GPU computing	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Earthquake Engineering and Structural Dynamics	6. 最初と最後の頁 197 ~ 213
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/eqe.3369	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 Ichimura Tsuyoshi, Fujita Kohei, Hori Muneo, Maddegedara Lalith, Ueda Naonori, Kikuchi Yuma	4. 巻 2020
2. 論文標題 A Fast Scalable Iterative Implicit Solver with Green's function-based Neural Networks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2020 IEEE/ACM 11th Workshop on Latest Advances in Scalable Algorithms for Large-Scale Systems (ScaLA)	6. 最初と最後の頁 61 ~ 68
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ScalA51936.2020.00013	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 Fujita Kohei, Horikoshi Masashi, Ichimura Tsuyoshi, Meadows Larry, Nakajima Kengo, Hori Muneo, Maddegedara Lalith	4. 巻 45
2. 論文標題 Development of element-by-element kernel algorithms in unstructured finite-element solvers for many-core wide-SIMD CPUs: Application to earthquake simulation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Computational Science	6. 最初と最後の頁 101174 ~ 101174
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jocs.2020.101174	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 Ichimura Tsuyoshi, Fujita Kohei, Yamaguchi Takuma, Hori Muneo, Wijerathne Lalith, Ueda Naonori	4. 巻 2020
2. 論文標題 Fast Multi-Step Optimization with Deep Learning for Data-Centric Supercomputing	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACM International Conference Proceeding Series	6. 最初と最後の頁 7 ~ 13
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3407947.3407949	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 Yamaguchi Takuma, Fujita Kohei, Ichimura Tsuyoshi, Naruse Akira, Wells Jack C., Zimmer Christopher J., Straatsma Tjerk P., Hori Muneo, Maddegedara Lalith, Ueda Naonori	4. 巻 2020
2. 論文標題 Low-Order Finite Element Solver with Small Matrix-Matrix Multiplication Accelerated by AI-Specific Hardware for Crustal Deformation Computation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PASC '20: Platform for Advanced Scientific Computing Conference(PASC)	6. 最初と最後の頁 16~27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3394277.3401860	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 該当する

1. 著者名 Murakami Sota, Yamaguchi Takuma, Fujita Kohei, Ichimura Tsuyoshi, Lalith Maddagedara, Hori Muneo	4. 巻 12139
2. 論文標題 Data Assimilation in Volcano Deformation Using Fast Finite Element Analysis with High Fidelity Model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 18~31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-50420-5_2	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 Yamaguchi Takuma, Ichimura Tsuyoshi, Fujita Kohei, Hori Muneo, Wijerathne Lalith, Ueda Naonori	4. 巻 12139
2. 論文標題 Data-Driven Approach to Inversion Analysis of Three-Dimensional Inner Soil Structure via Wave Propagation Analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 3~17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-50420-5_1	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 Hori Takane, Agata Ryoichiro, Ichimura Tsuyoshi, Fujita Kohei, Yamaguchi Takuma, Iinuma Takeshi	4. 巻 73
2. 論文標題 High-fidelity elastic Green's functions for subduction zone models consistent with the global standard geodetic reference system	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 41
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40623-021-01370-y	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 Agata Ryoichiro, Barbot Sylvain D., Fujita Kohei, Hyodo Mamoru, Iinuma Takeshi, Nakata Ryoko, Ichimura Tsuyoshi, Hori Takane	4. 巻 10
2. 論文標題 Rapid mantle flow with power-law creep explains deformation after the 2011 Tohoku mega-quake	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 10:1385
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-08984-7	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 該当する

1. 著者名 Agata Ryoichiro, Hori Takane, Ariyoshi Keisuke, Ichimura Tsuyoshi	4. 巻 40
2. 論文標題 Detectability analysis of interplate fault slips in the Nankai subduction thrust using seafloor observation instruments	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Marine Geophysical Research	6. 最初と最後の頁 453 ~ 466
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11001-019-09380-y	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 Ariyoshi Keisuke, Ampuero Jean-Paul, B?rgmann Roland, Matsuzawa Toru, Hasegawa Akira, Hino Ryota, Hori Takane	4. 巻 767
2. 論文標題 Quantitative relationship between aseismic slip propagation speed and frictional properties	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Tectonophysics	6. 最初と最後の頁 128151 ~ 128151
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tecto.2019.06.021	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 該当する

1. 著者名 Fujita Kohei, Horikoshi Masashi, Ichimura Tsuyoshi, Meadows Larry, Nakajima Kengo, Hori Muneo, Maddegadara Lalith	4. 巻 11536
2. 論文標題 Development of Element-by-Element Kernel Algorithms in Unstructured Implicit Low-Order Finite-Element Earthquake Simulation for Many-Core Wide-SIMD CPUs	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 267 ~ 280
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-22734-0_20	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 該当する

1. 著者名 Kusakabe Ryota, Ichimura Tsuyoshi, Fujita Kohei, Hori Muneo, Wijerathne Lalith	4. 巻 123
2. 論文標題 A finite element analysis method for simulating seismic soil liquefaction based on a large-scale 3D soil structure model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Soil Dynamics and Earthquake Engineering	6. 最初と最後の頁 64 ~ 74
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.soildyn.2019.04.021	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 Kusakabe Ryota, Fujita Kohei, Ichimura Tsuyoshi, Hori Muneo, Wijerathne Lalith	4. 巻 11537
2. 論文標題 A Fast 3D Finite-Element Solver for Large-Scale Seismic Soil Liquefaction Analysis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 349 ~ 362
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-22741-8_25	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 Nakano Masaru, Sugiyama D., Hori T., Kuwatani T., Tsuboi S.	4. 巻 90
2. 論文標題 Discrimination of Seismic Signals from Earthquakes and Tectonic Tremor by Applying a Convolutional Neural Network to Running Spectral Images	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Seismological Research Letters	6. 最初と最後の頁 530 ~ 538
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1785/0220180279	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 Yamaguchi Takuma, Ichimura Tsuyoshi, Fujita Kohei, Hori Muneo, Wijerathne Lalith	4. 巻 11537
2. 論文標題 Heuristic Optimization with CPU-GPU Heterogeneous Wave Computing for Estimating Three-Dimensional Inner Structure	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 389 ~ 401
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-22741-8_28	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 Yamaguchi Takuma, Ichimura Tsuyoshi, Fujita Kohei, Kato Aitaro, Nakagawa Shigeki	4. 巻 26
2. 論文標題 Matched Filtering Accelerated by Tensor Cores on Volta GPUs With Improved Accuracy Using Half-Precision Variables	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Signal Processing Letters	6. 最初と最後の頁 1857 ~ 1861
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LSP.2019.2951305	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 Yamaguchi Takuma, Fujita Kohei, Ichimura Tsuyoshi, Naruse Akira, Lalith Maddegedara, Hori Muneo	4. 巻 12017
2. 論文標題 GPU Implementation of a Sophisticated Implicit Low-Order Finite Element Solver with FP21-32-64 Computation Using OpenACC	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 3 ~ 24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-49943-3_1	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 Ichimura Tsuyoshi, Fujita Kohei, Yamaguchi Takuma, Naruse Akira, Wells Jack C., Schulthess Thomas C., Straatsma Tjerk P., Zimmer Christopher J., Martinasso Maxime, Nakajima Kengo, Hori Muneo, Maddegedara Lalith	4. 巻 -
2. 論文標題 A Fast Scalable Implicit Solver for Nonlinear Time-Evolution Earthquake City Problem on Low-Ordered Unstructured Finite Elements with Artificial Intelligence and Transprecision Computing	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 SC18: International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/SC.2018.00052	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 該当する

1. 著者名 Katsushima Keisuke, Fujita Kohei, Ichimura Tsuyoshi, Hori Muneo, Maddegedara Lalith	4. 巻 -
2. 論文標題 Development of Octree-Based High-Quality Mesh Generation Method for Biomedical Simulation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 354 ~ 367
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-93701-4_27	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 Simpson Toby, Pasadakis Dimosthenis, Kourounis Drosos, Fujita Kohei, Yamaguchi Takuma, Ichimura Tsuyoshi, Schenk Olaf	4. 巻 -
2. 論文標題 Balanced Graph Partition Refinement using the Graph p-Laplacian	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of the Platform for Advanced Scientific Computing (PASC) Conference	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3218176.3218232	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 該当する

1. 著者名 Yamaguchi Takuma, Fujita Kohei, Ichimura Tsuyoshi, Glerum Anne, van Dinther Ylona, Hori Takane, Schenk Olaf, Hori Muneo, Wijerathne Lalith	4. 巻 -
2. 論文標題 Viscoelastic Crustal Deformation Computation Method with Reduced Random Memory Accesses for GPU-Based Computers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 31 ~ 43
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-93701-4_3	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 該当する

1. 著者名 Yoshiyuki Atsushi, Fujita Kohei, Ichimura Tsuyoshi, Hori Muneo, Wijerathne Lalith	4. 巻 -
2. 論文標題 Development of Scalable Three-Dimensional Elasto-Plastic Nonlinear Wave Propagation Analysis Method for Earthquake Damage Estimation of Soft Grounds	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 3 ~ 16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-93701-4_1	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 Nakano Masaru, Sugiyama D., Hori T., Kuwatani T., Tsuboi S.	4. 巻 90
2. 論文標題 Discrimination of Seismic Signals from Earthquakes and Tectonic Tremor by Applying a Convolutional Neural Network to Running Spectral Images	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Seismological Research Letters	6. 最初と最後の頁 530 ~ 538
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1785/0220180279	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 Agata Ryoichiro, Hori Takane, Ariyoshi Keisuke, Ichimura Tsuyoshi	4. 巻 40
2. 論文標題 Detectability analysis of interplate fault slips in the Nankai subduction thrust using seafloor observation instruments	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Marine Geophysical Research	6. 最初と最後の頁 453 ~ 466
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11001-019-09380-y	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 Agata Ryoichiro, Barbot Sylvain D., Fujita Kohei, Hyodo Mamoru, Iinuma Takeshi, Nakata Ryoko, Ichimura Tsuyoshi, Hori Takane	4. 巻 10
2. 論文標題 Rapid mantle flow with power-law creep explains deformation after the 2011 Tohoku mega-quake	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Nature Communications	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41467-019-08984-7	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 該当する

1. 著者名 Fujita Kohei, Koyama Kentaro, Minami Kazuo, Inoue Hikaru, Nishizawa Seiya, Tsuji Miwako, Nishiki Tatsuo, Ichimura Tsuyoshi, Hori Muneo, Maddegadara Lalith	4. 巻 49
2. 論文標題 High-fidelity nonlinear low-order unstructured implicit finite-element seismic simulation of important structures by accelerated element-by-element method	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Computational Science	6. 最初と最後の頁 101277 ~ 101277
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jocs.2020.101277	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 Murakami Sota, Ichimura Tsuyoshi, Fujita Kohei, Hori Takane, Ohta Yusaku	4. 巻 9
2. 論文標題 Sensitivity Analysis for Seafloor Geodetic Constraints on Coseismic Slip and Interseismic Slip-Deficit Distributions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Earth Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/feart.2021.614088	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 Ariyoshi Keisuke, Iinuma Takeshi, Nakano Masaru, Kimura Toshinori, Araki Eiichiro, Machida Yuya, Sueki Kentaro, Yada Shuichiro, Nishiyama Takehiro, Suzuki Kensuke, Hori Takane, Takahashi Narumi, Kodaira Shuichi	4. 巻 8
2. 論文標題 Characteristics of Slow Slip Event in March 2020 Revealed From Borehole and DONET Observatories	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Earth Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/feart.2020.600793	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 Yamamoto Yojiro, Ariyoshi Keisuke, Yada Shuichiro, Nakano Masaru, Hori Takane	4. 巻 74
2. 論文標題 Spatio-temporal distribution of shallow very-low-frequency earthquakes between December 2020 and January 2021 in Kumano-nada, Nankai subduction zone, detected by a permanent seafloor seismic network	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Earth, Planets and Space	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40623-022-01573-x	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 Fujita Kohei, Kikuchi Yuma, Ichimura Tsuyoshi, Hori Muneo, Madgededara Lalith, Ueda Naonori	4. 巻 13194
2. 論文標題 GPU Porting of Scalable Implicit Solver with Green's Function-Based Neural Networks by OpenACC	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 73 ~ 91
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-97759-7_4	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 Kikuchi Yuma, Fujita Kohei, Ichimura Tsuyoshi, Hori Muneo, Madgededara Lalith	4. 巻 13351
2. 論文標題 Calculation of Cross-correlation Function Accelerated by Tensor Cores with TensorFloat-32 Precision on Ampere GPU	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 277 ~ 290
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-031-08754-7_37	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 Ichimura Tsuyoshi, Fujita Kohei, Koyama Kentaro, Kusakabe Ryota, Kikuchi Yuma, Hori Takane, Hori Muneo, Maddegedara Lalith, Ohi Noriyuki, Nishiki Tatsuo, Inoue Hikaru, Minami Kazuo, Nishizawa Seiya, Tsuji Miwako, Ueda Naonori	4. 巻 -
2. 論文標題 152K-computer-node parallel scalable implicit solver for dynamic nonlinear earthquake simulation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Conference on High Performance Computing in Asia-Pacific Region	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3492805.3492814	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 Murakami Sota, Ichimura Tsuyoshi, Fujita Kohei, Hori Takane, Ohta Yusaku	4. 巻 3
2. 論文標題 Impact of Ambiguity of Physical Properties of Three-Dimensional Crustal Structure Model on Coseismic Slip and Interseismic Slip Deficit in the Nankai Trough Region	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 GeoHazards	6. 最初と最後の頁 162 ~ 177
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/geohazards3020009	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 Kusakabe Ryota, Ichimura Tsuyoshi, Fujita Kohei, Hori Muneo, Wijerathne Lalith	4. 巻 61
2. 論文標題 Scalable large-scale multi-physics earthquake simulation on multiple GPUs with stabilization	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Computational Science	6. 最初と最後の頁 101619 ~ 101619
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jocs.2022.101619	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 Fujita Kohei, Murakami Sota, Ichimura Tsuyoshi, Hori Takane, Hori Muneo, Lalith Maddegedara, Ueda Naonori	4. 巻 -
2. 論文標題 Scalable Finite-Element Viscoelastic Crustal Deformation Analysis Accelerated with Data-Driven Method	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 i, Tsuyoshi Ichimura, Takane Hori, Muneo Hori, Lalith Maddegedara, Naonori Ueda, ScalAH22: 13th Workshop on Latest Advances in Scalable Algorithms for Large-Scale Heterogeneous Systems	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ScalAH56622.2022.00008	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 Kusakabe Ryota, Fujita Kohei, Ichimura Tsuyoshi, Hori Muneo, Lalith Maddegadara	4. 巻 -
2. 論文標題 GPU-Accelerated Sparse Matrix Vector Product based on Element-by-Element Method for Unstructured FEM using OpenACC	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 2022 Workshop on Accelerator Programming Using Directives (WACCPD)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/WACCPD56842.2022.00011	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 Ichimura Tsuyoshi, Fujita Kohei, Kusakabe Ryota, Koyama Kentaro, Murakami Sota, Kikuchi Yuma, Hori Takane, Hori Muneo, Inoue Hikaru, Nose Takafumi, Kawashima Takahiro, Lalith Maddegadara	4. 巻 -
2. 論文標題 Extreme Scale Earthquake Simulation with Uncertainty Quantification	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 uneo Hori, Hikaru Inoue, Takafumi Nose, Takahiro Kawashima, Lalith Maddegadara, SC'22: Proceedings of the International Conference on High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/SC41404.2022.00009	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 Fujita Kohei, Yamaguchi Takuma, Kikuchi Yuma, Ichimura Tsuyoshi, Hori Muneo, Maddegadara Lalith	4. 巻 68
2. 論文標題 Calculation of cross-correlation function accelerated by TensorFloat-32 Tensor Core operations on NVIDIA's Ampere and Hopper GPUs	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Computational Science	6. 最初と最後の頁 101986 ~ 101986
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jocs.2023.101986	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 Ichimura Tsuyoshi, Fujita Kohei, Koyama Kentaro, Kikuchi Yuma, Kusakabe Ryota, Minami Kazuo, Inoue Hikaru, Nishizawa Seiya, Tsuji Miwako, Nishiki Tatsuo, Hori Muneo, Maddegadara Lalith, Ueda Naonori	4. 巻 -
2. 論文標題 Fast scalable implicit solver with convergence of equation-based modeling and data-driven learning	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 PASC'21: Proceedings of the Platform for Advanced Scientific Computing Conference	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3468267.3470616	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 -

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 市村強
2. 発表標題 高性能計算物理シミュレーションと人工知能の融合の試み 地震シミュレーションを例に
3. 学会等名 2020年度第1回計算科学フォーラム（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 市村強
2. 発表標題 HPC&AIによる大規模地震シミュレーション
3. 学会等名 第62回地盤工学シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 市村強
2. 発表標題 データ駆動型高性能計算物理シミュレーションへ向けて
3. 学会等名 第48回産応協セミナー（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 堀高峰
2. 発表標題 沈み込み帯プレート境界に沿った断層帯の構成関係についての検討
3. 学会等名 日本地震学会2020年度秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名	Ryoichiro Agata, Sylvain Barbot, Kohei Fujita, Mamoru Hyodo, Takeshi Inuma, Ryoko Nakata, Tsuyoshi Ichimura, Takane Hori
2. 発表標題	Numerical simulation of crustal deformation after an M9-class earthquake based on nonlinear viscoelastic finite element modeling
3. 学会等名	ComFoS (Continuum Mechanics Focusing on Singularities) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	Ryoichiro Agata, Takane Hori, Kohei Fujita, Hyodo Mamoru, Tsuyoshi Ichimura
2. 発表標題	Quasi-static slow-slip cycle simulation based on finite element modeling
3. 学会等名	American Geophysical Union Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	縣亮一郎, 堀高峰, 藤田航平, 兵藤守, 市村強
2. 発表標題	有限要素計算を用いた豊後水道の長期的スロースリップサイクルシミュレーション
3. 学会等名	地震学会2018年度秋季大会
4. 発表年	2018年

1. 発表者名	Kohei Fujita, Tsuyoshi Ichimura, Takuma Yamaguchi, Muneo Hori, Lalith Maddeggedara
2. 発表標題	Accelerating Low-Order Unstructured Finite Element Earthquake Simulation by Time-Parallel Computation on Recent HPC Architectures
3. 学会等名	Platform for Advanced Scientific Computing (PASC) Conference (国際学会)
4. 発表年	2018年

1. 発表者名 藤田 航平, 勝島 啓介, 市村 強, 堀越 将司, 中島 研吾, 堀 宗朗, Lalith Wijerathne
2. 発表標題 地下構造物の高詳細三次元地震応答解析のためのメッシュ生成手法及び高性能有限要素法の開発
3. 学会等名 第15回 日本地震工学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 日下部 亮太, 市村 強, 藤田 航平, 堀 宗朗, Lalith Wijerathne
2. 発表標題 大規模液状化解析のための超並列高速ソルバー開発に関する基礎研究
3. 学会等名 第15回 日本地震工学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masaru Nakano, Mamoru Hyodo, Ayako Nakanishi, Mikiya Yamashita, Takane Hori, Shin-ichiro, Kamiya, Kensuke Suzuki, Takashi Tonegawa, Shuichi Kodaira, Narumi Takahashi and Yoshiyuki, Kaneda
2. 発表標題 The 2016 off southeast Mie Prefecture earthquake (Mw=5.9) as an indicator of preparatory, processes of the next Nankai Trough megathrust earthquake
3. 学会等名 The 2nd Asia-Pacific Workshop on Lithosphere and Mantle Dynamics
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山口 拓真, 藤田 航平, 市村 強, 堀 宗朗, Lalith Wijerathne
2. 発表標題 GPUによる3次元有限要素解析の高速化と構造最適化問題への適用
3. 学会等名 第15回 日本地震工学シンポジウム
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

東京大学地震研究所 計算地球科学研究センター
https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/ceseri/
東京大学地震研究所計算科学・高性能計算研究室
https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/cshpc/
海洋研究開発機構 海域地震火山部門 地震津波予測研究開発センター
https://www.jamstec.go.jp/feat/j/
海洋研究開発機構地震津波予測研究開発センター
http://www.jamstec.go.jp/feat/j/

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
研究分担者	堀 高峰 (Hori Takane) (00359176)	国立研究開発法人海洋研究開発機構・海域地震火山部門(地震津波予測研究開発センター)・センター長 (82706)	
研究分担者	藤田 航平 (Fujita Kohei) (00744856)	東京大学・地震研究所・准教授 (12601)	
研究分担者	Maddegedara Lalith (Maddegedara Lalith) (20426290)	東京大学・地震研究所・准教授 (12601)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------