

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：17104

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2023

課題番号：19H04087

研究課題名（和文）高性能・高信頼な高水準言語の実装向け持続型例外処理機構の理論と実践

研究課題名（英文）Theory and Practice of Restartable Exception Handling Mechanisms for Implementing Efficient and Safe High-level Languages

研究代表者

八杉 昌宏（Yasugi, Masahiro）

九州工業大学・大学院情報工学研究院・教授

研究者番号：30273759

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,000,000円

研究成果の概要（和文）：コンピュータで計画的に計算を実行している最中に、将来の予定に含まれるデータをいざとなれば参照したり変更したりできる機構を備えとして用いて、複数CPUによる並列実行をつまぐり、安全性を高めるためのメンテナンスを行ったりする方式を実現しています。本研究では、提案機構のこれまでより理論的に安全で見通しのよい新しい形態の設計も試み、応用についても検討しました。また、並列化が進む多様で複雑な計算環境を効率よく簡単・安全に利用できるように、基礎的研究ならびに提案機構を活用した並列プログラミング言語の提案や改良を行いました。

研究成果の学術的意義や社会的意義

運用コストを改善したり実行性能を高めたりするために、計算環境の並列化・多様化・複雑化が進んでいます。本研究の成果を生かすことで、並列化が進む多様で複雑な計算環境を効率よく簡単・安全に利用できるようになります。また、そのための高水準プログラミング言語の実装を容易にして学術研究を促進します。

研究成果の概要（英文）：By using mechanisms for occasionally inspecting/modifying data for future plans during the execution of a planned computation on computers, we can develop techniques for parallel execution and reliable/sustainable computing. We designed more theoretically safe and verifiable novel form of proposed mechanisms and examined applications. In addition, we explored fundamental studies and proposed and improved parallel programming languages implemented with our mechanisms for using highly parallel/heterogeneous/complex computing environments efficiently, easily, and safely.

研究分野：計算機科学

キーワード：プログラミング言語 ソフトウェア開発効率化・安定化 ディペンダブル・コンピューティング ハイパフォーマンス・コンピューティング 負荷分散 フォールト・トレランス 性能評価 仮想環境

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

(1) 背景

計算システムは十分な信頼性・性能・容量が求められるのに加えて、最近では消費電力量の削減も求められる。並列化率向上によりクロック周波数向上と同じ性能が得られれば消費電力量の大幅な削減が可能となるため、マルチコア、計算機クラスタ、クラウド計算など、さまざまなレベルで並列システムの提供が拡大している。加えて、仮想化・階層化などで多様化・複雑化する計算システムを、そのままの形で効率よく簡単・安全に利用することは困難であり、適切に抽象化されたプログラミングインタフェースが求められている。そのようなプログラミングインタフェースを提供する高信頼・高性能プログラミング言語(高水準言語)の処理系を実装するには、しばしば、「ごみ集め」など計算中のソフトウェアの動的再構成・保全の機能が必要となる。

我々は、安全な計算状態操作機構の一つの形態である L-closure の研究で、拡張 C 言語の仕様として入れ子関数(から生成されるクロージャ)を利用して呼出し元に眠る変数の値への安全で正式・精密なアクセスを可能とし、負荷分散、ごみ集め、マイグレーション、チェックポイントリングなど、計算中のソフトウェアの動的再構成や保全を記述可能とした。実装技術としては、初期化や保存を呼出しまで遅延させることで、クロージャ生成コスト削減や、変数へのレジスタ割当てを可能とし、提案機構の追加を意識させない高い実行性能を得た。これに基づき、アセンブリ言語レベルの技術を用いた実装と、標準 C 言語への翻訳方式での実装が得られていた。

実際に利用できるメモリの不足、人に起因する誤りの他、近年のセキュリティ侵害、停電といった不確実性があるなかで、高性能を犠牲にしない計算状態の保全技術の重要性は高まっている。また、今後、利用可能な並列性が高まるとともに、低消費電力への要求によるハードウェアの微細化・低電圧化が進んで、不確実性が高まるにつれ、本研究課題の重要性は増大していく。

(2) 動機と問い

従来からの提案機構の適用範囲や実装技法が拡大・充実するとともに、以下に挙げるような様々な疑問が生じていた。

動的再構成・保全の前後での抽象的な計算状態(不変条件)の維持は確実か。(健全性)

動的再構成・保全による大域的に有意義な状況改善は確実か。(有効性)

健全性や有効性は理論的に検証可能か。

提案機構を備えた拡張 C 言語の場合、入れ子関数(クロージャ)へのポインタを渡すことで、呼出し元に眠る変数の値への安全で正式・精密なアクセスを可能としている。その際、クロージャの寿命後の呼び出しや誤った渡し方を(構文上/型検査上)防止できるか。(自由度が高すぎる恐れ)

提案機構を用いて問題対応にあたる間に新たに問題が生じたときにうまく対応できるか。(例えば、負荷分散のためのワークスティール処理中のごみ集めが可能か。)

問題対応中の新たな問題対応は入れ子関数に入れ子関数を持たせることで実現可能か。このような複雑な場合も入れ子関数へのポインタの誤った渡し方を防止できるか。

入れ子関数へのポインタを渡すことなく、対応のための処理コードを(間違わずに)決定可能か。

翻訳(変換)に基づく実装では、例外処理機構を持つ言語への翻訳により、平常時の実行性能を改善可能か。

このため、これらの疑問を解決に導く計算状態操作機構の新たな形態は存在するか、が重要な問いとなっていた。

2. 研究の目的

本研究では、これまでの研究成果を発展させ、上記の問いにも対応し、(i) 計算状態操作機構の形態を、入れ子関数(から生成されるクロージャ)から持続型例外処理構文(から生成される呼び出せるハンドラ)へと実践的に発展させる(持続型例外処理機構)。また、平常時の実行性能の改善のため、計算状態操作機構を設計・実装面から発展させる。(ii) 計算状態操作機構により実行中に残りの計算方法を変えるような動的再構成・保全において、動的再構成・保全(例:ごみ集め)の前後での抽象的な計算状態(不変条件)の維持(健全性)や大域的に有意義な状況改善(有効性)を、理論的に検証する。その際、持続型例外処理機構の形態は、優れた補題にも相当すると考えられる。これにより高性能・高信頼ソフトウェア構築のための学術的支柱を強固とする。(iii) さらに、高性能・高信頼システムのための同機構の応用技術に磨きをかけ、仮想化・並列化・階層化などでますます多様化・複雑化する計算システムを、高水準言語により効率よく簡単・安全に利用可能とすることを目的とする。

3. 研究の方法

本研究は、学術的支柱となる理論・実践を目指す一方で、安全な計算状態操作機構を基軸にさまざまな基礎研究・応用研究を進めるため、ある程度独立に進められる個別研究課題を見出すことも可能である。本質的にいえば、高水準言語の実行ステップ(セマンティクス)に関する抽象

的・大域的な一貫性・頑健性・時間効率・空間効率を冗長性・後戻り・再実行・予測近似といった手段により実現したい。その際に、「隠された計算状態」が存在すると抜本的再構成・保全が不可能となるが、そのような「隠された計算状態」の存在を防ぐために計算状態操作機構を利用する。その結果、実行中に残りの計算方法を変えてソフトウェアの動的再構成・保全を行うという考え方に基づく活用・応用としての多様な実装技術が広がっている。このため、ある方向で研究が行き詰っても、別方向の信頼性向上・性能向上技術を、本応募課題の本質的目的に沿った研究として進めることができる。また、各技術の知見の積み重ねとして学術的支柱となる理論・実践を発展させていく。

研究代表者の八杉は学問としての体系化、全体設計、個別の設計ならびに処理系実装・改善、応用研究も行った。研究分担者の平石は主に拡張言語の翻訳ベース処理系ならびに高水準言語の処理系の実装と評価を分担した。研究分担者の光来は仮想マシンの並列実行やマイグレーションに伴う課題の知識を有しており、仮想化に関連する課題等を分担した。研究分担者の江本はプログラム変換の正しさや並列計算に関する検証を得意としており、並列計算に関する基礎研究や検証手法の理論的検討を分担した。また、研究協力者の小出は Java、Lisp 処理系等を含むソフトウェアを専門としており、処理系実装・改善に関して協力した。

(1) 計算状態操作機構を持つ拡張言語の望ましい言語仕様の基本的設計方針と意味論の探究

ベースとして活用する可能性のある新しい処理系や言語仕様の調査・比較も行いつつ、入れ子関数(から生成されるクロージャ)とは違う、持続型例外処理機構の、例外処理と似た大域脱出によるハンドラ実行後に制御を脱出前に戻して元の計算が継続できるという仕様(いわば、一時的大域脱出)をについて考察を行う。その際、たとえば、ごみ集めのためのハンドラ実行は継続生成のためのハンドラ実行より基本的なレベルで実行されるべきという点に注意して、レベル付けられた計算状態操作機構の仕様を設計する。これにより、問題対応にあたる間に新たに問題が生じたときにうまく対応できるようにする。

設計した計算状態操作機構を持つ拡張言語を、GCC の入れ子関数を利用したり、翻訳に基づいたりして実装していく。

(2) ごみ集めや一級継続がサポートされた高水準言語の実装

Lisp (の方言の Scheme) 言語の既存のインタプリタをベースに一級継続の実装を行う。また、(1) による新たな計算状態操作機構に対応していく。特に、持続型例外処理機構のレベル付けにより、継続キャプチャ中のごみ集め(問題対応中の新たな問題)に対応できるようにする。

(3) 冗長実行や負荷分散やマイグレーションにより仮想化・階層化なども想定して並列システムにおける資源を有効活用する手法の開発

基礎的研究としては、検証・並列計算のための理論と言語、仮想環境における並列性能の研究を行う。

バックトラックに基づく負荷分散は、本研究課題で基軸としている計算状態操作機構を用いて高性能実装されている。この研究を進展させ、仮想化・階層化・ヘテロ化なども想定して並列システムにおける資源を有効活用する手法の開発を進める。

階層的計算省略に基づく並列実行モデルは、急所を持たない(耐障害性を持つ)並列実行方式であり、上記のバックトラックに基づく負荷分散と同様に計算状態操作機構を用いて高性能実装可能である。この研究を進展させ、仮想化・階層化・ヘテロ化なども想定して並列システムにおける資源を有効活用する手法の開発を進める。

評価用アプリケーション・実アプリケーションの開発

並列化が従来困難な探索問題などの並列アプリケーションを含め、評価用アプリケーション・実アプリケーションの開発を進める。

(4) 動的再構成・保全の前後での抽象的な計算状態(不変条件)の維持などの検証

健全性や有効性の検証のための整理、提案手法の健全性や有効性の検証を行う。その際、持続型例外処理機構の形態から、優れた補題を設定できるようにする。

4. 研究成果

提案している持続型例外処理機構等の計算状態操作機構(提案機構)について、以下の研究を実施した。

(1) 計算状態操作機構を持つ拡張言語の望ましい言語仕様の基本的設計方針と意味論の探究

ベースとして活用する可能性のある新しい処理系や言語仕様の調査・比較としては、GCC バージョン 8 以降、Clang/LLVM、Java のラムダ式、C++ のラムダ式、について調査を進めた。

持続型例外処理機構の、例外処理と似た大域脱出によるハンドラ実行後に制御を脱出前に戻して元の計算が継続できるという仕様について考察し、設計を進めた。特に、持続型例外処理中にレベルの異なる持続型例外処理を行うため仕様の設計を進め、レベル付き持続型例外処理機構を備えたコア言語を設計した。提案するレベル付き持続型例外処理機構を持つコア SC 言語の構文と意味論と利用例を論文にまとめ発表した([Yasugi, Emoto, Hiraishi, JIP 2024])。

Java 言語を翻訳先言語として、またその例外処理機能を利用して、持続型例外処理機構を備えた S 式ベース拡張 Java 言語を翻訳に基づき実装するための変形規則セットを整備し、言語処理系の実装の完成度を高めるとともに、ラムダ式と比較した([西田, 八杉, 平石, 小出, IPSJ-

PRO 2022])。

また、レベル付き持続型例外処理機構の形態を入れ子関数の形態へと翻訳する枠組みの整備を進めた。

(2) ごみ集めや一級継続がサポートされた高水準言語の実装

提案機構の変換ベースの実装を利用可能な Lisp (Scheme) インタプリタに対し、継続間フレーム共有を促進する一級継続を実装し、性能評価を行った ([Bise, Yasugi, Hiraishi, Komiya, APLAS 2020])。

また、Lisp (Scheme) インタプリタをレベル付き持続型例外処理機構の形態で実現するための準備として、入れ子関数の形態へと仮翻訳した場合のテストを行い、今後のために、入れ子関数の既存実装の問題点を把握した。

(3) 冗長実行や負荷分散やマイグレーションにより仮想化・階層化なども想定して並列システムにおける資源を有効活用する手法の開発

基礎的研究としては、検証・証明手法 ([Murata, Emoto, APLAS 2019])、大規模グラフの分散並列生成 ([神野, 江本, コンピュータソフトウェア 2020])、信頼性 ([阿南, 八杉, JSSST 大会 2019])、評価手法 ([森, 八杉, 鶴川, PPL 2020])、仮想環境における並列性能の最適化 / 高性能・高信頼確保方式 ([Muraoka, Kourai, COMPSAC 2023][Horio, Takahashi, Kourai, PRDC 2023][Horio, Kourai, SAES 2022][Tsuchi, Kourai, Rahim, CLOUD 2021][Satou, Kourai, DASC 2021][Takayama, Kourai, COMPSAC 2020][與田, 八杉, 平石, 光来, JSSST 大会 2020]) に関する成果を得た。

バックトラックに基づく負荷分散

我々は、論理スレッド抜きプログラミング / 実行フレームワーク TasceII (引用文献) を提唱している。TasceII ワークは、要求されない限り逐次的に計算を実行する。他の遊休ワークから要求されたときのみ、本物のタスクを生成するが、一時的なバックトラックによる最古のタスク生成可能状態の復元に基づく。タスク生成のため、本研究課題で基軸としている計算状態操作機構を用いて、呼び出し元で逐次実行として開始した部分についてその完了を待たずにあたかも最初から並列処理として開始していたかのように計算方法を切り替える。

論理スレッド抜きの我々の手法は、論理スレッド生成・管理のコストを削減する。また並行に計算を進める可能性がある論理スレッドそれぞれに対して作業空間を準備する必要がないため、作業空間の再利用を促進するとともに参照局所性を改善する。さらに作業空間の遅延コピーを伴う、すっきりとした効率良いバックトラック探索アルゴリズムが実現できる。

TasceII は生産性を損なうことなく、単一のプログラムを、合理的な効率とスケーラビリティにおいて、共有メモリ環境でも分散メモリ環境でも実行できる。

仕事量を見積もり優先度または重みとして用いる方式の分散環境向け実装と評価 ([Nakashima, Yoritaka, Yasugi, Hiraishi, Umatani, IA3 2019])、仕事量と階層性を考慮したスティール戦略の実装と評価 ([Nakashima, Yasugi, Yoritaka, Hiraishi, Umatani, JIP 2021])、ノード内スティール優先時の確率的阻止の研究、優先度と重みを併用するスティール戦略の検討、マルチスレッド対応 MPI 上の実装方式の検討 ([Kojima, Hiraishi, Nakashima, Yasugi, HPC Asia 2020])、タスク定義の自動化 ([山口, 平石, 中島, 八杉, PPL 2020])、MPI 実装でのコピー削減と遅延隠蔽 ([Cai, Hiraishi, Nakashima, Yasugi, PPL 2021])、抽象的な等価性の検討 ([Abe, Hiraishi, JIP 2021])、Java 上での負荷分散 ([西田, 八杉, 平石, 小出, IPSJ-PRO 2022])、階層行列構築の並列化 ([Bai, Hiraishi, Nakashima, Ida, Yasugi, ICPP 2019][Bai, Hiraishi, Nakashima, Ida, Yasugi, JIP 2019])、ユーザ指定のノード間スティール戦略と階層行列構築への適用 ([Bai, Hiraishi, Ida, Yasugi, JIP 2022])、分散環境向け階層行列構築 ([Bai, Hiraishi, Ida, Yasugi, Fukazawa, CSA 2022]) に関する成果を得た。

また、ARM 分散環境での実行を確かめつつ、移植性の高いフレームワークに関しては、共有メモリ環境での実装方式や性能評価について発表した ([Takeuchi, Yasugi, Hiraishi, SAES 2022][Yasugi, Hiraishi, Takeuchi, HPC Asia 2024])。具体的には、従来からの標準 C 言語への変換に基づく計算状態操作機構を利用することで移植性の高めたフレームワークに加え、C++ のラムダ式を計算状態操作機構として利用する移植性の高いフレームワークを新たに提案、試作した。

階層的計算省略に基づく並列実行モデル

高生産性、スケーラビリティ、負荷分散、耐障害性は大規模な並列計算を行ううえで重要な課題である。我々が提唱中の並列実行モデル HOPE は、「冗長計算を階層的に省略」によりこれらの課題に取り組む。どの HOPE ワークも分割統治における全範囲を異なる順序で担当しつつ、実行時に他ワークから結果を得た部分の計算は省略し、全体として障害耐性も並列効率も高める。

耐障害性を備えた高水準並列言語の設計と (計算状態操作機構を用いた) 実装に関して伝統ある国際会議で発表する ([Yasugi, Muraoka, Hiraishi, Umatani, Emoto, ICPP 2019]) とともに、その後より整理した形での発表 ([八杉, 村岡, 平石, 馬谷, 江本, JSSST 大会 2020]) を行い、研究代表者が奨励賞を受賞した。

汎用送受信のサポート ([橋本, 八杉, 平石, 馬谷, IPSJ-PRO 2019])、障害耐性評価手法の検討 ([西牟禮, 八杉, 平石, 馬谷, IPSJ-PRO 2019])、持続型例外処理機構で実現するための準備を行うとともに、耐障害性を高めるため、部分的計算結果を不揮発性メモリにも保存可能とした。また、実行順序計画法改善を検討 ([八杉, PPL 2022]) し、実行順序計画法の比較 ([志

岐, 八杉, 平石, IPSJ-PRO 2022]) を行った。

冗長並列実行からの計算省略に基づく場合、省略可能な計算の結果を分けて管理したり、等価な計算に保つ必要があるが、集計中間結果に複数表現を適応的に用いて分割統治を効率化したヒストグラム生成アプリケーション作成技法、階層的省略可能な乱数生成法の研究を進めた。

評価用アプリケーション・実アプリケーションの開発

両実行モデルにおいて、移植性に優れた計算状態操作機構を用いた性能評価の拡充 ([竹内, 八杉, 平石, IPSJ-PRO 2022]) を行うとともに、UTS ベンチマークを扱うプログラム ([志岐, 八杉, 平石, PPL 2021][志岐, 八杉, 平石, IPSJ-PRO 2022])、アウトオブコア行列積のプログラム ([上中野, 八杉, 平石, PPL 2021]) が作成可能なことを示した。

また、両実行モデルにおいて、UTS ベンチマークによる評価、バックトラック探索時の作業空間長期利用の有効性、ヒストグラム等のサイズが大きい結果用作業空間の適応的共有の提案について発表した ([Shiki, Yasugi, Hiraishi, PDCAT 2022])。

両実行モデルにおいて、ARM 上での予備的評価を行い、GCC の入れ子関数のままでは問題があることを確認した ([竹内, 八杉, 平石, IPSJ-PRO 2022])。また、C++との互換性を調査した。

(4) 動的再構成・保全の前後での抽象的な計算状態 (不変条件) の維持などの検証

定理証明系を用いた変換検証の枠組みを整理したほか、定理証明支援系を用いた持続型例外処理機構の形式化を進めた。一方で、持続型例外処理機構の意味論、実装方式、高水準言語実装のための利用方式、利用した個々のプログラム、前提条件やこれらの組み合わせのこういった性質を検証の目的とするかに深い考察が必要と分かった。考察の結果、今後は、「計算の各部を異なるモードで実行可能な高水準言語において、実行モード選択によって得たい結果が変わらないようなプログラムは、持続型例外処理機構を利用して遅延可能な実行モード切替を可能とした高水準言語の実装においても遅延の程度によらず得たい結果が変わらないこと」を検証の目的とすることとした。

<引用文献>

T. Hiraishi, M. Yasugi, S. Umatani, T. Yuasa. Backtracking-based Load Balancing. PPOPP 2009, pp. 55-64, 査読有, 2009.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Masahiro Yasugi, Kento Emoto, Tasuku Hiraishi	4. 巻 32
2. 論文標題 Designing Restartable Exception Handling Mechanisms for Implementing Efficient and Safe High-level Languages	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Journal of Information Processing	6. 最初と最後の頁 436-450
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2197/ipsjnip.32.436	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 Zhengyang Bai, Tasuku Hiraishi, Akihiro Ida, Masahiro Yasugi	4. 巻 30
2. 論文標題 Parallelization of Matrix Partitioning in Hierarchical Matrix Construction on Distributed Memory Systems	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Information Processing	6. 最初と最後の頁 742-754
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2197/ipsjnip.30.742	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 Tatsuya Abe, Tasuku Hiraishi	4. 巻 29
2. 論文標題 An Extensionally Equivalence-ensured Language for Task Parallel Processing with Backtracking-based Load Balancing	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Information Processing	6. 最初と最後の頁 434-448
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2197/ipsjnip.29.434	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 Ryusuke Nakashima, Masahiro Yasugi, Hiroshi Yoritaka, Tasuku Hiraishi, Seiji Umatani	4. 巻 29
2. 論文標題 Work-stealing Strategies That Consider Work Amount and Hierarchy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Information Processing	6. 最初と最後の頁 478-489
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2197/ipsjnip.29.478	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 神野 薫, 江本 健斗	4. 巻 37
2. 論文標題 Watts-Strogatz モデルに基づく大規模ランダムグラフの分散並列生成	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 コンピュータソフトウェア	6. 最初と最後の頁 34-45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11309/jssst.37.2_34	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 Zhengyang Bai, Tasuku Hiraishi, Hiroshi Nakashima, Akihiro Ida, Masahiro Yasugi	4. 巻 27
2. 論文標題 Parallelization of Matrix Partitioning in Construction of Hierarchical Matrices using Task Parallel Languages	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Information Processing	6. 最初と最後の頁 840-851
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2197/ipsjjip.27.840	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66件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 18件)

1. 発表者名 Yuji Muraoka, Kenichi Kourai
2. 発表標題 Memory-virtualizing and -devirtualizing VM migration with Private Virtual Memory
3. 学会等名 IEEE International Conference on Computers, Software, and Applications (COMPSAC 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Shuhei Horio, Kouta Takahashi, Kenichi Kourai
2. 発表標題 SEmigrate: Optimizing Data Protection with VM Introspection
3. 学会等名 28th IEEE Pacific Rim International Symposium on Dependable Computing (PRDC 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 八杉 昌宏, 平石 拓, 江本 健斗
2. 発表標題 高性能・高信頼な高水準言語の実装向け持続型例外処理機構の背景と展望
3. 学会等名 第15回 自動チューニング技術の現状と応用に関するシンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Masahiro Yasugi, Tasuku Hiraishi, Chihiro Takeuchi
2. 発表標題 Portable Implementations of Work Stealing
3. 学会等名 International Conference on High Performance Computing in Asia-Pacific Region (HPC Asia 2024) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 寺元 悠馬, 平石 拓, 八杉 昌宏
2. 発表標題 バックトラックに基づく動的負荷分散の明示的スタックによる実現に向けて
3. 学会等名 日本ソフトウェア科学会プログラミング論研究会第26回プログラミングおよびプログラミング言語ワークショップ (PPL 2024) カテゴリ3 ポスター
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 志岐 優介, 八杉 昌宏, 平石 拓
2. 発表標題 並列言語に適した階層的トラバーサル戦略の実現に向けて
3. 学会等名 並列/分散/協調処理に関するサマー・ワークショップ (SWoPP 2022) : 第140回プログラミング研究会 (PRO-2022-2)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹内 千裕, 八杉 昌宏, 平石 拓
2. 発表標題 並列言語処理系で利用可能な移植性に優れた計算状態操作機構の改善に向けて
3. 学会等名 並列/分散/協調処理に関するサマー・ワークショップ (SWoPP 2022) : 第140回プログラミング研究会 (PRO-2022-2)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Zhengyang Bai, Tasuku Hiraishi, Akihiro Ida, Masahiro Yasugi, Keiichiro Fukazawa
2. 発表標題 Construction of Hierarchical Matrix on Distributed Memory Systems using a Task Parallel Language
3. 学会等名 10th International Workshop on Computer Systems and Architectures (CSA 2022) (held in conjunction with CANDAR 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yusuke Shiki, Masahiro Yasugi, Tasuku Hiraishi
2. 発表標題 Evaluating and Analyzing Irregular Tree Search in the Tascell and HOPE Parallel Programming Languages
3. 学会等名 The 23rd International Conference on Parallel and Distributed Computing, Applications and Technologies (PDCAT 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shuhei Horio, Kenichi Kourai
2. 発表標題 Optimized Memory Encryption and Integrity Checking of Virtual Machines across Multiple Hosts
3. 学会等名 10th International Symposium on Applied Engineering and Sciences (SAES 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Chihiro Takeuchi, Masahiro Yasugi, Tasuku Hiraishi
2. 発表標題 Towards Dynamic Load Balancing in C++ Programming and Evaluation on FX700
3. 学会等名 10th International Symposium on Applied Engineering and Sciences (SAES 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 八杉 昌宏, 平石 拓
2. 発表標題 計算状態操作機構を利用した不規則計算の並列実行
3. 学会等名 第14回自動チューニング技術の現状と応用に関するシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Jing Xu, Tasuku Hiraishi, Shingo Okuno, Masahiro Yasugi, Keiichiro Fukazawa
2. 発表標題 Towards Optimization of Parallelized Mining of Subgraphs Sharing Common Items Using a Task-Parallel Language
3. 学会等名 HPC Asia 2023, poster presentation (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Soichiro Tauchi, Kenichi Kourai, Lukman Ab. Rahim
2. 発表標題 Optimizing VMs across Multiple Hosts with Transparent and Consistent Tracking of Unused Memory
3. 学会等名 the 14th IEEE International Conference on Cloud Computing (CLOUD 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hirofumi Satou, Kenichi Kourai
2. 発表標題 Prevention of a DoS Attack with Copy-on-write in the Overlay Filesystem
3. 学会等名 the 19th International Conference on Dependable, Autonomic and Secure Computing (DASC 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 八杉 昌宏, 江本 健斗, 平石 拓
2. 発表標題 持続型例外処理機構の設計と実装方針
3. 学会等名 第13回 自動チューニング技術の現状と応用に関するシンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 八杉 昌宏
2. 発表標題 協調性と耐障害性に優れた並列実行順序計画法の改善の検討
3. 学会等名 第24回プログラミングおよびプログラミング言語ワークショップ (PPL2022) カテゴリ3 ポスター
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西田 知広, 八杉 昌宏, 平石 拓, 小出 洋
2. 発表標題 計算状態操作機構を備えたS式ベースJava言語の変換に基づく実装に向けて
3. 学会等名 情報処理学会第138回プログラミング研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tokiko Takayama, Kenichi Kourai
2. 発表標題 Optimization of Parallel Applications under CPU Overcommitment
3. 学会等名 44th IEEE Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 八杉 昌宏, 村岡 大輔, 平石 拓, 馬谷 誠二, 江本 健斗
2. 発表標題 HOPE: 階層的計算省略に基づく耐障害性を備えた並列実行モデル
3. 学会等名 日本ソフトウェア科学会第37回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 與田 拓磨, 八杉 昌宏, 平石 拓, 光来 健一
2. 発表標題 実環境向け並列言語実装技法の仮想環境における有効性の調査
3. 学会等名 日本ソフトウェア科学会第37回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Daiki Bise, Masahiro Yasugi, Tasuku Hiraishi, Tsuyeyasu Komiya
2. 発表標題 Evaluating Implementations of First-class Continuations for a Scheme Interpreter in an Extended SC Language
3. 学会等名 18th Asian Symposium on Programming Languages and Systems (APLAS 2020), Online poster presentation (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 八杉 昌宏, 平石 拓, 光来 健一, 江本 健斗
2. 発表標題 ワークスティーラフレームワークの多様な環境での性能改善と評価
3. 学会等名 第12回自動チューニング技術の現状と応用に関するシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上中野 寛太, 八杉 昌宏, 平石 拓
2. 発表標題 out-of-core行列積とタスク並列言語TasceIIによる並列化の評価
3. 学会等名 第23回プログラミングおよびプログラミング言語ワークショップ (PPL2021) カテゴリ3 ポスター
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Huangcheng Cai, Tasuku Hiraishi, Hiroshi Nakashima, Masahiro Yasugi
2. 発表標題 Copy Reduction and Latency Hiding for MPI-Based Implementations of the TasceII Task-Parallel Language
3. 学会等名 第23回プログラミングおよびプログラミング言語ワークショップ (PPL2021) カテゴリ3 ポスター
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 志岐 優介, 八杉 昌宏, 平石 拓
2. 発表標題 UTSベンチマークを用いた階層的計算省略に基づく並列実行モデルの性能評価
3. 学会等名 第23回プログラミングおよびプログラミング言語ワークショップ (PPL2021) カテゴリ3 ポスター
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西牟禮 亮, 八杉 昌宏, 平石 拓, 馬谷 誠二
2. 発表標題 ワーカの重要度を考慮した並列実行フレームワークの障害耐性評価手法の検討
3. 学会等名 情報処理学会第125回プログラミング研究会 (SWoPP 2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 橋本 孝太, 八杉 昌宏, 平石 拓, 馬谷 誠二
2. 発表標題 汎用送受信に対応したHOPEコンパイラの研究
3. 学会等名 情報処理学会第125回プログラミング研究会 (SWoPP 2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Zhenyang Bai, Tasuku Hiraishi, Hiroshi Nakashima, Akihiro Ida, Masahiro Yasugi
2. 発表標題 Implementation of Partitioning of Hierarchical Matrices using Task Parallel Languages
3. 学会等名 48th International Conference on Parallel Processing (ICPP 2019) Poster presentation (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiro Yasugi, Daisuke Muraoka, Tasuku Hiraishi, Seiji Umatani, Kento Emoto
2. 発表標題 HOPE: A Parallel Execution Model Based on Hierarchical Omission
3. 学会等名 48th International Conference on Parallel Processing (ICPP 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 阿南 将, 八杉 昌宏
2. 発表標題 安全な階層的メモリ割り当て・解放向け型検査方式の例題を用いた検討
3. 学会等名 日本ソフトウェア科学会第36回大会 (ポスター)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryusuke Nakashima, Hiroshi Yoritaka, Masahiro Yasugi, Tasuku Hiraishi, Seiji Umatani
2. 発表標題 Extending a Work-Stealing Framework with Priorities and Weights
3. 学会等名 9th Workshop on Irregular Applications: Architectures and Algorithms (IA3 2019) (held in conjunction with SC19) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kosuke Murata, Kento Emoto
2. 発表標題 Recursion Schemes in Coq
3. 学会等名 17th Asian Symposium on Programming Languages and Systems (APLAS 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 八杉 昌宏, 平石 拓, 光来 健一, 江本 健斗
2. 発表標題 高水準言語による障害耐性を備えた新しい並列実行モデル
3. 学会等名 第11回 自動チューニング技術の現状と応用に関するシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daiki Kojima, Tasuku Hiraishi, Hiroshi Nakashima, Masahiro Yasugi
2. 発表標題 Implementing the Tascell Task-Parallel Language Tascell Using Multithreaded MPI
3. 学会等名 International Conference on High Performance Computing in Asia-Pacific Region (HPC Asia 2020), Poster presentation (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山口 左近, 平石 拓, 中島 浩, 八杉 昌宏
2. 発表標題 並列言語Tascellのタスク定義自動生成による記述性向上
3. 学会等名 第22回プログラミングおよびプログラミング言語ワークショップ (PPL2020) カテゴリ3 ポスター
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 森 祥平, 八杉 昌宏, 鷓川 始陽
2. 発表標題 JITコンパイルにおけるコード配置効果の研究
3. 学会等名 第22回プログラミングおよびプログラミング言語ワークショップ (PPL2020) カテゴリ1
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

sc-tascell https://github.com/tascell/sc-tascell

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	平石 拓 (Hiraishi Tasuku) (60528222)	京都橋大学・工学部・専任講師 (34309)	
研究分担者	光来 健一 (Kourai Kenichi) (60372463)	九州工業大学・大学院情報工学研究院・教授 (17104)	
研究分担者	江本 健斗 (Emoto Kento) (00587470)	九州工業大学・大学院情報工学研究院・准教授 (17104)	

	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
研究協力者	小出 洋 (Koide Hiroshi) (90333517)	九州大学・教授 (17102)	

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