

# 学位論文の要旨

氏名	武田 和大
学位論文題目	オブジェクト共有空間を用いたグリッドコンピューティング技術の開発研究

本論文は、オブジェクト共有空間を用いたグリッドコンピューティング技術の開発研究をまとめたものである。

一般にPC等で分散並列処理システムを構築する場合、計算機の管理者権限、計算機やネットワークの専門知識が必要となる。また、システムの構築、解体作業は頻繁に行えるほど容易ではない。本論文では、即座に構築・解体可能な、ハードウェア・ソフトウェア環境に依存しない、動的にワーカを増減できる並列分散処理システムJSGridを、オブジェクト共有空間とJava言語を利用して開発した。JSGridは任意のタイミングで任意の処理をシステムに依頼でき、Gridの側面を持つ。評価実験では様々な構成の様々なOSで動作するPCを参加させて理想的なパフォーマンスを得られた。

第1章では、PCで分散並列処理を行う際の制約や現状をふまえて、研究の背景と目的、本論文の構成を述べた。

第2章では、PCを用いた分散並列処理の方法を述べた。一般には分散並列処理環境としてPCクラスタとPCグリッドが利用されている。しかしながらPCクラスタ、PCグリッドの利用は、ハードウェア構成やソフトウェア構成を制限してしまう、管理者権限が必要である、構築作業に時間と専門知識が必要であるという欠点があり、計算機環境の違いで導入に制約が発生する。

第3章では、新しい分散並列処理システム”JSGrid”を提案している。以下の特徴を持つ。

- ・新規および既設の任意のPCを現状のままでクラスタ化できる
- ・PCのOS、ハードウェア構成、ソフトウェア構成に依らない
- ・計算中、動的に参加PCの増減が可能
- ・クラスタ構築の際に必要な作業がほとんど無く即時構築できる
- ・クラスタから解放の際に必要な作業がほとんど無く即時解放できる
- ・解放されたPCは既存の状態に復帰する

JSGridを利用すると、計算実行中に新たに任意のPCを即座に追加して現在の計算能力を高めたり、計算中のクラスタからPCを離脱させてそのPCをそのまますぐに本来の用途に使用したりということが可能となる。一般的な分散並列処理の形態と異なり、JSGridはオブジェクト共有空間を用いた分散並列処理を行う。これにより、PCの動的増減や複数の問題処理に対応する。即時構築、解放については、JavaWebStart技術を応用している。

オブジェクト共有空間のJavaによる実装, JavaWebStart技術についても説明した。JSGridはオブジェクト共有空間, Webサーバ, JSGrid実行環境, JSGridデーモンからなり, マスタプログラム, ワーカープログラムを作成する。JSGridの処理の流れを示して構成要素の関係を述べた。また, JSGridで動作する分散並列処理プログラムの作成方法を, Nqueens問題を解く逐次処理プログラムを例にして説明した。その際ソースコードを示した。

第4章は, 評価実験の内容と考察を述べた。評価実験では不定方程式の解探索プログラムとNqueens問題の解の総数を求めるプログラムの2種類のプログラムを用いた。それぞれのプログラムで問題の内容と考え方, アルゴリズムについて説明した。

予備実験では, オブジェクト共有空間を介すため, 計算量の小さな問題の計算では通信時間の影響が大きく出ることが確認された。分割された問題のばらつき大きさによって計算完了までの時間に影響が出ることを確認した。理想的環境での実験では, 台数効果が理想に近い値で現れることを確認した。

評価実験では, 管理者権限を持つ均一な専用を用意した計算機群, 演習室の管理者権限のない均一な計算機群, 構成が不均一な管理者権限のない個人用計算機群の3つの環境で実験を行った。いずれの場合も理想的なパフォーマンスを得られた。特に個人用計算機群の実験では計算を停止せずにPCの台数を増減させて, 計算速度が, 参加しているPC群の処理能力に追従してリアルタイムで変化することを確認できた。最後に, 評価実験に対する考察を述べた。本システムで得られる並列化効率, Java言語記述による影響, 種類の計算機環境への適応について述べた。

第5章は, 結論である。本論文で得た知見をまとめ, さらなる研究への指針を提起した。

以上を総じて, 開発を行ったJSGridは, 専門的な知識を必要とせず, 即座に構築・解体可能で, ハードウェア・ソフトウェア環境に依存しない, 動的にワーカを増減できるという特徴を兼ね備えた, これまでになかった並列分散処理システムである。

本論文により, 新規, 既存の様々な構成のPCを恒久的または一時的にPCクラスタとの一部として簡単に利用する手法を提案した。管理者権限が不要で, 環境破壊もなく終了後現状復帰するので, 個人用PC, 教育機関や事務所, 図書館などの端末も分散並列処理に即座に参加させることができ, これまで未利用であった計算資源の活用が可能となることが期待できる。

## 論文審査の要旨

報告番号	理工研 第222号	氏名	武田和夫
審査委員	主査	中山茂	
	副査	村島定行	渡邊睦

学位論文題目 オブジェクト共有空間を用いたグリッドコンピューティング技術の開発研究  
(Developmental Study of the Grid Computing Technology using Object-Shared Space)

審査要旨

提出された学位論文及び論文目録等を基に学位論文審査を実施した。本論文は、PCを利用した分散並列処理環境において、従来の手法に存在した様々な制約を取り除いた新しい分散並列処理環境の構築手法について述べたもので全文5章より構成されている。一般にPC等で分散並列処理システムを構築する場合、計算機の管理者権限、専門知識が必要となる。また、システムの構築、解体作業は頻繁に行えるほど容易ではない。本論文では、提案する手法を採用して、即座に構築・解体可能な、ハードウェア・ソフトウェア環境に依存しない、動的にワーカを増減できる並列分散処理システムJSGridを開発している。JSGridは任意のタイミングで任意の処理をシステムに依頼でき、Gridの側面を持つ。

第1章は、序論である。第2章では、従来のPCを用いた分散並列処理の方法を述べた。一般には分散並列処理環境としてPCクラスタとPCグリッドが利用される。しかしPCクラスタやPCグリッドの利用は、ハードウェア構成やソフトウェア構成の制限、管理者権限・構築時間・専門知識を必要とする等の欠点があり、計算機環境の違いで導入に制約が発生する。第3章では、新しい分散並列処理システム”JSGrid”を提案している。JSGridは「新規および既設の任意のPCを現状のままクラスタ化可能」「OS、ハードウェア構成、ソフトウェア構成に依らない」「計算中、動的に参加PCの増減が可能」「クラスタ構築・解体の際に必要な作業がほとんど無い」「解放されたPCは既存の状態に復帰する」の、従来の手法にない特徴を持つ。JSGridの利用で、計算中に新たに任意のPCを追加して現在の計算能力を高めたり、計算中のクラスタからPCを離脱させてそのPCをそのまますぐに本来の用途に使用したりということが可能となる。また一般的な形態と異なり、オブジェクト共有空間を用いた分散並列処理を行い、PCの動的増減や複数の問題処理に対応する。即時構築・解体については、JavaWebStart技術を応用する。オブジェクト共有空間のJavaによる実装のJavaSpacesについても説明した。また、JSGridの構成とユーザプログラムの作成法について触れ、処理の流れを示してそれぞれの関係を述べた。第4章は、評価実験の内容と考察である。評価実験では不定方程式の解探索プログラムとNqueens問題の解の総数を求めるプログラムの2種類を用いた。それぞれのプログラムで問題の内容とアルゴリズムについて説明した。事前の予備実験では、オブジェクト共有空間の影響で計算量の小さな問題では通信時間の影響が大きく出ること、分割された問題の大きさのばらつきによって計算完了までの時間に影響が出ること、理想的環境では台数効果が理想的に現れることを確認した。評価実験では、管理者権限を持つ均一な専用の計算機群、演習室の管理者権限のない均一な計算機群、管理者権限のない不均一な個人用計算機群の3つの環境で実験を行い、どの環境も良好な台数効果が出た。特に個人用計算機群では計算を停止せずにPCの数を増減させて、計算速度が参加しているPC群の処理能力に追従してリアルタイムに変化することを確認した。最後に評価実験に対する考察を述べた。本手法で得られる並列化効率、Java言語記述による影響、種種の計算機環境への適応について述べた。第5章は本論文で得た知見をまとめ、さらなる研究への指針を提起した。以上を総じて、提案した手法は、専門的な知識を必要とせず、即座に構築・解体可能で、ハードウェア・ソフトウェア環境に依存しない、動的にワーカを増減できるという特徴を兼ね備えた、これまでにない分散並列処理環境構築の手法である。本論文により、新規、既存の様々な構成のPCを恒久的または一時的にPCクラスタとの一部として容易に利用する手法を確立した。個人用PC、教育機関や事務所、図書館などの端末も分散並列処理に即座に利用することができ、これまで未利用であった計算資源の有効活用に広く利用でき、よって、審査委員会は学位(博士)の学位論文として合格と判定する。

## 最終試験結果の要旨

報告番号	理工研 第222号	氏名	武田 和大
審査委員	主査	中山 茂	
	副査	村島 定行	渡邊 睦

主査及び副査2名で構成される審査委員会は、平成18年2月6日に学位申請者「武田 和大」に対して、論文の内容について説明を求めた。これに引き続き、参加者を含めて質疑応答を行うとともに、関連事項について諮問を以下に行った結果、いずれに対しても満足すべき回答が得られた。

主な質疑応答は、以下の通りであった。

質問1：従来の並列計算方式として、PCクラスタ方式とPCグリッド方式が挙げられたが、JSGridはそのどちらの方式に属するのか？

回答1：JSGridは、PCクラスタ、PCグリッドのどちらの性質も持ってはいるが、どちらにも属さない新しい概念といえる。

質問2：参加している計算機の処理能力に差がある場合のtaskの分散はどうなるのか？

回答2：能力の高いワーカ計算機は処理速度が速いため、能力の低いワーカ計算機に比べて同じ時間でより多くのtaskを処理する。結果としてそれぞれの計算機の能力に応じたtaskの分散が行われる。

質問3：誰でも任意に参加して計算に参加できるというのはシステムのメリットだが、ワーカ計算機の、数の多少、処理能力の高低によって、taskの分割のやり方を考慮する必要があるのではないか。その調整が難しいと思えるが、どう考えるのか？

回答3：現在のワーカ計算機の状況を把握して分割方法を変化させることは有効かもしれないが、そうしなくとも問題を少し細かく分割することによって、それぞれのワーカ計算機が能力に応じた数のtaskを処理させることができる。それにより、柔軟にワーカ計算機にtaskを分散させることができる。

質問4：異なった問題を持つマスタ計算機を接続してJSGridで2つの問題を同時に処理できるのか。また処理させたことはあるのか？

回答4：異なるマスタ計算機を同時に接続した処理は可能である。発表にはなかったが、実験済みである。また、マスタ計算機は、taskを処理するワーカ計算機の数も指定できるようになっていて、ワーカ計算機の数も無指定の場合はすべてのワーカ計算機を利用してしまう。その場合は新たにワーカ計算機が接続されるか、現在のジョブが終了するまで別のマスタ計算機の問題は解かれない。ただ、ワーカ計算機の起動の際には「同時に読み込む異なったワーカプログラムの数」を指定できるので、それとの兼ね合いで最終的にシステムが同時処理できる問題の数は決定される。

質問5：ビジョンの世界では機能分散を行うが、リアルタイム処理では現在の処理を打ち切って次の処理に入る場合がある。JSGridでは1つのtaskの処理途中で計算を打ち切って新たなtaskを処理させるといった動作が可能か？

回答5：標準的な使い方ではないが、ワーカプログラムの書き方によってはできる。つまりワーカプログラムに、taskの処理の途中で時々JavaSpacesをチェックして割り込みがあるかを確認するような実装をすることで可能となる。ただし、マスタプログラムからの指示がリアルタイムに伝わることはなく、仕組み上、ある程度の遅延は発生する。

など約19の質問に対して的確に答えた。

以上の結果を受け、上記審査委員会は全員一致で、学位申請者は、大学院博士後期課程の修了者としての学力ならびに見識を十分に有するものと判断し、博士（工学）の学位を与えるに足る資格を持つと認めた。