

機関（連携先機関）名	東京工業大学
拠点のプログラム名称	計算世界観の深化と展開
中核となる専攻等名	大学院情報理工学研究科 数理・計算科学専攻
事業推進担当者	（拠点リーダー）渡辺 治・教授 外 18 名

〔拠点形成の目的〕

計算世界観とは**科学的に解明可能なものすべてを計算とみなす世界観**である。客観知の限界が「紙と鉛筆でできることの総体」から「コンピュータ（計算）でできることの総体」に拡張されたとする現状認識と、計算ならざるものの客観的な解明は人知を超えているという達観が背景にある。この考え方に基づく科学の手法をも総称して「計算世界観」と呼ぶことにする。

計算世界観の実践により、科学の諸分野で豊かな実りが期待される。その手法の確立のために、本拠点では、計算世界観の数理科学的深化、その新世代大規模スパコンへの適用、さらに科学の新たな手法としての展開を目指す。そのために、「高貴な」数学分野から「ハードコアな」計算の科学まで、従来の常識ではありえない領域間の連携を図り、計算を中心とした知の再編を試みる。このような試みが真の意味を持つのは、それを実践する優秀な人材が多数輩出され、様々な分野で活躍した時である。本拠点形成の最も大きな目的は、我々が築き上げていく計算世界観を実践する能力を持った人材を育成する枠組みを作りあげることである。

〔拠点形成計画及び達成状況の概要〕

本拠点形成では、博士課程の学生の教育について新たな試みを計画した。その目標は、計算世界観の実践者として、自らの研究だけでなく、(i)数理科学的な分析・解析手法に通じ、(ii)スパコンなどの利用技術も修得し、(iii)異分野の研究者と共同で研究を進めていける人材の育成である。

そのために、要素技術や数理科学的手法の講義（技術習得科目）の他、数学から計算科学の実践まで、様々な分野の学生が互いの研究を発表し議論し合う場（数理科学フォーラム）、そして異分野もしくは異なる環境に出て行き共同研究を行う実習（研究インターンシップ）などの科目群からなる**計算世界観・特別教育研究コース**を採択 2 年度目の 20 年 4 月から開始し、**事業終了後の 24 年度も継続**して実施している（東工大情報系教育研究機構の特別コースの 1 つとして）。

	博士課程 1 年	博士課程 2 年	博士課程 3 年	太字は GCOE 用新設科目
準備コース	数学速成コース プログラミング速成コース			修了認定要件： の科目群より 6 単位 の科目群より 6 単位 計 12 単位以上。ただし の科目群はどちらに数えてもよい。 履修・単位取得状況 23 年度 ・延べ約 300 名以上の履修 ・うち 2/5 は博士課程学生 ・博士課程学生は各自年間 平均 4.6 単位を取得
技術習得科目	計算数理基礎-最適化 パターン情報処理 GPU コンピューティング	計算数理応用-アルゴリズム データ解析特論 数理情報科学特別講義	計算数理実践-HPC バイオインフォマティクス	
集中講義	計算数理特論第一、第二、第三、第四			
実践科目	数理科学フォーラム 第一、第二 第三、第四 第五、第六			
インターンシップ	研究インターンシップ			
計算世界観・特別教育研究コース(24年度)				

これらの科目を拠点に加わる博士課程学生が分野の枠を超えて科目を履修することで、広い視野を持った博士を育成する環境を形成することができた。それが、たとえば、講義で学んだ GPU プログラミングを生かし、**数学系学生が情報処理学会奨励賞**（21 年情報処理学会 GPU チャレンジ）を受賞する実践研究を行う、あるいは、システム系学生が代数的符号理論を利用した技術を導入し、著名国際会議で高い評価を得る（**Supercomputing 2011, HPC Ph. D. Fellowships の Honorable Mention**）研究を行う、などの実際的な成果となって表れてきている。

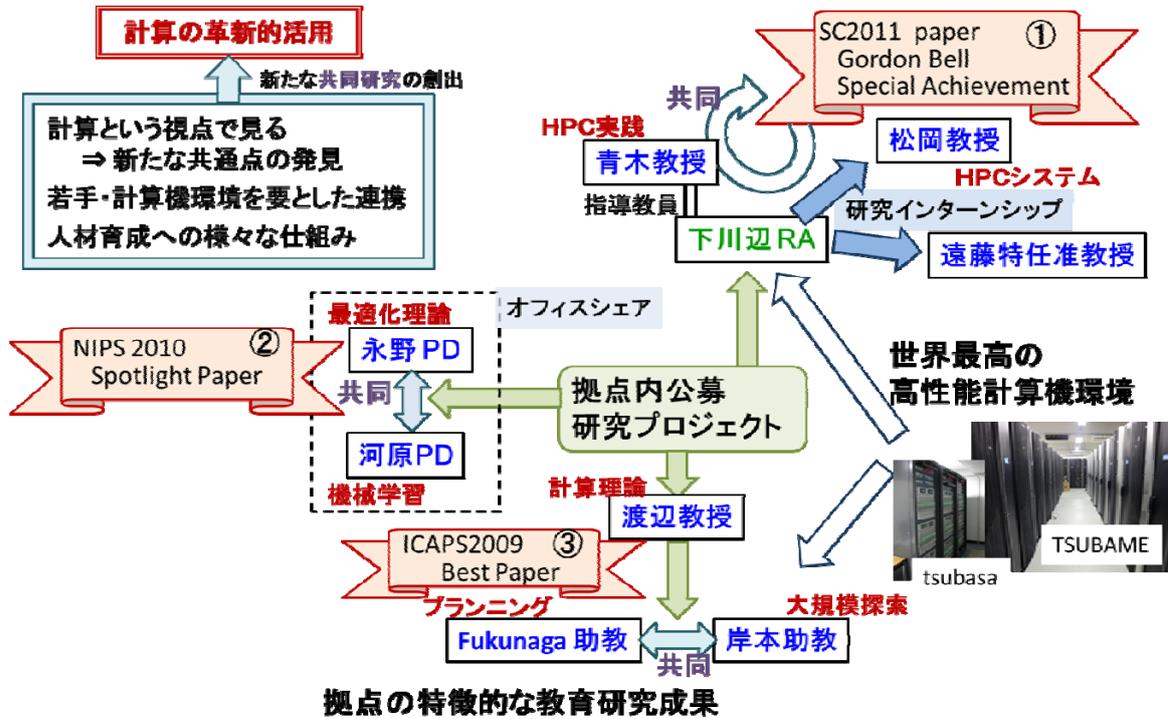
研究面では「**計算の革新的な活用**」を目標に、その基礎となる理論や手法の開発から、それらの実践応用まで、拠点として様々な研究計画を遂行した。とくに、ポテンシャルの高い個々の研究者が本拠点形成を契機に連携して新たな成果を生み出すような仕組みとして、博士 RA, PD, 特任教員といった若手研究者を中心とした連携を推進した。その結果、**本拠点の RA を中心に**、青木（計算応用系）と松岡（HPC システム開発系）のグループが行った共同研究で、高性能計算分野の栄誉ある賞（**ACM Gordon Bell Special Achievement 賞, 2011**）を受賞するような大きな成果を得た。その他にも機械学習と最適化理論の融合や、分散計算における新しい探索技法の開発など、新しい形の計算理論とその応用技術を数多く生み出していく研究体制を築くことができた。

6-1. 国際的に卓越した拠点形成としての成果

国際的に卓越した教育研究拠点の形成という観点に照らしてアピールできる成果について具体的かつ明確、簡潔に記入してください。

(以下、**青字**：事業推進担当者・特任准教授，**紫字**：中核専攻の教員，**緑字**：特任助教，PD，RA)

【拠点を代表する特徴的な成果】本拠点形成計画では、革新的計算活用法の確立とその実践者たる人材育成をめざし、若手研究者を共同で指導する制度、共同研究を促進させる拠点内公募型研究プロジェクト、世界最高の高性能計算機環境などを用いて、**若手を効果的に育成する仕組み**、そして人や計算機環境を要（かなめ）として**新たな共同研究が生まれる仕組み**を作った。その成果という観点から、世界的な評価を得た成果①～③を本拠点の代表的な人材育成と研究の成果として紹介する。



- ①**主要論文**：T. Shimokawabe, T. Aoki, T. Takaki, A. Yamanaka, A. Nukada, T. Endo, N. Maruyama, and S. Matsuoka, Peta-scale phase-field simulation for dendritic solidification on the Tsubame 2.0 supercomputer, Supercomputing 2011, ACM Gordon Bell Prize Special Achievements.
概要：下川辺 RA が中心となり、青木、松岡、遠藤らとの共同研究で得られた GPU 計算の活用技術の実践応用研究。物理分野から HPC の実践応用研究をめざし、青木研の博士課程学生となった下川辺は、拠点の研究インターンシップの制度を利用して松岡研で HPC システムの修行をした。その中で、松岡、遠藤等と GPU 計算の活用技術を深める研究を進め、青木が別途進めてきた金属結晶の成長過程シミュレーションに対して、共同でその技術を応用し、大規模な高速化に成功したのである。その高速化が「世界最高レベル」であると評価され Gordon Bell 賞の受賞となった。この革新的 GPU 活用技法は、現在、様々なシミュレーション計算への展開研究が進められている。
- ②**主要論文**：K. Nagano, Y. Kawahara, and S. Iwata, Minimum average cost clustering, NIPS 2010 Spotlight Paper.
概要：異なる研究背景を持つ河原 PD（機械学習）、永野 PD（最適化理論）の共同研究から生まれた新たな機械学習アルゴリズムの設計手法の提案である。まったく分野の異なる PD がオフィスメイトとして意気投合し、拠点の若手支援研究プロジェクトに応募したことから生まれた。この後も共同で精力的に優れた論文を発表している。現在、機械学習の分野では、世界的に最適化の計算手法の利用が新たな研究の流れになっているが、その先駆けとなる研究である。
- ③**主要論文**：A. Kishimoto, A. Fukunaga, A. Botea, Scalable, parallel best-first search for optimal sequential planning. ICAPS2009, Best Paper Award.
概要：大規模計算では分散型の並列計算設計が鍵となるが、複雑な探索ではその設計が難しい。それをスマートに解決する手法を考案し、その有効性を大規模汎用プランニングで実証した研究である。渡辺が大規模計算のシミュレーション以外の分野での活用研究のために提案した拠点内研究プロジェクトがきっかけで始まった共同研究である。さらに一般の探索のための分散型並列計算技法へと発展させる研究が、JST ERATO 湊離散構造処理系プロジェクトとの共同研究で進展している。

「グローバルCOEプログラム」（平成19年度採択拠点）事後評価結果

機 関 名	東京工業大学	拠点番号	C05
申請分野	情報、電気、電子		
拠点プログラム名称	計算世界観の深化と展開		
中核となる専攻等名	大学院情報理工学研究科数理・計算科学専攻		
事業推進担当者	(拠点リーダー名)渡辺 治		外 18 名

◇グローバルCOEプログラム委員会における評価（公表用）

（総括評価）

設定された目的は十分達成された。

（コメント）

総合的な観点から、「計算世界観」という新たな考え方を提唱し、プログラム実施期間中に世界に向けて発信し続けた努力は評価に値する。具体的な成果の面では多少の物足りなさを感じるが、目標設定が高く、早急な実現を求めること自体がそれほど容易ではないことは理解できる。5年後にこの世界観が普及していることを期待したい。具体的な側面からの評価は、以下のとおりである。

大学の将来構想と組織的な支援について、本プログラムは大学の将来構想の中で重要な要素と位置付けられ、学長を中心とした全学横断的なマネジメント体制のもと、研究スペースの優先配分などの効果的な支援が行われた。

拠点形成全体については、高性能計算（HPC）以外の研究ビジョンの確立について課題が残ったものの、設定された目標は概ね達成された。

研究活動面については、TSUBAME2.0の完成などHPC分野での優れた成果をあげるとともに国際的に著名な研究賞の受賞や世界最高レベルの国際会議や学会誌での多数の発表など、世界的に認識される研究成果を得ており、高く評価できる。

人材育成面では、博士課程学生数は少ないが、RAの支援を厚くした結果、本教育研究拠点の若手RAを中心に行った研究がACM Gordon Bell Prize Special Achievements 賞を受賞するなど、計算世界観特別教育研究コースを修了したRAの中から、世界的に活躍することが予見できる若手研究者を数多く輩出した。また、学生間の交流が分野の壁を超えて非常に活発になった。さらに、数学系の博士課程修了者から毎年複数の学生が企業への就職を選択するようになったことも評価したい。

中間評価結果による留意事項等への対応については、「GPUコンピューティング研究会」を年4回のペースで開催し、11回で1000人以上の受講者を得るなど、全ての留意事項について適切に対応している。また、留意事項以外の面でも中間評価後は着実に成果をあげており、その努力を評価したい。

補助金の使途については、設備費への支出を抑えて人件費により多く配分するなど、適切に使用されている。

今後の展望については、計算世界観特別教育研究コースが平成24年度も情報系教育研究機構の傘下のコースの1つとして継続する一方、本拠点関係者によるJST-CRESTの複数のプロジェクトが開始され、科学研究費助成事業における新学術領域研究に「多面的アプローチの統合による計算限界の解明」が採択されるなど、次の段階へのプログラムが着実に進行している。