

(4) 研究開発成果の他分野への波及効果

○「京」で開発した技術等の展開

1) システム開発技術の製品等への展開

- ・富士通は「京」の高性能、高拡張性、高信頼性をあわせもち、かつ省電力性に優れたスーパーコンピュータ FX10[※]を開発・製品化
- ・FX10 は東大や台湾中央気象局など国内外の11機関に設置
- ・さらに、「京」やFX10で培った技術を元に、ハイエンドサーバ向けのSPARC64 X(テン)プロセッサを開発、基幹業務システム向け高性能・高信頼サーバを製品化

※FX10: 最大構成は、1024筐体、98,304ノード、ピーク性能約23PFLOPS

2) ハード(CPU・実装)、ソフト(OS・システムソフト)等の広範な技術の獲得

- ・CPUの高密度実装(システムオンチップ)、SIMD等の演算装置制御、プログラマブルなキャッシュメモリ機構、冗長性の高い新規ネットワーク構成法など(特許出願数141件)
- ・データ転送の効率化を実現する技術や省電力技術など、ネットワーク機器やデジタル家電等にも応用可能な半導体設計技術

3) スパコンビジネスにとどまらない海外国家プロジェクトへの参画等

富士通は世界一となったテクノロジーブランドを背景に、環境問題解決に向けた海外国家プロジェクトへ参画するとともに、国家レベルで防災等の国際共同研究(例: 英国HPC WalesのHPCを起点とする産業育成、オーストラリア国立大学の気象・気候・防災等、シンガポール科学技術庁の社会科学問題(交通・防災))を実施

4) 我が国の「情報科学」研究発展への寄与

計算機科学者、計算科学者へ幅広い活動の場を提供



FX10



SPARC64 X

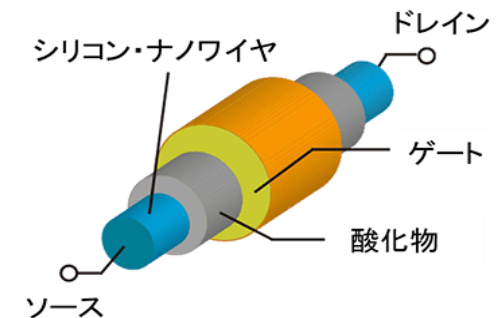


オーストラリア国立大学に導入されたスパコン「雷神」

(5)-1 「京」の科学技術水準の向上への寄与

○2年連続「ゴードン・ベル賞」受賞

- ゴードン・ベル賞: スパコン分野においてアプリケーションの成果と達成された性能に与えられる賞
- 平成23年: 次世代半導体の基幹材料として注目されているシリコン・ナノワイヤ材料の電子状態を計算。現実の材料のサイズに近い10万原子規模のナノワイヤの電子状態について、形状や特性を明らかにすることができた。実効性能3.08ペタフロップス(実行効率約43.6%)。
- 平成24年: 約2兆個のダークマター粒子の宇宙初期における重力進化の計算。実効性能5.67ペタフロップス(実行効率 約55%)。



○成果発表多数

開発過程において152件(論文19件、予稿集等9件、口頭発表・講演等98件、解説等26件)に昇る論文、学会発表等の成果を公表。

共用開始から僅か半年間の利用により、既に543件(論文57件、国際会議等421件、新聞報道等61件、知財4件)の成果発表がなされており、我が国の科学時技術水準の向上に貢献。

(5)-2 スーパーコンピュータ「京」の利用成果がゴードン・ベル賞を受賞 2011年

概要

理研、筑波大、東大、富士通のチームによる『「京」によるシリコン・ナノワイヤの第一原理計算』が、コンピュータシミュレーション分野で最高の賞であるゴードン・ベル賞の最高性能賞を受賞。日本人によるこの受賞は2004年以来7年ぶりの快挙。

(参考)ゴードン・ベル賞

米国計算機学会(ACM)が、毎年ハードウェアとアプリケーションの開発において最高の成果をあげた論文に付与する賞。毎年11月に開催される米国スーパーコンピュータ会議にて表彰式が行われる。このうち実行性能部門の最高性能賞は最も栄誉ある賞とされている。

研究内容

【背景】

- 22nm以下の微細構造をもつ次世代半導体において、漏れ電流による消費電力の解決が課題。このため、シリコン・ナノワイヤが次世代半導体の材料として期待されているが、その実現には、ナノワイヤ内の原子・電子の解析が不可欠。
- しかし、このような微細材料での実験はできず、また、シミュレーションでは計算機の能力不足から、2,000原子程度(ごく一部分)までしか計算できなかった。

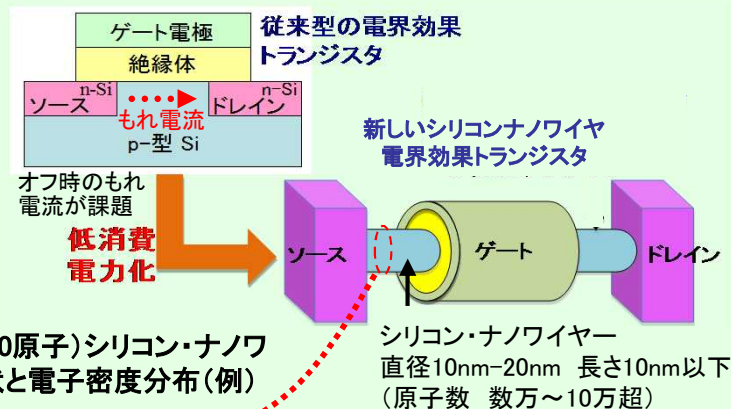
【京による成果】

- 現実の材料サイズに近い10万原子規模のナノワイヤの電子状態の計算し、世界で初めてナノレベルの高精度シミュレーションを可能にした(3ペタフロップスでの計算)。(→従来のシステムでは30年以上かかる計算が、「京」により1週間で実施可能に)
- また、約4万原子のナノワイヤの電子状態を断面の形状を変えて計算し、断面の形状による電子輸送特性の変化を初めて明らかにした。

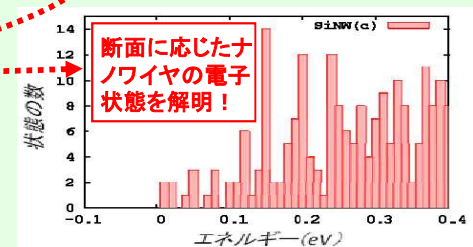
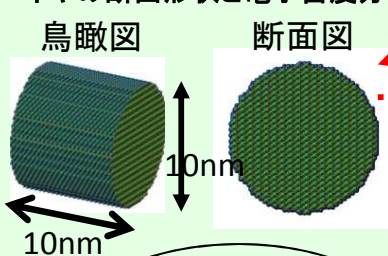
【今後の展開】

- 22nm以下の微細構造を持つ次世代半導体の製造方法の確立
- 高速・高機能、省エネルギーなどの特長をもつ新しいデバイスの設計に貢献

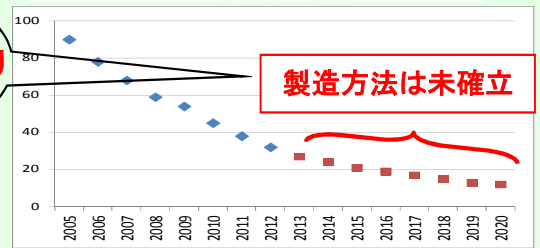
シリコン・ナノワイヤを用いた次世代半導体のイメージ



直径10nm(40,000原子)シリコン・ナノワイヤの断面形状と電子密度分布(例)



「京」によるシミュレーションにより
実用化に貢献



(国際半導体技術ロードマップ2010年版より)

(5)-3 スーパーコンピュータ「京」の利用成果がゴードン・ベル賞を受賞 2012年

概要

筑波大、理研、東工大の研究グループによる『約2兆個のダークマター粒子の宇宙初期における重力進化の計算』が、コンピュータシミュレーション分野での最高の賞であるゴードン・ベル賞を受賞。日本のグループによるゴードン・ベル賞受賞は2年連続で、今回は筑波大グループの単独受賞。

(参考)ゴードン・ベル賞 米国計算機学会(ACM)が、毎年ハードウェアとアプリケーションの開発において最高の成果をあげた論文に付与する賞。毎年11月に開催される米国スーパーコンピュータ会議(SC)にて表彰式が行われる。

研究内容

【背景】

- 宇宙の形成過程を明らかにするには、ダークマターの重力進化の解明が不可欠。
(ダークマターとは:宇宙全体の物質エネルギーのうち約2割を占め重力相互作用だけが働く物質であり、素粒子としての正体は解明されていない)
- しかし、1兆個以上におよぶダークマター粒子のシミュレーションは計算機の能力が不足、実施できなかった。(現在は筑波大グループの他、米国・アルゴンヌ研グループも実施中)

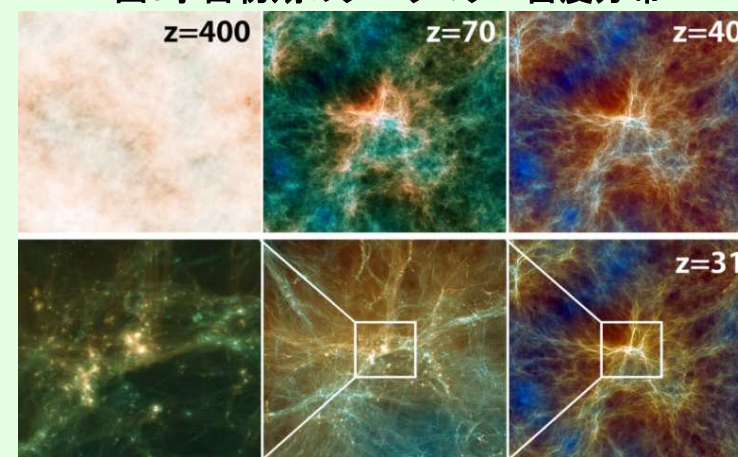
【「京」による成果】

- 世界最大規模である数兆個におよぶダークマター粒子の重力進化を、実用的な時間内にシミュレーションすることを可能とした(5.67ペタフロップスでの計算)。
(→パソコン1台で数百年かかる計算が、「京」により3日で実現)
- 宇宙初期(約137億年前の宇宙誕生から約200万年後～約1億年後)のダークマターの密度分布を計算(右図参照)
- 筑波大グループのアプリケーションは、アルゴンヌ研グループの6倍程効率が良く、アプリケーション開発でも世界をリードしていることが示された。

【今後の展開】

- 星や銀河の形成など、宇宙の構造形成過程に関する科学的成果の創出が期待される。
- より微細なダークマター構造を解明でき、ダークマター粒子の探査、正体解明に貢献。

図:宇宙初期のダークマター密度分布



明るさはダークマターの空間密度を表し、明るいところは密度が高い。また、 z は赤方偏移の量を表しており、数値が大きいほど過去を見ている(天文学では時間や距離の尺度として用いられる)。

【上段左】宇宙誕生時はほぼ一様。 $z=400$ は宇宙誕生から約200万年後であり、1辺約5光年。

【上段中】時間の経過につれて重力により集まり、大きな構造が形成される。

【下段】下段右は、誕生から約1億年後の宇宙の姿(約136億年前、1辺約65光年)。中心部を拡大したものが下段中、更に拡大したものが下段左。 $(z$ は全て31)

(6) スパコン関連研究開発施策や関連行政施策への活用

○スパコン関連研究開発施策

1) HPCI戦略プログラム(文部科学省)

- ・本プロジェクト(最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用の次世代ナノ・生命体統合シミュレーションソフトウェアの研究開発)で開発されたアプリケーションは、それぞれライフ分野は戦略プログラム分野1、ナノ分野は分野2において利用研究が行われており、「京」を用いた大規模・精緻なシミュレーションにより、タンパク質から細胞・臓器・全身にわたる複雑な生命現象の解明・予測に関する研究開発や、新奇デバイス材料や電池材料の開発につながる研究開発などを実施している。

2) 元素戦略プロジェクト(文部科学省)

- ・元素戦略プロジェクトの各拠点において、HPCI戦略プログラム分野2の研究者が参画し、実験・理論研究者と連携して、レアアース代替材料などの開発に取り組んでいる。

3) SACLAとの連携(文部科学省)

- ・SACLAで得られる膨大な量のデータを「京」に効率的に転送し、高度な解析を実現するため、両者の連携強化に資する情報基盤の整備に取り組んでいる。

4) インフラ・システム輸出促進調査等委託事業(グローバル市場におけるスマートコミュニティなどの事業可能性調査・経済産業省)

- ・同採択事業の一つとして(株)富士通において、気象・防災、医療、資源探索等の分野で膨大なシミュレーション作業を行う際に有益となる、スーパーコンピュータ「京」及びソフトウェアをパッケージとして展開するためのFSを実施。これにより「京」の商用機である「FX10」を含むスパコンの台湾の中央気象局や豪州(オーストラリア国立大学)への受注が決定。

○関連行政施策

・地方自治体との協力

現在、HPCI戦略プログラムにおいて、高知県高知市と協力のうえ、地震・津波による大規模複合災害を考慮したハザードマップの作成を実施。他の地方公共団体からもシミュレーションによる地震・液状化・津波の発生予測や被害予測の貢献が求められており、今後、全国の地方公共団体と協力し、得られたシミュレーションの成果を防災・減災対策にいかしていく。