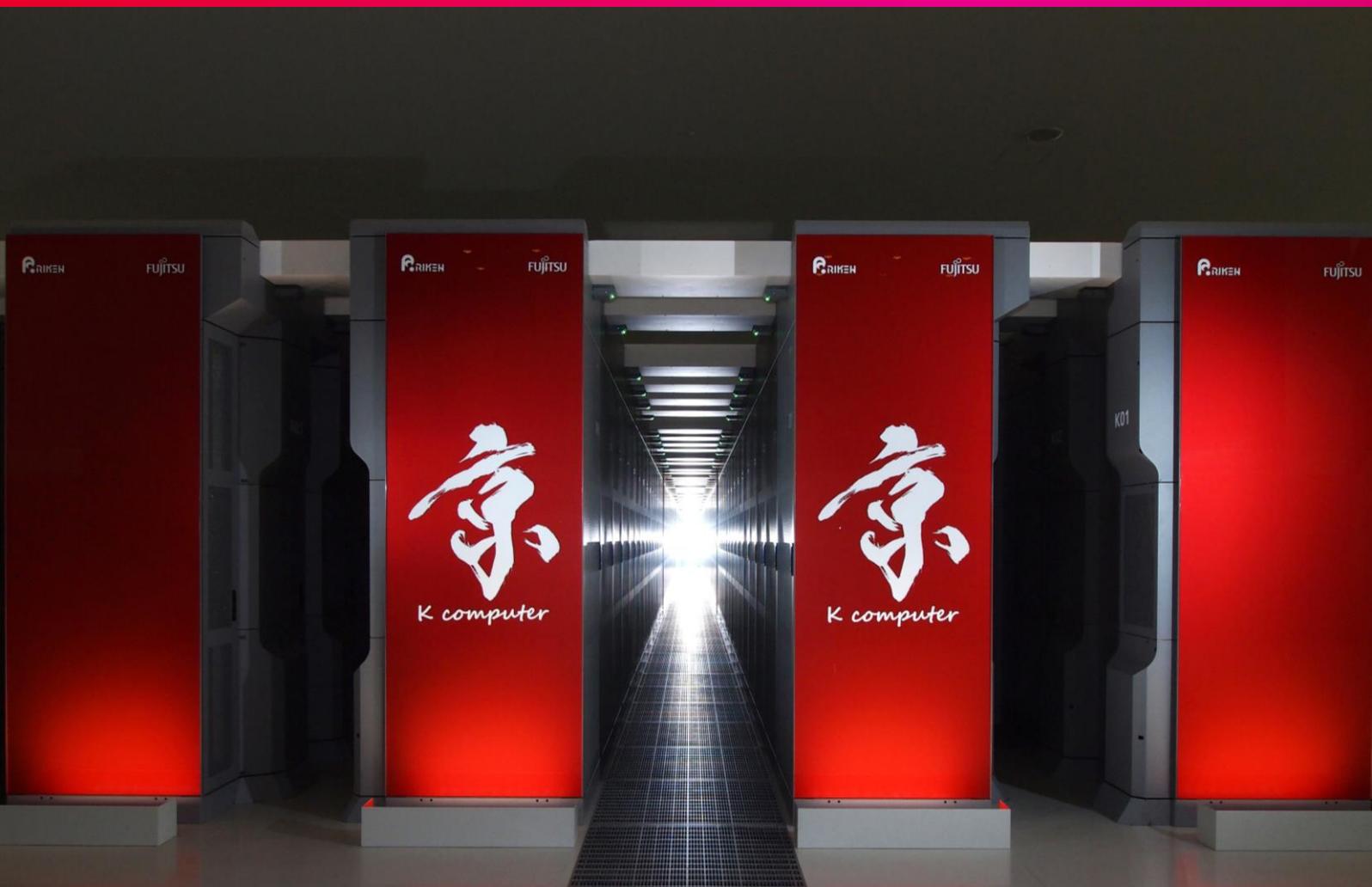


スーパーコンピュータ「京」



目次

スーパーコンピュータ「京」	1
なぜ必要なの？	2
スーパーコンピュータが実現する、コンピュータシミュレーションの世界	3
安心安全：私たちの生活が変わる	5
産業：日本のものづくりが変わる	6
基礎科学：未知なるものが見えてくる	7
スーパーコンピュータ「京」が次世代の科学者を育む	8
挑むのは5つの分野	9
スーパーコンピュータ「京」って何？	11
スーパーコンピュータ「京」開発プロジェクトとは	12
スーパーコンピュータ「京」はとてつもなく速い	14
高性能・高信頼と低消費電力を兼ね備えたCPU「SPARC64™ VIIIfx」	16
CPUの作り方	18
革新的な「6次元メッシュ/トラス」ネットワーク技術	21
富士通の挑戦	23
Computing the ideal future	24
開発者の想い	25
お答えします スパコンQ&A	27
スーパーコンピュータ「京」を探る	40
3分でわかるスパコン	43

スーパーコンピュータ「京」

理化学研究所では、**2019年8月に「京」の運用を終了しました。**

解決が難しい様々な課題に直面する日本、そして世界。私たちに求められている課題は、これらを先送りすることなく、すみやかに解決することです。そのためには世界中の英知を結集し、様々な分野において最先端の研究を加速していかなければなりません。そのカギを握るのが、スーパーコンピュータです。富士通は、スーパーコンピュータの開発を通じて、人と地球の豊かな未来の実現に挑戦しています。

富士通は、文部科学省が推進する「革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ(HPCI)の構築」計画のもと、理化学研究所と共同でスーパーコンピュータ「京」の開発を進め2012年6月に完成しました。同年9月より共用を開始し、様々な課題解決のため利用されています。

テクニカルコンピューティング トピックス

- 2017年11月16日
[6期連続でスーパーコンピュータ「京」がGraph500で世界第1位を獲得](#)
- 2017年11月15日
[「京」が性能指標\(HPCG\)において3期連続で世界第1位を獲得](#)

なぜ必要なの？

- [スーパーコンピュータが実現する、コンピュータシミュレーションの世界](#)
- [スーパーコンピュータ「京」が次世代の科学者を育む](#)
- [挑むのは5つの分野](#)

スーパーコンピュータ「京」って何？

- [スーパーコンピュータ「京」開発プロジェクトとは](#)
- [スーパーコンピュータ「京」はとてつもなく速い](#)
- [高性能・高信頼と低消費電力を兼ね備えたCPU「SPARC64™ VIIIfx」](#)
- [革新的な「6次元メッシュ/トラス」ネットワーク技術](#)

富士通の挑戦

- [Computing the ideal future](#)
- [開発者の想い](#)

お答えします
スパコン Q&A

- [スーパーコンピュータ「京」に関するご質問](#)
- [「スパコン」そのものに関するご質問](#)

注：[「京」について](#)

なぜ必要なの？

なぜ必要なの？

- スーパーコンピュータが実現する、コンピュータシミュレーションの世界
- スーパーコンピュータ「京」が次世代の科学者を育む
- 挑むのは5つの分野

京
K computer

スーパーコンピュータ「京」って何？

富士通の挑戦

お答えします スパコン Q&A

注：「京」は、理化学研究所の登録商標です。

スーパーコンピュータが実現する、コンピュータシミュレーションの世界

スーパーコンピュータが得意とするコンピュータシミュレーションとは？

スーパーコンピュータは、とてつもなく計算処理能力の高いコンピュータです。その時代の一般的なコンピュータでは解くことが困難な大規模で高度な計算を処理することができます。スパコンと略して呼ばれることもあります。

スーパーコンピュータが得意とする計算の一つに「コンピュータシミュレーション」があります。科学技術の分野で利用されるコンピュータシミュレーションは、コンピュータ上に、仮想的なモデルを組み立て、様々な条件のもとで、その振る舞いを観察することができます。コンピュータシミュレーションを用いれば、規模が大きすぎる、危険が伴う、地球上ではできないなど、実際に実験を行うことが難しい状況でも、コンピュータ上に再現し、検証することが可能です。

私たちの生活に関わっているコンピュータシミュレーションの分かりやすい例が、自動車の開発・設計です。自動車の開発では、もし衝突事故を起こした場合でも、乗車する人のダメージを最小限に抑えるために、どのような設計が最も良いかを見つけ出すことが求められます。実際に自動車を衝突させて試験し、解析することはもちろん有効です。しかし、必要な情報を得ようとすると、様々な条件のもとで衝突試験を繰り返し行う必要があります。これでは、何台もの自動車を準備する必要があるため、大きなコストがかかってしまいます。また、実際に人を乗車させて試験を行うわけにはいかないため、衝突事故の際に、ダミー人形を使って試験していたとしても、本当のところ乗車する人がどの程度のダメージを受けるかを正確に知るの是非常に難しいのです。しかし、高精度なコンピュータシミュレーションが可能になれば、今まで知ることが難しかった情報についても手に入れることができるようになり、その結果、より安全な自動車の設計・開発が可能になってくるのです。



コンピュータシミュレーションが日本のものづくりを変える

コンピュータシミュレーションでは、様々な状況をコンピュータ上に再現します。自動車を構成する大小様々な部品・装置の形状・性質をコンピュータに入力し、衝突の条件を与え、コンピュータシミュレーションを行います。一瞬、一瞬ごとに自動車の各部分がどのように変形し壊れていくか、人間の目では捉えることができない現象を、様々な角度から観察することができます。さらに、その結果を解析することで、未知の現象を予測することができるのです。こうして、自動車の開発・設計のスピードは飛躍的に高まり、安全性も向上が期待されます。さらに、実際に自動車での衝突実験の回数を減らすことができるため、開発にかかるコストも下げることが可能になります。



日本のものづくりパワー、世界でトップレベルの科学者の研究を支えるスーパーコンピュータ

ものづくり、基礎科学とその応用分野など、様々な分野で世界トップレベルを走り続ける日本。じつは、これらの分野を切り拓く技術者・科学者の研究開発を加速する役割を果たしているのがスーパーコンピュータなのです。すでに、スーパーコンピュータは日本の科学技術の発展に欠かせないものとなっています。

21世紀に入り、科学技術の発展に立ち塞がる課題は、ますます複雑化しています。例えば、航空機や鉄道などで、人やモノを輸送する場合、「より速く、より遠く」が求められると同時に、「より静か、より省エネ」が求められます。また、気象では、10年後、100年後の地球温暖化の予測が求められる一方で、30分後、1時間後の都心に集中豪雨をもたらす積乱雲を正確に予想することが求められます。

私たちの生活、日本の産業や基礎科学の分野など、スーパーコンピュータの発達がどのような変化をもたらすか、具体的に見てみましょう。

安心安全：私たちの生活が変わる →

産業：日本のものづくりが変わる →

基礎科学：未知なるものが見えてくる →

- スーパーコンピュータが実現する、コンピュータシミュレーションの世界
- スーパーコンピュータ「京」が次世代の科学者を育む
- 挑むのは5つの分野



スーパーコンピュータ「京」って何？



富士通の挑戦

お答えします スパコン Q&A

安心安全：私たちの生活が変わる

がん治療薬の開発が大きくスピードアップする

日本人の死因の上位を占めているのが「がん」、「心臓病」。近年、「これまで人間の目に見えなかった現象」を、コンピュータシミュレーションによって捉えることが可能になってきています。このコンピュータシミュレーションを支えるスーパーコンピュータが、さらに高性能化することで、がん治療、心臓病の治療は、大きく様変わりする可能性があります。

がん治療に使われる様々な治療薬。じつは、治療薬が、がん細胞にどのようにとっつき、どのように働いているのか、肝心なメカニズムは分かっていない部分も数多く残されています。

新薬の開発では膨大な量の薬剤について、長い時間をかけて一つ一つ実験を行い、効き目や副作用について調べていく必要があります。そのため新薬が世の中に出るまでには、非常に長い年月と膨大な費用を必要とするのです。

高性能なスーパーコンピュータが登場することで、この新薬の開発手法は劇的に変わる可能性があります。例えば、治療薬と、がん細胞を原子・分子レベルで捉え、スーパーコンピュータ上で、薬剤が、がん細胞をどのように捉えるか、その上でがん細胞の働きをどのように抑え込むか、その1コマ1コマの再現が、人間の目に見える形で明らかになるのです。薬剤によるがん治療のメカニズムが分かれば、その解決策を考えることができ、より効き目のある治療薬の開発を効率的に進めることが可能になります。さらに、このような効率的な開発に伴い、新薬の開発期間の短縮や開発コストの削減も期待されます。



防災技術が向上し社会全体のリスクを軽減

スーパーコンピュータは、気象情報の予測や防災技術を大きく前進させています。

現在の気象予測では地球表面を1辺数キロメートル四方から数十キロメートル四方の格子に分割し、各地から送られてくるデータをもとに、一つ一つの格子の気温、気圧、風などの値を予測し、天気予報に役立てています。気象予測の精度を上げるには、格子を細かく分割する必要があります。しかし、格子を細かくすると、それに伴って処理しなければならないデータも膨大なものとなります。

その膨大なデータを処理することは、現在のスーパーコンピュータを用いたとしても大変時間がかかります。これでは現実の気象の動きに計算結果の算出が追いつかず、結果として、意味を成さないことになってしまいます。

高性能なスーパーコンピュータがあれば、格子を細かく分割することが可能になり、例えば局地豪雨の予測などで、これまで以上にきめ細かい情報が得られるようになります。



- [スーパーコンピュータが実現する、コンピュータシミュレーションの世界](#)
 - 安心安全：私たちの生活が変わる
 - 産業：日本のものづくりが変わる
 - 基礎科学：未知なるものが見えてくる

産業：日本のものづくりが変わる

開発者がエンジン内部に入り込む！？

スーパーコンピュータの発達で、日本の産業技術は新しい発展ステージに乗り出していくものと期待されます。

これまでの日本の産業技術は、きめ細かい技術、多くの経験、時には勤を働かせ、試行錯誤を重ねるものづくりを強みとしてきました。例えばエンジンの音を聞いただけで、エンジン内部の状態を把握するといった熟練者による技術もそうした強みの一つです。

スーパーコンピュータの登場で、日本のものづくりは、さらに発展していくことでしょう。例えば、スーパーコンピュータの計算能力が大きく向上することで、コンピュータシミュレーションによってエンジン内部の一つ一つ部品の形状や性質、燃焼するガスの振る舞いなどが明らかになります。この結果、各部分にどのような圧力や温度が加わり、どのように変化するかなど、今まで勤と経験でしか理解することができなかった現象を、人間の目に見える形で、はっきりと確かめられることができるようになります。それはあたかも、開発者自身が試作中のエンジン内部に入り込み、動作を確かめるような感覚です。コンピュータシミュレーションによって、問題点が明らかになれば、それに応じた解決策を見つけることができるようになります。これが低燃費車の実現などに繋がっていくのです。日本が強みとする産業技術は、スーパーコンピュータのコンピュータシミュレーション技術の力を借り、さらに奥深さを追求していくことでしょう。



航空機を丸ごとコンピュータシミュレーション

現在、航空機機体やエンジンの設計・開発では、飛行時に発生する複雑な気流の動きを解析するため、様々なコンピュータシミュレーション手法を駆使して進められています。その過程では、コンピュータシミュレーション通りに試作された飛行機の胴体、翼などの模型を風洞実験設備と呼ばれる実験装置内に入れ、巨大なファンで作り出した高速気流の中で性能を確かめています。しかし、この方法を実物大の機体全体に対して行うことはできません。なぜなら巨大な風洞実験設備には巨額の費用、維持費が必要になるからです。

スーパーコンピュータに期待されるのは、「丸ごと数値風洞」、つまり強力なコンピュータシミュレーション能力により、仮想的な巨大な風洞実験設備を作り出し、そこに開発する機体の実寸大のデータを入力し、様々な条件で実験をしようというものです。

この数値風洞が可能になれば、より短期間、低コストで設計・開発が可能になり、安全性の向上、高速飛行時、離着陸時の低速飛行時の性能はもちろん、試作機の機体周りの空気の流れ、渦などを再現し、徹底的な省エネ、騒音の低減について検証することができます。

スーパーコンピュータは、日本のものづくりの底上げを強力に推進するツールとなっています。



• スーパーコンピュータが実現する、コンピュータシミュレーションの世界

- 安心安全：私たちの生活が変わる
- 産業：日本のものづくりが変わる
- 基礎科学：未知なるものが見えてくる

基礎科学：未知なるものが見えてくる

人間が決して到達できない世界へと導くスーパーコンピュータ

宇宙における様々な現象。遠くの星、銀河や銀河団、ブラックホール、超新星などの成り立ちについて、これまで様々な理論が提唱されてきました。しかし、検証を行うために、研究者が地球を飛び出し、遠くの星、銀河などを調べることは現在の技術では不可能です。

そこで研究者は、宇宙の理解を深めるため、すばる望遠鏡やハッブル宇宙望遠鏡など高性能な機器を利用した観測を行っています。さらに、理論に基づいたコンピュータシミュレーションによる研究も進められています。しかし、コンピュータシミュレーションで取り扱える星の数や時間は、計算能力に大きく依存しています。宇宙のより詳細なコンピュータシミュレーションを実現するためには、より高性能なスーパーコンピュータが必要になってきます。そのため大規模な計算を取り扱うことができるスーパーコンピュータに大きな期待が寄せられているのです。



現在、スーパーコンピュータを使い、銀河系の成り立ちに関する様々な理論を検証しています。私たちは、コンピュータシミュレーションにより、銀河系の成り立ちと成長、さらには将来についての理論を検証し、理解できるようになるでしょう。これにより、遠い未来の地球、人類の姿を垣間見ることができるのです。

- スーパーコンピュータが実現する、コンピュータシミュレーションの世界
 - 安心安全：私たちの生活が変わる
 - 産業：日本のものづくりが変わる
 - 基礎科学：未知なるものが見えてくる

スーパーコンピュータ「京」が次世代の科学者を育む

次世代の科学者を育む

スーパーコンピュータ「京」開発プロジェクトの大きな目的は、世界トップクラスのスーパーコンピュータを開発・活用することにより、科学技術のブレイクスルーを実現し、国際競争力を強化するところにあります。そしてもう一つの重要な目的が、スーパーコンピュータを駆使して、科学技術を推し進める人材の育成です。

世界トップレベルのスーパーコンピュータ「京」の構築は、世界最高レベルの研究開発環境の構築とも言い換えられます。そこには、スーパーコンピュータ「京」を駆使し、新たな科学技術の扉を開けようと世界のトップレベルの科学者、技術者が集まってきました。

地球温暖化のメカニズムの解明、持続可能な環境保全型の経済活動の実現など、21世紀の課題を解決するには、分野を超えた科学技術が集結し、さらに、それら技術の融合を必要としています。そのためにも、世界中の優れた研究者が集い、それぞれの知見と英知を共有する優れた研究環境の構築が急がれています。



- [スーパーコンピュータが実現する、コンピュータシミュレーションの世界](#)
- [スーパーコンピュータ「京」が次世代の科学者を育む](#)
- [挑むのは5つの分野](#)



スーパーコンピュータ「京」って何？



富士通の挑戦

お答えします スパコン Q&A

注：「京」は、理化学研究所の登録商標です。

挑むのは5つの分野

スーパーコンピュータ「京」が未来を創造する

人間には見ることのできない宇宙の果てや極小の世界、そして莫大な費用と膨大な時間が必要な実験や観測など、スーパーコンピュータ「京」は未来を創造する様々な分野の課題を精密にコンピュータシミュレーションし、社会の発展に貢献します。

2009年7月、文部科学省において、スーパーコンピュータ「京」を用いて戦略的・重点的に研究を推進していく分野(戦略分野)が決定されました。スーパーコンピュータ「京」は、その性能を最大限活用し、科学技術のブレイクスルーに挑みます。そして様々な分野で画期的な成果を創出し、計算科学技術の飛躍的発展にも貢献すると期待されています。

挑むのは5つの分野



スーパーコンピュータ「京」はその性能を最大限活用し、科学技術のブレイクスルーに挑みます。そして様々な分野で画期的な成果を創出し、計算科学技術の飛躍的に発展するものと期待されています。

【分野1】 予測する生命科学・医療および創薬基盤

【分野2】 新物質・エネルギーの創成

【分野3】 防災・減災に資する地球変動予測

【分野4】 次世代ものづくり

【分野5】 物質と宇宙の起源と構造

- スーパーコンピュータが実現する、コンピュータシミュレーションの世界
- スーパーコンピュータ「京」が次世代の科学者を育む
- 挑むのは5つの分野



お答えします スパコン Q&A

注：「京」は、理化学研究所の登録商標です。

スーパーコンピュータ「京」って何？

スーパーコンピュータ「京」って何？

- スーパーコンピュータ「京」開発プロジェクトとは
- スーパーコンピュータ「京」はとてつもなく速い
- 高性能・高信頼と低燃費電力を兼ね備えたCPU「SPARC64™ VIIIfx」
- 革新的な「6次元メッシュ/トラス」ネットワーク技術

京
K computer

なぜ必要なの？

富士通の挑戦

お答えします スパコン Q&A

注：「京」は、理化学研究所の登録商標です。

スーパーコンピュータ「京」開発プロジェクトとは

富士通は、文部科学省が推進する「革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ(HPCI)の構築」計画のもと、理化学研究所と共同でスーパーコンピュータ「京(けい)」の開発を進め2012年6月に完成しました。同年9月より共用を開始し、様々な課題解決のため利用されています。

システム開発スケジュール

2006年度	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度	2011年度	2012年度
概念設計	詳細設計	試作・評価	製造	製造	利用環境設定・調整運転	利用環境設定・調整運転
						6月 9月 (共用開始)

[革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ\(HPCI\)の構築](#) >>

注：「京(けい)」について



「京(けい)」は理化学研究所の登録商標で、10ペタ(10の16乗)を表す万進法の単位であるとともに、この漢字の本義が大きな門を表すことを踏まえ、「計算科学の新たな門」という期待も込められている。

「京」の施設について

場所はポートアイランド

「京」を設置する施設(理化学研究所計算科学研究機構。以降「計算科学研究機構」)は、兵庫県神戸市ポートアイランドにあります。神戸市は神戸港を有する、日本を代表する港町。ポートアイランドは1981年にできた神戸港内の人工島で、神戸中心部と神戸大橋や港島トンネルによって結ばれています。



中心拠点としての計算科学研究機構

計算科学研究機構の施設には、計算機棟、研究棟、熱源機械棟などの設備が入っています。

【計算機棟】

「京」を設置

【研究棟】

国内・海外の研究者が利用する数多くの研究室を完備

【熱源機械棟】

「京」から発生する熱を取り除く冷却施設を設置



(提供:理化学研究所)

■ 計算機室に設置されている「京」

1つの計算機ラックは、102個のCPUを搭載しています。計算機棟には、「京」の計算機ラックが、864台設置されています。



■ 「京」の能力を活かす設備と環境

スーパーコンピュータを最高の状態で稼働させるには、これを格納する建物や、研究環境にも十分配慮した設備が必要です。計算時に発生される熱を効率的に取り除いたり、システムを施設内で最適に配置できたりするように、この施設には様々な工夫がなされています。「京」の性能を常時保証できる構造を持ち、安定運用に必要な設備を持つ施設は、研究交流や多様な知識の融合を促進できる研究・教育環境が整備され、我が国の研究開発基盤の強化と技術力の維持向上に大きく貢献することが期待されています。



免震装置



熱源機機種、天井部分



冷水管



研究棟

(提供: 理化学研究所)

プロジェクト概要

シミュレーション(模擬実験)は、実験、理論と並ぶ研究開発の第3の手法として、ますます重要になっています。人類が直面している未解決の課題に挑戦するためには、より高度で精密なシミュレーションを可能にするスーパーコンピュータが必要とされています。

このため、我が国の科学技術および産業の競争力の基盤として、スーパーコンピューティング技術は「国家基幹技術」と位置づけられ、文部科学省がプロジェクトを推進しています。富士通は、開発主体である理化学研究所と共同で、スーパーコンピュータ「京」のシステム開発を行いました。

理論、実験と並び、現代の科学技術の研究開発の方法として確固たる地位を築きつつあるスーパーコンピュータを活用した「シミュレーション(模擬実験)」による計算科学をさらに発展させるため、長期的な国家戦略をもって取り組むべき重要技術(国家基幹技術)であるスーパーコンピュータ「京」を2012年6月に完成させました。同年9月より共用を開始し、様々な課題解決のため利用されています。

(補足) 詳細なプロジェクト概要につきましては、理研Webサイトよりご覧頂けます。

- [次世代スーパーコンピュータの開発・整備](#)

- スーパーコンピュータ「京」開発プロジェクトとは
- スーパーコンピュータ「京」はとてつもなく速い
- 高性能・高信頼と低消費電力を兼ね備えたCPU「SPARC64™ VIIIfx」
- 革新的な「6次元メッシュ/トラス」ネットワーク技術



なぜ必要なの？



富士通の挑戦

お答えします スパコン Q&A

スーパーコンピュータ「京」はとてつもなく速い

スーパーコンピュータ「京」は、10ペタフロップスの計算速度を達成しました。10ペタフロップスの計算速度とは、いったいどのくらいの速さなのでしょう。

10ペタとは、1の後ろに0が16個も続く途方もなく大きな数です。この数字は、漢字による数の数え方で「1京」です。じつはスーパーコンピュータ「京(けい)」は、この10ペタを表す「1京」にちなんで名付けられています。

1京回の計算というと、地球上の全人口70億人が電卓を持って集まり、全員が24時間不眠不休で1秒間に1回のペースで計算を続け、約17日間かけてようやく終わる勘定です。「京」は、これをたった1秒でやってのけることになるのです。

「京」は、どのくらい速いのか？

地球上の70億人全員が、1秒間に1回計算できたとすると、**10,000,000,000,000,000回** (1京回) の計算をするのに、約**17日間**かかります。



「京」は、**1京回**の計算を、わずか**1秒**で、完了できます。

とてつもなく速い計算パワーを実現する様々の技術

1秒間に1京回というとてつもなく速い計算能力を持つ「京」を作るためには、何が必要でしょうか。

このような処理能力を実現するには、CPU単体では、どうしても計算能力に限界があります。そこで、計算能力を向上させるために、CPUを大量に連結させる方法が用いられています。「京」の場合、まず世界最高クラスの性能を持つCPUを開発し、それを8万個以上接続する技術が開発されました。

CPUとはコンピュータの心臓部分なのですが、私たち人間が、心臓だけでは活動できないのと同様に、「京」もCPUだけで大規模計算を高速に行うことはできません。大規模計算では、色々な計算処理を行い、その計算結果を使用したさらなる計算処理が繰り返し発生するため、CPU間のデータ通信が重要になります。CPUは8万個以上ありますので、膨大な量のデータを効率よく交通整理して通信するネットワークが必要です。

また、毎秒1京回という凄まじいスピードで計算する「京」が行う大規模計算に関わる大量のデータを瞬時に出入れするためのメモリも欠かせません。さらに、つぎつぎと出てくる膨大な計算結果を保存するための記憶装置も必要です。

「京」は、超高速計算に求められる様々の要素について、富士通のノウハウを結集して設計・開発された画期的新技術を採用し構築されています。すべてが世界最高の水準を備えているからこそ、1秒間に1京回という計算速度を実現しているのです。

【コラム】稼働性(可用性)の高いシステムを実現するには？

「京」は、CPU8万個以上、ケーブル20万本以上、というように、膨大な数の部品からできています。そのため「故障しにくい」「一部故障してもシステム全体は稼働し続ける」「故障箇所はシステム稼働中に交換できる」ことが重要になってきます。

CPUは、壊れにくくするため、稼働時に発生する熱を、水冷によって取り除いています。もう一つ重要な構成部分であるCPU同士を繋げてデータのやり取りをするネットワークは、6次元メッシュ/トラスと呼ばれる高性能・高信頼性の独自ネットワークを採用しています。6次元メッシュ

ユ/トラスでは、CPU同士を繋げる時に、ネットワークを多次元化することで、より柔軟なデータのやり取りを実現することができます。そのため、稼働中に、一部の部品が故障しても、故障した部品を回避して、システムの稼働を継続できるような仕組みになっています。

- スーパーコンピュータ「京」開発プロジェクトとは
- スーパーコンピュータ「京」はとてつもなく速い
- 高性能・高信頼と低消費電力を兼ね備えたCPU「SPARC64™ VIIIfx」
- 革新的な「6次元メッシュ/トラス」ネットワーク技術



お答えします スパコン Q&A

注：「京」は、理化学研究所の登録商標です。

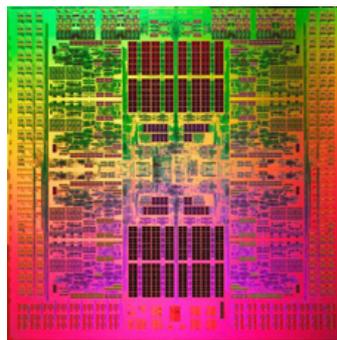
高性能・高信頼と低消費電力を兼ね備えたCPU「SPARC64™ VIIIfx」

スーパーコンピュータ「京」には富士通が設計・開発したCPU「SPARC64™ VIIIfx」が採用されています。その特徴について説明します。

CPU「SPARC64™ VIIIfx」には45ナノメートル半導体プロセス技術が使われています。これは、どんなメリットをもたらす技術なのでしょう。

例えば、幅1ミリメートルの電線で複雑な電気回路を描いて運動場ほどの広さになったとします。その幅を限りなく細くすると、同じ回路を切手サイズにおさめることも可能でしょう。回路の集積度が上がりますと、回路内の配線長が短く

なり、計算を行うコアと呼ばれる「計算を受け持つ最小単位」を数多く載せることができます。これにより性能を上げることができます。また同時に部品点数を減らすことができるため、故障率が下がります。さらには回路が小さくなったことで、消費電力を抑えることができます。



SPARC64™ VIIIfx

これから、SPARC64™ VIIIfxにおける、「高性能」「高信頼性」「低消費電力」を実現するための取り組みを詳しく見ていきましょう。

〔コラム〕

45nmって、どのくらいの長さ？

「SPARC64™ VIIIfx」内でのトランジスタの大きさ（ゲート長）は、45ナノメートルとなっています。では、ナノメートルとはどれくらい長さでしょうか。「ナノ」という言葉は元々ラテン語で“小人”という意味で、“10億分の1”という意味で長さの単位にも使われています。1ナノメートルは10億分の1メートル、すなわち100万分の1ミリメートルになります。人の髪の毛の平均直径は80μmといわれています。なんと、45nmは、髪の毛の太さの約1700分の1です。

CPUの作り方

高速に計算処理を行うCPUは、一体どのように作っているのでしょうか？シリコンインゴットから、CPUができる過程を見てみましょう。

[CPUの作り方を見る](#) >>

高性能CPU8万個以上で実現する10ペタフロップス

「京」の心臓部は、88,128個のCPU「SPARC64™ VIIIfx」から構成されています。1つのCPUには、コアと呼ばれる「計算を受け持つ最小単位」が8個搭載され、1秒間に1,280億回（128ギガフロップス）の計算をこなします。さらに88,128個のCPU（70万個以上のコア）が合わせて1秒間に1京回（10ペタフロップス）という凄まじい速度の計算を実現します。

信頼性向上のための工夫

「京」は、88,128個のCPUから構成されていますが、このような大規模システムから最高の性能を引き出すためには、すべてのCPUを安定した状態で動作させることが重要な課題の一つです。CPU「SPARC64™ VIIIfx」の回路には「エラーリカバリー機能」が搭載されています。万が一、計算中にエラーが発生した場合、自動的に命令を再実行し、システム動作に影響を及ぼすことなく、自動的に回復する仕組みがあります。

また「京」の場合、水を使用してCPUを効率よく冷却しています。CPUを常に低い温度で動作させることにより低い故障率を実現し、部品寿命を向上させています。これらの工夫により、システム全体の信頼性が格段に向上しています。

高いレベルの電力あたり性能を実現

「京」に求められるもう一つの課題は、いかに消費電力を抑えるかです。一般的に、たくさんの高機能CPUを連結している大規模システムでは、CPU数の増加に比例して大量の電力を消費します。そのシステム全体の消費電力量を抑えるには、CPUの消費電力を抑えることが必要になります。CPUを数多く連携して高性能を求めることと、電力消費量を抑えることは本来相反し両立は難しいのですが、「京」を開発するにあたっては、これを両立させなければなりませんでした。

一般的に、電気回路の消費電力は、その温度が低いほど抑えることができます。「京」では、水による効率的な冷却を導入したことにより、CPUの温度を下げ、発熱量を下げることで、消費電力を抑えています。

さらに、CPUに計算を実行させる時、動作の必要がない回路は無駄な電力を消費しないように設計上での工夫を施しました。

CPU「SPARC64™ VIIIfx」は、これらの工夫により、チップ単体で電力1ワットあたりの計算性能で1秒間に22億回の演算速度(2.2ギガフロップス)を実現しています。

大変エネルギー効率の良い、環境にやさしいシステムといえます。

- スーパーコンピュータ「京」開発プロジェクトとは
- スーパーコンピュータ「京」はとてつもなく速い
- 高性能・高信頼と低消費電力を兼ね備えたCPU「SPARC64™ VIIIfx」
- 革新的な「6次元メッシュ/トラス」ネットワーク技術



なぜ必要なの？



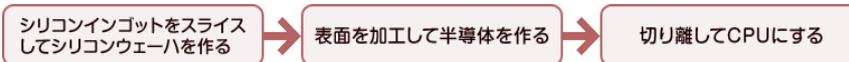
富士通の挑戦

お答えします スパコン Q&A

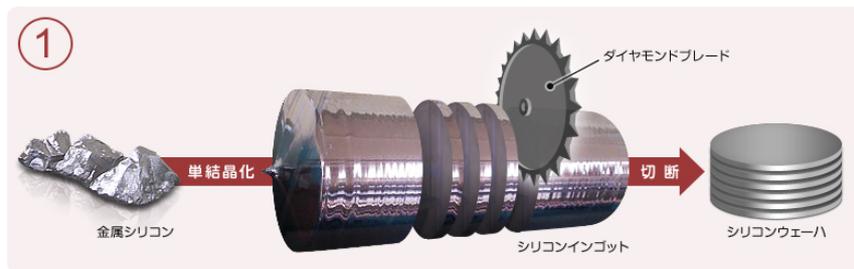
注：「京」は、理化学研究所の登録商標です。

CPUの作り方

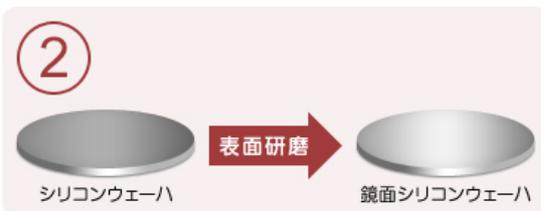
スーパーコンピュータの心臓部であるCPUは、どのように作られているのでしょうか？



シリコンインゴットをスライスしてシリコンウェーハを作る

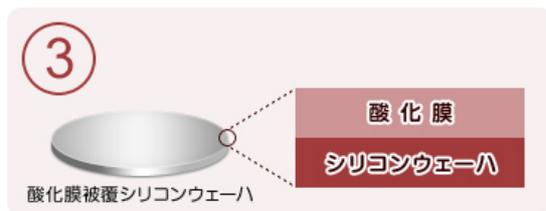


シリコン(ケイ素)の大きな単結晶(純度99.99999999%)を、ダイヤモンドブレードでスライスして、薄いシリコンウェーハを作ります。



シリコンウェーハの表面を磨くなど、処理を施し、鏡面シリコンウェーハを作ります。

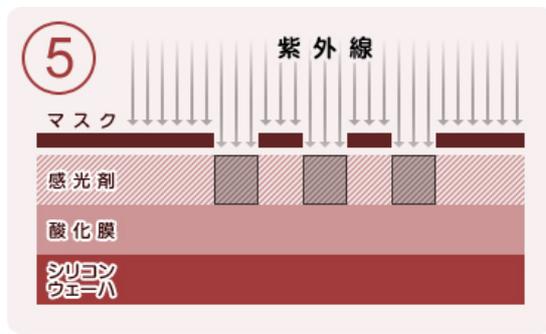
表面を加工して半導体を作る



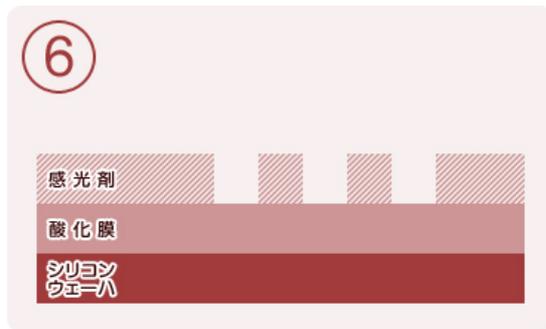
鏡面シリコンウェーハに、酸化膜を形成させます。



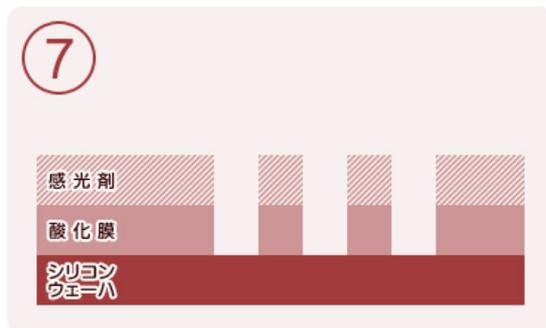
酸化膜の上に、感光剤を薄く塗ります。



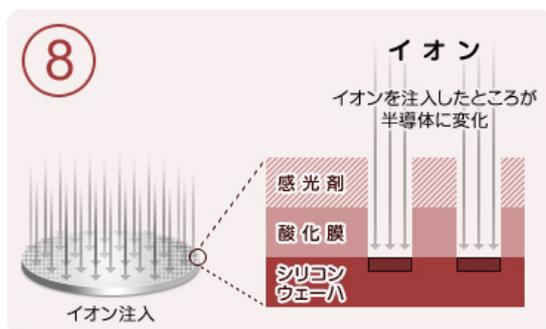
マスクパターンを通して、紫外線を当てて、感光剤を露光します。



露光された感光剤を現像液で取り除きます（光が当たった部分が、現像液に溶ける物質に変化します）。



酸化膜を腐食剤で取り除くと、シリコン面が露出します。



シリコン面に、必要なイオンを打ち込みます。シリコンの性質が半導体に変化し、電気的特性を持った素子が作れる状態になります。

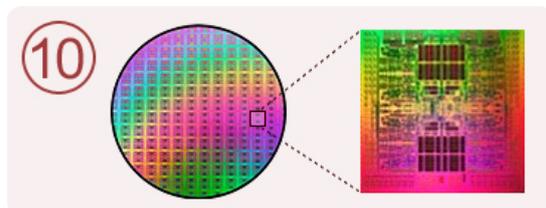


電気的特性を持った素子を作り、配線を繋ぎ、回路を作ります。一つのシリコンウェーハ上には、同時にたくさんのチップ

を作ることができます。出来上がったチップに針を当てて、良品／不良品を選別する試験を行います。

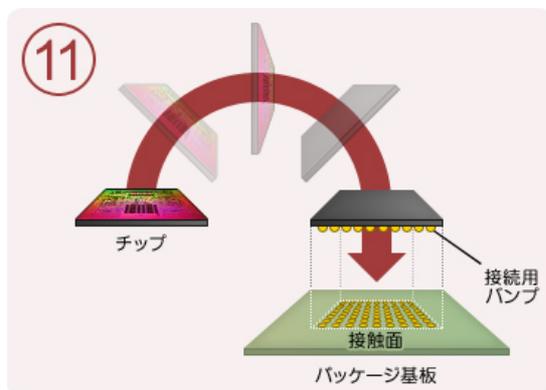
〔注釈〕写真は展示用ウェーハのイメージです。実際のウェーハには、パッケージ基板に接続するためのバンパが形成されています。

切り離してCPUにする



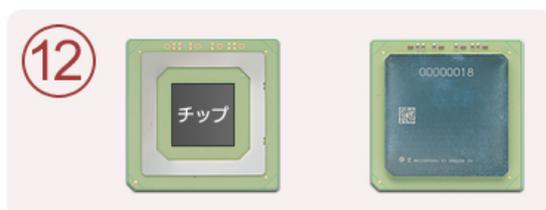
シリコンウェーハ上に作った、良品チップを切り離します。

〔注釈〕写真は展示用ウェーハ、及びCPUのイメージです。実際のウェーハ／CPUには、パッケージ基板に接続するためのバンパが形成されています。



切り離したチップ上の接続用バンパをセラミックや樹脂で出来たパッケージ基板に合わせて接続します。

〔注釈〕写真は展示用CPUのイメージです。実際のCPUには、パッケージ基板に接続するためのバンパが形成されています。



チップが乗せられたパッケージ基板の上に、熱を効率よく取り除くため、放熱板を取り付けます。様々な試験を行い、良品が選別され、CPUが完成します。

- スーパーコンピュータ「京」開発プロジェクトとは
- スーパーコンピュータ「京」はとてつもなく速い
- 高性能・高信頼と低消費電力を兼ね備えたCPU「SPARC64™ VIIIfx」
- 革新的な「6次元メッシュ/トラス」ネットワーク技術



なぜ必要なの？



富士通の挑戦

お答えします スパコン Q&A

注：「京」は、理化学研究所の登録商標です。

革新的な「6次元メッシュ／トラス」ネットワーク技術

Tofuインターコネクト(6次元メッシュ／トラス結合)

8万個以上のCPUが搭載されている、とてつもなく大きなシステムであるスーパーコンピュータ「京」では、CPU間で計算結果等のデータをやり取りするためのネットワークが、とても重要な役割を果たします。「京」では、8万個以上のCPU間を相互に接続するネットワーク(インターコネクト)に、「6次元メッシュ／トラス」という革新的な構成を持たせました。

CPU同士がいかに速くデータをやり取りするか

「京」のCPUは短時間に非常に多くの計算をすることができます。計算途中にはCPU間でデータをやり取りする場合がありますが、このデータのやり取りが遅いとCPUが持つ高い計算能力を使い切ることができません。「京」のネットワーク「6次元メッシュ／トラス」は隣り合うCPUとの通信経路が多いため、CPU間のデータ通信を最短ルートで、短時間を実施するように設計されており、世界最高速クラスのCPUの計算能力を余すところなく引き出すネットワークとなっています。



6次元メッシュ／トラス(概念模型)

CPUの故障を素早く発見し、データの流を交通整理

「京」が常に最高性能を維持するには「故障しにくい」ことはもちろん、仮に一部が故障しても全体への影響を最小限にとどめることが重要となります。「京」では、CPU間のネットワークに代替経路を設け、1つのCPUが故障しても、これを回避してデータのやり取りを継続する仕組みを備え、計算処理が止まることがないように作られています。

常にCPUを最大限に有効活用するマネジメント機能

「京」では、多くの人からの計算(ジョブ)を同時に処理することを想定しています。それぞれのジョブに対し、「京」が持つ8万個以上のCPUの中から処理内容に応じて、必要なCPUを適宜割り当てて処理します。たくさんあるジョブにCPUの割り当てを行う際、できるだけ多くのジョブにCPU間で不要なデータ通信が生じないよう、適切に効率よくCPUを割り当てることが重要です。「京」では、ジョブ管理のソフトウェアがそれぞれのジョブをCPUへ割り当て、またその処理順序を制御します。これは8万個以上ある小部屋から成る、大きな倉庫に、多数の形と大きさが異なる箱(=異なる内容のジョブに割り当てられたCPU群)を効率よく詰め込みたい時、多くの箱を倉庫の空きスペースを最小限にするよう、隙間なく効率的に詰め込む作業に似ています。「6次元メッシュ／トラス」ネットワークでは、隣り合うCPUとの通信経路が多いため、割り当てるCPU群の箱の形状を柔軟に変えることが可能です。つまり、複数のジョブをCPU群に割り当てる際、領域の取り方が柔軟にできます。

「京」では「6次元メッシュ／トラス」の持つ、これらの特徴によって、8万個以上のCPUの持つ計算パワーを余すことなく利用することができます。

- スーパーコンピュータ「京」開発プロジェクトとは
- スーパーコンピュータ「京」はとてつもなく速い
- 高性能・高信頼と低消費電力を兼ね備えたCPU「SPARC64™ VIIIfx」
- 革新的な「6次元メッシュ／トラス」ネットワーク技術

なぜ必要なの？

富士通の挑戦

注：「京」は、理化学研究所の登録商標です。

富士通の挑戦



なぜ必要なの？



スーパーコンピュータ「京」って何？

お答えします スパコン Q&A

注：「京」は、理化学研究所の登録商標です。

Computing the ideal future

環境やエネルギー、食料問題など、複雑ですぐに解決することが困難な課題に直面する世界。しかし私たちは「人」と地球の理想の未来に向けて、そのような課題を先送りすることなく、迅速にそして正しく解決していく必要があります。

そのような課題を解決しながら、経済を持続的に発展させるためには、世界中の英知を結集して最先端の研究を素早く進め、イノベーションを創出することが不可欠です。

スーパーコンピュータは、膨大な情報を超高速で計算することにより、イノベーションを生み出すための「分析や選択」を支え、まだ見えない未来世界をいち早く客観的に、私たちの目の前に見せてくれます。

富士通は、そのような大切なツールであるスーパーコンピュータを通じて、皆さまとともに理想の世界の実現に向けて、挑戦し続けます。



- Computing the ideal future
- 開発者の想い



なぜ必要なの？



スーパーコンピュータ「京」って何？

お答えします スパコン Q&A

開発者の想い



挑戦。それは、世界一を目指すこと。



吉田 利雄

厳しいハードルに奮い立つ

コンピュータのエネルギー消費は、やがて地球レベルで大きな問題になる。CPUに求められた性能は前機種種の3倍以上、消費電力は2分の1以下。

“世界一の計算速度”という言葉に自分達を奮い立たせた挑戦のプロジェクトだった。遥かな目標があったから成し得たものだ。【CPU開発担当】



志田 直之

世界に誇る純国産スパコンを

大規模なスーパーコンピュータのソフトウェアには、高性能でありながら、メモリ消費を抑えるという厳しい課題が求められています。

開発メンバーには、若い開発者が多く、とにかく活気がある。エネルギー的な彼らと共に、純国産スーパーコンピュータのソフトウェアの最終形に向けて、さらに開発を推し進めていきたい。【ソフトウェア開発担当】

熱き開発者達が集う。



平井 浩一

ゼロからの出発

プロジェクトに関わり始めたのは、2008年。メンバーには、若い開発者が多かった。そこへ我々のような経験者が加わり、彼らと熱い議論を交わしながら設計を進めてきた。世界一という共通の目標があるからこそ、ひとつになれた。【ミドルウェア開発担当】



原口 正寿

限らない性能向上を

新しいCPU設計にコンパイラ技術者として参加し、SPARC64™ VIIIfx が完成した。優れた設計思想を活かすも殺すもコンパイラ次第。性能向上への絶え間ない取り組みに、やりがいを感じている。経験したことのない多忙な日々連続だが、納得のいく製品そして性能に仕上げたい。【コンパイラソフト開発担当】



池田 吉朗

検証チームとの協力

数万個のCPUを効果的に接続するためにインターコネクトを専用設計。過去に例のない規模であるため、社内に蓄積された開発ノウハウを活かせる部分は多くない。しかし、検証チームとの緊密な協調によって、要求された高性能で高信頼、低消費電力な設計を実現できた。【インターコネクト開発担当】

組織の枠を越えて。



杉崎 剛

ライバルからの応援の言葉

アメリカのスーパーコンピュータ展示会で技術紹介をしていたら、競合メーカーの人達から激励の言葉もらった。あらためてプロジェクトの重要性や富士通の技術力を認識した。プロジェクトを通して高い目標へ挑戦できたことに心から感謝したい。ライバルからの声援を胸に、システム構築に向けて私達は走り続けていく。【CPU開発担当】



安島 雄一郎

価値ある経験

インターコネクトの仕様書を社内外の関係者に説明した時、「分からない」、「難しい」と言われ、ショックを受けた。その時、この分野の第一人者の先生をはじめ、多くの方々から貴重なアドバイスもらった。説明資料を改善していく中で、伝わるように説明することの大切さと難しさを学んだ。【インターコネクト開発担当】

その夢を実現したい。



酒井 憲一郎

誰も経験したことのないシステムを

メンバー全員で知恵を絞り、研鑽しながら、開発に取り組んできた。富士通はスーパーコンピュータをソフトまで自社で開発できる世界でも数少ない企業。開発陣の一翼を担い、世界での富士通のプレゼンスを高めると共に、日本の科学技術発展とより豊かな社会の実現に貢献していきたい。【ファイルシステムソフトウェア開発担当】



加藤 丈治

将来の社会インフラを支えたい

世界的にも例を見ない大規模な構成。各部の故障の検出と障害からの復旧を行う技術の搭載。将来、データベースや社会インフラを支える高信頼システムに応用可能な技術だ。他の分野へ貢献していけることを夢に、これからも日々開発に力を注いでいく。【OS開発担当】



草野 義博

夢を叶えるために富士通へ

世界トップクラスの計算機を作りたいと願い、富士通に入社。今、まさにスーパーコンピュータ「京」開発プロジェクトに携わることができ、大変感激している。研究者にはスーパーコンピュータ「京」を思う存分に使ってもらい、多くの人々が幸せになれるような革新的な物を作り出してほしい。【システム開発担当】

- [Computing the ideal future](#)
- 開発者の想い



なぜ必要なの？



スーパーコンピュータ「京」って何？

お答えします スパコン Q&A

注：「京」は、理化学研究所の登録商標です。

お答えします スパコンQ&A

**Q** スーパーコンピュータ「京」に関するご質問

- [スーパーコンピュータ「京」はどこにあるのですか？](#)
- [ペタフロップス\(PFLOPS\)って、何ですか？](#)
- [スーパーコンピュータ「京」の開発にはどのくらいの人関わったのですか？](#)
- [スーパーコンピュータ「京」の消費電力はどれくらいですか？](#)

Q 「スパコン」そのものに関するご質問

- [「スパコン」とは、どのようなものですか？](#)
- [スパコンは何の役に立つのですか？ 何に使うのですか？](#)
- [スパコンを使用しているユニークな取り組みはありますか？](#)
- [世界初のスパコンは、どこで誕生したのですか？](#)
- [日本にスパコンは何台ありますか？](#)
- [スパコンは何で速いのですか？](#)
- [CPU間では、何のデータをやり取りしているのですか？](#)
- [なぜCPUは熱くなるのですか？](#)



注：「京」は、理化学研究所の登録商標です。

お答えします スパコンQ&A

「あなたのスーパーコンピュータに関する疑問を、スパッと解決します」

Q スーパーコンピュータ「京」に関するご質問

スーパーコンピュータ「京」はどこにあるのですか？

A お答えします

スーパーコンピュータ「京」は、兵庫県神戸市のポートアイランドという人工島にあります。「京」を神戸に立地することは、全国15の候補地の中から、自然災害の影響、電力供給の安定性、施設整備・運用のコスト、アクセスの利便性、研究教育拠点としての体制等、様々な観点から半年以上に渡る評価の結果、2007年3月に決定されました。



[他のスパコンに関するQ&Aを見る](#) >>

関連情報

- [スーパーコンピュータ「京」開発プロジェクトとは](#)

注：「京」は、理化学研究所の登録商標です。

お答えします スパコンQ&A

「あなたのスーパーコンピュータに関する疑問を、スパッと解決します」

Q

スーパーコンピュータ「京」に関するご質問

ペタフロップス (PFLOPS) って、何ですか？

A

お答えします

「フロップス (FLOPS)」は、コンピュータの処理能力の単位で、1秒間に浮動小数点演算を何回できるかという能力を表しています。フロップスの前には、国際単位系で定められた接頭辞をつけて、つぎのように表現します。

- 1G(ギガ=10の9乗)フロップス: 1秒間に 1,000,000,000回
- 1T(テラ=10の12乗)フロップス: 1秒間に 1,000,000,000,000回
- 1P(ペタ=10の15乗)フロップス: 1秒間に 1,000,000,000,000,000回

スーパーコンピュータ「京」は、1秒間に 10,000,000,000,000,000回 (10ペタフロップス=10の16乗)、日本の数字の単位では1京回、の計算ができます。「京」の愛称の由来のひとつは、この1秒間にできる計算回数です。

「京」は、どのくらい速いのか？

地球上の70億人全員が、1秒間に1回計算できたとすると、**10,000,000,000,000,000回 (1京回)** の計算をするのに、約**17日間**かかります。



「京」は、**1京回**の計算を、わずか**1秒**で、完了できます。

[他のスパコンに関するQ&Aを見る](#) >>

関連情報

- [スーパーコンピュータ「京」はとてつもなく速い](#)
- [スーパーコンピュータ「京」開発プロジェクトとは](#)

注: 「京」は、理化学研究所の登録商標です。

お答えします スパコンQ&A

「あなたのスーパーコンピュータに関する疑問を、スパッと解決します」

Q

スーパーコンピュータ「京」に関するご質問

スーパーコンピュータ「京」の開発にはどのくらいの人に関わったのですか？

A

お答えします

理化学研究所と富士通が共同で開発を行なっているスーパーコンピュータ「京」は、1,000名以上の人が携わっています。



[他のスパコンに関するQ&Aを見る](#) >>

関連情報

- [開発者の想い](#)
- [スーパーコンピュータ「京」開発プロジェクトとは](#)

注：「京」は、理化学研究所の登録商標です。

お答えします スパコンQ&A

「あなたのスーパーコンピュータに関する疑問を、スパッと解決します」

Q

スーパーコンピュータ「京」に関するご質問

スーパーコンピュータ「京」の消費電力はどれくらいですか？

A

お答えします

スーパーコンピュータを動かすためには、大きな電力を必要とします。
2011年11月TOP500リストのベンチマーク計測時のスーパーコンピュータ「京」の消費電力は、
12.65989MWでした。一般家庭での平均消費電力を400Wとすると、「京」の消費電力は約30,000
世帯分に相当します。

ただし、電力あたりの性能は世界のスーパーコンピュータの中でもトップクラスで、「京」は高い環境性能を持ったコンピュータと言えるのです。



[他のスパコンに関するQ&Aを見る](#) >>

関連情報

- [高性能・高信頼と低消費電力を兼ね備えたCPU「SPARC64™ VIIIfx」](#)
- [京速コンピュータ「京」が2期連続世界1位に](#)

注：「京」は、理化学研究所の登録商標です。

お答えします スパコンQ&A

「あなたのスーパーコンピュータに関する疑問を、スパッと解決します」

Q

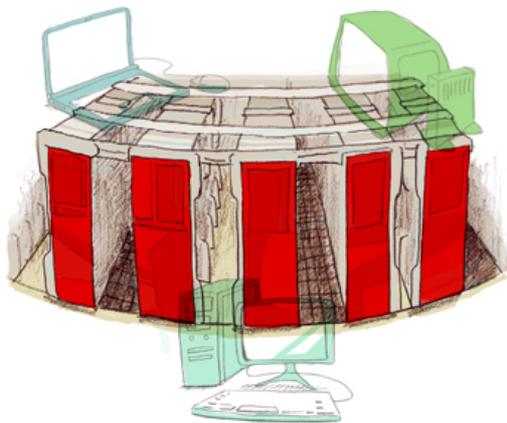
「スパコン」そのものに関するご質問

「スパコン」とは、どのようなものですか？

A

お答えします

スパコンとは、スーパーコンピュータの略称です。その時代の一般的なコンピュータでは解くことが困難な大規模で高度な科学技術計算を高速に行うことができ、主に研究機関や企業などで使われています。



[他のスパコンに関するQ&Aを見る](#) >>

関連情報

- [3分でわかるスパコン](#)

お答えします スパコンQ&A

「あなたのスーパーコンピュータに関する疑問を、スパッと解決します」

Q

「スパコン」そのものに関するご質問

スパコンは何の役に立つのですか？ 何に使うのですか？

A

お答えします

資源、環境、医療など、私たちの世界は複雑ですぐに解決することが困難な課題に直面しています。スーパーコンピュータは、膨大な情報を超高速で計算することにより、たとえば、観察不可能な地球の内部構造、再現不可能な大規模災害、正確には把握できない人体に対する薬の作用といった、様々な現象をコンピュータ上に再現し、私たちにを見せてくれるのです。これをコンピュータシミュレーションと呼び、理論、実験に次ぐ第3の科学といわれています。スーパーコンピュータは、今や基礎研究からものづくりまで、あらゆる研究開発において必須のツールとなっています。



[他のスパコンに関するQ&Aを見る](#) >>

関連情報

- [スーパーコンピュータが実現する、コンピュータシミュレーションの世界](#)
- [スーパーコンピュータ「京」が次世代の科学者を育む](#)
- [挑むのは5つの分野](#)

お答えします スパコンQ&A

「あなたのスーパーコンピュータに関する疑問を、スパッと解決します」

Q

「スパコン」そのものに関するご質問

スパコンを使用しているユニークな取り組みはありますか？

A

お答えします

スーパーコンピュータを活用した最先端のコンピュータシミュレーションは、様々な分野で幅広く活用されています。ユニークな取り組みとしては、金融取引での価格の予想、コンピュータグラフィックスでのアニメーションの作成、競泳用の抵抗の少ない水着の開発、より少ない水で汚れのよく落ちる洗濯機の開発、また、ポテトチップスの製造機械の設計などもあります。



[他のスパコンに関するQ&Aを見る](#) >>

関連情報

- [スーパーコンピュータが実現する、コンピュータシミュレーションの世界](#)
- [安心安全：私たちの生活が変わる](#)
- [産業：日本のものづくりが変わる](#)
- [基礎科学：未知なるものが見えてくる](#)

お答えします スパコンQ&A

「あなたのスーパーコンピュータに関する疑問を、スパッと解決します」

Q

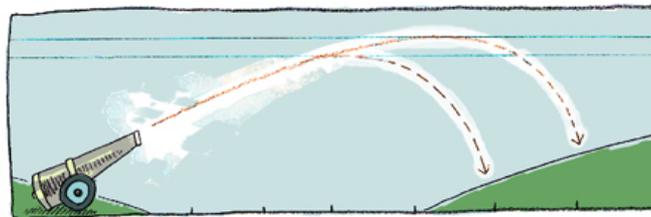
「スパコン」そのものに関するご質問

世界初のスパコンは、どこで誕生したのですか？

A

お答えします

もともとコンピュータは、科学技術計算を行なうために開発されました。つまり、初期のコンピュータは、現在で言うスーパーコンピュータだったのです。初期のコンピュータには、1946年にアメリカで誕生したENIAC(エニアック)があります。ENIACは、軍事目的、主に大砲の弾道計算の用途で開発されました。また、世界で最初のスパコンと言われたのは、スパコンの父と言われるセイモア・クレイが1964年に開発した「CDC6600」と言われています。



[他のスパコンに関するQ&Aを見る](#) >>

関連情報

- [3分でわかるスパコン](#)

お答えします スパコンQ&A

「あなたのスーパーコンピュータに関する疑問を、スパッと解決します」

Q

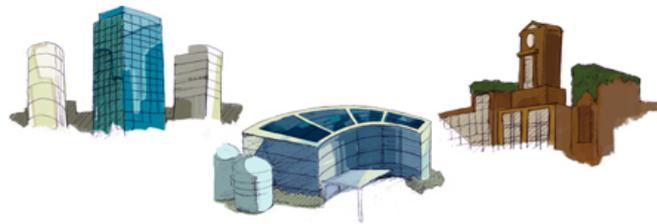
「スパコン」そのものに関するご質問

日本にスパコンは何台ありますか？

A

お答えします

現在、スーパーコンピュータは、超大規模のものから小規模のものまで、研究機関や企業など様々な現場で使われています。そのため、その台数を完全に把握することは非常に困難です。それだけ、多くのスーパーコンピュータが身の回りで使われているのです。



[他のスパコンに関するQ&Aを見る](#) >>

関連情報

- [3分でわかるスパコン](#)

お答えします スパコンQ&A

「あなたのスーパーコンピュータに関する疑問を、スパッと解決します」

Q 「スパコン」そのものに関するご質問

スパコンは何で速いのですか？

A お答えします

現在の多くのスーパーコンピュータは、たくさんのCPUから構成されています。
速くするためには、

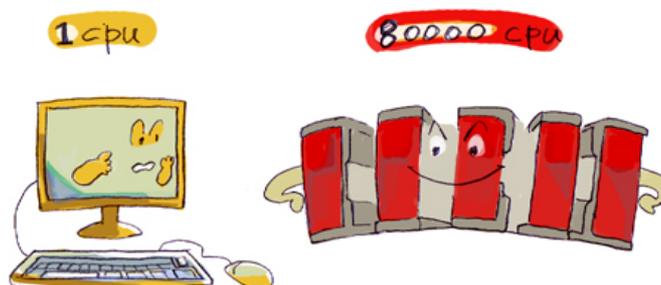
1. ひとつひとつのCPUの計算を速くする
2. そのCPUをたくさんつないで動かす仕組みを速くする

このふたつが重要です。

ひとつひとつの高速化には、動作周波数を上げる、コア数を増やす、内蔵する計算機を増やす、必要なデータを高速に供給する、などの工夫をします。

つないで動かすところは、より高速なCPU間のネットワークを開発したり、協調して動かすための仕組みを工夫したりします。

もちろんハードウェアだけでなく、計算するソフトウェアの工夫も重要です。



[他のスパコンに関するQ&Aを見る](#) >>

関連情報

- [スーパーコンピュータ「京」はとてつもなく速い](#)
- [高性能・高信頼と低消費電力を兼ね備えたCPU「SPARC64™ VIIIfx」](#)
- [革新的な「6次元メッシュ/トラス」ネットワーク技術](#)

お答えします スパコンQ&A

「あなたのスーパーコンピュータに関する疑問を、スパッと解決します」

Q

「スパコン」そのものに関するご質問

CPU間では、何のデータをやり取りしているのですか？

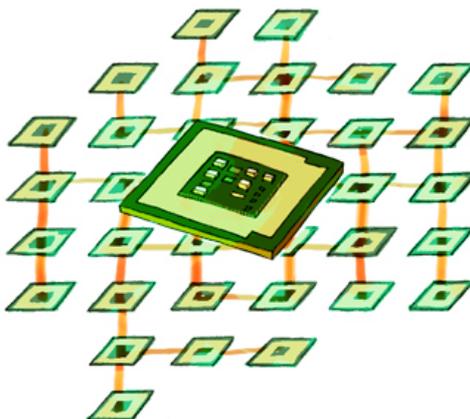
A

お答えします

CPU間では計算に必要な各種情報(データ)のやり取りが行なわれます。

たとえば、気象予測のコンピュータシミュレーションで、予測する対象地域を細かいマス目に区切って、マス目をひとつのCPUが担当して計算するとします。このとき、隣同士のマス目の温度などの気象条件がどうなっているかを比べて、先の状態を計算します。

スーパーコンピュータでは、ひとつの仕事にたくさんのCPUが分担して取り組みます。分担するときに他のCPUが何をやっているかを教えてもらい、また教えてあげるのが、CPU間のデータのやりとりになります。



[他のスパコンに関するQ&Aを見る](#) >>

関連情報

- [高性能・高信頼と低消費電力を兼ね備えたCPU「SPARC64™ VIIIfx」](#)
- [革新的な「6次元メッシュ/トラス」ネットワーク技術](#)

お答えします スパコンQ&A

「あなたのスーパーコンピュータに関する疑問を、スパッと解決します」

Q

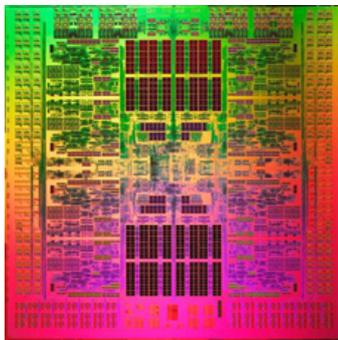
「スパコン」そのものに関するご質問

なぜCPUは熱くなるのですか？

A

お答えします

CPUの中には、たくさんの半導体や金属でできた部品が入っています。CPUで計算をするために電流が流れると、この部品や配線がもつ電気抵抗（電気の流れにくさ）のために熱が発生します。このため、CPUは熱くなるのです。



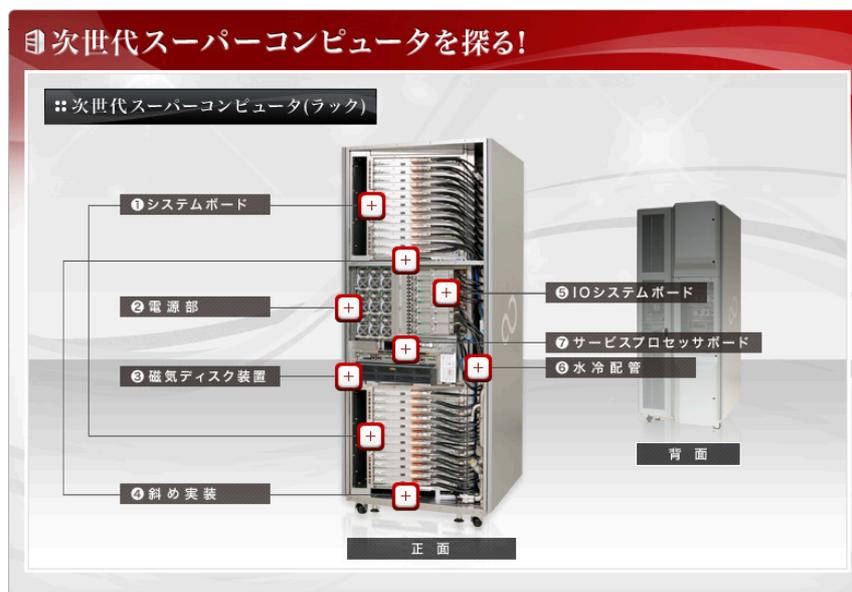
SPARC64™ VIIIfx

[他のスパコンに関するQ&Aを見る](#) >>

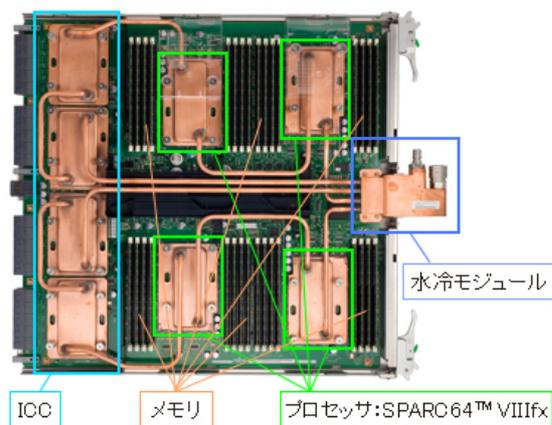
関連情報

- [高性能・高信頼と低消費電力を兼ね備えたCPU「SPARC64™ VIIIfx」](#)

スーパーコンピュータ「京」を探る (HTML版)



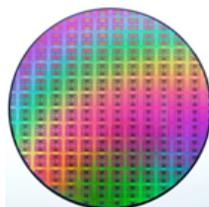
1. システムボード



SPARC64™ VIIIfx



パッケージ



シリコンウェハー

1枚のシステムボードに、4つのCPU (SPARC64™ VIIIfx) が搭載されています。SPARC64™ VIIIfx は、1CPUに8つのコアを集積しています。1ワットあたり、2.2ギガフロップスという世界最高レベルの電力あたり性能を実現しています。

また、稼働時に発生するCPUやICCからの熱は、水冷により取り除くことで、CPUやICCの消費電力量の減少や、部品の長寿命化を実現しています。

注記：ICC(インターコネクトコントローラ)は、ネットワーク(インターコネクト)を制御するチップです。

2. 電源部



システムに電力を供給する電源部は1ラックに9台あり、信頼性を高めるため冗長化されています。
そのため1台の電源ユニットが故障した場合でも、そのまま稼働を続けることが可能です。

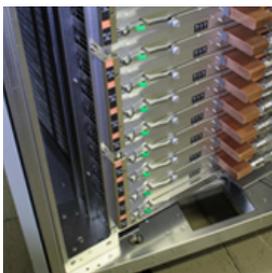
3. 磁気ディスク装置



システムを制御するためのOS(オペレーティング・システム)を格納しています。

注記：内蔵磁気ディスク装置とは別に、計算に使用するデータや、計算結果を保存するための外部記憶装置がラックに接続されています。

4. 斜め実装



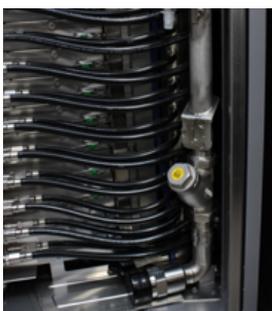
数多くの部品が詰まったラックを安定して動作させるためには、稼働に伴い発生する熱を効率的に除去する必要があります。そのため、スーパーコンピュータ「京」では、水による冷却とともに、空気を利用した冷却を行っています。
装置内の空気の流れを最適化することは、高性能を引き出すためにも重要な要素となります。
ラック内に最適な空気の流れ道を作り出すため、システムポートは、斜めに実装されています。

5. IOシステムボード



計算に必要なデータや計算した結果を、ラック外部にある記憶装置とやり取りするためのIOシステムボードが6枚搭載されています。

6. 水冷配管



CPUやICCを冷却するための水を供給する配管です。配管部には各種センサーが取り付けられ、水温、水圧が適正であること、結露等が発生しているかどうか監視しています。



システムボードとの結合部



水冷パイプの安全弁

7. サービスプロセッサボード



サービスプロセッサボードは、ラックの制御を行うボードです。システムボード等の初期化や、エラー・故障等の異常監視をしています。信頼性を高めるため、二重化されており、ラックに2枚搭載されています。

関連情報

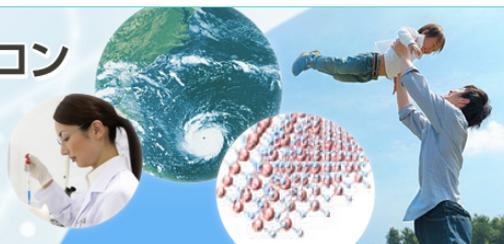
- 高性能・高信頼と低消費電力を兼ね備えたCPU「SPARC64™ VIIIfx」
- 革新的な「6次元メッシュノード」ネットワーク技術

注：「京」は、理化学研究所の登録商標です。

3分でわかるスパコン

3分でわかるスパコン

「未来への扉を開くため、
日々、挑戦をつづけています」



未来への扉を開く



私たち人類の歴史は挑戦の歴史です。よりよい未来を求めて、人類は科学技術を生み出し、その力を使ってさまざまな課題を解決しながら豊かな社会を築いてきました。

しかし、課題は尽きるところか、よりよい未来のためにはまだまだ多くの課題が残されています。



たとえば、地球環境の悪化で、この地球で、一体どのような問題が起こっているのか。それに対処するには、どのようなことをしなければならないのか。また、近年頻発する異常気象や地震・津波など、いつ起こるか分からない自然災害から被害を最小限に抑えるためには、どのように対処しなければならないのか。さらに、いまだ原因が特定できない多くの病気をどのように解明するのか、より優れた新薬をどのように開発するのか。こういった問題は、早急に手を打たなければ

ならないにもかかわらず、問題の複雑さや、費用などから、なかなか先に進まないこともたくさんあります。

このように科学技術の進歩が必要な挑戦分野には際限がないのです。この限界に挑戦し未来への扉を開くための私たち人類の強力な力、それがスーパーコンピュータなのです。

[スパコンとシミュレーションが実現させる未来について](#) >>

とてつもなく速く

スーパーコンピュータとは、ひと言でいえば「とてつもなく速い計算ができるコンピュータ」です。現在(注)世界で最も速いスーパーコンピュータは、1秒に1京回の計算ができる性能を達成しています。これが、文部科学省が推進する「革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ(HPCI)の構築」計画のもと、理化学研究所と富士通が共同で開発したスーパーコンピュータ「京」です。この性能は地球上の全人口70億人が電卓を持って集まり、全員が24時間不眠不休で1秒間に1回のペースで計算を続け、約17日間かけてようやく終わる勘定です。それを「京」は、わずか1秒でこ

なしてしまうのです。もし普通のパソコンの計算速度をカタツムリにたとえるなら、「京」はジェット機の速さにもなるのです。



スーパーコンピュータが得意な分野の一つにコンピュータシミュレーションがあります。いままで解決できなかった複雑で高度な課題には、高速なコンピュータシミュレーションが可能になることではじめて、科学的な解明が期待できるようになるものがあるのです。そして、コンピュータシミュレーションで

結果を得るためには、膨大な計算を行う必要があります。その膨大な計算を処理するのが、「京」なのです。

「京」は、まもなく完成します。私たちは素晴らしい未来にまた一歩近づいていくことができるのです。

(注) : 2011年11月 [TOP500リスト](#)

[スパコンの驚異的な計算速度について](#) >>

性能世界一

今、世界中がスーパーコンピュータの性能を競っています。
では、各国がスーパーコンピュータの開発に凌ぎを削る理由は为什么呢。



先ほど、コンピュータシミュレーションでは、膨大な計算を行う必要があると説明しました。より速いスーパーコンピュータを手に入れることで、より速く・より広い分野で研究を進めることができます。また、スーパーコンピュータの研究・開発を通じて、それに携わる産業界全体の技術向上にも繋がっていきます。さらに、超高性能のスーパーコンピュータを開発・活用することにより、超一流の科学者が集い、挑戦的なテーマに挑む環境も整備されます。そうした

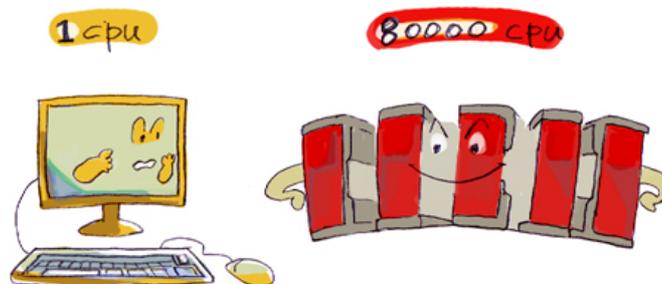
環境がその国の研究水準を引っ張り、産業へ応用されることで国際競争力を強化できるのです。最も速いレーシングカーを目指して開発し、そこに最も腕のいいレーズドライバーが集まり、それらが結果として自家用車の性能向上につなげられることと同じです。

こうした限界への挑戦の結果、地球や人類の発展へ向けた成果が生み出されるのです。優れたスーパーコンピュータは一国の技術水準の牽引役でもあるのです。

[スーパーコンピュータ「京」が次世代の科学者を育む](#) >>

Computing the ideal future

「京」には、コンピュータの心臓部であるCPU(演算装置)が8万個以上も搭載されています。普通のパソコンでは、CPUは1個だけです。高性能CPUの開発に加え、8万個以上のCPUを超高速で接続し、計算してもらうためにも、日本の誇るものづくりの技術が必要でした。高性能・高信頼・低消費電力のCPUを開発するだけでなく、これだけ多くのCPUを一斉に動かし、連動しながら超高速に計算をするためには、CPUの能力はもちろん、計算するデータをそれぞれのCPU間で共有するための仕組み、ネットワークがとても重要になってきます。このネットワークを繋ぐケーブルの総本数は20万本以上になり、ケーブル長の合計は1200kmにもなります。



これはどの国、どの組織にとっても容易なことではありません。「前人未到の未来の課題を解決するためには、前人未到の高性能のスーパーコンピュータが必要だ」。地球の未来と技術の粋への思い。これが技術者たちを動かしたのです。イノベーションに終わりはありません。より広いお客様にも手の届く実用的なスーパーコンピュータの開発を含め、「理想の世界の実現に向かうための最高のツールを開発し続けたい」と私たちは日々取り組んでいます。

[開発者の想い](#) >>



(注)：「京」は、理化学研究所の登録商標です。

