

情報通信分野推進戦略 PT 研究開発基盤 WG 報告書 (案)

2006年3月2日

研究開発基盤 WG 座長 田中 英彦

1. 状況認識

現在の科学技術の研究開発の振興にとって、情報処理システム、特に数値シミュレーションや離散系計算のためのスーパーコンピュータと、ネットワークを介して現出する知識情報処理、大量研究データ処理を実現するデータインテンシブ計算、データベース処理、Webに代表される情報サービスは最も重要な基盤となっていることは論を待たない。世界に誇れる科学技術用情報処理基盤を構築することは、第3期科学技術基本計画が重点とする「人類の英知を生む」、「国力の源泉を創る」、「健康と安全を守る」を実現するためにも不可欠である。また、世界最高レベルのスーパーコンピュータの構築そのものが、総合的な科学技術力の結果であり、「国力の源泉を創る」ことに直接的に貢献する。

日本におけるスーパーコンピュータシステムの現状において、地球シミュレータは当初米国製スーパーコンピュータに比べ約5倍の圧倒的性能を達成し、2年半にわたって世界の座を維持し、大きな成功を収めた。しかし、一方ではスーパーコンピュータ性能の指標の一つであるTop500の推移を見ると、日本国内におけるスーパーコンピュータの量的充実に結びつかず、その直後からTop500における国内システムの比率の著しい低下など、スーパーコンピュータにおける日本の量的地盤低下が発生した。この現状を回復するためには、半導体技術と汎用プロセッサ技術の進歩がもたらした圧倒的な計算能力あたりのコストの低下に国産スーパーコンピュータが追従できるように、継続的、戦略的な開発プロジェクトが必須である。

スーパーコンピュータシステムや情報基盤システムにおける性能あたりコストの問題は、PCクラスタシステムの出現と普及により、明確なものとなった。今後開発されるスーパーコンピュータシステム等は、科学技術分野における課題解決にとりコモディティ技術を中心に作られたシステムより問題解決に対するコスト効率(電力費用など運用費を含むコスト)が優れていない限りは、広く用いられる科学技術の基盤となることは困難である。

一方、ネットワークへのアクセスによる基盤の情報処理技術の前提となる高速インターネットは、回線速度の急速な高速化に対応するという課題を抱えている状態ではあるが、既に科学技術上有用と思われる情報を保持する機関のほとんどについて整備が進んでいる。しかしながら、日本科学技術研究開発の現

場からのネットワークに接続した情報資源の利用は、海外主要研究機関と比較して立ち遅れていると認識される。その根本原因は、情報資源の利用技術の根幹であるシステム基盤ソフトウェアのネットワーク技術に対する立ち遅れと、非情報系研究者から使い難いシステム基盤にある。この問題の抜本的解決には、データベース、データインテンシブ計算、超高速Webサービス技術の実現を目指すハードウェア・ソフトウェア技術、これらのサービスにアクセスするとともに、分散した遠隔情報を統合するネットワークを中心に据えた情報サービスシステム、の整備が必要である。更に、数値シミュレーション分野に加え、離散系分野、知識情報処理や大量研究データ処理を実現するデータインテンシブ計算分野、データベース分野、Webに代表される情報サービス分野に関する情報系研究者と非情報系研究者が協調し連携する計算科学技術のCOE拠点の形成が必須である。

科学技術の研究開発を支える情報処理基盤は、独立に存在し得るものではなく、広範かつ強固な情報技術の基盤があって初めて実現可能となる。特に、情報家電等で使用される小型・高性能・低消費電力な情報システムでは、日本は世界のトップレベル技術を保持している。これらの活用は今後の科学技術研究開発における情報処理基盤、特に重点研究開発項目である環境、ライフサイエンスおよび情報通信分野の研究開発にとり必須事項であり、更なる強化が必要である。

これらを抜本的に解決するためには、コンピュータシステム技術、ソフトウェア基盤技術、アプリケーション技術、ネットワーク技術の研究開発を、科学技術を推進するという明確な目標のもとで戦略的に推進することが必要である。今回選定した重要技術項目は、上記問題点の克服を通じて日本のスーパーコンピュータとネットワークを介した情報技術基盤を強化するために必須な事項であり、積極的な研究開発が必要である。

．重要な研究開発課題

A．科学技術を牽引する世界最高水準のスーパーコンピュータの開発

スーパーコンピュータは様々な科学技術分野において最先端の研究と開発を切り拓くために不可欠な研究基盤である。その適用分野は、物理・化学等の基礎科学は言うに及ばず、物質・材料科学、生命科学、地球環境科学等、科学と技術のあらゆる分野に広がっており、バイオ、ナノテクノロジーによる技術革新、ものづくり、環境・災害予測など第3期科学技術基本計画に挙げられている多くの目標の達成に関連する。科学技術研究力を強化し、我が国の競争力を高め、科学技術におけるブレークスルーを達成することのできる、世界最先端の性能を持つスーパーコンピュータの開発を目標とする。

今後のスーパーコンピュータの技術開発においては、高性能プロセッサ、低電力化

技術、高速ネットワーク、基盤ソフトウェア技術など、民生機器、情報産業、科学技術計算で必要とされている要素技術と共通化または応用できるものにより、これからの情報処理技術の革新を牽引するとともに開発製作コストなどの経済面においてスーパーコンピュータの継続的な開発を可能にするものにするのが望ましい。コストパフォーマンスを高める技術を開発・利用することは、予算の有効利用、世界最先端のシステムの実現可能性を高めるだけでなく、様々な科学技術から安全・安心に関わる技術まで、幅広いスーパーコンピュータの利用を促進し計算資源の有効かつ重層的な配備を可能にする。

継続的な支援ができる体制を整え、長期的なロードマップを策定し、発展可能な技術およびアーキテクチャを見極めることが必要である。計画期間中の開発に対しては明確な目標を設定し計算科学の重点分野にターゲットを絞ったスーパーコンピュータを開発するべきである。

以上の目標を達成するためには以下の技術の研究開発が必要である。

A.1 持続的な開発を可能とし、情報技術を牽引、共有化できる高性能スーパーコンピュータ技術開発

- A.1.1 低電力デバイス技術・システム実装、冷却技術
- A.1.2 高性能低電力プロセッサアーキテクチャ・メモリシステム技術
- A.1.3 計算アクセラレータ技術
- A.1.4 高性能インターコネクト・ネットワーク技術
- A.1.5 高密度大規模超並列システム構築技術
- A.1.6 高性能並列基盤ソフトウェア技術
- A.1.7 高信頼性システム技術、大規模システム運用技術

A.2 科学技術を推進し、イノベーションの源泉になるとともに、社会基盤を支える計算科学シミュレーション技術

- A.2.1 新しい原理・現象の発見・解明や千変万化な現象・事例の解明・再現に寄与し、科学のブレークスルーを達成する、ナノ・バイオなど重点推進分野の大規模アプリケーション
- A.2.2 ミッションクリティカルな防災、環境分野の大規模アプリケーション
- A.2.3 産業競争力を強化し、ものづくりを支援する大規模アプリケーション
- A.2.4 大規模超並列計算科学アルゴリズム・方法論(スキーム)
- A.2.5 マルチフィジックス、マルチスケール計算科学技術

A.3 膨大なデータ処理や大規模知識情報処理により、知識の統合活用を可能とする解析・モデリング技術

- A.3.1 高性能大規模ストレージ技術、大規模ファイルシステム技術

- A.3.2 スーパーコンピュータを活用する GRID 技術
- A.3.3 高度シミュレーション可視化技術、モデリング技術
- A.3.4 観測データやデータベースと統合するリアルタイム高度シミュレーション技術

A.4 新原理・材料などによる革新的コンピュータの研究開発

B. ネットワークへアクセスすることにより、必要な情報資源を、適切なコストで調達できる技術

情報処理技術を必須の道具とする科学技術分野の急速な拡大により、研究開発基盤となる情報システムも数値シミュレーションを主な目的とするいわゆるスーパーコンピュータシステムに加え、離散系計算、知識情報処理や大量研究データ処理を実現するデータインテンシブ計算、データベース処理、Web に代表されるネットワークを介した情報処理が重要となりつつある。

特に第3期科学技術基本計画による重点4分野であるライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料分野の促進を図るためには、数値シミュレーション基盤の確立だけでは不十分であり、以下に示す、より先進的な研究開発基盤が国際競争力確保のために必須である。

- B.1 ネットワークを介し、仮想化した情報の処理技術(GRID技術を含む)
- B.2 知識情報処理や大量研究データ処理を実現するデータインテンシブ計算を実現する情報処理技術、特に分散並列データベースシステム
- B.3 研究開発基盤としてのネットワークおよびネットワーク技術
- B.4 超高性能Web情報サービス

また、上記研究開発基盤技術は、企業活動における情報処理基盤技術、コンシューマ向け情報家電技術との連続性が高く、科学技術研究開発における情報処理、計算コストの低下に貢献するとともに、科学技術基盤への投資が、日本における情報処理技術の発展に密接に貢献する。

C. 高付加価値製品の持続的創出に向けた高性能・低消費電力プロセッサ・システム技術

情報家電・自動車・将来のロボット等の我が国の基幹産業の国際競争力維持・強化は、国民の安心・安全・豊かな生活の持続のために必須である。これらの製品の競争力・付加価値は情報系機能に依存しており、今後各年齢層にとって安全・簡単・快適・便利な機能を実現していくためには情報機能の中核となるプロセッサ技術、特に

今後全ての情報機器に組み込まれていくリアルタイム処理も考慮した低消費電力・高性能プロセッサ・システム技術の開発が最重要である。特に、マルチコアプロセッサ技術*は、従来外国企業による寡占状態であったPC用マイクロプロセッサも含め、アーキテクチャがマルチコアに移行するこの時期に開発を行うことに意義がある。この技術は、プロセッサそのものだけでなく、基盤ソフトウェア技術、アプリケーション技術、信頼性向上技術についても他国に先駆けて確立すること、および、プロセッサの性能、使い易さ、消費電力等を左右するコンパイラ等の基盤ソフトウェアは、情報家電用からスーパーコンピュータシステムまでの使用を念頭に開発を行うことが望ましい。世界をリードする形で製品化・デファクト化できれば、将来の高付加価値製品の創出、質の高い国民生活の維持に貢献できる。

* 半導体高集積化技術、SoC(System on Chip)技術を活かし、1チップ上に複数のプロセッサコアとメモリを集積し、低消費電力・高性能を実現する次世代プロセッサ技術。

技術要素

- C.1 低消費電力、優価格性能(高実効性能)プロセッサ技術(マルチコアプロセッサ技術等)
- C.2 実効性能、使いやすさ、アプリケーションプログラム生産性、安全性を高め、低消費電力化を実現するソフトウェア基盤技術(コンパイラ、OS、チューニング・デバッグツール)
- C.3 各製品間でアプリケーションソフトウェアの共有化を可能とするAPI(アプリケーション・プログラム・インターフェイス)技術

【新興・融合領域への対応】

研究開発基盤は情報通信 PT 分野の中では、ほとんどのWGと関連するので、それらとの間の調整を必要とする可能性がある。そのみならず、科学技術全ての分野と関連する典型的な融合領域である。

・研究開発の目標

A. 科学技術を牽引する世界最高水準のスーパーコンピュータの開発

【政策目標の明確化】

研究開発基盤関連分野は、科学技術の基盤として、あらゆる政策目標に関係しているが、重要な研究開発課題「A. 科学技術を牽引する世界最高水準のスーパーコンピュータの開発」に特に関連が深い政策目標は以下の通りである。

世界最高性能のスーパーコンピュータを実現する。

(大政策目標: < 目標2 > 科学技術の限界突破、中政策目標: 世界最高水準のプロ

ジェクトによる科学技術の牽引)

知と革新の源泉となる知的蓄積を形成し、世界的な“飛躍知”の2割を日本から創出する。

(大政策目標: < 目標1 > 飛躍知の発見・発明、中政策目標: (1)新しい原理・現象の発見・解明)

革新部材、バイオテクノロジーや IT を駆使する先端ものづくりの実現(旧個別政策目標)

(大政策目標: < 目標4 > イノベーター日本、中政策目標: (7)ものづくりナンバーワン国家の実現)

災害に強い新たな減災・防災技術を実用化する。

(大政策目標: < 目標6 > 安全が誇りとなる国、中政策目標(11)国土と社会の安全確保)

、 で述べたようにスーパーコンピュータは第3期科学技術基本計画に挙げられている多くの目標の達成に関係している。

【研究開発目標の明確化】

科学技術研究力を強化し、我が国の競争力を高め、科学技術におけるブレークスルーを達成することのできる、世界最高レベルの性能を持つ革新的なスーパーコンピュータを開発することを研究開発目標とする。開発するスーパーコンピュータは実効性能数ペタフロップスを達成するものとし、最先端の計算科学技術および大規模データ処理による知識の統合活用技術を研究開発することにより、科学技術を推進し、イノベーションの源泉になるとともに、安心安全な社会基盤を支える研究開発基盤とする。スーパーコンピュータの開発技術は、民生機器、情報産業、科学技術計算で必要とされている要素技術と共通化または応用できる技術とすることが望ましく、開発後は高性能コンピュータおよび情報機器への活用を促進する。

【政策目標達成に向けた道筋の明確化】

2011年度末までに世界最高水準の演算性能を誇るスーパーコンピュータを開発する。(文部科学省)

2012年度には画期的な次世代材料の設計や新薬の革新的な設計などを可能とするシミュレーションを実現する。(文部科学省)

スーパーコンピュータの開発後は、その要素技術の高性能コンピュータおよび情報機器への活用を促進する方策を実施する。

2012年度以降も、世界をリードするスーパーコンピュータの継続的開発を進める。

B. ネットワークへアクセスすることにより、必要な情報資源を、適切なコストで調達できる技術

【政策目標の明確化】

「B. ネットワークへアクセスすることにより、必要な情報資源を、適切なコストで調達できる技術」に特に関連が深い政策目標は以下の通りである。

重点4分野を含む広範な科学技術分野を推進する情報技術を確立する。(新規提案)

(大政策目標: < 目標2 > 科学技術の限界突破、中政策目標: 世界最高水準のプロジェクトによる科学技術の牽引)

知と革新の源泉となる知的蓄積を形成し、世界的な“飛躍知”の2割を日本から創出する。

(大政策目標: < 目標1 > 飛躍知の発見・発明、中政策目標: (1)新しい原理・現象の発見・解明)

ネットワークへアクセスすることにより、必要な計算パワー、ストレージ等の情報資源を、適切なコストで調達できる技術の確立により、重点4分野を含む広範な科学技術分野を基盤として支え、また、大規模な知識情報処理や研究データ処理によって、知識の統合を進め、新たな知識体型の確立を目指す。

【研究開発目標の明確化】

大規模な知識情報処理や研究データ処理を実現するデータインテンシブ計算、データベース処理、Web に代表される情報サービスを実現するための超高性能サーバの整備を目標とする。同時に、これらのサービスを、適切なコストで受けられるために分散した遠隔情報を統合する情報サービスシステム、すなわち、本当の意味での GRID 技術(電力のように簡単に低コストで必要なだけ情報資源を入手できる技術)の確立を研究開発目標とする。

【政策目標達成に向けた道筋の明確化】

2010年までに、利用者の利便性を考慮した世界最高水準のネットワークを介し仮想化した情報の処理技術(GRID技術を含む)の基盤、および 知識情報処理や大量研究データ処理を実現するデータインテンシブ計算を実現する情報処理技術を整備・活用する。

C. 高付加価値製品の持続的創出に向けた高性能・低消費電力プロセッサ・システム

ム技術

【政策目標の明確化】

「C. 高付加価値製品の持続的創出に向けた高性能・低消費電力プロセッサ・システム技術」に特に関連が深い政策目標は以下の通りである。

他国が追従できない先端ものづくり技術を進化させる。

(大政策目標:<目標4>イノベーター日本、中政策目標:(8)科学技術により世界を勝ち抜く産業競争力の強化)

現在の半導体の動作限界を打ち破る革新的デバイスを実現する。

(大政策目標:<目標4>イノベーター日本、中政策目標:(6)世界を魅了するユビキタスネット社会の実現)

世界を先導する省エネルギー国であり続ける。

(大政策目標:<目標3>環境と経済の両立、中政策目標:(4)地球温暖化・エネルギー問題の克服)

間接的ではあるが、次世代の情報家電・自動車・ロボット等の実現によって、以下のような政策目標に関連がある。

年齢や障害に関係なく享受できるユニバーサル生活空間・社会環境を実現する。

(大政策目標:<目標5>生涯はつらつ生活、中政策目標:(10)誰もが元気に暮らせる社会の実現)

安全で快適な新しい交通・輸送システムを構築する。

(大政策目標:<目標6>安全が誇りとなる国、中政策目標:(11)国土と社会の安全確保)

生活に役立つロボットを家庭や街に普及する。

(大政策目標:<目標4>イノベーター日本、中政策目標:(6)世界を魅了するユビキタスネット社会の実現)

【研究開発目標の明確化】

世界最高水準の高性能・低消費電力プロセッサの開発は、次世代の情報家電、自動車、ロボット等、今後の日本の製造業を支える製品に決定的な国際競争力を与えるものと期待できる。適切な時期に世界最高水準の高性能・低消費電力のリアルタイム性を考慮したプロセッサ・システム技術の開発を行うことが研究開発目標となる。

【政策目標達成に向けた道筋の明確化】

2010年までに、世界最高水準の低消費電力・高性能・高アプリケーション生産性をもつ国際競争力のあるプロセッサ・システム技術を実現する。

2012年までに、開発したプロセッサ・システム技術の実用化を、情報家電等主要産業分野における付加価値の高い製品開発に使用する等の形で、実現する。

・研究開発の推進方策 ～ 「活きた戦略」の実現

基礎科学、産業、経済、安全の維持・発展に不可欠な世界最速のスーパーコンピュータを、10年以上の長期戦略に基づき、最適な開発時期・目標・応用を総合的に判断し、継続的に開発するため、常設の「超高性能コンピュータ戦略委員会(仮称)」を総合科学技術会議の下に設置することが望ましい。

スーパーコンピュータを継続的に開発するために、スーパーコンピュータ用に開発される技術が、情報家電等我が国の主要産業の国際競争力を高める形で応用できるよう開発戦略を策定することが望ましい。

長期的視野に基づいた世界最先端のスーパーコンピュータ(ストレージ、ネットワークデータ処理を含む)、GRID、高性能・低消費電力プロセッサ・システム等の研究開発のため、我が国の少子化、理工系・情報系離れも考慮し、強固な産官学連携による最先端技術開発、それを継続的に支える高能力の人材育成を図る。このためには、世界最先端のプロジェクトに産官学の頭脳を集結し、有機的に融合した形で研究開発を進めつつ、次世代を担う人材を育成する。

真に世界をリードするコンピュータを効率的に開発するために、競争的プロジェクト推進方式を検討する。

スーパーコンピュータの開発では、ハードウェア性能(LINPACK 性能も含む)のみならず、実効性能、アプリケーションプログラム生産性、信頼性等の面においても世界最先端となるように目標を設定する。

開発したスーパーコンピュータは、世界をリードする科学技術・国際競争力の高い製品の研究開発を目指す大学・研究機関・産業界等や、国際的研究プロジェクトでも活用できるよう配慮する。

・戦略重点科学技術

V.1 戦略重点科学技術の選定指針

上記の重要な研究開発課題に基づき、さらに戦略重点科学技術を選定する。その指針は次のとおりである。

10年後を展望して限界を突破する挑戦的科学技術の設定とその先も見通した科学技術を設定する。

大規模計算科学技術分野では利用技術も含めて継続的国際競争力を維持できる研究開発基盤を確立する。

高性能スーパーコンピュータの開発技術はこれに単独特化するものではなく、民生機器技術を積極的に取り込み、民生機器に応用できることを考慮して、継続的な民間企業の国際競争力を確保牽引する。

国際標準戦略を立てることにより、日本から発信する技術が世界の標準になり、企業競争力を強化できるように配慮する。

V.2 戦略重点科学技術の候補

優先順位の高い順に戦略重点科学技術の候補をあげる。

1. 持続的な開発を可能とし、情報技術を牽引、共有化できる高性能スーパーコンピュータ技術開発
2. ネットワークを介し、仮想化した情報の処理技術(GRID技術を含む)
3. 低消費電力、優価格性能(高実効性能)プロセッサ技術
4. 科学技術を推進し、イノベーションの源泉になるとともに、社会基盤を支える計算科学シミュレーション技術
5. 知識情報処理や大量研究データ処理を実現するデータインテンシブ計算を実現する情報処理技術、特に分散並列データベースシステム
6. 実効性能、使いやすさ、アプリケーションプログラム生産性、安全性を高め、低消費電力化を実現するソフトウェア基盤技術(コンパイラ、OS、チューニング・デバッグツール)
7. 膨大なデータ処理や大規模知識情報処理により、知識の統合活用を可能とする解析・モデリング技術
8. 研究開発基盤としてのネットワークおよびネットワーク技術

. 添付資料

重要な研究開発課題リスト・マップ

研究開発が目指す成果目標の主な例