

成果報告票

1. 課題の概要

課題名：

【平成 18 年 4 月プロジェクトスタート時】

『最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用』

理論、実験と並び、現代の科学技術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ティング（シミュレーション（数値計算）やデータマイニング、解析等）について、今後とも我が国が世界をリードし科学技術や産業の発展を牽引し続けるため、

- (1) スーパーコンピュータを最大限利活用するためのソフトウェア等の開発・普及
- (2) **世界最先端・最高性能の汎用京速（注）計算機システムの開発・整備**
（注）京速＝10ペタFLOPS
- (3) **上記（2）を中核とする世界最高水準のスーパーコンピューティング研究教育拠点（COE）「先端計算科学技術センター（仮称）」の形成**

により研究水準向上と世界をリードする創造的人材の育成を総合的に推進する。

（文部科学省科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会情報科学技術委員会（第 27 回・平成 17 年 8 月 24 日）「資料 7-1-1「最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用」」より引用）

【平成 21 年 12 月 HPCI 計画への展開後】

『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）の中核となる次世代スーパーコンピュータの開発・整備』

多様なユーザーニーズに応えるとともに全てのユーザーに開かれた革新的な計算環境を実現するため、①次世代スーパーコンピュータ（愛称：京（けい））の開発・整備、②次世代スーパーコンピュータと国内のスーパーコンピュータをネットワークでつなぎデータの共有や共同分析を可能とする「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）」を構築・運用するとともに、この利用を推進する。

（文部科学省科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会情報科学技術委員会（第 68 回・平成 22 年 8 月 20 日）「資料 2-1：「革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラの構築」に係る平成 23 年度概算要求に向けた事前評価用参考資料」より引用）

2. 研究開発目標

(1) プロジェクトスタート時

(文部科学省科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会情報科学技術委員会次世代スーパーコンピュータ概念設計評価作業部会(第1回・平成19年3月12日)「資料3「最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用」(「次世代スーパーコンピュータ」プロジェクト)について」より引用)

●世界最先端・最高性能の次世代スーパーコンピュータを開発し、汎用性を重視しつつ、以下の性能を達成するとともに、大学・研究機関等が必要とする多種多様な計算機としての展開、及び開発を通じて獲得した技術の他の製品開発への展開に道筋をつけること。

i) Linpack で10ペタ FLOPS を達成する。

ii) HPC CHALLENGE 全28項目中、過半数以上の項目で最高性能を達成する。

●次世代スーパーコンピュータを中核として、世界最高水準のスーパーコンピューティング研究教育拠点(COE)を形成すること。

【参考】 概念設計時の主な要求仕様(平成18年9月、概念設計仕様書より抜粋)

- ・ ピーク性能 10PFLOPS 以上
- ・ メモリ容量 2.5PB 以上
- ・ 消費電力 30MW 以下(周辺機器、空調機器を含む)
- ・ 設置面積 3,200 m²以下(周辺機器を含む)

(2) HPCI 計画への展開後

(文部科学省科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会情報科学技術委員会(第68回・平成22年8月20日)「資料2-1:「革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラの構築」に係る平成23年度概算要求に向けた事前評価用参考資料」より引用)

① 平成24年6月までにLinpackで10ペタFLOPSを達成する次世代スーパーコンピュータを開発する

④ 次世代スーパーコンピュータ施設及び計算科学技術を先導する主要分野の中核的な機関において研究教育拠点を整備し、連携体制を構築する

【参考】 プロジェクト全体の目標

(1) プロジェクトスタート時

(文部科学省科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会情報科学技術委員会次世代スーパーコンピュータ概念設計評価作業部会(第1回・平成19年3月12日)「資料3「最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用」(「次世代スーパーコンピュータ」プロジェクト)について」より引用)

【プロジェクトの目標】

●世界最先端・最高性能の次世代スーパーコンピュータを開発し、汎用性を重視しつつ、以下の性能を達成するとともに、大学・研究機関等が必要とする多種多様な計算機としての展開、及び開発を通じて獲得した技術の他の製品開発への展開に道筋をつけること。

i) Linpack で10ペタ FLOPS を達成する。

ii) HPC CHALLENGE 全28項目中、過半数以上の項目で最高性能を達成する。

●次世代スーパーコンピュータを最大限利活用するためのソフトウェア(ナノテクノロジー分野

及びライフサイエンス分野のグランドチャレンジ・アプリケーション)を開発し、普及させること。

- スーパーSINETで接続された大学・研究機関のスーパーコンピュータと連携し、次世代スーパーコンピュータを幅広く共同利用するための体制を整備することにより、科学技術に係る広範な研究活動の基盤となる柔軟性のある計算環境の提供を可能とすること。
- 次世代スーパーコンピュータを中核として、世界最高水準のスーパーコンピューティング研究教育拠点(COE)を形成すること。

(2) HPCI 計画への展開後

(文部科学省科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会情報科学技術委員会(第68回・平成22年8月20日)「資料2-1:「革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラの構築」に係る平成23年度概算要求に向けた事前評価用参考資料」より引用)

次世代スーパーコンピュータ「京」を中核とし、多様なユーザーニーズに応える革新的な計算環境を実現するHPCI(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)を構築するとともに、この利用を推進する。

- ①平成24年6月までにLinpackで10ペタFLOPSを達成する次世代スーパーコンピュータを開発する
- ②ユーザ等からなるコンソーシアムを形成し、この主導により、平成24年11月を目途に次世代スーパーコンピュータ、国内の主要スーパーコンピュータ、ストレージを用いた高度なコンピューティング環境を実現するインフラ(HPCI)を構築し、運用を開始する
- ③HPCIを用いた画期的な研究成果の創出を図る
- ④次世代スーパーコンピュータ施設及び計算科学技術を先導する主要分野の中核的な機関において研究教育拠点を整備し、連携体制を構築する

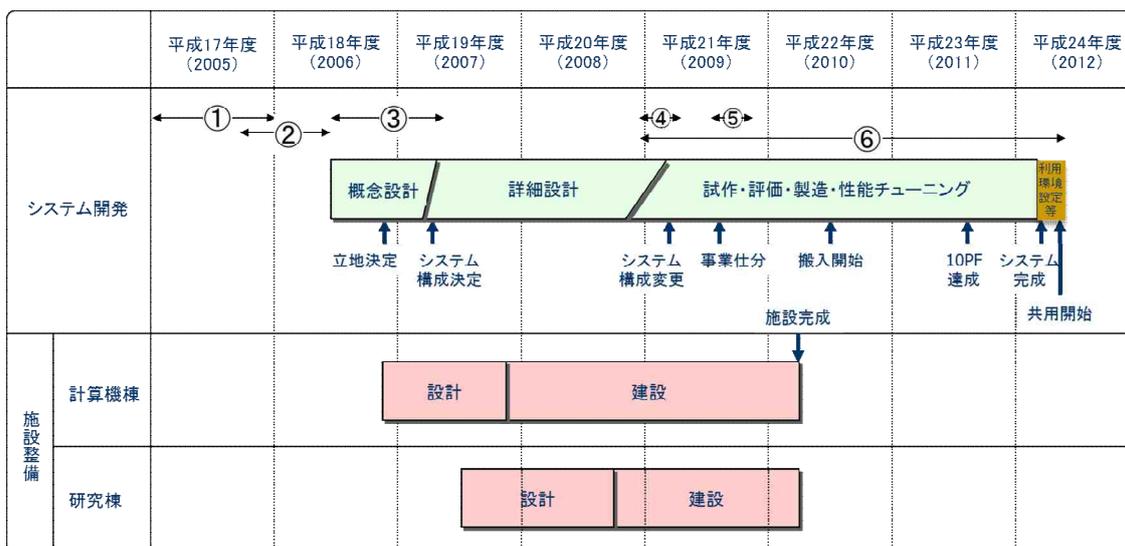
3. 課題の達成状況等

(1) 研究開発目標の達成状況等について

1) 研究開発スケジュール

次世代スーパーコンピュータの開発スケジュールを表1に示す。また、表中①～⑥の期間の経緯について、以下に述べる。

表1 次世代スーパーコンピュータの開発スケジュール



① プロジェクト立ち上げと総合科学技術会議による事前評価（平成 17 年 4 月～平成 18 年 3 月）

平成 17 年、文部科学省は「国として戦略的に推進すべき基幹技術について（平成 16 年 12 月、科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会国として戦略的に推進すべき基幹技術に関する委員会）」や科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会情報科学技術委員会などによる提言に基づき、「最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用」プロジェクトを計画し、平成 18 年度予算概算要求額 41 億円、7 年間で総額 1,154 億円の予算要求を行った。

【参考】文部科学省が提案した当初のシステム構成

（総合科学技術会議「最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用」評価検討会（第 1 回・平成 17 年 9 月 20 日）「資料 2-2 「最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用」プロジェクトの実現に向けて（7）」より）

逐次処理計算機部（1 ペタ FLOPS）、大規模処理計算機部（0.5 ペタ FLOPS）及び特定処理計算加速部（20 ペタ FLOPS）を超高速インタコネクションで接続した複合計算機システム

平成 17 年 10 月、文部科学省は、科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会情報科学技術委員会による「京速計算機システムの開発主体に関する提言書」を踏まえ、独立行政法人理化学研究所（以後、理化学研究所という）を開発主体として選定した。さらに、平成 17 年 11 月、総合科学技術会議による国家的に重要な研究開発の「最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用」プロジェクトについて事前評価が実施された。事前評価の評価結果と主な指摘事項（システム開発に係る部分）は以下の通りである。

本プロジェクトは実施することが適当である。なお、投資規模に見合った成果を着実に上げ、国民に還元していくために、以下の指摘事項に適切に対応していくことが必要である。

主な指摘事項

ターゲットを明確にした開発の推進：具体的に成果を出すことを目指すアプリケーションを設定し、開発を進めるべきである。

京速計算機システムの構成の最適化について：計算機システムの構成そのものを基本に戻って練り直し、最適化を行っておく必要がある。

また、平成 18 年 3 月、我が国の「第 3 期科学技術基本計画・分野別推進戦略」において、次世代スーパーコンピューティング技術が国家基幹技術として位置付けられた。

② 理化学研究所内でのプロジェクト立ち上げと事前調査・共同研究（平成 18 年 1 月～平成 18 年 9 月）

平成 18 年 1 月、本プロジェクトを統括する理化学研究所内の組織として「次世代スーパーコンピュータ開発実施本部（本部長は野依理事長）」を発足させた。

平成 18 年 4 月、理化学研究所内に設置したアプリケーション検討部会（部会長平尾公彦東京大学教授（当時））により、システム評価用に使用する 21 本のターゲット・アプリケーションを選定した。また、これらの中から 6 本の重点アプリケーションを選定し、システム設計の各段階での性能予測、及び実機での評価プログラムとして利用した。

平成 18 年 1 月から 5 月の間には、文部科学省と共同で、将来のセンター運用の在り方、将来システムへの要望・条件、アプリケーション動向などの情報収集を目的として、全国の主要な 26 機関のスーパーコンピュータセンター調査を実施した。

平成 18 年 6 月、システムの概念構築をするために、公募により選定した 8 機関（株式会社日立製作所、九州大学、筑波大学、東京大学、国立天文台、独立行政法人海洋研究開発機構、日本電気株式会社（NEC）、富士通株式会社）と共同研究を実施した。共同研究の結果をもとに、平成 18 年 9 月、実現可能性のあるシステムとして、富士通が提案したスカラ型プロセッサを主体としたシステム、NEC と日立製作所が提案したベクトル型のプロセッサを主体としたシステムの 2 つの案の概念設計を開始した。アクセラレータを主体とする国立天文台及び東京大学からの提案については、概念設計の一環として、委託研究を実施した。

③ 概念設計結果とその評価（平成 18 年 9 月～平成 19 年 9 月）

概念設計では、目標性能である Linpack 実行性能 10 ペタ FLOPS を達成するシステムを検討した。この結果、

演算加速機構を付加すること等により高性能化したスカラプロセッサ及び拡張性の高い新規のネットワーク構成によるスカラユニット（理論性能約 10PFLOPS 超）と、画期的な構成による高い演算性能を達成するベクトルプロセッサ及び汎用性・運用性の高い省電力ネットワーク構成によるベクトルユニット（理論性能約 3PFLOPS 超）の両者をシステムコネクで結合した統合システム

を開発することにしたものである。この複合システム採用の理由は、以下のとおりである。

a) 効率的なシミュレーションの実行及びシステムの運用が可能

両ユニットの CPU を用いた統合汎用システムにより、ソフトウェア資産のより有効な利用や共用施設として効率的なユーザ対応が出来るだけでなく、多くのアプリケーションで有効な複合シミュレーションのための最適なシステム環境を構築できる。

b) 将来の我が国のスパコン開発の技術力、国際競争力等の向上に一層貢献する

世界的主流となっているスカラプロセッサに演算加速機構を付加したプロセッサと、我が国が強みを持つベクトルプロセッサの改良型となる新しい汎用プロセッサを同時に開発することにより、次世代以降のプロセッサの技術オプション

を進展させ、将来に向け国際競争力の一層の向上を図る。

c) 本プロジェクトの波及効果を最大化できる。

より柔軟な下方展開、様々な要素技術の幅広い展開が期待される。

このシステム構成は、文部科学省科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会情報科学技術委員会次世代スーパーコンピュータ概念設計評価作業部会（第8回 平成19年6月6日）において、

システム構成案は、我が国の最先端・高性能汎用スーパーコンピュータのシステムを構築する上で、適切なものであると評価する。

との評価を頂いた。また、課題として、

Linpack10ペタFLOPSの達成を目指した研究開発は妥当であると考えますが、世界的な開発競争の中で不確定要素を含むものであるなど、将来的な不確定要素に柔軟に対応できる取組みが必要であると考えます。

本システムを一体的に運用するためのトータルシステムソフトウェアの開発について、より一層の検討・取組みが必要である。

との意見を頂いた。また、総合科学技術会議（平成19年9月13日）においては、

システム構成案については、平成17年度に総合科学技術会議において実施した事前評価時点における検討案に比べ、システム性能や消費電力等について大幅に改善することを見込む等、革新性のあるものとなっており、計算速度に関する定量的な性能目標については達成可能であると判断される。また、多様なアプリケーションに適用できる汎用性、システムの拡張性・下方展開性、両技術の発展・改良による技術力の強化や国際競争力の向上の観点からも、複合システムには有効性が認められる。性能目標設定に関しても、対象とする指標について適切な見直しが行われており、理化学研究所が作成したシステム構成案が適切なものであり引き続き研究開発を進めるべきであるとした、文部科学省の評価結果は概ね妥当である。

との評価を頂いた。

④ 中間評価とその結果（平成21年3月～平成21年7月）

平成21年3月に文部科学省科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会情報科学技術委員会の下に設置された「次世代スーパーコンピュータプロジェクト中間評価作業部会」において、平成20年度がプロジェクトの3年目にあたること、及びシステム開発が設計から製造に移行する節目を迎えることから、プロジェクトの進捗状況及び今後の方向性等に関して、プロジェクトの中間評価が実施された。

作業部会において、平成21年4月2日から3回にわたって、理化学研究所より開発の進捗状況や性能達成の推定等につき報告した結果、4月22日に行われた第3回中間評価作業部会において、以下の点が指摘された。

- a) 米国の開発が加速している中、現行計画ではプロジェクトの目標達成は困難。
- b) 複合システムの将来的な可能性は認めるものの、現時点の開発状況を踏まえれば複合システムとしての性能は十分ではなく、一定の見直しが必要。
- c) 複合システムの在り方を含め、プロジェクト目標達成を念頭に置いた最適なシステム構成を再検討すること

目標達成が困難と指摘された理由は、

- 中間評価時点での理化学研究所の計画では、平成 23 年 6 月にスカラ部により LINPACK 性能 5PFLOPS 程度を達成し、10PFLOPS 達成は平成 24 年 6 月であったこと。
- 米国においては、DARPA/HPCS プロジェクトの成果である IBM 社が開発中の約 10PFLOPS のピーク性能を持つ Blue Waters がイリノイ大学 NCSA スーパーコンピュータセンターに納入され、平成 23 年 6 月に完成との情報があったこと。
- 米国エネルギー省の LLNL（ローレンスリバモア研究所）に同じく IBM 社が開発中の Sequoia が平成 23 年 10 月から平成 24 年初めにかけて、10~20 PFLOPS の構成で順次納入されるとの情報があったこと。

である。これにより、理化学研究所の計画では当初目標である「平成 23 年 6 月のスーパーコンピューティングサイト TOP500 でランキング第 1 位を奪取」が不可能ではないかと判断された。

このため、米国の状況を勘案しつつ、理化学研究所内でシステム構成及び開発日程の見直しを実施した。しかし、この見直しの最中、平成 21 年 5 月 13 日、ベクトル部を担当していた NEC が、経済状況の悪化により製造に関する投資が業績に大きな影響を与えるという理由で製造段階への不参加を表明したため、システム構成をスカラ型単一の構成とし、製造計画を約半年前倒しして、平成 23 年 11 月に LINPACK 性能 10PFLOPS 達成を目標とし、またそのための経費として 110 億円の経費の追加を努力することとなった。

- システム構成：スカラ型単一システム（性能目標 LINPACK で 10PFLOPS、メモリ容量 1.2PB、ローカルファイル 11PB、グローバルファイル 30PB）
- 日程：平成 23 年 6 月 5PFLOPS、平成 23 年 11 月 10PFLOPS

中間評価作業部会による、新システム構成案についての評価、及びその他の指摘事項は以下の通りである。

スカラ型単一のシステムは、プロジェクトの目標達成を念頭に置いたシステム構成として妥当である。一方、当初計画の複合システムを止めることになる影響について考慮する必要がある。複合システムからスカラ型単一のシステムに変更することの利用者への影響については、限定的であると評価する。

平成 23 年 11 月に Linpack 性能 10 ペタ FLOPS を達成する開発スケジュール案は、CPU 開発の技術的リスクに加え、メーカーの製造能力や部品調達上の観点から考えて、

Linpack 10ペタ FLOPS クラスのシステムを最大限加速する最も実現性が高い案であり、妥当と評価する。また、この加速に伴う追加経費は約110億円であり、国において、この予算措置が適切になされることを期待する。

この案は確実に達成すべきものとした上で、なお今後の進捗によっては更なる前倒しを検討し得るので、平成23年6月の時点でLinpackでより高い性能を目指すことが必要と考える。

⑤ 事業仕分けと HPCI 計画への展開（平成21年11月～平成21年12月）

文部科学省は中間評価の結果を受け、平成22年度予算概算要求において、計画加速のための追加経費約110億円を含むシステム製作費として総額600億円の要求を行ったが、平成21年11月13日に行政刷新会議は、本プロジェクトを仕分け対象として評価を実施し、その結果「平成22年度の予算計上の見送りに限りなく近い縮減」と評価された。

これに対し、総合科学技術会議は、平成21年12月9日に「10ペタ FLOPS 級の目標は達成できるものと評価されており確実に推進すべき」、「国民の十分な理解を得ることが重要」との見解を示し、また「計画を変更した上での予算案計上を認める」とする4大臣（財務大臣、行政刷新大臣、国家戦略担当大臣、文科大臣）合意（平成21年12月16日）やパブリックコメント等を経て、新たに「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」計画が策定され、以下の通りプロジェクト目標が変更された。

（文部科学省科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会情報科学技術委員会（第68回・平成22年8月20日）「資料2-1：「革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラの構築」に係る平成23年度概算要求に向けた事前評価用参考資料」より引用）

次世代スーパーコンピュータ「京」を中核とし、多様なユーザーニーズに応える革新的な計算環境を実現するHPCI（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）を構築するとともに、この利用を推進する。

- ① 平成24年6月までにLinpackで10ペタFLOPSを達成する次世代スーパーコンピュータを開発する
- ② ユーザ等からなるコンソーシアムを形成し、この主導により、平成24年11月を目途に次世代スーパーコンピュータ、国内の主要スーパーコンピュータ、ストレージを用いた高度なコンピューティング環境を実現するインフラ（HPCI）を構築し、運用を開始する
- ③ HPCI を用いた画期的な研究成果の創出を図る
- ④ 次世代スーパーコンピュータ施設及び計算科学技術を先導する主要分野の中核的な機関において研究教育拠点を整備し、連携体制を構築する

⑥ 製造開始とシステム完成（平成21年3月～平成24年9月）

a) 試作評価から製造開始まで（平成21年3月～平成22年8月）

平成20年度末から平成21年度初めにかけて、システムの主要なコンポーネントであるCPUチップ及びICC（CPU間のデータ転送制御用チップ）の論理シミュレーション、配線遅延チェックや机上チェック等の評価を終え、実際のチップを試作し、評価を開始した。特に、CPUチップの試作評価は予定を早めて実施した。このことは、半導体製造に関わる早期の品質確認及びチップ不具合の早期検出に大きな効果があり、その後の製造移行を円滑に行うことが出来た。

平成21年度は、チップを複数の評価用ボードに搭載し、ソフトウェアを走行さ

せて、機能評価及び性能評価を実施した。数回のチップ再作製を経て、不具合が無くなったと判断し、平成 22 年度の初めからチップの量産を開始した（製造開始）。

平成 22 年 5 月末に、神戸に計算科学研究機構の建屋及び電源設備等の内部施設が計画通り完成し、直ちにシステムの搬入・評価の準備を開始した。

b) 搬入・設置から一部稼働（平成 22 年 9 月～平成 23 年 3 月）

システムの製造・組み立ては富士通の関連会社である富士通 IT プロダクツ（石川県）にて行われた。平成 22 年 9 月末にシステムボード（CPU を搭載したプリント基板）を搭載した最初のラック（筐体）が完成し、神戸の計算科学研究機構に搬入され、神戸でのシステム設置・評価を開始した。平成 22 年のスーパーコンピューティングの国際会議 SC10 においては、4 ラックでの LINPACK 計測結果（48.03TFLOPS、効率 91.97%、電力性能比 828.67MFLOPS/W）を登録し、スーパーコンピュータの電力効率の良さを競うランキング Green500 において第 4 位を獲得した。

その後、システムの組み立て、搬入、設置は順調に行われた。週平均 8～16 ラック（ピーク時 32 ラック）が搬入され、平成 23 年 1 月に 96 ラックの設置・評価が完了した時点で、LINPACK 性能測定を実施した。この時の LINPACK 性能は、1.07PFLOPS（効率 90.79%）である。

平成 23 年 3 月 11 日、東日本大震災が発生し、一部の部品工場が被災し、また交通等のインフラも寸断され、製造が停止した。富士通内では、緊急対策本部を立ち上げ、復旧に努めたところ、一部部材ベンダの変更、被災した部品工場の早期復旧などにより、3～4 週間の生産停止で復旧することが出来た。

3 月には、およそ 30%の設置完了時点で、LINPACK 測定を実施した（LINPACK 性能 3.23PFLOPS、効率 91.27%）。この時点で未公表ながら世界最速を記録した。また、3 月末には一部稼働をさせ、グランドチャレンジ実施機関及び HPCI 戦略プログラム 5 分野のユーザに対し、システムの一部（16 ラック）の試験利用を開始した。

c) TOP500 第一位から共用開始（平成 23 年 5 月～平成 24 年 9 月）

6 月の LINPACK 性能値による TOP500 ランキングを発表する国際会議 ISC11（ドイツ開催）に向けて、LINPACK 性能を測定した。この結果、8.162PFLOPS（効率 93.03%）を実測し世界一となった。

平成 23 年 8 月末には、本体系のすべての装置（864 ラック）の搬入が完了し、平成 23 年 10 月に全ラックを使用して、LINPACK 性能や HPCG ベンチマークなどの性能測定を実施した。この結果、当初目標の LINPACK 性能 10 ペタ FLOPS 以上（10.51PFLOPS、効率 93.17%、測定時間 29.5 時間）を達成し、引き続き世界一となった。

平成 22 年 9 月末のシステム搬入開始以降、システムソフトウェアの評価を精力的に進めてきた。平成 24 年 6 月末に機能確認、性能確認を終え、システムは予定通り完成した。

平成 24 年 7 月以降、共用開始に向けて、実運用に向けたシステムの最終調整や利用環境の設定等を実施し、平成 24 年 11 月共用開始の計画をほぼ 2 か月前倒しして、平成 24 年 9 月 28 日に共用を開始した。

【参考】立地と施設建設について

平成18年7月、理化学研究所は立地検討部会（部会長黒川清（日本学術会議会長（当時））を設置し、次世代スーパーコンピュータ施設の建設場所、全国の研究者等の共用施設及び研究開発や人材育成等の拠点となる場所の検討を開始した。

立地検討部会においては、全国の15か所の立地候補地について、施設整備条件（安定的な施設整備・維持管理が可能か）及び施設利用・運用環境（利用・運用における利便性等）などの観点から評価を行った。その結果、最終的に神戸市と仙台市が立地地点として最適であるとされた。

平成19年3月、理化学研究所は、立地検討部会の報告に基づき、立地検討部会による客観的・科学的な評価点、施設整備費などのコスト評価等の総合的な観点から、神戸市（ポートアイランド第2期）を立地地点として決定した。

平成19年3月末より、施設の設計を開始し、平成20年3月より計算機棟の建設、平成21年1月より研究棟の建設を開始した。

平成22年5月末、計算機棟、研究棟及び施設内の電源設備等（自家発電装置は平成23年1月に完成）が計画通り完成し、同年9月末より、コンピュータシステム本体のラック（筐体）の搬入が開始された。

施設概要は以下の通り。

計算機棟

基本構造	鉄骨造、免震造（地上3階、地下1階）
面積	建築面積 約 4,300 m ² 、延床面積 約 10,500 m ²
構成	計算機室階下に冷却のための空調機械室を設置

研究棟

基本構造	鉄骨造、免震造（地上6階、地下1階）
面積	建築面積 約 1,800 m ² 、延床面積 約 9,000 m ²

電気設備

特高引込み	77kV 2回線（予備線を含む）
受電電力	30MW
非常電源	屋外用発電機を設置
太陽光発電	50kW

機械設備

熱源設備	冷凍能力 25MW 以上
空調設備	冷却能力 25MW 以上
CGS 設備	発電容量 10MW (5MW×2台)

研究棟

- ・ 地上6階，地下1階(鉄骨造り)
- ・ 建築面積 ~1,800m²，延床面積 ~9,000m²

計算機棟

- ・ 地上3階，地下1階(鉄骨造り)
- ・ 建築面積 ~4,300m²，延床面積 ~10,500m²

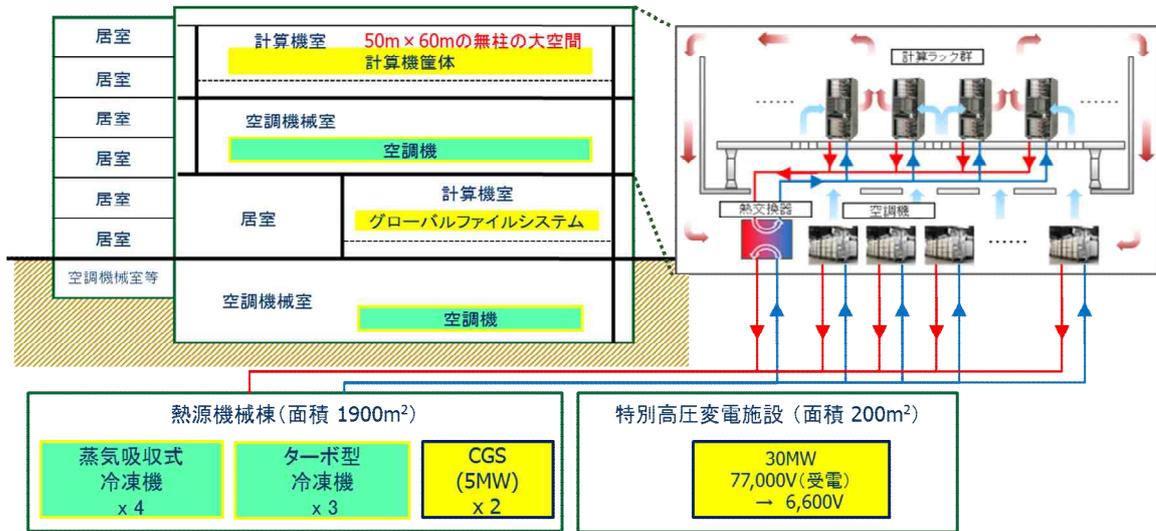


図1 施設の概要

2) 研究開発目標及び研究開発計画の変更理由と対応

変更する事項	変更理由	対応
開発目標「HPC CHALLENGE 全28項目中、過半数以上の項目で最高性能を達成する。」を変更。	概念設計評価作業部会における、「HPC 過半数目標より汎用性、消費電力、設置面積などの目標の達成がより重要であることから、HPC 過半数目標そのものを変更すべきである」との評価による。	「HPC Award 4項目において最高性能を達成する」に変更。
開発目標「Linpack で10ペタ FLOPS を達成する(平成23年6月のスーパーコンピューティングサイト TOP500 でランキング第1位を奪取)」、及び「HPC Award 4項目において最高性能を達成する」を変更	中間評価において、平成23年11月に Linpack 性能10ペタ FLOPS を達成する開発スケジュール案を策定し、そのための増額要求(110億円)を行ったが、事業仕分けの議論やパブリックコメント等を経て、計画加速は行わず、HPCI 計画へと展開し、目標が変更されたため。	目標を「平成24年6月までに10ペタ FLOPS を達成」に変更

【参考】

● 事業開始当初の研究開発目標

(文部科学省科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会情報科学技術委員会次世代スーパーコンピュータ概念設計評価作業部会(第1回・平成19年3月12日)「資料3「最先端・高性能汎用スーパーコンピュータの開発利用」(「次世代スーパーコンピュータ」プロジェクト)について」より引用)

【プロジェクトの目標】

- 世界最先端・最高性能の次世代スーパーコンピュータを開発し、汎用性を重視しつつ、以下の性能を達成するとともに、大学・研究機関等が必要とする多種多様な計算機としての展開、及び開発を通じて獲得した技術の他の製品開発への展開に道筋をつけること。
 - i) Linpack で10ペタ FLOPS を達成する。
 - ii) HPC CHALLENGE 全28項目中、過半数以上の項目で最高性能を達成する。
- 次世代スーパーコンピュータを最大限活用するためのソフトウェア(ナノテクノロジー分野及びライフサイエンス分野のグランドチャレンジ・アプリケーション)を開発し、普及させること。
- スーパーSINETで接続された大学・研究機関のスーパーコンピュータと連携し、次世代スーパーコンピュータを幅広く共同利用するための体制を整備することにより、科学技術に係る広範な研究活動の基盤となる柔軟性のある計算環境の提供を可能とすること。
- 次世代スーパーコンピュータを中核として、世界最高水準のスーパーコンピューティング研究教育拠点(COE)を形成すること。

● 事業開始当初の研究開発計画(平成18年度プロジェクト開始時点のスケジュール)



3) 目標達成状況

研究開発項目	達成状況
<p>平成 24 年 6 月までに Linpack で 10 ペタ FLOPS を達成する次世代スーパーコンピュータを開発する</p>	<p>○平成 23 年 10 月に LINPACK 性能 10.51 ペタフロップスを達成した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・第 37 回 TOP500 リスト（平成 23 年 6 月）において整備途中の 672 筐体の構成による LINPACK 性能 8.162 ペタフロップスで世界第一位を獲得した。第 38 回 TOP500 リスト（平成 23 年 11 月）において全 864 筐体の構成による LINPACK 性能 10.51 ペタフロップスで 2 期連続して世界第一位を獲得した。また、平成 23 年 11 月には、HPCG Award（多角的でより現実的なスパコン性能指標となる 4 項目のベンチマークテストランキング）の全 4 項目で最高性能を達成した。 ・平成 23 年 3 月末に一部稼働させる目標については、平成 23 年 3 月末までにおよそ 3 割のシステムを搬入・据付調整を行い稼働させ、グランドチャレンジ実施機関及び HPCI 戦略プログラム 5 分野のユーザによる試験利用を開始した。 ・グランドチャレンジ等のアプリケーション目標である「アプリケーション性能でペタスケールを達成」については、シリコン・ナノワイヤ材料の電子状態の計算 (RSDFT) について平成 23 年 11 月に 3.08 ペタフロップスのペタスケールの性能を達成した。また、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について平成 24 年 11 月に 5.67 ペタフロップスを達成した。
<p>次世代スーパーコンピュータ施設及び計算科学技術を先導する主要分野の中核的な機関において研究教育拠点を整備し、連携体制を構築する</p>	<p>○「京」の搬入が開始される前までに建屋を完成させるという目標通りに、平成 22 年 5 月末に建屋を竣工させた。</p> <p>○施設の共用に係る業務及び「京」の利活用を通じて計算機科学及び計算科学の連携による最先端の研究を行い、これらの分野振興に貢献するため、平成 22 年 7 月に計算科学研究機構を設立した。そして、計算機科学と計算科学の連携により科学技術のブレークスルーを生み出す国際的な研究開発拠点の構築を目指して、平成 22 年 10 月には計算科学研究機構の中に研究部門を設立した。さらに、HPCI 戦略プログラムの戦略機関の計算科学研究機構の施設内における拠点整備に協力して、これを実現し、最先端コンピューティング研究教育拠点を整備</p>

	<p>した。</p> <p>○計算科学研究機構と HPCI 戦略プログラムの戦略機関とで、定期的に連携推進会議を開催し、連携する体制を構築している。</p>
--	--

4) 中間評価指摘事項への対応

中間評価指摘事項	対応
複合システムを止めることによる影響についての考慮	LINPACK 目標性能への影響は、スカラ単独システムに変更してもなかった。ベクトル部ユーザに対しては、スカラ部へのアプリケーション移植を行えるようスカラ部でのチューニング方法等の講習会を 11 回実施した。
ベクトル部での利用を想定しているアプリケーションへの影響	ベクトル向きアプリケーション (NICAM、Seism3D) に対し、「京」でチューニングを行い、10%~20%程度の効率を達成し、スカラ部においてもペタスケールのシミュレーションが実施できるよう支援した。
登録施設利用促進機関によるベクトルユーザの支援	登録施設利用促進機関は、計算科学研究機構の施設内に、利用相談・技術支援の窓口を設置し、「京」での高速化のための調査・評価などを行うとともに、高速化チューニングの支援を行っている。
開発スケジュール加速のための国における予算措置	平成 22 年度予算概算要求において、開発スケジュール加速のための増額要求 (110 億円) を行ったが、事業仕分けの議論やパブリックコメント等を経て、開発スケジュール加速は行わず、HPCI 計画へと展開し、目標が変更されたため、予算措置はなされなかった。
平成 23 年 6 月の時点で Linpack でより高い性能を目指す	完成時期を前倒しする計画を立てたが、事業仕分けの議論やパブリックコメント等を経て、開発スケジュール加速は行わず、HPCI 計画へと展開し、開発目標が平成 24 年 6 月までに Linpack 性能 10 ペタフロップスを達成することとなった。ただし、CPU 等の製造品質が良いこと、本体の計画的生産体制の整備及び組立装置を増強したことなどにより平成 23 年 6 月に 8.162 ペタ FLOPS を達成することが出来た。
理化学研究所における適切なプロジェクトマネジメント	開発を担当するメーカーとの迅速な連絡・調整を可能とするため、理化学研究所のオフィスへのメーカー常駐体制を整備した。また、理化学研究所とメーカーのプロジェクトリーダー間の密接な連絡体

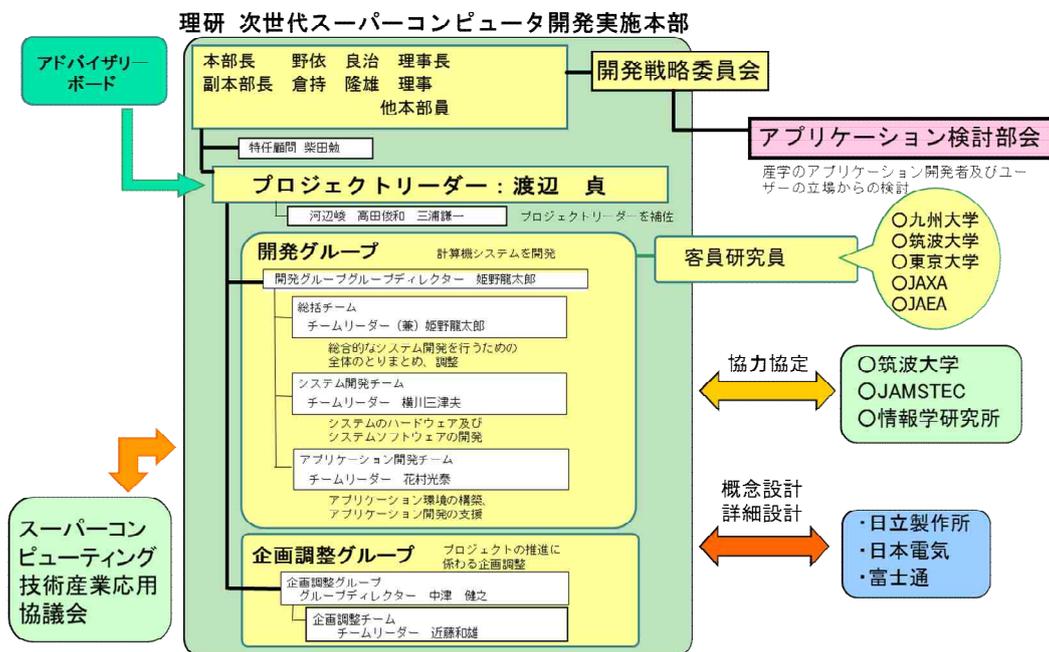
	<p>制の構築により、随時、製造状況の把握ができるようにするとともに、定期的な製造工場の視察等により製造状況の把握を行った。</p> <p>さらに、試験利用期間中（平成 23 年 4 月 - 平成 24 年 9 月）に、システム安定動作に向けた調整打合せのため、メーカーとのミーティングを平日毎日、試験利用者とのミーティングを週 2 回実施し、システム完成に有効な手段をとった。</p>
<p>第三者による評価・助言機能の強化など、実効性のある体制の構築</p>	<p>プロジェクトリーダーへの助言を行う第三者から構成される次世代スーパーコンピュータ技術諮問委員会を設置し、完成までの間、全 9 回の委員会を開催した。</p>
<p>次世代スパコンの幅広い共同利用体制の構築及び次世代スーパーコンピュータを中核とする世界最高水準のスーパーコンピューティング研究教育拠点（COE）形成に向けた検討</p>	<p>平成 22 年 3 月から平成 24 年 9 月までの間、計算科学研究機構と HPCI 戦略プログラムの戦略機関で、連携推進会議を 9 回開催した。</p>

(2) 研究開発体制について

1) 中間評価以前の体制

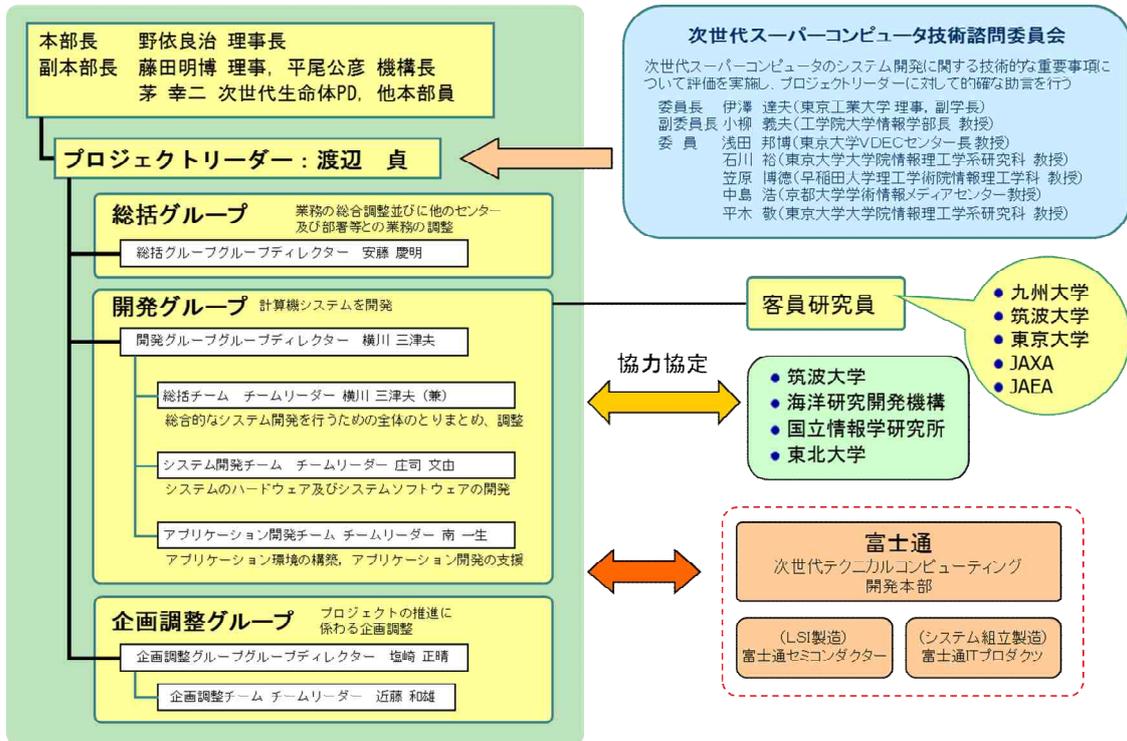
理化学研究所内に理事長（野依良治）を本部長とした次世代スーパーコンピュータ開発実施本部を平成 18 年 1 月 1 日に設置した。

開発実施本部は、スーパーコンピュータ開発の経験のある渡辺貞をプロジェクトリーダーとし、プロジェクト推進に係わる企画調整を行う企画調整グループ、次世代スーパーコンピュータの開発を行う開発グループで構成した。また、対象となるアプリケーションを検討するためにアプリケーション検討部会や、プロジェクトリーダーへの助言をするアドバイザリーボードを設置した。その他、有識者を客員研究員として招いたほか、大規模スーパーコンピュータの開発経験のある海洋研究開発機構などと協力協定を締結し、開発を進めた。



2) 中間評価以降の体制（平成 21 年 9 月～平成 24 年 6 月）

中間評価以降は、中間評価作業部会の評価を踏まえ、マネージメント体制を強化した体制とした。プロジェクトリーダーへの助言を行う組織として、アドバイザリーボードを廃止し、新たに次世代スーパーコンピュータ技術諮問委員会を設置し、開発の進捗について説明を行うとともに、より技術的な事柄に踏み込んだアドバイスを受ける体制を取った。なお、この委員会は 9 回開催した。



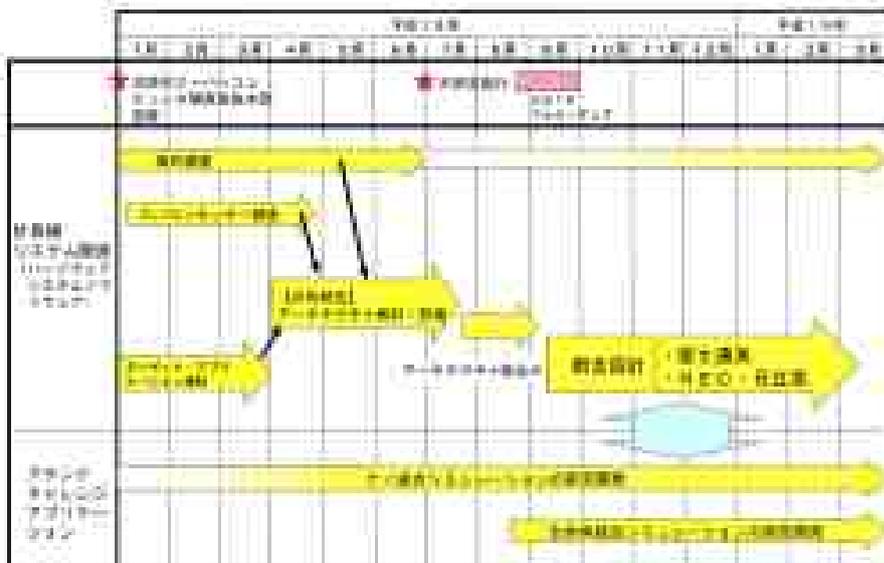
4. 研究開発の成果等

(1) 研究開発の成果について

1) システム開発成果

① 海外動向調査、国内センター調査およびターゲット・アプリケーション検討

システムの開発方針を策定するために、海外（主に米国）の主要スパコンプロジェクト動向調査、国内の主要なスパコンセンターの調査（次世代スーパーコンピュータにおけるユーザーニーズ調査報告書、平成 18 年 4 月 26 日）を行った。またシステム評価用として、システム完成時点で重要になると予想されるアプリケーションの選定を行った（理化学研究所次世代スーパーコンピュータ開発戦略委員会アプリケーション検討部会、平成 19 年 4 月 9 日、<http://www.nsc.riken.jp/target-application/target-application.html>）。スケジュールは以下の通りである。



国内の主要なスパコンセンターの調査では、

- ・ 大学や研究機関等の計算機システムに、次世代スーパーコンピュータの技術が垂直展開される状況、条件等を予測するための基礎データの収集
- ・ 次世代スーパーコンピュータ完成後、運用・共用を行う機関の運営検討のための基礎データの収集
- ・ 次世代スーパーコンピュータのアーキテクチャの評価とそれに資する主要なアプリケーションの利用状況に関する情報収集

を行った。調査の結果、

- ・ 国内計算機センターのスーパーコンピュータの性能は世界のスーパーコンピュータセンターの性能向上に比し、長期低落傾向にある。
- ・ 世界的な傾向は年率約 1.8 倍で性能が向上するのに対し、国内のスーパーコンピュータセンターは年率約 1.6 倍の性能向上に留まっている。
- ・ 設置面積や受電設備の容量には、設置面積は約 600 m²以下、受電設備容量は約 1.5MW 以下と、強い制約がある。

ことが分かった (図 2)。

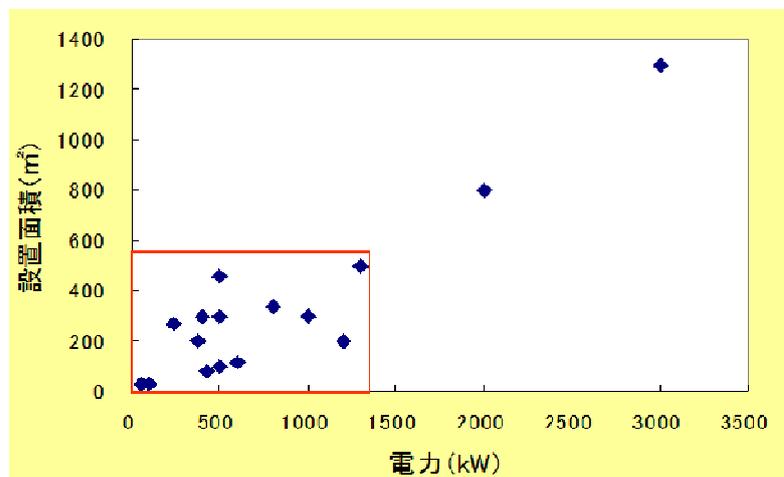


図 2 計算センターの電力的及び設置面積的制約