

平成 25 年 3 月 1 日

スーパーコンピュータ「京」の開発・整備  
追加説明資料独立行政法人理化学研究所  
計算科学研究機構

## A. 複合システムからスカラ型単一システムへの経緯（補足）

※成果報告票より一部引用

## ① 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る。**

**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。**

**海外の動向にも常に注視しつつ、世界最先端・最高性能を達成するという本プロジェクトの目標に鑑み、計画の弾力的な推進に配慮すべきである。**

との評価を頂いた。

## ② 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以下の通り報告した。

- ・ スカラ部で、平成 23 年 6 月に LINPACK 5PF 程度、平成 24 年 6 月に LINPACK 10PF を達成する見込み。
- ・ ベクトル部については、平成 23 年 6 月に LINPACK 1PF、平成 24 年 6 月に LINPACK 3PF を達成する見込み。
- ・ 平成20年12月に、理化学研究所において実施した設計・製造計画評価作業部会で、「統合システムを実現するシステムコネクトに関しては、実際のアプリケーションにおける統合MPI機能やファイルシステムの実効性能を評価して最適な構成を決めるべきである」との指摘を受け、連携アプリケーション（RISM-OpenFM0, MSSG-放射モデル）を選定して評価を開始した。

その結果、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ら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独の構成とし、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、Linpack10 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。

## B. 複合システムから単一システムへ変更したことに対する以下質問への回答

### 【質問】

スパコン開発の技術力、国際競争力にどのような影響が発生するのか。波及効果にどのような影響が今後考えられるか。

### 【回答】

米国の計画の加速等の状況変化を鑑み、複合型から単一型にシステム変更したが、スカラ型単一システムで世界に先駆け 10 ペタフロップスを達成すること等により、技術力、国際競争力、波及効果について十分に得ることができた。

複合システム採用の理由	単一システムへ変更したことによる影響
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	・ <u>効率的なシミュレーションの実行及びシステムの運用は実現できているが、ベクトル部がなくなることにより、ベクトル向けアプリケーション</u>

<p>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。</p>	<p><u>ヨ</u>ンが効率良く実行できなくなることとなった。 従って、ベクトル部ユーザに対しては、<u>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実施した。</u>また、<u>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。</u> ・<u>複合システムは実現できなかったものの、スカラ部のネットワークの強化により、多様なアプリケーションを高い実行効率で動かせるシステムの構築を行うことができた。</u></p>
<p>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</p> <p>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発展させ、将来に向け国際競争力の一層の向上を図る。</p>	<p>・<u>スカラ型のシステムの開発により、演算加速機構を付加したプロセッサや6次元トラスネットワーク等の新規技術を開発する等、技術力、国際競争力等の向上は十分に達成。</u> ・<u>ベクトル型については、メーカーの自己判断であるものの、本プロジェクトから撤退したことにより、製造による実証は出来なかったが、設計はほぼ終了し、地球シミュレータ等で培った技術の継承はされており、今後の発展の可能性を残している。</u></p>
<p>c) 本プロジェクトの波及効果を最大化できる。</p> <p>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。</p>	<p>・<u>本プロジェクトに寄与したメーカーが、今回の開発で培った技術を応用し、それらの技術が様々な分野に波及して行くと考えられる。</u> (富士通は、「京」に適用したスパコン技術をさらに向上させ、スーパーコンピュータ「PRIMEHPC FX10」の販売を平成 23 年 11 月 7 日より開始した。また、平成 25 年 1 月 18 日には、SPARC64VIIIfx の技術を継承して開発された SPARC64X を搭載した UNIX サーバ「SPARC M10」の販売を開始した。) 一方、ベクトル部に関しても、今回の開発</p>

	<p><u>を通じて培われた低消費電力・高性能の GPU 設計技術や今後の超並列システムを構成するための一つの技術選択肢となり得る光インターコネクト技術などの種々の要素技術の技術展開も考えられる。</u></p> <p>なお、こうしたベクトル部の設計の成果を有効活用すべく、理化学研究所は、東北大学と共同研究を進めている。</p>
--	---