

(案)

総合科学技術・イノベーション会議が実施する
国家的に重要な研究開発の評価

「フラッグシップ2020プロジェクト
(ポスト「京」の開発)」
の中間評価結果

平成30年11月22日
総合科学技術・イノベーション会議

目次

	(頁)
1. はじめに.....	1
2. 評価の実施方法.....	3
2. 1. 評価対象.....	3
2. 2. 評価目的.....	3
2. 3. 総合科学技術・イノベーション会議による評価等の 実施.....	3
2. 4. 評価方法.....	4
3. 評価対象案件の実施府省等における中間評価.....	5
3. 1. 文部科学省における中間評価結果.....	5
3. 2. システム開発評価結果.....	6
3. 3. アプリケーション開発評価結果.....	7
4. 評価結果.....	9
4. 1. 総合評価.....	9
4. 2. 本事業の項目別評価結果.....	10
参考資1 評価専門調査会名簿.....	15
参考資2 審議経過.....	16

1. はじめに

総合科学技術・イノベーション会議では、「総合科学技術・イノベーション会議が実施する国家的に重要な研究開発の評価について」（平成17年10月18日総合科学技術会議決定。平成29年7月一部改正。以下「評価に関する本会議決定」という。）に基づき、新たに実施が予定されている国費総額が約300億円以上の研究開発のうち科学技術政策上の重要性等に鑑み、評価専門調査会において評価すべきと認めた研究開発については、事前評価を行うこととしている。また、事前評価を実施した研究開発について、総合科学技術・イノベーション会議において中間評価を実施することとしている。

評価に関する本会議決定に基づき、「フラッグシップ2020プロジェクト（ポスト「京」の開発）」について、平成25年度に「エクサスケール・スーパーコンピュータ開発プロジェクト（仮称）」の事前評価を行ったが、「その必要性や意義を踏まえ、基本設計を実施することが適当であるが、ターゲットアプリケーションや開発の目標設定、これらをふまえた全体事業費の精査を含めた行程表の具体化等、今後明確にすべき事項がある」という理由から、再度の評価（以下「再評価」という。）を行うべきとして、平成26年度に「フラッグシップ2020プロジェクト（ポスト「京」の開発）」と名称を変え、再評価を実施している。再評価においては「開発目標の達成に向けた有効性、実現可能性等の観点から妥当な設計となっているかについて、大規模な投資を行う製造段階の移行の前に確認を行う必要がある」として、平成27年度に「基本設計評価の確認」を行い、フォローアップを経て製造段階への移行の前年度に実施される文部科学省による中間評価結果を確認した上で、中間評価の実施の必要性を判断するとした。これを踏まえ、平成27年度に「基本設計評価の確認」を行い、その妥当性を確認した。

しかし、平成29年度において「評価に関する本会議決定」の改定が行われ、フォローアップを行い中間評価の実施を検討するのではなく中間評価を実施することとした規定の改正が行われた。

以上から、今般、平成31年度からの製造段階への移行を前に文部科学省において中間評価が実施されたことを踏まえ、今後の計画詳細等を確認

認するため、総合科学技術・イノベーション会議において中間評価を実施することとした。

総合科学技術・イノベーション会議は、本評価結果を公表するとともに、文部科学大臣に通知し、実施計画や研究開発の推進等への反映を求めることとする。

2. 評価の実施方法

2. 1. 評価対象

- 名称 :「フラッグシップ 2020 プロジェクト(ポスト「京」の開発)」
- 実施府省・機関 : 文部科学省
- 実施期間及び予算額 :平成 26 年度～平成 32 年度
国費総額約 1,100 億円

平成 26 年度	国費	12	億円
平成 27 年度	国費	40	億円
平成 28 年度	国費	67	億円
平成 29 年度	国費	67	億円
平成 30 年度	国費	56	億円
平成 31 年度	国費	206	億円(要求中)

○ 事業計画内容 :

世界最高水準のスーパーコンピュータを国として戦略的に開発・整備し、科学技術振興、産業競争力強化、安全・安心の国づくり等に貢献する。

具体的には、平成33年～平成34年頃の運用開始をターゲットとし、Co-design(計算機システムとアプリケーションの開発を協調的に実施)により、世界を先導する成果の早期の創出を目指す。

2. 2. 評価目的

国の科学技術政策を総合的かつ計画的に推進するとともに、評価結果の関係大臣への通知により、当該研究開発の効果的・効率的な遂行を促進することを目的とする。

2. 3. 総合科学技術・イノベーション会議による評価等の実施

総合科学技術・イノベーション会議は、平成 25 年 12 月に事前評価(当時は、総合科学技術会議)、平成 27 年 1 月に再評価を実施し、平成 28 年 3 月には文部科学省における基本設計評価結果の確認を行っている。

基本設計評価の確認では、計算科学の研究基盤であることを毅然として示すこと、電力性能の向上が主要な開発課題であることを明確に示すこと、総合力を国際的に比較検証する方法の検討、産業界との協働や知的財産等の利活用の促進方法の検討などの指摘を行った。

2. 4. 評価方法

「評価に関する本会議決定」に基づき、評価専門調査会が文部科学省における中間評価結果等を踏まえ調査検討を行い、その結果を受けて総合科学技術・イノベーション会議が評価を行った。

評価専門調査会での調査検討においては、国家の基本計画や関連する上位政策・施策等の推進といった、より大局的・俯瞰的観点での評価に力点を置くことを念頭に、事業における直接的な成果(アウトプット)に係る専門的評価については、実施府省における評価等の妥当性を確認することでその結果を活用することとし、国家の基本計画や関連する上位政策・施策等における事業の位置付けや社会への効果・効用(アウトカム)とそれを達成するための道筋に対する評価を中心に調査検討を実施した。このほか、システム開発に 12 か月から最大 24 か月の遅延が生じていることから、研究開発計画への影響及びそれに伴う研究開発計画の変更などの項目を加えて調査検討を実施した。

調査検討に当たっては、文部科学省及び理化学研究所等から実施概要や評価結果の内容等についてヒヤリングを行うこととした。

評価者については、当該分野に知見があり、評価専門調査会においても当該研究開発に対し評価経験のある横河電機株式会社シニアアドバイザー 白井 俊明氏及び北海道大学教授 高井 昌彰氏を招へいして、以下の項目に対し調査検討を実施した。

- ① 評価対象案件の実施府省等における評価方法及び中間評価結果の妥当性
- ② 関連する上位の政策・施策等の目標を達成するための道筋を踏まえた中間評価時での成果と目標の達成状況
- ③ 中間評価以降の成果予定と目標の達成見込み
- ④ 今後の波及効果の見込み
- ⑤ 研究開発マネジメントの妥当性

3. 評価対象案件の実施府省等における中間評価

3. 1. 文部科学省における中間評価結果

文部科学省における「フラッグシップ 2020 プロジェクト(ポスト「京」の開発)」は、H P C I 計画推進委員会を主体とし、システム開発及びアプリケーション開発の観点から中間評価を実施している。

システム開発においては、H P C I 計画推進委員会の下に「ポスト「京」に係るシステム検討ワーキンググループ」を設置して、外部有識者による評価を行っている。アプリケーション開発においては、重点的に取り組むべき社会的・科学的課題として決定された9つの重点課題と4つの萌芽的課題についてH P C I 計画推進委員会の下に「ポスト「京」重点課題推進ワーキンググループ(萌芽的課題については当該ワーキンググループの下に萌芽的課題サブワーキンググループを設置)」を設置して外部有識者による評価を行っている。これらの評価結果を受け、H P C I 計画推進委員会において外部有識者による評価を実施している。なお、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おいても評価結果を取りまとめている。

評価項目としては、課題の進捗状況、各観点(必要性、有効性、効率性)の再評価、今後の研究開発の方向性等から評価を実施している。

評価結果としては、システム開発及びアプリケーション開発の評価(3. 2及び3. 3参照)を総合的に判断して、本事業は継続すべきとの評価が行われている。

3. 2. システム開発評価結果

(1) 評価結果

必要性の観点からは、第5期科学技術基本計画（平成28年1月22日閣議決定）における「超スマート社会」（Society 5.0）の実現のために、新たな価値創造の基盤としてのスーパーコンピュータが必要不可欠である。また、量子コンピュータ等の新たな種類のコンピュータに関する基礎研究が急速に進展しているものの、汎用的な計算が可能なコンピュータの実現には更なる研究開発が必要であることから、研究開発基盤としてのスーパーコンピュータの必要性は変わらない。

有効性の観点からは、システムとアプリケーションを協調的に開発（Co-design）することにより、開発目標である最大で「京」の100倍のアプリケーション実効性能及び30～40MW以下の消費電力を達成する見込みが得られていることに加え、Armアーキテクチャの採用等によるArmエコシステムの構築のための取組が行われ、半精度浮動小数点演算の導入による人工知能（AI）を含む幅広い分野への適用が図られている。最先端の半導体の設計・製造についての加工技術開発の困難さ等による世界的な遅延に伴い、開発スケジュールに12か月から最大24か月の遅延が生じているが、この期間を生かし、ユーザの利便性や使い勝手の良さを向上するため、新たな付加価値の創出に向けた取組を実施している。

また、初版CPUが計画通りに製造され、評価結果が見込み通りあることが報告されており、目標達成に向けて順調に進捗している。

効率性の観点からは、実施機関と開発担当企業の間で定期的にレビューを行っているほか、外部有識者によるレビューを受け、指摘事項が実施機関等にフィードバックされる等、PDCAサイクルが適切に機能しているとともに、導入コストや運用コスト削減のための適切な工夫がなされている。

以上から、開発目標について達成の見通しが得られており、システム的设计結果に基づきポスト「京」の製造・設置を着実に推進することが適当であると評価されている。

(2) 更なる取組事項・改善事項

成果の早期創出を図り、ユーザの利便・使い勝手を向上させるため、Co-design により蓄積したノウハウを Co-design 対象外のアプリケーションへ展開するほか、可能なものからシステムの情報を開示することなどが指摘されている。

Society 5.0 における研究開発基盤として生かされるよう他府省間や大学、研究機関間での連携をはかること、Society 5.0 において重要となるビッグデータ、AI 等のアプリケーションについても高い性能を有することを確認することなどが指摘されている。

また、消費電力を低減するための運用の在り方について検討することに加え、製造段階への移行に際し、不測の事態が発生した場合においても確実に対処し、早期の共用開始を実現するためにリスク管理をおこなうことが指摘されている。

3. 3. アプリケーション開発評価結果

(1) 評価結果

我が国の喫緊の課題である健康長寿社会の実現や防災・環境問題、エネルギー問題において、創薬プロセスや地震・津波の再現、新規エネルギー源の探索にポスト「京」による大規模シミュレーションが必要であるとともに、我が国が強みを有する材料科学やものづくり、基礎科学などの分野において、研究開発の質や生産性の向上にシミュレーションによる代替や再現が有効である。また、実施機関等において外部有識者により進捗管理と目標達成状況の確認・評価を行うとともに、きめ細やかな提言・助言を行うなど効率的に実施している。

さらに、実施機関が取り組む課題において未達成である課題がないこと、論文発表や学会発表など科学的成果が創出されていること、民間企業や大学等で構成されるコンソーシアムでの利活用等、事業の枠を超えた取り組みが精力的に実施されていることなどから進捗状況は概ね妥当である。

以上から、目標の達成状況及び運営方法は適切であり、科学的成果の創出が期待されることから、概ね妥当と評価されている。

(2) 更なる取組事項・改善事項

研究開発成果等の発信を引き続きわかりやすく行うよう努めるとともに、我が国が直面する課題の解決に向け、成果の早期創出を図るため、ポスト「京」システムの開発主体と引き続き、より一層の連携を図り、Co-designにより蓄積したノウハウをCo-design対象以外の重点課題アプリケーションにも展開することが指摘されている。

4. 評価結果

4. 1. 総合評価

(全体評価)

全体評価としては、関連する上位の政策・施策等の目標達成に向けて、評価体制、成果と達成状況、今後の達成見込み、波及効果の見込み等、事業の中間点として概ね妥当な内容と評価できる。

よって、システム設計の結果に基づき、製造・設置を遅延なく推進していくことが適当であると認められる。

- ・ 第5期科学技術基本計画に位置付けられた Society 5.0 の実現や、統合イノベーション戦略（平成30年6月15日 閣議決定）、未来投資戦略2018（平成30年6月15日 閣議決定）及び一般社団法人 日本経済団体連合会（以下「経団連」という。）の提言等において、スーパーコンピュータの整備・共用を推し進めるとされていることから、本事業を進めていく意義・必要性は認められる。
- ・ 開発目標である最大で「京」の100倍のアプリケーション実効性能及び消費電力30～40MW以下を達成できる見込みであることから、中間評価時点において開発目標は達成されているものと認められる。
- ・ ポスト「京」は、消費電力性能や演算性能等とともにユーザの利便性・使い勝手についても世界最高水準であることから、世界の他のシステムに対して総合力で卓抜するものとして評価できる。
- ・ ポスト「京」は、シミュレーションを中心にした計算科学の研究基盤であることに加え、Society 5.0に必要なAIやビッグデータ等の分野にも対応していると評価できる。
- ・ 成果・アウトカムについて、成果報告会やシンポジウム等により、広く周知し普及を図るとともに、ポスト「京」共用開始後の戦略的な利活用に向けた外部有識者による検討を開始している等、ユーザの利便性・使い勝手の良さの向上に努めていると認められる。

(今後の取組みへの推奨事項)

今後の研究開発をより効果的なものとする観点から以下の点を推奨する。

- ・アプリケーション実効性能の推定については、AI等の分野における利活用の観点から、従来の科学技術シミュレーションだけでなく、AI等の分野についても実施する。
- ・ポスト「京」におけるビッグデータの活用については、民間に限らず研究開発法人等が有するビッグデータの活用など国全体として推進する。
- ・利用者の利便性のさらなる向上のため、知的財産権の取扱いについて戦略を見据えながら成果をオープンにする部分とクローズにする部分の境界を明確化し、オープンにする部分の具体化に向けて取り組む。

(指摘事項)

文部科学省での中間評価において指摘されている内容に加えて、以下の点を指摘する。

- ・ポスト「京」共用開始後の戦略的な利活用の推進に当たって、具体的な在り方について検討すること。
- ・ポスト「京」を利用した Society 5.0 の実現のためには、ビッグデータの活用について総合科学技術・イノベーション会議を軸とするなど国全体で進めていくことが重要であり、本事業を今後進めるに当たっては、関係府省庁と横の連携を図りながらポスト「京」利用の仕組みをつくっていくこと。
- ・製造段階において、研究開発計画が遅延することとなった場合は、遅延状況を評価専門調査会で確認する。

4. 2. 本事業の項目別評価結果

4. 2. 1. 評価対象案件の実施府省等における評価方法及び中間評価結果の妥当性

実施省である文部科学省においては、研究実施者による自己評価のほか、外部評価として「HPC I 計画推進委員会」を設置し、更にシステム開発については同委員会の下に「ポスト「京」に係るシステム検討ワーキンググループ」を、アプリケーション開発については、同委員会の下に「ポスト「京」重点課題推進ワーキンググループ（萌芽的課題については当該ワーキンググループの下に萌芽的課題サブワーキンググループ

を設置)」を設置して外部有識者 30 名以上により、本事業の評価を行っている。さらに、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おいて情報分野を俯瞰した評価を実施しており、各専門性に応じた階層的な評価を適切に行っている。

中間評価の実施に当たっては、道筋となる施策目標、アウトプット指標（本事業の成果）、アウトカム指標（その効果・効用）を明確にしており、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成 28 年 12 月 21 日 内閣総理大臣決定）に沿って本事業に応じた評価項目・評価基準を設定しているほか、総合科学技術・イノベーション会議における過去の指摘事項を踏まえて評価を実施し、その結果は国民に公表されている。

以上のことから、実施省における中間評価は適正に実施され、評価結果も概ね妥当であると判断できる。

また、成果・アウトカムについては、開発実施機関において諮問委員会や運営委員会等を設置して、目標達成状況の確認及び評価を実施しているほか、成果報告会やシンポジウム等により普及を図り、成果・アウトカムの具体化・明確化を図っている。さらに、ポスト「京」共用開始後の戦略的な利活用推進のため、外部有識者による検討を開始しており、成果・アウトカムの更なる具体化を図っていると評価できる。

4. 2. 2. 関連する上位の政策・施策等の目標を達成するための道筋を踏まえた中間評価時での成果と目標の達成状況

関連する上位の政策・施策等としては、第 5 期科学技術基本計画、統合イノベーション戦略、未来投資戦略 2018 等の政府方針・計画において、本事業を含む最先端の研究施設・設備の整備・共用を進めるとされていることに加え、第 5 期科学技術基本計画に位置付けられた Society 5.0 においてはスーパーコンピュータ等の情報基盤技術が必要とされている。また、経団連では、「Society 5.0 実現による日本再興～未来社会創造に向けた行動計画～（平成 29 年 2 月）」において、「AI による設計、モデル設計、シミュレーションの進化と拡大のため、産業界が共同利用しやすいスパコン設備の環境を整備する」ことが提言されており、上位の政策・施策等においてポスト「京」の研究開発を推進していく環境は継続していると認められる。

ポスト「京」は、社会的・科学的課題の解決を図るためのシミュレーションを中心とした計算科学の研究基盤であることに加え、半精度浮動小数点演算の導入等により、Society 5.0に必要なAIやビッグデータ等の分野にも対応していると評価できる。

システム開発においては、初版CPUにおいて想定された演算性能や電力性能効率を満足する結果が得られており、開発目標である「最大で「京」の100倍のアプリケーション実効性能、消費電力30～40MW以下」を達成できる見込みとなっている。特に、アプリケーションの実行速度や消費電力の最適化を可能とするエコモード等の複数のモードの導入、アプリケーション特性に応じた消費電力のコントロールを可能とする仕組みの導入など消費電力の削減に取り組んでいると評価できる。今後、アプリケーション実効性能の推定については、AI等の分野における利活用の観点から、従前の計算科学シミュレーションだけでなく、AI等の分野についても実施していくべきである。

アプリケーションの開発においては、実施機関が取り組む60のサブ課題のすべてにおいて想定どおりの結果が得られているとともに、802編の論文発表や3,415件の学会発表等の科学的成果を上げているものと評価できる。

4. 2. 3. 中間評価以降の成果予定と目標の達成見込み

ポスト「京」は、現時点において世界の他の汎用的なシステムと比較して、消費電力性能やCPUの演算性能、メモリバンド幅、ネットワーク性能等が世界最高水準であるとともに、ユーザの利便性・使い勝手についても世界最高水準である。一つの指標ではなく多元的な指標に基づき、国際的な性能比較等を行った上で研究開発を進めているとともに、ポスト「京」が世界の他のシステムに対して総合力で卓抜するものとして評価できる。

ポスト「京」の利用促進においては、大学に限らず産業界も含めた多様な利用者のニーズに応える計算環境を構築し利用の促進に努めているほか、ポスト「京」の仕様等に関する説明会やチューニング環境の提供を実施するなど、さらなるユーザの利便性の向上に努めている。

今後、ポスト「京」を利用した Society 5.0 の実現のためには、民間

が有するビッグデータに限らず研究開発法人が有するビッグデータの活用について、総合科学技術・イノベーション会議を軸とするなど国全体で進めていくことが重要であり、本事業を今後進めるに当たっては、関係府省庁と横の連携を図りながら、ポスト「京」利用の仕組みをつくっていくことが肝要である。

また、Society 5.0において計算対象となるデータは、時間継続的かつ空間分散的に発生する特性を持つことが推測され、これらのデータ処理に対応する技術も台頭しつつあることから、データを自律的にスムーズに処理するためには、技術開発の方向性を国全体として検証していくことも重要である。

4. 2. 4. 今後の波及効果の見込み

ポスト「京」の成果を展開していくためArmアーキテクチャの採用等によるArmエコシステムの構築をめざし、多様なアプリケーションユーザへの利用を促進していくとして評価できる。また、ソフトウェアの民間への移転促進を含む知的財産権の取り扱いについては、本事業による成果を幅広く展開するとともに実施機関による付加価値を創造するため、オープン&クローズ戦略により展開・活用を検討していくこととされているが、当該検討においては、利用者の利便性のさらなる向上のため、戦略を見据えながら成果をオープンにする部分とクローズにする部分の境界を明確化し、オープンにする部分の具体化に向けて取り組むことが重要である。さらに、ポスト「京」共用開始後の戦略的な利活用の推進にあたって、今後、具体的な在り方について検討していくことが重要である。

スーパーコンピュータを取り巻く将来環境としては、量子コンピュータ等の革新的コンピューティング技術の確立に向けた研究開発が進んでいる。汎用的な計算が可能なコンピュータの実現には更なる研究開発が必要であるが、文部科学省の中間評価において「量子コンピュータ等との新たな種類のコンピュータとスーパーコンピュータとが相互に補完することで課題解決に貢献することが期待される」とされているとおり、革新的コンピューティング技術を含めた次世代の計算科学技術への対応に取り組んでいく必要がある。

4. 2. 5. 研究開発マネジメントの妥当性

最先端の半導体の設計・製造に係る世界的な情勢に伴い、開発期間に当初の計画より 12 か月から最大 24 か月の遅延が生じることとなったが、目標性能及び経費等の観点から見直しを行い、国費総額を変更せずに当初目標を達成する見込みとしたこと、更にユーザの利便性を向上させるため半精度浮動小数点演算の導入による AI 含む幅広い分野への適用など、新たな付加価値の創出に向けた取り組みを実施していることから、文部科学省の研究開発体制において P D C A サイクルが良好に働いているものと認められる。

今後、製造段階への移行（システムの妥当性における検証を含む。）に際し、現時点においては、支障となる技術的課題は認められないとしているが、実際に製造を開始すると課題が生じる可能性があることから、生じた課題等の対応において研究開発計画が遅延することとなった場合は、平成 33 年度に実施予定の事後評価に影響する可能性があるため、遅延状況を評価専門調査会において確認する。

参考1 評価専門調査会委員名簿

会長	角南 篤	政策研究大学院大学 副学長・教授
(議員)	上山 隆大	総合科学技術・イノベーション会議議員
	梶原 ゆみ子	同
	小谷 元子	同
	橋本 和仁	同
(専門委員)	天野 玲子	国立研究開発法人防災科学技術研究所 審議役
	荒川 薫	明治大学 総合数理学部 学部長・教授
	安藤 真	独立行政法人国立高等専門学校機構 理事
	上野 裕子	三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 主任研究員
	梅村 晋	一般財団法人 ファインセラミックスセンター 常務理事 事務局長
	小澤 一雅	東京大学大学院 工学系研究科 教授
	尾道 一哉	味の素株式会社 常務執行役員 イノベーション研究所長
	門永 宗之助	Intrinsics 代表
	岸本 喜久雄	東京工業大学名誉教授 国立教育政策研究所フェロー、
	桑名 栄二	NTTアドバンステクノロジー株式会社 取締役
	庄田 隆	第一三共株式会社 相談役
	鈴木 教洋	株式会社日立製作所 執行役常務CTO 兼 研究開発グループ長
	関口 和一	日本経済新聞社 編集委員
	菱沼 祐一	東京ガス株式会社 燃料電池事業推進部長
	福井 次矢	聖路加国際大学 学長・聖路加国際病院 院長 京都大学 名誉教授
	松橋 隆治	東京大学大学院 工学系研究科 教授
(臨時専門委員)	白井 俊明	横河電機株式会社 マーケティング本部 シニアアドバイザー
	高井 昌彰	北海道大学情報基盤センター情報基盤センター長 (敬称略)

参考2 審議経過

平成 30 年

6月 21日

第 126 回評価専門調査会

調査・検討の実施方針の確認等

中間評価に係る調査・検討

(文部科学省及び理化学研究所からフラッグシップ 2020 プロジェクト(ポスト「京」の開発)の事業概要の説明、中間評価内容のヒヤリングを含む。)

9月 25日

第 128 回評価専門調査会

中間評価に係る調査・検討

(文部科学省及び理化学研究所からフラッグシップ 2020 プロジェクト(ポスト「京」の開発)の中間評価内容のヒヤリングを含む。)

10月 23日

第 129 回評価専門調査会

評価結果案の取りまとめ

11月〇日

第40回総合科学技術・イノベーション会議

評価結果案に基づく審議と評価結果の決定