

(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)」 の事後評価結果

令和5年3月 日

総合科学技術・イノベーション会議

目次

1. 案件概要	3
2. 評価の実施方法	3
3. 評価対象案件の実施府省等における事後評価結果	4
3. 1. 実施府省等における評価の状況	4
3. 2. 実施府省等の行っている評価方法	5
3. 3. 評価項目の設定方法及びその設定根拠	6
3. 4. 評価項目を踏まえた評価の実施状況	6
3. 5. 総合科学技術・イノベーション会議が実施した事前評価、中間評価時の指摘事項への 対応状況や情勢変化への対応状況	7
3. 6. 評価結果を踏まえた研究開発の成果の活用	9
4. 評価結果	12
4. 1. 実施府省等における評価の状況	12
4. 2. 実施府省等の行っている評価方法	12
4. 3. 評価項目の設定方法及びその設定根拠	12
4. 4. 評価項目を踏まえた評価の実施状況	12
4. 5. 総合科学技術・イノベーション会議が実施した事前評価時の指摘事項への対応状況や 情勢変化への対応状況	12
4. 6. 評価結果を踏まえた研究開発の成果の活用	12
4. 7 その他	12

1. 案件概要

○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:文部科学省

○実施期間:平成 26 年度～令和2年度

○予算額:

平成 26 年度	12.1 億円
平成 27 年度	39.7 億円
平成 28 年度	67.0 億円
平成 29 年度	67.0 億円
平成 30 年度	264.9 億円
令和 元年度	243.1 億円
令和 2年度	384.6 億円
総額	1,078.4 億円

※当初予算、補正予算の合計額を記載

○事業概要等

本事業は、我が国の科学技術の発展、産業競争力の強化に資するため、イノベーションの創出や国民の安全・安心の確保につながる最先端の研究基盤として、世界最高水準の汎用性のあるスーパーコンピュータの実現を目指し、最大で「京」の 100 倍のアプリケーション実効性能及び 30～40MW の消費電力を達成することを目標として開始したものである。

なお、「ポスト「京」」の名称は、令和元年度に実施した一般公募により「富岳」に決定しているため、本資料においては、原則として、当時の記述の抜粋を含めて、「ポスト「京」」をすべて「富岳」と表記している。ただし、ワーキンググループ名や報告書名等の固有名詞において「ポスト「京」」と記載されている場合に限り、そのままの名称としている。

2. 評価の実施方法

「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」(総合科学・イノベーション会議決定 (H29.7.26 一部改正)に基づき、評価専門調査会及び大規模研究開発評価ワーキンググループにおいて、文部科学省における事後評価結果等を踏まえて調査検討を行い、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。

調査検討にあたっては、文部科学省から以下の観点でヒアリングを行った。

- (1)実施府省等における評価の状況
- (2)実施府省等の行っている評価方法

- (3) 評価項目の設定方法及びその設定根拠
- (4) 評価項目を踏まえた評価の実施状況
- (5) 総合科学技術・イノベーション会議が実施した事前・中間評価時の指摘事項への対応状況や情勢変化への対応状況
- (6) 評価結果を踏まえた研究開発の成果の活用

3. 評価対象案件の実施府省等における事後評価結果

3. 1. 実施府省等における評価の状況

スーパーコンピュータ「富岳」（以下、「富岳」という。）は、平成 25 年の科学技術・学術審議会等での事前評価を踏まえて、平成 26 年に開発プロジェクトが開始された。平成 28 年、最先端の半導体技術開発の世界的な遅延に伴い、開発スケジュールを修正したが、コストや開発目標は引き続き堅持され、平成 30 年の中間評価においても「富岳」の製造・設置を推進していくことが適当と認められた。令和 3 年度の事後評価においては、所期の目標を十分に達成するシステムを開発できたこと、システムとアプリケーションの協調設計や各分野における人材育成・産学連携の推進等により我が国の計算科学全体の水準を引き上げたこと、試行的運用段階や運用開始後初期の段階において国民の安全・安心に資する成果や基礎科学の進展に資する成果等を着実に創出できたこと、といった観点から、本事業には大きな意義があり、成果も高く評価された。

評価の実施スケジュール

<事前評価>			
平成 25 年 8 月	科学技術・学術審議会 科学技術委員会	研究計画・評価分科会	情報
平成 25 年 8 月	科学技術・学術審議会	研究計画・評価分科会	
平成 25 年 12 月	総合科学技術会議		
平成 27 年 1 月	総合科学技術・イノベーション会議（再評価）		
<中間評価>			
平成 28 年 3 月	総合科学技術・イノベーション会議 評価専門調査会（基本設計評価）		
平成 30 年 1 月	科学技術・学術審議会 科学技術委員会（アプリケーション開発）	研究計画・評価分科会	情報
平成 30 年 4 月	科学技術・学術審議会 アプリケーション開発	研究計画・評価分科会（アプ リケーション開発）	
平成 30 年 7 月	科学技術・学術審議会 科学技術委員会（システム開発）	研究計画・評価分科会	情報

平成 30 年 9 月	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（システム開発・書面審議）
平成 30 年 10 月	科学技術・学術審議会	研究計画・評価分科会（シス テム開発）	
平成 30 年 11 月	総合科学技術・イノベーション会議		
<事後評価>			
令和 3 年 2 月	科学技術・学術審議会	情報委員会（アプリーケーショ ン開発）	
令和 3 年 4 月	科学技術・学術審議会	研究計画・評価分科会（アプ リケーション開発）	
令和 4 年 2 月	科学技術・学術審議会	情報委員会（システム開発）	
令和 4 年 3 月	科学技術・学術審議会	研究計画・評価分科会（シス テム開発）	

3. 2. 実施府省等の行っている評価方法

事後評価については、「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）（以下「大綱的指針」という。）に沿って作成された「文部科学省における研究及び開発に関する評価指針」（平成 29 年 4 月文部科学大臣決定）（以下「評価指針」という。）を踏まえて、「第 10 期研究計画・評価分科会における研究開発プログラム評価の試行的実施と研究開発課題の評価の実施について（平成 31 年 4 月 17 日研究計画・評価分科会）」及び「第 11 期研究計画・評価分科会における研究開発課題の評価について」（以下「評価の実施について」という。）に基づき、研究計画・評価分科会において策定された研究開発計画に則った研究開発課題のうち事前評価において大規模研究開発の評価対象となる課題について、事後評価を実施した。

評価の流れとして、まず科学技術・学術審議会に設置する情報委員会（以下「委員会」という。）が研究開発計画における「中目標達成のために重点的に推進すべき研究開発の取組（以下、「重点取組」という）」の達成に向けた個々の課題の位置付け、意義及び課題間の相互関係等を簡潔に示す施策マップを作成し、重点取組の達成に必要なとなる個々の課題について評価を実施し、委員会としての評価結果を作成した。委員会は評価結果を所定の評価票にまとめ、研究計画・評価分科会に報告し、評価結果を審議決定した。

3. 3. 評価項目の設定方法及びその設定根拠

評価項目は、評価指針及び「評価の実施について」に基づいて、必要性、有効性、効率性の各観点における「評価の実施について」に記載の評価項目の例を勘案し、各評価項目に対して研究開発課題の特性も踏まえつつ、委員会において委員の専門的知見も踏まえ評価項目及び評価基準案を設定し、研究計画・評価分科会において決定している。

3. 4. 評価項目を踏まえた評価の実施状況

① 科学技術・イノベーション基本計画及び統合イノベーション戦略との関係

「「富岳」のシステム開発」の文部科学省における事後評価結果では、「科学技術基本計画等への貢献状況」として以下の通り記載されている。

本事業は、文部科学省 HPCI 計画推進委員会や総合科学技術会議等の提言・評価を受け、様々な社会的・科学的課題の解決に資する演算性能 1 エクサフロップス（「京」の約 100 倍）レベルのスーパーコンピュータの開発・整備及びそれを活用するためのアプリケーションの開発を行うプロジェクトとして平成 26 年に開始された。第 4 期「科学技術基本計画」（平成 23 年 8 月閣議決定）では、世界最高水準のハイパフォーマンスコピューティング技術が国家基幹技術として位置づけられ、平成 24 年 9 月には「京」が共用開始となった。その後継プロジェクトである「富岳」については、第 5 期「科学技術基本計画」（平成 28 年 1 月閣議決定）にて提唱された、サイバー空間とフィジカル空間が高度に融合した「超スマート社会」である「Society 5.0」の実現に向け、中心的な情報基盤として活躍すべく、令和 3 年 3 月に本格的に共用を開始した。「富岳」の利用形態としては、一般利用課題や産業利用課題、政策対応課題に加えて、令和 3 年 9 月には、計算資源の利用枠の 1 つとして「Society 5.0 利用推進課題」を設定し、研究開発課題の募集を開始した。今後、幅広い分野で Society 5.0 の実現に資する成果創出が期待され、社会的課題の解決や産業競争力の強化のために果たす役割は大きいと考えられる。

また、「ポスト「京」で重点的に取り組むべき社会的・科学的課題に関するアプリケーション開発・研究開発」の文部科学省における事後評価結果では、「科学技術基本計画等への貢献状況」として以下の通り記載されている。

第 4 期「科学技術基本計画」（平成 23 年 8 月閣議決定）で、次世代スーパーコンピュータ技術が国家基幹技術として位置づけられているところ、本事業は次世代スーパーコンピュータである「富岳」に関して、重点的に取り組むべき社会的・科学的課題を特定し、その解決に必要なアプリケーションをシステムと協調的に開発（Co-design）することを目的として実施された。

また、第5期「科学技術基本計画」において、国は、サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させた「Society 5.0」を世界に先駆けて実現するとともに、その実現を支えるビッグデータ解析や人工知能等の基盤技術の強化を図ることとされた。「富岳」においても、これを踏まえ、半精度計算に対応するなどシミュレーションとデータ科学の高いレベルでの融合を可能とする基盤として開発が進められており、その「富岳」の能力を最大限活用する観点からも、本事業の有効性が認められる。

さらに、第5期「科学技術基本計画」において、国は、国連で定められた持続可能な開発目標(SDGs)の達成等を通じ、地球規模課題への対応を行うこととされた。この中で、例えば地球規模の気候変動に対し、スーパーコンピュータ等を活用した予測技術の高度化を進めることとされており、この観点からも、本事業の必要性は非常に高いと言える。

② 国の研究開発評価に関する大綱的指針のとの関係

大綱的指針に沿って作成された文部科学省の「評価指針」に沿って評価項目を設定し、各評価項目に対して事業の特性も踏まえつつ、評価基準を設定の上、評価を実施した。

3. 5. 総合科学技術・イノベーション会議が実施した事前評価、中間評価時の指摘事項への対応状況や情勢変化への対応状況

① 事前評価、中間評価時の指摘事項への対応状況

事前評価（平成 25 年度）において、本プロジェクトは、「実施する意義や必要性が高く、国として主導的に取り組むべきものではあるものの、ターゲットアプリケーションや開発目標の設定、これらをふまえた全体事業費の精査を含めた工程表の具体化等、今後明確にすべき事項がある」とされたことから、再評価（平成 26 年度）を実施することとなった。再評価では、指摘事項への対応状況が確認され、引き続きプロジェクトの意義・必要性が認められること、世界最高水準の汎用的な計算機システムの開発に対応した開発目標が設定されていると認められること、おおむね適切な方針に基づき進められていると認められることが確認された。

その後、中間評価（平成 30 年度）における指摘事項とそれに対する対応状況は以下の通り。

（指摘事項 1）

「富岳」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。

（対応状況 1）

文部科学省研究振興局長のもとに設置されている HPCI 計画推進委員会の下に、平成 30 年 9 月に設置された「ポスト「京」の利活用促進・成果創出加速に関するワーキンググループ」において、「富岳」の利活用に係る基本方針及び推進方策について検討を行い、令和元年 5 月に同ワーキンググループにおいて報告書（以下、「利活用報告書」という。）を取りまとめた。利活用報告書と HPCI 計画推進委員会における審議を踏まえ、令和 2 年 7 月には、「スーパーコンピュータ「富岳」利活用促進の基本方針」を定め、① 5 つの利用枠組み（一般利用産業利用、成果創出加速、調整・高度化・利用拡大、政策対応（Society 5.0 推進利用を含む））による計算資源の配分割合の考え方、②利用料の考え方、③共用開始前のシステム調整段階における試行的利用に関する考え方、④理化学研究所による利用促進への取組に関して取りまとめた。特に、「富岳」の共用開始後の戦略的な利活用の推進のみならず、共用開始前の試行的利用について定めることで、新型コロナウイルス感染症の世界的流行をふまえた課題研究を積極的に進めることが可能となり、社会的課題への早期の対応に大きく貢献した。

（指摘事項 2）

「富岳」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「富岳」利用の仕組みをつくっていくこと。

（対応状況 2）

「富岳」の利活用の制度設計においては利用者の観点を取り入れることが重要であるが、主としてアカデミアが参画する「HPCI コンソーシアム」、産業界が参画する「スーパーコンピューティング技術産業応用協議会」に加えて、関係府省庁が参画する「スーパーコンピュータの活用に係る関係府省庁連絡会」（以下、「連絡会」という）も活用し、関係府省庁に対して政策対応枠の利活用に関する要望等の聴取、関係各所への周知等を依頼することで、「京」の時代よりも多くの政策対応課題に対応するなど、横の連携を図りながら「富岳」の効果的な利用を促進した。

（指摘事項 3）

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。

（対応状況 3）

新型コロナウイルス感染症の世界的流行とそれによる半導体等の不足が発生する中、理研、担当企業、サプライヤー等の関係者間で密接な情報共有・協議等を実施してリスク管理を行うことで、製造段階における研究開発計画に遅延を発生させなかった。さらに、令和3年度中の共用開始を目標としている中で、試行的利用を令和2年4月から先んじて実施し、共用開始も令和3年3月に前倒しすることができた。加えて、試行利用期間中の令和2年6月には世界のスーパーコンピュータランキング（TOP500、HPCG、HPL-AI、Graph500）において1位を獲得し、「富岳」の総合力の高さを国内外に示すなど、研究計画においても計算性能においても、当初の想定を超えた目標を達成できたと言える。

② 情勢変化への対応状況

中間評価以降、新型コロナウイルス感染症の世界的流行により、その予防や治療のための研究開発を早急に進める必要性が増大した。また、半導体等の海外の製造工場が閉鎖した結果、水平分業化していた各国の精密機器製造のサプライチェーンが機能不全を起こし、半導体等の不足が顕在化した。

これらへの対応として、「富岳」の本格稼働前の令和2年4月より、試行的利用を開始し、新型コロナウイルス感染症対策に資する研究を緊急的に進めることで、ウイルス作用機構の解明や治療薬探索、飛沫シミュレーションといった様々な成果を創出した。特に飛沫シミュレーションについては、飛沫・エアロゾル感染についての理解と対策の重要性を科学的知見に基づいて啓発し、人々の行動変化に貢献したことが評価を受け、2021年11月に、その年にスーパーコンピュータを用いた国際的に最も画期的な研究成果に対して授与される賞である「ゴードン・ベル賞」のCOVID-19研究特別賞を受賞した。また、半導体等の不足への対応に関しては、理研、担当企業、サプライヤー等の関係者間で密接な情報共有・協議等を実施してリスク管理を行い、部品ごとの納品時期などを適切に管理するなどの工夫を行うことで、半導体等の不足の状況下においても予定通りの調達を実施できた。

3. 6. 評価結果を踏まえた研究開発の成果の活用

○ 研究開発の成果を社会実装等、実現的なものとするための有効活用方策

「富岳」の開発により得られた研究開発の成果として、①幅広い分野をカバーできる汎用性、②アプリケーション性能で「京」の最大100倍の高い実効性能、③高い省電力性能、のすべてを兼ね備えた高性能CPU「A64FX」を開発したことにより、「京」の約47.5倍の総演

算性能 537 ペタフロップス、「京」の約 32 倍の総メモリバンド幅 163PB/s、消費電力は最大で 29MW の、所期の目標を達成した世界トップレベルのスーパーコンピュータを完成させ、世界に先駆けて多様な分野に多くの計算資源を提供した。また、システムとアプリケーションを協調的に開発する Co-design を通して、独創性・優位性の高い成果が期待される複数の分野で9つのターゲットアプリケーションを開発し、最大で「京」の 131 倍の実効性能を実現した。さらに、気象庁が、政策対応課題として「線状降水帯の予測高度化研究」に関する研究を実施するなど、国民にとって安全・安心な社会を目指すために必要な研究開発にも貢献することで、社会的意義という観点からも「富岳」の必要性は大きなものとなっている。これらのアプリケーションの活用等によって、「富岳」でなければ実現できないような独創性・優位性の高い成果を元にした社会実装に継続的に取り組んでいる。

更に、学术界のみならず、産業界にとっても使いやすい制度改善や積極的な情報発信を行っており、Society 5.0 の実現に資する成果を富岳を用いて早期に創出すること、Society 5.0 を担う潜在的なスパコンユーザへの利用拡大を図ること等を目的として、早期の社会実装を見据えた課題を優先的に採択する「Society 5.0 推進利用枠」を別途設定することで、成果の社会実装等をより実現的なものとするための取組を進めている。具体的には、令和3年8月より、一般社団法人ライフインテリジェンスコンソーシアムにおいて、「「富岳」を基軸とした創薬 DX プラットフォームの構築」として、AI を活用して創薬の研究開発に利活用できる創薬 DX プラットフォームの構築・運用を目指す課題が採択されている。

なお、「富岳」の開発や利用研究で得られた知見等は、ポスト「富岳」時代の次世代計算基盤等の検討にも活用していくこととしている。具体的には、令和4年8月より開始された「次世代計算基盤に係る調査研究」において、次世代計算基盤に求められる具体的な性能・機能等についての検討が進められており、今後この調査研究事業において深掘された要素技術とシステム構成案を踏まえて、次期「フラッグシップシステム」を含めた次世代計算基盤の具体的な検討を進めていくこととしている。

○ 研究開発推進上の課題についての改善方策等

所期の開発目標を達成して完成した「富岳」であるが、その開発においては、平成 28 年度から平成 29 年度(中間評価前)にかけて、半導体の性能向上の鈍化等の影響による開発スケジュールの遅延が生じていた。この遅延期間を利用して、AI やデータ科学への対応機構を組み込むなど、より高性能な開発に修正できた点は評価できる。現在では、当時に比べて半導体技術の高度化は更に頭打ちの傾向にあり、スーパーコンピュータの世界的な技術動向はより不透明な情勢になってきていることを踏まえると、ポスト「富岳」時代の次世代計算基盤の設計・開発等にあたっては、そのような技術的な課題が生じる可能性がより高いと予想されるため、プロジェクトの途中でも要素技術の再検討や設計の切り替え等を認められるような柔軟な実施計画とする必要があると考えられる。

○ 関係府省との連携についての改善方策等

スーパーコンピュータの利用者としての関係府省庁との連携については、特に政策対応課題について、前述した連絡会等を通じて引き続き連絡調整や利活用促進等を図る。また、次世代計算基盤の検討にあたっては、特に先端半導体に関する研究開発の観点から、半導体戦略の実施を担う経済産業省等と連携を図る必要があると考えられる。

4. 評価結果

4. 1. 実施府省等における評価の状況

適切な体制で評価が実施されており妥当。

4. 2. 実施府省等の行っている評価方法

適切に評価が行われているが、評価委員会における評価に当たっては、実態の分析をする等更なる工夫が求められる。

4. 3. 評価項目の設定方法及びその設定根拠

成否の判断やその要因の分析に必要な効果や影響についての効果測定の方法についてはより一層の検討が望まれる。

4. 4. 評価項目を踏まえた評価の実施状況

評価は適切に実施されているが、科学技術・イノベーション基本計画との関係については、単純に対応する記載の有無を確認するだけでなく、基本計画が目指しているアウトカムとも関連づけるような分析が望まれる。

4. 5. 総合科学技術・イノベーション会議が実施した事前評価時の指摘事項への対応状況や情勢変化への対応状況

中間評価における指摘事項については適切に対応がなされている。また、コロナ禍における即時的な対応(ウイルス飛沫の拡散シミュレーション)など、情勢変化に対して適確に対応できている。

4. 6. 評価結果を踏まえた研究開発の成果の活用

スパコンの研究開発の成果活用に向けて適切な対応がとられているが、ポスト「富岳」については、スパコンという領域に限定せず、量子コンピュータとの連携も視野に入れる等より幅広い視点を持って検討を行うことが望まれる。

4. 7 その他

国際連携への貢献といった観点の追加等、有効性の評価基準については更なる工夫が望まれる。