

第 76 回科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 議事次第

日時: 令和3年4月21日(水)

13 時 30 分～15 時 30 分

場所: WEB 会議

1. 開会

2. 議事

- (1) 分科会長の選任及び分科会長代理の指名について(非公開)
- (2) 研究計画・評価分科会の議事運営等について(非公開)
- (3) 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
- (4) 研究開発課題の評価について
- (5) 研究開発プログラム評価について
- (6) 科学技術・学術審議会での議論について
- (7) その他

3. 閉会

【配付資料】

- 資料 1-1 科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会委員名簿
- 資料 1-2 研究計画・評価分科会分科会長の選任及び分科会長代理の指名について
- 資料 2-1 科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会の概要
- 資料 2-2 科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会運営規則
- 資料 2-3 科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会の議事運営について
- 資料 2-4 科学技術・学術審議会に設置された委員会における議事又は調査の経過及び結果の研究計画・評価分科会への報告等について（案）
- 資料 2-5 科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会の公開の手続について
- 資料 2-6 科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会における部会・委員会の設置について（案）
- 資料 2-7 科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会組織図（案）
- 資料 3-1 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（案）
- 資料 3-2 研究計画・評価分科会における審議の効率化について（案）
- 資料 4-1 情報科学技術に関する施策マップ
- 資料 4-2-1 情報委員会による情報科学技術に関する研究開発課題の事後評価結果①
- 資料 4-2-2 情報科学技術に関する研究開発課題の事後評価結果①（案）
- 資料 4-3-1 情報委員会による情報科学技術に関する研究開発課題の中間評価結果①
- 資料 4-3-2 情報科学技術に関する研究開発課題の中間評価結果①（案）
- 資料 4-4-1 情報委員会による情報科学技術に関する研究開発課題の事後評価結果②
- 資料 4-4-2 情報委員会による情報科学技術に関する研究開発課題の事後評価結果②（別紙）
- 資料 4-4-3 情報科学技術に関する研究開発課題の事後評価結果②（案）
- 資料 4-5-1 情報委員会による情報科学技術に関する研究開発課題の中間評価結果②
- 資料 4-5-2 情報科学技術に関する研究開発課題の中間評価結果②（案）
- 資料 5 第 10 期における研究計画・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新たな仕組みの議論についてのまとめ
- 資料 6-1 第 11 期科学技術・学術審議会における主な検討事項
- 資料 6-2 研究計画・評価分科会の今後のスケジュールについて（案）
- 資料 6-3 ○○部会・委員会における第 11 期の活動全体を見据えた令和 3 年度の活動について

【参考資料】

- 参考資料 1 科学技術・学術審議会関係法令等
- 参考資料 2 科学技術・イノベーション基本計画（概要）
- 参考資料 3 研究開発計画の策定について
- 参考資料 4 研究開発計画

科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会委員名簿

(委 員)

| | |
|--------|--------------------------|
| 春日 文子 | 国立研究開発法人国立環境研究所特任フェロー |
| 岸本 喜久雄 | 国立教育政策研究所フェロー、東京工業大学名誉教授 |
| 高梨 弘毅 | 東北大学金属材料研究所教授 |
| 濱口 道成 | 国立研究開発法人科学技術振興機構理事長 |
| 明和 政子 | 京都大学大学院教育学研究科教授 |
| 村山 裕三 | 同志社大学大学院ビジネス研究科教授 |
| 安浦 寛人 | 九州大学名誉教授 |

(臨時委員)

| | |
|---------|--|
| 五十嵐 道子 | フリージャーナリスト |
| 出光 一哉 | 九州大学大学院工学研究院教授 |
| 上田 正仁 | 東京大学大学院理学系研究科教授 |
| 上田 良夫 | 大阪大学大学院工学研究科教授 |
| 上村 靖司 | 長岡技術科学大学技学研究院教授 |
| 佐々木 久美子 | 株式会社グローヴノーツ代表取締役会長 |
| 高梨 千賀子 | 東洋大学経営学部教授 |
| 田中 隆章 | 京セラコミュニケーションシステム株式会社 コンサルティング事業本部・教育編集部・責任者 |
| 塚本 恵 | キャタピラージャパン合同会社代表執行役員 |
| 長谷山 美紀 | 北海道大学大学院情報科学研究院教授 |
| 林 隆之 | 政策研究大学院大学教授 |
| 原澤 英夫 | 元国立研究開発法人国立環境研究所理事 |
| 水澤 英洋 | 国立研究開発法人国立精神・神経医療研究センター 理事長特任補佐・名誉理事長 |
| 宮園 浩平 | 東京大学大学院医学系研究科教授 |
| 李家 賢一 | 東京大学大学院工学系研究科教授 |

研究計画・評価分科会
分科会長の選任及び分科会長代理の指名について

科学技術・学術審議会令（抄）

第五条第 3 項

分科会に、分科会長を置き、当該分科会に属する委員の互選により選任する。

同 条第 5 項

分科会長に事故があるときは、当該分科会に属する委員のうちから分科会長があらかじめ指名する者が、その職務を代理する。

科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会の概要

1. 研究計画・評価分科会所掌事務

(科学技術・学術審議会令(以下「令」)第五条)

- (1) 科学技術に関する研究及び開発に関する計画の作成及び推進に関する重要事項を調査審議すること。
- (2) 科学技術に関する研究及び開発の評価に係る基本的な政策の企画及び立案並びに推進に関する重要事項を調査審議すること。
- (3) 科学技術に関する関係行政機関の事務の調整の方針に関する重要事項((1)、(2)に掲げる事務に係るものに限る。)を調査審議すること。

2. 委員の構成

(科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会運営規則(以下「規則」)第2条)

委員及び臨時委員を合わせて25名程度で組織する。

3. 分科会の成立条件

分科会は、委員及び臨時委員の過半数が出席しなければ、会議を開き、議決することができない。(令第8条第3項)

4. 組織の構成

分科会は、部会を置くことができ、部会の議決をもって分科会の議決とすることができる。(令第六条、同条第6項)

また、特定の事項を機動的に調査するために委員会を置くことができる。(規則第5条)

5. 最近の主な審議事項

- ・ 研究開発課題の評価：新規で実施する研究開発課題については事前評価を、既に実施している研究開発課題については中間評価を、終了した研究開発課題については事後評価を実施。
- ・ 研究開発プログラム評価の新たな仕組み：各分野別委員会等におけるプログラム評価の試行的実施を行った。分野別戦略・計画の取りまとめについて意見を聞いたところ。

科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会運営規則

(平成 13 年 2 月 27 日科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会決定、平成 19 年 2 月 6 日一部改正、平成 23 年 2 月 15 日一部改正、平成 31 年 4 月 17 日一部改正)

第 1 条 科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会（以下「分科会」という。）の議事の手続その他分科会の運営に関し必要な事項は、科学技術・学術審議会令（平成 12 年政令第 279 号。）及び科学技術・学術審議会運営規則に定めるもののほか、この規則の定めるところによる。

第 2 条 分科会は、委員及び臨時委員の合計 25 名程度で組織する。

第 3 条 分科会長は、やむを得ない理由により会議を開く余裕がない場合においては、事案の概要を記載した書面を委員等に送付し、その意見を徴し、又は賛否を問い、その結果をもって分科会の議決とすることができる。

2 前項の規定により議決を行った場合、分科会長が次の会議において報告をしなければならない。

第 4 条 分科会に置かれる部会（以下「部会」という。）の名称及び所掌事務は、分科会長が分科会に諮って定める。

2 部会の会議は、部会長が招集する。

3 部会長は、会議の議長となり、議事を整理する。

4 分科会長は、科学技術・学術審議会運営規則第 4 条第 3 項または第 5 項により分科会に付託された事項の調査審議をその内容に応じて関係する部会に付託することができる。

5 前項の規定により部会に付託された事項であって、科学技術・学術審議会運営規則第 4 条第 4 項又は第 5 項の規定により分科会の議決をもって審議会の議決とする事項については、分科会が特に分科会の議決を経る必要があると認めた場合を除き、部会の議決をもって分科会の議決とする。

6 前項の規定により部会の議決をもって分科会の議決としたときは、部会長は、次の分科会にその内容を報告するものとする。

7 前各項に定めるもののほか、部会の議事の手続その他部会の運営に関し必要な事項は、部会長が部会に諮って定める。

第5条 分科会は、その定めるところにより、特定の事項を機動的に調査するため、委員会を置くことができる。

- 2 委員会に属すべき委員、臨時委員及び専門委員（以下「委員等」という。）は、分科会長が指名する。
- 3 委員会に主査を置き、当該委員会に属する委員等のうちから分科会長の指名する者が、これに当たる。
- 4 主査は、当該委員会の事務を掌理する。
- 5 委員会の会議は、主査が招集する。
- 6 主査は、委員会の会議の議長となり、議事を整理する。
- 7 主査に事故があるときは、当該委員会に属する委員等のうちから主査があらかじめ指名する者が、その職務を代理する。
- 8 主査は、委員会における調査の経過及び結果を分科会に報告するものとする。
- 9 前各項に定めるもののほか、委員会の議事の手続その他委員会の運営に関し必要な事項は、主査が委員会に諮って定める。

第6条 分科会の会議、会議資料は、次に掲げる場合を除き、公開とする。

- 一 分科会長の決定その他人事に係る案件
- 二 行政処分に係る案件
- 三 前2号に掲げるもののほか、個別利害に直結する事項に係る案件、又は審議の円滑な実施に影響が生ずるものとして、分科会において非公開とすることが適当であると認める案件

第7条 分科会長は、分科会の会議の議事録を作成し、分科会所属の委員及び臨時委員に諮った上で、これを公表するものとする。

- 2 分科会が、前条の各号に掲げる事項について調査審議を行った場合は、分科会長が分科会所属の委員及び臨時委員に諮った上で、当該部分の議事録を非公表とすることができる。

第8条 この規則に定めるもののほか、分科会の議事の手続その他分科会の運営に関し必要な事項は、分科会長が分科会に諮って定める。

科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会の議事運営について

令和 2 年 5 月 7 日
科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会

科学技術・学術審議会令第 11 条、科学技術・学術審議会運営規則第 4 条第 7 項及び科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会運営規則第 8 条に基づき、科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会の議事運営について、以下のように定める。

1. 分科会長が必要と認めるときは、委員及び臨時委員（以下「委員等」という。）は、Web 会議システム（映像と音声の送受信により会議に出席する委員等の中で同時かつ双方向に対話をすることができる会議システムをいう。以下同じ。）を利用して会議に出席することができる。
2. Web 会議システムを利用した委員等の出席は、科学技術・学術審議会令第 8 条第 3 項の規定による出席者に含めるものとする。
3. Web 会議システムの利用において、映像のみならず音声を送受信できなくなった場合、当該 Web 会議システムを利用して出席した委員等は、音声を送受信できなくなった時刻から会議を退席したものとみなす。
4. Web 会議システムの利用は、可能な限り静寂な個室その他これに類する環境で行わなければならない。
なお、科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会運営規則第 6 条により会議が非公開で行われる場合は、委員等以外の者に Web 会議システムを利用させてはならない。

科学技術・学術審議会に設置された委員会における議事又は調査の経過及び結果の研究計画・評価分科会への報告等について(案)

令和 3 年 4 月 2 1 日
科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会

科学技術・学術審議会令第 1 1 条、科学技術・学術審議会運営規則第 4 条第 7 項及び科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会運営規則第 8 条に基づき、科学技術・学術審議会に設置された委員会（以下「委員会」という。）における議事又は調査の経過及び結果の研究計画・評価分科会（以下「分科会」という。）への報告等について、次のように定める。

分科会は、分科会の所掌に関連する次に掲げる事項について、委員会による科学技術・学術審議会へ報告の前又は報告後すみやかに、委員会に対して議事又は調査の経過及び結果について報告を受けるものとする。

また、分科会は、委員会から報告された事項について、分科会において議決することができるものとする。

- 一 科学技術・イノベーション基本計画で示される重要課題に対応するための文部科学省における情報科学技術に関する研究及び開発に関する計画の作成、推進及び評価、並びに関係行政機関の事務の調整の方針に関する重要事項についての調査検討

(参 考)

科学技術・学術審議会令（抄）

（平成 12 年 6 月 7 日政令第 279 号）

最終改正：平成 25 年 6 月 26 日政令第 189 号

（雑則）

第十一条 この政令に定めるもののほか、議事の手続その他審議会の運営に関し必要な事項は、会長が審議会に諮って定める。

科学技術・学術審議会運営規則（抄）

（平成 13 年 2 月 16 日 科学技術・学術審議会決定、平成 19 年 2 月 1 日一部改正、平成 23 年 5 月 31 日一部改正、平成 25 年 2 月 19 日一部改正、平成 29 年 3 月 14 日一部改正、平成 31 年 3 月 13 日一部改正）

（分科会）

第 4 条

7 前各項に定めるもののほか、分科会の議事の手続その他分科会の運営に関し必要な事項は、分科会長が分科会に諮って定める。

科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会運営規則（抄）

（平成 13 年 2 月 27 日科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会決定、平成 19 年 2 月 6 日一部改正、平成 23 年 2 月 15 日一部改正、平成 31 年 4 月 17 日一部改正）

第 8 条 この規則に定めるもののほか、分科会の議事の手続その他分科会の運営に関し必要な事項は、分科会長が分科会に諮って定める。

科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会の公開の手続について

平成 15 年 5 月 28 日
科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会
(平成 23 年 2 月 15 日一部改正)
(平成 25 年 3 月 4 日一部改正)
(平成 25 年 8 月 22 日一部改正)
(平成 31 年 4 月 17 日一部改正)

科学技術・学術審議会令第 11 条、科学技術・学術審議会運営規則第 4 条第 7 項及び科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会運営規則第 8 条に基づき、科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会の公開の手続について、以下のように定める。

1. 会議の日時・場所・議事を開催の原則 1 週間前の日（1 週間前の日が行政機関の休日（以下「閉庁日」という。）の場合は、その直近の行政機関の休日でない日（以下「開庁日」という。）とする。）までにインターネット（文部科学省ホームページ <http://www.mext.go.jp/> の報道発表の一覧）に掲載するとともに、文部科学省大臣官房総務課広報室（文部科学記者会）に掲示する。
2. 傍聴については、以下のとおりとする。
 - (1) 一般傍聴者
 - ①一般傍聴者については開催前日（前日が閉庁日の場合は、その直近の開庁日とする。以下同じ。）17 時までに科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会の庶務の総括部局（文部科学省科学技術・学術政策局企画評価課）に登録する。
 - ②基本的には先着順に傍聴者を決定する。
 - (2) 報道関係傍聴者
報道関係傍聴者については、1 社につき原則 1 名とし（撮影のために会議冒頭のみ入場する報道関係者を除く。）、開催前日 17 時までに科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会の庶務の総括部局（文部科学省科学技術・学術政策局企画評価課）に登録する。
 - (3) 委員関係者、各府省関係者
委員関係者、各府省関係者については、開催前日 17 時までに科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会の庶務の総括部局（文部科学省科学技術・学術政策局企画評価課）に登録する。
3. 会議の撮影、録画、録音について
 - (1) 傍聴者は、分科会長が禁止することが適当であると認める場合を除き、会議を撮影、録画、録音することができる。
 - (2) 会議の撮影、録画、録音を希望する者は、傍聴登録時に登録する。

なお、会議を撮影、録画、録音する者は、以下のことに従うものとする。

- ①会議の撮影、録画、録音に際しては、会議の進行の妨げとならないよう、分科会長又は事務局の指示に従うものとする。
 - ②スチルカメラ及びビデオカメラによる撮影等は、事務局の指定する位置から行うものとする。
 - ③撮影用等照明器具の使用は原則として会議冒頭のみとする。
- (3) 分科会の記録は、委員確認済みの議事録をもって公式の記録とする。

4. その他

- (1) 傍聴者が、会議の進行を妨げていると分科会長が判断した場合には、退席を求めることができることとする。また、分科会長が許可した場合を除き、会議の開始後に入場する事を禁止する。
- (2) 傍聴者数については、会場の都合により人数を制限する場合がある。
- (3) その他、詳細は分科会長の指示に従うこととする。

科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会における部会・委員会の設置について (案)

令和 3 年 4 月 2 1 日
科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会

1. 科学技術・学術審議会令第六条第 1 項の規定に基づき、科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会に以下の部会を設置する。

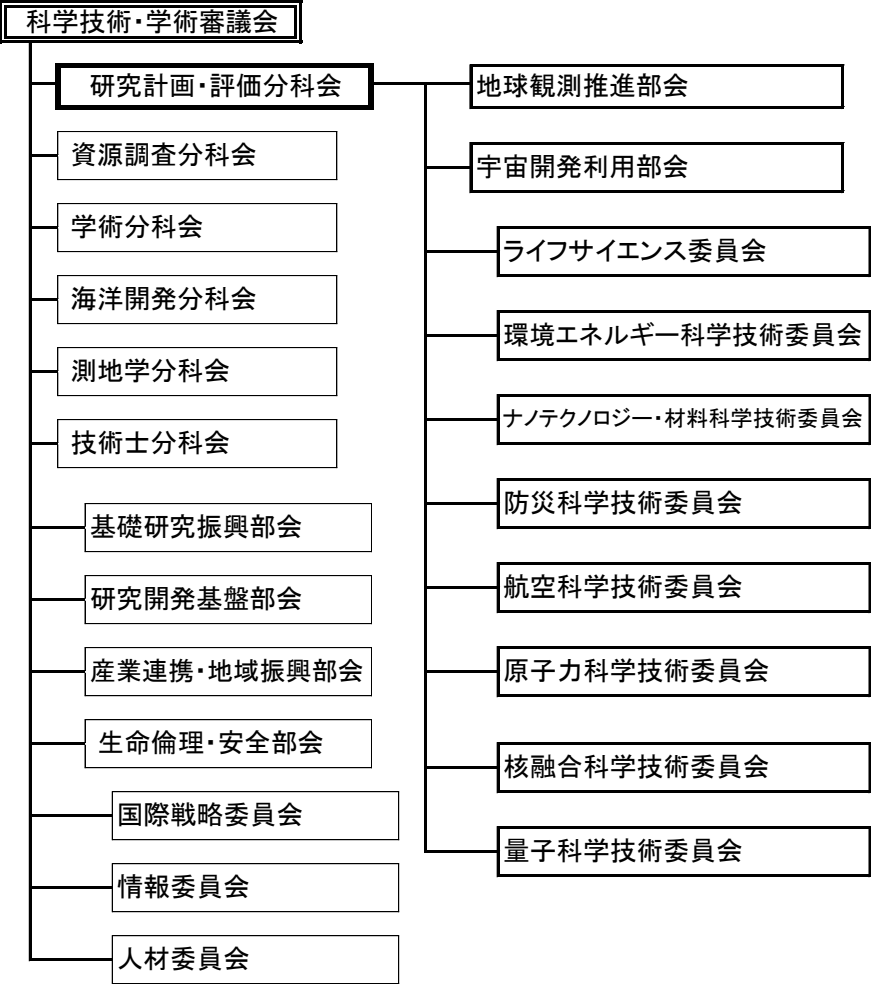
| 名 称 | 調査審議事項 |
|----------|---|
| 地球観測推進部会 | 「地球観測の推進戦略」を踏まえて、関係府省・機関の緊密な連携・調整の下で、地球観測の推進に関する重要事項の調査審議を行う。 |
| 宇宙開発利用部会 | 文部科学省における宇宙の開発及び利用に関する重要事項の調査審議を行う。 |

2. 科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会運営規則第 5 条第 1 項の規定に基づき、科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会に以下の委員会を設置する。

| 名 称 | 調査事項 |
|--------------------|---|
| ライフサイエンス委員会 | 科学技術・ <u>イノベーション</u> 基本計画で示される重要課題に対応するため、文部科学省におけるライフサイエンスに関する研究 <u>及び開発に関する</u> 計画の作成、推進及び評価、並びに関係行政機関の事務の調整の方針に関する重要事項について調査検討を行う。 |
| 環境エネルギー科学技術委員会 | 科学技術・ <u>イノベーション</u> 基本計画で示される重要課題に対応するため、文部科学省における環境科学技術及びエネルギー科学技術（原子力に係るものを除く）に関する研究 <u>及び開発に関する</u> 計画の作成、推進及び評価、並びに関係行政機関の事務の調整の方針に関する重要事項について調査検討を行う。 |
| ナノテクノロジー・材料科学技術委員会 | 科学技術・ <u>イノベーション</u> 基本計画で示される重要課題に対応するため、文部科学省におけるナノテクノロジー・材料科学技術に関する研究 <u>及び開発に関する</u> 計画の作成、推進及び評価、並びに関係行政機関の事務の調整の方針に関する重要事項について調査検討を行う。 |

| | |
|-------------|---|
| 防災科学技術委員会 | 科学技術・イノベーション基本計画で示される重要課題に対応するため、文部科学省における防災科学技術に関する研究及び開発に関する計画の作成、推進及び評価、並びに関係行政機関の事務の調整の方針に関する重要事項について調査検討を行う。 |
| 航空科学技術委員会 | 科学技術・イノベーション基本計画で示される重要課題に対応するため、文部科学省における航空科学技術に関する研究及び開発に関する計画の作成、推進及び評価、並びに関係行政機関の事務の調整の方針に関する重要事項について調査検討を行う。 |
| 原子力科学技術委員会 | 科学技術・イノベーション基本計画で示される重要課題に対応するため、文部科学省における原子力（核融合に係るものを除く）に関する研究及び開発に関する計画の作成、推進及び評価、並びに関係行政機関の事務の調整の方針に関する重要事項について調査検討を行う。 |
| 科学技術社会連携委員会 | 科学技術基本計画で示される重要課題に対応するため、文部科学省における科学技術と社会との連携・共創の在り方に関する研究開発計画の作成、推進及び評価、並びに関係行政機関の事務の調整の方針に関する重要事項について調査検討を行う。 |
| 核融合科学技術委員会 | 科学技術・イノベーション基本計画で示される重要課題に対応するため、文部科学省における核融合に関する研究及び開発に関する計画の作成、推進及び評価、並びに関係行政機関の事務の調整の方針に関する重要事項について調査検討を行う。 |
| 量子科学技術委員会 | 科学技術・イノベーション基本計画で示される重要課題に対応するため、文部科学省における量子科学技術に関する研究及び開発に関する計画の作成、推進及び評価、並びに関係行政機関の事務の調整の方針に関する重要事項について調査検討を行う。 |
| 脳科学委員会 | 科学技術基本計画で示される重要課題に対応するため、文部科学省における脳科学に関する研究開発計画の作成、推進及び評価、並びに関係行政機関の事務の調整の方針に関する重要事項について調査検討を行う。 |

科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会組織図(案)



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と
研究開発プログラム評価の実施について (案)

令和 3 年 4 月 2 1 日
研究計画・評価分科会

研究計画・評価分科会（以下「分科会」という。）においては、「文部科学省における研究及び開発に関する評価指針¹」を踏まえ、以下のとおり研究開発課題の評価を実施する。~~する。とともに研究開発プログラム評価引き続き、を実施する。~~

研究開発課題の評価

1. 評価の目的

国が定めた政策や研究開発プログラムの目的や目標を達成するために実施される個々の課題ごとに評価することにより、実施の当否を判断するとともに、実施されている研究開発の質の向上や運営改善、計画の見直し等につなげる。

2. 評価の区分

(1) 事前評価

①対象課題

分科会の所掌²に属する課題³のうち、以下の課題について実施する。

- ・ 総額（5年計画であれば5年分の額）が10億円以上を要することが見込まれる新規・拡充課題
- ・ 分科会において評価することが適当と判断されたもの

②評価の流れ

分科会に設置される分野別委員会（以下「分野別委員会」という）が研究評価計画を策定し、これに基づいて評価を実施し、結果を分科会で決定する。

③評価結果の活用

事前評価結果は、文部科学省の政策評価及び概算要求内容の検討等に活用する。

¹ 「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 最終改定 文部科学大臣決定）

~~² 「研究開発計画」（平成 29 年 8 月 最終改定 研究計画・評価分科会決定）~~

~~³ 科学技術に関する研究及び開発に関する計画の作成及び推進に関する重要事項を調査審議すること、科学技術に関する研究及び開発の評価に係る基本的な政策の企画及び立案並びに推進に関する重要事項を調査審議すること、など~~

④政府予算案を踏まえた評価の見直し

分野別委員会は政府予算案の決定を踏まえ、必要に応じて評価の見直しを実施し、その結果を分科会に報告する。

(2) 中間評価

①対象課題

事前評価を実施したもののうち、中間評価実施時期に当たる課題について実施する。

②評価の流れ

分野別委員会が研究評価計画に基づいて評価を実施し、結果を分科会で決定する。

③評価結果の活用

中間評価結果は、文部科学省の政策評価及び概算要求内容の検討等に活用する。

④政府予算案を踏まえた評価の見直し

分野別委員会は政府予算案の決定を踏まえ、必要に応じて評価の見直しを実施し、その結果を分科会に報告する。

(3) 事後評価

①対象課題

事前評価を実施したもののうち、事後評価実施時期に当たる課題について実施する。

②評価の流れ

分野別委員会が研究評価計画に基づいて評価を実施し、結果を分科会で決定する。

③評価結果の活用

事後評価結果は、文部科学省の政策評価及び後継の研究開発課題の検討、実施及び次の施策形成等に活用する。

(4) 追跡評価

①対象課題

事後評価を実施したもののうち、国費投入額が大きい、あるいは、成果が得られるまでに時間がかかる課題等について対象を選定して実施する。

②評価の流れ

分野別委員会が研究評価計画に基づいて評価を実施し、結果を分科会で決定する。

③評価結果の活用

追跡評価結果は、研究開発の成果の波及効果や副次的効果を把握するとともに、過去に実施した評価の妥当性を検証し、より良い研究開発施策の形成等に適切に反映するために活用する。

3. 評価の進め方

(1) 研究評価計画の策定

分野別委員会は、研究開発の特性に応じて適切な評価を行うため当該年度の研究評価計画を策定する。策定した計画は、分科会事務局に速やかに共有する。なお、同計画の策定においては以下の点を明確にする。

①評価対象課題名

- ・ 当該年度に事前、中間、事後評価の対象となる全ての課題名
- ・ 当該年度の中間、事後評価の対象ではない課題の中間、事後評価の実施時期

②評価票の様式

- ・ 評価票は課題毎に簡潔かつ具体的にA4用紙3枚程度にまとめることとし、別添様式を参考に課題の特性等に応じて策定
- ・ 令和4年度の新規課題のうち、令和4年度の要求額が10億円以上のものについては、行政事業レビューで求められているロジックモデルを含めることとする。

③評価実施日程

(2) 評価の実施

①分野別委員会における評価の実施

- ・ 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重点取組毎に作成する。評価を行う課題については、上位施策との関係がわかる形にして施策マップを作成する。作成に当たっては、当該年度の評価対象課題のみならず、それ以外の課題についても可能な限り記載し、各課題の位置付けを明確にする。
- ・ 重点取組の達成に必要となる個々の対象となる課題について個々に評価を実施し、委員会としての評価結果を作成する。評価結果は、所定の評価票にポイントを絞り簡潔明瞭にまとめる。また、評価結果は、当該課題の上位施策重点取組の達成に向けた位置付けや意義を意識しながら作成する。
- ・ 中間・事後評価は、原則として、事前評価を行った課題の単位で実施することとし、事前評価の単位と異なる場合は、課題との関係性について明瞭に記載すること。

②分科会における評価の実施

- ・ 分科会では、上位施策重点取組の達成に向けた各課題の位置付け、意義、内容、必要性、進捗状況及び他の課題との相互関係等とともに、委員会の評価結果について主に施策マップを用いて分野別委員会から報告を受け、それを基に評価結果を審議し、評価結果を決定する。

4. 留意事項

(1) 利害関係者の範囲

評価を実施するに当たっては、「文部科学省における研究及び開発に関する評価指針」にのっとり、公正で透明な評価を行う観点から、原則として利害関係者が評価に加わらないようにする。分野別委員会では、各課題の趣旨や性格に応じてあらかじめ利害関係となる範囲を明確に定めることとする。利害関係を有する可能性のある者を評価に加える必要がある場合には、その理由や利害関係の内容を明確にする。

また、分科会で評価結果を決定するに当たっては、以下のいずれかに該当する委員は、当該課題の評価に加わらないこととする。

- ① 評価対象課題に参画している者
- ② 被評価者（実施課題の代表者）と親族関係にある者
- ③ 利害関係を有すると自ら判断する者
- ④ 分科会において、評価に加わらないことが適当であると判断された者

(2) 評価に係る負担軽減

評価を実施するに当たっては、合理的な方法により、可能な限り作業負担の軽減に努める。

(3) 課題の予算規模の明示

事前、中間評価の際は、原則として対象課題の総額、及び単年度概算要求額を明示することに努め、評価の検討に資するものとする。

(4) 分野別委員会の所掌に属さない課題の評価

分野別委員会の所掌に属さない課題の評価については、事前、中間、事後評価の際に、必要な専門家から組織される評価委員会を分科会に設置し、当該評価委員会において評価を実施することを基本とする。なお、同一課題に関する一連の評価に際しては、関連する以前の評価委員会のメンバーをできる限り複数含めるよう留意する。

5. その他

評価の実施に当たって、その他必要となる事項については別途定めるものとする。

研究開発課題の事前評価結果

〇〇年〇〇月

〇〇委員会

〇〇委員会委員

| | 氏名 | 所属・職名 |
|------|--------|------------|
| 主査 | 〇〇 〇〇〇 | 国立〇〇センター所長 |
| 主査代理 | 〇〇 〇〇〇 | 〇〇 |
| | 〇〇 〇〇〇 | 〇〇 |

※ 利害関係を有する可能性のある者が評価に加わった場合には、その理由や利害関係の内容を明確に記載すること。

〇〇課題の概要（ポンチ絵でも可）

1. 課題実施期間及び評価時期

××年度～ △△年度

中間評価 平成令和◇◇年度及び平成令和〇〇年度、事後評価 平成令和◎◎年度を予定

2. 研究開発概要・目的

※ 評価票の課題概要を2、3行で記載。

3. 予算（概算要求予定額）の総額

| 年度 | <u>HR</u> X(初年度) | … | <u>HR</u> 〇〇 | <u>HR</u> 〇〇 | 総額 |
|---------|--------------------|---|--------------|--------------|-----|
| 概算要求予定額 | 〇〇億 | … | 〇〇億 | 〇〇億 | 〇〇億 |
| (内訳) | 科振費 〇〇億 〇〇費 〇〇億 | … | | | |

4. その他

※ 他の分野（委員会）及び関係省庁との連携状況を含むこと。

事前評価票

(〇〇年〇〇月現在)

| | |
|-------------|--|
| 1. 課題名 | 〇〇 |
| 2. 開発・事業期間 | ××年度～ △△年度 |
| 3. 課題概要 | <p>(1) <u>上位施策（例えば研究開発計画又はその他の戦略・計画）</u>との関係 施策目標：〇〇・・・・ <u>※研究開発計画に基づく場合は、大目標（概要）、中目標（概要）を必ず記載する。</u> 大目標（概要）：〇〇・・・・ 中目標（概要）：〇〇・・・・ 重点的に推進すべき研究開発の取組（概要）：〇〇・・・・ 本課題が関係するアウトプット指標： 本課題が関係するアウトカム指標： ※各々の指標について過去3年程度の状況を簡潔に記載し、評価の参考とする。</p> <p>(2) 概要 〇〇・・・・ ※ 課題の達成目標を明確に設定すること。</p> |
| 4. 各観点からの評価 | <p>※ 研究開発課題の性格、内容、規模等に応じて、「必要性」、「有効性」、「効率性」等の観点の下に適切な評価項目を設定する（評価項目の例参照）。</p> <p>※ 抽出した各評課項目について判断の根拠があいまいにならないよう、評価基準をあらかじめ明確に設定する（出来る限り定量的に定めることとし、それが困難な場合でも、実現すべき内容の水準を具体的に定めるなどして事後に客観的に判定できる内容とすること）。</p> |
| (1) 必要性 | <p>〇〇・・・・ ※ 評価結果を記載。</p> |

評価項目

○○、○○、

評価基準

○○、○○、

(評価項目の例)

科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性、発展性等）、社会的・経済的意義（産業・経済活動の活性化・高度化、国際競争力の向上、知的財産権の取得・活用、社会的価値（安全・安心で心豊かな社会等）の創出等）、国費を用いた研究開発としての意義（国や社会のニーズへの適合性、機関の設置目的や研究目的への適合性、国の関与の必要性・緊急性、他国の先進研究開発との比較における妥当性、ハイリスク研究や学際・融合領域・領域間連携研究の促進、若手研究者の育成、科学コミュニティの活性化等）その他国益確保への貢献、政策・施策の企画立案・実施への貢献等

(2) 有効性

○○

※ 評価結果を記載。

評価項目：

○○、○○、

評価基準：

○○、○○、

(評価項目の例)

新しい知の創出への貢献、研究開発の質の向上への貢献、実用化・事業化や社会実装に至る全段階を通じた取組、行政施策、人材の養成、知的基盤の整備への貢献や寄与の程度、（見込まれる）直接・間接の成果・効果やその他の波及効果の内容等

(3) 効率性

○○

※ 評価結果を記載。

※ 費用及び効果に関する評価については、独立した項目を設定するなどして、より明確なものとするよう努めること。

評価項目：

○○・・・・・・、○○・・・・・・、

評価基準：

○○・・・・・・、○○・・・・・・、

(評価項目の例)

計画・実施体制の妥当性、目標・達成管理の向上方策の妥当性、費用構造や費用対効果向上方策の妥当性、研究開発の手段やアプローチの妥当性、施策見直し方法等の妥当性等

5. 総合評価

(1) 評価概要

※ 実施の可否の別とその理由、中間評価・事後評価の実施時期等。

※ 5行程度で簡潔に記載すること。

(2) 科学技術基本計画科学技術・イノベーション基本計画等への貢献見込み

※ 科学技術基本計画科学技術・イノベーション基本計画等にどのように貢献できそうか
5行以内で簡潔に記載すること。

(3) その他

※ 研究開発を進める上での留意事項（倫理的・法的・社会的課題及びそれらへの対応）
等を記載する。

研究開発課題の中間評価結果

〇〇年〇〇月

〇〇委員会

〇〇委員会委員

| | 氏名 | 所属・職名 |
|------|--------|------------|
| 主査 | 〇〇 〇〇〇 | 国立〇〇センター所長 |
| 主査代理 | 〇〇 〇〇〇 | 〇〇 |
| | 〇〇 〇〇〇 | 〇〇 |

※ 利害関係を有する可能性のある者が評価に加わった場合には、その理由や利害関係の内容を明確に記載すること。

〇〇課題の概要（※ポンチ絵でも可）

1. 課題実施期間及び評価時期

平成××年度～ 令和△△年度

中間評価 令和◇◇年度及び 令和〇〇年度、事後評価 令和◎◎年度を予定

2. 研究開発概要・目的

3. 研究開発の必要性等

※ 必要性、有効性、効率性に関する事前評価結果の概要を記載。

4. 予算（執行額）の変遷

中間評価
実施年度

| 年度 | HXX(初年度) | … | <u>HR</u> 〇〇 | <u>HR</u> 〇〇 | <u>HR</u> 〇〇 | 翌年度以降 | 総額 |
|------|----------------------|---|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| 予算額 | 〇〇百万 | … | 〇〇百万 | 〇〇百万 | 〇〇百万 | 〇〇百万 (見込額) | 〇〇百万 (見込額) |
| 執行額 | 〇〇百万 | … | 〇〇百万 | 〇〇百万 | 〇〇百万 | — | — |
| (内訳) | 科振費 〇〇百万 〇〇費 〇〇百万 | … | | | | | |

5. 課題実施機関・体制

研究代表者 東京大学〇〇研究所教授 〇〇 〇〇〇

主管研究機関 東京大学、A研究所、B大学

共同研究機関 〇〇大学、・・・

6. その他

中間評価票

(〇〇年〇〇月現在)

| |
|--|
| 1. 課題 ³ 名 〇〇 |
| 2. <u>上位施策（研究開発計画又はその他の戦略・計画）との関係</u> |
| 施策目標：〇〇・・・・ <u>※研究開発計画に基づく場合は、大目標（概要）、中目標（概要）を必ず記載する。</u> 大目標（概要）：〇〇・・・・ 中目標（概要）：〇〇・・・・ 重点的に推進すべき研究開発の取組（概要）：〇〇・・・・ 本課題が関係するアウトプット指標： 本課題が関係するアウトカム指標： ※各々の指標について過去3年程度の状況を簡潔に記載し、評価の参考とする。 |
| 3. 評価結果 |
| (1) 課題の進捗状況 ※ 課題の所期の目標の達成に向けて適正な進捗が見られるか。進捗度の判定とその判断根拠を明確にする。 |
| (2) 各観点の再評価 ※ 科学技術の急速な進展や社会や経済情勢の変化等、研究開発を取り巻く状況に応じて、当初設定された「必要性」、「有効性」、「効率性」の各観点における評価項目及びその評価基準の妥当性を改めて評価し、必要に応じてその項目・基準の変更を提案する。 ※ 新たに設定された項目・基準に基づき、「必要性」、「有効性」、「効率性」の各評価項目について、その評価基準の要件を満たしているか評価する。 |
| <必要性> |

評価項目

○○、○○、

評価基準

○○、○○、

○○

※ 評価結果を記載。

(評価項目の例)

科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性、発展性等）、社会的・経済的意義（産業・経済活動の活性化・高度化、国際競争力の向上、知的財産権の取得・活用、社会的価値（安全・安心で心豊かな社会等）の創出等）、国費を用いた研究開発としての意義（国や社会のニーズへの適合性、機関の設置目的や研究目的への適合性、国の関与の必要性・緊急性、他国の先進研究開発との比較における妥当性、ハイリスク研究や学際・融合領域・領域間連携研究の促進、若手研究者の育成、科学コミュニティの活性化等）その他国益確保への貢献、政策・施策の企画立案・実施への貢献等

<有効性>

評価項目

○○、○○、

評価基準

○○、○○、

○○

※ 評価結果を記載。

(評価項目の例)

新しい知の創出への貢献、研究開発の質の向上への貢献、実用化・事業化や社会実装に至る全段階を通じた取組、行政施策、人材の養成、知的基盤の整備への貢献や寄与の程度、（見込まれる）直接・間接の成果・効果やその他の波及効果の内容等

<効率性>

評価項目

○○、○○、

評価基準

○○、○○、

○○

※ 評価結果を記載。

(評価項目の例)

計画・実施体制の妥当性、目標・達成管理の向上方策の妥当性、費用構造や費用対効果向上方策の妥当性、研究開発の手段やアプローチの妥当性、施策見直し方法等の妥当性等

(3) 科学技術基本計画又は科学技術・イノベーション基本計画等への貢献状況

※ 科学技術基本計画又は科学技術・イノベーション基本計画等にどう貢献しているか簡潔に記載する。

(4) 今後の研究開発の方向性

本課題は「継続」、「中止」、「方向転換」する（いずれかに丸をつける）。

理由：5行程度で理由を記載のこと。

(5) その他

※ 研究開発を進める上での留意事項（倫理的・法的・社会的課題及びそれらへの対応）等を記載する。

³原則として、事前評価を行った課題の単位で実施することとし、事前評価の単位と異なる場合は、課題との関係性について本欄中に明瞭に記載すること。

研究開発課題の事後評価結果

〇〇年〇〇月

〇〇委員会

〇〇委員会委員

| | 氏名 | 所属・職名 |
|------|--------|------------|
| 主査 | 〇〇 〇〇〇 | 国立〇〇センター所長 |
| 主査代理 | 〇〇 〇〇〇 | 〇〇 |
| | 〇〇 〇〇〇 | 〇〇 |

※ 利害関係を有する可能性のある者が評価に加わった場合には、その理由や利害関係の内容を明確に記載すること。

〇〇課題の概要（※ポンチ絵でも可）

1. 課題実施期間及び評価実施時期

平成××年度～ 令和△△年度

中間評価 平成令和◇◇年×月、事後評価 令和◎◎年×月

2. 研究開発概要・目的

3. 研究開発の必要性等

※ 必要性、有効性、効率性に関する事前又は中間評価結果の概要を記述。

4. 予算（執行額）の変遷

| | | | | | | |
|------|----------------------|---|--------------|--------------|--------------|------|
| 年度 | HXX(初年度) | … | <u>HR</u> 〇〇 | <u>HR</u> 〇〇 | <u>HR</u> 〇〇 | 総額 |
| 予算額 | 〇〇百万 | … | 〇〇百万 | 〇〇百万 | 〇〇百万 | 〇〇百万 |
| 執行額 | 〇〇百万 | … | 〇〇百万 | 〇〇百万 | 〇〇百万 | 〇〇百万 |
| (内訳) | 科振費 〇〇百万 〇〇費 〇〇百万 | … | | | | |

5. 課題実施機関・体制

研究代表者 東京大学〇〇研究所教授 〇〇 〇〇〇

主管研究機関 東京大学、A研究所、B大学

共同研究機関 〇〇大学、・・・

6. その他

事後評価票

(〇〇年〇〇月現在)

| |
|---|
| 1. 課題 ⁴ 名 ○〇・・・・ |
| 2. <u>上位施策（研究開発計画又はその他の分野別戦略・計画）との関係</u> 施策目標：○○・・・・ <u>※研究開発計画に基づく場合は、大目標（概要）、中目標（概要）を必ず記載する。</u> 大目標（概要）：○○・・・・ 中目標（概要）：○○・・・・ 重点的に推進すべき研究開発の取組（概要）：○○・・・・ 本課題が関係するアウトプット指標： 本課題が関係するアウトカム指標： ※各々の指標について過去3年程度の状況を簡潔に記載し、評価の参考とする。 |
| 3. 評価結果 (1) 課題の達成状況 ※ 課題の所期の目標は達成したか。達成度の判定とその判断根拠を明確にする。 ※ 科学技術の急速な進展や社会や経済情勢の変化等、研究開発を取り巻く状況に応じて、当初設定された「必要性」、「有効性」、「効率性」の各観点における評価項目及びその評価基準の妥当性を改めて評価し、必要に応じてその項目・基準の変更を提案する。 ※ 新たに設定された項目・基準に基づき、「必要性」、「有効性」、「効率性」の各評価項目について、その評価基準の要件を満たしているか評価する。 <必要性> 評価項目 ○○・・・・、○○・・・・、 評価基準 ○○・・・・、○○・・・・、 ○○・・・・ ※ 評価結果を記載。 (評価項目の例) |

科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性、発展性等）、社会的・経済的意義（産業・経済活動の活性化・高度化、国際競争力の向上、知的財産権の取得・活用、社会的価値（安全・安心で心豊かな社会等）の創出等）、国費を用いた研究開発としての意義（国や社会のニーズへの適合性、機関の設置目的や研究目的への適合性、国の関与の必要性・緊急性、他国の先進研究開発との比較における妥当性、ハイリスク研究や学際・融合領域・領域間連携研究の促進、若手研究者の育成、科学コミュニティの活性化等）その他国益確保への貢献、政策・施策の企画立案・実施への貢献等

<有効性>

評価項目

○○・・・・・・・・、○○・・・・・・・・、

評価基準

○○・・・・・・・・、○○・・・・・・・・、

○○・・・・・・・・

※ 評価結果を記載。

（評価項目の例）

新しい知の創出への貢献、研究開発の質の向上への貢献、実用化・事業化や社会実装に至る全段階を通じた取組、行政施策、人材の養成、知的基盤の整備への貢献や寄与の程度、（見込まれる）直接・間接の成果・効果やその他の波及効果の内容等

<効率性>

評価項目

○○・・・・・・・・、○○・・・・・・・・、

評価基準

○○・・・・・・・・、○○・・・・・・・・、

○○・・・・・・・・

※ 評価結果を記載。

（評価項目の例）

計画・実施体制の妥当性、目標・達成管理の向上方策の妥当性、費用構造や費用対効果向上方策の妥当性、研究開発の手段やアプローチの妥当性、施策見直し方法等の妥当性等

(2) 科学技術基本計画又は科学技術・イノベーション基本計画等への貢献状況

※ 科学技術基本計画又は科学技術・イノベーション基本計画等にどう貢献したか簡潔に記載する。

(3) 総合評価

①総合評価

※ どのような成果を得たか、所期の目標との関係、波及効果、倫理的・法的・社会的課題への対応状況等を記載する。

②評価概要

※本事業の総合的な評価について、簡潔に5～10行程度で記載する。

(4) 今後の展望

※ 今後の展望も記載のこと。(研究結果を踏まえた今後の展望、予想される効果・効用、留意事項(研究開発が社会に与える可能性のある影響(倫理的・法的・社会的課題及びそれらへの対応)を含む。))

4 原則として、事前評価を行った課題の単位で実施することとし、事前評価の単位と異なる場合は、課題との関係性について本欄中に明瞭に記載すること。

研究計画・評価分科会における研究開発課題の評価に関する留意事項について

1. 研究開発プログラムとの関係**1. 基本的な考え方**

~~研究開発計画における中目標を研究開発プログラムとして、プログラム単位での評価を行うこととしているところ、研究開発課題評価に当たっても、上位の研究開発プログラムやその「道筋」における位置付けを共有した上で評価を行う。~~

2. 評価項目について 研究開発課題評価に当たっては、上位の施策への「道筋」における位置付けを共有した上で評価を行う。

文部科学省評価指針では、研究開発課題の評価について、研究開発課題の性格、内容、規模等に応じて、「必要性」「有効性」「効率性」等の観点の下に適切な評価項目を設定の上評価を実施することとしているところ、それぞれ以下の項目例を参考に評価を行っていただきたい。

なお、各委員会等の事務局においては、研究開発課題ごとに特に重視すべき項目についてあらかじめ評価委員との間で共有した上で評価を行っていただきたい。

ア. 「必要性」の観点

科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性、発展性等）、社会的・経済的意義（産業・経済活動の活性化・高度化、国際競争力の向上、知的財産権の取得・活用、社会的価値（安全・安心で心豊かな社会等）の創出等）、国費を用いた研究開発としての意義（国や社会のニーズへの適合性、機関の設置目的や研究目的への適合性、国の関与の必要性・緊急性、他国の先進研究開発との比較における妥当性、挑戦的（チャレンジング）な研究や学際・融合領域・領域間連携研究の促進、若手研究者の育成、科学コミュニティの活性化等）等

イ. 「有効性」の観点

新しい知の創出、研究開発の質の向上、実用化・事業化や社会実装に至る全段階を通じた取組、国際標準化、行政施策、人材の養成、知的基盤の整備への貢献や寄与の程度、（見込まれる）直接・間接の成果・効果やその他の波及効果の内容等

ウ. 「効率性」の観点

計画・実施体制の妥当性、目標・達成管理の妥当性、費用構造や費用対効果向上方策の妥当性、研究開発の手段やアプローチの妥当性等

※科学技術の急速な進展や社会や経済情勢の変化等、研究開発を取り巻く状況に応じて、事前評価において設定された評価項目及びその評価基準の妥当性を中間評価、事後評価においても評価し、必要に応じてその項目・基準の

変更を提案すること。

2-3. その他留意事項

- ◆長期間にわたって実施される研究開発課題については、一定期間ごとに目標の再設定や計画変更の要否を確認する。
- ◆研究開発を実施するグループの長等のマネジメントや体制整備についても適切に評価に反映する。
- ◆挑戦的（チャレンジング）な研究開発課題については、直接的な研究開発成果における目標の達成度に加えて、関連する制度、体制、運営といった研究開発過程（プロセス）が成果の最大化に向けて適切に組み合わされたかという視点での評価も必要である。また、技術的な限界・ノウハウ・うまくいかなかった要因等の知見、副次的成果や波及効果等も積極的に評価するなど、挑戦的（チャレンジング）な研究であることを前提とした評価を行う。
- ◆評価に当たっては、評点付けのみならず、評価対象課題に係る改善策や今後の対応等に関する提案についても積極的に抽出し、その結果を活用していく。また、対象課題が位置づけられている研究開発プログラムの改善につながる事項の抽出にも留意する。
- ◆研究開発が社会に与える可能性のある影響（倫理的・法的・社会的課題及びそれらへの対応）についても積極的に記載する。
- ◆上記の留意事項以外についても、文部科学省評価指針に基づいた評価を実施する。

研究計画・評価分科会における審議の効率化について（案）

平成 23 年 2 月 15 日
科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会
(平成 25 年 3 月 4 日一部改訂)
(平成 29 年 4 月 6 日一部改訂)
(令和 3 年 4 月 日一部改訂)

「研究計画・評価分科会における研究開発課題の評価の実施について」の「5.4. その他」において、評価の実施を進めるに当たって別途定めることとされている事項、及び、評価に係る審議を含めた研究計画・評価分科会（以下分科会）における審議全般を効果的・効率的に進めるために定めるべき事項を次の通り定めることとする。

(1) 評価結果（案）の事前配付

分野別委員会が取りまとめる評価結果（案）は、原則として、遅くとも分科会開催の 7 日前までに分科会の委員及び臨時委員に配付する。

(2) 部会からの報告案件について

研究計画・評価分科会運営規則第 ~~43~~ 条第 6 項に基づく部会からの報告案件については、状況に応じ、資料配付により報告に代えることができるものとする。

(3) 議題の分散・平滑化

審議時期に制約のない議題については、議題の集中する概算要求前の分科会での取扱いを避けることにより、議題の分散等を図る。

【情報科学技術関連】 未来社会を見据えた先端基盤技術の強化

資料4-1
科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会
(第75回) R3.4.21

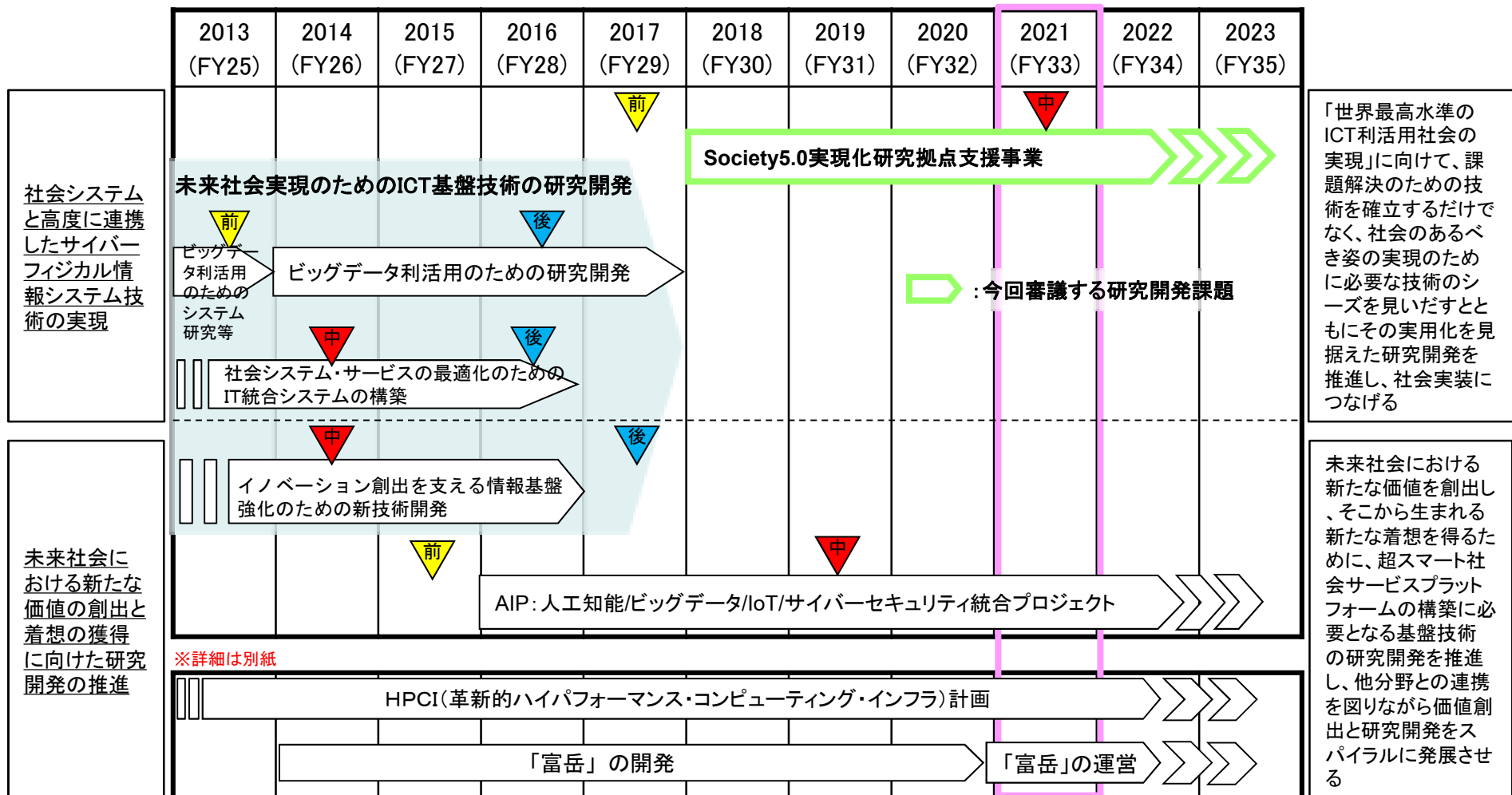
研究開発計画:

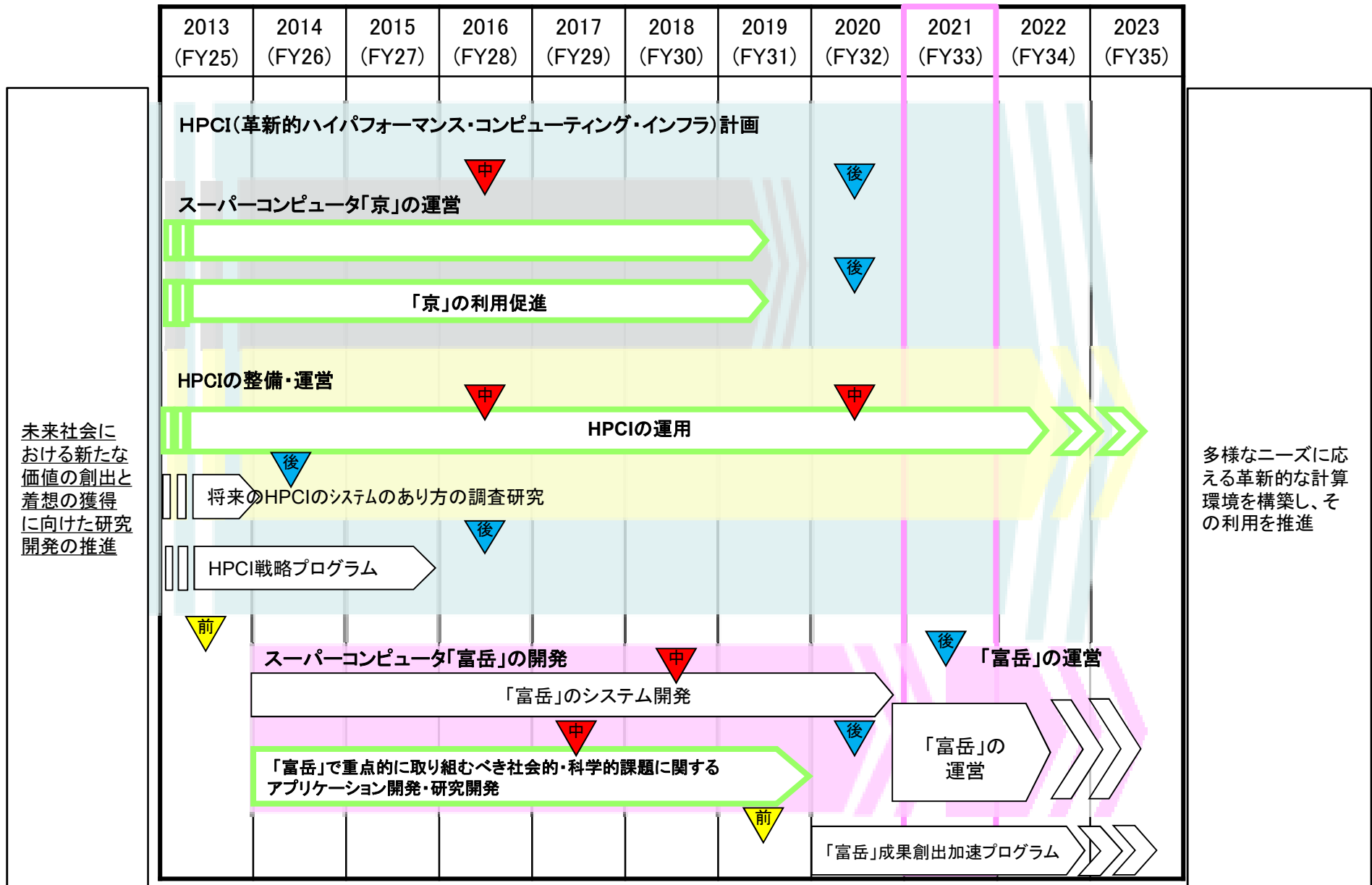
大目標

ICTを最大限に活用し、サイバー空間とフィジカル空間(現実世界)とを融合させた取組により、人々に豊かさをもたらす「超スマート社会」を未来社会の姿として共有し、その実現に向けた一連の取組を更に深化させつつ「Society 5.0」として強力に推進し、世界に先駆けて超スマート社会を実現していく。このため、国は、超スマート社会サービスプラットフォームの構築に必要な基盤技術及び個別システムにおいて新たな価値創出のコアとなり現実世界で機能する基盤技術について強化を図る。

大目標達成のために必要な中目標

我が国が世界に先駆けて超スマート社会を形成し、ビッグデータ等から付加価値を生み出していくために、産学官で協働して基礎研究から社会実装に向けた開発を行うと同時に、技術進展がもたらす社会への影響や人間及び社会の在り方に対する洞察を深めながら、中長期的視野から超スマート社会サービスプラットフォームの構築に必要な基盤技術の強化を図る。





情報科学技術に関する 研究開発課題の事後評価結果①

令和3年2月

情報委員会

情報委員会 委員名簿

(敬称略、50音順)

| | |
|---------|--|
| 乾 健太郎 | 東北大学大学院情報科学研究科教授 |
| 井上 由里子 | 一橋大学大学院法学研究科教授 |
| 上田 修功 | 日本電信電話株式会社コミュニケーション科学基礎研究所上田特別研究室長/NTT フェロー |
| | 理化学研究所革新知能統合研究センター副センター長 |
| 奥野 恭史 | 京都大学大学院医学研究科ビッグデータ医科学分野教授 |
| 梶田 将司 | 京都大学情報環境機構 IT 企画室教授 |
| 来住 伸子 | 津田塾大学学芸学部情報科学科教授 |
| ○喜連川 優 | 情報・システム研究機構国立情報学研究所長 |
| | 東京大学生産技術研究所教授 |
| 鬼頭 周 | ソフトバンク株式会社事業開発統括顧問 |
| | サイバーリーズン・ジャパン株式会社 CTO |
| 栗原 和枝 | 東北大学未来科学技術共同研究センター教授 |
| 佐古 和恵 | 早稲田大学基幹理工学部情報理工学科教授 |
| 田浦 健次朗 | 東京大学情報基盤センター長 |
| 瀧 寛和 | 和歌山大学前学長/学術情報センター長 |
| 辻 ゆかり | NTT アドバンステクノロジー株式会社取締役/ネットワークイノベーション事業本部副本部長 |
| 津田 宏治 | 東京大学大学院新領域創成科学研究科教授 |
| ◎西尾 章治郎 | 大阪大学総長 |
| 長谷山 美紀 | 北海道大学副学長/大学院情報科学研究院長/教授 |
| 引原 隆士 | 京都大学図書館機構長/附属図書館長 |
| 福田 雅樹 | 大阪大学社会技術共創研究センター教授/副センター長/総合研究部門長/大学院法学研究科教授 |
| 八木 康史 | 大阪大学産業科学研究所複合知能メディア研究分野教授 |
| 安浦 寛人 | 九州大学名誉教授 |
| 若目田 光生 | 日本経済団体連合会デジタルエコノミー推進委員会企画部会データ戦略ワーキンググループ主査 |
| | 株式会社日本総合研究所リサーチ・コンサルティング部門上席主任研究員 |

(令和3年2月現在)

◎ : 主査 ○ : 主査代理

H P C I 計画推進委員会 委員

(敬称略、50音順)

| | | | |
|---|-----|-----|---|
| | 伊藤 | 公平 | 慶應義塾大学工学部物理情報工学科 教授 |
| | 伊藤 | 宏幸 | ダイキン工業株式会社・テクノロジー・イノベーションセンター リサーチ・コーディネーター |
| | 上田 | 修功 | 理化学研究所 革新知能統合研究センター 副センター長／NTT コミュニケーション科学基礎研究所 フェロー・上田特別研究室長 |
| | 梅谷 | 浩之 | トヨタ自動車株式会社 I T 革新推進室 主幹／株式会社トヨタシステムズ C A E 部 部長 |
| | 大石 | 進一 | 早稲田大学理工学術院 教授 |
| ※ | 小柳 | 義夫 | 東京大学名誉教授／高度情報科学技術研究機構神戸センターサイエンスアドバイザー |
| | 喜連川 | 優 | 情報・システム研究機構国立情報学研究所 所長 |
| | 小林 | 広明 | 東北大学大学院情報科学研究科 教授／東北大学サイバーサイエンスセンター センター長特別補佐／東北大学総長特別補佐 (ICT 革新担当) |
| | 田浦 | 健次郎 | 東京大学情報基盤センター センター長 |
| | 土井 | 美和子 | 情報通信研究機構 監事／奈良先端科学技術大学院大学理事 |
| | 中川 | 八穂子 | 株式会社日立製作所研究開発グループデジタルテクノロジーイノベーションセンター シニアプロジェクトマネージャ |
| ○ | 藤井 | 孝藏 | 東京理科大学工学部情報工学科 教授 |
| ◎ | 安浦 | 寛人 | 九州大学 名誉教授 |

令和2年10月現在

◎ : 主査 ○ : 主査代理 ※ : 利害関係者のため審議には加わらない。

「京」の運営 事後評価に係る評価項目及び視点等について

1. 背景等

- 共用開始(平成 24 年 9 月末)から約 7 年の運用を終えたスーパーコンピュータ「京」の運用について事後評価を行う。
- 具体的には、政策的位置づけや意義(必要性・有効性・効率性等)を総括するとともに、中間評価時(平成 28 年度)における留意事項等への対応状況等について確認・評価を行う。また、令和 3 年度に予定されている「富岳」の運用開始に向けた展開の参考とする。

2. 事業目的・事業概要等

(1) 課題実施期間及び評価実施時期

平成 22 年度～令和元年度

平成 29 年 4 月：中間評価、令和 2 年 12 月：事後評価

(2) 研究開発概要・目的

『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運営』

(3) 研究開発の必要性等

○必要性・有効性・効率性(中間評価時)

- ・ スーパーコンピュータによる高精度・高速なシミュレーションやデータ解析は、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、国民生活の安心・安全を確保するため、様々な分野において必要不可欠なツールとなっている。
- ・ また、スーパーコンピュータによるシミュレーションは「精度」、「サイズと時間」という 2 つの軸の解像度を飛躍的に伸ばすことにより、高精度・高速なシミュレーションやデータ解析を可能にするものであり、実験不可能な自然現象等を再現して実験を代替することや極限状態を含む広範な探索範囲から予測を超える未来や未知の状態を発見するものとして従来の実験よりも安全・高速・高精度が期待できるものであり、他に代替のきかない極めて有効な手段である。
- ・ さらに、大規模なスーパーコンピュータは、従来数年かかっていた解析を数日で実現できることや、条件を多数変えた繰り返し実験を仮想空間で高精度かつ高速に実現することが可能であり、極めて効率的である。

(4) 予算(執行額)の変遷

| 年度 | H22(初年度) | H23 | H24 | H25 | H26 | H27 |
|------|--------------------------------|------------------|---|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 予算額 | 1,383百万 ^{※1} | 6,500百万 | 10,551百万 | 11,484百万 | 11,287百万 | 11,213百万 |
| (内訳) | 「京」運用 ^{※2} 1,383百万 | 「京」運用 6,500百万 | 「京」運用 9,653百万 登録機関 ^{※3} 897百万 | 「京」運用 10,587百万 登録機関 897百万 | 「京」運用 10,416百万 登録機関 870百万 | 「京」運用 10,373百万 登録機関 840百万 |
| 執行額 | 1,848百万 | 5,955百万 | 10,284百万 | 11,361百万 | 11,171百万 | 10,791百万 |
| (内訳) | AICS(現・R-CCS) 1,848百万 | AICS 5,955百万 | AICS 9,548百万 RIST 736百万 | AICS 10,465百万 RIST 897百万 | AICS 10,301百万 RIST 869百万 | AICS 9,950百万 RIST 840百万 |

| 年度 | H28 | H29 | H30 | R1 |
|------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---|
| 予算額 | 11,098百万 | 11,182百万 | 11,176百万 | 8,064百万 |
| (内訳) | 「京」運用 10,258百万 登録機関 840百万 | 「京」運用 10,342百万 登録機関 840百万 | 「京」運用 10,336百万 登録機関 840百万 | 「京」運用 7,222百万 ^{※4} 登録機関 842百万 |
| 執行額 | 10,953百万 | 10,986百万 | 10,934百万 | 7,791百万 ^{※5} |
| (内訳) | AICS 10,113百万 RIST 840百万 | AICS 10,150百万 RIST 837百万 | R-CCS 10,094百万 RIST 839百万 | R-CCS 6,953百万 RIST 838百万 |

※ 千円単位で計算した後、百万円単位で四捨五入した金額

※1 高性能汎用計算機システムの開発・整備等(「京」の開発)より500百万円を流用

※2 特定先端大型研究施設運営費等補助金(理化学研究所へ交付)

※3 特定先端大型研究施設利用促進交付金(登録機関(RIST)へ交付)

※4 「富岳」の運用費含む

※5 額の確定実施中の為、暫定額を記載

(5) 課題実施機関・体制

【特定高速電子計算機施設設置者】

理化学研究所 計算科学研究センター(R-CCS)(旧・計算科学研究機構(AICS))

【登録施設利用促進機関】

一般財団法人 高度情報科学技術研究機構(RIST)

3. 評価項目及び視点等

評価に際しては「特定高速電子計算機施設(スーパーコンピュータ「京」)中間検証報告書」(平成28年12月5日)等を踏まえ、以下の項目を中心に評価を行う。

(1) 共用の促進について

- ① 推進体制とマネジメント体制
- ② 利用者視点での共用の促進
- ③ 利用者の拡大(産業利用を含む)
- ④ 有償利用

- ⑤ 利用支援
- ⑥ 利用者選定
- (2) 研究成果の創出及び社会への還元について
 - ① 研究開発目標の達成状況
 - ② 科学的成果の創出
 - ③ 分かりやすい説明（費用対効果や社会的成果を含む）
 - ④ 理解増進活動
 - ⑤ アプリケーション開発・普及の体制の構築
- (3) 施設の運営・整備等について
 - ① 効率的・効果的な施設運営
 - ② 施設設置者・登録機関・課題実施機関などとの連携・役割分担
 - ③ 自己収入の努力
- (4) 研究教育拠点の形成
 - ① 国際協力・国際貢献
 - ② 他の大型研究施設等との連携
 - ③ 計算機科学と計算科学の双方に精通する人材の育成（大学等との連携含む）
 - ④ 地元自治体等との連携

スーパーコンピュータ「京」の共用の枠組み

スーパーコンピュータ「京」の運用は、共用法に基づき、設置者・登録機関が連携して実施。また、HPCIコンソーシアムを含めた三位一体の連携により、「京」の広範な分野での活用を促進。



事後評価票

(令和3年2月現在)

1. 課題名 スーパーコンピュータ「京」の運営

2. 研究開発計画との関係

施策目標：未来社会を見据えた先端基盤技術の強化

大目標（概要）：ICT を最大限に活用し、サイバー空間とフィジカル空間（現実世界）とを融合させた取組により、人々に豊かさをもたらす「超スマート社会」を未来社会の姿として共有し、その実現に向けた一連の取組を更に深化させつつ「Society 5.0」として強力に推進し、世界に先駆けて超スマート社会を実現していく。このため、国は、超スマート社会サービスプラットフォームの構築に必要な基盤技術及び個別システムにおいて新たな価値創出のコアとなり現実世界で機能する基盤技術について強化を図る。

中目標（概要）：我が国が世界に先駆けて超スマート社会を形成し、ビッグデータ等から付加価値を生み出していくために、産学官で協働して基礎研究から社会実装に向けた開発を行うと同時に、技術進展がもたらす社会への影響や人間及び社会の在り方に対する洞察を深めながら、中長期的視野から超スマート社会サービスプラットフォームの構築に必要な基盤技術の強化を図る。

重点的に推進すべき研究開発の取組（概要）：

「次世代アーキテクチャと革新的なハードウェアの研究開発」

様々なモノがインターネットにつながる IoT 社会を迎えて、多様なニーズに応える革新的な計算環境を構築し、その利用を推進することで、我が国の科学技術の発展、産業競争力の強化、安全・安心な社会の構築に貢献する。

本課題が関係するアウトプット指標：

情報科学技術分野における研究開発の論文数、学会発表数

本課題が関係するアウトカム指標：

各研究機関において実施される研究開発の進捗状況

3. 評価結果

(1) 課題の達成状況

<概要>

スーパーコンピュータ「京」(以下、「京」)は、科学技術・学術審議会下での議論等を踏まえ、平成18年度より開発プロジェクトが開始された。平成22年、「特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律」(平成6年法律第78号、以下「共用法」という。)に基づく特定高速電子計算機施設の設置者である理化学研究所計算科学研究機構(AICS)(現・計算科学研究センター(R-CCS))へ開発された筐体の搬入が開始され、システム開発途中ではあったものの、平成23年6月・11月のスーパーコンピュータランキング(TOP500)で1位を獲得し、平成24年9月より共用が開始され、約7年にわたり安定的に運用された。(その後、スーパーコンピュータ「富岳」設置のため、令和元年8月にシャットダウンされた。)

「京」の特徴として、我が国を代表し、世界トップレベルの高い計算性能と幅広い分野への汎用性を有するフラッグシップシステムであり、第3期並びに第4期「科学技術基本計画」に記載される国家の基幹的な技術である次世代スーパーコンピュータ技術の中心的存在として、我が国の計算科学・計算機科学を発展させるとともに、科学技術の発展や産業競争力の強化に貢献した。

なお、「京」の開発については、既に、平成25年度に文部科学省(情報科学技術委員会)及び内閣府(総合科学技術会議)にて事後評価を実施しているため、本評価については、「京」の運営(運用および利用促進)を中心に評価するものとする。

<主な成果>

- ・ 全体での稼働率は93%(最後の通年運用である平成30年度は98.5%)と高い水準で運用されるとともに、インターコネクト技術の活用やアプリケーション実行の高性能化・高信頼化及びスケラビリティを担保した運用を実施した。
- ・ 中立・公平な利用者選定の実施とともに、公募回数の拡大やオープンソフトウェア(OSS)の利用環境整備、講習会を通じた利用促進によって、利用者はのべ約11,100人(うち3割弱が産業界利用者、利用企業数200社以上)と多数利用された。
- ・ 「京」でなければ成し得なかった成果として、例えば、心臓シミュレータがあげられる。医学的見地からも分子・細胞レベルに基づく心臓シミュレーションが必須であると考えられてきたが、「京」以前は、マルチスケールシミュレーションに関する理論面からの研究開発が中心であった。「京」によって、心臓モデルを構成する数百万個の細胞モデルについて、分子の動きから心臓の働きを再現するというマルチスケール心臓シミュレーションが大きく前進した(「京」以前では計算に年単位の時間がかかることから事実上不可能であったが、「京」により拍動1回分の計算が1日で実行可能となった。)
- ・ 細胞を構成する分子から心拍動までを繋ぐマルチスケール心臓シミュレーションは、計算科学の歴史でも類を見ないものであるとともに、心筋症等の病態解明への道を拓く成果でもある。令和2年現在では、「京」の大規模シミュレーションによって得られた心電

図等をデータベース化し、薬の副反応等の予測に貢献する「心毒性ハザードマップ」として公開するとともに、ペースメーカーを埋め込んだ後の動作予測や先天性心疾患の術後予測等の実用化に向けた臨床研究が進んでいる。

- ・ また、我が国が直面する重要な課題である台風・豪雨予測についても、「京」によって世界で初めて超高解像度（水平格子間隔 1km 未満）での全球シミュレーションに成功した。これまでの全球シミュレーションでは再現が難しかった積乱雲をリアルに表現できるようになっており、こうした知見は実際の予報の精度向上にも活かされている。令和 2 年、「富岳」によって、全球気象シミュレーションとデータ同化の複合計算が過去に例を見ないほどの規模（世界の気象機関が日々行っている気象予測のおよそ 500 倍）で実施され、ゴードン・ベル賞のファイナリストに選出されたほか、令和 2 年 7 月豪雨で発生した線状降水帯を高精度に予測した研究も実施されている。これらの研究課題は気象庁気象研究所の参画あるいは連携協力のもとで進められており、将来の予報に更なる革新をもたらすことが期待される。
- ・ さらに、地震・津波による災害については、「京」を用いたシミュレーションにより、内閣府・自治体などの防災システムに実装しうる、過去の被害経験からでは予測困難な複合災害のための統合的予測システムを構築した。本システムは、想定された地震が引き起こす都市全域の地震動と被害を計算することで、従来の地震災害とは一線を画す、科学的合理性の高い地震災害の評価を可能とするものである。構成する地震波動の数値解析コンポーネントは、極めて高い計算性能を発揮し、計算科学・計算機科学の分野でも評価され、平成 26 年、平成 27 年、平成 30 年のゴードン・ベル賞のファイナリストに選出されている。今後、「富岳」を活用することで、重要インフラや都市全体を襲う地震動をより高い分解能・信頼度で評価することが可能となり、政府や産業界での活用に繋がる成果の創出が期待される。
- ・ 上記のほか、世界最大規模のシミュレーションによるダークマター進化過程の解明といった基礎科学の解明に係る重要な成果をあげた。また、他の先端大型研究施設と連携した、グリップ性能と低燃費性能を両立したタイヤ素材の開発や燃料電池として有力な水素電池の電解質膜の開発への貢献といった我が国の産業競争力の強化につながる成果をあげた。これらはいずれも「京」でなければ到達しえない成果であり、我が国が直面する課題の解決に資すると同時に、科学技術の新たな発見をもたらした。
- ・ また、平成 27 年度より、ポスト「京」研究開発枠が設けられ、ポスト「京」（「富岳」の開発に「京」の計算資源の一部が充てられるようになり、「富岳」の開発プロジェクトの中核の一つであるシステムとアプリケーションの協調開発（“Co-design”（コ・デザイン））の実施に必要な不可欠な研究基盤として機能した。
- ・ 『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 事後評価結果』にも記載しているとおり、9 つの重点課題と 4 つの萌芽的課題に関する研究開発が実施され「京」を用いたシミュレーションによって、様々な分野において多くの画期的な成果が生み出されてきた。なお、「富岳」において、これらのアプリケーションは令和 2 年 11 月時点でほぼ全てにおいて目標を超える性能倍率を達成している。
- ・ また「京」は平成 24 年の共用開始後から、国立大学・国立研究開発法人のスーパーコンピュータやストレージと高速ネットワーク（SINET）で繋がれ、ユーザ窓口を一元化し

た、多様な利用者のニーズに応える利便性の高い研究基盤（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））の中心的な構成要素として、他の計算資源などと一体的に運用された。その中で「京」は約7年間運用され、計算資源量については、時の経過とともに「京」を上回る計算機が現れたものの、計算科学の研究開発の推進、分野連携や産学連携の推進にあたり、中心的な役割を果たした。

- ・ 「京」と大型放射光施設“SPring-8”、X線自由電子レーザー施設“SACLA”等の大型研究施設との連携活用を進め、シミュレーションと実験的手法の特性を相互に補う成果の創出に繋がった。
- ・ 若手研究者枠の設定や各種講習会の開催、国内外の研究機関との連携等により計算科学・計算機科学の推進に必要な人材が育成された。

以上のことから、「京」の運用により、「京」でしかなし得なかった成果を創出しただけでなく、利用者や利用分野の裾野拡大、計算科学・計算機科学の推進に必要な人材の育成、次世代のフラッグシップ計算機である「富岳」に繋がる貢献、我が国の情報基盤の包括的な構築等情報科学全体に貢献したと考えられる。

（2）各観点の再評価

＜必要性＞

評価項目

研究開発基盤としてのスーパーコンピュータ「京」の共用促進

評価基準

推進体制とマネジメント体制の在り方、利用者視点での共用促進、利用者の拡大（産業利用を含む）、有償利用・利用支援・利用者選定の在り方が適切なものであること。

【推進体制とマネジメント体制の在り方】

- ・ R-CCSにおける「京」の運用及び共用法に基づく登録施設利用促進機関（登録機関）である一般財団法人高度情報科学技術研究機構（RIST）における利用促進については、共用法及び「特定高速電子計算機施設の共用の促進に関する基本的な方針」（平成23年文部科学省告示第120号）に基づき適切に行われた。

【利用者視点での共用促進】

- ・ 中立・公平な利用者選定が行われるとともに、研究者等との意見交換等を踏まえ、広く一般ユーザの利便性の向上に向けた取組が行われた。具体的には、待機時間に準拠したジョブスケジューリングアルゴリズムの開発、ユーザコミュニティであるHPCIコンソーシアムとの協力体制の構築、公募回数の増加、ユーザへのアンケート実施・要望反映（OSSの利用環境整備等）などである。
- ・ 特に、「京」を中核とするHPCIが構築され、我が国全体の計算資源として、利用者視点での計算科学推進の環境がオールジャパンで整ったことは極めて大きな成果である。一つの共通窓口で利用相談等を受けつけるワンストップサービスや、「京」を含めて申請者の希望する計算資源を複数選択可能とするなど、ユーザの利便性向上が図られた。

【利用者の拡大】

- ・ 利用者視点での共用促進により、共用開始から終了までに、のべ 11,100 人以上（うち、3 割弱が産業界利用者）に利用され、研究基盤として大きな役割を果たした。
 - ・ 産業利用については、ニーズの高まりに対応し専用利用枠を拡大する（平成 24 年度 5% →平成 26 年度 8%→平成 27 年度 10%→平成 28 年度 15%、平成 29 年度後半以降は一般利用枠（45%）の内数として設置）とともに、相談窓口の設置、講習会、アプリ利用環境整備、審査基準の整備、成果専有（成果非公開）利用制度の導入など、利用促進のための積極的な取組が行われ、累計 312 課題（平成 24 年～令和元年度）が採択・利用された。
 - ・ 産業利用の成果の自社活用・展開に関するアンケート調査が実施され、6 割以上から成果活用・展開済と回答を得た。また、利用報告書のダウンロード数（令和元年度末までの累計 93,000 回以上）は産業利用課題が非常に多く、HPCI を利用していない企業からも多数参照されている（東証 1 部 33 業種中 32 業種からダウンロード）。
 - ・ 特に、「京」以前ではシミュレーションの実行時間が長過ぎるために非現実的であり、実質的に不可能であった大規模計算や大量実行が、「京」によって実現可能となり、今後の研究開発の方向性の検討及び産業利用上の効果の検証が実現できたことは、産業利用上大きな成果の一つである。
 - ※ 「京」以前には産業界で困難であった大規模計算（例^{※注}）
 - 心疾患のマルチスケール・マルチフィジックスシミュレーション
 - ゴム材料を分子から見つめ直し高性能タイヤの製品化を実現
 - インシリコ創薬基盤の構築
 - 第一原理計算によるリチウムイオン電池内の正極・電解液界面での化学反応解析
 - ・ また、産業界も含めユーザの裾野が広がり、同業種の企業のコンソーシアムによる戦略的な利用体制が出現したことも成果の一つと言える。
 - 自動車次世代 CAE コンソーシアム
 - ライフインテリジェンスコンソーシアム 等
 - ・ 大型放射光施設“SPring-8”等大型実験施設との連携利用を進め、実験とシミュレーションの相互に補完する研究成果の創出等、研究の裾野を拡大した。
 - ※注：産業利用については、成果非公開型（有償）により公開不可の課題が存在
- 【有償利用】**
- ・ 産業利用の利用料金については、HPCI 準備段階コンソーシアムの「HPCI とその構築を主導するコンソーシアムの具体化に向けて-最終報告-」（平成 24 年 1 月 30 日）を踏まえ、成果公開によって科学技術の振興や新たな利用促進につなげるとともに、知的公共財として社会や国民へ還元することを目指し、成果を公開する場合には無償としている。一方、成果を非公開とする場合には、成果による恩恵をユーザが独占することに対する対価として利用料金を有償としている。利用料金の算定は運営費回収方式とし、ノード数×時間当たりで課金している。
 - ・ 「京」の共用期間（平成 24 年度～令和元年度）における利用料収入は年度当たり約 6,073 万円（累計：約 4.9 億円）であった。
 - ・ 「富岳」では「京」で培ったノウハウや有償利用制度を活用して産業利用を含む更なる多様な利用を促進していくことが重要である。
- 【利用支援】**
- ・ RIST は一元的相談窓口（ヘルプデスク）を設置し、応募前の事前相談、具体的な利用

方法に関する相談、アプリケーションの高速化などの技術支援、ポータルサイトによる各種情報提供や案内、利用講習会の実施、研究相談などワンストップサービスによる利用支援を実施した。

- ・ 特に、高度化支援については、「京」利用研究課題にて、累計 173 件（ものづくり：65 件、バイオ：14 件、物質・材料：51 件、環境：27 件 等）で支援を実施（うち約 4 割以上が産業利用課題）し、計算資源の効率的な利用、計算の大規模化に貢献するとともに得られた技術的知見・高度化事例について公開している。本件に係るアンケートでは 9 割以上の利用者が満足と回答した。

【利用者選定】

- ・ RIST は、共用法に基づいて外部有識者により構成された選定委員会及び利用研究課題審査委員会の設置等による中立・公正な利用者選定を実施する体制をとっており、多様な分野の研究者等に対して「京」の利用機会を提供した。
- ・ RIST は、選定基準や公募・採択状況等を公開しており、選定委員会の議論についても個別の申請内容や課題が特定できる情報に関わるものや、利用者選定に著しい障害となるもの以外は公表することとして、透明性の確保に努めた。

いずれの項目でも、事業は円滑に遂行されるとともに、利用者視点での利用促進の結果、「京」に対する需要は高まり、さらに「京」でなければ事実上到達しえない成果が多数生み出されており、本事業の必要性は高いと考えられる。

<有効性>

評価項目

研究成果の創出及び社会への還元

評価基準

科学的成果の創出、分かりやすい説明（費用対効果や社会的成果を含む）、広報普及活動、アプリケーション開発・普及の体制が構築されているか。

【「京」で可能となった大規模な計算の有効性】

- ・ 我が国の計算機科学の粋を集めて構築された 10PFLOPS 級、約 82,000 ノードを用いた大規模計算として、科学の発展や我が国の産業の発展、社会課題の解決に向けて、以下の大規模計算が実現された。

※「京」以前には困難であった大規模計算（例）

- 心疾患のマルチスケール・マルチフィジックスシミュレーション
- 世界最大規模の全球大気／現実大気アンサンブルデータ同化
- 都市全域の地震等自然災害シミュレーションに関する研究
- ゴム材料を分子から見つめ直し高性能タイヤの製品化を実現
- ダークマターシミュレーション
- インシリコ創薬基盤の構築
- 第一原理計算によるリチウムイオン電池内の正極・電解液界面での化学反応解析
- 全原子シミュレーションによるウイルスの分子科学の展開

- 「京」による 100,000 原子シリコン・ナノワイヤの電子状態の第一原理計算
 - 大規模・並列数値計算アルゴリズム及びライブラリの研究開発
 - 超並列分子動力学計算ソフトウェア“GENESIS”を開発
 - 乱流の直接計算に基づく次世代流体設計システムの研究開発
 - 粒子線治療における2次発がんリスク評価のための全身線量計算
- ・ 「京」により、「精度」と「サイズ・時間」という2つの軸の解像度を飛躍的に伸ばすことで、それまで不可能だった、様々な物質における原子や分子の挙動、電子の状態、生体・生命現象、天体・宇宙現象などをシミュレーションすることが可能となり、それぞれの研究分野を大きく発展させるとともに、その成果の一部は社会実装への道を拓いた。例えば、生体分子システムのシミュレーションでは、薬剤の候補物質とタンパク質（病気の原因因子）の結びつきやすさを世界最大規模で計算し、新薬候補物質の探索につながる研究が実施された。また、化学反応を予測する、電子状態の高精度な計算が可能となった。さらに、大量の観測データや実験データを計算に取り込むことが可能となったことで、例えば、地盤と建物の揺れ及びこれによる建物被害を統合した詳細な大規模シミュレーションや従来再現できなかった集中豪雨現象のシミュレーションが可能となった。
 - ・ 「京」で可能となった大規模な計算により、「予測の科学」ともいべきものが広がり、様々な分野の研究開発において、シミュレーションを活用したイノベーション創出の道が拓かれた。前述のとおり、気象分野の研究課題は気象研究所の参画あるいは連携協力のもとで実施されており、「京」で得られた成果が、実際の予報の精度向上に活かされている。
 - ・ 時間・コストの削減、製品性能の向上、従来にない設計上の最適解の探索等、産業利用上の効果の数多くが「京」により初めて実証された。最先端のスーパーコンピュータでのプログラミングやアルゴリズム構築は容易ではないことから、企業が新たな技術に挑戦する上で産業上の効果が実証されたことの意義は大きい。
 - ・ 「京」は、これまでわからなかったメカニズムを解明し、新たなサイエンスを拓く先行プラットフォームとしての役割と、数ヶ月かかる大規模計算を短時間で検証できる大きな計算リソースを擁する研究開発基盤としての役割を担う日本のフラッグシップスーパーコンピュータとして有効であった。また、「京」により、我が国の計算科学全体が底上げされ、超並列大規模計算を利用した新段階の科学手法へ導かれたとも言える。
- 【科学的成果の創出】
- ・ 「京」でなければ成し得なかった成果として前述したものを含め、世界最大規模のシミュレーションによるダークマター進化過程の解明といった基礎科学の解明、衛星データとのデータ同化による新たな気象予測技術の開発や、南海トラフ・相模トラフ地震などの将来想定される地震発生時の長周期地震動シミュレーションといった我が国の安心・安全の確保及び気象予測・防災に係る成果や、他の先端大型研究施設と連携したグリッド性能と低燃費性能を両立したタイヤ素材の開発や燃料電池として有力な水素電池の電解質膜の開発への貢献といった我が国の産業競争力の強化につながる成果があげられた。なお、「京」を用いた成果が、計算科学・計算機科学で高い評価を得た課題に授与されるゴードン・ベル賞を平成23年、24年に受賞、平成26年、27年、30年に選考過程でファイナリストに選出されるなど、国際的にも高い評価を得ている。

- ・ 平成 27 年度から開始された、ポスト「京」研究開発枠を用いた研究開発においては、『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 事後評価結果』にも記載しているとおり、9つの重点課題と4つの萌芽的課題に関する研究開発が実施され「京」を用いたシミュレーションによって、様々な分野において多くの画期的な成果が生み出されてきた。なお、これらのアプリケーションは令和2年11月時点で、「富岳」上でほぼ全てにおいて目標を超える性能倍率を達成している。
 - ・ なお「京」の一般利用枠・HPCI 戦略プログラム枠・ポスト「京」研究開発枠（重点課題・萌芽的課題）においては、令和2年3月末までに学術論文（査読付き）は国内外併せて1,425編*（利用枠間の重複を除く）、学会発表は国内外併せて3,656件*（同左）、受賞等（ゴードン・ベル賞（平成23・24年）、日本物理学会論文賞（平成26年他）、International Society for Computational Biology Fellow（平成25年）、日本気象学会山本賞（平成30年）、等）は159件であった。
- * HPCI 成果発表データベースに登録された令和2年8月26日時点のデータ

【広報普及活動】

- ・ R-CCS、RIST、HPCI 戦略プログラム／重点課題・萌芽的課題の実施機関等が連携して、広報普及の積極的な取組が行われてきた。具体的には、R-CCSからの計147件（平成23年度～令和元年度）のプレス発表による、マスメディアを通じた幅広いターゲットへの広報、ウェブやコンテンツによる深い情報の発信（成果動画をホームページ（HP）等で公開、R-CCS ホームページ を通じた広報（訪問者数：164万件以上（平成24年～令和元年度）、イベントを通じた直接対話（「京」の成果紹介・産業界での活用に向けたシンポジウム：1,641人（全7回）、一般市民向けの理解増進イベント：7,204人（全33回））、見学者の受け入れ・交流（見学者は9万人以上）、出前授業・出張講演の実施など若い世代への興味を促進する活動、マスメディアに対する研究内容や成果等に関する勉強会などである。また、国際学会（米国 SC、欧州 ISC 等）での展示や英語コンテンツの制作・発信、海外からの見学者の受け入れなど国際的な広報活動も推進した。
- ・ RIST においては、平成26年から令和2年まで年度ごとに、「京を中核とする HPCI システム利用研究課題成果報告会」を開催し、優れた課題の成果について広く発信した。外部有識者によるサイエンスレビューを実施し、本成果報告会で優秀な課題を表彰するとともに、成果事例集を発行している。また、HPCI 利用報告書を公開し、成果をまとめた形で速報している。令和元年度末までに利用報告書は9万回以上ダウンロード（海外80の国又は地域からダウンロード）され、注目の高い利用報告書はダウンロード数トップ20としてホームページで公開されている。また、「京」の年度ごとの運用状況・成果をまとめた年報、「京算百景」といった広報誌を発行し、一般にもわかりやすい広報に努めた。

【アプリケーション開発・普及の体制の構築】

- ・ R-CCS においては、研究基盤研究として、「京」に合わせて最適化したソフトウェア（アプリケーション・ライブラリ・コンパイラ）を開発・公開（30本）して、提供しており、それらは海外も含め大学や研究機関、公的機関、民間企業において活用された（例：並列プログラミング言語 XcalableMP およびコンパイラ Omni XcalableMP、高性能固有値ソ

ルバ EigenExa、大規模可視化システム HIVE、生体高分子材料向け分子動力学シミュレーションソフトウェア GENESIS、分子科学計算ソフトウェア NTChem、強相関量子系ソルバーSCQS、複合流体ソフトウェア CUBE、次世代気象気候科学基盤ライブラリ SCALE、離散事象ソフトウェア OASIS、都市地震シミュレーションソフトウェア GAMERA、粒子系シミュレーションソフトウェア FDPS)。

- ・ HPCI 戦略プログラム等で「京」を用いて開発されたアプリケーションは、RISTにより、ニーズに応じて HPCI を構成する第2階層の計算資源へ移植され、「京」を用いた成果が HPCI 全体に波及したと言える。

以上より「京」が有する約 82,000 のノード、CPU の高性能化・高信頼性技術並びにインターコネクト技術を用いた、超高並列計算及びその信頼性に基づいた安定的な運用により、これまで到達困難であった優れた科学的成果を数多く生み出した。加えて、科学的成果を得るまでの過程などで生み出された新たなソフトウェアの一部を HPCI 全体を始め海外も含め広く普及するなど、投資された成果の科学全体への還元積極的に取り組むとともに、得られた成果を国内外に積極的に広報するなど本事業の有効性は高かったと評価できる。

<効率性>

評価項目

施設の運営・整備等

評価基準

効率的・効果的な施設運営（コスト低減の取組含む）、施設設置者・登録機関・課題実施機関などとの連携・役割分担等、自己収入の努力が行われているか。

【効率的・効果的な施設運営】

- ・ 「京」は、864 の筐体と 82,944 ノードを有する世界でも類を見ない大規模スーパーコンピュータである中で、約7年間にわたり極めて安定的に稼働して（稼働率93%以上）おり、ジョブ充填率は平均75%以上と極めて効率的・効果的な運営を実施した。
- ・ この技術的背景としては、「京」の開発において、データ一貫性のためのチェック・訂正および再実行の機能を随所に備えること等によりアプリケーション実行における高性能化・高信頼性を実現したこと、計算ノード間ネットワークに超大規模接続が可能な Tofu (Torus fusion) インターコネクトを新たに開発・搭載したことや、Linux をベースとした OS、科学技術分野で広く使われている Fortran、C/C++などの言語環境、さらに並列化用の標準ライブラリである MPIなどをサポートしたことにより、汎用性と高いスケラビリティを実現したこと等が挙げられる。
- ・ また運用の改善として、有償課題等に対するジョブ実行の優遇方法の変更、大規模実行期間のジョブ実行の運用方法見直し、「京」と外部との間で高速なデータ転送が可能なリファレンス環境の構築及び拡充、運用ソフトウェアと独立したジョブ管理支援機能の提供、ジョブスケジューリングの改善、ニーズの高い OSS の重点整備、保守作業時間の短縮、ジョブの待ち時間に関する詳細情報の提供、ジョブ実行環境の最適化、ソースコード解析ツールの開発、故障率の高いハードディスクを除外した運用、ジョブ実行待ち

時間の改善などを積極的に実施した。

- ・ また、電力料金の高騰への対応として、R-CCS はガス発電の併用によるコスト最適化、大規模ジョブの事前確認など契約電力超過の防止対策、保守経費や建屋設備の維持管理の見直し、冷凍機と蓄熱槽の効率運用等を実施した。その結果として、平成 25 年度と平成 29 年度の年間平均消費電力を比較すると 1 MW 以上の削減を実現している。
- ・ これらは、大規模並列計算機システムの構築と運用の実施例として、我が国の計算機科学技術の向上にも大きく貢献した。
- ・ RIST においては、「京」の運用によって年毎に拡大する利用者及びその業務に対して、ヘルプデスク人員の効率化やニーズに合わせたワークショップ等の開催調整、職員のスキルアップ等による効率的な業務遂行を実施した。

【関係機関の連携・役割分担等】

- ・ R-CCS 及び RIST は、連携協力協定を締結し、定期的な連絡会等により、利用状況や利用支援に関する情報の共有を図っており、HPCI コンソーシアムからの提言等について、制度や運用体制等の見直しが行われた。

【自己収入の努力】

- ・ 利用料収入については、累計で約 4.9 億円となっている。このほか、R-CCS は外部資金（競争的資金含む）の獲得についても積極的に活動しており、令和元年度までに累計約 72 億円となっている。

<その他>

評価項目

研究教育拠点の形成

評価基準

国際協力・国際貢献、他の大型研究施設等との連携、計算機科学と計算科学の双方に精通する人材の育成（大学等との連携含む）、地元自治体等との連携

【国際協力・国際貢献】

- ・ R-CCS は、計算機科学及び計算科学の中核拠点として、国内外の大学・研究機関と連携関係を積極的に推進している。協定については半数以上（24/43 件）が海外の研究機関との締結であり、政府間の協力関係にとどまらず、海外機関との積極的な連携関係を構築している。アジア・オセアニア地域においては、ASEAN 諸国の計算科学の発展を通じた各分野での課題解決に協力するなど、国際的な取組を実施している。
- ・ RIST では、欧州の PRACE や米国の XSEDE、シンガポール国立スーパーコンピューティングセンター（NSCC）と協力の覚書を締結し、スーパーコンピュータの共用促進に係る積極的な情報交換を実施した。

【他の大型研究施設等との連携】

- ・ 同県内に設置されている大型放射光施設“SPring-8”、X 線自由電子レーザー施設“SACLA”を中心として、大型研究施設を複数連携活用した成果が得られている。例えばグリップ性能と低燃費性能を両立したタイヤ素材の開発であり、シミュレーションと実

験的手法の特性を相互に補う成果の創出に繋がった。

- ・ R-CCS では、引き続き「京」の後継機である「富岳」と他の大型研究施設との高速・高性能ビッグデータ処理システムの構築等の研究開発を実施しており、積極的な連携体制を構築している。

【計算機科学と計算科学の双方に精通する人材の育成】

- ・ R-CCS では、計算科学・計算機科学に関する国際的な研究拠点の一角を担うとともに、国内の教育機関との連携、インターンシップによる国内外の学生の積極的な受け入れ、連携講座の設置等を通じ、計算科学・計算機科学の推進に必要な人材の育成等に取り組んだ。また RIST においては、初級者から上級者までを対象に、幅広い利用技術のレベルやニーズに応える講習会・ワークショップ等の実施による受講者のスキルアップを通じて、人材育成に取り組んだ。
- ・ 共用開始時より若手人材育成のために「京」の一般利用枠に5%程度の資源配分枠を設けるなど、将来の計算科学研究を担う若手人材育成に取り組んだ。また、「京」を活用したアプリケーション開発・利用により各研究分野において画期的な研究成果が創出されるとともに人材が育成された。これらにより、「京」利用研究課題を通じた学位（博士）の取得や、若手研究者を対象とした多数の各種受賞につながった。さらに、小中学生を対象としたイベントや高校生・高専生を対象とした初級者向けプログラミング講習会等を実施した。

【地元自治体等との連携】

- ・ R-CCS においては、兵庫県・神戸市といった地元自治体の研究教育拠点（COE）形成推進事業等を通じ、研究成果を地域に還元した。
- ・ R-CCS に隣接している公益財団法人計算科学振興財団（FOCUS）との連携による地元団体主催の産業総合展示会への出展や地元経済団体等での講演を通じた、地元企業との連携について、積極的な取組を行った。
- ・ RIST では、「スパコン体験塾」「はじめてのプログラミング」といった人材育成・普及啓発を目的とした取組を通じ、地元教育機関とも連携した人材育成施策に継続的に取り組んだ。

以上より「京」は高いジョブ充填率で極めて安定的に運用されたとともに、継続的なコスト低減の取組を行った。また、利用体制についても、設置機関 R-CCS・登録機関 RIST は HPCI コンソーシアム等関係機関と役割分担・連携し人材育成、国際連携、地元との連携に取り組んでおり、事業は効率的に実施された。

（2）科学技術基本計画等への貢献状況

本事業は、平成 17 年科学技術・学術審議会下での計算科学技術推進ワーキンググループにて 10 ペタフロップス超級の汎用スーパーコンピュータの実現を目指すことが提言され、開発プロジェクトが開始された。第 3 期「科学技術基本計画」（平成 18 年 3 月閣議決定）では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定義され、法改正や中間評価等を踏まえ、「京」は国立大学・国立研究開発法人等有する様々なスーパーコンピュータを高速ネットワークでシームレスにユーザに提供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）のフラッグシップシステムとして整理された。第 4 期

「科学技術基本計画」（平成 23 年 8 月閣議決定）でも引き続き、国家基幹技術として位置づけられ、平成 24 年 9 月に共用が開始となった。

その後、令和元年 8 月のシャットダウンまでの約 7 年間にわたり、のべ 1 万人以上、200 社以上の企業に利用され、我が国の安心・安全の確保、健康医療の発展、産業競争力の強化などといった様々な分野で成果を生み出した。また、「京」と同じアーキテクチャを持つ CPU を搭載したスーパーコンピュータが東京大学、名古屋大学、九州大学等に導入されるなど、「京」の技術が着実に広がっている。

「京」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るべく、令和 3 年度に全面的な共用開始が予定されている。「富岳」の開発にあたっては、「京」の計算資源が活用されるなど、本事業は、実施期間のみならず、幅広い分野の発展に貢献する情報基盤として、科学技術の発展のために果たした役割は大きいと考えられる。

（3）総合評価

本事業は、我が国に初めて設置された 10 ペタフロップス超級の汎用スーパーコンピュータの安定的な運用及び中立・公正な利用促進という前例のない事業であった。計算機科学に基づく技術的な裏付け、運用の工夫・継続的な改善、各機関の緊密な連携等を通じ、「京」は運用期間を通じて極めて安定的・効率的に運用され、大学・国研等の研究者のみならず産業界を含む幅広い利用者に活用されたスーパーコンピュータであったといえる。

安定的かつ効率的な運用、高い汎用性を活かし、医学、化学、物質科学、気象・防災、生命科学、ものづくりなど広範囲な分野において、「京」でなければなしえなかった画期的な成果が多数創出された。圧倒的な計算能力と汎用性により、幅広い分野の研究開発の先端を切り拓いただけでなく、我が国の計算科学技術全体を底上げするとともに、高いビッグデータ処理性能を活かしてデータマイニングなど新しい研究領域にも HPC の利用を拡大した。

また、「富岳」は、システムとアプリケーションが協調的に開発（Co-design）されており、また「京」を活用してアプリケーションが開発又は高度化・最適化されていたからこそ、令和 2 年 4 月からの新型コロナウイルス対策に資する研究開発を「富岳」で緊急的に実施するにあたって、成果を早期に創出することができた。これは、計算機科学の視点からも高く評価される。

産業界の利用促進に努め、中には成果が社会実装され商品化に繋がった事例もあり、スーパーコンピュータによる産業技術の発展に寄与した。

「京」の開発・運用を通じ、開発・運用とともに高度化研究を行う計算科学拠点が形成され、国内外の大学等教育機関や研究機関との連携により技術の波及や人材育成、産業連携、国際連携等が進んだ。また、「京」を活用したアプリケーション開発・利用により各研究分野において画期的な研究成果が創出されるとともに、計算科学分野の人材が育成された。これらにより、「京」が計算科学及び計算機科学全体の発展に果たした役割は大きいといえる。

（4）今後の展望

「京」の後継機となる「富岳」(ポスト「京」)の開発が平成26年度から開始され、文部科学省並びに内閣府(総合科学技術・イノベーション会議)での評価を踏まえ、整備が進められ、令和3年3月の共用開始が予定されている。「富岳」は、「京」での技術を一部踏襲しつつも、Co-designのもと、近年のAIやデータ科学といった新たな潮流にも対応したスーパーコンピュータであり、共用開始前にスーパーコンピュータランキングで4項目(TOP500(単純計算性能)、HPCG(アプリケーション性能)、Graph500(ビッグデータ処理性能)、HPL-AI(人工知能性能))で2期(令和2年6月、11月)連続1位を獲得するなど、開発の成果が共用開始前から表れている。また令和2年4月より、様々なアプリケーション活用のもと、「富岳」の一部を活用して新型コロナウイルス対策研究を実施しており、「Society 5.0」の中心を担う計算基盤として成果が早くも創出され始めている。

現在、共用開始に向けて整備を進めるとともに、「スーパーコンピュータ「富岳」利活用促進の基本方針」に沿って「富岳」の登録機関であるRISTとR-CCSが連携し、利用制度の詳細設計を検討している。

これまでの「京」の運営実績等を踏まえ、今後の「富岳」の運営に係る展望を以下に記載する。

- 「富岳」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、最高で「京」の100倍のアプリケーション実行性能を持つスーパーコンピュータとして開発されたものである。今後は、その高い性能を活かした成果、「富岳」ならではの新しい科学技術が継続的に生み出されることが望まれる。
- 一方で、HPC利用の裾野を拡大し、幅広い研究分野でのイノベーション創出に貢献する観点からは、より使いやすい制度、初級者等への手厚い支援、将来を担う若手人材の育成等に努めることも期待したい。「富岳」のみならず、HPCI全体の計算資源を活用して、関係機関が連携のうえ、戦略的な対応を検討すべきである。
- 「富岳」の利活用については、従来の超大規模並列シミュレーションのみならず、AI・データサイエンスとの連携・融合による新たな手法を通じたブレイクスルーを各分野に生み出すとともに、共用法の趣旨である科学技術の振興に貢献することは勿論、サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させたシステムの実現など、我が国全体のイノベーションを推進する「Society 5.0」の実現に不可欠な情報基盤として運用されることを期待したい。
- 運用については、「京」の運用時に蓄積されたノウハウを「富岳」へも活用し、高い稼働率・ジョブ充填率等により、計算資源が最大限ユーザに配分できるように計算機科学の側面からも新しい挑戦を続けることを期待したい。幅広い利用分野により画期的な成果が創出されるよう、引き続き「富岳」の利用環境向上に努めることを期待するとともに、「富岳」の利用方法についても従来の利用方法のみならず、現在、連携機関とともに検討・技術検証が進行しているクラウド的利用についても引き続き検討を進めるべきである。クラウド的利用が先行実施されている各大学情報基盤センター等の取組での知見も踏まえ、「富岳」の利用が促進されるような方式が実装されることを期待したい。また、消費される電気量の増大に伴う運用費増加が想定されるため、「京」運用時に引き続き、消費電力低減に資する取組が実施されることを期待したい。また、

利用者拡大を適切に図った結果として生じる自己収入の増加も含め、更に効率・効果的な運用を期待したい。

- 産業利用については、「富岳」では Arm アーキテクチャを採用した“A64FX”の搭載等により、「京」と比較して、更なる利用促進が期待できる。「Society 5.0」社会の実現に向け、様々なユーザが利用できるよう、引き続き丁寧な利用支援にあたりるとともに、得られた成果については積極的に広報されることを期待したい。
- 「富岳」を含む我が国の情報基盤である HPCI が全体として引き続き緊密に連携され、「富岳」での成果が我が国全体の計算基盤に対し、様々な形で還元されるとともに、大学情報基盤センター等の知見も「富岳」の運用に活用されることを期待したい。
- 「富岳」以降の中長期的な計算基盤の在り方については、文部科学省に設置された有識者会議（次世代計算基盤検討部会）でも議論が開始されているが、アカデミア等でも次世代を担う若手研究者を中心に議論が始まっている。計算機科学・計算科学の中長期的な展望についても「富岳」を活用した検証が実施され、上記在り方の議論に活かされることを期待したい。

情報科学技術に関する
研究開発課題の事後評価結果①
(案)

令和3年4月

科学技術・学術審議会

研究計画・評価分科会

(以下、【資料4-2-1】に同じ)

情報科学技術に関する 研究開発課題の中間評価結果①

令和3年2月

情報委員会

情報委員会 委員名簿

(敬称略、50音順)

| | |
|---------|--|
| 乾 健太郎 | 東北大学大学院情報科学研究科教授 |
| 井上 由里子 | 一橋大学大学院法学研究科教授 |
| 上田 修功 | 日本電信電話株式会社コミュニケーション科学基礎研究所上田特別研究室長／NTT フェロー |
| | 理化学研究所革新知能統合研究センター副センター長 |
| 奥野 恭史 | 京都大学大学院医学研究科ビッグデータ医科学分野教授 |
| 梶田 将司 | 京都大学情報環境機構 IT 企画室教授 |
| 来住 伸子 | 津田塾大学学芸学部情報科学科教授 |
| ※喜連川 優 | 情報・システム研究機構国立情報学研究所長 |
| | 東京大学生産技術研究所教授 |
| 鬼頭 周 | ソフトバンク株式会社事業開発統括顧問 |
| | サイバーリーズン・ジャパン株式会社 CTO |
| 栗原 和枝 | 東北大学未来科学技術共同研究センター教授 |
| 佐古 和恵 | 早稲田大学基幹理工学部情報理工学科教授 |
| ※田浦 健次朗 | 東京大学情報基盤センター長 |
| 瀧 寛和 | 和歌山大学前学長／学術情報センター長 |
| 辻 ゆかり | NTT アドバンステクノロジー株式会社取締役／ネットワークイノベーション事業本部副本部長 |
| 津田 宏治 | 東京大学大学院新領域創成科学研究科教授 |
| ◎西尾 章治郎 | 大阪大学総長 |
| 長谷山 美紀 | 北海道大学副学長／大学院情報科学研究院長／教授 |
| 引原 隆士 | 京都大学図書館機構長／附属図書館長 |
| 福田 雅樹 | 大阪大学社会技術共創研究センター教授／副センター長／総合研究部門長／大学院法学研究科教授 |
| 八木 康史 | 大阪大学産業科学研究所複合知能メディア研究分野教授 |
| 安浦 寛人 | 九州大学名誉教授 |
| 若目田 光生 | 日本経済団体連合会デジタルエコノミー推進委員会企画部会データ戦略ワーキンググループ主査 |
| | 株式会社日本総合研究所リサーチ・コンサルティング部門上席主任研究員 |

(令和3年2月現在)

◎：主査 ○：主査代理

※：利害関係者のため審議には加わらない。

H P C I 計画推進委員会 委員

(敬称略、50音順)

| | | |
|----|--------|---|
| 伊藤 | 公平 | 慶應義塾大学工学部物理情報工学科 教授 |
| 伊藤 | 宏幸 | ダイキン工業株式会社・テクノロジー・イノベーションセンター リサーチ・コーディネーター |
| 上田 | 修功 | 理化学研究所 革新知能統合研究センター 副センター長／NTT コミュニケーション科学基礎研究所 フェロー・上田特別研究室長 |
| 梅谷 | 浩之 | トヨタ自動車株式会社 I T 革新推進室 主幹／株式会社トヨタシステムズ C A E 部 部長 |
| 大石 | 進一 | 早稲田大学理工学術院 教授 |
| ※ | 小柳 義夫 | 東京大学名誉教授／高度情報科学技術研究機構神戸センターサイエンスアドバイザー |
| ※ | 喜連川 優 | 情報・システム研究機構国立情報学研究所 所長 |
| | 小林 広明 | 東北大学大学院情報科学研究科 教授／東北大学サイバーサイエンスセンター センター長特別補佐／東北大学総長特別補佐 (ICT 革新担当) |
| ※ | 田浦 健次郎 | 東京大学情報基盤センター センター長 |
| | 土井 美和子 | 情報通信研究機構 監事／奈良先端科学技術大学院大学理事 |
| | 中川 八穂子 | 株式会社日立製作所研究開発グループデジタルテクノロジーイノベーションセンター シニアプロジェクトマネージャ |
| ○ | 藤井 孝藏 | 東京理科大学工学部情報工学科 教授 |
| ◎ | 安浦 寛人 | 九州大学 名誉教授 |

令和2年10月現在

◎ : 主査 ○ : 主査代理 ※ : 利害関係者のため審議には加わらない。

1. 背景等

- 運用開始（平成 24 年 9 月末）からの事業について中間評価を行う。
- 具体的には、前回の中間評価時（平成 27 年度）における評価項目を中心に改めて対応状況等について確認・評価を行う。また、令和 3 年度に予定されている「富岳」の運用開始や HPCI を構成する情報基盤センター等で今後見込まれるシステムの導入等を踏まえた HPCI のあり方について検討を行う。

2. 事業目的

我が国の計算科学技術を推進するため、スーパーコンピュータ「京」及びスーパーコンピュータ「富岳」を中核とする 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利用体制を整備し、画期的な研究成果の創出に向けた利用を促進する。

HPCI は、高速ネットワークにより「京」及び「富岳」を中核として国内の大学等のシステムや共用ストレージを結んだシームレスな利用を実現する計算環境の構築により、世界トップクラスのスーパーコンピュータやその他の計算資源をユーザが容易に利用できる計算科学技術環境を実現するものであり、多様なユーザーニーズに応えるとともに全てのユーザに開かれた革新的な計算環境として、計算したデータの共有や、共同での分析等を可能にした計算資源を多くのユーザの利用に供するものである。これを適切に運用し利用を推進することで画期的な研究成果を創出し、科学技術の発展や産業競争力強化に資するとともに、人材育成やスーパーコンピューティングの裾野の拡大にも貢献することを目的とする。

3. 事業概要等

(1) 概要

9 大学情報基盤センター等のシステム及び共用ストレージの計算資源に全国の利用者が一つのユーザアカウントによりアクセス可能とした HPCI システムを、安定的かつ利便性高く運用するとともに、利用を促進し、また産業利用促進等のための利用者支援を実施。

(2) 機能及び実施機関

a) HPCI 運営企画・調整（高度情報科学技術研究機構）

- ・ より効率的・効果的な HPCI の運営の実現、及び今後の運営の在り方に関する調査検討
- ・ 技術面での統括的業務、HPCI システムの構成機関等との調整業務、HPCI システムの構成機関による連携協力体制の構築

b) HPCI システム運用

- ・ 認証局の設置、運用及び保守
(国立情報学研究所)
- ・ HPCI 共用ストレージの運用及び保守
(東京大学、理化学研究所、筑波大学)

c) HPCI の利用促進

- ・ 計算資源提供機関との調整、利用負担金支払業務、課題選定及び共通窓口の運用、ユーザ管理システムの運用・保守
(高度情報科学技術研究機構)
- ・ 利用支援及び産業利用促進、アクセスポイントの設置・運用
(高度情報科学技術研究機構、計算科学振興財団)

※ 9 大学情報基盤センター等のシステム及び高速ネットワークの保守・運用は、各所有機関が実施。事業実施機関以外の資源提供機関等は以下のとおり。

- ・ 9 大学情報基盤センター等のシステム
北海道大学 情報基盤センター
東北大学 サイバーサイエンスセンター
筑波大学 計算科学研究センター
最先端共同 HPC 基盤施設 (JCAHPC)
東京大学 情報基盤センター
東京工業大学 学術国際情報センター
名古屋大学 情報基盤センター
京都大学 学術情報メディアセンター
大阪大学 サイバーメディアセンター
九州大学 情報基盤研究開発センター
海洋研究開発機構 地球情報基盤センター
統計数理研究所 統計科学技術センター
産業技術総合研究所
- ・ 高速ネットワーク (SINET)
国立情報学研究所

4. 予算の変遷

(単位：百万円)

| 年度 | 平成 24 (初年度) | 平成 25 | 平成 26 | 平成 27 | 平成 28 | 平成 29 | 平成 30 | 令和元 | 令和 2 |
|-----|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 予算額 | 1,856 | 2,318 | 1,518 | 1,379 | 1,418 | 1,428 | 1,473 | 2,059 | 1,999 |

(参考) 上記のほか、「京」を中核とする HPCI の産業利用支援・裾野拡大のための施設拡充」として平成 24 年度補正予算で 79 億円を措置

5. 評価項目及び視点等

評価に際しては前回の中間評価等を踏まえ、以下の項目を中心に評価を行う。

(1) 進捗状況及び成果等について

- ① 安定的かつ利便性の高い運営
- ② 産業界を含めた利用者の拡大
- ③ 利用分野の拡大
- ④ シミュレーションの大規模化
- ⑤ 成果創出

(2) 体制について

ユーザ視点からの推進を目的とした一般社団法人 HPCI コンソーシアム及び HPCI 計画推進委員会等との連携。

(3) 成果の利活用について

HPCI から生まれる成果の効果的な広報。

(4) その他

中間評価票

(令和3年2月現在)

| |
|--|
| 1. 課題名 HPCI の運営 |
| 2. 研究開発計画との関係 |
| <p>施策目標：未来社会を見据えた先端基盤技術の強化</p> <p>大目標（概要）：ICT を最大限に活用し、サイバー空間とフィジカル空間（現実世界）とを融合させた取組により、人々に豊かさをもたらす「超スマート社会」を未来社会の姿として共有し、その実現に向けた一連の取組を更に深化させつつ「Society 5.0」として強力に推進し、世界に先駆けて超スマート社会を実現していく。このため、国は、超スマート社会サービスプラットフォームの構築に必要な基盤技術及び個別システムにおいて新たな価値創出のコアとなり現実世界で機能する基盤技術について強化を図る。</p> <p>中目標（概要）：我が国が世界に先駆けて超スマート社会を形成し、ビッグデータ等から付加価値を生み出していくために、産学官で協働して基礎研究から社会実装に向けた開発を行うと同時に、技術進展がもたらす社会への影響や人間及び社会の在り方に対する洞察を深めながら、中長期的視野から超スマート社会サービスプラットフォームの構築に必要な基盤技術の強化を図る。</p> <p>重点的に推進すべき研究開発の取組（概要）： 「次世代アーキテクチャと革新的なハードウェアの研究開発」 様々なモノがインターネットにつながる IoT 社会を迎えて、多様なニーズに応える革新的な計算環境を構築し、その利用を推進することで、我が国の科学技術の発展、産業競争力の強化、安全・安心な社会の構築に貢献する。</p> <p>本課題が関係するアウトプット指標： 情報科学技術分野における研究開発の論文数、学会発表数</p> <p>本課題が関係するアウトカム指標： 各研究機関において実施される研究開発の進捗状況</p> |
| 3. 評価結果 |
| <p>(1) 課題の進捗状況</p> <p><概要></p> <p>HPCI (High Performance Computing Infrastructure: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) の運営は、スーパーコンピュータ「京」(※令和元年8月運用</p> |

終了)及びその後継フラッグシップ計算機であるスーパーコンピュータ「富岳」(※令和3年度本格運用開始予定)を中核として、国立大学・国立研究開発法人のスーパーコンピュータやストレージを高速ネットワーク(SINET)で繋ぎ、ユーザ窓口を一元化した、多様な利用者のニーズに応える利便性の高い研究基盤として、HPCIシステムの運用を行うものである。関係機関が連携し効率的・効果的・安定的に運営されており、以下の通り、中間評価の視点に示す成果目標に対して、全体として着実に進捗していると評価できる。

I. 進捗状況及び成果等について

① 安定的かつ利便性の高い運営

国立大学・国立研究開発法人等の計算資源提供機関との連携により、システム障害に対する影響を極力最小限に抑えるとともに、一般財団法人高度情報科学技術研究機構(RIST)内に設置された各種委員会やHPCIシステム構成機関等が参加するHPCI連携サービス委員会での議論のもと、事業の進捗・方針を確認・管理している。また、認証基盤システムにおいて、不正アクセスは発生しておらず、ネットワーク・サーバ障害については、迅速な原因究明・復旧作業を実施している。共用ストレージについても、我が国の東西二拠点設置によるデータの安全性確保は、システム調整等によるデータへのアクセス不可等の研究の進捗を阻害する要因を排除するものであり、平成30年10月以降読み出し書き込みサービスを一度も途絶えることなく連続稼働する(令和2年8月31日現在)など安定的な運営を実現している。計算資源についても、“Oakforest-PACS”(最先端共同HPC基盤施設(JCAHPC))及び“ABCI”(産業技術総合研究所)が追加されるなど、HPCIシステムの計算資源の多様性についても適宜対応されており、利用者の研究開発のニーズにあわせて本事業への提供計算資源の総量も「京」を除いた理論演算性能換算で令和2年度には平成26年度の約15倍になるなど拡大を続けている。令和2年初頭から新型コロナウイルス感染症が拡大する事態を受けて、対面対応が必要な利用手続きの遠隔ベース化の運用を試行的に開始するなど、利用者環境の変化にも柔軟に対応している。

また、我が国のフラッグシップ計算機である「京」から「富岳」への移行の端境期では、HPCIシステムの計算資源のあり方に係る調査・検討を実施するとともに、令和元年度及び令和2年度については、各提供機関の協力のもと、計算資源を例年以上に確保し、令和元年度には「京」を含む前年度の提供計算資源量相当の計算資源量をHPCI全体で提供可能とするなど、上記端境期の研究継続に貢献した。一方で、フラッグシップ計算機が不在となったことで、超大規模並列計算への需要への対応には課題が残った。本評価の範囲を超える事柄ではあるが、今後はフラッグシップ計算機が不在となる期間が生じないような開発・運用体制を検討する必要がある。

HPCIの中長期的な展望については、計算科学技術関連コミュニティの意見集約の場である一般社団法人HPCIコンソーシアムの「今後のHPCIシステムの構築とその利用に関する基本的考え方」(令和2年6月)にてフラッグシップ計算機の端境期が生じないように開発を行う必要性、多様なユーザーニーズに応えることができる最新鋭の計算機環境としての第二階層計算資源の整備の必要性、計算資源を提供している大学情報基盤センター等がより積極的にHPCIの運営に参画できる仕組みの構築、新規利用者・利用分野のさらなる拡大、商用アプリケーションの整備が進むような連携体制の構築などが提言されている。また文部科学省HPCI計画推進委員会「将来のHPCIの在り方に関する検討ワーキンググループ報

告書」(令和元年6月)において、より多様性を意識した HPCI の全体構成の長期的、俯瞰的視点からの検討や国際連携の推進などが提言されており、これらを踏まえて HPCI システムの発展については、今後引き続き検討する必要がある。

② 産業界を含めた利用者の拡大

利用者の拡大については、HPCI システムとして、用途(一般利用、産業利用等)毎の計算資源の枠を設けているが、「京」でも設定されていた若手人材を重視した枠を HPCI システム全体に設ける(令和元年度～)など、人材育成の観点でも、配慮した取組を実施している。また、課題あたりの計算資源の上限の設置や、申請の際に計算資源の希望を第3希望まで照会するなど、幅広い利用者に HPCI システムを公平に提供するように配慮している。結果として毎年度、100人前後の新規利用者が HPCI システムに申請・利用しており、利用者(定期募集及び随時募集利用者)は毎年1,000人を超え、HPC 利用の裾野拡大に貢献している。さらに、高度化支援を通じプログラムの移植や調整・高速化が実施され、アプリケーション等の性能改善が図られるとともに、得られた知見をホームページ上で情報共有するなど、広く社会に還元した。

産業界に対しても企業訪問をはじめとして、講習会・ワークショップが関係機関との幅広い連携のもとで実施されており、毎年度、産業界からの新規利用に結びついている。但し、産業界における利用は平成30年度には1課題あたり平均で平成24年度の3倍強の計算資源を提供するなど計算の大規模化が進む一方で、新規利用企業数の割合は近年鈍化している。引き続き産業界の利用の裾野拡大に向けた潜在的なニーズの発掘やクラウド型利用を含めた多様な利用方法の提供、デジタルツインや公的なオープンデータの活用が容易となる仕組み、産業界における成果の積極的な広報などの仕組み作りが必要である。

③、④ 利用分野の拡大・シミュレーションの大規模化

各分野のアプリケーションについては、講習会等の参加者からの要望や利用頻度等を鑑み、平成29年度より利用者ニーズを踏まえた HPCI を構成する各計算機へのアプリケーションのプリインストールや実行環境の構築等を実施するとともに、ハンズオン講習会を企画し、利用分野の拡大、及び利用の促進を実施した。また、近年は AI や並列処理に特化した GPGPU*型の計算機が増加していることから、チューニング技法を習得するコースを新設するなど、AI・データ科学へ対応した体制も一定程度構築した。利用者向けのポータルサイト上でも利用可能なアプリケーションに係る情報を適宜提供し、利用者側からも特定のアプリケーションが HPCI システム上のどの計算資源で対応可能かわかるようにするなど、様々な分野の利用者が HPCI システムを利用しやすくなるような取組を実施している。このような取組により、「京」を含めた HPCI 全体の利用者数は平成24年度からの総計でのべ約13,600人に達した。また、SPRING-8 等他の大型実験施設との連携を進め、累計117課題の連携利用課題の応募があった。

また、大規模並列計算への支援を引き続き実施している。平成29年度以降令和2年5月までに「京」を含めた HPCI 全体で80件のアプリケーションの高度化支援を実施し、プログラムの性能の改善を目的とする支援において、平均約3.6倍の性能改善を達成しており、計算資源の効率的な利用に貢献した。また、1課題あたりの利用計算資源量が増加しており、利用者が大規模計算に取り組んでいると考えられる。

※ リアルタイム画像処理向けに特化した演算装置であるGPUを画像処理以外の並列計算の目的に応用する技術のことを指す。

⑤ 成果創出

企業を含め多くの利用者がHPCIシステムを活用した研究を実施しており、システムの多様性を活かし、基礎研究から産業応用まで幅広い分野で多くの優れた成果が創出されている。「京」以外のHPCIシステムを用いた成果としては例えば以下が挙げられる。

<物理分野>

・重い原子核の分裂における非対称型の質量分布の微視的機構を密度汎関数法及び時間依存密度汎関数法を用いたシミュレーションにより解明。筑波大学のCOMA(PACS-IX)を利用。当該研究の関連論文がNature誌に掲載。当該研究で用いられた手法は、原子核物理学、原子力工学、宇宙核物理学といったスケールの異なる学際研究への貢献が期待される。

・自転車レースにおいて選手が受ける空気抵抗を効率的に計算する手法を開発し、最大72名の集団走行における最適な位置取りをシミュレーションにより明らかにした。実際の自転車レースにおける戦略立案に役立つ情報が得られた他、本手法を自動車の縦列走行に応用することで自動車の隊列走行における輸送の省エネ化にもつながると期待される。東京工業大学のTSUBAME3.0を利用(GPUによる大規模計算を前提とした計算)。

<生命科学分野>

・ヌクレオソームの全ての原子の動きを網羅的に解析し、遺伝子の動きに深く関わる2つの隣接するヌクレオソーム間相互作用の正確なシミュレーションを行うことによりDNAから遺伝情報を読み取る動的メカニズムを解明。遺伝子発現に異常をきたすガン等の治療薬の開発につながると期待される。京都大学のCRAY XC40を利用。

<宇宙分野>

・自己重力により収縮したガスの塊から生まれた星が成長するプロセスを高解像度で計算することに成功し、星の成長過程に磁場が重要な役割を果たすことを明らかにした。暗黒星雲から星が生まれ、成長して恒星となる一連の過程と惑星形成も含めたプロセスの解明が期待される。東北大学と大阪大学のSX-ACE及び海洋研究開発機構の地球シミュレータを利用(当該プログラムがベクトル計算機で効率的に動作)。

<工学・ものづくり>

・グリップ性能と低燃費性能を両立したタイヤ素材を開発するために、マルチスケールランダムモデル、FFTベースのスキーム、進化計算、自己組織化マップ、機械学習からなる多目的設計探査の実証実験を行い、タイヤゴムのフィラー充填の微細構造設計に係る重要な情報を取得。HPCIを用いた膨大な大規模計算と機械学習の組み合わせにより初めて実現。タイヤ材料の目指すべき微細構造の姿が明らかになった。東京工業大学のTSUBAME2.5を利用。

これらは、実空間における再現や実験に多大なコストがかかるか不可能な研究が多く、HPCI

を構成する多様なシステムを活用した大規模計算や機械学習によりはじめて実現可能となった成果である。HPCI 全体として、我が国全体で多様な研究ニーズと計算資源をマッチングし、幅広い分野での優れた成果の創出に繋がったと言える。なお、記載時点での情報科学分野、計算科学分野を含む「京」を除く HPCI システムでの成果による国際会議・シンポジウムでの発表 367 件、国内会議・シンポジウムでの発表 263 件、査読付き論文数は 646 件、高被引用度論文の割合（トップ 10%、トップ 1%）はそれぞれ 10.2%、1.4%で国内の科学分野全体（8.4%、1.0%）を上回っている。

II. 体制について

平成 29 年度より、「京」の登録施設利用促進機関である、RIST を代表機関として、計算資源提供機関である国立大学及び国立研究開発法人等をはじめとして各分担機関との連携のもと、効率的・効果的な運営を行ってきた。また、計算科学技術コミュニティの意見集約の場である、HPCI コンソーシアムとの連携のもと、今後の取組について協議を行い、事業を実施してきた。特に、「富岳」の開発や「京」から「富岳」への移行の端境期における計算資源の提供のあり方、「富岳」の利活用促進の基本方針の策定にあたって、HPCI コンソーシアムとの連携は重要な役割を果たしている。令和 2 年度からは、分担機関に筑波大学を追加し、共用ストレージ管理ファイルの技術開発を含めた業務を理化学研究所から筑波大学に移管して実施した。

III. 成果の利活用について

計算資源利用後の一定期間内に成果概要を報告するようにマネジメントすることで、利用から成果公開までの流れを円滑にしてきた。（成果非公開、知財権等に係る課題はその限りではない）

また、利用報告書のポータルサイトでの公開や、データベースへの登録・更新による成果公開、各種シンポジウムの開催を通じ、HPCI システムで得られた成果を効果的に広報する手段を引き続き実施してきた。利用報告書は「京」を含んで累計 13 万件を超えてダウンロードされ、広く利用された。利用報告書の公開をはじめとした各種機能は、海外ではあまり見られず、各課題の受賞実績もポータルサイトに公開するなど、先進的な取組を実施している。特許化促進の仕組みとして、利用報告書の公開を 2 年間延期できる制度も整備されている。

IV. その他

新型コロナウイルス感染症の拡大を踏まえ、本事業では、令和 2 年 4 月より新型コロナウイルス感染症対策に資する課題の臨時公募を実施した。本取組は、計算資源を保有する各計算資源提供機関の協力のもとに実現できた取組であり、事業実施の柔軟性の高さを示している。

また、I. でも記載したが HPCI の中長期的な展望については、HPCI コンソーシアム「今後の HPCI システムの構築とその利用に関する基本的考え方」、文部科学省 HPCI 計画推進委員会「将来の HPCI の在り方に関する検討ワーキンググループ報告書」（令和元年 6 月）の提言を踏まえ、令和 3 年 3 月に共用開始が予定されている「富岳」も含めた HPCI システム全体の発展について、引き続き検討する必要がある。

(2) 各観点の再評価

<必要性>

評価項目

安定的かつ利便性の高い運営、産業界を含めた利用者の拡大

評価基準

- ・ システム障害等が極力少なく安定的、かつ利用者目線で利便性の高い情報基盤となっているか。
- ・ 恒常的に利用されるとともに、利用者の数・分野の拡大がなされているか。

シミュレーションは理論、実験に並ぶ「第3の科学」とされ、科学技術の発展に貢献してきた。我が国では、フラッグシップ計算機として「京」及び「富岳」（令和3年3月共用開始予定）が開発されてきたが、フラッグシップ計算機との相互補完や計算資源の多様性の観点から、全国の大学の情報基盤センター等の計算機を高速ネットワークで接続し、全国の計算資源を効率的に利用できる HPCI が平成 24 年度より開始された。様々な特性を持った計算機を幅広い分野のユーザがシングルサインオンにより利用できる利便性の高い仕組みを実現した我が国唯一のシステムであり、システム障害もほぼ発生しない極めて安定的な運用を実現しており、我が国の科学技術・学術研究を支える重要なインフラとして高く評価できる。また、利用者数も年々増加傾向であり、「京」を含めた HPCI 全体の利用者数が平成 24 年度からの総計でのべ約 13,600 人に達した中で、拡大する利用者からの計算資源へのニーズに対して、適切に提供計算資源が拡充されている。大型実験施設との連携により、実験と計算科学の連携も促進された。HPCI の利用により、幅広い分野に大規模計算科学や機械学習を用いた研究が浸透し、利用分野、利用者の裾野拡大に貢献した。産業利用についても、計算資源利用経験が乏しい企業に対し、利用前相談や利用支援を実施することで、本事業を活用した参画企業数が事業開始当初と比べ3倍以上となった。

また、「京」から「富岳」への移行の端境期については、代表機関が計算資源提供機関との緊密な連携のもと、例年以上の計算資源を各機関から供出し、我が国全体で計算資源を確保した。さらに、若手人材に注目した枠の設置、講習会・ワークショップ等を通じた利用支援など、我が国の計算科学分野に従事する人材の育成を重視した取組を実施した。

以上より、本事業の必要性は高く、科学技術の発展、産業競争力強化に欠かせない事業である。我が国の計算科学技術のさらなる推進に貢献できるよう、引き続き多様化する利用者に寄り添い、利用者視点に立って本事業を推進していく必要がある。また、国内外のクラウド事業者が提供する計算資源の高度化や多様化、低価格化なども考慮した運用の継続的な見直しが必要となる。

<有効性>

評価項目

成果創出、事業内各機関（代表機関、分担機関、計算資源提供機関）及び利用者目線からの推進を目的とした各種機関（HPCI コンソーシアム等）との連携

評価基準

- ・ 本事業を通じて、継続的に成果が創出されているか
- ・ 計算科学技術に係るコミュニティ等との緊密な連携のもとに、事業が運営されているか。

本事業を通じて、国立大学・国立研究開発法人のスーパーコンピュータを高速ネットワーク（SINET）で繋ぎ、ユーザ窓口を一元化すること等により、様々な機能を持つスーパーコンピュータを幅広い利用者が様々な分野で活用できる環境が整備された。RISTをはじめとした本事業の分担機関及び計算資源提供機関との各種委員会・協議会をはじめとした緊密な連携により事業を実施している。特に、フラッグシップ計算機の登録施設利用促進機関である RIST が本事業の代表機関として事業を実施することにより、フラッグシップ計算機と他の HPCI システムの一体的な運営による効果的な施策が実施されている。例えば、フラッグシップ計算機と他の HPCI システムの計算資源を効果的に運用する為に、利用者に対し、複数の希望計算資源を聴取し、調整するなど事業の効果的な進捗に対する取組がされている。各種計算資源については、基本的に設置機関の運用ポリシーに沿って利用されるが、本事業下で一元的に情報提供や資源配分がなされることで、我が国全体でニーズと計算資源のマッチングが可能となり、利用者の多様な研究ニーズに対し、より有効に計算資源が活用可能となっている。

これにより、大規模計算を利用した研究開発の裾野が拡大し、多様な計算資源を活用して、幅広い分野で我が国の科学技術・学術の発展、国民生活の向上に資する優れた成果が多数創出された。

また、上記のような連携体制による事業実施を通じて、様々なアーキテクチャや構成からなるシステムの導入によりその整備や運用といった計算機科学分野の人材育成にも寄与している。特に、フラッグシップ計算機以外の HPCI システムは、比較的短時間でシステムが更新されることにより、AI やビッグデータの処理といった「第4の科学」とされるデータ駆動型科学の研究に適した計算機が新たに導入されるなど、「Society 5.0」の実現をサポートする体制が強化されている。さらに、「京」から「富岳」への移行の端境期における計算資源の補填は HPCI システムの計算資源を用いた研究全体の継続に有効に機能した。以上より、本事業の有効性は高いといえる。

<効率性>

評価項目

利用分野の拡大、シミュレーションの大規模化、HPCI から生まれる成果の効果的な広報

評価基準

- ・ 従来から利用されている分野にとどまらず、様々な分野での計算資源の有効活用
に貢献しているか、また大規模計算資源が利用できるような取組を実施しているか。
- ・ 創出された成果が効率的に周知されるような取組を実施しているか。

本事業内でのアプリケーションの高度化支援を通じ、アプリの高速化・大規模化の結果、計算資源の効率的活用や成果創出の促進に貢献するなど、効率的な事業実施を行った。計算資源へのアプリケーションのプレインストールについても、利用者のニーズ等を踏まえたアプリケーションを対象とするなど、効果的かつ効率的な取組を実施した。利用者等への講習会についても、各分担機関、計算資源提供機関との連携だけではなく、アプリケーション側の研究機関及びスーパーコンピューティング技術産業応用協議会と連携するなど、人材支援・育成を効率的に実施している。HPCI の利用により、幅広い分野に大規模計算科学や機械学習を用いた研究が浸透し、利用分野、利用者の裾野拡大に貢献した。成果報告についても、基本的には公開とし（成果非公開利用等を除く）、データベース化するなど、利用者目線での利便性の向上を継続している。こうした取り組みを通じて利用者拡大を促進した。また、諸外国の HPCI システムの動向を調査することで、計算資源配分、有償利用の実態、利用者のコスト負担に対する考え方、産業利用推進に対する考え方などを参考としてより効率的な運営の検討を実施しているなど、全体として複数の関係機関が連携し、効率的に事業を実施している。

(3) 科学技術基本計画等への貢献状況

第5期科学技術基本計画で提唱された「Society 5.0」の実現に向けて、多様な分野のビッグデータを処理・分析可能とする計算資源は我が国の情報基盤として必要不可欠であり、引き続き科学技術基本計画の実行に欠かせない事業である。

(4) 今後の研究開発の方向性

本課題は「継続」、「中止」、「方向転換」する。

理由：本事業の現状、進捗状況、必要性、有効性、効率性についてはいずれも評価できるものであり、引き続き我が国の科学技術・学術の発展を支えるインフラとして、継続すべき事業と評価できる。HPCI の利用による優れた成果が今後も創出されるよう、スーパーコンピュータの利用者はもちろん、スーパーコンピュータの整備・運用に関わる計算機科学の研究者を含め、計算科学技術を担う人材の育成に資する活動の継続、異分野間の連携を行う仕組みの構築、産業界における利用者の一層の拡大に向けた新たな方策の検討・実施など、更なる HPCI の充実が図られることを期待する。なお、引き続き、代表機関は関係機関（分担機関、計算資源提供機関等）と緊密に連携するとともに、今後の方針について認識を共有し、今後の更なる効率化等にも取り組むべきである。

(5) その他

HPCI の中長期的な展望について、前述した HPCI コンソーシアム「今後の HPCI システムの構築とその利用に関する基本的な考え方について」や文部科学省 HPCI 計画推進委員会「将来の HPCI の在り方に関する検討ワーキンググループ報告書」（令和元年6月）の提言がなされていることを踏まえ、HPCI システムの長期的な発展については、今後の我が国の科学技術を支える学術情報基盤の将来像、利用者の需要の動向、新規分野への利用拡大、新しい技術やアーキテクチャの導入の必要性、人材育成の機能強化などについて、世界的な動向も踏まえながら様々な立場からの意見を集約しつつ、今後引き続き検討する必要がある。

情報科学技術に関する
研究開発課題の中間評価結果①
(案)

令和3年4月

科学技術・学術審議会

研究計画・評価分科会

(以下、【資料4-3-1】に同じ)

情報科学技術に関する 研究開発課題の事後評価結果②

令和3年2月

情報委員会

情報委員会 委員名簿

(敬称略、50音順)

| | |
|---------|--|
| 乾 健太郎 | 東北大学大学院情報科学研究科教授 |
| 井上 由里子 | 一橋大学大学院法学研究科教授 |
| 上田 修功 | 日本電信電話株式会社コミュニケーション科学基礎研究所上田特別研究室長/NTT フェロー |
| | 理化学研究所革新知能統合研究センター副センター長 |
| ※奥野 恭史 | 京都大学大学院医学研究科ビッグデータ医科学分野教授 |
| 梶田 将司 | 京都大学情報環境機構 IT 企画室教授 |
| 来住 伸子 | 津田塾大学学芸学部情報科学科教授 |
| ○喜連川 優 | 情報・システム研究機構国立情報学研究所長 |
| | 東京大学生産技術研究所教授 |
| 鬼頭 周 | ソフトバンク株式会社事業開発統括顧問 |
| | サイバーリーズン・ジャパン株式会社 CTO |
| 栗原 和枝 | 東北大学未来科学技術共同研究センター教授 |
| 佐古 和恵 | 早稲田大学基幹理工学部情報理工学科教授 |
| 田浦 健次朗 | 東京大学情報基盤センター長 |
| 瀧 寛和 | 和歌山大学前学長/学術情報センター長 |
| 辻 ゆかり | NTT アドバンステクノロジー株式会社取締役/ネットワークイノベーション事業本部副本部長 |
| 津田 宏治 | 東京大学大学院新領域創成科学研究科教授 |
| ◎西尾 章治郎 | 大阪大学総長 |
| 長谷山 美紀 | 北海道大学副学長/大学院情報科学研究院長/教授 |
| 引原 隆士 | 京都大学図書館機構長/附属図書館長 |
| 福田 雅樹 | 大阪大学社会技術共創研究センター教授/副センター長/総合研究部門長/大学院法学研究科教授 |
| 八木 康史 | 大阪大学産業科学研究所複合知能メディア研究分野教授 |
| 安浦 寛人 | 九州大学名誉教授 |
| 若目田 光生 | 日本経済団体連合会デジタルエコノミー推進委員会企画部会データ戦略ワーキンググループ主査 |
| | 株式会社日本総合研究所リサーチ・コンサルティング部門上席主任研究員 |

(令和3年2月現在)

◎：主査 ○：主査代理

※：利害関係者のため審議には加わらない。

H P C I 計画推進委員会 委員

(敬称略、50音順)

| | | |
|-----|-------|---|
| 伊藤 | 公平 | 慶應義塾大学工学部物理情報工学科 教授 |
| 伊藤 | 宏幸 | ダイキン工業株式会社・テクノロジー・イノベーションセンター リサーチ・コーディネーター |
| 上田 | 修功 | 理化学研究所 革新知能統合研究センター 副センター長／NTT コミュニケーション科学基礎研究所 フェロー・上田特別研究室長 |
| 梅谷 | 浩之 | トヨタ自動車株式会社 I T 革新推進室 主幹／株式会社トヨタシステムズ C A E 部 部長 |
| 大石 | 進一 | 早稲田大学理工学術院 教授 |
| 小柳 | 義夫 | 東京大学名誉教授／高度情報科学技術研究機構神戸センターサイエンスアドバイザー |
| 喜連川 | 優 | 情報・システム研究機構国立情報学研究所 所長 |
| 小林 | 広明 | 東北大学大学院情報科学研究科 教授／東北大学サイバーサイエンスセンター センター長特別補佐／東北大学総長特別補佐 (ICT 革新担当) |
| 田浦 | 健次郎 | 東京大学情報基盤センター センター長 |
| 土井 | 美和子 | 情報通信研究機構 監事／奈良先端科学技術大学院大学理事 |
| 中川 | 八穂子 | 株式会社日立製作所研究開発グループデジタルテクノロジーイノベーションセンター シニアプロジェクトマネージャ |
| ○※ | 藤井 孝藏 | 東京理科大学工学部情報工学科 教授 |
| ◎ | 安浦 寛人 | 九州大学 名誉教授 |

令和2年10月現在

◎ : 主査 ○ : 主査代理 ※ : 利害関係者のため審議には加わらない。

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・研究開発事後評価に係る評価項目及び視点等について

1. 背景等

- 運用開始（平成 26 年 4 月）からの事業について事後評価を行う。
- 具体的には、前回の中間評価時（平成 29 年度）における評価項目を中心に改めて対応状況等について確認・評価を行う。
- 各課題は令和元年 12 月に開催された「富岳」成果創出加速プログラムレビュー委員会において評価を行っており、その結果を基に事業全体の評価を行う。

2. 事業目的

本事業は、「特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律」の特定高速電子計算機施設として運用されていたスーパーコンピュータ「京」（※令和元年 8 月運用終了）の後継機として、平成 26 年度から開発が開始された「ポスト「京」」（現在名称は「富岳」と決定されているため、以下「富岳」という。）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プログラムをシステムと協調的に開発（Co-design）することを目的とする。

3. 事業概要等

平成 26 年度から 9 つの重点課題、平成 28 年度から 4 つの萌芽的課題を選定し、その課題ごとに複数機関が連携体制を構築、スーパーコンピュータ「京」等の計算資源を使用しながら、「富岳」を用いて最大限の成果を創出するための研究開発を推進してきた。具体的な課題は以下のとおり。

重点課題

<健康長寿社会の実現>

- 重点 1 生体分子システムの機能制御による革新的創薬基盤の構築
- 重点 2 個別化・予防医療を支援する統合計算生命科学

<防災・環境問題>

- 重点 3 地震・津波による複合災害の統合的予測システムの構築
- 重点 4 観測ビッグデータを活用した気象と地球環境の予測の高度化

<エネルギー問題>

- 重点 5 エネルギーの高効率な創出、変換・貯蔵利用の新規基盤技術の開発
- 重点 6 革新的クリーンエネルギーシステムの実用化

<産業競争力の強化>

- 重点 7 次世代の産業を支える新機能デバイス・高性能材料の創成
- 重点 8 近未来型ものづくりを先導する革新的設計・製造プロセスの開発

<基礎科学の発展>

- 重点 9 宇宙の基本法則と進化の解明

萌芽的課題

＜基礎科学のフロンティア－極限への挑戦＞

萌芽 1－1 基礎科学の挑戦－複合・マルチスケール問題を通じた極限の探求－

萌芽 1－2 極限の探求に資する精度保証付き数値計算学の展開と超高性能計算環境の創成

萌芽 1－3 複合相関が織りなす極限マテリアル－原子スケールからのアプローチ

＜複数の社会経済現象の相互作用のモデル構築とその応用研究＞

萌芽 2－1 多層マルチ時空間スケール社会・経済シミュレーション技術の研究・開発

萌芽 2－2 堅牢な輸送システムモデルの構築と社会システムにおける最適化の実現

＜太陽系外惑星（第二の地球）の誕生と太陽系内惑星環境変動の解明＞

萌芽 3－1 生命を育む惑星の起源・進化と惑星環境の変動の解明

＜思考を実現する神経回路機構の解明と人工知能への応用＞

萌芽 4－1 脳のビッグデータ解析、全脳シミュレーションと脳型人工知能アーキテクチャ

萌芽 4－2 ボトムアップで始原的知能を理解する昆虫全脳シミュレーション

4. 予算の変遷

（単位：百万円）

| 年度 | 平成 26 (初年度) | 平成 27 | 平成 28 | 平成 29 | 平成 30 | 令和元 |
|-----|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 予算額 | 55 | 448 | 2,683 | 2,845 | 2,845 | 2,602 |

5. 評価項目及び視点等

評価に際しては前回の中間評価等を踏まえ、以下の項目を中心に評価を行う。

- ① アプリケーション開発及び普及のための取組の推進
- ② 社会的・科学的課題の解決への貢献
- ③ 人材育成

事後評価票

(令和3年2月現在)

| |
|---|
| <p>1. 課題名 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</p> |
| <p>2. 研究開発計画との関係</p> <p>施策目標：未来社会を見据えた先端基盤技術の強化 大目標（概要）：ICT を最大限に活用し、サイバー空間とフィジカル空間（現実世界）とを融合させた取組により、人々に豊かさをもたらす「超スマート社会」を未来社会の姿として共有し、その実現に向けた一連の取組を更に深化させつつ「Society 5.0」として強力に推進し、世界に先駆けて超スマート社会を実現していく。このため、国は、超スマート社会サービスプラットフォームの構築に必要な基盤技術及び個別システムにおいて新たな価値創出のコアとなり現実世界で機能する基盤技術について強化を図る。 中目標（概要）：我が国が世界に先駆けて超スマート社会を形成し、ビッグデータ等から付加価値を生み出していくために、産学官で協働して基礎研究から社会実装に向けた開発を行うと同時に、技術進展がもたらす社会への影響や人間及び社会の在り方に対する洞察を深めながら、中長期的視野から超スマート社会サービスプラットフォームの構築に必要な基盤技術の強化を図る。 重点的に推進すべき研究開発の取組（概要）： 「次世代アーキテクチャと革新的なハードウェアの研究開発」 様々なモノがインターネットにつながる IoT 社会を迎えて、多様なニーズに応える革新的な計算環境を構築し、その利用を推進することで、我が国の科学技術の発展、産業競争力の強化、安全・安心な社会の構築に貢献する。</p> <p>本課題が関係するアウトプット指標： 情報科学技術分野における研究開発の論文数、学会発表数</p> <p>本課題が関係するアウトカム指標： 社会実装された研究開発のテーマ数</p> |

3. 評価結果

(1) 課題の達成状況

○ 概要

本事業は、「特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律」の特定高速電子計算機施設として運用されていたスーパーコンピュータ「京」(※令和元年8月運用終了)の後継機として、平成26年度から開発が開始された「ポスト「京」」(現在名称は「富岳」と決定されているため、以下「富岳」という。)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プログラムをシステムと協調的に開発(Co-design)するためのものである。

具体的には、平成26年度から9つの重点課題、平成28年度から4つの萌芽的課題を選定し、その課題ごとに複数機関が連携体制を構築、スーパーコンピュータ「京」等の計算資源を使用しながら、「富岳」を用いて最大限の成果を創出するための研究開発を推進してきた。具体的な課題は以下のとおりである。

重点課題：社会的・国家的見地から高い意義があり、「京」からの発展として世界を先導する成果の創出が期待できる先進的な課題(各分野において9つのターゲットアプリケーションの実効性能の向上を目指して研究が実施された。)

<健康長寿社会の実現>

重点1 生体分子システムの機能制御による革新的創薬基盤の構築

重点2 個別化・予防医療を支援する統合計算生命科学

<防災・環境問題>

重点3 地震・津波による複合災害の統合的予測システムの構築

重点4 観測ビッグデータを活用した気象と地球環境の予測の高度化

<エネルギー問題>

重点5 エネルギーの高効率な創出、変換・貯蔵利用の新規基盤技術の開発

重点6 革新的クリーンエネルギーシステムの実用化

<産業競争力の強化>

重点7 次世代の産業を支える新機能デバイス・高性能材料の創成

重点8 近未来型ものづくりを先導する革新的設計・製造プロセスの開発

<基礎科学の発展>

重点9 宇宙の基本法則と進化の解明

萌芽的課題：「富岳」で新たに取り組むチャレンジングな課題

<基礎科学のフロンティア ー極限への挑戦>

萌芽1-1 基礎科学の挑戦 ー複合・マルチスケール問題を通した極限の探求-

萌芽1-2 極限の探求に資する精度保証付き数値計算学の展開と超高性能計算環境の創成

萌芽1-3 複合相関が織りなす極限マテリアルー原子スケールからのアプローチ

<複数の社会経済現象の相互作用のモデル構築とその応用研究>

萌芽2-1 多層マルチ時空間スケール社会・経済シミュレーション技術の研究・開発

萌芽2-2 堅牢な輸送システムモデルの構築と社会システムにおける最適化の実現

<太陽系外惑星（第二の地球）の誕生と太陽系内惑星環境変動の解明>

萌芽3-1 生命を育む惑星の起源・進化と惑星環境の変動の解明

<思考を実現する神経回路機構の解明と人工知能への応用>

萌芽4-1 脳のビッグデータ解析、全脳シミュレーションと脳型人工知能アーキテクチャ

萌芽4-2 ボトムアップで始原的知能を理解する昆虫全脳シミュレーション

本事業の推進にあたっては、文部科学省に設置されている HPCI 計画推進委員会の下部組織として「ポスト「京」重点課題推進ワーキンググループ」及び「萌芽的課題サブワーキング」を設置し、原則毎年度、課題ごとの進捗状況を把握するとともに、推進方策等について助言を行ってきた。また、課題ごとに第三者による諮問委員会を設置し、進捗管理と達成状況の確認・評価が実施されてきた。

なお、平成 29 年度に実施された中間評価では、本事業の進捗状況は、おおむね妥当であり、継続して実施すべき、とされていた。

○主な成果

本事業で得られた主な成果は以下のとおりである。

① アプリケーション開発及び普及のための取組の推進

「富岳」の開発目標の一つに「最大で「京」の 100 倍のアプリケーション実効性能」が掲げられていたが、その対象となる 9 つのターゲットアプリケーションについて、本事業においてシステムと協調的に開発（Co-design）された。その結果、令和 2 年 11 月時点で以下の倍率を達成した。

| | アプリケーション ※1 | 目標性能 (平成 26 年時点) | 性能 (令和 2 年 11 月時点) |
|------|----------------|---------------------|-----------------------|
| 重点 1 | GENESIS | 100 倍 | 131 倍 |
| 重点 2 | Genomon | 15 倍 | 20 倍 |
| 重点 3 | GAMERA | 15 倍 | 63 倍 |
| 重点 4 | NICAM+LETKF | 75 倍 | 127 倍 |
| 重点 5 | NTChem | 40 倍 | 70 倍 |
| 重点 6 | Adventure | 15 倍 | 63 倍 |
| 重点 7 | RSDFE | 35 倍 | 38 倍 |
| 重点 8 | FFB | 20 倍 | 51 倍 |
| 重点 9 | LQCD | 50 倍 | 38 倍※2 |
| 相乗平均 | | 約 32 倍 | 約 57 倍以上 |

※1 各アプリケーションの概要は別紙 9 ページを参照

※2 基本設計時（平成 27 年）のシステム構成変更等により、目標倍率との単純比較は困難だが、当初計画していた課題（大体積の LQCD 計算によるハドロン間相互作用の

説明)の解決に十分な性能を達成している。

さらに、本事業で開発されたアプリケーションのうち、計算科学・計算機科学で高い評価を得た課題に授与されるゴードンベル賞の選定過程において、重点課題3で開発されたアプリケーションが平成26年、平成27年、平成30年に、重点課題4、重点課題8で開発されたアプリケーションが令和2年にファイナリストに選出されるなど、国際的に高い評価を得ている。

また、本事業全体を通して、合計1,016個のアプリケーションが開発された。本プログラム等で開発されたアプリケーションは、ニーズに応じて第2階層計算資源へも移植され、活用されており、本事業の成果がHPCI全体に波及したと言える。

なお、開発されたアプリケーションを普及するための取組として、重点課題7では、物質科学のアプリケーションを中心に公開するサイト(MateriApps)が構築、運用されている。このサイトでは、「京」以外のシステムでも利用できるアプリケーションなど、合計278のアプリケーションが登録されるとともに検索機能等が実装され、利用状況は閲覧数が約26,000回/月(うち海外が25%程度)、ユーザー数が約9,000人/月である。さらに、フリーのアプリケーション、OS、可視化ツールが搭載されているパッケージも公開されており、主に教育ツールとして100件/月のダウンロード実績がある。このように、開発者、利用者が一体となったエコシステム構築も進んでいると評価できる。

② 社会的・科学的課題の解決への貢献

<重点課題>

社会的・国家的見地から高い意義があり、「京」からの発展として世界を先導する成果の創出が期待できる先進的な課題として、9つの重点課題が実施された。「京」を用いた大規模シミュレーションによって、社会的・科学的課題の解決に実際に貢献している成果が創出された。

その具体的な内容は以下のとおりである。

(健康長寿社会の実現)

- ・ 創薬に欠かせないタンパク質の動的構造解析として、マルコフ状態遷移モデル(MSM)や拡張アンサンブル、MD-SAXSによって、リガンド結合によるタンパク質動的構造変化のシミュレーションに成功した。本研究は、薬学会構造活性相関部会 SAR Presentation Awardなどを受賞した。(重点課題1)
- ・ 細胞内環境を顕わに考慮したバクテリア細胞質などをモデリングし、数千万から1億原子に至る規模のシミュレーションに成功した。(重点課題1)
- ・ がんの変異による薬剤反応性を高精度に予測することに成功。「京」では数十種類の変異に対する計算に1ヶ月程度を要したが、「富岳」では2日程度で計算できる見込みであり、ゲノム医療の臨床現場への迅速な情報提供が期待される。(重点課題1)
- ・ 食道上皮の細胞のゲノムを大量に解析することで、70歳以上では全食道面積の

40～80%が、がん遺伝子の変異をもった細胞で置き換わること、またそのがん遺伝子変異が「飲酒」や「喫煙」によってどのように促進されたかを明らかにし、がんが生ずる初期のメカニズムの解明に大きく貢献した。本研究に関する論文が令和元年に Nature に掲載された。(重点課題2)

- ・ 世界で初めてとなる全脳循環シミュレータを開発し、「富岳」を用いて患者個別の全脳レベルの血流動態を3次元で解析できるようにした。これにより、脳血管障害の個別化医療を支援する新しい計算解析技術を確立した。本研究は、第24回計算工学講演会 グラフィックスアワード優秀賞・特別賞を受賞した。今後は、患者個別の医用画像に基づく全脳血管モデルの構築やデータ同化血流シミュレータの開発が想定される。(重点課題2)
- ・ 計算科学の歴史上初となる、分子シミュレーションと連成するマルチスケール心臓シミュレーションを「富岳」により実現する技術を開発した。これにより遺伝子、分子構造に基づく新たな臨床医学・創薬データベースが可能となる。本研究は、日本計算力学連合 JACM Award for Computational Mechanics、日本機械学会計算力学部門功績賞、中谷賞・大賞、文部科学大臣表彰・科学技術賞などを受賞した。今後、「富岳」を更に活用することで、肥大型心筋症の原因究明や治療法の開発、新たな強心薬の設計等に繋がる成果の創出が期待される。(重点課題2)

(防災・環境問題)

- ・ 内閣府防災担当が設置している相模トラフ地震の長周期地震動に関する検討会において、「京」を用いたシミュレーション結果(南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動)が活用されている。(重点課題3)
- ・ 内閣府・自治体などの防災システムに実装しうる、過去の被害経験からでは予測困難な複合災害のための統合的予測システムを構築。構成する地震波動の数値解析コンポーネントは、極めて高い計算性能を発揮し、計算科学・計算機科学の分野でも評価され、SC14・15・18のGordon Bell賞ファイナリスト、SC16・17のBest Poster賞を受賞した。今後、「富岳」を活用することで、重要インフラや都市全体を襲う地震動をより高い分解能・信頼度で評価することが可能となり、政府や産業界での活用に繋がる成果の創出が期待される。(重点課題3)
- ・ 観測ビッグデータ(フェーズドアレイレーダや偏波レーダ、稠密地上観測データなど)の同化手法を開発し、局地的大雨の降水強度や竜巻の親雲の位置・発生時刻の予測精度を向上させた。また、世界で初めて、竜巻のアンサンブル予測により竜巻発生予測確率分布と発生要因の革新的理解を得ることができた。今後は、数日程度から数週間～季節スケールの大規模に災害をもたらす事例の気象・大気環境予測実験(大アンサンブル)を「富岳」を用いて実施し、リードタイム(予測から豪雨発生までの猶予時間)をもった確率予測情報の提供に繋がる成果の創出が期待される。(重点課題4)

(エネルギー問題)

- ・ 27社の企業、18件の国家プロジェクト、51グループの実験研究者との共同研究を行う体制を構築し、太陽電池や二次電池のシミュレーション等の成果を実用化する研究を進展させた。今後、「富岳」を活用して、次世代二次電池や次世代燃料電池に最適な電解液・固体電解質・電極材料等の提案に繋がる成果の創出が期待される。(重点課題5)
- ・ 絶対に発火しない長寿命電解液を開発、高密度かつ高安全のエネルギー貯蔵が可能となり、長距離走行が可能な電気自動車の開発などに大きく貢献すると期待される。本研究に関する論文は、平成28年、平成30年にNatureに3件掲載された。(重点課題5)
- ・ 石炭ガス化炉、燃料電池、洋上ウインドファーム、磁気閉じ込め核融合炉のクリーンエネルギーシステムの実機におけるデジタルツインの実現に向けたマルチスケール・マルチフィジックス統合シミュレーションは世界初であり、日本物理学会賞3件、プラズマ・核融合学会賞3件を受賞した。また、本研究に関する論文は、令和元年にNatureに1件掲載された。今後、「富岳」のもとで、マルチスケール・マルチフィジックス統合シミュレーションとAIを様々なレベルで連携活用し、産業界の現場の開発・設計・運用最適化に資するデジタルツインの構築が期待される。(重点課題6)

(産業競争力の強化)

- ・ 次世代半導体の材料として有力視されているGaN(窒化ガリウム)の結晶成長についてシミュレーションを実施し、常識とされていた反応経路が誤りであることを指摘するなど、マテリアル分野のプロセスインフォマティクスの進展に大きく貢献した。今後、「富岳」を活用して、結晶成長のミクロな機構の解明や流体シミュレーションとの融合が実施され、高品質な薄膜結晶成長を実現する技術の確立が期待される。(重点課題7)
- ・ 光電磁場等に対する第一原理計算で物質の光応答を計算する世界唯一のアプリケーションSALMONを開発し公開した。国際チュートリアル・シンポジウムの開催により、世界標準ソフトウェアとして認知が進んでいる。(重点課題7)
- ・ 第一原理計算と新手法開発で実験結果に隠れた本質を紐解き、新超伝導機構を提唱した。本成果は解析の難しい強相関電子系の実験結果に隠れる本質を計算や機械学習を用いて解明していく先駆例の一つとなり、実験結果の解析で実験研究者と連携が進み、実験と計算科学が連携して機能開発、探索していくデータ科学手法の展望を開いた。本研究は、物理学会論文賞、文部科学大臣表彰科学技術賞などを受賞している。(重点課題7)
- ・ 開発したアプリケーションにより、自由表面の影響も考慮した船の抵抗試験を実施し、曳航水槽試験のシミュレーションによる代替が可能であることを実証した。また、「京」では実現できなかった実機航空機複雑形状の空力解析が「富岳」で実現できることを検証した。今後、実飛行レベルでの航空機実機複雑形状の空力予測評価等を「富岳」で実施することで、実機フライト試験を代替する民間旅

客機設計開発プロセスへの展開が期待される。（重点課題8）

（基礎科学の発展）

- ・ 平成31年4月、史上初めてブラックホール撮影に成功したと発表されたが、その根拠が観測された像とシミュレーションで得られた像の合致である。本事業で開発されたアプリケーションは、ここで用いられたシミュレーション結果と整合性のある結果を示すことに国際チームメンバーとして成功し、国際チームがブラックホールを撮影したとする結果をより強固なものとした。（重点課題9）
- ・ 水銀同位体で中性子数とともに繰り返しの量子相転移を発見するなど、ポスト「京」で初めて可能となる質量数200領域原子核の試行計算に成功。水銀同位体で中性子の数とともに繰り返し量子相転移が起こることを大規模計算により理論的に発見した。核分裂解明など基礎・応用の研究に繋がる。本研究に関する論文は、平成30年にNature Physicsに1件掲載された。（重点課題9）

<萌芽的課題>

「富岳」で新たに取り組むチャレンジングな課題として、「基礎科学のフロンティアー 極限への挑戦」、「複数の社会経済現象の相互作用のモデル構築とその応用研究」、「太陽系外惑星（第二の地球）の誕生と太陽系内惑星環境変動の解明」、「思考を実現する神経回路機構の解明と人工知能への応用」の4つの萌芽的課題が実施され、「富岳」の活用による成果創出に向け、多くの知見の獲得や計算手法の確立が図られた。

その具体的な内容は以下のとおりである。

（基礎科学のフロンティアー 極限への挑戦）

- ・ 亀裂先端の化学反応・亀裂生成・腐食を扱える1億原子分子動力学コードを開発するとともに、地震と材料破壊で共通、相違する統計則の一端を解明した。
- ・ 極限環境シミュレータを開発し、新含水鉱物を予測・発見、地球表面から最深部に渡る水輸送現象の一端を解明した。本研究に関する論文は、平成29年にNatureに1件掲載された。
- ・ 密行列系では世界初となる100万次元以上の連立一次方程式に対する精度保証を実用的な計算時間で実行することに成功し、実用的な精度保証が可能となった。

（複数の社会経済現象の相互作用のモデル構築とその応用研究）

- ・ 社会経済現象の中で、特に重要な交通・経済・人間関係の基本的な諸相についての数理的なモデルを開発し、次世代スーパーコンピュータ用のシミュレーションアプリケーションを開発した。
- ・ 大域的な航空交通流の遅延解消や効率的運用を議論するプラットフォームとして、世界で初めて大域的な航空交通流のセルオートマトンモデルを開発し、多目的最適化により効率的運航提案を示すことでその有効性を実証した。

(太陽系外惑星(第二の地球)の誕生と太陽系内惑星環境変動の解明)

- ・ 惑星科学・地球科学・宇宙化学・宇宙生物学分野における研究課題について、「富岳」による大規模数値シミュレーションを可能にする計算アルゴリズムおよび計算コードを開発。惑星形成、惑星大気、太陽活動などに適用し、先駆的な科学的成果を得た。今後は、「富岳」を駆使した世界最高規模のシミュレーションと最新の観測成果を組み合わせることで、これまでの数百倍の粒子数による太陽系形成過程の再現や、これまでの50倍以上の格子点数の計算による太陽深部の物理過程の解明等が期待される。

(思考を実現する神経回路機構の解明と人工知能への応用)

- ・ 大脳皮質-基底核-小脳統合モデルを汎用神経回路シミュレータNESTで実装し、全脳シミュレーションを実現した。
- ・ 高度並列神経回路シミュレータMONETを開発し、史上最大規模の脳シミュレーション(小脳ではヒト規模の680億ニューロン)を実現した。

情報科学分野、特に「富岳」(ポスト「京」)を利用した、計算科学分野におけるソフトウェア開発やそれらを活用した研究開発として、本事業(重点課題、萌芽的課題)を通じて発表論文が2,580編、学会発表が9,842件実施された。また、重点課題3で開発されたアプリケーションが平成26年、平成27年、平成30年に、重点課題4、重点課題8で開発されたアプリケーションが令和2年にゴードンベル賞のファイナリストに選出されている。加えて、前述のとおり、各課題で様々な賞を受賞している。さらに、重点課題1~8で開発されたターゲットアプリケーションは令和2年11月時点で「富岳」において目標以上の性能倍率を達成し、重点課題9で開発されたターゲットアプリケーションについても、当初想定していた課題解決に十分な性能を達成している。これらの成果は、「富岳」の開発を通じてCo-designを実施する体制が構築され、アーキテクチャ・アプリケーション・システムソフトウェア等の開発チームが密に連携したことにより、システムとアプリケーションが互いの性能を最大限発揮できるよう、随時フィードバックを行いながら設計開発を進められた結果として得られたものである。

<産学連携体制の構築>

それぞれの重点課題の中で、以下のようなコンソーシアムが設置されており、本事業で開発したアプリケーションを用いた社会実装体制が構築されている。

- ・ ライフ インテリジェンス コンソーシアム(製薬企業、IT企業等 122 団体)
- ・ KBDDコンソーシアム(※)(製薬企業、IT企業等 32 団体)
- ・ 建築CFDコンソーシアム(建築企業、大学、研究機関等 11 団体)
- ・ 電気化学界面シミュレーションコンソーシアム(デバイス開発企業、研究機関等 20

団体)

- ・ 燃焼システム用次世代CAEコンソーシアム（燃焼システム企業、大学等 21 団体）
- ・ 自動車用次世代CAEコンソーシアム（自動車企業、大学等 23 団体）
- ・ ターボ機械 HPC 実用化分科会（機械製造企業、大学等 47 団体）
- ・ 計算物質科学人材育成コンソーシアム PCoMS（計算物質科学における産業界などでのイノベーション創出を支援）

※ “K” Supercomputer-Based Drug Discovery project by biogrid pharma consortium の略

③ 人材育成

本事業を通じて約 1,100 人の研究者が雇用され、「京」などの最先端のスーパーコンピュータを用いたアプリケーション開発を通じて育成が進められた。今後これらの人材が、「Society 5.0」を支える人材として、最先端のスーパーコンピュータの開発・運用・利用等に携わり、社会的・科学的課題の解決に貢献していくことが期待される。

（2）各観点の再評価

<必要性>

評価項目

国費を用いた研究開発としての意義（国や社会のニーズへの適合性、国の関与の必要性・緊急性）

評価基準

ポスト「京」に向けたアプリケーション開発により、独創性、優位性の高い成果が期待できるか。

- 我が国においては、健康長寿社会の実現や防災・環境問題、エネルギー問題への対応が喫緊の課題とされている。一方、そのために必要となる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は、実空間では多大なコストがかかるか、若しくは再現が不可能な現象が多数ある。
- シミュレーションは、実験不可能な自然現象等を再現して実験を代替することや極限状態を含む広範な探索範囲から予測を超える未来や未知の状態を発見するものである。また、スーパーコンピュータは「精度」、「サイズと時間」という2つの軸の解像度を飛躍的に伸ばすことにより、高精度・高速なシミュレーションやデータ解析を可能にするものである。
- 本事業は、世界最高水準のスーパーコンピュータである「富岳」の性能を最大限引き出すアプリケーションをシステムと協調的に開発（Co-design）し、そのアプリケーションを活用し画期的な成果の創出を世界にさきがけて可能とするものであり、国が実施しなければ実現困難な取組である。さらに、将来的には、課題先進国としての我が国から、同様の課題を抱える他国への成果展開も見込まれ、国や社会のニーズへの適合性は極めて高い。

- 本事業で開発した9つのターゲットアプリケーションは、目標倍率を達成しており、既に「京」を用いて健康医療、防災・環境、エネルギー、ものづくり、基礎科学の様々な分野で画期的な成果が創出されている。今後「富岳」上で活用されることにより、例えば、心筋症の原因究明、リードタイムを持った豪雨予測など、我が国が直面する課題に対応できる、より独創性、優位性の高い成果が期待できる。

<有効性>

評価項目

新しい知の創出への貢献、研究開発の質の向上への貢献

評価基準

世界を先導する成果の創出が期待できるか。

- 主な成果に記載のとおり、各課題で優れた成果が多数創出された。例えば、近年大きな被害をもたらしている極端気象現象や地震などがもたらす被害は実社会においてその再現が不可能であり、シミュレーションを活用した災害対応の検討や実際に起こった災害の検証が必要不可欠となっている。本事業で開発されているアプリケーションによる成果に対する国や地方自治体の防災関連部局からの期待は高く、実際に地震分野において、国の地震動の検討にシミュレーション結果が活用される事例も出ている。
- また、我が国が強みを有する材料科学やものづくりといった分野において、研究開発の更なる進展を図るためには、例えば、無数の組合せを有する新規材料組成の最適化や、自動車や航空機の実機を用いた風洞実験・衝突実験のように、実験に多大なコストを要するものについて、これらをシミュレーションによって代替し、研究開発の質や生産性を向上させることが有効である。前述のとおり、実際に曳航水槽試験のシミュレーションや航空機形状の空力解析で成果が創出されている。
- さらに、同じく我が国が強みを有する基礎科学の分野においても、例えば素粒子や宇宙開闢（かいびやく）といった、実験が困難な極小・極大の時空間スケールの理論を実証し新しい知の創出への貢献を図るため、シミュレーションによる再現が有効であるところ、平成31年4月の世界初のブラックホール撮影における検証に本事業で開発されたアプリケーションによるシミュレーション結果が活用された事例など、実際に成果が創出されている。
- 以上により、本事業におけるアプリケーション開発及びそれを用いたシミュレーションの社会的・科学的課題の解決に向けた取組は防災、産業競争力強化、基礎科学の進展など多様な分野において有効であったと評価できる。今後「富岳」上で活用されることにより、例えば、次世代電池材料の提案、産業界の現場における開発・設計の最適化、太陽系の形成過程の解明など、世界を先導する成果が期待できる。
- また、「富岳」のシステムと本事業におけるアプリケーション開発との Co-design によ

り、「富岳」は世界最高水準の汎用性を持つマシンとして開発され、令和2年6、11月のスパコンランキングにおいて4部門で1位を獲得した。今後「富岳」を用いて、本事業で開発されたアプリケーションをはじめとして幅広い分野での活用・成果創出が期待できるどころであり、本事業の有効性は高かったといえる。

- さらに、本評価の直接の対象範囲外とはなるが、本事業の成果を受けて令和2年4月より実施されている「富岳」成果創出加速プログラムでは本事業で開発されたアプリケーションを利用した成果の創出に向けた研究が実施されている。同じく、令和2年4月より緊急的に開始した新型コロナウイルス感染症対策課題では、本事業で開発されたアプリケーションを利用した機動的な対応により、その成果が新型コロナウイルス感染症対策のガイドライン作成や既存医薬品のうち新型コロナウイルス感染症に有効な医薬品の探索にも活用されるなど大きな成果を挙げている。このように「富岳」の立ち上がり初期から多くの成果が創出されているのは、本事業をはじめとして、我が国のフラッグシップ計算機を核として、各研究分野でのアプリケーション開発、産学連携体制の構築や人材育成が継続的に実施されてきた成果として高く評価できる。

<効率性>

評価項目

計画・実施体制の妥当性、目標・達成管理の向上方策の妥当性

評価基準

研究開発プログラムの実施方法、体制について、見直しが適切かつ効率良く行われているか。

- 本事業は、国費総額1,100億円を投じて開発されている「富岳」について、システムとアプリケーションを協調的に開発(Co-design)することを目的として実施したものであり、「富岳」の成果を最大化する観点から、効率的な手法と評価できる。
- Co-designの取組としては、ターゲットアプリケーションの様々な特性や要求性能を踏まえ、システム設計における性能目標の明確化、マイクロアーキテクチャやシステム構成等の設定・見直し等を実施している。一方、アプリケーション開発においても、システム設計の状況を踏まえ、例えばNICAMにおいては、プログラムの書き換えによる物理プロセスの高速化や、混合精度計算の適用による高速化・高信頼性が図られるなど、システムの性能を最大限に引き出す取組が実施されている。
- また、本事業の開始に当たっては、平成26年8月に、外部有識者により構成される「ポスト「京」で重点的に取り組むべき社会的・科学的課題についての検討委員会(主査:小宮山宏 株式会社三菱総合研究所理事長)」において、ポスト「京」で重点的に取り組むべき社会的・科学的課題として、9つの重点課題及び4つの萌芽的課題が設定され、その後、各課題について実施機関がそれぞれ公募により選定された。
- これら重点課題及び萌芽的課題について、「富岳」の共用開始後に可能な限り早期の成

果創出を図るべく、外部有識者により構成される「HPCI計画推進委員会／ポスト「京」重点課題推進ワーキンググループ」（主査：小柳義夫 神戸大学計算科学教育センター特命教授）及び「萌芽的課題サブワーキンググループ」（主査：大石進一 早稲田大学基幹理工学部応用数理学科教授）が、課題全体の進捗状況を把握して、各実施機関に対しきめ細やかな提言・助言を行っている。

- 各実施機関においては、これらの提言・助言に基づき中間目標、最終目標及び実施計画を策定するとともに、各重点課題に設置された「諮問委員会」（外部有識者により構成）や「運営委員会」、「課題責任者会合」により進捗管理がなされるなど、階層的に事業の進捗管理と目標達成状況の確認・評価が行われている。
- 加えて、各実施機関においては、産業界を含めた内外への研究成果のフィードバックに積極的に取り組んでおり、新しい知の創出、研究開発の質の向上、人材育成に貢献した。
- 以上より、事業全体で効率的な運営を実施し、成果の最大化に取り組んできたと評価できる。
- なお、令和元年度に「「富岳」成果創出加速プログラム課題レビュー委員会」が開催され、本事業の重点課題・萌芽的課題についてレビューを行い再編し、令和2年4月から「富岳」成果創出加速プログラムが実施されている。

（2）科学技術基本計画等への貢献状況

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ティング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。

（3）総合評価

本事業は、「富岳」のシステムとアプリケーションを協調的に開発（Co-design）することで「富岳」の性能を最大限引き出すとともに、社会的・科学的課題への解決に貢献することを目的としたプロジェクトである。

「Society 5.0」社会の実現、防災、産業競争力強化、基礎科学の進展等のために、実社会で得ることが不可能あるいは現実的に取得困難なデータを得ることのできるシミュレーションは極めて有効な手法であり、「富岳」に代表される最先端のスーパーコンピュータと、その性能を最大限に引き出すアプリケーションの必要性はますます高まっている。本事業で開発されたアプリケーションの活用により「京」を用いて、「京」でしか達成できない多くの優れた成果が創出されたとともに、今後「富岳」を用いて更に画期的な成果が期待できる。アプリケーション開発を通じて、各研究分野の人材育成、産学連携が進められた。さらに、本事業におけるアプリケーション開発との Co-design により、「富岳」は世界最高水準の汎用性を持つマシンとして開発され、今後広範に利用されることにより幅広い分野での成果創出が期待できる。本事業の運用にあたっては、文部科学省と課題内の両方に進捗管理や助言を行う組織を設置し、効率的、効果的な運用となるよう工夫された。

以上より、本事業は効率的・効果的な運用の下、多様な分野での先導的で画期的な成果を創出しただけでなく、「富岳」開発における Co-design、各分野における人材育成と産学連携の推進により我が国の計算科学全体の水準を引き上げた、という観点から大きな意義があったと評価できる。

（４）今後の展望

本事業により、「京」の時代からシステムとアプリケーションの開発を継続的に行ってきたことが「富岳」の汎用性やアプリケーション実効性能の高さに繋がっており、今後も様々な分野での成果創出が期待される。「富岳」は本格共用開始に先立ち、令和2年度から一部の試行的利用が開始されている。また、文部科学省では、令和2年度より、本事業で開発されたアプリケーションの中から成果の早期創出が見込める課題を対象とした「富岳」成果創出加速プログラムを開始している。

「富岳」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と最高で「京」の100倍のアプリケーション実行性能を持つスーパーコンピュータとして開発されたものである。「富岳」が担うべき役割を早期に果たすためにも、「富岳」成果創出加速プログラムや本事業の成果を含む「富岳」を活用した様々な研究課題によって、成果の早期創出や社会実装が進み、「富岳」の成果を国民がいち早く実感できるようにすることとともに、「富岳」ならではの成果による新しい科学技術が継続的に生み出されることが望まれる。

「京」によって、医学、化学、物質科学、気象・防災、生命科学、ものづくりなど広範囲な分野において、「京」でなければなしえなかった画期的な成果が多数創出されるとともに、我が国の計算科学技術全体が底上げされている。「富岳」においても、我が国が直面する課題の解決に資する成果の創出とともに、科学技術における画期的な新しい発見につながる成果が生み出されるよう、より使いやすい制度、初級者等への手厚い支援、将来を担

う若手人材の育成等に努めることも期待したい。「富岳」のみならず、HPCI 全体の計算資源を活用して、関係機関が連携のうえ、戦略的な対応を検討すべきである。

加えて、スーパーコンピュータの利用環境は日々目まぐるしく状況が変化していることから、本事業で開発されてきたアプリケーションにとどまらず、SDGs や Society 5.0 に関連する課題をはじめとして新たなニーズやシーズに応じた形で、継続的に「富岳」から成果が創出される枠組みが構築されることが期待される。

また、今後の我が国における計算基盤についても、「京」や「富岳」の開発で培われたシステム、アプリケーション、Co-design 等の技術や経験が活かされるよう、計算科学分野及び計算機科学分野を担う人材の結集を進め、これらの技術や経験が継承できる体制が構築されることが期待される。