

情報科学技術に関する  
研究開発課題の中間・事後評価結果

平成24年8月

科学技術・学術審議会

研究計画・評価分科会

## 目 次

### 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委員 . . . . . 2

### <中間評価>

○デジタル・ミュージアムの実現に向けた研究開発の推進 . . . . . 8

### <事後評価>

○ 高機能・超低消費電力コンピューティングのための  
デバイス・システム基盤技術の研究開発 . . . . . 14

○ソフトウェア構築状況の可視化技術の開発普及 . . . . . 19

○e-サイエンス実現のためのシステム統合・連携ソフトウェアの研究開発 . . . . . 24

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委員

敬称略、50音順

	阿 草 清 滋	京都大学学術情報メディアセンター客員教授
	安 達 淳	情報・システム研究機構国立情報学研究所教授
主査	有 川 節 夫	九州大学総長
	石 塚 満	東京大学大学院情報科学研究科教授
	伊 藤 公 平	慶應義塾大学理工学部教授
	宇 川 彰	筑波大学副学長
	笠 原 博 徳	早稲田大学理工学術院教授
	喜連川 優	東京大学生産技術研究所教授
	國 井 秀 子	リコーITソリューションズ株式会社取締役会長執行役員
	小 谷 元 子	東北大学大学院理学研究科教授
	下 條 真 司	大阪大学サイバーメディアセンター教授
	田 中 讓	北海道大学大学院情報科学研究科教授
	辻 ゆかり	N T T 情報流通基盤総合研究所企画部研究推進担当部長
	東 嶋 和 子	サイエンスジャーナリスト
	中小路 久美代	株式会社S R A先端技術研究所所長
	丹 羽 邦 彦	科学技術振興機構研究開発戦略センター上席フェロー
主査代理	原 島 博	東京大学名誉教授
	東 野 輝 夫	大阪大学大学院情報科学研究科教授
	樋 口 知 之	統計数理研究所所長
	宮 内 淑 子	メディアステック株式会社代表取締役社長
	村 岡 裕 明	東北大学電気通信研究所教授
	村 上 和 彰	九州大学大学院システム情報科学研究院教授
	安 信 千津子	株式会社日立製作所情報・通信システム社経営戦略室主管

(平成24年8月2日現在)

デジタル・ミュージアムの実現に向けた  
研究開発の推進  
中間評価

平成24年8月  
情報科学技術委員会

# デジタル・ミュージアムの実現に向けた研究開発の推進 概要

実施予定期間：平成22年度～平成26年度

平成24年度予算額 62百万円  
平成23年度予算額 82百万円

## 概要

- 文化を五感で対話的に体験する統合システムを構築。システム構築を通じた最先端技術の研究開発促進にも期待。
- 実証実験、展示が円滑に行えるように、美術館、博物館等での展示実験等を通じた評価・改善を重ねつつ、研究開発を推進。

## 今後の研究開発の方向性

- 5年間の研究開発期間で下記の3つのシステムを構築し、研究開発期間終了後早期に美術館、博物館等での展示に活用。
- 研究開発されたシステムの活用に向け、統合展示支援のための技術開発、デジタルキュレーターの育成等を併せて実施。

### ①美術鑑賞システム

- 美術品等の鑑賞物が有する様々な情報を視覚、聴覚、触覚等の多感覚で提示するシステム



### ②歴史再現システム

- 実物が存在した当時の建物等の状況をデジタル技術により再現し、現実の空間に重ねて提示するシステム



### ③伝統文化体験システム

- 伝統文化や地域の歴史等を雰囲気とともに臨場感をもって疑似体験できるシステム



## 統合展示支援

美術館、博物館等における鑑賞者の円滑な鑑賞・体験に資する技術開発  
(ネットワーク技術の活用、Webを利用した事前学習、インテリジェントガイドツアー等)

## デジタルキュレーター育成

鑑賞者に対して効果的な情報発信を行うための専門人材育成

## 実証実験の後、美術館、博物館等の展示に活用

# 中間評価票

(平成24年8月現在)

1. 課題名 デジタル・ミュージアムの実現に向けた研究開発の推進

2. 評価結果

## (1) 課題の進捗状況

本事業は、文化を五感で対話的に体験することを可能とし、新たな展示の可能性を提案する統合システムかつ、一過性のシステムではなく持続的に展開可能なシステムであるデジタル・ミュージアムの実現に向けた研究開発を行うものであり、①実証実験システムの構築、②コンテンツの企画、③事業展開モデルの構築、を成果目標として掲げている。予算規模の縮小に伴い、事業終了後の成果活用の見通しがある研究開発に重点化するなどしつつ、全体としては計画通りに、一部項目については計画を前倒しして研究開発が進められている。

技術開発の観点では、要素技術の開発成果を実証実験に活用しつつ、システム開発が順調に進んでおり、既に5箇所のミュージアムなどで18件の実証実験が実施されている。延べ10,000人以上の鑑賞者がシステムを体験しており、十分な規模の実証実験が行われていると評価できる。

また、東京国立博物館、鉄道博物館等ミュージアムとの共同研究体制を構築し、研究会や実証実験の場等を通じて、ミュージアム側の要望（何を、どの技術で、どのように見せるか等）を踏まえたコンテンツ開発が行われている。これにより、ミュージアムにおける実証実験の企画に協力が得られやすくなる、実証実験の機会が増える、キュレーターや鑑賞者からのフィードバックを踏まえた技術やシステムの改良が図られるという正のスパイラルをもたらしていると考えられる。このような試みは、成果の実装に向けた効果的な研究開発に有効であると評価できる。

さらに、将来、これらの成果がミュージアムの展示として導入されるためには、人材育成、事業展開モデルの構築も重要であり、本事業の中で一体的に取り組まれている。人材育成については、これまで東京大学と立命館大学で学生を対象にした授業やワークショップが開催されており、これらの実践を通じて、デジタルキュレーター育成のための人材養成プログラムの構築が着実に進んでいる。今後は、育成した人材のキャリアパスの確立も含めた検討が進められることを期待する。

研究開発の成果は17編の雑誌論文、80件の国際会議発表、90件の国内会議発表など学術的にも評価されている。また、新聞等で38件取り上げられており、国民にデジタル・ミュージアム技術の可能性を伝えるという観点で効果があった。

以上のことから、本事業は、研究開発目標の達成に向け、着実に進捗していると言える。

## (2) 各観点の再評価と今後の研究開発の方向性

### 【必要性】

事前評価においては、(1) 従来の実物展示の課題として、鑑賞者に対する展示物の保存の観点からの鑑賞行動の制限、文字等による一方向の補足情報であるが故の理解の制限といった点があるが、本事業の成果を用いることで改善される可能性がある、(2) 本事業は技術の向上への貢献だけではなく、文化に対する理解増進、教育効果の上でも有益であると評価した。

本事業では、コンテンツ主導型でデジタル・ミュージアムの実現に向けた研究開発が行われている。これまでに、入場者の多いミュージアムにおける実証実験等が図られ、10,000人を超える鑑賞者が本事業の成果を体験しており、ミュージアムへの興味を集めるといった観点での効果は高いと評価できる。

一方で、近年、民間における人間の五感に働きかけるデジタル技術やシステム開発も急速に進展していることと、予算規模の小さい本事業において得られる成果とを考慮し、国が行うべき研究開発と、民間とミュージアムの協業で行うことが適切な研究開発とを峻別し、効率的に研究開発を行うことが必要である。

### 【有効性】

事前評価においては、他国と比較して高度な技術が我が国にあることから、技術を統合したシステム構築という事業目的の達成可能性は高く、波及効果として全国のミュージアムの活性化が期待されると評価した。

本事業においては、参画機関がそれぞれの知見や技術を最大限に活用し、多様な要素技術、多様なシステム開発が行われ、多人数の鑑賞にも堪える大規模な実証実験の実施まで行われていることは高く評価できる。また、これまでの収蔵品のデジタル化、ウェブ化といった視覚へのアプローチではなく、五感へのアプローチを目指し臨場感を高めた点で獨創性があると評価する。さらに、ミュージアム関係者と共同でデジタル技術を活用した展示を試みることは、新たな展示の可能性をミュージアム関係者に気づかせるという効果もあったと考えられる。今後は、実証実験においてシステムを体験したキュレーターや鑑賞者の行動観察を通じて得られる知見のみならず、キュレーターや鑑賞者からの感想等、実際の声も参考にして、各要素技術、各システムの完成度を高めるためのさらなる改善がなされることを期待する。

一過性ではなく、持続的に展開可能なシステムの実現に向けた研究開発という事業目的達成の観点からは、

- ① 技術やシステムの（ミュージアム以外を含む）汎用性や広範囲な対象への適用の工夫
- ② ミュージアム関係者が自主的に本事業の成果を展示に導入したいと考える、または導入できるよう、総合的かつ具体的なビジネスモデルの構築

といった観点での評価が重要である。現時点では、①、②とも必ずしも十分とは言えず、今後の取組に期待する。

### 【効率性】

事前評価においては、(1) 既存の単独の研究開発機関において目標を達成することは困難であり、コンソーシアムを組んで各々の要素技術の高度化を図ることにより、高度なシステム構築と要素技術開発の推進を効率的に行うことができる、(2) ミュージアム関係者の参画により、ミュージアムのニーズを踏まえた研究開発に資するものである、と評価した。

事業の実施に当たっては、公募により、東京大学が中心となり他の産学官の9つの機関からなるコンソーシアムが採択され研究開発が進められているが、コンテンツにあわせてポテンシャルを有する機関がグループを組むという研究開発体制が構築されていることは評価できる。一方で、個々の研究グループ毎の研究開発は順調に進捗しているものの、グループ間のシナジーという観点では、必ずしも十分とは言えない。個々の研究開発の羅列型とならないよう、グループ間の連携を進めることで、より高度な研究開発が実現することが期待される。

また、協力機関として9つのミュージアムが参画しており、コンテンツの提案・検証に当たってキュレーターや鑑賞者からのフィードバックを受けることができる体制となっているなど、連携のための仕組みが整備されていることは高く評価する。

今後の事業推進にあたっては、上記の点を踏まえ、さらなる効果的・効率的な事業運営がなされることを期待する。

次世代 I T 基盤構築のための研究開発事業  
平成 2 3 年度終了課題の評価結果

平成 2 4 年 7 月  
情報科学技術委員会

# 高機能・超低消費電力コンピューティングのための デバイス・システム基盤技術の研究開発 概要

## 1. 課題実施期間及び評価時期

平成19年度～平成23年度

( 中間評価：平成21年度、事後評価：平成24年度 )

## 2. 研究開発概要・目的

「2012年度までに、消費電力あたりの処理能力を100倍から1000倍にする超低消費電力技術について、デバイス、回路、アーキテクチャ等の各階層における技術開発、およびそれらを統合した技術開発により、情報通信システムや組み込みシステム等における新技術を創出する。」ことを研究開発目標として、革新的技術であるスピントロニクス技術を基に、以下の新たな技術について、一体的に研究開発を実施し、高速・不揮発性ロジックインメモリ（電力/速度比1/1000以下、従来技術の延長と比較）と超高速大容量ストレージシステム（電力/容量比1/20以下、プロジェクト開始時と比較）を実現させる基盤技術を確立する。

### ①超高速・低消費電力スピンドevice

スピントロニクスにより、超高速・低消費電力で動作する新たな集積回路及びそのための材料を開発。

### ②超高速・大容量ストレージシステム

先端的な磁気記録方式を更に発展させ、大容量記録を実現するとともに、ストレージシステムを高速化する技術を開発。

※①は平成22年度より最先端研究開発支援プログラム「省エネルギー・スピントロニクス論理集積回路の研究開発」に研究が引き継がれている。

## 3. 研究開発の必要性等

### 【必要性】

家庭・社会で広く用いられるPCにおいて、利用者・生活者の視点から高度化するとともに、エネルギー資源の効率的利用に配慮しつつ、大量の情報の蓄積処理を実現することは非常に重要である。また、本事業により、スピントロニクス、ストレージ技術等の日本が国際的に優位に経つ革新的なIT技術のさらなる発展を図り、同分野における国際競争力を維持・向上させることができることから、本事業の必要性は高い。

### 【有効性】

スピントロニクスを駆使したスピンドeviceの実現により、低消費電力（不揮発）の超高速コ

コンピューティングのためのデバイス・回路技術が実現できるため、従来技術の延長と比較した消費電力／速度比の向上が期待される。

また、超テラビット級高速並列化ストレージ技術の実現により、超低消費電力な高速大容量ストレージシステムが実現可能となるため、従来技術と比較した消費電力／記録容量比の向上が期待される。

【効率性】

代表機関を中心に両テーマの研究開発を一体的かつ効率的に進め、産学官連携のもと、大学等が培ってきた国際競争力のある研究ポテンシャルを最大限に活用することで、世界トップレベルの産業界のIT技術を更に発展させ、イノベーションを具現化することが可能となる。

4. 予算（執行額）の変遷

(単位：百万円)

年度	H19	H20	H21	H22	H23	総額
予算額	525	425	430	193	155	1,728

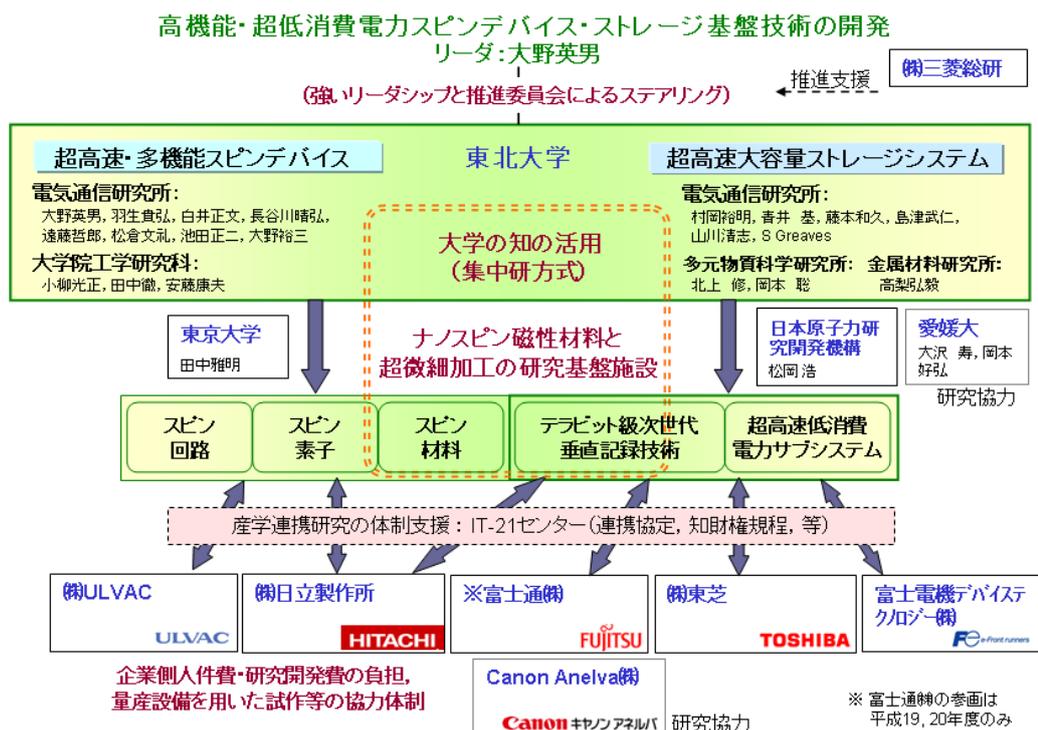
5. 課題実施機関・体制

<平成19年度～21年度>

研究代表者： 東北大学電気通信研究所 教授 大野 英男

研究機関： 東北大学電気通信研究所（代表機関）、東京大学、日本原子力研究機構、愛媛大学（株）日立製作所、（株）アルバック、（株）東芝、富士通（株）※  
富士電気デバイステクノロジー（株）

※平成19年度、平成20年度のみ



<平成 22 年度～23 年度>

研究代表者： 東北大学電気通信研究所 教授 村岡 裕明

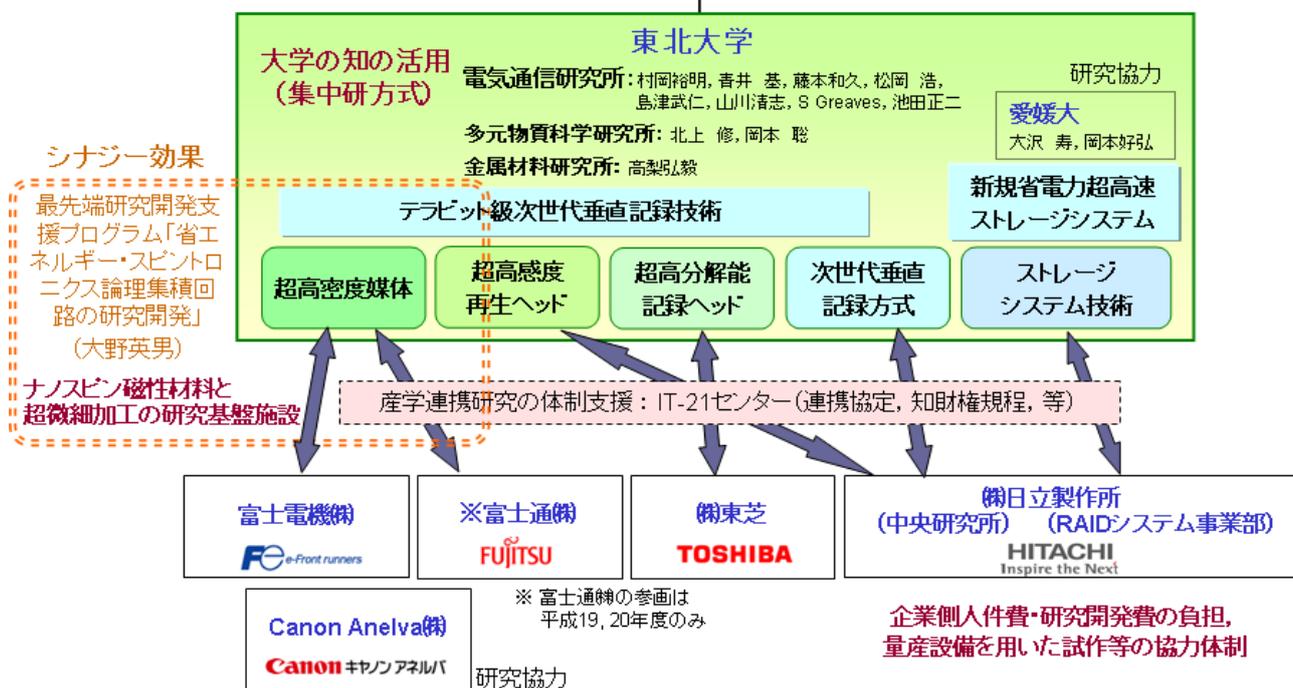
研究機関： 東北大学電気通信研究所（代表機関）、東京大学、愛媛大学  
（株）日立製作所、（株）東芝、富士電気デバイステクノロジー（株）

### 高性能・超低消費電力スピンドバイス・ストレージ基盤技術の開発 （超高速大容量ストレージシステムの開発）

リーダー：村岡裕明

推進支援 (株)三菱総研

(強いリーダーシップと推進委員会によるステアリング)



## 事後評価票

(平成24年7月現在)

<p>3. 課題名 高機能・超低消費電力コンピューティングのためのデバイス・システム基盤技術の開発</p>
<p>4. 評価結果</p> <p>(1) 課題の達成状況</p> <p>&lt;総論&gt;</p> <p>電力/速度比 1/1000 以下を目指したスピndeバイスを活用した高速・不揮発性ロジックインメモリの開発について、極めてシャープな研究目標を設定し、クリアしている。</p> <p>消費電力/記録容量比 1/20 以下を目指した垂直磁気記録高速大容量ストレージの開発についても所期の目標をほぼ達成しており、実際にストレージのサブシステムを試作し、このプロトタイプ動作を実証した。</p> <p>いずれも世界最高レベルの結果を出しており、高く評価できる。また、産学連携で開発した成果が産業界にしっかり渡されている。</p> <p>&lt;中間評価指摘事項に対する対応&gt;</p> <p>電力/速度比の目標をより普遍的に低消費電力化を示すという指摘をふまえて、平成22年度よりスピndeバイスを活用した高速・不揮発性ロジックインメモリの開発を引き継いだ最先端研究開発支援プログラムにおいて、スピントロニクス論理集積回路の統合実証チップを設計・試作することでより普遍的な効果を示した。</p> <p>研究開発の効率性を高めるために2つのサブテーマ間の連携強化が求められるという指摘をふまえて、スピndeバイスが最先端研究開発支援プログラムに移行後も、両プロジェクトで連携を強化した。</p> <p>スピン回路の実用化・事業化に向けた道筋の具体化が期待されるという指摘をふまえて、最先端研究開発支援プログラムに研究を引き継がせ、スピントロニクス材料・素子・回路の研究開発を並行して推進させると共に、集積回路の基盤技術体系、試作環境の構築、整備をした。</p> <p>ストレージシステムの実用化の計画の具体化が期待されるという指摘をふまえて、実用化・量産化の研究開発を実施している NEDO のグリーン IT プロジェクトに開発成果を引き渡し、事業化を促進した。</p> <p>&lt;研究開発体制&gt;</p> <p>国内ストレージ産業との密な連携体制を構築するなど産学連携を重視し、他省庁プロジ</p>

エクトとの連携を効果的に実施しており、事業化に向けた取組を進めた。

上述したように平成 22 年度にスピンドバイスを活用した高速・不揮発性ロジックインメモリの開発が最先端研究開発支援プログラムに移行後も、適切に連携した研究開発体制が取られており評価できる。

#### <人材育成>

5 年間でのべ 160 人の大学院生、12 人のポスドクが参画した他、民間との連携の中で、学生のみならず企業研究者も含め多くの人材を育成しており評価できる。

#### (2) 成果

2つのプロジェクトともに世界トップクラスの成果を上げている。これらは日本が強い技術を前進させた研究であり、国際的に優位性を持つ成果となっている。また、産学共同の研究体制を行ってきたために、開発成果がしっかりと産業界に渡されている。特にスピンドバイスについては最先端研究支援プログラムや NEDO と連携することで、事業化を促進した。

垂直磁気記録高速大容量ストレージについては、サブシステムを試作し、このプロトタイプの動作を実証した意義はとても深い。

各種の論文誌や国際会議等で発表されており、研究成果の情報発信が実施されている。また、多くの国際会議招待講演などもあり、国際的にも十分な評価を得ていると考えられる。さらに、企業の参画を得て実用化を図っており、特許出願 22 件は評価できる。

#### (3) 今後の展望

将来的に社会的、経済的に波及効果が見込める技術と考えられるが、低消費電力スピンドバイスの普及や、それに伴う企業連携を積極的に推進していくことが実用化のために重要であると考えられる。ストレージについては、概ね基盤となる技術についての検討と評価が行われたので、今後実用をめざしてこの技術を成長させ、企業への移転が行われるように期待する。実用化に向けた積極的な取組が重要である。

消費電力に関してシャープな目標を達成する成果を得られた一方、次のターゲットとして高速化に取り組むことが実用化に向けて重要である。今後この点に関する具体的目標を設定し、実用化に向かう工程を明らかにしつつ、研究を発展させるべきである。

# ソフトウェア構築状況の可視化技術の開発普及 概要

## 1. 課題実施期間及び評価時期

平成19年度～平成23年度

(中間評価：平成21年度、事後評価：平成24年度)

## 2. 研究開発概要・目的

「2011年度までに、ソフトウェア開発に関する諸データを収集し評価することにより、ソフトウェアの構築状況を把握するための技術を実現する」ことを研究開発目標として、ソフトウェア開発が適正な手順で行われたかどうかを表す実証データを「ソフトウェアタグ」としてソフトウェアに添付し、ユーザ・ベンダ間等で共有する技術を世界に先駆けて開発する。具体的には以下の研究を実施する。

### ①ソフトウェアタグの規格化と収集技術に関する研究

ソフトウェアタグの規格の開発、公開およびソフトウェアタグ生成ツールの開発と評価実験の実施。

### ②ソフトウェアタグの可視化と適用に関する研究

開発プロセスの管理やベンダ・ユーザ間の情報共有等に役立つ可視化ツールの開発、タグやツールを活用するためのシナリオ群の開発。ケーススタディ等を通じた評価。

### ③ソフトウェア構築可視化に伴う法的諸問題に関する研究

ソフトウェア開発に関する紛争事例の分析。ソフトウェア構築状況の把握の法的意義の明確化

## 3. 研究開発の必要性等

### 【必要性】

コンピュータシステムで用いられるソフトウェアは、年々大規模化、複雑化してきており、その不具合は、銀行や証券取引所等の事例のように、社会に大きな混乱を引き起こす場合もある。しかし、コンピュータシステムの発注者にとっては、用いるソフトウェアが適正な手順できちんと構築されたものかを知ることは困難である。

本課題の研究開発により、ソフトウェアの製造物責任（PL）が明確になり、健全なソフトウェアの普及が図られるため、安全・安心なIT社会を実現する上で非常に重要である。

【有効性】

ソフトウェアタグの標準化及び普及に向けた取り組みを行うことにより、ソフトウェアタグの幅広い利用を進展させ、安全・安心な IT 社会の実現に貢献することが期待される。

【効率性】

実証的ソフトウェア工学やソフトウェアの知的財産に関する研究者、実際のソフトウェア構築やその管理を行う技術者などを拠点に集結し、議論や研究開発を行うので、効率的な技術開発や人材育成が可能になる。

4. 予算（執行額）の変遷

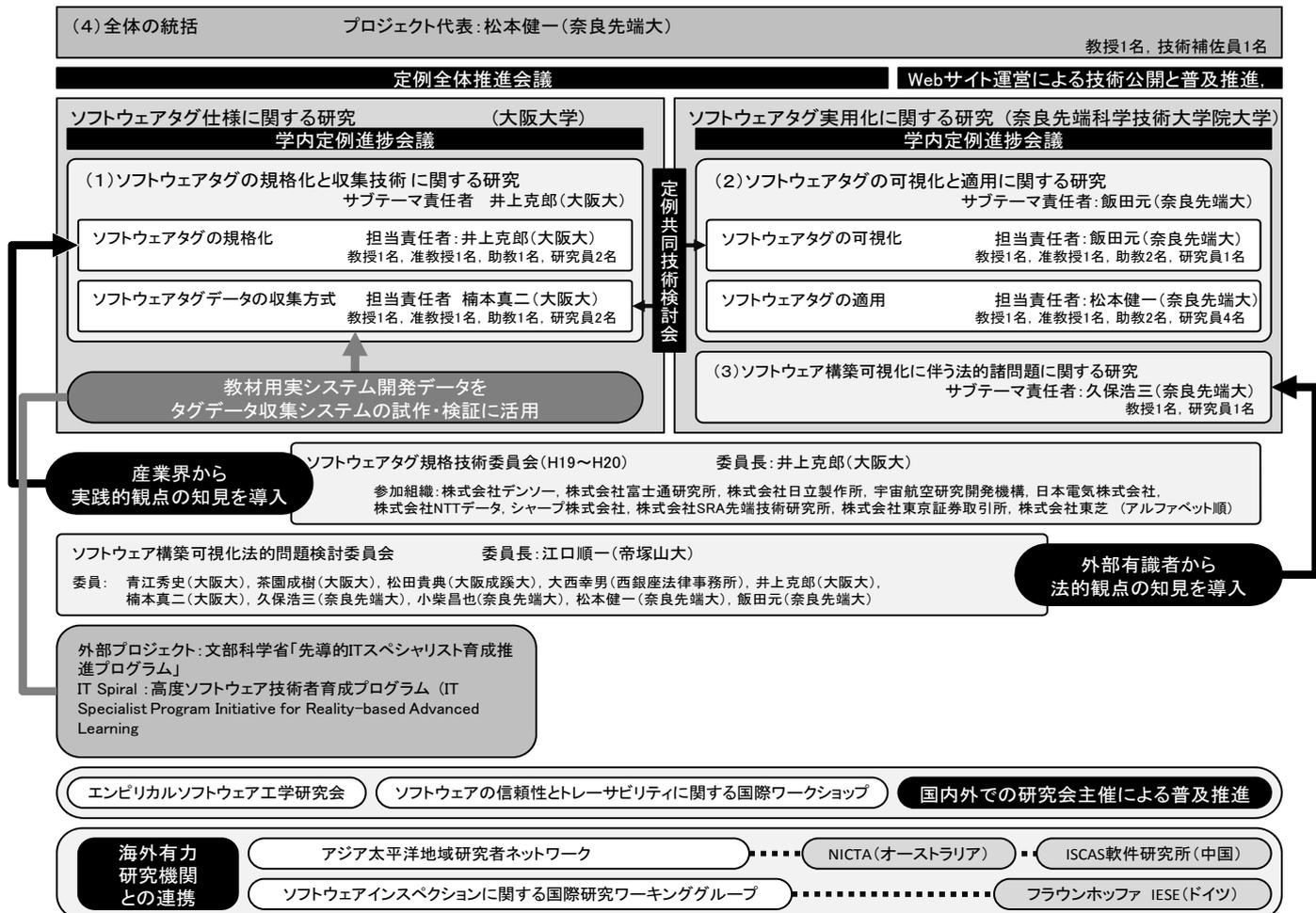
(単位：百万円)

年度	H19	H20	H21	H22	H23	総額
予算額	100	80	85	87	65	417

5. 課題実施機関・体制

研究代表者：奈良先端科学技術大学院大学 教授 松本 健一

研究機関：奈良先端科学技術大学院大学（代表機関）、大阪大学



# 事後評価票

(平成24年7月現在)

1. 課題名 ソフトウェア構築状況の可視化技術の開発普及

2. 評価結果

(1) 課題の達成状況

<総論>

研究開発項目のうち、重要なソフトウェアタグの規格化の目標が実現されており、ツール群の整備、実用化に向けたシナリオの開発なども順調に進捗しており評価できる。

また、ソフトウェアタグの可視化と適用に関する研究について、可視化するためのツール群の作成のみならず、シナリオ群を作成することで個々の案件に適用し、展開しやすい方法をとっており評価できる。

ソフトウェア構築可視化に伴う法的諸問題に関する研究については、法的問題等に関する検討を着実に進めており、実用に向けた取組についてさらに推し進めるべきである。

ソフトウェアタグの規格化と収集技術に関する研究については、目標を達成しているが、実証実験の結果をフィードバックして規格化につなげるプロセスをさらに実施するべきである。

<中間評価指摘事項に対する対応>

具体的事例の提示と企業等からの意見聴取をすべきとの指摘をふまえて、企業と共同で実証実験を実施し、ソフトウェア構築状況の可視化技術普及のためのモデルケースの蓄積を進め、実験結果については、学会等で発表するとともにソフトウェアガイドブックとしてとりまとめることで対応している。

ソフトウェアが正しく構築されたことを示すメトリクスを検討すべきとの指摘をふまえて、いくつかの新しいメトリクスを開発することで対応した。

構築状況を客観的にモニタリングする方法を検討すべきとの指摘をふまえ、連携企業の技術者にヒアリングを行い、ソフトウェア活用計画・運営システム TagPlannner を開発することで対応した。

タグ作成コストの検討をすべきとの指摘をふまえて、実際にソフトウェアタグ生成システムをシステム開発プロジェクトに適用し、実用化に向けたコストの検討を実施することで対応した。

一方、計画時の項目は研究開発されているが、開発目標について定量性に欠け、研究達成時の効果についての評価基準が明らかにされていなかったもので、特に、ツールに関して

これを用いた時の効果の評価があいまいとなる結果となった。

#### <研究開発体制>

参画大学で適切に分担した研究開発がなされ、また産業界の意見聴取し、実践的な開発を行っており評価できる。一方、国際面では、独フラウンフォーファーや中国 ISCAS、豪州 NICTA など海外との連携も適切になされている。

#### <人材育成>

博士後期課程の学生などのエンピリカルソフトウェア工学技術者の育成など、人材育成が進められている。また、対外的な活動を活発におこなっており、産学両面で人材育成に努め、バラエティのある活動から幅広い層の人材育成がされており評価できる。

### (2) 成果

ソフトウェアタグの規格化や国際標準化活動への参画、ソフトウェアタグガイドブックの刊行、ソフトウェアタグ関連ツール群の開発など、ソフトウェアタグの利用・普及に役立つ技術の開発などが適切に行われていると考えられる。また、具体的事例の収集や企業との連携も行われており評価できる。

開発したソフトウェアタグの普及の見通しはまだ定かでないが、中途で変更された目標はほぼ達成している。ソフトウェア開発に関する諸課題を一朝一夕に解決する技術を得ることは難しいが、実践的観点からのアプローチとして評価できる。

ただし、ソフトウェアタグの情報を介してユーザ、ベンダ間で効率的・効果的なソフトウェア構築が広く行われるという段階までには、まだ行程がかかると考えられる。

実環境での運用を通してでないとも成果の価値評価は難しいが、実証実験の結果をできるだけ分析して結果の信憑性を高める工夫を期待する。

### (3) 今後の展望

本プロジェクトの成果について、更なる発展や企業への移転を期待したい。

国際規格化という重要な展開が配慮されているが、特にアジアなどで国際的なプレゼンスを高めておくことは今後の我が国のソフトウェア技術にとって重要と考えられる。本プロジェクトの成果が、海外でのオフショア開発においても使用され、日本のソフトウェア産業の近代化、強化に貢献することを期待する。

ソフトウェアの品質評価などの実務も調査して、標準化、利活用の具体的なシーンを考え、より実務で使える技術へとブラッシュアップしていく必要がある。

また、データマイニング等、現在のビジネスで展開されている技術との違いや特色をはっきり研究・検討すると共に、他に開発されている収集データの可視化と連携できないか

という検討も必要である。

ソフトウェアタグの普及の見通しはまだ定かでないが、OSS プロジェクトのデータタグ化など、引き続き実用面に資する活動など広く展開するための活動に期待したい。

# e-サイエンス実現のためのシステム統合・連携ソフトウェアの研究開発の概要

## 1. 課題実施期間及び評価時期

平成20年度～平成23年度

(中間評価：平成22年度、事後評価：平成24年度)

## 2. 研究開発概要・目的

「2011年度までに、様々なコンピュータを利用する際のアプリケーションプログラムの書き換えを不要とするコンパイラ等のシステムソフトウェア、及びデータ共有や効率的活用を可能とするグリッドソフトウェアを開発し普及を図る。」ことを目標として以下の研究開発を行う。

なお、得られた成果は広く一般に公開する。

①研究室レベルのPCクラスタ(LLS<sup>\*1</sup>)、大学・研究機関等のスーパーコンピュータシステム(NIS<sup>\*2</sup>)、次世代スーパーコンピュータ(NLS<sup>\*3</sup>)において、より上位の計算資源を利用しようとした場合に、プログラムを改変せずに各環境で最適に実行するためのシステムソフトウェア(コンパイラ、ライブラリ)を開発。

②NISにおいて運用されているグリッド環境と連携することにより、LLS間あるいはNIS-LLS間で、データ共有や計算資源の効率的な活用等のために必要な仮想組織の構築を可能とし、かつ各応用分野の研究者でも運用が可能なグリッドソフトウェアを開発。

(\*1 Laboratory Level System, \*2 National Infrastructure System, \*3 National Leadership System)

## 3. 研究開発の必要性等

### 【必要性】

現状では、LLS、NIS、NLSといった重層的かつ多様な種類の計算資源からなる利用環境において、より上位の計算資源を活用しようとした場合に共通的に使用可能な並列言語処理系(コンパイラ等)がないため、計算環境のスムーズな移行が困難である。

また、異なる組織や遠隔地の研究者がデータやソフトウェアを共有して共同研究を行おうとする場合に、LLS間あるいはNIS-LLS間のデータ共有や計算資源の効率的か

つ柔軟な活用等を可能とするような研究環境が求められており、本事業の必要性は高い。

#### 【有効性】

LLS、NISにおいて、より上位の計算環境を活用して計算規模を拡大しようとするユーザがプログラムを書き換える作業を不要とすることで、計算環境の移行時における負担軽減につながる。これにより、各層の利用の活性化や利用の拡大につながる。また、高性能化のペース及び設置数の増加が著しい計算資源からなるLLSからNISやNLSにつながる仮想的な研究コミュニティが柔軟に実現でき、研究の活性化に直接的に寄与する。さらに、LLS、NIS、NLSの間での柔軟な計算資源活用が可能となり、大学間連携や産学官連携による研究の効率が大幅に向上する。

#### 【効率性】

先端的な知識を有し高度な技術を研究開発する研究機関とソフトウェアの研究開発に実績のある企業との連携により、各機関の能力や資源を活用することが可能となり、効率的な研究開発が可能となる。

## 4. 予算（執行額）の変遷

(単位：百万円)

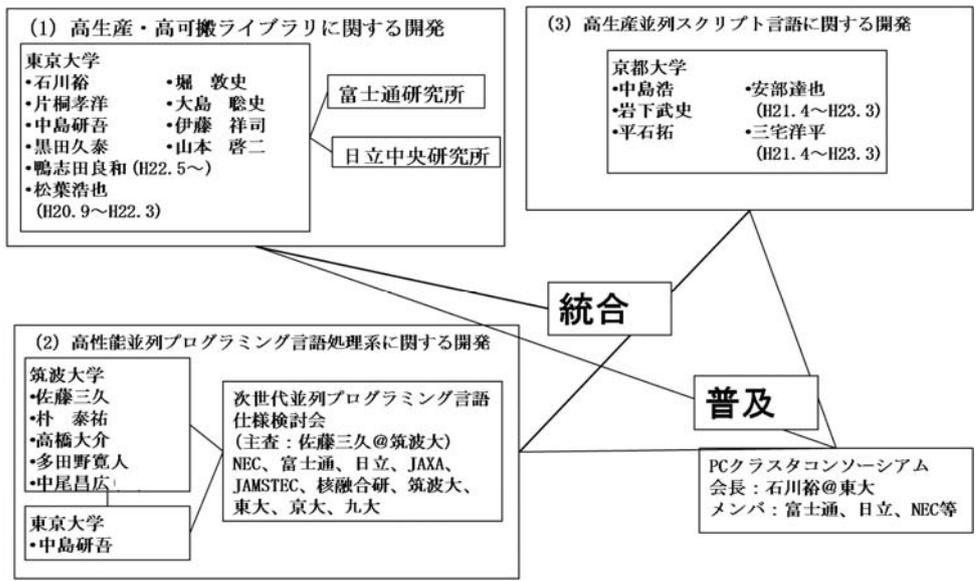
年度	H20	H21	H22	H23	総額
予算額	340	304	301	215	1,160

## 5. 課題実施機関・体制

### ① シームレス高生産・高性能プログラミング環境

研究代表者： 東京大学 教授 石川 裕

研究機関： 東京大学、京都大学、筑波大学



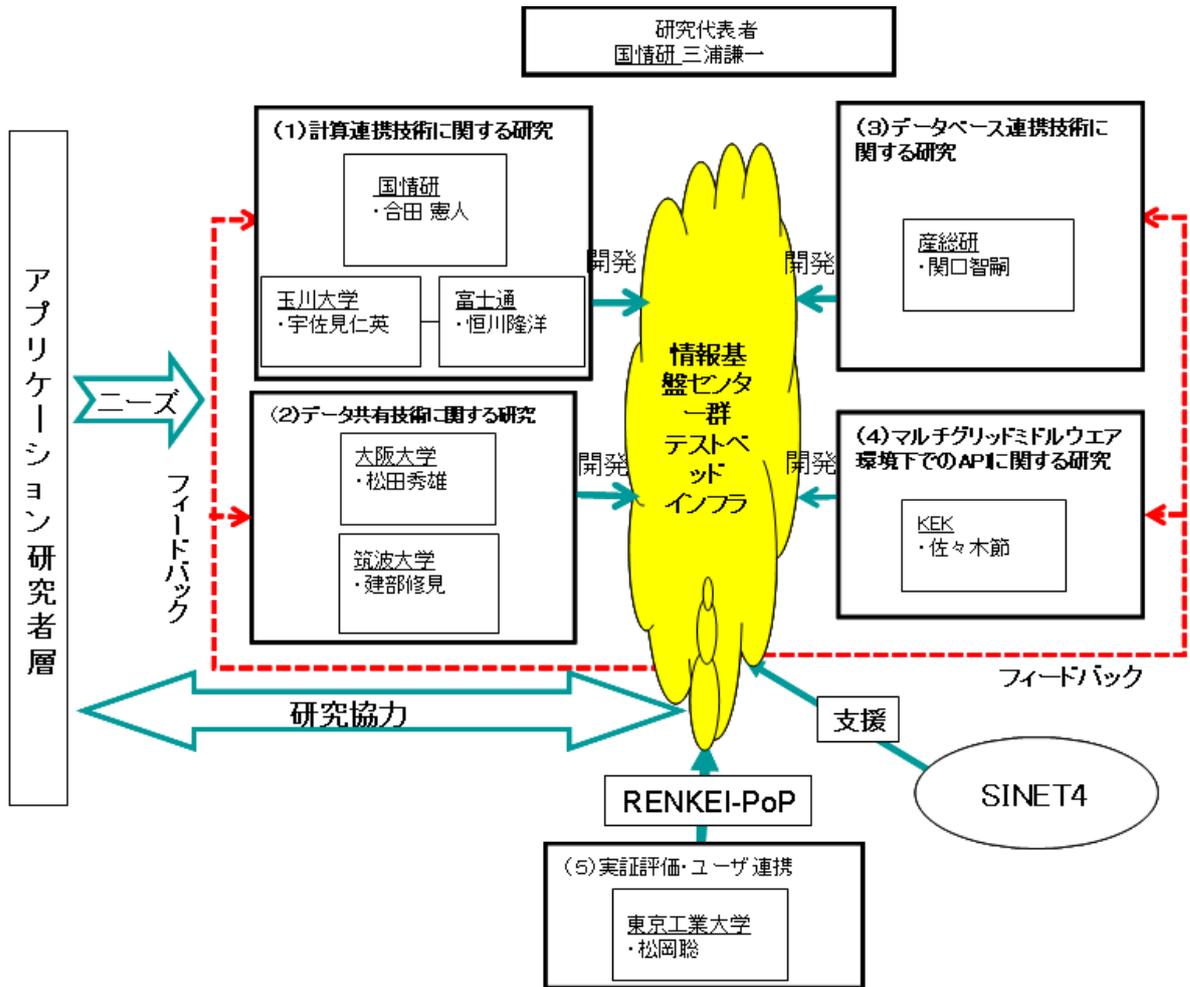
②研究コミュニティ形成のための資源連携技術に関する研究

研究代表者： 国立情報学研究所 教授 三浦 謙一

研究機関： 国立情報学研究所、高エネルギー加速器研究機構、産業技術総合研究

所

大阪大学、玉川大学、筑波大学、東京工業大学、富士通(株)



# 事後評価票

(平成24年7月現在)

1. 課題名 シームレス高生産・高性能プログラミング環境

2. 評価結果

(1) 課題の達成状況

<総論>

設定した四つのサブテーマ、自動チューニング機構、単一実行時環境、並列プログラミング言語、高生産並列スクリプト言語のすべてにおいておおむね当初の設定目標を達成しており評価できる。

ファイルシステム、通信ライブラリ、バッチジョブスクリプトの3つのサブテーマをソフトウェアパッケージとしてまとめた、Xruntimeの有効性実証においては、定量的な性能を得ており、着実な成果をあげている。また、並列プログラミング言語XcalableMPの仕様策定、コンパイラの開発、並列スクリプト言語Xcryptの開発など、研究目標に掲げられたソフトウェアの開発が行われ、ベンチマークでの性能評価もしており評価できる。

ただし、本プロジェクトで得られた結果はスパコンの個別環境に依存するとも考えられるので、参加した三大学のスパコン以外にどのように移転するのか、また今後発展維持させていくのが課題である。

<中間評価指摘事項に対する対応>

ユーザニーズを研究開発に反映する仕組みに期待との指摘については、本課題のソフトウェアをユーザが利用できる計算環境を用意したプログラミングコンテストの開催、アプリケーション開発者との共同研究の実施などで対応した。

スーパーコンピュータとの密に連携した取組が重要との指摘については、本課題で開発された成果を「京」およびその商用機に移植改良しながらで一般公開することで対応する予定である。若手研究者の育成への一層の取組が必要との指摘については、講習会、プログラミングコンテスト、ワークショップの開催で対応した。

研究成果の効果的なアピールのための工夫をすべしとの指定については、国内外会議での成果発表を行うことで対応した。

<研究開発体制>

事業が細分化されており、各サブテーマ間で融合・協調が不足している感は否めない。しかし、主要な大学を中心にして開発を進め、仕様検討会では産学連携のメンバーにより

検討し、また普及活動のためにコンソーシアム形成するなど、活動内容に合った体制構築をしており、評価できる。

#### <人材育成>

若手人材を育てるという点について、もう少し組織的・直接的に行われると良かったと考えられる。ただし、プログラミングコンテストの開催や、講習会、ワークショップの開催など、間接的ながら広範囲の人材育成を行った。

#### (2) 成果

チューニングは並列計算を行う際に常に問題となる大きな課題であるが、その自動化の実現が図られアプリケーションでの性能評価と実証までを行っている。実用面を重視しており優位性が高い。

プログラミングコンテストの開催など、PC クラスタユーザ、センターユーザへの開発成果の普及が図られており評価できる。またアプリケーション開発者との共同研究の実施や、成果を「京」に適用するなどの利活用に努めている。これからも利用者の拡大についての努力は必要なものの、計算科学進展のために資する成果が得られたと言える。

また、並列プログラミング、HPC 言語に関するベンチマーク HPC Class 2 で 2009 と 2010 に受賞するなど国際的にも成果が認められている。

#### (3) 今後の展望

本プロジェクトで開発した成果物は重要な基盤技術であり、今後の展開、波及効果が期待できる。スーパーコンピュータ「京」をはじめ、クラウド等、様々な環境のなかで広く利活用され更なる展開が試みられるよう期待される。

設定した目標であるソフトウェアの開発は問題なく行われたものの、その成果をどのように発展させていくかが今後の課題である。これについては、本プロジェクトの範囲外であるが、HPCI の中でこのような課題が適切に位置づけられ、更なる展開が試みられるよう、期待する。

具体的な事例研究をさらに加え、研究成果の有用性が客観的に、より明確になっていくような努力を行うことで、開発コンパイラやスクリプト言語などの利用者が増え、評価が向上していくものと考えられる。

# 事後評価票

(平成24年7月現在)

1. 課題名 研究者コミュニティ形成のための資源連携技術に関する研究

## 2. 評価結果

### (1) 課題の達成状況

#### <総論>

今後の HPC において様々なクラスの計算資源を活用するための具体的方法を実現し、その有効性を示している。設定した課題の概ねについては、実用レベルないしその一歩手前まで実現している。また、仮想研究コミュニティを形成・運用するための基盤技術の確立に向けて、各サブテーマでの成果とともに、幾つかの実証実験で利活用できている。

グリッドを中心とした分散計算リソース連携について具体的に5つの連携のためのミドルウェア開発をサブテーマとし、当初目標をほぼ達成している。また、これまで互いの連携に困難が多かった計算連携やデータベース連携などを実現した。

#### <中間評価指摘事項に対する対応>

世界の計算機環境動向や、クラウド技術の展開も視野に入れ、グリッド技術の位置づけを明確にした上での研究開発を展開すべきという指摘をふまえ、世界的に整備・運用されつつあるグリッドインフラと連携するための国際標準化活動への貢献、国際標準インタフェースに基づくソフトウェア開発を積極的に進め、またプロジェクトの開発環境やサブテーマへのクラウドの導入を実施した。

サブテーマの連携、全体の整合性の検証、ユーザーニーズを積極的に取込んだ実証評価の推進が期待されるという指摘をふまえ、複数のサブテーマが開発した機能を組み合わせ、さらに高度な計算やデータ処理が可能な基盤を構築するとともに、最終年度には実アプリケーションを用いた実証実験を実施した。

また、今後の構築環境の利活用の目標を具体化示すべきとの指摘をふまえて、ユーザを巻き込んだ実証実験を実施しユーザーニーズや実アプリを取り込んだ。

#### <研究開発体制>

基本的に参画している機関が密接に連携して研究を遂行したと考えられる。また、極めて幅広い研究者を機能的に集めており、普及を含めた高い波及効果に向けた望ましい体制である。

### <人材育成>

大学の学生のみならず、企業からの出向者もプロジェクトに参加させ、広く技術者育成に努めており、具体的で定量的な評価は難しいものの、連携に必要なスキルやノウハウを持った人材の育成に貢献できたと考える。

本分野では不特定多数への情報提供を通じた幅広い人材育成が重要であり、セミナーやカンファレンスなどを通じた幅広い人材育成があれば、なお望ましかった。

### (2) 成果

5つのサブテーマについて、関連する基盤ソフトウェアやデータベース連携技術を構築し、多様な異なる環境下において高度な実証レベル利活用まで到達した研究で評価できる。特に広域分散ファイルシステムについては、ソフトウェアのダウンロード件数が4,434件に達し、認証システムとともにHPCIに展開されており、十分な成果があったと考えられる。また、これらの開発はこれからの波及効果の高い展開が期待できる優位性の高いものである。

また、筑波大、高エネ研、名古屋大、産総研など様々な学問分野（物理学、天文学、医学等）に対するクラウド応用を実現した。

さらに、開発したミドルウェアの実証環境を提供し、多くの実証実験により、既に利活用を進めており、ユーザコミュニティからのユーザニーズや実アプリを取り込むなど、フィードバックも受けており評価できる。

### (3) 今後の展望

本プロジェクトでは、今後のHPCIで必要となる様々な連携機能が提案され実証的に開発が行われた。すでに実用化段階のものもあり、今後はHPCIのフレームワークの中で更なる発展と洗練が行われることが期待される。特に認証技術を構築してあるので、今後のユーザ層の拡大が期待される。

また、e-サイエンス実現のための基盤的技術の開発と、実ユーザの利活用による運用方法の確立を並行して取り組んでいる点が非常に重要であり、更なる展開が期待できる。

大規模計算科学技術における我が国の特徴は幅広い研究者・技術者が存在する底辺の幅広さにある。今後の国際競争力のために、この強みを生かすための成果となることが期待される。

プロジェクト終了と同時に利活用がストップしないよう、継続的な運用、改善がなされる必要がある。