

情報科学技術に関する研究開発課題の 事後評価結果

平成30年4月

科学技術・学術審議会

研究計画・評価分科会

情報科学技術委員会委員

平成30年1月現在

主査

北川 源四郎 東京大学大学院情報理工学研究科特任教授、
明治大学先端数理科学インスティテュート所員

委員

有村 博紀 北海道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、
慶應義塾大学理工学部長・大学院 理工学研究科委員長
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機械学習・データ科学
センター代表
喜連川 優 情報・システム研究機構国立情報学研究所長
國井 秀子 芝浦工業大学大学院工学マネジメント研究科教授
栗原 和枝 東北大学未来科学技術共同研究センター教授
高安 美佐子 東京工業大学科学技術創成研究院教授
瀧 寛和 和歌山大学長
辻 篤子 名古屋大学国際機構国際連携企画センター特任教授、
科学技術振興機構研究主監
土井 美和子 国立研究開発法人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
樋口 知之 情報・システム研究機構統計数理研究所長
八木 康史 大阪大学理事・副学長
安浦 寛人 九州大学理事・副学長
矢野 和男 株式会社日立製作所理事、研究開発グループ技師長

敬称略、50音順

「イノベーション創出を支える情報基盤強化のための新技術開発」 概要

1. 課題実施期間及び評価実施時期

平成24年度～平成28年度

事前評価 平成23年9月、中間評価 平成26年7月、事後評価 平成30年1月

2. 研究開発概要・目的

本事業は、地震・津波の発生時においても、システムの途絶や情報の喪失等が生じないよう、機器・システムの耐災害性を強化するとともに障害が起こっても柔軟な運用の切り換え等が行える機能を有した、信頼性の高い情報処理・管理システムの実現に必要な新技術の開発をするものである。

具体的には、例えば、主要な情報処理・管理コンポーネント(CPU、ストレージ、ソフトウェア基盤、アプリケーション等)について、耐災害性の強化やしなやかな自己修復を目指すための要素技術開発を行うとともに、システムの要求水準(100%、70%、40%等)を達成するためのアーキテクチャやシステム構成技術を研究する。

3. 研究開発の必要性等(中間評価時点)

【必要性】

地震等の災害が生じた場合でも、社会の重要なライフラインである情報通信システムの各要素およびシステム全体が最低限の機能を維持することにより、地震等の災害時に必要かつ適切な情報伝達、社会システムの機能が確保されることは、防災・減災の観点から必要性が認められる。

【有効性】

民間企業においても障害からの自動回復に焦点を絞った研究開発がなされているが、こうした研究成果と、セルフモニタリング、バックアップ系システム、仮想化、データベース、設定の自動化等の要素技術を組み合わせることにより、環境変化・攻撃対応・構成変更等様々な変化に対応できる自己修復型システムの効果的な実現が期待される。

本研究開発は、様々な情報処理・管理システムに応用可能であり、平時においては高速性や新機能に特徴を持つ次世代情報システムの構築に寄与することが期待でき、開発された技術の民間企業への受け渡しが行われれば、新産業の育成等にも寄与する。

【効率性】

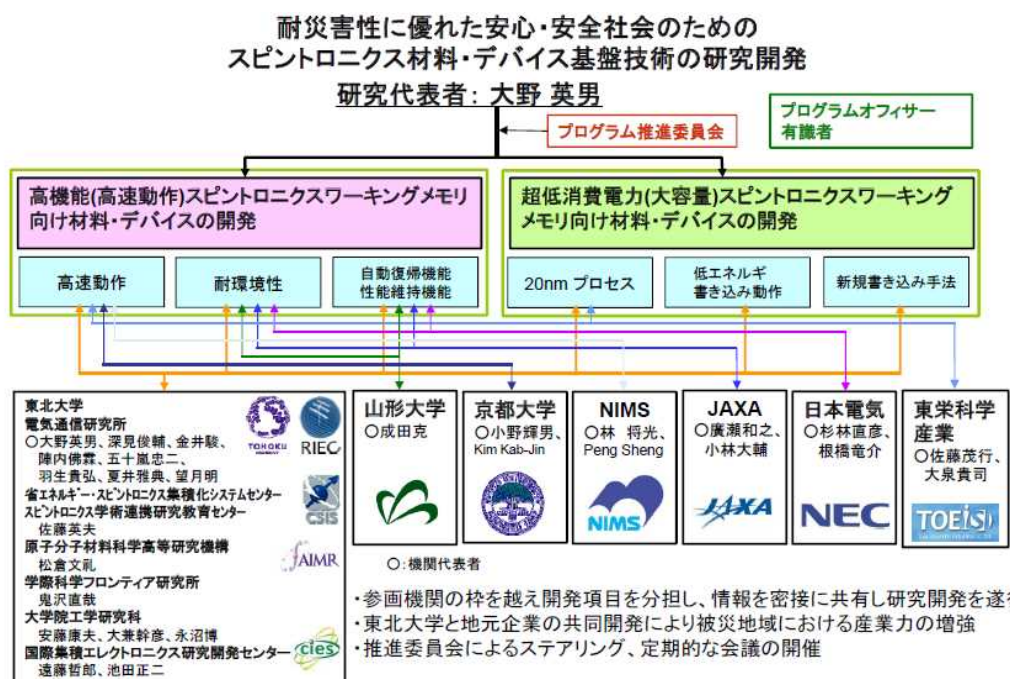
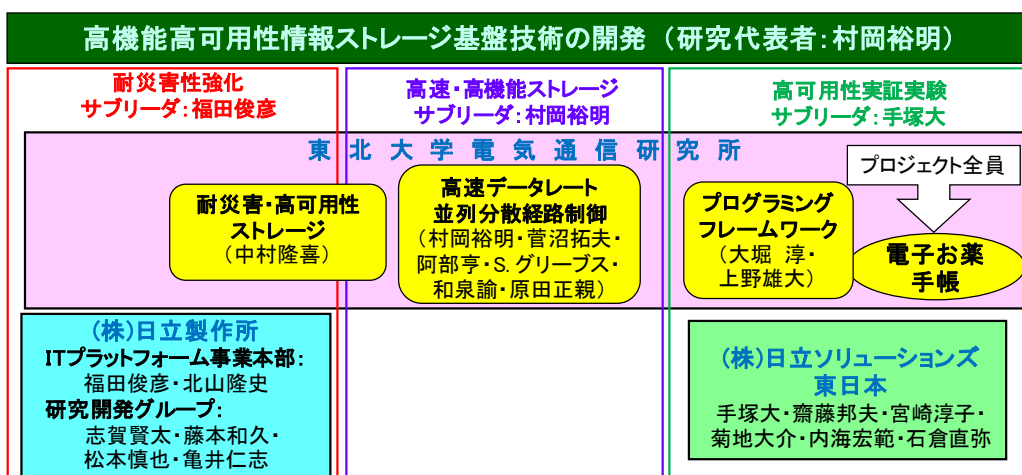
民間企業や研究機関等と連携し、研究開発の成果の実用化に向けた体制を構築している。他の事業で得られた成果を活かしつつ、研究開発を効率的に行っている。本研究開発の関係者が集まる会議を開催し、情報の共有化を図り、研究開発に反映している。

4. 予算（執行額）の変遷

年度	H24	H25	H26	H27	H28	総額
予算額 (百万円)	309	234	234	225	207	1,210
執行額 (百万円)	307	222	232	221	206	1,188

5. 課題実施機関・体制

本事業では、公募により選ばれた「耐災害性に優れた安心・安全社会のためのスピントロニクス材料・デバイス基盤技術の研究開発」（代表機関：東北大学）及び「高機能高可用性情報ストレージ基盤技術の開発」（代表機関：東北大学）の合計2課題が実施された。



事後評価票

(平成30年1月現在)

1. 課題名 イノベーション創出を支える情報基盤強化のための新技術開発
(研究代表者：東北大学 村岡裕明 教授、大野英男 教授)

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となる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）：

- ①未来社会における新たな価値の創出と着想の獲得に向けた研究開発の推進
未来社会における新たな価値を創出し、そこから生まれる新たな着想を得るために、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研究開発を推進し、他分野との連携を図りながら価値創出と研究開発をスパイラルに発展させる。
- ②社会システムと高度に連携したサイバーフィジカル情報システム技術の実現
「世界最高水準の ICT 利活用社会の実現」に向けて、課題解決のための技術を確立するだけでなく、社会のあるべき姿の実現のために必要な技術のシーズを見いだすとともにその実用化を見据えた研究開発を推進し、社会実装につなげる。

本課題が関係するアウトプット指標：

①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

	ストレージ		スピン	
	論文数	学会発表数	論文数	学会発表数
平成 26 年度	10	47	18	98
平成 27 年度	15	47	28	105
平成 28 年度	11	47	30	147

②情報科学技術分野における研究成果に基づく特許数

	ストレージ	スピン
平成 26 年度	1	11
平成 27 年度	2	11
平成 28 年度	1	18

本課題が関係するアウトカム指標：

①社会実装された研究開発のテーマ数

<ストレージ>

- ・ 発災直後から情報にアクセス可能な高いデータ可用性
- ・ 緊急データ退避のためのストレージとネットワークでのデータ転送の高速化
- ・ ウェブアプリ開発のための基盤的ソフトウェア技術
- ・ 電子お薬手帳アプリを活用した実証試験による情報ストレージ基盤技術の有効性の実証

<スピン>

- ・ 高速動作スピントロニクスワーキングメモリ向け材料・デバイスの開発
- ・ 超低消費電力スピントロニクスワーキングメモリ向け材料・デバイスの開発

②研究開発が社会実装されたことによる経済的・社会的インパクト

<ストレージ>

- ・ ストレージシステムに関する最大の国際業界組織である SNIA (The Storage Networking Industry Association) の Storage Developer Conference で、情報ストレージ基盤技術を紹介。今後の国際的な連携が期待。
- ・ 総務省及び内閣府のプロジェクトで開発されたネットワークの災害復旧技術との相乗効果が期待。
- ・ 平成 27 年 3 月に仙台で開催された第 3 回国連防災世界会議のパブリック・フォーラム企画「IT とラジオのシンポジウム」で、ポスター及びデモ展示により、情報ストレージ基盤技術を情報発信。

<スピン>

- ・ 本課題で得られたスピントロニクス基盤技術のノウハウ・知財等の成果は、材料、装置、半導体、ソリューションに至るまでの全産業領域の産学連携活動に活用。

- ・ 半導体企業とスピントロニクス技術の活用について協議機会を設ける等、社会貢献に向けた活動を加速。
- ・ 地元企業との共同開発によりスピントロニクス材料・デバイス用の付加価値の高い計測・評価システムを製品化。被災地域における産業に寄与。
- ・ 本事業の成果を発展させ、一桁 nm 世代までの実用レベルでの高熱安定性とスピン注入書き込みの実証に世界に先駆けて成功。産業界の一層の投資が期待。

3. 評価結果

(1) 課題の達成状況

<必要性>

評価項目

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、科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性、発展性等））

評価基準

耐災害性を有する信頼性の高い情報処理・管理システムの必要性を踏まえた独創性・優位性を有する基盤技術が開発されたか。被災地での情報保全を図り社会的・経済的損失を低減するためのニーズを踏まえた研究開発が行われたか。

メモリデバイスからストレージシステム、実用的アプリに至るまで、耐災害性を有する信頼性の高い情報システムの必要性を踏まえた独創性・優位性を有する研究成果が得られた。これらの研究成果は、実証試験や動作試験等を通じ、被災地での情報保全を図り社会的・経済的損失を低減するニーズに合致することが実証された。

デバイスからシステムに至る広範なビジネス分野での展開が期待できるレベルに到達しており、社会的・経済的、科学的・技術的に意義深いと評価できる。

【高機能高可用性情報ストレージ基盤技術の開発】

- 1) 現代社会は、大規模データの共有と高度な利活用を可能とする情報システムが機能することを前提として成立しており、未曾有の大災害が発生し、広域にわたって多数の機器損壊が生じた際に、情報システムが必要最低限の機能を維持することは重要な課題である。情報ストレージシステムの損壊・流出によって住基情報や医療情報等が喪失した東日本大震災の経験から、広域甚大災害に耐えうる情報ストレージシステムの必要性が顕在化しており、国費を用いた研究開発としての意義がある。
- 2) 本課題で採用された非同期レプリケーションは、ミッションクリティカルな用途には適さないものの、頻度の高いデータ更新についても実用上問題ないことが確認されている。データの保全に対する世の中の需要は高く、社会的・経済的意義と科学的・技術的意義の両面から意義深い。
- 3) 本課題で開発された情報ストレージ基盤技術には、以下のような独創性・優位性がある

る。その実用性は、電子お薬手帳アプリを活用した 16 種類の被災シナリオに基づく実証試験により実証されており、ビジネス展開を期待できるレベルに到達している。

- ① リスクアウェア複製方式。災害リスクを考慮して複製先の拠点を選択することで、50%の機器損壊でも 90%の可用性を達成した点に優位性がある。
 - ② ストレージの高速データ転送方式。ディスク用 2 次元符号化方式を用いた 2 トラック同時読み込みにより、データ転送レートの 140%の向上を達成した点に独創性がある。
 - ③ 高速 SDN 型ストレージ間通信方式。経路被災を適応的に検出することにより 5 倍を超える 10Gbps のスループットを達成した点に優位性がある。
 - ④ 耐災害性ストレージの実証試験。実用性の高い電子お薬手帳アプリを開発し、現実的な被災シナリオに基づき 100 万人都市規模の実証試験を行った点に優位性がある。
- 4) 他方、本課題で検討された被災ケース数及び被災シナリオ数は限定的であることから、東日本大震災で明らかになったニーズに対する有効性を示せる十分な数のショーケースを提示することが課題である。また、必ずしも明確になっていない要素技術そのものの科学的独創性をより明らかにすることが課題である。

【耐災害性に優れた安心・安全社会のためのスピントロニクス材料・デバイス基盤技術の研究開発】

- 1) 耐災害性を有する信頼性の高い情報システムを構築する上で、待機電力の消費を伴わない不揮発性ワーキングメモリの必要性は大きく、被災地での情報保全と社会的・経済的損失の低減をデバイスレベルから図れるポテンシャルの極めて大きな研究成果が得られたとともに、国際的な優位性を有しており、その社会的・経済的意義は大きく、国費を用いた研究開発としての意義は深い。また、耐災害性だけでなく、ビッグデータ、IoT、AI 等の現代の情報処理に幅広く対応可能な方向性を示した点も評価できる。
- 2) 本課題で開発されたスピントロニクス材料・デバイス基盤技術には、以下のような独創性・優位性がある。日本発の半導体の基礎技術と言える先導性の高い成果が得られている。
 - ① 高性能微細磁気トンネル接合。世界最小となる直径 11 nm の磁気トンネル接合の作製及び動作実証に成功した点に優位性がある。
 - ② 磁気トンネル接合の低消費電力書き込み。電界効果を用いた書き込みにより、世界最小の消費電力 6 fJ での書き込みを達成した点に優位性があり、その基礎物理特性を解明した点に独創性がある。
 - ③ 3 端子スピントロニクスデバイス。20 nm 細線幅までのスケラビリティと 1 ns 以下の高速動作を世界に先駆け実証した点に優位性がある。
 - ④ スピントロニクス材料・デバイスの計測・評価技術。1 ns 以下の高速書き込み動作が評価可能な点に独創性・優位性がある。

<有効性>

評価項目

新しい知の創出への貢献、実用化・事業化や社会実装に至る全段階を通じた取組

評価基準

地震等の災害発生時においても、システムの途絶や情報の喪失等が生じないよう、耐災害性・高可用性を有した、信頼性の高い情報処理・管理システムの実現に有効な基盤技術が開発されたか。実用化に向けた道筋・課題が明確化されているか。

50%の機器が損壊しても90%の情報にアクセスできる情報ストレージ基盤技術や、スピントロニクスを活用した不揮発性メモリデバイス等、耐災害性・高可用性を有した信頼性の高い情報システムの実現に有効な基盤技術が開発された。

また、地元の企業・団体との密な連携を含めた産学連携を通じ、実用化に向けた道筋・課題が一定程度明確にされている。

【高機能高可用性情報ストレージ基盤技術の開発】

- 1) 50%の機器が損壊しても90%の情報にアクセスできる耐災害性高可用ストレージ技術や、緊急時のデータ待避に必要な高速データ転送技術等、信頼性の高い情報システムの実現に必要な基盤技術が開発された。
- 2) 宮城県薬剤師会の助言を得て実用的な電子お薬手帳アプリを開発し、100万人都市規模を想定した実証試験により、情報ストレージ基盤技術及びアプリの有効性が実証され、今後の実用化に向けた有効性が示された。
- 3) 他方、想定される東南海地震等に有効な汎用技術となりうるかについては更なる検討が課題である。また、本課題の成果を汎用的に全国展開し、大きなマーケットを生み出していく観点から、適用事例を増やすこと、多くの損壊レベルに対して何%のデータ可用性を達成できるかを検証すること、より多くの種類の大規模データに対する有効性を実証すること、社会実装に必要なコストを検討することが課題である。

【耐災害性に優れた安心・安全社会のためのスピントロニクス材料・デバイス基盤技術の研究開発】

- 1) 耐災害性や高可用性を有する情報システムの実現に向けて、世界に先駆けて、独創的・先端的な技術に基づくデバイスが創出された。デバイスのアナログ的な性質を利用した人工神経回路網への応用等、新しい知の創出への貢献もなされている。研究論文・研究発表に加えて、実用化の際に有益な特許も多数申請されている。
- 2) 本課題により、特にSRAMについては実用化に向けた道筋が一定程度明確になった。産学連携も積極的に推進されており、実用化に必要な産業界からの投資を引き出せている。地元企業とともにスピントロニクス材料・デバイスの計測及び評価装置を開発・製作したことは、地域産業への貢献として評価できる。
- 3) 他方、東北大学国際集積エレクトロニクス研究開発センター(CIES)を核とする今後の実用化の観点から、コスト面等についてのより詳細な検討が課題である。

<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、研究開発の手段やアプローチの妥当性

評価基準

計画の見直し等を柔軟に行える体制を整えたか。他の事業等で得られた研究開発成果も生かしつつ、研究開発を効率的に行えたか。

各分野の専門家や企業を結集するとともに、地元企業・団体とも密に連携した体制を構築し、基盤技術の研究開発から実証試験まで効率的に推進した。

また、研究者間の連絡調整を行うステアリング等の会議体を設置するとともに、最新の研究動向に応じて新たな研究機関を参画させる等の体制を整え、中間評価の指摘、課題の開発負荷、予算削減等に応じて計画の見直し等を柔軟に実施した。

【高機能高可用性情報ストレージ基盤技術の開発】

- 1) 3つの研究項目（耐災害性強化、高速・高機能ストレージ、高可用性実証試験）に関して、各分野の専門家を結集した3つのサブグループを置き、グループ間で有機的に連携した体制で研究開発から実証試験までを推進した。全開発メンバーが出席するプロジェクト推進会議の開催や月1回のプロジェクトレビュー会議の開催によって密接な連携を図り、研究開発の効率化を図った。宮城県薬剤師会と共同して車載モバイル薬局を活用した実証試験を行った点も、今後の実用化の観点から評価できる。
- 2) 中間評価の指摘に適切に対応するとともに、開発負荷、予算削減等に対応し、ストレージの低消費電力化を理論的に検証する計画を中止する等、適切な課題の見直しや研究開発リソースの集中を図り、研究開発を効率的に推進した。
- 3) 他方、本課題は1大学2企業により実施されたところ、課題解決の方法をより広く捉える観点から、より多くの研究機関・企業との連携が課題である。

【耐災害性に優れた安心・安全社会のためのスピントロニクス材料・デバイス基盤技術の研究開発】

- 1) 大学、国立研究機関、ICT企業、地元企業等、強みを有する技術を結集したオールジャパン的な体制を構築するとともに、技術開発だけでなく、半導体企業との協議会を設ける等実用化に向けた体制や中小企業育成等も伴った実施体制を構築した。このような体制は、デバイス構造研究・試作・試験等の分業や製造冶具を作る技術の開発の推進に寄与したものと評価できる。
- 2) スピントロニクスデバイスの世界的な第一人者をリーダーとしてプロジェクト参加者からなる運営委員会を月数回開催しプロジェクト全体の連携を密にしたことは、世界的にも先端を切り開く成果を短期間で創出する上で効果的であったと評価できる。
- 3) 中間評価等の指摘事項にも適切に対応して効率的に研究を推進するとともに、研究動向や予算減少等に対し、計画が適切に見直され、研究開発を効率的に推進した。

(2) 総合評価

①総合評価

【高機能高可用性情報ストレージ基盤技術の開発】

- 1) 高可用性・耐災害性の高い新規な分散ストレージ基盤技術、ストレージとデータ転送の高速化、ウェブアプリ開発のための基盤的ソフトウェア技術のいずれについても当初の目標を達成した。また、東北大学内において高可用性ストレージシステムのネットワーク展開を行うとともに、実用性の高い電子お薬手帳アプリの開発及びこれを活用した100万人都市規模を想定した実証試験を実施し、その実用性を示した。東日本大震災を契機とする社会的なニーズを踏まえた実用性の高い優れた研究成果であると評価できる。
- 2) 実用化の観点からは、近距離で情報を持ち合う分散ストレージがどの程度の災害に有効であるか、また、東南海地震等の他地域での減災にも適用可能な汎用性があるかについてはより一層の明確化が必要と考えられる。
- 3) また、一般に、分散管理により冗長にデータを保有することはストレージの使用量の増加を伴い、ストレージの管理コストやユーザの利用料にも影響を与えることから、社会実装時のコストやコスト負担の可能な組織に利用が限られる可能性がある点に留意すべきである。

【耐災害性に優れた安心・安全社会のためのスピントロニクス材料・デバイス基盤技術の研究開発】

- 1) 本課題においては、耐災害性だけでなく、情報科学技術の発展に重要な不揮発性メモリに関して世界最先端の基盤技術開発に成功した。限定的な予算額で高いレベルの技術を達成するとともに、当該分野のトップレベルの学術誌や国際会議で多数の研究成果発表を行っており、極めて優れた学術的成果を出している。SRAM及びDRAMを代替する観点から高速及び大容量スピントロニクスメモリに求められる目標性能を達成しており、今後のスピントロニクスデバイスの実用化を加速する研究成果であると評価できる。
- 2) 研究成果の社会・産業還元についても、新聞報道に加えて、実用化の際に有益な特許も多数申請される等、活発に活動している。スピントロニクス基盤技術のノウハウや知財の成果については、CIESで管理・運用しており、今後の実用化に向けた成果展開の道筋をつけた。スピントロニクスメモリ素子の実用化は、近年減少傾向にある国内半導体企業の復活の起爆剤として期待される。

②評価概要

事業の目標について、全体として着実に達成したと判断する。東日本大震災を契機とする社会的なニーズを踏まえ、甚大災害時にも機能し続ける情報インフラに必要な基盤技術の開発を目指し、東北大学を中核として国立研究機関、ICT企業、地元企業・団体等が密に連携し、シーズとニーズの両面から開発を推進する体制のもと、材料、デバイスからシステム、ソリューションに至るまで、独創性・優位性のある基盤技術を創出するとともに、

研究成果の有効性及び実用性を実証試験や動作実証等により示した。研究開発を通じ明らかになった課題についても、継続的に取り組む組織体制が一定程度整備されており、今後、実用化が広範な領域で進むことが期待できる。

研究成果については、論文発表、特許出願、報道発表等を通じ、国民に対し幅広く情報発信を行った※。

※ 成果発表件数（論文発表数、受賞件数、新聞報道件数、特許出願件数等の合計）：
平成 24 年度 165 件、平成 25 年度 287 件、平成 26 年度 214 件、平成 27 年度 281 件、
平成 28 年度 351 件

（３）今後の展望

【高機能高可用性情報ストレージ基盤技術の開発】

- 1) ヨッタインフォマティクス研究センター等で本課題について継続的に取り組み、基盤技術に関するより具体的な成果を上げるとともに、東北周辺での実利用や南海トラフ地震対策に向けた本技術の全国展開等、社会的に重要な応用課題についても発展させることが期待される。その過程でさらに良いアイデアや改良技術が生まれるものと期待される。
- 2) 実用展開や社会実装に向け、以下の実施が望まれる。
 - ① 甚大災害のケース想定数やソリューション例をより拡充させ、災害に伴うネットワーク負荷の集中による影響等、実災害をより想定した実証試験によりその有効性を評価するとともに、開発した情報ストレージシステムが有効に働く場面を明確化すること。
 - ② コスト的な観点から社会実装を考慮した検討をすること。
 - ③ 企業等への技術普及を進めるとともに、SNIA 等を通じ高可用性ストレージ技術を国際標準にしていくこと。
 - ④ 現状技術における損壊率と可用性率との関係等の性能評価を充実させ、今後の性能改善の基礎データとしての公開も検討すること。
 - ⑤ データ同期更新時の災害も想定したデータ間の整合性や、共通通貨での信頼性保持のデータ管理技術であるブロックチェーン技術と融合すること等についても検討すること。

【耐災害性に優れた安心・安全社会のためのスピントロニクス材料・デバイス基盤技術の研究開発】

- 1) 先進的・次世代 VLSI の実用化につながる国際優位性を持った重要技術として有望であり、世界トップレベルの開発拠点として、実用化に向けて今後引き続き積極的に研究開発を継続・発展させることが重要である。本プロジェクトのスピントロニクス基盤技術に関する成果は CIES で管理・運用される予定であり、今後スピントロニクス集積回路の動作実証を進めることで技術が標準化され、材料、装置、半導体、ソリューションに至る全産業領域で迅速にビジネスへつながっていくことが期待できる。
- 2) スピントロニクス基盤技術の先行性をさらに高めるためには、多くの企業が参加できるように、他省庁のプロジェクトへの参画等、基盤技術から実用化技術への移行に向

けた取組の推進も重要である。

- 3) 耐災害性に優れた安心・安全社会の実現に向けた研究成果のポイントとして、メモリの開発のみならず、より具体的に情報システムとしての形を示すことが望まれる。また、開発された基盤技術の強みを生かした新しい製品マーケットについても明示することが望まれる。
- 4) 人工知能応用等の新しいコンピューティングに向け、日本発のハードウェア実現等、新たな取組も期待される。