

CREST 研究領域「情報社会を支える新しい高性能情報処理技術」 追跡評価報告書

総合所見

本研究領域は、戦略目標として「新しい原理による高速大容量情報処理技術の構築」を設定し、量子コンピュータ、分子コンピュータ等を含む新しい原理に基づく計算機構の研究を行うとともに、ノイマン型コンピュータにおいても全く新しい技術を導入し、新デバイスや通信技術も含めた高速大容量情報処理環境を構築するための要素技術を探求・確立することを目指したものである。基礎・基盤技術、システム技術、ディペンダブル技術という3つの視点から研究が行われ、様々な成果が本研究領域中に生まれている。また、終了後も基礎から応用まで多岐にわたり、省電力や信頼性といった新しい時代のニーズに対応させつつ飛躍的に向上させる要素技術やビッグデータ時代に向けて大負荷に耐えられる大容量システム技術に関する研究が行われ、多くの成果が生み出された。さらに、本研究領域終了後、5年を経過した現在、その成果をさらに発展させ、それぞれの研究分野のさらなる深化や新分野の開拓、産業界との連携による成果の実用化、および国際標準化につながる技術へと大きな広がりを見せている。以上のことから、戦略目標が達成されたものと評価できる。

本研究領域終了後も、ほぼ全員の研究代表者が、科研費（科学研究費補助金）、JST、NEDOの外部資金を途切れることなく獲得しており、今回の研究領域で行った研究を継続して行っている様子が伺える。2009年からの5年間に、11名の研究代表者のうち2名が1億を超える科研費を獲得し、また、本研究領域終了時に2名が他のCRESTの研究代表者となって研究を継続している。これらのことから、事後評価で指摘されていた、「本領域で実施された研究が核になった新たな研究領域の創生」に関しては、この研究領域から生まれた研究が継続して行われていると判断できる。特許申請も多数あり、実用に向けた開発や社会的貢献も行われたと評価できる。本研究領域によって生み出された成果が後押しし、国内外の多数の受賞や、国内学会のフェローの輩出などが実現されている。

注目すべき波及効果として、本研究領域では、基礎研究にとどまらず製品化までの出口戦略も考えられており、具体的な例を挙げると、「全シリコン量子コンピュータの実現」では、コア技術である試料を国内外の有力な研究機関に提供し、国際的な共同研究を推進しながら、当該分野を国際的にリードしている。DNAインキに関する技術は当初の目的を応用したものであり、東大TL0を介して既に企業へ提供されている。研究成果の応用に向けた発展状況の観点からは、企業との協業により高度化・製品化につながる例が多く見られ、非常に順調だったと言える。

さらに、国内外との共同研究や相互の研究員交流等により、人材育成の面で波及効果が見られたと考えられる。また、システム検証試験や、クラウドコンピューティングのように、国内の組織化につながる例や、全国レベルに波及する営みに発展する例も見られ、多くの波及効果が認められた。

1. 研究成果の発展状況や活用状況

多くの研究代表者が、本研究領域終了後もそれぞれの研究分野での大型の競争的資金を獲得し、

本研究領域で得られた研究成果を発展させる取り組みを行っている。2009年からの5年間に、30件の科研費とともにNEDOの研究資金を3件獲得し、CRESTの研究代表者も2名いることが特徴的である。また、2名が科研費でそれぞれ1億円以上の大型プロジェクトを実施している。

基礎的な「新しい原理に基づく情報処理システム」に関する成果に関してもNEDO「スピントロニクス不揮発性機能プロジェクト」や科研費新学術領域研究へと展開させ、出口を見据えた実用化研究へと大きく発展させている。「大負荷に耐えられる大容量システム技術」に関しては、大量のデータを処理する「データインテンシブコンピューティング」時代を迎えつつある現在において、まさに実用化が求められている技術であり、領域で得られた成果を元に企業と実用化を目指した研究開発を進めていることも評価できる。さらに、ディペンダブルストレージシステムに省電力化技術を導入し、科研費「電力消費を制御するスケーラブルな情報の蓄積と検索」の取り組みを行っていることも成果活用事例である。このように低消費電力化、ディペンダビリティ、クラウドコンピューティングなど、現在の計算機技術に必須の基幹技術の課題に対して解決策を与える研究であったことが示され、全体として継続的に研究展開がなされていると判断される。

発表論文としては、期間中の発表論文が268報に対し期間後は343報、うち研究代表者が責任著者となっているのは216報であった。期間後の343報のうち2名が100報を超えており、非常に多い。本研究領域中の成果が論文として形になったと思われるので、高く評価できるが、件数の多い分野においては、1つの論文のページ数が短いものもかなりあるように思える。ただ、引用件数が多い論文も多く、他からの評価や研究成果利用として波及効果を認めることが出来る。

なお、情報処理の分野では、比較的論文数が少ないが、単なるアイデアから、それを実現するシステムに至るまでに長い時間を要し、ハードウェアの試作やソフトウェアの作成などのフェーズにあったことも一因と考えられる。

特許の出願も情報処理技術分野の研究領域としては非常に多く、本研究領域期間中の出願（国内93件、海外16件）が着実に登録に至っている（国内46件、海外13件）とともに、終了後も国内74件、海外23件と順調であった。

2. 研究成果から生み出された科学技術や社会・経済への波及効果

2.1 研究成果の科学技術の進歩への貢献

新しいコンピュータアーキテクチャの実現に向けて、半導体以外の材料で実現する技術開発にいち早く力を入れた結果、実用化に近い成果や量子分野での新しい成果が生まれ、世界的にも評価されている。その成果は新分野の創出につながり大きな波及効果を与えている。例えば、2量子ビットのシリコン量子コンピュータの基本方式が確立したことにより、今後、演算や情報の蓄積など情報処理システムとして実現する上で解決すべき課題がより明確になり、この分野の発展に大きく貢献するものと思われる。研究代表者は本研究領域期間中に日本IBM科学賞を受賞し、期間後も日本学術振興会賞を受けている。

また、多相的分子インタラクションに基づく大容量メモリの構築に関しては、DNA分子メモリ実現のための要素技術の開発とその応用技術としてDNAインキの開発は、シリコンに代わる新たな情報処理デバイスとしての実現可能性とその応用分野を示したものであり、「分子メモリ」という新しい学術分野の開拓につながる重要な成果である。この研究領域で開発したDNAインキの技

術は、量産化に向けて進展している。今後、アプリケーションの実用化や多くの技術に利用されることが期待できる。産業移転や企業連携による実質的な活用が求められているが、この点からも評価できる。

一方、膨大な情報を蓄積し、検索するためにデータを集約する必要に迫られているため、ストレージの重要性が増している。先進ストレージシステムにおいては、省電力化に向けた取り組みが継続して行われていて、この分野における科学技術の進歩に貢献しているといえる。

情報システムの研究分野については、国内の学会においてフェローを輩出するとともに（情報処理学会：3名、電子情報通信学会：1名、日本ソフトウェア科学会：1名）、文部科学大臣表彰科学技術賞の受賞など、国内でのプレゼンスが高いと言える。低消費電力に関する研究課題を通して開発した諸要素技術は、筑波大学・東京大学・京都大学や東京工業大学のPCベーススーパーコンピュータやその後の「ポスト京」などの開発の先鞭をつけた。

2.2 研究成果の応用に向けての発展状況

基礎・基盤技術、システム技術、ディペンダブル技術という3つの視点から、研究が行われた。各領域において、研究成果の実証は応用への取り組みが行われている。また、スーパーコンピュータの消費電力対性能比の向上の重要性を立証したこと、今日の必要なシステム技術であるクラウドコンピューティングに関連する重要な研究課題を提示していることなど、国際標準となり得る成果も含め社会的・経済的なインパクトのある研究も進んでいると考える。

日本のオリジナルな情報理論といわれている「フルーエンシー情報理論」をマルチメディアコンテンツの共通記述形式として実用化させている。音響の分野ではオーディオ企業に採用され、静止画や画像の分野では印刷業界や携帯電話でのサービスに取り入れられるなど、実用性の高い技術として、企業との事業化が進められ、一部が世界標準技術となっていることは、DVDの先にあるデバイスの可能性を示し、社会的・経済的なインパクトの高い重要な成果であると認められる。研究領域期間中、および研究領域終了後も、継続して積極的に特許出願し、26件中24件が特許化され、2件は海外特許として取得していることも特筆すべき点であり、日本の産業力強化に資する技術として有望である。

多相的分子インタラクションに基づく大容量メモリの構築では、開発したDNAインキを東京大学のTLO (Technology Licensing Organization) 経由で企業に技術供与し、量産化を進めている。安全性・信頼性の改良や手軽なデータ読取装置の開発など応用面での技術開発が行われている。

ディペンダブル技術においては、メガスケールコンピューティング基盤技術を確立し、そのプロトタイプとして低電力・高密度大規模クラスター MegaProto を開発・製造して、技術の有効性を実証している。

超高速ペタバイト情報ストレージにおいては、スタンフォード大学に加えて国内の複数の企業と連携して研究を進めるとともに、標準化に取り組み、報道発表につながっている。

多くの特許申請も行われ、今後、プロジェクトで得られた成果の利用が期待できる。

量子コンピュータなど基礎的な領域については、すぐに経済的波及効果が現れるものではないが、国内外の研究機関との人材交流が行われており、人材育成の面で大きな波及効果があったと考えられる。

2.3 その他の特筆すべき波及効果

「全シリコン量子コンピュータの実現」の成果は、米国、ドイツ、イギリス、オーストラリアとの共同研究へとつながり、国際的な協同と競争のバランス良い関係を形成しながら、当該分野の振興に大きく貢献している。若手研究者の国際交流も活発に行い、人材育成にも貢献している。併せて、国際半導体技術ロードマップ(ITRS)の策定に影響を与えるなど、今後の半導体技術の展開の方向性にも大きなインパクトを与えている。また、海外からの研究員を受け入れ、国内研究者への波及効果もあるとともに、相互の研究開発コスト削減にもつなげている。

「多相的分子インタラクションに基づく大容量メモリの構築」においては、DNA 分子メモリを構築するという当初の目的を達成し、当初想定していなかった生体イメージングなどの技術として応用の可能性を示した。東京大学の TLO 経由で企業に対して技術供与が始まっており、基礎研究から一気に実用化研究へと研究が加速したことは、当初想定されていなかった新たな展開と思われる。今後、製品化に向けて安定性・信頼性の改良や手軽なデータ読み取り装置の開発とその量産化が進めば、DNA インキなどのアプリケーションの実用化へ、この分野は一気に拡大するものと考えられる。

記述量爆発問題に関する研究課題の活動を契機に、システム検証研究センターがこの分野で国内最大規模の組織として設立されている。また経済産業省においても組み込みシステム検証試験施設が設立され、取り組みが拡大されている。

自律連合型基盤システムの研究代表者は、この取り組みをきっかけにクラウドコンピューティングの分野で国内をリードし、IPA の研究会の座長を務めてとりまとめた報告書が多数ダウンロードされ、さらに経産省のクラウドコンピューティングのガイド指針の作成に関わるなどした。さらには、筑波大学において、情報メディアセンタークラウド室室長となり、文部科学省のがんプロフェッショナル養成基盤推進プランの全国 e ラーニングクラウドのシステム管理責任者を担当するなど、日本における実用レベルでのクラウドシステム構築に寄与している。

3. その他

CREST 事業は「目利き」となる研究総括がいち早く当該領域の重要性を見だし、戦略的に研究を推進するものとして、我が国の研究開発力の維持、強化に貢献している。本研究領域には、量子コンピュータのように息の長い研究を要するものもある。また、大学や企業それぞれ単独では成し得ない取り組みが多く含まれることから、今後も産学官の連携による研究開発が必須である。この点で、CREST の事業として取り組んだ意義は大きい。

我が国は、2020 年にエクサスケールスーパーコンピューティングを目指すフラグシップ 2020 事業を開始したが、その次の世代のスーパーコンピュータ実現技術は、これまでコンピュータ技術の発展を支えてきたムーアの法則が 2020 年以降、数 nm レベルで終焉を迎えるといわれている中、全くの不透明な状態にあるのが現状である。従って、ポストムーア、モアザンムーア時代のデバイス技術に基づく省電力・高信頼・高性能システムアーキテクチャ技術の確立を目指した「ポストムーア・モアザンムーア時代の高性能情報処理技術」領域を CREST 事業として早急に立ち上げ、産業応用の出口戦略も含めて、必要な要素技術の研究開発に着手することが必要であると思われる。

今後、研究を推進するにあたっては、長期的な研究の発展という観点から、次世代を担う若手研究者の育成を図っていく必要がある。また、研究領域内の相乗効果は重要であり、課題間の相互作用や連携の可能性について、より積極的な姿勢で臨む必要がある。領域シンポジウムを5回開催し議論するなど一定の連携を図ることができているが、そこから新たな研究成果が生まれているか、評価していくことが望ましい。

最後に、米国に頼りがちな情報処理の研究について、国としてより強いメッセージを出しリードしていくことも重要と考える。動きの速い情報通信・情報科学分野において「オープンサイエンス」、「オープンイノベーション」による技術革新が主流となりつつある今日、研究プロジェクトの新たな進め方も考えられる。

以上