

CREST 研究領域「実用化を目指した組込みシステム用ディペンダブル・オペレーティング  
システム」  
追跡評価報告書

## 総合所見

本研究領域においては多数の研究論文などに示される重要な研究成果を得た。また、特許取得が難しいソフトウェア分野において数件の特許も取得している。研究に参画した研究者の多くは、研究終了後も本研究領域の成果を継続・発展させる研究開発を進めており、成果要素技術はポスト京スーパーコンピューターシステム（富岳）などに活用されている。

研究成果に基づいたオープンシステムの信頼性枠組は 2018 年に国際標準として成立した。このことは、研究成果に対する国際的な高い評価を示すものであるとともに、研究成果の広範な実用化と普及促進に大きく資するものである。

研究成果の普及を目的として設立した一般社団法人ディペンダビリティ技術推進協会（DEOS 協会）は産業界からの参画も得て活発に活動を続け、産業への応用を広げつつあることも高く評価できる。

なお、本研究領域名称には「組込みシステム用」という文言があるが、プロジェクトをめぐる環境と、それによる技術開発要請の急速な変化に対応し、研究期間中の比較的早期において、必ずしも組込みシステムのみを対象とはしないとする見直しを行って領域運営を進めた。そのため、本研究領域の研究成果は、研究期間中も、またその後の成果の発展も組込みシステムに特化したものにはなっていないが、顕著な成果が出ていることから、賢明な運用であったと考える。

## 1. 研究成果の発展状況や活用状況

本研究領域の研究に基づいて構築したディペンダビリティ統合化技術（DEOS）は、世界的に見ても高い技術水準にあるものと認められ、2018 年 6 月には国際標準（IEC 62853 Open systems dependability）として発行された。

従来の信頼性技術は独立した個別のシステムの特定の静的な状態を対象としたものであったのに対し、本研究領域では分散した多様なシステム要素からなり、状況に応じて動的に変化していくオープンシステムを対象としている。今後こうした特徴を有するシステムの重要性が増していく中、この国際標準には広範な活用が期待され、社会・経済・学術をはじめとする、あらゆる分野において不可欠となっている情報システムの基盤として大きく貢献するものと考えられる。

本研究領域の研究成果にはさまざまな要素技術があげられるが、その中でも具体的な活用事例として重要なのは、ポスト京（富岳）システムへの成果の適用である。富岳の運用開始は 2021 年を予定しているが、複数の要素技術を活用することにより、システムの使い勝手を大きく向上させることが見込まれる。

また、本研究領域の研究成果の普及・発展を目的として2013年に設立した一般社団法人ディペンダビリティ技術推進協会（DEOS 協会）は、プロジェクトに参画した研究者をはじめとする学会員に加え、産業界からも三十数社が会員となっており、活発な活動を継続している。

## 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

### (1) 研究成果の科学技術の進歩への貢献

本研究領域の成果であり2018年に国際標準として発行された IEC 62853 Open systems dependability は、情報システム基盤の構築と保守・更新に際しての指針を与えるものであり、科学技術分野で利用する情報システムに対しても、その信頼性向上に大きく貢献することが期待できる。本研究領域の成果である技術文書のための解析技術を適用した D-Case、D-ADD（後述）のためのツール群は、当該国際標準の普及に資するとともに、今後の同様の枠組に対してのツール構築の基盤としても期待できる。

成果要素技術である並列分散システム技術、信頼性向上技術、省電力化技術、クラウドコンピューティング技術、ロボット・自動運転技術は、200 報を超える研究成果論文、国際学会からの 8 件を含む多数の受賞、6 件の特許登録（うち海外 2 件）など、国内外から高い評価を得た。また、本研究領域の研究期間中および研究終了後も、研究代表者をはじめ本プロジェクトに参画した研究者が多くの関連分野の研究助成を得て、さらなる研究を継続している。

成果要素技術のひとつである並列分散システム技術は、ポスト京（「富岳」）プロジェクトで活用され、システムの使い勝手の向上への貢献が期待される。スーパーコンピューティングによるシミュレーションに基づく「計算科学」は、「実験科学」「理論科学」と並んで今後重要性を高めていくと期待されているが、従来はスーパーコンピュータの利用には技術面の障壁が高く、計算機科学の専門家ではない各分野の専門家の参入は容易ではなかった。本研究領域の成果に基づく使い勝手の向上は、この障壁を低下させ、計算科学の発展に大きく貢献できるものと期待される。また、省電力化技術については、富岳システムの試作機に適用され、消費電力あたりの性能を競う Green500 において、2019 年 11 月に世界第 1 位を獲得している。

### (2) 研究成果の社会・経済への貢献

本研究領域の研究成果であり2018年に国際標準として発行された IEC 62853 Open systems dependability は、社会・経済面においても今後重要性が高まるオープンシステムに対する信頼性の規格として広範に活用され、大きく貢献することが期待できる。

この国際標準にも含まれる成果要素技術である D-Case は、システムの信頼性情報を分析し、関係者で共有、広く説明できるようにするための枠組であり、近年システム開発において必須となっている安全性ケースのオープンシステムに対する拡張とも位置づけられる。

これまでに自動車エンジン制御（トヨタ自動車）、車載用基本ソフトウェアの要件定義（デンソークリエイト）、入退出管理システム（安川情報エンベデッド）、LANアプリケーションの設計（サイバー創研）、ロボットの信頼性保証（産総研）など、さまざまな産業分野への適用が試みられ、後述する DEOS 協会の D-Case 部会で報告、改良の提言等もなされている。

また同様に国際標準の一部となった成果要素技術である D-ADD は、システム信頼性についての関係者の D-Case に基づく合意内容を記述するデータベースの枠組で、変更に際しては履歴を管理、追加部分と既存部分の整合性を検証する機能を提供するものである。これにより D-Case の適用が促進されるものと期待できる。

本研究領域の研究成果の普及・発展を目的として、2013 年に設立した一般社団法人ディペンダビリティ技術推進協会（DEOS 協会）は、産業界からも三十数社が会員となっており、分野ごとの部会を設け、それぞれ講演会、ワークショップを頻繁に開催するなど、活発な活動を継続している。標準化部会は成果技術の国際標準化に向けて活動してきたが、標準の成立後は標準活用部会と改称して活動を継続している。オープンシステムディペンダビリティ技術全般についての広報・普及・深化を目指す OSD 部会は 2014～2019 年の 6 年間に計 42 回開催し、各回において技術の紹介、各部会における活動方針や活動状況の報告、それに伴う議論をしてきている。DEOS 協会の有する技術の産業・社会への展開等を目的とした技術活用部会は、2016～2019 年に計 18 回開催、DEOS の国際標準化への取組や D-ADD, D-Case 技術の解説等を行ってきた。具体的な産業応用としては、信頼性がことに重視される自動運転関連の活動が活発で、ソフトウェアの派生開発における要求仕様の記述実験など、自動車応用部会を中心に他の部会と協力しながら多様な試みが進行中である。DEOS 認証部会では DEOS 技術の普及に役立つ製品、システム、教育コンテンツ等に対する認証評価基準等を策定することを目的としており、これまで 3 件の製品・サービスがこの認証を受けている。

ポスト京（「富岳」）プロジェクトへの本研究領域の成果の適用によるスーパーコンピュータの使い勝手向上は、スーパーコンピュータの産業活用においても参入障壁を低くする効果が大きいと期待される。また、成果要素技術であるクラウド IoT 融合基盤技術、ビッグデータ・クラウド IoT 融合基盤技術については、これらを適用したスマートシティのシステムを藤沢市とつくば市において実証実験し、その有効性を示した。

### (3) その他の特記すべき波及効果

国際標準の策定に中心的な役割を果たすことは、その後の当該分野での競争力獲得に資するところが大きい。残念ながらこれまで情報技術分野では、国際標準制定にあたって我が国が中心的役割を果たすことは稀であった。本研究領域の研究成果の国際標準化は、それが直接にもたらす利益だけでなく、隣接する分野の研究者に対して標準化活動への意欲を高めさせる効果も大きいと考えられる。

### 3. その他

本研究領域では、研究期間中の比較的早期において、必ずしも組込みシステムのみを対象としないとする方針の見直しを行った。組込みシステムを対象とした当初の領域設定の背景にあった技術トレンドの予測が必ずしも適切ではなかったと考えられるが、見直しを施さずに研究を推進するより、はるかに適切な運用になったと考える。本研究領域に限らず、変化の激しい研究分野を対象とする長期にわたるプロジェクトにおいては、今後も同様の状況が生ずることが予想される。こうした事態に適切かつ迅速に対処できるように、研究領域の修正の仕組みなどをあらかじめ設けておくことが望ましい。