

## CREST「ディペンダブル VLSI システムの基盤技術」 研究領域事後評価報告書

### 総合所見

本研究領域は、ディペンダビリティ向上を軸とした VLSI に関連するテーマを集めて、多様な分野の専門家が参集して研究開発を推進しており、この期間、我が国のハードウェア研究活動（学会、論文、産学連携等）の活性化に繋がるなど、学術研究推進の意味で意義が高い。研究成果論文は、レベルの高い国際会議での発表も多く、世界からも日本の技術レベルは高く評価された。また、特許出願も十分な件数があり、この点でも評価できる。

研究課題が幅広い分野にまたがっており、それぞれの進捗が世間のトレンドに取り残されないように領域運営を行うことは容易でなかったと思われるが、企業との共同研究をプロモートしたことによって、製品化に繋がるような成果や次のプロジェクトへと発展する、あるいはその可能性の高い成果が多く出ている点は高く評価できる。自動車分野への応用に関する技術が多く見受けられたが、今後は、他の応用を想定した技術検討をすることにより、技術水準の向上や広がり期待することができる。社会への大きなインパクトという点に関しては、現時点では顕在化していないが、今後、有効に産業展開されるか否かは、産業界側の受け止め方にも依存するので、積極的に受け入れる姿勢を産業界側に期待したい。

本研究領域の設定自体は集積回路技術の果たすべき社会での役割・必要性を的確にキャッチした適切なものであったと思われる。VLSI システムにおいて、「ディペンダビリティ」という概念は益々重要になってくることが予想される。その点で、当該研究領域が設定された意味は大きい。また、大学における VLSI システム研究者の数は多くはないこの分野において、優秀な研究者群を組織して分野を牽引し、人材育成に貢献した点においても意義は大きいと考える。また、定義付けが難しい「ディペンダビリティ」という切り口に対して、科学技術イノベーションを意識した研究をリードし、優れた成果を挙げた研究総括のマネジメントは評価に値する。

以上を総括し、本研究領域は総合的に優れていると評価できる。

### I. 研究領域としての成果について

#### 1. 研究領域としての研究マネジメントの状況

研究課題の選考は、世界的研究水準、具体性のある問題設定とその解決方法、達成目標の明示、および提案者の実績に基づいてなされていて、適切である。そして、今までにないディペンダブルという領域を新たに定義し、その領域を幅広く見据えた上で適材適所の研究者にテーマを任せて運営を指示し、かつその都度やり方を見直して推進した研究総括のマネジメントは、今後の参考になるやり方であった。すなわち、継続的改善努力の姿勢が明瞭に見られ、研究課題の継続に関する柔軟な判断、中間評価からのフィードバックなど十分評価できるマネジメントであった。

アドバイザーの構成に関しては、産学バランスは適切であった。しかし本研究領域が単に VLSI の設計・製造・テストのみならず、その応用システムまで含むとの当初の設定から判断すると、もう少しユーザー側の立場の専門家（現在の映像・メディア応用分野や将来のバイオ・医療応用分野など）を登用すると、テーマ間の連携や産業界へのインパクト創出が一層高まった可能性がある。

以上により、本研究領域の研究マネジメントは優れていたと評価できる。

## 2. 研究領域としての戦略目標の達成に資する成果

### (1) 得られた研究成果の科学技術への貢献

科学技術への貢献に関しては、まずは学会発表という観点で言えば、このテーマ全体としては質、量ともに十分な成果が得られたといえる。平成 21 年度以降、とくに平成 24 年度以降は学術上の成果が顕著に向上している。また、国際学会に多くの学会発表、論文発表がなされている（竹内、坪内、小柳チーム等）ことは評価できる。

論文に関しては、論文数が多いだけではなく、ICT 分野としては国際論文が多いという特徴があり、特に半導体のオリンピックと呼ばれる ISSCC (International Solid-State Circuits Conference) に、10 件以上の論文を発表しており、国際的にも高く評価できる。

研究発表や論文の内容を見ると、「ディペンダビリティ」に直結したテーマだけでなく、その課題において達成された学術的視点からの水準は高いものが多く、特に将来の VLSI 技術における信頼性阻害要因とその克服のための研究には、関係学会からの評価の高い研究成果が含まれている。また、デバイス物理の側面、数学的検証手法、冗長化手法と障害からの回復システム構成の提案等、基礎的かつ先駆的成果が含まれている。

以上により、研究成果の科学技術への貢献については、特に高い水準にあると評価できる。

### (2) 研究成果の科学技術イノベーション創出への貢献

ディペンダブル VLSI という新しい切り口で本研究領域を進めたという意味では、今までの性能指標（例えば動作速度やメモリー容量など）とは異なるインパクトを将来与えられる可能性を世の中に示すことができた。しかしながらイノベーションというのはそれが核になって大きく社会を変えていくという定義に基づけば、まだそこまでには到達していないようである。例えば本研究領域の研究テーマ無くしては大きく発展しなかった技術分野があったかどうかという視点が重要である。しかしながら、こうした評価は将来、時宜をはかってやるべきである。

3 次元 LSI や対攻撃システム、リアルタイムシステム等は社会的必要性の高さからイノベーションの可能性を含んでいるが、評価は今後の発展経過に依存する部分も多い。研究総括が相対的に高く評価している再構成プロセッサや大容量 SSD (Solid State Drive)、非接触コネクタ等は、個別技術上は完成度の高いものであり、より可能性の高いイノベーションの芽といえる。

しかしながら、本研究領域期間中は、時代背景として世の中の VLSI 技術の進歩は加速されており、2007 年に設定した期待値と、現在すでに世の中で実現されているレベルとの乖離が生じた。そのため、やむをえないことではあるが、研究課題によっては産業界への波及効果の大きさという意味では、標準レベルに留まったものもあった。

特許に関してはインパクトのある基本特許の取得が重要である。特許出願への取組みに関しては、極めて活発なチーム（例：吉本チーム）と、不活発なチームがある。設計・ソフト分野では特許化が難しいこともあるが、企業と連携した知的財産権の出願について大学でも努力するべきと考える。

以上により、研究成果の科学技術イノベーション創出への貢献については、高い水準にあると評価できる。

## II. 研究領域の活動・成果を踏まえた今後の展開等についての提言

### 1. 本研究領域の活動や成果を、科学技術の進歩へと展開させるための方策

今後、社会においてディペンダブルシステムをもつことができるかは、国家的な重要課題である。ディペンダブルシステムにはどのような特性が要求され、それをいかにして実現するかについて水平的な広がりのある大規模研究を展開しても良いのではないだろうか。IT、IoT の時代に、非ノイマン型（脳型、ニューラル NW(ネットワーク)等) コンピュータが開発され、ノイマン型と分担してタスクを処理するパラダイムにおいては、システムとしてのディペンダビリティを科学技術面から評価する研究があつてよいのではないかと考える。

### 2. 本研究領域の活動や成果を、社会還元や産業化・実用化に向けて実現させるための方策

今回の成果をまとめた上で産業界がどういう反応をするのか意見を聞く機会を設けるのも良いであろう。世の中の進捗は非常に速いペースで進んでおり、自分の研究、開発領域だけでなく底辺を取り巻く環境の変化によって進むべき道は変わってくるので、個々を見極めていく必要がある。半導体以外の産業界の専門家に、今回の研究成果が将来の経済効果としてどの程度のインパクトになるかの試算を依頼するのも役立つであろう。

本研究領域のような分野は知的財産権の有無が産業化の成否を握るので、大学での研究段階で知的財産権の取得を企業と協力して行うとよい。JST と大学で連携して、基本特許がある研究は企業化、或いは企業へのブリッジングを JST が行ってもよいのではないかと考える。

### 3. その他の提言

今はやりつつある IoT (Internet of Things) でいえば、“1Trillion Sensor” とか “Industry4.0” とかの活動がなぜ日本発信にならないのかをよく考えてみたい。出口として実際に企業名とともに新聞報道された件数などを評価指標としてはどうだろうか。今後、社会的貢献がされているかどうかの絶対的な評価の導入は必要と思われる。

以上