

【公開版】

知的クラスター創成事業

自己評価報告書

(2007年3月末版)

平成19年12月7日

地方自治体名	福岡県
事業名	福岡システムLSI設計開発クラスター構想
特定領域	情報通信
事業総括氏名	平川和之
中核機関名	財団法人 福岡県産業・科学技術振興財団
中核機関代表者氏名	麻生 渡

(1) 事業の概要 (フェースシート)

①事業の目的

半導体産業は、社会や産業の基盤要素として、基幹産業となっている。また、技術や産業構造の急激な変化に伴い、絶え間ないイノベーションが求められる国際間競争の激しい分野でもある。1990年当時は、隆盛を極めた我が国の半導体産業も、欧米や新興のアジア諸国との競争で苦戦を強いられている(図1参照)。本事業では、福岡地域内の大学における豊富なシステムLSI設計開発人材ポテンシャルを核として、システムLSI設計開発拠点を構築し、引いては従来から半導体量産基地として九州各地に存在する製造技術との融合による新たな産業構造「九州シリコンクラスター」の形成を図り、我が国の半導体産業の復活に資することを目的とする。

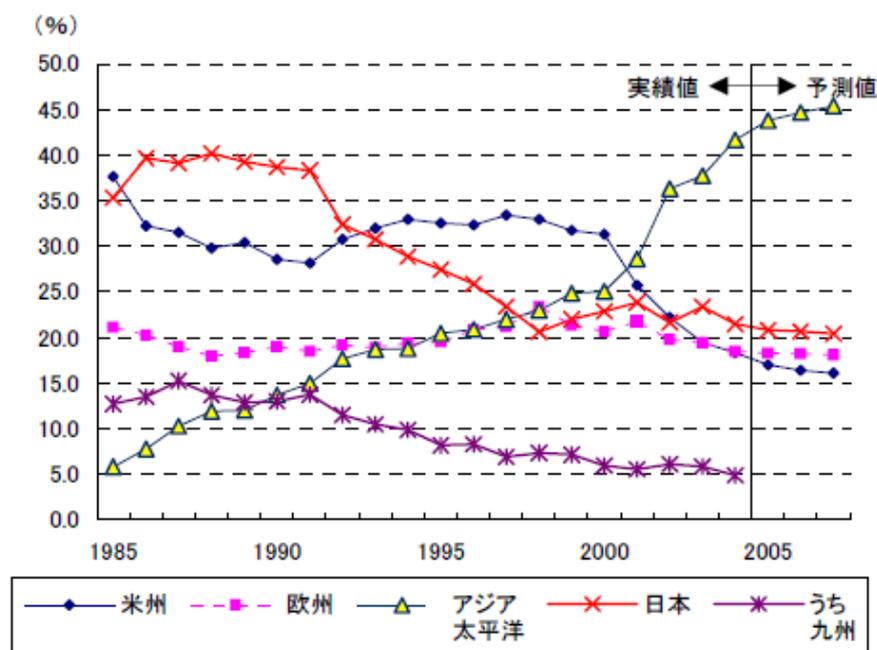


図1 世界の半導体生産主要地域別シェア

②事業の目標

上記目的達成の戦略として、福岡県は「シリコンシーベルト (SSB) 福岡プロジェクト」を立ち上げた。SSBとは、世界の半導体産業最大の生産地であり消費地でもある九州、京畿 (韓国)、上海、新竹 (台湾)、香港、シンガポールを結ぶ地域である。本プロジェクトにより「SSB地域連携」を確立し、福岡県として「システムLSI設計開発産業」を振興することが目標である。

「SSB福岡プロジェクト」を実行するために、平成13年2月に「福岡システムLSI設計開発拠点推進会議」を立ち上げ、個別プロジェクトとして、i) 人材育成、ii) 研究開発支援、iii) ベンチャー育成・支援、iv) IP取引支援、v) 交流・連携促進、

vi) 集積促進事業を設定した (図 2 参照)。

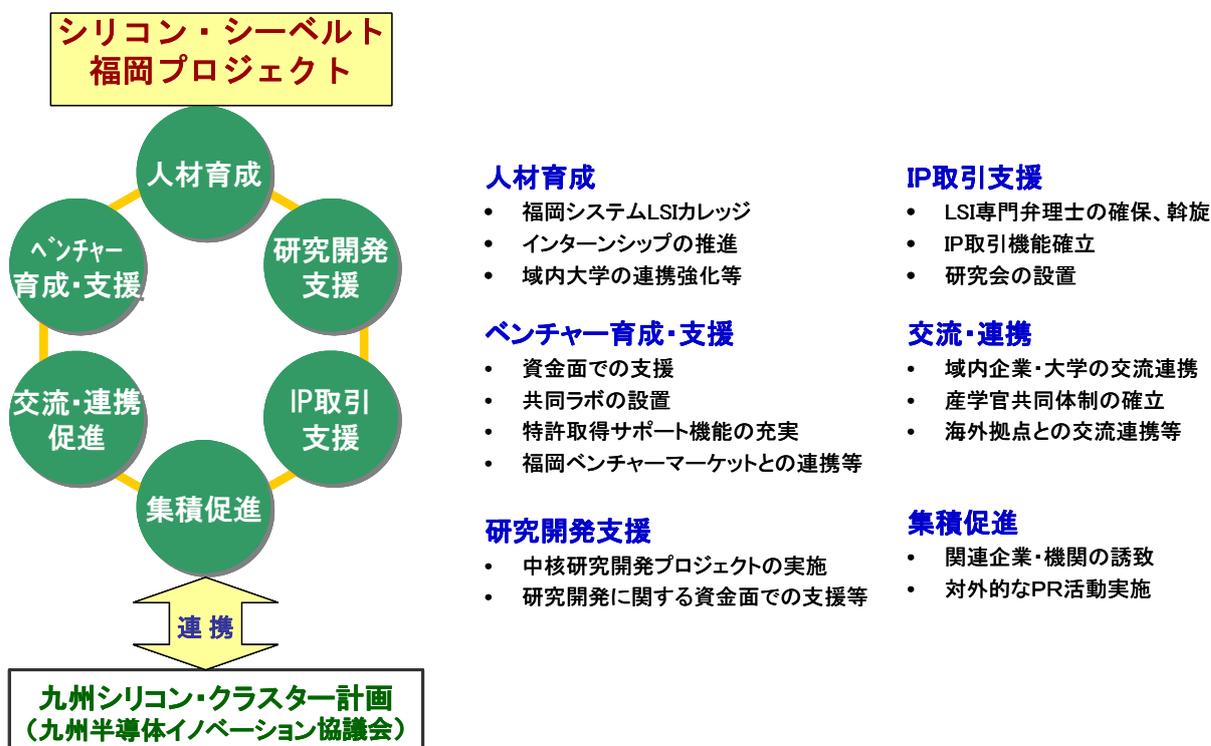


図 2 シリコンシーベルト福岡プロジェクト

拠点化推進にあたり、3つの目標値を掲げた。先ず人材育成である。福岡県には九州大学を始め多くの理工系大学学部が存在し、理工系大学学部定員数で全国第4位、国立理工系定員数で第2位にある。また、福岡県には大手電機メーカーの研究開発部門や試験研究機関が存在し、高度設計人材を吸収できる人材市場が育ちつつある。一方で、設計人材育成の仕組みは大企業を除いては皆無という問題があった。そのため主に中小企業を対象とした人材育成事業である「福岡システムLSIカレッジ」を立ち上げ、(i) 300人/年の設計人材を養成することとした。

第二の目標として研究開発支援事業を取り上げ、大学の持つ技術シーズを事業化する「知的クラスター創成事業」をその中核事業に位置づけ、その他研究開発事業を含めて、(ii) 50テーマ/年の産学官研究開発プロジェクトを実施することとした。

最終目標は、企業誘致活動を含めて、人材育成から交流連携促進までの事業活動の成果をもたらす企業集積である。この目標として(iii) 5カ年で500のベンチャー企業を創出することを設定した。

「平成17年度福岡システムLSI設計開発拠点推進会議」(平成17年8月9日)において、iv) IP (Intellectual Property) 取引支援を以下のように見直した。第一に「IP取引機能確立」と「研究会の設置」(機能確立のために設置)であるが、現在IP取引

は第三者機関（取引所）による活動は活発とは言えず、むしろ I P 開発者、利用者間のライセンス契約による流通が一般的である。従って、I P 取引所設立にて流通を促すのではなく、ライセンス契約による I P 流通支援をベンチャー育成支援事業に取り込むこととした。次に「L S I 専門弁理士の確保、斡旋」であるが、これまで弁理士の数は十分でないものの、半導体設計を専門とする質の高い弁理士を確保できた。今後は「L S I 専門弁理士の確保、斡旋」については研究開発支援、ベンチャー育成事業の一環として活動することとした。

結果として、S S B 福岡プロジェクトの個別プロジェクトを、i) 人材育成、ii) 研究開発支援、iii) ベンチャー育成・支援、iv) 交流・連携促進、v) 集積促進の 5 事業に整理した（図 3 参照）。

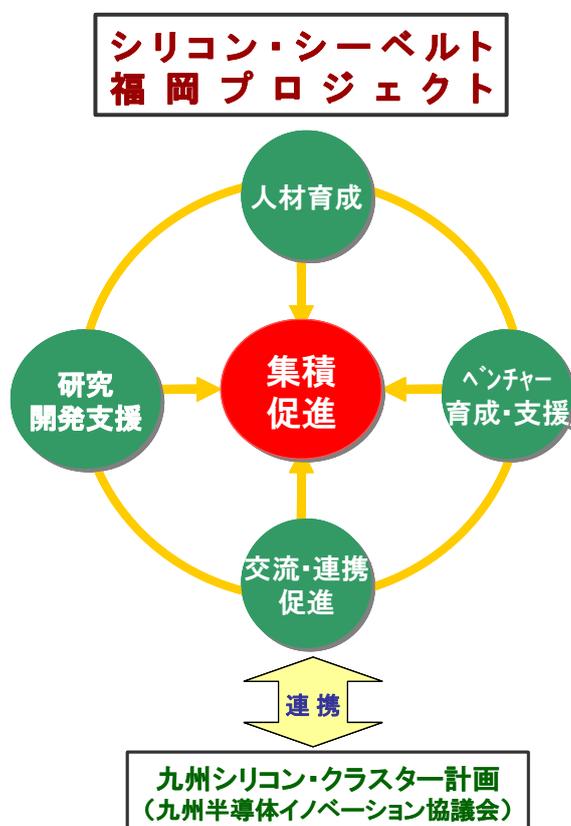


図 3 シリコンシーベルト福岡プロジェクト（変更後）

③事業内容の概要

S S B 福岡プロジェクトを推進するに当たり、管理の中核機関を「福岡県産業・科学技術振興財団」とし、システム L S I 設計開発産業振興の専任部門としてシステム L S I 部を設置した（図 4 参照）。事業の進め方としては、先ず地域（福岡県、北九州市、福岡市）の支援政策を定め、その中で国の支援事業と整合する事業、地域独自で展開す

べきものを峻別し、前者については国に支援を活用することとした（後述の4-③参照）。

- (財)福岡県産業・科学技術振興財団(ふくおかIST)は福岡県における産学官研究交流と連携を通して、産業振興を図る機関である。
- 同財団(全職員数47名)の中で、システムLSI部所属の20名が人材育成、研究開発事業などの事業を推進し、システムLSI設計開発産業を振興する。

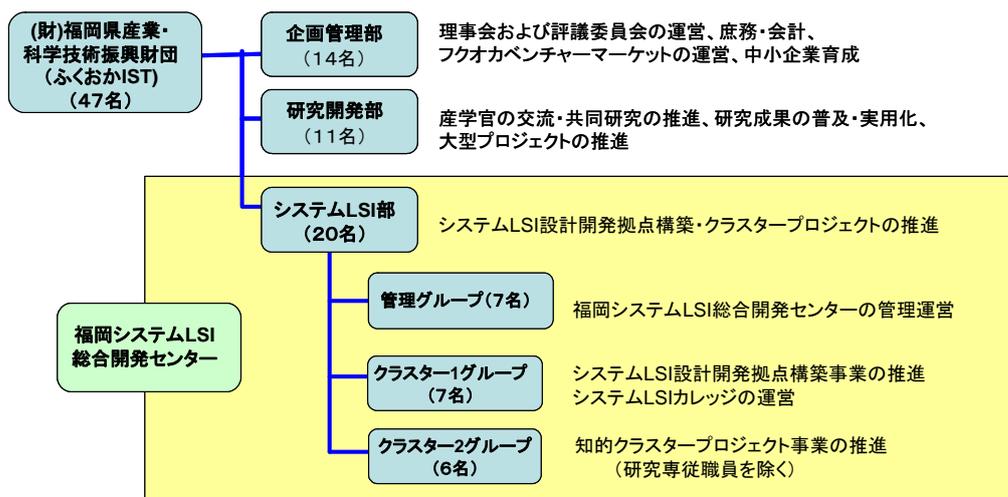


図4 SSB福岡プロジェクト推進中核機関

以下5つの事業について、計画時点と現在の状況を述べる。

i) 人材育成：

北九州市、福岡市の協力を得て、システムLSI設計教育に焦点を当て福岡システムLSIカレッジを設立した。平成13年12月の開校時の受講生は主に中小企業技術者を対象に64名に始まり、平成18年度には、受講者951名、平成18年度までの延受講生総数2,807名に達し、目標300人/年を達成した(図5参照)。今後は平成23年度以後を目標に九州大学と協力して、新しい地域社会人教育モデルを確立し、企業・大学連合のインターカレッジの設立を目指す予定である。

ii) 研究開発支援：

知的クラスター創成事業を中核事業に位置づけ、北部九州全体での実行体制を制定した。当該創成事業が始まる平成13年まで、研究開発支援事業は地域独自の補助事業や地域新生コンソーシアム研究事業(経済産業省)等の制度を利用して、高々33プロジェクトに過ぎない。平成14年以後、約30の研究プロジェクトが知的クラスター創成事業を実施することにより加わり、本支援事業の目標値である50件/年に達成した(図6参照)。

iii) ベンチャー育成・支援：

システムLSIフロンティア創出事業は中小企業の短期製品化を支援する制度であ

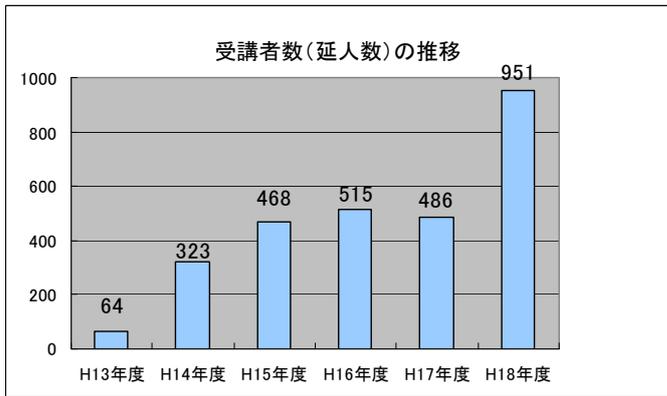
る。平成13年度より、福岡県、北九州市、福岡市の協力を得て18年度までに22テーマを実施している。本事業による支援は、製品化、更には販売まで進むケースが多く、中小企業利用者の人気は非常に高い（図7参照）。

●実績

- 1) 養成500人以上／年で、目標300人／年をクリア
- 2) 講師陣 28大学54名、19企業等44名、合計98名
- 3) 専任講師による「ティーチングスタッフ会議」設置



カレッジ講義風景(座学)



●開講実績

- 1) 受講者延人数・・・累計2,807人
 - ・アナログ設計コースはデジタル設計コースの2倍弱
 - ・北九州校:「ものづくり講座」と連携して開講
- 2) 受講者実人数
累計1,237人(2.2講座／人)

図5 福岡システムL S Iカレッジの実績

- 平成13年度のプロジェクトは33テーマであるが、平成14年度から知的クラスター創成事業の開始により、テーマ数が約2倍になり、知的クラスター創成事業が研究開発支援の中核事業になった。
- 平成17年度より、九州大学、ISIT関係の研究開発が増え、現在80テーマが進行中である。

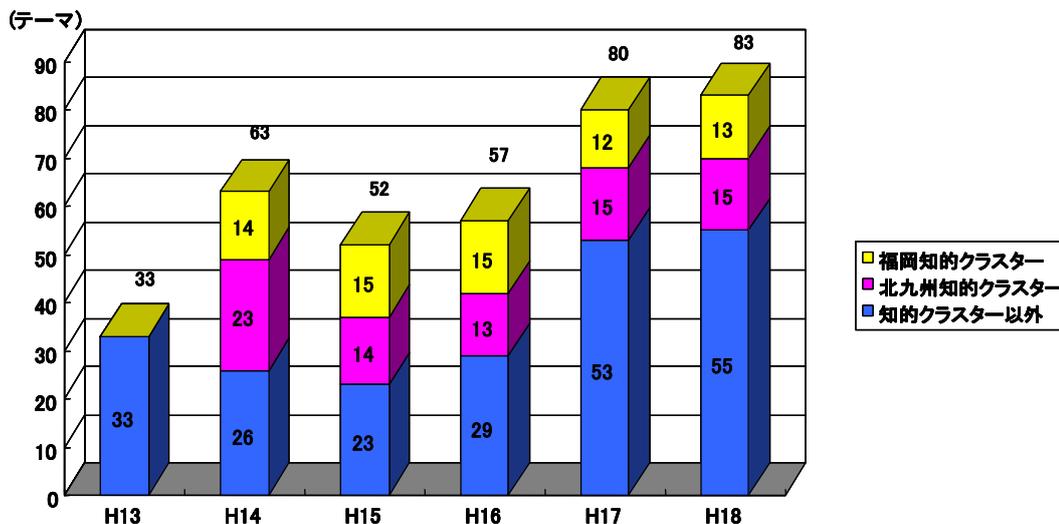
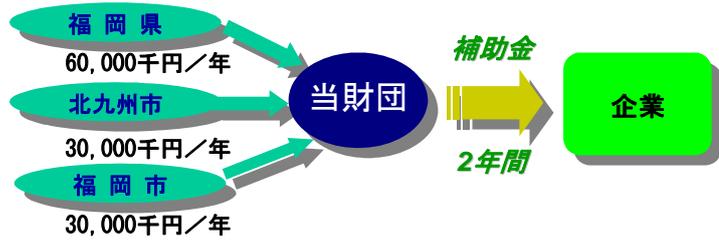


図6 研究開発支援事業プロジェクト数の推移

事業の目的

実用化・製品化を目指した新規のシステムLSI開発等への支援。
地域のシステムLSI関連技術の集積と高度化を図る。



H13～18年度事業実績

(事業完了テーマ18件の状況)

事業完了18件のうち、約40%の7件が製品化まで進展。同じく約40%の7件が製品化へ向けた研究開発を継続中。ベンチャー企業(エスピワ(株))も1社創出。

現状	件数
製品を販売中	5件(3)
製品化完了(未販売)	2件(4)
製品化へ向けて開発中	7件(5)
研究開発中断中	4件(3)
計	18件(15)

()内は平成17年度までの状況(15件)

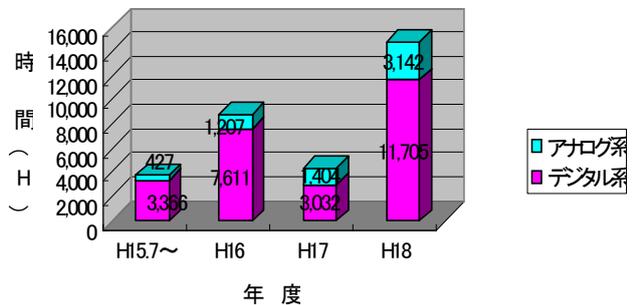
図7 システムLSIフロンティア創出事業究開発支援事業

- EDAツールの累積利用時間は、3ヶ年余で約31,894時間(利用率約78%)である。
- H18年度は、1年間で15企業14,847時間(利用率約127%)と前年の約3倍。
- ラボ利用がLSIセンターへの入居理由のトップに挙がるなど、企業集積の大きな誘因となっている。

EDAツール利用実績データ

年度	アナログ系		デジタル系		合計 時間数
	時間数	比率	時間数	比率	
H15.7～	427	11.3	3,366	88.7	3,793
H16	1,207	13.7	7,611	86.3	8,818
H17	1,404	31.7	3,032	68.3	4,436
H18	3,142	21.2	11,705	78.8	14,847
合計	6,180	19.4	25,714	80.6	31,894

共用施設ラボEDAツール利用状況



※利用率は、ツール利用時間数を設計ラボ5ブース(H17.7から6ブース)を平日8時間利用した年間時間数で割りもどし算出

図8 EDAツールの利用状況

また中小企業を対象にLSI設計EDAツール利用やLSIの試作費用の助成のサービスを行っている。その内、EDAツールは経産省補助事業を利用して平成15年にEDAライセンス契約を行い導入した。平成18年度のツール利用時間は14,800時間を超えており、設計ツールの利用形態を考えれば、妥当と思われる(図8参照)。半導体ベンチャー育成のために地域ファンドを17年度に創設した。現在、優良企業11社を対象に投資しており、その進捗率は70%を越えた。

iv) 交流・連携促進:

交流連携では、SSB地域各地の半導体産業振興協会を交流連携の対象に選び、その人的ネットワークを基に半導体産業の問題意識を地域間で共有し、今後、SSB地域を世界における半導体産業の情報発信拠点へ成長させる。

この目的に沿って「シリコンシーベルトサミット(SSS)福岡」を2003年に開催した(図9参照)。当初、参加者500名弱から一時減少傾向にあったが、2006年には「カーエレクトロニクス」をテーマに取り上げた結果、526名の参加があった。2007年で5回を数え、SSS福岡が交流連携の定期会議として定着しつつある。今後はビジネス推進の場へと拡大することが期待されている。

- SSS開催の目的: SSB地域の半導体産業振興協会と連携し、半導体産業の問題意識を共有化して、21世紀の世界に向けてシステムLSIの情報発信拠点となることを目指す。
- 行政機関、地域の半導体協会及び半導体産業支援機関により実施

- | | |
|--|---|
| <p>主催: ・福岡県
・九州半導体イノベーション協議会</p> | <p>・福岡県システムLSI設計開発拠点推進会議</p> |
| <p>後援: ・経済産業省
・北九州市
・(社)電子情報技術産業協会(JEITA)
・(社)日本半導体ベンチャー協会(JASVA)
・(株)半導体理工学研究センター(STARC)
・(株)セミコンダクタポータル
・Korea Semiconductor Industry Association (KSIA)
・Taiwan Semiconductor Industry Association (TSIA)</p> | <p>・九州経済産業局
・福岡市
・(社)日本半導体製造装置協会(SEAJ)
・半導体産業研究所(SIRIJ)
・(株)半導体先端テクノロジーズ(Selete)
・Shanghai Integrated Circuit Industry Association (SICA)
・Hong Kong Science & Technology Parks</p> |
| <p>メディア後援: ・日本経済新聞社
・日経BP社
・電波新聞社</p> | <p>・日刊工業新聞社
・産業タイムズ社
・フジサンケイ・ビジネスアイ</p> |

開催年	基調講演とセッションテーマ	パネルセッション
2003	システムメーカの要求と半導体産業の対応	シリコンシーベルトにおける人材育成、市場創出、技術協調
2004	ユビキタス・コンピューティングLSIアプリケーション	シリコンシーベルト各地域の半導体振興プロジェクト
2005	アジアの企業のグローバル戦略	新市場攻略拠点の動き、ベンチャービジネスを中心に
2006	カーエレクトロニクス動向	エレクトロニクス企業における人材戦略
2007	センサーネットワークキングが変える未来社会	センサーネットワークキングにおけるアジアコラボレーション

図9 シリコンシーベルトサミット(SSS)福岡

次に国内での交流連携であるが、平成16年に「福岡システムLSI総合開発センター(LSIセンター)」が開設され、その目的の一つが交流連携の場の提供である。

開設以来、セミナー開催数 310 回、参加者 10,900 名を数え、名実共にシステム L S I に関する交流のセンターになった (図 10 参照)。

- センターの目的の一つは産学官の交流・連携を促進することにある。
- LSIセンターのオープン(平成16年11月)以来、
約310回の開催、約10,900人の参加
- ビジネス、技術セミナーについては、毎週2回以上、40～80人/回

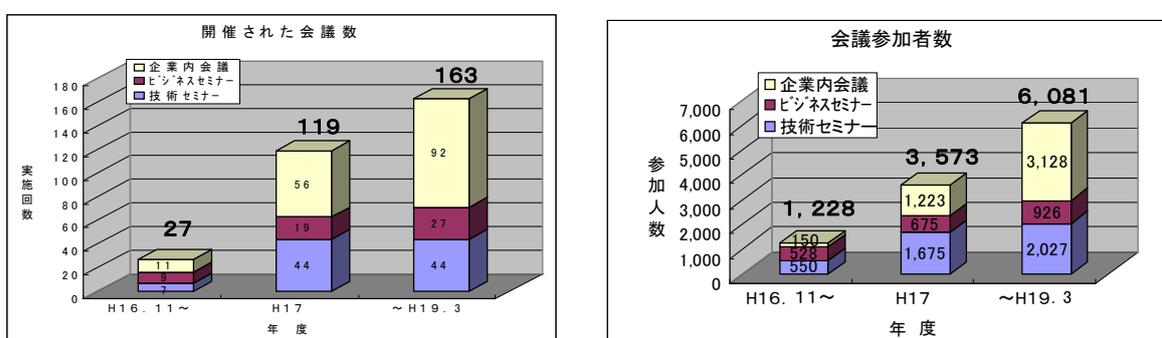


図 10 福岡システム L S I 総合開発センター・セミナー開催状況

v) 集積促進 :

平成 16 年 11 月に L S I センターが開設された。この施設はシステム L S I の人材育成、研究開発から事業展開までを総合的、一元的に支援する S S B 福岡プロジェクトの中核施設である。この目的に則して、九州大学システム L S I 研究センター、福岡知的クラスター研究所 (F L E E T S)、福岡システム L S I カレッジ、ベンチャー企業の利用を中心とする設計検証のための共用ラボ等を同センター内に集中配置した (図 11 参照)。

システム L S I 設計開発に特化した「L S I センター」と「S S B 福岡プロジェクト」のブランド効果により福岡県進出へのベンチャー進出が加速され、インキュベーションルームは満室状態である。

「S S B 福岡プロジェクト」を始めた平成 13 年 2 月当時、大企業を含めて企業集積は 21 社であったが、平成 18 年 8 月にはシステム L S I 設計関連企業の集積は 110 社に達した (図 12 参照)。以上の結果、S S B 福岡クラスターの基盤が構築された。今後は発展戦略を明確にしクラスターの自立的成長を促す仕組み作りが重要である。

- 人材育成、研究開発支援促進のために、九州大学システムLSI研究センター、福岡知的クラスター研究所(FLEETS)、福岡システムLSIカレッジを集中して配置
- 設計ベンチャーのためのEDAツール、検証ツールを備えた共用ラボを設置
- 上層階は機密保護のためにインキュベーションルームを配置
- 下層階は開放性を求めて、管理部門、講義室、会議室等を配置



図 11 福岡システムLSI総合開発センターの構成

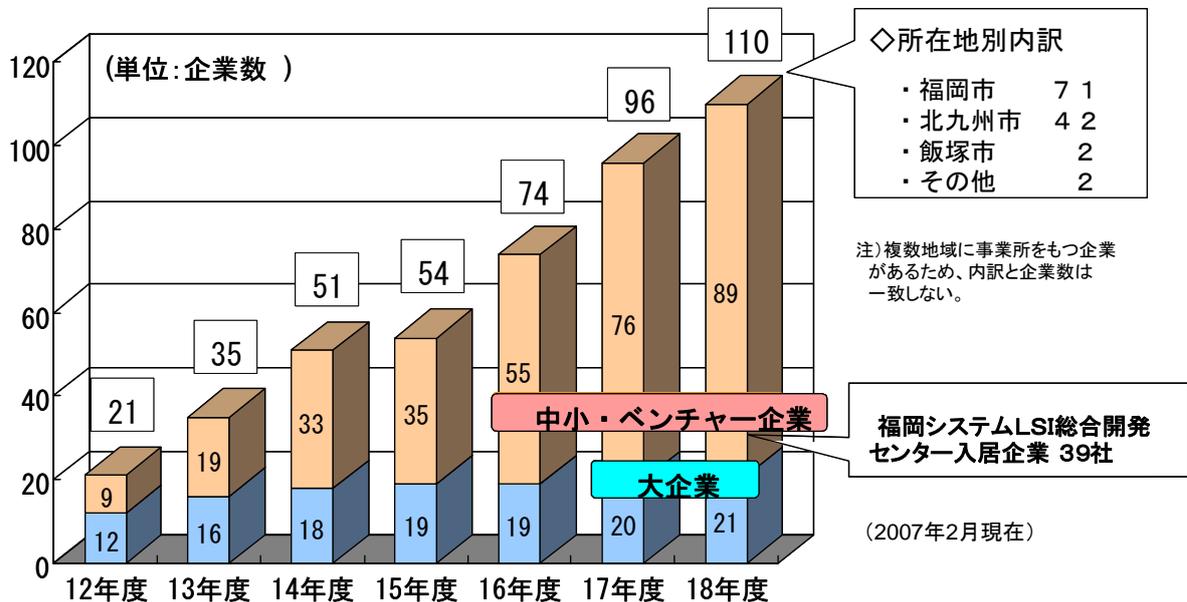


図 12 福岡県のシステムLSI設計関連の企業集積推移

④研究テーマ（複数）の概要

各研究開発テーマの概要を表 1 に示す。

表 1 各研究開発テーマの概要（次頁に続く）

研究テーマ 1：超低消費エネルギー化モバイル用システム L S I の開発
代表者氏名、所属：金谷 晴一、九州大学大学院システム情報科学研究所
概要：モバイル用情報機器に用いられるシステム L S I の鍵を握る無線通信機能の実現技術と低消費電力化技術の確立を目指した。無線通信における送受信のフロントエンド機能のアンテナおよび整合回路の超小型化の基本技術を確立した。特に、コプレーナ線路を用いた整合回路部分を通常の C M O S 技術を用いて小型化する技術を考案・実用化した。また、変復調部やベースバンドデジタル信号処理部も含めて統合的に低消費電力化する設計技術を確立した。無線 L A N 用システム L S I を試作実験対象とし、多様な周波数帯や通信方式に利用できる基本技術を確立、国際的にも高い評価を受けるとともに、一部は産業界に技術移転した。
実施年度：H14～18 年度

研究テーマ 2：次世代システム L S I アーキテクチャの開発
代表者氏名、所属：村上 和彰、九州大学大学院システム情報科学研究所
概要：システム L S I の付加価値と市場競争力を高めるために、性能を向上しつつ設計コスト、製造コスト、運用コストを下げる新しいアーキテクチャの確立を目指した。再構成可能（リコンフィギャラブル）プロセッサのアーキテクチャと設計フローおよびそのツールを開発した。C 言語で記述された応用プログラムに対し、プログラムの性能向上に適した命令セットを自動生成する技術（Redifis）やプログラムの実行履歴から並列アクセラレータに適した部分を抽出して動的に性能を最適化する技術（SysteMorph）を考案・実現した。複数の企業が実用化を進めるとともに、高性能計算機の構築プロジェクトへの技術移転も計画している。
実施年度：H14～18 年度

研究テーマ 3：S i P モジュール設計技術の確立
代表者氏名、所属：友景 肇、福岡大学工学部
概要：低コストで少量多品種なシステムを供給するために、今後重要となるシステム・イン・パッケージ（S i P）実装に関する設計技術と評価技術の確立を目指した。電気回路解析、電磁界解析、熱解析、応力解析などを組み合わせて L S I 内部とそれらを搭載する基板の特性を総合的に解析・設計できる技術とツールを開発した。また、電子ビームと赤外線レーザーを同時照射して S i P 内部の接続を直接評価できる装置（SELBIC）を開発した。これらの技術をベースに S i P 基板の標準化活動を進める組織（SIPOS）を組織し、多くの関係企業とともにその活動の事業化と国際化を進めている。
実施年度：H14～18 年度

研究テーマ4：次世代システムLSI設計支援技術の開発
代表者氏名、所属：松永 裕介、九州大学大学院システム情報科学研究院
概要：我が国のシステムLSI設計のアキレス腱とも言われるEDA技術について、将来のEDAツールの研究開発のための人材や基盤的な環境作りを目指した。産業界や大学が研究の基盤として利用できる実用的でオープンなツール環境を構築している。重要性が急速に増しているFPGAを対象としたテクノロジーマッピング、高性能な演算回路の合成、複雑な制約に対応できるテストパターン生成のための各ツールをアルゴリズムレベルから実用ツールレベルまで開発した。設計受託企業の内部利用を進めるとともに、ツールを中心とした研究開発コミュニティの形成を目指している。
実施年度：H14～18年度

研究テーマ5：組み込み用ソフトウェア開発技術の開発
代表者氏名、所属：福田 晃、九州大学大学院システム情報科学研究院
概要：近年のシステムLSI開発の中で最も大きな工数を費やしている組み込みソフトウェアについて科学的な設計手法を構築することを目指した。プロダクトライン開発方法論をベースとして、複数の企業と実用レベルで使える開発方法の確立を進めてきた。また、モデル検査技術を用いたツール（Garakabu）を開発し、商品化した。ソフトウェアの信頼性向上のためのコーディングガイドラインの作成、九州組み込みソフトウェア研究会の設立（QUEST）、九州大学システムLSI人材養成実践プログラム（QUBE）での社会人への教育など実践的な技術の普及活動も進めている。
実施年度：H14～18年度

研究テーマ6：アプリケーションSoC（北九州地域知的クラスターとの共同研究）
代表者氏名、所属：後藤 敏、早稲田大学大学院情報生産システム研究科
概要：実アプリケーションをベースとしたシステムLSI開発を行った。他の研究が、要素技術の開発であるのに対し、具体的にマルチメディア処理を対象としたシステムLSIを開発し、新しい画像圧縮技術や符号化技術に関するアルゴリズムとその実装を行った。結果は、産業界に技術移転を計画するとともに、要素技術を研究するチームへの実問題の提供の役割も果たした。
実施年度：H14～18年度

研究テーマ7：システムLSI開発プラットフォームの構築（関係府省連携テーマ）
代表者氏名、所属：友景 肇、福岡大学工学部
概要：「超低消費エネルギー化モバイル用システムLSIの開発」と「SiPモジュール設計技術の確立」の研究成果をベースに、マイクロネクタ搭載SiP基板の技術を開発し、その上にRF回路を含む無線システムを試作している。他の競争的資金により、事業化への発展を目指している。
実施年度：H17～18年度

(2) 総括

平成13年に設立した「福岡県システムLSI設計開発拠点推進会議」を設立し、その活動方針に沿ってシリコンシーベルト福岡プロジェクトを推進した。このプロジェクトにおいて当初掲げた3つの目標に対する達成状況を以下に記す。また、この実績が強調したい成果・効果である。

i) 人材育成

福岡システムLSIカレッジにおいて、約500受講者/年の実績をあげ、かつ順調に継続していることから目標を十分達成したと言える(図5参照)。更に、平成17年度より九州大学システムLSI設計人材養成実践プログラム(QUBE)が発足し、カレッジと協力して地域社会人教育システムを確立した。

ii) 研究開発支援

平成14年から始まった知的クラスター創成事業を中核事業に位置づけ、システムLSIコア技術の研究にフォーカスし、総合性、先進性、更には継続的発展性の視点から事業を展開した。具体的には、モバイル情報機器への応用の基礎となる無線技術と低消費電力化へ対応する設計技術、再構成可能なデバイスの利用を前提としたシステムLSIアーキテクチャと設計支援技術、SiPなど多様な実装技術へ対応するための設計・検査技術、組込みソフトウェアの設計技術など次世代システムLSIの基盤技術の開発に努めた。その結果、アンテナなど無線用回路のシステムLSIへの融合、再構成可能なプロセッサアーキテクチャ、新しいSiPモジュールなどの事業化に目途をつけることができた。また、論理合成、SiP設計支援、再構成プロセッサの自動生成、組込みソフトウェア設計支援などの設計支援技術についても国際的に高いレベルの技術成果を挙げた。さらに、SiP基板の品質保証のための標準化活動SIPOSを組織した。

本事業の実施に加え、地域新生コンソーシアム研究開発事業(経済産業省)等のその他事業へも積極的に応募を行った結果、最近では産官学研究開発プロジェクトが約80テーマ/年に達しており、目標値50テーマ/年を十分クリアした(図6参照)。

この結果から、本事業が数々のシステムLSI関連の産官学研究開発プロジェクトを誘発する引き金になったことを改めて実感した次第である。

iii) 集積促進

平成16年に設立した「福岡システムLSI総合開発センター」は企業家、技術者、商社、その他関連の事業者の交流・連携の中核機関になった。現在、福岡県には大企業、ベンチャー企業等、半導体設計関係企業の集積は110社に達し、シリコンシーベルト福岡プロジェクト開始当初に比べ、約5倍となった(図12参照)。企業集積数は当初目標の500社/5年は未達だが、「日本半導体/FPDベンチャー年鑑」(日本半導体ベンチャー協会発刊)によれば、日本の半導体設計ベンチ

ャーは高々103社に過ぎず、この現状を考えれば、企業集積110社（内中小・ベンチャー企業 89社）は満足すべき状況と言える。

以上の成果・効果に対する今後の展望については、下記のとおりである。

i) 人材育成

システムLSI設計人材の育成は研究開発に軸足をおく大学に加えて、研究開発から経営まで実ビジネスに軸足をおく人材養成機関が必要である。このよう人材養成機関を創設し、これを核に国内外の企業進出、企業創出を推進してクラスターを自立的に増殖させる仕組みへの発展を図る。

ii) 研究開発

システムLSIはメモリーと異なり、もはや部品ではなくシステムであり、従って、単なる部品やLSIを組み込んだ製品開発のみを研究開発の対象とするのではなく、安全安心、環境等が問題となっている多くの社会システムへの応用を念頭に置き、社会基盤の高度化に向けた実験実証システムの提案に取り組んで行く。

iii) 集積促進

今後更なる集積を進めるには、大学発ベンチャーの掘り起こしと併せて大企業に埋もれている技術をベースとした、いわゆるスピノフベンチャービジネスの創出に期待するところである。

(3) 自己評価の実施状況

①実施体制

文部科学省が所管する知的クラスター創成事業は、地域が自ら将来的な「知的クラスター」の形成を目指すにあたっての育成段階の支援であり、地域の個性、主体性を重視するとともに、長期的な視点に立った評価が行われることとなっている。この趣旨を踏まえ、福岡知的クラスターでは、自ら適切な自己評価及びそれに基づく事業の見直しを実施するために自己評価委員会を設置し、同評価について検討を行った。（H16年度：4回、H17年度：2回、H18年度：5回）

委員長：事業総括

副委員長：研究統括

委員：科学技術コーディネーター

福岡県商工部 新産業・技術振興課 新産業プロジェクト室

福岡県産業・科学技術振興財団（ふくおかIST）事務局

さらに、より公平な自己評価とすることを目的として、外部評価会議を実施した（H16年度：1回、H17年度：1回、H18年度：1回）。

本地域が実施している自己評価実施スキームを図13に示す。

なお、自己評価書の作成にあたっては、外部評価結果を参考にし、自己による積極的な評価をより重視した報告書とすることとした。

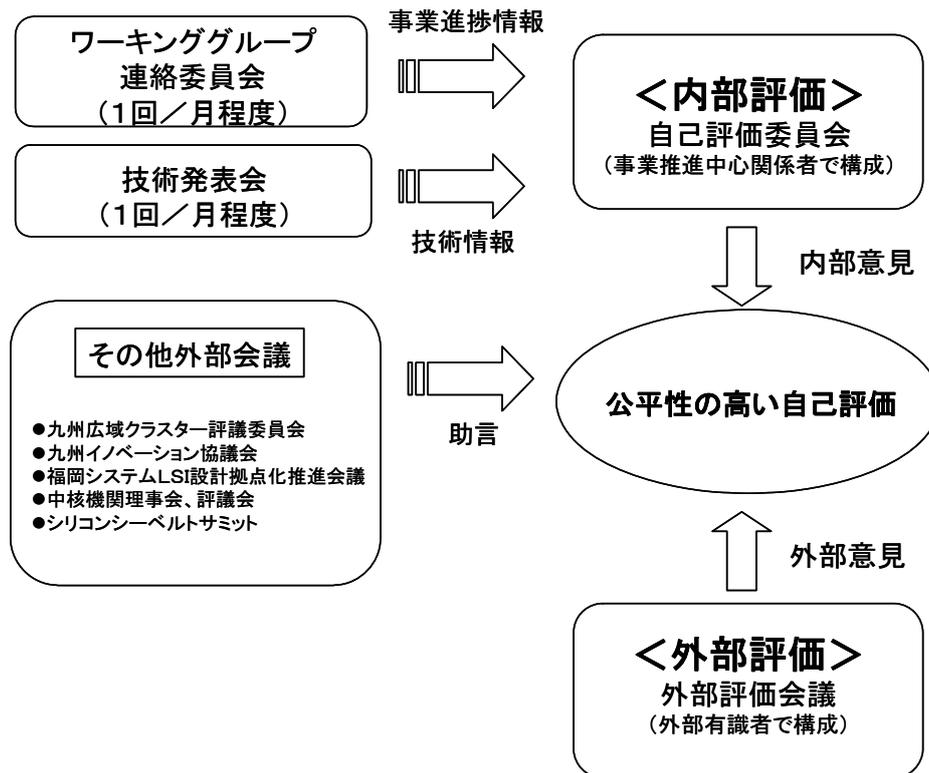


図 13 自己評価実施スキーム

②実施手順

自己評価は、以下の手順に基づいて行った。

- ①自己評価委委員会の設置と実施。
- ②外部評価会議の実施。
- ③自己評価の方針決定。
- ④各代表研究者へのヒアリングの実施。
- ⑤自己評価書作成。

事業活動情報は、クラスター本部と各代表研究者で構成され、毎月1回程度開催予定の
 ア) ワーキンググループ (WG) 連絡委員会 (H14年度: 8回、H15年度: 9回、H16年度: 9回、H17年度: 11回、H18年度: 11回)、イ) 上記自己評価委員、各代表研究者、クラスター研究員等で行われる技術発表会 (月1回程度開催、H14年度: 0回、H15年度: 5回、H16年度: 6回、H17年度: 10回、H18年度: 5回) で常時掌握している。また、外部有識者を構成員に含む福岡システムLSI設計拠点化会議、シリコンシーベルトサミットおよび中核機関 (財団法人 福岡県産業・科学技術振興財団) の幹事会・評議会、あるいは産業クラスター計画を推進する経済産業者や政令市などの行政機関との連携の中で得られる意見・助言の事業へのフィードバックが定期的に行われており、自己評価の有益な情報として活用している。

(4) 現時点の地域におけるクラスター構想

①地域が目指すクラスター像及び知的クラスター創成事業の位置づけ

4-①-1 目指して来たクラスター像とその背景

福岡県では地域のポテンシャルを活かし、アジアにおけるシステムLSI設計開発拠点の構築を目指すシリコンシーベルト福岡プロジェクトを推進している。このシリコンシーベルト構想は、産学官の合同プロジェクトであり、高度かつ世界的な技術優位性を持つシステムLSI関連技術の開発を核とした半導体設計クラスターの形成を目指すものである。

半導体設計クラスターを目指した背景につき以下に述べる。

i) 半導体産業の再構築

九州経済局を中心とする九州のシリコンクラスター化プロジェクトにより、80年代には、半導体製造を核とする工場誘致、製造装置業の拡大等一定の成果を収め、数量の面では40%を超えるシェアとなったが、近年は30%を割るところまで落ち込んできた。本状況打開のため、半導体産業における頭脳部分とも言うべき、研究開発・設計の局面を拡大し、九州全域のシリコンクラスター再構築を図る必要性が極めて大きい。

ii) 高度人材の地域雇用

福岡県は全国的にも優秀な人材の供給地として認識されているが、地域の雇用が十分にこれを満たしておらず、頭脳流出現象を招いている。活発な誘致活動や人材豊富な状況から多くの大手企業の福岡進出が見られ、改善はされているものの地域企業の絶対数が不足しており、結局シリコンクラスター化計画の頭脳部分が欠ける結果となっている。本状況の克服が福岡のみならず九州全域にとって極めて重要である。

iii) 地勢的条件

世界の半導体需要及びウェファー処理の動向であるが、半導体の需要、供給共に日本も含む東アジアが過半を占める。かつ、生産比は相対的に日本の低下が著しい。

このように拡大する東アジアの需要に対し、生産面に対応するのは今後益々難しい状況と予想され、研究開発・設計面に注力する対応が必要である。東アジアの市場を睨んだとき、九州ひいては福岡の地理的条件は極めて効果的である。

こうした状況を踏まえ、地理的条件を考慮したシリコンシーベルト構想を立ち上げ、**図3**に示すとおりクラスターのイメージを明確にした。

本プロジェクト設定にあたっての具体的な数値目標は以下のとおりである。

- ①設計技術人材の養成： 延べ300人/年
- ②産学官研究プロジェクトの実施： 50テーマ/年
- ③企業集積・ベンチャー企業の創出： 500社

4-①-2 今後のクラスター形成について

基本的に目標とするクラスター構造が変わることは無い。しかし、設計の先にある応用面を強く意識した活動へと拡張していく必要がある。

幸いにして、県内には北九州を中心とする地域企業群の存在と材料や製造関連機器メーカーも多数有り、さらにバイオ、自動車、ロボット等半導体応用面として強力な産業が周辺に構築されつつあり、応用面への拡張が今後の鍵である。

これらの状況を考えるとベンチマークすべき適切な産業クラスターが他に存在するかが今後の課題と言える。当初は研究開発を核としてクラスター集積の方向を模索し、スコットランドのアルバ事業をモデルとして取り組んだ。理由は、規模的に福岡県と同等であり、かつ研究開発をクラスター化の中心に据えている点にある。

スコットランドは、観光資源国のイメージが強く、国内に有力な産業が存在しない。従って、大学・研究所を中心に置き、税制の優遇措置と合わせ海外からの企業誘致の媒介とすべく取組を行っている。福岡県単独で考えると似通った状況にあり、設計クラスター構想の構築時には大いに参考になったが、今後の広域クラスター形成を視野に入れると、果たして産業集積が高い北部九州とアルバとの比較検証が適切か否かは問題である。現在は、九州大学他と協力してアジア、欧米間まで含めて参考にすべきクラスター化活動を模索している。

4-①-3 クラスター形成のロードマップ

今後のクラスター形成にいたる道筋において、設計クラスターを目指すという当初の目標は基本的に変わらない。半導体設計技術は、テクノロジー進展に絶えず追従が必要であり、ここままで終了ということにはならない。重要なことは、クラスターとして継続可能か否かという観点である。そういう意味でクラスターの下支えになる取組が必要で、本設計クラスター構想の下支えの部分が時代にマッチした設計技術の高度化（知的クラスター目標）で、いわばクラスターのインフラに相当する。

しかし、産業貢献という意味では設計技術の高度化だけでは成立しない。今後は、応用面への拡大を狙いとした出口に的を絞った事業が今後増加する予定である。クラスター化重要項目は、

- a) 設計技術基盤の構築
- b) コア技術の産業重点分野への展開
- c) 将来的に重要な基盤技術の研究開発
- d) 設計生産性の大幅な向上
- e) 関連産業まで含めた自立的な展開

となるが、これらは順不同であり互いに循環する。すなわち、その時代により集中局面が変わる。

自立して継続可能な時期としては当初掲げたクラスター目標の中で、半導体設計関連企業数 500 のみ未達成だが、元々この数字は消長激しい業界で 300 社前後での平衡化を想定している。他の目標、i) 人材育成：300 人／年や ii) 産学連携研究数：50／年は既に達成しており、これらは目標の再設定をクラスター成長段階にあわせて行う必要がある。

シリコンシーベルト構想を展開して5年を経過した。これを第一期とすると、次の第二期（2010年頃まで）は、クラスターとして自立的な展開の基礎を強化する時期であると考えられる。

4-①-4 知的クラスター創成事業の位置付け

シリコンシーベルト福岡プロジェクト（図3参照）の中で、知的クラスター創成事業は研究開発支援の中の中核研究開発プロジェクトという位置付けである。これによる重要な役割は、i) 設計基盤技術の地域定着、ii) 産官学連携研究の拡大、iii) 高度な人材の集積ということにある。

本役割として、現時点の評価は、

- ・設計拠点化を推し進めるための設計基盤構築が明確に出来た。
- ・それに併せて、半導体関連産官連携の共同プロジェクトが拡大した。
- ・設計拠点化構想により、産業集積の進展および集中研効果により、人材集積に結びついた。

ということである。

②地域のポテンシャル、優位性

4-②-1 福岡地域のクラスター化ポテンシャル

i) 西日本経済圏の中核

九州全体では約48兆6千億円（2000年度）の総生産額であり、韓国やオランダに匹敵する経済規模にある。福岡県は、その約4割を占める九州経済の中心地である。高速道路網や平成16年3月の九州新幹線の部分開業など高速交通体系等の整備に伴い、近年は、九州・山口1,500万人経済圏の中核的機能が進み、福岡県を中心としたヒト・モノ・情報の交流構造が九州・山口の活性化に貢献している。

ii) 東アジアとの緊密な関係

福岡県は地理的・歴史的に緊密な関係に加え経済的にもアジアとの結びつきが強く、福岡国際空港は、アジアの18都市と定期航空路で結ばれており、アジアとの交流拠点でもある。現在、九州から韓国、中国、台湾、香港、シンガポールに至る東アジアのベルト地帯（シリコンシーベルト）への半導体等電子部品輸出額は全体の85.5%と圧倒的シェアになっている。また、この地帯には多くの半導体関連の企業・大学・研究機関が集積しており、世界の半導体生産および消費の約5割を占めており、さらに拡大していく傾向にあり、これらの地域へのアクセス至便な福岡の潜在性を表している。

iii) 半導体関連企業の集積

九州は半導体集積回路の主要生産基地とし国内の約3割、世界の1割弱を生産する拠点である。福岡県内には約150の半導体関連企業が集積しており、全国の1/4が九州に存在する。また、特に最近では、半導体関連産業とそれを活用する可能性が高い自動車関連産業の九州への投資が盛んになっている。

福岡地域においても、図12に示すとおりシリコンシーベルト福岡プロジェクト構想への取組開始以来、ソニー、日立などの大手企業の設計開発部門やデザインエレクトロニクス、ジェイエムネットなど半導体設計ベンチャーの福岡進出、加えて地域発のベンチャー企業としてシステムLSIの設計及び検査技術に関する企業群も急速に集積

しつつある。

iv) 大学、研究機関等の充実

このような半導体設計関連技術が集積する理由の一つは優秀な人材確保の容易さにある。福岡県内には32の大学があり、うち理工系大学が12、国立大理工系入学定員が東京都に次ぎ全国2位である。他に、理工系短大3校、工業高等専門学校3校を有しており、特に九州大学においては全国でも初めてのシステムLSIに関する研究センターが本クラスター形成のための中核施設「福岡システムLSI総合開発センター」内に設置されたのを始め、九州工業大学情報工学部や北九州市立大学国際環境工学部、早稲田大学等システムLSIの設計開発分野に関わる研究者の集積が進んでいる。どの程度の集積かを実証するのは極めて難しいが、一例としてJST（科学技術振興機構）のデータベースにより、全国の20%前後の研究者集積が確認できる。

福岡県内の研究機関は、大学関係試験研究機関46、国公立試験研究機関1、独立行政法人研究機関3、公設試験研究機関29となっており、最先端技術開発の研究やビジネスをサポートしている。特に、福岡市の九州システム情報技術研究所のようにLSIの設計を含む情報技術に世界的にも名の通った研究機関を擁する地域は首都圏や関西圏に次ぐ研究機関および研究者の集積地と言って良い。

民間企業研究所も116に達し、福岡県をはじめ九州地区における製造業を中心とする生産活動をリードする役割を担っている。

4-②-2 モデルとしている海外クラスター

前項でも述べたが、当初は規模的に等価と思われる、研究開発を核とした企業数拡大、雇用創出を狙いとするALBA（Scotland州）Centerをモデルとした。しかし、地域固有の条件がことなることやその後顕著な活動を進める地域が現れ、昨年度よりモデルクラスターの調査を行っている。まだ、確定していないが、半導体立国を目指す台湾の活動状況が参考になるので以下述べる。以下の情報は、九州大学システムLSI研究センターの海外先端事例の調査報告による。比較は、CICがツール利用者の数字のみなので、設計教育でもEDAツール利用は必須であり、設計および教育受講者の総数で行った。

i) CIC (Chip Implement Center)

学生、社会人にLSI Chipの設計開発および設計教育のサービスを提供している。福岡の対応部はシステムLSIカレッジと九州大学人材養成プログラム（QUBE）、設計・試作・検証ラボになる。比較は人材教育とEDAツール利用者とする。人材育成関連の比較を行った結果、規模的には圧倒されているが、福岡は極めて効率が良いことがわかった。

ii) ITRI (Industrial Technology Research Institute)

1978年に設立され、幅広い研究活動の場として設定されている。この中でLSI設計に関する組織は、CCL (Computer & Communications Research Laboratories) とSTC (SoC Technology Center) であり、CCLでは産業に直結するセット系製品の研究を行い、STCは設計手法の研究を行っている。研究は主に内外企業との共同研究

という事であり、台湾の半導体企業の多くは、I T R I 出身者のスピニアウトと言われている。

産学連携面やスピニアウトに関しての福岡と比較するデータ数値については把握出来ていない。今後ベンチマーククラスターとして本研究グループとの協調並びに競合が必要になると思われる。

③地域が目指すクラスター像の実現のための取り組み

4-③-1 地方自治体等の関連施策

国内外にわたる地域間競争が激化する中、福岡県経済が活力を維持しながらアジアの一大拠点として発展を遂げていくためには、次世代に向けて地域経済を強力に牽引する成長産業の育成、国際競争力をもった新産業の創出を戦略的に進めていく必要がある。このため、福岡県では、県内のシステムL S I 設計に関する頭脳資源や産業集積が高いことにいち早く着目し、これらのポテンシャルを核にアジア地域（韓国、九州、上海、香港、台湾、シンガポール等を結ぶ半導体生産のベルト地帯「シリコンシーベルト」）におけるシステムL S I 設計開発の拠点化を目指すプロジェクト「シリコンシーベルト福岡構想」を立ち上げた。

平成13年2月に産学官によるプロジェクトの中核組織「システムL S I 設計開発拠点推進会議」を設立し、地域が一体となった推進体制を確立して以来、本プロジェクトを県政の最重点プロジェクトに位置づけ、知事自らの強いリーダーシップのもと、知的クラスター創成事業を核とした研究開発や人材育成、ベンチャー育成・支援等クラスター形成に必要な各種施策を表2のとおり体系化し、強力に推進している。

4-③-2 国の関連施策の実施・連携

九州地域では、過去約30年間において培われてきた半導体技術を核として、シリコンアイランド九州の再生・自立的発展を目指す「九州シリコン・クラスター計画」（九州経済産業局と九州半導体イノベーション協議会）が進行している。シリコンシーベルト福岡では、この九州シリコン・クラスター計画との緊密な連携、協力体制を構築しており、九州経済産業局、福岡県、北九州市、各クラスター計画の中核機関の6者合同による「九州地域半導体クラスター推進連絡会議」を設置して、九州地域クラスター合同成果発表会の共同開催やセミコン・ジャパンへの共同出展等の取組を国・地域全体として積極的に推進している。

このほか、シリコンシーベルト福岡では、表3に示す国の事業を積極的に活用し、クラスター形成に向けた厚みのある施策を展開している。

表2 地方自治体等の関連施策実績

	事業名称	事業実施 年度	事業概要
a	福岡システム LSI カレッジ 開設	H13	システム LSI 高度設計人材養成
b	福岡知的クラスター研究所の整備	H14	産学官共同研究拠点の整備
	システム LSI フロンティア創出事業	H13～	ベンチャーの LSI 研究開発支援
c	システム LSI 共用設計・検証ラボ 開設	H15	LSI 開発ツールの提供
	システム LSI 試作助成事業	H15～	LSI チップ 試作支援
	システム LSI コントラクト事業	H16～	ビジネスサポート企業の紹介
	インキュベーション・コワーキングスペース配置	H18～	ニーズ型販路開拓支援
	ベンチャーサポートセンター事業	H10～	ビジネス全般に関する総合支援
	フクオカベンチャーマーケット開催	H11～	ビジネスマッチング 機会の提供
d	シリコンヘルムットサミット開催	H14～	国際会議の開催
e	福岡システム LSI 総合開発センター開設	H16	プロジェクトの拠点施設整備

注： a：人材育成、 b：研究開発、 c：ベンチャー育成・支援、 d：交流・連携、
e：集積促進

表3 国の関連施策の実施・連携実績

	事業名称	事業開始 年度	事業概要
イ	新事業創出型事業施設整備事業	H15～16	福岡システム LSI 総合開発センター整備
ア	情報通信基盤整備事業費補助金	H14	ベンチャー支援のための EDA ツール整備
ア	広域的新事業支援ネットワーク拠点重点 強化事業	H17～	産業クラスターとの連携事業
ア	地域新生コンソーシアム研究開発事業	H18～	知的クラスター事業成果の発展
ア	機械振興協会委託調査研究事業	H18	次世代アプリケーションの調査研究
ウ	福岡アジアビジネス特区認定	H15	外国人研究者受入れの環境整備
エ	次世代 IT 基盤構築研究開発	H17～	知的クラスター事業成果の発展

注) 事業主体：ア：経済産業省及び九州経済産業局、イ：(独)中小企業基盤整備機構、
ウ：内閣府、エ：文部科学省

4-③-3 地域の民間団体の取り組み

○九州ベンチャーパートナーズ(株) (KVP)

地元経済界を中心に平成 15 年 11 月に設立された地域密着型ベンチャーキャピタル会社。全国、九州の企業と公的資金(日本政策投資銀行、(独)中小企業基盤整備機構、(財)福岡県産業・科学技術振興財団)で約 30 億円のファンド(「九州 IT・半導体ファンド」・「九州ベンチャーファンド」)を組成し、県内 LSI ベンチャーであ

る(株)アルデートや(株)NSCoreなど、九州と中心とする優秀なベンチャー企業に対する投資・育成活動を展開。九州経済の活性化や次世代を担う経済人の育成を図るプラットフォームの一つとして、半導体関連ベンチャー等の育成に大きな役割を果たしている。

○NPO法人 半導体目利きボード（STM）

九州を中心とする半導体関係者（エンジニア、経営者、研究者等）の「コミュニティ」の核となる組織として平成16年9月に設立されたNPO法人。STMに結集する人材ネットワークを活用し、企業や研究機関の有する半導体技術の評価、海外半導体企業の評価・連携、ベンチャー企業のコンサルティング等の事業を展開。半導体技術の高度化、市場活性化、技術力の高い半導体企業の発掘・育成に大きく貢献している。

○九州組込みフォーラム（Q'sフォーラム）

組込みシステム関連の大手企業等に所属する現役エンジニアが企業間の垣根を超えて結集し、九州を世界に通用する組込みシステムの開発拠点にすることを目指して平成17年12月に設立。福岡システムLSI総合開発センターを活動拠点として、組込み開発に必要なノウハウの普及、ビジネスを目的とした情報交換、コンサルティング、人材育成等の事業を開始。地域発の新たな産・産連携のモデルが誕生した。

4-③-4 大学等の取り組み

九州大学は、2001年にシステムLSI研究センターを設置し、本クラスター構築のための機能と資源を集中的に配備した（<http://www.slrc.kyushu-u.ac.jp/index-j.html>参照）。システムLSI研究センターは、大学院システム情報科学研究院と共同して、21世紀COEプログラムや大型の科学研究費補助金（学術創成研究）、JSTの研究成果活用プラザ福岡の育成研究などを獲得し、産学連携も含むシステムLSI設計に関する大学内の研究活動を活性化した。知的クラスター事業の開始に当たっても、その計画から実施にわたり、システムLSI研究センターが中心となってプロジェクトの推進を行った。また、地域の人材育成にあたるシステムLSIカレッジの立ち上げにも、システムLSI研究センターを中心とする教員が多く参加するとともに、寄付講座を設置してカレッジの運営の一翼を担った。さらに、2005年秋からは、科学技術振興調整費により九州大学システムLSI人材養成実践プログラム（QUBE）を開始し、3名の専任教員を雇用して上級コースの地域人材育成を行っている。2005年には、総長の決断により3名の専任教員を設置し、研究機能を強化するとともに、大型予算の獲得や国際会議の誘致、外国人研究員の雇用など、クラスターの技術レベルの高度化と国際化に貢献している。

この他、九州工業大学、福岡大学、早稲田大学、北九州市立大学なども知的クラスター事業に参加して、重要な貢献を行っている。また、福岡工業大学なども関連する教員を新たに補強するなど、地域クラスターの大学研究者は増加しており、研究機能の増強と供給される人材のレベルアップに貢献している。

4-③-5 セクター横断的な取り組み

○福岡県システムLSI設計開発拠点推進会議

シリコンシーベルト福岡の推進母体として、平成13年2月に産学官共同で設立。拠点化に向けた3つの目標（①年間300人の設計技術人材の養成、②年間50テーマの産学官研究開発プロジェクトの実施、③500社の企業集積・ベンチャー企業創出）を産学官で設定し、毎年幹事会・総会を開催して拠点化に向けた各種施策（人材育成、研究開発支援、ベンチャー支援、交流・連携、集積促進）の推進を図るなど、プロジェクトの舵取り役として、積極的な活動を展開している。

○産学官による研究会等の設立

知的クラスター創成事業に主体的参画している九州大学や福岡大学を中心とした産学官による多数の研究会等（デバイス実装研究会、S I P O S、V L S I テスト技術研究会、システムLSI設計技術交流会、組み込みソフト研究会、広域研究交流会、C L U S S 次世代組み込みソフトウェアワークショップ）が設立され、M A P（International Workshop on Microelectronics Assembling and Packaging）等と共に、継続的な活動を積極的に実施し、地域活動としての定着化が図られつつある。

4-③-6 他地域と連携した取り組み

○北九州ヒューマンテクノクラスターとの連携

福岡地域と北九州地域が「システムLSI」という共通の技術分野のもと一体となった九州広域クラスター形成に向け、「アプリケーションSOC」をテーマに、ふくおかISTの雇用研究員を北九州地域へ派遣し、共同研究を実施。また、研究員の相互交流を通じた研究情報の共有化や人的ネットワークの形成、合同成果発表会等各種の共同事業実施、事業総括・科学技術コーディネータ同士による事業運営に関する会議の開催などにより、連携の緊密化・濃密化を図った。

○シリコンシーベルト地域との連携

シリコンシーベルト各地域との連携を深め、世界への情報発信拠点となることを目指し、アジア各地のオピニオンリーダーを集めた国際会議（シリコンシーベルトサミット）を平成14年度から毎年開催（参加者：毎年500名）。この会議を通して、Korea Semiconductor Industry Association や Shanghai Integrated Circuit Industry Association など、シリコンシーベルト内4地域の半導体業界団体との協力関係が確立。今後、地域内での共同事業の実施や域内企業間取引の促進など、国際連携の促進に向けた具体的な取り組みを進めている。

○半導体実装国際ワークショップ（MAP）

九州の半導体企業で働くエンジニアを中心に組織された「デバイス実装研究会」（会員数：約1,550名）が、九州の半導体実装技術をアジアに発信し、アジアとの実装ビジネス・ネットワークを発展させることを目的に、半導体実装国際ワークショップを平成13年度から毎年開催。600社以上が存在する九州の半導体関連企業の力を結集し、半導体ビジネスの主要マーケットとなるアジア諸国・地域との間で強力なネットワー

クを構築することを目指している。

(5) 知的クラスター創成事業に係る自己評価

①本事業全体の計画に対する実施状況

5-①-1 当初の全体計画

本知的クラスターをシリコンシーベルト福岡プロジェクトの中核事業と位置付け、C L U S S (Cluster for Silicon Sea belt) と名付けた。全体計画は本構想に基づき設定された。

i) 共通の目標

- ・ 将来的に鍵となる中核技術を地域に根付かせ世界をリードする

半導体テクノロジー進展に併せて重要度が増す技術領域に着目し、その基礎となる技術開発を目指した。また、半導体の応用面が拡大する中でそれらのコアとして応用性の高い技術領域を抑えることを目標とした。

- ・ 地域に設計産業の基盤を構築する

産学官共同研究を通じて、大手半導体企業の設計部門、地域のファブレス設計企業、S i P 関連企業、組込ソフトウェア関連企業の集積・育成に貢献し、継続的発展の基盤構築を目標とした。

- ・ 先導的研究力を有する LSI 関連研究組織を構築する

クラスター化施策検討中に各地のクラスター事業を調査し、それらの核は先進的研究所あるいは研究組織にあり、定常的産官学連携による技術開発が行われており、本知的クラスター創成事業を契機とし、独立研究所構築を目指した。

ii) 組織面 (数値目標 : 外部からの研究員雇用 : 20名)

- ・ 集中研方式の採用

半導体設計技術は、応用局面拡大に伴い技術の組合せが必須であり、必然的に複合化する。また、発展過程においては、学術的状況と同時に全体の市場状況も把握する必要がある。従って、従来型の大学研究室での研究から、複数の研究を集中した研究開発の場を設定し、技術領域を跨いだ複合的プロジェクトへも繋がっていくことを期待した。

- ・ 研究員の外部からの雇用

上記、集中研方式の特性から大学職員と共同研究企業の技術者に加えて、広く技術的に高度な人材を求め、雇用し、これら人材が研究に集中することにより、技術シーズ育成を効果的に行うと同時に将来の独立研究所化の道を模索した。

iii) 研究開発面 (数値目標 : 事業化/技術移転数 → 2件/テーマ)

- ・ 設定した研究テーマ

将来に渡って半導体設計技術の核となるテーマを、a) 組込みソフトウェア開発技術、b) E D A 技術、c) 低消費電力 R F 回路、d) 高密度 S i P 実装技術、e) 再構成可能アーキテクチャー及び北九州地域と連携した f) マルチメディア処理、

を選定し、それぞれの領域で世界的に突出する技術開発を指向した。

・ **研究連携への取組**

集中研方式の目的および利点を活かして、研究員の技術交流を促進し、研究成果を基本技術も含めて共有化することを狙いとし、派生的研究や技術シーズが連続的に生み出される環境構築を目的とした。

iv) **知財面（数値目標：特許件数 → 6件／テーマ）**

・ **特許の権利化**

研究過程を通じて生み出された特許は、基本特許に地域にて権利化し、周辺特許は企業にて権利化の方針をたて、基本特許のみを管理対象とした。権利化により実施権を産業育成上効果的に企業に付与することを狙いとした。

・ **大学知財本部との連携**

期間途中で国立大学法人化が施行され、大学知財本部と権利化主体に関する協議会を設置し、案件毎に処理する体制を形成した。

5-①-2 計画実施に当たっての問題点・課題

i) **集中研方式**

・ **研究リーダーとの緊密さ**

当初のプロジェクト目標に対し、他技術との連携面等十分機能したと評価できる。しかし、集中研究所として独立かつ自立的な性格を打ち出すことを意識したためか、研究リーダーとの直接面談等はやや減少する帰来があった。

・ **独立研究所への育成**

残念ながら、5年で独立（研究ビジネス化）は達成し得なかったが、研究開発面での実績は大いに高まった。クラスター化の中核的研究所の機能は必須であり、今後さらに可能性追求を行う必要がある。

ii) **プロジェクト管理**

・ **開発工程管理**

大学職員による進捗管理は最も不得意とする所である。これを補うため常勤の科学技術コーディネーターが担任プロジェクト進捗の管理をすることとしたが、管理構造が輻輳し必ずしも効果的に進捗の管理が行われたとは言えない。今後、産学官連携における適切な管理手法をさらに検討する。

・ **企業の研究への取組スタンス**

最初に共同企業ありきでスタートしたこともあり、企業側の熱意に温度差が生じたケースもあり、フォーメーションの再編成も模索したが、次に述べる知財の問題など種々の条件折衝が旨く行かず効果的に再編ができなかった。やはり、共同研究企業については、その研究能力や熱意をよく吟味して共同研究をスタートすべきであろう。

iii) **知財戦略**

・ **研究論文との兼ね合い**

やはり大学教員としては、多くの論文発表を強く意識しており、特許化意識は個人によって差がある。それにより、プロジェクト毎の特許出願件数の差となった。そこをカバーするのが雇用研究員であったが、十分に特許化を動機づける困難さがあった。教員が教育、研究、さらに実用化までをカバーするのは難しく、研究専門の教員の存在が強く望まれる。

- ・ **知財の取扱い**

一度研究チームが編成されると、知財が絡みより効果的な再編成は事実上不可能となる。プロジェクトの成否は、大部分企業側が負っているため、基本的な知財が生まれた後に共同研究のチーム編成を行う方が有効であると思われる。

5-①-3 中間評価後の計画見直し

個々のプロジェクトに関する評価状況とその見直しはそれぞれ研究評価にて行われているので、ここでは本クラスタープロジェクト全体に関して述べる。

- i) **中間評価、外部評価による評価**

- ・ **開発進捗の遅延**

クラスター化構想に則して、基盤技術にフォーカスしたため、最終的な出口到達に時間がかかった。また、事業化前のプロトタイプ/試作も他地域より遅い印象を与えた。ターゲットした技術を確立してプロトタイプにて検証し、フィードバックして、最終的には事業化への流れを経由するが、その性質上、基盤確立に時間を要したことはやむを得なかったとも言える。

- ・ **知財と論文数のアンバランス（論文数に比し特許件数過小）**

知財戦略で述べたように、技術確立に時間を要した分特許化進捗が遅延したことと、やはり論文毎の特許化案件抽出が機能していない面があった。

- ・ **広域クラスター（北九州）としての連携**

北九州地区とは広域連携クラスターということでスタートし、個々のプロジェクト毎には、研究連携を実施していたが、全体管理の面で十分組織的な動きができていなかった。

- ii) **各評価に対する見直し**

- ・ **開発進捗促進**

統一した工程表を導入し、具体的な線表管理によりプロジェクト毎に進捗が把握できるようにした。これと併せて最終的な成果（出口）を明確にして、月1回の全体会議で進捗状況をチェックし、その結果各プロジェクトとも一定の成果に繋がった。

- ・ **知財戦略**

制度的に、論文発表前に特許案件の有無、共同研究企業への許諾の有無等を審査する事とし、さらに知財コーディネーターを置き、案件毎に適宜審査会議を開催し、出願拡大に繋げた。基本特許件数は、当初の目標レベルに到達したが、周辺特許に関しては、管理対象からは外していたため、今回概況の調査を行った。

・ 広域連携

個々のプロジェクトは従前通り研究連携を行い、特に管理体制として科学技術コーディネーターによる連携すべき案件に関する定期的会議を開催し、複数の研究交流に繋がった。

5-①-4 目標達成状況

i) 事業化案件 (目標: 12件-2件/テーマ)

プロジェクト毎のバラツキは存在するが、12件の技術移転が完了(年度内予定)となり、ほぼ目標達成と言える。また、雇用研究員等により、研究成果である高周波対応基板TEGおよびマイクロコネクタとASICチップの組合せをベースに、ベンチャー企業である(株)ウォルツを創出すると共に、知的クラスター創成事業で培った技術をベースとして、システムLSIセンター内に技術士事務所を開設した。

ii) 特許化案件 (目標: 基本特許40件-6件/テーマ+α)

基本特許として、現在の出願済み特許は48件と目標に到達した。また、概況調査による周辺特許(参画企業権利化)を含めれば、18年度末までに106件の特許を出願した。

iii) コンソーシアム等研究開発活動の活発化 (目標: 4団体/全体で)

本事業期間中に、3団体を設立し、活動を軌道に乗せた。

(ア) 九州組込ソフトウェア研究会 (会長-九州大学 福田教授)

(イ) 設計技術交流会 (会長-九州大学 松永助教授)

(ウ) S I P O S コンソーシアム (会長-福岡大学 友景教授)

さらに、既存の活動母体であるデバイス実装研究会、半導体実装国際ワークショップ(MAP: Microelectronics Assembling and Packaging)がシリコンシーベルトプロジェクトおよび知的クラスター事業を契機に大いに活発化した。こういった、地域発の研究開発活動を今後は国内全域および海外に拡大することを計画している。

iv) 特筆すべき成果の事例

ほぼ全てのプロジェクトで、世界的にみても高く評価すべき技術が創出されたが、ここでは応用性が広くかつ将来的な市場ニーズに合致するものを事例としてあげる。

a) 微少アンテナ開発とその設計手法の構築

RF用アナログの低消費電力化に取組、消費電力低減には小型が必須であるが、最も小型化困難な無線通信用アンテナを伝送回路理論の適用により、アンテナと周辺の機能を一体化することにより大幅に小型化を可能とした。

本件が優れているのは、今後の無線通信の高速化、大容量化に対応しかつ携帯システムに搭載するため本微細化技術は製品の核になる技術であることにある。現に企業側からの引き合いも多く、製品適用拡大が予想される。

b) 動的再構成可能ハードウェアによる多重機能コア

従来一つの機能をLSIに作り込み、コスト/性能比で価値を問われて来た。近年の微細化/高密度化の進展により、単にLSIのコストだけでなく、設計コス

ト、運用コストも併せて製品価値が問われる様になると思われる。

こういう時代に即したLSIアーキテクチャーを開発し、実用段階に入ったことは特筆すべきと思われる。現在は、多重機能コアとして製品化を予定しているが、これも応用局面が広く、企業側のニーズが拡大すると予想される。

c) SiPモジュール設計技術

SiPはSoCの設計困難性や開発コストの急激な上昇により、開発TATを短く、かつ相対的に低コストで製品開発を行う上で必須の技術となっている。しかし、現状では、製品毎に設計し実装にあたっては試行錯誤により作り込みが必要である。特に高周波、高速アプリケーション適用においては、益々この流れが加速している。本状況に対して共同研究企業の物作りノウハウを結集し、極めて短TATで複合システムを開発するツールを世界に先駆けて開発した。

本プロジェクト進捗の過程で様々な領域で積み残された問題を解決し、単にツール開発が出来たに留まらず、検証方式、TEG品開発（ノウハウの固まり）、少量他品種対応LSI実装アーキテクチャなど多面的な成果導出に繋がっている。さらにテクノロジー進歩に併せて高密度実装で生じる問題の先取りが可能な状況に結びついている。

v) 外部評価の状況

評価内容の客観化を図るため、外部から評価者を招聘し、研究内容、達成状況、クラスター化への取組に関し評価を頂いた。

概ねポジティブな評価であり、クラスター化の基盤構築に関しては、ほぼ達成されたとの見方である。個々の研究プロジェクトに関しても半導体設計クラスターを目指す上で、どれも重要な領域であり、達成内容にも高い評価がなされた。

一方、今後の課題という点に関しては、国際的協調に関する枠組みの進展、ベンチャー支援のより一層の強化が望まれる、との指摘がなされ、本格的クラスター化を目指すにあたって極めて有効なご意見を頂いた。

以上、今後につながる技術開発を指向した本知的クラスター創成事業の目的に合致する成果を創出し、かつ将来的継続性に向かつての第一歩を踏み出すことができた。

5-①-5 定性的目標達成状況

- ・シリコンシーベルト（SSB）福岡プロジェクトの中核的研究開発としての基盤を構築できた。
- ・集中研方式をとり高度な研究人材を確保でき、人材集積に繋がった。
- ・SSB福岡プロジェクトの中核施設として整備したシステムLSI総合開発センターに産学連携研究活動の場を設置し、継続性可能とした。
- ・県内へのLSI設計関連企業集積がプロジェクト開始当初の21社から110社を超える集積を実現した。
- ・知的クラスター創成事業の成果をベースとした事業化コンソーシアムや研究会、標準化母体の設立に繋がり、産学連携の基盤強化に結びついた。

- ・各プロジェクトの成果をベースとして関連する研究テーマがさらに拡がりを見せており、初期のクラスター化の基盤を確立することができた。

②本事業全体における事業推進体制

事業推進体制を図 14 に示す。本推進体制の特徴は、以下のとおりである。

- 研究現場の大部分を中核機関（本部、事務局）が入居している福岡システムLSI総合開発センター内に集中化する集中研究方式を導入していることにある。これにより、人・物・金の効率的運用が図れるとともに、委託先（大学）事務の軽減や中核機関が研究部門の密着型管理・運営を行うことによる間接部門の削減が行え、大学等関連機関からも評価を得ている。
- 集中研究を実施している研究現場となっている福岡システムLSI総合開発センター内に九州大学システムLSI研究センターが入居しているため、研究統括等と研究員や中核機関人員との意志疎通が図りやすい。
- フルセットアドバイザー（弁理士）の設置や、集中研究方式により研究現場と中核機関が密着していること、さらには福岡システムLSI総合開発センター内に弁理士事務所が入居している環境等と本事業の人材育成プログラムを活用し、平成17年度より若手知財コーディネーターを配置し、産学官共同研究に精通した当該人材の育成を図った。
当該人材育成活動を通じ、九州大学等の知財部門との連携が促進された。
- 研究現場のスタッフとして4名（研究員3名、技術員1名）の外国人を雇用したが、その内2名が事業期間中に従来在留期限である3年を迎えたが、福岡アジアビジネス特区制度が設けられ、在留期間を2年延長可能となった。

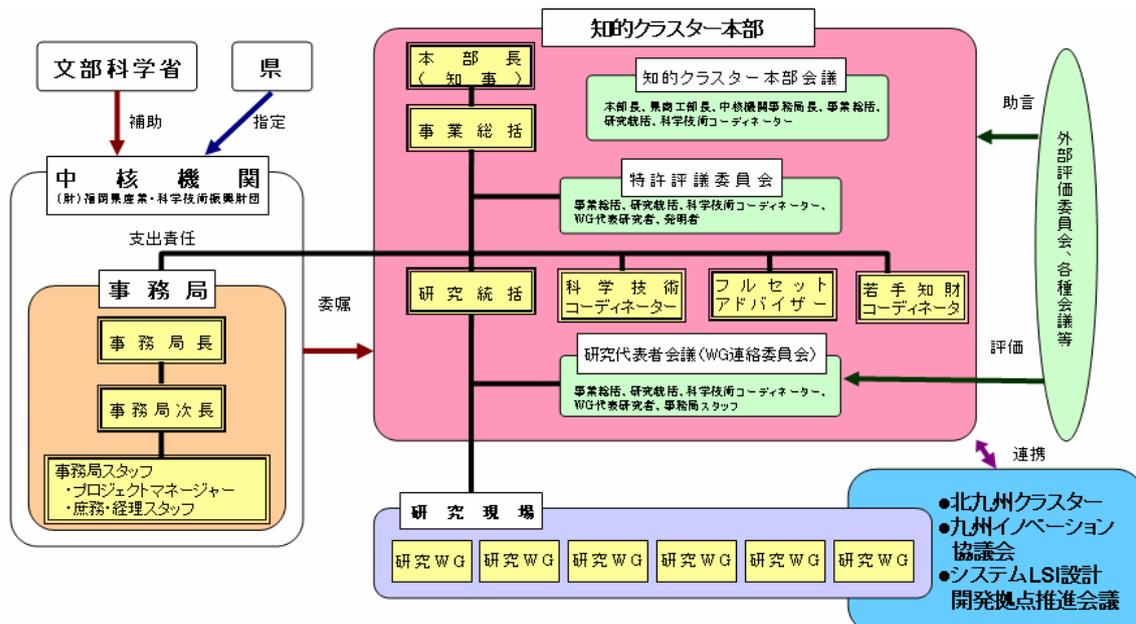


図 14 事業推進体制

以下、（最終年度）推進体制について報告する。

i) 知的クラスター本部の推進体制

本部長には福岡県システムLSI設計開発拠点化推進会議の強力な推進役である福岡県知事が就任し、行政・大学及び企業が一体となって取り組む体制を構築している。

事業総括、科学技術コーディネーター（2名）には、それぞれ国内、国外、地域の産業界に広範なネットワークを有する企業出身者を常勤職員として雇用し、配置しており、研究統括、代表研究者及び事業専任の雇用研究員等と密なコミュニケーションを取りながら事業化を念頭においた研究進捗管理を行っている。

研究統括については、知的クラスターの核となるべき九州大学システムLSI研究センター長の職にあり、大学及び産業界に大きな影響力を有する安浦教授が就任し、研究面は勿論のこと、クラスター化戦略についても事業総括、科学技術コーディネーターとの連携のもと、積極的な役割を果たしている。

事業推進支援を行う事務局については、文部科学省をはじめ、経済産業省、JST、NEDO等の補助事業、委託事業等数多くの実績を有する財団法人福岡県産業・科学技術振興財団（ふくおかIST）に専属部門（システムLSIクラスターグループ）を設置し、トップに財団専務理事を置き、兼務率100%の行政派遣職員4名（主幹1名、専門研究員1名、事務職員2名）が中心となってすすめている。また、事業支援スタッフとして、専門性を有する職員（2名）を配置し円滑な推進を実現している。なお、クラスター専属部門に加えて、LSI設計人材の育成を支援する部門、LSI試作・検証及びベンチャー育成を支援する部門のふくおかIST職員16名と相互連携を図り、総合的なクラスター形成を進めている。

各種アドバイザーについては、地域を限定せずに、半導体分野に精通する弁理士、弁護士及び有識者から適宜協力を受けられる体制を整える一方、地域の弁理士、弁護士等との連携を進めてきた。なお、知的クラスター創成事業におけるアドバイザーに加え、今後の事業化に向けて、アプリケーションコーディネーター（2名）をふくおかISTに配置し優先的に協力を得られる体制が整えられている。

ii) 各種会議

本部の意思決定等については、知的クラスター本部会議が担うところであるが、知的クラスター創成事業のメンバーを中心に構成する福岡県システムLSI設計開発拠点化推進会議（クラスター事業の上位プロジェクトであるシリコンシーベルト福岡の推進機関）の総会・幹事会等をもって、事業計画に関する協議・意見交換等を行い、総合的な観点から地域におけるコンセンサスを形成している。

また、研究ワーキンググループ間の連携、事業計画、事業推進に関する諸制度の整備等を議題として、事業総括、研究統括、代表研究者、行政等による会議（研究関係者会議）を毎月1回程度（開催実績：47回）実施しており、研究ワーキンググループ間の情報交換により協力体制を構築すると共に、実務ベースの事業方針等を協議・決定する会議として機能している。なお、研究成果の権利化を進めるため、前述した会議とは別に、事業総括、研究統括、科学技術コーディネーター及びアドバイザー等により技術の有効性の判断、

事業化戦略をふまえた出願等の協議・方針決定等のため、「特許評議委員会」を設置している（開催実績：38回）。

iii) 外部からの評価に関する会議等

研究開発の方向性、目標設定、成果等について、第三者的な視点で評価を行うために民間企業、業界団体、大学等に所属する有識者を構成メンバーとして、「外部評価会議」を平成16年度以降、各年度1回実施した。客観的な評価及び提案を得られることが出来、事業の検証を行うにあたって非常に有効に機能している。

なお、「九州広域クラスター評議委員会」については「九州イノベーション協議会」、「福岡システムLSI設計開発拠点化推進会議」等多様な会議により議論を展開しており、加えて東アジアの半導体設計・生産の主要地域で開催するシリコンシーベルトサミット（毎年1回実施）により、海外からの情報を収集する機会をも有している。

iv) 地方自治体の役割

知事の強いリーダーシップのもと、平成14年度の事業開始にあわせ、新産業振興課内に新産業プロジェクト室を新設し集中的に、システムLSI設計開発のアジアの拠点を目指すシリコンシーベルト福岡構想の事務を遂行している。また、国際経済観光課（海外企業誘致）、企業立地課（国内企業誘致）と緊密に連携し、企業集積促進に努めている。

県の所管部署・従事職員は次のとおり。

- ・担当部署：商工部新産業プロジェクト室
- ・従事職員：室長、企画主幹、主査 各1名 計3名

さらに、知的クラスター創成事業推進の中核機関である財団法人福岡産業・科学技術振興財団の理事長は知事であり、県と財団の意志疎通も十分になされていると評価する。

毎月開催される知的クラスター創成事業研究関係者会議へ新産業プロジェクト室長及び同室企画主幹が出席し、研究の進捗状況や事業計画について協議を行い、県と知的クラスター本部との連携を実施している。

最後に、産学官連携や人的ネットワーク形成について述べる。まず、LSI設計開発分野の基盤となる連携枠組みを形成するため平成13年度に福岡システムLSI設計開発拠点化推進会議を設立した（開催実績：5回）。

つぎに、研究者や技術者が各種専門分野において交流等が深められるよう、システムLSI設計技術交流会（開催実績：5回）や「SiPモジュール設計技術の確立」のための研究交流会（開催実績：14回）やSIPOS（開催実績：14回）等を通じた活動を行った。

研究成果発信を通じた連携拡充を図るため、研究成果発表会を実施した（開催実績：4回）。

また、広域的な連携に向け、北九州地域との共同研究（アプリケーションSOC）、知的クラスター広域研究交流会、九州地域広域クラスター合同成果発表会及び科学技術コーディネータ連絡会議等を行った（開催実績：7回）。経済産業省が補助する広域的新事業支援ネットワーク拠点重点強化事業（広域的新事業支援連携等事業費補助金）の活用も図った。

さらに、国際的な連携を図るため、シリコンシーベルトサミットの開催（開催実績：5

回) や半導体実装国際ワークショップ(開催実績: 7回) への支援を実施した。

当該活動を通じて、着実に骨太の産学官連携体制や人的ネットワークの形成が図られつつあると言える。その裏付け効果として、

- 50産学官共同プロジェクト/年の実施
- 「福岡システムLSIカレッジ」において、これまで延べ2,800人のLSI技術人材養成
- 県内LSI関連企業集積がシリコンシベルト福岡プロジェクト開始前に比べ約5倍(110社)に増大
- シリコンシベルト地域(福岡, 韓国, 上海, 台湾, 香港)の半導体協会との連携体制を確立

を達成があげられる。

これにより、福岡地域のシステムLSI設計開発拠点としてのブランド化も着実に図られていると言える。

③研究開発による成果、効果

5-③-1 本事業全体における各研究テーマの位置づけ

システムLSI設計産業を育成するためには、知的クラスター構築における研究・開発の基本方針として以下を考えた。

- 1) システムLSIの設計開発は、知的集約型総合産業であり、高い専門性を有する研究・開発・設計にかかわる人材と関連知識の地域集約がクラスター形成の核になるべきである。
- 2) 世界的な激しい開発競争に打ち勝つ知的クラスターを構築するためには、今後の産業構造(設計、製造、テスト、販売)や市場の変化に柔軟に対応できる幅広い技術体系の確立と世界的に高く評価される研究・開発集団をクラスターの中核に持つことが重要である。
- 3) 進歩の激しい技術の流れに対し、継続的に世界の中で優位を保つための基幹要素技術の地域への集積を図るべきであり、短期的な目に見える成果を追いすぎて継続的クラスター形成を見失わないようにする長期的視野も必要である。

上記の基本方針に対し、研究開発の指針を下記のようにまとめた。

- 1) **総合性**: システムLSIの設計だけでなく関連する設計支援技術、テスト技術、実装技術、組み込みソフトウェア技術などを総合的に集積させるための研究開発プロジェクトを推進し、世界的にも例を見ない新しいシステムLSI設計開発拠点の構築を目指す。
- 2) **先進性**: 製品の個数や価格帯などの変化に柔軟に対応できるシステムLSIの複数の設計フローを確立し、アーキテクチャ、低消費エネルギー化技術、実装設計技術において世界の最先端の研究・開発地域を実現する。
- 3) **継続的発展性**: 長期的視野に立った地域への技術と人材の集積をはかり、世界中から

設計業務を本地域へ誘導するための基幹技術を構築する。

このような指針に従い、海外や国内での他地域の研究開発拠点による研究の状況も考慮して、以下の7つの研究テーマを戦略的に選定した。

1) 超低消費エネルギー化モバイル用システムLSIの開発

今後ますます重要となると考えられるモバイルシステムに対応するための無線インターフェース設計技術および低消費エネルギー化設計技術を開発する。

2) 次世代システムLSIアーキテクチャの開発

製品の個数や利用者ニーズの変化に柔軟に対応できる新しい可変構造アーキテクチャとそれを実現するための設計技術を構築する。

3) SiPモジュール設計技術の確立

複数のLSIを実装技術で1つのパッケージにまとめあげ、システム構築における経済的な選択肢を広げる技術としてのSiP（システム・イン・パッケージ）のための設計技術およびテスト技術を確立する。

4) 次世代システムLSI設計支援技術の開発

我が国の産業界では、研究開発活動が極めて低下している設計支援技術（特に機能・論理合成およびテスト生成）における基本技術を再構築し、設計技術の競争力を高める源泉とするとともに、一部に危惧されている設計知的財産権の確保のための戦略を構築する。

5) 組み込み用ソフトウェア開発技術の開発

システムLSI利用製品の開発費の80%近くを占めるようになった組み込みソフトウェアの開発技術を確立し、半導体からソフトウェアまで総合的にシステムLSIを設計できる設計開発拠点を構築する基幹技術を与える。

6) アプリケーションSOC

具体的な応用事例に対し、システムLSI設計を行なうことで、他の要素技術開発プロジェクトへのフィードバックを図るとともに、短期的に目に見える成果を挙げる。

なお、平成17年度に追加した関係府省（産業クラスター）連携テーマについては

7) システムLSI開発プラットフォームの構築

経済産業省事業地域コンソーシアム等への発展性や具体性のある事業効果を事業期間内に創出。

という位置づけで選定した。

5-③-2 各テーマの実施内容

【研究テーマ1：超低消費エネルギー化モバイル用システムLSIの開発】

■共同研究参加機関

[大学] 九州大学大学院システム情報科学研究所、九州大学システムLSI研究センター、九州工業大学工学部、福岡大学工学部

【企業】(株)ロジック・リサーチ、NEC マイクロシステム(株)

【公的研究機関】(財)福岡県産業・科学技術振興財団 (ふくおか I S T)

1) 研究開発体制

平成18年度現時点での研究体制は、九州大学をはじめとした大学から10名、企業から4名、ふくおか I S Tから研究員1名の構成で、研究開発を推進している。

2) 研究背景及び目標

携帯情報端末、無線 LAN、IC カードやタグチップ、情報家電などで利用される無線通信機器においては、より高性能・高効率な通信システムを実現するデバイスの開発が期待されている。これを実現できる技術として、デジタル回路とのマッチングが良い CMOS 回路をアナログ回路に適用することにより、フィルタ・パワーアンプ(PA)・低雑音増幅器(Low Noise Amplifier: LNA) からベースバンド部、更にはデジタル回路等を集積化した、RFCMOS システム LSI を開発することが急務の課題となっている。

本テーマの社会的意義として、ユビキタス社会には無線技術は不可欠である。従って共通基盤技術はシッカリ抑え、さらに新しい応用や通信方式へ発展する必要がある。世界的に見ると、米国、台湾などはすでに無線 Data 通信に非常に力を入れている。しかしながら、日本では、無線関係の研究は最近少なくなっており、IBM や大手メーカーからも実際に我々に対し質問や課題への取組可能性など聞かれるケースが増えている。従って、超低消費エネルギー化モバイル用システム LSI の設計手法を福岡で開発することはクラスター形成に非常に重要であるといえる。

我々は上記の重要性から、アンテナを含めた小型化、ワンチップ化(SOC, SIP)、低消費電力化(電池駆動、ユビキタス)をめざした、超低消費エネルギー化モバイル用システム LSI の設計手法を開発することを目標とした。なおこのようなシステム LSI は同様な設計法で携帯電話をはじめとする各種規格に対応可能であるので、初期の例として IEEE802.11b 無線 LAN(周波数帯 2.45GHz)をターゲットとした。特にデジタル部では「低消費アーキテクチャ」により「超低消費化」をねらった。RF・アナログ部では、チップ面積が製作コストすなわちエネルギーと直結するので、「面積縮小」による「超低消費化」をねらった。

3) 研究計画等

当初プロジェクトリーダーは安浦であったが、研究統括と兼務であったため、3年目から金谷に交代した。なお、本プロジェクトは RF、アナログ、デジタルの各ブロックにおいて、独立した研究室が各々の得意分野の成果を有機的に結合させ、ひとつの LSI チップを設計するという点で、日本の大学ではきわめて革新的なプロジェクトである。

初期の段階から RF アナログとデジタル部のワンチップ化を狙ったため、RF・アナログ部の設計において、デバイス間の結線について十分な議論がなされていなかったため RF・アナログ部においては十分な動作が得られなかった。しかしながらデジタル部においては、IEEE802.11b の基本動作が設計値どおりに得られたため、デジタル部におけるハード IP を得ることができた。

中間評価及び自己評価(外部評価)により、①ワンチップ化(SoC)は世界でもっとも権威のある IEEE ISSCC にて、報告され始めている、②無線 LAN のシステムは Atheros 社、Broadcom 社、Intel 社、及び Marvell 社が市場を占めており新規参入しにくい、という理由から、無線 LAN 以外のユビキタスネットワーク(IMS バンド)全般をターゲットとし、まずはアンテナを含めた個別素子の小型化・低消費電力化の設計手法を確立し、それらを複数個組み合わせた(例えばダウンコンバータ等)ブロックを開発し最終的に SIP から SoC 化することとした。

4) 研究成果

次にサブテーマにおける研究成果を示す。

「超小型アンテナの開発」においては、平面型スロットアンテナを非共振型で構成し、インターディジタルギャップを用いたインピーダンス整合回路と一体化することで、アンテナ面積を 80%縮小した、ユビキタスネットワーク用超小型平面アンテナを開発した。

「無線通信用 SoC」については、電磁界・SPICE シミュレーションによる RF フロントエンドの設計手法を開発した。具体的には、「ワンチップパワーアンプ」や LNA およびダウンコンバータの入出力部にコプレーナ線路 (CPW) とインピーダンス反転回路を導入し従来のスパイラルインダクタに比べ 50%の面積縮小を行った。また、部品点数を減らすため、2 位相入力 4 位相出力 Mixer や 4 位相出力 VCO (電圧制御発信器) も設計した。さらに LNA と Mixer との間に CPW 整合回路を導入した、一体型ダウンコンバータにおいては、通常に比べ 10dB のコンバージョンゲインの上昇を確認した。PLL、DA コンバータ、AD コンバータ、VGA、バンドギャップリファレンス回路などの設計・試作及び評価も行った。

また、超低消費エネルギーシステム LSI アーキテクチャを開発し、例えば FIR フィルタについて 60%の低消費電力化ができた。個別素子及び、複数のブロックでの小型化設計及び動作確認が完了したので、RF アナログフロントエンドの一体化設計を行った。この設計資産を ATR (国際電気通信基礎技術研究所) へ技術移転した。

本プロジェクトのこれまでの成果により、すでに、実証から世界市場向けの実用化・商品化の段階に入った。事業終了後の展開を以下に列挙する。

①超小型アンテナについては、東南アジア及び米国向けとして、RFID リーダーライター用アンテナ・RFID (カード用) アンテナ及び、リーダーライターRF フロントエンド (2.45GHz、UHF 帯) 分野での凸版印刷への技術移転が決定した。

②ATR (国際電気通信基礎研究所) が総務省からの受託事業「新しい通信の電波の効率的利用」の遂行にあたり、本プロジェクトの研究成果である RF フロントエンド設計技術を技術移転した。現在プロジェクトメンバーの中司助教授が ATR 研究員を兼任している。

③デジタル部の低消費アーキテクチャについては、CREST のプロジェクト「組込みシステムの消費エネルギー最適化」へ展開することが決定した。さらに本プロジェクトの成果物であるデジタル部のハード IP は SiP プロジェクト (友景) との共同プロジェクトである「関係府省 (産業クラスター) 連携プロジェクト」及び「地域コンソーシアム」へ展開が決定した。

④回路要素の製品化や応用としては、LNA、Mixer、一体型ダウンコンバータ、PLL、AD 変換回路などについて共同研究企業で検討中である。また、一部は福岡県のフロンティア事業に採択されている「生体センサ応用」へ展開中である。さらに LSI テストについては、経産省の地域新規産業創造技術開発費補助事業において継続して研究する。

⑤RF 回路を利用した新通信方式研究については、九州大学の新キャンパスにおける実証実験プロジェクトにより、メッシュネットワーク研究開発へ発展させる。

国際競争力については、2004 と 2005 年に IEEE ARFTG Conference においてベストポスターアワードを 2 年連続で受賞した。

対象論文は、2004 年「Design of on chip coplanar waveguide matching circuit for SiGe BiCMOS RF amplifier」、H. Kanaya, T. Nakamura and K. Yoshida、及び 2005 年「Design of a Single-Chip Antenna Combined with Coplanar Matching Circuit and Duplexer」、H. Kanaya, K. Seki and K. Yoshida である。

さらに、マイクロ波 LSI の分野で最も権威のある学会である 2006 IEEE MTT-S/ RFIC International Microwave Symposium(IMS) /Radio Frequency Integrated Circuits (RFIC) において、日本の大学で唯一発表が許可された。なおこの学会の採択率は 34%で、日本からは 6 件の発表があり他の 5 件は企業等(三菱、Sony、東芝、NICT 他)であった。

国際特許については、超小型アンテナ及び無線通信用 LSI に関して、4 件の国際出願を行った。

なお、国内においては、2003 年に LSI IP デザイン・アワード開発奨励賞を受賞した。

5) 人材育成

人材育成については、学生がプロジェクトに参加し、VDEC の協力により、企業と同様

の世界標準の CAD ツールを使った LSI 設計を行い、また、学生が企業との連携で開発現場を体験することができた。さらに学会発表などで企業の研究者と討論することもできた。これにより、東芝、松下、Sony などの LSI 設計部門への就職者も増加した。また、人材の流動化という点では、本プロジェクトの FLEETS 研究員が大学の教員（助教授）へキャリアアップした。さらに、企業の研究者（N 社、T 社、M 社、S 社）へ設計教育を行った。設計教育では実際に 1 ヶ月～3 ヶ月程度研究室に常駐し集中的に行った。

グローバルな人材交流として、外国人教授のプロジェクトへの参加及び外国人助手（正規教員）の採用、さらにはアジア諸国やロシアなど、海外からのポスドクおよびドクターコース進学者が増加した。

6) 地域貢献

地域貢献については、地元企業を育成することを目的とし、RF 用 LSI パッケージ作成、評価および FIB の後加工を全て福岡県内の地場企業で行った。福岡県はパッケージに関連する企業は多いが、独自に LSI を設計する企業はあまりない。特に中小企業における RF 用 LSI の設計となると、ファウンドリの問題や高価な RF 用 CAD ツールの問題のため、ほとんどない。本プロジェクトで開発した設計手法を用いて、福岡システム LSI 総合開発センターに導入されている CAD ツールを安価に利用することにより、福岡の地で、LSI の設計→試作（ファウンドリ）→評価→後加工をトータルで実施可能となった。全体の進捗管理が FLEETS で行えるように、LSI の設計受託のためのフローチャートもあわせて作成した。

7) 他のプロジェクトとの連携

他のプロジェクトとの連携については、SiP プロジェクト（友景プロジェクト）との連携として、「関係府省（産業クラスター）連携プロジェクト」では、超小型アンテナとデジタル部ハード IP を音声通信 SiP に導入した。また、本年度から開始された「地域コンソーシアム」においては、Bluetooth 用の SiP に超小型アンテナを導入する。さらに、北九州地区との連携として、RF アナログ部について早稲田大学の吉増教授と高周波モデリングおよび、高周波 LSI の設計技術で技術交流をすでに開始している。デジタル部の超低消費アーキテクチャについては CREST のプロジェクトを通じて名古屋大学などと連携している。

なお、第 10 回電子情報通信学会シリコンアナログ RF 研究会（委員長：東工大 松澤先生）11 月に九州で始めて開催し、本研究会で RF アナログブロックにおける本プロジェクトの研究成果を招待講演として発表した。

以上のことを踏まえ、本研究テーマを総括すると、今後のシステム LSI の基幹的な技術となる無線システムの設計に関する関連技術を総合的に研究できる世界的にも数少ない研究チームを構築できた点で、今後のクラスター形成の大きな原動力となると考えられる。地場の設計・製造・評価に関連する企業の技術力向上に繋がったことも大きな成果と言える。

【研究テーマ 2 : 次世代システム L S I アーキテクチャ (Redefis と Systemorph) の開発】

■ 共同研究参加機関

【大学】九州大学大学院システム情報科学研究所、九州大学システム L S I 研究センター

【企業】(株)富士通研究所、東京エレクトロン(株)

【公的研究機関】(財)九州システム情報技術研究所 (I S I T)、(財)福岡県産業・科学技術振興財団 (ふくおか I S T)

1) プロジェクトの背景

携帯電話、デジタルTV、インターネット接続機器など情報機器の高度化に伴い、情報機器の中核部品であり、情報機器の様々な機能を一つのLSI上に集積するシステムLSI(=SoC: System on a Chip)に対し、高性能化、高機能化が求められている。

また一方、SoCの開発においては、高性能化、高機能による設計の高度化、大規模化や情報機器の製品寿命の短命化、SoCの製品化までのTAT(Turn-Around-Time)の短期化などによる設計に関わるコストの上昇、高価な微細加工技術の適用、テスト費用などによる製造に関するコストの上昇、機能の更新、消費電力などのSoCの運用に関わるコストなど、SoCを開発する環境の一層の効率化が、その市場競争力を保つ上で強く求められている。SoCの高性能化、高機能化を実現し、SoCに関する、①製造コスト、②設計コスト、③運用コストを抑える技術を開発することが課題となっている。

一般に情報機器において、実現したい機能の実装を行う場合、C等の高レベルなプログラム言語を用いて機能を記述し、コンパイラ等のツールにより生成されたオブジェクトコードをプロセッサにより実行する方法が最も短期間で開発となり、開発効率の高い手法となる。ここで、プロセッサだけによる機能の実装では、性能的に実現しない、あるいは実現出来ない機能が存在する場合、その機能の処理を、必要な性能で実現可能なカスタムロジックを用い、SoCとして集積し実現する事が出来るが、SoCの開発においては、実現したいアプリケーションの中で、このカスタムロジックについて専用のソフトウェア、やハードウェアの開発を行う事が必要となる。

i) Redefis プロジェクト

i-2) プロジェクトの研究開発体制

本プロジェクトは、産業界から東京エレクトロン、大学からコンピュータアーキテクチャにおいて先導的な研究を行っている、九州大学 村上研究室、公的研究機関として九州情報技術研究所、及び福岡県産業・科学技術振興財団による体制の下で、財)九州情報技術研究所の専属研究員、及び財)福岡県産業・科学技術振興財団の福岡知的クラスター研究所の研究員として雇用された専任研究員により実施した。

i-3) プロジェクトの目標

Redefis プロジェクトでは、このSoCの開発において、カスタム化に関わる開発の自動化を可能にする技術、Redefis技術の開発を行うことを目標とする。Redefis技術では、SoC上の計算を行うエンジンに新たな選択肢として動的に構成可能な演算器を利用するカスタム命令を伴うRedefisプロセッサ、及びRedefisプロセッサ用のカスタム命令の構成情報とそのカスタム命令を利用するオブジェクトコードを高級プログラミング言語(例えばC)で記述されたソース・コードから自動的に生成するRedefisツールを提供する。動的再構成可能な演算器を有するプロセッサは、プロセッサという実行モデルを取ることで既存のソフトウェアと親和性が高く、再構成可能な演算器は低いクロックでも高効率の処理を実現し、さらにその演算器が動的再構成可能であるため出荷された後にでもSoCの機能の更新を可能にし、さらには状況に応じて複数のコードと構成情報をロードしなおすことでSoCの利用状況に応じた処理の柔軟な変更を可能にする。一方Redefisツールは高級言語で書かれたソース・コードから自動的にその処理に最適なカスタム命令の構成情報とそれを前提に最適化されたオブジェクトコードを生成することで開発コストを低減する。

i-4) プロジェクトの目標の達成時期等

Redefis プロジェクトでは、高級言語で記述されたアプリケーションを対象に、①カスタム命令を効率よく実行するプロセッサの設計、②最適なカスタム命令のセットの発見技術、③発見したカスタム命令を用いるオブジェクトコードの生成技術、の3つの要素技術の開発を行い、実際のアプリケーションに見られる処理へ適用し、評価と改良を行った。本研究では、さらに上述の評価結果に基づき、それぞれの要素技術の改良とツールの統合を進め、プロジェクトの終了時期までに技術のさらなる改良を行い、有効性を高めて実用化

可能事業の創出を目指している。

i - 5) 実施内容

本プロジェクトによる Redefis 技術の開発では、要素技術となる①カスタム命令を効率よく実行するプロセッサの設計、②最適なカスタム命令のセットの発見技術、③発見したカスタム命令を用いるオブジェクトコードの生成技術の開発を行った。①項の目的で Redefis プロセッサ Vulcan を設計し、②、③項の目的で Redefis ツール・フローを設計し、その構成要素として ISAGen、リターゲッタブル・コンパイラ、配置配線ツールを開発した。そして Vulcan のソフトウェア・シミュレータさらには実際の評価ボードを用いたプロトタイプ Vulcan プロセッサ、により、実際のアプリケーション例について上記要素技術の実証、評価を行った。

次にこの実証・評価結果に基づき、当初計画から一歩進めて、改良を施した新 Redefis プロセッサとして Vulcan2 を設計し、ツール・フローを構成するツール群をコンパイラ・フレームワークに統合整理して最適化性能、メンテナンス容易性、利用容易性を高めた新 Redefis ツールとして ISAcc コンパイラを開発し、開発技術の実用化、事業化への移管をスムーズに行うことを目指した。

さらに同様に次世代アーキテクチャ・プロジェクトにおいて開発が進められている実行時最適化技術 Systemorph 技術に対し、プラットフォームとして技術を提供し、その競争力強化に協力した。

i - 6) 研究成果

当プロジェクトで開発を行った Redefis 技術は、動的再構成可能ハードウェアを主要な演算器として備える Redefis プロセッサと、一般の高級プログラミング言語（例えば C）で記述されたプログラムから自動的にカスタム命令セット（動的再構成可能ハードウェアの構成情報）とそれらのカスタム命令を利用するオブジェクトコードを生成するという他にあまり例を見ない技術である。

動的再構成可能な演算器を備えたプロセッサとアプリケーション・コードの構造に応じ、最適となるようなカスタム命令セットとそれを利用するオブジェクト・コードを自動的に生成するツールを開発し、事業化向け共同研究企業とともに商用組み込みプロセッサ及びそのための開発環境としての完成度の向上と技術の移転を進めた。

またリコンフィギュラブル技術を用いた SoC 最適化技術である Systemorph 技術との統合を目指しアプリケーションの振る舞いに応じた最適化が可能な SoC 開発プラットフォームについて検討した。これら技術は、SoC 開発における基本技術となる事が期待され、その波及効果は大きいものと考えられる。

i - 7) 他の研究テーマとの連携

SoC 実行時最適化技術として開発を行っている Systemorph プロジェクトへ開発技術の提供を行うことで、Systemorph による SoC 最適化技術の競争力強化を進めた。Systemorph 技術は、アプリケーションの挙動に応じ実行時に SoC の最適化を行う技術である。本 Redefis 技術によるアプリケーションの静的な構造に応じたコード生成と組み合わせる事で、より最適化の進んだ SoC を構成する SoC 開発プラットフォームを実現可能とした。

ii) SysteMorph プロジェクト

ii - 2) プロジェクトの目標

本研究では、この SoC の開発において、カスタム化に関わる開発の自動化を可能にする技術、SysteMorph 技術の開発を行うことを目標とする。

SysteMorph 技術では、SoC が出荷された後にも SoC の使われ方に応じ性能を最適化

する事を可能にし、SoC の最適化サービスや、次の SoC の設計へのフィードバックなど SoC の最適化に関し新たな付加価値を可能とする。

SystemMorph 技術の開発では、アプリケーションの実行において、①最適化のヒントを発見するオンライン・ホットパス・プロファイリング技術、②発見した最適化のヒントに対し最適化を適用する最適化技術、③最適化されたプログラム部について加速実行を行うアクセラレータ技術、の3つの要素技術の開発を行い、システムレベルでの適用行う技術の開発を行う。

本研究では、それぞれの要素技術の開発及び実証を行い、プロジェクトの終了時期までに技術の有効性の検証を行い実用化可能な技術として事業の創出を目指している

ii-3) プロジェクトの目標の達成時期等

SystemMorph 技術による SoC が自身で最適化を適用可能とする技術は、他にあまり例がなく、SoC 開発において、共通の基本技術となる技術であり、その波及効果も大きい。

SystemMorph 技術に必要な要素技術の開発、応用への適用技術の開発を行う。プロジェクト開始から、2年間で、オンライン・ホットパス・プロファイリング、オンライン合成、リコンフィギュラブル・プロセッサを用いた SystemMorph 技術のプロトタイピングにより、同技術の実証を行う。残り期間において、組み込みプロセッサを用い同技術の実装可能な SoC アーキテクチャの開発、アプリケーションを用いた応用評価を行い、技術実用化を目指す。プロジェクトの終了時期までに技術の有効性の検証を、行い実用化可能な技術として事業の創出を目指す。

ii-4) プロジェクトの研究開発体制

本プロジェクトは、産業界から、SoC による事業展開を進め、その最新の市場ニーズ、技術動向を持つ、(株)富士通研究所、富士通九州ネットワークテクノロジーズ、大学からコンピュータアーキテクチャにおいて先導的な研究を行っている、九州大学 村上研究室、公的研究機関として九州情報技術研究所、及び福岡県産業・科学技術振興財団による体制で行う。(財)九州情報技術研究所の雇用研究員、及び(財)福岡県産業・科学技術振興財団の福岡知的クラスター研究所の研究員として雇用された専任研究員により実施する。雇用研究員は、企業、大学でのこの分野での研究開発の経験者である。

ii-5) 実施内容

本プロジェクトによる SystemMorph 技術の開発では、要素技術となる①最適化のヒントを発見するプロファイリング技術、②見つけた最適化のヒントを用い最適化を適用する最適化技術、③最適化されたプログラムを加速実行するハードウェア技術の開発を行い、実際の評価ボードを用いたプロトタイピングにより、これら要素技術の実証を行った。

次に、開発技術の実用化、事業化への移管をスムーズに行うため、商用組み込みプロセッサ(富士通製)を用いた SoC 上への開発を行った。

さらに同様に次世代アーキテクチャ・プロジェクトにおいて次世代の SoC アーキテクチャ技術としてスタートアップによる事業化に近い Redefis 技術に対し、その競争力強化のため、当プロジェクトの適用を進め、SoC 開発プラットフォームの開発を行った。

ii-6) 研究成果

当プロジェクトで開発を行った SystemMorph 技術は、SoC の使われ方に応じ、SoC が自身で最適化の適用を可能とする他にあまり例を見ない技術である。

アプリケーションの使われ方に応じ、最適化のヒントとなるプログラム部を自動的に検出するツール、最適化ツールを開発し、事業化向け共同研究企業とともに商用組み込みプロセッサへの実装、技術の移転を進めた。

またリコンフィギュラブル技術を用いた SoC プラットフォームである Redefis 技術との統合を行い、アプリケーションの振る舞いに応じた最適化が可能な SoC 開発プラットフォーム

ームを実現した。これら技術は、SoC 開発においての基本技術となる事が期待され、その波及効果は大きいものと考えられる。

ii-7) 他の研究テーマとの連携

次世代アーキテクチャとして開発を行っている Redefis プロジェクトとへ開発技術の適用を行うことで、Redefis による SoC プラットフォームの競争力強化を進めた。Redefis 技術は、アプリケーションのソース・コードに応じ最適化 SoC を構成する技術である。本 SysteMorph 技術によるアプリケーションの動作時の振る舞いに応じた最適化を行う事で、より最適化の進んだ SoC を構成する SoC 開発プラットフォームが実現可能とした。

ii-8) その他

Redefis 技術及び、SysteMoprh 技術の研究、研究成果の発表を通し、大学、企業など、この分野、特にコンピュータアーキテクチャの研究者との交流、ネットワークの形成とともに、実際の開発に必要な、ソフトウェアやハードウェアの開発、評価を行い、九州地区以外の企業も含め、その技術分野で優れた技術を持つ人材とのネットワーク作りが進んだ。システム LSI に関連した技術の実用化、事業化に必要な環境の整備が進んだ。

以上のことから、本研究テーマは、システム LSI の新しい技術である次世代 SoC アーキテクチャを提案し、中央の資本による関連企業の誘致、次世代スーパーコンピュータなどの大型プロジェクトの誘致に繋がるものであり、クラスター形成への効果は大きいと総括される。

【研究テーマ3：SiPモジュール設計技術の確立】

■共同研究参加機関

【大学】福岡大学工学部、京都大学大学院工学研究科、九州大学ユーザーサイエンス機構

【企業】九州ミツミ(株)、上野精機(株)、新日本無線(株)、佐賀エレクトロニクス(株)、ジータット・イノベーション(株)、ソニーセミコンダクタ九州(株)、福菱セミコンエンジニアリング(株)、(株)ひびきのシステムラボ

【公的研究機関】福岡県工業技術センター、(財)福岡県産業・科学技術振興財団（ふくおかIST）

1) 研究体制

研究体制は、研究の中心となるふくおか IST の研究員 2 名に、工業技術センターの研究員、3 大学の教授・助教授、8 企業の研究者を加えた、総勢 17 名である。

2) 研究背景及び目標

SoC (System on a Chip) と比較して SiP (System in a Package) には、短納期開発が可能で、設備投資額を小さく抑えられ、少量多品種の製品には有利である。近年、携帯端末、携帯電話、無線 LAN などの製品は高周波化しており、通信速度も上がっている。このような高周波の製品に使える SiP を短納期に開発するための鍵は、設計技術と評価・解析技術にあると考え、高周波 SiP 設計用のツール開発と評価・解析技術の確立を目的とした。試作、試験、再設計を繰り返すことなく一度の設計で量産設計に入れるツールを開発することによって、設計時間を 1/50 以下に短縮することを目標とした。

3) 実施内容

4 つの研究テーマに分かれて研究を行なった。1 つは、モジュール設計ツール開発で、ここでツールの開発を行なった。2 つ目は、モジュール設計・評価で、標準基板 RS を用いた高周波特性の評価とシミュレーションを行なった。3 つ目は、モジュール欠陥評価装置開発

で、SELBIC (Scanning Electron & Laser Beams Induced Current) 装置の開発を行なった。また 4 つ目は、熱応力解析でパッケージ内部の応力及びチップの残留応力の測定及びシミュレーションを行なった。

企業のエンジニアの議論の中からツールの新しいアイデアなどが生まれ、特許化するとともにツール機能に加えた。

平成 16 年度の間評価では、具体的な SiP の開発がない、事業化が予想できない、というコメントがあった。その後、後述する 2 種類のマイクロコネクタ搭載 SiP を設計、製造し、また事業化に関しては、経済産業省の地域新生コンソーシアム事業に展開して、部品内蔵基板を用いた RF ワイヤレス装置を設計し製品の販売を目指した開発を行なっている。更に、SiP 基板の標準化を目指した SIPOS で開発した RS を販売し、評価の受託を行なう新会社が雇用研究員によって設立される予定である。

4) 研究成果

研究成果は、06 年 9 月まで論文 19 件、口頭発表 61 件 (うち海外 32 件)、特許申請 15 件である。特許は、今年更に 4 件申請予定である。成果を項目別に述べると以下のようになる

①高周波 SiP 設計専用ツール開発

高周波 SiP 設計用の専用 EDA ツールを開発した。これには、3 次元でフロアプランから自動配線する機能がある。また、電磁界シミュレータ、熱シミュレータへのインターフェースを持ち、図形の一部を切り出してシミュレーションすることができる。更に、ボンディングワイヤーの自動配線機能、モジュールコスト計算機能、温度分布を均一化するための自動配置機能、チップ及びプリント基板のパターンを含めた最適化設計機能などを有し、特許申請も行なっている。これまでに Ver.5.0 が完成しており、複数のシミュレーション結果を総合判定する機能を有する Ver.6.0 の開発を行なっている。

チップを基板に内蔵したシステムを設計する場合、ツールの熟練度にもよるが、通常数時間で設計できる基板が 1 分以内に 3 次元で自動配線でき、設計時間 1/50 を達成できたと考える。

本プロジェクトで開発した EDA ツールは、後述する地域新生コンソーシアム事業の中で、部品内蔵基板の設計用に販売を計画している。

②標準基板を用いた高周波特性評価

基板の特性を高周波領域で評価する専用の基板 RS (Reference Substrate) を本事業で開発した。これは、基板メーカーでの製造上の精度を確認するとともに、高周波特性のデータをツール内部にライブラリ化するための試料にもなる。低温焼成セラミック LTCC 及び有機基板 FR-4 で RS を製作した。また、TEG(Test Element Group)チップを実装して、実装状態の評価もできる RS の開発も行なった。

③マイクロコネクタ搭載基板及び SwP の開発

低温焼成セラミック (LTCC) の側面に穴または窪みを形成し、内部を配線して微細なコネクタ構造を製作し、特許申請を行った。同じ形状の基板は接続が可能で、変更可能な SiP が実現できる。コネクタを通してのシステム設計方法に関しても特許を申請した。また、LTCC 基板の側面から金属針を出し、高周波プローブとする SwP(System with a Probe)も考案し、特許申請を行った。更に、基板の高周波特性を評価する方法、多段パッケージ基板に関する特許も申請した。

④SELBIC 測定装置開発

フリップチップ接続した SiP の欠陥や接続の不具合を非破壊で検査する装置を日本電子と共同で開発した。これは、走査型電子顕微鏡に走査型赤外レーザ顕微鏡と電流測定装置を付加したものである。フリップチップ実装した裏面からレーザを照射すると、赤外領域でシリコンは透明なため、レーザビームは表面に達し、局所的に温度上昇が起こる。欠陥や接合の不具合があると、その点での温度上昇による抵抗変化が他所とは異なるため、一定バイアス下でレーザを走査し、電流を測定してマッピングすると欠陥評価が可能である。この装置を Scanning Electron & Laser Beams Induced Current (SELBIC)装置と名前をつ

けた。日本電子は、SELBIC 装置の販売を計画している。

⑤熱応力解析

パッケージ内部のチップが線膨張係数の違いによって、パッケージ後に受ける応力をシミュレーションと実測とで明らかにした。研究結果は国内外の学会誌に掲載された。また、パッケージの熱抵抗解析も行い、実測値とシミュレーション結果とを比較検討した。また、応力印加時の変形度合いを計測する方法については特許申請を行なった。

⑥応力下での電気特性評価

パッケージ内部での残留応力によるチップの電気特性の変化を測定するために、4点曲げの装置を製作し TEG チップで電気特性を評価するとともにシミュレーション結果と比較を行なった。本年度は、高周波特性の応力の影響を調べており、最終的にシミュレーションの結果と一緒に EDA ツールに取り込む予定である。

5) 成果の波及効果

当初の計画では、ツールを開発してこれを用いたモジュール設計を計画していた。事業の途中で、事業化を目指した幾つかの新たな展開があった。その内容を以下に述べる。

①地域新生コンソーシアムへの展開

経済産業省の地域新生コンソーシアム事業「高周波部品内蔵基板を用いた RF ワイヤレス装置の開発」が採択され、本研究成果を活用して、部品内蔵により実装密度を高めた RF ワイヤレス装置を開発し、製品化して販売する事業に展開している。

②関係府省（産業クラスター）連携プロジェクトの展開

低温焼結セラミック（LTCC）基板の側面に微小なコネクタを製造する技術を開発し、特許申請開発した。この基板を用いればシステム変更が可能な SiP が製造できる。eASIC を用いて回路を設計、製造し、RF の音源通信システムを実現するプロジェクトが 05 年～06 年で始まった。

③システム LSI フロンティア創出事業への展開

マイクロコネクタ搭載基板の開発と、これを用いてのシステム設計・製造を行なうプロジェクトが 05 年から 06 年までの 2 年間プロジェクトとして始まった。これまで開発してきたツールをマイクロコネクタ用に改良し、マイクロコンピュータを実装したシステムを製作して、検証を行なっている。事業終了後は、商品としての事業化を計画している。

④SIPOS の組織化

米国プリント工業会 IPC に対抗して、プリント基板製造技術レベルの高い日本から基板の標準パターンを配信するとともに、安価で高歩留まりの基板開発を目指して、04 年から SIPOS(System Integration Platform Organization Standards)準備会議を開催した。半導体メーカー、素材メーカー、装置メーカー、設計ツールメーカー、分析会社など 20 数社が参加し、5 回会議を行なった。この間、RS を開発しながら基板の標準パターンに関する意見交換を行なった。05 年 11 月に SIPOS を正式に組織化し、幹事会で開発計画を練るとともに欧州研究機関との共同研究を目指した調査も行なった。事務局は福岡県産業・科学技術振興財団にある。

クラスター事業終了後に本事業で開発した高周波 RS を TEG と組み合わせて販売し、評価・解析を受託する新会社を本グループの研究員が設立予定である。

⑤他のコンソーシアムへの参画

エレクトロニクス実装学会 JIEP の技術研究会である EPADs 及びカシオの EWLP コンソーシアムに SIPOS として参画し、RS の共通化や評価方法の確立を目指した研究を共同で行なっている。EWLP コンソーシアムのメンバーが福岡に来て、ディスカッションする機会もできている。

6) 人材育成、費用対効果

公設研究所機械電子研究所の研究員は、本研究の成果で学位取得を目指している。企業のエンジニアは月に 1 度集まり、技術的なディスカッションを行なうとともに、共同で実験を行なってきた。雇用研究員は 2 名しかいないため、本グループの人件費率は低い。

7) 研究テーマの連携、交流促進

上述したように研究成果が、コンソーシアム事業、関係府省（産業クラスター）連携プロジェクト、フロンティア創出事業などに発展しているが、これ以外にも、私的コンソーシアムであるナノインクジェット技術を用いた回路製造の回路設計ツール作成に協力し、設計アルゴリズムに関して特許申請を行なった。

また、交流に関しては、以下のような研究会、ワークショップ、シンポジウムを開催してきた。

①デバイス実装研究会

科学技術庁地域結集型共同研究事業（97年～02年）の「デバイス実装グループ」（代表 友景 肇）を取り囲む研究会として98年に組織され、最新の実装技術を研究するとともに半導体エンジニアのネットワークを作ることを目的に、これまで35回の研究会を開催してきた。知的クラスター「SiP モジュール設計技術の確立」の交流事業として、研究成果の発表も行なっており、現在会員数は1,550名余りで、企業数は450社程度である。毎回、100名を越える参加者があり、その1/3は九州以外からの参加者である。

②半導体実装国際ワークショップ MAP の開催

九州の半導体実装に関する技術情報を英語でアジアに発信し、九州とアジアとのビジネスネットワーク構築を目的とした International Workshop on Microelectronics Assemblin & Packgaing (MAP) (実行委員長 友景 肇) を01年から毎年九州で開催し、中国、韓国、台湾、シンガポール、マレーシア、タイなどから参加者がある。06年も10月30日から福岡市で開催し、アジア以外では米国シリコンバレーやフィンランドからの参加者発表もある。SiP もワークショップのトピックスに加え、研究成果を公表するとともに、研究面でアジアとのネットワークを形成も目指している。韓国の IMAPS Korea や北京半導体協会とは MOU の締結を行い、情報交換の仕組みを作った。

③電子材料に関する日韓ジョイントシンポジウムの開催

韓国の Korea Univ., Hongik Univ., Hanyang Univ., Pusan Univ., Hankuk Aviation Univ., Ulsan Univ. と福岡大学とで電子材料に関するシンポジウム Joint Symposium on Electronic Materials (JSEM) を98年から毎年開催し、大学院生が英語で研究成果の発表を行なっている。06年は8月には第9回目となる JSEM2006 を福岡システム LSI 総合開発センターで開催し、韓国から50名を越える参加者があった。韓国の大学との共同研究も始まっている。

④SIPOS シンポジウム開催

福岡だけでなく東京に於いても日本プリント工業会の JPCA ショーで SIPOS オープンセミナーを06年5月に開催した。また、06年10月には JISSOPROTECFORUM において、コンソーシアム事業も含めて SIPOS の活動をセミナーで発表する。

⑤Fraunhofer IZM との NDA 締結

今後 SIPOS が海外機関と連携して SiP の技術開発を行うことを目指してドイツの Fraunhofer IZM を訪問し意見交換を行なった。試作や評価に関して連携を図るために秘密保持契約 (NDA) を交わすことを決め、その文案も出来上がっている。

以上のことを踏まえ、本研究テーマは、経済的に成り立ちうる多様なシステム LSI 技術のすそ野の拡大として SiP 技術に特化したもので、国際標準化を目指し、多くの企業を巻き込んだコンソーシアムを形成するなど、世界的なクラスター拠点の構築の核として機能する基礎を築いたものと総括される。

【研究テーマ4：次世代システム LSI 設計支援技術の開発】

■共同研究機関

【大学】九州大学大学院システム情報科学研究所、九州大学システム L S I 研究センター、九州工業大学情報工学部

〔企業〕(株)システム・ジェイディー、(株)ロジック・リサーチ

〔公的研究機関〕(財)九州システム情報技術研究所 (I S I T)、(財)福岡県産業・科学技術振興財団 (ふくおか I S T)

1) 研究背景及び目標

システム LSI の設計支援技術 (EDA 技術) は、電子工学、計算機科学、情報科学など複数の専門領域にまたがる高度な技術の総合体系の構築が必要である。また、EDA ツールは半導体の製造プロセス技術の進歩や設計対象の回路の変化などに応じて常に新しい技術を取り込んでいかなければならないので、EDA ツールをいったん開発してしまえば以降は簡単な保守だけを行えばよいというわけではない。そこで、最終的な目標としては EDA ツールの研究・開発を行うことのできる人材の育成、集積を行うことのできる環境の構築を目指している。この目標に沿って、知的クラスター創成事業における実際のターゲットとして、実用的かつ研究・開発の基盤となる EDA ツールの開発を掲げている。

当初、クラスタープロジェクトの前半部分 (～3年め) でこのような EDA ツールのプロトタイプの開発を考えていたが、研究員の雇用が2年目および3年目にずれこんだため、中間評価時に目標設定を変更し、上記の EDA ツールの試作バージョンを2006年9月までに完成させることとした。

2) 研究体制

プロジェクトの体制は、ツールの開発を研究代表者 (松永裕介・九大) および2名の福岡知的クラスター研究所 (FLEETS) 研究員 (松永多苗子、吉村正義) が行い、共同研究者 (梶原誠司・九工大、杉原真・九州システム情報技術研究所) からは定期的な技術打ち合わせを通じて研究開発のシーズやアイデアの提供を受けた。また、共同研究企業 (ロジック・リサーチ、システム・ジェイディー) はシーズや例題の提供を受ける形でツールの開発に関わっている。

3) 研究成果

プロジェクトの成果としては、論理シミュレータ、論理合成、テストパターン生成のプログラムの開発を行った。9月の時点でこれらはアルファバージョン (試作版) であったが、3月のプロジェクト終了までに細部の調整を行い、完成度を高めることができた。基本的な機能としては、実用に用いることのできるレベルに達していると思われる。今後、これらのツールをどのような形で公開するか (フリーソフトやオープンソース、あるいはライセンス供与) は現在、検討中であるが、これらの EDA ツールを公開することで、EDA 技術に関する人材の育成や潜在的な研究者の発掘という面での効果が期待できる。一方、EDA ツールを用いた事業化に関しては現在の日本の状況は厳しいもので、直接、この EDA ツールの販売で収益を上げる起業化に結びつけるのは容易ではないと考えられる。

ツール内部で用いられている技術の学術的な成果の主なものとして、FPGA 用テクノロジマッピングアルゴリズムと演算器合成アルゴリズムの開発が挙げられる。FPGA 用テクノロジマッピングでは現時点で国際学会などにおいてもっとも優れているとされる既存アルゴリズムに対して、同じ遅延時間制約 (動作速度の制約) のもとで最大で約50%、平均で約30%の面積削減効果を達成した。演算器合成アルゴリズムは現在、市販されている商用の EDA ツールが合成する回路に対して20%から35%面積の小さい回路を合成することができている。

福岡の知的クラスタープロジェクトでは集中研究所方式をとっており、プロジェクトのための専任の研究員を雇用している。これは EDA ツールの研究・開発には不可欠な仕組みである。大学の教員および学生のみでは学術論文に結びつかない部分の開発 (ツールを実用的にする部分の開発) を行うことはモチベーション的にも技術的にも難しく、また、ソフトウェア開発を外注したのでは本来、プロジェクト内部に蓄積しなければならない技術情報やノウハウが獲得できない。本プロジェクトにおいては、専任の研究員が効果的であったと思われる。また、研究員は EDA ツールの開発とともに国際的な学会やワークショップ

プなどで発表も行い、福岡地域における EDA の研究アクティビティを対外的に広く紹介している（国内、国外あわせて 9 件）。

以上のことを踏まえ、本研究テーマは、日本の集積回路設計技術のアキレス腱と呼ばれる EDA 技術について、技術面およびその開発方法論に関するトライアルを行ったもので、設計現場と密着して商用 EDA ツールとは異なる独自技術の優位性および可能性を示したものであり、今後の産業構造の変革の中で重要な知見を与えたことは、クラスター及び我が国の産業政策上重要であると総括される。

【研究テーマ 5 : 組み込み用ソフトウェア開発技術の開発】

■ 共同研究参加機関

【大学】九州大学大学院システム情報科学研究所、九州大学システム L S I 研究センター、浦項理工大学、西江大学校、宮崎大学工学部、南山大学数理情報学部、Hansung University

【企業】(株)SRA 西日本、シャープ(株)、(株)ネットワーク応用技術研究所、(株)東陽テクニカ、キャッツ(株)

【公的研究機関】(財)福岡県産業・科学技術振興財団（ふくおか I S T）

1) 研究の背景

組込みシステム開発の現場では、市場動向や技術革新に追従してタイムリーに製品展開ができるよう、仕向け地や対象購買層によって異なった機能を有する製品を、短い工期で開発することが強く要求されている。ソフトウェアの規模そのものも大きくなっており、効率的な再利用をすることなく、工期短縮と信頼性向上の相反する要求を満足することはできない。

組込みソフトウェアの工期短縮策のひとつとして注目されているのがソフトウェアプロダクトライン（以下、SPL）開発方法論である。SPL 開発方法論は、一定の市場を対象とする共通の機能を有する製品群（ソフトウェア）を、定められた手順で次々に開発していく再利用技術である。米国ならびに欧州では、過去 10 年近く、SPL の開発実施例の報告、さらには開発方法論に関する研究が続けられ、理論面の整備は相当に進んでいる。

SPL 開発方法論における再利用対象、すなわちコア資産は、ソフトウェア開発の最終成果物であるコードに限らず、仕様記述や状態遷移表、テストケースといった中間成果物や補助的成果物も含まれる。SPL 開発方法論では、これら成果物の製品間共通部と相違部を明確に分け、製品機能との関連を保存し、これら関連情報に基づいて所定の機能を備える製品を構築する。また、SPL 開発方法論では、コア資産を開発するドメインエンジニアリング工程と、コア資産を利用して製品を開発するアプリケーションエンジニアリング工程があり、両者の連携により迅速な製品展開を実現する。SPL 開発ではソフトウェア設計情報の管理と共有が成功の鍵を握っている。

しかしながら、この分野において先行する米国、欧州においても、SPL 開発一般のためのソフトウェア設計情報管理／共有ツールは目下の課題とされており、実用化されたツールは未だ存在しない。SPL 開発に関して後発組であっても、SPL 開発支援ツールは現在でも十分に競争可能な領域である。

多機能化、大規模化による複雑性の増大により、組込みソフトウェアの信頼性の確保は一層困難になっており、近年はモデル検査技術を初めとする形式検証技術に注目が集まっている（経済産業省「組込みソフトウェアの開発力向上に向けた施策と提言（第 1 部）」、H16 年 6 月）。組込みソフトウェア開発で一般的に行われるタスクの状態遷移設計については、バグの混入やテスト漏れによるバグの見逃しが起こりやすい工程であり、モデル検査技術の適用が効果的である。モデル検査技術を大規模なシステムに適用するべく、これ

まで計算量削減の努力が続けられてきた。しかしながら、これらモデル検査の計算量削減技術は、タスクスケジューリング等の組込みシステム特有の事情を考慮していないために、現実の組込みシステムに対しては十分な効果を挙げられないことが多い。また、モデル検査技術は様相論理式等による形式記述が必要なため一般の開発現場で敬遠されがちであり、これはモデル検査技術普及の障壁となっている。

最終成果物であるコードの信頼性確保については、コーディングガイドラインの策定が効果的であることが指摘されている。以前からコーディングガイドラインに関する多くの文献が出版されているほか、MISRA や IPA/SEC 等においてコーディングガイドラインの標準策定が進められている一方で、開発現場では日々の開発に追われてコーディングガイドラインの導入が後手に回っていたり、形骸化した、あるいは教条的なコーディングガイドラインが使われ続けているのが現状である。

2) 研究の目標

以上の背景に基づいて、本研究では以下の目標を設定した。

①実際の組込みシステム開発を通じた SPL 開発方法論の確立

SPL 開発事例はすでに米国、欧州において多数発表されているが、エンジン制御等の制御系ソフトウェアの事例が多く、携帯電話や情報家電といった情報系ソフトウェアの事例は少ない。また、事例報告については詳細が明らかでなかったり、失敗事例はそもそも報告がされないため、公知文献からは SPL 開発の問題点が見つめられない。そこで、実際の組込みシステム開発を通して、既存 SPL 開発方法論の問題点を明らかにし、新たな SPL 開発方法論を確立することを目標とした。

②SPL 開発のためのソフトウェア設計情報統合管理支援技術の確立

上述の通り、コア資産、すなわちソフトウェア設計情報間の関連を、一貫性を保った形で管理・共有することは、SPL 開発において極めて重要である。しかしながら、こうしたコア資産管理に要するコストは、SPL が大規模になるほど開発コストの大きな割合を占めるようになり、SPL 開発の効果を減却する。そこで、コア資産の保守・管理を支援する、ソフトウェア設計情報統合管理ツールの開発を目標とした。

③実用規模の組込みシステムのためのモデル検査技術の確立

一般の開発現場において敷居が低く、かつ実用規模の組込みシステムを対象としたモデル検査技術を確立することを目標とした。参加企業のひとつであるキャッツは、状態遷移設計を支援する組込みソフトウェア向け CASE ツール「ZIPC」をすでに販売しており、同ツールは当該分野ではトップシェアを占めている（電子情報技術産業協会調べ、H10～17年）。同ツールに、状態遷移表向けであり、かつ実用規模の組込みシステムを扱えるモデル検査技術を組み合わせた状態遷移表モデル検査技術を導入し、さらに難解なモデル検査のための様相論理式の入力を支援する機構を設けることとした。

④厳選されたコーディングガイドラインの策定とそのチェックツールの提供

多忙を極める開発現場にコーディングガイドラインの迅速な導入を促すべく、既存のコーディングガイドラインを元に、ソフトウェアの信頼性向上の上で真に効果的なものを厳選した、簡潔かつ教育的なコーディングガイドラインを提供することを目標とした。ガイドラインのとりまとめにあたっては、ひとつひとつのガイドラインよりも、なぜそのガイドラインが必要なのかの背景を重視した。また、開発現場で簡単に改変できるチェックツールを提供することとした。

3) 研究体制

研究テーマ①、②、④は、九州大学、福岡県産業・科学振興財団福岡知的クラスター研究所（FLEETS）、SRA 西日本、シャープ、ネットワーク応用技術研究所、東陽テクニカによる共同研究である。九州大学は研究統括および先行研究の調査、九州大学および FLEETS は IP コミュニケーションボード SPL ケーススタディの実施およびソフトウェア設計情報管理システムの要求定義と仕様策定、シャープは IP コミュニケーションボードのハードウェア設計およびコーディングガイドラインの総括、ネットワーク応用技術研究所および SRA 西日本はソフトウェア設計情報管理ツールの実装、東陽テクニカはソフトウェ

ア設計情報管理システムの顧客ニーズ提供と仕様策定を担った。また、企業参加者は各社のドメインにおける開発現場ニーズの提供の任も負った。

研究テーマ③は、九州大学、FLEETS、キャッツによる共同研究である。九州大学は研究統括、FLEETS は組込みソフトウェア向けモデル検査技術の開発、ならびに同技術を実装した検証エンジンの設計・開発、キャッツは顧客ニーズ提供、状態遷移表モデル検査ツールに対する要求仕様の提案、ならびに同社製品（ZIPC, Perfect Pass）と状態遷移表モデル検査ツール連携部分の開発を担った。

4) 研究成果

①SPL 開発方法論 PLUS による IP コミュニケーションボード SPL の開発

本研究では、既存 SPL 開発方法論の中から、H. Gomaa 教授提唱のオブジェクト指向 SPL 開発方法論 PLUS を選び、SPL 開発方法論構築の基礎とすることにした。他の SPL 開発方法論と比較して、PLUS は要求分析からソフトウェアアーキテクチャ構築までの手順が手続的かつ明確であり、組込みシステム開発現場への導入の敷居が低いと予想されたためである。

本研究では、PLUS を用いて、IP コミュニケーションボード SPL (IP 電話) の開発を行い、SPL 開発、ならびに PLUS の実践に関するノウハウを集積し、さらに後述のソフトウェア設計情報統合管理ツールに求められる要件を明らかにした。最近の SPL 開発方法論である、PLUS による SPL 開発の実施例は、H. Gomaa 教授の著作以外では報告がなく、IP コミュニケーションボード SPL は PLUS の問題点を明らかにする貴重な実施例である。

②SPL 開発のためのソフトウェア設計情報統合管理ツールプロトタイプの実装

上述の IP コミュニケーションボード SPL 開発の結果、PLUS の問題点として、一連の開発工程において多くの種類の設計文書 (UML) を扱い、設計文書 (すなわちコア資産) の一貫性管理や保守に多くの労力が割かれることが認識された。一方で、前工程で生成された設計文書の記載内容を後工程で生成する設計文書に単純に転記するような作業も多くあり、前工程の設計文書に基づいて後工程の設計文書の一部を自動生成できる余地が少なくないことがわかった。

これらの知見に基づいて、PLUS による SPL 開発のためのソフトウェア設計情報統合管理ツールのプロトタイプを現在実装中である。当該ツールは、SPL 設計情報の蓄積、SPL 設計情報の製品機能依存部の抽出、前工程 SPL 設計情報に基づく次工程 SPL 設計情報の生成等の機能を有する。

③組込みシステム向けモデル検査技術 (状態空間縮小方法) の開発

モデル検査の一般的な計算量削減技術 Partial Order Reduction (Chapter 10 in E. M. Clarke et al., Model Checking, The MIT Press, 1999) は、タスクが独立に動作するプロトコル検証向けのものである。この技術は、タスク動作中の割込みにより高優先度タスクが起動され、タスクが非独立に動作するような組込みソフトウェアでは、検証の際に探索される状態空間があまり縮小されず、計算量削減の効果が薄かった。

開発した組込みシステム向けモデル検査技術「状態空間縮小方法」は、Partial Order Reduction と比較して (状態、状態遷移数で) 半分程度の空間を探索するのみで反例、すなわち検査式を充たさない状態遷移列の検出ができた。(下の表はサンプルプログラム SensorSwitch に適用したときの数値。)

	状態数	状態遷移数
探索対象の状態空間の規模	26	46
Partial Order Reduction (従来方式) の探索範囲	23	34
組込み向け状態空間縮小方法 (提案方式) の探索範囲	13	15

④状態遷移表モデル検査ツールのプロトタイプ実装と製品化

まず、モデル検査技術の敷居を下げその普及を図るべく、モデル検査のための様相論理

式の入力を支援し、またモデル検査の結果出力された反例を状態遷移表上でアニメーションによって視覚化するツールプロトタイプ「Garakabu」を開発した。Garakabu は ZIPC と連携動作するツールとなっている。状態遷移設計においては、ある状態において特定のイベントが到達しないこと（以下、不可セル非到達性）を検査することが多い。そこで、不可セル非到達性検査アルゴリズムを考案し、Garakabu に搭載し、国内および海外特許出願（特願 2005-109603, JP2006-306199）した。

さらに、Garakabu において、上記(3)の組込みシステム向けモデル検査技術を利用できるように改良した。改良版 Garakabu に搭載されるモデル検査エンジンは、その後、キャッツの ZIPC 関連商品であるテスト/検証ツール Perfect Pass のモデル検査オプションの検査エンジンとして採用予定である。Perfect Pass モデル検査オプションは H19 年 3 月末に商品化される予定である。

⑤コーディングガイドラインの策定とそのチェックツールの提供

既存のコーディングガイドラインの中から、形式的あるいは教条的なものを排除し、信頼性保証上効果的なものを厳選し、簡潔かつ教育的なコーディングガイドラインを策定した。ひとつひとつのガイドラインよりも、そのガイドラインが必要とされる背景をより重視し、ガイドラインの記述にあたってはその存在理由の説明に注力した。まとめられたコーディングガイドラインは技術評論社より H18 年度内に出版する予定である。また、ソースコードがこれらコーディングガイドラインを満たしているかを検査でき、かつ現場で簡単に改変できる簡単な検査ツールを開発し、同書の付録として出版することとした。

5) 人材育成・知の形成への貢献

①九州組込みソフトウェア研究会の設立及びコミュニティの拡大

九州における組込みソフトウェアの拠点形成を目的とした九州組込みソフトウェア研究会を H18 年 4 月に設立し、現在地元企業を中心に約 50 社の会員を集め、すでに 3 回を数える研究会開催等の活動をしている（参加者：115 名（第 1 回セミナー）、160 名（第 2 回セミナー、後援：九州経済産業局、福岡市など）、40 名（第 1 回テーマ検討会））。同研究会では、先端的な組込みソフトウェア開発技術の確立と普及、技術者の教育、講習会等の技術交流を目的としており、すでに同研究会において SPL 開発方法論の紹介をしている。また、九州における組込みソフトウェアコミュニティを拡大するため、QUEST は、九州組込みシステムフォーラム（Q's フォーラム）、組込みシステム技術協会（JASA）九州支部などと連携した「九州組込みパートナーズ」（代表：九州大学教授 福田晃）を、平成 18 年 12 月に発足させた。

②九州大学システム LSI 設計人材養成実践プログラムへの講義提供

本プロジェクトの研究成果をまとめ、九州大学システム LSI 設計人材養成実践プログラム（QUBE）において、SPL 開発方法論について 2 つ（H18 年 12 月実施）、コーディングガイドラインについて 1 つ（H18 年 11 月実施）の講義を開講する予定である。

IP コミュニケーションボード SPL 開発で蓄積された SPL 開発方法論実践のノウハウを、SPL 分野調査情報とともに教育プログラムとしてまとめ、SPL 開発方法論の組込みシステム開発現場への普及を図る予定である。また、本プロジェクトでまとめたコーディングガイドラインについても、実践的コーディング技術として啓蒙、普及を図る。

これらの講座は H19 年度以降も継続的に提供していく予定である。

③企業誘致

九州に於ける知的集積を図るため、本プロジェクトと連携しているキャッツ（株）が、福岡に「キャッツ組込みソフトウェア研究所」を平成 19 年 4 月に開設予定など、企業誘致に努めた。

④メディアを通しての研究活動ならびに研究成果の普及

九州組込みソフトウェア研究会は、電波新聞上で数回に渡り報道され、福岡知的クラスターともども、九州における組込みソフトウェアの技術交流活動として、九州内外の産業界で認識されるに至った。また、本プロジェクトで開発した Garakabu は、日経エレクトロニクス誌の寄稿記事として登場の後、同誌紹介記事上でも紹介され、産業界の注目を受

けた。

以上のことを踏まえ、本研究テーマに取り組むことにより、システム LSI 開発の中で、最もコストがかかり、しかも技術的にもまだ混とんとした組込みソフトウェア設計技術の開発に関する研究拠点が築かれ、自動車関連をはじめとする企業集積の起爆剤になりつつあり、クラスター構築の中で非常に意義深いものであったと総括される。

【研究テーマ6：アプリケーションSOC】

■共同研究機関

【大学】早稲田大学大学院情報生産システム研究科、早稲田大学理工学部、早稲田大学理工学総合研究センター、九州大学大学院システム情報科学研究所

【企業】(株)ルネサステクノロジ、日本システムウェア(株)

【公的研究機関】(財)福岡県産業・科学技術振興財団（ふくおかIST）

1) 背景

サブテーマの「ユビキタス情報処理用 LSI」では、何を創るかという課題に軸足を置き、市場規模の大きいアプリケーション向けの専用の情報処理回路を研究することとした。具体的には、技術動向、市場調査を十分に行ない、企業と共同で仕様の概要を決め、主に大学のイノベーション力により新規のアルゴリズムを考案し、LSI を共同で試作して性能を確認し、企業にこの LSI を回路 IP として技術移転（ライセンス）するというシナリオである。共同研究先企業としては、九州にウェハー工場を持つ大手 IDM や、学研都市に進出したファブレス企業群を選んだ。

サブテーマの「システム LSI プロトタイプベース設計環境」は、デジタルの大規模回路用の設計ツールを対象とするテーマである。米国製の市販ツールより優れたツールを開発することをめざした。また、設計期間の短縮のためには、過去の設計資産を活用することが重要であり、FPGA (Field Programmable Gate Array) ベースの IP として開発し、蓄積されていれば、大規模 LSI のラピッド・プロトタイプを開発する時間が短縮される。更に、大量販売の製品でない場合には、FPGA を使ったシステムをそのまま製品として販売することも可能である。このため、システム仕様に沿ってカスタマイズできる FPGA-IP とその利用設計環境を開発し、また、FPGA-IP 利用設計環境を開発するし、FPGA を用いたプロトタイプ環境(ハード/ソフト協調検証環境)の開発を行うこととした。

サブテーマ「アナログ・デジタル混載 LSI 設計環境」は、アナログ回路を含む設計ツールを対象とするテーマである。現状の市販ツールは未だ性能が不足しており、より強力な設計支援ツールの開発が待ち望まれている。回路レイアウトの自動化に関しては、「シーケンスペア」という画期的なアルゴリズム、シミュレーションツールについては「非線形ホモトピー法」という共に大学発のシーズを梃子として、カスタム LSI では日本最大の設計ツールベンダーである (株) ジーダット・イノベーションと共同開発することにより、競争力のあるツールを開発することをめざした。

2) 目標

①ユビキタス情報処理用システム LSI

- ・高性能公開鍵暗号 LSI：C 言語による暗号 LSI 設計手法の開発及び高速多ビット乗算器構成法の開発により、RSA 暗号 LSI 並びに楕円暗号 LSI を実現する。
- ・エラー訂正符号化 LSI：通信環境に応じてハードウェア構成を柔軟に変化させることを可能とした動的再構成可能システム LSI を実現する。
- ・画像処理エンジン LSI
- ・福岡と連携：画像圧縮アルゴリズムを研究し、FPGA を用いた画像処理エンジを開発

することを目標とする。低演算量と重要情報のみを暗号化することを特徴とする動画圧縮の基本方式を確立し、モバイルプロセッサへの実装や専用 LSI の実現を図る。

②システム LSI プロトタイプベース設計環境

- ・システム LSI の新たな設計手法を提案し、実用化展開を行う。

③アナログ・デジタル混載 LSI 設計環境

- ・アナログ・デジタル混載 LSI の設計において、独自の技術である、2次元矩形配置アルゴリズムと非線形方程式の高収束求解アルゴリズムを用いて、レイアウト・シミュレーション協調設計ツールを開発する。

3) 研究体制

事業開始当初の2年間はより広範囲な応用先の可能性を探るべく、①ユビキタス情報処理用システム LSI、②システム LSI プロトタイプベース設計環境、③アナログ・デジタル混載 LSI 設計環境の3テーマについて福岡地域と北九州地域の広域連携による研究開発を行った。平成15年度終了時により効率的なプロジェクトへの集中化を行うための見直しを行い、①のみを両地域での共同研究として継続することとした。平成18年度現在の体制は、早稲田大学および九州大学から11名、2企業から6名、ふくおか I S T より研究員が1名で、研究を推進している。

4) 研究内容及び成果

①サブテーマ：ユビキタス情報処理用システム LSI の成果

- ・高性能公開鍵暗号 LSI

平成16年度までに考案した多ビット乗算器構成法に基づき、TSMC0.18um を用いた RSA 暗号 LSI の試作を行い、従来の世界最高の IP を凌ぐ基本性能が達成され、共同研究企業に H16 年度に回路 IP として技術移転を行なった。本研究の成果は 2006 年 IP デザインアワードを受賞した。

- ・画像処理エンジン LSI (福岡地域との共同テーマ)

国際標準ではない独自の概念に基づく動画圧縮方法の研究を進め低電力画像圧縮方式を検討し、MPEG 比で画質を 0.2dB 改善、演算量を 1/20 に削減できる新アルゴリズムを開発した。FPGA への実装で性能が確認できたので、学研都市に進出している共同研究企業に H17 年度に技術移転をした。平成 18 年度は LSI を試作している。この LSI は携帯機器向けの画像圧縮ハードウェア IP として、共同研究企業にてセキュリティ分野のカメラシステムでの画像圧縮アクセラレータとして用いられる予定である。

②システム LSI プロトタイプベース設計環境の成果

(本テーマのうち設計の上流化の分野は、H14 年度と H15 年度は福岡地区との共同研究テーマである。)

- ・設計上流化

高位合成：実用的な高位合成ツールの市販品は未だ無い。「変数のビット長の自動最小化」を行う高位合成システムで、他の従来手法では近似解しか得られていない「ビット長の推定アルゴリズム」に対し、非線形計画法による厳密解計算手法を検討し、開発したアルゴリズムで厳密解を得られることが実証できた(H17 年度)。「整数変数のビット幅最適化」に関しては、従来比で、面積削減(最高で 1/3)、高速化(最大で 2.5 倍)が図れた。更に、「不動少数点の場合のビット幅最適化」のプロトも完成した(H18 年度)。このツールを Web で公開した(ソースコードは公開していない)。各種ユーザーに使うことで更なる改善に繋がるとともに、大学のノウハウとして所有し、学術研究都市に進出した企業との共同研究などの場合は、その企業へのライセンスングを可能とする。

- ・再構成可能 LSIA 及び FPGA 応用

細粒度(ビット単位で処理する論理演算の場合など)で用いる LUT(look Up Table)に対し、本研究では FPGA 用の新しい省面積アーキテクチャを開発し、従来の LUT の面積を 44%削減した LSI を VDEC での試作し、特性を確認した。粗い粒度(バイト単位で処理する演算器の場合など)の再構成可能ハードウェアへのマッピングアル

ゴリズムについて、九州大学大学院システム情報科学研究所・松永裕介助教授のグループと定期的な研究会を開催した。これらの成果は、大学のノウハウとして所有し、学術研究都市に進出した企業との共同研究の場合は、その企業へのライセンスを可能とする。

③アナログ・デジタル混載 LSI 設計環境の成果

本テーマの設計支援ツールは、学術研究都市に進出した（株）ジーダット・イノベーションとともに開発することを目指した。本研究のコア技術は、二次元矩形配置アルゴリズムと非線形方程式の高収束解アルゴリズムである。レイアウトに関しては、北九州市立大学の梶谷洋司教授が「シーケンスペア」という画期的な二次元矩形配置アルゴリズムを考案しており（2000年の ICCAD の 20 周年記念 best paper 集に掲載）、このアルゴリズムをコア技術とした。

・自動レイアウト設計技術およびツールの機能追加

アナログ LSI では、用いる回路をアナログ回路特有の各種の制約下で、配置(Layout) する必要がある。アナログトランジスタの自動配置ツール「AMPER」は H15 年度に技術移転を行い、H15 年度から販売されている。その後は、市場での実使用での顧客の各種の声に対応して、各種の機能追加・改善が、共同研究で行なわれ、現在も続いている。

以上のことを踏まえ、本研究テーマを総括すると、十分な研究成果を創出したことは勿論のこと、北九州地区との連携プロジェクトとして、両地域の研究者・技術者の交流を進めた意味は、今後のクラスター形成の中でも重要なポイントであると言える。

【研究テーマ7：システム LSI 開発プラットフォームの構築】

■共同研究参加機関

【大学】福岡大学工学部

【企業】平井精密工業(株)、ケイレックス・テクノロジー(株)、東京エレクトロン(株)

【公的研究機関】(財)福岡県産業・科学技術振興財団（ふくおか I S T）

1) 研究背景及び目標

短期間に小ロットのシステムを製造する場合には、SoC に比べて SiP が有効である。しかし、動作周波数が高くなるにつれて設計が難しくなり、試作を何度か繰り返す必要がある。試作回数を減らすために、様々なシミュレーションが可能な設計ツールの開発を「SiP モジュール設計技術の確立」で行なっており、Ver.5.0 が完成している。

小型モジュールとして SiP を製造すると、変更ができず、システム変更の場合には再度製造する必要がある。「SiP モジュール設計技術の確立」で開発した低温焼成セラミック (LTCC) 基板を用いた微小コネクタ搭載基板を作製し、システム変更可能な SiP を設計、製造するプラットフォームを開発することを目標とした。

2) 研究体制

福岡大学の友景教授を中心に、企業研究者およびふくおか I S T の研究員・技術員が加わり、計 6 名の体制で研究開発を行っている。なお、本開発には、無線通信技術に関して、研究テーマ 1：超低消費エネルギー化モバイル用システム LSI の開発から技術導入を行うために、同テーマの研究員による支援が行われた。また、両研究テーマ間の調整を行うため、科学技術コーディネーターが研究進捗の細部まで関与することで、円滑な研究推進が図られた。

3) 研究計画

研究体制は福岡大学、ケイレックス・テクノロジー、平井精密工業、東京エレクトロンで行なった。RF 部分と eASIC で設計したデジタル部分をマイクロコネクタで接続したシステム開発を計画した。マイクロコネクタ搭載基板自体での特性評価まず行い、次にシ

ステムの設計、製造を行なった。

4) 研究成果

「SiP モジュール設計技術の確立」と協調して、マイクロコネクタ接続 SiP 用のツール開発を行い、コネクタで接続が制限されるシステムを設計するためのアーキテクチャを設計し特許申請を行なった。また、基板の構造及び接続方法に関しても特許を申請した。試作基板の設計、製造を行ない、接続を X 線撮影と伝送測定から確認した。更に、RF 部分とデジタル部分の基板を、100 μ m 幅の電極で接続する基板設計、製作を行なった。現在、実装し、特性の評価を行なっている。

5) 研究の波及効果

システム変更可能な SiP は、例えばメモリー部分だけを容量の増大によって差し替えることができるので、進化していくシステムが構築できる。三次元に構成する構造も特許申請しており、アプリケーションを絞り込めば量産の可能性はある。

基板製造企業とツール開発・設計企業が共同してコンソーシアムを形成し、顧客の注文でシステムを作り上げて販売する仕組みが、最も利益が取れる。本事業終了後は、事業としての可能性を調査し、コンソーシアム構築を計画している。

以上のことを踏まえ、本研究テーマは、無線に関する技術と SiP に関する技術の融合として、目に見える成果を作った意義は大きいと総括される。

なお、全研究テーマの成果・効果実績の集計結果を表 4 に示す。

以上の研究開発実績に対し、直近に実施した第 3 回外部評価委員会では、技術的な視点からは、個々の研究プロジェクトが重要な領域の研究であることへの認識と、達成内容についても高い評価が示された。一方、事業化戦略に関しては、経営的な視点からの指摘がなされた。以下、主な指摘点を記す。

<技術的に評価された点>

無線用の小型アンテナ、再構成可能なプロセッサプラットフォーム、SiP の設計プラットフォーム、独自の EDA 技術開発、組込みソフトウェア開発ツールなどの開発技術は、高く評価された。また、SiP、EDA、ソフトウェアというような現在の日本の学会や産業界で主流となっていないが重要である分野に取り組んでいる姿勢についても高く評価された。

<技術的な問題点>

一方、世界的な技術水準との比較、実応用での評価など、産業界の人々に分かりやすい指標での提示・説明ができていない点が問題である。論文だけに終わらせず、実用化まで持っていくための研究方針を十分に説明できる必要性が指摘された。また、産業界も基礎技術の開発に対する判断能力が十分でなく、海外で成功例が出るまでは、国内の地道な研究の意味を理解していないなどの現状について、企業側からの反省点も述べられた。

<事業的に評価された点>

無線用アンテナ、プロセッサプラットフォーム、SIPOS、ソフトウェア開発ツールなどの事業化が見えている部分は高く評価された。さらに、SiP を中心とした新しいビジネスモデルの可能性、SiP や組込みソフトウェアにおけるコミュニティ作りは、今後の可能性に期待が示された。

<事業化の視点からの問題点>

このような地域連携により公的資金を投入して進める事業については、IP や知財権の確保と事業の関連、秘密保持とオープン性のバランスやタイミングなど戦略的な判断を必要とする場面が多く、このような判断ができる体制及び人材の確保について今後の期待が示

された。また、各分野でロードマップの提示ができるような大局的な視野を持ち、研究方針と事業化戦略を作る必要性が求められた。ビジネスへの展開に対する戦略の不足が問題点であるとの指摘が各研究プロジェクトに対してあったが、これは電子情報通信分野共通の問題であり、今後の活動の中で解決策を確立することが求められる。

フォーカスすべき領域及び留学生・海外人材の活用など、今後につながるアイデアや提言を頂いており、クラスター化のための各種施策に活用していく。

表4 全研究テーマの成果・効果実績総計

直接効果							間接効果				
項目	H14	H15	H16	H17	H18	計	項目	計	総計		
特許出願	国内	0件	3件	8件	13件	16件	40件	特許出願	国内	42件	82件
	海外	0件	0件	0件	6件	2件	8件		海外	16件	24件
	合計	0件	3件	8件	19件	18件	48件		合計	58件	106件
試作品	ハード等	0件	6件	13件	19件	9件	47件	試作品	ハード等	21件	68件
	ソフト等	1件	4件	11件	15件	21件	52件		ソフト等	90件	142件
成果発表会等	10回	9回	7回	12回	14回	52回	LSI設計	12件			
論文(うち査読論文)	海外	13件 (12件)	50件 (27件)	26件 (16件)	28件 (27件)	18件 (16件)	135件 (98件)	論文	46件	259件	
	国内	6件 (2件)	17件 (6件)	20件 (5件)	7件 (4件)	28件 (17件)	78件 (34件)	生産売上等への(想定)寄与	9,048 百万円		
	合計	19件 (14件)	67件 (33件)	46件 (21件)	35件 (31件)	46件 (33件)	213件 (132件)	成果の(一部)採用	27件		
口頭発表	海外	21件	27件	28件	30件	36件	142件	実用新案			
	国内	25件	53件	73件	83件	80件	314件				
	合計	46件	80件	101件	113件	116件	456件				
受賞	4件	2件	2件	2件	1件	11件	受賞	2件	13件		
他事業に採択	0件	1件	1件	6件	3件	11件	他事業に採択	7件	18件		
報道(新聞等)	9件	17件	25件	59件	96件	206件	報道(新聞等)	23件	229件		
雑誌	1件	10件	5件	30件	6件	52件	雑誌	19件	71件		
(備考) ・報道(新聞等)は、個別の研究テーマに福岡クラスター関連のものを加えた総数。											

※ 報道(新聞等)は、個別の研究テーマに福岡クラスター関連のものを加えた総数。

※ 間接効果は本事業全研究参加機関を対象に平成18年4月に実施したアンケート調査によるもの(回答率100%)

④本事業全体による成果、効果

本事業では、システムLSI設計の世界的研究開発拠点(クラスター)を構築するために

- i) 産学官による交流・連携の促進
- ii) 研究開発機能としてのレベルの向上
- iii) 幅広い人材の安定的育成機能の充実
- iv) 活力あるベンチャー企業等の育成・支援
- v) 当地域におけるシステムL S I 設計関連企業の集積

を目指した。知的クラスター創成事業の成果をこれらの視点からまとめると以下のようになる。

i) 産学官による交流・連携の促進

福岡地域にシステムL S I の設計開発拠点を構築するための推進母体として、平成 13 年 2 月に産学官共同で福岡県システムL S I 設計開発拠点推進会議を設立。毎年幹事会・総会を開催して拠点化に向けた各種施策（人材育成、研究開発支援、ベンチャー支援、交流・連携、集積促進）の推進を図るなど、プロジェクトの舵取り役として、積極的な活動を展開し、会員数も年々増加し、産学官のネットワークを順調に拡大している。

さらに、システムL S I については、設計技術、検査技術、製造技術、実装技術、組み込みソフトウェア技術など幅広い関連技術および産業があるので、製造技術や実装技術に強い九州の特徴を活かすために、九州半導体イノベーション協議会などを通じて、産業クラスターとの連携、すなわちシステムL S I 設計技術と関連技術の連携の枠組みも作り、九州における広域化にも取り組み中である。

このような背景の下、システムL S I の設計開発拠点を構築に向けた中核機関として、平成 16 年 11 月に福岡システムL S I 総合開発センターが開設された。同センターは、本事業の中核機関である(財)福岡県産業・科学技術振興財団の事務局、システムL S I 設計・検証ラボ、システムL S I カレッジやQ U B E の教育機関、FLEETS、九州大学システムL S I 研究センター、企業のオフィス等から構成される施設である。システムL S I の人材育成、研究開発から事業展開支援までを総合的かつ一元的に行い、また、産業的なセミナーや会合から、国際会議や学術的研究会など多くの会合が連日開催されており、名実ともに地域のクラスター形成に向けたシステムL S I 設計に関する幅広い産学官活動の中心的な場として大いに機能している。（図 10 参照）

また、海外との交流・連携については、シリコンシーベルトサミットを平成 14 年度から毎年開催（参加者：毎年 500 名）し、この会議を通してシリコンシーベルト内 4 地域の半導体業界団体との協力関係を確立した。今後は、地域内での共同事業の実施や域内企業間取引の促進など、国際連携の促進に向けた具体的な取り組みを進める。

ii) 研究開発機能としてのレベルの向上

知的クラスター創成事業を中心とし、平成 14 年度以降、地域において 50 テーマ以上／年の L S I に関する研究開発プロジェクトを実施するまでに至った。大学関係では、九州大学におけるシステムL S I 研究センターの充実（専任教員を期間中に 6 名増員）やシステムL S I 設計関連の研究者の増加（6 名から 16 名）、福岡大学・福岡工業大学・九州産業大学などでの研究者の増加、北九州地区（早稲田大学、九州工業大学、北

九州市立大学など)での教員・学生の飛躍的増加が行われ、全国の3割以上の研究者数を誇る地域となった。

毎年開催されるシステムL S Iワークショップも北九州市に定着し、MAPも福岡市で毎年開催されている。また、ASP-DAC2003(北九州市)、AP-ASIC2004(福岡市)、ATS2006(福岡市)、ASSCC2008(福岡市)など重要な国際会議も数多く開催されるようになり、東アジア地区の重要な研究開発拠点として、内外に認知されるようになった。

シリコンシーベルトという言葉も、韓国や台湾を中心に広く浸透し、2004年には台湾大学で我々を招待してシリコンシーベルトワークショップが開催されるまでになった。すでに、台湾、韓国の研究レベルは、米国、日本、欧州と肩を並べるレベルになっており、これらシリコンシーベルト諸国での福岡の知名度は極めて高いものとなっている。

また、知的クラスター創成事業が、数々のシステムL S I関連の産官学研究開発プロジェクトを誘発する引き金となり、最近では地域内での産官学研究開発プロジェクトが約80テーマ/年に達するようになった。

知的クラスター創成事業における集中研究所(FLEETS)の設置は、15名の研究員を擁する研究所として、研究者の集積と研究レベルの向上に大きな貢献をした。研究員の中には、他大学の教員に採用されたり、社会人博士課程に入学したりしたものもあり、地域に活発な研究者集団を生み出した意義は大きい。また、集中研究方式のシナジー効果として、5-③-2に示した研究テーマ1と3の研究成果の連携を基に設定した課題が、経済産業省平成18年度地域新生コンソーシアム研究開発事業(他府省連携枠)に採択された。

iii) 幅広い人材の安定的育成機能の充実

人材の供給機能としては、大学・大学院での教育の充実が挙げられる。九州大学では、大学院システム情報科学府を中心に、21世紀COEプログラムにより、システムL S I設計教育や組込みソフトウェア設計教育の充実を進めている。21世紀COEプログラムの中間評価(2004年)においても、システムL S I設計に関する研究拠点形成は高く評価された。

組込みソフトウェア設計に関しても2006年度から始まる先端的ITスペシャリスト養成プログラム(全国で6ヶ所、九州工業大学との共同提案)にも採用された。九州工業大学、早稲田大学、北九州市立大学、福岡大学など周辺の大学での人材育成機能も飛躍的に充実した。知的クラスター創成事業の研究成果は、これらの教育機能の充実にも大きく貢献した。また、全国20校を越える大学の教員の協力により、教材を充実(協力者には無償で提供)するなど、我が国の大学におけるシステムL S I設計教育の水準の向上にも大きく貢献している。

社会人向けのコースとしては、2001年よりシステムL S Iカレッジを開校し、毎年500名以上の受講者を受け入れ、周辺企業の大きな教育インフラとなっている。さらに2005年からは、上級者の教育コースとして、九州大学システムL S I研究センターによるシステムL S I設計人材養成実践プログラムQUBE(科学技術振興調整費)を開始した。

全国のトップ研究者による集中講義、知的クラスターの研究成果の普及、台湾・韓国・名古屋大学などとの教育内容の改善の国際協力など新しい技術の教育について、積極的な取り組みを行っている。

iv) 活力あるベンチャー企業等の育成・支援

地域独自事業（システムLSIフロンティア創出事業）によりを中小企業の短期製品化を支援し、製品化、更には販売まで進むケースも生まれた。この事業において、知的クラスター創成事業の研究成果を技術移転する取り組みもなされた。

また、FLEETSの雇用研究員等により、本事業の研究成果である高周波対応基板TEGおよびマイクロコネクタとASICチップの組合せをベースに、ベンチャー企業である(株)ウォルツを創出すると共に、知的クラスター創成事業で培った技術をベースとして、システムLSIセンター内に技術士事務所を開設した。

v) 当地域におけるシステムLSI設計関連企業の集積

(1)～(4)の活動を通じ、福岡システムLSI総合開発センターへのシステムLSI設計関連企業の入居は勿論のこと、県内におけるシステムLSI設計開発関連企業の集積は、プロジェクト開始当時の21社に比べて約5倍の110社に拡大した(図12参照)。また、シリコンシーベルト福岡への参画企業総数も、プロジェクト開始当時の23社から194社(平成19年3月現在)に大幅に拡大した。

このような事業の取り組みは、知識集約型地域産業振興の成功例として高く評価されており、日本立地センターの地域知財研修(H17年10月28日)や月刊誌「産業立地」の題材としても取り上げられている。

以上の本事業全体の成果・効果に対し、直近に実施した第3回外部評価委員会での評価は概ね以下のようにまとめられる。

i) 産学官による交流・連携の促進

大学が中心となって県を中心に官が強力に支援して進めてきた体制作りは成功と言って良いが、まだ産業界のコミットが十分でない。研究ベースでの交流や連携の基盤は確立できたが、事業化への展開のシナリオが十分に見えていない。次のステップでの工夫が必要である。

ii) 研究開発機能としてのレベルの向上

情報の集積や研究ポテンシャルの向上はある程度の成果が認められるが、産業として発展させるためには、資源と資金のさらなる効率的投入が必要である。事業化に対するより選択と集中による現実的な戦略が必要である。

iii) 幅広い人材の安定的育成機能の充実

人材育成の基盤の整備は高く評価されるが、中長期の継続的取り組みが必要である。海外人材の登用も含めて、今後の継続的努力が必要である。ベンチャースピリッツを持った人材の育成や大企業に埋もれている高度の技術を持った人材の登用が必要である。

iv) 活力あるベンチャー企業等の育成・支援

シリコンシーベルトの名前は、一応国内外に知られるようになったが、海外企業へのアピールがまだ不十分である。百道地区を中心とした支援策は評価できるが、成功例を作って軌道に乗せるためのさらなる努力が必要である。

v) 当地域におけるシステムLSI設計関連企業の集積

地域活性化の効果は認められるが、LSI設計会社の集積はまだ十分とは言えない。海外企業も含めた誘致のための工夫と施策が必要である。自動車産業との連携など今後期待できる材料はある。

⑤国際化、国際的優位性の確保

本クラスター創成事業と並行して開催しているシリコンシーベルトサミットは、産業界を中心に、韓国、台湾、上海、香港、シンガポール、インド等でブランドとなりつつある。すでにシリコンシーベルト（SSB）の呼称は、台湾や香港でも使われるようになっており、シリコンシーベルトの名を冠したワークショップなどもこれらの地域で開催されている。SSB地域連携体制は当初SSSフォーラムの継続開催を目的に、福岡、京畿道（韓国）、上海、新竹（台湾）、香港の五地域で構築し、各地域の半導体産業協会の代表者をお願いした。その後、この体制は代表者の交代時に引き継がれ、人的ネットワークが確立されている。これまでは上記5地域であったが、H18年より第二期クラスター創成事業を見据えて、シンガポール、インドまで拡大し、SSB福岡プロジェクトへの協力が可能になった。

つぎに、システムLSI設計関連の大きな国際会議としては、DAC、ICCAD、DATE、ASP-DAC（4大国際会議として相互に姉妹会議の提携をしている）の4つがあるが、これらの会議において本クラスターのメンバーが重要な役割を果たしている。具体的には、アジア太平洋地域の会議であるASP-DACにおいて、安浦教授が2003年から全体のSteering委員会の委員長を務めている。また、2001年（後藤教授）、2003年（安浦教授）が大会委員長、2001年（安浦教授）2007年（松永助教授）がプログラム委員長を務めるなど多くの主要ポジションを本地域から出している。最大の会議であるDACについても2005年から松永助教授が実行委員会のアジア地域代表（1名）を務めており、ICCADでも過去3人しかいないアジア人の大会委員長の2名が本地域（後藤教授、安浦教授）であるなど、その貢献度は極めて高い。また、北九州市が主催してASP-DACに併設して開催しているアジア半導体大学会議は、九州大学、九州工業大学、早稲田大学、北九州市立大学とアジア地域のトップ大学（北京大学、清華大学、復旦大学、上海交通大学（以上中国）、ソウル国立大学、KAIST（以上韓国）、台湾大学、交通大学、清華大学、成功大学（以上台湾）、Indian Institute of Science（インド）との定期的な交流の場となっており、学生や教員の交換も定期的に行っている。

前述の国際会議を始めとした海外（国内での海外向けを含む）へ向けた論文の件数は140件にも登り、国内と海外に分類した論文数の比率では海外が3分の2を占めている。国際的な研究活動および学会活動が積極的かつ活発に行われている。

また、友景教授を中心に 2001 年以降毎年福岡で開催している半導体実装国際ワークショップMAPも国際的評価を高めている。2001 年以来、参加者は約 250 名/回であり、その内 10%は海外からの参加者で実装技術者の人的ネットワークが確立された。

同じく福岡大学で9年間毎年開催している日刊電子材料シンポジウム JSEM とともに国際的な活動として、SIPOS の今後の国際展開に重要な役割を果たすと考えられる。

また、福岡がシステムLSI設計の重要な位置を占めるようになった客観的な事例として、AP-ASIC の開催（2004 年 8 月）、ATS（2006 年 11 月）、ASSCC（2008 年に計画）が挙げられる。これらは、アジア地域の設計技術およびテスト技術の代表的な会議である。特に AP-ASIC と ASSCC は、いずれも日本での最初の開催地として福岡を選んでいる（いずれも大会委員長は東京大学）。AP-ASIC では参加者 170 名の参加者のうち 100 名以上が海外からの参加者であった。また、この他にも多くの海外研究者が福岡地域を訪問するようになっている。この他、多くの国際ワークショップや訪問研究者によるシンポジウムが開催されている。

国際的に評価された研究成果としては、金谷助教授の研究が複数の国際会議における賞を受賞している。また、安浦教授や村上教授は複数の国際会議での招待講演を実施している。

また、九州大学では、下記の大学を中心に研究・教育に関する交流を幅広く行なっている。

韓国：KAIST、ソウ国立ル大学など

台湾：台湾大学、交通大学、成功大学など

中国：清華大学、北京大学、上海交通大学、復旦大学など

シンガポール：シンガポール工科大学

インド：IIS（バンガロール）

米国：カリフォルニア大学バークレー校、同大学アーバイン校、スタンフォード大学、プリンストン大学など

ヨーロッパ：IMAG（フランス）、IMEC（ベルギー）、ブラウンシュバイク工科大学、ドルトムント大学（ドイツ）など

福岡知的クラスター創成事業では、外国人研究者の共同研究への参加も積極的に取り組んでいる。国内外の大学に所属する研究者（教授ほか）の参加に加え、事業推進の中核的研究組織である知的クララスター研究所に中国、韓国、フランス、ブラジルなど幅広い国々から研究者を配置している。

海外への特許出願は、弁理士、知財コーディネーター及び科学技術コーディネーターが中心となり、必要に応じて九州大学の知財本部との協議を行いつつ、戦略的に出願国及び出願形態の検討を行っている。海外出願にあたってはJSTの支援制度を活用し始めたこともあり、事業後半から着実に実績を積み重ねている。

⑥本事業の地域に対する貢献

知的クラスター創成事業を核としたシリコンシーベルト福岡の活動（人材育成、研究開発支援、ベンチャー支援、交流・連携、集積促進）による地域貢献の内容は、以下のとおりである。

a) 企業集積・企業活動の活発化

県内へのシステム LSI 設計開発関連企業の集積は、プロジェクト開始当時の 21 社に比べて約 5 倍の 110 社に拡大。また、シリコンシーベルト福岡への参画企業総数も、プロジェクト開始当時の 23 社から 194 社（H19 年 3 月）に大幅に拡大した。

b) 地域社会人教育システムの確立

福岡システム LSI カレッジにおいて、平成 13 年 12 月の開校以来、これまで延べ 2,800 人を超える設計技術人材を輩出。平成 17 年度に始動した九州大学システム LSI 設計人材養成実践プログラム（QUBE：Q-shu University hardware/software Borderless system design Education program）との連携により、入門レベルから先端レベルに至る一貫した新しい地域社会人教育システムを確立し、企業誘致すなわちクラスター形成の大きな誘因となっている。

c) 産学官活動の定着・深化

知的クラスターの研究成果をもとに産主導の事業化プロジェクト（国の研究事業や福岡県独自助成事業）や研究会等の設立が活発化した。また、知的クラスター創成事業の活動にあわせて、各種研究会や成果報告会、研究プロジェクト会議、企業セミナー等がシステム LSI 総合開発センターで開催されるなど、自立的な産学官活動が地域に定着し、深化しつつある。

d) 国際的認知度の向上

シリコンシーベルト各地域との連携強化と世界への情報発信を目的に、アジアの半導体分野のオピニオンリーダーを集めて毎年開催しているシリコンシーベルトサミットは、平成 14 年度の第 1 回会議からすでに 5 回を数え、毎回 500 名前後の参加者を集める半導体分野単独では日本最大級の会議に成長し、プロジェクトの顔として定着しつつある。最近では、海外においてサミットの開催に関心をもつ地域が出てきており、福岡の取り組みに対する国際的な認知度の向上につながった。

e) 地元企業への技術移転事例

福岡知的クラスター創成事業への参加した地元企業の技術力は确实の上昇している。友景プロジェクトに参加している九州ミツミ（株）は自社の保有する従来技術に加え、クラスター事業の研究開発の中で得た高周波技術等を基盤として、経済産業省の地域新生コンソーシアム事業の採択を受けるにいたっている。同じく同事業に共同研究として参画しているケーレックステクノロジー（株）は、福岡知的クラスターとの関与をきつ

かけに独立（新企業）し、平成17年度からは福岡システムLSI総合開発センターへ研究開発ブランチを開設した。自社の既存のEDA技術にSiP技術や高周波技術を取り込んで来たことが当該事業の獲得につながった。また、組込みシステムの研究開発に参加したネットワーク応用技術研究所は、平成18年度の経済産業省の中小企業ものづくり基盤技術の高度化に関する法律の認定を受けるにいたっている。

直接クラスター事業に参加していない（共同研究契約等の締結のない）企業におりても、例えば、金谷プロジェクトの指導をうけている（株）ロジカルプロダクトは、アナログLSIの設計開発技術の技術移転などの受け、自社での独自LSI搭載製品の開発を行うに至っている。当社は引き続き金谷プロジェクトからの支援も受けつつ、現在、移転を受けた設計技術を基盤とし、システムLSIフロンティア創出事業の採択を受け、携帯型の医療機器（体温や心拍数などのバイタル情報の収集装置）の開発をおこなっている。

このような明示的な技術移転の事例に加え、クラスター化に大きな役割を担っているのが、技術者の集積と人的交流である。福岡システムLSI総合開発センターを核として進められている知的クラスター創成事業および福岡県の進めるシリコンシーベルト構想の継続的な展開により、福岡地域に技術者の人的交流の場が形成され始めておる。技術者間で日常的に交換される技術情報の移転（交換）は、クラスター形成のための大きな要素の一つである。

