

マイクロシステム融合研究開発拠点

実施予定期間：平成19年度～平成28年度

総括責任者：井上 明久（東北大学総長）

協働機関：株式会社リコー、株式会社トッパン・テクニカル・デザインセンター、株式会社メムス・コア、株式会社北川鉄工所、住友精密工業株式会社、トヨタ自動車株式会社、日本信号株式会社、日本電産コパル電子株式会社、日本電波工業株式会社、パイオニア株式会社、メムザス株式会社

I. 概要

マイクロシステムと LSI とを一体化するための基盤として、加工・実装技術の研究開発、デザインルールの決定、乗り合い方式ウエハシステムの整備などを行う。協働機関とともに、情報・通信、製造、自動車、医薬品、医療などの分野で新しい応用システムの実現を目指し、要素技術の研究開発、デバイスの開発、試作システムの実証などを一貫して行う。また、このような研究開発を行う場として、分野融合を生み出す共用施設を整備し、将来の自立的運営に向けた体制を構築する。

他プログラムとの連携、協働機関の協力、海外の一流研究機関との提携などを生かして、産業界や研究機関に求められる人材を、オン・ザ・ジョブ・トレーニングを重視して育成する。その対象は学生や協働機関の研究者だけに限らず、広く一般とする。また、セミナーや講演会の開催などによって、幅広い情報の提供活動に力を入れる。

裾の広い分野で潜在するニーズの掘り起こしを進め、複数の企業や研究機関が参加する開かれた研究開発モデル、および多品種少量型製品でも実用化できる産学連携モデルを構築し、大学発イノベーションの成功例を作る。

最終的には、このような活動が自立的に行われる世界的なイノベーション創出拠点を構築する。

1. 機関の現状

本学には半導体研究の輝かしい歴史と蓄積とがある。その半導体微細加工に多様な技術を組み合わせて高付加価値のシステムデバイスを作る MEMS (micro electro mechanical systems) 技術に関する研究開発を、35 年程前から精力的に推進してきた。共用施設を学内外の約 400 名の研究者で利用して、大きな研究成果をあげており、本分野で世界的にトッ

プレベルにあることは内外の広く認めるところである。開発した技術を世の中に発信するだけでなく、大学の共用施設を活用し、企業との共同研究や技術移転を積極的に行い、産業支援や製品化に貢献してきた。平成15年12月12日の日本経済産業新聞の産学連携特別調査では、研究総括の江刺正喜教授が率いる研究室が「我が国で最も産業界に貢献している」との評価を得ている。この他、仙台市、宮城県、および東北大学を中心にして「MEMS パークコンソーシアム」を2004年10月に設立し（発起人は東北大学総長、宮城県知事、仙台市長、東北経済連合会会長、東北経済産業局局長、代表者は本プログラム研究総括の江刺正喜教授）、これに100社以上が参加して、MEMS を中心とする産業振興や人材育成を行っている。また、東北大学は特定領域研究推進支援センターを設置し、この領域の研究開発や産学連携を全学的に支援している。

研究と教育とは人材育成の両輪であるとの考えから、学生と企業の研究者とが参加する研究開発活動の中で、オン・ザ・ジョブ・トレーニングを重視して、国内外にて活躍する多くの人材を育ててきており、その中にはその成果で博士号を取得した者も多い。また、2006年度から経済産業省・産学連携製造中核人材育成事業「次世代産業基盤技術となる MEMS 関連産業人材育成システム」(プロジェクトコーディネータ：桑野博喜、プログラムマネージャ：戸津健太郎)を実施している。情報発信活動としては、毎年、学内教員による MEMS セミナーを開催したり、外部講師による特定話題のセミナーを開催したりしている。たとえば、2006年8月に東京で開催した3日間の MEMS セミナー(フィージビリティ・スタディの一環として実施)には、主に企業から280名の参加があった。

リコーは、画像機器事業以外に電子デバイス、光デバイス、メモリなどの事業部門を持ち、携帯機器向け電源チップや微小光学集積素子などで高いシェアを有している。また、シリコンや化合物半導体の材料、機能デバイス、マイクロ光学などの研究拠点として、東北大学の近くに東北研究所を有し、二十数年間、東北大学と連携もしながら研究開発してきた実績がある。マイクロシステム技術に関連しては、画像形成用マイクロ流体制御デバイスなどの共同研究実績がある。リコーの掲げるビジョンの1つには、人と情報とを繋ぐ未来システムの実現があり、これは本構想のビジョンとも共通する。

トッパン・テクニカル・デザインセンターは、比較的中立的な LSI 設計会社であり、本構想で実現を目指す次世代無線チップにとって重要な高周波回路、およびマイクロシステムにとって重要なアナログ回路を得意としている。また、親会社のトッパン印刷は、仙台に工場を構えており、MEMS の研究

開発にも実績がある。

メムス・コアは、江刺正喜教授のイニシアチブで設立された準大学発ベンチャー企業（ケミエレクトロニクスグループの一企業）であり、MEMS 製造装置やマイクロシステムの自主開発と同時に、受託開発、エンジニアリングサンプルの受託製造、多品種少量受託生産などの業務を仙台で行っている。

その他の協働機関のほとんども、東北大学と共同研究の実績がある。トヨタ自動車、日本信号は、江刺正喜教授との共同研究の成果であるヨーレートセンサ、光スキャナをそれぞれ製品化している。住友精密工業は、MEMS で成功している我が国を代表する企業の 1 つであり、シリコン深掘りエッチング装置を販売し、高性能シリコンジャイロを製品化している。

フィージビリティ・スタディの概要

平成 18 年度のフィージビリティ・スタディ期間中、マイクロシステム分野における欧米の研究開発拠点を訪問調査し、将来ビジョン、研究開発内容、研究開発システムなどに関して、特定領域研究推進支援センター下のマイクロナノマシンング推進室（後述）を中心に、学内で議論を重ねた。また、協働機関、特にコア企業とは何度も議論の場を設け、諮問委員会の意見も聞いて、今回の新しい提案を作成した。

マイクロシステム技術と LSI 技術とを中核にする融合技術の重要性については、2006 年 8 月に東京で開催した 3 日間の MEMS セミナー（参加者 280 名）で主に産業界に情報発信し、また、2006 年 11 月に仙台で開催した「マイクロ・ナノ異分野システム融合国際フォーラム in 仙台」（参加者 156 名）で、国際的キーパーソンとも共通認識を得た。後者では、パネルディスカッションも行い、拠点化構想、研究開発システム、産学連携モデルなどに関して議論した。

2. 拠点化の対象とする先端融合領域及び研究開発

a. 概要

本構想の眼目は、科学技術の視点からは、集積化マイクロシステムを中核に、機械、電気・電子、材料、化学、電気化学、バイオ工学、医学などの様々な技術を融合させて、我が国の次世代産業の種を創る知的活力源となる研究開発拠点を形成することである。また、システム改革の視点からは、次世代産業の種を高確率でイノベーションに繋げるために、多領域にわたる企業や研究機関が参加する開かれた研究開発システム、および少量生産型であっても先端的な新技術を社会に送り出せる新しい産学連携モデルを構築することである。仕事と生活の両場面における 21 世紀の知的活動は、情報通信技術の発展とその人・ものへの普及とによって、空間的・時間的にこれまでにない自由度を獲得し、その結果、新しいライフスタイルが可能となり、経済・社会の活力と多様性が生み出される。

以下では、本構想が重要かつ挑戦的であることを説明するために、まず、21 世紀の基幹技術たる LSI 技術そのものが、いかに高度化・複雑化・巨大化したかを説明し、LSI 技術が

科学技術としても産業としても、その他の技術との融合が極めて難しくなったことを述べる。次に、マイクロシステム技術と LSI 技術とをチップ内で融合させることが、我が国にとって非常に重要なイノベーションを創出しうることを、具体例を持って説明し、その重要性・将来性を明らかにする。しかし、この融合は極めて挑戦的であり、この挑戦的な課題に長期的視野でどのように取り組むのか、科学技術、および研究開発システム・産学連携モデルの視点から、海外の例と比較しながら、東北大学の構想を述べる。ここでは、企業や地域との協働体制が鍵となる。最後に、本構想の研究開発の内容を要素展開して述べる。

以上の説明を通して、本構想がマイクロシステム技術と LSI 技術とを中核にして、機械、電気・電子、材料、化学、電気化学、バイオ工学、医学などの様々な技術の融合を目指していること、また、この融合にはイノベーションのための技術の新統合（シンセシス*アナリシスの対義語）が含まれることが明らかにする。研究開発システム・ビジネスモデルの構築という点では、本構想において、産学連携、地域産業振興政策、科学技術政策などの技術社会システム領域の研究者とも連携する。

b. 21 世紀の知的活動の基幹技術たる LSI 技術とその「特異さ」

20 世紀後半の LSI 技術の驚異的な発展によって、20 年前には想像できなかったような情報社会が訪れている。今後、LSI が支える情報通信技術のさらなる発展と人・ものへの徹底的普及とによって、生活での知的営みを含めた広い意味での知的生産性が向上し、そのインパクトは、かつて産業革命が物質的生産性に与えたインパクトと並ぶものになると考えられる。我が国の将来を考えると、情報通信技術の発展・普及と社会システムの改革とを両輪として、知的生産性向上と働き方の多様化とを同時に進め、経済を持続的かつ健全に発展させる戦略が重要である。そして、上記の挑戦に挑むためには、最先端 LSI 技術とその他の技術とを融合し、限界が近づいている LSI の微細化追及からのパラダイムシフトを起こし、情報通信技術を発展させていく必要がある。

しかし、LSI 技術は、現在、極めて高度化・複雑化・巨大化し、科学技術としても産業としても「特異な技術」となっている。デザインルール 90nm、ゲート絶縁膜数原子層、トランジスタ数千万個といった超複雑システムを、完璧に設計・制御して作り上げる巨大技術体系は、僅かな変更にも極めて神経質である。既に、設計、材料、および製造プロセスの全体像を 1 人の人間が掌握するのは不可能である。LSI 生産ラインには、一台数億円から数十億円の装置が並び、約 1000 億円の投資が必要であるので、リスクをかけた研究開発は公的研究機関でも企業でも、少なくとも単独では難しい。最先端の 90nm ルールのロジック LSI は、設計費を除いても、マスクセットだけで 9000 万円、130nm ルールの無線通信 LSI のそれは 4000 万円もするので、研究開発目的の試作は気軽には行えない。当然、費用に見合うだけの結果が見通せることが、研

究開発課題に要求される。最先端 LSI 技術とその他の技術との融合の難しさは、既に科学技術だけの問題ではなく、技術社会システムを含む問題であることがわかる。

c. LSI 技術とマイクロシステム技術との融合

ムーアの法則に沿った LSI の発展、すなわち微細化の追求には明らかに物理的・経済的限界が見えつつある。そこからのパラダイムシフトの有望な方法が、LSI 技術とその他の技術との融合 (More than Moore と呼ばれる) であり、その中でも最もイノベーションが期待されるものが MEMS を中心とするマイクロシステム技術との融合である。この融合は上述の「LSI 技術の特異さ」もあって困難な道であるが、10 年間のビジョンを持って進むべき情報通信デバイス分野のメインストリームである。機械的、光、化学的、あるいはバイオ機能を担うマイクロシステムが、情報処理・記憶機能を担う LSI と融合し、どのようなイノベーションをもたらさるか、具体例をあげて説明する。

2025 年、現在の携帯電話は人々のあらゆる知的活動をシームレスに支える総合情報端末“i-term” (integrated intelligent information terminal) となる。i-term はインターネットや世界中の全ての i-term はもちろん、様々なものに埋め込まれた情報チップ、自立ロボット、自動車などにも無線によって繋がる。i-term には複数の生体認証を組み合わせた信頼性の高いセキュリティが備わり、i-term によってあらゆる決済や全ての個人情報管理も行える。音声入力機能、自動翻訳機能、画面の拡大投影機能、高密度燃料電池などを備える機種もある。ある人は i-term でより高密度かつ多忙に働き、ある人は i-term で好きな場所で好きな時間に働き、知的労働生産性向上と働き方の多様化とが進み、新しいライフスタイルが可能になる。簡単な健康検診は 5mm 角程のチップを皮膚に押し付ければ、無線によって i-term 経由で完了し、所見があれば、担当医から連絡が来るようになり、社会全体の医療コスト低減に繋がる健康管理、予防医療、および在宅ケアが進む。

さらに、チップ状の自立型集積化マイクロシステム (i-chip) が安価に大量生産され、様々な「もの」に使われようになる。i-chip にはセンシング機能や通信機能が付与され、組み込まれた「もの」自体やその周辺の情報を i-chip 同士が交換して、情報処理する。また、i-chip は外部の廃熱を利用して発電したり、外部からの高周波をエネルギーに変換したりして動作できる。現在の情報通信技術が主に人と人、あるいは人と装置とを繋ぐネットワークを提供したのに対して、i-chip は「もの」と「もの」とを現在の情報ネットワークの中に新たに組み込む。「もの」自身が複雑な情報処理し、強調して賢く動作する結果、省エネルギー化をもたらしたり、巨大システムの信頼性を格段に上げたり、ヒューマンエラーを自動的に回避したりして、安全・快適・社会の持続性に資する新しい社会基盤を作り出す。

ここに例示した未来社会イメージには、本構想で実現を目指す LSI 集積化マイクロシステムが登場する。複数の通信バンドに対応する①無線 LSI チップ、②ユビキタス無線センサ、③超小形 MEMS 投影ディスプレイ、④超高密度データストレージ、⑤無線医療検査チップなどである。高周波デバイスで寄生インダクタンスを最小化するために (①、②、⑤)、高感度センサで微小キャパシタンスを検出するために (②、④)、微小要素を大規模アレイにするために (③、④)、小形化・少電力化するために (①~⑤)、そして、使い捨て可能にするために (②、⑤)、LSI とマイクロシステムとをチップ内で集積化することには科学技術的重要性がある。本構想で実現を目指すその他のマイクロシステムは後でまとめる。

d. 構想実現の戦略

LSI 技術とマイクロシステム技術との融合は、情報通信デバイス分野のイノベーションへのメインストリームであるが、その実現は挑戦的である。以下では、LSI 技術とマイクロシステム技術との融合によるイノベーションのための東北大学の戦略を、技術の視点から、および研究開発システム・産学連携モデルの視点から述べる。

技術の視点から

LSI とマイクロシステムとをチップ内で集積化する方法として、次の 3 つの方法がある：1) LSI を形成した後、LSI に損傷を与えない低温工程で LSI 上にマイクロシステムを形成する方法 (LSI First)、2) シリコンウエハ内部に LSI 製造の高温工程に耐えられるマイクロシステムを形成した後、その表面に LSI を形成する方法 (MEMS First)、3) LSI とマイクロシステムとを別々のウエハ上に形成し、ウエハレベルで両者を結合する方法 (Wafer-level integration)。

それぞれの技術的要点を述べる。1) LSI First のためには、デザインルールが 90~130nm の最先端 LSI の上に、それに損傷を与えず、つまり 400°C 以下で、機械特性に優れたマイクロ・ナノ構造体をいかに形成するかが鍵である。一般的に、高温で形成した材料 (たとえば、多結晶シリコン) の機械特性はよいが、低温で機械特性に優れた材料を制御性良く形成するためには、材料科学、化学、熱流体工学などに基づいた装置開発やプロセス開発が必要である。2) MEMS First のためには、マイクロシステムのウエハ中への埋め込み法が鍵である。LSI を形成するためには、マイクロシステムが埋め込まれたウエハは、表面上、ベアウエハ (何も加工されていないウエハ) と形状も物性も同等でなくてはならず、新しいプロセスの開発が必要である。また、マイクロシステムは後の LSI 製造プロセスに耐えるものではなくてはならない。3) Wafer-level integration では、低温接合技術、実装技術、そして、全体最適化のための設計が鍵になる。さらに、マイクロシステムに合わせた LSI の設計技術は共通基盤技術であり、協働するトッパン・テクニカル・デザインセンターを中心に研究開発する。

これらの技術が基盤となり、様々な LSI 集積化マイクロシステムが実現されていく。東北大学では、構想の最初の 3 年間で、これらの技術のための装置・設備を整備し、デバイスの研究開発と並行して、基盤技術を構築する。これまで、我が国では研究室単位でこじんまりとできる要素的な基礎研究が中心であったこともあり、これらのメインストリームの基盤技術の構築が課題である。これまでの研究形態は、論文を書くという目的には無駄や面倒が少なく、大学研究者のモチベーションにかなっているが、本分野では 10 年後、イノベーションの創出で欧米との大きな差の原因となる可能性がある。したがって、今、科学技術振興調整費を利用して、研究開発システムの改革とこれらの基盤技術の構築とを危機感を持って加速度的に進めるべきである。そして、これは、高いマイクロシステム技術、共用施設を中心とした開かれた研究開発環境、多くの産学連携の実績などを誇る東北大学によって可能である。

研究開発システム・産学連携モデルの視点から

LSI 集積化マイクロシステムの研究の研究開発システム・産学連携モデル上の難しさは、LSI 技術が「異常に」お金のかかる技術であり、独創的かつ革新的なデバイスを実現しようとすると、上述の我が国の大学の研究形態では言うに及ばず、企業単独でも研究開発のリスクが高過ぎることにある。この問題を解決するためには、我が国の研究開発システムを改革しなくてはならないが、これまで、我々はこのような手間のかかり、組織立って取り組まなくてはならない問題に手を付けてこなかったという反省がある。本構想では、マイクロシステム技術と LSI 技術との融合によるイノベーションの実現のために、次に述べるような仕組みを作る。

(1) イノベーション・分野融合の場としての開かれた共用施設 高価な製造・検査装置を一通り揃えないと実施できない LSI 集積化マイクロシステムの研究開発には、施設・装置の共用が必須である。これは、欧米では当然であるにもかかわらず、我が国ではうまく働いてこなかった。我が国では、高価な装置が各教授の研究室毎に設置されるので、ノウハウの蓄積や装置の維持・管理が大変になるだけでなく、同じ装置が機関内に何台も導入されることになり、全体の研究開発投資という意味でも無駄がある。また、自らの研究室内の装置だけでできる研究を行いがちであり、要素的な基礎研究では成果が上がっても、総合的かつ実際的な研究開発は行えない。東北大学マイクロナノマシニング研究教育センター（旧ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー）には施設・装置共用の実績があり、これを基に将来の将来の自立的な運営体制を可能にするスキームを構築する。各プロジェクトの予算（科学技術振興調整費＋協働機関負担＋他予算）から相当額を利用料としてマイクロナノマシニング研究教育センターに集め、施設・装置の維持・更新に当てる「太いマネーフロー」を作り、本事業終了後は同様の仕組みで自立性を高めて運営でき

るようにする。このような共用施設で、研究者同士のコミュニケーションが草の根的にも生まれ、分野融合やノウハウの蓄積が進む。また、ここで共通性の高い基盤技術の研究開発を継続して行い、それを求心力に多くの応用展開企業が集積する次世代産業創出の場を作る。

(2) 共用施設での多品種少量生産 本構想のイノベーション創出拠点からは、共用施設を中心とする分野融合によって多くの成果が生まれるはずだが、そのうち多品種少量型製品には適当な製造の場がなく、イノベーションの第一歩が踏み出せない。マイクロシステムには標準製造工程がなく、専用の製造装置を入れた生産ラインの立ち上げには、少量生産品では回収しえない投資が必要である。ところで、これまで公的機関の装置を用いて一企業が商品の製造を行うことは、我が国では事実上、不可能であった。上述のように共用施設に自立性を持たせ、その運営に透明性の高い公平なルールを国立大学法人たる東北大学が定めれば、大学が社会的役割の 1 つを果たす活動として、共用施設での多品種少量生産が実現する可能性がある。しかし、その実現には、法律や公共性との関係を慎重に検討しなくてはならず、技術社会システム分野との連携で新しいスキームを検討する。

(3) 乗り合い LSI ウエハシステム マスクセットだけで数千万円以上する最先端 LSI を 1 つの研究プロジェクトで試作することは難しい。したがって、複数の研究プロジェクトが 1 枚のウエハ、または 1 つのバッチに相乗りする。同様な仕組みとして、東京大学の VDEC や民間のシャトルサービスがあるが、試作品が数 mm のチップに分割されて各ユーザに届けられるため、その後、LSI First または Wafer-level integration が行えない。本構想では、協働するコア企業の協力で大口径 LSI ウエハを小口径ウエハに切り出して、各ユーザに届ける方法を取る。この LSI ウエハには商用 LSI も相乗り可能とし、コストを下げつつ、試作周期の短縮を図る。

上述の研究開発システムを基にして、本構想の中で、多品種少量型製品でも社会に新技術を送り出せる新しい産学連携モデル「仙台モデル」を構築する。これには、仙台市、宮城県、多数の企業が参加する MEMS パーク・コンソーシアムなども、多面的な協力をする。当然、仙台モデルの前提は、東北大学が実績として蓄えてきた多様な事業展開の企業群との信頼関係である。協働機関とともに、近未来の技術展開も視野に入れつつ、将来の産業を支える基盤技術の構築、および将来の応用を見据えた具体的な基礎研究を行うことで、産業界・社会の信頼を集めながらイノベーション創出拠点を構築し、事業終了後には官民が参加する広い意味での市場原理による自立を目指す。この拠点が「仙台モデル」推進の中心となる。

e. 研究開発の内容

マイクロシステム技術と LSI 技術と中核に、機械、電気・

電子、材料、化学、電気化学、バイオ技術、医学などの様々な技術を融合し、技術社会システム分野とも連携しながら、次の6つのグループで研究開発を実施する。各グループは個々に研究開発をするのではなく、定期的に融合研究推進会議を開催して、情報と認識とを共有し、技術融合を促進する。

1) 次世代携帯機器グループ (江刺、山口、湯上、小野、田中)

具体例：メカニカルフィルタや可変受動素子を集積化したワンチップ無線 LSI、超高密度プローブデータストレージ、高密度携帯パワー源

協働機関：トッパン・テクニカル・デザインセンター、パイオニア、日本電波工業、日本電産コパル電子、(情報通信研究機構)

2) 無線センサ、超高感度・高機能センサグループ (桑野、小野、田中、長澤、三浦)

具体例：センサネットワーク、超高感度ナノセンサ、過酷環境センサ

協働機関：リコー、住友精密工業、トヨタ自動車、日本電産コパル電子、北川鉄工所

3) 光マイクロシステムグループ (羽根、金森、戸津、川合)

具体例：携帯ディスプレイ用マイクロミラーアレイ、高感度赤外線イメージャ、光スキャナディスプレイ

協働機関：リコー、日本信号

4) バイオ・医療マイクロシステムグループ (末永、西澤、安部、芳賀)

具体例：電気化学バイオセンサ、医療検査チップ、低侵襲医療ツール

協働機関：日本電産コパル電子、メムザス

5) 製造・検査装置グループ (江刺、熊野、三浦、寒川、小野、山口)

具体例：ナノエッチング装置、マルチ電子線露光装置、LSI テストプローバ

協働機関：メムス・コア、リコー

6) 技術社会システムグループ (上山、熊野、戸津、高橋)

具体例：研究開発システム・産学連携モデルの分析・提案

コア企業1：リコー、コア企業2：トッパン・テクニカル・デザインセンター、コア企業3：メムス・コア

・基盤技術開発は、上記応用展開プロジェクトと並行して、共通の装置でマイクロナノマシニング研究教育センターの研究員または技術員が担当し、その統括は東北大学の担当教員、およびコア企業リーダが行う。

・東北大学の参画者は、5専攻、2研究所、1センター、および1機構に渡る。

・コア企業以外の協働機関 (北川鉄工所、住友精密工業、トヨタ自動車、日本信号、日本電産コパル電子、日本電波工業、パイオニア、メムザス) は、各研究開発テーマに対応するグ

ループに参加して研究開発を実施し、プロジェクトリーダは東北大学の担当教員が務める。

・グループ1には、情報通信研究機構・新世代ワイヤレス研究センターが協力機関として参画する。

3. 拠点化構想の内容

a. 運営システム改革の内容

東北大学は、部局をまたぐ分野融合型研究活動を支援する「特定領域研究推進支援センター (CRESS)」(センター長は研究・国際交流担当理事)を2006年4月に設立し、その下に本構想の実施主体として「マイクロナノマシニング推進室」を設置し、フィージビリティ・スタディを進めてきた。本推進室には、本構想の主たる参加教員が推進室メンバーとして参画しており、世界的なイノベーション創出拠点の構築を目指し、現場と直結して、以下のような運営システムの改革を実行する。また、2007年度、本センターの下に専属の事務局を立ち上げ、本構想に関わる予算管理・執行、人事管理、対外活動などの総合支援体制を整備する。

産学連携に関わる知的財産の取り扱い

協働機関による技術の実用化が円滑に進められることを重視した基本方針を、協働機関代表者と本学教員とからなる運営委員会で決定する。検討中の基本方針は、企業が主に関与した共同研究の成果に関しては、当該企業が特許に関する費用を負担し、排他的に実施する権利を持つが、実施しない場合には、他企業への実施許諾を認めるというものである。東北大学は、このような基本方針のもと、東北大学産学官連携推進本部によって制定された「東北大学知的財産ポリシー」にある「発明者主義」、および「機関帰属原則」に基づき、東北大学教員によってなされた発明を管理する。発明の権利化や活用方針については、主に当事者、また、当事者間では解決ができない課題については、運営委員会の取扱いとすることとし、東北大学は中核機関として主体的に対応する。

多様な人材の活用

特定領域研究推進支援センターが推進している次の2つのプログラムとも連携して、多様な人材の活用をはかる。

第一に、科学技術振興調整費「若手研究者の自立的な研究環境整備の促進」事業のもと、2006年度から「先進融合領域フロンティアプログラム」を推進している。工学系、ライフサイエンス系、医工学系の部局をテニュアトラック推進モデル部局として設定し、工学とライフサイエンスなどの融合分野において、国際的な競争環境下で世界的なレベルで先端領域の開拓ができる人材を育成している。特定領域研究推進支援センターの下にテニュアトラックプログラム推進室を設置し、米国代表事務所等の協力を得て、国際公募によりテニュアトラック教員を公募している。本プログラムを、全学における若手研究者自立研究環境促進プログラムのパイロット事業と

位置づけ、プログラム終了後に全学におけるテニユアトラック制度の普及を目指す。若手研究者の育成において、異分野との学際的融合による新分野の創成をつよく意識させるため、プログラムオフィサーとシニアメンターとを配置して、広い視野を持った研究者育成を支援する。東北大学全体の人事制度は、担当理事を中心に現在検討中であるが、学問分野に応じた多様な人事システムの中で、複数のキャリアパスによって若手研究者が競争的環境で将来を見据えた研究が可能な自立的研究環境を整備する。

第二に、科学技術振興調整費「女性研究者支援モデル」事業のもと、2006年度から「杜の都女性科学者ハードリング支援事業」を推進している。本事業では、女性科学者のキャリアパスにおいて障害となる様々なハードルを乗り越えるために、地域との連携をはかりつつ、以下の3つを柱とするプログラムを全学的に展開している。

- 1) 育児・介護支援プログラム（勤務制度、業績評価制度などの改革）
- 2) 環境整備プログラム（保育施設、女性用トイレ・休憩室などの整備）
- 3) 次世代支援プログラム（交流会・セミナーの開催、女子学生のネットワーク構築など）

さらに、海外からの招聘研究者が東北大学において快適に研究開発・教育活動に専念できるように、海外研究者の滞在施設を新しく整備している。

人材流動化の促進

産学連携を効果的に進めるために、協働機関から客員教員を受け入れやすくするシステム、東北大学の教員や研究員を学内のポストを確保したまま協働機関に派遣するシステムなどの整備を検討する。また、国際的な人材流動化を促進するために、海外の一流研究期間（たとえば、ドイツ・フラウンホーファー研究所、スイス・CSEM (Swiss Center of Electronics and Microtechnology) などとの協定を有効活用する。

b. 企業との協働体制

企業からのコミットメント

協働する企業は、コミットメントの大きさと種類から「コア企業」と「メンバー企業」とに分けられ、また、コア企業はその研究開発上の役割から基盤企業と応用展開企業とに分けられる。コア企業は全社レベルでの参画であり、社内ユニット単位での複数の研究プロジェクトへの参画、自社の保有する装置や技術の提供など、研究開発におけるコミットメントが大きいだけでなく、拠点の運営・意思決定、教育・人材育成などにも関わる。メンバー企業は各研究グループに所属し、共通の基盤技術の上に、主に応用展開研究を東北大学と共同で展開する。

【コア企業】

株式会社リコー（応用展開企業）

人と情報との関わりの中で、知識社会の構築に向けた「知識創造支援機能」を提供することが、リコーの社会的使命の1つである。提供する機能としては、認識の支援（情報支援、視覚支援、心理的支援）、判断の支援（勘違いや過信の回避、注意喚起による意思決定支援）、および行動の支援（注意や指示を的確に伝える伝達支援）がある。これらの機能を実現するためには、人の認識、判断、および行動を支援する高度に集積化された携帯情報機器や無線センサチップが必須であり、これらに搭載するデバイスやモジュールの研究開発を中長期的視野で東北大学と連携して進める。

そのために、以下の4チームを組織し、社内、および東北大学で研究開発を進める。また、上記チームに参加する社内研究員の全人件費、および装置の整備・維持費、消耗品費などの半分以上を負担する。

①光マイクロシステムチーム；リコーが保有する微細加工技術や光学設計技術に基づき、光学デバイス・モジュールの研究開発、および光学素子・微細機構・LSIのヘテロインテグレーション技術の研究開発を行うチーム

②情報処理チーム；マイクロシステムのための駆動・情報処理デバイスの研究開発、およびLSI製造プロセスの研究開発を行うチーム

③デバイス・パッケージングチーム；複数のデバイスを集積化・パッケージングするための研究開発を行うチーム

④プロジェクト支援チーム；拠点運営に参加し、研究開発システムの整備を支援する。そのため、プロジェクトマネージャー（常駐）を派遣する。また、リコーと東北大学における研究開発の整合、人材育成などを行うチーム

株式会社トッパン・テクニカル・デザインセンター（基盤企業）

トッパン・テクニカル・デザインセンターは、トッパン印刷の半導体ソリューション部門の中で、各種のアナログ/デジタルLSIの受託設計、および設計したLSIの相手先ブランド製造（OEM）を事業の中心としている。

LSI技術とマイクロシステム技術との融合は、トッパン・テクニカル・デザインセンターにとって最も重要な将来技術の1つである。トッパン・テクニカル・デザインセンターは本構想の基盤技術を担うコア企業として、集積化マイクロシステム、たとえば、次世代情報通信端末や無線センサチップに用いるワンチップ無線LSIの回路レベル設計技術の開発に参加する。本プロジェクトのために技術員を確保し、この技術員に社内のLSI設計環境の一部を開放する。また、東北大学におけるLSI設計の導入教育、およびメンバー企業とのマイクロシステム用LSIの共同開発も担当する。

株式会社メムス・コア（基盤企業）

メムス・コアは、仙台市にある泉パークタウン工業団地内

にMEMS の設計、開発、試作、および生産を一貫して行える設備を整備し、MEMS の受託開発や自主製品販売の事業を 2007 年 1 月から本格的に開始した。この中には、メムス・コアと協業している複数の MEMS 製造装置メーカーの最新鋭装置も設置されている。また、敷地内には東北大学の分室があり、東北大学と緊密な共同研究開発を進めている。

マイクロシステムの開発拠点を仙台地域で育てることは地域の共通目標であり、その中核を担うことがメムス・コアの社会的使命の 1 つである。そのために、メムス・コアは本構想の基盤技術を担うコア企業として、研究員・技術員を確保し、Wafer-level integration のための貫通配線技術や接合技術、SiC などの新材料を利用するための加工、成膜、接合プロセス技術、および高度なプロセス技術を支える MEMS 製造装置の研究開発を行う。また、保有する MEMS の設計、開発、および試作のための設備を東北大学と協働企業とに提供する。

【メンバー企業】(50 音順)

株式会社北川鉄工所

北川鉄工所は、産業機械・設備、工作機械・機器、素形材、住環境部材などの製造・販売を行っている。今後、さらなる機械加工技術の高度化を進め、我が国の誇るものづくり技術を発展させるために、力、歪み、加速度、温度などを計測し、それを制御に生かすためのセンサシステムが必要である。本構想において、MEMS 技術を用いて、このようなセンサシステムを研究開発する。このために専従の研究員を無線センサ、超高感度・高機能センサグループに参加させ、主に東北大学で研究開発を行う。また、施設・装置利用料、および消耗品費を負担する。

住友精密工業株式会社

住友精密工業は、MEMS 分野においてドライエッチング装置、車載用シリコン振動ジャイロなどの世界トップレベルの製品群を有する。また、センサネットワークの研究開発でも先行している。マイクロシステムと LSI 技術との融合の中で、環境センサ、電源、位置情報センサなどがユビキタスセンサネットワークのキーデバイスになるが、これらに関して研究開発を実施する。このために専従の研究員を次世代携帯機器グループまたは無線センサ、超高感度・高機能センサグループに参加させ、東北大学、あるいは社内で研究開発を行う。また、施設・装置利用料、および消耗品費を負担する。

トヨタ自動車株式会社

自動車の中には、既に数多くのマイクロシステム、特にセンサが使われており、自動車の安全性、快適性、走行性能、環境性能などを支えている。今後、ハイブリッド自動車や燃料電池自動車において、マイクロシステムの役割は、益々、重要になる。本構想においては、次世代の「乗り物」に必要なとされるマイクロシステムを長期的視野で研究開発する。初

年度はフィービリティ・スタディの期間と位置づけており、技術統括部を窓口として、技術・生技部門が東北大学と連携してこれを進め、次年度以降、具体的な研究チームを立ち上げる。また、コア企業への移行も視野に入れる。

日本信号株式会社

日本信号は、鉄道・交通情報システムの総合メーカーであるが、新規事業としてのマイクロ光スキャナの開発・製品化の経験を踏まえ、次世代携帯情報端末などに搭載する画像投影用マイクロ光スキャナを研究開発する。また、マイクロミラーを駆動するアクチュエータに用いる圧電膜形成技術を研究開発し、基盤技術として確立する。このために専従の研究員を光マイクロシステムグループに参加させ、東北大学、および日本信号研究センターで研究開発を行う。また、施設・装置利用料、および消耗品費を負担する。

日本電産コパル電子株式会社

日本電産コパル電子はトリマ、スイッチ、圧力センサ、スキャナ、モータなどのエレクトロニクス部品を長年にわたって製造・販売しているエレクトロニクス部品メーカーである。次世代エレクトロニクスを支える企業として、本構想において、集積回路と受動部品とを一体化した高付加価値システム LSI、高感度・耐環境圧力センサ、および SPR センサを応用したヘルスケアチップを、それぞれ次世代携帯機器グループ、無線センサ、超高感度・高機能センサグループ、およびバイオ・医療マイクロシステムグループで研究開発する。このために研究員を確保し、社内、および東北大学で研究開発を行い、施設・装置利用料、および消耗品費を負担する。

日本電波工業株式会社

日本電波工業は、水晶振動子、水晶発振器などの水晶デバイス、それらの応用機器、人工水晶結晶などを一貫製造する水晶関連製品のトップ企業である。日本電波工業は、本構想において、次世代の基準周波数デバイス、あるいは高周波フィルターとなる高周波レゾネータを研究開発する。そのために研究員を次世代携帯機器グループに派遣し、施設・装置利用料、および消耗品費を負担する。

パイオニア株式会社

パイオニアは、Audio Visual (AV) 製品の分野で、光ディスクによる高密度記録再生システム、フラットパネルディスプレイ、車載用 AV 機器などの製造・販売を行っている。近年、AV 製品の分野では、高速インターネット回線の普及や地上デジタル放送への切り替えにともない、ストレージ機器の大容量化が求められるようになってきている。しかし、高密度記録装置の主役であるハードディスクは、熱揺らぎによる高密度化の限界に近付きつつある。このようなハードディスクの限界を打破するために、高周波技術と MEMS 技術とに基づく強誘電

体ストレージ技術の研究開発を行っている。既に、東北大学電気通信研究所と共同で、実験室レベルでデジタルデータの記録再生やトラッキング技術の実証に成功している。本構想においては、記録再生回路を集積化したMEMS ヘッドを研究開発する。そのために研究員を次世代携帯機器グループに派遣し、施設・装置利用料、および消耗品費を負担する。

MEMZAS株式会社

MEMZASは、MEMS 技術を用いた医療・福祉機器の開発、およびその実用化を目指して、2004年9月に設立された大学発ベンチャー企業である。現在、小形で高機能かつ多機能な体内で用いる次世代医療機器（内視鏡ツール、カテーテルなど）の事業化を進めている。本構想においては、マイクロセンサやマイクロアクチュエータなどを組み込んだ次世代内視鏡ツール、能動チューブ、および体内埋め込みデバイスを研究開発する。そのために、研究員を雇用し、主に東北大学で研究開発に当たらせ、消耗品費を負担する。

研究者・技術者の確保方策

マイクロシステムがわかる研究者・技術者は協働機関においても不足傾向にあり、自ら育成することも必要である。このため、経済産業省・産学連携製造中核人材育成事業「次世代産業基盤技術となる MEMS 関連産業人材育成システム」（プロジェクトコーディネータ：桑野博喜、プログラムマネージャ：戸津健太郎）と連携し、本構想、およびその後の事業展開に必要な人材を育成する。LSI がわかる研究者・技術者の育成には、コア企業のトッパン・テクニカル・デザインセンターが、教育・人材育成プログラムを行う予定である。これらによって、マイクロシステム技術、LSI 技術、およびその他の専門が知識・経験として融合した個人を輩出する。また、財団法人半導体研究振興会・半導体研究所から、半導体工学に精通した技術者を本拠点に受け入れ、基盤技術の開発を担当してもらう。

研究開発拠点の国際的展開として、海外の研究拠点とも連携して人材を確保する。マイクロシステム分野でも名高い応用研究機関であるドイツ・フラウンホーファ研究所と仙台市とは、2004年7月に協力協定を締結している。また、マイクロシステムを利用したビジネス開発において豊富な成功実績を有するスイス・CSEM（Swiss Center of Electronics and Microtechnology）とは宮城県が提携している。これらの機関には、既に、大学教員や地域企業や公設試験所の研究者が共同研究や研修で長期間滞在しており、その経験を活かして本構想に協力する。CSEM からは、特に新技術をビジネスに結び付けるためのノウハウを学んでおり、本構想の「仙台モデル」実現に貢献できる。また、その他の欧州の研究機関、米国の一流大学などからも研究者を積極的に受け入れる。

協働体制の運営方法

特定領域研究推進支援センターの下に設置されるナノマイクロマシンング推進室に所属する教員、および協働機関の代表者からなる運営委員会を、全体方針の最終意思決定機関とする。ただし、東北大学全体と協働機関全体とが対応すべきことは、総括責任者と協働機関責任者との直接対話の場である機関責任者会議を区切りとなる時点毎に開催して、トップダウンのイニシアチブによって実行する。また、必要に応じて、運営委員会の下に具体的な課題（施設運営、知的財産、広報など）を担当するワーキンググループを設け、現場に即した機動的な意思決定を可能にする。上記体制を、総括責任者である東北大学総長のイニシアチブのもと、産学官連携推進本部をはじめとする大学事務組織全体が支援する。

研究成果の取扱いの方針

東北大学では知的財産本部を設置して知的財産の取扱いを決めているが、本構想では、その取扱いに基づきつつも、協働機関の代表者も参加する運営委員会で、成果が実用化・産業化に繋がりやすい仕組みを決める。本構想の開始段階では、単独出願・共同出願の取り扱い、参加企業の実施、非参加企業からの実施許諾への対応、協議事項発生時の対応とそのための体制などを規定する。

基本方針として、企業が主に関与した共同研究の成果に関しては、当該企業が特許に関連する費用を負担し、排他的に実施する権利を持つことを検討している。ただし、実施しない場合や基盤技術として公共性が高い場合には、他企業への実施許諾を認めることとする。実施料に関しては、協働機関が負担した研究開発費を回収した後、利益に対して東北大学の寄与分に応じて支払うことを、基本方針として検討している。

東北大学は、このような基本方針のもと、東北大学産学官連携推進本部によって制定された「東北大学知的財産ポリシー」にある「発明者主義」、および「機関帰属原則」に基づき、東北大学教員によってなされた発明を管理する。発明の権利化や活用方針については、主に当事者、また、当事者間では解決ができない課題については、運営委員会の取扱いとすることとし、東北大学は中核機関として主体的に対応する。その他（協働機関が多数であることの必然性）

施設・装置を共有し、乗り合いウエハによって研究リスクを下げ、共用施設を中心とする分野融合によって、独創的・革新的なマイクロシステムを創出・実用化するという観点から、また、多領域にわたる企業や研究機関が参加する開かれた研究開発システムを構築するという観点から、本拠点に参加する協働機関は、ある程度、多くなくてはならない。一方で、本構想が目指すビジョン、および本構想実現のための責任が曖昧にならないように、コア企業が存在し、多様な応用製品での基礎研究から実用化までの一環した研究開発、および基盤技術の開発・維持・提供を担当する。

これまでに、10社から20社の企業が同一場所で同時にマ

イクロシステムの研究開発を進め、その中には競合する複数企業が参画することもあったが、混乱が生じたことは1度もない。これは、多元的な情報を融合する当該研究領域では、共用できる競争前の技術はできるだけ開放的にすることに実利があるからである。また、知的財産や情報共有に関して合理的かつ単純な決まりを定めているからである。

c. 人材育成

マイクロシステム分野では、特に産業界で全体像がわかる人材が不足しており、本構想を成功させ、イノベーションを起こすために、人材育成が急務である。

研究と教育とは人材育成の両輪であるとの考えから、東北大学では、研究活動や産学連携協働研究の中で国内外にて活躍する多くの人材を育ててきており、その中には、その成果で博士号を取得した者も多い。構想においては、これまでの実績を生かし、学生と企業研究者とが参加する研究開発の中で、オン・ザ・ジョブ・トレーニングを重視した人材育成を強化し、さらに、コア企業の協力を得て、実際的な教育・人材育成プログラムを実施する。また、毎年、学内教官によるMEMSセミナーを開催しており、2006年8月に東京で開催した3日間のセミナー（フィジビリティ・スタディの一環として実施）には、主に企業から280名の参加があったが、このようなセミナーを継続する。国際的人材の育成にあたっては、ブラウンホーファ研究所、CSEM、カリフォルニア大学バークレー校などの海外研究機関との人材交流を進め、国際共同研究やビジネス開発を担える人材も育成する。

2006年度から経済産業省・産学連携製造中核人材育成事業のもと、「次世代産業基盤技術となるMEMS関連産業人材育成システム」プログラムを東北大学が中心となって遂行しており、本構想の人材育成の一翼を担う。この育成プログラムの主な対象者は、これからMEMS開発に携わる研究者・技術者であり、自らマイクロシステムを考案・設計して、開発できるようにすることが目標である。これまでマイクロシステムに直接、関わっていない企業、特に地域企業の本分野への参入を促し、「仙台モデル」を実現するための地元人材も育成する。本プログラムでは、受講者に「企画 → 設計 → 試作 → 評価 → 発表」に一貫して取り組んでもらい、MEMS開発者として必要な技術を体系的に習得させている。

基礎知識を学ぶための講座については、東北大学インターネットスクール（ISTU）を活用する。これによって、時間や場所にかかわらず、学習が可能である。設計・試作実習では、東北大学、メムス・コア、および宮城県産業技術総合センターの設備を用いて、約3ヵ月間、マンツーマンの指導を行い、必要なノウハウを習得させる。さらに、マイクロシステム分野の技術経営についての講義も用意しており、この分野の課題、解決方法について学ぶことができる。このプログラムで育成された人材は、本構想の即戦力としての活躍が期待されるだけでなく、マイクロシステムが関係する広範な分野でイ

ノベーションを担うプロフェッショナルとして活躍が期待できる。

d. 波及効果

(1) マイクロシステムとLSIとの機能融合が国際産業競争力強化に繋がる製品群を生む。たとえば、周波数基準発振素子、受動素子、および能動素子が高周波LSIと一体化すると、革新的なワンチップ無線LSIが実現し、将来のシームレスな情報通信社会におけるキーデバイスとして、巨大市場を生むことが予想される。その他にも、次世代半導体露光システムなどの産業機器、安全・快適な未来の乗り物、地球・宇宙・環境計測システム、テロ・犯罪対策のための危険物テラヘルツ波検出システム、健康管理・福祉・医療診断・治療のための機器など、安全で快適な社会を実現する製品群には、マイクロシステムに対する多くのニーズが潜在する。

しかし、これらの実用化に向けて、材料からシステムに渡る各応用別の「すり合わせ技術」の未踏性、および市場開発リスクが障壁として存在し、企業または大学だけの研究開発には限界がある。本構想は、これまで東北大学に蓄積されてきた技術と研究ノウハウとに基づき、多様な革新的プロセスと未来型マイクロシステム技術とを産学協働で実現するもので、研究開発から実用化までを一貫して行える場として、他研究機関のシステム改革の先駆けとなる。

(2) マイクロシステムとLSIの両分野を含み、さらに全体システムに通じる人材を育成する場合は、これまでに我が国には存在せず、本構想において、はじめてそのような人材の育成が可能になる。産学官連携、国際連携、地域連携などがもたらす人と情報の触れ合いが人材育成の基盤となるという考えから、研究拠点としての研究水準の高さと多様な才能を惹きつける開かれた環境とが人材育成にとって重要であるが、本拠点はその条件を満たす範となる。ここで育った多くの研究者が、様々な研究機関や企業で次世代に知的資産を受け継ぐ。

(3) マイクロシステムの応用分野には、以下に代表例をあげるように、広範囲な広がりも期待され、様々な研究機関や企業で研究開発が展開されるようになる。

・テラヘルツ技術によって、爆薬、麻薬、銃器、刃物などの遠隔検出が可能となり、テロ対策や犯罪対策に利用される。また、テラヘルツ技術は環境対策用の分光計測にも利用できる。東北大学は、小形広帯域テラヘルツ光源の研究分野で世界的に先行しているが、この技術とマイクロシステム技術とが融合し、テラヘルツ波イメージングシステムが実現する。

・近未来ロボットには、長時間・連続動作が可能な小形発電システム、小形アクチュエータ、高性能センサなどが必要である。東北大学は、ロボット研究でも世界的な研究機関の1つであり、学内外のロボット研究者と連携して、役に立つロボットの実現に繋がる。

・人と情報とを繋ぐインターフェースとして、紙情報と電子情報の一体化が情報化社会をさらに進展させ、新しいサービス産業やコンテンツ産業が生まれる。また、このような情報化社会の安全を支える本人認証システムや原本性保証システムも、マイクロシステム技術が支える。

・健康・福祉・医療などの分野は成熟化社会共通の関心事であり、新産業創成と介護・医療費削減の観点から、技術革新が必要である。たとえば、人の状態を違和感なく検知するデバイスが実現できれば、医学、脳科学、福祉工学などの連携によって、人の体と脳との協調動作を支援する介護システムが実現する。

(4) 本構想で整備する共用施設、および乗り合いウエハシステムは、他の研究機関にとっても魅力であり、国内外を問わず、幅広い参加が見込まれる。協力関係にあるフラウンホーファ研究所やCSEMとは、互いの施設や仕組みを補完的に利用し、双方が利益を享受する関係を構築することができる。海外で成功しているビジネスモデルの実証の場として、本拠点が機能することも期待できる。

4. 具体的な達成目標

a. 3年目における具体的な目標

3年目までに、マイクロシステムとLSIとを一体化した新しい集積化マイクロシステムを実現するための基盤技術を立ち上げる。

ウエハ上で両者を集積化するための要素技術、具体的には、微小振動子の低損失化に必要な機械特性に優れた微小構造体の低温形成技術、マイクロシステムのための応力制御技術、複数の要素の貼り合わせ技術、立体的な配線形成技術などを開発する。また、LSI上に様々なマイクロシステムを作る乗り合いウエハ方式を試みる。様々な応用に向け、具体的なマイクロシステムの研究開発と、取り組んでいる課題のフィージビリティ・スタディを完了する。本拠点到最適な研究開発システム構築のため、海外拠点の研究開発システムを調査・研究する。

(1) LSIとマイクロシステム機能一体化(融合)の要素技術確立のため、デザインルール0.6ミクロン以下のLSIを対象としLSI First、MEMS First、あるいはマイクロシステムとLSIの貼りあわせ、これらによるWafer-Level Integrationのためのプロセス技術、装置技術、実装技術の研究を実施し、実用化に向け研究課題を明確化する。重要な基盤技術のうち、LSI構築済みSiウエハと、MEMS工程用SOIウエハの貼り付けからなる一連のプロセス技術は、もっとも重要なものとして、本期間を通じプロセスの原型を確立する。

(2) 複数の(マイクロシステム)機能を融合するため、基盤となる個別分野デバイスの研究を実施する。MEMS機能デバイスと、一体化すべきLSIを乗り合いウエハ構想の下に試作評価し、システム実現の方法としての妥当性を検証する。これ

により、実用化に向け研究課題の明確化を図る。

(3) 【人材育成など】拠点を担う人材を育成するため、拠点に参加する研究者、学生に対する導入教育プログラム、専門教育プログラムを構築する。研究開発のみならず、技術経営などマイクロシステムのイノベーション実現に必要なとされる教育を行う。また、一般社会人向けの実践的育成プログラムを実施し、不足しているマイクロシステム分野の研究開発者を育成する。

b. 7年目における具体的な目標

7年目までには、最先端デザインルールのLSIとマイクロシステムを一体化するプロセス技術、装置技術、実装技術の研究開発課題を解決し、イノベーション創出拠点としての共用施設を整備し、研究開発システムを構築する。

また、1年目から継続して行っている分野ごとのマイクロシステム研究開発と並行して、これらに幅広く適用できるLSIを開発する。このLSIは、無線システム、アレー化をコア機能として様々なマイクロシステムに発展できるように、また、少量のマイクロシステムにも対応できるようにする。

これら一連の研究開発によって、センシング、通信、入出力などの機能を有し、複雑な情報処理を行う集積化マイクロシステムを実現するための基盤技術を確立する。さらに、具体的にいくつかの集積化マイクロシステムの機能を確認し、実用化の見通しを得る。継続して拠点を支えるスタッフを育成し、研究開発支援体制を整える。参加教員、学生が拠点参画企業にてインターンシップを行う。また、産業界の状況を理解して共同研究を的確にマネージメントできる人材を育成する。

c. 実施期間終了後における具体的な目標

小型、高速、低エネルギー消費の特徴を有するマイクロシステム技術により、知的生産性を向上させるための創造空間や、将来の人・車・社会を考えた安全で快適な移動空間等を実現するための新規産業形成を担う。

終了時までには、開発した集積化マイクロシステム技術が情報・通信、製造、医療などの様々な分野で、市場競争力のある製品の実用化に供される。現実的に、協働機関等が商品開発に移れるよう技術的目処を付けると同時に、大量に使われるものだけでなく、少量でも実用化できるための産学連携モデルを構築する。

最先端のLSIと各種多様な最先端マイクロシステム機能の一体化(融合)を、乗り合いウエハを通じ複数企業が実施できるプラットフォームにより実現する。本拠点は、知財取り扱いに基づく知財群により支えられ、生産技術的課題、コスト面での課題も織り込んだ、融合マイクロシステムの研究開発拠点として産業界に貢献する。

最先端の多種多様なマイクロシステムの蓄積は、プラットフォーム上の技術としてプロセス、装置、実装などの標準化にもつながり、参加協働機関には新たなマイクロシステムイノベーション産業創造の機会となる。本拠点は、さまざま

まな企業、研究機関、行政機関と連携しながら継続的に新たな技術開発を先導し、将来応用のためのマイクロシステムの研究・開発を通じて、関連産業の国際競争力向上に寄与する。

専門的知識を有すると共に拠点のコンセプトやイノベーションシステムを理解する人材、および産業界とアカデミアの両方の論理を理解する人材を育成し、本拠点がマイクロシステム産業のイノベーションを支える人材の供給源となる。

5. 実施期間終了後の取組

本構想によれば、マイクロ・ナノ構造のセンサやアクチュエータとその駆動や信号処理のためのLSIとを融合し、多品種少量型製品でも高付加価値のマイクロシステムの研究開発を、設計、要素研究から試作、実用性実装までを一環して行える拠点が実現する。本拠点では共用施設を中心として分野融合が進み、また、マイクロシステムの潜在的応用は極めて広いので、本拠点発の技術が様々な分野で実用化される。

複数の企業や研究機関が参加する開かれた研究開発モデル、および多品種少量型製品でも実用化できる産学連携モデル、教育・人材育成プログラム、国際連携などによって、最高の技術、人材、情報、および機会（テーマ）を最適な時間とコストとで社会に提供する場を、民間資金に地方や国の投資を加えて、自立的に維持する。この場を中心に、宮城県、仙台市、MEMSパークコンソーシアムなどが多面的な活動を行って、仙台地域全体をマイクロシステム技術・産業の集積地とする。ここには、さらに多くの企業が集まり、世界的なイノベーション創出拠点となる。

6. 期待される波及効果

潜在的需要の大きいマイクロシステムの実用化に向けては、材料からシステムに渡る各応用別の「すり合わせ技術」の未踏性、および市場開発リスクが障壁として存在し、企業または大学だけの研究開発には限界がある。本構想は、これまで東北大学に蓄積されてきた技術と研究ノウハウとに基づき、多様な革新的プロセスと未来型マイクロシステム技術とを産学協働で実現するもので、研究開発から実用化までを一貫して行える場として、他研究機関のシステム改革の先駆けとなる。

マイクロシステムとLSIの両分野を含み、さらに全体システムに通じる人材を育成する場合は、これまでに我が国には存

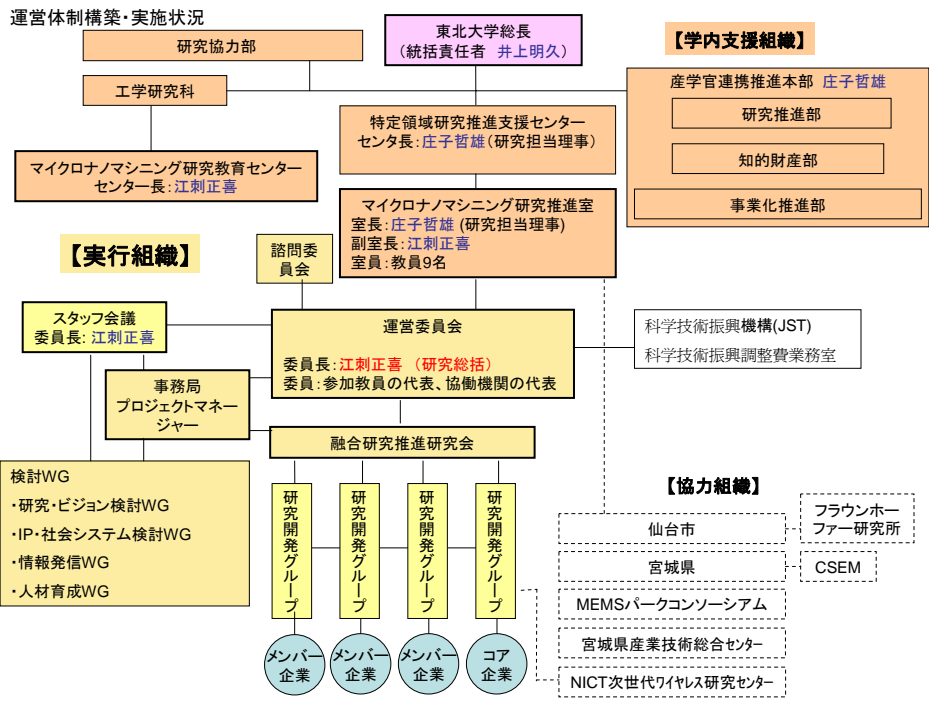
在せず、本構想において、はじめてそのような人材の育成が可能になる。ここで育った多くの研究者が、様々な研究機関や企業で次世代に知的資産を受け継ぐ。

マイクロシステムの応用分野には広範囲な広がり期待され、様々な研究機関や企業で研究開発が展開されるようになる。

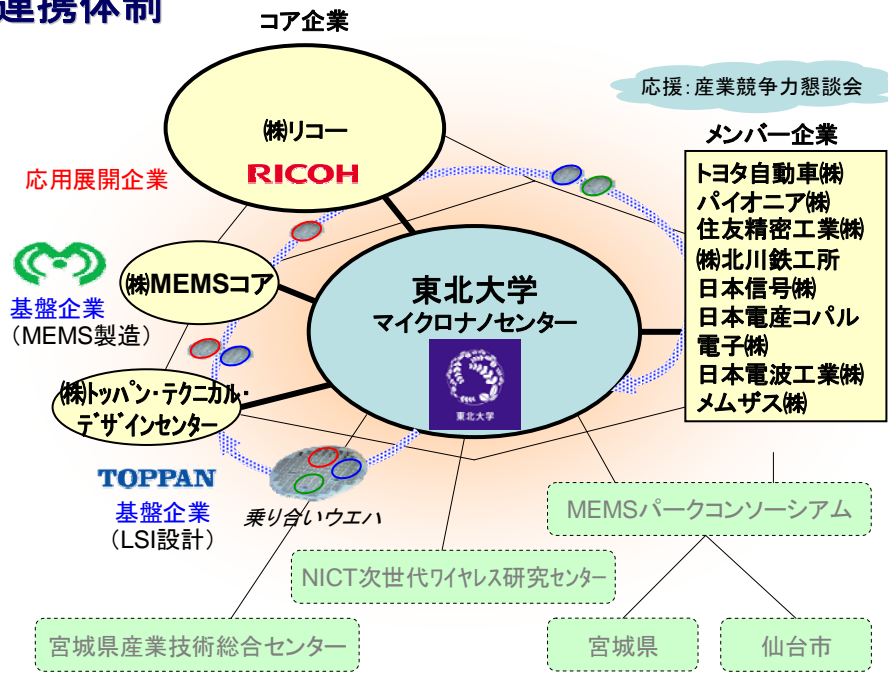
本構想で整備する共用施設、および乗り合いウエハシステムは、他の研究機関にとっても魅力であり、国内外を問わず、幅広い参加が見込まれる。協力関係にあるフラウンホーファー研究所やCSEM（Swiss Center of Electronics and Microtechnology）とは、互いの施設や仕組みを補完的に利用し、双方が利益を享受する関係を構築することができる。海外で成功しているビジネスモデルの実証の場として、本拠点が機能することも期待できる。

7. 実施体制

特定領域研究推進支援センターの下に設置されるナノマイクロマシニング推進室に所属する全教員、および全協働機関の代表者からなる運営委員会を、全体方針の最終意思決定機関とする。さらに、教員代表者、コア企業等の代表者からなるスタッフ会議（毎月1回以上開催）を設け、協働機関の日常的な拠点運営への参加を図るとともに、拠点の運営上の課題や運営委員会への上程事項等の議論を行うことで、拠点の迅速な意思決定や課題解決を図る。また、必要に応じて、運営委員会やスタッフ会議の下に具体的な課題（施設運営、知的財産、広報など）を担当するワーキンググループ（WG）を設け、現場に即した機動的な意思決定を可能にする。運営委員会の元に融合推進研究会を設置し、秘密保持の取り決めに基づいて、全参加教員、全協働機関参加の元本拠点で実施されている研究の内容や進行状況の討論、確認を実施する。そうすることで、参加協働機関で実施の拠点研究の共有化も図れ、参加教員、協働機関の融合を図る。この体制を、東北大学総長のイニシアチブのもと、産学官連携推進本部をはじめとする大学事務組織全体が支援することで、システム改革を確実にする。東北大学全体と協働機関全体とが対応すべきことは、総括責任者と協働機関責任者との直接対話の場である機関責任者会議を区切りとなる時点毎に開催し、トップダウンのイニシアチブによって実行する。



連携体制



拠点化構想に関わる研究者等

氏名	所属部局・職名	当該構想における役割
井上 明久	東北大学 総長	総括責任者
江刺 正喜	東北大学 教授	研究統括、次世代携帯機器グループ、製造・検査装置グループ
庄子 哲雄	東北大学 研究担当理事	研究統括補佐
佐藤 史朗	東北大学 客員教授	プロジェクトマネージャ
末永 智一	東北大学 教授	バイオ・医療マイクロシステムグループ
上山 隆大	上智大学 教授	技術社会システムグループ
羽根 一博	東北大学 教授	光マイクロシステムグループ
山口 正洋	東北大学 教授	次世代携帯機器グループ、製造・検査装置グループ
三浦 英生	東北大学 教授	製造・検査装置グループ、無線センサ、超高感度・高機能センサグループ
寒川 誠二	東北大学 教授	製造・検査装置グループ
桑野 博喜	東北大学 教授	無線センサ、超高感度・高機能センサグループ
湯上 浩雄	東北大学 教授	次世代携帯機器グループ
西澤 松彦	東北大学 教授	バイオ・医療マイクロシステムグループ
熊野 勝文	東北大学 研究教授	製造・検査装置グループ、技術社会システムグループ
小野 崇人	東北大学 准教授	無線センサ、超高感度・高機能センサグループ、製造・検査装置グループ
田中 秀治	東北大学 准教授	次世代携帯機器グループ、無線センサ、超高感度・高機能センサグループ
安部 隆	東北大学 准教授	バイオ・医療マイクロシステムグループ
芳賀 洋一	東北大学 准教授	バイオ・医療マイクロシステムグループ
高橋 真木子	東北大学 特任准教授	技術社会システムグループ
長澤 純人	東北大学 講師	無線センサ、超高感度・高機能センサグループ
戸津 健太郎	東北大学 助教	光マイクロシステムグループ、技術社会システムグループ等
金森 義明	東北大学 准教授	光マイクロシステムグループ
川合 祐輔	東北大学 助教	光マイクロシステムグループ
岡崎 正喜	日本電波(株) 副社長	次世代携帯機器の研究
小野 公三	日本電波(株) 第五技術部・部長	次世代携帯機器の研究
平野 圭介	日本電波(株) 第五技術部・係員	次世代携帯機器の研究
春園 嘉英	(株)北川鉄工所開発部技術管理室・仙台駐在	無線センサ、超高感度・高機能センサの研究
掛 泰文	(株)北川鉄工所工機事業部技術部電装課・課長	無線センサ、超高感度・高機能センサの研究
黒木 義仁	(株)北川鉄工所開発部技術管理室・室長	無線センサ、超高感度・高機能センサの研究
新行内 成晃	日本電産コパル電子(株)電子デバイス開発センター・センター長	無線センサ、超高感度・高機能センサの研究
板橋 俊一	日本電産コパル電子(株)電子デバイス開発センター・マネジャー	無線センサ、超高感度・高機能センサの研究

熊 四輩	日本電産コパル電子(株) 電子デバイス開発センター・研究員	無線センサ、超高感度・高機能センサの研究
櫛田 知義	トヨタ自動車(株) 第3電子技術部・主査	無線センサ、超高感度・高機能センサの研究
塩崎 宏司	トヨタ自動車(株) 第3電子技術部・主幹	無線センサ、超高感度・高機能センサの研究
千田 英美	トヨタ自動車(株) 第3電子技術部・主任	無線センサ、超高感度・高機能センサの研究
山田 整	トヨタ自動車(株) パートナーロボット開発部・GM	無線センサ、超高感度・高機能センサの研究
射場 英紀	トヨタ自動車(株) 技術統括部・主査	無線センサ、超高感度・高機能センサの研究
岡島 博司	トヨタ自動車(株) 技術統括部・主幹	無線センサ、超高感度・高機能センサの研究
伊藤 祐介	トヨタ自動車(株) 技術統括部・主任	無線センサ、超高感度・高機能センサの研究
松川 公一	日本信号(株) 研究センター・センター長	光マイクロシステムの研究
松尾 博一	日本信号(株) 研究センター・副課長	光マイクロシステムの研究
竜 新栄	メムザス(株) 代表取締役	バイオ・医療マイクロシステムの研究
望月 栄二	株式会社リコー研究開発本部・研究主担	光マイクロシステムと製造・検査装置の研究
佐野 豊	株式会社リコー研究開発本部・主幹研究員	光マイクロシステムと製造・検査装置の研究
三浦 裕司	株式会社リコー研究開発本部・アシエイト	光マイクロシステムと製造・検査装置の研究
大高 剛一	株式会社リコー研究開発本部主幹研究員・室長	光マイクロシステムと製造・検査装置の研究
中川 淳	株式会社リコー研究開発本部・研究主担	光マイクロシステムと製造・検査装置の研究
瀬尾 学	株式会社リコー研究開発本部・研究主担	光マイクロシステムと製造・検査装置の研究
山田 泰史	株式会社リコー研究開発本部主幹研究員・室長	光マイクロシステムと製造・検査装置の研究
小巻 賢治	住友精密工業(株) MEMS 事業開発室・室長	無線センサ、超高感度・高機能センサの研究
西田 宏	住友精密工業(株) MEMS 事業開発室・次長	無線センサ、超高感度・高機能センサの研究
寅屋敷 治	住友精密工業(株) MEMS 事業開発室・マネージャー	無線センサ、超高感度・高機能センサの研究
宮崎 勝	株式会社メムス・コア・技師長	製造・検査装置の研究
伊藤 一孝	株式会社メムス・コア技術開発部・主任技師	製造・検査装置の研究
八掛 保夫	株式会社メムス・コア装置開発部・担当部長	製造・検査装置の研究

松波 正吉	株式会社メムス・コア装置開発部・ 担当部長	製造・検査装置の研究
慶光院 利映	株式会社メムス・コア技術開発部・ 取締役	製造・検査装置の研究
小切間 正彦	株式会社メムス・コア・専務取締役	製造・検査装置の研究
茂木 浩介	(株) トップパン・テクニカル・デザ インセンター東北デザインセンタ ー・課長	次世代携帯機器の研究
小鹿 和繁	(株) トップパン・テクニカル・デザ インセンターデバイス第四部・部長	次世代携帯機器の研究
塩谷 俊人	(株) トップパン・テクニカル・デザ インセンター企画チーム・課長	次世代携帯機器の研究
新井 裕司	(株) トップパン・テクニカル・デザ インセンターデバイス第四部・研究 員	次世代携帯機器の研究
尾上 篤	パイオニア株式会社総合研究所高機 能デバイス研究部・室長	次世代携帯機器の研究
高橋 宏和	パイオニア株式会社総合研究所高機 能デバイス研究部・主任研究員	次世代携帯機器の研究

8. 各年度の計画と実績

a. 平成 19 年度

・計画

LSI と MEMS との融合（集積化）の基盤技術開発の一環として、複数グループのマイクロシステムのための乗り合いウェハを設計する。本年度は次世代携帯機器、無線センサ・超高感度・高機能センサ、光マイクロシステム、バイオ・医療マイクロシステムの各グループが、乗り合いウェハシステムに参加する。また、それ以外の基盤技術の開発、個別マイクロシステムの設計・試作などを行う。

(1) 次世代携帯機器の研究

次世代携帯機器に用いるマルチバンド集積化無線チップのため、メカニカルレゾネータの製作技術や設計技術の立ち上げを行なう。オンチップ DC-DC コンバータの実現に向けて、磁性体集積化技術を開発する。マルチプローブストレージシステムの研究では、導電性ポリマを記録媒体とする記録方式の原理確認、および XY ステージの試作・評価を行なう。次世代携帯機器に適用する集積化電磁波シールド、および電源となるマイクロ SOFC の開発に着手する。集積化電磁波シールドの開発では、チップ上への磁性薄膜積層化プロセスを研究し、RF 磁界計測が可能であることを確認する。マイクロ SOFC 開発では、材料技術・加工技術を研究する。

(2) 無線センサ、超高感度・高機能センサの研究

表面弾性波や電磁カップリングを利用した無線センサの研究では、圧電基板材料の高効率加工法、パッケージングの基盤技術などの研究を行なう。また、電磁カップリング利用センサのセンシング部分を試作する。超高感度振動型センサ研

究では、センサを試作し、原理確認をする。過酷環境向けセンサ用材料の微細加工技術を研究し、センサへの適用を進める。

(3) 光マイクロシステムの研究

光通信用 MEMS やマイクロ光スキャナを実現するために、マイクロオプティクス、マイクロミラーなどを駆動するアクチュエータ、および実装技術を研究する。具体例としては、光通信用 MEMS の反射防止層を中間に有する積層基板の作製技術、MEMS 用 PZT 薄膜堆積技術、微小光学部品、異なる部品を高精度かつ低温で接合する技術などを開発する。

(4) バイオ・医療マイクロシステムの研究

集積化バイオセンサシステムの研究では、単一細胞・単一微小組織捕捉用マイクロシステムの作製、および電気化学システムを多点計測に用いる方式の原理確認を行なう。また、マイクロ流路からなるバイオ流体 MEMS の開発、および次世代医療・ヘルスケアデバイスの基礎技術の研究を進める。

(5) 製造・検査装置の研究

次世代マイクロシステムを製造・検査する技術として、以下の研究開発を行なう。並列電子線描画システム向け電子源アレイを試作し、特性を評価する。集積化、およびパッケージングに必要なコンフォーマル製膜装置を試作する。高速・高精度・欠陥フリーエッチング装置を用いて、MEMS と LSI との集積化に必要な高速・高精度・低欠陥シリコンエッチング技術を開発する。また、MEMS と LSI との集積化のために、マルチバンド集積化無線チップを具体例として、ウェハ接合技術を開発する。微小な磁界アンテナと増幅器とを集積化した高周波高分解能磁界プローブ、および三次元積層デバイスの

実装評価技術の開発にも着手する。

(6) 技術社会システムの研究

融合研究拠点から生み出される新しい価値を、社会において最大限に活用して速やかにイノベーションに結びつけるための仕組みに関して研究する。特に、本拠点が目指すオープンコラボレーション拠点の仕組みを検討する。参加企業の研究テーマと分担体制の趣旨を踏まえ、知財を含む成果物の取り扱いに関する最適な契約基盤を検討し、整備を進める。また、拠点形成にむけ、人材育成、拠点の評価指標の構築のための先進事例などを調査する。

・実績

b. 平成 20 年度

・計画

LSI と MEMS との融合（集積化）のための基盤技術を具体的に開発するために、複数企業のマイクロシステム向けに試作された乗り合いウェハ上に、各研究チームがマイクロシステムを形成する。試作したマイクロシステムを評価し、新たな研究課題を把握して、次回の乗り合いウェハの設計にフィードバックする。これらの研究開発を通じて、ウェハ貼り合わせ技術、低温プロセス技術、低欠陥成膜・エッチング技術、実装技術などの基盤技術を確立していく。連携企業との新たな知的財産システム（パテントバスケットシステム）を運用する。

・実績

c. 平成 21 年度

・計画

引き続き研究してきたウェハ貼り合わせ技術、低温プロセス技術、低欠陥成膜・エッチング装置技術、実装技術などの基盤技術の開発を継続し、研究拠点や連携企業で共通利用可能な基盤技術として確立する。また、乗り合いウェハを利用して集積化マイクロシステムを研究開発するという研究開発システムを軌道に乗せる。整い始めた基盤技術、および乗り合いウェハシステムを活用して、ここまでに継続して研究開発してきたものに関しては、実用化に向けた研究課題の明確化をはかる。また、新たなマイクロシステムの研究開発にも着手する。

拠点を担う人材を育成するため、拠点に参加する研究者、および学生に対する導入教育プログラムや専門教育プログラムを構築する。研究開発のみならず、技術経営などマイクロシステムのイノベーション実現に必要とされる教育も検討する。また、一般社会人向けの実践的育成プログラムを実施し、不足しているマイクロシステム分野の研究者・開発者を育成する。さらに、連携企業との新たな知的財産システムを軌道に乗せる。海外の研究拠点との共同研究や人材交流を行う。

・実績

d. 平成 22 年度

・計画

新たな研究課題に対応して、基盤技術を拡充しつつ、個々のマイクロシステムの研究開発を継続する。いくつかのマイクロシステムが、コンセプトの実証段階から試作品開発段階に移行する。また、より進んだ分野融合、産学連携、人材交流などによって、新たなコンセプトのマイクロシステムや関連技術の研究開発が開始される。

研究開発システム、人材育成・教育システム、および知的財産システムの充実や効率化をはかる。また、海外の研究拠点との連携を進める。

・実績

e. 平成 23 年度

・計画

新たな研究課題に対応して、基盤技術を拡充しつつ、個々のマイクロシステムの研究開発を継続する。さらにいくつかのマイクロシステムが、コンセプトの実証段階から試作品開発段階に移行する。また、より進んだ分野融合、産学連携、人材交流などによって、新たなコンセプトのマイクロシステムや関連技術の研究開発が進行する。

引き続き、研究開発システム、人材育成・教育システム、および知的財産システムの充実や効率化をはかる。また、海外の研究拠点との連携を進める。

・実績

f. 平成 24 年度

・計画

新たな研究課題に対応して、基盤技術を拡充しつつ、個々のマイクロシステムの研究開発を継続する。いくつかのマイクロシステムが、試作品開発段階から実用化開発段階に移行する。具体的なイノベーションの形を示すため、開発したマイクロデバイスのシステムへの組み込みや実際の形での試用を進める。

引き続き、研究開発システム、人材育成・教育システム、および知的財産システム充実や効率化をはかる。また、海外の研究拠点との連携を進める。

・実績

g. 平成 25 年度

・計画

最先端デザインルールの LSI とマイクロシステムとを一体

化するプロセス技術、装置技術、実装技術の研究開発課題を解決し、イノベーション創出拠点としての共用施設を整備し、研究開発システムを構築する。また、1年目から継続して行っている分野ごとのマイクロシステム研究開発と並行して、これらに幅広く適用できるLSIを開発する。そうすることで、センシング、通信、入出力などの機能を有し、複雑な情報処理を行う集積化マイクロシステムを実現するための基盤技術を確認する。さらに、このようなLSIを用いて、具体的にいくつかの集積化マイクロシステムの機能を確認し、実用化の見通しを得る。

世界的な拠点に相応しい研究開発システム、人材育成・教育システム、および知的財産システムを整え、これらを自立的に維持する基盤を整える。

・実績

h. 平成 26 年度

・計画

実用化開発段階に移行したマイクロシステムの中から、商品開発段階に移行するものを登場させ、イノベーションの具体的な形を明らかにしていく。構築した研究開発システム、人材育成・教育システム、および知的財産システムを運用し、継続的に成果を生み出す。

・実績

i. 平成 27 年度

・計画

実用化開発段階に移行したマイクロシステムの中から、商品開発段階に移行するものを登場させ、イノベーションの具体的な形を明らかにしていく。構築した研究開発システム、人材育成・教育システム、および知的財産システムを運用し、継続的に成果を生み出す。

・実績

j. 平成 28 年度

・計画

開発した集積化マイクロシステム技術、特に基盤技術が、情報・通信、製造、医療などの様々な分野で市場競争力を生み出す源泉となる。協働機関が商品開発を進め、知財取り扱いに基づく知財群により支えられ、生産技術的課題、コスト面の課題も織り込んだ研究開発を進める。それと同時に、少量でも商品化できるための産学連携モデルや生産システムが構築されていく。

構築した研究開発システム、人材育成・教育システム、および知的財産システムを運用し、イノベーションを現実化し、さらに新たなイノベーションの種を継続的に生み出す。専門的知識を有するとともに、拠点のコンセプトやイノベーションシステムを理解する人材、および産業界とアカデミアの両方の論理を理解する人材を育成し、本拠点がマイクロシステム分野のイノベーションを支える人材の供給源となる。

・実績

9. 年次計画

項目	19年度	20年度	21年度	22年度	23年度
◎機関全体としての拠点化構想					
基盤技術の開発	革新的マイクロナノ加工技術の開発			革新的マイクロ・ナノ加工の	産業化技術の開発
応用展開	通信機能デバイス、センサシステムなどの開発 マイクロ医療化ツール、集積化光システム、製造検査装置、高感度センサなどの開発				
人材育成	人材育成プログラムの整備			人材育成プログラムの推進	
システム改革	研究開発システムの調査・研究				
	知的財産制度の整備		開かれた共用施設を中心とする研究開発システムの構築		
			拠点運営に関わる	システム改革	
◎調整費充当計画					
基盤技術の開発（集積化技術）	LSIとマイクロシステムの融合技術の研究 (革新的プロセス技術の研究)			LSIとマイクロシステムの	融合技術の展開
応用展開（集積化技術応用）			LSI集積化	マイクロシステムの開発 (近未来ロボット応用、テラヘルツ応用、医療福祉応用など)	
拠点設備の整備		未来型マイクロシステムの基礎研究			
		基盤技術の開発		基盤技術の展開による共用施設の整備	
産学連携モデルの構築		産学連携モデルの調査・研究			産学連携モデルの検証
総計	750百万円	百万円			
うち調整費分	302百万円	百万円			

項目	24年度	25年度	26年度	27年度	28年度
◎機関全体としての拠点化構想					
基盤技術の開発		革新的マイクロ・ナノ加工の産業化技術の開発			
応用展開					マイクロ医療化ツール、集積化光システム、製造検査装置、高感度センサなどの開発
人材育成		人材育成プログラムの推進			
システム改革		開かれた共用施設を中心とする研究開発システムの構築			
		拠点運営に関わるシステム改革			
◎調整充当計画					
基盤技術の開発（集積化技術）		LSI とマイクロシステムの融合技術の展開			
応用展開（集積化技術応用）		LSI 集積化マイクロシステムの開発 (近未来ロボット応用、テラヘルツ応用、医療福祉応用など)			イノベーション実現のための実用化・産業化技術の開発
拠点設備の整備					産業化設備の整備
		基盤技術の展開による共用施設の整備			
産学連携モデルの構築		産学連携モデルの検証			多品種少量品事業化モデルの実践
総計	百万円	百万円			
うち調整費分	百万円	百万円			

10. 諮問委員会

委員	所属	備考
川合 知二	大阪大学 産業科学研究所 教授	
古川 勇二	東京農工大学大学院 技術経営研究科 教授	
岩井 洋	東京工業大学 フロンティア創造協同研究センター 教授	
井深 丹	タマティエルオー (株) 社長	
桑原 洋	日立マクセル (株) 会長	