

(5) 機器・システム開発領域

研究課題名	マイクロシステム融合研究開発
中心研究者名	江刺 正喜
研究支援担当機関名	東北大学

1. 研究課題の概要

本研究課題では、これまで困難であったヘテロ集積化（異種要素の集積化）を実現するとともに、その量産技術を開発することにより、高付加価値 MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 量産技術を世界に先駆けて確立する。また、超並列電子線描画装置のプロトタイプをヘテロ集積化により実現することにより、MEMS や LSI の生産技術を革新し、世界の優位に立つことを目指している。

具体的には、MEMS 技術と MEMS の実用化・量産化技術に関する5つのサブテーマを設けて研究開発を進めている。

[1] 超並列電子線描画装置

- ・100×100 配列のナノクリスタル Si 電子源の試作、超並列電子線描画装置プロトタイプの試作

[2] ヘテロ集積化初期試作

- ・ウェハへ異種要素を集積化する技術の開発

[3] 試作コインランドリ

- ・次世代微細加工プロセス技術の開発、試作コインランドリ利用者へ提供

[4] ヘテロ集積化量産試作

- ・8インチ以上の大口径ウェハによるヘテロ集積化デバイスの量産試作、プロセス・評価技術の開発

[5] 高効率 MEMS 融合製造技術

- ・異種デバイス・異種材料のヘテロ集積化低コスト製造プロセスの開発

2. 研究課題の進捗状況

(1) 全体の進捗状況

超並列電子線描画装置については、原理検証用の15×15配列のナノクリスタル Si 電子源による動作確認の後、100×100配列のナノクリスタル Si 電子源を駆動するための集積回路の検討と試作が進められている。

現在、駆動回路用集積回路に関する改善検討（駆動電流改善、収差補正検討）、ナノクリスタル電子源と駆動回路の集積化に関する課題などの検討が進められている。

ヘテロ集積化量産試作については、4インチウェハによりレーザダイオード、蛍光検出センサ、マイクロ流路を集積したマイクロ流体バイオチップの試作を行い、ミラ

一形成技術を確立するなど、MEMS デバイスそれぞれの製作に必要となる技術を確立した。

試作コインランドリについては、エピタキシャルポリシリコン成膜技術やプラズマ CVD プロセス技術等の微細加工技術を開発するほか、4 及び 6 インチウェハの試作ライン整備が計画的に進められており、本ランドリで、振動型熱量センサアレイ、放射線センサ等、各種の MEMS が製作されつつある。

ヘテロ集積化初期試作では、可変 SAW フィルタ、高周波 BAW 発振器、集積化可変パワーアンプ、高周波 MEMS スイッチなどの各種無線通信システム用集積化デバイスが試作されている。

昨年度のフォローアップにおいて、試作コインランドリの成果をヘテロ集積化等の研究へ反映させる道筋とサブテーマとして実施する意義・位置付けの明確化を指摘している。前者については、試作コインランドリを「ヘテロ集積化初期試作」のために必要となる圧電薄膜堆積技術やその装置開発等に活用するほか、「超並列電子線描画装置」のナノクリスタルシリコンを形成するためのエピタキシャルポリシリコン膜の堆積技術の開発にも役立てている。後者については、コインランドリで開発した技術的成果が「ヘテロ集積化の試作や量産」のための必要な技術として活用されており有用なサブテーマであるとしている。

(2) 課題及び留意点等

超並列電子線描画装置については、プロトタイプ製作までを目標としているが、多重電子源による縮小光学系が完成できれば世界的にも画期的な成果・技術であるといえるので、サブテーマにおいて電子源や駆動回路、収差補正などの技術的課題を解決して具体化に向けた研究成果を得られることを期待する。

本研究課題では、各サブテーマは世界水準のレベルに達していると考えるが、サブテーマがそれぞれ並行して研究が進んでおり、研究課題全体の最終出口像が必ずしも明示的ではない。そのため、研究課題全体とサブテーマの成果との位置付けが不明瞭なまま研究開発が進捗している状況にある。

このため、研究課題全体として世界トップ水準の成果が得られるよう最終的にどこを目指して行くのかを、サブテーマの目標も含めて一層明確化するための、中心研究者のさらなるリーダーシップの発揮が求められる。

3. 研究の推進・支援体制の状況

(1) 全体の推進・支援状況

本研究課題の推進体制は、大学における自由度のある環境での初期試作と、産業技術総合研究所を通じて産業化へ結び付けるための量産試作へとつながる研究開発体制が設けられている。全体としては、委託機関等として 11 機関（5 大学、1 独立行

政法人、1 公益法人、4 企業）が、本研究開発に参画して研究開発を進めている。

運営に関しては、プロジェクト全体の進捗状況の把握と推進のため、隔月開催の課題全体の運営委員会（最先端研究会）、サブテーマ単位の運営会議などを実施しているほか、研究推進等についての第三者の意見・助言を求めるための諮問委員会が設けられている。

研究支援体制については、担当機関である東北大学並びに産業技術総合研究所に支援組織（東北大学：専任2名、兼任2名、産総研：専任4名、兼任3名）を設置しており、東北大学及び産業技術総合研究所の産学連携推進本部等の既存組織がこれに協力して研究支援を行っている。

昨年度のフォローアップでの指摘事項である知的財産権及びパテントマップに関する取り組みの強化については、参画企業の協力も得て取り組んだ結果、特許出願件数が平成22年度の8件から平成23年度は19件に増加した。

（2） 課題又は留意点等

知的財産権に関する取り組みについては、付加価値を有する MEMS 部品等に関して参画している企業とも協力して積極的に取り組むことが求められる。

4. 総合判断

本研究課題で進めているヘテロ集積化技術に関しては、中心研究者の所属する東北大学では IMEC（ベルギー）、U. C. Berkeley（米国）、Fraunhofer 研究機構（ドイツ）とも国際的に連携し、世界最先端の研究開発を進めているところである。

本研究課題では、これまで困難であったヘテロ集積化（異種要素の集積化）を実現するとともに、その量産技術を開発することで高付加価値 MEMS 量産技術を世界に先駆けて確立することと、超並列電子線描画装置のプロトタイプをヘテロ集積化で実現することにより MEMS の生産技術を革新し、世界の優位に立つことを目標としており、これは世界トップ水準の目標であるといえる。

しかしながら、研究課題全体の最終出口像と各サブテーマとの位置付けが必ずしも明示的ではないことから、世界トップ水準の成果となるよう本研究課題で最終的にどこを目指して行くのか、中心研究者のリーダーシップによりサブテーマも含めて研究課題全体として一層明確化することが求められる。

以上を総合的に勘案して、本研究課題については以下の取扱いとする。

プロジェクトを継続とする。

研究課題名	Mega-ton Water System
中心研究者名	栗原 優
研究支援担当機関名	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

1. 研究課題の概要

本研究課題は、21世紀で求められる持続可能で、かつ大型の水処理基幹技術の構築を目指し、低環境負荷化、省エネルギー（創エネルギー）化への対応及び低コスト化に配慮した海水淡水化及び下水処理システムについて、要素技術とシステム技術の強化を図り、世界トップレベルの国際競争力（価格、性能、信頼性）を有する水処理システムの開発を目指すものである。

本研究課題では、高効率膜モジュールの開発及び大型施設の建設関連技術の開発をベースに、環境・エネルギー配慮型巨大淡水化技術の実用化システム（100万トン規模の大規模逆浸透膜海水淡水化プラント）と下水処理システム（10万トン規模）の開発を行う。また、海水淡水化メガプラントシステムの構築に要する設備コスト（10万m³/日規模で1,500米ドル/（m³/日規模））及び造水コスト（1米ドル/m³）について、メガトン規模のシステムにおいて半減させることを目標（図1）としている。

本研究課題は、以下の8つのサブテーマから構成されている（図2）

<要素技術>

[1-1] 高効率・大型分離膜エレメント・モジュール

- ・ 低圧海水淡水化スパイラル型 RO (Reverse Osmosis: 逆浸透) 膜の開発、大型エレメントの最適設計、中空糸型 RO 膜モジュールの開発

[1-2] 海水取水技術に関する調査研究

- ・ 深層海水の取水適地調査、大規模深層海水取水施設ガイドライン作成

[1-3] 濃度差エネルギー回収技術の開発

- ・ 従来型 CTA 系中空糸膜モジュール等抗圧浸透膜モジュールによる濃度差エネルギー回収システムの開発

[1-4] 国内初の高効率エネルギー回収技術開発

- ・ 海水と濃縮海水の直接接触によるエネルギー回収装置の開発

[1-5] 低コスト・高耐久性配管の開発

- ・ 配管コスト削減、腐食防止、樹脂製高耐久性配管の実用性評価

<システム技術>

[2-1] 100万m³/日規模大型プラント構成最適化に関する設計

- ・ システム構想・コスト評価、全体システム最適設計、RO モジュール大型化、モジュール工法開発、ファウリング予測技術構築

[2-2] 資源生産型革新的下水統合膜処理システムの開発

- ・コンパクト膜分離活性汚泥法次世代型システム開発

[2-3] 無薬注海水淡水化システムの設計

- ・原海水に対する無薬注海水淡水化システム構築のためのプロセス設計指針の確立

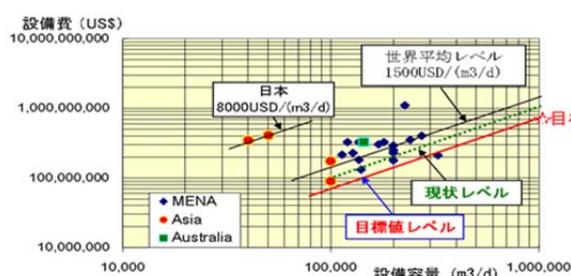


図 1. 設備コストの現状比較及び目標

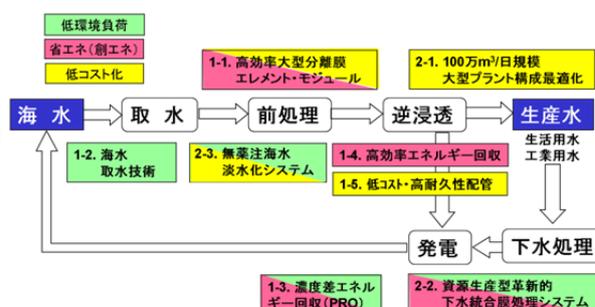


図 2. 海水淡水化システムにおけるサブテーマの位置づけ

2. 研究課題の進捗状況

(1) 全体の進捗状況

低環境負荷に関しては、微生物量や栄養源量とバイオフィウリング発生リスクとの相関データを世界で初めて取得し、バイオフィウリングリスクに応じた無薬注プロセスの設計ガイドライン指針が得られた。

省エネルギーに関しては、海水淡水化システムにおいて重要となる高効率・大型分離膜エレメント・モジュールについて、従来よりも低圧で動作可能な RO 膜を開発したことで 20%の省エネルギーが達成可能となった、また、濃縮海水からエネルギーを回収する濃度差エネルギー回収について、実用スケールによる試験において、開発された抗圧浸透膜モジュールにより世界最高の出力密度 $13\text{W}/\text{m}^2$ (7%濃縮海水時) が達成されている。さらに、高効率エネルギー回収については、高信頼容積型エネルギー回収装置で世界最高レベルに匹敵する変換効率 (95%以上) を確認した。

低コスト化に関しては、樹脂製高耐久性配管について金属配管比 30%のコスト削減の目処が得られたほか、大型プラントシステム構成最適化等によりメガトンシステム全体のコスト比較について、従来コストの 2/3 まで削減できる見通しが得られた。

昨年度のフォローアップで指摘したアウトプットの明確化については、研究全体のアウトプットを、①「100 万 m^3 /日規模海水淡水化システム (海外展開指向)」、②「10 万 m^3 /日規模下水処理システム (国内及び海外展開指向)」と明示して、研究課題の具体化・明確化とサブテーマ間の連携強化が図られている。

(2) 課題及び留意点等

本研究課題では、個々の要素技術の進展に比べ、システム技術については十分明確

になっていない。このため、メガトン規模のシステム全体の構築に必要な世界的に優れたシステム技術を明確にして研究開発を進めることが必要である。

濃度差エネルギー回収については、省エネルギーに一定程度の寄与も見込まれるが、メガトンシステムにおける要素技術の一つとして、水処理システム全体の中の位置づけ・重要性、回収効率や設備コストの観点からの検討が必要である。

10万m³/日規模下水処理システムについては、100万m³/日規模海水淡水化システムとの比較において、FIRSTとしての特徴ある研究成果を打ち出すため、水処理システム全体の中の位置づけ・重要性、設備コストの観点からの検討が必要である。

本研究課題において100万トン規模のシステムを構築・実現するためのコアとなる技術は何か、どのような技術的な進展が得られたのかを明確にするとともに、FIRSTの研究開発として国費を投入することで初めて実現できたことは何かを明確にする必要がある。

3. 研究の推進・支援体制の状況

(1) 全体の推進・支援状況

研究推進体制については、中心研究者の下、水処理分野において知見及び技術を有する8大学、19企業が委託研究機関として8つのサブテーマへ参画している。

プロジェクト全体の進捗状況の把握と推進のため、年4回の課題全体の運営会議、月1回のサブテーマ単位の運営会議とテーマ間連携WSなどが開催されているほか、研究推進についての意見や助言を受けするため、年1回程度の国際アドバイザリーボードが設けられている。なお、平成23年10月からは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）においてメガトン室が設置され、プロジェクトマネジャーが起用されるなど推進体制が強化されている。

研究支援体制については、NEDO及び東レ株式会社に支援組織が設置されており、両者が協力して研究支援を行っている。

知的財産権に関する取り組みについては、現在、中心研究者の考えをもとに、メガトンシステムの構成要素として必須となる特許に関する出願計画が策定され、出願件数は平成22年度の5件から平成24年6月末時点で35件へ増加した。

(2) 課題又は留意点等

知的財産権に関する取り組みについては、システムの大規模化による低コスト化や今後の展開を見越して、大規模化の際に必要な基本特許を獲得しておくことは必須であり、引き続き、研究支援部門等の積極的な取り組みが求められる。特に、システム技術に関する特許を確実に取得しておくことが重要である。

4. 総合判断

本研究課題で掲げている、海水淡水化メガプラントシステムを構築する際の設備コスト（10万 m³/日規模で1,500米ドル/（m³/日規模））及び造水コスト（1米ドル/ m³）をメガトン規模で半減させるという目標は、世界の水処理システムの現状から見て世界トップ水準の目標であり、この分野で出遅れている日本の現状を大幅に進展させることが期待される。

研究課題全体としては、メガトンシステム全体のコスト比較で従来コストを2/3まで削減できる見通しが得られており、目標が達成できれば、世界トップ水準の成果となると見込まれるが、各国とも設備コスト及び造水コストは年ごとに低下傾向にあるので、プロジェクト終了時におけるコスト優位性については注意深く見守ることが必要である。

本研究課題では、個々の要素技術の進展に比べ、システム全体としての技術の進展が明確ではないため、メガトンシステム全体の構築に必要な世界的に優れるシステム化技術について明確にすることが必要である。

濃度差エネルギー回収及び10万 m³/日規模下水処理システムについては、FIRSTの研究成果として水処理システム全体の中の位置づけ・重要性、設備コストなどの観点からの検討が必要である。

本研究課題において100万トン規模のシステムを構築・実現するためのコアとなる技術は何か、どんな技術的な進展が得られたのか、FIRSTの研究開発として国費を投入することで初めて実現できたことは何かを明確にした上で、残る研究期間の中で、FIRSTとしての特徴ある成果目標を明確にし、目標の達成に向けて研究開発を進める必要がある。

以上を総合的に勘案して、本研究課題については以下の取り扱いとする。

プロジェクトを継続とする。

ただし、メガトンシステムを実現するためのコア技術を明らかにして、FIRSTとしての特徴ある研究成果を打ち出すための成果目標を明確にし、目標の達成に向けて研究資源の重点投入を図る研究計画の見直しを求める。

研究課題名	健康長寿社会を支える最先端人支援技術研究プログラム
中心研究者名	山海 嘉之
研究支援担当機関名	筑波大学

1. 研究課題の概要

本研究課題は、健康長寿社会を支える最先端テクノロジーとして、脳神経科学、神経生理学、ロボット工学、IT 技術、再生医療等が融合したサイバニクス化技術を駆使することにより、ロボットスーツ等の最先端人支援技術を開発することを目指している。具体的な目標としては、以下のとおりである。

- 「1」 随意的制御、自律制御の融合であるサイバニック制御系の理論体系と実装技術の確立
- 「2」 ロボットスーツによる次世代リハビリテーションの挑戦と脳活動計測による機能回復過程の評価
- 「3」 国内外の医療関連機関にて 30 体（臨床用 14 体・福祉用 16 体）を実稼働、実証実験を実施

上記の目標に対して、以下の①生理系支援技術、②動作支援技術の 2 つを構成して研究推進されている。

- ① 脳神経系から身体系に至る生理系支援技術
 - ・ 生体電位信号の取得・処理／活用技術高度化
 - ・ 生理・運動系の分析・管理
 - ・ 次世代リハビリテーション支援
- ② 身体機能を拡張・増幅・補助する動作支援技術
 - ・ ロボットスーツ及び全身運動支援機器の研究
 - ・ サイバニック制御系の理論体系化と実装技術の確立
 - ・ 次世代リハビリテーション支援（運動療法）

2. 研究課題の進捗状況

（1）全体の進捗状況

サイバニック制御系の理論体系化と実装技術の確立に向けて、ロボットスーツによるフィジブルスタディが実施され、約 50 の症例データを蓄積するとともに病症ごとの適用範囲を拡充され、評価をしている段階である。

ロボットスーツによる次世代リハビリテーションについては、国内外の病院の協力を得て治験が開始されているほか、非侵襲的に非接触による生理的データを取得するセンシング技術の開発が行われている。また、ロボットスーツの適用部位毎の改良・

開発が行われており、医療関連機関において病態別対応による実稼働、実証試験が実施されている。これら実証実験を踏まえて、医療介護機器としての国際標準化にも着手している。

人への適用範囲、またそれに伴う改善・改良が進捗しており、また、国際標準化を視野に入れて複数の国際的医療機関との実証実験が着実に進められおり、概ね順調に研究が進捗している。

(2) 課題及び留意点等

本研究課題の所期の目標を達成するためには、サイバニック制御系の理論体系化を進め、同時に実装の完成度を高めることが必要である。しかし、現段階では最終的にどのように理論体系化がなされるかが不明確であり、目標に対する見通しが不透明であることが懸念される。サイバニック制御系の基本概念を明確にし、理論体系化の到達目標を明確にした上で、フィージビリティスタディで得られたデータをもとに、収集された症例と応用例がシステムの特性を表現し、理論化に十分であるかどうかの検証を進めつつ最終的な成果を目指していくことが求められる。

なお、生理指標の計測結果をリハビリテーションに結びつけていく技術や方法論については、挑戦的かつ探索的であるが、具体的な成果目標を設定し、個々の検討項目の位置付けを明確にした上で、成果を出していくことが求められる。

3. 研究の推進・支援体制の状況

(1) 全体の推進・支援状況

研究推進体制については、筑波大学を中心に、委託研究機関として1大学、協力研究機関として2大学が参画している。昨年度のフォローアップ結果を踏まえて、中心研究者、研究分担者、研究支援統括者らから構成される運営会議が設置され、研究方針や研究進捗等に係る運営を円滑に行うようにしている。また、その下に、専門部会と位置付けし、研究情報共有等の強化を図るとともに、効率的な運営をしている。

研究支援体制については、筑波大学内に支援組織（専任9名、兼任1名）が設置されており、学内の産学連携本部等が協力して研究支援が行われている。昨年度のフォローアップ結果を受けて、産学連携本部に最先端研究開発支援プログラム支援チームが新たに設置され、知財の確保及び利益相反問題の透明性の確保への対応を強化された。また、研究支援統括を専任化するとともに、各組織間の役割分担の更なる明確化を図り、頻繁に重層的な進捗管理を行う等、緊密な連絡調整と協力体制を確立し、十分な支援効果をあげられるよう強化された。

本研究課題ではサイバーダイン社から供給されるロボットスーツを用いて研究が推進されているが、中心研究者が同社のCEOを兼務しているため、産学連携本部と連携して利益相反に留意する必要がある。この対策として、最先端開発支援プログラム

支援チーム利益相反・安全保障輸出管理班が設置され、また、中心研究者との面談を2～3カ月に1回程度実施して逐次状況が把握されている。さらに、学内組織である利益相反委員会及び学外者委員で構成される利益相反アドバイザーボードが設置されて利益相反への審査が行われるとともに、適宜弁護士の助言を受けながら利益相反を防止する体制の下で研究が推進されている。

知的財産権の取組みについては、昨年度のフォローアップ結果を受けて、最先端開発支援プログラム支援チーム知的財産管理班が設置され、知的財産権の管理体制が整備された。

(2) 課題及び留意点等

本研究課題においては利益相反に触れる恐れのある問題があり、研究支援機関としての筑波大学の役割、責任は重大であり、審査体制が置かれ慎重に進められているところである。国民の誤解を招かぬように今後も十分に留意して、第三者を交えた公正な支援体制を引き続き強化していくことが求められる。

知的財産権については、本研究課題は海外の医療関連機関と連携して研究を推進しており、また様々な機能改善が行われているにもかかわらず、国内出願13件、国際出願1件にとどまっている。サイバーダイナ社との関係に留意しつつ、その研究成果を論文・特許等により示すことが望まれる。

4. 総合判断

本研究課題の目標である、随意的制御と自律制御とを融合させたサイバニック制御系の理論体系化と実装技術が確立され、サイバニック制御に基づくロボットスーツを用いて患者の病状に適応した合理的なリハビリテーション手法が医療機関実験で実証されれば、国内外の機関にとってベンチマークとなる先進性と実用性を示すものとなり、世界のトップ水準の成果となることが十分に見込まれる。

この目標に対して、全般的に世界のトップレベルを維持しながら、実用化に向けて順調に研究開発が進められており、研究成果が着実に臨床方面に適用されている。サイバニック制御系や、リハビリテーションと脳機能の関係に関する取り組み等は、脳-機械系における従来の脳科学とは異なる視点に基づく手法である。また、多くの実証実験が必要となるものの、人への適用、それに伴う改善改良が進捗している。また、複数の国際的医療機関と連携して実証実験が進められている。今後の普及を目指した国際標準化にも着手しており社会的に高い貢献が期待される。

しかしながら、本研究課題で新規に進展した技術的な成果が不明確なところがあり、プログラムにおける本研究課題の独創的な成果を示すことが必要である。特に、目標とされるサイバニック制御系の理論体系化は、未だ抽象的で具体的な到達点が見えにくいところである。サイバニック制御系の基本概念を明確にし、理論体系化の最終的

な成果目標を明確にした上で、探索的な適用手法ではなく、適用対象者の病名、症状を体系的に取り扱える制御手法及び理論として実証し体系化することが求められる。

以上を総合的に勘案して、本研究課題については、以下の取扱いとする。
プロジェクトを継続とする。

研究課題名	次世代質量分析システム開発と創薬・診断への貢献
中心研究者名	田中 耕一
研究支援担当機関名	独立行政法人科学技術振興機構

1. 研究課題の概要

本研究課題は、世界最高性能を有する次世代質量分析（MS）システムを開発し、これを実証するために、がんやアルツハイマー病の新たな診断方法等の確立に向けたバイオマーカーの発見やがん創薬のための標的分子候補発見を目指すとされている。

産学官連携・共同、異分野融合により実施・推進されており、プロジェクト全体の目標と研究テーマはそれぞれ以下のとおり構成されている。

（プロジェクト全体の目標）

「1」次世代 MS システムの開発によるプロテオーム解析技術の飛躍的向上

「2」MS を用いた医療・創薬への貢献

（サブテーマ）

[1]次世代質量分析システムの開発

[2]乳がん等の新規バイオマーカー同定と創薬ターゲット探索

[3]アルツハイマー病の早期診断方法の開発

平成 25 年度末までに、プロジェクト全体の最終目標として、タンパク質濃度などの生物学情報の選択性・検出感度の総合において従来性能比最大 1 万倍の世界最高性能を有する次世代 MS システムを開発する。その際、次世代 MS システムの高性能化・高機能化に係る有用性を実証するためのツールとして、従来では計測不能だった生物学情報を新たに取得し、診断、創薬などへの応用研究課題の解決あるいは解決への道を拓くことを全体の計画としている。

なお、本研究課題については、研究課題の共同提案者の一人による不測の事態を受け、今後の取扱いについて、中間評価とは別に先行して検討を行い、「次世代質量分析システム開発と創薬・診断への貢献（田中プロジェクト）の今後の取扱いに係る調査検討結果について」（平成 24 年 10 月 25 日 最先端研究開発支援推進会議）（以下、「調査検討結果」という。）をとりまとめたところである。

2. 研究進捗状況について

(1) 全体の進捗状況

高選択性・高検出感度を有する世界最高性能の次世代 MS システムの開発とともに、がんやアルツハイマー病に係るバイオマーカーの絞込み・確立を目指す基礎研究から実用化開発のフェーズで研究開発が進められている。次世代 MS システムの開発については、それを構成する前処理、イオン化、ハードウェア及びソフトウェアの各プロセスにおいて、着実に研究開発・技術開発が進められてきている。

特に、その高選択性、高検出感度化に関して、世界をリードする大変目覚ましい研究成果を創出し、着実に研究が進展している。

また、当初は、検出感度が足りず、見出せていなかったが、新たに発見された前立腺がんのバイオマーカー候補物質は、候補という段階ではあるが、世界的に見て先進的な研究成果であり、次世代 MS の医学応用という側面からも有意な成果を創出している。

とりわけ、特筆すべき主な成果は以下のとおり。

- ① 抗原であるタンパク質やペプチド等（糖鎖、リン酸ペプチド、糖ペプチド、疎水性ペプチド等）を効率的に捕捉し、結合する能力を飛躍的に向上（100 倍以上）させる画期的な可変抗体を作製する方法を確立し、世界で初めて確認
- ② タンパク質を分解した特定の有機分子化合物に対する選択性・検出感度（前処理及びイオン化過程）について、所期に設定された目標を凌駕し、従来性能比で世界最高の 1 万倍の目標を達成
- ③ 次世代 MS を開発・試作し、質量分析に係る高速解析と詳細解析等の高機能化を世界に先駆け実現
- ④ 前立腺がんと前立腺肥大の区別が可能な新規バイオマーカー候補物質を世界で初めて非侵襲の尿中から発見

また、高検出感度の実現が可能である開発された可変抗体技術を用いれば、乳がん関連タンパク質（血中 HER2 糖鎖）やアルツハイマー病関連物質からも、バイオマーカーの絞込み・確立を見込める一定の目途が立つ段階まで研究が進展している。

(2) 調査検討結果を踏まえた研究構成

調査検討結果を踏まえ、サブテーマ 1 を中心にプロジェクトを構成する 3 つのサブテーマが再整理されている。

その際、次世代 MS システムの開発に係る有用性の実証に必要な不可欠な研究課題に重点化される。

具体的に選択と集中を図るとされる研究は以下のとおり。

- 創薬に係る研究開発は中止
- 食道がんのバイオマーカー絞込み・確立に係る研究を中止
- 研究実施期間内で実現の可能性が高いと見通せる検出感度においても、困難と見込まれる一部のバイオマーカーの絞込み・確立に係る研究は中止

するとともに、以下の研究課題について、集約・強化を図ることとされている。

○開発される次世代 MS システムにより、主に乳がんや前立腺がん、アルツハイマー病の早期診断に有用と見込まれる特定のバイオマーカー候補物質に限定し、バイオマーカーの絞込み・確立を目指し、それに係る研究に集約

その際、次世代 MS システムの有用性実証のため、新たに独立行政法人国立長寿医療研究センター（以下、「長寿研」という。）やながはまコホート事業（以下、「コホート」という。）との連携体制を構築し、研究を加速化。高品質かつ多数の病検体（長寿研：100 体程度/年（予定）（アルツハイマー病））及び健常者の未病検体（コホート：100 体程度/年（予定）（乳がん）、100 体程度/年（予定）（前立腺がん）、50 体程度/年（予定）（アルツハイマー病））を活用する。

また、創薬に係る研究は中止されることから、プロジェクト全体の目標は、「1」次世代 MS システムの開発によるプロテオーム解析技術の飛躍的向上、「2」MS を用いた医療への貢献とされている。

（3）課題及び留意点等

次世代 MS システムの高度化、島津製作所（以下、「島津」という。）が開発した可変抗体を用いた高選択性・高検出感度化に関し、引き続き、顕著な研究成果の創造が大いに期待される。

特に、可変抗体の構造をさらに改良し、捕捉・結合方法を工夫することが可能になれば、特定の微量ターゲット分子を高純度で選択するフィッシング機能の更なる向上が見込まれ、今後、多種多様な生体物質が混在する中から、がん、アルツハイマー病の指標となる極微量のバイオマーカーを検出する革新的技術の創出が期待される。また、これまでに、前立腺がんのバイオマーカー候補物質の発見などの有為な研究成果が見られ、次世代 MS システムの構築によりバイオマーカーの絞込み・確定が期待される。

次世代 MS システムとしての性能向上は図られつつあり、長寿研やコホートが有する実検体（病検体及び健常者の未病検体）の利用計画など今後の研究計画を勘案すれば、有用な成果が得られる蓋然性が高いと一定の評価ができる。

検出されたバイオマーカー候補が、対象とされる疾患のバイオマーカーとして臨床的に承認されるには、将来的には、別途、疫学的な検証と整合した結果を得ることが必須である。そのためには、まずは、残余の研究実施期間内に所要の実検体の数と質の確保が重要である。このことが、バイオマーカー候補物質からバイオマーカーの絞込み・確立を行って顕著な研究成果を上げ得るかを左右することに十分な留意が必要である。

発見されたバイオマーカー候補物質が、研究実施期間内に、各疾患の指標と見なせるバイオマーカーとなり得る可能性をどのように判断するのか明確でなく、今後の承認審査も視野に入れ、例えば、統計学的に有意性の有無を判断する水準や実検体の規模（数）を示すことが望まれる。

MS システムを構成する各要素技術（前処理、イオン化、ハードウェア及びソフトウェア）を構築・確立し、その統合された次世代 MS システム全体の有用性の実証に留まらず、医療の場に研究成果が展開されるように、診断等の用につながる次世代 MS システム（装置）に求められる性能評価・実証や最適化を図る応用開発を前進させ、その加速化が望まれる。

3. 研究の推進・支援体制の状況について

（1）全体の推進・支援状況

研究推進体制としては、生体高分子の先進的、画期的な質量分析技術に関して、高い優位性を有する民間企業とがんやアルツハイマー病やゲノム創薬に係る研究開発で高い実績とノウハウを創出・蓄積する国内の大学が中心となり、その他、当該領域における研究開発で優位性を有する企業、大学等公的研究機関の参加のもと、これまで 90 名程度の研究人材が結集している。

この体制のもと、研究計画の検討や進むべき方向性の議論、予算案の調整や予算執行状況の確認等プロジェクトの運営に係る重要な情報の伝達・共有や意思決定を行う「研究推進委員会」（研究機関の主要メンバーで構成）、研究テーマを構成する研究グループの研究成果を発表し、今後の方向性を議論することで、研究開発の現状を把握すると共に研究開発全体の進捗を管理するための「研究推進会議」（全ての研究メンバーが参加可能）が設置されている。

研究支援体制としては、これまで、研究支援担当機関である独立行政法人科学技術振興機構（以下、「JST」という。）、中心研究者の所属する島津田中最先端研究所（以下、「研究所」という。）内及び京都大学（以下、「京大」という。）薬学研究科内にそれぞれ設けられ支援組織（JST 支援チーム：専任 1 名、兼任 2 名、島津：専任 5 名、兼任 1 名、京大：4 名）体制が構築されており、これに加え、島津研究所には、JST から専任の現地支援員 1 名が派遣されている。

（2）調査検討結果を踏まえた研究推進・支援体制

調査検討結果を踏まえ、プロジェクトの補助事業者は、島津と JST（研究支援担当機関）とし、そのもとに各研究機関が参画し、研究を推進・支援する体制に見直しを図っていると評価できる。また、共同提案者については、調査検討結果を踏まえた対応を講じることとされている。

再構築される研究実施・推進体制においては、島津研究所が研究開発の中核拠点となっており、85 名程度の研究者により研究開発を推進する予定とされている。

特に、高品質かつ多数の実検体を用いた次世代 MS システムの開発に係る有用性の評価・実証を行うため、新たに長寿研やコホートとの連携体制を構築することとされている。

また、研究支援体制の見直し後は、JST 及び島津の支援組織が主に研究支援にあたり、引き続き、島津研究所には、JST から専任の現地支援員が派遣される。また、新

たに京大医学研究科内に支援機能を移設し設けられる田中プロジェクトに特化した支援グループ（専任1、兼任2名（予定））も緊密に連携・サポートし、支援にあたるととともに、これに加え、京大本部や医学研究科事務局も強力にサポートし、重層的な支援体制を構築する予定であるとされている。

（3）課題及び留意点等

プロジェクトを主導する中核たる補助事業者は、島津であり、次世代 MS システムの開発に係る有用性の実証に必要不可欠な研究開発に、大学や研究機関等が参画・協力する研究推進・実施、研究支援体制であることを十分に踏まえ、島津を中心とした体制下で、研究成果の知財化、その活用を含め、実効性の伴ったプロジェクト管理・推進が求められる。

集約・強化された研究課題を確実に進め、最終的な研究目標を達成するためには、再構築されるプロジェクト全体の研究実施・推進体制が、十分に機能を果たすよう中心研究者の強力な研究マネジメントが期待される。

アルツハイマー病の早期診断方法の開発については、これまでの研究進展状況や残余の研究実施期間に鑑みて、研究結果が確実に結実するように実効性の伴った研究実施・推進体制が求められる。

補助事業者である島津から外部の研究ポテンシャルを有する研究機関と研究を実施する場合には、補助事業者である島津が認める経費の執行管理体制がその研究実施先において整備されることが前提であり、この点を十分に留意することが求められる。

昨年度のフォローアップ結果において指摘のあった研究成果の学会発表や知的財産の出願等に対しては、見直し策を講じ、総じて改善が図られており、引き続き、研究実績を着実に積み重ね、研究成果に応じて共著発表が活発に行われ、社会還元に向けた積極的な取り組みが期待される。特に、アルツハイマー病の早期診断方法の開発については、その研究の加速化と研究成果の創出、学術論文の投稿や特許の出願などの確保に向けた積極的な取り組みが求められる。

しかしながら、次世代 MS システムの開発により得られる研究成果の重要性に鑑みると、特に、海外への特許出願を戦略的かつ迅速に実施すべきである。どの範囲の成果を特許化するのか、慎重かつ多面的な検討が望まれる。

若手研究者の育成については、研究の見直しによる影響をプラスに転じるような努力、今後のキャリアアップにつながる具体案の策定実施が期待される。

また、達成される次世代 MS システムの高性能化、高機能化が、どのようなインパクトを社会にもたらすのか分かりやすく示すことが望まれる。また、次世代 MS システムの開発に関する研究内容は中心研究者の活動に依存するだけでなく、プロジェクト全体としてもっと一般向けの企画を展開することが求められる。

4. 中間評価の総合判断

プロジェクト終了時に、世界の最先端をリードする目標達成として、トップ水準の顕著な研究成果が得られ、国際的優位性を有する可能性が高いと見通される。本プロジェクトから期待される成果は、今後、国内外の診断医療、予防医療等の社会的効果が大であり、また我が国の医療機器の世界戦略の視点からも大変に重要である。

見直された研究計画に沿って、着実に研究を推進することが重要であり、今後、次世代 MS 装置を用いた各種の医療分野への応用が期待される。

テーマを再整理したことによる研究の深化が期待できるが、これを確実に実現するには、次世代 MS システムの開発に係る有用性の実証に必要不可欠な研究開発に集約を図り、中心研究者及び補助事業者である島津を中核とした研究推進・実施体制のもとで、研究を主導し、その実効性を確保し、研究を進展させることが求められる。その際、中心研究者によるより一層強力な研究マネジメントとリーダーシップの発揮が期待される。

一方、次世代 MS システムに係る有用性の実証に関し、現在、乳がんや前立腺がん、アルツハイマー病のそれぞれに対して、オーダーメイドで作るための試行錯誤を行っている最中であり、今後、残余の研究実施期間内に、システムを最適化しなければならないことを勘案すると、対象疾患をさらに絞り込むことも望まれる。

また、バイオマーカー候補がバイオマーカーとして認定された場合には、その微量検出効果が患者にとってどのような意義があるのか、わかり易い情報発信が必要である。

以上を総合的に勘案し、本研究課題については、調査検討結果を踏まえ、見直された研究テーマ構成と最終的に研究目標を達成するために再構築される研究実施・推進体制のもとで、以下の取扱いとする。

プロジェクトを実施とする。

研究課題名	原子分解能・ホログラフィー電子顕微鏡の開発とその応用
中心研究者名	外村 彰（代行：長我部 信行）
研究支援担当機関名	独立行政法人科学技術振興機構

1. 研究課題の概要

本研究課題では、電子線ホログラフィー技術を用い、原子レベルでのゲージ場（ベクトル・ポテンシャル）を可視化する世界初の観察装置の開発を目指している。

数Åの原子の姿を捉える世界最高の空間分解能を持つ電子顕微鏡と微細な3次元電磁場分布を電子の位相情報により可視化する電子線ホログラフィーの特徴を兼ね備えた装置で、研究課題は①電子顕微鏡本体開発及び要素開発、②予備実験・応用実験の2つから構成されている。具体的な研究目標としては、以下の通りである。

- 「1」世界最高点分解能（0.04nm）及び世界最高輝度（ $5 \times 10^{10} \text{A/cm}^2 \cdot \text{sr}$ ）の達成
- 「2」位相検出精度 1/1,000 を達成し、位相を用いた原子像観察を実現
- 「3」3次元像構築が可能なホログラフィー機能により3次元原子配列の観察、微細な3次元電磁場分布観察を実現

なお、昨年度のフォローアップ結果及び中心研究者の逝去に伴う「今後の取扱いに係る聴取」での指摘を踏まえ、②予備実験・応用実験について見直しがなされ、「予備実験」では「解析手法の高度化」とし、3次元再構成及び高精度位相計測を実現することとし、「応用実験」では「将来の装置活用に向けた応用実験」として、本研究課題にて開発される観察装置による新規の成果を創出することが研究課題として確認された。

2. 研究課題の進捗状況

（1）全体の進捗状況

原子分解能・ホログラフィー電子顕微鏡装置（図1）の開発に向け、東日本大震災の影響や中心研究者の逝去という不測の事態を克服し、現在では遅れを取り戻し、開発が進められている。全体としては本体開発、装置活用ともに研究計画に沿った成果が得られており、概ね当初の研究計画通り進展している。

本体開発及び要素開発において、「今後の取扱いに係る聴取」において懸念された高圧電源ノイズ発生、高圧ケーブルでの放電、試料ステージの振動等の課題については、具体的な数値で示された装置仕様に基づき実機性能を把握した上で、論理的に原因が特定されており着実な対策が取られている。また、同様に懸念された収差補正器についても計画通りに設計が進捗しており、本体開発では主な開発項目の製作を終えて装

置組立てがなされている。

解析手法の高度化については、既存の装置やシミュレーションにより検討が進められ、3次元構築可能なホログラフィー機能や1/1,000波長精度の位相検出の見通しが得られるなど研究は順調に進捗している。また、電子線ホログラフィー技術の試料エッジ近傍の領域しか観察できない制約を解消する新たな干渉技術が開発されており、装置活用に向けた検討も含めて基礎検討が進められている。

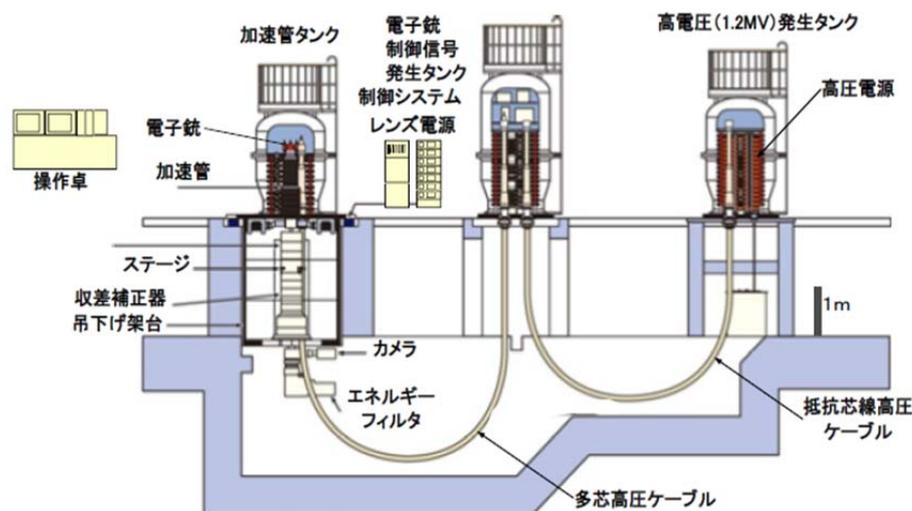


図1. 原子分解能・ホログラフィー電子顕微鏡装置（イメージ）

(2) 課題及び留意点等

本研究課題において、開発される観察装置そのものの性能達成はいうまでもなく、観察装置を用いてこれまでに得られなかった成果を創出することが、所期の目標の達成の上で非常に重要である。すなわち、これまでに既存の観察装置によりスキルミオンの観察や磁気ヘッドの解析で一定の成果は得られているが、本研究課題で開発される原子分解能・ホログラフィー電子顕微鏡によって初めて得られる独自の成果を示すことが必要である。開発中の超高圧電子顕微鏡の特徴を活かして確実に成果が見込まれる研究対象を選択する等、研究の方向性や対象を明確にした上で、「開発した電子顕微鏡により固体物性に現れる量子現象を観察することで物理の根本を解明する」という外村博士の構想を、可能な限りプロジェクト期間内に前倒しして実施していくことが一層期待される。

なお、装置開発については、今後に予定される球面収差補正装置の装着と最終的な動作確認に加え、本研究課題は装置開発の側面もあることから、その成果は特許出願に反映させていくことが望まれる。

3. 研究の推進・支援体制の状況

(1) 全体の推進・支援状況

研究推進体制については、中心研究者の逝去にともない、中心研究者の下で開発全体を統括してきた長我部信行博士が中心研究者代行を担うことになり、新体制で中心研究者の研究構想・研究計画に沿って、日立製作所（日立）と共同研究機関である理化学研究所（理研）により研究開発が推進されている。

日立においては、中心研究者代行をサポートする体制として、日立中央研究所企画室内にFIRST 企画チームが発足され、課題発生時には、日立グループの総力を挙げて対応する体制となっている。理研においては、中心研究者の下で研究を牽引してきた研究者を責任者として、電子顕微鏡応用に関して新たに研究者を招聘し体制の強化が図られている。

研究課題全体の進捗状況の把握と推進のために、毎月一度、研究支援機関も加えた会議が行われ、研究および運営上の課題を共有し、中心研究者代行による方針に関する指示を受けている。また、装置開発を担当している日立の研究グループと応用技術開発を主に担当している理研の研究グループとの間で、適宜打ち合わせを実施しており、開発の方向性を合わせている。本研究課題は、日立と理研が分担して推進しているが、実施場所を日立中央研究所基礎研究サイトに集約することで、迅速な状況把握・共有、打合せ等の効率化を図り、両者の連携・協働は円滑に進んでいる。

研究支援体制については、科学技術振興機構（JST）、日立、理研にそれぞれ支援組織（JST：専任3名、兼任3名、日立：専任1名、理研：専任2名）が設置されており、JST、日立、理研の知的財産権本部等の既存組織が協力して研究支援が行われている。

知的財産権の取組みについては、研究実施場所に支援コーディネーターを配置し、特許出願を促す仕組みを構築しており、ブレインストーミングと特許調査を行い、特許マップと特許出願の予定表を策定している。

なお、開発中の電子顕微鏡装置については、日立と理研との協力関係を継続しつつ、国内外の研究者・研究機関との共同研究等により共同利用できる環境を構築していくことを構想している。

(2) 課題及び留意点等

研究推進体制については、中心研究者の逝去に伴う推進体制の見直しがなされ、運営面でも日立と理研で意思の疎通が図られるように報告が共有され、強化が図られている。今後、強化された推進体制のもので、本研究課題で開発される観察装置による新規の成果の創出に向けて研究を推進していくことが求められる。

研究支援体制については、日立側と理研側の双方で、中心研究者代行体制への変更に伴い補強する支援体制が組み立てられており、有効に機能すると期待される。

知的財産権の取組みについては、超高圧電子顕微鏡は日立を含む日本の2社の独占

状態にあることから、特許相当の内容やノウハウをブラックボックス化することは一定の理解はできるものの、研究開発の状況および内容を勘案すると、特許出願数が2件というのは少ないと指摘せざるを得ない。今後の汎用的な技術等の特許化も含め、海外を視野に入れた特許戦略を策定し、十分に展開することが望まれる。

なお、本研究課題で開発される予定の世界初の装置については、その有効活用が成果の社会還元の上で重要となるところであり、有効に使える仕組みを十分に検討することが期待される。

4. 総合判断

本研究課題では、電子線ホログラフィー技術を用いた原子レベルでのゲージ場を可視化する世界初の電子顕微鏡装置を実現し、微細な3次元の電磁場分布等を計測することを目指している。世界最高性能の点分解能及び輝度をもつ電子顕微鏡装置を実現し、本顕微鏡により初めて得られる観察成果等が得られれば、世界をリードし、トップ水準の成果となることが十分に見込まれる。

この目標に対して、数Åの原子の姿を捉える世界最高の空間分解能を持つ電子顕微鏡の開発と、電子線ホログラフィー技術による微細な3次元電磁場分布の電子の位相情報に基づいた可視化という世界最高水準の研究成果を目指した取り組みが、東日本大震災や中心研究者の逝去という困難を乗り越えて、概ね計画通り進んでいる。残る技術課題はあるものの、それを克服すべく対策がとられ、遅れを取り戻して進捗しており、所期の目標は達成できる見通しは高い。

しかしながら、研究課題全体の成果としては、本研究課題にて開発される原子分解能・ホログラフィー電子顕微鏡装置により世界で初めて得られるインパクトの高い独自の成果が肝要であり、その成果を示すことで性能向上の意義を実証することが求められる。また、そのために、必要に応じて電子顕微鏡の機能強化・調整を図るとともに、研究成果を特許出願等に反映させていくことが期待される。また、開発される電子顕微鏡装置については物理学の発展に貢献することに加えて、産業応用への道が拓かれるように情報公開を進めて有効活用されるような環境づくりが期待される。

以上を総合的に勘案して、本研究課題については、以下の取扱いとする。
プロジェクトを継続とする。

研究課題名	日本発の「ほどよし信頼性工学」を導入した超小型衛星による新しい宇宙開発・利用パラダイムの構築
中心研究者名	中須賀 真一
研究支援担当機関名	東京大学

1. 研究課題の概要

本研究課題では、中心研究者が提唱する「ほどよし信頼性工学」の汎用的な理論体系の構築を学術研究の目的とし、その体系に基づき、低コスト・短期開発・最適性能を実現する世界一の超小型衛星（50kg 以下）技術を確立し、新しい宇宙開発・利用のパラダイムを世界に先駆けて拓くことを目指している。具体的な研究目標としては、以下のとおりである。

- 「1」超小型衛星に適した「ほどよし信頼性工学」や開発プロセスの構築
- 「2」その開発を支える国内のサプライチェーンネットワークの構築と人材育成
- 「3」サイズ比の性能が世界レベルの要素機器・先進的地上局の研究開発
- 「4」それらの超小型衛星により、従来にない新しい宇宙利用コミュニティおよび利
用法を開拓し、衛星開発・利用産業につなげること

目標達成に向けて、本研究課題は8つのサブテーマを設けて研究を進めている。

- [1]超小型衛星用信頼性工学の構築と実衛星開発を通じた先進的衛星開発・試験・運用利用手法に関する研究
- [2]産業化を目的とする超小型衛星技術の実用化とものづくりインフラの構築
- [3]先進的超小型衛星設計論と要素技術に関する研究
- [4]革新的光学系および地上情報処理技術に関する研究
- [5]超小型衛星用の先進的・非可動型地上局に関する研究
- [6]地上試験手法に関する研究
- [7]実践的宇宙教育・人材育成に関する研究
- [8]科学への応用法とミッション系先進インターフェースに関する研究

2. 研究課題の進捗状況

(1) 全体の進捗状況

衛星機器開発については、光学カメラを持った地球観測衛星のサイズ（重量）と地上分解能の関係のベンチマーク（図1）等により示される目標達成に向けて、課題を分類し進捗を確認しながら系統的に進められ、衛星の小型化、低コスト化、サイズ比の性能の研究開発、地上局の整備、開発を支える国内のサプライチェーンネットワークの構築等の成果が「ほどよし1号～4号」という人工衛星として具体化されつつあ

り、概ね順調に進捗している。

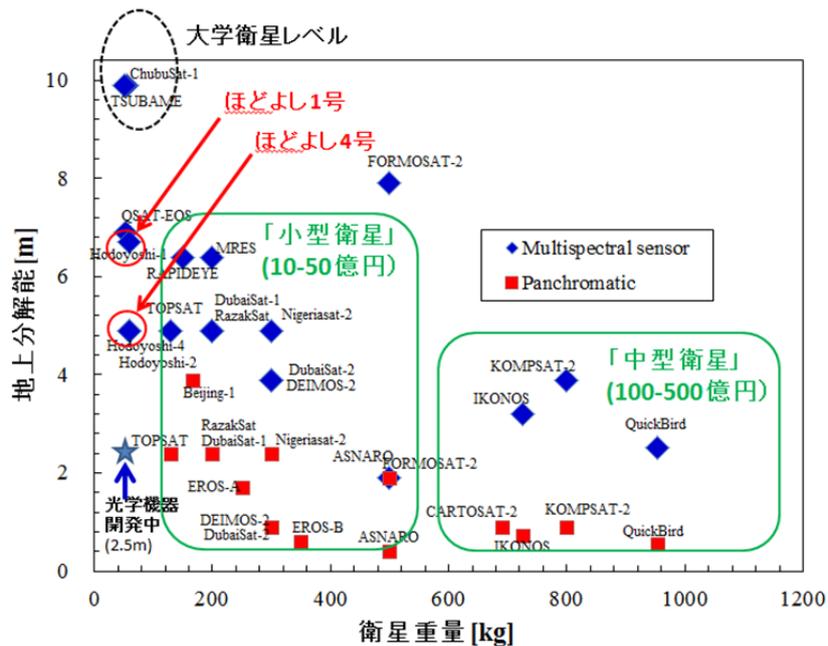


図 1. 地球観測衛星のサイズ（重量）と地上分解能の関係

ほどよし1号機（図2）は、光学系の迅速な実証とリモートセンシング分野を中心とした利用開拓の実証実験を実施することを目指した衛星で、光学系開発に遅れがあったものの6.7m分解能の光学系の開発が完了し、平成24年度には打ち上げが予定されている。ほどよし2号機（図3）は、海外の宇宙科学研究機関からのニーズの掘り起こしを目指した衛星で、理学機器インターフェースとして国際標準化が期待されている技術を世界で初めて適用する予定で、平成25年度の完成および打上げの目処で予定されている。ほどよし3号機（図4）、4号機については、本プロジェクトの全ての成果を統合して研究成果を実証する衛星で、研究開発体制上の課題を解決しつつ、5m分解能の光学カメラの開発も含めて衛星開発が予定通り進捗しており、平成25年度中の完成・打ち上げを目指している。



図 2. ほどよし1号



図 3. ほどよし2号



図 4. ほどよし3号

一方の「ほどよし信頼性工学」に基づく設計手法の構築については衛星開発と並行

して「ほどよし信頼性工学」を構築している段階であり、当初の予定より遅れている。

(2) 課題及び留意点等

衛星の小型化、低コスト化に向けて、様々な工夫、努力のもとに成果を上げて来ており、開発中の機器や要素技術に関して仕様の面において、従来の衛星との優位性はある。しかし、低コスト化が大きな目標となっているが、衛星開発と「ほどよし信頼性工学」が同時進行で試行錯誤的に研究開発しているところがあり、「ほどよし信頼性工学」が衛星開発において、どこに、どのように具現化されるかが不明確であることが懸念される。

本研究課題においては「ほどよし信頼性工学」の確立が、研究課題の目標達成の大きな位置を占めて期待されるものの、依然として曖昧なところがあり、体系化の全体像が不明確である。「ほどよし信頼性工学」の概念に基づいた設計と開発プロセスを実現し、従来手法との差を明確に示して機器の開発につなげる必要がある。また、研究開発成果としての汎用性を考えると、今後、衛星の実現とともに、「ほどよし信頼性工学」の理論的な体系化を進めることが必要である。「ほどよし信頼性工学」の概念を明確にしたうえで、完成度の基準を示し、運用上のルール化及び判断基準を明確に設けることが求められる。

3. 研究の推進・支援体制の状況

(1) 全体の推進・支援状況

研究推進体制については、8つのサブテーマからなり、中心研究者が所属する東京大学を中心に、共同研究機関として11大学等、委託研究機関として4企業等、協力研究機関として2大学機関が参画している。

中心研究者は、各サブテーマリーダーとネットワークを介した会議等を定期的を実施し、プロジェクトの進捗状況の把握を図るとともに、課題全体の運営会議として年2回実施される全体報告調整会及び研究成果報告会、また月1～2回程度開催されるサブテーマ単位の運営会議等により、研究進捗の見える化を図っている。

研究支援体制については、研究支援担当機関である東京大学内に支援組織（専任5名、兼任8名）が設置され、東京大学等11機関において産学連携本部等の既存組織等がこれに協力して、研究支援が行なわれている。中心研究者と研究支援機関との間で年4回程度の会合を実施し、中心研究者からの支援に対する要望を聴取し、環境整備を行っている。

知的財産権の取組みについては、知財専門の外部コンサルタントを活用し、東京大学等を中心に、特許動向調査、特許マップの作成を行いつつ、フォローアップでの指摘を踏まえて、特許化による効果が高いものは特許出願するように是正された。

(2) 課題及び留意点等

研究推進体制については、共同研究機関相互に協力体制が採られており、概ね順調に推移しているが、今後の展開を考えれば、宇宙航空研究開発機構（JAXA）とのさらなる協力体制が構築されることが期待される。

研究支援体制については、「産業化」に向けて海外顧客の関心を引き寄せることが肝要であることから、更なる情報発信のサポートが期待される。

なお、本分野は国際競争力の確保が肝要であり、特許化するものとノウハウ化するものとのバランスを考慮した知財戦略の立案・推進及び、特許化するものについては、国際出願を中心とした特許出願が求められる。また、大学を中心に研究が行われ、多くの研究発表が行われているにもかかわらず論文数が少ないことが懸念されることから、積極的な学術論文化による研究成果の担保が求められる。

4. 総合判断

本研究課題は、中心研究者が提唱する「ほどよし信頼性工学」の汎用的な理論体系に基づき、超小型衛星（50kg クラス）を低コストで短期間に開発・運用できる技術を確立することを目指すもので、世界における衛星の開発動向と合わせ考えれば妥当な目標であり、主たる仕様として設定されている光学系を中心とした画像分解能（5m）等の性能面で世界の需要に合致したものが開発されれば、その効果は十分に期待できる。「ほどよし信頼性工学」について明示的に体系化され、提案されている仕様が実現できれば、個々のミッションの性能も併せて、世界をリードし、トップ水準の成果になることが十分に見込まれる。

この目標に対して、衛星開発の観点でみると計画に沿って進捗しており、所期の目標に掲げた超小型衛星を低コストで短期間の開発運用できる土台が蓄積されつつある。衛星の設計手法の構築の観点でみると、計画の遅れがみられるものの、衛星の打ち上げと、ミッションの実証により、「ほどよし信頼性工学」の実証がなされ、「ほどよし信頼性工学」が日本の衛星開発と衛星ビジネスに大きな影響をもたらすものと期待される。

しかしながら、現状では研究課題の中心である「ほどよし信頼性工学」の概念が明確とは言い難く、また、衛星の開発が「ほどよし信頼性工学」の適用の成果として行われているというよりも、両者が同時並行に行われている状況であることから、早急に「ほどよし信頼性工学」の概念を明確にしたうえで、汎用的な理論体系として確立し、その有効性を論文及び特許で提示していくことが必要である。

以上を総合的に勘案して、本研究課題については、以下の取扱いとする。
プロジェクトを継続とする。