

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

**平成 23 年度～平成 27 年度「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」  
研究成果報告書概要**

1 学校法人名 芝浦工業大学                      2 大学名 芝浦工業大学

3 研究組織名 芝浦工業大学 SIT 総合研究所フレキシブル実装工学研究センター

4 プロジェクト所在地 先端工学研究機構棟 埼玉県さいたま市見沼区深作307

5 研究プロジェクト名 集束陽子線描画による三次元柔構造デバイスの創出、統合および  
超実装工学の推進

6 研究観点 研究拠点を形成する研究

7 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
西川宏之	工学部電気工学科	教授

8 プロジェクト参加研究者数 16 名

9 該当審査区分 理工・情報                      生物・医歯                      人文・社会

10 研究プロジェクトに参加する主な研究者

研究者名	所属・職名	プロジェクトでの研究課題	プロジェクトでの役割
西川 宏之	電気工学科・教授	PBW 専用装置開発、超実装工学支援プロセスの開発	プロジェクトの総括、テーマ1 (PBW によるものづくり基盤技術の開発)、2 (超実装工学の先導的研究) 担当
長谷川 忠大	電気工学科・教授	PBW 専用装置開発、ヘルスケアデバイス応用	テーマ1 (PBW によるものづくり基盤技術の開発)、テーマ2 (三次元柔構造作製プロセスとデバイス試作)
小池 義和	電子工学科・教授	生体適合型圧電体材料と応用	テーマ2 (機能発現する PBW 用材料探索) 担当
松村 一成	材料工学科・教授	バイオセンサ応用	テーマ2 (機能発現する PBW 用材料探索) 担当
大石 知司	応用化学科・教授	デバイス用新規材料探索	テーマ2 (機能発現する PBW 用材料探索) 担当
吉見 靖男	応用化学科・教授	三次元神経細胞培養への応用	テーマ2 (機能発現する PBW 用材料探索) 担当
山口 正樹	電子工学科・准教授	強誘電体 MEMS デバイス応用	テーマ2 (三次元柔構造作製プロセスとデバイス試作) 担当
堀口 常雄	通信工学科・教授	光ファイバ・デバイス応用	テーマ2 (超実装工学の先導的研究) 担当
(共同研究機関等) 神谷 富裕	原子力機構・研究主幹	イオンビーム技術開発	テーマ1 (PBW によるものづくり基盤技術の開発) 担当

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

石井 保行	原子力機構・ 研究副主幹	イオンビーム技術開発	テーマ1 (PBW によるものづくり基盤技術の開発) 担当
前川 康成	原子力機構・ 研究主幹	放射線化学によるナノ空間反応	テーマ1 (陽子線によるナノ空間反応性の研究) 担当
成沢 忠	高知工科大学・ 教授	キャピラリー集束による大気中照射技術	テーマ1 (PBW によるものづくり基盤技術の開発) 担当
大木 義路	早大理工学 術院・教授	ポリマー光デバイス開発	テーマ2 (三次元柔構造作製プロセスとデバイス試作) 担当
内田 諭	首都大学東京・ 准教授	誘電泳動デバイス開発	テーマ2 (三次元柔構造作製プロセスとデバイス試作) 担当
渡辺 徹	ナノプレーティング 研究会・代表	電鍍による三次元金属構造形成	テーマ2 (テーマ2 (三次元柔構造作製プロセスとデバイス試作) 担当
林 秀臣	エコデザイン 推進機構・理事	超実装コンセプトモデルの構築	テーマ2 (超実装工学の先導的研究) 担当

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

該当無し。

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

## 11 研究の概要(※ 項目全体を10枚以内で作成)

### (1) 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

本研究の目的は、**集束陽子線描画(Proton Beam Writing、PBW)技術**を開発・駆使し、多様なフレキシブル材料の高精度な作製プロセスにより**三次元柔構造**を実現することである。本学のものづくりの伝統に則り、**高エネルギー陽子線**という先端的な**量子ビーム技術**をものづくりイノベーションに結びつけるための研究基盤形成に取り組んでいる。従来の工学の枠組みにとらわれず、バイオ・ナノテク・材料といった境界領域に微細なものづくりでアプローチすることで、新たな価値創造に取り組む。

具体的には、光・電子・化学情報処理機能を有する**三次元柔構造デバイス**を創出し、統合する取り組みを行うとともに、既存の実装を超えた枠組みの提案として、新たな**超実装工学**の概念を提唱、推進する。ものづくりイノベーションを推進する。また、本学のものづくりの伝統に則り、社会経済的価値の新たな創造に取り組む人材を輩出するとともに、我が国の安全・安心やグローバル化する環境問題に貢献する。

本プロジェクトでは、以下の2テーマに取り組んだ。

#### (テーマ1) 集束陽子線描画による誘起反応性制御と三次元柔構造の実現

##### ① PBW によるものづくり基盤技術の開発

MeV 級の陽子線の高い直進性を活かした三次元、長深度加工技術を開発し、三次元柔構造を実現する PBW 基盤技術を開発する。1  $\mu\text{m}$  以下の陽子線を安定に発生、制御し、三次元柔構造を高精度に再現性良く作製するため、現有 PBW 装置の加工装置としての限界性能を見極め、装置性能を向上させる。キャピラリー集束による描画、大気ビーム取り出し等の挑戦的課題に取り組む。

##### ② 陽子線によるナノ空間反応性の研究

高エネルギー陽子線の物質中での飛跡近傍のナノ空間における反応性を明らかにし、微細加工の観点から研究を行う。

#### (テーマ2) 三次元柔構造の機能発現とデバイス応用および超実装工学の推進

##### ① 機能発現する PBW 用材料探索

光・電子・生体親和性機能に優れた材料群を探索し、上述の PBW 加工を駆使した加工プロセスを開発する。

##### ② 三次元柔構造作製プロセスとデバイス試作

個々の材料の優れた特性に加えて、三次元柔構造デバイスを創製する。前述の PBW によるプロトタイプを検証後、熱インプリントリソグラフィ用金型転写技術を用いて、三次元柔構造デバイスの低コストかつ高スループット加工技術を開発する。

##### ③ 超実装工学の先導的研究

上記①、②に加え、三次元柔構造デバイスの環境調和性を実現するため、多様な材料をフレキシブルな基板やファイバに三次元的に展開、加工することで、光・電子・生体親和性機能を統合化する、フレキシブル実装技術への取り組みを行う。これにより、従来の実装の延長線上にはない、工業システムの変革を促す「超実装」工学を推進する。

以上のテーマ1および2への取り組みにより、本研究計画の基盤となる **PBW 技術の深化と三次元柔構造デバイスの創出・統合**を図る。これにより、小型、多機能、生体適合性を有する高機能デバイスを材料レベルで統合し、**環境・エネルギー、医療分野**といった、**グリーン・ライフイノベーション**への波及が期待できる。さらに材料レベルでデバイスの実装を検討し、環境調和にも配慮した**超実装工学の可能性**を拓く。

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

## (2) 研究組織

本研究プロジェクトにおいては、学内 8 名、学外 8 名、計 16 名からなる研究体制を組織し、

**(テーマ1) 集束陽子線描画による誘起反応性制御と三次元柔構造の実現、**

**(テーマ2) 三次元柔構造の機能発現とデバイス応用および超実装工学の推進**

の 2 課題について役割分担を決め、研究を推進した。

なお、研究代表者の西川(量子ビーム応用)は上記 2 テーマのいずれにも関与するとともに、プロジェクト全体を統括し、外部機関との連携と課題解決に取り組んだ。

各テーマの役割分担は以下のとおりである。

**テーマ1**では、神谷・石井(ビーム発生・制御・計測)、長谷川(マイクロ化学デバイス)、成沢(キャピラリー集束技術)が、**PBW によるものづくり基盤技術の開発**に取り組んだ。前川(放射線化学)は陽子線による**ナノ空間反応性の研究**に取り組んだ。

**テーマ2**では、渡辺(めっき技術)、大石(新材料)、小池・山口(生体適合性圧電体、MEMS)、大木(光デバイス)、松村・内田・吉見(バイオデバイス)を中心に、**三次元柔構造作製プロセスとデバイス試作**に取り組んだ。デバイス実装の観点から堀口(光ファイバデバイス)および林(実装技術)が**超実装工学の先導的研究**を推進した。

なお、研究代表者の西川は、テーマ1(PBW によるものづくり基盤技術の開発)、2(超実装工学の先導的研究)のいずれにも関与することでプロジェクト全体を統括する責任を担うことで、プロジェクト運営の責任体制を整えている。

### <大学院生や RA の人数や活用状況>

本研究計画では、大学院生の本研究計画への積極的な参画を図った。当該分野において H23 年度から H27 年度まで、修士課程 17 名および博士課程 1 名が学位を取得した。この間、H22-25 年度は上記の博士課程学生 1 名を RA として採用した。

### <研究支援体制>

本研究計画の主たる実施場所である SIT 総合研究所先端工学研究機構棟(大宮キャンパス)には、主たる実験装置である PBW 装置が設置・管理されている。同所には**共同実験室が設置**され、FIB、FE-SEM、TEM、クリーンルーム等の高度な分析・解析およびものづくりを支える設備を備える。共同実験室には、技術支援員 1 名が配置され、充実した研究支援体制が整備されている。

また、豊洲キャンパスにおいても H27 年度より、1F テクノプラザに全学に開放された**共同機器センターが整備**され、新たに整備した原子間力顕微鏡や X 線回折装置などの先端分析機器による研究を行うことができた。

### <主たる外部機関との連携状況>

**テーマ1**に関して、**原子力機構**と連携し、同機構 TIARA 施設にてシングルエンド加速器のマイクロビームラインを利用し、マシンタイム(H23:9 日、H24:9 日、H25:8 日、H26:5 日、H27:5 日)を課題申請・採択により得て、本学では困難な、**高エネルギー(~3MeV)**の集束陽子線描画や**蛍光 X 線分析**を利用した研究を推進した。これらのマシンタイムに合わせて、原子力機構の共同研究者神谷博士、石井博士、前川博士と進捗報告と情報交換を行った。その他の研究分担者とは、研究会を通じて定期的に意見交換を行った。

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

**テーマ2**のデバイス応用面で主たる連携先の首都大学東京の内田博士とは、**誘電泳動デバイス開発のため**、H23～H27 年度の間、**月例ミーティング**を実施し、情報共有と共同研究を積み重ねている。

また、プロジェクト運営全体に係る、全体会合としては、

第 6 回 PBW 研究会 (2012 年1月 23 日、豊洲)

第 7 回 PBW 研究会 (2014 年 3 月 10 日、日本原子力機構高崎量子応用研究所)

第 8 回 PBW 研究会 (2015 年 3 月、群馬大学)

と定期的に研究会を行い、情報共有を密にして、プロジェクトとしての連携を強化した。

また、第 9 回目は PBW シンポジウム(2016 年 2 月 24 日、芝浦工大豊洲キャンパス)を開催し、当該分野の専門家である、兵庫県立大学 松井真二教授、国立シンガポール大学 Andrew Bettiol 教授、ハンガリーATOMKI の Istvan Rajta 博士を招待講演者として招き、成果の公開と研究プロジェクトの総括を行った。

### (3) 研究施設・設備等

#### <実施場所>

芝浦工業大学大宮キャンパス SIT 総合研究所 先端工学研究機構にて「フレキシブル実装工学研究センター」を置き、当該プロジェクトの基幹となる実験装置である陽子線描画装置を含む主要設備を整え、主たる実施とした。

#### プロジェクト専用研究室

・フレキシブル実装工学研究センター104 室(184.28m<sup>2</sup>、10 名)、201 室(26.88m<sup>2</sup>、4 名)

#### 共同実験室

・共同実験室 202 室(105.77 m<sup>2</sup>、8 名)、クリーンルーム 101 室(93.95 m<sup>2</sup>、6 名)

使用者数は H27 年度のものである。

これらに加えて、芝浦工業大学豊洲キャンパス電気工学科電気材料実験室、共同研究者の首都大学東京内田研究室、早稲田大学大木研究室、日本原子力研究開発機構高崎量子応用研究所 TIARA の設備を活用して、研究分担した。

#### <研究施設・設備(大宮、豊洲キャンパス)>

##### 主たる実験装置

・陽子線描画装置(水素イオンビーム発生装置および高エネルギーイオンビーム集束/計測装置、利用時間数:3900 時間)。

・ハイブリッド MEMS 評価装置 (455 時間)

以上は、大宮キャンパス、フレキシブル実装工学研究センターに設置され、主たる実験装置として利用した。共通実験室にて、

・集束イオンビーム加工装置(FIB) (910 時間)

豊洲キャンパスにて

・走査型電子顕微鏡 (SEM) (2600 時間)、レーザ顕微鏡 (3120 時間)

の利用を行った。

##### 本プロジェクトによる導入機器

・三次元柔構造作製システム(H25 年 2 月設置、大宮キャンパス、共同実験室クリーンルーム内設置) (1248 時間)、

・陽子線誘起反応計測システム(H26 年 3 月設置、フレキシブル実装工学研究センター内、260 時間)

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

#### (4) 研究成果の概要 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び\*を付すこと。

申請時に設定した研究テーマと項目、最終目標を以下に示し、その達成度を述べる。

##### ●最終目標

##### (テーマ1)集束陽子線描画(PBW)による誘起反応性制御と三次元柔構造の実現

- ① 三次元高アスペクト比構造(アスペクト比: >100@TIARA、>30@SIT)を実現するビーム発生・制御と材料系を確立する。
- ② 「超実装」を実現するための大気中プロセス(分解能: ~1ミクロン)を可能とするビームラインを構築する。
- ③ 微細加工の観点から材料の反応性を系統的に整理し、加工可能な材料群を機能面からマッピングする。

テーマ1では、本学の研究グループと原子力機構の共同研究者が緊密に連携し、上記の目標①～③に対応した取り組みを行った。

以下に述べる成果を得て、最終目標を概ね達成することができた。

##### <共同研究機関である原子力機構における取り組み>

同研究グループと共にナノワイヤ、橋架け構造やドーム型構造等、特殊な3次元中空構造に関する加工プロセス、ビーム強度分布の可視化技術等を開発した(\*1)。また、ポリイミドをエレクトロニクス実装用エンジニアリングプラスチックのモデル材料として、ポジ型・ネガ型の反応性機構を明らかにした(\*2)。

これらの基礎的な知見に基づいて、マイクロレンズ形成を始めとする三次元構造体の形成に成功し、柔軟性と耐熱性を備えた PET フィルム上へのレンズ形成法も確立した(\*3)。これにより、マイクロ流路デバイス等、三次元柔構造デバイスへの PDMS 製マイクロレンズ等の導入などが可能になり、いわゆる光学機能とマイクロ流路デバイスを融合した optofluidics への展開の見通しを得た。

##### <本学フレキシブル実装工学研究センターにおける取り組み>

芝浦工大での小型 PBW 装置開発にて、以下の成果を得た。加速器からの陽子ビーム安定化への取り組みとして、構造上の問題を見直した。H25 年度に加速器の改良工事を行い、ビーム不安定化の原因となる加速器発電機のシャフト駆動に由来するターミナル電圧の変化を抑制し、ビームの安定化を図った。

ビーム描画技術の高度化を狙いとして、照射ステージの XYZθ4 軸化と駆動ソフトウェア開発を行った(\*4)。これにより基板への斜め照射等、多様な三次元柔構造体の形成が可能なシステムを同装置にて構築した。H25 年度陽子線誘起反応計測システムを装置チャンバー内に導入し、試料からの発光分光および蛍光 X 線分析の観察によるその場反応性の評価が可能となった。典型的なレジストである、SU-8 および PMMA などにおいて、その動作を検証した。

ハードウェア面では、PBW における陽子線描画機能を高速化し、高精度な描画を実現するため、これまで低速の電源(スルーレート: ~数百  $\mu$ s)により律速されていた描画システムに、より応答性の高い(立ち上がり数百 ns 程度)のブランキングアンプを導入し、ラスタースキャンによる描画システムを構築した。この際、ステージの駆動はクローズドループ制御による高い位置再現性により、ビーム走査の範囲(200 $\mu$ m 角)を超えた描画にも対応している。

大気中照射技術に関しては、現有システムにおける光学系と干渉するという問題から、キャピラリー集束技術の導入を断念した。新たな大気照射手法の導入を検討した結果、原子力機

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

構にて研究分担者の石井らが開発した、樹脂フィルムによる真空隔壁を介した大気中照射法 (\*1)の導入が最も簡便かつ有効であることを見いだした。これにより、真空中プロセスを回避し、簡便に大気中照射が可能となった。

また、PMMA に代表されるポジ型反応を示す**分解性の高分子**における分子量の役割、ネガ型反応を示すエポキシ系 SU-8 における架橋反応時の**光酸発生剤の役割**、分解・ガス化により**直接エッチング**が進むポリ乳酸やテフロン樹脂、難加工性のダイヤモンドにおける**アモルファス化**等、種々の材料が示す多様な反応性を見いだすことが出来た。今後は、これらの反応を放射線化学および加工・応用の視点から見た、有機無機材料系の陽子線誘起反応に関する整理・体系化を行う予定である。

## (テーマ2)三次元柔構造の機能発現とデバイス応用および超実装工学の推進

### ●最終目標

- ① 三次元柔構造作製プロセスの確立とデバイス機能の実現(微生物捕集デバイス等)
- ② インプリントリソグラフィを併用した低コスト、高スループットデバイスプロセスの確立
- ③ 多機能フレキシブルデバイスを統合した超実装コンセプト実証モデル・プロセスの提示  
上記①～③に対応する以下の3項目に取り組んだ。

### <機能発現のための材料・プロセス探索>

PBW による **ポリ乳酸(\*5)**、**テフロン(\*6)**、**ポリフッ化ビニリデン(PVDF)(\*7)**の直接加工プロセスを開発した。**生体適合性や生分解性を有するポリ乳酸については、生体適合性圧電素子の開発**に向けて、加工プロセスおよびデバイス化の検討を行った。

優れた離型性を有するテフロンについては、PBW にて直接加工した**テフロンモールド**による**ポリジメチルシロキサン**の型加工への応用可能性を示すことができた。また、**PVDF の圧電性を活かした柔構造センサへの応用のため、β型 PVDF** や圧電性のより優れた **TrFE-PVDF 共重合体**によるデバイス化への取り組みを行った。圧電性を有する PVDF の応用先として、触覚センサ等への応用が考えられる。特に PBW による微細加工による感度の向上や柔構造とすることによる適用範囲の向上など、センサ技術の高機能化への貢献が期待できる。

また、リポソームを用いたバイオセンサ用の新たな基材として**ハニカムフィルム、およびコーゲン、インプリント高分子**等の機能性高分子の微細加工に関して研究した(\*8)。

その他に、露光工程での生産性向上のため**感光性ポリイミド**の陽子線誘起反応性を調査し、**PBW 技術のエレクトロニクス実装分野**への適用の課題と可能性を検討した(\*9)。さらに**ポリイミド基板への電鍍(めっき)による Cu 埋め込み**に関する知見(\*10)に基づき、実装用配線技術への展開を検討した。また、無機材料として PBW による反応性を新たに見出した、**ダイヤモンドの改質(\*11)**、**非鉛系のビスマス系強誘電体薄膜**のパターニング(\*12)に関する研究を行った。

### <デバイス応用>

微生物濃縮、マイクロパーツなどの操作を目的として、**誘電泳動デバイス**の高機能化および応用研究(\*13)を推進した。さらに誘電泳動デバイスを**柔構造化**し、実用性の高い**フレキシブル誘電泳動デバイス**を開発した(\*14)。新たな取組みとして、触媒機能等を有する誘電泳動による**金属ナノ粒子の三次元集積化(\*15)**を提案し、検証を行った。

PBW による**樹脂型、あるいは電鍍(めっき)により作製した金型**を用いた転写プロセ

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

ス(PB-LIGA) (\*16)により、高アスペクト比でフレキシブルな三次元構造部材とマイクロ流路形成技術の確立に取り組んだ。本研究はH24年度導入したインプリントリソグラフィ装置を中心とする**三次元柔構造作製システム**により大きく進展した。

また**三次元柔構造のベース**として、光ファイバへの三次元微細構造体の形成を試みた。**PMMA 光ファイバへの局所加工**(\*17)、また、陽子線による物質の改質効果を利用し、PMMA、感光性ポリイミド、PDMSのPBWによる屈折率変化を利用した**光導波路作製プロセスおよびマツハツエンダー型光スイッチ**を試作した>(\*18)。

三次元柔構造における、更なる機能性発現の探求のため、**無機ナノ粒子を導入したナノコンポジット材料**の加工プロセスの研究を行った(\*19)。銀、二酸化ケイ素、チタニア、アルミナ等の金属、酸化物ナノ粒子を添加したレジストをPBWに適用し、その反応性、加工性を検討した。レジスト感度と解像度に及ぼすナノ粒子の添加効果を調べ、SU-8やPDMSといった汎用レジスト材料との適合性を明らかにした。

### <超実装工学の先導研究>

超実装工学の推進において、上記のビーム技術、材料、プロセス、デバイスにわたる、種々の基礎的研究の検討過程を通じて「**実装を超越した実装研究**」を基盤とする、概念実証モデルの構築に取り組んでいる。その基本構想は、従来の部品レベルのアセンブルに基づく従来の実装概念から脱却し、精密ビーム加工に基づく一括加工である。

具体的には、部品の製造と部品の組み立てを同時に行う新しい実装技術である。その一つの方向性として、**GTH 構造**を提案した(\*20)。この構造では、機能性を発揮する材料を収納する**溝 (Groove)**を**接続穴 (Thru-Hole)**により連結するものであり、その材料系の探索とプロセスの検討を行っている。

エコデザインの視点から超実装の概念モデルに基づく環境調和性を検討した。環境調和の観点からは、電子機器に実装される回路基板の製造から廃棄に至るまでのトレーサビリティが重要となる。そこで、**トレーサブルな微細標識**(\*21)の作製を検討し、現在に至る。

その他、集束陽子線描画に**包括的かつ先導的に取り組む研究グループ**として、国際会議やセミナーに招かれ、**本研究の取り組みに関する招待講演**を行った(\*22)。

### <H25年度中間審査結果>

H26年5月通知のH25年度の中間審査の結果、2名の専門委員の評価による総合評価はいずれも**B(進捗は見られるが、改善すべき点がある)**であった。総合所見として、「研究拠点としての目標を一層具体的にして、成果と発展の道筋を明確にすること、論文としての成果発表によりいっそう取り組むこと」、などが挙げられており、今後、一層の成果発表に取り組む。

### <課題点>

以下に、本研究計画の遂行において明らかとなった、課題点と今後の対応を述べる。

#### (テーマ1)集束陽子線描画(PBW)による誘起反応性制御と三次元柔構造の実現

中間目標に掲げたキャピラリー集束系の試作、導入とそれを利用した大気中照射技術への取り組みを残していた。**キャピラリー集束系の導入**にあたり、現有システムとの干渉が生じることから断念した。しかしながら、代替手法として、原子力機構の共同研究者らの開発した樹脂隔壁を介した大気中照射手法により、目標とする大気中での陽子線描画を可能とする見通しを得た。



法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

## (テーマ2)三次元柔構造の機能発現とデバイス応用および超実装工学の推進

プロジェクト後半の H26 年度より取り組みを開始した**ナノコンポジット材料**への陽子線描画の適用は、三次元構造の有するカタチから機能を創出するためのキーテクノロジーとしての大きな可能性を秘めている。今後は、樹脂とナノ粒子の相互作用、および添加する無機ナノ粒子による照射効果への影響を検討する必要がある。

また、超実装工学の先導研究は、「超実装」という新概念の構築から着手し、現在に至る。概念実証モデルである **GTH 構造**をいかに具現化し、その有用性を実験的に検証するかが課題である。モデル構造を樹脂および金属から、機能性を有する半導体材料に拡張するべく、前述の**ナノコンポジット材料の積層化**と一括加工法、**ペンタセン等**の有機半導体および**IGZO**等の酸化物半導体の導入を検討した。

ナノコンポジットの積層化については材料面でのハードルは高いと考えられ、当該分野の専門家とのコラボレーションが必要となると考えられる。一方、IGZO については産業技術総合研究所フレキシブルエレクトロニクス研究センターにて新たな共同研究者を得て、液相からの塗布と焼結という簡便なプロセスの提案を受けて、耐熱性の高いプラスチック基板上への形成について、良好な見通しを得た。

### <優れた成果が上がった点>

特に優れた成果として、陽子線に対して特異な振る舞いと加工性を示す、シリコーン系、フッ素系樹脂など一群の材料系を見いだした点を挙げたい。具体的には、①柔構造として優れた特性を有する PDMS の直接加工性の発見とマイクロレンズ形成、②フッ素系樹脂の特異な反応性とそれに基づく加工性、③誘電泳動デバイスのフレキシブル化、④誘電泳動を活かした金属ナノ粒子アセンブリプロセス、⑤ナノ粒子添加樹脂の加工性の検討は、将来につながる結果として成果であると考えられる。

論文という形での成果は示せないが、本プロジェクト(H22-H27)およびそれ以前の 5 年間の文科省プロジェクト(H17-H21)を含めた過去 10 年間の研究プロジェクトの遂行を通して、本学のような私立の単科系工業大学において、モノづくりを念頭にした陽子線描画装置というユニークな研究装置を開発・維持し、それを改良し、維持することが出来たのは大きな成果であると考えられる。これらの遂行にあたり、本学の実学に則した、モノづくり教育の理念を踏まえた取り組みに対して、大学当局からの多大なる理解と支援があったことを付記したい。

### <自己評価の実施結果と対応状況>

研究代表者により、本学の組織的研究活動を統括する研究戦略会議（学長・副学長・学部長・研究科長等から構成）において年度毎に研究活動報告を行っている。研究戦略会議においては、研究成果の評価、以後の研究活動展開についての確認が行われ、次年度の予算配分が決定される。最終年度にあたっては「当初の計画通り進んでおり、最終年度において研究目標が達成できる見込みである。」との評価を受けている。

プロジェクトの進捗状況を確認するための成果報告書（SIT 総合研究所研究成果報告）を毎年度作成し、自己評価を行っている。さらに中間目標を設定し、その達成度を H25 年度に提出した、研究進捗状況報告書において報告して報告している。

5 年間の研究機関を終了した現時点での最終目標に対する自己評価および対応状況を次ページの表にまとめた。

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

表. 自己評価の実施結果（○：達成、△：部分的に達成、×：達成せず）と対応状況

<b>(テーマ1) 集束陽子線描画(PBW)による誘起反応性制御と三次元柔構造の実現</b>			
目標	達成度	対応する 成果番号	自己評価、および達成度が△や×の 場合の対応状況
①三次元高アスペクト比構造(アスペクト比: >100@TIARA、>30@SIT)を実現するビーム発生・制御と材料系を確立する。	○	*1～*4	原子力機構および芝浦工大にて保有する陽子線描画装置の特性を活かし、当該課題に対して効果的な取り組みと役割分担ができた。
②「超実装」を実現するための大気中プロセス(分解能: ~1ミクロン)を可能とするビームラインを構築する。	○	*1	研究計画において、当初想定していたキャピラリー方式は困難であることが判明したが、樹脂隔壁を用いた手法により解決した。
③微細加工の観点から材料の反応性を系統的に整理し、加工可能な材料群を機能面からマッピングする。	△	*2 *5～*12	有機・無機機能材料に関する多数の加工事例を得ることが出来た。今後は体系化に取り組むと共に、ナノコンポジットや酸化物半導体に展開する。
<b>(テーマ2) 三次元柔構造の機能発現とデバイス応用および超実装工学の推進</b>			
①三次元柔構造作製プロセスの確立とデバイス機能の実現（微生物捕集デバイス等）	○	*5～*15	誘電泳動デバイスは首都大東京との密接な連携により、フレキシブルデバイス化が進展した。
②インプリントリソグラフィを併用した低コスト、高スループットデバイスプロセスの確立	○	*16	インプリントリソグラフィ装置等の新規装置の導入により、研究が進展すると共に、テフロンなどの材料特性を活かしたプロセスを見いだした。
③多機能フレキシブルデバイスを統合した超実装コンセプト実証モデル・プロセスの提示	△	*1～*22	高エネルギー陽子線の長深度加工の特性を活かした GTH 構造などの多層構造を超実装のモデル・プロセスとして示すことが出来た。デバイス具現化のため、ナノコンポジットや酸化物半導体など機能材料系の検討に着手した。

### <外部(第三者)評価の実施結果と対応状況>

本研究プロジェクトは、SIT 総合研究所の研究センター(フレキシブル実装工学研究センター)として推進している事業であり、毎年の自己点検とともに、総合研究所としての外部評価委員会による評価を受けている。H23～27 年度と過去 5 回の外部評価を受けている。

外部評価委員は以下のとおりである。

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

(独) 東京都立産業技術研究センター 理事長 片岡 正俊 氏  
 (株) I H I 執行役員 技術開発本部長 館野 昭 氏  
 東京大学大学院情報学環 教授 大島 まり 氏  
 慶応義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科  
 顧問・上席研究員 狼 嘉彰 氏

直近の評価委員会 (H28 年 3 月 24 日実施) における評価コメントを抜粋すると、以下のとおりである。

- ・PBW に適した素材による事例をつくり産業界へのアピールをお願いしたい。
- ・集束陽子線描画装置 (PBW) の高度化が図られており、システムとして完成度が高くなったことは、本装置によるデバイス開発の進展で重要であり、評価できる。
- ・超実装化の具体的な例も示していただきながら、研究を進めていただけると、産業応用の面も含めてさらなる発展が期待できるのではないかと思います。
- ・PBW ならではの実用例 (キラアアプリケーション) を生み出すことを期待したい。

これらのコメントより、本研究プロジェクトの技術的な取り組みに対する評価は高いが、産業界へのアピールも含めた取り組みへの要望・期待感が高く、当該プロジェクトの今後の課題として受け止めたい。

#### <研究期間終了後の展望>

当該プロジェクト終了後も、これまで蓄積したソフト・ハード面の蓄積の有効活用を図る。特に、他に類を見ない、陽子線描画装置および周辺技術の有効利用を図ることで、本学におけるモノづくり研究の成果をさらに発展させると共に、継続的に産業界にアピールすることが可能な体制としての研究拠点化を一層推進する。そこで、本学における陽子線描画装置の共通機器化を図ると共に、本研究プロジェクトを発展的に解消し、継ぎ目なく新規研究プロジェクトを立案する。

#### <研究成果の副次的効果>

共同研究機関(原子力機構、首都大学東京)とともに出願済みの、「**三次元誘電泳動デバイス**」(特願 2010-010945、西川宏之、古田祐介、内田諭、神谷富裕、石井保行、佐藤隆博、(学)芝浦工業大学、(公)首都大学東京、(独)日本原子力研究開発機構、平成 22 年 1 月 21 日)について本学知財部による審査請求を経て、本特許を権利化することが出来た(特許第 5750661 号、平成 27 年 5 月 29 日)。

さらに産業界へのアピールを目的として、**小型陽子線描画装置の実用化**に向けて、共同研究機関である日本原子力研究開発機構の石井博士とともに、金属系の 3D プリンター技術に着目し、複数の関連装置メーカーと連携し、3D 微細加工用小型 MeV イオンマイクロビーム形成装置の開発のための取り組みを開始した。産業界からのニーズの高い金属系の PBW 加工は未踏の領域であり、材料面でのブレークスルーを要する。これまでに築いた材料科学面での知見をもとにして、当該領域に取り組む予定である。

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

12 キーワード(当該研究内容をよく表していると思われるものを8項目以内で記載してください。)

- (1) 集束陽子線 (2) 微細加工 (3) ナノ粒子  
 (4) インプリントリソグラフィ (5) 放射線化学 (6) マイクロフォトニクス  
 (7) マイクロ流体デバイス (8) エレクトロニクス実装

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには\*を付すこと。

<雑誌論文>

以下のリスト中、()内\*付き番号は、11(4)項の研究成果の記載に対応している。

**(2015年)**

1. Frequency dependence and assembly characteristics of silver nanomaterials trapped by dielectrophoresis, R. Kataoka, H. Tokita, S. Uchida, R. Sano, H. Nishikawa, Journal of Physics: Conference Series 646 (2015) 012005. (\*15)
2. ソフトリソグラフィによる誘電体ピラーを利用した3次元誘電泳動効果、渡部涼、内田諭、西川宏之、電気学会論文誌A、135巻、No.9、548-552 (2015). (\*16)
3. Development of embedded Mach-Zehnder optical waveguide structures in polydimethylsiloxane thin films by proton beam writing, W. Kada, K. Miura, H. Kato, R. Saruya, A. Kubota, T. Satoh, M. Koka, Y. Ishii, T. Kamiya, H. Nishikawa, O. Hanaizumi, Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B348, 218-222 (2015). (\*18)
4. Development of microbeam technology to expand applications at TIARA, T. Kamiya, T. Satoh, M. Koka, W. Kada, Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B348, 4-7 (2015). (\*1)

**(2014年)**

5. Fabrication of polydimethylsiloxane microlens arrays on a plastic film by proton beam writing, H. Kato, J. Takahashi, H. Nishikawa, J. Vac. Sci. Technol. B32, 06F506/1-4 (2014). (\*3)
6. Construction of a 300-keV compact ion microbeam system with a three-stage acceleration lens, Y. Ishii, T. Ohkubo, T. Kojima, T. Kamiya, Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B332, 156-159 (2014). (\*1)
7. Fabrication of fine imaging devices using an external proton microbeam, T. Sakai, R. Yasuda, H. Iikura, T. Nojima, M. Koka, T. Satoh, Y. Ishii, A. Oshima, Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B332, 238-241 (2014). (\*1)

**(2013年)**

8. Application of proton beam writing for the direct etching of polytetrafluoroethylene for polydimethylsiloxane replica molding, H. Nishikawa, T. Hozumi, J. Vac. Sci. Technol. B31, 06F403-1-4 (2013). (\*6)
9. Enhancing proton beam writing system with auto scanning software and stage movement, T. P. Nguyen, R. Teshima, T. Hasegawa, H. Nishikawa, Microelectronic Engineering 102 (2013) pp.12-17. (\*4)
10. Control of Refractive Index of Fluorinated Polyimide by Proton Beam Irradiation, Y. Arai, Y. Ohki, Keisuke Saito, and H. Nishikawa, Jpn. J. Appl. Phys. 52 (2013) 012601/1-5 (5 pages). (\*18)
11. Fabrication of curved PDMS microstructures on silica glass by proton beam writing aimed for micro-lens arrays on transparent substrates, K. Saito, H. Hayashi, H. Nishikawa, Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B306, 284-287 (July, 2013). (\*1)
12. Fabrication of micro-prominences on PTFE surface using proton beam writing, A. Kitamura (Ogawa), T. Satoh, M. Koka, T. Kobayashi, T. Kamiya, Nucl. Instr. Meth. P

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

hys. Res. B306, 288-291 (July, 2013). (\*6)

13. Fabrication of Micropatterns on Teflon Surface by Proton Beam Writing and Nitrogen Ion Beam Irradiation, A. Kitamura, T. Satoh, M. Koka, T. Kamiya, T. Kobayashi, Trans. Mat. Res. Soc. Japan 38[1] 101-104 (2013). (\*6)

**(2012年)**

14. Visualization of focused proton beam dose distribution by atomic force microscopy using blended polymer films based on polyacrylic acid, M. Omichi, K. Takano, T. Satoh, T. Kamiya, Y. Ishii, T. Ohkubo, M. Koka, W. Kada, M. Sugimoto, H. Nishikawa, S. Seki, Journal of Nanoscience and Nanotechnology 09/2012; 12(9):7401-4. (\*1)
15. Microprocessing of Arched Bridge Structures with Epoxy Resin by Proton Beam Writing, K. Takano, A. Asano, Y. Maeyoshi, H. Marui, M. Omichi, A. Saeki, S. Seki, T. Satoh, Y. Ishii, T. Kamiya, M. Koka, T. Ohkubo, M. Sugimoto and H. Nishikawa, Journal of Photopolymer Science and Technology, Vol.25, No.1 (2012) pp.43-46. (\*1)
16. Fabrication of Concave and Convex Structure Array Consisted of Epoxy Long-Nano wires by Light and Heavy Ion Beams Lithography, K. Takano, M. Sugimoto, A. Asano, Y. Maeyoshi, H. Marui, M. Omichi, A. Saeki, S. Seki, T. Satoh, Y. Ishii, T. Kamiya, M. Koka, T. Ohkubo, and H. Nishikawa, Transactions of Materials Research Society of Japan, Vol.37, No.2 (2012) pp.237-240. (\*1)
17. Fabrication of Poly(9,90-dioctylfluorene)-Based Nano- and Microstructures by Proton Beam Writing, Y. Maeyoshi, K. Takano, A. Asano, H. Marui, M. Omichi, T. Satoh, T. Kamiya, Y. Ishii, T. Ohkubo, M. Koka, W. Kada, M. Sugimoto, H. Nishikawa, A. Saeki, and S. Seki, Jpn. J. Appl. Phys., 51 (2012) pp.045201/1-045201/4. (\*1)
18. Ion-Beam-Induced Luminescence Analysis as Diagnostic Tool for Microstructure Patterning on Diamond by Proton Beam Writing, W. Kada, A. Yokoyama, M. Koka, K. Takano, T. Satoh, T. Kamiya, Jpn. J. Appl. Phys. 51 (2012) 06FB07 (5 pages).(\*11)
19. Immobilization of a single intact liposome onto a peptide-modified glass microwell, Y. Kasuya, K. Tsukamoto, D. Yamada, K. Matsumura, Chemistry Letters, 2012; 41 (10) pp.1191-1192. (\*8)
20. Optical counting of trapped bacteria in dielectrophoretic microdevice with pillar array, S. Uchida, R. Nakao, C. Asai, T. Jin, Y. Shiine, H. Nishikawa, Intelligent Automation and Soft Computing, Vol.18, No.2, (2012) pp.165-176. (\*13)
21. Fabrication of Polymer Optical Waveguides for the 1.5- $\mu\text{m}$  Band Using Focused Proton Beam, K. Miura, Y. Machida, M. Uehara, H. Kiryu, Y. Ozawa, T. Sasaki, O. Hanazumi, T. Satoh, Y. Ishii, M. Kohka, K. Takano, T. Ohkubo, A. Yamazaki, W. Kada, A. Yokoyama, T. Kamiya, and H. Nishikawa, Key Engineering Materials Vol.497 (2012) pp.147-150. (\*18)

**(2011年)**

22. Electroforming of Ni mold for imprint lithography using high-aspect-ratio PMMA microstructures fabricated by proton beam writing, Y. Tanabe, H. Nishikawa, Y. Seki, T. Satoh, Y. Ishii, T. Kamiya, T. Watanabe, A. Sekiguchi, Microelectronic Engineering, Vol.88, Issue 8, (August 2011), pp.2145-2148. (\*16)
23. Microbeam complex at TIARA: Technologies to meet a wide range of applications, T. Kamiya, K. Takano, T. Satoh, Y. Ishii, H. Nishikawa, S. Seki, M. Sugimoto, S. Okumura and M. Fukuda, Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B 269, No.20 (October 2011) pp.2184-2188. (\*1)
24. Fabrication of silica-based three-dimensional structures by changing fluence using proton beam writing, R. Tsuchiya and H. Nishikawa, Transactions of the Materials Research Society of Japan, Vol.36, No.3, (September 2011) pp.325-328. (\*1)
25. Nano-micro Processing of Epoxy Resin Systems by Ion Beam Lithography with Mul

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

multiple Energies and Species, K. Takano, T. Satoh, Y. Ishii, M. Koka, T. Kamiya, T. Ohkubo, M. Sugimoto, H. Nishikawa, S. Seki, Transactions of the Materials Research Society of Japan, Vol.36, No.3 (September 2011) pp.305-308. (\*1)

26. Design of a compact focusing lens system with short acceleration tube at 300 kV, Y. Ishii, T. Ohkubo, T. Kojima, T. Kamiya, Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B 269, 2193-2196 (2011). (\*1)

## &lt;図書&gt;

該当なし。

## &lt;学会発表&gt;

以下のリスト中、()内\*付き番号は、11(4)項の研究成果の記載に対応している。

**(2015年)**

1. Proton beam writing on a removable negative-tone resist as a mother for Ni electroplating, The 41st Micro and Nano Engineering (MNE2015), H. Nishikawa, J. Takahashi, Y. Ishii, T. Kamiya, Paper No.Tue-A-p50 (Sep. 21-24, 2015). (\*16)
2. Proton beam writing on polyvinylidene difluoride films for high-aspect-ratio micro-structuring, H. Matsuoka, H. Hayashi, H. Nishikawa, H. Koshikawa, Y. Maekawa, The 59th International Conference on Electron, Ion, and Photon Beam Technology and Nanofabrication (EIPBN2015), Paper No. P07-03 (May 26-29, 2015). (\*7)
3. Frequency dependence and assembly characteristics of Ag nanomaterials trapped by dielectrophoresis, R. Kataoka, H. Tokita, S. Uchida, R. Sano, H. Nishikawa, Paper No.P1.03, Electrostatics 2015 (12-16 April, 2015). (\*15)
4. Robust Micro Identification Marking on FPC Surface, Hidetaka Hayashi, Ryo Sano, Hiroyuki Nishikawa, EcoDesign 2015, paper No.C5-4 (December 3, 2015). (\*21)
5. 強誘電体厚膜へのプロトン照射効果、山口正樹、西川宏之、増田陽一郎、第76回応用物理学会 14a-PA1-1 (2015年9月14日)(\*12)
6. 三次元誘電泳動による金属ナノ粒子アセンブリーピット径及びピッチに対する捕集形状の影響ー、片岡良介、内田諭、佐野遼、西川宏之、第76回応用物理学会、Paper No.15p-2A-22 (2015年9月15日) (\*15)
7. 集束陽子線によるナノ粒子含有高アスペクト比微細構造体の作成、佐野遼、西川宏之、林秀臣、石井保行、電気学会 第46回電気電子絶縁材料システムシンポジウム、Paper No.MVP-10 (Sep. 3-5, 2015) (\*19)

**(2014年)**

8. **(Invited Talk)** High-aspect-ratio micro-fabrication by proton beam writing, H. Nishikawa, Y. Ishii, and T. Kamiya, 27th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2014), Paper No. 6A-5-2 (November 4th-7th, 2014). (\*22)
9. Local Refractive-Index Changes in Polydimethylsiloxane Induced by Proton Beam Writing Aimed for Optical Waveguides, H. Kato, A. Ikeda, H. Nishikawa, R. Saruya, W. Kada, K. Miura, O. Hanaizumi, International Union of Materials Research Societies- The IUMRS International Conference in Asia 2014 (IUMRS-ICA 2014), Paper No. D1-O26-002 (2014/8/26). (\*18)
10. **(Invited Talk)** A flexible dielectrophoretic device with high-aspect-ratio pillar arrays fabricated by proton beam writing, G. Ayugase, H. Nishikawa, H. Tokita, S. Uchida, T. Sato, Y. Ishii, and T. Kamiya, 14th International Conference on Nuclear Microprobe Technology and Applications Book of Abstracts, p.34 (July 7-11, 2014). (\*14)
11. Development of embedded Mach-Zehnder optical waveguide structures in PDMS thi

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

- n films by proton beam writing, W. Kada, R. Saruya, O. Hanaizumi, H. Kato, A. Kubota, K. Miura, T. Sato, M. Koka, Y. Ishii, T. Kamiya, H. Nishikawa, 14th International Conference on Nuclear Microprobe Technology and Applications Book of Abstracts, p.35 (July 7-11, 2014). (\*18)
12. Fabrication of PDMS micro-lens arrays on a PET film by proton beam writing, H. Kato, H. Hayashi, H. Nishikawa, The 58<sup>th</sup> International Conference on Electron, Ion, and Photon Beam Technology and Nanofabrication, Paper No.P14-01 (May 27-30, 2014). (\*3)
13. ポリフッ化ビニリデン表面への陽子線照射効果、西川宏之、松岡北斗、佐野遼、林英臣、前川康成、第 62 回応用物理学会春季学術講演会、11a-B2-7 (2015/3/11) (\*7)
14. 三次元構造誘電泳動デバイスを用いた金属ナノ材料の立体形成、片岡良介、時田寛也、内田諭、佐野遼、西川宏之、第 62 回応用物理学会春季学術講演会、13p-D5-9 (2015/3/13) (\*15)
15. 集束陽子ビーム加工による PDMS 薄膜内包型光スイッチング素子の開発、川端駿介、猿谷良太、加藤聖、新木潤、三浦健太、加田渉、佐藤隆博、江夏昌志、石井保行、神谷富裕、西川宏之、花泉 修、第 62 回応用物理学会春季学術講演会 13p-P10-2 (2015/3/13) (\*18)
16. ナノ粒子を添加した SU-8 の集束陽子線による加工に関する研究、佐野遼、林秀臣、西川宏之、第 57 回自動制御連合講演会 (SICE)、オーガナイズドセッション「ナノ・マイクロ計測制御のためのイオンビーム加工と評価」、No.2D07-2 (2014/11/11) (\*19)
17. 誘電泳動による金属ナノ材料の立体配置の基礎検討、時田寛也、内田諭、佐野遼、西川宏之、第 75 回応用物理学会 No.19p-A3-15 (2014/9/19) (\*15)
18. プロトンビームによる誘電体厚膜への直接パターンニング、渡辺和貴、山口正樹、西川宏之、第 61 回応用物理学会春季学術講演会 17p-PG1-8 (2014/3/17) (\*12)
19. PBW 微細加工による PDMS を基材としたフレキシブル光導波路の開発、猿谷良太、加藤聖、久保田篤志、三浦健太、加田渉、佐藤隆博、江夏昌志、石井保行、神谷富裕、西川宏之、花泉修、第 61 回応用物理学会春季学術講演会、19a-PA1-28 (2014/3/19) (\*18)
20. ピラー構造誘電泳動デバイスの菌捕集分布における流量及びピラー高さの影響、時田寛也、内田諭、鮎瀬銀也、西川宏之、第 61 回応用物理学会春季学術講演会、19p-E15-8 (2014/3/19) (\*13)
- (2013 年)**
21. Effects of the Height of Pillar Arrays Fabricated by Proton Beam writing on the Trapping Capability of Bacteria by 3-D Dielectrophoresis, G. Ayugase, H. Nishikawa, T. Sato, Y. Ishii, T. Kamiya, H. Tokita, and S. Uchida, 26<sup>th</sup> International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2013), 7P-7-112 (Nov. 5-8, 2013). (\*13)
22. Micro-fabrication of polyimide films by proton beam writing, H. Nishikawa, Y. Takeno, H. Hayashi, Y. Maekawa, 39th International Conference on Micro and Nano Engineering, P-Fab-59 (16-19 September 2013). (\*9)
23. **(招待講演)** イオンビームによる高アスペクト加工、西川宏之、日本学術振興会 荷電粒子ビームの工業への応用第 132 委員会 第 208 回研究会 (2013/12/13) (\*22)
24. **(招待講演)** 集束陽子ビーム描画によるフレキシブルな高アスペクト比微細加工と応用、西川宏之、新科学技術推進協会電子情報技術部会 MEMS 分科会講演会「ナノ・マイクロ三次元加工の最新動向」 (2013/11/26) (\*22)
25. 集束プロトンビームにより作製した三次元構造体の誘電泳動に関する研究、佐野遼、西川

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

- 宏之、内田諭、鮎瀬銀也、2013 年放電学会 年次大会、P-10 (2013/11/13) (\*13)
26. 集束プロトンビーム描画を利用した微細構造形成と転写プロセスの開発、高橋 潤一、加藤聖、林秀臣、西川宏之、2013 年 放電学会 年次大会、P-11 (2013/11/13) (\*16)
27. 集束陽子線による PET フィルム上のマイクロレンズアレイ作製、加藤 聖、林秀臣、西川宏之、日本機械学会マイクロ・ナノ工学部門主催、第 5 回マイクロ・ナノ工学シンポジウム、7PM1-D-3 (2013/11/7) (\*3)
28. プロトンビーム描画によるフレキシブル誘電泳動デバイスの創成、鮎瀬銀也、西川宏之、内田諭、佐藤隆博、石井保行、神谷富裕、第 8 回高崎量子応用研究シンポジウム 1P-48 (2013/10/10) (\*14)
29. 強誘電体厚膜形成におけるクラック抑制、山口正樹、渡辺和貴、西川宏之、第 74 回応用物理学会秋季学術講演会 18a-P1-2、(2013/9/18) (\*12)
30. ピラー構造誘電泳動デバイスを用いた菌捕集量の流量依存性及びピラー配置依存性の検証、浅井千尋、時田寛也、内田諭、寺島大貴、西川宏之、春季第 60 回応用物理学関係連合講演会講演予稿集、29a-G17-11 (2013/3) (\*13)
31. プロトンビームによる強誘電体および白金薄膜パターンの形成、渡辺和貴、山口正樹、西川宏之、塩寄忠、27a-PB1-9 (2013/3) (\*12)
32. プロトンビーム描画を用いたフレキシブル誘電泳動デバイス作製、鮎瀬銀也、寺島大貴・西川宏之、内田諭、平成 25 年電気学会全国大会 3-101 (2013/3/20) (\*14)
33. シリコン樹脂への集束プロトンビーム描画を用いたマイクロレンズアレイの形成、加藤聖、齋藤圭祐、林 秀臣、西川宏之、平成 25 年電気学会全国大会 3-110 (2013/3/22)
34. Si イオンを注入したシリコン熱酸化膜におけるナノ Si 形成の制御、村上了太、西川宏之、石井保行、神谷富裕、平成 25 年 電気学会全国大会 2-095 (2013/3/21)
- (2012 年)**
35. Effect of Pillar Structure in Dielectrophoretic Device on Trapping Characteristic of Microorganisms, C. Asai, H. Tokita, T. Enjoji, S. Uchida, D. Terajima, H. Nishikawa, SETAC (the Society of Environmental Toxicology and Chemistry) Asia Pacific 2012 Meeting, p. 267, 2P-8-9 (Sep. 2012). (\*13)
36. Microelectronic devices on polyimide substrate processed by Proton Beam, H. Hayashi, Y. Takeno, H. Nishikawa, 13th International Conference on Nuclear Microprobe Technology & Applications, O-39, p.50 (22-27 July 2012). (\*2)
37. Micromachining of Polytetrafluoroethylene by Direct Etching Using Proton Beam Writing, H. Nishikawa, S. Makita, Y. Harashima, 13th International Conference on Nuclear Microprobe Technology & Applications, O-42, p.53 (22-27 July 2012). (\*6)
38. Flexible optical components of silicone fabricated by proton beam writing, K. Saito, H. Nishikawa, H. Hayashi, 13th International Conference on Nuclear Microprobe Technology & Applications, P-67, p.140 (22-27 July 2012). (\*3)
39. Proton Beam Writer (PBW) for novel processing tool to increase surface utility of flexible printed circuits (FPC), Hidetaka Hayashi, Hiroyuki Nishikawa, Electronics Goes Green 2012+ (9-12 Sept. 2012). (\*20)
40. 誘電泳動による微粒子のサイズ分離に関する研究、鮎瀬 銀也、寺島 大貴、西川宏之、内田諭、2012 年 放電学会年次大会 D-3-2, pp.71-72 (2012/12/1) (\*13)
41. 集束プロトンビームを用いた PMMA 光ファイバの微細加工及びそのセンサ応用に関する研究、加藤聖、齋藤圭祐、高橋潤一、林秀臣、西川宏之、2012 年 放電学会年次大会 P-19, pp.123-124 (2012/12/1) (\*17)
42. 感光性材料による誘電体膜の形成、山口正樹、西川宏之、第 73 回応用物理学会学術講演会、13a-PB1-1 (2012/9/13) (\*12)
43. PB-LIGA を用いた局所インプリントプロセスとその応用展開、高橋潤一、岩本隆志、田邊



法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

- 裕介、西川宏之、林秀臣、石井保行、神谷富裕、佐藤隆博、エレクトロニクス実装学会、第 22 回マイクロエレクトロニクスシンポジウム(MES2012)、2B1-2(2012/9/13) (\*16)
44. 集束プロトンビームを用いたPMMA 光ファイバーの微細加工、加藤 聖、西川宏之、林 秀臣、エレクトロニクス実装学会、第 22 回マイクロエレクトロニクスシンポジウム秋季大会(MES2012)、2B1-4 (2012/9/13) (\*17)
45. 誘電泳動によるリポソーム捕集効果に対するピラーアレイの及ぼす影響、鮎瀬銀也、寺島大貴、西川宏之、内田諭、A-3、第 43 回電気電子絶縁材料システムシンポジウム(2012/9/10-12) (\*13)
46. ソフトリソグラフィによる誘電体ピラーを導入した 3 次元誘電泳動効果の検討、渡部 涼、坂下 裕介、西川宏之、内田諭、浅井 千尋、第 43 回電気電子絶縁材料システムシンポジウム、MVP-5 (2012/9/10-12) (\*16)
47. 集束陽子線描画を用いた、誘電泳動用高アスペクト比誘電体ピラー作製条件の検討、寺島大貴、鮎瀬 銀也、西川宏之、浅井千尋、内田諭、第 43 回電気電子絶縁材料システムシンポジウム、MVP-19 (2012/9/10-12) (\*13)
48. プロトンビーム描画によるPTFEの微細加工、牧田翔太、原島勇氣、西川宏之、第 59 回応用物理学関係連合講演会、17p-B5-4 (2012/3/17) (\*6)
49. 誘電泳動デバイスにおける微小立体構造の捕集効果、神孝之、浅井千尋、内田諭、椎根康晴、西川宏之、第 59 回応用物理学関係連合講演会、17p-F8-2 (2012/3/17) (\*13)
50. ピラー構造誘電泳動デバイスを用いた菌捕集量のピラー高さ依存性の検証、浅井千尋、神孝之、内田諭、西川宏之、第 59 回応用物理学関係連合講演会、17p-F8-3 (2012/3/17) (\*13)
51. 感光性材料により形成した誘電体膜の漏れ電流特性、山口正樹、西川宏之、第 59 回応用物理学関係連合講演会、18p-A4-1 (2012/3/18) (\*12)
52. 集束プロトンビーム照射によるポリ乳酸の照射効果、小池義和、竹内均、小倉智裕、萩原央紀、青木大地、石川拓也、熊谷研、西川宏之、第 59 回応用物理学関係連合講演会、17p-DP2-4 (2012/3/17) (\*5)
53. 集束プロトンビーム描画によるプラスチック上の微細電極作成、武野泰、西川宏之、林秀臣、第 26 回エレクトロニクス実装学会春季講演大会、論文番号 8C-09 (2012/3/8) (\*10)
- (2011 年)**
54. Investigation of basic characteristics of trapping bacteria with a three-dimensional dielectrophoretic device, C. Asai, T. Jin, S. Uchida, Y. Shiine and H. Nishikawa, Abstracts of International Union of Microbiological Societies 2011 Congress, P-AM06-2 (Sep. 2011). (\*13)
55. Effect of pillars with additional structure in dielectrophoretic device on collection characteristic of E.coli, T. Jin, C. Asai, S. Uchida, Y. Shiine and H. Nishikawa, Abstracts of International Union of Microbiological Societies 2011 Congress, P-AM06-3 (Sep. 2011). (\*13)
56. Micro processing of poly L lactic acid (PLLA) by proton beam writing, H. Takeuchi, Y. Koike, T. Ogura, H. Hagiwara, H. Nishikawa, International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT2011), Paper No. BB4-6 (June 2011). (\*5)
57. Negative Epoxy Resist for Permanent Use Optimized for Proton Beam Writing, H. Nishikawa, T. Nishiura, T. Mita, T. Takemori, International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT2011), Paper No. BB1-4 (June 2011). (\*16)
58. Micromachining of Polyimide Films by Proton Beam Writing, Y. Takeno, H. Nishikawa, H. Hayashi, International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT2011), Paper No. BB-PO3-6 (June 2011). (\*2)

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

59. Surface Modifications and Micromachining of Diamond by Proton Beam Writing, Y. Harashima, T. Kaneko, H. Nishikawa, H. Kato, S. Yamasaki, ICMAT2011, Paper No. BB-PO3-4 (June 2011).(\*11)
60. Enhancing Proton Beam Writing System with Auto Scanning Software and Stage Movement, T. P. Nguyen, R. Teshima, T. Hasegawa, H. Nishikawa, ICMAT2011, Paper No. BB4-3 (June 2011). (\*4)
61. 集束プロトンビームを用いた多段金属構造の作製と応用、岩本隆志、田邊祐介、西川宏之、2011年放電学会年次大会講演予稿集 P-24 (2011/11/26)、pp.51-52 (\*16)
62. イオン照射によるフッ素化ポリイミドの屈折率上昇、新井之貴、大木義路、齋藤圭祐、西川宏之、2011年放電学会年次大会講演予稿集 P-23 (2011/11/26)、pp.49-50 (\*18)
63. ソフトリソグラフィによる3次元構造のPDMSピラーを用いた誘電泳動デバイスの作製、渡部涼、坂下裕介、神孝之、浅井千尋、内田諭、西川宏之、2011年放電学会年次大会講演予稿集 D-3-6 (2011/11/26)、pp.118-119 (\*16)
64. シリコンゴムへの集束プロトンビーム描画による光デバイス作製とバイオチップへの応用、齋藤圭祐、西川宏之、林秀臣、2011年放電学会年次大会講演予稿集 D-3-7(2011/11/26)、pp.120-121 (\*18)
65. プロトンビーム描画による高アスペクト比ピラー配列の試作と誘電泳動特性、寺島大貴、椎根康晴、西川宏之、小池義和、佐藤隆博、石井保行、神谷富裕、神孝之、浅井千尋、内田諭、第72回応用物理学会学術講演会 1a-ZG-3 (2011/9/1) (\*12)
66. プロトンビーム描画による圧電性ポリ乳酸薄膜の微細加工と評価、萩原央紀、小池義和、竹内均、小倉智裕、青木大地、石川拓也、熊谷研、西川宏之、原島勇氣、第72回応用物理学会学術講演会、30a-ZL-6 (2011/8/30) (\*5)
67. 粒子線露光量が誘電体薄膜パターンに及ぼす影響、山口正樹、西川宏之、第72回応用物理学会学術講演会、30a-ZL-7 (2011/8/30) (\*12)

#### <研究成果の公開状況>(上記以外)

##### シンポジウム・学会等の実施状況、インターネットでの公開状況等

- ・フレキシブル実装工学研究センターウェブサイト URL、<http://www.flex.ae.shibaura-it.ac.jp>
- ・芝浦工業大学 産学官連携研究交流会 (2012年3月16日(金)、於大宮校舎)
- ・第22回マイクロマシン/MEMS展 (2011年7月13日~15日、東京ビッグサイト) にて「フレキシブル実装工学研究センター」として出展。
- ・2012年度マイクロエレクトロニクスショー、「アカデミックプラザ」展示・発表(2012年6月13日~15日、東京ビッグサイト)。
- ・第23回マイクロマシン/MEMS展アカデミック出展(2012年7月11日~13日、東京ビッグサイト)にて「フレキシブル実装工学研究センター」として出展。
- ・2013年度マイクロエレクトロニクスショー、「アカデミックプラザ」展示・発表(2013年6月5日~6月7日、東京ビッグサイト)。
- ・ナノ・マイクロビジネス展(2013年7月7日~5日、東京ビッグサイト)にて「フレキシブル実装工学研究センター」として出展。
- ・2014年度ナノ・マイクロビジネス展(2014年4月23日~25日、パシフィコ横浜)にて「芝浦工業大学マイクロナノコンソーシアム」参画研究センターとして出展。
- ・nanotech2015 (第14回国際ナノテクノロジー総合展・技術展)「芝浦工業大学マイクロナノコンソーシアム」として出展。(東京ビッグサイト、2015年1月28日~30日)
- ・2015年度マイクロエレクトロニクスショー「アカデミックプラザ」展示・発表(2015年6月3日~6月5日、東京ビッグサイト)。
- ・nanotech2016 (第16回国際ナノテクノロジー総合展・技術展)「芝浦工業大学マイ

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

「クロナノコンソーシアム」として出展。(東京ビッグサイト、2016年1月27日～29日)  
 ・第3回プロトンビームライティングとその応用に関するシンポジウム(芝浦工業大学、2016年2月24日)

#### 14 その他の研究成果等

以下のような取り組みを行った。

##### ・企業との共同研究

2011.4～2011.12 丸善石油化学(株)「PBW(プロトンビーム描画)に適応する照射対象材料の研究」

##### ・外部資金による研究成果実用化への展開

H25年度 JST 研究成果展開事業 研究成果最適展開支援プログラム【FS】ステージ(ASTEP)探索タイプ採択(「シリコン樹脂の三次元曲面加工によるプロジェクタ用マイクロレンズアレイ応用」)により研究成果の展開を目指した。

##### ・学内コンソーシアム結成

H25年度、芝浦工業大学マイクロ・ナノイノベーションコンソーシアム(Micro Nano Innovation Consortium: MiNI)を組織し、本研究プロジェクトの枠を超えた機械系研究者との連携体制を構築した。

##### ・産学官連携関連活動

上記 MiNI コンソーシアムとして、以下の活動を行った。

**平成25年度採択大学等シーズ・ニーズ創出強化支援事業(イノベーション対話促進プログラム)**において、「スマートコミュニティにおけるイノベーションの創出」に「マイクロ・ナノ技術」研究領域から参画した。「ロボット技術」、「M2M(machine to machine)技術」等の異分野との相乗効果を目指し、本学イノベーション創出活動に貢献した。

**平成25年採択文科省COC(知の拠点事業)、芝浦工業大学 地(知)の拠点整備事業**の1プロジェクトとして、2014年度「地域と医療に貢献するマイクロ・ナノ医工連携イノベーション」、2015年度「マイクロ・ナノものづくり教育イノベーション」という課題にて参画し、地域と連携したイノベーション創出に向けた活動を行っている。

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

## 15 「選定時」及び「中間評価時」に付された留意事項とそれへの対応

### <「選定時」に付された留意事項>

該当なし

### <「選定時」に付された留意事項への対応>

該当なし。

### <「中間評価時」に付された留意事項>

平成 25 年度実施の中間審査に対する留意事項を以下に示す。

#### 1. 研究組織

・研究場所が分かれている点が拠点形成に問題がないか懸念される。

#### 2. 研究施設・設備

・利用実績が想定で記載されており、本格的に利用していないように見える。

#### 3. 進捗状況・研究成果について

・論文成果リストからは、主にテーマ 1 を中心とし、共同研究機関からの貢献が多い活動のようになっているように見える。

#### 4. その他

・外聞評価を行っているようであるが、そのフィードバックが何かはっきり記述されていない。

### <「中間評価時」に付された留意事項への対応>

以下の通り対応策を講じた。

#### 1. 研究組織

本学における研究拠点形成は、当該プロジェクトを管轄する本学 SIT 総合研究所により、大宮キャンパス先端研にて行われている。同所に陽子線描画装置が設置され、当該プロジェクト研究費による設備はいずれも同所に整備し、研究遂行上の支障は無いように配慮した。また、豊洲キャンパスは、汎用的な機器での評価を行う場所として使い分けている。

#### 2. 研究施設・設備

成果報告には、実利用時間を記載した。利用実績の記録・管理する仕組みを徹底すると共に、H27 年度からウェブシステム上で予約・記録する仕組みを立ち上げ、研究プロジェクトに関わる多数の装置の利用状況を把握して、有効利用できるように留意した。

#### 3. 進捗状況・研究成果について

当該分野はハードウェア（陽子線描画装置）に依存するところが大きく、テーマ 1 がプロジェクトの成否および成果に占める比重は大きい。必然的に同分野の国内最大研究拠点である原子力機構の共同研究者の貢献が大きくなることは否めない。しかしながら、本学研究者が同機構の装置を利用した研究も行っており、成果の大半は本学の研究者が貢献しており、連携も緊密に行っている。そこで留意事項を踏まえて、原子力機構で開発された技術であっても本学設置の陽子線描画装置に技術移転できるように配慮して取り組み、最終的には本学における拠点形成につながっている。

具体的には、テーマ 1 の H25 年度に導入した陽子線誘起反応計測システムの立ち上げ時の緊密な連携が得られたこと、および大気中照射技術の開発の当初方針からの変更においては有益な成果を得た。

#### 4. その他

全ての外部評価の結果は本学 SIT 総合研究所の関連するホームページ\*に公開され、フィードバックもなされている。留意事項として指摘のあったとおり、中間評価時の報告書に未記載であったので、本評価報告書においては、直近に開催された 2015 年度の

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

外部点検評価委員会での指摘事項と対応状況を明記した。

\*[http://www.shibaura-it.ac.jp/research/sit\\_research\\_laboratories/summary/inspection.html](http://www.shibaura-it.ac.jp/research/sit_research_laboratories/summary/inspection.html)

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

## 16 施設・装置・設備・研究費の支出状況(実績概要)

(千円)

年度・区分	支出額	内 訳						備 考
		法 人 担 負	私 学 助 成	共同研 究機 関負 担	受託 研究等	寄付金	その他(科学研究費補助金)	
平成二十三年 度	施設	0						寄付)(財)新生資源協会
	装置	0						
	設備	0						
	研究費	20,705	3,692	3,324		769	12,920	
平成二十四年 度	施設	0						受託)ニュープレクス(株)
	装置	0						寄付)ソニー(株) 先端マテリアル研究
	設備	39,098	13,033	26,065				
	研究費	13,343	4,057	3,492		1,975	432	3,387
平成二十五年 度	施設	0						受託)ニュープレクス(株)
	装置	0						寄付)日立化成(株) 筑波総合研究所
	設備	13,350	4,450	8,900				
	研究費	13,989	4,600	4,500		372	298	4,219
平成二十六年 度	施設	0						受託)(株)熊谷組
	装置	0						
	設備	0						
	研究費	16,832	3,671	3,500		777		8,884
平成二十七年 度	施設	0						受託)(株)熊谷組
	装置	0						寄付)(株)ダイセル
	設備	0						
	研究費	14,266	3,301	2,500		131	270	8,064
総 額	施設	0	0	0	0	0	0	0
	装置	0	0	0	0	0	0	0
	設備	52,448	17,483	34,965	0	0	0	0
	研究費	79,135	19,321	17,316	0	3,255	1,769	37,474
総 計	131,583	36,804	52,281	0	3,255	1,769	37,474	

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

## 17 施設・装置・設備の整備状況（私学助成を受けたものはすべて記載してください。）

《施設》（私学助成を受けていないものも含め、使用している施設をすべて記載してください。）（千円）

施設の名 称	整備年度	研究施設面積	研究室等数	使用者数	事業経費	補助金額	補助主体
先端工学研究機構棟	既存施設	100 m <sup>2</sup>	1室	16名			

※ 私学助成による補助事業として行った新增築により、整備前と比較して増加した面積

\_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

《装置・設備》（私学助成を受けていないものは、主なもののみを記載してください。）

（千円）

装置・設備の名称	整備年度	型 番	台 数	稼働時間数	事業経費	補助金額	補助主体
(研究設備) 三次元柔構造作製システム	平成24年度	①超純水製造装置Direct-Q UV ②超音波ホジナイザーUP-50H ③スピコーターACT-300AII ④熱処理装置GFA430VN ⑤超臨界乾燥装置SCRD4 ⑥電解メッキ装置 特注 ⑦無電解メッキ装置 特注 ⑧ナインプリント装置LTNIP-5000 ⑨ステンレスハンテング作業台PB-1800 ⑩膜厚計測装置FE-300 ⑪実体顕微鏡SM-6 NIKON ⑫工業用顕微鏡LV100D-U NIKON	一式	(年間) 500 h	39,098	26,065	私学助成
陽子線誘起反応計測システム	平成25年度	光検出器QE65Pro X線検出器X-123SDD 陽子線制御・計測器PIRM-1000	一式	500 h	13,350	8,900	私学助成

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

## 18 研究費の支出状況

## 研究テーマ 1. 集束陽子線描画による誘起反応性制御と三次元柔構造の実現

(千円)

年 度	平成 23 年度		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	377	実験用薬品 その他	273 104
旅費交通費	287	国外研究費 一般旅費	281 6
報酬・委託料	365	委託料	365
修繕費	519	修繕費	519
研修費	76	学会参加	76
計	1,624		1,624
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人件費支出 (兼務職員)			
教育研究経費支出 計	0		
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品	2,811	実験用機器 実験用機器	320 2,491
図 書			
計	2,811		2,811
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント ポスト・ドクター 研究支援推進経費 計	0		

(千円)

年 度	平成 24 年度		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	623	実験用消耗品 その他	113 510
用品費	434	実験用品 その他	254 180
通信運搬費	2	運搬費	2
旅費交通費	400	国外研究費 一般旅費	391 9
保守清掃費	337	保守費 修繕費	252 85
研修費	55	学会参加	55
計	1,851		1,851
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人件費支出 (兼務職員)			
教育研究経費支出 計	0		
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品	2,971	実験用機器 実験用機器 実験用機器 実験用機器 実験用機器 実験用機器	903 567 152 238 274 837
図 書			
計	2,971		2,971
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント ポスト・ドクター 研究支援推進経費 計	0		



法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

(千円)

年 度	平成 25 年度		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	1,524	消耗品(電子部品) 消耗品(真空部品) その他	728 383 413
旅費交通費	32	交通費	32
通信運搬費	7	運搬費	7
報酬・委託料	120	報酬 委託料	56 64
保守清掃費	281	保守費 修繕費	92 189
用品費	225	用品費	173 52
計	2,189		2,189
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人件費支出 (兼務職員)			
教育研究経費支出 計	0		0
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品	2,762	実験用機器 実験用機器	452 2,310
図 書			
計	2,762		2,762
研 究 ス タ ッ プ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント ポスト・ドクター 研究支援推進経費 計	0		

(千円)

年 度	平成 26 年度		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	666	消耗品(光学部品) 消耗品(ソフトウェア) その他	142 107 417
旅費交通費	479	国外研究費 旅費	321 158
通信運搬費	5	運搬費	5
研修費	88	研修費	88
印刷製本費	49	印刷製本費	49
保守清掃費	378	保守費 修繕費	130 248
用品費	130	用品費	130
計	1,795		1,795
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人件費支出 (兼務職員)	50	実験補助	50
教育研究経費支出 計	50		50
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品	1,394	実験用機器 実験用機器	152 1,242
図 書			
計	1,394		1,394
研 究 ス タ ッ プ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント ポスト・ドクター 研究支援推進経費 計	0		

(様式2)

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

(千円)

年度		平成 27 年度		
小科目	支出額	積算内訳		
		主な用途	金額	主な内容
教 育 研 究 経 費 支 出				
消耗品費	404	消耗品(ソフトウェア)	107	システム開発ソフトウェア使用料
		その他	297	光ファイバケーブル ガラス器具等
旅費交通費	278	交通費	252	研究打合せ交通費 共同研究者交通費
		研究旅費	26	照射実験時旅費(高崎量子応用研究所)
通信運搬費	2	運搬費	2	実験器具等送付
保守清掃費	140	保守費	140	コンプレッサ点検整備
計	824		824	
ア ル バ イ ト 関 係 支 出				
人件費支出 (兼務職員)				
教育研究経費支出				
計	0		0	
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)				
教育研究用機器備品	272	実験用機器	272	ミニ油圧プレス
図 書				
計	272		272	
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出				
リサーチ・アシスタント				
ポスト・ドクター				
研究支援推進経費				
計	0			

## 研究テーマ 2. 三次元柔構造の機能発現とデバイス応用および超実装工学の推進

(千円)

年度		平成 23 年度		
小科目	支出額	積算内訳		
		主な用途	金額	主な内容
教 育 研 究 経 費 支 出				
消耗品費	1,902	ソフトウェア	1,249	解析シミュレーション用ソフトウェア使用料等
		実験用薬品	115	溶剤 試薬
		その他	538	ガラス器具 液化窒素 真空部品等
通信運搬費	6	運搬費	6	実験機器・精密機器送料
計	1,908		1,908	
ア ル バ イ ト 関 係 支 出				
人件費支出 (兼務職員)				
教育研究経費支出				
計	0			
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)				
教育研究用機器備品	612	実験用機器	308	解析用PC本体
		実験用機器	304	ロータリーエバポレーター
図 書				
計	612		612	
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出				
リサーチ・アシスタント				
ポスト・ドクター				
研究支援推進経費				
計	0			

(様式2)

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

(千円)

年 度		平成 24 年度		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳		
		主 な 使 途	金 額	主 な 内 容
教 育 研 究 経 費 支 出				
消 耗 品 費	1,454	ソフトウェア	626	解析シミュレーション用ソフトウェア使用料等
		実験材料	381	単結晶シリコンウェハー
		その他	447	ガラス器具 試薬 工具等
用 品 費	133	実験用品	133	アンビエントモニター
通 信 運 搬 費	9	運搬費	9	実験機器運搬
旅 費 交 通 費	274	一般旅費	274	共同研究者交通費等
報 酬 ・ 委 託 料	33	委託料	33	特別講演謝礼
計	1,903		1,903	
ア ル バ イ ト 関 係 支 出				
人件費支出 (兼務職員)				
教育研究経費支出				
計	0			
設 備 関 係 支 出 (1個又は1組の価格が500万円未満のもの)				
教育研究用機器備品	714	実験用機器	714	ドラフトチャンバー
図 書				
計	714		714	
研 究 ス タ ッ プ 関 係 支 出				
リサーチ・アシスタント				
ポスト・ドクター				
研究支援推進経費				
計	0			

(千円)

年 度		平成 25 年度		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳		
		主 な 使 途	金 額	主 な 内 容
教 育 研 究 経 費 支 出				
消 耗 品 費	1,690	ソフトウェア	440	解析シミュレーション用ソフトウェア使用料等
		実験材料	206	単結晶シリコンウェハー
		その他	1,044	電子部品 ガラス器具 試薬 工具等
通 信 運 搬 費	4	運搬費	4	実験機器送料
旅 費 交 通 費	1,016	国外研究費	744	国際学会参加旅費( EIPBN2013,NME2013)
		その他	272	研究打合せ、共同研究者交通費
印 刷 製 本 費	6	印刷製本費	6	研究発表用印刷費
研 修 費	162	研修費	162	ワークショップ登録費 学会参加登録費
計	2,878		2,878	
ア ル バ イ ト 関 係 支 出				
人件費支出 (兼務職員)				
教育研究経費支出				
計	0		0	
設 備 関 係 支 出 (1個又は1組の価格が500万円未満のもの)				
教育研究用機器備品	1,197	実験用機器	1,197	コンパクトドラフト
図 書				
計	1,197		1,197	
研 究 ス タ ッ プ 関 係 支 出				
リサーチ・アシスタント				
ポスト・ドクター				
研究支援推進経費				
計	0			

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

(千円)

年 度	平成 26 年度		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	2,190	消耗品	1,287
		ソフトウェア	627
		その他	276
通 信 運 搬 費	8	運搬費	8
旅 費 交 通 費	519	研究旅費	120
		交通費	399
用 品 費	53	用品費	53
研 修 費	65	研修費	65
報 酬 ・ 委 託 料	22	委託料	22
計	2,857		2,857
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人件費支出 (兼務職員)			
教育研究経費支出			
計	0		0
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品	1,021	実験用機器	1,021
図 書			
計	1,021		1,021
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント			
ポスト・ドクター			
研究支援推進経費			
計	0		

(千円)

年 度	平成 27 年度		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
消 耗 品 費	2,557	消耗品	1,335
		ソフトウェア	902
		その他	320
旅 費 交 通 費	112	交通費	112
計	2,669		2,669
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人件費支出 (兼務職員)			
教育研究経費支出			
計	0		0
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品	613	実験用機器	613
図 書			
計	613		613
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント			
ポスト・ドクター			
研究支援推進経費			
計	0		

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

## 各テーマ共通経費

(千円)

年 度	平成 23 年度			
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳		
		主 な 使 途	金 額	主 な 内 容
教 育 研 究 経 費 支 出				
通信運搬費	39	運搬費 通信費	14 25	精密機器運搬 共用サーバ利用料
印刷製本費	22	印刷費	22	研究成果報告書
計	61		61	
ア ル バ イ ト 関 係 支 出				
人件費支出 (兼務職員)				
教育研究経費支出				
計	0			
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)				
教育研究用機器備品 図 書				
計	0		0	
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出				
リサーチ・アシスタント ポスト・ドクター				
研究支援推進経費				
計	0			

(千円)

年 度	平成 24 年度			
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳		
		主 な 使 途	金 額	主 な 内 容
教 育 研 究 経 費 支 出				
通信運搬費	51	運搬費 通信費	26 25	実験機器運搬 共用サーバ利用料
賃借料	5	賃借料	5	技術展示会出展時賃借料
印刷製本費	54	印刷費	54	研究成果報告書
計	110		110	
ア ル バ イ ト 関 係 支 出				
人件費支出 (兼務職員)				
教育研究経費支出				
計	0			
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)				
教育研究用機器備品 図 書				
計	0		0	
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出				
リサーチ・アシスタント ポスト・ドクター	356	描画装置用ソフトウェア開発	356	外国1人
研究支援推進経費				
計	356		356	

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

(千円)

年 度	平成 25 年度		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
通信運搬費	57	運搬費	28
		通信費	29
賃借料	17	賃借料	17
計	74		74
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人件費支出 (兼務職員)			
教育研究経費支出			
計	0		0
設 備 関 係 支 出 (1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品			
図 書			
計	0		0
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント	178	描画装置用ソフトウェア開発	178
ポスト・ドクター			外国1人
研究支援推進経費			
計	178		178

(千円)

年 度	平成 26 年度		
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳	
		主 な 使 途	金 額
教 育 研 究 経 費 支 出			
通信運搬費	46	運搬費	20
		通信費	26
賃借料	3	賃借料	3
印刷製本費	5	印刷費	5
計	54		54
ア ル バ イ ト 関 係 支 出			
人件費支出 (兼務職員)			
教育研究経費支出			
計	0		0
設 備 関 係 支 出 (1個又は1組の価格が500万円未満のもの)			
教育研究用機器備品			
図 書			
計	0		0
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出			
リサーチ・アシスタント			
ポスト・ドクター			
研究支援推進経費			
計	0		0

法人番号	131024
プロジェクト番号	S1101007

(千円)

年 度	平成 27 年度			
小 科 目	支 出 額	積 算 内 訳		
		主 な 使 途	金 額	主 な 内 容
教 育 研 究 経 費 支 出				
消 耗 品 費	284	消耗品 その他	259 25	単結晶シリコンウエハ ガラス器具 試薬
旅費交通費	765	国外研究費 一般旅費	490 275	国際学会参加旅費 (EIPBN2015) 海外招聘講師旅費
通信運搬費	26	通信費	26	共用サーバ利用料
研修費	101	研修費	101	学会参加発表登録費
印刷製本費	60	印刷費 その他	54 6	論文掲載料 学会発表用ポスター
報酬・委託料	156	委託料	156	シンポジウム特別講演謝礼
計	1,392		1,392	
ア ル バ イ ト 関 係 支 出				
人件費支出 (兼務職員)	31	実験補助	31	時給 900円, 年間時間数 35時間 実人数 1人
教育研究経費支出 計	31		0	
設 備 関 係 支 出(1個又は1組の価格が500万円未満のもの)				
教育研究用機器備品				
図 書				
計	0		0	
研 究 ス タ ッ フ 関 係 支 出				
リサーチ・アシスタント				
ポスト・ドクター				
研究支援推進経費				
計	0		0	