

◆SIT 総合研究所・研究センター 研究成果報告書

※各研究センターの成果報告書は、文部科学省の報告様式を基に作成しています。

(一部センターは任意書式)

- 1 バイオトランスポート研究センター (2012 年度予算:5,000 千円) (5 年目) P.1
生体内の輸送現象である、栄養素や酸素の輸送、血液輸送は、生体現象にとって重要である。この現象を工学的に解析することで、生体内現象の解明を行う。
- 2 ライフサポートテクノロジー研究センター (2012 年度予算:7,000 千円) (4 年目) P.25
ひとが幸せに暮らすためには「元気に老いる」ということが重要である。老化の現象を解明することで、高齢化社会を元気に生きるためには何が必要かを探る
- 3 環境微生物生態工学国際交流研究センター (2012 年度予算:7,000 千円) (3 年目) P.34
微生物そのものの性能の向上を図ると共に、微生物生態系を解析・制御することにより、東南アジアにおけるダイオキシン汚染問題の解決等に資する環境浄化手法の開発や有用な物質を合成する技術 (例:窒素からアンモニア合成) の開発を行う。
- 4 ポータブル強磁場マグネットセンター (2012 年度予算:7,000 千円) (3 年目) P.45
世界最強の小型マグネットを開発するとともに、その磁場を利用することで、水を浄化する装置や、ひざの軟骨を再生する技術の開発を行う。
- 5 フレキシブル実装工学研究センター (2012 年度予算:7,500 千円) (2 年目) P.57
集束陽子線描画を基軸とする微細な加工技術で、三次元柔構造を含む多種多様な材料群のハイブリッド構造体を形成し、機能発現、統合およびデバイス化に取り組む。従来のエレクトロニクス実装の枠組みを超えた超実装工学の構築を目指し、環境調和性に優れたモノづくりを探求する。
- 6 レアメタルバイオリサーチセンター (2012 年度予算:7,500 千円) (2 年目) P.66
特殊な金属代謝機能を有する微生物を利用して廃電子部品等に含まれるセレン等のレアメタルを不溶液化・濃縮して回収し、市場価値のある資源としてリサイクルする一連の技術群を開発する。
- 7 建築ストック研究センター (2012 年度予算:6,000 千円) (1 年目) P.73
日本がこれから迎える超高齢社会において、あらゆる世代が満足して住み続けることができるよう、都市部に数多く存在する既存共同住宅を主な研究対象として、地域社会、建築、インフィル (内装・設備) をいかに再生するかを研究する。
- 8 ソフトウェア開発技術教育研究センター (2012 年度予算:12,316 千円) P.82
産業界におけるソフトウェア開発技術者不足やソフトウェアの品質低下という問題に対して、開発現場で利用可能な形式検証技術をはじめとするソフトウェア開発技術とその教育方法を研究し、ソフトウェア開発技能 (技術を使用する能力) をもつ質の高い人材を各工学分野に関わる産業界に輩出する。
- 9 脳科学ライフテクノロジー寄附研究センター (2012 年度予算:5,000 千円) (3 年目) P.91
財団法人脳科学・ライフテクノロジー研究所からの寄附金を基金とし、同財団で実施されてきた脳科学及び生活支援技術の研究の発展と本分野での人材育成を目指す。

【各研究センターの成り立ち】

| 該当 番号 | 事業名等 | 概要 |
|----------|---|---|
| 1～7 | 文部科学省 戦略的研究基盤形成 支援事業 | 本事業は、私立大学が、各大学の経営戦略に基づいて行う研究基盤の形成を支援するため、研究プロジェクトに対して重点的かつ総合的に補助を行う事業であり、もってわが国の科学技術の進展に寄与するものである。 http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/shinkou/07021403/002/002/1218299.htm |
| 8 | (独)情報処理推進機構 ソフトウェア工学分野の 先導的研究支援事業 | 本事業は、我が国のソフトウェア工学の振興を通じて、ソフトウェア工学の先導的研究及びその成果の産業界への移転促進並びにソフトウェアの社会的認知の向上を図り、ソフトウェアの信頼性向上に貢献することを目的とし、中長期的な波及効果として、社会を支えるIT基盤の信頼性向上、産業の国際競争力強化、ソフトウェア工学分野の研究人材の育成を促進することも企図している。 |
| 9 | (財)脳科学ライフテクノロジー研究所 | 左記財団からの寄附金を基金とし、同財団で実施されてきた脳科学及び生活支援技術の研究の発展と本分野での人材育成を目指す。 |

プロジェクト番号

S0801013

**平成 20 年度～平成 24 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 芝浦工業大学先端工学研究機構バイオトランスポート研究センター
- 4 プロジェクト所在地 さいたま市見沼区深作 307、江東区豊洲 3-7-5
- 5 研究プロジェクト名 マイクロ・ナノバイオトランスポート
- 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 |
|--------|-----------|------|
| 工藤 奨 | SIT 総合研究所 | 客員教授 |
- 8 プロジェクト参加研究者数 12 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 |
|------|------------------|------------------------------|---|
| 工藤奨 | SIT 総合研究所・客員教授 | 生体組織・細胞における物質輸送・移動機構の解明 | 組織・細胞における物質輸送・移動機構の解明および研究全体の統括 |
| 六車仁志 | 工学部 電子工学科・教授 | 生体組織・細胞マイクロリソグラフィの創製 | 組織・細胞の位置を制御した物質輸送の定量化およびバイオチップ等の応用展開 |
| 柴田政廣 | システム工学部 生命科学科・教授 | 生体内微小循環での酸素動態の解析と血管新生への展開 | 血管壁細胞の酸素消費を考慮した新しい酸素輸送モデル構築と血管新生への応用展開 |
| 中村朝夫 | 工学部 化学科目・教授 | 血中輸送タンパク質の分子認識の可視化 | 血中輸送タンパク質の結合サイトの蛍光色素可視化および輸送分子側の分子認識システムを解析 |
| 松村一成 | 工学部 材料工学科・准教授 | 細胞膜などの二分子膜間における物質輸送の制御・機構解明 | 細胞膜における物質輸送機構の解明 |
| 濱崎啓太 | 工学部 応用化学科・准教授 | 蛍光タンパク質を用いた細胞内輸送分子可視化システムの開発 | 細胞内で輸送される分子の蛍光タンパク質による可視化システムの開発 |

プロジェクト番号

S0801013

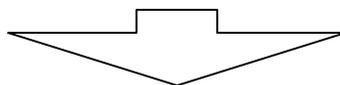
| | | | |
|-----------|------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| (共同研究機関等) | | | |
| 谷下一夫 | 慶應義塾 大 学 ・ 理工学部・ 教授 | 循環系のバイオトランスポート解析 | バイオトランスポートに関する共同研究と専門知識の提供 |
| 軽部征夫 | 東京工科大学 ・ 学長 | 生体組織のバイオセンサへの応用展開 | バイオセンサに関する共同研究と専門知識の提供 |
| 市岡滋 | 埼玉医科大学 ・ 形成外科・ 教授 | 最適酸素供給効率に基づく機能的血管化組織の構築 | 血管新生に関する臨床応用 |
| 大浦紀彦 | 杏林大学 ・ 医 学 部 ・ 准教授 | 機能的血管化組織の難治性潰瘍への臨床応用 | 血管新生に関する臨床応用 |
| 多田茂 | 防衛大学校 ・ 応用物理学科 ・ 教授 | 組織間輸送のシミュレーション | 血液循環系の物理モデルでのシミュレーション |
| 小出隆規 | 早稲田大学 先進理工学部 ・ 教授 | コラーゲン結合タンパク質に関する研究 | 細胞接着に関する専門知識の提供 |

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

旧

| プロジェクトでの研究課題 | 所属・職名 | 研究者氏名 | プロジェクトでの役割 |
|-------------------------|--------------|-------|---------------------------------|
| 生体組織・細胞における物質輸送・移動機構の解明 | 工学部機械工学科・准教授 | 工藤奨 | 組織・細胞における物質輸送・移動機構の解明および研究全体の統括 |

(変更の時期:平成22年4月1日)



新

| 変更前の所属・職名 | 変更(就任)後の所属・職名 | 研究者氏名 | プロジェクトでの役割 |
|-------------------------|---------------|-------|---------------------------------|
| 生体組織・細胞における物質輸送・移動機構の解明 | 工学部機械工学科・教授 | 工藤奨 | 組織・細胞における物質輸送・移動機構の解明および研究全体の統括 |

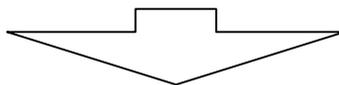
プロジェクト番号

S0801013

旧

| プロジェクトでの研究課題 | 所属・職名 | 研究者氏名 | プロジェクトでの役割 |
|-------------------------|--------------|-------|---------------------------------|
| 生体組織・細胞における物質輸送・移動機構の解明 | 芝浦工業大学工学部・教授 | 工藤奨 | 組織・細胞における物質輸送・移動機構の解明および研究全体の統括 |

(変更の時期:平成24年4月1日)



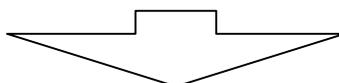
新

| 変更前の所属・職名 | 変更(就任)後の所属・職名 | 研究者氏名 | プロジェクトでの役割 |
|-------------------------|----------------|-------|---------------------------------|
| 生体組織・細胞における物質輸送・移動機構の解明 | SIT 総合研究所・客員教授 | 工藤奨 | 組織・細胞における物質輸送・移動機構の解明および研究全体の統括 |

旧

| プロジェクトでの研究課題 | 所属・職名 | 研究者氏名 | プロジェクトでの役割 |
|--------------|-------|-------|------------|
| | | | |

(変更の時期:平成20年11月1日)



新

| 変更前の所属・職名 | 変更(就任)後の所属・職名 | 研究者氏名 | プロジェクトでの役割 |
|-----------|--------------------|-------|-----------------|
| | 早稲田大学 先進理工学部・教授 | 小出隆規 | 細胞接着に関する専門知識の提供 |

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

動脈硬化症や動脈瘤といった血管病変の発生メカニズムの解明には、血管内皮細胞の細胞内・細胞間での物質輸送メカニズムの解明が不可欠である。また、脳組織において内皮細胞を介した物質輸送の停滞は重大な脳障害を引き起こす。さらに血管から細胞や組織への栄養分や酸素輸送の詳細を明らかにすることは、再生組織工学の重要な課題の一つである。このように血液循環系の分子認識機構を用いた組織・細胞レベル(マイクロ・ナノレベル)での物質輸送機構を解明することは、血管病変発生メカニズムの解明、機能恒常性の解明、さらには再生組織工学の応用展開において重要な意義を持つ。そこで、本プロジェクトでは血液循環系の組織・細胞レベルの物質輸送機構の解明、および物質輸送機構に基づいた組織再生、ドラッグデリバリーシステム、バイオチップへの臨床応用を目的として研究をおこなう。

本プロジェクトを効率的に進めるために、生体内の輸送を4階層(①輸送・移動分子, ②細胞膜(境界面)輸送, ③細胞内輸送, ④組織間輸送)に大別し、各階層を専門とする研究者より詳細に研究し、培養系→生体内へと段階的に研究を進め、最終的には動物実験を用いた生体内でマイクロ・ナノレベルの輸送機構の解明を統合的におこなう。第1段階(H20~H22)は、主に培養細胞等を用いて、物理・化学的条件を十分制御した形で、細胞膜、細胞内、細

胞間の輸送,さらには酸素輸送が主要因となる血管新生に関して解析をおこなう。第2段階(H22, H23)では,生体から取り出した組織(細胞集団)を用いて,生体内により近い形での細胞間および細胞内輸送の解析をおこなう。第3段階(H23, H24)では,動物を用いて生体内でのマイクロ・ナノレベルでの輸送を可視化解析,さらに血管新生の臨床的展開をおこなう。また細胞の分子認識システムを応用したバイオチップの開発をおこなう。

(2)研究組織

本プロジェクトは工藤を代表として研究を進めてきた。工藤は芝浦工業大学バイオトランスポートセンターのセンター長を務め,当センターに所属する研究者と連携統括し研究を進めてきた。

研究体制として,①では分子の化学的特性が重要となるために,中村,濱崎を中心として進めてきた。②では脂質二重膜の化学的特性と細胞膜表面での受容体の特性が重要となるために,工藤,松村を中心に,③では細胞内での物理・化学的特性が重要となるために,工藤,柴田,濱崎が中心に,④では組織間の物理的な輸送特性が重要となるために,工藤,柴田が中心となり研究をおこなってきた。また,細胞の分子認識システムを応用したバイオチップの開発を工藤,六車が中心となってすすめてきた。

各研究者は,芝浦工業大学先端研究機構棟バイオトランスポートセンターに所属し,各研究室には3~7名の大学院生が所属し,研究を進めてきた。また,実験装置等も共有しており密に連携してきた。

研究支援体制としては,芝浦工業大学に産学官・研究支援課およびSIT(Shibaura Institute of Technology)総合研究所が研究費および研究場所のサポートをおこなってきた。外部共同研究機関の研究者は,主として高度な専門性を持つ研究者で構成しており,おもに各専門的見地から本研究に対する助言をおこなう体制をとり,年2回のシンポジウムと報告会,および各学会において意見をいただいていた。また,市岡,大村は臨床応用を目的とし動物実験等で協力体制をとってきた。

(3)研究施設・設備等

研究施設の面積は先端工学研究機構棟 178.51 m², 芝浦工業大学豊洲キャンパス研究棟 200 m²において研究者および大学院生約20名が以下に示す設備等を使用してきた。

- ①ナノバイオリソグラフィ作製・解析装置 稼働時間 週30時間
- ②発現系シグナル分子解析システム 稼働時間 週40時間
- ③蛍光寿命測定システム 稼働時間 週20時間
- ④in vivo(生体内)蛍光実時間観察システム 稼働時間 週30時間

(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。

研究プロジェクトの計画や目的・意義と関連づけて,当初の目標をどれだけ達成したか記述するとともに,新たに得られた知見などについても具体的に記述してください。

組織再生,ドラッグデリバリーシステム,バイオチップへの応用展開を見据え,研究を進めてきた。論文数は70編程度を目標としていた。H24年9月時点で雑誌論文45編,国際会議は28件,国内会議80件と当初の目標値には到達していないが,成果を着実に残してきたと考えている。バイオチップに関しては,実用面の問題はまだ残るが論文数11編と一定の成果を上げることができたと考えている。また,ドラッグデリバリーシステムに関しては,基礎的データの取得にとどまり組織への応用展開が必ずしも進んでいない現状である。今後,本プロジェクト終了後に,より応用展開色を強めたプロジェクトを立ち上げ,本プロジェクトで得た基礎的データをもとに応用展開を進めていく予定である。以下,4階層について得られた成果について述べる。

①輸送・移動分子:

血液中の主な輸送タンパク質である血清アルブミンをターゲットとし、アルブミンと薬物の結合状態に応じて各種の色調で発光させ、薬物の体内動態を可視化するプローブの開発を進めてきた*学会発表 96, 97. その過程で、ある特殊な配位子をもつルテニウム錯体がこのような発光プローブとして有用であることを見だし*学会発表 29, 31, 53, その特性を改善するための分子設計と合成を続けてきた。その結果、血清アルブミンに対する親和性の非常に高い発光プローブを開発することができた*学会発表 30, 32. 一方、このタイプの発光プローブの他の血中タンパク質に対する親和性も調べた結果、かなり広い範囲のタンパク質に対して親和性をもつことが判明した。このことは、このタイプの発光プローブが、さまざまなタンパク質を検出するためのプローブとして汎用性をもつ可能性を示している*学会発表 30, 32 が、一方で、ターゲットとするタンパク質に対する特異性の付与という点では、まだ、十分に目標が達成できていないことが明らかになった。また薬物応答性構造変化型タンパク質開発のため、非共有結合であるホストゲスト作用を利用したモデルペプチドを合成し薬物応答性を評価し*学会発表 60, ホストゲストブリッジを用いて構造の折りたたみの開始点を与えることで、タンパク質の不可逆な折り畳み現象を短鎖ポリペプチドで再現することに成功し特許を取得した。*特許 1, *雑誌論文 8.

②細胞膜(境界面)輸送:

膜受容体とリガンドの結合現象は結合定数の詳細な定量化が必要である。膜受容体を人工脂質膜小胞(リポソーム)を介して固定化した水晶振動子バランスセンサー(QCM)を新たに構築することに成功し、再現性の良い膜受容体-リガンド結合の測定が可能になった*学会発表 55, 98, 99,101. また、細胞膜自身の流動特性が膜受容体とリガンドの結合状態に大きく影響を与える。そのため、細胞膜の流動特性を調べた結果、温度によって細胞膜の流動特性が変化することが分かった*雑誌論文 3. さらに、血流を模擬した流れ場で細胞膜の流動特性を調べた結果、同一細胞においても流れの上流下流で細胞膜の流動特性が変化することを見いだした*学会発表 36, 40, 67. さらに、核酸などの水溶性薬物を細胞膜内に輸送(通過)させるための手段として、カチオン性脂質膜と細胞膜との融合現象の活性化に関して検討をおこなった。カリックスアレーン誘導体が、カチオン性脂質膜を経由して膜融合現象を活性化することを見いだした*学会発表 102,107. 細胞膜類似の脂質平面膜構造を QCM センサー上に構築し、タンパク質吸着量を評価することで、生体適合性に重要な膜物性を決定した*学会発表 17, 18, 54, 56.

③細胞内輸送:

内皮細胞を介して血中タンパク質であるアルブミンの輸送を調べた結果、せん断応力の違いにより輸送能が変化することが分かった*雑誌論文 2. 細胞内のタンパク質の移動速度を詳細に定量化するために改良型の蛍光タンパク質を用いて計測をおこなった。その結果、同一タンパク質においても細胞内の部位により移動速度が異なることを見出した*雑誌論文 19, 学会発表 61, 63, 65, 69. また、細胞骨格の一つである微小管を用いた細胞内輸送過程においては、細胞内の微小管が部位によりネットワーク形成速度が異なることを見出した*雑誌論文 26, 学会発表 62. 細胞内の単純拡散と能動的な物質移動現象に関連する微小管の動きを視覚的にとらえることに成功し、さらにその速度も定量化することに成功した。さらには、細胞内の RNA の移動状態を可視化するために、細胞内で RNA の活動を制御する糖誘導体を設計・合成し標的 RNA に対する結合能を評価した*雑誌論文 33, 34.

④組織間輸送:

酸素濃度依存性蛍光(リン光)プローブの蛍光寿命変化を利用した生体内酸素分圧計測装置を開発し、従来からの生体内微小循環観察用生体顕微鏡に組み込むことにより、骨格筋組織レベルでの微小血管から周辺組織への酸素輸送過程を定量的に解析することが可能となった。本法により微小循環での酸素輸送を解析した結果、従来毛細血管からのみ行われていると考えられていた組織への酸素輸送が、毛細血管の上流にある細動脈を中心に供給されていることが明らかになり*雑誌論文 22, 28, 図書 2, 学会発表 50, 93, 94, 95, これまで無視されていた細動脈血管壁自身の酸素の多さが判明し、さらにその細動脈血管壁の酸素消費量は血管壁の運動量(仕事量)に依存することを明らかにした*雑誌論文 22, 28, 図書 2, 学会発表 50, 93, 94, 95. また、血管細胞に物理刺激を加えた際に、組織間で物質移動を利用した情報伝達をおこなっている可能性があることを明らかにした*雑誌論文 10, 25, 学会発表 66. さらには、低酸素状態で血管新生が促進される効果が期待され*雑誌論文 35, 血管新生を模擬した実験において、細胞組織を傷つけた部位に向かって近傍の細胞の細胞内で PKC α というタンパク質が移動する様子を見出した*学会発表 2, 4, 37, 41. 脳組織における血管観測のシステムも構築しており、薬剤投与時や温度変化さらには学習を模擬した刺激時において血管径が変化する様子が観察されつつある*学会発表 42, 103. また、レーザードップラー血流計を用いてヒト皮膚血流解析をおこなった結果、環境温によって皮膚血流が変化し、特に、極所冷却に対する応答が変化することが分かった*雑誌論文 4, 学会発表*1. また、血管拡張作用がある血管内皮細胞の一酸化窒素放出能も内皮細胞を取り巻く力学環境下と温度環境下で変化することが分かった*雑誌論文 11. また、肝臓の組織構造を模擬した培養実験系において、生体内と同じ 3 層構造かつ血流を模擬した流れを負荷した際に、肝細胞機能が上昇することが分かった*雑誌論文 1, 学会発表 3, 4, 19, 21.

これらの成果を基に、再建医学領域における有効な治療法である自己組織再生と細胞工学的再生組織の移植にとって共通の問題点となる移植後の微小循環血行の確立を試み、生体適応反応を利用した再生組織への血管誘導のための最適酸素環境を検討した。実験モデルであるラット背部に同程度の傷を 2 箇所作成し、傷周辺組織を高酸素および低酸素環境に保ち組織の再生・治癒状態を比較した。その結果、再生過程初期においては高酸素環境が、また組織再生がある程度進んだ状況では低酸素環境に保つことが有効であることが確認された*雑誌論文 14, 15, 16.

バイオチップ開発:

バイオチップは、バイオトランスポート研究を推進する上での重要な基盤技術である。バイオチップは、細胞や生体物質などの性能を如何にして制御・利用するかが、成功の鍵である。局所的プラズマ重合処理で、生体物質の接着/非接着領域を形成することに成功してきており、さらに、ナノ材料に注目し、ナノ材料と生体物質を利用して、バイオチップ用途の機能発現に取り組み、目的を達成することができたと考えている。

<優れた成果があがった点>

①輸送・移動分子:

発光の ON-OFF が可能なルテニウム錯体は、もともとは DNA に結合して発光するプローブとして開発されたもので、タンパク質に対する親和性は低かったが、系統的に誘導体を合成し、その特性を評価することによって、タンパク質に結合して発光するプローブの設計を合理的に進めることができた*学会発表 51, 52. さらに、プローブ分子の疎水性を高める置換基の導入によって、タンパク質に対する親和性の非常に高い発光プローブを開発することができ

た*学会発表 30, 32. 薬物応答性構造変化型タンパク質の開発は、細胞内輸送成分の濃度に依存して伸縮する人工組織素材構築の可能性を示した*学会発表 60.

また、細胞内で物質輸送に関わるタンパク質は特定の構造にあるときのみ、その使命を果たしている。ひとたび特定構造に落ち着いたタンパク質は温度、塩濃度、pHなどが極端に変化しない限り、その構造を維持する。ホストゲストブリッジを用いて構造の折りたたみの開始点を与えることで、タンパク質の不可逆な折り畳み現象を短鎖ポリペプチドで再現することに成功し、特許を取得した*特許 1, *雑誌論文 8.

②細胞膜(境界面)輸送:

膜受容体-リガンド結合の測定系については、タンパク質とサイトカインの結合も評価できるようになった*雑誌論文 24. これは天然の細胞膜に近い人工系を構築して初めて可能になる高度な評価系となった。

また、生きたまま細胞膜上のタンパク質をリアルタイムで可視化できる手法を確立した*雑誌論文 3.

③細胞内輸送: 従来細胞内の物質移動現象は細胞内を均一な媒体と仮定して定量化をおこなっていたが、蛍光タンパク質を用いて細胞内の輸送現象をマイクロスケールで可視化したことにより、細胞内での物質移動現象は一定ではなく部位依存性が高く、不均一であることを定量評価により明らかにした*雑誌論文 19, 学会発表 61, 63, 65, 69, *雑誌論文 26, 学会発表 62

また、細胞内の輸送に関わるRNAの活動を制御する小分子化合物を合成し、RNA結合能を評価することに成功した*雑誌論文 9.

④組織間輸送:

毛細血管の上流に位置する細動脈は、組織の血流量や全身の血圧調節に大きく関与しているが、その機能維持には細動脈平滑筋の運動量、すなわち血管壁の酸素消費が必要となる。特に全身の40%をしめる骨格筋を例にとると、骨格筋が多量の酸素を必要とする運動時には、その血流調節を行う細動脈は弛緩することにより酸素消費を少なくし、組織に有効に酸素を供給している。一方、酸素消費が少ない安静時骨格筋では、細動脈自身が酸素を消費してでも血管運動を行い、骨格筋への血流を制限し、少ない全身血液量で他の重要臓器への血流を確保している。これらの実験結果は、血液循環システムが組織への酸素輸送を基本として最適に制御されていることを初めて実証したものである*雑誌論文 22, 28, 図書 2, 学会発表 50, 93, 94, 95. これらの成果は基礎医学的な重要性はもちろん、血管梗塞時の組織ダメージ解析等に応用可能で、臨床での評価法として期待できる。また、血管新生メカニズムに関与する PKC α の集積過程の動きをリアルタイムで可視化することに初めて成功しており学会発表 2, 21, 66, 血管新生メカニズムの解明に寄与することが期待される。

バイオチップ開発:

従来のアプローチであるウェット化学処理による手法に比べて、本手法はドライであり、簡便、再現性、微細制御など点で優れている*雑誌論文 37, 38, 39, 40, 41, 学会発表 47, 48, 49, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76. また、従来は単なるプラズマ表面処理であったが、本成果は、プラズマ‘重合処理’であることが優れている。さらにはカーボンナノチューブを用いた表面形成をおこなった。カーボンナノチューブは、優れた触媒能と電子伝達能があるが、バイオチップの水溶液中の用途でその性能を活かすためには、カーボンナノチューブの性能を保持したまま、親水性化あるいは化学修飾を行う必要がある。従来の手法は、硝酸・硫酸なので

化学処理が用いられているが、この方法は、時間と手順が多い。本研究では、プラズマ重合処理をし、カーボンナノチューブの表面を短時間で、機能を保持したまま、親水性化し、アミノ基を導入することで、優れたバイオチップ機能を持つバイオナノ界面を得ることができた*雑誌論文 5, 6, 7, 12, 13. さらに、他の機能物質(電子伝達媒介物質)を用いることで、相乗効果によって、感度・選択性を向上させることができた*雑誌論文 6, 7, 12.

<問題点>

①輸送・移動分子:

当初の計画に従って開発したルテニウム錯体を母体とする発光プローブは、多数作製した誘導体のバリエーションの中から最適のものを選ぶことによって、タンパク質に対する親和性の非常に高いものを得ることができたが、一方、個々のタンパク質に対する選択性を高めることは困難であった。そこで、第二のプランとして、シアニン色素を母体とする発光プローブの開発に着手した*学会発表 13, 14. この化合物の方が、合成技術上の理由からより多くのバリエーションを作成することが可能なので、タンパク質に対する特異性を備えた、より優れたプローブが作製できるのではないかと検討している。

②細胞膜(境界面)輸送:

脂質膜小胞は一般の細胞より小径ではあるものの、細胞と同様に流動変形が起きるため、QCMを用いた測定ではその定量性に限界がある。現在ではペプチド吸着場の最適化でその流動性を抑えると共に、本プロジェクトで整備したナノバイオリソグラフィ作製・解析装置を活用した流動性評価によって定量的な評価をおこなっている。

③細胞内輸送:

マイクロスケールでタンパク質を可視化するには、マイクロスケールの範囲で着目している部位のタンパク質を可視化する必要があった。このために従来型の蛍光タンパク質ではなく、光転換型蛍光タンパク質を使用することにより直径数マイクロメートルの範囲のタンパク質だけを可視化することに成功した。この手法の確立により、細胞内の移動現象の部位による違いや、標的タンパク質の集積過程の動きを追跡し定量化することが可能となった。しかしながら、2次元での移動しか追跡することができないため、今後高速の共焦点レーザー顕微鏡などを使用し、3次元追跡が可能な実験系を構築する。また、蛍光性タンパク質とRNAの結合力がRNA結合部位のポリペプチド単体の場合に比べ1/500以下に低下していることが判った。現在、タンパク質とRNAの結合力を損なうことなく、特定のRNAの検出を可視化するため、タンパク質のRNA結合部位と蛍光性タンパク質を繋ぐスペーサー配列の最適化を行っている。

④組織間輸送:

現時点での生体内酸素分圧を含む物質移動計測や蛍光計測は、一部位での計測で画像として酸素輸送などの計測量を得ることはできない。この克服法として、生体顕微鏡システムにレーザースキャン装置を組み込み、蛍光プローブの蛍光寿命を2次元イメージとして計測する方法を検討しH22年度に計測システムを導入した。毛細血管、あるいは細動脈からの組織への物質輸送過程が理論モデルを使わず実時間観察可能となってきた。

バイオチップ開発:

生物機能は多種類でありその選択と、細胞組織から生体分子までのどの階層性を利用するか戦略が重要であり、パラメータ等を増やすことで対応していく。

<評価体制>

(研究プロジェクトの目標等に照らした自己評価の実施や、その結果を研究費等の資源の配分へ反映させるためのルール of 適切な設定、また、本プロジェクトに係る費用対効果(かけた費用に見合う効果が見られるか)について、どのように分析しているか。また、それらについて、外部(第三者)による評価を受ける体制ができているか等について記述してください。)

大学の研究戦略の総合的な企画立案をする SIT 総合研究所が研究代表者とヒアリングを実施し、研究成果の評価、今後の展開の確認を行っている。その結果を受け、研究戦略会議において、各事業の次年度の予算配分を決定する仕組みとしている。また、外部の有識者(大学、企業等)からなるSIT総合研究所外部点検・評価委員会を設置し、第三者からの客観的な評価を受けている。

<研究期間終了後の展望>

(本プロジェクト終了後における研究の継続の有無、有の場合は今後の研究方針、無の場合は当該研究施設・装置・設備の活用方針を記述してください。)

本プロジェクト終了後は、より臨床応用を目指した研究を発展的に継続していく予定である。本プロジェクトにより得られた、生体内物質輸送に関する生理学的な基礎的知見と新たに開発された分子レベルから組織・器官レベルでのイメージング技術を基に、細胞・組織工学的再生医療技術を、臨床現場における有効な治療法として確立するために必須となる生体内での血管誘導法の確立を目指す。

<研究成果の副次的効果>

(研究成果の活用状況又は今後の活用計画(実用化・企業化の見通しや、特許の申請があればその申請状況・取得状況等)について、記述してください。)

①輸送・移動分子:

タンパク質に特異的に結合するプローブは、抗酸化剤などの食品添加物の体内動態*雑誌論文 17, 30, 31 の追跡や血液の生理学的検査における特定酵素の検出などにも応用できる可能性があり、汎用的な用途の拡大が期待される。また、発光プローブとして開発したシアニン色素を母体とする化合物は、癌の光線力学療法に用いる一重項酸素発生剤としても有用であることが判明した*学会発表 13, 14.

また、ホストゲストブリッジを開始点とする短鎖ポリペプチドの不可逆な折りたたみを利用した形状記憶素子について特許を取得した。

特許取得

2010年、特許第4547558号「形状記憶素子」*特許1

②細胞膜(境界面)輸送: 脂質膜表面の電荷と物性を評価する手法が測定機器メーカー作成のアプリケーションノートとして採用され高分子学会等で紹介された*学会発表 55, 98, 99, 101.

③細胞内輸送:

特定の RNA を検出する蛍光性タンパク質は新たなバイオマーカーとして、これらの結合を阻害する薬物の探索に応用可能である。また、薬物応答性構造変化型タンパク質は人工組織素材として実用的応用の可能性がある*学会発表 60.

④組織間輸送:

形成外科領域での組織再建医療において、細動脈血管を弛緩させ血管壁の酸素消費を低下させることにより組織再生を促進させる効果があることを実際の臨床現場で確認している*
雑誌論文 29, 43, 44, 45.

バイオチップ開発:

バイオチップの新規製造プロセスとして期待できる*雑誌論文 37. 特に、大気圧プラズマを併用することで生産性の格段の向上が期待される。

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) 血管組織 (2) 内皮細胞 (3) 血管新生
 (4) 物質輸送 (5) 蛍光タンパク質 (6) 酸素
 (7) バイオチップ (8) 輸送分子の可視化

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>

論文名, 著者名, 掲載誌名, 査読の有無, 巻, 最初と最後の頁, 発表年(西暦)について記入してください(左記の各項目が網羅されていれば, 項目の順序を入れ替えても可)。また, 現在から発表年次順に遡り, 通し番号を付してください。

1. *Tateki Sumii, Ryosuke Fujita, Kazuo Tanishita, Susumu Kudo, Effect of flow load on hepatic function in co-culture of hepatocytes with hepatic stellate cells and endothelial cells: Relationship between hepatic function and nitric oxide concentration in vitro, Journal of Biomechanical Science and Engineering, 査読有, 7, 237-247, 2012
2. *Susumu Kudo, Minoru Kawarabayashi, Mariko Ikeda, and Kazuo Tanishita, Albumin Permeability across Endothelial Monolayers under Pulsatile Shear Stress, Journal of Biorheology, 査読有, online DOI 10.1007/s12573-012-0045-8, 2012
3. *川崎那緒人, 島田知弥, 福井武和, 濱崎啓太, 工藤奨, フォトクロミック蛍光タンパク質を用いた血管内皮細胞細胞膜タンパク質拡散の可視化解析, 日本機械学会論文集, 査読有, 78, 194-205, 2012
4. *工藤奨, 坂口雄貴, 岩永光一, 隅井千城, Kamariah Binti Md Isa, 寒冷血管拡張反応時の皮膚血流応答に及ぼす環境温の影響, 日本生理人類学会誌, 査読有, 17, 15-21, 2012
5. *T. Hoshino, H. Muguruma, "NADH Sensing Using Neutral Red Functionalized Carbon Nanotube/Plasma-polymerized Film Composite Electrode," IEICE Transaction on Electronics, 2012, E95-C, 1300-1303.
6. * T. Hoshino, H. Muguruma, Selective Detection of NADH with Neutral Red

- Functionalized Carbon Nanotube/Plasma-polymerized Film Composite Electrode, *Electrochemistry*, 2012, 80, 85-87
7. * T. Hoshino, S. Sekiguchi, H. Muguruma, "Amperometric biosensor based on multilayer containing carbon nanotube, plasma-polymerized film, electron transfer mediator phenothiazine, and glucose dehydrogenase," *Bioelectrochemistry*, 2012, 84, 1-5
 8. * Yuki Nakamura, Kazuya Nakazawa, Keita Hamasaki, Host-Guest bridge induces irreversible helix folding in a short peptide, *Chemistry Letters*, 査読有, 2012, in press
 9. * Ryo Inoue, Sho Matsuda, Yoshiki Oda, Hirofumi, Ooyama, Akihiro Yoshida, Keita Hamasaki, Takashi, Yamanoi, A synthetic approach to aromatic aminoglycoside as a neamine mimic, *Heterocycles*, 査読有, 1335-1343, 2012
 10. *工藤奨, 細渕誠人, 紅床省吾, 隅井干城, 島田知弥, 寺田麻理枝, 谷下一夫, せん断流れ場での IP_3 誘導による内皮細胞間 Ca^{2+} 応答伝播, *日本機械学会論文集*, 査読有, 77, 2431-2441, 2011
 11. *Kamariah binti Md Isa, Naoto Kawasaki, Keiichi Ueyama, Tateki Sumii, Susumu Kudo, Effects of cold exposure and shear stress on endothelial nitric oxide synthase activation, *Biochemical and Biophysical Research Communication*, 査読有, 412, 318-312, 2011
 12. * T. Hoshino, H. Muguruma, "Amperometric biosensor based on carbon nanotube functionalized by redox plasma-polymerized film," *Japanese Journal of Applied Physics*, 2011, 50, 085202-1-4
 13. * H. Muguruma, T. Hoshino, Y. Matsui, "Enzyme biosensor based on plasma-polymerized film covered carbon nanotube layer grown directly on a flat substrate," *ACS Applied Materials and Interfaces*, 2011, 3, 2445-2450
 14. *Uangpairroj P, Shibata M. Simulation of Vascular Volume Pulsation of Radial Index Artery. *Proc of Eur Modeling & Simulation Symp.* 査読有 8-733, 2011
 15. *Ogawa M, Motoi K, Yamakoshi T, Nogawa M, Yamakoshi Y, Shibata M, Yamakoshi Y. A new proposal of tailored bioinstrumentation using rapid prototyping and three-dimensional CAD - First trial to develop individually designed cuff-units for continuous blood pressure measurement. *IEEE Eng Med Biol Soc.*, 査読有, 3994-3997, 2011
 16. *Shibata M, Yamakoshi T, Yamakoshi K, Komeda T. Observation of capillary flow in human skin during tissue compression using CCD video-microscopy. *IEEE Eng Med Biol Soc.*, 査読有, 5161-5164. 2011
 17. *K. Imai, I. Nakanishi, K. Anzai, T. Ozawa, N. Miyata, S. Urano, H. Okuda, A. Nakamura, K. Fukuhara, Synthesis and Enhanced Radical Scavenging Activity of a Conformationally Constrained Epigallocatechin Analogue, *Chemistry Letters*, 査読有, 40, 1417-1419, 2011
 18. Hirohiko Houjou, Shunpei Takezawa, Issei Oyamada, Kazunari Matsumura, Hidetake Seino, Isao Yoshikawa, Yasushi Mizobe, Koji Araki, Blue/Red Linear Dichroic Emission from a Highly Anisotropic Crystal of Triarylmethane Dye Conjugated with Phenoxo-Zinc Complexes, *Chemistry-A European Journal*, 査読有, 17, 1122-1127, 2011
 19. *川崎那緒人, 工藤奨, フォトクロミック蛍光タンパク質を用いた血管内皮細胞内

- 物質拡散の可視化, 日本機械学会論文集, 査読有, 76, 217-223, 2010
20. *H. Muguruma, Plasma-polymerized films for biochip design, Plasma Processes and Polymers, 査読有, 7, 151-162, 2010
 21. *H. Takahashi, N. Murata, H. Muguruma, Plasma polymerization for protein patterning: reversible formation with fullerene modification, IEICE Transaction on Electronics, 査読有, E93-C, 211-213, 2010
 22. *M. Shibata, T. Yamakoshi, K. Yamakoshi, T. Komeda, Observation of capillary flow in human skin during tissue compression using CCD video-microscopy, Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc, 査読有, 5161-5164, 2010
 23. Kihara, H.; Motohashi, M.; Matsumura, K.; Yoshida, M., Grayscale Photopatterning of an Amorphous Polymer Thin Film Prepared by Photopolymerization of a Bisanthracene-Functionalized Liquid-Crystalline Monomer, Advanced Functional Materials, 査読有, 20, 1561-1567, 2010
 24. *Kasuya, Y.; Nosaka, S.; Yamada, D.; Matsumura, K., Modification of sensor surface with oligopeptide as liposome anchor for development of analytical devices based on biomembrane systems, Peptide Science, 査読有, 46, 69-72, 2010
 25. *Susumu KUDO, Kaoru HOSOE, Makoto HOSOBUCHI, Naoto KAWASAKI, and Kazuo TANISHIT, ATP Release from Cultured Endothelial Cells and Intercellular Calcium Signaling During Shear Stress Exposure, Journal of Biomechanical Science and Engineering, 査読有, 4, 274-285, 2009
 26. *川崎那緒人, 長崎 晃, 斎藤知行, 野口拓哉, 工藤 奨, 光転換型蛍光タンパク質を用いた血管内皮細胞の微小管構造の可視化, 日本生体医工学, 査読有, 47, 595-601, 2009
 27. K. Furuya, O. Numakami, N. Yagi, S. Hori, T. Sugaya, K. Komori, M. Mori, Y. Okano, H. Muguruma, M. Asada, Analysis of terahertz oscillator using negative differential resistance dual-channel transistor and integrated antenna, Japanese Journal of Applied Physics, 査読有, 48, 04C146, 2009
 28. *M. Shibata, N. Ohura, S. Ichioka, Oxygen consumption by arteriolar wall during enhancement and inhibition of nitric oxide synthesis, IFMBE Proceedings, 査読有, 25, 125-128, 2009
 29. *M. Shibata, N. Ohura N, S. Ichioka, Oxygen dynamics around arterioles in skeletal muscle, Clinical Hemorheology and Microcirculation, 査読有, 42, 226, 2009
 30. *K. Fukuhara, I. Nakanishi, K. Ohkubo, Y. Obara, A. Tada, K. Imai, A. Ohno, A. Nakamura, T. Ozawa, S. Urano, S. Saito, S. Fukuzumi, K. Anzai, N. Miyata, H. Okuda, Intramolecular Base-Accelerated Radical-Scavenging Reaction of a Planar Catechin Derivative Bearing a Lysine Moiety, Chemical Communications, 査読有, 6180-6182, 2009
 31. *K. Fukuhara, A. Ohno, I. Nakanishi, K. Imai, A. Nakamura, K. Anzai, N. Miyata, H. Okuda, Novel Ninhydrin Adduct of Catechin with Potent Antioxidative Activity, Tetrahedron Letters, 査読有, 30, 6989-6992, 2009
 32. Kishi, R.; Matsuda, A.; Miura, T.; Matsumura, K.; Iio, K., Fast responsive poly(N,N-diethylacrylamide) hydrogels with interconnected microspheres and bi-continuous structures, Colloid and Polymer Science, 査読有, 287, 505-512,

2009

33. *Takashi Yamanoi, Ryo Inoue, Sho Matsuda, Kazuya Iwao, Yoshiki Oda, Akihiko Yoshida, Keita Hamasaki, Formation of O-glycosidic linkage from 1-hydroxy sugars by Bisumus(III) triflate-catalyzed dehydrative glycosidation, Heterocycles, 査読有, 77, 445-460, 2009
34. *Takashi Yamanoi, Ryo Inoue, Sho Matsuda, Keita Hamasaki, Bisumus(III) triflate-catalyzed dehydrative glycosidation using hydroxyl sugars, Letters in Organic Chemistry, 査読有, 5, 30-33, 2009
35. *Akinori UEDA, Ryo SUDO, Mariko IKEDA, Ken-ichi KOKUBO, Susumu KUDO, Hirosuke KOBAYASHI and Kazuo TANISHITA, Effect of Hypoxia on Formation of Three-Dimensional Microvessel Networks by Endothelial Cells in vitro, Journal of Biomechanical Science and Engineering, 査読有, 3, 299-310, 2008
36. Noriyuki Kataoka, Ken Hashimoto, Susumu Kudo, Ryuhei Yamaguchi, Katsuhiko Tsujioka, Fumihiko Kajiya, Intracellular Ca²⁺ Responses in Cultured Endothelial Cells to Mechanical Stimulation by Laser Tweezers, Journal of Biomechanical Science and Engineering, 査読有, 3, 116-123, 2008
37. *Hiratsuka, H. Fukui, Y. Suzuki, H. Muguruma, K. Sakairi, T. Matsushima, Y. Maruo, K. Yokoyama, Sulphur dioxide plasma modification on poly(methyl methacrylate) for fluidic devices, Current Applied Physics, 査読有, 8, 198-205, 2008
38. *Hiratsuka, K. Fujisawa, H. Muguruma, Amperometric biosensor with the glucose dehydrogenase and plasma-polymerized thin films, Analytical Sciences, 24, 483-486, 2008
39. *H. Muguruma, Y. Shibayama, Y. Matsui, Amperometric biosensor based on a composite of single-walled carbon nanotubes, plasma-polymerized thin film, and an enzyme, Biosensors and Bioelectronics, 査読有, 23, 827-832, 2008
40. *H. Muguruma, S. Yoshida, M. Urata, K. Fujisawa, Y. Matsui, An amperometric biosensor for glucose based on a composite electrode of glucose dehydrogenase, carbon nanotubes, and plasma-polymerized thin films, Electrochemistry, 査読有, 76, 545-548, 2008
41. *Y. Matsui, T. Hoshino, M. Yoshizawa, H. Muguruma, NADH sensing using a carbon nanotube electrode reinforced with a plasma-polymerized thin film, Electrochemistry, 査読有, 76, 610-613, 2008
42. *H. Muguruma, Biofuel cell based on a complex between glucose oxidase and a plasma-polymerized film containing a redox site, IEICE Transaction on Electronics, 査読有, E91-C, 1811-1815, 2008
43. *S. Ichioka, T. Ando, M. Shibata, N. Sekiya, T. Nakatsuka, Oxygen consumption of keloids and hypertrophic scars, Ann Plast Surg, 査読有, 60, 194-197, 2008
44. *S. Ichioka, H. Watanabe, N. Sekiya, M. Shibata, T. Nakatsuka, A technique to visualize wound bed microcirculation and the acute effect of negative pressure, Wound Repair Regen, 査読有, 16, 460-465, 2008
45. *G. Nakagami, H. Sanada, N. Matsui, A. Kitagawa, H. Yokogawa, N. Sekiya, S. Ichioka, J. Sugama, M. Shibata, Effect of vibration on skin blood flow in an in vivo microcirculatory model, BioScience Trends, 査読有, 1, 161-166, 2008

<図書>

図書名, 著者名, 出版社名, 総ページ数, 発行年(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば, 項目の順序を入れ替えても可)。また, 現在から発表年次順に遡り, 通し番号を付してください。

1. *H. Muguruma (分担 chapter 執筆) Edited by Pier Andrea Serra, IN-TECH, Vukovar, Croatia, Amperometric biosensor based on carbon nanotube and plasma polymer, Intelligent and Biosensors, 24, 2010
2. *柴田 (分担), 朝倉書店, からだと酸素の事典, 596, 2009
3. Susumu Kudo and Kazuo Tanishita, Taylor & Francis, Human Variation - from the laboratory to the field, Chapter title: Chapter 2.3 Tissue and cell adaptability to physical and chemical factors, 305, 2009
4. 工藤奨, 濱崎啓太ほか 58 名, 丸善株式会社, カラダの百科事典, 724, 2009

<学会発表>

学会名, 発表者名, 発表標題名, 開催地, 発表年月(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば, 項目の順序を入れ替えても可)。また, 現在から発表年次順に遡り, 通し番号を付してください。

1. *Susumu Kudo and Keita Hamasaki, Wavelet Analysis of oscillations in the peripheral blood flow during cold induced vasodilation, ICPA2012, China, 2012 年 9 月
2. *Susumu Kudo, Tomoya Shimada, and Keita Hamasaki, Movement characteristics of protein kinase C α in vascular endothelial cells following single, 14 t h International Congress of Biorheology and 7th International Conference onClinical, Turkey, 2012 年 7 月
3. *藤田陵佑, 岩下洸, 隅井干城, 工藤奨, せん断応力負荷時における肝星細胞の遊走の変化, 第 35 回日本バイオレオロジー学会年会, 新潟, 2012 年 6 月
4. *工藤奨, 川崎那緒人, 島田知也, 濱崎啓太, 細胞のマイクロ・ナノバイオトランスポート, 第 16 回関西大学先端科学技術シンポジウム, 大阪, 2012 年 1 月
5. *星野達也, 六車仁志, 金属性カーボンナノチューブとプラズマ重合膜を用いる酵素センサ, 日本化学会第 92 回年会, 2012 年 3 月, 神奈川
6. *井上貴博, 星野達也, 六車仁志, カーボンナノチューブと電子伝達媒介物質を用いる酵素センサ動作の低電位化, 2011 年春季第 58 回応用物理学関係連合講演会, 2012 年 3 月, 東京
7. *岩瀬佑介, 関口慎一郎, 星野達也, 六車仁志, グルコース脱水素酵素とカーボンナノチューブおよび電子伝達媒介物質を用いるバイオセンサー夾雑物質影響の低減化, 2012 年春季第 58 回応用物理学関係連合講演会, 2012 年 3 月, 東京
8. *中村竜介, 入江亮, 六車仁志, 局所プラズマ重合による三次元ナノ構造の作製評価, 2012 年春季第 58 回応用物理学関係連合講演会, 2012 年 3 月, 東京
9. *星野達也, 六車仁志, 半導体性単層カーボンナノチューブを利用した化学センサ, 2012 年春季第 58 回応用物理学関係連合講演会, 2012 年 3 月, 東京
10. *星野達也, 六車仁志, 半導体性カーボンナノチューブを用いる NADH センサ, 2012 年電気化学会春季大会, 第 52 回化学センサ研究会, 2012 年 3 月, 静岡

11. *井上貴博, 星野達也, 六車仁志, カーボンナノチューブとプラズマ重合膜および電子伝達媒介物質を用いるアンペロメトリックバイオセンサ, 第52回化学センサ研究会, 2012年3月, 静岡
12. *六車仁志, ドライブプロセスを基盤とするバイオナノ界面の作製評価およびバイオセンサへの応用, 2012年電気化学会春季大会, 第52回化学センサ研究会, 2012年3月, 静岡
13. *中村朝夫, 酒谷佳明, ルテニウム錯体を母体としタンパク質をターゲットとする新規発光プローブの開発, 2012年光化学討論会, 東京, 2012年9月
14. *今井耕平, 中村朝夫, 光線力学療法に有用な新規シアニン誘導体の合成, 2012年光化学討論会, 東京, 2012年9月
15. 廣瀬 嵩人, 粕谷 有造, 松村 一成, ハニカム状金属骨格を支持体とする人工生体膜の構築とその応用, 第6回バイオ関連化学シンポジウム, 東京, 2012年9月
16. 三上雅史, 横田哲, 粕谷有造, 松村一成, ランタニドイオンとクラウンエーテル誘導体によるRNA加水分解反応, 第62回錯体化学討論会, 富山, 2012年9月
17. *平久 剛, 久保将成, 藤田純気, 落合佐紀, 松村一成, リポソーム吸着層の融合現象のQCMによる追跡と高分子の添加効果, 第6回QCM研究会, 東京, 2012年8月
18. *松村一成, リポソームを用いた脂質膜固定化QCMセンサーの構築, 第6回QCM研究会, 東京, 2012年8月
19. *Tateki Sumii, Ryosuke Fujita, Kazuo Tanishita, Susumu Kudo, Flow and Nitric Oxide Increase Hepatic Function in Co-culturing Hepatocytes with Hepatic Stellate Cells and Endothelial Cells, International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science, Nagoya, 2011年11月
20. *寺田麻理枝, 島田知弥, 島村友理, 岡本諭, 高柳翔, 工藤奨, Caイオン応答伝播時における血管内皮細胞内PKC Aの局在, 第34回日本バイオレオロジー学会年会, 大阪, 2011年6月
21. *藤田陵佑, 隅井干城, 谷下一夫, 工藤奨, 流れ負荷時における共培養モデルでの肝細胞機能の評価, 第34回日本バイオレオロジー学会年会, 大阪, 2011年6月
22. *島田知弥, 島村友理, 寺田麻理枝, 岡本諭, 高柳翔, 工藤奨, Caイオン応答伝播時におけるPKC α の局在の可視化, 日本機械学会第23回バイオエンジニアリング講演会, 熊本, 2011年1月
23. *T. Hoshino, H. Muguruma, Enzyme Biosensor with Metallic Single-walled Carbon Nanotube, 6th International Symposium on Surface Science (ISSS-6), Tokyo, Japan 11-15 December, 2011
24. *T. Inoue, T. Hoshino, H. Muguruma, Enzyme Biosensor with Carbon Nanotube: Toward Lower Detection Potential, 6th International Symposium on Surface Science (ISSS-6), Tokyo, Japan 11-15 December, 2011
25. *星野達也, 井上貴博, 六車仁志, ナノ材料を用いるアンペロメトリックバイオセンサ, 第一回次世代センサ研究発表会, 次世代センサ協議会, 2011年10月, 東京
26. *井上貴博, 星野達也, 六車仁志, カーボンナノチューブを基盤とするアンペロメトリックバイオセンサ動作の低電位化, 有機バイオ表面界面研究会・2011, 2011年9月, 東京
27. *星野達也 六車仁志, 金属性カーボンナノチューブを利用したアンペロメトリックバイオセンサ, 2011年電気化学会秋季大会, 第52回化学センサ研究会, 2011年9月, 神奈川
28. *星野達也, 六車仁志, 金属性単層カーボンナノチューブを利用した酵素センサ第

- 二報, 2011 年秋季第 58 回応用物理学関係連合講演会, 2011 年 8 月, 山形
29. *Y. Sakatani, A. Nakamura, Visualization of the Binding of Drug Molecules to Human Serum Albumin by Fluorescent Probe Displacement, Pacificchem 2010, Honolulu, 2011 年 12 月
 30. * Y. Sakatani, A. Nakamura, Visualization of the Binding of Drug Molecules to Human Serum Albumin by Fluorescent Probe Displacement, Korea-Japan Symposium on Frontier Photoscience, Seoul, 2011 年 10 月
 31. *2 酒谷佳明, 中村朝夫, 血清アルブミンの薬物への結合を可視化するための発光プローブの開発, 2010 年光化学討論会, 千葉, 2011 年 9 月
 32. *酒谷佳明, 中村朝夫, 血清アルブミンの薬物への結合を可視化するための発光プローブの開発, 2011 年光化学討論会, 宮崎, 2011 年 9 月
 33. *落合佐紀, 野坂静香, 粕谷有造, 松村一成, ベシクルの平面膜への展開の追跡と膜上のタンパク質吸着現象の評価, 第 5 回 QCM 研究会, 東京, 2011 年 9 月
 34. *木村隆之, 濱崎啓太, シュードネトロプシンの合成と RNA および DNA 結合性 の評価, 日本化学会第 1 回 CSJ 化学フェスタ, 東京, 2011.11
 35. *木村隆之, 濱崎啓太, シュードネトロプシンの合成と RNA 結合性 の評価, 日本化学会第 5 回関東支部大会, 東京, 2011.8
 36. *川崎那緒人, 島田知弥, 福井武和, 工藤奨, せん断応力下における血管内皮細胞細胞膜タンパク質の運動の可視化, 日本機械学会 2010 年度年次大会, 名古屋, 2010 年 9 月
 37. *島田知弥, 島村友理, 寺田麻理枝, 岡本諭, 高柳翔, 工藤奨, Ca イオン応答伝播時における PKC α 局在の変化, 日本機械学会 2010 年度年次大会, 名古屋, 2010 年 9 月
 38. *Susumu Kudo, Yuri Shimamura, Tomoya Shimada, and Naoto Kawasaki, Translocation of PKC α in Response to Calcium Elevation Inside Endothelial Cells, 6th World Congress of Biomechanics, Singapore, 2010 年 8 月
 39. *福井武和, 土屋宏紀, 柴崎英介, 早瀬俊太, 工藤奨, 蛍光タンパク質 GFP を用いた細胞内 eNOS 局在の観察, 日本機械学会 2010 年度年次大会, 名古屋, 2010 年 8 月
 40. *島田知弥, 島田勇祐, 川崎那緒人, 工藤 奨, 血管内皮細胞の GPI アンカー型タンパク質の運動解析, 日本機械学会関東支部第 16 期総会講演会, 東京, 2010 年 3 月
 41. *島村友理, 岡本諭, 高柳翔, 工藤奨, 血管内皮細胞内 Ca²⁺ 上昇時における PKC α 局在の変化, 血管内皮細胞内 Ca²⁺ 上昇時における PKC α 局在の変化, 東京, 2010 年 3 月
 42. *小林翔, 荒井雅貴, 糸井一真, 工藤奨, シナプス可塑性誘導時における脳血流調節機構への神経活動の関与, 日本機械学会関東支部第 16 期総会講演会, 東京, 2010 年 3 月
 43. *T. Hoshino, H. Muguruma, Incorporation of redox mediator into Carbon Nanotube Reinforce by Plasma-polymerized Film: Low Potential Detection of NADH, The 7th Asian Conference on Electrochemistry, Japan, 2010 年 5 月
 44. *星野達也, 井上貴博, 六車仁志, カーボンナノチューブを基盤とする酵素センサ動作の低電位化, 2010 年電気化学会秋季大会, 第 50 回化学センサ研究会, 神奈川, 2010 年 9 月
 45. *星野達也, 六車仁志, プラズマ重合膜で補強したカーボンナノチューブを用いる

- NADH センサ動作の低電位化, 電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会, 東京, 2010年5月
46. *星野達也, 六車仁志, カーボンナノチューブを用いる NADH センサ動作の定電位化 2, 2010 年春季第 57 回応用物理学関係連合講演会, 神奈川, 2010 年 3 月
47. *伊井敬弘, 入江亮, 高橋勇人, 六車仁志, 局所的プラズマ処理を利用するタンパク質パターンニング, 電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会, 東京, 2010 年 5 月
48. *高橋勇人, 入江亮, 伊井敬弘, 六車仁志, 局所的プラズマ処理を用いるプロテインパターンニング技術 2, 2010 年春季第 57 回応用物理学関係連合講演会, 神奈川, 2010 年 3 月
49. *H. Takahashi, T. Ii, A. Irie, H. Muguruma, Protein patterning with selective adsorption on surface by partial plasma polymerization, The 3rd International Conference on Plasma-Nanotechnology & Science, Japan, 2010 年 3 月
50. *M. Shibata, T. Yamakoshi, K. Yamakoshi, T. Komeda, Observation of capillary flow in human skin during tissue compression using CCD video-microscopy, 32th IEEE international Conference on EBM, Buenos Aires, 2010 年 9 月
51. *酒谷佳明, 中村朝夫, 血清アルブミンへの薬物の結合を可視化するための発光プローブの開発, 2010 年光化学討論会, 千葉, 2010 年 9 月
52. *酒谷佳明, 中村朝夫, 血清アルブミンへの薬物の結合を可視化するための発光プローブの開発, 日本化学会 第 4 回関東支部大会, 筑波, 2010 年 8 月
53. *Y. Sakatani, A. Nakamura, Visualization of the Binding of Drug Molecules to Human Serum Albumin by Fluorescent Probe Displacement, The 6th Symposium on Host-Guest Chemistry, 大阪, 2010 年 6 月
54. *磯野嵩博, 須藤友貴, 粕谷有造, 松村一成, Characterization of pyrene-labeled dialkylammonium in liposome: Molecular orientation and fluorescence studies, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2010, Hawaii, 2010 年 12 月
55. *山田大輔, 粕谷有造, 松村一成, Micro-patterned liposome adlayer formed on a fabricated glass by focused ion beam milling for optical measurement of biomembrane, The International Chemical Congress of Pacific Basin Societies 2010, Hawaii, 2010 年 12 月
56. *落合佐紀, 野坂静香, 粕谷有造, 松村一成, ベシクル融合法による脂質二分子膜の形成と膜上のタンパク質吸着現象の評価, 第 32 回日本バイオマテリアル学会大会, 広島, 2010 年 11 月
57. 竹澤俊平, 山田ひろか, 北條博彦, 松村一成, トリフェニルメタン骨格をもつ六核錯体の集積構造制御, 第 60 回錯体化学討論会, 大阪, 2010 年 9 月
58. 山田大輔, 粕谷有造, 松村一成, FIB 描画によるガラス基板上のペプチド微細パターンニングとリポソームの固定化, 日本化学会第 90 春季年会, 大阪, 2010 年 9 月
59. 柴久喜哲至, 関野悟, 粕谷有造, 西川宏之, 松村一成, プロトンビーム描画によるハイドロゲルのパターンニングとマイクロ電気泳動への応用, 第 59 回高分子年次大会, 横浜, 2010 年 5 月
60. *天野光, 小林鮎未, 吉田夏樹, 柴崎知宏, 下屋貴彦, 濱崎啓太, シクロデキストリン-ペプチドハイブリッドの外部ゲストに応答する構造変化, 日本化学会第 4 回関東支部大会, 筑波, 2010 年 8 月
61. *川崎那緒人, 工藤奨, 濱崎啓太, フォトクロミック蛍光タンパク質による細胞膜

- タンパク質拡散の可視化, 日本生理人類学会第2回研究奨励発表会, 東京, 2009年12月
62. *川崎那緒人, 長崎 晃, 斎藤知行, 野口拓哉, 工藤 奨, 川崎那緒人, 長崎 晃, 斎藤知行, 野口拓哉, 工藤 奨, 生体医工学会シンポジウム 2009, 千葉, 2009年9月
63. *川崎那緒人, 福井武和, 工藤 奨, フォトクロミック蛍光タンパク質を用いた生細胞における細胞膜タンパク質の可視化, 第32回日本バイオレオロジー学会年会, 群馬, 2009年6月
64. *KAMARIAH binti Md Isa, 川崎那緒人, 工藤奨, 低温刺激による血管内皮細胞の一酸化窒素産生に関連する研究, 日本生理人類学会)第60回大会, 札幌, 2009年6月
65. *Naoto KAWASAKI and Susumu KUDO, Measurement of Local Protein Dynamics in Living Cells Using Photochromic Fluorescent Protein, 4th Asian Pacific Conference on Biomechanics, New Zealand, 2009年4月
66. *Susumu KUDO, Shogo KURETOKO, Naoto KAWASAKI, Intercellular Ca²⁺ Communication in Cultured Endothelial Cells in Response to Caged Compounds, 4th Asian Pacific Conference on Biomechanics, New Zealand, 2009年4月
67. *Naoto Kawasaki and Susumu Kudo, Visualization of Dynamic Protein Movement in Living Cells Using Photochromic Protein, The 3rd South East Asian Technical University Consortium Symposium, Malaysia, 2009年2月
68. *Susumu Kudo, Yuuki Sakaguchi, and Kamariah Binti Md Isa, The Effect of Body temperature on the Hunting Response of the Finger Skin Blood Flow, The 3rd South East Asian Technical University Consortium Symposium, Malaysia, 2009年2月
69. *川崎那緒人, 浅井貴行, 福井武和, 工藤奨, フォトクロミック蛍光タンパク質を用いた細胞膜タンパク質拡散の可視化, 第20回バイオエンジニアリング講演会, 札幌, 2009年1月
70. *H. Takahashi, H. Muguruma, Partial treatment by organic plasma for protein patterning, 7th International Workshop on "Microwave Discharges: Fundamentals and Applications, Japan, 2009年9月
71. *高橋勇人, 入江亮, 伊井敬弘, 六車仁志, プロテインチップのためのパターンニング技術, 生体医工学シンポジウム 2009, 千葉, 2009年9月
72. *高橋勇人, 金原達哉, 六車仁志, 局所的プラズマを用いるタンパク質パターンニング技術, 2009年電気化学会秋季大会, 第48回化学センサ研究会, 東京, 2009年9月
73. *高橋勇人, 伊井敬弘, 入江亮, 六車仁志, 局所的プラズマ処理を用いるプロテインパターンニング技術, 2009年秋季第70回応用物理学会学術講演会, 富山, 2009年9月
74. *H. Takahashi, T. Kimbara, M. Yoshizawa, H. Muguruma, Protein Patterning Technique with Plasma Process, Fifth International conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE5), Japan, 2009年3月
75. *高橋勇人, 金原達哉, 六車仁志, 有機プラズマを用いるタンパク質パターンニング技術2, 2009年春季第56回応用物理学関係連合講演会, 茨城, 2009年3月
76. 高橋勇人, 金原達哉, 六車仁志, ドライプロセスを用いるタンパク質パターンニン

- グ技術 2, 日本化学会第 89 春季年会, 千葉, 2009 年 3 月
77. *六車仁志, MEMS 製造プロセスにおけるプラズマ表面処理, プラズマエレクトロニクス分科会企画, 「最先端MEMSを支えるプラズマプロセスの現状と展望」, 2009 年秋季 第 70 回応用物理学会学術講演会, 富山, 2009 年 9 月
78. *高橋勇人, 伊井敬弘, 入江亮, 六車仁志, プラズマ重合を基盤とするタンパク質のパターニング 2, 第 29 回表面科学講演大会, 東京, 2009 年 10 月
79. *星野達也, 吉澤昌宏, 六車仁志, カーボンナノチューブを用いる NAD センサ動作の定電位化, 2009 年電気化学会秋季大会, 第 48 回化学センサ研究会, 東京, 2009 年 9 月
80. *吉澤昌宏, 星野達也, 六車仁志, 基板上へのカーボンナノチューブの直接成長と酵素センサへの応用, 2009 年電気化学会秋季大会, 第 48 回化学センサ研究会, 東京, 2009 年 9 月
81. *浦田宗幸, 関口慎一郎, 六車仁志, グルコース脱水素酵素とカーボンナノチューブとプラズマ重合膜を利用するバイオセンサ, 2009 年電気化学会秋季大会, 第 48 回化学センサ研究会, 東京, 2009 年 9 月
82. *高橋勇人, 関口慎一郎, 星野達也, 吉澤昌宏, 松井泰憲, 六車仁志, カーボンナノチューブとプラズマ重合膜を用いる化学センサとバイオセンサ, 2009 年秋季 第 70 回応用物理学会学術講演会, 富山, 2009 年 9 月
83. *関口慎一郎, 浦田宗幸, 高橋勇人, 六車仁志, プラズマ重合膜, カーボンナノチューブおよびグルコース脱水素酵素を用いるバイオセンサ, 2009 年秋季 第 70 回応用物理学会学術講演会, 富山, 2009 年 9 月
84. *Y. Matsui, T. Hoshino, M. Yoshizawa, H. Muguruma, Direct growth of carbon nanotube onto substrate for amperometric biosensor application, Fifth International conference on Molecular Electronics and Bioelectronics (M&BE5), Japan, 2009 年 3 月
85. *浦田宗幸, 小泉幸太, 松井泰憲, 六車仁志, カーボンナノチューブとグルコース脱水素酵素を用いる血糖値センサ, 第 48 回日本生体医工学会大会, 東京, 2009 年 4 月
86. *星野達也, 吉澤昌宏, 松井泰憲, 六車仁志, カーボンナノチューブを用いる NAD センサー動作の定電位化と選択性の向上, 2009 年春季 第 56 回応用物理学関係連合講演会, 茨城, 2009 年 3 月
87. *松井泰憲, 吉澤昌宏, 星野達也, 六車仁志, 基板上へのカーボンナノチューブの直接成長とバイオセンサへの利用, 2009 年春季 第 56 回応用物理学関係連合講演会, 2009 年 3 月
88. *吉澤昌宏, 松井泰憲, 星野達也, 六車仁志, カーボンナノチューブとプラズマ重合膜を用いる電気化学バイオセンサ, 日本化学会第 89 春季年会, 千葉, 2009 年 3 月
89. *星野達也, 吉澤昌宏, 松井泰憲, 六車仁志, プラズマ重合膜で補強したカーボンナノチューブを用いる電気化学センサ, 電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会, 東京, 2008 年 12 月
90. *Y. Matsui, T. Hoshino, M. Yoshizawa, H. Muguruma, Chemical and Biochemical Sensor with Carbon Nanotube and Plasma-polymerized Film, International Symposium on Surface Sciences and Nanotechnology (ISSS-5), Japan, 2008 年 11 月
91. *松井泰憲, 吉澤昌宏, 星野達也, 六車仁志, プラズマ重合膜で補強したカーボン

- ナノチューブ酵素電極を用いるバイオセンサ, 第 28 回表面科学講演大会, 東京, 2008 年 11 月
92. *六車仁志, プラズマ重合膜を用いる新世代バイオセンサーの先進テクノロジー, 日本学術振興会プラズマ材料科学第 153 委員会第 91 回研究会, 東京, 2009 年 5 月
93. *M. Shibata, N. Ohura, S. chioka, Oxygen consumption by arteriolar wall during enhancement and inhibition of nitric oxide synthesis, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, Munich, 2009 年 9 月
94. *M. Shibata, N. Ohura N, S. Ichioka, Oxygen dynamics around arterioles in skeletal muscle, 5th International Conference on Clinical Hemorheology, St. Moritz, 2009 年 7 月
95. *M. Shibata, T. Yamakoshi, K. Yamakoshi, Oxygen consumption by vascular wall in skeletal muscle arterioles under physiological conditions, 8th IEEE international Conference on BIBE, Athens, 2009 年 10 月
96. *Nakamura, K. Hiranuma, M. Ohbuchi, M. Arai, Asymmetric Photochemical Synthesis Using Serum Albumins as Chiral Templataes, IKCOC-11, 京都, 2009 年 11 月
97. *中村朝夫, 新井雅史, 大淵真澄, 血清アルブミンをキラルテンプレートとする分子内不斉光環化反応, 2009 年光化学討論会, 桐生, 2009 年 9 月
98. *粕谷有造, 野坂静香, 山田大輔, 松村一成, ペプチド修飾表面へのリポソーム吸着を基にした機能界面の構築とバイオ分析デバイスへの応用, 第 62 回コロイドおよび界面化学討論会, 岡山, 2009 年 9 月
99. *磯野嵩博, 須藤友貴, 粕谷有造, 松村一成, 二本鎖型ピレン誘導体プローブを利用したリポソーム膜相転移挙動の評価, 第 62 回コロイドおよび界面化学討論会, 岡山, 2009 年 9 月
100. 関野悟, 粕谷有造, 松村一成, 西川宏之, プロトンビーム描画によるポリメタクリル酸微細デバイスの作製とバイオセンシングへの応用, 第 58 回高分子討論会, 熊本, 2009 年 9 月
101. *松村一成, リポソームを利用した生体膜上分子間相互作用分析系の構築, 第 2 回 QCM 研究会セミナー, 東京, 2008 年 10 月
102. *須藤友貴, 磯野嵩博, 粕谷有造, 松村一成, カリックスアレーン誘導体の膜内物性とリポソームに対する膜融合誘起効果の相関, 第 31 回日本バイオマテリアル学会大会, 京都, 2009 年 11 月
103. *天野光, 小林鮎未, 吉田夏樹, 濱崎啓太, ナフタレンまたはび連をアームに持つシクロデキストリン-ペプチドハイブリッドの設計と合成, 2 次構造の評価, 日本化学会第 3 回関東支部大会, 東京, 2009 年 9 月
104. *青木健太郎 工藤奨, 神経活動に伴う脳血流調節機構に対してシナプス可塑性が及ぼす影響について, 日本生理人類学会第 2 回研究奨励発表会, 東京, 2008 年 12 月
105. *Kamariah binti Md Isa, 工藤奨, せん断応力と低温度負荷による血流の調節メカニズム, 日本生理人類学会第 2 回研究奨励発表会, 東京, 2008 年 12 月
106. *H. Takahashi, T. Kimbara, H. Muguruma, Protein Patterning Technique with Nanomaterials and Plasma Process, International Symposium on Surface Sciences and Nanotechnology (ISSS-5), Japan, 2008 年 11 月
107. *須藤友貴, 大鷹愛, 塚本圭, 池田泰之, 粕谷有造, 松村一成, カチオン性リポソームに対するカリックスアレーンの膜融合誘起効果, 第 31 回日本バイオマテ

リアル学会大会, 東京, 2008年11月

108. *Kasuya, Y.; Matsumura, K., Preparation, Characterization and Application of Surface-Immobilized Liposomes as Nanosized Mimics of Cells, 1st Russian-Japanese Young Scientists Conference on Nanomaterials and Nanotechnology, Moscow, 2008年10月

<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

※ホームページで公開している場合には, URL を記載してください.

<既に実施しているもの>

2008年12月13日

芝浦工業大学先端工学研究機構バイオトランスポート研究センターキックオフシンポジウム

主催: 芝浦工業大学先端工学研究機構

2009年3月10日

芝浦工業大学先端工学研究機構バイオトランスポート研究センター成果報告会

主催: 芝浦工業大学先端工学研究機構バイオトランスポートセンター

共催: 生体医工学会バイオメカニクス研究会

2009年12月19日

第9回 東京ベイエリア産学官連携シンポジウム

主催: 芝浦工業大学

2010年3月9日

芝浦工業大学先端工学研究機構バイオトランスポート研究センター成果報告会

主催: 芝浦工業大学先端工学研究機構バイオトランスポートセンター

共催: 日本生理人類学会システムバイオエンジニアリング研究部会

2010年12月2日

SIT 総合研究所シンポジウム

主催: 芝浦工業大学

2011年3月

芝浦工業大学先端工学研究機構バイオトランスポート研究センター成果報告会

主催: 芝浦工業大学先端工学研究機構バイオトランスポートセンター

共催: 日本生理人類学会システムバイオエンジニアリング研究部会

<これから実施する予定のもの>

2012年12月1日

SIT 総合研究所シンポジウム

主催: 芝浦工業大学

14 その他の研究成果等

「13 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果、企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記、11(4)に記載した研究成果に対応するものには下線及び*を付してください。

※ 論文や学会発表等になじまない研究である場合は、本欄を充実させること

特許取得

1. *2010年、特許第4547558号「形状記憶素子」

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>

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

「該当なし」

<「選定時」に付された留意事項への対応>

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

<「中間評価時」に付された留意事項>

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

研究組織について

◎RAを少し使っているようだが、若手育成に言及なし

◎分担者の役割分担と外部の研究者との連携のための構造が分かりやすい研究組織となっている。

研究施設・設備について

◎2つの研究棟内のスペースにおいて、本プロジェクトにより整備された3つの装置が有効に使われている

◎設備 6 千万円ほど導入。研究への利用状況は盛んであるとの記述

研究プロジェクトの進捗状況・研究成果などについて

◎論文成果は出ている。当初の研究計画に沿って進んでいると記述。後半期間でインパクトのあるわかり易い成果の一つでも出して欲しい。本事業は、4つの階層にわかれ、それぞれバイオチップを作製するという目標設定をしており、研究体制も小さく大変よく設計された研究計画になっている。後はアピールできる成果ができれば大変良い事業といえる。

◎組織再生、ドラッグデリバリー、バイオチップへの応用展開が計画されているが、24年度までにこれらの応用展開を目指すことを考えると進捗は必ずしも順調ではない。また、一部の研究者からの成果発表はそれほど活発におこなわれたとはいえないように見られる。

<「中間評価時」に付された留意事項への対応>

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

研究組織についての対応

若手育成に関しては、本プロジェクト研究期間内に 4 名の博士課程修了者を輩出することができた。また、現在 2 名の学生が博士課程に在籍しており、若手育成もおこなってきた。

研究施設・設備についての対応

特になし

研究プロジェクトの進捗状況・研究成果などについての対応

論文に関してはある程度コンスタントに成果を出すことができた。また、論文以外の成果と

して、特許を 1 件取得することができた。バイオチップに関しても、あらたにカーボンナノチューブを用いたバイオチップの作製に成功することができた。

本プロジェクトでは、組織への応用展開を目指したが、応用展開まではいくことができなかつた。しかしながら、計測装置及び設備、また組織への応用展開を目指すための基礎的なデータは取得することが可能となった。本プロジェクト終了後は、本プロジェクトをベースとしながら、プロジェクトメンバーの再編成を行うことで、より組織への応用展開を目指したプロジェクトを進める計画である。

プロジェクト番号

S0901012

**平成21年度～平成25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 ライフサポートテクノロジー研究センター4 プロジェクト所在地 さいたま市見沼区深作3075 研究プロジェクト名 QOL向上のためのライフサポートテクノロジーの研究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 |
|--------|----------|----|
| 米田隆志 | システム理工学部 | 教授 |

8 プロジェクト参加研究者数 14 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 |
|-------|----------------|------------------|-----------------|
| 米田隆志 | システム理工学部・教授 | 動的拘縮除去システムの開発 | 研究統括及び支援機器開発 |
| 福井浩二 | システム理工学部・准教授 | 記憶刺激と退行性変化に関する研究 | 退行性と脳機能に関する関連説明 |
| 吉見靖男 | 工学部・准教授 | 神経機能代行デバイスに関する研究 | 支援機器インタフェース開発 |
| 小山浩幸 | システム理工学部・教授 | 患者シミュレータの開発 | 具体的な支援機器開発 |
| 柴田政廣 | システム理工学部・教授 | 血流と組織再生に関する研究 | 組織再生に関する研究 |
| 田中英一郎 | システム理工学部・准教授 | パワーアシストスーツの研究 | 支援機器機構および制御の開発 |
| 山本紳一郎 | システム理工学部・教授 | 退行性変化による神経反射の研究 | 生体生理情報の計測と評価 |
| 川上幸男 | システム理工学部・教授 | 空圧制御による操作力アシスト研究 | 支援機器用要素技術の開発 |
| 壁井信之 | システム理工学部・教授 | 人工臓器の開発に関する研究 | 人工臓器による支援技術開発 |
| 新海 正 | システム理工学部・教授 | 老化とホルモンの関連研究 | 老化による認知症発生機所説明 |
| 浦野四郎 | SIT 総合研究所・客員教授 | 退行性変化に関する薬学的研究 | 退行性変化因子の説明 |

プロジェクト番号

S0901012

| | | | |
|-------------------|-----------|----------------|---------------|
| (共同研究機関等) 市岡 滋 | 埼玉医科大学・教授 | 血管再生に関する研究 | 組織再生の基礎検討 |
| 中澤公孝 | 東京大学・教授 | 水中歩行訓練機の開発 | 歩行に対する神経反射の計測 |
| 高橋良至 | 東洋大学・准教授 | 高齢者運転機能の計測評価研究 | 高齢者のマクロ的な機能解明 |

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

旧

| プロジェクトでの研究課題 | 所属・職名 | 研究者氏名 | プロジェクトでの役割 |
|---------------|------------|-------|---------------|
| 人工臓器の開発に関する研究 | システム工学部・教授 | 馬場 敦 | 人工臓器による支援技術開発 |

(変更の時期:平成23年4月1日)

新

| 変更前の所属・職名 | 変更(就任)後の所属・職名 | 研究者氏名 | プロジェクトでの役割 |
|---------------|---------------|-------|---------------|
| 人工臓器の開発に関する研究 | システム工学部・教授 | 壁井信之 | 人工臓器による支援技術開発 |

11 研究進捗状況

(1) 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

本研究はコメディカル(co-medical)の立場から、退行性疾患の発症機序や生命現象を科学的に明らかにし、その予防法を確立することで発症に伴う生体機能不全治療のための新規診断法の開発の道を開くとともに、発生した機能不全を回復させることで高齢者のQOL向上に貢献することを最終目標とする。このためには、機能不全の回復や機能維持のための先進的な装置及び手法の開発を科学的根拠に基づいて行う研究である。本研究の特色は、生命科学現象の科学的な解明に基づいた実用性の高い装置開発を行う点にある。このためには老化に伴う退行性変化の原因究明や退行性変化によりどの機能を補綴することが支援装置開発のポイントとなるかの生命生体活動の解明が重要なポイントとなる。このため、本研究では装置開発のものづくりを担当する研究者だけでなく、生命現象をバイオテクノロジーレベルで解明する研究者やものづくりに必要となる血流や神経反射等の生命現象の解明を担当する研究者からなる研究体制を構築し、境界領域分野の研究を実施する。本研究の成果により実用的な支援機器の開発が可能となるとともに、生命現象解明で得られた成果は、生理学的、生化学的な生体の退行性変化防御の指標として活用することも可能である。これらを通して、高齢となって寝たきり状態で老後を過ごすのではなく、年齢を重ねても元気で活動的に社会活動に参加可能なQOLの高い高齢者を輩出し、高齢社会による社会的な疲弊を防ぐ重要かつ意義のある研究プロジェクトである。

(2) 研究組織

本学システム工学部生命科学科に所属する教員を中心に、学内で関連する研究に従事しているシステム工学部機械制御システム学科、工学部応用化学科の教員が参加して組織する。学外からは、本研究プロジェクトに密接に関係する医師、老化研究の専門家、神経科学の専門家、ライフデザインの専門家に協力してもらい、エンジニアだけの狭い視野での研究とならないようにしている。

(3) 研究施設・設備等

本学先端工学研究機構棟に部屋を確保し、ここで各教員グループの垣根をなくして共同で研究を行う。また、設備については従来から保有していたものを継続して使用するとともに、今後必ず関連を持つと考えられる脳機能の計測が可能となるよう光トポグラフィを設備として購入し、共同で利用する。

(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。

研究プロジェクトの計画や目的・意義と関連づけて、当初の目標をどれだけ達成したか記述するとともに、新たに得られた知見などについても具体的に記述してください。

成果は着実に出てきており、各教員が個別に実施しているテーマならびに教員が共同で取り組んでいるテーマともに順調に進捗している。論文についても随時発表しており、達成度としては十分と考える。来年度が最終年度であり、基礎的な研究成果を機器開発に有効に取り入れた研究グループとしての成果を出していきたい。

<優れた研究が上がった点>

機器開発では、エアー駆動による従来にない歩行訓練装置を開発した。これは、モータ式にはない柔軟性と安全性を持っているとともに、人の筋肉と同じ構造でアクチュエータを配置することが可能であり、従来にない訓練効果が期待できる。学会においても注目されており、最終年度には人による評価を実施する予定である。

また、歩行訓練装置で使用されている要素技術を展開して、意識障害者用ステップング装置の実用化に向けた研究も進めている。これは、意識障害患者に対して拘縮予防のために立位でのステップングを行う装置であり、従来にない小型で簡便な装置を試作することができている。今後は製品化を目指す予定である。

また、再生医療を見据えた研究も一部実施しており、応力負荷時における皮膚毛細血管血流の観察装置を開発し、組織再生に対する最適な条件設定等に応用することが可能である。

<問題点>

個々の基礎的な研究成果を機器開発にいかに関係を取り入れていくかが課題である。一部共同での研究も実施されつつあり、今後は基礎研究実施者と機器開発設計者のコミュニケーションをさらに良くして研究成果に結びつけていく必要がある。

<評価体制>

(研究プロジェクトの目標等に照らした自己評価の実施や、その結果を研究費等の資源の配分へ反映させるためのルールの設定、また、本プロジェクトに係る費用対効果(かけた費用に見合う効果が見られるか)について、どのように分析しているか、また、それらについて、外部(第三者)による評価を受ける体制ができているか等について記述してください。)

大学の研究戦略の総合的な企画立案をする SIT 総合研究所が研究代表者とヒアリングを実施し、研究成果の評価、今後の展開の確認を行っている。その結果を受け、研究戦略会議において、各事業の次年度の予算配分を決定する仕組みとしている。また、外部の有識者(大学、企業等)からなるSIT総合研究所外部点検・評価委員会を設置し、第三者からの客観的な評価を受けている。

実用化につながる装置開発は、本研究プロジェクトの重要な課題であるので、常にこの点に注意しながら研究を実施している。特許につながるアイデアや装置も確実に出てきている

が、福祉分野での特許は権利化するよりも広く使ってもらう方が社会的に有用と考え、申請はしていない。

<研究期間終了後の展望>

(本プロジェクト終了後における研究の継続の有無、有の場合は今後の研究方針、無の場合は当該研究施設・装置・設備の活用方針を記述してください。)

これまで培ってきた、プロジェクトメンバー内のコミュニケーションを良くして、基礎研究の成果を取り込んだ科学的エビデンスに基づく装置の実用化を今後も目指していく。また、バランスのとれた研究組織であることから、次年度以降も継続していく予定である。特に、設備として購入したNIRSを用いた福祉機器の評価については今後競争が激しくなることが予想され、良い装置を開発した上での評価手法の確立が重要となる。このため、リハビリテーション分野に絞った形で研究組織を再編してチャレンジしていくことを検討中である。

<研究成果の副次的効果>

(研究成果の活用状況又は今後の活用計画(実用化・企業化の見通しや、特許の申請があればその申請状況・取得状況等)について、記述してください。)

退行性変化に対する支援装置開発は着実に実施されており、実用化を目指してさらに進めていく。一方で、装置の効果が科学的根拠に基づくものであるかの検証を通して、より効果的な訓練手法や新たな装置の可能性についても積極的に取り組んでいく。また、再生医療が今後発展することが期待されるので、再生医療も考慮された新しい装置開発も実施していく。これらを通して、退行性変化そのものの機所説明・予防に役立てるとともに、退行性変化に対処できる装置開発を通して元気な高齢社会を実現することが最大の成果となる。

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) 老化 (2) 退行性変化 (3) 支援装置
 (4) リハビリテーション (5) 高齢者介助 (6) _____
 (7) _____ (8) _____

プロジェクト番号

S0901012

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

(以下の各項目が網羅されていれば、枠にはこだわらなくてもよい。)

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> 多数あるので代表を記す

| 著者名 | 論文標題 | | | |
|---|------------|-------|------|-----|
| 白石泰之、金子芳一、今野 敏、劉 紅 箭、山家智之、佐藤優太、馬場 敦、 藤本哲男、梅津光生、本間 大 | 人工心筋と生体の適応 | | | |
| 雑誌名 | レフェリー有無 | 巻 | 発行年 | ページ |
| 適応医学 | 有 | 13巻2号 | 2010 | 2-8 |

| 著者名 | 論文標題 | | | |
|--|---|---|------|--------|
| Kazunao Kuramoto, Shoichi Tahara, Toru Sasaki, Shigenobu Matsumoto, Takao Kaneko, Hiroshi Kondo, Makoto Yanabe, Shohei Takagi, Tadashi Shinkai | Spontaneous dwarf rat: A novel model for aging reasarch | | | |
| 雑誌名 | レフェリー有無 | 巻 | 発行年 | ページ |
| Geriatr. Gerontol | 有 | | 2010 | 94-101 |

| 著者名 | 論文標題 | | | |
|--|--|--------|------|---------|
| Y. Yoshimi, A. Narimatsu, K. Nakayama, S. Sekine, K. Hattori, K. Sakai | Development of an enzyme-free glucose sensor using the gate effect of a molecularly imprinted polymer | | | |
| 雑誌名 | レフェリー有無 | 巻 | 発行年 | ページ |
| <i>J. Artif. Organs,</i> | 有 | Vol.12 | 2009 | 264-270 |

| 著者名 | 論文標題 | | | |
|--|--|----|------|---------|
| Kobayashi N; Machida T; Takahashi T; Takatsu H; Shinkai T; Abe K; Urano S. | Elevation by oxidative stress and aging of hypothalamic-pituitary-adrenal activity in rats and its prevention by vitamin E | | | |
| 雑誌名 | レフェリー有無 | 巻 | 発行年 | ページ |
| <i>Journal Clinical Biochemistry and Nutrition</i> | 有 | 45 | 2009 | 207-213 |

| 著者名 | 論文標題 | | | |
|-----------------------------|---|-----|------|-------|
| Fukui K; Urano S; Koike T. | Releasing factors from mature neurons modulate microglial survival via purinergic receptor activation, | | | |
| 雑誌名 | レフェリー有無 | 巻 | 発行年 | ページ |
| <i>Neuroscience Letters</i> | 有 | 456 | 2009 | 64-68 |

プロジェクト番号

S0901012

| | | | | |
|----------------------------|--|---|------|-----------|
| 著者名 | 論文標題 | | | |
| H. Koyama, T. Komeda et al | Development of endoscopic surgery training simulator | | | |
| 雑誌名 | レフェリー有無 | 巻 | 発行年 | ページ |
| EMBC | 有 | | 2009 | 1691-1694 |

| | | | | |
|--|---|----|------|---------|
| 著者名 | 論文標題 | | | |
| Sato H; Takahashi T; Sumitani K; Takatsu H; Urano S, | Glucocorticoid generates ROS to induce oxidative injury in the hippocampus, leading to impairment of cognitive function of rats | | | |
| 雑誌名 | レフェリー有無 | 巻 | 発行年 | ページ |
| <i>Journal Clinical Biochemistry and Nutrition</i> | 有 | 47 | 2010 | 224-232 |

| | | | | |
|----------------|-----------------------|-------|------|---------|
| 著者名 * | 論文標題 | | | |
| 柴田芳幸、三好扶、山本紳一郎 | 空気圧人工筋を用いた綿花歩行訓練装置の開発 | | | |
| 雑誌名 | レフェリー有無 | 巻 | 発行年 | ページ |
| 生体医工学 | 有 | 48巻2号 | 2010 | 175-180 |

| | | | | |
|--------------------------------------|--|----|------|---------|
| 著者名 | 論文標題 | | | |
| Fukui K, Takatsu H, Koike T, Urano S | Hydrogen peroxidase induces neutrite degeneration: Prevention by tocotrienol | | | |
| 雑誌名 | レフェリー有無 | 巻 | 発行年 | ページ |
| <i>Free Rad Res</i> | 有 | 45 | 2011 | 681-691 |

| | | | | |
|--|--|----|------|---------|
| 著者名 | 論文標題 | | | |
| Vladychenskaya E; Tyulina O; Urano S; Boldyrev A | Rat lymphocytes express NMDA receptors that take part in regulation of cytokine production | | | |
| 雑誌名 | レフェリー有無 | 巻 | 発行年 | ページ |
| <i>Cell Biochemistry and Function</i> | 有 | 29 | 2011 | 527-533 |

| | | | | |
|---|-----------------------------|----|------|-----------|
| 著者名 | 論文標題 | | | |
| 田中英一郎・池原忠明・佐藤友亮・遊佐広和・伊藤和寿・三枝省三・中川慧・青景遵之・弓削類 | 脚部非固定式歩行補助機の開発と筋電による補助効果の検討 | | | |
| 雑誌名 | レフェリー有無 | 巻 | 発行年 | ページ |
| 日本機械学会論文集C編 | 有 | 77 | 2011 | 1119-1132 |

プロジェクト番号

S0901012

| | | | | |
|----------------------------------|---|-----|------|---------|
| 著者名 | 論文標題 | | | |
| Y. Yoshimi, R. Arai, S. Nakayama | Influence of the solvent on nature of gate effect in molecularly imprinted membrane | | | |
| 雑誌名 | レフェリー有無 | 巻 | 発行年 | ページ |
| <i>Analytica Chimica Acta</i> | 有 | 682 | 2010 | 110-116 |

| | | | | |
|--|--|---|------|-----------|
| 著者名 | 論文標題 | | | |
| Shibata M, Yamakoshi T, Yamakoshi K, Komeda T. | Observation of capillary flow in human skin during tissue compression using CCD video-microscopy | | | |
| 雑誌名 | レフェリー有無 | 巻 | 発行年 | ページ |
| IEEE Eng Med Biol Soc | 有 | | 2011 | 5161-5164 |

| | | | | |
|--|---|----|------|---------|
| 著者名 | 論文標題 | | | |
| Kaneai M;Arai M;Takatsu M;Fukui K;Urano S. | Vitamin E Inhibits Oxidative Stress-Induced Denaturation of Nerve Terminal Proteins involved in Neurotransmission | | | |
| 雑誌名 | レフェリー有無 | 巻 | 発行年 | ページ |
| <i>Journal Alzheimer's Disease</i> | 有 | 28 | 2012 | 183-189 |

| | | | | |
|---|---|---|------|---------|
| 著者名 * | 論文標題 | | | |
| Shin-Ichiro Yamamoto, Yoshiyuki Shibata, Shingo Imai, Tatsuya Nobutomo, Tasuku Miyoshi, | Development of Gait Training System Powered by Pneumatic Actuator like Human Musculoskeletal System | | | |
| 雑誌名 | レフェリー有無 | 巻 | 発行年 | ページ |
| IEEE ICORR | 有 | | 2011 | 773-776 |

| | | | | |
|--|---|---------|------|---------|
| 著者名 | 論文標題 | | | |
| Fukui K, Ushiki K, Takatsu H, Koike T, Urano S | Tocotrienols prevent hydrogen peroxide-induced axon and dendrite degeneration in cerebellar granule cells | | | |
| 雑誌名 | レフェリー有無 | 巻 | 発行年 | ページ |
| Free Radical Research | 有 | Vol. 46 | 2012 | 184-193 |

<学会発表> 100件以上あるため、代表1件のみ記す

| | | | |
|--|--|---------|--|
| 発表者名 * | 発表標題 | | |
| Mohamad Aswan, Shin-Ichiro Yamamoto, Yoshiyuki Shibata, Shingo Imai, Tatsuya Nobutomo, Tasuku Miyoshi, | Development of body weight support gait training system using antagonistic bi-articular muscle model | | |
| 学会名 | 開催地 | 発表年月 | |
| IEEE EMBS | サンディエゴ | 平成24年8月 | |

<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

<既に実施しているもの>

シンポジウムとしては、2009年10月に本センターのキックオフシンポジウムを実施し、100名強の参加者があった。また、2010年度にはSIT総合研究所シンポジウムに参加し、研究の進捗状況について報告した。また、2011年11月にはライフサポート学会大会の大会長をプロジェクト代表者が勤め、本センターメンバーもこれに積極的に参加し、成果を公表した。インターネットについては、学内で統一したホームページを作成中であり、これに合わせて広く公開していく予定である。

<これから実施する予定のもの>

シンポジウムについては毎年最低1回は実施し、広く成果を公表する。

学会については、関連分野の学会に積極的に参加するとともに、論文投稿をできるだけ増やして成果を公表する。

14 その他の研究成果等

「12 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果及び企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付してください。

※ 論文や学会発表等になじまない研究である場合は、本欄を充実させること

該当なし

15 「選定時」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>

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

該当なし

<「選定時」に付された留意事項への対応>

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

なし

<「中間評価時」に付された留意事項>

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

研究成果としての論文数が少ない

<「中間評価時」に付された留意事項への対応>

| | |
|----------|----------|
| プロジェクト番号 | S0901012 |
|----------|----------|

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

中間報告書には、研究メンバー1名につき1本の代表的な論文だけを記載したために上記留意事項が記載されていた。

実際には研究メンバーが複数論文発表しており、全て記載すれば問題ない。

研究進捗状況報告書の概要

1 研究プロジェクト

| | | | |
|-----------|---------------------|-----|--------|
| 学校法人名 | 芝浦工業大学 | 大学名 | 芝浦工業大学 |
| 研究プロジェクト名 | 環境微生物生態工学の国際研究拠点の形成 | | |
| 研究観点 | 研究拠点を形成する研究 | | |

2 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

単離された微生物に関しては、ゲノムの塩基配列の解析など、分類・遺伝・生理学的な面などから研究がなされてきている。しかし、99%をこえる微生物は未だに分離不能で、環境中の微生物コンソーシア(複合共同体)を合目的的に制御する技術は確立されていない。そこで、微生物コンソーシアをエネルギー・環境の面から実用的に制御・利用していくために国際的に連携し技術開発を行う。全体としては、微生物コンソーシアの制御・利用に関し、環境保全の観点から、・微生物叢の動態、・生態系中の物質の流れ、・個々の微生物の改良と適用の3つを中心として、基礎技術の開発を進めていくと共に、東南アジアの国々においてそれら技術の実用的展開を図っていく。具体的には、①タンカーの事故、メタンハイドレートや油田の開発による海洋への炭化水素化合物の漏出が予想される産油国のマレーシアやベトナム等と共同して、汚染や漏出の指標となる微生物検索やマーカー遺伝子の開発と利用を図る。②現在、既に分離されているセルロース資化性菌と窒素固定菌の微生物複合系等を用いてアンモニア生産性の向上をはかり、マレーシアやミャンマーと共同してそれらの土地での実用化実験を試みる。③ダイオキシン汚染地域を有するベトナムのグループと共同し、ダイオキシン分解酵素を構成的に二倍量生産出来る新規高分解活性の変異微生物による汚染土壌の処理を試みるとともに、ダイオキシン分解系遺伝子の解析と操作等を行い、分解酵素・微生物の分解性能の向上を図る。

3 研究プロジェクトの進捗及び成果の概要

プロジェクトの3年目としてほぼ予定通りであり、下記のような成果を得ている。

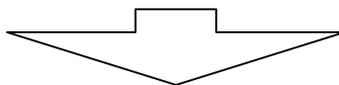
①海洋性から分離された数株の短鎖炭化水素資化性菌について、その菌学的性状をほぼ明らかにすると共に、その特徴となる初発酸化酵素の遺伝子クラスターの全塩基配列の決定を行った。

②セルロース資化性の窒素固定菌を取得し、セルロース原料よりアンモニアの生成を試みた結果、アンモニアの生成が数ppm検出できた。さらにアンモニアの生成量を高めるため、セルロース分解菌とアンモニア生成菌との共生実験を目下行っている。また、すでに取得された菌株をミャンマーの農地に用いたところ、良好な結果が得られている。

③カルバゾール資化性新規海洋性細菌群のカルバゾール分解遺伝子群の解析を行い、その遺伝子構造は、既知の海洋性細菌と異なる構造をしており、海洋環境での遺伝子群の多様性が示唆された。また、酵素機能解析のため、カルバゾール分解系のメタ開裂酵素の一部分を削除した変異酵素を発現させた。

プロジェクト番号

S1001009



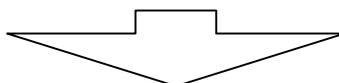
新

| 変更前の所属・職名 | 変更(就任)後の所属・職名 | 研究者氏名 | プロジェクトでの役割 |
|-----------|---------------|-------|------------|
| | | | |

旧

| プロジェクトでの研究課題 | 所属・職名 | 研究者氏名 | プロジェクトでの役割 |
|---------------|----------|-------|------------|
| 難分解性化合物の遺伝子伝播 | 東京大学・准教授 | 野尻秀昭 | 微生物動態の解析 |

(変更の時期:平成24年3月31日)



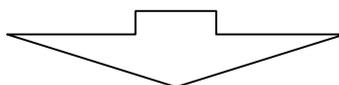
新

| 変更前の所属・職名 | 変更(就任)後の所属・職名 | 研究者氏名 | プロジェクトでの役割 |
|-----------|---------------|-------|------------|
| | | | |

旧

| プロジェクトでの研究課題 | 所属・職名 | 研究者氏名 | プロジェクトでの役割 |
|--------------|------------------|-------|---------------------|
| 有害物質の生分解 | (独)産業技術総合研究所・研究員 | 羽部浩 | 嫌気条件下での有害化合物の分解能を解明 |

(変更の時期:平成24年3月31日)



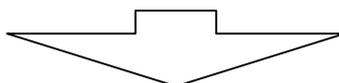
新

| 変更前の所属・職名 | 変更(就任)後の所属・職名 | 研究者氏名 | プロジェクトでの役割 |
|-----------|---------------|-------|------------|
| | | | |

旧

| プロジェクトでの研究課題 | 所属・職名 | 研究者氏名 | プロジェクトでの役割 |
|---------------|-----------|--------------|------------------|
| タンパク質の構造と機能解析 | サラワク大学・講師 | アズハム ズルカムナイン | 細菌の酵素タンパク質の機能と応用 |

(変更の時期:平成24年3月31日)



新

| 変更前の所属・職名 | 変更(就任)後の所属・職名 | 研究者氏名 | プロジェクトでの役割 |
|-----------|---------------|-------|------------|
| | | | |

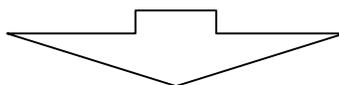
旧

| プロジェクトでの研究課題 | 所属・職名 | 研究者氏名 | プロジェクトでの役割 |
|--------------|-------------|-----------|-------------------|
| 農業生物の遺伝解析 | マンダレー工科大学講師 | アウンゴコ オオー | 窒素固定能とアンモニア生成能の解析 |

プロジェクト番号

S1001009

(変更の時期:平成 24 年 3 月 31 日)



新

| 変更前の所属・職名 | 変更(就任)後の所属・職名 | 研究者氏名 | プロジェクトでの役割 |
|-----------|---------------|-------|------------|
| | | | |

11 研究進捗状況(※ 5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

単離された微生物に関しては、ゲノムの塩基配列の解析など、分類・遺伝・生理学的な面などから研究がなされてきている。しかし、99%をこえる微生物は未だに分離不能で、環境中の微生物コンソーシア(複合共同体)を合目的的に制御する技術は確立されていない。そこで、微生物コンソーシアをエネルギー・環境の面から実用的に制御・利用していくために国際的に連携し技術開発を行う。全体としては、微生物コンソーシアの制御・利用に関し、環境保全の観点から、・微生物叢の動態、・生態系中の物質の流れ、・個々の微生物の改良と適用の3つを中心として、基礎技術の開発を進めていくと共に、東南アジアの国々においてそれら技術の実用的展開を図っていく。具体的には、①タンカーの事故、メタンハイドレートや油田の開発による海洋への炭化水素化合物の漏出が予想される産油国のマレーシアやベトナム等と共同して、汚染や漏出の指標となる微生物検索やマーカー遺伝子の開発と利用を図る。②現在、既に分離されているセルロース資化性菌と窒素固定菌の微生物複合系等を用いてアンモニア生産性の向上をはかり、マレーシアやミャンマーと共同してそれらの土地での実用化実験を試みる。③ダイオキシン汚染地域を有するベトナムのグループと共同し、ダイオキシン分解酵素を構成的に二倍量生産出来る新規高分解活性の変異微生物による汚染土壌の処理を試みるとともに、ダイオキシン分解系遺伝子の解析と操作等を行い、分解酵素・微生物の分解性能の向上を図る。

(2) 研究組織

本研究プロジェクトは、上記の個々の研究課題について、布施教授が①、大森教授が②③(主にベトナムのダイオキシン汚染)、岩田助教が②③(主にダイオキシン分解系遺伝子の解析と操作)を主に推進し、全体を代表者正留教授が統括する形となっている。外国人研究者については、2010年度にベトナムのハング准教授とマレーシアのズルカムナイン講師、2011年度にミャンマーのオオー講師とマレーシアのズルカムナイン講師が来日し、それぞれ約4週間研究を行ってそれぞれの国での研究成果を補足・発展させると共に今後の方向を確認した。2012年度もベトナムのハング准教授がほぼ同期間来日予定である。また、2010年度に布施教授と岩田助教がベトナム・ミャンマー、大森教授がミャンマーを訪問して、それぞれの国での現状を基に研究の打ち合わせを行っている。国内共同研究者とは、それぞれの研究課題の下に訪問等により情報交換を行っている。ポスドク研究員1名が2010年の10月から2012年の8月までの約2年間本プロジェクトの遂行に携わり、大学院生としてはMCの学生が、2010年度は1名、2012年度が8名、卒論生も2011・2012年度は毎年10数名研究に加わっている。他に、重点的な研究活動については短期的に派遣職員の雇用も行っている。

(3) 研究施設・設備等

主に先端工学研究機構棟の301室(約200m²)において、本学教員3名・ポスドク研究員1名・外国人共同研究者3名・派遣職員1名および大学院生・卒論研究生二十数名により使用

されている。

主要研究装置とその使用状況(1年間あたり)は以下の通りである。

質量分析計システム (TRACE DSQ GC-MS) : 500 時間

タンパク質精製装置 (AKTA FPLC) : 500 時間

スタッカブルインキュベーター : 常時 (365 x 24 h = 8760 時間)

インキュベーター : 常時 (365 x 24 h = 8760 時間)

超純水製造装置 (Milli-Q) : 200 L

高速冷却遠心機 : 400 時間

超低温フリーザー : 常時 (365 x 24 h = 8760 時間)

クロマトチャンバー : 常時 (365 x 24 h = 8760時間)

クリーンベンチ : 1000 時間

(4)進捗状況・研究成果等 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び*を付すこと。

<現在までの進捗状況及び達成度>

プロジェクトの3年目であるが、ほぼ予定通りの進捗状況であり、各項目別には下記のような状況となっている。

①海洋における炭化水素分解を中心とした微生物相解析については、当初より、新規微生物の検索と主に炭化水素分解の特徴となる初発酸化系（最初に炭化水素を酸化する酵素群）の遺伝子の解析を目指してきたおり、沿岸域及び深海底からの主に短鎖炭化水素分解菌の分離とその性質、特にその初発酸化酵素遺伝子の解析を行ってきた。その中で、初めて深海底より分離されたメタン酸化性菌が、シンカイヒバリガイの共生細菌の近縁種であること、メタン酸化性菌とアンモニア酸化細菌の他にほとんど報告のなかった膜結合型メタンモノオキシゲナーゼ（メタン初発酸化酵素）型遺伝子 (*pmo*) を有するエタン酸化性菌・エチレン酸化性菌がいること等を明らかにしてきた。その初発酸化遺伝子のクラスター（DNA上で、関連する遺伝子が集合して存在する場所）については、クローニング(遺伝子の一部分だけを取り出すこと)がうまくいかずに手間取ったが、PCR *in vitro* Cloning 法を用いてほぼ塩基配列の解析を終了している。また、その新規エチレン酸化性菌について、*Haliea* 属と同定するとともに、その初発酸化系の遺伝子の構成としては、他のアルケン酸化性菌と同様なエポキシアルカンコエンザイム M トランスフェラーゼ(EaCoMT)の遺伝子と、アルケン酸化性菌としては本菌で初めて見つかった初発酸化系の *emoC*, *emoA*, *emoB* の遺伝子が1つのオペロンを形成していることが明らかとなった(*1)。

一方、海洋からは、新規プロピレン酸化性菌も分離しており、この菌に関しては、上記エチレン酸化性菌と近縁であることがわかったが、その初発酸化酵素遺伝子部分を含む約 20kb の塩基配列の決定を行ってその解析を行うことにより、そのプロピレンの初発酸化酵素はエチレンの場合と異なり、可溶型メタンモノオキシゲナーゼ型遺伝子(*smo*)を持つことがわかった。

②窒素固定を中心とした生態系中の物質の流れの解析では、セルロース分解との共役等による窒素固定能の向上とその実地での適応を目指してきた。現在までに、グルコースを炭素源として生育できる窒素固定菌を、土壌を菌株の分離源としてスクリーニングを行い、その結果得られた数種の菌株は、低い炭素源濃度において比較的高濃度のアンモニアを菌体外に蓄積することが明らかとなった(*4)。また、セルロース酸化性の窒素固定菌 V1 株と O M1 株の2種を取得し、セルロース原料よりアンモニアの生成を試みた結果、アンモニアの生成が数 ppm 検出できている。さらにアンモニアの生成量を高めるため、セルロース分解菌とアンモニア生成菌との共生実験を目下行っている。また、すでに取得された菌株を用いて作

成した堆肥をミャンマーの農地に用いたところ、作物の生育期間の短縮や収量の増加など良好な結果が得られている。

③個々の微生物の改良と適用に関しては、主にダイオキシン分解に関与する微生物の機能の解明・向上と現場への適応を目指してきている。

カルバゾール分解系をダイオキシン分解に用いているカルバゾール資化性菌の *Pseudomonas resinovorans* CA10 株のカルバゾール分解系のメタ開裂酵素 CarBaBb(カルバゾール分解系の2番目の酵素で酸素原子が付加されたカルバゾール分子の環状部分の一部を切断する酵素)を酵素機能の解明と機能向上の一つのモデルとして用いている。そのメタ開裂酵素は開裂活性を持つラージサブユニット CarBb と、安定化に寄与していると考えられるスモールサブユニットの CarBa の二つのパーツからなっているが、そのラージサブユニット CarBb の安定化条件の検討(*8)、スモールサブユニット CarBa とラージサブユニット CarBb を融合したフュージョン CarBab の作製(*6)、CA10 株のスモールサブユニット CarBa の6~8番目の α ヘリックス(タンパクの分子構造の一種)を削除した変異酵素(CarBa_{d6-8}Bb)を発現するプラスミドの構築を行ってきている。また、カルバゾール資化性新規海洋性細菌群のカルバゾール分解系遺伝子 *car* 遺伝子群の解析を行った。それらの細菌群の OC9 株、OC6S 株、OC11S 株、OC13S 株の遺伝子構造は、既知の海洋性細菌と異なる構造をしており、海洋環境での *car* 遺伝子の多様性が示唆された(*2,3,5)。

現場への適用としては、ダイオキシン分解菌である *Novosphingobium* sp. KA1 株の培養液からダイオキシン分解系遺伝子群の調節遺伝子が破壊され、かつ分解系の遺伝子が遺伝子重複により2倍に増大した変異株を得ており、ベトナムのダイオキシン汚染土壤にこの株の適用を試みた。方法は培養菌を直接添加するバイオオーグメンテーションによるものであったが、ダイオキシンの除去効果はあまり見られなかった。原因については、用いたベトナムのダイオキシン汚染土壤の pH が低めであり、KA1 株の生育にとって条件があまりよくなかったためと考えられる。

<特に優れた研究成果>

地球上での炭素・窒素循環に重要であり、工業的応用も期待されるメタンモノオキシゲナーゼの膜結合型に類似の遺伝子 (*pmo*) については、メタン資化性菌とアンモニア酸化細菌以外では今まで報告がなかったが、短鎖炭化水素資化性菌において初めてそのクラスターを明らかにした。

ダイオキシン分解菌である KA1 株の分解系の制御に関する R 遺伝子の破壊株が得られ、ダイオキシン分解系が構成的に発現することが出来、これによって通常の培養でダイオキシン分解能をもった菌を生産することができ、現場においても誘導物質を添加しなくても分解能を維持することができるようになった。

ダイオキシン分解能を持つカルバゾール資化性菌 CA10 株由来 CarBaBb のサブユニットを融合した CarBab の発現プラスミドを作製し、酵素活性を菌体レベルで確認できた。これにより一体型酵素とサブユニット型の酵素との比較が可能になった。

<問題点とその克服方法>

他の例から予想されたことではあったが、エタン・エチレンの初発酸化酵素の性質の解明とその利用の観点から、それら遺伝子の^{大腸菌へ導入・発現を試みたがうまくいっていない。}宿主を変えて行っていく予定。

窒素固定菌がグルコースを利用してアンモニアを生成することには成功を収めているが、

研究目的を達成するには、バイオマス原料のセルロースを利用して窒素固定菌が生育してさらに高濃度にアンモニアを生成する菌株を得る必要がある。そのため、今後もセルロースを利用できる菌株を中心に共生系の利用等も含め、さらに窒素固定菌を取得するためにスクリーニングを続ける。

カルバゾール分解系のメタ開裂酵素は、ラージサブユニットのみでも活性があるが、ラージサブユニットのみで発現させると酵素活性が低く安定しないため、バッファーの条件(pH、温度)や添加剤(酸化防止剤、鉄)の濃度条件などの検討を行いつつその原因の解明と、安定化への手法の確立を目指す。

分解菌の現場への適応に関しては、土壌条件をより正確に把握して適応することが求められる。

<研究成果の副次的効果(実用化や特許の申請など研究成果の活用の見通しを含む。)>

炭化水素分解関連遺伝子の他宿主での発現は特許化に結びつきうると考えられるが、更に研究の進展と検討が必要である。

<今後の研究方針>

現在行っているエタン・エチレン・プロピレン資化性の新規分離株の初発酸化酵素を中心とした代謝系の酵素・遺伝子に関する検討をさらに進めていくと共に、既分離の他の炭化水素資化性菌についても分類学的及びその代謝・遺伝子の解析を進める。一方、各種炭化水素類の分解に関して、指標となる微生物・酵素に対し、最適な遺伝子マーカー等を開発し、環境からの特異的検出手法を開発すると共に、石油やメタン等の汚染・漏出が想定される実海域付近において、微生物叢の解析を行う。

既に分離されているセルロース資化性菌と窒素固定菌の微生物複合系に関しては、各種実環境での性能試験を行うとともに、微生物相の変化を解析することにより、微生物コンソーシアを実験室的に安定的に維持する手法とその中でのアンモニア生産の能力向上を図る。また、本研究の目標である、セルロース分解活性と窒素固定能を持ち、かつアンモニアを生産する菌株については、その能力の向上を図ると同時にさらに優秀な菌の取得をはかる。また、セルロース分解菌と空中窒素固定菌との共生によりアンモニアの生成を試みる。

ダイオキシン分解に働くカルバゾール分解系酵素群に関し、その遺伝子の並びの調整、カルバゾール分解系酵素群の蛋白複合体の配置の調整を行う事により、分解活性の向上を図る。実験室レベルで分解活性の優れたものに関しては、環境中での残存性を含め、実環境条件での分解活性の検討を行う。

特に CA10 株由来のカルバゾール分解系のメタ開裂酵素の変異酵素 CarBa_{d6-8}Bb の発現条件、精製条件を決定し、CarBa_{d6-8}Bb の結晶化条件の検討を行う。X 線結晶構造解析にて CarBa_{d6-8}Bb の回折データを取得し、分子置換法、重原子置換法にて初期位相を決定する。これを用い、カルバゾール分解系のメタ開裂酵素 CarBaBb の各々のサブユニットの役割、スモールサブユニットとラージサブユニットの相互作用、さらにメタ開裂酵素と加水分解酵素の相互作用を解析する。これによって、酵素の安定性・活性向上を図っていく。

<今後期待される研究成果>

ベトナムにおいてもハノイ大学のハング准教授を中心に炭化水素の分解菌に関する研究が進められており、日本における研究と併せて、新規な微生物・遺伝子の獲得が期待されると共に、広域・広範な炭化水素分解微生物及びその遺伝子に関連する情報を得ることにより、酵素の改変のための基礎としての情報や、環境中の遺伝子解析からその環境に関するより正確な情報を得ることが可能となる事が期待される。

窒素固定については、現在は、ミャンマーにおける利用を想定して研究を行っており、堆肥等の利用としては、原料や地域の特性を反映したものとなるものと想定されるが、窒素固定菌やそのコンソーシアの解析を行う事により、他地域においても効率的なセルロース利用による窒素固定を行う指標を示す事ができれば、ミャンマーに止まらず広く他地域においても利用できるようになる事が期待される。

ダイオキシンの分解系の酵素・遺伝子の研究に関しては、現在はそれらに変異を起こして活性を調べる手法を主に用いているため得られる知見も少なく、蛋白相互の解析も思うようにいかないが、今年度の10月に導入予定のタンパク質分子間相互作用解析装置(Biacore X100)を用いることにより、その解析の進展と展開が期待され、酵素の安定性・活性向上に繋がっていくことが期待される。

<プロジェクトの評価体制(自己評価・外部評価を含む。)>

SIT 総合研究所の研究センター(環境微生物生態工学国際交流研究センター)として推進している事業であり、毎年、自己点検を行っている。また、客観評価については、SIT 総合研究所として、年に1回、外部の有識者(大学、企業等)からなる評価委員会を実施し(関係規程整備済み)、多角的な視点から忌憚りの無い評価・アドバイス等を受けている。

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) ダイオキシン (2) 窒素固定 (3) メタンモノオキシゲナーゼ
 (4) バイオレメディエーション (5) メタ開裂酵素 (6) アンモニア生成
 (7) メタンハイドレート (8) 炭化水素分解

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

(以下の各項目が網羅されていれば、枠にはこだわらなくてもよい。)

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>(全て査読有り)

H. Hirayama, H. Fuse, M. Abe, M. Miyazaki, T. Nakamura, T. Nunoura, Y. Furushima, H. Yamamoto, K. Takai (in press) Methylomarinum vadi gen. nov., sp. nov., a marine methanotroph isolated from two distinct marine environments in Japan. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.*

*1 **Suzuki T., Nakamura T. and Fuse H.** Isolation of two novel marine ethylene-assimilating bacteria, *Haliea* species ETY-M and ETY-NAG, containing particulate methane monooxygenase-like gene. *Microbes and Environments*. 27(1) 54-60 (2012)

*2 **Ito Y., Maeda R., Iwata K. and Omori T.** Genetic characterisation of genes involved in the upper pathway of carbazole metabolism from the putative *Kordiimonas* sp. *Biotechnol Lett.* 33(9) 1859-64(2011)

*3 **Maeda R., Ishii T., Ito Y., Zulkharnain AB., Iwata K. and Omori T.** Isolation and characterization of the gene encoding the chloroplast-type ferredoxin component of carbazole 1,9a-dioxygenase from a putative *Kordiimonas* sp. *Biotechnol Lett.* 32(11) 1725-31(2010)

*4 **Iwata K., Azlan A., Yamakawa H. and Omori T.** Ammonia accumulation in culture broth by the novel nitrogen-fixing bacterium, *Lysobacter* sp. E4. *J Biosci Bioeng.* 110(4) 415-8 (2010)

松井徹、奈良浩太、茂野俊也、岩田健一、大森俊雄、好熱性脱窒細菌 TDN01 株を用いた実排水浄化処理、*環境科学会誌* 23 171-6 (2010)

Masadome T., Nakamura K., Iijima D., Horiuchi O., Tossanaitada B., Wakida S., and Imato T.

Microfluidic polymer chip with an embedded ion-selective electrode detector for nitrate-ion assay in environmental samples. *Analytical Sciences*, 26(4) 417-423 (2010)

*5 **Kengpipat N., Iwata K., Omori T. and Pinyakong O.** Monitoring survival of phenanthrene-utilizing *Sphingobium* sp. P2 in soil microcosms using green fluorescent protein as a marker. *ScienceAsia* 36 76-80 (2010)

Yoshioka H., Maruyama A., Nakamura T., Higashi Y., Fuse H., Sakata S. and Bartlett DH. Activities and distribution of methanogenic and methane-oxidizing microbes in marine sediments from the Cascadia Margin. *Geobiology*. 8 223-33 (2010)

<学会発表>

Suzuki T., Kato A., and Fuse H. Isolation of two novel marine ethylene-assimilating bacteria, *Haliea* species ETY-M and ETY-NAG, containing particulate methane monooxygenase-like genes. Molecular Basis of Microbial One-Carbon Metabolism (Gordon Research Conferences), Lewiston ME United States, 5-10 August 2012.

Kato A., Suzuki T., Morishita N., and Fuse H. Genetic analysis of putative ethylene monooxygenase gene clusters in the marine ethylene-assimilating bacteria *Haliea* sp. ETY-M and ETY-NAG. 9th APMBC, Kochi Japan, 13-16 July 2012.

Suzuki T., Furumatsu S., and Fuse H. Biological and genetic characteristics of a novel marine propylene-assimilating bacterium, *Alteromonadaceae* strain PE-TB08W. 9th APMBC, Kochi Japan, 13-16 July 2012.

吉田光毅、沖田紀子、帆秋利洋、逸見彰大、布施博之、鋤崎俊二、平田敦洋、荒田直
第二渥美海丘海洋産出試験地の海底泥における好気性メタン酸化細菌を含む底泥微生物の
分布特性について 第4回メタンハイドレート総合シンポジウム 東京 2012年12月
鈴木敏弘、古松星来、森下直紀、布施博之；海洋性プロピレン資化性細菌の単離・特徴お
よびアルケン酸化関連遺伝子の比較 日本農芸化学会 京都 2012年3月

大場進太郎、前田臨太郎、鈴木敏弘、岩田健一、大森俊雄；海洋由来のグラム陽性 *Terrabacter*
sp. OC11株が有するカルバゾール分解遺伝子の解析 日本農芸化学会 京都 2012年3月
千葉翔子、前田臨太郎、鈴木敏弘、岩田健一、大森俊雄；陸生・海洋性細菌のカルバゾール
分解系遺伝子構造の解析と比較 日本農芸化学会 京都 2012年3月

石部貴映、鈴木敏弘、岩田健一、大森俊雄；メタ開裂酵素の多様性と新たな class の提唱
日本農芸化学会 京都 2012年3月

小和田真純、茂野俊也、岩田健一、大森俊雄；カルバゾールを分解する新規海洋性細菌の
分布に関する研究 日本農芸化学会 京都 2012年3月

Maeda R., Suzuki T., Oba S., Iwata K., and Omori T. Isolation and analysis of genes involved in carbazole degradation in the Gram-positive marine isolate *Terrabacter* sp. strain OC11. 6th SEATUC Symposium, Kumtt Thailand, 6-7 March 2012

Suzuki T. and Fuse H. *Haliea* sp. ETY-M and ETY-NAG monooxygenase genes and gaseous hydrocarbon degradation. 6th SEATUC Symposium, Kumtt Thailand, 6-7 March 2012

Fuse H., Suzuki T., Nakamura T., Okita N., Yoshida K., and Hoaki T. Short chain hydrocarbon degradation by marine microorganisms, Japan-China International Forum of Advanced Research on Biotechnology 2011, Tokyo. 11 November 2011

Iwata K., Azlan A. and Omori T. Characterization and structure of the extradiol dioxygenase involved in carbazole degradation by *Novoosphingobium* sp. KA1. 5th SEATUC Symposium, Hanoi University of Science & Technology. 24-25 February 2011

*5 **Ito Y., Maeda R., Zulkharnain A., Iwata K. and Omori T.** Analysis of carbazole-degrading marine bacterium and genes involved in carbazole degradation. 5th SEATUC Symposium, Hanoi University of Science & Technology. 24-25 February 2011

布施博之、鈴木敏弘、中村孝道、吉田光毅、沖田紀子、福場辰洋、藤井輝夫、鋤崎俊二、

平田敦洋、荒田直；メタン検出に関わる膜結合型メタンモノオキシゲナーゼ関連遺伝子とその保持微生物について 第3回メタンハイドレート総合シンポジウム (CSMH-3) 東京 2011年12月

吉田光毅、沖田紀子、布施博之、福場辰洋、藤井輝夫、鋤崎俊二、平田敦洋、荒田直；東部南海トラフ海域における硫黄ならびにメタン循環に係る微生物の分布 第3回メタンハイドレート総合シンポジウム (CSMH-3) 東京 2011年12月

鈴木敏弘、中村孝道、布施博之；海洋性エチレン資化性細菌におけるガス炭化水素の分解特性と初発酸化酵素遺伝子の解析 第27回日本微生物生態学会 京都 2011年11月

*6 伊藤慶彦、前田臨太郎、岩田健一、大森俊雄；カルバゾール分解に関与するメタ開裂酵素 CarBaBb の改変酵素 CarBab の解析 日本農芸化学会 京都 2011年3月

伊藤慶彦、Azham Zulkharnain、前田臨太郎、岩田健一、大森俊雄；海洋性カルバゾール分解細菌 OC9 株が有するカルバゾール分解系遺伝子の解析 日本農芸化学会 京都 2011年3月

丸山明彦、北村恵子、秋庭綾、布施博之、Elsaied E. H.；日本沿岸の石油汚染浄化に寄与する微生物群集の特徴と浄化手法開発に有効な模擬石油汚染実験・評価系 2011年度日本海洋学会春季大会 千葉 2011年03月

Iwata K., Azlan A., Yu S-S. and Omori T. Ammonia Production by Novel Wild-Type Nitrogen-Fixing Bacteria in Culture Broth. *BIT's 3rd Annual World Congress of Industrial Biotechnology*, Dalian China, 25-27 July 2010

Ito Y, Iwata K., Maeda R. and Omori T. Analysis of xenobiotic degrading genes from new marine carbazole degraders. *BIT's 3rd Annual World Congress of Industrial Biotechnology*, Dalian China, 25-27 July 2010

Kitamura K., Elsaied H. E., Fuse H. and Maruyama A., Evaluation of marine microbial diversity and bioremediation techniques concerning oil spill around Japan. The 13th International Symposium on Microbial Ecology, Seattle US, 26 August (2010)

吉田光毅、沖田紀子、布施博之、福場辰洋、藤井輝夫、鋤崎俊二、平田敦洋、荒田直；東部南海トラフ海域におけるメタン酸化細菌の分布、2010年度日本海洋学会秋季大会、網走市、2010年9月

<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

<既に実施しているもの>

IBC 国際シンポジウム(2010年11月27日開催)

SIT 総研としての HP

<これから実施する予定のもの>

予定なし

14 その他の研究成果等

「12 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果及び企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付してください。

※ 論文や学会発表等になじまない研究である場合は、本欄を充実させること

2011年度 芝浦工業大学 SIT 総合研究所シンポジウム(2011年12月3日)

「国際協力による環境改善のための生態工学技術の展開」

2010 芝浦ハッケン展(2010年11月8日)

「国際協力による環境改善・評価のための生態系利用技術開発」

ハノイ大学セミナー(2011年1月4日)

「Microbial degradation of short-chain gaseous hydrocarbons in the sea」

「3-Dimensional structural analysis of meta-cleavage enzyme involved in carbazole degradation bacteria」

マンダレー工科大学セミナー(2011年1月7日)

「Methane consuming and related microorganisms in the sea」

「Enzyme structure by X-ray deflection method」

15 「選定時」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＞

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

該当無し

＜「選定時」に付された留意事項への対応＞

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

研究進捗状況報告書の概要

1 研究プロジェクト

| | | | |
|-----------|-------------------------|-----|--------|
| 学校法人名 | 芝浦工業大学 | 大学名 | 芝浦工業大学 |
| 研究プロジェクト名 | ポータブル強磁場マグネットシステムの開発と応用 | | |
| 研究観点 | 研究拠点を形成する研究 | | |

2 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

手のひらに載るポータブル強磁場マグネットシステムを開発することで、誰もが超伝導の強磁場を自由に利用できる社会を実現する。強磁場は、医療現場や、薬品製造、各種製造現場、宇宙、化学分析などに広く利用されるうえ、研究者が自由に強磁場を利用できるようになれば、新しい物理現象の発見にもつながる。

平成 21 年度は、強磁場発生のための RE-Ba-Cu-O 系バルク超伝導体の高性能化を材料組成およびプロセスの最適化を通して行う。平成 22 年度は平成 21 年度で開発したバルク超伝導体を用いて、その冷却システムおよび励磁システムを開発し、ポータブル強磁場マグネットシステムを試作する。平成 23 年度は、開発した強磁場システムを用いて、フィールド試験の実施とともに、各種応用に供する場合のシステムの最適化についても検討する。平成 24 年度は、前年度の成果をもとに、強磁場マグネットシステムの改良とともに、各種応用への検討実験を行う。平成 25 年度は、システムの実機運用も含めて、各種応用分野における強磁場応用について検討する。

3 研究プロジェクトの進捗及び成果の概要

研究センターにおいてバルク超伝導体製造設備および評価装置を整備し、実際にバルク超伝導体の製造および評価を行っている。

バルク超伝導体製造においては、その機械強度を向上させるための、バインダー添加の影響、鉄系形状記憶合金による強化、さらに、人工孔設置による効果などの検証を行っており、バインダー添加により前駆体の機械特性が向上し、その結果、最終製品の機械特性が向上することを明らかにした。また、鉄系形状記憶合金の締結により、バルク超伝導体の機械特性が向上するだけでなく、捕捉磁場特性が向上することを確認した。

また、バルク超伝導体の回転機器への応用については、超伝導ポンプの実用化に必要とされる 3500rpm を達成した。また、超伝導ミキサのプロタイプを製作し、実用化に必要とされる回転トルク 30Nm を達成した。

さらに、バルク超伝導磁石を利用した応用機器として、ひざ軟骨の再生治療用の幹細胞を軟骨欠損部に集中させる技術として、バルク超伝導磁石を応用する際の磁場制御技術についてシミュレーション等を行うとともに、広島大学と共同で、特許を出願した。

プロジェクト番号

S1001008

**平成22年度選定「私立大学研究基盤形成支援事業」
研究進捗状況報告書**

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4 プロジェクト所在地 東京都江東区豊洲 3-7-5、埼玉県さいたま市見沼区深作 3075 研究プロジェクト名 ポータブル強磁場マグネットシステムの開発と応用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 |
|--------|-----------|----|
| 村上 雅人 | 工学部 材料工学科 | 教授 |

8 プロジェクト参加研究者数 15 名9 該当審査区分 理工・情報

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 |
|-------------------|-------------|-------------------------------|---------------------------------|
| 村上 雅人 | 工学部・教授 | マグネットシステム開発・バルク超伝導体の高性能化 | プロジェクトのとりまとめ |
| 腰塚 直己 | 工学部・教授 | 超伝導体の高性能化・高温超伝導体の物性評価 | 強磁場マグネット用超伝導材料の評価・高性能マグネット作製の基礎 |
| 高崎 明人 | 工学部・教授 | 超伝導体の高性能化 | 超伝導体の機械特性の向上 |
| 中山 千秋 | SIT総合研究所・教授 | 強磁場マグネット応用開発・バルク超伝導体のプロセス | 強磁場マグネット応用のとりまとめ・高性能マグネット材料の提供 |
| 塩崎 忠 | SIT総合研究所・教授 | 超伝導体の高性能化 | 組織制御による超伝導材料高度化 |
| 工藤 一彦 | SIT総合研究所・教授 | マグネットシステム開発 | マグネット冷却システムの設計 |
| 吉久保 誠一 | SIT総合研究所・教授 | 強磁場マグネット応用開発 | 本システム応用分野の開拓 |
| (共同研究機関等) 和泉 充 | 東京海洋大学・教授 | 強磁場マグネット応用開発・バルク超伝導体マグネットシステム | システム全体の構築・海洋分野への強磁場マグネット応用検討 |
| 長嶋 賢 | 鉄道総研 | 強磁場マグネット応用開発・バルク超伝導体の浮上応用 | 本システムの応用検討・鉄道分野への強磁場マグネット応用検討 |
| 越智 光夫 | 広島大学・教授 | 強磁場マグネット応用開発 | 再生医療への強磁場マグネット応用検討 |

プロジェクト番号

S1001008

| | | | |
|-------|-------------------|--------------|-----------------------|
| 佐保 典英 | (株)フジヒラ・研究員 | マグネットシステム開発 | 強磁場マグネットシステムの設計と応用検討 |
| 丸山 忠克 | 淡路マテリア(株)・研究部長 | 超伝導体の高性能化 | 超伝導材料プロセスおよびその強化方法の検討 |
| 平櫛 真男 | セイコー化工機(株)・技術開発係長 | 強磁場マグネット応用開発 | ケミカルポンプへの応用検討 |
| 秋山 慎一 | (有)マグネオ技研・社長 | 強磁場マグネット応用開発 | マグネットの回転機器への応用 |
| 関 宏範 | 淡路マテリア(株)・研究員 | 強磁場マグネット応用開発 | 超伝導材料プロセス開発 |

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

旧

| プロジェクトでの研究課題 | 所属・職名 | 研究者氏名 | プロジェクトでの役割 |
|--------------|--------|-------|-----------------|
| 超伝導体の高性能化 | 工学部・教授 | 大田 正人 | 高性能マグネットプロセスの検討 |

(変更の時期:平成23年 3月 31日 理由:退職による)

新

| 変更前の所属・職名 | 変更(就任)後の所属・職名 | 研究者氏名 | プロジェクトでの役割 |
|-----------|---------------|-------|------------|
| | | | |

旧

| プロジェクトでの研究課題 | 所属・職名 | 研究者氏名 | プロジェクトでの役割 |
|--------------|-----------------|-------|-------------|
| 強磁場マグネット応用開発 | 大学院理工学研究科・博士研究員 | 関 宏範 | 超伝導材料プロセス開発 |

(変更の時期:平成23年 4月 1日)

新

| 変更前の所属・職名 | 変更(就任)後の所属・職名 | 研究者氏名 | プロジェクトでの役割 |
|-----------------|---------------|-------|-------------|
| 大学院理工学研究科・博士研究員 | 淡路マテリア(株)・研究員 | 関 宏範 | 超伝導材料プロセス開発 |

11 研究進捗状況

(1)研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

手のひらの上に載るポータブル強磁場マグネットシステムを開発することで、専門家でなくとも超伝導の強磁場を自由に利用できる社会を実現する。強磁場は、医療現場や、薬品製造、各種製造現場、宇宙、化学分析などに広く利用されるうえ、研究者が自由に強磁場を利用できるようになれば、新しい物理現象の発見にもつながる。

平成21年度は、強磁場発生のためのRE-Ba-Cu-O系バルク超伝導体の高性能化を材料組成およびプロセスの最適化を通して行う。平成22年度は鉄系形状記憶合金リングで補強したバルク超伝導体を用いて、その冷却システムおよび励磁システムを開発し、ポータブル強磁場マグネットシステムの設計と、その応用機器への実装化についても検討を行った。

平成23年度は、強磁場システム用超伝導材料のシステムへの実装を行うとともに、超伝導ポンプや超伝導ミキサなどの同システムを利用した機器の基本動作の確認を行った。平成24

年度は、強磁場マグネットシステムの磁場発生特性の評価と、超伝導ポンプ、ミキサなどのプロトタイプ機の作製を行い、試験運転を行う予定である。平成 25 年度は、システムの実機運用も含めて、各種応用分野における強磁場応用について検討する。

(2) 研究組織

強磁場を発生するための RE-Ba-Cu-O 系バルク超伝導体の高臨界電流密度化などの高性能化を図るチームと、当該バルク超伝導体を励磁方法なども含めてポータブル強磁場マグネットシステムを構築するチーム、さらに、同システムによってえられる高磁場環境を応用するチームからなる。応用チームは用途開発とともに、現在、利用が検討される再生医療への応用、磁気分離装置への応用、回転機器への応用チームなどから編成される。
研究代表者 村上教授がプロジェクト全体を取りまとめ、上記の各チーム研究者を連携統括し研究を推進している。

(3) 研究施設・設備等

研究施設

SIT 総合研究所 所在地 東京都江東区豊洲 3-7-5 使用総面積 150 m²

先端工学研究機構 所在地 埼玉県さいたま市見沼区深作 307 使用総面積 200 m²

研究設備 試料振動型磁力計 主な使用目的 超伝導材料の評価 事業計画額 51,795 千円
稼働時間 週 20 時間

(4) 進捗状況・研究成果等 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び*を付すこと。

<現在までの進捗状況及び達成度>

現在、RE-Ba-Cu-O 系バルク超伝導体を製造するための装置および評価装置の整備を行い、合成したバルク超伝導体の評価を行っている。

また、バルク超伝導体高性能化のため、化学組成が超伝導体の特性に及ぼす影響の評価、バルク超伝導磁石の再生医療への応用可能性の検討、バルク超伝導体の浮上回転機器への応用検討、バルク超伝導体励磁のための高温超伝導線材製法に関する研究などを開始している。

<特に優れた研究成果>

バルク超伝導体は、本質的に機械特性に劣る材料系であり、その強化が必要となっている。前駆体にバインダーを添加することによる製造過程での欠陥導入の抑制および、作製後に、鉄系形状記憶合金でバルク体を締結することにより、機械的強度の向上だけでなく、捕捉磁場特性そのものが向上することも見出した。さらに、人工孔を設けたうえで金属含浸手法により、熱的安定性の向上、捕捉磁場向上などの特性改善を達成した

<問題点とその克服方法>

手のひらに載る超伝導マグネットの実現には、超伝導材料そのものの特性向上(小型化と大電流密度化およびポータブル性を考慮した励磁、冷却システムの開発が必要となる。特性向上に関しては、現在 RE-Ba-Cu-O の RE サイトを複数の希土類元素で置換することによる高性能化が期待されており、その検討を行っている。また、ポータブル性については、励磁源として冷却の簡便な高温超伝導線材によるコイル励磁を考えており、そのための線材開発として、AD 法の適用を試み、良好な結果が得られている。

<研究成果の副次的効果(実用化や特許の申請など研究成果の活用の見直しを含む。)>

高温超伝導磁石システムは、小空間に強磁場と大きな磁気勾配が与えられるため、再生治療などにおいて、幹細胞を患部に集中させることが可能であり、特許申請を行った。(発明

の名称「磁気誘導装置、磁気誘導システム」2010年10月25日、なお本特許はJSTの重要特許として採択され外国出願も行っている。PCT/JP2010/068863)

今後は、その実用化に向けた検討を行う予定である。その他の申請特許を以下に示す

- 1 超伝導バルク体とその製造方法および超伝導バルク磁石 出願番号 2011-80348 出願日 2011.03.31
- 2 超電導バルク体の皮膜形成剤、超電導バルク体用皮膜、並びに皮膜を有する超電導バルク体および超電導バルク磁石 出願番号 2012-75571 出願日 2012.03.29
- 3 超電導バルク体および超電導バルク磁石 出願番号 2012-82224 出願日 2012.03.30

<今後の研究方針>

強磁場システムの基本となるポータブル強磁場マグネット用高性能超伝導材料の開発とともに、マグネットとして使用するための励磁システムおよび冷却システムの開発を進める。一方で、企業や他機関と共同研究を進めながら、回転機器や、再生医療などへ応用するための技術課題の抽出と、応用開発も進めていく予定である。

<今後期待される研究成果>

本研究では、超伝導による強力な磁場をポータブルかつコンパクトな強磁場マグネットとして提供するものである。開発する超伝導バルク材料は、狭い空間の中に非常に大きな磁場を捕捉するポテンシャルを有しており、冷却システム、励磁方法と併せて持ち運び可能な小型システムを開発すれば、永久磁石の10倍以上の強磁場をいつ、どこでも利用することが可能となる。強磁場応用が期待されているのは、再生医療などの先進医療分野と NMR を代表とする磁場利用分析技術などである。さらに、水浄化用磁気分離装置、マグネトロンスパッタ装置などにおいても強磁場マグネットの応用が検討されており、多くの強磁場応用が創出されると期待される。

<プロジェクトの評価体制(自己評価・外部評価を含む。)>

SIT 総合研究所の研究センター(ポータブル強磁場マグネットセンター)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。

内部の自己点検評価委員会の2011年度メンバーは

学長 柘植 綾夫

SIT 総合研究所長(副学長) 村上 雅人(工学部材料工学科教授) ポータブル強磁場マグネットセンター長

ユビキタス RT システム研究センター長 水川 真 (工学部電気工学科 教授)

バイオトランスポート研究センター長 工藤 奨 (工学部機械工学科 教授)

ライフサポートテクノロジー研究センター 米田 隆志(システム理工学部生命科学科 教授)

環境微生物生態工学国際交流研究センター 布施 博之(システム理工学部生命科学科 教授)

ソフトウェア開発技術教育研究センター長 松浦 佐江子(デザイン工学部デザイン工学科 教授)

フレキシブル実装工学研究センター長 西川 宏之(工学部電気工学科 教授)

外部評価委員会のメンバーは

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

東京大学 監事 有信 睦弘 氏

(株)IHI 取締役(兼)常務執行役員 技術開発本部長 出川 定男 氏

(独)東京都立産業技術研究センター 理事長 片岡 正俊 氏

の4名にお願いし、年1回の評価委員会を開催している

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) バルク超伝導体 (2) 超伝導磁石 (3) 磁気浮上
 (4) 非接触回転装置 (5) 冷却システム (6) 励磁システム
 (7) 材料開発 (8) 形状記憶効果

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>

論文名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年(西暦)について記入してください(左記の各項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

*1. Y. Ikeda, S. Umakoshi, A. Wongsatanawarid, H. Seki, M. Murakami "Enhancement of mechanical strength in Y-Ba-Cu-O bulk superconductor through liquid binder addition", *Physica C* vol. 471 no. 21-22, p. 846-849, (2011)

*2. S. Umakoshi, Y. Ikeda, A. Wongsatanawarid, C.-J. Kim, M. Murakami, "Top-seeded infiltration growth of Y-Ba-Cu-O bulk superconductors", *Physica C* vol. 471 no. 21-22, p. 843-845, (2011).

*3. Y. F. Zhang, M. Izumi, Y. J. Li, M. Murakami, T. Gao, Y. S. Liu, P. L. Li "Enhanced J_c in air-processed $GdBa_2Cu_3O_{7-\delta}$ superconductor bulk grown by the additions of nano-particles, *Physica C* vol. 471 no. 21-22, p. 840-842, (2011).

*4 Alev Aydiner, Bakiye Cakir, Hironori Seki, Mehmet Basoglu, Atikorn Wongsatanawarid, M. Murakami, Ekrem Yanmaz, "The Effect of Y2O3 Buffer Layer on the Magnetic Properties of Melt-Processed Y BCO Superconductor", *J. Supercond. Nov. Mag.* vol. 24 no. 5, p. 1397-1401, (2011).

*5 A. Wongsatanawarid, H. Seki, M. Murakami, "Multi-seeding melt growth process of bulk Y-Ba-Cu-O superconductors for engineering applications", *J. Phys. Conf. Ser.* vol. 234 no. 1, p. 12047, (2010).

*6. A. Wongsatanawarid, H. Seki, M. Murakami, " Growth of large bulk Y-Ba-Cu-O with multi-seeding", *Supercond. Sci. Technol.* vol. 23 no. 4, p. 45022, (2010).

*7. Y. F. Zhang, M. Izumi, M. Murakami, D. D. Wang, P. L. Li, " Enhanced J_c in air-processed $GdBa_2Cu_3O_{7-d}$ superconductor bulk grown by the additions of two Nd_2BaCuO_5 seeds, *Physica C* vol. 470 no. 20, p. 1164-1166, (2010).

*8. A. Wongsatanawarid, H. Seki, S. Kobayashi, M. Murakami," Crack reduction in a large bulk Y-Ba-Cu-O superconductor through liquid binder addition", *Physica C* vol. 470 no. 20, p. 1167-1169, (2010).

*9. H. Seki, A. Wongsatanawarid, S. Kobayashi, Y. Ikeda, M. Murakami," Effects of binder addition on the

mechanical properties of bulk Y-Ba-Cu-O superconductors", *Physica C* vol. 470 no. 20, p. 1177-1180, (2010).

*10. M. Ikeda, K. Takeda, H. Hasegawa, H. Seino, K. Nagashima, M. Murakami," Characterization of non-contact torque transfer and switching system for superconducting flywheel", *Physica C* vol. 470 no. 20, p. 1224-1226, (2010).

*11 H. Kurabayashi, S. Horikoshi, A. Suzuki, M. Ikeda, A. Wongsatanawarid, H. Seki, S. Akiyama, M. Hiragushi, M. Murakami, " Interaction between ring permanent magnets and bulk Dy-Ba-Cu-O superconductors", *Physica C* vol. 470 no. 20, p. 1853-1855, (2010).

*12. H. Seki, Y. Shimpo, T. Katagiri, M. Murakami," Fabrication of bulk Y-Ba-Cu-O superconductors with artificial holes through oxidation of carbon rods", *J. Phys.*, vol. 234 no. 1, p. 12037, (2010).

*13. A. Wongsatanawarid, H. Seki, M. Murakami," Multi-seeding melt growth process of bulk Y-Ba-Cu-O superconductors for engineering applications", *J. Phys.*, vol. 234 no. 1, p. 12047, (2010).

<図書>

図書名、著者名、出版社名、総ページ数、発行年(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

なし

<学会発表>

学会名、発表者名、発表標題名、開催地、発表年月(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

*1. M. Murakami, H. Seki, K. Inoue, C. Nakayama, N. Saho, N. Koshizuka, T. Maruyama: Bulk RE-Ba-Cu-O superconductor magnets for novel drug stay applications, October 24, 2011, 24th International Symposium on superconductivity, Tsukuba Japan

*2. M. Iwasakai, M. Murakami, N. Koshizuka, H. Seki: Superconducting properties of Y-Ba-Cu-O superconductors with BaSnO₃ addition, October 26, 2011, 24th International Symposium on superconductivity, Tsukuba Japan

*3. T. Tsuchiya, T. Kikuchi, S. Takano, N. Koshizuka, M. Murakami: Effects of magnetic particle additions on flux pinning in bulk Y-Ba-Cu-O superconductors, October 26, 2011, 24th International Symposium on superconductivity, Tsukuba Japan

*4. T. Kikuchi, Y. Homma, K. Suzuki, N. Koshizuka, M. Murakami: Processing of (Nd, Eu, Gd)-Ba-Cu-O superconductors, October 26, 2011, 24th International Symposium on superconductivity, Tsukuba Japan

*5. S. Kawabe, Y. Homma, M. Iwasaki, T. Kinoshita, K. Kihara, T. Tsuchiya, N. Koshizuka, M. Murakami: Evaluation of the crystal growth along the c-axis direction in bulk Y-Ba-Cu-O superconductors, October 26, 2011, 24th International Symposium

on superconductivity, Tsukuba Japan

*6. T. Konoshita, M. Murakami, N. Koshizuka, K. Nagashima: A superconducting conveyer system using multiple bulk Y-Ba-Cu-O superconductors and permanent magnets, October 26, 2011, 24th International Symposium on superconductivity, Tsukuba Japan

*7. K. Kihara, S. Takano, T. Kikuchi, N. Koshizuka, M. Murakami: Effects of combined additions of C and TiH₂ on the superconducting properties of MgB₂ superconductors, October 26, 2011, 24th International Symposium on superconductivity, Tsukuba Japan

*8. C. J. Kim, A. Mahmood, B. H. Jun, S. D. Park, M. Murakami: Liquid infiltration growth processed Y123 superconductors using milled Y211 precursor powders, November 1, 2010, 23rd International Symposium on superconductivity, Tsukuba Japan

*9. Y. Zhang, S. L. Hu, M. Izumi, M. Murakami: Enhanced performance in superconductor bulks GdBa₂Cu₃O_{7-δ} with additions of nano-particles, November 3, 2010, 23rd International Symposium on superconductivity, Tsukuba Japan

*10. S. Umakoshi, T. Kikuchi, Y. Ikeda, A. Wongsatanawarid, C. J. Kim, M. Murakami: Effects of Y₂O₃ addition on liquid infiltration processed Y123 superconductors, November 3, 2010, 23rd International Symposium on superconductivity, Tsukuba Japan

*11. T. Kikuchi, A. Wongsatanawarid, S. Umakoshi, H. Seki, N. Koshizuka, M. Murakami: (Nd, Eu, Gd)-Ba-Cu-O ternary bulk superconductors, November 3, 2010, 23rd International Symposium on superconductivity, Tsukuba Japan

*12. Y. Ikeda, S. Umakoshi, A. Wongsatanawarid, H. Seki, N. Koshizuka, M. Murakami: Enhancement of mechanical strength in Y-Ba-Cu-O superconductors through liquid binder enrichment, November 3, 2010, 23rd International Symposium on superconductivity, Tsukuba Japan

*13. 岩崎弥友、本間優作、菊池暢、馬越純人、池田洋二、腰塚直己、村上雅人、関宏範: Y-Ba-Cu-O バルク超伝導体における BaSnO₃ 添加による Y₂BaCuO₅ 相の微細化、11 月 10 日、金沢市、2011 年秋季低温工学・超電導学会

*14. 土屋拓己、池田洋二、馬越純人、本間優作、腰塚直己、村上雅人: Y 系バルク超伝導体に磁性粒子を添加した際の影響、11 月 10 日、金沢市、2011 年秋季低温工学・超電導学会

*15. 池田洋二、馬越純人、菊池暢、本間優作、腰塚直己、村上雅人、関宏範、丸山忠克: Y-Ba-Cu-O バルク超伝導体のためのバインダー添加方法の最適化、11 月 10 日、金沢市、2011 年秋季低温工学・超電導学会

*16. 馬越純人、池田洋二、菊池暢、腰塚直己、村上雅人: インフィルとレーション法を用いて合成したバインダー添加 Y123 超伝導バルク体の超伝導特性、11 月 10 日、金沢市、2011 年秋季低温工学・超電導学会

<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
 <既に実施しているもの>

- ①2010年12月2日(木) 芝浦ハッケン展 SIT 総研・研究報告
 発表テーマ「超伝導イノベーション-医療とエネルギー」村上雅人
- ②2011年11月7日(月) 芝浦ハッケン展 SIT セミナー
 発表テーマ「芝浦工業大学の研究戦略と産学連携」村上雅人
- ③2012年12月3日(土) SIT 総合研究所シンポジウム
 発表テーマ「ポータブル強磁場マグネットの高性能化と応用開発」村上雅人
- ④ 日経産業新聞 2011年1月4日「高温超伝導応用広がる」軟骨治療向け磁石開発へ、広島大、芝浦工大

発見から100年
花開く超伝導
 ▼4
 広島大学の越智光夫教授と芝浦工業大学の村上雅人教授らは、高温超伝導材料を使い、損傷した関節の軟骨や筋、骨折部分などを再生する研究に取り組んでいる。送電線や電磁石と違い、電気を流さない強力な永久磁石に加工する。ブタによ

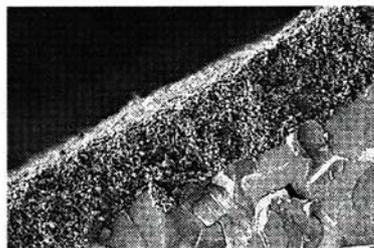
永久磁石で軟骨再生

診断から治療機器へ



る実験では高い治療効果を
 確認しており、できるだけ

⑤ 日経産業新聞 2010年11月10日、「超電導薄膜、作製速度、最大100倍」



成膜した薄膜の電子顕微鏡
写真（上側が超電導薄膜）

芝浦工業大学の村上雅人は9日、産業技術総合研究所と共同で電気抵抗がゼロになる超電導薄膜を従来の最大100倍の速さで作れる技術を開発したと発表した。超電導材料の微粒子をガスに分散させたエーロゾル（浮遊粉じん）を室温で基板に吹き付ける。送電ケーブルの微粒子

超電導薄膜

作製速度、最大100倍

芝浦工大など 真空装置不要に

ブルの製法として実用化を目指す。

を分散したエーロゾルを真空装置の中で作る。アルミナ基板に吹き付け取りだした後で熱処理すところ、30分以内に5回の技術で、作製時間が薄膜ができた。薄膜は加熱などの後処理をしなくても、原料の微粒子と同じ性質だった。新製法は、液体窒素（同マイナス196度）を利用するイットリウム系酸化物超電導線材の膜作りにも使えるとみている。同線材はスマートグリッド（次世代送電網）での利用が見込まれるが、現在は製造コストが高いことが課題になっている。新製法を使えば実用化が早まると期待している。

14 その他の研究成果等

「12 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果及び企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付してください。

※ 論文や学会発表等になじまない研究である場合は、本欄を充実させること

現在、本プロジェクトは、淡路マテリアの平成 22 年度戦略的基盤技術高度化支援事業である「ユビキタス超電導磁石の開発に資する鉄系形状記憶合金の締付技術の高度化」とも協力しながら進めている事業であり、企業として実用化を目指す事業と協力しながら、推進している。

さらに平成 23 年度戦略的基盤技術高度化支援事業である「超伝導ピン止め効果を応用した低発塵回転体の位置決め技術の開発」に採択され、応用開発についても、事業化を目指した研究開発を行っている。

15 「選定時」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>

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

外部評価を求められている。

<「選定時」に付された留意事項への対応>

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

外部評価は、SIT総合研究所に所属する全センターを対象とし、大学全体で取り組んでおり、外部評価委員による評価を実施した。

日時:2012年3月16日(金)13:30~16:00

場所:豊洲キャンパス 研究棟5階 大会議室

点検評価委員(4名) ◎は委員長

◎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

・東京大学 監事 有信 睦弘 氏

・(株)IHI 取締役(兼)常務執行役員 技術開発本部長 出川 定男 氏

・(独)東京都立産業技術研究センター 理事長 片岡 正俊 氏

評価結果

評価者 1

大掛かりで高価な超伝導マグネットを小型化し、コストを大幅に下げたことは、評価すべき研究成果である。小型化による利便性の向上と適用候補例を挙げられると、さらに理解が深まると思われる。また、冷凍装置の小型化に関する見通しについても、研究開発の進展が強く希望される。

評価者 2

小型磁石で 17T を実現。応用として再生細胞の患部への移動等に利用を始めている。バルクの高温超電導材料の低価格化でも効果が上がっている。産学連携に効果的につながり始めていると評価できる。コストが課題。

評価者 3

・ポータブル強磁場マグネットシステムは、バルク超伝導体の、バインダ添加による欠陥導入抑制、および形状記憶合金でのバルク体締結によって、機械的強度の向上と捕捉磁場特性向上を達成され、材料や冷却装置等のコストに課題が残されているものの、一定の成果を上げられたものと評価する。

・また、応用面においても、ひざ軟骨の再生治療への適用など新たな治療の可能性を開く成果も得られており、

プロジェクト番号

S1001008

基礎研究だけに留まらず、今後の更なる適用拡大を期待する。

評価者 4

実用的であり、応用価値を感じるテーマである。まずは、ポータブルの特性を活かした試作モデルを開発し、電機業界、医療機器業界などに PR して、共同研究する企業を探すアプローチを提案したい。

研究進捗状況報告書の概要

1 研究プロジェクト

| | | | |
|-----------|---------------------------------------|-----|--------|
| 学校法人名 | 芝浦工業大学 | 大学名 | 芝浦工業大学 |
| 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 | | |
| 研究観点 | 研究拠点を形成する研究 | | |

2 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。これにより高度な機能を有する**三次元柔構造デバイス**を創出・統合するとともに、既存の実装の枠組みを超えた新たな超実装工学の概念を提唱し、推進する。ものづくりイノベーションを推進し、社会経済的価値の新たに創造する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。

学内8名、学外8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**、および**(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課題について包括的に研究を推進する。

プロジェクト二年目のH24年度は、(テーマ1)にてPBWによるものづくり基盤技術の開発のため、**計測・制御技術**の高度化、および現有するPBW装置開発の改善に取り組んだ。また、**陽子線によるナノ空間反応性**の研究のため、エレクトロニクス実装用基幹材料のポリイミドの反応性向上に取り組んだ。(テーマ2)においては、**機能発現するPBW用材料探索**、および**三次元柔構造デバイス作製プロセス**の研究に取り組んだ。

3 研究プロジェクトの進捗及び成果の概要

(テーマ1) のPBWによるものづくり基盤技術の開発では、計測・制御技術の高度化のため、現有のPBW専用装置の高度化・安定化5か年計画に基づき、共同研究機関である原子力機構にて先行開発したイオン誘起蛍光やPIXEによる**陽子線誘起反応計測システム**の仕様を固め、H25年度導入計画を策定した。4軸ステージ制御によるビーム照射技術を利用した傾斜照射構造等、より複雑な三次元中空構造の形成を実現した。さらに**陽子線によるナノ空間反応性の研究**においては、エレクトロニクス実装のための生産性向上を目指した感光性ポリイミドの反応性を明らかにして、新材料の導入の可能性を検討した。

(テーマ2) では機能発現するPBW用材料探索に向け、テフロン、ポリイミド、シリコーン樹脂等を用いた三次元柔構造体の形成プロセスを開発した。**三次元柔構造デバイス**として、透明基板上にシリコーン製**マイクロレンズアレイ**を試作した。また、誘電泳動による微生物捕集デバイスのフレキシブル化、およびプラスチック光ファイバ加工に取り組んだ。

超実装工学の先導的研究として、「超実装」の概念実証モデルを検討した。従来型のアセンブル型実装を脱却するべく、マイクロパーツファクトリ実現のための要素技術の開発、および多層膜形成とPBWによる一括加工プロセスの可能性を検討した。

プロジェクト番号

S1101007

**平成23年度選定「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」
研究進捗状況報告書**

- 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
- 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 |
| 長谷川 忠大 | 電気工学科・准教授 | PBW 専用装置開発、ヘルスケアデバイス応用 | PBW によるものづくり基盤技術・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 | 機能発現する PBW 用材料探索 |
| 松村 一成 | 材料工学科・准教授 | バイオセンサー応用 | 機能発現する PBW 用材料探索 |
| 大石 知司 | 応用化学科・教授 | デバイス用新規材料探索 | 機能発現する PBW 用材料探索 |
| 吉見 靖男 | 応用化学科・准教授 | 三次元神経細胞培養への応用 | 機能発現する PBW 用材料探索 |
| 山口 正樹 | 電子工学科・准教授 | 強誘電体 MEMS デバイス応用 | 三次元柔構造作製プロセスとデバイス試作 |
| 堀口 常雄 | 通信工学科・教授 | 光ファイバ・デバイス応用 | 超実装工学の先導的研究 |
| (共同研究機関等) 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 | 陽子線によるナノ空間反応性の研究 |
| 神谷 富裕 | 原子力機構・研究主幹 | イオンビーム技術開発 | PBW によるものづくり基盤技術の開発 |
| 石井 保行 | 原子力機構・研究副主幹 | イオンビーム技術開発 | PBW によるものづくり基盤技術の開発 |

| | | | |
|-------|-----------------|--------------------|---------------------|
| 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 | PBW によるものづくり基盤技術の開発 |
| 大木 義路 | 早稲田大学理工学術院・教授 | ポリマー光デバイス開発 | 三次元柔構造作製プロセスとデバイス試作 |
| 内田 諭 | 首都大学東京・准教授 | 誘電泳動デバイス開発 | 三次元柔構造作製プロセスとデバイス試作 |
| 渡辺 徹 | ナフ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 | 三次元柔構造作製プロセスとデバイス試作 |
| 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 | 超実装工学の先導的研究 |

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

該当なし。

11 研究進捗状況

(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、統合するとともに、既存の実装を超えた枠組みとして、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し、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テーマに取り組む。

<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：H23-25年度、現有装置の限界性能を見極める。現有装置を5か年にわたり継続的に改良し、キャピラリー集束を含む挑戦的課題に取り組む。これにより「超実装」工学を実現するためのPBWによるものづくり基盤技術を開発する。H25年度には**陽子線誘起反応計測システム**を導入し、陽子線によるナノ空間反応性の研究を推進し、PBWのものづくり技術としての科学的基盤を支える。

<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：H23-25年度、機能発現するPBW用材料探索を推進し、PBW用材料の絞り込みを行う。H24年度**三次元柔構造作製システム**を導入し、三次元柔構造作製プロセスの開発とデバイス試作に取り組む。さらに超実装工学の先導的研究のため、H23-25年度「超実装」コンセプトを確立し、テーマ1の基盤技術を取り込んだ、「超実装」コンセプトの実証モデル・プロセスを構築する。

(2) 研究組織

学内8名、学外8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**、および**(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課題について研究を推進する。研究代表者の西川(量子ビーム応用)はプロジェクトを統括し、包括的に取り組む。

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む。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む。

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)が中心に、三次元柔構造作製プロセスとデバイス試作に取り組む。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する。

(3) 研究施設・設備等

実施場所:大宮キャンパス 先端工学研究機構 101、104、201、202 室、豊洲キャンパス 工学部電気工学科西川研究室および電気材料実験室

(現有機器)

研究施設・設備:水素イオンビーム発生装置、高エネルギーイオンビーム集束/計測装置、ハイブリッド MEMS 評価装置、集束イオンビーム加工装置(FIB)、走査型電子顕微鏡(FE-SEM)、X線回折装置、顕微ラマン分光装置、顕微赤外分光装置。

(本プロジェクトにより導入予定の機器)

(H24年度) 三次元柔構造作製システム(2013年2月末、101室クリーンルーム内に設置)

(H25年度) 陽子線誘起反応計測システム(2013年度末納入予定)

(4) 進捗状況・研究成果等 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び*を付すこと。

<現在までの進捗状況及び達成度>

テーマ1および2に分けて遂行した。以下の通り、進捗を報告する。

(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

本研究計画の基軸となる集束陽子線描画技術の継続的な改善を行っている。本年度は、研究計画の遂行に必要となる、精密加工レベルのビーム安定化とその実現のため、その場計測技術に関する研究、真空(XYZ θ)4軸ステージ導入によるビーム描画技術開発、および加速器改造等の装置開発計画の検討を行った。

(1)原子力機構における研究開発

共同研究者である原子力機構のグループにおいて、従来の二次電子や蛍光X線検出に加えて、イオン誘起発光のその場測定法を開発し、その有用性を明らかにした。これらの研究を踏まえ、陽子線によるナノ空間反応性の研究を進めるために、蛍光、X線、ラマン分光等の分光計測機能を備えた陽子線誘起反応計測システムの仕様を定め、H25年度設備として導入計画案を具体化した。また、同研究グループと共に超臨界現象・乾燥を利用した、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高度な加工プロセス技術を実現した。

(2)本学フレキシブル実装工学研究センターにおける研究開発

芝浦工大に設置されている小型PBW装置開発においては、ビーム描画技術の高度化を狙いとして、XYZ θ 4軸化と駆動ソフトウェア開発を行った。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法を開発した。

ポリイミドの陽子線誘起反応性に関する知見に基づき、スループットを向上させるための感光性ポリイミドの陽子線誘起反応性を調査し、エレクトロニクス実装分野へのPBW技術の適用のための課題と可能性を検討した。

さらに現有加速器からの陽子ビーム安定化への取り組みとして、ビーム不安定化の原因となる加速器発電機の機構を大幅に改善する具体案を策定した。本計画に基づき、H25年度初頭には加速器の改造工事に着工する。

(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

前年度見出した PBW 加工に適合した新材料であるテフロン、ポリイミド、ポリ乳酸等の PBW による直接加工性について応用に取り組んだ。

(1)機能発現のための材料・プロセス探索

PBW によるテフロンの直接加工プロセスを開発した。インプリントリソグラフィ用のモールド適用にあたっての課題を明らかにし、ポリジメチルシロキサン製バイオチップ作製に向けた応用の可能性を検討した。

前年度のポリイミド基板をベースとするフ Cu 埋め込みに関する知見に基づき、生産性向上のため、感光性ポリイミドの導入のために、PBW による反応性を調査した。

また、生体適合性やグリーンプラスチックとして優れた特性を有するポリ乳酸については、昨年度に続き、生体適合性を有する圧電素子の開発に向けて、圧電性を発現させるための材料プロセス、およびデバイス化に関する研究を継続した。また、PBW による反応性を見出している非鉛系のビスマス系強誘電体薄膜の感光性に関する研究を継続した。

(2)デバイス応用

デバイス応用面では、微生物、マイクロパーツなどの微粒子操作を目的とした、誘電泳動デバイスの高機能化および応用研究を推進するとともに、誘電泳動デバイスを柔構造化するプロセスを開発した。

PBW による樹脂型、あるいは電鋳技術併用により作製した金型を利用した転写プロセスを開発し、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。今年度末に導入される、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の利用により研究を加速する。

三次元柔構造プラットフォームとして、光ファイバへの三次元微細構造体の形成の研究を行った。具体的には、PMMA 光ファイバへの局所加工によるセンサデバイスの形成技術を検討した。また、マイクロレンズアレイの透明基板上への形成技術の確立、感光性ポリイミドの PBW による屈折率変化を利用した光導波路作製プロセスを調査した。

(3)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。その一つは、PBW と誘電泳動を組み合わせた三次元微細加工とその操作・組立を狙いとした、マイクロパーツファクトリの構築に取り組み、要素技術の開発に着手した。第二の方向性として、現時点では概念レベルにとどまるが、優れた機能を有する多様な材料群の多層化と、PBW による誘起反応性を利用したデバイス作製プロセスの検討を進めた。

<特に優れた研究成果>

PDMS 製マイクロレンズアレイを、透明ガラス基板上に形成するプロセスを確立し、その光学的特性を検証した。今後、バイオチップへの導入などのデバイス組み込みに取り組む。

エレクトロニクス実装用に感光性ポリイミドの反応性を調査した。**ネガ型感光性**ポリイミドの感度は、非感光性ポリイミドと比べて、最大で 3 ケタ向上することを見出した。これにより、エレクトロニクス実装における生産性向上の方向性を見出した。一方、**ポジ型感光性**ポリイミドについては、反応性および加工性について改善の余地がある。

テフロンの直接エッチング加工において、微細モールドとして利用するための平滑性および

加工深さを得るための技術として目途が得られた。今後は、PBW の特徴を活かした、高アスペクト比モールド化に向けた加工精度向上を目指す。

デバイス応用面では、PET フィルムをベースとした、透明電極型フレキシブル誘電泳動デバイスの作製プロセスを開発した。これにより、安価かつフレキシブルな三次元柔構造デバイスの一つの可能性を拓いた。

＜問題点とその克服方法＞

PBW による樹脂加工と電鍍による金属配線埋め込みによる、受動的な機能素子形成のため、感光性ポリイミド樹脂を導入し、ネガ型ポリイミドに関しては適用可能性を見出した。今後は電鍍技術について、密着性や電鍍プロセス開発および信頼性評価等のモノづくり面での着実な取り組みを行う。

また、光デバイスにおける導光機能について、PBW 照射によるポリイミドの改質技術による屈折率変化を制御手法に関する知見を得た。また、PDMS 製のマイクロレンズを透明基板上に形成するための基本技術は確立できた。今後は、これらの材料プロセス技術を、光導波路やマイクロ流路など、デバイスへの組み込み技術へと展開する予定である。

また、受動的機能のみならず、電気的、光学的なスイッチング、発光、光増幅等の**能動的機能**を発現させるためには、半導体、非線形光学材料等の導入が必須であり、**三次元柔構造化**に有用な有機材料やナノコンポジット材料の導入を検討している。

同時にエレクトロニクス実装に向けた実用的な観点から、感光性ポリイミド樹脂への無機充填材導入による熱的、機械的特性の向上等、現実的な取り組みが必要である。

＜研究成果の副次的効果(実用化や特許の申請など研究成果の活用の見通しを含む。)＞

本研究に先立って、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、三次元誘電泳動デバイス、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の準備を進めている。今後、共同研究機関との連携をさらに深め、本研究の課題であるフレキシブルデバイス化を視野に入れた、三次元誘電泳動デバイスの実用化の道を探る。

＜今後の研究方針＞

これまでの材料探索指針に基づき、デバイス分野や産業界等の出口に近い学内外の研究者との効果的な連携により、効率的な新規材料のスクリーニングを継続する。すでに可能性が見えてきた、ポリイミド、ポリ乳酸、テフロンなどの新規材料はデバイス応用へと研究開発のフェーズを進める。同時に多様な材料群への照射効果に関する知見を体系化し、当該分野の学術基盤を確立し、学会およびシンポジウム開催により情報発信することが、陽子線描画によるものづくりイノベーションを推進する上で、重要であると考えられる。

プロジェクトの要となる、三次元柔構造作製システムが導入されるので、フレキシブルデバイスの創成に向けて、今年度確立した材料・プロセスを利用した三次元柔構造の作製に適用する。

＜今後期待される研究成果＞

現在、PBW によるプラスチック基板へのマイクロレンズアレイの形成を進めている。これにより、安価なフレキシブル光学デバイスやバイオチップとの統合化への展開を進める。今後、プラスチック基板などの柔構造基板上への形成をめざし、誘電泳動デバイス等、バイオチップ等への組み込みなどの研究を行う。

PBW によるポリイミド基板加工のエレクトロニクス実装への適用に向けて、より生産性の高い

感光性ポリイミド上の高密度配線と三次元実装への適用に着手した。これらは市販のUV感光性をポリイミドであるが、特にネガ型材料は十分な感光性を示した。一方、ポジ型については、より詳細な検討を要する。今後 PBW によるパターンニングと Cu 電鍍による抵抗、インダクタ、キャパシタなどの受動部品の作製プロセスに関する研究を進める。

本年度末、計画していた、三次元柔構造作製システムが導入される。本設備整備により、超臨界現象・乾燥装置およびインプリントリソグラフィといった、PBW 利用技術の展開に必要な整備が整う。同時に進行している、電鍍による金型作製やテフロンモールドを利用したインプリントリソグラフィへの展開も期待される。

<プロジェクトの評価体制(自己評価・外部評価を含む。)>

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、毎年の自己点検を行っている。また、客観評価については、SIT 総合研究所として、年に1回、外部の有識者4名(大学、企業等)からなる評価委員会を実施し(関係規程整備済み)、多角的な視点から忌憚りの無い評価・アドバイス等を受けている。

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

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

(以下の各項目が網羅されていれば、枠にはこだわらなくてもよい。)

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。

以下、2012年度の成果についてのみ示す。

<雑誌論文>(査読あり)

* (1) T. P. Nguyen, R. Teshima, T. Hasegawa, H. Nishikawa, Enhancing proton beam writing system with auto scanning software and stage movement, Microelectronic Engineering, 102 (2013) pp.12-17

* (2) Y. Arai, Y. Ohki, Keisuke Saito, and H. Nishikawa, Control of Refractive Index of Fluorinated Polyimide by Proton Beam Irradiation, Jpn. J. Appl. Phys. 52 (2013) 012601/1-5 (5 pages)

* (3) K. Saito, H. Hayashi, H. Nishikawa, Fabrication of curved PDMS microstructures on silica glass by proton beam writing aimed for micro-lens arrays on transparent substrates, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B (Available online 2 January 2013, in press)

* (4) M. Omichi, K. Takano, T. Satoh, T. Kamiya, Y. Ishii, T. Ohkubo, M. Koka, W. Kada, M. Sugimoto, H. Nishikawa, S. Seki, Visualization of focused proton beam dose distribution by atomic force microscopy using blended polymer films based on polyacrylic acid, Journal of Nanoscience and Nanotechnology 09/2012; 12(9):7401-4.

* (5) 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, Microprocessing of Arched Bridge Structures with Epoxy Resin by Proton Beam Writing, Journal of Photopolymer Science and Technology, Volume 25, Number 1 (2012) pp.43 -46.

* (6) 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, Fabrication of Concave and Convex Structure Array Consisted of Epoxy Long-Nanowires by Light and Heavy Ion Beams Lithography, Transactions of Materials Research Society of Japan, Volume 37, Number 2 (2012) pp.237-240.

* (7) Y. Maeyoshi, K. Takano, A. Asano, H. Marui, M. Omichi, T. Satoh¹, T. Kamiya, Y. Ishii, T. Ohkubo, M. Koka, W. Kada, M. Sugimoto, H. Nishikawa, A. Saeki, and S. Seki, Fabrication of Poly(9,90-dioctylfluorene)-Based Nano- and Microstructures by Proton Beam Writing, Jpn. J. Appl. Phys., 51 (2012) pp.045201/1-045201/4

* (8) W. Kada, A. Yokoyama, M. Koka, K. Takano, T. Satoh, and T. Kamiya, Ion-Beam-Induced Luminescence Analysis as Diagnostic Tool for Microstructure Patterning on Diamond by Proton Beam Writing, Jpn. J. Appl. Phys. 51 (2012) 06FB07 (5 pages)

* (9) S. Uchida, R. Nakao, C. Asai, T. Jin, Y. Shiine, H. Nishikawa, Optical counting of trapped bacteria in dielectrophoretic microdevice with pillar array, Intelligent Automation and Soft Computing, Vol.18, No.2, (2012) pp.165-176

国際会議（査読あり）

* (1) H. Hayashi, Y. Takeno, H. Nishikawa, Microelectronic devices on polyimide substrate processed by Proton Beam, 13th International Conference on Nuclear Microprobe Technology & Applications, O-39, p.50 (22-27 July 2012)

* (2) H. Nishikawa, S. Makita, Y. Harashima, Micromachining of Polytetrafluoroethylene by Direct Etching Using Proton Beam Writing, 13th International Conference on Nuclear Microprobe Technology & Applications, O-42, p.53 (22-27 July 2012)

* (3) K. Saito, H. Nishikawa, H. Hayashi, Flexible optical components of silicone fabricated by proton beam writing, 13th International Conference on Nuclear Microprobe Technology & Applications, P-67, p.140 (22-27 July 2012)

<図書>

該当なし。

<学会発表>（査読なし）

* (1) 高橋潤一、岩本隆志、田邊裕介、西川宏之、林秀臣、石井保行、神谷富裕、佐藤隆博、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、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)

* (2) 加藤 聖、西川宏之、林 秀臣、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、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)

* (3) 鮎瀬 銀也、寺島 大貴、西川 宏之、内田 諭、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、第 43 回電気電子絶縁材料システムシンポジウム A-3、平成 24 年 9 月 10 日(月)-12 日(水)

* (4) 渡部 涼、坂下 裕介、西川 宏之、内田 諭、浅井 千尋、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、第 43 回電気電子絶縁材料システムシンポジウム MVP-5、平成 24 年 9 月 10 日(月)-12 日(水)

* (5) 寺島 大貴、鮎瀬 銀也、西川 宏之、浅井 千尋、内田 諭、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、第 43 回電気電子絶縁材料システムシンポジウム MVP-19、平成 24 年 9 月 10 日(月)-12 日(水)

* (6) 山口正樹、西川宏之、感光性材料による誘電体膜の形成、第 73 回応用物理学会学術講演会、13a-PB1-1 (2012/9/13)

* (7) 鮎瀬 銀也、寺島 大貴、西川 宏之、内田諭、誘電泳動による微粒子のサイズ分離に関する研究、2012 年 放電学会年次大会 D-3-2、pp.71-72、平成 24 年 12 月 1 日

* (8) 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、斎藤 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、平成 24 年 12 月 1 日

* (9) 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、林秀臣、西川宏之、2012 年 放電学会年次大会 P-17、pp.119-120、平成 24 年 12 月 1 日

<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

※ホームページで公開している場合には、URL を記載してください。

<既に実施しているもの>

・フレキシブル実装工学研究センターウェブサイトにおける研究活動と成果の公開。

<http://www.flex.ae.shibaura-it.ac.jp>

・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 2012 展示・発表(2012 年 6 月 13 日(水)～15 日(金)、東京ビッグサイト)

・マイクロマシン/MEMS 展アカデミック出展 2012 年 7 月 11 日(水)～13 日(金)、東京ビッグサイト

<これから実施する予定のもの>

・JPCA Show 2013/ラージエレクトロニクスショー2013/2013 マイクロエレクトロニクスショー/JISSO PROTEC 2013「アカデミックプラザ」展示・発表(2013 年 6 月 5 日(水)～6 月 7 日(金)、東京ビッグサイト)

14 その他の研究成果等

「12 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果及び企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付してください。

※ 論文や学会発表等になじまない研究である場合は、本欄を充実させること

該当なし。

15 「選定時」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>

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

該当なし。

<「選定時」に付された留意事項への対応>

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

研究進捗状況報告書の概要

1 研究プロジェクト

| | | | |
|-----------|------------------------|-----|--------|
| 学校法人名 | 芝浦工業大学 | 大学名 | 芝浦工業大学 |
| 研究プロジェクト名 | 微生物機能を用いたレアメタル回収技術開発研究 | | |
| 研究観点 | 研究拠点を形成する研究 | | |

2 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

近年、IT 関連産業、自動車産業等の先端産業におけるレアメタルの消費が世界的に急伸しており、資源に乏しい我が国においては、技術力を基盤とした先端産業の国際競争力の高さが極めて重要となる。このような状況の中、資源ナショナリズム等によるレアメタル供給の不安定化は国の死活問題と言っても過言ではない。

本研究では、微生物の金属代謝機能を利用することで、現在では極めて困難とされている産業廃棄物などからのレアメタルの効率的除去と、市場価値のある資源としての鉱種の回収・リサイクルを同時に達成する実用的な一連の技術群を確立することを目的とする。技術開発は、既に有効な微生物を取得している Se をモデルとして実施するが、同時に希少性、商業性の高いレアアースの回収に有効な新規微生物の取得にも取り組み、各種レアメタルをめぐる資源循環型社会システムの基盤形成とともに、レアメタル回収プロセスの潜在的市場拡大の知的基盤を構築する。

3 研究プロジェクトの進捗及び成果の概要

今回の開発研究においては、実証実験に近づけるため模擬排水および実際の廃水を使用し、①微生物の活動能力が最大となる最適な条件の把握、②抽出が可能となる鉱種の拡大、③低コストで高効率な回収技術の開発、④実用化に向けた高純度資源化プロセスの検討について取り組むことにより、低エネルギーで環境負荷の少ない資源循環システム構築を目指す。本年度においては以下のような成果を達成した。

1. 気化セレンの回収技術開発

Pseudomonas stutzeri NT-1 株は液相・固相のセレンを気化セレンに変換可能な細菌で、気化セレンの同定と合成メカニズムの解析を行った。気化セレンはセレン酸、亜セレン酸、元素態セレンから等しく合成され、主としてジメチルジセレンドになり、気化することが分かった。

2. メチル化セレン等の気化物質の回収条件の検討

培養特性の検討に基づき、Se を気化させるためのバイオリアクター、および気化 Se を回収するガスフィルターユニットをラボスケールで構築した。その結果気化セレンを硝酸トラップにて約 90%回収できた。また市販の活性炭でも回収できた。

3. レアアース元素代謝微生物の特性解析

昨年度分離したテルル酸還元細菌 3 株 (TI-1, 2, 3) の還元特徴を解析した。TI-2, 3 は亜テルル酸還元能に差はなかったが、TI-1 株はその他の 2 株に比べて低温、低 pH、高塩濃度での還元能が優れていた。合成された元素態テルルは、細胞外に分泌され簡単に回収できた。

プロジェクト番号

S1191004

**平成 23 年度選定「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」
研究進捗状況報告書**

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 レアメタルバイオリサーチセンター4 プロジェクト所在地 さいたま市見沼区深作 307 芝浦工業大学先端工学研究機構棟内5 研究プロジェクト名 微生物機能を用いたレアメタル回収技術開発研究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 |
|--------|----------|----|
| 山下光雄 | 工学部応用化学科 | 教授 |

8 プロジェクト参加研究者数 5 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 |
|------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------|
| 山下光雄 | 工学部・教授 | レアメタル代謝微生物のスクリーニングとリアクター回収 | プロジェクト全体のとりまとめ |
| 今林慎一郎 | 工学部・教授 | レアメタルバイオセンサーの開発 | レアメタル感知センサー開発 |
| 新井剛 | 工学部・准教授 | バイオレアメタル精錬開発 | レアメタル精錬プロセス開発 |
| (共同研究機関等) 池道彦 | 大阪大学大学院工学研究科・教授 | 微生物による金属還元機構の解析 | レアメタル回収に適応できる微生物の機能解析 |
| 大貫敏彦 | 日本原子力研究開発機構・主任研究員 | バイオレアメタルの分析 | バイオ生成レアメタルを分析 |

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

旧

| プロジェクト外での研究課題 | 所属・職名 | 研究者氏名 | プロジェクトでの役割 |
|---------------|-------|-------|------------|
| | | | |

(変更の時期:平成 年 月 日)

新

| 変更前の所属・職名 | 変更(就任)後の所属・職名 | 研究者氏名 | プロジェクトでの役割 |
|-----------|---------------|-------|------------|
| | | | |

11 研究進捗状況(※ 5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

近年, IT 関連産業, 自動車産業等の先端産業におけるレアメタルの消費が世界的に急伸しており, 資源に乏しい我が国においては, 技術力を基盤とした先端産業の国際競争力の高さが極めて重要となる. このような状況の中, 資源ナショナリズム等によるレアメタル供給の不安定化は国の死活問題と言っても過言ではない.

本研究では, 微生物の金属代謝機能を利用することで, 現在では極めて困難とされている産業廃棄物などからのレアメタルの効率的除去と, 市場価値のある資源としての鉱種の回収・リサイクルを同時に達成する実用的な一連の技術群を確立することを目的とする.

技術開発は, 既に有効な微生物を取得している Se をモデルとして実施するが, 同時に希少性, 商業性の高いレアアースの回収に有効な新規微生物の取得にも取り組み, 各種レアメタルをめぐる資源循環型社会システムの基盤形成とともに, レアメタル回収プロセスの潜在的市場拡大の知的基盤を構築する.

(2)研究組織

学内研究者は以下の3名である. 氏名, 所属職名, 役割分担を順に記載する.

山下光雄: 芝浦工業大学工学部応用化学科・教授, プロジェクト全体のとりまとめ

今林慎一郎: 芝浦工業大学工学部応用化学科・教授, レアメタルバイオセンサーの開発

新井剛: 芝浦工業大学工学部材料科学科・准教授, バイオレアメタル精錬開発

学外研究者は以下の2名である.

池道彦: 大阪大学大学院工学研究科・教授, 金属代謝微生物における還元機構の解析

大貫敏彦: 日本原子力研究開発機構先端研究センター・主任研究員, バイオレアメタルの分析

(3)研究施設・設備等

主として芝浦工業大学先端工学研究機構棟レアメタルバイオリサーチセンター内で行った. レアメタルをターゲットとし, 水溶液中や固体中の元素濃度を定性定量するために ICP-AES を用いた. 微生物による反応前後のレアメタル濃度の変化を測定することにも用いており汎用性が高い機器である. レアメタルを代謝する微生物を解析するために小型遠心機, 遺伝子を解析するために PCR 装置を購入し, 微生物を特定した. また微生物によるレアメタルを含む排水や廃棄物から有価金属を回収した後の培養液中の有機物濃度を測定するために COD メータを購入した. 浄化するための温度や pH 等の制御因子を検討できるようになった.

(4)進捗状況・研究成果等 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び*を付すこと。

<現在までの進捗状況及び達成度>

1. 気化セレンの回収技術開発

液相・固相のセレンを気化セレンに変換可能な *Pseudomonas stutzeri* NT-1 株をモデルとして, その気化セレンの同定と合成メカニズムの解析を行った. 気化セレンはセレン酸, 亜セレン酸, 元素態セレンから等しく合成され, 気化セレンは主としてジメチルジセレニドであり, ジメチルセレニドも少量含まれており, メチル化したセレンとして気化していくことが分かった.

2. メチル化セレン等の気化物質の回収条件の検討

培養特性の検討に基づき, Se を気化させるためのバイオリアクター, および気化された Se ガスを回収するガスフィルターユニットを高純度セレンの精錬を目指してラボスケールで構築した. その結果メチル化セレンを硝酸トラップにて約 90%回収できた. また市販の活性炭でも回収できた.

3. レアアース元素代謝微生物の特性解析

レアメタルと微生物の関係性を明らかにするために, 昨年度分離したテルル酸還元細菌 3 株

(TI-1,2,3)の還元特徴を解析した。TI-2,3 は亜テルル酸還元能に差はなかったが、TI-1 株はその他の2株に比べて低温、低 pH、高塩濃度での還元能が優れていた。合成された元素態テルルは細胞外に分泌され、遠心分離や限外濾過などの方法で簡単に回収でき、効率化を図ることができた。

<特に優れた研究成果>

1. 気化セレンの回収技術開発

既に単離している好氣的セレン酸還元細菌 *Pseudomonas stutzeri* NT-I 株を用いて、ラボスケールのバイオリクターの設計・構築に成功した。1mM (約 80ppm)濃度のセレン酸、亜セレン酸、元素態セレンを含む模擬排水で微生物還元実験を行い、セレン還元の最適化を検討した。その結果、水溶性セレンは言うに及ばず、固体セレンからも気体セレンが生成され、高い収率で回収できた。気体セレンを GC-MS による定性分析をした結果、主としてジメチルジセレニドであり、ジメチルセレニドも少量含まれていたことを発見した。微生物による元素態セレン(固体セレン)からメチル化セレンが合成された初めての例である。

<問題点とその克服方法>

1. 気化セレンの回収技術開発に関しては、*Pseudomonas stutzeri* NT-I株によって液相・固相のセレンを気化セレンに変換して、その気化セレンが主としてジメチルジセレニドであることを特定したが、合成メカニズムはすべてが解明されているわけではない。代謝経路を解明することにより、知的基盤も構築できることから、培地に添加する物質を検討することなどによりメカニズムの解明を試みる。
2. メチル化セレン等の気化物質の回収条件の検討に関しては、培養特性の検討に基づき、気化Se用のバイオリクター、および気化Seガスを回収するガスフィルターユニットの構築に成功したものの、硝酸中に回収したセレン化合物の特定およびその化合物からの高純度なセレンの精錬方法案がなく、検討中である。
3. レアアース元素代謝微生物の特性解析に関しては、レアアースを代謝する微生物の分離を続けているが、既知の報告にあるようなテルル酸・亜テルル酸還元微生物の分離には成功したものの、より機能が高い微生物や有価金属能が高い微生物を取得していない。スクリーニング系を変換するか、分離してくる環境サンプルの場所を変換することによって克服する。

<研究成果の副次的効果(実用化や特許の申請など研究成果の活用の見通しを含む。)>
研究成果の効果として、出願した特許を以下に記載する。

(1)発明者: 山下光雄, 発明の名称: セレンの回収方法, 出願人: 芝浦工業大学, 国際特許出願番号: PCT/JP2012/052922(特許出願番号: 特願 2011-191309), 出願日: 平成 24 年 2 月 9 日。

(2)発明者: 山下光雄, 池道彦, 惣田訓, 鈴木務, 花田昌子, 発明の名称: セメント製造工程における金属の回収方法, 出願人: 芝浦工業大学, 大阪大学, 太平洋セメン, 特許出願番号: 特願 2012-26189, 出願日: 平成 24 年 2 月 9 日。

＜今後の研究方針＞

2012年度を継続して以下のように考えている。

1. セレン酸還元遺伝子の組み換え発現と還元・気化能の向上検討

セレン代謝微生物のセレン還元遺伝子を遺伝子組換え発現によりセレン酸還元タンパク質の生化学的特徴を明らかにし、還元能と気化能の向上を試みる。

2. 実排水・廃棄物への応用と回収されたバイオセレンの分析と評価

模擬排水・廃棄物で構築されたモデルを実排水・廃棄物を用いて試行し、回収されたバイオセレンの成分分析等を行い、その資源としての価値を評価する。また、バイオセレン精錬のコスト試算、プロセスフローダイアグラム等を作成し、低コストで高効率な技術開発を目指す上でプロセスの経済性を評価する。

3. レアアース元素代謝微生物による実廃棄物からのレアアース元素回収検討

溶液中のレアメタルを特異的に代謝する微生物を用い、特異的な吸着・濃縮法の開発を行う。これにより複数の元素が混在する廃棄物サンプルからの目的物質回収の評価を行う。同時に、実廃棄物を固体のままの状態から、溶液化を行う微生物を用いて、レアメタルの溶出を検討する。

＜今後期待される研究成果＞

将来日本の産業が生き残る道は、技術力をベースにした、省エネ技術、エコリサイクル技術、技術開発力に集約される。特にレアメタルから発展する環境・エネルギービジネスがキーテクノロジーとなる。太陽発電、燃料電池、電気自動車等などはレアメタルから発想できる事業である。持続的にレアメタルを供給するために、備蓄、新規探鉱開発や代替材料開発は必要であるが、数十年はかかると言われている。本技術開発は、すでに多量に存在する使用済製品や廃棄物からの回収であり、免税制度などを作り民間活力を利用すれば、3R技術が確立できると思われる。レアメタルは有用資源として注目されているが、一方でレアメタル汚染という新たな環境汚染が懸念されている。本研究は、廃棄物からのレアメタル処理技術も兼ねており、資源循環と環境保全のダブルベネフィット技術として、循環型社会の構築に大いに寄与するものである。

＜プロジェクトの評価体制(自己評価・外部評価を含む。)＞

SIT 総合研究所の研究センター(レアメタルバイオリサーチセンター)として推進している事業であり、毎年、自己点検を行っている。また、客観評価については、SIT 総合研究所として、年に1回、外部の有識者(大学、企業等)からなる評価委員会を実施し(関係規程整備済み)、多角的な視点から忌憚りの無い評価・アドバイス等を受けている。

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) 金属代謝微生物

(2) バイオリッチング

(3) セレン

(4) レアアース

(5) レアアース元素

(6) バイオリクター

(7) バイオメタルセンサー

(8) バイオトランスフォーメーション

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>

論文名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年(西暦)について記入してください(左記の各項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

* 1. Selenium volatilization under aerobic conditions and recovery from aqueous phase by *Pseudomonas stutzeri* NT-I. Tsubasa Kagami, Takanobu Narita, Masashi Kuroda, Emi Notaguchi, Mitsuo Yamashita, Kazunari Sei, Satoshi Soda, and Michihiko Ike. Water Research. 査読有. 47, 1361-1368, 2012.

* 2. Isolation and characterization of bacteria capable of reducing tellurium oxyanions to insoluble elemental tellurium for tellurium recovery from wastewater. Tsubasa Kagami, Akira Fudemoto, Noriyuki Fujimoto, Emi Notaguchi, Masaya Kanzaki, Masashi Kuroda, Satoshi Soda, Mitsuo Yamashita, and Michihiko Ike. Waste and Biomass Valorization. 査読有. 3(4), 409-418, 2012.

<図書>

図書名、著者名、出版社名、総ページ数、発行年(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

1. リサイクル・廃棄物事典「バイオボータリゼーションによるセレンの回収」. 成田尚宣, 山下光雄. 産業調査会 事典出版センター. 分担. 432-433. 2012.

2. Phytoremediation for soils contaminated by heavy metals using the symbiosis between *Astragalus sinicus* with rhizobacteria. Mitsuo Yamashita. Handbook of Metal Biotechnology—Applications for Environmental Conservation and Sustainability. Pan Stanford Publishing. 2012.

<学会発表>

学会名、発表者名、発表標題名、開催地、発表年月(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

1.二種のセレン酸還元細菌のセレン酸還元関連遺伝子の解析. 黒田真史, 三輪恵美子, 清和成, 惣田訓, 山下光雄, 池道彦. (2012年度(第49回)日本水処理生物学会, 北里大学白金高輪キャンパス, 11月25日)

* 2. *Pseudomonas stutzeri* NT-Iを用いたセレン揮発化除去・回収プロセスの試行. 黒田真史, 成田尚宣, 三輪美恵子, 鏡つばさ, 惣田訓, 山下光雄, 池道彦. (2012年度日本生物工学会大会, 神戸国際会議場, 10月25日)

* 3.セレン酸還元細菌 *Pseudomonas stutzeri* NT-I を用いたセレン酸および亜セレン酸還元最適化. 成田尚宣, 鏡つばさ, 黒田真史, 惣田訓, 池道彦, 山下光雄. (2012 年度日本農芸化学会大会, 京都女子大学, 3月23日)

* 4. Recycling of selenium from K-powder in selenate reducing bacterium, *Pseudomonas stutzeri* NT-I. Shun Ochiai, Takanobu Narita, Kazunari Sei, Satoshi Soda, Michihiko Ike, and Mitsuo Yamashita (SEATUC 6th congress, Bangkok, March/6-7/ 2012)

<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

※ホームページで公開している場合には、URL を記載してください。

<既に実施しているもの>

公益社団法人 日本生物工学会 メタルバイオテクノロジー研究部会の代表をしており、(http://www.sbj.or.jp/division/division_metalbio.html)に公開している。

<これから実施する予定のもの>

1. *Pseudomonas stutzeri* NT-IIによるセレン酸還元機構の解析. 黒田真史, 三輪美恵子, 清和成, 惣田訓, 山下光雄, 池道彦. (日本農芸化学会2013年度大会, 仙台, 2013年3月)を口頭発表する予定である。

2. テルル酸還元細菌 *Ochrobactrum anthropi* Ti-3株のテルル酸還元能の解析. 大塚治, 長谷川智美, 坂本康太, 生田裕馬, 池道彦, 山下光雄. (日本農芸化学会2013年度大会, 仙台, 2013年3月)を口頭発表する予定である。

14 その他の研究成果等

「12 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果及び企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付してください。

※ 論文や学会発表等になじまない研究である場合は、本欄を充実させること

1. 太平洋セメント(株)と「セメント製造工程におけるセレンおよび他の有害物質浄化技術の開発」という題目で共同研究している。

2. JX 日鉱日石金属(株)とは JX(株)由来排水サンプルを用いて低コストで高効率なレアメタルを回収するためのプロセスの開発を検討するため、研究平成 24 年度復興促進プログラム(マッチング促進)可能性試験(研究開発課題名:レアメタル回収実証プラント構築を目指した開発研究)を共同研究行っている。

15 「選定時」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>

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

基盤形成の観点からの研究成果に留意されたい。

<「選定時」に付された留意事項への対応>

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

将来につなげる基礎的な実験結果を取得することを心がけ、学術論文や著書や学会発表での成果をあげることを重視しました。

研究進捗状況報告書の概要

1 研究プロジェクト

| | | | |
|-----------|------------------------------------|-----|--------|
| 学校法人名 | 芝浦工業大学 | 大学名 | 芝浦工業大学 |
| 研究プロジェクト名 | 木材を使用した住宅用内装・設備の開発とその市場化による地域産業の振興 | | |
| 研究観点 | 研究拠点を形成する研究 | | |

2 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

日本の住宅ストックの約4割は共同住宅であり、そのかなりの部分を占める区分所有マンションの老朽化が進んでいる。外から見ると健全に見えるマンションでも、入居者の高齢化、独居化が進み、住まい手の人間関係が崩壊しつつある。高齢化が進み、世帯用の住戸に1人、2人の高齢者が住まう。共同住宅の人口構成は歪で、地域コミュニティとしても機能していない。構造体として十分、耐久性、耐震性がある住宅ストックのインフィル(住宅の内装・設備)改修を行い、「住まい」と「住まい手」のミスマッチを解消して、健全な住共同体として再生することが急務である。技術的にどのように改修工事をするかだけでなく、住宅改修により、今後、どのように快適な地域社会を構築するかについても研究を行う。共同住宅を、高齢者が住み続け、若い世帯も入居する、持続可能性を持った「すまい」として再生するため、ハード、ソフトの両面で総合的に検討する。

持続可能性や資源の有効活用の側面からも、これまでのように短い期間で、住宅をスクラップアンドビルドにより浪費することはできない。若い世代が今後、住居に負担できる資金は限られている。都心にリーズナブルな費用負担で、真に豊かな住環境を手に入れるためには、既存の住宅ストックを、有効に活用していくことが必須である。次の世代に、既存住宅ストックを、適切な姿で、引き継ぐ手法を構築することが、本研究の社会的意義である。

具体的には、芝浦工業大学に近接する江東区新木場の木材流通企業と連携して、インフィル改修に木材を活用する手法を開発している。本研究は、既存住宅のストック改修と言う社会的課題と、景気低迷に苦しんでいる地元の木材流通加工業の振興と言う経済的課題とを組み合わせ、複合的に解決することを目指している。

3 研究プロジェクトの進捗及び成果の概要

- (1) 研究目標・成果の明確化と今後の研究について議論するため、2012年11月17日、東京ベイエリア産学官連携シンポジウム「木材を使用した住宅用内装・設備の開発とその市場化による地域産業の振興」を開催し、本研究の関係者に加えて、江東区新木場の事業者を含む学内外の関係者約170名の参加を得た。研究代表者の南は「住宅用インフィルの開発とその市場化」、近角真一客員教授は「インフィルを大工が担う戦略は可能か?」、安達好和客員教授は「居住者の視点に立った日常生活の中のインフィル」、山崎尚客員教授は「木材流通の現状と課題」と題して講演し、その後、パネルディスカッションを行った。
- (2) 国際学会論文2編、国内学会等論文6編を発表した。専門家を対象としたセミナーなどで講演を3回行い、研究成果を報告した。

プロジェクト番号

S1201021

**平成24年度選定「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」
研究進捗状況報告書**

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 建築ストック研究センター4 プロジェクト所在地 東京都江東区豊洲3-7-5 芝浦工業大学豊洲キャンパス研究棟5 研究プロジェクト名 木材を使用した住宅用内装・設備の開発とその市場化による地域産業の振興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 |
|--------|----------|----|
| 南 一誠 | 工学部 建築学科 | 教授 |

8 プロジェクト参加研究者数 14 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 |
|--------------------|--------------------------------|----------------|----------------------|
| 南 一誠 | 工学部・教授 | 木材を活用した住宅内装の開発 | 地場産業を活かした住宅内装の開発と事業化 |
| 古屋 浩 | 工学部・教授 | 改修用住宅設備の開発 | 住宅設備の開発 |
| 秋元 孝之 | 工学部・教授 | 改修用住宅設備の開発 | 住宅設備の開発 |
| 木本 健二 | 工学部・教授 | 改修工事の施工性 | 現場施工性の向上 |
| 桑田 仁 | デザイン工学部・准教授 | 住宅需要の地域特性 | 地域ニーズに合った住宅改修 |
| 平野 真 | 工学マネジメント研究科・教授 | インフィル産業の企業化 | 企業化に向けた要件整理 |
| (共同研究機関等) 澤田 誠二 | 前明治大学理工学部教授、芝浦工業大学客員教授 | 建築構法、団地再生 | サプライチェーンマネジメントの計画 |
| 真鍋 恒博 | 前東京理科大学理工学部教授、元同学部長、芝浦工業大学客員教授 | 建築構法の開発要件検討 | 研究計画、課題設定、研究手法に関する検証 |
| 山崎 尚 | (株)山康商店・代表取締役社長 | 木材加工、流通 | 地場産業の育成、技術支援 |
| Stephen Kendall | Ball State 大学・教授 | オープンビルディング | インフィルの市場開発 |
| Tedd Benson | Bensonwood・代表取締役社長 | 木造工法 | 木造住宅生産の先進技術供与 |

プロジェクト番号

S1201021

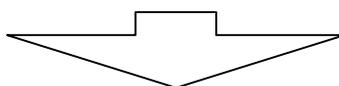
| | | | |
|-------|---------------------------|-----------|---------------------|
| 近角 真一 | 集工舎都市建築 デザイン研究所・ 所長 | SI 工法 | スケルトンインフィル技 術の開発 |
| 安達 好和 | (株)インテリックス 空間設計・取締役 | インフィル開発 | インフィル下地の技術開 発 |
| 門脇 耕三 | 明治大学・ 専任講師 | 建築構法の技術開発 | 改修用構法の研究開発 |

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

旧

| プロジェクトでの研究課題 | 所属・職名 | 研究者氏名 | プロジェクトでの役割 |
|--------------|-------|-------|------------|
| | | | |

(変更の時期:平成 年 月 日)



新

| 変更前の所属・職名 | 変更(就任)後の所属・職名 | 研究者氏名 | プロジェクトでの役割 |
|-----------|---------------|-------|------------|
| | | | |

11 研究進捗状況(※ 5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

江東区新木場の木材流通企業と連携して、区内の経年の進んだ共同住宅のインフィル(住宅の内装・設備)改修を行うための建築構法を開発する。全国各地には、4920 万戸の住宅が存在し(平成 20 年度)、その約 4 割、2068 万戸が共同住宅である。そのうち約 600 万戸がマンションであるが、経年が進んだ建物の比率が、年々高まっている。一方、日本社会は、少子化、高齢化、小世帯化が進み、建設された当時とは、家族構成、ライフスタイルが大きく変化している。私たちが進むべき、持続可能な社会を実現するには、既存の共同住宅を短い周期で建替えるのではなく、住戸内部の仕上げ、設備で構成されるインフィルを、その時代のライフスタイルや居住者のニーズに即したものに定期的に更新し、快適な生活を実現するための技術が求められている。

本研究では、まず研究対象地域である江東区における、住居ニーズの実態把握を行い、高齢化や在宅介護などの社会ニーズに対応した改修技術の開発を目指す。改修工事の生産性の向上と経済性を実現するため、工業化住宅の内装システムで開発されてきた生産技術やサプライチェーン(物流)などを応用して、製品開発を行う。そのため、研究プロジェクトの参加者には、民間企業にて長年にわたり、工業化住宅を開発してきた技術者や、UR 都市再生機構の共同住宅の改修工事の設計経験を有する技術者を含めて実施している。

申請者はこれまで、共同住宅の長期居住履歴と改修工事の実態調査を数多く行い、その成果を論文発表している。また UR 団地再生機構の既存住宅ストック改修のための技術開発プロジェクト「ルネサンス計画1」の審査員やアドバイザーを務めてきた。2012 年 2 月から 8 月まで、国土交通省に設置された「持続可能社会における既存共同住宅ストックの再生に向けた勉強会」の委員として働き、その後、その成果の周知のためシンポジウム講師などを担当している。本研究は、申請者のこれらの研究成果を基礎とし、さらに発展させることを目指して行っている。

本研究は、既存住宅のストック改修という、我が国が抱える社会的課題と、地域の木材流通加工業の産業振興と言う経済的課題とを組み合わせ、複合的に解決することを、目指している。

(2) 研究組織

研究目的を達成するため、この分野の研究、実務に精通する学内外の専門家による、下記の産学連携研究組織を構成し、定期的に打ち合わせを行うことにより、研究を進めている。研究を円滑に進めるため、学外研究者には芝浦工業大学 SIT 総合研究所客員教授、客員研究員を委嘱している。芝浦工業大学理工学研究科の建設工学専攻分野における連携大学院客員教授には、オブザーバーになっていただき、定期的に助言をいただいている。

【学内】

1. 芝浦工業大学・教授 南 一誠（代表者）
2. 芝浦工業大学・教授 古屋 浩
3. 芝浦工業大学・教授 秋元 孝之
4. 芝浦工業大学・教授 木本 健二（2012年12月逝去）
5. 芝浦工業大学・准教授 桑田 仁
6. 芝浦工業大学大学院工学マネジメント研究科・教授 平野 真

【学外】

7. 明治大学・工学部元教授 澤田誠二（芝浦工業大学客員教授）
8. 東京理科大学・元工学部長・元教授 真鍋恒博（芝浦工業大学客員教授）
9. Ball State 大学・教授 Stephen Kendall（芝浦工業大学客員教授）
10. Bensonwood 代表取締役社長 Tedd Benson（芝浦工業大学客員教授）
11. 集工舎都市建築デザイン研究所所長 近角 真一（芝浦工業大学客員教授）
12. インテリックス取締役 安達 好和（芝浦工業大学客員教授）
13. 株式会社山康・代表取締役社長 山崎 尚（芝浦工業大学客員教授）
14. 明治大学・専任講師 門脇 耕三（芝浦工業大学客員研究員）

【オブザーバー】

15. UR都市機構本社技術調査室ストック再生設計 チームリーダー 安野 明男
16. 積水ハウス・総合住宅研究所長 木村 文雄（芝浦工業大学客員教授）
17. 独立行政法人建築研究所 主任研究員 藤本 秀一（芝浦工業大学客員教授）
18. プロパティデータバンク株式会社代表取締役社長 板谷 敏正（芝浦工業大学客員教授）

(3) 研究施設・設備等

芝浦工業大学豊洲キャンパス研究棟7階C25室を拠点として研究を行っている。（次年度以降、試作などの研究開発を行うためには、上記研究室では手狭であるため、何らかの対応が必要な状況となっています。）

(4) 進捗状況・研究成果等 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び*を付すこと。

<現在までの進捗状況及び達成度>

申請書に記載した平成24年度の研究内容(下記の①、②)について、計画的に研究を進

めており、3月末までに当初の目標を達成できる見込みである。

- ①共同住宅の所有形態、規模・構造、竣工年などと、住民属性(年齢構成、世帯規模など)を総合的に分析した。地域の世帯、人口、住宅ストックの実態調査に基づき、住宅改修ニーズを把握した。
- ②既往のインフィル開発について、技術調査、市場調査を行い、今回開発する改修用インフィルの設計要件を考察した。多様性ある建築部品を高い生産性で供給している工業化住宅のインフィルの技術的特色を、木製インフィルに応用する手法について検討した。

<特に優れた研究成果>

CIB 国際会議にて、拙稿 Long-Life Quality Housing and Development of New Infill Systems in Japan* に対して、マサチューセッツ工科大学ニコラス・ジョン・ハブラーケン名誉教授から高い評価を得、欧州の研究者、出版社に紹介いただいた。

<問題点とその克服方法>

研究者として活動が期待されていた芝浦工業大学工学部の木本健二教授が急逝されたため、担当されていた改修工事の施工性の研究について、替りの研究者が必要となった。2013年4月1日づけで、共同住宅の設計施工において我が国最大手企業の長谷工コーポレーションと連携大学院の協定を結び、客員教授をお願いすることとし、木本教授の代理をお願いすることとした。

<研究成果の副次的効果(実用化や特許の申請など研究成果の活用の見直しを含む。)>

国土交通省、社会資本整備審議会・社会資本メンテナンス戦略小委員会、同・建築分科会、同・持続可能社会における既存共同住宅ストックの再生に向けた勉強会*の委員として、委員会の審議や報告書・提言に、研究成果を還元し、社会貢献に努めている。

<今後の研究方針>

既存の共同住宅を、今後、長期的に住み続けられるものにするために、構想調書に記載した内容を計画的に研究している。具体的な研究課題としては、

- ① 住戸と世帯のミスマッチ解消
(夫婦用、夫婦と子供用の住宅を、多様な家族に対応させる。
高齢者居住や在宅介護に対応し、終の住まいとして改修する。)
- ② 施設機能の充実と地域の再生
(全ての世代が共に住みたい「まち」、住まいにする。)
- ③ 共用部大規模改修とインフィル改修を複合的に実施するための技術開発を行う。
- ④ 木材の利用を促進し、江東区の地場産業の発展策を提案する。
- ⑤ 入居者自身によるインフィル設計を実現するため、設計支援 CAD を整備する。
上記の研究を進めるため、平成25年度において、インフィル設計支援の BIM 対応 CAD を整備する予定である。

<今後期待される研究成果>

平成25年度以降、構想調書に記載した研究を計画的に進めることにより、下記の研究成果が得られるものと期待している。

- ①平成24年度に調査分析した江東区における共同住宅の居住者特性と、マンションストックの実態に基づき、地域の共同住宅のインフィル改修の需要を、世帯種別ごとに導出する。
- ②上記の需要予測に基づき、インフィル改修モデルプランを、若年世帯用、シニア世帯用、介護世帯用、複合世帯用など、タイプ別に作成する。
- ③インフィル改修のモデル設計、設置実験を行い、施工性、居住性などについて検証する。
- ④設置実験の結果をフィードバックし、商品化に向けての課題を明らかにする。
- ⑤必要に応じて特許出願を行うと同時に、安定的な需要者の開拓、流通業者、施工代理店の確保など、企業化に向けての準備作業を行う。

<プロジェクトの評価体制(自己評価・外部評価を含む。)>

2012年10月1日より、本研究テーマである「建築構法」分野の権威である東京理科大学元理工学部長・元教授の真鍋恒博氏に芝浦工業大学 SIT 総合研究所客員教授を委嘱し、原則として毎月1回以上、研究の進捗状況などについて助言をいただくように体制を整えた。

2012年の研究着手時において、本研究課題の研究実施機が豊富な京都大学工学系研究科教授の高田光雄氏に、研究目標、進め方などについて助言をいただいた。

南の前年度に私立大学戦略的研究基盤形成支援事業の建築系分野に採択され研究を進めている関大大学環境都市工学部建築学科の江川直樹教授、および関西大学先端科学技術推進機構団地再編プロジェクト室特任研究員の倉知徹氏の研究進捗状況を教示頂き、今後の進め方などについて助言を頂いた。本研究分野と関連する研究課題にて COE 拠点リーダーの経験がある首藤大学東京の深尾精一教授からも、定期的に助言をいただいている。

上記の専門家の方がたの評価、助言を踏まえて、研究目標と成果について、絶えず確認を行い、必要に応じて見直すよう心がけている。

本プロジェクトは SIT 総合研究所の研究センター(建築ストック研究センター)として推進している事業であり、毎年、自己点検を行っている。また、客観評価については、SIT 総合研究所として、年に1回、外部の有識者(大学, 企業等)からなる評価委員会を実施し(関係規程整備済み)、多角的な視点から忌憚りの無い評価・アドバイス等を受けている。

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) 共同住宅 (2) ストック活用 (3) インフィル(内装・設備)
 (4) 既存改修 (5) 木材利用 (6) 地域産業再生
 (7) 高齢者居住 (8) ビジネスモデル構築

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>

論文名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年(西暦)について記入してください(左記の各項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

(A) 査読有りの論文

- * 1) Long-Life Quality Housing and Development of New Infill Systems in Japan, Kazunobu Minami, Proceedings of the International Conference of CIB W104 Open Building Implementation, the 18th International Conference on Open Building, Beijing, China, November 19th -23rd 2012
- * 2) The Development of Infill System for Long Life Housing in Japan, Kazunobu Minami, Proceedings of the 9th International Symposium on Architectural Interchanges in Asia (ISAIA), October 22nd -25th, 2012, Gwang-Ju, Korea
- * 3) 成熟社会における共同住宅ストックの再生、南一誠、2013年3月掲載予定、都市住宅学会 20周年記念誌「都市住宅に関する提言」

(B) 査読なしの論文

- * 1) 共同住宅ストック再生のための技術の概要 耐用性、月間リフォーム REFORM 2013年1月号
- * 2) 公的賃貸住宅団地における長期居住に関する研究(1)、佐藤裕也・加藤達也・菅原晃・原田亮介・丸山諒太郎・浅野樹・南一誠、日本建築学会大会学術講演梗概集(東海) 2012年9月、pp.997-998
- * 3) 公的賃貸住宅団地における長期居住に関する研究(2)、原田亮介・佐藤裕也・加藤達也・菅原晃・丸山諒太郎・浅野樹・南一誠、日本建築学会大会学術講演梗概集(東海) 2012年9月、pp.999-1000
- * 4) 公的賃貸住宅団地における長期居住に関する研究(3)、丸山諒太郎・佐藤裕也・加藤達也・菅原晃・原田亮介・浅野樹・南一誠、日本建築学会大会学術講演梗概集(東海) 2012年9月、pp.1001-1002
- * 5) 長期的視点に立った集合住宅のクオリティ、南一誠、新建築 2012年8月号、pp.164-165
- * 6) 成熟社会に相応しい建築社会システムの構築を目指して、南一誠、社団法人 日本建設業連合会 AGe 建設業界 7月号、p36

<図書>

図書名、著者名、出版社名、総ページ数、発行年(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

- * 1) 2013年7月上旬、包括的な生活サービスへの拡大とサプライチェーンを活かしたインフィル産業の構築、南一誠、プレハブ建築協会 50年史に掲載予定。
- * 2) 2013年7月上旬、テツアードー出版から「共同住宅ストック再生」に関する図書を共著にて刊行予定。

<学会発表>

学会名、発表者名、発表標題名、開催地、発表年月(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

- (1) 公的賃貸住宅団地における長期居住に関する研究(1)、佐藤裕也・加藤達也・菅原晃・原田亮介・丸山諒太郎・浅野樹・南一誠、日本建築学会大会学術講演梗概集(東海) 2012年9月、pp.997-998
 (2) 公的賃貸住宅団地における長期居住に関する研究(2)、原田亮介・佐藤裕也・加藤達也・菅原晃・丸山諒太郎・浅野樹・南一誠、日本建築学会大会学術講演梗概集(東海) 2012年9月、pp.999-1000
 (3) 公的賃貸住宅団地における長期居住に関する研究(3)、丸山諒太郎・佐藤裕也・加藤達也・菅原晃・原田亮介・浅野樹・南一誠、日本建築学会大会学術講演梗概集(東海) 2012年9月、pp.1001-1002

<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
 ホームページで公開している場合には、URLを記載してください。

<既に実施しているもの>

- (1) 2012年7月6日、マンション再生協議会シンポジウム、「持続可能社会における既存共同住宅ストックの再生に向けた勉強会」の議論の概要
 (2) 2012年10月17日 建築研究開発コンソーシアム、「既存共同住宅ストックの再生技術」
 * 3) 研究目標の明確化と今後の進め方について議論するため、2012年11月17日、第16回東京ベイエリア産学官連携シンポジウムとして、「木材を使用した住宅用内装・設備の開発とその市場化による地域産業の振興」を芝浦工業大学豊洲キャンパス交流棟大講義室で開催し、本研究の関係者に加えて、学内外の関係者約170名の参加を得た。
 研究代表者の南は「住宅用インフィルの開発とその市場化」、近角真一客員教授は「インフィルを大工が担う戦略は可能か?」、安達好和客員教授は「居住者の視点に立った日常生活の中のインフィル」、山崎尚客員教授は「木材流通の現状と課題」と題して講演を行い、研究者間でパネルディスカッションを行った。
 (4) 2012年12月14日 不動産経済・実践セミナー、「マンションストック再生のための技術開発と課題」

<これから実施する予定のもの>

- (1) 2013年3月1日、財団法人マンション管理センター「マンションの再生に向けた技術的な情報に関する特別セミナー」にて講演予定。
 (2) 2013年7月4日、R&R建築再生展にて講演予定。

14 その他の研究成果等

「12 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果及び企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記11(4)に記載した研究成果に対応するものには*を付してください。

※ 論文や学会発表等になじまない研究である場合は、本欄を充実させること

本研究分野に関連する社会貢献活動して、国の下記、審議会委員を担当している。

- * 1) 国土交通省、社会資本整備審議会・交通政策審議会社会資本メンテナンス戦略小委員会委員、2012年8月～
 * 2) 国土交通省、社会資本整備審議会建築分科会委員、2012年8月～
 * 3) 国土交通省、社会資本整備審議会建築分科会建築基準制度部会委員、2012年8月～
 * 4) 国土交通省、持続可能社会における既存共同住宅ストックの再生に向けた勉強会、2012年2月～8月

本研究分野に関連する民間企業への技術支援として

- (1) 共同住宅建設最大手の株式会社長谷工コーポレーション代表取締役および技術系役員を対象として、「オープンビルディングの理念による海外の集合住宅の先進事例」を講演した。

15 「選定時」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>

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

「外部評価を含む評価体制を整備されたい。」との記載をいただいている。

<「選定時」に付された留意事項への対応>

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

(1) 2012年10月1日より、本研究分野の権威である東京理科大学元理工学部長・元教授の真鍋恒博氏に、芝浦工業大学 SIT 総合研究所客員教授を委嘱し、原則として毎月1回以上、研究の進捗状況などについて、指導・助言をいただくように体制を整えた。

真鍋教授の紹介で、産業界の専門家からヒアリングする機会を得ることができ、研究内容が実務の実態に即したものとなる成果が得られた。

(その他:

2012年の研究着手時において、本研究課題の研究実施機が豊富な京都大学工学系研究科教授の高田光雄氏に、研究目標、進め方などについて助言をいただいた。

南の前年度に私立大学戦略的研究基盤形成支援事業の建築系分野に採択され研究を進めている関大大学環境都市工学部建築学科の江川直樹教授、および関西大学先端科学技術推進機構団地再編プロジェクト室特任研究員の倉知徹氏の研究進捗状況を教示頂き、今後の進め方などについて助言を頂いた。本研究分野と関連する研究課題にてCOE 拠点リーダーの経験がある首藤大学東京の深尾精一教授からも、定期的に助言をいただいている。)

上記の専門家の方がたの評価、助言を踏まえて、研究目標と成果について、絶えず確認を行い、必要に応じて見直すよう心がけている。

(2) 2013年3月14日には、芝浦工業大学 SIT 総研外部点検評価委員会を受審する予定である。

| | |
|---|---|
| - | - |
|---|---|

研究進捗状況報告書の概要

1 研究プロジェクト

| | | | |
|-----------|--------------------|-----|--------|
| 学校法人名 | 芝浦工業大学 | 大学名 | 芝浦工業大学 |
| 研究プロジェクト名 | ソフトウェア開発技術教育研究センター | | |
| 研究観点 | ソフトウェア開発技術教育研究 | | |

2 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

本研究センターでは、文部科学省平成 21 年度大学教育・学生支援推進事業【テーマ A】大学教育・学生支援推進事業に「工学系技術者のソフトウェア開発技能育成」のテーマで採択されたことを契機に、Incusphere Project を立ち上げ、活動を行っている。今年度は、LUMINOUS の運用、WebStudy の授業への導入の他に、主に IPA の 2012 年度ソフトウェア工学分野の先導的研究支援事業(2012 年 6 月から 2013 年 1 月、予算 13,479,770 円) のテーマ「要件定義プロセスと保守プロセスにおけるモデル検査技術の開発現場への適用に関する研究」について活動を行った。

本研究では、社会の要請である手戻りを防ぎ、高品質なソフトウェアを開発することを実現するために、システム構築の上流工程において、その仕様の妥当性を検証するための形式検証技術として注目を集めているモデル検査技術を用いて、開発工程における検証プロセスを研究する。モデル検査技術はテストでは実現できない網羅的検査に特徴があるが、開発現場で用いるためには、開発現場での適用シナリオを想定して、検査対象システムのモデルとその検証したい性質の検査式を現場の開発者が容易かつ適切に定義できるようにすることが大きな課題である。本研究では、要件定義プロセス、運用時およびマイグレーションによる再構築を含む保守プロセスといった開発現場でのモデル検査技術の利用シナリオを想定し、それぞれの場面で、現場の技術者が利用可能な検証方法とその支援ツールを研究開発する。

3 研究プロジェクトの進捗及び成果の概要

本研究では要件定義プロセスにおける要件定義の不整合の早期発見、運用時の想定外の使用による不具合の特定、マイグレーションによるシステムの再構築時のシステムの仕様の保証といった開発現場でのモデル検査利用のシナリオを想定して課題に取り組んできた。モデル検査を実施する上での第一に克服しなければならない課題は、検査対象の定義と検査したいことの定義をその構成要素間に対応付けることである。本研究では、要求仕様とソースコードに着目し、段階的に検査対象と検査したい性質としての業務セオリーを結び付けることにより、要求定義段階では、モデル検査技術の知識がなくても検査が可能な UML2UPPAAL を実現した。保守段階でも、少ないモデル検査技術の知識で、検査を支援する Source2UPPAAL を開発し、開発現場での検証技術の利用が有効な場面であるシナリオを実現する検査方法と支援ツールを提案した。UML2UPPAAL を用いた 5 つの事例に対する検証実験では 83 個の問題点を発見した。さらに、Source2UPPAAL を用いて無限ループの発生原因の特定を行うことができた。

| | |
|---|---|
| - | - |
|---|---|

**平成 24 年度選定「私立大学戦略的研究基盤形成支援事業」
研究進捗状況報告書**

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 ソフトウェア開発技術教育研究センター

4 プロジェクト所在地 芝浦工業大学 大宮校舎

5 研究プロジェクト名 2012 年度ソフトウェア工学分野の先導的研究支援事業

6 研究観点 ソフトウェア開発技術研究

7 研究代表者

| 研究代表者名 | 所属部局名 | 職名 |
|--------|---------|----|
| 松浦佐江子 | デザイン工学部 | 教授 |

8 プロジェクト参加研究者数 5 名

9 該当審査区分 理工・〇情報 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

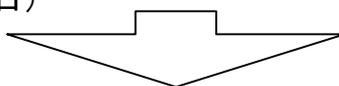
| 研究者名 | 所属・職名 | プロジェクトでの研究課題 | プロジェクトでの役割 |
|-----------|------------|--------------|------------|
| 松浦 佐江子 | デザイン工学部・教授 | 業務セオリーの策定 | リーダー・研究全般 |
| 小形真平 | SIT 総研研究員 | 検査ツールの設計・開発 | ツールの開発 |
| 谷沢智史 | SIT 総研研究員 | 検査ツールの設計・開発 | ツールの開発 |
| (共同研究機関等) | | | |
| | | | |

<研究者の変更状況(研究代表者を含む)>

旧

| プロジェクトでの研究課題 | 所属・職名 | 研究者氏名 | プロジェクトでの役割 |
|--------------|-------|-------|------------|
| | | | |

(変更の時期:平成 年 月 日)



新

| 変更前の所属・職名 | 変更(就任)後の所属・職名 | 研究者氏名 | プロジェクトでの役割 |
|-----------|---------------|-------|------------|
| | | | |

| | |
|---|---|
| - | - |
|---|---|

11 研究進捗状況(※ 5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

本研究センターでは、文部科学省平成 21 年度大学教育・学生支援推進事業【テーマ A】大学教育・学生支援推進事業に「工学系技術者のソフトウェア開発技能育成」のテーマで採択されたことを契機に、Incusphere Project を立ち上げ、活動を行っている。今年度は、LUMINOUS の運用、WebStudy の授業への導入の他に、主に IPA の 2012 年度ソフトウェア工学分野の先導的研究支援事業(2012 年 6 月から 2013 年 1 月、予算 13,479,770 円) のテーマ「要件定義プロセスと保守プロセスにおけるモデル検査技術の開発現場への適用に関する研究」について活動を行った。

本研究では、社会の要請である手戻りを防ぎ、高品質なソフトウェアを開発することを実現するために、システム構築の上流工程において、その仕様の妥当性を検証するための形式検証技術として注目を集めているモデル検査技術を用いて、開発工程における検証プロセスを研究する。モデル検査技術はテストでは実現できない網羅的検査に特徴があるが、開発現場で用いるためには、開発現場での適用シナリオを想定して、検査対象システムのモデルとその検証したい性質の検査式を現場の開発者が容易かつ適切に定義できるようにすることが大きな課題である。本研究では、要件定義プロセス、運用時およびマイグレーションによる再構築を含む保守プロセスといった開発現場でのモデル検査技術の利用シナリオを想定し、それぞれの場面で、現場の技術者が利用可能な検証方法とその支援ツールを研究開発する。本研究の研究課題としては、松浦研究室でこれまで研究開発してきた UML(Unified Modeling Language)を用いたモデル駆動要求分析手法ならびに、モデル検査ツールの 1 つである UPPAAL を用いたソースコードの欠陥抽出手法に基づき、下記の研究課題に取り組む。

- 1) 新規開発システムにおける要件定義で得られた仕様を客観的に評価する業務セオリーとその評価手法
- 2) 想定外の使い方等による不具合を既存のソースコードから発見する業務セオリーとその評価方法
- 3) 仕様書を喪失した稼働中のシステムの業務セオリーを抽出し、評価する手法

モデル検査手法をシステムの振舞いの検証に適用するためには、一般に振舞いをどのように正確かつ少ない状態数と遷移数でモデル化するかが難しい課題である。本研究の着眼点は、開発者が想定した振舞い定義モデルを特定の性質を満たす抽象的なモデルとして捉え、その特定の性質が取り得る状態とその遷移モデルと結び付けることで、検査項目となる論理式を自動生成することである。

(2) 研究組織

ソフトウェア工学を専門とする SIT 総合研究所研究員 4 名
大学院博士課程学生 1 名・修士課程学生 5 名

(3) 研究施設・設備等

特になし

(4) 進捗状況・研究成果等 ※下記、13及び14に対応する成果には下線及び*を付すこと。

<現在までの進捗状況及び達成度>

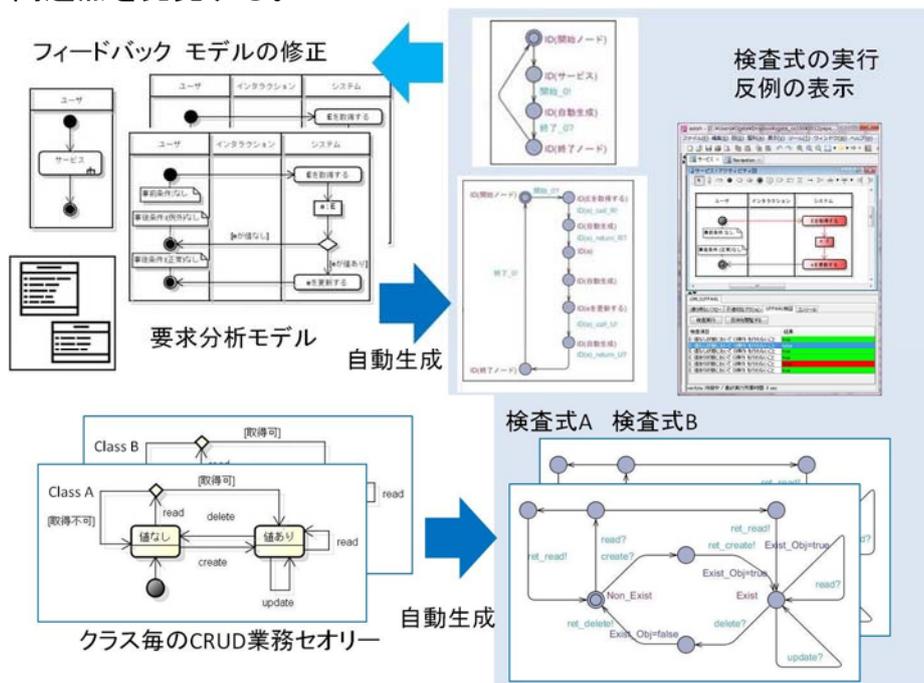
本研究では、要件定義プロセスにおける要件定義の不整合の早期発見、運用時の想定外の使用による不具合の特定、マイグレーションによるシステムの再構築時のシステム

| | |
|---|---|
| - | - |
|---|---|

の仕様の保証といった開発現場でのモデル検査利用のシナリオを想定して課題に取り組んできた。モデル検査を実施する上での第一に克服しなければならない課題は、検査対象の定義と検査したいことの定義をその構成要素間で対応付けることである。本研究では、要求仕様とソースコードに着目し、段階的に検査対象と検査したい性質としての業務セオリーを結び付けることにより、要求定義段階では、モデル検査技術の知識がなくても検査が可能な UML2UPPAAL を実現した。保守段階でも、少ないモデル検査技術の知識で、検査を支援する Source2UPPAAL を開発し、開発現場での検証技術の利用が有効な場面であるシナリオを実現する検査方法と支援ツールを提案した。

UML2UPPAAL

要件定義プロセスにおける検査のプロセスは下図に示す通りである。要求分析モデルと業務セオリーは、各ノードと遷移とアクティビティ図内のオブジェクトノードを基に、それぞれ UPPAAL モデルに変換される。この時、アクティビティ図のアクションとステートマシン図のイベント、およびアクティビティ図のガードとステートマシン図のステートがこれらのモデル間の接点となり、UPPAAL の同期関数で定義される。検査式もステートマシン図の解釈により、自動で生成できる。これらのモデルを UPPAAL ツール上で実行した結果から検査式を満たしていないフローを表示し、このフローと検査結果から問題点を発見する。



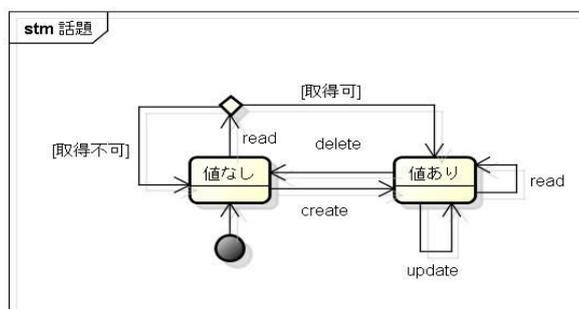
CRUD に関する業務セオリー

要求分析モデルでは、登場するオブジェクトノードで表されるデータに対して、様々な処理を行って、期待される出力へと変換する。ここで、処理が適用可能な最低条件は、そのデータが存在することである。すなわち、存在しないデータに対しては何ら処理を行うことはできないため、対処方法を定めておかなければならない。そして、一般に、オブジェクトが「値なし」の状態から「値あり」の状態になるのは、そのオブジェクトの生成や取得の振舞いによってである。また、「値あり」のオブジェクトに対しては参照や更新、削除を行うことが可能である。このようにオブジェクトが適切に処理されるためには、その基本的なライフサイクルの性質である CRUD に関する普遍的な性質を満たすことが必要である。サービスを全てのユーザに誤りなく提供するために、システム内部の永続化対象データはその基本機能である CRUD に関する普遍的な性質を満たすことを検査する。そこで、「入力データから出力データを生成する振る舞い系列」で

| | |
|---|---|
| - | - |
|---|---|

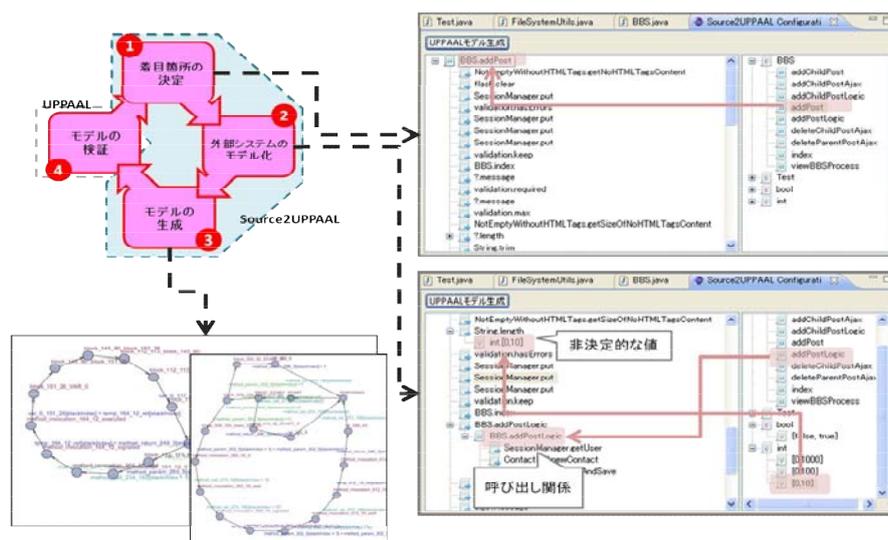
定義する振舞いを CRUD 機能とその対象データを整理することにより、開発者が各アクティビティ図で定義した「実現するに足るシステム内部データの抽出」によって定義されたデータのライフサイクルが要求分析モデルのすべての経路において満たされることをモデル検査により検証する。

アクションに記述する動詞を CRUD 機能と対応付けて定義する。これらの動詞は、システム・パーティションにおいて、開発者が慣習的に使用する動詞を参考に決定した。例えばアクションの動詞が「取得する」場合、その行為は Read であると認識する。アクションノードに記述される「動詞」とその振る舞い対象である「目的語」と、それに対応する「オブジェクトノード」の位置から読み取れる意図を解釈する事で、振舞いにおける CRUD 機能の呼出しがアクティビティ図に定義される。これらの動詞により、アクティビティ図上のオブジェクトノードが「値なし」状態と、「値あり」の状態において、上記の CRUD の振舞いによって遷移可能なモデルを下図のようにステートマシン図を用いて定義する。



ここで、重要なことは、要求分析モデル内の定義要素と満たすべき性質を表すモデルの定義要素が対応づくことである。これにより、要求分析モデルにおける性質を検査することができる。

Source2UPPAAL



保守プロセスにおける検査のプロセスは上図に示す通りである。利用者からはプログラム言語 (Source) とモデル検査式を部品化した検査補助検査式が与えられる。ツールには Source を解析した結果得られたプログラムの抽象構文木が表示されるので該当する構成要素に対して変換定義を指定する。この指定作業が完了すると Source2UPPAAL は UPPAAL モデルと検査式 (全ノードに到達できるかを検査する式) を生成する。利

| | |
|---|---|
| - | - |
|---|---|

用者は、ツールを通じて、非決定的な値を設定し、着目している領域を徐々に広げながら検査を進める。

<特に優れた研究成果>

UML2UPPAAL

要求分析モデルに対して、業務セオリーを検査したい対象データのステートマシン図で定義することで、UPPAAL モデルとその検査式を自動生成することができ、つぎの性質を検査することができた。

- 1) システムの永続化データに対して定義した基本的な性質である CRUD の振舞いとシステム的全サービスを定義した振舞いモデル間に矛盾が発生しない。
- 2) セキュリティ属性が定義されたデータのセキュリティ属性に関する基本的な性質に対して、システムのあるサービスがその属性に関する適切な振舞いを満たしている。ここで、「適切な」の意味は、セキュリティ評価の標準規格であるコモンクライテリアによって定めている。

LUMINOUS の拡張機能(BBS)に加え 5 つの事例を用いて、モデル検査実験を実施し、その結果、計 83 個の問題点が発見できた。

Source2UPPAAL

下記の事例を用いて、Souce2UPPAL により、到達可能性と「停止しない」という不具合現象の検査を行い、その原因を発見することができた。

- ET ロボコンプログラムへの適用
- Apache Commons のバグへの適用
- 会計伝票発行における無限ループ

到達可能性については、制御により期待される結果が得られない場合に、すべての制御フローが全て通りえる状態であるかを検査する。検査式は、生成されたロケーションへの到達の検査であり、自動的に生成できる。また、「停止しない」という観測できる状態に対して、無限ループのモデルを制御の条件式に対して設定することで、無限ループの発生に起因するこの現象を検査する。検査式は無限ループ状態のロケーションへの到達の検査であり、自動で生成できる。

<問題点とその克服方法>

要件定義プロセスにおける要件定義の不整合の早期発見に関しては、UML2UPPAAL として、開発者がモデル検査技術の知識を持たなくても、網羅的な検査を実施できることがわかった。しかし、コレクションとその要素に関する振舞い、オブジェクトとその属性であるオブジェクトの連動等の定義方法は検討中である。要求分析モデルを段階的に形式化することの見通しはあるが、定義方式が複雑にならないよう、検討する必要がある。

運用時の想定外の使用による不具合の特定に関しては、無限ループ以外の不具合現象例のモデル化を要件定義プロセスの方針と合わせてステートマシン図で定義し、検査式を自動生成することを検討する。また、検査によって出力される反例の解析により、修正を支援する必要もある。この場合には、プログラム一般レベルではない不具合現象をモデル化する能力が要求されることと、ソースコードの要素との対応付けを行うために、ソースコード理解の支援が必要であると考えられる。

マイグレーションによるシステムの再構築時のシステムの仕様の保証に関しては、満たすべき性質を着目するデータに関するステートマシン図によって定義することを検討する。この場合、属性だけでなく、要件定義プロセスでの定義対象の拡張と同じ問題

| | |
|---|---|
| - | - |
|---|---|

を解決する必要がある。また、マイグレーションを対象とするためには、複数の言語に対応した検査ツールを実現する必要がある。

<研究成果の副次的効果(実用化や特許の申請など研究成果の活用の見通しを含む。)>
特になし

<今後の研究方針>

Incusphre Project の HP <http://www.sayo.se.shibaura-it.ac.jp/incusphere/> における技術の紹介や、以下のような学習環境を通じたソフトウェア開発技術教育教材の公開や開発を行い、ソフトウェア開発技能育成に貢献したいと考えている。

- 学習管理システム LUMINOUS (<https://lmns.sayo.se.shibaura-it.ac.jp/>)による要求分析モデルの評価ツールの配付
- Web 教科書 WebStudy (<http://ws.sayo.se.shibaura-it.ac.jp:8082/webstudy-test/>)による、ソフトウェアの不具合の発見と解消に関する教材の公開

<今後期待される研究成果>

本研究のモデル検査技術の利用方法を大学におけるソフトウェア開発技術教育へ適用することで、ソフトウェア品質に関する教育への効果が期待される。

<プロジェクトの評価体制(自己評価・外部評価を含む。)>

IPA において 11 月 1 日に中間報告を 1 月 24 日に最終報告を行った。中間報告で「現実的なソフトウェア開発の中でこれを使おうとするのとどの場面になるのか。」というコメントがあり、最終報告では、想定するシナリオを明らかにした。

発表論文に対するコメントでは「CRUD の観点からシステムの振舞いを抽象化してモデル検査を適用するというアプローチは、現実的な形式検証の実現を目指す上で独創的かつ有望と考えます。」「分析者が検査式 (CTL 式) をそのつど新規に書き直す必要がなく、実務者向きの技術です。」といった、当初の狙い通りの評価を得ている。

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) <u>ソフトウェア工学</u> | (2) <u>モデル検査技術</u> | (3) <u>UML</u> |
| (4) <u>検証</u> | (5) <u>要件定義プロセス</u> | (6) <u>保守プロセス</u> |
| (7) <u>セキュリティ要件</u> | (8) <u>ソフトウェア品質</u> | |

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>

論文名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年(西暦)について記入してください(左記の各項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

- [1] Y. Aoki, S. Ogata, H. Okuda and S. Matsuura, Quality Improvement of Requirements Specification Using Model Checking Technique, Proc of ICEIS 2012, Vol.2, pp401-406, 2012. (査読あり)*
- [2] S. Ogata and S. Matsuura, A Review Method of Requirements Analysis Model in UML with Prototyping, Knowledge-Based Software Engineering, Proc of the 10th Joint conference on Knowledge-Based Software Engineering, IOS Press, pp. 181-190, 2012 (査読あり)
- [3] H. Okuda, S. Ogata and S. Matsuura, Mapping Rule Between Requirements Analysis

| | |
|---|---|
| - | - |
|---|---|

Model and Web Framework Specific Design Model, Knowledge-Based Software Engineering, Proc of the 10th Joint conference on Knowledge-Based Software Engineering, IOS Press, pp. 207-216, 2012 (査読あり)

[4] S. Ogata, Y. Aoki, H. Okuda and S. Matsuura, An Automation of Check Focusing on CRUD for Requirements Analysis Model in UML Proc of ICSCE 2012, pp.1095-1103, 2012. (査読あり)

[5] 青木, 小形, 奥田, 松浦, 要求分析における CRUD 観点のモデル検査技術の適用, ソフトウェア工学の基礎 XIX, 日本ソフトウェア科学会 FOSE 2012, pp. 75-80. (査読あり) *

<図書>

図書名、著者名、出版社名、総ページ数、発行年(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、項目の順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

<学会発表>

学会名、発表者名、発表タイトル、開催地、発表年月(西暦)について記入してください(左記の項目が網羅されていれば、順序を入れ替えても可)。また、現在から発表年次順に遡り、通し番号を付してください。

[6] 奥田, 松井, 式見, 野呂, 岡田, 小形, 松浦, ユースケース記述の意図の明確化を目的とした初学者特有の問題点の分析, 電子情報通信学会, 信学技報, vol. 112, no. 314, KBSE2012-45, pp. 43-48, 2012. (査読なし)

[7] 小形, 青木, 奥田, 松浦, データライフサイクルの妥当性に着目したモデル検査ツールの自動利用法, 電子情報通信学会, 信学技報, vol.112, no. 314, KBSE2012-56, pp.109-114, 2012. (査読なし) *

[8] 谷沢, 西村, 青木, 小形, 松浦, Source2UPPAAL: ソースコードの効率的な検証へ向けた開発者支援ツールの検討, ソフトウェア工学の基礎 XVIII, 日本ソフトウェア科学会 FOSE 2012, pp. 241-242, 2012. (査読なし) *

[9] 青木, 松浦, 開発現場を想定したモデル検査に基づくプログラムの不具合検証, 電子情報通信学会 KBSE 研究会 2013 年 3 月発表予定 *

<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
ホームページで公開している場合には、URL を記載してください。

<既に実施しているもの>
Incusphere Project の HP <http://www.sayo.se.shibaura-it.ac.jp/incusphere/>

<これから実施する予定のもの>
2013 年 3 月 11 日に IPA 主催の 2012 年度ソフトウェア工学分野の先導的研究支援事業セミナーにて成果を発表予定。
成果報告書は IPA の本事業 HP で公開予定。

14 その他の研究成果等

「12 研究発表の状況」で記述した論文、学会発表等以外の研究成果及び企業との連携実績があれば具体的に記入してください。また、上記11(4)に記載した研究成果に対応するものには * を付してください。
※ 論文や学会発表等になじまない研究である場合は、本欄を充実させること

| | |
|---|---|
| - | - |
|---|---|

15 「選定時」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>

留意事項が付されていない場合は「該当なし」と記載してください。

該当なし

<「選定時」に付された留意事項への対応>

付された留意事項に対し、どのような対応策を講じ、また、それにより、どのような成果があがったか等について、詳細に記載してください。

研究進捗状況報告書

1 研究組織名 脳科学・ライフテクノロジー寄附研究センター2 プロジェクト所在地 さいたま市見沼区深作3073 研究プロジェクト名 脳科学及び生活関連支援技術の研究

4 研究代表者

| 研究代表者名 | 所属部局名 | 職名 |
|--------|----------|----|
| 米田 隆志 | システム理工学部 | 教授 |

5 プロジェクト参加研究者数 8名

6 研究進捗状況

(1) 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

脳科学・ライフテクノロジー寄附研究センターは、財団法人脳科学・ライフテクノロジー研究所からの寄附金を基金とし、財団法人脳科学・ライフテクノロジー研究所で実施されてきた脳科学及び生活支援技術の研究の発展と本分野での人材育成を目指すことを目的として2010年7月に設立された。本学の他のセンターとは異なり、以下の事業内容を実施している。

1) 人材育成事業

- ①脳科学及び生活支援技術関連外国人研究員の短期及び長期の招聘
- ②脳科学及び生活支援技術関連研究者の海外渡航支援
- ③脳科学及び生活支援技術関連ハイブリッドツイニングプログラム支援

2) 顕彰事業

脳科学及び生活支援技術関連研究で顕著な成果を挙げた本学学生、大学院生に対して「脳科学・ライフテクノロジー奨励賞」の授与

3) 脳科学及び生活支援技術関連研究への研究費支援

4) シンポジウム等開催

5) 外部からの事業寄附等の受入れ

これらの事業実施に当たっては、財団法人脳科学・ライフテクノロジー研究所からの寄附金を原資とし、以下のように使用する。

- ①単年度予算500万円×10年とする。
- ②年度ごとに予算計画を立てて実施し、残預金が発生した場合は次年度へ繰り越す。
- ③残余原資がある限り本センターを継続する。

(2) 研究組織

本学システム理工学部生命科学科に所属する教員を中心に、学内で関連する研究に従事しているシステム理工学部機械制御システム学科、工学部通信工学科の教員が参加して組織する。学外からは、本研究プロジェクトに密接に関係する脳科学の専門家に協力してもらい、

エンジニアだけの狭い視野での研究とならないようにしている。

(3) 研究施設・設備等

研究施設は特に持たず、事務局を先端工学研究機構棟内に設置している。研究自体は各教員実験室で実施する。設備についても特に有していない。

(4) 進捗状況・研究成果等

1) 人材育成事業

①外国人研究員の招聘

2012年度に、オーストリア・ウイーン工科大学のDr. Georg Schitter教授を招聘予定であったが、先方との日程調整ができず実現できていない。引き続き日程調整を行い、2013年度での招聘を目指す。

②海外渡航支援

本センター所属の小山浩幸教授が2012年6月にスイス・ローザンヌ工科大との共同研究打合せについて渡航費支援の予定であったが、直前に体調不良となり中止した。

③長期の招聘として、マレーシア工科大学大学院生を、本学ハイブリッドツイニングプログラムで2011年9月より受け入れている。現在博士課程2年生に在籍しており、山本紳一郎教授の指導で歩行訓練支援装置の研究に従事している。研究成果を国際会議で意欲的に発表している。

2) 顕彰事業

2010年以降度脳科学・ライフテクノロジー寄附研究センター奨励賞として、大学院生1名を毎年顕彰している。2012年度も大学院生1名を顕彰予定である。

3) 研究費支援

2012年度研究費支援として以下2件を実施した(1件あたり50万円)。

①堀江亮太准教授(工学部通信工学科)

「Hilbert-Huang変換とリカレントニューラルネットワークを用いた脳波信号分析」

②渡邊宣夫助教(システム理工学部生命科学科)

「血小板粘着・剥離挙動の流れ依存性の解明に向けた基礎研究」

4) シンポジウム等開催

①キックオフシンポジウムの開催

2012年12月1日(土)に芝浦工業大学芝浦校舎にて「脳科学と生命・生活支援技術との融合」のタイトルでシンポジウムを実施した。参加者約100名、終了後懇親会を合わせて実施した。

(5) 研究成果の公表

シンポジウムについては毎年最低1回は実施し、広く成果を公表する。

学会については、関連分野の学会に積極的に参加するとともに、論文投稿をできるだけ増やして成果を公表する。

7 運営体制及び外部評価

本センターの運営に当たっては、運営委員会を構成し、事業内容及び予算を決定している。本運営委員会には寄附元である財団法人脳科学・ライフテクノロジー研究所関係の外部委員4名、学内のセンター員4名と事務職員1名の9名で行っており、運営委員会自体が外部評価委員会としてのチェック機能が働いている。

また、本センターはSIT総合研究所の研究センター(脳科学・ライフテクノロジー寄附研究センター)として推進している事業でもあり、客観評価については、上述の外部評価委員会とは別に、

SIT総合研究所として、年に1回、外部の有識者(大学, 企業等)からなる評価委員会を実施し(関係
規程整備済み), 多角的な視点から忌憚の無い評価・アドバイス等を受けている。