

## ◆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 ユビキタス RT システム研究センター RT: Robot Technology (2011 年度予算 : 5,400 千円) (5 年目・最終年) P. 7  
ロボットは、産業応用から、人の生活を便利にする、あるいは補助するシステムへと変化しつつある。しかし、ロボットが人の生活に浸透するためには、人を取り囲む空間から得られる情報に基づき、人が求める要求をあうんの呼吸で判断し、サービスに展開する必要がある。
- 2 バイオトランスポート研究センター (2011 年度予算 : 5,500 千円) (4 年目) P. 27  
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。
- 3 ライフサポートテクノロジー研究センター (2011 年度予算 : 5,500 千円) (3 年目) P. 59  
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
- 4 環境微生物生態工学国際交流研究センター (2011 年度予算 : 6,000 千円) (2 年目) P. 69  
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。
- 5 ポータブル強磁場マグネットセンター (2011 年度予算 : 6,000 千円) (2 年目) P. 79  
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。
- 6 フレキシブル実装工学研究センター (2011 年度予算 : 7,000 千円) (1 年目) P. 87  
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。
- 7 レアメタルバイオリサーチセンター (2011 年度予算 : 6,000 千円) (1 年目) P. 95  
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解化・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。
- 8 ソフトウェア開発技術教育研究センター (2011 年度予算 : 15,944 千円) (3 年目・最終年) P. 103  
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、工学のあらゆる分野における基礎教育としての重要性が高まっている情報処理技術の教育を基礎的なソフトウェア開発技術教育を強化し、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 (2011 年度予算 : 5,000 千円) (2 年目) P. 119  
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	文部科学省 学術研究高度化推進事業 (ハイテクリサーチセンター整備事業)	最先端の研究開発プロジェクトを実施する研究組織を「ハイテク・リサーチ・センター」に選定し、研究開発に必要な研究施設、研究装置・設備の整備に対し、重点的かつ総合的支援を行う。 <a href="http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/shinkou/07021403/002/002/004.htm">http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/shinkou/07021403/002/002/004.htm</a>
2～7	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。 <a href="http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/shinkou/07021403/002/002/1218299.htm">http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/shinkou/07021403/002/002/1218299.htm</a>
8	文部科学省 平成 21 年度 大学教育・学生支援推進事業「大学教育推進プログラム・テーマA」	本事業は、各大学等における学士力の確保や教育力向上のための取組みの中から、達成目標を明確にした効果が見込まれる取組を選定し、広く社会に情報提供するとともに、重点的な財政支援を行うものであり、我が国の高等教育の質保証の強化に資するものである。
9	(財)脳科学ライフテクノロジー 一研究所	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。

## 2011(H23) SIT総研 研究者一覧

## ユビキタスRTシステム研究センター

文部科学省 平成19年度私立大学ハイテク・リサーチ・センター整備事業採択

研究助成期間 平成19年4月～平成24年3月

	所属	職位	氏名		
センター長	電気工学科	教授	水川 真		
共同研究者	デザイン工学科	教授	安藤 吉伸		
共同研究者	通信工学科	准教授	齋藤 敦史		
共同研究者	電子工学科	准教授	南 正輝		
共同研究者	電気工学科	教授	吉見 卓		
共同研究者	通信工学科	教授	上岡 英史		
(学外研究者)	所属	職位	氏名	学位	備考
客員教授	首都大学東京・システムデザイン研究科	教授	山口 亨	博士(工学)	
客員教授	(独)産業技術総合研究所・知能システム研究部門	副部門長(連携大学院 教授)	大場 光太郎	博士(工学)	
客員研究員	サイバースペース研究所	主幹研究員	下倉 健一郎	博士(工学)	2011.12死亡(要確認)
客員准教授	慶應義塾大学	准教授	青木 義満	博士(工学)	

## バイオトランスポート研究センター

文部科学省 平成20年度私立大学戦略的研究支援事業採択

研究助成期間 平成20年10月～平成25年3月

	所属	職位	氏名		
センター長	機械工学科	教授	工藤 奨		
共同研究者	電子工学科	教授	六車 仁志		
共同研究者	生命科学科	教授	柴田 政廣		
共同研究者	化学科目	教授	中村 朝夫		
共同研究者	材料工学科	准教授	松村 一成		
共同研究者	応用化学科	准教授	濱崎 啓太		
(学外研究者)	所属・機関	職位	氏名	学位	備考
客員教授	慶應義塾大学理工学部	教授	谷下 一夫	Ph.D.工学博士	
客員教授	東京工科大学	学長	軽部 征夫	工学博士	
客員教授	埼玉医科大学形成外科	教授	市岡 滋	博士(医学)	
客員准教授	杏林大学医学部	准教授	大浦 紀彦	博士(医学)	
客員准教授	防衛大学校応用物理学科	准教授	多田 茂	博士(工学)	
客員教授	早稲田大学理工学術院	教授	小出 隆規	博士(薬学)	20081101～客員教授
客員研究員	早稲田大学理工学術院	次席研究員	粕谷 有造	博士(工学)	20100601～客員研究員

## ライフサポートテクノロジー研究センター

文部科学省 平成21年度私立大学戦略的研究支援事業採択

研究助成期間 平成21年4月～平成26年3月

	所属	職位	氏名		
センター長	生命科学科	教授	米田 隆志		
共同研究者	生命科学科	教授	小山 浩幸		
共同研究者	機械制御システム学科	教授	川上 幸男		
共同研究者	機械制御システム学科	准教授	田中 英一郎		
共同研究者	生命科学科	シニア教授	浦野 四郎		
共同研究者	生命科学科	教授	柴田 政廣		
共同研究者	生命科学科	教授	山本 紳一郎		
共同研究者	生命科学科	准教授	福井 浩二		
共同研究者	応用化学科	准教授	吉見 靖男		
共同研究者	生命科学科	教授	壁井 信之		
(学外研究者)	所属・機関	職位	氏名	学位	備考
客員研究員	東京都老人総合研究所	主事研究員	新海 正	博士(学術)	
客員教授	東京大学大学院総合文化研究科	教授	中澤 公孝	教育学博士	
客員准教授	東洋大学ライフデザイン学部	准教授	高橋 良至	博士(工学)	
客員教授	埼玉医科大学	教授	市岡 滋	医学博士	
客員研究員	国立障害者リハビリテーションセンター	研究員	河島 則天	博士(学術)	(協力者)
客員研究員	埼玉医科大学形成外科	助手	橋本 直美		(協力者)
客員研究員	PURATAMA合同会社	代表	李藤 ヘンドリー	博士(工学)	(協力者)
客員教授	芝浦工業大学教育支援センター	特任教授	岡村 宏	博士(工学)	(協力者) 090901～客員教授
客員准教授	岩手大学工学部	准教授	三好 扶	博士(工学)	(協力者)
客員研究員	ラクイラ大学		アレッシア マルコ		(協力者)
客員研究員	TOTO株式会社	マーケティング本部長	南金山 崇		(協力者)
客員研究員	TOTO株式会社	戦略室主査	田口 一生		(協力者)
客員研究員	TOTO株式会社	研究所	加藤 智久		(協力者)

## 2011(H23) SIT総研 研究者一覧

## 環境微生物生態工学国際交流研究センター

文部科学省 平成22年度私立大学戦略的研究支援事業採択

研究助成期間 平成22年4月～平成27年3月

所属	職位	氏名			
センター長	応用化学科	教授	正留 隆		
共同研究者	生命科学科	シニア教授	大森 俊雄		
共同研究者	生命科学科	教授	布施 博之		
共同研究者	応用化学科	准教授	濱崎 啓太		
共同研究者	生命科学科	助教	岩田 健一		
共同研究者	地域環境システム専攻	ポスドク研究員	鈴木 敏弘 博士(工学)		
(学外研究者)	所属・機関	職位	氏名	学位	備考
客員教授	東京大学・生物生産工学センター	教授	山根 久和	博士(農学)	
客員准教授	東京大学・生物生産工学センター	准教授	野尻 秀昭	博士(農学)	
客員研究員	(独)産業技術総合研究所	IPOD次長	丸山 明彦	博士(農学)	
客員研究員	(独)産業技術総合研究所	主任研究員	羽部 浩	博士(農学)	
客員研究員	マレーシア国立サラワク大学	講師	アズハム スルカムナイン	博士(工学)	
客員研究員	ベトナム国立大学ハノイ校	准教授	ティン チュ ハンク	PhD	
客員研究員	ミャンマー国立マンダレイ工科大学	講師	アウンゴコ オオー	博士(工学)	

## ポータブル強磁場マグネットセンター

文部科学省 平成22年度私立大学戦略的研究支援事業採択

研究助成期間 平成22年4月～平成27年3月

所属	職位	氏名			
センター長	材料工学科	教授	村上 雅人		
共同研究者	材料工学科	特任教授	腰塚 直己		
共同研究者	学長室(SIT総合研究所)	特任教授	中山 千秋		
共同研究者	専院工学マネ専攻	特任教授	吉久保 誠一		
共同研究者	学長室(SIT総合研究所)	シニア教授	塩崎 忠		
共同研究者	機械機能工学科	教授	高崎 明人		
共同研究者	学長室(SIT総合研究所)	シニア教授	工藤 一彦		
共同研究者	材料工学科	経済産業省戦略的基盤技術高度化支援事業研究補助員	井上 和朗		
(学外研究者)	所属・機関	職位	氏名	学位	備考
客員教授	東京海洋大学・海洋工学部	教授	和泉 充	工学博士	
客員教授	広島大学大学院・整形外科専攻	教授	越智 光夫	医学博士	
客員教授	日立製作所	主管研究員	佐保 典英	工学博士	(SIT総研)
客員研究員	淡路マテリア	研究部長	丸山 忠克		(協力者)
客員研究員	セイコー加工	技術開発係長	平櫛 真男		(協力者)
客員研究員	マグネオ技研	社長	秋山 慎一		(協力者)
客員教授	鉄道総合研究所・低温システム研究室	室長	長嶋 賢	博士(工学)	(連携大学院)
客員研究員	淡路マテリア	研究員	関 宏範	博士(工学)	(協力者)

## フレキシブル実装工学研究センター

文部科学省 平成23年度私立大学戦略的研究支援事業採択

研究助成期間 平成23年4月～平成28年3月

所属	職位	氏名			
センター長	電気工学科	教授	西川 宏之		
共同研究者	通信工学科	教授	堀口 常雄		
共同研究者	電子工学科	教授	小池 義和		
共同研究者	応用化学科	教授	大石 知司		
共同研究者	電気工学科	准教授	長谷川 忠大		
共同研究者	電子工学科	准教授	山口 正樹		
共同研究者	応用化学科	准教授	吉見 靖男		
共同研究者	材料工学科	准教授	松村 一成		
(学外研究者)	所属・機関	職位	氏名	学位	備考
客員研究員	日本原子力研究開発機構	研究主幹	神谷富裕	工学博士	
客員研究員	日本原子力研究開発機構	研究副主幹	石井保行	博士(工学)	
客員研究員	日本原子力研究開発機構	研究主幹	前川康成	博士(工学)	
客員教授	高知工科大学	教授	成沢 忠	工学博士	
客員教授	早稲田大学理工学術院	教授	大木義路	工学博士	
客員准教授	首都大学東京	准教授	内田 諭	工学博士	
客員研究員	ナノプレーティング研究会	代表	渡辺 徹	工学博士	元東京都立大学助教授
客員研究員	NPOエコデザイン推進機構	理事	林 秀臣	工学修士	

## 2011(H23) SIT総研 研究者一覧

## レアメタルバイオリサーチセンター

文部科学省 平成23年度私立大学戦略的研究支援事業採択

研究助成期間 平成23年4月～平成28年3月

	所属	職位	氏名		
センター長	応用化学科	教授	山下 光雄		
共同研究者	応用化学科	教授	今林 慎一郎		
共同研究者	材料工学科	准教授	新井 剛		
(学外研究者)	所属・機関	職位	氏名	学位	備考
客員教授	大阪大学大学院工学研究科 環境・エネルギー工学専攻	教授	池 道彦	博士(工学)	
客員研究員	日本原子力研究開発機構先端研究センターバイオアクチノイド化学研究グループ	主任研究員	大貫 敏彦	博士(理学)	

## ソフトウェア開発技術教育研究センター

文部科学省 平成21年度 大学教育・学生支援推進事業「大学教育推進プログラム・テーマA」

研究助成期間 平成21年4月～平成24年3月

	所属	職位	氏名		
センター長	電子情報システム学科・デザイン工学科	教授	松浦 佐江子		
共同研究者	デザイン工学科	シニア教授	古宮 誠一		
共同研究者	電子情報システム学科	准教授	鈴木 徹也		
共同研究者	デザイン工学科	教授	山崎 憲一		
共同研究者		プロジェクト研究員	岸 信介		
(学外研究者)	所属・機関	職位	氏名	学位	備考
客員研究員	シグマコンサルティング株式会社	取締役	菅原 英治		
客員研究員	株式会社ボイスリサーチ		谷沢 智史		

## 脳科学ライフテクノロジー寄附研究センター

財団法人脳科学・ライフテクノロジー研究所からの寄附

研究助成期間 平成22年4月～平成32年3月

	所属	職位	氏名		
センター長	生命科学科	教授	米田 隆志		
共同研究者	生命科学科	教授	小山 浩幸		
共同研究者	生命科学科	教授	山本 紳一郎		
共同研究者	生命科学科	教授	花房 昭彦		
共同研究者	機械制御システム学科	教授	伊藤 和寿		
共同研究者	通信工学科	准教授	堀江 亮太		
共同研究者	生命科学科	准教授	福井 浩二		
共同研究者	生命科学科	助教	渡邊 宣夫		



プロジェクト番号

07H005

**平成19年度～平成23年度「私立大学学術研究高度化推進事業」  
(ハイテク・リサーチ・センター整備事業)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 ユビキタス RT システム研究センター

4 事業の所在地 〒337-8570 埼玉県さいたま市見沼区深作 307

5 事業名 ユビキタス RT システム研究センター

6 研究代表者

研究代表者名	所属部局名	職名
水川 真	大学院工学研究科	教授

7 プロジェクト参加研究者数 10 名

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

9 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
水川 真	芝浦工業大学・教授	RT ミドルウェアを適用した分散 RT システムアーキテクチャに関する研究	ユビキタス RT システムフレームワークの提供
安藤 吉伸	芝浦工業大学・教授	自律移動ロボットの環境適応行動に関する研究	RT 空間における自律行動ロボットの構築
齋藤 敦史	芝浦工業大学・准教授	化学センサ、物理センサ統合システムによる総合的状況把握 および、同統合システムのネットワーク化による広域環境状態把握に関する研究	物理・化学情報を統合した、人間親和性の高いセンサネットワークの構築
南 正輝	芝浦工業大学・准教授	ユビキタスコンピューティング/ネットワーク・センサネットワーク・位置情報システムを統合したシステム構成法に関する研究	空間知能化センサネットワークシステムの構築
吉見 卓	芝浦工業大学・教授	マニピュレーションサービスシステムに関する研究	RT 空間におけるマニピュレーションサービスシステムの構築
上岡 英史	芝浦工業大学・教授	コンテキストウェアに関する研究	コンテキストウェア・サービス環境の構築と評価

プロジェクト番号

07H005

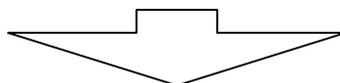
(共同研究機関等) 大場 光太郎	(独)産総研・もとグループ長, 現知能システム部門副部門長	RT サービス空間としての空間知能化・構造化に関する研究	空間知能化フレームワークの構築
下倉 健一郎	もと(株)国際電気通信基礎技術研究所・室長, 現 NTT サイバースペース研究所主幹研究員	ネットワークを介した, RT 情報流通システムに関する研究	ユビキタス RT ネットワークインフラの構築
山口 亨	首都大学東京・教授	知能化空間における人間の意図理解に関する研究	ユビキタス RT 環境を用いた人とロボットとのジェスチャーによるインタラクションシステムの構築
青木 義満	慶應義塾大学・准教授	ビジョンを中心としたセンサ情報統合による人間・空間情報センシングに関する研究	環境観察に基づく人間・空間情報の取得と状況理解システムの構築

## &lt;研究者の変更状況(研究代表者を含む)&gt;

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
RT システムインテグレーションに関する研究	首都大学東京・教授	谷江 和雄	RT システムソリューションフレームワークの提供

(変更の時期:平成 20 年 4 月 1 日 理由:死亡による)



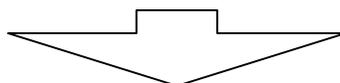
新

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
首都大学東京・教授	首都大学東京・教授	山口 亨	知能化空間における人間の意図理解に関する研究

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
ビジョンを中心としたセンサ情報統合による人間・空間情報センシングに関する研究	芝浦工業大学・准教授	青木 義満	環境観察に基づく人間・空間情報の取得と状況理解システムの構築

(変更の時期:平成 20 年 4 月 1 日 理由:転出による)



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
芝浦工業大学・准教授	慶應義塾大学・准教授	青木 義満	環境観察に基づく人間・空間情報の取得と状況理解システムの構築

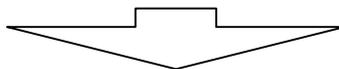
プロジェクト番号

07H005

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21年4月1日 理由:(株)東芝より本学に新規採用による)



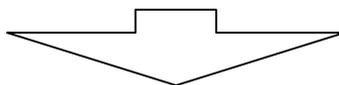
新

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
(株)東芝研究開発センター 機械・システムラボラトリー 主任研究員	芝浦工業大学 工学部 電気工学科・教授	吉見 卓	RT 空間におけるマニピュレーションサービスシステムの構築

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22年4月1日 理由:サービス実験環境の強化)



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
	芝浦工業大学 工学部・ 通信工学科・准教授	上岡英史	コンテキストウェア・サービス環境の構築と評価

## 10 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

ロボット技術の適用分野が、製造業向けの産業用ロボット分野から一般社会で人と共存する用途へと拡大されつつある。本研究は、個体のロボットの高度化、知能化により、人間に代わる作業の遂行を目指していた従来の研究とは異なり、人を取り囲む空間に存在するさまざまなロボット、機器、センサの知能化と情報の相互利用を図ることにより、空間自体の構造化・知能化をはかり、ロボットの知能と連携させることにより、ロボット技術(RT: Robot Technology)を用いた人間へのサービス(RT サービス)を実現することを目的とする。

このため、場面を「人の家庭日常生活」に絞り、人の生活行動から無意識的、意識的情報と行動パターンを関連づけ、これに基づき、個人の意図を反映し物理的・情動的サービスを提供するための RT と人の相互作用環境を研究する。

本研究は、人を取り囲む空間に存在するさまざまなロボット、機器、センサの知能化と情報の相互利用を図ることにより、空間自体の構造化・知能化をはかり、ロボットの知能と連携させることにより、ロボットを用いた人間へのサービス(RT サービス)を実現する。本研究では、場面を「人の家庭日常生活」に絞り、人の生活行動から無意識的、意識的情報と行動パターンを関連づける。この情報を用いて、RT ミドルウェアおよび分散制御システム、自律ロボット研究、画像処理をベースとするマルチメディア情報処理、物理・化学センサとそのネットワーク化、環境知能化、ネットワークロボットシステム、知能システムを要素とし、これらを統合した個人の意図を反映し物理的・情動的サービスを提供する環境の構築を研究内容とする。

## (2)研究組織

代表 水川 真 芝浦工業大学・教授(H19-23年度 PD0.5, 大学院生 24 名年)

RT ミドルウェアを適用した分散 RT システムアーキテクチャに関する研究

ユビキタス RT システムフレームワークの提供とサービス実験環境の構築検証を実施。

代表者の指揮のもと、本学先端工学研究機構(H20 ユビキタス RT 研究センターに知能化空間観察系を構築し、各研究者は項目 9 記載の研究項目を分担した。

青木 義満 芝浦工業大学・助教授(平成 19 年度まで本学、現慶應義塾大学准教授)(H19-23 年度 大学院生 8 名年)

安藤 吉伸 芝浦工業大学・助教授(平成 21 年度より、本学デザイン工学部准教授)(H19-23 年度 大学院生 8 名年)

齋藤 敦史 芝浦工業大学・助教授(現准教授)(H19-23 年度 大学院生 6 名年)

南 正輝 芝浦工業大学・助教授(現准教授)(H19-23 年度 大学院生 6 名年)

大場 光太郎(独)産業技術総合研究所(H19-23 年度 研究員 5 名年)

下倉 健一郎 NTT サイバースペース研究所(H19-23 年度 研究員 6 名年)

谷江 和雄 首都大学東京教授(平成 19 年 6 月まで(逝去による))

山口 亨 首都大学東京システムデザイン学部教授(平成 20 年度より)(H20-23 年度 研究員 3, 大学院生 10 名年)

吉見 卓 芝浦工業大学電気工学科教授(平成 21 年度より 大学院生 4 名年)

上岡 英史 芝浦工業大学・准教授(平成 22 年度より 大学院生 2 名年)

研究チーム・共同研究機関との連携状況

研究チームは、毎年先端工学研究機構におけるシンポジウム実施、計測自動制御学会システムインテグレーション部門における分散知能研究会、空間知部会の設立を含め中心的役

割を果たして積極的参加，関連学会 (IEEE IROS, 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス部門講演会，計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会)におけるセッションオーガナイズなど，積極的に連携活動を実施．さらには，芝浦工業大学における研究発表会 (3回/年)にメンバが参加し，討論しつつ研究を推進した．さらには，産総研とは連携大学院協定のもと，本学より学生の受け入れ指導を実施している．

### 研究支援体制

本学産官学連携・研究助成課が，ユビキタス RT システム研究センターの運営に関する，設備の維持管理，研究資金の執行管理，シンポジウム実施を支援している．

### (3) 研究施設・設備等

ユビキタス RT システム研究センターには，実験室として約 160 平米を確保し，日常生活空間を模した実験環境を構築している．並行して，実居住環境における化学センサによる行動分析実験を実施している．

#### (1)リアルタイム位置計測システム(ユビキタス RT システム研究センターに設置，稼働 3 日/週，使用者数 12 名程度)

本研究の基本データである空間内に存在する人，物，ロボットの位置を全方向カメラ，レーザレンジセンサ，アクティブ計測する自律移動ロボットを介して計測する．合わせて，それらの属性を RF タグ，空間に分散配置したセンサネットワークを介して計測し，局所情報を得る．

これらの位置情報と属性情報を時間的，空間的に獲得，蓄積，統合し，行動履歴，操作履歴，場所における作業・行動の局在性等を解析し，ヒト，コト，モノの関係性を明らかにし，RT サービスオントロジーを構築するための知能化空間実験環境設備として，本「リアルタイム位置計測システム」を利用している．

#### (2)室内ガス・匂い環境分析システム(ユビキタス RT システム研究センターに設置，稼働 4 時間/週，使用者数 3 名)

本研究では，室内、あるいは大気ガス環境等の化学的な情報も取り入れることでより生活者にやさしく，かつプライバシーに配慮したサービスの提供を行うことを目的とし，各種物理センサによる情報に加えて化学センサによる環境情報を RT サービスに組み込むことを検討する．主な研究設備はガスクロマトグラフィー，液体クロマトグラフィー，およびマイクロ GC である．これらは，生活空間におけるガス・匂い環境を分析するために導入をした．予備実験結果で，日常行動の分析が可能なることを検証したのち，実空間に適用している．

### (4) 研究成果の概要

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．

#### < 現在までの進捗状況及び達成度 >

21 世紀の高齢化社会における安心・安全で質の高い生活の実現を目指すため，従来からロボットが活躍している産業用から，医療・福祉，日常生活支援などの非産業分野へと展開してきている．また，高齢者の単身世帯者の増加より直面する社会的問題に対して，ロボット分野に求められている期待は大きい．内閣府の「イノベーション 25」や経産省の「技術戦略マップ 2008」においても，生活環境への RT (Robot Technology) の創出を早急に取り組むべき課題として取り挙げている．

このような生活環境において，ロボットシステムが人間のサポートを行うには，刻一刻と変化する環境の情報を認識し，適切にサービスを提供しなければならない．

従来の研究では，ロボット一個体にプログラムを入れ，知識を埋め込むことで高知能化，高機能化を目指してきた．しかしながら，実世界で行動するために必要となる実世界の多様な知識を記述しきれず，実用的なロボットや知能システムを実現するに至っていない．一方で近年，

ロボットの機能を向上させるだけでなく、人を取り囲む空間に存在する様々なロボット、機器、センサの知能化と情報の相互利用を図ることにより、空間自体の構造化・知能化をはかる研究がなされている。本研究センターでは、知能化空間内に存在するヒトとモノの観察系の構築と得られた情報から、ヒトに対する適切で、さりげない気の利くサービスを提供する知能化環境(空間知)の構築を目的に、研究を推進してきた。ここでの「ヒト」とは、主に RT サービス提供対象であるエンドユーザを示し、そのエンドユーザの身体機能および趣味や生活パターンを含むユーザ固有の情報を扱う。また、実環境を構成する要素として、環境内で発生する事象、現象、出来事を「コト」、環境を構成する日用品や機器、家具などを「モノ」としてとらえる。

近年のユビキタスコンピューティング技術の進展により、環境に情報を偏在させ埋め込むことが可能になった。これを応用し、ロボットと環境が相互に通信することを前提として、環境情報を構造化することにより、ヒト・ロボット・環境の相互作用による機能デザインにもとづき、有用なサービスを実現する新たなアプローチが空間知である。

この空間知を達成するために、本研究センターでは、研究の項目を大きく「環境提供サービス」、「RT 提供サービス」、「RT プラットフォーム」の3つに分け、研究を推進している。

### 【環境提供サービス】

室内空間におけるヒトの無意識情報の定点モニタリングでは、物理センサ、および化学センサを統合したセンシングユニットを用いて室内全体の環境変動を取得することにより、主要な生活活動の分類が可能であることがわかった(図1)。さらに、生活空間における“場と生活活動の関係”を考慮した生活活動把握を可能にするため、室内における生活主要場(テーブル等)周辺の局所環境変動を取得する方法を確立した。特定の場での生活活動に対するセンサ応答は活動内容に強く依存しており(図2)、その傾向は生活者が変わってもほぼ同様であることを確認した。同一の生活活動であってもその手続きや方法は個々人の習慣によって変わるが、本システムを用いれば、統一のアルゴリズムで活動を認識できる可能性がある。

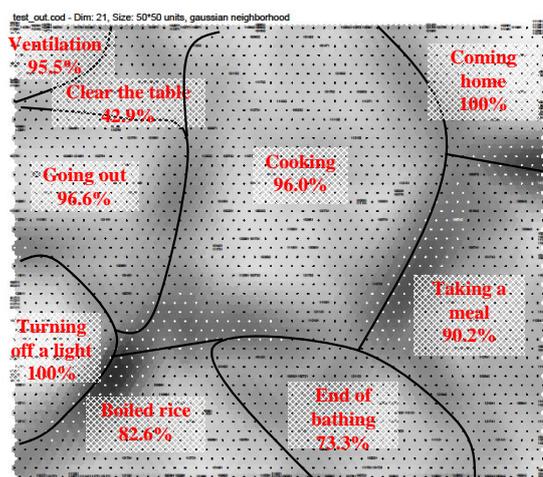


図1 環境変動データの分析によって得られた生活活動分類結果(Self-Organized Map 処理)

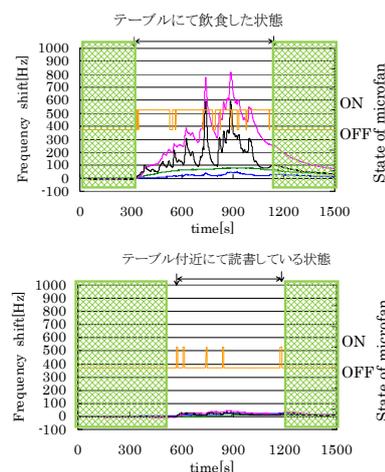


図2 テーブルでの生活活動に対するセンサ応答の比較

環境提供サービスの無意識情報分析のための画像センサネットワークによる生活行動及び状態のモニタリングとして、「生活行動・生活イベントの検出・認識システムの開発」を行っている。生活行動、イベントのマクロな検出、認識と合わせ、周辺移動ロボットに搭載されたセンサや環境埋め込みセンサ、更には生活者自身に装着したセンサ等のセンサ群及びネットワークから得られる計測データを元に画像処理を中心としたパターン認識技術を開発・適用すること

で、生活者自身の状態把握及び周辺モニタリングを行うシステムが実現できる。今後は、空間側ビジョンセンサとの処理の融合をはかることで、サービス適合へ展開を図る。

【RT 提供サービス】

RT 提供サービスに関わる、実験系の構築および RT モジュール化としての RT ミドルウェア組込モジュールによる空間知能化要素モジュールの構築については、「環境と作業構造のユニバーサルデザイン」として、操作しようとする物体とロボットハンドの間の共通インタフェースを情動的/物理的な面から構造化する CLUE とユニバーサルハンドルを提案し、実証実験によりその有効性を確認した(図 3, 4).

これにより、人間生活環境などロボットにとっての非整備環境での作業、さらには異機種・異環境間での作業を簡便に実現することを可能とする、ロボット・インフラ共通プラットフォームの基盤技術を確立するとともに、新産業の創出につながるロボット利活用範囲を広めることが可能となった。

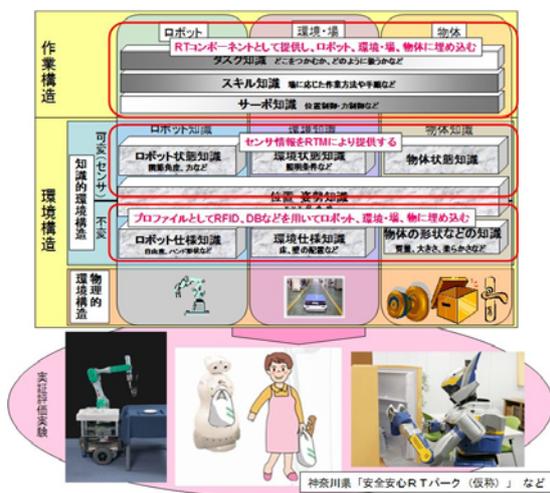


図 3 環境と作業構造のユニバーサルデザイン

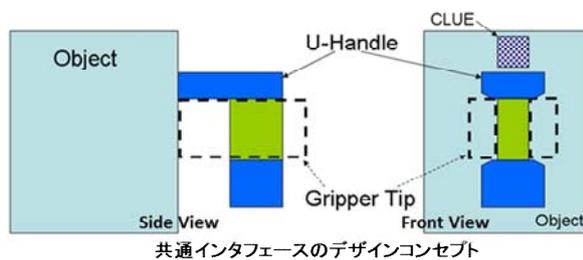


図 4 ユニバーサルハンドルと CLUE

RT 提供サービスにおける指示および無意識情報を用いたロボットサービスのうち、「ユビキタス RT 環境における環境情報を考慮したジェスチャと音声によるサービスロボット」では、日常生活の簡単な動作を支援する家庭内ロボットシステムにおいて、図 5 のように、ロボットはユーザの動作や状況を認識し、かつロボットに必要な知識を参照させながら、利用者に適切なサービスを行わせる。そこで、RT コンポーネント化されたジェスチャ認識と音声認識を利用し、マルチモーダルインタラクション

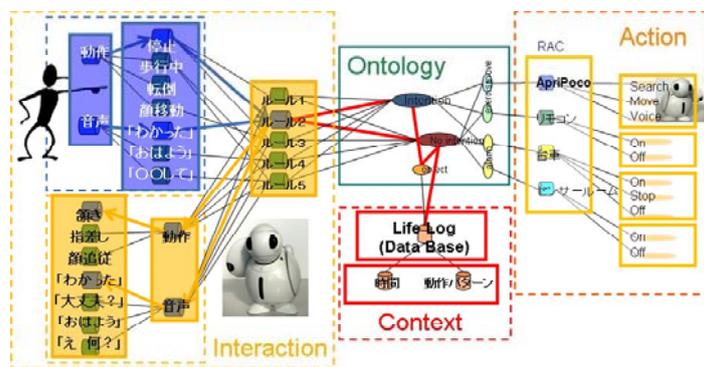


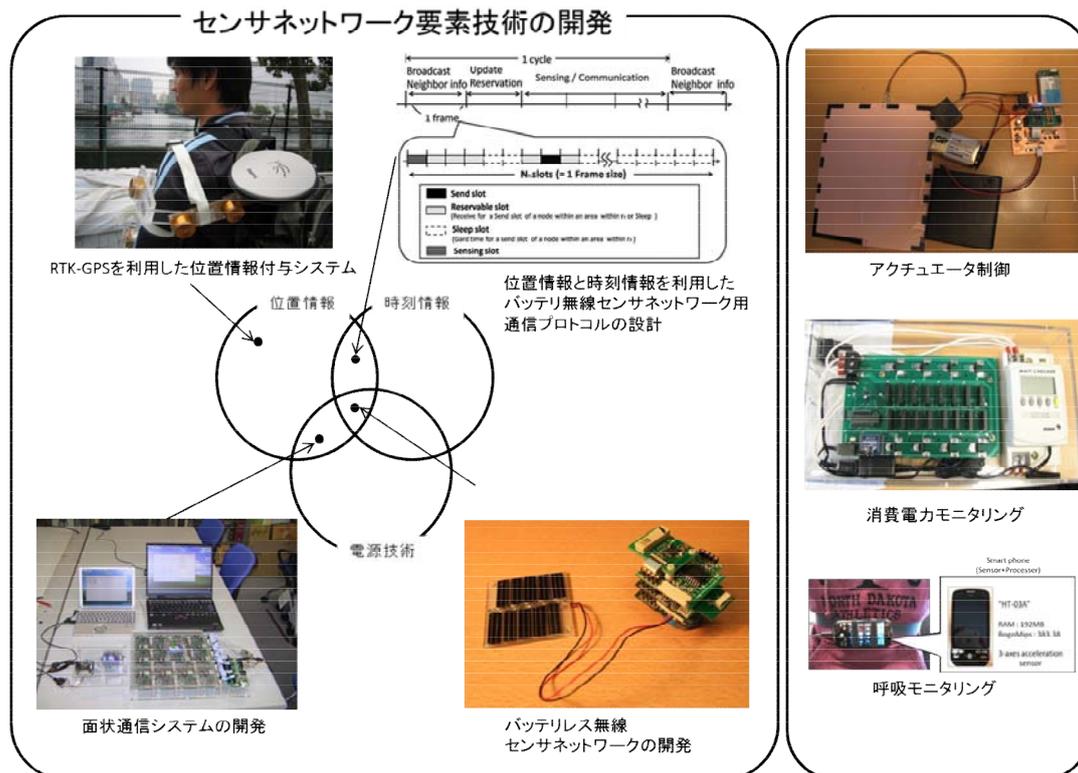
図 5 オントロジーを利用したマルチモーダルインタラクション

モジュールを開発した。これを用いて、行動パターンやサービス利用タイミングなどをマイニングし、人を引きこむロボットサービスシステムを開発した。このシステムを高齢者の見守りに利用することで、転倒の検知や離床の検知による見守りを実現し、さらに同調動作や発話によって運

動を促し介護予防の検証を進めている。

### 【RT プラットフォーム】

RT プラットフォームに関わる、「ユビキタスコンピューティング/ネットワーク・センサネットワーク・位置情報システムを統合したシステム構成法に関する研究」では、ロボットを支援する情報環境としてのセンサネットワーク技術の研究を行った。本研究ではセンサネットワークの重要な要素技術である位置情報、時刻情報、および電源確保について基礎研究を行った。また、センサネットワークの応用分野を模索する目的で、いくつかの応用研究を行った。具体的な成果は以下の通りである(図 6)。



#### (1) 位置情報

位置情報の研究では、屋内・屋外をそれぞれ想定し、センサノードにどのように位置情報を付与するかについて研究を行った。具体的には、位置検出が可能な面状通信システムの開発と、リアルタイムキネマティック GPS を用いた屋外での位置情報付与システムの開発を行った。

#### (2) 時刻情報

時刻情報の研究では、電波時計を使ってセンサノードを同期させ、省電力な通信を行うシステムについて研究を行った。具体的には電波時計による時刻同期を想定し、センサ情報の収集を行える通信プロトコルを設計・開発した。

#### (3) 応用

応用研究としては、屋内環境における計測・制御に関する研究を行った。具体的にはセンサネットワークを用いたアクチュエータ制御システム、電力モニタリングシステム、および呼吸モニタリングシステムの研究を行った。

RT プラットフォームに関わる、「環境構造化における物理的ロボットサービスに関する研究」では、サービス用ロボットの開発のために、対象物体の位置情報取得技術、障害物や移動体の位置検出技術、に加え、タスクローカライゼーションにおける場所とタスクの関係に加えて

モノの関係を記述することで場所とモノの関係からタスクを限定するシステムの提案をし、開発を行った。本研究の実験タスクとして場所とモノの関係からタスクを検索する Task Suggest System の構築とその運用例としてテーブルでのサービス生成実験を行った(図 7)。また、システムを運用するための各データベースの構築とシステムの開発を行った。さらに、実験の上で人の位置情報を扱うためにレーザレンジファインダを用いた移動体検出システムの構築を行い、それぞれのシステムの連携を確認した。

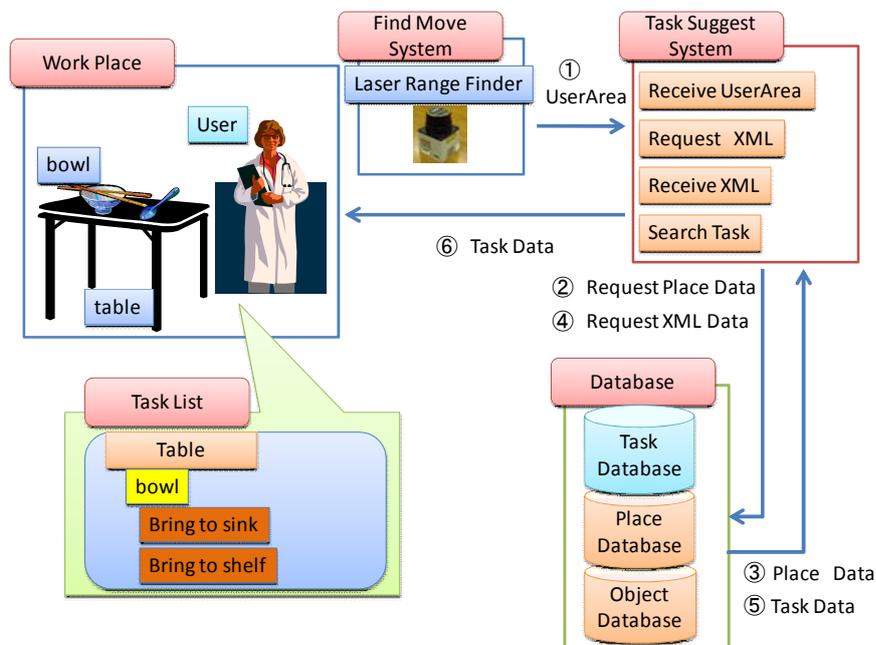


図 7 Task Suggest System の動作の流れ

RTプラットフォームに関わる、「RTミドルウェアを適用した分散RTシステムアーキテクチャに関する研究」では、これまでは逐一指示が必要であった作業に対して、RT オントロジーを用いて、ユーザが要求した対象物に対して、状況に応じて一緒に実行すべき作業を生成するための、「ついでタスク」の判断を行える実現可能性を示した。特に、限定された場面設定ではあるが、従来のシナリオベースのタスクではなく、同じユーザからの要求であっても場面に応じて適切なコマンドを判別し、タスクを提供する「気が利く」システムの柔軟性をシステム構築と検証実験により示せた(図 8-11)。この RT オントロジーに関しては、ホームロボットサービスに必至な技術として、自動車会社事業部に技術内容を開示し、2010 年度、2011 年度の共同研究へと発展している。特に実際の個人適応サービスを提供する際に必要となる RT オントロジーの自動生成は、ロボットサービスに限定したモノと行為およびモノの関係に着目し、WEB 上の人間の常識データベースから効果的に絞り込む手法を明らかにした。さらには、人の感性を含む状況認識への展開し、サービスの個人適合性への適用を目指している。

物理エージェントシステムサービス設計については、代理人としてロボットがサービスを可能とするための、空間内に存在する物体の位置情報と作業の関係記述のためのフレーム構造と、情報化規約について研究した。フレームワークの導入によって、従来のシステムでは各サブシステムが個々に保有していたセンサが環境センサとして提供されるようになり、LDS(Local Data Server)によって環境センサのデータを共有することが可能となった。環境センサを RT コンポーネント化することによって再利用性が高まっただけではなく、ロボットシステムの運用、管理の煩雑さを大幅に減らすことができた。

この情報取得と蓄積のためのデータ記述規約 FDML とサーバは、NTT から提供され、これを拡張運用することで共同研究(時空間エンジンを用いたユビキタスホームの研究、および RT ミドルウェアとオントロジーを利用したライフログサービスの研究)においてもサービス環境構築と検証に適用した。



図 8 構築したサービス実験環境



図 9 システム統合実験

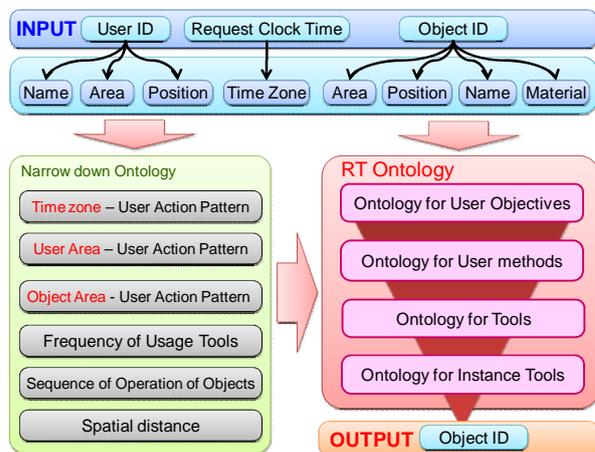


図 10 RT オントロジーによるタスク絞り込み

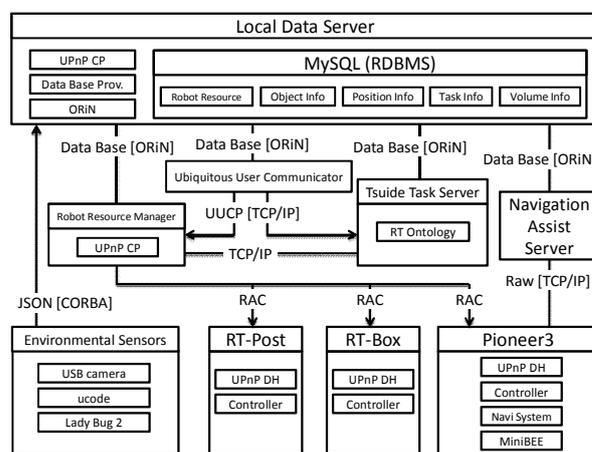


図 11 サービスのための情報統合システム

<優れた成果があがった点>

- (1) 従来の物理情報に加え、化学情報を加えることによる、無意識人間行動の把握
- (2) 環境情報構造化による環境に分散した各種センサからの情報統合・運用フレームワークの提案と構築・改良
- (3) 分散コンポーネントに RT ミドルウェアを適用した、柔軟なシステム構成法の提案と実装
- (4) RT オントロジーの提案とサービス統合実証実験に基づく効果の確認

<問題点とその克服方法>

- (1) 異常系への未対応に対しては、コンポーネントのシステム連携動作ロバスト化を図る
- (2) 限定サービスに対しては、情報完備性の研究に基づく、サービスレパートリの拡充

<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ないか等について記述してください。)

本学では、毎年経過報告書をとりとまとめ、年報として発行公開している。この経過報告書および、次年度実施計画書にもとづき、学長のもと研究戦略会議を設け、総合評価と次年度研究費の配分を決定している。客観評価については、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。

評価委員の評価としては、以下のようなプラス評価をいただいている。

- (1) 人間の無意識的・意識的情報と行動パターンを物理センサだけでなく、化学センサデータも利用して認識するという野心的なテーマである。
- (2) 「空間知」の構築を目指す研究開発で当初の目標に近づく成果が得られており、生活支援型RTが進展している。芝浦工大の研究開発の特色や独自性をアピールされたい。
- (3) 研究項目を3つの領域に分けることにより、目的と手段が入れ替わりがちな従来のRTに対して、研究目的が明確になっており、特に、RTオントロジーはこれからの様々なロボットの協調や連携、コミュニケーション等のベースとなる可能性があり、他機関との共同研究も視野に入れて、幅広く展開してほしい。
- (4) 高齢化社会を見据え、RT（ロボット技術）を広範な視野で捉え、環境提供サービス・技術提供サービス・RTプラットフォームの3側面から研究を推進し、それぞれの個別技術に関して実証実験（Verification Test）を含む成果を挙げ、その確認を実施していることは評価に値する。

一方、今後の方向に関しては、以下のご指導をいただいている。

- (1) 場面・条件を限定することによって有効性の確認が期待されるが、当該研究において、生活パターンの一般性などについて、どの程度汎用的であるかが明確でない。提供するサービスが豊富である反面、具体的課題設定が読み取れないので明言はできないが、いずれにしても解決すべき技術課題が多く、かつ予算も限られていることから、目標をより明確にして研究を推進された方が良いと思われる。その上で、最終年度に成果が纏まることを期待する。
- (2) 今後の課題としては、人間との関わりが深いシステムに共通していることであるが、最終ユーザ（とくに高齢者）の満足度に対する事前予測と妥当性の確認（Validation）である。また、企業展開を目指すならば、開発のリスク（とくに財政的なリスク）を担う顧客の識別と確保である。このような人間を包含する複雑なシステムにおいては、研究・開発の初期段階から利用・運用に関する要求事項の分析と検証方法の検討を行っていくことが重要と思われる。今後の更なる発展に期待したい。

### <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。）

以下を発展研究のコアとして、研究を継続することによる、「気が利く日常生活支援ロボットサービスの構成法を明らかにする」

- (1) 無意識情報の積極的活用、タスクの場所依存性を考慮した、RTオントロジーのレパートリ拡充による、具体的なサービス統合実験検証の推進
- (2) 人の行動履歴（ライフログ）をベースに、状況適応型のサービス生成システム、人の快適性を含む感情をベースにした、サービスレベルの学習などへの展開を図る。
- (3) 上記、統合情報を活用したヒューマンインタフェースの改善
- (4) 空間知ミドルウェアを構築し、RTサービスモデルベース設計論の構築と実証

### <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) 高齢化社会に対応した、個人サービスとしてのロボット技術の社会インフラ化

このため、H22年度より、本研究の一部を拡張発展させる形で、自動車会社事業部との間で、RTオントロジーの一般化に関する共同研究を推進中。同社は、事業化を想定した社内体制を構築している。

## (2) ロボットコンポーネントの日用品化

空間知モジュールを実装開発し、サービスのモデルベース設計と実装を推進する。

11 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) ロボット技術(RT)      (2) センサネットワーク      (3) オントロジー  
 (4) 意図理解      (5) 分散オブジェクト      (6) RTミドルウェア  
 (7) サービス      (8) システムインテグレーション

12 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。)

<査読有雑誌論文><査読有国際会議><図書><査読有学会発表><査読無学会発表>

上記、10(4)に記載された研究成果に対応するものには\*を付すこと。

水川 真(芝浦工業大学)

- (1) \* Trung Lam Ngo, Haeyeon Lee, and Makoto Mizukawa, Automatic Building Robot Technology Ontology Based on Basic-Level Knowledge, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.23 No.4,pp505-514,JSME Robotics and Mechatronics Division, Fuji Publishing, 2011
- (2) \* Yusuke Fukusato., Eri sato-Simokawara., Toru Yamaguchi., and Makoto Mizukawa, A Service System Adapted to Changing Environments Using Kukanchi, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.21 No.4,pp443-452,JSME Robotics and Mechatronics Division, Fuji Publishing, 2009
- (3) \* Ken Ukai, Yoshinobu Ando, and Makoto Mizukawa, Robot Technology Ontology Targeting Robot Technology Services in Kukanchi "Interactive Human-Space Design and Intelligence", Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.21 No.4,pp489-497,JSME Robotics and Mechatronics Division, Fuji Publishing, 2009
- (4) \* Kanlaya Rattanyu, Michiko Ohkura, and Makoto Mizukawa, Emotion Monitoring from Physiological Signals for Service Robot in the Living Space, International Conference on Control, Automation and Systems 2010 (ICCAS2010) pp.580-583 Oct. 27-30, 2010, Korea
- (5) \* Mizuno, Takuya, Ukai, Ken, Hanji, Takayoshi, Kato, Toshihiro, Ando, Yoshinob, Yoshimi, Takashi, Mizukawa, Makoto, Approach of Arm Navigation in Intelligent Space, Proc. 2010 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, PaperFrC5.3(1)-(6), July 6-9, 2010, Montreal, Canada

ほか 査読有り論文 上記(1)-(3)を含み 3 件 国際会議 上記(4),(5)を含み 39 件 図書 1 件  
 査読無し 103 件

青木 義満 (芝浦工業大学(平成 19 年度まで本学, 現慶應義塾大学))

- (1) \* 片岡裕雄, 青木義満: "サッカー映像解析のための遮蔽にロバストな複数選手追跡手法", 電気学会論文誌 C, Vol.130, No.11, pp.2058-2064, 2010.11.

- (2) \* 倉見義幸, 大関和夫, 伊藤裕司, 名取道也, 青木義満: "FG 視覚センサを用いた非接触新生児呼吸モニタリングシステムの開発", 電気学会論文誌 C, Vol.130, No.9, pp.1581-1587, 2010.9.
- (3) \* 高橋拓也, 青木義満, 河内まき子, 持丸正明: "解剖学的構造としわを手がかりとした手部寸法の画像計測", 電気学会論文誌 C, Vol.130, No.4, pp.686-695, 2009.4.
- (4) \* 佐藤 勲, 青木義満, 中島真人: "2カメラ FG 呼吸モニタリングシステムの開発". 画像電子学会論文誌 Vol.38, No.4, pp.385-394, 2009.7.
- (5) \* 青木義満: "人を測り, 人に資する光画像センシング", 計測自動制御学会 SICE City 構築研究会, 2009.5. (招待講演)

ほか 査読有り 上記(1), (2), (3), (4)を含み 16 件 査読無し 上記(5)を含み 30 件 招待講演 7 件

#### 安藤 吉伸 (芝浦工業大学)

- (1) \* Navigation of the Autonomous Mobile Robot Using Laser Range Finder Based on the Non Quantity Map, Shouhei Kubota;Yoshinobu Ando;Makoto Mizukawa, Proceedings of International Conference on Control, Automation and Systems 2007 (ICCAS2007),20071018.
- (2) \* 石塚 哲也, 安藤 吉伸, 吉見 卓, 水川 真, 空間知における探し物サービスの提案, 第 11 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会予稿集, 2I3-4, 2010 年
- (3) \* 一色博史, 安藤 吉伸, 吉見 卓, 水川 真, 知能化空間における場所に応じたロボットサービス提供に関する研究, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会予稿集, 2A1-B28, 2010 年 6 月
- (4) \* 知能化空間における場所に応じたサービス提供に関する研究, 一色 博史; 安藤 吉伸; 吉見 卓; 水川 真, 計測自動制御学会 SI 部門講演会 2009 予稿集, 2009 年 12 月 25 日
- (5) \* レーザレンジファインダを用いた生活空間内での移動体検出に関する研究, 一色博史; 安藤吉伸; 水川真, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 09 講演論文集, 2009 年 5 月 1 日
- (6) \* センサネットワーク環境下における物体位置検索とロボットの移動に関する研究, 南山 尚久; 松田 浩一; 横山 嵩祥; 安藤 吉伸; 水川 真, 計測自動制御学会 SI 部門講演会予稿集, 2008 年 12 月 5 日
- (7) \* 分散配置測域センサによる環境内物体の位置情報取得に関する研究, 南山 尚久; 安藤 吉伸; 水川 真, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2008 論文集, 2008 年 6 月 7 日

ほか 査読有り 上記(1) 1 件 査読無し 上記(2)-(5)を含み 8 件

#### 齋藤 敦史 (芝浦工業大学)

- (1) \* 平澤 一樹, 澤田 伸也, 齋藤 敦史, "室内環境変動測定に基く生活活動認識と認識精度向上のための局所情報取得方法", 電気学会論文誌 E(センサ・マイクロマシン部門誌), Vol.131(2011), No.6, pp.223-229, (2011).
- (2) \* Kazuki Hirasawa, Shinya Sawada, Atsushi Saitoh, "Recognition of daily activities based on processing the information about air environmental changes in living space", Proc. of The 7th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence, pp.325-329, (2010).

- (3) \* 平澤 一樹, 澤田 伸也, 齋藤 敦史, “室内大気環境変動による生活活動認識における局所情報取得”, 第 27 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム論文集, pp.710-715, (2010).
- (4) \* Study on multi-sensor unit for monitoring of living space environment and classification of daily activities, Kazuki Hirasawa, Atsushi Saitoh, SI International 2009 Proc., pp.101-106, (2009).
- (5) \* Study on Multi-Sensor System for Monitoring of Living Space Environment and Classification of Daily Activities, Kazuki Hirasawa, Atsushi Saitoh, Proceedings of the 26th SENSOR SYMPOSIUM, pp.276~280, (2009).

ほか 査読有り 上記(1)-(5)を含み 7 件 査読無し 10 件

#### 南 正輝 (芝浦工業大学)

- (1) \* N. Horita and M. Minami, A Smart Phone based Breath Monitoring System, 5th Symposium of South East Asia Technical University Consortium, Feb.2011 (accepted)
- (2) \* 位置・方向検出機能統合型面状通信システム, 南 正輝, 森川 博之, パーソナルネットワークの技術特集, ヒューマンインタフェース学会誌, vol.10, no.4, pp.11-16, Dec. 2008
- (3) \* Magic Surfaces: A Surface Networking Technology for Indoor Ubiquitous Sensor Networks, K.Sakakura and Masateru Minami, 3rd International Symposium on South East Asian Technical University Consortium, Malaysia, February 25-26 2009.
- (4) \* Design and Implementation of a wireless metering device for context-aware energy management”, Takafumi Watanabe, Kouhei Fujishige, Masateru Minami, 3rd International Symposium on South East Asian Technical University Consortium, Malaysia, February 25-26 2009.
- (5) \* Magic Surfaces: A Smart Building Material for Indoor Sensing Infrastructures, R. Kurakake, Y. Nishizawa, K. Sakakura, H. Huchi, M. Minami H.Morikawa, Proc. 4th International Conference on Networked Sensing Systems (INSS2007), pp. 213-220, Braunschweig, Germany, June 6-8, 2007.

ほか 査読有り 上記を含み 8 件 査読無し 4 件

#### 大場 光太郎((独)産業技術総合研究所)

- (1) \* Kenichi Ohara, Takayuki Sugawara, Jae Hoon LEE, Tesuo TOMIZAWA, Hyun Min DO, Xuefeng LIANG, Yong Shik KIM, Bong Keun KIM, Yasushi SUMI, Tamio TANIKAWA, Hiromu ONDA, Kohtaro OHBA, ” Visual Mark for Robot Manipulation and Its RT Middleware Component”, Advanced Robotics, 22:6-7, pp.633-655, (2008)
- (2) \* 田中秀幸、角保志、大場光太郎: “空間知におけるロボットのための知識と意味情報処理”, 計測と制御, vol.48, no.12, pp.871-876 (2009)
- (3) \* Hideyuki Tanaka, Tetsuo Tomizawa, Yasushi Sumi, Jae Hoon Lee, Hyun Min Do, Bong Keun Kim, Tamio Tanikawa, Hiromu Onda, Kohtaro Ohba: “Visual Marker System for Autonomous Object Handling by Assistive Robotic Arm,” Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.23, No.4, pp.484-493 (2011)
- (4) \* H. Tanaka, et al., "Visual Marker System for Control of Flexible Manipulator Supporting Daily Living ", in Proc. ICROS-SICE International Joint Conference (ICCAS-SICE2009), 2B12-4, 2009.

- (5) \*田中秀幸、角保志、松本吉央: “レンチキュラーレンズを用いた姿勢検出のための視覚マーカ”, 第14回画像の認識・理解シンポジウム MIRU2011 (2011/7)

査読有雑誌論文:上記(1)-(3) 3件, 査読有国際会議:上記(4)を含み 13件、査読有学会発表:上記(5)、査読無学会発表:37件

#### 下倉 健一郎(NTT サイバースペース研究所)

- (1) \* 武藤伸洋, 下倉健一郎, 中村幸博, 手塚博久, 阿部匡伸, “ネットワークロボットプラットフォームの実証実験による評価”, 信学会論文誌 2010/10 Vol. J93-D No.10, pp.2240-2256, 2010
- (2) \* 石原達也, 中村幸博, 武藤伸洋, 阿部匡伸, 下倉健一郎, “モノの移動を考慮した屋内におけるユーザとモノの同時位置推定”, 信学会論文誌 2011/8 Vol.J94-D,No.8,Aug. p p.1434-1449, 2011
- (3) \* 茂木学, 平澤圭一, 松村成宗, 山田智広, 武藤伸洋, 金丸直義, 下倉健一郎, 阿部匡伸, 大久保由美子, 森田佳子, 葛西圭子, 山本友子, 落合慈之, “転倒転落事故予防に向けた入院患者の起き上がり動作分析”, 医療の質・安全学会誌, Vol.4 No.1, pp86-94, 2009
- (4) \* 石原達也, 中村幸博, 武藤伸洋, 阿部匡伸, 下倉健一郎, “SLAM を用いた屋内におけるユーザやモノの同時位置推定”, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2009 講演論文集 2A1-C10(1)-(4), 日本機械学会, 2009
- (5) \* 松村成宗, 平澤圭一, 竹野内紋子, 金丸直義, 下倉健一郎, “転倒転落事故の予防を目的とした, みまもりベッドの研究”, 第13回ロボティクスシンポジウム, 2008

ほか 査読有り雑誌論文 上記(1)(2) を含み 2件 査読有り発表 (5) 1件  
査読無し 上記(3)(4)を含み 6件

#### 谷江 和雄 (首都大学東京)

本センターの研究方針, 内容に付き計測自動制御学会分散知能研究会等における議論を通じて, 貢献. 平成19年5月逝去のため, 具体的研究成果を示すことはできない.

#### 山口 亨 (首都大学東京(平成20年度より))

- (1) \* Kota Nakamura, Yoshiharu Yoshida, Toru Yamaguchi and Eri-Shimokawara Sato, "SERVICE ROBOT SYSTEM IN A STORE USING PERSONAL ATTRIBUTE," International Journal of Innovative Computing, Information & Control, Vol.4, No.12, pp. 3319-3327, 2008.
- (2) \* Yusuke Fukusato, Eri sato-Simokawara, Toru Yamaguchi, and Makoto Mizukawa, "A Service System Adapted to Changing Environments Using “Kukanchi”," Journal of Robotics and Mechatronics, Vol.21, No4, pp. 443-452, 2009.
- (3) \* K.Nakamura, Y.Yoshida, E.Sato-Shimokawara, and T.Yamaguchi, "SERVICE ROBOT SYSTEM BASED ON NETWORKED ROBOTS FOR USING PERSONAL ATTRIBUTE AND TO GET PREFERENCE ATTRIBUTE," International Journal of Robotics and Automation, Vol.24, No.3, 2009.
- (4) \* Cheng Chang, Gen Ohbayashi, Toru Yamaguchi, Eri Sato-Shimokawara, “Information Presentation Support of Car Robotics Simulator System based on Humatronics”, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent

Informatics, Vol.15, No.3, pp389-395, 2011

- (5) \*Yihsin Ho, Tomomi Shibano, Eri Sato-Shimokawara, and Toru Yamaguchi, "Data Mining Using Human Motions for Intelligence Systems", Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol.15, No.5, pp573-581, 2011

ほか 査読付き上記(1)-(5)を含み 45 件 査読無し 24 件 図書 2 件

吉見 卓 (芝浦工業大学)(平成 21 年度より)

- (1) \*Ken Ukai, Takashi Yoshimi, Makoto Mizukawa and Yoshinobu Ando: "Tsuide Task (Accompanied Task)" Service Framework for User RT-Service Generation System", Proc. of the 2011 IEEE/ASME Int. Conf. on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM2011), WC2.1, \* 2011.
- (2) 千葉翔太, 吉見卓, 水川真, 安藤吉伸: "ロボットアームによる飲み物注ぎ動作に関する研究", 第 29 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 3G1-4, 2011.
- (3) \* 沼田裕介, 藤田貴弘, 吉見卓, 水川真, 安藤吉伸: "空間知を利用した物品管理サービスに関する研究", 第 29 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 3N1-8, 2011.
- (4) \* 大貫遊, 吉見卓, 安藤吉伸, 水川真: "双腕の協調動作を用いた飲料缶操作に関する研究 第一報 双腕協調による蓋開け動作の解析", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'11(ROBOMECH'11)予稿集, 2A1-H08, 2011.
- (5) \* 中島 崇, 吉見 卓, 安藤 吉伸, 水川 真: "ロボットアームによる図書整理動作に関する研究-本棚へ本を挿入する動作-", 第 28 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 1M1-5, 2010.

査読有り 上記(1)を含み 2 件, 査読無し 上記(2)-(5)を含み 36 件

上岡英史(芝浦工業大学)(平成 22 年度より)

- (1) \*Quang Tran Minh and Eiji Kamioka, "Traffic State Estimation with Mobile Phones Based on The "3R" Philosophy", IEICE Transactions on Communications (Accepted).
- (2) \*Quang Tran Minh and Eiji Kamioka, "Granular Quantifying Traffic State Using Mobile Probes", Proceedings of IEEE 74th Vehicular Technology Conference (VTC2010-Fall), Sep. 5-8, San Francisco, USA, 2011, CD-ROM.
- (3) \*Quang Tran Minh and Eiji Kamioka, "Error-Tolerance in Quantifying Traffic States Using Mobile Phones", Proceedings of the 10th International Symposium on Autonomous Decentralized Systems (ISADS2011), Kobe, Japan, June 29-30, 2011, 559-563.
- (4) \*Quang Tran Minh, and Eiji Kamioka, "Pinpoint: An Efficient Approach to Traffic State Estimation System Using Mobile Probes", Proceedings of the 6th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCOM2010), Sep. 23-25, Chengdu, China, 2010, CD-ROM.
- (5) \*Quang Tran Minh and Eiji Kamioka, "Granular Quantifying Traffic State Using Mobile Probes", Proceedings of IEEE 72nd Vehicular Technology Conference (VTC2010-Fall), Sep. 6-9, Ottawa, Canada, 2010, CD-ROM.

ほか 査読有り 上記(1)-(5)を含み 7 件 査読無し 34 件

## &lt;研究成果の公開状況&gt;(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>

本センターの水川, 山口, 谷江, 大場らが中心となり, 計測自動制御学会システムインテグレーション(SI)部門に分散知識・行動知能調査研究会(2006-2007 年度)を設置, これを発展させ空間知部会(2008 年度より現在 主査 水川 真(2009 年度まで)・山口亨(2011 年度まで)において, 人を取り巻く空間と人間の機能拡張としての空間とのインタラクションを研究し, 新しい拡張身体性に関する研究分野を開拓してきた。

以下, その学会等における活動を列記する。

- ・Journal of Robotics and Mechatronics(機械学会ロボティクスメカトロニクス部門英文論文誌)にて, ゲストエディターとして空間知特集号発刊, 2009 年 8 月  
水川, 山口, 大場が論文掲載
  - ・先端工学研究機構シンポジウム  
ユビキタス RT システム研究センターキックオフシンポジウム 2007.12  
先端工学研究機構シンポジウム 2007.12, 2008.12, 2009.10
  - ・IEEE ICRA2007 Workshop: 12 件
  - ・日本機械学会ロボティクスメカトロニクス部門講演会(OS):「空間知」  
Robomec07 26 件, Robomec08 21 件, Robomec09 22 件, Robomec10 11 件
  - ・ファジィシステムシンポジウム(OS):「空間知」  
2007 2 セッション 8 件, 2008 1 セッション 5 件 2010 2 セッション 6 件
  - ・日本ロボット学会学術講演会(OS):「空間知」  
2007 2 セッション 10 件, 2008 2 セッション 11 件, 2009 1 セッション 4 件
  - ・計測自動制御学会 SI 部門講演会(OS):「空間知」  
2007 6 セッション 34 件, 2008 4 セッション 20 件 2009 4 セッション 22 件  
2010 4 セッション 21 件
  - ・IEEE/RSJ IROS2007: Workshop 11 件 IROS2010:OS 6 件
  - ・IEEE URAI(OS) 2008 1 セッション 6 件 2009 1 セッション 6 件 2010 1 セッション 6 件
  - ・SCIS&ISIS2008 1 セッション 5 件
  - ・FUZZ-IEEE2009 1 セッション 6 件
  - ・計測と制御 Vol. 48, No. 12, 特集「空間知—私たちの生活を支える脳・身体の拡張空間の創出—」エディタ, 計測自動制御学会, 2009.12 6 編の解説中 3 編 本センター研究員執筆
  - ・IEEE Symposium Series in Computational Intelligence 2011 (SSCI 2011) OS 2011.4
  - ・ROBOMECH2011 空間知セッションオーガナイズ
  - FUZZ-IEEE 2011 OS 企画
  - ・Special Issue on "Ambient Intelligence" in Journal of Robotics and Mechatronics Vol. 23, No.4(August 20, 2011)発刊
- <これから実施する予定のもの>
- ・ユビキタス RT システム研究センター成果報告集 発刊 2012.3

## 13 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があれば具体的に記入してください。
- ・芝浦ハッケン展 講演および URT-RC 実験室公開デモ 2010.11.8

## 14 「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

## &lt;「選定時」に付された留意事項&gt;

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。

## &lt;「選定時」に付された留意事項への対応&gt;

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。

該当無し

## &lt;「中間評価時」に付された留意事項&gt;

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。

評価者 A

指摘事項

今回、指摘した事項を初めから進捗状況報告書に記載しておくべきである。進捗状況報告書の記載が十分でないとならぬと成果が出ていないと評価されることもある。

外部評価委員がなぜ、取扱注意なのか理解できない。

外部評価委員のリストと、外部評価委員による評価結果を進捗状況報告書に記載するべきである。

研究成果について、論文は各研究員ごとに 5 報をリストとして記載し、残りはその他〇報(内査読付き〇報)などと記載すべきである。代表者のみの業績を示すだけではこの事業の成果を十分に現しているとは言い難い。枚数制限のある中で、効果的に成果を表す方法を考えて報告書を作成してほしい。

\* 上記評価を踏まえ、本プロジェクトの進捗状況と研究成果を明確に示した資料を早急に提出すること。

評価者 B

(1) 委員の交代について

説明を了承する

(2) 企業との連携および論文以外の成果

アクティビティは認める。ただし、その内容が説明されていない。本プロジェクトとの関連を明確に報告する必要がある。また、受託研究の場合には、本プロジェクトと関連した全体像(研究の内容 施設・設備等の共有度合い 産業界からの評価 産業的成果物)についても説明が必要である。

(3) 論文について

追加された論文の大半が、山口亨(首都大学東京)のものであり、実施主体である芝浦工業大学の研究者によるものではない。その観点からは、満足のできる実績であるとは言い難い。

研究に真摯に取り組んでいる気配は感じられるが、追加報告を似ても成果についての概要が理解できない。本プロジェクトの成果の示し方に工夫が必要と考える。成果として学術論文

に限る必要は無い(本成果報告では十分でないと考え)が、産業界との関わりや社会的貢献が大きなファクターであるならば、それが見えるように全体像およびその成果を明確に示すべきである。

\* 上記評価を踏まえ、本プロジェクトの進捗状況と研究成果について明確に示した資料を早急に提出すること。

#### <「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。

評価者 A

#### 指摘事項

今回、指摘した事項を初めから進捗状況報告書に記載しておくべきである。進捗状況報告書の記載が十分でないとならば成果が出ていないと評価されることもある。

(対応)

確かに計画書と照らし合わせて読まなければ、全貌が読み取れない記述は不十分と考え、全体の位置づけと意義を簡潔に補うこととした。本報告書は、この形で記載している。

外部評価委員がなぜ、取扱注意なのか理解できない。

外部評価委員のリストと、外部評価委員による評価結果を進捗状況報告書に記載すべきである。

(対応)

外部評価委員が取扱注意であるのは、当該外部評価委員は本件のみを評価しているのではなく、本学学内で実施している競争的研究資金(いわゆる学内科研費)の採択にかかる審査員も兼務していることによる。すなわち、科学研究費補助金の審査員が非公開であるのと同じ理由による。

外部評価委員の評価としては、計画が総花的で、各研究項目を平行して行う必要があるかが不明確。統合する効果が期待できない、というご指摘をいただいた。

一方、ロボティクスは相当な研究費を必要とする分野であるが、予算 600 万円という制約の中で、よい成果を上げている、人を取り囲む空間に存在するさまざまなロボット、機器、センサーの知能化と情報の相互利用を図ることを目指している点は評価できる、といった肯定的な評価もいただいている。

これら外部評価委員の意見を踏まえ、研究活動において、各研究項目の統合の効果をより具体的に明らかになるようつとめるとともに、進捗状況報告書には、上記外部評価委員の意見について簡潔に記述した(本報告にも反映)。

研究成果について、論文は各研究員ごとに 5 報をリストとして記載し、残りはその他〇報(内査読付き〇報)などと記載すべきである。代表者のみの業績を示すだけではこの事業の成果を十分に現しているとは言い難い。枚数制限のある中で、効果的に成果を表す方法を考えて報告書を作成してほしい。

(対応)

本報告も、指示の形式で記載している。

\* 上記評価を踏まえ、本プロジェクトの進捗状況と研究成果を明確に示した資料を早急に提出すること。

(対応済み)

#### 評価者 B

##### (4) 委員の交代について

説明を了承する

##### (5) 企業との連携および論文以外の成果

アクティビティは認める。ただし、その内容が説明されていない。本プロジェクトとの関連を明確に報告する必要がある。また、受託研究の場合には、本プロジェクトと関連した全体像(研究の内容 施設・設備等の共有度合い 産業界からの評価 産業的成果物)についても説明が必要である。

(対応)

確かに計画書と照らし合わせて読まなければ、全貌が読み取れない記述は不十分と考え、全体の位置づけと意義を簡潔に補うこととした(本報告にも反映済み)。

さらに、共同研究との関係や産業界からの評価として、2010 年度共同研究への展開などを追記した(本報告にも反映済み)。

##### (6) 論文について

追加された論文の大半が、山口亨(首都大学東京)のものであり、実施主体である芝浦工業大学の研究者によるものではない。その観点からは、満足のできる実績であるとは言いがたい。

(対応)

論文については、山口教授の研究室ではジェスチャ認識を利用した知能システムとのインタラクション研究に実績があり、成果が早めに出た結果である。水川研では、この分野を立ち上げるために環境構築と並行して研究実施したため、RT オントロジーの部分では成果としてまとめることが遅くなっている。2009 年度後半からは、学会論文や解説、特集号への採択が続いている。さらに、これら成果や学会でのセッションオーガナイズを通じて、日常生活サービスへの RT オントロジーの重要性が理解されはじめ、2010 年度には企業との共同研究に発展してきている(本報告でも進展成果を反映して記述済み)。

研究に真摯に取り組んでいる気配は感じられるが、追加報告を似ても成果についての概要が理解できない。本プロジェクトの成果の示し方に工夫が必要と考える。成果として学術論文に限る必要は無い(本成果報告では十分でないと考え)が、産業界との関わりや社会的貢献が大きなファクターであるならば、それが見えるように全体像およびその成果を明確に示すべきである。

\* 上記評価を踏まえ、本プロジェクトの進捗状況と研究成果について明確に示した資料を早急に提出すること。

(対応済み)

プロジェクト番号

**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 学校法人 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 \_\_\_\_\_

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	工学部	教授

8 プロジェクト参加研究者数 学内 6 名, 学外 6 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	工学部 機械工学科・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 材料工学科・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・	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	細胞内で輸送される分子の蛍光タンパク質によ

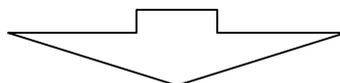
プロジェクト番号

	准教授	の開発	る可視化システムの開発
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・講師	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・准教授	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
(共同研究機関等)			

## &lt;研究者の変更状況(研究代表者を含む)&gt;

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
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

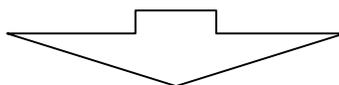
変更前の所属・職名	変更(就任)後の所属・職名	研究者氏名	プロジェクトでの役割
工学部機械工学科・准教授	工学部機械工学科・教授	工藤奨	組織・細胞における物質輸送・移動機構の解明および研究全体の統括

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

プロジェクト番号

(変更の時期:平成20年11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
	早稲田大学 先進理工学部・教授	小出隆規	コラーゲン結合タンパク質に関わる研究

## 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いく。工藤は芝浦工業大学先端工学研究機構棟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いる。

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る。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工藤、六車が中心となすすめる。

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、実験装置等も共有しており密に連携しており、各研究室には3~7名の大学院生が所属している。

研究支援体制としては、芝浦工業大学に産官学研究支援課および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いる。

プロジェクト番号

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る。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いる。

### (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 m<sup>2</sup>、芝浦工業大学豊洲キャンパス研究棟 200 m<sup>2</sup>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いる。

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

### (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、現時点では、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研究を進め論文等で成果を報告してきた。以下に進捗状況を記す。

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\*1。これまでに、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いだし\*2、その特性を改善するための分子設計と合成を続けている。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た\*3。

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\*4。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、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\*5。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\*6。

③ 細胞内輸送：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\*7。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\*8。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\*9。

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\*10、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\*10。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\*11。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\*12、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 $\alpha$ というタンパク質が移動いく様子を見出した\*13。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\*14。

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の応用化を進める上での重要な技術である。バイオチップの中でも細胞や生体物質などを目的の場所に活性を保ったまま操作する技術の確立を目的とし、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た\*15。

<優れた成果があがった点>

①輸送・移動分子：薬物の体内動態を可視化するプローブの開発に有効なルテニウム錯体は、三つの配位子それぞれに異なる置換基を導入できることから、分子設計の自由度が高い。そのことを利用して、ルテニウム錯体を母体とする発光プローブを合理的に設計することができた\*16。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\*3。

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\*17。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。

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\*7\*8。

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\*10。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 응용可能で、臨床での評価法として期待できる。また、現在データを取得中であるが、血管新生メカニ

ズムに關与する PKC $\alpha$  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\*11, 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\*15. 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。

#### <問題点>

①輸送・移動分子: 発光プローブの血清アルブミンに対する結合がやや弱いことと, 発光が十分な強度をもたないことが問題点である。結合については配位子の化学修飾により, また発光強度については中心金属の交換により解決を図る。

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性の限界を克服する。

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。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, 今年度に計測システムを導入する。本計画が, 予定通り進行すれば, 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る。

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の適切な設定, 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く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。その後, 大学研究戦略会議により, ヒアリング結果を元に各事業への配分を決定する。

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の無い評価・アドバイス等を受けている。

#### <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。)

本プロジェクトでは応用面での成果が若干不足しているため、本プロジェクト終了後には動物実験などを用いて実際の生体内への応用へと研究を展開していく予定である。特に血液循環系内での輸送を中心に、血管新生などの応用展開を見据えた形で研究を継続していく。

#### <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\*18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。

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\*4。

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\*3。

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\*19。

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\*20。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。)

(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>

著者名	論文標題
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

プロジェクト番号

	響			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
日本生理人類学会誌	有		平成24年	印刷中

## &lt;雑誌論文&gt;

著者名	論文標題			
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			
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(B),	有		平成24年	印刷中

## &lt;雑誌論文&gt;

著者名	論文標題			
Susumu Kudo, Minoru Kawarabayashi, Mariko Ikeda, and Kazuo Tanishita	Albumin Permeability across Endothelial Monolayers under Pulsatile Shear Stress			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
<i>Journal of Biorheology</i>	有		平成24年	印刷中

## &lt;雑誌論文&gt;

著者名	論文標題			
工藤 奨, 細淵 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 <sub>3</sub> 誘導による内皮細胞間 Ca <sup>2+</sup> 応答伝播			
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(B),	有	第 77 巻	平成23年	2431-2441

## &lt;雑誌論文&gt;

著者名	論文標題			
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			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
<i>Biochemical and Biophysical Research Communication,</i>	有	第 412 巻	平成23年	318-312

## &lt;雑誌論文&gt;\*7

著者名	論文標題			
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			

プロジェクト番号

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(B),	有	第76巻	平成22年	217-223

## &lt;雑誌論文&gt;\*8

著者名	論文標題			
川崎那緒人, 長崎 晃, 斎藤知行, 野口拓哉, <u>工藤 奨</u>	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			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
日本生体医工学	有	47	平成21年	595-601

## &lt;雑誌論文&gt;\*9

著者名	論文標題			
Takashi Yamanoi, Ryo Inoue, Sho Matsuda, Kazuya Iwao, Yoshiki Oda, Akihiko Yoshida, <u>Keita Hamasaki</u>	Formation of O-glycosidic linkage from 1-hydroxy sugars by Bisumus(III) triflate-catalyzed dehydrative glycosidation			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Heterocycles	有	77	平成21年	445-460

## &lt;雑誌論文&gt;\*9

著者名	論文標題			
Takashi Yamanoi, Ryo Inoue, Sho Matsuda, <u>Keita Hamasaki</u>	Bisumus(III) triflate-catalyzed dehydrative glycosidation using hydroxyl sugars			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Letters in Organic Chemistry	有	5	平成21年	30-33

## &lt;雑誌論文&gt;\*10

著者名	論文標題			
<u>M. Shibata</u> , T. Yamakoshi, K. Yamakoshi, T. Komeda	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
Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc	有		平成22年	5161-5164

## &lt;雑誌論文&gt;\*10

著者名	論文標題			
<u>M. Shibata</u> , N. Ohura, S. Ichioka	Oxygen consumption by arteriolar wall during enhancement and inhibition of nitric oxide synthesis			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
IFMBE Proceedings	有	25	平成21年	125-128

プロジェクト番号

## &lt;雑誌論文&gt; \* 11

著者名	論文標題			
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			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
<i>Journal of Biomechanical Science and Engineering</i>	有	4	平成 21 年	274-285

## &lt;雑誌論文&gt; \* 12

著者名	論文標題			
Akinori UEDA, Ryo SUDO, Mariko IKEDA, Ken-ichi KOKUBO, Susumu KUDO, Hirotsuke KOBAYASHI and Kazuo TANISHITA	Effect of Hypoxia on Formation of Three-Dimensional Microvessel Networks by Endothelial Cells <i>in vitro</i>			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
<i>Journal of Biomechanical Science and Engineering</i>	有	3	平成 20 年	299-310

## &lt;雑誌論文&gt; \* 15

著者名	論文標題			
H. Muguruma	Plasma-polymerized films for biochip design			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Plasma Processes and Polymers	有	7	平成 22 年	151-162

## &lt;雑誌論文&gt; \* 15

著者名	論文標題			
H. Takahashi, N. Murata, H. Muguruma,	Plasma polymerization for protein patterning: reversible formation with fullerene modification			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
IEICE Transaction on Electronics	有	E93-C	平成 22 年	211-213

## &lt;雑誌論文&gt; \* 17

著者名	論文標題			
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			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Peptide Science	有	46	平成 22 年	69-72

プロジェクト番号

## &lt;雑誌論文&gt; \* 18

著者名	論文標題			
K. Fukuhara, A. Ohno, I. Nakanishi, K. Imai, <u>A. Nakamura</u> , K. Anzai, N. Miyata, H. Okuda	Novel Ninhydrin Adduct of Catechin with Potent Antioxidative Activity			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Tetrahedron Letters	有	30	平成 21 年	6989-6992

## &lt;雑誌論文&gt; \* 18

著者名	論文標題			
K. Fukuhara, I. Nakanishi, K. Ohkubo, Y. Obara, A. Tada, K. Imai, A. Ohno, <u>A. Nakamura</u> , 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			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Chemical Communications	有		平成 21 年	6180-6182

## &lt;雑誌論文&gt; \* 19

著者名	論文標題			
<u>M. Shibata</u> , N. Ohura N, S. Ichioka	Oxygen dynamics around arterioles in skeletal muscle			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Clinical Hemorheology and Microcirculation	有	42	平成 21 年	226

## &lt;雑誌論文&gt; \* 19

著者名	論文標題			
S. Ichioka, T. Ando, <u>M. Shibata</u> , N. Sekiya, T. Nakatsuka	Oxygen consumption of keloids and hypertrophic scars			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Ann Plast Surg	有	60	平成 20 年	194-197

## &lt;雑誌論文&gt; \* 19

著者名	論文標題			
S. Ichioka, H. Watanabe, N. Sekiya, <u>M. Shibata</u> , T. Nakatsuka	A technique to visualize wound bed microcirculation and the acute effect of negative pressure			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Wound Repair Regen	有	16	平成 20 年	460-465

プロジェクト番号

## &lt;雑誌論文&gt; \* 19

著者名	論文標題			
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			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
BioScience Trends	有	1	平成 20 年	161-166

## &lt;雑誌論文&gt; \* 20

著者名	論文標題			
A. 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			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Current Applied Physics	有	8	平成 20 年	198-205

## &lt;雑誌論文&gt; \* 21

著者名	論文標題			
A. Hiratsuka, K. Fujisawa, H. Muguruma,	Amperometric biosensor with the glucose dehydrogenase and plasma-polymerized thin films			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Analytical Sciences	有	24	平成 20 年	483-486

## &lt;雑誌論文&gt; \* 21

著者名	論文標題			
H. Muguruma, Y. Shibayama, Y. Matsui	Amperometric biosensor based on a composite of single-walled carbon nanotubes, plasma-polymerized thin film, and an enzyme			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
<i>Biosensors and Bioelectronics</i>	有	23	平成 20 年	827-832

## &lt;雑誌論文&gt; \* 21

著者名	論文標題			
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			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Electrochemistry	有	76	平成 20 年	545-548

プロジェクト番号

## &lt;雑誌論文&gt; \* 21

著者名	論文標題			
Y. Matsui, T. Hoshino, M. Yoshizawa, <u>H. Muguruma</u>	NADH sensing using a carbon nanotube electrode reinforced with a plasma-polymerized thin film,			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Electrochemistry	有	76	平成 20 年	610-613

## &lt;雑誌論文&gt; \* 22

著者名	論文標題			
<u>H. Muguruma</u>	Biofuel cell based on a complex between glucose oxidase and a plasma-polymerized film containing a redox site			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
IEICE Transaction on Electronics	有	E91-C	平成 20 年	1811-1815

## &lt;雑誌論文&gt;

著者名	論文標題			
Kihara, H.; Motohashi, M.; <u>Matsumura, K.</u> ; Yoshida, M.	Grayscale Photopatterning of an Amorphous Polymer Thin Film Prepared by Photopolymerization of a Bisanthracene-Functionalized Liquid-Crystalline Monomer			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Advanced Functional Materials	有	20(10)	平成 22 年	1561-1567

## &lt;雑誌論文&gt;

著者名	論文標題			
Kishi, R.; Matsuda, A.; Miura, T.; <u>Matsumura, K.</u> ; Iio, K.	Fast responsive poly(N,N-diethylacrylamide) hydrogels with interconnected microspheres and bi-continuous structures			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Colloid and Polymer Science	有	287(5)	平成 21 年	505-512

## &lt;雑誌論文&gt;

著者名	論文標題			
K. Furuya, O. Numakami, N. Yagi, S. Hori, T. Sugaya, K. Komori, M. Mori, Y. Okano, <u>H. Muguruma</u> , M. Asada,	Analysis of terahertz oscillator using negative differential resistance dual-channel transistor and integrated antenna			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Japanese Journal of Applied Physics	有	48	平成 21 年	04C146

プロジェクト番号

## &lt;雑誌論文&gt;

著者名	論文標題			
Noriyuki Kataoka, Ken Hashimoto, Susumu Kudo, Ryuhei Yamaguchi, Katsuhiko Tsujioka, Fumihiko Kajiya	Intracellular Ca <sup>2+</sup> Responses in Cultured Endothelial Cells to Mechanical Stimulation by Laser Tweezers			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
<i>Journal of Biomechanical Science and Engineering</i>	有	3	平成 20 年	116-123

## &lt;図書&gt; \* 10

著者名	出版者		
柴田(分担)	朝倉書店		
書名	発行年	総ページ数	
からだと酸素の事典	平成 21 年	596	

## &lt;図書&gt; \* 21

著者名	出版者		
H. Muguruma(分担 chapter 執筆) Edited by Pier Andrea Serra	IN-TECH, Vukovar, Croatia		
書名	発行年	総ページ数	
Amperometric biosensor based on carbon nanotube and plasma polymer, <i>Intelligent and Biosensors</i> ,	平成 22 年	24	

## &lt;図書&gt;

著者名	出版者		
Susumu Kudo and Kazuo Tanishita,	Taylor & Francis		
書名	発行年	総ページ数	
Human Variation – from the laboratory to the field, Chapter title: Chapter 2.3 Tissue and cell adaptability to physical and chemical factors	平成 21 年	305	

## &lt;図書&gt;

著者名	出版者		
工藤奨, 濱崎啓太 ほか 58 名	丸善株式会社		
書名	発行年	総ページ数	
カラダの百科事典	平成 21 年	724	

## &lt;学会発表&gt;

プロジェクト番号

発表者名	発表標題		
Tateki Sumii, Ryosuke Fujita, Kazuo Tanishita, <u>Susumu Kudo</u>	Flow and Nitric Oxide Increase Hepatic Function in Co-culturing Hepatocytes with Hepatic Stellate Cells and Endothelial Cells		
学会名	開催地	発表年月	
2011 International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science	名古屋	平成 23 年 11 月	

## &lt;学会発表&gt;

発表者名	発表標題		
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 $\alpha$ の局在の可視化		
学会名	開催地	発表年月	
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	平成 23 年 1 月	

## &lt;学会発表&gt;

発表者名	発表標題		
島田知弥, 寺田麻理枝, 工藤奨	Ca イオン応答伝播時における血管内皮細胞内 PKC $\alpha$ の運動		
学会名	開催地	発表年月	
日本生理人類学会第 5 回研究奨励発表会	東京	平成 22 年 12 月	

## &lt;学会発表&gt;

発表者名	発表標題		
荒井雅貴, 木村恭彰, 佐藤竜也, 工藤奨	シナプス可塑性誘導に伴う脳血管調節機構		
学会名	開催地	発表年月	
日本生理人類学会第 5 回研究奨励発表会	東京	平成 22 年 12 月	

## &lt;学会発表&gt;

発表者名	発表標題		
藤田陵佑, 隅井干城, 谷下一夫, 工藤奨	せん断応力負荷時における共培養モデルでの肝細胞機能の評価		
学会名	開催地	発表年月	
日本生理人類学会第 5 回研究奨励発表会	東京	平成 22 年 12 月	

## &lt;学会発表&gt; \* 1

発表者名	発表標題		
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		
学会名	開催地	発表年月	

プロジェクト番号

2009 年光化学討論会	桐生	平成 21 年 9 月
--------------	----	-------------

## &lt;学会発表&gt;\*1

発表者名	発表標題		
A. Nakamura, K. Hiranuma, M. Ohbuchi, M. Arai	Asymmetric Photochemical Synthesis Using Serum Albumins as Chiral Templates		
学会名	開催地	発表年月	
IKCOC-11	京都	平成 21 年 11 月	

## &lt;学会発表&gt;\*2

発表者名	発表標題		
Y. Sakatani, A. Nakamura	Visualization of the Binding of Drug Molecules to Human Serum Albumin by Fluorescent Probe Displacement		
学会名	開催地	発表年月	
The 6 <sup>th</sup> Symposium on Host-Guest Chemistry	大阪	平成 22 年 6 月	

## &lt;学会発表&gt;\*3

発表者名	発表標題		
天野光, 小林鮎未, 吉田夏樹, 濱崎啓太	ナフタレンまたはピ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		
学会名	開催地	発表年月	
日本化学会第3回関東支部大会	東京	平成 21 年 9 月	

## &lt;学会発表&gt;\*3

発表者名	発表標題		
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		
学会名	開催地	発表年月	
日本化学会第4回関東支部大会	筑波	平成 22 年 8 月	

## &lt;学会発表&gt;\*4

発表者名	発表標題		
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		
学会名	開催地	発表年月	
第 62 回コロイドおよび界面化学討論会	岡山	平成 21 年 9 月	

## &lt;学会発表&gt;\*4

発表者名	発表標題		
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		

プロジェクト番号

学会名	開催地	発表年月
第 62 回コロイドおよび界面化学討論会	岡山	平成 21 年 9 月

## &lt;学会発表&gt;\*4

発表者名	発表標題	
野坂静香, 粕谷有造, 松村一成	自己組織化単分子膜上のリン脂質平面膜の形成過程に対する表面官能基の効果	
学会名	開催地	発表年月
第 62 回コロイドおよび界面化学討論会	岡山	平成 21 年 9 月

## &lt;学会発表&gt;\*4

発表者名	発表標題	
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	
学会名	開催地	発表年月
第 2 回 QCM 研究会セミナー	東京	平成 20 年 10 月

## &lt;学会発表&gt;\*5

発表者名	発表標題	
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	
学会名	開催地	発表年月
日本機械学会 2010 年度年次大会	名古屋	平成 22 年 9 月

## &lt;学会発表&gt;\*5

発表者名	発表標題	
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	
学会名	開催地	発表年月
日本機械学会関東支部第 16 期総会講演会	東京	平成 22 年 3 月

## &lt;学会発表&gt;\*5

発表者名	発表標題	
Naoto Kawasaki and Susumu Kudo	Visualization of Dynamic Protein Movement in Living Cells Using Photochromic Protein	
学会名	開催地	発表年月
The 3 <sup>rd</sup> South East Asian Technical University Consortium Symposium	Malaysia	平成 21 年 2 月

## &lt;学会発表&gt;\*6

発表者名	発表標題
------	------

プロジェクト番号

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		
学会名	開催地	発表年月	
第31回日本バイオマテリアル学会大会	京都	平成21年11月	

## &lt;学会発表&gt;\*6

発表者名	発表タイトル		
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		
学会名	開催地	発表年月	
第31回日本バイオマテリアル学会大会	東京	平成20年11月	

## &lt;学会発表&gt;\*7

発表者名	発表タイトル		
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		
学会名	開催地	発表年月	
日本生理人類学会第2回研究奨励発表会	東京	平成21年12月	

## &lt;学会発表&gt;\*7

発表者名	発表タイトル		
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		
学会名	開催地	発表年月	
第32回日本バイオレオロジー学会年会	群馬	平成21年6月	

## &lt;学会発表&gt;\*7

発表者名	発表タイトル		
Naoto KAWASAKI and Susumu KUDO	Measurement of Local Protein Dynamics in Living Cells Using Photochromic Fluorescent Protein,		
学会名	開催地	発表年月	
4 <sup>th</sup> Asian Pacific Conference on Biomechanics	New Zealand	平成21年4月	

## &lt;学会発表&gt;\*7

発表者名	発表タイトル		
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		
学会名	開催地	発表年月	
第20回バイオエンジニアリング講演会	札幌	平成21年1月	

## &lt;学会発表&gt;\*8

プロジェクト番号

発表者名	発表標題		
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		
学会名	開催地	発表年月	
生体医工学会シンポジウム 2009	千葉	平成 21 年 9 月	

## &lt;学会発表&gt; \* 10

発表者名	発表標題		
M. Shibata, T. Yamakoshi, K. Yamakoshi, T. Komeda	Observation of capillary flow in human skin during tissue compression using CCD video-microscopy		
学会名	開催地	発表年月	
32 <sup>th</sup> IEEE international Conference on EBM	Buenos Aires	平成 22 年 9 月	

## &lt;学会発表&gt; \* 10

発表者名	発表標題		
M. Shibata, N. Ohura, S. chioka	Oxygen consumption by arteriolar wall during enhancement and inhibition of nitric oxide synthesis		
学会名	開催地	発表年月	
World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering	Munich	平成 21 年 9 月	

## &lt;学会発表&gt; \* 10

発表者名	発表標題		
M. Shibata, N. Ohura N, S. Ichioka	Oxygen dynamics around arterioles in skeletal muscle		
学会名	開催地	発表年月	
5th International Conference on Clinical Hemorheology	St. Moritz	平成 21 年 7 月	

## &lt;学会発表&gt; \* 10

発表者名	発表標題		
M. Shibata, T. Yamakoshi, K. Yamakoshi	Oxygen consumption by vascular wall in skeletal muscle arterioles under physiological conditions		
学会名	開催地	発表年月	
8 <sup>th</sup> IEEE international Conference on BIBE	Athens	平成 21 年 10 月	

## &lt;学会発表&gt; \* 11

発表者名	発表標題		
Susumu KUDO, Shogo KURETOKO, Naoto KAWASAKI	Intercellular Ca <sup>2+</sup> Communication in Cultured Endothelial Cells in Response to Caged Compounds		
学会名	開催地	発表年月	
4 <sup>th</sup> Asian Pacific Conference on Biomechanics	New Zealand	平成 21 年 4 月	

プロジェクト番号

## &lt;学会発表&gt; \* 13

発表者名	発表標題		
Susumu Kudo, Yuri Shimamura, Tomoya Shimada, and Naoto Kawasaki,	Translocation of PKCalpha inResponse to Calcium Elevation Inside Endothelial Cells		
学会名	開催地	発表年月	
6 <sup>th</sup> World Congress of Biomechanics	Singapore	平成 22 年 8 月	

## &lt;学会発表&gt; \* 13

発表者名	発表標題		
島田知弥, 島村友理, 寺田麻理枝, 岡本諭, 高柳翔, <u>工藤奨</u>	Ca イオン応答伝播時における PKCalpha 局在の変化		
学会名	開催地	発表年月	
日本機械学会 2010 年度年次大会	名古屋	平成 22 年 9 月	

## &lt;学会発表&gt; \* 13

発表者名	発表標題		
島村友理, 岡本諭, 高柳翔, <u>工藤奨</u>	血管内皮細胞内 Ca <sup>2+</sup> 上昇時における PKCalpha 局在の変化		
学会名	開催地	発表年月	
日本機械学会関東支部第 16 期総会講演会	東京	平成 22 年 3 月	

## &lt;学会発表&gt; \* 14

発表者名	発表標題		
小林翔, 荒井雅貴, 糸井一真, <u>工藤奨</u>	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		
学会名	開催地	発表年月	
日本機械学会関東支部第 16 期総会講演会	東京	平成 22 年 3 月	

## &lt;学会発表&gt; \* 14

発表者名	発表標題		
青木健太郎 <u>工藤奨</u>	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		
学会名	開催地	発表年月	
日本生理人類学会第2回研究奨励発表会	東京	平成 20 年 12 月	

## &lt;学会発表&gt; \* 15

発表者名	発表標題		
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		
学会名	開催地	発表年月	

プロジェクト番号

電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会	東京	平成 22 年 5 月
-----------------------	----	-------------

## &lt;学会発表&gt; \* 15

発表者名	発表タイトル	
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ニング技術 2	
学会名	開催地	発表年月
2010 年春季第 57 回応用物理学関係連合講演会	神奈川	平成 22 年 3 月

## &lt;学会発表&gt; \* 15

発表者名	発表タイトル	
H. Takahashi, T. Ii, A. Irie, H. Muguruma	Protein patterning with selective adsorption on surface by partial plasma polymerization	
学会名	開催地	発表年月
The 3rd International Conference on Plasma-Nanotechnology & Science	Japan	平成 22 年 3 月

## &lt;学会発表&gt; \* 15

発表者名	発表タイトル	
H. Takahashi, H. Muguruma	Partial treatment by organic plasma for protein patterning	
学会名	開催地	発表年月
7th International Workshop on "Microwave Discharges: Fundamentals and Applications	Japan	平成 21 年 9 月

## &lt;学会発表&gt; \* 15

発表者名	発表タイトル	
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ニング技術	
学会名	開催地	発表年月
生体医工学シンポジウム 2009	千葉	平成 21 年 9 月

## &lt;学会発表&gt; \* 15

発表者名	発表タイトル	
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ニング技術	
学会名	開催地	発表年月
2009 年電気化学会秋季大会, 第 48 回化学センサ研究会	東京	平成 21 年 9 月

## &lt;学会発表&gt; \* 15

発表者名	発表タイトル	
高橋勇人, 伊井敬弘, 入江亮,	局所的プラズマ処理を用いるプロテインパターニング技	

プロジェクト番号

六車仁志	術		
学会名	開催地	発表年月	
2009 年秋季 第 70 回応用物理学会学術講演会	富山	平成 21 年 9 月	

## &lt;学会発表&gt; \* 15

発表者名	発表標題		
H. Takahashi, T. Kimbara, M. Yoshizawa, H. Muguruma	Protein Patterning Technique with Plasma Process		
学会名	開催地	発表年月	
Fifth International conference on Molecular Electronics and Bioelectronics(M&BE5),	Japan	平成 21 年 3 月	

## &lt;学会発表&gt; \* 15

発表者名	発表標題		
H. Takahashi, T. Kimbara, H. Muguruma	Protein Patterning Technique with Nanomaterials and Plasma Process		
学会名	開催地	発表年月	
International Symposium on Surface Sciences and Nanotechnology (ISSS-5)	Japan	平成 20 年 11 月	

## &lt;学会発表&gt; \* 15

発表者名	発表標題		
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		
学会名	開催地	発表年月	
2009 年春季 第 56 回応用物理学関係連合講演会	茨城	平成 21 年 3 月	

## &lt;学会発表&gt; \* 15

発表者名	発表標題		
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		
学会名	開催地	発表年月	
日本化学会第 89 春季年会	千葉	平成 21 年 3 月	

## &lt;学会発表&gt; \* 16

発表者名	発表標題		
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		
学会名	開催地	発表年月	
2010 年光化学討論会	千葉	平成 22 年 9 月	

## &lt;学会発表&gt; \* 16

発表者名	発表標題		
------	------	--	--

プロジェクト番号

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		
学会名	開催地	発表年月	
日本化学会 第4回関東支部大会	筑波	平成22年8月	

## &lt;学会発表&gt; \* 17

発表者名	発表タイトル		
Kasuya, Y.; <u>Matsumura, K.</u>	Preparation, Characterization and Application of Surface-Immobilized Liposomes as Nanosized Mimics of Cells		
学会名	開催地	発表年月	
1st Russian-Japanese Young Scientists Conference on Nanomaterials and Nanotechnology	Moscow	平成20年10月	

## &lt;学会発表&gt; \* 20

発表者名	発表タイトル		
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」		
学会名	開催地	発表年月	
2009年秋季 第70回応用物理学会学術講演会	富山	平成21年9月	

## &lt;学会発表&gt; \* 21

発表者名	発表タイトル		
T. Hoshino, <u>H. Muguruma</u>	Incorporation of redox mediator into Carbon Nanotube Reinforce by Plasma-polymerized Film: Low Potential Detection of NADH		
学会名	開催地	発表年月	
The 7 <sup>th</sup> Asian Conference on Electrochemistry	Japan	平成22年5月	

## &lt;学会発表&gt; \* 21

発表者名	発表タイトル		
星野達也, 井上貴博, <u>六車仁志</u>	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,		
学会名	開催地	発表年月	
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	平成22年9月	

## &lt;学会発表&gt; \* 21

発表者名	発表タイトル		
星野達也, <u>六車仁志</u>	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		
学会名	開催地	発表年月	

プロジェクト番号

電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会	東京	平成 22 年 5 月
-----------------------	----	-------------

## &lt;学会発表&gt; \* 21

発表者名	発表タイトル		
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		
学会名	開催地	発表年月	
2010 年春季第 57 回応用物理学関係連合講演会	神奈川	平成 22 年 3 月	

## &lt;学会発表&gt; \* 21

発表者名	発表タイトル		
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		
学会名	開催地	発表年月	
第 29 回表面科学講演大会	東京	平成 21 年 10 月	

## &lt;学会発表&gt; \* 21

発表者名	発表タイトル		
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		
学会名	開催地	発表年月	
2009 年電気化学会秋季大会, 第 48 回化学センサ研究会	東京	平成 21 年 9 月	

## &lt;学会発表&gt; \* 21

発表者名	発表タイトル		
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		
学会名	開催地	発表年月	
2009 年電気化学会秋季大会, 第 48 回化学センサ研究会	東京	平成 21 年 9 月	

## &lt;学会発表&gt; \* 21

発表者名	発表タイトル		
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		
学会名	開催地	発表年月	
2009 年電気化学会秋季大会, 第 48 回化学センサ研究会	東京	平成 21 年 9 月	

## &lt;学会発表&gt; \* 21

発表者名	発表タイトル
------	--------

プロジェクト番号

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		
学会名	開催地	発表年月	
2009年秋季 第70回応用物理学会学術講演会	富山	平成21年9月	

## &lt;学会発表&gt; \* 21

発表者名	発表標題		
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		
学会名	開催地	発表年月	
2009年秋季 第70回応用物理学会学術講演会	富山	平成21年9月	

## &lt;学会発表&gt; \* 21

発表者名	発表標題		
Y. Matsui, T. Hoshino, M. Yoshizawa, H. Muguruma,	Direct growth of carbon nanotube onto substrate for amperometric biosensor application		
学会名	開催地	発表年月	
Fifth International conference on Molecular Electronics and Bioelectronics(M&BE5)	Japan	平成21年3月	

## &lt;学会発表&gt; \* 21

発表者名	発表標題		
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		
学会名	開催地	発表年月	
第48回日本生体医工学会大会	東京	平成21年4月	

## &lt;学会発表&gt; \* 21

発表者名	発表標題		
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		
学会名	開催地	発表年月	
2009年春季 第56回応用物理学関係連合講演会	茨城	平成21年3月	

## &lt;学会発表&gt; \* 21

発表者名	発表標題		
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		
学会名	開催地	発表年月	
2009年春季 第56回応用物理学関係連合講演会	茨城	平成21年3月	

プロジェクト番号

## &lt;学会発表&gt; \* 21

発表者名	発表タイトル		
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		
学会名	開催地	発表年月	
日本化学会第 89 春季年会	千葉	平成 21 年 3 月	

## &lt;学会発表&gt; \* 21

発表者名	発表タイトル		
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		
学会名	開催地	発表年月	
電子情報通信学会有機エレクトロニクス研究会	東京	平成 20 年 12 月	

## &lt;学会発表&gt; \* 21

発表者名	発表タイトル		
Y. Matsui, T. Hoshino, M. Yoshizawa, H. Muguruma	Chemical and Biochemical Sensor with Carbon Nanotube and Plasma-polymerized Film		
学会名	開催地	発表年月	
International Symposium on Surface Sciences and Nanotechnology (ISSS-5)	Japan	平成 20 年 11 月	

## &lt;学会発表&gt; \* 21

発表者名	発表タイトル		
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		
学会名	開催地	発表年月	
第 28 回表面科学講演大会	東京	平成 20 年 11 月	

## &lt;学会発表&gt; \* 22

発表者名	発表タイトル		
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		
学会名	開催地	発表年月	
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	平成 21 年 5 月	

## &lt;学会発表&gt;

発表者名	発表タイトル		
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		

プロジェクト番号

学会名	開催地	発表年月
日本機械学会 2010 年度年次大会	名古屋	平成 22 年 9 月

## &lt;学会発表&gt;

発表者名	発表タイトル	
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	
学会名	開催地	発表年月
日本生理人類学会)第 60 回大会	札幌	平成 21 年 6 月

## &lt;学会発表&gt;

発表者名	発表タイトル	
Susumu Kudo, Yuuki Sakaguchi, and Kamariah Binti Md Isa	The Effect of Body temperature on the Hunting Response of the Finger Skin Blood Flow	
学会名	開催地	発表年月
The 3 <sup>rd</sup> South East Asian Technical University Consortium Symposium	Malaysia	平成 21 年 2 月

## &lt;学会発表&gt;

発表者名	発表タイトル	
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	
学会名	開催地	発表年月
日本生理人類学会第2回研究奨励発表会	東京	平成 20 年 12 月

発表者名	発表タイトル	
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	
学会名	開催地	発表年月
日本化学会第 90 春季年会	大阪	平成 22 年 9 月

発表者名	発表タイトル	
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	
学会名	開催地	発表年月
第 58 回高分子討論会	熊本	平成 21 年 9 月

## &lt;研究成果の公開状況&gt;(上記以外)

プロジェクト番号

## 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。

## &lt;既に実施しているもの&gt;

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: 芝浦工業大学先端工学研究機構

共催:

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 SIT 総合研究所

2011年3月8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

2011年12月3日

SIT 総合研究所シンポジウム

主催: 芝浦工業大学 SIT 総合研究所

## &lt;これから実施する予定のもの&gt;

2012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

プロジェクト番号	
----------	--

#### 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

## 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

## &lt;「選定時」に付された留意事項&gt;

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。

## &lt;「選定時」に付された留意事項への対応&gt;

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。

## &lt;「中間評価時」に付された留意事項&gt;

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

## 総合所見

◎さまざまな応用展開が計画されているが、現状での問題点が的確に把握されているようであり、その克服に努力され、応用展開につなげられたい。

◎4つの階層毎の研究となっているが、全体の中での重点の置き方を工夫することにより、最終報告で個別研究の成果が並ぶだけでなく、重点を置いた研究でインパクトのアル成果として主張できるものを複数出せるように研究体制を工夫してほしい。

## &lt;「中間評価時」に付された留意事項への対応&gt;

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。

プロジェクト番号

**研究組織について**

次年度 RA を 3 名新たに申請し, 若手研究者の育成に努める予定である.

**研究施設・設備について**

本プロジェクトで購入した機器を今後も有効に活用する計画である.

**研究プロジェクトの進捗状況・研究成果などについて**

最終年度に向けて海外の一流雑誌へ投稿できるように準備を進めている. また, 応用展開については, 必ずしも順調でないのが現状であり, 最終年度に向けて特許申請などを視野にいれて研究を進めていきたい.

**総合所見**

in vitro での血管内皮細胞の遊走促進の解析から in vivo での血管新生など研究グループ内での重点を血液循環器系へシフトした研究体制を構築している.



## 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	ライフサポートテクノロジー研究センター		
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

本研究では超高齢社会を見据えて、老化による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。さらに、発生した機能不全を回復させる、あるいは維持する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ことを目的とする。これにより、高齢者のQOL(Quality of Life)の向上を図ることができ、年齢を重ねても元気で活動的に社会活動に参加可能な高齢者を輩出し、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。具体的には以下を行う。

1. 個体と細胞レベルの老化による退行性変化の解明と老化遺伝子発現との関連性を詳細に検討し、ゲノム DNA 構造の変化を明らかにして相互の関連性を検討する。
2. 血流に代表される生体機能の変化とその支援装置開発手法について、再生医療も視野に入れて関連性を明らかにする。
3. 失われた機能の代行デバイス開発及び退行部位の人工組織の構築手法を開発する。
4. 神経再生を考慮した動物での実験及び評価を実施し、ヒトでの訓練手法の開発を目指す。また、動的刺激による機能回復装置の開発と動物実験を行う。
5. ヒトの歩行を科学的な根拠に基づいて支援可能な補助装置の開発を行う。

### 3 研究プロジェクトの進捗及び成果の概要

当初の目的にしたがって研究が進捗している。

退行性変化に関する基礎研究として、退行性変化と神経細胞傷害との関連についてレセプターの働きを含めた研究を行うとともに、脳神経の退行性変化の解明とその防御についても実施している。防御については薬学的な見地から研究を実施しており、ビタミンEの活性について研究を進めている。

退行性変化を支援する装置の開発としては、空気圧人工筋を用いた免荷式歩行訓練システムの開発、パワーアシストユニットシステムの開発、動力アシスト付き歩行支援機の開発等さまざまな支援機器を設計・試作している。これらの中では、空気圧人工筋を用いた従来にはない訓練装置の試作が完了し、現在訓練方法について実験的に検討を行っている。これが完成すると、本プロジェクトの大きな成果として期待される。

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。

プロジェクト番号

S0901012

**平成 21 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 先端工学研究機構4 プロジェクト所在地 〒337-8570 埼玉県さいたま市見沼区深作 3075 研究プロジェクト名 ライフサポートテクノロジー研究センター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
浦野四郎	システム理工学部・教授	退行性変化に関する薬学的研究	退行性変化因子の解明
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解明
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カアシスト研究	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

プロジェクト番号

S0901012

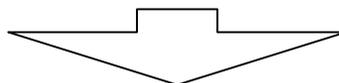
(共同研究機関等) 市岡 滋	埼玉医科大学・教授	血管再生に関する研究	組織再生の基礎検討
新海 正	東京都老人研究所・研究員	老化とホルモンの関連研究	老化による認知症発生機所解明
中澤公孝	東京大学・教授	水中歩行訓練機の開発	歩行に対する神経反射の計測
高橋良至	東洋大学・准教授	高齢者運転機能の計測評価研究	高齢者のマクロ的な機能解明

## &lt;研究者の変更状況(研究代表者を含む)&gt;

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	システム理工学部 生命科学科・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
	システム理工学部 生命科学科・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(※ 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している。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、工学部応用化学科の教員が参加して組織する。研究代表者は研究全体の統括を行っており、各研究者の研究状況や共同プロジェクトの推進を行っている。各研究者には個別テーマが与えられており、毎年その成果を報告

書の形で提出するとともに、適宜必要に応じて打ち合わせを行っている。また、研究者、大学院生、PDによる合同研究発表会を定期的実施している。

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。これらの外部共同研究者とは、個別テーマごとにできるだけ頻繁に研究打ち合わせを実施している。

尚、2011年3月でメンバーであった馬場敦教授が退職し、人工臓器そのものの研究者が不在となったが、新たに採用された壁井信行教授がアドバイザーとして加わることで研究を継続している。

### (3) 研究施設・設備等

本学先端工学研究機構棟に約500平米の部屋を確保し、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っている。この部屋には大学院生、PDを含めて常時10名～15名が使用している。また、設備については従来から保有していた超音波診断装置や生体運動機能計測システムを継続して使用している。超音波診断装置はピーク時には連日10時間以上使用するが、平均すると週に10時間程度の使用状況である。生体運動機能計測システムは、一度の計測に時間がかかるため、ほぼ毎日約4時間使用されている。昨年度には、脳機能の計測が可能な光トポグラフィ装置を設備として購入した。今後多くの研究との結びつきが考えられ、共同で利用していく。現状でもほぼ毎日使用されており、今後の研究発展の鍵になるものと考えられる。

### (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>

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、達成度としては現段階では十分と考える。今後は、基礎的な研究成果を機器開発にいかにより有効に取り入れていくかを考慮した上で、研究者間のコミュニケーションをさらに取り入れて研究を進めることで、いっそうの成果を生み出すように努力する。

具体的には、以下の成果が得られている。

#### 1) 脳神経の退行性変化解明とその防御

アルツハイマー病患者に見られる酸化ストレス傷害のモデルとして、高濃度酸素を負荷した若齢ラットが、正常飼育した老齢ラットと同じ様に、認識機能低下を示し、コルチコステロンの分泌が亢進することを明らかにしてきた。この分泌異常は、分泌に関与する視床下部一下垂体-副腎皮質(H-P-A)軸が異常に更新し、コルチコステロン遊離ホルモン(CRH)や副腎皮質刺激ホルモン(ACTH)の分泌が大きく亢進し、神経細胞死を誘発することを明らかにしてきた。この事はアルツハイマー病に認められる事象と一致しており、酸化ストレスと老化に伴って、長期で慢性的な酸化ストレスによって脳神経系の傷害と共に、ホルモン分泌機能システムが障害されることが示唆される。また、退行性変化の一因と考えられる酸化ストレスが神経細胞へ及ぼす影響について検討した。形態的变化を実体顕微鏡や蛍光染色にて確認した後、ウェスタンブロット法を用いて神経突起に特異的に存在するタンパク質の変性の可能性について検討を行った。これらの生命科学現象の解明については、当初の計画通りに進行しており、今後は、シナプス小胞とシナプス前膜との膜融合の変化を詳細に調べる。特にドッキングタンパク質であるSNAREタンパク質の変化を中心に検討するため準備を行っており、前段階として、酸化ストレスによるSNAREタンパク質の酸化変性が顕著であり、神経末

端のドッキング、および膜融合が機能しないことまでを現在までに明らかにしている。

## 2) 空気圧人工筋を用いた免荷式歩行訓練システムの開発

脊髄損傷者や脳梗塞片麻痺者のニューロリハビリテーションに適用できる免荷歩行訓練システムの開発を行っている。本システムの特徴は、Mckibben 型空気圧人工筋を、ヒトの下肢筋群と同様に配置して下肢装具へ取り付けしたことにより、ヒトの下肢筋と空気圧人工筋を一対一で対応させることができる点である。これは筋に関係なく関節を駆動させるモータでは実現することができない。これにより、例えば屈筋の運動機能が弱く、伸筋はある程度機能しているような不全麻痺者に対し、運動機能の低下している屈筋のみ補助し、随意運動可能な伸筋は補助しないといった患者に合わせた選択的な歩行訓練が行えるようになる。

二関節筋モデルの特徴として、起始から停止までの距離が長くなるので、モーメントアーム長が長くなり関節トルクを大きくすることができる。また、1本の二関節筋でふたつの関節を動作させることができる。これは、ロボットアームのように関節ひとつにつき動力がひとつ必要である従来の機械工学にはない考え方である。本装置の設計・試作が完了し、平成23年度より訓練方法の開発と制御システムの構築を行っている。研究の進捗状況としては、ほぼ予定通りであるが、今後神経反射系を含めた訓練プログラムを制御系でどのようにくんでいくかが、ニューロリハビリテーション装置としての真価が問われるため、一層研究を強化していく。

## 3) モビルスーツ型全身動作補助機による歩行時の脳循環

腕や足を固定式せず体格差に容易に対応でき、使用中に自由に移動可能で、手軽に利用可能な作業・歩行補助支援装置の開発を進めている。上肢および下肢、起立補助ユニットを適宜使用者に応じて組み合わせ、様々な用途に使用できるものとする。本装置を用いて、高齢者の歩行を促進し、段差やスロープなども移動可能な「次世代ビークル」、歩行困難者の「ニューロリハビリテーション用訓練機」としての活用を検討し、その効果を確認している。効果の確認方法の一つとして、健常男性を対象に開発した下肢補助ユニットを使用し、歩行中の脳血流変化を光トポグラフィにて計測した。その結果、左右対称的な脳血流の変化がみられたことから、適切な歩行支援が行われている可能性が示唆された。この成果についても、今後の訓練プログラムにどのように活用していくかを今後検討することで特色のある装置としていく予定である。

## 4) 生体負荷時の血流観察装置の開発

生体へ圧迫やせん断等の機械的負荷を加えた時の血流の様子をマイクロに観察可能な装置を開発し、圧迫とせん断による血流及び赤血球の挙動を観察した。この成果は将来的には再生医療や褥瘡予防手法の開発につながる基礎となる。今後は、定量的な解析を実施し、さらに詳細な解析を行う。

### <特に優れた研究成果>

支援機器開発では、前述のように空気圧人工筋を用いたエア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有するとともに、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される。本格的な訓練プログラム開発は今後の課題であるが、そのためのプラットフォームが完成された。

## &lt;問題点とその克服方法&gt;

前述のように、基礎的な研究成果を機器開発にいかにも有効に取り入れていくかが今後の課題である。このために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良くして克服していく予定である。

## &lt;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。)&gt;

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。

## &lt;今後の研究方針&gt;

現状の計画に沿って研究が進展するよう一層の努力をする。また、プロジェクト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目指していく。

## &lt;今後期待される研究成果&gt;

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序解明・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。

## &lt;プロジェクトの評価体制(自己評価・外部評価を含む。)&gt;

自己評価については、毎年2回の報告書作成時に各メンバーが実施している。また、メンバー相互の話し合いの中での評価が日常的に実施されている。

客観評価については、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) 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。

## &lt;雑誌論文&gt;

著者名	論文標題			
Koji Fukui, Shiro Urano, Tasyuro Koike	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
Neuroscience Letters	有	Vol. 456	平成 21 年	64-68

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	Vol. 47	平成 22 年	224-232

著者名	論文標題			
Cuiping CHI; Hayashi D, Nemoto M, Nyui M, Urano S, Anzai S	Vitamin E-deficiency did not exacerbate partial skin reactions in mice locally irradiated with x-ray			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
<i>Journal Radiation Research</i>	有	Vol. 52	平成 22 年	32-38

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	Vol. 45	平成 23 年	681-691

著者名	論文標題			
Arai M, Saito M, Takatsu M, Fukui K, Urano S	Dysfunction of the Fusion of Pre-Synaptic Plasma Membranes and Synaptic Vesicles Caused by Oxidative Stress, 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 Alzheimer's Disease</i>	有		平成 23 年	印刷中

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	平成 22 年	175-180
著者名	論文標題			

プロジェクト番号

S0901012

Tasuku Miyoshi, Tomohiko Kihara, Hiroyuki Koyama, Shin-Ichiro Yamamoto, Takashi Komeda	Automatic detection method of muscle fiber movement as revealed by ultrasound images			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Medical Engineering & Physics	有	Vol. 31	平成 21 年	558-564

著者名	論文標題			
Hirokazu Yusa, Eiichirou Tanaka, Tadaaki Ikehara, Kazuhisa Ito, Shozo Saegusa, Kenichi Hashimoto, Yusuke Sato and Louis Yuge	Development of a Walking Assistance Apparatus using a Spatial Parallel Link Mechanism and Evaluation of Muscle Activity			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
IEEE Ro-Man 2010	有		平成 22 年	CDROM

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	Vol. 77	平成 23 年	1119-1132

<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		
Y. Shibata, S. Yamamoto et. al.	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	アルゼンチン	平成 22 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>

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るため、本センターメンバーもこれに積極的に参加し、成果を公表していく。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(本年度は12月3日予定)。

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。



プロジェクト番号

## 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、微生物マイクロフローの制御・利用に関し、環境保全の観点から①微生物叢の動態、②生態系中の物質の流れ、③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2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エタン・エチレン資化性菌について、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 $\alpha$ ヘリックスを削除した変異酵素を発現するプラスミドの構築を行った。



プロジェクト番号

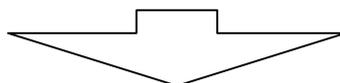
アウングココ オオー	マンダレー工科大学講師	農業生物の遺伝解析	窒素固定能とアンモニア生成能の解析
------------	-------------	-----------	-------------------

&lt;研究者の変更状況(研究代表者を含む)&gt;

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23年12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
	ポスドク研究員	鈴木敏弘	生態系の遺伝子解析

## 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ャを合目的的に制御する技術は確立されていない。そこで、微生物コンソーシャをエネルギー・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、微生物マイクロフローの制御・利用に関し、環境保全の観点から①微生物叢の動態、②生態系中の物質の流れ、③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布施教授、大森教授、岩田助教が主に個々の研究課題を推進し、全体を代表者正留教授が統括する形となっている。外国人研究者は昨年度と本年度に来日し、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。また、学内研究者が、ベトナム、ミャンマー、マレーシアを訪問して、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・大学院生・卒論生の他に、重点的な研究活動については派遣職員・非常勤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200m<sup>2</sup>)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・派遣職員および関連研究の大学院生・卒論研究生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2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の遺伝子の解析を目指してきた。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いる。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については、クローニングがうまくいかずに手間取ったが、PCR *in vitro* Cloning 法等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。

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。また、セルロース酸化性の窒素固定菌 V1 と OM1 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。

ダイオキシン分解能を持つカルバゾール酸化性菌について、*Pseudomonas resinovorans* CA10 株のカルバゾール分解系のメタ開裂酵素 CarBaBb を酵素機能の解明と機能向上のモデルとして、そのラージサブユニット CarBb の安定化条件の検討、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、CA10 株の CarBa の6~8番目の  $\alpha$  ヘリックスを削除した変異酵素 (CarBa<sub>d6-8</sub>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。

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調節遺伝子が破壊され、かつ分解系の遺伝子量が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壌にこの株の適用を試みた。方法は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ほとんど見られなかった。原因はベトナムのダイオキシン汚染土壌の pH が 5 以下であ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ー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の存在が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。

窒素固定菌がアンモニアをグルコースから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に窒素固定菌が生育してアンモニアを生成する菌株を得る必要がある。そのため、今後も窒素固定菌でセルロースを利用できる菌株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ラージサブユニットのみで発現させると酵素活性が安定しないため、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続ける。

#### <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。)>

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・エチレン資化性の新規分離株の分類学的検討を進めていくと共に、炭化水素分解系の遺伝子、特に膜結合型メタンモノオキシゲナーゼ類縁遺伝子の検索と解析を更に進める。さらに、プロピレン資化性菌や他の炭化水素資化性菌についても分類学的及びその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。

CA10 株由来の変異酵素 CarBa<sub>d6-8</sub>Bb の発現条件、精製条件を決定し、CarBa<sub>d6-8</sub>Bb の結晶化条件の検討を行う。X線結晶構造解析にて CarBa<sub>d6-8</sub>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、来年度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)

\* **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*. (in press)

\* **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)

\* **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)

**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)

**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)

**Nagashima H., Zulkharnain AB., Maeda R., Fuse H., Iwata K. and Omori T.** Cloning and nucleotide sequences of carbazole degradation genes from marine bacterium *Neptuniibacter* sp. strain CAR-SF. *Curr Microbiol.* 61(1) 50-6 (2010)

<図書>

<学会発表>

\* **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

\* **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

プロジェクト番号

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

\* 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

Zulkharnain A., Iwata K. and Omori T. Functional analyses of non-catalytic subunit CarBa in extradiol dioxygenase CarBaBb from *Pseudomonas resinovorans* CA10. *The 4th South East Asian Technical University Consortium (SEATUC) Symposium*, Shibaura Institute of Technology. Tokyo Japan, 25-26 February 2010

Ito Y., Maeda R., Zulkharnain A., Iwata K. and Omori T. Nucleotide sequence analyses of xenobiotic degrading genes from new marine carbazole degrader strain OC6S. *The 4th South East Asian Technical University Consortium (SEATUC) Symposium*, Shibaura Institute of Technology. Tokyo Japan, 25-26 February 2010

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」

プロジェクト番号	
----------	--

2010 芝浦ハツケン展(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。



プロジェクト番号

## 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

**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 3-7-55 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 16 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	材料工・教授	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	材料工・教授	高温超伝導体の物性評価	高性能マグネット作製の基礎
中山 千秋	大学院教授	バルク超伝導体のプロセス	高性能マグネット材料の提供
(共同研究機関等) 和泉 充	東京海洋 大学・教授	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
長嶋 賢	鉄道総研	バルク超伝導体の浮上応用	本システムの応用検討

&lt;研究者の変更状況(研究代表者を含む)&gt;

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

## (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試作をおこなっている。

今後の計画として、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。

## (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。

## (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 200 m<sup>2</sup>

先端工学研究機構 所在地 埼玉県大宮市 使用総面積 300 m<sup>2</sup>

## 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 6000 万円

## (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。

## &lt; 現在までの進捗状況及び達成度 &gt;

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、バルク超電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。

## &lt; 特に優れた研究成果 &gt;

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

プロジェクト番号

## &lt;問題点とその克服方法&gt;

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。

## &lt;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。)&gt;

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、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。さらに、鉄系形状記憶合金リングで補強した「バルク超伝導体」特開 2011-138823, 2011年7月14日)の出願もしている。

## &lt;今後の研究方針&gt;

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。

## &lt;今後期待される研究成果&gt;

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。

## &lt;プロジェクトの評価体制(自己評価・外部評価を含む。)&gt;

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

<レフェリー付論文>

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<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7- $\delta$</sub>  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 Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Buffer Layer on the Magnetic Properties of Melt-Processed YBCO 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<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-d</sub> superconductor bulk grown by the additions of two Nd<sub>2</sub>BaCuO<sub>5</sub> 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).

<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>

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  
花開く超電導

▼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、高温超電導材料を使い、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

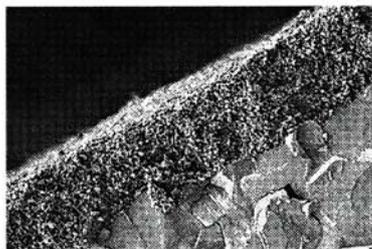


る実験では高い治療効果を確認しており、できるだけ

ブタの軟骨再生実験の様子。右側の筒が強力な永久磁石（広島大学提供）

1970年代後半、超電導材料は液体ヘリウムで同4・2度に冷やす磁気共鳴画像装置（MRI）に応用され、医療分野に診断機器としてデビューした。広大と芝浦工大は今、冷却の負担が少ない高温超電導材料を擁し、世界に先駆けて治療機器に進化させようとしている。

日経産業新聞 2010年11月10日



成膜した薄膜の電子顕微鏡写真(上側が超電導薄膜)

### 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

芝浦工業大学の村上雅人教授と中山千秋教授ら

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より100倍の速さで

を分散したエーロゾルをアルミナ基板に吹き付けるところ、30分以内に5枚の角に厚さ約2ミリの薄膜ができた。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。現在、超電導薄膜は主に

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。送電ケーブルの直径約1センチ(約10万分の1)の微粒子

に真空装置の中で作る。取りだした後で熱処理する時間もかかる。今回、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。

プロジェクト番号

## 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、事業化を目指して推進する予定である。

## 15 「選定時」に付された留意事項とそれへの対応

## &lt;「選定時」に付された留意事項&gt;

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。

## &lt;「選定時」に付された留意事項への対応&gt;

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、平成 22 年度外部評価委員による評価を実施した。

プロジェクト番号

## 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**デバイスを創出し、統合することで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。

平成23年度は、**(テーマ1)**においては、**PBWによるものづくり基盤技術の開発**の一貫として、研究の機軸となる**PBW装置開発**の5年間の装置開発計画を具体化し、エンドステーション改造に着手する。また、**陽子線によるナノ空間反応性の研究**のため、実装における基幹材料であるポリイミドの反応性を明らかにする。**(テーマ2)**においては、**機能発現するPBW用材料探索**に重点的に取り組む。また、**三次元柔構造プロセスとデバイス試作**への取り組みを開始し、**超実装工学の先導的研究**の今後の取り組みの計画を具体化する。

### 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**の開発のため、陽子線照射下での加工対象物のモニタリング法をTIARA装置(原子力機構)にて開発し、**イオン誘起蛍光**によるモニタリングの可能性を示した。また**PBW装置開発**のため現有PBW専用装置(本学)を基盤とし**高度化・安定化**のため5ヵ年にわたる計画を策定した。1年目の取り組みとして、ビーム加工の高度化を狙いとして、ステージ走査の多軸化に着手した。**陽子線によるナノ空間反応性の研究**にてポリイミドの陽子線誘起反応性において新たにネガ型反応性による微細加工の可能性を提示した。

**(テーマ2)**では**機能発現するPBW用材料探索**に向け、ポリ乳酸、テフロン、ポリイミド、シリコーン樹脂等の微細加工、改質効果を示し、フレキシブルな**三次元柔構造**体の応用を検討した。**三次元柔構造作製プロセスとデバイス試作**のためPBWにより加工したPMMAを母型として、ポリイミド上のCu配線形成のプロセスを実現した。また**PMMA光ファイバ端部に局所加工**を行う技術を検討し、光ファイバ型センサ作成に向けたプロセスを開発した。微生物捕集デバイスの**三次元柔構造化**を狙いとしてソフトリソグラフィを導入した。**超実装工学の先導的研究**にて「超実装」の概念実証モデル・プロセス構築のため、機能材料の探索指針を検討した。

プロジェクト番号

**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	PBW によるものづくり基盤技術
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
(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
林 秀臣	エコデザイン推進機構	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

## &lt;研究者の変更状況(研究代表者を含む)&gt;

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

## (1) 研究プロジェクトの目的・意義及び計画の概要

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**をもつ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む。伝統的な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。

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、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、統合することで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。

具体的には、以下の2テーマを設定し、下記の通り取り組む。

〈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 H23-27 年度継続的に改良し、キャピラリー集束を含む挑戦的課題に取り組み、「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の開発**を行う。H25 年度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み、「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

**先端工学研究機構** 所在地 埼玉県さいたま市見沼区 使用総面積 100 m<sup>2</sup>

**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。

## (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)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

研究計画の機軸となる集束陽子線描画技術は、本研究プロジェクトの要として基礎から応用に至るまでの研究のあらゆるフェーズに適応した装置技術の進化が要求される。本年度

は、研究計画の全体を見越して、精密加工レベルのビーム安定化とその実現のためのその場計測技術から、大気ビーム取り出し技術、**三次元柔構造**デバイス実現のためのビーム描画技術の高度化に至るまでの装置開発計画の検討に着手した。その一環として、原子力機構のグループは、**イオン誘起発光のその場測定**により、従来の二次電子および X 線検出に加えて、その有用性を明らかにした。また、芝浦工大に設置されている **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、真空照射ステージを XY2 軸から、XYZ θ 4 軸化へと多軸化を行った。描画ソフトウェア開発により、ステージを多軸で駆動し、基板への斜め照射等、多様な**三次元柔構造体**の形成法を開発する。エレクトロニクス実装の基幹材料であるポリイミドのポジ型反応性に加えて、新たに陽子線描画で誘起されるネガ型反応性を見出した。

### (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

**ポリ乳酸、テフロン**の PBW による直接加工性を見出した。ポリ乳酸は優れた生体適合性やグリーンプラスチックとしての特性を有する。現在、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およびプロセスに関する検討を行っている。テフロンはその優れた化学的、機械的特性から、**インプリントリソグラフィ**用のモールド、マイクロ部品等として、MEMS 分野等への応用可能性が拓けると考えられる。また、ポリイミド上の Cu 電鍍プロセスにより、高アスペクト比、フレキシブル配線技術の検討が進み、**フレキシブルな高密度 Cu 配線**の可能性が示されている。これにより、**三次元柔構造**における導体のパターンニング技術を確立することができる。

無機材料として非鉛系の**ピスマス系強誘電体薄膜**の加工についてもプロトンビーム照射量等の加工性に及ぼす影響について詳細な検討を行っている。また単結晶**ダイヤモンド**(バルク)についても、PBW による局所のグラファイト化の機構と加工応用について調べた。今後はダイヤモンドコーティングされた樹脂等、**三次元柔構造**に適合した複合材料への照射効果を検討する。

デバイス応用面では、微生物などの微粒子操作を目的とした誘電泳動デバイスの**三次元柔構造**デバイス化を目指して、PBW により作製した樹脂母型もしくは電鍍により作製した金型およびを利用した**インプリントリソグラフィ**および**ソフトリソグラフィ**を用い、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でいる。

また、超実装工学の推進においては、上記の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**」をスローガンに概念構築に取り組んでいる。その基本的なアイデアは、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するため、優れた機能を有する多様な材料群に、PBW を中心とする精密微細加工プロセス技術で横串を通し、**三次元柔構造**を中心に据えたコンセプトモデルを構築、実証することを念頭に取り組んでいる。

#### <特に優れた研究成果>

新たに PBW 加工に取り組んだ**テフロン樹脂**において、**直接エッチング加工**が可能なことを見出した。これは、現像液を介さず、ドライプロセスにより樹脂を加工できることを意味する。同様の加工性は**ポリ乳酸**でも見られることから、直接エッチングの機構を解明し、直接エッチングが可能な材料系の範囲を拓げる。また、**エンジニアリングプラスチック**の典型であるポリイミドの加工性で新たにネガ型の反応性(照射部位が現像液に不溶となる)を見出し、その機構を明らかにしたことで、**エレクトロニクス実装分野**への適用可能性が拓かれた。

#### <問題点とその克服方法>

現在、エレクトロニクス配線用の**金属(導体)**とフレキシブル基材となる**樹脂(絶縁体)**の組み合わせにより、受動的な機能素子形成の探索の方向性が見通しが得られた。また、導光についても PBW 照射による PMMA、ポリイミド等の改質技術による光導波路形成の見通しが得られ

た。今後、電氣的、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、キャリア制御が可能な半導体、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。

<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。)>

ポリ乳酸およびテフロンなどの新規材料への加工性の調査を系統的に行い、これらを利用した**バイオ、MEMS 分野**での知財化を行う。

<今後の研究方針>

本年度のポリイミド、ポリ乳酸、テフロンなどの新規材料への新たな取り組みから、これまでPBW による加工に関する研究が取り込まれていない、高機能かつ多様な材料群への加工性を明らかにすることの有効性を確認することができた。この方針に沿って**新規な材料のスクリーニング**を効果的に行うべく、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、デバイスへの応用が加速すると思われる。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**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。

<今後期待される研究成果>

直近では、フレキシブル実装への適用に向けて、ポリイミド上の高密度配線と三次元実装への適用が成果として期待される。すでにフレキシブルプリント基板上への Cu 配線の可能性は示されており、現在、ポリイミドへの貫通孔の形成も可能となった。この貫通孔を介した埋め込み配線の可能性と三次元実装への応用可能性を探索する。

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

13 研究発表の状況(研究論文等公表状況。印刷中も含む。)

(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>(査読あり)

\* (1) Y. Tanabe, H. Nishikawa, Y. Seki, T. Satoh, Y. Ishii, T. Kamiya, T. Watanabe and A. Sekiguchi, Electroforming of Ni mold for imprint lithography using high-aspect-ratio PMMA microstructures fabricated by proton beam writing, Microelectronic Engineering, Volume 88, Issue 8, (August 2011), pp.2145-2148

\* (2) T. Kamiya, K. Takano, T. Satoh, Y. Ishii, H. Nishikawa, S. Seki, M. Sugimoto, S. Okumura

and M. Fukuda, Microbeam complex at TIARA: Technologies to meet a wide range of applications, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 269, No.20 (October 2011) pp.2184–2188

\* (3) R. Tsuchiya and H. Nishikawa, Fabrication of silica-based three-dimensional structures by changing fluence using proton beam writing, Transactions of the Materials Research Society of Japan, Volume 36, Number 3, (September 2011) pp.325-328

(4) K. Takano, T. Satoh, Y. Ishii, M. Koka, T. Kamiya, T. Ohkubo, M. Sugimoto, H. Nishikawa, S. Seki, Nano-micro Processing of Epoxy Resin Systems by Ion Beam Lithography with Multiple Energies and Species, Transactions of the Materials Research Society of Japan, Volume 36, Number 3 (September 2011) pp.305-308

\* (5) K. Miura, Y. Machida, M. Uehara, H. Kiryu, Y. Ozawa, T. Sasaki, O. Hanaizumi, T. Satoh, Y. Ishii, M. Kohka, K. Takano, T. Ohkubo, A. Yamazaki, W. Kada, A. Yokoyama, T. Kamiya, and H. Nishikawa, Fabrication of Polymer Optical Waveguides for the 1.5- $\mu$ m Band Using Focused Proton Beam, To appear in Key Engineering Materials Vol. 497 (2012) pp.147-150

#### <図書>

該当なし。

#### <学会発表>

\* (1) H. Takeuchi, Y. Koike, T. Ogura, H. Hagiwara, H. Nishikawa, Micro processing of poly L lactic acid (PLLA) by proton beam writing, International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT2011), Symposium BB, Nanoscale Imaging, Fabrication and Materials Modification Using Ion Beams, Paper No. BB4-6 (June 2011)

\* (2) H. Nishikawa, T. Nishiura, T. Mita, T. Takemori, Negative Epoxy Resist for Permanent Use Optimized for Proton Beam Writing, International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT2011), Symposium BB, Nanoscale Imaging, Fabrication and Materials Modification Using Ion Beams, Paper No. BB1-4 (June 2011)

\* (3) Y. Takeno, H. Nishikawa, H. Hayashi, Micromachining of Polyimide Films by Proton Beam Writing, International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT2011), Symposium BB Nanoscale Imaging, Fabrication and Materials Modification Using Ion Beams, Paper No. BB-PO3-6 (June 2011)

\* (4) Y. Harashima, T. Kaneko, H. Nishikawa, H. Kato, S. Yamasaki, Surface Modifications and Micromachining of Diamond by Proton Beam Writing, International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT2011), Symposium BB, Nanoscale Imaging, Fabrication and Materials Modification Using Ion Beams, Paper No. BB-PO3-4 (June 2011)

\* (5) T. P. Nguyen, R. Teshima, T. Hasegawa, H. Nishikawa, Enhancing Proton Beam Writing System with Auto Scanning Software and Stage Movement, International Conference on Materials for Advanced Technologies (ICMAT2011), Symposium BB, Nanoscale Imaging, Fabrication and Materials Modification Using Ion Beams, Paper No. BB4-3 (June 2011)

\* (6) 萩原央紀, 小池義和, 竹内 均, 小倉智裕, 青木大地, 石川拓也, 熊谷 研, 西川宏之, 原島勇気、プロトンビーム描画による圧電性ポリ乳酸薄膜の微細加工と評価、第72回応用物理学会学術講演会(山形大学) 30a-ZL-6 (2011/8/30)

\* (7) 山口正樹, 西川宏之、粒子線露光量が誘電体薄膜パターンに及ぼす影響、第72回応用物理学会学術講演会(山形大学) 30a-ZL-7 (2011年8月30日)

\* (8) 寺島大貴, 椎根康晴, 西川宏之, 小池義和, 佐藤隆博, 石井保行, 神谷富裕, 神孝之, 浅井千尋, 内田 諭、プロトンビーム描画による高アスペクト比ピラー配列の試作と誘電泳動特性、第72回応用物理学会学術講演会(山形大学) 1a-ZG-3 (2011年9月1日)

\* (9) 岩本 隆志, 田邊祐介, 西川宏之、集束プロトンビームを用いた多段金属構造の作

プロジェクト番号

製と応用、2011年放電学会年次大会講演予稿集 P-24 (2011)

\* (10) 新井之貴、大木義路、齋藤圭祐、西川宏之、イオン照射によるフッ素化ポリイミドの屈折率上昇、2011年放電学会年次大会講演予稿集 P-23 (2011)

\* (11) 渡部涼、坂下裕介、神孝之、浅井千尋、内田諭、西川宏之、ソフトリソグラフィによる3次元構造のPDMSピラーを用いた誘電泳動デバイスの作製、2011年放電学会年次大会講演予稿集 D-3-6 (2011)

\* (12) シリコンゴムへの集束プロトンビーム描画による光デバイス作製とバイオチップへの応用、齋藤圭祐、西川宏之、林秀臣、2011年放電学会年次大会講演予稿集 D-3-7 (2011)

#### <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>

・第22回マイクロマシンMEMS展(2011年7月13日(水)～15日(金)、東京ビッグサイト)に「フレキシブル実装工学研究センター」として出展。

・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.cfm.ae.shibaura-it.ac.jp>)。

##### <これから実施する予定のもの>

・2011年度 芝浦工業大学 産学官連携研究交流会(2012年3月16日(金)、於大宮校舎)

・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)

#### 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

\* 共同研究：2011.4～2011.12 丸善石油化学(株)

「PBW(プロトンビーム描画)に適応する照射対象材料の研究」

#### 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。



プロジェクト番号

## 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. セレン回収技術を用いた実排水への適応

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アクターの設計・構築に成功した。0.5mM 濃度のセレン酸または亜セレン酸を含む模擬排水の処理を行い、セレン酸還元の最適化条件を決定した。その結果、固体及び気体セレン共に、約 90%という高効率でセレンの回収に成功した。

#### 2. セレン濃縮汚泥からの湿式精錬プロセスの検討

上記模擬排水モデルで回収した固化セレンを遠心分離し、エタノール洗浄といった簡易な処理を行い、セレンの結晶化物を得ることに成功した。

#### 3. 新規金属代謝微生物のスクリーニング

テルル酸と亜テルル酸に対して還元能が高い細菌を3株分離した。生化学的かつ分子生物学的同定を行った結果、これら3株を *Stenotrophomonas maltophilia* Ti-1, *Ochrobactrum anthropi* Ti-2, *Ochrobactrum anthropi* Ti-3 と命名した。

プロジェクト番号

**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

&lt;研究者の変更状況(研究代表者を含む)&gt;

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

学内研究者は以下の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

レアメタルをターゲットとし, 水溶性や固体の元素濃度を簡便に定性定量するために ICP-AES を用いて行っている. 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. 終日機器が使用できるようにオートサンプラーを購入した. 購入後は分析量が多くなっても, 対応できるようになった. また微生物によるレアメタルを含む排水や廃棄物との反応の最適化条件を検討するために, 反応槽を購入した. 購入後は温度や 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. セレン回収技術を用いた実排水への適応

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. 0.5mM(約 40ppm)濃度のセレン酸または亜セレン酸を含む人工排水モデルの処理実験を行い, セレン酸還元の最適化を検討した. その結果, 固体セレン, 気体セレン共に, 約 90%という高効率でセレンの回収に成功した. 現在実排水を用いた実験を行っているところである.

2. セレン濃縮汚泥からの湿式精錬プロセスの検討

上記人工排水モデルで回収した固化セレンを遠心分離し, エタノール洗浄といった簡易な処理を行うだけでセレンの結晶化物を得ることに成功した.

3. 新規金属代謝微生物のスクリーニング

レアメタルの1種であるテルルのオキソ酸であるテルル酸または亜テルル酸に対して還元能が高い細菌を3株分離した. 生化学的と分子生物学的同定した結果, *Stenotrophomonas maltophilia* と *Ochrobactrum anthropi* に属する事を明らかにした. そこでこれら3株を

*Stenotrophomonas maltophilia*Ti-1, *Ochrobactrum anthropi* Ti-2, *Ochrobactrum anthropi* Ti-3 と命名した。

#### <特に優れた研究成果>

##### 1. セレン回収技術を用いた実排水への適応

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。0.5mM (約40ppm)濃度のセレン酸または亜セレン酸を含む人工排水で処理実験を行い、セレン酸還元の最適化を検討した。その結果、固体セレン、気体セレン共に、約90%という高効率でセレンの回収に成功したことである。さらに人工排水を用いて回収した固化セレンをエタノール洗浄といった簡易な処理を行い、セレンの結晶化物を得ることである。

#### <問題点とその克服方法>

1. セレン回収技術を用いた実排水への適応に関しては、好氣的セレン酸還元細菌 *Pseudomonas stutzeri* NT-I株を用いて、人工排水で固体セレン、気体セレン共に、約90%という高効率でセレンの回収に成功したので、次は実排水を用いて実験を行い、回収効果を確かめるところである。

2. セレン濃縮汚泥からの湿式精錬プロセスの検討に関しては、バイオセレンの結晶化物を得ることに成功したので、次に高純度に精錬するプロセスを検討している。電気還元などの方法で克服できると思われる。

3. 新規金属代謝微生物のスクリーニングに関しては、レアアースを代謝する微生物の分離を続けているが、機能が低い微生物が取得されていない。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直しを含む)>

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，特許出願番号：特願 2011-191309，出願日：平成 23 年 9 月 2 日。

(2)発明者：山下光雄、惣田訓、池道彦、花田昌子、鈴木務，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、太平洋セメント(株)，特許出願番号：特願 2011-172045，出願日：平成 23 年 8 月 5 日。

(3)発明者：山下光雄、池道彦，発明の名称：セレン酸還元活性を示すタンパク質，出願人：芝浦工業大学，特許出願番号：特願 2011-65289，出願日：平成 23 年 3 月 24 日。

#### <今後の研究方針>

2011年度を継続して以下のように考えている。

##### (1) 気化セレンによる回収技術開発

液相・固相のセレンをメチル化し気化できる NT-I 株をモデルとして、その気化のメカニズムや培養特性の検討に基づき、多様な排水・廃棄物から Se を気化させるためのバイオリクター、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ラボスケールで構築する。

##### (2) メチル化セレンの気化物質の回収条件の検討

気化物質であるメチル化セレンの回収プロセス条件を検討する。高純度セレンの提供を目指して、メチル化セレンの回収溶媒や吸着材などを検討し、より高回収可能な溶液や材料を選

プロジェクト番号

択する。

(3) レアアース元素代謝微生物の機能解析

得られた新規の微生物について、機能解明と最適化を行う。レアメタルと微生物の関係性を明らかにするために、EDX 装置や ICP-MS などを用いて気相、液相、固相の分析を行い、レアメタルの状態変化による挙動を解明する。これにより微生物によるレアメタルの代謝機構を解明する。温度や pH, 酸化還元電位、無機物濃度などの条件を検討することで微生物によるレアメタル回収の効率化を図る。

<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。)

(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>

著者名	論文標題			
Satoshi Soda, Masami Kashiwa, Tsubasa Kagami, Masashi Kuroda, Mitsuo Yamashita, and Michihiko Ike	* Laboratory-Scale bioreactors for Soluble Selenium Removal from Selenium Refinery Wastewater Using Anaerobic Sludge.			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Desalination	有	279	2011	433-438

著者名	論文標題
Masashi Kuroda, Emi Notaguchi,	* Characterization of <i>Pseudomonas stutzeri</i> NT-I capable

プロジェクト番号

Akiko Sato, Masaya Yoshioka, Ai Hasegawa, Tsubasa Kagami, Takanobu Narita, Mitsuo Yamashita, Kazunari Sei, Satoshi Soda, and Michihiko Ike	of removing soluble selenium from the aqueous phase under aerobic conditions			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Journal of Bioscience and Bioengineering	有	112	2011	259-264

著者名	論文標題			
Masashi Kuroda, Mitsuo Yamashita, Kanako Imao, Noriyuki Fujimoto, Hisayo Ono, Kouta Nagano, Emiko Miwa, Kazunari Sei, and Michihiko Ike	* Molecular Cloning and Characterization of the <i>srdBCA</i> Operon Encoding the Respiratory Selenate Reductase Complex from the Selenate-reducing Bacterium, <i>Bacillus selenatarsenatis</i> SF-1			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Journal of Bacteriology	有	193	2011	2141-2148

## &lt;図書&gt;

著者名	出版者		
山下光雄	シーエムシー出版		
書名	発行年	総ページ数	
植物機能のポテンシャルを活かした環境保全・浄化技術 ～地球を救う超環境適合・自然調和型システム～	平成 23年	261	

## &lt;学会発表&gt;

発表者名	発表標題		
T. Kagami, A. Fudemoto, N. Fujimoto, E. Notaguchi, M. Kuroda, S. Soda, M. Yamashita, and M. Ike	* Isolation and characterization of bacteria capable of reducing tellurium oxyanions to insoluble elemental tellurium		
学会名	開催地	発表年月	
ECO-MATE 2011 (International Symposium on Material Science -Eco-materials and Eco-innovation for Global Sustainability-)	大阪	2011年11月	

発表者名	発表標題		
T. Narita, M. Kashiwa, S. Yamazaki, T. Horiike, Y. Tokunaga, S. Kuboyama, H. Shirai, S. Ogiyama, S. Soda, M. Ike, and M. Yamashita.	* Optimization of seleno-oxyanions reduction and recovery of elemental and gaseous selenium with selenate reducing bacterium, <i>Pseudomonas stutzeri</i> NT-I		
学会名	開催地	発表年月	

プロジェクト番号

International Union of Microbiological Societies  
(IUMS) 2011 Congress

札幌

2011年9月

## &lt;学会発表&gt;

発表者名	発表標題		
E. Miwa, M. Kuroda, E. Notagushi, A. Sato, M. Yoshioka, A. Hasegawa, T. Kagami, K. Sei, S. Soda, M. Yamashita, and M. Ike	* <i>Pseudomonas stutzeri</i> NT-I capable of reducing selenate and selenite into elemental selenium and volatilizing them as methylated selenium		
学会名	開催地	発表年月	
International Union of Microbiological Societies (IUMS) 2011 Congress	札幌	2011年9月	

## &lt;研究成果の公開状況&gt;(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。

&lt;既に実施しているもの&gt;

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](http://www.sbj.or.jp/division/division_metalbio.html))に公開している。

&lt;これから実施する予定のもの&gt;

\* 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的最適化。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、2012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

\* 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。

\* JX 日鉱日石金属(株)とは JX 由来サンプルに対してどれくらいの効率でレアメタルを回収できるかを検討するための受託研究を行っている。

## 15 「選定時」に付された留意事項とそれへの対応

&lt;「選定時」に付された留意事項&gt;

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。

&lt;「選定時」に付された留意事項への対応&gt;

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。

将来につなが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。

(様式1)

プロジェクト番号	
----------	--

プロジェクト番号

文部科学省 平成 21 年度 大学教育・学生支援推進事業  
「大学教育推進プログラム・テーマA」  
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 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 大宮キャンパス5 研究プロジェクト名 工学系技術者のソフトウェア開発技能育成6 研究観点 ソフトウェア開発技術教育

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 7 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
松浦 佐江子	デザイン工学部・教授	シナリオベースの教科書の設計・開発	リーダー・研究全般
古宮 誠一	デザイン工学部・教授	評価ツールの設計・開発	研究・評価
(共同研究機関等) シグマコンサルティング株式会社	取締役・菅原英治	学習支援環境 LUMINOUS の開発	ツールの開発
株式会社ボイスリサーチ	取締役・西村一彦	Web 教科書の開発	ツールの開発

&lt;研究者の変更状況(研究代表者を含む)&gt;

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

プロジェクト番号

--	--	--	--

### 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

##### 目的・意義

近年の IT 技術の発展に伴い、工学のあらゆる分野において情報処理技術はその基礎教育としての重要性が高まっている。また、産業界ではソフトウェア開発技術者不足のみならずソフトウェア開発技術教育を受けていない技術者によるソフトウェアの品質低下という問題も生じている。工業大学である本学においても、産業界の要請に答えるために、ソフトウェア開発技術教育を全学的に展開し、ソフトウェア開発技能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仕組みをもつ必要がある。現在、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、本センターの活動を行っている。プロジェクトの名称は、学生にソフトウェア開発者のタマゴからヒヨコになってもらうことを目標として Incubation(孵化) + sphere (場) から名付けられたものである。本プロジェクトでは、ソフトウェア開発プロセスや品質といった多様な観点に基づき、ソフトウェア開発者が開発工程において遭遇する具体的なシナリオに沿って学習できるシナリオベースの教科書により、問題解決プロセスの学習を支援する。また、ソフトウェアの品質を高めるスキルを持つためには、最新のプログラミング言語やツールの知識を獲得するのみではなく、本質的にソフトウェアが提供するサービスや製品の品質の良し悪しを判断できる能力を育成することが重要である。そこで、ソフトウェアの様々な品質を評価する評価ツールを用いて、自分でソフトウェアの良し悪しを判断する力を身につけることを支援することにより、ソフトウェア開発技術者に期待される総合的なソフトウェア開発能力の育成を目指す。

##### 計画

ソフトウェアで実現したい要求はソフトウェアを利用する人間から発生するものである一方、そのソフトウェアを実行するのはコンピュータである。このことから、ソフトウェア開発では、曖昧で一貫性の乏しい利用者の要求から、コンピュータが一意に解釈できるプログラムを正確に定義しなければならないという大きな課題があり、図 1 に示す要求分析からシステムの基本設計、詳細設計、実装、テストまでの全工程を学習する必要がある。しかし、大学では、プログラミング言語の文法およびデータ構造とアルゴリズムの教育までは行うが、こうしたソフトウェア開発全体の観点からの教育はなかなか行われていない。これらの工程で定義される各段階の仕様書(形式的なモデルとは限らない)から最終的なプログラムのソースコードまでのトレーサビリティ(追跡可能性)が、高品質なソフトウェアを効率よく開発する第一歩となるため、トレーサビリティを意識したシナリオに沿った教育方法を導入する必要がある。

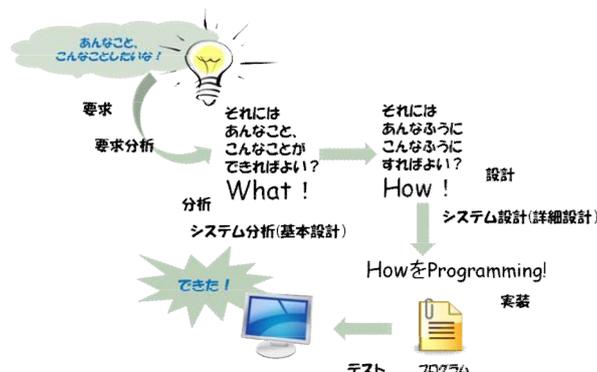


図 1 ソフトウェア開発への道

また、プログラミング学習における躓きの1つの原因は、学生がコンピュータに実行させたいことを明確に把握できていないにもかかわらず、プログラムが簡単に動作することから、十分な検討をせずに、コードを継ぎ足しながら開発することが多いことにあると考えられる。この結果、非常に長いメソッ

プロジェクト番号

ドの発生、複雑な分岐、未使用変数や未使用メソッドの残存等によるプログラムの複雑化や、不適切なアクセス制御によるクラスのカプセル化の破壊、クラスの責務超過等による可読性および保守性の低下という問題が発生する。さらに、プログラミング環境の理解が浅いことも学習を停滞させる一因となっている。

本研究では、これらの問題を解決するために、段階的に問題解決を促すシナリオに沿って、プログラミングの学習項目を学ぶことができる教科書と、プログラムの問題点を発見し、改善のポイントを考察する情報を提示するプログラムの評価ツールを提供する。ここで、シナリオの中での具体的な例示とその使用練習により学習可能な項目と、実際に開発した様々なプログラムの評価を繰り返すことにより学習できる項目とを分類し、初級者と中級者毎の目標に照らして、それぞれのシナリオベースの教科書と評価ツールを開発する。各目標における教材の具体的な内容はつぎの通りである。

#### 1) 初級者の目標: 基礎的なプログラミング能力の向上

C言語およびJava言語を対象とし、プログラムを構文に従って正しく定義し、この過程において編集・コンパイル・実行・ファイル管理を適切に行いながら、小規模な機能的要求を満たす基本的なソフトウェアを作成できるようなシナリオを定義し、教科書を作成する。評価ツールは「きれいな無駄のないプログラム」であるかを評価する。

#### 2) 中級者の目標: ソフトウェア品質の観点からのソフトウェアのモデリング能力の向上

Java言語を対象として、中規模の課題の段階的開発や、作成したプログラムの再利用、インタフェースの仕様変更、大規模データの使用といった使用性・効率性・保守性を意識したソフトウェアモデリングが必要となるシナリオを定義する。ここで、ISO/IEC9126 ソフトウェア品質特性の内、機能性・使用性・効率性・保守性の品質特性を考慮する。評価ツールは「クラスの責務が明確で、理解しやすいプログラム」であるかを評価する。

### (2) 研究組織

ソフトウェア工学を専門とする工学部およびシステム理工学部教員 2名  
 プログラミング教育を担当するシステム理工学部・デザイン工学部教員 2名  
 ポスドク研究員 1名  
 大学院博士課程・修士課程学生 4名  
 ソフトウェア開発会社 2社

### (3) 研究施設・設備等

特になし

### (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。

プロジェクトでは目的を達成するために以下の研究開発を行った。

#### 1. シナリオベースの教科書の設計と開発

テーマ・学習項目・達成目標・評価内容(評価項目・評価値・評価方法)に基づき、シナリオを想定し、課題・解答例パターン・解説を定義して、教科書を作成する。初学者向けの基礎的なプログラミング能力向上の目的に対する主な学習項目は、プログラムにおける変数・型・演算・制御・集合・関数・手続き等の概念の学習、コンパイルおよび実行の意味、ファイル管理、プリント文によるデバッグの方法、エラーメッセージの読み方、ライブラリの使い方と意味等とする。中級者向けのソフトウェア品質の観点からのソフトウェアモデリング能力向上の目的に対しては、つぎの方針で、シナリオを検討し、課題・解答例パターン・説明を定義して、教科書を作成する。

- ある要求を満たすプログラムの実装方法は多数存在する。単に動作させるのみならず、それぞれの違いとソフトウェアの品質に与える効果を整理する。例えば、動作はするが、使いにくい(使用性が低い)・処理速度が遅い・メモリを無駄遣いしている(効率性が悪い)、変更しにくい(保守性が低

い)パターンを定義し、その事例と説明を作成する。

- 段階的に問題解決過程を学習できるように、以下の観点から、段階的要求と段階的開発をシナリオに導入する。
  - 単一から複数への変更
  - 固定からパラメータへの変更
  - 一連の手続きのメソッド化
  - 基本フローと例外フロー
  - 事前条件を定義することで、機能の複雑度を減らす

## 2. 評価ツールの設計と開発方針

ソースコードがきれいに書かれていることは、読みやすさの観点から重要である。ここで「きれい」の意味は、インデントが適切にとられて、プログラムの構造が把握しやすい、変数やメソッドの名前が適切に付けられていて読みやすい、コメントが適切な位置に読みやすく書かれているといったことがある。「無駄がない」はコード内に未使用な変数やメソッドが存在せず、定義されたものは必ず使用されていることである。無駄なコードは、無駄であることを発見することが難しいため、コードを理解する上での妨げとなる。一方、「クラスの責務が明確で理解しやすい」の意味は、命名が適切である、マジックナンバー(意味の読み取りにくい数字)を使用していない、クラスの責務を決定するフィールドとメソッドの依存が適切である、クラス間の依存が適切である、クラスのカプセル化が適切であるといったことである。

評価ツールは学生が自分の作成したソースコードを自分で評価するものである。要求を満たすプログラムの実現方法は多様であり、品質の観点からは様々な評価が可能である。学生は、各学科の講義や演習において提示された課題を解く際に、自分のプログラムを下記の観点から本ツールで評価し、プログラムの改善に役立てることを想定する。自力で評価結果を理解できるように、シナリオベースの教科書で、その評価の意味を説明する必要がある。

初級・中級共通評価項目	中級評価項目
<ul style="list-style-type: none"> <li>- コーディングスタイルの適切さ</li> <li>- 命名規則の適切さ</li> <li>- 未使用変数の存在</li> <li>- 未使用メソッドの存在</li> <li>- コメント量の適切さ</li> <li>- 変数のスコープの適切さ</li> <li>- コード行数</li> <li>- メソッド行数</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- アクセス制御の使用状況</li> <li>- クラス間の依存関係</li> <li>- クラス内でのフィールドとメソッドの依存関係</li> <li>- 継承の深さと意味(スーパークラスのフィールドやメソッドの使用状況)</li> <li>- static の使用状況</li> </ul>

評価ツールでプログラムを評価した結果には、絶対評価が可能なものと、相対評価することによって改善につながるものがある。例えば、前者は未使用変数の発見や、依存性の発見等であり、後者は、コード行数や命名規則などがある。後者の場合には、評価結果の数値を他の学生の結果と比較することにより、自分のプログラムの評価位置を認識できるようにする。例えば、同じ課題のプログラムにおけるクラス数、コード行数、メソッドの行数等を回答者全員の値や、解答例の値と比較できるデータを提供する。

## 3. 学習支援ツールの設計と開発

多くの学生が自主的に学習できるように、教材の提供と履修者管理が可能な安全な学習の場を提供するとともに、教員が、その学習状況を把握して、教材の改善を図れるような学習環境を構築する必要がある。平成22年度にはシナリオベースの教科書第1版を紙媒体で作成した。しかし、紙媒体の教

科書を普及させることや、その学習状況を適切に把握することが困難であることがわかった。そこで、本研究では、以下の2つの学習支援環境を提供する。

### 学習支援環境 LUNIMOUS

教材の配布、レポートの回収、アンケートの実施がコースの履修者単位で管理することができる一般的な授業支援システム(LMS: Learning Management System)の機能に加えて、本プロジェクトのように不定期な学習環境を提供する注目のコースを開設できるように機能を拡張した。学生が自主的にコースへ参加することを可能とすることにより、学生の意識の向上と、教員による履修者管理の負荷の軽減を図る。こうした環境に置いて、学生からの質問を受け付けると同時に、評価ツールの配布と、評価結果の比較を行えるようにする。これらの評価ツールはダウンロードして、個人の環境において使用可能とすることで、学生が自習できるようにする。また、評価の観点で述べた項目について、提出されたプログラムを評価し、同じ課題を解いている学生との比較評価レポートを生成し、学生に提示することで、学生の学習意欲の向上を目指す。



図2 LUNIMOUSのコース一覧



図3 LUNIMOUSの教材一覧

本開発では、通常の講義だけではなく、本プロジェクトの学習環境として機能させるため、特に下記の点に留意して開発を行った。

- 1) 教員による履修者登録ではなく、学生自身がコースを選択して登録できるようにする。ただし、基盤となる学生名簿は大学が管理する名簿に基づくことにより、履修者を限定して安全に運用できることを保証する。通常のコースの履修者は確定した履修者名簿との照合により容易に行うことができ、これまでの履修者管理作業の軽減を図る。
- 2) 利用者の権限に応じたサービスを限定的に行うことで、授業運営に置ける教員の作業負荷の軽減、教員間の情報共有等を、下記の項目により実現する。
  - 正規の授業でも、希望者に対しては「聴講」として教材のみを提供する。
  - 主担当・副担当・TAが共同して授業を運営できるように、教材・レポート・アンケートを配布や公開以前に共有する。
  - 提出遅刻の学生に対して個別に対処する。
  - グループに対応するため、特定の学生にのみ教材を配布する。
- 3) レポートの投稿におけるトラブルの原因としては、教員が指定したファイル種類ではない投稿がある、学生自身による投稿の確認が不十分である、遅刻投稿の管理方法がわかりにくいことが挙げられる。これらに対処するため、レポートのファイルの種類指定、投稿状況の確認手段を複数設ける、遅刻当事者のみの投稿を可能にする、といった方法を実現し、トラブルの解消を図る。

- 4) 複数の教員で担当することによって、学習状況の把握に目が届きやすくなることから、コースには主担当、副担当、TA 毎に権限を与え、協力してコースの運営ができるようにした。
- 5) 学生自身が確認すべき項目を学生のトップページに掲載することで、教材の更新やレポート・アンケート期限の告知を行い、遅刻や投稿漏れを減らす。

### Web 教科書 WebStudy

シナリオベースの教科書第 1 版を作成したが、紙媒体の教科書を普及させることや、その学習状況を把握することは困難である。そこで、教材として開発するシナリオベースの教科書を Web アプリケーションとして提供し、教材を見ながらプログラミングできる環境を実現することとした。評価ツールで採用する評価方式を取り入れた課題採点により、学生は実際にプログラムを動かしながら学習することができる。このようにシナリオベースの教科書を Web 化することにより、以下のような効果を達成することを目指す。

- シナリオベースの教科書を紙媒体だけでなく、Web ベースで提供することにより、教科書の普及を図り、多くの学生が自主的に学習できるようにする。
- プログラミングの学習であることから、1つ1つのストーリーを読みながら、図 4 に示すように、その場でプログラムを動作させることにより、教科書での学習効果を高める。
- 学習状況を記録し、学生自身および教員が学生の学習状況並びに理解度を把握し、学生の学習意欲を高めるとともに、教員の教育内容改善を図る。ここで、学習状況とは、各ストーリーにおける問題の解答履歴と評価点により算出するものである。
- 総合的にソフトウェア開発に必要な技能が身についたかを評価することで、ソフトウェア開発を多くの学生が理解できるようにする。

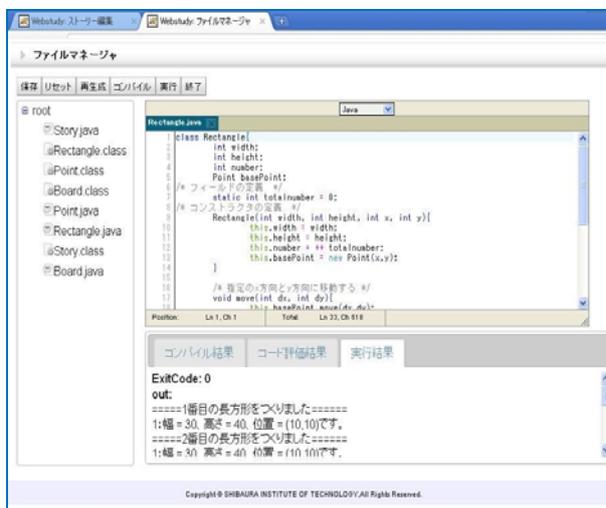


図 4 Web 教科書でのプログラミング



図 5 プログラミング作業

ストーリーを構成する問題には、ソフトウェア開発において重要なスキル項目が設定される。本プロジェクトでは「ソフトウェアを実現するまでの道のり」を図 1 のように、さらに「プログラミング作業」を図 5 のように位置付けている。そこで、問題に下記の項目を分類子として設定することにより、学習者のそれぞれの能力を測定する。

- ① 分析力 やりたいこと(要求)から What が導けるか
  - 問題文から「アクター」や「ユースケース」抽出し、ユースケースの手順を正しく定義できる。
  - 問題文から扱うデータとその構成要素を正しく抽出することができる。
  - 問題文からその問題を解くには何をしたらよいかを抽出し、その手順を正しく定義できる。
  - 問題文からその問題を解くにはどのような部分問題を解けばよいかを抽出でき、それはどのよ

プロジェクト番号

うなデータに対して何をすればよいかを正しく定義できる。

② 設計力 What から How が導けるか

- 分析で抽出したデータの構成要素の型とその制約を正しく定義できる。
- 分析で抽出したデータの関係を正しく定義できる。
- 分析で抽出したデータに対して行うことをデータに関する手続きとして正しく定義できる。

③ 実装力 How をプログラミングできるか？

- プログラミング言語を使用して、正しくデータが定義できる。
- プログラミング言語を使用して、正しく手続きが定義できる。
- プログラミング言語を使用して、正しく制御構造を定義できる。
- ライブラリを理解して、正しく使用できる。
- コンパイルエラーを解決することができる。

④ テスト力 プログラムが要求を満たしているかを検査することができるか？

- 実行時エラーを解決することができる。
- テストケースを使用してテストを実行することができる。
- テストケースを正しく定義することができる。

⑤ 保守力 プログラムの質を高められるか？

- 効率のよいアルゴリズムが定義できる。
- 使用性の高いプログラムを書くことができる。
- プログラムの構成要素に適切に名前を付けることができる。
- 未使用変数や関数等のない無駄のないプログラムを書くことができる。
- 複雑度の低いプログラムを書くことができる。
- 依存関係の少ないプログラムを書くことができる。
- 命名規則に従ったプログラムを書くことができる。
- 極端に大きなクラスやメソッドがないプログラムを書くことができる。
- 変数のスコープを考慮したプログラムを書くことができる。
- 継承によるクラスの拡張が適切に行われているプログラムを書くことができる(重複コードを共通化できている)。
- static を適切に用いたプログラムを書くことができる。
- 重複したコードが少ないプログラムを書くことができる。

評価結果は図 6 のように確認することができる

コース	ストーリー	進捗	評価
コース1	ストーリー1	100%	80
	ストーリー2	25%	-
コース1	全体	62%	-

コース	ストーリー	進捗	評価
コース1	ストーリー1	100%	80
	ストーリー2	25%	-
コース1	全体	62%	-

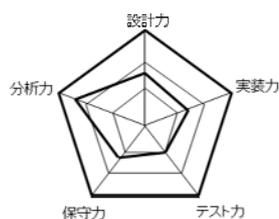


図 6 評価結果の提示

Web 教科書は、教員が問題を作成する。このため、問題作成の容易さが教科書作成の鍵となる。WebStudy では、最終的なプログラムをストーリー開発のリソースとして登録できる。このリソースを利用しながら、

- 穴埋め問題
- 選択問題
- コード問題

を定義できる。これらの問題では、解答を含む問題文から簡単かつ直感的な操作によって問題を作成することができる。コード問題では、穴埋め問題の解として、学生が作成したプログラムをつぎの問題で、コンパイル・実行することで、その妥当性を評価することができる。現在問題を試作し、学生の使用実験を行った結果をもとに、ユーザインタフェースと、作問形式について改良した。

### 評価ツール

#### 1) 初級者向けプログラミング学習ツール AZUR

AZUR はプログラミング初学者のプログラムの構造と動作の対応理解を支援することを目的としたツールである。プログラミングで行う作業は、ソースコードの定義、コンパイル、コンパイルエラーの修正、実行、テスト&デバッグである。これらの作業を支援しながら、プログラムの構造と実行過程の対応を学習するための統合開発環境を開発した。本ツールの機能はつぎのとおりである。

ソースコードの編集	ファイルの読み込みと保存	プログラムの構造図の表示
コンパイル	標準入力の受付	実行の軌跡の図示
実行	標準出力の表示	実行位置の対応の図示
ステップ実行	変数の名前と値の表示	

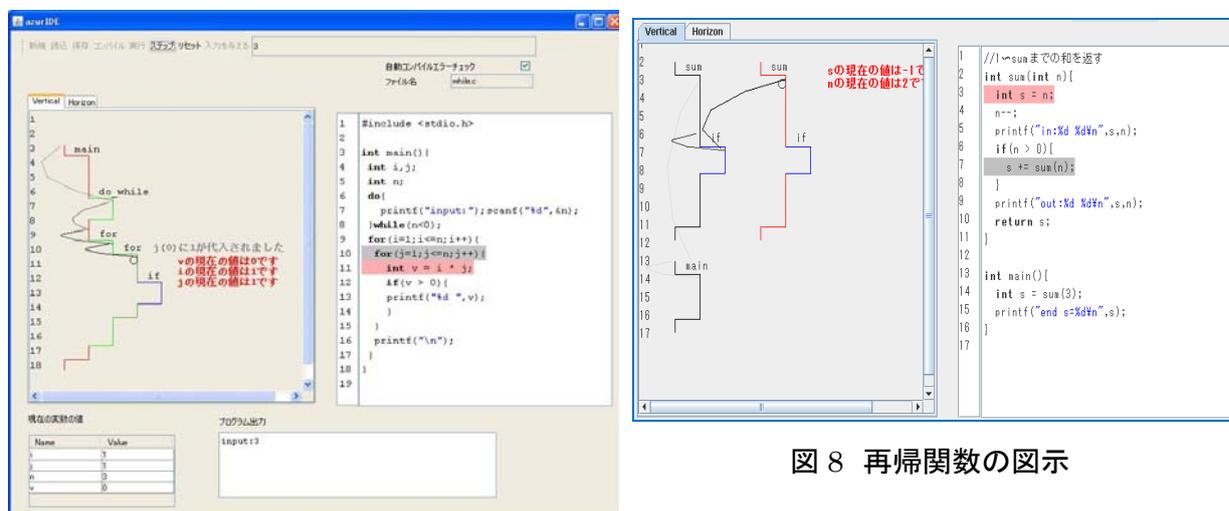


図 7 AZUR

図 8 再帰関数の図示

図7が本ツールの画面イメージである。ソースコードを編集または、ファイルからソースコードの読み込みを行うと、画面の右側にソースコードが表示されると同時に、画面の左側にプログラムの構造図が表示される。プログラムは if, switch, for, while の構文毎に色分けされ、関数単位のブロック構造図として表される。対応を理解しやすいように、ソースコードの行と対応する位置にブロックを表示し、ステップ実行に伴い、ボールが移動することで実行過程を表している。ステップ実行により、実行された行はソースコード内で灰色にハイライトされる。次に実行される位置は構造図内のボールと、ソースコード内の赤いハイライトで示す。また変化した変数の値は、下部の変数表だけではなく、ステップの実

行時の状態として「i の現在の値は 1 です」のように、構造図内に表示される。関数の戻り値がある場合には、その受け渡しが明確になるように、ボールが赤く塗りつぶされた状態になり、値をもって戻る様子を明示的に示している。再帰関数は、再帰的呼出し毎に同じブロック構造を右側に表示することで、同じ構造が繰り返し呼び出されていることを表す(図 8 参照)。本ツールはデザイン工学科の 1 年次および 2 年次の授業において用いられている。

## 2) プログラムの難読化ツール

プログラムはソフトウェアの要求を定義したものであることから、人間にとって可読性が高いことが求められる。ソフトウェア開発における保守力に関して、プログラムの可読性を向上させ、開発者間でのコンセンサスを得るために、下記の能力を早期の段階から訓練することは、重要である。

- プログラムの構成要素に適切に名前を付けることができる
- 命名規則に従ったプログラムを書くことができる

プログラムの構成要素の命名に関しては正解があるわけではないが、役割に対して名前を適切に付けるという訓練によって、開発グループ内でのコンセンサスを得る命名ができるようになるのではないかと考える。そこで、ソースコードの識別子を難読化することで、プログラム要素の適切な命名方法を学習することを目的としたツールを開発した。難読化したソースコードを利用した識別子の命名学習の手順は以下のステップで行う。

- 1) 教授者が適切な命名を行ったプログラムを作成する。その概要文とテストケース(正常ケース・例外ケースの事前条件・入力値・期待される結果)を作成する。
- 2) 命名の意図毎に、難読化する識別子を選択し、難読化する。
- 3) 難読化したソースコードを学生に配布する。
- 4) 学生は Eclipse 等の環境を用いて、ソースコードを読む、実行する、ステップ実行する等を行い、ソースコードを理解し、難読化された識別子を変更する。
- 5) 変更結果のプログラムとオリジナルのプログラムを照合する。

現在、上記の 3)から 5)のステップを WebStudy 上で行える評価エンジンを開発中である。WebStudy では、学生の回答の比較を行うことで、絶対評価が難しい命名の学習を支援する。

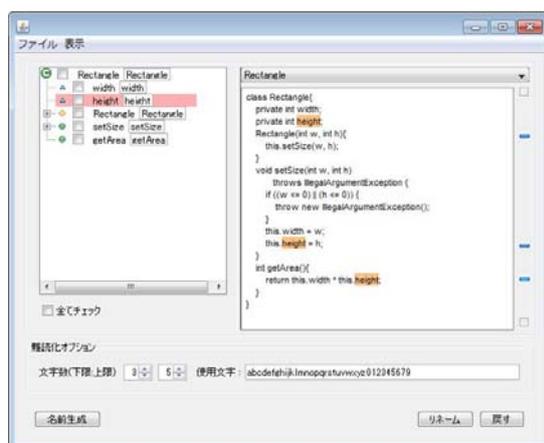


図 9 難読化ツール

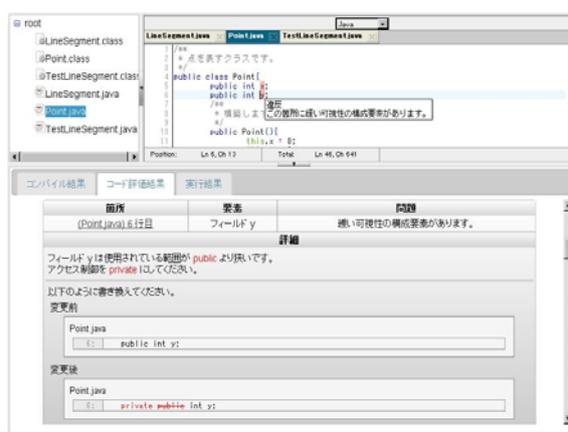


図 10 WebStudy 上でのメトリクス計測による評価

## 3) メトリクス計測ツール

保守力に関する評価を行うため、以下のような目的をもつメトリクスの計測ツールを LUMINOUS および WebStudy に組み込める形式で開発している。WebStudy 上では品質を考えるストーリー内で、問題のあるプログラムをこれらの評価エンジンで計測し、改善の方法を示す(図 10 参照)。

- ソースコードの行数を、クラスおよびメソッド単位で計測する。コメント行数も計測し、コメントの割合や、コメントなしのソースコード行数を計測する。同じ課題を解いている複数の学生データを比較することで、規模の妥当性を観察することができる。
- メソッドの複雑度を計測する。一定以上の複雑度をもつ場合、アルゴリズムの定義に問題がないかを検討する指標とする。
- 未使用変数、未使用関数(メソッド)を検出する。現在の要求に必要な変数や関数は除去する、あるいは、コメントアウトすることにより、現在のソースコードの責務を明確にすることができる。
- 変数の使われ方がインスタンスフィールド、クラスフィールド、メソッドローカル、ループ変数であるかを計測し、変数のスコープを考慮したプログラムを書くことができるようにする。これにより、static の使い方も学習する。
- 課題に対して、教授者が基本となるクラス構成を指定しても、初学者には、それらのクラスに適切に振舞いを持たせることが難しい。このため、本来あるクラスに定義すべき手続きを、他のクラスに重複して記述するため、依存関係の強いクラス構成となっている。こうした問題のある箇所を指摘することで、重複する手続きを適切なクラスのメソッドとして再定義する根拠を与えることができる。これにより、各クラスの依存関係が減少し、責務の明確なクラスを定義することができる。

#### 4. 講習会や授業による普及活動

評価ツールの使用方法の説明や、ソフトウェア開発工程の体験を行うための講習会を企画し、実施する。全学的な告知を行いたいが、現状では適切な手段が大学からは提供できないため、個別の告知を行っている。これまでに、下記の活動を行った。

- 平成 22 年 4 月にはプログラミング学習支援ツール AZUR の講習会を実施し、紙ベースのシナリオベースの教科書を配付した。参加者は学部生 24 名である。
- 平成 22 年 9 月に 3 日間のソフトウェア開発体験講習会を実施した。3 日間のテーマは「ソフトウェア開発の流れを体験しよう」「便利な開発ツールに触れてみよう」「ソフトウェアの品質を考えよう」であり、参加者は学部生 24 名である。
- 平成 23 年 4 月に Web 教科書使用実験を実施した。参加学生は学部生 21 名と大学院生 13 名である。
- 平成 23 年後期の電子情報システム学科「プログラミング演習Ⅱ」およびデザイン工学科「オブジェクト指向プログラミング演習」において Web 教科書を用いながら指導を行った。
- 平成 23 年 12 月に学部学生 6 名を対象に Web 教科書を用いてプログラムの品質評価講習会を実施した。

#### <優れた成果があがった点>

プログラミング初学者の学習支援ツール AZUR を研究開発し、デザイン工学科の 2 年次のプログラミング演習ならびに 1 年次情報処理演習に適用した。プログラムの構造および関数の可視化とプログラムの実行動作を連動させることにより、プログラミング初学者にとって理解が難しいプログラムの制御構造の学習に効果を上げることができた。

WebStudy は 2011 年 4 月に学生モニタによる試験運用を実施し、2011 年 9 月からは電子情報システム学科ならびにデザイン工学科の学生向けに運用を開始した。現在公開中のストーリーは Java 初級コースで 14、中級コースで 2 である。学習している学生数は初級 116 名、中級 43 名であり、学習者の延べ人数は 376 名である。実際に授業等で使用し、応答速度、同時アクセスに関する問題を改善し、使用上の大きな問題はないことを確認している。また使用後の学生アンケートでも「ストーリーにそって学習するのでわかりやすい」「プログラミングは難しいと思っていたが、やれそうな気がした」等、好評であった。授業以外にも学生が自主的に学習している。2011 年 11 月には Google 社が主催

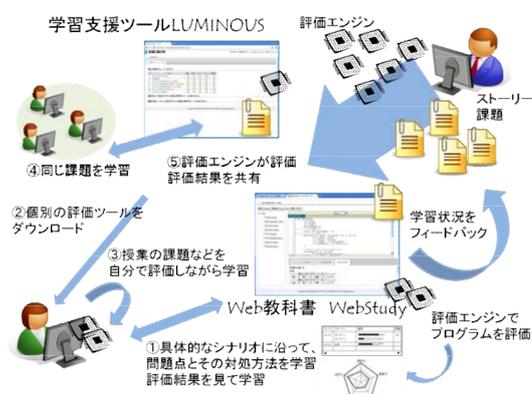
する Google Developer Day 2011 Japan (GDD2011)に出展し、Web ベースでプログラミングを行うサービスはいくつかあるが、WebStudy のように問題と説明、開発環境を連携させたシナリオベースの教科書というコンセプトはまだ見られないとの意見をいただいた。

LUMINOUS はこれまでに延べ3学部100件以上の講義・演習で利用されており、通常の授業だけでなく、学生が自由に参加できる学習環境として稼働している。

### <問題点>

目標とする総合的なプログラミングの学習プロセスは下記の①から⑤のように想定している。評価エンジンを、WebStudy での解答の評価、個人学習でのプログラムの評価、共通課題での学習者全体の評価に利用することで、段階的にさまざまな場面での学習を支援し、学習支援の場面を広げることができる考える。

- ① Web教科書で、具体的なシナリオに沿って、問題点とその対処方法を学習評価結果を見て学習する。
- ② 個別の評価ツールをLUMINOUSからダウンロードする。
- ③ 授業の課題などを自分で評価しながら学習する。
- ④ LUMINOUSに提示された同じ課題を解く。
- ⑤ 課題をLUMINOUSに提出すると、評価エンジンが評価結果を集計する。この結果を学習者間で共有して学習する。



ユーザの要求は常に変化することから、ソフトウェアを普及するためには、ソフトウェアの改善の体制を整えることが重要課題である。現状の問題点を下記のように考えている。

- 開発した学習環境のインフラの維持と発展をサポートする体制と費用の確保  
対策としては、外部資金の獲得やインフラのライセンス販売を検討している。
- コンテンツを作成する教育者の利用の促進  
対策としては、コンテンツ作成セミナーを開催し、開発者コミュニティの形成を検討している。

### <評価体制>

本プロジェクトの評価の指標は、学生の利用状況、教員の利用状況であると考えている。現在は、LUMINOUS は実際に問題なく稼働中であるが、さらなる広報で利用を促進する必要がある。WebStudy は試験運用であり、本格運用により評価したい。

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・アドバイスを受けている。

### <研究期間終了後の展望>

研究を継続し、インフラを整備すると共に、他大学および企業等に試用を依頼し、パートナーを探す活動を行う。それとともに WebStudy 利用者セミナーや評価エンジンの開発セミナーを実施し、パートナーの募集を行う。同時にインフラの販売形態と検討したい。販売対象は、ソフトウェア開発の人材育成を行っている大学・高等専門学校・高等学校・企業等である。WebStudyの1つの特徴は、問題作成の容易さと、アドオンによる拡張性にある。この観点から、ソフトウェア開発技術教育以外の利用場面も想定できる。また、教育の現場に導入しやすいタブレットでの運用も検討する。

### <研究成果の副次的効果>

Web 教科書の開発は株式会社ボイスリサーチとともに実施した。本開発においては、要求分析および

プロジェクト番号

設計をオブジェクト指向開発のモデリング言語の標準であるUML(Unified Modeling Language)を用いたモデル駆動開発を実施した。妥当性検証のためのプロトタイプ自動生成が可能な要求分析手法に基づき、設計モデルの定義からコードのスケルトンやテストケースの生成を行うことができた。この開発方法は、本センターが推進するソフトウェア開発技術者育成の基盤となる技術である。この技術をソフトウェア開発現場へ適用するためのツールの研究開発を促進したい。

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) ソフトウェア工学 (2) プログラミング言語 C・Java (3) ソフトウェア開発方法  
 (4) ソフトウェア品質 (5) 問題分析能力育成 (6) Web 教科書  
 (7) UML モデリング能力の育成 (8) PBL

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>

著者名	論文標題			
T. Wakabayashi , S.Ogata and S. Matsuura	*Dependency Analysis for Learning Class Structure for Novice Java Programmer			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Proc of IEEE 2nd International Conference on Software Engineering and Service	有		平成 23 年	pp.532-535
著者名	論文標題			
Y. Aoki and S. Matsuura	*Verification of Embedded System by a Method for Detecting Defects in Source Codes Using Model Checking			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Proc of IEEE Symposium on Computers Informatics	有		平成 23 年	pp.530-535
著者名	論文標題			
Y. Aoki and S. Matsuura	*A Method for Detecting Unusual Defects in Enterprise System			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Proc of SOFTWARE ENGINEERING, PARALLEL and DISTRIBUTED SYSTEMS (SEPADS '11),	有		平成 23 年	pp.165-171
著者名	論文標題			
青木善貴, 松浦佐江子	*ソースコード解析を利用したモデル検査に基づく欠陥抽出法,			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
ソフトウェア工学の基礎 XVII	有		平成 22 年	pp.95-100,
著者名	論文標題			

プロジェクト番号

T. IMAIZUMI, H. HASHIURA, S. MATSUURA and S. KOMIYA,	*A Programming Learning Environment "AZUR" : Visualizing Block Structures and Program Function Behavior			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Proc of JCKBSE'10	有		平成 22 年	pp.306 -311
著者名	論文標題			
H. Hashiura, S. Matsuura, S. Komiya,	*Tool for Diagnosing the Quality of Java Program and a Method for its Effective Utilization in Education			
雑誌名	レフェリー有無	巻	発行年	ページ
Proc of The 9th WSEAS International Conference on APPLICATIONS OF COMPUTER ENGINEERING (ACE'10)	有		平成 22 年	pp.276-282

## &lt;学会発表&gt;

発表者名	発表標題		
青木善貴, 小形真平, 奥田博 隆, 松浦佐江子	*UML 要求分析モデルにおける CRUD 観点のデータラ イフサイクルの妥当性検査手法		
学会名	開催地	発表年月	
第 74 回情報処理学会全国大会	名古屋工業大学	平成 24 年 3 月	
発表者名	発表標題		
若林智徳, 松浦佐江子	*オブジェクト指向プログラミング初学者向け評価手法を 用いたソースコード改善学習支援		
学会名	開催地	発表年月	
第 74 回情報処理学会全国大会	名古屋工業大学	平成 24 年 3 月	
発表者名	発表標題		
青木善貴, 松浦佐江子	*Java プログラミング初学者のクラス構成学習のための 依存関係解析		
学会名	開催地	発表年月	
電子情報通信学会, 信学技法 vol. 110	機械振興会館	平成 23 年 1 月	
発表者名	発表標題		
若林智徳, 松浦佐江子	*オブジェクト指向プログラミング初学者のためのソース コード品質評価分析		
学会名	開催地	発表年月	
電子情報通信学会, 信学技法	信州大学	平成 23 年 11 月	
発表者名	発表標題		
若林智徳, 松浦佐江子	*オブジェクト指向プログラミング初学者のためのソース コード評価ツール		
学会名	開催地	発表年月	
情報処理学会 FIT2011	函館大学	平成 23 年 9 月	
発表者名	発表標題		

プロジェクト番号

今泉俊幸, 橋浦弘明, 松浦佐江子, 古宮誠一	*ブロック構造の可視化によるプログラミング学習支援環境 azur ~関数の動作の可視化~		
学会名	開催地	発表年月	
電子情報通信学会, 信学技法 vol. 110	機械振興会館	平成 23 年 1 月	
発表者名	発表タイトル		
若林智徳, 松浦佐江子	*Java プログラミング初学者のクラス構成学習のための依存関係解析		
学会名	開催地	発表年月	
電子情報通信学会, 信学技法 vol. 110	機械振興会館	平成 23 年 1 月	
発表者名	発表タイトル		
式見遼, 松浦佐江子	*命名学習を目的としたソースコード難読化ツールの開発		
学会名	開催地	発表年月	
第 27 回ソフトウェア科学学会大会	津田塾大学	平成 22 年 9 月	
発表者名	発表タイトル		
今泉俊幸, 橋浦弘明, 松浦佐江子, 古宮誠一	*ブロック構造の可視化によるプログラミング学習支援環境 azur ~関数の動作の可視化~		
学会名	開催地	発表年月	
情報処理学会 研究報告, SE-167, No. 11	国立情報学研究所	平成 22 年 3 月	
発表者名	発表タイトル		
櫻井孝平, 松浦佐江子, 古宮誠一	*モジュール分割を学習するための依存性の解析に基づくツールの開発		
学会名	開催地	発表年月	
電子情報通信学会, 信学技法 vol. 109	九州工業大学	平成 22 年 3 月	
発表者名	発表タイトル		
橋浦弘明, 松浦佐江子, 古宮誠一	*Java プログラムの品質診断ツールとその教育への効果的利用方法		
学会名	開催地	発表年月	
電子情報通信学会, 信学技法 vol. 109	九州工業大学	平成 22 年 3 月	
発表者名	発表タイトル		
今泉俊幸, 橋浦弘明, 松浦佐江子, 古宮誠一	*ブロック構造の可視化環境によるプログラミング学習支援		
学会名	開催地	発表年月	
第 26 回ソフトウェア科学学会大会	島根大学	平成 21 年 9 月	
発表者名	発表タイトル		
今泉俊幸, 橋浦弘明, 松浦佐江子, 古宮誠一	*ブロック構造の可視化環境によるプログラミング学習支援		
学会名	開催地	発表年月	
電子情報通信学会, 信学技法 ET2009-30	和歌山大学	平成 21 年 9 月	

プロジェクト番号

発表者名	発表標題		
橋浦弘明, 松浦佐江子, 古宮誠 —	*Javaプログラムの品質診断ツールとその教育への効果 的利用方法,		
学会名	開催地	発表年月	
電子情報通信学会, 信学技法 ET2009-31	和歌山大学	平成 21 年 9 月	

#### <研究成果の公開状況>(上記以外)

下記のシステムを運用中である。

- 学習管理システム LUMINOUS (<https://lmns.sayo.se.shibaura-it.ac.jp/>)の公開
- Web 教科書 WebStudy (<http://ws.sayo.se.shibaura-it.ac.jp:8082/webstudy-test/>)の公開
- プログラミング初学者の学習支援ツール AZUR の公開(LUMINOUS より配付)

#### 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 HP (<http://www.sayo.se.shibaura-it.ac.jp/incosphere/>)の公開
- 2011年1月 文部科学省平成22年度大学教育改革プログラム合同フォーラムにおけるポスター展示とデモンストレーション
- 2010年、2011年 芝浦ハッケン展でのプロジェクトの紹介
- 2011年11月 Google Developer Day 2011 Japan (GDD2011)に出展

##### <これから実施する予定のもの>

- 日本学術振興会・ひらめき☆ときめきサイエンス～ようこそ大学の研究室へ～KAKENHI(研究成果の社会還元・普及事業)に申請中
- 成果報告会

#### 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

Web 教科書の開発は株式会社ボイスリサーチとともに実施した。本開発においては、要求分析および設計をオブジェクト指向開発のモデリング言語の標準である UML(Unified Modeling Language)を用いたモデル駆動開発を実施した。この開発方法は、本センターが推進するソフトウェア開発技術者育成の基盤となる技術である。この技術をソフトウェア開発現場へ適用するためのツールの研究開発を促進したい。

## 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

## &lt;「選定時」に付された留意事項&gt;

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。

学生の基礎的なプログラミング能力の不足など、ソフトウェア開発技能を養成する上でのこれまでの教育の問題点を克服することを目指していることは理解できるが、シナリオベースの教科書の作成や、オープンソースを用いたソフトウェアの評価ツールの開発によって現状を克服できるのか、取組の成果の評価をどのようにして行うのか、十分に説明されていない。これらの点について今後の更なる検討を行い、目標の成果が得られるよう努力することに加え、学生の学習を促すための指導・支援体制の充実を図るなど、取組の実効性向上のための更なる工夫が求められる。

## &lt;「選定時」に付された留意事項への対応&gt;

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。

シナリオベースの教科書の提供形態として、学習者が取組やすい Web ベースの教科書として実現した。Web 教科書では、コンテンツの作成の容易化および、学習状況把握の工夫を行っている。共同研究者ならびにプログラミング演習に携わる教員のコミュニティを形成し、実際の授業での使用を行っている。WebStudy については試験的な運用であるが、講習会の開催、HPによる広報により、学生が自主的に学習している。今後も継続して、コンテンツの充実と改善を行い、普及を図りたいと考える。プログラミングを学びたい学生は多数いることから、特に、学内におけるプロジェクトの活動の周知が重要であると考えている。

## アドオン実行結果

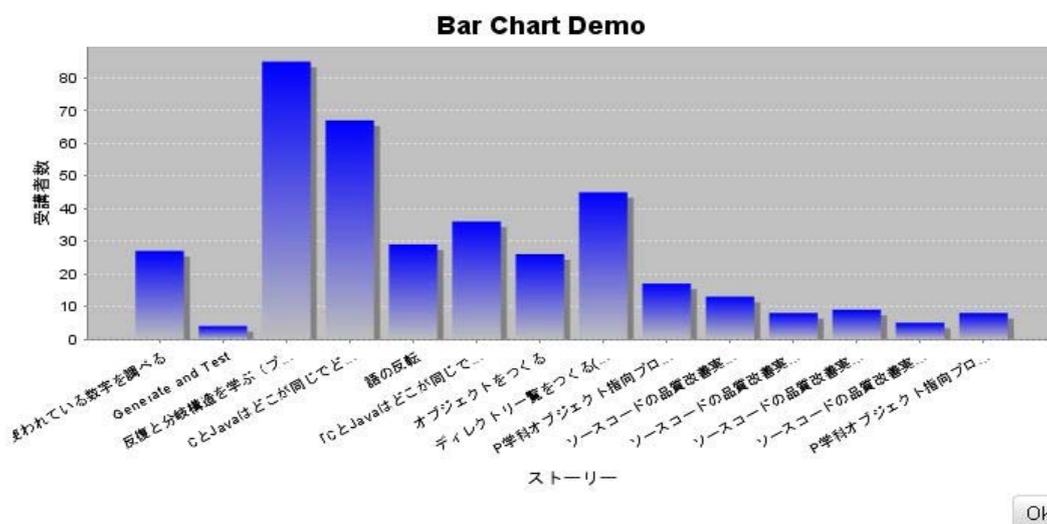


図 11 WebStudy 利用状況

## &lt;「中間評価時」に付された留意事項&gt;

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

## &lt;「中間評価時」に付された留意事項への対応&gt;

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307
- 3 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

UNIMAS (マレーシアサラワク大学) のシニア講師であるDr. Mohammad Shahril Bin Osman先生を2010年9月20日(月)から26日(土)までの6日間招聘し、研究打ち合わせ、研究機関訪問、学会調査を行った。2011年度は、2012年3月にオーストリア・ウィーン工科大学のDr. Georg Schitter教授を招聘予定である。

##### ②海外渡航支援

本センター所属の伊藤和寿教授が2012年1月に行ったイタリア・ラクイラ大学等との共同研究打合せについて渡航費の支援を行った。

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月より受け入れた。今後3年間奨学金を支給する。受け入れは山本紳一郎教授で、歩行訓練支援装置の研究に従事する。

#### 2) 顕彰事業

2010年度脳科学・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名を顕彰した。2011年度も大学院生1名を顕彰予定である。

#### 3) 研究費支援

2011年度研究費支援として山本紳一郎教授の「水陸両用歩行訓練システムのための空気圧人工筋の開発」に対して50万円を支援した。

#### 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

2010年7月3日(土)に芝浦工業大学芝浦校舎にてキックオフシンポジウムを実施した。参加者約150名、終了後懇親会を合わせて実施した。

##### ②講演会の実施

2010年10月30日(土)に、下記テーマによる講演会を学士会館にて実施した。参加者約100名。

- ・常温接合による材料デバイスの集積化
- ・義手開発の現状と将来
- ・介助機器システムの開発
- ・バイオテクノロジーと工学

##### ③学会共催

2011年11月3日～5日に芝浦工業大学芝浦校舎で開催された生命生活支援医療福祉工学系学会連合大会を共催した。本大会はライフサポート学会が幹事学会として開催し、第27回ライフサポート学会大会長として米田隆志教授、実行委員長に小山浩幸教授、プログラム委員長に花房昭彦教授、実行委員に山本紳一郎教授、堀江亮太准教授が就き、大会を運営した。450名強の参加者があり、盛会であった。

#### (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。

