

東京都市大学
平成30年度 総合研究所 紀要

第15号

2019年11月
東京都市大学総合研究所

巻頭言

本研究所は、シリコンナノ科学研究センター並びにエネルギー環境科学研究センターを拠点として、平成 16 年 4 月に武蔵工業大学総合研究所として等々力キャンパスに設置され、以来、本学の特色ある先端的な研究を推進すると共に、大学院生、学部生に対し、先端的な教育環境を提供して参りました。平成 21 年の大学名称変更に伴い、東京都市大学総合研究所となり、現在に至っております。本研究所では、文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業をはじめとする大型プロジェクト研究、文部科学省科学研究費補助金や本学固有の制度である重点推進研究などの学内外の提案公募研究、そして企業、他大学との共同研究が推進されています。その成果は、定期的に関催される総合研究所セミナーなどで広く学内外に公開され、情報交換、研究者間の交流を促進しています。以下、平成 30 年度の活動状況について簡単に報告いたします。

まず、未来都市研究機構（川口和英教授）は文部科学省「私立大学研究ブランディング事業」（タイプ B：世界展開型）の下で、人だけでなく都市のハードとソフトの高齢化に起因する諸問題の全学的な学際研究事業「都市研究の都市大」を全学部から編成した 5 研究ユニットにより研究を推進しております。

次に、ナノエレクトロニクス研究センター（澤野憲太郎教授）では平成 27 年度文科省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業を引き続き推進すると共に、小長井誠特任教授と連携、藤田博之特任教授と協力しながら引き続き研究の展開をはかっています。

また、都市基盤施設の再生工学研究センター（小西拓洋教授）では、平成 29 年度から開始した首都高グループとの第Ⅱ期共同研究を推進しています。高効率水素エンジン・エンジントライボロジ研究センター(HEET)（三原雄司教授）では内閣府 SIP プロジェクト研究を実施・完了し高い評価を受けました。地盤環境工学研究センター（末政直晃教授）では、東急建設技術研究所との共同研究や環境省プロジェクトなどの研究を進めています。応用生態システム研究センター（涌井史郎教授）では、ファイトレメディエーションとグリーンインフラの研究開発に取り組んでいます。また、JST の未来社会創造事業に平成 29 年度に採択された、FuturePV 研究室（小長井誠教授）と、子ども家庭福祉研究センター（早坂信哉教授）の研究も推進しています。さらにミネラル結晶体研究センター（平田孝道教授）では企業との共同研究によりミネラル結晶体の効用のメカニズムの解析を進め、インテリジェントロボティクスセンター（野中謙一郎教授）では、ロボットや制御の研究深化と共に分野横断型としてのロボティクスに挑もうとしています。応用表現研究室（山崎芳男教授、廣瀬禎彦教授）も音空間の研究成果の活用に多方面から取り組みました。

以上の大型プロジェクトに加え、本学独自の研究制度である重点推進研究では、本学の次の先端的な研究を展開すべく 4 件を実施しました。詳細は各部署の報告をご覧ください。

関係各位には、今後とも引き続きご指導、ご鞭撻頂きたくお願い申し上げます。

2019 年 11 月吉日

東京都市大学 総合研究所
所長 野中謙一郎

総合研究所構成員

(2018年4月現在)

所長 野中 謙一郎

副所長 澤野 憲太郎

未来都市研究機構

[インフラ領域]

未来都市研究機構長	川口和英	[都市生活学部]兼務	(都市計画・建築計画)
教授	丸山 收	[工学部]兼務	(信頼性・計測)
教授	吉田郁政	[工学部]兼務	(災害軽減)
講師	関屋英彦	[総合研究所]兼務	(鋼構造・橋梁工学)

[環境領域]

教授	飯島健太郎	[総合研究所]兼務	(造園学・都市緑化)
教授	リジナル ホム ハトウル	[環境学部]兼務	(建築・都市環境科学)
准教授	横田樹広	[環境学部]兼務	(都市生態計画)

[情報領域]

准教授	今井龍一	[工学部]兼務	(社会基盤情報)
准教授	岡田啓	[環境学部]兼務	(交通経済学、環境経済学)
講師	林和真	[都市生活学部]兼務	(都市地域計画・空間解析)

[生活領域]

准教授	西山敏樹	[都市生活学部]兼務	(ユニバーサルデザイン・モビリティデザイン)
教授	和多田雅哉	[工学部]兼務	(生活支援工学)
准教授	北見幸一	[都市生活学部]兼務	(マーケティング)
講師	橋本倫明	[都市生活学部]兼務	(経営学・組織の経済学)

[健康領域]

教授	柴田随道	[知識工学部]兼務	(集積回路システム工学)
教授	早坂信哉	[人間科学部]兼務	(公衆衛生・地域医療・疫学)
准教授	久保哲也	[共通教育部]兼務	(スポーツ科学・生理学)
講師	末繁雄一	[都市生活学部]兼務	(都市計画・建築計画)

[事務局]

コーディネーター	齋藤公彦	総合研究所 産学官連携コーディネーター
アドバイザー	鈴木章文	総合研究所 産学官連携アドバイザー
UR A	板東嘉彦	総合研究所UR A
部長	谷萩香織	研究推進部部长・外部資金課課長
課長	益子昌博	外部資金課課長
課長	小檜山克則	産学官連携センター課長
課長	大堀博信	産学官連携センター課長
事務員	宮本 薫	外部資金課事務員
事務員	鈴木栄里子	総合研究所事務員

ナノエレクトロニクス研究センター

センター長 教授	澤野憲太郎	[工学部]兼務	(半導体工学)
副学長	丸泉 琢也		(半導体工学)
名誉教授	白木 靖寛		(半導体工学)
教授	野平 博司	[工学部]兼務	(電子物性)
教授	岩松 雅夫	[共通教育部]兼務	(統計物理・計算物理)
教授	田中 康寛	[工学部]兼務	(電子材料工学)
教授	藤田 博之		(バイオMEMS)
准教授	三宅 弘晃	[工学部]兼務	(電子材料工学)
准教授	堀越 篤史	[知識工学部]兼務	(計算科学)
准教授	傘 昊	[工学部]兼務	(通信・ネットワーク工学)
准教授	黒岩 崇	[工学部]兼務	(生物化学工学)
准教授	須藤 誠一	[共通教育部]兼務	化学物理
准教授	星 裕介	[工学部]兼務	半導体工学
講師	瀬戸 謙修	[工学部]兼務	回路設計
技士	新藤 恵美	ナノテクノロジー研究推進	材料評価
技術員	浜村 尚樹	ナノテクノロジー研究推進	材料評価
客員教授	中川 清和	[山梨大・教授]	(半導体工学)

都市基盤施設の再生工学研究センター

センター長 教授	小西 拓洋		(鋼構造・橋梁工学)
顧問(学長)	三木 千壽		(鋼構造・橋梁工学)
講師	関屋 英彦	[工学部]兼務	(鋼構造・橋梁工学)
教授	吉田 郁政	[工学部]兼務	(信頼性解析)
教授	丸山 收	[工学部]兼務	(信頼性・計測)
教授	白旗 弘実	[工学部]兼務	(鋼構造・計測)
特別研究員	CAO VU DUNG		(橋梁工学・機械学習)
研究員	古東 佑介	[(株)エイテック]	(橋梁工学)
客員研究員	田井 正行	[琉球大学工学部・助教]	(鋼構造)

高効率水素エンジン・エンジントライボロジー研究センター

センター長 教授	三原 雄司	[工学部]兼務	(内燃機関工学)
教授	三田 修三		(内燃機関工学)
准教授	伊東 明美	[工学部]兼務	(内燃機関工学)
講師	及川 昌訓	[工学部]兼務	(内燃機関工学)
名誉教授	高木 靖雄		(内燃機関工学)
客員教授	村上 元一	[トヨタ自動車(株)主査]	(内燃機関工学)
客員研究員	石井 大基	株式会社SUBARU 第二技術本部 PGM (環境対応) 基礎先開主査 3	(内燃機関工学)
客員研究員	須田 尚幸	スズキ(株)環境・材料・ 生産技術開発部第二課 専門職	(内燃機関工学)
客員研究員	石川 泰裕	(株)いすゞ中央研究所 研究員	(内燃機関工学)
客員研究員	浦辺 満	日本ヒールズ(株)技術開発 第1グループ	(内燃機関工学)

応用生態システム研究センター

センター長	名誉教授	涌井 史郎		(造園学・環境計画)
	教授	飯島 健太郎		(造園学・都市緑化)
	准教授	横田 樹広	[環境学部]兼務	
	客員研究員	堀川 朗彦	[(株)クロスポイント]	(造園学・環境計画)
	客員研究員	山崎 正代	[(株)クロスポイント]	(造園学・環境計画)
	客員研究員	山下 律正	[大日化成(株) 技術部次長]	(造園技術)
	客員研究員	日比野 貴士	[大垣共立銀行 加納支店]	

地盤環境工学研究センター

センター長	教授	末政 直晃	[工学部]兼務	(地盤工学)
	准教授	伊藤 和也	[工学部]兼務	(地盤工学)
	技士	田中 剛	[工学部]兼務	(地盤工学)
	共同研究者	永尾 浩一	[佐藤工業・技術研究所研究員]	(地盤工学)

子ども家庭福祉研究センター

センター長	教授	早坂 信哉	[人間科学部]兼務	(公衆衛生・地域医療・疫学)
	教授	井戸 ゆかり	[人間科学部]兼務	(発達臨床心理学)
	准教授	園田 巖	[人間科学部]兼務	(社会福祉学)
	講師	横山 草介	[人間科学部]兼務	(教育人間学)
	特別研究員	亀田 佐知子	子ども家庭福祉研究センター	(発達心理学)

インテリジェントロボティクスセンター

センター長	教授	野中 謙一郎	[工学部]兼務	(制御工学)
	教授	金宮 好和	[工学部]兼務	(知覚情報処理・知能ロボティクス)
	教授	田口 亮	[知識工学部]兼務	(知能情報学)
	教授	向井 信彦	[知識工学部]兼務	(メディア情報学・データベース)
	教授	大屋 英稔	[知識工学部]兼務	(システム工学)
	准教授	佐藤 大祐	[工学部]兼務	(知覚情報処理・知能ロボティクス)
	准教授	京相 雅樹	[工学部]兼務	(医用生体工学・生体材料学)
	准教授	中野 秀洋	[知識工学部]兼務	(計算機システム・ネットワーク)
	講師	関口 和真	[工学部]兼務	(機械力学・制御)
	講師	星 義克	[知識工学部]兼務	(知覚情報処理・知能ロボティクス 制御工学)

ミネラル結晶体研究センター

センター長	教授	平田 孝道	[工学部]兼務	(ナノ材料・ナノバイオサイエンス)
	客員教授	藤本 幸弘	[クリニックF 院長]	(レーザー医学、レーザードラッグデリバリー、 電磁気学、プラズマ)
	客員准教授	秋山 知宏		(統合学、環境学、人間学、データマイニング、 ナノサイエンス、高エネルギー物理学)

重点推進研究

機能性高分子研究室

教授	金澤 昭彦	[工学部]兼務	(材料化学, 分子工学)
准教授	黒岩 崇	[工学部]兼務	(生物分子工学、酵素工学)

サステナブルパワーシステム研究室

准教授	太田 豊	[工学部]兼務	(電力工学・電気機器工学)
-----	------	---------	---------------

機能性非晶材料研究室

准教授	藤間 卓也	[工学部]兼務	(構造・機能材料)
-----	-------	---------	-----------

専任教員研究室

FUTURE-PV研究室

教授	小長井 誠		(固体電子工学)
客員教授 特別研究員	市川 幸美		(半導体デバイス)
客員教授	Juergen Werner	[Stuttgart大学教授]	(固体電子工学)
特別研究員	濱 敏夫		(半導体デバイス)
特別研究員	野毛 宏		(半導体物性・デバイス)
特別研究員	古川 公子		(事業運営)
特別研究員	熊田 昌年		(半導体工学)
特別研究員	平井 政和		(半導体工学)
特別研究員	高村 司		(半導体工学)

マイクロナノシステム研究室

教授	藤田 博之		(マイクロナノシステム)
----	-------	--	--------------

インキュベーション・ラボ

応用表現研究室

教授	山崎 芳男	[早稲田大学名誉教授]	(音響表現)
教授	廣瀬 禎彦	[121ワークスLLC]	(応用表現)
共同研究者	橋本 澄彦	[121ワークスLLC]	(映像制作編集)
共同研究者	田端 一彦	[有限会社TBT]	(視覚表現、地域協働)
共同研究者	菰口 賢一	[T&Kエンタテインメント]	(音楽企画、制作)
特別研究員	小西 雅	—	(音響表現)
共同研究者	池畑 光浩	[(株)早稲田エデュケーション・エン지니어リング]	(美学、音楽表現)
共同研究者	行川 さをり	[一般財団法人日本気象協会]	(建築・都市の音環境と表現)
共同研究者	工藤 純平	[ケアタイムズ新聞]	(情報学)
共同研究者	小森谷 朋子	[(株)Priact A]	(人材育成, コーチング, チームビルディング)

事務室

事務員	鈴木 栄里子	産学官連携センター	
-----	--------	-----------	--

目 次

1. 平成29年度 活動報告	1
2. 平成29年度 研究概要	
未来都市研究機構	3
概要	川口 和英
ナノエレクトロニクス研究センター	7
概要	澤野 憲太郎
都市基盤施設の再生工学研究センター	9
概要	小西 拓洋
高効率水素エンジン・エンジントライボロジー研究センター	11
平成30年度活動の概要	三原 雄司
平成30年度研究報告	三原 雄司
応用生態システム研究センター	18
応用生態システム研究センターの紹介	涌井 史郎・飯島健太郎・横田樹広
臨海部のPb土壌汚染とファイトレメディエーションによる適用策	涌井 史郎・飯島健太郎 堀川 朗彦・山崎 正代
ハイブリッド芝における擦り傷の予防可能性に関する研究	涌井 史郎・飯島健太郎 堀川 朗彦・山崎 正代
発泡セラミック基盤上でのスナゴケの生育に関する観察調査	涌井 史郎・飯島健太郎 堀川 朗彦・山崎 正代
発泡セラミック緑化基盤の流出雨水抑制効果に関する研究	涌井 史郎・飯島健太郎 堀川 朗彦・山崎 正代
地盤環境工学研究センター	24
ジオポリマーを用いた液状化対策工法の研究	末政 直晃
子ども家庭福祉研究センター	26
概要	早坂 信哉

インテリジェントロボティクスセンター	28
平成30年度報告概要	野中謙一郎
平成30年度活動報告(1)	野中謙一郎・関口 和真
平成30年度活動報告(2)	金宮 好和・佐藤 大祐
<hr/>	
ミネラル結晶体研究センター	32
イフミックによる生体機能の向上に関する研究	平田 孝道
<hr/>	
重点推進研究室	
機能性高分子研究室	34
機能性高分子研究室の紹介	金澤 昭彦・黒岩 崇
有機プロトニクス：プロトン共役分子システムの開発	金澤 昭彦・黒岩 崇
<hr/>	
機能性非晶材料研究室	37
階層性ナノ多孔質ガラスの形成原理解明と機能性制御	藤間 卓也
<hr/>	
サステナブルパワーシステム研究室	39
研究室概要	太田 豊
研究報告	太田 豊
<hr/>	
専任教員研究室	
FUTURE-PV研究室	42
概要	小長井 誠
超高効率Si系トリプル接合太陽電池に関する研究成果	小長井 誠
<hr/>	
マイクロナノシステム研究室	47
概要	藤田 博之
<hr/>	
インキュベーション・ラボ	
応用表現研究室	54
概要・研究報告	廣瀬 禎彦・山崎 芳男

総合研究所 平成30年度活動報告

月	日	活 動 内 容
4	11	総合研究所利用者説明会(前期)(学生及び貸研究室等登録者対象)
	18	未来都市研究機構第4回セミナー(第131回総研セミナー)
	18	第132回総研セミナー(ミネラル結晶研究センターキックオフシンポジウム)
	19	第21回未来都市研究機構運営委員会/第146回所内会議
5	17	第22回未来都市研究機構運営委員会/第147回所内会議
6	5	第133回総研セミナー(成果報告会)
	21	第23回未来都市研究機構運営委員会/第148回所内会議
	28	第134回総研セミナー(ナノエレクトロニクス研究センター)
7	18	第135回総研セミナー(高効率水素エンジン・エンジントライボロジー研究センター)
	19	第24回未来都市研究機構運営委員会/第149回所内会議
	31	未来都市研究機構第5回セミナー(第136回総研セミナー)
8	8	第136回総研セミナー(インテリジェントロボティクスセンター)
9	20	第25回未来都市研究機構運営委員会/第150回所内会議
	21	第138回総研セミナー(応用生態システム研究センター)
10	18	総合研究所利用者説明会(後期)(学生及び貸研究室等登録者対象)
	18	第26回未来都市研究機構運営委員会/第151回所内会議
	28	第139回総研セミナー(未来都市研究機構第6回セミナー日本広告学会と共催)
11	15	第27回未来都市研究機構運営委員会
	17	第140回総研セミナー(渋谷福祉学会第1回大会)(子ども家庭福祉研究センター)
	29	第152回所内会議(12月と合同開催)
12	13	第28回未来都市研究機構運営委員会
	19	第141回総研セミナー(都市基盤施設の再生工学研究センター)
1	17	第29回未来都市研究機構運営委員会
	24	第153回所内会議(1/17から変更)
	21	第68回総研運営委員会(メール審議)
	30	第69回総研運営委員会
2	5	第142回総研セミナー(地盤環境工学研究センター)
	19	第143回総研セミナー(FUTURE-PV研究室)
	21	第30回未来都市研究機構運営委員会/第154回所内会議
3	5	東京都市大学—東海大学ジョイントシンポジウム
	11	総合研究所評議会
	13	第144回総研セミナー(未来都市研究機構第7回セミナー)インフラ領域
	15	第1回都市研究プレゼンコンテスト共催
	20	第31回未来都市研究機構運営委員会/第155回所内会議
	22	第145回総研セミナー(応用表現教室)

平成30年度 研究概要

未来都市研究機構

未来都市研究機構 概要

前未来都市研究機構長 川口和英

都市研究の都市大:魅力ある未来都市創生に貢献するエイジングシティ研究および実用化の国際フロンティア

1.はじめに

本事業の目的は本学を魅力ある未来都市創生に貢献する「エイジングシティ研究および実用化の国際フロンティア」として国内外に発信することにより、「都市研究の都市大」としてブランディングすることである。2016年7月から東京都市大学総合研究所内に設置された。本事業での「都市研究」は都市における生産と生活に貢献する技術や制度の要素研究を統合することにより実用に繋げる総合研究である。私立大学研究ブランディング事業における事業期間は当初の2017年度から5年間から2019年度までの3年間となった。当初目標は2021年度で設定しており、本学のアクションプランの目標年次でもあり、また、65歳以上の高齢者が全人口の1/3を確実に占める2030年を視野に入れて事業として進められている。

都市に取り組む大学ビジョンのもと、魅力ある未来都市の創生に貢献する総合研究を学長主導の全学体制で実施している。このため「未来都市研究機構」においては、1)インフラ、2)環境、3)情報、4)生活、5)健康各の各5領域の融合と地域連携および国際的大学連携により、実践的都市研究分野を創造することをめざしている。高齢化最先進国であるわが国での先端的エイジングシティ研究とその実践を国際フロンティアとして国内外に発信する。平成30年度の実施目標及び実施計画では以下のように設定され、実施された。

2.平成30年度の実施目標及び実施計画

2.1 研究活動の実施計画

- ・インフラ：無線化したモニタリングシステムによるインフラの健全度評価を実施し、その実用性を検証。地方公共団体とのPPPに関する共同検討。
- ・環境：保健衛生学的な観点からの緑地整備と利用効果の体系化。地方公共団体とのPPPの実施に関する共同検討。
- ・情報：行政等と連携した実証実験による過年度に考案した分析手法の有用性の検証。データを生活の質向上のために活かす方策・制度の検討と実験へのフィードバック。
- ・生活：1年間を通じて春夏秋冬のユニバーサルショッピングシステムの運用と関係者調査を行い、検証・評価。
- ・健康：関係機関の協力を得て、駅構内の便民施設を使って実証実験。目黒区自由が丘を想定し、目黒区との連携による実証実験。
- ・年度当初目標と、3年中間段階の目標に対して、諮問委員会等でその達成度を評価。

2.2 ブランディング戦略の実施計画

- ・ブランドジャーナリズムサイトの随時更新・情報UP・創立90周年広報（外部向け）との連動・国際シンポジウム「エイジングシティフォーラム」とセミナーの開催（4回）

3.平成30年度の事業成果

3.1 研究活動に関する事業成果

- ・インフラ：高速道路において、開発したモニタリングシステムを実装し、その実用性を検証、鉄道分野にも応用。首都各種センサ技術によるインフラの維持管理交通荷重の橋梁

への荷重効果、防災減災、インフラの長寿命化。

- ・環境：環境:既存の災害シミュレーションモデルの都市の改良。PPP 選定、都市臨海部、河川流域、都市の溪谷環境、建築環境等展開
- ・情報：高齢化に着目した都市構造および人の動きに係わるビッグデータ継続調査。調査結果に基づく持続安定的かつ現実的に収集可能データを選定。
- ・生活：高齢者や障がい者、子育てする親等、都市内のいわゆる「買い物難民」の日常的な買物の効果的支援システムを開発。
- ・健康：まちなかにおける快適性と健康管理システムの要素技術の特定化。関係機関の協力を得て、駅構内の利便施設を使った実証実験。目黒区自由が丘を想定し、実証実験。
- ・年度当初目標と、中間段階の目標に対して、諮問委員会等でその達成度を評価。国際化戦略にむけた方策の検討。

3.2 ブランディング戦略に関する事業成果

全体シンポジウム1回（2019年3月29日）、セミナー4回（2018年4月18日、7月30日、10月28日、2019年3月13日）を開催し、研究内容に関連する情報発信を実施した。ブランドジャーナリズムサイトの随時更新・情報UPを行った。ブランドジャーナリズムサイト「未来都市」（<https://futurecity.tokyo/>）に掲載している各ユニットの教員インタビューを学内のサイネージにて放映。学内生に対して未来都市研究機構の認知度を高めると同時に未来都市に関する研究に興味を持って貰うようにしている。横浜キャンパスにおいては2018年10月以降、月2～3本のインタビューをサイネージにて放映。世田谷キャンパスでは、最初の段階として未来都市研究機構の紹介をサイネージにて2018年12月より放映している。

4.平成30年度の自己点検・評価及び外部評価の結果

4.1 自己点検・評価：

・審査付き論文については22編、審査有り国際会議論文数については6編、合計28編の研究成果が上がっている。

・本事業公式ウェブサイトの立ち上げ・公開

ブランドジャーナリズムサイト「未来都市」（<https://futurecity.tokyo/>）を立ち上げ、ステークホルダー・高校生にもわかりやすく取材を行い、研究内容に関する情報発信を行った。

・大学広報とも連携して、電車の車内広告、SNS（Facebook）広告なども実施した。

総viewsの件数は27,943件（2018年4月25日～2019年3月12日）であった。

・日経BP社の「大学ブランド・イメージ調査2017-2018」を活用し、本学の大学認知率（一般）54.4%（前年比4.0ポイント+）（高校教員）75.6%（前年比3.9ポイント+）、入学推薦率（高校教員）23.12%（前年比3.9ポイント+）のをKPIに進捗を確認。（調査データは、平成30年（2018年）8月時点）

4.2 国内諮問委員会（外部評価）

平成31年3月29日に開催し、本事業の計画書、研究成果および業績に対する評価および助言を受けた。概ね5領域いずれにおいても高い評価を得ることができた。都市の再生やエイジングシティの実用化を先導し国際的に発信、都市の課題に対する、より最適なソリューションをめざすことに対する肯定的評価を概ね得た。一方、各研究領域ごとに具体的研究の課題方向性についても指摘があった。また全体シンポジウムについても、各グル

ープの様子を紹介、資料の適切性、司会進行、会場フロア参加者とインタラクティブに、国際性への言及が得られてよかった等の良い評価を得られた。

4.3 国際フロンティア対応国際諮問委員会

平成30年5月に、各委員からインターネットを通じて英文のWebサイト記事に基づいて、前年度の研究活動および国際化に関する評価と助言を受け、方向性を検討している。それぞれの委員会からの助言に関しては、概ね「Verywell（評価できる）」の意見を得た。未来都市研究機構の課題として、新しい社会において都市課題に対する、より最適なソリューションの国際化対応・スマートエイジングの先導的課題に今後対応していく。

ナノエレクトロニクス研究センター

ナノエレクトロニクス研究センター 概要

ナノエレクトロニクス研究センター
センター長 澤野憲太郎

ナノエレクトロニクス研究センターでは、文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業『ゲルマニウムを基幹材料とするナノエレクトロニクス先端融合研究基盤の形成』（平成 27～31 年度）プロジェクトを推進している。本プロジェクトでは、シリコン上に集積可能であるゲルマニウム(Ge)を基幹材料として、超低消費電力化、演算処理の超高速化を可能とする電子系・光系量子ナノデバイスの開発を進めている。さらに、開発した Ge 量子デバイスとナノ・エレクトロ・メカニカル・システム (NEMS) との融合研究を世界に先駆けて推進し、単電荷センサーや超微小位置歪みセンサー等への広い応用を可能とする、Ge 系新機能・量子デバイスの研究基盤を構築することを目的としている。プロジェクト後半に入り、平成 30 年度初めには、本プロジェクトの中間報告書をまとめ、文部科学省に提出した。その中、本プロジェクト前半の成果の総括を行い、これに対し、5 月開催の外部評価委員会では高い評価を得た。これを基に、平成 30 年度は、明らかになった課題等を解決する対策を講じながら、最終目標達成に向けて鋭意研究を進めた。

本プロジェクトは、電子デバイス開発を中心とした『ゲルマニウム歪みナノ構造を有する電子デバイスの開発と先端融合量子デバイスの探索』（テーマ 1）と、光デバイス開発を中心とする『ゲルマニウムレーザの開発と先端融合デバイスの探索』（テーマ 2）の 2 研究テーマで構成しており、以下、平成 30 年度に得られた成果の概要をテーマごとにまとめる。

【テーマ 1】

① Ge による高移動度 CMOS チャンネルやスピンドバイス用チャンネル応用に向けて、Ge-on-Si (GOS) 構造におけるドナー不純物ドーピング技術の検討を進めた。2 段階成長手法における成長膜厚、成長温度等の最適化、ドーピング濃度、成長後アニール最適化により、これまで困難であった良好な n 型伝導制御が可能となり、結晶欠陥による移動度劣化を完全に抑制し、移動度と不純物濃度の理論曲線上に合う実験値を初めて GOS から得ることに成功した。特に、室温で $2000\text{cm}^2/\text{Vs}$ を超える超高電子移動度が得られ、これは GOS がエピタキシャル膜であるにも関わらず、市販のウェハーと同等の品質を有していることを示している。

② Ge デバイスの応用を、システムインディスプレイやフレキシブル・エレクトロニクス分野へ展開するため、ガラス等の透明基板への貼り合わせ技術開発を進めた。大きな熱膨張差により、貼り合わせ強度の向上が課題であったが、今回ガラス上へアモルファス Ge を堆積した後に貼り合わせを行い、接合界面での良好な単結晶化を誘起させることで、結合強度の大幅向上が可能であることを示した。これにより、今後ガラス基板やプラスチック基板等への Ge デバイス形成が期待される。

【テーマ 2】

① 光デバイス応用としても GOS の n 型制御が極めて重要であり、GOS への In-situ ドーピング制御技術開発を進めた。高濃度ドーピングのために低温成長とポストアニール法により、結晶性の向上とドーピング濃度向上を同時に得ることができるようになり、それによって高い発光効率を得られた。これまでの SOD によるドーピング手法に比べ、MBE であることからその制御性は格段に高く、ドーピング制御がキーとなる LED デバイス実現に向けて有用な成果と言える。

② Ge 光デバイスとスピントロニクスの融合を検討し、特にスピン注入可能な強磁性体電極を用いた Ge スピン LED の開発を開始した。Ge 上へ CoFeAlSi 系ホイスラー合金をエピタキシャル成長させた構造（阪大との共同）からの EL 発光観測に成功し、今後スピン偏極発光、つまり円偏光発光実現へ向けた大きな前進となった。

都市基盤施設の再生工学研究センター

1. 赤外線サーモグラフィーによる壁高欄剥落危険箇所の検知

高架橋コンクリートの剥落危険予知への赤外線サーモグラフィー（IRT）の現場実用化を行った。IRT検査では、内部剥離欠陥部に生じる表面温度差から欠陥検知を行うが、日射等によるコンクリートに生じる温度分布の影響、外気温の状態により温度差が変化するため、重大な欠陥の見逃しが発生する場合があります、打音検査に比べ信頼性が劣るとされている。本研究では、①欠陥以外の温度分布を効果的に除去するフィルタリング手法を開発し、欠陥検出精度の向上させた。②コンクリート温度変化履歴を利用して、温度環境の影響を除外し、同じ欠陥に対しいつでも同じ検知結果が得られる欠陥評価手法を提案した。③剥落危険箇所においてIRT、打音、削孔調査結果を比較することで、IRT手法の検知特性を把握を行った。

2. 危険な疲労損傷の管理手法の提案

橋の安全性に重大な影響を与える損傷の多くは、特定の疲労損傷により引き起こされている。疲労損傷による事故を未然に防ぐことは点検の大きな目的であるが、検査対象による時期、手法等は未管理の状態である。本研究では発生数の多い危険き裂の一つであるガセット取付部疲労亀裂を対象に、合理化点検のための点検管理基準の提案を行った。研究は実物大ガセット付き桁疲労試験により、き裂の進展挙動を計測し、同時に目視点検、非破壊検査、ひずみモニタリングを行い、これらの比較分析から、構造物の安全を確保できる点検管理基準を提案した。基準ではき裂が止端からビードに進展する離脱寿命 N_t を管理限界とすることを提案し、これ以前のき裂検知のためには渦流探傷などの非破壊検査手法の併用が必要とした。

3. 渦流探傷画像化検査手法の現場適用

当センターにて開発された渦流探傷 C スコープ画像化診断装置の現場適用を行った。現行のき裂点検は塗膜割れを見つけ、塗膜を除去し磁粉探傷試験を適用するため、検知効率が低く、精度は点検員の目視に左右されている、これに対して渦流探傷画像化検査を適用することで、記録性、効率性が大きく向上するとともに、塗膜割れ発生以前の微少なき裂が検知できる可能性が高い。これまで、装置の小型一体化、各種継ぎ手の回し溶接部への適用のための改良を行い、実橋において MT 結果と比較することで ECT の検査精度の検証を行った。ECT では溶接部ノイズをき裂と誤る「空振り」が発生する場合があります、空振りの削減のため、位置情報を利用した溶接ノイズ除去の有効性を確認した。

4. モニタリングによる損傷検知

予防保全型維持管理体制への移行に伴い、見えない損傷劣化の検知、損傷の定量評価を目的とした、モニタリングデータの利用技術の研究開発を行っている。①MEMS 加速度センサを用いた構造物の変形挙動の推定（橋梁部材、トンネル）②無線加速度センサによる橋梁変形挙動モニタリング③WIM と画像計測を組み合わせた高精度車重検出システムの開発を行った。

高効率水素エンジン
・ エンジントライボロジー
研究センター

平成30年度活動の概要

高効率水素エンジン・エンジントライボロジー研究センター

三原 雄司

1. 平成30年度の研究活動概要

1.1 ガソリンエンジンの熱損失低減及びそのメカニズム解明の研究

熱損失低減技術の確立と壁面熱伝達モデルの構築のため、壁面熱流束を高精度で計測可能なセンサの開発を進めている。今年度は、センサ応答特性を 100kHz まで実測評価できる装置を用い、開発センサが市販センサよりもはるかに高い応答特性を有し、実働中エンジンで生じる熱流束の周波数特性に十分対応できることを確認した。この開発センサを用い、筒内水噴射による点火時期の進角(効率向上)によって燃焼ガス温度が増加しても、圧縮行程で水の蒸発により壁面近傍のガス温度が低下し、全行程で冷却損失を低減できることを明らかにした。特に、高応答性の開発センサと計測ユニット(電源+アンプ)は、今までノイズ・応答性の課題から計測が困難とされていたサイクル毎の計測に大きく貢献した。

1.2 ガソリン/ディーゼルエンジンの機械摩擦損失低減及びそのメカニズム解明の研究

エンジンの機械摩擦損失低減のため、単気筒フリクション計測装置(浮動ライナ式)を用いてピストンリングバレル形状およびディンプル付きシリンダボアの組み合わせによるピストン系での摩擦低減効果の検証を行い、最大 40%の摩擦低減効果を確認した。また、単気筒摩擦計測エンジンおよび4気筒実エンジンをを用いた評価試験により、SIP 共同研究における各クラスタ大学で提案された低摩擦化アイテム(軸受小型化、低張力・低バレルリング、低粘度オイル・添加剤、ディンプルボア、固体潤滑剤圧入ピストン)を全て盛り込むことで摩擦損失を標準の 50%以下に低減できることを示した。

1.3 オイル消費の低減とそのメカニズムの研究

エンジンの低摩擦損失化の背反事象であるオイル消費の低減およびそのメカニズム解明が必要である。本研究では、高応答、高精度でオイル消費を測定可能な S トレース法計測システムを浮動ライナ式単気筒フリクション測定装置に適用することで、各運転条件におけるピストンフリクションとオイル消費量の因果関係を精度よく評価することに成功した。また、従来から推定されていたピストンリング摺動面経由の油上がり及びシリンダボア変形に対するリングの追従性の影響を実働状態で直接把握するため、過去に例のないピストンリング摺動面圧計測用薄膜センサの開発に着手し、簡易摺動試験によりシリンダとの接触状態変化に対する出力変化が得られることを確認した。

1.4 水素エンジンの熱効率向上と NOx 生成低減の研究

後処理を用いずに水素燃料エンジンの高効率化と低エミッション化を実現するため、新しい燃焼方式 PCC 燃焼を希薄混合気に適用し、NOx 排出量を一桁 ppm のレベルとすることができ、CO2 排出のない水素エンジンで高熱効率・ニアゼロエミッションと呼べるレベルを実現した。この高熱効率・ニアゼロエミッションを実現できる要因をより明確にするために、水素火炎や水素噴流の可視化を実施した。また、PCC 燃焼の希薄混合気への適用により低下した出力を回復させるため、過給を行うことにより、NOx の増加を伴わずに熱効率の向上を実現した。この要因を明らかにするための性能試験を実施した。

2. 外部機関との連携活動

(1)	府省横断戦略的革新プロジェクト SIP「革新的燃焼技術」ガソリン燃焼, 2014.9～
(2)	府省横断戦略的革新プロジェクト SIP「革新的燃焼技術」損失低減, 2014.9～
(3)	任意共同研究, SIBS 法による点火時空燃比の計測, 岡山大学, 2013.9～
(4)	任意共同研究, 水素高圧高じょう乱噴流の数値計算, 早稲田大学, 2015.4～

1 ガソリンエンジンの熱損失低減及びそのメカニズム解明の研究

本研究では、燃焼室壁面温度及び熱流束を高精度に計測可能な同軸型薄膜温度センサの開発及び冷却損失低減効果の検証を目的としている。今年度は、過去に類例がないセンサ応答特性を 100kHz まで実測評価できる装置を開発し、本学開発センサは市販センサよりもはるかに高い応答特性を有すること(図 1)、さらに実働中エンジンで生じる熱流束の周波数特性を十分に満足することを確認した。そして、これらの精度検証したセンサを用いて、筒内水噴射による点火時期の進角(効率向上)によって燃焼ガス温度が増加しても、圧縮行程では水が蒸発することで壁面近傍のガス温度が低下する影響が大きく、全工程で熱流束(冷却損失)を低減できることを明らかにした(図 2)。

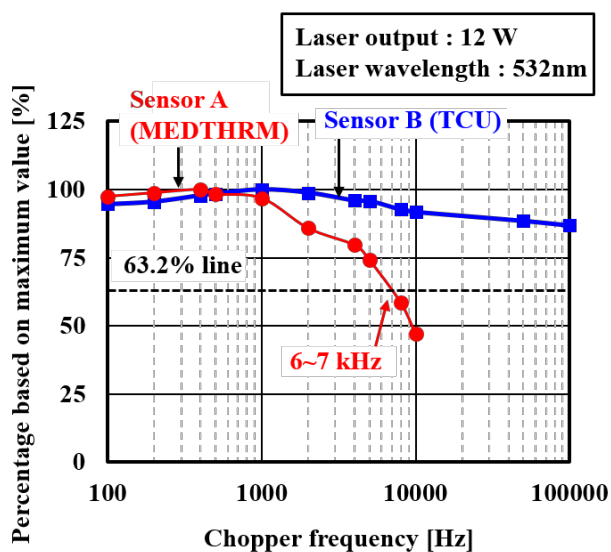


図 1 センサの応答特性比較

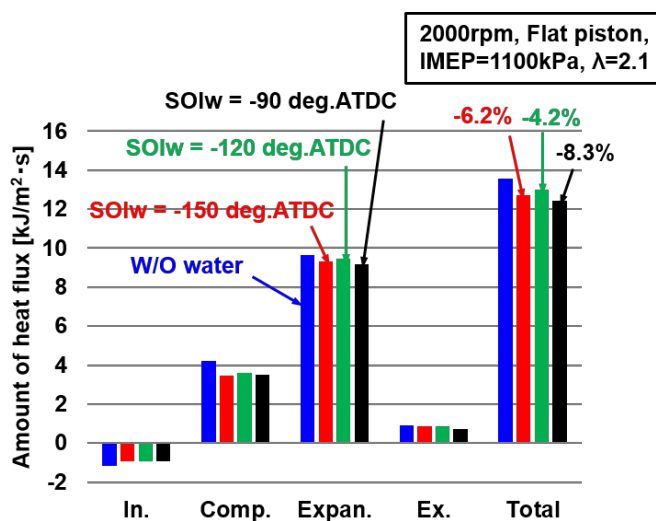


図 2 水噴射による熱流束(冷却損失)低減効果

2 ガソリン/ディーゼルエンジンの機械摩擦損失低減及びそのメカニズム解明の研究

単気筒フリクション計測装置(浮動ライナ式)を用いてピストンリングバレル形状およびディンプル付きシリンダーボアの組み合わせによるピストン系での摩擦低減効果の検証を行った。本研究で基準としている 1.8L 4 気筒エンジンの標準部品に対して(Spec.A), ①低バレル形状リングに変更した仕様(Spec.B)では摩擦損失 25%低減を示し, ①に対して②ディンプルライナを加えた仕様(Spec.C)では最大 40%の摩擦低減効果を示した(図 3)。また, 単気筒摩擦計測エンジンおよび 4 気筒実エンジンをを用いた評価試験により, SIP 共同研究における各クラスター大学で提案された低摩擦化アイテム(軸受小型化, 低張力・低バレルリング, 低粘度オイル・添加剤, ディンプルボア, 固体潤滑剤圧入ピストン)を全て盛り込むことで摩擦損失を標準の 50%以下に低減できることを示した(図 4)。

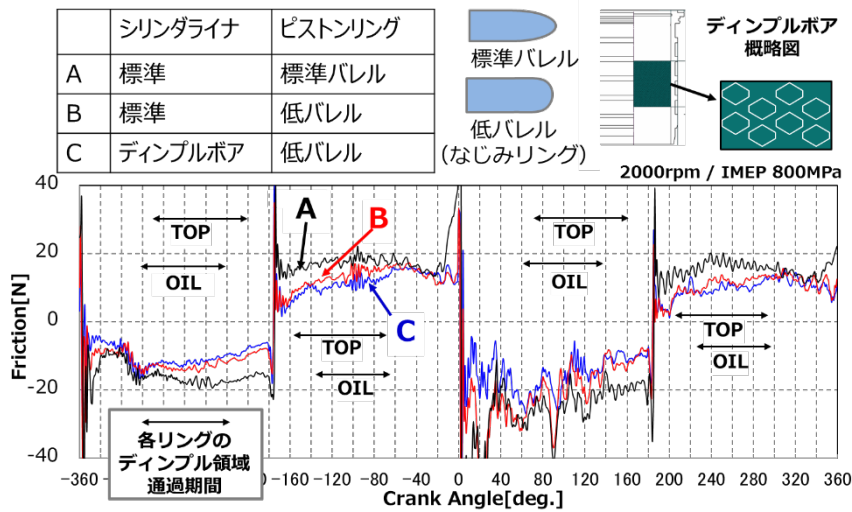


図 3 浮動ライナによる摩擦力波形計測結果
(低バレルリングおよびディンプルボアの摩擦低減効果)

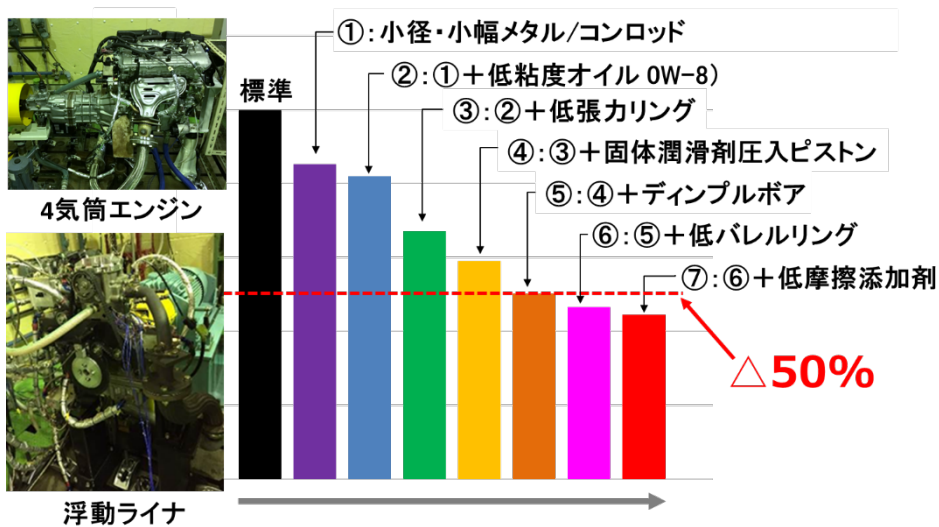


図 4 低摩擦アイテムの投入による摩擦低減効果実証

3 オイル消費の低減とそのメカニズム解明に関する研究

高応答、高精度でオイル消費の測定が可能な S トレース法計測システムの導入により、**図 5** に示すような、各運転条件におけるエンジンフリクションとオイル消費量の因果関係を明らかとする計測環境を構築し、多くのアイテムについて比較評価を実施した。また、オイル消費メカニズム解明を目的として、過去に例のない薄膜圧力センサを用いたピストンリング摺動面の油膜圧力分布計測を試みた。その結果、薄膜センサの安定した形成方法の確立に成功し、シリンダとの接触状態変化に対する出力変化を摺動試験により確認した (**図 6**)。

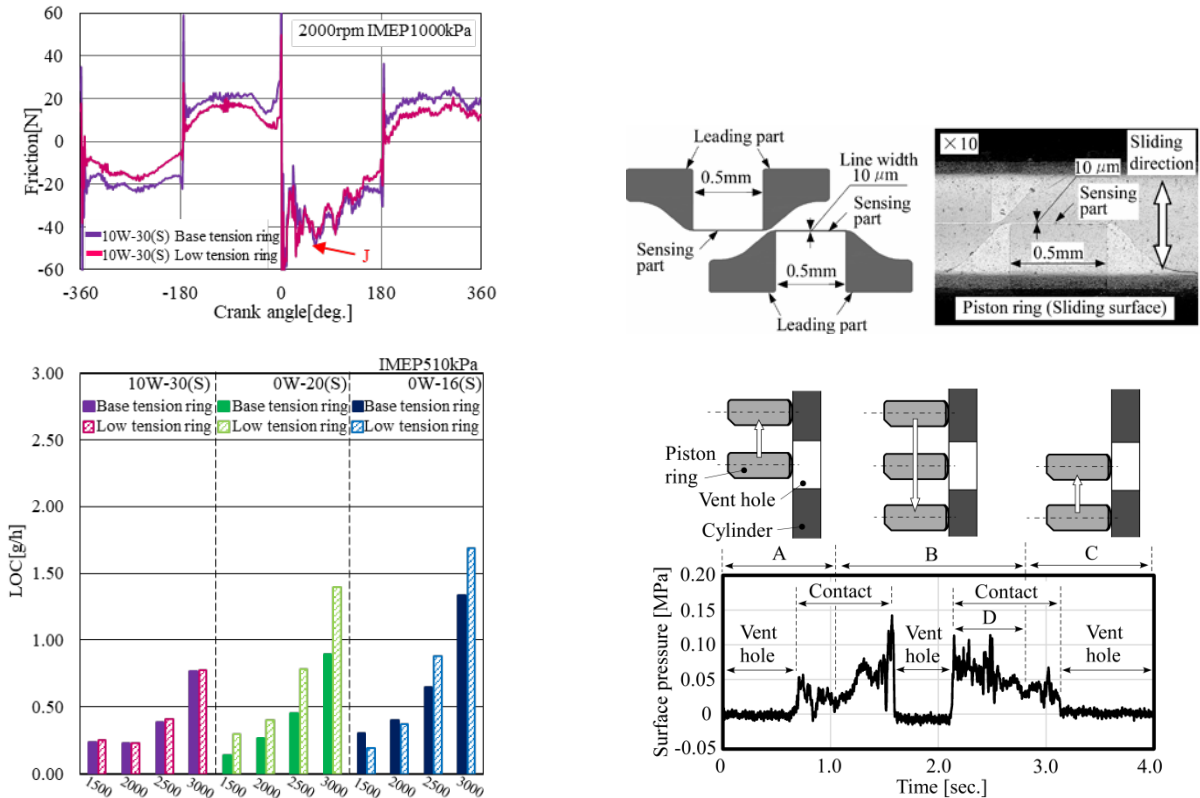


図 6 薄膜センサ付ピストンリングによる摺動面圧測定結果

4 水素エンジンの熱効率向上と NOx 生成低減の研究

後処理を用いずに水素燃料エンジンの高効率化と低エミッション化を実現するため、新しい燃焼方式 PCC 燃焼を希薄混合気に適用し、NOx 排出量を一桁 ppm のレベルとすることができ、CO₂ 排出のない水素エンジンを高熱効率・ニアゼロエミッションと呼ぶことのできるレベルを実現した。この高熱効率・ニアゼロエミッションを実現する要因をさらに明確にするために、水素火炎や水素噴流の可視化を実施した。また、PCC 燃焼を希薄混合気へ適用することにより低下した出力を回復させるために行った過給により、NOx の増加を伴わずに熱効率を向上したため、その要因を明らかにするための性能試験を実施した。

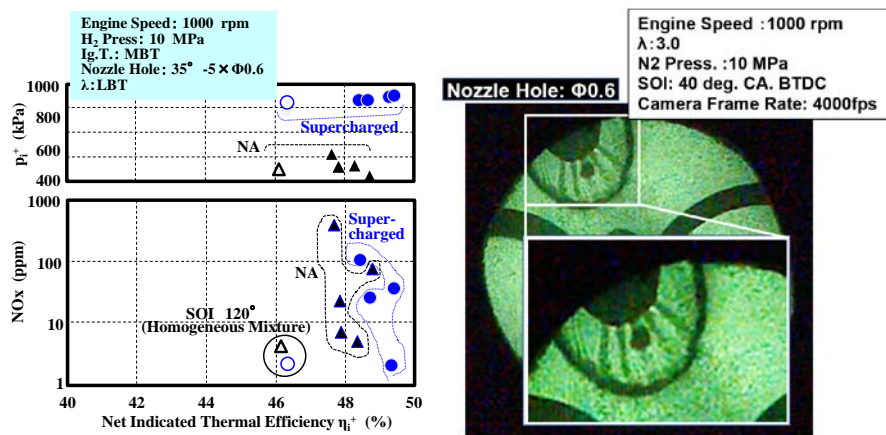


図7 高効率ニア・ゼロエミッション水素エンジンにおける性能結果と噴流可視化結果

研究発表などの主要な成果

- | | |
|------|---|
| (1) | Yasuo Takagi, et al., International Journal of Hydrogen Energy, Vol44, April, 2019, Elsevier, pp9456-9465 |
| (2) | Yuki Ono et al., SAE Technical Paper No.2019- 01-0180, April 2019 |
| (3) | 石井大二郎他, 日本機械学会論文集(18-00395),Vol.85,No.871, 2019年3月 |
| (4) | 三浦宏太他, 自動車技術会論文集,Vol.50,No.2, 2019年3月 pp236-241 |
| (5) | 望月和矢他, 自動車技術会論文集,Vol.50,No.2, 2019年3月 pp229-235 |
| (6) | 伊藤匡章他, 自動車技術会関東支部学術研究講演会講演予稿集(CD), 2019年3月6日, 国士舘大学 |
| (7) | 五味雄理他, 自動車技術会関東支部学術研究講演会講演予稿集(CD), 2019年3月6日, 国士舘大学 |
| (8) | 大坪史明他, 自動車技術会関東支部学術研究講演会講演予稿集(CD), 2019年3月6日, 国士舘大学 |
| (9) | Yasuo Takagi, et al., GOPE-2019(3rd Int'l Conference on Gas, Oil and Petroleum Engineering), San Francisco, February, 2019, |
| (10) | 及川昌訓他, 第29回内燃機関シンポジウム講演予稿集(CD), 2018年11月26-28日, 同志社大学 |
| (11) | 糺谷喜久他, 第29回内燃機関シンポジウム講演予稿集(CD), 2018年11月26-28日, 同志社大学 |
| (12) | 佐藤稜汰他, 第29回内燃機関シンポジウム講演予稿集(CD), 2018年11月26-28日, 同志社大学 |
| (13) | 郷間啓介他, 第29回内燃機関シンポジウム講演予稿集(CD), 2018年11月26-28日, 同志社大学 |
| (14) | Kazuya Mochizuki et al., SAE Small Engine Technology Conference & Exhibition 2018 (SETC2018), 18SETC-0084, November 2018 |
| (15) | Daijiro Ishii et al., SAE Small Engine Technology Conference & Exhibition 2018 (SETC2018), November 2018 |
| (16) | Masaaki Ito et al., 2018 International Conference on Engineering Tribology and Applied Technology, 16-18 November 2018, Taipei, Taiwan |
| (17) | Riku Kitami et al., 2018 International Conference on Engineering Tribology and Applied Technology, 16-18 November 2018, Taipei, Taiwan |
| (18) | 金子なつき他, 自動車技術会 2018年秋季大会学術講演会予稿集(CD), 2018年10月 |
| (19) | 及川昌訓他, 自動車技術会 2018年秋季大会学術講演会予稿集(CD), 2018年10月 |
| (20) | 石井大二郎他, 自動車技術会 2018年秋季大会学術講演会予稿集(CD), 2018年10月 |
| (21) | Kazuya Mochizuki et al., SAE Fuel & Lubricant 2018, 17-19 September 2018, Heidelberg, Germany |
| (22) | 望月和矢他, 日本機械学会 2018年次大会, 2018年9月9-12日, 関西大学 |
| (23) | Kazuya Mochizuki et al., 45th Leeds-Lyon Symposium on Tribology, Smart Tribology Systems, Poster session No. 52, 4-7 September 2018 |
| (24) | N. Kawahara et al., 19th International Symposium on the Application of Laser and Imaging Techniques to Fluid Mechanics, LISBON, PORTUGAL, July 2018 |
| (25) | Hiroshi Saito et al., 5th International Conference on Business and Industrial Research, May 2018 |
| (26) | Kenji Matsumoto et al., STLE (Society of Tribologists and Lubrication Engineers), May 2018 |
| (27) | 小野祐樹他, トライボロジー会議 2018 春 東京 |
| (28) | 宇佐美初彦他, トライボロジー会議 2018 春 東京 |
| (29) | 山崎理央他, トライボロジー会議 2018 春 東京 |

応用生態システム研究センター

応用生態システム研究センターの紹介

涌井史郎¹・飯島健太郎²・横田樹広³

1 総合研究所応用生態システム研究センター・センター長教授、2 同教授、3 同准教授

1. はじめに

持続的な未来を担保するためには地球の環境容量に配慮し、とりわけ多様な攪乱にも適応して生態系を維持してきた生物多様性を構成する種の働き、ならびに生態系そのものの働きに着目することが重要である。

本研究センターでは、こうした生態系ならびに特定された生物種の働きを、多額の資本投資と限界のある工学的対処を補い、災害や多大な環境負荷等人間社会の持続性の担保の障害となる要因を緩和させ、そして総和としての自然共生社会を実現を目指し、いわゆる適応の方策を持って対処する具体の研究を展開させつつあるのが応用生態システム研究センターである。地球を覆う極めて薄くデリケートな生命圏。その中で、唯一のエネルギー資源太陽光を基に、生態系が自律循環的にエネルギーと物質の再生循環を果たしていることは極めて驚くべきシステムである。生物種は個々の生存条件を獲得すると同時に、生命圏全体の維持を生態系として自ら創造し、その総体としての生命圏の維持を行ってきた。一方人間社会は、地下資源に依拠する文明を確立する以前、こうした生態系の働き、つまり生態系サービスと呼ばれる自然の恵沢の最大化に努め、併せて自然の災害などの応力に対応する方策を探ってきた。しかし産業革命後の世界は、その生態系の維持に対する配慮を欠き、遂には地球環境のキャリングキャパシティに対し、ある種のティッピングポイントが想定されるような状況を現出させている。こうした状況下、改めてこのような生態系と人間社会の共生の仕組みを研究すること、すべての生態系の基盤である植物の働きに着目しその機能の応用を研究することは持続的な未来を担保する上で喫緊の課題である。本センターはそうした基本認識を共有しつつ、自然共生のための具体的かつ技術的な方策を課題として研究を展開する。

2. 主要研究等の概要

新たな社会資本、グリーンインフラとして人間社会と生態システムが調和した豊かな環境形成に資する研究テーマとして、次の課題を重点研究として取り組んでいる。

(1) 「ファイトレメディエーション研究（野草を用いたブラウンフィールドにおける浄化機能の検証）」

都市臨海部工業地帯の土壤汚染物質の類型化と不動産利用における影響度の実態調査、処理対象とする汚染物質の検討、特定汚染物質の吸収・蓄積に有効と思われる植物選定と実証実験を行っている。川崎市と問題を共有しつつ、臨海部の民間企業の協力も得てフィールド実験の段階に入っている。

(2) 「ハイブリッド芝生の開発と環境負荷軽減効用の検証（都市の人工面における自然草地面への転換）」

都市大方式ハイブリッド芝は、人工芝（芝葉に相当するヤーンとそれを支える基布）に天然芝を播種することによりハイブリッド化した芝生であり、人工芝、天然芝の抱える各々の課題解決が期待されている。すなわち本資材を導入することによるグラウンド利用が一定の地面を占有することによる暑熱環境緩和等の環境改善効果、そして具備すべきグラウンドサーフェイスとしての性能、そして損耗の軽減作用を検証と維持管理に関する視点から研究を推進している。

(3) 「都市河川流域内の集水過程における緑地環境の立地・構造の評価、ならびに緑地スケールにおける雨水循環・生態系に対する機能評価」

都市河川流域を対象に、雨水集水過程における緑地環境の立地特性を評価しマッピングすることを目的として、高解像度人工衛星データおよび地表高データを活用し、緑地の立地を類型化した。また街区スケールの緑地における雨水循環に対する機能評価、団地外構植栽のグリーンインフラとしての環境整備要件を究明する調査研究を実施している。

(4) その他

上述の研究とともに、「都電荒川線の軌道緑化試験ならびに暑熱環境緩和効果」、「発泡セラミック緑化基盤を用いた流出雨水調整効果」、「緑地のもたらす環境不動産価値に関する研究」などにも取り組み、グリーンインフラとそれを核としたまちづくりに向けた計画論とそのエビデンスに資する調査・実験研究を実施している。

臨海部の Pb 土壌汚染とファイトレメディエーションによる適用策

涌井史郎¹・飯島健太郎²・堀川朗彦³・山崎正代³

1 総合研究所応用生態システム研究センター長教授、2 同教授、3 同客員研究員

1. 研究目的

既往研究に見る汚染物質の選択的吸収能のみならず植物の形態的特性に基づく汚染物質の効果的な吸収作用に着目してファイトレメディエーション用の各種野草、園芸植物の探索を行った。川崎臨海部の有効な土地利用を目的とするため対象重金属は Pb とした。

2. 研究方法

①実現場への応用を意図して水耕ではなく模擬汚染土壌を調整し約 400ppm のローム系土壌（中粒）を使用した。定法に基づき硝酸鉛水溶液の添加・攪拌する方法で調整し、各種植物を植栽してその生育と植物中の Pb 濃度を分析した。②実現場において野草のファイトレメディエーション効果を検証するため川崎市臨海部某所に生息するヨモギの Pb 濃度を分析した。

3. 研究の成果と考察

①模擬汚染土壌を用いた鉛集積植物の探索（49日栽培）

根部ではホテイアオイ、セイロンベンケイ、カンナ、ソバが、葉茎部ではセイロンベンケイが高い鉛含有量を示した。また、根部、葉茎部鉛含有量比ではミゾハギ、アマゾンチドメグサ、セイロンベンケイが高い値を示した（図-1、図-2）。各供試植物の Pb 集積量を図3に示す。

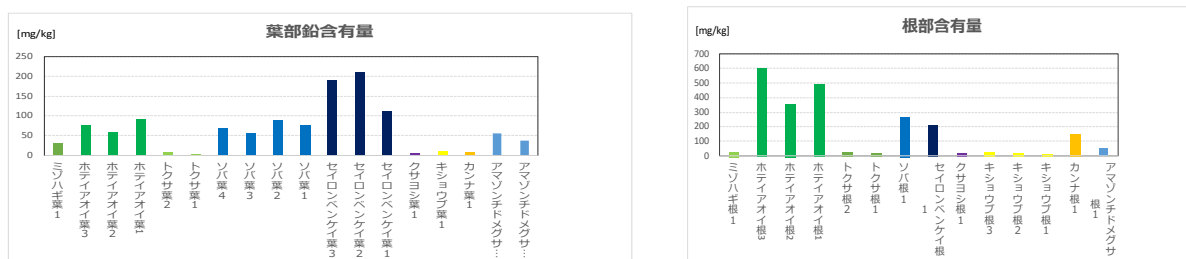


図-1 各供試植物の地上部（茎葉）と地下部（根部）の Pb 濃度

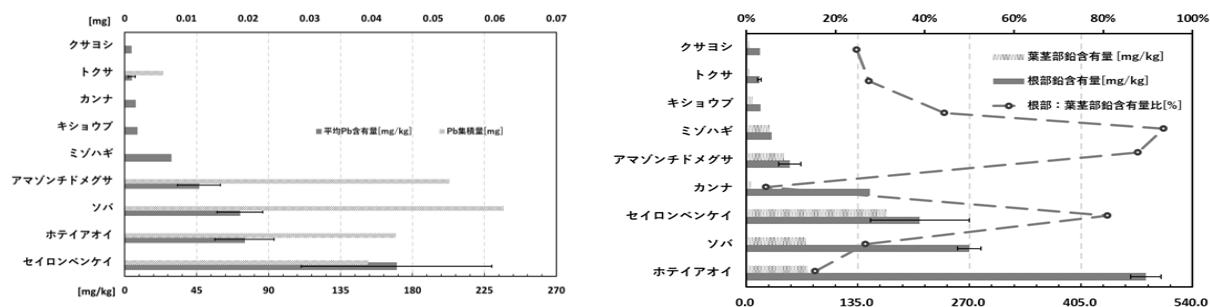


図-2 各供試植物の地上部（茎葉）と地下部（根部）の Pb 濃度と Pb 集積量

②実現場において野草のファイトレメディエーション効果

臨海部某所の土壌深部の Pb 濃度は基準値を超え数千 ppm に達し、法的根拠に基づき盛土処理が行われている。そうした現場にヨモギが生育している。春季から秋季生育を続け成熟期となるヨモギを地上部のみ採種して Pb を分析した。地上から先端に向かって3部位に分けて計測した。その結果、1 個体で 3.7~5.7mg/kg の含有量が確認され、先端に行くほど鉛の含有量が高くなっている可能性も示唆された。

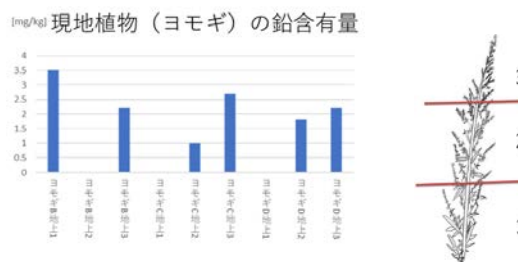


図-3 現場に生育するヨモギの Pb 濃度（地上部）

ハイブリッド芝における擦り傷の予防可能性に関する研究

涌井史郎¹・飯島健太郎²・堀川朗彦³・山崎正代³

1 総合研究所応用生態システム研究センター長教授、2 同教授、3 同客員研究員

1. 研究目的

都市大式ハイブリッド芝（以降 HB 芝）とはカーペットタイプ人工芝に充填剤を敷き天然芝を播種した芝生である。アスファルトなど多様な人工面に敷設することができ、またアスファルトと人工芝の間に緩衝材を設置しスポーツターフとして使用することができる。加えて低コストかつ短時間で芝地を施工することができる。昨今、スタジアムにおける天然芝の維持管理コストが高いという問題や人工芝が人体に与える影響が問題視され、改めてハイブリッド芝の性能が期待されている。特に擦過傷予防の観点から HB 芝の効果に関する研究も実施され一定の成果を得ているところであるが、本論ではスライディング時の布地の擦り傷の状態（ほつれ）から考察を試みたので報告する。

2. 実験内容ならびに方法

実験は東京都市大学横浜キャンパスのグラウンドとし、天然芝、人工芝、HB 芝、オムニコート（ショートパイル）の4か所を対象とした。各サーフェイス上で、競技経験の豊かな学生の同一人物が、ジャージズボンを着用しスライディングを行った。スライディングは、各 2m 程度、天然芝、人工芝、HB 芝が 2017 年 11 月 11 日午前、オムニコートは同年 12 月 12 日の正午過ぎに実施し、スライディング毎に新しいジャージを供試した。実験終了後、可変倍率機にてジャージズボンの擦り傷の状態（ほつれ）を目視にて確認し比較考察した。

3. 結果ならびに考察

調査結果より、天然芝とハイブリッド芝が比較的ほつれ具合が小さいことが認められた（図 1）。ほつれ具合の状況は、○目視にて行い天然芝はほつれが見られない、○人工芝は、約 100 本、○HB 芝は約 5 本、○オムニコートでは約 50 本であった。この結果より人工芝・オムニコートに比較して、天然芝と同様にハイブリッド芝は、サーフェイスとして怪我や傷害を予防する効果が期待できる。



オムニコート(砂入ショートパイル人工芝)



人工芝



ハイブリッド芝



天然芝(バミュダグラス)

図 1 各実験区におけるスライディング後の布地の擦り切れ状態

発泡セラミック基盤上でのスナゴケの生育に関する観察調査

涌井史郎¹・飯島健太郎²・堀川朗彦³・山崎正代³

1 総合研究所応用生態システム研究センター長教授、2 同教授、3 同客員研究員

1. 研究目的

都市部では人工構造物の輻射熱及びそれに伴うヒートアイランド現象、都市型洪水等の問題が顕在化している。グリーンインフラとして公園緑地から建築の施設的緑化に至る雨水流出抑制に向けた取り組みが注目され、後者については緑化のための基盤と適正な緑化植物も模索されている。本研究では、微多孔セラミックス製基盤材の上にスナゴケのみを定着させた基盤2枚と、同基盤上にスナゴケ（以下コケ）とフィリフェラオーレア（以下フィリフェラ）の2種を定着させた基盤2枚を対象に灌水区別を行い、生育等に関する経過を観察した。

2. 実験内容ならびに方法

東京都市大学横浜キャンパスを実験地とし、緑化基盤の設置は2017年8月21日に行った。同10月1日から灌水区別実験を開始した。灌水は8月21日から10月は毎日行い、それ以降は週3回行った。試験体とした緑化基盤の詳細は以下の通りである。それぞれの緑化基盤に対し、定点写真、カールスケールによる識別、気温、降水量の計測、目視による5段階評価（旺盛・良好・普通・衰退・枯渇）を行い比較した。

①コケ+セラミックス製緑化基盤材（灌水なし）、②コケ+セラミックス製緑化基盤材（灌水あり）、③コケ+フィリフェラ+セラミックス製緑化基盤材（灌水なし）、④コケ+フィリフェラ+セラミックス製緑化基盤材（灌水あり）

3. 結果ならびに考察

各実験区の夏季ならびに冬季の生育の様子を写真1、2に示した。また基盤の水分条件を図1に示した。

1) 灌水を行わなかった基盤（①③）の生育経過／灌水をせず経過を観察した結果、8月から12月にかけて5段階中「良好」及び「旺盛」であり、生育に問題は見られなかった。③のみ基盤の端（南向き）が衰退と回復を繰り返した。11月16日には蒴（孢子嚢）の発生を観察することができ、3月15日に蒴の破裂（孢子の流出）を確認した。蒴の量は灌水を行った基盤よりも多かった（基盤①と②、基盤③と④をそれぞれ比較）。翌年2月以降、湿度の低下と共に基盤内の水分量も低下した。

2) 灌水を行った基盤（②④）の生育経過／実験開始日から3月にかけて5段階のうち良好及び旺盛であった。④のみ基盤の端（南向き）が衰退と回復を繰り返した。基盤①③と同様に11月16日には蒴（孢子嚢）の発生を観察し、3月15日には蒴の破裂（孢子の流出）を確認した。②に関し、他基盤と比較した結果、蒴の量は著しく少なかった。水分の過多が原因と考えられる。灌水を行った基盤はスナゴケ自体が乾燥状態にあっても基盤内の水分含有量は高かった。

以上より、給水はスナゴケ1世代における生育には一定の効果があるものの、世代交代による更新を視野に維持管理を行う場合には適度な乾燥条件を確保することも重要であると考えられた。



写真1 緑化基盤の設置状況
(2017年8月21日)



写真2 緑化基盤の生育状況
(2018年3月17日)

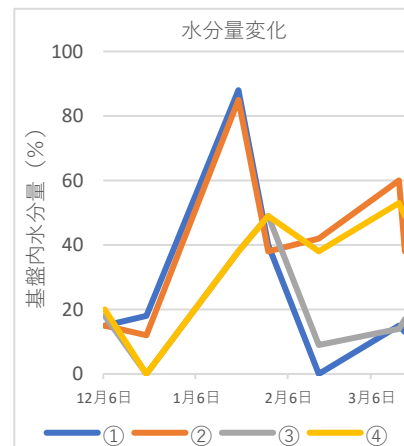


図-1 各基盤内の水分推移

発泡セラミック緑化基盤の流出雨水抑制効果に関する研究

涌井史郎¹・飯島健太郎²・堀川朗彦³・山崎正代³

1 総合研究所応用生態システム研究センター長教授、2 同教授、3 同客員研究員

1. 研究目的

都市部の多くの土地は、建物やアスファルトに覆われている。それによって起こる都市型洪水を緩和する事が求められている。本論は、発泡セラミック緑化基盤を建物の屋上に設置し、そこに 10 分間当たり 30mm/m²の大雨が降ったという想定の下で、保水可能な雨水の量と基盤からの雨水流出を遅延させる効果について明らかにした。

2. 実験内容ならびに方法

実験は日新工業(株)技術研究所(春日部市)で実施し、実験日時は 2017 年 6 月 16 日 11:20 から 13:00 とした。試験体は 6 区画製作し、各区画の面積は 2 m² (1m×2m) とし、各区画の散水量は 60L (毎分 6L で 10 分間散水) とした。各区画から流出した水の量は 10 秒ごとに流量計で測定し記録した。試験体とした発泡セラミック緑化基盤の詳細は以下の通りである。①波板、②セラミック基盤 1 枚敷(以下、「基盤 1 枚敷」)、③セラミック基盤 2 枚重ね(以下、「基盤 2 枚重ね」)、④セラミック基盤+土壌約 10mm (以下、「基盤+土壌」)、⑤セラミックセダム植栽基盤(基盤厚 32mm+土壌約 10mm) (以下、「セダム植栽基盤」)、⑥セラミック低木仕様基盤(基盤厚 82mm) (以下、「低木仕様基盤」)

3. 結果ならびに考察

1) 各区画からの水の流出量の比較 (図 1)

流出量の多い順に並べると、波板、基盤+土壌、基盤 1 枚敷ならびに低木仕様基盤、基盤 2 枚重ねとなる。セダム植栽基盤については流量計の不具合の為、欠測扱いとした。

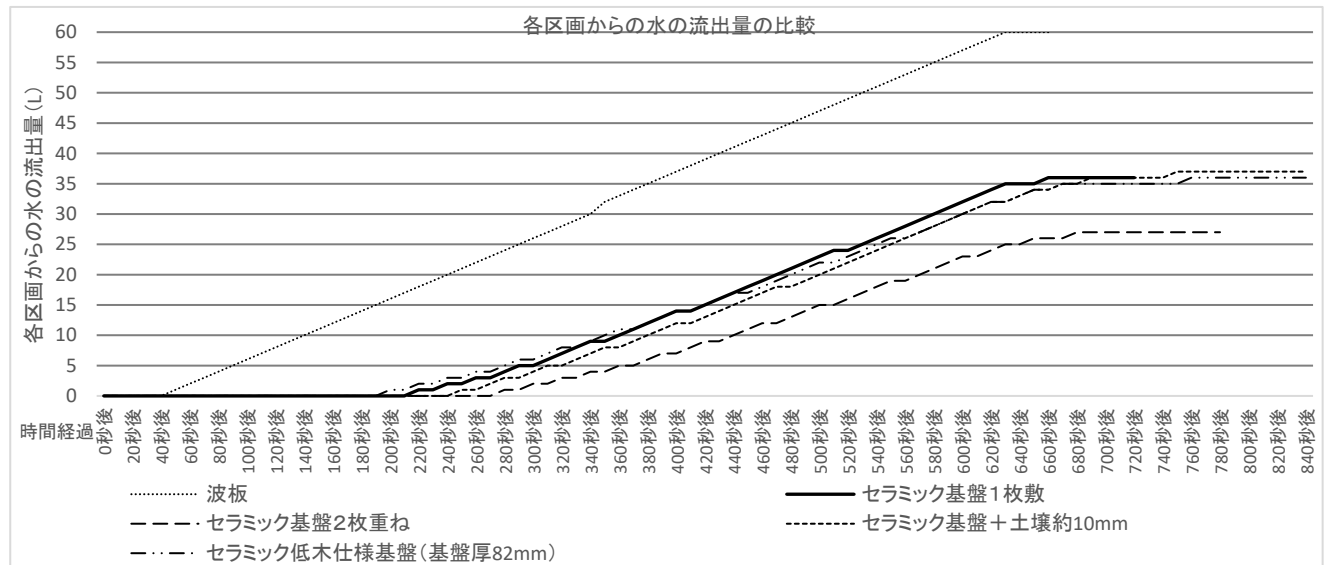


図-1 各区画からの水の流出量の比較

2) 各区画の保水量の比較

保水量の計算式は、**保水量 = 区画に散布した水の量 - 区画から流出した水の量**である。基盤 1 枚敷の保水量は 24L であり、区画に散布した水の内の 40%を保水した。低木仕様基盤の保水量は基盤 1 枚敷と同等である。基盤+土壌の保水量は基盤 1 枚敷よりも 1L 少ない 23L となった。一方、基盤 2 枚重ねの保水量は基盤 1 枚敷よりも 9L 多い 33L となった。

3) 各区画の雨水流出遅延効果の比較

散水開始後、水の流出量が 1L に達するまでの時間を雨水流出遅延効果とする。基盤 1 枚敷の遅延効果は 220 秒間であり、波板の遅延効果 (50 秒間) との差は+170 秒である。基盤+土壌の遅延効果は基盤 1 枚敷よりも 30 秒長い 250 秒間である。基盤 2 枚重ねの遅延効果は基盤 1 枚敷よりも 60 秒長い 280 秒間である。一方、低木仕様基盤の遅延効果は基盤 1 枚敷よりも 20 秒短い 200 秒間となった。

地盤環境工学研究センター

1. はじめに

我が国では、この 10 年に限ってみても 5 度の地震が発生し、甚大な被害を齎している。宅地では、液状化による被害が多く、迅速な復興を遅延させる原因の一つとなっている。このような液状化を抑止するための方法として様々な液状化対策工法があるが、いずれも大規模あるいは重要構造物に対応するものであり、図 1 の赤枠で囲まれたような安価で住宅地など狭隘地で施工できる液状化対策工法の開発が欠如している。そこで本研究では、施工機械がコンパクトである薬液注入工法に着目し、安価な微粒子系薬液注入工法の開発を目的とするものである。特に、高い耐久性があるとされているジオポリマーに着目し、種々の微粒子の固化可能性を検討している。

2. 研究成果

ジオポリマー²⁾ (以下 GP) とは、セメントの代わりに水とアルカリシリカ溶液と活性フィラー (アルカリに活性のある成分を含む非晶質粉体) を用いたものである。ローマ時代の遺跡群が高い耐久性を示すのは固化材にジオポリマーが用いられているためとされている。現在、アルカリシリカ溶液にはケイ酸ナトリウム、水酸化ナトリウムが、活性フィラーにはフライアッシュ (以下 FA)、高炉スラグ微粉末 (以下 BS) といった産業副産物が用いられている。GP の固化原理としては、活性フィラーから溶出した金属イオンがケイ酸と接することでケイ酸錯体を架橋しポリマー化するためである。

本研究では、コストや環境へ適用の観点から、種々の材料の固化可能性を探っている。本報告では、アルカリ源として水酸化マグネシウム (以下 $Mg(OH)_2$)、水酸化カルシウム (以下 $Ca(OH)_2$)、水酸化アルミニウム (以下 $Al(OH)_3$) を、フィラーとして熔融シリカ、FS、BS の組合せを用いた。

図-2 に、混合試料の固化状態を示す。固化時間に違いは見られるものの、いずれの試料も固化することが確認できる。図-3 は、試料内水の pH の経時変化である。固化が早期であった水酸化カルシウム溶液を用いた試料においては、早期に pH の低下が確認された。

3. 終わりに

安価な液状化対策として、ジオポリマーを用いた微粒子注入工法の開発を目指している。固化強度の向上や施工方法の検証など、いくつかの課題を解決していきたい。

参考文献 1) 薬液注入工法の調査・設計から施工まで編集委員会:薬液注入工法の調査・設計から施工まで、社団法人地盤工学会, pp. 1-4

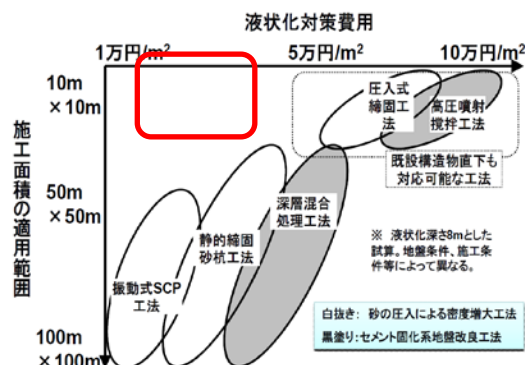


図-1 地盤改良における費用と面積¹⁾

微粒子①	$Mg(OH)_2$	$Ca(OH)_2$	$Al(OH)_3$
Case	D1	E1	F1
1Day			
7Day			

図-2 配合試料の固化状態

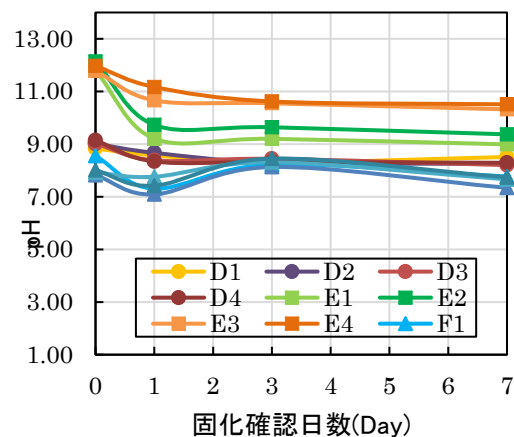


図-3 試料内溶液の pH の経時変化

子ども家庭福祉研究センター

子ども家庭福祉研究センターの研究概要

早坂信哉

子ども家庭福祉研究センター・センター長

1. はじめに

2017年10月に、総合研究所に子ども家庭福祉研究センターを設置した。その目的は、福祉・心理・医療分野における研究の基盤となるセンターの立ち上げにより、子どもやその保護者、高齢者を取り巻く幅広い課題を研究するため各機関をつなぐ「ハブ」の役割を果たすことである。問題解決に理系学部や行政、企業の協力も得て、その結果を広く福祉施設等へ還元することを目指している。

2. 2018年度の研究内容とその成果

① 「渋谷福祉学会」の立ち上げ・運営

渋谷区との福祉に関連する連携構築を行い、「渋谷福祉学会」の開設、運営を行った。本学会にて、渋谷の福祉の未来を考えるシンポジウムや渋谷区内の福祉施設の事業者による研究発表を行った。渋谷福祉学会第1回大会は、2018年11月17日(本学渋谷サテライトクラス)で開催し、65名の参加者であった。今後の課題としては、本学会を継続していくため、運営委員会を立ち上げ、将来的には認知度を上げ、事業者の参加を増やしていきたいと考えている。本学会の定期的な開催を通して渋谷区内の施設の種別を超えた施設同士のつながりを強化し、渋谷区の目指す切れ目のない福祉支援の一役を担うことが期待されている。

② 子育て支援センター「ぴっぴ」における利用者の研究調査

「ぴっぴ」は2004年6月に本学等々力キャンパスに施設開設し、2017年10月で累計29万人以上が利用している。「ぴっぴ」の環境的な質向上等に役立てるための客観的な根拠を得るため、本研究では利用者意識を把握することを目的に調査を実施した。本調査では、利用者220名に依頼し、webによるアンケート調査を実施した(回収率59.1%)(2018年2~3月に実施)。その結果、ぴっぴ利用の理由としては、「子どもを遊ばせられること」、「魅力的なおもちゃがあること」、「親自身の息抜き場となっている」などが挙げられ、子どもにとっての遊びの場や成長の場、感性を育む場として活用されるとともに、親にとっての子育ての息抜き場や親同士の情報収集・情報交換の場として存在していることが明らかになった。また、利用者が日々の育児で困ることが「時々ある」「いつもある」が8割以上であると回答があった。今後育児で困ることの内容をさらに調査する予定である。本研究結果は、本学紀要に掲載され、次年度学会発表及び論文投稿予定である。

③ 保育現場の業務省力化-保育現場の information and communication technology 化についての研究

保育現場で時間を取られる雑務の中で、どのような仕事に時間を取られているのかなどを質問紙調査し、子どもと深くかかわる時間をもっと持てるよう保育現場の業務省力化を検討していく。2019年度には、質問紙を作成し調査を実施する予定である。

④ AIを用いた心拍呼吸や体温のモニタリングシステム:子どもの体調不良を見守るAIセンサーの開発

保育現場で子どもの午睡時の死亡事故や体調不良の子どもをより早く察知するモニタリング機器の導入を検討し、子どもの安全を見守るシステムを構築する。研究経過としては、企業との協働で乳幼児突然死症候群の予防センサーの開発に取り組むことで方向性が確認され、企業と打ち合わせを実施した。さらに、企業研究担当者と本学教員で保育施設2か所を訪問し、保育室の面積や照度調査等を実施し、保育施設の管理者への聞き取り調査を行った。今後は、午睡の薄暗い部屋等育児室の環境に適したモニタリングシステムを開発し、試作にて試行を検討していく予定である。

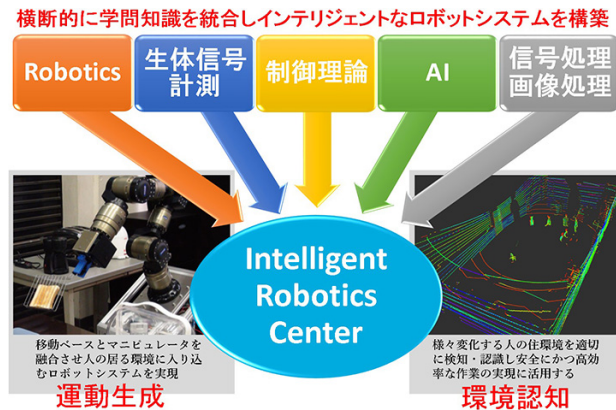
インテリジェントロボティクスセンター

インテリジェントロボティクスセンター(IRC)平成30年度報告概要

野中謙一郎

今日のロボット・制御の技術は、ロボットの商用店舗でのサービスから自動車の自動運転の実用化まで、急速に拡大している。一方で人の活動する環境内で移動体として実用化するためには、さらなる性能向上と安全性の確立が必要である。インテリジェントロボティクスセンターは、本学におけるインテリジェントなロボットシステム構築のための研究開発を推進することを目的に、2018年1月に重点推進研究室の「先進ロボティクス・制御システム研究室」(2017年4月～)をセンターに改組して設立された。本センターでは、人と共存できるレベルのロボットシステムの構築を目指して、ロボティクス、AI、制御、生体信号計測、信号処理、画像処理、計算システムなどの幅広い分野の研究を統合し、国内外の研究機関との連携も視野に入れた先端的なロボットの研究を進める。

2018年度のメンバーは、野中謙一郎教授、金宮好和教授、佐藤大祐准教授、関口和真講師(工学部・機械システム工学科)、京相雅樹准教授(工学部・医用工学科)、田口亮教授、向井信彦教授、大屋英稔教授、中野秀洋准教授、星義克講師(知識工学部・情報科学科)の多様な領域の教員で構成している。本センターで取り組んでいる研究テーマを下記に示す。



インテリジェントロボティクスセンターのビジョン

- 電動車椅子の安全な自動走行の実現
- 画像認識技術を用いた視覚の実現
- 機械とヒトとの良好な関係性実現のための生体計測と信号処理
- 信号処理手法に基づく画像信号、生体信号等の強調・特徴抽出
- 実環境での運用を見据えた自律分散型ドローン群の飛行制御
- 制御理論、計測信号処理を核としたインテリジェントシステム
- ホームロボット・ヒューマノイドによる運動・力協調作業の実現

2018年度は、重点推進研究のテーマの「人との共存を可能にする小型移動体の位置推定と最適誘導制御」の研究において手法の開発を進めると共に、2017年度「大型研究機器・設備」導入により導入されたモーションキャプチャーとフォースプレートシステムを活用した実験システムへの実装に取り組んだ。野中・関口は、移動ロボットや電動車いすの障害物回避や位置推定と地図構築、UAVのマルチエージェント制御や被覆制御の研究に取り組み、金宮・佐藤は、人型ロボットの周辺環境との力学的な相互作用を考慮したバランス制御や、モバイルマニピュレータの動作計画を中心としたロボティクスの研究を進めた。詳細は次ページ以降をご参照頂きたい。さらに、第137回総研セミナーとしてロボティクスワークショップを開催し、田口教授による画像処理、向井教授によるCGの可視化の講演を通じて知見を広げると共に、修士課程の学生の発表を行い、専門の異なる教員からの助言や意見交換を行った。

2019年度は、重点推進研究の最終年度として研究課題の完成を目指すと共に、外部の競争的資金(科研費2件)による研究の高度化を進める。また、これまでに得られた知見を活かすべく、共同研究を通じた社会実装にも取り組む。さらに新しい分野として、「自動運転」「流体力学」「画像センシング」「AR」「人の行動特性」を専門とする教員とも連携して研究の発展を目指す。

【研究概要】

移動ロボットや電動車椅子, 小型の無人航空機などを対象に, 人との共存に必要な状態推定技術・自律移動のための制御技術を開発している. 平成 30 年度は, 状態推定では移動障害物の存在する環境への理論の拡張に取り組んだ. また, 制御技術では, 前年度までに構築したモーションキャプチャ・LiDAR を使った実験設備を使い, 開発した全方向移動ロボットやクアッドコプターに対する制御手法の検証実験を進めながら, 障害物回避技術など制御技術の拡張に取り組んだ.

【成果】

状態推定では従来から取り組んできた研究である, Moving Horizon Estimation (MHE) をもちいて, 移動する障害物が存在する環境においても自己位置推定を可能にする手法[2]と, 観測情報が欠落したり, 誤検出の多い状況に対し数理モデルをもとに適切な観測情報を抽出し正確な状態推定を実現する手法を発表した[5].

制御技術では, 移動ロボットが障害物とすれ違う際に, 障害物との相対運動を考慮した予測から, 減速を含む最適移動を実現する手法を構築した[3]. クアッドコプターについては複数台の機体が衝突を防ぎながら効率的にフィールド調査をおこなうための手法を開発した[4]. また数理モデルと実際の制御対象との間に存在する誤差による制御性能の劣化を補償する制御器をオンラインで調整する手法へ拡張した[1].

【令和 1 年度の計画】

平成 30 年度に開発した手法の実証実験に取り組むと共に各種法の拡張をおこなう. 状態推定ではノイズ込みの観測情報を確率的に捉える手法を取り入れ, ノイズに対してより堅牢な推定が可能な手法に拡張する. 制御技術については提案した手法の有用性を実機実験を通して検証する. 移動ロボットについては障害物の位置や移動方向の不確かさにも対応できるよう手法を拡張する予定である. またロボットの大きさや形状を考慮した最適な運動制御手法を開発する計画である. クアッドコプターについては, 建物内のような複雑な環境に対応可能な手法へ拡張すると共に, より大規模な調査に対応すべく集中/分散制御手法を組み合わせた手法を開発する計画である.

【発表リスト(他 27 件)】

1. 遠藤 弘彬, 関口 和真, 野中 謙一郎, モデル誤差補償器のオンライン調整法, 計測自動制御学会論文集, Vol. 55, pp. 156-163, 2019
2. Koshi Tsuno, Kenichiro Nonaka, Kazuma Sekiguchi, Simultaneous Localization and Mapping for Environment with Moving Objects based on Moving Horizon Estimation, 6th IFAC Conference on Nonlinear Model Predictive Control, pp. , Aug 2018
3. Koji Shibata, Naoki Shibata, Kenichiro Nonaka, Kazuma Sekiguchi , Model Predictive Obstacle Avoidance Control for Vehicles with Automatic Velocity Suppression using Artificial Potential Field, 6th IFAC Conference on Nonlinear Model Predictive Control, pp. 373-378, Aug 2018
4. Masataka Naruse, Kazuma Sekiguchi, Kenichiro Nonaka, Coverage Control for Multi-copter with Avoidance of Local Optimum and Collision Using Change of the Distribution Density Map, SICE Annual Conference 2018, pp. 551-554, Sep 2018
5. Tomoya Kikuchi, Koshi Tsuno, Kenichiro Nonaka, Kazuma sekiguchi, Continuous Marker Association utilizing Potential Function for Motion Capture Systems, 2019 IEEE/SICE International Symposium on System Integration, pp. 578-583, Jan 2019

【研究概要】

人型ロボットの運動制御とモバイルマニピュレータによる作業動作計画の二つの研究課題を、ロボティクス分野の研究テーマとして取り組んでいる。人型ロボットの運動制御では、バランスを維持と共に作業対象や環境に対して運動・力を制御するために、四肢への力の分配を考慮した全身運動制御を実現することが必要であり、その基礎理論、評価指標、実世界を意識した運動制御アルゴリズムを研究している。モバイルマニピュレータによる作業動作計画では、実用的に役立つ作業を実現するために未解決な技術課題となっている物体の把持・操作を研究している。把持・操作に必要とされる物体認識技術や動作生成アルゴリズムを提案し、システム開発によってそれを実現する。

【成果】

人型ロボットの運動制御では、前年度までに確立してきた物体や環境との多点接触を考慮可能な DCM 擬似逆行列を利用した手足先の力・トルクの分配手法に基づく全身運動制御の独自手法を提案した[1]。そして、新たに相対角運動量・角速度に注目したバランス制御手法[2]と、DCM 擬似逆行列に残る問題を改善した VRP 擬似逆行列による全身制御を用いた動的な歩行制御手法[3]を提案した。人間の姿勢制御戦略に基づく人型ロボットの全身制御[4]も発表し、優秀講演賞を受賞した。モバイルマニピュレータによる作業動作計画では、屋内環境で自由度を有する物体をロボットが操作するために必要となる物体認識手法の提案とシステム開発をし[5]、より複雑な作業動作計画を見据えて、人間の作業デモンストレーションを教師データにした深層学習による動作生成も実現した[6]。

【令和元年度の計画】

人型ロボットの運動制御では、新たに提案した相対角運動量・角速度に注目したバランス制御手法と、VRP 擬似逆行列による全身制御を用いた動的な歩行制御手法、人間の姿勢制御戦略に基づく人型ロボットの全身制御をさらに進め、不整地におけるバランス制御、腕や脚の運動によるバランス制御、モーションキャプチャを用いた人間の運動解析から人間の自然な動作を基にしたロボットの軌道生成への応用、運動・力制御による作業と歩行やバランス制御の統合を図る。モバイルマニピュレータによる作業動作計画では、家庭用品や室内環境に内在する物体の相互関係に注目した物体の把持・操作を用いて、実際に家庭内作業を実行可能なロボットシステムを開発していく。

【発表リスト(そのほか 9 件)】

- [1] M. Hosokawa, D. N. Nenchev, T. Hamano, The DCM generalized inverse: efficient body-wrench distribution in multi-contact balance control, *Advanced Robotics*, Vol. 32, No. 14, 1-15, 2018. [DOI:10.1080/01691864.2018.1503095]
- [2] D. N. Nenchev, The Momentum Equilibrium Principle: Foot Contact Stabilization With Relative Angular Momentum/Velocity, *International Conference on Humanoid Robots (HUMANOIDS)*, Beijing, China, 11/6-11/9, 2018. [DOI: 10.1109/HUMANOIDS.2018.8624954]
- [3] 宮原, 金宮, CRB 角運動量および VRP 擬似逆行列に基づく全身制御による動的二足歩行, 第 36 回日本ロボット学会学術講演会, RSJ2018AC3P1-09, 2018.
- [4] 飯塚, 稲村, 濱野, 中村, 金宮, 人間の姿勢制御戦略に基づく人型ロボットの全身制御, 第 19 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 SI2018, 12 月 13 日~15 日, 大阪, 2018, pp. 245--249.
- [5] 仙石, 栗島, 徳永, 佐藤, 金宮, 家庭用品の把持領域や自由度の情報を含む 3D モデルデータを用いたホームロボットの物体認識手法, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2P1-C18, 2018.
- [6] 山内, 松島, 徳永, 佐藤, 金宮, 家庭用品操作時の多視点画像に基づく VAE-GAN+LSTM によるホームロボットの動作生成, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会, 1A1-F14, 2018.

ミネラル結晶体研究センター

平成30年度 東京都市大学総合研究所 研究報告 イフミックによる生体機能の向上に関する研究

ミネラル結晶体研究センター 教授 平田孝道

まず、研究センターのインフラについては、以下に示す写真の通り、着実に整備が整いつつある。特にイフミックが生体に与える効果について生化学的評価が行われており、幾つかの特質すべき結果が得られている。



得られた結果の中でも血管拡張作用について、2018年10月22日～26日にイタリア共和国・ヴェネチアにて開催された NanoMedicine International Conference and Exhibition 2018 (NanoMed 2018) (ナノ医療国際会議・展示会 2018) での研究成果発表を行なった。研究成果発表題目は「Blood circulation promotion by Integrated Functional Mineral Crystal (IFMC) (集積機能性ミネラル結晶体 (IFMC) による血行促進)」であり、特別な比率により合成されたミネラル結晶体を皮膚に接触させることにより、血管拡張が促進されて血行が改善させるという実験結果とそのメカニズム考察に関する成果発表を行なった。更に、がん治療や遺伝子治療、並びにドラッグデリバリーなどを含むナノ医療分野における有益な討論（数カ国の研究を囲んでのミーティング）も行うことができた。

以下に国際会議にて発表した内容のアブストラクトを記載する。

重点推進研究
機能性高分子研究室

機能性高分子研究室の紹介

金澤昭彦、黒岩 崇

総合研究所 機能性高分子研究室 (兼 工学部エネルギー化学科)

研究目的

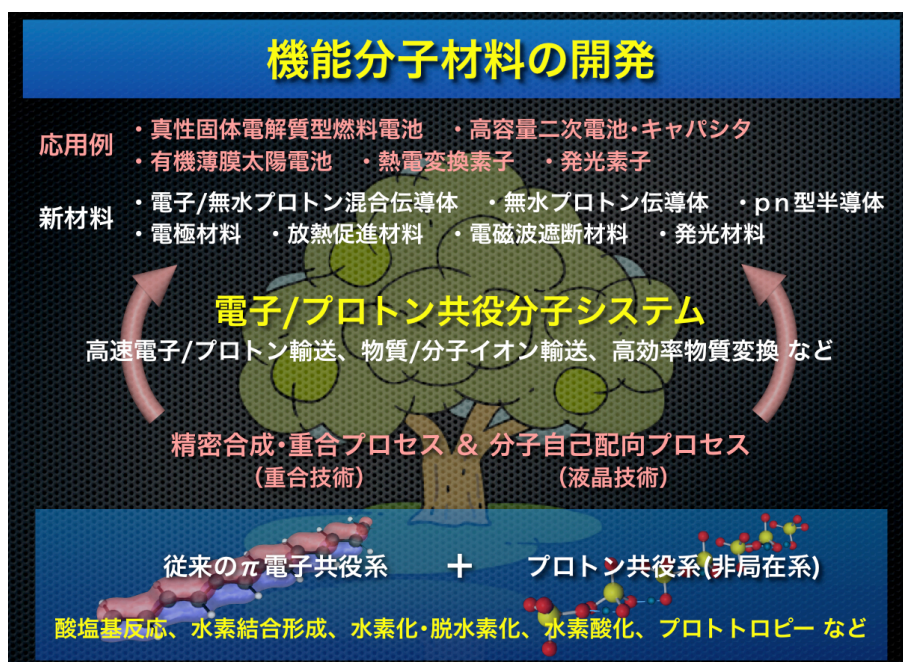
近年、従来の電子のプロセスを基盤とする「エレクトロニクス」に加えて、プロトンが関わる現象に視点をおいた材料・工学技術、すなわち「プロトニクス」が注目されている。プロトンは物質の中で電子に次いで軽い粒子であり、電子と同様にプロトン伝導やトンネル効果を示す。また、プロトンは化学結合の切断-形成を伴って物質中を移動する特異な粒子でもある。プロトンの積極利用が次世代の機能材料・デバイス開発にとって重要な鍵になると期待される。これは、ATP 合成酵素をはじめとする生体系におけるエネルギー代謝においても電子移動とともにプロトン移動が重要な役割を果たしていることから明らかである。

現在、有機 π 共役化合物は有機エレクトロニクス分野において基幹材料として用いられているが、それらの電気的特性は拡張された π 共役系、すなわち分子集団系における非局在化した π 電子に由来する。本研究では、従来の π 共役系における π 電子をプロトンに置き換えた「プロトン共役分子システム」を創製し、 π 共役電子系に加えてプロトンの非局在系を活用した機能材料・デバイスを開発する。

研究計画

本研究では、プロトン非局在系を実現する分子材料の設計・合成手法を確立し、プロトン共役構造、ナノ・メゾスケール構造、次元制御構造の特徴を生かした無水プロトン伝導体をはじめとする新機能分子材料を開発し、次世代蓄電・発電デバイスならびに関連材料へ応用する（下図参照）。

分子内および分子間での水素結合や配位結合の結合様式を精密重合プロセスや自己組織化プロセスを用いて調節することにより、有機物質を無水プロトン伝導体や π 電子/プロトン混合伝導体として利用できるようになると期待している。現在、水素結合ネットワークの幾何学構造制御や材料のメソポーラス構造化などにより、蓄電・発電デバイス応用に向けた高機能化プロトン共役ポリマーの開発に取り組んでいる。



有機プロトニクス：プロトン共役分子システムの開発

金澤昭彦、黒岩 崇（工学部 エネルギー化学科）

はじめに

最終年度にあたる平成 30 年度は、「 π 電子-プロトン共役系分子材料の設計・合成」に関する研究の一環として、特に「電子-イオン混合伝導性ポリマーの開発と蓄電・発電デバイスへの応用」について焦点を絞り研究を行った。代表例として、二硫化炭素から誘導される、レドックス活性（硫黄単体 S_8 の性質）と電子伝導性（導電性ポリマーの性質）を合わせもつポリ硫化炭素 $((CS)_n)$ を正極材に用いる、体積エネルギー密度、充電時間、安全性の点で優れる全固体電池の開発に関する成果を以下に述べる。

結果と考察

1. ポリ硫化炭素の合成および分析

1-1. 二硫化炭素の電解還元重合によるポリ硫化炭素の合成および分析

ポリ硫化炭素の高効率合成を目指して、二電極法による電気化学的合成法について検討した。その結果、二硫化炭素からポリ硫化炭素の直接合成が可能であることが明らかとなった。

1-2. 電解重合ポリ硫化炭素の同定—自己ドーブ型ポリ硫化炭素の生成

上述した電解重合ポリ硫化炭素を同定したところ、得られた生成物は支持電解質の有機カチオン $(C_4H_9)_4N^+$ を含む還元状態の自己ドーブ型の π 共役ポリマーであることが新たに明らかとなった。また、反応条件によってドーブ型と未ドーブ型の高分子共役構造を自在に調節できることもわかった。

1-3. ポリ硫化炭素のリチウム化—側鎖に LiS -基をもつ π 共役ポリマーの設計合成

全固体電池硫黄正極材への応用に向けた分子設計を行い、合成段階で放電状態、つまり還元状態である Li^+ ドーブ型ポリ硫化炭素の合成が可能となった。

2. ポリ硫化炭素の基礎物性評価—電気伝導性の評価

二次電池用正極活物質としてのポリ硫化炭素の最大の特徴は電子伝導性を有することである。この特性により正極内部抵抗の低減が実現できれば、充電時間やレート特性に関する難題を解決することができる。そこで、ポリ硫化炭素を加圧造粒処理した圧粉成形体を用いて四探針法により電気伝導性を評価した。未ドーブ試料は電気伝導性を示さなかったが、自己ドーブ試料では明確な導電性が観察された。また、 $(C_4H_9)_4N^+$ ドーブ試料と Li^+ ドーブ試料を比較すると、 Li^+ ドーブ試料の方が一桁以上高い電子伝導性を示すことが明らかとなった。この結果は、 Li^+ ドーブ型ポリ硫化炭素が電子伝導性に加えて、 Li イオン伝導性も示すことを示唆する。

3. ポリ硫化炭素を正極材に用いる全固体電池の試作と性能評価

自己ドーブ型ポリ硫化炭素を正極材とする全固体電池を試作し、室温における充放電特性を調べた。その結果、最適条件下でないにもかかわらず約 600 mAh/g の高い放電容量が観察された。この電気容量は理論値に近い値であり、クーロン効率も 99.5% に達した。充放電サイクル特性についても検討し、30 サイクル後においても劣化は全くない、といった良好な結果が得られた。

まとめと今後の展望

本研究により、電解重合ポリ硫化炭素が全固体電池用正極材として有望であることが実証された。諸条件を最適化することによって、高い潜在性能を引き出すことも可能だろう。電子- Li イオン混合伝導性ポリ硫化炭素の開発をさらに進展させることができれば、電気容量、充電時間、レート特性に優れた全固体電池の実用化が期待できる。

重点推進研究
機能性非晶材料研究室

重点推進研究2年度目として、初年度から引続き、ガラスの化学的組成の HNL 形成に及ぼす影響の視点から HNL 形成のメカニズムを探っている。組成を制御したガラスの作製については、共同研究先の協力を得て製造会社を選定、複数のサンプルを作製したものの作製に予想以上の時間を要するため、学内で自作することとした。2018 年度にガラス熔融炉を導入し、実験を継続している。その結果、いくつかの元素について、ガラス内での構成比率を変えると劇的に HNL の形成速度が変化することが明らかとなり、現在、詳細の検討を進めている。

また、HNL 構造形成の分析においては、新たに GD-OES を用い、HNL 構造内部における組成の深さ依存性を測定した。その結果、XPS および TEM/EDS による分析結果と一部異なるものの元素によっては非常によく一致する結果を非常に簡便に得られることが分かった。

また、国際会議 PNCS-ESG (7 月)、ICG annual meeting (9 月) において議論および情報収集を行った結果、HNL の起源が、ガラスの分子論的構造として議論されているパーコレーション・チャネルである可能性を検討すべきと考える。併せて、このパーコレーション・チャネルはガラス研究の分野において広く認識されてはいるものの、実験的な証明がまだなされていない概念であり、HNL に関する本研究を通してこれを証明することができれば、非晶質の研究において非常に大きなインパクトを与えることになることと期待される。

受託研究や技術移転を視野に入れた、処理可能材料の大型化については、本年度増設オートクレーブを活用することにより、処理可能サイズがスライドガラス程度から 10~20cm 角サイズへ拡大した。併せて、処理装置メーカーの協力を得て、将来の実用化を目指して量産設備の共同開発に着手した。

Macromolecular Materials and Engineering 誌 (IF=2.69) に投稿論文が掲載され、12 月には、その内容が新聞2紙 (日刊工業新聞、化学工業日報) およびウェブメディア2件 (fab cross for エンジニア、OPTRONICS online) にて報道された。

学会発表については、2018 年 7 月に開催された The 15th International Conference on the Physics of Non-Crystalline Solids and The 14th European Society of Glass Conference にて、口頭発表1件、ポスター発表3件を行った。また、9 月開催の 2018 International Commission on Glass Annual Meeting においても口頭発表1件、ポスター発表3件を行った。2019 年 3 月には、表面技術協会講演大会にて、口頭発表1件、ポスター発表2件を予定している。

また、技術セミナーにおける依頼講演4件を行い、多数の参加企業に対し広報と議論を行った。8 月に開催された本学オープンキャンパスでは、実物の展示と機能性の実演を行い、多くの見学者を集めた。

重点推進研究
サステナブルパワーシステム研究室

1. 研究室の概要

パリ協定以降の世界的な電力・エネルギー分野の再生可能エネルギーのシェア拡大と交通分野の電気自動車のシェア拡大の動向を受け、再生可能エネルギー×電気自動車×電力エネルギーシステムの学際融合、システム・インテグレーションを推進する産学官連携拠点を目指し、サステナブルパワーシステム研究室を結成した。

① JST CREST “分散協調型エネルギー管理システム構築のための理論及び基盤技術の創出と融合展開”，② NEDO “分散型エネルギー次世代電力網構築実証事業”，④ 科研費基盤 C “電気自動車と再生可能エネルギーのシステム統合に関する研究”，3 つの研究プロジェクトと、産学共同研究 7 件を進めている。

再生可能エネルギー×電気自動車×電力エネルギーシステムの融合領域は、国家戦略やエネルギー基本計画でも注目を集めており、国の研究会、各種専門的な講演会、産業分野を融合する観点での学会活動、そして研究のアウトリーチとしての講演活動、大学の研究活動をアピールする講義、など幅広い活動を実施している。

2. 研究室の構成

工学部電気電子工学科電力システム研究室(中島教授, 太田准教授)からの研究リソースでサステナブルパワーシステム研究室を構成している。主な研究活動場所は、世田谷キャンパス 3 号館 2 階の研究スペースであるが、フレキシブル太陽光発電の評価のために、3 号館 4 階のオープンスペースと総合研究所 3 階研究室を拠点化し、定期的の実験を実施している。関係する学生は、大学院生 3 名, 学部生 6 名である。

2018 年度からは、重点推進研究で整備したテストベッドを利用して、大阪府立大学、名古屋大学それぞれとの共同試験を東京都市大学で実施し、研究成果を挙げている。また、地域エネルギーとモビリティとの融合研究に資するオープンデータを整備するために、電気自動車車載のデータ収集管理システムの運用を始めている。

3. 活動実績

電気自動車の実証車両と電力・エネルギーシステムの仮想模擬を可能とするリアルタイムシミュレータを連成した HILS(Hardware-In-the-Loop Simulation)を確立し、電気自動車の先進制御による、電気自動車および再生可能エネルギー電源普及時の電力品質低下の問題の解析の解決策の提案を行った。フレキシブル太陽光発電を電気自動車屋根上に設置する基礎試験を行い、東京都心での走行環境時の効率を計測した。HILS というユニークな試みは、外部からの多くの関心を寄せていただき、産学連携や取材等の展開を得ることができた。

国際連携に関しては、昨年度に引き続きデンマーク工科大学との研究打ち合わせと設備見学を東京都市大学で実施した。モビリティ×エネルギーの国際研究拠点の一つである英国ニューキャッスル大学から電気自動車データ収集の知見を伝授いただき、東京都市大学実証車両へも展開した。

論文誌 4 件, 国際会議 5 件, 国内学会 9 件, 講演 17 件, 取材 4 件, 見学対応 20 件程度, 研究展示 7 件, 受賞 2 件の活動実績が得られている。

4. 活動方針

経産省、環境省、内閣府でもモビリティ×エネルギーの地域実証や取り組みが見られるため、積極的に参画してゆきたい。電力・エネルギーと自動車の業界横断の取り組みの歴史的な局面を迎えているため、東京都市大学テストベッドを拠点とし、両業界を取り持つ活動も重視したい。

研究報告：サステナブルパワーシステム研究室

東京都市大学では、電気自動車が住宅、マンション、事業所、さらには、都市レベルで広く普及することを想定して、電気自動車を各シーンにいざなう図 1 のようなキャンパス実証設備を備えている。キャンパス実証のフェーズ 1 として、講義棟の太陽光発電からのスマート充電、研究室・講義棟との V2H/V2B が可能な充放電システムの導入と、リアルタイムシミュレータと連携した V2G 試験を 2017 年度に引き続いて実施し、複数台での制御干渉の有無などを確認している (1) (2)。また、再生可能エネルギーが大量導入された電力システムの周波数・電圧変動を再現するリアルタイムシミュレーションと連動しながら、電力システムの需給調整に必要とされる FFR (Fast Frequency Response) の制御設計や効果検証、電気自動車の充放電制御時に電気自動車が接続される住宅周りの配電フィーダに生じる電圧変動を電気自動車自身の無効電力制御により抑制するスマートインバータ制御の効果検証などを検証するシミュレーション解析も実施している (3) (4)。

フェーズ 2 として、住宅・マンション・職場・ショッピングセンターなどサイト間の移動シーンを想定しての走行&スマート充電&V2H/V2B/V2G の最適化を実施中である。電気自動車への再生可能エネルギー由来のエネルギー供給とそのエネルギーによる走行、再生可能エネルギーの導入拡大のための電力システムへの追加的な充放電の意義やインセンティブを明確化する”サステナブルマイレージ”という新しい価値指標を提案・採用し、サイト間の走行・充放電実績から定量評価を完了しつつある。2019 年 3 月からは、電気自動車の諸計測値と GPS 位置情報をあわせて 3G ネットワーク経由で自動収集し、クラウドサーバで評価までを行う車両情報オープンソースシステムを導入したところである。

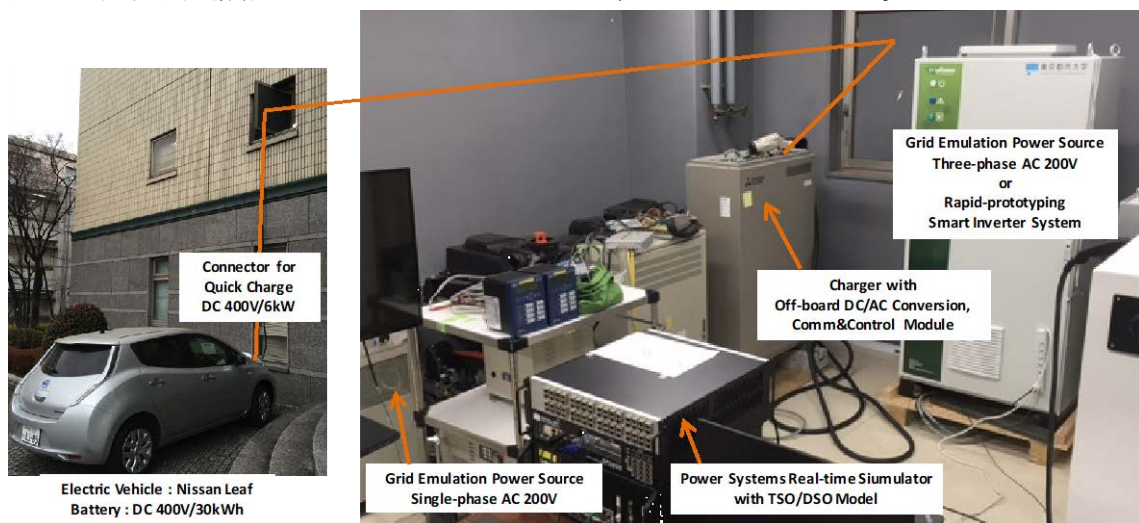


図 1. 2018 年度拡充：再生可能エネルギー×電気自動車×電力システムの実証設備

文献

- (1) S. Kamo, H. Toda, Y. Ota, and T. Nakajima, K. Kawabe, and A. Yokoyama, "Autonomous Voltage and Frequency Control by Smart Inverters of Photovoltaic Generation and Electric Vehicle", The 2nd E-Mobility Power System Integration Symposium (2018-10)
- (2) H. Toda, Y. Ota, T. Nakajima, K. Kawabe, and A. Yokoyama, "Implementation and Verification of V2G Control Schemes on Multiple Electric Vehicles", The 2nd E-Mobility Power System Integration Symposium (2018-10)
- (3) S. Su, Y. Hu, S. Wang, W. Wang, Y. Ota, K. Yamashita, M. Xia, X. Nie, L. Chen, and X. Mao, "Reactive Power Compensation using Electric Vehicles considering Drivers' Reasons", IET Generation, Transmission and Distribution (2018)
- (4) N. Mizuta, Y. Susuki, Y. Ota, and A. Ishigame, "Synthesis of Spatial Charging/Discharging Patterns of in-Vehicle Batteries for Provision of Ancillary Service and Mitigation of Voltage Impact", IEEE Systems Journal, Vol.13, Issue.3, pp.3443-3453 (2018-12)

專任教員研究室

FUTURE-PV研究室

FUTURE-PV 研究室の概要

KEYWORD : 太陽電池材料とデバイス、太陽光発電

研究スタッフ :

特任教授 小長井誠、准教授 石川亮佑、客員教授/特別研究員(AF) 市川 幸美、特別研究員(AF) 濱 敏夫、客員教授 Jürgen Werner (独、Stuttgart 大学教授)、特別研究員(AF) 野毛 宏、特別研究員(AF) 古川 公子、特別研究員(AF) 熊田 昌年、特別研究員(AF) 平井 政和、特別研究員(PDII) 高村 司

研究概要:

21世紀は環境・エネルギーの時代。FUTURE-PV 研究室では太陽光発電システム技術開発を行っています。2050年までに、世界で10TWの太陽光発電を導入するため、発電コスト7円/kWh以下を実現するための技術開発を目標としています。この研究目標を達成するため、半導体デバイス技術、微細加工のためのナノテクノロジー、量子効果などの微小領域での物理現象、屋外発電特性などのシステム技術開発などを行っています。また一般的な電力用途に限らず、交通システムへの応用やIoT機器の独立電源としての太陽電池開発も行っています。

研究内容 :

① 超高効率 Si 系トリプル接合太陽電池開発

【目的】

- ・変換効率35%の超薄型 Si 系トリプル接合太陽電池を実現
- ・量子効果 Si ナノウォール・トップセル/Rib型 Si-ミドルセル/Rib型 Ge-ボトムセル実現のための要素技術を開発

【研究概要】

- ・Si 太陽電池の変換効率は~26%で飽和傾向
- ・Si 系トリプル接合太陽電池で変換効率35%を達成。
- ・量子効果により Si をワイドギャップ化
- ・Rib 構造により太陽電池の動作電圧を大幅アップ
- ・わが国では100GWの太陽光発電の導入でCO₂排出量5%の削減効果

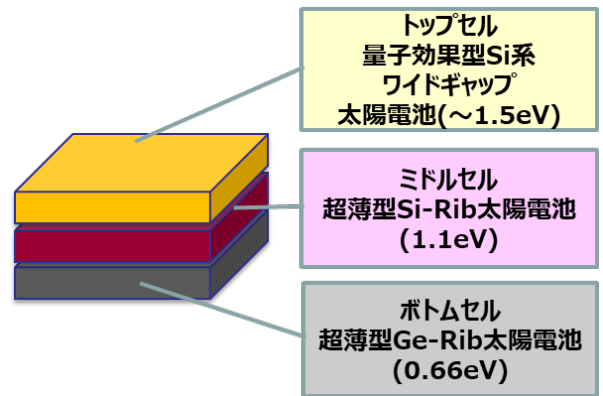


図1 Si系トリプル接合太陽電池

② IoT 応用に向けた高電圧アモルファス Si 多接合太陽電池開発

【目的】

- ・近年急速に拡大するIoT市場より、IoT向けセンサの独立電源としての太陽電池開発が期待されている。
- ・室内照明で発電する太陽電池としては、集積型のアモルファス Si が従来使用されてきた。集積型加工をすることなく、3.5Vの高電圧を発生するアモルファス Si (a-Si) 系多接合太陽電池を開発する。

【研究概要】

- ・プラズマCVDによりアモルファス Si を5接合 (p, i, n など15層) を積層することにより、高電圧を得る。
- ・裏面からも光を照射可能な両面受光構造を採用することにより、アモルファス光吸収層の薄膜化が可能。

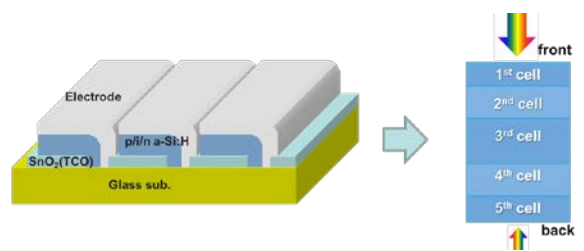


図2 両面受光高電圧 a-Si 多接合太陽電池

③ 各種太陽電池の発電特性と新しい応用分野の開拓

【目的】

- ・一般的な住宅用、産業用や電力用以外の太陽光発電の新規な応用分野を開拓

【研究概要】

- ・結晶 Si、薄膜 Si や CIGS 薄膜太陽電池、さらには波長スプリットング太陽電池などを総研屋上に設置し、発電特性を計測。応用分野に適した太陽電池構造、設置法を考案。



図3 総研屋上に設置した各種気象センサと太陽光発電モジュール

超高効率 Si 系トリプル接合太陽電池に関する研究成果

FUTURE-PV 研究室 特任教授 小長井誠

FUTURE-PV 研究室は、Si 太陽電池の超高効率化を目指し、Si 系トリプル接合太陽電池の開発を進めている。本年度は、主にトリプル接合セルのミドルセルとなる Si-Rib ならびに Ge-Rib 太陽電池開発の研究開発を行った。Rib 太陽電池では、超薄型化することによってバルク内再結合を抑制し、大幅な開放電圧の向上を期待できる。本研究では、5cm 角程度のウェハを対象に Rib ウェハプロセスを開発し、厚さが 10 μm ~40 μm の超薄型 Si-Rib 太陽電池の実現を目指している。

【Rib プロセスの最適化と超薄型化】

厚さが 10 μm ~40 μm の超薄型 Si-Rib を作製するには、精度の高いエッチング技術の開発が望まれる。本年度は、超薄型化セルの光閉じ込め効果向上を目指して凹凸化技術開発を行った。その結果、厚さが 80 μm ~90 μm の texture 化された Rib ウェハの作製 が可能となった。

【a-Si 等による最適パッシベーション膜の形成技術開発と評価】

ヘテロ接合型太陽電池の高効率化には、アモルファス Si (a-Si) によるパッシベーションが極めて重要である。アンドープ a-Si (i-a-Si) によるパッシベーション膜の最適化のほか、デバイス構造を想定しての p-a-Si/i-a-Si や n-a-Si/i-a-Si によるパッシベーション性能の評価を行った。その結果、QSSPC によるキャリアライフタイム測定では数 msec~10msec と優れた値が得られた。

【Rib 太陽電池の電流-電圧特性】

図 1 に示す断面構造の Rib 太陽電池を試作した。Rib 太陽電池の特性評価では、通常の 4 端子法に加えて、特に texture 化された裏面の接触抵抗に注意を払う必要がある。そこで、本研究では、銀ペーストを用いて裏面を銅板に固定し 4 端子測定により太陽電池特性の評価を行った。これらの測定技術の改良により、曲線因子が大幅に向上し、厚さ 80 μm の Rib 太陽電池で変換効率 19.7% (V_{oc} =0.684V、 I_{sc} =36.4 mA/cm²、 FF =0.790) が得られた。

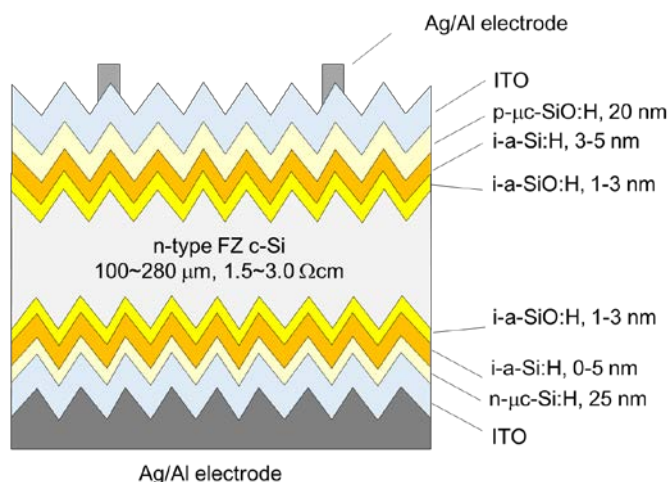


図 1 開発した Rib 太陽電池の断面積層構造

表 1 2018 年度に得られた Si 太陽電池の性能

Structure	V_{oc} (mV)	J_{sc} (mA/cm ²)	FF	η (%)	Designated area (cm ²)
wafer: 280 μm , texture, Rib 80 μm	684	36.4	0.79	19.7	1.0
wafer: 100 μm , texture, Rib 40 μm	685	34.4	0.78	18.3	1.0
wafer: 280 μm , texture, W/O Rib	710	37.6	0.77	20.6	1.0
wafer: 280 μm , Flat, Rib 60 μm	700	32.0	0.76	17.0	1.0
wafer: 280 μm , Flat, W/O Rib	714	33.1	0.82	19.4	1.0
wafer: 100 μm , Flat, W/O Rib	731	32.4	0.81	19.2	1.0

【学術論文】

1. Makoto Konagai, Rei Kondo, Toshiki Otani, Satomi Takahashi, Kentarou Sawano, Yukimi Ichikawa, Kazuyoshi Nakada and Yasuyoshi Kurokawa
“Structural, Optical and Electrical Characterization of Heterojunction Rib-Si Solar Cells”
2018 IEEE 7th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion,
IEEE *Xplore*: 29 November 2018, IEEE, ISSN: 0160-8371
DOI: 10.1109/PVSC.2018.8548235
2. Yukimi Ichikawa, Masakazu Hirai, and Makoto Konagai
“Fundamental Study of Si/SiO₂ Quantum Well Structure for Wide Bandgap Si Solar Cells”
2018 IEEE 7th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion,
IEEE *Xplore*: 29 November 2018, IEEE, ISSN: 0160-8371
DOI: 10.1109/PVSC.2018.8547911
3. Makoto Konagai, Rei Kondo, Yukimi Ichikawa, and Yasuaki Ishikawa
“Characterization of Heterojunction Rib-Si Solar Cells by EL and DLIT Imaging”
EUPVSEC Proceedings, 262-265(2018)
ISBN: 3-936338-50-7
DIO: 10.4229/35thEUPVSEC20182018-2AO.4.5
4. Makoto Konagai and Ryo Sasaki
“High voltage bifacial amorphous Si quintuple-junction solar cells for IoT devices”
Jpn. J. Appl. Phys. 58, SBBF05 (2019) 7 pages
<https://doi.org/10.7567/1347-4065/aafc98>

【国際会議】

1. Makoto Konagai, Rei Kondo, Toshiki Otani, Satomi Takahashi, Kentarou Sawano, Yukimi Ichikawa, Kazuyoshi Nakada and Yasuyoshi Kurokawa
Structural, Optical and Electrical Characterization of Heterojunction Rib-Si Solar Cells
WCPEC-7, Hawaii, June 10-15 (2018)
2. Yukimi Ichikawa, Masakazu Hirai, and Makoto Konagai
Fundamental Study of Si/SiO₂ Quantum Well Structure for Wide Bandgap Si Solar Cells
WCPEC-7, Hawaii, June 10-15 (2018)
3. Satomi Takahashi, Tomoya Kubota, Masatoshi Kumada and Makoto Konagai
INDOOR AND OUTDOOR PERFORMANCE MEASUREMENT OF InGaP//Si SPECTRUM SPLITTING SOLAR CELLS
RE2018, Yokohama (2018)
4. Makoto Konagai, Rei Kondo, Yukimi Ichikawa, and Yasuaki Ishikawa
Characterization of Heterojunction Rib-Si Solar Cells by EL and DLIT Imaging
35th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition, SQUARE - Brussels Meeting Centre, September 24-28 (2018)
5. M. Konagai, R. Sasaki
Thu. Sep 13, 2018 10:30 AM - 10:45 AM
[F-7-04 (Late News)] High Voltage Bifacial Amorphous Si Quintuple-Junction Solar Cells for IoT Devices
SSDM2018, Tokyo, Sept.9-13 (2018)
6. Makoto Konagai
Recent Advances in Developing Rib-Si Solar Cells
The 7th Korea-Japan Joint Seminar on PV
November 15-17, Koreana Hotel, Seoul, Korea (2018)
7. Rei Kondo, Yukimi Ichikawa, Kentarou Sawano and Makoto Konagai
Electroluminescence Characteristics of Si Heterojunction Solar Cells
The 7th Korea-Japan Joint Seminar on PV
November 15-17, Koreana Hotel, Seoul, Korea (2018)
8. Yoshiaki Osawa, Yukimi Ichikawa, Hiroshi Noge, Makoto Konagai
Device Simulation of Thin Silicon Solar Cells with Rib Structure
The 7th Korea-Japan Joint Seminar on PV

November 15-17, Koreana Hotel, Seoul, Korea (2018)

9. Ryo Sasaki, Makoto Konagai

Bifacial Amorphous Si Quintuple-Junction Solar Cells for Application to IoT

The 7th Korea-Japan Joint Seminar on PV

November 15-17, Koreana Hotel, Seoul, Korea (2018)

【国内シンポジウム、学会講演会など】

国内シンポジウム 8 件、応用物学会学術講演会 10 件など

【講演会など】

小長井誠

「太陽電池の最新開発動向」

PVJapan2018, パシフィコ横浜, 6 月 22 日 (2018)

【展示会】

イノベーション・ジャパン 2018—大学見本市

2018. 8. 30-8. 31 (東京ビッグサイト)

【マスコミ懇談会】

小長井誠

JST・未来社会創造事業「超薄型 Si 系トリプル接合太陽電池」

2018 年度東京都市大学マスコミ懇談会、5 月 30 日 (2018)

渋谷エクセルホテル東急

【受賞】

佐々木 峻, 小長井 誠

IoT 応用に向けた両面受光高電圧アモルファス Si 多接合太陽電池 (Innovative-PV 奨励賞)

第 15 回「次世代の太陽光発電システム」シンポジウム、ホテルさっぽろ芸文館、札幌

2018. 7. 12-13

専任教員研究室
マイクロナノシステム研究室

マイクロナノシステム研究室の概要

Keywords : マイクロマシン、バイオナノ技術、環境発電

マイクロナノシステム研究室 特任教授 藤田 博之

研究概要 :

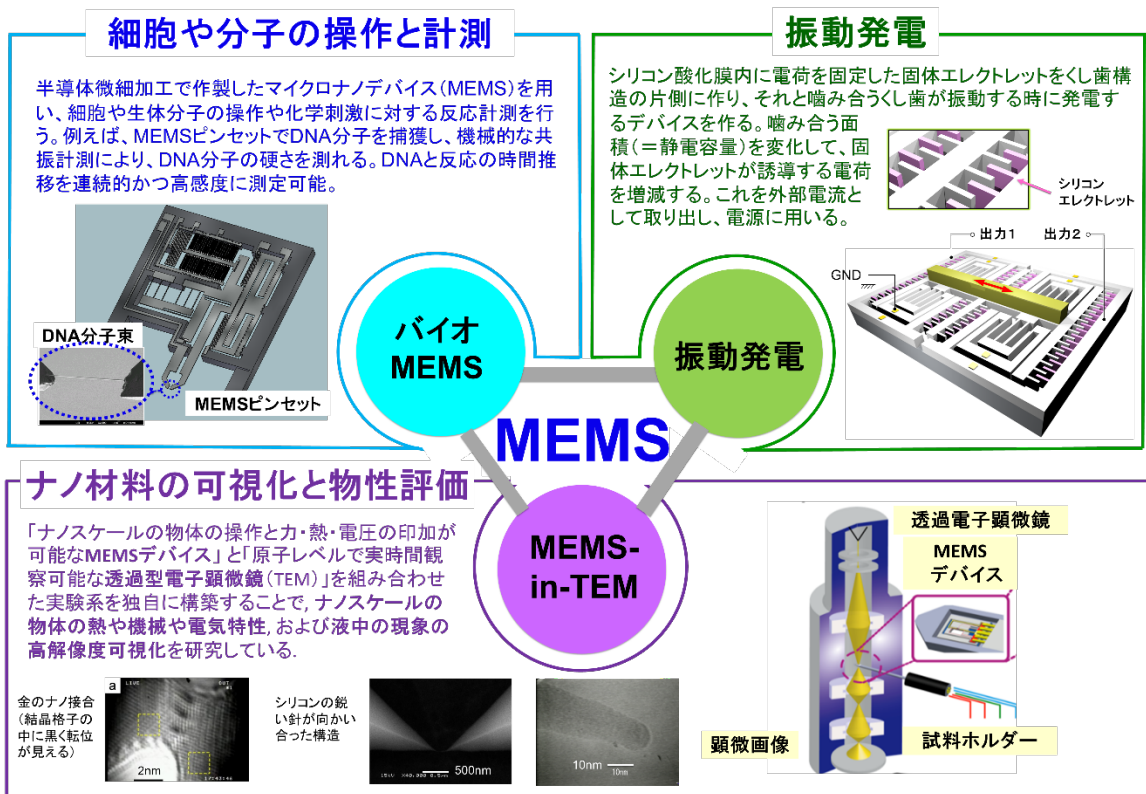
半導体加工技術を活用してマイクロやナノの機械を作る MEMS/NEMS 技術は、携帯電話や自動車用のセンサーをはじめ光通信や医療へ広く応用されている。本研究室では、マイクロナノシステム技術を異分野と融合して、バイオ・ナノテクノロジーからエネルギーまで、様々な応用を探求する。特に、細胞や生体分子の操作と計測、電子顕微鏡中の「その場」観測によるナノ材料の可視化と物性評価、環境の微小振動から発電する素子を研究している。

研究内容 :

下図に示す三つの研究領域について、今年度は以下の成果を得た。

- ① シリコンナノピンセットの主要な構造をマイクロ流路に集積したチップを作り、流路内に細胞を流し込んだ。ピンセットの可動部で細胞一つを捕獲し、硬さや粘性を測った。
- ② 透過電子顕微鏡内部で DLC (ダイヤモンドライクカーボン) 膜をこすり合わせ、その界面に生成する摩耗粉の挙動を実時間観測し、同時に摩擦低減効果を測った。
- ③ エレクトレットと電極を最適配置し、振動発電デバイスの発電効率を大きく高めた。

マイクロナノシステム (MEMS, NEMS) の技術を異分野と融合する研究 細胞や分子の操作と計測、ナノ材料の可視化と物性評価、振動発電



MEMSによる単一細胞や少数分子の操作と特性計測

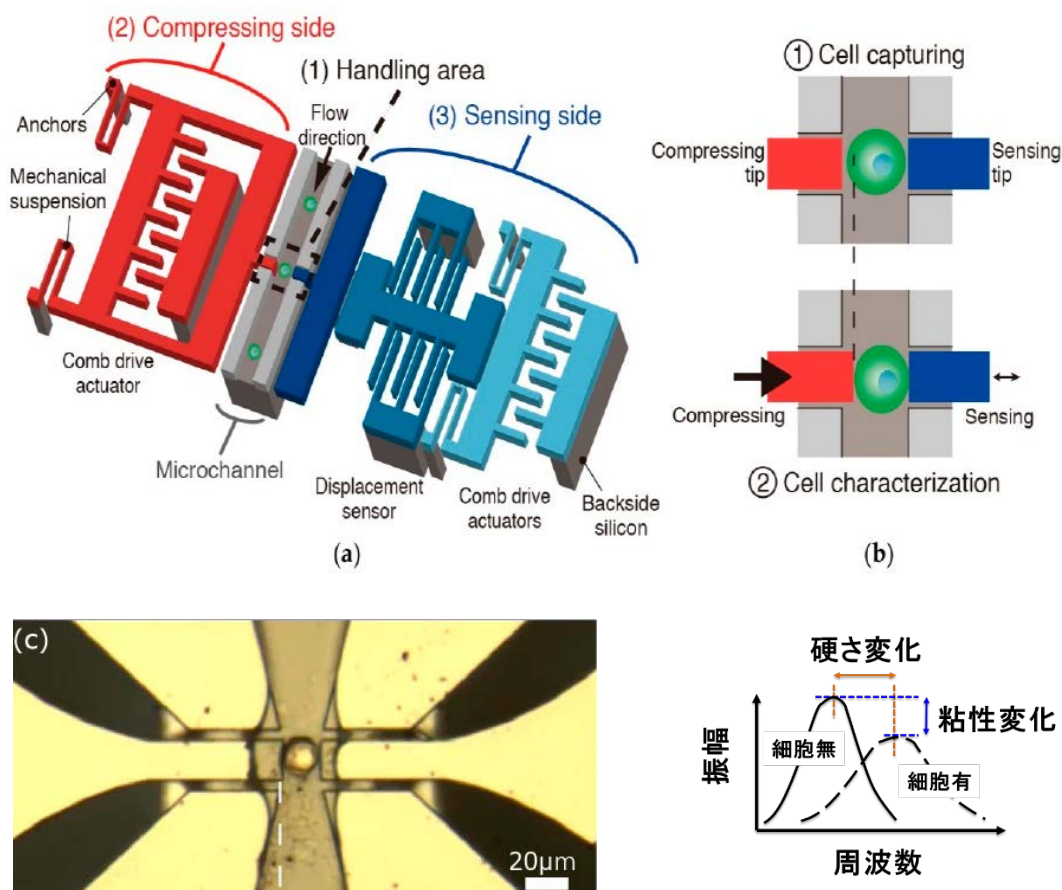
技術の特長

- MEMSの寸法や動きは数十 μm から数 nm なので細胞や分子を個別に捕獲できる
- マイクロ流路や化学センサーと組み合わせて多様な測定が可能
- 細胞や分子の硬さや導電率の変化から、薬剤等への応答を連続的に監視

今年度の成果

まず、単一細胞のバイオメカニクス測定を可能するデバイスを、フランスのレールにある日仏共同研究拠点と連携して開発し、狙いの機能を発揮することを実証した。正常細胞に比べ、例えばがん細胞は異なった硬さや粘性を示す。特にがん転移を生じやすい細胞は、組織の隙間を通して血管に至り、別の個所で血管から他の組織に侵入する必要があるため、移動性に加え変形能が大きいことが知られている。我々が研究してきたシリコンナノピンセットは、アーム間に細胞を捕獲し力や変位を加えて、細胞の機械特性を測ることができる。これを高効率に行うため、マイクロ流路内に一対のアームが突き出し(下図(a)の(1)Handling area)、そこに細胞を捕獲する構造と、そのアームをゆっくり動かして細胞を圧縮するアクチュエータ(同(2)Compressing side)および、細胞の振動を与えた時の共振特性から細胞の機械特性を測る部分(同(3)Sensing side)を一体化したデバイスを作った。単一細胞を捕獲し、計測できた。転移しやすいがん細胞は、より柔らかいことが分かった。

また、ピンセットでDNA分子を捕獲しそこに分子が結合したときの変化を計測できた。



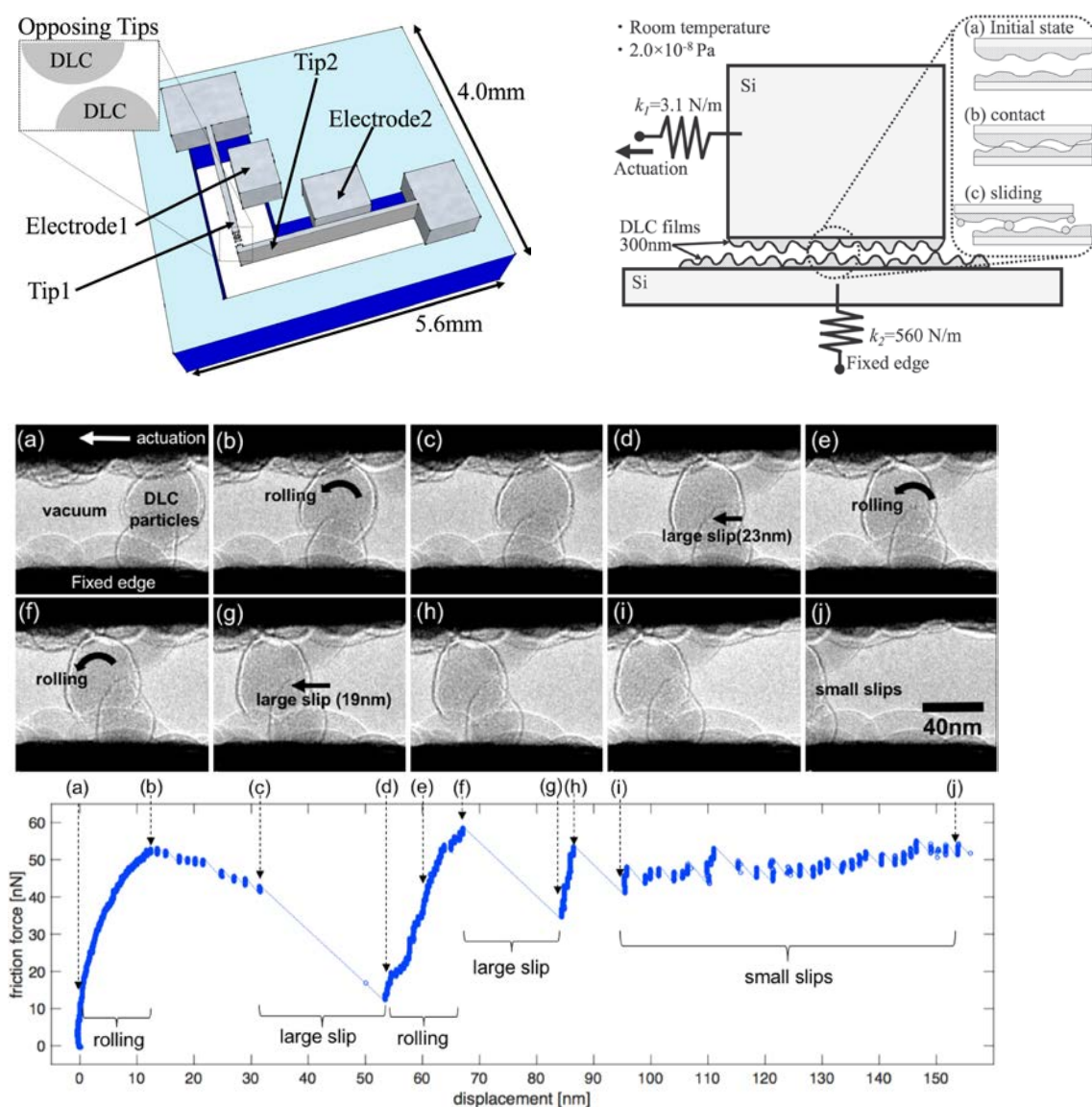
MEMS を電子顕微鏡内で動かしナノ材料を調べる

技術の特長

- ナノ物体の原子レベル構造変化と、機械・熱・電気・バイオ化学特性を同時に測定
- MEMS 機能を用い同じ TEM ホルダーで力や電界の付加・温度変化・水中観測を実現
- 市販の *in-situ* 実験系に比べ、安定性、画像分解能、測定精度を一桁向上

今年度の成果

透過電子顕微鏡内部で下図左上の MEMS を駆動し、ティップ先端に付加した DLC (ダイヤモンドライクカーボン) 膜をこすり合わせた。膜を接触させ、すり合わせると摩耗粉が生成した (右上の模式図)。界面の動きに伴い、**摩耗粉が転がる挙動を実時間観測した** (中段の画像)。摩耗粉の回転と滑りに伴いせん断力が減少し、**摩擦低減効果の役割を果たす**ことが分かった (下のグラフ)。



MEMS 振動発電デバイスで環境エネルギーを回収する

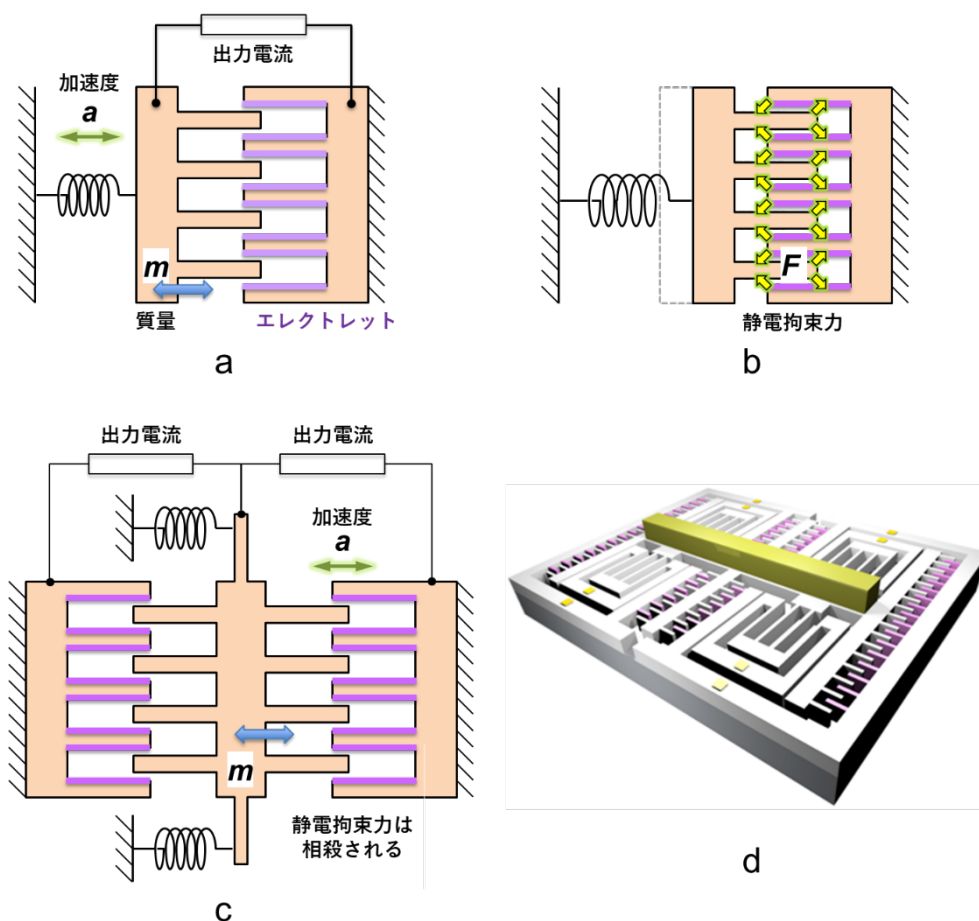
技術の特長

- － 触れても分からない程度の振動(0.1G 以下)から数百 μW を発生
- － MEMS 製造技術で大量生産が可能
- － 高電荷密度のエレクトレットと狭くて深いギャップ($2\mu\text{m} \times 300\mu\text{m}$)で高効率に発電

今年度の成果

これまで MEMS 微細構造と酸化ケイ素エレクトレットを振動発電素子 (図 a) に適用して、50 ~100 Hz, 0.1 ~0.55 G の微小加速度 ($G = 9.8 \text{ m/s}^2$ は重力加速度) の環境振動から 100 ~500 μW を発電し、整流・蓄電した後に間欠的に無線センサーを駆動して、温度・湿度などの情報を定期的にエッジコンピュータに無線送信可能であることを実証した。

さらに発電性能を向上するには、エレクトレットの帯電電圧を高めたり、くし歯電極のギャップを狭くしたりすることが考えられる。しかし、図 b に示すようにエレクトレットの発生する静電引力が過大になり、可動部が拘束されてしまう。このため、図 c のように可動部の両側にくし歯電極を配置した対称構造とすることにより、静電力を相殺した。本デバイスはわずかの加速度で自由に動き、大きな電力を得ることに成功した。



発表論文

MEMSによる単一細胞や少数分子の操作と特性計測

Yannick Tauran, Momoko Kumemura, Mehmet C. Tarhan, Grégoire Perret, Florent Perret, Laurent Jalabert, Dominique Collard, Hiroyuki Fujita & Anthony W. Coleman “Direct measurement of the mechanical properties of a chromatin analog and the epigenetic effects of para-sulphonato-calix[4]arene”, *Scientific Reports*, 9, 5816 (2019)

Y. Tauran, M.C. Tarhan, L. Mollet, J.B. Gerves, M. Kumemura, L. Jalabert, N. Lafitte, I. Byun, B. Kim, H. Fujita, D. Collard, F. Perret, M. Desbrosses, D. Leonard, C. Goutaudier, A.W. Coleman, “Elucidating the mechanism of the considerable mechanical stiffening of DNA induced by the couple Zn^{2+} /Calix[4]arene-1,3-O-diphosphorous acid”, *Scientific Reports*, 8, 1226 (2018)

Yuki Takayama, Grégoire Perret, Momoko Kumemura, Manabu Ataka, Samuel Meignan, Stanislav L. Karsten, Hiroyuki Fujita, Dominique Collard, Chann Lagadec, Mehmet Cagatay Tarhan “Developing a MEMS Device with Built-in Microfluidics for Biophysical Single Cell Characterization” *Micromachines*, 9, 275 (2018)

Saeko Tachikawa, Shohei Kaneda, Momoko Kumemura, Rui Sato, Takuya Tsukamoto, Teruo Fujii, Takaaki Suzuki, Hiroyuki Fujita “Microfluidic Device Fabricated by Three-Dimensional Lithography for Observation of Cancer Cell Invasion Process”, *Electrical Engineering in Japan* 207(1) (2019)

MEMSを電子顕微鏡内で動かしナノ材料を調べる

Takaaki Sato, Shinsuke Nabeya, Vivek Menon, Tadashi Ishida, Reo Kometani, Hiroyuki Fujita “Real-time observation of slipping and rolling events in DLC wear nanoparticles”, *Nanotechnology* 29, 325707 (2018)

Nicolas Lobato-Dauzier, Matthieu Denoual, Takaaki Sato, Saeko Tachikawa, Laurent Jalabert, Hiroyuki Fujita “Current driven actuation of a MEMS silicon beam in a Transmission Electron Microscope”, *Ultramicroscopy* 197 Pages 100-104 (2019)

M Denoual, V. Menon, T. Sato, O. de Sagazan, A. W. Coleman, H. Fujita “Liquid cell with temperature control for in-situ TEM chemical studies” *Measurement Science and Technology*, vol. 30, p. 017001 (2019)

MEMS 振動発電デバイスで環境エネルギーを回収する

Hiroshi Toshiyoshi, Suna Ju, Hiroaki Honma, Chang-Hyeon Ji, and Hiroyuki Fujita, "MEMS vibrational energy harvesters," *Science and Technology of Advanced Materials*, vol. **20**, no. 1, 2019, pp. 124-143.

Shunsuke Yamada, Hiroyuki Mitsuya, Simpei Ono, Kazumoto Miwa, Hiroshi Toshiyoshi, and Hiroyuki Fujita, "Enhancement of electrostatic induction current of energy harvester by using a gelatinized ionic liquid," *Trans. IEE Japan*, vol. **139-E**, No. 1, pp. 7-14 (2019).

Hiroaki Honma, Hiroyuki Mitsuya, Gen Hashiguchi, Hiroyuki Fujita, and Hiroshi Toshiyoshi, "Improvement of Energy Conversion Effectiveness and Maximum Output Power of Electrostatic Induction-type MEMS Energy Harvesters by using Symmetric Comb-electrode Structures," *Journal of Micromechanics and Microengineering*, vol. **28**, pp. 064005-064017 (2018)

Chikako Sano, Hiroyuki Mitsuya, Shimpei Ono, Kazumoto Miwa, Hiroshi Toshiyoshi, and Hiroyuki Fujita, "Triboelectric energy harvesting with surface-charge-fixed polymer based on ionic liquid," *Science and Technology of Advanced Materials*, vol. **19**, no. 1, pp. 317-323 (2018)

Satoshi Inoue, Takuya Takahashi, Momoko Kumemura, Kazunori Ishibashi, Hiroyuki Fujita, Gen Hashiguchi, and Hiroshi Toshiyoshi, "A Fluidic Vibrational Energy Harvester for Implantable Medical Device Applications," *Electronics and Communications in Japan*, vol. **101**, no. 4, pp. 15-23 (2018).

インキュベーション・ラボ
応用表現研究室

特別教授 廣瀬禎彦 山崎芳男

1. 概要

当研究室は廣瀬禎彦、山崎芳男の二人の特別教授が担当しています。

音や映像をはじめとした各種のメディアとコンテンツの組み合わせによる表現の可能性を研究することが目的です。2018年度は下記のテーマについて研究をおこないました。

2. 高速道路走行車両運転者への情報伝達

中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京株式会社からの依頼を受け、高速道路を走行する車両の運転者へ、車の外から音声で情報を伝達するシステムの開発を行いました。

高速道路で車両を運転する人は、通常でも路面や他の車両、道路標識、計器など多くの視覚情報を確認する必要があるため、注意喚起など随時付加する情報の伝達手段として音声は適していると考えられます。しかし従来からある専用のAMラジオ放送では、車内でラジオをつけ運転者がその放送を聞いていることが前提になります。そこで本研究では、車外設備として走行している車両へ、窓を閉めている状態でも確実に運転者が認識できるような音声伝達システムを開発しています。

2018年度は音声による情報伝達の効果をいち早く検証するため、主にトランスデューサの設計で適応することを試みました。トンネル内でも反射音が少なく明瞭な音声伝達できるよう、トランスデューサに鋭い指向性を有し人の音声周波数帯域に適した形状のホーンスピーカを用い、小田原厚木道路のトンネルで進行先にある工事区間に関する情報の伝達を試行しました。

2019年度は、上記システムの長期試用を行い性能と運用効果を確認するとともに、他の原理（音源を超音波で変調出力し空気伝播中の非線形性により再生するパラメトリックスピーカなど）を応用したシステムを検討・開発する予定です。

3. 農耕地での獣害との共生システム

「いわき市産業イノベーション創出支援事業」の一環として、イノシシの生息域を農耕地区域から遠ざける鳴音装置の基本設計を、地域と連携して環境学部北村研究室と共に行いました。

2018年度は、人に聞こえずイノシシのみに聞こえる音について調査・検討しました。既存研究の文献調査、および応用表現研究室が2016～17年度に飯山市の協力を得て行った同種の実験結果から、①20k～40kHzの超音波に対してイノシシの反応が確認され、この帯域がイノシシ可聴域に含まれていると推測できる、②前項と同帯域の正弦超音波波を用いた複数の実験では、農作物等のからイノシシを遠ざける効果が限定的であった、ことが明らかになりました。

今後の開発の方向性として、正弦波以外の広帯域信号源や人の生活区域外への誘導を可能とする音の試行、他の分離策との併用、などが考えられています。

4. 保育・教育施設の音空間設計手法の開発

東京都市大学東急建設共同研究開発テーマのひとつとして、2018年度から3年間の予定で、子どもや教職員から出されたアイデアの活用による新たな音空間設計手法の確立を目指す研究です。

2018年度は都市大グループの二子幼稚園など教育現場の協力を得て、保育中の幼児至近の音環境計測調査や、高等学校の実習授業で生徒から提案された音サインの検討・分析を行いました。

事前に当該課題の実務担当者と多大な時間を使って調整された研究内容であり、また園・高校からは大学研究室と企業、および研究課題の対象となる場とが共創する活動として高評価を得ることができましたが、産学連携推進会議から「東急建設の事業に有効な成果は期待できない」と判断され、2019年3月で研究を終了しました。