

「人の暮らしを豊かにするライフサポート科学の創成」

茨城大学工学部附属
ライフサポート科学教育研究センター

2019年度

報告書

茨城大学戦略的研究「人の暮らしを豊かにするライフサポート科学の創成」

2019 年度報告書刊行にあたって

プロジェクト代表 増澤 徹

平成 28 年度より本プロジェクトは茨城大学重点研究から戦略的研究に変更となり、今までの研究成果を本学の教育、研究にフィードバックするプロジェクトとなりました。平成 29 年度に行われた工学部・理工学研究科改組、教育改革に伴い、理工学研究科博士前期課程に機械システム工学専攻が誕生しました。本ライフサポート科学研究を教育に還元するため、本機械システム工学専攻に新たにライフサポート教育プログラムを設置しました。本教育プログラムは医学と工学の学際領域である医用工学、福祉工学、生体工学に関する高度科学技術を博士前期課程で教育することでライフサポート科学領域に関わる高度専門技術者を養成するものであります。ライフサポート科学はメカトロニクスに代表される計測・制御工学やロボット工学、情報工学をベースに人々の生活、生命をサポートする科学技術です。よって、本プログラム修了者は医療関係のみならず、従来の幅広い機械工学関係分野で人々の生活、生命について知識が抱負な高度専門技術者としても活躍できるようカリキュラムを組んでいます。2019 年度は令和元年度となり、ライフサポート教育プログラムの修了生が社会に旅立った年度となりましたが、2020 年初頭より流行りはじめた新型コロナウイルス感染症により、卒業式も一部中止になるなど大変な年度にもなりました。

そのように年度最後は激動の年となりましたが、2019 年度の研究業績は、今までと変わらずに、原著論文 42 編、国内外での学会発表 102 件、学会賞等受賞 8 件、著書・解説 2 編、競争的資金獲得 4 件、採択科研費 12 件でした。

2020 年度（令和 2 年度）は新型コロナウイルス感染症のために、すでに国際学会も含めて関係学会のいくつかの大会が中止や延期となっております。学生も自由に大学に来られない状況が続いており、教育、研究両面ともに多難な年度となることが予想されます。その中でも理工学研究科博士前期課程機械システム工学専攻ライフサポート教育プログラムを核にライフサポート科学の教育と研究推進を行っていくことが我々大学人の努めであり社会貢献となると考えています。今後共、重ねて皆様のご協力、ご指導を賜りたく、よろしくお願い申し上げます。

「人の暮らしを豊かにするライフサポート科学の創成」
プロジェクト参加教員

1) 生命支援領域

○心機能補助システムの研究開発

増澤 徹(機械シス・教授)、田中 伸厚(機械シス・教授)、木村 孝之(電電シス・准教授)
長山 和亮(機械シス・教授)、長 真啓(機械シス・助教)

○薄膜技術による生体材料表面処理技術の開発

尾関 和秀(機械シス・准教授)、山内 智(物質・准教授)、久保田 俊夫(物質・教授)

2) 生活支援領域

○福祉機器・パワーアシストシステムの開発

近藤 良(機械シス・教授)、北山 文矢(機械シス・助教)、清
水 年美(機械シス・准教授)、森 善一(機械シス・教授)、
井上 康介(機械シス・講師)、福岡 泰宏(機械シス・准教授)、
芝軒 太郎(情報・助教)

○テラヘルツ、レーザ計測等による生体計測技術の開発

辻 龍介(電電シス・教授)

3) 環境創出領域

○最適・快適環境創出のための計測制御技術・評価技術の開発

稲垣 照美(機械シス・教授)、道辻 洋平(機械シス・准教授)、
湊 淳(応用粒子線・教授)、藤田 昌史(都市・准教授)、西 泰行(機械・准教授)、
李 艶栄(機械シス・講師)

－目次－

1. 活動概要	－5－
2. 研究報告	
1. 「小児用人工心臓用磁気浮上モータの小型化に関する研究」	－12－
2. 「テンセグリティ構造を用いた細胞膜運動模擬機構の開発」	－14－
3. 「小型5軸制御磁気浮上モータを用いた小児用磁気浮上人工心臓の高度化に関する研究」	－16－
4. 「顕微鏡下マイクロ引張試験機を用いた細胞の力学特性と接着力の実測」	－19－
3. プロジェクト業績	
1. 活動実績，講演会資料等	－23－
2. 業績一覧	－31－

1. 活動概要

ライフサポート科学教育研究センター 令和元年度活動計画・実施結果調書

1. 研究開発・資金獲得計画

○実施計画(年度当初に、個人の活動以外の、センターとして実施する技術・研究開発に関する活動計画について、計画名・実施概要・実施予定時期・実施体制を記載してください。)

<活動内容, 方向性の再検討>

まず、今年1年間を使ってグループメンバー間で今後の活動の方向性や組織変更について協議を重ね、下記計画をブラッシュアップしながら効率良く実施していく。

1. 計画名 高機能磁気浮上人工心臓ポンプの開発・2017-2019

(1) 実施概要:

高機能磁気浮上型人工心臓の実用化のために、各種磁気浮上モータの設計、特性評価、集積回路技術を用いた小型センサー、DLC膜の成膜挙動の解析および人工心臓と血管組織結合部の表面形状最適化による生体適合化の要素技術の確立を行う。

(2) 実施予定時期: 2019年4月～2020年3月

(3) 実施体制

- ・ 責任者: 増澤徹
- ・ メンバー: 田中伸厚, 木村孝之, 尾関和秀, 山内智, 久保田俊夫, 長山和亮, 長真啓

(4) 資金獲得計画:

- ・ 科研費, JST, AMED など, 特に大型外部資金獲得に向けて積極的に申請を予定
特に若手教員は「JSTさきがけ(ライフイノベーション)」などにも積極的に申請していく。

(5) 実施における課題:

実用化のための磁気浮上モータ(集積回路技術を用いたセンサも含む)の小型化, 高性能化, 高効率化, 実際の生体組織・細胞を用いた生体適合化技術の高度化, 動物実験, 共同研究企業, 臨床実験

2. 計画名 四肢障がい者のための歩行・生活支援システムに関する研究・2017-2019

(1) 実施概要:

四肢障がい者のための移動・生活支援の基礎技術確立と試験・評価・再検討, 脚支援システム, 高機能移乗機器, 二関節ロボット, 歩行ロボットなどの検討, 評価を行う。

(2) 実施予定時期: 2019年4月～2020年3月

(3) 実施体制

- ・ 責任者: 森善一
- ・ メンバー: 近藤良, 清水年美, 福岡泰宏, 井上康介, 芝軒太郎, 辻龍介, 北山文矢, 矢木啓介

(4) 資金獲得計画:

- ・ 科研費, JST, などの外部資金へ積極的に申請を予定
特に若手教員は「JSTさきがけ(ライフイノベーション)」などにも積極的に申請していく。

(5) 実施における課題:

- ・ 運動機構の高出力軽量化
- ・ 四肢障がい者のための移乗をサポートする機器の開発
- ・ 四肢障がい者のためのリフト付き車いすの開発

3. 計画名 最適・快適環境創出のための計測制御・評価技術の開発・2017-2019

(1) 実施概要:

自然流体エネルギー利用機器の実用化に向けて、複雑非定常流れ場の解明に基づく高性能・高信頼性化を図る。また、自動車交通の安全性向上、鉄道における安全運行・省メンテナンスの実現を目指した研究を展開する。

(2) 実施予定時期: 2019年4月～2020年3月

(3) 実施体制

- ・ 責任者: 稲垣照美
- ・ メンバー: 道辻洋平, 湊淳, 藤田昌史, 西泰行, 李艶栄

(4) 資金獲得計画:

- ・ 科研費, JST, などの外部資金へ積極的に申請を予定
特に若手教員は「JSTさきがけ(グリーンイノベーション)」などにも積極的に申請していく。

(5)実施における課題:

- ・ 自然流体エネルギー利用機器の高性能・高信頼性化
- ・ 自動車交通における信号交差点場面運転支援システムの評価
- ・ 営業線鉄道車両のモニタリングデータの有効活用を目指した技術の構築

4. 計画名 ライフサポート技術を活かした萌芽的横断研究の検討・2018-2019

(1)実施概要:

上記3グループの技術的特色を活かし, 生体を構成する細胞の高効率なエネルギー変換機能やフレキシブルな運動機能に着目した新規アクチュエータ技術開発を検討する。そして, 今後, 社会的ニーズが飛躍的に高まる特殊環境での精密作業(原子炉内検査や廃炉作業環境など)を高効率に実施できるロボット技術の開発へ展開していく。本件に関しては, 昨年度から各グループのコアメンバーによる打合せを重ねてきているので, 今年度は, その技術要素を具現化し, 大型の萌芽研究費の獲得を目指す。

(2)実施予定時期: 2019年4月~2020年3月

(3)実施体制

- ・ 責任者: 増澤徹
- ・ メンバー: 森善一, 稲垣照美, 長山和亮, 他各グループのコアメンバ

(4)資金獲得計画:

- ・ 特に科研費・挑戦的研究(萌芽・開拓)や, CREST(ライフイノベーション, ナノテクノロジー・材料, 情報通信技術など)を始めとした萌芽的大型研究費の獲得を目指す。

(5)実施における課題:

- ・ 細胞構造およびその運動原理の理解
- ・ 細胞運動を模擬したアクチュエータ機構の考案
- ・ 個々のロボットから秩序ある集団運動を形成するアルゴリズムの考案

○実施結果(中間報告時と年度末に、実施結果を記載してください。)

1. 計画名 高機能磁気浮上人工心臓ポンプの開発

- (1) 実施結果: 小児用磁気浮上人工心臓の研究開発で獲得した AMED 先端計測分析技術・機器開発プログラム(要素技術開発タイプ)を通し, 国立循環器病研究センターで動物実験を実施した。対外設置した開発磁気浮上人工心臓を覚せい状態の成山羊に接続し, 十分な循環補助性能, 動物の体動や心臓拍動による流量変化に対する十分な磁気支持性能を実証した。機器発熱による溶血, 血栓形成を抑制するために, 磁気浮上モータの高効率化を図っている。また, 開発機器の体内植え込み, ポンプ内血栓抑制のために, チタンケース化に取り組んでいる。
- (2) 資金獲得の結果: 重症心不全小児の救命を目指した高い耐久性と安全性を有する超小型な磁気浮上型遠心式補助人工心臓の研究開発, 研究担当者: 増澤徹, 長真啓, 採択金額: 2019 年度直接経費 20,450 千円, 間接経費 5,535 千円, 研究期間総額 77,953 千円, 実施期間: 2019-2021, その他の科研費等の採択状況: 科研費・基盤B(継続): 1件, 科研費・挑戦的(萌芽)(新規): 1件 AMED-CREST(継続): 1件, 財団寄附金(新規): 2件
- (3) 特筆すべき事項: 2018 年度に獲得した AMED 未来医療を実現する医療機器・システム研究開発事業の研究成果をもとに AMED 先端計測分析技術・機器開発プログラム(要素技術開発タイプ)に応募し, 採択された。本研究成果を核に, 集積回路技術を活用したモータ周辺機器の高度化, および, 血液ポンプ内表面処理, 生体組織と送脱血管接合部の表面形状最適化による人工心臓の生体適合化に関する研究を統合し, 更なる大型資金獲得を目指す。

2. 計画名 四肢障がい者のための歩行・生活支援システムに関する研究

- (1) 実施結果: 得られた成果、今後の課題など
座位での移乗を可能とする前傾姿勢を利用した移乗器の開発, 立位・不整地移動を可能にする高性能電動車いすの開発, 軽度片麻痺障がい者のための車輪型歩行アシスト機の操作性向上等の研究を行っている。
- (2) 資金獲得の結果: 2019 年度ライフサポート科学教育研究センター報告書巻末に記載
- (3) 特筆すべき事項: 2019 年度ライフサポート科学教育研究センター報告書巻末に記載

3. 計画名 最適・快適環境創出のための計測制御・評価技術の開発

- (1) 実施結果: 得られた成果、今後の課題など
熱流体工学を中心とした研究課題に取り組んでおり, 21世紀を志向した環境配慮型高付加価値熱交換器やエネルギー機械(水車, 風車)への応用を目指している。また, 2020年2月4日には, 日立市一般廃棄物処理基本計画策定検討委員長(稲垣)として一般廃棄物処理基本計画を日立市長へ答申した。
- (2) 資金獲得の結果: 2019 年度ライフサポート科学教育研究センター報告書巻末に記載
- (3) 特筆すべき事項: 2019 年度ライフサポート科学教育研究センター報告書巻末に記載

4. 計画名 ライフサポート技術を活かした萌芽的横断研究の検討

- (1) 実施結果: 不整地を移動可能な新しい移動メカニズムとして, テンセグリティ構造を用いて接着細胞の膜運動を模擬したソフトアクチュエータを提案した。卒業研究を通して 30×30×30 cm サイズのテンセグリティ構造体を複数個試作し, その移動メカニズムの検討を行った。
- (2) 資金獲得の結果: 開発試作機による初期研究成果をもとに, 科研費挑戦的研究(萌芽)へ申請した。今後もアクチュエータの機構, 駆動方法の検討を重ね, 継続的に資金獲得を目指す。
- (3) 特筆すべき事項: 本研究内容には細胞機能模擬, 小型アクチュエータ・機構開発, 制御方式研究等の複数の研究課題が内在するため今後の教員間共同研究対象として期待できる。

グループ全体の特筆すべき事項として以下を達成した。

原著論文 42 編, 国内外での学会発表 102 件,
学会賞等受賞 8 件, 著書・解説 2 編, 競争的資金獲得 4 件, 採択科研費 12 件
(詳細は 2019 年度ライフサポート科学教育研究センター報告書巻末に記載)

その他(参考資料、報告書など)

(注)このページに収まらない場合は、必要に応じてページを追加する。

2. 人材育成

○実施計画

1. 計画名 大学院博士前期課程ライフサポートプログラムの改良と展開

- (1) 実施概要: 改組後の大学院機械システム工学専攻にて発足したライフサポートプログラムにおいて、プログラムのコア科目(医用工学特論, デジタル制御特論, 介助ロボット工学特論, 生体機能計測学特論)を始めとした専門科目の見直しを図ることで2年後のプログラム改良を目指す。さらにこれからの大学教育に期待されているリカレント教育へ対応するために、公開講座等の本学既存の仕組みを使った本プログラムの活用可能性も検討する。
- (2) 実施予定時期: 2019年4月~2020年3月
- (3) 実施体制
 - ・ 責任者: 増澤徹
 - ・ メンバー: 近藤良, 森善一, 長山和亮, 他
- (4) 資金獲得計画: 学内外での教育充実化プロジェクトへの申請
- (5) 実施における課題:
医療・福祉現場で実際の活躍する人達にとって有効となるリカレント教育を如何にして具現化していくか, 十分に検討していく必要がある。

2. 計画名 ライフサポート科学教育研究センター講演会の実施

- (1) 実施概要: 生活支援領域・環境創出領域からライフサポートロボティクスあるいはエコエネルギー技術に関する著名な外部講師を承諾し, 基調講演を開催する。今年度は, 毎年日立キャンパスにて開催される日本機械学会・関東支部・茨城講演会と共催することで, 特に他分野との融合研究促進を目指した先端技術の情報提供や, 学生への教育効果の充実を目指す。
- (2) 実施予定時期: 2019年8月
- (3) 実施体制
 - ・ 責任者: 増澤徹
 - ・ メンバー: 清水年美, 森善一, 長山和亮, 長真啓, 他
- (4) 資金獲得計画:
日本機械学会・関東支部との共催経費負担
- (5) 実施における課題:
今後, 日本機械学会・関東支部・実行委員会と本格的に交渉予定。

3. 計画名 青少年をターゲットにしたライフサポート科学技術の一般公開

- (1) 実施概要: 「エコフェスひたち」や「青少年のための科学の祭典」などに積極的に出展し, 特に小中高生に対してライフサポート分野の科学技術をより身近に感じてもらえる活動を促進していく。併せて大学の高校インターンシップにも積極的に協力して技術公開したり, 必要に応じて茨城県教育庁が主催する「未来の科学者育成プロジェクト事業」および「科学の甲子園参加者強化トレーニング」へも協力しながら茨城大学のブランド力向上へ貢献していく。
- (2) 実施予定時期: 2019年6月~12月
- (3) 実施体制
 - ・ 責任者: 稲垣照美
 - ・ メンバー: 西泰行, 李艶栄, 長山和亮, 森善一, 長真啓, 増澤徹, 他
- (4) 資金獲得計画: 「エコフェスひたち」, 「青少年のための科学の祭典」主催への資金申請 & 獲得
実施における課題: 特になし

○実施結果(中間報告時と年度末に、実施結果を記載してください。)

1. 計画名 大学院博士前期課程ライフサポートプログラムの改良と展開

- (1) 実施結果: 大学院機械システム工学専攻ライフサポートプログラムの2年目の実施を行った。
医用工学特論(M1, 2Q): 受講者15名に対し, 生理学, 医療機器に関する教育を行った。
デジタル制御特論(M1, 2Q): 受講者29名に対し, 離散時間制御理論に関する教育を行った。
介助ロボット工学特論: 受講者22名に対し, 介助福祉ロボットに関する教育を行った。
生体機能計測学特論(M1, 4Q): 細胞や分子レベルでの生体機能計測に関する教育を行った。
生体ロボット工学概論(M1, 4Q): 受講者17名に対し, ヒトの身体運動制御に関する教育を行った。
- (2) 特筆すべき事項: プログラム化を行ったことで一部講義では受講者増加が見られた。今年で2年目であ

るため、本年度後期に授業内容に関してプログラム FD を行い、来年の改良に向けて検討した。

2. 計画名 ライフサポート科学教育研究センター講演会の実施

(1) 実施結果：茨城大学工学部附属教育研究センターセミナーとして「ヒト関節とロボット関節の計測と制御」とのタイトルで講演会を実施した。

実施日：2019年 9月25日(水)17:00～18:30

実施場所：茨城大学工学部 E1 棟 10 番教室

講師：茨城大学理工学研究科機械システム工学領域 矢木啓介助教

題目：ヒト関節とロボット関節の計測と制御

参加者数：47名

(2) 特筆すべき事項：セミナー形式で発表最中の質問自由としたため、活発な討論が行え、通常の講演会より良好な講演者と参加者間のコミュニケーションが図ることができ、有意義な講演会となった。

3. 計画名 青少年をターゲットにしたライフサポート科学技術の一般公開

(稲垣先生 更新をお願いします)

- ・2019年 7月 エコフェスひたち2019出展(稲垣)
- ・2019年 7月 日立市環境審議会(第4次日立市環境基本計画策定へ向けた準備)(稲垣)
- ・2019年12月 青少年のための科学の祭典 日立大会への出展(稲垣)

その他(参考資料、報告書など)

(注)このページに収まらない場合は、必要に応じてページを追加する。

2. 研究報告

小児用人工心臓用磁気浮上モータの小型化に関する研究

Miniaturization of Magnetically Levitated Motor for Pediatric Ventricular Assist Device

山下俊大*, 増澤徹**

*茨城大学工学部 機械工学科

**茨城大学大学院理工学研究科機械システム工学専攻

Yamashita Toshihiro and Toru Masuzwa

Department of Mechanical Systems Engineering, Ibaraki University

1. 緒言

成人の心不全患者に対する補助人工心臓の臨床応用が進むにつれて、小児患者の機械的循環補助治療に期待が高まっている。しかし小児用補助人工心臓には、高い機械的耐久性と血液適合性に加えて小型化が求められ、その開発は成人用に比べ遅れている。磁気浮上モータは機械的摺動部を撤廃可能なことから、高耐久、優れた血液適合性を有する人工心臓を実現可能な軸受機構として注目されている。本研究では、磁気浮上型の小児用人工心臓を目指し、外径が 22 mm、高さが 35 mm、体積が 13 cc と小型な 5 軸制御型磁気浮上モータの試験機を開発し、設計点で十分な性能を得られることを確認した。一方、体格の小さな小児に埋め込むには更なる小型化が課題であることが明らかになった。そこで、本稿では体内埋め込み可能な小児用人工心臓の実現を目指し、5 軸制御型磁気浮上モータの小型化設計を行ったので報告する。

2. 方法

2.1 5 軸制御型磁気浮上モータの概要

Fig.1 に 5 軸制御型磁気浮上モータを示す。モータは、同一形状のモータステータで浮上インペラを挟み込むダブルステータ構造である。ステータには 60 deg 間隔で 6 つの突極が配置されており、浮上インペラの上下両表面には 4 極の永久磁石が配置されている。各突極には浮上インペラ姿勢の 5 軸 (X , Y , Z , θ_x , θ_y) と回転数 (ω_z) を能動制御するための集中巻コイルが巻かれている。

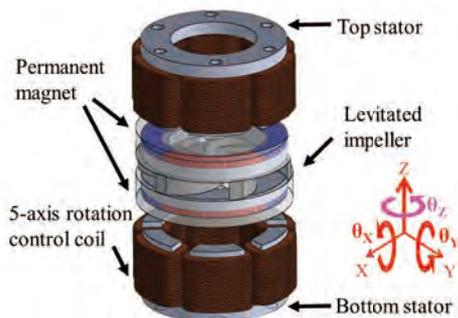


Fig.1 Structure of magnetically levitated motor

2.2 磁気浮上モータの小型化と性能評価試験

モータ小型化の設計目標を、①インペラの磁気浮上中心位置となるエアギャップ 1.3 mm から ± 0.3 mm の範囲内でインペラ上下に働く磁気吸引力を釣り合わせられること、②エアギャップ 1.3 mm において 1 A の励磁電流で 5 G 以上の加速度外乱に対抗可能であること、③励磁電流 0~2.5 A においてステータ突極が磁気飽和しないこととした。

理論計算により、設計目標①、②を満足するモータの寸法を検討した。モータ外径を 18.0~20.5 mm、突極高さを 8.3~9.3 mm の範囲で 0.1 mm ずつ変化させた際に目標①、②を満たす寸法を調査するとともに、モータ発生可能加速度を計算した。計算において、ステータ内径とエアギャップ長は先行研究で開発した試作機と同様の 16.8 mm, 1.3 mm とした。

理論計算で決定したモータ寸法を基に、モータ外形が 20 mm、突極高さが 9.1 mm の三次元モデルを作成し、有限要素法磁場解析を用いて設計目標③について検証した。磁気飽和の確認と合わせてモータ発生支持力の性能を推定した。理論計算と磁場解析の結果を基に、改良型の 5 軸制御型磁気浮上モータを製作し、基礎性能評価試験を行った。電磁石により発生する磁気支持力を評価するため、ロータは過去に製作した外径 22 mm の試作機を使用した。

3. 結果・考察

条件①について、全てのモータ寸法で必要性能を満足した。異なるモータ外径、突極高さにおけるモータ発生加速度の計算結果を Fig.2 に示す。条件②を満たし、かつ理論上で体積が最小となるモータの幾何学寸法は、外径が 18.5 mm、突極高さが 8.7 mm であることを見出した。しかし、永久磁石、ステータ突極の最薄部の寸法が 1 mm を下回ると加工性、耐久性を担保するのが困難になるため、20 mm を最小径とした。モータ外径を 20 mm、突極高さを 9.1 mm に小型化したモータの発生加速度は 7.78 G/A であり、設計目標を満たした。

磁場解析では励磁電流に対して線形に磁束密度と磁気吸引力を発生していることから、磁気飽和が生じていないことを確認した。発生加速度を計算す

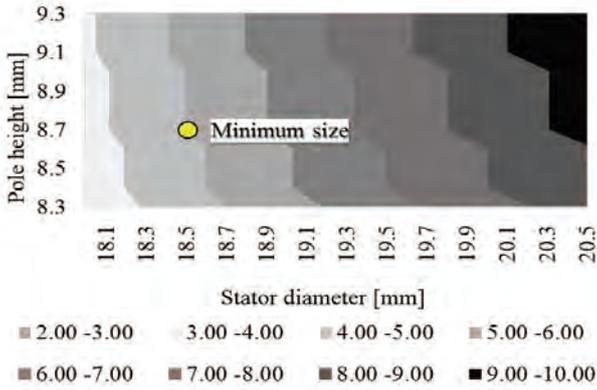
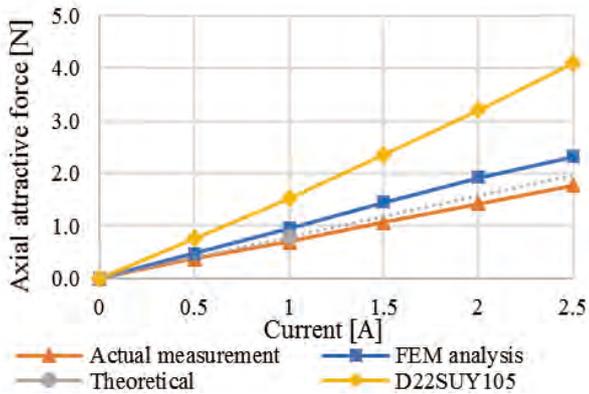
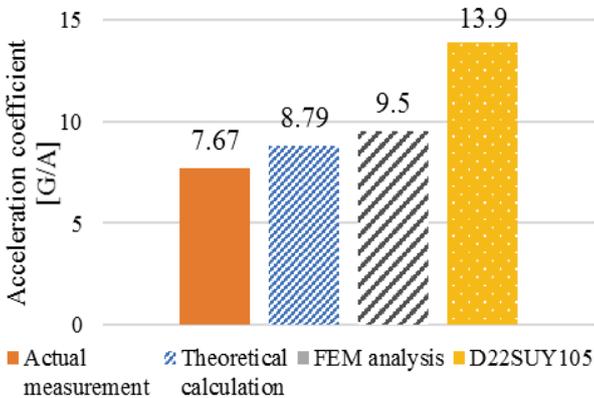


Fig.2 Theoretical calculation result of acceleration coefficient



(a) Axial attractive force



(b) Acceleration coefficient

Fig.3 Experimental result

ると 10.6 G/A となった。以上の解析結果より製作したモータの軸方向吸引力の測定結果を Fig. 3(a) に示し、加速度係数を Fig. 3(b) に示す。軸方向吸引力は理論値の 12 % 減、解析値の 27 % 減であった。解析値よりも磁束密度が減少したことが挙げられる。この理由に、解析値との磁束密度の差が考えられる。理論式より磁束密度の 2 乗が軸方向吸引力に比例する。実測値の磁束密度が解析値に比べ減少したことで、軸方向吸引力が解析値よりも減少したと考える。加速度係数は理論値の 19 % 減、解析値

の 13 % 減の 7.67 G/A であり、目標性能を達成した。加速度係数は軸方向吸引力を基に計算するため、軸方向吸引力に差が生じたことで、理論値と解析値よりも小さな値になったと考える。また、タッチダウンに必要な力も 0.773 N と、目標性能を達成した。

4. 結言

磁気回路に基づく理論計算と有限要素法三次元磁場解析を用いて、埋込型小児用人工心臓のための磁気浮上モータの小型化設計を行った。磁気浮上モータの外径を 20 mm、高さを 34.6 mm、体積を 10.9 cc まで小型化し、既開発試験機の体積を 18% 削減できた。また目標性能の加速度係数が 5 G/A 以上、タッチダウンに必要な力が 0.1 N 以上を達成した。今後は、5 軸制御型磁気浮上モータの磁気浮上性能の評価を行う。

テンセグリティ構造を用いた細胞膜運動模擬機構の開発

Cell Membrane Movement Mechanism Using Tensegrity Structure

對馬謙一*, 増澤徹**

*茨城大学工学部 機械工学科

**茨城大学大学院理工学研究科機械システム工学専攻

Kenichi Tsushima and Toru Masuzwa

Department of Mechanical Systems Engineering, Ibaraki University

1. 緒言

例年地震や噴火、豪雨、台風、津波といった自然災害が多く生じている。被災地では散乱した岩や瓦礫により情報収集や人命救助が困難になる場合があり、不整地を移動可能なロボットの開発が求められている。現存する車輪式、クローラ式、脚システムなどの主な移動機構は剛構造から成り立っているため、岩や瓦礫で転倒した際に活動可能状態への復帰が困難という問題がある。そこで、本研究では不整地を移動可能な柔構造を有したロボットに着目し、テンセグリティ構造を用いた細胞膜運動を模擬するソフトロボットを提案する。本論文では前年度に試作されたテンセグリティ構造体の設計指針を元にして、問題点を解消した新たなテンセグリティ構造体を製作し、移動方法について検討した。

2. 方法

2.1 テンセグリティ構造と試作機の概要

本研究ではテンセグリティ構造を構成要素として、細胞の移動メカニズムを模倣するソフトロボットを提案する。図1にテンセグリティ構造とソフトロボットの概要を示す。テンセグリティ構造は不連続の剛体と連続した弾性体から成る。テンセグリティ構造は変形機能を有しており、外力が加えられると弾性体が伸縮して潰れるように変形、外力を取り除くと元の形状に復元することができる。このテンセグリティ構造体を複数個製作し膜状に連結しモジュール化を図ることでソフトロボットの実現を目指す。

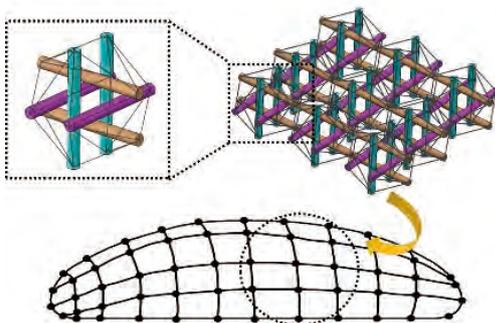


Fig.1 Tensegrity structure and soft robot

本構造を用いた移動方法を検討するために、弾性体にバネとワイヤー、剛体に木製の角材を採用したテンセグリティ構造を製作した。マイコンで剛体に取り付けたDCモータを駆動して1つまたは複数のワイヤーを巻き取ることで弾性体を短くし、剛体部を動かすことで変形しながら移動するロボットを実現する。

2.2 テンセグリティ構造体の移動方法

テンセグリティは図2の①、②の弾性体を短くすることによって傾斜、③と④の弾性体を同時に短くすることでその自重を打ち消す向きに引張力を発生させ垂直抗力を増減できる。本研究ではこの垂直抗力の増減と傾斜を繰り返すことによる移動を目指す。

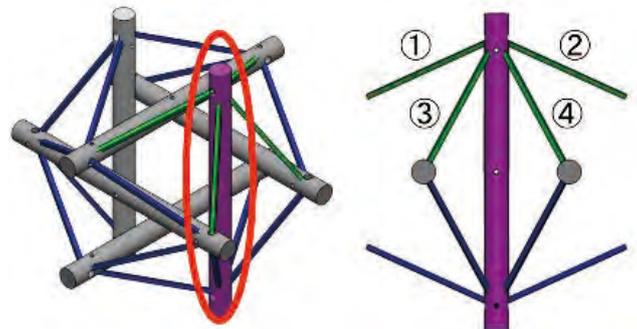


Fig.2 Overview of winding part of tensegrity

2.3 剛体傾斜駆動実験

テンセグリティのワイヤー巻き取り量と剛体の傾斜角度の関係の調査を行った。本実験では1つの構造体のワイヤーをDCモータで巻き取り、巻き取り前後の剛体の変位を定点から観測した。巻き取り量はモータに取り付けた巻き取りパーツの寸法から求め、剛体の傾斜角度との関係を求めた。

2.4 剛体接地部に働く垂直抗力の増減実験

1つの構造体について、図2の③、④のワイヤーを巻き取った際の剛体接地部の垂直抗力変化を評価した。また、構造体を4つ連結させてモジュール化を行った場合について、ワイヤー巻き取り時にモジュールがどのように変形するかを調査した。

2.5 構造体の貴校変更に伴う井戸可能性検証実験

より多くの弾性体が巻き取れるように構造体に改良を施し、接地している2本の剛体を駆動させることでの移動可能性について検証を行った。

3. 結果・考察

ワイヤー巻取り量と剛体の傾斜角度の関係を図3に示す。巻取りパーツ一回転分の巻き取りで5度の剛体の傾斜を確認できた。目標性能として5~10度の傾斜を目指していたため剛体の傾斜は目標を達成できた。

1つの構造体についてワイヤーを巻き取ることによって剛体接地部の垂直抗力を5~10g減少できることを確認した。4個のテンセグリティ構造体を連結させてモジュール化すると、接地点が増えることで構造体が自立可能となった。モジュール構造についてワイヤーを巻き取ると、テンセグリティモジュールの重心が巻取り面側へ移り、図4に示すような倒れ込む動きを確認できた。一方、モジュールが一度倒れてしまうと巻き取ったワイヤーを元に戻しても自立状態に復帰できないことが課題として明らかとなった。

構造体変更に伴う実験については、弾性体を延長しモータの取り付け位置を変えることでテンセグリティのバランスを保ちつつ脚を駆動させるのが目標であったが、移動にはつながらず変更前の実験と同様に倒れ込む動きが観察されたのみであった。今後はテンセグリティの力学的理論の理解をした上で駆動方法についての検証を重ねていく。

module

4. 結言

新しい不整地移動機構として、テンセグリティ構造を構成要素に用いたソフトロボットを提案し、試作機の製作・改良を行った。弾性体伸縮による構造体移動のための基礎的な動きに関して調査を行った。今後はテンセグリティモジュールを用いて駆動方法やその制御方法についての詳細な検討を行っていく。

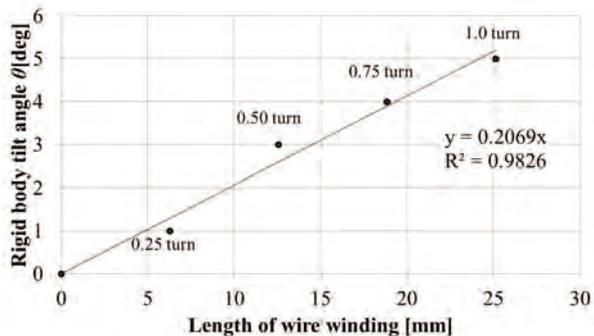


Fig.3 Relationship between wire winding and rigid body inclination



Fig.4 Elastic body winding with tensegrity

補助人工心臓用磁気軸受の小型化と耐加速度性能評価

Acceleration Stability of Miniaturized Magnetic Bearing for Left Ventricular Assist Device

上田優人*, 増澤徹*

**茨城大学大学院理工学研究科機械システム工学専攻

Yuto Ueda and Toru Masuzwa

Department of Mechanical Systems Engineering, Ibaraki University

1. 緒言

補助人工心臓は重度の心不全患者に対して心臓移植までの橋渡しあるいは、永久的な心機能の補助を目的として使用される。QOL 向上のために、体内埋込み可能な小型の補助人工心臓の開発が望まれる。そのため、本研究では磁気浮上型血液ポンプの小型化を研究目的としている。先行研究では、補助人工心臓への適用目的として、外径 60 mm、高さ 30 mm の磁気浮上モータが開発された。本論文では、開発した磁気浮上モータの性能評価を行い、その後、遠心ポンプの設計及びその磁気浮上血液ポンプの性能評価を行う。

2. 方法

2. 1 ホモポーラ型磁気浮上モータの概要

図 1 に先行研究で開発された磁気浮上モータとその制御システムを示す^[1]。本磁気は、4 軸制御のホモポーラ型磁気軸受と 3 相 8 極 12 スロットの BLDC モータによって構成され、浮上ロータが磁気軸受とモータに挟み込まれる構造である。ロータヨーク内面に磁気軸受用、外面にモータ用の永久磁石が張り付けられている。浮上位置及び回転数の制御は、浮上ロータの径方向位置及び回転数をそれぞれ渦電流変位センサ、ホール IC で検出し、デジタル PID 制御により行う。磁気軸受の径方向の力係数が 2.0 N/A、負のばね剛性が 13 N/mm、軸方向剛性が 4 N/mm、モータは最大 26 mNm (2 A 励磁時) 発生可能である。

2. 2 遠心血液ポンプの設計

血液ポンプには、比較的低い回転数で必要な性能を満たすことが可能な遠心ポンプを採用した。図 2 に開発した遠心血液ポンプを示す。寸法は縦 60 mm、横 60 mm、高さ 43.5 mm となっている。磁気浮上モータ上部にポンプを配置する構造とし、インペラ外径 37.2 mm、羽根高さ 3 mm の直線 6 羽根のクローズドインペラとした。ポンプケーシングは、シングルボリュームとダブルボリュームの 2 種類のボリューム形状のポンプを製作した。ボリューム外径は、シングルボリュームが 49.2 mm、ダブルボリュームが 51 mm である。

2. 3 ホモポーラ型磁気軸受を用いた遠心式磁気浮上人工心臓の性能評価実験

研究の第一段階として、ポンプへの実装前に空気中での磁気浮上モータ単体での磁気支持性能を評価する。外部からの負荷のない状態で磁気浮上モータを駆動し、各回転数での浮上ロータの径方向の振動振幅及び消費電力を測定した。また、体内埋め込み型の人工心臓では、患者の動作に応じて人工心臓に加速度が加わり、浮上に対する外乱として作用する。そのため、加速度が加わった際の浮上安定性を評価するために、加振器を用いて、磁気浮上モータに能動支持方向、受動支持方向にそれぞれ加速度を与える。その際の浮上ロータの径方向変位及び軸方向変位を測定し、許容変位は径方向と軸方向がそれぞれ 0.2 mm と 1 mm となっており、許容変位に達する加速度を測定する。その後、磁気浮上モータを遠心ポンプに実装し、ポンプ特性と、加振器を用いて水中下での耐加速度性能の評価を行った。

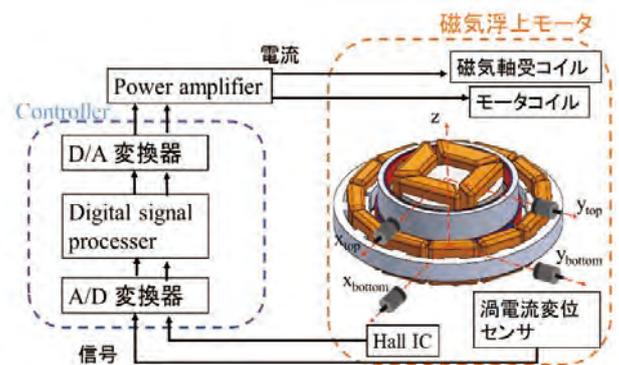


Fig.1 Control system of the magnetic bearing and permanent magnet synchronous motor

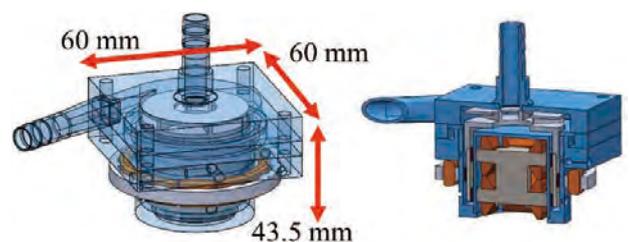
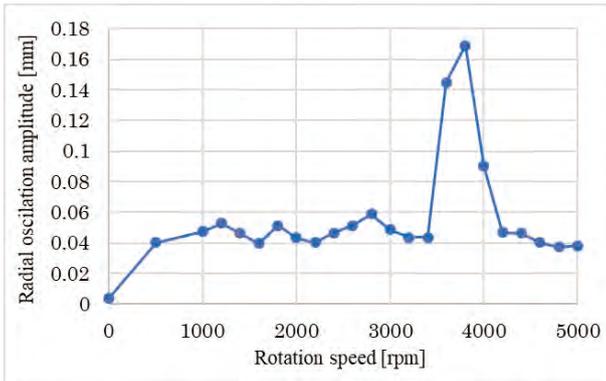


Fig.2 Structure of the maglev centrifugal pump

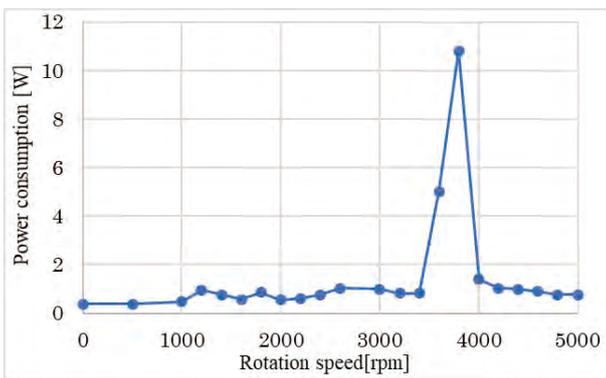
3. 結果・考察

3.1 磁気浮上モータの性能評価

図3に、磁気浮上モータ単体での空气中駆動時の、浮上ロータの径方向振動振幅と磁気軸受の消費電力を示す。5000 rpmまで非接触で浮上回転可能であることを確認した。浮上ロータの径方向振動振幅は、3800 rpm付近で0.17 mmまで増加したが、その他の回転数では0.05 mm程度であり、浮上ロータの許容振動振幅0.2 mmに対して十分に小さい値となった。消費電力も1 W程度と、人工心臓に適用可能な性能であることを確認した。図4に加振加振器を用いて加速度を加えた耐加速度性能試験の結果を示す。加速度の増加に伴い径方向変位が増加し、回転数1500 rpm時には4 Gの加速度を加えた際に、許容径方向変位の0.2 mmに達した。軸方向加振では6 Gの加速度を加えた際に、許容径方向変位の1 mmに達した。どちらも3 Gの加速度では浮上を維持しており、日常の穏やかな動作においては浮上を担保できると考える。



(a) Oscillation amplitude of levitated impeller



(b) Power consumption of the maglev motor

Fig.3 Magnetic levitation performance of the developed homopolar maglev motor

3.2 磁気浮上遠心ポンプの性能評価

シングルポリュート、ダブルポリュートのどちらのポンプにおいても、水中下で3000 rpmまで浮上回転可能であることを確認した。図5にHQ特性、図

6にポンプ効率、図7に磁気浮上モータの消費電力を示す。シングルポリュートでは回転数2400 rpmで、ダブルポリュートでは回転数2600 rpmでそれぞれ目標性能である揚程100 mmHg、流量、5 L/minを達成した。また、この時のポンプ効率はそれぞれ40%、34%であり、本研究室で開発された他の遠心ポンプと比較しても、十分に高い効率を有している。さらに、この時の磁気浮上モータの消費電力はそれぞれ7.2 W、9.6 Wであった。ダブルポリュートがシングルポリュートより消費電力が大きくなったのは、ダブルポリュートの方がシングルポリュートよりポンプ効率低いために、モータの消費電力が大きくなったことが原因であると考えられる。一方で、同回転数、同流量での磁気軸受の消費電力を比較すると、ダブルポリュートの方がシングルポリュートより20%から30%程度低い結果となった。これは、ダブルポリュート構造では、ポンプ室内の圧力分布が点対象となり、シングルポリュート構造より流体力が減少するためであると考えられる。

図4に磁気浮上遠心ポンプでの耐加速度性能試験結果を示す。浮上インペラが許容振動振幅である0.2 mmに達した加速度は、回転数1500 rpm時に6 Gであった。空气中における磁気浮上モータの結果である3 Gより大幅に向上している。これは、ポンプ内に充填されている水により減衰が増加したことが原因であると考えられる。この結果より、5.5 Gの加速度までは非接触で浮上支持可能であり、ジャンプ等で発生する加速度では接触の危険性はあるものの、日常での穏やかな動作までは十分に浮上支持可能であることがわかった。

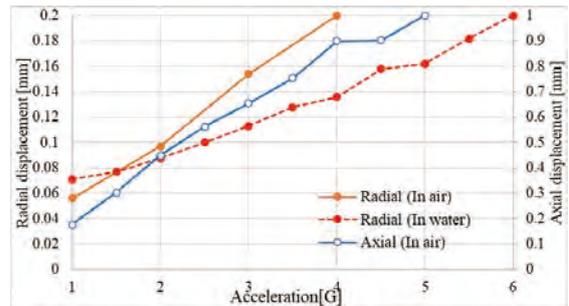


Fig. 4 Vibration test

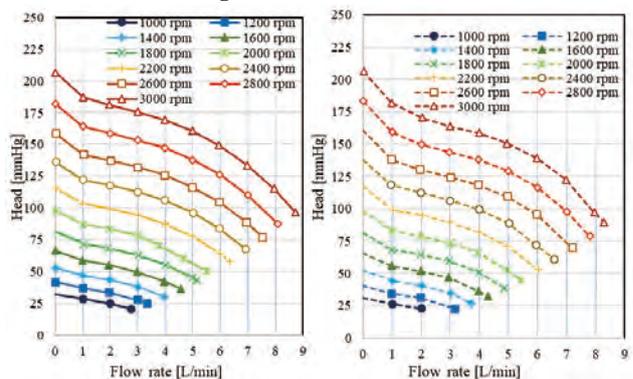


Fig. 5 HQ characteristics of the maglev pump

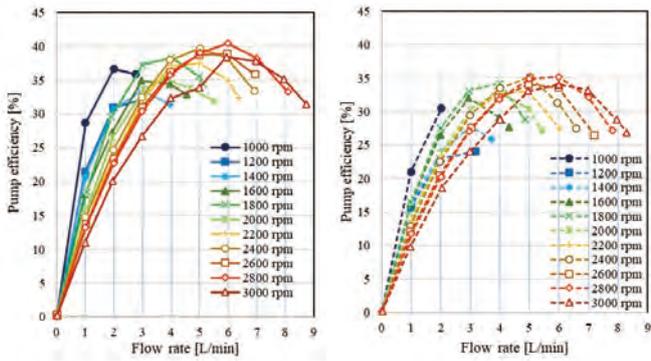


Fig. 6 Pump hydraulic efficiency

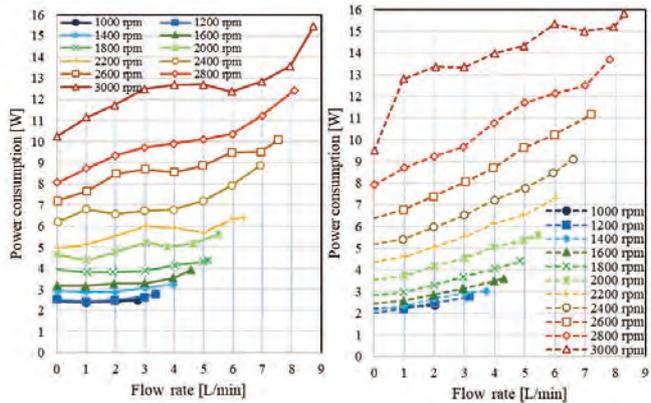


Fig. 7 Power consumption of the maglev pump during pump operation

4. 結言

先行研究で開発された磁気浮上モータの性能評価と、その磁気浮上モータを実装する遠心ポンプの開発及び性能評価を行った。開発した磁気浮上遠心ポンプは、十分な磁気支持性能と拍出性能を有しており、埋め込み型補助人工心臓への応用が可能であることを確認した。

参考文献

- [1] 小泉綾香,人工心臓への適用を目的としたホモポーラ型磁気軸受の研究開発,平成 29 年度修士学位論文,2018

顕微鏡下マイクロ引張試験機を用いた細胞の力学特性と接着力の実測

Development of a cell micro tensile tester

and its application to investigate the mechanical properties and adhesion forces of cells.

小幡 祥太, 大畠 成暁, 長山 和亮

茨城大学大学院理工学研究科機械システム工学専攻

Shouta OBATA, Shigeaki OHATA, Kazuaki NAGAYAMA

Micro-Nano Biomechanics Laboratory, Department of Mechanical Systems Engineering, Ibaraki University

1. はじめに

生体組織を構成している細胞は、外部からの力学刺激に応じて自身の形態や構造、増殖性・運動性といった機能を変化させる。特に、血管や骨、靭帯などは生体内で常に荷重に曝されており、適切な荷重が作用していることが、組織を形成する細胞の形態や機能、材料力学的な特性の維持に決定的な影響を及ぼすと考えられている [1][2]。そのため、細胞そのものの材料力学的特性や、細胞と基質間の接着力を実測・定量化することは、細胞のメカトランスダクションの理解に繋がるだけでなく、生化学的・材料力学的に最適化された再生組織を形成する上でも欠かすことができない。

このような背景から当研究室では、顕微鏡下で細胞を観察しながら、その力学特性や基質との接着力を計測できるマイクロ引張試験機を開発し、主に血管壁を構成している平滑筋細胞の力学特性を明らかにしてきた [3]。しかし、これまでの引張試験機では、試験後に撮影画像を使って力や細胞の変形を計測する方式であったため、解析に時間を要し、試験中に力やひずみを制御することができなかった。そこで、今回は、顕微鏡下で細胞に引張変形を加えながら、その場で力と変形を算出可能なマイクロ引張試験機に改良するとともに、特に子宮頸がん由来の HeLa 細胞を対象にして、細胞全体の引張スティフネスと、細胞と基質との接着力を実測した。

2. マイクロ引張試験機の開発

2-1 細胞用マイクロ引張試験機の概要

図 1 に開発したマイクロ引張試験機の概要図を示す。この試験機は、細胞の力学特性や、細胞と基質に働く接着力を実測することを目的とする。そのために、先端径を数 μm に加工したガラス製のマイクロニードルで試料の片側を把持して、細胞を引張るときのニードルのたわみ量を計測する。そのたわみ量にマイクロニードルのバネ定数を乗じることで力を計測する。このときニードルを一定速度で駆動させながら、同時に顕微鏡画像からニードルの位置を検出し、ニードルのたわみ量をリアルタイムに算出することができる。

2-2. 自動解析・制御ソフトウェア開発

Microsoft Visual C++および画像処理ライブラリ Open Source Computer Vision Library (OpenCV, version3.4.3) を使用して、自動解析・制御用のプログラムを作成した。すなわち、顕微鏡カメラ画像からマイクロニードルの位置を自

動検出する画像解析法として、次に述べる「ニードル輪郭追跡法」を考案した。

まず、顕微鏡用のカラー CCD カメラ (DFK23U274, The Imaging Source) で細胞引張試験中の顕微鏡画像を取得しつつ、ニードル位置を検出するため、メディアンフィルタ処理や二値化処理をする。得られた二値画像からニードルの輪郭を検出し、輪郭座標を保存する。得られた全輪郭座標から、ニードルの先端座標を抽出するため、y 座標に関して最大値を持つ点をニードルの先端座標として追跡させる。そして、その点から xy 方向に一定の値だけ平行移動させたニードルと細胞との接着点座標を記録し、ニードルの変位を算出する (図 2, tracking point)。

事前に取得した細胞引張試験時の動画を用いて、「ニードル輪郭追跡法」で自動追跡した結果を図 3 に示す。画像処理ソフト Image J で、ニードルの移動量を 10 フレームごとに精密に手動計測したデータを基準値とし、自動追跡データとの 1 フレーム当たりの誤差の累積公差 (nm/f) を求めたところ、20 nm/f に抑えることができた (図 3)。この手法は、周辺に移っている細胞が二値化検出されても、ニードルの輪郭座標を取得してニードルの先端を追跡するため、誤差が小さくロバスト性が高いと考えられる。

2-3. 細胞把持および引張制御機構

細胞把持および引張制御機構は、Nagayama ら [4] による細胞用引張試験装置の構造を参考に、PZT アクチュエータでニードルを水平方向に移動させて細胞試料を引張る方式とした。この PZT アクチュエータは当研究室で自作したもので、汎用の PZT 素子の変位 17 μm を変位拡大機構によって、約 160 μm 駆動できるように改良されている。しかし、PZT 素子のヒステリシス特性によって、PZT 素子の変位量は印加電圧に対して非線形な変位が生じる。そこで、PZT 素子にひずみゲージを貼り付け、PZT 素子の変位量を直接管理する方式とした。ひずみゲージの出力とマイクロニードルの変位量の間には良好な線形関係が得られたので、ひずみゲージの出力を管理することで、PZT アクチュエータの変位を制御し、マイクロニードル位置を精密に調整できる。これらの制御プログラムを、2・2 節の自動解析プログラムと並行して実行できる方式とし、ニードルを自動で駆動させながら、その位置情報をリアルタイムで取得できるようにした。

2-4. 細胞の引張スティフネスおよび基質との接着力計測

試料として、ヒト子宮頸がん由来細胞株 HeLa (理研 BRC) を 10 % ウシ胎児血清を含む DMEM 培地中で、37 °C, 5 % CO₂-95 % Air の環境で継代培養した。これらをディッシュ上で培養した状態で引張試験機のステージ上に静置した。そして、細胞の片側にマイクロニードルを軽く押し付けて把持し、マニピュレータを操作してニードルを 3 μm 程度持ち上げ無負荷状態にした。そして、PZT アクチュエータを駆動させてニードルを水平方向に一定速度で駆動させ、細胞を引張り、ニードルのたわみ量をその場で算出した (図 5)。細胞が基質から剥離するまで撮影した連続画像から、細胞の初期長さ l_0 から細胞の伸び $l - l_0$ を計算して、引張ひずみ $\varepsilon = (l - l_0) / l_0$ を得た。また、算出したニードルのたわみ量にバネ定数を乗じて負荷した力 F を求めた。そして、細胞の引張ひずみと力の関係をプロットして力-ひずみ線図を得た。力-ひずみ線図には、引張初期および細胞剥離前に、それぞれ傾きが異なる線形性が高い範囲が見られた。そこで、引張ひずみ 0~10 % と 10~30 % の範囲をそれぞれ線形近似して傾きを求め、細胞全体の引張スティフネス値として評価した。さらに、細胞が基質から剥離した瞬間の力を細胞と基質の間に働く接着力として求めた。引張試験に使用したニードルの平均バネ定数は 0.09 N/m であり、ばね定数が既知のニードルと接触させて、両者の変形量の比から算出した。引張速度は、細胞の粘性の影響が現れにくい引張速度 [4] として 0.8~1.2 μm/s の範囲とした。

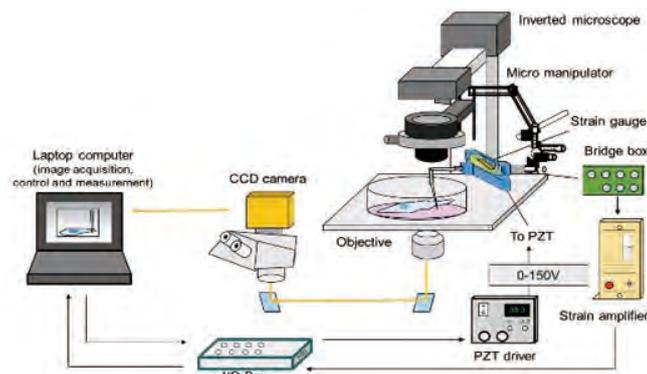


Fig. 1 Schematic diagram of a micro tensile tester for measuring the single cell mechanical properties.

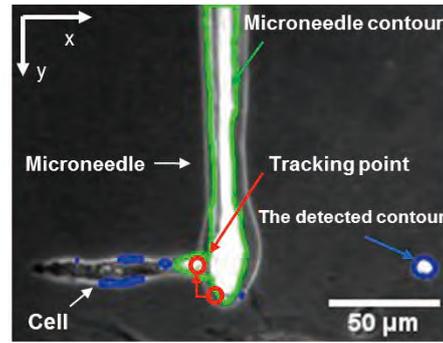


Fig. 2 Tracking the microneedle tip by the contour detection method in phase contrast images.

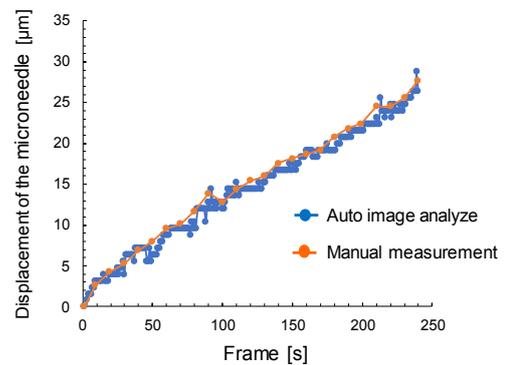


Fig. 3 Verification of accuracy of automatic image analysis by the contour detection method.

3. 結果と考察

マイクロ引張試験機を用いて、HeLa 細胞 (Cell 1~4) について力ひずみ線図を得ることができた (図 4)。従来のマイクロ引張試験機は引張試験後に細胞の力と変位を求めていたが、本研究での改良により、マイクロニードルのたわみ量をリアルタイムに算出し、その場で細胞の力と変形を求めることができた。

引張負荷と共に HeLa 細胞は徐々に長軸方向へ伸びていったが、ある程度幅を保ったまま引張られていき、剥離する直前にわずかに細長くなって剥離するようには見えた。Cell 1 は比較的大きく伸びて、ひずみが 50 % 以上に達してから徐々に剥離したのに対し、Cell 2~4 はひずみ 20~30 % に達すると直ちに基板から剥離した。

細胞初期形状データ (面積, 長さ, 幅) において、最も大きな細胞と小さな細胞では面積に 5 倍程度の違いがあり、細長い細胞や、長さと同程度の細胞などが見られ、細胞の形態にはバラツキが見られた。

力-ひずみ線図から算出した HeLa 細胞の引張スティフネスと接着力を表 2 に示す。引張スティフネスは、引張ひずみ 0~10 % で 11.5 ± 2.1 nN/%、ひ

ずみ 10~30 %で 7.3 ± 2.5 nN/%であり、接着力は 274.0 ± 42.8 nN であった。当研究室の先行研究では、血管平滑筋細胞の引張スティフネスは 44.8 ± 7.4 nN/%、接着力は 750 ± 400 nN で、引張スティフネスは細胞の初期形状に関わらずに、ほぼ一定の値をとり、接着力は細胞の面積や幅に大きく依存すると報告している³⁾。これに対し、本研究で計測した HeLa 細胞の引張スティフネスと接着力は、血管平滑筋細胞の半分以下の値となった。また、Cell 1~3 は引張スティフネスに顕著な非線形性が生じ、引張初期（ひずみ 0~10 %）に比べ、後期（ひずみ 10~30 %）になると、スティフネスが約半分になった。

細胞初期形状データとの相関を確認したところ、HeLa 細胞の接着力は、先行研究で報告されている血管平滑筋細胞と同様に細胞面積や幅が大きくなるほど、接着力も大きくなる傾向が得られた。一方、引張スティフネスは、細胞面積、長さ、幅が大きくなるほど小さくなる傾向があり、変形が大きくなるほど顕著になった。このことから HeLa 細胞は、血管平滑筋などの正常組織由来の細胞と、構造ならびに接着機構が大きく異なる可能性がある。これまで、血管平滑筋細胞などの間葉系組織由来の細胞は、面積が広がるほどアクチン細胞骨格の張力が増加し、接着タンパク質の産生も増加すると考えられてきた。これに対し HeLa 細胞はアクチン細胞骨格が少なく、細胞の形態を支える作用が比較的小さい変形範囲に留まっている可能性がある。

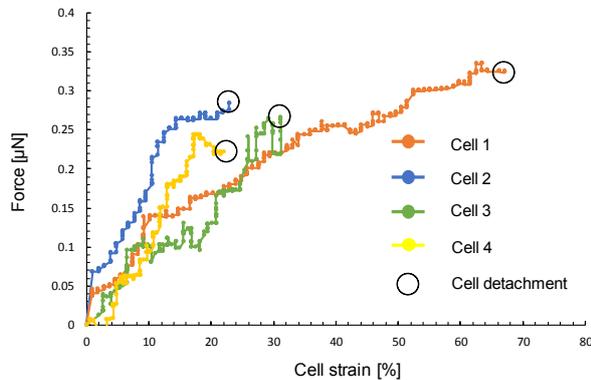


Fig. 6 The force-strain curves obtained in the cell tensile test of HeLa cells.

4. 結論

本研究では、顕微鏡下で細胞に引張変形を加えながらモニタリング処理して、その場で力と変形を算出可能なマイクロ引張試験機を開発し、HeLa 細胞全体の引張スティフネスと、細胞と基質との接着力を実測した。HeLa 細胞は血管平滑筋細胞と比べて、スティフネス、接着力ともに半分以下になった。今

後は、細胞骨格や核などの内部構造物を蛍光観察しながら力学試験をするなどして、細胞の構造の違いと材料力学的特性との関連性を詳しく調べていく。さらに、細胞画像をパーソナルコンピュータ上に映し出しながらマウス操作だけで、任意の位置にニードルを操作できるようなシステム開発を目指したいと考えている。

謝辞: 本研究の一部は日本医療開発機構・革新的先端研究開発支援事業 (AMED-CREST, JP19gm0810005), 科研費 (17H02077, 19K22944), および内藤記念科学奨励金の援助のもとに行われました。ここに記して謝意を表します。

【参考文献】

- (1) Yamamoto N, Ohno K, et al, “Effects of Stress Shielding on the Mechanical Properties of Rabbit Patellar Tendon” *Journal of Biomechanical Engineering* 115, (1993) pp23-28
- (2) Matsumoto T, Okumura E, Miura Y, et al, “Effect of Smooth Muscle Cells on the Mechanical Response of Rabbit Carotid Arteries in Culture” *JSME International Journal Series C Mechanical Systems, Machine Elements and Manufacturing* 42, (1999) pp514-520
- (3) 長山和亮, 大畠成暁, “顕微鏡下マイクロ引張試験機による血管平滑細胞のスティフネスと接着力の定量解析 - 細胞の硬さと接着力の実測 - ” *精密工学会誌*, 85-9, (2019)
- (4) Nagayama K and Matsumoto T, “Estimation of single stress fiber stiffness in cultured aortic smooth muscle cells under relaxed and contracted states: Its relation to dynamic rearrangement of stress fibers” *Journal of biomechanics*, 43, (2010), pp. 1443-1449

3. プロジェクト業績

活動実績

- 2019/7/20 エコフェスひたち出展
機械システム工学領域 教授 稲垣照美
- 2018/12/1 青少年のための科学の祭典出展
機械システム工学領域 教授 稲垣照美
- 2018/11/27 茨城大学工学部 研究室訪問交流会
- 研究室公開
「車両計測・制御研究室」
機械システム工学領域 准教授 道辻洋平
機械工学における計測・制御技術を活用し、鉄道車両や自動車の安全性向上に資する研究として、研究紹介のパネルや動画、スケールモデル鉄道車両実験装置やドライビングシミュレーターについて説明。
- 2019/1/11 ライフサポート科学教育研究センター講演会
講師: 矢木啓介助教
題目: ヒト関節とロボット関節の計測と制御
茨城大学工学部附属教育研究センターセミナーとして実施。
(参加人数 47名)

ヒト関節とロボット関節の 計測と制御

ライフサポート科学教育研究センター
機械システム工学領域 助教
矢木 啓介

『制御』

何もしなければ個々の法則に従った振る舞いをする
システムに働きかけ、望みの振る舞いを実現させること

示村 悦二郎『自動制御とは』より抜粋



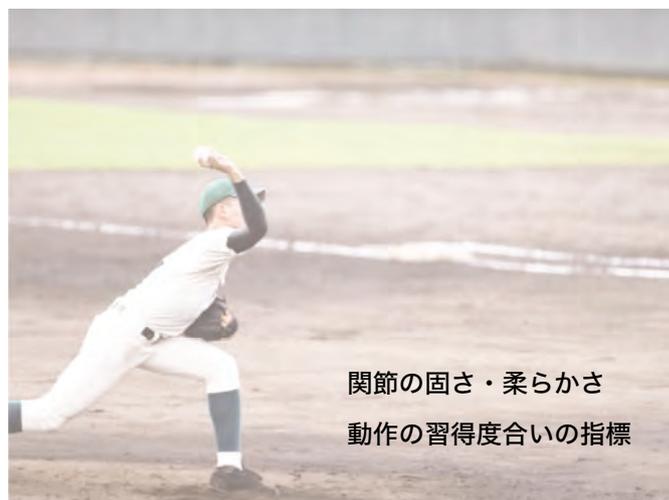
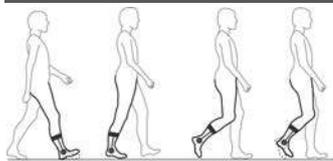
人間関節の特性を知る



機能性材料を用いたロボット関節

柔剛融合関節による動作支援

人間関節の特性をシェアする

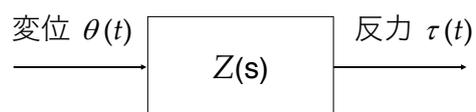


関節の固さ・柔らかさ
動作の習得度合いの指標



関節の固さ・柔らかさ
柔らかいロボットの規範

柔らかさの定量化



$$\tau(t) = J\ddot{\theta}(t) + D\dot{\theta}(t) + K\theta(t)$$

機械インピーダンス：慣性 J , 粘性 D , 弾性 K

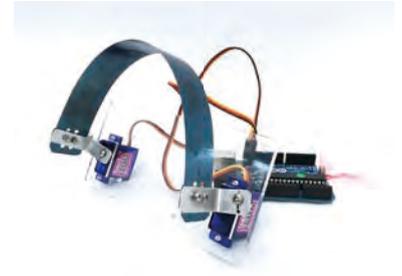
インピーダンスを測る



H. Lee & N. Hogan, IEEE T-NSRE 2015.
M. Hassan, K. Yagi, et al., IEEE EMBC 2017.

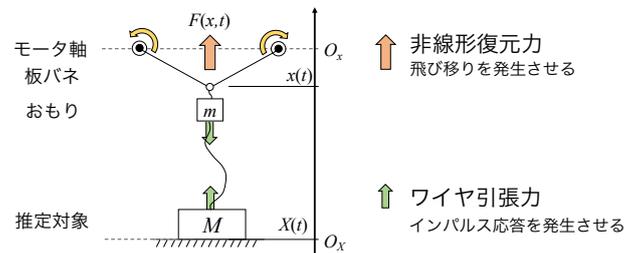
飛び移り座屈機構

構成要素 (例)
板バネ
サーボモータ SG92R
マイコン Arduino UNO

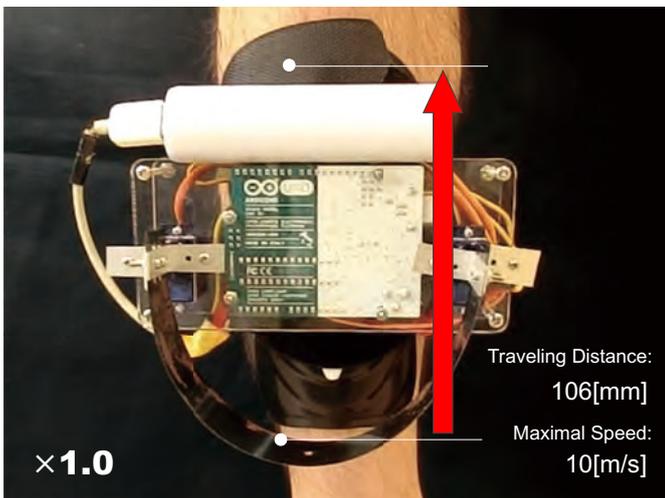


動作のモデル化

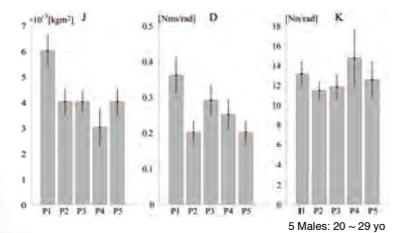
1次座屈とケーブルマスの結合系



10



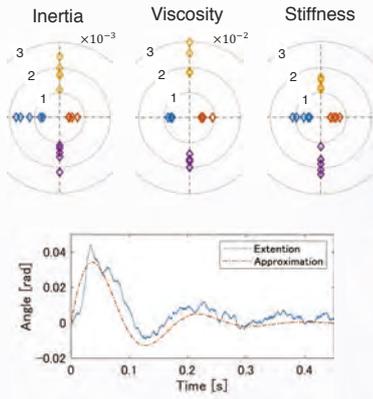
Results



Inertia	Viscosity	Stiffness
0.004 kgm ²	0.26 Nms/rad	12.7 Nm/rad
(0.007 kgm ²)	(0.34 Nms/rad)	(15.6 Nm/rad)

K. Yagi, et al., IEEE Robotics and Automation Letters, 2018.

Results

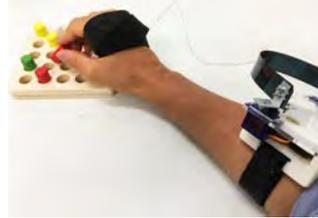


K. Yagi & H. Mochiyama, IEEE EMBC 2019.

人間関節の特性を知る

飛び移り座屈機構による独自のインピーダンス推定法を提案
準静的条件下での関節特性推定を通して有効性を検証

Future Topics



作業中の人間関節インピーダンス
歩行中の足関節
Peg-in-hole中の手関節

カセンサレス推定手法の開発*

作業中というシナリオに向けて

*矢木, 森, 望山, 自動制御連合講演会 2019. (To be presented.)



MR-Link: 柔剛融合ロボット関節

パワーの流れを調節可能なロボット関節機構



MR流体の変粘性

1. 流体とバネの粘弾性モード
2. 降伏応力による高剛性モード

S. Shimizu, et al., IEEE ROBOTICS 2009.

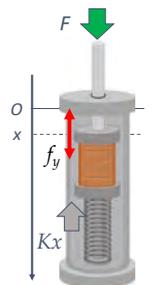


MR-Linkモデル

$$M\ddot{x} + D(i)\dot{x} + Kx \in F - f_y(i)\text{sgn}(\dot{x})$$

$$\text{sgn}(\dot{x}) = \begin{cases} \dot{x}/|\dot{x}| & (\dot{x} \neq 0) \\ [-1, 1] & (\dot{x} = 0) \end{cases}$$

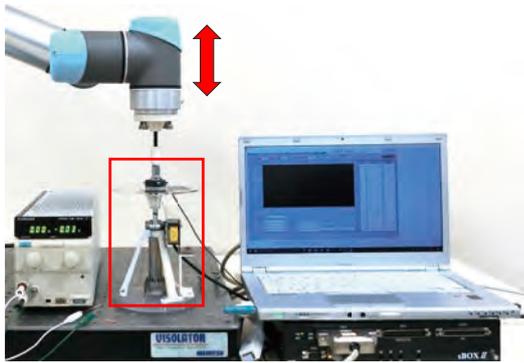
可変粘性項 $D(i)$ と降伏応力 $f_y(i)$ を調べる.



矢木, 他. SICE SI 2016.

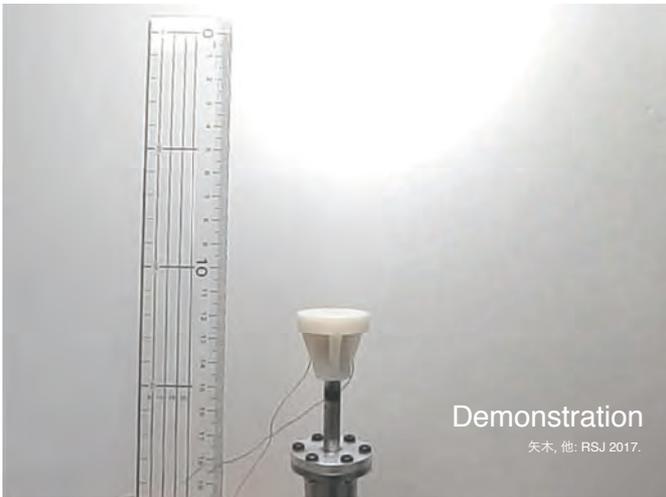
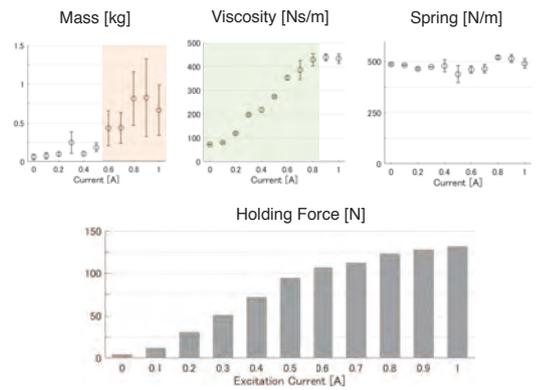
18

実験装置と手順



19

Results



人間関節の特性を知る

機能性材料を用いたロボット関節

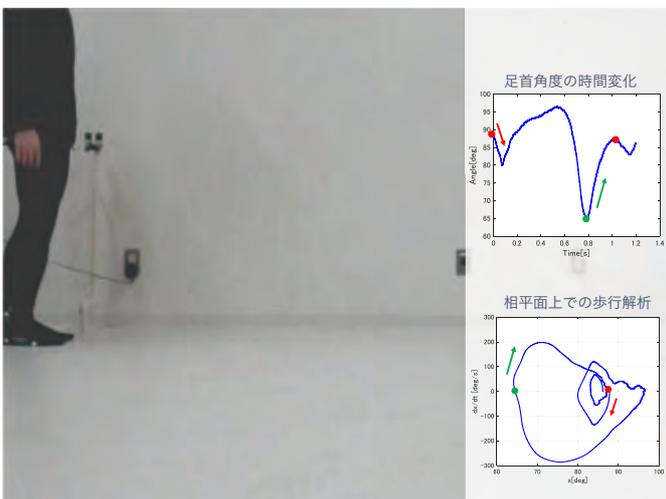
柔剛融合関節による動作支援

人間関節の特性をシェアする

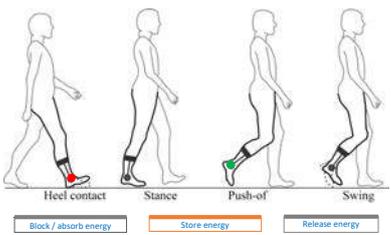
Block / absorb energy

Store energy

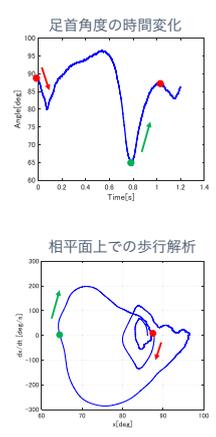
Release energy



Semi-Activeな歩行支援



Heel contactで環境から受ける力を Swingで利用する



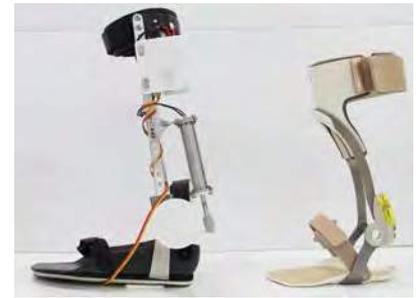
Smart-AFO



T. Ohba, et al.: IEEE/RSJ IROS 2015

25

Pilot Test



Smart-AFO

GaitSolution

柔剛融合関節による動作支援

歩行中の足関節と床との物理的相互作用にMR-Linkを導入
柔剛融合関節によるエネルギー調整で歩行支援を実現

Future Topics



柔らかさとパワーの流れの理論

他の動作支援への展開

荷上げ下ろし作業などでの腰動作支援*

*M. Hassan, K. Yagi, et al., IEEE/RSJ IROS 2019. (To be presented)

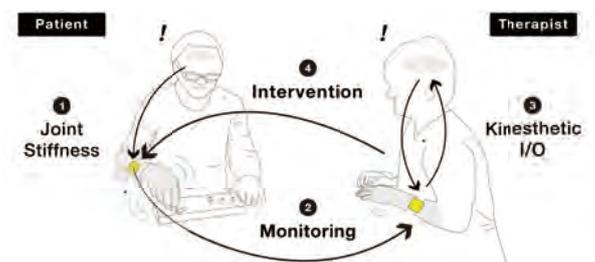


関節特性を知るための方法

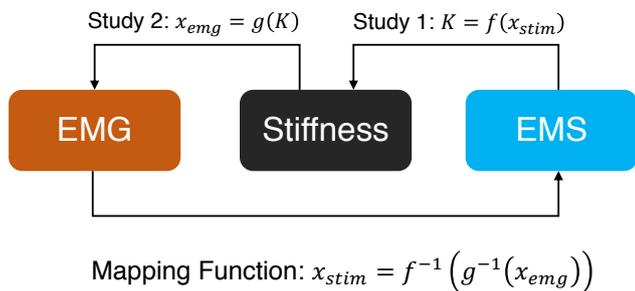
1. システム同定
2. 筋骨格モデルと筋電位 + 筋刺激による感覚提示
3. 超音波診断

29

運動感覚の共有

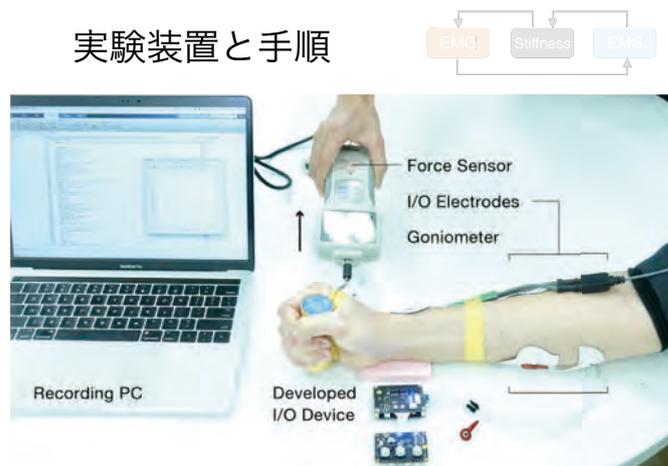


EMG to EMS: Mapping Function

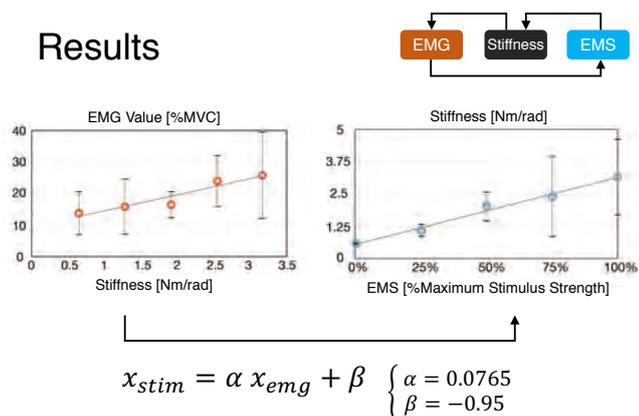


31

実験装置と手順

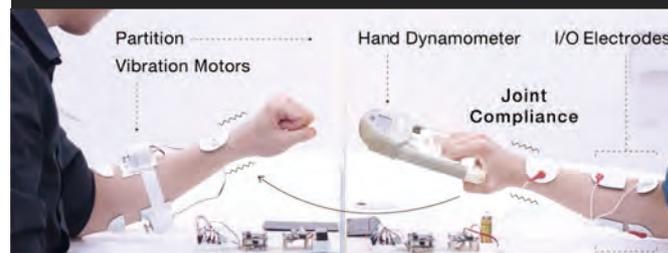


Results



J. Nishida, K. Yagi, et al., IEEE EMBC 2019.

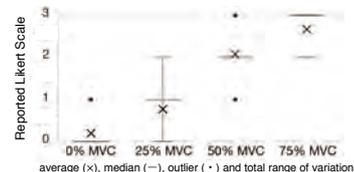
Perceptual Study



Participants

- 8 Males
- 4 Levels of %MVC
- 5 Repetitions

J. Nishida, K. Yagi, et al., IEEE EMBC 2019.



人間関節の特性をシェアする

関節の機械的特性を介して筋電位と筋刺激の関係式を定義

障がいを持つ人に持たない人の感覚を伝える

技術を持たない人に持つ人の感覚を伝える

Future Topics



動特性の検討

インピーダンスによる感覚シェア

作業中のEMG-EMS Mapping

Stiffnessの角度依存性の検討



『制御』

何もしなければ個々の法則に従った振る舞いをする
システムに働きかけ、望みの振る舞いを実現させること

示村 悦二郎『自動制御とは』より抜粋

『ライフサポート』

何もしなければ個々の理想と異なる振る舞いをする
人の身体に働きかけ、望みの振る舞いを実現させること

矢木 啓介『ライフサポートとは』に掲載予定...

Acknowledgements



E&R Center for Life Support Science



Prof. T. Masuzawa
Director of E&R Center for LSS



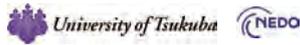
Prof. Y. Mori



Prof. K. Nagayama



Dr. M. Osa



Smart Mechanics



Dr. H. Mochiyama



Prof. K. Suzuki



Prof. Y. Aiyama



Dr. M. Hassan



Dr. K. Hsiao



Dr. J. Nishida

and Thank you for your kind attention!

K. Yagi: Joint Mechanisms - Their Properties, Control and Applications.

業績一覧

【原著論文】

- 1) 牧田丈靖, 増澤徹, 信太宗也, 長真啓, Daniel L Timms: 全置換型磁気浮上連続流人工心臓の流量バランス制御のための数値流体解析を用いた右心用ポンプの改良, ライフサポート, 31/ 3, 116-122, 2019.
- 2) 羽根田洋輔, 増澤徹, 長真啓, 尾関和秀, 岸田晶夫, 巽英介: 冠動脈バイパス手術における血管接合支援デバイスの研究開発, ライフサポート学会誌, 31, 151-157, 2019.
- 3) 織原涼雅, 増澤徹, 長真啓, 巽英介: 小児用人工心臓のための超小型磁気浮上モータの改良 日本 AEM 学会誌, 27/ 226, 219-225, 2019
- 4) Masahiro Osa, Toru Masuzawa, Ryoga Orihara, Eisuke Tatsumi: Performance enhancement of a magnetic system in a ultra compact 5-DOF-Controlled self-bearing motor for a rotary pediatric ventricular assist device to diminish energy input, Actuators MDPI 2019/ 8,31, 1-14, 2019.
- 5) Masahiro Osa, Toru Masuzawa, Ryoga Orihara, Eisuke Tatsumi: Characterizing A Compact 5-DOF controlled Self-Bearing Motor with Modified Magnetic Circuit to Improve Suspension Performance for Pediatric VAD, 日本 AEM 学会誌 27/ 1, 55-60, 2019.
- 6) Takashi NAOE, Hiroyuki KOGAWA, Nobuatsu TANAKA and Masatoshi FUTAKAWA: Pulsed Pressure Induced Cavitation Erosion in Mercury Narrow Channel under Flowing Conditions, Advanced Experimental Mechanics 4, 17-21, 2019.
- 7) S. Kawamura, T. Naoe, N. Tanaka, and M. Futakawa: Evaluation Growing and Collapsing Behaviors of Cavitation Bubbles under Flowing Condition, Advanced Experimental Mechanics Advanced Experimental Mechanics 4, 33-37, 2019.
- 8) 木村 孝之, 山根 康平, 増澤 徹: 2 次元集積化磁気センサへの相関二重サンプリングの導入とノイズ低減に関する検討, 電気学会論文誌. E(センサ・マイクロマシン部門誌), 139-3, 61-62, 2019.
- 9) Yamashiro Y, Thang BQ, Ramirez K, Shin SJ, Kohata T, Ohata S, Nguyen TAV, Ohtsuki S, Nagayama K, Yanagisawa H: Matrix mechanotransduction mediated by thrombospondin-1/integrin/YAP signaling pathway in the remodeling of blood vessels, Proc. Natl. Acad. Sci. USA (in press).
- 10) Nagayama K, Fukuei T: Cyclic stretch-induced mechanical stress to the cell nucleus inhibits ultraviolet radiation-induced DNA damage, Biomechanics and Modeling in Mechanobiology (in press).
- 11) Nagayama K: Biomechanical analysis of the mechanical environment of the cell nucleus in serum starvation-induced vascular smooth muscle cell differentiation, Journal of Biomechanical Science and Engineering 14(4): 19-00364.
- 12) Nagayama K, Suzuki Y, Fujiwara D: Directional dependence of cyclic stretch-induced cell migration in wound healing process of monolayer cells, Advanced Biomedical Engineering 8, 163-169, 2019.
- 13) 長山和亮, 大畠成暁: 顕微鏡下マイクロ引張試験機による血管構成細胞のステイフネスと接着力の定量解析 (細胞の硬さと接着力の実測), 精密工学会誌 85 (9), 800-804, 2019.
- 14) Maeda E, Atsumi Y, Ishiguro M, Nagayama K, Matsumoto T: Shape-dependent regulation of differentiation lineages of bone marrow-derived cells under cyclic stretch, Journal of Biomechanics 96(109371), 1-8, 2019.
- 15) S. Oshima, T. Sato, M. Honda, Y. Suetsugu, K. Ozeki, M. Kikuchi: Fabrication of gentamicin-loaded hydroxyapatite/collagen bone like nanocomposite for anti-infection bone void fillers, Int. J. Mol. Sci., 21, 551, 2020.
- 16) I. Harayama, T. Tamura, S. Ishii, K. Ozeki, D. Sekiba: Improvement of detection limit for hydrogen in high-resolution ERDA by using scanning solid state detector, Nucl. Instr. Meth. B, 456, 74-79, 2019.

- 17) T. Joutsuka, S. Yamauchi: Low-pressure chemical vapor deposition of Cu on Ru substrate using CuI: Ab initio calculation, *J. Phys. Chem. Lett.* 741, 137108 1-5, 2020.
- 18) 北山文矢, 近藤良: 制振用二自由度アクチュエータの特性解析, *日本 AEM 学会誌* 27/ 3, 76-81, 2019.
- 19) 佐藤駿, 北山文矢, 岡田養二, 近藤良: 磁束集中型振動発電装置を用いた歩行発電, *日本 AEM 学会誌* 27/ 3, 348-353, 2019.
- 20) Yohji OKADA, Ken-ichi MATSUDA, and Ryou KONDO: Development of compact and high torque 16 pole 18 slot motor for power assist legs, *Mechanical Engineering Journal The Japan Society of Mechanical Engineers* 61/ 6, 1-10, 2019.
- 21) Yoshikazu Mori Ken Maejima Masato Yukishita: ABLE: A Standing Style Transfer System for Persons with Lower Limb Disability, *Research in Medical & Engineering Sciences* 7/ 5, 1-8, 2019.
- 22) Yoshikazu Mori Shohei Kojima Keisuke Yagi: Wearable Device for Sitting Up Support of Parkinson Patients, *Research in Medical & Engineering Sciences* 7/5, 1-3, 2019.
- 23) 小島祥平, 森善一, 矢木啓介: パーキンソン病患者の自立起居動作補助器の開発, *ライフサポート学会誌* 31/3, 108-115, 2019.
- 24) Yasushi Habu, Keiichiro Uta, Yasuhiro Fukuoka: Three-dimensional walking of a simulated muscle-driven quadruped robot with neuromorphic two-level central pattern generators, *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 16/6, 2019.
- 25) 福井貴大, 松川宗一郎, 福岡泰宏: Pace を基本歩容とする 4 脚ロボットのための自律歩容遷移手法, *日本機械学会論文集(C編)*, 85/ 870, 18-36, 2019.
- 26) Fukui T, Fujisawa H, Otaka K, Fukuoka Y: Autonomous Gait Transition and Galloping over Unperceived Obstacles of a Quadruped Robot with CPG Modulated by Vestibular Feedback, *Robotics and Autonomous Systems*, 111, 1-19, 2019.
- 27) Toshio Tsuji, Shota Nakashima, Hideaki Hayashi, Zu Soh, Akira Furui, Tato Shibanoki, Keisuke Shima, and Koji Shimatani: Markerless Measurement and Evaluation of General Movements in Infants, *Scientific Reports*, Vol. 10, 2020.
- 28) Yasuyuki Nishi, Yuichiro Yahagi, Takashi Okazaki, Terumi Inagaki: Effect of Flow Rate on Performance and Flow Field of an Undershot Cross-Flow Water Turbine, *Renewable Energy*, 149, 409-423, 2020.
- 29) Yasuyuki Nishi, Tomoyuki Kobori, Yutaka Kobayashi, Terumi Inagaki, Norio Kikuchi: Study on Foreign Body Passage in an Ultra-Small Axial Flow Hydraulic Turbine, *International Journal of Fluid Machinery and Systems* 13/1, 68-78 2020.
- 30) Yasuyuki Nishi, Kentaro Hatano, Takashi Okazaki, Yuichiro Yahagi, Terumi Inagaki: Improvement of Performance of Undershot Cross-Flow Water Turbines Based on Shock Loss Reduction , *International Journal of Fluid Machinery and Systems* 13/1, 30-41, 2020.
- 31) 稲垣照美, 坂本飛鳥, 岩田拓巳, 李艶栄: 多段型潜熱蓄熱式熱交換システム向け新蓄熱物質の探索と熱物性評価, *化学工学論文集 化学工学会* 45/ 6, 219-226, 2019.
- 32) Yasuyuki Nishi, Tomoyuki Kobori, Terumi Inagaki, Norio Kikuchi, Nozomi Mori: Study of the Internal Flow Structure of an Ultra-Small Axial Flow Hydraulic Turbine, *Renewable Energy*, 139, 1000-1010, 2019.
- 33) 丸茂喜高, 山崎光貴, 鈴木宏典, 道辻洋平: 予測された信号現示を路面に呈示する運転支援システムの検討, *自動車技術会論文集*, 50/4, 1145-1150, 2019.
- 34) Akira Matsumoto, Yohei Michitsuji, Yosuke Ichiyangi, Yasuhiro Sato, Hiroyuki, Ohno, Masuhisa, Tanimoto, Atsushi Iwamoto, Takuji Nakai: Safety measures against flange-climb derailment in sharp curve-considering friction

coefficient between wheel and rail-, *Wear*, 432-433, 2019.

- 35) 風間晃輝, 道辻洋平, 丸茂喜高: ヒヤリハットデータベースを用いた信号交差点でのドライバ判断支援システムの評価, *日本機械学会論文集*, 85/875, 1-12, 2019.
- 36) 阿部美帆, 榎本忠夫, 鈴木準平, 藤田昌史, 桑原祐史: UAV 画像を用いたマーシャル共和国 Eneko 島における有孔虫ハビタットの調査, *沿岸域学会誌*, 32/4, 2020.
- 37) Suzuki J, Nakano D, Imamura M, Yamamoto R, Fujita M: Assessing a polluted river environment by oxidative stress biomarker responses in caddisfly larvae, *Science of the Total Environment*, 696, 134005, 2019.
- 38) 呉青翔, 土山美樹, 鈴木準平, 藤田昌史: 都市下水の成分が汽水性ヤマトシジミの成長力に及ぼす影響, *土木学会論文集 B2(海岸工学)*, 75/ 2, I_1135-I_1139, 2019
- 39) Wang F, Matsubara H, Nittami T, Fujita M: Utilization of a silicon rubber membrane for passive oxygen supply in a microbial fuel cell treating carbon and nitrogen from synthetic coke-oven wastewater, *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 189/1, 217-232, 2019.
- 40) Suzuki J, Imamura M, Fujita M: Oxidative stress response of caddisfly *Stenopsyche marmorata* larvae to abrupt hypoxia-normoxia shift *Aquatic Toxicology*, 211, 66-72, 2019.
- 41) 埴翔一郎, 藤田昌史, 桑原祐史: Deep Learning 応用による河川水の濁りを対象とした流況画像分類に基づく河川モニタリングー茨城県水戸市沢渡川を対象としてー, *土木学会論文集 G(環境)*, 75/5, I_297-I_306, 2019.
- 42) Pokhrel P, Akashi J, Suzuki J, Fujita M: Oxidative stress responses to feeding activity and salinity level in brackish water clam *Corbicula japonica*, *Science of the Total Environment*, 665, 191-195, 2019.

【著書・解説】

- 1) 長山和亮: メカノセンシングにおける細胞接着・細胞骨格・核の機能, *バイオマテリアルー生体材料ー*, 38(1), 30-35, 2020.
- 2) Toshio Tsuji, Taro Shibasaki, Go Nakamura, Akira Furui: Development of Myoelectric Robotic/Prosthetic Hands with Cybernetic Control at the Biological Systems Engineering Laboratory, Hiroshima University, *Journal of Robotics and Mechatronics*, 31(1), 27-34, 2019.

【学会発表 (国際会議)】

- 1) S. Kawamura, T. Naoe, N. Tanaka, M. Futakawa: Effect of wall boundary on growing and collapsing behaviors of cavitation bubble, *Proceedings of the 14th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics*, Tsukuba, 2019/11/1-4.
- 2) Y. USHITSUKA, M. TESHIGAWARA, T. NAOE, M. FUTAKAWA, K. SARUTA, T. MURAMATSU, T. YAMADA, N. TANAKA and K. YAMASAKI: Observation of behavior, such as spattering and fume, at melting zone caused by high power pulsed laser injection on metal using high speed photography technique, *Proceedings of the 14th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics*, Tsukuba, 2019/11/1-4.
- 3) T. NAOE, M. TESHIGAWARA, M. FUTAKAWA, H. MIZUTANI, T. MURAMATSU, T. YAMADA, Y. USHITSUKA, N. TANAKA and K. YAMASAKI: Development on laser cutting technique to suppress spatter particles aiming at disposal of radio-active waste, *Proceedings of the 8th International Congress on Laser Advanced Materials Processing*, Hiroshima, 2019/5/21-24.
- 4) S. Kawamura, T. Naoe, N. Tanaka and M. Futakawa, Evaluation of flowing effect on growing and collapsing behaviors of cavitation bubble in narrow boundary, *Proceedings of the 15th International Student Conference in Ibaraki*, 2019.
- 5) Nagayama K, Fukuei T: Cyclic stretch-induced mechanical stress to the cell nucleus improves the ultraviolet

- radiation resistance in cells, the 17th International Conference on Biomedical Engineering (ICBME2019), Singapore, 2019/12/9–12.
- 6) Nagayama K: A novel micro-grooved collagen substrate for inducing vascular smooth muscle cell differentiation through cell tissue arrangement and nucleus remodeling, the 10th Asian-Pacific Conference on Biomechanics (AP Biomech 2019), Taipei, Taiwan, 2019/11/1–3.
 - 7) Y. Okada, F. Kitayama, R. Kondo: Design of High Speed Interior Permanent Magnet Type Motor for TurboMachinery, Proceedings of the Eleventh Japanese-Mediterranean Workshop on Applied Electromagnetic Engineering for Magnetic, Superconducting, Multifunctional and Nanomaterials (JAPMED' 11) 2019/07.
 - 8) F. Kitayama, R. Kondo: Development of 2-DOF Linear Oscillatory Actuator for Vibration Control, Proceedings of the Eleventh Japanese-Mediterranean Workshop on Applied Electromagnetic Engineering for Magnetic, Superconducting, Multifunctional and Nanomaterials (JAPMED' 11) 2019/07.
 - 9) Keisuke Yagi, Yoshikazu Mori, Hiromi Mochiyama, Evaluation of the Impulsive Force Induced by the Snap-through Buckling of Closed-Elastica , Proc. of 21st IFAC World Congress 2020 (Accepted) 2020.
 - 10) Modar Hassan, Maxwell Kennard, Keisuke Yagi, Hideki Kadone, Hiromi Mochiyama, Kenji Suzuki, MRLift: a Semi-active Lower Back Support Exoskeleton based on MR Fluid and Force Retention Technology, Proceedings of IEEE IROS2019, pp. 7349–7354, 2019.
 - 11) Jun Nishida, Keisuke Yagi, Modar Hassan, Kenji Suzuki, Wearable Kinesthetic I/O Device for Sharing Wrist Joint Stiffness, Proceedings of Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC'19), pp. 3306–3310, 2019.
 - 12) Modar Hassan, Keisuke Yagi, Hideki Kadone, Tomoyuki Ueno, Hiromi Mochiyama, Kenji Suzuki, Development and Improvement of Semi-active Robotic Ankle Foot Orthosis based on MR Fluid Technology, Proceedings of Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC'19), pp. 6220–6223, 2019.
 - 13) Keisuke Yagi, Hiromi Mochiyama, Human Wrist Impedance Estimation Based on Impulse Response Induced by Snap-Through Buckling of Closed-Elastica , Proceedings of Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC'19), pp. 5339–5343, 2019.
 - 14) Taro Shibanoki, Go Nakamura, Takaaki Chin, and Toshio Tsuji: A Training Method for Voice Signal-based Human Interfaces Based on False Recognition, Proceedings of the SICE Annual Conference 2019, pp. 48–49, September 10–13, Hiroshima, Japan, 2019.
 - 15) Yuki Koizumi, Taro Shibanoki, and Toshio Tsuji: A Training System for Brain-Computer Interfaces Based on Motor Imagery Selection, The 2020 IEEE 2nd Global Conference on Life Sciences and Technologies (LifeTech 2020), Kyoto, March 10–12, 2020. (Accepted)
 - 16) Taro Shibanoki, Kazuya Hashimoto, Go Nakamura, and Takaaki Chin: A New Approach for Training on EMG-based Prosthetic Hand Control, The 2020 IEEE 2nd Global Conference on Life Sciences and Technologies (LifeTech 2020), Kyoto, March 10–12, 2020. (Accepted)
 - 17) Taro Shibanoki and Kosuke Jin: A 3D-printable Prosthetic Hand Considering Dual-arm Operation The 2020 IEEE 2nd Global Conference on Life Sciences and Technologies (LifeTech 2020), Kyoto, March 10–12, 2020. (Accepted)
 - 18) Y. Li, S. Someya and T. Inagaki: QUANTITATIVE FLOW VISUALIZATION FOR MICRO-SCALE FLOW FIELD BASED ON QUANTUM DOTS, The 12th Pacific Symposium on Flow Visualization and Image Processing, 2019/11/19.
 - 19) Yanrong LI, Toshiya KUBOI and Terumi I NAGAKI: Effect of magnetic field on heat transfer of natural convection in

- a horizontal open rectangular container of a magnetic fluid, International Conference on Power Engineering-2019, 2019/10/21.
- 20) Nishi Y, Sato G, Shiohara D, Inagaki T, Kikuchi N: A study of the flow field of an axial flow hydraulic turbine with a collection device in an open channel, Key Scientific Article Certificate, 2019/5/31
 - 21) Takuya Matsuda, Masuhisa Tanimoto, Akira Matsumoto, Yohei Michitsuji, Yosuke Ichianagi, Yasuhiro Sato, Hiroyuki Ohno, Daisuke Yamaguchi, Takamori Matsumi: Prediction of wheel flange wear by observing the change of curving performance with flange lubrications IAVSD2019 2019/08
 - 22) Wang F, Fujita M: Total antioxidant capacity of conventional activated sludge in municipal wastewater treatment plant, 8th IWA-ASPIRE Regional Conference and Exhibition, PV-1-660, 2019 (Hong Kong)
 - 23) Tsuchiyama M, Wu Q, Pokhrel P, Suzuki J, Fujita M: Effects of municipal wastewater on oxidative stress biomarkers and scope for growth of brackish water bivalve *Corbicula japonica*, Water and Environment Technology Conference 2019 (WET2019), 126, 2019 (Osaka)
 - 24) Akther S, Sun W, Suzuki J, Okada T, Imamura M, Enomoto T, Kuwahara Y, Fujita M: Photophysiological responses of sand-producer 'Large Benthic Foraminifera' for coral reefs to domestic wastewater, Water and Environment Technology Conference 2019 (WET2019), 121, 2019 (Osaka)
 - 25) Masahiro Osa, Toru Masuzawa, Ryoga Orihara, Eisuke Tatsumi, Dynamic Suspension Characteristics of A Compact Double Stator Axial Gap Motor with Full Magnetic Levitation During Rotary Blood Pump Operation, 11th Japanese-Mediterranean Workshop on Applied Electromagnetic Engineering for Magnetic, Superconducting, Multifunctional and Nanomaterial (JAPMED11), Georgia, July 16-19, 2019
 - 26) Masahiro Osa, Toru Masuzawa, Ryoga Orihara, Eisuke Tatsumi, Hemolysis Testing and Acute Animal Experiment of Next Generation Ultra-Compact Centrifugal Pediatric VAD with Full Magnetic Levitation, The 27th Annual Meeting of International Society for Mechanical Circulatory Support (ISMCS2019), Italy, October 21-23, 2019
 - 27) Michitsuji Y, Mizuno K, Suda Y, Lin S, Makishima M, Curving performance evaluation of EEF bogie with inclined wheel axles using scale model vehicle, IAVSD2019, 2019/08.
 - 28) Ichianagi Y, Michitsuji Y, Matsumoto A, Sato Y, Ohno H, Yamaguchi D, Tanimoto M, Matsuda T, Matsumi T, Estimation of friction coefficient between outside wheel flange and rail considering influence of wheel/rail wear, IAVSD2019, 2019/08.
 - 29) Yonehara Y, Arai I, Matsuo S, Fujioka T, Michitsuji Y, Koyama T, New profile of crossing optimized for different type of wheel tread shapes, Railway Engineering 2019, 2019/06.

【学会発表（国内会議）】

- 1) 上田優人, 増澤徹, 長真啓, 人工心臓のためのホモポーラ型磁気軸受の支持力向上の検討, 第31回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム 2019/05/22
- 2) 吉田尚記, 増澤徹, 長真啓, 尾関和秀, 岸田晶夫, 片桐伸将, 巽英介: 冠動脈バイパス手術支援のための欠陥吻合支援デバイスの研究開発, 日本機械学会 2019 年度茨城講演会, 2019/08/22.
- 3) 山口清, 増澤徹, 長真啓, 巽英介: 小児用補助人工心臓用磁気浮上モータの省エネルギー化に関する研究, 日本機械学会 2019 年度茨城講演会, 2019/08/22.
- 4) 林翔太, 増澤徹, 長真啓, 信太宗也: 単一の磁気浮上モータを用いた完全置換型人工心臓の左右心室シャント内部の流れ, 日本機械学会 2019 年度茨城講演会, 2019/08/22.
- 5) 柳沼修太, 増澤徹, 長真啓, 柴建次, 巽英介, 西村隆: 人工心臓用磁気浮上小型フライホイールの研究開発,

日本機械学会 2019 年度茨城講演会, 2019/08/22.

- 6) 田中悠介, 増澤徹, 長真啓: 補助人工心臓の性能評価を目的とした循環系シミュレータの開発, 日本機械学会 2019 年度茨城講演会, 2019/08/22.
- 7) 安武勇貴, 増澤徹, 長真啓, 丸山修: 高せん断負荷装置を用いたせん断速度およびせん断時間が溶血に及ぼす影響, 日本機械学会 2019 年度茨城講演会, 2019/08/22.
- 8) 久松誠人, 増澤徹, 長真啓, 信太宗也: マグネットカップリング機構を用いた急性心不全患者のための心臓治療用磁気浮上血液ポンプの開発, 日本機械学会 2019 年度茨城講演会, 2019/08/22.
- 9) 長真啓, 増澤徹, 織原涼雅, 巽英介: 小児用補助人工心臓のための 5 軸制御磁気浮上モータのインペラ支持性能評価, Dynamic and Design Conference 2019, 2019/09/28.
- 10) 長真啓, 増澤徹, 巽英介: 磁気浮上型遠心式小児用補助人工心臓の溶血性能評価, LIFE2019, 2019/09/13.
- 11) 上田優人, 増澤徹, 長真啓, 人工心臓への適用を目的としたホモポーラ型磁気軸受の耐加速度性能評価, 第 28 回 MAGDA コンファレンス 2019/10/30
- 12) 長真啓, 増澤徹, 山口清, 片桐伸将, 水野敏秀, 築谷朋典, 西中知博, 巽英介: 超小型な磁気浮上モータを用いた遠心式小児用補助人工心臓の高性能化, 第 48 回人工心臓と補助循環懇話会学術集会, 2020/02/28.
- 13) 川村駿介, 直江崇, 池田翼, 田中伸厚, 二川正敏: キャビテーション気泡の成長崩壊挙動に及ぼす圧力勾配の影響, 日本原子力学会 令和元年度 北関東支部若手研究者発表会, 2019/4/19
- 14) 森田雄河, 田中伸厚: テトラポッド型小型波力発電装置の移動機構に関する研究, 日本機械学会 2019 年度茨城講演会, 2019/8/22.
- 15) 杉山航, 田中伸厚, 吉田健悟: 津波時の自動車の漂流挙動の SPH 法による数値解析, 日本機械学会 2019 年度茨城講演会, 2019/8/22.
- 16) 川村駿介, 直江崇, 池田翼, 田中伸厚, 二川正敏: 狭隘流路内のキャビテーション気泡挙動に及ぼす流れの影響, 日本機械学会 2019 年度茨城講演会, 2019/8/22.
- 17) 山根康平, 木村孝之, 増澤徹: 周波数分割多重によるロックイン検出の集積化磁気センサアレイへの導入, 「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム, 2019/11/20.
- 18) 半田雄大, 木村孝之: 耐放射線性イメージセンサで使用される MOSFET 構造の最適化による応答速度向上に関する検討, 令和元年度電気学会茨城支所研究発表会, 2019/12/7.
- 19) 藤村周平, 山根康平, 木村孝之, 増澤徹: 2 次元集積化磁気センサとロックイン検出を用いた微小磁場の測定に関する検討, 令和元年度電気学会茨城支所研究発表会, 2019/12/7.
- 20) 佐々木達也, 長山和亮: 酸性ストレスが細胞周期および細胞運動に与える影響, 日本機械学会第 32 回バイオエンジニアリング講演会, 2019/12/20-21, 金沢.
- 21) 長山和亮: 繰返伸展刺激下での核の力学場の変化が細胞紫外線耐性に与える影響, 日本機械学会 2019 年度 年次大会, 2019/9/8-11, 秋田.
- 22) 三浦光騎, 長山和亮: マイクロピラー基板を用いた核の拘束・変形による細胞の紫外線耐性の変化, 日本機械学会 2019 年度 年次大会, 2019/9/8-11, 秋田.
- 23) 小幡祥太, 大畠成暁, 長山和亮: 顕微鏡下マイクロ引張試験機を用いた細胞の力学特性と接着力の実測, 日本機械学会 2019 年度 年次大会, 2019/9/8-11, 秋田.
- 24) 三浦光騎, 長山和亮: 細胞核への力学的負荷が引き起こす DNA の紫外線耐性向上に関する研究, 日本機械学会 2019 年度 茨城講演会, 2019/8/22, 日立.
- 25) 小幡祥太, 大畠成暁, 長山和亮: インプロセス型細胞用力学試験機の開発と細胞の力学特性および接着力の実測, 日本機械学会 2019 年度 茨城講演会, 2019/8/22, 日立.
- 26) 村田博教, 長山和亮: 骨形成遺伝子抑制細胞の核の粘弾性ならびに核内 DNA の凝集解析, 日本機械学会 2019

- 年度 茨城講演会, 2019/8/22, 日立.
- 27) 野上謙三, 長山和亮: 細胞老化機構の解明を目指した微細加工基板および原子間力顕微鏡による細胞力学解析, 日本機械学会 2019 年度 茨城講演会, 2019/8/22, 日立.
 - 28) 半沢達也, 長山和亮, セルソーティング技術への応用を目指した微細溝基板上の細胞運動ならびに内部構造の解析, 日本機械学会 2019 年度 茨城講演会, 2019/8/22, 日立.
 - 29) 佐々木達也, 長山和亮: 病理診断への応用を目指した酸性ストレス下における細胞核の形状解析, 日本機械学会 2019 年度 茨城講演会, 2019/8/22, 日立.
 - 30) 村田博教, 長山和亮: 骨形成遺伝子抑制細胞の核の力学特性ならびに核内 DNA の凝集解析, 第 30 回日本機械学会バイオフロンティア講演会, 2019/7/19-20, 鹿児島.
 - 31) 野上謙三, 長山和亮: 継代培養での老化に伴う血管平滑筋細胞の張力ならびに力学特性の変化, 第 30 回日本機械学会バイオフロンティア講演会, 2019/7/19-20, 鹿児島.
 - 32) 半沢達也, 長山和亮: セルソーティング技術への応用を目指した微細溝基板上での細胞運動解析, 第 30 回日本機械学会バイオフロンティア講演会, 2019/7/19-20, 鹿児島.
 - 33) 長山和亮: 繰返伸展刺激による細胞核の形態変化と細胞紫外線耐性向上の可能性, 第 71 回日本細胞生物学会大会, 2019/6/24-26, 神戸.
 - 34) 長山和亮: 繰返伸展刺激による細胞の紫外線耐性向上に関する研究, 第 58 回日本生体医工学会大会, 2019/6/6-8, 沖縄.
 - 35) 今井守夫, 神尾崇, 尾関和秀: 全部床義歯を用いた上顎 2 本のインプラントオーバーデンチャーに関する力学的検討ポスター発表第 49 回日本口腔インプラント学会学術大, 2019/09/21.
 - 36) 杉澤満, 尾関和秀: 有限要素法を用いたインプラント体の初期固定の応力評価ポスター発表第 49 回日本口腔インプラント学会学術大, 2019/09/21.
 - 37) 高橋一成, 吉田昌史, 佐藤吉伸, 尾関 和秀: HMDSO による中間層の作製と DLC の密着性評価, 日本機械学会 2019 年度茨城講演会, 2019/08/22.
 - 38) 亀田修司, 尾関 和秀: スパッタリング法による Si 含有リン酸カルシウムの作製と細胞接着性, 日本機械学会 2019 年度茨城講演会, 2019/08/22.
 - 39) 菊池正紀, 大島翔, 尾関和秀, 本田みちよ: HAp/Col へのゲンタマイシン担持とその抗菌性評価, バイオインテグレーション学会第9回学術大会, 2019/04/21.
 - 40) 皆川遥夢, 石原滉平, 今井守夫, 尾関和秀: リバースエンジニアリングによる上顎骨のモデリングとインプラントオーバーデンチャーにおける応力解析, バイオインテグレーション学会第9回学術大会, 2019/04/21.
 - 41) 堀内健佑, 城塚達也, 山内智: ヨウ化銅を用いたルテニウム上への銅の選択化学気相堆積, 第80回応用物理学会秋季学術講演会, 2019/09/18.
 - 42) 住将平, 山内智: 熱プレスによるラクトースの構造異性化, 第 30 回 日本化学会関東支部 茨城地区研究交流会, 2019/12/20.
 - 43) 北山文矢, 近藤良: 2 つの可動子を有するリニア振動アクチュエータの極数構成の検討, 電気学会 交通・電気鉄道・リニアドライブ合同研究会, 2020/1/24
 - 44) 志賀柁威, 北山文矢, 近藤良: 2 つの可動子を有するリニア振動アクチュエータの加速度推定, 電気学会 交通・電気鉄道・リニアドライブ合同研究会, 2020/1/24
 - 45) 佐藤駿, 北山文矢, 近藤良: 磁気式直動回転変換器とワンウェイクラッチを用いたエネルギーハーベスタの特性解析, 電気学会 交通・電気鉄道・リニアドライブ合同研究会, 2020/1/23
 - 46) 山崎 大, 近藤良, 北山文矢: 周期離散 LMI に基づく一脚ホッピングロボットのロバスト姿勢安定化制御, 第 62 回自動制御連合講演会, 2019/11/9

- 47) 鈴木智洋, 近藤良, 滝口詠司, 丸山野幸吾, 北山文矢, 岡田養二, 下肢障害者のための脚支援システムの開発 (模擬股義足による歩行実験), LIFE2019, 2019/9/14
- 48) 山崎貴大, 高柳克哉, 近藤良, 北山文矢: 周期係数離散 LQR による一脚ホッピングロボットの姿勢安定化制御, 日本機械学会 2019 年度茨城講演会, 2019/08/22
- 49) 上阪悠貴, 富山あゆみ, 油原一輝, 近藤良, 北山文矢: 人間の立位動作の同定, 日本機械学会 2019 年度茨城講演会, 2019/08/22
- 50) 田山幸多朗, 北山文矢, 近藤良, 鈴木雄太, 友村水紀: 下肢障害者用装着型脚支援システムにおける手動操作と自動立位安定化(足首・腰関節に着目した試験システムを用いた検証), 日本機械学会 2019 年度茨城講演会, 2019/08/22
- 51) 岡田雄志, 近藤良, 北山文矢, 佐藤一真, 木村郁美: 立位安定化ロボットの開発, 日本機械学会 2019 年度茨城講演会, 2019/08/22
- 52) 岡田養二, 北山文矢, 近藤良, 大槻真嗣: 小型軽量モータ用軸受損失の直接測定法の提案, SEAD31, 2019/05/22
- 53) 吉村怜生, 根本礼華, 矢木啓介, 森善一: 高齢者に散歩を促すロボットシステムの開発, 日本機械学会 2019 年度茨城講演会, 2019/08/22.
- 54) 佐野達史, 矢木啓介, 森善一: 重量物持ち上げ作業における腰負担を軽減する装着型下肢アシスト機, 日本機械学会 2019 年度茨城講演会 2019/08/22.
- 55) 辰野雅浩, 水島洋哉, 望山洋, 矢木啓介: 歩行中の足関節インピーダンス推定システム, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2019, 2P2-H02, 2019/06.
- 56) 武藤寛明, 矢木啓介, 森善一: 閉ループ特性を保存するデジタル再設計法の状態空間表現への拡張, 第 62 回自動制御連合講演会, 1F3-04, 2019/11.
- 57) 矢木啓介, 森善一, 望山洋: 人間関節インピーダンス推定のための閉ループ弾性体の飛び移り座屈機構で生じる瞬発力の評価, 第 62 回自動制御連合講演会, 1G4-05, 2019/11.
- 58) 矢木啓介, 森善一, 望山洋: 弾性体の飛び移り座屈機構を利用した人関節インピーダンスの力センサレス推定, 第 25 回ロボティクス・シンポジウム, 6A3, 2020/03.
- 59) 鳥井保秀, 芝軒太郎, 中村豪, 陳隆明, 辻敏夫, 動作指示が可能な筋協調制御訓練システム, 第 29 回 ライフサポート学会 フロンティア講演会, 2020/03/12-13.
- 60) 呉青羽, 王峰宇, 鈴木準平, 藤田昌史: 都市下水の成分がヤマトシジミの成長力に及ぼす影響, 第 54 回日本水環境学会年会, 2020/03(岩手)(発表予定)
- 61) 浦崎笑子, 宮房有花, 王峰宇, 藤田昌史: 汽水域底泥を利用した微生物燃料電池の発電性能の評価, 第 54 回日本水環境学会年会, 2020/03(岩手)(発表予定)
- 62) 土山美樹, 藤田昌史: 環境ストレスに曝された汽水性二枚貝ヤマトシジミの開閉運動の評価, 第 54 回日本水環境学会年会, 2020/03(岩手)(発表予定)
- 63) 鈴木駿也, 王峰宇, 和田真澄, 桑原祐史, 藤田昌史: 流入下水の生物分解性有機物濃度の迅速推定に向けた ORP・pH 電極データの評価, 第 54 回下水道研究発表会, 986-988, 2019/08(横浜)
- 64) 天野倉一誠, 道辻洋平, 鉄道車両に設置した前方注視カメラによる曲線開始位置の推定, 日本機械学会 2019 年度茨城講演会 2019/08/22.
- 65) 風間晃輝, 道辻洋平, 信号切り替わり場面における自動運転プログラムへリスク評価指標の予測値を用いた急停止の解消~, 日本機械学会 2019 年度茨城講演会 2019/08/22.
- 66) 北澤利悠, 道辻洋平, 鉄道車両の曲線通過時の振動を模擬するスケールモデル軌条輪試験装置の設計, 日本機械学会 2019 年度茨城講演会 2019/08/22.

- 67) 一柳洋輔, 道辻洋平, 松本陽, 佐藤安弘, 大野寛之, 緒方正剛, 谷本益久, 松田卓也, 松見隆則, 車輪・レール摩耗の影響を考慮した外軌側車輪フランジ部の摩擦係数の推定方法, 日本機械学会交通・物流部門大会 2019, 2019/11/27
- 68) 小山寿明, 道辻洋平, 渡邊真一, 米原善秀, 車両運動シミュレーションに基づく二段勾配クロッシング通過時の輪重変動抑制効果の検討, 日本機械学会交通・物流部門大会 2019, 2019/11/27
- 69) 小島芳規, 道辻洋平, 久田育徳, 長澤研介, 慣性センサを用いた鉄道車両の位置推定とデータ分析の一例, 日本機械学会交通・物流部門大会 2019, 2019/11/27
- 70) 風間晃輝, 道辻洋平, 丸茂喜高, ヒヤリハットデータベースを用いた信号交差点でのドライバ判断支援システムの評価～対向右折待ち車両に対するヒヤリハット低減効果の評価～, 日本機械学会交通・物流部門大会 2019, 2019/11/27
- 71) 前原奨, 道辻洋平, 須田義大, 傾斜軸 EEF 台車のアクティブ操舵制御, 第 26 回鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL2019), 2019/12/4
- 72) 天野倉一誠, 道辻洋平, 須田義大, 傾斜軸 EEF 台車のアクティブ操舵制御, 第 26 回鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL2019), 2019/12/4
- 73) 高橋浩市朗, 米原善秀, 渡邊真一, 道辻洋平, 小山寿明, 牧野哲也, 3 次元二段勾配クロッシングの導入に伴う形状検討と走行シミュレーションによる評価, 第 26 回鉄道技術連合シンポジウム (J-RAIL2019), 2019/12/4

【受賞等】

- 1) 鈴木駿也, 第 54 回下水道研究発表会 優秀発表賞:「鈴木駿也, 会王峰宇, 和田真澄, 桑原祐史, 藤田昌史: 流入下水の生物分解性有機物濃度の迅速推定に向けた ORP・pH 電極データの評価, 第 54 回下水道研究発表会, 986-988, 2019/8, 横浜」に対して.
- 2) 野上謙三, 日本機械学会 2019 年度茨城講演会優秀講演発表賞:「野上謙三, 長山和亮:細胞老化機構の解明を目指した微細加工基板および原子間力顕微鏡による細胞力学解析, 日本機械学会 2019 年度 茨城講演会, 2019/8/22, 日立」に対して.
- 3) 小幡祥太, 日本機械学会 2019 年度茨城講演会優秀講演発表賞:「小幡祥太, 大島成暁, 長山和亮:インプロセス型細胞用力学試験機の開発と細胞の力学特性および接着力の実測, 日本機械学会 2019 年度 茨城講演会, 2019/8/22, 日立」に対して.
- 4) Nagayama K: JBSE 2019 Papers of the Year Award および Graphics of the Year Award:「Nagayama K: Biomechanical analysis of the mechanical environment of the cell nucleus in serum starvation-induced vascular smooth muscle cell differentiation, Journal of Biomechanical Science and Engineering 14(4): 19-00364, 2019」に対して.
- 5) 久松誠人, 2019 年茨城講演会優秀講演賞:「久松誠人, 増澤徹, 長真啓, 信太宗也: マグネットカップリング機構を用いた急性心不全患者のための心臓治療用磁気浮上血液ポンプの開発, 日本機械学会 2019 年度茨城講演会, 2019/08/22, 日立」に対して.
- 6) 林翔太, 2019 年茨城講演会優秀講演賞:「林翔太, 増澤徹, 長真啓, 信太宗也: 単一の磁気浮上モータを用いた完全置換型人工心臓の左右心室シャント内部の流れ, 日本機械学会 2019 年度茨城講演会, 2019/08/22, 日立」に対して.
- 7) 上田優人, ライフサポート学会奨励賞:「上田優人, 増澤徹, 長真啓:ホモポーラ型磁気軸受を用いた補助人工心臓の耐加速度性能評価, 2020/3/12-13, 東京理科大学野田キャンパス」に対して.
- 8) 安武勇貴, ライフサポート学会奨励賞:「安武勇貴, 増澤徹, 長真啓, 丸山修:補助人工心臓における表面粗さと発熱が溶血に及ぼす影響に関する研究, 2020/3/12-13, 東京理科大学野田キャンパス」に対して.

【競争的資金獲得】

1.申請した競争的資金等の外部資金

- 1) 公益財団法人村田学術振興財団 海外派遣,「Development of 2DOF Linear Oscillatory Actuator for Vibration Control」, 2019 年度, 研究代表者:北山文矢
- 2) 株式会社 リバネス 第 47 回 リバネス研究費 超異分野学会賞,「DC-AC 変換回路いらずの DC 駆動型リニア共振アクチュエータの開発」, 2020 年度, 研究代表者:北山文矢

2.申請した科学研究費補助金

- 1) 文部科学省 令和 2 年度 基盤研究(B),「核内外の力学場に基づく細胞の放射線耐性調整機構の解明」, 2020 年度～2023 年度, 研究代表者:長山和亮
- 2) 文部科学省 令和 2 年度 基盤研究(C),「小型ヘキサポッド型浮体式波力発電装置の開発」, 2020 年度～2022 年度, 研究代表者:田中伸厚
- 1) 文部科学省 令和 2 年度 基盤研究(C),「元素添加ダイヤモンドライクカーボン膜を用いたフジツボ類の付着防除に関する研究」, 2020 年度～2022 年度, 研究代表者:尾関和秀
- 2) 文部科学省 令和 2 年度 基盤研究(C),「自然環境要因の変動を考慮した汽水性二枚貝ヤマトシジミの環境ストレス評価手法の構築」, 2020 年度～2022 年度, 研究代表者:藤田昌史
- 3) 文部科学省 令和 2 年度 若手研究,「新構造モータ・ギア一体型アクチュエータによる脚支援機器の革新的軽量化」, 2020 年度～2022 年度, 研究代表者:北山文矢
- 4) 文部科学省 令和 2(2020)年度 若手研究,「痛みを感じる義手:振動刺激に基づく違和感フィードバックと人間らしい制御の試み」, 2020 年度～2022 年度, 研究代表者:芝軒太郎
- 5) 文部科学省 令和 2(2020)年度 挑戦的研究(萌芽),「インテリジェント型トリガ制御を有する部分露光型イメージセンサシステムに関する研究」, 2020 年度～2022 年度, 研究代表者:木村孝之
- 6) 文部科学省 令和 2 年度 基盤研究(B),「流量推定機能を有した全置換型磁気浮上人工心臓の研究開発」, 2020 年度～2023 年度, 研究代表者:増澤徹
- 7) 文部科学省 令和 2 年度 挑戦的研究(萌芽),「テンセグリティ構造を用いた細胞膜模擬移動メカニズムの研究」, 2020 年度～2022 年度, 研究代表者:増澤徹
- 8) 文部科学省 令和 2 年度 若手研究,「生体流体機能を積極的に活用した超小型磁気浮上式小児用人工心臓の実現」, 2020 年度～2023 年度, 研究代表者:長真啓

3.採択された競争的資金等の外部資金

- 1) 公益財団法人永守財団,「世界初・世界最小の次世代型小児用人工心臓実現を目指したダブルステータ型 5 軸制御磁気浮上モータの超小型化 - 超小型磁気浮上人工心臓の実現への挑戦 - 」2019/09-2020/09, 研究代表者:長真啓
- 2) AMED,「重症心不全小児の救命を目指した高い耐久性と安全性を有する超小型な磁気浮上型遠心式補助人工心臓の研究開発」2019/08-2021/03, 研究代表者:長真啓
- 3) 公益財団法人村田学術振興財団 海外派遣,「Development of 2DOF Linear Oscillatory Actuator for Vibration Control」, 260 千円, 2019 年度, 研究代表者:北山文矢
- 4) 国連大学地球規模課題解決に資する国際協力プログラム,「環礁都市における国土維持力の保全・再生による海面上昇適応戦略」, 33,000 千円, 2017 年度～2019 年度, 研究代表者:藤田昌史

4.採択された科学研究費補助金

- 1) 文部科学省 基盤研究(C),「活超高齢社会の実現に向けた携帯できる散歩促進ロボットの開発」
3,300 千円, 2019 年度～2021 年度(新規), 研究代表者:森善一
- 2) 文部科学省 若手研究,「関節の機械インピーダンス特性に基づく人のタスクの記述法」
3,200 千円, 2019 年度～2021 年度(新規), 研究代表者:矢木啓介
- 3) 文部科学省 挑戦的研究(萌芽),「汽水性二枚貝の環境ストレスに対する総抗酸化力の応答と成長余力の関係」
5,000 千円, 2019 年度～2020 年度(新規), 研究代表者:長山和亮
- 4) 文部科学省 基盤研究(B),「核の力学場に立脚した細胞の放射線耐性調整機構の解明」
13,700 千円, 2017 年度～2019 年度(継続), 研究代表者:長山和亮
- 5) 文部科学省 基盤研究(C),「汽水性二枚貝の環境ストレスに対する総抗酸化力の応答と成長余力の関係」
4,680 千円, 2017 年度～2019 年度(継続), 研究代表者:藤田昌史
- 9) 文部科学省 基盤研究(C),「4足動物の歩行パターンが姿勢に応じて変化するという仮説のロボットを用いた検証」, 2018 年度～2020 年度(継続): 3,400 千円:福岡泰宏
- 10) 文部科学省 若手研究,「3-D shape measurement of liquid film and gas bubble of slug flow in microchannels with axial plane optical microscopy」, 3,200 千円, 2018 年度～2020 年度(継続), 研究代表者:李艶栄
- 11) 文部科学省 若手研究(B),「磁気浮上・流体機械システム融合による小児用人工心臓用磁気浮上モータの超小型化」, 3,400 千円, 2016 年度～2019 年度(継続), 研究代表者:長真啓
- 12) 文部科学省 若手研究(B),「双腕協調タスクモデルに基づく 5 指駆動型筋電動義手の提案と義手処方支援」,
3,200 千円, 2017 年度～2019 年度(継続), 研究代表者:芝軒太郎

「人の暮らしを豊かにするライフサポート科学の創成」

茨城大学工学部附属ライフサポート科学教育研究センター

2019 年度報告書

発行日 2020 年 4 月

発行者 茨城大学 工学部 機械工学科
教授 増澤 徹
〒316-8511 日立市中成沢町 4-12-1
Tel: 0294-38-5250 Fax: 0294-38-5047

※禁無断転載

茨城大学工学部附属教育研究センター

<http://www.eng.ibaraki.ac.jp/research/centers/index.html>

ライフサポート科学教育研究センター

<http://www.eng.ibaraki.ac.jp/research/centers/life/index.html>