

日本機械学会賞 (技術功績) 3件

(配列は受賞者の五十音順)

1	人間共存ヒューマノイドロボットの研究開発	菅野 重樹〔早稲田大学〕
2	自動車用内燃機関の熱効率向上	中田 浩一〔トヨタ自動車(株)〕
3	データベース駆動型制御技術の確立とその実装化	山本 透〔広島大学〕

日本機械学会賞 (論文) 16件

分野 1: 材料力学, 機械材料, 材料加工, 2: 熱工学, 内燃機関, 動力エネルギーシステム, 3: 流体工学, 流体機械, 4: 機械力学, 計測, 自動制御, ロボティクス, メカトロニクス, 交通・物流, 5: 設計, システム, 製造, 環境工学, 化学機械, システム安全, 6: 計算力学, マイクロ・ナノ工学, 生体工学, 第1部から第5部までの分野に限定されないもの。

(配列は分野別代表者の五十音順)

1	1	多層ペローズ排気管の疲労寿命評価技術の開発 日本機械学会論文集第86巻886号(2020年6月掲載),19-00396	川下 道宏〔(株)日立製作所〕 下平 貴之〔日立建機(株)〕 大野 孝之〔日立建機(株)〕 星 暁生〔日立建機(株)〕 伊藤 健児〔日立建機(株)〕 宍道 康彦〔元 三菱ロジスネクスト(株)〕 熊井 真次〔東京工業大学〕
	2	不連続なリング補強材を有する鋼製原子炉格納容器の座屈強度 日本機械学会論文集第86巻890号(2020年10月掲載),20-00245	三浦 一浩〔三菱重工業(株)〕 岡藤 孝史〔三菱重工業(株)〕 中村 光博〔三菱重工業(株)〕 原田 達之〔三菱重工業(株)〕 箱田 德行〔三菱重工業(株)〕 小江 秀保〔(株)原子力エンジニアリング〕 原 達矢〔関西電力(株)〕
2	3	Process of liquid supply to heated surface by a honeycomb porous plate for critical heat flux enhancement Journal of Thermal Science and Technology 第16巻3号(2021年10月掲載),JTST0041	Suazlan Bin Mt Aznam〔International Islamic University Malaysia〕 丸岡 成〔(株)島津製作所〕 今井 亮輔〔横浜国立大学(現 能美防災(株))〕 森 昌司〔九州大学〕
	4	Noise-canceling spike between pilot and main-pressure-rise peaks of multiple-injection diesel combustion International Journal of Engine Research 第20巻7号(2019年9月掲載),788-804	冬頭 孝之〔(株)豊田中央研究所〕 瀧 昌弘〔(株)豊田中央研究所(現 大同大学)〕
3	5	高レイノルズ数乱流境界層における平均速度分布の普遍性(諸外国の大型風洞との比較) 日本機械学会論文集第88巻908号(2022年4月掲載),21-00359	辻 義之〔名古屋大学〕 井門 敦志〔(公財)鉄道総合技術研究所〕 西岡 通男〔大阪府立大学名誉教授〕
	6	Bayesian optimization of traveling wave-like wall deformation for friction drag reduction in turbulent channel flow Journal of Fluid Science and Technology 第16巻4号(2021年12月掲載),JFST0024	難波江 佑介〔慶應義塾大学(現 東京理科大学)〕 深瀬 康二〔慶應義塾大学〕
4	7	曲げ加工を施した部材の減衰特性の再現に関する研究 日本機械学会論文集第87巻898号(2021年6月掲載),21-00085	河村 庄造〔豊橋技術科学大学〕 菊池 豪〔豊橋技術科学大学(現 今治造船(株))〕 松原 真己〔豊橋技術科学大学〕
	8	ベイジアンCP分解を用いた劣決定系の実稼働モード解析 日本機械学会論文集第87巻899号(2021年7月掲載),21-00134	富田 直〔(株)豊田中央研究所〕 神保 智彦〔(株)豊田中央研究所〕
	9	Flow disturbance attenuation for pneumatic anti-vibration apparatuses with a Sinusoidal compensator and vibration transmissibility analysis Mechanical Engineering Journal 第7巻3号(2020年6月掲載),19-00454	中村 幸紀〔岡山大学〕 赤川 裕貴〔東京農工大学(現 (株)小松製作所)〕 涌井 伸二〔東京農工大学 名誉教授(故人)〕
	10	バランスピストン機構の軸方向安定性に関する実験的研究 日本機械学会論文集第85巻876号(2019年8月掲載),19-00187	平木 博道〔三菱重工業(株)〕 井上 剛志〔名古屋大学〕 藪井 将太〔名古屋大学(現 東京都市大学)〕

	11	2枚の振動板の逆位相駆動によるサンプリングノズルの局所洗浄方法 日本機械学会論文集第87巻900号(2021年8月掲載),21-00079	堀江 陽介〔(株)日立製作所〕 木村 勝彦〔(株)日立製作所〕 野島 彰紘〔(株)日立製作所〕 高山 洋行〔(株)日立ハイテク〕 野中 昂平〔(株)日立ハイテク〕
5	12	酸素プラズマを使ったナノ多結晶ダイヤモンド製ノーズRバイトに対するドライエッチング(成形し得る刃先の丸み半径) 日本機械学会論文集第88巻907号(2022年3月掲載),21-00354	仙波 卓弥〔福岡工業大学〕 天本 祥文〔福岡工業大学〕 角谷 均〔住友電気工業(株)〕
	13	無段変速機用チェーンの幾何モデルを用いた動力損失に関する研究 日本機械学会論文集第85巻874号(2019年6月掲載),19-00106	中澤 輝彦〔(株)豊田中央研究所〕 服部 治博〔(株)豊田中央研究所〕 樽谷 一郎〔(株)豊田中央研究所〕 安原 伸二〔(株)ジェイテクト〕 井上 剛志〔名古屋大学〕
	14	ワイヤ+アーク放電を用いたアディティブマニュファクチャリングによるCuSn合金の材料特性制御技術の開発 日本機械学会論文集第88巻909号(2022年5月掲載),21-00353	間船 雄太〔埼玉大学(現 古河ユニーク(株))〕 片桐 直弥〔花井メディテック(株)〕 花井 孝文〔花井メディテック(株)〕 久保田 優典〔(公財)南信州・飯田産業センター〕 阿部 壮志〔埼玉大学〕 金子 順一〔埼玉大学〕
6	15	Boxcar型電極を用いた誘電泳動整列技術による1粒子1液滴封入の高収率化 日本機械学会論文集第88巻905号(2022年1月掲載),21-00300	馬淵 研一〔京都大学(現 東京エレクトロン(株))〕 巽 和也〔京都大学〕 栗山 怜子〔京都大学〕 中部 主敬〔京都大学〕
	16	Analysis of membrane structure of the inner ear motor protein prestin by force spectroscopy Journal of Biomechanical Science and Engineering 第16巻3号(2021年9月掲載),21-00125	村越 道生〔金沢大学〕 和田 仁〔東北文化学園大学(現 東北大学名誉教授、東北文化学園大学名誉教授)〕

日本機械学会賞(技術) 5件

(配列は代表者の五十音順)

1	高効率低コスト新型1.2L3気筒エンジン	奥平 総一郎〔ダイハツ工業(株)〕 頼實 浩一〔ダイハツ工業(株)〕 堀川 英知〔ダイハツ工業(株)〕 武富 慎矢〔ダイハツ工業(株)〕
2	安全性と軽量化を追求した新幹線用新型台車の開発	金森 成志〔東海旅客鉄道(株)〕 坂上 啓〔東海旅客鉄道(株)〕 足立 昌仁〔東海旅客鉄道(株)〕 大塚 智広〔東海旅客鉄道(株)〕 加藤 宏和〔東海旅客鉄道(株)〕
3	車両遠隔制御無人搬送システム	澤野 拓朗〔トヨタ自動車(株)〕 狩野 岳史〔トヨタ自動車(株)〕 安山 翔悟〔トヨタ自動車(株)〕 岩堀 健人〔トヨタ自動車(株)〕 池田 圭吾〔トヨタ自動車(株)〕
4	石油コンビナート等の大規模火災に対応可能な消防ロボットシステム	藤田 淳〔三菱重工業(株)〕 天野 久徳〔総務省消防庁消防研究センター〕 村角 謙一〔三菱重工業(株)〕 大野 和則〔東北大学〕 小島 匠太郎〔東北大学〕
5	新歯形理論による電動車用低騒音スクロール圧縮機の開発	山下 拓郎〔(株)豊田自動織機〕 前田 拓巳〔(株)豊田自動織機〕 友田 達規〔(株)豊田中央研究所〕 近藤 靖裕〔(株)豊田中央研究所〕 堀 英津子〔(株)豊田中央研究所〕

日本機械学会奨励賞（研究） 20件

分野 1：材料力学，機械材料，材料加工，2：熱工学，内燃機関，動力エネルギーシステム，3：流体工学，流体機械，4：機械力学，計測，自動制御，ロボティクス，メカトロニクス，交通・物流，5：設計，システム，製造，環境工学，化学機械，システム安全，6：計算力学，マイクロ・ナノ工学，生体工学，第1部から第5部までの分野に限定されないもの。

（配列は分野別受賞者の五十音順）

1	1	素線形状の幾何学的定式化によるワイヤロープ断面内の断線位置推定手法の研究	緒方 公俊〔(独)労働者健康安全機構〕
	2	陰極チャージによる金属材料の水素脆化・遅れ破壊に関する評価手法の研究	辻 彩〔(株)豊田中央研究所〕
	3	積層構造をもつ複合材料中の円状き裂における応力拡大係数の研究	三浦 鴻太郎〔弘前大学〕
2	4	マイクロスケール赤外・可視観測による多孔体固気液三相界面の熱流動現象の研究	小田切 公秀〔(国研)宇宙航空研究開発機構〕
	5	固液界面ナノバブルと気体分子吸着層の物理の研究	手嶋 秀彰〔九州大学〕
	6	乱流噴霧燃焼の燃焼振動と騒音のメカニズム解明の研究	ピライ アビシエク〔京都大学〕
3	7	単視野3次元3成分流速計測の高度化による壁面近傍における流動現象の研究	市川 賀康〔東京理科大学〕
	8	気液混相流の格子ボルツマンモデリングおよび複雑構造周りの流体挙動解析の研究	杉本 真〔東北大学〕
	9	三次元低アスペクト比円柱後流構造とその制御の研究	李鹿 博華〔東京農工大学〕
4	10	適応的アドミッタンス制御モデルに基づいた歩行支援ロボットの研究	板寺 駿輝〔(国研)産業技術総合研究所〕
	11	強化学習を用いたロボットの運動制御の研究	小林 泰介〔国立情報学研究所〕
	12	革新構造・材料のマルチフィジックス・マルチスケール解析・設計法の構築とその工学的応用の研究	津島 夏輝〔(国研)宇宙航空研究開発機構〕
5	13	伸展可能な折り紙の部材の干渉と変形を考慮した運動特性解析と伸展機構への応用の研究	松尾 博史〔(株)バンダイ〕
	14	硬質窒素含有カーボン系膜のトライボロジー特性解明の研究	劉 曉旭〔名古屋工業大学〕
	15	短パルスレーザ複合加工によるマイクロ・ナノ複合構造の創成の研究	小玉 脩平〔東京農工大学〕
6	16	非侵襲イオン濃度トモグラフィックイメージングによるイオンチャネル評価技術の研究	川嶋 大介〔千葉大学〕
	17	安静姿勢の快適性に関するバイオメカニクスのモデリングの研究	倉元 昭季〔東京工業大学〕
	18	マイクロ加工技術を用いた3次元組織構築および灌流培養システムの研究	趙 炳郁〔東京大学〕
	19	昆虫嗅覚と機械を融合したバイオハイブリッド匂いセンサ・匂い源探索技術の研究	照月 大悟〔東北大学〕
	20	外有毛細胞と感覚上皮を模倣したMEMS人工内耳の能動的共振制御と聴神経刺激の研究	山崎 嘉己〔大阪大学〕

日本機械学会奨励賞（技術） 18件

（配列は受賞者の五十音順）

1	機械構造物の単調・繰返し変形解析のための陰的応力更新法の開発	安食 拓哉〔ヤンマーホールディングス(株)〕
2	脚力によらず起立着座動作を実現する受動型機構とその応用機器の開発	江口 洋丞〔Qolo(株)〕
3	山岳地域における風車性能評価技術の開発	大竹 悠介〔(株)日立製作所〕
4	複雑に変化する環境に適応するピッキングロボットの階層型動作制御技術の開発	岡 佳史〔(株)東芝〕
5	高精度慣性センサの小型モジュールとその位置・姿勢計測応用技術の開発	小野 大騎〔(株)東芝〕
6	X線回折法による浸炭部品の損傷評価技術の開発	金澤 智尚〔日立建機(株)〕
7	機械学習による高能率切削条件の提案システムの開発	河合 謙吾〔DMG森精機(株)〕
8	人や設備に依らないフレキシブル生産を実現するNCプログラム自動補正技術の開発	毛戸 康隆〔(株)日立製作所〕
9	実路走行排気規制対応エンジン制御システムの開発	小祝 隆太郎〔(株)日立製作所〕
10	縮約伝熱モデルと線形最適化手法を用いたヒータの熱設計技術の開発	小針 達也〔(株)日立製作所〕
11	高速温風による縦型洗濯乾燥機の乾燥仕上がり向上技術の開発	佐々木 聡凜〔(株)日立製作所〕
12	大気圧低温プラズマの基礎的な生成過程の解明と応用技術の開発	佐藤 陽介〔(株)東芝〕
13	機械学習を用いた車両ドライバビリティ性能の自動評価法の開発	田島 尚史〔トヨタ自動車(株)〕
14	エアギャップを含む配管内流れ解析を活用した自動分析装置向け流動監視技術の開発	野田 和弘〔(株)日立製作所〕
15	大型ウィンドファームにおける風車後流影響を評価可能な風況解析手法の開発	深谷 侑輝〔東芝エネルギーシステムズ(株)〕
16	乗用車エンジン向けターボチャージャに用いる高効率ワイドレンジ遠心圧縮機の開発	藤田 豊〔三菱重工業(株)〕
17	発電用解砕バイオマスの粒径分布及び燃料管内堆積条件評価手法の開発	松成 祥平〔(株)IHI〕
18	発電プラントの流体漏洩時における高速気中水噴流挙動の評価技術の開発	渡辺 瞬〔(一財)電力中央研究所〕

日本機械学会教育賞 4件

(配列は代表者の五十音順)

1	国際競技会 Cybathlon への参加を通じた人材育成と日本での Cybathlon ムーブメントの醸成	中嶋 秀朗〔和歌山大学〕
2	機械航空工学を総合的に学習する飛行ロボット教育（東海クライマックスシリーズの開催）	グループ名 東海国立大学機構飛行ロボット教育研究会 代 表 者 原 進〔名古屋大学〕
3	埼玉県松伏町と大学の連携による児童科学・工学教育の推進	守 裕也〔電気通信大学〕 福留 功二〔東京理科大学〕 亀谷 幸憲〔明治大学〕 金丸 和之〔埼玉県松伏町教育委員会〕 浪江 大知〔埼玉県松伏町教育委員会〕
4	一日体験理工学教室機械の学校	グループ名 一日体験理工学教室機械の学校実施委員会 代 表 者 山田 功〔群馬大学〕

日本機械学会優秀製品賞 1件

(配列は受賞社の五十音順)

1	ファインアーク-60（微細目固液分離スクリーン）	東洋スクリーン工業（株）
---	--------------------------	--------------

技術功績

(1) 人間共存ヒューマノイドロボットの研究開発



菅野 重樹*

受賞者は、ロボット工学の分野において、バイオメカニズムの視点から見直した人間機械系の設計論をロボットに導入し、人・ロボット共生社会実現のための人間共存ヒューマノイドロボットの独創的な研究開発により、多大な業績をあげている。

高齢社会の到来に対応し、家庭、福祉・医療施設、公共施設、工場などの場での人間の生活や作業を支援できる人間共存ヒューマノイドロボットのニーズが増大している。人間共存を実現するためには、安全性、巧緻性、高出力性、親和性などの機能を同時に実現する必要がある。これらの要求仕様の一部を実現したロボットの試作はこれまでも行われていたが、非常に多くの技術課題があるため、全てを備えたロボットは実現できていなかった。それに対して、核となるロボットの柔軟性と力制御実現の機構設計・制御方式導出、さらには人間親和性を備えたデザインや動作生成方法の提案など、基礎から応用の広い範囲で人間共存ロボット技術の研究開発を進め、これまで1999年にはWENDY、2007年にはTWENDY-ONE、2021年にはDry-AIRECとして発表してきた。これらのロボットの設計・構築方法は極めて独自性の高い技術であり、完成度も非常に高い。

柔軟性・安全性については、機械要素であるばねおよびダンパを関節に取り入れることで理想的なコンプライアンスを実現し、かつ高出力のアクチュエータとの組み合わせにより、ベッドから車椅子への移乗支援など、人間を支えつつ人間の動きに柔軟かつ安全に追従できるロボット技術を構築している。巧緻性については、多数の接触・力センサを備えた柔らかい表皮とヒューマンミメティックなロボット指により、卵割をはじめ、小さな物体を柔軟に把持し操れるロボットハンドを実現している。また、全身に取り付けた分布型力センサと視覚センサなど、様々なセンサ情報を融合して、人間に適応できるロボットハンド・アーム・移動の各動作を自動生成する知能技術を構築している。さらに、人間と円滑に共同作業が可能な人間共存ヒューマノイドロボットのための、ロボットへの教示、会話といったコミュニケーション機能と動作生成機能を一体化したヒューマンインタフェース技術を構築している。

人間共存ヒューマノイドロボット開発は、機械要素・構造設計、コンピュータ制御、センサフュージョン、AI導入などによる高度なシステムインテグレーションであり、それを具現化し、実際に様々な作業を実現した技術的功績は極めて大きい。

* フェロー、早稲田大学

技術功績

(2) 自動車用内燃機関の熱効率向上



中田 浩一*

自動車の増加と共に1960年代以降から排気ガス規制の議論が高まり、米国でマスキー法が導入されてからは、排気ガスを低減させるための技術開発がなされてきた。その後は、自動車の普及するに伴い、自動車会社の間では出力競争がなされつつ、ガソリンエンジンの技術は向上してきた。

1997年には、燃費を劇的に向上させるためにハイブリッド車であるプリウスが導入された。燃費を格段に向上させるために、電動化技術に加えてガソリンエンジンにおいては熱効率向上がなされてきた。熱効率を向上させるために、ガソリンエンジンの課題であるノッキングを抑制しつつ燃焼で得られた爆発力をピストンに伝えて効率的に仕事として取り出す手法として、アトキンソンサイクルが採用された。次の開発においては、エンジンの課題の一つである冷却損失低減とノッキング改善を両立させる手法として低温燃焼の実現が成された。実現する技術としては、排気ガスの一部を冷却して吸気に戻すCooled EGRが採用され、熱効率は38.5%まで高められた。

受賞者は、更に熱効率を高めるために、冷却損失低減とノッキング改善を推し進めて、量産用ガソリンエンジンとしては世界初の熱効率40%の実現に取り組んだ。燃焼面での取り組みとしては、燃焼を高速化することである。燃焼を高速化させることでCooled EGRの燃焼が安定し、Cooled EGRの割合を高めることが可能となった。その結果、更なる冷却損失の低減とノッキングの改善を両立することが出来た。そしてこの技術はハイブリッド車に加えて従来車での採用も進み、自動車の燃費改善が大きく進んだ。

最新のエンジン群においては、更に熱効率を高めることと高性能を両立させるために、シミュレーション技術も活用することで、コモンアーキテクチャー化を実現した。このエンジンでは、熱効率も41%にまで高められている。

また、更に熱効率を高める手段として過給りーンバーンの研究にも取り組んでおり、現在では低NOxを実現しつつ48%以上の効率を実現できている。そして、カーボンニュートラル時代に重要となる低炭素化を実現するための各種燃料と燃焼の関係も明確にしつつ、将来におけるエンジンの可能性を探求している。

* 正員、トヨタ自動車㈱

(3) データベース駆動型制御技術の確立と その実装化



山本 透*

制御技術は機械や装置を動かすために、欠かすことのできない技術の一つである。制御技術によって機械や装置が動けば良いのではなく、効率よく動かすことで、コスト削減や省エネルギー化を実現することができ、結果として、最近注目されているSDGsを達成する社会の実現にも繋がる。

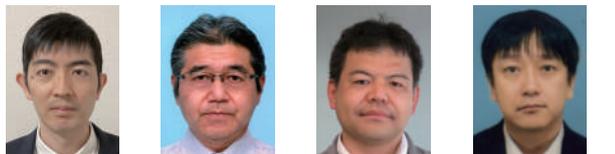
ところで、制御系設計法の常套手段として、対象とするシステムのモデルを構築し、これに基づいて制御系を設計するモデルベース型制御系設計法が用いられることが多い。しかし、モデル化に相当な時間を要する場合や、環境条件や操作条件の変更に伴ってシステムの特性が変化することにより、構築したモデルが役に立たなくなる場合が往々にして存在する。一方、コンピュータ技術の進展に伴い、産業界でも操業データの蓄積、処理、プログラムの構築などが容易に行われるようになってきた。このような現状に鑑み、対象とするシステムの操業データをデータベースに格納し、このデータから制御パラメータを直接算出する『データベース駆動型制御技術』を新しく確立した。

本技術は、操業データとこれに対応する制御パラメータ（たとえば、PIDパラメータ）を、対（ついで）にしたデータセットを予めデータベースに格納し、プラントを稼働しながらデータベースを逐次参照する方式に基づいている。具体的には、まず、要求点（現時点における操業データ）と格納されているデータセットとの類似度を算出し、高い類似度をもつデータセットを近傍データとしてデータベースから複数個抽出する。次に、抽出した近傍データに付随している制御パラメータに対して、類似度に基づいて重み付けし、要求点に対応した制御パラメータを算出する。さらに、この制御パラメータを用いて制御し、その際の制御誤差の大きさに基づいて制御パラメータを更新する。新しく更新された制御パラメータと要求点とを対にして、データベースに格納する。この手順を繰り返すことで、データベース駆動型制御系を構成することができる。なお、現在進めている共創コンソーシアムにおいて、本技術は食品プロセスや油圧シヨベルの操作支援制御など、産業システムへの実証実験が進められている。さらに、IoTやAI、サイバー・フィジカル・システム（CPS）などが注目される昨今、本技術はこれらとの親和性も高く、本技術を内包する「データベース駆動型スマートシステム」の構築について研究開発を進展させている。

* 正員、広島大学

論文

(1) 多層ベローズ排気管の
疲労寿命評価技術の開発



川下 道宏*1 下平 貴之*2 大野 孝之*3 星 暁生*2



伊藤 健児*3 宍道 康彦*4 熊井 真次*5

ベローズ配管は、蛇腹構造を有する伸縮性に優れた繋ぎ配管である。発電所や産業プラントの設備配管、水道管などのインフラ設備に広く活用されている。ASME規格において疲労強度の設計基準が定められており、この設計基準に基づくベローズ配管の強度設計が行われている。一方で、この設計基準では100万回までの疲労寿命しか保証しておらず、それを超える高サイクル負荷に対する疲労強度までは保証されていない。そのため、油圧ショベルのように走行時の振動や掘削時の衝撃により、高頻度の負荷を受ける製品においては抛り所となる設計基準が存在せず、ユーザが独自に試験を実施して信頼性を確保する必要があった。そこで本研究では、過酷環境で使用されるベローズ配管の適切な強度設計と破損防止を目的として、100万回を超える高サイクル負荷が加わる油圧ショベルのステンレス製ベローズ配管を対象とし、新たな疲労強度設計基準を提案した。まず、配管径、板厚、ベローズ形状が異なるベローズ配管を対象に、ベローズ配管の支配的な変形モードを考慮した疲労試験方法を新たに開発し、高サイクル負荷領域も含めたベローズ配管の疲労試験を実施した。形状が複雑なベローズ配管構造のため、計測が困難な配管内部も含めた高応力弱点部位の応力を抽出する独自手法を提案し、抽出した応力で試験結果を整理することにより、ベローズ配管の形状に依らない疲労寿命曲線を新たに導出した。さらに、疲労試験結果のばらつきを考慮することにより、導出した疲労寿命曲線に基づく設計基準を提案した。次に、実機搭載環境の影響を考慮するため、取付け誤差で生じる配管引き伸ばしを模擬した疲労試験を実施した結果、初期応力による疲労寿命の低下が起こることを明らかにした。また、実機の高温雰囲気模擬した疲労試験を実施した結果、実機における最高温度400℃以下であれば顕著な疲労強度の低下が起こらないことを明らかにし、これらの結果を設計基準に反映した。最後に、実機を用いたベローズ配管の共振耐久試験を実施し、ASME規格では定められていない1,000万回負荷における疲労強度設計基準の妥当性を示した。

本評価手法は建設機械に限らず、高サイクル負荷が加わる鉄道車両、風車、自動車などのベローズ配管にも適用可能であり、幅広い製品の信頼性設計に活用できる。

* 掲載：日本機械学会論文集，86-886，(2020-6)，19-00396。

*1 正員，(株)日立製作所 (〒312-0034 ひたちなか市堀口832-2)

*2 正員，日立建機(株) (〒300-0013 土浦市神立町650)

*3 日立建機(株)

*4 元 三菱ロジスネクスト(株) (〒212-0031 川崎市幸区新小倉1-2)

*5 東京工業大学 物質理工学院 材料系 (〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1)

論文

(2) 不連続なリング補強材を有する
鋼製原子炉格納容器の座屈強度



三浦 一浩*1 岡藤 孝史*1 中村 光博*2 原田 達之*2



箱田 德行*2 小江 秀保*3 原 達矢*4

鋼製原子炉格納容器 (Steel Containment Vessel, SCV) は放射性物質を閉じ込める機能を果たす構造物であり、SCVの胴部円筒はJEAC4601の座屈評価式を用いて、設計時に想定された地震荷重において座屈が生じないように設計されている。しかしながら、2011年に発生した東北地方太平洋沖地震を契機に基準地震動が見直され、新規制基準適合のためにSCV胴部円筒の座屈補強が必要になることが考えられた。水平地震荷重による曲げ・せん断座屈が支配的となるSCV胴部円筒の座屈強度の向上策としては、リング補強材の設置によりせん断座屈の区間 (高さ) を狭める方法が有効であるが、既設炉においては機器を搬入するための開口部や配管などの貫通部との干渉を回避するため、リング補強材は周方向に不連続な配置とせざるを得ない。このような場合において、十分な座屈補強効果を得られるリング補強材の配置については、これまで検討されていなかった。

本研究では、貫通部の存在によりリング補強材の周方向にせん断座屈の半波長を超える不連続部が生じる箇所には、その上下に短いリング補強材を配置することで、貫通部との干渉を回避しつつ、低剛性部の存在による座屈強度の低下を防止できるリング補強材の設置案を考案した。この長短のリング補強材を組み合わせた不連続なリング補強配置の有効性を検証するため、大型の縮尺モデルを用いた静的座屈試験を実施した。その結果、不連続部を持つリング補強材で補強した試験体では、連続したリング補強材を有する試験体と同様に、リング補強材のない試験体より座屈荷重が20%以上向上し、不連続なリング補強によって、連続したリング補強と同等のSCVの座屈補強効果が得られることを確認できた。また、試験体の三次元計測により得られた初期不整形と、試験体素材の引張試験から得られた応力ひずみ関係を反映した弾塑性座屈解析により、全5体の座屈試験で得られた座屈荷重を10%以下の誤差で評価でき、また座屈モードも再現できていることから、補強効果の評価に弾塑性座屈解析を適用可能であることが確認された。

本研究で提示した配置制約に配慮したリング補強は、別報で提案した弾塑性座屈解析による座屈強度設計法を適用することにより、建設後の円筒容器の座屈補強策として広く活用でき、社会インフラの安全性向上への貢献が期待される。

* 掲載：日本機械学会論文集，86-890，(2020-10)，20-00245。

*1 正員，三菱重工業(株)総合研究所 (〒851-0392 長崎市深堀町5-717-1)

*2 三菱重工業(株)原子力セグメント (〒652-8585 神戸市兵庫区和田崎町1-1-1)

*3 (株)原子力エンジニアリング 解析サービス本部 解析技術グループ (〒550-0001 大阪市西区土佐堀1-3-7)

*4 関西電力(株)原子力事業本部 (〒919-1141 福井県三方郡美浜町郷市13-8)

(3) Process of liquid supply to heated surface by a honeycomb porous plate for critical heat flux enhancement



Suazlan Bin Mt. Aznam *1 丸岡 成 *2 今井 亮輔 *3 森 昌司 *4

近年、電子機器の高発熱密度化や原子炉事故時の緊急冷却などに対応して超高熱流束除熱を効果的に実現する冷却手法が切望されている。そこで著者らは、これまでハニカム多孔質体を用いた沸騰限界熱流束 (CHF) 向上手法を提案し、研究を行ってきた。特に本論文では、その CHF 向上メカニズムを実験と理論から検討を行ったものである。その CHF 向上メカニズム解明のため、それに大きく寄与する、(1)毛管力による液供給効果と (2)セル内部への重力による液供給効果を素過程に分離した実験を行った。(1)の毛管力の効果を説明するため、毛管限界モデルを提案し、実験結果を定量的に説明できることを示し、(2)の重力の効果を説明するモデルも提案した。さらに、CHF直前まで多孔体内は水で満たされるという毛管限界モデルの仮定の妥当性を示す興味深い結果も得て、2つの効果を包含するモデルを構築した。これを用いてハニカム多孔質体を最適化すれば、さらなる高性能化が可能となる。最終的に、超高熱流束除熱には伝熱面の吸水性と毛管力をうまく活用し、気液循環を促進することが重要であることも明らかにした。

* 掲載：Journal of Thermal Science and Technology, 16-3, (2021-10), JTST0041.

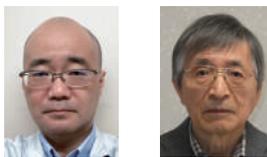
*1 正員, International Islamic University Malaysia

*2 正員, 株式会社製作所

*3 横浜国立大学 (現) 能美防災(株)

*4 正員, 九州大学

(4) Noise-canceling spike between pilot and main-pressure-rise peaks of multiple-injection diesel combustion



冬頭 孝之 *1 瀧 昌弘 *2

ディーゼルエンジンは熱効率が非常に高いが、燃焼による急激な圧力上昇によって生じる大きな燃焼騒音が問題となっていた。筆者らは、1サイクル中の近接した2つの燃焼ピーク (圧力変化 $dP/d\theta$ のピーク) で生じる1 kHzから2 kHzの周波数帯の各燃焼騒音の主成分に着目し、それらを逆位相で互いに相殺することで、当該騒音を大きく低減できる“消音スパイク”を見出した。この消音スパイクは、内閣府SIP「革新的燃焼技術」において研究対象となり、消音スパイクによる燃焼騒音の低減技術および2つの燃焼ピーク間隔を緻密に制御する技術の研究が行われた。本論文では、実機試験から得られる燃焼騒音のスペクトル解析およびエンジン燃焼の0次元サイクルシミュレーションを用いて消音スパイクの原理を解明した。消音スパイクは燃焼や噴射の形態によらず2つの燃焼ピーク間で生じる普遍的な現象であり、分割噴射PCCI燃焼のみならず、ディーゼル燃焼のパイロット&メイン間でも生じることを示した。また、パイロット燃焼と複数ピークを持つメイン燃焼とを合わせて3つ以上の燃焼ピークに対しても消音スパイクの原理が適用できることを示した。その一例として、これまで解明されていなかった近接パイロット噴射による燃焼騒音の課題に対して、パイロット燃焼とメイン燃焼の第1ピーク間の相殺が燃焼騒音低減の主要因となることを明らかにした。本論文の最後で、消音スパイクという現象が筆者らより以前に報告されてこなかった背景について考察した。その背景は、燃焼騒音スペクトルに“谷”が生じるメカニズムが消音スパイク以外にも存在することであった。単一の燃焼ピークでも燃焼騒音スペクトルに谷が生じる場合があり、消音スパイクによる谷との識別が困難であった。

本論文で原理解明した消音スパイクは、2021年に大型SUV車の新型ディーゼルエンジンに採用され、静粛性向上と熱効率改善の両立に大きく寄与している。また、今後も乗用・商用のディーゼルエンジンへの展開により、カーボンニュートラルへの寄与が期待される。

* 掲載：International Journal of Engine Research, 20-7, (2019-9), 788-804.

*1 正員, 株式会社豊田中央研究所

*2 株式会社豊田中央研究所 (現) 大同大学

(5) 高レイノルズ数乱流境界層における
平均速度分布の普遍性
(諸外国の大型風洞との比較)



辻 義之*1 井門 敦志*2 西岡 通男*3

圧力勾配のない平板上に発達する乱流境界層の特性を明らかにすることは、長く工学的な課題として研究対象となってきた。その速度分布の普遍性や壁面せん断応力の見積りも、基礎研究の範囲にとどまらず、広く応用研究に利用されている。いくつかの総合的なレビューもなされているが、高レイノルズ数という観点では、大型の風洞施設を必要とすることや計測上の困難などがあり、依然として共通の理解は進んでいない。

本論文では、平板上に発達する乱流境界層の特性を明らかにするために、鉄道総合技術研究所の大型低騒音風洞において実験をおこなった。風洞内に平板を設置することで、ゼロ圧力勾配下の乱流境界層を形成した。運動量厚さに基づくRe数は約80000となり、室内実験における世界最大レベルを達成した。速度変動は微細熱線プローブを用い、壁面せん断応力はオイルフィルム法で独立に高精度計測することで、平均速度および乱流強度の対数則普遍性、摩擦抵抗係数のRe数依存性を明らかにした。乱流境界層の下流方向への発達を特徴づけるため、境界層厚さ、運動量厚さ、形状係数のRe数依存性を詳細に調べ（機論Vol. 87, No. 904, 2021, p. 21-00280）、その結果を諸外国（スウェーデン、メルボルン、オランダ、フランス、米国、英国）の大型風洞の計測値と比較をすることで、高レイノルズ数乱流境界層の特性を明らかにした。境界層の発達は、初期境界条件の影響が内在するが、仮想原点を補正することで統一的に解釈できることを示した。

本計測は、日本を代表する大型風洞において、乱流計測の知見を集約した高精度技術により得られた成果であり、長く後世に残る成果と確信する。これまで、日本国内には高レイノルズ数の乱流境界層データベースが存在しなかったが、今後は本研究が世界の大型風洞計測に伍する成果になることを願っている。

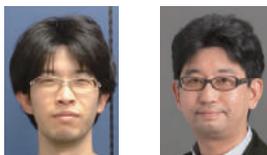
* 掲載：日本機械学会論文集, 88-908, (2022-4), 21-00359.

*1 正員, 名古屋大学大学院エネルギー理工学専攻

*2 正員, (公財) 鉄道総合技術研究所

*3 永年会員, 大阪府立大学名誉教授

(6) Bayesian optimization of traveling wave-like
wall deformation for friction drag reduction
in turbulent channel flow



難波江 佑介*1 深湯 康二*2

多くの産業機器において支配的な流体抵抗である摩擦抵抗低減のための効果的な流れの制御手法の確立は、資源の枯渇を始めとするエネルギー問題を解決に導くためのまさに喫緊の課題である。これまでに提案されてきた数多の制御手法の中でも、壁面変形により生成される進行波制御が近年注目を集めている。直接数値シミュレーション (DNS) を用いてパラメトリックスタディを行った先行研究では約40%の抵抗低減を達成し、さらに、DNSの結果に基づく半経験式を用いた抵抗低減率の予測より、航空機周りの流れのような実現象に匹敵する高レイノルズ数においても約20%の抵抗低減効果が期待できることが示唆された。しかし、制御パラメータと抵抗低減率の関係が系統的でないことに加え、低レイノルズ数乱流のDNSであっても制御パラメータのパラメトリックスタディを行うためには高い計算コストが必要になることから、制御パラメータの最適化が不十分であった。さらなる抵抗低減効果を得るために、本研究では、グリッドサーチや遺伝的アルゴリズム等の従来の最適化手法よりも効率的な最適化が可能であるベイズ理論に基づく最適化手法であるベイズ最適化を用いて、制御パラメータの最適化を行った。

進行波の位相速度と壁面変形速度の最適化を行った結果、周期的な流動変動を許す場合、わずか10回程程度の試行で、パラメトリックスタディにより得られた抵抗低減率をはるかに凌ぐ60%を超える抵抗低減が達成された。この結果は、制御パラメータの微調整により大幅に抵抗低減効果を増加させることが可能であることを示している。さらに、周期的な流動変動を起こす場合、制御による層流化と壁面近傍の逆流由来の変曲点が引き起こす不安定性による乱流への再遷移を繰り返すことにより、高い抵抗低減効果が維持されていることも明らかにしている。

以上のように、本研究の結果は、制御パラメータの最終的な微調整を行う際にベイズ最適化が強力なツールになることを示しており、実際の設計過程にも応用可能な知見である。さらに、周期的な流動変動を起こす際の抵抗低減メカニズムについても明らかにしており、新たな抵抗低減の戦略も示している。これらの知見は、基礎研究から開発研究まで幅広い層に適用可能であり、エネルギー利用の効率化がより促進されることが期待される。

* 掲載：Journal of Fluid Science and Technology, 16-4, (2021-12), JFST0024.

*1 正員, 慶應義塾大学大学院 理工学研究科 (現) 東京理科大学 工学部 機械工学科

*2 フェロー, 慶應義塾大学 理工学部 機械工学科

(7) 曲げ加工を施した部材の
減衰特性の再現に関する研究



河村 庄造*1 菊池 豪*2 松原 真己*3

一般的な機械・構造物は、複数の部材を組み合わせて製作されており、それらの部材も単純形状のまま用いられる場合や、形状加工されて用いられる場合などがある。そのような機械・構造物の動的設計を有限要素法（FEM）で行う場合、構造部材の動特性を入力する必要がある。例えば鋼製の平板を曲げ加工した部材のFEM解析を考えると、加工後の部材を要素分割した個々の要素の特性は、同じ材質の平板から得られた特性を適用すると思われる。しかし曲げ部の特性が、部材全体の動特性にどのように影響するかは不明である。

本研究では、部材の形状加工がモード特性に及ぼす影響を実験的に調査すること、及び形状加工された部材のモード特性を、形状加工部の影響を表現する数学モデルを付加したFEM解析によって推定することを目的とした。

実験では鋼製の短冊状試験片を対象部材とし、最初に、幅と厚さが一定で長さの異なる試験片に対し、無加工試験片と、全長の1/3の位置で90度に曲げ加工を施した（1/3）L型試験片のモード特性を同定した。次に、幅、厚さ、長さが一定の試験片に対し、曲げ加工を施す位置を変えた（1/4）L型、（1/3）L型、（1/2）L型試験片のモード特性を同定した。その結果、無加工試験片の固有振動数と構造減衰係数の関係は、試験片長さに関わらず定性的にも定量的にも一定であること、L型加工試験片の固有振動数と構造減衰係数は定量的には一定ではなく、一つの関数では表せないことがわかった。

次に、曲げ加工を施した部材の固有振動数と構造減衰係数の関係を、FEMで推定する方法を提案した。具体的には、初めにFEM解析ソフトウェアを用いてL型に曲げ加工した試験片のFEモデルを作成し、剛性マトリックスと質量マトリックスを計算した。次に無加工試験片の比例ヒステリシス減衰特性をモデル全体に適用するとともに、曲げ加工された角部周辺の要素にのみ局所的に減衰特性を付加する方法を提案し、実測データが再現できるように付加減衰のパラメータを同定した。その結果、局所的減衰特性を適切に設定すれば、試験片長さや曲げ加工位置にかかわらず、実験結果の固有振動数と構造減衰係数の関係を再現できることがわかった。

* 掲載：日本機械学会論文集，87-898，(2021-6)，21-00085。

*1 フェロー，豊橋技術科学大学機械工学系（〒441-8580 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1）

*2 豊橋技術科学大学大学院 機械工学専攻（〒441-8580 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1）（現）今治造船㈱

*3 正員，豊橋技術科学大学機械工学系（〒441-8580 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1）

(8) ベイジアンCP分解を用いた
劣決定系の実稼働モード解析



富田 直*1 神保 智彦*2

将来の高齢化社会では労働者が減少するため、インフラ構造物や工業製品の安心・安全を管理する人員の減少が課題となっている。そのため、構造物の異常検出において重要な指標である振動モード特性を、実稼働状態で取得可能な限られた情報のみ（つまり、入力情報が未知）から推定する実稼働モード解析によるヘルスマonitoring技術の自動化が期待されている。しかしながら、実稼働モード解析では、センサ数や推定モード数を事前に決定する必要があるため、予備的な実験や試行錯誤が欠かせない。

本論文で提案する実稼働モード解析手法は、実稼働状態で、かつ振動モード数よりもセンサ数が少ない劣決定系において、振動モード数を自動決定し、その振動モード特性を推定可能である。具体的には、センサの出力信号から異なる時間遅れに対して複数の共分散行列を生成して3次元の配列を構成し、機械学習分野のコミュニティで提案されているベイジアンCP（CANDECOMP/PARAFAC）分解と呼ばれる高次元配列の分解手法を、実稼働モード解析に適用することで、必要十分なモード特性を同定する。ここで、劣決定系において実稼働モード解析が成立する理由は、CP分解のランク（振動モード数に対応）がテンソルの最小次元より小さい場合においても、分解の一意性が成り立つことに由来する。さらには、CP分解がベイズ推論によって行われるため、その過程で適切なCP分解のランクは自動決定される。以上より、提案手法を用いれば、実稼働モード解析における予備的な実験や試行錯誤を低減できる。

本論文では、10自由度の質点系において様々なセンサ数・配置で生成される数値実験による振動応答データに提案手法を適用することで、事前にモード数を指定することなしに劣決定となるセンサ数でも自由度と対応する数の振動モード特性を適切に推定することができ、ベイジアンCP分解によって実稼働モード解析の自動化が促進されることを明らかにした。

* 掲載：日本機械学会論文集，87-899，(2021-7)，21-00134。

*1 正員，(株)豊田中央研究所

*2 (株)豊田中央研究所

(9) Flow disturbance attenuation for pneumatic anti-vibration apparatuses with a Sinusoidal compensator and vibration transmissibility analysis



中村 幸紀*¹ 赤川 裕貴*² 涌井 伸二*³

半導体集積回路の製造では、回路パターンを転写する露光装置が用いられる。露光処理において精密ステージの位置決め精度を維持するため、床からの振動が露光装置に伝達するのを抑制する必要がある。その対策として露光装置には空圧式除振装置が導入されている。除振装置は、精密機器を積載した除振台を空気ばねにより支持している。空気ばねには圧縮空気が供給されており、空気ばねの内圧を一定に保つようにサーボバルブ弁の開閉が制御される。しかし、圧縮空気の生成過程において圧縮空気の圧力が変動する。この圧力変動が流量外乱として除振装置を振動させる要因となる。レギュレータを多段に接続することで圧力は平滑化されるが、その一方で圧力損失は増大することが知られている。

このような背景から本論文では流量外乱の補償を目的とする。これまで同外乱の補償方法として、圧縮空気の圧力や流量を測定したフィードフォワード制御が報告されているが、同制御法では高分解能なセンサが必要となる。ここでは、フィードバック制御による対策を検討する。特に流量外乱は周期性を有していることを踏まえ、周期外乱の一補償法であるPIS制御 (Proportional Integral Sinusoidal control) を用いる。同制御法では、PI補償器に加えて、正弦波信号の生成モデルであるS補償器を用いることで、内部モデルに基づき外乱の影響を抑制する。PIS制御はパワーエレクトロニクス機器の電流制御などで用いられており、その有効性が報告されている。

一方、空圧式除振装置に同制御法を実装する際、S補償器の起動時の過渡状態においては高周波振動が、また定常状態においては残留振動が発生するという課題がある。本論文では、まず、これらの実装上の課題に対して、ソフトスイッチによる高周波振動の軽減手法、また位相進み型PIS補償器による残留振動の抑制手法を提案し、その有効性を実機実験により検証した。つぎに、除振装置の性能指標である除振率をシミュレーションにより評価し、PIS補償器を用いることで共振・反共振特性が励起することを確認し、その要因を解析した。最後に、PIS制御を用いることで、流量外乱の抑圧特性と除振率の改善にはトレードオフの関係が存在することを示した。本提案手法は除振装置に留まらず、空気圧駆動機器に対する振動制御への応用も期待される。

* 掲載：Mechanical Engineering Journal, 7-3, (2020-6), 19-00454.

*¹ 正員, 岡山大学 学術研究院

*² 東京農工大学大学院 工学府 (現) 榊小松製作所

*³ 正員, 東京農工大学大学院 工学研究院 (故人)

(10) バランスピストン機構の軸方向安定性に関する実験的研究



平木 博道*¹ 井上 剛志*² 藪井 将太*³

ロケットエンジンに用いられるターボポンプは、推進薬である液体水素や液体酸素を吸込み昇圧して燃焼器に送る役割を担っており、ロケットエンジンの正に心臓部とも言える重要部品である。ターボポンプにはポンプの高い吐出圧に由来して大きな軸方向荷重が発生するため、それを調整するためにバランスピストン機構が用いられる。バランスピストン機構は、インペラ背面に設けられた2か所のオリフィス隙間が軸方向荷重に応じて変化することで、軸方向荷重を自動調整する機構であり、ポンプ吐出圧由来の流体圧力を利用した軸方向の流体ばねとしての性質をもつ。静的には安定な特性を示す一方、流体の圧縮性(液体水素は液体ながら比較的大きな圧縮性を有する)に起因して動的には不安定になる場合があり、これまでの研究で1次元なモデル化による軸方向の不安定化メカニズムや設計指針の検討が行われてきた。しかし、ロケット用ターボポンプの試験には多大な費用と期間が必要であり、モデルの妥当性について実験的に検証する機会は限定されており、これまでに実験的に検証した研究例はほほない。

本論文では、実験室レベルで簡易的にバランスピストン機構の動的挙動を再現でき、かつ各種パラメータの影響を検証し得る実験装置を考案・製作した。バランスピストン機構の動的な不安定性は流体の圧縮性に起因するものであるため、実際のターボポンプの作動流体である液体水素の代わりに、実験装置の作動流体には空気を用いた。また、市販の掃除機を用いて実験装置に空気を流し、ケーシングとの間に形成された2か所のオリフィス隙間を持つピストンを圧力差により浮上させる仕組みとした。動的に不安定な条件においては、浮上したピストンが軸方向に激しく変位する自励振動が発現するため、この自励振動の発現有無を確認することで、1次元モデルの線形解析結果を実験的に検証し、考察した。

検証の結果、実験結果と解析結果は良好一致を示し、動的不安定となり自励振動が発現する条件を予測できることが分かった。また軸方向荷重の調整能力やバランスピストンを通過する流量といった静特性についても考慮し、静特性と動的安定性がトレードオフの関係にあることを実験的に確認し、明らかにした。

* 掲載：日本機械学会論文集, 85-876, (2019-8), 19-00187.

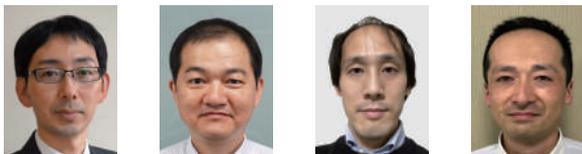
*¹ 正員, 三菱重工業機

*² フェロー, 名古屋大学

*³ 正員, 名古屋大学 (現) 東京都市大学

論文

(11) 2枚の振動板の逆位相駆動による
サンプリングノズルの局所洗浄方法



堀江 陽介*1 木村 勝彦*1 野島 彰紘*2 高山 洋行*3



野中 昂平*3

多数の血液サンプルを短時間かつ高精度に分析する生化学分析装置は、サンプルを一定量取り分ける分注処理によって、最小1 μ Lの微量サンプルと試薬を混ぜ合わせて、各種成分分析を行う。分注処理では、先端が細い金属製ノズルを繰り返し使用するため、ノズル表面状態の変化などによる分注精度の悪化を抑制するノズル洗浄が重要となる。

ノズル洗浄では、洗浄機構が小型であることと、洗浄水の持ち越しによるサンプルの薄まりを避けるため、ノズルの先端数ミリメートルのみの洗浄が必須である。このようなノズルの洗浄方式として、音圧が集中した領域に発生するキャビテーションによって洗浄する超音波洗浄が有望と考えられる。しかし、洗浄槽内の液中に生じる定在波を利用する汎用の超音波洗浄機は、液面から数十ミリメートル程度の深さに生じる音圧が集中する領域で洗浄効果を得るため、サイズが大きく、ノズル先端以外も洗浄水に浸かるという課題がある。

本論文では、小型でノズル先端の局所に音圧を集中できる超音波洗浄機を提案した。提案した洗浄機は、水平方向のサイズダウンに有効なL字形の洗浄ヘッドを超音波振動子の先端に設け、洗浄ヘッドの先端だけを洗浄液に浸ける構成である。また、洗浄ヘッドの先端には2枚の振動板を設け、それぞれの振動板を逆位相で振動させることで、2枚の振動板の間の洗浄領域に音圧を集中させる方法を考案した。

提案構成の洗浄機には、超音波振動子の伸縮モードの共振周波数と、2枚の振動板の共振周波数があり、それぞれの共振周波数の配置によって、振動板の振動モードが変わる。超音波振動子の伸縮モードの共振周波数を2枚の振動板それぞれの共振周波数の間に配置することで、超音波振動子の伸縮モードの共振周波数で駆動したときに、2枚の振動板を逆位相で振動でき、2枚の振動板間の音圧が高まることを解析で示した。

2枚の振動板の逆位相駆動による音圧集中の効果を検証するために、提案構造の超音波洗浄機を試作した。試作機における振動特性の測定から、超音波振動子の伸縮モードの共振周波数時に2枚の振動板が逆位相で振動することを確認した。さらに、ルミノール液を用いた実験で、液面から数ミリメートルの範囲で2枚の振動板の間の洗浄領域に音圧が集中することを確認した。

* 掲載：日本機械学会論文集，87-900，(2021-8)，21-00079。

*1 正員，(株)日立製作所 研究開発グループ (〒312-0034 ひたちなか市堀口832-2)

*2 (株)日立製作所 研究開発グループ (〒185-8601 国分寺東恋ヶ窪1-280)

*3 (株)日立ハイテク (〒312-8504 ひたちなか市市毛882)

論文

(12) 酸素プラズマを使ったナノ多結晶ダイヤモンド製
ノーズRバイトに対するドライエッチング
(成形し得る刃先の丸み半径)



仙波 卓弥*1 天本 祥文*2 角谷 均*3

1980年代の半ば頃、我が国では曲面鏡や多面鏡の材料として用いられたアルミ合金や無酸素銅に対する超精密切削が盛んに行われた。その後も、超精密切削はブリハードン銅に無電解ニッケルリンめっきを施した非球面レンズ用金型や、MEMS技術では作ることが難しい非球面微細レンズ用金型の製造に多用されてきた。この間、加工技術を確立するための機械要素技術や制御技術の開発は継続して行われ、工作機械の位置決めや送り運動に対する制御分解能は1 nmに達している。

これに対し、超精密切削に使われる単結晶ダイヤモンド製の切削工具の刃先の丸み半径を数nmに成形することの可能性や、単結晶ダイヤモンドに変わる高硬度材料を開発することの必要性は以前から指摘されていたが具現化できていない。この理由として、単結晶ダイヤモンドに変わる高硬度材料が開発されていなかったことに加え、1994年に浅井らによって提案された改良形SEMを使った刃先丸み半径の測定法が普及しなかったこと等が考えられる。

これら工具技術の開発を遅らせていた要因の内、高硬度材料についてはナノ多結晶ダイヤモンドNPDが2008年に角谷らによって開発された。NPDは単結晶ダイヤモンドよりも硬く、しかもへき開が伝播し難い性質を持っているため超硬合金の直彫り加工に使用できる。このような背景を踏まえ、本論文では原子間力顕微鏡AFMを用いた刃先丸み半径の測定法と、NPD製ノーズRバイトの刃先の丸み半径をサブnmに成形できる工具成形技術を開発するためにに行った研究成果を報告した。

乾式ラッピング後のNPD製ノーズRバイトに対して酸素プラズマを使ったドライエッチングを行った結果、エッチング時間が増すにしたがって刃先の丸み半径は減少し、AFMの探針先端の丸み半径と同じ値に収束することが明らかになった。また、測定される刃先の丸み半径から探針先端の丸み半径を引き刃先の丸み半径を測定した結果、刃先の丸み半径は0.1nm以下に収束することや、刃先の丸み半径のばらつきは0.5nm前後であることを明らかにしている。

* 掲載：日本機械学会論文集，88-907，(2022-3)，21-00354。

*1 永年会員，福岡工業大学工学部知能機械工学科

*2 正員，福岡工業大学工学部知能機械工学科

*3 住友電気工業(株)アドバンストマテリアル研究所

論文

(13) 無段変速機用チェーンの幾何モデルを用いた動力損失に関する研究



中澤 輝彦*1 服部 治博*1 樽谷 一郎*1 安原 伸二*2



井上 剛志*3

自動車に対する省燃費要求は年々厳しくなっており、その解決策の一つとして、無段変速機 (Continuously Variable Transmission, 以下、CVT) の採用が進められている。CVTの主流は金属ベルト形式であるが、近年、その伝達要素としてチェーンが注目されている。CVT用チェーンは部品間のすべりが小さく、CVT用ベルトと比較して発生する動力損失が少ないのが特徴である。しかし、チェーンの構成部品であるピンがプリーに出入りする際の周期的な挙動が、チェーン全体に不必要な振動を引き起こし、CVTの基本的な性能に影響を与える。したがって、この振動的な挙動に対するチェーンの幾何学的仕様の影響調査が重要となる。本論文では、チェーンの振動的な挙動がCVTの動力損失に及ぼす影響を解析と実験により調べた。

チェーンの構成部品であるピンのプリーとの接触点では、プリーの出入口において、変形に起因した半径方向のすべりが周期的に生じており、このすべりがチェーンの動力損失になると考えた。そこで、チェーンの形状やCVTの運転条件に応じて、このすべりが生じる距離 (以下、すべり距離) が変化することに着目し、ピンとプリーとのすべり距離から動力損失を算出する数学モデルを構築した。また、ピンとプリーとのすべり距離が異なるチェーンを16種類試作し、動力損失を実測するとともに構築した数学モデルで計算を行った。その実測結果と計算結果を比較することで、構築した数学モデルを検証し、その妥当性を確認した。

さらに、ピンとプリーとのすべり距離によるチェーンの動力損失を最小にするため、構築した数学モデルを活用して検討をおこなった。ピン端面の形状、特にピンのプリーとの接触点の位置と動力損失の関係を数学モデルにより調査し、接触点の位置を制御する形状パラメータを最適化するとともに、実験でその有効性を確認した。これらにより、構築した数学モデルをCVTの動力損失を削減する方策の検討に使用でき、更なる省燃費要求に対して貢献できることを示した。

* 掲載：日本機械学会論文集，85-874，(2019-6)，19-00106。

*1 正員，(株)豊田中央研究所 (〒480-1192 長久手市横道41-1)

*2 (株)ジェイテクト (〒634-8555 橿原市十市町333)

*3 フェロー，名古屋大学工学研究科 機械システム工学専攻 (〒464-8603 名古屋千種区不老町)

論文

(14) ワイヤ+アーク放電を用いたアディティブマニファクチャリングによるCuSn合金の材料特性制御技術の開発



間船 雄太*1 片桐 直弥*2 花井 孝文*2 久保田 優典*3



阿部 壮志*4 金子 順一*4

CuSn合金は優れた耐食性、熱伝導率および電気伝導率により、電気コネクタなどの電子部品や電子機器に一般的に使用されている。また、打楽器などの音響用材料としても広く使われる素材である。イングリッシュハンドベルや梵鐘はSnが約13～20%含まれるが、Sn含有率が機械的特性だけでなく周波数や減衰時間といった音響特性に影響するといわれている。

本論文では金属Additive Manufacturing (AM) 技術の一種であるWAAM (Wire and Arc Additive Manufacturing) 技術の適用を提案する。この技術はアーク溶接を応用した技術である。アーク放電により造形物とワイヤ材料を溶融させ、造形物上の溶融池に溶融したワイヤ材料を滴下し堆積させる。そのため、本技術は多品種少量生産に適しており、ある程度複雑形状も造形可能である。

現状ではCuSn合金の製造には鋳造が用いられるが、WAAM技術の適用により、多品種少量生産における製造プロセスの効率化や、製品ごとのSn含有率の制御による高付加価値化が期待される。しかし、Snを多く含むCuSn合金は延性が低く、ワイヤへの加工が困難なため、WAAMでの造形ができないという課題があった。そこで本研究では、Sn含有率の低いCuSn合金ワイヤを用いたWAAMプロセス中に、Snワイヤを外部から溶融池に供給し、混合することで造形物のSn含有率を制御する加工法を提案している。本論文では、提案方法におけるSnワイヤの供給割合と、造形物中の実際のSn含有率の関係を調査した。また、提案方法によりSn含有率の異なる造形物を製作し、引張試験と音響試験を実施した。その結果、Snワイヤの供給割合を変化させることで、造形物中のSn含有率を変化させることができ、造形物の成分組成の制御可能性を示した。さらに、Sn含有率が機械的特性および音響特性に与える影響を明らかにした。

* 掲載：日本機械学会論文集，88-909，(2022-5)，21-00353。

*1 埼玉大学大学院理工学研究科機械科学系専攻 (現)古河ユニック(株)

*2 花井メデitek(株) (〒395-0151 飯田市北方1540)

*3 公益財団法人南信州・飯田産業センター (〒395-0001 飯田市座光寺3349-1)

*4 正員，埼玉大学大学院理工学研究科 (〒338-8570 さいたま市桜区大久保255)

(15) Boxcar型電極を用いた
誘電泳動整列技術による
1粒子1液滴封入の高収率化



馬淵 研一*1 巽 和也*2 栗山 怜子*2 中部 主敬*3

近年、Lab-on-a-chipやmicro-Total-Analysis-Systemsと呼ばれる微細加工技術を活用した超小型分析機器の開発と実用化が進められている。これらの機器では、流路に各種センサ、分取機構、液滴封入機構、そのほか捕獲・操作・反応・刺激・抽出等の各種機能を実装することで、1細胞解析に代表されるように細胞の高速・高度解析が行われている。これにより1細胞単位という高い分解能で特性評価と診断が可能となり、機器の測定精度が飛躍的に向上し測定時間も短縮できる。一方、このようなマイクロ流体デバイスとも呼ばれる技術では、各機能要素の高度化・高感度化に伴い、流路における粒子・細胞の位置決め・同期精度が機器の性能と信頼度を定めることになる。そのため分散した粒子・細胞を1列に整列する(Focusing)技術等、粒子・細胞の運動制御に関する研究と開発が行われている。

本研究では時間と空間の両方に対して周期的に力を粒子や細胞に作用することで流れにおける粒子を等間隔に整列し、その速度を制御できる技術を開発した。正と負の力場を主流方向に周期的に生成し、それを周期的に発現することにより流れの中において間欠的なつり合いの位置に粒子を捉えることで、粒子の間隔と速度が制御できる。著者らはこれを解析および実験で証明している。力場には電気力・流体力・音波・光圧等が適用可能であるが、本研究では誘電泳動を用いており、運動解析に基づいて粒子の加速・減速ならびに粒子同士の分離作用を効果的に生成するBoxcar型電極を設計した。この粒子間隔と速度の制御に加えて、粒子が局所位置を通過するタイミングも任意の位相で制御できることから、下流に位置する各機能要素での高精度化を実現するマイクロ流路における精密「ピッチングマシン」でもあると言える。この技術を用いたFlow-focusing型の液滴生成機構とともにマイクロ流体デバイスに実装することで1液滴に1粒子を取率100%で封入できる技術開発に成功した。これは粒子を制御せずに供給した場合と比較すると取率を飛躍的に向上させ、不良率をゼロにできる利点がある。さらに本技術は複数系統の粒子・細胞の同時封入への適用が可能であるほか、マイクロ流体デバイスでの異なる機能要素との連携だけでなく、各種スケールの機器でも展開が期待される。

* 掲載：日本機械学会論文集，88-905，(2022-1)，21-00300。

*1 正員，京都大学大学院工学研究科機械理工学専攻（現）東京エレクトロン㈱

*2 正員，京都大学大学院工学研究科機械理工学専攻

*3 フェロー，京都大学大学院工学研究科機械理工学専攻

(16) Analysis of membrane structure of
the inner ear motor protein prestin
by force spectroscopy



村越 道生*1 和田 仁*2

哺乳類である私たちは非常に敏感な聴覚を持っている。これは内耳のうずまき管(蝸牛)の中に存在する感覚細胞によるものである。外有毛細胞と呼ばれるこの細胞は、管内に12,000個ほどあり、整然と三列に整列している。直径わずか10 μ m、長さ100 μ m程度の細胞である。耳に音が入ると、その振動は鼓膜を揺らし、三つの小さな骨(耳小骨連鎖)を介して内耳へと伝達される。外有毛細胞はこの振動を感知・同期して伸縮運動する。音振動はこのメカニズムによって機械的におよそ1,000倍にも増幅される。外有毛細胞の伸縮運動の源は、細胞膜に存在するモータータンパク質“プレスティン”であると考えられている。しかし、プレスティンの膜構造の詳細については不明な点が多く、優れた聴覚機能の解明には、さらなる調査・研究が必要である。本研究では、原子間力顕微鏡(atomic force microscope: AFM)による力分光法を用いて、プレスティンの膜貫通構造の解明を試みた。

一般に材料の力学的特性を調べる方法として引張試験機を用いた応力-ひずみ曲線測定が知られている。AFMによる力分光法は、同様の原理を分子(ポリマー等の高分子やタンパク質等の生体分子)の力学的特性測定に応用した技術であり、AFMの探針と基板の間に目的分子を挟み込んで伸長し、その時の力と伸長距離の関係から分子の構造や機能に関わる情報を得る方法である。我々は、C末端にアビジンを付加したプレスティンをチャイニーズハムスター卵巣(CHO)細胞に発現させ、その単離細胞膜にストレプトアビジンを修飾したAFMの探針を近づけることでプレスティン分子を捉えた。さらにこれを細胞膜より引き抜き、プレスティンと細胞膜間に働く極めて微小な力(~100pN)の測定を行うことで、力-伸長距離の関係を得ることに成功し、この結果からプレスティンが12個の膜貫通ドメインを持っている可能性を示した。これらの成果は、内耳における音増幅機構の分子メカニズムの解明に貢献すると期待される。

* 掲載: Journal of Biomechanical Science and Engineering, 16-3 (2021-9), 21-00125.

*1 正員，金沢大学理工研究域フロンティア工学系

*2 フェロー，東北大学名誉教授，東北文化学園大学名誉教授

(1) 高効率低コスト新型1.2 L3気筒エンジン



奥平 総一郎*1 頼實 浩一*2 堀川 英知*2 武富 慎矢*2

1. 概要

地球温暖化問題に対しCO₂を削減しカーボンニュートラル社会を早急に実現することは世界共通の課題である。自動車の電動化によるCO₂削減が進んでいるが、各国のエネルギー事情、経済進展度の影響により一様でなく、内燃機関の高効率化によるCO₂排出低減が極めて重要である。一方で、高効率化はパワートレインの複雑化を招き、コスト上昇の要因となっている。今後は新興国中心に自動車需要増が予測され、CO₂低減には、高効率化とともにすぐれた経済性を伴っていただかなければならない。受賞者は、それらを解決するため、内燃機関の主要素である、吸気、燃焼、噴霧、冷却の設計素性を最適化することでコストを抑制しながら燃費向上させたエンジン(図1)を開発した。



図1 新開発エンジン (左:NA 右:HEV)

2. 技術の内容

2.1 エンジン諸元

新開発エンジンでは世の中のニーズに合わせ、環境性能、クラスを圧倒するトルク特性、Aセグメント車両に適したコンパクトなサイズを達成するため、1.2L3気筒ロングストロークをキーコンセプトに、排気量や基本諸元を選定した。主要諸元を表1に示す。

表1. 主要諸元

	新開発 NAエンジン	新開発 HEVエンジン
気筒配置	直列3気筒	直列3気筒
ボア × ストローク(mm)	73.5 × 94.0	73.5 × 94.0
排気量(L)	1.198	1.198
圧縮比	12.8	12.8
ストローク/ボア 比	1.28	1.28
燃料噴射	デュアルポートインジェクション	デュアルポートインジェクション
最大出力(kW/rpm)	84/6,000	80/5,800
最大トルク(Nm/rpm)	113/4,500	106/3200-5,200
エンジン幅方向(mm)	365	365
エンジン長方向(mm)	630	630

2.2 吸気：高タンブルストレートポート

シリンダヘッドの動弁系レイアウトを見直し、バルブの挟角化と新開発 薄型バルブシートの組み合わせで吸気ポート高さを下げ、吸気流を燃焼室へ真っすぐ導入する構造とした(図2)。吸気エネルギーロスを低減するストレートサイドフロー形状としタンブル比(シリンダ内の縦旋回流と横旋回流の比)30%向上を実現した。



図2 ストレートポート形状

2.3 燃焼：コンパクト燃焼

バルブ挟角化により燃焼室をコンパクト化し、S/V比(単位体積あたりの表面積比)を低減して冷却損失改善を行った。ピストン形

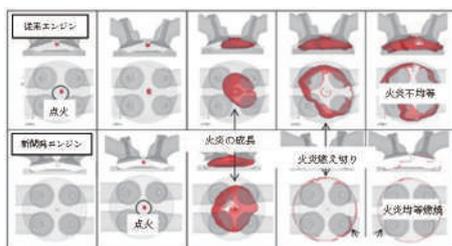


図3. 主燃焼期間における火炎成長比較

状はバルブリセス廃止やフラットスキッシュにより、均質燃焼と従来エンジンに対して燃焼期間25%短縮の高速燃焼を実現した(図3)。

2.4 噴霧：デュアルポート低ペネトレーション噴霧

燃料噴霧は未燃損失低減と気化潜熱冷却によるノッキング抑制の両立が求められる。従来はバルブ開口部を狙い、筒内付着による未燃損失増加がみられた。新開発の低ペネトレーション噴霧では、ポート喉元を狙ったレイアウトとし、微粒化した噴霧を吸気流に載せて燃料導入することにより壁面付着量を14%低減した(図4)。

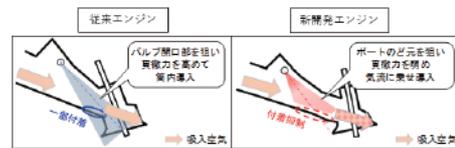


図4 低ペネトレーション噴霧レイアウト

2.5 冷却：2系統冷却

エンジン冷機時の未燃損失改善と機械損失低減を狙い、2系統冷却システムをシリンダブロックに内蔵、エンジン全体の小型化と循環水量削減を実現した(図5)。常時流水路は最短経路とし、エンジン早期暖気による未燃損失と機械損失低減できる構造とした。

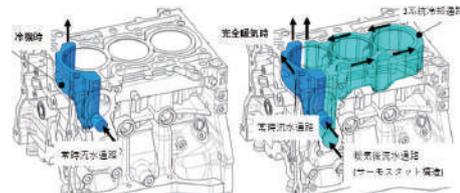


図5 2系統冷却通路

2.6 体格：従来の1.0L並みのレイアウト

シンプル・スリム・コンパクトの考えの基、ロングストロークによる小径ボア化でエンジン幅方向を短縮、ムービング系の軽量化でクラックカウンターウェイトを小型化して高さ方向を短縮した。これにより、Aセグメントに適した1.0L並の体格としエンジン軽量化も実現した。

2.7 効率とコスト

上記技術を織り込むことで、従来エンジンに対してエンジン熱効率の大幅な高効率化を実現した(図6)。設計素性を最適化し、複雑な燃費デバイスを極力排除することにより、同熱効率エンジンに対して約45%コスト低減を実現した(図7)。

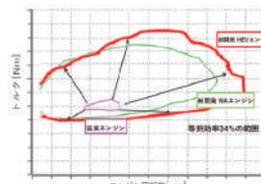


図6 熱効率比較

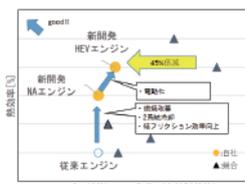


図7 熱効率とコスト指数

3. まとめ

本技術により、従来1.0Lエンジンと同等サイズでありながら、高効率で経済性に優れたAセグメント用1.2Lエンジンの開発に成功した。このエンジンを搭載した車両は市場に広く普及しCO₂削減に貢献できた。

*1 特別員、ダイハツ工業(株)
*2 ダイハツ工業(株)

(2) 安全性と軽量化を追求した新幹線用新型台車の開発



金森 成志*1 坂上 啓*1 足立 昌仁*1 大塚 智広*1 加藤 宏和*2

1. 概要

新幹線車両は大量高速輸送機関として、高速走行、大荷重、長距離という極めて高度な条件において、安全性、快適性、環境性能、メンテナンス性能を満足する必要がある。台車は一重系であり、構成部品の信頼性は安全面に直結する。数ある構成部品の中で、溶接により製造される台車枠、及び高速回転体である歯車装置の軸受の信頼性向上を第一に考えた。信頼性を向上させた台車枠及び歯車装置とともに、小型軽量化した駆動モーターを台車に搭載し、台車全体を軽量化している。台車枠は溶接を削減し、その構造の特徴を生かすことで側ばりを空気タンク化した。これにより、車体側の空気タンクを削減し、車両としての軽量化に寄与するとともに、台車枠き裂の有無を検査時に確認できる手法を確立した。歯車装置は新幹線の営業車では初のやまば歯車装置を搭載し、軸受には円筒ころを採用することで歯車装置の隙間調整作業を簡易化している。これら新技術の導入とあわせ、ブレーキライニングは厚みを増加させ、また車軸軸受は寿命向上のための寸法拡大を行なっている。加えて、快適性向上のため、専用の電源装置を必要としない100Vでの駆動が可能な小型軽量フルアクティブ制振制御装置を開発し、車体の揺れを大幅に抑え、特にトンネル区間での揺れを半減した。図1に示す本技術は、N700S用台車として2020年7月から実用化している。

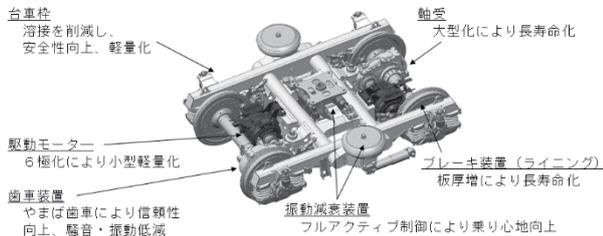


図1 新型台車の新技術について

2. 主要要素技術の内容

(1) 軽量台車枠

台車枠は側ばりと横ばりを主とした溶接構造体である。側ばりの構造をモナカ型からハット型に変更し、溶接線の削減と軽量化を図っている。モナカ型は、内部補強材により枠の剛性を保っている。新技術のハット型は、コの字型の部材を下板に溶接する構造を採用することで、強度が必要な箇所のみ下板を厚くして剛性を確保し、内部補強材を廃止した(図2)。側ばり中央部は空気タンクとして構成し(図3)、車上に設置していたタンクを削減している。

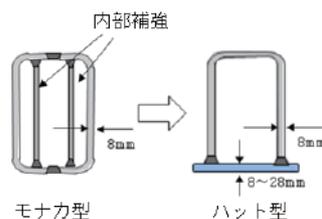


図2 側ばり構造の比較

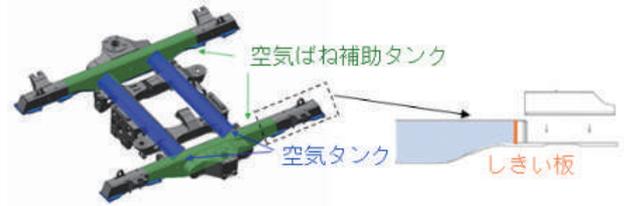


図3 台車枠内の空気タンク

(2) やまば歯車装置

従来のはずば歯車は、歯車回転時のトルクにより車軸方向へ力が発生しその力を軸受が受ける。新技術のやまば歯車装置は、はずば歯車を車軸方向に2枚向かい合わせて構成したもので、回転時に発生する車軸方向の力を打ち消し(図4)、軸受への負荷を低減させ軸受の長寿命化を実現した。また軸受には円筒ころを採用し、検修時の隙間調整を容易化している。

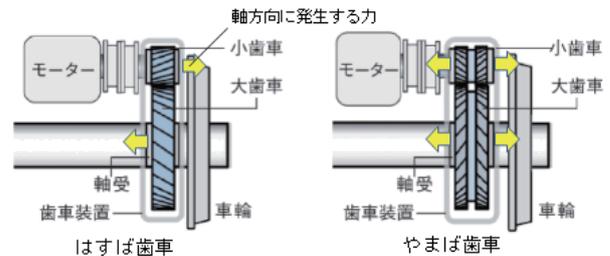


図4 歯車装置の比較

(3) 小型軽量6極駆動モーター

低損失、高耐熱のSiC素子を駆動システム(主変換装置)へ採用したことにより、新幹線で初めてモーターの極数を4極から6極に増やし、回転子・固定子の構造を見直すことで小型かつ軽量の駆動モーターを実現した。

(4) フルアクティブ制振制御装置

従来はセミアクティブ制振ダンパに交流100Vで動作可能な小型油圧ポンプモーターを組み込んで一体化したフルアクティブ制振制御装置を開発した。モーターは100Vで稼働する仕様とし、新たな電源装置や取付構成を変えることなく、制振性能を大幅に向上した。

3. あとがき

本技術は鉄道の安全・安定輸送、快適性を向上するものである。これにより鉄道のご利用を促進し、ビジネス・観光事業増加に伴う経済の活性化、及び脱炭素社会へ貢献することを期待する。

*1 正員、東海旅客鉄道㈱

*2 東海旅客鉄道㈱

(3) 車両遠隔制御無人搬送システム



澤野 拓朗*1 狩野 岳史*2 安山 翔悟*2 岩堀 健人*2 池田 圭吾*1

1. 概要

Connected (コネクティッド), Autonomous/Automated (自動化), Shared (シェアリング), Electric (電動化) といった「CASE」と呼ばれる新しい領域で技術革新が進む中、クルマの概念は大きく変わろうとしている。また、近年足元では、国内労働人口の減少による人手不足が深刻化している。これらの背景から、生産性を飛躍的に向上できる新たなクルマづくりが求められている。

今回、車両工場において生産性の課題となっていた「車両搬送作業」の自動化に取り組んだ。CASE領域の技術を最大限活用し、量産車を無人で走行させる、車両遠隔制御無人搬送システム (Remote Control Auto Driving System: 以下RCDと記載) を開発。世界に先駆けて量産ラインに導入し、大幅な省人化を実現した (図1)。



図1 RCDによる車両無人搬送の様子

2. 技術の内容

2.1 システム構成と制御概要

RCDは、運転操作における認知・判断・操作の機能を車外の制御システムが担い、車と無線通信することで自律走行搬送を行う (図2)。制御の流れを次に示す。①車両の位置推定は、インフラカメラによるセンシングで、リアルタイムに画像処理を行うことで実施する。②車両運動制御指示値は、制御システムが位置情報・目標経路・車両状態等から総合的に算出する。③無線通信で運動制御指示値を車両に伝達する。④車両は受信した運動制御指示値の通りに、パワートレインやステアリング、ブレーキ等のアクチュエーターを駆動することで自律走行する。以上の制御を、低遅延・高速周期で繰り返し行うことで、遠隔での車両運動制御を可能としている。



図2 RCDシステム制御概要

2.2 車両測位精度確保とコスト低減の両立

車両測位で算出する位置座標と方位角は、運動制御指示値算出の基準となるため、高い精度が求められる。既存技術は、車載外界センサの使用や、LiDARを使用するなどして測位を行っているが、いずれもコストが課題となり普及のハードルとなっている。RCDでは、インフラカメラを採用し、高速で物体検出とセグメンテーションを同時に行うことができる画像処理モデルを使用。これにより、車両の外形を高速かつ正確に推定し、座標と方位角を精度よく算出することができる。

2.3 経路追従できる運動制御指示値算出

運動制御の目的は、目標経路に追従して車両を走行させることである。制御における課題は、通信及び演算処理遅延の無駄時間を加味した算出式とすること、画像処理では完全には避けることができない測位情報のS-N比悪化影響の克服である。

これらに対して2つの対策を実施した。一つ目は、目標経路の曲率から舵角操作量を定めるフィードフォワード (FF) と、車両位置と目標経路との横偏差から舵角操作量を導くフィードバック (FB) の二自由度制御構成とすることである。安定性確保のため、FB制御の依存度を抑えつつFF制御で経路追従させる設定とした (図3)。

二つ目は、測位情報の推定を画像処理のみに依存せず、車載センサを併用した精度向上手法である。画像処理では絶対値が取得できるメリットがあるがS-N比悪化のデメリットもある。一方、車載センサはS-N比が良いが、積分誤差が蓄積する課題がある。そこで、画像処理と車載センサ積分双方のメリットを活かすことで、測位情報の推定精度を高めた。以上により、目標とした制御精度を達成することができた。

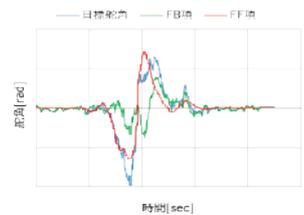


図3 目標舵角算出

2.4 無線通信の安定化

車両遠隔制御においては、無線通信による高速周期での制御値送受信が必要であるため、通信品質の安定化が重要である。しかし無線通信は、電波干渉・ノイズ・フェージングにより品質が劣化するリスクがある。そこでRCDでは無線通信を冗長化し、常時、電波強度等の通信品質に関する指標を評価し続け、総合的に高品質と判断できる通信経路を採用するロジックを導入した (図4)。これにより、通信遅延や途絶が起きる確率を大幅に低減することができた。また万が一、途絶した場合は、車両が途絶検出し自動でブレーキをかけ停車の上、自律走行制御を停止する仕様とすることで、安全性を確保している。

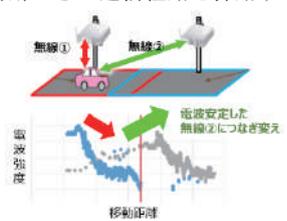


図4 無線通信冗長化

3. あとがき

RCDは「設備による車の運転」という汎用的な技術であり、車両の装備や機能への要件が最小限であるため、普及しやすい技術である。そのため、工場の生産性向上のみならず、安全・安心で利便性を高める、様々なサービスに転用できる可能を秘めている。

また、RCDはCASEに関わる様々な技術の組み合わせから成り立っているため、より多くのユースケースで活用するためには継続的な進化が必要である。今後も、リアルな製造現場で技術を鍛え「全ての人の移動の自由」に資する技術革新に貢献していく。

*1 正員、トヨタ自動車(株)
*2 トヨタ自動車(株)



藤田 淳*1



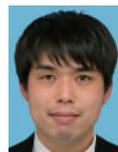
天野 久徳*2



村角 謙一*3



大野 和則*4



小島 匠太郎*4

1. 概要

大規模な石油タンク火災では、発災施設近くは火災からの強い輻射熱（最大20 [kW/m²]と試算される）や爆発等の危険性があり、人が近づくことができない。このような環境で火災現場の監視や火災への放水等の消防活動を人に代わって無人で行える画期的な消防ロボットシステムを開発した（図1）。



図1 消防ロボットシステム

本ロボットシステムは、図1手前右から飛行型偵察ロボット、走行型偵察ロボット、放水砲ロボット、ホース敷設ロボット、これらロボットを搭載し火災現場へ搬送する車両（図1奥）で構成される。ロボットを降ろした車両内はロボット操作室となり、全ロボットの移動ルートや放水砲ロボットの放水位置・放水角度等の動作計画を立案し操作者（消防隊員）に提案する指令システムが搭載されている。操作者は提案された計画を選択することで、全ロボットを操作でき、移動、送水ホース敷設、風向きを考慮した放水角度調整等、自律で動作する。

放水砲ロボットとホース敷設ロボットによる火災への放水手順を説明する。ホース敷設ロボットに搭載した送水ホースを放水砲ロボットに予め接続し、放水砲ロボットを自律または遠隔操縦で放水位置へ移動させる。その後ろをホース敷設ロボットは車間距離を保って自動追従する（図2①）。放水位置到着後、放水砲ロボットをその場に残し、ホース敷設ロボットは自律または遠隔操縦で水源まで後退移動しながら送水ホースを送り出し敷設する（図2②）。発災施設から離れ十分に輻射熱が低い水源近くで、消防隊員がポンプと送水ホースを接続し（図2③）、1 [MPa]の水圧で4000 [L/min]の放水を行う（図2④）。

2. 新規技術開発の内容

2.1 放水作業完全無人化を実現するホース敷設ロボットの開発

発災施設近くの放水場所は危険であり、人に代わって放水作業を行う放水砲ロボットの開発例は多い。しかし、水源からの送水ホース敷設と放水砲への接続には人の作業が必要となり無人化ニーズがあった。予め放水砲ロボットに接続された送水ホースを牽引して（引きずって）移動する例は存在するが、曲がり角で送水ホースが引っ掛かり牽引できない可能性や、引きずりによる損傷が問題となる。放水砲ロボットに送水ホースを搭載し、地面に置きながら火災現場へ移動する方法も検討したが、目的地に到着後ロボット内に搭載した送水ホースが残っていると、潰れ等の理由で送水できない問題があった。

この問題を、先行ロボットの自動追従機能と、送水ホースの自動敷設機能を有するホース敷設ロボットを新規開発し解決した。ホース敷設ロボットには両端に接続金具がついた内径150 [mm]の送水ホース6本（計300 [m]）がホースドラムに巻かれて搭載されている。適切な放水を行うためには、送水ホースを一定以上の曲率で適切に地面に敷設する必要がある。送水ホースの自動敷設実現のため、ロボット自律移動の経路計画手法と送水ホースの適切な送り出し制御技術を開発した。これに先行ロボットの自動追従技術を組み合わせ、送水ホース取扱を含む放水作業を完全無人化した。



図2 放水砲ロボットとホース敷設ロボットによる火災への放水

2.2 ロボットが火災から受ける輻射熱対策

大規模火災現場で放水を行うロボットには火災からの強い輻射熱に耐えるニーズがあった。消防車や消防ロボットの中には、輻射熱に対応できる装備として、自身に水をかけて冷却する自衛散水機能を搭載したものがある。これらは水源から送水される放水用の水を分流して使用するため、ロボット移動中等の放水していない間は散水できない問題があった。その間の散水に必要な水をタンクに搭載する方法もあるが、大量の水が必要でロボット大型化が問題であった。

この問題を、輻射熱の大部分を表面で反射させ、反射できず透過した僅かな熱エネルギーを、裏面繊維への少量の水噴霧による気化熱冷却と、ロボット内部の自然対流による空気置換により温度上昇を抑える画期的な外装を開発し解決した（図3）。噴霧水量が少ないため、水源からの送水が無い間に使用する水を搭載するタンクを小型化でき、搬送車両に搭載可能な大きさのロボット開発が可能となった。

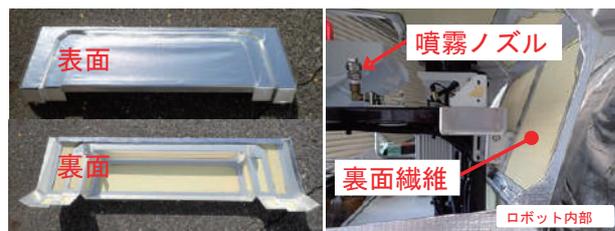


図3 輻射熱の反射と気化熱を用いた耐輻射熱外装

3. まとめ

人が近接できない危険な場所である発災施設近くで、送水ホース取扱を含む放水活動を人の作業無く行えるロボットシステムを完成させた。この性能を有するロボットは国内初、世界でも確認できていない。従来不可能だった発災施設近くの消火活動や情報収集が行える消防機材として、石油コンビナート火災等での活用が期待できる。本ロボットシステムは千葉県市原市消防局に配備され、万が一の災害に備え運用されている。大規模火災や爆発災害に備えて各地の消防本部及び石油コンビナート事業者が、配備を検討できる消防ロボットシステムが完成したことは、消防力強化に貢献する優れた成果である。

本ロボットシステムは、総務省消防庁が2014年度から2020年度に行った公募プロジェクト「エネルギー・産業基盤災害対応のための消防ロボットシステムの研究開発」の成果である。

*1 正員、三菱重工業株

*2 正員、総務省消防庁消防研究センター

*3 三菱重工業株

*4 正員、東北大学



山下 拓郎*1 前田 拓巳*2 友田 達規*3 近藤 靖裕*3 堀 英津子*3

1. 概 要

今後急速な普及が見込まれる電動車においては、乗員の快適性を左右する空調用電動圧縮機の静粛性向上が最重要課題の一つとなっている。その課題克服のため、筆者らは元々歯車設計技術として開発された新歯形理論を、電動スクロール圧縮機の構造設計に発展させるという独創的な切り口で、長きにわたり不変であったインボリュート曲線に替わる新たな渦巻き曲線創成技術を確立、設計自由度を拡張することで圧縮性能・静粛性・強度などの多性能並立設計を可能とした(図1)。さらに、開発した設計法を用いることで、騒音低減を実現するために渦巻き体に作用する圧縮力変動を低減する形状を導出し、大幅な低騒音化を実現した電動スクロール圧縮機を開発した。

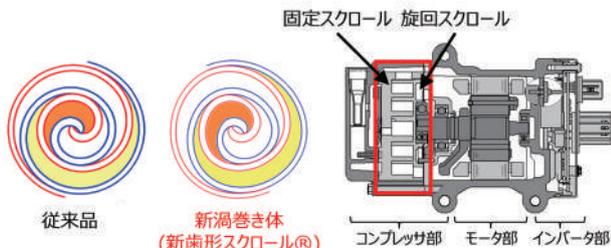


図1 新スクロール圧縮機とその渦巻き体形状

2. 技術の内容

2・1 スクロール圧縮機

スクロール圧縮機では、一对の渦巻き体によりその内部に三日月状の圧縮室が複数形成され、片方の渦巻き体がもう片方の渦巻き体の周りを旋回運動(公転運動)することで、圧縮室が外側から内側へ移動することに伴い容積が減少して冷媒が圧縮される(図2)。

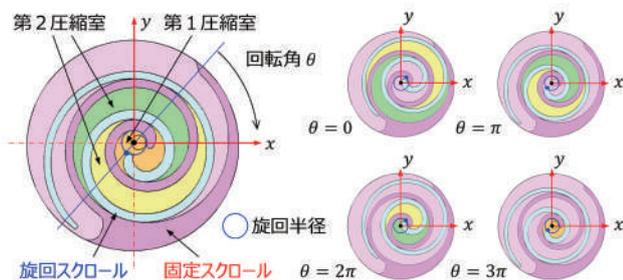


図2 一对の渦巻き体によって形成される圧縮室

2・2 渦巻き曲線設計法

従来の渦巻き体は、伸開角 ϕ を変数とするインボリュート曲線

$$x = a \cos(\phi) + a\phi \sin(\phi) \quad (1)$$

$$y = a \sin(\phi) - a\phi \cos(\phi) \quad (2)$$

で表される(図2)。ここで、 a は基礎円の半径である。

従来設計法では、圧縮室に作用する圧縮力がインボリュート曲線によって決定されるため、騒音には影響し、なおかつ圧縮仕事に寄与しない半径方向圧縮力の総和ならびにその変動がなりゆきとなり制御できない。そのため、圧縮力の制御が困難で、長年にわたり騒音・振動低減の根本的な障害となっていた。

そこで、インボリュート曲線における基礎円半径の可変化(新歯形理論)と、従来は対称であった形状を非対称化することにより、圧縮力と歯厚を所望の値に設定できる新たな形状設計法を構築した。本設計法を用いて、渦巻き体の巻数(伸開角)の増加や渦巻き体どうしが接触する位置の調整をし、特定位相で半径方向圧縮力変動の小さい渦巻き体形状を設計した(図3)。

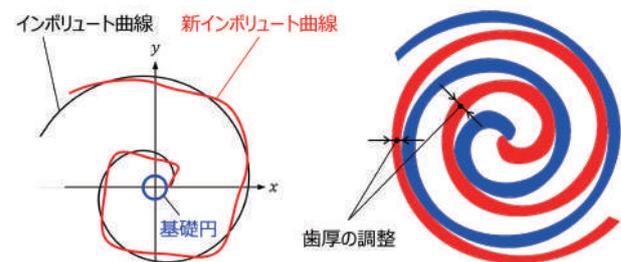


図3 新歯形理論による渦巻き体設計

2・3 スクロール圧縮機への適用例

新歯形理論によって設計した渦巻き体(新歯形スクロール®, 図3)の騒音に対する効果として、標準運転条件で約2dB(対従来品)の静粛化を実現した。新製品全体としては、その他の改良と合わせ、重量を維持、コンプレッサ効率を向上した上で、さらなる静粛化を達成することができた。

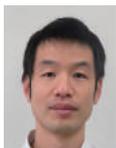
3. まとめ

新歯形理論を適用した革新的な渦巻き曲線設計法では、騒音特性を向上させるだけでなく、圧縮性能・強度・耐久性・シール性などを同時に満足する多性能並立設計が可能である。今後、圧縮機の用途拡大に合わせて様々な渦巻き体形状を創出していく予定である。

*1 正員, ㈱豊田自動織機
*2 ㈱豊田自動織機
*3 正員, ㈱豊田中央研究所

研究奨励

(1) 素線形状の幾何学的定式化による
ワイヤロープ断面内の断線位置推定手法の研究



緒方 公俊*

ワイヤロープ（以下、ロープ）は素線と呼ばれる硬鋼線の撚り合わせによって構成され、優れた柔軟性と引張強度を有し、クレーンなどの機械構造物で広く利用されている。ロープの損傷として、目視確認できない内部素線の断線が優先的に生じることが知られており、ロープ断面内における素線断線位置の可視化が課題であった。本研究では、素線の撚り形状を幾何学的に定式化する先行研究の数値モデルを応用し、ロープ断面内の素線断線位置並びにその他の素線との位置関係を推定する手法を提案した。実際に疲労試験によって損傷させたロープに本手法を適用することで妥当性を確認し、ロープの素線断線評価のための有効性を示した。

* 正員、(独)労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所

研究奨励

(2) 陰極チャージによる金属材料の水素脆化・遅れ破壊に関する評価手法の研究



辻 彩*

自動車の軽量化に伴い、高張力鋼板が車体に適用されているが、遅れ破壊の懸念が払拭されていない。遅れ破壊は材料中の拡散性水素が材料中の欠陥と相互作用して発生すると考えられている。遅れ破壊の克服のため、拡散性水素と材料強度、破壊挙動の関係を理解する必要がある。そこで、本研究では陰極チャージにより拡散性水素量を制御した鉄鋼材料の引張強さ、脆性破面率の関係を定量的に評価可能とした。さらに、異なる試験法を実施・比較することで、試験法の特徴を破壊形態や水素の拡散・集積メカニズムに基づき明らかにした。本結果により高張力鋼板の評価手法の最適化が可能となり、自動車材料のほか様々な用途への適用拡大が期待される。

* 正員、(株)豊田中央研究所

研究奨励

(3) 積層構造をもつ複合材料中の円状き裂における
応力拡大係数の研究



三浦 鴻太郎*

近年、材料特性を連続的に変化させた傾斜機能材料が実用化されている。傾斜機能材料内には微小な欠陥が生じている場合があり、材料の健全性を評価するうえで欠陥近傍の応力特異場の知見を得ておくことは重要である。

本研究では、傾斜機能材料は異種材料を積層した複合材料の一種であると考えて、異種材料からなる積層複合材料の内部に円状き裂(Penny-shaped crack)がある軸対称弾性問題を解析した。積層構造をモデル化する本解析手法は広範な問題に適用可能であり、材料界面に存在するき裂に関する問題や熱応力、衝撃力を考慮した問題に発展することで傾斜機能材料の健全性に寄与する基礎的知見を得られることが期待される。

* 正員、弘前大学大学院理工学研究科

研究奨励

(4) マイクロスケール赤外・可視観測による
多孔体固気液三相界面の熱流動現象の研究



小田切 公秀*

高効率な熱輸送が可能なループヒートパイプ(LHP)は、多様な電子機器および宇宙機の熱制御技術として注目を集める。しかし、LHP性能を決定づける蒸発器多孔体熱流動メカニズムが十分に明らかにされておらず、高熱流動化や極低温応用に向けた理論が不足してきた。この課題に対し、受賞者は独自に構築したマイクロスケール赤外・可視観測手法により、多孔体で形成される液架橋が重要な熱伝達を担うことを明らかにした。さらにこの知見を応用し、高熱流動LHP実証、蒸発器への微細構造加工による高熱流動下での約20倍の熱伝達性向上、および極低温LHP(80-100 K)において従来の約3倍の長距離熱輸送化を実証すると同時に、それぞれの熱流動メカニズムを明らかにした。

* 正員、宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所

研究奨励

(5) 固液界面ナノバブルと
気体分子吸着層の物理の研究



手嶋 秀彰*

固体と液体の界面をナノ・分子スケールから正しく理解することは、熱工学・流体工学など機械工学の根幹分野における基礎的知見として切望されている。近年、固液界面にはナノバブルと呼ばれる小さな気泡や、さらに平坦で薄い気体分子の吸着層が存在しており、種々の界面現象と関連していることが報告されている。一方、それら気相には依然として未解明な性質が多く、精緻な界面計測による詳細な理解が望まれている。本研究では原子間力顕微鏡を用いて固液界面ナノバブルと気体分子吸着層を正確に計測する手法を確立し、それらの気相が固液界面でどのように共存しており、温度変化に対してどのように応答するかを世界で初めて明らかにした。

* 正員、九州大学大学院工学研究院航空宇宙工学部門

研究奨励

(6) 乱流噴霧燃焼の燃焼振動と騒音の
メカニズム解明の研究



ピライ アビシエク*

様々な燃焼機器の設計や開発を安全かつ効率的に行う上で、燃焼振動の正確な予測と制御は重要な課題である。また、燃焼騒音は公害問題だけでなく、燃焼振動の発生および特性に影響を及ぼすと考えられるため、その低減が強く求められている。本研究では、液体燃料の噴霧燃焼系を対象に数値解析を実施し、燃焼振動の特性は液体燃料の流量や液滴粒径、およびそれらの変動と音響振動との位相差に強い相関があること、また、流量や粒径をコントロールすることで燃焼振動抑制の可能性のあることを初めて示した。さらに、燃料液滴の蒸発が燃焼騒音源に及ぼす影響を解明、モデル化し、乱流噴霧火炎の遠方領域における燃焼騒音の高精度予測手法を確立した。

* 正員、京都大学大学院工学研究科

研究奨励

(7) 単視野3次元3成分流速計測の高度化による
壁面近傍における流動現象の研究



市川 賀康*

流体の画像計測において、3次元計測を行う際はカメラを2台以上使用するのが一般的であるが、本研究では、光学的な工夫により1台のカメラで3次元3成分流速の計測が可能な計測法に着目して、機械学習を用いて流体中のトレーサ粒子の3次元位置を高精度に推定する手法、流路壁面の凹凸部に形成される気液界面の形状を粒子画像から推定する手法、そして、微細構造周りにおける壁面せん断応力分布を定量化する手法を開発した。また、これらの手法を駆使して、マイクロ流体デバイスの壁面近傍に形成される複雑な流動現象について可視化計測を行い、特に、撥水性や凹凸を持つ機能性壁面が有する流動抵抗の低減効果について明らかにした。

* 正員、東京理科大学工学部

研究奨励

(8) 気液混相流の格子ボルツマンモデリング
および複雑構造周りの流体挙動解析の研究



杉本 真*

格子ボルツマン法に基づく、複雑構造表面の濡れを高精度に再現可能な計算手法を開発した。本手法を用いて、多孔体への液滴浸潤の数値シミュレーションを実施し、多孔体の濡れ性や液滴の大きさが浸潤現象に及ぼす影響を解明した。また電気自動車のモーターコイルの液冷技術向上を目的として、コイルを模擬した水平角柱群への冷却液の流下シミュレーションを行った。その結果、コイルを構成する銅線同士の間隔や冷却液の粘度、コイルの濡れ性が冷却液の濡れ広がり及び影響を明らかにした。さらに本手法を気液間の相変化を計算可能な手法へと発展させ、平板上で蒸発する液滴の蒸発速度が接触線付近で高くなる現象の高精度な再現に成功した。

* 正員、東北大学大学院工学研究科機械機能創成専攻

研究奨励

(9) 三次元低アスペクト比円柱後流構造と
その制御の研究



李鹿 博華*

近年、航空機や自動車の高性能・省エネルギー化を伴い、三次元鈍頭物体のまわりの乱流構造の研究が注目を集めている。本研究は平板上に置かれた低アスペクト比円柱のはく離渦を制御するため、穴付き円柱の受動制御法を新たに提案した。三次元Tomographic-PIV計測によって、三次元後流の渦構造を解明した。そして、三次元ウェーブレット変換を新たにTomographic-PIVの実験データに応用し、三次元後流のマルチスケール渦構造を抽出した。その結果、三次元W型アーチ渦構造が新たに発見されたともに、W型アーチ渦構造や縦渦などの制御メカニズムが明らかになった。さらに、先端面と後方の渦が有効的に制御されたことによって、低アスペクト比円柱の抵抗低減が実現できた。

* 正員、東京農工大学大学院工学研究院 (〒184-8588 小金井市中町2-24-16)

研究奨励

(10) 適応的アドミッタンス制御モデルに基づいた
歩行支援ロボットの研究



板寺 駿輝*

本研究は、高齢者や障害者における移動動作機能の回復支援及び補助を実現するロボット技術の研究開発に取り組んだものである。移動動作を支援するシステムの開発は高齢化社会において高い意義を持つ。病院内でのリハビリテーション及び家庭内での移動動作に対する支援を目的とし、生理学的及び力学的指標に基づくロボット制御手法を提案した。人とロボットの身体的なインタラクションに用いられるアドミッタンス制御手法に対して、逐次的な制御モデルの更新及び最適支援力の付加を行うことで、個人の残存移動能力に合わせた適応的な移動動作支援を実現している。また、健常者及び高齢者による臨床実験を通じ、提案支援手法の有効性を検証した。

* 正員、(国研)産業技術総合研究所 インダストリアルCPS研究センター

研究奨励

(11) 強化学習を用いた
ロボットの運動制御の研究



小林 泰介*

本研究は、ロボットが環境内で試行錯誤することで所望のタスクを達成する行動方策を見出す強化学習理論において、既存理論とロボット応用とのギャップを、強化学習理論そのものを見直すことで解消するものである。まず、ロボットが直面する環境が時間経過とともにその振る舞いに変化することに注目し、そのような制約下でも効率良く学習を促進するアルゴリズムを開発した。また、従来の強化学習では拡張性が乏しくギャップを埋めるのが難しいため、様々な拡張を組み込みやすい新たな強化学習理論を構築した。この新しい理論を用いて、センシング障害に頑健なフィードフォワード制御器を同時学習可能な世界で初めてのアルゴリズムを実現した。

* 正員、国立情報学研究所情報学プリンシプル研究系

研究奨励

(12) 革新構造・材料のマルチフィジックス・マルチスケール
解析・設計法の構築とその工学的応用の研究



津島 夏輝*

積層造形(AM)技術などの製造技術の発展に伴って、概念検討に留まっていた多様な高性能・高機能構造・材料の実現が進められている。ラティス構造などの微視構造設計が複雑なために従来手法では製作が難しい設計もその一つである。本研究では、そうした複雑かつ特殊な構造・材料の性能・機能を効果的に予測するために、ラティス構造などのミクロな構造性状を踏まえてマクロな構造特性を予測する解析法を構築した。さらに本技術に応用した空力弾性等の複合物理現象が絡むマルチフィジックス問題にも取り組み、メタマテリアル等の機能構造材料や構造運用中に形態変形を実現するモーフィング構造など革新構造・材料の提案・実証を行った。

* 正員、国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構航空技術部門

研究奨励

(13) 伸展可能な折り紙の部材の干渉と変形を考慮した運動特性解析と伸展機構への応用の研究



松尾 博史*

伸展可能な折り紙には部材の変形を伴いながら多自由度の運動を出力可能なものがあり、伸展装置等への応用が期待される一方、その運動学的特性の解明は十分に進んでいない。本研究では、伸展可能な折り紙の一つで、3自由度の機構としてモデル化される一方でほぼ1自由度の伸展挙動を示す特徴を有する折り紙を取り上げ、これを剛体と弾性体および回転対偶によりモデル化し、それらの要素の干渉と変形を考慮して運動学的特性を解明した。また、その結果に基づき、狭隘空間での作業用伸展アームと高齢者の転倒防止用動作支援装置への応用を想定した伸展装置の設計と実験的検討を行い、伸展可能な折り紙に基づく伸展装置の設計方法を提案した。

* 正員、(株)バンダイ

研究奨励

(14) 硬質窒素含有カーボン系膜のトライボロジー特性解明の研究



劉 曉旭*

DLC膜は優れたトライボロジー特性を有するため、省エネルギーかつ長寿命化の実現に向け注目が集まっている。その中でCN_x膜は極めて低摩擦を示したが、硬度不足により耐摩耗性が制限されたため、硬質化CN_x膜の開発が期待される。本研究では、FCVA法で炭素と窒素イオンビームの同時照射により、高耐摩耗性を有する硬質窒素含有膜(ta-CN_x)を開発してきた。具体的には、窒素含有率が表面性状と化学結合に及ぼす影響を明らかにした。油中摺動試験により、ta-CN_x膜は高耐摩耗性と低摩擦が同時に実現できることが確認され、ta-CN_x膜の高耐摩耗性メカニズムを実験的に明らかにし、耐摩耗性向上のためDLC系膜成膜条件の選択指針を提案した。

* 正員、名古屋工業大学電気・機械工学専攻機械工学分野

研究奨励

(15) 短パルスレーザ複合加工によるマイクロ・ナノ複合構造の創成の研究



小玉 脩平*

工業製品の高機能化・高付加価値化を実現するために材料表面へ創成した微細構造で機械的、光学的、表面エネルギーの機能を発現させることが求められている。微細構造の創成技術として、レーザ波長以下の周期を有したナノ周期構造を効率的に創出できる短パルスレーザが注目されているが、構造の制御が困難とされている。本研究では、レーザ誘起ナノ周期構造に関して、結晶方位により異なる加工現象を明らかにし、機械加工を援用してレーザ照射前にマイクロ溝を形成することにより、材料表面で周期的に高強度の電界が発生する空間分布を制御して、ナノ周期構造の方向や高さを制御し、マイクロ・ナノ複合微細構造を創成する方法を確立した。

* 正員、東京農工大学大学院工学部

研究奨励

(16) 非侵襲イオン濃度トモグラフィックイメージングによるイオンチャネル評価技術の研究



川嶋 大介*

イオンチャネルの評価手法は、食品・化粧品・医薬品開発において重要なテーマとされ、高効率・非侵襲かつ細胞組織にも対応する評価技術の確立は重大な課題である。本研究では、電気トモグラフィに着眼し、センサを細胞サイズまで微細化することで空間解像度を向上させ、細胞サイズの電気トモグラフィックイメージング技術を開発した。さらに、電氣的等価回路補正による細胞外イオン濃度抽出技術を確立し、電気トモグラフィックイメージング技術に応用することで染色不要な非侵襲イオン濃度イメージングに成功し、新規のイオンチャネル評価法を提案した。本技術を実用化することで、医療・創薬など幅広い分野への貢献が期待される。

* 正員、千葉大学国際高等研究基幹

研究奨励

(17) 安静姿勢の快適性に関するバイオメカニクスのモデリングの研究



倉元 昭季*

休息姿勢では、身体負担のわずかな差異がその姿勢や用具の快適さを決定する一つの要因であると考えられる。しかし休息時は姿勢維持のための筋活動が非常に少ないため、快適さを主観以外の指標により定量的に評価することは困難であった。本業績では筋骨格シミュレーションを用いて、宇宙空間での脱力姿勢における筋長を基準とした時の、安静姿勢における筋や関節のひずみエネルギーが、安静姿勢の快適さを生体力学的に表現することを示した。長時間睡眠の快適性に重要な枕に関する取り組みにおいて、主観的に快適な枕の使用時は、不快な枕の使用時よりも、筋や関節のひずみエネルギーが小さい頭頸部姿勢になっていることを確認した。

* 正員、東京工業大学工学院システム制御系

研究奨励

(18) マイクロ加工技術を用いた3次元組織構築および灌流培養システムの研究



趙 炳郁*

体内の環境を模倣して体外で構築する3次元組織の作製において、組織の中心部まで栄養と酸素を供給することは、大型組織の作製や組織の機能維持のため重要である。本研究では、磁気を介して駆動する磁気駆動式小型遠心ポンプをマイクロ加工技術を用いて作製し、3次元組織へ導入可能な灌流培養システムを構築した。磁気により駆動しているため、培養皿やチューブなどへ搭載し遠隔で送液を実現しており、モータの回転を制御することで従来では困難であった送液安定性、持続性、波形の多様性そして小型化システムの構築に成功した。上記の研究は今後メカノバイロジーやマイクロ流体工学など様々な分野へ応用が期待できる。

* 正員、東京大学大学院情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻 (〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)

研究奨励

(19) 昆虫嗅覚と機械を融合したバイオハイブリッド
匂いセンサ・匂い源探索技術の研究



照月 大悟*

環境中の匂い検出とその発生源を探索する技術は、環境監視や危険物質検出など、様々な応用が期待される一方で、既存の匂いセンサは感度や応答速度に課題を残す。そこで本研究では、昆虫嗅覚（嗅覚受容体・触角）に着目し、昆虫嗅覚と機械を融合したバイオハイブリッドシステムの構築を推進してきた。例えば、昆虫（カイコガ）触角とドローンを融合したバイオハイブリッドドローンを構築し、飛行中の匂い検出と匂い源探索に成功した。また、昆虫嗅覚受容体と電界効果トランジスタを融合した匂いセンサや、気相の匂い検出のための匂い物質高速溶解技術を開発し、環境中の匂い情報の利活用を実現する新しい匂いセンサ・匂い源探索技術を構築した。

* 正員、東北大学大学院工学研究科（〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-01）

研究奨励

(20) 外有毛細胞と感覚上皮を模倣した
MEMS人工内耳の能動的共振制御と
聴神経刺激の研究



山崎 嘉己*

世界規模で高齢化が進展する一方、約1,000人に1人の新生児が聴覚障がいであり、オーディオ機器の普及による若年層の難聴数増加も問題視されている。これまでに、感音性難聴に対する未来医療に関連し、機械工学的考究と微細加工技術に基づき、内耳蝸牛の感覚上皮を模倣したMEMS人工内耳を開発してきた。本研究では、蝸牛の外有毛細胞に着目し、約100万倍の音圧差に応答すべく、新しい共振制御技術を開発した。さらに、MEMS人工内耳による聴神経の電気刺激について、機械工学と神経科学を融合した医工学連携モデルを考案し、従来の動物実験との一致が示された。本研究は、MEMS人工内耳の最適設計に加え、聴覚生理の本質的理解にも資することが期待される。

* 正員、大阪大学大学院基礎工学研究科

技術奨励

(1) 機械構造物の単調・繰返し変形解析のための
陰的応力更新法の開発



安食 拓哉*

本研究は、単調負荷に加えて繰返し負荷における変形現象を高精度に表現し得る下負荷面モデルをユーザー定義関数によって汎用有限要素法ソフトウェアに実装するための陰的応力更新法を開発した。下負荷面モデルに対して応力と内部変数を後退オイラー法によって更新するリターンマッピングおよび全体剛性方程式のつり合いを効率的に計算するための整合接線係数テンソルを導入した。さらに、塑性ひずみ速度の変形速度依存性現象、つまり粘塑性変形現象を表現し得る下負荷面超過応力モデルに対して陰的応力更新法を拡張した。これにより、機械構造物の単調負荷のみならず繰返し負荷における弾粘塑性変形現象の高精度・高効率な解析手法を構築した。

* 正員、ヤンマーホールディングス㈱

技術奨励

(2) 脚力によらず起立着座動作を実現する
受動型機構とその応用機器の開発



江口 洋丞*

神経の損傷や病変により体の運動機能や感覚機能が損なわれることがあり、脚部に影響を受けた人は生活に車椅子を用いるが、多くの時間を座って過ごすことによる実際の不利益は、一般に想像されるよりも遥かに大きい。本開発では、脚力が失われても自身の意思で自在な起立動作を実現する受動型機構を構築した。人が立ち上がる運動の力学的な分析に基づき、動作中の膝にかかる負荷を適切に補うバネ駆動のリンク機構を数値計算で最適に設計し、上半身を動かすことによるバランスを利用して起立動作の制御を可能とした。現在は、この技術を応用した起立リハビリテーション機器と、モビリティ機器の実用化開発に取り組んでいる。

* 正員、Qolo㈱

技術奨励

(3) 山岳地域における
風車性能評価技術の開発



大竹 悠介*

近年、風力発電への期待が高まっているが、日本には風車建設に適した平坦地が少なく、風況が複雑で風車への負荷が高い山岳地域への導入が加速している。そのため、山岳地域における風況を把握し、風車の状態を評価する技術開発が必要である。そこで、風況計測や数値流体解析に基づいた風況推定を進め、風車性能を評価する技術を開発した。本技術では、風車ロータ面内を通過する風のエネルギー量に基づいて性能評価向けの代表風速を算出することで、山岳地域特有の風況特性を考慮した発電出力評価を可能とした。さらに、開発技術を適用し、ダウンウィンド風車が吹上風条件下で出力が向上することを稼働中の風車データから実証した。

* 正員、㈱日立製作所

技術奨励

(4) 複雑に変化する環境に適応する
ピッキングロボットの階層型動作制御技術の開発



岡 佳史*

物流現場での労働力不足から、物流業務を自動化するピッキングロボット需要が高まっている。多様な商品を扱うピッキングロボットは、複雑な環境に適応し、高精度で高速な動作が求められる。そこで、ロボット動作のリアルタイム性に基づいて制御システムを階層化し、各階層に適切な機能を配分する制御技術を開発した。これにより、環境との接触情報を活用した精密かつ高速な把持動作を実現した。また、物体の接触状態を制御し、輸送効率低下の要因である配置物体間の空き空間を削減した。この技術はピッキングロボットの高速化と輸送効率向上に貢献したことに加え、動的に変化する環境に適応するロボットシステムに展開することが期待できる。

* 正員、㈱東芝

技術奨励

(5) 高精度慣性センサの小型モジュールとその位置・姿勢計測応用技術の開発



小野 大騎*

モビリティにも搭載可能な小型かつ高精度な慣性センサ装置による位置・姿勢計測技術の実現を目指し、学術的にも最先端である角度直接計測型ジャイロ及び差動共振型加速度センサの2つの革新的慣性センサをMEMS技術で小型モジュール化する開発において、回路基板の小型化に取り組み、世界初の5cm角マイコンベース小型モジュールを実現した。また、開発したモジュールを用いて、移動体の位置計測や傾斜計測のデモシステムを構築し、十分な有用性を実証した。これらの技術はAGVやドローン等の小型モビリティの自己位置推定精度を大幅に向上させ、倉庫・工場内の物流管理、農作業支援、インフラ点検等の普及に大いに寄与するものである。

* 正員、(株)東芝

技術奨励

(6) X線回折法による浸炭部品の損傷評価技術の開発



金澤 智尚*

建機や鉱山機械に多用されている浸炭部品（歯車や軸受）は、高額かつ高い疲労強度特性が求められ、付加価値の高い部品である。リマニュファクチャリングの分野においては、このような部品の損傷具合を定量化し、部品の再利用可否判定に活用することが重要である。本技術は、X線回折法の一つである $\cos\alpha$ 法を用いて、要素試験片ならびに市場回収品の表層近傍の機械的・組織的変化の相関を明示したことで、非破壊により浸炭部品表面の損傷度合いを定量評価可能な技術を開発し、実用化に至っている。また、これまでに安全を考慮して全数廃棄していた部品も再利用判定可能となり、部品の再利用向上および環境負荷低減にも貢献することが期待される。

* 正員、日立建機(株)

技術奨励

(7) 機械学習による高能率切削条件の提案システムの開発



河合 謙吾*

切削加工においては、主軸モータの出力限界や、工具のびびり振動の発生限界などが、加工能率向上の制限となる。この加工能率の限界は、使用するワーク素材、工作機械、工具、ホルダ、切削条件などによって異なるため、高能率加工を行うためには、事前に最適な組み合わせを選定しておく必要がある。受賞者は、様々な加工条件での主軸出力とびびり振動の発生限界を加工試験によって求め、その結果を学習することで、加工能率の限界を予測する機械学習モデルを作成した。そして、その予測モデルを用い、最も高能率で加工できる工作機械、工具、ホルダ、切削条件の組み合わせを、加工者に提供するシステムを考案した。

* 正員、DMG森精機(株)

技術奨励

(8) 人や設備に依らないフレキシブル生産を実現するNCプログラム自動補正技術の開発



毛戸 康隆*

製造業では、世界情勢に応じて製造拠点をフレキシブルに変更するといった、レジリエントな経営が求められる。製造拠点変更には、人や設備に依らない製造が必要となる。主要な加工方法の1つである切削加工では、製品や設備機差を熟知した作業員による加工調整が行われており、人や設備が異なる製造拠点では、同製品を同精度で加工することが困難である。そこで本研究では、設備機差の主要因である主軸剛性を実測により数値化し、設備機差を含んだ工具たわみに応じてNCプログラム内の工具パスや送り速度を自動で補正する技術を開発した。本技術により、製造拠点を変更しても高精度な加工が可能となり、フレキシブルな製造拠点の変更が実現できる。

* 正員、(株)日立製作所

技術奨励

(9) 実路走行排気規制対応エンジン制御システムの開発



小祝 隆太郎*

自動車用エンジンに新たに導入される実路走行排気規制に対応したエンジン制御システムを検討し、実路走行にて排出量増加が想定される微粒子状物質（PM）削減技術を開発した。本開発では、燃焼によるPM生成抑制と排気中のPM除去の両面からアプローチし、空燃比制御とPM除去フィルタ制御に着目した。空燃比制御の課題であった過渡時の空燃比変動に対し、スロットル前後差圧によるスロットル有効流路変化を考慮した流量推定手法を考案し、空燃比変動抑制を実証した。またPM除去フィルタ制御の課題であったPM排出量推定の高演算負荷に対し、PM排出量に強い相関を持つ燃焼開始時の混合状態を実データに基づき統計モデル化し、演算負荷軽減を実現した。

* 正員、(株)日立製作所

技術奨励

(10) 縮約伝熱モデルと線形最適化手法を用いたヒータの熱設計技術の開発



小針 達也*

複数領域に異なる温度分布形成が求められるDNAシーケンサのキャピラリー恒温槽を対象とし、所望の温度分布を形成可能なヒータの熱設計技術を開発した。対流やふく射の影響下における最適化には勾配法やヒューリスティックな手法が用いられるが、繰り返し計算が膨大となり試作・評価に時間を必要とする。本研究では、キャピラリー恒温槽では伝導伝熱が支配的である点に着目し、熱の重ね合わせ則に基づいた縮約伝熱モデルを構築した。更に線形最適化手法による発熱密度分布の設計技術を提案した。本技術により短時間で精度のよいヒータ設計が可能であり、設計・試作・評価に関わる手戻り回数を低減して製品の設計期間短縮に有用であることを示した。

* 正員、(株)日立製作所

技術奨励

(11) 高速温風による縦型洗濯乾燥機の乾燥仕上がり向上技術の開発



佐々木 聡凜*

縦型洗濯乾燥機（縦型）はドラム式洗濯乾燥機（ドラム式）と比較して、一般に低価格・高洗浄力である一方、衣類の乾燥仕上がりで劣る。受賞者は縦型で乾燥仕上りを向上するには、高速温風の圧力でシワを伸ばすこと、攪拌時の衣類の振れ抑制が重要であることを見出し、送風機を大径化せずに流路断面積を拡大する、遠心送風機の小径・高効率化技術を開発した。また、開発技術を活用した送風機によって得られた高速温風を利用し、衣類の振れ抑制と攪拌を両立する新攪拌制御を開発した。本開発技術を活用した製品は、従来機種に対して衣類の乾燥仕上りを大きく改善し、縦型でドラム式同等の乾燥仕上りを実現した。

* 正員、株式会社製作所

技術奨励

(12) 大気圧低温プラズマの基礎的な生成過程の解明と応用技術の開発



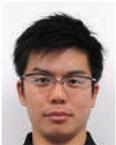
佐藤 陽介*

本技術では、大気圧低温プラズマに関する研究開発に取り組み、エアコンにおける微粒子集塵性能の向上、ガス分解技術の実験的実証、および数値解析によるプラズマ生成過程の解明を行った。微粒子集塵性能の向上では、数値解析と実験を組み合わせ、プラズマ中における微粒子の帯電・捕集挙動を明らかにし、製品における集塵性能の2倍化に貢献した。ガス分解技術の実証では、アルゴンプラズマによりブタノールを約15%分解できること、有害な副生成物がないことを質量分析で確認し、実用化へ向けた有益な知見を得た。また、数値解析により、円筒型の誘電体バリヤ放電装置内におけるプラズマが三段階で生成されることを明らかにした。

* 正員、株式会社

技術奨励

(13) 機械学習を用いた車両ドライバビリティ性能の自動評価法の開発



田島 尚史*

本技術は車両ドライバビリティ（ドライバリ）性能評価に機械学習を組み合わせ、自動で最悪点探索と適合を行うシステムである。ドライバリとはアクセル/ブレーキ操作を行うことで運転者が意図した通りに車両が動くかどうかを主観的な観点から評価する性能である。車両開発の中では、熟練ドライバーが試作車を使って行ってきたドライバリ評価技術をBayesian Active Learning (BAL) を用いた探索の自動化とPower-Train Virtual and Real Simulator (PT-VRS) を用いた評価の自動化により実現している。ドライバリ性能の品質確保と評価の前出し・短期化を両立させることでお客様により「いいクルマ」を早くご提供するための新たな自動評価システムである。

* 正員、トヨタ自動車株式会社

技術奨励

(14) エアギャップを含む配管内流れ解析を活用した自動分析装置向け流動監視技術の開発



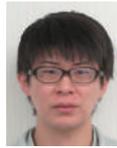
野田 和弘*

血液自動分析装置は、人体から採取した血液内の成分を自動で分析し、医師の診断を支援する装置である。正確な診断を支援するためには、装置の流路内における送液不良などの異常が起こっていないかを常に監視し、正常に分析されたことを担保する必要がある。近年では、微量な血液で分析可能な装置が求められている。分析装置内部での微量血液の送液を高精度に監視するためには、装置が設置された室温の変化などの環境影響を受けない異常検知技術が必要になる。そこで、配管内の流れ解析システムを装置の一部として組み込み、解析結果を通じて装置の置かれた室温などの環境情報を考慮することで、微量血液の送液を高精度に監視することを可能とし、分析結果の信頼性向上に貢献した。

* 正員、株式会社製作所

技術奨励

(15) 大型ウィンドファームにおける風車後流影響を評価可能な風況解析手法の開発



深谷 侑輝*

複数基の風車で構成されるウィンドファームでは、上流側の風車の影響で風の乱れを含んだ後流が形成される。この後流は下流側風車の故障や発電量低下の要因となるため、風車配置設計などにおいて、その影響を精緻に評価することが重要である。本開発では、風車後流を数値シミュレーション上で事業者が簡易的に再現できるモデルを提案、実サイトにおける観測データを用いてモデルの精度を検証した。また、導入拡大が見込まれる洋上風力では、昼夜・季節で風向が反転する特性を考慮する必要がある。気象情報や沿岸サイトで実測した風車後流データを利用し、陸上と海上の大気動態を反映して後流評価モデルを改良した。

* 正員、東芝エネルギーシステムズ株式会社

技術奨励

(16) 乗用車エンジン向けターボチャージャーに用いる高効率ワイドレンジ遠心圧縮機の開発



藤田 豊*

ターボチャージャーに用いる遠心圧縮機は乗用車エンジンの燃費改善と出力向上に寄与するが、広範なエンジン作動に対応するため、エンジン加速時における小流量時の安定作動と高効率の両立が課題であった。そこで受賞者は、エンジン加速時の小流量条件においてインペラ下流に生じる、はく離流れの要因を熱・流体解析を用いて分析し、スクロール形状改良と水冷化により流れの一樣化と高効率化を実現する遠心圧縮機を開発した。また、開発した遠心圧縮機の要素試験で高効率化・ワイドレンジ化の効果を確認するとともに、エンジン試験で燃費とトルクの改善を実証し、遠心圧縮機についてはエンジンの性能向上に貢献した。

* 正員、三菱重工業株式会社

技術奨励

(17) 発電用解砕バイオマスの粒径分布及び
燃料管内堆積条件評価手法の開発



松成 祥平*

火力発電所の脱炭素化のため、燃料を微粉炭や油・ガスからバイオマスへ転換する動きが加速しており、輸送効率や利用の利便性から、別途粉砕したバイオマスをペレットに成形し発電所に搬入する事例が多い。ペレットは専用ミルで解砕し、燃料管を経由し、空気搬送でバーナに送り燃焼させる。解砕ペレットの粒径分布は、空気搬送性、燃焼性などに大きく影響するとともに、ミル性能の把握に必須である。そこで、解砕物の特徴を把握したうえで、実地試験を繰り返し、正確に計測する手法を確立し、さらに燃料管での解砕物の堆積条件をペレット毎に明らかにして堆積性を予測できるようにした。開発成果は運転、計画中の全プラントで利用されている。

* 正員、(株)IHI

技術奨励

(18) 発電プラントの流体漏洩時における
高速気中水噴流挙動の評価技術の開発



渡辺 瞬*

発電プラントの配管で漏水が発生した場合、流体が拡散し、周辺に設置された機器や人身に甚大な被害を及ぼす可能性がある。従って、配管からの漏水への備えが求められ、流体の拡散挙動や飛距離の適正な評価が重要となる。従来手法では、漏洩源からの流体は周囲空気からの抵抗を受けず、かつ拡がらない理想的な状態として扱われていた。本技術開発では、水系配管の漏洩に着目し、噴流の拡がり角度や飛距離の定量化を目的として実験を行った。噴流は、特に高速条件で周囲空気からの抵抗により液粒を伴って肥大し、拡がり角度が増大した。また、その影響で流体の飛距離は従来手法に比べて短くなることが分かり、本現象の適正な評価手法の開発に貢献した。

* 正員、(一財)電力中央研究所

教育

(1) 国際競技会Cybathlonへの
参加を通じた人材育成と
日本でのCybathlonムーブメントの醸成



中嶋 秀朗*

Cybathlon (サイバスロン) (*) という人間支援技術を活用する国際競技大会に、幅広い年次 (学部1 ~ 4年, 大学院生, 途中脱退含む) の学生混合チームを結成し、チームリーダーとして参加した。Powered wheelchair (電動車いす) 部門にて2016年、2020年とも4位の好成績を取った。地方国立大の学生をエンカレッジし、世界で好成績を残せる国際的視野を持った人材育成を行った。また、サイバスロンムーブメントを日本で広げるため、2019年には川崎にて部門別世界大会を、実行委員会副委員長として開催し日本での裾野を広げた。電動車いす部門への日本からの参加チーム数は、2016年1チーム、2019年5チーム (川崎大会)、2020年4チームであり、日本のロボティクスの裾野拡大につながる人づくりに貢献した。

(*) サイバスロンは、障害者の障害を人間支援技術で克服し、障害者がその技術を使って競い合う大会であり、あらゆる人々の社会参加を促すという目的を持つ、スイス発祥の国際大会である。

* 正員、和歌山大学システム工学部

教育

(2) 機械航空工学を総合的に学習する
飛行ロボット教育
(東海クライマックスシリーズの開催)



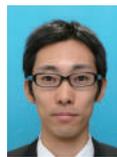
東海国立大学機構飛行ロボット教育研究会
[代表者] 原 進*

大学の機械航空工学系の教育では、伝統的な各種理論と実際の現象との関係を理解する手法として体験型教育プログラムが重要視されている。実際の現象は、単一の理論のみと結びつくことは稀であり、複数理論が統合化された結果である。また、そのような教育プログラムでは、3DプリンターやCAD/CAMなどのデジタル生産技術の一部も実体験として含まれることが望ましい。このような状況のもと、機械航空工学を総合的に理解するためのプログラムとして、名古屋大学と岐阜大学はそれぞれで飛行ロボット (自律滑空機) の設計・製作・評価を行う授業を立ち上げた。そして、この2大学のプログラムの連携を目指して、2021年9月29日に初めての合同競技会「東海クライマックスシリーズ」を岐阜市内のアリーナで開催した。もともと、両大学のプログラムには内容に多少の差異があったが、合同競技会を実施してみると、参加学生はその差異があるために気づくことが多いなどユニークな教育的効果が現れた。さらに、この競技会の模様はオンラインで一般公開されるとともに、参加学生のアンケートに基づいた学術論文も発表し、関係者のみならず広くその意義が伝えられている。

* 正員、名古屋大学大学院工学研究科航空宇宙工学専攻

教育

(3) 埼玉県松伏町と大学の連携による
児童科学・工学教育の推進



守 裕也*¹ 福留 功二*² 亀谷 幸憲*³ 金丸 和之*⁴



浪江 大知*⁴

松伏町科学教室は、児童の自然科学・技術に対する関心を深め、考えを巡らせ、学力向上を図ることを目的に、電気通信大（守*¹）、東京理科大（福留*²）、明治大（亀谷*³）の3大学の流体工学の研究者が松伏町教育委員会（金丸、浪江*⁴）と共同して、松伏町立の全小学校3校において2017年度より開催されている。対象は同町の全ての小学五年生（例年250名程度）であり、学校行事の一環として各小学校の第3-4校時に実施されている。本科学教室は、研究者による講話・実験実演（30分）、児童同士のディスカッション（30分）、児童の自作装置を用いた簡易流体実験（30分）の三部から構成される。大学における最先端の研究を生物規範技術を例にわかりやすく紹介することで、児童の科学への関心を刺激し、さらに周囲とのディスカッションにより考えが成熟していくプロセスを児童自身に体験させる。また、運営サポートに各大学の学生を加えることで、児童との交流を通して伝え方の改善など大学内では得ることのできない教育効果も得られている。

*¹ 正員、電気通信大学 大学院情報理工学研究所

*² 正員、東京理科大学 工学部機械工学科

*³ 正員、明治大学 理工学部機械情報工学科

*⁴ 松伏町教育委員会

教育

(4) 一日体験理工学教室機械の学校



一日体験理工学教室機械の学校実施委員会
〔代表者〕 山田 功*

科学への興味と将来への夢とが最も接近し、啓蒙啓発が最も効果的になされる高校生に対して、大学教員みずからが高校生に語りかける本物の研究体験を提供する「一日体験理工学教室機械の学校」を2012年から2022年にかけて実施してきた。毎年100～200名の参加があり、それぞれが希望したテーマの研究室にて、半日（3時間）あるいは一日（6時間）にわたり「研究」を体験する。テーマは多岐にわたり「宇宙工学への扉2020オンライン」「画像処理による人の動きの検出」「金属材料の強度コントロール」「超高速!! 燃料噴霧を先端技術でみてみよう!」「ロボット工房!」「人工知能はいかに物を見分けるか」など毎年10以上のテーマを提供している。高校生の保護者、高校教諭、および産業界といった地域の方々と協働しながら、群馬大学の設備・人材リソースを惜しみなく投入し、大学教員が自らの専門分野で真剣勝負をしてきた。「実体験」こそが入口であり、機械工学の奥深さ・面白さを知るきっかけとなると期待される。

* フェロー、群馬大学大学院・理工学府・知能機械創製部門（〒376-8515 桐生市天神町1-5-1）

(1) ファインアーク-60 (微細目固液分離スクリーン)

東洋スクリーン工業株式会社*

1. 製品概要

ファインウェッジを搭載した数十 μm 級の微細目固液分離スクリーン装置である。

ファインウェッジとは逆三角形のワイヤーを等間隔に並べてスリット(隙間)を形成し、かつ独自技術による極細ワイヤーを使用して微細なスリットを形成した金属製スクリーン(ふるい、フィルタ)である。(図1)

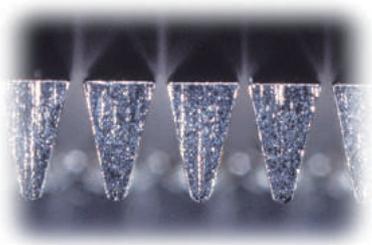


図1 ファインウェッジ拡大図

従来品では100 μm までの固液分離が限界であったが、高精度ワイヤーの開発やスクリーン自動溶接機の確立、ポンプを使用した圧力噴射供給方式により固液分離の限界を20 μm まで下げることが可能となった。

また適応する業界の実績は食品(特に有機排水)、樹脂(プラスチック)、製薬、化学、電子材料、環境、繊維、最近ではバイオマス関連の水処理設備まで多岐にわたる。液中の微細な固形物の回収(固液分離)・異物除去はもちろん濃縮・分級といった用途に使用できる。

スクリーンを洗浄することにより繰り返し使用でき、ステンレス製である為廃棄時においてもリサイクル可能な環境製品である。



図2 ファインアーク-60の外観

2. 製品の内容

ファインアーク-60は独自の設計にて固液分離装置としてシンプルかつコンパクトになった製品である。(図2)

ポイントとなる装置のスクリーンは固液分離において当初50 μm 程度のスリット(目開き)精度が技術的に限界であったが、微細異形線のワイヤーメーカーの調査開拓から、極細ワイヤーの形状、精度開発及びスクリーン自動溶接機に纏わる各因子の洗い出しから繰り返しての改良改善に伴い、均一かつ高精度の微細スリット20 μm レベルの精度開発に成功した。

また、この微細スリットを評価する手段として従来までは目視で測定していた手法から光学測定方式でスリットを拡大させて測定する方式を見出し独自の測定方法を開発した。その後さらに1 μm レベルまで計測できる装置を開発し、現在はスイッチ一つでスリットを自動計測できる装置の開発に至る。これにより均一な微細スリット精度の確認が容易となり、かつ本製品の精度保証が可能となった。

ファインアークの機器構成としては微細高精度スクリーンを斜めに配置しスクリーン上部に供給液を擁するヘッダー管を配置する。ヘッダー管よりスクリーンに枝管を出し先端にノズルチップを取り付ける。分離性能を上げるためにこのノズルチップをスクリーンに対して接線方向に配置する。これは大量の圧力噴射水を効率よくスクリーン処理する技術であり長年培ってきた技術である。

スクリーン自体は動力を使用せず供給するポンプのみの電力で処理可能なシンプルな技術である。また、先端のノズルチップの口径にレポートリーをもたすことにより、様々な液体、固形物処理に対応するノウハウを持って随時見極めて処理を可能にしている。

スクリーンの目詰まり対策としてオプションにて前後洗浄機を設定、取り付け可能としている。生産性を落とさない為に運転を止めずにスクリーンを定期的に洗浄し人手による手間を最小限とする。

3. 販売実績

微細目固液分離装置として20 μm レベルまで処理可能なこのファインアーク-60は同等類似製品等なく唯一無二の製品である。

販売実績は国内のみで61台で本製品のシェアは100%であるが、現在も顧客からの問い合わせに対してサンプル試験を社内及び各現場で実施、安心してご使用いただけるように試験結果を顧客に報告してから受注している。

今後も納品実績を得た分野、業界に対して横展開にて提案PRを繰り返し多くの企業に貢献をしたいと考えている。

* 特別員、〒636-0103 奈良県生駒郡斑鳩町幸前2-10-6