

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	ヒューマノイドと人間を含む大自由度系の運動と制御に関する研究	中村 仁彦〔東京大学〕
2	火力発電および合成ガス製造に関する燃焼・ガス化技術の開発と実用化への貢献	藤森 俊郎〔(株) IHI〕
3	自動車用の自動変速機および要素技術の研究・製品開発	本多 敦〔トヨタ自動車(株)〕

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	溶射プロセスをモデル化したろうの滴下実験による急冷ひずみの測定 日本機械学会論文集第83巻856号(2017年12月掲載),17-00377	天野 歩〔東京工業大学(現 鉄道総合技術研究所)〕 阪口 基己〔東京工業大学〕 黒川 悠〔東京工業大学〕 岡嶋 芳史〔三菱重工業(株)〕 井上 裕嗣〔東京工業大学〕
	2	多層バルジ試験片を用いた薄膜の破壊強度評価手法の開発 日本機械学会論文集第84巻868号(2018年12月掲載),18-00273	石塚 典男〔(株)日立製作所〕 佐久間 憲之〔(株)日立製作所〕 小野瀬 保夫〔日立オートモティブシステムズ(株)〕
	3	大量生産部品のリコールを防止するための極値統計による新しい品質管理法 日本機械学会論文集第83巻853号(2017年09月掲載),17-00231	村上 敬宜〔九州大学〕 町田 尚〔芝浦工業大学(現 日本精工(株))〕 宮川 進〔(株)デンソー〕 高城 壽雄〔(株)タカギ〕
2	4	円管内オリフィス下流における流れの再付着位置と熱伝達極大位置の関係 日本機械学会論文集第82巻840号(2016年08月掲載),16-00067	椎原 尚輝〔防衛大学校(現 陸上自衛隊)〕 中村 元〔防衛大学校〕 山田 俊輔〔防衛大学校〕
	5	Scale model experiments for evaluation of liquid water transport in the gas diffusion layer of PEFCs Journal of Thermal Science and Technology 第13巻2号(2018年07月掲載),jst0025	田部 豊〔北海道大学〕 境田 悟志〔茨城大学〕 近久 武美〔北海道大学(現 北海道職業能力開発大学校)〕
3	6	二次元対向噴流型伸張レオメーターを用いた機械的・光学的同時測定による平面伸張粘度評価手法 日本機械学会論文集第83巻849号(2017年05月掲載),17-00007	加藤 学〔津山工業高等専門学校〕 高橋 勉〔長岡技術科学大学〕
	7	折れ部を有する曲面の端部から発生するフィードバック音のプラズマアクチュエータを用いた制御 日本機械学会論文集第84巻861号(2018年05月掲載),18-00121	宮本 孟宜〔豊橋技術科学大学(現 スズキ(株))〕 横山 博史〔豊橋技術科学大学〕 飯田 明由〔豊橋技術科学大学〕
4	8	石炭火力発電施設ボイラ建造物の制振技術の開発と長周期長時間地震への適応性検討 日本機械学会論文集第85巻869号(2019年01月掲載),18-00252	田中 剛〔オイレス工業(株)〕 藤田 聡〔東京電機大学〕 皆川 佳祐〔埼玉工業大学〕 相田 清〔三菱日立パワーシステムズ(株)〕
	9	高速炉に適用する厚肉積層ゴムの研究開発〔1/2縮尺厚肉積層ゴムを用いた静的載荷試験に基づく履歴モデルの構築〕 日本機械学会論文集第84巻859号(2018年03月掲載),17-00502	深沢 剛司〔三菱FBRシステムズ(株)〕 岡村 茂樹〔三菱FBRシステムズ(株)(現 富山県立大学)〕 山本 智彦〔日本原子力研究開発機構〕 川崎 信史〔日本原子力研究開発機構〕 杉木 孝裕〔(株)大林組〕 櫻井 祐〔(株)ブリヂストン〕 正木 信男〔(株)ブリヂストン〕
	10	ワイヤ干渉駆動型多関節3次元アームの開発〔張力伝達効率, リールの最大密度配置および先端位置精度の検討〕 日本機械学会論文集第83巻848号(2017年04月掲載),16-00270	堀米 篤史〔ファナック(株)〕 山田 浩也〔(株)ハイボット〕 洗 津〔東京大学(現 (株)デンソー)〕 広瀬 茂男〔(株)ハイボット〕 遠藤 玄〔東京工業大学〕

	11	磁気浮上式回転球体風洞装置の開発 日本機械学会論文集第 83 巻 849 号 (2017 年 05 月掲載) ,16-00482	水野 毅〔埼玉大学〕 酒井 康博〔埼玉大学〔現 ヤマザキマザック(株)〕〕 高崎 正也〔埼玉大学〕 石野 裕二〔埼玉大学〕
	12	MoDTC 油中における水素含有 DLC 膜の異常摩耗メカニズム 日本機械学会論文集第 84 巻 861 号 (2018 年 05 月掲載) ,17-00564	大久保 光〔東京理科大学〕 前田 寛陽〔東京理科大学〔現 (株) ディスコ〕〕 川田 将平〔東京理科大学〕 田所 千治〔埼玉大学〕 佐々木 信也〔東京理科大学〕
5	13	Relationship between solidification time and porosity with directed energy deposition of Inconel 718 Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing 第 12 巻 5 号 (2018 年 10 月掲載) ,jsmdsm0104	栗谷 龍彦〔DMG 森精機 (株)〕 小池 綾〔慶應義塾大学〕 森 貴則〔DMG 森精機 (株)〕 柿沼 康弘〔慶應義塾大学〕
	14	機械学習を用いたしゅう動面状態監視システムに関する研究 日本機械学会論文集第 84 巻 868 号 (2018 年 12 月掲載) ,18-00275	橋本 優花〔福井大学〔現 アイシン・エイ・ダブリュ工業(株)〕〕 本田 知己〔福井大学〕 持田 裕介〔福井大学〔現 (株) 荏原製作所〕〕 杉山 和彦〔(株) 荏原製作所〕 中村 由美子〔(株) 荏原製作所〕 高東 智佳子〔(株) 荏原製作所〕
6	15	Three-dimensional deformation mode of multicellular epithelial tube under tension and compression tests Journal of Biomechanical Science and Engineering 第 13 巻 4 号 (2018 年 12 月掲載) ,17-00507	奥田 覚〔科学技術振興機構〔現 金沢大学〕〕 鶴木 克幸〔千葉大学〔現 工機ホールディングス(株)〕〕 永樂 元次〔京都大学〕 坪田 健一〔千葉大学〕
	16	分離形熱サイフォンを用いた血液凝固付着抑制電気メスの開発 日本機械学会論文集第 83 巻 845 号 (2017 年 01 月掲載) ,16-00123	野老山 貴行〔秋田大学〔現 名古屋大学〕〕 大須賀 未都〔名古屋大学〕 梅原 徳次〔名古屋大学〕

日本機械学会賞 (技術) 5 件

(配列は代表者の五十音順)

1	半導体ひずみセンサ「STREAL」の開発と事業化	岡田 亮二〔(株) グローセル〕 宮嶋 健太郎〔(株) 日立製作所〕 太田 裕之〔(株) 日立製作所〕 相馬 敦郎〔日立オートモティブシステムズ (株)〕 芦田 喜章〔(株) 日立製作所〕
2	自動運転アシスト機能付きコンパインの開発	奥山 天〔(株) クボタ〕 仲島 鉄弥〔(株) クボタ〕 中林 隆志〔(株) クボタ〕 吉田 脩〔(株) クボタ〕 石川 直裕〔(株) クボタ〕
3	アクティブトルクロッドの開発	金堂 雅彦〔日産自動車 (株)〕 谷村 浩史〔日産自動車 (株)〕 山内 亮佑〔日産自動車 (株)〕 植木 哲〔(株) プリヂェストン〕 藤井 隆良〔シンフォニアテクノロジー (株)〕
4	超高塗着エアレス塗装技術	田中 一基〔トヨタ自動車 (株)〕 谷 真二〔トヨタ自動車 (株)〕 沼里 亮〔トヨタ自動車 (株)〕 藤沢 泰成〔トヨタ自動車 (株)〕
5	3次元熱拡散率測定に基づく非接触・非破壊繊維配向評価システムの開発	長野 方星〔名古屋大学〕 羽鳥 仁人〔(株) ベテル〕 大槻 哲也〔(株) ベテル〕 栗野 孝昭〔(株) ベテル〕

日本機械学会奨励賞（研究） 19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	高密度電子流による原子拡散を活用した金属マイクロ・ナノワイヤ創製法の研究	木村 康裕〔名古屋大学〕
	2	薄膜—基板構造体の座屈により自律形成する表面微細周期構造の変形現象の研究	永島 壮〔大阪大学〕
2	3	固体酸化物形燃料電池電極の三次元構造定量化と高性能電極作製に関する研究	岸本 将史〔京都大学〕
	4	高流速高希釈条件における火花点火過程の現象解析とモデリングの研究	佐山 勝悟〔(株)豊田中央研究所〕
	5	固体酸化物形燃料電池の電極微細構造と電極性能劣化に関する研究	志村 敬彬〔東京農工大学〕
3	6	銀ナノワイヤ分散系磁性ナノ流体を用いた熱伝導能動制御の研究	岩本 悠宏〔名古屋工業大学〕
	7	機能性壁面による液滴および流体挙動制御の研究	山本 憲〔東京理科大学〕
	8	乱流中の化学物質拡散のラグランジュの数値計算手法の研究	渡邊 智昭〔名古屋大学〕
4	9	複数の振動刺激による人間の錯覚を利用した運動誘導・学習・支援の研究	Salazar Luces Jose Victorio〔東北大学〕
	10	空気圧で浮上する平板の動的安定性と自励振動発生機構の研究	武田 真和〔青山学院大学〕
	11	汎用的な自動組立システムのためのロボットハンドの機構設計と把持・操作計画の研究	土橋 宏規〔和歌山大学〕
	12	屋内環境においてロボットの自律移動を実現するための自動地図生成と経路計画及び動作計画についての研究	本仲 君子〔関西大学〕
5	13	カーボン系硬質膜の摩擦面その場観察による低摩擦発現メカニズムの解明の研究	西村 英典〔鉄道総合技術研究所〕
	14	ソフトマター摺動材の高柔軟性を利用した新しいトライボロジー設計法についての研究	前川 覚〔名古屋工業大学〕
	15	磁性流体中の気泡挙動の解明およびエネルギー環境応用技術の研究	山崎 晴彦〔大阪府立大学〕
6	16	加速分子動力学法の開発とその応用に関する研究	石井 明男〔大阪大学〕
	17	流体—構造—生化学連成計算によるマラリア感染赤血球の流動・接着解析の研究	石田 駿一〔神戸大学〕
	18	細胞間接着結合を介した1分子レベルの張力発生フィードバックの研究	牧 功一郎〔東京大学〕
	19	毛管現象による自発的液滴生成現象とそのデバイス化の研究	矢菅 浩規〔早稲田大学〕

日本機械学会奨励賞（技術） 15件

(配列は受賞者の五十音順)

1	実験計画法を用いた工作機械の少数温度測定による熱変形補正システムの開発	石野 嘉章〔高松機械工業(株)〕
2	超音波音響法による低速軸受診断技術の開発	磯村 優樹〔旭化成エンジニアリング(株)〕
3	パワー半導体の大エネルギー破壊現象解明技術の開発	市倉 優太〔東芝インフラシステムズ(株)〕
4	アンモニア/天然ガス混焼ガスタービンの開発	伊藤 慎太郎〔(株)IHI〕
5	災害時原子炉内部調査用ロボットの開発	上田 紘司〔東芝エネルギーシステムズ(株)〕
6	インクジェットプリンタのインク循環供給システムの開発	植松 勇一郎〔(株)リコー〕
7	空気ばね圧力異常検知システムの開発	杏掛 久志〔東日本旅客鉄道(株)〕
8	音響理論に基づいた翼騒音に対する能動的騒音低減技術の開発	後藤 達彦〔(株)東芝〕
9	4H-SiCパワーデバイス積層欠陥拡張閾値の応力依存性試験・評価技術の開発	牛流 章弘〔(株)東芝〕
10	高速鉄道車両用ブレーキディスクの寿命評価技術及びブレーキライニングの開発	阪山 由衣子〔日本製鉄(株)〕
11	遠心圧縮機用ティルティングパッド軸受における油膜温度解析手法の開発	佐藤 基喜〔(株)日立製作所〕
12	EBSD法を用いた結晶方位解析に基づく疲労損傷度評価法および疲労強度予測法の開発	早川 守〔日本製鉄(株)〕
13	PQモニタリング台車を用いた急曲線でのフランジ摩耗量とレール側摩耗量の推定方法の開発	松田 卓也〔東京地下鉄(株)〕
14	面内及び層間破壊を考慮したCFRPの損傷進展解析評価手法の開発	三浦 一浩〔三菱重工業(株)〕
15	非定常燃焼解析による石炭ガス化複合発電向けガスタービン燃焼器の燃焼特性評価技術の開発	柚木 啓太〔三菱重工業(株)〕

日本機械学会教育賞 2件

(配列は代表者の五十音順)

1	小学生が構想したロボットを高専生が設計製作するロボットコンテスト教育	逸見 知弘〔川崎医療福祉大学〕 山崎 容次郎〔香川高等専門学校〕 十河 宏行〔香川高等専門学校〕
2	学部1年生から最先端研究に参加できるROUTE〔Research Opportunities for Undergraduates〕プロジェクトの実践	グループ名 横浜国立大学・機械工学教育プログラム 代 表 者 丸尾 昭二〔横浜国立大学〕

日本機械学会優秀製品賞 3件

(配列は受賞社の五十音順)

1	流量計測制御機能付電動二方弁 ACTIVAL+	アズビル(株)
2	回転切削圧入機ジャイロパイラー	(株) 技研製作所
3	微小球反発硬さ試験機 eNM3A10	(株) 山本科学工具研究社

技術功績

(1) ヒューマノイドと人間を含む
大自由度系の運動と制御に関する研究



中村 仁彦*
(1954年生)

受賞者は1985年京都大学に提出した博士論文で、大自由度をもつロボットの冗長性の問題に取り組み先駆的な研究成果を上げた。優先順位を有する作業という概念に基づく局所的解法、最適制御を用いた大局的解法、特異点の問題を緩和する特異点低感度運動分解などの運動学に関する成果である。これらは現在もヒューマノイド運動制御などで標準的な方法として採用されている。

カリフォルニア大学サンタバーバラ校を経て、東京大学に赴任した1990年代には、多指ハンドの把持力分配問題、閉リンク系の順動力学計算と駆動冗長性の問題、開リンク系と閉リンク系の間の構造変化を許容する順動力学計算へと研究を展開した。並行して、運動学と動力学の微分形式が時間展開する際の非可積分性の問題に取り組み、無重力下の浮遊宇宙ロボットの運動、劣駆動マニピュレータの設計と制御、非可積分性とカオスに関する研究を行った。

1998年から2003年のCRESTのプロジェクトでは、ヒューマノイドの脳型情報処理を主たる研究テーマとして、(1)ヒューマノイドの機構設計と順動力学計算、(2)人間の体性感覚の推定、(3)人間の運動の記号化に取り組み、モーションキャプチャデータから人間の全身骨格系の動力学を計算し、筋活動推定を行う体性感覚情報処理はその後、脊髄の運動・感覚ニューロンの運動支配モデルの研究、スポーツ・バイオメカニクスの研究へ広がった。人間の全身運動の時系列を隠れマルコフモデルで表し、多数のモデルを統計分類することで運動の記号化を行い、記号を用いて人間の運動を識別し、記号からヒューマノイドの運動を生成するミメシスモデルを提案した。脳におけるミラーニューロンの双方向性から発想を得た行動システム論である。

2010年代には、電気静油圧機構を小型化して力感受性の高い駆動系を開発し、全身駆動系にこれを採用したヒューマノイドHydraを開発した。AIを用いたビデオモーションキャプチャによる人間の運動解析と体性感覚推定は健康社会を支える技術となりつつある。運動パターンの記号化は言語化に接続し、運動の言語理解とそれに基づいた人間=ロボットコミュニケーションの研究へと発展した。

受賞者はヒューマノイドと人間を含む大自由系の運動と制御に取り組み、その研究成果は国の内外を問わずこの分野の学術研究に大きな影響を与えている。

* フェロー、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)

技術功績

(2) 火力発電および合成ガス製造に関する
燃焼・ガス化技術の開発と実用化への貢献



藤森 俊郎*
(1962年生)

受賞者は、火力発電および合成ガス製造に関する燃焼、ガス化技術の開発と実用化に貢献した。ガスタービン、ボイラなどの低環境負荷燃焼技術に加えて、炭素資源の有効活用技術として、低品位炭等の燃焼技術、二塔式ガス化炉による合成ガス製造技術の開発および実用化に取り組んだ。さらに、火力発電のCO2排出削減に向けて、水素・アンモニア利用技術や酸素燃焼ボイラの開発に取組み、特に2014年から5年間、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「エネルギーキャリア」において、研究開発責任者としてアンモニアの直接燃焼によるガスタービン、ボイラ発電技術開発を主導し、実用化に向けて大きく前進させた。

二塔式ガス化炉は、バブルリング流動層ガス化炉と循環流動燃焼炉を連結して、流動媒体の循環により、吸熱反応となるガス化炉に燃焼炉から熱供給するもので、酸素設備が不要となりガス化プロセスが簡素化される。バイオマスや褐炭など多様な炭素資源を原料として、水蒸気ガス化による水素リッチ合成ガスを生成し、原動機や工業炉の燃料に加えて化学プラントの原料に適用される。2003年より開発に着手し技術開発リーダーとして基本技術を確認させた。その後、資源が豊富で合成ガスの需要が高いインドネシアで日量50tクラス実証炉での運転が完了し実用化の段階に至っている。多数の特許出願がなされた独自の高度な流動層制御技術であり技術発展への貢献が大きい。

また、火力発電のCO2削減に向けて、水素エネルギーのキャリアとして注目されるアンモニアのガスタービン、石炭火力の混焼技術開発に取り組んだ。アンモニアは、燃焼安定性や燃料窒素分によるNOx増大が課題であるが、2段燃焼によるGT燃焼器を開発し、2MWクラス発電装置で環境規制をクリアした。また、石炭との混焼については、混焼シミュレーションモデルを開発して微粉炭バーナへのアンモニア噴射の最適化を進めて、大型燃焼試験設備でNOx生成量が石炭専焼以下となることを明らかにした。これらの成果は、アンモニアが火力発電用燃料として利用できることを世界に先駆けて示したもので、燃焼技術および火力発電CO2削減技術発展への貢献が大きい。また、開発に際しては、大学や国研との連携と学会発表を積極的に進めて、この分野の国内研究レベルの向上に貢献した。

以上の様に、上記分野における独創的技術開発と社会課題に対する先駆的技術開発に関して、大きな功績が認められる。

* フェロー、(株)IHI (〒135-8710 東京都江東区豊洲3丁目1-1)

技術功績

(3) 自動車用の自動変速機および要素技術の研究・製品開発



本多 敦*
(1963年生)

自動車の自動変速機およびその要素技術の技術革新に努め、自動変速機の技術開発を通じ、燃費性能や動力性能の向上、小型軽量化、振動騒音の低減を実現した乗用車用の有段自動変速機やベルト式無段変速機等を実用化するとともに、それらの技術を多く特許で公開することで普及に貢献した。

主たる業績としては、①世界初となる8速自動変速機の開発と②自動変速機（無段変速機を含む）の要素技術の製品開発である。

①世界初となる8速自動変速機は、開発リーダーとして開発・設計を推進し2006年、乗用車へ搭載し実用化した。8速自動変速機は従来の6速変速機に比べワイドギヤ比化による燃費・動力性能の向上が見込める一方、変速機の大形化が課題であったが、ギヤトレインや材料の選定、形状設計などにより6速変速機と同等サイズで実現した。この開発は現在の自動変速機の多段化の進歩・普及に大きく寄与している。

②自動変速機（無段変速機を含む）の要素技術の製品開発において、1994年に製品化した高性能トルクコンバータでは、燃費性能を向上させるロックアップクラッチ（直結クラッチ）を安定かつ持続的なスリップを行うため、主要要素の1つである精密な制御に必要な出力軸回転数検出部をシンプルな構造で実用化した。2000年に製品化したベルト式無段変速機では、プーリと接触する数百枚のエLEMENTと環状に拘束する数枚のリング対で構成されるベルトの高い金属間摩擦係数と、前後進切り替えの湿式クラッチの制御性と応答性に必要な摩擦特性、トルクコンバータ内のロックアップクラッチの耐シャッター性（ステイック・スリップ性）をバランスさせる潤滑油を実用化した。

また、ベルトとプーリに必要な摩擦力を発生させる内接ギヤ式油圧ポンプでは、有段自動変速機の油圧ポンプと同じ構成ながら数倍の最大吐出油圧が必要であるが、内歯ギヤの外周とポンプハウジングの内周の摺動焼付き防止をハウジングの圧力緩和油溝構造のみで実現。さらに、このポンプハウジングにファイナルギヤにより掻き上げられた潤滑油を受け止める漏斗形状と油路を設け、油圧ポンプ（すなわちエンジン）停止状態の車両牽引時に前後進切り替えギヤの焼付き防止を実現した。

以上の他にも、更なる燃費性能や動力性能の向上、小型軽量化、振動騒音の低減を図るため、将来の自動変速機の要素技術の研究開発を推進し新たな自動変速機の進歩に貢献している。

* 正員、トヨタ自動車㈱（〒471-8571 豊田市トヨタ町1）

論文

(1) 溶射プロセスをモデル化した
ろうの滴下実験による急冷ひずみの測定



天野 歩*¹
(1993年生)



阪口 基己*²
(1980年生)



黒川 悠*²
(1982年生)



岡嶋 芳史*³
(1979年生)



井上 裕嗣*⁴
(1962年生)

発電用ガスタービンの高温部材の表面には、金属基材を高温ガスから保護するためセラミックス製の遮熱コーティング(TBC)が施され、その成膜には大気圧プラズマ溶射が広く用いられている。ガスタービンの運用中には、このTBCに減肉、割れ、脱落等の損傷が生じるが、これらの損傷は溶射時に生じる皮膜の残留応力に左右されるため、その残留応力の発達過程の解明が求められている。これまで、溶射中に発生する応力の計測は様々な方法で試みられてきたが、いずれも溶射粒子の凝固後に残留した応力を測定したものであり、溶射した単一粒子が急冷凝固する過程での急冷応力の発達挙動を検討した研究は行われてこなかった。この溶射皮膜の力学問題の難しさは、溶射したスプラットが急冷凝固する過程の時間と寸法のスケールが小さすぎ、その過程での応力発達挙動が計測困難なこと、そして、皮膜の特性を左右する溶射パラメータが膨大で個別評価が困難なことに起因する。

本論文では、セラミックス遮熱コーティングの溶射プロセスで単一スプラットに生じる力学現象を解明することを目的として、溶射したろう液滴を金属基材に滴下するモデル実験を行った。具体的には、自作した滴下装置と測定系を使用して、ろう液滴の凝固・密着に由来する急冷ひずみを精度よく抽出し、液滴の凝固・密着過程でのひずみの発達過程と皮膜の割れ・剥離挙動に与える基材温度の影響を検討した。その結果、実際の溶射プロセスでの残留応力の発達挙動を再現することに成功し、基材温度が低下するほど皮膜と皮膜/基材界面に発生する急冷ひずみが増加すること、そのひずみの大きさに依存してろう皮膜の割れや剥離が生じることを明らかにした。

本論文のモデル実験で観察された破壊現象には溶射プロセスで見られる実現象との類似点が多く見られた。この研究を発展させれば、数多くの溶射パラメータ(滴下条件)の影響を個別に抽出し、それぞれの滴下条件が凝固皮膜の密着強度に与える影響を可視化でき、これまで経験則に頼らざるを得なかった溶射パラメータの最適設計に繋げられる。また、溶射材料の凝固過程での力学現象は、鋳造や溶接、3Dプリンティング造形物の強度問題にも適用が利くため大きな波及効果を持つ。

* 掲載：日本機械学会論文集、83-856、(2017-12)、17-00377。

*¹ 正員、東京工業大学工学院(〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1)(現(公財)鉄道総合技術研究所)

*² 正員、東京工業大学工学院(〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1)

*³ 正員、三菱重工業(株)総合研究所(〒676-8686 高砂市荒井町新浜2-1-1)

*⁴ フェロー、東京工業大学工学院(〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1)

論文

(2) 多層バルジ試験片を用いた
薄膜の破壊強度評価手法の開発



石塚 典男*¹
(1965年生)



佐久間 憲之*²
(1964年生)



小野瀬 保夫*³
(1961年生)

本論文では、薄膜の強度を評価する新たな手法を提案した。従来、サブミクロンオーダーの薄膜材料の機械強度評価には、ハンドリングが難しい薄膜単体の試験片や特殊な試験装置が必要であった。本論文は、シリコン基板上に多層の薄膜から成るダイヤモンドを形成し、それに圧力を付加する多層バルジ法という新手法を提案したものである。単層のバルジ法はこれまでに薄膜のヤング率評価に用いられてきたが、ダイヤモンド端部に応力特異場が生じることや、破壊箇所の制御が困難なことから強度評価には適用できなかった。本研究では、多層膜のダイヤモンド構造上に評価したい薄膜を設けた試験片を用いることで上記課題を解決した。多層のダイヤモンド構造とすることで、応力特異場での破壊を避けて評価薄膜を選択的に安定して破壊でき、かつハンドリングが容易で試験装置もシンプルにできるため、薄膜材料強度のデータベース化の加速や、センサや半導体など薄膜を用いた各種製品の信頼性向上に大きく寄与できる。本開発手法をチタン薄膜の強度評価に適用した結果、評価薄膜を選択的に破壊して強度評価できることを確認した。

* 掲載：日本機械学会論文集、84-868、(2018-12)、18-00273。

*¹ 正員、(株)日立製作所 研究開発グループ機械イノベーションセンタ(〒312-0034 ひたちなか市堀口832-2)

*² (株)日立製作所 研究開発グループエレクトロニクスイノベーションセンタ(〒185-8601 国分寺市東窓ヶ窪1-280)

*³ (株)日立オートモティブシステムズ 電子設計本部(〒312-8503 ひたちなか市高場2520)

論文

(3) 大量生産部品のリコールを防止するための
極値統計による新しい品質管理法



村上 敬宜*1 (1943年生) 町田 尚*2 (1947年生) 宮川 進*3 (1954年生) 高城 壽雄*4 (1938年生)

極値統計法を大量生産部品の品質管理に適用し、市場で起こる数ppmあるいはそれ以下の不具合によって生じる全製品のリコールを製品開発の初期段階からいかに防止するかの方法を提案し、実践的手法を示した。内容は次のようにまとめられる。

1. 多くの不具合は製品の疲労破壊などが原因になっている。極値統計法は、これまで $\sqrt{\text{area}}$ パラメータモデル（微小欠陥を有する材料の疲労限度予測モデル）と組み合わせで微小欠陥を有する材料の疲労強度のばらつきや強度の下限値などの評価に有効な実績を示してきた。本論文では、その方法を部品の強度の視点から見た不具合を防止する品質管理に応用する方法を示した。関連する事例で具体的方法を説明した。
2. 提案した品質管理法は、大量生産製品に限らず、原理的に少量生産の大型機械の不具合または事故防止にも応用可能である。
3. 提案した方法は、基本的には他の種々の使用形態の動作パラメータから見た機能評価や材料選択の指標にも利用できる。関連する事例で具体的方法を説明した。
4. トライボロジー問題やその他の環境問題に由来する不具合に対しても、提案した極値統計法の基本を応用することが可能である。その場合にも、過大負荷試験によって原因となる因子の極値を取り出し、定量的評価に持っていくことが重要である。設計部門が想定した市場の負荷での限られた数の確認試験では極値を取り出すことはできない。
5. 従来の品質管理法では、極めてまれに起こる疲労破壊などは設計段階では把握しにくく、市場で起こるppmオーダの不具合の原因を定量的に把握することなく根拠が曖昧な安全率で裕度を補うという方法が採用される。そのような方法で不具合が起これなければ、一応その製品の設計は成功といえるかもしれないが、その製品で採用した安全率の裏に市場で不具合を起こす可能性のある原因が隠される危険性がある。
6. 現在世界の自動車メーカーなどで当然のこととして設計の基本概念となっているストレス・ストレンクスモデルについては根本から考え直す必要がある。モデルの基本となっているストレンクスの分布が必ずしも正規分布ではないからである。
7. 市場で起こる数ppm程度の不具合は設計技術者だけでは避けることができない。素材や要素部品からなる製品開発に関わる異なる企業の技術者間での情報交換による現象理解の共有と極値統計データに基づいた開発変更へのフィードバックが必要である。

* 掲載：日本機械学会論文集，83-853，(2017-9)，17-00231。

*1 名誉員，九州大学名誉教授（〒811-0212 福岡市東区美和台6-20-7）

*2 フェロー，芝浦工業大学（現）日本精工(株)社友（〒141-8560 東京都品川区大崎1-6-3 日精ビル）

*3 正員，(株)デンソー（〒448-8661 刈谷市昭和町1-1）。

*4 正員，(株)タカギ（〒802-8540 北九州市小倉南区石田南2-4-1）

論文

(4) 円管内オリフィス下流における
流れの再付着位置と熱伝達極大位置の関係



椎原 尚輝*1 (1985年生) 中村 元*2 (1965年生) 山田 俊輔*2 (1978年生)

壁面に沿う流れが段差などにより一旦壁面から剥がれる現象を“流れのはく離”といい、その後再び壁面に付着する現象を“流れの再付着”という。流れが再付着すると熱や物質の移動が促進されることが古くから知られており、そのメカニズムを明らかにするための研究が従来から数多く行われてきた。その中で、流れが再付着する位置よりも熱伝達（壁面-流体間の熱移動）が極大になる位置の方が上流側に存在することが多くの研究者から指摘されてきた。これは、熱・物質移動の促進や材料の減肉あるいは熱疲労とも密接に関わる問題であり、そのメカニズムを明らかにする試みが主に点計測によって行われてきた。しかし、単純に見える流れ場であっても、そこに形成される乱流渦構造やその挙動に伴う熱・物質移動現象は極めて複雑であり、実験的に十分に明らかにすることは困難であった。

著者らは、量子型赤外線カメラのセンサ感度が近年飛躍的に向上したことに着目し、赤外線カメラを用いた対流熱伝達の非定常測定に取り組んできた。この手法を用いると、従来の点計測では測定が難しかった高速かつ複雑に変動する熱伝達変動を面の情報として定量的に捉えることが可能になる。本論文は、円管のオリフィス下流側に形成される流れの再付着領域において、再付着位置と熱伝達の極大位置がずれる原因について、赤外線カメラを用いた測定により調査したものである。対流熱伝達は壁面近傍に形成される渦構造の挙動に伴って変動するため、瞬時熱伝達率分布の時々刻々の変化から、壁面近傍の流れ方向や再付着位置を捉えることができる。本研究では、瞬時熱伝達率分布の時系列画像を基に、汎用PIV解析ソフトウェアを用いて流れの瞬時再付着位置を評価した。

得られたデータを統計解析した結果、従来の報告と同様に、熱伝達率の極大は時間平均的には流れの再付着位置よりも上流側に存在することが示された。一方で、瞬時熱伝達率分布に再付着位置を抽出条件としたアンサンブル平均を施したところ、瞬間的には熱伝達率の極大と再付着位置が密接に対応していることが示された。ただし、流れの再付着が上流側で起こるほど熱伝達への寄与度が高くなり、これが時間平均的な再付着位置と熱伝達率極大のずれの原因になっていることが明らかになった。

* 掲載：日本機械学会論文集，82-840，(2016-8)，16-00067。

*1 正員，防衛大学校 理工学研究科（現）陸上自衛隊

*2 正員，防衛大学校 システム工学群 機械工学科（〒239-8686 横須賀市走水1-10-20）

(5) Scale model experiments for evaluation of liquid water transport in the gas diffusion layer of PEFCs



田部 豊*1 境田 悟志*2 近久 武美*3
(1971年生) (1988年生) (1954年生)

固体高分子形燃料電池 (PEFC) は、水素の化学エネルギーを直接電気に変換できることから高効率で水しか排出しない運転が可能である。すでに自動車、分散型コジェネレーションなどの用途で実用化が始まっているが、さらなる普及拡大のためにはコスト削減が必要不可欠である。そのための課題の一つとして高出力化が挙げられる。本論文の対象は、高電流密度運転時の適切な水管理において重要となるガス拡散層 (GDL) 内の水輸送現象である。GDLは炭素繊維からなる数十マイクロメートルの細孔を有する多孔体であり、発電反応が起こる触媒層とガス流路の間に配され酸素ガスおよび電子の一樣供給と生成水の効率的排出を賄う。ここで、高電流密度運転時に過剰となった多量の凝縮水がGDL内に滞留すると、ガス流路からの酸素供給が阻害され性能が低下するフラディングと呼ばれる現象が生じる。したがって、適切な水管理のためにはGDL内の水輸送現象を明らかにすることが必要となるが、世界的に急速に発展してきているX線、中性子線イメージング技術をもってしても実験的な観察は未だ困難な状況である。

本研究では、GDL内凝縮水の輸送現象評価を高度化するために、スケールモデル実験と名付けた新しい評価手法を考案した。これは、GDLを300倍程度に拡大した模型を3Dプリンターで製作し、実際の微細スケールでの挙動が再現可能な相似条件を適用することにより、拡大模型内で液水挙動を容易に観察可能とする手法である。相似条件につき、まず著者らにより開発済みの複雑多孔体内の大規模計算が可能な格子ボルツマンシミュレーションを用いて検討を行った。この結果を基に、313倍の拡大GDL模型および密度の近いシリコンオイルと水を適用した実験により、実際のGDL内のシミュレーション結果と同様な液水挙動を再現することに成功した。さらに広範囲な条件での実験結果から、キャピラリー数を 10^{-3} オーダー、ウェーバー数を 10^{-1} オーダー以下とすること等の詳細な相似条件を明らかにするとともに、流路付きGDL内の液水の動的挙動評価から、本提案手法の有効性を示した。

以上のように、本論文は多孔体内の2相流挙動の特性を利用した相似条件を適用することにより、高度な計測機器を使用することなくGDL内の液水挙動を観察可能とした。本手法は3DプリンターによりGDL構造を自由に試作できる点も拡張性が高く、水管理能力に優れた電池開発におけるブレークスルーの一助となると考えられる。

* 掲載：Journal of Thermal Science and Technology, 13-2, (2018-7), jtst0025.
*1 正員，北海道大学大学院工学研究院（〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目）
*2 正員，茨城大学大学院理工学研究科（〒316-8511 日立市中成沢町4-12-1）
*3 名誉員，北海道大学大学院工学研究院，（現）北海道職業能力開発大学校（〒047-0292 小樽市銭函3丁目190）

(6) 二次元対向噴流型伸張レオメーターを用いた機械的・光学的同時測定による平面伸張粘度評価手法



加藤 学*1 高橋 勉*2
(1975年生) (1961年生)

本論文は低粘度の液体における平面伸張粘度を機械的手法および光学的手法の2種類の方法で同時に計測する技術を提案し、評価装置を構築して試験を行い本手法の正当性を検証するとともに、今後解決すべき問題点を明らかにしたものである。平面伸張粘度はフィルム成形やペットボトル製造のブロー成形、ダイコーターによるコーティング工程などにおいて支配的な因子となる流体の物性値の1つである。伸張変形を与えるに際して固体のように掴んで引張ることができないことから、液体の伸張粘度を測定することは容易ではない。一軸伸張、二軸伸張、平面伸張の3つの伸張変形に対する粘度のうち、二次元性を保ったまま伸張を行う平面伸張変形は定常状態を維持することが難しい。他の2つの伸張粘度に比べて研究報告例が極端に少なく、市販化に至った信頼性の高い評価方法は未だ提案されていない。

本論文では二平板間に対向配置された一対の矩形断面ノズルから流出する二次元対向噴流によりノズル中間面に平面伸張流動場を発生させる。ノズルに作用する反力から力学的に平面伸張応力を求め、流量から評価される伸張速度と合わせて平面伸張粘度を評価する。同時に、ノズル中間面のよどみ点において流動複屈折を測定し、光弾性則を適用して伸張応力を算出し平面伸張粘度を求める。光弾性則に従うMaxwell流体を用いて本手法の検証を行った。流動複屈折により評価した平面伸張粘度はトルトン比（せん断粘度に対する平面伸張粘度の比）が4となり、Maxwell流体の理論値と一致し、光学的手法による測定結果が正確であることを確認した。一方、機械的手法による結果はトルトン比が10~20となり理論値とのずれが生じた。これはよどみ点以外の流れ場の三次元性に起因すると考えられ、流路形状の再考により改善可能と考えられる。また、得られた過渡的挙動は光学的手法による結果とよく対応し、応答性については十分に高いことが示された。適用できる流体に限られる光学的手法の欠点を力学的測定で補い、流れの三次元性などに影響を受ける機械的測定の欠点は精度の高い光学的手法で校正できることから、実用化に向けて本手法の有効性を示すことができた。

* 掲載：日本機械学会論文集, 83-849, (2017-5), 17-00007.
*1 正員，津山工業高等専門学校（〒708-8509 津山市沼624-1）
*2 正員，長岡技術科学大学（〒940-2188 長岡市上富岡町1603-1）

論文

(7) 折れ部を有する曲面の端部から発生する
フィードバック音のプラズマアクチュエータを用いた制御



宮本 孟宜*1
(1994年生)



横山 博史*2
(1981年生)



飯田 明由*3
(1963年生)

自動車部品に見られるような折れ部を有する曲面端部からは、音のフィードバックを伴う自励振動により強い音（フィードバック音）が発生する場合がある。本論文では、こうした音の低減手法の確立および制御機構の解明を目的とし、プラズマアクチュエータ（PA）による制御を試みた。風洞実験において、PAの設置位置、設置方向、印加電圧を変更させ、熱線風速計およびマイクロホンにより流れ場および音への制御効果を評価した。また圧縮性Navier-Stokes方程式に基づく流れと音の直接計算により、PA制御が流れからの音の発生に及ぼす影響を明らかにした。

PA設置位置に関しては、折れ部ではなく離点位置に近い位置での制御がはく離の抑制および発生音の低減に効果的であることが示された。また、PAによる誘起流の方向が主流と同じCo-flowおよび逆のCounter-flowの条件を比較し、はく離抑制効果はCounter-flowの方が最大2dB程度大きな低減効果が得られた。

本実験では、Co-flow、Counter-flowどちらの制御方向においても折れ部下流での流れのはく離が抑制され、フィードバック音は低減された。制御時には、アクチュエータ下流の流れにおいて広帯域な周波数での速度変動が増大することが示され、このことによりはく離せん断層の内外での運動量の混合を促進しはく離が抑制されたと考えられる。本効果はCounter-flowの条件においてより顕著であり、数値計算結果よりCounter-flowの条件では主流と逆向きの誘起流が強くなることで、壁面近傍に微小な渦が誘起されることが示され、はく離点付近におけるこうした渦の誘起もはく離の抑制に寄与すると考察された。

PA制御によって流れの再付着点が上流に移動することにより、再付着点近傍において、自励振動が発生する基本周波数での速度変動パワーが小さくなり、二次元的な渦構造の発達が抑制されていることがわかった。このことは、流れの再付着に伴う渦構造の壁面との干渉および音波の発生が弱まることに寄与し、発生音に寄与する速度変動が弱まっていることがCoherent Output Power（COP）の分布からも確認された。

* 掲載：日本機械学会論文集，84-861，(2018-5)，18-00121。

*1 正員，豊橋技術科学大学機械工学専攻（〒441-8580 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1）（現）スズキ㈱

*2 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）

*3 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）

論文

(8) 石炭火力発電施設ボイラ構造物の制振技術の
開発と長周期長時間地震への適応性検討



田中 剛*1
(1977年生)



藤田 聡*2
(1956年生)



皆川 佳祐*3
(1980年生)



相田 清*4
(1967年生)

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震は、我が国の制振技術を問うものであったが、それでも津波による影響を除けば殆ど石炭火力発電施設ボイラは構造的に持ちこたえた。一方、2018年の北海道胆振東部地震では、我が国初のブラックアウト災害を引き起こす事態となり、専門家のみならず社会全体に大きな衝撃を与えた。これらの事例を踏まえ、鋼製振れ止め装置を用いた従来の制振技術に変わり、繰返される巨大な揺れの後も継続的に発電所を稼働できる技術が求められている。著者らはこのような課題を先に見越し、本論文に記載の長周期長時間地震に対応した長寿命な粘性流体ダンパの研究開発に取り組み、実機ボイラへ適用できる水準に至っている。

本論文は、日本のベースロード電源の一つでもある石炭火力発電施設の耐震性向上を目的とし、大規模構造体でかつ懸垂支持のため揺れやすいボイラにおいて、従来の鋼製振れ止め装置の代わりに、長寿命な粘性流体ダンパを設置する新しい制振技術を提案するものである。

新型の粘性流体ダンパをボイラ構造物に適用するためには、構造物建屋内に設置される配管や機器が損傷しないようにボイラの最大変位を抑制できること、かつ従来の鋼製振れ止め装置に比べて地震応答が同等以下で寿命（累積塑性変形量）が長くなることが求められた。この要求事項を満たすため、これまで未解明であった粘性流体ダンパの抵抗力発生機構について理論的に解析を行い、実験結果と比較して、理論式の有効性を示した。また、長周期長時間地震を考慮した地震応答解析と実験を行い、本論文で開発した粘性流体ダンパが石炭火力発電施設ボイラ構造物の制振に有効であることを明らかにし、更に粘性流体ダンパの耐久性の簡易評価手法も示した。

本論文の成果は、新設あるいは既設の石炭火力発電施設ボイラ構造物に直接適用できる。従来の鋼製の振れ止め装置の代わりに、長寿命な粘性流体ダンパを採用することは、地震によるボイラ構造物の一次被害を最小化して地震後の復旧期間短縮や復旧工事費削減に貢献する。更に、二次被害（地震によるブラックアウト）も抑制できるため、学会や産業界にとどまらず、社会的な寄与度も大きい。

* 掲載：日本機械学会論文集，85-869，(2019-1)，18-00252。

*1 正員，オイレ工業㈱（〒326-0327 足利市羽刈町1000）

*2 フェロー，東京電機大学（〒120-8551 東京都足立区千住旭町5）

*3 正員，埼玉工業大学（〒369-0293 深谷市普濟寺1690）

*4 正員，三菱日立パワーシステムズ㈱（〒737-8508 呉市宝町6-9）

論文

(9) 高速炉に適用する厚肉積層ゴムの研究開発
(1/2縮尺厚肉積層ゴムを用いた
静的載荷試験に基づく履歴モデルの構築)



深沢 剛司*¹ (1980年生) 岡村 茂樹*² (1975年生) 山本 智彦*³ (1981年生) 川崎 信史*³ (1970年生)



杉木 孝裕*⁴ (1961年生) 櫻井 祐*⁵ (1984年生) 正木 信男*⁶ (1957年生)

ナトリウム冷却高速炉(以下、高速炉)は、熱効率を向上させるため軽水炉と比べて運転時の温度は高温となり、高速炉の機器設計では熱応力の低減の観点から、薄肉構造が指向されている。一方、機器に作用する地震荷重を考えた場合、厚肉構造が好ましい。よって、高速炉の機器設計では、熱荷重と地震荷重の相反する荷重条件に対して調和を図る必要がある。さらに、近年では地震に対する構造物の安全性の向上を目的として、設計で用いる地震動レベルが増大傾向にあり、過去にも増して水平に加えて上下方向の地震力の低減が重要になっている。

そこで、著者らは水平・上下方向の地震力の低減を目的として、一般的な積層ゴム系免震装置(JIS K 6410: 建築免震用積層ゴム支承)と比べて、そのゴム層厚が約2倍以上となる厚肉積層ゴムを開発した。本論文では、厚肉積層ゴムの設計式・設計手法を提案するとともに、1/2縮尺試験体(直径800mm)を製作して、種々の載荷試験により設計式の適用性と力学特性(荷重-変位関係)を検証した。

載荷試験では、基準地震動で想定される荷重-変位関係から、せん断・圧縮剛性を取得して、これらと設計式との誤差率を信頼区間で評価した。せん断・圧縮剛性の誤差率は95%信頼区間で約±6%となりJIS K 6410で規定される誤差率に対して、本設計式は実用上十分な精度を有していることを示した。この結果はJIS K 6410の適用範囲を逸脱する形状であっても、その要求性能を満足する厚肉積層ゴムが製作可能であることを意味している。加えて、載荷試験では水平・上下方向の破断近傍までの荷重-変位関係についても検証している。

これらの試験結果を用いて、地震応答解析が必要となる履歴モデルを構築した。このモデルは、基準地震動の応答を上回る破断近傍の強い非線形特性の再現に加えて、水平・上下方向の同時入力による相互作用が考慮できる。これによって、水平・上下方向で得られた各々の応答から、せん断・圧縮剛性が逐次更新されるため、より実現象に近いモデル化が可能となる。これを用いた地震応答解析により、厚肉積層ゴムを適用した免震系の地震応答低減効果を提示した。また一連の解析から、厚肉積層ゴムの線形限界を下回る地震動の入力レベルでは水平・上下方向の相互作用の影響は軽微であるものの、それを上回る入力レベルでは上下方向の非線形特性が機器の耐震設計に用いる床応答曲線に有意な影響を及ぼすことを明らかにした。

* 掲載: 日本機械学会論文集, 84-859, (2018-3), 17-00502.

*¹ 正員, 三菱FBRシステムズ(株) (〒150-0001 東京都渋谷区神宮前2-34-17)

*² 正員, 三菱FBRシステムズ(株) (現)富山県立大(〒939-0398 射水市黒河5180)

*³ 正員, (国研)日本原子力研究開発機構(〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002)

*⁴ 正員, (株)大林組(〒108-8502 東京都港区港南2-15-2)

*⁵ 正員, (株)ブリヂストン(〒244-8510 横浜市戸塚区柏尾町1)

*⁶ フェロー, (株)ブリヂストン

論文

(10) ワイヤ干渉駆動型多関節3次元アームの開発
(張力伝達効率, リールの最大密度配置
および先端位置精度の検討)



堀米 篤史*¹ (1990年生) 山田 浩也*² (1981年生) 洗 津*³ (1990年生)



広瀬 茂男*⁴ (1947年生) 遠藤 玄*⁵ (1972年生)

福島第一原子力発電所に代表される、人が立ち入ることのできない狭隘かつ危険な作業現場では、手先三次元位置を制御可能な細径かつ長尺の冗長多関節マニピュレータが有効である。このようなマニピュレータとして、著者らはワイヤ干渉駆動型多関節マニピュレータに着目した。重い駆動系であるモータや減速機を根元部分に集約し、ワイヤとプーリでマニピュレータの関節を駆動することでアーム部分を軽量化し、長尺マニピュレータを実現する。著者らはこれまでに3次元的な動作が可能なワイヤ干渉駆動型多関節マニピュレータ「3D CT-Arm」を提案し、長さ2.4m, 6関節を持つ試作機「Mini 3D CT-Arm」による基本的な動作実験に成功している。本論文では、長さ10m超の多関節マニピュレータの実現に残された課題である3つの要素について検討している。

まず、関節数が増加するとともにワイヤをガイドするプーリによる張力損失を検討した。プーリ数、プーリ径、軸受の種類、ワイヤの巻きかけ方法、プーリ間の傾き、張力の因子によるワイヤ張力の伝達効率への影響を計測し、多関節化に伴い従動プーリが増加した場合でも実用的な効率を得られることを明らかにした。

次に、ワイヤの巻取り・繰り出しを行う根元のリールを限られた空間内により多く配置する方法を検討した。V字型を基本としたリールの配置方法を提案し、本手法が最大密度となるリール配置である事を複数の条件におけるリール配置の全探索により示した。

最後に試作機先端位置決め精度を検討した。マニピュレータを水平に伸ばした位置を含む5点について、関節の角度から算出した理論位置と、モーションキャプチャにより計測した実測位置の差を計測し、アーム長さに対して約4%の誤差で位置決めが可能であることを示した。これは10mの長尺マニピュレータの場合には手先位置で最大約400mmの誤差を生じるため、より高い絶対精度が要求される作業を行う場合にはカメラなどのフィードバックが有効であることを示した。

* 掲載: 日本機械学会論文集, 83-848, (2017-4), 16-00270.

*¹ 正員, ファナック(株) (〒401-0597 山梨県南都留郡忍野村忍草字古馬場3580)

*² 正員, (株)ハイボット (〒141-0001 東京都品川区北品川5-9-15 渡辺コーポレーションビル4F)

*³ 正員, (株)デンソー (〒448-8661 刈谷市昭和町1-1)

*⁴ 永年会員, (株)ハイボット (〒141-0001 東京都品川区北品川5-9-15 渡辺コーポレーションビル4F)

*⁵ 正員, 東京工業大学 (〒152-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1)

論文

(11) 磁気浮上式回転球体風洞装置の開発



水野 毅^{*1} (1956年生) 酒井 康博^{*2} (1987年生) 高崎 正也^{*1} (1971年生) 石野 裕二^{*3} (1969年生)

ゴルフボールの周りで起きている流体工学的現象の精密な観測を行うことを最終的な目標として、対象物(球体)を非接触で支持し、さらに誘導モータの駆動原理に基づいて回転させることが可能な磁気浮上式回転球体風洞装置の開発を行った。開発した風洞は、試験部の断面の大きさが60×60mmで、6個の磁極と8組の電磁石を持つ磁気浮上機構及び並進3自由度差動式光学変位センサを備えている。対象物は直径19mm質量28.4gの鋼球で、その運動制御に用いる電磁石では、インピーダンス調整を可能とするため、巻数300回、線径1mmのコイル5個をまとめて1組とし、これを8組用いた。インピーダンスの調整は、コイルの接続方式(並列・直列)を変更することによって行った。また、並進3自由度差動式光学変位センサでは、光源としてLEDを両側に配置し、検出器としてレンズおよびフォトトランジスタからなる光学系を片側につき4組、計8組配置する構成とした。このような構成とすることによって、対象物の並進3自由度の変位を差動方式で検出することを可能とした。

開発した磁気浮上式回転球体風洞装置において、まず、最も基本的な制御則である比例・微分(PD)制御を適用し、安定な非接触支持を実現した。つぎに、これに積分(I)動作を加えてPID制御を施し、対象物に力が作用してもその位置を一定に保つような制御系を実現した。また、浮上体の水平方向の2自由度の並進運動の制御信号に、位相を90度変えた正弦波信号を重畳することによって、完全非接触の状態での回転を実現した。各コイルに分配される正弦波の振幅を0.4Ap-p、周波数を50Hzとしたときに得られる回転速度は2340rpmであった。さらに位相差を270度とすることによって逆回りの回転も実現した。

磁気浮上式回転球体風洞装置では、PID制御などによって、対象物の位置を一定に保っているときの制御信号から対象物に作用する流体力を推定する。実際に、エッフェル型風洞を組込んだ風洞装置において、ゴルフボールのデインブルを模した微細な凹凸を表面に持つ対象物に風を当てたときの流体抗力を測定し、流速の二乗に比例することを確認した。さらに、対象物を回転させたときの揚力を測定し、浮上体の回転方向によって揚力の発生する向きが変わること、浮上体の回転数や流速によって揚力の大きさが変化することを確認した。

* 掲載：日本機械学会論文集，83-849，(2017-5)，16-00482。

*¹ フェロー，埼玉大学大学院理工学研究科(〒338-8570 さいたま市桜区下大久保255)

*² 正員，埼玉大学大学院理工学研究科(現)ヤマザキマザック(株)

*³ 正員，埼玉大学研究機構

論文

(12) MoDTC油中における水素含有DLC膜の異常摩耗メカニズム



大久保 光^{*1} (1991年生) 前田 寛陽^{*2} (1994年生) 川田 将平^{*3} (1990年生)



田所 千治^{*4} (1980年生) 佐々木 信也^{*5} (1962年生)

ダイヤモンドライクカーボン(Diamond-like Carbon; DLC)膜は、その優れた摩擦・摩耗特性から広く利用範囲が拡大している。しかし、特定のエンジン潤滑油中においてDLC膜が瞬く間に消滅するという異常摩耗現象が発現することが明らかとなり、その対策が急務となった。その現象解明に関する研究の結果、摩擦調整剤であるMoDTC(モリブデンジチオカーバメート)添加が水素含有DLC膜の異常摩耗を引き起こすことが明らかとされた。また、そのメカニズムについては、添加剤であるMoDTCの分解により生じるMo化合物が、水素含有DLC膜の異常摩耗に大きく関与していることを示唆する研究データが報告されるようになった。しかしながら、異常摩耗の原因となる化合物の特定やその化合物が異常摩耗を引き起こすメカニズムについては、依然として十分な解明までには至っていない。本研究では、異常摩耗メカニズムの解明のため、in-situ Raman摩擦試験機を用いた摩擦面のその場観察を試みた。in-situ Raman摩擦試験機は、摩擦表面の化学的な経時変化をマイクロラマン分光分析法によって測定可能とする装置である。この装置を用いて摩擦面における水素含有DLC膜の構造変化とMo化合物の生成プロセスを計測した。また、摩擦試験後の表面をToF-SIMS(飛行時間型質量分析装置)、SEM-EDS(元素分析付電子顕微鏡)およびナノインデンテーション法を用いて分析することにより、反応化合物の組成及び物性を詳細に調べた。これらの測定結果をもとに、MoDTC添加油中における水素含有DLC膜の異常摩耗メカニズムについて次のように考察した。MoDTC添加油における水素添加DLC膜の異常摩耗は、摩擦によりMoDTC分解物と水素添加DLC膜が反応し、DLC膜の構造が変化するとともに硬質なMoCxが生成されることによって引き起こされる現象である。すなわち、反応によって生成した硬質のMoCxが、軟化したDLC膜を削り取ることにより、水素含有DLC膜の激しい摩耗現象が起こるものと結論付けた。ここで得られた成果は、潤滑油添加剤とDLC膜との組み合わせを設計する際、異常摩耗を引き起こさないための重要な指針を与えるものである。

* 掲載：日本機械学会論文集，84-861，(2018-5)，17-00564。

*¹ 正員，東京理科大学工学部機械工学科(〒125-8585 東京都葛飾区新宿6-3-1)(現)福岡大学

*² 正員，東京理科大学工学部機械工学科(〒125-8585 東京都葛飾区新宿6-3-1)(現)㈱ディスク

*³ 正員，東京理科大学工学部機械工学科(〒125-8585 東京都葛飾区新宿6-3-1)

*⁴ 正員，埼玉大学理工学研究科(〒338-8570 さいたま市桜区下大久保255)

*⁵ 正員，東京理科大学工学部機械工学科(〒125-8585 東京都葛飾区新宿6-3-1)

論文

(13) Relationship between solidification time and porosity with directed energy deposition of Inconel 718



栗谷 龍彦*1
(1978年生)



小池 綾*2
(1989年生)



森 貴則*3
(1988年生)



柿沼 康弘*2
(1977年生)

3Dプリンタ技術は、個々のニーズへ柔軟に対応する次世代のマスカスタマイズ生産システムにおいて主要な役割を担うと期待されている。特にものづくり産業において実用性を高める上で金属材料への対応が求められる。そうした需要に答え得るプロセスとして応用され始めている「指向性エネルギー堆積法 (DED)」は金属3Dプリンタ方式の一つであり、レーザ等で母材上に生成したメルトプールに粉末材料を供給することで部品を造形する。複雑形状かつ大型の部品を作製する上でDEDは高い造形効率を達成でき、金属皮膜処理などにも応用できることから航空・自動車産業における応用が始まっているものの、未だ造形物内に残る空隙により機械強度が低下するといった、造形物の品質に問題が残る。これらの問題に対して先行研究の多くは、断面観察やX線CTスキャンによる評価結果を基に造形条件の改善を試みてきたが、あくまで造形結果を基にした研究であり、金属の溶融から凝固までの短時間に生じる現象を明らかにしない限り、効果的なプロセスの安定化は難しい。そこで本論文では、DEDにおける造形点周りをハイスピードカメラで撮影してメルトプールの状態を時間領域で評価したほか、温度分布をサーモグラフィカメラによって撮影して材料の溶融時間を基準に造形物の評価を行った。これによって粉末がメルトプール表面を波立っていることや、溶融時間の差異が空隙率に大きな影響を与えることを実験的に示し、DEDにおいて高品質な造形を行うために重要な因子として、十分な溶融時間の確保や、メルトプール内の対流を適度に強くする必要性があることを明らかにした。また以上の実験結果をもとに、メルトプール内に生じる対流と気泡に生じる浮力の関係を考慮した造形条件を選定することが、品質を高める上で重要となる可能性を論じた。

* 掲載：Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, 12-5, (2018-10), jsmdsm0104.

*1 正員, DMG森精機(株) (〒450-0002 名古屋市千川区名駅2-35-16)

*2 正員, 慶應義塾大学理工学部 (〒223-8522 横浜市港北区日吉3-14-1)

*3 DMG森精機(株) (〒450-0002 名古屋市千川区名駅2-35-16)

論文

(14) 機械学習を用いたしゅう動面状態監視システムに関する研究



橋本 優花*1
(1996年生)



本田 知己*2
(1965年生)



持田 裕介*3
(1993年生)



杉山 和彦*4
(1964年生)



中村 由美子*5
(1964年生)



高東 智佳子*5
(1960年生)

本論文は、しゅう動面の異常を自動で検知・診断するこれまでに例のない技術開発に挑戦した研究であり、提案された方法論の妥当性と汎用性をすべり軸受材料WJ2の潤滑摩擦機構の基礎研究に基づいて明示している。

機械設備は多数の機械要素から構成されており、それらの機能劣化が原因となって故障に至る。機械設備の故障の多くは機械要素の摩耗に起因することから、機械要素の表面損傷を診断・保全する技術の創出が極めて重要な課題となっている。設備稼働中に故障兆候を発見するためには、膨大なセンサデータを収集し迅速に処理することが必要となるが、近年のIoT技術の発達により、機械設備に設置したセンサから常時かつ容易にデータを収集できる環境が整ってきた。従来の研究では、3つ以上の情報に基づく複合的な診断事例は少なく、また収集した情報を最終的に人が確認し異常を判別する必要があった。この場合、熟練者の長年の経験や五感に頼らざるを得ない。加えて、熟練者不足の問題も顕在化してきた。そのため、熟練者による診断技術が無くても、設備稼働中に故障兆候を検知できるシステムの必要性が唱えられている。

本研究では、このような課題を解決するために機械学習を用いたしゅう動面状態監視システムについて研究を行い、機械しゅう動面の摩耗検知・診断技術の確立を目指した。ブロックオンリング摩擦摩耗試験機を用いて潤滑油中で模擬的に2種類の異常摩耗を発生させ、その兆候を4種類のセンサデータに基づく機械学習により自動検知・判別できるシステムを構築し、その妥当性を検証した。その結果、複数センサから得られるデータを機械学習させることで、しゅう動状態の異常を精度良く自動で検知でき、損傷の要因も判別できることを明らかにした。ここでは、正常時のデータにおけるパターンをあらかじめ学習しておき、そこから外れるものを異常とするルール学習を用いた。その中で、正常学習区間を最適化するための手法として k 分割交差検証を取り入れることで、異常検知精度が向上することを示した。さらに、1つのデータのみを除き、残りのデータを用いて再度解析を行う検証方法により、除いたデータの影響度やデータと摩耗メカニズムとの関係を明らかにした。本論文で提案された方法論は、すべり軸受に限らず様々なトライボ要素の異常検知に適用でき、機械工学分野共通の課題解決に対する貢献度も高い。

* 掲載：日本機械学会論文集, 84-868, (2018-12), 18-00275.

*1 正員, 福井大学工学部機械工学科 (〒910-8507 福井市文京3-9-1) (現) アイシン・エイ・ダブリュ工業(株)

*2 正員, 福井大学学術研究院工学系部門工学領域機械工学講座

*3 福井大学大学院工学研究科機械工学専攻 (現) (株)荏原製作所 精密電子カンパニー (〒251-8502 藤沢市本藤沢4-2-1)

*4 (株)荏原製作所 技術・研究開発統括部 (〒251-8502 藤沢市本藤沢4-2-1)

*5 正員, (株)荏原製作所 技術・研究開発統括部

論文

(15) Three-dimensional deformation mode of multicellular epithelial tube under tension and compression tests



奥田 覚*¹ (1985年生) 鷗木 克幸*² (1990年生) 永樂 元次*³ (1975年生) 坪田 健一*⁴ (1974年生)

上皮組織は多細胞生物の形態を形成・維持する主要な構造物である。そのため、上皮組織の変形は、胚発生、代謝、創傷治癒、疾患等の幅広い生命現象に重要である。近年の研究により、上皮組織の機械特性は、組織を構成する細胞の能動的な力発生と受動的な力応答の均衡によって定まることが分かってきた。一方で、上皮組織は多数の細胞から成るシート状の構造物であり、この細胞の集団が外力負荷に対してどのように振舞うかは未解明である。本研究では、独自に開発した三次元パーテックスモデルを用いた数値シミュレーションにより、管腔状の上皮組織の縦引張・圧縮試験を行い、外力負荷に対する多細胞の力学動態を予測した。その結果、引張条件下では、組織を構成する細胞の配置が動的に変化することにより、管腔の剛性が局所的に低下し、ネックングを伴いながら伸長した。一方で、圧縮条件下では、細胞の配置は変化せず、キンキングを伴いながら座屈した。この引張条件に特異的な細胞の配置変化は、上皮組織の頂端面と基底面における弾性エネルギーの蓄積により引き起こされることが分かった。これらの結果から、上皮組織の変形モードの多様性が明らかにされた。また、上皮組織の変形を制御する上で、細胞の配置変化を制御することの重要性が示された。

* 掲載：Journal of Biomechanical Science and Engineering, 13-4,(2018-12), 17-00507.

*¹ 正員、金沢大学 ナノ生命科学研究所 (〒920-1192 金沢市角間町)

*² 千葉大学 大学院工学研究科 (〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町1-33)

*³ 京都大学 ウイルス・再生医学研究所 (〒606-8507 京都市左京区聖護院川原町53)

*⁴ 正員、千葉大学 大学院工学研究科 (〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町1-33)

論文

(16) 分離形熱サイフォンを用いた血液凝固付着抑制電気メスの開発



野老山 貴行*¹ (1979年生) 大須賀 未都*² (1989年生) 梅原 徳次*³ (1960年生)

電気メスは全ての手術に必ず一度使用されるほど高い頻度で使用される医用電気機器として普及している。電気メス使用の最大の利点は切開と止血が同時に行えることにあるが、メス先端に血液が凝固付着する問題点を常に有していた。メス先端への焦げ付き抑制のためにメス内部に流水路を設け、内部から冷却する方法が検討されてきたが、冷却水を循環させるためのポンプや液送のためのチューブなど高周波電流を与えるケーブル以外に新たに配管や配線することは、術者に対して使用の容易さが損なわれるため避けるべき課題であった。そこで、本研究では電気メス先端への血液凝固付着を抑制するため、電気メス先端内部からメスのグリップ(持ち手)内部に二重管熱サイフォンを用いた冷却システムを内包した新たなメスシステムの開発に取り組んだ。サイフォン部分の直径、長さ、溶媒として用いたエタノールの封入量が冷却特性に及ぼす影響を明らかにし、焦げ付き抑制が可能な電気メスの設計指針を明らかにした。

メス先端はステンレス製が一般的に用いられ、その先端部の形状は術者の好みによって変更される。そこで、メス先端部分の長さ及び直径を変更した場合でも、熱サイフォンによる熱輸送が可能となる設計指針を明らかにするため、メス先端内部に設けられた内管内径やその長さ、外径を変数として取り扱い、電気メス先端が血液に対して放電している面積が熱輸送特性を決定づけていることを明らかにし、二重管熱サイフォンが熱輸送可能な最適面積は200～250 mm²であることを明らかにした。また、電気メスグリップ部の長さにかかわらず、作動流体として用いたエタノールの封入量が内容積の50%の場合に熱サイフォン内の熱抵抗が最小となることを明らかにした。以上の実験から、実用を目指した二重管熱サイフォン電気メスを試作し、多量血液に対し電気メスを出力させ、メス先端温度、メス先端周辺血液の温度分布及び凝固血液の付着力を測定した。二重管熱サイフォンの熱輸送によって、メス先端の温度上昇が抑制され、電気メス出力中の最高温度を約46℃に低減できることを示した。この出力時にメス先端周辺の血液が凝固したことが確認され、止血能力を有していることが実証された。

* 掲載：日本機械学会論文集, 83-845, (2017-12), 16-00123.

*¹ 正員、秋田大学(現)名古屋大学大学院工学研究科マイクロ・ナノ機械理工学専攻 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町1)

*² 正員、名古屋大学大学院工学研究科マイクロ・ナノ機械理工学専攻 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町1)(現)ブラザー工業㈱

*³ フェロー、名古屋大学大学院工学研究科マイクロ・ナノ機械理工学専攻 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町1)

(1) 半導体ひずみセンサ「STREAL」の開発と事業化



岡田 亮二*1
(1958年生)



宮嶋 健太郎*2
(1977年生)



太田 裕之*3
(1961年生)



相馬 敦郎*4
(1968年生)



芦田 喜章*5
(1976年生)

1. 概要

機器やインフラのひずみを直接的に、しかも長期間継続的に計測する事は産業界の長年の課題であった。1930年代に実用化されたひずみゲージは、その使い勝手の良さから、現在でも産業用途の主要手段であるが、耐久性、システムの大きさ、消費電力のため、機器やインフラに組み込むことが困難だった。

受賞者らは上記課題を解決すべく、2.5mm角のCMOS半導体に計測ブリッジ、アンプ、A/Dコンバータ、補正回路、温度センサなどを集積した半導体ひずみセンサを開発した。主な性能はひずみ分解能 $1\mu\epsilon$ 、消費電力3mWである。これらは産業界の長年の課題を解決できる性能だが、実用化のためには様々なアプリに適したモジュール化、使いこなし技術、コンポーネント化、周辺機器の開発等が必要であった。これらの課題を解決し、原理開発から約10年の期間を経て、「STREAL」の名称で上市することができた。現在、インフラ、加工機械、運搬機器など、様々な分野で応用が検討されている。

2. 技術の内容

(1) 半導体技術

ひずみ計測システムを2.5mm角チップに集積させた(図1参照)。高密度半導体はひずみを受けると特性が変化したが、様々な補正回路、ブリッジ回路のレイアウト等の工夫で解決した。またブリッジ回路を形成するビエゾ抵抗素子は温度依存性が大きいので、近傍に温度計素子を配置し、自動の温度補正機能を実現した。

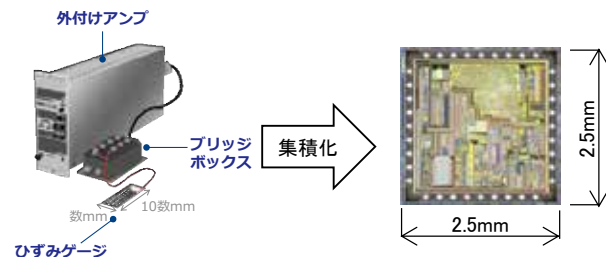


図1 ひずみ計測システムのIC集積化イメージとICチップ外観

(2) 実装技術(モジュール化)

容易に使いこなすためには、ひずみを的確にICチップに伝え、容易に取り扱えるモジュールが必要だった。試行錯誤の末、金属薄板にICチップを接合する構造とした。モジュール外観を図2に、主な仕様を表1に示す。12mm^L×5mm^Wの金属薄板にICチップを接合し、FPCを介して出力する構

造である。アナログとデジタルの両方で出力できる。内臓の温度センサも出力でき、簡易の温度計としても利用できる。また、金属薄板上のICチップの配置によって、引張圧縮ひずみ計測モデルとせん断ひずみ計測モデルをラインナップしている。

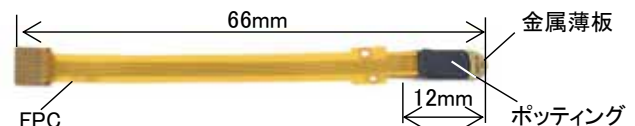


図2 モジュール外観

表1 モジュール(SRMS300NB0001)仕様

貼り付け対象	鉄・アルミニウム他金属推奨
端子数	12
電源電圧	3.3V or 5.0V
内蔵ADコンバータ	12bit、最大10ksps
センサ部ゲージ率	50×内蔵可変アンプ(8~1016倍)
消費電力	3mW (@電源=3.3V)
最小分解能	1 $\mu\epsilon$ (マイクロストレイン)
内蔵温度センサ	精度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$
デジタル通信方式	SPIインターフェース

(3) 使いこなし技術

図3にモジュールの使用方法を示す。基本的には、接着剤を用いて金属薄板を被計測体に接着する。高強度、長寿命の接着剤の選定は難しく、用途に適した接着剤のデータベースを構築中である。



図3 モジュールの使用イメージ

(4) 今後の予定

独自の起歪体とSTREALを組合せ、様々なコンポーネント#1や、分解能を0.1 $\mu\epsilon$ まで向上した次世代IC#2を開発中である。

3. まとめ

従来にない特性を有する「STREAL」によって、産業機器、インフラを対象に、制御の高度化、状態監視・故障予兆モニタリングが可能となりつつある。性能、安全性の画期的改善、保全費用の最適化、安全安心な社会の構築に期待されている。

*1 フェロー、(株)グローセル(〒101-0048 東京都千代田区神田司町2-1)
 *2 (株)日立製作所、ITプロダクツ統括本部(〒244-0817 横浜市戸塚区吉田町292)
 *3 フェロー、(株)日立製作所研究開発Gr(〒185-8601 国分寺市東恋ヶ窪1-280)
 *4 日立オートモティブシステムズ(株)(〒312-8503 ひたちなか市高場2520)
 *5 正員、(株)日立製作所研究開発Gr(〒319-1292 日立市大みか町7-1-1)

#1 日刊工業新聞記事(2019.11.15) 他軸感度0.5%以下のトルクセンサ
 #2 日刊工業新聞記事(2019.12.4) 分解能10倍のひずみセンサ

(2) 自動運転アシスト機能付きコンバインの開発



奥山 天*1
(1972年生)



仲島 鉄弥*2
(1968年生)



中林 隆志*2
(1985年生)



吉田 脩*2
(1985年生)



石川 直裕*2
(1988年生)

1. 概要

日本農業は、農業従事者の高齢化による「大量離農」が深刻化している。そのような状況下、担い手農家への農地集積と規模拡大が加速しており、担い手農家は人手不足や作業効率の向上、省力化に対応するため、次世代農業であるICTを活用したスマート農業への取り組みを進めている。

コンバインは、稲や麦などの穀物の収穫と脱穀を同時に行う農業機械であるが、運転操作には熟練のスキルが必要なことから、担い手農家の方々からは、未熟練者などを含めた誰もが「簡単操作」で「楽」に「無駄の無い収穫ができる」コンバインの開発が求められていた。これら要求に応えるため、RTK-GNSSを利用した自動運転アシスト機能付きコンバインを開発した(図1)。作業者は、作業監視と安全監視のために搭乗する必要があるが、運転操作が不要なハンズフリーで収穫作業が行えるため、未熟練者の利用が可能となる。また、熟練者にとっても労働負荷の高い収穫作業から解放され、大幅な軽労化が図れる。



図1. 自動運転アシスト機能付きコンバイン WRH1200A

2. 開発技術

2・1 圃場マップ自動生成技術

手動運転で畦の内側に沿って収穫するときの走行軌跡(RTK-GNSSの位置と方位から求める)と、収穫中か否かを判定する作業情報から得た正確な走行軌跡を基に、圃場の重心点を求める。次に、最小二乗法を用いて走行軌跡の直線近似を行い、圃場外形(重心点から離れた軌跡)と内側の未刈り領域(重心点から近い軌跡)を判断し、圃場マップを自動生成する(図2)。

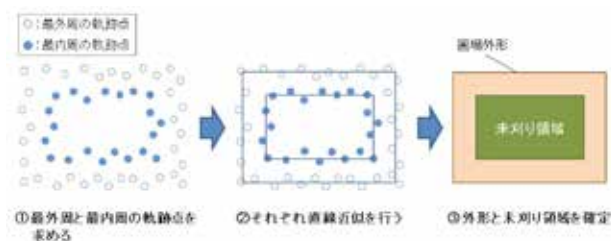


図2. 圃場マップの自動生成

2・2 最適ルート算出技術

未刈り領域の各辺を基準として、コンバインの刈取り幅を考慮した格子状の走行可能ラインを準備し、刈取り幅/旋回径/車両サイズをパラメータとして、空走距離が少なくなる効率的な走行ラインを逐次自動判断するアルゴリズムとした。

また、穀物貯留タンクの重量を測定する収量センサを用いて単位面積当たりの収穫重量を測定し、タンク満タンまでの刈取り可能走行距離を予測。穀物を排出する排出位置を基準に、次周回できるかを判断し、最適タイミングで排出位置へ移動する。

2・3 自動走行制御技術

慣性計測装置(IMU)内蔵のRTK-GNSSユニットから得られる高精度な位置と方位情報から、目標経路に対する位置偏差と方位偏差を算出し、それぞれが最小となるように操舵制御を行う(図3)。

コンバインの旋回性は、圃場の硬さや穀物貯留タンクの重量による左右ウェイトバランス変化に対しても大きく影響を受けるため、旋回するごとに操舵指令量の過不足を検出し、指示量を増減するオートゲイン機能を加えることで、条件適応範囲を広げた。

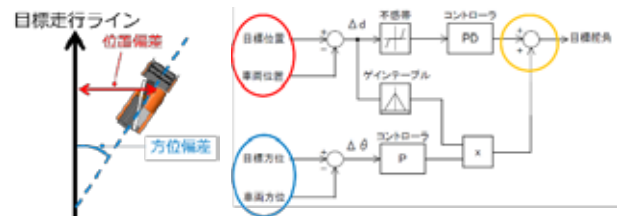


図3. 操舵制御

3. あとがき

業界初のRTK-GNSSを活用した自動運転アシスト機能付きコンバインであり、熟練者不足という担い手農家が抱える課題を解決すると共に、担い手農家自身の作業省力化に貢献する。最適ルート算出機能により、作業時間を約10%短縮できるため、余剰時間を経営規模拡大に充てることもできる。

自動運転アシストコンバインの市場投入により、スマート農業を推進し、食料安全保障を担う日本農業復興の一助になると確信している。

*1 正員、㈱クボタ (〒556-8601 大阪市浪速区敷津東1-2-47)

*2 ㈱クボタ (〒556-8601 大阪市浪速区敷津東1-2-47)

(3) アクティブトルクロッドの開発



金堂 雅彦*1
(1957年生)



谷村 浩史*2
(1976年生)



山内 亮佑*3
(1991年生)



植木 哲*4
(1972年生)



藤井 隆良*5
(1967年生)

1. 概要

世界的に自動車の燃費向上が急務となる中、エンジンのダウンサイジング化（DST）が進み、大排気量のV型6気筒エンジンから高出力4気筒エンジンへの置換が加速している。その一方、4気筒化や高トルク化に伴い、エンジン加振力が増大し、従来技術では、マウント重量増による対策が不可避であり、燃費効果が減少する（図1）。

受賞者は、高周波で増大した加振力をトルクロッド本来の防振機能で低減し、その結果、周波数が低下したロッド共振を、アクティブに制振することにより、これを解決した。アクティブ機能においては、線形特性に優れた世界初の慣性マスタクチュエータを開発した。このアクチュエータそのものに、加速度センサから速度への変換機能を持たせることで、速度比例の減衰付与を加速度で実現する制御システムとし、燃費対応による加振力増大を軽量マウントで対応可能なアクティブトルクロッドを世界初で開発した。

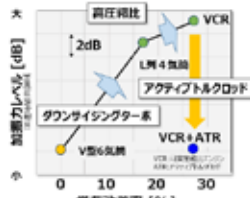


図1 燃費向上とトレードオフになる加振力増大

2. 技術の内容

2.1 システム構成と振動低減原理

従来のペンデュラムマウントは、エンジントルクを受け止め、その揺動を抑え込むことを目的に、車体側のインシュレータ剛性が高く、トルクロッドの共振が700Hz前後に存在していた。このため、大トルクを発生するDSTでは、加速時騒音が課題となり、ペンデュラムマウントの大型エンジンへの適用例は少ない。

今回、V型6気筒並みの大トルクを支えつつも、高周波域での防振性能向上を目的に、ロッド固有値を低周波へ低下させることで、加速時騒音領域のエンジン振動を遮断した。また、こもり音領域に低下させたロッド共振は、新規開発したリニアアクチュエータによって、ロッドの振動速度に比例する制御力を用いて制振した。ロッド振動を計測するのは、加速度センサを用いたが、その電圧出力をアクチュエータへの印加電圧とすることで、こもり音周波数領域では、アクチュエータそのものを、加速度を速度に変換する積分器として機能させることで、コントローラの簡素化も達成した（図2、3）。

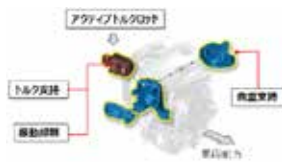


図2 マウントに求められる機能

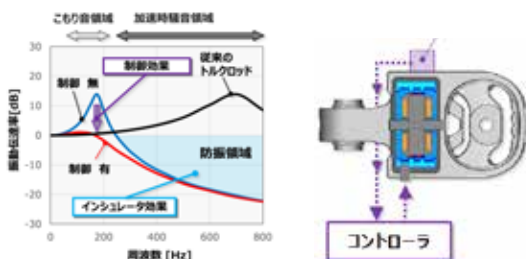


図3 アクティブトルクロッドによる防振と制振の両立

2.2 新規リニアアクチュエータの開発

こもり音領域に低下させたロッド共振は、ゴム減衰を増大させて、ピークレベルを低減させると、そのトレードオフとして、高周波の防振特性が失われる。そこで、ロッドの振動速度に比例する制御力を与えることで、防振性能への影響無く、ロッド振動を抑制することを可能にした。しかし、周波数を低下させたとはいえ、ロッド共振は、170Hz程度と高周波であり、これまでに実用化されていたアクティブコントロールマウントで用いられるソレノイドでは、その非線形性や効率の悪さに課題があった。そこで、新しい駆動原理に基づく、リニアアクチュエータを新規に開発した。このアクチュエータは、可動部を板バネと、磁気バネの両方で支持することで、コンパクト化を図った。また、磁気回路に電磁鋼板を用いることで、高周波領域までの線形性を高く維持できた（図4）。



図4 新開発の慣性マスタクチュエータ

2.3 公理的設計の活用

MITのDr. Nam Pyo Suhらが提唱した公理的設計は、相反する機能を効率良く解く設計手法で、本開発にも適用した。前述する様に、トルクロッドでは剛性を高めて、しっかりエンジントルクを支える機能と、剛性を落として、ロッド共振を低下させ、防振機能を向上する機能が求められ、相反している。前者に関係するロッド静剛性は、エンジン側、車体側の各インシュレータの直列剛性で決まり、後者の固有値は、各インシュレータの並列剛性が支配すると言う関係性を見出したことで、それぞれの機能を独立して設計可能とできた。

2.4 騒音低減効果

図5に直列4気筒ターボエンジンにアクティブトルクロッドを適用した加速時騒音（車室内音）を、V型6気筒搭載車との比較で表す。250Hz～800Hzにおよぶ広い周波数領域において、高い静粛性を実現できたばかりか、従来のマウントシステムと比較して、約40%の軽量化を実現できた。



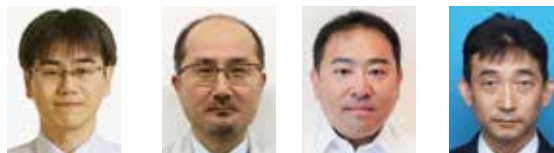
図5 V型6気筒並み静粛性の実現

3. まとめ

地球温暖化を抑制するための、エンジン熱効率向上に伴う加振力増大を、アクティブトルクロッドシステムによって実現可能であることを実証できた。本技術は、こもり音と加速時騒音の広い周波数領域を一つのシステムで対応できる技術であり、今後ニーズの高まる車両の軽量化や低燃費化など、高次元での多性能両立の可能性を高めるものである。

*1 正員、日産自動車(株) パワートレイン・EV性能開発部 (〒243-0192 厚木市岡津古久560-2)
 *2 日産自動車(株) シャシー開発部 (〒243-0192 厚木市岡津古久560-2)
 *3 日産自動車(株) パワートレイン・EV性能開発部 (〒243-0192 厚木市岡津古久560-2)
 *4 (株)ブリヂストン 防振ゴム設計第一部 (〒244-8510 横浜市戸塚区柏尾町1)
 *5 正員、シノフオニアテクノロジー(株) 先行開発部 (〒516-8350 伊勢市竹ヶ鼻町100)

(4) 超高塗着エアレス塗装技術



田中 一基*¹ 谷 真二*² 沼里 亮*² 藤沢 泰成*¹
(1977年生) (1968年生) (1974年生) (1963年生)

1. 概要

自動車の塗装は防錆、耐候性、外観品質など多岐の機能を必要としており、複数の層から構成されている。中でも中塗りと呼ばれる中塗り、ベース、クリアの塗装は、艶などの高い面品質や色などの高意匠が求められる。高意匠と生産性の両立のために、自動車では塗料を霧化（微粒化）して塗装するスプレー塗装が用いられている。この微粒化には主にエアを用いているが、このエアは吹付時の飛行にも用いるために、エアにのった塗料が被塗物上で跳ね返って飛散し、歩留まり（塗着効率）が低下する。それだけでなく飛散した塗料は設備を汚し、塗装品質にも影響を与えるため、塗着効率の向上は普遍的な課題であった。

この課題に対し、エアをほとんど用いずに微粒化を行い、自動車のような大型の被塗物に対しても塗装できる技術を開発し、塗料の飛散がほとんどなく（図1）、塗着効率を従来から30%以上向上させた。

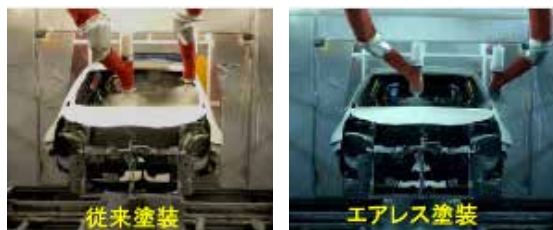


図1 従来塗装との比較

2. 技術の内容

本技術は、エアをほとんど使用せず、静電気力のみで塗料を微粒化し、被塗物へ飛行させる静電微粒化技術を自動車塗装に適用させた技術である。

静電微粒化原理は次のとおりである。ノズルから出た塗料に電荷を供給すると、アースされた被塗物側に静電引力により塗料が柱状に引き伸ばされる。電荷をさらに供給すると静電気力が表面張力や粘性を上回り、柱状の塗料が分裂・微粒化する。この塗料は帯電しているため、電界に沿って被塗物に向かって飛行し、付着する。この静電微粒化は引き伸ばされた柱径が大きくなると

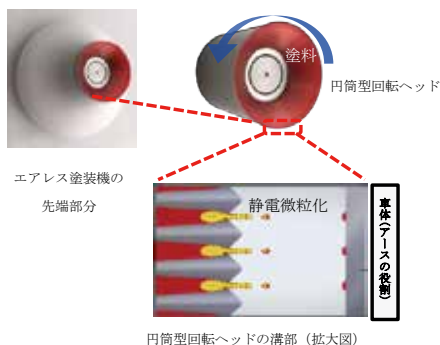


図2 塗装機先端と静電微粒化

良好な微粒化が得られないため、ノズルから吐出することのできる塗料は0.3cc/min以下となり自動車の塗装に必要な200cc/min以上には大幅に不足しているため、自動車の塗装には用いられなかった。本技術ではこの静電微粒化に塗装機の回転体部分であるヘッドの円周上にノズルに見立てたセレーション（溝）を多数配置し、回転を加えることで、それぞれの溝から静電微粒化された塗料を同時に被塗物へ飛行させることができ、自動車塗装に必要な吐出量を確保することができた（図2）。

また塗装品質を確保するためには、粒子径を均一にする必要があり、電荷を安定的に供給する必要がある。電荷の供給には高電圧を印加する必要があるが、その制御には定電圧制御とよぶ、電圧を一定にする制御を行ってきた。この方法は被塗物との距離が変動すると電流もそれに伴い変動する。しかし、自動車の塗面は複雑なため、塗装機との距離を一定に保つことが困難、すなわち電荷を一定に保つことが困難である。本技術では高電圧の制御方式も、電流を一定に保つ定電流制御として開発を行った（図3）。これにより電荷を安定供給でき、塗装品質を確保することができた。

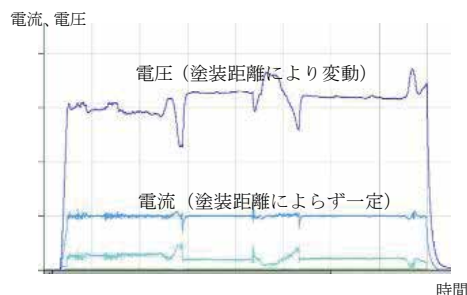


図3 定電流制御

3. まとめ

本技術により塗料がほとんど塗面に付着するため、塗料使用量が低減でき、未塗着塗料の回収装置も簡素化できる。また、従来汚れ回避のために必要だった大型の塗装ブースが不要になり、設備を小型化することができ（図4）、CO2の大幅な削減も期待できる。

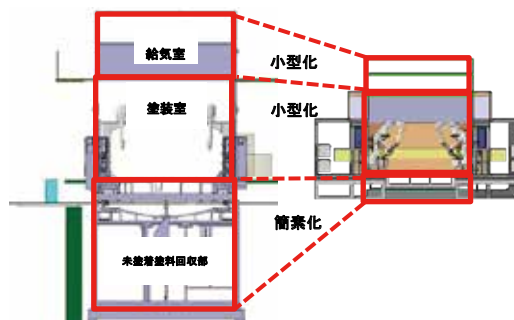


図4 エアレス塗装ブース断面

*¹ 正員、トヨタ自動車(株) (〒471-8573 豊田市元町1)

*² トヨタ自動車(株) (〒471-8573 豊田市元町1)



長野 方星*1 (1974年生) 羽鳥 仁人*2 (1972年生) 大槻 哲也*2 (1972年生) 栗野 孝昭*2 (1980年生)

1. 概要

炭素繊維強化プラスチック (CFRP) は航空宇宙分野をはじめ、自動車、船舶、風力発電など、様々な産業への応用が期待されている。量産性が期待される炭素繊維強化熱可塑性樹脂 (CFRTP) においてはプレス成型時の繊維配向の偏りやボイド発生、密度ムラが問題となっている。しかし、これまでの繊維配向性評価は強度試験やX線CT観察など、試料を切出す必要性や測定に長時間要するなど、簡便で実用的な方法が無かった。受賞者は、CFRTPの1点を周期的にスポット加熱し、面内2次元方向、厚さ方向への熱拡散過程をサーモグラフィで動的に計測し、その温度応答の位相遅れ、温度減衰情報を解析することで、その距離依存性から面内方向の繊維の配向分布を、加熱周波数依存性から繊維の疎密分布を非接触、非破壊、かつ数分で評価できる画期的な手法を開発し、製品化に至った。

2. 技術の内容

本測定法は受賞者が確立した周期加熱法に基づく面内および厚さ方向の3次元熱拡散率測定法を原理としている。検査対象部材の一点を周期的に加熱し、加熱点からの温度応答の時間遅れ、および温度振幅減衰の距離依存性から熱拡散率を求める。その解析を面内360度方向に適用し、繊維配向密度関数または楕円関数でフィッティングすることで、面内の繊維配向方向およびその分散を同定することができる。また、加熱周波数を変えながら位相遅れ、振幅減衰を測定することで、厚さ方向の熱拡散率が得られ、繊維の疎密分布情報を得ることができる。本装置では、レーザーで部材の片面をスポット加熱し、裏面に到達する温度伝搬情報をロックインサーモグラフィで計測することで、面内と厚さ方向の熱拡散率を同時かつ迅速に測定することが可能となり、ほぼ同時に繊維配向解析することで、非接触、非破壊、かつ数分で繊維配向情報を得ることができる。図1、2に繊維配向評価システムThermal Evaluation of Fiber Orientation Distribution (TEFOD)の装置構成および製品外観を示す。

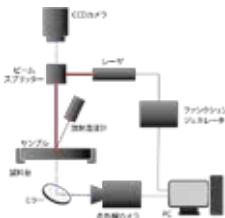


図1 装置構成



図2 TEFOD装置外観

(1) 測定例① CFRTPの繊維配向同定

図3(a)に示すCFRTPにレーザーを照射し、周期的に加熱すると、図3(b)のような位相遅れ分布が得られる。本位相遅れ分布から図3(c)の熱拡散率分布が得られる。本結果を正規化し、楕円近似することで楕円の傾き、アスペクト比から図3(d)のように繊維配向角 θ_0 および配向強度 σ が決定される。

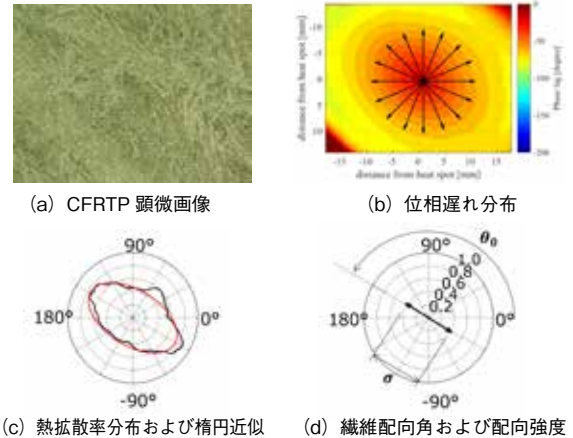


図3 測定例① CFRTPの繊維配向同定

(2) 測定例② 繊維配向と強度、含有率の関係

図4(a)に示す意図的に繊維含有率を変えたCFRTP試料に対して繊維配向、熱拡散率と引張強度、熱拡散率と繊維含有率の関係をそれぞれ調べた。繊維配向は図4(b)に示すように横長に繊維が配向している。また熱拡散率と引張弾性率、および繊維含有率と熱拡散率に相関があることが見て取れる(図4(c, d))。

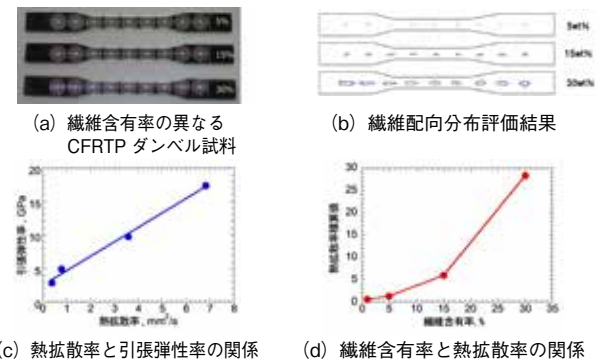


図4 測定例② 繊維配向と強度、含有率の関係

3. まとめ

これまでX線CT法しかなかった繊維配向評価に対して、非接触、非破壊で迅速に繊維配向を評価する手法が創出され、複合材料製造ラインにおけるインライン評価や、非破壊検査が可能になった。また、材料の研究開発においても熱物性評価と配向分布、繊維疎密分布が同時に図れる画期的な評価法として企業、大学、研究機関から注目されている。本技術により今後の産業の根幹となる新規材料開発や複合材料の量産化が飛躍的に加速されることを期待している。

*1 正員、名古屋大学大学院機械システム工学専攻 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)
*2 ㈱ベテル ハドソン研究所 (〒300-0037 土浦市桜町4-3-18)

研究奨励

(1) 高密度電子流による原子拡散を活用した
金属マイクロ・ナノワイヤ創製法の研究



木村 康裕*
(1990年生)

マイクロ・ナノワイヤは、その極細なスケールに由来した特異な物理的特性を活かすことでデバイス性能を飛躍的に向上させる次世代機能材料として注目されている。本研究では金属マイクロ・ナノワイヤの高品質創製法の新規開拓を目指し、高密度電子流による金属原子の拡散・集積を活用したワイヤ創製法の研究を遂行した。実用化の点でワイヤの長さ・形状を自由に制御することが求められており、これまで経験的に試みられていたワイヤ創製を脱する戦略的な創製指針を提案することで、これを実現した。創製現象の定式化を通じてワイヤ長の自在制御に初めて成功すると共に、創製ワイヤの結晶性解析により所望のワイヤ形状を得る制御技術を確立した。

* 正員、名古屋大学大学院工学研究科 (〒464-8603 名古屋千種区不老町)

研究奨励

(2) 薄膜-基板構造体の座屈により自律形成する
表面微細周期構造の変形現象の研究



永島 壮*
(1984年生)

硬質薄膜と軟質基板から成る薄膜-基板系に面内圧縮ひずみを付与すると、座屈に起因する微細周期構造が系表面に自律形成する。構造の形状や寸法は、力学環境や材料特性に応じて多様に変化するため、幅広い工学応用が注目される。本研究では、マイクロスケールの波状構造(リンクル)が折畳構造(フォールド)へと変形する現象に着目し、その機構を顕微鏡その場観察実験により明らかにした。獲得した知見に基づき、リンクル-フォールド変形の制御手法を構築し、同手法がナノスケールの機能性材料・デバイスの創製に資することを実証した。以上の研究成果は、新たなボトムアップ型微細加工技術の開発につながり、広範な波及効果が期待される。

* 正員、大阪大学大学院工学研究科 (〒565-0871 吹田市山田丘2-1)

研究奨励

(3) 固体酸化物形燃料電池電極の三次元構造
定量化と高性能電極作製に関する研究



岸本 将史*
(1986年生)

固体酸化物形燃料電池の研究において現在は標準的となりつつある、多孔質電極のサブミクロンスケール3次元構造の観察・定量化から、実微構造に基づく数値シミュレーション、そして最適電極構造の提案と実証という一連の手法のフレームワークを整備した。従来、電極多孔質の設計は経験則によるところが多かったが、本研究では電極内部で生じる輸送・反応現象を数値シミュレーションにより解明し、得られた知見をもとにして理論に裏打ちされた望ましい電極微構造の提案を行った。また、提案した構造を実現するための具体的な作製プロセスについても検討を行い、高性能電極の実現を試みた。

* 正員、京都大学大学院工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂C3)

研究奨励

(4) 高流速高希釈条件における
火花点火過程の現象解析とモデリングの研究



佐山 勝悟*
(1989年生)

ガソリンエンジンの高効率化に向けて注目されている高流速・高希釈条件で、点火栓の電極間に形成される放電路は気流により引き伸ばされるが、短絡もしくは再放電により途中で短縮化される。この放電路挙動は点火性能ひいては筒内全体の燃焼に大きく影響する。本研究では高流速・高希釈条件での点火過程を詳細に観察できる可視化装置を開発し、放電路挙動と点火栓周りで火炎核挙動の関係や短絡と再放電の発生条件の違い等を明らかにした。更に、気体放電理論を基に、従来不可能であった短絡と再放電の個別予測を可能とする新規放電モデルを構築することに成功した。本成果は設計者に点火現象の正しい理解を促し、今後の点火系開発に貢献できる。

* 正員、豊田中央研究所 (〒480-1192 長久手市横道41-1)

研究奨励

(5) 固体酸化物形燃料電池の電極微細構造と
電極性能劣化に関する研究



志村 敬彬*
(1985年生)

様々な燃料と酸素の化学反応を利用した固体酸化物形燃料電池(SOFC)は次世代の高効率発電デバイスとして注目されている。SOFCの多孔質電極は数ミクロンオーダー以下の微細構造を有し、ガス、電子、イオンの輸送経路および電気化学反応場となるため、電極微細構造と電極性能は密接な相関を持つ。SOFCの長期運転においては、高温作動による微細構造の変化や不純物による被毒のため、電極性能が劣化することが課題である。受賞者はこれまでの研究において、実電極の三次元構造を取得し電極微細構造変化の定量評価を行うとともに、三次元電気化学シミュレーションを併用することにより、個々の電極劣化要因の影響を検証した。

* 正員、東京農工大学工学府大学院 (〒184-8588 小金井市中町2-24-16)

研究奨励

(6) 銀ナノワイヤ分散系磁性ナノ流体を用いた
熱伝導能動制御の研究



岩本 悠宏*
(1984年生)

電気自動車や電子機器において、放熱・断熱性能の向上や熱の有効利用(蓄熱)が重要な課題であり、精密に熱流制御できる熱伝導異方性材料へのニーズが高まっている。本研究では、特に流体に熱伝導異方性を誘起させ、さらにその異方性を能動制御する技術を新たに提案した。高熱伝導率の銀ナノワイヤを磁性ナノ流体中に分散させ、これに磁場を印加すると、銀ナノワイヤが見かけ的反磁性体として振る舞い、磁場方向に配向する。この流体内部の異方性構造を磁場により制御することで、任意方向の熱伝導率を制御することができる。本研究では、磁場印加による銀ナノワイヤの運動や熱伝導異方性の制御性を流体工学と伝熱工学の視点から明らかにした。

* 正員、名古屋工業大学大学院 (〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町)

研究奨励

(7) 機能性壁面による
液滴および流体挙動制御の研究



山本 憲*
(1984年生)

水などの流体が流れる場面では、液体と固体の接触が流体の流れ方を決定する。本研究では、様々な場面において固体と接触する液体が見せる多様な振る舞いを物理的に説明し、そしてその現象を応用することで、流体が我々の直観に反するような挙動を示す固体（機能性壁面）を提案している。例えば、金属は一般的にあまり水を弾かないが、表面にある特定の鋭い凹凸を設けることで水をとてもよく弾くようになる。本研究では、このような性質を得るために必要な表面形状や現象を理論および実験により明らかにした。また、高速度カメラを用いたマイクロスケールの観察により、これらの固体上での液体の動的な性質についても新たな知見を得ている。

* 正員、東京理科大学工学部（〒125-8585 東京都葛飾区新宿6-3-1）

研究奨励

(8) 乱流中の化学物質拡散の
ラグランジュ的数値計算手法の研究



渡邊 智昭*
(1988年生)

計算機性能の発達とともにラージエディシミュレーションによる流体中の化学反応の計算手法が工学的に重要になりつつある。本研究では、化学物質の分子拡散を多数の計算粒子間の相互作用によりモデル化する手法を提案した。本モデルを用いた化学物質拡散のラグランジュ的計算手法を、乱流のラージエディシミュレーションと組み合わせた数値計算手法について検証した。物質濃度場をラグランジュ的に解くことにより、乱流による濃度変動が反応速度に及ぼす効果を厳密に計算することが可能となった。様々な乱流中の化学反応に対する検証計算から、本計算手法により乱流中の化学物質拡散を少ない計算コストで精度良く予測できることが明らかになった。

* 正員、名古屋大学大学院（〒464-8603 名古屋市千種区不老町）

研究奨励

(9) 複数の振動刺激による人間の錯覚を利用した
運動誘導・学習・支援の研究



サラザル ルセス ホセ ビクトリオ*
(1986年生)

この研究では、身体の部位周囲に配置した複数の振動素子を用いて、人間へ目標となる運動方向を呈示することで、人の運動誘導や運動学習を支援することを実現した。具体的には手首周りと足首周りに6個の振動素子を配置し、それらを協調的に制御することで、素子が配置されていない肌的位置でも振動しているかのように錯覚させ、人間にあらゆる方向への振動呈示を行うことが可能となった。手首を用いたシステムでは、人間にスポーツ等のフォームを学習させることや、作業支援を想定した目標のポイントに手首を誘導することを実現した。また、足首に配置したシステムでは、人間を目的の場所に誘導するナビゲーション機能を実現した。

* 正員、東北大学大学院（〒980-0845 仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-01）

研究奨励

(10) 空気圧で浮上する平板の動的安定性と
自励振動発生機構の研究



武田 真和*
(1989年生)

ガラスや銅板などの平板の搬送には、空気圧により平板を浮上させて搬送を行う空気圧浮上装置が利用されている。しかし、条件によっては平板に自励振動が発生し、平板の品質が低下する場合がある。これまで浮上平板に発生する自励振動の発生機構解明が困難であった理由は、平板の面外運動と複雑な空気の流れ場が連成した流体構造連成方程式が浮上変位などの状態変数に対して非線形性を有する点にある。そこで本研究では、新たに数値モデルを構築し、複雑な流れ場を解くための数値解法と状態変数に対するラプラス変換を併用した解析法を構築した。そして解析と実験により、機器設計に必要な自励振動の発生条件および発生機構を明らかにした。

* 正員、青山学院大学理工学部（〒252-5258 相模原市中央区淵野辺5-10-1）

研究奨励

(11) 汎用的な自動組立システムのための
ロボットハンドの機構設計と
把持・操作計画の研究



土橋 宏規*
(1984年生)

近年、製造業では変種変量生産システムの自動化に際して、(1)多形状部品を治具レスで精確に把持可能な汎用的なロボットハンド（以下、汎用ハンド）や、(2)供給時の部品の姿勢をハンドにより組立作業の遂行に適した姿勢に変更する操作の実現などが求められている。本研究では、(1)について治具／外界センサレスで目的の把持を実現できる、複数の平行スティック指を持つ汎用ハンドの機構と把持戦略を、(2)について単一の平行グリッパと部品の転倒を利用した効率的な姿勢変更、ならびに単一の汎用ハンドによる横たわった軸状部品のピッキング、姿勢変更、位置決めのための操作戦略を提案し、いずれも実機実験で有効性と実用性を示した。

* 正員、和歌山大学システム工学部（〒640-8510 和歌山市栄谷930）

研究奨励

(12) 屋内環境においてロボットの自律移動を
実現するための自動地図生成と
経路計画及び動作計画についての研究



本仲 君子*
(1987年生)

生活環境や危険区域において自律移動が可能であり、柔軟に活躍できるロボットやドローンへの期待が高まっている。そこで本研究では、自律移動を支援するための自動地図生成および動作計画手法を提案した。自動地図生成では、環境に配置したセンサを用いて人の通行頻度を計測した結果から環境地図を生成する手法を提案し、2輪駆動ロボットが実際に生成された地図を用いて移動可能であることを実機実験により確認した。また、クワッドロータを制御対象とし、動力学的な拘束条件と運動学的な拘束条件を同時に考慮した、障害物の存在する環境において適用可能な動作計画手法を提案し、実機実験により検証した。

* 正員、関西大学システム理工学部（〒536-0861 吹田市山手町3-3-35）

研究奨励

(13) カーボン系硬質膜の摩擦面その場観察による
低摩擦発現メカニズムの解明の研究



西村 英典*
(1989年生)

炭素を主成分とする薄膜材料であるカーボン系硬質膜は、乾燥ガス環境下や油環境下で摩擦係数 $\mu=0.05$ を下回る低摩擦を発現することが報告されている。この特性を用いることで、風力発電機やアイドリングストップ車をはじめとした起動-停止を繰り返す機械のさらなる長寿命化が期待できる。しかしカーボン系硬質膜の低摩擦発現メカニズムが明らかにはなっていないため実用化には至っていない。そこで、本研究では摩擦面におけるカーボン系硬質膜及び油膜の構造、物性及び摩擦係数を摩擦中にその場評価する手法を新たに提案した。さらにこの手法を用いた摩擦試験からカーボン系硬質膜及び油膜の構造、物性の変化が摩擦係数に与える影響を明らかにした。

* 正員、(公財)鉄道総合技術研究所材料技術研究部 (〒185-8540 国分寺市光町2-8-38)

研究奨励

(14) ソフトマター摺動材の高柔軟性を利用した
新しいトライボロジー設計法についての研究



前川 覚*
(1984年生)

本研究では、ソフトマター(ゴムやゲル)摺動材の高柔軟性を積極的に利用するという新しい着想に基づいて、「接触面変形能制御による摩擦力チューニング手法」を提案するとともに、同手法の有効性を実証した。本手法は、微細表面テクスチャの付与や表面改質といった摺動面インターフェイスの制御が中心である従来設計法とは異なる新たなコンセプトに基づくものであり、材料改質なしに構造設計で摩擦制御が可能であることを示している。本研究を実用化することで、これまでの対策では解決が困難であったトライボロジー諸問題に対して異なるアプローチからの対策が可能となり、摺動面設計における技術的なブレークスルーが期待される。

* 正員、名古屋工業大学大学院工学研究科 (〒466-8555 名古屋市中区昭和区御器所町)

研究奨励

(15) 磁性流体中の気泡挙動の解明および
エネルギー環境応用技術の研究



山崎 晴彦*
(1989年生)

気泡を含む流れは工学的に重要な流れの一つであり、気泡を能動的に制御することは革新的技術の創生に必要不可欠である。本研究では、磁気機能性流体である磁性流体を用いた気泡制御技術の提案およびその工学的応用を念頭に、磁場下における磁性流体中の気泡の成長過程のメカニズムを明らかにしたものである。具体的には、数値シミュレーションを用いて、気泡に作用する磁気・流体力学的作用を解明した。また、磁性流体を用いた気体流量制御を提案し、その実現性と優位性について解明し、流体による微量流量制御を可能とした。さらに本技術を伝熱面から離脱する沸騰気泡へ応用した自己駆動型熱輸送装置を開発した。

* 正員、大阪府立大学大学院工学研究科 (〒599-8531 堺市中区学園町1-1)

研究奨励

(16) 加速分子動力学法の開発と
その応用に関する研究



石井 明男*
(1986年生)

分子動力学法は固体力学の分野では材料中の原子の拡散挙動・塑性変形の原子論的解析に用いられているが、解析できる時間スケール(ナノ秒)と、実験や構造材料が実用的に使用されている時間スケール(数秒や数分、数時間)との間に乖離が存在する。これにより長い時間をかけて発生する拡散・塑性変形イベントを観測できず、これが手法としてのボトルネックとなっていた。本業績では分子動力学法の時間スケールを実験レベルまで拡張させることが可能な加速分子動力学法「Adaptive-boost法」を開発した。この手法を α 鉄中の炭素拡散解析に適用し、その拡散係数を低温から高温に至るまで幅広い温度域にて定量的に計算することに成功した。

* 正員、大阪大学大学院基礎工学研究科 (〒560-8531 豊中市待兼山町1-3)

研究奨励

(17) 流体-構造-生化学連成計算による
マラリア感染赤血球の流動・接着解析の研究



石田 駿一*
(1986年生)

マラリアに感染した赤血球は周囲の正常赤血球や血管内皮細胞と接着することで微小循環障害や血管閉塞を引き起こす。これまで、主に単一の感染赤血球についての接着挙動の実験観察が行われてきた一方で、接着に至る過程や周囲の赤血球との相互作用については実験観察が困難であった。本研究では、流体-構造-生化学の連成計算によるマラリア感染赤血球の数値計算手法を開発し、世界で初めて実験で観察される挙動の数値再現に成功した。さらに、開発した手法と計算機科学の技術を駆使し、これまで実現が困難であった超大規模計算を実施し、流動から正常赤血球との相互作用、接着に至るまでの一連の挙動を明らかにした。

* 正員、神戸大学大学院工学研究科 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1)

研究奨励

(18) 細胞間接着結合を介した
1分子レベルの張力発生フィードバックの研究



牧 功一郎*
(1989年生)

本業績においては、細胞間接着結合を介した張力発生メカニズムを分子レベルで解明するためのバイオエンジニアリング研究を遂行した。特に、原子間力顕微鏡を用いたナノ引張試験を駆使し、張力感知分子である α カテニンの張力作用下における立体構造の変化に関して、力学的観点に基づいた解析を実施した。その結果、 α カテニンに張力が作用すると、力学的に安定な状態でシグナル分子を待ち受ける適応的な張力感知メカニズムを明らかにした。本業績は、 α カテニンの張力感知特性が分子レベルの構造-機能ダイナミクスにより生み出されることを示すものであり、その巧妙な機能を応用したスマート材料の開発など、幅広い分野への貢献が期待される。

* 正員、東京大学大学院工学系研究科 (〒113-0033 東京都文京区本郷7-3-1) (現) 京都大学ウイルス・再生医科学研究所

研究奨励

(19) 毛管現象による自発的液滴生成現象とそのデバイス化の研究



矢菅 浩規*
(1989年生)

受賞者は、毛管現象による自発的な微小液滴生成現象を探究し、その現象を応用したマイクロデバイスを開発した。近年、微小な油中水滴を用いたハイスループットかつデジタルな生化学分析が盛んに行われているが、シリンジポンプを用いたマイクロ流体デバイスやピペッティングロボットが主流であり、例えば実験室内等、その使用は常にエネルギーが供給できる環境に限定される。一方、受賞者の開発したマイクロデバイスでは、油の毛管現象により液滴生成が自発的に行われる。将来的には、妊娠検査キットのような簡便なシステムでありながら、微小液滴の特徴を生かした疾病診断結果の定量化が可能な診断システム等への発展が期待される。

* 正員、早稲田大学理工学術院総合研究所 (〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1)

技術奨励

(1) 実験計画法を用いた
工作機械の少数温度測定による
熱変形補正システムの開発



石野 嘉章*
(1984年生)

工作機械の熱変形は加工精度に影響を及ぼすことから、種々の対策が検討されている。本補正システムは、機械各部の温度変化から主軸-刃物台間の相対距離の変化量を予測し、補正することで、加工径の経時変化を抑制するシステムである。その特長は熱変形予測式の簡便さと適用可能範囲の広さであり、少数箇所の温度変化のみを式の変数としながら、気温変動や切削液の有無を問わず、リアルタイムでの補正を可能とする。式の決定や検証過程に実験計画法を用いることで速やかな実装化を実現しており、冷却などで熱変形を抑制する従来の手法に代わる本補正システムの普及は、経時変化の抑制だけでなく、環境負荷低減や省コスト化への貢献が期待される。

* 正員、高松機械工業(株) (〒924-8558 白山市旭丘1-8)

技術奨励

(2) 超音波音響法による
低速軸受診断技術の開発



磯村 優樹*
(1992年生)

非可聴域の音響を用いた非接触方式による低速回転軸受の監視・診断技術の開発である。可聴域とは異なり20k~100kHzの音響がはく離の進展音を捉えることを、加速寿命試験などを通して見出し、実機にて軸受や歯車の異常を検出できることを確認した。従来、AE法が用いられていたが、接触媒質を塗布する必要があるうえ、軸受面の凹凸や曲率の影響を受けやすいという難点があった。本技術は超音波マイクロフォンを用いて非接触で検出するため、上記作業を不要とするだけでなく、動く設備や狭所など従来困難であった設備への適用を可能とした。現在、オンラインデータ収集装置にて状態監視を行い、予知保全のIoT化を推し進めている。

* 正員、(株)旭化成エンジニアリング (〒882-0847 延岡市旭町2-1-3)

技術奨励

(3) パワー半導体の
大エネルギー破壊現象解明技術の開発



市倉 優太*
(1985年生)

パワー半導体に故障が生じると数百 μ sという瞬時に 10^5 GW/m³もの発熱密度でエネルギーが発生するが、その際にも機器損傷を防ぐことが求められる。しかし、機器損傷に至る圧力発生メカニズムが未解明であった。本業績では、パワー半導体の破壊メカニズム解明に高速撮影による計測と解析の両面から取り組み、発熱、温度上昇、気化、膨張による圧力上昇と筐体の変形をモデル化した。モデル構築においては、故障中のパワー半導体内部発熱領域のモデル化が課題であったが、通電中の電気抵抗の変化から通電体積を推定することで、発熱領域を定量化可能であることを示した。その結果、パワー半導体の故障時圧力上昇が製品開発の上流工程で予測可能となった。

* 正員、東芝インフラシステムズ(株) (〒183-8511 府中市東芝町1番地)

技術奨励

(4) アンモニア/天然ガス混焼ガスタービンの
開発



伊藤 慎太郎*
(1986年生)

アンモニアは燃焼時にCO₂を生成しないため、ガスタービン燃料としての利用が期待されている。しかし、アンモニアの燃焼では大量の窒素酸化物(NOx)と未燃のアンモニアが排出される問題があり、アンモニアの燃焼に適した低エミッション燃焼器が必要となる。そこで、アンモニアと天然ガスの混焼において、燃焼器内の局所的なアンモニアと酸素濃度のバランスを調整する手法を開発し、NOxと未燃アンモニアの濃度を同時に低減する燃焼器を開発した。この燃焼器を2MW級ガスタービンに搭載し、発電実証試験においてアンモニア混焼によるCO₂削減とNOxおよび未燃アンモニア濃度が環境基準に適合することを確認した。

* 正員、(株)IHI (〒235-8501 横浜市磯子区新中原町1番地)

技術奨励

(5) 災害時原子炉内部調査用ロボットの開発



上田 紘司*
(1984年生)

福島第一原子力発電所の原子炉建屋内部は放射線量が高く、ロボットによる遠隔作業で溶け落ちた燃料や構造物の破損状態の調査が進められている。廃炉作業に使用する長尺な器材も運搬できるように、4足歩行ロボットの2台協調移動や積み下ろし機能を開発し、遠隔操作ロボットの適用作業範囲を拡大させた。また、原子炉格納容器内部の状況を調査するため、長尺パイプの先端からカメラを吊り下ろして撮影する装置を開発した。装置挿入口の寸法制約を満たしつつ、カメラと照明の距離を離して充満した蒸気によるハレーションを抑制するため、挿入後に展開する機構を搭載し、燃料デブリと推定される堆積物の鮮明な映像取得に成功した。

* 正員、東芝エネルギーシステムズ(株) (〒235-8523 横浜市磯子区新杉田町8)

技術奨励

(6) インクジェットプリンタの
インク循環供給システムの開発



植松 勇一郎*
(1985年生)

商用・産業用インクジェットプリンタでは、高生産・高信頼の印刷を実現するため、循環機構をもつインク供給システムが開発されている。特に、このシステムではインク漏れのない範囲で循環圧力を制御する必要がある。しかし、装置が大型で構成も複雑であり、第一原理に基づくモデル構築が困難なため、適切な制御系の構築に課題があった。

本開発では、部分空間法を用いたシステム同定によるモデル化技術と、モデルに基づく制御系の構築手法を確立した。同定では、アクチュエータの非線形性、多入出力の干渉を考慮することで高精度なモデル構築に成功した。これにより、短期間で高性能な制御系の構築が可能となった。

* 正員、㈱リコー (〒243-0460 海老名市泉2-7-1)

技術奨励

(9) 4H-SiCパワーデバイス積層欠陥拡張閾値の
応力依存性試験・評価技術の開発



牛流 章弘*
(1985年生)

パワーデバイスは社会インフラを支える重要な基盤部品として広く使われている。近年、Siと比較して高耐圧、高温動作、低損失等の優れた特性を有するSiCパワーデバイスへの期待が高まっている。SiCパワーデバイスは鉄道等で実用化が始まっている一方で未解決の課題も多い。その一つに、バイポーラ動作において積層欠陥が発生する順方向劣化問題がある。本技術では積層欠陥発生と外部応力の関係に着目し、積層欠陥に加わる分解せん断応力と、積層欠陥発生閾値電流に相関があることを明らかにした。本技術を応用することで、実装後の応力によって欠陥が発生する可能性のあるデバイスを特定でき、信頼性の高いデバイスの提供が可能になる。

* 正員、㈱東芝 (〒212-8582 川崎市幸区小向東芝町1)

技術奨励

(7) 空気ばね圧力異常検知システムの開発



沓掛 久志*
(1985年生)

2013年9月に中央本線相模湖駅で発生した列車脱線事故は、脱線事故の1週間ほど前に発生した人身事故で、高さ調整弁棒受けの取付ボルトが破断し、その結果、高さ調整弁棒が押し上げられ、空気ばねが高くなり輪重アンバランスが拡大したことが原因で、出口側の緩和曲線で発生した。

対策の一つとして、空気ばね装置に異常が発生し、輪重アンバランスが急変したことを車上で判定する、異常検知方法を考案した(特許出願済)。この異常検知システムをE235系等の新型車両に導入するため、E235系量産先行車およびE233系、E259系、E657系の先頭車でデータを収集し、判定に必要な閾値の決定および判定アルゴリズムを確認し、実用化に向けた検証を行った。

* 正員、東日本旅客鉄道㈱ (〒151-8578 東京都渋谷区代々木2-2-2)

技術奨励

(10) 高速鉄道車両用ブレーキディスクの寿命
評価技術及びブレーキライニングの開発



阪山 由衣子*
(1985年生)

高速鉄道車両に用いられるディスクブレーキ装置は、車両の安全性を確保するための重要部品であり、高い疲労耐久性が求められる。当該装置の耐久性向上を目的に、小型ブレーキ試験を行い、ブレーキディスクの損傷メカニズムを明らかにした。また、FEM解析結果を基に破壊力学的にき裂進展速度を予測する技術を開発した。さらに、損傷要因の一つである表面温度の上昇に対して、ブレーキディスクの変形に追従し、局所的な温度上昇を低減可能なブレーキライニングを開発した。得られた知見は、耐久性に優れたブレーキディスク、さらなる高速化に対応したブレーキライニングの開発に活用しており、鉄道車両の安全性向上に貢献している。

* 正員、日本製鉄㈱ 技術開発本部 鉄鋼研究所 交通産機品研究部 (〒660-0891 尼崎市扶桑町1-8)

技術奨励

(8) 音響理論に基づいた
翼騒音に対する能動的騒音低減技術の開発



後藤 達彦*
(1986年生)

本技術では、回転翼騒音の二つの事例を対象に能動的騒音低減技術の理論的検討と数値解析を含む実験的検証を行った。ダクト内回転翼の騒音に対しては、ダクト内干渉により生じるゼロ次ロブモード騒音を対象に、提案した騒音低減指標から求められるスピーカ設置条件(必要最小スピーカ数や距離)を理論的に導出し、検証実験によってその妥当性を示した。多翼飛行体の騒音に対しては、各翼外周上にマイクを複数配置し、適切な信号処理を施したアレイ出力を騒音低減対象信号として使用することを提案し、翼間騒音の干渉を低減可能とした。これにより、翼ごとに独立に騒音制御が可能となり、能動消音実行時の計算コストを抑えることが可能となった。

* 正員、㈱東芝 (〒212-8582 川崎市幸区小向東芝町1)

技術奨励

(11) 遠心圧縮機用ティルティングパッド軸受における
油膜温度解析手法の開発



佐藤 基喜*
(1987年生)

遠心圧縮機用ティルティングパッド軸受は、しゅう動面において薄い油膜を介して高速回転する軸を支持するため、油膜のせん断発熱によって負荷面が焼損する恐れがある。そのため、油膜温度を精度良く予測し、温度が許容値を超えないよう機器設計をすることが重要である。油膜温度予測には、熱流体潤滑理論に基づく数値解析が一般的に用いられるが、油膜入口温度の推定は簡易的な計算に留まっており、その高精度化が課題であった。本手法では、従来無視していた油の漏洩や攪拌損失を考慮して油膜入口部に流入する油の流量及びエネルギーのバランスをより詳細に解いた。その結果、従来手法と比べて予測精度を改善でき、信頼性の向上に貢献した。

* 正員、㈱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)

技術奨励

(12) EBSD法を用いた結晶方位解析に基づく
疲労損傷度評価法および
疲労強度予測法の開発



早川 守*
(1986年生)

金属材料の微視組織から疲労損傷や疲労強度が評価・予測できれば、構造物の寿命診断や疲労損傷を抑制した理想的な金属組織形態の提案が見込まれる。本開発では結晶方位情報のマッピングが可能な電子線後方散乱回折法（Electron Backscatter Diffraction法、EBSD法）を用いた、画像相関法を組み合わせた同一箇所の方位変化量による損傷度評価法、ナノインデンテーション法と援用した硬さ・疲労強度予測法、一定軸力負荷中の単結晶せん断疲労試験法ならびに分解垂直応力の影響を考慮した結晶塑性モデルを構築した。それらの有効性を、純鉄多結晶材および単結晶材を対象とした実験あるいは数値解析より確認した。

* 正員、日本製鉄㈱（〒660-0891 尼崎市扶桑町1-8）

技術奨励

(13) PQモニタリング台車を用いた急曲線での
フランジ摩耗量とレール側摩耗量の
推定方法の開発



松田 卓也*
(1989年生)

都市部の地下鉄は一般道の下部に建設する必要上、急曲線が多数存在する。鉄道車両が急曲線を走行する際、車輪とレールは大きな軋り音を出しながら、お互いを削り合う。この軋り音に多くの方が不快に感じると共に、レールと車輪が摩耗し、その取り替えに多くの工数と費用を要する。そこで今回、営業線を走行しながら車輪とレールに働く力を測定できるPQモニタリング台車の測定結果より、車輪とレール間の摩擦力を求め、各曲線で発生する車輪とレールの摩耗量を推定する方法を開発した。本手法により、摩耗量が多い曲線では塗油によって摩耗量を減らし、管理費用の削減と合わせて軋り音を改善し、環境にやさしい急曲線の運行が可能となる。

* 正員、東京地下鉄㈱（〒110-8614 東京都台東区東上野3-19-6）

技術奨励

(14) 面内及び層間破壊を考慮した
CFRPの損傷進展解析評価手法の開発



三浦 一浩*
(1984年生)

航空機などのCFRP複合材製品については、信頼性確保の観点から破損限界の明確化が要求されている。受賞者は厚さ0.2mm程度の炭素繊維シート積層構造において、Cohesive要素による樹脂損傷と繊維破壊を考慮し、面内・層間での微小き裂発生から、構造全体の破壊に至る損傷過程を予測できる損傷力学解析手法を実用化した。面外衝撃を受けた部材や応力集中部の強度予測に適用するとともに、高温・吸湿条件においては「繊維に沿った樹脂割れ」の寄与が大きいことを実験的に明らかにし、有孔平板の損傷状況と最終破壊強度を予測可能なことを示した。本手法は、CFRP構造の信頼性を確保するとともに、開発に必要な構造試験数の削減による開発期間短縮に寄与している。

* 正員、三菱重工業㈱ 総合研究所 強度・構造研究部 強度第一研究室（〒851-0392 長崎市深堀町5-717-1）

技術奨励

(15) 非定常燃焼解析による
石炭ガス化複合発電向けガスタービン燃焼器の
燃焼特性評価技術の開発



柚木 啓太*
(1984年生)

環境負荷低減のため、石炭ガス化複合発電向けに水素含有燃料焼きガスタービン燃焼器の開発が進められている。水素含有燃料は、一般的に使用される炭化水素系燃料に比べて燃焼性が高いことから、高温・高圧での燃焼試験を安全に実行することは容易でない。そこで、多孔同軸噴流バーナを搭載した水素含有燃料焼きガスタービン燃焼器内の燃焼特性を評価するため、乱流による拡散促進効果と火炎伸張効果を考慮した非定常燃焼解析技術を開発した。これにより、燃焼器内が拡散火炎と予混合火炎とが共存する複雑な燃焼場であることを明らかにするとともに、燃焼器性能に関わる窒素酸化物の排出量や火炎形成位置を高精度に予測可能とした。

* 正員、三菱重工業㈱（〒676-8686 高砂市荒井町新浜2-1-1）

教育

(1) 小学生が構想したロボットを
高専生が設計製作するロボットコンテスト教育



逸見 知弘*1
(1976年生)



山崎 容次郎*2
(1959年生)



十河 宏行*3
(1958年生)

本ロボット教室は、小学生と高専生と一緒に、毎年課題内容が変わる競技に合わせたロボットを設計・製作し、ロボット競技を行う独創的な取り組みである。最大の特徴は、単にロボットを組み立てる体験型の教室ではなく、リバースエンジニアリングの考えに基づいている点である。最初に小学生は、高専生とともにすでに作られているロボットを分解・解析し種々の知見を学ぶ。次に、高専生と一緒にアイデアを出して競技課題を達成するロボットを構想する。後日、高専生が構想案を基に設計・製作したロボットの部品を、小学生が組み立ててロボットを製作し、競技会で採縦し競い合う。

小学生への教育効果は、競技に合わせた戦略や、戦略に合わせた動作とそれを実現するロボットを考える点にあり、目的に合わせたエンジニアリング教育が体験できる点にある。さらに、高専生への教育効果は、小学生が描いたラフスケッチから設計を行うことで、アイデアを具現化する能力を養うとともに、組み立てやすさ、安全性や操作性を考えた総合的な設計・製作能力が身につく点にある。以上より、小学生と高専生の両者に対して、初期のエンジニアリングデザイン教育において多大な効果があると考えている。

*1 正員、川崎医療福祉大学医療技術学部臨床工学科（〒701-0193 倉敷市松島288）

*2 正員、香川高等専門学校機械工学科（〒761-8058 高松市勅使町355）

*3 正員、香川高等専門学校機械電子工学科（〒761-8058 高松市勅使町355）

教育

(2) 学部1年生から最先端研究に参加できるROUTE
(Research Opportunities for Undergraduates)
プロジェクトの実践



横浜国立大学・機械工学教育プログラム
[代表者] 丸尾 昭二*
(1970年生)

ROUTE (Research Opportunities for Undergraduates) Projectは、各教員が研究プロジェクトを公募し、応募してきた1～3年の学部生を面接のうえ研究に参加させる仕組みである。1年生秋学期以降から参加可能であり、春学期4月～9月と秋学期10月～3月と二期制を採用して、研究成果発表会を10月と3月に開催している。特に、3月の発表会は理工学部全体で合同ポスター発表を行っている。さらに、得られた成果を学会発表や学術論文として発表することも支援しており、学部生から英語学術論文を執筆したり、日本機械学会などの学術講演会や文部科学省のサイエンスインカレなどに積極的に参加しており、受賞実績もある。さらに、平成27年度からは研究成果の高いROUTEの学生を海外の共同研究先に派遣するinternational ROUTE (iROUTE) も実施している。また、複数回ROUTEに参加した学生を対象に理工学部全体で公募し、学生自身が作成した研究提案書を審査し、研究予算を与える取り組みも実施し、研究マネジメントを体験できる機会を与えている。

* 正員、横浜国立大学大学院・工学研究院・システムの創生部門（〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5）

(1) 流量計測制御機能付電動二方弁 ACTIVAL+

アズビル株式会社*

1. 製品概要

現在、地球温暖化対策は早急な対応を迫られている中、建物の省エネルギー化はますます重要となってきた。特に、オフィスの消費エネルギーの約43%が空調に関わるものであるため、空調の更なる省エネルギーが求められている。

このような中、空調システムにおける省エネルギーを図るために、空調機を流れる冷温水の流量を調節するコントロールバルブに、流量計測、熱量計測と流量制御機能を追加した流量計測制御機能付電動二方弁を開発した。

本製品では、従来のコントロールバルブで行っている開度制御ではなく、コントロールバルブ自身が計測した流量を用いて流量制御が可能である。そのため、空調機の過流量を抑制することで、熱源やポンプなどの搬送動力を削減できる(図2)。

さらに、従来の開度制御では、配管内の圧力変動により空調機コイルを通過する流量が変化してしまい、室内温度が設定温度に追従しないケースがあったが、本製品の流量制御機能により常に最適な流量を維持することが可能となり、室内の快適性を向上できる。

また、コントロールバルブと温度、圧力、流量、熱量の計測機能を一体化したことにより、本製品だけでエネルギー管理が可能となる。

今回開発したのは、特に中国、韓国、東南アジアのオフィスビル、病院、ショッピングモールなどで多い大容量の空調機にも対応可能な海外向けモデルの口径15A～150Aである。

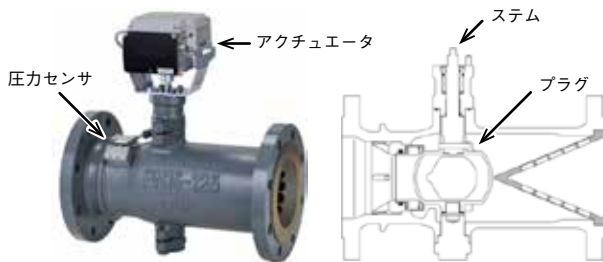


図1 ACTIVAL+ 製品外観とバルブ構造図

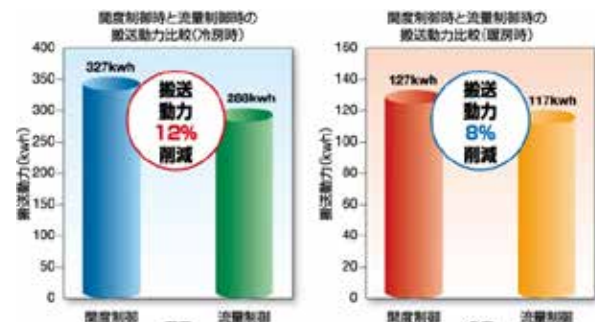


図2 当社藤沢テクノセンターにおける導入効果

注) 夏季、冬季ともに一日分のポンプ搬送動力であり、処理熱量がほぼ同等な日で比較を行った。

2. 技術の内容

本製品は、空調用コントロールバルブにおけるプラグ前後の圧力差およびプラグの開度に応じた容量係数から流量を演算することで、コントロールバルブに流量計測制御の機能を付加している。そこで、流量計測精度を向上させるために以下の検討を行った。

① 圧力計測方法

バルブ内部の圧力分布はバルブの開度や直前の配管レイアウトによって大きく変化するため、安定した圧力計測の方法が求められる。1次側圧力の計測部として、図3のようにバルブ入口部の周囲4箇所圧力ポートを設け内部で圧力を平均化する構造を考案した。その結果、バルブ手前にエルボ配管があってもその影響による流量精度の差異を1%RD以下に抑えることができた。

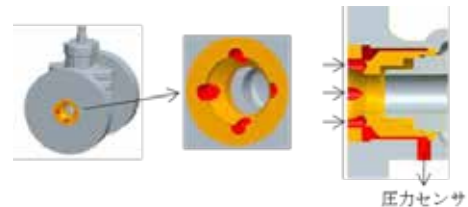


図3 1次側圧力計測部の構造

② ねじれ開度補正

流量計測精度向上のため、流量を調節するプラグの開度をポテンショメータで精度よく計測することが求められる。大口径モデルの口径100A～150Aではプラグを回転操作するためのトルクが大きく、ステムがねじれる事により角度の計測値に誤差が生じる。この問題を解決するため、バルブ内部の圧力からステムのねじれ量を推定する仕組みを考案した。推定したねじれ量で補正した開度を用いて流量演算を行う事で流量計測精度を向上させた(図4)。

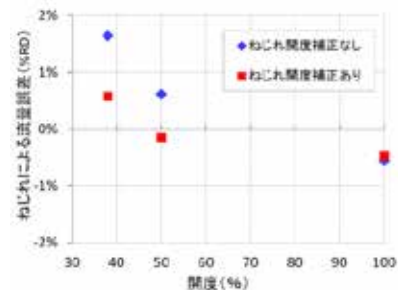


図4 ねじれ開度補正の効果検証結果 (口径 125A)

3. 販売実績

昨今では、世界的規模で地球温暖化問題が深刻化し、省エネルギー要求は今後も加速すると考えられる。海外市場では本製品の出荷実績は2,000台以上あり、今回海外向けに大口径モデルを追加したことにより更なる販売促進が期待できる。

* 特別員、〒251-8522 神奈川県藤沢市川名1-12-2

1. 製品概要

私たちの生命と財産を自然災害から守り、快適で豊かな文化生活を提供してくれている道路、河川、橋梁、堤防等の社会資本は、長年の使用による物理的の老朽化や、社会情勢の変化による機能的陳腐化が進み、多くは「目的」「機能」「設置場所」の見直しが急務となっている。しかし、もともと解体を想定していない構造であることと、急激な都市化による周辺施設の過密化等によって、工事に厳しい制約条件が課せられている。この問題を、新たな施工方法と構造物コンセプトで解決したのがジャイロパイラーである。ジャイロパイラーは、既存の地中構造物を撤去することなく、基礎部分と躯体部分を一体化した構造部材として先端リングビット付き鋼管杭を、回転切削圧入により地中に貫入させることができる。



図1 ジャイロパイラーによる鉄道近接の切土擁壁築造工事

2. ジャイロパイラーの技術

ジャイロパイラーは、図2のように圧入済みの鋼管杭列(反力杭)をクランプで把持して、その引抜抵抗を反力に用い、先端リングビット付き鋼管杭(圧入杭)を把持するチャック部での回転力とメインシリンダの油圧による圧入力で回転切削圧入を行う。

また、チャックで施工途中の杭を把持した状態で、クランプを開放し、本体を上昇させて、鋼管杭列上を自走することができる。



図2 ジャイロパイラーのしくみ

図3に示すように、従来工法では難しい硬質地盤やコンクリート構造物などの地中障害物への圧入施工が可能である。



図3 鉄筋コンクリートの鉄筋を切断して貫通させた状況

このことにより、図4に示したように、既存の地下構造物を残置したまま、構造物の再生や機能強化が可能になる。工種は少なく、周辺環境や地域経済に影響を与えることなく、構造物も理想的な品質で造り上げることができる。

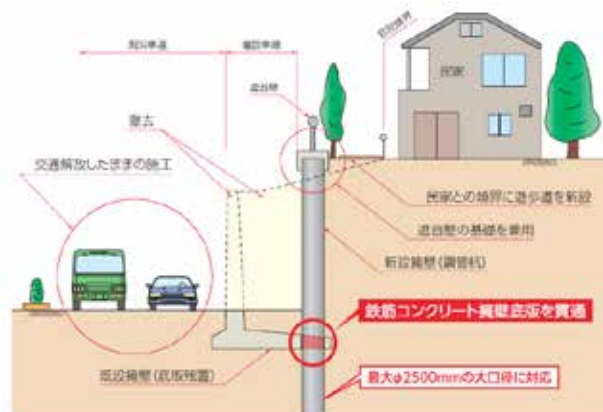


図4 道路幅への適用例

3. 販売実績

国内： 71台
海外： 2台

4. まとめ

ジャイロパイラーは、土木構造物の機能再生や防災強化を合理的に行う回転切削圧入機である。当社は今後も道路・橋梁・河川護岸・堤防など老朽化した土木構造物の機能再生、社会要請の変化に伴う機能強化、地震・津波への防災力の強化を実現できる建設機械として社会に貢献できる技術を提供していく。

* 特別員、〒781-5195 高知県高知市布師田3948番地1

(3) 微小球反発硬さ試験機eNM3A10

株式会社山本科学工具研究社*

1. 製品概要

微小球反発硬さ試験機eNM3A10は、従来の反発硬さ試験機では正しい硬さ値を得ることが困難であった軽量試料も正確に計測できる反発硬さ試験機である。反発硬さは金属材料などの強度評価法として普及しているが、軽い試料では見かけ上硬さ値が低くなるという難点があった。本試験機は、この問題を画期的に改善し、小型の試験片（目安として厚さ5mm以上）から複雑な形状の大型機械まで、あらゆる方向に向けて正確な試験が可能な、現場でも使いやすい持ち運び可能な試験機である。

2. 技術の内容

2.1 従来の反発硬さ試験機

反発硬さは、試料に圧子を動的に衝突させる試験方法で、試料に形成されたくぼみの読み取りが不要という特長がある。すなわち、衝突前の圧子の運動エネルギーから、くぼみの形成（塑性変形）に使われた分だけが失われるため、反発係数（=衝突前後の速度比）に着目すると、硬く塑性変形しにくい試料ほど反発係数が大きく、塑性変形しやすい試料ほど反発係数が小さくなるという原理である。

従来の反発硬さ試験では、圧子単体の発射が困難なため、圧子を金属製の飛翔体の先端に固定している。そのため圧子は軽量でも、飛翔体全体としては数グラムから数十グラムの物体が試料に衝突することになり、軽量の試料では衝突時の振動等によるエネルギーのロスが生じて、反発係数（硬さ）が低下する。これは「質量効果」と呼ばれている。

質量効果の低減には、飛翔体の軽量化が不可欠である。実際に、1987年に開発された「衝撃硬さ試験法」では、研究室レベルであるが、微小な球単体のみを衝突させる仕組みを実現した。しかし、試験方向が上方のみや据え置き型といった点が問題となり、製品化には至らなかった。

2.2 微小球反発硬さ試験機eNM3A10

今回製品化されたeNM3A10は、直径3mmのアルミナ球圧子（質量0.06g）単体を試料に衝突させ、センサーで衝突前後の速度を計測し、反発係数を表示する。試験は瞬時に完了し、くぼみの読み取りや事前の調整は不要であるため、個人差もなく、誰でも簡単に高精度な試験が可能である。さらに、現場での安全性と利便性を考慮して、球圧子が完全には外に出ない仕組みになっており、測定完了後は簡単な操作ですぐ次の試験を行えるようになっている。

また、球圧子を適切にホールドしているため、上向き・下

向きを含むあらゆる向きに試験可能である。試料面については、600番の研磨紙での研磨面で正確な測定が可能であり、100番程度でもほぼ正確な（誤差2%程度）反発係数が得られる。平面以外の複雑な形状を想定し、丸棒用や狭小部用のアダプタが用意されている。さらに、金属材料以外にも、木材、プラスチック、食品など幅広い材料の試験が可能である。この他、開発中ではあるが、測定が瞬時に完了する点を活用し、-196℃から1000℃までの低温・高温での実績があるなど、本試験機は高いポテンシャルを有している。



図1 eNM3A10の外観

これにより写真中の直径64mm、質量380gの硬さ基準片も、そのまま机上で、あるいは手持ちで試験することが可能になった。

3. 販売実績

本微小球反発硬さ試験機eNM3A10は、微小球を使って反発硬さを測定する世界初の製品であり、現状唯一の製品である（自社調査による）。販売実績は、国内で約20台であるが、最近特に問い合わせが増えてきており、従来の試験機では対応できないケースへの適用事例が増えつつある。

4. まとめ

本製品は、興味を有する企業と大学、国立研究機関の研究者が参集し、製品開発チームを組織するというユニークな形で開発が進められてきた。さらに質量効果の小さな試験機を目指して、現在も引き続きチームでの開発が進められている。

* 特別員、〒273-0018 千葉県船橋市栄町2-15-4