

2014年度(平成26年度)日本機械学会賞受賞者

日本機械学会賞(技術功績) 3件

1	組立作業の理論的説明と自動組立システムの開発	新井 民夫〔芝浦工業大学〕
2	自動車用材料の研究開発およびその部品・システム応用に関する技術開発	近藤 拓也〔トヨタ自動車(株)〕
3	ロボットの知能化とマイクロ・ナノロボットに関する研究、及び、その国際化への貢献	福田 敏男〔名城大学〕

日本機械学会賞(論文) 16件

分野 0: 先端境界領域 1: 材料力学・材料、弾性・塑性等 2: 熱工学・内燃機関等 3: 流体・水力機械、空気機械等
4: 機械力学自動制御・計測等 5: 工作・鍛造・塑性加工・溶接 精密・生産管理・要素 機構・潤滑等

(配列は分野別代表者の五十音順)

0部	1	界面化学的分散制御高せん断解砕による放射能汚染土壌洗浄(福島県における汚染土壌洗浄処理フィールド試験(第1報)) 日本機械学会論文集, 79巻, 802号, B編 (2013年6月)	石山新太郎 神谷 昌岳 近藤 充記	〔(株)日本原子力研究開発機構〕 〔(株)マキノ〕 〔(株)マキノ〕
	2	ドット配列による感圧/感温塗料の複合化 日本機械学会論文集, 78巻, 791号, B編 (2012年7月)	亀谷 知宏 松田 佑 江上 泰広 山口 浩樹 新美 智秀	[名古屋大学] *1 [名古屋大学] [愛知工業大学] [名古屋大学] [名古屋大学]
	3	Experimental and Analytical Studies on Contact Irreversible Electroporation for Superficial Tumor Treatment Journal of Biomechanical Science and Engineering, 8巻, 4号, (2013年12月)	藏田 耕作 上野 涼 松下 将大 福永 廣徳 高松 洋	[九州大学] [九州大学] [九州大学] *2 [九州大学] [九州大学]
1部	4	超微細粒組織を活用した低炭素鋼の強靱化 日本機械学会論文集, 79巻, 804号, A編 (2013年8月)	井上 忠信 木村 勇次	〔(株)物質・材料研究機構〕 〔(株)物質・材料研究機構〕
	5	電子後方散乱回折(EBSD)による構造材料の損傷評価(測定手順標準化のための測定品質の定量評価) 日本機械学会論文集, 78巻, 785号, A編 (2012年1月)	釜谷 昌幸	〔(株)原子力安全システム研究所〕
	6	層間高剛性化CFRPクロスプライ積層板の繰返し荷重下におけるトランスバースクラック発生評価 日本機械学会論文集, 80巻, 812号 (2014年4月)	川田 宏之 曾我 理昂 重盛 洗 細井 厚志 藤田 雄三	[早稲田大学] [早稲田大学] *3 [早稲田大学] *4 [名古屋大学] *5 [東レ(株)]
2部	7	キャピラリーカの熱的制御を用いた付着式マイクロマニピュレータの研究 日本機械学会論文集, 78巻, 794号, B編 (2012年10月)	中別府 修 加藤 達彦 新谷 昌之	[明治大学] [明治大学] *6 [明治大学] *7
	8	ノズル内流れの数値解析によるキャピテーション気泡混合燃料噴射方法の検討 日本機械学会論文集, 78巻, 793号, B編 (2012年9月)	増田 穠 河村 清美 永岡 真 増淵 匡彦 小森 啓介	〔(株)豊田中央研究所〕 〔(株)豊田中央研究所〕 〔(株)豊田中央研究所〕 〔トヨタ自動車(株)〕 〔トヨタ自動車(株)〕
3部	9	Correlation between Flow Accelerated Corrosion and Wall Shear Stress Downstream from an Orifice Journal of Power and Energy Systems, 7巻, 3号 (2013年9月)	歌野原陽一 長屋 行則 中村 晶 村瀬 道雄 釜塚 孝一	〔(株)原子力安全システム研究所〕 〔(株)原子力安全システム研究所〕 *8 〔(株)原子力安全システム研究所〕 〔(株)原子力安全システム研究所〕 〔(株)原子力安全システム研究所〕
	10	直交格子法における物体境界近傍の直接離散化法(速度場と圧力場の整合性を考慮した高精度化) 日本機械学会論文集, 79巻, 800号, B編 (2013年4月)	佐藤 範和 梶島 岳夫 竹内伸太郎 福垣 昌英 堀之内成明	〔(株)豊田中央研究所〕 [大阪大学] [大阪大学] 〔(株)豊田中央研究所〕 〔(株)豊田中央研究所〕
4部	11	Experimental Evaluation of Triple-Stage-Actuator System with Thermal Actuator for Hard Disk Drives Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, 7巻, 4号 (2013年10月)	熱海 武憲 中村 滋男 小田 正樹 難波 入三 野崎 秀也	〔(株)HGSTジャパン〕 〔(株)HGSTジャパン〕 〔(株)日立製作所〕 〔(株)HGSTジャパン〕 〔(株)HGSTジャパン〕
	12	湾曲した筒の折り畳みモデル化 日本機械学会論文集, 79巻, 808号, C編 (2013年12月)	石田 祥子 野島 武敏 萩原 一郎	[明治大学] [明治大学] *9 [明治大学]
	13	腰補助用マッスルスーツ®のフィールドテスト(物流の作業現場への適用) 日本機械学会論文集, 79巻, 806号, C編 (2013年10月)	佐藤 千恵 横矢 重治 渡邊 博美 梅原 英之 中村 裕紀 小林 宏	[アマゾンジャパン・ロジスティクス(株)] *10 [アマゾンジャパン・ロジスティクス(株)] [アマゾンジャパン・ロジスティクス(株)] *11 [東京理科大学] *12 [東京理科大学] *13 [東京理科大学]
	14	接地・転動時におけるタイヤ半径方向振動解析 日本機械学会論文集, 80巻, 811号 (2014年3月)	松原 真己 辻内 伸好 小泉 孝之 平野 裕也	[同志社大学] *14 [同志社大学] [同志社大学] [同志社大学] *15
5部	15	摩擦振動が生む動摩擦係数の計測誤差 日本機械学会論文集, 79巻, 803号, C編 (2013年7月)	角 直広 田所 千治 中野 健	[横浜国立大学] *16 [東京理科大学] *17 [横浜国立大学]
	16	パウダージェットデポジション法によるエナメル質へのハイドロキシアパタイト成膜 日本機械学会論文集, 79巻, 808号, C編 (2013年12月)	佐藤 慧 西川 智弘 萩原 隆行 嶋田 慶太 堀内 涉 松村 賢 赤塚 亮 佐々木啓一 石崎 勉 荒川 正嘉 太田 一史 水谷 正義 齋川 常元	[東北大学] *18 [東北大学] *19 [東北大学] *20 [東北大学] [ヤマセ電気(株)] [東北大学] [東北大学] [東北大学] 〔(株)サンギ〕 〔(株)サンギ〕 〔(株)サンギ〕 [東北大学] [東北大学]

日本機械学会賞（技術） 7件

配列は代表者の五十音順

1	酸素燃焼を適用したゼロエミッション微粉炭火力の開発と商用火力での実証	(株) I H I 電源開発 (株) 電源開発 (株) (株) I H I (株) I H I	氣 賀 尚志 三 澤 信博 伊 藤 正紀 山 田 敏彦 須 田 俊之
2	E5系・E6系新幹線電車の車外騒音低減技術	東日本旅客鉄道 (株) 川崎重工業 (株) (株) 日立製作所 東洋電機製造 (株) (株) 工進精工所	栗 田 健 秋 山 悟 高 野 靖 中 島 伸治 四 釜 敏男
3	小型・薄型・軽量なMEMS 3軸触覚センサの開発	東京大学 東京大学 東京大学 タッチエンス (株) タッチエンス (株)	下 山 勲 中 井 亮仁 高 橋 英俊 永 野 顕法 木 鋪 大樹
4	高強度パルス中性子源実現のためのマイクロバブルを利用した液体金属中の圧力波抑制技術の開発	(独) 日本原子力研究開発機構 (独) 日本原子力研究開発機構 (独) 日本原子力研究開発機構 (独) 日本原子力研究開発機構 (独) 日本原子力研究開発機構	二 川 正敏 羽 賀 勝洋 粉 川 広行 涌 井 隆 直 江 崇
5	静電容量型フレキシブル触覚フィルム	(株) オーギャ (株) オーギャ (株) オーギャ (株) オーギャ	水 島 昌徳 高 木 茂王 板 野 弘道 水 島 英吏子
6	マイニングダンブトラックの高度車体安定化制御技術	日立建機 (株) (株) 日立製作所 日立建機 (株) 日立建機 (株) 日立建機 (株)	箕 輪 利通 一 野 瀬 昌則 安 田 知彦 美 濃 島 俊和 齋 藤 真二郎
7	ハイポイドギヤのかみ合い率最適化設計手法	トヨタ自動車 (株) トヨタ自動車 (株) (株) 豊田中央研究所 (株) 豊田中央研究所	宮 村 宏美 柴 田 好克 稲 垣 瑞穂 青 山 隆之

日本機械学会奨励賞（研究） 19件

分野 0：先端境界領域 1：材料力学・材料、弾性・塑性等 2：熱工学・内燃機関等 3：流体・水力機械、空気機械等
4：機械力学自動制御・計測等 5：工作・製造・塑性加工・溶接 精密・生産管理・要素・機構・潤滑等

(配列は分野別受賞者の五十音順)

0部	1	バイオミメティクス応用を目指した蚊の吸血機能に関する研究	菊地 謙次〔東北大学〕
	2	生体の粘弾性特性のモデル化とそれに基づく医療ロボットの制御手法に関する研究	小林 洋〔早稲田大学〕
	3	3次元顕微鏡観察および数値解析を用いた微生物の遊泳メカニズムの研究	中井 唱〔鳥取大学〕
	4	収縮性超分子複合体のナノ力学特性計測に関する研究	松井 翼〔名古屋工業大学〕
	5	知能機械による布製品の認識と操作の研究	山崎 公俊〔信州大学〕
1部	6	X線回折を用いた部材全域の3次元残留応力分布の推定法の研究	小川 雅〔横浜国立大学〕
	7	柔軟構造材料の座屈解析とその大変形に伴う機械特性の研究	田中 展〔東京大学〕*21
	8	生体骨組織の残留応力検出法に関する研究	山田 悟史〔北海道大学〕
2部	9	管群管路内における気液二相流の非定常三次元計測手法の研究	新井 崇洋〔(一財)電力中央研究所〕
	10	噴霧・燃焼技術の応用による薄膜・微粒子形成の研究	大嶋 元啓〔富山県立大学〕
3部	11	蛍光可視化計測および数理モデル構築による制限ナノ空間内のDNA流動に関する研究	上原 聡司〔東北大学〕
	12	超音速マイクロジェット生成とその医工学応用に関する研究	田川 義之〔東京農工大学〕
	13	乱流中に分散する液滴の放射特性、レーダ反射特性および衝突成長特性の研究	松田 景吾〔(独)海洋研究開発機構〕
	14	平行平板間乱流における進行波状制御による抵抗低減効果及び再層流化の研究	守 裕也〔東京農工大学〕*22
4部	15	ディスクブレーキの鳴きに及ぼすパッド剛性の影響の研究	大浦 靖典〔滋賀県立大学〕
	16	単一細胞解析のためのマイクロ・ナノ操作・計測システムの研究	丸山 央峰〔名古屋大学〕
	17	ヘビ型ロボットの実用的機構と制御法の研究	山田 浩也〔(株)ハイボット〕
5部	18	持続可能社会シナリオの設計支援方法論の研究	木下 裕介〔大阪大学〕*23
	19	工作機械運動時における消費エネルギー削減による生産設備の省エネルギー化の研究	林 晃生〔神奈川大学〕

日本機械学会奨励賞（技術） 19件

(配列は受賞者の五十音順)

1	5軸制御高速高精度アプレシブジェット切断装置の開発	青木 卓也〔(株)スギノマシン〕
2	都市鉄道向けプラットフォーム転落防止可動柵設計業務	明山 公也〔(株)京三製作所〕
3	柔軟媒体ハンドリング機器における静音化技術の開発	石川 美里〔(株)東芝〕
4	月面土のう積層体構築ロボット技術の開発	井上 大輔〔東急建設(株)〕
5	円錐ころ軸受の耐振性解析技術の開発	江崎 雄也〔三菱電機(株)〕
6	非圧縮粘性流れ場を対象としたトポロジー最適化手法の開発	久保 世志〔(株)IHI〕
7	高圧クーラントによる難削材の高効率加工技術の開発	杉野 敦〔大同特殊鋼(株)〕
8	機構・油膜連成解析技術の開発と斜板式油圧ピストンポンプ・モータへの適用	鈴木 健太〔(株)日立製作所〕
9	プロセス圧縮機ケーシングの漏洩評価技術の開発	丹野 洋平〔(株)日立製作所〕
10	インパクトダンパによる2方向同時制振技術の開発	長嶋 李明〔三菱電機(株)〕
11	超臨界圧変圧貫流ボイラ向け新型伝熱管の開発	中拂 博之〔三菱重工業(株)〕
12	高速高精度位置決めが可能な光学金型加工用超精密加工機の開発	廣瀬 智博〔(株)不二越〕
13	沸騰伝熱予測の実現に向けた熱流動解析の高度化技術開発	福多 将人〔(株)東芝〕
14	電動化航空機空調システム用電動コンプレッサの開発	光岡 大輔〔(株)島津製作所〕
15	地震動を受ける埋設鋼管の長柱座屈評価手法の開発	三津谷 維基〔東京ガス(株)〕
16	車両接近報知音の評価手法の開発	八重樫直樹〔三菱電機(株)〕
17	直接メタノール型燃料電池の小型化技術の開発	八木 亮介〔(株)東芝〕
18	相変態・焼戻しを考慮したFEM解析手法の開発	山崎 陽介〔新日鐵住金(株)〕
19	電子機器基板配線の熱疲労寿命評価の高度化技術の開発	山寄 優〔(株)東芝〕

日本機械学会教育賞（2件）

（配列は代表者の五十音順）

1	関西支部における「親と子の理科工作教室」の特色的な実施による育成事業	グループ名 日本機械学会関西支部シニア会 「親と子の理科工作教室」 代表者 堀 好夫〔堀企業経営技術研究所〕
2	「つくばチャレンジ」実施によるシステムインテグレーション技術人材の育成	油田 信一〔芝浦工業大学〕

*1 (現)鳥羽商船高等専門学校, *2 (現)日立金属(株), *3 (現)日揮(株), *4 (現)清水建設(株), *5 (現)早稲田大学, *6 (現)ダイオーエンジニアリング(株), *7 (現)コニカミノルタ(株), *8 (現)関西電力(株), *9 (現)(株)アート・エクセル折紙工学研究所, *10 (現)(株)イノフィス, *11 (現)合同会社西友, *12 (現)アイン精機(株), *13 (現)(株)バンダイナムコスタジオ, *14 (現)豊橋技術科学大学, *15 (現)トヨタ自動車(株), *16 (現)長岡技術科学大学, *17 (現)東京理科大学, *18 (現)日立建機(株), *19 (現)デクセリアルズ(株), *20 (現)三菱マテリアル(株), *21 (現)大阪大学, *22 (現)東京理科大学, *23 (現)国立研究開発法人産業技術総合研究所

2014年度（平成26年度）日本機械学会優秀製品賞 受賞社（2件）

（配列は会社名の五十音順）

	製品名	受賞社名
1	ベローズ式パックスバルブ	(株) 鷺宮製作所
2	小型可搬簡易型の多層盛溶接ロボット (名称: ISHIMATSU)	長菱エンジニアリング(株)

技術功績

(1) 組立作業の理論的解明と自動組立システムの開発



新井 民夫*
(1947年生)

組立は生産の中で重要な位置を占める。しかし、1970年頃まで組立の理論的解明は進まず、技能として扱われてきた。組立作業の大半が機械ではなく人手でなされていたからである。このように、研究対象とされていなかった組立作業に力学的解析を導入し、それに基づく様々な自動組立システムの概念構築ならびにシステム実装を30年以上も継続的に行うことで、組立技術の発展に大きく寄与した。

博士論文で「丸棒・丸穴の挿入作業」という最も単純な組立作業をモデル化し、柔らかな構造があれば、位置決め誤差や姿勢誤差に適用可能であることを示し、柔構造による組立方法を世界に先駆けて提案した。そのモデルを用いて、誤差分布から組立の難易度を確率的に計算可能とした。ロボットの先端部分の柔性(Compliance)を6自由度別々に与える、あるいは制御する考え方は、その後、広く応用された。たとえば、山梨大学の牧野洋教授によるSCARA型ロボットはSelective Compliance Assembly Robot Armの略であることから見て取れる。この考え方をを用いて、クレーンとロボットの協調による重量物組立を実現している。そのほか、対象物をつかまらずに移動させるグラスプレス・マニピュレーションの理論的解明、指による物体掴み直し操作の探索方法、複雑な組付け動作における探り動作の解析など、組立動作の理論的解明を継続して行い、組立に関わる研究を広く展開することで、組立の理論的解明を進めた。

これらの理論的解明を基に、生産技術としての組立システム構築についても多数の提案と実装を行った。前述のクレーンとロボット協調システムの建設現場応用、「ホロニック生産システム」と呼ばれる自律分散生産ロボットシステム、あるいは、「人間・ロボット協調型セル生産組み立てシステム」など先進的な組立システムの概念構築と実装を行い、産業用ロボットを応用した自動組立システム開発の指導的役割を果たした。この間、日本ロボット工業会、製造科学技術センタ、自動化推進協会など生産自動化に関する学協会組織で活動した。特に、産業用ロボットのソフトウェア開発においては、中心的役割を果たし、3件のJIS規格を制定した。

現場技術が中心である組立分野において、理論的解明を導入し、その成果を組立システムとして結実させる活動を長きに渡り継続し、組立の生産技術の高度化を先導し、機械工業の進展に顕著な業績を挙げた。

* 正員、芝浦工業大学(〒135-8548 東京都江東区豊洲3-7-5)

技術功績

(2) 自動車用材料の研究開発およびその部品・システム応用に関する技術開発



近藤 拓也*
(1957年生)

自動車を構成するすべての部品の要素は材料である。金属・樹脂・セラミックス等の材料技術は自動車の進化を支える基盤技術といえる。トヨタ自動車では、創業者である豊田喜一郎の「材料が自動車の生命を決定する」の教えのもと、自動車部発足の1933年当時より、材料の研究開発・評価解析する部署が設置されてきた。そこで受賞者は、材料のナノ&マクロ構造と強度・機能特性との相関解明「本質を知る」に拘った研究・開発を進め、蓄積した本質を基盤として、世界初の構造用セラミックス部品を車両搭載するとともに、自動車の軽量化・燃費向上・信頼性向上や、若手材料技術者の人材育成に貢献してきた。

自動車用新材料の研究開発として、1982年より通産省プロジェクト「ファイナセラミックス」の「構造用セラミックスの高温腐食雰囲気下の挙動解析」を担当した。高温腐食環境下ではセラミックスも腐食し、負荷応力の影響も受けることを明らかにし、その知見を国内外で発表した。その成果は、後継

NEDOプロジェクト「シナジーセラミックス」等に生かされ、日本のファイナセラミックスの基盤技術の確立や、産業の成長に貢献した。また豊田工業大学との共同研究により「窒化ケイ素の繰返し疲労は結晶粒子架橋部におけるフレッチング現象」で理解できることを世界で初めて明らかにした。トヨタ自動車におけるセラミック・ターボホイール等の部品開発にも寄与し、自動車の環境・燃費面での改善に貢献した。これらに対して1991年度日本機械学会賞技術奨励賞を受賞した。

自動車用新材料の製品開発技術として、2004年以降、燃料油剤摺動材室の室長として、低燃費エンジン油・駆動油や、DLC摺動材等の新材料の製品開発を指揮した。これらによりエンジンフリクションや、車両走行抵抗を低減し、自動車の燃費改善に貢献した。

先端材料研究の進め方技術として、2011年以降にはボトルネックアナリシス(BA)法の開発を進めた。BA法では、対象材料が実用普及した際の製造～廃棄プロセスを仮定して、コスト・CO₂・性能/寿命特性等の目的変数と、人・物・金等の説明変数の間を数式化する。それを統計解析することで説明変数の何がボトルネックかを明らかにする。同法により、実用化までに10年以上かかることが多い先端材料研究テーマの成功確率を向上できる。BA法について、SAEも含む国内外学会で発表し始めた。

* 正員、トヨタ自動車(株)(〒471-8572 豊田市トヨタ町1)

技術功績

(3) ロボットの知能化とマイクロ・ナノロボットに関する研究、及び、その国際化への貢献



福田 敏男*
(1948年生)

分散知能ロボットの分野においてバイオニア的な研究「動的再構成可能ロボットシステムに関する研究」を早くから行った。これはロボットが多数のモジュールユニットから成ることに着目し、そのハードウェア・ソフトウェアからなるモジュールユニットが与えられたタスクと環境に応じ、その構成を自由自在にリコンフィギュレーションするロボットシステムをCellular Robotic System, CEBOTとしてその概念を世界に先駆けて提案してきた。本研究は、「モジュールロボット」、その冗長性を利用した「自己構成」、「自己組織化」、「自己発展性」の各能力を有するものであり、ソフトウェア、ハードウェア、情報科学、自律分散システムの観点からロボット界や産業界に大きな影響を与えてきた。

また、知能ロボットの「知能」を生物の「猿」の枝渡りに見出し、生物模倣型ロボットの枝渡りをする「適応・学習型インテリジェント制御システム」の研究をニューロ、ファジィや強化学習の観点から行ってきた。マイクロ技術にもいち早く着目し、血管内治療用の医療マイクロサージャリーロボットの構造や制御及び、そのシミュレータを研究開発し、治療の技術トレーニングのためのテララーメイド超精密手術シミュレータについてバイオニア的研究開発を行ってきた。

特にマイクロからナノテクノロジーの世界でのナノマニピュレーションを行うことにより、超微小物体(カーボンナノチューブ)のナノロボットの取り扱いである「切断、曲げ、固定」の各加工やナノ計測、ナノセンサ、ナノアクチュエータ、ナノアセンブリーの研究をロボット工学的観点から精力的に行ってきた。これにより、ナノ材料や制御手法を用いたマイクロ・ナノシステムの研究を幅広く世界に示して、さらに、これらをバイオ・セルのアナリシスとアセンブリに応用し新たな展開を行ってきた。これらのマクロからマイクロ・ナノロボティクスに到るロボティクス研究を「マルチスケールロボティクス」と提唱し、「制御と通信」に基づき統合化研究を行ってきた。

知能ロボットの分野の世界的な会議となっている「Intelligent Robotics and Systems (IROS)」を1988年に初代委員長として創設し、その後の日本のロボット・メカトロ研究の国際化を精力的に推進してきた。

* 永年会員、名城大学(〒468-8502 名古屋市天白区塩釜1-1-501)

論文

(1) 界面化学的分散制御高せん断解砕による放射能汚染土壌洗浄 (福島県における汚染土壌洗浄処理フィールド試験 (第1報))



石山新太郎*1 (1955年生)



神谷昌岳*2 (1968年生)



近藤充記*2 (1986年生)

本研究は、2011年以降福島原発事故後原子炉から放出されたFP(核分裂生成物)により汚染された土壌の除染作業後大量発生する高レベル汚染土壌の再生利用・高減容化処理技術に関するものである。

本研究では福島原発事故後の高レベル放射能汚染地域の早期復興を目指し、できるだけ開発要素・期間がかからず即効性の高い汚染土壌処理方法を探索し、①第1次洗浄工程、②土砂とごみ(植物等)との分別工程、③界面化学分散制御高せん断解砕洗浄工程、④サイクロン分級工程、⑤フィルタープレスによる固形化・減容化工程ならびに⑥循環洗浄水純化工程から構成される解砕洗浄再生・減容化処理プロセスを開発した。

本プロセスによる汚染土壌の洗浄再生ならびに高濃縮残土の固形・減容化までの一連の処理工程作業の実践的検証を福島県下でのフィールド試験で実施した結果、解砕洗浄工程を含む全作業工程における作業条件の最適化により数10万Bq/kg級の高レベル汚染土壌数量の75%以上を500Bq/kg程度に低線量化した再生土壌として回収でき、さらにその高濃縮残土を高濃化処理することによりFPの回収率を97%まで高められることを実証した。

さらに、本解砕洗浄処理技術を校庭土、原野土、側道土等さまざまな土質に対する洗浄効果を確認することならびに経済性に関する検討を進め、除染・洗浄・再生・保管管理にそれぞれ専門化された民間事業化による地域産業育成につながることを明らかにした。

本開発技術により除染集積後の大量放射能汚染土壌を再生利用・高減容化することで中間貯蔵施設や最終処分における放射能汚染土壌保管処理施設のコンパクト化を図ることで、福島県における放射性物質の保管管理負担の軽減化が図られるものと期待される。

* 掲載：日本機械学会論文集，79-802，B編(2013-6)，1106ページ

*1 正員，(独)日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究センター(〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根2-4)

*2 (株)マキノ開発部(〒300-1206 牛久市ひたち野西1)

論文

(2) ドット配列による感圧/感温塗料の複合化



亀谷知宏*1 (1985年生)



松田 佑*2 (1980年生)



江上泰広*3 (1968年生)



山口浩樹*4 (1976年生)



新美智秀*5 (1954年生)

近年、感圧塗料(PSP: Pressure-Sensitive Paint)による非接触圧力計測手法が、航空宇宙工学分野あるいはマイクロテクノロジー分野において現れる熱流体現象の実験解析に広く応用されてきている。PSPは色素分子が放つりん光の酸素消光作用を利用した圧力分布計測手法であり、その発光強度変化から圧力を算出する。しかしPSPの発光強度は圧力のみならず温度にも依存するため、高精度な圧力計測結果を得るためにはPSPの計測結果を温度補正する必要がある。左右対称な模型周りの流れ場に対しては、従来、

PSPと感温塗料(TSP: Temperature-Sensitive Paint)を対称に塗り分け、温度分布を同時に計測することで温度補正が行われてきたが、非対称な模型および流れ場にも適用可能なPSP/TSP複合センサの開発が切望されている。これまでにPSPとTSPを混合した混合型の複合センサや、固体表面にTSPとPSPを重ね塗りした複合センサが提案されてきたが、混合型複合センサは励起光を照射し続けると、色素分子間で化学的相互干渉が起こり、発光強度の著しい低下、さらには感度特性の悪化などの問題点が報告されており、実用に供せなかった。また重ね塗り複合センサは、その膜厚のためPSPとTSPの温度が異なることが指摘されており、適切に温度補正を行えないという問題があった。

本論文では、新たなPSP/TSP複合センサとして、PSPとTSPをインクジェットプリント技術によってドット配列状に塗り分けた複合センサを提案した。この配列型の複合センサでは、PSPとTSPの両色素を物理的に分離して塗布することで、従来の混合型複合センサで問題となっていた色素分子間の干渉問題が解消できる。またPSP用の感圧性色素とTSP用の感温性色素を適切に選択することで、1つの励起光源でPSPとTSPを共に励起発光させ、かつ光学フィルタでPSP発光およびTSP発光を分離計測することが容易に可能となる。開発した配列型PSP/TSP複合センサの経時特性を調査した結果、従来の混合型複合センサにみられた大きな特性の悪化が生じないことを確認した。また圧力及び温度特性を調査した結果、複合センサ化後においても、PSP及びTSPを単独で塗布した場合の圧力・温度感度と同程度の感度を有することを明らかにし、ドット配列型の複合センサの有効性を示した。さらに近年、筆者らは本論文で開発した配列型複合センサにより、圧力と温度が同時に大きく変化する流動場の計測にも成功し、その実用性についても示している。

* 掲載：日本機械学会論文集，78-791，B編(2012-7)，1327ページ

*1 正員，名古屋大学大学院工学研究科(現)鳥羽商船高等専門学校

*2 正員，名古屋大学大学院工学研究科(現)名古屋大学エコトピア科学研究所

*3 正員，愛知工業大学工学部機械学科

*4 正員，名古屋大学大学院工学研究科

*5 フェロー，名古屋大学大学院工学研究科

論文

(3) Experimental and Analytical Studies on Contact Irreversible Electroporation for Superficial Tumor Treatment



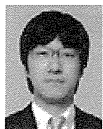
藏田耕作*1 (1973年生)



上野 涼*2 (1989年生)



松下将大*3 (1990年生)



福永鷹信*1 (1981年生)



高松 洋*4 (1957年生)

エレクトロポレーションは、細胞に電界パルスを加えて細胞膜を穿孔する技術である。透過性の増した細胞膜を通して、普通では細胞内に入らない遺伝子や巨大分子を拡散導入させることができる。そしてパルス印加条件が適切であれば、時間経過とともに細胞膜は修復されて元の状態に戻るため、動物の遺伝子改変に不可欠な方法として広く使われている。

このエレクトロポレーションにおいて電界パルスの印加条件がある閾値を超えると、細胞膜は修復することなく細胞は壊死する。この不可逆エレクトロポレーション(IRE: Irreversible electroporation)は、可逆エレクトロポレーションの上限であり、避けるべき印加条件としか見られていなかった。しかし、この不可逆的な膜破壊を積極的に用いて固形腫瘍の除去に使うことが提案され、次世代低侵襲治療法として注目されるようになった。現在のIRE治療では、生体内の標的組織に針状電極を穿刺して、数kV/cm、長さ数十〜数百μsの電界パルスの印加が数十回行われる。本研究ではこのIREをさらに発展させ、メラノーマ、母斑、胃腸管表面の腫瘍などの表面疾患を治療するための接触式IREを提案し、その可能性を実験と解析の両方から

検討することを目的とした。

実験では、NIH3T3-3 線維芽細胞をアガロースゲルに三次元分散培養した生体ファントムに対して棒状電極を接触させて電界パルスを印加し、蛍光染色によって細胞壊死領域を定量評価できる系を確立した。パルス印加回数が増すにつれて、電極の接触部分を中心に細胞壊死面積および深さは線形的に増加し、本研究で用いた印加条件では最大壊死深さ 1.7 mm を得られた。解析では、有限要素法を用いて生体ファントム中の電界分布を計算し、電位勾配が閾値以上になる領域を細胞壊死領域として見積もった。両者の比較によって、解析結果はパルスを 1 回だけ印加した実験の細胞壊死領域とよく一致していたが、パルス印加の繰り返に伴う壊死領域の拡大を見積もることはできないことが明らかになった。静電場の解析だけでは複数パルスを印加する実際の IRE 治療の結果を予測することは難しく、細胞膜ダメージの重畳や生体組織の電気的特性の変化を考慮する必要のあることが示された。

本研究で実用性を示した接触式 IRE は、標的組織の細胞外基質（コラーゲン線維等のタンパク質）にならダメージを与えず、細胞のみを非熱的に穿孔して除去できることから、表面疾患の低侵襲治療法として今後の発展が期待できる。

* 掲載：Journal of Biomechanical Science and Engineering, 8-4 (2013-12), 306 ページ。

*1 正員，九州大学大学院工学研究院（〒819-0395 福岡市西区元岡 744）

*2 九州大学大学院システム生命科学府（〒819-0395 福岡市西区元岡 744）

*3 九州大学大学院工学府（現）日立金属（株）（〒360-8577 熊谷市三ヶ尻 5200）

*4 フェロー，九州大学大学院工学研究院（〒819-0395 福岡市西区元岡 744）

論 文

(4) 超微細粒組織を活用した低炭素鋼の強靱化



井上 忠信*1
(1969 年生)



木村 勇次*1
(1968 年生)

本論文は、材料創製～微細組織制御～特性評価～組織解析の一貫した研究スタイルを通じて、従来型の合金化主体の材料設計（合金添加，不純物除去，均一組織）で限界が見えた強度～靱性バランスの飛躍的向上に果敢に挑戦し、今後の強靱な構造用金属材料創出のための新たな方向性を打ち出した成果である。

二酸化炭素排出量削減を目的とした輸送機の更なる軽量化や次世代構造物の実現を目指し、一層の高強度化と共に安全で信頼性の高い、強く壊れにくい“強靱な材料”の出現が切望されている。特に、昨今我が国において潜在化していた社会インフラの劣化問題が顕在化したことで、それらの補修・寿命予測などの老朽化対策と共に、新しい高強度材料を利用した社会に安心を与える「災害に強い国づくり」の実現が叫ばれている。

現在の材料科学技術をもってすれば、高強度化それ自体は難しいものではない。しかし、材料の強度が向上すると、靱性は低下する（脆くなる）ため、これが高強度材実用化の大きな壁となっている。よって、二律相反の関係にある両特性を同時に向上させる方が永遠の課題であるが、従来型の材料設計思想では限界が見えていた。そこで、加工プロセスによる組織制御を主体とした材料設計として、結晶粒微細化への期待が高かった。しかし、結晶粒を 1 μm まで微細化するには強加工が必要であり、バルク体を創製すること自体が極めて難しいため、微細粒材に関する靱性や延性を含めた体系的なデータはほとんどなかった。

そこで、単純成分 0.15C-0.3Si-1.5Mn (mass%) の低炭素鋼を対象に、ピアノ線や生物の持つ複雑な微細積層構造に着目し、温間域での溝ロール圧延とその後の熱処理を通じて、微視組織の形態（粒径サイズと粒形状）と結晶方位を精緻に制御した棒鋼（13 mm 角×960 mm 長）を創製し、強度、延性、靱性における組織の影響について系統的に検討を行った。既存の低合金鋼や過去 15 年間に渡って公表された微細粒鋼のデータと本結果を強度～靱性の関係図上にプロットすることで、単に結晶粒を微細化するだけでは強靱化できないことを見出し、主き裂の進展抑制を設計思想に含めなければ高強度材の飛躍的な強靱化は達成できないことを明らかにした。本設計思想は、構造用金属材料全般への応用展開が見込まれ、強靱素材開発の新たな方向性を示し、大きな実用効果・波及効果が期待できる。

* 掲載：日本機械学会論文集，79-804, A 編 (2013-8), 1226 ページ

*1 正員，(独)物質・材料研究機構（〒305-0047 つくば市千現 1-2-1）

論 文

(5) 電子後方散乱回折 (EBSD) による構造材料の損傷評価 (測定手順標準化のための測定品質の定量評価)



筈谷 昌幸*1
(1967 年生)

電子後方散乱回折を用いた結晶方位測定（以後、EBSD 測定）から塑性ひずみや疲労、またはクリープなどにより導入された材料の損傷を定量化する試みが数多く報告されている。とくに、隣接する測定点間の結晶方位差である局所方位差 (KAM と呼ばれる) は、巨視的な損傷量の評価のみでなく、微視組織レベルの損傷の分布を考察する手段としても用いられている。このように、EBSD 測定および局所方位差が広く用いられる一方、損傷評価手法は未だ標準化されていない。局所方位差は転位密度と相関のある物理的にも意味のあるパラメータであるが、比較的大きな測定誤差が損傷評価の際の問題となっている。つまり、同じ対象を測定しても、測定条件や測定装置によって局所方位差が必ずしも同じにならない。また、測定誤差の大きさを定量的に示すことができないため、どの測定が真値に近いかを判断することが容易ではない。さらに、局所方位差が測定点の間隔に依存するという問題もある。本論文では、損傷評価手法を標準化するために、誤差の程度（測定品質）を定量的に示し、さらに誤差を低減する方法について検討した。まず、引張負荷または疲労負荷を加えたステンレス鋼に対して、意図的に測定誤差を変化させた条件で測定を行い、測定品質（測定誤差）の変化や測定間隔の影響について調べた。局所方位差と測定間隔の直線的な相関を、測定間隔が零になる点まで外挿したときの切片を誤差指標として用いた。測定間隔が零のとき、つまり同じ測定点を測定している場合の局所方位差は、誤差がない場合に零となる。したがって、零からの増加分である切片が測定誤差由来であると判断できる。この誤差指標が、測定誤差の大きさと相関を有しており、測定品質を測る尺度となり得ることを確認した。次に、結晶方位の移動平均をとる平滑化フィルターの有効性について調べた。平滑化フィルターを適用することにより、測定誤差が真の局所方位差と比較して無視できる程度に小さくなり、局所方位差が測定条件に依存しなくなった。また、局所方位差が測定間隔に対して比例的に変化するので、測定間隔の影響を容易に補正できることを示した。最後に、EBSD 測定による損傷評価手法の標準化に向けて留意すべき点を整理した。EBSD 測定装置は、今日では標準的な装置と見なせるほど普及が進んでいる。本論文の取り組みが、局所方位差測定の標準化に少しでも寄与できれば幸甚である。

* 掲載：日本機械学会論文集，78-785, A 編 (2012-1), 65 ページ
*1 正員，(株)原子力安全システム研究所（〒919-1205 福井県三方郡美浜町佐田 64）

論 文

(6) 層間高靱性化 CFRP クロスプライ積層板の繰返し荷重下におけるトランスバースクラック発生評価



川田 宏之*1
(1956 年生)



曾我 理昂*2
(1988 年生)



重盛 洸*3
(1986 年生)



細井 厚志*4
(1980 年生)



藤田 雄三*5
(1985 年生)

炭素繊維強化プラスチック (CFRP) は炭素繊維を強化材、樹脂を母材とした複合材料であり、比強度、比剛性などの機械的性質に優れるため、軽量

化が求められる航空宇宙分野では金属に代わる新しい一次構造材料としての利用が拡大している。民間航空機に使用される CFRP の許容設計ひずみは衝撃後圧縮 (CAI) 強度を考慮して決定されており、この基準の範囲において CFRP の疲労は重大な問題を引き起こさないとされている。ところが、最近では自動車や鉄道車両、発電ブレード等への利用が期待されており、航空機とは使用環境や設計概念が異なることから設計段階において CFRP の疲労破壊についても十分考慮しなければならない。

CFRP 積層板は静的引張や引張疲労荷重下においてマトリックスクラック、層間はく離、繊維破断等の複数の損傷が相互に作用し、最終的な破壊に至る。中でも荷重方向と垂直に生じるマトリックスクラックはトランスバースクラックと呼ばれ、一般に CFRP 積層板の最初期の損傷であるとともに、層間はく離等の他の重大な損傷の起点となる。したがって、トランスバースクラックの発生挙動について定量的に予測することは、今後、大型構造物に繊維強化複合材料の適用がさらに拡大していく中で、設計基準の一つの指標となるため非常に重要である。

一方、航空機材料として重要な指標となる CAI 強度を向上させるため、層間に高靱性の熱可塑性粒子を均一に分散させた樹脂層を挿入し、層間破壊靱性を高めた CFRP 積層板が開発され最新鋭航空機に適用されている。そこで、実際に B787 の一次構造材として使用されて以来スタンダード材料となりつつある、層間高靱性化 CFRP 積層板の疲労荷重下におけるトランスバースクラックの発生および累積挙動について実験・解析的に定量評価を行った。

本論文では、トランスバースクラック累積挙動を評価することにより、疲労負荷を受ける層間高靱性化 CFRP 積層板のトランスバースクラック発生サイクル数を定量的に予測できるモデルを提案した。この解析を用いて、異なる積層構成の層間高靱性化 CFRP クロスプライ積層板についてもトランスバースクラックの発生が予測可能であることを示した。さらに、従来の CFRP 積層板と比較し、層間高靱性化 CFRP 積層板ではトランスバースクラックの発生が抑制されていることを実験及び解析的に明らかにした。

- * 掲載：日本機械学会論文集，80-812，(2014-4)，SMM0079.
- *¹フェロー，早稲田大学理工学術院基幹理工学部 (〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1)
- *²早稲田大学 (現) 日揮 (株) (〒220-6001 横浜市西区みなとみらい 2-3-1)
- *³早稲田大学 (現) 清水建設 (株) (〒104-8370 東京都中央区京橋 2-16-1)
- *⁴正員，名古屋大学 (現) 早稲田大学理工学術院基幹理工学部 (〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1)
- *⁵正員，東レ (株) 複合材料研究所 (〒791-3193 愛媛県伊予郡松前町大字筒井 1515)

論文

(7) キャピラリー力の熱的制御を用いた付着式
マイクロマニピュレータの研究



中別府 修^{*1}
(1965 年生)



加藤 達彦^{*2}
(1986 年生)



新谷 昌之^{*3}
(1988 年生)

マイクロ・ナノ工学分野では、微小化する電子デバイス等の微小物体の取り上げ、設置を行うマイクロマニピュレーション技術が必要となっている。ここで、対象物が小さくなる程、対象物に働く力は重力、静電気力、ファンデルワールス力に比べマニピュレータ先端部と対象物との付着力が支配的になり、対象物の分離行程が難しくなる。本論文では、この課題の解決に向けて、マニピュレータ先端部の「濡れ」と「乾き」を水分の供給と加熱により熱的に変化させ、付着力を制御するマイクロマニピュレーション手法を提案し、実験的にその効果を調べた。具体的には、マニピュレータ先端部として、内部に水を保持した針状ガラス管に微小ヒータを設置したキャピラリーチップを開発し、付着力の熱的制御性として付着力変化幅、応答速度、メニスカス (液架橋) 量と付着力の関係、微小物体のマニピュレーション特性を調べた。また、微小な付着力を調べるため、可動コイル型電圧計を転用した安価な付着力メータを開発し、マイクロニュートンレベルの付着力計測を行い、キャピラリーチップの評価を行った。

結果として、キャピラリーチップの先端部の付着力は、90℃以下の濡れ状態では 10μN 程度、100℃以上の乾き状態では 1μN レベルへ低下し、チップ先端部の付着力を熱的に制御できることが示された。また、キャピラリーチップでガラスビーズを取り上げるマニピュレーション操作実験では、温度変化により取り上げ確率を大きく変えられること、手動マニピュレーション

操作に対して熱的な付着力変化は 1 秒以内と実用的な応答速度を持つことが示された。今回の手作業で製作したキャピラリーチップでは、濡れと乾きの制御に比較的高い温度が必要であったが、チップ先端開口形状、ヒータ形状、対象物との接触部形状・材質等を検討することで、濡れと乾きをより低温で制御する改良が望まれる。今後、微細加工技術を導入してキャピラリーチップを作ることで、対象物への熱負荷の少ないマイクロマニピュレーション技術の確立が期待される。

- * 掲載：日本機械学会論文集，78-794，B 編 (2012-10)，1870 ページ.
- *¹フェロー，明治大学理工学部 (〒214-8571 川崎市多摩区東三田 1-1-1)
- *²正員，明治大学大学院理工学研究所 (現) ダイオーエンジニアリング (株) (〒799-0401 四国中央市村松町 930-2)
- *³正員，明治大学大学院理工学研究所 (現) コニカミノルタ (株) (〒192-8505 八王子市石川町 2970)

論文

(8) ノズル内流れの数値解析によるキャビテーション
気泡混合燃料噴射方法の検討



増田 輝^{*1}
(1974 年生)



河村 清美^{*1}
(1956 年生)



永岡 真^{*1}
(1962 年生)



増淵 匠彦^{*2}
(1962 年生)



小森 啓介^{*3}
(1975 年生)

地球環境保護の観点から、自動車用エンジンから排出される CO₂ や NO_x 等の有害排気物質のさらなる低減が望まれている。特に筒内直接燃料噴射式エンジンでは、良好な燃焼・排気特性を得るために高微粒化な噴霧を筒内に適切に分散すること、さらにシリンダ等の壁面への付着燃料に起因する未燃 HC の低減に対しては低貫徹力噴霧が望まれる。しかし、一般的な燃料噴射弁の単なる高噴射圧化ではこれらを同時に実現することは困難なため、これらを両立する噴射法が求められていた。

燃料噴射弁の内部では、燃料がノズルを通過する際に流体力学的減圧により圧力が燃料の飽和蒸気圧以下となる場所でキャビテーション気泡が発生し、その下流で圧力回復によって気泡が崩壊する際に発生する乱れが噴霧の微粒化を促進することが示されており、ノズル内部での気泡崩壊による乱れを利用した燃料噴射弁も提案されている。本研究では、キャビテーションをさらに積極的に利用するため、燃料噴射ノズル内流れをコントロールして発生させたキャビテーション気泡と燃料を均質に混合した状態で噴射し、気泡をノズル外部で崩壊させることで直接的に燃料噴流の 1 次微粒化を促進する新しい燃料噴射コンセプトを提案した。

本論文では、まず本コンセプトを実現するノズル構成および成立要件を気液混相流の数値解析から理論的に明確にした。その結果、ノズルを二重絞り構造とし、上流側の第 1 噴孔と下流側の第 2 噴孔の有効面積比を 1:2 以上とし、さらに両者をオフセットさせて配置することでキャビテーション気泡をノズル内部で消滅させることなく保持しながら燃料と混合させ、気液の体積比が 1:1 のほぼ均質に混合した状態で第 2 噴孔出口から噴射可能なノズル構成を見出した。

次に、車載可能なノズル形状を考案し、噴射弁を試作して噴霧特性を評価した。その結果、従来の噴射ノズルに対して本ノズルの噴霧の平均粒径は 10~20% 低減し、同時に噴霧長も約 10% 低減することが確認され、トレードオフを改善しうる高微粒化と低貫徹力の両立を実証した。また、本噴射法は気液混相状態で噴射することが特徴であり、続報ではノズル直下の微粒化形態が従来のノズルとは異なる液膜の網目構造となっていることを発見した。本噴射法は、加振や加熱等の外力に頼ることなく、ノズル内部流路形状の工夫のみで実現可能であり、今後の燃料噴射弁の発展への貢献が期待される。

- * 掲載：日本機械学会論文集，78-793，B 編 (2012-9)，1584 ページ.
- *¹正員，(株) 豊田中央研究所 (〒480-1192 長久手市横道 41-1)
- *²正員，トヨタ自動車 (株) (〒410-1193 裾野市御宿 1200)
- *³正員，トヨタ自動車 (株) (〒471-8571 豊田市トヨタ町 1)

(9) Correlation between Flow Accelerated Corrosion and Wall Shear Stress Downstream from an Orifice



歌野原陽^{*1}
(1975年生)



長屋行則^{*2}
(1969年生)



中村 晶^{*1}
(1965年生)



村瀬道雄^{*3}
(1947年生)



釜堀孝一^{*1}
(1971年生)

原子力・火力発電所における重要な問題として、流れ加速型腐食 (FAC : Flow accelerated corrosion) がある。FACは配管を減肉させ、時には配管破損を引き起こす。FACは一種の腐食現象であり、環境 (温度、pH等の水質)、材料 (クロム等の含有量)、流れ場 (流速、配管形状) によって大きな影響を受ける。FACが発生しやすい部位の1つに配管内オリフィス下流部が挙げられる。

FAC研究は国内外で多く取り組まれており、流体力学因子に関してはこれまで、管断面平均流速を用いたマクロな視点からの評価が多数を占めていた。しかし、FACによる減肉は管周方向に一律でない場合があり、本質的な流体力学因子は壁面近傍の物質移動係数であると考えられ、最近では局所的な流れ場の影響に着目する事例が多くなってきた。その際、局所的な物質移動係数をどう評価するかが鍵となる。

著者らは運動量輸送と物質輸送のアナロジから、壁面せん断応力が物質移動係数に繋がる評価パラメータとなり得ると考え研究に取り組んできた。前報 (JPES, 6 (1), 18-33, 2012) では、炭素鋼製の試験片を用いた減肉速度モニタリング技術を独自に開発し、それを用いてFAC実験を実施し、150℃の高温水環境下でオリフィス流れでの減肉速度分布を取得した。また、オリフィス流れのラージエディシミュレーションを行い、流速分布測定値との比較から計算結果の妥当性を確認した。計算による壁面せん断応力分布を減肉速度分布と比較すると、壁面せん断応力の時間平均値ではなくRMS値の方がより減肉速度分布に近くなった。これは、方向が変動するベクトル量を相殺する時間平均値ではなく、壁面せん断応力の累積を意味するRMS値により評価すべきことを示唆する。

次に本報 (対象論文) では、管内流速を変えて減肉速度を測定し、FACの流速依存性を調べた。その結果、オリフィス下流の減肉速度分布の形状は流速に依存せず、オリフィスから管内径の1~2倍の距離で減肉速度が最大となった。また、壁面せん断応力のRMS計算値と減肉速度測定値との間には正の相関が見出された。これより、減肉速度が壁面せん断応力の関数として評価でき、壁面せん断応力のRMS値を物質移動係数に換算することで、減肉速度との間に比較的線形的な相関が得られ、壁面せん断応力によるFAC評価の有効性が確認できた。

* 掲載 : Journal of Power and Energy Systems, 7-3, (2013-9), 138 ページ

*¹ 正員, (株) 原子力安全システム研究所

*² 正員, (株) 原子力安全システム研究所 (現) 関西電力 (株)

*³ フェロー, (株) 原子力安全システム研究所

(10) 直交格子法における物体境界近傍の直接離散化法 (速度場と圧力場の整合性を考慮した高精度化)



佐藤 範和^{*1}
(1976年生)



梶島 岳夫^{*2}
(1958年生)



竹内伸太郎^{*3}
(1974年生)



稲垣昌英^{*1}
(1967年生)



堀之内成明^{*4}
(1961年生)

産業界では、各種流体機器の現象把握や高性能化を目的としてCFD (Computational Fluid Dynamics) が積極的に利用されている。また、環境・エネルギー問題への対応をはじめ、新規技術の創出に向けた研究開発においてもCFDは重要な役割を担っている。これらのシミュレーションでは、実機の複雑な形状を詳細に再現することがきわめて重要である。しかし、一般に用いられる境界適合型の計算格子 (境界適合格子) では、格子生成に多大な時間と労力が必要となる。あるいは適用対象が比較的単純な系に限られる場合が多く、格子生成の簡略化はCFDを実用的に利用するうえでの技術課題の一つである。

直交格子法は本課題を解決するための有力な手段として期待されるが、一方で、壁近傍における補間操作に起因して、境界適合格子を用いた解法に比べて計算精度が低下する問題がある。また、非圧縮性流れ解法で重要とされる速度場と圧力場の整合性が不十分な場合もある。

本論文では、直交格子法の高精度化を目的に、新たな計算手法を提案した。すなわち、物体境界に隣接した計算格子セルにおいて、境界の位置と境界条件を適切に考慮して支配方程式を直接的に離散化し、なおかつ速度場と圧力場の離散化の整合性を満足する手法を導出した。基本問題での精度検証により、本手法は既存の直交格子法に比べて速度と壁面摩擦応力の予測精度が向上すること、乱流域の円柱周りの流れでも本手法で予測される流体力と流れ場の空間分布 (平均量と変動量) は従来研究の実験・計算結果と良好な一致が得られることを示した。また、本手法では上記の速度・圧力場の整合性が満足されたことにより、既存法の一部で問題となっていた、非圧縮性流れ解法の時間進行過程における精度低下は生じず、計算時間刻みに対する計算結果の依存性が境界適合格子を用いた場合と同程度に抑制されることを明らかにした。

本研究で提案した計算手法は直交格子法の有用性を高めるものであり、流体に関わる種々の実問題への応用が期待される。また、提案した方法論は伝熱計算への親和性も高く、統報では熱対流場への拡張も行っており、広範な熱流体解析への展開が期待できる。

* 掲載 : 日本機械学会論文集, 79-800, B 編 (2013-4), 605 ページ。

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

*² フェロー, 大阪大学大学院工学研究科

*³ 正員, 大阪大学大学院工学研究科

*⁴ (株) 豊田中央研究所

論文

(11) Experimental Evaluation of Triple-Stage-Actuator System with Thermal Actuator for Hard Disk Drives



熱海 武憲*1 (1974 年生)



中村 滋男*2 (1960 年生)



小田井 正樹*3 (1974 年生)



難波 入三*4 (1971 年生)



野崎 秀也*4 (1982 年生)

高度情報社会において、膨大な情報を低コストに保存する HDD は重要な工業製品である。今後、人類が必要とするデータ容量は年率 35% 以上増加する見込みであり、半導体では到底保存しきれない状況である。そのため、HDD 大容量化は、社会の継続的な発展に必要な不可欠な重要課題であり、大容量化を可能とする新しい磁気記録方式の研究開発が活発に行われている。

このような背景の下、本論文は HDD 大容量化を支える新しい磁気ヘッド位置決め制御方式について報告している。論文内で提案した位置決め制御系は磁気ヘッドに埋め込んだ熱膨張アクチュエータを用いることにより、これまで不可能であった 10 kHz 以上の高周波数域での制御が可能となり、外乱抑圧性能を従来の 2 倍以上に高められることが特徴である。また、提案手法は、磁気ヘッド内部に作成容易なヒーターを導入するだけで実現可能なため、実装面および大量生産時のコスト面においても非常に優れた手法である。さらに、本論文は、磁気ヘッド内部に設けたアクチュエータを用いて磁気ヘッドの位置決め制御を行った世界初の実験報告であり、HDD 用 3 段アクチュエータに関しても世界初の実験報告である。

* 掲載：Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, 7-4 (2013-10), 722 ページ
*1 正員, (株) HGST ジャパン (〒252-0888 藤沢市桐原町 1)
*2 フェロー, (株) HGST ジャパン (〒252-0888 藤沢市桐原町 1)
*3 正員, (株) 日立製作所 日立研究所 (〒312-0034 ひたちなか市堀口 832-2)
*4 (株) HGST ジャパン (〒252-0888 藤沢市桐原町 1)

論文

(12) 湾曲した筒の折り畳みモデル化



石田 祥子*1 (1979 年生)



野島 武敏*2 (1944 年生)



萩原 一郎*3 (1946 年生)

これまでは、円筒、円錐、球といった直線軸を持つ筒形状しか規則的なパターンを用いた折り畳みが考案されておらず、曲がった配管の折り畳みや消化器官形状に合わせて展開可能な内視鏡の設計等、複雑な筒形状を無理なく折り畳む手法の開発を要望する声が高かった。それに応えるため、本論文は、任意曲率で湾曲した筒形状をも規則的な折線パターンで折り畳む手法を明らかにした。

従来、湾曲した筒に対しては折線パターンの規則性を崩して対応されていたため、①パターンが複雑になり、設計が困難である、②製品を製造する過程において部品の統一化が図れない、③作業が煩雑である、といった問題点があり産業応用に不向きであった。

本論文では、パターンに最小限の切込みを入れ中抜きし、かつ筒材質の柔

軟性を活かすことによって、折線パターンの規則性を維持したまま湾曲した筒形状を折り畳むための折線パターンを明らかにし、折り畳み可能な形状を拡張した。本論文で用いた基本パターンは、ミウラ折りパターン、蛇腹パターンおよび 1 節点に 6 本の折線から成る折線パターンの三つである。1 節点に 6 本の折線から成る折線パターンの場合は、パターンの規則性を維持する条件のもとでは、筒が一定曲率で湾曲している時(つまりトラスのみ折り畳み可能となったが、ミウラ折りパターンおよび蛇腹パターンの場合には、トラスが折り畳み可能であるだけでなく、折り畳み可能なトラスと曲率の異なる折り畳み可能なトラスを連結することが可能、つまり曲率が変化する筒が折り畳み可能であることを明らかにした。これは基本折線パターンの中抜き形状を、曲率の変化に合わせて徐々に変化させることで実現でき、任意の曲率で湾曲する筒にも対応可能であることを示している。本論文では曲率が徐々に変化する螺旋を軸とする筒の折り畳みモデル例を示した。折線の規則性を崩して湾曲する筒を表現する従来手法を用いた場合、筒のある部分に不規則性を許すと、折り畳みの条件を満たすようその不規則性は周囲に伝播するため、筒のある部分において折り畳みが可能であっても筒全体において折り畳みが可能とは言えず、複雑に湾曲する筒、特に長い筒には適応が難しかった。よって、本手法の優位性が示され、上記 3 つの問題点の解決策が得られた。これにより、配管や医療器具を始め、キッチン用品やインテリアといった生活用品等、幅広い分野への応用の可能性が示された。

* 掲載：日本機械学会論文集, 79-808, C 編, (2013-12), 5117 ページ。
*1 正員, 明治大学理工学部 (〒214-8571 川崎市多摩区東三田 1-1-1)
*2 正員, 明治大学 (現) (株) アート・エクセル折紙工学研究所 (〒573-1112 枚方市梓葉美咲 2-6-12)
*3 フェロー, 明治大学先端数理科学インスティテュート (〒164-8525 東京都中野区中野 4-21-1)

論文

(13) 腰補助用マッスルスーツ®のフィールドテスト (物流の作業現場への適用)



佐藤 千恵*1 (1964 年生)



横矢 重治*2 (1954 年生)



渡邊 博美*3 (1956 年生)



梅原 英之*4 (1989 年生)



中村 裕紀*5 (1991 年生)



小林 宏*6 (1966 年生)

科学技術の発達により、産業においては、危険で過酷な環境下での労働や大量で単調な作業は自動化・機械化され、大局的には人間は極度の肉体的負担から解放された。しかしながら、製造業だけでなく、非製造業も含む幅広い分野において、機械化困難な作業が残る、作業者に大きな負担がかかっている現場が多いことも事実である。特に腰痛は、職業性疾患のうち 6 割を占める労働災害であり、全業種の腰痛発生件数は、10 年前と比べて 1 割程度増加しており、労働者の健康確保に加え、疾患としての医療費、それに伴う疾病休業損失や労災補償費用を考慮すると、経済コストの観点からも極めて深刻な社会的問題と言え、実効ある予防対策を講じることが強く求められている。

この対策として、人間とロボットが協調して対象となる一つの物体を保持し、運搬するような作業形態に対応するロボットが多く開発されてきた。また、対象となる物体を作業台やコンベヤなど同じ高さまで持ち上げて固定し、人間は物体の水平移動を主に行なうようにした昇降装置なども用いられてきた。しかしながら、これらの装置は一般的には大型で重いものが多く、設置場所を広く高くとるため、その確保が難しいこと、さらに、一度設置すると移設しにくく、取り扱う商品の変化が早く、かつ、多種多様な現場での運用が難しいという課題があった。

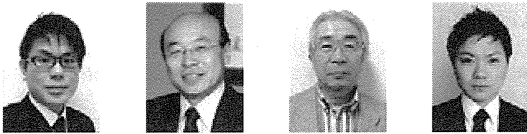
そこで、作業者に直接取り付け、物理的に動作を支援する方法が有効ではないかと考え、着用型筋力補助装置; マッスルスーツ® (腰補助用) の実用を目指し、現場で実際の仕事中にフィールドテストを行なった。そして、作業時間中の商品処理数から求めた生産性を計測し、マッスルスーツを着用

して筋力補助を行いながら、普段通り、或いは普段以上の生産性で作業できたことを明らかにした。さらに、作業後に実施したアンケートから得られた主観評価より、13人の作業者のうち9人が対象とする作業中にマッスルスーツがある方が良い、または、ニュートラルとしたこと、その結果が作業者の体力・年齢や作業の仕方から妥当な傾向であることを述べた。本研究成果はマッスルスーツに限定されたものであるが、実際の現場で長期に渡り複数人数で生産性に関する評価実験を行っている例は見当たらず、この成果が今後、類似研究の参考となり、比較検討の対象となれば幸いである。

- * 掲載：日本機械学会論文集、79-806、C編 (2013-10)、3525 ページ
- *¹アマゾンジャパン・ロジスティックス (株) (現) (株) イノフィス (〒125-8585 東京都葛飾区新宿 6-3-1 東京理科大学研究棟 3 階)
- *²アマゾンジャパン・ロジスティックス (株) (〒272-0193 市川市塩浜 2-13-1)
- *³アマゾンジャパン・ロジスティックス (株) (現) 合同会社西友 (〒115-0045 東京都北区赤羽 2-1-1)
- *⁴東京理科大学 (現) アイシン精機 (株) (〒448-8650 刈谷市朝日町 2-1)
- *⁵東京理科大学 (現) (株) パンダイナムコストাজョ (〒140-8590 東京都品川区東品川 4-5-15)
- *⁶正員、東京理科大学工学部 (〒125-8585 東京都葛飾区新宿 6-3-1)

論文

(14) 接地・転動時におけるタイヤ半径方向振動解析



松原真己*¹ (1986 年生) 辻内伸好*² (1957 年生) 小泉孝之*² (1943 年生) 平野裕也*³ (1989 年生)

タイヤは乗用車と路面の唯一の接点であり、振動騒音問題の一つであるロードノイズに大きく影響を与えることが知られている。ロードノイズは、粗い路面走行時における路面とタイヤの接触に起因する現象で、路面の凹凸により励起されたタイヤ振動が、車軸、サスペンション、ボディへと伝達することで車室内に不快な騒音を発生させる。そのため、車両 NVH (Noise, Vibration and Harshness) 性能予測において車体への入力となる車軸振動を正確に再現することができれば、ロードノイズの改善・検討が容易になると考えられる。

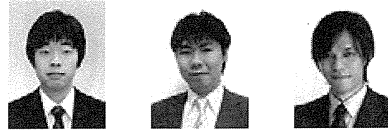
しかしながら、タイヤの固有振動数は接地・転動することで低下するという特異な性質を持つ。実稼働時のタイヤを高精度にモデル化するためには、接地・転動するタイヤの振動特性を解明した上で、実験からのパラメータ同定が必要となる。タイヤ振動に関する研究は数多く行われてきたが、実稼働時の振動特性は転動や接地拘束、ゴムの特性変化の影響により非常に複雑で、十分解明されているとは言い難い。これまで、筆者らはタイヤ振動特性に対する転動、接地の影響をそれぞれ解明しており、接地・転動時における振動特性の解明が課題となっていた。

本論文はタイヤを円筒シェル理論に基づく薄肉円環とばね、接地拘束をばねによりモデル化し、振動数合成法の一つであるレセプタンス法による連成振動の解析を実施したものである。まず、Hamilton の原理より運動方程式を導出し、接地に強制外力が作用すると考え、拘束系のばねとタイヤの連成振動を解いた。このとき、接地・転動時の振動特性を非接地・転動時の自由振動解の重ね合わせとして解を定義した。それにより、接地・転動時の振動特性は、励起される振動数近傍の非接地・転動時のモードが大きく依存することを明らかにした。さらに自由振動解の係数をその影響度として評価することで、転動速度の違いによる振動特性の変化、および振動の移動方向の決定要因について考察した。これにより、接地・転動という動力学的な変化がタイヤ振動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、80-811、(2014-3)、DR0050
- *¹正員、同志社大学大学院工学研究科 (現) 豊橋技術科学大学
- *²フェロー、同志社大学
- *³正員、同志社大学大学院理工学研究科 (現) トヨタ自動車 (株)

論文

(15) 摩擦振動が生む動摩擦係数の計測誤差



角直広*¹ (1988 年生) 田所千治*² (1980 年生) 中野健*³ (1968 年生)

混合潤滑下のすべり摩擦など、相対速度の増加にともない動摩擦係数が減少するとき、系の平衡点が不安定化して、摩擦振動が発生する。しかし、このような摩擦特性を有する未知の接触部の動摩擦係数を計測するとき、振動する復元力の時間平均を用いて動摩擦係数を求めることが是か否か、これまで議論されることなく時間平均が用いられてきた。

そこで、本研究ではまず、動摩擦係数の計測対象とする材料と潤滑剤の組合せや、作動条件 (垂直荷重および駆動速度) はもちろんのこと、系の動特性を決める諸元 (可動部の質量および支持部の剛性と減衰係数) にも手を加えることなく摩擦振動を抑制する独自の制振手法 (ヨー角ミスアライメントを積極利用した制振法) を考案し、同手法を体現する摩擦試験機を試作した。次に、同試験機を用いて、従来型の試験機に相当するセッティングでは摩擦振動が発生する計測条件 (混合潤滑下にある鋼球と鋼平板のすべり摩擦) において、ヨー角ミスアライメントの付与により摩擦振動が抑制されることを実験的に示し、考案した制振手法の妥当性を確認した。

計測中の摩擦振動さえ回避できれば、復元力とのつりあいに基づき動摩擦係数の真値が得られることは明らかなので、非制振時と制振時に得られた復元力の時間平均からそれぞれ動摩擦係数を求め、後者を真値として両者を比較した。その結果、動摩擦係数の真値が相対速度の増加にともない明確に減少する場合であっても、振動する復元力の時間平均から動摩擦係数を求めると、相対速度依存性が消失し、低速域では 35% もの過小評価を生む場合があることを見出した。

従って、摩擦試験で得た時系列信号から不用意に時間平均を求めて動摩擦係数を算出すると、思わぬ計測誤差を招き得ることに注意が必要である。例えば、超低摩擦材料を対象とする摩擦試験において動摩擦係数を過小評価してしまうと、現象の本質を大きく見誤る可能性がある。時間平均から得られる動摩擦係数は、あくまでも使用した試験機に依存する実効値であり、計測中の摩擦振動を回避しなければ、動摩擦係数の真値を得ることはできない。逆に、動摩擦係数の真値がわかれば、少なくとも理論の上では、任意の系における動摩擦係数の実効値を求めることができる。機械の基礎的な設計値とも言うべき動摩擦係数の計測においては、摩擦振動の有無に対して、これまで以上に繊細な配慮が必要である。

- * 日本機械学会論文集、79-803、C編 (2013-7) 2635 ページ
- *¹正員、横浜国立大学 (現) 長岡技術科学大学
- *²正員、横浜国立大学 (現) 東京理科大学
- *³正員、横浜国立大学大学院環境情報研究院 (〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-7)

(16) パウダージェットデポジション法による
エナメル質へのハイドロキシアパタイト成膜



佐藤 慧*1
(1987 年生)



西川智弘*2
(1986 年生)



萩原隆行*3
(1987 年生)



嶋田慶太*4
(1985 年生)



堀内 渉*5
(1971 年生)



松村 賢*6
(1981 年生)



赤塚 亮*6
(1981 年生)



佐々木啓一*6
(1956 年生)



石崎 勉*7
(1963 年生)



荒川正嘉*7
(1970 年生)



太田一史*7
(1971 年生)



水谷正義*4
(1979 年生)



厨川常元*8
(1957 年生)

パウダージェットデポジション (PJD) 法は表面に薄膜を創成する加工法の一つで、常温・大気圧環境において加工可能な点を大きな利点とする。そこで筆者らは、PJD 法を用いて人歯エナメル質とほぼ同成分であるハイドロキシアパタイト (HA) 粒子を噴射することにより、歯質を再構築する革新的な歯科治療法を提案している。本報では噴射する HA 粒子の直径と衝突速度の成膜に及ぼす影響について平滑化粒子 (SPH) 法によるシミュレーションを行うとともに、開発した歯科用 PJD ハンドピース型粒子噴射装置を用いて実験を行い検証した。

SPH 法による解析においては、粒子の強度と破壊の条件を構築することにより HA 粒子が人歯エナメル質基板に衝突した際の粒子と基板の破碎の状況を再現した。この解析により、HA 粒子の直径 3.2 μm 、衝突速度 200、250、300 m/s の場合、もしくは直径 4.6 μm 、衝突速度 200 m/s の場合には粒子が付着し、衝突速度をこれ以上大きくした場合には基板へのクラックの発生と進展により成膜が不可能になることを予測した。

次に歯科用 PJD ハンドピースを用いた実験により解析結果の検証を行った。解析で得られた結果に基づき、平均粒径 3.2 μm および 4.6 μm の粒子を用いて平滑化した人歯基板へと成膜実験を行った。なお噴射速度は粒子画像流速測定法により噴射圧力との相関を事前に計測して圧力により調整した。成膜量はマスキングテープを貼付した基板に対して噴射実験を行い、マスキング部を参照面として付着高さおよび除去深さを三次元形計測器により評価を行った。その結果、SPH の解析と同様、HA 粒子の直径 3.2 μm 、衝突速度 200、250 m/s の場合、もしくは直径 4.6 μm 、衝突速度 200 m/s の場合には粒子が付着し、HA 膜が形成された一方、直径 4.6 μm 、衝突速度 250 m/s の条件では基板が除去されることが確認された。

以上のように、本報では SPH 法を用いた解析が PJD 法による成膜条件の検証に対して有効な手段であることを示し、また人歯への具体的な粒子直径と衝突速度を得ることができた。

* 掲載：日本機械学会論文集，79-808，C 編 (2013-12)，4634 ページ

*1 東北大学大学院工学研究科 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻青葉 6-6-01) (現) 日立建機 (株)

*2 東北大学大学院工学研究科 (現) デクセリアルズ (株)

*3 東北大学大学院工学研究科 (現) 三菱マテリアル (株)

*4 正員，東北大学大学院工学研究科

*5 ヤマセ電気 (株) (〒981-4122 宮城県加美郡色麻町四電字はぬ木町 154-1)

*6 東北大学大学院歯学研究科 (〒980-8575 仙台市青葉区星陵町 4-1)

*7 (株) サンギ (〒104-8440 東京都中央区築地 3-11-6)

*8 フェロー，東北大学大学院工学研究科 (現) 東北大学大学院医学研究科

(1) 酸素燃焼を適用したゼロエミッション微粉炭火力の開発と商用火力での実証



気駕尚志*1
(1955年生)



三澤信博*2
(1969年生)



伊藤正紀*2
(1961年生)



山田敏彦*1
(1970年生)



須田俊之*1
(1971年生)

1. 概要

大気中のCO₂濃度が上昇し、地球温暖化問題が現実になる中、石炭火力発電所などから排出されるCO₂を回収して地下深くに注入するCCS (Carbon Dioxide Capture & Storage, 二酸化炭素回収貯留)と呼ばれる方法への期待が大きい。このCCSの中核で、実現性に大きく影響を及ぼすのがCO₂回収技術であり、酸素燃焼はその一つである。酸素燃焼では主機であるボイラやタービンは通常の空気燃焼とほぼ同じであるため、新設はもちろんのこと、既設改造工事にも適用可能である。我々は本技術の開発に早くから取り組み、燃焼、伝熱、運転方法などを把握した上で、日本および豪州のパートナーと組み、豪州の火力発電所に本技術を適用するという世界初のプロジェクトを立ち上げ、本技術が石炭火力発電所へ適用可能なことを実証した。

2. 技術の内容

通常、ボイラでの燃焼では空気を用いるが、空気は、容積ベースで約21%dryの酸素と約79%dryの燃焼に寄与しない窒素とで構成されているため、排ガス中のCO₂濃度は約18%dryにしかならない。一方、酸素燃焼は、空気に替えて酸素を使用するため、理論上排ガスの大半がCO₂となる上、排ガス量が約5分の1に減少するため(図1)、酸素燃焼では容易にCO₂を回収することが可能となる。

実際のボイラでは、酸素のみで石炭を燃焼すると、火炎温度が著しく高くなることから、燃焼排ガスを再循環し、酸素とともにボイラに投入することで(図2)、火炎温度やボイラでの収熱を空気燃焼と同等程度に調整している。そのため、従来のボイラに大幅な改造を加えることなく、酸素燃焼運転が可能となる。したがって本技術においては、排ガスと酸素の混合ガスの中での微粉炭の燃焼挙動や伝熱特性を把握するとともに、プラントの起動・停止過程における空気燃焼と酸素燃焼間の切替時の運転方法や緊急時の対応方法などが重要となる。例えば、酸素燃焼で燃焼ガスの主成分となるCO₂は、窒素に比べ熱容量が大きいため、酸素燃焼では酸素濃度を高め(約27%)にしないと空気燃焼と同等の火炎温度や収熱が得られない。また、再循環排ガスに含まれる窒素酸化物(NO_x)は、燃焼過程で還元されるため、NO_x生成量は大幅に低減される。

このような特性を確認し火力発電所への適用性を実証するため、豪州クイーンズランド州にあるCS Energy社カライドA発電所4号機(30MWe)を改造して酸素燃焼を適用するプロジェクトが、2008年3月、日豪共同の実施母体の組織化とともに開始した(図3)。10000時間の酸素燃焼運転、プラント性能の把握、高純度のCO₂回収など、多くの成果を得ており、本技術が石炭火力発電所へ適用可能なことを実証した。

3. まとめ

実証試験を通じて、酸素燃焼はCO₂回収を全く考慮していなかったプラントにも容易に適用できるだけでなく、CO₂以外の微量成分もほぼ完全に除去できることが実証された。また、空気分離装置で分離される窒素が有効に利用できれば、経済的にも大きく寄与するため、今後のプロジェクト形成が期待される。

謝辞

本技術の開発・実証に当たっては、図3のプロジェクトメン

*1 正員、(株)IHI (〒135-8710 東京都江東区豊洲3-1-1 豊洲IHIビル)

*2 電源開発(株)(〒104-8165 東京都中央区銀座6-15-1)

バーの他、NEDOおよび研究機関・大学関係者から多くのご支援、ご助言を頂戴しました。ここに記すとともに感謝の意を表します。

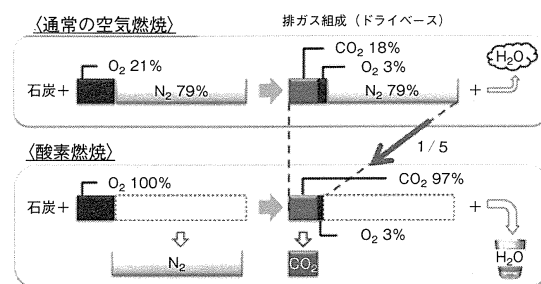


図1 酸素燃焼によるCO₂回収原理

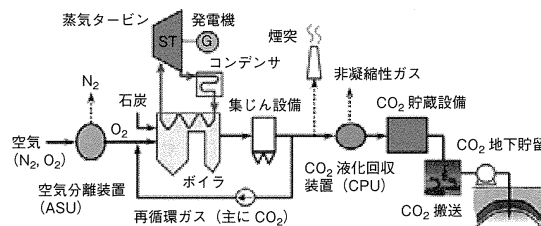
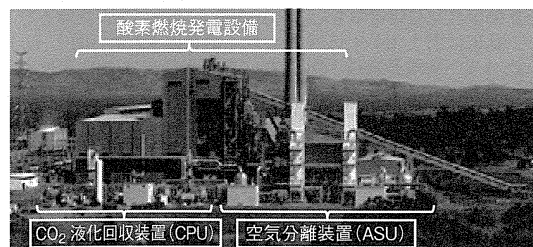


図2 酸素燃焼を適用した微粉炭火力とCCS



酸素燃焼プロジェクト当事者：
(株)IHI、電源開発(株)、三井物産(株)、CS Energy、Glencore plc、Schlumberger Carbon Services、COAL21 Fund、経済産業省、豪州連邦政府、クイーンズランド州政府
技術サポーター：
(一財)石炭エネルギーセンター

図3 カライドA発電所と酸素燃焼プロジェクトメンバー

(2) E5系・E6系新幹線電車の車外騒音低減技術



栗田 健*1
(1965年生)



秋山 悟*2
(1967年生)



高野 靖*3
(1957年生)



中島 伸治*4
(1964年生)



四釜 敏男*5
(1954年生)

1. 概要

新幹線ネットワークの拡大に伴い、目的地までの到達時分短縮が必要であり、スピードアップが求められている。新幹線高速化の最大の課題は、世界的に見ても厳しい環境基準が定められている沿線騒音の抑制である。全体騒音に対する寄与の大きい集電系音および車両下部音の対策を中心とした新たな騒音低減技術によって、新型新幹線車両E5系「はやぶさ」、E6系「こまち」は従来に比べて大幅な速度向上を実現した。

2. 技術の内容

最初に低減すべき音源を明らかにするために、従来の営業車両E2系を用いて360km/hの高速走行試験を行い、全体騒音に対する音源別寄与度分析を行った。その結果は図1(a)に示すとおり、速度を275km/hから360km/hへ上げると、全体騒音レベルは約6.5dB上昇し、全体騒音に占める音源別寄与度は、集電系音（パンタグラフの空力音、離線アークによるスパーク音など）、車両下部音（転動音、台車周りの空力音など）の順に大きく、一方、車両上部空力音、構造物音、先頭部空力音の寄与は相対的に小さいことがわかった。この結果に基づき、全体騒音に対して寄与の大きい集電系音および車両下部音対策の要素技術を開発した。

集電系音として、3つの対策（①主枠を片持ち支持した低騒音パンタグラフ ②パンタグラフ遮音板 ③1編成1パンタグラフ走行（図2、遮音板の効果を最大限に利用するため、1編成に2基搭載しているパンタグラフのうち進行方向前方の1基を下げて走行する）の組合せによる低減を図った。特に③の1パンタグラフ走行を実現するために、すり板を小さく分割し、架線への追従性を大幅に向上させた多分割すり板（図3）を開発した。

車両下部音については、防音壁と車両間の多重反射過程で吸音することによる防音壁外へ伝播する騒音を低減させるため、台車側面カバーを含む側スカート部に適用可能な吸音パネルを開発した。

前述の対策に加えて車両連結部の全周平滑ホロなどを装備した新幹線高速試験電車FASTECH360を用いて走行試験を行った。結果は図1(b)に示すとおり、従来のE2系（図1(a)）と比べて、集電系音は7dB程度、車両下部音は1dB程度それぞれ低減でき、トータルの沿線騒音では約5dBの大幅な騒音低減が可能であることを実証した。すなわち開発した騒音対策の組み合わせにより、騒音レベルを抑えつつ大幅な速度向上が可能であることを示した。

3. まとめ

上記の騒音低減技術は、東北新幹線の新型新幹線車両E5系、E6系の騒音対策（図4にE5系の例を示す）として採用され、国内最速となる320km/h運転を実現した。

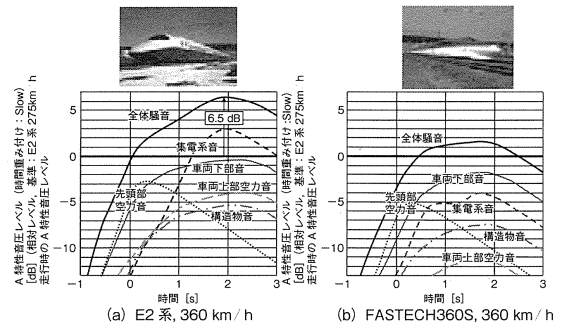


図1 音源別寄与度分析結果

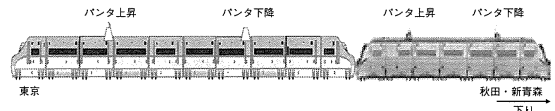


図2 1編成1パンタグラフ走行（下り併結走行時の場合）

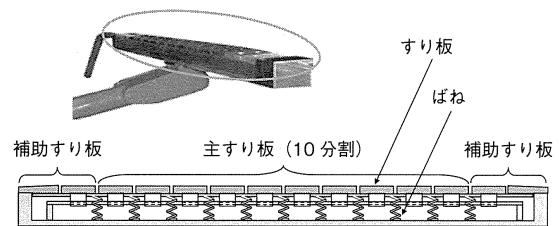


図3 多分割すり板

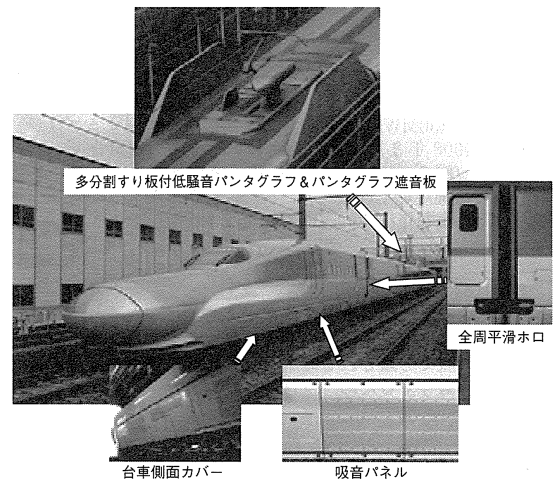


図4 E5系の騒音対策

*1 正員、東日本旅客鉄道（株）（〒331-8513 さいたま市北区日進町2-479）
 *2 川崎重工業（株）（〒652-0884 神戸市兵庫区和田山通2-1-18）
 *3 フェロー、（株）日立製作所（〒312-0034 ひたちなか市堀口832-2）
 *4 東洋電機製造（株）（〒236-0004 横浜市金沢区福浦3-8）
 *5 正員、（株）工進精工所（〒350-1331 狭山市新狭山1-1-12）

(3) 小型・薄型・軽量の MEMS3 軸触覚センサの開発



下山 勲*1
(1955 年生)



中井亮仁*2
(1978 年生)



高橋英俊*2
(1983 年生)



永野顕法*3
(1981 年生)



木鋪大樹*3
(1981 年生)

1. 概要

近年、公共の場や家庭内など、一般の人が身近に感じる場所へのロボットの導入が期待されている。ロボットが一般の人と同じ環境で共存するためには安全で確実な動作が必要不可欠であり、ロボットの指先や外装に実装できるような小型・薄型・軽量の触覚センサの実用化が強く求められている。既存の力センサに目を向けてみると、薄型の圧力センサではせん断力の検出が困難であり、3 軸力覚センサは上述した用途には大きく厚く重く、かつ高価格である。そこで著者らは、自らが研究してきた MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) 技術を活かして、小型・薄型・軽量で安価に量産可能な 3 軸触覚センサの実用化を行なった。

2. 技術の内容

3 軸触覚センサは、MEMS 技術を用いて製作された小型のセンサチップをシリコンゴムやエポキシ樹脂などの外装樹脂で埋め込んだ構造となっており、ケーブル部を除いたサイズは一辺 11mm、厚さ 2.3mm、重さ 0.3g となっている (図 1)。樹脂に埋め込まれたセンサチップは一辺 2mm、高さ 0.3mm で、この中に圧力センサと 2 軸のせん断力センサ、並びに温度センサが作りこまれている (図 2)。3 つの力センサはそれぞれ一對の両持ち梁から構成されており、圧力検出用の両持ち梁は梁の上面に、せん断力検出用の両持ち梁は梁の側面にピエゾ抵抗層が形成されている。各軸力検出用の両持ち梁のペアは、該当する力が加わった際に大きく変形するように設計されており、梁の変形に際して伸張・収縮が対称となる位置にピエゾ抵抗層が配置されている。そのため、これらの梁のペアを用いて 2 アクティブゲージ法でブリッジを形成しアンプ回路で増幅することで、梁の変形に起因する抵抗値変化を電圧変化として検出することができる。一方で、検出すべき力と直交する向きの力が梁に加わった際には、二本の両持ち梁の抵抗値変化が正負同じ向きとなるため、ブリッジ回路でキャンセルされる。温度変化による抵抗値の変化も同様にキャンセルされる。このように、一對の両持ち梁から構成される力センサは、ハードウェアレベルで他軸感度や温度ドリフトを低く抑えることができる。さらに行列を用いた 3 軸力に対する較正や、温度センサの出力を利用したソフトウェアレベルでの温度補償を組み合わせることで、クロストークが小さく使い勝手の良い 3 軸触覚センサを実現できた。

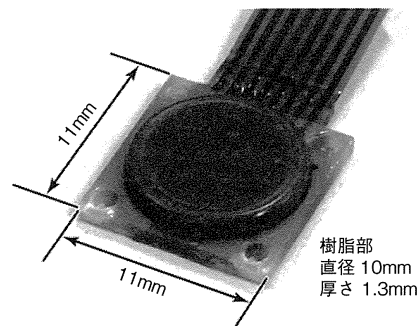


図 1 3 軸触覚センサ (ショックチップ™ TS タイプ)

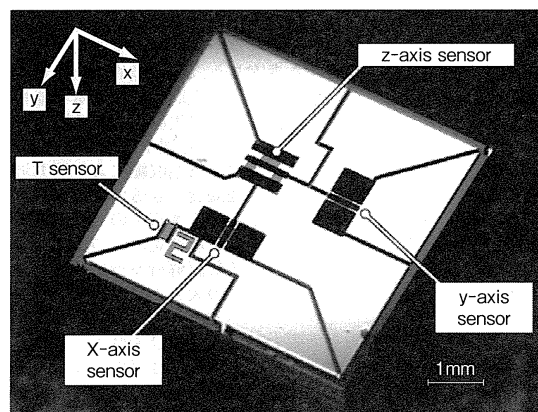


図 2 3 軸触覚センサチップ

3. まとめ

一括大量生産が可能な MEMS 技術を用いてセンサチップを製作し、射出成型により樹脂内に埋め込むことで、3 軸触覚センサの実用化を行なった。既存の 3 軸力覚センサと比べて小さく薄く軽量であり、製造プロセスも量産化に適しているため、今後更なる低価格化が可能である。

3 軸触覚センサの応用先として、ロボットの指先や外装に実装して安全で確実な動作を実現する、スマートフォンやゲーム機の入力インターフェースとして用いる、靴底やインソールに埋め込んで歩行やスポーツ動作の解析に用いる、摩擦や滑りといった従来計測することが難しかった現象を解明するための計測器に用いる、などが期待されている。

*1 フェロー, 東京大学 (〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1)

*2 正員, 東京大学 (〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1)

*3 タッチエンス (株) (〒110-0014 東京都台東区北上野 2-21-10)

(4) 高強度パルス中性子源実現のためのマイクロバブルを利用した液体金属中の圧力波抑制技術の開発



二川正敏*1
(1956年生)



羽賀勝洋*1
(1965年生)



粉川広行*1
(1972年生)



涌井 隆*1
(1972年生)



直江 崇*1
(1980年生)

1. 概 要

光速程度まで加速した陽子線を標的原子核に衝突させると、原子核がばらばらに破碎され、様々な種類の二次粒子が飛び出す。この二次粒子の一つである中性子は、従来用いられているX線などによる方法では見えなかった現象の解明を可能とする。J-PARC (http://j-parc.jp/) の物質・生命科学実験施設では、中性子収率に優れ、且つ、放射線による材料劣化の心配がない水銀を標的に用いた中性子源が稼働中である。水銀標的に陽子線が入射すると、水銀内部では急激な発熱反応と共に熱膨張による圧力波(最大50MPa)が生じる。この圧力波は、容器の接液面にキャビテーションによる損傷を形成し、水銀標的の寿命を著しく短くすることが明らかになった。そこで、圧力に起因する損傷の発生機構や進展挙動を見極め、損傷の低減を目的とした圧力波抑制技術やその効果を実証する技術を開発した。

2. 技術の内容

陽子線入射時の圧力波を模擬した圧力変動を負荷できる電磁式衝撃装置を開発し、損傷の発生機構や進展挙動を明らかにすると共に、損傷量の予測方法を考案した。水銀標的の損傷量を評価した結果、設計寿命より著しく短い期間に破損する可能性があることが分かった。そこで、損傷の発生原因である圧力波を抑制する技術開発を実施した。すなわち、図1に示すように、液体中に混入されたマイクロバブルが、気泡収縮により圧力波発生を抑制することや伝播過程で分散減衰させる効果に着目した。陽子線入射時の急激な圧力変動がある水銀中の気泡の振る舞い及びキャビテーション気泡の成長や崩壊過程について、マクロ、メゾ及びミクروسケールに渡る数値解析を行い、圧力波の抑制に対して最適なマイクロバブルの大きさや含有量を明らかにした。

しかしながら、水銀の表面張力、濡れ性及び密度等により、流動水銀中にマイクロバブルを形成することは容易でない。そこで、様々な要素技術を試しつつ、高放射線場の流動水銀に適切なマイクロバブルを注入する気泡生成器(図2)の開発に成功した。気泡生成器は、整流板により旋回流を発生させる部位と流路面積を急激に拡大する部位から構成され、旋回流中に注入したガス気柱をせん断と急激な圧力変動により粉碎してマイクロバブルを生成する。水銀標的では、形状を最適化した小型の気泡生成器を並列に複数配置することにより、隣り合う各気泡生成器の旋回流の方向が交互になるようにして旋回流を打ち消すことで生成されたマイクロバブルの合体を抑制する。また、密度が水の13倍もある水銀中で、必要な領域にマイクロバブルを分布させるため、実規模の大型水銀流動実験と数値解析等の結果から、水銀中での気泡の挙動を評価し、圧力波を効率よく低減しうる気泡分布特性を実現する標的構造(図2左上)を決定した。

さらに、高放射線場に設置されている高出力水銀標的に対して、非接触かつ遠隔操作により計測可能な計測システムを開発した。これにより、水銀標的の振動波形(図3)のその場計測を行い、マイクロバブル注入による圧力波の低減効果を世界で初めて実証した。

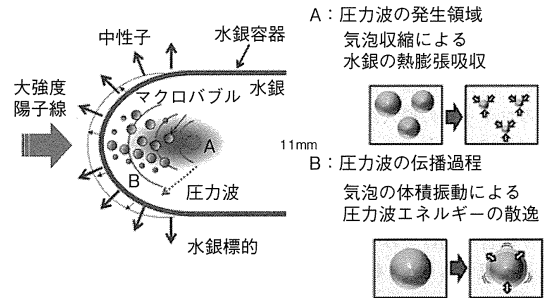


図1 マイクロバブルによる圧力波抑制のメカニズム

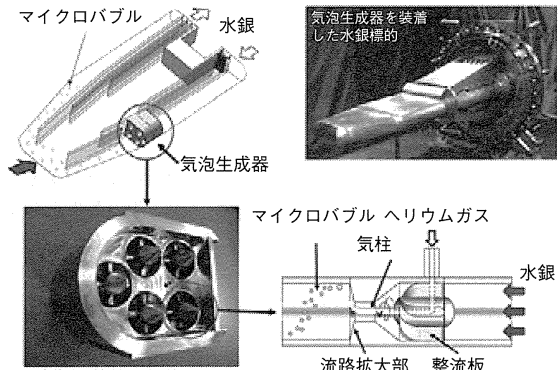


図2 水銀標的と気泡生成器

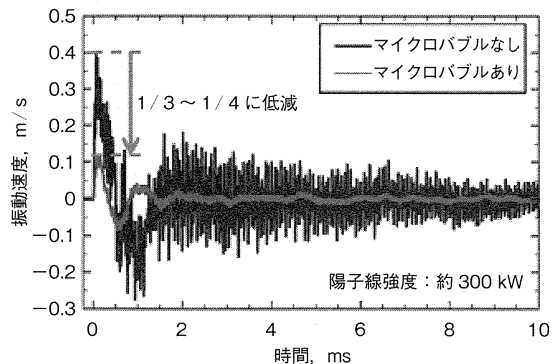


図3 大強度陽子線入射に伴う水銀標的の壁面の振動

3. まとめ

世界に前例のない水銀標的を完成させ、世界最高出力のパルス中性子源の長期に渡る安定的な運転が可能となった。これにより、タンパク質構造の解析や燃料電池内の可視化など、物質科学、生命科学の分野で世界をリードする革新的な成果の創出に貢献できるものと期待される。

*1 正員、(独) 日本原子力研究開発機構(〒319-1195 茨城県那珂郡東海村白方白根2-4)

(5) 静電容量型フレキシブル触覚フィルム



水島昌徳 *1
(1970 年生)



高木茂王 *2
(1970 年生)



板野弘道 *2
(1956 年生)



水島英吏子 *2
(1972 年生)

1. 概 要

荷重検出デバイス分野においては、歪ゲージを利用したロードセルがよく知られる製品技術だが、検出ヘッドが固く大きいことや、高価な信号処理アンプがセットに必要なために携帯性に乏しく、大型産業機器組込みなどに用途が限定されている。しかしながら、昨今開発が活発化している民生向け等のロボット分野においては、高精度で大掛かりな荷重検出機器ではなく、携帯性が高く安価で中程度の精度のものが求められている。安価な荷重検出デバイスの例としては、印刷による抵抗フィルム式のもの知られているが、耐久性や検出精度に乏しくタッチ検出程度に限られるなど利用範囲が限定的になってしまうことや、曲面に固定するとゼロ点ズレにより特性が安定しないなどの課題がある。このため、同分野においては、上記デバイスに代わる薄く安価で実用的なアナログ検出センサの実現が待たれている状況であった。そこで我々は、導電シリコンラバーとPETフィルムを基材とした電極基板を貼り合わせることで成る可変コンデンサを検出ヘッド(図1)とした安価で薄くフレキシブルな荷重検出センサを実現した。

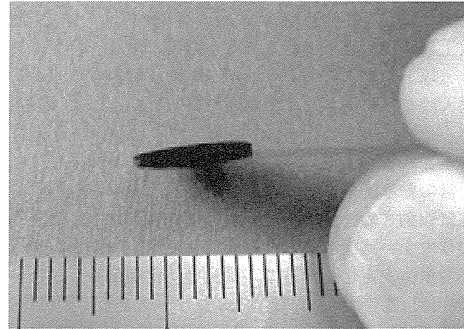


図1 1軸検出型触覚フィルム

2. 技術の内容

図2に静電容量型フレキシブル触覚フィルム(以下「本センサ」)の検出原理を示す。本センサは、固定電極(銀電極)をスクリーン印刷形成したPETフィルム基板に、成型した導電シリコンラバー(可動電極)を接着固定することによって構成する1対の可変コンデンサである(日本特許第4646340号)。可動電極上部に力を加えると、可動電極がたわみ、電極間距離が変化して静電容量が増大する。更に、この静電容量変化を信号処理し、アナログ(電圧)出力ないしはデジタル出力することにより、所望の機器へ荷重変化信号を送信する。加えて、可動電極の静電容量構成面を突起状にすることで、本センサを曲面などに実装する際に浮きや座屈による極端なゼロ点変動を無くするような構造となっている。

本センサは、0.1N以下の微小な荷重から500N以上の大荷重まで様々な荷重レンジに対応可能である。各電極作製プロセスが非常に簡単で、センサ厚を0.3mmから2.5mm、検出面積をφ2mmから300mm角までと、ユーザーニーズに合わせて柔軟に対応できる可変性も備えている。また、図3のように直線的な出力特性をはじめ、可動電極の静電容量面構造ならびに固定電極形状を操作することにより、任意に出力カーブを調整することができる(日本特許第4585615号)。

更に、図2下に示すように、固定電極を複数個に分割することでセンサ上加わるオフセット荷重の検出が可能である(日本特許第4756097号)。

3. まとめ

柔らかさと薄さ、更には100万回以上の連続荷重可能で耐久性の高い静電容量型フレキシブル触覚フィルムを実現した。これらの特徴を活かし、医療・福祉機器をはじめ、様々な電子機器の新しい荷重計測インターフェースとして本センサを提供している。今後、市場活性化が見込まれる民生用ロボット分野において、ヒトの皮膚感覚に近い様々な入力機能を安価に提供し、高性能な製品実現をサポートすることで、同分野の発展に貢献したいと考えている。

*1 特別員、(株)オーギャ (〒933-0981 高岡市二上町122-205)

*2 (株)オーギャ

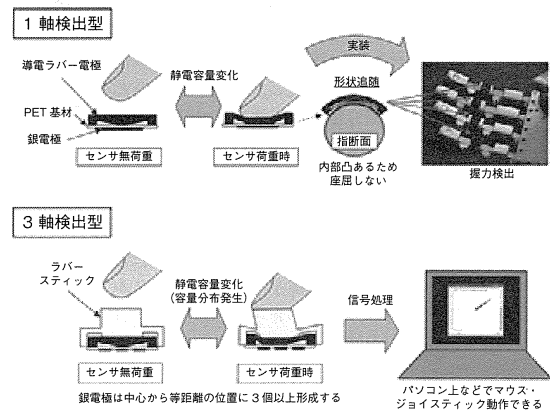


図2 検出原理(1軸型, 3軸型)

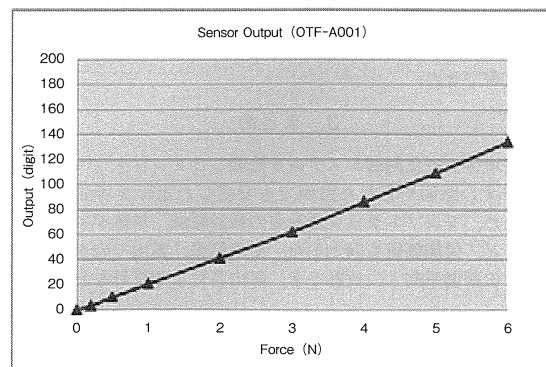


図3 出力例(1軸型, デジタル出力)

(6) マイニングダンプトラックの高度車体安定化制御技術



箕輪利通*1
(1961年生)



一野瀬昌則*2
(1968年生)



安田知彦*3
(1958年生)



美濃島俊和*1
(1980年生)



齋藤真二郎*3
(1978年生)

1. 概要

鉱山現場では、鉄鉱石や石炭などの鉱石および土砂を掘削場から放土場まで大量運搬するため、巨大なマイニングダンプトラック（以下、ダンプトラック）が稼働している。しかしながら、雨天時などの滑りやすい路面や繰返し走行により荒れた路面になった場合、安全性が優先され、ダンプトラック走行が制限/中止される。そのため、運搬作業の効率が低下し、結果、鉱山運営の効率低下につながっていた。この課題を解決するため、電気駆動式の特徴である、きめ細かなトルク制御を活かして、滑りやすい路面や荒れた路面でも安定かつ安全な走行が可能な高度車体安定化制御技術（横滑り防止制御およびピッチング抑制制御）を開発し、弊社 AC-3 シリーズとして製品化した。その結果、運搬作業効率向上と運行の安全性向上が実現できた。

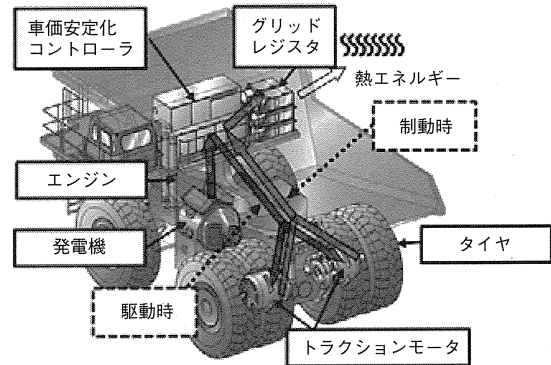
2. 技術の内容

図1に電気駆動式ダンプトラック・パワートレインの概要を示す。加速時はエンジンによる発電駆動、減速時はグリッドレジスタ（抵抗発熱体）による再生制動となる。車体安定化コントローラは車体状態を常に監視し、路面状況に合わせてトラクションモータトルク配分量を算出する。また、ダンプトラックは、自動車に比べ、積荷時と空荷時の車重変化が大きく（弊社 EH5000AC-3：積荷時 500t、空荷時 204t）、また重心位置が高くピッチング/ローリングし易い。本報告では、これらダンプトラック特性を考慮した横滑り防止制御技術について紹介する。

図2に横滑り防止制御アルゴリズムを示す。自動車では、二次元平面運動の横滑り防止制御が実現されているが、ダンプトラックでは旋回時の車体運動がオーバーステア特性（動的に不安定：図3制御なし参照）であること、目標ヨーレイトに対し、横加速度ヨーレイトが増大、実ヨーレイトが減少することが判った。そこで、二次元平面運動を考慮した制御時のダンプトラック旋回データを検討解析し、ローリングによる各ヨーレイトの偏差を補正するロール補正モデルを考案した。このロール補正モデルで二次元平面運動を補正して走行した結果、オーバーステア領域に入った場合でも安定なアンダーステア領域に移行し（太線矢印）、ダンプトラック旋回時の車体運動の適正化が実現できた。

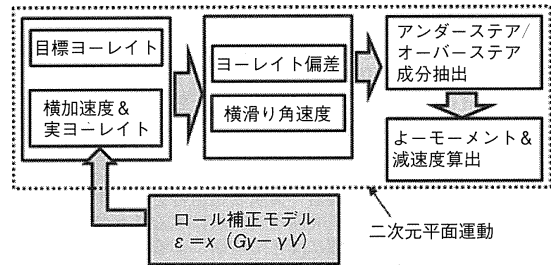
3. まとめ

高度車体安定化制御システムを搭載したダンプトラックは、滑りやすい路面や荒れた路面でも安定した走行が可能となった。また、ダンプトラック運転者の疲労軽減、車体ダメージの低減など、付加価値も向上した。その結果、鉱山でのダンプトラックの稼働率向上に貢献でき、鉱山各社より良好な評価を得ている。



◇EH5000AC-3の寸法
全長：15.5m、車高：7.4m、車幅：8.7m、タイヤ径：3.2m

図1 ダンプトラック・パワートレインの概要



ε ：ロール角指標、 x ：ゲイン、 Gy ：横加速度、 γ ：ヨーレイト、 V ：車速

図2 横滑り防止制御アルゴリズム

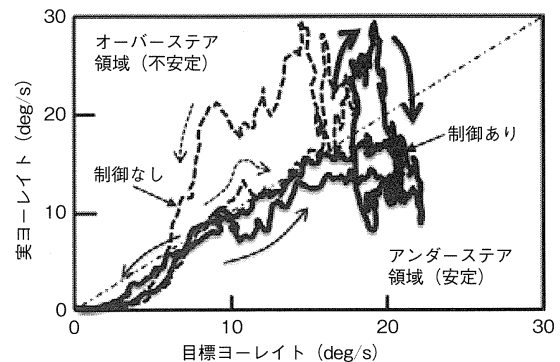


図3 横滑り防止制御技術の効果（圧雪路、旋回）

*1 正員、日立建機（株）（〒300-0013 土浦市神立町 650）
*2 （株）日立製作所（〒312-0034 ひたちなか市堀口 832-2）
*3 日立建機（株）（〒300-0013 土浦市神立町 650）

(7) ハイポイドギヤのかみ合い率最適化設計手法



宮村 宏美 *1
(1978 年生)



柴田 好克 *1
(1967 年生)



稲垣 瑞穂 *2
(1964 年生)



青山 隆之 *2
(1969 年生)

1. 概 要

理論である新歯形論に基づき、ギヤピッチ角を任意に選択できることを利用して、性能(主としてかみ合い率)からギヤピッチ角を決定するハイポイドギヤの設計法を提案する。

本研究では、かみ合い率を、1歯面の接触線長さを1ピッチの接触線長さで除したものと定義する。新歯形論に基づく、接触線の傾き角はギヤピッチ角に無関係に空間上に決定できる。歯面の領域が決定しているとき、1歯面の接触線長さは、ギヤピッチ角により変化する。つまり、ギヤピッチ角を変更することでかみ合い率を増減させることができる。このとき、加減速面で接触線の傾き角が異なるため、ギヤピッチ角に対するかみ合い率の変化は加減速面で逆の傾向となり、加減速面のかみ合い率のバランスを変更することができる。

本手法は、ギヤピッチ角が新たな設計パラメータとして増加したことで、従来に比べ、設計可能領域が画期的に拡大しており、3大性能を高いレベルで両立させることができる。

2. 技術の内容

歯車3大性能のうちの振動・騒音を向上させるためには、性能指標であるかみ合い率を向上させる必要がある。このため、従来手法(グリーンソン法)では、設計変数であるねじれ角を大きくするしかない。しかし、ねじれ角を大きくすると別の性能である効率が低下してしまう。つまり、性能項目の振動・騒音と効率はトレードオフの関係にあり、両立が大変困難であった。

歯車諸元決定において、未知数9個に対し、2円錐の接触条件式7式であるがため、従来手法では、歯すじの曲率をカットと一致させるという条件を与え、未知数を減らし解いていた。一方、新歯形論では平面接触領域を用いることで、未知数及び接触条件式を減らすことができた。この結果、ギヤピッチ角を設計変数とすることができ、歯車諸元設計において、積極的にかみ合い率をコントロールすることが可能となった。

図1に示すように、従来手法ではギヤピッチ角は一意に決まり、またかみ合い率も、加速側よりも減速側の方が大きくなり、バランスを変えることはできなかった。つまり、図1中の従来設計領域という軸上で、ねじれ角を変更しかみ合い率を増減させるしか手段がなかった。一方、本手法ではギヤピッチ角を設計変数として扱えるため、図1の全域が設計領域となる。また、加減速のかみ合い率のバランスも変更できるため、図1中の●から★への変更や、ねじれ角を低減することで、一旦かみ合い率を△から◇へ減少させた後、ギヤピッチ角により☆へバランス変更し、目標かみ合い率を達成させることもできる。

本手法によりかみ合い率をコントロールし、歯車3大性能(強度、振動・騒音、効率)を両立させた事例を示す。図2に示すように、従来手法に基づいた歯車Cに対し、本手法によりギヤピッチ角を変更し歯車C'を設計する。歯車Cの振動・騒音性能を満足するために、性能指標であるかみ合い率の下限値をMCDとする。図3に示すように、歯車C'はこの下限値に対し余裕があるので、この余裕代をねじれ角低減に使用し、歯車Dを設計する。ねじれ角低減は効率向上に効果があり、図4に示すように、振動・騒音を満足しつつ、かみ合い損失を7%向上させることができた。

3. まとめ

近年、静粛性を維持したままの燃費性能向上は必須である。そのため、従来両立が大変困難であった振動・騒音と効率を歯車の諸元のみで両立できる本手法は、大変有効であり画期的技術である。

*1 正員、トヨタ自動車(株)(〒471-8572 豊田市トヨタ町1)
*2 正員、(株)豊田中央研究所(〒480-1192 長久手市横道41-1)

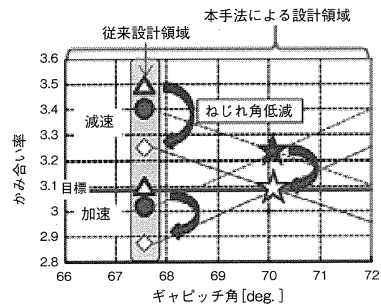


図1 ギヤピッチ角とかみ合い率の関係

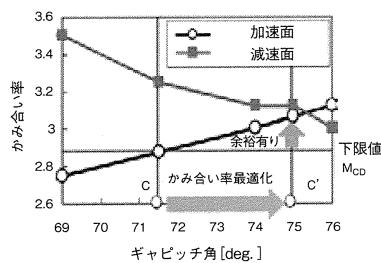


図2 設計事例① ギヤピッチ角とかみ合い率

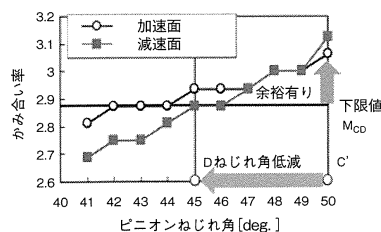


図3 設計事例② ピニオンねじれ角とかみ合い率

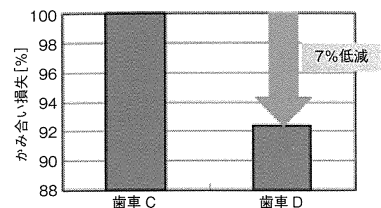


図4 設計事例③ かみ合い損失結果

術である。2013年発表のLEXUS ISから本手法のハイポイドギヤを採用し、今後のTOYOTA、LEXUSの全乗用車系ハイポイドギヤに適用予定である。

研究奨励

(1) バイオミメティクス応用を目指した蚊の吸血機能に関する研究



菊地 謙次*
(1980 年生)

蚊は巧みな吸血機能を利用し、まるで忍者のごとく血液を採取する。わずか2分ほどで、彼らの体重(2mg)分の血液を、直径20 μ m長さ1.5mm程の鋭い口器を皮下に突き刺し、頭部内の吸血ポンプで腹部へ血液を吸い上げている。針内外の血液流れ計測(μ PIV)や組織薄切によるポンプ構造解明、微小筋電計によるポンプ運動計測を行った結果、人工マイクロポンプを遙かに凌駕する出力特性を有することを明らかにした。また腹部の血液は、まるで看護師の採血のように形態が維持されていることを見だし、蚊の吸血機能に学ぶべく、吸血ポンプを模した微小マイクロポンプの設計や蚊の腹部血液を利用した無痛血液検査キット等の医工学応用を展開している。

* 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

(2) 生体の粘弾性特性のモデル化とそれに基づく医療ロボットの制御手法に関する研究



小林 洋*
(1981 年生)

機械と人間が物理的に接触しながら協調することが求められる近年において、人間の物理的な特性を把握し、モデル化する技術の重要性は高まっている。例えば、生体材料の粘弾性特性のモデル化は、医療ロボットにおいて重要なテーマである。本研究では、生体材料が従来の工業材料とは異なる特殊な性質を有することを、摘出臓器を用いた実験のデータから示し、そのデータに適合する生体粘弾性特性のモデル式を提案した。また、生体粘弾性モデルを用いた変形予測を有する知的な制御手法を構築した。目標腫瘍に対してピンポイントな針先端の位置決めが求められる針刺し手技を対象とした医療ロボットにおいて、これらの方法を実証した。

* 正員、早稲田大学理工学術院(〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-11)

研究奨励

(3) 3次元顕微鏡観察および数値解析を用いた微生物の遊泳メカニズムの研究



中井 唱*
(1979 年生)

界面上の微生物集合体(バイオフィーム)の形成メカニズム解明を目指し、界面近傍における微生物の遊泳運動の解析を行った。ミクロなスケールでは界面の存在による流体力学的な影響が大きく、微生物の遊泳は自由空間とは異なったものになる。細菌が界面に近づくにつれて遊泳軌跡が曲がる現象について、直交する2方向からの顕微鏡観察を行い、大きさ数 μ mの菌体の位置・姿勢を3次元計測した。また、微細藻類の遊泳時に起きる自転運動を3次元観察し、数値計算との比較により鞭毛の動きが推進力やトルクを生むメカニズムについて調査を行った。本観察手法は微小な対象物だけでなく、複雑形状物体や複数対象物の3次元運動計測にも有効である。

* 正員、鳥取大学大学院工学研究科(〒680-8552 鳥取市湖山町南4-101)

研究奨励

(4) 収縮性超分子複合体のナノ力学特性計測に関する研究



松井 翼*
(1980 年生)

本研究は分子と細胞スケールの中間に位置し、細胞内で多数のタンパク質が自己組織化して機能する収縮性超分子複合体線維ストレスファイバを対象とした力学特性計測システムの構築に関するものである。計測システムにマイクロ・ナノ計測技術と制御技術を駆使することで、これまで明らかにされていなかった粘弾性特性や、蛍光顕微鏡観察により力学試験時におけるストレスファイバの変形挙動をサブマイクロメートルオーダー分解能で計測することが可能となった。また生化学的な解析手法を取り入れることで、ストレスファイバ単離方法の正当性を担保しその収縮力計測に初めて成功した。

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

研究奨励

(5) 知能機械による布製品の認識と操作の研究



山崎 公俊*
(1979 年生)

ロボティクス分野における布の認識と操作には、布が柔軟物であるが故の難しさがある。従来研究の多くは、問題設定によってこの難しさを緩和したり、処理時間がかかることをやむなしとした認識手法を考案していた。一方で本研究では、布の認識のための新たな枠組みを考案してきた。シワや布地など、布の一般的な性質を手掛かりとしたセンサ情報処理を提案することで、布製品一般に適用できる手法とした。さらに、それらの成果を自律型ロボットへ適用し、布製品の発見、収集、畳み動作、着衣補助などを実現し、生活環境下や工場環境下での応用可能性を示した。

* 正員、信州大学工学部(〒385-8553 長野市若里4-17-1)

研究奨励

(6) X線回折を用いた部材全域の3次元残留応力分布の推定法の研究



小川 雅*
(1982 年生)

構造物の余寿命がわかれば、より安全に無駄なく使用することができる。そのためには、検出したき裂の進展速度を評価する必要があり、部材内部に残留する応力分布を非破壊に測定することが求められる。本研究では、放射光や中性子を用いることなく、現場で利用可能なX線回折を用いて部材表面の残留ひずみを測定し、固有ひずみ理論に基づく逆問題を利用して、部材全域の3次元残留応力を有限要素法により評価する。本手法は、測定対象物の「ヤング率」、「ポアソン比」、「形状」の3つがわかれば、どんな構造物にも適用可能であり、溶接や溶射、塑性加工など、残留応力に関わるあらゆる分野において、現場で利用されることを目指している。

* 正員、横浜国立大学工学研究院(〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5)

研究奨励

(7) 柔軟構造材料の座屈解析とその大変形に伴う機械特性の研究



田中 展*
(1980 年生)

本研究では、セル状材料のような微視的内部構造をもつ柔軟構造材料を対象にして、その柔軟性によって発現される固体特有の非線形変形挙動の解明に取り組んだ。具体的には、半導体微細パターン構造の残留応力に起因する面外座屈挙動を連続体モデルによって定式化し、エッチング条件を考慮した座屈予測手法を構築した。また、特殊な結合節で構成される2次元柔軟構造を提案し、展開収縮モードなどの特異な大変形特性を解析的に導いた。そして、その展開収縮モードを模型試験によって実証した。さらに、独自に開発したはり要素モデルによって、圧縮負荷に応じて系の剛性が変化する双剛性特性という柔軟構造特有の変形メカニズムを明らかにした。

* 正員、東京大学大学院工学系研究科 (現) 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

(8) 生体骨組織の残留応力検出法に関する研究



山田 悟史*
(1984 年生)

骨組織には、重力による静的応力、身体運動に伴って繰り返し作用する動的応力のほかに残留応力が作用する。本研究では、骨組織を構成するアパタイト結晶のX線回折特性を利用し、X線管球より得られる特性X線およびシンクロトロンより得られる白色X線を用いた骨組織表層から深層部の残留応力検出法を提案した。また、X線2次元検出器を用いた骨組織残留応力検出法を提案した。ウシ大腿骨に内在する残留応力を計測し、表層から深層部の残留応力分布を明らかにした。また、年齢により残留応力に違いがあることを示した。家兎四肢骨の表層の残留応力を計測し、骨形成に関わるオステオン構造と残留応力の関係を明らかにした。

* 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)

研究奨励

(9) 管群流路内における気液二相流の非定常三次元計測手法の研究



新井 崇洋*
(1980 年生)

管群流路内の気液二相流は、原子炉燃料集合体や熱交換器などの産業プラントにおける沸騰伝熱として重要な現象である。気液二相流の動力学は工学上の関心事であるが、非定常かつ複雑な現象であることから、特に管が林立する流路構造内での可視化は容易ではない。本研究では、電場の変化を捉えて気液二相流を可視化する計測手法に着目し、管群構造物自身をセンサの一部として活用する独自の計測技術として確立することによって、気液二相流の瞬時局所変動を三次元分布として取得することに成功した。これにより、数値計算結果との直接比較による妥当性確認や、流動多次元性及び非定常性を考慮したモデル構築が可能となった。

* 正員、(一財)電力中央研究所原子力技術研究所 (〒201-8511 狛江市岩戸北2-11-1)

研究奨励

(10) 噴霧・燃焼技術の応用による薄膜・微粒子形成の研究



大嶋 元啓*
(1980 年生)

化学気相堆積法 (CVD 法) において高沸点高反応性原料を用いた場合、配管および気化器における原料の熱分解・析出を抑制することが急務である。本研究は原料に低沸点溶液を混合することで原料の低沸点化を実現し、気化器を用いなくとも減圧沸騰噴霧による効率的な原料気化を可能とし、熱分解・析出などのCVD法の問題点を改善した。また、SiO₂薄膜や次世代強誘電体薄膜の成膜に成功し、薄膜の膜厚制御の高度化が間欠噴射により可能になることを実証した。さらに本技術を応用してTiO₂微粒子の生成にも成功した。

* 正員、富山県立大学工学部〒939-0398 射水市黒河 5180)

研究奨励

(11) 蛍光可視化計測および数値モデル構築による制限ナノ空間内のDNA流動に関する研究



上原 聡司*
(1985 年生)

革新的な次世代医療の基盤技術としてDNAの高速解析技術が研究されている。特に注目されている、ナノ構造を用いた一分子レベルの高速DNAシーケンサー開発のためには、制限ナノ空間内におけるDNAの流動現象を明らかにする必要がある。本研究では、電場の印加されたナノ流路内における二重鎖DNAおよび壁面近傍のナノ領域に存在する一本鎖DNAの一分子計測を行った。計測は、独自に製作したナノ流路内および全反射照明蛍光顕微鏡を用いて、壁面近傍に着目して行い、制限ナノ空間においてDNAの流動が制限されることを定量的に明らかにした。さらに、実験結果を基にして、ナノバイオ流体工学の発展に寄与する制限ナノ空間内流動理論の構築を行った。

* 正員、東北大学流体科学研究所 (〒980-8577 仙台市青葉区片平 2-1-1)

研究奨励

(12) 超音速マイクロジェットの生成とその医工学応用に関する研究



田川 義之*
(1981 年生)

超音速マイクロジェット生成システムを開発し、その医工学応用に関する研究を行った。本手法は、高速発泡現象を用いて、発熱素子や圧電素子の利用に比べ、より高速(最高速度 850 m/s)かつ細長いジェット(直径 10 μm 程度)を生成できるため、操作性のある無針注射器など新しい医工学分野への展開が期待される。そこで人体組織模擬材料を用いて超音速マイクロジェットの貫入性を検証したところ、従来のデバイスの問題を大幅に改善できる可能性を示した。さらに、撃力を利用した液体ジェットと超音速マイクロジェットとの類似性を見出し、安全かつ実用的なジェット発生装置への道筋を示した。

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

研究奨励

(13) 乱流中に分散する液滴の放射特性、レーダ
反射特性および衝突成長特性の研究



松田景吾*
(1984年生)

雲粒（水滴）は大気乱流中において不均一分布を形成（乱流クラスタリング）し、さらに乱流衝突によって併合成長が促進される。高精度な気象予測や気象観測のためには、これらの乱流の効果が雲の発達過程や放射過程に及ぼす影響の解明が不可欠である。受賞者は、乱流衝突の頻度因子を室内実験での測定結果から導出する逆解析手法を提案した。また、液滴が分散する乱流場の直接数値計算と放射伝達計算を実施することにより、雲の放射特性に及ぼす乱流クラスタリングの影響を定量的に評価した。さらに、直接数値計算結果に対しマイクロ波散乱の解析を行い、乱流クラスタリングが雲のレーダ観測における顕著な誤差要因となり得ることを明らかにした。

* 正員、(独) 海洋研究開発機構 地球情報基盤センター (〒236-0001 横浜市金沢区昭和町 3173-25)

研究奨励

(14) 平行平板間乱流における進行波状制御による
抵抗低減効果及び再層流化の研究



守 裕也*
(1984年生)

壁面上の流れが層流から乱流へと遷移すると、流れと壁面の間に生じる摩擦は著しく増加する。この乱流摩擦抵抗の低減手法の確立により、例えばパイプラインでの輸送コスト削減を通じ、社会への寄与が期待される。本研究では、乱流摩擦抵抗低減の手法として有効な壁面からの進行波状の制御を加えた流れの詳細な数値シミュレーションを行った。壁面から進行波状の吹出し・吸込み制御および変形制御により乱流摩擦は低減され、さらにそれらが層流状態へ遷移させる効果を持つことを明らかにした。本業績は大きな利得を持つ制御手法の実用化へ向けた基礎となり、将来の乱流抵抗低減制御デバイス実用化への寄与が期待できる。

* 正員、東京農工大学工学部 (〒184-8588 小金井市中町 2-24-16) (現) 東京理科大学工学部

研究奨励

(15) ディスクブレーキの鳴きに及ぼすパッド剛性の
影響の研究



大浦靖典*
(1980年生)

回転する円板（ディスク）にブレーキパッドを押つけて制動するディスクブレーキは、安定した効きを発揮するため、自動車や産業機械に幅広く用いられている。その一方で、制動時に鳴きと呼ばれる甲高い騒音を発生することがある。鳴きの発生の有無や鳴きの周波数は、制動時にパッドをディスクに押しつける圧力の大きさによって変化するが、その原因が明らかではなかった。そこで、制動時の圧力の大きさによってパッドの剛性が変化すると考えて、鳴きが発生するメカニズムを示した。さらに、鳴き振動と同等の周波数と振幅でパッドを加振して剛性を測定する装置を開発し、制動圧が大きくなるほどパッドの剛性も大きくなることを実証した。

* 正員、滋賀県立大学工学部 (〒522-8533 彦根市八坂町 2500)

研究奨励

(16) 単一細胞解析のためのマイクロ・ナノ操作・
計測システムの研究



丸山央峰*
(1979年生)

細胞1個体を対象とした解析では、マイクロ・ナノ領域での操作・計測技術の高度化が必要である。本研究では、(1) 流体を精密に制御可能なマイクロ流体チップ内での、誘電泳動力による100 nmのインフルエンザウイルスの濃縮及び光ピンセットによる単一ウイルス操作による単一ウイルスの特定細胞への感染、(2) 温度・pHの計測が可能な直径1 μmのマルチ蛍光センサの作製及び蛍光酸素センサによる細胞の酸素消費能の計測、(3) インフルエンザウイルス感染細胞の蛍光温度センサによる温度変化を細胞1個単位で計測、(4) フォトクロミック材料による光ゼータ電位制御技術の確立と人工脂質膜（リポソーム）封入センサの細胞内・細胞核内への導入、を実現した。

* 正員、名古屋大学大学院工学研究科 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

研究奨励

(17) ヘビ型ロボットの実用的機構と制御法の研究



山田浩也*
(1981年生)

多数の関節から構成されるヘビ型ロボットは、その細長く柔軟な形状のために、極めて狭隘な環境下における調査用途などでの活用が期待されている。しかし、そのためには、ヘビ型ロボットは多数の関節を粉塵や水から保護し、また障害物や地形に合わせて適切に形状を制御する必要がある。本研究では、ヘビ型ロボットとしての柔軟性を損なうことなく防塵性・防水性・トルク計測機能を実現する関節駆動機構を開発し、さらにそれを協調させることで、自律的に環境に適應して移動できるヘビ型ロボットの制御系を開発した。これにより、実用的ヘビ型ロボットが十分に実現可能であることを示した。

* 正員、(株) ハイボット (〒141-0001 東京都品川区北品川 5-9-15)

研究奨励

(18) 持続可能社会シナリオの設計支援方法論の研究



木下裕介*
(1983年生)

持続可能な社会の実現に向けて、これまでに様々な「シナリオ」が研究機関等で作成されてきた。最近では欧州を中心に、2030年などの将来を見据えて、持続可能なものづくりのあるべき姿とそこに至るまでの道筋を描くことを目的としたシナリオが作成され始めている。しかし、そのようなシナリオを作成する際の体系的な支援手法は、これまで十分に研究されてこなかった。本研究では、計算機支援のアプローチを用いたシナリオ設計方法論を開発し、それを「持続可能社会シナリオシミュレータ」として実装した。日本の持続可能な製造業シナリオなどを対象とした様々なケーススタディを通して、シナリオの作成を支援できることが確認できた。

* 正員、大阪大学環境イノベーションデザインセンター (現) 国立研究開発法人産業技術総合研究所 (〒305-8564 つくば市並木 1-2-1)

研究奨励

(19) 工作機械運動時における消費エネルギー削減による生産設備の省エネルギー化の研究



林 晃生*
(1982 年生)

生産活動における消費エネルギーの削減は非常に重要な課題であり、特に、生産設備の中核を担う工作機械の省エネルギー化が望まれている。本研究では、これまで考慮されることが少なかった工作機械運動時の消費エネルギーに着目し、同形状の製品を加工する場合でも、運転条件や工具経路によって、消費エネルギーが大きく異なることを明らかにした。また、送り駆動系のモデルを構築することで消費エネルギーの内訳を明らかにするとともに、構成要素による消費エネルギーの違いについても検討を行った。さらに、エンドミル加工に要するエネルギーが、材料除去率や工具刃数などの切削条件によって異なることも明らかとした。

* 正員、神奈川大学工学部 (〒221-8686 横浜市神奈川区六角橋 3-27-1)

技術奨励

(1) 5軸制御高速高精度アプレシブジェット切断装置の開発



青木 卓也*
(1979 年生)

ウォータージェットに研磨材を付加するアプレシブジェット加工は、近年、難削材や新素材、複合材料の切断に多く使われている。アプレシブジェット加工には、加工速度が速くなるほど被加工物の裏面（ジェットの抜け側）の切断幅が狭くなるという問題がある。したがって、従来の直交3軸制御の装置で切断面の直角度公差を許容範囲内に収めるには、加工速度を最適値まで下げる必要があった。本技術開発では、被加工物の材質や厚さ、加工速度などから切断面の傾きをリアルタイムに予測・補正することで、加工速度によらず切断面の直角度公差を許容範囲内に収めることのできる加工システムを構築した。

* 正員、(株)スギノマシン (〒937-8511 魚津市本江 2410)

技術奨励

(2) 都市鉄道向けプラットフォーム転落防止可動柵設計業務



明山 公也*
(1985 年生)

本業績は、駅係員の操作性の改善を目的として、信頼性、人間工学的な配慮を取り入れた都市鉄道向け転落防止可動柵のマンマシンインタフェース・操作部の設計業務である。従来の製品は駅係員に対する扱いやすさに関する課題があり、その解決の為にリニューアル設計を実施した。改善した操作部はフルプルーフを考慮してシンプルな構成とし、緊急時の駅係員による操作ミスをなくすように工夫した。更に、緊急時の注意喚起としてボタンの点灯、ブザー鳴動する機能を追加し、駅員や乗客に対して確実に緊急事態を知らせることが出来る工夫も取り入れた。本装置は弊社の標準品としてリリースされ、全国の都市鉄道路線に設置する需要が見込まれている。

* 正員、(株)京三製作所 (〒230-0031 横浜市鶴見区平安町 2-29-1)

技術奨励

(3) 柔軟媒体ハンドリング機器における静音化技術の開発



石川 美里*
(1980 年生)

コピー用紙・封筒・葉書を扱う複合機(MFP)や郵便区分機などでは、基本性能と共に静音化も重要である。これら柔軟媒体ハンドリング機器向けにコストをかけずに効果的に静音化する手法を開発した。MFPでは、音源を分離する手法や用紙搬送速度を加味して音源寄与率を予測する手法などに基づき、構想設計時に音源ごとの目標騒音レベルを割り付けて全体の低騒音化を達成する上流静音設計手法を開発した。また、郵便区分機の集積部では、騒音源を遮蔽する方策はとれない為、集積部背面扉をスリット状に開口して筐体内部の音響エネルギーを分散させ、背面回折音のトレードオフを考慮する静音化設計法を開発した。

* 正員、(株)東芝 (〒212-8582 川崎市幸区小向東芝町 1)

技術奨励

(4) 月面土のう積層体構築ロボット技術の開発



井上 大輔*
(1982 年生)

月面基地の建設は、宇宙資源開発の足掛かりとして期待されている。月面での厳しい温度変化や宇宙放射線から人や機材を守るには、基地を地中に埋めることが経済的である。本技術開発は月面基地の建設にネックとなっていた掘削や材料調達の問題を、布素材と現地土の土のうを製造することによって解決しており、従来技術に比べて経済性に優れている。土のうを作って積み上げる作業を無人化するために布素材とロボット機構の両面で工夫が施されており、有人作業の危険性も劇的に低減される。土のう積層壁とロボット機構の設計は模型実験によって確かめられており、今後の実用化に対する寄与も少なくない。

* 正員、東急建設(株) (〒252-0244 相模原市中央区田名 3062-1)

技術奨励

(5) 円錐ころ軸受の耐振性解析技術の開発



江崎 雄也*
(1984 年生)

軸受は機構運動の摺動部の摩擦を低減するための機械にとって不可欠な要素部品である。過酷な振動環境下に置かれることも多く、耐振性の評価が設計上重要となる。本技術では、鉄道車両に使用される円錐ころ軸受を対象に、従来ほとんど検討されてなかった、ころと保持器の動的な接触現象に着目した。まず、保持器を弾性体要素とするマルチボディ解析を行い、外輪に振動加速度が加わったときに、保持器がころの角部と接触する位置で最大応力が発生することを明らかにした。次に、外輪に加わる振動加速度の大きさと保持器で発生する応力の関係を明らかにし、疲労強度を評価した。本技術を設計に活かすことで製品の信頼向上が期待できる。

* 正員、三菱電機(株) (〒661-8661 尼崎市塚口本町 8-1-1)

技術奨励

(6) 非圧縮粘性流れ場を対象としたトポロジー最適化手法の開発



久保世志*
(1981年生)

従来、数値計算によるマイクロ流路デバイスの最適設計手法には、形状最適化手法が広く用いられてきた。しかしながら、形状最適化手法は設計領域に新たな空隙を創出できない点で設計自由度が低い。そこで本技術開発では、空隙の創出や消滅を考慮可能な、より設計自由度の高いトポロジー最適化手法を用いたマイクロ流路デバイスの最適設計手法を開発した。さらに開発した手法では、複数の分岐管における流量を規定する制約を考慮することができる。これにより、規定の分岐管流量を満たしエネルギーロスの小さい、高効率な最適流路設計が可能となった。今後は、高効率なマイクロリアクタ、マイクロミキサなどの流路の基本設計への応用が期待できる。

* 正員、(株) IHI (〒235-8501 横浜市磯子区新中原町 1)

技術奨励

(9) プロセス圧縮機ケーシングの漏洩評価技術の開発



丹野洋平*
(1979年生)

Oil & Gasプラントにおいて、各種ガスを圧縮するプロセス遠心圧縮機では、昇圧されたガスを圧縮機ケーシング内に密封し、外部に漏洩させないことが必要となる。この漏洩を評価するためには、ケーシング分割面におけるボルト締結部の変形挙動を高精度に予測することが重要となる。本開発では、非一様的に変形する水平分割型のケーシングに関して、実機を用いた内圧負荷試験や、それを模擬した構造解析により、内圧で変化するボルト軸力やフランジ接触面圧を推定、定式化し、ボルト締結部からの漏洩有無を評価する技術を開発した。さらに、本評価技術を活用して、新規のケーシング構造を採用した高圧圧縮機の開発に成功した。

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

技術奨励

(7) 高圧クーラントによる難削材の高効率加工技術の開発



杉野 敦*
(1982年生)

ガスタービンディスクに使用されるAlloy718、Waspaloyなどの耐熱合金は、高温強度の高さと熱伝導率の低さから切削熱による工具摩耗が激しいため、難削材として知られている。本開発では、クーラント液の注液圧力を変えた切削温度測定実験により、注液圧力上昇による工具刃先冷却効果を定量的に明らかにした。また、注液圧力を高圧(70bar)まで高めることにより、加工能率を2倍に高めた場合でも、工具寿命に至るまでの加工除去量が低圧(1bar)の場合に比較して増加することを明らかにした。これらの成果を活用することにより、耐熱合金製品の加工時間短縮が期待できる。

* 正員、大同特殊鋼(株) (〒457-8545 名古屋市南区大同町 2-30)

技術奨励

(10) インパクトダンパによる2方向同時制振技術の開発



長嶋孝明*
(1983年生)

連続体である構造物に複数の加振力が作用すると、複数の振動モードが同時に励起され、複数方向の振動増大が問題となる場合がある。このような振動問題に対して、各振動方向に制振装置を設置する必要があり、コストの増加が懸念されている。そこで、1個の衝突体を有するインパクトダンパによる複数方向の制振を試みた。インパクトダンパとは、構造物に設けた壁と衝突体とで起こる衝突現象を利用したダンパである。インパクトダンパを有する振動系の運動解析技術を確立し、1個の円柱形衝突体による2方向同時制振が可能であることを確認した。本解析技術により、最適隙間量を設計段階で把握することができ、開発期間の短縮が可能になった。

* 正員、三菱電機(株) (〒661-8661 尼崎市塚口本町 8-1-1)

技術奨励

(8) 機構・油膜連成解析技術の開発と斜板式油圧ピストンポンプ・モータへの適用



鈴木健太*
(1980年生)

建設機械等に広く使用される斜板式油圧ピストンポンプ・モータにおいて、高負荷を受けるスリッパの挙動予測技術の開発は、その性能および信頼性を把握する上で重要な技術課題である。本開発では汎用の機構解析ソフトウェアを用いて要素試験装置の機構解析モデルを作成し、試験条件と同様の回転や油圧によるピストン推力を与えた。運転により生じるスリッパと斜板の間の油膜反力を、レイノルズ方程式を解くことで算出するプログラムを別途作成し、ここから求めた力を機構解析と連成することで、スリッパの挙動を予測する解析手法を構築した。本手法は様々な機器の油膜を考慮した挙動予測に適用可能であり、様々な機器への応用が期待できる。

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

技術奨励

(11) 超臨界圧変圧貫流ボイラ向け新型伝熱管の開発



中拂博之*
(1979年生)

超臨界圧ボイラの火炉壁管は、内部に超臨界圧水が流れており、バーナ火炎からの高い熱負荷を受けている。超臨界圧水は常圧水とは大きく異なる特有の物性値を有しており、それに起因し熱流動現象も非常に複雑である。今回、ボイラ実機と同等の高温・高圧環境を模擬できる大規模試験、および精緻な数値解析の両アプローチから超臨界圧流体の熱流動特性を把握し、その知見を超臨界圧ボイラ向けの伝熱管の開発に適用した。今後、本技術をさらに高度化させ、新たな伝熱促進構造の提案につなげると共に、製品の性能・信頼性向上を通じて、技術で社会に貢献していきたいと考えている。

* 正員、三菱重工業(株) (〒851-0392 長崎市深堀町 5-717-1)

技術奨励

(12) 高速高精度位置決めが可能な光学金型加工用超精密加工機の開発



廣瀬智博*
(1981年生)

光学部品の金型加工は、携帯端末用レンズなどを中心に適用範囲が広がってきているが、生産性向上やコスト低減に課題がある。これまでの超精密加工機の機械構造は、軸対称非球面形状を対象とした超低速域における輪郭制御に重点を置いていた。本開発では、超精密加工機の機械要素、制御装置などの基本的特性の見直しを行ない、高速運動性能と超精密位置決め性能の両立を図ることで超精密加工の生産性向上を達成した。また、高速化により従来機では不可能であったハール加工やプレーナ加工が適用可能となり、高精度部品の加工が低コストで実現できることから、超精密加工機の精密加工分野への適用可能性を示唆した。

* 正員、(株)不二越 (〒930-8511 富山市不二越本町1-1-1)

技術奨励

(15) 地震動を受ける埋設鋼管の長柱座屈評価手法の開発



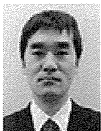
三津谷維基*
(1979年生)

2007年新潟県中越沖地震で初認された埋設鋼管の長柱座屈と呼ばれる被害モードを対象とし、合理的な耐震設計を可能とする評価法を提案した。簡易評価法として座屈開始ひずみを算定する簡便な半理論式を構築し、その有効性を有限要素解析で確認した。より合理的な結果が得られる詳細評価法として、地盤と鋼管との相互作用を考慮した上で、鋼管に生じうる変形量を算定する有限要素解析手法を提案した。本知見は「長柱座屈防止のための耐震設計」(平成25年4月、一般社団法人日本ガス協会)で参照されており、耐震性に優れた都市ガス導管網の形成を通じて、安全、防災およびエネルギーセキュリティに貢献している。

* 正員、東京ガス(株) (〒230-0045 横浜市鶴見区末広町1-7-7)

技術奨励

(13) 沸騰伝熱予測の実現に向けた熱流動解析の高度化技術開発



福多将人*
(1979年生)

この解析技術は、開発設計の熱流動試験による試行錯誤的なプロセスを低減し、解析による設計“Design by Analysis”の実現を目標とするものである。熱流体機器や冷却システムの性能に関わる重要な指標である、沸騰熱伝達率を定量評価するために、熱伝達に影響を与える固体/気体/液体の三相を扱ったマルチフェーズ解析モデルを開発した。このモデルは、数値流体力学の解析技術に拡散界面モデルを適用して、伝熱面と沸騰気泡の界面を評価することを特徴としている。これにより、表面活性等により変化する伝熱面濡れ性が伝熱性能に与える影響を評価することが可能となり、開発設計プロセスの合理化が期待できる。

* 正員、(株)東芝 (〒235-8523 横浜市磯子区新杉田町8)

技術奨励

(16) 車両接近報知音の評価手法の開発



八重樫直樹*
(1983年生)

電気自動車等に使用される車両接近通報装置の報知音の機能には、車両の接近を歩行者等に有効に認知させること、接近している発音体が車両であると想起させ、他のものと誤認をさせないこと等の感覚的・感性的な能力が求められる。本研究では心理音響評価指標であるシャープネス、トナリティ、ラフネス、変動強度と、認知性、自動車認識性、快音性、高級感に関する官能評価の結果から重回帰分析を行い、その関係性を明らかにした。本技術により、多様化が求められる報知音の開発期間の短縮が期待できる。

* 正員、三菱電機(株) (〒661-8661 尼崎市塚口本町8-1-1)

技術奨励

(14) 電動化航空機空調システム用電動コンプレッサの開発



光岡大輔*
(1979年生)

航空機分野では、省エネルギーを目的とした電動化システムの重要性が増しており、エネルギー消費の大きな部分を占める空調システムの電動化が注目されている。電動化空調システムにおいては、機外空気を直接取り込むための電動コンプレッサがキーコンポーネントとなる。本技術開発では、電磁界解析を用いた磁気回路設計を高回転域に拡張し、高い遠心応力や高温に耐えられるCFRP材料を適用して高回転域で駆動できる埋込磁石同期モータ(IPMSM)を実現した。このIPMSMを組み込んだ電動コンプレッサにより、小型航空機で電動化空調システムが成立することを確認し、さらなる燃料消費削減の可能性を示した。

* 正員、(株)島津製作所 (〒604-8511 京都市中京区西ノ京桑原町1)

技術奨励

(17) 直接メタノール型燃料電池の小型化技術の開発



八木亮介*
(1980年生)

安全でエネルギー密度の高いメタノールを燃料として発電することができる直接メタノール型燃料電池(DMFC)は、小型のポータブル電源として期待されている。しかし、高出力を得るために、燃料ポンプや空気ポンプ、冷却器、気液分離器、水回収器などを用いて運転条件を安定させており、補器が多く小型化が困難であった。これに対し、起電部材である多孔質電極や固体高分子膜における物質移動を計算モデルと実験から解析し、起電部材の構成を見直すことで、発電時の多孔体の含水量のバランスによってセル内の水や燃料、空気の移動を制御する新たな手法を開発した。このパッシブ制御技術により補器が削減され、DMFCの小型化が可能になった。

* 正員、(株)東芝 (〒212-8582 川崎市幸区小向東芝町1)

技術奨励

(18) 相変態・焼戻しを考慮した FEM 解析手法の開発



山崎 陽介*
(1981 年生)

熱履歴を受ける鉄鋼機械部品の疲労強度予測では、FEM による熱応力解析で部品の残留応力が評価される。この残留応力評価のための解析手法には、従来から温度変化による熱ひずみ、相変態による変態ひずみや変態塑性を考慮した手法があるが、焼戻し時の体積変化で生じる収縮ひずみや、焼戻し時に微小外力が作用した際の塑性ひずみは未考慮である。そこで、まず、炭素濃度をパラメータとして、焼戻しによる体積収縮と力学特性変化を表現可能な解析手法を開発した。さらに、変態塑性解析モデルを基に焼戻し時の塑性ひずみの構成式を構築し、解析手法を高度化した。本成果を鉄鋼製品の強度評価に活用することで、製品の安全性向上が期待できる。

* 正員、新日鐵住金（株）(〒660-0891 尼崎市扶桑町 1-8)

技術奨励

(19) 電子機器基板配線の熱疲労寿命評価の高度化技術の開発



山崎 優*
(1982 年生)

民生機器や社会インフラ製品に用いられる実装基板では、配線や接合部の熱疲労寿命評価・信頼性設計技術の開発は重要な課題である。本技術開発では、配線材料であるめっき銅薄膜の機械的特性データに基づき、温度による非弾性特性の違いを適切に表現可能な非弾性材料モデルを導出した。さらに、実装基板を繊維構造と母材樹脂に分けるモデル化を行い、繊維構造の異方性と樹脂粘弾性を考慮した銅配線評価技術を開発した。これによりめっき銅薄膜の局所的な非弾性挙動予測が可能となり、従来技術と比べて高度な熱疲労寿命評価が可能になった。本技術は基板スルーホール部の熱疲労寿命評価に展開されており、今後も幅広い製品への活用が期待される。

* 正員、(株)東芝(〒212-8582 川崎市幸区小向東芝町 1)

教育

(1) 関西支部における「親と子の理科工作教室」の特色的な実施による育成事業



日本機械学会関西支部シニア会
「親と子の理科工作教室」
〔代表者〕堀 好夫*¹
(1941 年生)

近年の我が国における子どもの理科離れ、大人の理科への関心の低調さを鑑み、シニアの豊富な知識と経験を活かして小学生に理科の面白さを体験させ、機械工学に対する関心を高めてもらうために、「親と子の理科工作教室」を 2008 年から開始した。内容としては機械の社会での役割やものづくりの楽しさを理解させることを基本とし、二足歩行ロボットなどの子どもに関心のある 26 のテーマを設定した。工作材料は身近にあるものを選択し、シニア自ら創意工夫し準備をしている。教室は年に約 20 回で、約 30 テーマを実施している。学生会の参加も得て、シニアと学生と子どもとその親の 4 世代に渡るコミュニケーションの場となっている。親と子が一つの工作に励むことにより、家庭での親と子の共通話題ができ、円満な家庭育成にも役立つ。また、物を買って使って捨てるという習慣から、作って修理するという発想への転換が期待される。

活動開始以来児童の累計参加者は 2 500 名を超えた。ジュニア会友への入会も働きかけ、平成 26 年 12 月末で累計 134 名の入会を実現した。関西支部シニア会は、日本の将来の科学技術を支える人材である理科好き児童を育成する活動に継続して取り組んでいる。

*¹ 永年会員、堀企業経営技術研究所 (〒563-0033 池田市住吉 1-17-36)

教育

(2) 「つくばチャレンジ」実施によるシステムインテグレーション技術人材の育成



油田 信一*¹
(1948 年生)

受賞者は、「つくばチャレンジ」の名称で、実自律移動ロボットに市街地の実環境を自律走行させる公開実験を提唱・企画し、2007 年から国内の大学・研究機関から企業、ロボット愛好家にまで広く呼びかけて、これを実施してきた。

受賞者によって共通の課題が提起され、つくば市をはじめとする関係組織により具体的にロボットが市街地で走行実験を行う場が提供されたことにより、2014 年度までに、国内各地から延べ 380 のチームが自律移動ロボットを開発しながら「つくばチャレンジ」に参加し、共に実験をし、情報交換を行ってきた。この結果、この 8 年間で、我が国における移動ロボットの自律ナビゲーションに関する基盤的な技術は格段に進歩した。また、これと同時に、参加した延べ 3 000 人へのぼる若手の研究者、エンジニアや学生は、課題として与えられた目的に沿って実環境の中で働くシステムとしてのロボットの開発を経験し、これにより多くのシステムインテグレーション人材が育成された。

*¹ 正員、芝浦工業大学工学部 (〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5)

(1) ベローズ式パッキレスバルブ

株式会社鷺宮製作所*1

1. ベローズ式パッキレスバルブとは

ベローズ式パッキレスバルブ(図1)は、冷媒や空気、油等の流体を手動で開閉するためのバルブで、金属ベローズを介して弁体を上下動させるため、外部リークに起因するパッキン等がない。

また弁体の材質は、フッ素樹脂を採用し、耐薬品性を備えるとともに低弁漏れ性を実現し、長期の使用において弁漏れや外部リークがなく、耐久性に優れた手動開閉バルブである。

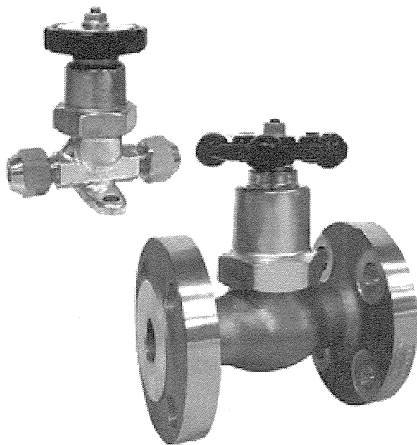


図1 ベローズ式パッキレスバルブ NBV 形

2. 構造と特徴

・ベローズ式

当社は1940年にベローズ研究所として創業を開始し、長年にわたる研究の結果、1944年に世界的に優れた性能を有するベローズ(図2)の開発に成功し、1949年にベローズを用いた製品のひとつとしてパッキレスバルブを商品化した。



図2 ベローズ

流体の外部リークを防止するため、弁体はろう付けで気密接続された伸縮自在なベローズを介して動かす。パッキレスバルブは、ベローズ式の他にダイヤフラム式などがあるが、ベローズ式は伸縮量が大きく、弁のストロークを大きく取れるため圧力損失が少なく、更に受圧面積も小さいため、高い耐圧性を備えている。また、ベローズはたくさんの山で応力を分散するため、耐久性が高い。

この高耐圧と耐久性を兼ね備えたベローズを製作するのは難

しく、素管をいかに均肉で成型するかと、応力集中しない山形状をいかに成型するかが重要であり、絞り加工での伸長技術と、液圧成型技術が必要である。

・低弁漏れ

弁体はフッ素樹脂を採用しており、高い耐薬品性をもっているため様々な流体に対応でき、また柔軟なフッ素樹脂を弁体に用いることで、シーリング性を高めるとともに、弁体と弁座の接触位置が毎回ずれたとしても、シーリング性が損なわれないよう弁体に弁座の圧痕が残らない構造である。

・着霜(結氷)対応

雰囲気温度より流体温度が低い場合など、外周表面に結露が発生する場合がある。更に流体温度が零下となる冷媒流体の場合、霜付や結氷が発生する。これがベローズに付着した状態で、ハンドルを操作してベローズを縮めた場合、ベローズの隙間に付着した霜や氷が固形物としてベローズを破壊し、パンクさせることがある。本パッキレスバルブは、袋ナットやOリングを用い(図3)、ベローズを外気から遮断する構造とし、ベローズへの着霜(結氷)を防いでいる。

・省スペース

ハンドルを回転操作させても、ハンドル自体は上下に動かず、結合されたねじ部が回転運動を上下運動に変換し、ベローズを外気から伸縮させて弁体を作動させるため、設置スペースが少なくて済む。

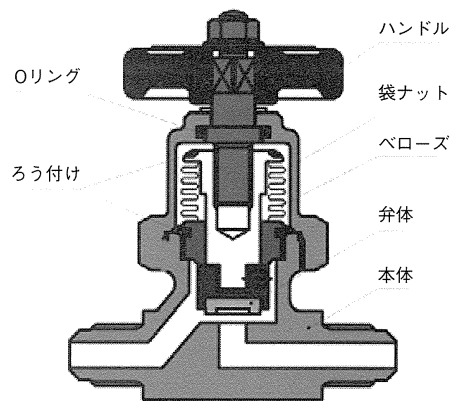


図3 ベローズ式パッキレスバルブ断面図

3. 販売実績

1949年より65年間にわたり累計100万台以上を製造・販売している。

4. まとめ

ベローズ式パッキレスバルブは、冷凍装置や変電所などにおいて、フロンガスや、電力用遮断器の絶縁ガスなどODP(オゾン層破壊係数)やGWP(地球温暖化係数)が高いガスの漏洩を確実に防止することができ、長年にわたり地球環境保全に貢献している。

*1 特別員、〒102-0082 東京都千代田区一番町13-1

1. 開発の動機

ものづくりを担う溶接技術は3K職場の代表でもあり厳しい作業環境(強烈なアーク光、焼けた鉄板からの放射熱、飛散する金属ヒューム)を強いられる。その一方、設計仕様を満足する高い溶接品質が要求され高度な技能が必要であるものの、今日ではベテランの熟練技能者を確保するのが難しく、若者も避けたがる。このような溶接現場を改善すべく、次の構想から本製品の溶接ロボットを開発した。

- ①持ち運びができ汎用性がある小型・軽量の機器
- ②非熟練者でも簡単操作でき高品質を得る自動溶接システム
- ③中小企業にも買える価格

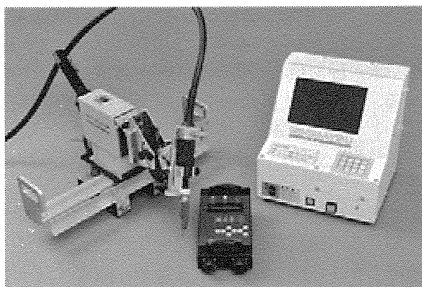


図1 小型可搬簡易型の多層盛溶接ロボット

2. 溶接ロボットの特長

本製品は3軸の直行駆動軸と回転軸を備えたロボット本体、走行用レール、溶接条件設定やプログラム管理するコントローラー及び操作BOXで構成され、次の特長を有する。

- ①ロボット本体は重量6kgと小型・軽量で手持ちできる
- ②タッチセンサーで自動計測した溶接部形状データから溶接条件(溶接入熱、積層数等)を自動演算・生成する
- ③コンコイダル機構により「溶接残し」なく、スタートから無人で溶接を完了する

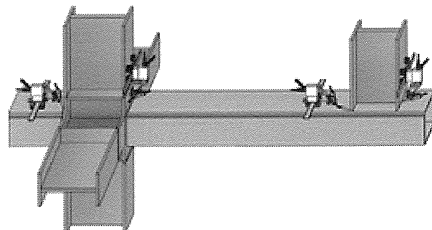


図2 鉄骨構造物への適用事例

特に②項目が工夫した機能である。実際の溶接部の形状は、部材の切断精度や組み立て精度によって同じ設計指示でも、その都度誤差を伴い異なってくる。そのため、溶接するごとに、その溶接部の形状に合った適正な溶接条件を見極める必要がある。従来は、熟練技能者が経験と感で判断する暗黙知の状態だったが、この機能を使うことで、どのような入熱量でどの位置

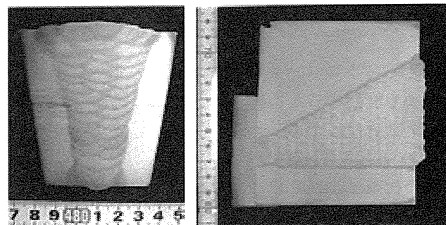


図3 厚板溶接部の断面

に何層盛りすれば、設計指示通りに溶接できるかを自動計算でき、非熟練者でも簡単に溶接できるようになった。

図2のように、目的の場所まで手持ちで運び込むことができ、いろいろな溶接部に使うことができる。仮組立て時にズレ・誤差が多少発生してもレール設置に神経質になる必要はない。

開発当初は溶接施工の基本である下向き姿勢溶接のみであったが、徐々に難易度の高い、横向き姿勢溶接、立向き姿勢溶接、上向き姿勢溶接の自動機能を追加していき、図3のような厚板の溶接に対して溶接欠陥のない高品質な溶接を実現している。

3. 適用実績

本製品は大型の厚板構造物である鉄骨、橋梁、造船を中心に適用されており、これまでに1000台を超える販売実績がある。可搬性に優れ、ワンタッチで自動溶接できることから、図4のように複数台/人の使い方での作業効率向上が図られている。据付型の中・大規模溶接ロボットシステムとは異なり、設置場所も不要になるなど可搬性を発揮して汎用的に使われている。

また、第二東名神高速道路工事、羽田空港滑走路拡張工事、スカイツリー支柱現地溶接など高い溶接品質が要求される国内の大型工事にも適用実績があり、本製品の高品質性、実用性、信頼性が認知されている。

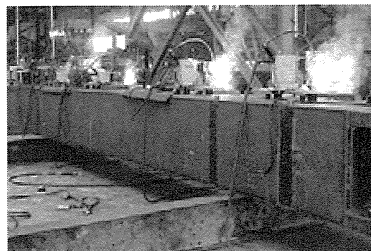


図4 複数台/人の適用事例

4. まとめ

機械工学の基礎を工夫したシンプルな製品であるが、今後も市場ニーズに的確に応えられる様日々機能向上を図りながら、現場のものづくりを微力ながら支えて行きたい。

謝辞

本製品の開発段階からご指導を仰ぎ、今日の業績に至る基礎を築いて頂いた長崎大学大学院工学研究科長、石松隆和教授に深く感謝いたします。

*1 特別員、〒851-0392 長崎市深堀町5-717-1