

2013年度(平成25年度)日本機械学会賞受賞者

日本機械学会賞(技術功績 4件)

1	情報機器の機械技術と学術の発展への貢献	小野 京右 (元)東京工業大学
2	産学連携による自動車用無段変速機の動力伝達部の効率向上技術の商品化	加藤 芳章 (ジヤトコ(株))
3	自動車の空力特性および横風安定性に関する技術の開発	炭谷 圭二 (トヨタ自動車(株)) ⁴⁾
4	作業ロボットのための多岐にわたる知能化技法の先駆的研究と日常生活支援ロボットへの展開	長谷川 勉 (熊本高等専門学校)

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	脳動脈瘤治療用多孔薄膜カバードステントの開発(薄膜留置による瘤塞栓性能の評価と微細孔形状の最適化) 日本機械学会論文集, 79巻, 801号, B編 (2013年5月)	田地川 健 中川 雄太 紅林 芳喜 西 正吾 中山 泰秀	〔関西大学〕 〔関西大学〕 ⁴²⁾ 〔関西大学〕 ⁴³⁾ 〔札幌医科大学病院〕 〔国立循環器病研究センター研究所〕
	2	空圧駆動超冗長アクチュエータによるマニピュレーション 日本機械学会論文集, 77巻, 784号, C編 (2011年12月)	伊達 央 瀧田 好宏	〔防衛大学校〕 〔防衛大学校〕
	3	Numerical Study on the Morphology and Mechanical Role of Healthy and Osteoporotic Vertebral Trabecular Bone Journal of Biomechanical Science and Engineering, 6巻, 4号 (2011年9月)	吉原 悠仁 Miguel CLANCHE Khairul Saleh BASARUDDIN 高野 直樹 中野 貴由	〔慶應義塾大学〕 ⁴⁴⁾ 〔Ecole Central de Nantes, France〕 ⁴⁵⁾ 〔慶應義塾大学〕 ⁴⁶⁾ 〔慶應義塾大学〕 〔大阪大学〕
1部	4	極限マルチフィジクス環境における液体ロケットエンジンの破損メカニズムの解明(燃焼室スロートの残留変形) 日本機械学会論文集, 78巻, 795号, A編 (2012年11月)	西元 英希 山西 伸宏 吉村 忍 笠原 直人 秋葉 博	〔(独)宇宙航空研究開発機構〕 〔(独)宇宙航空研究開発機構〕 ⁴⁷⁾ 〔東京大学〕 〔東京大学〕 〔(株)万代コンソシアリング〕
	5	樹脂モールド構造内部における界面接着強度の予測への原子レベルモデリングの適用 日本機械学会論文集, 76巻, 770号, A編 (2010年10月)	山崎 美穂 岩崎 富生 泉 聡志 酒井 信介	〔(株)日立製作所〕 〔(株)日立製作所〕 〔東京大学〕 〔東京大学〕
2部	6	Re-examination of the emissivity of diesel flames International Journal of Engine Research, 12巻, 6号 (2011年12月)	神本 武征 村山 善保	〔(元)東京工業大学〕 〔新潟原動機株式会社〕
	7	ふく射機能的表面の放射シミュレーション 日本機械学会論文集, 77巻, 782号, B編 (2011年10月)	平島 大輔 花村 克悟	〔東京工業大学〕 ⁴⁸⁾ 〔東京工業大学〕
	8	福島第一原子力発電所2号機事故の熱流動現象推定(熱力学モデルによる事故シナリオの検証) 日本機械学会論文集, 78巻, 796号, B編 (2012年12月)	円山 重直	〔東北大学〕
3部	9	マイクロ流体デバイス内で起こる反応の収率予測法と並列接続デバイスによる増産の実証 日本機械学会論文集, 79巻, 799号, B編 (2013年3月)	富樫 盛典 浅野由花子 遠藤 喜重	〔(株)日立製作所〕 〔(株)日立製作所〕 〔(株)日立製作所〕
4部	10	振動ベースド画像特徴量を用いた高速ターゲットトラッキング 日本機械学会論文集, 78巻, 788号, C編 (2012年4月)	小原 生也 高木 健 石井 抱	〔京研ドネイトソリューションズ(株)〕 〔広島大学〕 〔広島大学〕
	11	災害監視を目的とした屋外型飛行船ロボットの経路追従制御 日本機械学会論文集, 79巻, 798号, C編 (2013年2月)	佐伯 一夢 深尾 隆則 浦久保孝光 河野 敬	〔消防庁消防大学校〕 〔神戸大学〕 〔神戸大学〕 〔(独)宇宙航空研究開発機構〕
	12	空気流体振動現象を対象としたリアルタイムハイブリッド式実験法とその応用 日本機械学会論文集, 77巻, 779号, C編 (2011年7月)	西 将志 神田 亮 渡辺 亨 渡辺 昌宏 田中 秀和	〔那須電機鉄工(株)〕 〔日本大学〕 〔日本大学〕 〔青山学院大学〕 〔日本大学〕 ⁴⁹⁾
	13	変位と速度に応じて減衰特性の変化するパッシブ式MRダンパの開発 日本機械学会論文集, 77巻, 774号, C編 (2011年2月)	村上 貴裕 酒井 理哉 中野 政身	〔(一財)電力中央研究所〕 〔(一財)電力中央研究所〕 〔東北大学〕
5部	14	幾何偏差の測定及び補正による5軸制御マシニングセンタの工具経路精度の向上 日本機械学会論文集, 78巻, 794号, C編 (2012年10月)	登根慎太郎 加藤 教之 堤 正臣	〔新日鐵住金(株)〕 〔東京農工大学〕 〔東京農工大学〕
	15	Simulation of Rolling Contact Fatigue Strength for Traction Drive Elements Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, 7巻, 3号 (2013年5月)	成田 幸仁 山中 将 風間 俊治 長船 康裕 増山 知也	〔室蘭工業大学〕 〔高エネルギー加速器研究機構〕 〔室蘭工業大学〕 〔室蘭工業大学〕 〔福岡工業高等専門学校〕
	16	円筒歯車のかみ合い効率予測とその向上 日本機械学会論文集, 78巻, 788号, C編 (2012年4月)	森川 邦彦 西原 隆太 松本 将	〔日産自動車(株)〕 〔日産自動車(株)〕 〔早稲田大学〕

1	運動性能と環境性能を両立する新型自動変速機「SKYACTIV-Drive」の開発	土井 淳一 鎌田 真也 丸末 敏久 坂 時存 三谷 明弘	〔マツダ(株)〕 〔マツダ(株)〕 〔マツダ(株)〕 〔マツダ(株)〕 〔マツダ(株)〕
2	豚もも部位自動除骨ロボットの開発	豊嶋 勝美 海野 達哉 松本 浩輔 後藤 修 木村 憲一郎	〔(株)前川製作所〕 〔(株)前川製作所〕 〔(株)前川製作所〕 〔(株)前川製作所〕 〔(株)前川製作所〕
3	デュアルコイル電磁石による表面処理鋼板の非接触通板制御装置	西名 慶晃 石田 匡平 石塚 雄亮 永井 肇 小澤 悠一	〔JFEスチール(株)〕 〔JFEスチール(株)〕 〔JFEスチール(株)〕 〔JFEスチール(株)〕 〔JFEスチール(株)〕
4	高効率空気吹き IGCC(石炭ガス化複合発電)の開発	橋本 貴雄 品田 治 金子 祥三 石橋 喜孝 浅野 哲司	〔三菱日立パワーシステムズ(株)〕 〔三菱日立パワーシステムズ(株)〕 〔東京大学〕 〔常陸共同火力(株)〕 〔常陸共同火力(株)〕
5	繊維強化プラスチック歯車形工具による微小モジュール小形歯車の高精度・高効率・低環境負荷仕上げ加工技	藤澤 孔裕 小森 雅晴 大塚 衛 川上 修 美尾 竜太郎	〔オリエンタルモーター(株)〕 〔京都大学〕 〔オリエンタルモーター(株)〕 〔オリエンタルモーター(株)〕 〔オリエンタルモーター(株)〕
6	尿素レス小中型ディーゼル車用のメンテナンスフリーNOx、PM 同時低減後処理システムの開発	細谷 満 木村 昌裕 平林 浩 小泉 亘 吉田 雄一	〔日野自動車(株)〕 〔日野自動車(株)〕 〔日野自動車(株)〕 〔日野自動車(株)〕 〔日野自動車(株)〕
7	5軸制御工作機械の幾何誤差補正とその精度維持を行う知能化システムの開発	松下 哲也 沖 忠洋 近藤 康功 奥田 和博 千田 治光	〔オークマ(株)〕 〔オークマ(株)〕 〔オークマ(株)〕 〔オークマ(株)〕 〔オークマ(株)〕

日本機械学会奨励賞（研究 20件）

分野 0：先端環境領域 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 （配列は分野別受賞者の五十音順）

0部	1	細胞レベルから構築する血流マルチスケールシミュレータの開発研究	大森 俊宏 [東北大学]
	2	移動性細胞におけるアクチン細胞骨格構造ダイナミクスの力学的制御機構の研究	オケヨ ケネディ・オモンディ [東京大学]
	3	人間感覚に依存する品質の定量化と製品設計への応用に関する研究	茅原 崇徳 [首都大学東京]
	4	力学負荷に対する細胞組織機能的適応における組織・細胞機能制御機序の解明についての研究	前田英次郎 [北海道大学]
1部	5	表面改質によるステンレス鋼の水素脆化抑制の研究	高桑 梢 [東北大学]
	6	高性能極低温デバイス設計のための高分子系ナノ複合材料システムの強度・機能解明の研究	竹田 智 [東北大学] *10
	7	メッシュフリー法を用いた固体/構造解析とその応用に関する研究	田中 智行 [広島大学]
	8	傾斜機能発泡材料の成形法と力学的特性評価の研究	樋口 理宏 [金沢大学]
2部	9	マイクロ燃焼場における壁面の化学的効果の解明とモデリングの研究	齋木 悠 [名古屋工業大学]
	10	木質バイオマスのガス化における燃焼現象およびガス改質過程の研究	中塚 記章 [大阪大学]
	11	マクロ～ミクロの熱流体現象メカニズム解明(管内流れの乱流遷移からイオン・電子流れ解析に基づくSOFC電極反応機構解明まで)の研究	西 美奈 [(独)産業技術総合研究所] *11
	12	CO ₂ 回収型石炭燃焼における特異的な反応メカニズムの研究	渡部 弘達 [東京工業大学]
3部	13	エバネッセント波を用いたナノスケール流動計測法によるマイクロ空間流れに関する研究	嘉副 裕 [東京大学]
	14	分子論的統計性に基づくマイクロ・ナノ流動現象の研究	花崎 逸雄 [大阪大学]
	15	感圧・感温塗料計測の高精度化に関する研究	松田 佑 [名古屋大学]
4部	16	人間支援ロボットのための力覚信号処理技術の研究	辻 俊明 [埼玉大学]
	17	時空間画像解析に基づく広範囲かつ高精度な三次元計測の研究	寺林 賢司 [静岡大学]
	18	高速ロボットシステムによる柔軟物体の高速マニピュレーションの研究	山川 雄司 [東京大学]
	19	圧電素子を用いた柔軟構造物の振動制御の研究	山田 啓介 [関西大学]
5部	20	アコースティックエミッション技術を利用したトライボロジー現象の診断・評価に関する研究	長谷 亜蘭 [埼玉工業大学]

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	ガスタービン翼における冷却性能向上技術の開発	安形 友希子 [(株)東北電力]
2	高圧燃料ポンプの摺動部における接触荷重計測法の開発	有富 俊亮 [(株)日立製作所]
3	快適性や洗浄性に関する生理学評価を活用したヘッドケアロボットの開発	安藤 健 [(株)パナソニック]
4	気液二相流の試験・計測技術の開発	石川 温士 [(株)IH]
5	あべのハルカス導入の調光・調色LED照明の開発	石飛 憲一 [シャープ(株)]
6	状態推定による予測手法を用いたロボットの移動体把持技術の開発	江本 周平 [(株)IH]
7	画像形成機器の振動・駆動問題における簡便かつ効率的な遠成解析手法の開発	及川 研 [(株)リコー]
8	ガソリンHCCIエンジン制御システムの開発	緒方 健一郎 [(株)日立製作所]
9	建設機械の構造設計技術の開発	北 泰樹 [(株)日立製作所]
10	振動周期標準偏差を用いたBWR出力振動検知アルゴリズムの開発	塚 紀夫 [(株)東芝]
11	鉛フリー銅合金摺動部材の開発	佐藤 知広 [(株)栗本鐵工所]
12	主蒸気系における流体力学共鳴現象解析手法および共鳴対策構造の開発	田村 明紀 [(株)日立製作所]
13	超音波振動による摩擦係数低下現象を活用した積層媒体取出し技術の開発	戸谷 公紀 [(株)東芝]
14	低融点灰を有する固体燃料の灰付着性事前予測技術の開発	朴 海洋 [(株)神戸製鋼所]
15	微視的損傷進展を考慮した高クロム鋼溶接部TypeVクリーブ損傷評価法の開発	深堀 拓也 [三菱重工業(株)]
16	電子機器はんだ接合部の熱疲労寿命解析の高度化技術の開発	門田 朋子 [(株)東芝]
17	適応フィードフォワード制御による磁気ディスク装置の高機能化技術の開発	藤井 将太 [(株)HGSTジャパン]
18	光ピックアップにおける光学部品の回転ずれ低減構造の開発	山崎 達也 [(株)日立製作所]
19	鉄道車両の車内騒音予測技術の開発	吉澤 尚志 [(株)日立製作所]

日本機械学会教育賞（3件）

（配列は代表者の五十音順）

1	学会を通じたロボット教育活動による社会貢献	琴坂 信哉〔埼玉大学〕 佐藤 知正〔東京大学〕
2	展示や講座を通じた学校教育支援および一般市民への科学技術の普及活動の継続実施	グループ名 東芝科学館 [＊] 代表者 中山 純史〔東芝科学館〕 [＊]
3	高校生から大学院生までを対象とした「衛星設計コンテスト」実施と次世代宇宙工学技術者等の育成事業	グループ名 衛星設計コンテスト実行委員会 代表者 林 友直〔(元)東京大学〕

*1 (現) コンボン研究所, *2 (現) 朝日インテック(株), *3 (現) パナソニック(株), *4 (現) 日産自動車(株), *5 (現) Hutchinson, France, *6 (現) Universiti Malaysia Perlis, Malaysia, *7 (現) (株)GD-adapco, *8 (現) (株)データフォーシーズ, *9 (現) 清水建設(株), *10 (現) (独) 宇宙航空研究開発機構, *11 (現) 慶応義塾大学, *12 (現) 東芝未来科学館, *13 (現) (株)東芝 東芝未来科学館

2013年度（平成25年度）日本機械学会優秀製品賞 受賞社（3件）

（配列は会社名の五十音順）

	製品名	受賞社名
1	高耐圧高効率マイクロチャンネル熱交換器	(株) WELCON
2	パワーアシストグローブ	ダイヤ工業(株)
3	複列アンギュラローラーリング RW形	THK(株)

技術功績

(1) 情報機器の機械技術と学術の発展への貢献



小野京右* (1941年生)

米国 IBM 社主導の計算機技術を追従する時代の日本電信電話公社武蔵野電気通信研究所 (1969-1981) において、磁気テープ、磁気ドラム、磁気ディスク等の各種磁気記録装置の開発に従事し、磁気テープのガイド面の横運動伝達基礎式、浮動ヘッドスライダの周波数領域における追従特性解析、球面ヘッド磁気テープの二次元浮上特性解析など、世界をリードする機械要素設計理論を提案し、1980年代の Japan Fear といわれる日本優位の時代到来に寄与した。東京工業大学教員時代 (1982-2004) においては、フロッピーディスクのヘッド・媒体接触特性解析、レーザーキャナ用高速空気軸受スピンドルの開発、紙送り機構における紙の運動解析、磁気ディスクのヘッド・ディスクインタフェース現象解明、磁気ディスクスピンドルの転がり軸受と空気励振による振動解析と抑制法、位置決め機構の同相化設計・制御法などの新しい解析法・評価法・解決技術を提案した。また博士課程教育、社会人教育、研究員などを通じて情報・精密機器分野の14人の工学博士を輩出し、情報記憶研究共同体 (SRC) などの産学連携組織を通じて、情報機器産業、特に磁気ディスク産業の発展に寄与した。また、東工大退官後日立製作所の磁気ディスク装置開発の技術顧問 (2005-2010) を務め、ヘッド・ディスク接触特性の解明等を行った。これと同時に、1991年に情報・知能・精密機器部門を設立し、機械学会100周年記念行事として第1回「情報・精密機器のマイクロメカトロニクス」(MIPE'97) 国際会議を開催し、1998年には「柔軟媒体搬送技術の学理研究」に関する産学協同研究会 (1996-2001) を設立した。また専門書「情報機器のダイナミクスと制御」、啓蒙書「記憶と記録」(機械工学全書) を代表執筆・編集して「情報機械学」を提唱するなど、情報機器分野の産業界と学術界の連携活動を先導し、日本の情報機器分野の機械技術と学術の発展に貢献した。さらにアメリカ機械学会 (ASME) の情報機器部門 (ISPS) 設立時期の実行委員 (1996-2001)、部門論文集 (Advances in Information and Storage Systems) の共同編集者 (1991-1987)、ゲスト編集者 (1998-1998) なども務め、世界の情報機器分野の機械技術と学術の発展に寄与した。

* 名誉員、東京工業大学名誉教授 (〒167-0022 東京都杉並区下井草 4-10-1)

率を両立させることは困難であった。東京工業大学中原教授 (現名誉教授) は、境界潤滑膜の存在下における摩擦係数に及ぼす表面粗さの影響は、粗さ突起密度で一義的に決まることを発見した。そこで粗さ突起密度の高いプリー表面性状を形成するためには、鏡面プリーに有効な溝パターンを付与することで表現できると考え、生産技術部の協力を得て試行錯誤を繰り返して有効な溝パターンを見出した。この表面性状の実機プリーを試作し、実機ユニットを使って摩擦係数20%増加を検証した。プロジェクト終了後、粗さ突起密度と等価な品質管理可能な粗さ指標として、JIS規格粗さである Ra, Rpk, Rvk の3つを基準値以内にする事で管理できることを見出した。その後生産部門でこの指標に対してさらなる改良を行い、2012年から商品化された新 CVT に採用された。

* 正員、ジャトコ (株) (〒243-0126 厚木市岡津古久 560-2)

技術功績

(3) 自動車の空力特性および横風安定性に関する技術の開発



炭谷圭二* (1958年生)

自動車の空力特性は、燃費や横風安定性、風切音などに大きく関係している。

燃費に関しては、各国モード走行における空気抵抗の消費エネルギー割合は、一般の乗用車で2~3割と大きく、空気抵抗を10%低減すると燃費を2~3%向上させ、CO2を低減することができる。自動車の空気抵抗は圧力抵抗が大部分を占めており、車体各部で生じる流れの剥離を如何に抑制し、後流を整えるかが重要であるが、デザインとの背反も少なくない。1980年代当時、空力スタイルはノーズを下げてトランクを高くするウェッジ形状が必須と言われていたが、一般車両ではデザインとの両立が困難であった。そこで、車体各部形状による流れ現象への影響を詳細に調べ、適正な形状曲率比等を明らかにし、更に床下整流を積極的に行うことで、低いトランク高でありながら低Cd (空気抵抗係数) を実現する技術を開発した。この技術を初代セルシオに織り込み、世界一の低Cd車として世に送り出した。これらの技術は現在多くの車両に活かされており、近年では大学と共同で境界層内部まで踏み込んだ非定常流れ解析を行い、抜本的に流れを改善する低Cd化技術の開発に繋がっている。

横風安定性に関しては、当時低Cd化との両立が困難とされ、また、1Box車等は特に横風安定性向上が求められた。そこで、横風受風時の過渡的流れ現象を詳細に解析し、横風受風時に風下側の流れを積極的に剥離させることで大幅に横風安定性を改善できることを示した。その制御には、横風受風時に発生する圧力差を利用して一部吹き出しを行い、風下側全体の流れを剥離させる技術を開発した。この技術は複数の1Box車に採用され、横風安定性向上に大きく寄与した。これらの検討で得られた知見は、現在多くの車両に活かされている。

風切音に関しては、当時エンジン騒音等の低減が目覚ましく、相対的に風切音が顕在化してきた。加えて、風切音の変動感も課題となっていた。当時は横風を受けると風切音の変動感が生じると言われていたが、車外の流れ現象と車内音との同期解析により、横風ではなく前後の風速変動の寄与の方がはるかに大きいことが明らかとなった。この研究により、改善のための外形形状に関する技術を開発し、快適性向上に寄与してきた。近年ではこれらの技術を基に、音源となる非定常流れ場と瞬時の音場解析を同時に行い、新技術を開発中である。

これらの内容は、学会シンポジウムや講習会、文献等で報告されており、今後の一助となれば幸いである。

* 正員、トヨタ自動車 (株)、(現) コンボン研究所 (〒451-0051 名古屋市区別武新町 4-1-35 産業技術記念館内)

技術功績

(2) 産学連携による自動車用無段変速機の動力伝達部の効率向上技術の商品化



加藤芳章* (1950年生)

自動車用無段変速機 (以下 CVT と略) は、入出力プリー間に巻き付けられた金属ベルトの入出力半径比を連続的に変えることで任意の変速比を選択できるので、エンジン運転効率の高い領域で走行でき、従来の多段自動変速機 (以下 AT と略) より燃費を10%程度向上することができるため急速に普及している。しかしながら変速機の単体効率と比較すると CVT の伝達効率は、AT の伝達効率より劣るのが現状である。これは金属ベルトの入出力半径比を変えるために、AT を駆動する油圧の4倍以上の油圧が必要であり、この油圧はエンジンで駆動されるポンプで発生すること、金属ベルト内部フリクションロスが大きいためである。そこで CVT が金属ベルトとプリー間の境界潤滑環境下の摩擦力で動力伝達していることに着目し、動力伝達部の摩擦係数を20%増加できれば、作動油圧を20%低減できるため、エンジンで駆動されるポンプの負荷低減と、金属ベルト内部フリクションロスを低減できる。この技術確立により燃費は2%向上し、CO2を年間20万トン削減できることになる。本コンセプトは、H14~H18年度経済産業省・NEDO 委託事業である地球温暖化防止新技術プログラム一環プロジェクト「低摩擦損失高効率駆動機器のための材料表面制御技術の開発」(プロジェクトリーダー: 岩淵明 岩手大学教授) のサブテーマ「ベルト CVT の効率向上」として採択された。従来の常識では境界潤滑条件下で、高摩擦係数と低摩耗

(4) 作業ロボットのための多岐にわたる知能化技法の先駆的研究と日常生活支援ロボットへの展開



長谷川 勉*
(1950 年生)

日常生活環境や、事故あるいは工事現場などの非整備環境で、人間に代わって種々の作業を実行する知能ロボットの実現は人間の夢であり、多くの研究がなされてきた。実際、人間の手作業能力は、器用性と適応性の高さで他の動物の追随を許さない。これを工学的に実現するため、手作業における器用性と適応性は、大局的な戦略と繊細な感覚によって発現するとの考えに立ち、非整備環境で種々の作業を実施する知能ロボットの中核技術を開発した。すなわち、コンピュータの内部に表現された環境モデルにより、ロボットがその作業環境構造を理解し、これに基づいて大局的に行動を計画したうえで、実行段階では種々の誤差を感覚フィードバックにより局所的に克服して目標を達成するというモデルベースドロボティクス技術について、モデルの生成から作業の実行までの要素技術を統一的かつ体系的に開発した。教示に基づいて作業環境の幾何モデルを生成する手法は、3次元物体形状のコンピュータ処理の研究がようやく立ち上がった1970年代後半に、ロボット分野において実世界のモデルを構築する技術を開発したもので、世界的にも最も早い時期の成果である。次いで、構築された環境モデルに基づいて、多関節ロボットの障害物回避動作を計画する手法の研究をすすめ、当時未達成であった6自由度マニピュレータの狭隘環境下での動作計画に成功している。さらに、現実的な複雑さを有する環境のモデリングに関して幅広く研究をすすめた。また、安定把持、持ち替え、さらには物体間の組立など多様なレベルの動作計画手法を開発した。これらを個別的で抽象的な理論に留めることなく、システム統合して実世界の問題への接近を図った。人間の知能が、多様なレベルでの様々な知的活動の相互作用の結果の総体であるように、ロボットの知能も種々の技法を統合させて初めて実現できる。極限作業環境で機器の修理作業を実施する知的遠隔作業システムは、システム統合によるロボット知能の構成に関する成果である。さらに最新IT技術との融合を図り、複雑な日常生活環境の情報があるがままにモデル化する技術である環境情報構造化へと発展させ、日常生活環境へのロボット導入の道を開いた。これは環境内に分散配置した超小型のセンサ群やRFIDタグなどを用いて、人の動きや物体の配置を実時間で計測し、そのモデルを計算機内部に構築するものである。

* フェロー、熊本高等専門学校 (〒866-8501 八代市平山新町 2627)

制され、血流停滞で生じる血栓により瘤を塞栓させることで治療効果が発揮される。ステントのような人工物を血管内に留置すると、生体反応によりその表面に血栓が付着したり新生内膜が過剰に形成されたりするため血管内腔の肥厚や狭窄が生じやすいが、本ステントでは内皮細胞が微細孔を通過して直接ステント内腔面に移動できることから、新生内膜の形成が早期に完了されてこれらが予防出来るものと期待される。これまでの研究で、より高い開口率のカバー薄膜を使うと、より早期の内膜化が可能と予測された一方で、開口の増加による塞栓性能の低下が懸念されていた。

そこで本論文では確実な瘤の塞栓と早期内膜化完了の両立のために、カバードステントの塞栓性能の定量評価と最適化設計を目的として、流れの力学的相似則に基づき簡略化した変状動脈瘤と親血管および多孔薄膜モデルを作製し、実験条件を設定してそれらに基づいた生体外模擬実験を行った。

瘤内流れの可視化の結果、薄膜留置効果の違いによって、親血管の壁面せん断応力によって誘起される旋回流、親血管の圧力損失によって誘起される先の旋回流とは逆回転する半旋回流、これら2つの遷移流れの3つの瘤内フローパターンの生じることが観察された。PIV計測から血流停滞による血栓形成指標であるせん断速度を評価したところ、開口率60%、微細孔径300 μm以下の多孔薄膜モデルを留置することで、留置前に比べて1/10以下に抑制することができ、同じ開口率の多孔薄膜でも孔径が小さいほど流れの抑制効果が高いことが分かった。これらの結果から親血管壁に作用する粘性せん断応力が薄膜微細孔を介して瘤内の血液を駆動していると考えられたことから、その駆動力を見積もったところ、角運動量保存則に基づく粘性せん断応力による駆動トルクと瘤内旋回流の慣性モーメントの比は瘤内フローパターンや血栓形成指標のせん断速度と高い相関を示しており、動脈瘤の形態パラメータや多孔薄膜の開口率や孔径が塞栓効果におよぼす影響を予測するために重要なパラメータであることが明らかにされた。

* 掲載：日本機械学会論文集，79-801，B編（2013-5），992ページ。
 *1 正員，関西大学 システム理工学部 (〒564-8680 吹田市山手町 3-3-35)
 *2 正員，関西大学大学院 理工学研究科 (現) 朝日インテック (株) (〒489-0071 瀬戸市晴町 3-100)
 *3 正員，関西大学大学院 理工学研究科 (現) パナソニック (株) (〒525-8520 草津市野路 2-3-1-2)
 *4 札幌東徳洲会病院 (〒065-0033 札幌市東区北 33 条 14 丁目 3-1)
 *5 国立循環器病研究センター 研究所 (〒565-8565 吹田市藤白台 5-7-1)

論文

(2) 空圧駆動超冗長アクチュエータによるマニピュレーション



伊達 央*1
(1976 年生)



滝田好宏*1
(1954 年生)

蛇は独特の移動方法により狭隘空間や不整地において優れた移動能力を持つ動物である。蛇の多くの種に共通して見られる典型的な移動方法は体幹を左右に屈曲させながら進む推進方法であり、蛇行推進と呼ばれている。この能力を機械に獲得させることを目指して蛇型ロボットの研究が盛んに行われてきた。

これまでに開発されている蛇型ロボットの多くは、多数の剛体リンクが回転関節によって結合された多リンク系として実現されているが、そのまま多リンクマニピュレータと捉えてモデル化すると自由度とともに複雑さが増し、自然界の蛇のように100を超える多数の関節を持つ運動の扱いが困難となる。また、既存の蛇型ロボットの多くが用いている電気モータでは、小型化と軽量化の限界から蛇と同様の滑らかな運動の獲得には至っていない。

著者らはこれまでに蛇行推進を多リンク系と捉えるのではなく、無限個の関節に相当する連続体によってモデル化し、最適な屈曲力を導く理論を提案している。その中で、体幹の曲率の微分に比例した屈曲力を発生させれば最も効率よく推進できることを明らかにした。これは各関節において一つ前の関節角と角度差に比例したトルクを発生させれば可能になるものであり、電子制御によらずとも実現できる単純な屈曲力発生原理である。そこで圧縮空気によって曲率微分に比例した屈曲力を発生する推進機構を開発した。歯車、回転弁およびピストンのみで構成されるため、電気モータと減速機の組み合わせを使用した場合に比べ設計の自由度が高く、16mmという短い関節間隔を実現している。本論文では、この推進機構を応用し、狭隘空間を探索するマニピュレータとして活用する方法を提案する。

提案機構は、ワイヤを通じてオペレータが先端部分を屈曲させ、それ以降

論文

(1) 脳動脈瘤治療用多孔薄膜カバードステントの開発 (薄膜留置による瘤塞栓性能の評価と微細孔形状の最適化)



田地川 勉*1
(1974 年生)



中川雄太*2
(1986 年生)



紅林芳嘉*3
(1988 年生)



西 正吾*4
(1957 年生)



中山泰秀*5
(1962 年生)

未破裂脳動脈瘤を治療するためにカバードステントが研究されている。本研究では金属製ステント基材を直径数百 μm の円孔を多数穿孔したポリウレタン薄膜で覆ったカバードステントを開発している。これを動脈瘤直下の親血管に留置すると薄膜が存在することにより血管から瘤に流入する血流が抑

の関節は空圧駆動の機構により屈曲させるものである。先端のみが屈曲可能な従来のファイバースコープでは複雑に入り組んだ空間では先に進めない場合があるが、提案した機構では先端部分を屈曲させると、それ以降の関節が運動して動作し蛇行推進の原理で壁面を押し進め推進力を発生させるため、壁面が複雑に屈曲しているほど進みやすい特性を持つ。試作機を用いた実験により、提案機構の有効性を実証した。

* 掲載：日本機械学会論文集，77-784，C編（2011-12），4425 ページ。
*¹正員，防衛大学校 電気情報学群（〒239-8686 横須賀市走水 1-10-20）

論文

(3) Numerical Study on the Morphology and Mechanical Role of Healthy and Osteoporotic Vertebral Trabecular Bone



吉原 悠仁*¹
(1987 年生)



Miguel Clanche*²
(1988 年生)



Khairul Salleh Basaruddin*³
(1980 年生)



高野 直樹*⁴
(1964 年生)



中野 貴由*⁵
(1967 年生)

骨は表面の緻密な皮質骨と内部のスポンジ状の海綿骨からなる。海綿骨領域では、太さ 150 μm 程度の細い棒状骨梁と、ところどころに存在する板状骨梁から形成される複雑な 3 次元ネットワーク構造が見られる。ヒト腰椎骨では、主として自重を支えるために、鉛直方向の一次骨梁と、水平方向の二次骨梁のネットワーク構造をとっている。これらの微視構造は狭い領域で個々に解析されてきたが、ネットワークを把握するためにはヒト椎体の広い海綿骨領域の解析が不可欠である。そこで本研究では、マイクロ CT を用いて約 30 μm の分解能でとらえたヒト腰椎骨の骨梁構造の画像から 3 次元モデルを再構築し、均質化理論に基づくマルチスケール有限要素解析により、骨梁ネットワーク構造の形態解析を行った。対象として、献体の健康骨と骨粗鬆症骨をそれぞれ 1 体ずつ解析した。

まず、微視構造を反映した海綿骨領域のマクロな力学的物性値を算出した。この際、骨梁構造だけでなく、骨の素材である生体アパタイト（リン酸カルシウム）結晶の異方性を反映した骨組織の物性値を用いた。マクロ特性の異方性から微視的なネットワークの形態を考察したほか、骨粗鬆症骨と健康骨の比較を行い、骨粗鬆症になると鉛直方向のヤング率が激減するだけでなく、マクロな異方性度合いが増すことを見出した。また、予測値は他の実験結果とよく一致することを示し、数値解析の妥当性も確認した。

次に、骨梁の荷重分担機能を探るため、マルチスケール理論における平均化の概念と数値モデルを応用することにより、一次骨梁と二次骨梁を分類する方法を提案した。きわめて複雑な 3 次元骨梁ネットワーク構造は、わずか 6% 程度までに骨体積密度が減少した骨粗鬆症骨でも可視化して形態を観察することは不可能である。一方、提案手法により一次骨梁だけを抽出すれば、主として鉛直方向につながった骨梁ネットワーク構造を明瞭に視認することが可能になった。さらに、骨梁の荷重支持機能あるいは荷重伝達機能を定量的に示す方法も提案し、健康骨と骨粗鬆症骨の特徴を定量的に議論した。また、板状骨梁がネットワーク構造中で荷重伝達あるいは荷重分散の点でハブの役割を果たしていることを示し、骨粗鬆症骨では減少する板状骨梁の力学的役割を論じた。提案した計算手法により得られる結果は、骨の生成メカニズムの解明の進展などに寄与するものと期待される。

* 掲載：Journal of Biomechanical Science and Engineering, 6-4 (2011-9), 270 ページ。

*¹正員，慶應義塾大学大学院理工学研究科（現）日産自動車（株）
*²Ecole Central de Nantes, France（現）Hutchinson, France
*³慶應義塾大学大学院理工学研究科（現）Universiti Malaysia Perlis, Malaysia
*⁴フェロー，慶應義塾大学理工学部
*⁵大阪大学大学院理工学研究科

論文

(4) 極限マルチフィジクス環境における液体ロケットエンジンの破損メカニズムの解明（燃焼室スロートの残留変形）



西元 美希*¹
(1979 年生)



山西 伸宏*²
(1970 年生)



吉村 忍*³
(1959 年生)



笠原 直人*⁴
(1960 年生)



秋葉 博*⁵
(1949 年生)

ロケットエンジンの燃焼室は、内側で高温・高圧の燃焼ガスを発生させながら、極低温・高圧の冷却剤で冷却するという、極限環境下で運転される。さらに、多数の冷却溝を備えた内筒と外筒から構成される複雑形状を有する。燃焼室構造は、燃焼ガス、冷却剤の熱流体から影響を受け、塑性、クリープといった非弾性変形をする。このように、熱・流体・構造が複雑に絡み合うマルチフィジクス現象が生じている燃焼室はロケットエンジンの中でも最も構造的に荷重が高く、その寿命はエンジン成立性を左右する重要因子である。著者らは定量的な燃焼室寿命予測手法（解析手法、強度評価）の確立を目指して研究を行っている。

本論文では、寿命予測手法確立に向けた基盤研究として、マルチフィジクス現象を可能な限り忠実に再現できる解析手法を開発し、それを用いてこれまで原因不明であった過去のエンジン燃焼試験で発生した燃焼室破損のメカニズムを解明した。従来の設計解析手法では熱流体による荷重と燃焼室構造の構造応答を別々のプロセスとしてモデル化していたが、燃焼試験終了後にスロート変形が残留した事象の事前予測ができず、事後の原因究明にも至らなかった。本論文では燃焼ガス流れおよび冷却剤流れの非定常計算手法を構築して荷重プロセスを忠実にモデル化するとともに、熱・流体・構造の非定常非線形連成効果を考慮して荷重と構造応答の相互作用を定量的に評価できる精密な 3 次元マルチフィジクスシミュレーションを構築した。連成効果のモデリングにおいては、熱量の保存性を確保しながら、燃焼室構造温度について双方向連成させ、同時に内筒と外筒の接触に伴う力や熱の不連続な伝達も考慮した。

この解析手法により、スロート残留変形に関して、エンジン起動時の熱応力により生じる圧縮塑性ひずみと停止時に生じる引張塑性ひずみの差がスロートにラチェット変形を発生させ、その変形量は内筒と外筒の過渡的な相対温度履歴に起因し、それは停止時の冷却特性に強く依存する、という破損メカニズムを解明した。さらに、本解析手法による残留変形の定量評価にも成功し、エンジン設計法を革新する道を開いた。本解析手法は液体ロケットエンジンの燃焼器に留まらず今後の極限マルチフィジクス環境における構造物の高信頼設計法の基盤となり得る技術でもある。

* 掲載：日本機械学会論文集，78-795，A編（2012-11），1534 ページ。

*¹正員，（独）宇宙航空研究開発機構
*²正員，（独）宇宙航空研究開発機構（現）（株）CD-adapco
*³フェロー，東京大学大学院工学系研究科
*⁴正員，東京大学大学院工学系研究科
*⁵フェロー，（株）アライドエンジニアリング

論 文

(5) 樹脂モールド構造内部における界面接着強度の予測への原子レベルモデリングの適用



山崎美稀*1 (1970年生)



岩崎富生*1 (1964年生)



泉 聡志*2 (1969年生)



酒井信介*3 (1953年生)

樹脂材料は軽量で高強度の特性を持つことから、金属やセラミックス製の円筒を樹脂でモールドした絶縁ロッドや絶縁容器などの絶縁体として電力機器に幅広く利用されている。電力機器に用いる樹脂絶縁体は、絶縁性能を確保するために、金属との界面に強固な接着が要求される。その樹脂モールド構造の界面強度を正しく評価することによって、電力機器の信頼性を向上させることができる。

樹脂モールド構造の金属と樹脂の界面には、摩擦力と接着力および面圧が作用し、これらの力が樹脂モールド構造全体の挙動に大きな影響を与える。そのため、樹脂モールドのような界面の強度を正しく評価するためには、これらの力をすべて考慮し、界面強度を評価する必要がある。

これまで著者らは、金属と樹脂の界面強度に関して実験的な検討を実施して、界面の接着特性を求め、有限要素解析モデルに反映することで、界面強度を正しく評価することを示してきた。また、スケールに依存しない材料固有の接着特性を表す接着強度指標を提案した。しかし、このように実験的に界面の接着特性を求める方法は、材料が変わる度に要素試験体を製作し、界面の接着強度を測定する必要がある。設計効率化を図るためには実験的な検討を行う前に設計可能な材料の中から適切な材料の選定ができる界面接着強度の予測手法が必要である。

そこで本論文では効率的に材料を選定するために、界面の結合をモデリングした分子動力学法により界面破壊エネルギーを求め、接着強度の材料依存性を定性的に予測できる手法を提案した。提案した手法を銅、鉄、アルミニウムの三種類の材料とエポキシ樹脂の界面に適用し、界面破壊エネルギーと実験から得られた接着強度指標の材料毎に良い相関性を示し、計算により接着強度の高低が定性的に予測できることを示した。また、はく離進展モードについて、本樹脂モールド構造のはく離試験では圧縮面圧を受けつつ、界面にせん断応力が加わっている（モードII型：面内せん断形）が、実際の界面は表面粗さの周期的凹凸によってミクロの結合の解離（モードI型：開口形）が起り、それによりはく離が進展していると考えられる。したがって、結合の解離を扱う分子動力学のモードI型の破壊エネルギーが本試験のはく離特性に有効であることが示された。

* 掲載：日本機械学会論文集，76-770，A編（2010-10），1303ページ。
*1 正員，（株）日立製作所 日立研究所
*2 正員，東京大学 大学院 工学系研究科
*3 フェロー，東京大学 大学院 工学系研究科

把握するため2色法と呼ばれる光学計測法が広く使われてきた。これはディーゼル火炎の発光が火炎の温度と火炎中のスス濃度に依存することに着目した方法であり、原理は1932年にMITのHottel-Broughtonによって提案された。基礎となる理論式はWienの輻射式とススを含む火炎の射出率であり、このうち射出率は波長λとスス濃度と光路長に関するKL因子の関数として実験式で与えられている。エンジンの計測では検出した火炎の輻射強度スペクトルから2波長（2色）における輻射強度を抽出し、これを上記の理論式と実験式に代入して火炎温度TとKL因子を同時に算出する。しかし、KL因子の物理的意味があいまいなため、せっかくKL因子が得られてもススに関する議論は定性的な域に留まっていた。

本論文ではスス粒子群の射出率の物理的意味をスス凝集体の散乱に関するRayleigh-Debye-Gun理論を用いて検討し、ディーゼル火炎の射出率はススの光吸収のみならず散乱に依存することを明らかにした。ついでKL因子をスス質量濃度、スス粒子密度、スス複素屈折率、波長の関数として理論的に表現した。1932年以来不明であったKL因子が理論的に定式化され、ススの諸物性値を代入すればKL因子から火炎内のススの質量が定量的に計測する道が開かれた。このブレイクスルーによりディーゼル燃焼の中で最も理解の遅れていたススの生成と酸化に関する研究が大きく前進することが期待される。

* 掲載：International Journal of Engine Research, 12-6 (2011-12), 580ページ。
*1 名誉員，東京工業大学 名誉教授
*2 新潟原動機（株）

論 文

(7) ふく射機能性表面の放射シミュレーション



平島大輔*1 (1983年生)



花村克悟*2 (1959年生)

本論文は、熱ふく射の放射（emission of thermal radiation）を直接計算する手法を提案し、放射に対する2つの波長制御方法を詳細に明らかにしている。その計算手法は、マックスウェルの電磁波方程式と、放射源の変動電流から観測点の電場や磁場を記述する揺動電磁気学とを組合せた有限差分時間領域法に基づいている。

鏡面研磨された金属表面が薄い透明な酸化膜に覆われた場合、そこに平行な白色光（可視光）を当てると、光の干渉により観察角度によって色が変わる虹を見ることができる。一方、この表面が加熱された場合、ふく射（主に赤外線）は、あらゆる方向（半球状）に放射され、平行光ではない。このふく射の放射についても干渉による“虹”を見ることができるのか、といった素朴な疑問に本論文は答えている。すなわち、金属内部に時間的空間的にランダムな放射源を与えたとしても、放射されたふく射（電磁波）により生ずる、酸化膜表面に形成される電場の表面方向の位相と、空間中（真空中あるいは空気中）へ伝播するふく射の位相とが一致する波長においてふく射強度が強め合うことを電場分布により明らかにしている。具体的には、ニッケル金属とその表面を覆う0.9μm厚みの透明な酸化ニッケル膜において、波長1.8μm, 2.7μm, 7.5μm近傍に極大値を有する、垂直放射率の波長依存性を、文献から得られる信頼性の高い実験結果にきわめて近い計算結果として示している。これは、薄い透明な酸化膜といった容易な形態でもって、熱ふく射の放射に関する波長制御が実現できることを示唆している。さらに、ふく射の放射においても干渉が生ずることを示したことになる。

一方、炭化ケイ素については、波長11.4μmの赤外線に対しては金属的な光学特性を有しているため、p偏光波に対して表面フォノンポラリトンといった表面が生ずる。この表面に周期的な浅い溝構造（波長の1/40の深さ）が施されると、溝構造のピッチにより表面波の波数が変化し、その波数と空間中（真空中あるいは空気中）を伝播する電磁波の波数の表面方向成分（余弦成分）が一致する角度方向に強められることを明らかにし、これは文献から得られる実験結果とよく一致していることを示している。

このように基板の光学性質に表面構造（透明薄膜あるいは格子構造）を付与することにより放射に対する波長制御と指向制御が可能であることを視覚的に明らかにしている。

* 掲載：日本機械学会論文集，77-782，B編（2011-10），1978ページ。
*1 正員，東京工業大学大学院理工学研究科（現）（株）データフォーシズ
*2 フェロー，東京工業大学大学院理工学研究科（〒152-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1）

論 文

(6) Re-examination of the emissivity of diesel flames



神本武征*1 (1939年生)



村山善保*2 (1983年生)

ディーゼルエンジンはその高効率、多種燃料性、低速トルクの大きさから運輸部門の多くで使われている。欠点とされたスス微粒子、窒素酸化物などの排出物質についても過去30年にわたる排気規制の強化に応じて大幅に改善されてきた。窒素酸化物については化学反応論に従って噴射時期の遅延と排気還流による燃焼温度の低減によって生成を抑制している。一方、複雑な化学反応と物理過程を辿るススの生成過程と酸化過程は未だ満足な理論モデルが構築されていない。現在のディーゼルエンジンに課せられた更なる高効率燃焼とクリーン燃焼という目標を達成するには、特にスス現象に注目した燃焼研究が必要である。

ディーゼルエンジンの燃焼研究では一般に燃焼圧力を観察することが行われる。しかし、これだけでは不十分であり、火炎の温度、ススの生成状況を

論文

(8) 福島第一原子力発電所2号機事故の熱流動現象推定 (熱力学モデルによる事故シナリオの検証)



円山重直* (1954年生)

著者は、福島第一原子力発電所の事故発生当初から、不完全ながらも、各種の熱流動解析や事故の早期収束に向けた提言を行ってきた。原子炉での現象はエネルギーと物質の保存則が成り立っており、計測誤差も含めて全ての計測データが合理的・定量的、もしくは少なくとも定性的に説明されなければならない。

本論文では、福島第一原子力発電所2号機の事故直後の現象を解明するために、容器内の蒸気と水が相平衡を維持するとした熱力学的モデルを独自に構築し、原子炉内の熱流動現象の推定を行った。本報の熱力学的モデルを用いると、事故直後から測定されていた圧力や原子炉圧力容器内の水位が比較的正確に再現できる。また、その破壊シナリオを分析することによって、原子炉の中で起きている事象を時系列的に推定した。その概要を以下に述べる。

2011年3月11日15時37分の津波到来時に原子炉建屋地下にあるサブプレッションチャンバーが設置されているトラス室が浸水し、サブプレッションチャンバーと侵入海水とが熱交換を行ったと仮定すると、隔離時冷却系が停止するまでの格納容器圧力の変化を説明できた。

同14日10時30分頃に隔離時冷却系が機能不全になり注水が停止したと仮定することにより、この時の原子炉水位と格納容器圧力変化の計測データを再現できた。

同18時に逃がし安全弁を作動させ、圧力容器を強制減圧した時の急激な水位変化の測定データを本熱平衡モデルは正確に記述している。15日7時40分頃に格納容器下部に破損が発生し、蒸気が環境に放出されたとすると、格納容器と圧力容器の圧力データを再現できた。

本解析は、公開データを基にしたものなので、著者の知らないデータや事象も多くあると考えられる。本報の原子炉破壊シナリオがどこまで正しいかは不明であるが、これまで発表されてきた計測データをかなり説明できると考えている。また、最近の、原子炉の観測結果は本論文の予測とほぼ一致している。この事故シナリオの妥当性については、今後の検証を待ちたい。

原発事故の早期収束と再発防止には、原発事故と原子炉の現状を的確に理解することが重要である。そのためには、本報の事故シナリオも含めた、あらゆる可能性を検討することが必要だと考えられる。

* 掲載：日本機械学会論文集、78-796、B編 (2012-12)、2127ページ。
* フェロー、東北大学流体科学研究所 (〒980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1)

論文

(9) マイクロ流体デバイス内で起こる反応の収率予測法と並列接続デバイスによる増産の実証



富樫盛典*1 (1965年生)



浅野由花子*2 (1974年生)



遠藤喜重*3 (1949年生)

マイクロ流体デバイスを実用化する上で、工業的に有用な反応物質製造への適用は重要な課題である。しかしこれまでの研究では、マイクロ流体デバイスの混合性能が、反応物質の収率 (反応物モル数/原料モル数×100) に及ぼす影響が明らかにされていないため、どの程度の混合性能を有するマイクロ流体デバイスを使用したら、反応物質の収率がどの程度向上できるのかわからなかった。また、複数のマイクロ流体デバイスを並列化すれば理論的には増産できることは自明であるが、反応物質の収率の観点からデバイス並列化の影響を検討した研究はなかった。本研究は、以下に示す解析により工業的に多用途である逐次反応を対象に、反応物質の収率予測法を開発し、併せて生産に適したマイクロ流体デバイスを開発して増産の実証も行ったもので

ある。

第一に、混合と反応の両現象を乱数により解析できるモンテカルロ法で、マイクロ流体デバイスの混合性能と反応物質の収率の関係を解析した。次に解析結果から、分子拡散の特性時間と化学反応の特性時間の比を表す無次元数であるダムケラー数 Da ($10^{-4} \leq Da \leq 10^0$) と逐次反応の反応速度定数比 k_1/k_2 ($0.1 \leq k_1/k_2 \leq 10$) をパラメータとしたマップを作成し、反応物質の収率予測法を構築した。本無次元マップより逐次反応の反応速度定数比 $k_1/k_2 > 1$ の場合にはダムケラー数が小さいほど、すなわち反応容器スケールのマイクロ化による高速混合効果で反応物質の収率が向上する事を明らかにする。一方、反応速度定数比 $k_1/k_2 < 1$ の場合にはダムケラー数を小さくしても、すなわち反応容器スケールをマイクロ化しても反応物質の収率は向上しない事も明らかにした。次に無次元マップの妥当性を検証するために、混合性能が異なる cm オーダーの従来の攪拌方式反応装置と開発した μm オーダーのマイクロ流体デバイスを用いた4種類の反応実験を実施した。その結果、マイクロ流体デバイスの使用による混合性能向上に伴い、反応物質の収率が最大で21.1%向上する事と無次元マップの妥当性を実証した。さらに、マイクロ流体デバイスを20個並列接続した装置を開発し、収率 (86.3%) を低下させる事がなく生産量を増やせる事を実証した。以上、本研究で開発した予測法とマイクロ流体デバイスは、工業的に有用な材料・化成品・医薬品製造等の広範囲な産業へ大きく貢献するものと判断される。

* 掲載：日本機械学会論文集、79-799、B編 (2013-3)、328ページ
*1 正員、(株) 日立製作所日立研究所
*2 (株) 日立製作所日立研究所
*3 (株) 日立製作所インフラシステム社

論文

(10) 振動ベースド画像特徴量を用いた高速ターゲットトラッキング



小原生也*1 (1985年生)



高木 健*2 (1977年生)



石井 抱*2 (1970年生)

近年1000 fpsレベルでの実時間画像処理を可能とする高速ビジョンが開発され、数十 Hz 以上といった音声周波数レベルの輝度変化といった、人間の肉眼や従来ビデオカメラ (NTSC 30 fps) では認識が難しい振動分布を実時間で捉えることが可能となってきた。そこで本研究では、高フレームレート画像を前提とした振動ダイナミクス分布に着目した対象追跡手法として、画素レベルデジタルフィルタとカラー特徴に基づくマスキング処理を組み合わせた振動ベースド画像処理アルゴリズムを提案し、実時間高速ビジョンを用いた対象追跡システム上に実装することによりその有効性を示した。提案アルゴリズムでは、画像中に振動対象があるとき、対象の振動領域に対応した画素位置の輝度は変化し、振動周波数に対応した周期変動が画像特徴量として観測されることを利用する。具体的には、画像中の全ての画素についてある特定の周波数帯域の信号を通過させる画素レベルデジタルフィルタを実装することにより、数十 Hz レベルといった人間の目視では確認が難しい輝度の時空間変化を振動ベースド画像特徴量として検出する。なおデジタルフィルタのみによる振動ベースド画像特徴量は、前フレームの画像データの蓄積を行うことによる遅延効果が生じ、実時間追跡には必ずしも適してはいないため、補正処理としてHSV空間の色相を用いたマスキング処理を追加することによりデジタルフィルタ遅延の影響を抑制した。構築した振動対象追跡システムは、高速ビジョンプラットフォームおよび2自由度アクティブビジョンから構成され、提案アルゴリズムは128×128画素入力画像に対しフレームレート1000 fpsでの実時間動作するものとした。アクティブビジョンではカメラ視野中心に追跡すべき振動対象の重心を一致させるようにフィードバックレート1kHzで制御を行った。提案アルゴリズムの有効性を検証するために、振動対象として青色の羽を持つ扇風機を用い、カメラ視野中心に振動対象を機械的に制御したターゲットトラッキング実験を行った。その結果、様々な背景がある場合でも目に見えない90 Hz前後の高速な輝度変化を時空間分布として実時間検出することにより、振動対象である扇風機が誤認することなく検出され、デジタルフィルタにおける遅延の影響を受けることなく画像の視野中心に追跡されることを確認した。

* 掲載：日本機械学会論文集 78-788、C編 (2012-4)、1143ページ。

*1 正員, 京セラドキュメントソリューションズ (株) (〒158-8610 東京都世田谷区玉川台 2-14-9)

*2 正員, 広島大学大学院工学研究院 (〒739-8527 広島県市鏡山 1-4-1)

論文

(11) 災害監視を目的とした屋外型飛行船ロボットの経路追従制御



佐伯一夢*1
(1985 年生)



深尾隆則*2
(1968 年生)



浦久保孝光*3
(1973 年生)



河野 敬*4
(1970 年生)

本論文は、大規模災害時に上空からの詳細な情報収集活動を実現するための、屋外型無人飛行船の新たな自律飛行制御システムの提案と評価を行ったものである。地震や津波などの大規模災害現場における被害状況の全体像の把握には、上空からの俯瞰的情報が有効であり、近年では、その一手段として無人航空機を用いた活動が期待されている。飛行船は他の航空機に比べて輸送効率と静粛性が高く、被災地での長時間の監視活動や低高度からの詳細な情報収集活動に適していると考えられる。一方で、飛行船は船体の大きな軽航空機であるため、風の影響を非常に受けやすく、特に災害現場で現実的に運用可能な比較的小型の無人飛行船に、強風時に任意の飛行経路上を飛行させることは極めて困難な問題として考えられてきた。

そこで本研究では、飛行船の制御において最大の問題となる風をすべて外乱として扱うのではなく、風に座標系をおいた空間内に目標経路を生成し、経路追従制御を行うという新たな枠組みを導入することで、従来では実現困難であった強風下で有効となる飛行船に特有な制御法を提案した。さらに、著者らが開発した飛行船シミュレータを用いたシミュレーションに加え、全長 12m 級の屋外型小型飛行船を利用し、実際の強風下において提案手法の評価を行った。

提案手法の特徴は、従来手法よりも風の影響を小さく扱うことができる点、飛行船に与える目標速度を風速の定常成分に応じて適切に与えることで、秒速 5m 程度以上の風速下で、飛行船の船首の向きを大きく変えずに、地面に対して低速で真横に移動可能になり、後退するような自律飛行も可能となる点である。提案手法を小型無人飛行船に実装することで、強風時に目標経路上を正確に飛行可能となるだけでなく、突風や横風を受けた場合にも、地上の情報収集活動に悪影響を与えないような経路復帰を行うことができ、風下側へ移動する際にも、できるだけ姿勢を乱さず安定して移動することが可能になる。

以上の手法を用いて飛行シミュレーションおよび実機実験を行うことにより、強風下での目標経路への高い追従性能と、強風時にも確実に詳細な情報収集活動に貢献できる小型無人飛行船の自律飛行の実現性を示した。

* 掲載：日本機械学会論文集, 79-798, C 編 (2013-2), 236 ページ。

*1 正員, 消防庁消防大学校消防研究センター (〒182-8508 調布市深大寺東町 4-35-3)

*2 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)

*3 神戸大学大学院システム情報学研究科 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1)

*4 (独) 宇宙航空研究開発機構 (〒181-0015 三鷹市大沢 6-13-1)

論文

(12) 空気流体振動現象を対象としたリアルタイムハイブリッド式実験法とその応用



西 将志*1
(1986 年生)



神田 亮*2
(1959 年生)



渡辺 亨*3
(1966 年生)



渡辺昌宏*4
(1968 年生)



田中秀和*5
(1986 年生)

本論文は、ハイブリッド式実験法によって流体力振動現象をシミュレーションしたことについて述べたものである。ハイブリッド式実験とは、コンピュータの数値解析と実験を融合させ、一つの現象をシミュレーションしようとするものである。具体的には、コンピュータによる逐次積分解析を実施し、1step ごとに風洞気流内のモデルから空気外力を評価しその解析に取り込んだ。

本論文の内容は次の通りである。まず本手法の原理、特長、適用する際に注意しなければならない点について整理した。特長として、本手法は、空気不安定振動状態にある構造物からも空気流体力が測定できること、振動系のパラメータが数値的に設定するため、パラメータの設定が極めて簡単であること、サブストラクチャー法の応用により、ダンパーや免震装置を有する構造物の様々な空力振動現象が風洞実験気流でシミュレーションできることなどを示した。

次に、実際に開発したシステムについて述べている。本システムでは、加振時の慣性力を除去するため、流体力測定機にロードセルを用いず多数の圧力計を用いた。そのほかシステムの特長といえば、モデルの加振に速度制御法を採用したことである。

さらに、本手法の有用性を示すために、いくつかの具体的なシミュレーションや得られたデータの解析について示した。まず、質量減衰パラメータを幅広く設定した空力振動シミュレーションを実施し、本手法のパラメータ設定に関するメリットを示した。また、得られたデータからモデルに作用する空気流体力が空力振動していても算定できること、応答値と外力との位相差も簡単に求められることを示した。ほかに、POD 解析を行い空力振動しているモデルの表面に作用する空力変動場の特徴を分析した。最後に、基礎部に免震層を有する高層免震建築物の空力安定性を確かめる空力弾塑性実験を行った。得られた結果から、その挙動を応答値だけでなく各物理量のエネルギーから分析した。

なお、高速増殖減速炉もんじゅのナトリウム漏えい事故の時に発生した密度比が小さい場合の流れ方向の不安定振動を密度の小さい空気流体中でもシミュレーションできることを相似則のレベルで示している。

本論文で提案した手法の原理、特長、有用性などが示すことができ、さらなる発展性の可能性についても示すことができた。

* 掲載：日本機械学会論文集, 77-779, C 編 (2011-7), 2756 ページ。

*1 正員, 那須電機鉄工 (株) (〒136-0075 東京都江東区新砂 3-5-28)

*2 正員, 日本大学生産工学部 (〒275-8575 習志野市泉町 1-2-1)

*3 正員, 日本大学理工学部 (〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14)

*4 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)

*5 日本大学 (現) 清水建設 (〒104-8370 東京都中央区京橋 2-16-1)

論文

(13) 変位と速度に応じて減衰特性の変化する
パッシブ式MRダンパの開発



村上貴裕*1
(1972年生)



酒井理哉*1
(1965年生)



中野政身*2
(1952年生)

MR流体は磁場によって粘性を変化させることができる機能性流体であり、この特性を活かしたMRダンパは自動車のショックアブソーバー等に実用化されているほか、建物の制震装置やつり橋のケーブルギャロッピング防止用ダンパとしても開発が進められている。通常、MRダンパは電磁石を用いて電氣的に減衰力や減衰特性を変化させるセミアクティブ方式の可変減衰ダンパとして用いられる。一方、本研究では非常時の電源喪失や電気系の故障に対しても確実な振動抑制効果が得られるように、センサや電源及び制御系を一切不要とするパッシブ方式で減衰特性が変化するMRダンパの開発を行っている。

本論文では、ダンパの変位×速度が正のとき減衰力が小さく、変位×速度が負のとき減衰力が大きくなる特性を持ったパッシブ式MRダンパを新たに考案し、独自に製作した試作機ダンパを用いて、考案したおりの可変減衰特性が得られることを実験的に実証している。本ダンパが制御系を持たずにこのような可変減衰性を有する理由はその構造にあり、永久磁石とピストンなどの構成部品との間に形成される磁気回路が変位に応じて開閉する仕組みと、ピストンヘッド部に設けたチェック弁により、ダンパ内の作動流体の流れがピストンの移動方向に応じて変化する仕組みによって上記のような減衰特性を得ている。

さらに、本ダンパを用いた1自由度振動系の振動台試験により、正弦波形や地震波形の加振に対する応答特性を計測した。その結果、減衰特性が変化する本ダンパを用いた場合、共振域の応答増幅を抑制しつつ、高い周波数帯域の応答も低く抑えることが可能になることを示し、地震波形に対する応答も減衰比が一定のダンパと比べて優れた振動抑制効果を有することを示した。

また、本ダンパの設計を支援することを目的として、減衰特性の予測手法を構築し、試験結果ともよく一致することを示した。本手法ではシリンダ内の流れ場を簡素化したモデルと静磁場解析結果を元に構成されており、比較的簡単な代数式で表されるため、非定常の応答解析にも適用することができる。

* 掲載：日本機械学会論文集、77-774、C編（2011-2）、257ページ

*1正員、(一財)電力中央研究所地球工学研究所

*2フェロー、東北大学流体科学研究所

論文

(14) 幾何偏差の測定及び補正による5軸制御
マシニングセンタの工具経路精度の向上



登根慎太郎*1
(1988年生)



加藤教之*2
(1978年生)



堤正臣*3
(1947年生)

工作機械は理想とするワーク上の位置と実際の工具の先端位置とが3次元空間で一致するように運動させれば誤差のない加工を実現できる。そのためISOでは5軸制御マシニングのテーブルと工具との相対位置の精度を測定する方法の開発を進めてきた。

この測定は、テーブル側及び工具軸側それぞれの代表点間の距離が一定になるように、二つの直進軸と一つの回転軸の3軸を同期制御して行うもので、測定器としてボールバーを用い、代表点間の距離変動を測定する。測定した距離変動を軌跡として円グラフ上にプロットし、軌跡の形や中心位置のずれを評価する。この中心位置のずれ量は、5軸マシニングセンタに固有の8個の幾何偏差と密接な関係を持っており、ずれ量から幾何偏差を求めることが

できる。この方法は、著者らの研究に基づきISO規格に採用されたが、議論すべき課題が残されていた。

すなわち、二つの直進軸を同期制御して工具先端位置を円弧運動させ、その運動に追従するように一つの回転軸を回転させたときに、代表点間の距離変動を測定するボールバーの取付け方法が二種類あってその優劣の程度が明確でなかった。一方は、円弧運動に対してボールバーを半径方向、接線方向、軸方向に向けてそれぞれ取り付ける円筒座標系による方法、他方は円弧運動に対して、ボールバーをX方向、Y方向、Z方向（上記の軸方向と同じ）に取り付ける直交座標系による方法である。

本論文では、これら二つの座標系による測定とシミュレーションを行い、その優劣について検討した。その結果、どちらの方法でも理論上存在する8個の幾何偏差を同定できることを確認した。しかしテーブル側の代表点の位置誤差が軌跡に及ぼす影響は、直交座標系による測定方法では顕著であるが、円筒座標系による測定方法では存在しないことから、測定方法としては円筒座標系のほうが優れていることを見出した。

さらに、この測定方法から求めた幾何偏差の値が正しいことを確認するために、ISO規格で規定することになった円すい台加工を模擬した同時5軸制御運動の測定を行った。上述の円筒座標系による測定値を用いて、補正の有無による軌跡精度の違いを実際に調べた結果、偏心量、半径のいずれも補正なしの場合と比べて顕著な改善が認められ、円筒座標系による測定から求めた幾何偏差を入力し工具先端点を補正すれば、軌跡精度を大幅に向上させることができることを実証した。

* 掲載：日本機械学会論文集、78-794、C編（2012-10）、3557ページ

*1正員、新日鐵住金（株）（〒314-0012 鹿嶋市光3番地）

*2正員、東京農工大学工学部附属ものづくり創造工学センター（〒184-8588 小金井市中町2-24-16）

*3名誉員・フェロー、東京農工大学（〒183-8538 府中市晴見町3-8-1）

論文

(15) Simulation of Rolling Contact Fatigue
Strength for Traction Drive Elements



成田幸仁*1
(1978年生)



山中将*2
(1963年生)



風間俊治*1
(1963年生)



長船康裕*1
(1966年生)



増山知也*3
(1969年生)

ローラ間の弾性流体潤滑油膜のせん断力で動力を伝達するトラクションドライブには、歯車と比較して振動や騒音が少ない、無段変速機を構成可能等の利点がある。しかし、動力伝達にはローラに強い押付力を与えることが必要であり、接触点の面圧が数GPaにも達し、表面のはく離等の転がり疲労損傷が生じる。そのため、設計に際しては転がり疲労強度の予測が不可欠である。

トラクションドライブの強度設計には、転がり軸受の寿命予測理論が多く転用されてきた。これらの研究の多くは、材料内部に生じるせん断応力によって、介在物などの欠陥を起点にき裂が発生する内部起点破壊モデルを提唱しており、破壊のメカニズムは概ね認知されている。しかし、欠陥寸法の影響については考慮されていないため、疲労強度のばらつきを考慮できない。また、トラクションドライブではローラ表面に大きなトラクション力が働くため、材料中の応力分布が軸受とは異なる。これらの理由により、強度や寿命の推定精度に問題があった。

著者らは、トラクションドライブの強度設計や疲労試験に要する労力を削減し、また、高精度な信頼性設計法の実現を目指して、き裂発生起点となる介在物やローラ表面に働くトラクション力の影響を考慮できる、転がり疲労強度シミュレーションの新手法を提案して検証している。

まず、放電加工により既知の寸法の人工欠陥を与えたローラを用いて転がり疲労試験を行い、欠陥周りの基底組織の転がり疲労強度推定式を求めた。次に、ローラ材中に含まれる介在物の寸法と密度をマイクロスコープによる

試験片観察で測定し、実際のローラ材と同じ介在物分布を持つ仮想ローラをコンピュータ上に再現した。最後に、市販の境界要素法プログラムを用いて、押付力とトラクション力が動くローラ内のせん断応力を計算し、これと各介在物周りの転がり疲労強度を比較して損傷の有無を判断した。

上述で検討した欠陥寸法の頻度分布をもち、その配置をランダムに与えた100枚の仮想ローラで押付力を増やしながらかみ合いシミュレーションを行い、10⁷回の転がりにおける疲労強度ヒストグラムを求めた。この結果から破壊確率50%の転がり疲労強度を求め、二円筒試験機による人工欠陥の無いローラの転がり疲労試験結果と比較したところ、誤差2.5%という優れた推定結果を得た。また、トラクション係数を変えてシミュレーションを行い、トラクション係数が高いほど押付力の疲労限が低下するが、トルク容量は高くなることを明らかにした。以上から、本研究による疲労強度推定方法の正当性が確認できた。

* 掲載：Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, 7-3 (2013-5), 432 ページ

*¹正員, 室蘭工業大学 (〒050-8585 室蘭市水元町 27-1)

*²正員, 高エネルギー加速器研究機構 (〒305-0801 つくば市大穂 1-1)

*³正員, 鶴岡工業高等専門学校 (〒997-8511 鶴岡市井岡字沢田 104)

|||||
論 文
|||||

(16) 円筒歯車のかみ合い効率予測とその向上



森川邦彦*¹
(1955 年生)



西原隆太*²
(1968 年生)



松本 将*³
(1944 年生)

一般に広く使用されているインポリュート円筒歯車のかみあい効率は98%以上と高いが、自動車用変速機では複数の歯車が同時にかみ合った状態で運転されるので、変速機の全損失に占める歯車の損失の割合も高くなる。また、近年、地球環境問題への対応から自動車の燃費向上が一層強く求められ、電気自動車の普及拡大のため航続距離向上が一段と強く求められるようになってきている。ここにおいては、変速機や減速機の動力伝達効率向上も重要であり、その構成要素である歯車についてもかみあい損失のさらなる低減が重要な課題となっている。歯車の振動や強度に関しては従来から多くの研究がなされ、設計初期段階で効果的な対応を実施できるようになってきている。一方、かみあい損失に関しては、有効な歯面摩擦係数の予測式がなく、設計初期段階で詳細に検討するまでには至っていなかった。

本研究では、設計初期段階において、歯車のかみ合い損失を精度よく見積もることとその低減技術を盛り込むことを目的に、簡便で精度の良いかみ合い効率予測法を開発し、その向上技術に関していくつかの知見を得ている。かみ合い効率の予測においては、歯面の荷重分布と摩擦係数を知る必要がある。歯面の荷重分布は、歯面修整形状も考慮したかみ合い解析から求めることができる。一方、歯車のように接触面が潤滑油膜で完全に分離されない混合潤滑状態での摩擦係数は過去にいくつかの推定式が提案されてはいるが、いずれも実用的なものではなかった。そこで、著者の一人は既報告で、新たに混合潤滑状態における潤滑の苛酷さを考慮した摩擦係数推定式を提案している。具体的には、歯面の摩擦係数を流体潤滑荷分担部と境界潤滑荷分担部に分け、その分担比率を表面粗さと油膜厚さの大きさの比で表すことで、比較的簡便に摩擦係数を推定できるとしている。

本論文では、まず歯車諸元や歯面修整形状の異なる数種類の歯車対にこの式を適用して、実験によりその有意性を確認している。また、かみ合い解析にこの歯面摩擦係数推定式を導入した歯車のかみ合い効率予測法を提案し、実際の歯車での実験検証から簡便に精度よくかみ合い効率を予測できることを確認している。

本予測法を用いれば、歯面修整により荷重分担を適正にすることと併せて歯車諸元から歯面間の摩擦係数を低減することができるので、設計初期段階からノイズ、強度の向上と併せて、かみ合い効率の効果的な向上が可能となる。

* 掲載：日本機械学会論文集, 78-788, C編 (2012-4), 1250 ページ。

*¹正員, 日産自動車 (株) 総合研究所 (〒243-0123 厚木市森の里青山 1-1)

*²日産自動車 (株) パワートレイン開発本部

*³フェロー, 早稲田大学理工学術院大学院 (〒808-0135 北九州市若松区ひびきの 2-7)

(1) 運動性能と環境性能を両立する新型自動変速機 「SKYACTIV-Drive」の開発



土井 淳一*1
(1963年生)



鎌田 真也*1
(1964年生)



丸末 敏久*2
(1964年生)



坂 時存*1
(1962年生)



三谷 明弘*1
(1975年生)

1. 概 要

近年、ハイブリッド自動車（HEV）や電気自動車を搭載した自動車が登場し、自動車の性能は、エンジン、トランスミッション、ボディなどの「ベース技術」と、電気デバイスとの総合力で語られる時代となってきた。これに対してマツダは、一部の環境対応車に大きく依存することなく、すべてのお客様に「走る歓び」と「優れた環境・安全性能」をお届けする取組みを行っている。効果的にCO₂・燃料消費量を削減するアプローチとして、新型オートマチックトランスミッション「SKYACTIV-Drive」を開発した。SUVのCX-5およびセダン・ワゴンのアテンザ、アクセラなど主要車種に搭載する事により、スムーズで力強い発進、ダイレクト感による走る歓びの体現、クラストップレベルのCO₂低排出、低燃費を実現した。

2. 技術の内容

SKYACTIV-Driveの開発では、その使命を実現するために図1に示すコンセプトを掲げ、ゼロベースで実現可能にする方法を考えた。車両全体からトランスミッションのロスエネルギーを分析した結果、トルクコンバーターのロスが大きいに着目し、走行中の滑りを無くすフルレンジロックアップを実現する事を目標とした。走行中のロックアップ領域を拡大するためには、こもり音や加減速ショックが障害となる。従って、これらをいかに解消するかという課題に挑戦した。本課題をブレークスルーするキーイネーブラが図2のフルレンジダイレクトドライブである。キー技術として、1)ダンパーによる振動抑制、2)ロックアップクラッチの耐久性の向上、3)トールス小型化の開発を行った。ロックアップ時の振動抑止のため、ダンパーを従来比46%低剛性化することで、振動減衰性能の大幅な改善を実現した。これに加えて、クラッチの劣化に伴うジャダーを防止する必要がある。そこで、クラッチの冷却機能を高めるため、世界初となる片張りセグメントタイプの湿式多板クラッチを採用し、冷却能力は従来比約50%の改善に成功した。さらに全長短縮が厳しいトランスミッションパッケージに収めるためにトルクコンバーターの使用領域を発進時に限定し、内部のオイル流れを最適化する事で小型化に成功した。結果として、図3に示すように、JC08モード走行中のロックアップ領域は従来比49%⇒82%と飛躍的に拡大した。これら環境性能に加えて運動性能を飛躍的に高めるためには、変速応答性とショックを高次元で両立させる必要があり、高応答・高精度の制御が必要である。ATの油圧精度は多数の機械部品や電子部品が影響する。そこで、これまで個別管理されていた油圧回路と電子部品を一体化した図4のメカトロニクスモジュールの開発を行った。出力特性をコンピュータに記録する事により、クラッチ油圧のバラツキを1/5に抑制する事に成功した。本技術の導入により、従来トランスミッション比4～7%の燃費改善を可能とすると共に、ダイレクト感、ベストインクラスの変速応答性を実現した。

3. まとめ

SKYACTIV-Driveは主力車種に順次展開を行っており、世界中のお客様に優れた「運動性能」と「環境性能」をお届けしている。弊社従来AT車種数%のMTが主たる市場においても、AT比率が約30%と伸びており、本技術がもたらすCO₂削減への貢献に、確かな手応えを得ている。

*1正員、マツダ（株）（〒730-8670 広島県安芸郡府中町新地 3-1）

*2マツダ（株）（〒730-8670 広島県安芸郡府中町新地 3-1）

理想のAT機能の追求

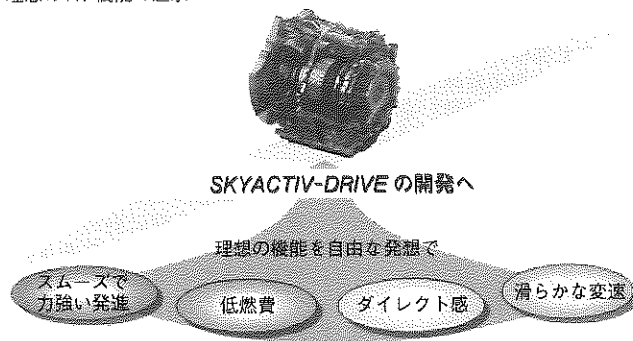


図1 SKYACTIV-Drive 技術コンセプト

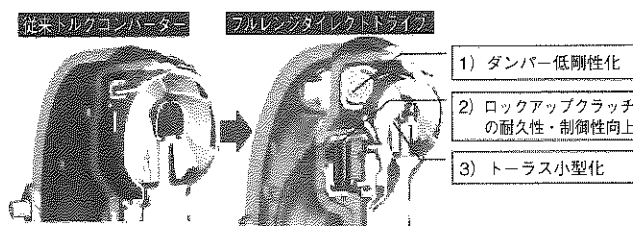


図2 フルレンジダイレクトドライブ

JC08モード走行時のロックアップ領域比較

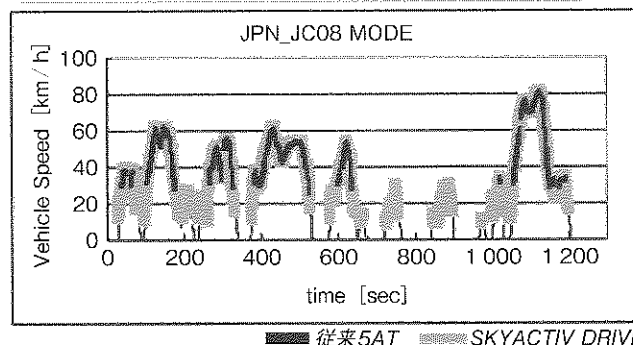


図3 ロックアップ領域

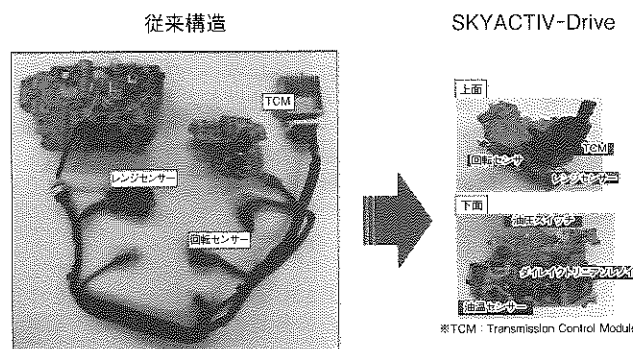


図4 メカトロニクスモジュール

(2) 豚もも部位自動除骨ロボットの開発



豊嶋勝美*1
(1965年生)



海野達哉*2
(1971年生)



松本浩輔*2
(1976年生)



後藤 修*2
(1978年生)



木村憲一郎*2
(1972年生)

1. 概 要

豚もも部位は、軟らかく、形態が様ではなく、個体差が大きい「不定形柔軟体」であるため、これから大腿骨・下腿骨を取り除く処理（除骨）を行う作業工程は、身体的な柔軟性や熟練した技能、状況判断が必要とされる職人技であり、その難易度の高さため自動化が遅れていた。

ロボットにより複雑な三次元形状である上に処理中に位置や関節の屈曲・ねじれが時々刻々と変化していく骨に沿って正確に切るために、人の手首の柔軟性を模した機構を備えたカットツールを開発し、これをハンドに装着することで、ナイフの位置を反射的に微調整できるようにした。さらに、不定形柔軟体としての特性を利用した把持、位置固定と状態の認識を行うことにより、人の作業に近い高品質かつ高速なロボットによる自動除骨を実現した。

2. 技術の内容

豚もも部位自動除骨ロボット（図1, 2）は、豚もも部位から大腿骨・下腿骨を取り除く除骨処理を自動で行うロボットである。500本/時間のもも部位を処理する能力がある。

処理の流れは、まずコンベア上に流れてくる豚もも部位をロボットアームで拾い上げて連続搬送系の処理工程に投入する。投入後に、X線画像を撮影・処理することにより、内部の骨形状認識や右脚・左脚の判別を行う。計測された情報に基づいて個々のもも部位に合わせたカットラインを生成し、骨形状に沿ってナイフで切り込みを入れる「筋入れ」を行う。筋入れ後のもも部位は段階的に骨から肉をはがし、要所で筋を切ることで、骨と肉を完全に分離する。

「筋入れ」工程を正確に行うために、X線画像を基に軌道生成を行い、垂直6軸アームロボットにより筋入れ動作を行わせた。しかしながら、ロボットが計画軌道の通りに動作をしても、対象物（骨）の位置や形態が時々刻々と変化してしまうため、適切な位置に筋入れを行うことができない。また、骨に対して刃の角度が立ちすぎるとナイフが骨に食い込んでしまうリスクもある。

リスクを回避しながら、高速かつ正確に骨に沿って切るために、垂直6軸ロボットの先端フランジとナイフの間に自由度を二つ設けた。自由度の一つは、ナイフ側面に対して垂直方向へナイフを平行移動する軸である。バネでナイフを両側から押してセンタリングする構造になっており、計画軌道に対する骨の太さ方向へのずれに対してナイフを追随させる効果がある。また、バネの押付け具合でカットの力加減も表現できる。もう一つの自由度は、骨に引っ掛かりにくい角度にナイフを振れるようにするものである。ナイフ刃面よりも揺動軸をナイフ進行方向にオフセットした位置とすることで、回転中心が刃面よりも先行するので、ナイフの角度が常に回転中心の方向を向くようになり、骨に引っ掛かる前にナイフの角度を逃がすことができる。（図3, 4）

人の手首の柔軟性と同様の機械的なコンプライアンス機能を有することで、反射動作による軌道修正が可能となり、高速での不定形柔軟体の処理を実現した。

3. まとめ

本開発ロボットは、商品名「HAMDAS-R」として欧州を中心に導入されており、重労働からの解放と作業者確保難、定着



図1 豚もも部位自動除骨ロボット（全体）



図2 豚もも部位自動除骨ロボット（筋入れ部）

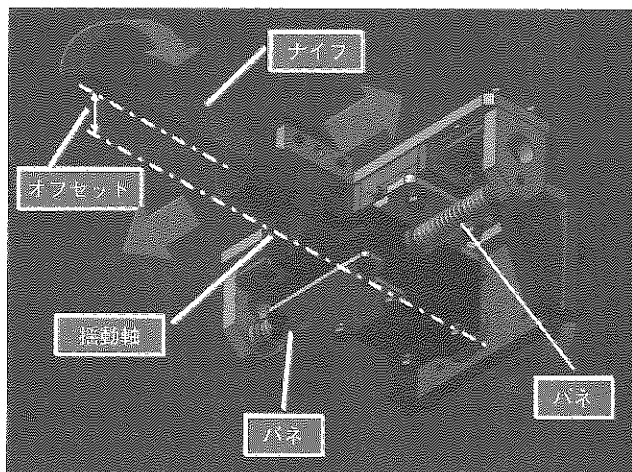


図3 カットツール

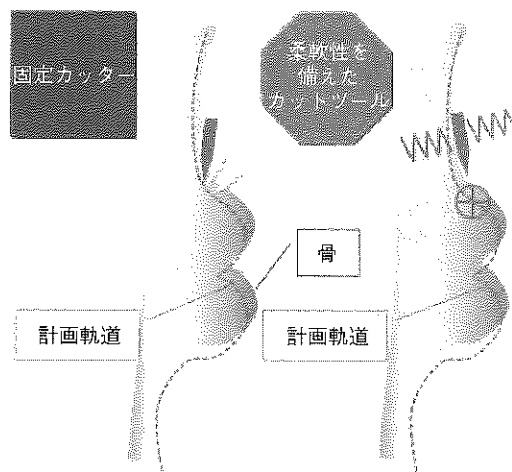


図4 軌道修正動作

率低下の問題解決に貢献している。

「HAMDAS-R」の実現は、世界的にも類がなく、食品加工工程を端緒とする不定形柔軟体を対象とした職人技の自動化に新たな可能性を示した。

*1 正員、(株)前川製作所 (〒385-0021 佐久市長土呂 774)

*2 (株)前川製作所 (〒385-0021 佐久市長土呂 774)



西名 慶晃 *1
(1967 年生)



石田 匡平 *2
(1971 年生)



石垣 雄亮 *1
(1981 年生)



永井 肇 *3
(1965 年生)



小澤 悠一 *3
(1982 年生)

1. 概要

自動車や家電製品等に多く使用されている溶融亜鉛めっき鋼板の連続製造ラインでは、高温で溶融した亜鉛のポットに連続的に鋼板を浸漬して引き上げ、過剰に付着した溶融亜鉛をガスワイピングによって掻き落として目標のめっき付着量に制御している。めっき付着量を均一化するには、ワイピングノズルと鋼板の間隔を一定に保つことが重要であるため、浴上サポートロールが使用されていた(図1)。今回、亜鉛めっき鋼板の生産性・品質向上を目的として、浴上サポートロールを使用せずに非接触で鋼板の振動および反りを制御可能とするデュアルコイル電磁石による表面処理鋼板の非接触通板制御装置を開発した。

2. 開発装置の構成

従来の電磁石は、コイルが1系統で形成されており、反り抑制を行う反り制御と振動抑制を行う振動制御を足し合わせて制御していた。今回、巻数の多いコイルと巻数の少ないコイルの2系統で形成するデュアルコイル電磁石(図2)を考案し、要求性能が異なる反り制御と振動制御を分離して、それぞれのコイルで役割分担することで、電磁石に要求される吸引力と応答性を両立した。基本制御システム構成を図3に示す。本装置は、鋼板を挟み込むように設置する一対の電磁石と変位計からなり、変位計からの鋼板位置情報を元に目標値との偏差を小さくするようにコントローラでフィードバック制御を行うもので、板幅方向に並べた各電磁石に対向する鋼板位置を目標位置に制御することで鋼板をフラットに位置変動なく維持する。

電磁石は鋼板を吸引する方向の力しか発生することができないため、表と裏の電磁石は組となって両方向の力を発生できるようにしている。以上の構成により、鋼板の振動を抑制することが可能であり、表裏の電磁石の組を板幅方向に3組以上設置することで、板幅方向の反りを抑制することが可能である。

3. まとめ

本装置では、ワイピング部における鋼板の振動と反りを、サポートロールを使用せずに非接触で制御することが可能となった。実ラインにおいて、ワイピング部における通板安定を実現し、めっき付着量ムラの発生抑制、ライン速度上昇を達成している。これにより、溶融亜鉛めっき鋼板の生産性・品質向上に大きく貢献している。

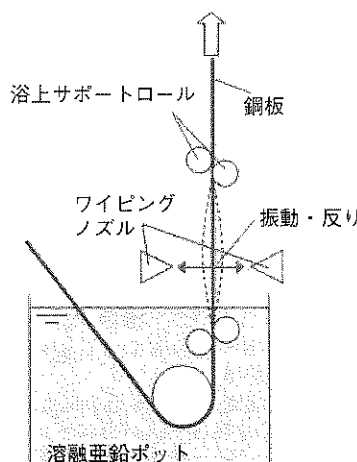


図1 溶融亜鉛ポット周りの設備構成(断面図)

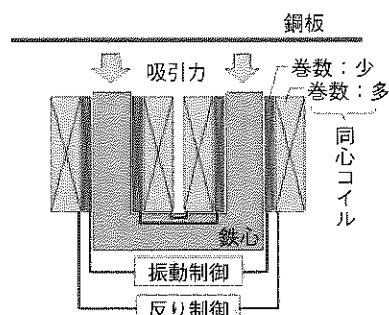


図2 デュアルコイル電磁石の構成(断面図)

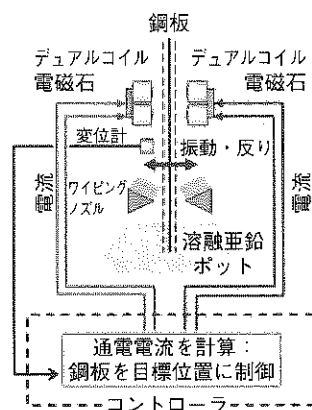


図3 基本制御システムの構成

*1 正員, JFE スチール (株) (〒210-0855 川崎市川崎区南渡田町 1-1)

*2 JFE スチール (株) (〒210-0855 川崎市川崎区南渡田町 1-1)

*3 JFE スチール (株) (〒712-8511 倉敷市川崎通 1 丁目)

(4) 高効率空気吹き IGCC (石炭ガス化複合発電) の開発



橋本貴雄*1
(1951年生)



品田 治*2
(1959年生)



金子祥三*3
(1943年生)



石橋喜孝*4
(1955年生)



浅野哲司*4
(1965年生)

1. 概要

アジアをはじめとする発展途上国の経済成長に伴い、今後、世界のエネルギー需要は増加していくことが予想される。こうしたなか、世界中に広く分布し、埋蔵量が豊富な石炭は、長期にわたり安定的な供給が見込め、価格も比較的安いことから、エネルギーセキュリティを確保していくうえで重要なエネルギー資源となっている。

一方で、石炭火力発電には、最新の天然ガスコンバインド火力発電システムに比べて発電効率が劣ること、他の燃料に比べて燃焼に伴う発電電力量あたりのCO₂排出量が多いことの2つの課題がある。そこで、これらの課題を解決すべく開発を進めているのが、IGCC (Integrated coal Gasification Combined Cycle: 石炭ガス化複合発電) である。

我国では、高い技術的難度から海外では開発が断念された“空気吹きガス化”について小規模実験プラントから段階的に開発に取り組み、実用規模の250MW実証機の開発を完了して世界で初めて空気吹き石炭ガス化IGCCの実用化に成功した。

2. 技術の内容

火力発電の高効率化を図1に示す。最新鋭の超々臨界圧石炭火力(USC)の発電効率が42%(送電端、LHVベース)程度なのに対して、商用規模の空気吹きIGCCでは48~50%の発電効率が可能である。また、将来、燃料電池と組み合わせたIGFCでは発電効率55%以上が期待される。

IGCCのシステム構成を図2に示す。IGCCでは、高温高压のガス化炉で石炭をガス化し、ガス精製設備にて不純物を取り除いた後、ガスタービンにて発電し、同時にガス化炉とガスタービン排熱から蒸気をつくり、蒸気タービンにて発電する。ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせてコンバインドサイクル発電を行うことで、従来型の石炭火力発電より高い発電効率が可能となる。

空気吹きガス化炉では、酸化剤として酸素ではなく空気を使用することにより、所内動力の削減が図れる。これにより、空気吹きIGCCは高い発電効率を達成し、省資源とCO₂削減を実現できる。更に、ガス精製設備で不純物を高レベル除去することで、優れた環境性を有する。

従来、空気吹きガス化炉は、技術的に困難と言われていた。これは、GT安定燃焼に十分な発熱量を確保しようとするとガス化炉での燃焼温度が上がらずに灰の溶融排出に十分な温度が得られず、ガス化炉で灰の溶融に十分な温度を確保するとGT安定燃焼に十分な発熱量を得られないという背反現象があったためである。これを解決するために、独自の2室2段ガス化方式を開発採用し、灰の溶融排出とGTの安定燃焼に必要なガス発熱量の両立が工業的なスケールでも成立することを実証した。

3. まとめ

250MW実証機(図3)により技術開発は完成し、我が国独自技術としての空気吹きIGCCを商用レベルで実現可能なことを実証した。250MW実証機は、2013年4月から常磐共同火力(株)勿来発電所10号機として引き続き商用プラントと

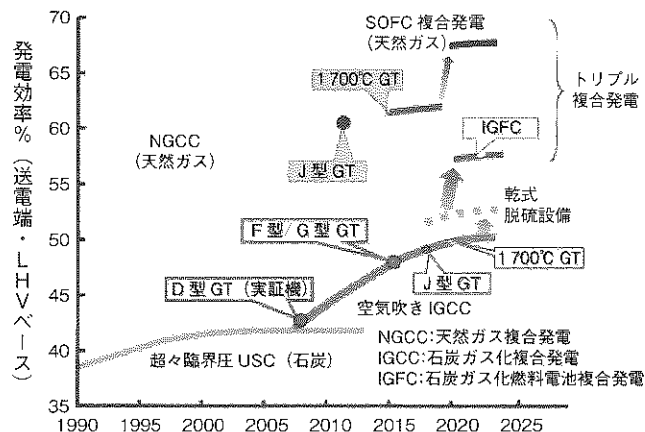


図1 火力発電の高効率化

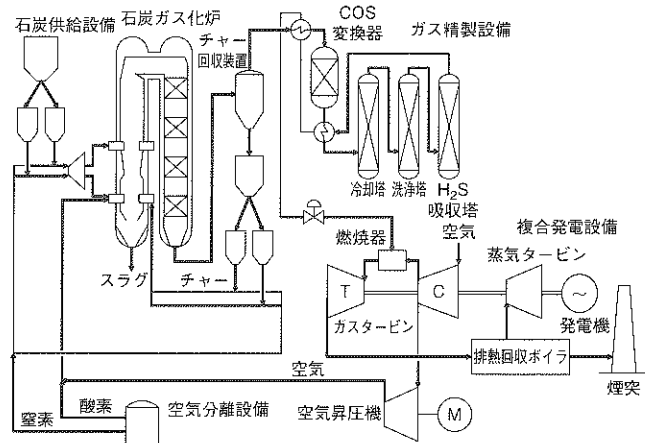


図2 IGCCのシステム構成

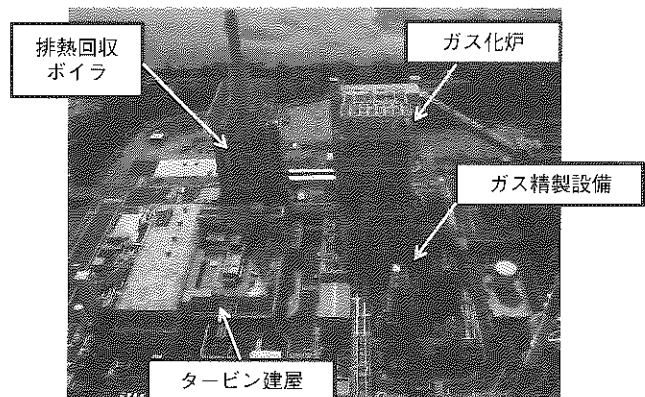


図3 250MW 勿来 IGCC 実証機 (勿来発電所 10号機) 全景

して運転継続されている。次の500MW級IGCC量産機は、高い発電効率と優れた環境性を併せ持つ石炭発電システムとして、エネルギーセキュリティの確保、省資源、低炭素クリーン社会を実現する基幹技術として貢献していくものと考えている。

*1 正員、三菱日立パワーシステムズ(株) (〒220-8401 横浜市西区みなとみらい3-3-1)

*2 正員、三菱日立パワーシステムズ(株) (〒850-8610 長崎市飽の浦町1-1)

*3 フェロー、東京大学 (〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1)

*4 常磐協同火力(株) (〒974-8222 いわき市岩間町川田102-3)

(5) 繊維強化プラスチック歯車形工具による微小モジュール 小形歯車の高精度・高効率・低環境負荷仕上げ加工技術の開発



藤澤孔裕*1
(1951年生)



小森雅晴*2
(1973年生)



大塚 衛*3
(1965年生)



川上 修*3
(1960年生)



美尾竜太郎*3
(1974年生)

1. 概要

近年、小形ギヤードモータ（図1）は、病院やオフィスなどのような静かな環境で、さらに人のすぐ近くに設置される医療機器や事務機器などに使用されてきている。このような分野で使用される小形ギヤードモータには高い強度と静音性が強く求められている。弊社では、この要求に対応するため高強度かつ静音化を実現したVシリーズという商品名の小形ギヤードモータを開発した。しかし、静音化のために必要となる高い歯車精度を従来の歯車加工技術で得ることが非常に困難であり、静音性の高いギヤードモータの実現に向けた課題となった。この課題を解決するため、独創的な発想により開発した繊維強化プラスチック歯車形工具と歯車仕上げ加工装置による高精度な小形歯車仕上げ加工技術を構築した。本技術によって高品位な小形歯車の高効率な量産が可能になり、これを組み込んだ小形ギヤードモータは、業界トップクラスの静音性能を達成した。また、歯車仕上げ加工装置を小形化・低コスト化するとともに近年急務となっている環境負荷の低減、作業環境の快適化を実現した。

2. 技術の内容

小形ギヤードモータの高い静音性を実現するために耳障りな音の原因を追究した結果、歯車の歯面形状精度だけではなく、微細な2次バリやこれまで小形歯車では音への影響が小さいと考えられていた表面粗さなどの歯面性状の向上が必要であることが判った。そのために歯車の仕上げ加工技術が不可欠となった。従来、表面硬化された歯車を仕上げる工具としては、砥粒を結合した砥石があった。しかし、在来砥石では使用可能な砥粒の大きさに下限があり、小形歯車に適用するには工具製作や強度の面で問題があった。この問題を解決するために小形歯車に適した工具材料の研究をした結果、ガラスやアルミナなどの繊維から構成された繊維強化プラスチック（FRP）を工具に用いることを考案し、FRP歯車形工具を開発した。FRPは、ガラス、アルミナなどの強化繊維がエポキシ樹脂で結合された高い強度の複合材料である。また、繊維の硬度が高いために先端が工具切れ刃としての機能を有することから、小形歯車用の工具材料に適していると考えた。ガラス繊維強化プラスチック（GFRP）とアルミナ繊維強化プラスチック（ALFRP）を用いた工具を開発した。図2は、作成したGFRP歯車形工具の例を示す。図3は、GFRP歯車形工具により、小形歯車端部に生じた2次バリの除去加工した例を示す。このように従来の仕上げ加工技術では困難であった2次バリなどを除去することが可能となった。

このFRP歯車形工具を適用した歯車仕上げ加工装置では、被加工歯車とFRP歯車形工具を平行にかみ合わせ、一方の歯車をその軸方向に振動させながら回転させる。被加工歯車と歯車形工具には、回転方向と軸方向の摺動が同時に生じ、これにより、仕上げ加工がなされる。加工装置は自社で開発・製作しており、市販の歯車仕上げ装置と比較して大幅な省スペース化と低コスト化を実現している。

この加工技術は現在、図4に示すように歯車製造ラインに導入されており、製造工程での歯車部品の不良低減や高品位で高効率な量産に貢献している。さらに、在来の砥粒砥石を用いた研削加工では、多量の加工液を必要としたが、FRP歯車形工具を使用した場合は、歯車を1個加工する際に毎分0.2ml（5

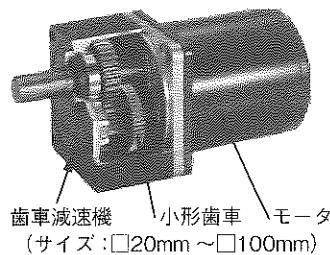


図1 小形ギヤードモータ

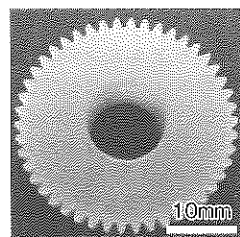


図2 GFRP歯車形工具の例

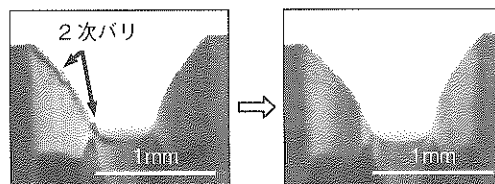


図3 GFRP歯車形工具による小形歯車端部の2次バリ除去加工の例

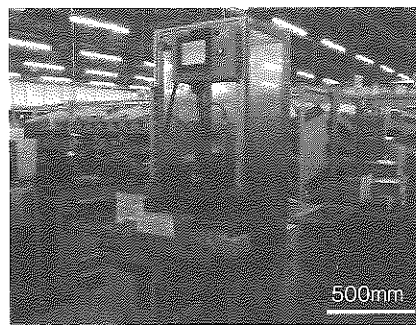


図4 ライン導入されている自社製作小形歯車仕上げ加工装置

～6滴)の加工液でも加工が可能である。このように環境負荷の低減やオイルミストが発生しない作業環境の実現にも貢献している。

3. まとめ

本加工技術を含めた総合的な静音化技術により、測定距離1mで30dB(A)以下という小形ギヤードモータが完成し、BOS (Basis Of Silence) 対応Vシリーズ（現K IIシリーズ）の量産化に成功した。これにより、医療用機器などの分野の要求に対応することができ、国内や海外の病院や医療機関などで使用されている。

高齢化社会の進む今後、自立支援機器などへの適用も視野に入れて、さらなる高強度と静粛性に優れた小形ギヤードモータを開発することで貢献をしていきたい。

*1 正員、オリエンタルモーター（株）（〒300-8550 土浦市菅谷町 1351-4）

*2 正員、京都大学（〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C3 棟）

*3 オリエンタルモーター（株）（〒300-8550 土浦市菅谷町 1351-4）

(6) 尿素レス小中型ディーゼル車用のメンテナンスフリー NO_x, PM 同時低減後処理システムの開発


細谷 満*1
(1957年生)


木村昌裕*1
(1965年生)


平林 浩*1
(1965年生)


小泉 亘*1
(1970年生)


吉田雄一*1
(1977年生)

1. 概要

ディーゼルエンジンは熱効率に優れ、低燃費であるため商用車用のエンジンとして広く利用されている。一方、排出ガス中のNO_x, PM (Particulate Matter: 粒子状物質) の低減が求められている。日本および欧米先進国において大型ディーゼル商用車の後処理装置として尿素SCR (Selective Catalytic Reduction: 選択的触媒還元) + フィルターシステムが実用化されているが、尿素水のインフラ整備は十分ではない。特に小型・中型ディーゼル商用車は都市内、郊外、地方など狭いエリア内での走行が多く、尿素水インフラが整っていない地域では適用が難しい。この問題を解決するために、世界で初めて軽油を還元剤としたHC-SCR反応により、尿素レスでNO_x低減する後処理システムを実用化した。更に触媒には、活性酸素を多く持つセリア (酸化セリウム: CeO₂) により、NO_x, PM の同時低減を実現した。

2. 技術の内容

新開発のNO_x, PM同時低減システムにおける最大の特徴は、尿素水を用いることなく、同一触媒コンバータ上でNO_xとPMの同時低減することにある。本システムでは、排出ガス中のNO_x低減とフィルター上に捕集した煤の再生には軽油を使用するため、定期的な尿素水の供給が一切不要であり、従来の車両と同様に軽油のみの供給で走行可能である。図1に開発したNO_x, PM同時低減後処理システムの構成を示す。排気後処理装置はATC (After Turbo Catalyst: 小型酸化触媒)、燃料添加弁、前段酸化触媒、フィルター、HC-SCR触媒から構成される。触媒を搭載したコンバータにはNO_xの還元剤として軽油を燃料添加弁で供給する。エンジン制御用ECUが触媒コンバータに装着した温度センサー、NO_xセンサーにより触媒の使用環境を精度よく推定し、最適な燃料を添加することによりNO_x低減性能を最大限引き出すように制御している。更に、フィルターの再生時間を短縮させるためには、昇温モード運転時に酸化触媒の温度を急速に昇温する必要がある。そこで、エンジンターボ出口直下に新たにATCを搭載しATCの早期活性化を行い、排気管への燃料添加によるフィルターの再生を併用することでフィルター再生時間の大幅な短縮を実現した。

図2にNO_x, PM同時低減触媒の反応メカニズムを示す。PMの酸化反応では、セリアの活性酸素により煤の酸化開始温度を低温化させ、PM酸化燃焼の促進を図った。更に、NO_x低減反応では、セリアからの活性酸素の供給を行うことで中間体である含酸素化合物の生成を促進しNO_x低減性能向上を図った。

本後処理システムを使用し、都市内走行モード運転時における排出ガス低減効果を図3に示す。本システムは、同一触媒コンバータ上で、NO_x, PM低減だけでなくNMHC (Non-Methane Hydro-Carbon), COの低減についても大幅低減を可能にした。

3. まとめ

NO_x, PM同時低減システムを搭載した車両は尿素SCRシステムを採用した車両に対し、SCR触媒、尿素タンク等が不

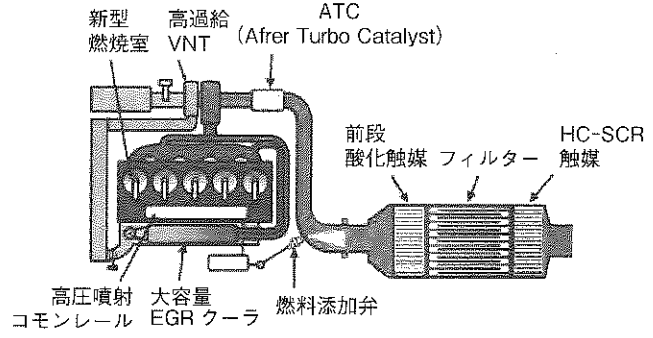


図1 開発した後処理システムの構成

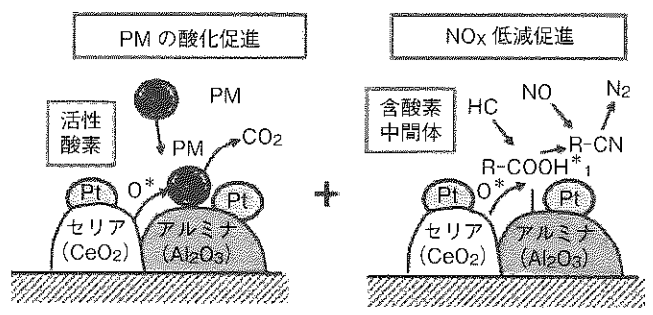


図2 NO_x, PM同時低減触媒の反応メカニズム

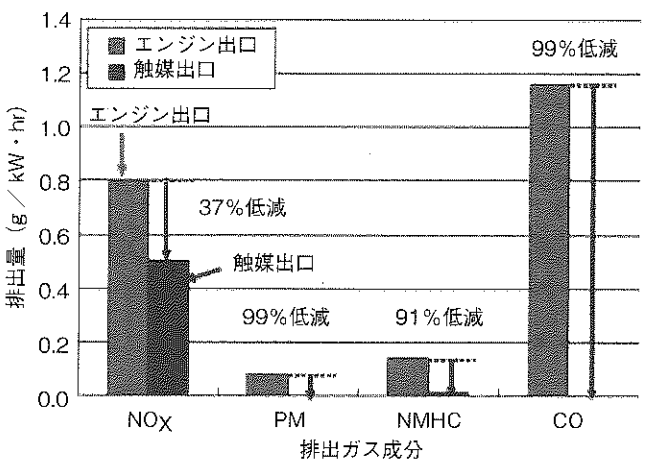


図3 都市内走行モードの排出ガス低減効果

要である。そのため、後処理システムがコンパクトで、架装性、搭載性に優れており、ユーザーからの架装の要望に応えることが可能である。

2010年から国内、中小型車において販売を開始し10.7万台の生産実績を有する。

今回、本後処理システムは日本国内のポスト新長期規制への対応で適用したが、今後、新興国で導入される排出ガス規制に適用可能な後処理技術であり、尿素水のインフラ整備がされていないアジア諸国をはじめ、新興国に展開が期待される。

*1 正員、日野自動車 (株) (〒191-8660 東京都日野市日野台 3-1-1)

(7) 5軸制御工作機械の幾何誤差補正とその精度維持を行う 知能化システムの開発



松下 哲也 *1
 (1972 年生)



沖 忠洋 *2
 (1973 年生)



近藤 康功 *2
 (1983 年生)



奥田 和博 *2
 (1969 年生)



千田 治光 *1
 (1964 年生)

1. 概要

近年、工業製品のダウンサイジングが進む中で部品形状がより複雑化しており、5軸制御工作機械の活用事例が増加し、高い精度が要求されるようになってきている。しかし、5軸加工は、段取や機械構造に起因する誤差の影響を受けやすく、高精度に加工することが難しい。その主な誤差要因の一つとして、軸配置に関する幾何誤差があげられる。5軸制御工作機械には13種類もの幾何誤差が存在する。幾何誤差は、製造時に可能な限り小さくしたとしても、ユーザの工場に設置された際に機械の状態変化によって、わずかに変化する。また、ユーザが機械を使用している間も、環境温度変化（熱変位）によって変化し、さらに、床などの状態変化によって経時変化する。このため、機械が使用される環境において、必要な時に、短時間で、幾何誤差を調整する必要がある。そこで、5軸制御工作機械が自身の幾何誤差を計測・補正して高精度を維持する知能化システムの開発を行った。

2. 技術の内容

本知能化システムの装置構成を図1に示す。本システムは以下の主な技術から構成される。

(1) 幾何誤差の自動計測技術

タッチプローブ（工作物の機内計測に使用されるセンサ）と基準球を用いて、機械自身が幾何誤差を自動計測する技術。回転軸だけでなく直進軸に関する幾何誤差を含めた11種類の幾何誤差の計測を実現した。オペレータは、①テーブルに基準球をセットして、タッチプローブを球のおおよそ真上に位置決めさせ、②数回のキー・ボタン操作を行うだけで、後は自動で計測が実行され、10分程度で完了する（図2）。このため、オペレータのスキルに依存せず、安定した精度で幾何誤差を計測することができる。

(2) 幾何誤差の補正技術

幾何誤差による工作物に対する工具の位置と姿勢の誤差をリアルタイムに補正する技術。自動運転だけでなく手動運転でも補正が適用されるため、オペレータは従来と同じ操作で段取から加工までを行うことができる。

(3) 環境温度変化による工作機械の熱変位を抑制する技術

環境温度の変化による熱変形を単純化する（傾きの生じない収縮・膨張のみにする）機械構造をベースとして、温度センサを用いて熱変位を自律的に補正する技術。一般工場環境下、急激な室温変化、切削液の有無、広い加工範囲など、様々な状況下で高い精度安定性を実現した。

本知能化システムにより、オペレータは簡単なセットアップ作業を行うだけで、機械自身が幾何誤差の影響を低減し、5軸加工において高い空間精度を実現できる。また、環境温度変化による幾何誤差の変化の影響を機械自身が自律的に小さくすることで、長時間高精度を維持できるようになる（図3）。

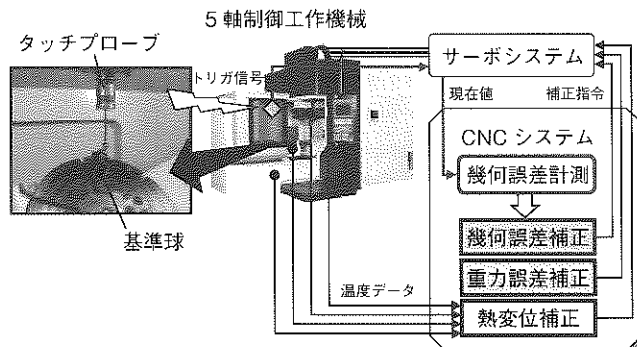


図1 高精度を維持する知能化システムの装置構成

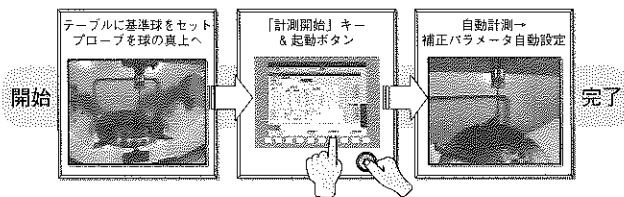


図2 幾何誤差計測の流れ

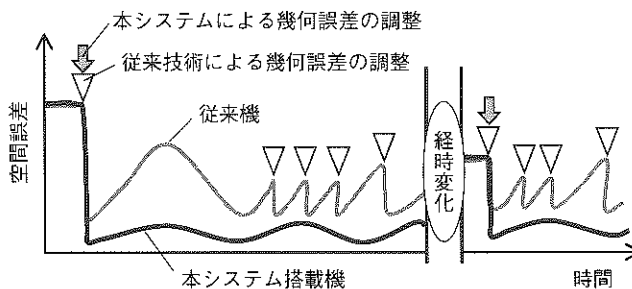


図3 本システムによる精度維持効果（イメージ）

3. まとめ

本知能化システムは2012年4月より販売しており、特に国内において適用機種への搭載率は極めて高く、ユーザの加工精度向上に貢献している。今後、さらに5軸加工精度を向上する新技術の開発を進めていきたい。

*1 正員、オークマ（株）（〒480-0193 愛知県丹羽郡大口町下小口5-25-1）
 *2 オークマ（株）（〒480-0193 愛知県丹羽郡大口町下小口5-25-1）

研究奨励

(1) 細胞レベルから構築する血流マルチスケールシミュレータの開発研究



大森俊宏*
(1983年生)

血液は多数の赤血球が流動する濃厚懸濁液であり、赤血球の存在によって血液は特異な流動・物質輸送を示すことが知られている。「血流によって何処にどの程度物質が輸送されるのか？」を定量的に予測するためには、細胞レベルの赤血球運動からボトムアップ的に連続体レベルの血流計算力学モデルを構築する必要がある。本研究では、細胞膜レベルから赤血球の計算力学モデルの構築を行い、赤血球運動と血液のマクロな物理量(粘性応力テンソル、赤血球自己拡散テンソル)とを結びつけることに成功した。これによって、ミクロな細胞流動からマクロな血液流動までを記述する、新たな血液連続体モデルを構築することが可能となった。

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

研究奨励

(2) 移動性細胞におけるアクチン細胞骨格構造ダイナミクスの力学的制御機構の研究



オケヨ ケネディ・オモンディ*
(1978年生)

細胞運動は、様々なタンパク質分子の複雑な連携機構により実現される興味深い生物学的現象であり、がんの転移、個体発生、傷の治癒等、多くの生理学的過程において中心的役割を果たしている。従って、細胞運動のメカニズム解明は、医工学的な観点から極めて重要な研究課題である。本研究では、細胞運動において主要な駆動機構となるアクチン細胞骨格構造を動的な力学構造体として捉え、その動的挙動を定量的に評価するために、粒子画像流速測定法および蛍光スペックル顕微鏡法を組み合わせ適用した。その結果、アクチン構造内にひずみ等の力学的因子が存在し、同構造の重合・脱重合過程に関与していることを示した。

* 正員、東京大学大学院工学系研究科(〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)

研究奨励

(3) 人間感覚に依存する品質の定量化と製品設計への応用に関する研究



茅原崇徳*
(1983年生)

人間の感覚的要因を含む設計問題の定式化について検討し、人間の主観的な満足感を最大化することが可能な設計手法を確立した。従来の製品設計では、少数の製品サンプルで快適性の相対比較を行うのみであり、効率的に最適解を求めることはできなかった。本研究では、CAE解析や生体信号計測により得られる情報から快適性を定式化し、満足感を最大化する最適解を求める設計手法を確立した。さらに、多目的最適化の考え方を適用して提案手法を拡張し、複数の快適性を総合的に評価して最適解を求める手法を構築した。これらの手法を飲料容器や福祉機器の設計問題に適用し、実際の製品設計に適用可能な有用性の高い手法であることを確認した。

* 正員、首都大学東京システムデザイン学部(〒191-0065 日野市旭が丘6-6)

研究奨励

(4) 力学負荷に対する腱組織機能的適応における組織・細胞機能制御機序の解明についての研究



前田英次郎*
(1978年生)

腱組織が力学負荷の変化に応じて示す機能的適応現象の機序の解明に向け、力学負荷が腱組織・細胞の機能に及ぼす影響について、マルチスケールの研究を行った。腱細胞は引張ひずみの繰返し数およびひずみの振幅によってその機能を調節し、短時間高負荷下では組織分解能を亢進させる一方、長時間低負荷下では組織産生能を向上させることを示した。また、細胞機能制御において重要な役割を果たす細胞間物質(情報)輸送量と力学負荷の定量的な関係を明らかにした。更にマイクロデバイスを用いた研究を行い、組織分解能・産生能のバランスと腱細胞内張力場の定量的な関係を示し、また流れ刺激と引張刺激の複合刺激下での細胞応答を明らかにした。

* 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

(5) 表面改質によるステンレス鋼の水素脆化抑制の研究



高桑 脩*
(1983年生)

次世代エネルギーとして水素が注目され、水素社会構想が提唱されている一方で、水素は金属材料内に容易に侵入し水素脆化を引き起こすことが知られている。安全安心な社会インフラの構築には水素脆化抑制が喫緊の課題である。本研究では、水素が表面から侵入し静水圧応力を駆動力として内部に拡散・凝集して金属材料のき裂進展を助長することに着目し、表面改質により表面層の静水圧応力を変化させてこれを抑止できることを実験的に実証した。また、数値解析を用いてき裂先端での水素凝集解析を行い、圧縮応力がき裂先端への水素凝集を顕著に緩和させることを明らかにし、水素脆化抑制技術の基礎を構築した。

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

研究奨励

(6) 高性能極低温デバイス設計のための高分子系ナノ複合材料システムの強度・機能解明の研究



竹田 智*
(1978年生)

本研究は、極低温デバイスの設計・開発および信頼性・安全性評価を目的に、高分子系ナノ複合材料システムの極低温強度・機能に関する理論的・実験的研究を行い、マクロスケール挙動に及ぼすマイクロ・ナノ構造や損傷の影響を解明したものである。具体的には、カーボンナノチューブ(CNT)分散高分子複合材料の電気伝導に関する理論モデルを提案・応用し、実験結果と比較・検討して、導電率や電気抵抗変化による変形・損傷検知機能を明らかにしている。また、CNT分散高分子複合材料の極低温破壊・変形試験およびマルチスケール数値シミュレーションを行い、極低温挙動に及ぼすCNT・母材界面損傷等の影響解明に成功している。

* 正員、東北大学大学院工学研究科(現)(独)宇宙航空研究開発機構(〒182-8522 調布市深大寺東町7-44-1)

研究奨励

(7) メッシュフリー法を用いた固体/構造解析とその応用に関する研究



田中 智行*
(1979 年生)

メッシュフリー法は、さまざまな物理現象をシミュレートするために新しく提案された数値解析手法であり、近年、流体解析に用いられている粒子法とともにメッシュフリー/粒子法として呼ばれることが多い。この手法は、点や粒子で物体を表現しラグラジアン的な離散化を行うため、大変形、破壊、破砕問題など複雑な物理現象を効率的に解析することが期待され、さまざまな数値解析手法の提案とその応用研究が進んでいる。本研究ではウェーブレットガラーキン法をはじめメッシュフリー法に関する新しい解析手法の開発を行い、破壊力学問題など種々の固体/構造問題への展開を行った。

* 正員、広島大学大学院工学研究院 (〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1)

研究奨励

(10) 木質バイオマスのガス化における燃焼現象およびガス改質過程の研究



中塚 記章*
(1983 年生)

本研究は、有効利用が期待されている未利用の木質バイオマスのエネルギー変換装置の一つである木質バイオマスガス化発電の要素技術を対象としている。木質バイオマスガスを内燃機関で利用する際に問題となるタールの改質手法である部分燃焼改質過程に関して研究を行い、部分燃焼により形成される逆拡散火炎近傍における多環芳香族炭化水素とすすの生成挙動および部分燃焼前後のエネルギー収支・炭素収支を関連付けて考察を行った。また、部分燃焼過程におけるタールからすすへの重合経路の一部を特定することで、多環芳香族炭化水素からの水素引き抜き反応によりタールの分解・重合が開始されると同時に水素が生成することを明らかにした。

* 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

(8) 傾斜機能発泡材料の成形法と力学的特性評価の研究



樋口 理宏*
(1978 年生)

傾斜機能材料は熱応力緩和のために開発された材料であるが、機械的特性の不均質性を積極的に利用することで衝撃吸収材料や制振材料など幅広い応用が期待されている。本研究では、中空微粒子を熱硬化性樹脂に傾斜分散させた傾斜機能発泡材料の成形法を提案した。この成形法は「温度制御により硬化前の樹脂粘度を低下させ、中空微粒子を浮力により傾斜分散させた後、母材樹脂を加熱硬化する」という非常に簡便なものであり、一連の加熱プロセスの中で軽量かつ高強度な傾斜機能発泡材料を得ることが可能となった。さらに、各種材料試験により傾斜機能発泡材料の機械的特性分布は密度と母材樹脂の機械的特性から推定可能であることを明らかにした。

* 正員、金沢大学理工研究域機械工学系 (〒920-1192 金沢市角間町)

研究奨励

(11) マクロ～ミクロの熱流体現象メカニズム解明 (管内流れの乱流遷移からイオン・電子流れ解析に基づく SOFC 電極反応機構解明まで) の研究



西 美奈*
(1979 年生)

円管内の乱流又は層流化 (遷移) 現象は未解決の流体力学基礎問題の一つだが、本研究では円管内空気流に人為的に発生させた乱流構造について管出口で熱線風速流速計を用いて調べた。これより特に低レイノルズ数域で多様な遷移構造をその発達過程も含めて定量評価した。一方次世代型動力エネルギーシステムの一つ、固体酸化物形燃料電池 (SOFC) は電極のガス・イオン・電子の流れ易さが一性能指標となる。マクロな流体科学をミクロな固体イオニクスへと展開する為に、新電極材料候補 $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_3$ の酸化物イオン拡散係数を安定同位体酸素交換法と二次質量分析計で定量解析し実用 SOFC と同等性能を有する事を明らかにした。

* 正員、(独)産業技術総合研究所 (現)慶應義塾大学 (〒223-8522 横浜市港北区日吉 3-14-1)

研究奨励

(9) マイクロ燃焼場における壁面の化学的効果の解明とモデリングの研究



齋木 悠*
(1981 年生)

燃焼器壁面に近接する火炎は、壁の影響によりその安定性が著しく悪化する。本研究では、火炎中のラジカルが壁面に吸着して消滅する化学的消滅効果に焦点を当て、MEMS 技術とレーザー誘起蛍光法 (LIF) を融合した計測法、および素反応に基づく数値解析により、様々な壁面材質の化学的効果を評価した。原子層堆積法などを用いて微小流路上に金属/合金の薄膜を形成し、壁温を精緻に保ちながら壁近傍のラジカル分布を顕微 LIF により測定した結果、高い壁温では材質による化学的効果の相違が顕在化することを初めて定量的に明らかにした。また、数値解析との比較からラジカル吸着速度を見積もり、材質に応じた表面反応モデルを構築した。

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

研究奨励

(12) CO₂ 回収型石炭燃焼における特異的な反応メカニズムの研究



渡部 弘達*
(1981 年生)

CO₂ 回収型石炭燃焼では、空気燃焼とは異なり、N₂ よりも化学反応に積極的に関与する CO₂ 雰囲気下で燃焼反応が進行する。本研究では、CO₂ の反応性に着目して、O₂/CO₂ 雰囲気下における燃焼反応メカニズムの特異性を解明した。O₂/CO₂ 燃焼では、CO₂ の反応性により、多量の OH ラジカルが生成されていることを明らかにし、燃料過濃雰囲気では、OH ラジカルにより揮発分中の炭化水素の分解が促進され、H₂/CO 比が大きく変化することを示した。さらに、OH ラジカルを低 NO_x 燃焼に活用するための条件を明らかにし、O₂/CO₂ 燃焼における NO_x 転換率を空気燃焼よりも大幅に低減することに成功した。

* 正員、東京工業大学大学院理工学研究科 (〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1)

研究奨励

(13) エバネッセント波を用いたナノスケール流動計測法によるマイクロ空間流れに関する研究



嘉副 裕*
(1981年生)

近年の微細加工技術により、数cmの基板上に様々な機能を集積化するマイクロ・ナノ熱流体システムが世界的な研究分野として定着しつつある。マイクロ流体のデバイス工学を確立するためには、比界面積(表面/体積)の増大により微小空間で顕在化する界面近傍の諸現象を明らかにする必要がある。しかし、これらの現象は光の波長以下のナノスケールであるため、測定が困難であった。受賞者は近年の研究において、界面から数100nmのみに染み出すエバネッセント波と呼ばれる近接場光を用いた流動計測法を創成した。界面近傍の電位や流速を時空間で捉えることに成功し、マイクロナイオン挙動によってマイクロ管路内に流動が発生する様子を定量的に明らかにした。

* 正員、東京大学大学院工学系研究科(〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1)

研究奨励

(14) 分子論的統計性に基づくマイクロ・ナノ流動現象の研究



花崎 逸雄*
(1979年生)

管路や流体中に存在する物体の代表寸法が極めて微小になると、流体が離散的で有限な大きさを持つ分子から構成されることに起因して、マクロな連続体描像の延長では予測できない特有の現象が起こる。受賞者は一連の研究を通して、流体が微小な時空間領域で示す流動現象を統計力学的視点から明らかにしてきた。具体的には、カーボンナノチューブ内における水の流れに対し、流速プロファイルに加え水分子間の水素結合の生成崩壊動力学を解析することにより、その流動機構がPoiseuille流よりもプラグ流に近いことを明らかにした。また、流体中に漂う粒子のBrown運動について、軌跡データのみから拡散係数を越える運動の特徴を抽出する方法を開発した。

* 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

(15) 感圧・感温塗料計測の高精度化に関する研究



松田 佑*
(1980年生)

感圧塗料(PSP)、感温塗料(TSP)はそれぞれ機能的色素の酸素消光、熱消光に基づいた計測手法で、模型表面での圧力・温度分布計測が可能である。しかし、色素を励起発光させるためには励起光による励起発光過程が必要である。これに伴う照明ムラや模型表面上での影の影響、機能的分子の光劣化による計測精度の低下が問題であった。受賞者は、有機EL技術を用いた励起光を必要としない、エレクトロルミネッセンスを用いたPSPシステムの開発(有機EL素子のセンサー化)を行った。また、これまでほとんど実施されてこなかったPSP計測における誤差評価を理論的に実施し、適切な校正実験法等を提示する等、感圧・感温塗料計測の高精度化に関する研究を推進している。

* 正員、名古屋大学大学院工学研究科(〒464-8603 名古屋市中区千種区不老町)

研究奨励

(16) 人間支援ロボットのための力覚信号処理技術の研究



辻 俊明*
(1978年生)

機械は力学的に人を支援するものであることから、人との調和を進める上で機械に力覚を持たせる試みが必要不可欠である。そこで本研究では力覚センシングの機能を信号処理により拡張する技術を開発した。まず、カバーの支持部に力覚センサを取り付けるのみの触覚検知技術「ハプティックアーマ」を開発した。ここで触覚とは力覚情報にその作用位置などの情報を付加して得る検知覚を指し、本方式により簡易な機構で力覚を触覚へ拡張することが可能になった。次にその信号処理技術を展開し、触覚に基づくジェスチャー入力や個人認証を実現した。そしてこれらの信号処理技術を実装した人間機械協調系の操作性が向上されることを実験的に示した。

* 正員、埼玉大学工学部(〒338-8570 さいたま市桜区下大久保255)

研究奨励

(17) 時空間画像解析に基づく広範囲かつ高精度な三次元計測の研究



寺林 賢司*
(1979年生)

三次元計測の広範囲化と高精度化の両立を目指し、魚眼レンズカメラを使った計測方法を提案した。一般に、魚眼レンズカメラは、超広角ではあるが撮影画像に特有の大きな歪みがあり、三次元計測に必要な複数画像間の対応点を見つけることの難しさから、高精度な計測が困難である。本研究では、複数の時刻で撮影した魚眼画像をまとめた時空間画像に着目し、魚眼レンズカメラのモデルに基づいた新たな時空間解析法によって、魚眼画像中の大きな歪みや遮蔽に対して頑健で高精度な対応点検出を可能とした。また、球体を使った魚眼レンズの高精度な校正方法の提案により、魚眼レンズカメラを使った広範囲かつ高精度な三次元計測を実現した。

* 正員、静岡大学大学院工学研究科(〒432-8561 浜松市中区城北3-5-1)

研究奨励

(18) 高速ロボットシステムによる柔軟物体の高速マニピュレーションの研究



山川 雄司*
(1982年生)

従来、ロボットによる柔軟物体(紐や布など)の操りは困難とされ、その問題点として、「操り中の柔軟物体の変形」と「その変形の予測が困難」が挙げられる。前者の問題点に対しては、高速動作で柔軟物体を操ることにより、柔軟物体の複雑な変形モデルの簡易化に成功するとともに、柔軟物体の変形を自由に操ることのできる手法を提案した。後者に対しては、高速な応答性を有する視覚センサと触覚センサを用いることにより、予測することなく柔軟物体の状態を認識し、それに応じてロボットを動作させる高速視触覚フィードバック制御手法を提案した。これらの手法を用いて、約0.45秒での高速結び操作、約0.4秒での布の折りたたみ操作等を実現した。

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

研究奨励

(19) 圧電素子を用いた柔軟構造物の振動制御の研究



山田啓介*
(1979年生)

圧電素子を用いた振動制御は1990年代に盛んに研究されたが、実用化はあまり進んでいない。そこで、本研究では残された課題に順に取り組んできた。一例を挙げると、圧電素子を用いた制振システムの等価機械モデルと等価電気モデルを提案した。これにより、機械系・電気系双方の人間にとって制振の原理が理解しやすくなった。また、圧電素子の性能指標である等価剛性比を高精度に測定できる方法も提案した。これらの研究は汎用性が高く、制振だけではなく、エネルギーハーベスティングなどにも利用できる。近年は圧電素子の等価剛性比を増幅する方法や、騒音の低減を目的とした圧電吸音板、圧電制音板の研究も発表している。

* 正員、関西大学システム理工学部 (〒564-8680 吹田市山手町 3-3-35)

研究奨励

(20) アコースティックエミッション技術を利用したトライボロジー現象の診断・評価に関する研究



長谷亜蘭*
(1982年生)

機械摺動部で起こる摩擦・摩耗現象は複雑であると同時にエネルギー損失や材料損失をもたらす。本研究では、材料自身が発する弾性波を計測評価するアコースティックエミッション (AE) 技術を利用して摩擦・摩耗現象との相関関係を実験調査し、インプロセス計測評価の実現を目指した。摩擦界面をその場観察しながら AE 計測を行い摩擦・摩耗の素過程で生じる AE 源を明らかにしたり、意図的に摩耗形態を変化させて AE 信号周波数の特徴を調査するなど巨視的現象から微視的現象に至る摩擦・摩耗実験を体系的に行い、今まで困難とされてきた摩耗量のインプロセス計測や摩耗形態の診断・評価に関するトライボロジー現象と AE 信号の対応関係を明らかにした。

* 正員、埼玉工業大学工学部 (〒369-0293 深谷市普濟寺 1690)

技術奨励

(1) ガスタービン翼における冷却性能の向上技術の開発



安形友希子*
(1978年生)

ガスタービン (GT) 翼の冷却性能は、熱効率向上、燃料消費量削減に直結する重要な技術課題である。GT 動翼の冷却技術で広く採用されている、翼内部の「内部対流冷却」と翼表面の「膜冷却」について、本技術開発では、従来ほとんど考慮されなかったそれらの複合効果に着目した。風洞実験により翼表面での熱流束低減率を評価するとともに、内部流路内の伝熱促進リブの配置が膜冷却性能に及ぼす影響を明らかにした。さらに、数値解析によって、リブ配置、冷却空気により形成される渦構造および膜冷却性能の関係を明らかにした。これらの成果を設計・評価の現場で活用することにより、GT 翼の冷却性能向上や予測技術の高精度化が期待できる。

* 正員、東北電力 (株) (〒985-0901 仙台市宮城野区港 5-2-1)

技術奨励

(3) 快適性や洗浄性に関する生理学評価を活用したヘッドケアロボットの開発



安藤 健*
(1984年生)

近年、洗髪を含むヘッドケアは、清潔さだけでなく快適さを提供する行為として注目されている。しかし、理美容業界、看護介護業界における洗髪業務では、手荒れ・腰痛などによる負担が大きく、十分な機会が提供されていないといえない。そこでヘッドケアを自動で行うロボットの開発を行った。特に、アデノシン3リン酸 (ATP) を用いた清潔さの評価、自律神経系信号を用いた快適さの評価などによる感性の定量化に重点を置いた。これにより、頭部左右のアームで頭部全領域をカバーする5節リンク機構及び頭部への優しい接触を実現する仮想インピーダンス制御を開発し、これらによりロボットを構成することにより、看護師と同程度の清潔さ・快適さを実現することができた。

* 正員、パナソニック (株) (〒571-8502 門真市松葉町 2-7)

技術奨励

(2) 高圧燃料ポンプの摺動部における接触荷重計測法の開発



有富俊亮*
(1981年生)

直噴ガソリンエンジン向け高圧燃料ポンプは、燃料圧力を噴射圧力まで高めて吐出するプランジャ式のポンプである。エンジン性能向上のためには、高い圧力が必要とされ、これに伴って増大する摺動部の負荷に耐える設計を行うことが課題である。本開発では、摺動部の接触荷重をリアルタイムに把握する手法の考案と、実測を行った。配線路を特別に設け、高速で往復動作するプランジャにひずみゲージを複数実装した。得られたひずみデータから接触荷重に起因する曲げ成分を抽出することで、ポンプ動作中の接触荷重を導出した。本技術による精度の高い耐荷重設計により、高圧吐出が可能なポンプを供給でき、エンジンの性能を向上できる。

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

技術奨励

(4) 気液二相流の試験・計測技術の開発



石川温士*
(1981年生)

ボイラーや原子炉プラントなどに多くみられる、気体と液体が同時に流れる気液二相流は、流動条件や流路形状、作動流体の物性などにより、流れの特性や構造が変化することが知られている。機器の性能評価や安全設計の実施にあたっては様々な解析コードが存在するが、それらには実験により求めた係数を含むものが多く、各機器に応じた実験係数を求める必要がある。本開発では、実機における高温高圧場の気液二相流を常温低圧 (0.6MPaabs) 環境で模擬することを特徴とした装置を製作し、ボイド率および気液界面移動速度を計測した。得られた結果を既往の論文と比較検証し、本手法を用いた独自の実験係数取得に成功した。

* 正員、(株)IHI (〒235-8501 横浜市磯子区新中原町 1)

技術奨励

(5) あべのハルカス導入の調光・調色LED照明の開発



石飛憲一*
(1985年生)

近年、オフィス照明においても省エネの要求が高まり、ゾーン制御から個別制御へとよりきめ細かな照明制御を行うことで更なる省エネ化が図られている。照明器具への制御信号にはPWMが広く採用されているが、個別制御のような高度な制御は困難であることから、あべのハルカスに導入したLED照明には、各器具に個別アドレスを持たせ、色情報・調光情報を器具毎に通信できるようにPLC(Programmable Logic Controller)制御を採用した。これにより、時間帯やエリア、執務内容に応じた照明モードを提供可能とした。また、テナント毎の要求の違いに対しても、工事を行わず、アドレス情報の変更だけで対応可能となるようにした。

* 正員、シャープ(株)(〒581-8585 八尾市北亀井町3-1-72)

技術奨励

(6) 状態推定による予測手法を用いたロボットの移動体把持技術の開発



江本周平*
(1983年生)

移動しているワークをロボットが把持するには、ワークの動きに合わせて動作させる必要がある。開発した技術は、拡張カルマンフィルタを用いてカメラの計測結果からワークの運動状態を推定し、移動先を予測する。これにより、計測遅れや動作遅れの多い、一般的なカメラ、計算機、駆動系を使用しても、移動体を把持できる。また、搬送ラインの停止やワーク同士の衝突などで動きが変わりやすい環境でも、適切なタイミングで把持動作できる。同技術により、生産ライン上のワークの把持・組付けなどの作業を、安価で入手性の良い機器で自動化できる可能性がある。また、宇宙空間での作業など高性能な機器を搭載できない分野への応用も期待できる。

* 正員、(株)IHI(〒235-8501 横浜市磯子区新中原町1番地)

技術奨励

(7) 画像形成機器の振動・駆動問題における簡便かつ効率的な連成手法の開発



及川 研*
(1983年生)

画像形成機器(複写機)において、画像形成時の本体振動は画質に影響するため重要な解析対象である。本体振動の解析は駆動系と振動系の単体解析を連成させて行う。画像形成機器の振動系モデルは大規模なので、効率の良い解析にはモード合成法による自由度の削減と部分構造合成法が必須である。しかし、自由度を削減した振動系は駆動系との連成解析が困難という問題があった。本開発における新規連成手法は、駆動系と自由度を削減した振動系とを仮想的な高剛性バネ要素で結合することを特徴とする。この連成手法は自由度を削減した振動系に対しても適用が容易である。高度な連成解析の知識を必要とせず大規模な振動問題の解析が可能になった。

* 正員、(株)リコー(〒224-0035 横浜市都筑区新栄町16-1)

技術奨励

(8) ガソリンHCCIエンジン制御システムの開発



緒方健一郎*
(1978年生)

高効率、低排気燃焼技術としてガソリン圧縮着火(HCCI: Homogeneous charge compression ignition)燃焼が注目されている。しかしながら、HCCI燃焼には燃焼安定性が使用環境の影響を受けやすいという課題があり、これを解決するための燃焼制御が必要であった。そこで本開発は燃焼検知手法とフィードバック制御を開発した。HCCI燃焼検知には、クランク角度センサを用いた回転変動検出とノックセンサを用いたエンジン振動検出を組み合わせ燃焼変動検知と燃焼騒音検知を可能とした。また本検知手法に基づくフィードバック制御を構築し、HCCI燃焼の燃焼安定性向上に成功した。

* 正員、(株)日立製作所(〒319-1292 ひたちなか市堀口832-2)

技術奨励

(9) 建設機械の構造設計技術の開発



北 泰樹*
(1978年生)

資源開発で用いられる鉱山用ダンプトラックでは、高い運搬効率が求められており、車体の軽量化と強度信頼性の確保が重要である。荷台の設計においては、荷台強度に及ぼす積載物の影響が大きいため、積荷走行時の荷台に与えられる負荷を予測し、強度評価する技術の開発が急務である。本技術では、粒状体挙動解析を用いて所定の加速度入力時に荷台壁面に負荷される積荷圧力を推定・定式化し、求めた積荷圧力と実稼働時の加速度波形データを有限要素解析モデルに入力することから、走行中の溶接部の応力波形を予測する技術を開発した。更に、溶接部の強度評価を行うため、止端部及び不溶着部からの破壊を同時に評価可能な破壊設計マップを開発した。

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

技術奨励

(10) 振動周期標準偏差を用いたBWR出力振動検知アルゴリズムの開発



堺 紀夫*
(1979年生)

沸騰水型原子炉では、原子炉出力が振動し不安定となる可能性を想定し、設計で配慮する必要がある。対応策として、海外ではOPRMと呼ばれる出力振動を検知し原子炉を自動停止させるモニタリングシステムの採用が主流である。OPRMでは、計測信号のノイズにより検知遅れや誤検知を起こさないような信頼性の確保が重要である。本開発では、ノイズが検知性能に及ぼす影響を低減するため、計測信号の波形周期の標準偏差を振動の判定基準に用いる新たなアルゴリズムを考案し、シミュレーションで模擬した改良沸騰水型原子炉(ABWR)の原子炉出力振動データに実機ノイズを重ねたものに適用して、有効性を確認した。

* 正員、(株)東芝(〒235-8523 横浜市磯子区新杉田町8)

技術奨励

(11) 鉛フリー銅合金摺動部材の開発



佐藤知広*
(1978年生)

本開発の鉛フリー銅合金摺動部材は、鉛の代替として硫化物が銅合金中に分散されている。本開発部材は銅合金中の硫化物が固体潤滑剤として機能し、鋳造や焼結などの製造プロセスに関わらず、従来の方で製造された鉛青銅合金に匹敵する摺動性能を発揮している。さらに、鉛フリー・鉛代替材料としての開発にとどまらず、摺動部材としての高付加価値化を検討してきた。例えば、塑性加工技術を基にした表面テクスチャリングの適用により、摺動時の初期なじみ改善や摩耗抑制などを実現している。また、本開発部材に含まれる硫化物をモデル化し、分子動力学計算による潤滑機構の解明に取り組んでいる。

* 正員、(株) 栗本鐵工所 (〒559-0021 大阪市住之江区柴谷 2-8-45)

技術奨励

(14) 低融点灰を有する固体燃料の
灰付着性事前予測技術の開発



朴 海洋*
(1979年生)

低融点灰を有する固体燃料の燃焼では、高温雰囲気下で灰が溶融し、内壁に付着することで伝熱阻害を引き起こすことが課題となっている。灰の付着特性について様々な研究がなされてきたが、使用銘柄の多様化やボイラ運転条件の変化に伴い、従来指標だけでは予測できないことが指摘されている。本開発では、微粉炭ボイラシミュレーションにより決定したボイラ内の温度および雰囲気ガス組成、固体燃料中の灰組成を考慮した熱力学平衡計算を実施し、灰の液相割合から灰付着性を予測できる技術を開発した。これにより、低融点灰を有する固体燃料を使用した場合でも、実缶ボイラで灰付着トラブルを回避できる適正な混炭条件を決定することができた。

* 正員、(株) 神戸製鋼所 (〒651-2271 神戸市西区高塚台 1-5-5)

技術奨励

(12) 主蒸気系における流力音響共鳴現象解析手法
および共鳴対策構造の開発



田村明紀*
(1980年生)

主蒸気系で発生する流力音響共鳴現象は、大きな圧力変動を伴い周囲構造物の高サイクル疲労の原因となるため、流力音響共鳴を抑制し、安全性を向上させる対策を講じることが重要である。しかし、解析による評価は計算負荷が膨大なため、従来は試験による経験的な対策が主であった。本研究では実用的な計算時間で定量的に流力音響共鳴現象を評価できる解析手法を開発し、詳細な現象把握を可能とした。本手法を用い、従来研究で不明であった主蒸気止め弁での流力音響共鳴現象の原因を明らかにし、共鳴対策構造を開発した。止め弁での流力音響共鳴発生が懸念される国内火力プラントに本成果を適用し、実機での流力音響共鳴抑制に貢献した。

* 正員、(株) 日立製作所 (〒319-1292 日立市大みか町 7-1-1)

技術奨励

(15) 微視的損傷進展を考慮した高クロム鋼溶接部
Type IV クリープ損傷評価法の開発



深堀拓也*
(1981年生)

発電用経年ボイラーの高温配管溶接部のクリープ余寿命評価法の確立は大きな課題である。最近注目されている高クロム鋼の溶接熱影響部細粒域の Type IV クリープ損傷に関して、これまで低合金鋼について開発されてきた「結晶粒界破壊抵抗分布モデル」に基づく微視的損傷評価法を、組織および結晶粒度が異なる高クロム鋼に適用し、継手板厚内部の損傷の局所化が高クロム鋼のクリープ損傷の特徴であることを示した。また、継手の破壊想定断面の定義を新たに考案し、損傷力学手法で破断寿命が推定できることを示すとともに、局所化されたクリープ損傷域を初期き裂長さともみなした破壊力学手法による寿命予測も可能であることを示した。

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

技術奨励

(13) 超音波振動による摩擦力低下現象を活用した
積層媒体取出し技術の開発



戸谷公紀*
(1980年生)

本件は、帳票等の柔軟媒体が積層された束から一枚ずつ媒体を取出す機構について述べている。このような柔軟媒体の処理機器では、高速かつ多重取りの無い取出し機構を実現するため、媒体間の摩擦力を低減する必要がある。圧縮空気や負圧を用いる従来技術には圧縮機等が必要であり、機器の高価格化、大型化、高騒音化を招く課題があった。そこで、安価、小型、低騒音な超音波振動子を用いた柔軟媒体取出し機構を検討した。媒体と超音波振動子が近接して発生する音響放射圧により空気が媒体を透過し、その静圧軸受効果により媒体が浮上するという摩擦力低減メカニズムを解明し、この知見をもとに通気性の無い媒体に対しても摩擦力低減効果をもつ新しい取出し技術を開発した。

* 正員、(株) 東芝 (〒212-8582 川崎市幸区小向東芝町 1)

技術奨励

(16) 電子機器はんだ接合部の熱疲労寿命解析の
高度化技術の開発



門田朋子*
(1979年生)

安全で安心な社会を実現するためには、電子機器のはんだ接合部に対する熱疲労寿命解析・設計技術の開発が重要な課題となっている。ノート PC や SSD (Solid State Drive) といった電子機器の熱疲労寿命評価・設計法では、き裂発生寿命と進展寿命の両方を考慮した破断寿命解析技術が必要とされている。そこで、き裂進展解析の実用化を進め、はんだ接合部の破断寿命を解析できるレベルまで高度化させるとともに、熱負荷における温度保持時間や波形効果など、より複雑な負荷条件を想定した熱疲労寿命予測手法を構築した。この解析法はプリント基板の熱疲労寿命設計に活用でき、電子機器の機械的信頼性向上に貢献するものである。

* 正員、(株) 東芝 (〒212-8582 川崎市幸区小向東芝町 1)

技術奨励

(17) 適応フィードフォワード制御による
磁気ディスク装置の高機能化技術の開発



藪井将太*
(1984年生)

磁気ディスク装置の大容量化には、磁気ヘッドの位置決め精度の向上が必要であり、特に外乱により発生する位置決め誤差を補償する制御技術の開発が重要課題である。本技術開発では磁気ディスク装置のヘッド位置決め制御系において、周期外乱に対する外乱抑圧制御方式のひとつである適応フィードフォワード制御 (AFC) に対する新しい設計法を考案し、提案した AFC により周期外乱に起因するヘッド位置決め系の位置決め誤差を改善可能であることを実証した。また、AFC の機能を拡張し、周期外乱以外の外乱補償にも適用可能な制御方式を開発した。開発した技術は製品適用されており、磁気ディスク装置の大容量化に貢献した。

* 正員、(株) HGST ジャパン (〒252-0888 藤沢市桐原町1)

技術奨励

(18) 光ピックアップにおける光学部品の回転ずれ
低減構造の開発



山崎達也*
(1983年生)

光ディスク装置では、情報を記録再生するレーザスポットを $1\mu\text{m}$ 以下の精度で位置決めする必要がある。光ディスク装置の主要部品である光ピックアップにおいて、光学部品を筐体に固定する接着剤が温度変化等により膨張・収縮すると、光学部品の位置ずれが生じ、レーザスポットの位置決め精度が低下する課題があった。本開発では、光学部品のホルダの対角部4箇所にスリットを形成することで、接着剤の膨張・収縮によるホルダ変形時の光学部品の位置ずれを緩和する構造を提案した。解析と実験により、接着剤の膨張・収縮時の光学部品の位置ずれを50%以下に低減できることを確認した。

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

技術奨励

(19) 鉄道車両の車内騒音予測技術の開発



吉澤尚志*
(1980年生)

鉄道車両の軽量化と車内騒音低減を両立するため、設計段階での車内騒音予測・低減技術が重要となっている。鉄道車両のような大規模構造物では、車両全体の振動騒音を 200 Hz 以上の高周波数まで有限要素法 (FEM) で解析を行うことは困難であるため、本開発では高周波数領域での解析に適した統計的エネルギー解析 (SEA) と、部分構造の FEM モデルを併用して、車両全体の車内騒音を短時間で計算できる解析技術を構築した。解析精度については、試作車両を用いた床下機器の実稼働試験により、車両全体の振動騒音分布が実測結果と誤差 3 dB 以内で良く一致していることを確認し、本解析技術の妥当性を検証した。

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

教育

(1) 学会を通じたロボット教育活動による社会貢献



琴坂信哉*¹
(1963年生)



佐藤知正*²
(1948年生)

これまで受賞者は、様々な学会活動を通じて、ロボット教育による人材育成活動を行ってきている。ひとつは、教育業績の定量的評価や教育の実現である。日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門共同編集英文誌や日本ロボット学会誌にて、ロボット教育論文特集号を実現している。現在、ロボット教育論文の常時掲載化のための活動を行っている。また、ロボット教育の普及活動の一環として、日本機械学会、日本ロボット学会、計測自動制御学会の学術講演会において、ロボット教育に関するオーガナイズドセッションを企画し、ロボット教育者の交流や情報交換の場を作り上げてきた。なお、ロボット教育に関するシンポジウムの主催、国際ロボット展におけるロボット教育活動等も行っている。さらに、受賞者は、日本ロボット学会にてロボット教育研究専門委員会を立ち上げ、ロボット教育、人材育成活動を通じた学会の社会貢献活動を行ってきた。

また、受賞者の一人は、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門が主催するロボットコンテストのひとつであるロボットグランプリ実行委員、2013年度より実行委員長を務めている。

*¹正員、埼玉大学大学院理工学研究所 (〒338-8570 さいたま市桜区下大久保 255)

*²正員、東京大学フューチャーセンター推進機構 (〒277-0871 柏市若葉 178-4-4)

教育

(2) 展示や講座を通じた学校教育支援および
一般市民への科学技術の普及活動の継続実施



東芝科学館*¹
[代表者] 中山純史*²
(1955年生)

東芝科学館は、東芝創業 85 周年記念事業の一環として、川崎市幸区の小向地区に 1961 年に開館した企業博物館の草分け的存在である。入館無料で一般公開し、個人・団体を問わず見学を受け入れ、展示、小・中学生を対象にした実験教室、成人向けの講座の開催、出張科学教室など様々な活動を通じて 50 年以上にわたり科学技術教育を支援する活動を行ってきた。

館内展示では各時代における最新技術の展示や日本初・世界初となった当社の製品技術の実物展示などを行い、産業文化を広く伝える施設としての側面もある。機械遺産に 2007 年に認定された万年時計のレプリカ、2013 年に「国産化黎明期の家庭用電化機器」として認定された日本初の洗濯機・冷蔵庫・掃除機は動態展示している。

2014 年 1 月 31 日には川崎駅前に移転、東芝未来科学館としてリニューアルオープンし、東芝科学館から続く地域社会との文化交流拠点として、過去・現在・未来にわたり身の回りにある科学技術を体験しながら学べる施設として、展示やイベントを通じた科学技術の振興に努めている。

*¹正員、(現) 東芝未来科学館 (〒212-8585 川崎市幸区堀川町 72-34)

*²東芝科学館 (現) (株) 東芝 東芝未来科学館 (〒212-8585 川崎市幸区堀川町 72-34)

(3) 高校生から大学院生までを対象とした「衛星設計コンテスト」実施と次世代宇宙工学技術者等の育成事業



衛星設計コンテスト実行委員会*1

〔代表者〕林 友直 *2

(1927年生)

「衛星設計コンテスト」は、高校生から大学院生を対象とした教育プログラムで、衛星設計や宇宙ミッションの創造を通じて、将来の宇宙開発を担う人材を育成することを目的とする。1993年の設立以来、20年以上に亘り毎年実施されてきており、現在は日本機械学会、日本航空宇宙学会、電子情報通信学会、日本天文学会、地球電磁気・地球惑星圏学会、宇宙航空研究開発機構、宇宙科学振興会、日本宇宙フォーラムの8団体が共催で運営している。

本コンテストは将来の日本の宇宙開発分野の担い手となる優秀な人材を育てる登龍門としての役割を果たし、これまでに延べ1000名を超える学生に手厚い教育・指導を行ってきた。エントリーした全ての作品に対し、宇宙開発の実践に即した厳しい指摘を示すとともに、学生たちの意欲継続・将来へのステップアップにつながる指導を行うこととしている。さらに、2001年より高校生を対象とした「ジュニアの部」を設立、若年層への宇宙開発への興味を喚起している。その結果、本コンテストを巣立った学生たちの知識や経験がベースとなって継承され、実際の小型衛星の開発や打上げ・運用にまで発展する事例も数多く出てきている。

*1事務局：(一財)日本宇宙フォーラム（〒101-0062 東京都千代田区神田駿河台3-2-1）

*2東京大学名誉教授、宇宙科学研究所名誉所長

1. マイクロチャンネル熱交換器とは

マイクロチャンネル熱交換器とは、マイクロスケールの流路(数十 μm ~数百 μm 程度)を持つ熱交換器である。

一般の熱交換器は流路径が数mm程度であり、流路の長さも数m~数十mある。そのため体積が大きく、重くなり、高効率化が求められている。

高効率化、軽量化を達成する手法の一つにマイクロチャンネルの活用がある。流路径を小さくして高密度化することにより、熱交換面積を増大できる。また、熱交換を行う流体間の距離が近くなり、流体間の温度差を最大限に利用できる。さらに、流路径が小さくなることにより、流体内に発生する温度分布の影響が小さくなり、効率的な熱交換を行うことができる。

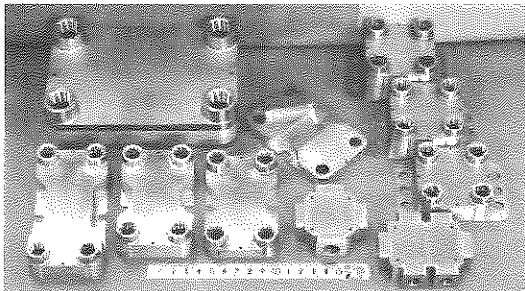


図1 マイクロチャンネル熱交換器

2. 拡散接合とマイクロチャンネル流動現象の解明

マイクロチャンネル熱交換器の製品化のために、2つの研究開発を行ってきた。ひとつは拡散接合技術である。

拡散接合とは、真空または不活性ガス中で接合材料を密着させ、融点以下の温度条件下で加圧・加熱して、原子の拡散を利用して接合する技術である。塑性変形を抑制でき、形状を維持した精密な接合が可能である。

これにより、微細な流路を持つマイクロチャンネル熱交換器を製作できる。

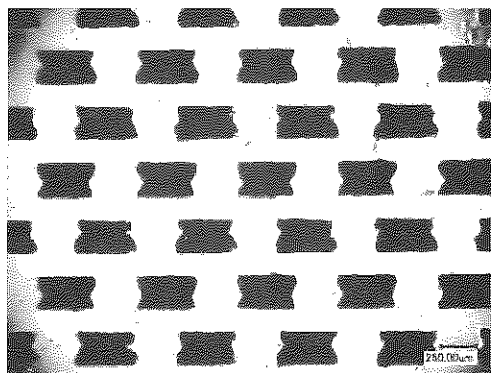


図2 流路断面 (250 μm)

面と面を接合する技術にろう付けがあるが、拡散接合は直接接合であり、ろう材を使用しない。そのため、水を流したときに、異種材料の電池効果による腐食が発生しない。また、数百度の高温でも使用できる。さらに、ろう材が微細な流路を塞ぐこともない。加えて、拡散接合部は母材なみの強さが得られるため、適切な設計を行えば、数十MPa以上でも使用できる熱交換器が製作可能である。

もうひとつはマイクロチャンネルの熱流動現象の解明である。

筑波大学 阿部・金子研究室と共同で、マイクロチャンネル内の熱移動や凝縮挙動について研究を行っている。そこから、マイクロチャンネル熱交換器の流路径、流路長さ、積層数による性能への影響が明らかとなり、適切な設計が行えるようになった。現在も、マイクロチャンネル内での蒸発、凝縮挙動の可視化に取り組んでいる。

これらの技術を組み合わせることにより、小型でありながら優れた性能を有し、さらに高耐圧性、耐腐食性、耐高温性などの特徴を併せ持つ熱交換器を作ることが可能となった。

3. 応用範囲

マイクロチャンネルの優れた特性は、発熱源を冷却するヒートシンクとして用いても、高い性能を示す。そのため、マイクロチャンネル熱交換器で得られた知見を応用し、さまざまな高性能流体デバイスの開発を実施している。

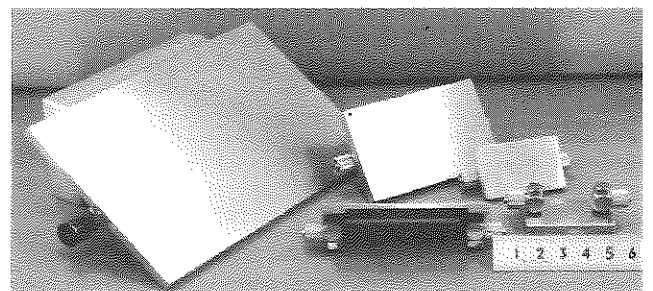


図3 マイクロチャンネルヒートシンク

4. シェア

現在、半導体、自動車、電機、化学の分野で評価が行われており、一部で実機に搭載されている。

すでに数十件の評価も行われており、これらのプロジェクトを起点としてより身近な製品への適用が進むことを期待している。

5. 謝辞

本製品開発に際して、筑波大学 阿部豊教授、金子暁子准教授、学生の皆様にお世話になりましたことを感謝いたします。

また、経済産業省のサポイン事業により、実用化に大きく近づけたことを感謝いたします。

*1 特別員、〒956-0113 新潟市秋葉区矢代田15-1

(2) パワーアシストグローブ

ダイヤ工業株式会社*1

1. 背景

近年、高齢者や障害者の自立した生活を支援する人体装着型パワーアシスト装置の開発が求められている。しかし、現在開発されている人体装着型パワーアシスト装置は、剛体のフレームや金属部品を用いた仕様が多く、大重量、装着が困難といったことから、実用化には「装置」から「衣類のように着用可能」へのウェアラブル化が課題となっている。

当社では、機械を柔軟化するというアプローチではなく、運動器疾患患者の支援具であるサポーターに軽量柔軟なアクチュエータ「空気圧ゴム人工筋」を搭載するというアプローチから、日常生活での使用を想定した軽量かつ目立たない構造で、衣服感覚で着用できるウェアラブルなパワーアシストウェアの開発を行っている。「パワーアシストグローブ (図1)」は、パワーアシストウェアの第一弾として製品化した握力支援用手袋である。

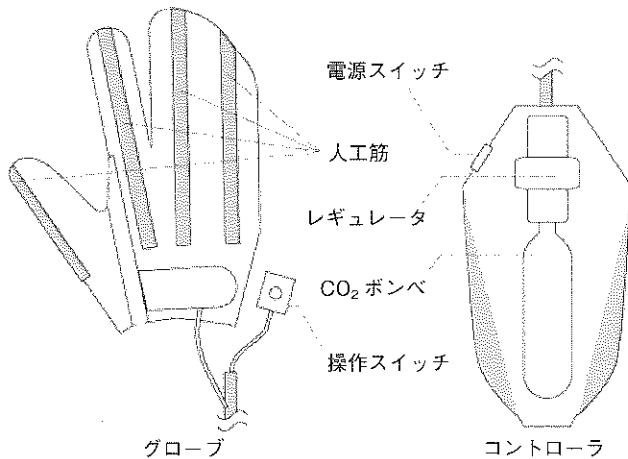


図1 パワーアシストグローブ概略図

2. パワーアシストグローブ

2.1 支援方法

本装置はアクチュエータとして、図2に示すような圧力を供給することで湾曲運動を行う湾曲型空気圧ゴム人工筋を用いており、物体を把持する際に掌面の感覚を妨げないよう、甲側の指の長手方向に配置した。空気圧ゴム人工筋は軽量柔軟で自然な付け心地であり、身体動作の支援力として最適である。

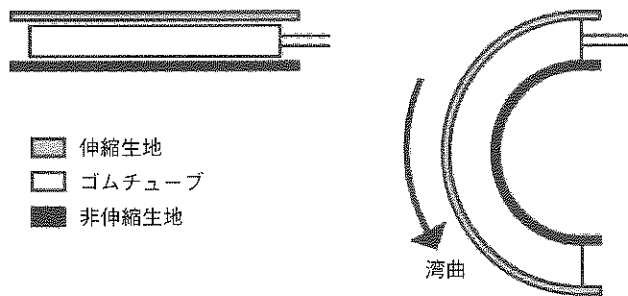


図2 湾曲型空気圧ゴム人工筋 構造 (断面図)

2.2 圧力源

本装置の圧力源には小型液化CO₂ボンベ (写真1) を採用

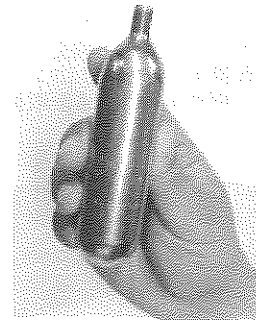


写真1 CO₂ボンベ

した。一定回数使用すると交換が必要だが、コンプレッサやポンプに比べると、小型軽量、無振動、無音、電源不要など、携帯性に優れている面が多い。

2.3 操作方法

本装置の操作には、一度押すと“ON”もう一度押すと“OFF”になるオルタネート型のプッシュスイッチを採用した。圧力源に直結された電磁弁の開閉をこのスイッチで行うことで、人工筋を動作させる。またスイッチは図1に示すように手首周辺に配置し、把持動作直前に肘の動作のみで操作可能である。

2.4 使用方法

本装置は手の甲側に配置した全ての人工筋を同時に加圧し、湾曲させることで写真2、3のように対象物を把持する動作が可能である。脱力状態において300kPa加圧時に500mlのペットボトルを保持し、口元まで運び、飲むことが出来た。

また、グローブから電子部品を簡単に分離することが出来る構造になっており、洗濯 (水洗い) が可能で常に清潔な状態で使用できる。

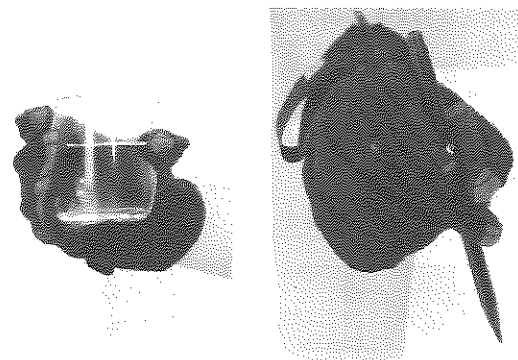


写真2 グラスを持つ

写真3 ペンを持つ

3. 販売実績

2013年までに販売されたパワーアシストグローブは22台である。なお、従来国内外に日常生活での握力補助を目的とした同様の製品はない。

4. まとめ

今後は、支援動作の多様化、支援力の増大、空圧源の小型軽量化、装着者の意思を反映した操作方法等のレベル向上に努めたい。また現在、パワーアシストウェア第二弾として下肢動作の支援装置も開発中である。

*1 特別員、〒701-0204 岡山市南区大福 1253

1. 複列アンギュラローラーリングとは

複列アンギュラローラーリング：RW 形（図1）は、主に工作機械の旋回テーブルに使用される軸受であり、円筒ころを複列に DB 接触構造で配置することで、コンパクトでありながら低トルクで非常に高い剛性を有し、また取扱性も容易な高性能軸受である。

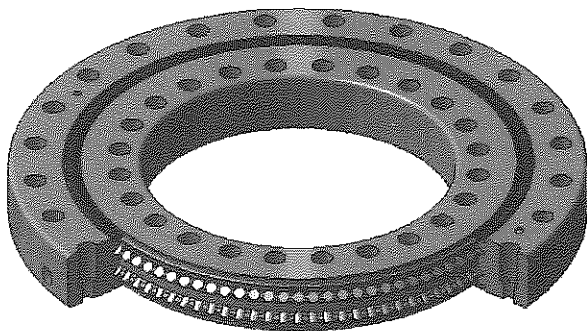


図1 複列アンギュラローラーリング RW 形

2. 開発の背景

従来、工作機械の旋回テーブルや産業用ロボットの関節部にはコンパクトで剛性のあるクロスローラーリングが用いられてきた。クロスローラーリングとは一条の軌道溝に円筒ころを交互に直交配列させた、45度の接触角を持つ軸受である。

近年、工作機械の性能向上に伴い、旋回テーブル用としてより高剛性の軸受の要求が高まってきたが、従来のクロスローラーリングの構造では軸受の大型化や回転トルクの増大などが避けられなかった。

そこでコンパクトでありながらより高い剛性を有し、回転トルクの増大を抑えた複列アンギュラローラーリング：RW 形を開発した。

RW 形と従来型であるクロスローラーリング：RU 形の構造と寸法の比較をそれぞれ図2、表1に示す。

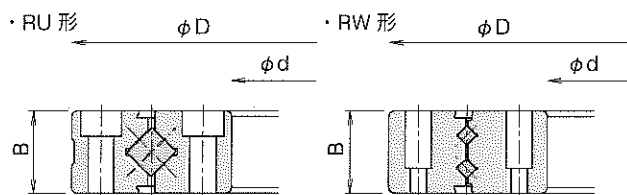


図2 RW 形と RU 形の構造比較

[単位：mm]

呼び形番	内径：d	外径：D	幅：B
RU228	φ 160	φ 295	35
RW228			
RU297	φ 210	φ 380	40
RW297			
RU445	φ 350	φ 540	45
RW445			50

表1 RW 形と RU 形の寸法比較

3. RW 形の構造

RW 形は前述のように転動体に円筒ころを用い、それらを複列に DB 接触構造で配置した軸受であるが、RU 形と異なるのは小径の転動体を用いていることである。その結果、RW 形は RU 形に対して寸法を変更することなく、転動体を複列配置することが可能となった（一部形番を除く）。

また、小径の転動体を複列配置することで RU 形に比べ転動体数が約4倍に増加し、従来に比べて50%以上の剛性向上を達成した（図3）。さらに転動体の小径化は、転動体の”差動滑り”の抑制にも繋がり、滑りによる摩擦抵抗を抑えることで、回転トルクの低減が可能となった。回転トルクの低減は発熱を抑制し、従来より高い回転数での運転も可能となった。

一方で軸受を固定するためのボルト配置についても FEM 解析を用いて見直しを実施し、RW 形の高い精度を安定して発揮させるための構造を採用している。具体的には RU 形に比べてボルトサイズを小さくし、加えて座ぐり穴を深くすることで締結力による内・外輪の変形を抑え、さらにボルト本数を増し締結力を分散させることで変形を円周方向に均一化している。これによりボルト締結前後での回転トルクの変化が抑えられ、安定した性能を発揮することが可能となった。

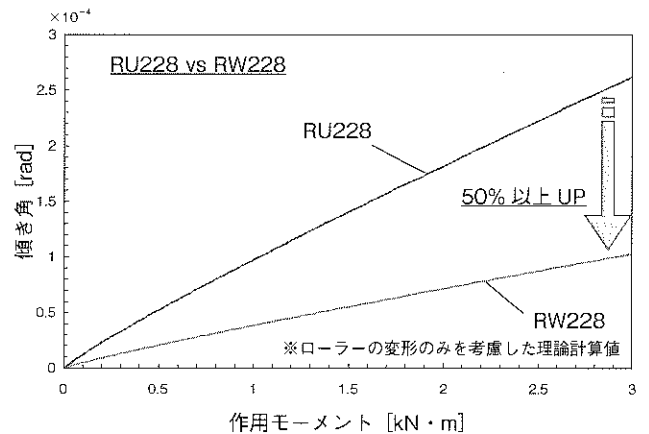


図3 RW 形と RU 形の理論剛性比較

	RU 形	RW 形
#228	M10 用 (12 個所)	M6 用 (24 個所)
#297	M12 用 (16 個所)	M8 用 (24 個所)
#445	M12 用 (24 個所)	M8 用 (32 個所)

表2 RW 形と RU 形の取付穴の比較

4. 販売実績

2014年1月までに国内外で販売されたRW形は累計で15,000個以上である。

5. まとめ

複列アンギュラローラーリング：RW 形は小径転動体の複列配置という構造から、コンパクト・高剛性・低トルクと優れた特性を有する軸受であり、工作機械の旋回テーブル用として数多く使用され、その性能向上に貢献している。

*1 特別員、〒141-8503 東京都品川区西五反田3-11-6