

2015年度(平成27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	歯車を中心とする変速機のモノづくり革新への貢献	鈴木 毅友 [ジャトコ(株)]
2	ウェブハンドリング技術に関する理論の体系化とその応用に関する貢献	橋本 巨 [東海大学]
3	医療福祉ロボットの研究開発と実用化への貢献	藤江 正克 [早稲田大学]

日本機械学会賞(論文 16件)

分野 1: 材料力学, 機械材料, 材料加工, 2: 熱工学, 内燃機関, 動力エネルギーシステム, 3: 流体工学, 流体機械, 4: 機械力学, 計測, 自動制御, ロボティクス, メカトロニクス, 交通・物流, 5: 設計, システム, 製造, 環境工学, 化学機械, システム安全, 6: 計算力学, マイクロ・ナノ工学, 生体工学, 第1部から第5部までの分野に限定されないもの。(配列は分野別代表者の五十音順)

1部	1	Joule heat welding of thin wires to thin films Mechanical Engineering Journal, 1巻3号(2014年06月)	燈明 泰成 藤森 將太	[東北大学] [東北大学]*1
	2	有限要素法による複物強化熱可塑性樹脂のプレス成形解析 日本機械学会論文集, 80巻820号(2014年12月)	西 正人 鈴木 哲志 黒瀬 雅詞 平島 禎 倉敷 哲生	[(株)JSOL] [群馬県立群馬産業技術校] [群馬工業高等専門学校] [(株)JSOL] [大阪大学]
	3	クリギングモデルに基づいた高効率材料探索手法による鉛フリーはんだ用の添加元素選定 日本機械学会論文集, 81巻824号(2015年04月)	野中 紀彦 岩崎 富生 守谷 浩志 谷江 尚史 池田 靖	[(株)日立製作所] [(株)日立製作所] [(株)日立製作所] [(株)日立製作所] [(株)日立製作所]
2部	4	Thermodynamic Behavior of Hydrogen Binary Systems with Critical Curve Divergence and Retrograde Condensation Journal of Thermal Science and Technology, 8巻3号(2013年11月)	迫田 直也 河野 正道 高田 保之	[九州大学] [九州大学] [九州大学]
	5	配管エルボ内における気液二相流動挙動に関する研究(第一報, 垂直管内二相流における動揺力評価) 日本機械学会論文集, 80巻809号(2014年01月)	三輪修一郎 Yang Liu 日引 俊 石井 護 近藤 喜之 森田 英之 谷本 浩一	[米国バドュー大学]*2 [米国バドュー大学]*3 [米国バドュー大学] [三菱重工業(株)] [三菱重工業(株)] [三菱重工業(株)]*4
3部	6	半開放形プロペラファンにおける翼端渦の三次元構造 日本機械学会論文集, 80巻810号(2014年02月)	草野 和也 古川 雅人 山田 和豊	[九州大学]*5 [九州大学] [九州大学]
	7	圧縮機の吐出用リード弁における開き遅れ挙動の計算(弁変形-ガス流れ-油膜流れ連成挙動と開弁メカニズム) 日本機械学会論文集B編, 79巻806号(2013年10月)	吉住 文太 近藤 靖裕 譜井 隆宏 玉野 真司 森西 洋平	[(株)豊田中央研究所] [(株)豊田中央研究所] [(株)豊田自動機機] [名古屋工業大学] [名古屋工業大学]
4部	8	咬合治療支援のためのハイブリッド型三次元顎運動診断システムの開発(個別別ハイブリッド顎骨モデルを利用した上下歯の接触状態の解析) 日本機械学会論文集C編, 79巻807号(2013年11月)	齊藤 極 木村 仁 伊能 敬夫 藤川 泰成 竹内 陽平 横 宏太郎	[東京工業大学]*6 [東京工業大学] [東京工業大学] [昭和大学] [昭和大学] [昭和大学]
	9	高速駆動時にバックドライブ可能な大把持カハンド 日本機械学会論文集C編, 79巻, 802号, (2013年06月)	高山 俊男 千葉 剛樹 小俣 透	[東京工業大学] [元 東京工業大学] [東京工業大学]
	10	等価非ガウス動揺化法を用いた非ガウス不規則動揺系の応答モーメントの解析 日本機械学会論文集, 81巻823号(2015年03月)	土田 崇弘 木村 康治	[東京工業大学] [東京工業大学]
	11	Improvement of Convergence for Adaptive Feed-Forward Cancellation Using Variable Gains in a Head Positioning System of Hard Disk Drives Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, 7巻6号(2013年12月)	藪井 得太 梶原 逸朗 中村 滋男 熱海 武憲	[(株)HGSTジャパン]*7 [北海道大学] [(株)HGSTジャパン] [(株)HGSTジャパン]*8
5部	12	パイプのスプリングバックとダイスにおけるすきまを考慮したパラレルメカニズムによる高精度パイプ曲げ 日本機械学会論文集, 80巻820号(2014年12月)	川澄 翔平 武田 行生 松浦 大輔	[東京工業大学]*9 [東京工業大学] [東京工業大学]
	13	革新的概念に基づく超高効率加工技術の構築(ダイヤランシー・パッド工具と液中加工システムによるSiC基板の効果的加工プロセスの確立) 日本機械学会論文集, 81巻824号(2015年04月)	土肥 俊郎 瀬下 清 山崎 努 大坪 正徳 西澤 秀明 村上 幸 市川 大造 中村 由夫 宮下 忠一 川村 佳秀 高木 正孝 柏田 太志 會田 英雄	[九州大学] [九州大学] [九州大学] [九州大学] [九州大学]*10 [九州大学] [不二越機械工業㈱] [不二越機械工業㈱] [不二越機械工業㈱] [フジボウ炭素㈱] [フジボウ炭素㈱] [フジボウ炭素㈱] [並木精密宝石㈱]
	14	高加速度動作を可能とする工作機械用移動テーブルの開発(回転上に配した対向テーブルの高速度運動性能評価) 日本機械学会論文集, 80巻818号(2014年10月)	森本 喜隆 中垣 勝敬 森山 貴幸 斎藤 博嗣 高杉 敬吾	[金沢工業大学] [高松機械工業㈱]*11 [金沢工業大学]*12 [金沢工業大学] [金沢工業大学]*13
6部	15	A topology optimisation for three-dimensional acoustics with the level set method and the fast multipole boundary element method Mechanical Engineering Journal, 1巻4号(2014年08月)	飯盛 浩司 栗山 公平 原田 慎也 山田 崇泰 高橋 徹 松本 敏郎	[名古屋大学] [名古屋大学]*14 [名古屋大学]*15 [京都大学] [名古屋大学] [名古屋大学]
	16	The Stabilization Effect of Mesenchymal Stem Cells on the Formation of Microvascular Networks in a Microfluidic Device Journal of Biomechanical Science and Engineering, 8巻2号(2013年06月)	山本 興子 谷村 耕平 馬淵 洋 松崎 有未 Seok Chung Roger D. Kann 池田満里子 谷下 一夫 須藤 亮	[慶應義塾大学]*16 [慶應義塾大学]*17 [慶應義塾大学]*18 [慶應義塾大学]*19 [京福大学校] [マサチューセッツ工科大学] [慶應義塾大学] [慶應義塾大学]*20 [慶應義塾大学]

1	近赤外分光法による建材中アスベストの可視化技術の開発	東急建設（株） 東急建設（株） 東急建設（株）	上野 隆雄 中村 聡 柳原 好孝
2	大容量可変速揚水発電システム	（株）東芝 （株）東芝 （株）東芝 東京電力（株） 東京電力（株）	久保 徹 東條 裕宇 森 淳二 塩崎 隆行 渡部 忠彦
3	SOFC—マイクロガスタービンハイブリッドシステムの開発 SOFC: Solid Oxide Fuel Cell	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） 東京ガス（株） 東京ガス（株） 九州大学	小林 由則*21 冨田 和男 徳本 勉 岡本 和久 佐々木 一成
4	量産車用燃料電池システムの開発	トヨタ自動車（株） トヨタ自動車（株） トヨタ自動車（株） トヨタ自動車（株） トヨタ自動車（株）	近藤 政彰 木崎 幹士 水野 誠司 野々部 康宏 鈴木 稔幸
5	路面摩擦の変化に瞬時に対応する走破性能と燃費性能を両立する新型四輪駆動システムの開発	マツダ（株） マツダ（株） マツダ（株） マツダ（株） マツダ（株）	土井 淳一 松田 光伸 八木 康 三戸 英治 丸谷 哲史
6	シリンダヘッド下面の小径フライスによるターンミル加工技術	トヨタ自動車（株）	野村 桂太郎
7	市販ロードカー用高性能自動車ブレーキの開発と量産化	曙ブレーキ工業（株） （株）曙ブレーキ中央技術研究所 曙ブレーキ工業（株） 曙ブレーキ工業（株） 曙ブレーキ工業（株）	谷地 知樹 加藤 正規 王子田 修一 増子 真二郎 戸塚 禎雄
8	建設現場の施工形態を改革する ICT ブルドーザと ICT 油圧ショベルの開発	（株）小松製作所 （株）小松製作所 （株）小松製作所 （株）小松製作所	山本 茂 中川 智裕 下條 隆宏 嶋田 健二郎

日本機械学会奨励賞（研究 19件）

分野 1：材料力学、機械材料、材料加工、2：熱工学、内燃機関、動力エネルギーシステム、3：流体力学、流体機械、4：機械力学、計測、自動制御、ロボティクス、メカトロニクス、交通・物流、5：設計、システム、製造、環境工学、化学機械、システム安全、6：計算力学、マイクロ・ナノ工学、生体工学、第1部から第5部までの分野に限定されないもの（配列は分野別受賞者の五十音順）

1部	1	三相理論を用いた心筋細胞の電気化学・力学連成シミュレーションの研究	波田野明日可〔東京大学〕
	2	炭素繊維強化複合材料の長期耐久性評価に関する研究	細井 厚志〔早稲田大学〕
2部	3	固体高分子形燃料電池電極の構造形成と物質輸送現象の研究	鈴木 崇弘〔大阪大学〕
	4	液中気泡の合体過程における気泡間液膜厚さの高速・高分解能測定の実現	諸隈 崇幸〔横浜国立大学〕
	5	親水・撥水複合面におけるサブミクロンスケール液滴の凝縮メカニズムの研究	山田 寛〔九州大学〕
3部	6	数値流体解析を用いたメガソニック場における気泡挙動の解明とそのナノデバイス洗浄への応用の研究	落合 直哉〔東北大学〕
	7	一様吹出しを用いた空間発達乱流境界層の摩擦抵抗低減に関する数値的・理論的研究	亀谷 幸憲〔東京大学〕
	8	デトネーション駆動型ガス銃を用いた飛翔体の加速性能および飛翔体周りに誘起されるデトネーションに関する研究	前田 慎市〔埼玉大学〕
4部	9	柔軟マルチボディダイナミクスにおける弾性体の低次元化・要素数縮約手法の研究	安藝 雅彦〔名古屋大学〕*22
	10	振動法による薄板の張力分布同定技術の研究	在原 広敏〔(株)神戸製鋼所〕
	11	単一浮遊細胞操作・計測のためのロボット統合型マイクロ流体チップの研究	伊藤啓太郎〔名古屋大学〕
	12	時空間動的システムの最適フィードバック制御系設計の研究	橋本 智昭〔大阪工業大学〕
	13	EEG信号を用いたウェアラブルロボットの制御の研究	林 喜章〔佐賀大学〕
5部	14	知的超精密マイクロ・ナノ計測の研究	伊東 聡〔東北大学〕
6部	15	オイラー型定式化による力学連成解析手法の開発と生体流動現象のメカニズム解明に関する研究	伊井 仁志〔大阪大学〕
	16	細胞力学実験と計算力学解析による細胞の内部構造を考慮した力学モデルの構築の研究	氏原 嘉洋〔川崎医科大学〕
	17	力学環境の変化に対する骨の機能的適応メカニズムの研究	亀尾 佳貴〔京都大学〕
	18	微生物と機械を融合した自律マイクロシステムの研究	永井 萌土〔豊橋技術科学大学〕
	19	血流中における細胞や薬剤の移動現象の数値シミュレーションの研究	ニックス ステファニー〔秋田県立大学〕

日本機械学会奨励賞（技術 20件）

（配列は受賞者の五十音順）

1	電磁ポンプ不安定性現象解明のための三次元電磁流体解析コードの開発	浅田 隆利〔(株)東芝〕
2	タービン発電機固定子コイルエンドの振動解析技術の開発	伊賀 良彦〔(株)日立製作所〕
3	デュアルコイル電磁石による鋼板の非接触搬送を実現する制御技術の開発	石垣 雄亮〔JFEスチール(株)〕
4	多目的最適化を用いた生産ラインにおける磁気ディスク装置制御パラメータの自動調整技術の開発	石原 義之〔(株)東芝〕
5	電動多自由度腹腔鏡における対象物を視野に捕らえ続けるロックオン機能の開発	井上慎太郎〔オリンパス(株)〕
6	摩擦付与制御による電動パワーステアリングの操舵感向上技術の開発	大野 智史〔(株)本田技術研究所〕
7	ゼロパワー制御を用いた磁気軸受の開発	上條 芳武〔(株)東芝〕
8	部分負荷効率向上を実現するターボ冷凍機用多段遠心圧縮機の開発	川口 大輔〔(株)日立製作所〕
9	ペローズ排気管の動的応力予測技術の開発	川下 道宏〔(株)日立製作所〕
10	ガソリン直噴インジェクタの過渡挙動解析シミュレータの開発	草壁 亮〔(株)日立製作所〕
11	緊急時のドライバ回避操作分析に基づく操舵アシスト制御の開発	高橋 英輝〔マツダ(株)〕
12	人間の知覚特性解明による感性に合ったステアリングホイールの反力設計手法の開発	竹村 和祐〔マツダ(株)〕
13	蒸気タービン用高性能軸流型低圧排気室の開発	野口 太郎〔(株)東芝〕
14	シミュレーションによる通勤電車内の温熱環境再現技術の開発	林 伸明〔東日本旅客鉄道(株)〕
15	高熱効率燃焼を実現した1.2L直噴過給ダウンサイジングガソリンエンジンの開発	原田 慎治〔トヨタ自動車(株)〕
16	編成鉄道車両の運動解析技術の開発	千鶴 正隆〔(株)日立製作所〕
17	エネルギーの釣合いに基づくボイラ構造物の振動変位予測式の開発	樋吉 佑一〔三菱日立パワーシステムズ(株)〕
18	高効率ガスタービン向けタービン静翼の開発	水上 聡〔三菱重工業(株)〕
19	界面密着性シミュレーション技術の開発	宮崎 真理子〔(株)日立製作所〕
20	ブロープリソグラフィの描画安定性とスループットを向上させるための耐摩擦ブローブ技術の開発	幸 永芳〔(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	ロボット分野の教育図書出版	川崎 晴久〔岐阜大学〕
2	社会人技術者教育としてのイブニングセミナー	グループ名 イブニングセミナーを支える会（技術と社会部門） 代表者 小西 義昭〔KOPPEL小西技術士ラボ〕

2015年度（平成27年度）日本機械学会優秀製品賞 受賞候補（4件）

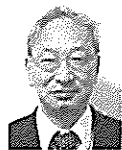
（配列は会社名の五十音順）

	製品名	受賞社名
1	リニアモータ駆動型フル・アクティブ制振装置	（株）IHI インフラシステム
2	高耐圧ガラス球	岡本硝子（株）
3	CNT-3000EA/CNT-6000EN 型 非常用ガスタービン発電装置	新潟原動機（株）
4	ユニット型クーラントポンプ ボルテックス（VORTEX）-E シリーズ	日本オイルポンプ（株）

*1（現）住友化学（株）、*2（現）北海道大学、*3（現）米国ヴァージニア工科大学、*4（現）MHIソリューションテクノロジーズ（株）、*5（現）（株）日立製作所、*6（現）ファナック（株）、*7（現）三菱スペース・ソフトウェア（株）、*8（現）千葉工業大学、*9（現）日立建機（株）、*10（現）（株）東芝、*11（現）YKK（株）、*12（現）花王（株）、*13（現）金沢大学、*14（現）トヨタ車体（株）、*15（現）旭川医科大学、*16（現）（株）日立製作所、*17（現）（一財）材料科学技術振興財団、*18（現）東京医科歯科大学、*19（現）島根大学、*20（現）早稲田大学、*21（現）東京大学、*22（現）日本大学

技術功績

(1) 歯車を中心とする変速機のモノづくり革新への貢献



鈴木 義友*
(1953 年生)

自動車用変速機には、いつの時代でも小型・軽量・高効率で、低騒音・低振動な機能が求められている。自動車用変速機には、1980年代の後輪駆動車から前輪駆動車への変革に伴い、変速機から発生するギャノイズが課題となり、その低減要求が厳しくなった。この要求に応えるため、ギャノイズの発生メカニズムに基づく独自の歯車伝達誤差解析法を提案し、業界で初めてギャノイズを全数計測できる技術を開発、実用化した。また、この高精度な歯車を量産化するため、歯車のモノづくりの原点すなわち材料、熱処理、加工に遡り、歯車の仕上げ工法となる歯車研削工法や内歯車型のホーニング仕上げ工法、熱処理歪バラツキを低減するガス浸炭法など、新技術を実用化することにより、大幅なギャノイズ低減を達成することに貢献した。1990年代には、高出力化と小型軽量化との両立のため、材料、ショットピーニング技術と仕上げ加工技術を組み合わせた高強度・高精度歯車の量産技術の実現に貢献した。2000年代には、当時顕在化しつつあった歯面の経時劣化に対し、新しい材料、表面処理技術の開発とその量産適用から大幅な長寿命化に貢献した。

これら自動車変速機用高精度・高強度な歯車のモノづくりの革新につながる種々の技術は、現在では業界で広く用いられているものであり、同氏の歯車技術革新への貢献は極めて大きい。この歯車のモノづくりに関する技術功績に対して、2013年度日本機械学会機軸潤滑設計部門功績賞を受賞した。

自動車用自動変速機は、従来の遊星歯車による有段変速機に加え、動力性能と燃費性能との両立の図れる摩擦伝動による無段変速機も現れてきた。後輪駆動用無段変速機は、1999年に世界初のダブルキャピティ方式無段変速機として実用化された。この無段変速機においても、変速機用歯車のモノづくり革新にて得られた材料、熱処理、加工技術などの高強度技術を、キーとなる転動体のモノづくりの革新につなげ、世界初の実用化に大きく寄与した。前輪駆動用無段変速機方式のベルト式変速機の開発では、動力伝達部のキーとなるベルトとプーリ間の伝達効率向上のため摩擦係数を高めると、摩擦などの耐久信頼性との両立が困難であった。この課題解決においても、性能と耐久性の両立が表面粗さの管理でできることを見出し、量産加工法の開発を行ない、実用化に大きく貢献した。

以上、歯車を中心とする変速機のモノづくりの革新に大きく貢献してきた。

* 正員、ジャトコ(株) (〒417-0023 富士市吉原宝町 1-1)

技術功績

(2) ウェブハンドリング技術に関する理論の体系化とその応用に関する貢献



橋本 巨*
(1951 年生)

紙、布、フィルム、金属薄膜などの柔軟媒体(ウェブと称する)は我々の日常生活において必要不可欠なものであるが、その生産方式は主として経験に基づいて発展したものであり、これまで学術的なバックグラウンドは極めて脆弱であった。受賞者は、産業界からの強い要望を受けて、ウェブハンドリング技術に関連の深い物理現象の解明や生産現場で発生するトラブルの予測や予防に関する理論的研究に世界に先駆けて30年近く前から積極的に取り組んできた。

ウェブハンドリングシステムにおいては、ウェブの搬送に伴ってウェブとローラ間に形成されるマイクロメートルレベルの厚みの空気膜の潤滑作用により搬送時のウェブの蛇行、スリップやスクラッチ、しわ、巻き取りの巻きずれ、巻き締め、すじ状の永久変形(ゲージバンド)が生じ易く、巨額の経済的損失を生み出す主要因となっている。

そこで、ウェブの搬送時及び巻き取り時にウェブとローラあるいはウェブ

隙間に巻き込まれる薄い空気膜の状態をソフトEHL理論に基づいて予想し、この結果に基づいて摩擦係数の予測式や巻き取りローラ内部の応力状態の解析が可能となる計算モデルを提示した。これによって従来不明であったスリップや巻きずれ、スクラッチなどの発生限界を高精度に予測・防止できるようになり、生産性の向上に大きく貢献した。

このようにして体系化されたウェブハンドリング理論は、産学連携の下で、高機能光学フィルムの製造工程、世界最高性能の新聞輪転機・抄紙機械の開発、リチウム二次電池や燃料電池車用セルスタック等の生産に応用あるいは応用されつつあり、工業上極めて有意義である。

体系化された理論は英文を含む3冊の単行本、60編の学術論文、16件の特許として公表されており、多くの製造現場で活用されている。

* フェロー、東海大学(〒259-1292 平塚市北金目 4-1-1)

技術功績

(3) 医療福祉ロボットの研究開発と実用化への貢献



藤江 正克*
(1945 年生)

候補者藤江正克氏は、医療福祉ロボットの研究開発、概念構築、システム開発、評価などを、30年以上、継続的に行い、その発展に大きく寄与した。

医療ロボットの分野において、バイオニクス的な研究「脳手術を対象としたマスタースレイブ型ロボットシステム(HUMAN/NeuRobot)に関する研究」を行った。繊細な脳組織に対する超精密な作業を実現する手術支援ロボットであり、実際の人を対象とした臨床試験を、世界で始めて実現した。また、福祉ロボットの分野においては、歩行リハビリテーションロボット、外出支援ロボットなどに関する研究開発を実施した。特に、歩行リハビリテーションロボットにおいては、実際に人を対象として、長期間の臨床試験を行った点が評価されている。これらの研究開発や評価手法は、その後の医療福祉ロボットの研究開発の方向性を定める非常に重要な功績である。

また、早稲田大学においての主な研究成果は、生体(人間)の物理的な特性の測定、モデル化することである。医療福祉ロボットの研究開発の迅速化や社会への還元において重要な技術である。機械工学の世界の捉え方(材料力学、機械力学、熱力学、流体力学)により、人間の物理特性を把握する研究であり、工業材料とは大きく異なる生体材料の知見が多く得られている。これらの業績は、多数の引用をなされるなど(1500件以上)、世界的に高く評価されている。またこれらの知見を活かした実用化研究を企業と共同で実施している(針刺し焼灼支援ロボットなど)。

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)]の1988年の創設に寄与し、IROS1990においては大会長を務めた。その後の継続的な活躍により、機械工学を中心として、日本のロボティクス・メカトロニクス研究の国際化を促進し、その地位向上に貢献してきた。

* 名誉員、早稲田大学(〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-159 号館 309号)

(1) Joule heat welding of thin wires to thin films



燈明 泰成*¹
(1975 年生)



藤森 將太*²
(1988 年生)

本論文は、ジュール熱を用いて金属極細線と金属薄膜とを溶接することにはじめて成功すると共に、その溶接条件を定量的に記述することに成功したものである。

金属マイクロ/ナノ細線を活用して材料システムを構築し、新たな機能を創出するためには、当該微細材料に対する様々な加工技術の拡充が不可欠である。中でも溶接の必要性は高く、電子ビームやレーザービームを用いる手法など、研究が進められている。著者はこれまでに、細線の先端同士の接触部に一定直流電流を付与して生じるジュール熱により、当該接触部で溶融とそれに続く凝固が連続して生じることを見出し、この現象を利用して細線同士を安定的に溶接する手法を実現している。また、細線接触部の溶融現象と、線形破壊力学におけるき裂進展現象との類似性より見出したパラメータを用いて溶接条件を記述することに成功している。これによりこれまで細線の先端同士、あるいは細線の先端と側面とをジュール熱を用いて高精度に溶接することを可能にできたが、より高度な材料システムの構築のためには、例えば細線と基板との溶接など、溶接対象の次元の拡張が不可欠であった。

本論文では、金属極細線と金属薄膜とのジュール熱溶接をはじめて実現したものである。また当該溶接条件が薄膜に依存せず、細線のみで決定される臨界膜厚を解析的に算出すると共に、その解の妥当性を実験により実証したものである。具体的には、金属極細線と金属薄膜との接触部近傍の熱伝導問題を取り扱い、電流付与下において接触部が融点に達した際でも薄膜表面の温度が不変となる臨界膜厚を理論的に算出した上で、この臨界膜厚以上の薄膜と細線との溶接条件は薄膜に依存せず、細線の幾何学的寸法と物性値のみで決まることを見出した。さらに直径 $0.8\mu\text{m}$ の白金細線と白金薄膜とのジュール熱溶接を走査型電子顕微鏡内で実施し、当該細線と異なる膜厚の薄膜との溶接に成功すると共に、薄膜の厚さが $2\mu\text{m}$ 以上の場合には溶接条件が膜厚に因らないことを確認した。この膜厚は解析的に算出した臨界膜厚と同程度であり、これにより細線と基板との溶接条件を臨界膜厚で場合分けして定量的に記述することが可能となった。以上の成果はジュール熱を活用した微細材料の溶接手法の適用範囲を「線と線」の次元から、「線と面」の次元へと拡張したものであり、当該溶接手法の汎用性を大いに向上した成果である。

* 掲載：Mechanical Engineering Journal, 1-3, (2014-6), SMM0010.

*¹ 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森 6-6-01）

*² 東北大学大学院工学研究科（現）住友化学（株）

(2) 有限要素法による織物強化熱可塑性樹脂のプレス成形解析



西 正人*¹
(1977 年生)



鏑木 哲志*²
(1975 年生)



黒瀬 雅詞*³
(1967 年生)



平島 禎*⁴
(1959 年生)



倉敷 哲生*⁵
(1971 年生)

炭素繊維強化樹脂材料（CFRP）は比強度および比剛性に優れることから、航空機分野ではその適用拡大により大幅な機体の軽量化が実現されている。排出ガス規制が強化され、車両の軽量化による燃費向上が求められる自動車分野においても金属に代わる材料として、その適用拡大が期待されている。自動車分野では量産成形技術の課題から CFRP の適用範囲は一部の高級車にとどまっていたが、近年では 10 分以内で成形可能な RTM 工法も開発され、成形時間が大幅に短縮されている。しかし量産車に要求される成形サイクルは 1 分以内であり、量産車へ本格的に適用されるためには、更なる成形時間の短縮が必要になる。そこで、より成形時間を短縮できる工法として、熱可塑性樹脂を含ませた炭素繊維（CFRTP）シートを加熱してプレス成形する工法が注目されている。

一般に CFRTP のプレス成形では、前工程においてプリプレグを所定の方向に積層し、熱間プレスにて樹脂を含ませ積層 CFRTP シートを作成する。その後、成形温度まで加熱した CFRTP シートを金型にてプレス成形し、冷却した後に製品を取り出す。これを金型を加熱せず常温の金型を用いてプレス成形すると、1 分以内での成形が可能になる。この工法は大量生産に適した非常に魅力的な工法であるが、成形時の制御パラメータが多く、その挙動解析のためのシミュレーション手法の確立が求められていた。

本論文では、成形時間 1 分以内が実現可能な工法として注目される常温の金型を用いるプレス成形工法を対象とし、面内および面外の温度依存性を考慮した非線形性かつ異方性を有する CFRTP シートの特性を表現するモデルを提案した。また、実験結果と比較することで提案モデルにおけるプレス成形時の変形挙動を評価し、良好な結果を得た。本提案モデルを用いたプレス成形解析は、成形条件の探索を介して CFRTP シートのプレス成形に関するプロセス設計方法を確立し、大量生産に資する CFRTP の適用を支援可能にするものである。

* 掲載：日本機械学会論文集, 80-820, (2014-12), SMM0354.

*¹ 正員，(株) JSOL エンジニアリングビジネス事業部（〒104-0053 東京都中央区晴海 2-5-24）

*² 正員，群馬産業技術センター（〒379-2147 前橋市危里町 884-1）

*³ 正員，群馬工業高等専門学校（〒371-8530 前橋市鳥羽町 580）

*⁴ 正員，(株) JSOL エンジニアリングビジネス事業部（〒550-0001 大阪府西區土佐堀 2-2-4）

*⁵ 正員，大阪大学大学院工学研究科（〒565-0871 吹田市山田丘 2-1）

(3) クリギングモデルに基づいた高効率材料探索手法による鉛フリーはんだ用の添加元素選定



野中紀彦*1
(1969年生)



岩崎富生*2
(1964年生)



守谷浩志*1
(1968年生)



谷江尚史*1
(1971年生)



池田靖*3
(1973年生)

近年、地球環境保護や健康・安全の観点から、環境負荷の大きい材料は製品に使用されなくなってきた。このため、電子機器などに使用されるはんだ材料にも、鉛を含まない鉛フリーはんだが普及しつつあるが、この鉛フリーはんだは破断伸びが小さいことが課題となっていた。そこで、はんだの主構成材料であるスズの破断伸びを大きくする上で有効で、かつ環境や人体に影響の小さい添加元素を探索する研究が行われている。このような元素を探索する場合、従来は、候補となる膨大な組合せの添加元素を次々に実験で評価していたために、最適な添加元素が見つからないまま時間が経過してしまう場合が多かった。そこで、米国の政策 Materials Genome Initiativeにも主要技術として取り上げられているマテリアルズ・インフォマティクスでは、シミュレーションと応答曲面法を活用した材料探索がおこなわれているが、材料特性を設計変数の多次元関数として表す段階で、材料の組合せを総当たり的に（網羅的に）変えてシミュレーションデータをとることが多い。そのため、シミュレーションやデータ分析に非常に多くの時間を費やすことが多くなり、高効率化が課題となっている。

このような課題を先取りし、本研究では、材料物性の最適な添加元素の選定を目的として、応答曲面法の一つであるクリギングモデルと直交表を組み合わせ高効率な探索手法を開発した。この手法では、直交表によって決定されるわずか9組の添加元素に対して分子動力学計算を実行し、その結果から目的とする材料特性を、原子半径や凝集エネルギーなどの特徴量を設計変数とする関数として表すことで、設計変数の最適値に対応する最適な添加元素を決定する。この手法を用いて鉛フリーはんだの破断伸びを向上させる添加元素を探索した。その結果、(1) 原子半径がスズの値に近く、(2) 凝集エネルギーがスズよりも小さい元素を添加することが有効であることを見出した。これにより、これらの条件 (1)、(2) を満たす元素として、ビスマス、銀、インジウムの添加が有効であることを明らかにした。また、決定した添加物を用いた分子動力学計算による検証と試作鉛フリーはんだによる引張試験の結果により、これらの添加元素を含むスズの破断伸びが、純スズに比べて向上することが実証できた。

(4) Thermodynamic Behavior of Hydrogen Binary Systems with Critical Curve Divergence and Retrograde Condensation



迫田直也*1
(1978年生)



河野正道*1
(1970年生)



高田保之*2
(1956年生)

次世代のエネルギーキャリアとして注目されている水素において、その製造をはじめ、輸送や貯蔵といった過程では、例えば、既存の天然ガスパイプラインを利用した水素の輸送や、あるいは水素ステーションから燃料電池自動車に高圧水素を急速充填する際のプレクールに伴う不純物の露点の管理など、水素純物質はもとより、水素を含む混合流体の正確な熱物性が超臨界域に及ぶ幅広い温度、圧力で今後重要になってくると考えられる。2成分系の混合流体では、組成に依存した臨界点をつなげることで臨界曲線が描かれ、多くの場合、その臨界曲線は、横軸に温度、縦軸に圧力をとった P - T 線図上において、両成分の臨界点を結ぶ連続した滑らかな曲線となる。このような2成分系の熱物性は純物質に近い挙動を示し、Type I に分類される。しかし2成分系の混合流体は、実際には P - T 線図上における臨界曲線の形状から6つのタイプが存在し、混合される純物質の臨界点（臨界温度、圧力、密度）の違いに応じて、気液液3相平衡の出現や、臨界曲線が不連続になるなど超臨界域まで含めた挙動は非常に複雑である。水素が炭化水素や二酸化炭素と混合状態にあるとき、その2成分系の臨界曲線は P - T 線図上において、炭化水素や二酸化炭素の臨界点から出発した後、水素の臨界点には収束せず、高圧域へと発散する。このような2成分系は Type III として分類され、その熱物性は純物質とは全く異なり、状態変化の推算が非常に困難であって、密度をはじめとした物性は十分に解明されていない。本論文では簡易な3次型の Peng-Robinson (PR) 状態方程式を用いて、水素とメタン、エタン、プロパン、二酸化炭素の2成分系に対する分子間相互作用パラメータを、炭化水素および二酸化炭素の臨界温度を用いて一般化するとともに、不連続な臨界曲線に対しても対応状態原理の概念を適用して、これら2成分系の既存の臨界点実測値（温度-圧力-組成）のみからこのパラメータを決定した。本状態方程式は、臨界点のみならず、相関に用いていない相平衡実測値に対しても良好な再現性を得た。また、この状態方程式を用いて、逆行凝縮といった特異な相平衡挙動を体積変化の観点から解明した。

* 掲載：Journal of Thermal Science and Technology, 8-3 (2013-11), 603 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 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)

* 掲載：日本機械学会論文集, 81-824, (2015-4), 15-00018.

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

*2 フェロー、(株)日立製作所 研究開発グループ (〒319-1292 日立市大みか町 7-1-1)

*3 (株)日立製作所 研究開発グループ (〒244-0817 横浜市戸塚区吉田町 292)

(5) 配管エルボー内における気液二相流励振力に関する研究(第一報, 垂直管内二相流における励振力評価)



三輪修一郎*1
(1982年生)



Yang LIU*2
(1978年生)



日引 俊*3
(1963年生)



石井 護*3
(1942年生)



近藤喜之*4
(1972年生)



森田英之*4
(1974年生)



谷本浩一*5
(1957年生)

混相流は異なる物性を持つ流体が共存する流れであり、幅広い工業分野や自然環境においてよく見られる現象である。特に、空気と水の混在や、沸騰凝縮を伴うことにより形成される気液二相流は、動力プラントや、熱交換機器、化石燃料輸送系等といったエネルギー・化学システム系統における主要過程であり、これらの機器を安全に設計し、運転する上でもその現象特性の理解は極めて重要となる。気液二相流は、各相の変動や流量比に伴い様々な流動様式(気泡流、スラグ流、チャーン流、環状流、噴霧流等)をとると共に非定常な挙動をもたらすことで知られている。このような流動場変動特性により、配管系において周期的な励振力が生じ、振動問題が発生する。気液二相流と構造系の干渉により生じる流体構造関連問題の解明は、工学設計やプラント機器安全性の観点からも大変重要な課題である。しかしながら、その現象の複雑さ故、機器設計には限定的な実験データに基づく相関式ベースの指針に頼らざるをえない状況であった。

本研究では、工業プラント系において頻繁に使用され、配管振動励起原因の一つでもある配管エルボーに着目し、90度のステンレス製曲がり配管を有する試験部において管内非定常気液二相流実験を行い、インピーダンスセンサーを用いたボイド率変動測定を含む最先端の二相流計測と、励振力変動値や加速度計測を伴う振動解析手法を融合させた新規的励振力データベースを、気液二相全流動様式において構築した。また、気液両相の質量・運動量・エネルギー保存則を連立させて解く「二流体モデル」を基に、励振力変動予測モデルを構築した。更に、流動様式変化に伴う計算上の不連続性を解決するため、気泡挙動に基づく界面濃度式を含めた機構論的モデルを導出し、急な流動様式変化にも対応可能である新規的な励振力予測モデルを構築した。本研究において構築されたモデルは、熱流体システムにおいて見られる流体構造関連問題への解決に寄与するものと期待される。

- * 掲載：日本機械学会論文集，80-809，(2014-1)，FE0005。
- *1 正員，米國パデュー大学工学部(現)北海道大学工学研究院工学院(〒060-8628 札幌市北区北13西8)
- *2 米國パデュー大学工学部(現)米國ヴァージニア工科大学(Virginia Tech, 100 Randolph Hall, Blacksburg, VA 24061 USA)
- *3 正員，米國パデュー大学工学部(Purdue University, 400 Central Dr., West Lafayette, IN 47907 USA)
- *4 正員，三菱重工業(株)技術統括本部(〒676-8686 高砂市荒井町新浜2-1-1)
- *5 三菱重工業(株)(現)MHIソリューションテクノロジーズ(株)高砂支社

(6) 半開放形プロペラファンにおける翼端渦の三次元構造



草野和也*1
(1987年生)



古川雅人*2
(1958年生)



山田和豊*3
(1975年生)

プロペラファンは換気用に単体で使用されるだけでなく、空調機や電子機器などに組み込まれて送風および冷却の用途に広く使用される流体機械である。省エネルギー化の観点から、その空力性能の向上が求められるとともに、近年では空力騒音の低減の要求が高まっている。このようなプロペラファンでは、設置スペースの制約から、動翼のまわりには軸方向長さの短いシュラウドのみが装着され、翼前縁および翼先端の一部が上流に開放される半開放形の形態となる場合が多い。半開放形プロペラファンの流れ場は、翼全体がケーシングで完全に覆われた軸流ファンとは異なり、外部流れと内部流れが混在し複雑な三次元性を呈する。これまでの研究により、動翼先端から巻き上がる翼端渦が半開放形プロペラファンの空力性能および空力騒音に重要な影響を及ぼすことが知られている。しかしながら、翼端渦の流れの性質については十分な理解が得られておらず、その制御技術は確立されていない。

本研究では、エアコン室外機用の半開放形プロペラファンに対して、大規模なDES(Detached Eddy Simulation)解析を実施した。さらに、その計算結果から渦同定法に基づく知的可視化を駆使して、翼端渦の軌跡、そのまわりの速度および圧力の分布、渦核の循環量などをはじめ明らかにした。その結果、翼端渦の三次元構造について以下の知見が得られた。

シュラウドに覆われていない開放領域では、翼端渦は主流に沿って移流する。一方、シュラウド面下では、翼端渦とシュラウド面との干渉の結果、翼端渦の軌跡は周方向(隣接翼の方向)に転向する。この周方向への転向は動翼下流の半径外向き流れに支配されていることを示した。このことは、シュラウドの形状や取付け位置などによって動翼下流の半径外向き流れを抑制することで、ファン性能を向上できる可能性があることを示唆している。さらに、翼端渦の急速な成長に伴う流れ方向の大きな順圧力勾配に起因して、渦中心に最大速度をもつジェットタイプの渦軸方向速度分布が形成されることを示した。したがって、翼端渦が軸方向を向いていれば、翼端渦によるブロック効果小さくなり、翼先端部での流量低下を抑制することができる。

本研究で得られた知見は、半開放形プロペラファンの空力性能および空力騒音に重要な影響を及ぼす翼端渦の制御技術の開発に大きく貢献できるものと期待される。

- * 掲載：日本機械学会論文集，80-810，(2014-2)，FE0024。
- *1 正員，九州大学(現)(株)日立製作所 研究開発グループ(〒312-0034 ひたちなか市堀口832-2)
- *2 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)
- *3 正員，九州大学大学院 工学研究院(〒819-0395 福岡市西区元岡744)

(7) 圧縮機の吐出用リード弁における開き遅れ挙動の計算 (弁変形-ガス流れ-油膜流れ連成挙動と開弁メカニズム)



吉住文太*1
(1972年生)



近藤靖裕*1
(1965年生)



諸井隆宏*2
(1967年生)



玉野真司*3
(1975年生)



森西洋平*4
(1962年生)

近年、自動車の空調機用圧縮機においては、車両燃費向上の観点から更なる効率向上が望まれており、損失低減が重要な課題となっている。圧縮機の損失は、圧縮時に高温となる冷媒ガスの熱損失と摺動部の摩擦損失とに大別され、いずれもボア内の冷媒ガス圧力が吐出圧力より高くなる圧縮状態（過圧縮）によって増長される。圧縮機の吐出機構として多用されているリード弁では、弁の開き遅れが過度な過圧縮を引き起こす場合がある。このため、開き遅れを適切に抑制することが損失低減のための第一要件となる。

開き遅れは、主としてリード（弁体）と弁座の狭いすき間に形成される冷凍機油の油膜のスライズ作用（ここでは、負のスライズ作用）により生じる。油膜と開き遅れ挙動の関係に関して、これまでに、キャビテーションを含む油膜挙動を開弁（油膜破壊）まで可視化した例や、梁モデルによりリード変形を調べた計算例などが報告されている。しかし、油膜挙動とリード全体の弾性変形の連成挙動を予測し、それらの関係（開き遅れのメカニズム）を説明した例は見あたらなかった。

本論文では、まず、リード弾性変形-冷媒ガス流れ-油膜流れ連成計算モデルにおいて、油膜内のキャビテーション気泡の成長を直接模擬するモデルを導入することで、絶対負圧域まで含めた油膜圧力の予測を可能とした。この連成計算モデルにより、これまで実験とが比較例がなかった「接触面積と開き遅れ時間の関係」、および「リード変形と油膜挙動（キャビテーション気泡の成長・消滅、油膜破壊）」について計算で再現することが可能となった。

次に、油膜圧力、キャビテーション気泡諸量（ボイド率、油膜体積の時間変化率に占める液/気泡の割合）、およびリード変形を基に、開き遅れのメカニズムを考察した。その結果、①油膜厚さの増加を契機として負圧から圧力が回復することで油膜破壊が生じ、キャビテーションが油膜厚さの増加を促進すること、②溝を設けて接触面積を減らした弁座を用いると、油膜厚さの増加が促進され早期に油膜破壊に至ることを明らかにした。

本計算手法を用いれば、開き遅れ過程におけるリード変形、油膜流れ、および油膜内キャビテーションの相互の依存関係を理解できる。また、本手法を設計に適用することで、過圧縮の原因である「開き遅れ」と「冷媒吐出時の流動抵抗」を同時に高次元で抑制する弁諸元を導出できる。

* 掲載：日本機械学会論文集 B 編, 79-806, (2013.10), 2003 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, (株) 豊田自動織機 (〒474-0035 大府市江端町 3-217)
*3 正員, 名古屋工業大学大学院工学研究科 (〒466-8555 名古屋市長和区御器所町)
*4 フェロー, 名古屋工業大学大学院工学研究科 (〒466-8555 名古屋市長和区御器所町)

(8) 咬合治療支援のためのハイブリッド型三次元顎運動診断システムの開発 (個別別ハイブリッド顎骨モデルを利用した上下歯の接触状態の解析)



齋藤 極*1
(1984年生)



木村 仁*2
(1972年生)



伊能 教夫*3
(1953年生)



藤川 泰成*4
(1979年生)



竹内 陽平*4
(1981年生)



横 宏太郎*4
(1958年生)

上下歯列の噛み合わせ状態や、食物咀嚼時の歯の軌道に関する定量的なデータは近年増加傾向にある顎関節症患者の診断をはじめ、多岐に渡る歯科分野の診査、診断、治療において非常に重要である。しかし、歯列は皮膚に覆われているため、その位置や運動軌道を直接計測することは容易ではない。これまでいくつかの歯列運動測定手法が提案されてはいるものの、噛み合わせ状態を観察できるほどの測定精度はなかった。本研究では、測定精度の向上のためになるべく離れた位置に取り付けた3点の標識点を持つ、樹脂性の非常に軽量なフェイスボウと言う装置を上下歯列に接着して取り付けることにより、患者の上下歯列の相対位置および運動軌道を正確に測定する手法を提案している。その際に歯列とフェイスボウの相対位置は歯科用コーンビーム X 線 CT 装置より取得する。ただし、この歯科用 X 線 CT 装置の解像度では、歯列先端の細かい形状まで再現することができないため、歯の噛み合わせに関する測定精度が十分とは言えない。そこで本研究では、正確な形状を有する石膏歯型を高解像度の工業用 X 線 CT 装置で撮影し、精細な上下歯列形状データを得た。この精細な上下歯列形状を歯科用 CT データから得た顎骨モデルにマッチングさせることで、高精度な歯列形状を有する個別別ハイブリッド顎骨モデルを作成した。このハイブリッド顎骨モデルを軌道解析に利用することで、歯列の噛み合わせの測定精度の向上を図った。また、提案システムでは歯列の運動軌跡は2つのカメラを利用した三次元運動解析によって取得する。この解析についても、適切なカメラ配置と撮影フレームレートの検証を行った。これらの手法および改良によって、提案する顎運動診断システムは歯の接触状態を評価可能な 0.1mm の運動測定精度を実現した。このシステムでは、顎骨を含めてモデル内の任意の三次元上の点の運動を追跡できるので、注目する歯の軌跡、速度、対応する歯との噛み合わせ状態など、様々なデータを得ることが可能である。また、本システムによって、人間が食べ物を咀嚼する際の歯列の三次元運動軌跡の測定を初めて実現した。これにより、以前から歯科分野で指摘されていた歯のガイド機能の証左となる歯の軌跡のデータが得られた他、咀嚼時の噛み潰し運動と臼磨運動の差の定量的評価などが可能となった。このような情報は、今後歯科分野の診断および治療において大変有用なものと考えられる。

* 掲載：日本機械学会論文集 C 編, 79-807, (2013-11), 4121 ページ。
*1 正員, 東京工業大学大学院 (現) ファナック (株)
*2 正員, 東京工業大学大学院
*3 フェロー, 東京工業大学大学院 (〒152-8550 東京都目黒区大岡山 2-12-1)
*4 正員, 昭和大学 歯学部

(9) 高速駆動時にバックドライブ可能な大把持力
ハンド



高山俊男*1
(1974年生)



千葉剛樹*2
(1984年生)



小俣透*3
(1959年生)

ロボットハンドの指関節は、把持対象物に指が接触するまではトルクは要求されないが高速に動くことが求められ、把持後は速度は要求されないが高トルクが求められる。さらに近年ロボットは人間社会に進出し、協調作業や衝突時の安全性のために、平時には高いコンプライアンス性が要求される。このような動作を減速比の固定されたモータで行なおうとすると、低減速比の高出力モータが必要となるため、高トルク駆動時に大電流が必要となりエネルギー消費が大きくなる。そのため変速機の使用が有効となるが、ロボットハンドに搭載可能な小型の変速機は実用化されていない。そこで本論文では、高速低トルク駆動用低減速比モータと低速高トルク駆動用高減速比モータの二つの小型モータを用い、高速低トルク駆動時には後者が駆動系から切り離されて前者だけで関節を駆動し、低速高トルク駆動時には後者が駆動系に接続される把持力増大機構を備えたロボットハンドを開発した。低速高トルク駆動系を出力軸に接続するために、高減速比モータによりラックギヤを押し出し、関節を駆動するピニオンギヤにかみ合わせる機構を用いた。開発した2指4自由度ロボットハンドは、指付根関節から指先端までの長さ98mm、質量1.2kgで指先関節1123deg/s、指付根関節758deg/sで高速駆動をし、把持力増大時には120Nの指先力を出すことが可能であった。また、通常のラックギヤをこのように使用すると、接続時にピニオンギヤとラックギヤの歯先がちょうど接触する角度にピニオンギヤが位置した場合、接触力がピニオンギヤの回転軸の方向を向いてしまうためにピニオンギヤが回転できず、ラックギヤをそれ以上押し込むことができなくなってしまう。そこで本論文では、ラックギヤに回転軸を設け、歯先が当たった場合にラックギヤが傾いて動作不良を回避するラックギヤ傾斜機構を提案した。一方、回転軸を適正な位置に設けなければ、ギヤがかみ合った後に歯面で発生した力によりラックギヤが傾いて、力を伝達できなくなる。そこで刃先が接触した場合に発生する力のベクトルと歯面で発生する力のベクトルの関係から、ラックギヤに設ける回転軸の適切な位置を求める設計手法を示した。

* 掲載：日本機械学会論文集C編，79-802，(2013-6)，1893ページ。
*1 正員，東京工業大学大学院総合理工学研究科（〒226-8502 横浜市緑区長津山町4259）
*2 元 東京工業大学
*3 フェロー，東京工業大学大学院総合理工学研究科

(10) 等価非ガウス励振化法を用いた非ガウス不規則励振系の応答モーメントの解析



土田崇弘*1
(1988年生)



木村康治*2
(1952年生)

機械・構造物は地震動や風、波浪といった不規則に変動する励振を受ける。このような不規則励振系の応答・信頼性解析を行うための確率論的手法がこれまで数多く提案されており、それらの研究では多くの場合、励振はガウス確率過程としてモデル化されてきた。しかし、実際の不規則励振の中には、顕著な非ガウス性を示すものも存在し、例として、浅海波、走行車両の垂直加速度、低階層構造物に作用する風圧などが挙げられる。これらの非ガウス性励振は、分布の裾が重く、実現値として大きい値をとる確率がガウス性励振と比べて非常に高いものが多い。大きい実現値の発生確率の上昇は、その励振を受ける系の動的挙動や信頼性に大きく影響することが予想されるため、励振の非ガウス性を適切に考慮した解析が重要である。

励振が非ガウス性を有するとき、一般に系の応答もまた非ガウス性を示す。その非ガウス応答特性を把握するために、分布の非対称性と裾の重さの指標となる重度と尖度の情報がしばしば活用されている。しかし、非ガウス性励振は非常に多様で、一般的な取扱いが難しいため、これまでに提案された重度・尖度の解析手法は、対象とする特定の非ガウス性励振の場合のみに適用可能で、多様な非ガウス分布特性をもつ励振に対して広く用いることは困難であった。

本論文では、様々な分布にしたがう非ガウス性不規則励振を受ける系の4次までの応答モーメントを求めるために、等価非ガウス励振化法を提案した。非ガウス性励振は確率密度関数とパワースペクトルの2つの情報によって規定される。励振と系の支配方程式から導出される応答のモーメント方程式は一般に閉じないため、提案手法では、閉じたモーメント方程式を得るために、励振の確率微分方程式の拡散係数を近似的に2次多項式で表される等価拡散係数で置き換える。計算例として、様々な尖度の分布を表現可能な一般化ガウス分布を有する非ガウス性励振を受ける線形系に手法を適用した。そして、応答分散が厳密に得られること、また、応答尖度についても、広範な励振尖度・帯域幅の場合で、精度良く得られることを示した。

本手法では、励振の非ガウス分布の違いに依らず、いずれの場合も同じ簡便な解析手順を通して、正確に4次までの応答モーメントが得られるため、工学分野に見られる種々の非ガウス励振系の応答・信頼性解析に応用可能であることが期待される。

* 掲載：日本機械学会論文集，81-823，(2015-3)，14-00410。
*1 正員，東京工業大学大学院情報理工学研究科（〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1）
*2 フェロー，東京工業大学大学院情報理工学研究科

(11) Improvement of Convergence for Adaptive Feed-Forward Cancellation Using Variable Gains in a Head Positioning System of Hard Disk Drives



藪井将太*1
(1984年生)



梶原逸朗*2
(1964年生)



中村滋男*3
(1960年生)



熱海武憲*4
(1974年生)

本論文は、磁気ディスク装置 (HDD) のデータ転送速度を向上させることが可能な新しいヘッド位置決め制御方式について報告している。膨大な情報を記録可能な HDD は情報社会を支えるための重要な工業製品である。今後、クラウドサービス等の発展と共に、ネットワークを介して膨大なデータを記録する必要があるため、HDD への需要は一層高まる見通しである。ネットワークを介した HDD へのアクセスを高速に処理するためには、HDD のデータ転送速度を向上する必要があり、そのためにはヘッドの移動時間の短縮が重要である。

本論文で提案した制御方式は、代表的な適応制御方式である Adaptive Feed-Forward Cancellation において、ヘッド位置に応じて特性を最適化する可変ゲインを導入することで、回転同期振動と流体起因振動を即座に補償することを可能とするものである。回転同期振動と流体起因振動は、ヘッド位置に依存して特性が変化する特徴があるため、ヘッド移動中にヘッド位置誤差信号が増大し、目標位置到着後の位置誤差信号の整定時間が長くなるという課題があった。ヘッドの移動時間は目標位置到着後の位置誤差信号が整定するまでの時間であるため、整定時間の短縮が重要となるが、提案手法を用いることで、ヘッド移動中の位置決め精度が向上し、その整定時間を短縮することができる。論文中のケーススタディでは、目標位置到達直後の位置誤差信号のピーク値を約 75% 低減し、その結果、ヘッドの移動開始から整定するまでの時間が半減できている。また、提案手法によるヘッド移動時間の短縮は、ヘッドの移動時に必要なエネルギーを従来の方式から増やすことなく実現できている。このことは、提案手法が、日本機械学会の「情報記憶装置に関する学術ロードマップ」において今後必要とされている「省エネルギーヘッド位置決め技術」のさきがけとなる技術であることを示している。また、提案手法は制御アルゴリズムの中に可変ゲインを導入することで実現可能であるため、ヘッド移動アクチュエータの改良、ヘッド位置・振動情報を検出するセンサの追加、実装ファームウェアやメモリの増大の必要がなく、実用性の高い非常に優れた手法である。

(12) パイプのスプリングバックとダイスにおけるすきまを考慮したパラレルメカニズムによる高精度パイプ曲げ



川澄翔平*1
(1990年生)



武田行生*2
(1964年生)



松浦大輔*2
(1980年生)

本論文では、身体障害者の個々人の体形に合わせた運動支援装置のフレームのように複雑な 3 次元形状を有する部材を直線状のパイプから高精度に製造可能とするために、パイプと同一断面形状の穴を有する固定ダイスおよび可動ダイス間にパイプを押し通すことで曲げを行う押し通し曲げ加工に着目し、大姿勢角変位が可能なパラレルメカニズムによって可動ダイスを駆動する押し通し曲げ加工機を対象として研究を行った。

はじめに、パイプの目標形状とする空間曲線を統一的に表現できるフレネ＝セレの標構を用いて曲率、振れ率を目標加工量として定義し、目標曲率から曲げ平面内の可動ダイスの位置および姿勢を定め、目標振れ率から固定ダイス軸回りの可動ダイスの回転運動を定める基礎的な軌道決定方法を示した。次に、予備実験を試行錯誤的に行うことなく高精度な曲げ加工を実現するため、平面曲げにおけるパイプの弾塑性変形およびスプリングバックを考慮したパイプ形状の計算方法を定め、その境界条件としてパイプとダイスの接触条件を考慮した加工モデルを提案し、可動ダイスの位置および姿勢に対する加工後のパイプの形状および加工反力の推定を行うアルゴリズムを開発した。これに基づいて、可動ダイス駆動機構の作業領域における加工後のパイプの形状および加工反力の特性を明らかにし、加工精度の向上および加工反力の低減、またはパイプと可動ダイス駆動機構の干渉回避といった目的に応じて選択可能な可動ダイスの運動決定戦略と補償法を提案した。

最後に、提案した加工モデルおよび運動決定戦略を実験的に検証した。はじめに、一定曲率の円弧形状の曲げ実験を行った結果、可動ダイスを最大姿勢角となるように位置決めする戦略を採用することで、加工後のパイプの曲率半径が 2% 程度の精度で予測できることが分かった。また、可動ダイス駆動機構のコンプライアンスをモデルに組み込んで加工結果を予測することにより、可動ダイス駆動機構の作業領域全体で加工後の曲率半径を 2% 程度の誤差で推定できることを示した。次に、曲率が連続的に変化する曲線としてクロソイド曲線、3 次元形状として一定の曲率と振れ率のらせんを取り上げ、提案した戦略による加工実験を行った結果、それぞれの代表寸法または曲率半径に対して 2~4% 程度の誤差で加工でき、3 次元形状を含む種々のパイプ曲げにおいても提案した手法が有効であることを示した。

* 掲載: Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing 7-6, (2013-12), 903 ページ。

*1 正員, (株) HGST ジャパン (現) 三菱スペース・ソフトウェア (株) 中部事業所 (〒450-0002 名古屋市中村区名駅 3-11-22 IT 名駅ビル 6 階)

*2 フェロー, 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)

*3 フェロー, (株) HGST ジャパン機構開発統括部 (〒252-0888 藤沢市桐原町 1)

*4 正員, (株) HGST ジャパン (現) 千葉工業大学機械工学科 (〒275-0016 習志野市津田沼 2-17-1)

* 掲載: 日本機械学会論文集, 80-820, (2014-12), TRANS0343.

*1 正員, 東京工業大学 (現) 日立建機 (株) (〒300-0013 土浦市神立町 650)

*2 正員, 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)

(13) 革新的概念に基づく超高効率加工技術の構築
(ダイラタンシー・パッド工具と液中加工システムによる SiC 基板の効果的加工プロセスの確立)



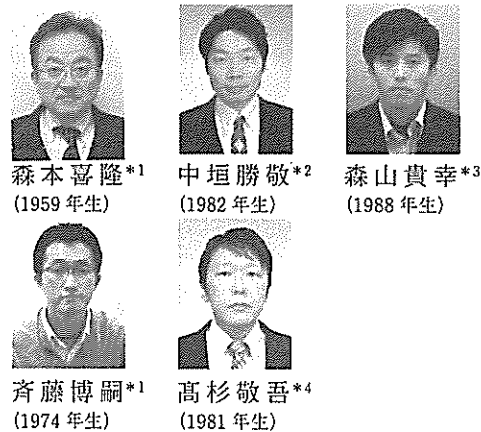
次世代デバイス材料として注目されている難加工性材料基板の高効率・高品位加工プロセス技術の確立を目的として、革新的な加工条件感応型パッドを開発した。また、高速圧条件での加工実現を念頭に液中研磨方式の高剛性研磨システムを提案し、前記パッドとの併用による革新的加工プロセスの構築を実現した。

考案パッドは、ダイラタンシー現象を発現する粘弾性材料に特殊フィラーを混合・混練してパッドに形成した穴に埋め込む、あるいは含浸したものである。この開発したダイラタンシー・パッドを適用して、通常パッドと同様な方法で SiC 基板の加工を行った。中・高速回転領域の加工条件において高能率化を、また低速回転領域の加工条件において高品位化を、また新たに液中研磨方式の高剛性研磨システムを併用することにより従来の 10 倍以上の高能率化を、それぞれ実現できることを確認した。具体的には、低・中速圧領域での加工では、従来の金属定盤 (Sn) による加工プロセスに比べて、加工レートが 2.6 倍、同等以上の良好な表面粗さ、基板面内のスクラッチ数が 1/100 以下、加工変質層の深さ 1/10 以下と、従来では考えられなかった高性能特性が得られた。中・高速圧領域での加工においては、1000kPa の高圧力加工を実現し、ダイラタンシー・パッドを適用することで、従来条件に比べて 10 倍の加工レートを得た。また、液中研磨方式自体の検討から長時間の研磨加工においても、スラリー粒子径と加工レートの安定性が良好であることも確認した。

これらの結果から、従来プロセスの中間加工 (金属定盤とダイヤモンド砥粒による) 工程に替わり、より高能率で高品位の加工プロセスが実現できる。本加工プロセスでは、さらに加工変質層の発生を大幅に抑制できることから、最終仕上げ工程 (軟質パッドとコロイダルシリカによる超精密加工) への負担も大幅に軽減することができ、従来研磨では考えられなかった高能率化と高品質化を同時に確保できる。これらの成果は、SiC のみならず GaN、ダイヤモンドなどの難加工性材料基板の加工時間を大幅に削減させ、生産性の向上や次世代半導体材料基板/デバイスの普及に大きく貢献し得るものと期待される。

* 掲載: 日本機械学会論文集, 81-824, (2015-4), 14-00618.
 *1 正員, 九州大学産学連携センター (〒816-8580 春日市春日公園 6-1)
 *2 九州大学産学連携センター
 *3 九州大学産学連携センター (現) (株) 東芝
 *4 不二越機械工業 (株) (〒381-1233 長野市松代町清野 1650)
 *5 フジボウ愛媛 (株) (〒799-1342 西条市大新田 272)
 *6 並木精密宝石 (株) (〒123-8511 東京都足立区新田 3-8-22)

(14) 高加速度動作を可能とする工作機械用移動
テーブルの開発 (同軸上に配した対向テー
ブルの高速運動性能評価)



工作機械の移動テーブルの位置制御は、従来、サーボモータとボールねじにより駆動されていたが、最近の高速加工やエアカットの短縮に対する要求が高まり、リニアモータ駆動の移動テーブルの採用が見られるようになっていく。我々の研究グループでは、このリニアモータの高応答性を活用して、従来、旋削加工の適用が困難であった回転軸を有する非軸対称三次元曲面を旋削できる加工法 (Non-Axisymmetric Curved Surface Turning) を提案している。この手法により、旋削加工を応用して、主軸回転位置 (C 軸) と切込み位置 (X 軸) および送り位置 (Z 軸) の三軸同期制御により、非軸対称三次元曲面の旋削加工が可能となる。この手法を実現するための技術的課題としては、高応答性をもつ移動テーブルの開発と輪郭加工の高精度化、テーブル質量の高速移動に伴う慣性力による工作機械本体への振動伝達、さらに工作物形状精度の悪化が挙げられる。

本研究では、これらの課題に対して三次元曲面の旋削加工に必要な加加速度 98.1 g^2 (10G) を実現するために、新たに軽量かつ十分な剛性を有する CFRP 製移動テーブルを開発し、その応答性能を評価している。さらに、加速・減速時の移動テーブル動作により発生する慣性力を抑制するために、同軸上に対向して 2 つのテーブルを配置したことにより、十分な振動伝達抑制効果が得られ、同時に位置決め精度の向上も確認し、その有効性を明らかにした。

* 掲載: 日本機械学会論文集, 80-818, (2014-10), DSM0308.
 *1 正員, 金沢工業大学工学部
 *2 正員, 高松機械工業 (株) (現) YKK (株) (〒938-8601 黒部市吉田 200)
 *3 正員, 金沢工業大学大学院工学研究科 (現) 花王 (株) (〒321-3426 栃木県芳賀郡市貝町赤羽 2606)
 *4 正員, 金沢工業大学工学部 (現) 金沢大学理工学域 (〒920-1192 金沢市角間町)

(15) A topology optimisation for three-dimensional acoustics with the level set method and the fast multipole boundary element method



飯盛浩司*1
(1984 年生)



栗山公平*2
(1987 年生)



原田慎也*3
(1986 年生)



山田崇恭*4
(1984 年生)



高橋 徹*5
(1973 年生)



松本敏郎*6
(1960 年生)

本論文では、スピーカーやホーンの共鳴音場形状や騒音制御のための音響デバイス形状のトポロジー最適化の新手法を開発した。

数値解析に有限要素法を用いる従来の構造最適化で音響デバイスのトポロジー最適化を行う場合、十分広い解析領域を用いて無限領域を近似する必要がある。このことに起因して計算時間は膨大となる。したがって、2次元問題におけるいくつかの検討例を除いて、音響問題に対するトポロジー最適化はその重要性にも関わらず殆ど取り扱われてこなかった。本論文では、高速多重境界要素法を用いることで計算時間を大幅に軽減し、波動問題のトポロジー最適化手法を構築することに成功した。

トポロジー最適化では、音場中に無限小物体が生じた時の音場と目的汎関数の変化の指標であるトポロジー導関数が重要である。本論文では3次元音響問題におけるトポロジー導関数を、球関数を用いて厳密に導出した。本論文のトポロジー導関数の導出方法は厳密であるため、他の物理現象や境界条件に対しても適用できる。また、最適化の過程における音響デバイスの形状を高精度に表現するため、レベルセット関数の等値面から高精度な境界要素形状を逐次生成するアルゴリズムを提案した。高速多重境界要素法を用いたトポロジー導関数の計算法とレベルセット関数を用いた最適化アルゴリズムを組み合わせることで、音響デバイスの最適化手法を確立した。数値実験例として、所定の観測点で定義される音圧ノルムを最小化する剛体のトポロジー最適化を行い、現実的な計算時間・記憶容量で剛体配置を設計できることを示した。本研究により、音場等の無限空間形状の最適化が可能となり、電磁場など他の波動問題へ発展性も有している。さらに、圧電素子を利用した先進的ホーン等の音響素子の共鳴空間形状や騒音遮断フォノニック構造の最適化などにも適用可能な汎用的な音場形状最適化手法を確立した。

* 掲載: Mechanical Engineering Journal, 1-4, (2014-8), CM0039.

*1 正員, 名古屋大学大学院工学研究科

*2 トヨタ車体(株)

*3 旭川医科大学

*4 正員, 京都大学大学院工学研究科

*5 正員, 名古屋大学大学院工学研究科

*6 フェロー, 名古屋大学大学院

(16) The Stabilization Effect of Mesenchymal Stem Cells on the Formation of Microvascular Networks in a Microfluidic Device



山本興子*1
(1988 年生)



谷村耕平*2
(1990 年生)



馬淵 洋*3
(1979 年生)



松崎有未*4
(1963 年生)



Seok Chung*5
(1974 年生)



Roger D. Kamm*6
(1950 年生)



池田満里子*7
(1935 年生)



谷下一夫*8
(1946 年生)



須藤 亮*9
(1977 年生)

血管の再生は組織工学において重要な課題であり、生体外において機能的な毛細血管網を構築する技術が必要とされている。毛細血管の安定・成熟化には血管を外側から被覆するペリサイトと呼ばれる細胞が必要であるが、ペリサイトは実験動物から分離・培養することが難しいために、ペリサイトに分化することが知られている間葉系幹細胞が実験に用いられる。しかし、生体外の培養において血管内皮細胞が毛細血管網を構築するプロセスにおいて間葉系幹細胞がどのような影響を与えるのかわからなかった。そこで、本研究では、細胞配置の制御やイメージングに優れたマイクロ流体デバイスを用いて血管内皮細胞と間葉系幹細胞の共培養を行い、3次元血管新生のプロセスにおける間葉系幹細胞の役割を調べた。

まず、間葉系幹細胞が血管内皮細胞と直接接触することでペリサイトに分化することがわかった。次に、間葉系幹細胞は血管形成の初期段階、すなわちスプラウト形成を抑制することがわかった。また、血管が伸張していくプロセスも間葉系幹細胞によって抑制されることがわかった。さらに、共培養モデルに間質流を負荷することによって血管形成を誘導することを試みた。間葉系幹細胞との共培養では血管伸張が見られなかった。これらの結果は、間葉系幹細胞が血管内皮細胞を安定化することによって血管形成を阻害していることを示している。本研究で示した血管内皮細胞と間葉系幹細胞の共培養モデルは安定・成熟化した毛細血管網を実現するための微小環境を検討するために重要となる。

マイクロ流体デバイスを用いた細胞培養の研究分野は、機械工学を基盤とした組織工学・再生医学への応用として近年急速に発展している重要な横断研究領域である。本論文は、バイオメカニクスの立場からマイクロ流体デバイスを用いて血管再生の細胞培養実験に取り組んでおり、再生毛細血管の安定化には力学的刺激と血管内皮細胞-ペリサイト相互作用のバランスが重要であることを明らかにしている。この成果は、長期培養可能な機能的毛細血管の再生が大きな課題となっている組織工学・再生医療分野に機械工学の立場から貢献している。

* 掲載: Journal of Biomechanical Science and Engineering, 8-2, (2013-6), 114 ページ.

*1 正員, 慶應義塾大学大学院理工学研究科 (現) (株) 日立製作所

*2 慶應義塾大学大学院理工学研究科 (現) (一財) 材料科学技術振興財団

*3 慶應義塾大学医学部 (現) 東京医科大学大学院保健衛生学研究所

*4 慶應義塾大学医学部 (現) 島根大学医学部

*5 School of Mechanical Engineering, Korea University, Korea

*6 Departments of Mechanical Engineering and Biological Engineering, Massachusetts Institute of Technology, USA

*7 慶應義塾大学

*8 名誉員, 慶應義塾大学理工学部 (現) 早稲田大学ナノ・ライフ創新研究機構

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

(1) 近赤外分光法による建材中アスベストの可視化技術の開発



上野隆雄*1
(1964年生)



中村 聡*1
(1975年生)



柳原好孝*1
(1963年生)

1. 概 要

アスベストは既に製造も使用も禁止されているが、過去に建物の耐火被覆材として吹付けられたり、内装や外壁、屋根などの建材(図1)に断熱や補強用の繊維として使用されており、解体に際しては事前調査によりアスベストを特定し、躯体の解体前に適切に除去して運搬・処分することが義務付けられている。アスベストが含まれる可能性のある民間建築物の解体棟数は年々増加し、2028年のピーク時には年間約10万棟と推計されている。一方、事前調査の一環として行われる現場での目視調査には知識と経験が必要である。筆者らは迅速なアスベストのスクリーニング(ふるい分け)のため、一定の範囲にあるアスベストの検出を最短4秒で行うアスベスト可視化技術を開発した。

2. 技術の内容

アスベストに近赤外光を当てると分子構造によってある特定の波長の光を吸収するという性質を利用した近赤外分光法を用いて、近赤外カメラの画像からアスベストの吸光ピーク(図2)を検出する技術を開発した。

建材に含まれるアスベストをスクリーニングするには広い面積を短時間で処理する必要があるため、画素毎の反射強度を一度に測定できる近赤外カメラを用いた。これに照明、透過波長をコンピュータで切替え可能な液晶フィルタ、コンピュータを組み合わせたアスベスト可視化システムを構築した(図3, 表1)。対象物から離れて撮影すると散乱光等の影響を受けやすいため、画像処理の手法を用いて影響を低減させる工夫を行った。アスベスト含有建材のアスベスト含有率(重量%)と検出率との関係を図4に示す。含有率3.0%以上の建材では正答率100%であった。

本システムを複数の解体前の建物に持ち込んでその場で建材のスクリーニングを行った。また東日本大震災の被災地の災害廃棄物仮置場において1ボックス車内で建材をスクリーニングする実験的調査を行った(図5)。

また作業員へのアスベスト暴露の危険性を低減するため、本システムを内蔵し建材の搬送・位置決め・撮影・検出を自動化

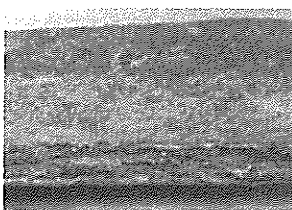


図1 アスベスト含有建材

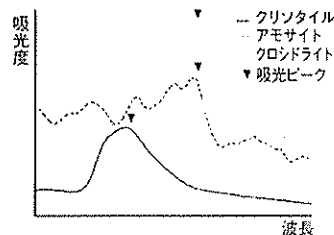


図2 吸光ピーク

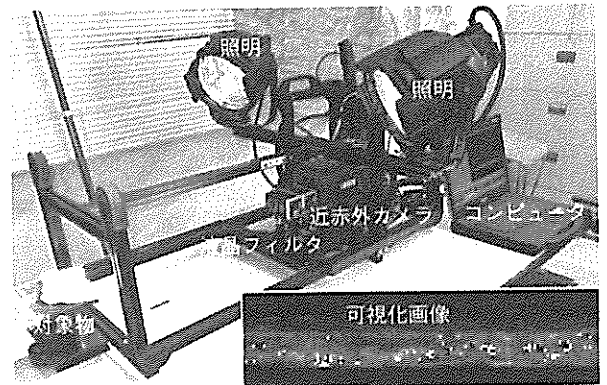


図3 アスベスト可視化システム

表1 システム仕様

構成	仕様
近赤外カメラ	センサ:インジウムガリウムヒ素, 画素数:320×256, 波長:0.9~1.7μm
フィルタ	方式:液晶, 透過波長:0.85~1.8μm, 半値幅:6nm
コンピュータ	Panasonic TOUGHBOOK CF-52
対象アスベスト	クリンタイル(アモサイト, クロシドライト対応可能)
検出範囲[mm]	200×160(0.6×0.6/画素, 撮影距離900mm)
照明	出力575W×2

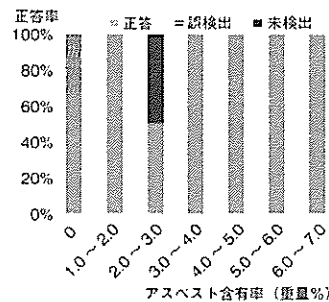


図4 アスベスト検出率
(全サンプル数:32)



図5 被災地における調査

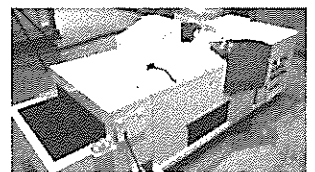


図6 アスベスト自動検出装置

する「アスベスト自動検出装置」(図6)を開発した。

3. ま と め

近赤外分光法によりアスベストを検出する技術は存在したが、離れたところから検出し可視化する技術はなかった。より広範囲を瞬時にスクリーニングする技術に進化させ、廃棄物調査や処理に適用することで、環境対策の一助としたい。

本研究開発は、平成23~25年度環境省環境研究総合推進費補助金を受けて実施した「アスベスト建材対応型建設系廃棄物選別システムの開発」の成果の一部である。

*1 正員, 東急建設(株) 技術研究所(〒252-0244 相模原市中央区田名3062-1)

(2) 大容量可変速揚水発電システム



久保 徹*1
(1969年生)



東條裕宇*1
(1971年生)



森 淳二*2
(1967年生)



塩崎隆行*3
(1963年生)



渡部忠彦*3
(1974年生)

1. 概 要

電力系統の周波数安定のためには需給のバランスをとる必要があり、大型火力発電、原子力発電のようなベースロードに対して調整力として揚水発電所が用いられている。従来の揚水発電システムは、発電運転時にはポンプ水車の流量を変化させることで出力を調整できるが、揚水運転時は、回転速度が一定のため、ポンプ揚程により入力が一義的に決まり、自由に調整が出来なかった。

可変速揚水発電システムは回転速度を変えることで、揚水運転時にも入力調整を可能にしたシステムで、電力需要の少ない夜間等に負荷調整用に使用される火力発電の燃費増し燃料費削減を目的に1990年に日本で実用化されたものである。

近年、世界的にCO₂の排出量削減が求められる中、再生可能エネルギーの大量導入が進められているが、天候により変動する風力発電や太陽光発電等の増加に対し、電力系統の周波数安定に寄与する可変速揚水発電システムへの期待が高まっており、2014年6月、単機容量で世界最大となる東京電力葛野川発電所4号機(475MVA/460MW)の営業運転を開始させた。

2. 技術の内容

一般の揚水発電所に用いられる発電電動機は突極同期機と呼ばれる回転機に分類され、回転子の外周部に配置された磁極に直流を通電し励磁される。一方、可変速発電電動機では、回転速度を変えるために、同期速度との差分の低周波交流を二次励磁装置から回転子に供給することによって回転磁界を発生させる二重給電交流機としている。回転子では、電磁鋼板を積層した鉄心の外周部に溝を設け、コイルを挿入して三相分布巻線を施しているが、鉄心から上下方向にオーバハングしたコイルエンド部を、運転中の強大な遠心力に対していかに支持するかが大きな技術的課題となる。

従来技術のコイルエンド部構造では、大型部品や特殊な組立設備が必要となり、一般に山間部に立地する揚水発電所では、輸送制限や現地組立工期の面で不利な面があり、コイルエンド部の通風冷却に関しても課題があった。

そこで、従来技術と異なるUボルト支持方式を独自に開発した。Uボルト方式は、コイルエンド部のコイルの交点に非磁性・高強度のU字型のボルトを多数挿入し、支持リングに固定してコイルの遠心力を支持する構造で、特別な大型組立装置が必要無く、工期が短い。また、コイルエンドの通風を妨げない、点検やコイルの部分交換が可能で保守性に優れている等の長所がある。

同機の定格回転速度は $500 \pm 4\% \text{ min}^{-1}$ と大容量水力機器としては非常に高速で、回転子の外周速は定格運転時に約145m/sに達する。空冷機としては冷却容量の限界に近いが、回転子鉄心に多数の径方向通風ダクトを設け、回転子自身の発生圧力により通風するラジアル通風方式を採用した。回転子コイルエンド部廻りの複雑な流れについてはCFDを用いて評価を行い据付完了後の性能試験において測定した回転子、固定子コイル他の温度上昇は要求仕様を満足した。

回転子の強度はポンプ水車の無拘束速度(事故時に到達する最高速度)である 730 min^{-1} に耐えることが必要で、同条件下における遠心加速度は約1600Gに達する。本機の回転子鉄心には従来の材料に対して高い引っ張り強度(700MPa級)を有する電磁鋼板を初めて適用し、Uボルトをはじめとする回転子コイルエンド支持構造についても高い強度、剛性を有する構成とした。あらゆる運転状態で回転子コイルに過度のストレス

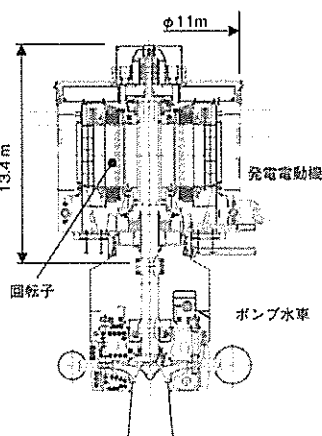


図1 葛野川4号機断面図
(475MVA/460MW)

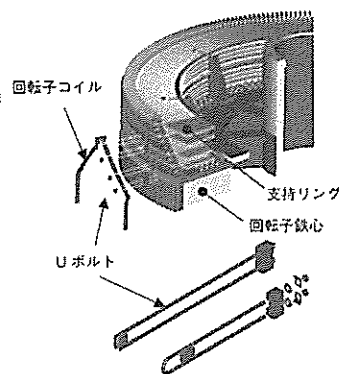


図2 回転子コイルエンド構造



図3 葛野川4号発電機上部外観



図4 発電電動機回転子

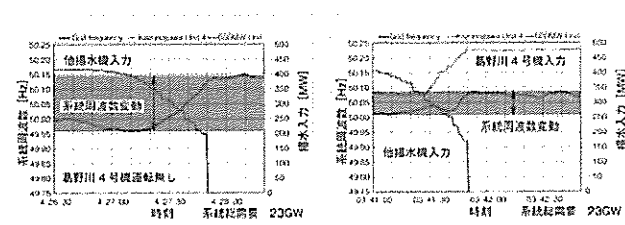


図5 葛野川4号機運転による系統周波数安定効果

を与えないためには、回転子コイルエンド部と鉄心部の支持バランスが非常に重要で、FEMにより構造の最適化を図っている。また、回転子コイルのマイカ絶縁についても電氣的絶縁性能の他に機械的強度についても特に配慮して開発した。これら重要なコイルエンド支持構造に関してはUボルトの実荷重引張試験、疲労試験の他、運転中の実働応力測定を実施しており、十分な強度と設計値と実測値の一致を確認している。

3. ま と め

東京電力(株)葛野川発電所4号機は、2014年6月に営業運転を開始し、同機の揚水運転による周波数変動抑制効果を電力系統で確認した。また、発電運転でも、同機は従来の揚水発電システムと比べて出力調整範囲が広いと、柔軟で効率的な運用が可能となっている。

今後も風力発電、太陽光発電をはじめとする再生可能エネルギーの導入増加に対し、電力系統の安定のために可変速揚水発電システムが求められる。

*1 正員、(株)東芝(〒230-0045 横浜市鶴見区末広町2-4)

*2 (株)東芝(〒212-8585 川崎市幸区堀川町72-34)

*3 東京電力(株)(〒100-8560 東京都千代田区内幸町1-1-3)

(3) SOFC –マイクロガスタービンハイブリッドシステムの開発 SOFC : Solid Oxide Fuel Cell



小林由則*1
(1958年生)



冨田和男*2
(1968年生)



徳本 勉*3
(1959年生)



岡本和久*3
(1967年生)



佐々木一成*4
(1965年生)

1. 概 要

一次エネルギー使用量が世界的に増加の一途を辿る中、人類が持続的な発展を継続していくには、エネルギー利用の高効率化と地球環境負荷の低減が必須である。

我々は SOFC (固体酸化物形燃料電池 : Solid Oxide Fuel Cell) とガスタービン (GT) を組み合わせた複合発電システムの開発を 1983 年より進めてきた。燃料電池は燃料の持つ化学エネルギーを直接電気に変換するため、単体でも高い効率で発電できるが、高温で作動する SOFC は排熱を利用した複合発電システムを構成することで、より高い効率を実現できるためである。

SOFC-GT 複合発電の第一ステップとなる SOFC とマイクロガスタービン (MGT) を接続したハイブリッドシステムを世界で初めて実用化した。250kW 級の SOFC-MGT ハイブリッドシステムを九州大学に納入し、2015 年 5 月より運転中である。

2. 技術の内容

我々が採用している円筒横縞形 SOFC の構造を図 1 に、システム構成を図 2 に、SOFC –マイクロガスタービンハイブリッドシステムの系統を図 3 に示す。

高強度のセラミックス製の構造部材である基体管の外表面に、発電反応を行うセル (燃料極/電解質/空気極の積層部) を形成し、電子伝導性セラミックスのインターコネクタで隣接するセルを直列に接続している。これによりセルスタック 1 本当りの電気出力を低電流、高電圧で効率よく取り出すことができる。このセルスタックを束ねて数十 kW の電気出力とし、支持部材、燃料と空気の供給と排出、電流の取り出しの機能を持たせてカートリッジを構成している。カートリッジが必要な容量だけまとめて圧力容器の中に入れてものがモジュールであり、このような階層構造を採ることで、据付けやメンテナンス性まで考慮したシステム化を実現している。高効率な SOFC 複合発電システムを実現するには、燃料と空気をシールし、SOFC の後流に別々に取り出し、排燃料と排空気を後流の GT の燃焼に使用することが有効である。

250kW 級のシステムを東京ガス (株) の千住テクノステーションに設置し、2013 年より実証運転を行い、世界初となる 4,100 時間の長時間連続運転を達成した。東京ガス (株) で実施したシステムを 10 式と称した。これを更にコンパクトにした 15 式を九州大学の伊都キャンパスに設置し、2015 年 5 月より運転中である。15 式では円筒形セルスタックを細径・長尺化するとともにカートリッジの充填密度を高めることで、設置面積を 40 パーセント強小さくすることに成功した。2015 年 12 月には加圧型の燃料電池システムに課されていた常時監視の規制も 250kW 級に関しては緩和され、設置者の負担が軽減した。15 式システムは、SOFC の本格普及につなげる産学連携の推進を目的に設立された「次世代燃料電池産学連携研究セ

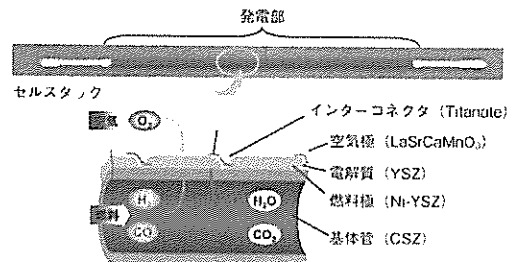


図 1 円筒形 SOFC の外観と断面構造

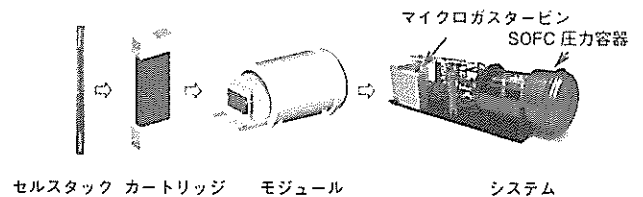


図 2 円筒形 SOFC のモジュール・システム構成

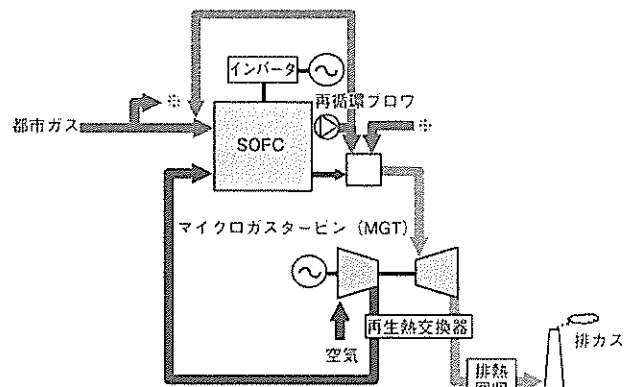


図 3 SOFC-MGT ハイブリッドシステムの系統

ンター (NEXT-FC)」における、グリーンアジア国際戦略総合特区「スマート燃料電池社会実証」に供され、本年 1 月に 5000 時間運転を達成し、現在も伊都キャンパスの全消費電力の数 % 分を日々供給し続けている。

3. ま と め

世界の名だたる重電業界が永らく開発に取り組みながらも成し得なかった SOFC-MGT ハイブリッドシステムを世界に先駆けて実用化した意義は非常に大きい。日本国内では、圧力 100kPa 以上の燃料電池システムは長きに亘って常時監視を義務付けられていたが、裏を返せば、その規制が不都合を及ぼさなかった、即ち加圧ハイブリッドシステムの技術的難易度がそれほど高かったとも云える。今後、東京オリンピック・パラリンピックが開催される 2020 年度に向けて普及拡大を目指していくと共に、次世代火力の高効率化に向け、大型の SOFC-GT 複合発電ならびに石炭ガス化 SOFC 複合発電の開発にも繋げていく計画である。

*1 正員、三菱日立パワーシステムズ (株) (現) 東京大学 (〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1)
*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 正員、東京ガス (株) (〒105-8527 東京都港区海岸 1-5-20)
*4 正員、九州大学 (〒819-0395 福岡市元岡 744)

(4) 量産車用燃料電池システムの開発



近藤政彰*1
(1965年生)



木崎幹士*1
(1959年生)



水野誠司*1
(1960年生)



野々部康宏*1
(1962年生)



鈴木稔幸*1
(1964年生)

はじめに

近年、低炭素社会実現の担い手として重要度が高まっている水素を燃料とする燃料電池自動車 (FCV) は、クリーンで高効率という環境性能の高さに加え、高い商品性をもつエコカーとして開発意欲は非常に高い。トヨタ自動車はFCVの走行性能や静粛性に一段と磨きをかけると同時に、商品化に向けて最も大きな課題であったFCシステムコストを画期的に低減し量産に資する技術開発に取り組んできた。

技術の概要

図1にシステム構成部品を示す。FCシステムの高コスト要因は、高価なFC専用材料、複雑なFCV専用システムに大別される。以下にこれらの要因とその対応について述べる。

(FC固有材料のコスト低減)

FCユニットを小型高性能化することで高価なFC固有材料の使用量を低減を図った。

① FCスタック出力密度

従来FCスタックのセル流路構造は、一般的な溝流路であり、電極と接する流路リブ下は生成水が滞留し易く、酸素の拡散が悪いため発電が不均一となる。今回の新型FCスタックでは電流密度アップと電圧安定性確保をねらい、空気流路として革新的な3Dファインメッシュ流路を開発した(図2)。この流路は、3次元的な微細格子流路であり、空気を電極にあたる方向に乱流的に流すことで、触媒層への酸素拡散を促進している。また、セル面内の発電均一化、セル間電圧ばらつき低減、電極の革新などにより、新型FCスタックでは従来比2倍以上の体積出力密度(3.1kW/L)を達成した。

② 水素タンク貯蔵性能

高圧水素タンクは、最内層の水素を封入する樹脂ライナ、その外側の強度を受け持つ炭素繊維強化プラスチック(CFRP)層及び両端のアルミ製口金などからなる。CFRP積層パターンは、胴体部の強度を受け持つフープ巻(円周方向)、ドーム部の強度(軸方向)を受け持つヘリカル巻及び、それらの境界部を補強する高角度ヘリカル巻の3種類を組み合わせている(図3)。この中で、高角度ヘリカル巻の使用量を減らす積層方法を開発し、他にも口金形状の最適化によるCFRP低減と合わせて、5.7wt%(貯蔵可能な水素質量/タンクシステム質量)の水素貯蔵性能を実現した。

(FCシステム簡素化)

図4にシステムの概要を示す。FCシステム簡素化のためには、部品の廃止や統合は不可欠である。今までFCでは必須の構成と考えられていた外部加湿器を廃止し、生成水のセル内部循環による自己加湿を実現し外部加湿器なしでも、発電性能を維持しつつ安定動作可能なFCシステムを実現した。

(量産部品の活用)

量産部品を流用するために、システム構成の見直しを図った。モーターシステムは量産ハイブリッドユニットが流用できるようにFC用昇圧コンバーターを追加したシステムを新たに開発した。

おわりに

FCVの量産化・商品化は、協力会社の方々を含め非常に多くの関係者の長い険しい道のりを超えての成果であると同時に大量普及に向けては長いチャレンジの始まりでもある。持続可

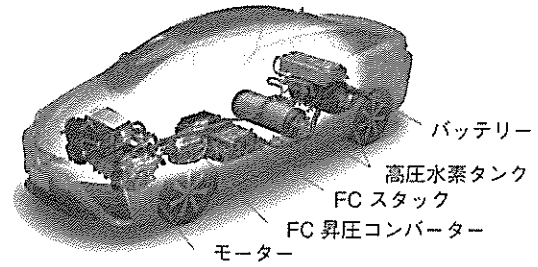


図1 システム構成部品

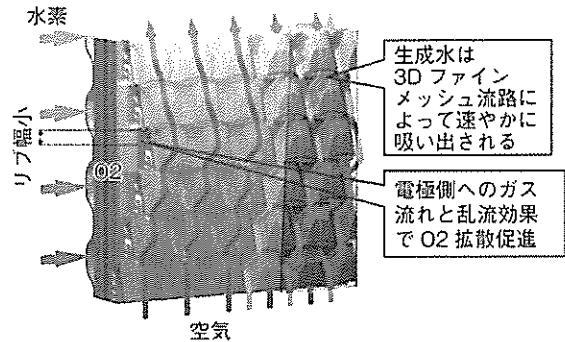


図2 新型セル

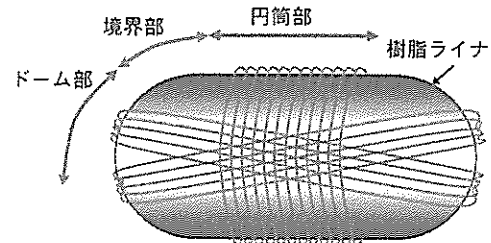


図3 水素タンク積層パターン

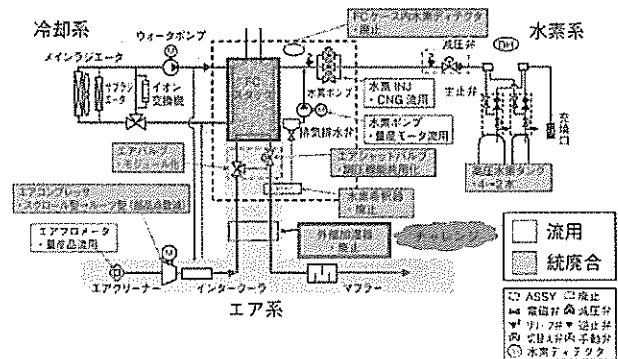


図4 システム構成

能なモビリティの実現・エネルギー多様化に対し、FCVは最も将来性の高い技術の一つとして今後も開発を推進し、水素社会形成に向けた取組みを官庁・関係業界の方々と一緒に積極的に推進していきたい。

*1 正員、トヨタ自動車(株)(〒471-8571 豊田市トヨタ町1)

(5) 路面摩擦の変化に瞬時に対応する走破性能と燃費性能を両立する四輪駆動システムの開発



土井淳一*1
(1963年生)



松田光伸*1
(1957年生)



八木 康*1
(1965年生)



丸谷哲史*1
(1965年生)



三戸英治*1
(1967年生)

1. 概要

自動車の四輪駆動 (AWD) システムは、四輪に駆動力を配分することで「走破性能」を向上させる一方で、機械損失が大きいため「燃費性能」を犠牲にしており、これらを高次元で両立させることが長年の課題であった。(図1) 新型 AWD システム (i-ACTIV AWD) の開発では、タイヤを含めた駆動系の総合エネルギー損失に着目し、前輪/後輪への駆動力配分比に理想の状態が存在することを見出した。(図2) 路面状態によって時々刻々と変化する理想の駆動力配分比をトレースするために、路面摩擦をリアルタイム判定する技術、及び後輪に駆動力を瞬時配分する技術を開発した。加えて、AWD ユニットの機械抵抗を徹底的に低減することで「走破性能」と「燃費性能」の双方を同時に高めるブレークスルーを達成した。

2. 技術の内容

i-ACTIV AWD の開発では、開発コンセプトを「必要なときに、必要なだけの駆動力配分」と掲げ、駆動力制御範囲の広い「電子制御カップリング方式」をベースとして、理想の AWD システムを目指した。

これまでの路面摩擦の検知では、タイヤの滑り易さ (不安定さ) が路面状態等の環境によって様々に変化するため、これをリアルタイムに検知することは非常に困難であった。

まず、路面摩擦検知のリアルタイム性を確保するため、路面に対するタイヤのスリップ (スリップ比) を各種センサー信号と新制御により高精度で推定し、「スリップ比」と「駆動反力」の関係から路面摩擦を判定する独自の路面摩擦検知システムを開発した。(図3-1) これに、「ステアリング反力」と「操舵角」によって路面摩擦を検知するシステムも併用 (図3-2)、加えて27種ものセンサー信号と毎秒200回の高速度演算により、ドライバーが認知する以前 (不感帯) での微小スリップの検知を可能にした。(図4) これにより、停車・走行を問わずリアルタイムで高精度な路面摩擦検知を実現した。

次に、リヤ駆動系を構成する機械要素には、生産上不可避な内部クリアランスが存在しており、これがリヤへの駆動力配分にタイムラグを生じさせている。これを解決する為、微小な駆動力を後輪へ付加し、この内部クリアランスを詰めて待機させる「ゼロタイムラグ」システムを構築した。

さらに、駆動力配分の最適化は、リヤ駆動ユニット (パワーテイクオフ: PTO, リヤデファレンシャル: RDU) への入力トルク負荷と頻度を低減しサイズダウンを可能とした。新開発の低粘度オイルの採用と合わせて、従来比82%の抵抗低減 (図5-1) と46%の軽量化 (図5-2) を実現した。

3. まとめ

以上の技術により i-ACTIV AWD は、「走破性能」と「燃費性能」を高次元で両立した。'12以降の主要車種へ搭載し、世界中のお客様に低燃費と優れた走破性による安心・安全をお届けしている。

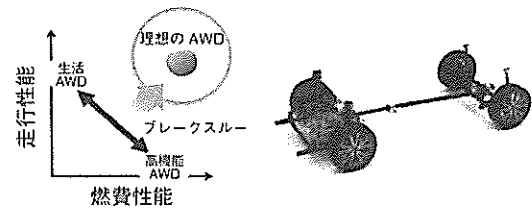


図1 理想のAWDシステム

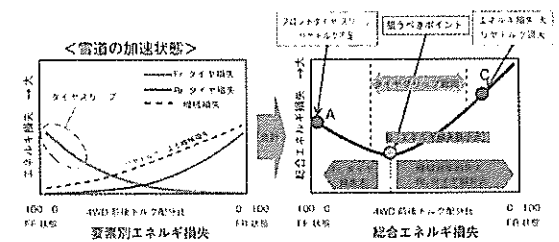


図2 i-ACTIV AWD 技術コンセプト

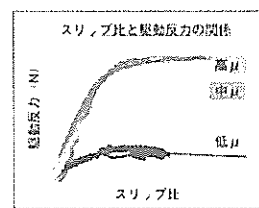


図3-1 駆動反力による路面摩擦判定

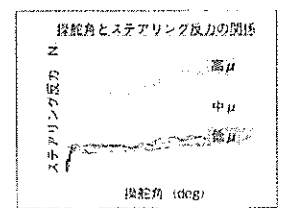


図3-2 ステアリング反力による路面摩擦判定

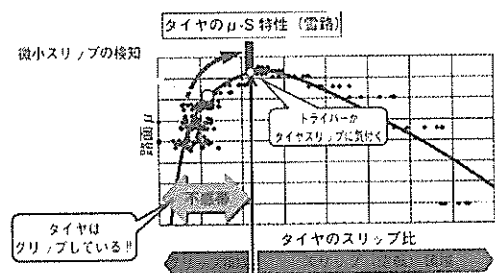


図4 タイヤのスリップ比と不感帯

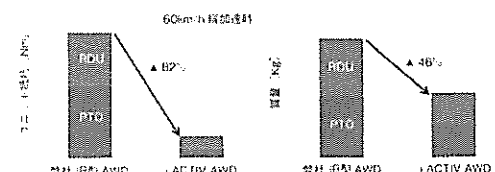


図5-1 ユニット抵抗比較 図5-2 ユニット質量比較

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



野村桂太郎*1
(1977年生)

1. 概要

シリンダヘッドの下面仕上加工工程において、投資削減を目的に、従来の大径フライスによるロングストローク加工に代えて、シリンダヘッド自体を回転させながら、小径フライスでのミーリングを行う“ターンミル加工”に取り組み、設備の小型化・低コスト化を図った。シリンダヘッドの回転数と送り速度を制御し、加工軌跡密度を平準化することで、高精度で均質な加工表面を得ることに成功した。

2. 技術の内容

シリンダヘッド下面は、ガスケットとの面圧を確保するため、面粗度・うねり、平面度に加えて、加工段差も許されず、厳しい精度が要求されている。このため、従来から、ヘッド短手方向よりも径の大きいフライスを、長手方向に移動させながら加工を行い、加工面に段差を発生させないように配慮してきた。大径フライスで加工を行うためには、重量工具(30kg超)を設備側で把持せねばならず、高い工具締結剛性が必要で、同時切削刃数も多く切削荷が高いため、主軸自体にも高剛性が要求される。また、長い加工ストロークが必要となる。このため、設備は、非常に大型で高価なものとなっている。

これに対し、小型設備・小径フライスで広範囲を加工する方法として、従来からコンタリング加工が知られているが、加工軌跡の行きと帰りで切削荷のバランスが異なるために、加工段差を生じてしまい、要求精度を満たすことが困難である。これを回避する方法として、トロコイド加工が知られているが、同一面を何度も加工するため、加工ストローク・時間が長大となり、設備台数の増加となってしまふ。そこで、今回、ワークを回転させながら、ミーリング加工を行うことで、短ストローク・短時間でトロコイド加工と同様の効果を得る“ターンミル加工”の発想に至った。

“ターンミル加工”の考え方を下図に示す(図1)。テーブル上で回転するシリンダヘッドに対し、その外周部から中心に向かって小径フライスによるミーリング加工を行うことで、シリンダヘッド半分のストロークで加工面全域をカバーする。また、フライス送りとテーブル回転速度を調整し、加工軌跡をラップさせることで、加工段差を無くしている。従来工法と今回工法の特徴の比較を下図に示す(図2)。

ターンミル加工では、シリンダヘッドとフライスの相対運動による軌跡が何度も重なることで表面が形成されるため、きざげ加工のような一見特異な加工面となっている(図3)。特異な見た目から、表面精度が心配されるが、表面粗さを測定した結果、従来工法よりも良好であり、表面の凹凸が小さかった。この理由は以下のとおりである。

下図に全ての刃先をシミュレートした結果と軌跡の拡大図及び断面模式図を示す(図4)。従来工法では、フライスの回転運動に沿った円弧上の軌跡がフライスの送り速度に合わせて等ピッチで形成されるため、表面の凹凸は、仕上の刃先形状とフライス送り速度に依存するのに対し、今回工法では、シリンダヘッド自体が回転することにより、複数枚ある刃先の軌跡どうしが重なり合い、同じところを何度も削り、削り残して凸となっていた部分を均していくため、表面粗さが良くなっており、表面粗さは、「刃先通過回数=加工軌跡密度」に依存している。これを考慮し、ヘッド外周部から中心部にかけて、フライス送り速度を増速することで、表面粗さの差を解消し、表面粗さの平均化及び加工時間の短縮を両立する加工条件を確立した。

3. まとめ

今回は、工具側を回転させる“ミーリング”と、被加工物側

ターンミル加工仕上面の加工軌跡

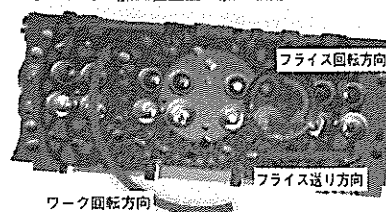


図1 ターンミル加工概要図

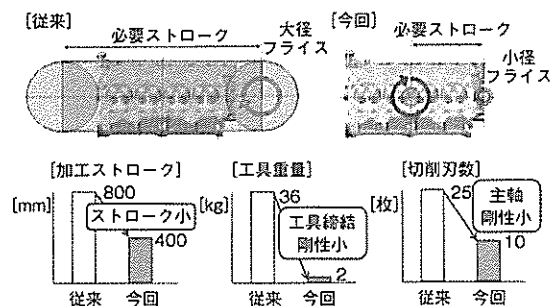


図2 従来工法と今回工法の特徴の比較

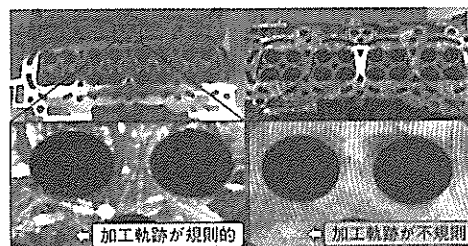


図3 従来工法と今回工法の加工面比較

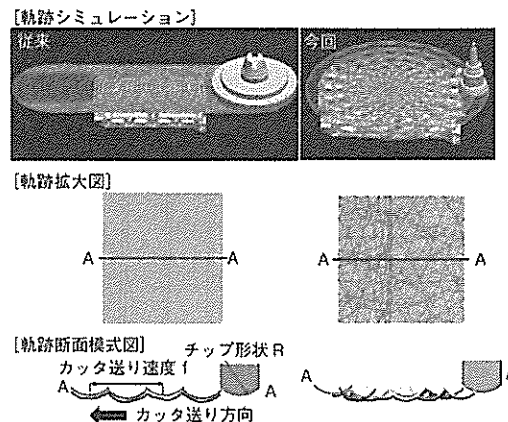


図4 表面粗さ形成のメカニズム

を回転させる“旋盤”という2つの既存技術を組み合わせることで、設備のコンパクト化・低コスト化を行うことができた。今後は、この工法を応用し、エンジン加工ライン全体のシンプル・スリム化に貢献したい。

*1 正員、トヨタ自動車(株) (〒471-8571 豊田市トヨタ町1番地)

(7) 市販ロードカー用高性能自動車ブレーキの開発と量産化



谷地 知樹*1
(1979 年生)



加藤 正規*2
(1976 年生)



王子田 修一*3
(1974 年生)



増子 真二郎*1
(1970 年生)



戸塚 禎雄*1
(1961 年生)

1. 概要

自動車用ブレーキには、より高い効きと安定性という安全面と、ブレーキ鳴きや振動といった快適性、更に燃費性能向上に向けた軽量化要求が一段と高まっている。従来の仕様を凌駕する、高速・高温域での安定した制動性能と軽量化が要求される、最高速度が350km/hを越える高性能な市販ロードカー用に、耐熱性を200℃向上させた独自の耐熱カーボン系潤滑剤を導入したパッドとセラミック基カーボンディスクを開発すると共に、極限までの小型化による大幅な軽量化、更に市街地走行での快適性をも兼ね備えた製品として量産供給を実現した。これにより、本技術が過酷な使用条件に十分適用可能であることを実証した。

2. 技術の内容

高性能自動車ブレーキは、キャリパ、パッド及びディスクの3点で構成する(図1)。軽量化のためにディスクサイズの小型化まで踏み込み、熱容量減少による熱負荷の増大に対しては、冷却性能向上と摩擦材の原材料を独自開発し、耐熱温度を高めたパッドを開発し、軽量且つ高熱負荷対応のブレーキとして成立させた。

一般乗用車の使用条件に加え、サーキットのような限られた場所にて車両性能を全て発揮させる走行パターンの一つとして、制動前速度70~300km/h、減速度は最大2.0gとなる繰返し制動があり、ディスク最高温度は750℃に達する(図2)。

600℃を越える高温領域においては、摩擦材に配合される材料の一つであるカーボン系潤滑剤が酸化し、効き性能や摩擦材寿命を悪化させる要因であった。これに対し、カーボン系潤滑剤の端部にナノメートルオーダーの耐熱性被膜を施すことで熱分解温度を200℃高くし、市場の固体潤滑剤の中で最高の耐熱温度を実現した耐熱カーボン系潤滑剤を開発した(図3)。

キャリパはアルミ合金鋳物製、ピストンがディスク両側にある対向ピストンタイプを採用した。ペダルフィーリングに大きく影響する剛性は落とさずに軽量化を進めるために、従来とは異なる工夫を構造解析に取込み、重量と剛性が両立する形状を決定した。

ディスクサイズ小型化においては、熱負荷増大による温度予測が重要になる。ダイナモ試験と共に、ブレーキ周りの空気の流れまでを考慮した精度の高い計算シミュレーションにより、冷却性向上とサイズを決定した(図4)。

3. まとめ

高負荷時の安定した性能と大幅な軽量化技術は、今後の自動車においても小型・軽量化が進む中で重要な技術になる。得られた高性能ブレーキ技術は、他の量産ブレーキに展開しており、自動車全体での省エネルギーや資源の有効活用が期待出来る。

更には、耐熱カーボン系潤滑剤は自動車用パッドへの拡大採用と共に、自動車用ブレーキ以外の分野にも展開を図り、高耐熱・高負荷で使用可能な潤滑機能を提供し、広く社会に貢献していく。

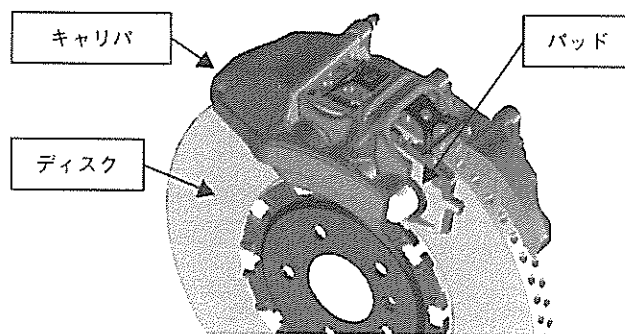


図1 高性能自動車ブレーキの概要

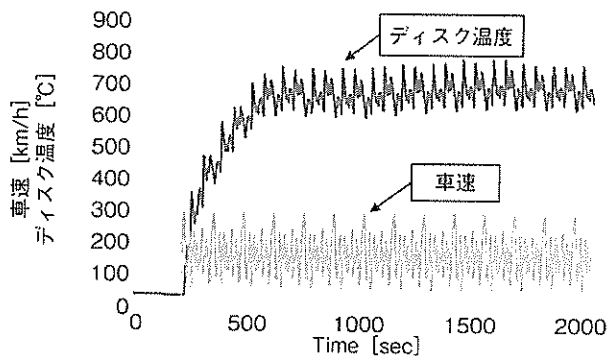


図2 車速とディスク温度

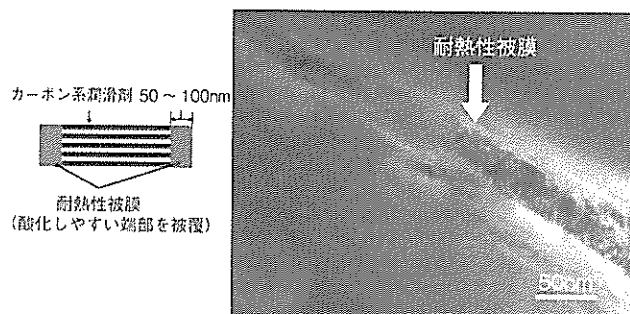


図3 耐熱カーボン系潤滑剤

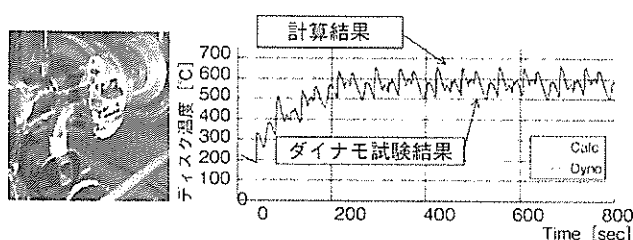


図4 ディスク温度シミュレーション

*1 正員、曙ブレーキ工業(株) (〒348-8508 羽生市東5-4-71)

*2 正員、(株)曙ブレーキ中央技術研究所 (〒348-8511 羽生市東5-4-71)

*3 曙ブレーキ工業(株) (〒348-8508 羽生市東5-4-71)

(8) 建設現場の施工形態を改革する ICT ブルドーザと ICT 油圧ショベルの開発



山本 茂*1
(1958年生)



中川智裕*2
(1967年生)



下條隆宏*3
(1970年生)



嶋田健二郎*2
(1972年生)

1. 概要

昨今の建設業界においては、生産性向上、施工の信頼性向上、労働力不足解消が求められており、これらの課題を解決するために情報化施工を利活用し、建設事業の効率を向上させる必要性が高まってきている。情報化施工において「人」「現場」「建設機械」は ICT (情報通信技術) にて密接につながり、その中で ICT 建設機械には、オペレータの運転支援としてのマシンガイダンス (以下 MG) およびマシンコントロール (以下 MC) や、作業量や施工進捗をデータ化する情報処理といった高度な機能が要求される。一般的に建設機械の運転には高い技量が必要とされるが、開発した ICT 建設機械は、全地球測位システム (GNSS) 測量技術とコンポーネント制御技術を融合させたマシンコントロールの支援により、経験の浅いオペレータにも熟練者に匹敵する作業を可能にさせる。従来の建設機械が自動で施工できなかった工程を施工可能にしたことから、初心者でも 3D 施工図面情報に基づいて効率的に作業を進め、施工面を設計図通りに仕上げることができる。また同時に、作業量や施工の進捗はデジタルデータ化され、インターネットを経由して施工管理システムに一元管理される。この情報を元に日々の進捗管理、次工程計画の見える化がなされ、建設事業の効率向上に大きく寄与することができた。これら高度な機能を有し、建設現場の施工形態を改革する ICT ブルドーザと ICT 油圧ショベルを製品化したので紹介する。

2. 技術の内容

図 1 に ICT ブルドーザ、図 2 に ICT 油圧ショベルの外観と機器構成を示す。なお、図 2 では作業機刃先の位置算出の原理を表している。両機械で採用した共通技術であるストロークセンサ付油圧シリンダにより、車体座標系における GNSS アンテナ測位点①と、制御対象であるバケット刃先点②の相対位置を高精度、高応答に計測する。これに、GNSS アンテナで計測される車両位置情報と、車体フレーム内に搭載された IMU (慣性計測装置) により算出される 3 軸車両姿勢を加味することで、公共座標系におけるバケット刃先座標を算出する。

次に ICT ブルドーザの特徴を紹介する。最大の特徴は排土板の負荷を最適に制御する掘削制御にある。従来の MC ブルドーザでは排土板刃先高さを、仕上げ面高さに制御する整地制御のみであったため、車両性能を上回る負荷がかかる場合には履帯にスリップが発生し、自動施工の適用範囲は比較的に軽い負荷の作業に限定されていた。これに対し開発機ではパワートレインのセンサ情報から計算される車両牽引力を基に排土板に掛かる負荷を算出し、目標負荷に一致するように排土板刃先高さを制御して、常に車両性能を最大限に発揮させる高い負荷の作業にまで自動施工の適用範囲を拡大させた。(図 3)

続いて ICT 油圧ショベルの特徴を紹介する。最大の特徴は、2つの自動制御支援によって、オペレータは仕上げ面より掘り込むことを気にすることなく操作できることである。従来の MG 油圧ショベルでは、情報化施工モニタに映し出されたガイダンス表示によって仕上げ面とバケット刃先の位置関係を確認し、仕上げ面より深く掘り過ぎないように注意しながら手動操作で施工をしていた。開発機においては、オペレータが仕上げ面に向かってブーム下げやバケット掘削操作をした際に、バケット刃先が仕上げ面に到達すると自動的に作業機を停止させる機能を有する。これが自動停止制御である (図 4 上段)。また、この状態からアーム引き操作をすると、バケット刃先が仕上げ面より下に掘り込まないように自動的にブーム上げ制御が作動する。結果、バケット刃先が仕上げ面にならうように整地をすることができる。これが自動整地アシスト制御である (図 4 下段)。

ICT ブルドーザ、ICT 油圧ショベル共に、従来では高い熟練度を要する建設機械の操作・運転を自動制御の支援により簡便化することで、熟練者には更なる作業効率向上を、初心者には熟練者並みの作業を可能とした。

3. まとめ

マシンコントロール制御技術を用いたオペレータの運転支援により、ICT ブルドーザおよび ICT 油圧ショベルは、建設業界における労働力不足、熟練技能者の減少、技能伝達の難しさといった課題に対する解決策となり、顧客の事業効率を最大化する経済効果をもたらすことができた。両機械共に国内外の施工現場において好評を得ている。

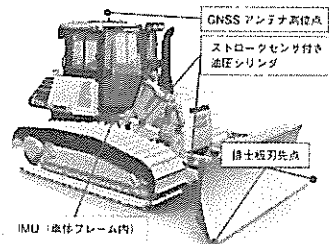


図 1 ICT ブルドーザの外観と機器構成

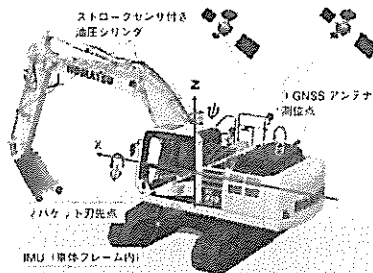


図 2 ICT 油圧ショベルの外観と機器構成

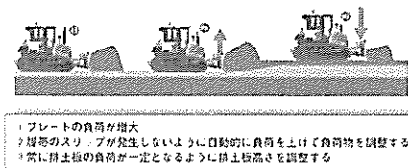


図 3 ICT ブルドーザの掘削制御

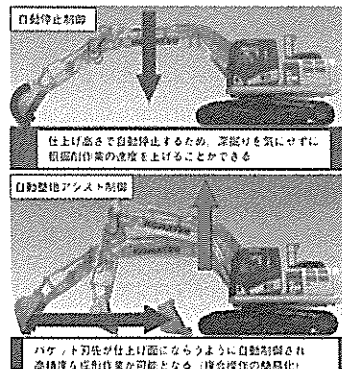


図 4 ICT 油圧ショベルの自動停止制御と自動整地アシスト制御

*1 正員、(株) 小松製作所 (〒 573-1011 枚方市上野 3-1-1)

*2 (株) 小松製作所 (〒 573-1011 枚方市上野 3-1-1)

*3 (株) 小松製作所 (〒 923-0392 小松市津井町 23)

研究奨励

(1) 三相理論を用いた心筋細胞の電気化学・力学連成シミュレーションの研究



波田野明日可*
(1984年生)

病態の心筋細胞においては、細胞内小器官の規則的配置の乱れなど形態的な変化が観察されるが、機能不全との因果関係は解明されていない。数値的に解明する試みは行われてきたが、力学・電気・化学が連成した問題であり、統合的な解析には各現象の注目すべき時間のスケール違いによる膨大な計算量、連成の複雑さゆえの並列化の難しさが障壁であった。本研究では力学・電気・化学の各現象に適した時間刻みで各々を更新する連成手法と、全現象の空間領域分割を基とした並列化手法により、大規模モデルの時間発展計算を可能とした。これにより心筋細胞3次元微細構造内でのマルチフィジックス解析が実現し、細胞内小器官の形状や配置が収縮機能へ与える影響などを明らかにした。

* 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

(2) 炭素繊維強化複合材料の長期耐久性評価に関する研究



細井厚志*
(1980年生)

炭素繊維強化プラスチック (CFRP) は、航空機や自動車、鉄道車両等の構造材料として更なる適用拡大が期待されており、その長期信頼性を確立することが必要である。CFRPは設計の自由度が大きい代わりに、損傷形態は積層構成によって複雑に変化する。CFRP積層板の最初期の損傷はトランスバースクラックであるが、その発生は積層構成や成形時の熟残留応力、及び使用中の応力比、寸法効果、積層板端面に生じる応力特異性の影響を大きく受ける。本研究はこれらの影響を考慮した上で、統一的にCFRP積層板のトランスバースクラック発生疲労寿命を予測することに成功した。本成果によってCFRP積層板の疲労における1つの安全設計指針を示すことが可能となった。

* 正員、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)

研究奨励

(3) 固体高分子形燃料電池電極の構造形成と物質輸送現象の研究



鈴木崇弘*
(1987年生)

固体高分子形燃料電池に用いられる多孔質電極について従来の試行錯誤の開発からの脱却と科学的知見に基づくモノづくりを目指し、電極の作製から構造及び性能の評価まで一貫した研究に取り組んだ。電極の形成プロセスと構造の関係、電極構造と内部の物質輸送及びその結果として得られる発電性能の関係を体系的に明らかにすることが重要である。そこで、材料と形成プロセスの観点から自由度の高い構造形成を実現した。また、形成プロセスのモニタリングにより形成過程の現象と形成される構造の関係を調べた。さらに、構造パラメーターを設定して形成した電極を用いて発電性能試験を実施することにより、性能に影響を及ぼす構造因子を明らかにした。

* 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

(4) 液中気泡の合体過程における気泡間液膜厚さの高速・高分解能測定の実現



諸隈崇幸*
(1987年生)

気泡の合体現象を、気泡近接過程において形成される気泡間液膜の破断現象として捉え、従来の気泡の流体力学的なバルク挙動から合体現象を論じる方法と異なる新たな視点から研究を進めた。非接触かつ高速測定の可能なレーザー消光法を高精度化し、サブミクロンオーダーの気泡間液膜厚さの精密測定を可能とした。その測定法を用いて、対向気泡の気泡間液膜形成から破断直前までの液膜厚さ分布およびその変化過程を、気泡挙動との関係において系統的に明らかにした。本研究により、沸騰現象などにおける気液二相流の挙動に関する基本的現象の解明に貢献することが期待される。

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

研究奨励

(5) 親水・撥水複合面におけるサブミクロンスケール液滴の凝縮メカニズムの研究



山田 寛*
(1988年生)

液体の凝縮は熱マネジメントを行う様々な機器に用いられる物理現象である。これは表面の濡れ性に大きく影響され、親水面と撥水面は凝縮しやすさと熱輸送量においてトレードオフの関係にある。そのため近年では、両者の性能を同時に引き出すため親水・撥水複合面が注目されているが、特に大きな熱伝達率の向上が期待されるサブミクロンスケールでの凝縮メカニズムは明らかになっていない。本研究では、あらかじめナノスケールの濡れ性分布を把握した面上での凝縮の様子を詳細に観察し、その結果を説明するモデルを構築した。この成果は熱機器だけでなく、淡水生成プロセスの効率化や微小液滴の研究の発展に寄与すると期待される。

* 正員、九州大学カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所 (〒819-0395 福岡市西区元岡744)

研究奨励

(6) 数値流体解析を用いたメガソニック場中における気泡挙動の解明とそのナノデバイス洗浄への応用の研究



落合直哉*
(1983年生)

次世代半導体の効率的な洗浄手法の一つとして、MHz帯の音波を用いたメガソニック洗浄が検討されている。一方で、メガソニック波が誘起するキャビテーション気泡の崩壊がナノデバイスにダメージを与える可能性もあるため、メガソニック洗浄の確立のためには、その粒子除去メカニズムを明らかにし、また、メガソニック場中の多数気泡挙動を制御する必要がある。そこで本研究では、数値流体解析を用いてメガソニック場中での気泡挙動の解析手法を確立し、複数気泡ダイナミクス解明のための第一歩として、メガソニック場中の二気泡の数値解析を行った。これによって、二気泡の初期半径及び気泡間距離が気泡挙動に与える影響などを明らかにした。

* 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

(7) 一様吹出しを用いた空間発達乱流境界層の摩擦抵抗低減に関する数値的・理論的研究



亀谷幸憲*
(1985年生)

航空機、鉄道及び船舶等の輸送機は、その社会的需要の一方で燃料消費に起因する環境負荷の要因となっており、機体表面での境界層形成に伴う粘性摩擦抵抗の低減制御が求められている。近年、抵抗増加の原因となる壁面近傍の乱流渦構造を壊して抵抗低減を行う方針が多く取られ、制御入力が多岐化する傾向にある。本研究では、単純入力である壁面一様吹出しを伴う空間発達乱流境界層の数値解析を行った。抵抗低減効果の力学的分解(FIK恒等式)を用いて考察し、壁面方向の移流による抵抗低減効果が乱流渦による増加効果を上回り、抵抗低減が達成されることを理論的に示した。本研究により、実用可能性の高い乱流抵抗低減制御の指針が示された。

* 正員、東京大学生産技術研究所 (〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1)

研究奨励

(10) 振動法による薄板の張力分布同定技術の研究



在原広敏*
(1982年生)

鋼板や銅板、アルミ板等の薄板生産ラインにおいて圧延や熟処理により薄板が歪むことによる形状不良が発生することがある。このような形状不良を管理し、小さくすることは品質を確保するうえで極めて重要である。そこで本研究では板の歪み状態を把握するために板幅方向の張力分布を板の固有振動数と振動モードから同定する手法を開発した。また、薄板周囲に存在する空気の付加質量を考慮した張力分布同定理論を導出することで同定精度を改善する方法を開発した。新たに製作した張力負荷装置を用いて歪が存在するアルミ薄板に本技術を適用した結果、測定値と同定値がよく一致することが確認され実用化に向けての見通しが得られた。

* 正員、(株)神戸製鋼所 神戸総合技術研究所 (〒651-2271 神戸市西区高塚台 1-5-5)

研究奨励

(8) デトネーション駆動型ガス銃を用いた飛翔体の加速性能および飛翔体周りに誘起されるデトネーションに関する研究



前田慎市*
(1982年生)

気体デトネーションは衝撃波と燃焼波が一体となって極超音速で進行する燃焼モードであり、古くから「防ぐべき危険な現象」として知られている。本研究では、極超音速まで飛翔体を加速可能な実験用ガス銃の駆動源として気体デトネーションを応用した。単純な構造ながら高い圧力上昇を伴った燃焼過程で飛翔体を駆動できるため、圧縮ガスで駆動する場合と比較して高い飛翔体速度が得られることを示した。加えて、可燃性混合気体中へ極超音速で射出された飛翔体周りに形成されるデトネーションを含む燃焼現象を高速度カメラで時系列可視化観測することで、飛翔体周りにデトネーションが起爆・安定化される条件を定量的に明らかにした。

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

研究奨励

(11) 単一浮遊細胞操作・計測のためのロボット統合型マイクロ流体チップの研究



伊藤啓太郎*
(1988年生)

マイクロ流体チップは閉空間の反応場を有することから環境制御が容易であり、細胞の詳細解析に適しているが、従来のマイクロ流体チップを用いた細胞操作や計測は外部のシリジポンプと内部の構造物によるパッシブな計測や化学的解析手法が多かった。そこで本研究ではマイクロ流体チップ内で、アクチュエータによるアクティブな力学的操作や計測を目的として、ゲルアクチュエータやオンチッププローブをMEMS技術を用いてマイクロ流体チップ内に集積化したロボット統合型マイクロ流体チップを提案した。これにより顕微鏡下において、マイクロ流体チップ内での単一浮遊細胞操作・計測を実現した。

* 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

(9) 柔軟マルチボディダイナミクスにおける弾性体の低次元化・要素数縮約手法の研究



安藝雅彦*
(1981年生)

従来、振動問題として弾性体の低次元化手法にはモード座標が用いられてきた。一方、マルチボディダイナミクスにおける大運動と弾性振動が連成する問題に対しては、モード座標を用いた低次元化のみでは計算時間の短縮には不十分である。大運動と弾性振動が連成する問題に対しては、モード座標を利用した低次元化と同時に、適切に要素数を縮約することで、計算量を減らすことが可能である。そこでモード座標による低次元化に加え、要素を縮約するモデル化手法の研究を行ってきた。2リンク柔軟ロボットアームの柔軟リンクに提案モデルを適用し制御への有効性を検証した。また低剛性車両のステアリング時の車体変形挙動シミュレーションに応用した。

* 正員、名古屋大学大学院工学研究科 (現) 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)

研究奨励

(12) 時空間動的システムの最適フィードバック制御系設計の研究



橋本智昭*
(1980年生)

熱、流体、波などに関連するシステムは、時空間動的システムとして偏微分方程式によって、その振る舞いが記述される。そのため、時空間動的システムを所望の状態へ制御したい場合、偏微分方程式の制御系設計問題を考える必要がある。しかしながら、さまざまな時空間動的システムに対して、系統的に制御系を設計するための手法はこれまでに考案されていなかった。本研究では、さまざまな時空間動的システムに対して適用可能な、最適フィードバック制御系の系統的な設計法を新たに考案した。さらに、当該設計手法を熱流体システムの温度制御問題や高温鉄鋼の冷却制御問題に適用し、その有効性を確認した。

* 正員、大阪工業大学工学部 (〒535-8585 大阪市旭区大宮 5-16-1)

研究奨励

(13) EEG信号を用いたウェアラブルロボットの制御の研究



林 喜章*
(1982年生)

電動義肢やパワーアシストロボットなどのウェアラブルロボットを使用者の思い通りに制御するためには、使用者の動作意図を推定する必要がある。本研究では、頭皮上に配置した電極から計測する脳波信号（EEG信号）を用いた使用者の動作意図推定およびロボットの制御をおこなう。使用者がロボットを装着するウェアラブルロボットにおいては、使用者が違和感を覚えないようにするために、ロボットを使用者の思い通りにリアルタイムに制御することが求められるため、リアルタイム制御することを念頭におきつつ、連続量による使用者の動作意図推定を試みている。

* 正員、佐賀大学大学院工学系研究科（〒840-8502 佐賀市本庄町1）

研究奨励

(16) 細胞力学実験と計算力学解析による細胞の内部構造を考慮した力学モデルの構築の研究



氏原嘉洋*
(1982年生)

我々の体を構成するほぼすべての細胞は、常に生体内外からの力学的負荷に曝されている。細胞はこのような力学的負荷を臓器の発生過程や機能発現に不可欠な生体情報として利用しているが、その詳細な仕組みは良くわかっていない。本研究では、実験的手法と計算的手法を駆使して、細胞に力学的負荷が作用したときの細胞の内部構造の挙動、および内部構造が細胞の力学的特性に及ぼす影響を調べた。得られた結果に基づいて、内部構造を有する細胞力学モデルを構築した。このモデルは、細胞骨格のような離散要素体の力学的な挙動を定量化することが可能であり、様々な細胞の力学的ふるまいの解釈において有益な知見をもたらすことが期待される。

* 正員、川崎医科大学医学部（〒701-0192 倉敷市松島577）

研究奨励

(14) 知的超精密マイクロ・ナノ計測の研究



伊東 聡*
(1981年生)

マイクロ/ナノメートルスケール構造の形状や寸法は光学素子や微細デバイスの特徴付けるため、品質管理の面からも超精密計測への要求はますます高まっている。本研究では、マイクロ・ナノスケール微細形状の超精密計測を実現するために、全方位検出型マイクロプローブの開発と超精密三次元計測システムに関する研究、高速高精度マイクロレーザー測定システムによる工具マイクロ形状知的精密計測に関する研究、レーザー格子干渉計による微小振動の多軸一括計測システムに関する研究に取り組み、マイクロ・ナノ構造物作成に不可欠な超精密計測および超精密加工における精度向上に大きく貢献した。

* 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

(17) 力学環境の変化に対する骨の機能的適応メカニズムの研究



亀尾佳貴*
(1984年生)

骨が力学環境に応じたりモデリングにより、その形状や構造を絶えず変化させることは古くから知られている。しかし、関連する骨構成細胞群の協調的な代謝が、骨組織の機能的な適応変化をもたらすメカニズムは未だ謎に包まれている。本研究では、分子・細胞レベルから組織・器官レベルに至る骨の構造と機能の階層性に着目し、現象の数理モデル化とシミュレーションに基づくマルチスケール解析により、本メカニズムの解明にアプローチした。海綿骨の微視構造要素である骨梁を対象に、細胞の力学応答と情報伝達を考慮した骨リモデリングの新たな数理モデルを構築し、力学環境の変化に対する骨の機能的適応構造の形成過程を明らかにした。

* 正員、京都大学再生医科学研究所（〒606-8507 京都市左京区聖護院川原町53）

研究奨励

(15) オイラー型定式化による力学連成解析手法の開発と生体流動現象のメカニズム解明に関する研究



伊井仁志*
(1982年生)

患者個別に対する数値シミュレーションにおいては、医用画像より取得した形態情報を基に計算格子を生成し支配方程式を離散的に解くというプロセスを踏む必要があるが、計算格子の生成は専門的な知識を有するとともに一連のプロセスの大部分を占める場合がある。本研究では、オイラー型定式化に基づき医用画像と親和性の良い直交固定格子を用いた力学連成解析手法の提案を行うことで、これらの問題の解決を試みた。更に、提案手法の利点を活かし、多数の赤血球および血小板を含む毛細血管内流に適用することで、血流中における赤血球および血小板の三次元挙動を示した。これらより、数値シミュレーションを用いた臨床医学の新たな展開を示した。

* 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

(18) 微生物と機械を融合した自律マイクロシステムの研究



永井萌土*
(1982年生)

微小な環境に応じて自律的にタスクを処理するマイクロシステムは、我々の生活を意識しない形で豊かにすると期待される。この期待を実現するため、微小環境に応答し自律的に動作する微生物を素子として取り込んだ「自律マイクロシステム」を開発した。駆動源の微生物（原生動物のツリガネムシや藻類のボルボックス）を人工構造体内へ選択的に配置し、①Ca²⁺応答性マイクロバルブ、②光応答型マイクロバルブ、③自律駆動型マイクロミキサーを開発した。これらシステムは生物の機能を活用し、超並列的に自律的動作する特長を持つ。本研究では、微生物を機械と融合して、目的のタスクを自律的に処理するシステムを開発する汎用的な手法も確立した。

* 正員、豊橋技術科学大学大学院工学研究科（〒441-8580 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1）

研究奨励

(19) 血流中における細胞や薬剤の移動現象の数値シミュレーションの研究



ニックス ステファニー*
(1986年生)

血液は赤血球、白血球、血小板など、変形可能な細胞から構成されている。また、近年では血管を通して薬剤を輸送するリポソームやポリマー複合体の研究開発が活発に行われている。血流中の細胞や薬剤輸送システムは、変形によって複雑な移動をすることが知られているが、計算でこのような流体構造問題を解くのは困難である。本研究では、細胞や薬剤輸送システムを代表するカプセルモデルを用い、各流体力学的因子とカプセルの変形・移動の関係を明らかにした。これらの知見は、血流中の細胞挙動の理解に役立つものであり、血流中の薬剤輸送システムの設計指針を示す重要な成果である。

* 正員、秋田県立大学システム科学技術学部 (〒015-0055 山形本荘市土谷字海老ノ口 84-4)

技術奨励

(3) デュアルコイル電磁石による鋼板の非接触搬送を実現する制御技術の開発



石垣雄亮*
(1981年生)

溶融亜鉛めっき鋼板の連続製造ラインでは、鋼板に付着させた溶融亜鉛をワイピングノズルから噴射されるガスによって掻き落としてめっき付着量を調整する。亜鉛めっき鋼板の生産性・品質向上のためにはめっき付着量の均一化が求められ、ノズルと鋼板の間隔を一定に保つことが重要である。本開発では、鋼板の振動抑制と形状矯正を両立可能なデュアルコイル電磁石の制御技術を確立し、鋼板の安定的な非接触搬送を実現した。この成果により、付着量ムラを低減した高品質で美しい鋼板の製造が可能となり、めっき材料の無駄を省くことで、環境負荷を低減することにつながった。

* 正員、JFE スチール (株) (〒721-8510 福山市綱管町 1)

技術奨励

(1) 電磁ポンプ不安定現象解明のための三次元電磁流体解析コードの開発



浅田隆利*
(1985年生)

電磁ポンプは、回転部品を使用しない液体駆動を可能とするため、優れたメンテナンス性と高い信頼性を有する機器であり、高速炉等の分野で利用されている。電磁ポンプを定格点よりも低流量条件で駆動させた際、吐出圧が不規則に振動する不安定現象が発生する。この不安定現象を解析で再現するために三次元の電磁流体解析コードを新たに開発した。本コードを用いた解析により、流路内における不安定現象要因の渦の発生と消滅の様子を再現し、内部での流況を三次元的に可視化することが可能となった。既存の二次元解析よりも高精度な流況の予測が可能になったことで、安定流量域を拡大した高性能な電磁ポンプの開発が期待できる。

* 正員、(株) 東芝 (〒183-8511 府中市東芝町 1)

技術奨励

(4) 多目的最適化を用いた生産ラインにおける磁気ディスク装置制御パラメータの自動調整技術の開発



石原義之*
(1980年生)

磁気ディスク装置のヘッドを目標トラックへ安定的に位置決めするため、ヘッド位置決め制御系では機械共振の励起を防ぐノッチフィルタが用いられる。従来、ノッチフィルタのパラメータは技術者が手作業で調整していたが、個体毎の機械共振ばらつきに起因する不良品の発生が課題であった。本技術は、パラメータ調整作業を多目的最適化問題に帰着し、制御系の安定性と位置決め精度を定量評価する目的関数を数値計算で最小化することで、調整作業の自動化を実現した。これによって、生産ライン上で個体毎の機械共振特性に合わせたパラメータ調整が可能となった。本技術は実際の生産ラインで活用され、不良品発生の低減に貢献している。

* 正員、(株) 東芝 (〒212-8582 川崎市幸区小向東芝町 1)

技術奨励

(2) タービン発電機固定子コイルエンドの振動解析技術の開発



伊賀良彦*
(1980年生)

タービン発電機の固定子コイルエンドは運転時に作用する強大な電磁力により振動するため、電磁加振力に対する避共振設計が必須であり、そのための固有振動数の高精度予測技術が必要である。本開発ではこの固有振動数の予測技術を構築するため、コイルエンドの構成部品のうち、特に構造が複雑なガラスロービングと、多数の銅素線・素線被覆材・樹脂からなるコイル導体のモデル化技術を開発した。さらにこれらのモデル化技術を実機に適用して従来手法よりも計算精度が向上することを確認した。本手法を用いることでタービン発電機の運転時の振動応答低減および構造合理化が可能となり、さらなる発電機の信頼性向上が期待できる。

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

技術奨励

(5) 電動多自由度腹腔鏡における対象物を視野に捕らえ続けるロックオン機能の開発



井上慎太郎*
(1985年生)

手術で使用される視野方向を変更する湾曲部を持った腹腔鏡は、体表で拘束される挿入部と先端の湾曲部を協調して手で操作する必要があるため、素早く正確な視野変更には熟練を要する。そこで本技術開発では、電動多自由度腹腔鏡のための「ロックオン機能」を開発した。本機能は、腹腔鏡が人に保持された状態で、体内内の腹腔鏡位置と対象物位置が計測され、視野内の対象物位置を登録すると、腹腔鏡をどのように動かしても対象物を視野に捕らえ続けるよう電動関節が自動制御される。この機能により、腹腔鏡操作を人が行う現況の手術現場に容易に導入されること、および素早く正確な視野変更をしたいという医師のニーズを満たすことが期待できる。

* 正員、オリンパス (株) (〒163-0914 東京都新宿区西新宿 2-3-1 新宿モノリス)

技術奨励

(6) 摩擦付与制御による電動パワーステアリングの操舵感向上技術の開発



大野 智史*
(1981 年生)

応答性と安定性の両立は制御システム全般の技術課題である。電動パワーステアリングでは、アシスト力の応答性と振動抑制の両立が求められる。従来の操舵速度に応じた粘性力付与制御は、振動を抑制することができるが、応答性を低下させて操舵感を損なう。本開発では摩擦力に着目し、モータ制御により等価的なクーロン摩擦力を発生させ、粘性力に代えて適度に付与することで振動を抑制する新たなモータ制御技術を考案・開発した。本技術により、操舵に応じたスムーズなアシストと高い安定性を実現し、運転のし易さが向上した。本技術は、モータ制御全般の応答性と安定性の向上に应用可能であり、電動化技術への貢献が期待される。

* 正員、(株) 本田技術研究所 (〒321-3393 栃木県芳賀郡芳賀町下高根沢 4630)

技術奨励

(7) ゼロパワー制御を用いた磁気軸受の開発



上條 芳武*
(1984 年生)

ゼロパワー制御は、永久磁石と電磁石で構成された磁石ユニットにより省電力で磁気浮上を実現する手段である。浮上体に定常外力が作用すると、外力と永久磁石による磁力を均衡させるため、浮上位置が変化する。したがって、回転体を非接触支持する磁気軸受に適用すると、外力によって軸偏心が大きくなる問題がある。そこで、ゼロパワー制御による磁気ばねと機械ばねの連成構造となる磁気軸受構成を立案した。さらに、ゼロパワー制御を2質点系の連成制御に拡張し、省電力で軸偏心の少ない磁気軸受を開発した。本磁気軸受は連成構造により軸受剛性を高めているため、従来の磁気軸受に比べて制御ゲインを低くでき、制御の安定性向上が期待できる。

* 正員、(株) 東芝 (〒183-8511 府中市東芝町1)

技術奨励

(8) 部分負荷効率向上を実現するターボ冷凍機用多段遠心圧縮機の開発



川口 大輔*
(1981 年生)

ターボ冷凍機の省電力化を目的に、年間の冷暖房負荷変動に応じた遠心圧縮機の部分負荷効率の向上を実現するため、インレットガイドベーン (IGV) を備えた多段遠心圧縮機の効率的な流量制御手法を開発した。まず、数値解析により、部分負荷運転時における多段遠心圧縮機の性能予測手法を確立し、実験的にその妥当性を確認した。次に、多段遠心圧縮機各段の圧力バランスに着目して数値解析結果を分析した。その結果、各段の圧力バランスを最適化するように、各段に備えた IGV の流量制御を行うことが部分負荷効率向上に有効であるという新たな知見を見出した。本知見を活用することで、他種のターボ機械多段機においても部分負荷効率向上が期待できる。

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

技術奨励

(9) ベローズ排気管の動的応力予測技術の開発



川下 道宏*
(1980 年生)

油圧ショベルにおいて、エンジンと排気ガス後処理装置とを繋ぐベローズ排気管は、排気ガスによって高温となり、さらにはエンジン振動や車体振動に曝される。このような過酷環境で信頼性を確保するためには、ベローズ排気管に発生する応力の把握が重要である。そこで開発した技術では、JIS の理論式を応用して、二層構造のベローズを単層の等価剛性を有するシェル要素でモデル化する手法を構築した。これにより、従来手法に比べて低い計算負荷を実現しながら、二層構造のベローズに発生する応力を予測することができ、ベローズの破損不具合を防止することができる。

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

技術奨励

(10) ガソリン直噴インジェクタの過渡挙動解析シミュレータの開発



草壁 亮*
(1983 年生)

エンジンの燃費・排気性能を改善するため、燃料をシリンダ内に直接噴射して精密な燃焼制御を行う直噴エンジンの普及が進んでいる。直噴エンジン用のインジェクタには、微量の燃料を正確に噴射する必要がある。本技術開発では、非定常の電磁場解析と、流れ解析の結果を運動方程式に取り込み、インジェクタの詳細な構造を反映するシミュレータを構築し、噴射量の非線形性の要因が、可動部のパウンドと残留磁気であることを解明した。また、可動部が固定コアに衝突する直前に、可動部を減速させる電流制御を開発し、微小噴射量を成し遂げた。これらの成果を直噴エンジンに活用することで、エンジン性能の向上が期待できる。

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

技術奨励

(11) 緊急時のドライバ回避操作分析に基づく操舵アシスト制御の開発



高橋 英輝*
(1981 年生)

前方障害物と衝突の危険性がある場合に、自動でブレーキをかける予防安全システムが商品化されているが、前方障害物との衝突回避にはブレーキによる回避だけでなく、操舵による回避を行う場合もある。操舵による回避を行った場合、前方障害物との衝突事故だけでなく、回避後の路外逸脱事故も発生することから、前方障害物との衝突回避性能を高める機能だけでなく、衝突回避後の路外逸脱を防止する機能も要求される。これらの機能を両立させるため、衝突回避時におけるドライバの回避操作と事故の因果関係を定量的に分析し、事故要因を明らかにした。また、その要因分析に基づき、双方の事故防止に効果的な支援手法を考案し、その有効性を示した。

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

技術奨励

(12) 人間の知覚特性解明による感性に合ったステアリングホイールの反力設計手法の開発



竹村和絃*
(1981年生)

ドライバーに感動やわくわくした感覚を提供することが自動車開発において重要とされており、その実現を効率化するために、目標の感性評価となる操作機器の設計を、開発初期の設計段階にて実現可能とする手法を開発した。具体的には、大きな姿勢変化が生じ多関節運動を伴うステアリングホイールの操作について、人間の反力知覚特性をモデル化し、人間の主観的力空間への変換法を新たに提案するとともに、その有効性について検証した。また、感性評価の推定式を用いた反力の最適設計法を提案し、感性に合った操作機器の特性導出ができる可能性を示した。この手法を用いることで、設計段階で人間の感覚を予測し、開発効率化を実現する。

* 正員、マツダ（株）（〒730-8670 広島県安芸郡府中町新地3-1）

技術奨励

(15) 高熱効率燃焼を実現した1.2L直噴過給ダウンサイジングガソリンエンジンの開発



原田慎治*
(1984年生)

低燃費・低エミッションへの要望がますます高まる昨今、魅力あるエンジンの開発のためには、新規デバイスの採用だけでなく、既存システムの付加価値向上が求められる。本開発では、エネルギー密度が高まる過給エンジンにおいて特に重要となるヒートマネジメントに着目し、「シリンダブロックにおける潤滑油熱交換構造」「シリンダボア暖機促進システム」「ピストンジェット停止システム」を構想した。数値解析を用いた最適化と実機評価による効果実証を行い、簡潔な形状で構想を具現化した。この成果は、ヒートマネジメントシステム進化のポテンシャルを示したもので、今後のエンジン開発においても広い活用が期待される。

* 正員、トヨタ自動車（株）（〒471-8572 豊田市トヨタ町1）

技術奨励

(13) 蒸気タービン用高性能軸流型低圧排気室の開発



野口太郎*
(1983年生)

近年、コンバインド発電や地熱発電などの中小型蒸気タービンの需要増加などにより蒸気タービンの低圧排気室に軸流排気室が採用される機会が増加している。低圧軸流排気室は、その内軸部にロータ・軸受を支持するストラット・リップなどの強度部材が設置されるが、最終段出口部から排気室出口へむかう旋回を伴う流れは、これらの強度部材によって遮られて剥離を生じ、損失の原因となっていた。本開発では、ストラット・リップなどの構造物配置と十分な圧力回復を図るディフューザ拡大形状について流体解析によるパラメータサーベイで最適形状を検討すると共に、実マッハ数モデル試験による検証評価を実施、更に開発技術の実機適用を実現した。

* 正員、（株）東芝（〒212-8585 川崎市幸区堀川町72-34）

技術奨励

(16) 編成鉄道車両の運動解析技術の開発



干鯛正隆*
(1981年生)

鉄道車両の更なる乗心地向上を実現するためには、設計段階における走行時の車両挙動の予測技術が重要となる。本技術開発では、鉄道車両向けの既存の車両運動解析モデルに対して、(1) 曲線通過時に隣接号車両の幾何学的位置関係によって定まる車両間ダンパ等のサスペンションで発生する力、(2) トンネルで車体に直接作用する流体加振力の2つをモデル化することで、編成鉄道車両がトンネルかつ曲線区間を走行するような複合条件での車両運動を予測可能な解析技術を開発した。本解析技術による車両運動解析結果が、高速鉄道車両の実走行時に発生している事象を再現できていることを確認した。

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

技術奨励

(14) シミュレーションによる通勤電車内の温熱環境再現技術の開発



林 伸明*
(1981年生)

混雑した通勤電車内の温熱環境に対しては、お客さまより「暑い」「寒い」といった様々なご意見をいただいております。快適性の向上が望まれている。そこで、快適性向上の検討を行う手段として、シミュレーション上でお客さまが多数存在する通勤電車内の温熱環境を再現し、その環境下における心理応答（温冷感）を予測する技術の開発を行った。シミュレーションでは、通勤電車の車体モデル内に、人体発熱、発汗等を再現可能な人体熱モデルを多数配置し、数値流体力学（CFD）と連成させた。実測データとの比較により計算精度を検証した結果、本開発技術によって実用的な精度での温熱環境再現と温冷感予測が可能であることが確認できた。

* 正員、東日本旅客鉄道（株）（〒331-8513 さいたま市北区日進町2-479）

技術奨励

(17) エネルギーの釣合いに基づくボイラ構造物の振動変位予測式の開発



樋吉佑一*
(1983年生)

東大秋山名誉教授によって提唱されたエネルギーの釣合いに基づく耐震設計法を発端とし、時刻歴解析によらない高効率な応答解析手法として、地震入力エネルギースペクトルを用いた解析で弾塑性ダンパ付建築物の振動変位を予測する手法がこれまでに開発されている。しかし、本手法は建築物のような非連成構造物を対象としたものであり、ボイラ構造物（ボイラと支持鉄骨を弾塑性ダンパで連結した連成構造物）に適用できないことが課題であった。この解決のため、連成構造物の1次固有モードを考慮することでボイラ構造物用の振動変位予測式を定式化可能とした。更に本式の妥当性を解析検証することで、ボイラ構造物の耐震設計に役立つことを確認した。

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

技術奨励

(18) 高効率ガスタービン向けタービン静翼の開発



水上 聡*
(1982年生)

ガスタービン (GT) のタービン翼冷却には、圧縮機からの抽気空気を利用しているが、より少ない空気流量で冷却することは、更なる効率向上につながる。冷却空気流量削減には、タービン翼周りの詳細な熱流動特性を把握することが有効である。タービン静翼シュラウド面における熱流動特性は、複雑な特性を示すことが経験的に知られている一方、実機相当環境における試験やデータの蓄積が不足している。本技術開発では、赤外線カメラとメッシュヒータによる熱伝達率の面分布計測と詳細熱流動解析を組合せ、実機相当環境下での熱流動現象を明らかにし、効率向上につながる知見を得た。本知見に基づき、冷却空気流量削減に伴う更なる性能向上が期待できる。

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

技術奨励

(19) 界面密着性シミュレーション技術の開発



宮崎真理子*
(1980年生)

異種材料界面の密着性向上は、半導体デバイスや表示素子等の電子機器の小型・高密度化に伴う、種々の高機能材料導入のための重要な技術課題である。特に、樹脂材料を含む材料界面は分子構造が複雑なため、シミュレーションによる解析が困難であった。本技術では、複雑界面のモデル化手法を構築することで、樹脂材料の密着性評価を可能とした。本技術で計算された界面密着性は、ピール試験の結果と相対的によく一致することを示し、有効性を実証するとともに、界面における電子密度の重なり等の界面密着性メカニズムを明らかにした。これらの成果により、密着性に優れた材料を効率的に予測・選択でき、高機能材料の早期設計の実現が期待される。

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

技術奨励

(20) プローブリソグラフィの描画安定性とスループットを向上させるための耐摩耗プローブ技術の開発



李 永芳*
(1981年生)

プローブリソグラフィは低コストと高分解能が両立できる次世代リソグラフィ技術として注目されているが、描画安定性とスループットの向上が課題となっている。本技術開発では、接触面積の拡大によるプローブ先端の耐久性向上と、極小スポットでの安定な電気的接触による高分解能の実現を目指して、マイクロスケールの機械的接触部とナノスケールの電気的描画部とを有する新規なマルチプローブを開発した。これによって、市販プローブと同等な描画分解能が実現するとともに、耐久性が3桁を向上した。本開発は、ワンショットサイズでの安定描画を可能にするもので、今後、プローブリソグラフィの半導体の微細加工への展開が期待される。

* 正員、(株)東芝 (〒212-8582 川崎市幸区小向東芝町 1)

教育

(1) ロボット分野の教育図書の出版



川崎 晴久*
(1949年生)

受賞者は、学生・若手技術者の教育用図書として、ロボティクス・メカトロニクス分野の学術基礎となる8冊の単著、工学ハンドブック等の9冊の共著を執筆している。特に、1991年に執筆した「ロボット工学の基礎」(森北出版)はロボットの学術基礎の簡潔で平易な記述により24刷発行され、2012年に第2版と改定され、これまで広く高専や大学のロボット教科書として活用されている。また、1995年に執筆の「C&FORTRANによる数値解析の基礎」(共立出版)は、数値解析の学術基礎を解説するとともに、アルゴリズムをC言語とFORTRAN言語で記述し、韓国語にも翻訳され、機械工学科でのC言語教育の普及に貢献している。分担執筆の代表的なものとして、2004年にUNESCO-EOLSS百科事典プロジェクトに参画し、世界の学生・技術者がロボットについてe-Book等により学べるようにし、その教育の貢献度は大きい。さらに、2015年にはRobot Hands and Multi-Fingered Haptic Interfaces (World Scientific Publishing)を執筆し、多指ハンドロボットの学術基礎とその応用について記述しており、この分野の良書が少ない中、大学院生や若手技術者の教材として活用が見込まれる。

以上の出版活動を通して、ロボティクス・メカトロニクス人材の育成に大いに貢献している。

* フェロー、岐阜大学工学部 (〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1)

教育

(2) 社会人技術者教育としてのイブニングセミナー



イブニングセミナーを支える会
(技術と社会部門)
〔代表者〕小西義昭*
(1949年生)

技術者が参加したい時にポケットマネーで来られる気軽なセミナーとして、「決まった場所と、決まった時刻と、多彩なテーマで」を目標に、毎月最終水曜日の夕方6時に、都心の交通の便の良い大学の教室で、1997年10月に始めてから18年、190回続いている。

われわれ技術者が、新しい時代を担う責任ある技術者であろうとするならば、人間についての深い洞察を持つとともに、社会の動きを正しく見極めなければならない。そして、技術と人間、技術と社会の関わりについて現状を理解し、将来を展望する力を持ち続けなければならない。そのためには、自分の専門とは全く異なる他分野の常識の世界で、息抜きに遊ぶ余力を持つ必要がある。

イブニングセミナーでの、90分の講演と30分の質疑応答とセミナー後の本音の質問(講師を囲んでの懇親会)は、面白いテーマがあれば行くという参加者と、ボランティア・メンバーにより支えられている。

* フェロー、KoPEL小西技術士ラボ (〒354-0041 埼玉県入間郡三芳町藤久保 384-1、A-201)

(1) リニアモータ駆動型フル・アクティブ制振装置

株式会社 IHI インフラシステム*

1. 開発の動機

土木や建築の分野では構造物の大型化、長大化、高層化が進むにつれ、強風による振動の影響が懸念されるケースが増えてきた。たとえば、建築の分野では、高層ビルが台風などの強風で発生する「ビル酔い」と呼ばれる船酔いに似た現象の対策として、これまで制振装置が適用されてきた。また、近年では長周期地震動による高層ビルの後揺れ対策として、制振装置を採用する気運が高まっている。2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、都内の高層ビルに長時間にわたって後揺れが発生したことは記憶に新しい。

このような社会的要求に対し、これまでの制振装置は、可動マスを振り子やコイルばねなどのばね機構で支持した「パッシブ式」や、パッシブ式にアクチュエータを組み込んだ「ハイブリッド式」が主流であった。これらの装置は、大型構造物の制振装置として広く適用されてきたが、可動マスのストロークに制限があるため、装置サイズが巨大となり、構造物に対する設置スペース等の影響が大きい（制振装置の能力は、ストローク量と可動マスの積によって決まる）。構成部品に特殊なものが多く、メンテナンスに費用がかかる、といった課題があった。

弊社は、パッシブ機構を取り除いた「フル・アクティブ式」の制振装置の研究開発に注力し、上述の課題に取り組んできた。その集大成として開発されたのが、図1に示すリニアモータ駆動型フル・アクティブ制振装置（以下、リニアモータ駆動型制振装置）である。

2. 特長

① 長ストローク化

リニアモータ駆動型制振装置の最大のコンセプトは、「ストロークを長くとり、長周期振動の抑制に対応させる」ことである。これまでのフル・アクティブ式制振装置は、可動マスの駆動にボールねじ等の回転運動を並進運動に変換する機械駆動系を使用していたが、ボールねじの製作や強度の限界によってストロークが約±0.5～±1.5m程度に制限されてしまうという欠点があった。これに対し、リニアモータ駆動型制振装置は、リニアモータの固定子（永久磁石）を並べることで、ボールねじと比較し、2～3倍程度のストロークが可能となった。高さ200mを超える超々高層ビルの長周期振動対策に有効である。

長ストローク化の利点は装置の軽量化にも展開することができる。制振装置の能力は、ストローク量と可動マスの積によって決まるため、設置スペースの限界までストロークを確保し、可動マス質量を抑えることで装置が設置される構造物の補強の軽減が可能となった。図2は当社実績における同程度性能の制振装置の製品寸法を比較したものである。リニアモータ駆動型制振装置は装置高さを従来型であるハイブリッド式に比べておよそ1/4、ボールねじ駆動型に対しておよそ1/2に低減している。

② 設計のユニット化

リニアモータ駆動型制振装置は、特殊部品を用いておらず、すべて共通の汎用品によって装置を構成されている。これにより、以下の利点が生まれた。

- ・特殊部品ではなく標準汎用品の組合せによる構造としたことで設計が効率化された。
- ・汎用品を用いることで構成部品の更新が容易となり、メンテナンス性が向上した。
- ・部品点数が大幅に削減され、分割可能となったことで、既存の建物にも制振装置の増設が容易となった。

③ キャパシタバンクの適用

制振装置の可動マスは、加速・減速を繰り返して慣性力を発生させるため、回生電力が発生する。本システムでは、図3に示すように、キャパシタバンクを用いてこの回生電力を再利用

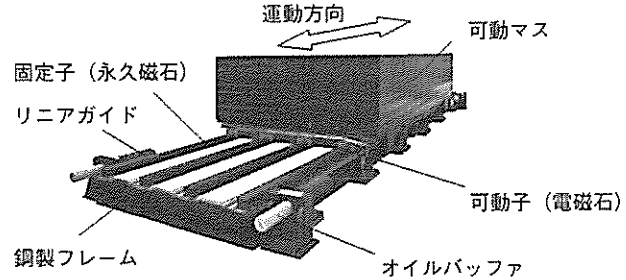


図1 リニアモータ駆動型制振装置外観

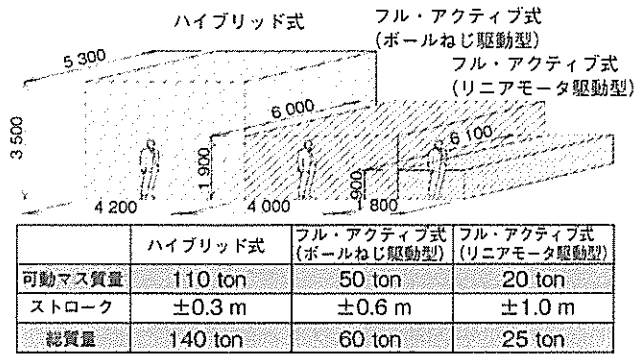


図2 製品寸法比較

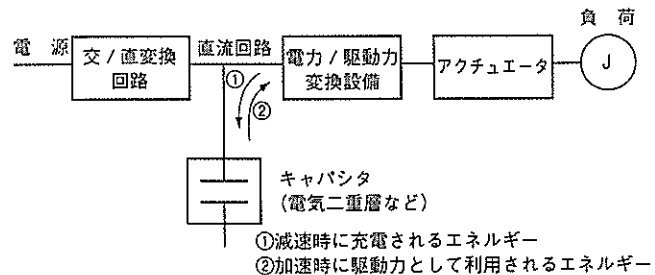


図3 回生システムの概念図

し、省エネ化を図る技術が導入されている。電源側から供給される電力はシステムの損失分のみとなり、電源容量をおよそ1/3に低減することが可能となる。また、交/直変換に関わる変換損失を抑制でき、構造物の電力負荷の軽減やランニングコストの抑制に成功した。

3. 適用実績

本装置は応用範囲が広く、土木・建築の分野だけでなく船舶海洋の分野にも適用することができ、開発が完了した2011年から2016年現在までの間で納入実績10件、施工中2件の合計12案件（装置台数32台）が採用されている。

4. まとめ

本装置は、フル・アクティブ式制振装置にリニアモータを採用したことで、そのコンパクトさ、適用範囲の広さなど、従来の装置にない特徴を実現している。安全・安心のための防災・減災技術の一端を担うものとして、多くの適用、応用が期待できるものであると考える。

1. 高耐圧ガラス球とは

深海調査活動に用いられる容器には高耐圧機能が求められる。深海8000mにおいては80MPa、同10000mにおいては100MPaの耐圧能力が必要である。一般的に耐圧容器の材料として金属（チタン合金が多い）、セラミックス、ガラスが用いられる。耐圧容器製造時に材料を溶融するための熱エネルギーはセラミックス>金属>ガラスの順で大きく、ガラスは他の材料と比較して環境負荷が少ない材料である。また、万が一海中・海底で耐圧容器が逸失した場合でも、ガラスは地球の地殻構成に非常に近い物質構成であるため、数百年で海水に溶けて地球に還る環境に優しい素材と言える。

2. 開発製品の概要

当社は深海8000mの水圧（80MPa）に耐えられる13inch高耐圧ガラス球を開発した。

開発成功のポイントは合わせ面のデザインの最適化と加工精度の向上である。8000mの深海では13インチガラス球の表面には2700トンの力が加わる。耐圧ガラス容器は半球を二つ合わせて全球にするが、合わせ面に最も圧力がかかる構造である。当社は深海における圧縮応力と引張り応力をシミュレーションにより計算し、最大応力が一部分に集中しない最適なデザインを割り出すことに成功した。

3. 80MPa耐圧ガラス球の設計

① 素材選定

ガラスは原子同士が強固に結合した均質で等方的な3次元網目構造を有している。金属や高分子と異なり、転位や粒界がないため強度的に弱い部分がなく、その理論強度は極めて高い。

耐圧容器は浮力体としての機能も持つため、ガラス素材は比重の小さいホウケイ酸ガラスを選定した。その中でもなるべく結合ネットワークが強くヤング率の高い素材を選んだ。

② 形状設計

圧縮応力と引張り応力をできるだけ小さくする設計としている。

耐圧ガラス球で最も圧力がかかる赤道面の合わせ部分の形状について、深海における圧縮応力と引張り応力をシミュレーションにより計算し、最大応力が一部分に集中しない最適なデザインを割り出すことに成功した。その構造と赤道面を拡大したものをそれぞれ図2、図3に示す。また図3の赤道面のシミュレーション結果を図4に示す。

③ 成型精度

当社製のガラス球は赤道面の平坦度・垂直度が先行するドイツ球・アメリカ球より一桁高いものである。マシニングによる加工だけでは精度向上に限界があるため、最終的には治具を活用した追加加工により平坦度・垂直度を向上させることに成功した。

4. 販売実績

当社が2014年度に納入した13inch耐圧ガラス球は34個であり、これは国内市場の17%のシェアであると推定される。

5. まとめ

当社は1928年の創業以来、特殊ガラスを製造し国内外の顧客に納入してきた。しかしながら深海用の耐圧ガラス球の開発に着手したのは2012年であり海洋関連の市場とは関わりが薄かったのは事実である。13inch耐圧ガラス球の開発の成功を機に、信頼性が高く、かつ、安価な海洋向けガラス製品を提供して、海洋関連市場の発展に貢献していきたい。

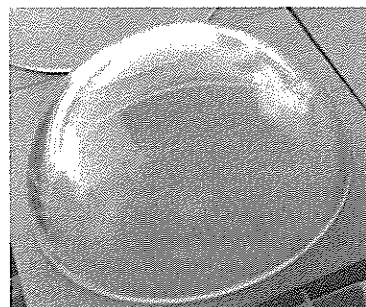


図1 13inch耐圧ガラス球（半球）

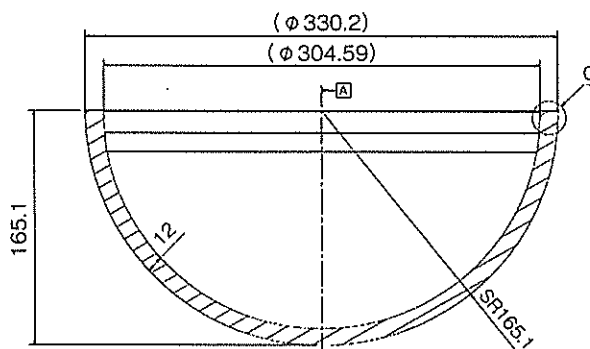


図2 耐圧ガラス球の構造

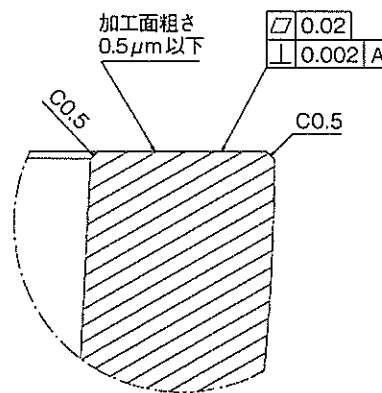


図3 図2 C部分の赤道面 拡大

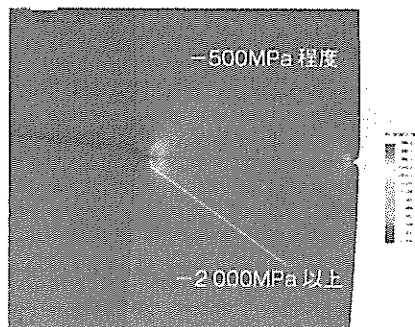


図4 赤道面のシミュレーション結果

* 特別員、〒277-0872 柏市十倉 2-380

1. 開発の動機

近年、日本の都市圏における大規模インテリジェントビル、データセンタ、上水道施設および排水設備の処理能力は大容量化の傾向にある。これら施設の社会的な重要性から、停電時には瞬時に大容量電力を安定的に供給できる信頼性の高い非常用発電装置が要求される。

このような背景のもと、発電出力 3000kVA 用のガスタービン機関を新たに開発し、そのガスタービンを 1 機搭載するシングル型と 2 機搭載するツイン型の「CNT-3000EA/CNT-6000EN 型非常用ガスタービン発電装置」を開発した。

2006 年に開発に着手し、2009 年より販売開始、2011 年の初号機納入以降、シングル型、ツイン型合わせた納入実績は 40 装置以上となっている。

2. 装置の主な特長

本製品は主に以下の特長を有している。

- 1) ツイン型で 6 000kVA の発電容量は、国産非常用ガスタービンで最大
- 2) シングル型として 3 000kVA の発電容量も国産最大（既存製品は 1 500kVA のツイン型）
- 3) 国内消防法に準拠し 40 秒以内での始動可能
- 4) 停止直後でも再始動指令より 40 秒以内で始動可能
- 5) BCP に対応した液体燃料とガス燃料のデュアル燃料システムにも対応可能

特長 1), 2) について、非常用発電装置は、地上、地下以外にビルの屋上に設置されるケースが多く、装置全体の軽量化が要求される。本装置では、国産最大級の出力かつ、エンクロージャ、吸気消音器、機関台床等の構造最適化により軽量化を実現した。3 000kVA の例で、従来比約 10% の質量低減となっている。CNT-6 000EN 型発電装置外観を図 1 に、発電装置内部を図 2 に示す。

特長 5) について、東日本大震災以降、災害時の企業の BCP (Business Continuity Plan) 対応として、燃料の調達、供給の観点から液体燃料とガス燃料のデュアル燃料対応が注目されているが、本装置では、燃料ノズルのみを交換することで、デュアル燃料に対応できる燃焼器構造を設計開発し実用化した。付帯するガス燃料制御弁、ガス燃料遮断弁等の機器の配置をコンパクトにまとめ、発電装置エンクロージャ内に組み込むことで、液体燃料専用のものと同じ発電装置サイズを実現している。

発電運転中にガス燃料から液体燃料に切り替えた運転トレンド例を図 3 に示す。燃料切替時間は約 10 秒となっている。

3. まとめ

都市圏における電気設備の大型化、東日本大震災以降の災害



図 1 CNT-6000EN 発電装置外観

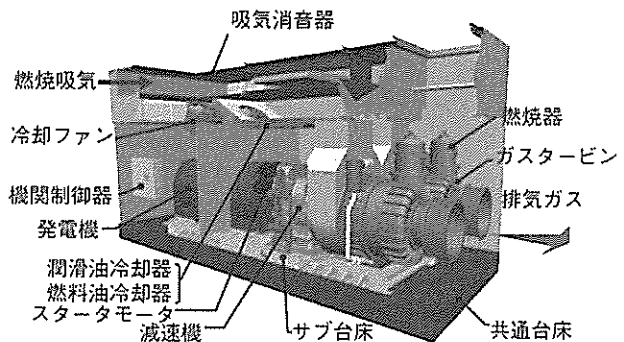


図 2 CNT-6000EN 発電装置内部図

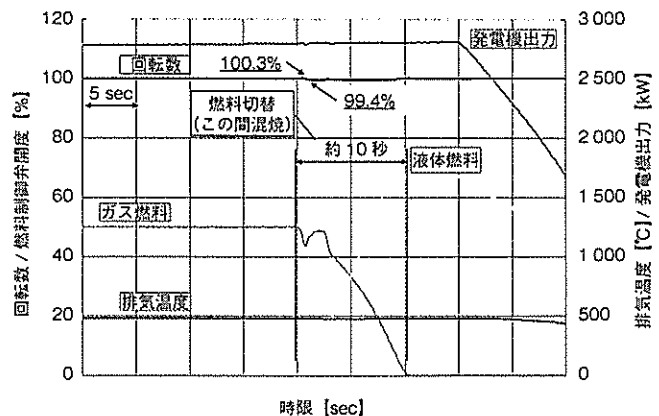


図 3 燃料切替トレンド例

時の BCP 対応、再生可能エネルギーの利用など、近年エネルギー供給に関してひとつの変革期が訪れている。非常時の安定した電力供給とともに、環境への配慮を最重要項目として、当社は今後もこれらの市場ニーズに適合した発電装置の開発を継続し、市場における新たな付加価値を創造していきたいと考えている。

1. 開発の動機

工作機械におけるクーラントの役割は、金属切削で発生する熱を冷却し切粉を流すことにある。クーラントは、加工室内を循環してポンプにより圧送吐出されるが、なかでも高圧に用いられる容積型ポンプは切り粉やスラッジに弱いという弱点があり、切粉処理を的確に行わねばならない。クーラントシステムのメンテナンスを怠ると切粉がマシニングセンターに入り込み、加工不良、機械故障をおこすため、定期的なメンテナンス作業が重要であり欠かせない。ポンプと切粉やスラッジの問題は、ポンプ吸入側に当然の如くサクションフィルターを付け、定期的に清掃または交換するものだと長年常識化して現在に至って来た。また、近年では生産システムの長時間無人化志向が高まり、加工効率を高めるために切粉処理のクーラントユニットが大型化する傾向にある。そのため作業スペースの面からもメンテナンスの面からもコスト負担はますます大きくなってきている。このような背景から、高度化する生産システムの安定稼働と、稼働に伴うメンテナンス時間の削減という目標達成のため、難しいとされてきた「切粉や微小なスラッジを吸い込まず、自動洗浄するメンテナンスフリーのフィルター機能」を備えたクーラントポンプの開発に挑戦した。(図1)

2. ボルテックス -E シリーズの特長

本製品の最大の特長は、ポンプの稼働中にフィルターに付着する切粉や微小なスラッジ (20 μ m程度) を剥離し、かつ、動力損失を極力抑えることができる「タービュランス」機能にある。タービュランス (turbulence) とは英語で「乱流」を意味し、揚力を利用して翼面形状をした羽根をフィルターの表面近くで回転させて乱流を発生させ、フィルターに付着したスラッジを剥離させる (図2)。この自動洗浄機能を持つ独自開発のタービュランス® フィルターの開発により、メンテナンスフリーの他にも以下のような多くのメリットを提供することができた。

①メンテナンスフリーによる作業効率と生産効率の向上
 ・面倒なフィルター掃除から解放され、作業の負荷が大幅に改善。また、メンテナンスのたびにラインを止めるの必要がなくなり、生産効率が向上。

②従来ユニットの約 1/20 のコンパクト設計で省スペース化 (図3)

・従来の標準的なクーラントシステムは、濾過するフィルター装置とフィルター装置に供給するポンプ、さらに濾過した後のクーラント液を溜めておくタンクで構成され大きなスペースを占めていた。これらの多くの部品を1台に集約して従来との体積比を約 1/20 にできた結果、作業スペースが広がり、作業効率も向上。

③ポンプ数が減ったことによる省エネ

④産業廃棄物の低減、および、資源のリサイクル

・フィルター交換が不要となるため産業廃棄物が低減。また、切粉やスラッジは別ポートより排出されて簡単に回収でき、資源としてリサイクル可能。

⑤加工精度と品質の向上に貢献

・目詰まりしないため常に安定した圧力でクーラントを供給し、安定した切削加工を可能にする。微小なスラッジを濾過するため切削加工する際に微小なゴミによる製品の打痕を防止。

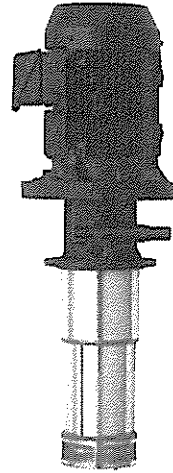


図1 【ボルテックス-E シリーズ】

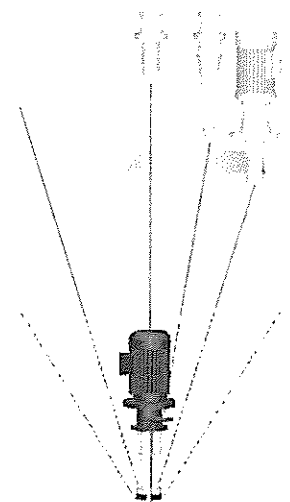


図2 従来ユニットの約 1/20 のコンパクト設計

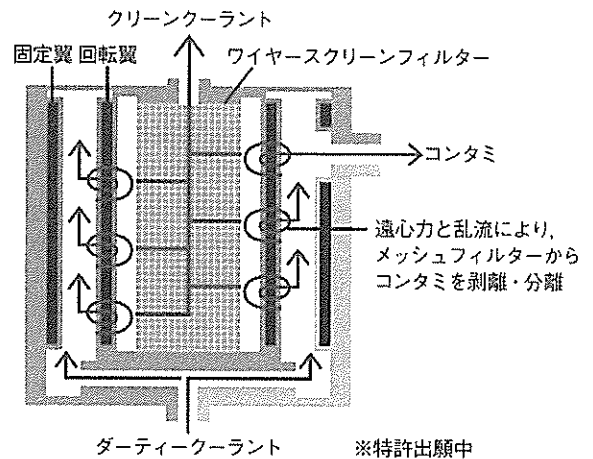


図3 タービュランス® フィルターの構造

3. 適用実績

「タービュランス」機能によるメンテナンスの軽減やクーラントシステムの機能を1台に集約していることによる省スペースが工作機械を使用しているユーザーに評価され、これまでに 2000 台を超える工作機械に搭載されている。

4. まとめ

このようにボルテックス E シリーズは、機械工学の基礎を工夫しながらも、従来の常識にとらわれない発想により革新的な製品だと評価いただけたことを大変嬉しく、また光栄に感じている。今後は、国内のみならず海外にも積極的に展開していきたい。マシニングセンターの裏側のクーラントシステムは地味な存在であるが、これからも日々切磋琢磨し、現場のものづくりを支えていきたい。