昭和47年10月19日第4種学術刊行物許可　平成30年7月15日発行（奇数月）　ISSN 1346−7719　フルードパワーシステム

日本フルードパワーシステム学会誌

JOURNAL OF THE JAPAN
FLUID POWER SYSTEM SOCIETY

フルードパワーシステム

July.2018 Vol.49 No.4

特集「モーターサイクルにみるフルードパワーの最新技術」

JFPS 一般社団法人 日本フルードパワーシステム学会　http://www.jfps.jp

ISSN 1346-7719
第49巻　第４号　2018年７月

日本フルードパワーシステム学会誌

フルードパワーシステム

目　次

【挨拶】
会長就任にあたって　眞田　一志　164
副会長のご挨拶　田中　豊，嶋村　英彦　165

特集「モーターサイクルにみるフルードパワーの最新技術」

【巻頭言】
「モーターサイクルにみるフルードパワーの最新技術」発行にあたって　栗林　直樹　166

【解説】
フルードパワーとモーターサイクル～ライダーから見た技術的魅力～　香川　利春　167
二輪車開発における流体基盤技術　坂川　佳司　169
自動車用エンジンの熱効率向上・排気浄化技術　小酒　英範　172
大型二輪車用過給エンジン開発における流体技術　市　聡顕　177
オートバイの音に関する音質評価～ライダーと非ライダーの評価の違い～　岩宮眞一郎　180
モトクロス用軽量フロントフォークの開発　野口　寛洋　184

【会議報告】
計測自動制御学会・流体計測制御シンポジウムにおける研究動向　川上　幸男　187
第11回IFK2018におけるフルードパワー研究の動向　田中　豊　190

【トピックス】
米国駐在員日記　中野　智和　193
Youは日本をどう思う？第４回：日本で暮らして　潘　剛毅　196

【研究室紹介】
神奈川工科大学創造工学部ロボットメカトロニクス学科　吉満研究室　吉満　俊拓　198

【企画行事】

平成29年度ウインターセミナーの報告 「フルードパワーに利用できるマイコン技術」
赤木 徹也 201

【会告】

第37期 通常総会終了 204
平成30年度 特別教育講座
「油圧機器・システムのモデリング入門：市販ソフトを利用するときに知っておくことはこれだ！」
205
日本フルードパワーシステム学会・日本機械学会共催 平成30年秋季フルードパワーシステム講演会
205
共催・協賛行事のお知らせ 206
その他 203, 207, 208

■表紙デザイン：山本 博勝 ㈱豊島

一般社団法人 日本フルードパワーシステム学会

〒105-0011 東京都港区芝公園３―５―22 機械振興会館別館102
TEL：03―3433―8441 FAX：03―3433―8442
E-Mail：info@jfps.jp

FLUID POWER SYSTEM

ISSN 1346-7719
Vol. 49, No. 4 July 2018

JOURNAL OF THE JAPAN FLUID POWER SYSTEM SOCIETY

FLUID POWER SYSTEM

Contents

【Greeting Message】
Greeting from the President — Kazushi SANADA — 164
Message from Vice Presidents — Yutaka TANAKA, Hidehiko SHIMAMURA — 165

Special Issue "Leading Edge Technology of Fluid Power on Motorcycle"

【Preface】
On the Publication of the "Leading Edge Technology of Fluid Power on Motorcycle" — Naoki KURIBAYASHI — 166

【Review】
Fluid Power System and Motor-Cycle Technology — Toshiharu KAGAWA — 167
Engineering Aerodynamic and Cooling Performance in the Development of a Motorcycle — Keiji SAKAGAWA — 169
Technologies for Improvement of Thermal Efficiency and Reduction of Pollutant Emissions of Automobile IC Engines — Hidenori KOSAKA — 172
Fluid Technology in Supercharged Engine Development for Motorcycle — Satoaki ICHI — 177
Sound Quality Evaluation of Motorcycle Sound : Difference between Riders and Non-riders — Shinichiro IWAMIYA — 180
Development of Pneumatic Spring Fork 2 (PSF2) — Nobuhiro NOGUCHI — 184

【Conference Report】
A Research Trend of Fluid Power in FLUCOME-J of SICE — Yukio KAWAKAMI — 187
Research Trend of Fluid Power in IFK2018 — Yutaka TANAKA — 190

【Topics】
A Journal in the U.S.A. — Tomokazu NAKANO — 193
What do you think of Japan? 4th : What I Feel in Long Life in Japan — Gangyi PAN — 196

【Laboratory Tour】
Laboratory Tour Yoshimitsu Laboratory in Kanagawa Institute of Technology — Toshihiro YOSHIMITSU — 198

【JFPS Activities】
Winter Seminar 2017 — Tetsuya AKAGI — 201

【JFPS News】
203, 204, 205, 206, 207, 208

The Japan Fluid Power System Society
c/o Kikaishinko Building
3-5-22 Shiba-koen, Minato-ku, Tokyo, 105-0011, Japan

挨拶

会長就任にあたって

著者紹介

眞田一志（さなだかずし）

横浜国立大学大学院工学研究院
〒240-8501 横浜市保土ケ谷区常盤台79－5
E-mail : sanada-kazushi-sn@ynu.ac.jp

1986年３月東京工業大学大学院理工学研究科修士課程制御工学専攻修了，1986年４月東京工業大学助手，1998年横浜国立大学工学部生産工学科助教授，2001年横浜国立大学大学院助教授，2004年横浜国立大学大学院教授，現在に至る．

先の学会総会にて平成30，31年度会長に指名されました眞田一志です．これからの２年間，理事，監事の皆様とともに学会運営を担当させていただきます．なにとぞよろしくお願い申し上げます．

一般社団法人日本フルードパワーシステム学会の前身である日本油空圧協会は，1970年（昭和45年）３月13日に設立されました．これまでの会員の皆様のご指導，ご尽力により，当学会は我が国におけるフルードパワーシステムの教育研究をリードし，2020年には記念すべき創立50周年を迎えます．創立50周年を記念して，記念式典や記念出版などを計画しています．さらに，会員が気軽に集まれる学会へ向けた学会事務局の設備更新事業などを進めてまいります．学会創立50周年を記念したこれらの事業は，会員の皆様のご理解とご協力が無くてはなしえない事業です．皆様の，絶大なるご支援を心よりお願い申し上げます．

この間，当学会では，国際シンポジウムを10回開催し，各国のフルードパワー研究者との国際交流を推進してまいりました．2020年に函館で開催予定の第11回国際シンポジウムの準備が始められました．さらに，近年は日本と中国の両学会の国際交流を発展させ，日中ワークショップを隔年開催するとともに，若手研究者の相互の派遣を毎年行ってきました．平成30年７月には，中国の北京で，日中ワークショップが開催される予定です．今回，韓国の学会からの参加者も加わり，日中韓のワークショップへと拡大することとなり，今後のさらなる進展が期待されます．また，９月12日から14日には，バースの国際会議が開催される予定です．また，2019年５月22日から24日には，フィンランドのタンペレで第16回スカンディナビアフルードパワー国際会議が開催されます．これらの機会を通じて，国際交流を進めてまいります．

当学会では，電子出版を含めて年７号の会誌を発行しており，毎号，皆様のお手元にお送りしています．お手元に届いた際には，ぜひご一読いただきたくお願い申し上げます．これまで学会誌に合本されていた論文集は，最近の電子ジャーナルの普及にともない，WEB上のJ-Stageにて発行されることとなりました（http://www.jfps.jp/04_01.html）．これにより，本分野の研究成果が広く多くの方々のお目に触れる機会が増え，フルードパワーシステム分野の研究活動がますます活発になることが期待されます．

企画事業では，春季，秋季の講演会やセミナーが定期的に実施されています．講演会やセミナーにおける研究成果の発表は，研究者，技術者にとって欠くことのできない成果発表の場です．ますます多くの研究成果が発表されるよう，会員の皆様のご協力をお願い申し上げます．これらの諸活動を支えるのは，ホームページをはじめとする学会の情報基盤です．IT社会の進歩に合わせて，当学会の情報基盤の整備を継続してまいります．当学会では，基盤強化は喫緊の課題となっており，さらなる強化にむけて諸施策を実施します．また，フルードパワー工業会と連携して，産学連携についてもさまざまな活動を進めます．

最後になりましたが，これからの２年間，会員の皆様のご指導とご協力をいただきながら，当学会の運営に微力ながら努力する所存です．会員の皆様のご理解とご協力を賜りますよう，なにとぞよろしくお願い申し上げます．

（原稿受付：2018年６月11日）

挨拶

副会長のご挨拶

著者紹介

田中（たなか）　豊（ゆたか）

法政大学デザイン工学部
〒162-0843 東京都新宿区市谷田町２－33
E-mail：y_tanaka@hosei.ac.jp

1985年3月東京工業大学大学院総合理工学研究科修士課程修了，その後，東工大精密工学研究所助手を経て，1991年4月法政大学講師，1992年同助教授，2002年同教授，現在に至る．2020年の第11回国際シンポジウム実行委員長．工学博士（1991年 東京工業大学）．

嶋村（しまむら）　英彦（ひでひこ）

川崎重工業株式会社　精密機械・ロボットカンパニー
精密機械ビジネスセンター
〒651-2239 神戸市西区櫨谷町松本234
E-mail：shimamura_h@khi.co.jp

川崎重工業株式会社　執行役員，精密機械ビジネスセンター　センター長

（一社）日本フルードパワーシステム学会の平成30年度総会が５月25日に開催され，新学会長として眞田一志先生が選出されました．また副会長には，田中豊と嶋村英彦が新たに任命されました．私どもは副会長として，眞田新会長を補佐しつつ，学会の運営に尽力して参りたいと考えております．副会長のご挨拶として所信を述べさせていただきます．

昨年10月に眞田実行委員長の強力なリーダーシップの下に，第10回JFPSフルードパワー国際シンポジウム・福岡が開催され，12か国・地域から252名にご参加いただき盛会の内に終了しました．今後も当学会では，国際交流の一層の活性化を目指し，日中若手研究者交流事業の実施等の若手研究者のグローバル活動を積極的に進めてまいります．また2018年７月23日に中国・北京で開催される日中韓共同ワークショップへの参加，海外からの国際交流奨学生の募集，アジアや欧米フルードパワーコミュニティーとの交流などが企画されております．これらの国際交流活動が円滑に進められるよう，また2020年10月に開催が予定されている第11回JFPSフルードパワー国際シンポジウム・函館の成功に向けて，副会長としてサポートしていく所存です．

産学連携については引き続き大変重要な事業と考えております．引き続きフルードパワー工業会などと共同し，共同研究事業が一層拡大していくように支援を行っていく所存であります．

当学会は2020年３月13日に創立50周年を迎えます．この記念すべき年をより多くの会員・賛助会員の方と祝えるよう，学会の基盤強化について副会長として取り組んで参ります．当学会では，講演会やセミナーなどさまざまな企画を通じて会員・賛助会員の方々の活動の支援を行っておりますが，さらにご満足をいただけるよう努力して参ります．特にきめ細かいフルードパワーに関連する研究分野の探索や，その探索結果を基にしたデータや情報の発信は学会の大きな使命の一つであると考えております．こうした情報発信に積極的に取り組めるような情報基盤のより一層の整備も進めてまいります．

私どもは２名とも新たに副会長に就任したこともあり経験不足ではありますが，皆様のお役に立てるよう尽力して参りますので，皆様のご理解ならびにご支援のほど，何卒よろしくお願い申し上げます．

（原稿受付：2018年６月11日）

巻頭言

特集「モーターサイクルにみるフルードパワー最新技術」発行にあたって

著者紹介

栗林直樹（くりばやし なおき）

川崎重工業株式会社精密機械・ロボットカンパニー
精密機械ビジネスセンター技術総括部機器第三技術部
〒651-2239 兵庫県神戸市西区櫨谷町松本234
E-mail：kuribayashi_n@khi.co.jp

1989年川崎重工業株式会社に入社，航空機，船舶搭載型視軸安定ジンバルを始めとする各種電動サーボシステムの開発に従事．近年は東京大学との共同研究において波力発電システムの開発にも従事．計測自動制御学会会員，日本フルードパワーシステム学会会員

今からちょうど150年前の1868年，フランスの発明家「ルイ・ギョーム・ペロー Louis-Guillaume Perreaux」が，蒸気機関を搭載した２輪車を作ったのがモーターサイクルの起源と言われている．日本では1908年（明治41年）に若干二十歳の若者が海外の資料を参考に見よう見まねで作ったのが最初との説が有力である．あれから約１世紀を経て，機動性のある運搬を目的とした実用からスピードや乗り味，音を意識した趣味の道具へと変化し今日まで発展してきた．

モーターサイクルは，流体技術の宝庫であり，また直接風を体で感じることのできる数少い趣味の乗り物であることから，そこに適用されている技術を解説することで，よりフルードパワーを身近な技術として関心を持っていただけるであろうとの思いで本特集テーマを企画した．

フルードパワー技術は，特に現代社会において重要視されている環境性能向上のカギを握っており，高速化に伴う燃費低減や走行安定性を確保する車体形状の工夫，エンジンパワーと低燃費の両立を目的に吸気燃焼排気の一連サイクルの高効率化を目指した混合気流れの解析技術や過給技術，エンジン冷却や潤滑の最新技術などはすべてそれに結びつく技術である．また一般ユーザーでもハイパワー車を安全に扱えるアクティブサスペンショントラクションコントロール，ABS技術，ライダーの感性に訴える排気音やエンジンノイズを作り出すところにも流体技術が関係し，多くの興味深い技術が適用されている．

このような多岐にわたる適用技術の中から，今回の特集では，エンジン，サスペンション，車体デザイン，音の評価などの技術について記事を構成した．特集を組むにあたり，車両および装備品の技術開発に取組まれている大学および企業の研究開発者のみなさまから最新の技術情報を提供いただくことにした．

香川利春氏（東京工業大学）には，ご自身のライダーとしてのご経験から，ユーザーの目線で各時代を支えたモーターサイクルの技術，特徴について解説いただいた．

坂川佳司氏（川崎重工業）には，車体デザインの開発プロセスを，空力，冷却の観点で最新のCFD解析や風洞可視化技術の適用事例を使い解説いただいた．

小酒英範氏（東京工業大学工学院）には，環境性能向上（CO_2排出量削減）を目的とした，自動車用エンジンの熱効率向上および排気浄化技術の概要について解説いただいた．

市聡顕氏（川崎重工業）には，大型モーターサイクルエンジン用のハイパワー，高レスポンス，ダウンサイジングを特長とする過給装置の，流れ解析等を用いた設計手法について，車体デザイン影響まで含め解説いただいた．

岩宮眞一郎氏（日本大学）には，趣味の乗り物であるモーターサイクル発生音に対し，ライダーに好まれ非ライダーに嫌われない音を目指し，人の嗜好や価値感を考慮した印象評価実験による分析から解を導出する手法について解説いただいた．

野口寛洋氏（KYBモーターサイクルサスペンション）には，オンロード用では有りえない高衝撃荷重が発生するモトクロス用フロントフォークについて，軽量，低フリクション作動性を目指したエアスプリング方式の最新ショックアブソーバ技術について解説いただいた．

未筆ながら，ご多忙のなかご寄稿いただいた執筆者の皆さま，そして本特集を作るに当たり各方面にご尽力いただいた編集事務局および委員の皆さまに深く感謝するとともに厚く御礼申し上げたい．

（原稿受付：2018年６月８日）

解説

フルードパワーとモーターサイクル
～ライダーから見た技術的魅力～

著者紹介

香川（か がわ）利春（とし はる）
空気圧工学研究所
〒242-0006 神奈川県大和市南林間８－４－３
JAコーポ１－103
E-mail : tkagawa0256@gmail.com

1974年東京工業大学制御工学科卒業，精密工学研究所およびメカノマイクロ工学専攻教授として自動制御・流体計測制御・生体計測の研究に従事．東京工業大学名誉教授また本学会元会長，計測自動制御学会元理事，（社）日本機械学会フェロー．

1．小学生当時

もの心がついた直後にモーターサイクルに出会った．引き売りの魚屋さん（当時バタバタと称していた小さなエンジンを付けた自転車に乗っていた）がある日突然，ホンダのスーパーカブに乗って現れた．前進３段足踏み式遠心クラッチのモーターサイクルであった．これが世界で１億台生産されたスーパーカブであった．当時のバイクメーカは20社くらいあって，それぞれ色々なバイクを製造していた．中でもトーハツランペットと言う２ストロークのバイクは吹き上がりが強烈ですごい加速が売りであった．スーパーカブは４ストロークだが，２ストロークのモデルも多く，オイルを予め混ぜた混合ガソリンが売られていた．このトーハツランペットの不動車を安く買って，分解してキャブなどの構造を学んだ．

2．２輪免許取得

２輪の免許を取れるのが16歳であったので，誕生日の翌日に府中の免許試験所に２輪の免許を取りに行った．試験は確か250ccのスクータで行われ，大型も乗れる自動２輪の免許を３回目の受験でやっとクリアした．府中の免許試験所は府中刑務所の近くにあった．当時，経済的に苦しかったので，新聞の配達アルバイトを行っていて，府中刑務所も配達先で土地勘もあった．その年の秋に突然刑事が自宅にやってきて，これこれの日は何処で何をしていたかと，しつこく聞いてきた．東芝の３億円事件が府中刑務所横の道路で起こったためであった．似顔絵が似ているとのことであったが，新聞配達を継続している貧乏高校生がやる訳はなかった．当時もモーターサイクルに乗る若者に，社会からの良い印象はなく，まあいわゆる白い目で見られた．高校の時には中古のCB125が愛車で，ツーリングで結構遠くにまで出かけた．ホンダ，ヤマハ，スズキ，カワサキがそろそろ定着してきた時代で，まだ２ストロークのモーターサイクルが多かった．そのためポケットにはプラグを磨く細目のサンドペーパーをしのばせていた．

3．空冷と水冷また油冷

冷却を空冷とするか水冷とするかはモーターサイクルにとって大きな問題である．エンジンを高負荷で運転すると，発熱のためエンジンが熱変形する．当時のエンジンは冷却フィンが付いていて，造形的にも美しかった．ヤマハTZR，ホンダのNSRなどは250ccでありながら軽量で，エンジの吹き上がりが良く，750キラーとも呼ばれた．２ストロークで大きなモデルも存在し，スズキのGT750は水冷で，加速力は素晴らしかったが，後ろには大きな煙幕が張られた様子であった．現在の環境規制値はとうてい満たされないと思われる．高回転高出力のエンジンでは発熱量も大きくなり，水冷エンジンを必要とした．フレームが弱く，それだけにライダーは高い運転技量を必要とした．

車においても空冷か水冷は判断が迷うところであった．ドイツのフォルクスワーゲンは当時の同国指導者がフェルナンドポルシェに国民車の開発を指示したとされる空冷エンジンの車が世界で一番有名である．日本では，ホンダがモーターサイクルから車の製造に進出する時点で，1970年頃にスーパーセダン1300として空冷エンジンの乗用車を開発した．しかし熱ダレが目立ち，1450ccの水冷バージョンを出し直した．水冷エンジンの場合は，温度制御が必要となる．この温度制御にはパラフィン蝋を用いたサーモスタット弁が用いられる．スレッショルド温度の82度より水温が高くなると，蝋は

溶けて体積が変化して冷却ラジエータ側の流路を開ける構造となっている．

4. モーターサイクルの実用性

半世紀以上モーターサイクルに乗り続け，一時はロードモデルとオフロードモデルの２台を所有していた．実用性を考えると，モーターサイクルは雨の時には使えないため，実用という点ではかなりの損をしていると考えられる．しかしながら，昨年ベトナムのホーチミンに５日間行ってきたが，9500万人の人口で5000万台のモーターサイクルが登録されていると聞いた．正に赤ん坊と寝たきり老人を除いてほとんどがモーターサイクルに乗っている計算になる．道路がモーターサイクルに埋め尽くされる様子は壮観である．スコールはあるものの立派に実用となっている．著者の場合は，実験で計測機を運ぶ場合が多く，重くない計測機であれば，荷台に括り付けて運んだものである．モーターサイクルで東久留米の機械振興協会実験室に良く通った．著者も実用性は高いと感じているひとりである．

ところで，現在留学生も急速にアセアンの学生が多くなっている．筆頭がベトナムである．モーターサイクルは100cc以下がほとんどである．ガス供給の調査でベトナムに行ったわけであるが，現在のベトナムではプロパンの使用がメインで都市ガスの利用はほんの一部である．モーターサイクルの荷台の左右に10キロボンベを２本取り付けて配達していた．交通に関してはインドも似たような状況で，モーターサイクルでは日本車がベースになっている．車はスズキの小型車が70パーセント以上を占めている．これらの国が如何に発展するかは興味深々である．

5. スピードへの憧れ

モーターサイクルに興味を持った理由は自由度の高さ，経済性とスピードへの憧れである．カワサキGPZ750に乗っていた時には，毎月のように切符を切られていた，50キロオーバで八王子の裁判所に呼びつけられ，免停となったこともあった．モーターサイクルでの最高速度はドイツアウトバーンでK750に乗って200キロ，自動車研究所テストコースでGPZ900で240キロを出した事があった．現在では自主規制がされているものの，最近ではスズキの隼やカワサキのH2が特に目立っている．やはり実用性を考えるとモーターサイクルには120キロまでと現在では理解するようになった．200キロも出すと視界が極端に狭くなって，疲労感は100倍，レーダー探知機に捕まった場合にはとんでもないことなる．

6. 0-400メートルレース

図１にブレーブスとのチームの確か2008年のチャンピオンマシンを示す．なんと0-400メートルを7.2秒で通過すると言う．ゴールするときには350キロ近く出ていることになる．日本ではこのレースはあまりはやらないために米国でレースをしているという．隼とのロゴが見られるが隼ではなくパーツを集めた自作車でスズキとのスポンサー契約で書かれている．著者も少しサポートして東工大のロゴを入れてもらった．空気の動圧力を用いるラムエアシステムを取り入れ，６kPaの大気圧より高い圧力をキャブに取り入れてパワーアップを図っている．

図１

7. 上がりのモーターサイクル

ドイツのBMWのモーターサイクルが上がりの車種と言われている．ドイツの機械工学の教授の多くはBMWの車やモーターサイクルに乗っている．著者は半年前に大型車で腰を悪くし，250ccに乗り換えた．イタリアのピアジオが製造するベスパブランドのバイクで前が２輪となっている．それにはチルトロック機構が付いていて，信号待ちの時はらくちんである．

登山，モーターサイクルと野外種目を余暇に行い，フルードパワー特に空気圧の分野の研究に40年携わり，一昨年，定年したがなかなか放免させていただけなく，現在ではJIS8390などの電磁弁の特性計測に筆者の等温化容器を用いる方法についての研究教育を行っている．研究のみならず，モーターサイクルに関する興味があることによって今日まで来られたと言え，フルードパワーシステム学会関係者の指導ご鞭撻に深謝します．

（原稿受付：2018年５月23日）

解説

二輪車開発における流体基盤技術

著者紹介

坂川佳司（さかがわけいじ）

川崎重工業技術開発本部技術研究所
〒673-8666 兵庫県明石市川崎町1番1号

1989年　神戸大学工学部大学院修士課程修了．現在，川崎重工業　技術開発本部　技術研究所にてモーターサイクル，車両，航空機等の熱流体関連の研究に従事．

1. はじめに

モーターサイクルの車体開発において流れに関連する空力抵抗（CD値）低減や風防性能は商品性を向上するうえで必要である．一方，市場に受け入れられるためにはデザイン開発も重要な要素となる．しかし空力抵抗は車体を覆うカウリングの意匠形状によるところが大きく，性能とデザインのバランスが求められる．ここでは，新車開発を支える風洞試験やCFD（Computational Fluid Dynamics）といった流体基盤技術について述べる[1)–3)]．

2. 流体技術の開発への適用

2.1　スケッチ段階での性能とデザイン最適化

長距離走行に利用されるツアラータイプの製品では，風防性の向上，夏場の体感温度低減による快適性向上が，走りの楽しさに寄与する．また，エンジン性能向上の観点から，エンジンを冷やすため，放熱器であるラジエータに効率的に風を導く必要がある．また，スーパースポーツの製品では加速性能向上，燃費改善には特に高速域での空力抵抗（CD値）低減が必要である．これらを実現するにはエンジンを覆うカウリングの形状の適正化が必要となる．

一方，形状のデザインは開発の最上流工程であるスケッチおよび，スケッチを反映したクレイモデル（クレイモック）段階で決定され，その後の変更はデザインと機能の要請からきわめて小規模なものに限られる．そのため，空力・冷却といった性能面の開発もスケッチ段階でデザインへ反映し最適化しておく必要があり，開発の最上流工程であるスケッチ，クレイモック段階で全車の数値流体力学解析（CFD）および風洞試験を活用している（図1）．

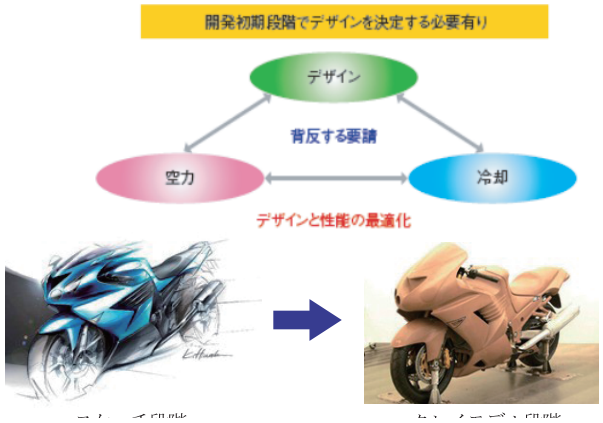


図1　スケッチ段階での最適化

2.2　ツアラーモデルの開発への適用

大排気量のツアラーモデルでは，長距離のツーリングに対応すべく，風防性や夏場の体感温度低減による快適性などの性能向上により走りの楽しさを追求している．さらに，1,400mlという自動車並みの排気量のエンジンを幅の狭いエンジンルームに配置するため，エンジンをいかに効率よく冷却するかも課題となる．

エンジンを冷やすためには放熱器であるラジエータに風を効率的に当てることが求められる．一見，ラジエータの前側を拡げてやれば良いと考えがちであるが，ラジエータの通過風量を増やすためには空気の入口であるフロント周りよりもむしろ，出口側のスペースをしっかり確保してやることが重要となる．この出口側のスペースは前述のカウルサイドの意匠と密接に関係する（図2）．スケッチ段階でデザインを成立させ，かつ冷却性能が向上できる形状の検討のため，エンジン周辺の全てのパーツを含む車体をモデル化した全車CFD解析を用いて冷却性能予測を実施し，カウルサイドの形状を決定した（図3）．

本検討によりエンジン冷却性能向上の目途を得たが，反面熱抜けが良くなった結果，サイドカウルか

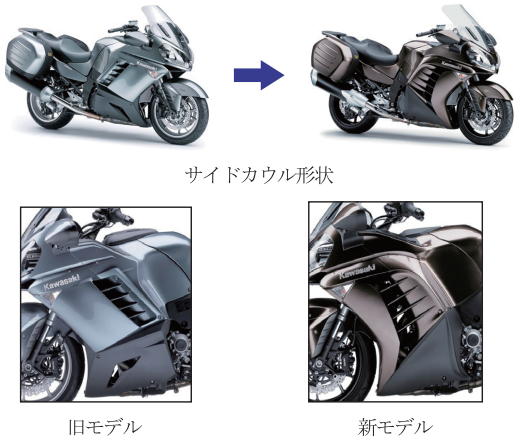


図２　デザインの変更

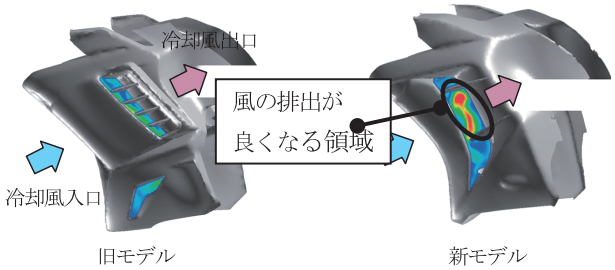


図３　スケッチ段階でのエンジン冷却予測

らの熱風温度が高くなりライダーの脚部に当たる可能性があることが新たな問題となった．ここでも，全車CFD解析を実施してスケッチベースからの検討を実施した．図４にライダーへの熱風の流れ解析結果を示す．こちらも旧モデルでは熱風が比較的脚部に当たりやい傾向にあったが，カウル形状の工夫で熱風を外側へ飛ばすことによりライダー脚部の温度低減も実現した．

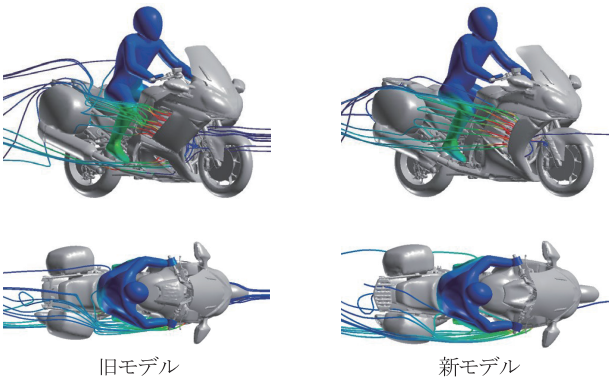


図４　ライダーの熱的快適性予測

また，ツアラーモデルではライダーへの風防性が求められるが，ウインドシールドを大きくすることなく，風防性に優れたデザインが要求される．ヘルメット部の流線の比較を図５に示す．新モデルはヘルメットに沿ってスムーズに回り込むようになり，風防性が向上している．

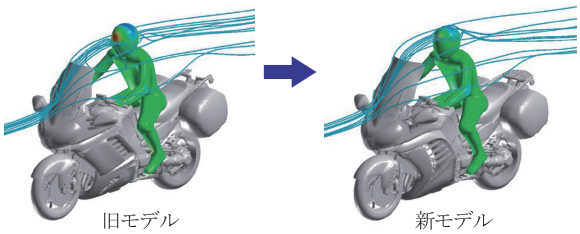


図５　ライダーへの風防性予測

3. 風洞による流体基盤技術の開発

3.1　風洞によるデザイン段階での空力性能向上

これまで全車CFD解析を中心にデザイン段階での取り組みについて述べてきた．実際の開発ではスケッチから３次元CADデータを起こし，解析の結果を参照しながら初期デザインを決定する．決定した初期デザインから実寸大のクレイモデルを製作しデザインをブラッシュアップした後，空力性能の作り込みのため風洞へ持ち込むという流れになる．風洞試験は空力性能を向上しながら，デザインとのトレードオフを実施する重要なステージとなる．そのため当社ではデザイン性，空力性能の向上のため2009年に世界でも珍しい二輪専用の実車風洞を新設した（表１）．

表１　風 洞 諸 元

項目	仕様
形式	回流式セミオープン
風速(km/h)	180(～205)
全体寸法(m)	長さ 68×幅 29×高さ 10
測定部長さ(m)	8
吹き出し部寸法(m)	幅 3×高さ 2.5
縮流比	7
送風機	直径:4.5m　電動機:500kw
主要設備	六分力天秤 境界層吸い込み装置 トラバース装置

風洞では空力６分力を計測し，クレイモデルを造形していく．自動車では人間は車内にいるため空力的には車のボディのみを考えれば良いが，モーターサイクルではライダー自身が大きな剥離を誘起する空力のパーツであり，風の流れに与える影響が大きい．そのため風洞試験でも本物のライダーがクレイモデルに乗車し６分力を計測するとともに，風当りなどのライダーフィーリングもフィードバックして，

空力性能が良くかつより快適性の高い形状をデザインしていく．

一方，前章で述べた全車CFD解析においても風洞設備にて検証データを取得し，解析モデルの高度化も実施している．

3.2　風洞での可視化計測

空力開発において流れの可視化はデザインと性能をトレードオフしていくうえで重要である．風洞では櫛形ノズルによる複数の煙で，二輪車周りの流れを可視化している．トラバース装置により水平，垂直に取り付けた櫛形ノズルから任意の位置で煙放出できるものとしている．ヘルメットへの当たりとフロント部のラジエータへの流れを可視化した計測結果を図６に示す．

ヘルメットへの流れ　　ラジエータへの流れ

図６　風洞での可視化計測

3.3　計測法と風洞用ダミーライダーの開発

二輪車の風洞試験では実際のライダーが乗車し，180㎞/hの風速で計測を実施している．一方，トラバース装置を使った風速，圧力分布計測などでは長時間の計測となり，ライダーが一定の姿勢を取り続けることは困難である．そのため，風洞用のダミーライダーを開発し，実際のライダーでは難しい計測に対応している（図６）．

このように実際のライダーによる感性評価とダミーライダーによる詳細計測を併用し，より高度かつ効率的に開発を進めている．

4.　フロントローディング技術の開発

モーターサイクル全車のパーツをモデル化する全車CFDをスケッチ段階で実設計に適用していくにはターンアラウンドの短縮として，格子生成の効率化が不可欠となる．そのため，設計の３次元CADモデルから迅速に解析格子を生成するシステムを開発した．従来設計用３次元CADモデルは開発段階では面のギャップや重なり，内部構造のデータなどが少なからず存在するためCFDに適用するには必要に応じ修正する必要があった．CFDではモーターサイクルに限らず必要な作業であるが，この修正は手作業でかつかなりの時間を要する作業である（格子生成自身よりCADの修正作業に時間がかかるのが一般的）．本システムではラッピングの機能を活用することでこの修正作業を無くし，かつほぼ自動で格子を生成することができる．そのため空力計算ではモデル作成から解析まで短いターンアラウンドで結果を得ることが可能となり，スケッチ段階でのデザインとのトレードオフ用設計ツールとして活用できるようになった（図７）．

図７　スケッチ段階での全車CFD解析の実用化

5.　おわりに

モーターサイクルの車体開発における，スケッチ段階でデザインと空力，冷却のトレードオフができるフロントローディング技術について概説した．今後，世界でも数少ない二輪専用の実車風洞も活用することで，走行性能と乗り心地およびデザインを両立する，より魅力のある商品を開発していきたい．

参考文献

1）坂川，井原，宇積，原口，森川，堀之内：“スケッチ段階での空力・冷却性能・快適性の作り込み”，川崎重工技報，No. 174，p. 34-37（2014）

2）山本，帆刈，坂川，白銀：“風洞試験設備による空力とデザインの最適化”，川崎重工技報，No. 174，p. 50-51（2014）

3）坂川，増田：“二輪車の乗り心地向上（振動及び熱的快適性）”，自動車技術会関西支部ニュース，第38号，p. 3-5（2011）

（原稿受付：2018年５月８日）

解説

自動車用エンジンの熱効率向上・排気浄化技術

著者紹介

小酒英範（こさかひでのり）

東京工業大学工学院

〒152-8550 東京都目黒区大岡山２－12－１

E-mail : kosaka.h.aa@m.titech.ac.jp

1990年東京工業大学大学理工学研究科博士課程中途退学．同大学助手，助教授を経て，2011年同大学理工学研究科教授，2016年改組により工学院教授，現在に至る．熱工学，燃焼工学，特に内燃機関の燃焼に関する研究に従事．博士（工学）．自動車技術会編集担当理事

1. はじめに

現在，ほとんどの自動車用の動力源として内燃機関（エンジン）が用いられている．これらのエンジンは，石油から製造されるガソリンや軽油などの液体燃料を用いて駆動力を発生するエネルギ変換機械である．化石燃料の有限性や，これらの化石燃料を燃焼する際に発生する二酸化炭素による地球規模の環境影響に対する懸念から，最近ではエンジン車に代わる自動車として，電池と電気モータにより駆動される電気自動車（EV）の開発と普及が進められ，数十年内のうちにすべてのエンジン車を電気自動車に転換すべきとの意見も出されている．電気自動車は，走行時の排気がない，低速時の大きな出力トルクに起因する運転性の良さ，高い静粛性，自動運転技術との親和性の高さなどのエンジン車にはない優れた特徴を有するが，電池の寿命，１回の充電における走行距離の短さ，長い充電時間，高い車両価格，充電インフラの整備など，普及のために解決しなければならない技術課題も多い．また，発電時に発生する二酸化炭素は発電構成に依存するため，石炭火力発電割合が高い状況では，発電時も含めた電気自動車の全二酸化炭素排出量は，必ずしもエンジン車より低いとは限らないとも言われている．したがって，今後数十年は，自動車の電化は徐々に進むものの，ハイブリッド車やプラグインハイブリッド車を含むエンジン車と電気自動車が共存し，それぞれの長所を生かせる場に利用されるであろうと予想される．IEAのエネルギ技術展望報告書にも，2050年に販売される乗用車の内６割程度はエンジンを搭載していると予測されている[1)]．

本稿では，自動車用エンジンの熱効率向上技術と排気浄化技術の動向の概要について，燃焼室内部の現象を制御する燃焼技術に限り概説する．燃焼技術以外には，エンジンから排出される有害排出物を排気管中で浄化する排気後処理技術が重要であるが，本稿では触れていない．

2. 排気浄化技術と熱効率向上技術

2.1 ガソリンエンジン（火花点火機関：SIエンジン）の熱効率向上技術と排気浄化技術

ガソリンエンジンでは，燃料であるガソリンと空気の予混合気を吸気管内で形成し燃焼室内へ導入する．燃焼室内へ導入された燃料／空気予混合気はピストンにより圧縮され高温高圧になる．燃焼は点火プラグからの放電により強制的に開始される．図１はガソリンエンジン内の燃焼の様子を高速度カメラで撮影した例である．点火プラグから火炎が伝播していく様子がわかる．ガソリンエンジンにおける熱効率向上において，解決すべき主な課題は，部分負荷における混合気の絞り弁（スロットルバルブ）通過時の圧力損失に起因する出力低下（ポンピングロ

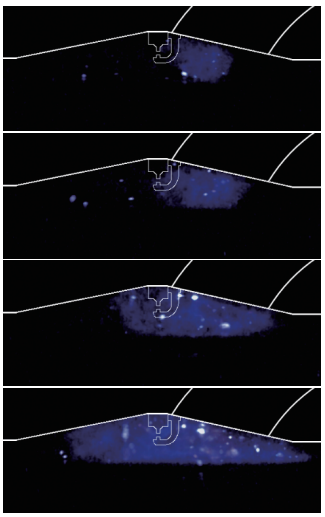


図１　ガソリンエンジン内の火炎伝播の高速度写真

ス），ノック発生による点火時期に対する制約である．このうち，ノックは，図２に示すように火炎伝播により未燃混合気が圧縮され，火炎伝播以前に自己着火し，急速な燃焼が起きる現象であり，強い圧力上昇と振動を伴い，燃焼室壁面を溶損するなどエンジンにダメージを与える．ガソリンエンジンではノックを発生させないことが求められる．点火時期は燃焼圧力最大時期を上死点に近づけるように進角する（点火時期を早める）と熱効率は上昇するが，圧力最大時期が上死点に近づくほど，ノックが発生しやすくなるため，点火時期をある時期以上に進角できなくなり，熱効率を向上できなくなる．ノックを抑制するには，自己着火性の低い燃料を用いる（高オクタン価燃料，エタノールなどの添加），上死点付近での燃焼室内混合気温度を低下させる（圧縮比の低下，吸気温度の低下，混合気の希薄化），燃焼速度を増加させる（燃焼室内流動の乱れ強化），などが技術方針となる．このうち，圧縮比を低下させると，サイクル熱効率が低下してしまうため，効率向上には不利である．混合気の希薄化は温度低下に効果的だが，希薄化による出力低下を過給により補う必要がある．過給によりノックは発生しやすくなるため，希薄燃焼と過給のノックに関するトレードオフの解消が課題である．

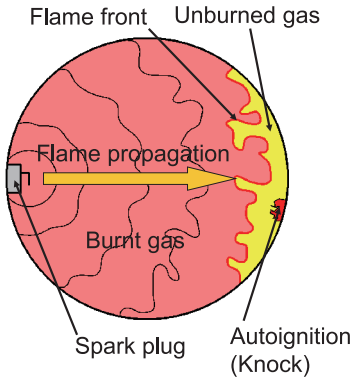


図２　ガソリンエンジンのノックの概要

ノック抑制により点火時期を進角することで熱効率を向上できるが，ノックが発生しない燃焼が実現できるなら，熱効率向上技術には大きく３つの方向がある．第一には熱機関としてのサイクル効率の向上である．これには圧縮比の増加（ノックが発生しないなら圧縮比増加はサイクル効率向上に効果的である），可変動弁装置による吸気行程中のポンピングロスの低減などが適用されている．第二には冷却損失の低減であり，これには，希薄燃焼[2]，ガソリン筒内直接噴射[3]，燃焼室壁面遮熱コーティング[4]などが適用されている．ただし，冷却損失低減分のすべてがサイクル仕事に変換されることは無く，その大部分は排気エンタルピの増加にまわってしまう．したがって冷却損失の低減と排気エンタルピの回収技術を組み合わせることが熱効率向上のカギとなる．エネルギ回収手法としては，排気エンタルピを用いた付加サイクル駆動（ランキンサイクル[5]やスターリングサイクル[6]），熱電変換による電力回収[7]，排熱利用燃料改質による燃焼改善[8]など，さまざまな技術が提案されているが，エネルギ回収率の低さ，システム複雑化，コスト増加が課題であり，実用化には至っていない．第三には，機械損失の低減であり，駆動部品の軽量化，摺動部の摩擦低減技術が重要である．

排気浄化技術については，窒素酸化物の低減には，燃焼室内の温度降下が効果的であり，排気の一部を吸気に還流させる排気再導入（EGR）や希薄燃焼が適用されている．また，燃料空気予混合気を自己着火させる予混合圧縮着火燃焼（HCCI，PCCI）[9]では，希薄低温燃焼を実現し，窒素酸化物や未燃炭化水素を低減できることから，その実用化が期待されるが，着火時期の制御が難しく，自己着火後の急峻な燃焼による圧力振動の発生，過薄状態における失火などを解決する必要がある．

平成25年度より開始された総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創出プログラム（SIP）「革新的燃焼技術」では，自動車用ガソリンエンジンとディーゼルエンジンの熱効率をともに50％以上にするための研究開発が進められている．ガソリンエンジンについては，前述した希薄燃焼をさらに希薄化し（スーパーリーンバーン），過給と組み合わせて熱効率50％以上を目指している[10]．

2.2　ディーゼルエンジン（圧縮着火機関：CIエンジン）の熱効率向上技術と排気浄化技術

ディーゼルエンジンでは，吸気行程中に空気のみが燃焼室内へ導入され，上死点付近で軽油などを燃料噴射装置を用いて燃焼室内へ噴射供給し燃焼させる．あらかじめ生成された燃料・空気予混合気を燃焼室内へ導入するガソリンエンジンと異なり，燃料と空気の混合気は燃焼室内でつくられる．燃焼は拡散燃焼と呼ばれ，燃料と空気の混合速度が燃焼速度を支配する．また，燃料に用いられる軽油はガソリンに比べ着火性が高く，燃焼室内で生成された混合気はピストン圧縮による加熱のみで着火し燃焼する．ディーゼルエンジンには点火プラグがない．図３にはディーゼル燃焼の高速度撮影画像（上段）を示す．さらにこの画像から求めた局所火炎温度分布（中段），火炎の後方からレーザー光を照射しその透過光（噴霧火炎の影）をとらえた画像（下段）も示す．下段の影写真では，噴口近くに存在する未蒸発燃料

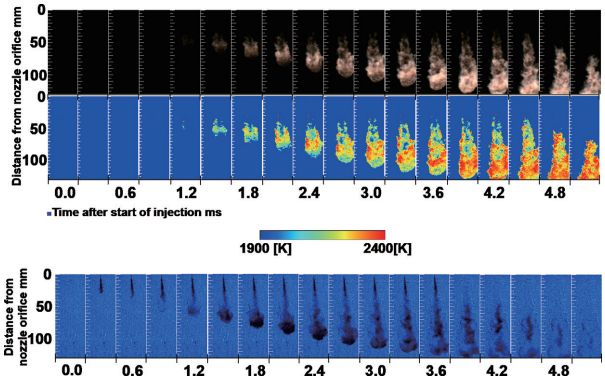


図３　ディーゼル燃焼の高速度直接写真（上段），局所火炎温度分布（中段），高速度レーザー影写真（下段）

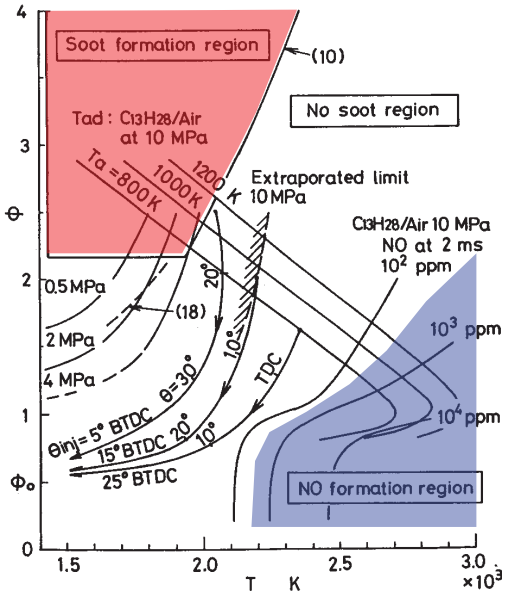


図４　ディーゼル燃焼において微粒子（すす）と窒素酸化物が生成される混合気の当量比・温度領域[11]

液滴群の影と火炎先端領域で生成されるすす粒子群（固体炭素の微粒子）の影がそれぞれ観察できる．上段の火炎発光画像と下段の影写真を比較すると，火炎先端領域でオレンジ色に発光している領域（上段）と火炎先端領域で影として観察されるすす粒子群の領域（下段）が一致しており，火炎発光は火炎中に生成された高温のすす粒子群からの熱輻射であることがわかる．また，中段の火炎温度分布をみると，最高温度は2400℃以上に達することがわかる．このような高温下では空気中の窒素が酸化され窒素酸化物を生成する．すす粒子（黒煙）と窒素酸化物はともに大気汚染物質であり，拡散燃焼では火炎構造上，発生が避け難い．ディーゼルエンジンではこれらの大気汚染物質の排出量が，ガソリンエンジンに比し多く，排気浄化が大きな課題である．図４にはすすと窒素酸化物の生成領域を混合気の温度と当量比（燃料の空気に対する割合に相当する値であり，

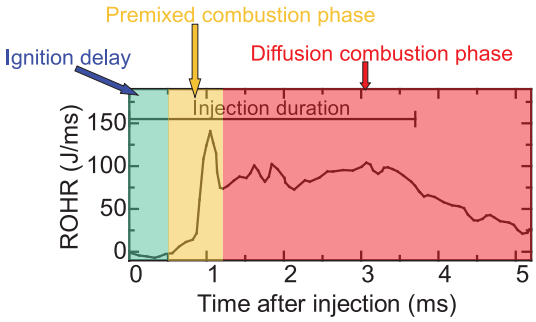


図５　ディーゼル燃焼の熱発生率

これが１以上のとき燃料過剰状態（過濃混合気）となり，１より小さいときには空気過剰状態（希薄混合気）となる.）に対して示した図である[11]．これより，すすは比較的温度が低い過濃混合気で生成しやすく，窒素酸化物は高温・希薄混合気で生成しやすいことがわかる．両者の生成領域がトレードオフの関係にあるため，同時低減が難しい．

ディーゼルエンジンでは，燃焼室内の混合気形成過程が燃焼や大気汚染物質の生成に大きな影響を与えるため，燃焼室内の燃料と空気の時空間分布制御が燃焼改善・排気浄化技術の基礎となる．近年，電子制御式の燃料噴射装置（コモンレール式燃料噴射装置）が開発[12]され，それまでの機械制御式燃料噴射装置では不可能であった，燃料噴射圧力，噴射時期，噴射期間，（１燃焼行程中）噴射回数の独立制御が可能となった．この装置のディーゼルエンジンの燃焼改善と排気浄化に対する貢献はきわめて高く，燃焼室内の燃料と空気の時空間分布の制御がある程度実現可能となった．図５にはディーゼルエンジンの１燃焼行程中にて，燃焼により発生する単位時間当たりの熱発生量（熱発生率）の時間変化の一例を示す．時刻０で燃料噴射を開始している．燃料噴射開始直後に熱発生率が負の値を示すが，これは，高温高圧の燃焼室内へ噴射された液体燃料が蒸発する際の吸熱によるものである．蒸発した燃料と高温空気が混合し自己着火するとその発熱により熱発生率が急増する．噴射開始から熱発生率が負から正に転ずるまでの期間を着火遅れと呼び，この長短がディーゼルエンジンの燃焼の性質を大きく変化させる．着火後，熱発生率は急増しピーク値を持ち，その後一旦減少するが，再びピーク値を示し最終的に緩やかに減少していく．熱発生率の１つ目のピーク値を示す燃焼を予混合燃焼と呼び，この期間では着火遅れ期間中に生成された燃料/空気予混合気が一気に短期間で燃焼する．この後の熱発生率が２つ目のピーク値を示す燃焼は拡散燃焼と呼ばれ，ここでは，燃料と空気の混合と燃焼が同時に進行し，混合速度が燃焼速度を支配する．着火遅れが長いと，こ

の期間中に生成される混合気の量が増えるため，予混合燃焼割合が大きくなり，熱発生率の１つ目のピークが大きくなる．予混合燃焼期間にすす粒子は生成され難く，着火遅れが長い時には微粒子の排出が減少する傾向がある．しかし，燃焼時に急激な圧力上昇を伴うため，振動・騒音がより大きくなる．一方，着火遅れが短くなると，初期燃焼が小さく，ほとんどが拡散燃焼となる．拡散燃焼ではディーゼル微粒子がより多く生成されるため，着火遅れが短くなるとすす粒子排出量が増加する傾向にある．

着火遅れが非常に長く，燃料噴射が終了した後に燃焼が開始される場合を，特別に予混合圧縮着火燃焼（HCCI，あるいはPCCI）と呼ぶ．ガソリンエンジンのHCCIと同様に，この燃焼では，ほとんどの燃料は希薄燃焼で消費され，低温高酸素燃焼となる．したがって，すす粒子と窒素酸化物の生成を同時に抑えられることから，新たな燃焼形態として期待されている．しかし，着火時期の制御が難しく，回転数や負荷が変動する自動車用エンジンでHCCIを安定して実現することは難しい．さらに，HCCI燃焼は非常に急峻な圧力上昇を伴い，燃焼騒音と振動が発生しやすくなる．ガソリンなどの着火性の低い燃料を吸気管内に供給し，燃焼室内に軽油を早期噴射することでHCCIを発現し，着火性の異なる２種の燃料比率を変化させることで燃焼時期を制御する手法（RCCI）も提案されている[13]が，前述の技術課題を解決し，広い運転条件で安定してHCCI燃焼を実現した例は無い．運転負荷等により部分的にこの新燃焼を取り入れ，従来の拡散燃焼と組み合わせて利用することが進められている．その際には燃焼形態の切り換えを，出力トルクの変動等が生じないように安定かつ滑らかに行うための制御手法[14]の開発が鍵となる．

燃焼室内における燃料/空気混合気の時空間分布を制御する技術としては，ピストン頂部に窪み状に設けられた燃焼室（ピストンキャビティと呼ばれる）の縦断面形状を段状に区切り（２段キャビティ），燃料をキャビティ下段領域（底部）と上段領域に振り分けることで燃焼室全体の空気利用率を向上させる技術[15]，１燃焼行程の燃料噴射を複数回に分割する多段噴射（分割噴射）技術[16]などが提案されている．前者は主に混合気の空間分布の制御であり，後者は時間・空間分布の制御といえる．２段キャビティ燃焼室を用いた混合気の空間分布は，一定の回転数，負荷では排気浄化効果と燃焼ノイズ低減が認められているが，運転条件が変動する場合の最適設計が難しく，完全な混合気空間制御には至っていない．後者の多段燃料噴射技術は，すでに実用化されており，燃焼騒音低減のためのパイロット噴射，排気後処理装置活性化のためのポスト噴射などが広く使われている．図６には，現在使われている燃料噴射パターンの例を概念的に示す．微量パイロット噴射により主噴射の前に局所的に高温既燃領域を形成し，これにより主噴射の着火遅れを短縮し急峻な圧力上昇を抑える．主噴射後のポスト噴射では，燃料噴射終了後の混合特性の減退によるすす粒子発生を抑えることが一つの目的であり，これにより後燃え期間中の混合が促進し生成したすす粒子を酸化させる．また，膨張行程中の遅い時期にポスト噴射された燃料は，もはや燃焼室内では燃焼されず，未燃炭化水素として排出される．この未燃炭化水素は排気管に設置される排気後処理装置内の触媒を活性化するために用いられる．すなわち，排出された未燃炭化水素は酸化触媒上で燃焼し，この発熱によって排気温度を上昇させ，下流に設置される触媒の温度を増加させることで排気浄化のための種々の触媒反応を活性化する．このように燃焼改善だけでなく，排気後処理装置の浄化率を向上させるために多段噴射が用いられている．現在のエンジンは，燃焼室内の燃焼の最適化だけでなく，排気後処理装置も含めたエンジンシステムとして最適化することが求められている．ディーゼルエンジンについても，SIP革新的燃焼技術ディーゼル燃焼チームにおいて，熱効率50％を超えるための研究開発が進められている．350MPaにも達する超高圧燃料噴射と多段噴射の組み合わせ，複数燃料噴射装置や段付きキャビティ燃焼室を用いた燃焼室内混合気の時空間分布制御などについて研究が進められている[17]．

3. これからの技術動向

前章で説明した燃焼技術の中で両エンジンに共通する技術開発の方向として，燃焼室内の燃料/空気

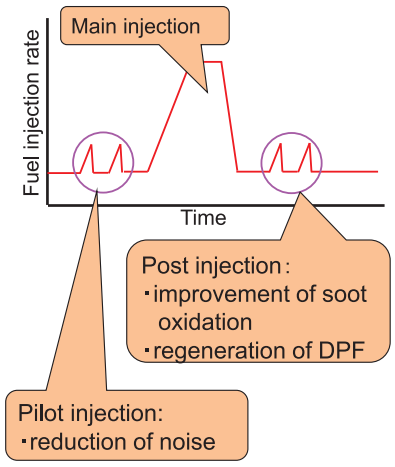


図６　ディーゼル燃料の多段噴射（噴射率）の例

混合気の時空間分布制御が挙げられる．これを実用レベルで効果的に実現するには至っておらず，今後もさまざまな技術が提案されるであろう．冷却損失低減技術につても両エンジンに共通する課題であり，混合気の空間制御，燃焼室壁面表面材質の開発など，現在進められている研究開発がさらに推進されるであろう．また，エンジン制御技術についても，燃焼，後処理装置における各種触媒反応，エネルギ回収（ハイブリッド車など電力回収も含む）を協調・最適制御する手法の開発が強く求められており，モデルベース制御[18]などの新たな展開が期待される．いずれにしても，自動車用の動力システムの電化は進んでいき，現状でも内燃機関の使われ方は大きく変化しつつある．自動車用エンジンが発電機として定格運転でのみ運転されるようになれば，過渡運転時の燃焼排気特性の制約を受けずにシステムを最適設計できるようになり，エンジンの姿は大きく変化する．エンジン単体の開発を重視する設計方針から，自動車システム全体におけるエンジンの最適化という設計方針（従来のエンジン車でも当然とられている方針であると考えるが）への移行が急速に進むであろうことは容易に推察できる．

4. おわりに

本稿では，自動車用エンジンの技術動向について，燃焼技術のみに限って，現在進められている研究開発の概要と今後の方向について述べた．冒頭に述べたように排気後処理技術は重要な技術であり，これなしにはエンジンが成立しない状況であるが，本稿では触れていない．また，今後，合成燃料，バイオ燃料等，新しい燃料の利用が拡大される可能性もある．燃料の変化への対応技術についても述べていない．これらの技術についても今後重要性が増すであろう．

参考文献

1）Energy Technology Perspectives 2015, International Energy Agency（2015）
2）例えば，横森剛，松田昌祥，飯田訓正，浦田泰弘，横尾望，中田浩一，高効率ガソリンエンジンのためのスーパーリーンバーン研究，自動車技術会2016年春季大会学術講演会講演予稿集，pp. 1413-1418（2016）
3）Kume, T., Iwamoto, Y., Iida, K., Murakami, M., Akishino, K., and Ando, H., Combustion control technologies for direct injection SI engine, SAE technical paper, No. 960600（1996）
4）例えば，山下英男，川口暁生，猪熊洋希，田中圭祐，小川輝，山下親典，福井健二，脇坂佳史，壁面スイング遮熱法によるエンジンの熱損失低減（第5報）―運転条件の影響解析―，自動車技術会論文集，Vol. 49, No. 2, pp. 156-161（2018）
5）例えば，茨木茂，川尻正吾，遠藤恒雄，小島洋一，高橋和也，馬場剛志，ランキンサイクルを用いた車載用排熱回生システムの研究，自動車技術会2006年秋季大会学術講演会前刷集，pp. 15-20（2006）
6）例えば，片山正章，吉松昭夫，立野学，小森聡，車載型排気熱回収スターリングエンジンの開発，自動車技術会2013年春季大会学術講演会前刷集, pp. 1-5（2013）
7）例えば，松本学，森正芳，山上武，原口友秀，大谷亮，松本寛治，松田洋，熱電素子を利用した廃熱回生技術の実用化に向けた展望，自動車技術会2014年春季大会学術講演会前刷集，pp. 1-4（2014）
8）例えば，山口恭平，喜久里陽，草鹿仁，大聖泰弘，燃料改質を適用した圧縮着火エンジンに関する数値解析，自動車技術会論文集, Vol. 49, No. 2, pp. 150-155（2018）
9）Thring, R.H., Homogeneous-Charge Compression-Ignition（HCCI）Engines, SAE Technical paper, No. 892068（1989）
10）http://www.jst.go.jp/sip/k01_team1.html
11）Kamimoto, T., and Bae, M.H., High combustion temperature for the reduction of particulate in Diesel engines, SAE Transactions, Vol. 97, No. 6, pp. 692-701（1988）
12）宮木正彦，コモンレールシステムの開発と進化，第22回内燃機関シンポジウム講演集，日本機械学会（2011）
13）Reitz, R.D, and Duraisamy, G., Review of high efficiency and clean reactivity controlled compression ignition（RCCI）combustion in internal combustion engines, Progress in Energy and Combustion Science, Vol. 46, pp. 12-71（2015）
14）例えば，小松文隆，田邊圭樹，中山真治，多気筒ディーゼルエンジンにおけるPCI燃焼と通常燃焼の過渡運転時切替制御の検討（第2報），自動車技術会2009年秋季大会学術講演会前刷集，pp. 9-13（2009）
15）例えば，稲葉一輝，小島悠人，小橋好充，柴田元，小川英之，噴霧分配型燃焼室を用いた双錐形部分予混合化ディーゼル燃焼（第2報），自動車技術会論文集，Vol. 49, No. 2, pp. 211-216（2018）
16）例えば，岡本雄樹，天沼泰将，柴田元，小川英之，小橋好充，多段噴射を用いた熱発生率分割化による予混合化ディーゼル燃焼の燃焼騒音低減，第27回内燃機関シンポジウム講演集，日本機械学会（2016）
17）http://www.jst.go.jp/sip/k01_team2.html
18）例えば，山崎由大，高橋幹，酒向優太朗，金子成彦，過渡運転試験による燃焼制御モデルを用いたディーゼルエンジンの制御システム評価，自動車技術会2017年秋季大会学術講演会講演予稿集，pp. 353-358（2017）

（原稿受付：2018年5月17日）

解説

大型二輪車用過給エンジン開発における流体技術

著者紹介

市（いち）　聡顕（さとあき）

川崎重工業株式会社
モーターサイクル&エンジンカンパニー技術本部第一設計部第一課
〒673-8666 兵庫県明石市川崎町1－1

1999年 川崎重工業株式会社入社，モーターサイクル用4気筒，2気筒，単気筒エンジンの開発を担当．Ninja H2/H2R開発リーダー

1. はじめに

当社はモーターサイクルに対する多様な顧客の要望にこたえ，日常では体感することのできない感動的な加速感を提供するため過給エンジンを搭載したNinja H2（図1）/H2R（図2）を開発した．本稿では自社製スーパーチャージャーを採用した大型二輪車用過給エンジン開発に用いた流体技術について紹介する．

図1　Ninja H2

図2　Ninja H2R

2. Ninja H2/H2R用過給機

2.1　遠心式過給機

乗用車で一般的に使われる容積式スーパーチャージャーは低回転で大きな圧力比を得ることができる一方，高回転での使用には制限があり，装置の容積・質量とも二輪車に搭載するには大きいという問題がある．また，二輪車に求められる速いレスポンスを得るには不向きである．

Ninja H2/H2Rはクランク回転数で13,000r/min以上の高回転域まで力強く伸びるエンジン特性と，スロットル操作に応じたリニアでクイックなレスポンス・ツキ感・加速フィーリングが求められる．

これらの要求を満足するため，小型・軽量で高回転時の流量が多く，回転部の慣性質量が小さいことから回転変動にすばやく追従が可能な遠心式過給機を選択した．

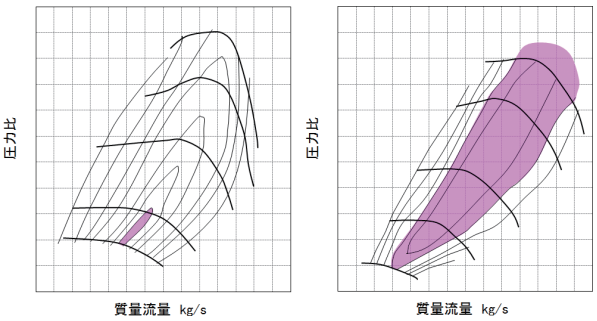
最適な過給機特性を得るため，自社設計にて過給機を開発し，社内にて製造（加工，組立，調整，性能測定）することとした．開発に当たっては，当社のガスタービン部門および技術開発本部から技術移転を受け二輪エンジン設計者が専用設計を行なった．

2.2　Ninja H2/H2R用過給機の特徴

過給機の性能を示すものに運転領域の圧縮効率を示すコンプレッサマップがある．ここでいう圧縮効率とは取り出し可能な仕事量（等エントロピ仕事）に対して実際に取り出した仕事量の比である．仕事の差分は熱として吸気温度上昇につながる．二輪車はスペース・質量の制約が大きいため，インタークーラーを用いずにエンジンの高出力化を達成することが望まれる．このため，圧縮効率が高い領域で過給機を使用することが重要である．

図3に一般的な遠心式過給機とNinja H2/H2R用過給機のコンプレッサマップを示す．これは横軸に過給機から出力される質量流量を，縦軸に圧力比を示したものである．図中右下から左上方向に太線で図示したラインは，インペラの等回転数での特性を示す．右側に位置する大流量時の圧力比に対して下流側で流量を制限すると圧力比が上昇することを示

す．左下の太線はインペラの低回転時を示し，右上の太線は高回転時の特性を示す．



一般的な過給機　　Ninja H2/H2R 用過給機

図３　コンプレッサマップ

細線で示すラインは圧縮効率の等高線である．中心ほど圧縮効率が高い．塗りつぶし領域は一定値以上の圧縮効率領域を示す．左に示す一般的な遠心式過給機では塗りつぶしで示す高効率領域がコンプレッサマップ上の部分的な領域に限られる．対して右に示すNinja H2/H2R用過給機は塗りつぶしで示す高効率領域が広く，尾根状につながっているという特徴を有する．さらに最高効率が高い．Ninja H2/H2R用過給機はインペラの回転数によらず常に高効率領域が存在することを示しており，二輪車のように回転数の変化を伴うエンジンに適している．

2.3　過給機の設計

過給機の設計には多くの流体技術を活用した．まずエンジンの目標出力を達成するため，質量流量・圧力比・回転数・圧縮効率といった空力特性の目標値を決定する．

つぎに幾何特性として　翼枚数・ハブ径・インデューサ径・翼厚さ・レイク角・バックワード角などを決定する（図４）．

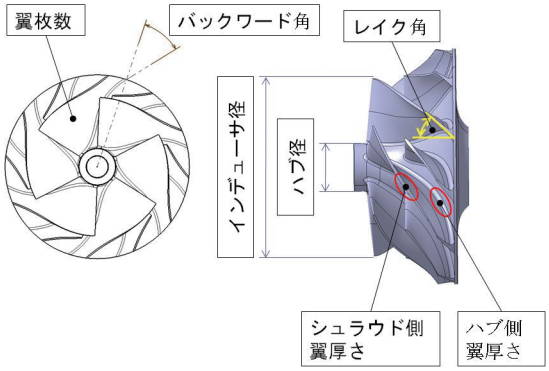


図４　インペラ幾何特性

得られた初期翼形状にて翼間流れ解析を行い，流れの剥離や渦が発生しないように翼形状を微調整する（図５）．

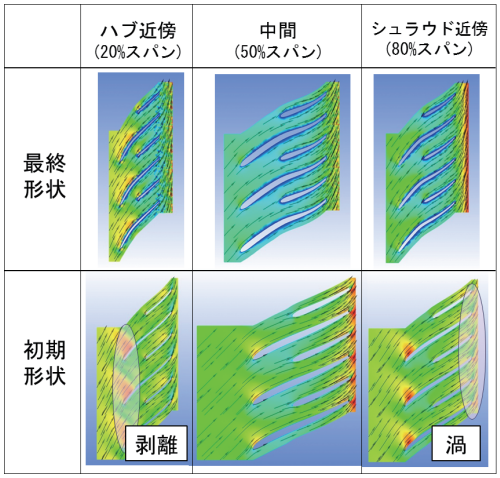


図５　翼間流れ解析結果

続いて固有振動解析を行い，エンジン等振動源との共振を避けるように翼形状を調整する（図６）．

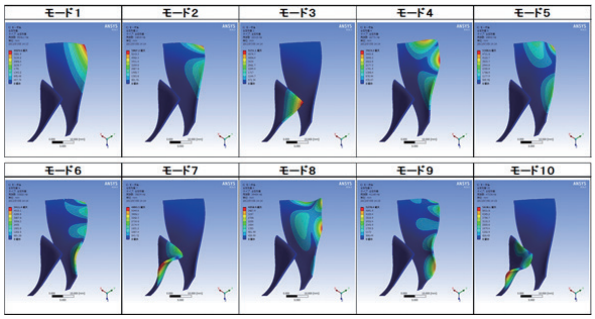


図６　固有振動解析

さらにコンプレッサハウジングの設計を行い，流路内流れ解析により流路形状を決定する（図７）．

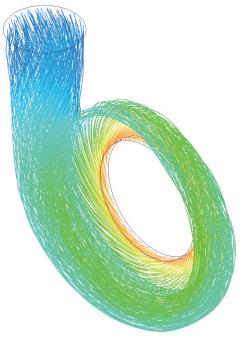


図７　流れ解析結果

3.　過給機上流下流の流路設計

過給機を二輪車において高効率で用いるためは，過給機単体の圧縮効率を高めることはもちろんのこと，圧縮機上流の流れ，下流の流れを適切に設計することによって吸気系全体で損失を低減させ，エンジンの吸気温度上昇をいかに低く抑えるかが重要である．この取り組みの結果，Ninja H2/H2Rにおい

ては，インタークーラーを必要とするほどには吸気温度を上昇させないことに成功した．

3.1　過給機下流の流れ

直列４気筒過給エンジンにおいて高出力を実現するためには各気筒に均等に新気を供給することと，新気分配の過程で不要な乱流を発生させないことが重要である．このため，圧縮機下流と，各気筒の吸気ダクト間に設けた吸気チャンバは図８に示すとおり扇型形状として，吸気流路長を均等にした．

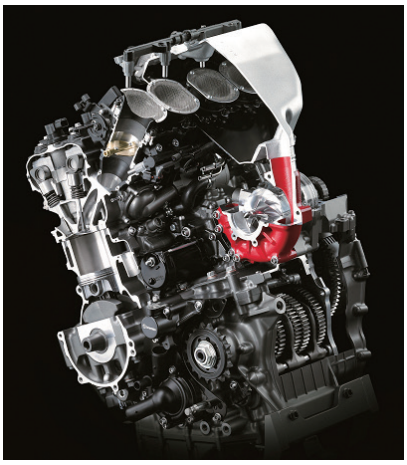


図８　過給機レイアウト

3.2　過給機上流の流れ

走行風を利用して出力を向上するラムエアシステムを採用するため，ラムエアダクト形状の検討を行った．走行風は車体前方のよどみ点から吸気するともっともラム圧が高くなる．一方過給機はエンジン背面に配置するため，この間をどのようにつなぐかが課題となる．また，走行中に大きく変わるライダーの乗車姿勢変化に影響を与えてはならない．Ninja H2/H2Rでは図９に示すように車体側面視で，エンジン側方をできる限りストレートにつなぐよう配置した．しかし，車体上面視では前方から後方への流れを，左から右への流れに90°方向転換しなくてはならない．過給機入口の空気流量に偏りが生じると，過給機の圧縮効率が下がるため，過給機入口ではできる限り均等な分布にする必要がある．そこで，図10に示すように大きなRで方向変換すると共に，上流から下流に向かって断面積を徐々に小さくするように形状を決定した．このほか，圧力損失を小さくするため，ダクト断面形状は外側を凸としたD型断面とした．また雨天走行時の水切り性能を考慮した形状とした．

図11にNinja H2のラムエアダクト内のガス流動解析例を示す．ダクトは圧力損失を小さくすると共に，過給機入り口の流速分布が均等に近くなるように形状を決定した．ダクトの形状によりエンジン性能が向上した．

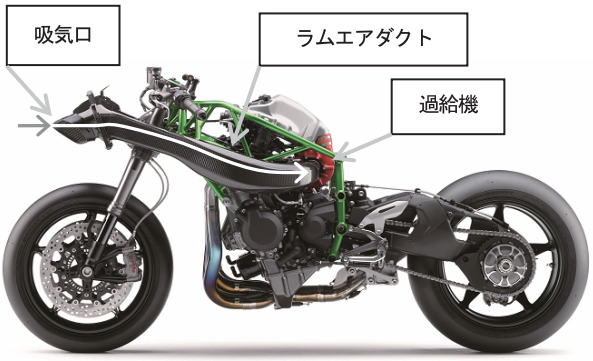


図９　車体側面視（Ninja H2R）

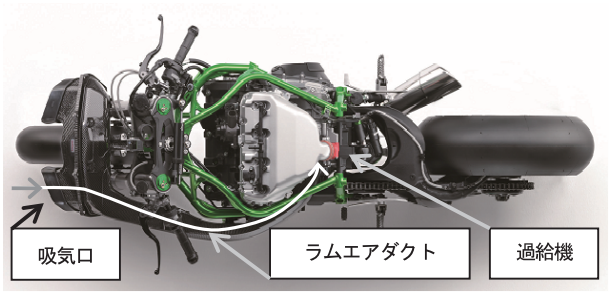


図10　車体上面視（Ninja H2R）

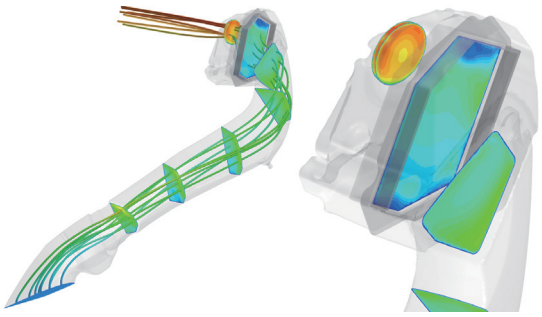


図11　ラムエアダクト内吸気流動解析（Ninja H2）

4. おわりに

クローズドコース専用のNinja H2Rは１Lの排気量で228kW（310PS）の出力を実現し，これまでの二輪車には無い圧倒的な加速を実現した．

公道仕様のNinja H2は全域で当社の従来型自然吸気モデルに対してトルクで上回り非常に強い加速を実現するとともに，WMTCモード燃費でも上回り，環境性能にも優れている．

当社は今後とも感動と夢を提供しながら地球環境の未来に貢献する二輪車を開発していく．

参考文献
https://www.youtube.com/watch?v=Wcp8yqpVnIA

（原稿受付：2018年５月31日）

解説

オートバイの音に関する音質評価
～ライダーと非ライダーの評価の違い～

著者紹介

岩宮 眞一郎（いわみや しんいちろう）

日本大学芸術学部
〒812-0888 福岡市博多区板付７－８－37
E-mail : iwamiya.shinichiro@nihon-u.ac.jp

1975年九州芸術工科大学音響設計学科卒．同大学助手，助教授を経て，1998年教授，2003年大学統合により九州大学教授，2018年名誉教授，日本大学芸術学部特任教授．音のデザインに活かす音のチカラを示していきたい．日本音響学会，日本騒音制御工学会などの会員．工学博士．

1. サウンド・ブランディングの時代

私たちの身の回りには，さまざまな機械製品があふれている．家の中には，洗濯機や掃除機などの家電製品があり，生活を支えてくれている．また，日常の移動の手段として，自動車やオートバイを利用することも多い．各種の大工道具や園芸器具を利用している人も少なくない．こういった製品には，通常モータやエンジンなどの動力源が備わっている．動力源があると，望んでいるわけではないが「音」が発生する．その音が結構うるさいことも多い．

従来，機械製品の音に対する取り組みは，製品から発生する騒音の軽減対策が主なものであった．機能のことだけを考えた機械製品においては，動作音の騒音レベルが高く，うるさい製品が生活の中にあふれていた．自動車や家電製品などでまず取り組むべきことは，うるさい機械騒音を静かにすることだった．

今日，さまざまな騒音軽減の取り組みが成果をあげ，機械製品音のうるささはかなり改善されてきた．それでも，機械製品音の不快感がなくなったわけではない．騒音レベルがそれほど高くなくても，機械製品音から不快感を覚えることもある．ユーザからメーカへの苦情も少なくない．また，レベルの高い騒音源に対策を施すと，これまでは問題にならなかった別の音源が気になることもある．気になる騒音を次々とつぶしていくと，騒音のモグラ叩き状態にもなりかねない．

また，機械製品の音をゼロにしてしまった方がいいかというと，そうとも言い切れない．機械製品の音は，多くの場合，製品の動作が正常に行われているかどうかの確認にも利用されている．聞こえてくる正常な動作音は，安全安心のしるしでもある．まったく無音になってしまうと，機械が正常に動作しているかどうかわからなくなってしまう．エアコンなどでは，ある程度送風音が聞こえないと，「ききが悪いのかな？」と疑ってしまう．掃除機も，ある程度音がした方がパワフルな印象をもたらし，「ゴミを吸っている」感じがする．

このような状況を受けて，機械製品の音を，その特徴を残しつつも，快適な音質に改善することが求められるようになってきた．また，騒音軽減の技術的な限界やかけられるコストの制限により，音質改善によって製品音の不快感を軽減しようとの動向もある．

さらに，自動車やオートバイなどでは，エンジンの排気音に愛着を覚えるユーザも多い．彼らにとっては，購入する製品を選ぶとき，音へのこだわりが重要な判断要素となっている．こういった製品では，より積極的に製品のセールス・ポイントとしての「音づくり」が行われている．音がブランドイメージを作り上げている例もある．音の商品価値を重視する姿勢として，サウンド・ブランディングというコンセプトも登場してきた[1)]．製品音に，サウンド・ブランディングの時代が到来してきたのである．

2. オートバイのライダーは音にもこだわっている

オートバイ（自動二輪車）のユーザ（いわゆるライダー）は，自動車（四輪車）のユーザ（ドライバー）に比べても，製品に対するこだわりが強く，改造により性能，デザイン等を変えている人も多い．オートバイに対する愛着は，その排気音や走行音にも及ぶ．「ハーレー・ダビットソン」のように，セールス・ポイントとして，エンジン音の伝統を守ることに最大限の努力をしてきた企業もある[2)]．サウンド・ブランディングを意識しての企業戦略である．

また，騒音問題の観点からみると，オートバイの排気音を四輪車のものよりもうるさく感じている人が多いという調査結果もある[3]．その原因として，マフラーの交換や輸入車の増加が考えられる．輸入車や使用中の車については加速騒音規制が適応されず，車検場で近接排気音だけをチェックしている[4]．そのため，マフラー交換車や輸入車は，国内メーカ純正車より走行時の騒音レベルは高い傾向にある．

ライダーにとって魅力ある排気音，走行音の特徴を明らかにするためには，ライダーの排気音に対する意識を調査する必要がある．また，オートバイの騒音問題を解決するためには，オートバイに乗らない非ライダーのオートバイの音に対する意識も検証する必要もある．両者を比較することで，ライダーにとって魅力的でありつつ，騒音源にはなりにくいオートバイの音を考える手がかりが得られる可能性もある．

そこで，私たちの研究室では，オートバイのアイドリング音と走行音を対象として，オートバイのライダーおよび非ライダーを対象とした印象評価実験を行った[5),6)]．この実験結果に基づき，オートバイの音に対する印象とその音響特性の関係を明らかにするとともに，ライダーが好む音質，非ライダーが嫌う音質を明らかにした．この研究では，ライダーとは普通自動二輪もしくは大型自動二輪の免許を持ち排気量250cc以上のオートバイの運転経験がある者とし，非ライダーとは上記の免許を持たない者とした．

3. オートバイのアイドリング音に対する印象評価実験―ライダーと非ライダーの比較―

オートバイが停車している状態のアイドリング音を録音して，ライダーおよび非ライダーを対象として，アイドリング音の印象評価実験を行った．対象としたオートバイの機種は13機種であった．評価実験に用いた評価尺度は，「好きな－嫌いな」など，反対の意味を持つ評価語を組み合わせた表1に示す17の評価尺度である．評価尺度には１から７の数字（評価値）をあてはめ，評価値４を「どちらでもない」中間値とした．

図１に，「好きな－嫌いな」の尺度に対するライダーと非ライダーの平均評価値を示す．図１によると，ライダーの平均評価値は，アイドリング音全般に対して，非ライダーよりも「好きな」側の値である．なかには，ライダーと非ライダーの評価値の差が大きく開く機種もあった．「快い－不快な」「いらいらさせる－気持ちのよい」といった尺度でも，「好きな－嫌いな」と同様の傾向がみられた．ライダーは非ライダーよりも，アイドリング音全般に対して，より「快い」「気持ちのよい」「好ましい」などポジティブな印象を受けている．一方，「鋭い－鈍い」「大きい－小さい」といった尺度では，ライダーと非ライダーの平均評価値には大きな違いはみられなかった．このような傾向から，「快い－不快な」「好きな－嫌いな」といった価値判断や嗜好を表す総合的な評価に関する尺度では，同一のアイドリング音に対してライダーと非ライダーの印象に違いがあり，「鋭い－鈍い」「大きい－小さい」といった価値判断や嗜好の側面が入らず音響特性と直接対応するような要素感覚的な評価尺度では，ライダーと非ライダーが同じ印象を受けていると考えられる．

表１　印象評価実験に用いた評価尺度

快い－不快な，騒々しい－静かな，
かん高い－落ち着いた，濁った－澄んだ，
力強い－弱々しい，鋭い－鈍い，美しい－汚い，
迫力のある－物足りない，大きい－小さい，
うるさい－気にならない，
いらいらさせる－気持ちの良い，
安っぽい－高級な，金属性の－深みのある，
粗い－滑らかな，重々しい－軽快な，
ぼんやりとした－はっきりとした，好きな－嫌いな

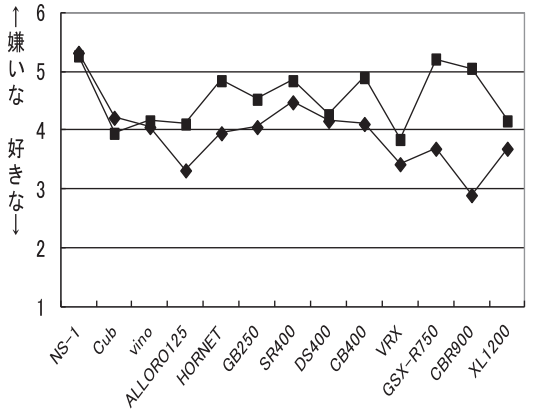


図１　オートバイのアイドリング音に対する好みの評価値（◆：ライダー，■：非ライダー）：評価値４が中間値（どちらでもない）

「鋭い－鈍い」の尺度では，ライダー，非ライダーとも「音の鋭さ」を表すと考えられている音質評価指標であるシャープネス[7]との相関が認められた．シャープネスという音質評価指標は，高い周波数の成分のエネルギーが優勢であるほど高い値となる．シャープネスが高いと「鋭い」「固い」「明るい」印象，シャープネスが低いと「鈍い」「柔らか

い」「暗い」印象になると考えられている．印象評価実験の結果においても，この音質評価指標が予測するように，実際にオートバイのアイドリング音のシャープネスが高いほど「鋭い」印象になっていた．また，シャープネスは，ライダー，非ライダーいずれの評価値においても，「安っぽい－高級な」との相関が認められ，シャープネスが高く，高域成分のエネルギーが優勢なアイドリング音は「安っぽい」印象になることが示された．

音量の速い変化による変動感と対応するラフネス[8]，音量の遅い変化による変動感と対応する変動強度[9] といった音響評価指標は，「粗い－滑らかな」（ライダーの場合），「ぼんやりとした－はっきりとした」（ライダー，非ライダーとも）との相関が認められ，両指標とも高いと，「粗い」「はっきりとした」印象になる．ラフネスという音質評価指標は変化の速さが１秒間に70回程度の変化で，変動強度という音質評価指標は１秒間に４回程度の変化で，指標値が最大となる．また，両指標とも，音量の変化幅（最大の音と最小の音の音量比）が大きいほど，指標値が大きくなる．

また，実験後に実験参加者に感想を聞いたところ，多くのライダーは，アイドリング音を聞いたときに，実際のオートバイを思い浮かべるとのことであった．ライダーは，低音成分が強いアイドリング音を聞くことで，ライダー好みの排気量の大きな大型のオートバイを連想し，「好ましさ」を感じていると考えられる．非ライダーでも低音域が強いアイドリング音に対して高級感を感じている傾向はみられたが，同時に不快感を覚えている．

4. オートバイの走行音に対する印象評価実験―ライダーと非ライダーの比較―

つぎに，毎時60㎞でオートバイが走行している状態での音を録音して，ライダーおよび非ライダーに対する印象評価実験を行った．評価対象としたオートバイは，６機種である．評価尺度は，アイドリング音の評価実験と同様の17尺度である．

図２に，「好きな－嫌いな」の尺度に対するライダーと非ライダーの平均評価値を示す．図２によると，アイドリングの場合と同様に，「好きな－嫌いな」の尺度においては，ライダーが全般的に非ライダーよりもオートバイの走行音を好む傾向がみられた．特に，４気筒タイプのエンジンを搭載したオートバイにおいて，他の走行音に比べてライダーと非ライダーの差が大きい．４気筒タイプのこれら走行音は，騒音レベルの最大値，シャープネス，変動強度がもっとも大きい音であり，これらの評価指標が表す音の大きさ，鋭さ，変動感と好みの関係がライダーと非ライダーで異なるのである．ライダーは騒音レベルの最大値，シャープネスの高い音を好み，非ライダーはこのような特徴の走行音を嫌う．

ライダーにおける「好きな－嫌いな」と「大きい－小さい」「鋭い－鈍い」の各尺度に対する評価値間の相関が認められた．ライダーは，「大きい」「鋭い」印象の走行音を好んでいる．非ライダーは，ライダーとは逆に，「大きい」「鋭い」走行音を嫌っている．「快い－不快な」の尺度でも，同様の傾向がみられ，ライダーは「大きく」「鋭い」印象の音を快く感じるが，非ライダーはこのような音を不快に感じている．なお，「大きい－小さい」「うるさい－気にならない」「鋭い－鈍い」の尺度においては，ライダーと非ライダーの評価値は大きく変わることはない．

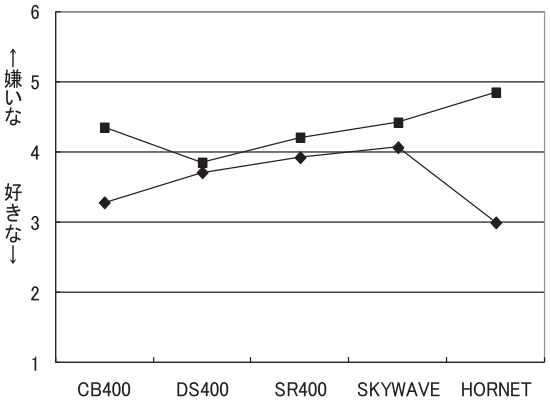


図２　オートバイの走行音（毎時60㎞）に対する好みの評価値（◆：ライダー，■：非ライダー）：評価値４が中間値（どちらでもない）

ライダーは「大きく」「鋭く」「変動感の大きな」音を好み，非ライダーはそのような音を好んではいないことが分かる．実験後の感想によると，やはり，多くのライダーは，走行音から実際のオートバイの走行を思い浮かべているようであった．非ライダーではそのようなことはなく，音の印象評価をする際にオートバイの具体的なイメージを思い浮かべることはない．

5. 非ライダーに嫌われず，ライダーに好まれるオートバイの音は実現できるのか？―サウンド・ブランディングと環境への配慮の両立―

オートバイのアイドリング音の印象評価実験によると，非ライダーは単純に音量が大きいと，不快感

や嫌悪感を覚えている．ライダーにおいては，不快感あるいは嫌悪感と音量との関係は明瞭ではなく，低音域が優勢であるほど好ましい印象を受けていた．走行音では，ライダーは，音量が大きく，高音成分が優勢で，変動感が大きい排気音を好む．非ライダーは，オートバイ走行音全般を嫌っている．特に，ライダーが好むような排気音に，非ライダーは嫌悪感を覚えている．

ライダーは，アイドリング状態では走りを連想させるような力強さや迫力感のある音を好み，走行状態ではオートバイの速度が上がりエンジンの回転数が上昇することを実感させる高域成分が優勢で音量や変動が大きい走行音を好む．非ライダーの排気音に対する印象は，オートバイのイメージの影響を受けず，音量の影響をもっとも受けている．

「大きい－小さい」「鋭い－鈍い」といった要素感覚的な尺度では，アイドリング音でも走行音でも，ライダーと非ライダーの印象に顕著な違いは認められなかった．音から受けとる感覚に，ライダーと非ライダーで異なるところはない．ライダーは，うるさくて鋭い印象であることを自覚して，そのような走行音を好んでいるのである．

ライダーにとって魅力的でありつつ，非ライダーには騒音源にはなりにくいオートバイの音は存在するのであろうか？アイドリング音では，音量を押さえつつ，低域の優勢な音であるとその条件にかなうと考えられる．走行音では，両方の要求を完全に満たすことは困難であるが，音量を抑制しつつ，速度が上昇したときに高域が優勢になり，変動が大きい音にすれば，非ライダーにはそれほど嫌われず，ライダーもある程度満足を覚える排気音になるのではないだろうか．

参考文献

1）吉川公利：音とブランド力，騒音制御，31巻 3 号，pp. 186 ～ 191（2007）.
2）R. Pierson and A. Bozmoski: Harley-Davidson's 100th Anniversary - The Sound of a Legend, Sound and Vibration, March, pp. 14–17（2003）
3）坂本一郎，田中丈晴，原一平：市販マフラー装着車両の実態調査と住民の意識調査結果，交通安全環境研究所 第3回 研 究 発 表 会 資 料，http://www.ntsel.go.jp/ronbun/happyoukai/15files/kankyou28.pdf（2003）.
4）前田修，乗り物の音質改善と環境騒音改善の両立，環境工学総合シンポジウム2004講演論文集，pp. 146-149（2004）.
5）渡邊正智，岩宮眞一郎：バイク排気音に関する音質評価～ライダーと非ライダーの意識の違い～，騒音・振動研究会資料，N-2008-19（2008）.
6）岩宮眞一郎，渡邊正智，高田正幸:オートバイの排気音に対するライダーと非ライダーの意識の違い，騒音制御，32巻，6 号，pp. 425-436（2008）.
7）G. von Bismarck: Sharpness as an Attribute of the Timbre of Steady Sounds, Acustica, 30, pp. 159-172（1972）.
8）E. Terhardt: On the perception of periodic sound fluctuation（Roughness）, Acustica, 30, pp. 201-213（1974）.
9）H. Fastl: Fluctuation strength and temporal masking patterns of amplitude-modulated broad-band noise, Hearing Research, 8, pp. 59-69（1982）.

（原稿受付：2018年 2 月 9 日）

解説

モトクロス用軽量フロントフォークの開発

著者紹介

野口寛洋（のぐち ひろのぶ）
〒509-0298 岐阜県可児市土田2548
KYBモーターサイクルサスペンション株式会社
技術部

2003年KYB株式会社に入社，二輪車用サスペンションの設計・開発に従事．

1. はじめに

モトクロスレース（写真１）は，土の露出したオフロードコースで競われ，コース上にはジャンピングスポットが多く設けられている．そのため三次元的なアクションが多く，北米や欧州で人気のあるモータースポーツである．

モトクロス向けの二輪車は，車両の安定性，操縦性の向上が要求され，車体メーカ各社は最先端技術を投入して開発を行い，毎年のように新しいモデルが発表，販売されている．

ここで，フロントフォークには，高い操縦安定性と軽快なハンドリングを実現するために作動性の良さと軽量化が求められる．また，さまざまなタイプのコース，ライダーに最適な特性を得るため減衰力調整機構の装備が求められている．

写真１　モトクロスレースの様子

2. 開発の狙い

グローバルナンバーワンを目指し，圧倒的な軽量化，作動性向上，減衰力調整機構の改良を開発の狙いとした．

フロントフォークの軽量化については，2013年モデルでエアスプリングを採用した開発品１号機[1)]を開発し，それまでの金属スプリングを用いたフロントフォークに対し，製品重量で約10%の軽量化を達成した．一方，作動性についても，金属スプリングが無くなったことで，スプリングと相手部材との摺動を無くし低フリクション化を実現した．しかし開発品１号機ではモトクロス用フロントフォークの構造としては一般的な空気と作動油を厳密に分離する減衰力発生構造を採用していた．そのため，フリーピストンとよばれる空気と作動油を分離する部材を配置する必要があり，構成部品が多くこれ以上の軽量化は難しく，またフリーピストンの摺動によるフリクションの発生を排除できない構造であった．

今回の，開発品２号機では基本構造の見直しを行い，さらなる軽量化と低フリクション化による作動性の向上を図った．また，従来構造ではフォークの伸行程，圧縮行程それぞれ一系統ずつの減衰力調整機構のみであったが，本開発では，低速・高速域をそれぞれ独立して調整する二系統の調整機構を設け，調整の自由度を拡大した．

注１）エアスプリングのみを利用し，車体姿勢を保持する構造．

3. 開発の概要

開発品２号機と開発品１号機の構造比較を図１に，開発品２号機の特長を以下に示す．

3.1　ダンパカートリッジ構造見直し

開発品１号機は，フォークキャップ側にシリンダを配置し，車軸側にロッドを配置するダンパカートリッジ構造であった．そのためダンパカートリッジは空気中に存在しシリンダ内への空気の巻き込みを防止するフリーピストンを配置する必要があった．開発品２号機ではシリンダを車軸側に配置するダン

パカートリッジ構造とした．これにより，シリンダは完全に作動油中に配置され，フリーピストンを設けなくても，シリンダ内の作動油と空気を分離できる．フリーピストンを用いないことで，作動油へ空気が巻き込まれ，作動油の弾性率が低下し，減衰力の応答性悪化が懸念されたが，開発品２号機はシリンダが完全に作動油中にあり，ロッドとシリンダの隙間から常に空気が排出されることで空気の巻き込みが少なく，またフォーク全体が加圧される構造であるため巻き込んだ空気も小さくなる．応答性への影響はないことを台上試験，実車評価にて確認した．

このカートリッジ構造の見直しにより，約300gの軽量化を実現した．

3.2　強制潤滑構造

フロントフォークは，車体の基本骨格を構成する一部となり，車体姿勢を保持しているため，フォークを曲げようとする横荷重を受けながら作動する．そのため，インナチューブとアウタチューブにはスムーズな摺動特性が求められる．

本開発品では，ダンパカートリッジの作動油の流れを利用し，軸受け部に強制的に油を供給することで，フリクションを低減する強制潤滑構造を採用した．作動原理を図２に示す．

フロントフォークの圧縮行程で，ダンパカートリッジのシリンダ内へロッドが進入し，シリンダ内からロッドの体積と同等の作動油がシリンダの外に排出される．この作動油をインナチューブポートからアウタチューブとインナチューブの隙間に送り込む構造とした．このとき，シリンダ上部に設けられたバルブと作動油通路により送出量を適正化し，インナチューブとアウタチューブの隙間が高圧になり過ぎないようにしている．伸行程では，ロッドがダンパシリンダから退出するため，その分の作動油はシリンダ下部から供給される．インナチューブとアウタチューブの隙間の作動油は，インナチューブポートからインナチューブ内へ戻される．

これにより，常にインナチューブとアウタチューブの隙間は作動油で満たされ，軸受は常に良好な潤滑状態が保たれる．

開発１号機と２号機のフリクション比較データを図３に示す．前述のカートリッジ構造変更によるフリーピストン等の廃止と，この強制潤滑構造により，

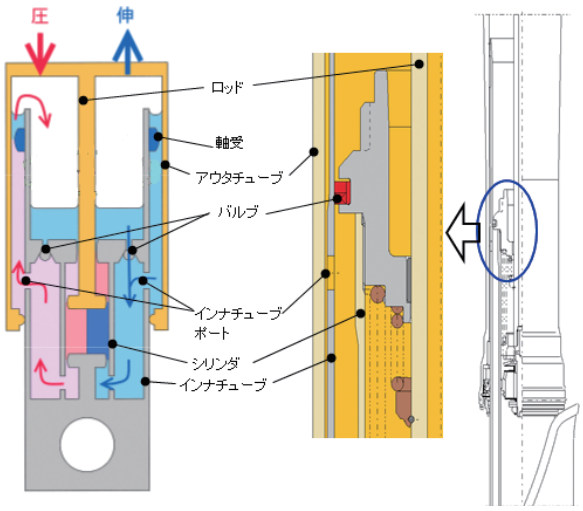


図２　強制潤滑構造の作動原理

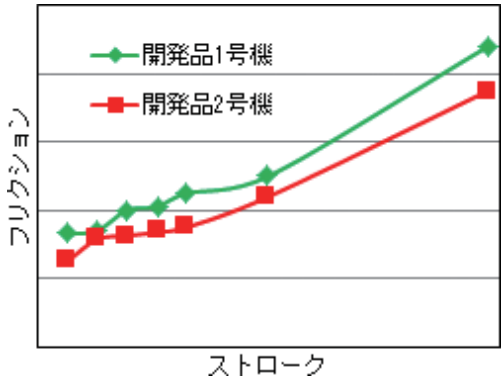


図３　フリクション特性比較

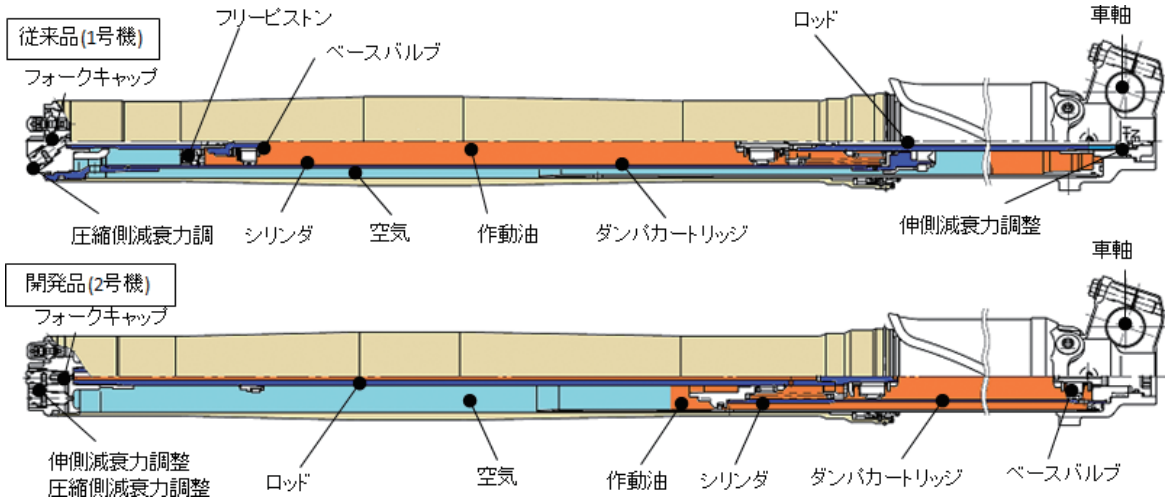


図１　開発品と従来品の構造比較

ストロークのほぼ全域で約10%のフリクションを低減することができた．

3.3　インテグラルアジャスタ

従来の減衰力調整機構は，ロッド側に伸側調整，ベースバルブ側に圧縮側調整を設けるのが一般的である．ロッド側の調整機構は，ロッド内に配置した調整用ロッドを介してバルブを操作するため，そこにさらなる調整機構を追加するには構造が複雑になり困難であった．

今回，調整機構を根本から見直し，機能の追加，およびレイアウトの集約を実現するインテグラルアジャスタを開発した．

インテグラルアジャスタの作動原理を図４に示す．ロッド内を油路として，作動油をフォークキャップ部まで送り出す構造とした．キャップ部にニードルバルブ・ポペットバルブを配置し，低速域，高速域の特性を二系統で調整することができた．調整特性のイメージを図５に示す．またこの構造はシリンダ内からのロッド油路への流入ポート位置を変えるだけで，作動油を調整バルブへ送り出す行程を伸・圧縮で使い分けることができる．これを活用し，右側ダンパは伸行程，一方の左側ダンパは圧縮行程で作動油を送り出すように し，左右で機能を分割した．これによりアジャスタ操作部はフォークキャップにすべて集約できた．

4. ま と め

モトクロス用フロントフォークの新構造として，開発品２号機を開発した．

実走行テストでは，ブレーキング中の凹凸吸収性，コーナリング中の接地感等，ライダー評価の向上が得られている．調整機構の見直しによる商品性の向上もできた．フロントフォーク軽量化とともに，トータルでの性能向上を実現した．

開発品２号機は2015年モデルより国内メーカに採用され，量産を開始した．

今後は，さらなる性能向上をめざし，より広いユーザ層の声を重要視し，研究，開発を推進していく所存である．

5. おわりに

最後に，本製品開発にあたり，ご支援頂きました関係部署の方々に，この場を借りて厚く御礼申し上げます．

（原稿受付：2018年４月４日）

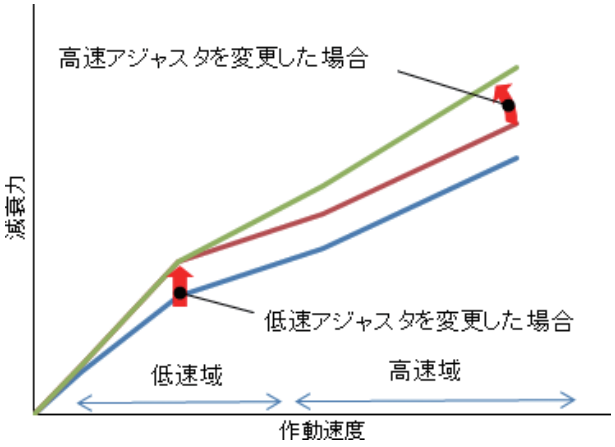


図５　調整特性の概念図

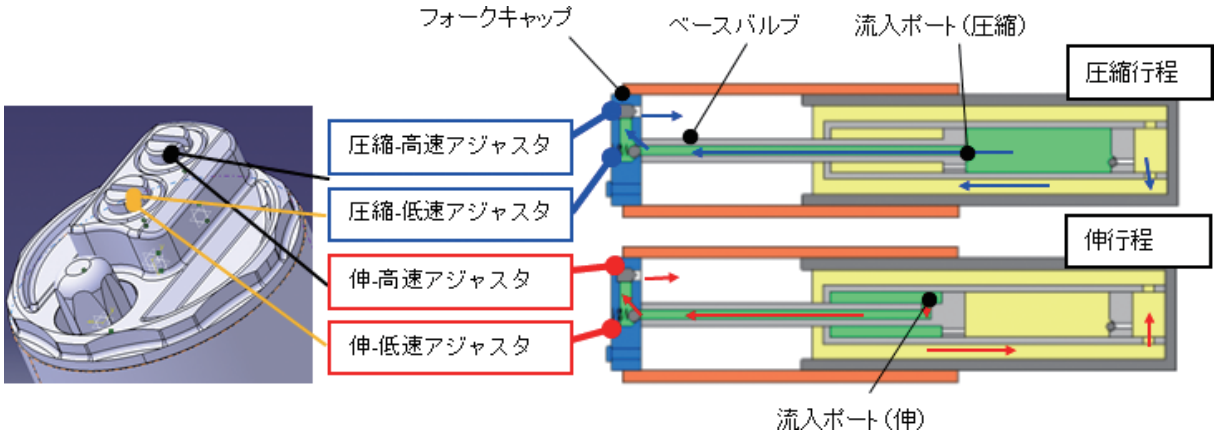


図４　インテグラルアジャスタの作動原理

会議報告

計測自動制御学会・流体計測制御シンポジウムにおける研究動向

著　者　紹　介

川上（かわかみ）幸男（ゆきお）

芝浦工業大学システム理工学部
〒337-8570 埼玉県さいたま市見沼区深作307
E-mail : kawakami@shibaura-it.ac.jp

1991年早稲田大学大学院工学研究科博士課程単位取得満期退学．1992年芝浦工業大学助手，講師，助教授を経て，2004年同大学システム工学部教授，現在に至る．空気圧システム制御の研究に従事．日本フルードパワーシステム学会，日本機械学会などの会員．博士（工学）．

1. はじめに

計測自動制御学会産業応用部門主催2017年度産業応用部門大会が2017年11月20日（木）に産業技術総合研究所臨海副都心センター別館にて開催された．産業応用部門大会は産業システムシンポジウム，流体計測制御シンポジウム，計測・制御ネットワークシンポジウムの３つのシンポジウムから構成されている．この中で，流体計測制御シンポジウムは産業応用部門流体計測制御部会により企画され，フルードパワーに関連する分野の研究を扱った講演が行われた．

本シンポジウムでは今回８件の講演があり，活発な討論が行われた．分野としては，流量計測・推定に関する講演：２件，空気圧縮機に関する講演：１件，医療機器への応用に関する講演：３件，二足歩行ロボットに関する講演：１件，機能性流体に関する講演：１件であった．以下にこれらの研究内容について抄録する．

2.「流体計測制御シンポジウム」における研究内容の紹介

参考文献１）の研究では，図１に示すU字管型の流量測定部（フローチューブ）を振動させることにより，流体の質量流量を測定するコリオリ質量流量計を対象とし，内部流体を流量測定部の振動をバネ-質量-ダンパ系の振動として置き換え，被測定流体の粘度が振動系を構成するパラメータが与える影響

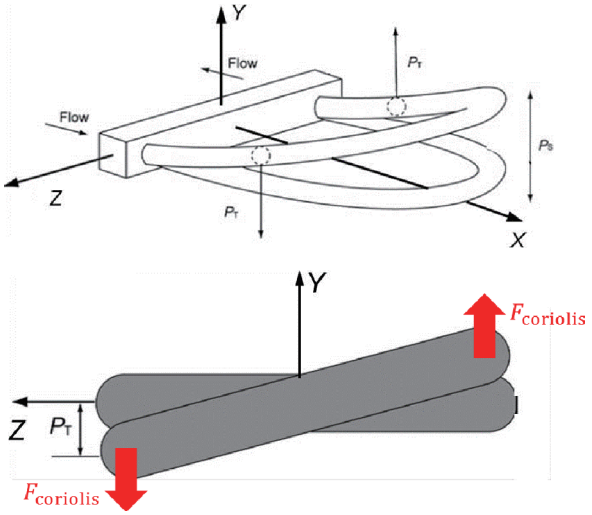


図１　コリオリ質量流量計内フローチューブの振動現象[1)]

を実験的に評価した．加えてFEMを用いて振動時にフローチューブ内において発生する物理現象を可視化し振動特性が変化する要因を分析した結果について報告した．

参考文献２）の研究では，配管によって伝達される非圧縮性流体の流体動力をリアルタイムで計測するシステムの開発を目指している．提案している手法は，流体動力が流量と圧力の積であることから，流れの抵抗となる流量センサを用いずに，圧力センサだけを用いることが特徴である．具体的には図２に示すようなシステムを用い，管路動特性の数学モデルをもとに構成したカルマンフィルタによって非

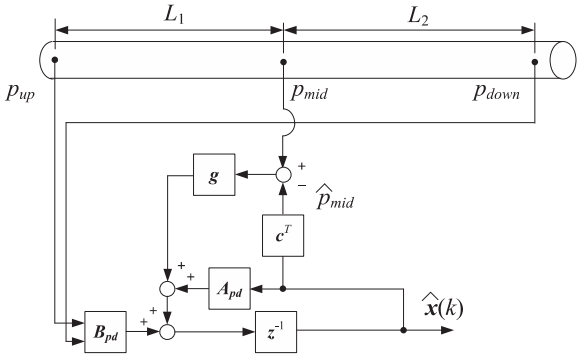


図２　カルマンフィルタを用いた流量推定システム[2)]

定常流量を推定し，圧力センサ信号との積を計算することで流体動力をリアルタイムでの計測を可能としている．さらに，本カルマンフィルタを実時間演算システムに実装した実験により本手法の有効性を確認した．

参考文献３）の研究では，工場で使用する圧縮機の消費電力を削減し地球温暖化防止に貢献するため風力エネルギーを用いて圧縮空気を製造する風力圧縮機（図３）を提案・製作した．製作した風力圧縮機を日本の年間平均風速である３［m/s］で駆動させ特性を計測したところ，最大吐出圧力0.38［MPa］と最大効率2.3［%］となったが，目標20［%］を大きく下回った．そこで，等温化圧力容器を用いて風力圧縮機の特性を再測定するとともに，併せて高風速の特性も測定したところ，最大効率は正確には約７%であること，風速が高くなるほど最大効率は低下することが確認できた．

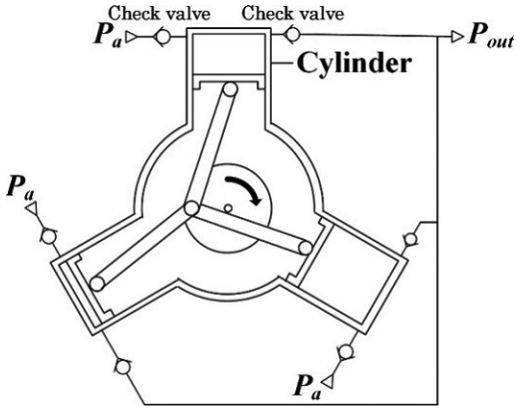


図３　風力空気圧縮機[3)]

参考文献４）の研究では，臓器の把持トルクと操作者の操作トルクを力センサレスに推定し，操作者に拡大した把持トルクを提示することができる空気圧駆動のマスタスレーブ型ロボット鉗子を開発した．開発したロボット鉗子は並列型バイラテラル制御（図４）を実装したことで安定なマスタスレーブが可能となり，力覚推定実験とバイラテラル制御実験を行うことで本ロボット鉗子の性能評価を行った結果について報告した．

参考文献５）の研究では，近年腹腔鏡手術の需要が高まっており，手術ロボットシステムの研究が盛んに行われているが，剛体リンクで構成される従来のロボットの保持機構部には，位置合わせが困難であることなどの問題点があることから，柔軟構造体と超弾性ワイヤで作成した柔軟アクチュエータを用いた遠隔回転中心機構を提案した．そして，運動学のモデル化（図５）と制御系の試作を行い，ホルダを動かした際の鉗子先端の軌跡を確認した．

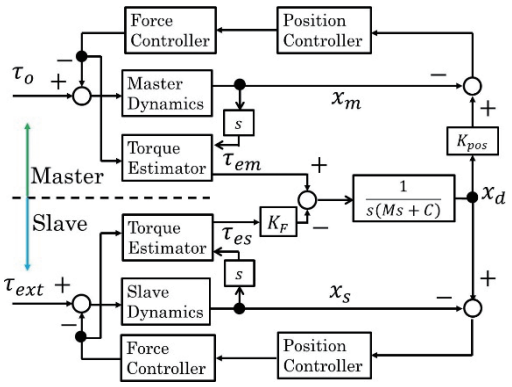


図４　ロボット鉗子の並列型バイラテラル制御システム[4)]

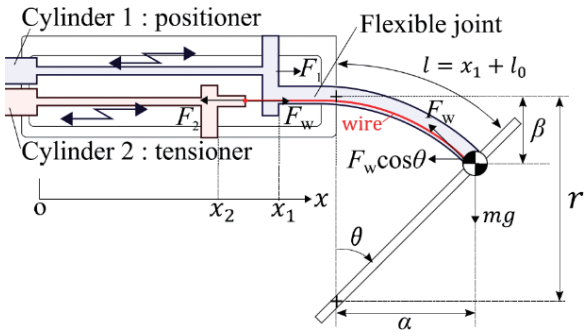


図５　柔軟アクチュエータを用いた遠隔回転中心機構の運動学モデル[5)]

参考文献６）の研究では，歩行を対象としたマスタースレーブシステムを用い，指導者の動作を運動学習者に力覚情報を直接教示することで運動学習をさらに加速させるようなアプリケーションの開発に取り組んでいる．本歩行動作教示システムの実現により，運動学習支援機能を有したロボットを用いて，効果的な動作フォームを短期間で習得可能になることが期待される．指導者と学習者の股間節角度追従実験では，周波数約0.25［Hz］において，遅れが0.2［s］であることを確認できた（図６）．

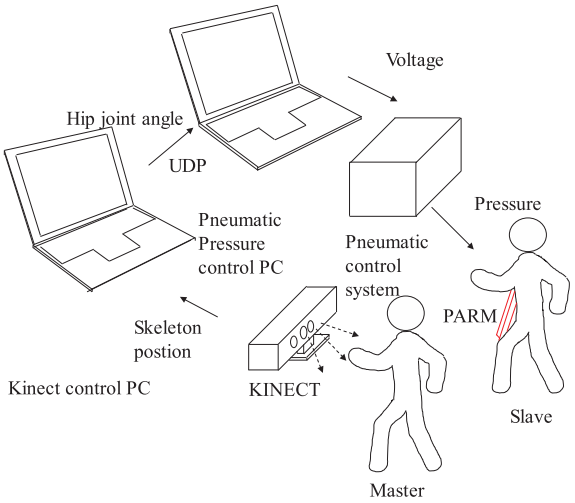


図６　マスタースレーブ型歩行動作教示システムの概要[6)]

参考文献７）の研究では，空気圧アクチュエータを採用し，走る，ジャンプに優れた二足歩行ロボットの開発に取り組んでいる．はじめに，空気圧アクチュエータを使用したロボットを設計・製作した．そして，製作したロボットを用い片足のみの屈伸駆動実験を行い，その結果を踏まえて安定した動作を行えるような制御方法について検討し，採用した制御方式の有用性について評価した結果について報告した．

参考文献８）の研究では，MR流体内では磁場無印加時は粒子が分散しているので導通しないが，磁場を印加するとクラスタを形成し，磁力線に沿い強磁性体粒子が集中することによって導通するものと考えられる．磁場によって導通性の制御が可能であれば，非接触スイッチやセンサなどへの応用が期待されることから，MR流体の導通特性について検討した結果について報告した．

3. おわりに

８件の講演ともそれぞれ充実した内容であり，今後の研究展開が期待される．計測自動制御学会産業応用部門流体計測制御部会でもフルードパワーに関連する分野の研究を広く扱っている．毎年秋に産業応用部門大会にて流体計測制御シンポジウムを開催しているので，関連する方々が積極的に参加いただけると幸いである．

参考文献

1）宋謙一，天野嘉春，伊藤来，小山弘，大槻真也，コリオリ質量流量計における被測定流体の粘度が流量測定に与える影響の分析，2017年度SICE産業応用部門大会講演論文集，pp. 61-64,2017

2）眞田一志，非定常管内流れの推定のためのカルマンフィルタの実時間実装，2017年度SICE産業応用部門大会講演論文集，pp. 65-66，2017

3）金澤直弥，藤田壽憲，風力空気圧縮機の効率向上に関する研究，2017年度SICE産業応用部門大会講演論文集，pp. 67-70，2017

4）岩井拓也，菅野貴皓，川嶋健嗣，把持トルク提示機能を有する空気圧駆動型ロボット鉗子の開発，2017年度SICE産業応用部門大会講演論文集，pp. 80-83，2017

5）佐藤唯俊，菅野貴皓，宮嵜哲郎，藤田壽憲，川嶋健嗣，柔軟アクチュエータを用いた遠隔回転中心機構を有する鉗子ホルダの開発，2017年度SICE産業応用部門大会講演論文集，pp. 89-92，2017

6）田上俊宏，宮嵜哲郎，菅野貴皓，山本紳一郎，川嶋健嗣，マスタースレーブ型歩行動作教示システムの開発，2017年度SICE産業応用部門大会講演論文集，pp. 84-88，2017

7）塩田晃弘，村山栄治，川上幸男，空気圧二足歩行ロボットの設計と歩行動作の検討，2017年度SICE産業応用部門大会講演論文集，pp. 75-79，2017

8）稲垣亮則，村山栄治，川上幸男，MR流体のクラスタによる導通特性の実験的検討，2017年度SICE産業応用部門大会講演論文集，pp. 71-74，2017

（原稿受付：2018年５月２日）

会議報告

第11回IFK2018におけるフルードパワー研究の動向

著　者　紹　介

田中（たなか）　豊（ゆたか）
法政大学デザイン工学部
〒162-0843 東京都新宿区市谷田町2-33
E-mail : y_tanaka@hosei.ac.jp

1985年東京工業大学大学院総合理工学研究科修士課程修了，その後，東工大精密工学研究所助手を経て，1991年法政大学講師，1992年同助教授，2002年同教授，現在に至る．2014年より法政大学情報メディア教育研究センター所長を兼務．工学博士（1991年東京工業大学）．

1. はじめに

2018年3月19日～21日に第11回フルードパワー国際会議（IFK2018）がドイツのアーヘンのEurogressで開催された．会場のEurogress（写真1）はアーヘン市街地にある国際会議場で，町の中心である教会・タウンホールからも徒歩圏内の至近距離にあった．

この会議はAFK（Aachener Fluidtechnisches Kolloquium）として1974年に初めて開催され，1998年からはアーヘン工科大のフルードパワー駆動制御研究所（IFAS：Institute for Fluid Power Drives and Controls）とドレスデン工科大のフルードパワー研究所（IFD：Institute of Fluid Power）とが共同主催で2年おきに交互に開催している欧州ではもっとも伝統あるフルードパワーに関する国際会議の1つである．また今回はアーヘン工科大のフルードパワー研究所創立50周年という節目の年で，研究所長のH. Murrenhoff教授の記念講演と，3月1日に所長がK. Schmitz教授に交代したお披露目式が会議の最後に設定され，IFASの新たな始まりの年でもあった．

会議の事前登録者数は手元の資料で31の国と地域から604名（国内：414名，国外：190名）で，当日登録も含めると参加者は750名を超えたとのことである．国外の事前登録者の内訳は，中国が37名（19.5%）で最も多く，次いで米国の21名（11.1%），スイスの18名（9.5%），日本とフランスの14名（7.4%），オランダとイタリアの12名（6.3%）と続いていた．

会議は第1日目がシンポジウムとして10のセッション（口頭発表：48件），第2日目と3日目がカンフェレンスとして3つの基調講演と記念講演，17のセッション（口頭発表：68件）とポスターセッション（20件）で合計140件の論文発表が実施された．

シンポジウムとカンフェレンスの明確な違いは無いようであったが，論文発表者の内訳は，シンポジウムでは大学関係者が発表者の94%と多く，カンフェレンスでは企業関係者が66%と多かった．また発表論文は，事前の厳格な査読付きのピュアレビュー付とレビュー無しのカテゴリーに分けられ，全体の44%にあたる60件がピュアレビュー付論文であった．ピュア―レビュー論文には図1に示すロゴがプログラムと論文に付けられ明確に区別されており，査読論文を大切にする姿勢が印象的であった．

会期中，会場の1階ホールでは36社の企業によ

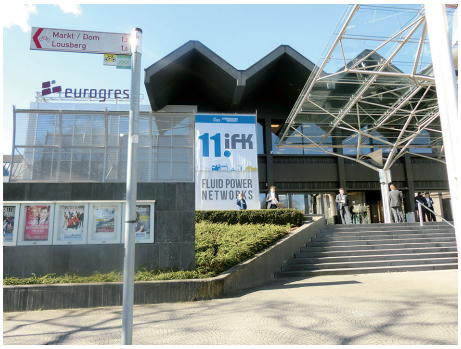


写真1　会議会場のEurogress

図1　ピュアレビュー論文のサイン

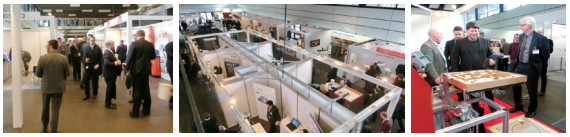


写真2　企業展示の様子

る企業展示（写真２）も行われていた．

2. 研究論文発表の動向

表１にセッションの分野とセッション数，各セッションの発表論文数および割合を示す．10のカテゴリーと１つのポスターセッションに合計136件の論文発表があった．また論文構成は，空気圧関連の論文が19件で全体の17.5％と少なく，圧倒的に油圧関連の論文であった．

Components（要素）の分野は口頭発表６セッション（25件）とポスターセッション（４件）の29件と最も多く，内訳はバルブ関連が13件，ポンプ／モータ関連が11件，シリンダ関連が２件，アキュムレータやセンサ，消音機が各１件であった．

表１　発表論文の分野別件数

Session Category	Session Number	Paper Number	%
Components	6	25	18.4
Mobile Application	4	17	12.5
Tribology & Fluids	3	14	10.3
Systems	3	13	9.6
Pneumatics	3	13	9.6
Design Process	2	9	6.6
Energy Manegement	2	8	5.9
Digital Connection & Comunication	2	8	5.9
New Applications	1	5	3.7
Industrial Applications	1	4	2.9
Poster	1	20	14.7
Total	28	136	100

3. 基調講演と記念講演の動向

第２日目のオープニングに続き，ドイツのすべての産業のプラットフォームとして話題のインダストリー 4.0に関連した空気圧[1]と油圧[2]に関する２つの基調講演が行われた．なおこれらの講演資料はIFK2018のウェッブサイトからダウンロードできる．

最初の基調講演でフェスト社のPeter Post氏は「自動化の効率向上のための空気圧システムのデジタル化」と題し，インダストリー 4.0を取り巻く最近の議論では空気圧システムを含む自動化機器の発展が大きな関心事であるとし，インダストリー 4.0を語るにあたり，⑴Horizontal Integration；機能別に分類した事業の水平展開による新しいビジネスモデル，⑵Vertical Integration；サイバー空間と物理空間の垂直展開と集積統合化，⑶Integrated Engineering；全てのシステムの設計と構築・分析から生産，維持管理，廃棄に至る時間的なライフサイクルの統合化，⑷Human Centricity；人間を中心に据えた技術や知識，訓練データの蓄積とデジタル化，という４つの重要な視点について述べた．⑴では“Smart Pneumatic Grid”と呼ばれる圧縮機からすべての空気圧アクチュエータまでのエネルギー管理システムの事例，⑵では“Smart Pneumatic Monitor”と呼ばれる全ての空気圧機器のデータをインターネットを介してクラウド上で接続管理するシステムや“Cobot”と呼ばれる人とロボットの協調協働作業システムの事例，⑶では“Handling-Guide-Online”と呼ばれる多自由度ハンドリングシステムのオンライン設計システムの事例，⑷では“Smart Factory”と呼ばれる研究レベルから実生産システムへの展開事例などが紹介された．

つぎの基調講演でボッシュ・レックスロス社のSteffen Haack氏とAlexander Meißelbach氏は「油圧産業はインダストリー 4.0のどのトラックを走っているか？」と題した二人の掛け合い講演を行った．講演の前半では，図２に示すインダストリー 4.0の参照構造の三次元立体モデル（Reference Architecture Model for Industrie 4.0：RAMI 4.0）を示した．この構造図において，鉛直軸はビジネス層から各機能に分化した機能層，データや通信プロトコルを規定する情報層と通信層，人と機械のインタフェースや各部品を規定するインテグレーション層やアセット層の最下層まで複数のレイヤー層で構成されている．また立方体右辺は生産システム全体の軸で工場現場などの垂直統合を表している．さらに立方体左辺は製品の企画・設計から生産・維持管理・廃棄までの時間軸のライフサイクルを表している．油圧産業は電気電子産業に比べインダストリー 4.0への対応が若干遅れているが，規格化と標準化は工業会を中心として多くの企業集団が一体となり急ピッチで進んでいることが指摘された．後半では油圧産業におけるデータ活用や油圧要素や通信接続の規格化などの対応事例が紹介された．

第２日目の最後には３つ目の基調講演として，ボストン・ダイナミックス社のAaron Saunders氏による「世界一ダイナミックな人間型ロボットの構成」と題する講演が行われた．この人間型ロボット

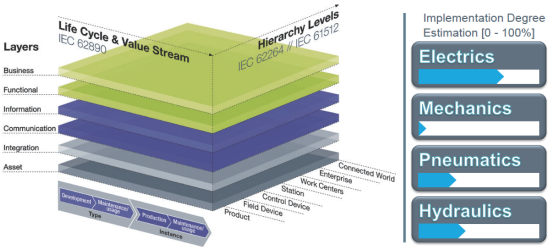


図２　インダストリー 4.0の構造モデルと各技術の対応度合

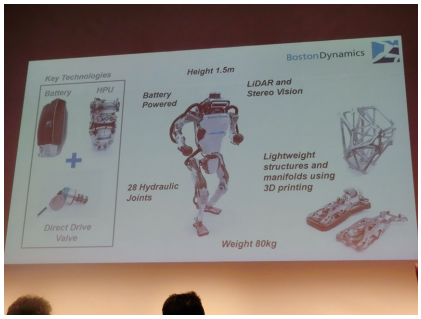


図3　全油圧駆動式ヒューマノイドロボット Atlasの構成（発表資料より）

Atlas[3]はマスコミや動画共有サイトなどでも有名な歩行・ジャンプや宙返り・巧みな荷物の仕分け作業などを行い，従来のヒューマノイドの概念を大きく超えた驚異のバランス感覚を持つロボットである．図３に最新のAtlasの構成図を示す．この自律形ヒューマノイドロボットは身長1.5m，体重80kgで，従来のAtlas（身長２m，体重200kg）に比べ非常に小形軽量で，電池と電動モータ，小形歯車ポンプ，アキュムレータ，油圧タンクから成る５kgで５kWの小形油圧源，28関節の駆動用油圧アクチュエータと新たに開発された内部漏れの少ない小形直動油圧制御弁などで構成されている．小形軽量化を実現するため，マニフォールドや骨格はすべて金属3Dプリンタで製作され，油圧配管は骨格構造体の内部空間に収納されるようになっているとのことである．高速でパワー密度の高い油圧の特長を活かした革新的な応用技術事例として印象深い講演であった．

第３日目の最後，会議のクロージングではIFASの50周年記念講演が行われた．アーヘン工科大学長のSchmachtenberg教授の挨拶に続き，H. Murrenhoff教授と次期所長のK. Schmitz教授の紹介が行われた（写真３）．

続いて日本フルードパワー工業会のShimpei Miyakawa氏による「30年におよぶ水圧研究とRWTHとの絆」と題した記念講演[4]が行われた．宮川博士はフンボルト財団の奨学金で1984年11月から1986年５月までアーヘン工大IFASに留学滞在し，当時の研究所長Backe教授（故人）の下で制動弁を持つ油圧閉回路に関する研究を実施した．その後，宮川氏はライフワークとして企業と工業会で世界の水圧（Aqua Drive System）研究を長年リードしてきた．多くの懐かしい写真や資料と共に30年以上におよぶ宮川氏とIFASの良好で密接な関係が紹介された．

最後に今回の会議で引退するH. Murrenhoff教授とK. Schmitz教授による「RWTHアーヘン工科大におけるフルードパワー研究50年の歩みと今後の動向」と題する記念講演が行われた．まずMurrenhoff

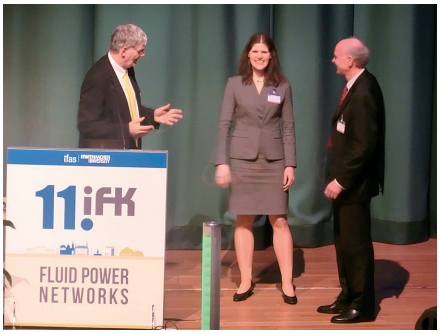


写真３　記念セレモニーの様子（左：アーヘン工大学長Schmachtenberg教授，中央：Schmitz教授，右：Murrenhoff教授）

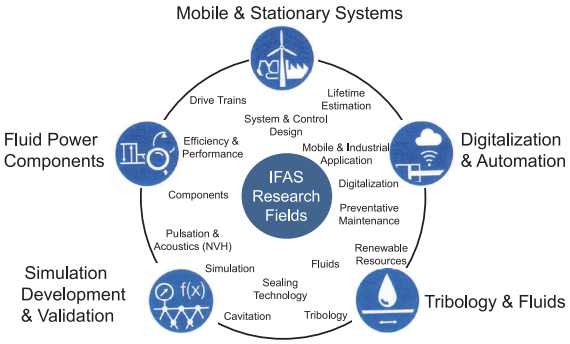


図４　IFASの研究分野構成（発表資料より）

教授より1970年代から2010年代までの研究所におけるフルードパワー研究の概要が紹介され，つぎにSchmitz教授より，図４に示すIFASの５つの研究分野と研究テーマの展開が紹介された．

4. おわりに

アーヘン工大のIFASにはこれまで日本から多くの研究者が滞在し，良好で密接な関係を構築してきた．IFK2018に参加して宮川氏はじめ多くの日本の研究者が交流を深め，絆を構築し続けてきたことを再認識した．今回の所長の交代に際し，今後，更なる良好な関係を築いていけるよう学会関係者の一人として努力していけたら幸いである．なお次回のこの会議は2020年３月にドレスデンにて開催予定である．

参考文献

1）https://express.converia.de/frontend/converia/media/FPCA18/2018_03_20-IFK-POS-Final-public.pdf
2）https://express.converia.de/frontend/converia/media/FPCA18/Plen-2_BR_11th_IFK_Presentation_Haack_Meisselbach_180312.pdf
3）https://www.bostondynamics.com/atlas
4）S. Miyakawa, Bond of 3+ Decades of an AvH Awardee at RWTH Researching Water Hydraulics, 11th IFK International Conference Proceedings, Vol. 3, pp. 521–537, 2018

（原稿受付：2018年５月７日）

トピックス

米国駐在員日記

著者紹介

中野智和（なかの ともかず）
KYB株式会社
〒509-0297 岐阜県可児市土田505
E-mail : nakano-tom@kyb.co.jp

2000年釧路工業高等専門学校機械工学科卒，同年カヤバ工業株式会社（現KYB株式会社）入社．2011年にKYB America LLC（現KYB Americas Corporation）へ赴任，2017年HC技術統括部岐阜南油機技術部シリンダ設計室へ帰任．現在に至る．

1. はじめに

2011年９月，予てからの希望が叶って米国イリノイ州にある関係会社へ技術駐在員として赴任した．それまで米国へ渡航したのは新婚旅行のハワイのみで，着任時に初めて米国本土へ足を踏み入れた．期待と不安を胸に着任したあの日から，帰任となった2017年12月までの約６年３ヵ月間，公私を通じて様々な経験をさせていただいたと実感している．その一部ではあるが，今回執筆の機会をいただいたので，紹介させていただきたい．

2. 赴任地

私が赴任したのは米国中西部にあるイリノイ州，ミシガン湖に面するシカゴから北西に位置する郊外の関係会社である．シカゴの緯度は私の出身地である北海道とほぼ同じで，四季や周辺環境にはどこか懐かしさを感じた事もあった．特に冬場は気温が摂氏マイナスとなる事は常であり，帰任日の朝が華氏ゼロ度（摂氏マイナス19度）だった事は記憶に新しい．住居もシカゴ北西部郊外，Schaumburgという日本人も多く住む街にアパートを借りて，６年余りを過ごした．付近には日本食を買う事の出来る日系スーパーや日本食レストランの他，中華や韓国，タイ，ベトナムと言ったアジア料理店も出店されているのはさすが移民の国．特に会社の近所にあったベトナム料理店「Pho Ha」のフォーは絶品であり，ランチ場所のスタメンローテーションに入っていて，ほぼ毎週，時には週複数回足を運ぶ事もあった．もちろん，ハンバーガーやステーキなどのアメリカ料理も，比較的高カロリーではあるが好んで食していた自分に嘘が付けないのは，定期健康診断の数値が示している．

写真１　ミシガン湖から眺めたシカゴダウンタウン

3. 米国での仕事

赴任先の関係会社では倉庫兼事務所を構え，親会社をはじめとして日本国内の各拠点で生産している油圧機器を輸入，販売している．その中で技術駐在員として，顧客と工場間で取り扱い製品に関する技術折衝を行うのが，主な業務であった．その取り扱い製品については，赴任前に自分が設計担当していた製品に限らず非常に多岐に渡っており，当初は専門外の案件も多く苦労した事を思い出すが，日本側の多くの方々からの協力も得ながら，何とかやって来られた．

出張も多かった．顧客は中西部だけでなく北米全土やカナダ，欧州にもおり，飛行機とレンタカーにて移動する事がほとんどであった．その中でも忘れられないエピソードがある．それは赴任してわずか５日目，米国内初出張時の話である．

その日は現地の米人営業一名と共に，シカゴオヘア空港からノースカロライナ州のシャーロット空港

を乗り継いで最終目的地へ行くという旅程であったが，飛行機到着の遅れにより乗継便を逃してしまった．ここまでは良くある話である．この後，その最終目的地へ行く次の便への変更を試みるのだが，空席はただ一つ．しかもその便がその日の最終便．その場面で，同行していた米人営業は自分の席を確保し，私には別の空港への便を押さえてくれた．そう，米国内初出張の私のために．その空港がどこにあるのか，最終目的地との距離感もまったくわからず，当時スマートフォンはすでに普及していたが，赴任直後だったためいわゆるガラパゴス携帯を所持しており，地図の見えない私は，一人搭乗ゲートの前で不安を抱えていた．だが，そこでとある米国人夫婦と知り合う．どうやらその夫婦も私と同じ境遇で，シカゴオヘアからの乗継便を逃してしまったらしい．彼らに別の空港からの移動手段について尋ねた所，彼らがレンタカーを借りるとのこと．それを聞いた私は，思い切って便乗させて欲しいとお願いしてみた．一度彼らは怪訝そうな表情をしたのだが，見ず知らずのアジア人からそんなことを言われたのだからそれもその筈である．しかしその後，彼らは私の便乗を快諾してくれた．そうして無事に，最終目的地のホテルへ辿り着くことができたのである．ホテルへ到着した時，先に到着していた米人営業は玄関先でタバコを吸いながら，私がまったくの他人が運転して来た車から降りて来たことに驚き，そして笑っていたのが懐かしい．

その夫婦の名前はファーストネームであるが，今でも忘れていない．彼らと，そのような状況に自分を置いてくれた米人営業に今では大変感謝している．

写真２　バッドランズ国立公園を息子（当時１歳）と歩く

4. 家　　族

海外駐在中は何かと苦労も多いものだが，そんな時に支えになるのはやはり家族の存在である．

赴任時は自分一人で渡航し，３ヵ月後に妻を呼び寄せ，新天地での生活がスタートした．その後息子一人，娘一人が生まれ，家族四人での帰国となった．日本での里帰り出産にはせず，二人とも米国での出産であり，子供達が米国籍を取得した事も含め，貴重な経験の一つとなった．ただでさえ苦労の多い出産と子育てであるが，米国ならではの例を挙げるとすれば出産時の話であろうか．日本では出産後に必要なケアがされておよそ一週間で退院となるようだが，我々の病院では僅か２日で退院しなければならなかった．冬の寒空の下，退院後でも体重の確認などのため何度も小児科へ連れて行き，黄疸の治療は器具を借りて自宅で行ったこともあった．いろいろと心配し気苦労が絶えなかったが，二人ともすこやかに成長してくれており，執筆時息子は５歳，娘は１歳３ヵ月になっている．長男に至っては現地の幼稚園で英語に触れ，今では親の発音にダメ出しをすることもある．親としてはやや複雑な心境でもあるが，二人ともこれからのさらなる成長が楽しみである．

5. 休日の過ごし方

赴任前に日本で没頭していた趣味から一旦離れ，米国らしい物事を求めて行動する事が多かった．買物や観光，ゴルフ，イベントへの参加，公園でのんびりするなどさまざまな休日の過ごし方をしたが，日本の大型連休期間などを利用して家族旅行を楽しんだのもその一つである．我家では子供がまだ小さかったこともあり，旅行は大都市よりも国立公園のような大自然を好んだ．北米の国土は広大であり，各地への移動は飛行機が手っ取り早いのだが，車で

写真３　クレイジー・ホースメモリアル

写真4　クレイジー・ホースメモリアル（完成予想）

写真5　野生のバッファローを車窓から

何時間もかけて移動するというのもまた醍醐味である．

駐在期間の中で最長距離を走ったのは，サウスダコタ州周辺を周遊した時であろう．同州で有名な観光地にマウントラッシュモア国立記念公園がある．ご存知の方も多いかもしれないが，アメリカ歴代大統領の内四名の胸像が彫られた所である．また，その近くにはクレイジー・ホースメモリアルという巨大な岩面の彫刻もあり，今も未完で彫り続けられている．現在生きている人達は完成を見られないだろうというのだから，何とも気の遠くなる作業である．この辺りへの最寄りの空港もあるのだが，利便性を考慮し車での移動とした．その距離片道約900マイル（1,440km），13時間超えのロングドライブである．イリノイ州からI-90を西へ，ウィスコンシン州とミネソタ州を通り，サウスダコタ州へ入るというルート．途中宿泊地を変えながら同州のバッドランズ国立公園，野生のバッファローが群生しているカスター州立公園へも立ち寄り，さらに西のワイオミング州にあるデビルスタワーへも足を延ばし，元来たI-90をひたすら東へ戻って帰宅した時，総走行距離は2,169マイル（3,470km）にも到達していた．全６日間の工程のほとんどを移動に費やしたが，帰宅後の達成感は忘れられない．

6. おわりに

６年３ヵ月という駐在期間を大きな病気や怪我無く全うすることができた，また，この駐在を経て個人としても大きく成長したと実感できるのは，ひとえに現地のスタッフをはじめ，国内の多くの方々からいただいたご支援の賜物である．この場を借りてお礼申し上げたい．そして，長期に渡る海外駐在に付いて来てくれた妻と，元気に成長してくれている子供達にも感謝の一言である．

今回得た経験と，五感で感じた多様性，グローバル感を今後に活かし，業務に邁進していきたい．

（原稿受付：2018年４月13日）

What do you think of Japan?（Youは日本をどう思う？）

第4回　日本で長く暮らして

著者紹介

潘　剛毅（はん　ごうき）（Gangyi PAN）
㈱小松製作所 開発本部油機開発センタ
〒323-8558 栃木県小山市横倉新田400
E-mail : gouki_han@global.komtsu

1996年中国上海高校卒業，2003年東京工業大学大学院理工学研究科修士課程修了，同年㈱小松製作所に入社，現在に至る．油圧ポンプの開発に従事．

1. はじめに

○自己紹介

私は1996年に中国上海の高校を卒業し，日本に留学に来た．当時まだ19歳の自分はとにかく海外へ行って，違う世界を見てみたい気持ちで日本に来た．

その後，語学勉強，大学，大学院を経て，2003年にコマツへ入社し，油機開発センタで油圧機器の設計開発の仕事に従事してきた．思えば人生の半分以上日本での暮らしになっている．

今はコマツ開発本部油機開発センタに所属し，鉱山用大型建機から市街地作業のミニショベルまでに搭載する各種油圧ポンプの開発をしている．

2. 日本の印象

2.1　来日直後の第一印象

○来日直後の日本の第一印象は？

20年以上前のことであるが，電車での通学にとても驚いた．留学に来る前は上海に地下鉄ができたが，まだ短い1本しかなかった．一方，東京は網のように鉄道線路が張り巡らされて，正確な時刻を維持しながら高い運行の密度を実現して，日々の生活や経済活動を支えていることに感動した．当時はうらやましく，これはふるさとの上海も目指すべき姿かと思っていた．今でも東京では道が覚えられないが，鉄道線路はなんとなくわかっている．

○日本人の考え方や働き方で驚いたこと

日本人の粘り強さを評価したい．仕事においてはトラブルやネックに直面したとき，すぐ妥協点を探すのではなく，いろんな方法，別の技術を探して，なんとか問題解決しようという姿勢が常にある．多少時間をかけても完全解決を目指して，そして，チームワークを大事にして，仕事で得た知識やノウハウを標準化して，組織で共有して，効率的な働き方をしている．これは日本が工業，技術の分野で世界トップレベルの競争力を持つ基本なところだと思う．

○日本に滞在中に自分が最も変わった点

私が高校を卒業してから日本に来て，日本での滞在歴は私自身の成長歴でもあった．長い日本での生活のなかで，日本語学校，大学，アルバイト先，仕事先でたくさんの日本人と合い，一緒に勉強，仕事をしてきた．日本人の粘り強い精神，そして細部への気配りを学ぶことができた．それは今の仕事でも生かして，エンジニアとして，最後の詰めのところでかなり注意を払って，商品力を高められるように技術的な細部をチェックするようにしている．

2.3　生活に関して

○日本の生活で困ったことは？

日本では世界各地の料理をうまく取り入れて，日本人の好みにあうようにアレンジしている．とても美味しいし，手軽な調味料もたくさんある．

しかし，私たち外国人にとっては日常生活でいわゆる本場の味を作りたいとき，本場の食材の入手は難しいところがある．たとえば，角煮は日本料理にもあるが，中国では皮付きものがよく食べられている．家でもそれを作ろうとすると皮付きばら肉を入手するだけで大変苦労する．今は地元の業者直売所を見つけてもっと気軽にいろんなものが入手できれば，日本の方にも本場の味がもっと広がるのではないかと思っている．

○日本の生活でよかったことは？

日本の生活基盤がかなり前からできて，そして各

写真1　家での中華つくり

地での差が少なく，生活の細部まで考慮されてできている．そのため，暮らしやすさは断トツにいいと感じている．

また，いろいろな文化に対して寛容で，多様なサブカルチャーが派生している．それぞれの分野で深く掘下げている人がたくさんいて，それらの人ともいろいろな交流できる場が設けられている．多様な知識を吸収できて，日々の生活が充実できると感じている．

たとえば，鉄道に関しては生活のいろんな面に浸透して，鉄道文化もいろいろな方法で表現されている．私は鉄道模型にも興味があり，ブロック玩具を使って模型を製作している．毎年各地でたくさんのイベントがあり，普段の仕事とは別な角度でたくさんの日本人との交流ができている．

写真2　池袋鉄道模型芸術祭での自作駅ビル展示

○最も興味ある日本の文化は？

日本は私の母国中国と同じアジアにいて，そして歴史上もつながりが非常に深かった．日本各地の歴史文化にかかわるところをみて回るのが楽しみである．建造物からその歴史を辿って，当時なにがあって，なぜこの形になったのかを考えながらの旅行がとても楽しいものである．今暮らしている栃木の東照宮や会社発祥の地の北陸地方の多くの木造寺院を見て，日本の歴史建造物や庭園は限られている規模の中に密度を最大限に高めて，その緻密さにたびたび驚かされた．

写真3　家族で文化財指定の兼六園観光

3. 抱負と日本の方々へのメッセージ

○今後はどんな予定？

私が日本に来た頃に比べて，今の世界はかなりグローバル化が進んで，情報通信技術の進歩により世界が小さくなっている．どこでもやりたいことができるようになってきていると思う．私は栃木の工場にいて，全世界で稼動する油圧機器を設計している．これからはこういうことができている環境を大事にして，仕事，生活を充実させていこうと考えている．

○日本人へのメッセージ

私は日本での生活が20年以上あり日本人は国内発信の情報に頼りすぎていることをときどき感じている．現地の暮らし，情勢，習慣などの情報はネットやメディアの発信からとるのがすごく簡単な時代になっているが，より深く，正確に知るためにはその場所に行って，現実をたしかめることが必要である．たとえば今の中国はどうなっているかはあふれている情報だけではなく，本当に知りたいなら，現地へ飛んでいって，数日だけでもいいから，そこのご飯を食べて，空気を吸って，移動手段を体験して，それだけでも得られるものがたくさんあると思う．

また，日本に関する情報は日本人自ら積極的に発信する必要があると思う．外国人が見た日本はどうしても断片的なところがある．その声があまり大きくなるとそれが日本の全貌だと誤認されるところがある．それはとてももったいないことだから，全貌が語れる日本人からのより正確で，ディテール豊富な情報発信を期待している．

（原稿受付：2018年4月20日）

研究室紹介

神奈川工科大学創造工学部
ロボットメカトロニクス学科　吉満研究室

著者紹介

吉満俊拓（よしみつとしひろ）

神奈川工科大学
神奈川工科大学創造工学部
〒243-0292 神奈川県厚木市下荻野1030
E-mail : yosimitu@rm.kanagawa-it.ac.jp

2000年明治大学大学院博士後期課程修了
同年神奈川工科大学工学部助手．現在は准教授．空気圧制御システムの研究に従事，日本フルードパワーシステム学会，日本機械学会，計測自動制御学会などの会員．博士（工学）

1. まえがき

神奈川工科大学は，神奈川県厚木市に図１に示す本学キャンパスを構え５学部13学科が設置されている．中部幾次郎（大洋漁業株式会社（現マルハニチロ株式会社）創立者）・中部謙吉（大洋漁業株式会社（現マルハニチロ株式会社）元社長）らによって，キャンパスは旧大洋漁業が所有していた７万坪の内半分の３万５千坪を当てて昭和38年４月に幾徳学園ならびに幾徳工業高等専門学校が設立された．その後昭和48年８月大学設置を決定し，昭和50年１月文部大臣の許可を得て，同年４月幾徳工業大学を開学し，昭和63年４月神奈川工科大学に大学名を改められ現在に至る（図１）．

図１　本学キャンパス

筆者が属する創造工学部ロボットメカトロニクス学科は平成18年に設定された比較的新しい学科である．

筆者の研究室の2017年度の構成は，学部生８名である（図２）．研究室では主に福祉機器や，防災・災害救助機器の研究を行っている．空気圧を用いたアクチュエータは柔軟な動きが得意で軽量である．その特徴を生かし，人にやさしく環境負荷の少ないウェアラブルアシスト機器などの研究を行っている．

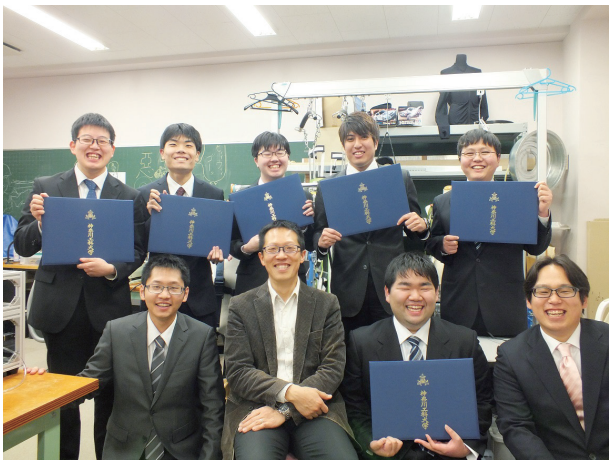


図２　研究室メンバー

2. 研究概要

以下では主な研究内容について簡単に紹介する．

2.1　レスキュー用アシストスーツ

山岳救助や土砂災害の災害現場での救助作業は，傾斜地や足場の不安定な場所で瓦礫などが多く移動が困難である．このような状況では，大型重機や救出機器での救出活動が困難で人力による救助にならざるを得ない．

狭く不安定な場所での活動は，足場が悪いため，下半身への負荷が高く，疲労による捻挫・怪我を誘発する．そのため，作業者の負担が大きく長時間の救助作業が困難である．

現在のアシストスーツで採用されている機構は「自由度が少なくアシストが必要な方向を支える機

能がある」か「関節に自由度はあるが，関節を支える機能はない」のどちらかに分類される．不整地・傾斜地では活動を妨げない自由な動きと，怪我・捻挫が起きないように関節の動きを補助する，という相反する効果を実装させなければならない．

・概要

レスキュー用アシストスーツ概要

アシストスーツは腰固定部・大腿部・膝関節用アクチュエータ・下肢部・足関節機構・足底部で構成されている（図３）．腰固定部は前半分がベルト状で使用者にアシストスーツを固定する．大腿部・下肢部はアクチュエータと共に膝関節を支援し,足関節機構は足首を支援する．足底部はアシストスーツと靴の固定がワンタッチで可能な構造であり，速やかな装着を可能としている．アシストスーツ総質量は約6.0kgである．

不整地・傾斜地で継続的に作業を行なうため，本研究により新たに提案した空気圧アクチュエータに可変絞り機構を加えたレスキュー用下肢パワーアシストスーツを開発している．可変絞り機構により，状況に応じて下肢関節に補助を与え，災害救助時における救助者の身体的負荷や疲労が軽減され

・活動時間の延長

・救助者自身の怪我防止

が期待できる．

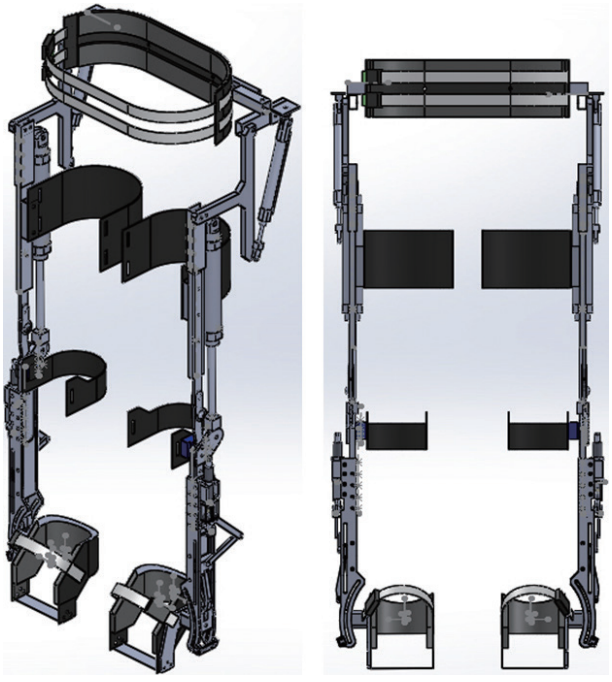


図３　レスキュー用アシストスーツ

・アシスト機構

作業時に各関節機構に求められる機能として，

①　筋力アシスト

②　関節に加わる衝撃力の緩和

がある．一般的に膝関節に加わる衝撃力は登坂時に比べて降坂時が高く，衝撃力緩和・疲労軽減を第一とした降坂時の膝関節への衝撃力緩和を主たる目的とし，第二に筋力アシストとする機構としている．

足首の横向きの可動には，４節リンクを利用しスーツの関節中心を装着者の足首の関節中心に合わせてある．それにより足首の動きに追従し．設置性が非常に高いものとなっている．さらに足関節機構に取り付けられた可変ダンパにより足首の内返し方向への可動を制限することができる．可変ダンパにはサーボモータが取り付けられておりマイコンからの信号により絞りを可変にすることができる．

2.2　指文字学習支援用空気圧式力覚提示グローブの開発

手話・指文字は，聴覚障害者の視覚言語であり大切なコミュニケーション方法である．それらを学習する方法は「講師に指導を受ける」や「本などでイラストや写真を見る」などがある．しかし，自己学習の際は後者が多くそれ単体では手の動かし方や曲げ方が理解しづらい所がある．また，手に関したアシスト機器は「リハビリ・握力保持」が目的の研究・開発が多くそれ以外の分野では少ないのが現状である．そこで，学習者の手指を直接「手話・指文字」の形状に力覚教示できるシステムがあれば手指の動かし方などに対して理解が深まり「手話・指文字」の学習を円滑に行えるようになるのではないかと考え，手指アシスト機器の力覚提示機能を指文字の教示に用いることで，手話の教示を視覚情報ではなく，学習者の手指を直接動かす力覚情報による教示機器の開発を行っている．図４に示す力覚提示グローブが力覚教示する事により学習者が視覚情報に頼らず手指が指文字の形状に力覚教示され，学習者の指文字の理解と学習を支援するシステムである．

図４　指文字サポートグローブ

2.3　フリーアクセス車いすの開発

現在市販されているシャワーチェアは，排せつ・入浴時の短時間使用のみ耐えうる機能しか有していない．そのため長時間の使用には耐えられず，一般

の車いすへの速やかな移乗が前提となっていた．しかし，移乗は車いす生活者・介助者への身体的負担が大きく，車いす生活者は排せつ回数を極力減らすなどの苦痛を強いられている．

屋内用車いすから便座への移乗には，介助者の介助が必須なため，介助者が不在の場合は「排泄」が行えない．また，トイレ使用回数を減らし介助者の負担軽減を行っている．主に自走できる車いす生活者を対象として，屋内生活における「排泄と入浴」が移乗をせずに可能とすることで，QOLの向上を目的とする（図５）．

・構造

便座を除く便器に対して，後ろ向きに車いすが入る為に，便器と同程度以上の空間を有する車いすフレーム構造を有する．

・機構

屋内のトイレや浴室など感電の恐れがあり安全性を考慮しモータ等の電機的な装置を用いることのない機構のみで，操作性の向上のため屋内の段差を乗り越えることができる段差解消機構と，狭い通路における直進性の向上のためキャスタの簡易ロック機構を有している．

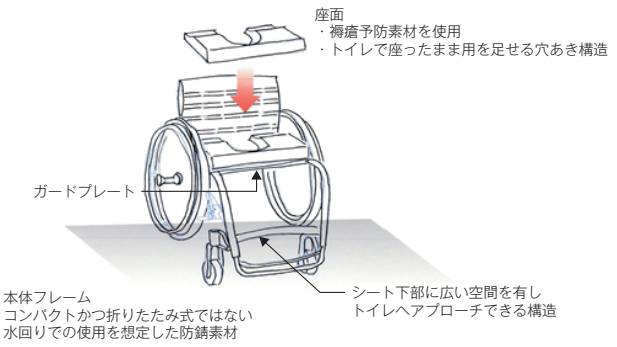


図５　フリーアクセスクス車いす

3. おわりに

神奈川工科大学の概要および当研究室における流体力を用いたパワーアシスト機器・福祉機器などの研究活動の概要を紹介した．

読者の方々に興味を持っていただければ幸いである．

（原稿受付：2018年４月９日）

企画行事

平成29年度ウインターセミナーの報告「フルードパワーに利用できるマイコン技術」

著者紹介

赤木徹也（あかぎてつや）

岡山理科大学工学部知能機械工学科
〒700-0005 岡山県岡山市北区理大町１－１
E-mail : akagi@are.ous.ac.jp

1998年岡山理科大学大学院工学研究科博士課程修了．津山工業高等専門学校助手を経て，2005年岡山理科大学工学部講師，2010年文部科学大臣表彰若手科学者賞受賞，2013年同大学教授，現在に至る．ウェアラブル空気圧制御機器の開発に従事．日本フルードパワーシステム学会，日本機械学会などの会員．博士（工学）．

1．はじめに

平成30年３月23日（金）に，千葉県の高度ポリテクセンター（千葉市美浜区若葉３丁目１−２）において，平成29年度ウインターセミナー「フルードパワーに利用できるマイコン技術　〜機器の駆動に関わるマイコン技術〜」が開催された．本セミナーはマイコンには興味はあるが，具体的に何に使えるかわからない．また，業務に直接関係ないが概略は知りたいなど，これからマイコン（組込み技術）を始めたい方や，一般的な知識として知りたいなどマイコン（組込み技術）の概略のわかる講座として開催した．また，マイコンの基本的な動作・機能を理解するため，実機を使った実習も含んだ講座である．本記事では，このセミナーについて概要を報告する．

2．セミナーの概略

本セミナーでは「マイコンを使ってどのようなことができるか？」を知ってもらうため，動きを伴う機器の駆動や制御を実習に盛り込んだ講座を設定した．写真１にセミナーの様子を示す．セミナーは20名の定員で開催され，約６時間の講義と実習から構成される．また，実習を伴うセミナーのため，受講者はPCとマイコンの機器を１台ずつ使用し，４名の講師が巡回しながら講義を行うセミナーとなった．また配布資料として，32頁のテキストと当日使用したパワーポイント（75頁）を１冊の冊子として配布した．以下に，実施した講義と実習の内容を記す．

写真１　セミナーの様子

① 使用するマイコンの概要
② 開発環境のセットアップ
③ コンパイルと書き込み
④ A/D変換によるセンサ値の取込
⑤ シリアル通信によるデータ転送
⑥ タイマ機能（サンプリング周期）
⑦ 一定サンプリング周期
⑧ PWMポートを用いた機器の駆動（振動モータ，RCサーボモータ）
⑨ I/Oポートとタイマを用いた機器の駆動（ステッピングモータ）
⑩ Up/Downカウンタ（エンコーダ）

これらの内容は，テキストに詳細に記載され，受講者が講座後，独学でマイコンについて復習できるように工夫している．

3．マイコンを用いた実習

写真２に講座で使用したマイコンボードと駆動機器を示す．講座で使用したマイコンは，産業，車載用マイコンの提供企業であるルネサスエレクトロニクス社の32ビットマイクロコンピュータを用い，開発環境は，講座受講後に受講者が使用できるようにフリーソフトを用いた．また，実習で使用する開発環境やサンプルプログラムはUSBメモリで受講者に配布している．実習で動かす機器は，On/off弁をシーケンス動作に合わせてI/Oポートを介して操作することを想定したステッピングモータの駆動，サーボ弁内のスプールの駆動に使用されるリニアアクチュエータ（ソレノイド）の操作を想定したDC

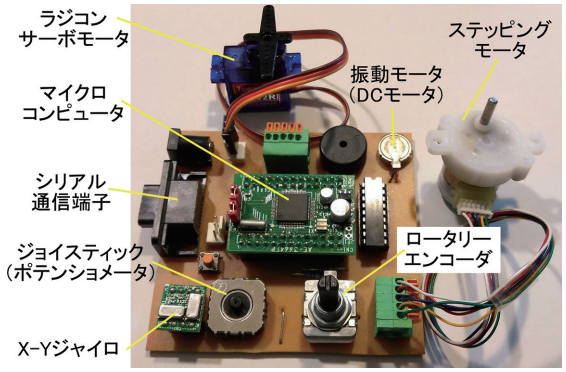


写真２　セミナーでの使用マイコン

モータ（振動モータ）のPWM駆動などである．さらに，センサ出力の取り込みとして，アナログ出力のセンサの取り込みを行うA/D変換器の変換原理や処理方法，デジタル出力のセンサの取り込みとして，ロータリーエンコーダの出力をプログラムで構成したUp/Downカウンタを介して取り込むなどの実習を行った．またリアルタイム制御に必要なタイマの原理（図１）や一定サンプリング周期の実現のためのプログラム処理など，マイコンを用いたフィードバック制御系を構成するために必要な技術に関しても解説と実習を行った．

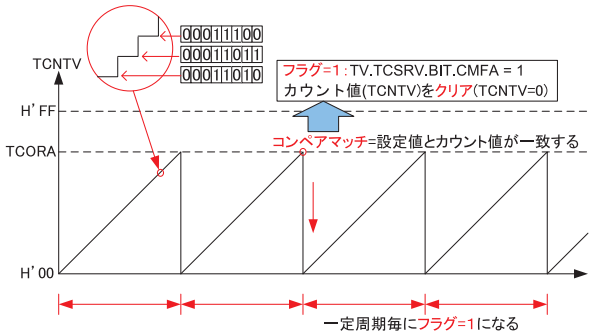


図１　フラグ処理を用いたタイマの原理

特に，アクチュエータの駆動やセンサの取り込みには，図２に示すステッピングモータの駆動回路のシステム構成のように，駆動機器の回路構成や動作原理について理解する必要があり，マイコンの内部構造ばかりでなく駆動する機器の構造や動作原理などの理解も必要である．つまり本セミナーはマイコンの処理のためのプログラミング講座だけでなく機器のハードウエア講座としての一面も有する．

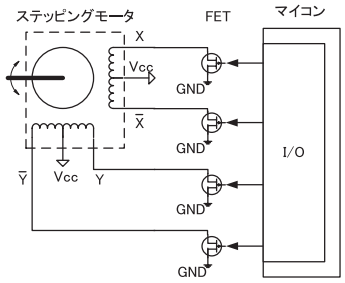


図２　ステッピングモータの駆動システム

また，この種のマイコン講座で受講者への理解を促すには，講演や実習を行うだけでなく，受講者が自ら考える演習課題が必要である．本セミナーでも，フィードバック制御系の構成を考慮した課題をいくつか実施した．１つには，ジョイスティックの入力に従ったDCモータの回転速度制御や，ステッピングモータの回転角度追従制御などである．また，独立した複数のタイマを有するマイコンの機能を活用し，ステッピングモータとRCサーボモータを同時に，指定の目標値通り駆動するなどマイコンならでは駆動方法についても演習を行った．

4．おわりに

受講者に対して本セミナーの内容に関するアンケート調査を行った結果，役立ったと評価した受講者は85％，役立たなかったと評価した方はなく，受講者に概ね満足いただいたものと評価できる．また，図３に示すように，受講者の職業と専門分野もさまざまであり，ターゲットとしたフルードパワー分野（空気，油圧，水圧）の参加者だけでなく，電動分野の参加者もあるなど，マイコンなどの組込み技術に対する関心の高さも伺えた．本セミナーはマイコン初心者のためのセミナーとして開催したが，複数の機器を実際に駆動・制御するなど実習内容は充実したものであったと思う．今後，受講者がマイコン技術を使ってできる内容に関して，何らかのイメージを創ることができれば幸いである．

また本セミナーでは，時間の関係上，実際にマイコン技術を使った機器を開発する上で障害となるマイコンと機器との接続など回路設計に関して紹介する機会がなかった．今後，本セミナーの続編の講座が実施できるのであれば，マイコン回路の製作を含めたセミナーを実施したいと考える．

なお，筆者は本学会企画委員として，本セミナーの主査を担当させていただいた．この報告にて，本セミナー開催にご協力いただいた皆様に感謝申し上げる．

（原稿受付：2018年５月３日）

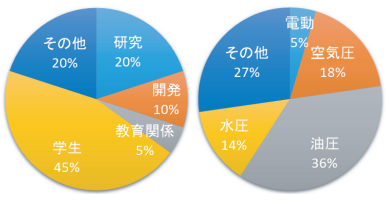


図３　アンケート結果（受講者と職業と専門分野）

会　告

〈理事会・委員会日程〉

5月25日	理事会
5月29日	基盤強化委員会
6月 8日	編集委員会
6月14日	企画委員会

〈理事会報告〉

5月25日　12：10～13：00
機械振興会館　地下3階　B3―2　（出席者14名）
1）総会の準備状況について
2）評議員会開催状況について
3）平成29年度決算のみなし決議について
4）国際シンポジウム函館2020の開催準備状況について
5）春・秋季講演会の開催準備状況について
6）会員の推移について
7）学会の財務基盤強化の進捗について
8）その他

〈委員会報告〉

平成30年度第１回基盤強化委員会
5月29日　15：00～17：00
機械振興会館地下3階 B3―9　（出席者8名）
1）会議報告の担当について
2）HP更新作業について
・講演会・セミナー情報の更新
・トピックスの整理・更新
・関連する国際会議情報の更新
・その他
3）研究委員会の頁について
4）その他

平成30年度第１回編集委員会
6月8日　14：00～17：00
東京工業大学田町CIC5階　（出席者13名）
1）会誌特集号の現状と企画
・Vol. 49 No. 4「モーターサイクルにみるフルードパワー最新技術」
・Vol. 49 No. E1「緑陰特集」
・Vol. 49 No. 5「バイオミメティクスにみられるフルードパワー」
・Vol. 49 No. 6「フルーパワーとサーボ技術」
・Vol. 50 No. 1「油圧ポンプの技術動向（仮）」
2）その他
・会議報告
・トピックスについて
・今後の特集について

平成30年度第１回企画委員会
6月14日　15：00～17：00
機械振興会館 地下3階 B3―9　（出席者11名）
1）平成29年度実施の事業に関する報告・審議事項
⑴平成29年度ウインターセミナー
⑵その他
2）平成30年度実施の事業に関する報告・審議事項
⑴平成30年春季講演会併設セミナー
⑵平成30年春季フルードパワーシステム講演会・総会日程
⑶平成30年度オータムセミナー
⑷平成30年秋季フルードパワーシステム講演会
⑸平成30年度ウインターセミナー
⑹平成30年度特別教育講座
3）その他審議・確認事項
⑴平成31年春季フルーパワーシステム講演会・総会日程
⑵油圧機器のトライボロジーなど基盤技術に関する研究委員会について
⑶学会50周年記念行事
⑷その他

会　告

第37期　通常総会終了

1．日　時　　平成30年5月25日(金)
　　15時20分～ 16時40分
2．場　所　　東京都港区芝公園3丁目5番地8号
　　機械振興会館　研修1号室
3．議事の経過および結果

15：20開会，事務局より出席者数，HPによる書面審議承認者数および委任状の数を報告し，ついで小山紀会長が定款第15条「総会の議長は、会長がこれにあたる」に基づき議長となり，議事録署名人として，CKD株式会社和田重伸殿，東京計器株式会社兵藤訓一殿を指名したのち議事に入る．

（報告事項）

報告1　平成29年度事業報告（平成29年度事業報告書）の件
報告2　平成30年度事業計画（平成30年度事業計画書）の件
報告3　平成30年度収支予算（平成30年度収支予算書）の件

報告1～3に対し，庶務委員会眞田委員長，会計担当村松理事から説明および報告があった．

（議案）

第1号議案　平成29年度決算（貸借対照表，正味財産増減計算書（内訳表を含む），財産目録（財務諸表に対する注記含む），監査報告）の件

第1号議案に対し，庶務委員会眞田委員長から説明および報告があり，全会一致で可決承認された．

第2号議案　役員交代（平成30，31年度理事及び監事候補）の件

第2号議案に対し，小山会長から説明および報告があり，全会一致で可決承認された．

以上で総会を了し，日本フルードパワーシステム学会賞などの授賞式および学術論文賞・技術開発賞受賞者による受賞記念講演が行われた．

（名誉員推挙）

・東京都市大学教授　鈴木 勝正　殿

（フェロー称号授与）

・KYB株式会社　伊藤 和巳　殿
・東京計器株式会社　佐藤 毅彦　殿

（学会賞表彰）

学術論文賞

・中央大学　奥井 学　殿，名倉 裕貴　殿，飯川 伸吾　殿，山田 泰之　殿，中村 太郎　殿

技術開発賞

・東北大学　中野 政身　殿，田口 修　殿
・株式会社曙ブレーキ中央技術研究所　尾高 成也　殿，古川 仁　殿，道辻 善治　殿

技術功労賞

・日本フルードパワーシステム学会　成田 晋　殿

学術貢献賞

・津山工業高等専門学校　則次 俊郎　殿

SMC高田賞

・東京工業大学　石田 靖昌　殿

公益財団法人 油空圧機器技術振興財団顕彰

・豊橋技術科学大学大学　柳田 秀記　殿，横山 智洋　殿，西川原 理仁　殿
・ヤンマー建機株式会社　松浦 慎仁　殿

（最優秀講演賞）

講演会で特に優秀な講演をされた方に最優秀講演賞を授与している．昨年5月に開催された春季講演会で選考された受賞者を，総会後の技術懇談会で表彰した．

・社会人部門　東京計器株式会社　細川 賢治　殿
「新型超音波厚さ計の紹介」
・学生部門　岡山理科大学　玉木 博章　殿
「可搬型リハビリテーション機器のための柔軟油圧シリンダの試作」
・学生部門　芝浦工業大学　古田 優悟　殿
「水道水圧用ベローズ型増圧器の開発と水道水駆動ゴム人工筋の変位制御」

（学会賞受賞記念講演）

技術懇談会に先立って，学術論文賞受賞者の奥井学殿，および技術開発賞受賞者の中野政身殿の受賞記念講演が行われた．

第37期通常総会は多数の出席者を得て盛会裡に終り，16時45分より恒例の技術懇談会が開かれ，なごやかな雰囲気のうちにすべての行事が終了した．

会　告　詳細は学会ホームページ（http:www.jfps.jp/）をご覧ください

平成30年度　特別教育講座

「油圧機器・システムのモデリング入門：市販ソフトを利用するときに知っておくことはこれだ！」

開催日：平成30年9月12日(水)9:00 ～ 17：00

開催趣旨：

油圧機器・システムの動特性を手軽にシミュレートできる市販ソフトがよく利用されています．このソフトを利用する際，モデル化に関する基礎知識がそのソフトをより有効に活用する際に大変役立ちます．本講座では，ブロック線図とパワーフローに着目した油圧システムのモデル化を平易に解説し，演習によりこの力を向上させます．積極的なご参加をお願い致します．

開催場所：機械振興会館本館地下3階B3-6
（東京都港区芝公園3-5-8）

詳細は学会ホームページに随時掲載いたします．

日本フルードパワーシステム学会・日本機械学会　共催

平成30年秋季フルードパワーシステム講演会

開催日：平成30年10月25日(木)・26日(金)

開催趣旨：

平成30年秋季フルードパワーシステム講演会は平成30年10月25日(木)・26日(金)に京都教育文化センター（京都市）で開催されます．本講演会では，一般講演に加えて，特別講演・オーガナイズドセッションや技術懇談会などを企画しています．詳細は学会ホームページに随時掲載いたしますので，ご確認いただきますようお願いいたします．皆様の積極的なご参加をお待ちしております．

会　告

共催・協賛行事のお知らせ

協賛行事

一般社団法人 日本機械学会関西支部　第356回講習会
実務者のための振動基礎と制振・制御技術
主　　催：一般社団法人日本機械学会関西支部
会　　期：2018年7月30日(月) ～ 31日(火)
会　　場：大阪科学技術センター（大阪市西区浅靭本町1-8-4）
U R L：http://www.kansai.jsme.or.jp/v2site/Seminar/kou356.html

日本混相流学会　混相流シンポジウム2018
主　　催：日本混相流学会
開 催 日：2018年8月8日(水) ～ 10日(金)
会　　場：東北大学　青葉山東キャンパス（宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6）
U R L：http://www.jsmf.gr.jp/mfsymp2018/

一般社団法人 日本機械学会 機械力学・計測制御部門　企画　Dynamics and Design Conference 2018
総合テーマ：「伝統と多様性，新たなる創造へ」
企　　画：一般社団法人日本機械学会 機械力学・計測制御部門
開 催 日：2018年8月28日(火)～31日(金)
会　　場：東京農工大学　小金井キャンパス（東京都小金井市中町2-24-16）
U R L：https://www.jsme.or.jp/conference/dmcconf18/

第36回 日本ロボット学会 学術講演会
主　　催：一般社団法人 日本ロボット学会
開 催 日：2018年9月5日(水)～8日(土)
会　　場：中部大学　春日井キャンパス（愛知県春日井市松本町1200）
U R L：http://rsj2018.rsj-web.org/

第46回 可視化情報シンポジウム
主　　催：一般社団法人 可視化情報学会
開 催 日：2018年9月14日(金) ～ 16日(日)
会　　場：明治大学　駿河台キャンパス　リバティタワー（東京都千代田区神田駿河台1-1）
U R L：http://www.visualization.jp/symp2018/

キャビテーションに関するシンポジウム（第19回）
主　　催：日本学術会議　機械工学委員会，19回キャビテーションに関するシンポジウム実行委員会
開 催 日：2018年10月18日(木)～19日(金)
会　　場：北海道大学工学部フロンティア応用科学研究棟（札幌市北区北15条西8丁目）
U R L：http://cavitation19.sakura.ne.jp/index.html

第61回 自動制御連合講演会
主　　催：システム制御情報学会(幹事)，計測自動制御学会，日本機械学会，化学工学会，精密工学会，電気学会，
　　日本航空宇宙学会
開 催 日：2018年11月17日(土) ～ 18日(日)
会　　場：南山大学　名古屋キャンパス（愛知県名古屋市昭和区山里町18）
U R L：https://rengo61.iscie.or.jp/

エコデザイン・プロダクツ＆サービスシンポジウム（EcoDePS）2018
主　　催：エコデザイン学会連合
開 催 日：2018年12月5日(水)
会　　場：早稲田大学　西早稲田キャンパス63号館（東京都新宿区大久保3-4-1）
U R L：http://ecodenet.com/EcoDePS2018/

Grinding Technology Japan 2019
主　　催：日本工業出版㈱，フジサンケイビジネスアイ
開 催 日：2019年3月18日(月)～20日(水)
会　　場：幕張メッセ　展示2ホール（千葉市美浜区中瀬2-1）
Ｕ Ｒ Ｌ：http://grind-tech.jp/

会　員　移　動

会員の種類	正　会　員	海 外 会 員	学 生 会 員	賛 助 会 員
会　員　数 （6月10日現在）	926	16	122	130
差引き増減	－4	±0	＋10	±0

正会員の内訳　名誉員15名・シニア員42名・ジュニア員143名・その他正会員726名

正会員

八木澤　遼（日立建機株式会社）
長妻　明美（藤倉化成株式会社）
田中　太顕（SMC株式会社）
佐藤　祐一（SMC株式会社）
吉村　　勇（川崎重工業株式会社）
伊藤　浩永（株式会社SUBARU）
渡部　紘介（SMC株式会社）
中村祐太郎（SMC株式会社）
窪　　浩二（マックス株式会社）
藤谷　秀次

学生会員

内野　拓実（豊橋技術科学大学）
内藤　駿一（豊橋技術科学大学）
林田　航輝（横浜国立大学）
佐藤　奨悟（横浜国立大学）
鈴木　正樹（横浜国立大学）
王　　蒔遠（明治大学）
村山　淳也（明治大学）
井上　裕矢（東京医科歯科大学）
三ヶ田拓人（東京医科歯科大学）
小谷　光生（防衛大学校）
石井旺次郎（東京電機大学）
崔　　光栄（横浜国立大学）
山口　雄大（横浜国立大学）
小椋　一樹（岡山理科大学）
人見　泰生（岡山理科大学）
安永拓公未（岡山理科大学）
白石　光輝（岡山理科大学）
笹山　高央（豊橋技術科学大学）
田沼　源輝（横浜国立大学）
板垣　星哉（横浜国立大学）
川崎　純平（横浜国立大学）
荒尾　祥吾（明治大学）
新保　和樹（明治大学）
中西　智哉（東京医科歯科大学）
原田　理功（東京医科歯科大学）
横田　航也（東京医科歯科大学）
オリヴェイラ　モウラ　レナート（芝浦工業大学）
石田　椋（東京電機大学）
岡島　慶（横浜国立大学）
千葉　崇宏（横浜国立大学）
新井　綾太（岡山理科大学）
平沼　聖司（岡山理科大学）
假谷　洸起（岡山理科大学）

編 集 室

次号予告

――特集「バイオミメティクスにみられるフルードパワー」――

〔巻頭言〕「バイオミメティクスにみられるフルードパワー」発行にあたって　上妻　文英
〔解説〕タコの吸盤を参考とした臓器吸着用ソフトフィンガー　塚越　秀行
空気圧人工筋肉を用いた腸管の蠕動運動を模擬したポンプの開発と応用　山田　泰之，中村　太郎
サメ体表のバイオミメティックデザインとフルードパワーへの応用　宮崎真理子
バイオミメティクスによる家電製品の価値創造　大塚　雅生
航空機の機体形状に適用された生物模倣の事例　菅野　剛
ポンプレス微量液体輸送システム　石井　大佑
蝶型はばたきロボット開発のためのCFD解析　藤川　太郎
〔解説〕欧州建設事情視察団参加報告　藤谷　秀次
〔トピックス〕学生さんへ先輩が語る　枚木　昭平
Youは日本をどう思う？第５回：中国から来日して　薛　成華
〔研究室紹介〕鹿児島大学　中尾研究室　中尾　光博
〔企画行事〕平成30年春季講演会併設セミナー
「フルードパワーに役立つセンシング技術」　桜井　康雄

平成30年度「フルードパワーシステム」編集委員

委員長　塚越秀行（東京工業大学）
副委員長　村松久巳（沼津工業高等専門学校）
委員　伊藤雅則（東京海洋大学）
上野朝嗣（CKD㈱）
内堀晃彦（宇部工業高等専門学校）
加藤友規（福岡工業大学）
北村剛（油研工業㈱）
栗林直樹（川崎重工業㈱）
上妻文英（KYB㈱）
五嶋裕之（㈱工苑）
佐藤恭一（横浜国立大学）
妹尾満（SMC㈱）
中野政身（東北大学）
委員　中山晃（日立建機㈱）
藤田壽憲（東京電機大学）
丸田和弘（㈱コマツ）
矢島丈夫（㈱コガネイ）
柳田秀記（豊橋技術科学大学）
山田真の介（㈱TAIYO）
山田宏尚（岐阜大学）
吉満俊拓（神奈川工科大学）
担当理事　伊藤和巳（KYB㈱）
学会事務局　成田晋
藤谷秀次
編集事務局　竹内留美（勝美印刷㈱）
（あいうえお　順）

会　告

複写される方へ

本会は下記協会に複写に関する権利委託をしていますので，本誌に掲載された著作物を複写したい方は，同協会より許諾を受けて複写してください．ただし（公社）日本複写権センター（同協会より権利を再委託）と包括複写許諾契約を締結されている企業の社員による社内利用目的の複写はその必要はありません．したがって，社外頒布用の複写は許諾が必要です．

権利委託先：（一社）学術著作権協会
〒107-0052　東京都港区赤坂９―６―41　乃木坂ビル
TEL：03-3475-5618　FAX：03-3475-5619　E-mail：info@jaacc.jp

なお，著作物の転載・翻訳のような，複写以外の許諾は，学術著作権協会では扱っていませんので，直接本会へご連絡ください．

会　員　各　位

平成３０年７月１５日

一般社団法人　日本フルードパワーシステム学会

平成30年度会費納入のお願い

拝啓　時下益々ご清祥のこととお慶び申しあげます．

さて，平成30年度（自平成30年4月1日～至平成31年3月31日）の会費を，下記の通りご納入賜わりたくお願い申しあげます．なおすでにご納入くださいました場合は，何卒ご容赦ください．

敬　　具

記

平成30年度

正会員会費　8,000円
（40歳未満で入会された方は，入会から5年間にかぎり4,000円となります．）
学生会員会費　2,000円

お　願　い

・29年度以前の会費を未納の方は，新年度分（平成30年度）と併せてお振り込みくださいますようお願い申しあげます．
・会員名を必ずご記入ください．
・便利な自動振り込みは手数料が不要です．ご希望によりお申し込み書をお送り致しますので，FAXまたはE-mailにてご一報いただきたく，宜しくお願い申しあげます．

以上

各票の※印欄は、払込において記載してください。

払　込　取　扱　票

00 東京

口座番号（右詰めにご記入ください）													金額	千	百	十	万	千	百	十	円
0	0	1	1	0	3			1	3	3	6	9	0	※							

加入者名	一般社団法人 日本フルードパワーシステム学会	料金	特殊取扱

通信欄

該当するものに○をつけ、お振込の内容をご記入ください。

1.（　　）年度（　　）会費
企業名・会員名・[　　]

2.（　　）の代金

払込人住所氏名

（郵便番号　　）
※
（電話番号　　－　　－　　）

裏面の注意事項をお読みください。（郵政事業庁）（私製承認東第23957号）

受付局日附印

切り取らないで郵便局にお出しください。

記載事項を訂正した場合は、その箇所に訂正印を押してください。

払込票兼受領証

口座番号	0	0	1	1	0	3							
	右詰めにご記入ください												
			1	3	3	6	9	0					
加入者名	一般社団法人 日本フルードパワーシステム学会												
金額	千	百	十	万	千	百	十	円					
	※												
払込人住所氏名	※												
料金	（消費税込み）　円												
特殊取扱													

受付局日附印

お振り込み先金融機関一覧

1．郵便振替貯金　　００１１０－３－１３３６９０

＊下の振替用紙をご利用いただけます．
（なお，この振替用紙は会費納入・資料購入・セミナー等受講料など総てにご利用いただけます．）

2．三井住友銀行　日比谷支店（普）　７６１１４１７

（注）＊口座名はいずれも「シャ）ニホンフルードパワーシステムガッカイ」です．
＊誠にお恐れ入りますが，振り込み手数料はご負担くださいますようお願い申しあげます．
＊上記２をご利用の方で，会社名・大学名にてご送金の方は，個人名・内容・振込金融機関名を，FAXまたはE-mailで学会宛にご連絡くださいますよう，お願い申しあげます．

FAX：03-3433-8442
E-mail：info@jfps.jp

この受領証は、郵便局で機械処理をした場合は郵便振替の払込みの証拠となるものですから大切に保存してください。

ご注意
この払込書は、機械で処理しますので、口座番号及び金額を記入する際は、枠内に丁寧に記入してください。
また、下部の欄（表面及び裏面）を汚したり、本票を折り曲げたりしないでください。
（日本郵政公社）

フルードパワーシステム Vol.49 No.4

昭和47年10月19日第４種学術刊行物認可
平成30年７月15日発行　　（奇数月）

〒105―0011 東京都港区芝公園三丁目五―二二　電話（〇三）三四三二―八四四一　FAX（〇三）三四三二―八四四二
編集兼発行人　一般社団法人 日本フルードパワーシステム学会　振替口座　東京〇〇一一〇―三―一三三六九〇

東京都文京区白山一―一三―七　アクア白山ビル五階
印刷所　勝美印刷株式会社

本紙広告取扱　株式会社 産業企画　東京都港区新橋6-22-2 佐藤ビル　〒105-0004
TEL. 03-3437-0057　FAX. 03-3437-9868　www.sanki.asia　E-mail　sanki@sanki.asia