昭和47年10月19日第4種学術刊行物許可　2021年5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

フルードパワーシステム

JOURNAL OF THE JAPAN FLUID POWER SYSTEM SOCIETY

May. 2021　Vol. 52　No. 3

特集「超大型機械を支える油圧技術」

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52巻　第３号　2021年５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

特集「超大型機械を支える油圧技術」

【巻頭言】
「超大型機械を支える油圧技術」発行にあたって　中山　晃　94

【解説】
超大型油圧ショベルの油圧システム　石井　伸弘　95
オフロードダンプトラックのブレーキシステム紹介　星野　佑太　99
鍛圧機械用高圧大流量機器の紹介　服部　智秀　103
実大三次元震動破壊実験施設（E-ディフェンス）　久家　誠　107
コンクリートミキサ車の油圧システムとICT　木本　恵介　109
ダム・水門用油圧装置の設計指針と高付加価値の採用　大塚　宏行　113

【会議報告】
計測自動制御学会 第21回流体計測制御シンポジウムに観るフルードパワー研究動向　藤田　壽憲　116
山梨講演会2020におけるフルードパワー技術研究　吉田　和弘　117

【トピックス】
ベンガルール駐在員日記　松本　敏士　119
学生さんへ，先輩が語る―技術の探求と欧州生活について―　春山　朋彦　122

【研究室紹介】
奈良工業高等専門学校　櫟研究室紹介　神　孝典，櫟　弘明　125

【企画行事】
2021年度企画行事紹介　藤田　壽憲，小林　亘　128

【会告】

お詫びと訂正 112

日本フルードパワーシステム学会主催国際シンンポジウム

The 11th JFPS International Symposium on Fluid Power HAKODATE 2020 112

理事会・委員会報告 130

共催・協賛行事のお知らせ 131

会員移動 132

一般社団法人日本フルードパワーシステム学会　賛助会員一覧表 133

次回予告 134

■表紙デザイン：浅賀　美希　勝美印刷㈱

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. 52, No. 3 May 2021

JOURNAL OF THE JAPAN FLUID POWER SYSTEM SOCIETY

FLUID POWER SYSTEM

Contents

Special Issue "Hydraulic Technology for Ultra-large Machines"

【Preface】

On the Special Issue "Hydraulic Technology for Ultra-large Machines"	Akira NAKAYAMA	94

【Review】

Hydraulic System of the Ultra-large Size Hydraulic Excavator	Nobuhiro ISHII	95
Introduction to Brake System for Off-road Dump Trucks	Yuta HOSHINO	99
Introduction to High-pressure Large-flow Equipment for Forging Machines	Tomohide HATTORI	103
Hydraulic Facility of E-Defence	Makoto KUGA	107
Hydraulic Systems and ICT for Concrete Mixer Trucks	Keisuke KIMOTO	109
Design Guidelines and High-Value Added Hydraulic Systems for Dam and Water Gates	Hiroyuki OTSUKA	113

【Conference Report】

Research Trend of 21th SICE Symposium on Fluid Control and Measurement	Toshinori FUJITA	116
Researches of Fluid Power Technologies in Yamanashi District Conference 2020	Kazuhiro YOSHIDA	117

【Topics】

Daily Life in Bengaluru	Satoshi MATSUMOTO	119
Topics and Advices to Students from a Senior Engineer	Tomohiko HARUYAMA	122

【Laboratory Tour】

Introduction of Ichii Laboratory at the National Institute of Technology, Nara College	Takanori JIN, Hiroaki ICHII	125

【JFPS Activities】

Introduction of Events of JFPS in 2019	Toshinori FUJITA, Wataru KOBAYASHI	128

【JFPS News】

112, 130, 131, 132, 133, 134

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

巻頭言

「超大型機械を支える油圧技術」発行にあたって

著者紹介

なか　やま　あきら
中　山　晃

日立建機株式会社
〒300-0013 茨城県土浦市神立町650
E-mail : a.nakayama.xo@hitachi-kenki.com

1991年日立建機株式会社入社，油圧機器，システムの研究開発に従事，日本フルードパワーシステム学会会員

油圧の良さのひとつにパワー密度が高いことがあげられる．パワー密度（W/kg）が高いとは，小さな機器で大きい力を得ることができる．つまり，質量の大きな機械であるほど，効果的に機械を動かせることを意味する．今回の特集では，「超大型機械を支える油圧技術」と題して，油圧技術によって動作する超大型機械の事例を紹介する．

最初に，石井伸弘氏（日立建機株式会社）に「超大型油圧ショベルの油圧システム」について説明いただいた．鉱山で稼働する超大型油圧ショベルは昼夜を問わず動き続ける機械である．そのため作業量燃費が重視される．流量再生という手法で，本来タンクに戻るだけの油をポンプ吐出側に戻すことで，ポンプ吐出流量を増やすことなくシリンダ速度を増速することができる低燃費化技術である．

星野佑太氏（株式会社小松製作所）に「オフロードダンプトラックのブレーキシステム」について紹介いただいた．鉱山で稼働するオフロードダンプは，積載重量が桁違いである．この重い車体を減速するためのブレーキシステムは安全性と確実性が重要である．鉱山では広大で長い坂道を下り続けなければならないので，簡単にはフェードしない，かつ長期間安定したブレーキ性能が要求される．このような要件を満たすダンプトラックのブレーキシステムについて解説する．

服部智秀氏（川崎重工業株式会社）に「鍛圧機械用高圧大流量機器」について紹介していただいた．鍛圧機械の性能高度化要求に応えて油圧ポンプの性能向上を図った．油圧ポンプの性能指標である，高圧，高効率・高応答性・低騒音・長寿命を全て高いレベルで満足する油圧ポンプの実現はこれまで積み上げてきた技術の集大成であるといえる．

久家誠氏（三菱重工機械システム株式会社）には「実大三次元震動破壊実験設備（E－ディフェンス）」の中で建築構造物に地震と同等の震動を与えられる実験施設について紹介いただいた．

想定外の規模で発生した東日本大震災によって，従来よりも長周期，長時間の地震を再現できるようにE－ディフェンスの性能向上を図った．建物に震動を与える施設のため，油圧設備が大規模なのは当然であるが，静圧軸受機構やアキュムレータの蓄圧機能など油圧技術の良さを随所に取り入れた超大型機械である．

木本恵介氏（KYB株式会社）には「コンクリートミキサ車の油圧システムとICT」のなかで，コンクリートミキサ車の技術変遷を通して，社会やユーザー要求に応じてミキサー車の油圧技術が進化してきた過程について解説いただいた．

大塚宏行氏（油研工業株式会社）には「ダム・水門用油圧装置の設計指針と高付加価値の採用」について紹介いただいた．ダムや水門等の大きなインフラ設備では突発する緊急時にも確実に動作しないと新たな災害に及ぶ恐れがあることから，安全性に対しては最大限の配慮がなされている．

油圧の電動に対するパワー密度の優位性は年々差が縮まっており，近年の自動車業界に見られるように機械の電動化，ICT化，そしてAI化の流れはますます進んでいくであろう．今後の油圧技術はそれらとの融合を図りつつ，SDGs（Sustainable Development Goals）で掲げる持続可能な開発目標を意識した技術開発にも期待したい．

最後に，ご多忙の中，ご寄稿いただいた執筆者の方々に感謝するとともに，御礼申し上げる．

（原稿受付：2021年4月15日）

解説

超大型油圧ショベルの油圧システム

著者紹介

石井伸弘（いしい のぶひろ）
日立建機株式会社
〒300-0013 茨城県土浦市神立町650

1997年日立建機株式会社 入社，以来，超大型油圧ショベルの開発業務に従事．

1. 超大型油圧ショベルの概要

石炭鉱山などの大規模な露天掘り鉱山では，土砂や鉱物の掘削積込機として，超大型油圧ショベルが多く導入されている．鉱物の生産性向上のため，運搬を担うダンプトラック，掘削と積込みを担う油圧式ショベルの大型化が進んできた．弊社としても，順次超大型の油圧式ショベルを開発してきた．2004年には，車体質量800tonクラスの超大型油圧式ショベル（図1）を開発した．弊社では車体質量120ton～800tonクラスまで，6機種の超大型油圧ショベルをラインナップしており，現在，次期モデルへのモデルチェンジを順次推進している．

図1　800tonクラス超大型油圧ショベル外観写真

2. 油圧システムの概要

超大型油圧ショベルでは，特有の油圧システムを構築している．ここでは代表して350tonクラスについてメイン油圧回路を図2，操作系油圧回路を図3に示す．

まずメイン油圧回路では，信頼性とサービス性を確保するため，機種間で共通の油圧ポンプを使用し，搭載数を変えて所要吐出流量を確保している．次期モデルではポンプ吐出流量を電子レギュレータ制御とすることで，車体動作に応じて各ポンプ吐出流量を個別に制御し，エネルギー効率を向上させている．

同様にコントロールバルブについても複数搭載し，複数のスプールセクションからの圧油を合流して油圧シリンダなどの各アクチュエータに導いている．

操作系油圧回路には，電気式操作レバー，電磁比例減圧弁，DQRバルブ（Dual Quick Response バル

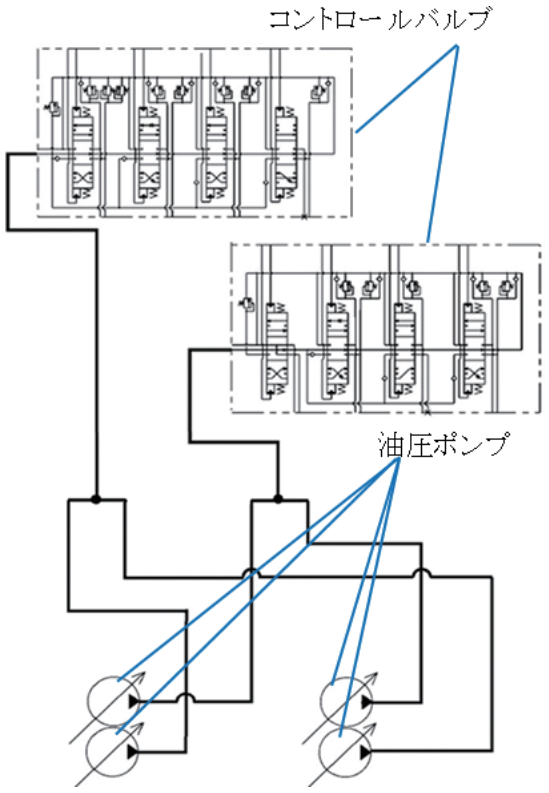


図2　350tonクラス メイン油圧回路（抜粋）

ブ）を使用したシステムを採用している．DQRバルブは電磁比例弁からの出力を信号圧として，これに応じた圧力で，なおかつ大流量の出力が可能である．またDQRバルブは信号圧がないときには出力ポートがタンクポートに接続しているため，作動したコントロールバルブスプールの反対側の戻り油はDQRバルブを介してタンクに戻る．これにより，大径のコントロールバルブのスプールを応答良く作動させることができる．

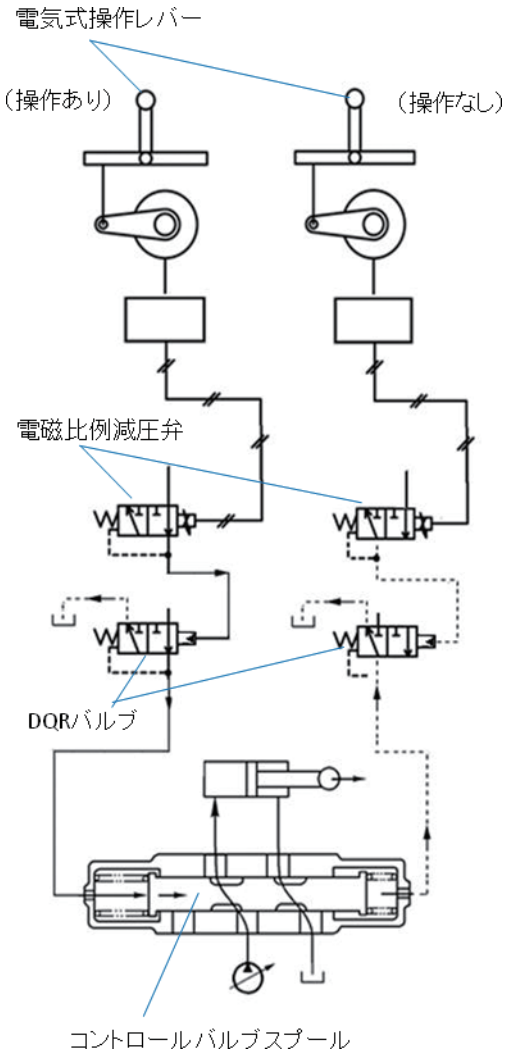


図３　350tonクラス 操作系油圧回路（抜粋）

油圧式操作レバーの場合，パイロットバルブは運転室内に搭載されるため，車体の大型化によりコントロールバルブまでの油圧配管長が長くなるので，レバー操作に対する車体動作の応答遅れが問題となる．しかし電気式レバーでは，電磁比例減圧弁とDQRバルブをコントロールバルブ近くに配置し，電磁比例減圧弁を電気式レバーの電気信号で制御することが可能であり，これにより応答遅れの問題を解消している．

また鉱山現場では車体の24時間稼働が通常であり，オペレータは長時間の連続運転を要求される．電気式レバーでは操作力を軽く，またレバー振り角を小さくすることが可能であり，オペレータの疲労軽減にも貢献している．昨今，ショベルやダンプトラックの稼働状態監視，モニタリング機能拡充，遠隔操作・無人化の要求が高まっており，このような要求に対しても電気式レバーは有効である．

さらに次期モデルでは，フロントアタッチントを駆動する油圧シリンダのストロークエンドでの衝撃を自動的に軽減するため，フロントアタッチメントに搭載した角度センサからの信号によりストロークエンドへの接近を検知し，コントロールバルブのスプールを制御して自動的にストロークスピードを減速するシステムを装備している．これもオペレータの疲労軽減に貢献する技術である．

3. 大流量の流量再生弁の開発

800tonクラスの開発では，油圧システムの最大流量が8000L/minと膨大となることから，従来のコントロールバルブを複数搭載する油圧システムの場合，コントロールバルブと配管の車載レイアウトが困難であり，また多数の配管による圧力損失を伴うため非効率であると考えた．

そこで従来のコントロールバルブを経由して油圧アクチュエータに圧油を導くメイン回路に加えて，油圧ポンプからの圧油を，流量応援バルブを経由してアクチュエータに導く流量応援回路（図４），さらにフロントアタッチメントの各油圧シリンダからの戻り油を，再生バルブを経由して還流する流量再生回路（図５）からなる油圧システムを開発した．

このとき大流量の流量応援と流量再生を制御するためのバルブとして，1000L/min仕様の流量増幅式比例シート弁型バルブ（以下，比例シート弁）を開発した[1)]．

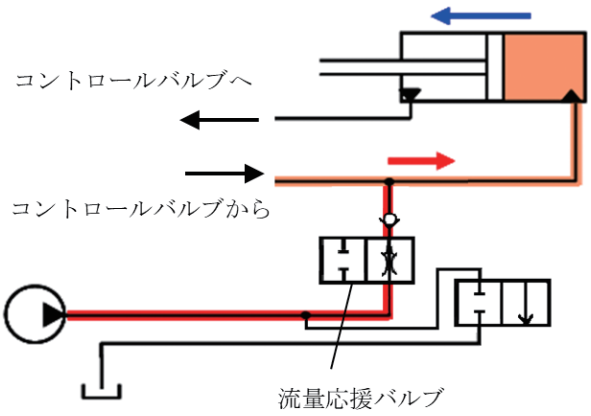


図４　流量応援回路

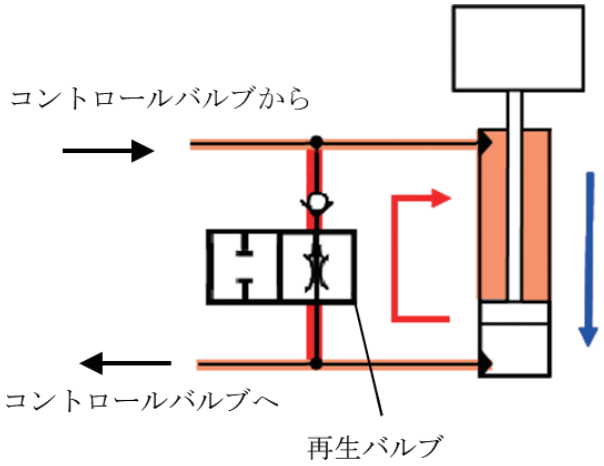


図５　流量再生回路

比例シート弁については，弊社では中型クラスの油圧ショベル用として200L/min仕様での実績があった．超大型油圧ショベル向けの大流量化に際しては，バルブ本体の大型化に対して応答性を確保，双方向の負荷保持機能の追加，弁体の重量増による衝撃や，大流量の噴流衝突に対して高い信頼性を確保することなど，さまざまな課題があった．ここでは，比例シート弁の作動原理と，双方向の負荷保持機能について記述する．

4. 比例シート弁の作動原理

図６に比例シート弁の断面図，図７に油圧記号を示す．比例シート弁は主ポペットと制御スプールから構成され，作動流体は入口A部から流入し，出口B部から流出する．主ポペット外周部にはスリットが設けられており，主ポペット内部の絞りを介して入口A部と制御圧力チャンバが連通している．

Pi部にパイロット指令圧を供給すると，制御スプール外周の切り欠き部が開口し，主ポペット側の制御圧力チャンバと出口Ｂ部が連通する．制御圧力チャンバの圧力が低下することで，主ポペットは左方向にリフトし，ポペット先端のU字開口部が開口し，入口A部から出口B部へ作動油が流れる．

このときA部から制御圧力チャンバを経由してB部へのパイロット流が発生する．制御圧力チャンバ内は制御スプールの開口と主ポペット外周のスリットの開口の絞り面積比に応じて分圧が決まる．スリットは主ポペットのリフト量に応じて開口面積が変化する可変絞りとなっているため，主ポペットのリフト量が大きくなるほど，スリット部の開口からの流入量が多くなって制御圧力チャンバ内の圧力が上昇する．このため，主ポペットのリフト量はA，B部の圧力による左方向（開き側）の力と制御圧力チャンバ内の圧力による右方向（閉じ側）の力が平衡するように決まる．また制御スプールの開口面積はパイロット指令圧に応じて変化するため，すなわちパイロット指令圧によってA部からB部への流量を制御することが可能となる．

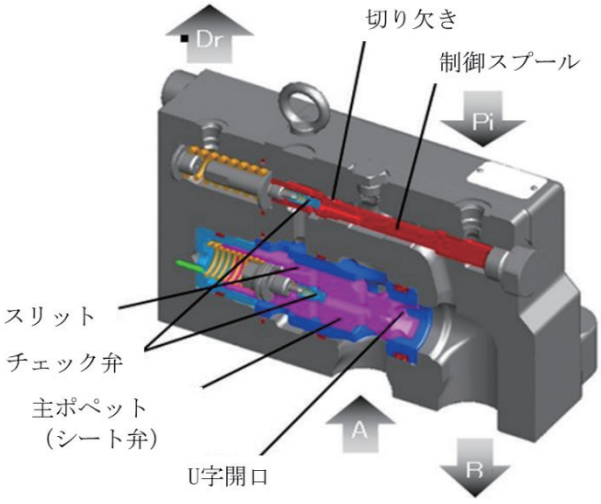


図６　比例シート弁 断面図

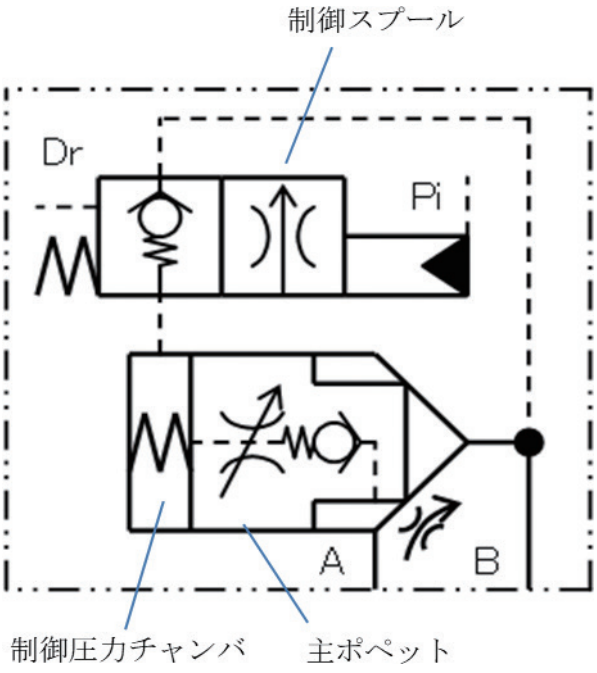


図７　比例シート弁 回路図

5. 双方向の負荷保持機能

比例シート弁を流量再生弁として使用する場合，フロントアタッチメントを上下動するための油圧シリンダに対して，入口A部が自重を保持する側の油室，出口B部がもう一方の油室に接続される．フロントアタッチメントの自重を保持している状態では，A部側の方が高圧となる．このため，通常，下げ動作をする際には，A部が接続される側の油室からの戻り油はB部が接続される側の油室へ還流される．一方でフロントアタッチメントの先端部を地面に押し付けて掘削作業する場合には，B部側が高圧となる．

A部側の負荷圧力が大きい場合，A部は主ポペット外周のスリットの開口を介して制御圧力チャンバと連通しているため，A部と制御圧力チャンバはほぼ同圧であり，制御圧力チャンバの受圧面積が大きいので主ポペットには閉じる方向の力が作用する．

しかしB部側の負荷圧力が大きい場合，主ポペットを開く方向の力が打ち勝ち，負荷を保持できなくなる．このため，双方向の負荷保持機能が必要となる．そこで主ポペットと制御スプールにチェック弁を内蔵し，A部とB部のどちらか高い方の圧油を制御圧力チャンバに供給することで，この問題を解決している．この構造により，本バルブは軽量かつコンパクトな構造となり，フロントアタッチメントへの搭載に適したバルブとなった．

この解決手段に対応する特許[2)]を日・米・独で取得済みである．

6. 今後の展望

鉱山現場では，鉱物の生産量あたりに発生するコストを最小化することが市場要求として大きく，超大型油圧ショベルとしては作業効率，エネルギー効率，信頼性の向上が重要課題である．

次期モデルでは，フロントアタッチメントを上下動する油圧シリンダ回路に流量再生回路を適用し，800tonクラスに合わせて開発した比例シート弁を採用している（図８）．これにより下げ動作時に油圧シリンダの一方の油室からの戻り油をもう一方の油室に再生することで，下げ動作に使用する油圧ポンプ吐出流量を減らし，エネルギー効率を向上することができる．また下げ動作と他の動作との複合操作時には，他の動作のための油圧アクチュエータにポンプ吐出流量を割り当てることができるため，作業効率や操作性の向上にも貢献する．

今後もさらに高度化する市場要求に対応するため，新技術・新製品の開発は必須である．特にエネルギー効率については環境負荷軽減の観点からも重要であり，また油圧技術の貢献による大きな改善が期待できるため，新技術の導入に注力していきたい．

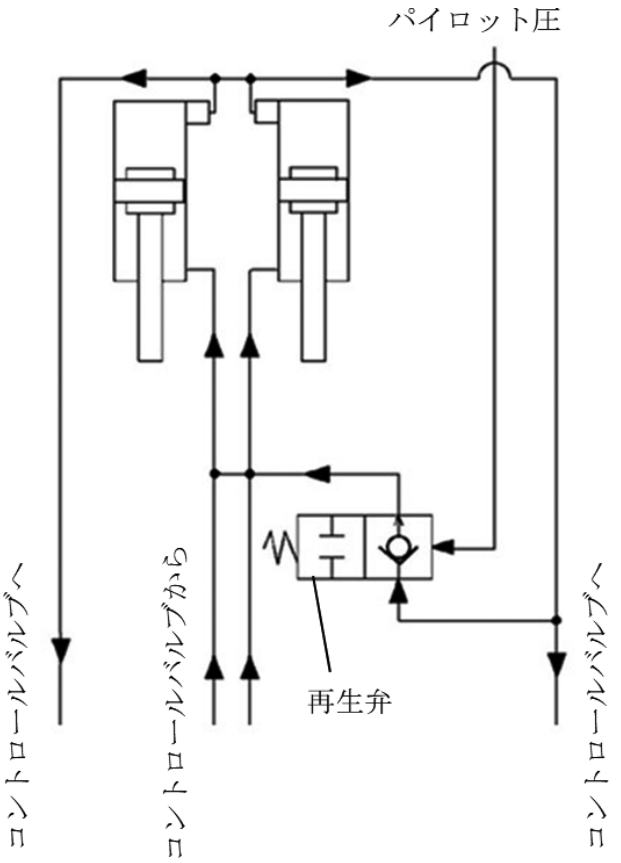


図８　流量再生回路

参考文献

1）石井伸弘：マイニングショベルの油圧システム，油空圧技術，vol. 58，No.6，p. 14–18（2019）

2）日立建機㈱，制御弁装置及び圧力回路，特許4160530（2008）

（原稿受付：2021年２月26日）

解説

オフロードダンプトラックのブレーキシステム紹介

著者紹介

星野（ほしの）佑太（ゆうた）
株式会社小松製作所開発本部車両第一開発センタ
第一開発グループ
〒312-0004 茨城県ひたちなか市長砂163-46
E-mail : yuta_hoshino@global.komatsu

2012年株式会社小松製作所に入社．ダンプトラック開発グループ．大型リジットダンプトラックの車体開発に従事．

1. はじめに

コマツが生産している製品の一つにオフロードダンプトラックがある（図1）．オフロードダンプトラックは油圧ショベルやホイールローダなどから積まれた土砂，砕石，鉱石などを大量に運搬する車両で，鉱山や砕石現場，土木工事など幅広く使用されている．稼動現場での生産性を上げるためには，多くの積荷を運搬しなくてはならず，ダンプトラックには1度により速く，より多く運ぶことが要求される．そのために，時速50km/h以上での走行や車両重量同等以上の積荷を積んで数キロの長距離の坂を下る能力が必要となり，ブレーキ装置の役割は安全上きわめて重要である．

ダンプトラックにはステアリングやボディを傾ける操作にも油圧装置が用いられているが，本稿では一般的になじみが少ないであろうオフロードダンプトラックのブレーキシステムの機能と特徴，さらにはそれを用いたブレーキの電子制御について紹介する．

表1　ブレーキ操作の種類

ブレーキ操作の種類	用途	操作方法	使用するブレーキ機構		
			フロント	リア	パーキング
			乾式単板ディスク	湿式多板ディスク（リア・パーキング共用）	
サービスブレーキ	走行中の車両を任意の時に減速又は停止する	右ペダル足踏	★	★	
リターダブレーキ	長い降坂での車速調整	レバー調整	★	★	
パーキングブレーキ	駐車する場合に使用	スイッチ切替			★
セカンダリブレーキ	緊急時に作動させる	左ペダル足踏	★	★	★

図1　150トン積オフロードダンプトラック

2. ブレーキの機能と種類

オフロードダンプトラックのブレーキシステムは国際規格であるISO3450で規定されており，基本的にこの規格に準拠することが求められる．ダンプトラックのブレーキに必要な機能として以下の3つがあげられる．①走行中の車両を減速または停止させること．②下り坂で重力により落下しようとする車両を減速または停止させること．③駐車中の車両を保持すること．これらの機能を達成するために，ダンプトラックはサービスブレーキ，リターダブレーキ，パーキングブレーキ，セカンダリブレーキの大きく4種類のブレーキを搭載している（表1）．また，これらのブレーキは運転席から容易に操作できるように配置されている（図2）．

図2　オフロードダンプトラックのオペレータ席

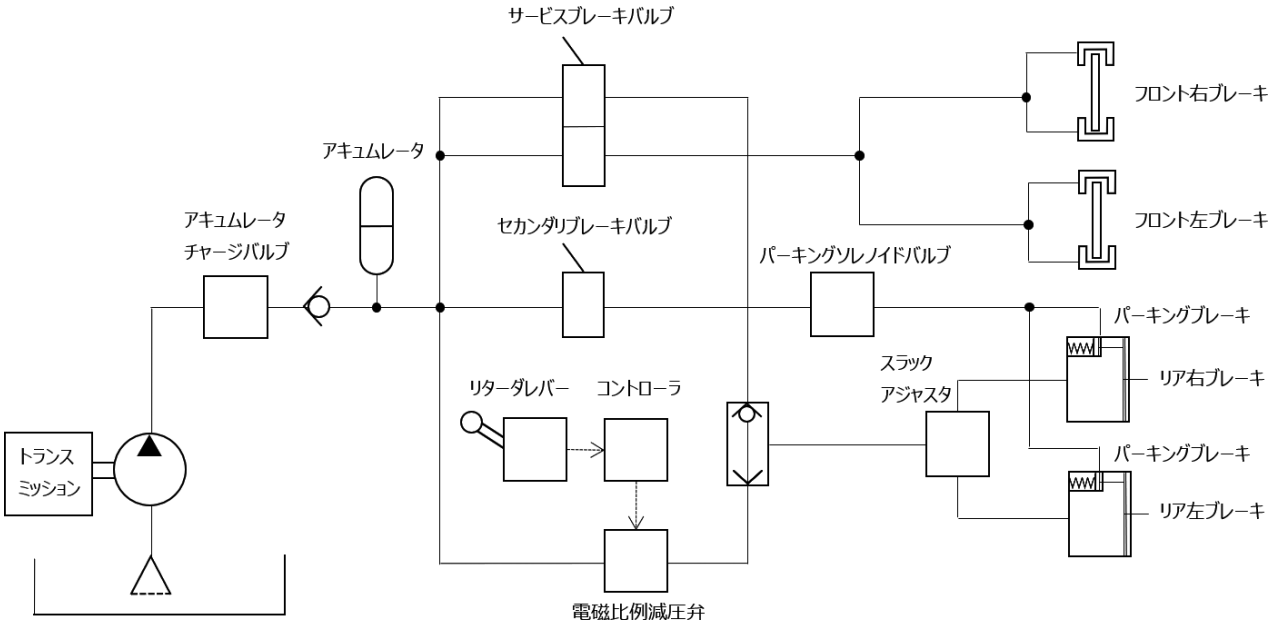


図３　ブレーキコントロールのシステム構成

3. ブレーキのしくみと動作

ブレーキコントロールのシステムは，タイムラグの少ないレスポンスの良いブレーキフィーリングを目的として，油圧のみでコントロールする全油圧式を採用している．ブレーキコントロールのシステム構成を図３に示す．エンジンを始動すると，トランスミッションのPTOケースに取り付けられたブレーキチャージポンプが駆動し，ブレーキ専用のアキュムレータに油が蓄圧され，各ブレーキ操作時の供給源となる．アキュムレータの圧力はアキュムレータチャージバルブによって，規定の圧力範囲に保持するように制御される．ブレーキコントロール回路中にアキュムレータをもつことで，アンロード中の油圧ポンプの損失馬力を低減するとともに，緊急時などでエンジンが停止し，ポンプが稼働しなくなった場合でも，蓄圧された油圧により安全な車両の減速および停止が可能である．

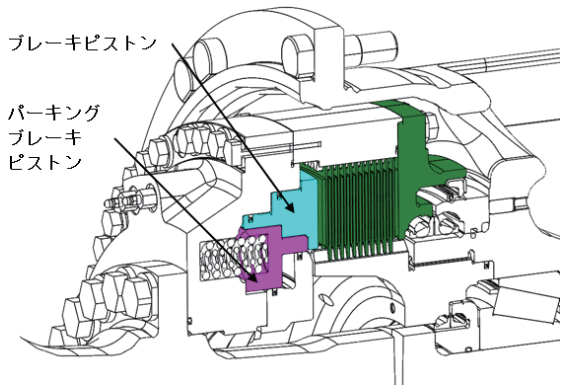


図４　後輪の湿式多板ブレーキ

3.1　サービスブレーキ

サービスブレーキは車両を停止する際に使用し，前輪および後輪ともに作動する．オフロードダンプトラックのブレーキは，放熱性の良い乾式（キャリパ）ディスクブレーキや油で強制冷却を行う密閉式多板ディスクブレーキが一般的に採用され，前輪には乾式ディスクブレーキを，後輪には湿式多板ブレーキ（図４）を採用するのが主流である．この場合，後輪で使用される油冷湿式多板ブレーキはつねにオイルで冷却しながら作動するため，フェード現象を起こさず，ディスク摩耗が少ないといった利点がある．作動原理は下記の通りである．アキュムレータに蓄圧された油が，サービスブレーキペダルを踏みこむことにより，スラックアジャスタ（後述）を介してブレーキピストンを矢印の方向へ移動させる（図５）．ブレーキピストンはディスクとプレー

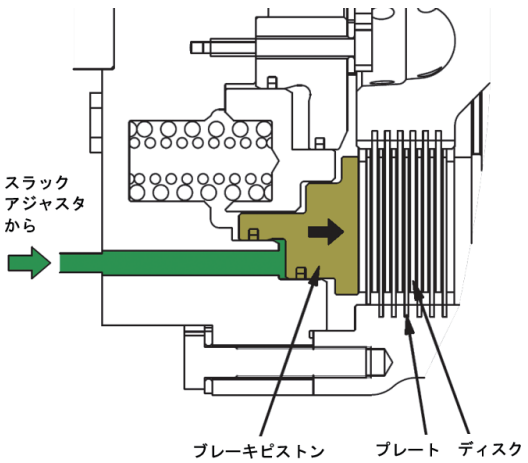


図５　作動時のサービスブレーキ

トを押し付けることによりディスクとプレート間に摩擦力が発生し，車両は減速および停止する．サービスブレーキバルブはそのペダルの踏み角によって二次圧を調圧する減圧弁となっており，踏み角に応じてブレーキ力を自在にコントロールすることができる（図６）．サービスブレーキペダルを開放すると，ブレーキピストンの作動圧が開放され，ブレーキ冷却オイルの内圧によりピストンはディスクとプレートから離れる方向に移動し，ブレーキは開放される．

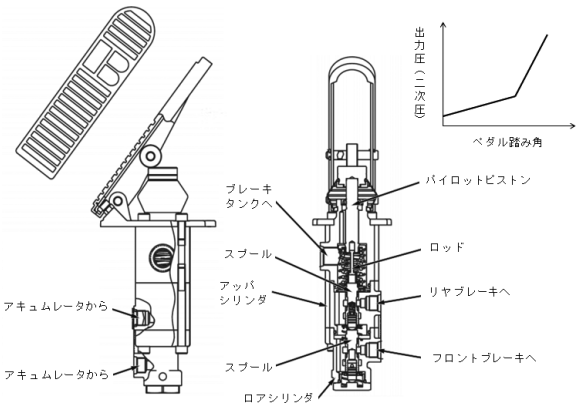


図６　サービスブレーキバルブ

ブレーキディスクは使用していくと摩耗していくため，そのままではタイムラグが増加し，制動やフィーリングに影響を与える．それを防止し，ブレーキディスクの摩耗量によらずタイムラグを一定にするためにスラックアジャスタを採用している．この機器は，サービスブレーキバルブとブレーキピストンの間の回路に装着される．図７に示す通り，ブレーキピストンの作動油の戻り油量をスラックアジャスタのストローク（S）の油量分で規制することによって，摩耗により増えるはずのブレーキピストンの戻りストローク（T）を常に一定に保つことができる．また，ブレーキ作動時に摩耗によりスラックアジャスタのピストンがストローク端に達しても制動力が発生しない場合は，チェックバルブを押し開けてブレーキ側に油圧を伝搬させる．

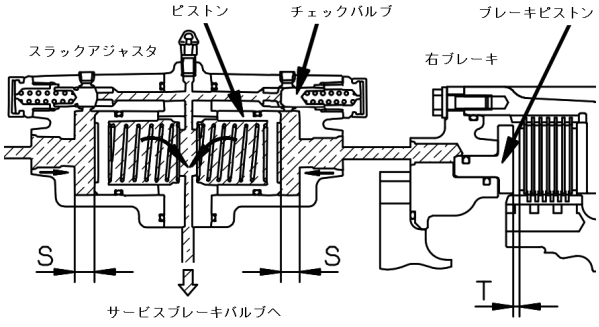


図７　解放時のスラックアジャスタ

3.2　リターダブレーキ

リターダブレーキとは，安全で安定した速度で降坂する（リターディング）ために，車重や勾配に応じて車速をコントロールする装置である．積車状態で長い距離を降坂する際，自家用車や商用トラックのような乾式ブレーキでは，フェード現象を起こしてブレーキの効きが悪くなる．また，ブレーキライニングの損耗を早めることになる．この問題を解決するために，オフロードダンプトラックではエンジンブレーキに加え，強制的に油で冷却する油冷湿式多板ブレーキを採用し，これをリターダブレーキとして使用している．（先に述べた一般的なオフロードダンプトラックでは乾式のフロントブレーキは作動させず，強制冷却されている後輪ブレーキのみをリターダで作動させる）ステアリングコラムに装着されているリターダコントロールレバーの操作量に応じて電磁比例減圧弁を制御し，リターダブレーキ作動圧をコントロールする．

ブレーキ冷却オイルの回路を図８に示す．ブレーキで発生した熱はトランスミッションのPTOで駆動されるポンプから圧送されたオイルにて吸収され，オイルクーラを介してラジエータから放熱される．よってリターダの能力は，ラジエータとオイルクーラの冷却能力に大きく左右される．

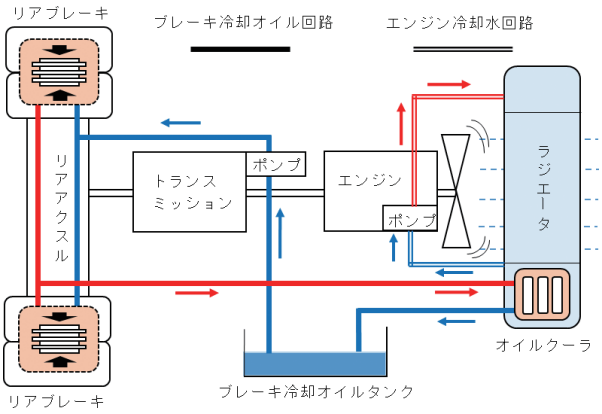


図８　ブレーキ冷却オイル回路

大型機種では前後輪共に油冷湿式多板ブレーキを採用している機種もある．後輪だけの制動から，制動力の一部を前輪に負担させることによりタイヤの負荷が均等化される．安全性が増すのに加え，リターダ能力を無駄なく発揮させることができる．

3.3　パーキングブレーキとセカンダリブレーキ

パーキングブレーキは，車両を駐車する際に使用する．パーキングブレーキスイッチを駐車の位置にするとパーキングソレノイドが消磁し，パーキング開放油圧がドレインされ，スプリングの押し付け力

によりパーキングブレーキピストンがプレートとディスクを押付け，パーキングブレーキがかかる（図９）．

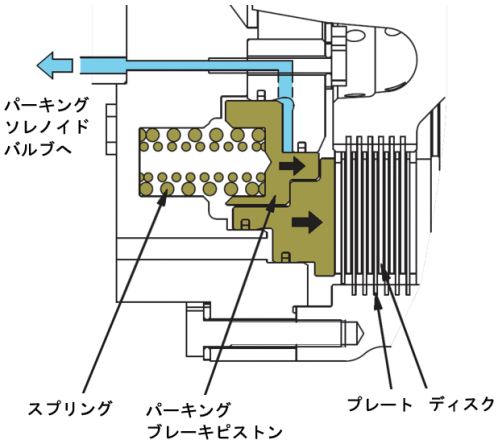


図９　作動時のパーキングブレーキ

パーキング開放する場合は，パーキングブレーキスイッチを開放すると，アキュムレータからの油圧はセカンダリブレーキバルブ，パーキングソレノイドバルブを介してパーキングブレーキピストンに作用し，ピストンを押し上げてスプリングを縮めることでパーキングブレーキを解除する．

セカンダリブレーキは，ステアリングコラム左側にある赤いペダルの足踏み式ブレーキであり，通常のサービスブレーキ回路に異常が生じた場合などの緊急時に使用する．ブレーキの作動原理としてはパーキングブレーキの作動圧を制御するが，パーキングブレーキはオンオフのみの制御しかできないのに対して，セカンダリブレーキではペダルの踏み角に応じて制動力を可変に制御できる．サービスブレーキバルブとの違いは，サービスブレーキバルブが踏み角と二次圧が比例関係にあるのに対し，セカンダリバルブは逆比例（踏み角ゼロで一次圧，踏み角最大で二次圧ゼロ）の特性を持っている（図10）．

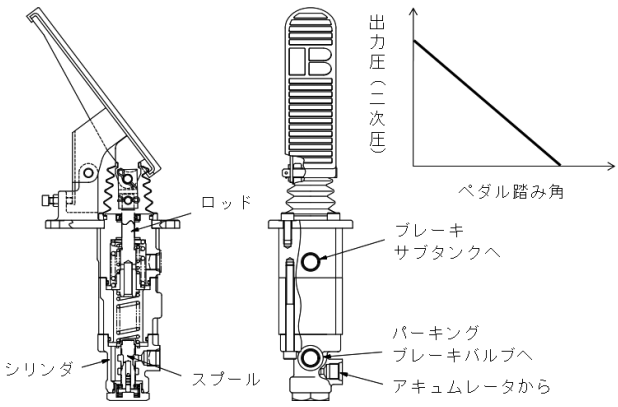


図10　セカンダリブレーキバルブ

ダンプトラックではブレーキ装置の一系統に不具合が発生してもバックアップできるよう二系統以上備えている．一般的にサービスブレーキは油圧作動かつスプリング解放となっているのに対し，セカンダリおよびパーキングブレーキはスプリング作動かつ油圧解放の構造で，フェイルセイフの考え方をとりいれている．

4. オートマチックリターダコントロールシステム

ブレーキの電子制御のひとつとしてオートマチックリターダコントロールシステム（ARSC）がある．ARSCは，車速をセンシングし，任意に設定された速度で降坂するように，前述のリターダブレーキの電磁比例減圧弁をコントロールして，ブレーキ作動圧を自動的に調整する．リターダコントロールレバーの操作によらず自動的に制御されるので，オペレータはステアリング操作に専念することができるようになり，安全性の向上とオペレータの負担軽減が図れる（図11）．また，オペレータの技量によらず安定した降坂ができるため，ブレーキ冷却オイルがオーバヒートしにくくなるという利点もある．

図11　ARSCの操作方法とモニタ表示

5. おわりに

オフロードダンプトラックのブレーキシステムとブレーキ電子制御を紹介した．一概にブレーキといってもさまざまな種類のブレーキがあり，それらを適切に操作することで安全な運転をすることができる．ダンプトラックでは油圧特有のパワーやレスポンスの良さ，さらに冷却システムでの活用など油圧のメリットを最大限に活かしており，油圧の重要性は今後も変わることはないだろう．

（原稿受付：2021年３月３日）

解説

鍛圧機械用高圧大流量機器の紹介

著者紹介

服部（はっとり）　智秀（ともひで）
川崎重工業㈱
〒651-2239 神戸市西区櫨谷町松本234
E-mail : hattori_tomohide@khi.co.jp

1998年神戸大学工学部卒．1999年川崎重工業㈱入社．油圧システムおよび油圧ポンプの開発・設計に従事．

1. はじめに

鍛圧機械（プレス機械，板金機械など）は，さまざまな分野で用いられており，その成形品は多種多様である．そのため，各機械に求められる性能も高出力・高速・高精度などさまざまである．これら鍛圧機械の要求性能を達成するため，その駆動源となる油圧機器においては高圧大容量化・応答化が進み，近年では環境に配慮した油圧システムの省エネ化も要求度を増している．

本稿では，鍛圧機械で使用される高圧大容量油圧機器や省エネシステムの特長，その適用事例を紹介する．

2. 高圧・大容量機器

2.1 大容量ポンプ（K7VG500）

従来から大型の鍛圧機械分野などでは，当社の斜軸形ピストンポンプが長年多く使用され好評を得ている．しかしながら，近年のさらなる高圧化，高応答化の要求の流れに対して要求圧力を満たさないこと，斜軸形という構造上の理由から高応答化を実現することが困難であるという問題がある．また，その外形が大きくなること，複数ポンプの組合せが困難など斜軸形特有の問題も存在する．

そこで，当社では大型の鍛圧機械分野での適用を想定し，斜板形高圧・大流量ピストンポンプを開発したので以下にその概要を紹介する．

⑴ポンプ基本仕様

開発した高圧・大流量ピストンポンプの基本仕様を表1に示す．

表1　ポンプ基本仕様

型式	K7VG500
押しのけ容積	500cm³
圧力	定格45MPa
	最高50MPa
回転数	定格1200min^{-1}
	自吸最高1350min^{-1}
	最高1800min^{-1} （ブースト圧必要）
吸吐出ポート	吐出ISO/DIS 6164-3 DN-50 吸入SAE 2000psi 5B
制御方式	・サーボ流量制御
	・電気比例流量制御

⑵特長

①高圧力・長寿命・高信頼性

定格45MPa，最高50MPaでの運転が可能であり，高負荷容量軸受を適用することや，内部部品の形状，構造，材質を高圧下での使用に適したものを採用し長寿命化を図り，高い信頼性を有している．

②高効率

当社ではその各諸元を決定する開発段階で事前に独自の技術でポンプの効率を予測し，目標値を達成するような最適設計を実施している．その計画諸元（たとえばピストンなどのロータリー部の各寸法）から，ポンプの吐出性能や損失を推定し，高効率化を実現した．図1に本ポンプの効率計測例を示し，45MPaという高圧でも高いポンプ効率，容積効率であることがわかる．

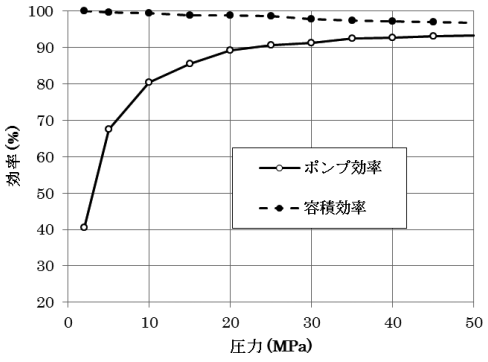


図1　K7VG500効率

③高応答

鍛圧機械の使用ではポンプ流量制御の高応答性が要求される．本ポンプではサーボ弁を利用した流量制御方式を採用し，最少流量（傾転量０％）から最大流量（傾転量100％）までを一定の条件下で55msecという高応答を実現している．

④低騒音

ポンプの振動・騒音低減には高圧・低圧の切替りにより発生する内部の加振力の低減，および吐出圧力脈動の低減が有効である．当社では独自開発の吸入・吐出工程の流量変動シミュレーションにより，使用条件に応じた最適な弁板形状の設計を行なっている．ピストン室内の圧力変化を滑らかに制御し，昇圧・降圧の波が連続的につながり，その結果ポンプの加振力は高周波成分が大きく低減されたものになる．本ポンプでも最高50MPaという高圧の状態でも圧力変化を滑らかにするために油の吸入・吐出を切替える特殊なポート形状を採用した弁板を使用し，低騒音化を実現している．

⑤複合ポンプ化対応可

本ポンプの後部にパイロット圧源として使用する補助ポンプなどを取り付けることが可能である．また，特殊な例としては，本ポンプ後部に本ポンプを取り付け，500㎤２台のポンプとして扱うことも可能である．

⑶構造

前述の特長を可能にしているポンプ構造を図２に示す．定格45MPa・最高50MPaでの使用に適したロータリー部，高応答制御が可能な傾転機構部をコンパクトに集約した構造としている．

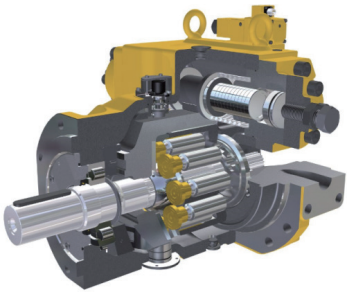


図２　ポンプ構造

⑷コントローラ

サーボ流量制御ではサーボ弁制御のための専用コントローラを用意している．上位からの指令信号とポンプ内蔵のポテンショメータ信号をもとに傾転角を制御する流量制御機能に加え，圧力センサー信号による馬力制御機能を有する．また，これらのポンプ制御以外に状態を表示する7SEGモニタ制御や，パラメータを設定・変更する制御，パソコンでの状態監視やコントロール・通信が可能な制御や制御状態の異常を検出するシステムを盛り込んでいる．コントローラの外観を図３に示す．

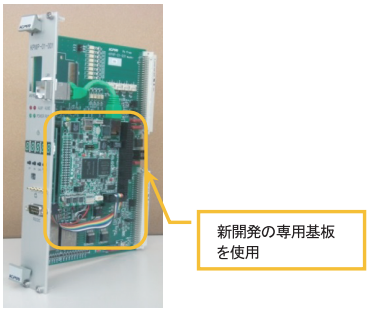


図３　コントローラ外観

大型鍛圧機械では複数ポンプの同時制御を行うことも多く，そのためのシステム構成イメージを図４に示す．

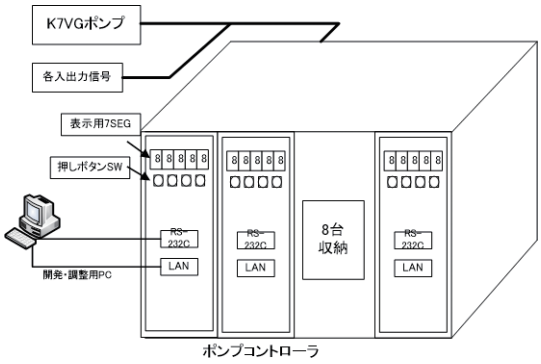


図４　コントローラの構成イメージ

2.2　サーボロジック弁

当社のサーボロジック弁は，高圧大流量を高速・高精度に制御することを目的に開発した制御弁である．その制御性と応答性に加え，高圧・大流量に対応したサイズ展開を評価いただき，大型産業装置の精密な制御用途に多くの採用をいただいている．基本仕様を表２に示す．

表２　サーボロジック弁基本仕様

サイズ	40	50	63	80	100
最高使用圧力 MPa	41.2				
最大流量 L/min	2200	3500	5500	9000	14000

⑴構造

図５にその構造を示す（ここでは２方弁を例に紹介する）．サーボロジック弁は，主弁となるロジック弁と，これを高速で駆動するサーボ弁，ロジック弁のプランジャ位置を検出するストロークセンサで構成する．別置型（ロジック弁とサーボ弁を別々に配し，マニホールドで油通路を構成する方法）に比べて，①パイロット回路の容積を抑えることで，高

速高精度の制御を実現し，②ストロークセンサなどの調整をあらかじめ行うことで，お客様の据付時調整時間を大幅に短縮できる，という特長がある．

⑵動作原理

つぎに動作原理を説明する．サーボロジック弁を制御する専用コントローラ（図６）からプランジャの開口指令を入力すると，サーボ弁が作動してプランジャ室(a)に所定のパイロット圧が供給され，プランジャが図４の上方に動く．これにより，プランジャで閉じられていた主弁通路（A-B）が導通し，流量などの制御を実現する．主弁通路（A-B）を閉じる場合は，プランジャ室(b)にパイロット圧を供給してプランジャを下方に動かす．プランジャに配したストロークセンサで主弁通路（A-B）の開口量をコントローラに出力し，いわゆるフィードバック制御を行っている．この開口量信号と開口指令に差がある場合，両者が一致するまで，サーボ弁からプランジャ室(a)(b)にパイロット圧力を供給し，所望の制御を実現する．プランジャは，プランジャ室(a)(b)間のリークや，主弁に作用する流体力（フローフォース）の影響を受けて常に上下動を繰り返しており，サーボ弁からプランジャ室(a)または(b)にパイロット圧力を供給してその位置を保持する．

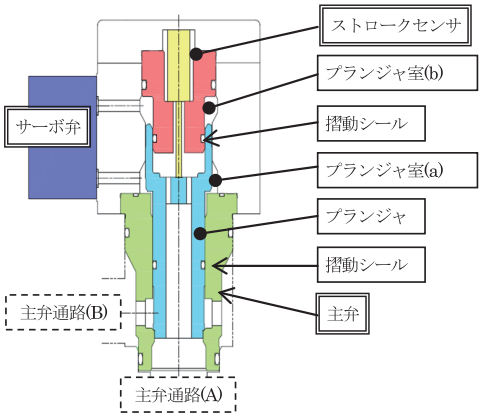


図５　サーボロジック弁構造図

図６　サーボロジック弁コントローラ

⑶高圧・大流量化

当社のサーボロジック弁は，特殊なしゅう動シールを用いることで高圧化を，パイロット回路の容積を最小として大口径プランジャを採用することで大流量化を，それぞれ実現している．これらの処置により，通常は応答性の悪化が予想されるが，油圧駆動力を最適化することで，20msecのステップ応答性と，0.5％以下の低ヒステリシスを実現している．また，大口径化によるリーク量の増加懸念に対しても，主弁のシート部をメタルシールとし，プランジャのしゅう動シールも工夫を施すことで，1㎤/min以下としている．

3. 電油ハイブリッドシステム

当初，当社製電油ハイブリッドシステム（エコサーボ）はポンプ吐出容量が22 ～ 200㎤の範囲でラインアップしていたが，機械・装置の大型化やポンプ台数低減要求の高まりから，500㎤ポンプを組み合わせた大容量システムを新たにシリーズ化している．その大容量システム（KESP500）の仕様を表３，外観イメージを図７に示す．

表３　大容量仕様

KESP500		オープン回路用	クローズ回路用
圧力 MPa	定格	45	35
	ピーク	50	40
回転数 min^{-1}	自吸最高	1,350	1,200
	最高	1,800	1,800
レギュレータ		比例流量制御	

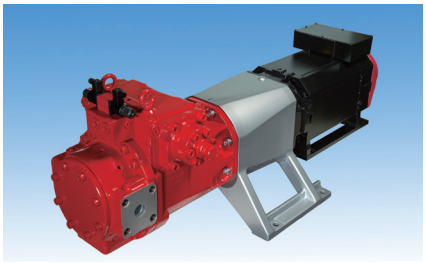


図７　KESP500シリーズ

KESP500シリーズの特長を次に説明する．

⑴高圧・長寿命K7VGポンプ採用

高圧・大容量の可変容量形斜板ポンプK7VG500を採用し，複数のアクチュエータを順次動作させる装置に適したオープン回路用と，１軸のアクチュエータの高精度な制御に適したクローズ回路用をラインアップしており，幅広い用途への適用が可能である．

⑵高応答制御

大容量サーボモータとの組み合わせにより，中型容量と同等レベルの高応答を実現．好評である既存シリーズの性能・特長はそのままで，システムの大型化が図れる．170kWサーボモータと組み合わせたKESP500の加速ステップ応答例（０～ 1200min^{-1}）を図８に示す．

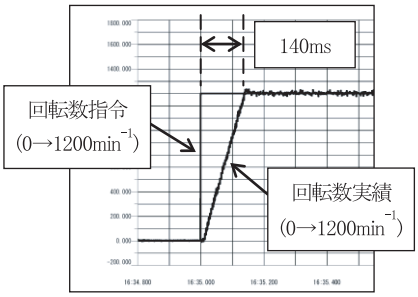


図８　KESP500ステップ応答例

⑶電気比例流量制御レギュレータ

KESP500用ポンプには，電気比例流量制御レギュレータを採用しており，押しのけ容積を任意に制御することができる．サーボモータによる回転数制御と併用することで，より高精度で多様な制御が実現でき，モータの出力を常に最大限発揮するシステムを構築することができる．

4. プレス用油圧システム

鍛圧機械の中でも鍛造プレスは，被成形物の材質や形状から，高出力化，高精度化の要求が高い分野のひとつである．ここでは，上述の高圧大容量機器や省エネシステムの鍛造プレスへの適用事例を紹介する．

4.1　航空機部材向け500MN鍛造プレス用システム

航空機部材には，Ti合金，Ni合金といった成形荷重の極めて高い材質が使用されるため，加圧能力500MNが必要となり，また，製品品質を確保するため，プレス機の性能として精密な加圧速度制御やプレススライドの高精度な平衡度制御が求められた．これらに対応するため，油圧システムの圧力仕様は45MPaが要求され，各種制御に対応可能な高応答システムが必要となった．本油圧システムでは，高圧化，高応答化に対応するため，高圧大容量ポンプK7VG500，サーボロジック弁を適用して油圧システムを構築した．

油圧ポンプK7VG500はサーボ流量制御レギュレータを搭載し，高応答・高精度な流量制御を可能とすることで，微速～高速域まで精密な加圧速度制御性能を達成した．また，ポンプをタンデム化し，両軸電動機と組み合わせることでポンプユニットの省スペース化を図った．ポンプユニットを図９に示す．

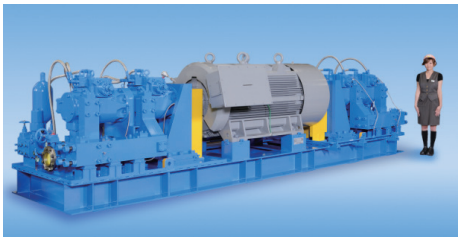


図９　K7VG500ポンプユニット

サーボロジック弁（SLV）は，引戻しシリンダの背圧を制御することで，偏心荷重下においても加圧時のプレススライド平衡度を高精度に保つことを可能とした．その他，圧抜流量や各動作切換を滑らかに制御することを可能とした．サーボロジック弁搭載のバルブブロックを図10に示す．

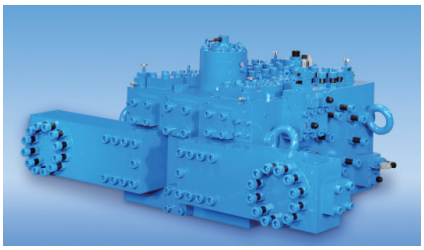


図10　サーボロジック弁搭載バルブブロック

4.2　高速多軸プレス用システム

油圧システムを用いた多軸プレスの場合，メカプレスに比較して，プレス速度が遅いイメージがあるが，高速多軸プレスは前述のエコサーボKESP500を用いてメカプレス並みの高速動作（400 ～ 500 ㎜ /sec）を実現している．

KESP500はサーボモータを使用することで高応答・高精度な流量制御を可能とし，加えてクローズ回路の適用により，アクチュエータの高精度な位置制御（±0.1㎜以下）を実現し，多様な精密鍛造を可能とした．また，油圧ポンプには電気比例流量制御レギュレータを搭載しており，サーボモータ出力を最大限有効に発揮することが可能であり，最適かつ，省エネな油圧システムを実現している．ポンプユニット実績の外観を図11に示す．

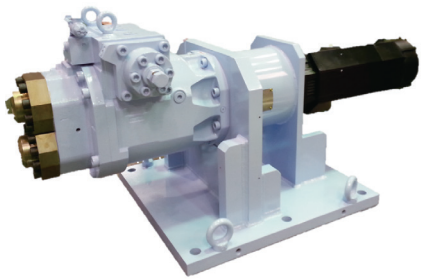


図11　KESP500実績例

5. おわりに

鍛圧機械は今後，ますます高出力化，高性能化，省エネ化などの要求が高まることが予想される．油圧メーカとして，市場のニーズに応えるべく機器・システムの開発・製品化に取組み，その発展に貢献していく所存である．

（原稿受付：2021年３月18日）

解説

実大三次元震動破壊実験施設（E-ディフェンス）

著者紹介

久家（くが）　誠（まこと）

三菱重工機械システム株式会社
〒652-8585 神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番地1号

1989年九州大学大学院工学研究科機械工学専攻修了．同年三菱重工業株式会社に入社，現在，三菱重工機械システム株式会社．日本ロボット学会，計測自動制御学会，システム制御情報学会の会員．

1. はじめに

1995年（平成７年）の兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）でビル，木造家屋，橋，道路，港湾など多くの構造物が未曾有の被害を被った．これを機に，今までの耐震性の評価方法を見直す必要が認識され，実大規模の構造物の破壊過程を調べることができる実大三次元震動破壊実験施設（E-ディフェンス）が建設された．本稿では，E-ディフェンスの大型油圧装置に焦点をあて紹介する．

2. 大型油圧設備

2.1　装置概要

E-ディフェンスは，実大規模の構造物を搭載して阪神・淡路大震災を引き起こしたマグニチュード７クラスの直下型地震を再現することでその崩壊過程を再現できる実験装置として，建設から５年の歳月をかけて2005年（平成17年）に完成した．さらに，2011年（平成23年）に発生した東北地方太平洋沖地震において記録された長時間で長周期の揺れを再現できるように，2012年（平成24年）に油圧源の増強と加振機構の改造を実施している．

2.2　加振機構

図１に加振機構，図２に加振機の外観を示す．震動台テーブルは，４階建ての鉄筋コンクリートのビル搭載を想定し最大重量1,200tfの供試体を搭載可能である．外形寸法は長さ20m，幅15m，高さ5.5mであり，内部は格子状板組立体構造となっている．内部に15個の加速度計が装備されており，これらから計算される震動台テーブルの並進・回転加速度信号を最終出力として制御されている．

震動台テーブルに三次元の地震動を与えるために水平X方向，Y方向にそれぞれ５台，垂直方向に14台の加振機が三次元継手を介して取り付けられている．加振機は両ロッドタイプの油圧シリンダであり，水平・垂直とも±4,410kN（450tf）の推力を有する．加振機の軸受けとして長ストローク・大荷重によるピストンの傾斜に対応できるように，球面座付き静圧軸受機構など，高速・低摩擦・高剛性を実現するさまざまな油圧機構が採用されている．加振機には，定格流量15,000L/min（弁圧損16MPa）のサーボ弁が水平加振機には３台，垂直加振機には１台装備されている．パイロット弁，中間弁，メイン弁から構成された４段弁であり，世界最大流量のサーボ弁である．

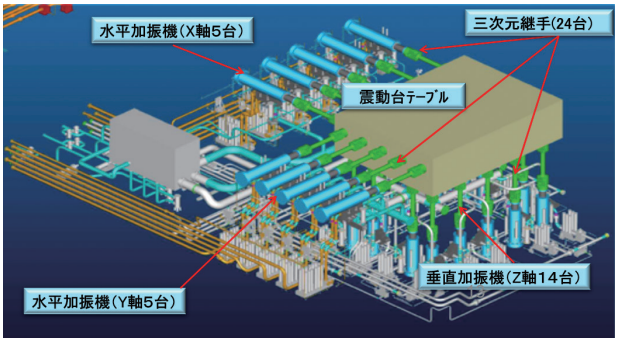


図１　加振機構の外観

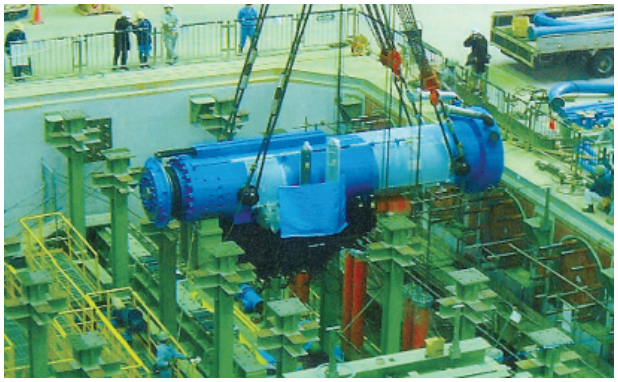


図２　加振機外観

2.3　油圧源設備

図３は油圧設備の全景である．主油圧ポンプユニットは吐出流量590L/minのプランジャ式ポンプ12台を，増速機を介してガスエンジンで駆動して４ユニットで総流量28,320L/minを吐出する．各主油圧ポンプユニットの吐出側には流量7,080L/minのリリーフチェック弁を設けている．リリーフチェック弁は，メインラインの圧力を規定の圧力に保つリリーフ弁と，主油圧ポンプユニット停止時のメインラインから主油圧ポンプユニットへの逆流を防止するチェック弁を備える．リリーフ弁は装置運用５年目でキャビテーションによりポペットが損傷したが，ポペットの硬度を変更し，現在まで問題なく運用している．

主アキュムレータユニットは，容量12,500Lの窒素ガス用バックアップボトルを装備したピストン型アキュムレータ20基で構成され，総吐出容量20kLの能力を持つ．大加振時に大流量を必要とし，主ポンプユニットの吐出流量では不足した場合，ライン圧力の低下に応じて蓄積していた高圧作動油を放出し流量不足を補う．

また，長周期の揺れを長時間再現できるように，220Lのブラダ型アキュムレータ360基を増設して総吐出容量を24kLに増強している．さらに，加振機を選択してシリンダの両室間をバイパスできるバルブを追設した．バイパスした加振機は駆動流量が不要となり，油量に余裕ができて長時間の加振が行えるようになった．

アキュムレータは蓄圧用のほかにも，加振による流量変動を吸収し脈動圧力を低減する目的で，220Lのブラダ型アキュムレータを各水平加振機の供給側に12台，各垂直加振機供給側に６台の計204台を装備している．

低圧戻りラインには，加振機からの瞬間的な大流量による背圧の発生を防止するため加振機近辺でいったん蓄積するスカベンジタンクと，アキュムレータを設けている．圧力脈動は，特に低圧戻りラインでは負圧となるため抑えるのは難しいが低圧専用のアキュムレータを製作することで解決した．

油圧配管の最大口径は高圧350A，低圧500Aである．高圧配管途中に設置したメンテナンスバルブは，大流量を圧損少なく流すため高圧350A配管内径と同じ通過面積を持つものを製作している．

油タンクは，上述のスカベンジタンク（容量205kL）と主油タンク（容量205kL）があり，総油量はふたつのタンクと配管内の容量を含めると650kLを超える．

これらの他にオフラインで作動油を循環させ，作動油の冷却（クーリングタワー冷却能力23,232kW）と，作動油中のコンタミおよび水分除去のためのフィルトレーションをおこなうフラッシングユニットを装備する．

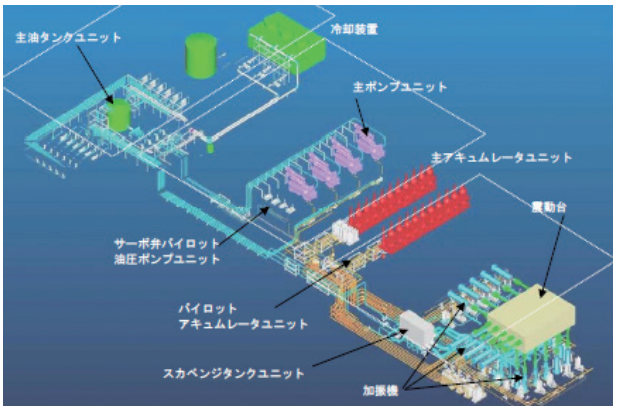


図３　油圧設備全景

3. む　す　び

E-ディフェンスの大型油圧装置の概要を紹介した．これだけの大型装置で強震動を，高精度に再現するために，加振機の球面座付き静圧軸受機構などトライボロジー技術を開発するほか，各種の大口径・大流量バルブや大型のアキュムレータを製作するなど，各油圧メーカの協力により実現した装置である．

参考文献

1）渡辺真太郎，前川和彦，田中保幸，小池明士，山崎幸治：実大三次元震動破壊実験装置の新開発トライボロジー要素，三菱重工技報，Vol. 38，No. 6，p. 312-315（2001）

2）阿部 健一：E-ディフェンスの地震防災・減災へ果たす役割，精密工学会誌，Vol. 78，No. 1，p. 5-9（2012）

（原稿受付：2021年３月30日）

解説

コンクリートミキサ車の油圧システムとICT

著者紹介

木本恵介（きもとけいすけ）
KYB株式会社
〒369-1193 埼玉県深谷市長在家2050

2005年芝浦工業大学工学部機械工学科卒．前職を経て，2012年にKYBに入社．特装車両事業部　熊谷工場　技術部に配属．現在はミキサ車の新規開発業務に従事．

1. はじめに

コンクリートミキサ車（以下，ミキサ車）の動力は時代の変遷とともに大きく進歩してきた．そのときどきの社会のニーズにこたえ続け現在にいたる．ミキサ車のこれまでの発展と変遷を簡単に紹介する．

1.1　ミキサ車の始まり

わが国初の生コンクリートプラント（以下，プラント）が設立されたのは1940年代であった．当時，プラントはできていたが，ミキサ車が国内にないため，生コン運搬にはダンプトラックを使用していた．このため，運搬途中に生コンクリート（以下：生コン）の分離がよく問題となっていた．経済の成長とともに生コン生産量は急増していき，生コン専用の運搬車の必要性が叫ばれるようになった．生コン専用の運搬車の出現は1952年ごろで水平回転式ドラムが開発された．当時のミキサ車は，トラックのエンジンからドライブシャフト，チェーン，減速機を介しドラムまで動力を伝達する機械駆動式であった．

1.2　機械式から油圧式へ

機械駆動式から立ち上がったミキサ車であったが，作業者から操作性，騒音，応急駆動などの改善要望が強まった．これらの課題を解決する油圧駆動方式を各社採用し始めた．油圧駆動方式は，回転制御が容易となり，動力伝達もドライブシャフトにかわり油圧配管を通すだけで，作業性，メンテナンス性が向上された．このときより徐々にミキサ車は油圧駆動式が主流となっていった．

1.3　傾胴型ミキサ車へ

生コン専用運搬車の創成期には，さまざまな方式があった．ハイローミキサ車（写真１）もその一つで，ドラム内部に撹拌用のパドルを有し，強制的に生コンを練り混ぜる方式で混練性能は高く，生コン品質に定評があったが，運搬車の使命である積載量の確保が難しい点があった．

写真１　油圧駆動ハイローミキサ車

高度成長期を迎え，さらに生コン需要が増加し，大量輸送が求められるようになった．また，生コン品質についての要求も高くなってきた．品質を維持するためには“練り混ぜ初期の練り”が非常に重要であるため，生コンプラントで練られた生コンを大量輸送する傾胴型ミキサへ移行した（写真２）．

写真２　油圧駆動傾胴型ミキサ車

2. ミキサ車用油圧システムの特徴

大量輸送が主流となるにつれ，運搬時の走行安定性が求められるようなった．

1980年代では生コン積載量を4.5㎥（積載量約10t）のミキサ車に一定回転制御機構を取り入れた油圧ポンプを採用した．ミキサ車はトラックのトランスミッションから油圧ポンプの動力をとっているため，走行中のエンジン回転数の影響を受けてポンプからの流量が増減しドラム回転数が変動していた．走行中のドラム回転数変動は，走行安定性に大きく影響する．一定回転制御機構を採用することで，走行中のエンジン回転数が変動してもドラム回転数を一定に保つことが可能となった．また，走行安定性のほかに省エネと生コン品質（均質化）の向上にも貢献した．現在もミキサ車はこの方式を採用している．図１に油圧システム図を示す．

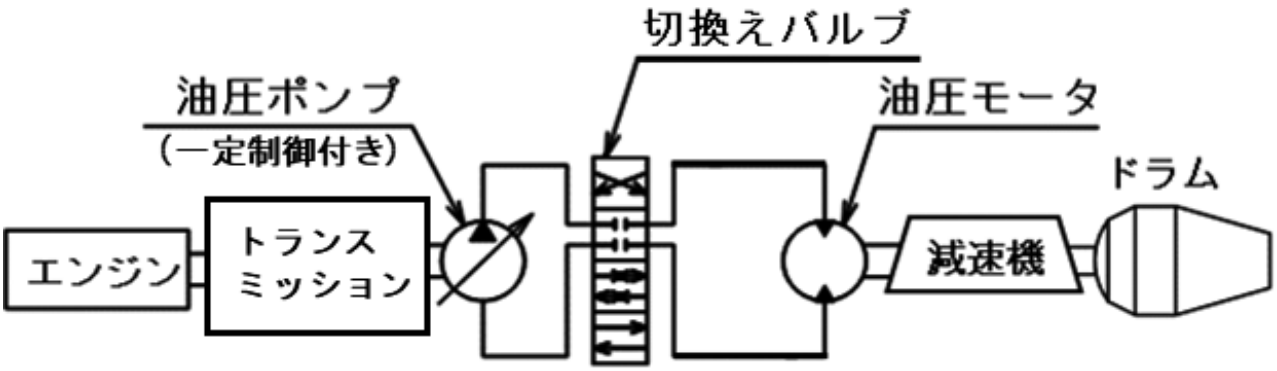


図１　油圧システム簡易図

3. 環境に配慮した油圧システムへ[1)]

2004年に電子制御式油圧ポンプを搭載した低騒音・省エネルギー型コンクリートミキサ車が登場した．ミキサ車は停車してエンジン回転を上げて作業することが多く，騒音問題・排ガスによる環境悪化の原因となる側面があった．そこでドラム駆動制御操作系を電子化しこの課題を改善したのが電子制御ミキサ車である．電子制御ミキサ車は２速可変制御式油圧モータを採用している．油圧ポンプ内に内蔵した圧力センサで駆動圧を測定し，低負荷の作業時には，モータ容積を半分にし，エンジン回転数も通常の半分でも，ドラムを通常の回転数に上げることができる．そのため作業騒音の低減・燃費向上・CO^2削減に貢献した環境対応のミキサ車となっている．

4. ミキサ車のIoT化

昨今の建設現場では情報化施工推進，建設施工のトレーサビリティなどの必要性が求められている．M2M，IoTは近い将来，さまざまな機器がつながることで情報がビジネスを発展させる機会を広げる．2016年９月の未来投資会議において2025年までに建設現場の生産性２割向上をめざす方針が示されたことで一層の推進が期待されている．ミキサ車においてもデータ取得において実施している内容を紹介する．

4.1　情報化ミキサ車の開発

ユーザが安心して業務遂行していただくため，情報化ミキサの開発を進めている．ミキサ車に搭載された各種センサ情報から故障予知，部品交換の告知や故障発生時の迅速な対応，位置情報，配送状態，生コン性状値の通知をすることによる運搬効率の向上を目的としている．図２にシステム構成を示す．

現在，情報化ミキサ車をモニタとして数社の生コンプラントで使用していただき，有効性を確認している．また，i-Constructionの柱の一つである“全体最適の導入”のサプライチェーンの効率化，生産性向上の一端を担える可能性について検証をすすめている．

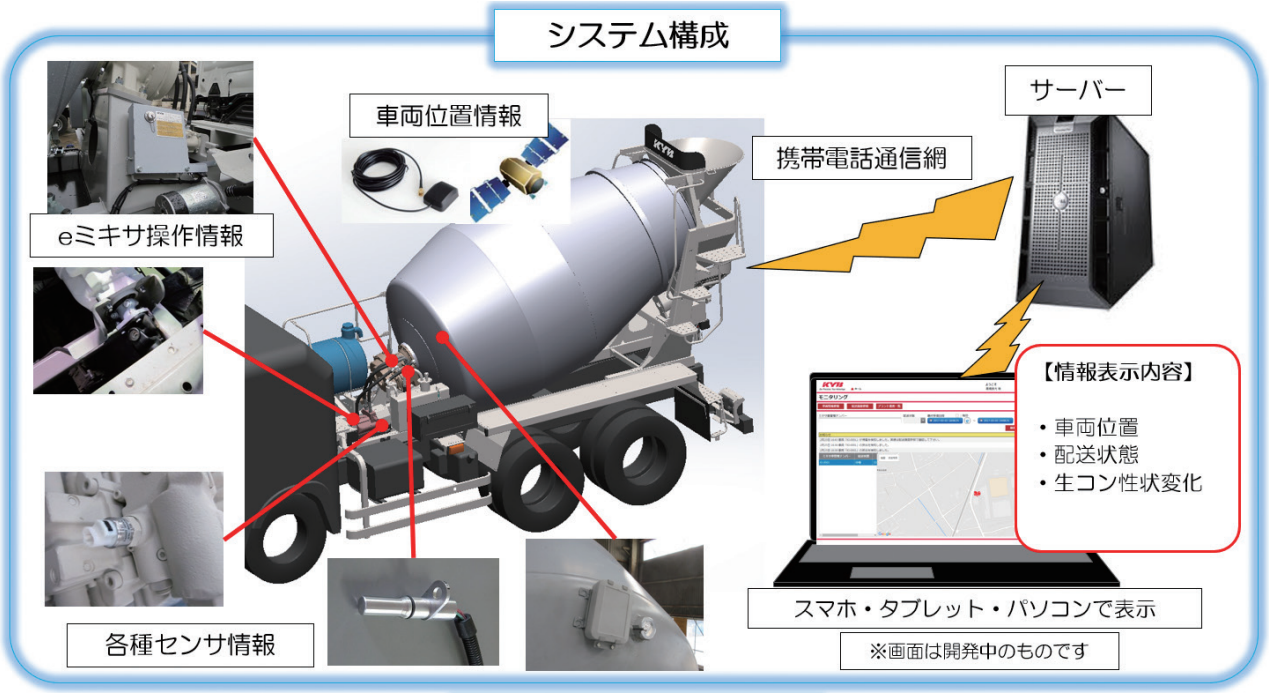


図２　情報化ミキサシステム構成

4.2　次期電子制御ミキサの開発[2)]

今後，多くの機器が電子化され情報が共有されていく中で，ユーザに電子化されたミキサ車を安心して使用していただける環境づくりも合わせて必要である．

4.2.1　お客様へ安心・安全の提供

ミキサ車の動きの見える化を目的とした表示器を採用する．安心を与える代表的な例は，下記のとおりにあげる．

1）ドラム状態（回転方向，停止など）の表示（写真３）
2）リマインド機能としてメンテナンスの項目であるグリスアップや油交換時期の通知（写真４）
3）異常発生時の対処方法の通知

写真３　稼働時の画面（ドラム撹拌回転時）

写真４　メンテナンス画面

上記は一例であるが，ユーザの作業がモニタで確認できる安心感は大きい．

4.2.2　サービス工場向けのアプリ

機器の電子化によりアフターメンテナンスの手法も変化が求められている．サービス工場へ負担の少ない検査用のアプリケーション開発も合わせて行った．検査のほかに，運行，メンテナンス履歴の確認，各種機能の設定を容易に行うことができる．下記，写真５が次期電子制御ミキサ用アプリケーション画面である．

写真５　アプリケーション画面（メニュー）

5. 最　後　に

現在，システムの電子化，情報の共有化が進む時代の流れとなっている．特にゼネコン，生コンプラント，建設現場の情報を共有する動きが活発になっている．時代に沿った開発とともに，ユーザ目線に立った日々の改善も重要と考える．今後ともユーザに寄り添った開発に心がけたい．

参考文献

1）KYB株式会社　技報　第44号　電子制御ミキサ車『eミキサ』のモデルチェンジ
2）KYB株式会社　技報　第60号　eミキサⅢの開発

（原稿受付：2021年３月８日）

お詫びと訂正

本学会誌第51巻第１号（2020年１月）巻頭言「学会創立50周年記念特集号の発行に寄せて」におきまして，以下のような記載ミスがありました．

【誤】　1984年２月に社団法人日本油空圧学会が発足し…　　【正】　1983年２月に…

深くお詫び申し上げ，ここに訂正させていただきます．

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

日本フルードパワーシステム学会主催国際シンポジウム
The 11th JFPS International Symposium on Fluid Power HAKODATE 2020
開催日：令和３年10月12日(火)，13(水)

コロナ禍で延期した国際シンポジウム「函館2020」を標記日程で開催致します．コロナ禍の収束状況が不確かなため，オンライン（オンデマンド形式）で実施します．ここでは，世界のフルードパワー研究者の特別講演，基調講演，研究者や技術者の方々からの研究発表もあり，貴重な情報に接する良い機会です．会員各位におかれましては，積極的な参加をお願いいたします．詳しくは下記サイトをご覧ください．

http://www.jfps.jp/net/11thjfps/

解説

ダム・水門用油圧装置の設計指針と高付加価値の採用

著者紹介

大塚（おおつか）　宏行（ひろゆき）
油研工業株式会社　油圧システム部
〒252-1113 神奈川県綾瀬市上土棚中4－4－34
E-mail : hi.ootuka@yuken.co.jp

1969年12月11日生まれ，1993年油研工業株式会社に入社，以来，油圧システム製品の設計・開発に従事

1．はじめに

1993年入社以来，現在まで油圧システム製品の設計業務に従事してきた．油圧装置そのものは人目につく場所にはなく，人知れず愚直に仕事をしている．縁の下の力持ちである油圧装置の中でも比較的動きがわかりやすくかつ，今回の執筆テーマである超大型機械として，ダム・水門用の油圧装置に関して紹介する．

実際の試運転に立ち合う機会が何度かあり，現地にたどり着くまでの道のりが遠く，現地で見るダム全体の大きさに毎度圧倒された．また，装置を確実に動かすための幾重もの安全を考えた設計，環境への配慮，非常時にも運転できる体制構築などの必要性を肌で感じることができた．その経験をふまえ，すでに周知の技術ではあるが安全を考慮した設計指針と，高付加価値製品を使用した油圧装置について紹介する．

2．ダム・堰・水門・樋門

ダム・水門用と一口で言っても種類，用途，構造，目的から分類は多く，すぐに想像できるような山奥にある大型のダム，河川途中にある堰および，河口付近にある水門など多岐に渡る．

2.1　ダム・堰とは？

基本的に，河川を横断して，流水を制御する目的で設けられるもののうち，堤高が15m以上のものがダムで，ダム以外で流水を貯留する目的で設けられたものが堰となる．

2.2　水門・樋門とは？

基本的に，河川または水路を横断して設けられる制水施設であって，堤防の機能を有するものである．

したがって，水門・樋門は洪水などが発生した際にはゲートを閉止して堤防としての機能を持たせている．

これに対し，ダム・堰の洪水吐き設備などにおいてはゲートを開放して，できるだけスムーズに流下させる機能を持たせるため，堤防としての機能はない．

3．安全を考慮した設計手法

（一社）ダム・堰施設技術協会より発行されているダム堰施設技術基準（案）などにより標準化が進み，現在は一定の安全水準でダム・水門用の油圧装置を設計できるようになった．

構成する装置や設備などに故障が生じても，取水・制水・放流設備の信頼性が確保できるように装置や設備およびそれらを含むシステムなどに必要に応じてフェールセーフ，フォールトトレランス，フェールソフトを取り込む[1)]．

・フェールセーフ：重大な損傷，誤動作を生じないよう機器の運転を停止する機能
・フォールトトレランス：故障があっても本来の機能を保持するもの
・フェールソフト：機能が低下しても操作不能にならないようにするもの

上記に関連した油圧装置の内容を抜粋し，以下に紹介する．

3.1　二重化[2)]

開閉装置の緊急操作対策として，一般に油圧発生装置を二重化する処置がとられている．二重化の方法としては，

⑴油圧ポンプ二重化方式
⑵圧力スイッチ兼用方式
⑶圧力スイッチ並列方式
⑷完全並列方式

などがある．適用を表１に記載する．

表１　二重化方式の適用[2)]

機器数と故障位置＼二重化方式		ポンプ二重化	圧力スイッチ兼用式	圧力スイッチ並列式	完全並列式
圧力スイッチの組数		2	1	2	2
故障の対象機器とバックアップの機能の有無	電動機が故障した場合	○	○	○	○
	油圧ポンプが故障した場合	○	○	○	○
	切換弁が故障した場合		○	○	○
	圧力制御弁が故障した場合		○	○	○
	圧力スイッチが故障した場合	○		○	○
	油圧ポンプと方向制御弁が同時に故障した場合		○	○	○※1
圧力検出機能の有無	油圧ポンプ単独運転の場合	○	○	○	○
	２台のポンプを同時に運転した場合	○	○※2	○	○
油圧配管のシンプル性		○			○
油圧ポンプを同時に運転する場合の適応性		○		○	○

3.2　油圧発生装置の容量[2)]

油圧発生装置の容量としては以下の３通りから選択するのが一般的であり，基本的に①が原則となる．

①100％容量のものを２組設ける方法

②50％容量のものを２組設ける方法

③100％容量のもの１組と，非常時に必要な速度に対応した容量のものを１組設ける方法

適用を表２に記載する．

表２　油圧発生装置の容量の適用[2)]

使用条件＼油圧発生装置の容量		100％×２組	50％×２組※1	100％＋α※2
常時の速度に対する非常時の速度の割合（％）		100	50	α
動力の同時運転の有無		無	有	無
動力の種類の組合せに対する適応性	電動機―電動機	○	○	○
	電動機―内燃機関	○		○
	電動機―手動操作装置			○
	内燃機関―内燃機関	○※1		○
	内燃機関―手動操作装置			○

4．高付加価値製品を使用した油圧装置

4.1　灰塚ダム（環境用水放流設備主ゲート）

ACサーボモータ駆動ポンプユニット（図１，２）を使用し，１ユニット＝１アクチュエータ方式で，ポンプ吐出流量と圧力をサーボモータの回転数で制御する，超高性能，省エネ油圧駆動を採用した（図３）．

灰塚ダムの環境用水放流設備は世界で初めて二軸支持引張りラジアルゲートを採用[3)]，ゲート左右に設置された２本の油圧シリンダの位置を検出しながら同調精度を高く保ち運転する（図４）．また，基本的には閉回路とし，制御回路を省くことで熱効率がよく，省エネに貢献できるシステム構成となった．

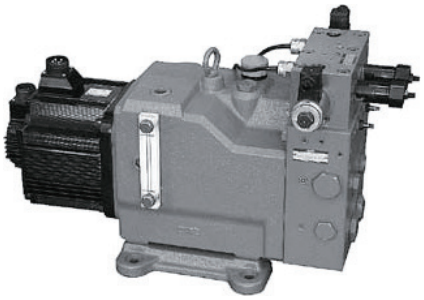


図１　ACサーボモータ駆動ポンプユニットの写真

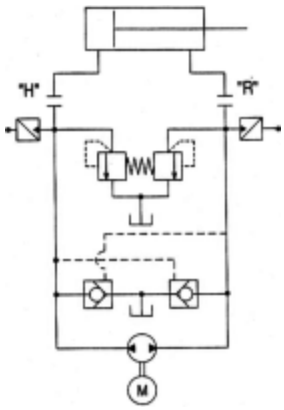


図２　基本回路構成

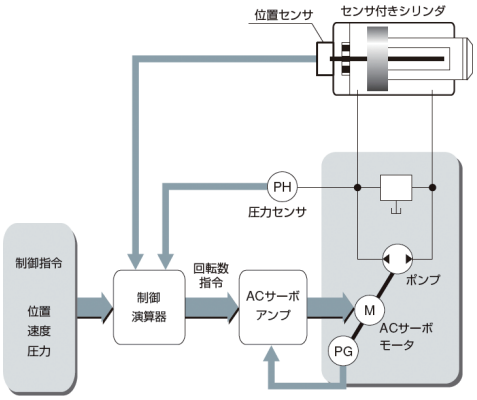


図３　ACサーボモータ駆動ポンプユニットの構成

ACサーボモータ駆動ポンプユニットの採用により，一般的な流量制御弁と電磁切換弁との組合せによる同調，停止精度を上回りかつ，速度を任意に設定できる特徴がある．短所としては，設計当時のACサーボモータの価格と制御の難しさがあげられるが，今後レアメタルによらないモータの開発が進めば安価に超高性能な油圧装置を構築できる可能性がある．

図４　20%開度時の流況[4)]

4.2　百間川河口水門（ライジングセクターゲート）

ライジングセクターゲートはその形状に特徴があり，周囲の景観を極力損なわないように配慮された美しいゲート形式である（個人の感想を含む）．

このゲートは堰・ダム・水門いずれにも対応でき，駆動部にオイルモータを並列で使用した比較的めずらしい水門である．

今回紹介する百間川河口水門は国内最大級の大きさのライジングセクターゲートのひとつで，比例電磁式ロードセンシング制御ポンプを使用し，負荷に応じたポンプ吐出流量と圧力を比例制御する，省エネ油圧駆動を採用した（図５）．

図５　比例電磁式ロードセンシング制御ポンプの写真

マイナス負荷をカウンターバランス弁で受け，汎用の三相誘導電動機を使用しながら，従来の油圧装置よりも省エネを実現できた．

また，ゲートを回転させるための複数のオイルモータの同調はメカ同調によるので，前項で紹介したACサーボモータ駆動ポンプよりも制御精度は劣るが，省エネを目的としかつ，コスト低減にも貢献できるシステム構成となった．

ゲートの基本動作を図６，７に示す．

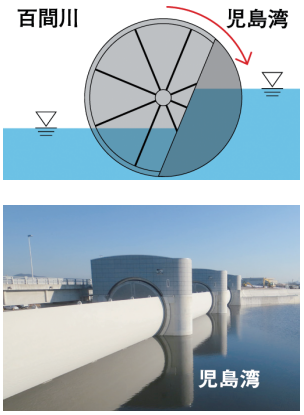


図６　ゲート閉時のイメージ（上段）と写真（下段）[5)]

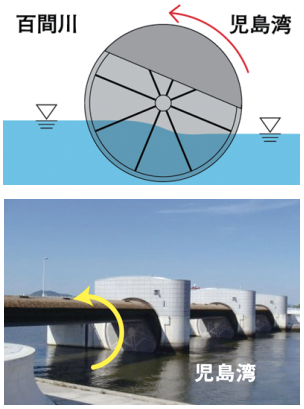


図７　ゲート開時のイメージ（上段）と写真（下段）[5)]

5．おわりに

今回執筆にあたり，関係各位のご厚意により貴重な資料を使わせていただきましたこと厚く御礼申し上げます．今回紹介した油圧装置は実績としては少し古いため最新動向ではありませんが，一設計者としてダム・水門設備設計の一部にかかわれたことおよび，新しい油圧システムにチャレンジする機会をいただけたことに感謝し，同様にチャレンジできる機会を後進の設計者に提供できるように日々挑み続けたいと思います．

参考文献・引用等

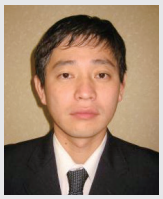
1）ダム・堰施設技術基準（案）　平成28年10月
発行：一般社団法人 ダム・堰施設技術協会
2）ゲート式開閉装置（油圧式）設計要領（案）平成12年６月
発行：一般社団法人 ダム・堰施設技術協会
3）国土交通省 中国地方整備局 三次河川国道事務所HP
http://www.cgr.mlit.go.jp/miyoshi/haizuka/
4）20%開度時の流況の写真提供：株式会社IHIインフラシステム殿
5）国土交通省 中国地方整備局 岡山河川事務所HP
http://www.cgr.mlit.go.jp/okakawa/kouhou/hosuiro/watergate.html

（原稿受付：2021年１月７日）

会議報告

計測自動制御学会 第21回流体計測制御シンポジウムに観るフルードパワー研究動向

著者紹介



藤田壽憲（ふじた としのり）
東京電機大学
〒120-8551 東京都足立区千住旭町５番
E-mail : tfujita@mail.dendai.ac.jp

1992年東京工業大学助手を経て，2002年東京電機大学助教授，2004年同大学教授．流体計測・制御，主として空気圧システムの解析，制御の教育・研究に従事．日本フルードパワーシステム学会，計測自動制御学会などの会員．博士（工学）．

1. はじめに

計測自動制御学会では部門に分かれ活動を行っている．各部門では年に１回の部門大会が企画される．産業応用部門内には流体計測制御部会があり，部門大会と同時開催の形で流体計測制御シンポジウムが開催される．2020年度は当初，東京工業大学・大岡山キャンパスで開催される予定であったが，ご多分に漏れずコロナ禍のためZOOMを用いたオンライン開催となった．本稿では，11月25日（木）に行われた同シンポジウムにおける研究発表について報告する．

2. シンポジウムに観る研究動向

シンポジウムには横浜国大・眞田教授，芝浦工大・川上教授，神奈川工大・吉満准教授とその関係の学生などが参加していた．例年10件ほど発表されるのに対し2020年度は約半分の5件であった．その研究発表の概要について以下に述べる．

林らはアシストスーツにおける複数関節部の動作を空気圧リザバーコンピューティングにより推定することを試みている[1)]．横山らはメータアウト回路の排気絞りにオンオフ弁を用い、これをPWM駆動して位置決め制御し負荷変化にロバストなサーボ系を可能としている[2)]．今井らは圧力容器に繰り返し充填放出したときの熱伝達率等の熱力学的特性の変化を調べ考察している[3)]．井上らは冷却した空気を充填し、充填完了時の空気温度を室温近くとすることによって、温度による圧力変動を抑制し漏れ計測を高速化することを試みている[4)]．石井らはサーボ弁と受圧面積を増大させて，最大5Gの加速度を実現するエアステージを発表している[5)]．

3. おわりに

本シンポジウム後，ベストプレゼンテーション賞として林滉之氏（東京医科歯科大）が表彰された．また部門大会の最後には2020年度でご定年を迎えられた明治大・小山教授により「フルイディクスが教えてくれたもの」と題して基調講演が行われた．著者はフルイディクスについてよく知らなかったが，本シンポジウムは1966年の純流体素子シンポジウムがはじまりであったこと，1960 ～ 70年代の半導体が優位ではなかった時代に計測および制御をになう素子として活発に研究されていたことなどが紹介された．特に小山教授が研究された図１の全空気圧制御歩行ロボット[6)]はフルイディクスでここまでできるのかと興味深かった．2021年度も流体計測制御シンポジウムはオンラインでの開催予定である．オンラインはネット環境があれば限られた時間でも参加可能ですので，皆様のご参加をお待ちしています．

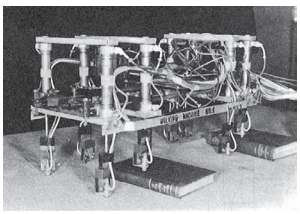


図１　フルイディクスによる全空気圧制御歩行ロボット

参考文献
1）林滉之，川瀬利弘，宮嵜哲郎，菅野貴皓，中島義和，川嶋健嗣：空気圧リザバーコンピューティングを用いた人工筋アシストスーツの複数関節動作推定，p. 9-12
2）横山雄大，村山栄治，川上幸男，堀川昭芳：空気圧サーボ系におけるメータアウト回路を用いた位置決め制御回路の検討，p. 13-14
3）今井幹登，小山紀，香川利春，吉満俊拓：空気圧における充填と放出の繰り返しによる実験的計測，p. 15-17
4）井上翼，小山紀，香川利春，吉満俊拓：冷却空気を用いた漏れ計測時間の短縮化，p. 18-20
5）石井旺次郎，杉山洋樹，藤田壽憲：静圧軸受を用いたエアステージの高速化，p. 21-23
6）小山紀：フルイディクスが教えてくれたもの，p. 39-42
注）全て2020年産業応用部門大会 講演論文集（2020）に収録

（原稿受付：2021年3月29日）

会議報告

山梨講演会2020におけるフルードパワー技術研究

著者紹介

吉田和弘（よしだかずひろ）

東京工業大学 科学技術創成研究院 未来産業技術研究所
〒226-8503 横浜市緑区長津田町4259-R2-42
E-mail : yoshida@pi.titech.ac.jp

1989年東京工業大学大学院博士課程修了，同大学助手，助教授（准教授）を経て2015年4月教授．2008年10月～2009年3月米国UCSB客員研究員，2015年7月～9月米国MIT客員研究員．流体マイクロマシン，機能性流体の研究に従事．JFPS，JSME，IEEEなどの会員．工学博士．

1．まえがき

山梨講演会は，日本機械学会関東支部および精密工学会の共催で，毎年10月中旬の土曜日に行われてきたが，2020年は新型コロナウィルス感染症拡大の影響を受けて，2020年11月22日(日)に日程を変更するとともに，YouTubeとZoomを併用したオンライン開催となった．発表者はZoom講演室に入室し，発表および質疑応答を行い，一般の聴講者はYouTubeを聴講し，質問はYouTubeのチャットに記入し，座長がそれを読み上げて伝えるという形式であった．YouTubeには時間遅れがあり，チャットの記入にもやや時間を要するなどの問題のため，質疑応答にやや手間取る場合もあったが，大きなトラブルはなかった．

本講演会では，アクチュエータシステム９件，計測・制御10件，画像処理と機械学習３件，ロボット／設計・生産４件，加工・ものづくり３件，切削・研削・研磨加工10件，繊維強化複合材料の成型と評価６件，フランジガスケット締結体の力学と密封性能評価４件，材料力学／材料工学６件，応用熱工学15件，振動工学３件，特別講演１件（YouTubeのみ），合計74件の発表があった．

フルードパワー技術関連では，液圧関連３件，空気圧関連３件，機能性流体，マイクロデバイス関連３件，合計９件の発表があった．以下では，各発表について概観する．

2．研究発表の概要

2.1液圧関連

液圧関連では，バルブ１件，ポンプ１件，センサ１件，計３件の発表があった．

鈴木らは，車両用レシプロエンジンの電磁駆動バルブシステムのため，リニアアクチュエータの高推力化をシミュレーションにもとづき検討している[1]．運転者補助システムによる重量増加に適応するエンジンの高出力化のため，リニアモータを用いた電磁駆動バルブシステム（EDVS）を発展させ，バルブのリフト量や開閉タイミングを回転数ごとに変化させる手法を提案している．主要要素であるリニアアクチュエータについて有限要素解析を行い，永久磁石の配置により高推力化できることを示している．

木田らは，FIマイクロポンプを搭載した高パワー管内走行マイクロロボットを提案し，シミュレーションによる検討を行っている[2]．FIマイクロポンプは，流体の慣性効果を応用し高出力パワーが得られるもので，これを搭載し，液圧アクチュエータをタンクとしても用いた管内走行マイクロロボットを提案している．吐出管を折り返して配置し，ポンプ全体の短縮化を図ったFIマイクロポンプを提案し，集中定数系数学モデルを用いたシミュレーションを行い，十分な出力が得られることを確認している．

眞田は，カルマンフィルタを用いた層流流量計による非圧縮性流体の流量推定について実験および理論解析により検討している[3]．本手法は，分岐した32本の平行な細管の１本に取り付けた３個の圧力センサの測定値からカルマンフィルタにより流量を推定するもので，水を作動流体とした実験にもとづきその推定式を導出している．その結果，高い流量では層流を仮定した推定値と異なることを見出し，理論解析と実験値との比較により，遷移域の流速分布の影響があることを示唆している．

2.2　空気圧関連

空気圧関連では，アクチュエータ１件，バルブ１件，ポンプ１件，計３件の発表があった．

木村および藤田は，短いストローク，高駆動電圧

などの圧電素子駆動の欠点を克服するため，空気圧ベローズを用いた平面３自由度パラレルメカニズムを用いたステージを開発している[4]．本ステージは，ベローズが伸縮だけでなく軸と垂直方向に受動的に変形できる特性を応用したシンプルな構造のもので，120°方向が異なる３個の空気圧ベローズにより空気圧軸受で支持されたステージを移動するものである．３個の空気圧ベローズの内圧をニードルバルブで調整し，その静特性を実験的に明らかにしている．

本同らは，低電圧で駆動する静電駆動形高速空気圧MEMSバルブを提案している[5]．電極となるリードに対向した吸引電極をリード先端で間隔が大きい曲面形状とし，電圧印加時に電極間隔の減少をリード先端に伝播させる構造のリードバルブは，低電圧で十分な開度の開閉動作を高速に行うことができるが，MEMS技術では曲面電極の製作は困難である．そこで，積層された平面構造で曲面形状を近似する階段状電極を提案し，シミュレーションによる特性解析にもとづきその有効性を確認している．

上田らは，空気圧マイクロシステムのため，流体の慣性効果を用いた空気圧マイクロポンプを提案し，シミュレーションによる検討を行っている[6]．提案するポンプは高出力が得られている流体慣性を用いた液圧FIマイクロポンプの原理を応用したものである．ポンプ室における空気の圧縮性およびポンプの構成要素である細長い吐出管が分布定数系であることを考慮した数学モデルを構築しシミュレーションを行い，その特性を明らかにするとともに，ポンプ各部の寸法の設計を行っている．

2.3　機能性流体およびマイクロデバイス関連

機能性流体およびマイクロデバイス関連では，バルブ１件，製作手法２件，計３件の発表があった．

小林らは，複数のアクチュエータを有するマイクロロボットの制御のため，ERバルブのマイクロ化について検討している[7]．ERバルブは，液晶系ERF（電気粘性流体）を作動流体とし，流路をはさむ電極対による印加電界でその粘度を変化させ，圧力，流量を制御するものである．液晶系ERFの高せん断速度域におけるER効果の低下を回避するため，電極対を積層し，各電極対間の流量を抑えた積層形ERマイクロバルブを提案し，体積１mm^3の電極部を設計し，ワイヤ放電加工を用いて試作している．

新井らは，不均一電界印加でジェット流が生じるECF（電界共役流体）を用いたマイクロポンプに用いる三角柱ースリット形電極を高アスペクト比で製作するため，深堀り反応性イオンエッチング（DRIE）における開口パターンの形状への影響について検討している[8]．30°，60°および90°の角を持つ直角三角形の周囲の開口部の幅を変えたパターンに対しDRIEを行い，観察を行った結果，サイドエッチング量は，開口部が小さく，先端角度が大きいほど小さくなることを確認している．

大友らは，マイクロ流体デバイスのため，接着剤のはみだしがないパッケージング手法を提案している[9]．従来のMEMS技術により製作された流路をカバープレートと接着する手法では，接着剤のはみだしによる流路の一部の閉塞が問題となることを指摘し，シランカップリング剤であるAPTESを用いたパッケージング手法を提案している，T字マイクロ流路を有するマイクロ液滴生成デバイスの試作を行った結果，流路の断面形状を変化させることなく接着可能であることを確認している．

3．あ と が き

山梨講演会2020におけるフルードパワー技術関連の研究発表について概観した．新型コロナウイルス感染症の影響による講演会のオンライン開催については，さまざまな工夫がなされており，実行委員会の皆様にあらためて感謝の意を表したい．新型コロナウィルス感染症の早期の収束を切に願っている．

参考文献

1）鈴木遼，菅井恭輔，成田正敬，加藤英晃：レシプロエンジン用電磁駆動バルブシステムのアクチュエータ（リニアモータの推力特性に関する基礎的検討），山梨講演会2020講論集，C45，(2020)
2）木田航平，吉田和弘，金俊完：高パワー管内走行マイクロロボットとそのマイクロ液圧源，D33，(2020)
3）眞田一志：カルマンフィルタを利用した層流流量計における流量推定式について，同上，D41，(2020)
4）木村蒼太，藤田壽憲：空気圧ベローズで駆動する平面３自由度パラレルメカニズムを用いたステージ，同上，D42，(2020)
5）本同和人，吉田和弘，金俊完：低電圧で駆動する静電駆動形高速空気圧MEMSバルブの提案，同上，D31，(2020)
6）上田敏弘，吉田和弘，金俊完：流体慣性を応用した空気圧マイクロポンプの提案と設計，同上，D32，(2020)
7）小林賢人，吉田和弘，金俊完：ERバルブのマイクロ化に関する研究，同上，D34，(2020)
8）新井真俊，松谷晃宏，吉田和弘，金俊完：深掘り反応性イオンエッチング（DRIE）における開口パターンの高アスペクト比形状への影響，D44，(2020)
9）大友泰輝，吉田和弘，金俊完：マイクロ流体デバイスにおける接着剤のはみだしがないパッケージング手法の提案，D45，(2020)

（原稿受付：2021年３月10日）

トピックス

ベンガルール駐在員日記

著者紹介

松本（まつもと）敏士（さとし）

Wipro Kawasaki Precision Machinery Pvt. Ltd.
No.15, Sy.No.35 & 37, Kumbalgodu Industrial Area, Bengaluru, Karnataka 560074, India
E-mail : matsumoto_satoshi@khi.co.jp

1999年姫路工業大学大学院工学系研究科修了，同年川崎重工業株式会社入社，精密機械部門において設計，製造管理業務に従事，2019年Wipro Kawasaki Precision Machinery Pvt. Ltd.に出向，現在に至る．

1. はじめに

2019年３月より駐在中のベンガルールの街とその暮らしを紹介する．

ベンガルール市は人口510万人，周辺の市街地を含めると1,200万人を擁するインド第３の都市である．情報，ソフトウェア産業の集積地として有名だが，裾野が広い航空宇宙，重電産業，工作機械メーカの本社，生産拠点やサプライヤーが多くあり，インド南部のものづくり拠点のひとつになっている．首都デリーから約2,200㎞南に位置しており，その距離は札幌市と鹿児島市の距離に等しい（図１）．

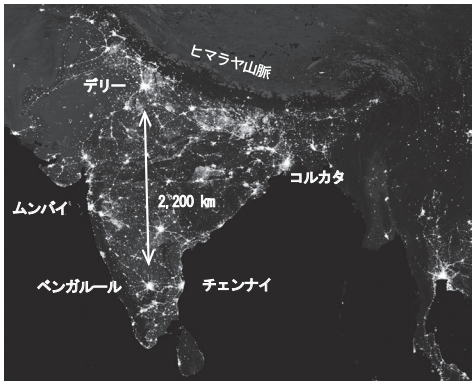


図１　インドの夜の衛星写真（NASA）

2. 住

毎朝，自宅近くのムスリム（イスラム教徒）居住エリアにあるマスジド（イスラム教礼拝堂）から夜明けの祈りを呼びかけるアザーンが聞こえてくる．ヒンドゥー教寺院は朝晩のプージャ（祈り）に訪れる人々でにぎわう．プージャに参列しない人々でも頭を垂れて祈りをささげながら寺院前を通り過ぎる姿を必ず見かける．日曜日の午前中には近くのキリスト教会の礼拝堂で聖書の朗読や讃美歌などミサの様子を見ることができる．これらすべては自宅から半径１㎞の範囲の日常の出来事である．

ヒンドゥー教徒エリアにある大小寺院にはシヴァ，ビシュヌ，クリシュナ，ガネーシャなどさまざまなヒンドゥー神がまつられている．住居の玄関前には，家庭に繁栄がもたらせられるよう，毎朝，図２に示すようなコーラムが描かれるところも多い．実物はカラフルで美しい．

図２　筆者自宅周辺で見られるコーラム

彼らは日に５回住民が集いメッカの方角に向かって礼拝をする．その近くにはムスリムの子供たちが通う私立学校がある．

筆者の自宅トイレは洋式だが，インドの一般的なトイレは図３に示すようなスタイルである．トイレットペーパーは無く，ハンドシャワーで洗い流す．左手が汚れず衛生的である．訪問先によっては水を

貯めたバケツと手桶が備え付けてあり，右手で手桶の水をかけながら左手で洗い流すところも多くある．

図３　当社のトイレ

3. 衣

ベンガルールは，インドのイメージに反して暑くなく一年を通じて過ごしやすい．３月から５月にかけては夏季にあたり，最高気温は33℃程度まで上がるが湿度が低いので汗でべたつくことはほとんどない．６月から10月までは雨季で最高気温は27℃前後，11月から２月の冬季には，最低気温が20℃を下回るが寒さを感じることもない．一年を通じて半そでの作業着かワイシャツで業務を行っている．当社従業員も当社へ来場される方々もスーツを着用するのはまれで，会社のロゴマークが刺繍されたワイシャツの着用がビジネスパーソンの標準スタイルになっている．

4. 食

インドの食事情は複雑で，日本と同じような生活を送るにはコツがいる．根底にあるのはヒンドゥー教の殺生を禁じる教えで，インド全土でベジタリアンがマジョリティである．州や地域によってはアルコール飲料や肉の販売，流通が禁止されていたり，肉の調理が禁止されているアパートも存在する．州の定める公休日はドライデーに定められ，アルコール飲料の販売，提供が禁止される．

野菜，果物などは路上販売がいたる所で行われており入手しやすい．主食である穀物類，豆類も専門小売店が多くあり安く入手できる．また牛乳も家庭ではチャイ（茶）には欠かせないもので，無殺菌のビニルパックを毎朝に路上屋台で購入できる．

肉，肉加工食品のうち，鶏肉だけは市中に図４に示すような小売商店が多くあり，新鮮な肉を簡単に入手できる．肉料理を提供するレストラン，ファストフード店などのほとんどが鶏肉料理のみの提供である．牛，山羊の小売店はムスリムの居住地域に集中している．2020年12月にカルナタカ州議会で牛肉の流通，販売を禁止する法案が可決されており，その動向が注目されている．もっとも入手困難な豚肉はヒンドゥー教徒居住地域でも小売店を見つけるのに苦労する．

図４　鶏肉店

当社の給食はベジタリアン食で，すべて社内で調理され，温かい状態で従業員に提供されている．図５はある日の昼食の例である．右手で一口サイズにちぎったチャパティ（小麦粉の薄焼きパン）でサブジ（炒め物），サンバル（煮もの）を包んで食べる．パパドは豆・米粉の薄焼きせんべいである．このおかずを食べ終わるともう一度配膳カウンターにならび，白米にラッサム（酸味のあるスープ）をかけてもらい右手でいただくが，チャパティのように包み込むものがないため口に入れるのがやや難しい．メニューは曜日毎に決まっており，火曜日には白米がビリヤニになったり，金曜日にはデザートが付いたりする．

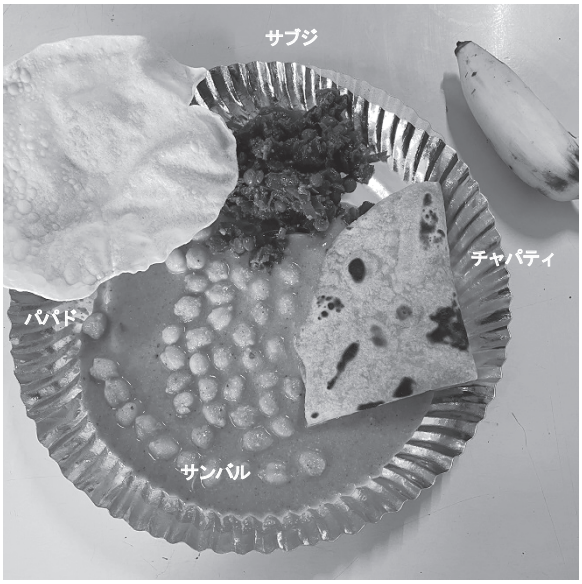


図５　社員食堂での昼食

街中ではさまざまな露店で食べ物や飲み物を購入できるが頻繁に見るのは図６に示すココナッツの実で，Rs.20（20ルピー＝約30円）で１個購入できる．

その場で一部をカットしストローを刺して渡してくれる．わずかな甘味と塩味と特有の風味があり生ぬるいので慣れるまでには時間がかかるが，自動販売機がほとんどないインドでは衛生的に水分を補給できる方法のひとつである．南インドでは，新鮮な実や葉はカビなどの微生物や化学成分に侵されていない，口にしても人間に安全なものという考え方があり，正式な会食の場では，刈りたての緑のバナナの葉が料理の器として用いられる．

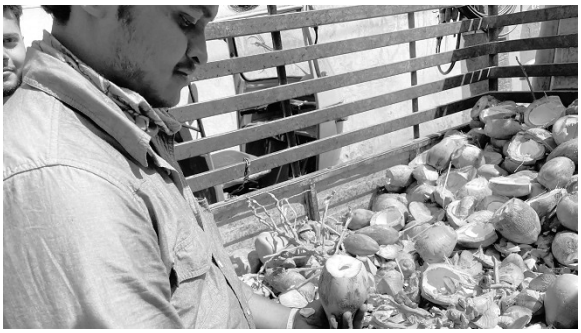


図６　ココナッツの路上販売

5. 社内の様子

当社はインド国内の顧客に向け油圧ポンプ，油圧モータを生産，販売している．顧客や協力企業はインド全土に所在しており，会社間のコミュニケーションに「隣の州は別の国」と言われるインドの特徴がみられる．社内の日常会話はベンガルール市が位置するカルナタカ州の言語，カンナダ語がほとんどである．インド北部出身のスタッフはカンナダ語ができないため，英語で会話している．その彼がインド中部，北部の顧客と電話でやり取りする場合はヒンディー語を話している．また別のスタッフはカルナタカ州の隣のタミルナドゥ州出身で社内ではタミル語，カンナダ語，英語のミックスで会話しているが，タミルナドゥ州の協力企業とはタミル語で流ちょうに会話している．日本人が会話の輪に入る場合はほとんどのスタッフが英語を話してくれる．

州の定める公休日が当社の休業日になっており日曜日以外はほとんどがヒンドゥー教の祝祭日である．毎年10月頃には，社内の生産設備，工具，器具，自動車などに祈りを捧げるヒンドゥー教の儀式，アユダプジャを行っている．この日は生産ラインを止め，工場内に設置した祭壇（図７）に供え物をしてお祈りをする．

6. インドの思想とスピード感

最後にジュガールを紹介したい．私がインドに赴任して間もなく同僚からジュガールという言葉を耳にした．意味を理解しようと購入した書籍（図８）の中にこれを端的に説明した一文を見つけることができた．

「Doing more with less」[1)]

日本語では「急場しのぎの解決策」というのが近いニュアンスになる．今自分が手にできる物，方法で最大限の効果が出せる解決策を，知恵を絞って生み出し実行してしまう．やらないよりまし，時間をかけて準備するより今やる，というものでとにかくスピードが重要な現場改善やLean Manufacturingに通じるものがある．

図７　当社工場内のアユダプジャの様子

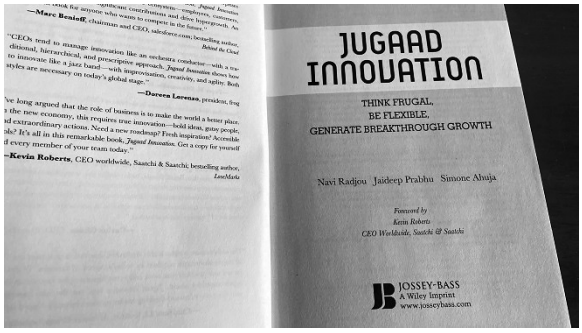


図８　ジュガールイノベーション（2012）

7. おわりに

「インドは生産地であり巨大なマーケット」と20年前のビジネス書にも記載があるが，自分が日本で仕事をしていた際は実感することはなかった．ベンガルールで暮らし，日々の業務を通じて，最近，少しだけその本質に近づきつつあるように感じられる．さまざまなビジネスの重心が新興国市場にシフトした[2)]ことを意識して今後のインドに自分がどう貢献していけるのか問い続けていきたい．

参考文献

1）Navi Radjou, Jaideep Prabhu, Simone Ahuja : JUGAAD INNOVATION, Jossey-Bass, p2- 3（2012）

2）Amos Winter, Vijay Govindarajan : Engineering Reverse Innovations, Harvard Business Publishing（2015）

（原稿受付：2021年３月12日）

トピックス

学生さんへ，先輩が語る
―技術の探求と欧州生活について―

著　者　紹　介

春山朋彦（はるやま　ともひこ）

JTEKT TORSEN EUROPE SA
Rue du Grand Peuplier 11, B-7110
Strepy-Bracquegnies, Belgium
E-mail : tomohiko.haruyama@jtekt.eu

European Technical Center　Belgium, Manager, 2008年東京理科大学　工学研究科　機械工学専攻　修了．株式会社ジェイテクトに入社．2019年　JTEKT　TORSEN EUROPE S.A. 出向．入社以来，解析および計測技術の研究開発に従事．日本トライボロジー学会，可視化情報学会に所属．

1. はじめに

1.1　自己紹介

私は東京出身で，大学院修了まで東京在住でした．土木工事の機械が好きで，近くの工事現場へ頻繁に行き，観察したものを玩具で再現していた．機械分野で働いている親族も多く，その影響もあり，機械工学科に進学した．現在の会社には，機械要素設計の単位取得条件であった工場実習や，流体潤滑軸受の研究をしていた縁で入社した．入社後は加工解析や流体計測技術の研究開発を主としつつ，高圧気体用流量調整弁やオイルポンプなどの流体システムに関わってきた．現在は，ベルギーでさまざまな解析技術やそれを用いた製品開発をおこなっている．

本稿では，学生時代から現在までの学びや経験を紹介させていただく．雑多な内容だが，学生の皆さんの助けとなれば幸いである．

1.2　会社紹介

株式会社ジェイテクトは自動車用のステアリングと駆動部品，各種軸受，工作機械のメーカで，世界各国に開発・製造拠点を持っている．私の所属するJTEKT TORSEN EUROPE S.A.（写真１）はベルギー西部にあり，欧州自動車メーカ向けの駆動部品を設計・製造している（写真２）．

会社の近くには，船舶用リフトがあり，観光地となっている（写真３）．ベルギーは海に面し，標高が低いので，古くから運河を利用してきた．ただし，平坦の中にも丘陵地帯があり，これを越えるために，リフトや運河橋が造られている．

写真１　著者の勤務先

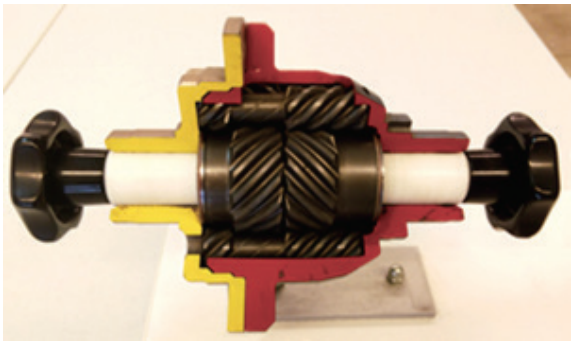


写真２　駆動部品のカットモデル

写真３　運河の船舶用リフト

2. 学生時代を振り返って

2.1　用語と専門書の大切さ

対象分野の用語を知ることで，文献の内容把握やインターネット検索の精度が向上する．検索前に，専門書の目次だけでも確認することをお勧めする．学生時，ノートパソコンが普及していたが，実験レポートは手書き指定であった．当時は大変だったが，今でも多くの用語とともに，専門書内の大まかな記載か所と内容を覚えている．学んだことを整理し，課題解決の手がかりとする基礎となっている．お世話になった教授陣に感謝している．

2.2　工場実習と研究室

大学３年の機械要素設計では，夏休み中の工場実習が単位取得要件であった．遠方での実習を希望し，大阪の光洋精工に４週間お世話になった．実習では，検査機械を対象に，製品バラツキを学んだ．現場では，教科書内の理論そのままでは足りず，現実との隔たりを埋める作業が求められた．そこで，理論と実験の両方に携われる研究室を選択した．幸運にも，理論計算と実験検証だけでなく，実験装置の設計もおこなうことができた．この経験は，入社後，機械加工の現象把握に役立った，なお，光洋精工は2006年に企業合併し，ジェイテクトとなった．

2.3　趣味と課題解決のヒント

学生時は自転車で旅行するサークルに所属したが，走行距離が多く，ホイールの軸受軌道が疲労により剥離した．寿命を延ばすため，メンテナンスガイドを参考に，分解洗浄し，新しいグリースを充填していた．その際，実際のシールを観察することもできた（写真４）．自動車にもメンテナンスガイドがあり，後々，油圧システムを理解するのに役立った．

今現在は関係がないように見えても，将来，過去の経験が役立つことが多々ある．ただし，手がかりは，自ら見つける必要がある．これは研究開発の難しさでもあり，おもしろさでもある．

写真４　学生時に分解した自転車部品

3. 社会人の仕事紹介とやりがい

3.1　解析と計測技術について

入社から５年間，研究開発部門で加工解析技術に携わった．企業と大学では求められる成果が異なり，製造業では，特に，最終製品への貢献が大切である．解析技術は，直接計測ができない製品内部の状態を推定できる．試験数や時間を短縮し，効率良く品質を向上できる．設計上の制約もあるが，生産現場と協力し，改善していくことは，とてもおもしろい．

一方，現在の解析技術では，すべてを模擬することは難しく，適応範囲の把握が大切である．2013年に，上司から計測技術分野への異動の提案があり，流体計測技術の開発に関わるようになった．流体計測の例として，デファレンシャル内の油流れ計測結果を図１に，解析結果を図２に示す．計測面内の流速分布を得るため，レーザと高速度カメラを用いた可視化計測システムを構築した[1)]．図中に白矢印で示した流動方向，濃淡で示した流速ともに良く一致している．複数の計測をもとに，解析が実用上問題となる誤差を生ずる条件もわかった．他の計測事例も同文献中に記載しているので，参照されたい．

解析と計測は両輪であり，どちらかを盲目的に信じるのではなく，相互補完できることが理想である．常に適切な使い方を模索していきたい．学会発表など，外部の専門家にも確認いただく機会を設けると，新たな気付きを得ることができる．幸運なことに，節目節目で，上司の方々からも技術発表の機会をいただいてきた．

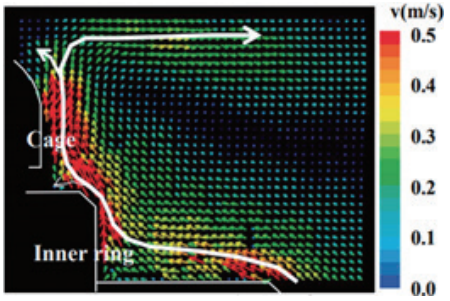


図１　軸受回転によるオイルの流れ（計測結果）

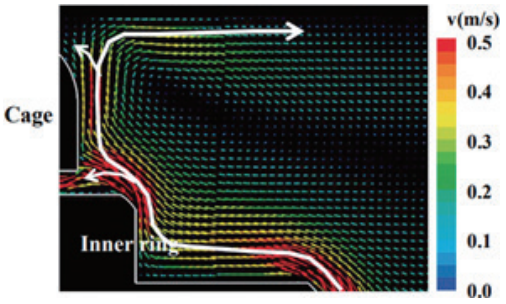


図２　軸受回転によるオイルの流れ（解析結果）

3.2　欧州の文化と仕事

2019年10月からベルギー勤務となった．欧州では，各自の業務内容が決められ，日本よりも専門性が求められる．何ができるかを知ってもらうことが，仕事を円滑に進める第一歩と思う．ベルギーの公用語は南西側がフランス語，北東側がオランダ語である．欧州各国との会議では，英語を用いるが，各言語の影響で独特の発音がある．自分の発音も個性と考え，データを用いて議論できるように努めている．特に，ドイツとの会議では，データが必須となる．

欧州では在宅勤務や，複数拠点での遠隔会議が普及していた．そのため，ロックダウンへの対応は日本よりも容易だった．一方で，挨拶時に握手をする文化や，マスクを着用する習慣がないことがCovid-19の感染者数に影響したとされている．現在，職場では，お辞儀や手を振る挨拶を採用している．

3.3　仕事の道具

在宅勤務でも会議用スピーカを用いている．ノイズキャンセリングやハウリング防止機能があり，ノートPCのスピーカとマイクよりも音声が聞きやすい（写真５）．ベルギーの夏は日本よりも過ごしやすく，エアコンのないアパートが多い．そのため，ヘッドホンは暑い時期には適さない．パソコンの画面にヨーロッパ，日本，東部アメリカなどの複数時刻表示をしている．また，複数のコンセント形状があるので，行先に合った変換プラグが必要となる．

3.4　ベルギーについて

ベルギーはドイツ，フランス，オランダ，ルクセンブルクと国境を接している．緯度はサハリンと同じで，冬の日照時間が短い．首都のブリュッセルはEU本部が置かれ，欧州の首都とも呼ばれる（写真６）．フリッツが有名で，会社食堂でも週の半分はお目にかかる（写真７）．ロックダウンで消費量が激減したので，新聞にて，フリッツを食べようとの呼びかけもあった．チョコレートとビールの種類が非常に多い．観光地では，世界遺産のブルージュが有名で，12～15世紀からの建物が残っている（写真８）．街には水路が張り巡らされ，さまざまな橋もある．

写真５　Web会議用のスピーカと変換プラグ

写真６　ブリュッセルのEU本部

写真７　フリッツ（フライドポテト）

写真８　ブルージュ

4．ま　と　め

学生の皆さんには，専門分野を深めるとともに，異なる分野にも興味を持ち，それぞれをつなげてほしい．専門領域でも，会社内，国内，海外で見え方が異なるので，定期的に外部に成果を問う機会を設けると良い．海外での仕事では，国や地域による文化の違いを知り，適応していくことが大切である．トピックを書きながら，著者自身も初心を振り返り，日々の行動を見直すことができた．このような機会をいただき，日本フルードパワーシステム学会，関係者各位に感謝申し上げます．

参考文献

1）春山朋彦：軸受メーカーにおける接触摩擦研究の取り組みと数値計算に対する期待，東京大学ロケット・宇宙機モデリングラボラトリー（JAXA社会連携講座）シンポジウム：産官学の連携による宇宙開発分野でのブレークスルー．後刷集，JAXA-SP-18-002, p. 118-126（2018）

（原稿受付：2021年４月12日）

研究室紹介

奈良工業高等専門学校　櫟研究室紹介

著　者　紹　介

神（じん）　孝典（たかのり）

奈良工業高等専門学校　専攻科
〒639-1080 奈良県大和郡山市矢田町22番地
E-mail : tjin@nitnc.net

2019年奈良工業高等専門学校電子制御工学科卒業．同年同校専攻科システム創成工学専攻機械制御システムコース入学．

櫟（いちい）　弘明（ひろあき）

奈良工業高等専門学校電子制御工学科
〒639-1080 奈良県大和郡山市矢田町22番地
E-mail : ichii@ctrl.nara-k.ac.jp

1993年立命館大学大学院理工学研究科博士前期課程修了（情報工学）．同年財団法人京都高度技術研究所研究員．1997年奈良工業高等専門学校助手，准教授を経て2013年同校教授．日本フルードパワーシステム学会，日本機械学会，日本ロボット学会などの会員．博士（工学）．

1. はじめに

奈良高専は歴史と文化が豊富な奈良県の北西部，大和郡山市に位置し，５年制の高等教育機関として，1964年４月に創立されました．その後，高等専門学校卒業後，進学を希望する者のために，２年制の専攻科が1992年４月に設置された．現在，約４割の学生が就職し，約６割の学生が専攻科や大学に編入学しています．

在籍している学生の約６割は，地元の奈良県の出身であるが，比較的交通のアクセスが良いこともあり，３割の学生は大阪・京都の出身，１割の学生がその他の地域の出身と，近畿圏を中心にさまざまな学生が集い学んでいる．

自宅から通学できない学生のためには，校地内に寮もあり，約100名の学生が寮生活を送っている．また，10名程度の留学生も一緒に生活しており，国際性豊かな学生生活をおくる環境が整っている．国際交流も盛んに行われており，シンガポールやマレーシアなどの学校とも国際交流が行われている．

本科は，機械工学科，電気工学科，電子制御工学科，情報工学科，物質化学工学科の５学科で構成されており，約1,000名の学生が在籍している．また，専攻科はシステム創成工学と物質創成工学の２専攻からなり，システム創成工学は更に３つのコースで構成されている．専攻科には，約90名の学生が在籍している．

電子制御工学科は，自動化の進展およびコンピュータによる制御技術の発展に対応できる総合的な能力を身につけた制御系技術者・研究者を養成するために，機械・電気・制御・計測分野を融合したメカトロニクスに代表される総合的な知識を学ぶことを目的に設置されている．櫟研究室は，この電子制御工学科に所属している．

図１　奈良高専

2. 研究室の概要

電子制御工学科にある櫟研究室では主にロボットマニピュレーションに関する研究を行っている．2020年度のメンバーは専攻科生が２人，研究生が２人，５年生が３人の計７人である．研究室内の雰囲気は比較的自由であり，学生の自主性が尊重されている．したがって，櫟先生だけでなく学生の間でも研究内容に関する活発な議論が行われている．現在は，週一回程度研究進捗の確認を行い，研究方針の修正やアドバイスなどを受けている．また，研究室には図２，３などのマニピュレーションに関する実験を行う機器がそろっており，準備でき次第すぐに実験できる環境が整っている．これらの環境で得られた研究成果は学会などを通じて学外に発表している．

図２　双腕ロボット

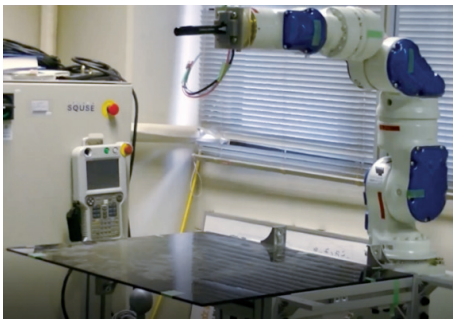


図３　７自由度単腕ロボット

3. 研究紹介

櫟研究室で行われている主な研究を紹介する．

3.1　平行グリッパを用いた平板把持のための Pregrasp manipulation

Pregrasp manipulationとは，事前に物体を把持可能な位置や姿勢に変化させる操作のことである．双腕ロボットのPregrasp manipulationは，単腕のみでは把持することが難しい物体の把持を可能とし，多様な物体をロボットで扱うことができるようになる．研究では平行２指グリッパを用いて，単腕のみでは把持が難しい薄い平板に対して，把持が可能となるように予め平板を傾けるPregrasp manipulationを提案している．動作を実現するために，動的モデルの構築と軌跡最適化を用いた手法を利用している．提案した手法はGazeboを用いたシミュレーター上と，図４のような実機実験の両方で検証を行い，平行２指グリッパのみで平板を傾けるPregrasp manipulationが実現可能であることを確認している．

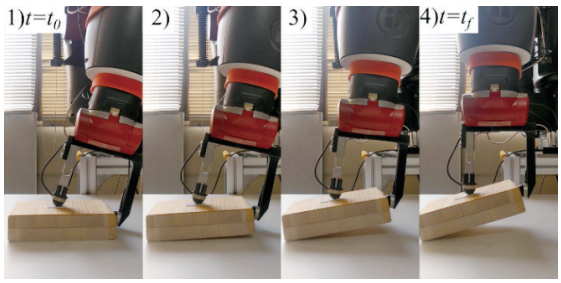


図４　実機でのPregrasp manipulation

3.2　幾何学的計算を用いたティーチング誤差の修正方法に関する研究

現在，数多くの産業用ロボットが生産現場で導入されているが，その中でも単純作業の繰り返しなどの理由から，溶接作業やハンドリング作業に用いられるロボットが大半を占めている．このようなロボットはティーチングを行うことにより目標作業点を記録しているが，ティーチング作業を行うにあたって，ロボットの基準座標系と対象物体の座標系の位置・姿勢が一致している必要がある．しかし，ティーチングの前後で対象物体の位置に誤差が生じる場合や，加工のときの熱で塑性変形があった場合には，教示点が対象物体に合わない状況が発生することがある．そこで，研究では位置と姿勢の誤差修正方法に順運動学方程式とEuler角，並進行列を用いて補正する方法を提案している．

図５　溶接作業を想定した単腕ロボットの動作

3.3　腕のセルフリハビリテーションを可能にする装着型アームの研究

介護が必要となる原因として，脳血管疾患，高齢による衰弱と骨折・転倒などがあげられるが，疾患による関節の硬化や筋力の低下は，患者の生活の質を低下させる原因である．そこで，理学療法士によるリハビリテーションが必要となるが，高齢化社会が進み患者数の増加は避けられず，理学療法士の負担は増加している．研究では，ロボットアームシステムによって理学療法士が行う関節可動域訓練を再現し，片麻痺の患者がひとりでセルフリハビリテーションを行うシステムを実現することをめざしている．特に片麻痺の患者に有効とされる，ミラー療法をロボットアームシステムで実現することを目的としている．

図６　セルフリハビリテーションシステム

3.4　双腕ロボットによる持ち替え動作に関する研究

ロボットによる対象物体のピックアンドプレースでは，把持した対象物体の位置や姿勢によってはロボットが周辺の障害物に接触することがある．この場合，ロボットと障害物の接触を避けるため，把持した対象物体をいったん机上に置き，把持する位置や姿勢を変える持ち替え動作が必要になる．

人が持ち替え動作を行う場面も，周辺の障害物に対象物体が接触することを避けるときや，片方の手では届かない移動を行う場合に，意識することなく両手を使って持ち替え動作を行っている．研究では，人が日常的に対象物体を持ち替える方法として，比較的効率的だと思われる，図７の２つの持ち替えパターンについて双腕ロボットを使って研究を行っている．

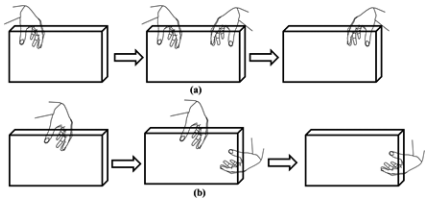


図７　対象物体の持ち替えパターン

図８(a)は，使用している７自由度の双腕ロボットである．対象物体を認識するカメラは，RGB深度センサーを使っている．はじめに，カメラで取得した対象物体の画像をCNNにより学習し，物体の特徴マップを作成する．その後，作成した学習モデルと撮影した画像を比較し，対象物体が学習モデルに近い物体であれば，目的の対象物体として判断し，x, y座標の値を取得する．z座標の値は，カメラの深度画像と物体のx，y位置情報を用いて計算し，座標値を双腕ロボットに送りアームを動かし，物体を把持している．図８(b)は，持ち替え対象物体の直方体とペットボトルを示したものである．

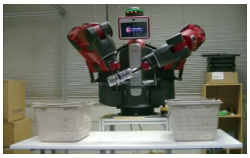
(a)　双腕ロボット

(b)　持ち替え対象物体

図８　実験環境

直方体の持ち替え動作を示した図９(a)は，対象物体を左のバスケットに移動させようとしているが，右腕の可動範囲にバスケットがないため，持ち替え動作が必要な場合を示している．さらに，図９(b)はバスケット内に横向きに置いてあるペットボトルを，縦向きに置く場合を示したものである．右ハンドは，ペットボトルを立てた状態にしてバスケットに入れようとすると，アームがバスケットに接触してしまう．このような場合も，持ち替え動作が必要となる．

(a)　直方体の持ち替え



(b)　ペットボトルの持ち替え

図９　持ち替え動作の実験

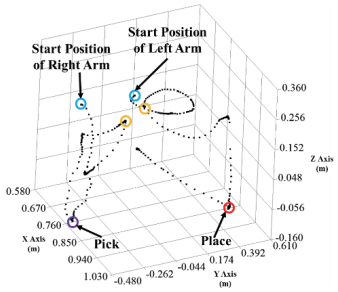


図10　持ち替え動作時のロボットアームの軌道

研究では，双腕ロボットによる対象物体の持ち替え動作について研究を行っているが，そのほかに，持ち替え動作の効率性や連続性，さらにつぎの動作に備える動作を含めた効率性についても検討している．

4. おわりに

奈良高専の概要および櫟研究室における研究の一部を紹介させていただいた．紹介した研究のほかに，マスター・スレーブシステムや，倒立振子型ロボットの重心移動に関する研究も行っている．学生には，学会で発表することや，オープンキャンパスで研究室紹介をするなど，対外的な活動にも積極的に参加してもらっている．今回の研究室紹介で，読者の方々に興味を持っていただければ幸いである．

参考文献

1）神孝典，櫟弘明，早川恭弘：双腕ロボットと平行二指グリッパを用いた平板物体の把持に関する研究，日本機械学会　関西支部第 95 期定時総会講演会メカボケーション学生研究発表セッション，P047，(2020)

2）神孝典，櫟弘明，早川恭弘：双腕ロボットによる平板物体の把持可能状態の生成に関する研究，日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2020，2A2-K11，(2020)

3）山野遼平，伊崎匠吾，櫟弘明：双腕ロボットを用いた食品レジのバーコード読み取り動作に関する研究，SI2018 第19回計測自動制御学会（SICE）システムインテグレーション部門講演，3A2-08，(2018)

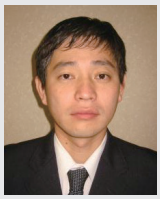
4）山野遼平，櫟弘明，早川恭弘：双腕ロボットによる持ち替え動作に関する研究，日本機械学会 関西支部第94期定時総会講演会メカボケーション学生研究発表セッション，P053，(2019)

（原稿受付：2021年２月28日）

企画行事

2021年度企画行事紹介

著 者 紹 介



藤田 壽憲（ふじた としのり）
東京電機大学工学部
〒120-8551 足立区千住旭町５
E-mail : tfujita@cck.dendai.ac.jp

1992年東京工業大学助手を経て，2002年東京電機大学助教授，2004年同大学教授．流体計測・制御，主として空気圧システムの解析，制御の教育・研究に従事．日本フルードパワーシステム学会，計測自動制御学会などの会員．博士（工学）．

小林 亘（こばやし わたる）
岡山理科大学工学部
〒700-0005 岡山市北区理大町１－１
E-mail : kobayashi@are.ous.ac.jp

2015年芝浦工業大学大学院理工学研究科博士課程機能制御システム専攻修了．同大学ポスドク研究員，2016年岡山理科大学助教を経て，同大学講師．日本フルードパワーシステム学会，計測自動制御学会などの会員．博士（工学）．

1. はじめに

企画委員会は，委員長 藤田壽憲（東京電機大，学会理事），副委員長 和田重伸（CKD㈱），幹事 小林亘（岡山理大）を含め，学校側委員15名，企業側委員16名および学会事務局で構成されている．本委員会は，講演会およびセミナーなどの学会の集会事業の企画立案および実施を担当する．

本稿では，2020年度の事業についてまとめるとともに，未確定な部分もあるが，2021年度実施予定の企画行事の内容を紹介する．

2. 2020年度行事まとめ

2.1　春季フルードパワーシステム講演会

2020年５月28日（木），29日（金）に機械振興会館にて開催を予定していた春季フルードパワーシステム講演会は，コロナ禍の影響により中止となった．

2.2　秋季フルードパワーシステム講演会

2020年３月号でお知らせした「2020年度企画行事」では，2020年の秋季フルードパワーシステム講演会は国際シンポジウムJFPS2020 HAKODATEが開催されるため開催しない旨を紹介したが，国際シンポジウムの開催が１年延期となったこと，春季講演会も中止となり，特に学生にとってコロナ禍の中でもフルードパワーの研究発表の場が必要であるとの意見が多かったことから急遽，開催にいたった．結果，秋季講演会は主査を高岩委員（徳島大）としたWGで，2020年12月８日（水），９日（金）に岡山理科大学およびZoomによるオンラインでのハイブリッド方式で実施された．特別講演１件を含む33件の講演が行われ，参加者は74名（現地参加38名，オンライン参加36名）であった．

2.3　オータムセミナー

2020年度のオータムセミナーは主査を亀田委員（KYB㈱）としたWGで，11月20日（金）に機械振興会館およびZoomによるオンラインでのハイブリッド方式で実施された．「自動車におけるフルードパワー技術」というテーマで４件の講演が行われ，参加者は29名（現地参加９名，オンライン参加20名）であった．

2.4　ウインターセミナー

2020年度のウインターセミナーは主査を坂間委員（産総研）としたWGで，2020年３月10日（水）に開催された．オータムセミナーでは機械振興会館での参加者が少なかったことからZoomによる完全オンライン開催で実施され，セミナー資料もpdfのダウンロード方式のみで配布となった．また本セミナーから１回線の接続で複数人の視聴を可とする団体参加の申込枠を設けた．「フルードパワーシステムにおける解析技術」というテーマで４件の講演およびフリーディスカッションが行われ，参加者は63名（個人参加21名，団体参加５件42名）であった．

3. 2021年度行事予定

3.1　春季フルードパワーシステム講演会

2021年春季講演会は主査を酒井委員（信州大）としたWGにより，６月24日（木），25日（金）にZoomによる完全オンラインでの開催を予定している．講演論文集も冊子体を発行せず，pdfのダウンロード方式のみを予定している．24日（木）午後

には学会創立50周年行事のひとつである「50年間の製品から観るフルードパワー技術史」が，25日（金）午後には本学会の総会と昨年延期された50周年記念式典も機械振興会館からオンラインで開催予定である．このため 例年の講演会で企画している併設セミナーおよび製品技術紹介セッションは設けない予定である．

3.2　秋季フルードパワーシステム講演会

2021年は１年延期された本学会主催の国際シンポジウムJFPS2020 HAKODATE（開催地：北海道・函館，開催日：10月12日（火）～ 13日（水））が講演はオンデマンド，一部行事は函館からオンラインで開催されることとなったため，秋季講演会は実施しないことになっている．

3.3　オータムセミナー

2021年度のオータムセミナーは10月または11月に，50周年記念事業として2021年５月末に出版予定の機能性流体のテキストを使って実施することを予定している．中野先生（東北大）をはじめ機能性流体の第一線の研究者を講師として予定している．学会誌７月号の会告から本セミナーの案内を開始する予定である．

3.4　ウインターセミナー

2021年度のウインターセミナーは2021年２月から３月の間に実施を予定している．内容については企画検討段階であるためご紹介できないが，学会誌11月号の会告から本セミナーの案内を開始する予定であり，ご期待いただきたい．

4. おわりに

本稿では2020年度に実施した企画事業のまとめと，2021年度に予定している企画事業について述べた．2021年度は，これまでOHC-Sim特別研究委員会が主催し企画委員会がサポートしてきた特別教育講座は実施されない予定となっている．

2020年はコロナ禍により，オンライン開催が主流となった．企画委員会としても思いがけないことで手探り状態での開催となったため，参加者の皆様にとっていたらない点があったなら，おわび申し上げたい．

一方，オンライン開催により，日ごろ業務が多忙で参加できなかった方が業務の合間にご参加いただいたり，団体参加といった新しい参加形態を試みたりすることができた．アンケート結果から，これらについてはおおむね好評であり，2021年度以降も継続する予定でいる．これ以外の点でも企画委員会では今後もますます会員の方々に満足いただける企画事業になるよう改善していきたいと考えており，開催方法やセミナーのテーマ希望などがあれば学会事務局までご連絡していただくようお願いし，本稿の結びとする．

（原稿受付：2021年４月１日）

会　告

〈理事会・委員会日程〉

3月26日	理事会
3月11日	情報システム委員会
3月18日	企画委員会
4月6日	編集委員会

〈理事会報告〉

2020年度第6回理事会
3月26日　15：00～17：00
Web開催　（参加者20名）
⑴　国際シンポジウム函館2020の開催準備状況
⑵　学会創立50周年記念事業について
⑶　2020年度学会賞・フェロー推薦受付状況
⑷　2021年度予算（案）
⑸　会員の推移
⑹　研究委員会について
⑺　各委員会からの報告
⑻　その他

〈委員会報告〉

2020年度第4回情報システム委員会
3月11日　15:00～17:00
Web開催　（参加者10名）
⑴　学会HPの更新状況
⑵　学会誌アーカイブのHPへのアップロード
⑶　会議報告
⑷　会員管理システムについて
⑸　その他

2020年度第6回企画委員会
3月18日　15：00～17：00
Web開催　（参加者21名）
⑴　2020年度ウィンターセミナー開催報告
⑵　2021年春季フルードパワーシステム講演会準備状況
⑶　2021年度オータムセミナー準備状況
⑷　研究委員会の申請
⑸　2022年春季講演会併設セミナーについて
⑹　その他

2020年度第6回編集委員会
4月6日　10：00～12：00
Web開催　（参加者19名）
⑴　会誌特集号の現状と企画
　1）Vol.52 No.2「持続可能社会とフルードパワー」
　2）Vol.52 No.3「超大型機械を支える油圧技術」
　3）Vol.52 No.4「スポーツ分野における流体工学」
　4）Vol.52 No.E 1「電子出版号－緑陰特集号」
　5）Vol.52 No.5「フルードパワーシステムとIoT・スマートファクトリー（仮）」
⑵　その他
　1）会議報告
　2）トピックスについて
　3）今後の特集について

会　告

共催・協賛行事のお知らせ

後援・協賛行事

連続講習会（全４回）「機械―電気の統合モデルによるモデルベース開発」
主　　催：一般社団法人 日本機械学会　交通・物流部門
開 催 日：2021年6月7日(月)
会　　場：オンライン開催
U R L：https://www.jsme.or.jp/event/21-5/

ロボティクス・メカトロニクス講演会2021 in Osaka（ROBOMECH2021 in Osaka）
主　　催：一般社団法人 日本機械学会　ロボティクス・メカトロニクス部門
開 催 日：2021年6月6日(日)～6月8日(火)
会　　場：大阪南港ATCホール（大阪府大阪市住之江区南港北2-1-10）
U R L：https://robomech.org/2021/

第７回先端メカトロニクス国際会議（ICAM2021）
主　　催：一般社団法人 日本機械学会　ロボティクス・メカトロニクス部門
開 催 日：2021年7月1日(木)～7月2日(金)
会　　場：オンライン開催
U R L：https://www.jsme.or.jp/conference/icam2031/index.html

第374回講習会「実務者のための騒音防止技術」
主　　催：一般社団法人 日本機械学会　関西支部
開 催 日：2021年7月28日(水)～7月29日(木)
会　　場：オンライン開催
U R L：https://www.kansai.jsme.or.jp/Seminar/kou374.html

連携講習会「つながる機械　～機械と通信の融合～」
主　　催：一般社団法人 日本機械学会　交通・物流部門
開 催 日：2021年7月29日(木)
会　　場：オンライン開催
U R L：https://www.jsme.or.jp/event/21-42/

日本混相流学会 混相流シンポジウム2021
主　　催：日本混相流学会
開 催 日：2021年8月22日(日)～8月24日(火)
会　　場：関西大学千里山キャンパス（大阪府吹田市山手町3-3-35）
U R L：http://www.jsmf.gr.jp/mfsymp2021/

第39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：2021年9月8日(水)～9月11日(土)
会　　場：信州大学上田（繊維学部）キャンパス（長野県上田市常田3-15-1）
U R L：https://ac.rsj-web.org/2021/

第26回フルードパワー国際見本市（IFPEX2021）
主　　催：一般社団法人 日本フルードパワー工業会，産経新聞社
開 催 日：2021年10月6日(水)～ 10月8日(金)
会　　場：東京ビッグサイト 南1，2ホール（東京都江東区有明3-11-1）
U R L：https://www.ifpex.jp/

エコデザイン・プロダクツ＆サービスシンポジウム2021
主　　催：エコデザイン学会連合（幹事団体：特定非営利活動法人　エコデザイン推進機構）
開 催 日：2021年12月1日(水)～ 12月3日(金)
会　　場：奈良県コンベンションセンター（奈良県奈良市三条大路1-691-1）
U R L：http://www.ecodenet.com/ed2021/index.html

キャビテーションに関するシンポジウム（第20回）
主　　催：日本学術会議　第三部
　　第20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：2021年12月9日(木)～ 10日(金)
会　　場：オンライン開催
Ｕ Ｒ Ｌ：http://www.ifs.tohoku.ac.jp/cfs/cav20/index.html

新型コロナウィルスの影響で協賛行事の開催予定が変更になっている場合があります.
各行事の最新情報は，主催者のホームページまたは各行事のURLからご確認ください.

会　告

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 （4月10日現在）	856	10	76	125
差引き増減	−28	−2	−35	−3

正会員の内訳　名誉員14名・シニア員50名・ジュニア員90名・その他正会員701名

〈新入会員〉
正会員

本田　　啓（アジア海洋株式会社）
土居　広樹（CKD株式会社）
田中　康介（CKD株式会社）
山中　和幸（CKD株式会社）
田中　琢稔（CKD株式会社）
鈴村　剛史（CKD株式会社）
佐藤　　亘（ワブコジャパン株式会社）
渡邊　宣尚（豊興工業株式会社）
廣瀬　直紀（株式会社IHIフォイトペーパーテクノロジー）
丸田　俊樹（CKD株式会社）
畑中翔太郎（CKD株式会社）
石川　颯太（CKD株式会社）
于　　徳輝（CKD株式会社）
遠藤　慶和（CKD株式会社）
白井　雅人（CKD株式会社）
保坂　周一（株式会社コガネイ）
安藤　克倫

学生会員

関根　幹弥（芝浦工業大学）
湯浅　日和（芝浦工業大学）
笹倉　涼也（信州大学）
山本　　凌（横浜国立大学）
長友雄太朗（横浜国立大学）
館　　侑麿（横浜国立大学）
橋本　大樹（横浜国立大学）
川久保一希（福岡工業大学）
ケオナムチャイ ヴァニサラ（福岡工業大学）
邵　　娟（福岡工業大学）
加瀬　飛鳥（芝浦工業大学）
宇佐美太一（信州大学）
横川　友也（信州大学）
全　　翔澤（横浜国立大学）
角橋　大輝（横浜国立大学）
李庭　シン（横浜国立大学）
金　　淳暁（横浜国立大学）
山下　和将（福岡工業大学）
江村　晃規（福岡工業大学）

会　告

一般社団法人 日本フルードパワーシステム学会 賛助会員一覧表

㈱IHI
アイシン・エィ・ダブリュ㈱
㈱明石合銅
アズビル㈱藤沢テクノセンター
アズビルTACO㈱
㈱アドヴィックス
アネスト岩田㈱
イートン㈱
出光興産㈱
イナバゴム㈱
イハラサイエンス㈱
㈱インターナショナル・
　サーボ・データー
㈱打江精機
エコ技術研究所㈾
SMC㈱
SMC㈱中国
㈱NF1
ENEOS㈱潤滑油カンパニー
㈱荏原製作所
㈱大阪ジャッキ製作所
大瀧ジャッキ㈱
オカダインダストリ㈱
鹿島通商㈱
㈱桂精機製作所
神威産業㈱
川崎重工業㈱精密機械・
　ロボットカンパニー
川崎油工㈱
川重商事㈱
㈱神崎高級工機製作所
キャタピラージャパン㈾
協和シール工業㈱
旭東ダイカスト㈱
㈱クボタ
KYB㈱
KYBエンジニアリング
　アンドサービス㈱
KYB-YS㈱
㈱工苑
甲南電機㈱
㈱古河製作所
㈱コガネイ
コスモ石油ルブリカンツ㈱
㈱小松製作所開発本部
㈱小松製作所試験センタ
㈱小松製作所油機開発センタ
㈱阪上製作所
㈱鷺宮製作所
佐藤金属㈱
三輪精機㈱
三和テッキ㈱
㈱ジェイテクト奈良
㈱ジェイテクト刈谷
CKD㈱
㈱島津製作所
勝美印刷㈱
ジヤトコ㈱
住友建機㈱
住友重機械建機クレーン㈱
住友重機械工業㈱
制御機材㈱
第一電気㈱
ダイキン工業㈱
ダイキン･ザウアーダンフォス㈱
大生工業㈱
㈱TAIYO
タイヨーインタナショナル㈱
ダイワ㈱
㈱タカコ
㈱タダノ
㈱都筑製作所
TMCシステム㈱
東京計器㈱
東京計器パワーシステム㈱
東京メータ㈱
東北特殊鋼㈱
東明工業㈱
東レエンジニアリング㈱
同和発條㈱
特許機器㈱
特許庁
TOHTO㈱
豊興工業㈱
㈱豊田自動織機
長津工業㈱
中西商事㈱
長野計器㈱
中村工機㈱㈱
ナブテスコ㈱
㈱南武
日新濾器工業㈱
日本アキュムレータ㈱
日本機材㈱
日本クエーカー・ケミカル㈱
日本工業出版㈱
日本精器㈱
日本製鉄㈱交通産機品カンパニー
日本電産トーソク㈱
（一社）日本フルードパワー工業会
日本ムーグ㈱
㈱野村商店
㈱ハイダック
日立建機㈱
㈱日立建機ティエラ
㈱日立製作所
廣瀬バルブ工業㈱
フエスト㈱
㈱フクダ
㈱不二越
フジサンケイビジネスアイ
二見屋工業㈱
ボッシュ・レックスロス㈱
昌富工業㈱
マサモト㈱
㈱増田製作所
マックス㈱
松巳鉄工㈱
三國機械工業㈱
三菱電線工業㈱
ヤマシンフイルタ㈱
ヤマハモーターハイドロリック
　システム㈱
㈱山本金属製作所
油研工業㈱
㈱ユーテック
理研精機㈱
リバーフィールド㈱
㈱レンタルのニッケン

編 集 室

次号予告

―特集「スポーツ分野における流体工学」―

【巻頭言】「スポーツ分野における流体工学」発行にあたって　栗林　直樹
【解　説】
サッカーボールの高性能化を支えるCFD技術　浅井　武
水泳の流体力学～抵抗力を減らし推進力を増やす　中島　求
自転車用エアロヘルメットの空力検証技術　大田　浩嗣
スポーツボールの飛翔軌道の不思議と流体力学　溝田　武人
スキージャンプと流体解析技術　山本　敬三，坪倉　誠
エアタービンを用いた空圧式ボール発射装置の研究事例　加藤　友規
【トピックス】
学生さんへ先輩が語る―機器メーカーで働く魅力について―　賀集顕太郎
笑顔で活躍 お仕事フルードパワー便　高橋　奏美
【研究室紹介】
長岡技術科学大学レスキュー工学研究室　木村　哲也
【研究室紹介】
オータムセミナー　亀田　幸則
秋季講演会　髙岩　昌弘

2020年度「フルードパワーシステム」編集委員

委員長　柳田秀記（豊橋技術科学大学）
副委員長　山田宏尚（岐阜大学）
委　員　飯尾昭一郎（信州大学）
飯田武郎（㈱小松製作所）
伊藤雅則（東京海洋大学）
猪飼暢崇（CKD㈱）
加藤友規（福岡工業大学）
窪田友夫（KYB㈱）
栗林直樹（川崎重工業㈱）
五嶋裕之（㈱工苑）
齋藤直樹（秋田県立大学）
佐々木大輔（香川大学）
佐藤恭一（横浜国立大学）
委　員　妹尾満（SMC㈱）
寺澤達士（油研工業㈱）
中野政身（東北大学）
中山晃（日立建機㈱）
藤田壽憲（東京電機大学）
丸田和弘（㈱小松製作所）
村岡裕之（㈱コガネイ）
山田真の介（㈱TAIYO）
吉満俊拓（神奈川工科大学）
担当理事　伊藤和巳（KYBエンジニアアリングアンドサービス㈱）
学会事務局　成田晋
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．

フルードパワーシステム Vol.52 No.3

昭和47年10月19日第４種学術刊行物認可
2021年５月15日発行　　（奇数月）

〒105―0011
東京都港区芝公園三丁目五―二二　機械振興会館別館一〇二　電話（〇三）三四三三―八四四一　ＦＡＸ（〇三）三四三三―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