

【研究者紹介】

防衛大学校 システム工学群 機械システム工学科 流体システム研究室

〒239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20

<http://www.nda.ac.jp/cc/fpl/>

教授 西海 孝夫

TEL:046-841-3810 Ex.3748

E-mail: nishiumi@nda.ac.jp



助教 一柳 隆義

TEL:046-841-3810 Ex.3444

E-mail: chi yana@nda.ac.jp



1. はじめに

防衛大学校は、自衛隊幹部を養成する防衛省の教育機関として1953年に設立され、三浦半島の観音崎に近く、[図1](#)に見るように東京湾を眼下に望む景勝地にある。流体システム研究室は、本科（学部相当）ではシステム工学群機械システム工学科に、研究科（大学院相当）では機械工学専攻熱流体応用工学大講座に所属しており西海孝夫 教授、一柳隆義 助教、研究科前期課程2名、そして本科4年の卒研学生から構成されている（2011年4月1日現在）。

防衛大学校 流体システム講座では、フルードパワーシステムの高性能・高機能化を目指し、とくに油圧を中心として流体を扱う機器やシステムの教育や研究に携わっている。本稿では、主な教育研究テーマについて、その概要と今までの研究成果を紹介する。



図1 防衛大学校の全景

2. 教育研究テーマ

(1)油圧システムにおける圧力脈動の低減

油圧システムの低振動・低騒音化は、環境問題が叫ばれる中で、早期に解決が望まれる重要な課題の一つである。油圧システムでの圧力脈動は、容積形ポンプからの吐出し流量脈動に起因して生じ、油圧管路内の流体を介して伝わり、騒音の主要因となっている。このような油圧回路にて発生する流体伝ば騒音を低減するために、構造が簡単で低価格なサイレンサについて実験および解析し、その減衰性能が最大限に引き出せる最適化設計法を提案している。さらに、ポンプの回転速度変化に対応できるような可変共振機構を持つ多段式ヘルムホルツ形油圧サイレンサ（[図2](#)）の研究を進めている⁽¹⁾。

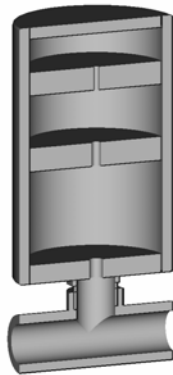


図2 多段式ヘルムホルツ形油圧サイレンサ

(2) 油圧サーボ系のニューラルネット制御

[図3](#)に示す人間の脳神経細胞の信号伝達特性を模擬したニューラルネットは、非線形特性を改善し柔軟な適応学習能力を有していることから、その適用研究が盛んになされてきた。この非線形写像能力を持つニューラルネット補償器を用い、種々の外乱に対してロバストな油圧サーボアクチュエータの速度および位置制御システムを構築し、油圧サーボ系における応答性や定常性の改善を図っている⁽²⁾。とくに、非線形特性が強い油圧アクチュエータで問題とされている低速度領域での不感帯特性を克服するために、微小信号を重畳したニューラルネット補償器を導入することによって制御性能を大幅に向上させている。また、ニューラルネットとオブザーバを併用することによって油圧サーボ系の特性を改善している⁽³⁾。

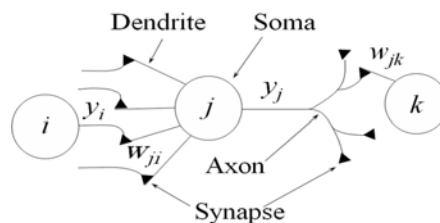


図3 ニューラルネット

(3) 自励振動法による油圧機器の動特性パラメータ推定

サーボバルブや油圧アクチュエータなど応答性の高い油圧機器の前段に非線形要素を設け、このシステ

ムから生じる自励振動の波形から流体機器の動特性パラメータを容易に推定する方法、いわゆる自励振動法を提案している。また、リアルタイムで動特性パラメータが推定できること、記述関数法によって解析的に係数が求められることを実験的に示している⁽⁴⁾。本手法は、海外の研究者によって空気圧サーボにも適用されており、その有効性が確認されている。

(4) 横流体力を利用した流量測定法

図4に著者らが提案している流量測定法の基本原理を示す。本流量計は、片面の中央部がわずかに細くなった板状の受圧体が矩形管路内に置かれた構造となっている。流体が上下の流路すきまを流れると、流れの不均衡が原因となり、受圧体の両面には流量に比例した圧力差が生じる。この圧力差の分布は、中心O回りに流量Qに比例した力のモーメントを発生するため、中心軸Oに生じるトルクTを検出することで流量Qを計測することができる⁽⁵⁾。トルクTと流量Qの関係式は、二次元粘性流れを仮定すると、次式で表すことができる。

$$\frac{T}{Q} = 12\mu\kappa \left(\frac{l}{h_i} \right)^3 \quad (1)$$

ここに、 μ は作動流体の粘度、 κ はゲイン係数、 h_i は上下流路の入口端と出口端の平均すきま、 l は受圧体の長さであり、形状設計などにより定められる。

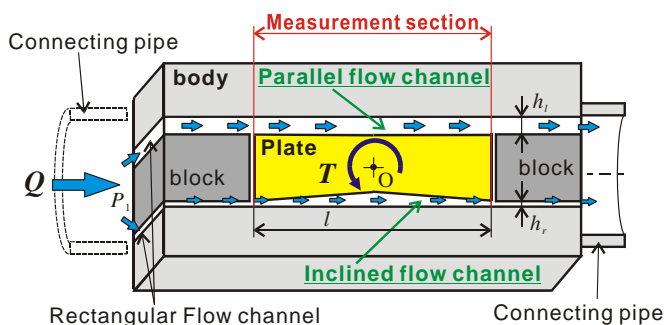


図4 流量測定法の概念

(5) 容積形ポンプの内部挙動に関する研究

ベーンポンプのベーン挙動を理論的かつ実験的に調べ、ベーン先端が摺動面より離れ、容積効率の低下や騒音を誘発する現象を定量的に解明している⁽⁶⁾。また、その要因であるポンプ室内の過剰な圧力上昇を低減するために可変容積室を設け、ベーンの離間を抑制することにより、効率向上や低騒音化を実現している。さらに、二対のベーンから成るデュアルベーンの挙動をシミュレーション解析し、実験結果と対比することで、本方式が流体潤滑特性に優れることを明らかにしている。そのほか、ピストンポンプや歯車ポンプについても、現場で起こる様々なトラブルや物理現象の解明を目的に解析や実験を実施している。

(6) パイロット用耐Gスーツの開発

航空機が飛行中に旋回運動などを行うとき、頭から脚方向への加速度負荷(G)が人体に働くと、血液が下部に集中して脳貧血状態となり、視覚障害や意識喪失などの引き起こす。図5に示す耐Gスーツの着用は、このような致命的な医学的症狀の対策として、空気圧により下半身を圧迫して血液を上半身へ送り、脳内血流量の低下を防ぐことにある。近年の航空機の性能向上にともない、高い応答特性を持つ耐Gスー

ツの開発が急務とされており、その構造や圧力制御方式の見直しを行っている⁷⁾。たとえば、パイロットの生体情報や航空機の飛行諸元をコンピュータで解析して、最適な圧力で耐Gスーツを作動させることを検討している。

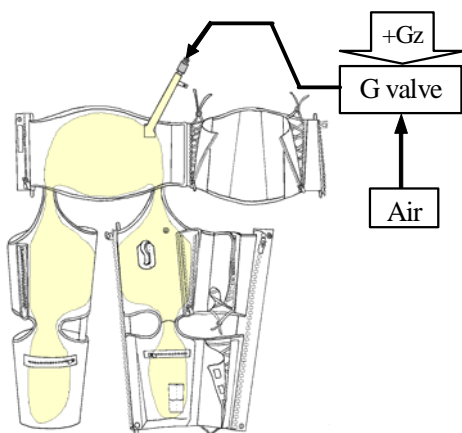


図5 耐Gスーツ

3. おわりに

このように流体システム研究室では、ポンプやバルブなど流体機器の内部挙動の把握、人工知能を用いた油圧制御システムの構築、新たな流量計測法の提案、油圧サーボのシステム同定、流体システムの低振動や低騒音化などに関するフルードパワーの研究を進めている。『油圧機器・システムにおける諸問題の解決』などで民間企業からの受託研究制度は確立しており、産学連携を図ることができる。

一方、教育科目としては、本科学生に対し流体力学と流体機械、研究科学生に対し電気油圧制御特論、流体システムの教育科目を担当している。それらの授業の中では、著者らが執筆した教科書⁸⁾、⁹⁾を用いながら、機械システムの中で油圧がどのように重要な役割を果たしているかをアピールしながら、講義や学生実験を行っている。

参考文献

- (1) 栗林, 一柳, 西海: 多段ヘルムホルツ型油圧サイレンサに関する研究 (可変共振機構の設計に関する検討), 平成 22 年秋季フルードパワーシステム講演会講演論文集, p.187-189(2010)
- (2) 西海: 油圧サーボモータシステムのモデリングとニューラルネットによる速度制御, 油空圧技術, Vol.45, No.7, p.1-10(2006)
- (3) 加藤, 西海: オブザーバを用いた油圧サーボ系のニューラルネット制御, フルードパワーシステム, Vol.40, No.3, p.140-144(2009)
- (4) 西海: 自励振動法による油圧サーボ系の実時間パラメータ推定, Vol.45, No.9, p.39-43(2006)
- (5) 西海, 一柳: 流体固着現象を利用した流量測定法, Vol.50, No.5(2011)
- (6) 西海, 小波, 前田: デュアルベーンポンプのベーン離間とその抑制, 日本油空圧学会論文集, Vol.33, No.7, p.156-161(2002)
- (7) 加藤, 西海: 航空機操縦者用空気圧耐 G スーツの圧力制御 (耐スーツの圧力応答特性), 平成 20 年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集, p.38-40(2008)
- (8) 小波, 西海: 油圧制御システム, 東京電機大学出版局(1999)
- (9) 西海: 図解はじめて学ぶ流体の力学, 日刊工業新聞社(2010)