

## 展 望

## 平成 14 年度の油圧分野の動向\*

北川 能\*\*

\* 平成 15 年 6 月 16 日原稿受付

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

## 1. はじめに

本稿では、平成 14 年度における油圧分野の研究動向を関連講演会や論文集に発表及び掲載された資料を基に述べる。近年、フルードパワーシステムの安全性と環境保護に対する要求や規制がより厳しくなる傾向があるため、水圧分野に関する研究が増加しており、またフルードパワーの応用分野も小型ロボットやマイクロアクチュエータ分野に広がっているため、空気圧分野や電気駆動分野の研究が目につく。しかし、このような時代の流れにあっても油圧分野はその主な特徴である高パワー密度と高出力特性が要求される建設機械、航空機、船舶、産業機械などに幅広く用いられており、最新の油圧分野の研究動向としては基礎的な研究はもちろん、最近急激に発展し身近になっているデジタル技術やネットワーク技術などを応用した研究を取り上げる必要がある。そこで、本稿では、平成 14 年度における油圧分野の研究動向を国内と海外の各々についてその内容の特徴を述べる。

## 2. 平成 14 年度の国内の油圧分野研究

著者が調べた平成 14 年度の国内の油圧分野の研究論文は関連講演会の講演論文と論文集に掲載された論文を含めて 26 編である。その主な内容は油圧システムのシミュレーション、管路における波動伝ばや流れ解析、弁、省エネルギー化、制御アルゴリズムの適用などであり、従来の研究動向とあまり変化がない。また、その応用分野に対しても射出成形機、建設機械、パラレルリンクなど特に新たな応用への提案が見当たるところではないが、その制御方法や適用方法などの細かい部分においてそれぞれ新しい方法が提案されている。

具体的には、これまで空気圧システムが使用されていた鉄道車両ブレーキを油圧化するための新たな提案があった<sup>1)</sup>。この研究は鉄道車両用の油圧ブレーキの圧力制御においては内部漏れのほとんどない制御弁を必要とし、ブレーキシリンダ側に圧力センサを直接用いないことが望ましいということを前提として、図 1 に示すように変位に比例した圧力が得られるポペット形圧力制御弁を考案し、この弁と変位指令装置を組み合わせることでブレーキ圧力を制御することを提案したものであり、図 2 と図 3 に示すように良好な結果が報告されている。

次に、新たな制御アルゴリズムを用いた提案としては、油圧モータ・負荷系において微小入力信号を与えても油圧モータが回転しない不感帯特性を改善するため、加藤<sup>2)</sup>らが提案したニューラルネットとパルス幅変調法を併用した提案がある。この方法は不感帯の影響が大きい微小動作信号に対してはパルス幅変調 (PWM) 信号によって油圧モータ・負荷系を駆動し、不感帯を越える動作信号領域では通常のニューラルネット制御に切り換えて、制御精度の高いロバストな制御系の構築を図ったものであり、図 4 のようにサーボ弁を用いたシステムを PWM 信号で駆動するところが新しい点である。

また、近年特に注目すべき分野として高速電磁弁を用いた制御系がある。1980 年代末ごろ田中らが高速電磁弁<sup>3)</sup>を提案し商品化して以来、高速電磁弁を用いたデジタル技術を油圧制御分野に導入するための研究が続けられてきたが、山田ら<sup>4)</sup>は図 5 に示すような高速 ON/OFF 電磁弁を用いた油圧アクティブ・サスペンションシステムに対して、車両前方の路面情報を利用した図 6 のような予見制御を提案している。

最近の情報化社会の発達に伴い、様々な分野においてインターネットによる通信技術を利用した研究が盛んとなっており、油圧分野においてもインターネットによる油圧システムの遠隔制御に関する研究<sup>5)</sup>が始め

られ、今までの油圧分野の研究とは全く異なる動向を示している。この研究は図 7 に示すように油圧システムを遠隔地からインターネットを用いて制御するものであり、この場合には不確定な時間遅れが必ず発生してしまうので、図 8 のように補償器に時間遅れに対応できる予測計算機能を入れ、安定な制御の実現を図るものである。

### 3. 平成 14 年度の海外の油圧分野研究

海外のフルードパワー研究論文は膨大であるので、著者は油圧分野研究の動向調査のために平成 14 年度に開催された主な国際学術会議<sup>6)</sup>に限定し、そこでの油圧分野の論文 2 3 編について調べた。発表された論文の主な内容は油圧システムのシミュレーション、ポンプ、トランスミッション、アクチュエーションシステム、コンポーネント、制御と同定、騒音と振動などであるが、全体的には日本国内の研究と特に変わらないものであった。ヨーロッパの参加者を中心とした国際学術会議での発表論文の動向として日本と最も異なる所は、平成 13 年度ではシミュレーション研究のアプローチ方法であった。すなわち従来のシミュレーションに関する研究では C 言語などで作成したシミュレーションプログラムを用いたシステムの理論解析が中心であったが、最近の明らかな傾向は機械構造モデリング専用の ADAMS、油圧システムシミュレーション専用の DSHplus、MATLAB/SIMULINK 等の商用のプログラムを用いた、ユーザが使いやすく、また信頼性や効率の高いシミュレーション技法を用いた研究が行われていることであった<sup>7)</sup>。しかし、平成 14 年度の発表論文にはこのようなアプローチがいっさい見当たらなかった。また、日本ではあまり多くは見られないシミュレーション技法として CFD ソフトを用いた CFD 解析法がある。ヨーロッパでは毎年数編の CFD 解析による研究結果が報告されており、平成 14 年度にも gerotor ポンプ内流量の CFD モデリングに関する研究が F. IUDICELLO<sup>8)</sup>によって報告された。図 9 のように 3 次元の CFD モデルを構築してポンプ内部の流れ特性を解析し、実験でその妥当性を調べるこの研究方法はソフトウェアの発展およびその適用法の発展に伴ってその評価が高まっている状況である。

### 4. おわりに

以上、本稿では平成 14 年度における油圧分野の研究動向を国内と海外について、それぞれの内容を簡単に述べた。平成 14 年度における油圧分野の研究動向は今までの流れと特に変わらないが、最近ますます盛んになっているインターネットによる通信技術を用いた油圧遠隔制御法がどこまで進展するか注目される。また、CFD 解析による研究が進展してモデル化の有効性がどこまで確立されるか注目される。

### 参考文献

- 1) チェンウィスワット タム, 朴 聖煥, 北川 能 “油圧制御による鉄道車両ブレーキに関する研究 (第 1 報: ポペット形圧力制御弁によるブレーキ圧力制御)”, 日本機械学会論文集 (C 編), 68 巻, 673 号, 2673/2679 (2002)
- 2) 加藤 博司, 西海 孝夫, 小波 倭文朗, “油圧モータ・負荷系へのニューラルネットの適用 (第 2 報, 微小動作信号のパルス幅変調による油圧モータ・負荷系の高精度角度制御)”, 日本機械学会論文集 (C 編), 68 巻, 670 号, 1827/1833 (2002)
- 3) 田中裕久, “高速電子弁に関する研究”, 日本機械学会論文集 (C 編), 50 巻, 457 号, 1594/1601 (1984)
- 4) 山田宏尚, 武藤高義, 末松良一, “高速 ON/OFF 電子弁を用いた油圧アクティブ・サスペンションの予見制御”, 日本機械学会論文集 (C 編), 68 巻, 675 号, 3217/3223 (2002)
- 5) 王 曉峰, 呉 平東, 任 長清, 黄 杰, 陳 之龍, 馬 樹元, 北川 能, “インターネットによる遠隔油圧制御システムの基礎研究”, 平成 14 年春季フルードパワーシステム講演会講演論文集, 4/6 (2002)
- 6) C.R. Burrows, K.A. Edge, “Power Transmission and Motion Control”, Professional Engineering Publishing Limited. (2002)
- 7) C.R. Burrows, K.A. Edge, “Power Transmission and Motion Control”, Professional Engineering

Publishing Limited. (2001)

- 8) F. IUDICELLO, D. MITCHELL, "CFD modeling of the flow in a gerotor pump", Power Transmission and Motion Control, 53/64 (2002)

### 著者紹介



きたがわ あとう  
北川 能 君

1947年10月18日生まれ。

1984年東京工業大学 助教授

1991年東京工業大学制工学部御工学科 教授

2000年東京工業大学大学院理工学研究科機械制御システム専攻 教授

流体制御、流体駆動ロボット、生体協調流体システム等の研究に従事。

日本フルードパワーシステム学会・日本機械学会・計測自動制御学会等の会員、工学博士。

E-mail: [kitagawa@ctrl.titech.ac.jp](mailto:kitagawa@ctrl.titech.ac.jp)

URL: <http://www.ctrl.titech.ac.jp/ctrl-labs/kitagawa-lab/>

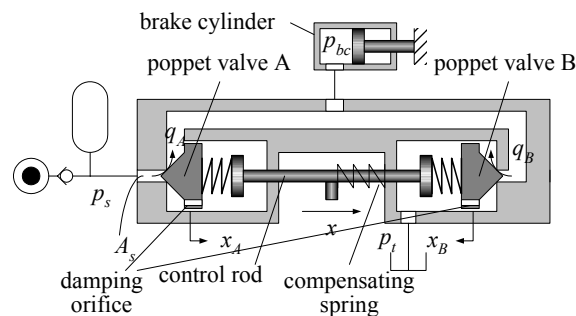
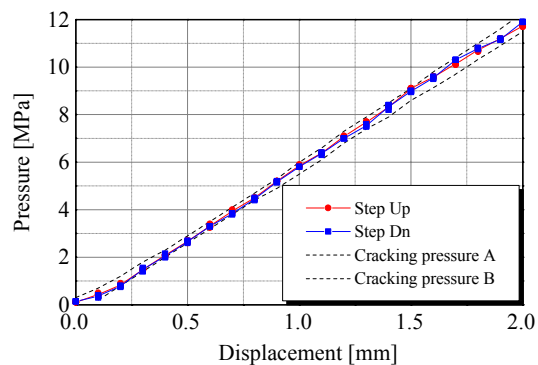
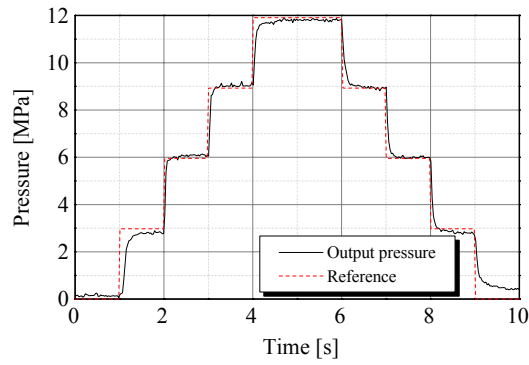


図1 Poppet type brake pressure control valve (BPC valve)



2 Static characteristic of the BPC valve



3 Step response of BPC valve

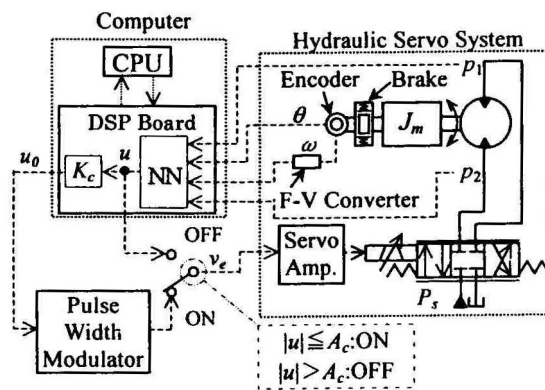
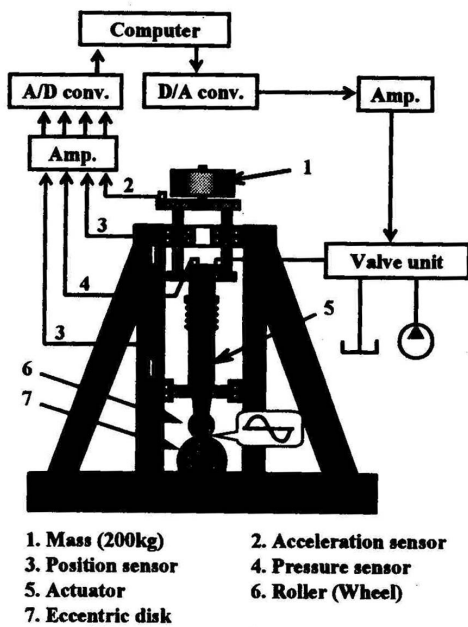


図 4 Experimental apparatus of neural net controlled hydraulic servo system



- 1. Mass (200kg)
- 2. Acceleration sensor
- 3. Position sensor
- 4. Pressure sensor
- 5. Actuator
- 6. Roller (Wheel)
- 7. Eccentric disk

図 5 Quarter car test bench system

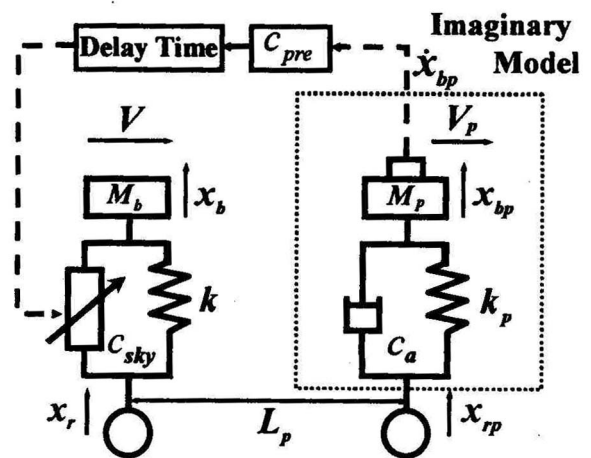
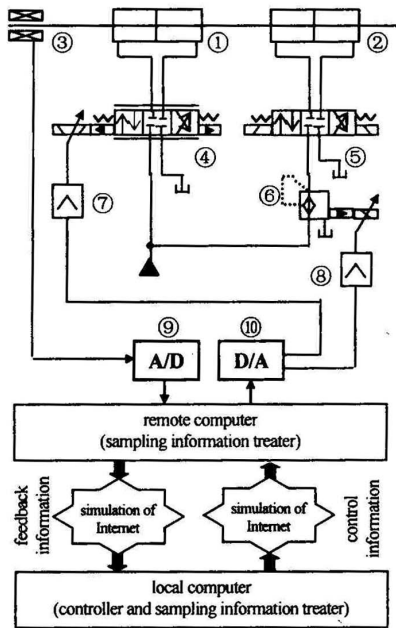


図 6 Principle of preview control



- ①. act cylinder    ②. load cylinder    ③. position sensor
- ④. electro-hydraulic servo valve    ⑤. directional valve
- ⑥. proportional overflow pressure relief valve
- ⑦. power amplifier    ⑧. power amplifier
- ⑨. A/D converter    ⑩. D/A converter

図 7 Experimental facility of hydraulic telecontrol system based on Internet

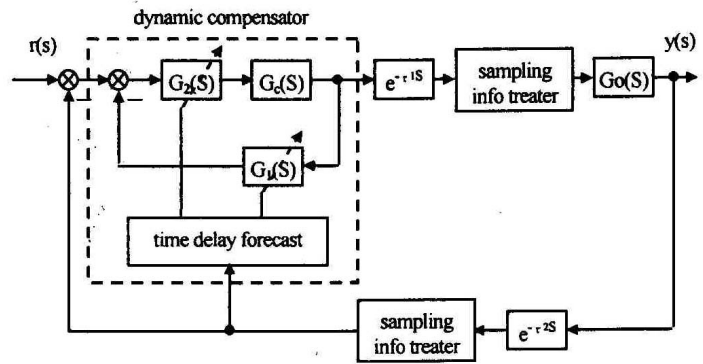


図 8 Telecontrol system with dynamic compensator

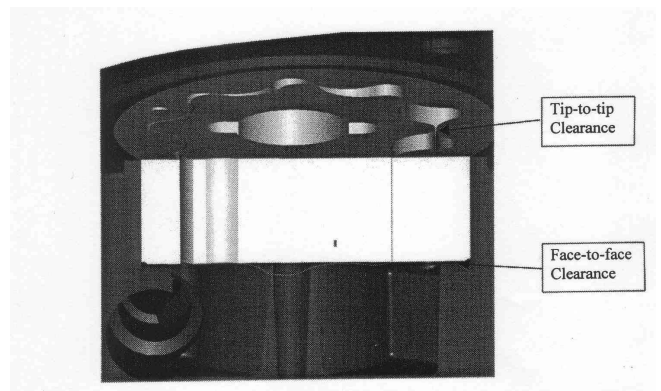
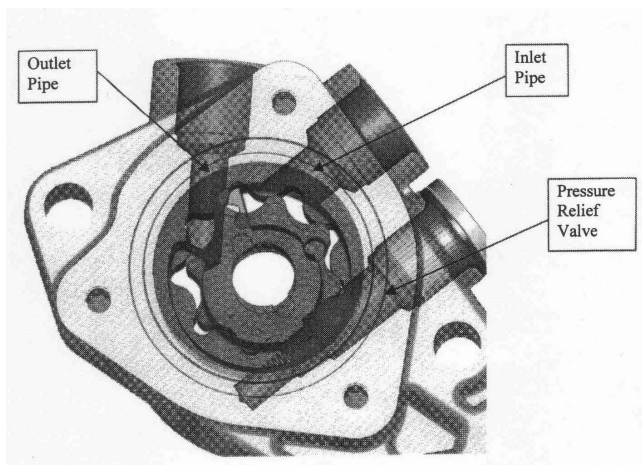


図 9 View of the pump flow passageways and rotor set