

## 技術論文

## バイパスバルブセンサおよびフィルタ状態監視について

### Bypass Valve Sensor and Filter Condition Monitoring

影山 雅人  
Masato Kageyama  
塩安 智亘  
Tomonobu Shioyasu

フィルトレーションシステムは、油圧ショベルなどの建設機械における、主な動力伝達方法である油圧システムの信頼性、耐久性に大きく関わる。フィルトレーションシステムの機能低下を、確実に検出するためにバイパスバルブセンサを開発した。また、バイパスバルブセンサと、機械稼働管理システム「KOMTRAX」を用いた実際の監視活動の一端について、合わせて紹介する。

Filtration systems are closely related to the reliability and durability of hydraulic systems, which are the main power transmission method for construction machines such as hydraulic excavators. We have developed a bypass valve sensor that reliably detects functional deterioration of the filtration system. In addition, we will also introduce a part of the actual monitoring activity using the bypass valve sensor and the machine operation management system "KOMTRAX".

*Key Words:* 油圧, フィルトレーション, 機械稼働管理

#### 1. はじめに

建設機械の動力を伝達する作動油は建設機械の性能、耐久性に影響を及ぼすため、その清浄度の管理は極めて重要である。清浄度が悪化すると油圧部品の摩耗による力不足、異物かみ込みによる作動不良等の様々な不具合が発生してしまう。そこで、作動油の清浄度を維持するために、油圧回路には外部からの異物侵入防止や、内部の異物捕獲を目的としたフィルタ、ブリーザ等からなるフィルトレーションシステムが構築されている。(図1)

コマツではフィルトレーションシステムの機能低下を検出するバイパスバルブセンサを開発した。このバイパスバルブセンサと通信衛星回線、携帯電話回線を用いた機械稼働管理システム「KOMTRAX」によるフィルタの状態監視について紹介する。

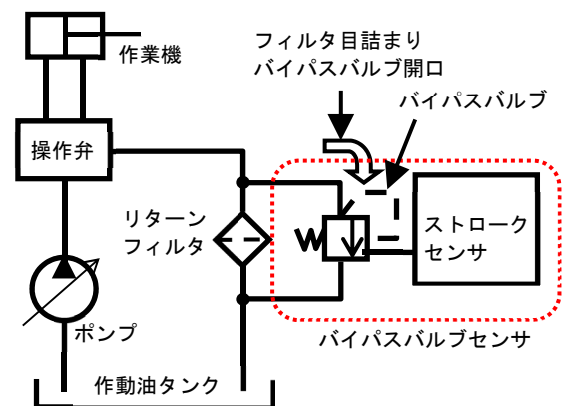


図1 建設機械のフィルトレーション簡易回路図

## 2. バイパスバルブの目的

リターンフィルタは、作動油タンクの上流にあり、シリンダ、モータからの操作弁を介したタンクへの戻り油をろ過するフィルタであり、フィルトレーションシステムの中で最大のろ過機能を持っている。

フィルタは戻り油中の粒子を捕集し続けることにより、油が流れにくくなりフィルタの前後の差圧が増加する。建設機械の戻り流量は、作動状況により変化するので、流量が大きい時には特に差圧が増加する。差圧が増加した状態で放置すると、ろ材であるフィルタエレメントが破損するため、差圧が大きい時に作動油を一時的にバイパスさせるバイパスバルブを設ける。

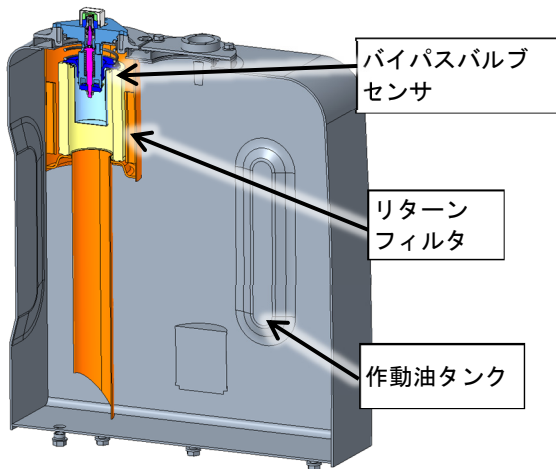


図2 作動油タンク内リターンフィルタとバイパスバルブセンサ

バイパスバルブが作動している間は、フィルトレーション機能が働かないため、作動油の汚染が急速に進み、油圧システムの故障のリスクが高まる。通常、フィルタは定期的な交換によってこのような目詰まりを回避し、バイパスバルブが稼働しないようメンテナンスすることが必要となる。

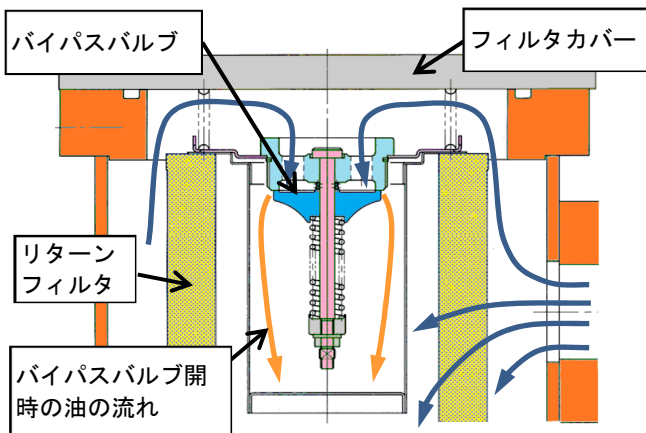


図3 バイパスバルブの構造

## 3. 差圧スイッチ式バイパスバルブセンサ

バイパスバルブセンサは、フィルタの目詰まりを検出し、定期的な交換前のフィルトレーション機能の低下を検出するために用いられる。

従来、バイパスバルブの作動を検出する方式として、フィルタの前後差圧で作動する差圧スイッチ式が採用されていた。差圧検出式の場合、バイパスバルブも同様にフィルタの差圧で作動するために、バイパスバルブの開閉圧力のバラツキと、圧力センサの精度等に起因するバラツキが課題となる。図3のようにバイパスバルブが先に開く場合には、センサがフィルタ目詰まりを検出した時点では既にバイパスバルブが開いており、フィルトレーション機能を確保することができない。

逆にバイパスバルブが開く前に、センサがフィルタ目詰まりを検出してしまうと、利用可能な状態のフィルタの交換が促されることで、機械の維持コストが上昇してしまう。

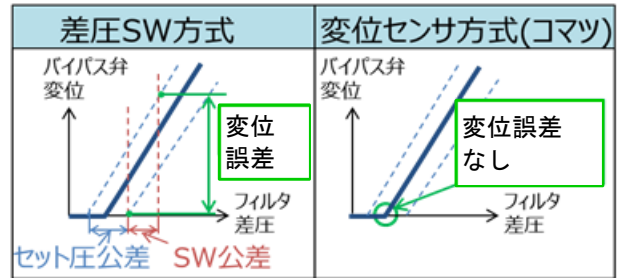


図4 バイパスバルブセンサの検出方式と誤差の影響

#### 4. コマツバイパスバルブセンサの特徴

コマツのバイパスバルブセンサにおいては、バルブの動作を直接検出することでこのような精度の問題を解決した。図5にコマツバイパスバルブセンサの構造を示す。

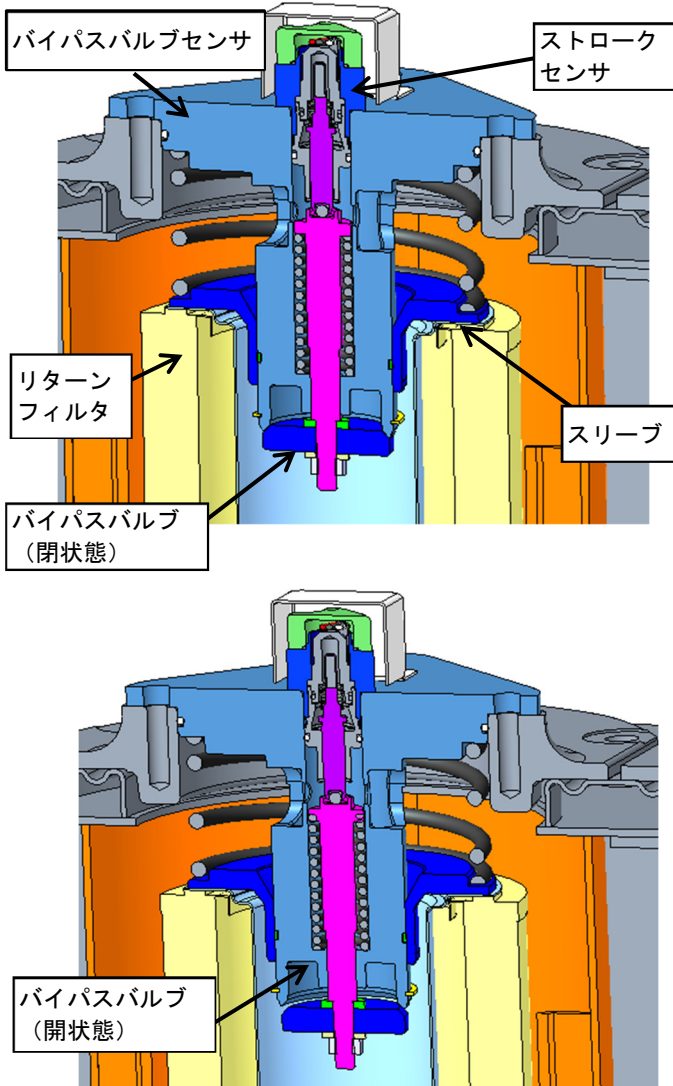


図5 コマツバイパスバルブセンサの構造と作動

コマツのバイパスバルブセンサでは、図5に示すように、バイパスバルブの開閉を、バルブと連動するシャフトを介して、ストロークセンサにて検出する構造となっている。センサ部は変位量を検出するアナログ出力のストロークセンサとなっている。耐圧性能、耐震性能、耐熱性を備え、建設機械用として、コマツにて開発されたものである。現在多数の建設機械に搭載されており1万時間を超えて稼働し、問題なく機能している。他にも、ポンプの斜板角センサや、バルブのストロークセンサとして広く利用されている。

バイパスバルブが閉のストロークを、エンジン起動直後の油圧システムが作動する前の状態で検出し、そのストロークからの変化を検出することにより、検出誤差のないバルブの開閉検出を可能としている。仮にセンサの精度や取り付け位置により、検出精度による誤差があった場合でも、初期状態からの変化を検出することでその影響をキャンセルすることができる。これにより、目詰まりによりフィルトレーション機能が損なわれているのに警報が出せないことや、逆にフィルトレーション機能は保たれているのに早期にフィルタの交換をしてしまうことを回避できる。

大型の建機ではフィルタは油圧タンクと独立したフィルタケースを設けることが多いが、場積の限られる中～小型建機では、リターンフィルタは、図2に示すようにタンク内にフィルタケースを内装して設置されることが多い。これにより、余分な配管やケースを設けることなく油圧システムの場合積を最小化することが可能となる。

この場合、バイパスバルブは、フィルタエレメントとフィルタケース、バイパスバルブの間で隙間を生じさせないために、図3のように、ばねなどによる押し付け力により固定される。

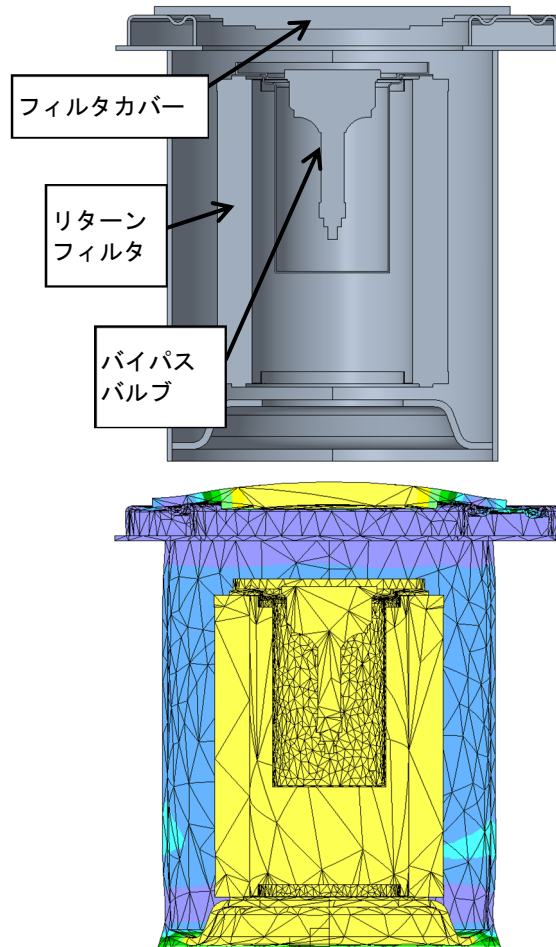


図6 圧力によるフィルタケースの変形

図2のようなフィルタケース内装作動油タンクのバイパスバルブの場合、バイパスバルブの作動を検出するためにフィルタカバー部にセンサを取り付けると、問題が発生する。バイパスバルブのセット圧(0.2~0.4Mpa)までは、フィルタケース、フィルタカバーに圧力が加わり、その圧力でフィルタカバーや、フィルタケースが変形する。このため、バイパスバルブが開いていない状態でも、戻り油の圧力によりストロークセンサとバイパスバルブの距離が変化してしまう。この距離変化はストロークセンサにバイパスバルブが開いたと誤検知するのに十分な大きさであり、単純にフィルタカバーにセンサを取り付けると、誤報の原因になる。コマツバイパスセンサでは、図5のように、フィルタカバーとバイパスバルブが一体となる構造を導入しこの問題を解決している。フィルタカバーとフィルタケースの変形に対しては、変形に追従するスリーブを設け、変形があっても油の漏れが生じない構造としている。

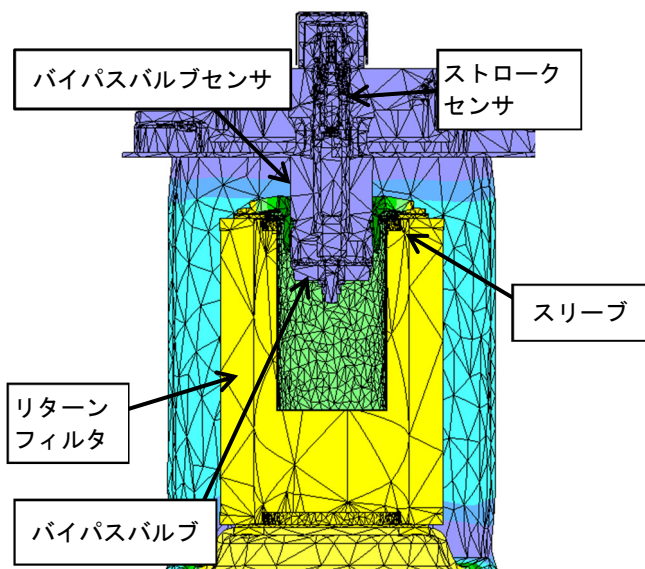


図7 圧力によるバイパスバルブセンサの変形

## 5. フィルタ状態監視について

上記のバイパスバルブセンサを開発し、またそのセンサ出力をコマツの機械稼働管理システム「KOMTRAX」を通じて、世界中で稼働している車両を監視することが可能となった。このKOMTRAXからの情報を日々監視することで、リターンフィルタの交換時期を把握することができ、作動油コンタミネーションの悪化から油圧機器の致命的な破損を未然に防止することに役立っている。

図9のようにバイパスバルブは開く度に出力するため、リターンフィルタをいつ交換したか、車両ごとに把握することも可能になった。

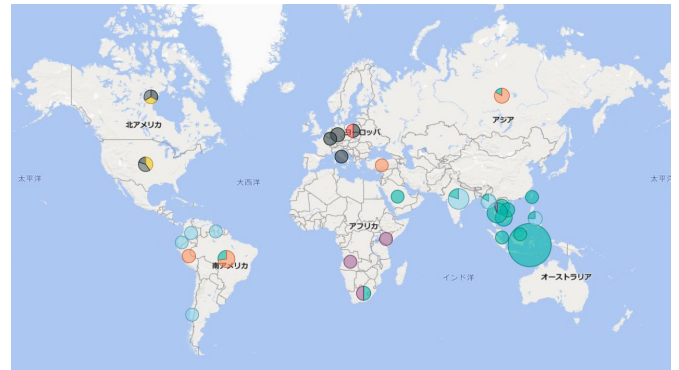


図8 世界中のフィルタ状況をKOMTRAXで監視

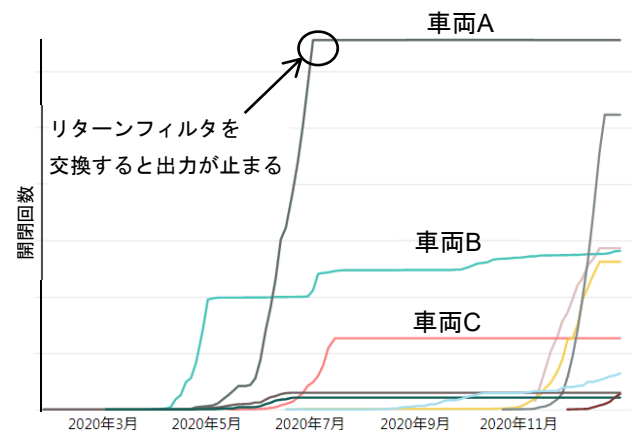


図9 車両ごとのバイパスバルブ開閉回数

リターンフィルタの交換時期が適切に設定されているかに関しても、実際にバイパスバルブセンサが作動し、リターンフィルタが交換されたものを回収し調査を実施した。その結果、外部より油圧回路内に侵入したダストをリターンフィルタで捕捉しており、圧力損失は新品の約4倍まで増加していることが確認された(図10)。これはバイパスバルブのセット圧から考えてもフィルタが目詰まりを起こしていることを示している。また、リターンフィルタの調査だけでなく搭載されている油圧機器についても調査を実施したが、性能や摩耗等の問題はなかった。これらのことから我々はバイパスバルブセンサがリターンフィルタの交換時期に対して、早すぎることも遅すぎることもなく、適切な交換時期を知らせていると考える。

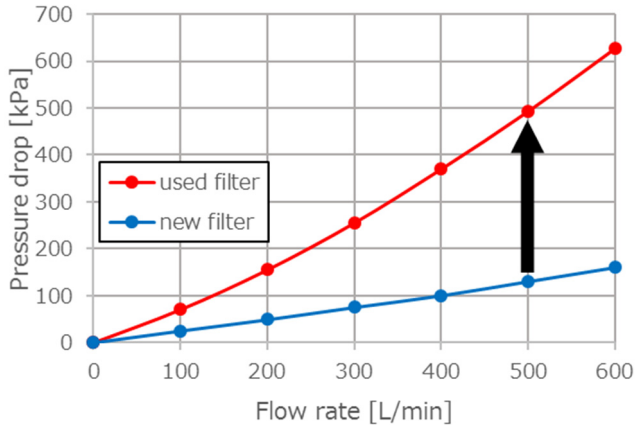


図10 調査のため回収したフィルタの圧力損失

また、この監視をしていると、大部分のお客様の車両は、順調に稼働しているものの、一部の車両で通常の交換時期より短い時間で寿命を迎えてしまう車両もあることが分かった。そのような車両に関しては、現地のサービス部門と協力して、リターンフィルタを早急に交換するよう促すだけでなく、油圧機器の故障が発生していないか、使用環境や特殊アタッチメント等の油圧回路内に通常より多くのダストを侵入させてしまうような使い方をしていないかを確認し、都度必要な対応をとっている。

その一例として、油圧シリンダのオーバーホール時にシール部品をコマツ純正部品ではなく、模倣品を使用したことによって、著しくシール性能が低下し、油圧回路内に大量のダストを侵入させていることを発見することができたと共に、お客様に対して改善を提案することができた。

今後も市場監視を継続していくことで、バイパスバルブの出力データと油圧機器の異常との因果関係がより明確になっていくと、より精度の高いサービスを提供していくことができる。

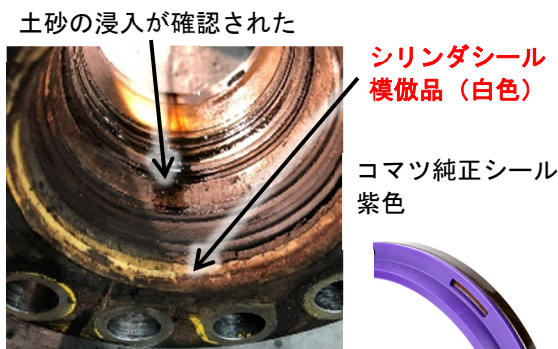


図11 模倣品を使用したシリンダの内部写真

## 6. おわりに

建設機械のお客様におけるライフサイクルコスト改善において、油圧機器の信頼性向上は今後とも重要度を増していく。油圧機器において、突発故障の回避、予防保全においてはフィルトレーションの管理は信頼性向上に欠かせない基本技術となる。

本バイパスバルブセンサおよび、フィルタ状態監視活動が、建設機械のフィルトレーションの改善、ひいてはお客様のメリットにつながることを期待している。

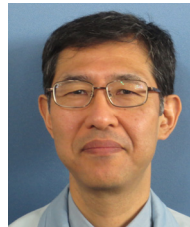
### 謝辞

市場での調査に協力いただいた建機ユーザの皆様、また、センサの開発に協力いただいた、協力企業ご担当者の皆様、この場をお借りして深く御礼申し上げます。

### 参考文献

- [1] 丸田和弘, 高圭介, 笹沼誠一郎, “フィルトレーションシステムの改善について”, KOMPAS, 2012年, 82号
- [2] 宇佐美秀明, “建設機械用油圧ポンプの搭載関連技術”, フルードパワーシステム, 2018年, Vol.50 No.1, p.34-37
- [3] 高圭介, “建設機械の作動油タンク”, フルードパワーシステム, 2010年, Vol.41 No.6, p.389-393

### 筆者紹介



Masato Kageyama

かげやま まさと  
影山 雅人 1986年, コマツ入社。  
開発本部 油機開発センタ所属



Tomonobu Shioyasu

しお やす とも のぶ  
塩安 智亘 2007年, コマツ入社。  
開発本部 油機開発センタ所属

### 【筆者からひと言】

建設機械において、使われ方の見える化、コンポーネントの故障徴候検出技術、予防保全に関わる技術は途についたばかりの新しい分野である。今後とも、継続して新しい技術を導入し、建設機械の信頼性向上に貢献したい。