

NACHI-BUSINESS

Components **news**

Vol. **9** B2
November/2005

機能部品事業

■ 新商品・適用事例紹介

Legato 機械の「安全確認型システム」の構築に寄与
「モニタリングスイッチ付
電磁切替弁の紹介」

Safety Monitoring System --- Legato
"Introduction of Solenoid Valve
With Monitoring Switch"

〈キーワード〉 機械安全・危険検出型システム・安全確認型システム
電磁切替弁・モニタリングスイッチ

部品事業部／技術二部

三輪 哲朗 Tetsuro Miwa

小倉 祐二 Yuuji Ogura

新ブランド“Legato/レガート”

“しなやか”な動きと力強さを併せ持っています。

株式会社 不二越

要 旨

産業機械業界では、「省エネ」と並んで「安全」に対する要求が高まっており、機械安全に関する国際規格や国内規格が判定されるなど、「安全」は今後さらに重要なキーワードになると予想される。

これらの規格制定により、日本においても、これまでの、危険を検出したら機械が停止する「危険検出型システム」から、今後は、安全であることを確認してから機械の運転を許可する「安全確認型システム」が採用されるようになる。機械の設計段階で安全確認型システムを構築することが、安全のグローバルスタンダードになると予想される。

今回、これらの要求に対応可能な「モニタリングスイッチ付電磁切替弁」を、日本で初めて商品化した。

Abstract

In the field of industrial machines, "safety" has become a critical requirement along with energy saving and is expected to become a key word in the future.

Until lately, the conventional system that detects danger and stops a machine during its operation has been used. In Japan, however, the trend is to adopt the system that monitors safety and allows machine to operate after safety is confirmed, moving away from the system that detects danger as the new safety standards have been established. It is expected to become a global standard for safety that such Safety Monitoring System will be included into specifications of machines at the time of machine designing. Introducing here is "Solenoid Valve for Monitoring Switch" first in Japan, the product that is capable of handling such requirement.

1. モニタリングスイッチ付電磁切替弁の必要性

産業機械業界において、「安全」に対する要求は年々高まっており、この要求は産業機械に使用される油圧機器にも求められている。具体的な社会の動きとしても、機械安全の国際規格ISO 12100が2003年11月に制定され、日本でも同様の規定を定めたJIS B 9700が2004年11月に制定されている。

そこでNACHIは、電磁切替弁で開発した安全構造はそのままに、これらの規格に準拠した機械やシステムを設計、製造する場合に必要なモニタリングスイッチ付電磁切替弁を、安全に配慮したレガート商品として日本で初めて商品化した。このバルブは、油の流れる方向を制御するスプールやポペットの作動状況をON/OFF信号でとり出すことができる。この信号を機械の制御装置にとり込んで、作動状況を適宜監視し、安全状態を確認することにより、機械の安全確認型システムを構築することができる。また、従来の電磁切替弁と同等の世界最高水準にある仕様を継承し、使用条件や用途にあわせて4シリーズ用意しているため、様々な分野に対応可能である。

危険検出型システムと安全確認型システムの比較を図1に示す。



レガート

“しなやか”な動きと力強さを併せ持っています。

危険検出型システム

従来の
考え方

機械装置で**危険検出**

危険情報伝達

運転停止

危険が検出された時にだけ、機械の運転を停止させる。
(センサー故障や信号線断線時、危険が発生しても機械は停止せず災害を回避できない。)

安全に対する考え方を変える必要があります。

安全確認型システム

これからの
考え方

機械装置で**安全検出**

安全情報伝達

運転許可

安全が検出された時にだけ、**機械の運転を許可**する。
(センサー故障や信号線断線時でも、機械の運転は許可されず災害を回避できる。)

図1 危険検出型システムと安全確認型システムの比較

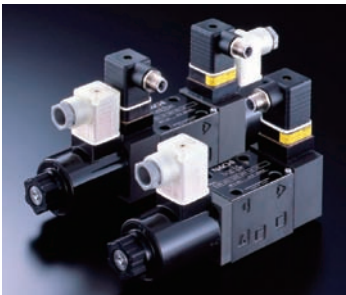


図2 SAW-G01シリーズ外観

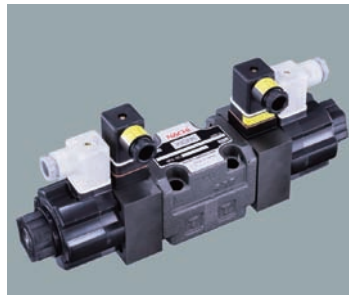


図3 SAW-G03シリーズ外観



図4 SCW-G03シリーズ外観

2. 用途に合わせて4シリーズ

モニタリングスイッチ付電磁切換弁には、直動形スプール弁の「SAW-G01」と「SAW-G03」、油圧パイロット作動形スプール弁の「DSW-G04」、および、内部リーク量が極めて少なく、圧力保持性能に優れたポペット弁の「SCW-G03」という、4つのシリーズがある。いずれのシリーズも、従来から定評のある標準電磁切換弁にモニタリングスイッチを装備した構造であり、標準電磁切換弁と同一の高圧、大流量仕様となっている。また、ガスケット面寸法も標準電磁切換弁と同一であり、標準バルブからの置き換えも容易である。

豊富なシリーズと高水準の仕様を実現したことにより、使用条件や用途に合わせたバルブの選定が可能となっている。



図5 DSW-G04シリーズ外観

表1 シリーズ一覧表

シリーズ	SAW-G01-10	SAW-G03-(J) 10	DSW-G04-10	SCW-G03-J10
作動タイプ	直動形スプール弁		油圧パイロット作動形スプール弁	ポペット弁
最高使用圧力	35MPa			21MPa
最大流量	100L/min	160L/min	300L/min	50L/min

3. モニタリングスイッチ付電磁切替弁の特長

1) メカニカルスイッチ採用により 高信頼性を実現

モニタリングスイッチ付電磁切替弁の作動構造を簡略化した図を、図6、図7に示す。(直動形スプール弁シングルソレノイドタイプ)

図6は、スプールが中立状態(ソレノイド無通電状態)であることを示している。この状態では固定接点(青)と可動接点(赤)が接触しており、電氣的に導通状態になっている。(スイッチON状態)

この状態からソレノイドを通電すると、スプールが右方向に作動する(図7)。スプールの移動に伴い可動接点(赤)がスプールと連動して固定接点(青)から離れ、固定接点と可動接点は電氣的に非導通状態になる。(スイッチOFF)

この様に、固定接点と移動接点はスイッチになっており、ON、OFFの状態ですプールの作動状況を機械側で容易に監視することができる。

従来は、スプールやポペットの作動状況を監視する目的で、差動トランスや、磁気センサーを用いる場合が多かった。しかし、これらを使用した場合は温度ドリフト(温度変化によるスイッチ動作点の変動)やヒステリシスが発生し、正確な信号が得られない場合があった。

これらの問題を解消するため、本バルブでは、スイッチ部に電子部品や磁気素子を使用せず、スプールやポペットの作動状況によって機械的に切り換わる電気接点(スイッチ)を利用している。その結果、温度ドリフトやヒステリシスがほとんど無い、確実なスイッチ信号が得られる。

2) 世界最高水準の性能を継承

本バルブは、従来から定評のある標準電磁切替弁をベースに開発しているので、性能は標準電磁切替弁と同一である。よってバルブ仕様も標準電磁切替弁と同一に設定でき、標準電磁切替弁から、モニタリングスイッチ付電磁切替弁への置き換えも容易である。

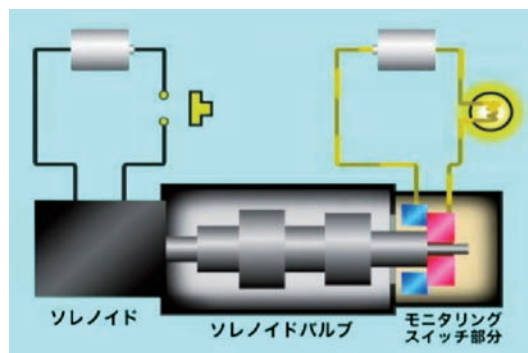


図6 ソレノイド無通電状態(スイッチON)

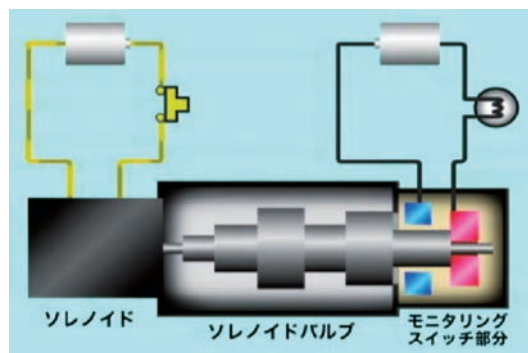


図7 ソレノイド通電状態(スイッチOFF)

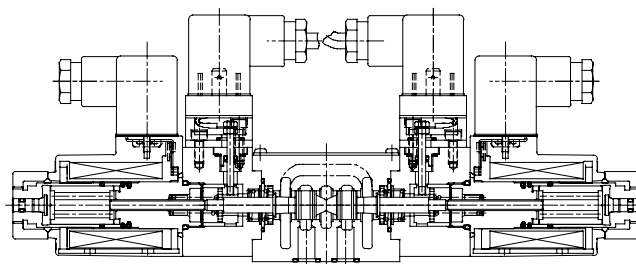


図8 モニタリングスイッチ付電磁切替弁 断面構造図

3) 安全性を考慮した出力信号

機械の油圧回路は、安全を考慮して、ソレノイドへの通電がOFFの時(バルブのスポールが中立に戻った時)に、アクチュエータを停止するよう設計するのが一般的である。

モニタリングスイッチ付電磁切換弁では、スポールが中立状態に戻った時だけモニタリングスイッチ信号が全てONになる仕様となっている。このため、例えば信号線が断線した場合は、スポールが中立状態に戻ったという信号を出力できず、機械は安全状態を確認できないので、機械の運転を許可しないというフェールセーフ機能がはたらくこととなる。

さらに、流路形態が中立状態からアクチュエータ作動状態に完全に切り換わる前に、モニタリングスイッチ信号をOFFにする構造となっており、(表2)モニタリングスイッチ信号が全てON状態でアクチュエータが作動することは無く、安心して使用できる。(中立状態でオールポートブロックの流路形態の場合)図9は、モニタリングスイッチ付電磁切換弁(中立状態でオールポートブロック)の応答性データの一例である。ソレノイドに通電することで、スポールが移動してアク

チュエータが作動するため、供給圧力が降下する。SOL.a-ONしてからSOL.aSW-OFFするまでの時間(22ms)に比べると、圧力降下し始めるまでの時間(29ms)の方が長いので、スイッチが動作してからスポールがアクチュエータ作動状態に切り換わっていることがわかる。またSOL.a-OFF側も、スポールが中立状態に切り換わってから、スイッチが作動していることがわかる。

4) コンパクトなスイッチ出力回路

モニタリングスイッチ用コネクタ内部には、プログラマブルコントローラーやデバイスネット^{※2}などに接続するためのフォトカプラ回路が内蔵されている。プログラマブルコントローラーなどの入力回路には、プラス(+)コモン方式とマイナス(-)コモン方式があるが、モニタリングスイッチ付電磁切換弁は、信号線の接地事故時に入力回路が誤動作する心配の無い、マイナス(-)コモン方式(ソース方式入力回路)を採用している。この他、モニタリングスイッチのチャタリング防止用回路や、ノイズ低減回路がモニタリングスイッチ用コネクタ内部にコンパクトに収納されている。

表2 スプール切換状態とモニタリングスイッチの関係

ポジション		スプールのストローク		
		SOL.b ON	中立	SOL.a ON
流路形態				
スイッチの動作	SOL.b SW モニタリングスイッチ	OFF	ON	
	SOL.a SW モニタリングスイッチ	ON		OFF

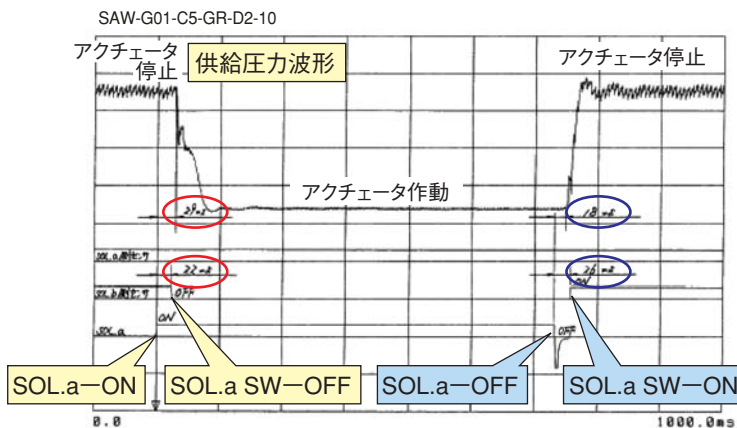


図9 SAW-G01 応答性データ(例)

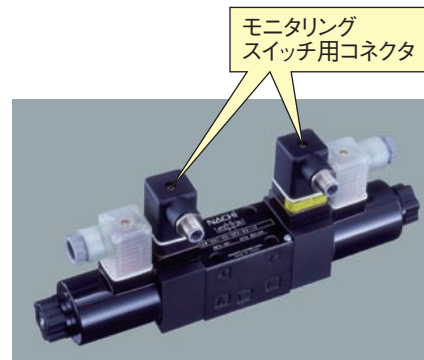


図10 SAW-G01シリーズ

4. 使用例

図11は、油圧シリンダを前進・後退させる油圧回路に、モニタリングスイッチ付電磁切替弁を使用した例である。

油圧装置を使用した機械は、簡単に大出力を得られる反面、種々の危険が存在していると言える。たとえば油圧シリンダを前進・後退させる油圧回路では、何らかの理由で電磁切替弁のスプールが中立状態に戻らない場合、電磁切替弁への通電をOFFにしても油圧シリンダは作動し続ける。(安全機能の消失)

従来までの電磁切替弁には、モニタリングスイッチ出力機能が無いので、このような万一の状態を検出することができない。

モニタリングスイッチ付電磁切替弁の出力信号は、スプールが中立状態にあるときに、全てONにする仕様となっているので、例えば次の用途が考えられる。

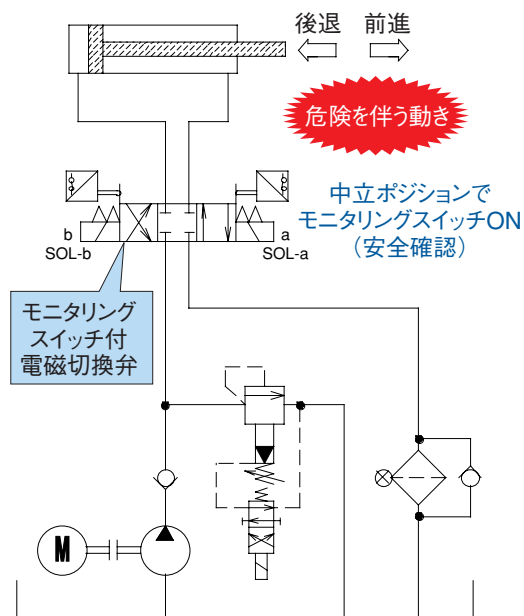


図11 モニタリングスイッチ付電磁切替弁の使用例

(1) 安全ドアのロック解除許可条件

モニタリングスイッチ信号が全てONの時、スプールは中立状態にあり、油圧シリンダは動作する状態にはない。そこで、モニタリングスイッチ信号ONを『安全ドアのロック解除許可』条件として使用できる。(機械の制御装置側で、モニタリングスイッチ信号が全てONの場合に、安全ドアのロック解除を許可する。)この場合、モニタリングスイッチ信号OFFでは、安全ドアのロック解除が許可されないので、何らかの要因でスプールが中立状態に戻らない場合でも、安全ドアのロック解除は許可されない。従って、作業者は安全ドアを開けることができず安全が確保される。

(2) 油圧ポンプの運転許可条件

何らかの要因で、スプールが中立状態に戻っていない状態で油圧ポンプを起動すると、起動指令が無くとも油圧シリンダが動作するので非常に危険である。モニタリングスイッチ信号が全てONの時、スプールは中立状態にあり、油圧シリンダは動作する状態にはないので、モニタリングスイッチ信号ONを『油圧ポンプの運転許可』条件として使用できる。(機械の制御装置側で、モニタリングスイッチ信号が全てONの場合に、油圧ポンプの運転を許可する。)この場合、モニタリングスイッチ信号OFFでは、油圧ポンプの運転が許可されないで、何らかの要因でスプールが中立状態に戻っていない状態では、油圧ポンプの運転ができない。従って、ポンプ運転時に起動指令が無くとも油圧シリンダが動作するというような危険な状態を回避でき、安全が確保される。

このように、モニタリングスイッチ付電磁切替弁は、種々の安全方策に利用できるもので、機械のリスク低減に有効であると言える。

5. 仕 様

本シリーズは、前述の通り従来から世界最高水準にある標準電磁切換弁シリーズの仕様を継承している。仕様の詳細を以下に示す。

表3 バルブ仕様

項 目		仕 様			
タイプ		SAW-G01	SAW-G03	DSW-G04	SCW-G03
最高使用圧力 (P,A,Bポート)		35(25)MPa(注1)	35(25)MPa(注1)	35MPa	21MPa
最大流量		100L/min	160L/min	300L/min	50L/min
Tポート許容背圧		21MPa	16MPa	21MPa	—
使用条件	防塵・防水ランク	JIS C 0920 IP65			
	作動油	石油系作動油			
	周囲温度範囲	-20~50℃			
	使用油温範囲	-20~70℃			
	使用粘度範囲	15~300mm ² /S			
	フィルトレーション	25μm以下			
モニタリング スイッチ	定格電圧	DC24V			
	許容電圧範囲	定格電圧の±20%			
	最大負荷電流	100mA			
	残留電圧	max. 1.2V			
	コネクタへの配線	リード線またはM12-4ピンコネクタ			

(注1) 最高使用圧力は、バルブ形式により異なります。

(注2) 最大流量はバルブの形式および使用圧力により異なります。

(注3) バルブのモニタリングスイッチは油中で ON、OFF 作動する構造のため、作動油の絶縁性が必要です。よって石油系の作油を使用してください。石油系以外（水・グリコール系、W/O エマルジョン系、リン酸エステル系、脂肪酸エステル系など）の作動油には使用できません。また、石油系であっても、含水量は 0.1%vol 以下でご使用ください。

(注4) プログラマブルコントローラの入力回路にはプラス（+）コモン方式とマイナス（-）コモン方式があります。このバルブは、電気回路上の安全性を考慮して、ソース方式（負荷と電源のプラス（+）側にスイッチを入れる方式）を採用しています。このため、モニタリングスイッチ出力をプログラマブルコントローラなどに入力する場合は、マイナス（-）コモン方式のプログラマブルコントローラを使用してください。

(注5) モニタリングスイッチへの供給電圧は、下記の条件を満足する範囲で決定してください。

[負荷ON 電源+残留電圧 ≤ スイッチ供給電圧 ≤ 28.8V]

6. 形式説明

1) SAW-G01/O3シリーズ

SAW-G 01-A3X-FGR V-D2-(J) 10

デザインナンバー G01: 10→バルブ取付ボルトM5
G03: 10→バルブ取付ボルトM8
G03: J10→バルブ取付ボルトM6

ソレノイドの電源形式 C1 : AC100V 50/60Hz, AC110V 60Hz
C115 : AC110V 50/60Hz, AC115V 60Hz
C2 : AC200V 50/60Hz, AC220V 60Hz
C230 : AC220V 50/60Hz, AC230V 60Hz
D1 : DC12V D2 : DC24V
E1 : AC100V 50/60Hz E115 : AC110/115V 50/60Hz
E2 : AC200V 50/60Hz E230 : AC220/230V 50/60Hz

スイッチ用コネクタの配線方法 無記号:リード線350mm付
V : M12-4ピンコネクタ付
(お客さま手配の相手ケーブル付きコネクタ例 : omron形XS2F-D421-D80-A)

オプション記号 無記号 : オプションなし (電源形式E*に適用)
D : 手動用プッシュピンが操作できなくするキャップ付
F : ショックレス形 (電源形式D*, E*に適用)
GR : サージレス形、インジケータライト付 (電源形式C*, D*の場合は必ず付けてください)
R : インジケータライト付 (電源形式E*に適用)

可能なオプション記号の組み合わせ

電源形式	オプション記号
C*	CR、DGR
D*	CR、DGR、FGR、DFGR
E*	無記号、D、F、DF、R、DR、FR、DFR

(注記)

電磁切替弁をON/OFFにする際に発生するノイズで、モニタリングスイッチ出力が誤作動しないようにするため、モニタリングスイッチ付電磁切替弁には、サージレス形の設定しかありません。
(電源形式E*は、標準でサージレス形になっているため、オプション記号は不要です。)

作動記号

A2X		C1		C1S	
A3X		C5		C6S	
A5		C6		/	

呼び径 01/O3 サイズ

取付方法 G : ガスケット取付形

モニタリングスイッチ付電磁切替弁 (DINコネクタ形)

2) DSW-G04シリーズ

DSW-G 04-A3X-FGR V-D2-10

デザインナンバー

ソレノイドの電源形式 SAW-G01/03と同一

スイッチ用コネクタの配線方法 SAW-G01/03と同一

オプション記号 無記号：オプションなし(電源形式E*に適用)
 A : 内部ドレン形
 E : 外部パイロット形
 D : 手動用プッシュピンが操作できなくするキャップ付
 GR : サージレス形、インジケータライト付(電源形式C*, D*の場合は必ず付けてください)
 R : インジケータライト付(電源形式E*に適用)
 Y : パイロットのA・Bポート絞リ弁付

(注記)
 電磁切換弁をON/OFFにする際に発生するノイズで、モニタリングスイッチ出力が誤作動しないようにするため、モニタリングスイッチ付電磁切換弁には、サージレス形の設定しかありません。
 (電源形式E*は、標準でサージレス形になっているため、オプション記号は不要です。)

作動記号

A3X		C5		C6S	
C1		C6			

呼び径 04 サイズ

取付方法 G : ガasket取付形

モニタリングスイッチ付電磁パイロット切換弁 (DINコネクタ形)

2) SCW-G03シリーズ

SCW-G03-ARC-GRV-D2-J10

デザインナンバー

ソレノイドの電源形式 D1 : DC12V D2 : DC24V
 E1 : AC100V 50/60Hz E115 : AC110/115V 50/60Hz
 E2 : AC200V 50/60Hz E230 : AC220/230V 50/60Hz

スイッチ用コネクタの配線方法 SAW-G01/03と同一

オプション記号 無記号：オプションなし(電源形式E*に適用)
 GR : サージレス形、インジケータライト付(電源形式C*, D*の場合は必ず付けてください)
 R : インジケータライト付(電源形式E*に適用)

可能なオプション記号の組み合わせ (注記)
 電磁切換弁をON/OFFする際に発生するノイズで、モニタリングスイッチ出力が誤作動しないようにするため、モニタリングスイッチ付電磁切換弁には、サージレス形の設定しかありません。
 (電源形式E*は、標準でサージレス形になっているため、オプション記号は不要です。)

電源形式	オプション記号
D*	GR
E*	無記号、R

作動記号

AR		SOL.ON時に B→Aは流せないタイプ
ARC		SOL.ON時にA→BとB→A 両方向に流せるタイプ

呼び径 03 サイズ

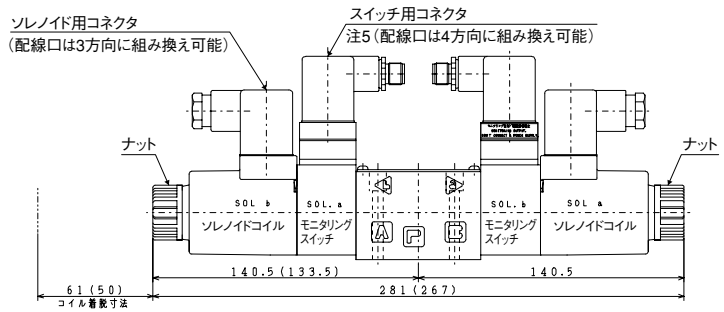
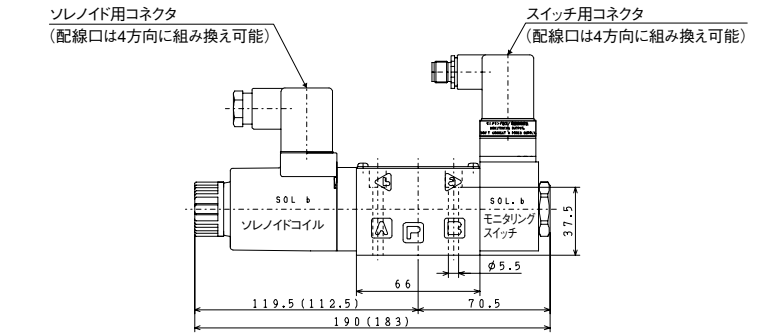
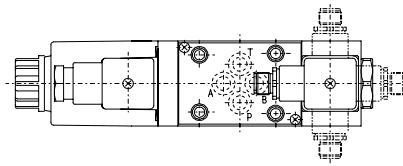
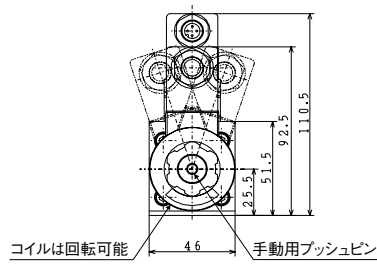
取付方法 G : ガasket取付形

モニタリングスイッチ付ポペット形電磁切換弁

7. 取付寸法図

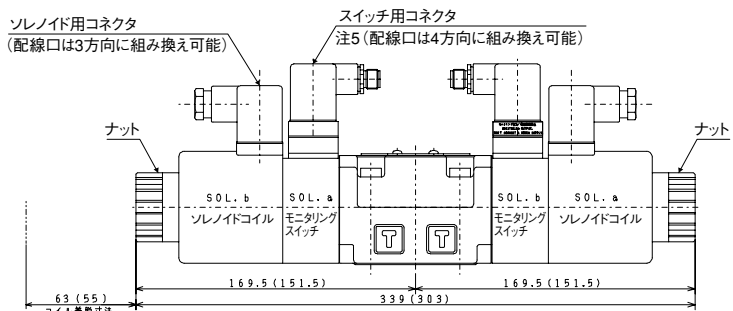
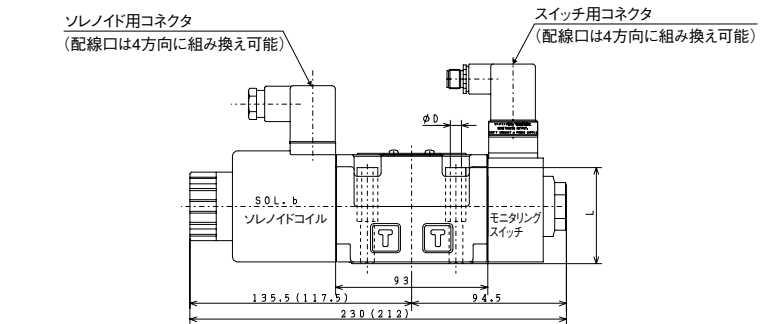
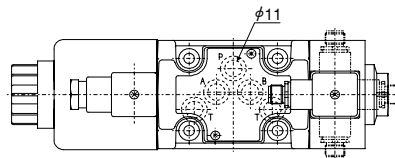
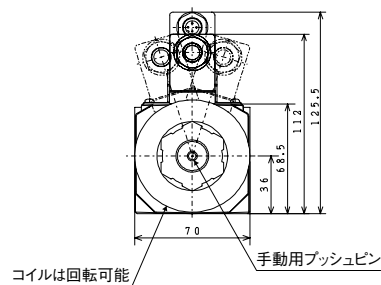
1) SAW-G01シリーズ

ガスケット面の取付寸法は、ISO 4401-03-02です。

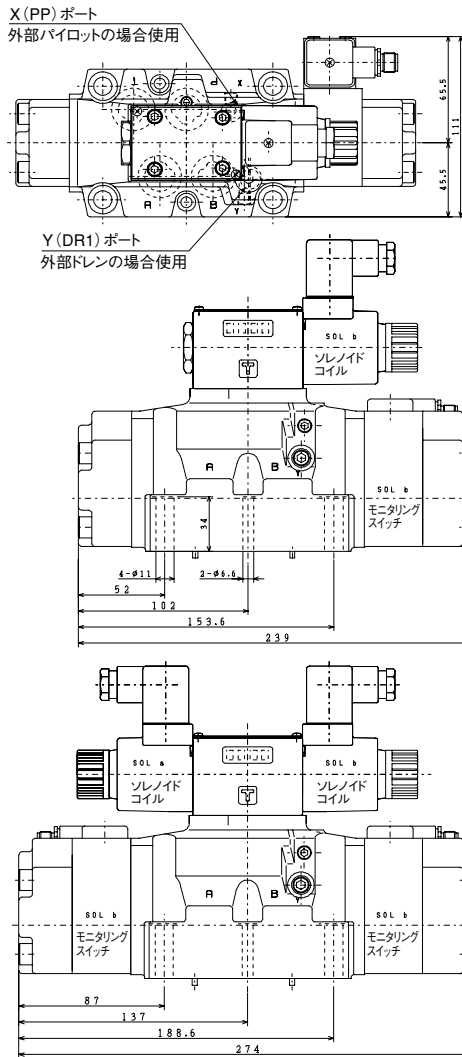


2) SAW-G03シリーズ

ガスケット面の取付寸法は、ISO 4401-05-04です。

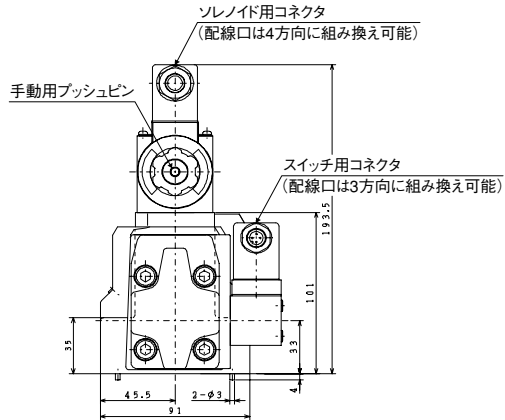


デザインナンバー	φ D	L
J10	φ6.8	60.5
10	φ8.5	58



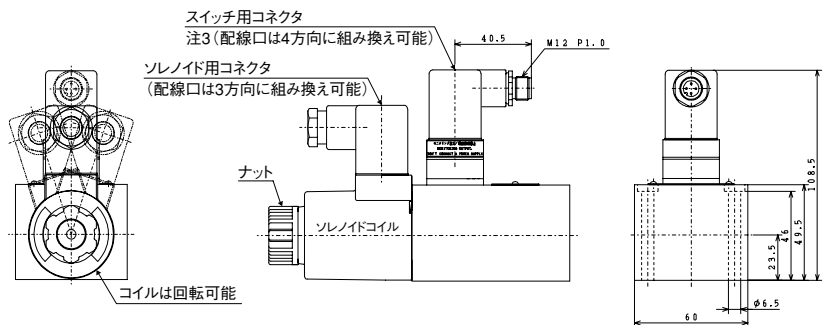
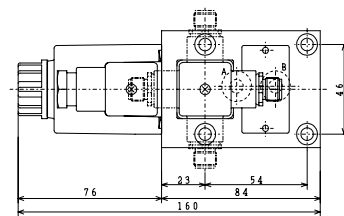
3) DSW-G04シリーズ

ガスケット面の取付寸法は、ISO 4401-07-06です。



4) SCW-G03シリーズ

ガスケット面の取付寸法は、ISO 4401-05-04です。
ただし、AとBポートのみ使用します。



- (注1) SAW-G01/03において、()内寸法は、ACソレノイドの場合です。
- (注2) オプション記号にDが付く場合は、コイルを固定するナットが長くなります。この場合、SAW-G01/03はバルブ全長が長くなります。(1コイルに付き、SAW-G01は5mm、SAW-G03は6mm長くなります。)
- (注3) 上図のスイッチ用コネクタは全て、M12-4ピンコネクタ付になっています。この他にリード線付もあります。詳細は、次ページ(図13)を参照ください。
- (注4) コネクタの配線口は、梱包の都合で図示の向きで出荷します。配線の際は、必要に応じ向きを変えて使用してください。
- (注5) SAW-G01/03およびSCW-G03において、スイッチ用コネクタの配線口を、ソレノイドコイル側に向ける場合は、ナットを緩めてソレノイドコイルを回転させて、スイッチ用コネクタがソレノイド用コネクタと干渉しないようにしてください。
- (注6) ソレノイドをON/OFFしたときに発生するノイズで、モニタリングスイッチが誤動作しないようにするために、本バルブと同一機械で使用する、全ての電磁弁をサージレス形としてください。

8. モニタリングスイッチ配線仕様

モニタリングスイッチ信号の配線は、お客さまのニーズに合わせてリード線方式と、M12-4ピンコネクタ方式が選択できるようになっている。M12-4ピンコネクタ仕様を選択することにより、デバイスネットで使用さ

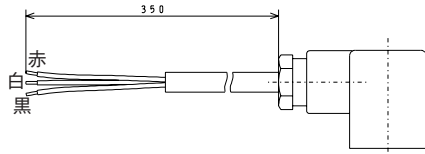


図12. リード線スイッチ用コネクタ (オプション記号:無記号)

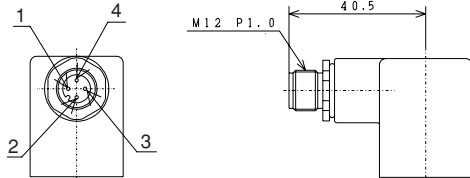


図13 M12-4ピン付スイッチ用コネクタ (オプション記号:V)

- (注1) M12-4ピンコネクタは、ハウジングにねじ込んでいる構造のため、図に対して任意の位置に回転した状態になっています。接続方法は図14の電気配線図を参照ください。
- (注2) M12-4ピンコネクタの相手側コネクタは、付属されていません。
(お客さま手配の相手ケーブル付きコネクタ例: omron形XS2F-D421-D80-A)

れる、市販のコネクタ付ケーブルが使用できるため、大幅な配線工数の削減が可能である。

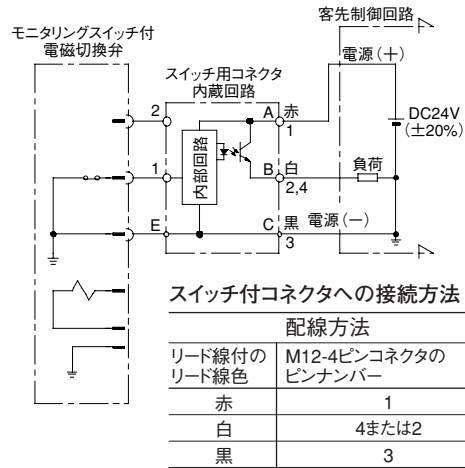


図14 電気配線図 (スイッチ用コネクタ)

- (注3) モニタリングスイッチに、リレーなどの誘導負荷を接続する場合は、必ずサージ電圧防止用のダイオードを設けてください。
- (注4) リード線付のリード線は、別のリード線と交換するなどの改造をしないでください。
- (注5) M12-4ピンコネクタ付の負荷は、ピンナンバー4または2のどちらか一方に接続してください。

9. 機械の安全システム構築に力を発揮

今回日本で初めて開発したモニタリングスイッチ付電磁切換弁は、従来より定評のある標準電磁切換弁に、NACHI独自の構造で信頼性の高いモニタリングスイッチを装備しているため、世界最高水準の性能と信頼性を有している。また、流量や用途にあわせて4シリーズを用意しており、幅広い分野に対応可能である。

今後の産業機械業界では、「安全」はこれまで以上に重要なキーワードになり、とりわけ安全確認型の考え方はさらに普及するものと予想される。このバルブシリーズは、これらの考えに基づいた、母機の安全確認型システムの構築に大きく貢献できるとともに、様々な分野へと使用の場が広がっていくことを期待している。

用語解説

※1 ISO 12100

2003年11月、国際標準化機構によって策定された、機械類の安全性を確保するための国際標準規格。

※2 デバイスネット

制御機器の相互接続を容易に行うためのネットワーク規格で、北米を中心に採用されている。配線工数が多くなっても、2芯のケーブルで信号を送り、配線の数を削減できる。