

めかとり通信

<トラブル事例集>

当社の標準ソレノイドは多くの種類があり、多様な負荷の駆動に用いていただけます。ただ、基本的な注意を払っていただかないと思ったような動きをしなかったり、場合によっては壊れたりします。ときどきお客様からのお叱りをいただくこともあります。それらの中には少々注意を頂くことで

回避可能なものが少なくありません。カタログに記した注意事項の中には理解が難しいものもあるようです。そこで、今回はそのような基本的な注意事項にまつわるトラブル事例をご紹介します。と思います。



■1. コイルの発熱

□1.1 しばらくすると動かなくなる

- 温度上昇で電流不足

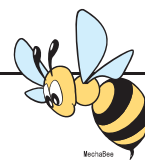
ソレノイドは通電すると電力消費量に応じた発熱を生じます。コイルは銅線を巻いて作られており、温度の上昇とともに銅の温度係数にしたがって電気抵抗が上昇します。このため、印加電圧が同じならコイルの温度上昇とともにコイル抵抗の増加で電流が低下、吸引力は減少することになります。この減少分を見込んでコイルを選定し、駆動電圧を設定する必要があります。

□1.2. コイルが焼損した

- コイルの焼損
- 最大通電時間を超過して通電
- 必要以上の電流値

ソレノイドは通電すると温度が上昇します。型式によって、通電できる限界の電力が定められており、カタログに記載されています。定格表には連続で通電する場合と、代表的な通電率の場合が記載されています。この値以下で使用しないとコイルは焼損することがあります。

通電電圧は、必要な吸引力を得るのに必要なだけ、できるだけ低い値とし、通電時間も可能な限り短くします。カタログに記載された電圧は目安とし、負荷の大きさから判断してください。このとき、最大通電可能電力を上回ることが無いようにします。



■2. 環境

□2.1. 電食が発生

- 電食
- 高湿度下での使用の際には注意が必要

電食は電位差を有する所に電解液が存在した場合、これを経由して電流が流れたときに生じる現象で、激しい腐食が発生します。電解液が無ければ生じないので、高湿度環境への設置を避けるのがもっとも有効ですが、難しい場合には発生しやすい接続を避けることで防ぐことが可能です。これはカタログに記載があるので参考にしてください。

■3. 駆動回路

□3.1. ヒューズが溶断

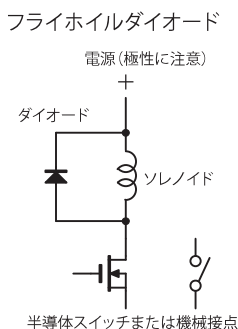
- 駆動素子破壊
- 電流・電圧ヒューズ溶断
- コイル焼損で短絡、過電流

何らかの事情でコイルに過大な電力が加えられた場合、コイルは焼損を起こします。コイルは絶縁皮膜で覆われた銅線を巻き枠（ボビン）に巻き、外周を絶縁テープなどで覆った構造です。過度な電力の印加によりコイル温度が上昇したときに、これらの絶縁物がその温度に耐えられずに破壊に至ることがあります。この場合、巻線間、またはケースなどの構造体と接触することで電気的な短絡を起こすと、過電流が流れることになります。この電流は駆動用の素子を破壊することがあります。また、電源に設置された電流ヒューズが溶断します。過大な電力の印加が生じないようにご注意ください。

□3.2. トランジスタが壊れる

- 逆起電圧処理
- 駆動素子破壊

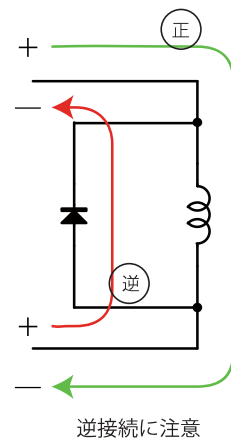
コイル電流の通電操作には機械的な接点やリレーなど、またはトランジスタや FET などの半導体スイッチが用いられます。半導体スイッチは使用可能な電圧に制限があり、これを超過すると破壊する場合があります。一方、コイルは通電後その電流を遮断しようとした際に逆方向に電圧を発生します。その大きさは極めて大きなもので、半導体スイッチ素子の耐電圧を容易に超えて、耐圧破壊するのに十分な電圧となります。リレーなどの接点は火花を生じて焼き付きを起こします。このため何らかの対策が必須です。一般的にはコイルに並列にダイオードを挿入するのが簡単で確実な効果があるので良く用いられます。



□3.3. 逆接に注意

- ダイオード内蔵型の場合には極性が生じる
- 通電極性

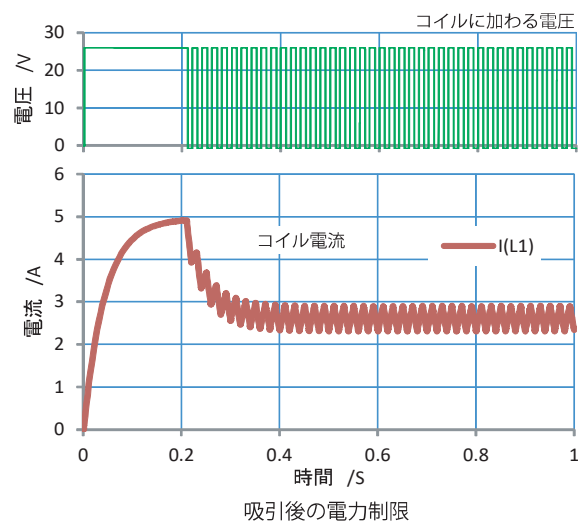
当社の標準ソレノイドには一部を除いて通電極性はありません。ただし、ダイオードを内蔵したコイルまたはダイオードとコイルを組み合わせたユニットとして使用している場合には極性が生じ、通電極性は厳密に管理することが必要となります。逆極性で通電した際にはダイオードで電源を短絡することになり、過電流によりダイオードが焼損、駆動用のトランジスタ破損、または電源が故障したりします。電源を逆接続しなくても、同じ電源に逆極性のノイズを生じるものが接続されている場合には同様の注意が必要となります。モータなど、誘導負荷のある場合には注意してください。

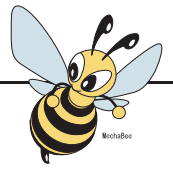


□3.4. 速度があげられない

- 動作速度
- 発熱対策で駆動電圧制限

高速で動作させようとした場合には出来るだけ大きな電流を流すことが必要となります。ただし、電流を大きくするとコイルの発熱も大きくなり、無理をすると焼損に至ります。このため速度的には妥協が必要です。通電期間を吸引期間と保持期間に分け、吸引期間を大きな電流で駆動することで速度を確保し、保持期間には電流を抑えて温度上昇を制限することで、速度を犠牲にせず温度上昇が抑えられます。この具体的な手法は「めかとり通信 Vol33」をご参照ください。





■5. ロータリソレノイド

□3.5. 復帰不良

- 復帰速度
- エアギャップスペーサの脱落、消失

エアギャップスペーサ（ギャップワッシャ）は、吸着位置において最小ギャップを設定する働きがあります。エアギャップスペーサを外しギャップをゼロとすると、電流遮断時に内部磁路に残留する磁気によって復帰しにくくなり、場合によっては復帰しないこともあります。ただし、ギャップを大きくすると吸引力は低下するので、吸着時の保持力が必要な場合には慎重に設定する必要があります。また、作動時の騒音を抑制する機能もあり、この場合にはクッション性のある厚めなものを選択すると効果が望めます。

エアギャップスペーサは特別な場合を除いて外さずに使用する必要があります。

□3.6. 復帰が遅い

- 逆起電力処理で、復帰遅延

ソレノイドコイルの電流遮断時に生じる逆起電力対策としてコイルに並列にダイオードを挿入する方法が使われます。ただ、復帰時間に影響を与えることがあります。コイル電流の遮断時に電流の垂下に時間がかかることが原因で、ダイオードにツェナーダイオードや抵抗を直列に挿入したり、バリスタなどに変更することで改善が可能です。この説明は「めか」とる通信 Vol133」をご参照ください。

■4. 騒音

□4.1. 作動音が大きい

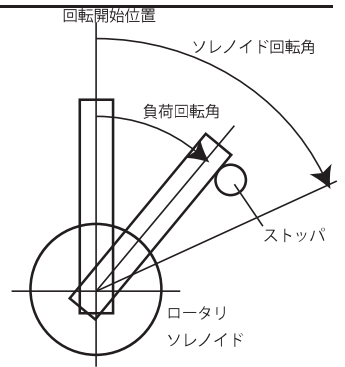
- 動作音・復帰音

大型のものや高速で作動するものは対策が難しく、大きな保持力を必要とするものも騒音を生じやすくなります。吸着終了時の磁気ギャップを小さくする必要があります。プッシュ・プルソレノイドでは、最小ギャップを確保するために挿入されているエアギャップスペーサをクッション性のあるものに交換することで効果が望めます。ただギャップの変化に伴い、吸引力特性が変化することと、耐久性に注意が必要となります。ロータリソレノイドの場合には、X8 ダストカバーオプションを選ぶことで緩和が可能となります。ソレノイドは高速で動作することがメリットのアクチュエータですが、この場合には裏目に出してしまうようです。

□5.1. 回転角調整

- 回転途中での規制
- 起動不良

標準ロータリソレノイドの回転角はカタログに記載されているように、いくつかの種類があります。駆動対象負荷の回転角がこれと一致しない場

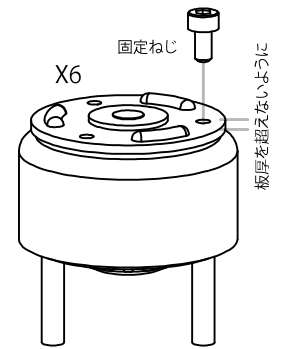


合には回転ストップで回転角を制限することになります。このとき、無通電時の動作開始点から必要回転角の範囲を使用するようにします。回転開始側にストップを配し、回転途中から起動するようにしますと、規定のトルクを発生しないことがあります。直進運動を回転運動に変換するためのベアリングボールが所定の位置からずれを生じ、変換が正常に出来なくなるためです。回転角規制ストップが必要なときは回転終了側に設置します。

□5.2. X6 オプション

- ねじ長過大で回転角不足

ロータリソレノイドのアーマチュアプレート（回転板）は直進運動を回転運動に変換する機構を組み込んでいます。これは出力シャフトと固定されているので同時に回転しま



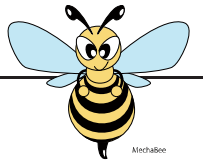
す。この回転板に負荷を固定することが可能なように3か所にタップを用意してあるのが、X6 オプションです。ここに負荷をねじ止めして駆動することが出来ます。このとき、ビスの長さはこの回転板の厚さを超えて飛び出さないようにする必要があります。飛び出して固定部に接触すると、直進・回転変換がうまくいかずに所定のトルクを発生することができません。回転角も不足することになります。

□5.3. ボールレースに異物

- ボールレースに異物侵入で回転不良

直進・回転変換機構は可動部と固定部の双方に用意された傾斜溝にベアリングボールを配置した構造となっています。この溝内に異物が混入した場合には回転に支障を生じます。このため、異物の混入には十分な注意を払ってください。もし、これが無理な場合、この部分を覆うためのダストカバー（X8）オプションを選択してください。シャフトに穴を開けるなど、お客様において追加加工を行いますと異物の混入、また内部機構に損傷の可能性もありますので、加工はご遠慮ください。追加加工が必要な場合にはご注文の際にご相談ください。





□5.4. 軸方向運動に注意

- アキシタルストローク（軸方向運動）
- 動きを規制するとトルク不足に

当社の標準ロータリソレノイドはヘリカル型と呼ばれ、直進ソレノイドの吸引力を機械的に回転運動に変換して回転します。他の方式に比較して容積当たりの出力が大きいのが特徴ですが、回転に伴う直進運動があります。この動作量をアキシタルストロークと呼んでいます。この動作が問題となるような場合には適切に処理することが必要です。この動作を規制すると所定のトルクを発生しません。



□5.5. 復帰ばねの設置

- 逆極性の通電では復帰しない

内蔵ばねオプション（X9）を指定しない場合には、必ず外部に復帰ばねを設置し、未通電時には回転開始位置に復帰するようにしてください。規定のトルクが発生しない、回転角が不足するなどの症状を生じます。このとき、軸方向運動にも配慮し初期位置に戻るようにします。

X9 が無いと回転開始時に直進・回転変換機構のボールの位置が定まらないので、規定のトルクが発生しません。

□5.6. X9 のない場合

- 外部戻しばねの問題

X9 オプションを選択せず、外部に戻しばねを設置した場合で、取り付けの姿勢によっては、まれに作動不良を生じることがあります。特に重心の偏りが大きいほど発生しやすい傾

向があり、横向き、背面（アーマチュアが下向き）の場合で注意が必要となります。X9 オプションは回転方向の原点への復帰力に加えて、軸方向の復元力を持たせています。このため、確実に原点に復帰します。このような心配が懸念される場合には X9 オプションを選択いただくのが安心です。

■6. プッシュ・プルソレノイド

□6.1. 復帰ばねの設置

- 復帰ばねがないと戻らない

標準プッシュ・プルソレノイドは通電時のみにプルまたはプッシュ方向に力を発生し、通電を解除すると、その力が消滅します。作動開始位置に復帰させるには外部に戻しばねを設置してください。内部に戻すための機構はなく、逆極性で通電しても力の発生方向が逆転することはありません。

□6.2. 作動不良

- プランジャコニカル部の傷で作動不良

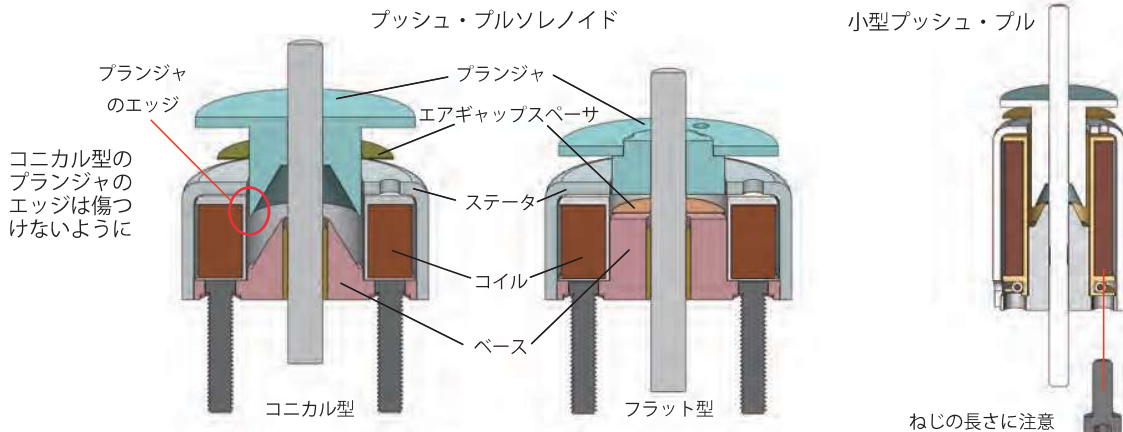
プランジャの形状には2種類あり、平坦なフラット型と、円錐形状を持つコニカル型があります。コニカル型のプランジャの端部は薄く仕上げられており、外した状態では外力により容易に変形することがあります。この状態で固定部と組み合わせるとき、内部のコイルや磁極と接触し、作動不良となることがあります。また、コイルに接触すると耐圧不良の原因にもなります。組付けの際にはご注意ください。

■7. 小型プッシュ・プルソレノイド

□7.1. 取付ビスの長さに注意

- 固定ビス長さ超過でコイル破損

小型プッシュ・プルソレノイドは取り付けをベース（固定磁極）に設けられたタップにビス止めして行います。このタップの深さはカタログに記していますが、この深さを超える長いビスを使用すると、内部のコイルに損傷を与えることとなります。耐電圧不良、電源の短絡などを生じる原因となります。取付ビスの長さは慎重に選ぶようにしてください。





■8. 自己保持型ソレノイド

□8.1. 異物混入に注意

● 磁性粉の付着、混入

自己保持型ソレノイドの組付けに当たっては、周囲に磁性の切粉などが無いように十分注意して行ってください。特に1コイル型のプランジャが引き抜けるタイプは注意が必要です。プランジャを引き抜いた状態で内部に磁性粉が入り込んだ場合には、内部の磁界のために除去は不可能です。ここは固定磁極と可動磁極の接触面で、吸着時に確実に面接触するのを前提としています。ここに異物によるギャップを生じると、保持力は大きく減少します。

□8.2. コイルの発熱

● 発熱・焼損

自己保持型ソレノイドは、吸着電流による吸着動作後に電流を切っても、内蔵の永久磁石でその位置を保持します。このため、通電は吸着動作の終了するまでの極めて短時間で済むことから電流定格を短時間定格に設定しています。この時間を超えて通電しても動作的には全く無駄で、コイルの発熱を生じるだけになります。連続通電に耐えられる仕様には設定されていませんので、長時間の通電は温度上昇による吸引力の低下、またコイル焼損の原因になります。

□8.3. 衝撃のある環境

● 衝撃、振動で離脱

自己保持ソレノイドは内蔵した永久磁石による磁力で位置保持します。プランジャとベース（固定磁極）を接触させることで磁気ギャップをゼロとして所定の保持力を得ています。保持力はギャップが広がることによって急激に低下します。このため、振動または衝撃でギャップが生じると保持力を保てずに復帰してしまいます。大きな振動・衝撃が直接加わる場所には使わない、または十分な確認を行う必要があります。

□8.4.1 コイル型の復帰電流

● 復帰電流設定用抵抗器の設置

1 コイル型での復帰動作は所定の電流範囲でないと復帰しません。内蔵の永久磁石の磁力を逆方向の電流でキャンセルして復帰させますが、吸着時と同じ電圧で逆電流を通電すると、永久磁石の磁力を超える大きな磁力が発生し、その差分が吸着力となり復帰動作が出来ません。カタログには、直列に抵抗を挿入することで、吸着時と同じ電圧で必要な電流を得る方法を掲載しています。

□8.5. 自己保持型の作動音

自己保持型は内蔵された永久磁石の磁力で位置を保持します。この磁力を有効に使用するために、固定磁極と可動磁極

は直接接触するのを前提としています。このため、作動時の騒音は避けられません。

※自己保持型の詳細は「めかとり通信」35、36号をご覧ください。

■9. オープンフレームソレノイド

□9.1. 固定ビスの長さ

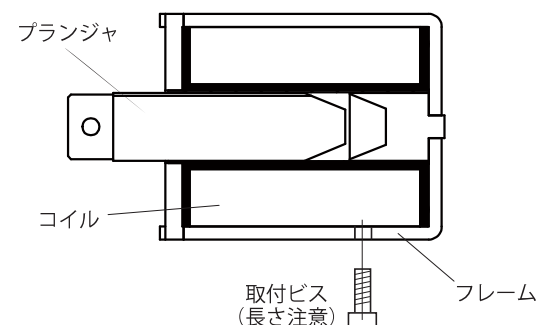
- 固定ビスがコイルに接触
- 耐電圧不良、コイル断線

オープンフレームソレノイドは磁性体のフレームにコイルを装着した構造です。使用機器への取り付けはフレームに設けられたタップにビス止めにより固定して使用します。このとき、ビスの長さがフレームの厚さを超過すると、長さによってはコイルに届いてしまうことがあります。このような場合、耐圧不良、コイル短絡、断線などの障害となります。ビスの長さはフレームの厚さを超えることが無いようにご注意ください。

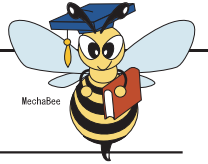
□9.2. プランジャの追加工

- 切粉の侵入
- バリでスリーブに傷

お客様にてプランジャに穴あけなどの追加工を行った場合、切粉やバリなどで摺動部のスリーブやプランジャに傷を生じ動作不良、寿命の低下などの原因となることがあります。原則としてお客様でのプランジャへの追加工は推奨しておりません。当社にご相談ください。



フレームへの取付ビスはフレームの板厚を超過してコイル側に飛び出さないような長さを選ぶ必要があります。



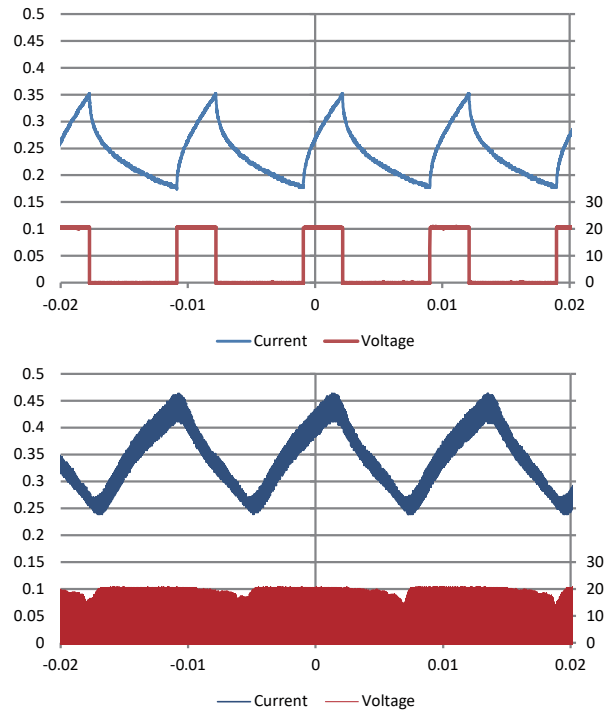
■10. 比例ソレノイド

□10.1. ヒステリシスが大きい

●適切なディザの印加

比例ソレノイドは通電電流に比例した推力を発生し、この特性を利用して連続的な位置制御を実現しています。ただし、理想的な条件でのときで、実際には軸受けの摺動抵抗や磁気的なヒステリシスも存在するので、通電電流とプランジャ位置を完全に比例させるのはなかなか困難です。そのために、軸受けの機械抵抗や磁気的なヒステリシスを低減させるために使われるのが、駆動電流へのディザの付加です。駆動電流をリニアに変化させる手法として PWM がよく使われますが、この周波数を数十から数百 Hz と低く設定し (PWM 型)、あえて電流に変動を生じるようにします。また、PWM の制御周波数は振動を生じない高いままとし、電流指示値に交流を重畳することで電流に変化成分を加える方法 (重畳型) もあります。こうするとプランジャは微振動を生じ、ディザとして機能します。これを適切に選定して使用することが比例ソレノイドを使いこなすうえで重要になります。その周波数や振幅の最適値は個々のケースでかなり異なりますので、実機での確認が欠かせません。その具体的な手法については「めかとり通信」28号、29号をご参照ください。

ディザ例



PWM型(上段)と重畳型(下段)、電流波形(青色)と電圧波形(赤色)。電圧の波形は大きく異なっている。重畳型は電流波形の振幅、周波数とも設定の自由度が高い。重畳型の PWM 周波数は約 10KHz。

■11. 終わりに

当社のソレノイドを使用するうえで見過ごされがちな点を実際にあった例をもとにご紹介してみました。これから当社製ソレノイドの使用を予定、検討していただくお客様の参考となれば幸いです。これからも色々なソレノイドをご利用いただくお客様に有益な情報をご紹介していきたい

と考えております。不明点、疑問点は些細なことでも結構ですので遠慮なくお問い合わせください。

■この資料の内容は改良の為、お断り無く変更することがありますのでご了承ください

「めかとり通信」に関するお問い合わせは

<http://smt.shindengen.co.jp>

2024年2月現在

新電元メカトロニクス株式会社

本社 : 〒357-0037 埼玉県飯能市稲荷町11番8号 TEL 042(971)6212 FAX 042(971)6218
 西日本支店 : 〒460-0003 名古屋市中区錦1-19-24名古屋第一ビル TEL 052(219)9711 FAX 052(201)4780
 茜台工場 : 〒357-0069 埼玉県飯能市茜台2丁目1番5号

新電元メカトロニクスのソレノイドのご用命は

KYORITSU

協立電業株式会社

〒190-0023 東京都立川市柴崎町3-9-5

TEL: 042-548-8881(代)

FAX: 042-548-9101(代)

