ケーブル式位置変換器（ワイヤー式変位センサー）
自動車(地上の輸送機器や乗り物)に関するアプリケーション ノート

本アプリケションノートは、自動車(地上の輸送機器や乗り物)に関する用途で技術者や研究者にFirstmark Controls社の小型位置変換器の選定、据付、使用方法で御参考にして頂くために作成しました。本ノートでは、Firstmark Controls社の位置変換器が、なぜ、どこで、どのように自動車や他の乗り物の環境で使用されているかを詳細に説明しています。

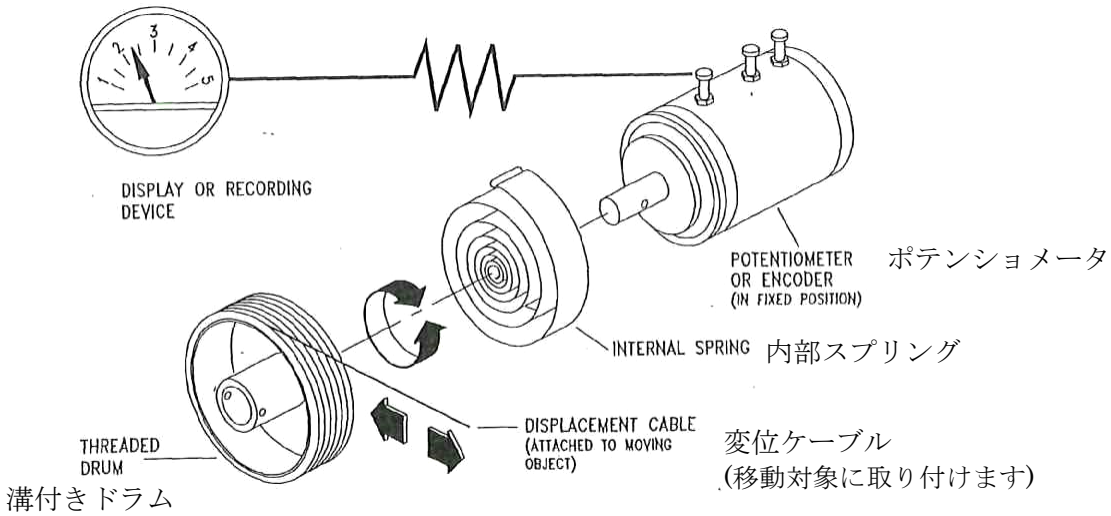
製品技術の概要

Firstmark Controls社の位置変換器はケーブル移動方式の変位検出器です。地上の輸送機器や乗り物に使用される大多数の用途では精密なポテンショメーターから発生するアナログの電気出力が使用されています。しかし、エンコーダー、シンクロ、リゾルバーも使用することが出来ます。

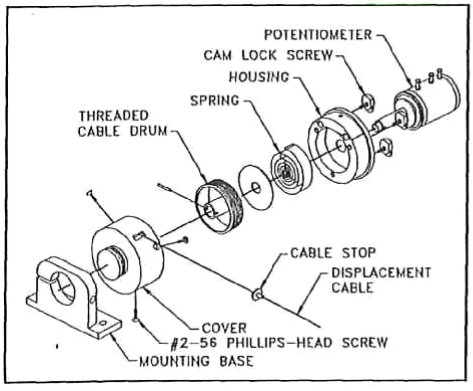
図1.0は位置変換器の動作原理を示しています。操作方法としましては、この変換器をある位置に固定し、変位ケーブルの先端をサスペンション・コンポーネントや、乗物の制御部品といった移動物体に取り付けることにより動作します。物体の移動に合わせて、ケーブルが位置変換器から引き出されたり、引き戻されたりします。

位置変換器内部の強力なスプリングが、ケーブルの張力を一定に保ちます。溝のついたケーブルドラムが、ポテンショメーター、エンコーダー、サーボ、シンクロを回転させ、これらがケーブルの移動量に比例する電気的出力を発生させます。据付の配置やシグナルコンディショナーによって、電気出力を距離、運動、角度、レイトの任意の数値で表示させることが出来ます。

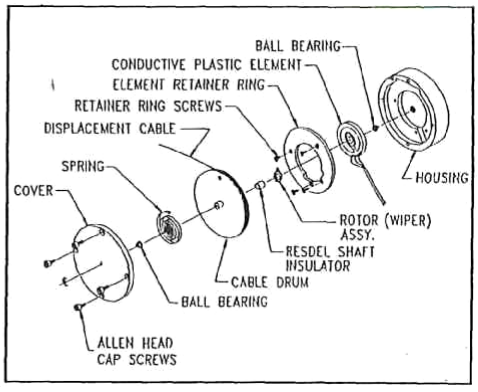
図1.0　位置変換器の動作原理



160 シリーズ位置変換器



173 シリーズ位置変換器



はじめに

糸巻きポット、ヨーヨーポット、ケーブル変位変換器やケーブル牽引式変換器としてまた知られているFirstmark Controls社の位置変換器は、NASAの飛行試験プログラムを支援する目的で1968年に最初の製品が開発されて以来、自動車関連のプログラムの広い範囲で使用されてきました。
その時以来、これらの製品は、トラックや乗用車の開発から衝突衝撃実験まで、太陽電池自動車からフォーミュラー1 レーシング カーまで、といった広い範囲のプロジェクトで使用されてきました。

便益

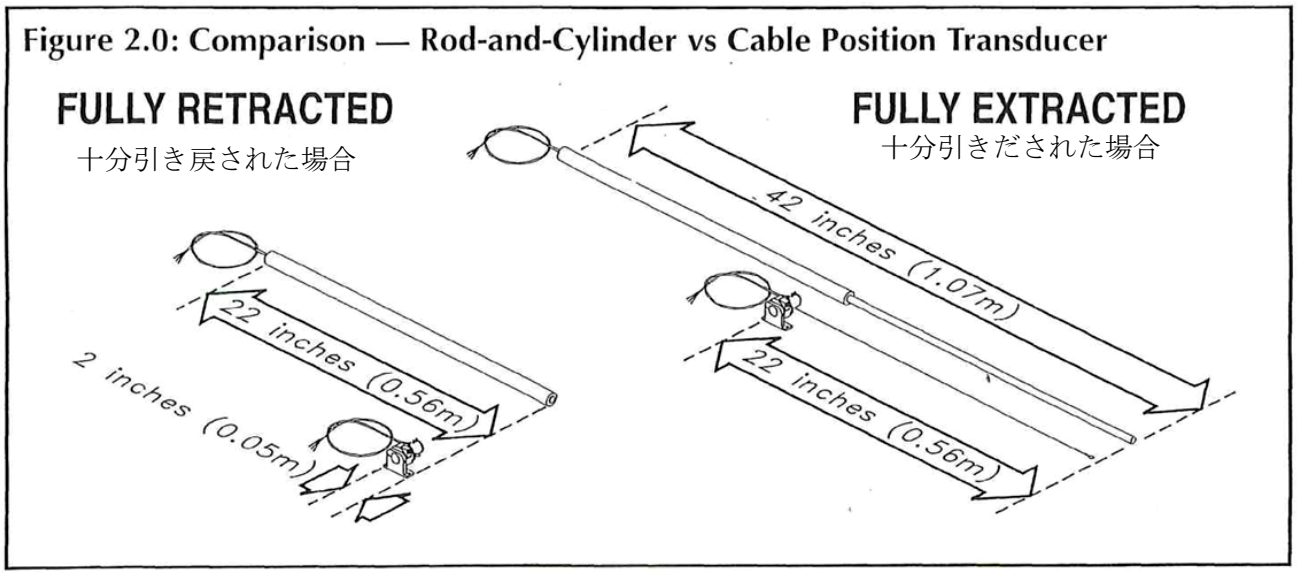
Firstmark Controls社のケーブル式位置変換器の使用場所と方法について議論する前に、この製品を位置測定に用いることでどの様な効果がもたらされるか、その用途に対してこの製品の御使用を検討される必要性がどうしてあるのかを説明しましょう。

小型で軽量

物理学上の現実として、寸法と重量が殆んどすべての工業デザインでまず考慮されなければならない事項です。この事は、特に地上用輸送機器や乗り物の業界では事実です。ケーブル式位置変換器の重要な点はステンレス鋼の変位ケーブル(ワイヤー)で構成されているということで、この製品は、他のセンサーと比較して、寸法と重量で本質的に利点があります。

直線ポテンショメーターやLVDTといった棒と鞘で構成される製品では、棒が完全に収納された状態にあっても棒と鞘を保持する空間が必要です。一例として、典型的な棒と鞘による解決方法では、0.51 mを測定するために1.07 mの動作空間を必要としています。この製品では、同じ長さを測定するのに0.56 m以下の動作空間しか必要としません。軸と鞘で構成される製品では、完全に収納された状態でも、0.51 m以上の直線空間を必要とします。
この製品では、それが0.05 m以下です。図2.0を参照して下さい。

図2. 0: 棒-鞘　対　ケーブル式位置変換器の比較



このことに対応して、棒と鞘を使用する設計ではケーブル式位置変換器を使用するより非常に重くなります。0.51 mを測定範囲とする様な製品の代表的なものを比較してみると、棒と鞘で構成する設計では、重量は0.62から0.91 kgであるのに対し、Firstmark Controls社の製品の重量は約90 gです。
非接触型検出器はケーブル式位置変換器より寸法と重量で有利なように見えますが、非接触検出用電気回路とシグナルコンディショナーを考慮すると、この有利さはさほど重要でなくなります。

据付の自由度

自由に伸びるケーブルに革新的な据付基板と機構を組み合わせれば、この位置変換器を用途に適した取付けができます。プロジェクトや製品を再設計する必要はありません。この自由度は、回転と伸長が同時に発生するサスペンション・コンポーネントの測定や、3次元方向での移動が予測不可能な衝突実験物体をモニターする際、特に便利です。トランスデュサーに割ける余地のない限定された空間の用途にも有用です。ケーブル用プーリーは溝と他の導管を通過させて変位測定用ケーブルを導くために使用され、これによりトランスデュサーを測定個所から離れた場所に据付けることが可能です。

据付けの容易さ

接続が容易な変位測定ケーブルコネクターと各種の据付方法があるため、本製品の取付けや取外しは容易です。こうすることで、セットアップに費やす時間を節約できるだけでなく、特定の取付方法を考案しなければならないマシンショップや設計部門での時間も削減することが出来ます。

正確さ

Firstmark Controls社の製品は、溝付きケーブルドラムと精密ポテンショメーター(無限の分解能をもっもの)、高分解能エンコーダー、サーボ、シンクロを使用しています。Firstmark Controls社の溝付きケーブルドラムは、各サイクルでケーブルが同じ瘍所で巻き付く様に設計されています。溝のないドラムはケーブルをでたらめに巻き上げてしまいます。この場合は、再現性を悪くさせます。

熟練した技術者により精密に機械加工されたアルミニウムの部品とそれによって組立てられた製品は、このようなFirstmark Controls社の設計上の特徴と結びついて、並ぶものがないぐらいの再現性と分解能になっています。

安全性と破損

最後の利点は、他の利用されうるセンサーに比して、この製品に備わっている安全性と破損がすくないと言うことです。このケーブル式位置変換器にとって代えられる代用品には次のようなセンサーがあります。

1. 抵抗(ポテンショメータタイプ)可変、磁気誘導、磁気抵抗のような各種の技術に基づいた棒と鞘で構成されたトランスデュサー
2. レーザー、ホール素子、超音波もしくは他の技術を使用した非接触トランスデュサー

棒-鞘方式よりもケーブル式位置変換器が安全性で優れている事から来る利点は、ケーブル式位置変換器が巻き込んだり、曲げたりあるいは、モニター使用とする物体の自由な動きを妨げるような潜在力を持った融通の効かない部品が全く含まれていないと言うことです。棒-鞘方式製品は正確に軸調整されて、長寿命で且つ破損しないような動きになるように取付ける必要があります。据付け上の誤差、非線型要素のある動きや、些細な事故がこの棒ー鞘方式製品を故障させ、必要な動きを制限してしまいます。もしこの用途がスロットル、ブレーキや他の重要な部品の場合には、この動きが制限されるということは、重大な結果を引き起こすことになります。

ケーブル式位置変換器固有の柔軟性として、対象物を巻き込んだり、曲げたりする問題がありません。もし、巻き込みや製品の動作不良が起きる場合には、約44.5 N以下の最小ブレーキ力にすることが出来ます。一方、非接触トランスデュサーでは、移動距離に制限はありませんが、地上の乗物や輸送システムがさらされる汚れた環境条件の基での測定データの信頼性を確かなものにするのが難しいです。
給水や潤滑油の漏れ、煙、もや、その他の目に見える大気から来る要因によって、非接触トランスデュサー技術の効果を低下させ排除してしまいます。その結果として、そのデータが全く信用できないものになり、制御やフィードバックループが関与している場合には、それから起こりうる安全性に関わってきます。

耐久性

高精度の検知部品とボールベアリングの付いたシャフトとともに酸化処理されたアルミニウムの機械加工品を使用しているために、Firstmark Controls社のケーブル式位置変換器はそのとりつけた乗物自身よりも長く使用できることがしばしばあります。適度に使用すれば、あるタイプでは、5000万回以上の動作に耐えられたことがあります。

使用される位置

多くの地上の乗り物や輸送機器の開発プロジェクトが極めて内密に行われる性格上、このケーブル式位置変換器がどのように使われているかすべてを知ることは出来ません。しかしながら、40年の長きに渡っての経験から、最も多く使用される測定点は図3に見られる通りであることが判りました。

Figure 3.0: Position Transducer Usage Areas

① Suspension Tracking
- Spring
- Shock
- McPherson Strut
- Axle Motion
- Chassis

② Crash Test - Dummy
- Chest
- Rib Cage
- Knee
- Other

③ Crash Test - Other

④ Throttle/Brake/Clutch/Gear Shift

⑤ Engine Torque

⑥ Emission/Exhaust

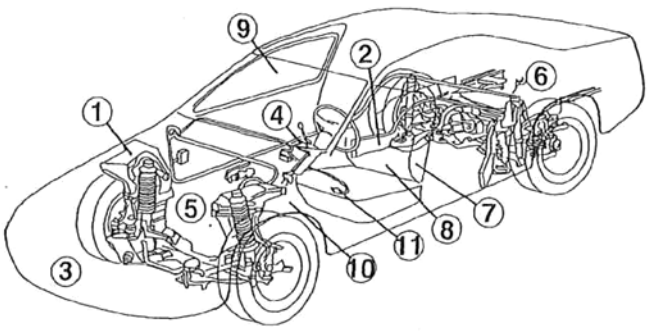
⑦ Seat Position

⑧ Seat Belt/Harness

⑨ Ingress/Egress

⑩ Steering System
- Steer Arm
- Front Wheel Differential Angle

⑪ Transmission



最近の用途から

次に、このケーブル式位置変換器の地上での乗り物や輸送機器の最近の使用例をその使用製品の明細と共に述べます。

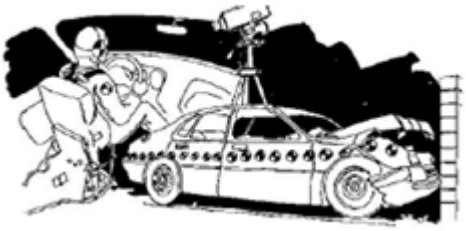
NASCARレース:リア スポイラーの角度

Firstmark Controls社の160シリーズケーブル式位置変換器は高速NASCARレース試験走行の期間中リアスポイラーの方向角を測定するために使用されています。いかなるスポイラーの方向角が、少ない下向きの力が生じ、最高速でもより車高の高い自動車になるかです。起こりうるスポイラーの方向角度を数量化することによって、レースの技術者はある望ましいレベルにスポイラーの傾きを固定できます。他の製品は、サスペンション、重量ジャッカー、ブレーキ、スロットル、ハンドルの部品などを含めたFormula 1,rally, lndy,およびNASCARのレース用乗物の機械部品の変化を測定するために使用されています。

衝突用人間テストダミーの胸郭部の変位測定

各種のHybridIIIやBioSID衝突用テストダミーには、改造された4インチの160-0321型ケーブル式位置変換器がダミーの胸部空洞と肋骨部分の誘引された変位を測定するために使われています。このタイプは、特別な取付けプレートと、かしめられたケーブルコネクター及び56オンス(1.5 kg)の張力のケーブルが付いています。他のタイプはダミーのひざのずれや脚の移動距離を測定するのに使われています。

Figure 3.1: Dummy Displacement Measurement



寿命測定

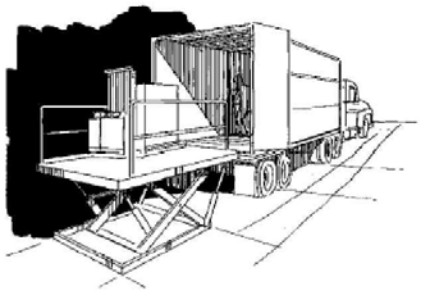
18個の超小型ケーブル式位置変換器が18ヶ月間の乗物の寿命測定に使われてきました。その乗物のドアー、ハッチ、乗客室への出入口扉が使用状態に沿って測定計器がとりつけられました。どのトランスデュサーも故障することなく成功りに、テストが終了しました。

トラックのサスペンションのモニター

160と161シリーズが地上からの位置決めを測定するいくつかの乗物に取り付けられて性能試験データを取るために使われています。試験は速い正弦波の繰り返しと同様に高いショックや振動も加えられました。トランスデュサーは車軸から車体、とハンドルから車体に取り付けられています。'

油圧機器の検証

Figure 4.0: Hydraulic Actuation Verification



重量物や公益事業に関わる輸送機の油圧機器の機械的な動きを検証するために、数多くの150シリーズと162シリーズが油圧シリンダーか移動する機械軸に沿って取り付けられています。データが収集され性能がでているかどうか決めるために制御用データと比較されます。

各種のケーブル式位置変換器が運転手のスロットル、ブレーキ、クラッチ、ギアーの動きを記録するために使われています。トランスデュサーは人目に付かないように取り付けられ、ケーブルの張力は運転手の入力に影響を与えないように調整されています。トランスデュサーのサイズが小さいために、ケーブルと引き回すプーリーが全く必要ありません。

製品使用上の参考事項

どのシリーズをつかうべきか

一般的には、トランスデュサーの大きさ、変位量、分解能でどのFirstmark Controls社のケーブル式位置変換器がご検討中のアプリケーションに最も適しているかを決めることになります。このガイドラインの例外はケーブル張力を増し、高速の周波数応答を必要とする時です。製品の形状から、150、17X、180シリーズは超高ケーブル張力には適していません。その場合には、16Xシリーズが適しています。

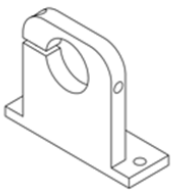
ケーブル式位置変換器の取付け部品

Firstmark Controls社の製品取付けは取り付け台を選んだり、汎用性のある設計ができるので簡単です。回転機能の付いた大抵の取付け台は、一旦取り付けられたあとでも、正確に取付調整ができます。

160、161、162シリーズ

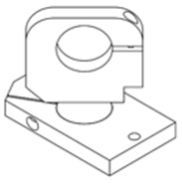
標準取付台(部品番号: 160015)

この台は特に指定がない限りすべての160、161、162シリーズに標準付属品として提供されます。カバーの周りに360度位置変換器を回転し取付が出来ます。



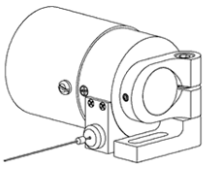
汎用取付台(部品番号: 160030)

標準取付台と類似していますがさらに360度ベースに対して回転できるようにしたものです。取付ができます。

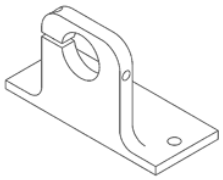


小型汎用取付台(部品番号: 300460)

直立マウンティング、2軸で回転できます
160シリーズに使用

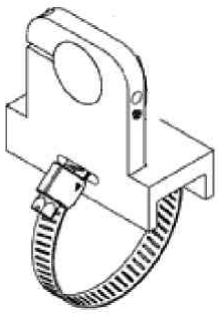


大型脚付き台　(部品番号: 160015)



標準台と同様ですが、取付をより早くするために
幅広い取付台が付いています。
161H及び162Hで使用されます。

ハンドル用取付台(部品番号: 160015-G1)



乗物のハンドルの前後の動きを測定するためにこの位置変換器を
ハンドルに取付け易くします。帯金クランプや同等の部品で
ハンドルにとりつけます。

<u>150から180シリーズ</u>

取付機能が装備

すべての製品には#2-56取付ネジ穴があります。

173シリーズ用取付台(**部品番号**: 173015)

173シリーズはカバーの周りに90度回転できる縦形台が用意されています。

他の取付方法

帯磁台: ある環境条件の下では、迅速でキズの付かない取付、取外し方法として、磁気を帯びた台を使うことがあります。

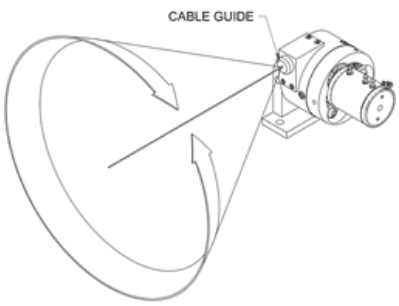
両面テープ: 手取り早く安全な取付方法として考えられます。

工業用接着剤: 接着剤を直接酸化アルミ被膜ケースとその相手側に塗布することもできます。早いペースで試験を続けなければいけない場合に有効です。

特別注文加工取付台: 特殊な用途の場合にはご要望に応じた取付台を設計することも出来ます。

アクセサリー

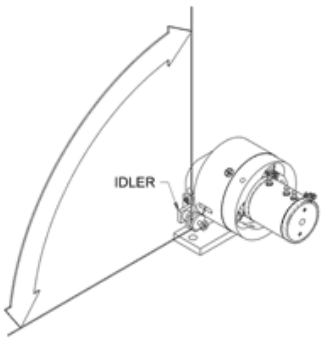
ケーブルガイド(部品番号: 160045)



ケーブルが溝の付いたドラムから離れることを防ぎます。ケーブルの移動が直線移動だけでない場合にご利用ください。ケーブルが20度以内の円錐角の中で作動でき、サスペンションのような三次元の動きをする用途には素早くセットアップが出来ます。16Xシリーズ製品にのみ対応。右図をご参照ください。

アイドラー(遊び車) (部品番号160022 または 161022)

ケーブルの接続点で非線形的な動きが想定されるときには、中心から外れたケーブルの動きを補正します。90度までの軸調整不良を補正します。16Xシリーズ製品にのみ対応。右図をご参照ください。



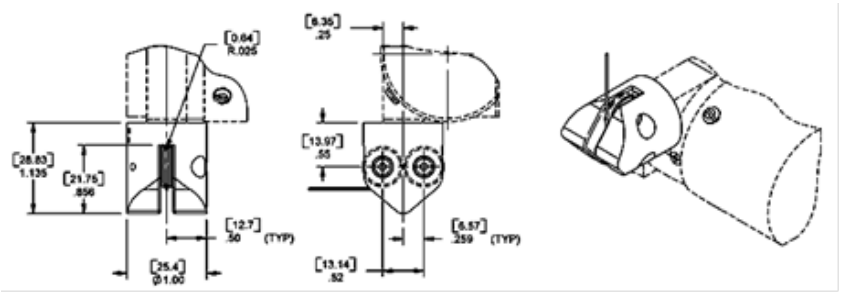
ケーブルガイドと遊び車の両方は同時には取付できませんのでご注意下さい。
(アイドラーが位置変換器から離れて取り付けられ、プーリーとして使用されない限り)

プーリー

アイドラーやプーリーが高温の場所から離れて使用し、導管や届きにくい場所で測定する時に使用されます。

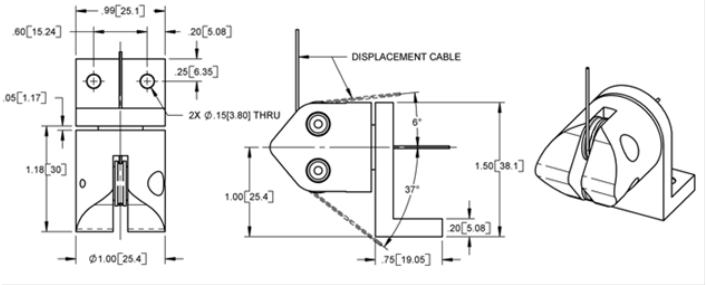
ラウンドアバウト　ケーブルガイド　部品番号: 301224

317度で360度に変位ケーブル方向の柔軟性を与えます。ケーブル張力が大きいと使用できません。
160シリーズの使用例



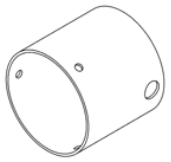
ラウンドアバウト　ケーブルガイド.　取付ベース付き　　部品番号: 301225

317度で360度に変位ケーブル方向の柔軟性を与えます。ケーブル張力が大きいと使用できません。



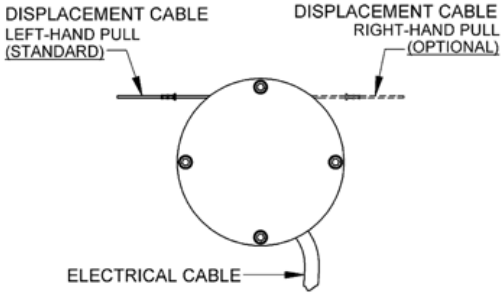
ポテンショメーター カバー (部品番号: 160060)

環境の悪い所で16Xシリーズを使うときに
ポテンショメーターを保護します。



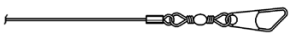
ケーブルの引出し方向

シリーズ150、173、174、175, 180の製品には、
取付の汎用性を増すために変位ケーブルを左に引っ張るか右に引っ張るか選択出来ます。



変位ケーブル（ワイヤー）の取付金具

スイーバル（旋回継ぎ手）（部品番号: 160026）約44.4Nまで
簡単に取り外しのできる留め金のついた回転できるコネクター。



スイーバル（旋回継ぎ手）（部品番号: 301003）約 178N まで

プルリング（部品番号: 300495）
スイーバルよりも頑丈な構造をした回転が出来ないコネクター

シンブル （部品番号: 300400）

スイーバルの位置決め
Firstmark Controls社のケーブル式位置変換器に付属してくるスイーバル(部品番号:160026等)を使用する場合には、適当な位置にスリーブ（部品番号:160032等)を、かしめて取り付ける必要があります。スリーブを取り付けるためには、スリーブにケーブルを通し、スイーバルを通してスリーブにまた通します。電気コネクター用クランプツールを使って、かしめてください。
ご注意・コーテングされていないケーブルを切断する必要がある時には、切断個所に炎をあて、焼きなましをして下さい。ケーブルがばらつかないようになります。

他の配慮すべきこと

変位ケープルの構造
使用されている標準の変位ケーブルは178 Nの最小切断力をもつ7×7のステンレス鋼構造から出来ています。直径は約0.46 mmです。最小で400 Nに耐える直径の大きい(約0.69 mm) 変位ケーブルを使えば、15.57 N以上の強張力が必要な用途にも利用できます。このタイプのケーブルはしばしば衝突試験に採用されています。

ユーザー希望の特別設計
もし用途が標準品では仕様が合わない特別な場合には、ご相談下さい。Firstmark Controls社は現製品を改造し、御要望に合わせて開発した経験が多くあります。

最後に
製品の詳細については、データシートをご参照ください。また御質問や用途で御相談がございましたら、当社までご連絡下さい。

上記の内容は、ご通知無く変更されます。2017年2月1日作成

日本代理店
株式会社　パシフィック　テクノロジー
〒273-0005千葉県船橋市本町6-18-5アサヒ船橋ビル602
TEL: 047-426-1650　FAX: 047-426-1652　E-mail: sales@pac-tech.com