

ケーブル式位置変換器 (ワイヤー式変位センサー) 航空機等アプリケーションノート

はじめに

このアプリケーションノートは航空機・宇宙機器に関する用途で技術者や科学者の方が位置変換器の選定、据付、使用方法で御参考にして頂くために作成しました。このノートでは、Firstmark Controls社の位置変換器がなぜ、どこで、どのように航空機・宇宙機器の環境で使用されているかを詳細に説明しています。

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ました。その時以来、一般的な飛行試験から機密扱いの“BLACK”プログラムまでの広い範囲でまたフォーミュラー1航空レースチームから宇宙の居住環境システムに渡る広い範囲で数多く使用されてきました。

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。航空機、ヘリコプター、宇宙機器に使用される大多数の用途では精密なポテンシオメータから発生するアナログ電気出力が使用されています。しかし、エンコーダ、シンクロ、リゾルバ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、ケーブルを補助翼や着陸装置コンポーネンツ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、変位ケーブルが引き出されたり、引き込まれたりします。

本体内部の強力なスプリングが、変位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、ポテンシオメータ、エンコーダ、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、変位、角度、速度の任意の数値で表示させることが出来ます。

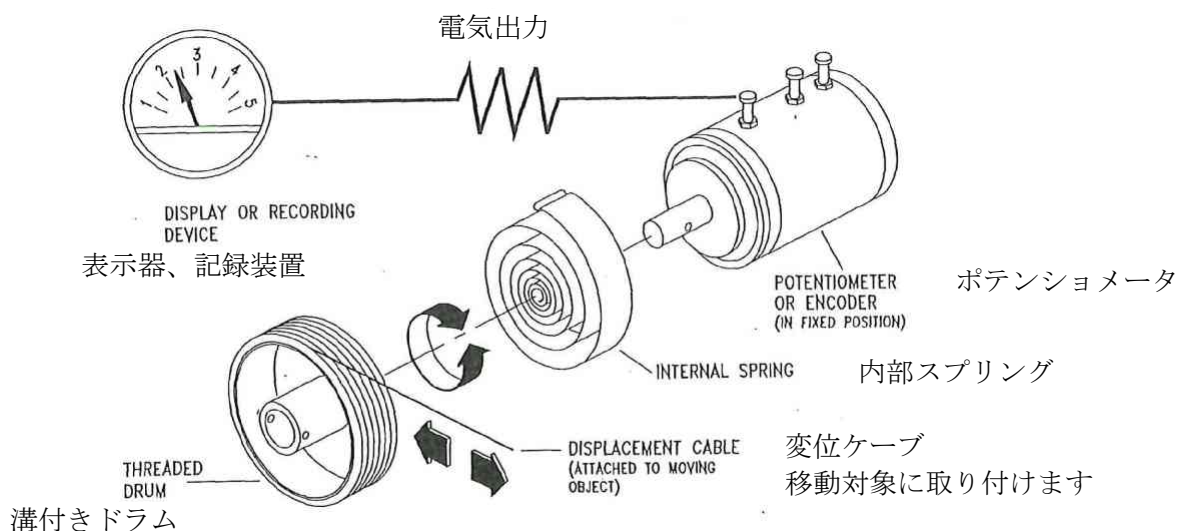
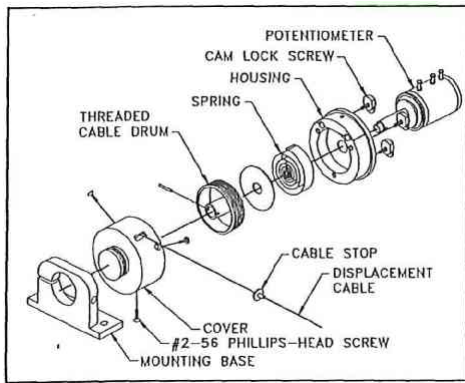
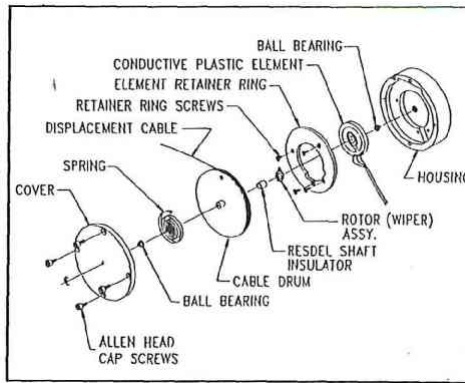


図1.0 ケーブル式位置変換器の動作原理



シリーズ160位置変換器



シリーズ173位置変換器

効 用

Firstmark Controls社の位置変換器の使用場所と方法について議論する前に、Firstmark Controls社の製品を位置測定に用いることでどのような効果もたらされるか、顧客の用途に対してこれら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が説明されます。

安全性

Firstmark Controls社のケーブル式位置変換器を航空機・宇宙機器の用途で使用する場合は最も優れた利点はおそらく他の選択されるセンサーに比してこのケーブル式位置変換器が有する安全性です。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(ポテンシオメータタイプ)可変、磁気誘導、磁気抵抗のような各種の技術に基づいた軸と鞘で構成されたトランスデューサー
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ーサー

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、モニターしよう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いうことです。車-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、些細な事故がこの軸-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。もしこの用途が飛行制御面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となります。

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、44.48N下の最小ブレーキカにすることが出来ます。

一方、非接触トランスデューサーでは、移動距離に制限はありませんが、航空機や宇宙機器がさらされる汚れた環境条件の基での測定データに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ー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。

小型で軽量

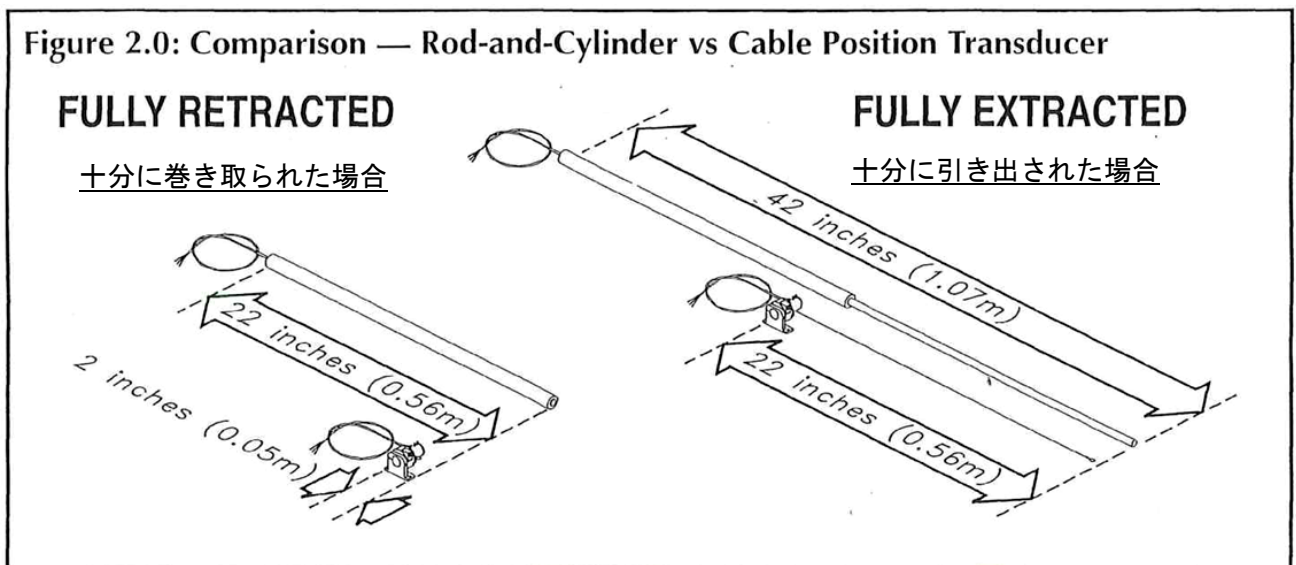
物理学上の現実として、寸法と重量が殆んどすべての工業デザインでまず考慮されなければならない事項であります。この事は、特に地上の輸送機器や乗り物の業界では事実です。ケーブル移動型位置変換器の重要な点はステンレススチールのケーブルで構成されているということで、Firstmark Controls社の製品は、他のセンサーと比較して、寸法と重量で本質的に利点があります。

線形ポテンシオメータや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、典型的な軸と鞘による解決方法では、0.51m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。Firstmark Controls社の製品では、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。

Firstmark Controls社の製品では、それが0.05 m以下です。図2.0を参照して下さい。

このことに対応して、棒と鞘を使用する設計ではFirstmark Controls社の製品を使用するより非常に重くなるでしょう。0.51m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0.91kgであるのに対し、Firstmark Controls社製品の重量は約0.09kgです。

図2.0 比較; 棒とシリンダー対 ケーブル式位置変換器



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飛行制御面の測定や、3次元方向での移動が予測不可能な着陸ギャーコンポーネントをモニターする際、特に便利です。トランスデュー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ーサーを測定箇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できます。

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(無限の分解能をもつもの)、高分解能エンコーダ、サーボ、シンクロを使用しています。溝付きケーブルドラムは、各サイクルでケーブルが同じ場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。0.76m長のシリーズ161型の精度は、フルスケール出力の0.025%よりも良いと見られています。

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飛行機や宇宙機器よりも長く使用できることがしばしばあります。多くの製品はDO-16-D/ED-14D条件の環境品質があります。

使用例

多くの航空機・宇宙機器のプロジェクトは機密事項が多いために、どのように使用されているか知らされていない場合が多いです。にもかかわらず、過去40年間に及ぶ実績から使用実例を見つけています。

□構造実験 □着陸装置 □エレベーター □舵 □補助翼 □空気スピードブレーキ・レベルインジケータ
□アクチュエータ □フィードバック □コックピット コントロール □兵器 □配達システム □スペース/
ミサイル/衛星 □アプリケーション □クラッシュ・テスト □ペイロード変位

最近の用途から

次に、Firstmark Controls社ケーブル式位置変換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。

NASA: 高温部品の負荷試験とベルクランク角度

数多くのFirstmark Controls社のケーブル式位置変換器が部品の高温での荷重試験で変位を測定するために使用されています。位置変換器は荷重がかけられる高温室の外側に取り付けられます。高温室の穴を通る変位ケーブルが試験物体に接続されています。図.3.0参照のこと。

図3.0 高温負荷試験

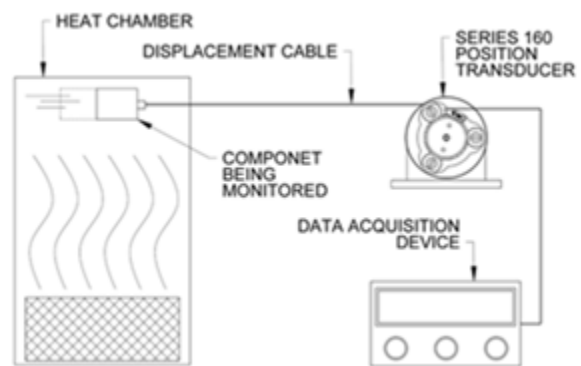
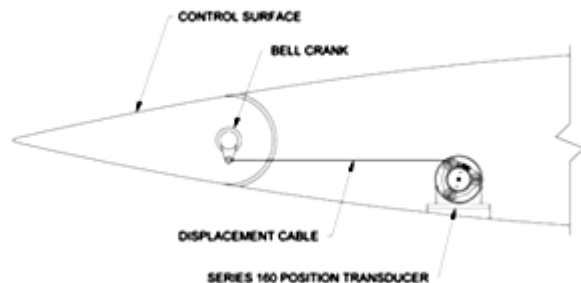


図3.1ベルクランク角度

160シリーズはまたベルクランクを使って飛行制御表面角度を測定するために使われています。このタイプの取付けをすれば、回転運動を直線運動の測定器で計測できます。

図.3.1参照のこと。

位置変換器を飛行制御表面とコックピット制御盤に取り付けることにより起動の遅れ、非比例制御やパイロットに誘引された振動現象がモニターされます。



戦闘機の速度ブレーキ

76.2mmの範囲の173シリーズが戦闘機の速度ブレーキの角度測定に使用されました。この速度ブレーキは比較的高速で作動し、位置変換器は高い張力のケーブルであることが要求されました。

大型ビジネスジェット機の着陸装置

160シリーズが大型ビジネスジェット機の着陸装置に取り付けられ、離着陸やギア収容の場合の変位データの測定に使われました。このデータは着陸装置の性能を立証するために使われました。

宇宙基地環境制御

改造された162シリーズは宇宙基地環境制御システムの中で使用されるアンモニアタンクのレベルセンサーとして使われるでしょう。この位置変換器は窒素ガスに包まれ、伸び縮みする金属ベローに接続されています。高さの低いセンサーがこの用途では重要でケーブルの位置を90度変更するために要望によって設計されたプーリーが使用されました。

シュミレーターデータの収録

20個以上のシリーズ150、173、160、161、162が飛行制御やそれに関連した情報を収集するために一連のデータ収集飛行期間中に使用されました。その後、このデータはパイロットの訓練や認定用のFAAクラスCとDの飛行試験シュミレーターの開発のために使用されました。

無人飛行物体(UAV)のアクチュエーターのフィードバック用として

高々度用の無人飛行物体(UAV)に二個の173シリーズが取り付けられ、翼端装着アクチュエーターにフィードバックする位置情報を計測しました。このアクチュエーターは全体の外側の翼部分が飛行制御用の表面として動作するように翼にトルクを加えるために使用されました。150シリーズはまた垂直尾翼の飛行制御表面にフィードバックデータを提供するために使用されました。

製品使用における参考事項

どのシリーズをつかうべきか

一般的には、トランスデューサーの大きさ、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。製品の形状からは、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。

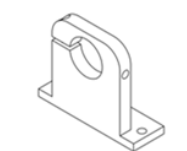
ケーブル式位置変換器の取付け部品 (詳細は位置変換器の付属品のカタログをご参照ください)

Firstmark Controls社の製品取付けは取り付け台を選択でき、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シリーズ用

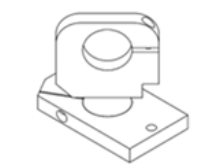
標準ベース(部品番号:160015)

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できます。



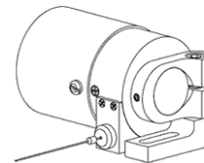
万能ベース(部品番号:160030)

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。



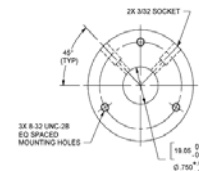
小型汎用取付台 (部品番号: 300460)

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



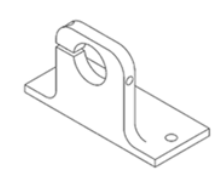
ディスク取付台 (部品番号:160040-1)

位置変換器を逆さに取付け、カバーの周りに360度回転します。



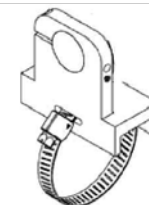
大型脚付き台 (部品番号:160015)

標準台と同様ですが、取付がより早くするために幅広い取付台が付いています。



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。



150から180シリーズ用

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。

シリーズ150,170,174,175,176,180用もあります。



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。

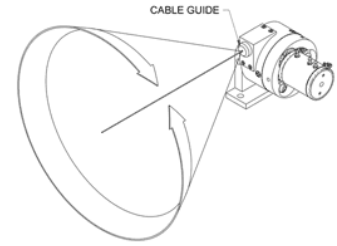
両面テープ: 手取り早く安全な取付方法として考えられます。

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。

アクセサリー

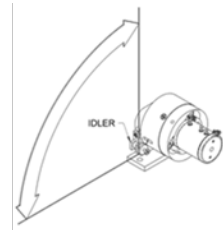
ケーブルガイド (部品番号:160045)

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時には、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。



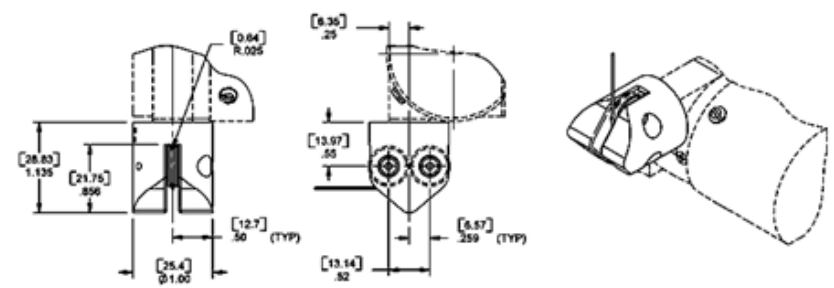
ケーブルガイドと遊び車の両方は同時には取付できませんのでご注意ください。(アイドラーが位置変換器から離れて取り付けられ、プーリーとして使用されない限り)

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。

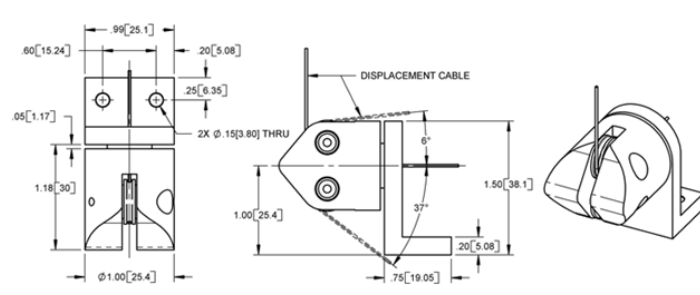
ラウンドアバウト ケーブルガイド (部品番号: 301224)

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

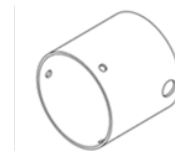


ラウンドアバウト ケーブルガイド. 取付ベース付き (部品番号: 301225)

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。

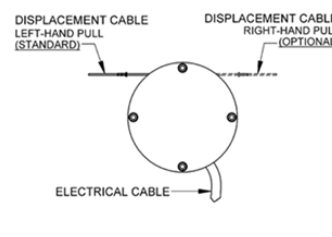


ポテンシオメーターカバー (部品番号:160060)
環境の悪い所で16Xシリーズを使うときに
ポテンシオメータを保護します。



ケーブルの引出し方向

シリーズ150、173、174、175、180シリーズの製品は、
取付の汎用性を増すためにケーブルを左に引っ張るか右に
引っ張るかを選択出来ます。



変位ケーブルの取付金具

詳細は位置変換器の付属品のカタログをご参照ください。

スィーバル (部品番号:160026)

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。
最小の破損力はその変位ケーブル以下です。



ブルリング (部品番号:300495)

スィ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)



クランプされたボール (部品番号:160034)

直径3.175mmかもしくは4.7625mmのステンレススチールの
ボール玉が変位ケーブルに、かしめられ、用途によって決められた
位置決め用として利用されます。



航空機飛行制御用ケーブルへの接続

航空機飛行制御用ケーブルを変位ケーブルに接続する一つの方法としては
小さなアデルクランプを使う事です。このクランプは飛行制御用ケーブル
を損傷せずに容易に取り付けたり、取り外したりできます。



スィーバルの位置決め

すべてのFirstmark Controls社の8ニュートンかまたはこれ以下のケーブル張力を持つケーブル式位置変換器に付属してくるスィーバル(部品番号:160026)を使用する場合には、適当な位置に真鍮のアイレット(部品番号160032)をかしめて取り付けの必要があります。アイレットを取り付けるためには、アイレットにケーブルを通し、スィーバルを通してアイレットにまた通します。電気コネクター クランプ ツールを使って、かしめてください。

ご注意:コーティ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。

変位ケーブル構造

使用されている標準の変位ケーブルは178Nの最小切断力をもつ7x7のステンレススチール構造から出来ています。直径は0.457mmです。最小で400Nに耐える直径の大きい0.686mmを使えば、15.57N以上の超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航空機、宇宙機器に採用されています。

エンコーダ、シンクロ、サーボ

歴史的には、多くの航空機・宇宙機器の用途には、検知部として精密なポテンシオメータを指定しています。標準や特注のエンコーダ、シンクロ、サーボもまた指定されています。

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。その一例としては、乗物の振動測定用の高周波応答位置変換器、衝突実験用人体模型のひざの変位測定センサー、宇宙飛行物体取付け用小型センサーや飛行試験用特注設計シグナルコンディショナーがあります。

Firstmark Controls社のケーブル式位置変換器が使用されている航空機及び宇宙機器の代表例

- ◇ 戦闘機、輸送機 ◇ 民間航空機 ◇ 練習機 ◇ 無人機・RPV・UAV ◇ STOL/VSTOL機
- ◇ 一般飛行器材 ◇ 実験用航空機 ◇ 宇宙機器 ◇ ミサイル ◇ 競技用航空機
- ◇ 飛行シミュレータ

上記の内容は、ご通知無く変更されます。2017年2月10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 ホームページ: www.pac-tech.com/