

“画像処理の動脈”カメラケーブル、性質と使用方法

産業用高速インタフェースケーブルの特長と使い方

沖電線株式会社 電線事業部 電線技術部 電線技術一課
宗塚 啓司

現在様々な高速インタフェースケーブルが使用されているが、産業用マシンビジョンでは、GigE、1394、CameraLinkなどが使われており、装置間を接続するような比較的短いケーブルはメタルケーブルが主に使われている。今回、このような高速インタフェースケーブルについて、どのような構造・材質・性能となっており、その性質上、どのようなダメージを受け、注意しなければならないかなど、高速インタフェースケーブルにおける特長と使い方について紹介する。

1 高速インタフェースケーブルの構成

まず、高速インタフェースケーブルの構成の一例について簡単に触れる。ここでは比較的簡単な構造をしている一般的な1394ケーブルを例に紹介をする。ケーブルの断面は、図1のようになっている。

内部は大きく分けると、信号線部分と電源 /

GND線部分に分けられる。信号線は、2本により合わせられ、対より線と呼ばれる構造となる。さらに対より線は、その外周に内部シールド(各対シールド)と呼ばれる金属皮膜付きプラスチックテープと編組シールドで覆われ、各対シールド付きツイストペアと呼ばれる構造となる。さらに、各対シールド付きツイストペア2組、電源線、GND線それぞれが一体となるようにより合わせられ、集合と呼ばれる構造となる。さらに外部シールドと呼ばれる金属皮膜付きプラスチックテープ、編組シールドで覆い、最後にシースと呼ばれるジャケットで全体を保護している。

(1) 信号線

信号線の構造は柔軟性を持たせるため素線と呼ばれる金属細線をより合わせた、より線導体を使用している。たとえば、7本の素線をより合わせたものがある。サイズは、AWG(American Wire Gauge)と呼ばれる単位で表すことが多い。材質は、柔軟

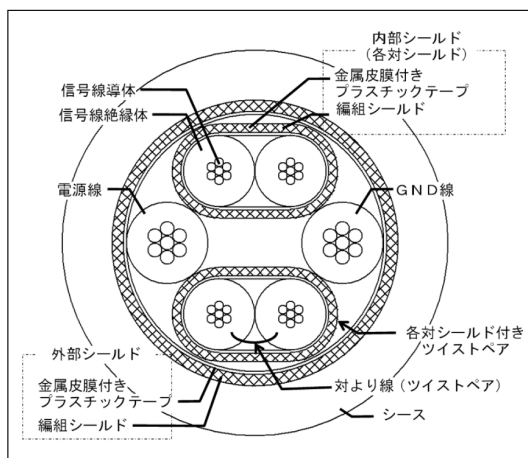


図1 ケーブルの断面(1394ケーブルの例)

性、導電性を得るために軟銅線が使われる。またはんだ付け性を考慮したメッキ軟銅線、屈曲性を持たせた合金線が使用される場合もある。

信号線の絶縁体材質は、電氣的絶縁性、高速伝送性、細径化が要求されるため、低誘電率、低誘電体損失の特性を持った絶縁体を使用される。ただし、低誘電率、低誘電体損失のものは硬い材質が多いため、絶縁体内部に気泡を入れて発泡させ、柔軟性を出したり、さらに低誘電率を実現したりしている。

(2) 差動伝送の原理

高速インタフェースケーブルの場合、2本の線を1組とした差動伝送による伝送が多い。この理由は、外部から信号線に一樣に飛び込んでくるノイズを回路的にキャンセルできるためである。この原理を図2に示す。送られてきた信号波形に対し、ドライバで正側と負側の信号波形2つに分けて伝送し、レシーバで差をとって合成する。信号線に飛び込んできたノイズは、同じ方向のノイズとして現れるため、レシーバで差をとることでノイズは打ち消される

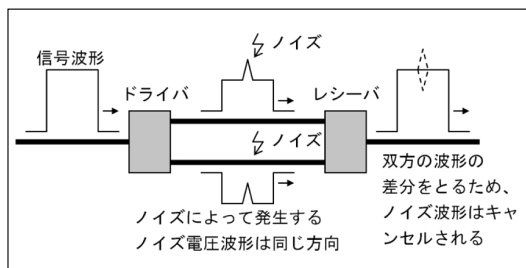


図2 差動伝送のノイズキャンセル原理

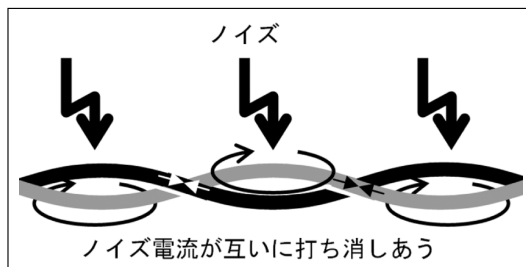


図3 対より線のノイズキャンセル効果

ことになる。

(3) 対より線

対より線(ツイストペア線ともいう)は、2本の線をより合わせて柔軟性を持たせている。さらに、ノイズの影響を小さくしている。この原理を図3に示す。対より線を一方向から見ると、連続した輪が繋がっているように見える。この輪に対してノイズが通過するとき、発生するノイズ電流が図のように互いに打ち消し合う。

(4) 内部シールドの効果

対より線を覆っている内部シールドは、金属皮膜付きプラスチックテープ、および編組シールドと呼ばれる網状線が使用される。この内部シールドは、信号線に対するノイズの遮蔽効果を上げると同時に、対より線の外部との電氣的結合による影響を受けにくくし、電氣的性能を安定させる効果がある。

この効果の様子を図4に示した。この図は、沖電線にて保有している電磁界シミュレーションソフトによって電氣的結合の様子を示したものである。(a)は内部シールドなしの場合、(b)は内部シールドがある場合である。対より線は、上下に2対並んでいる。色が白い部分は電界強度が強く、黒いほど弱くなっている。この結果によると(a)は、対より線の間白い部分が多く表示されており、結合が大きくなっていることが分かる。しかし(b)は、上下の対より線の間は黒くなっており、結合がほとんどないことが分かる。

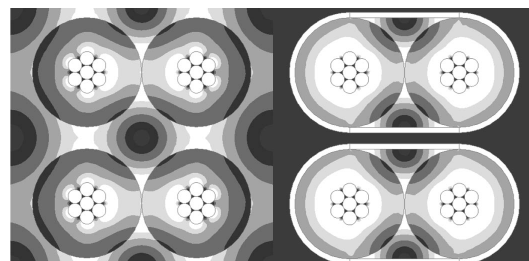
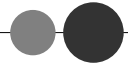


図4 内部シールドの効果



(5)電源線、GND線

直流導体抵抗を下げるため、太い導体を用いる。信号線と同様、柔軟性、導電性のため素線を束ねたより線導体を使用する。電源系の絶縁材質は高速性能を必要としないが、絶縁性が高く、柔軟性、難燃性のよい絶縁材料が使用される。

(6)集合

次に内部シールドで覆われた対より線、電源線、GND線を束ねて集合したイメージを図5に示す。これらの線はらせん状に集合されている。らせん状にしないで集合すると、ケーブルを曲げた時に内部の線がたわみ、構造が不安定になったり、柔軟性がなくなったりするためである。この際、らせん状の経路長に差があると信号にズレを生ずるため、差が出ないように注意が払われている。

(7)外部シールドとシース

内部シールドと同様に金属皮膜付きプラスチックテープ、および編組シールドでケーブル内部を全体に外部シールドで遮蔽する。これによってさらにノイズの遮蔽効果を上げている。

最後にケーブル内部全体を保護するためにシース(ジャケット)で覆う。材質は絶縁性、柔軟性、難燃性を持ったものが使われる。また、ULなどの難燃性を持たせる場合、シースの肉厚は何mm以上とするなどの規定が設けられている。

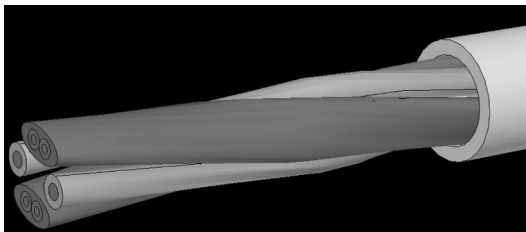


図5 ケーブル内部の集合のイメージ

2 高速インタフェースケーブルの性能

高速インタフェースケーブルは、1章で述べたように、電源コードと比べると複雑な構造、材質によって高速信号を伝送させている。そのため性能も複雑である。たとえば電源コードであれば、太ければよさそうであるが、高速インタフェースケーブルの場合、線が太ければよいとはいえない。実際電源コードでは満足な高速伝送は行えない。高速インタフェースケーブルの場合、高速電気信号計測によって得られる電気性能で表現している。ここでは、高速インタフェースケーブルのよさを表す電気性能をいくつか紹介する。

(1)減衰量()

ある周波数の正弦波電気信号を信号線に入力するときの入力電圧をVin、出力電圧をVoutとしたとき、入力に対する出力の比を式(1)で表し、減衰量と呼ぶ。

$$= 20\log_{10}(V_{in}/V_{out}) \quad (1)$$

単位はdBで、+の値で表現する。

減衰量の多くは、高周波になると電流が導体の表面に集まってくる表皮効果により現れる。表皮厚さは式(2)で表される。

$$\delta = \sqrt{\frac{1}{\pi f \mu \sigma}} \quad (2)$$

: 円周率、f: 周波数、μ: 透磁率、σ: 導電率

この式からみると、減衰量は、fに比例することが分かる。しかし、実際の高速信号線では、構造、材質によって、近接効果といわれる電磁現象、誘電体損失などのほかの複雑なファクタによる影響が現れる。

なお減衰量はIL(Insertion Loss)と呼ぶことがあり、この場合は - の値で表現することがある。

(2)特性インピーダンス(Z_0)

信号線を等価回路で表すと、図6のように表皮効果などで発生する損失である抵抗 R (Ω/m)、磁界に影響を受けるインダクタンス L (H/m)、電界に影響されるキャパシタンス C (F/m)、絶縁体から漏れ出す電流の流れやすさを示したコンダクタンス G (S/m)で構成される等価回路が連続的に配列された回路で表わされる。これを分布定数回路という。これに対し、集中定数回路と呼ぶ場合があるが、違いについて簡単に説明しておく。

伝送信号の周波数を f (Hz) 信号の波長を λ (m) 信号が進む速さを v (m/s) とすると、

$$\lambda = v/f \tag{3}$$

となる。このときケーブル長を L (m)としたときに、 $L < \lambda/4$ の場合、集中定数として扱い、 $L > \lambda/4$ の場合、分布定数として扱う。つまり、周波数が低ければ集中定数、周波数が高くなると分布定数で扱う必要があるということである。

伝送路が分布定数で表されるとき、式(4)によって表される性能を特性インピーダンス(Z_0)と呼ぶ。

$$Z_0 = \sqrt{(R+j\omega L)/(G+j\omega C)} \cong \sqrt{L/C} \tag{4}$$

ここで $\omega = 2\pi f$ (角周波数)である。高速伝送の場合、 $j\omega L$ と $j\omega C$ の項が支配的になり L と C で表すことができる。差動伝送線の場合は、差動インピーダンスと呼ぶ。

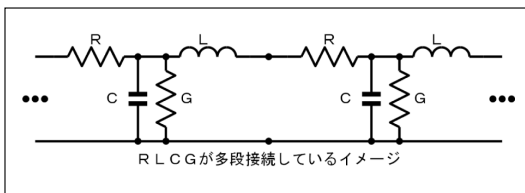


図6 分布定数回路

高速信号線では、全長に渡って均一なRLCGとなるようにしている。このためマイクロオダの寸法、サブマイクロオダのキャパシタンス制御が必要となる場合がある。

また、信号線の特性インピーダンスは、接続する装置回路の終端抵抗とマッチングさせる必要がある。ミスマッチが起こると信号波形に反射が現れ、正常に伝送しないためである。

特性インピーダンスの測定は、TDRと呼ばれる装置で測定される場合が多い。TDR法とは特性インピーダンスを高速立ち上がりパルスの反射波によって測定する方法で、Time Domain Reflectometryの略である。この方法は、超音波探査に似ており、ケーブル端部からパルス波形を入れ、パルスの反射具合を見ることで特性インピーダンスの測定をする方法である。そのため、TDR測定した特性インピーダンス波形を見ると、Y軸に特性インピーダンス、X軸に遅延時間の2倍の値(信号が往復する時間)となっているが、X軸についてはケーブルの長手方向の長さを表すことと等価である(波形は図11、図13参照)。

なお、特性インピーダンスとインピーダンスは違うものである。インピーダンス Z は、 R 、 L 、 C などの部品で構成される図7のような回路で表現される場合、式(5)で表される。

$$Z = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} \tag{5}$$

インピーダンスは、ある切り口で回路を見たときに、その先の負荷がどのように見えるかを示すもの

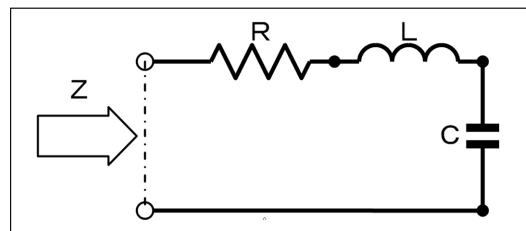


図7 インピーダンスの等価回路

である。

(3) 伝搬遅延時間(Td)

信号線を通る信号が伝わる早さの逆数を伝搬遅延時間という。信号が伝搬する媒質が真空の場合、光速cの逆数で計算できる値であり、約3.3ns/mである。誘電体の場合、比誘電率 ϵ_r の平方根に比例して遅くなる。 $\epsilon_r = 2$ の場合は、4.71ns/mである。これに伴い、波長は短縮される。ただし、この場合はすべて $\epsilon_r = 2$ の比誘電率の媒質で満たされた信号線を進む時間である。実際のケーブルの信号線は、対より線や、同軸などいろいろな形状をしているため、空気層を含み、実効的な比誘電率の媒質中を信号が進むことになる。

また、伝搬遅延時間はケーブル内の経路長にも左右される。ケーブル内はらせん状の経路となり、ケーブル内をまっすぐ進む場合よりも遅くなる。

なお、伝搬遅延時間は、十分周波数が高い場合、CとLで、式(6)のように表すことができる。

$$T_d = \sqrt{LC} \quad (6)$$

(4) スキュー(Skew)

信号線(または信号対)が多数ある場合、信号線の遅延時間のバラツキにより遅延時間の差が発生する。これをスキュー(Skew)という。スキューは信号対間、および信号対内のスキューがある。信号線

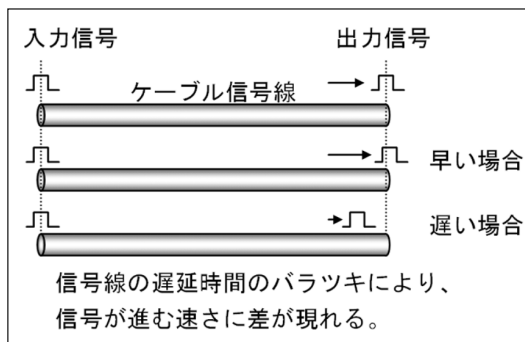


図8 スキューの概念

の遅延時間のバラツキの主な要因は、信号線の実効誘電率によって発生する遅延時間のバラツキと、信号線の物理的な経路長のバラツキである。図8にスキューの概念図を示す。ケーブルの入り口で同時にスタートした信号は伝搬遅延時間の差によってケーブル出口で信号にズレを生じる。

(5) クロストーク

信号線(または信号対)が多数ある場合に、隣の線にノイズが乗る度合いをいう。線間の電気的なカップリング(相互キャパシタンス、相互インダクタンス)によって発生する。入力した信号と同じ側に現れるものを近端クロストーク、出力側に現れるものを遠端クロストークという。図9にクロストークの概念図を示す。

(6) アイバターン

一般的なデジタル信号を使った伝送は、一定に刻まれた時間間隔でランダムにHigh(1)またはLOW(0)の波形で伝送している。この波形をデジタル信号の周期と同じ時間間隔で重ね書きをすると、目のような模様ができる。これをアイバターンという。デジタル信号波形の品質確認に使用され、開き具合によって性能の良し悪しを判別している。アイの開き具合に影響する要因は減衰量、特性インピーダンスのミスマッチ、信号対内の対内スキュー、クロストークなどがある。

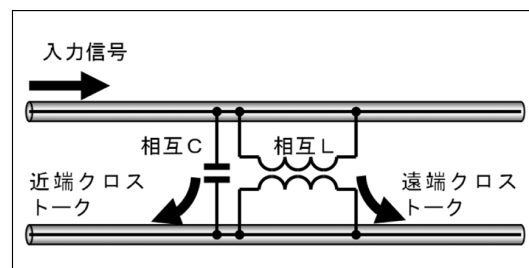


図9 クロストークの概念図

3 性能のよい高速インタフェースケーブルとは

性能のよい高速インタフェースケーブルに求められるものはどのようなものかについて紹介をする。

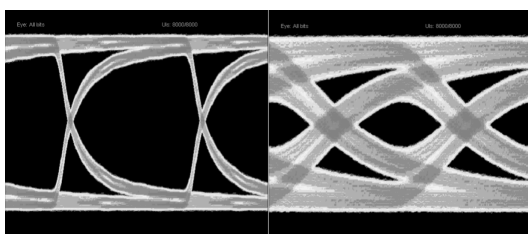
(1) 低減衰

低減衰であることは、高速伝送をさせるケーブルのよさのひとつといえる。最もよい方法は、導体を太くすることである。また、より線導体にせず、1本の太い単線とすることなどがある。しかし、このようにすると柔軟性を欠く、ケーブルが太くなるなどの制約が出る。

減衰の違いによってアイパターンに差が現れた例を図10に示す。ケーブル長は5m、400Mbpsのアイパターンであるが、明らかに違いが現れている。導体サイズは、(a)はAWG28番で太く、(b)はAWG32番で細い線である。

(2) 均一な構造、材質

特性インピーダンス、スキューに起因する性能は、どこを切っても同じ断面であるように、構造、材質が均一でバランスがよいことが求められる。ごく当たり前のようと思うが、これはケーブルがまっすぐなときも曲げたときも同様であるため難しい。物理的には物体がまっすぐなときと曲げたときでは完全に形状は一致しないからである。曲げの内側と外側で変形が起き、曲げられてはどこを切っても同じというわけには行かなくなる。このように柔軟性と高



(a) 減衰量が少ない場合 (b) 減衰量が多い場合

図10 減衰量の違いによるアイパターンの違い

速性にはトレードオフの関係が存在している。

さらにまた、ケーブル内部はもちろんのことであるが、ケーブルとコネクタのつなぎ目やコネクタにおいても、特性インピーダンス、スキューに差が現れないようにすることが重要である。この性能が悪い場合、伝送させた画像にノイズが出るなどの悪影響を与える場合がある。画像にノイズが発生した場合のイメージを写真1に示す。

なお、沖電線では、構造、材質などを工夫することで可動部用に使用する場合でも特性インピーダンスの変動がほとんどない高速インタフェースケーブルを開発している。1394.bケーブルで、摺動屈曲前後の特性インピーダンスの変動を測定した結果を図11に示す。従来品では摺動箇所でも多少変動があったが、新規開発品では変動がほとんどない。

(3) 低クロストーク

隣接線間ノイズなどのクロストークは、ケーブル内部では、信号線全体を覆うようにシールドで隔離する、信号線を互いに離す、などによって性能の向上が図れる。しかし、こちらも減衰量と同様に柔軟性、スペースファクタとの兼ね合いとなる。通常、クロストークは高い周波数においてピークが現れてくるため、ケーブルとコネクタのつなぎ目やコネクタ内部などの高い周波数の影響を受けやすい部分をシールドで囲んだりするなどが必要となる。



写真1 画像にノイズが発生した例(イメージ)

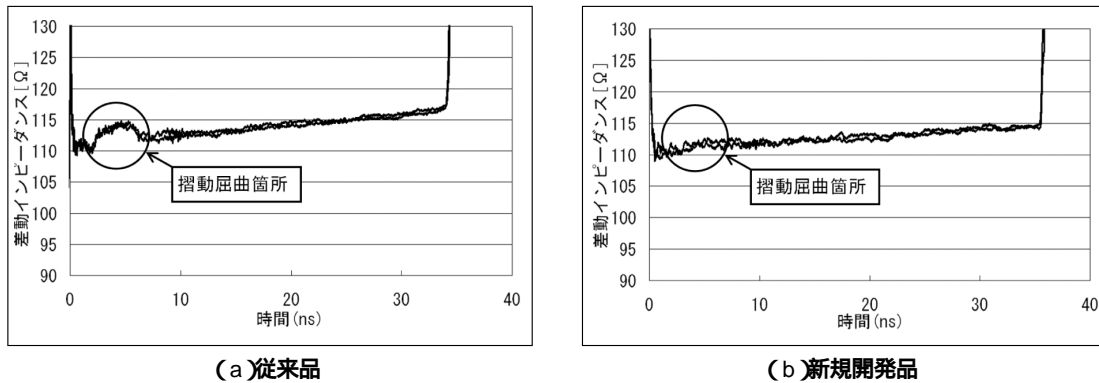


図11 100万回摺動後の差動インピーダンスの変動

(4) 低ノイズ

低ノイズであることは、よいケーブルの要件のひとつである。しかし、ケーブル性能の中で、最も表現することが難しい性能のひとつである。シールド性能は、実際のシステムにケーブルを接続し、装置を使用している状態でノイズの影響を調べることが必要だからである。そして、そのようにして得られるノイズ性能は接続された装置の特性を必ず含む値となっており、ケーブル単体だけに切り分けることは難しい。

一方で特定条件下における目安として評価される場合がある。ノイズ注入装置を使って評価した結果や、ある限定された装置に対するEMI評価において、いろいろなケーブルでノイズ性能を評価した場合など、ケーブルのシールド性能の良し悪しを相対比較で表現することがあるが、同じ値や傾向がほかの装置で必ず得られるものではない。

なお、一般的な高速インタフェースケーブルのシールドは、ほとんどが放射ノイズに対して考慮されたものとなっている。その理由は、電磁波の遮蔽の原理に基づく。電磁波は、表皮効果によって高周波電流が流れる表皮の厚み分の金属があれば十分遮蔽できるからである。たとえば、銅の場合は約 $21\mu\text{m}$ @10MHz、アルミの場合は約 $26\mu\text{m}$ @10MHzである。

ケーブルに施す金属皮膜付きプラスチックテープの金属部分厚みは、たとえばアルミの場合 $25\mu\text{m}$ 程度となっており、10MHz程度以上の電磁波をアルミテープだけで遮蔽できる設定となっている。EMI評価における最も低い周波数である30MHzを十分カバーしている。これよりも低い周波数については、金属をもっと厚くする必要が出てくる。表皮の厚みは、数kHzとなるとミリオーダーである。このような金属テープでは、柔軟性を持ったケーブルとはいえない。さらにいえば、この遮蔽効果は全く隙間のないような金属にした場合の遮蔽効果である。金属パイプでケーブルを作れば、全く曲がらないケーブルとなってしまったためケーブルとして役に立たない。やはりここでも柔軟性と間にトレードオフが存在する。

4 外部からのストレスによる影響

どんなに優れたケーブルでも、外部から強いストレスが加わるとダメージを受けてしまう。ここでは、ケーブルが実際の使用条件下で受ける機械的、電氣的ストレス(ノイズによる信号へのダメージ)について紹介する。

(1)強い曲げ、荷重による変形

写真2は、ケーブルを曲げたことによってつぶれたケーブル内部の写真である。1章(1)で述べたように信号線用の絶縁体は、高速化によって低誘電率化されており、高発泡となっているためつぶれやすい。曲げによって扁平に押しつぶされている様子が分かる。ケーブルに荷重をかけても同様につぶされてしまう。このように押しつぶされると電気的性能も変わってしまう。

沖電線では、電磁界シミュレーションによる解析をしており、このような変形に対してどのような電気的性能の変動が起こるか解析をしている。その結果を図12に示す。これによると20%つぶれると、差動インピーダンスは12%低下することになる。一般的な差動インピーダンスの規格は、規格値±10% (場合によっては±5%) としているため、20%つぶれるだけで規格オーバーになる場合があることが分

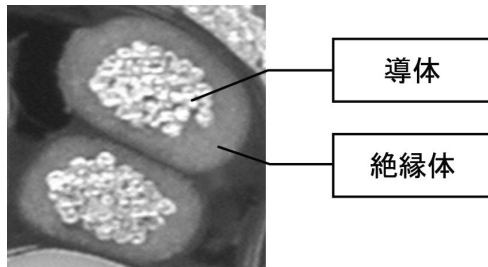


写真2 強い曲げでつぶれたケーブル内部

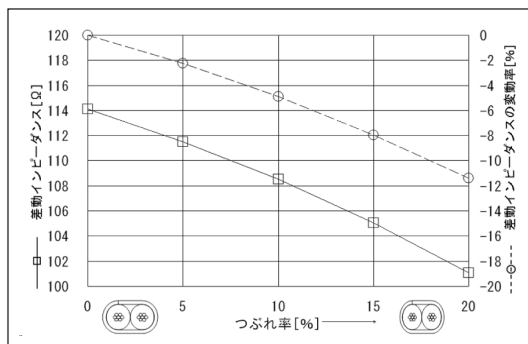


図12 つぶれ時の差動インピーダンス変動解析結果

かる。

実測でもつぶれによる差動インピーダンス変動がみられた例を図13に示す。ケーブルを折りたたむように曲げたときの差動インピーダンスの変動をTDR測定器によって実測したものである。この波形をみると、通常状態で110Ωであったものが、ケーブルを極端に曲げた箇所がつぶれ、差動インピーダンスが最大18%程度低下したというデータとなっている。差動インピーダンスが極端に低下したことによって伝送波形にひずみを生じる。

以上のようにケーブルがつぶれると製品そのものにダメージが及ぶほか、電気的性能にダメージが現れ、信号波形にダメージを与えることになる。反射によって実際の信号波形に影響が出た場合のイメージを図14に示す。

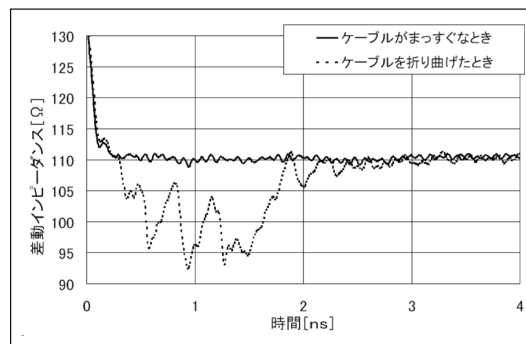


図13 ケーブル折り曲げ時の差動インピーダンス

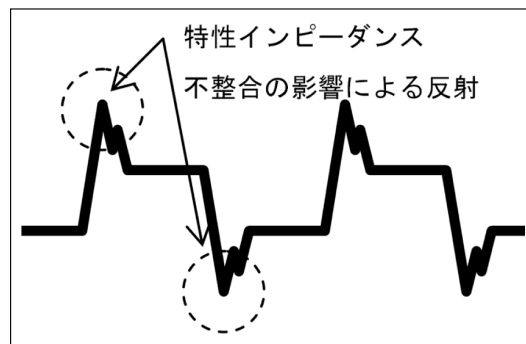
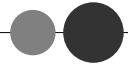


図14 反射による影響



(2)外部からの繰り返し曲げストレスによる断線

どんなに強いロボットケーブルでも、許容曲げ半径をオーバーして極端に曲げて使用したり、固定方法が悪い状態で繰り返し曲げて使用したりするとケーブル内部心線にひずみがたまることある。このひずみによって心線がくの字に折れ曲がってしまう。この現象をキンクと呼んでいる。写真3は繰り返し曲げによってキンクが発生したケーブル内部の写真である。

このようになると簡単に断線してしまう。ケーブルに使用されている線は、主に軟銅線を使っているため、もともとある程度柔軟性を持っている。しかし、このように極端に曲げられてしまうと、塑性変形を起こし、金属疲労と同じ原理であつというまに折れてしまう。

キンクのメカニズムであるが、図15のように、まっすぐなケーブルを曲げると、実は のように内側と外側で行程差が生まれている。この行程差を吸収できる曲げ半径であれば問題がないが、極端に曲

げすぎたり、ケーブルの固定方法が悪かったりすると、ひずみがたまり、くの字に折れ曲がってしまう。

(3)比較的高い周波数のノイズの影響

高速インタフェースケーブルでは、信号線にシールドを施し、さらにケーブル全体にもシールドを施す2重のシールドとしている場合が多い。1重シールドの場合と2重シールドとした場合のノイズ影響を調査した結果を図16に示す。このデータはケーブルに対しノイズ注入器でノイズを注入し、ケーブルに重畳したノイズをスペアナで測定した結果である。波形を見るとやはり1重シールドよりも2重シールドとしたほうがよいことが分かる。特に注入ノイズの帯域に近い100～200MHz帯では、5dB程度差が見られた。しかし、非常に低い周波数帯域については、あまり差がみられず、最も低いところでは逆転しているような傾向にある。これは、3章(4)で述べた、低い周波数では遮蔽効果がほとんどないことを示しているものである。

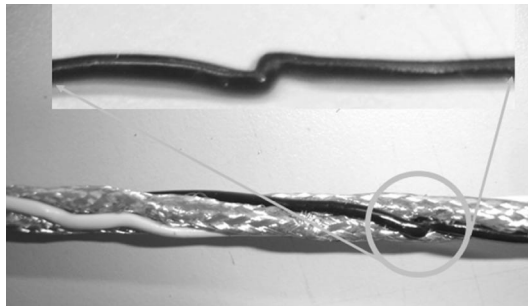


写真3 ケーブル内に発生したキンク

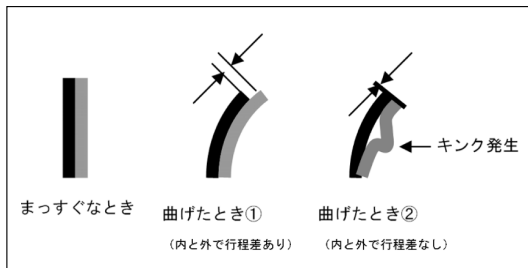


図15 キンクのメカニズム

(4)モータ駆動系からのノイズの影響

ではインバータ駆動するモータを使用した場合のような低い周波数のノイズの影響はどのようになるか。前述したとおり、ケーブルにシールドを厚く施すことによって、受けにくくすることも考えられるが、太くて曲げられないケーブルとなつてしまい現実的ではない。この場合電源ケーブルと高速インタフェ

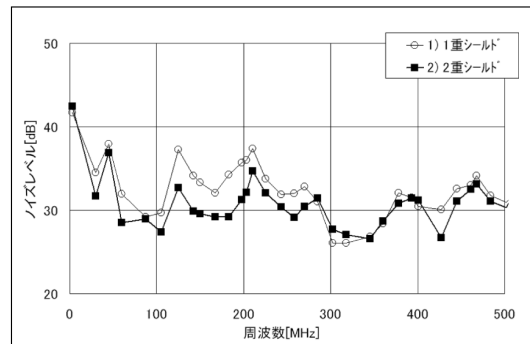


図16 1重シールドと2重シールドの違い

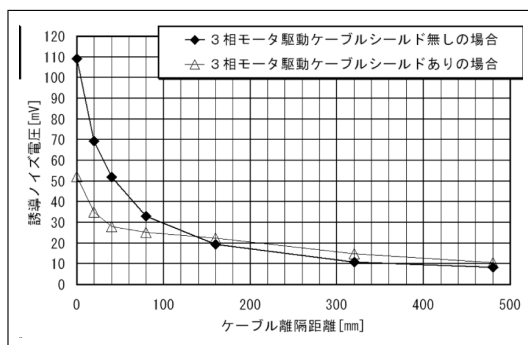


図17 モータ駆動ケーブルからのノイズとケーブル離隔距離の関係

スケールの間隔を広げる必要がある。

図17に示したように駆動系からのノイズについては、離隔距離を保つことによって駆動系からのノイズの影響を少なくすることができる。これは、3相200Vのインバータとモータをモータ駆動ケーブルで接続した配線箇所高速インタフェースケーブル3mを並列に敷設し、モータ駆動ケーブルから高速インタフェースケーブルに重畳したノイズを測定したものである。

シールドのない3相モータ駆動ケーブルからの誘導ノイズは、高速インタフェースケーブルをぴったり沿わせたときには110mVあったが、100mm離隔距離を通ることで1/4程度の30mVまで低減できる。300mm離せば10%以下となる。このように離隔距離を広げることによって、重畳ノイズは2次曲線的に小さくなる。

ところで、図17のデータにシールド付き3相モータ駆動ケーブルを使った場合のデータが比較されている。ケーブル離隔距離が0mmのとき、高速インタフェースケーブルに重畳するノイズは、シールドなしの場合の半分程度の50mVとなっている。しかしこのシールド付き3相モータ駆動ケーブルは一般的な編組シールドを使用しており、前ページ(3)で述べたように、低周波におけるノイズを遮蔽できるほどのシールド効果はないものである。実は、これはノ

イズ発生源であるモータ駆動ケーブルのインピーダンスが低いことによって得られたノイズ低減効果なのである。沖電線ではこのノウハウを応用し、シールドなしでノイズ低減できるサーボモータ駆動ケーブルの開発も行っている(SYMケーブルシリーズ・特許申請中)。

5 使用上の注意点

さて、高速インタフェースケーブルの特長から、どうしても避けられないダメージについて述べてきたが、5章ではいかにダメージを低減するかについて、一般的な注意点を参考として紹介する。なお、実際には購入されるケーブルのメーカーに聞いて、カタログ・仕様書などで使用上の注意を確認する必要がある。

5.1 固定部用ケーブルの敷設上の注意点

(1)敷設時ケーブル曲げ半径

一定の限界を超えた曲げを行うとその性能を劣化させる可能性がある。一般的なケーブルの敷設許容曲げ半径は、ケーブル外径の4倍以上であるといわれている。しかし、ケーブルの種類によっては、許容曲げ半径を規定しているものがあり、曲げ半径をケーブル外径の10倍以上としている場合もある。

(2)ケーブルへの荷重

高速インタフェースケーブルのほとんどは、ケーブルに荷重をかけたまま使用されるための設計がされていない。どうしても荷重がケーブルにかかってしまう場合は、金属パイプ内にケーブルを敷設する、耐荷重性を持ったフレキ管に入れるなどの工夫が必要である。

なお、沖電線では荷重対応が可能な「あじろ外装」を施した高速インタフェースケーブルの開発を行っている。あじろ外装は船舶用配線ではよく使用されるものであるが、ケーブルを保護するために鋼線を

使った編組を施したケーブルとなっている。ケーブル外径は太く、柔軟性は少なくなるが、耐荷重性を持ったケーブルとなる。

(3)ケーブルのねじれ、絡み、引っ張り

高速インタフェースケーブルは通常丸い輪の状態に束ねられた形状で納品されている。この状態からケーブルをまっすぐに伸ばす際、注意が必要である。繰り出しの際は、回転する台などに搭載し、束の外側から繰り出すとよい(後述の図23参照)。非常に長く重い場合などは張力を規定することがあるため、自動回転台などを使用する場合もある。

(4)その他

ケーブルは、防水性、耐油性、耐候性など様々な規定をしている場合がある。これらについては購入されるケーブルの仕様を注意されたい。

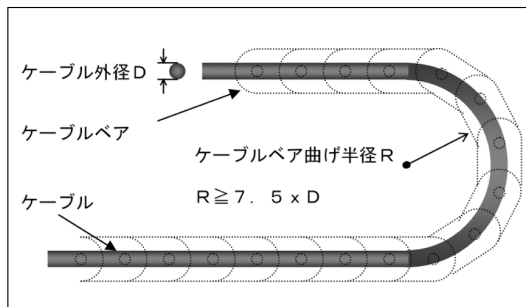


図18 ケーブルベアの曲げ半径の例

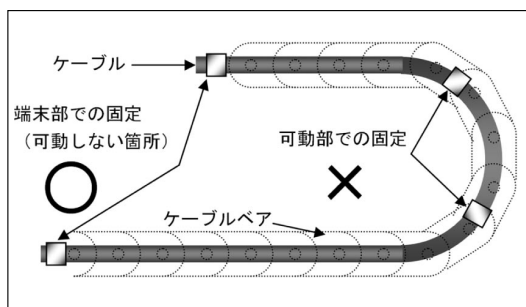


図19 ケーブルベア内の固定方法

5.2 可動部用ケーブルの場合

(1)ケーブルベアの曲げ半径

図18のようにロボットケーブルのようなケーブルベア内配線については注意が必要である。ケーブルベアの曲げ半径はケーブル外径の7.5倍以上とできるだけ大きくする必要がある。

(2)ケーブルベア内のケーブルの固定方法

図19のように、ケーブルベアの可動部分でケーブルの結束やケーブルベアへの固定を行うと曲げ応力が集中しやすくなり、ケーブル寿命を低下させることがある。ケーブルは、ケーブルベアの可動しない両端末部で固定し、可動部分での結束や固定は行わないようにする必要がある。

(3)ケーブルベア内のケーブル長

図20のように、ベア内のケーブル長は、ケーブルが短すぎるとケーブルベア内でつばった状態となり、ケーブルとケーブルベアが擦れ合うために外被が削れるなどの障害が発生する。ケーブルが長すぎても外被が削れたり、ほかのケーブルなどと干

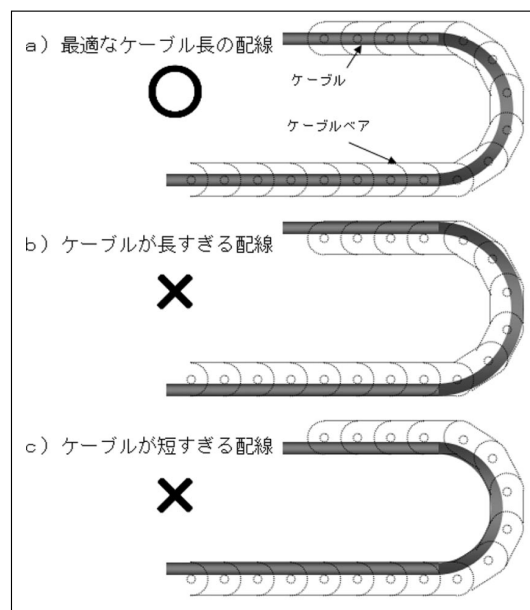


図20 ケーブルベア内のケーブル長

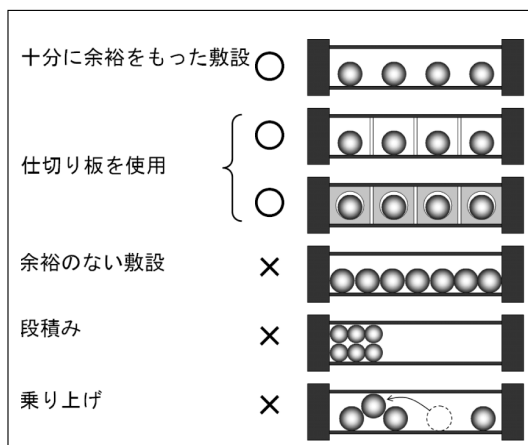


図21 ケーブルペア内のケーブル配置例

渋しやすくなったりするためケーブル寿命を低下させる。最適なケーブル長で配線する必要がある。

(4) ケーブルペア内への配置

図21のようにケーブルペア内に配置するケーブルはフラットな状態で配線を行い、交差、重なりに注意する。ケーブルペアは十分に余裕のある大きさの物を選定し、ケーブル占有率は30%以下とする。できるだけ多くの仕切り板を設け、ケーブル間の干渉を避けることを奨める。

また、図22のように外径が大きく異なるケーブルが混在する場合、外径の大きいケーブルからの負荷により、外径の細かいケーブルに障害が発生する場合が考えられる。外径が大きく異なるケーブル同士を配置する場合は仕切り板を入れて分離する必要がある。さらに油圧、エアホースなどを配線する場合は、必ず仕切り板を設けケーブルとエアホースなどを分離して配線する必要がある。

(5) ケーブルねじれ

図23のように、ケーブルを束から引き出しそのまま直線状にした場合、ケーブルにねじれが残留する。その結果、蛇行発生や寿命低下の原因となる

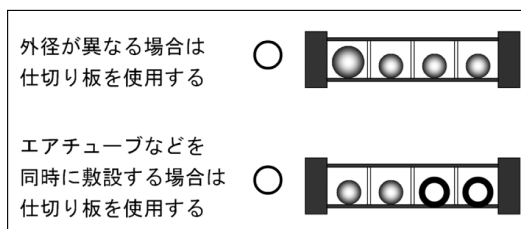


図22 混在時の配線

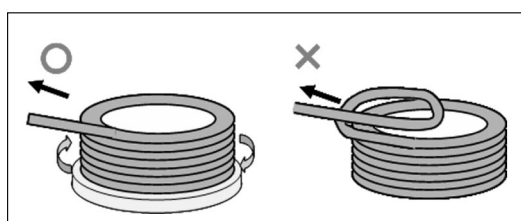


図23 ケーブル取り出し方法注意点

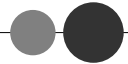
ことがある。固定配線と同様、ターンテーブルなどを利用してねじれないように引き出し、ケーブルにねじれがないことを確認してからケーブルペア内に配線する必要がある。

5.3 電源ノイズに対するケーブルの離隔距離

海外では、電源ノイズに対する対策として、通信系配線とモータなどの電源配線の離隔距離については、60cm以上離すなどのガイドラインを設けている場合があるため参考にされたい。

6 さいごに

以上、高速インタフェースケーブルの特長と使い方について述べてきた。高速インタフェースケーブルは、通常のケーブルとは異なり、高速伝送に適合するように数々の設計の工夫と細心の注意を注いで製造している。したがって、今回説明したような取扱にあたっての注意を払ったり用途に適したケーブルを選択したりすることが必要であることを多少ともご理解いただければ幸いである。また、今後マシ



ンビジョンではさらに高速化、可動化が図られてくるものと考えられる。そのような流れにおいて、ケーブルの低減衰化、構造・材質の均一化、低ノイズ化はますます重要になってくると考えられる。沖電線は、さらに従来の電線技術にはない独自のノウハウを駆使し、性能のよいケーブルを開発していく所存であり、今後ともご期待願いたい。

参考文献

- 1) “IEEE Std 1394-1995, Standard for a High Performance Serial Bus.”
- 2) “ノイズ対策最新技術”, 総合技術出版
- 3) “電気回路”, オーム社
- 4) “電線ケーブル技術ハンドブック”, 沖電線株式会社

沖電線株式会社 お客様相談窓口
TEL.0120-087091
<http://www.okidensen.co.jp/>