

簡易シールド対策

概要:

各種無線機や無線網の試験では同軸線接続が多用されますが、空中線接続の際は多くの場合電波シールド対策が必要です。理想的なシールド環境である電波暗室での利用が叶わない場合は外来波と放射波の抑制のためのシールド対策が必要です。試験の目的と方法に適した機能的で使いやすいシールド装置を利用することで過剰スペックのシールド装置の投資や設備利用の順番待ち等の時間、手間、後戻り工数、試験の不確かさを削減できますから、真のシールド需要の見極めが重要です。

シールド装置の主要な機能要素:

シールド装置の機能と性能を実現するための装置構成要素は以下の通りで、シールド需要に応じた素材と構造を組み合わせることで所望のシールド装置を構成します。

- *シールド素材 : 金属板、導電布、金属網、金属製容器等
- *開口部 : 扉、蓋、ファスナ、ガasket、錠、他
- *貫通線対策 : 光、同軸線、電源線、LAN・USB等信号線
- *電波吸収体 : 反射波抑制、共鳴抑制、残響短期化

シールド需要:

シールド需要が的確なら、シールド装置要件も明確です。直面するシールド需要明確化のための検討要素例を以下に示します。

- *シールド目的 : 外来波抑制、放射波抑制、無線網間分離等
- *電界シールド : 磁界シールドとは別の対策が必要
- *遮断周波数 : xx MHz ~ xx MHz (GHz)
- *所要遮断性能 : xx dB @ xx MHz
- *対象物寸法 : W幅 x D奥行 x H高さ
- *装置数量 : シールド対象物の数量と構成
- *人立入の可否 : 人は電波吸収体、対人安全性要件
- *床面要件 : 耐荷重、床材質
- *放熱性 : 換気扇、ファン、熱伝導素材等
- *透視性 : 必須、少しある方が良い、不要等
- *貫通線 : 光・AC/DC電源線・LAN・USB・同軸線・他
- *開口部 : ファスナ、扉、開閉頻度
- *移動性 : 持ち運びや移設の必要性
- *電波吸収体 : 内部反射抑制(残響防止)、素材:炭、水等

所要シールド性能:

余裕を見て高目のシールド性能を要求仕様に設定すると、シールド性能以外の要件(大きさ、使い勝手、予算等)が満たされない場合が往々にしてあります。シールド性能の定義は、シールド装置が無い場合の電界強度(単位:V/m)に対する、シールド装置がある場合の電界強度の比率で、一般的に電圧比をdB表示します。

シールド目的が外来波抑制、放射波抑制の場合は「シールドなし」の場合と「然るべき」電界強度の比(dB表示の場合は差)が所要シールド性能です。しかし、現地の電波環境が不明な状況での所要シールド性能を定義しづらいため、一般的なシールド箱のシールド性能(60dB)を求めがちですが、多くの場合に60dBは過剰性能です。所要シールド性能の大体の目安は次の通りです。

電圧比	dB表示	用途(目安)
1/10	20 dB	外来ノイズによる電子機器誤動作対策等 (例:一桁小さければ誤動作を防げる)
1/100	40 dB	無線網間分離(相互干渉抑制)等 (例:二桁小さければ相互干渉を防げる)
1/1,000	60 dB	無線機の通信相手発見(Discovery)防止 (例:三桁小さければデバイスを発見不能)
1/10,000	80 dB	EMC測定 (例:四桁小さければ測定誤差を無視できる)

貫通電線:

シールド装置内部のシールド対象物に対して電線を接続する場合に、装置を貫通する電線へのシールド対策を怠ると、シールド性能は大幅に損なわれます。シールド未対策の場合、シールド装置を貫通する電線がシールド装置内外の引き込み線として機能し、シールド性能を大幅に劣化させます。貫通線に対するシールド対策は以下の通りで、シールド装置のオプションとしてご提供できます。

1. シールド線: 貫通電線をシールド網線で囲包
2. LPF: 遮断周波数以下の信号を通過するフィルタの利用
3. E-O変換: 電気信号を光信号に変換し、光ファイバを貫通

シールド性能測定:

DEKRAラボで稼働中のリバブレーション・チャンバとネットワークアナライザによりアンテナ効率測定やシールド性能を短時間で測定できます。測定データは有償にてご提供致します。



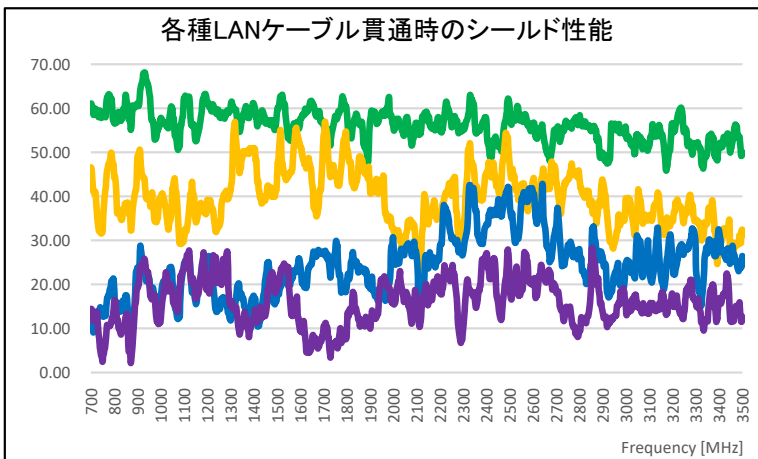
貫通線のシールド性能によってシールド性能は激変。

- 緑色: LAN貫通線なしの場合
- 黄色: B社製STP(Cat. 7)貫通
- 青色: A社製STP(Cat. 7)貫通
- 紫色: UTPケーブル貫通

注: STP: Shielded Twist Pair
UTP: Unshielded Twist Pair

スウェーデンBluetest社製
リバブレーション・チャンバ
を用いた短時間測定
アンテナ利得、シールド性能、
OTA(TRP, TIS, Throughput)

各種LANケーブル貫通時のシールド性能



概要:

シールド布は導電布とも呼ばれ、化学繊維布に金属メッキ(銅+ニッケル)を施すことで、金属板に迫る電波反射性能が得られます。金属板加工では板加工機器のプログラミングが必要ですが、布素材でのシールド装置の製作には、ハサミで布素材を切断し、ミシンで縫製できますから、小ロット生産にも対応が容易で、布製品は折り畳みできますから移動や仮設にも適しています。透視性布ではシールド対象物が布越しに見え、布越しに触ることができます。

シールド布の利用方法:

シールド布は金属板には無い柔軟性と透視性を併せ持った素材ですので、電波反射布(風呂敷)、電波遮断袋(電波シールド袋)と容積を持ったテントに安価で加工できます。しかし、メッキ加工による薄い金属膜は機械的なストレス(折り曲げと擦れ)と水濡れ等の化学反応に弱いからです、消耗品と割り切ります。金属メッキ布は電気的に良導体ですから電気・電子機器を収納する場合はプラスチック等の電気絶縁物を利用して感電や電氣的回路ショートを予防して下さい。

シールド布製の袋やテントは任意寸法で作成できますが、透視性布の生地幅が120cmのため、幅と奥行は115cmの倍数が端切れの少ない経済サイズです。

シールド布のシールド性能:

透視布(372W)のシールド性能の実測データを以下に示します。布素材のシールド性能は60dB程度ですが、縫製やファスナによりシールド性能は劣化し、シールド袋の場合は約50dB程度、テントの場合は約40dB程度のシールド性能が得られます。布素材を二重にて利用すれば2倍のシールド性能が得られると思われがちですが、二重布のシールド性能は10~15dB程度改善する程度ですから透視性と低価格を犠牲にしてまで二重化することは疑問です。二重にすると機械的強度は向上し、テントの各辺は丈夫な非透視布にて補強することができます。

装置開口部や装置結合部の隙間に起因する電波漏洩を最小化するために、シールド布製品の場合は布同志の密着性を高めて接触電気抵抗を最小化し、シールド性能を確保します。主な手法は、

- * 接触面に圧力(おもりや磁力)を掛けて電気抵抗を最小化
- * 布同志の場合は縫製により布同志を密着
- * 布と金属の場合は磁石板と金属板で布を挟み密着

シールド風呂敷:

無縫製のシールド布は1.2x2.0mの定尺、又は任意長さでのオーダーカットの紙管巻にて販売中。布は透視布(372W)か透視性の無い丈夫な非透視布(175C)の二種を販売中です。布は新品のカッターナイフの刃で綺麗に切断可能。布同士を密着すれば40dB以上のシールド性能が得られます。



シールド袋(PC収納例):

シールド袋にノートPCを収納した例で、布越しに視認可能。袋外部でマウス、キーボードを操作する場合、ACアダプタや袋内外を貫通する同軸線を接続する場合は貫通線対策を追加します。袋は直方体形状の3辺が縫製にて封止されており、開口する一辺のみの封止でシールド性能が得られます。



スマホ用シールド・シャーシ:

蝶番蓋に透視性シールド布を貼った板金製シャーシ。高いスマホ透視性/操作性、高シールド性能(約50dB)にて各試験ラボで稼働中。オプション例は、

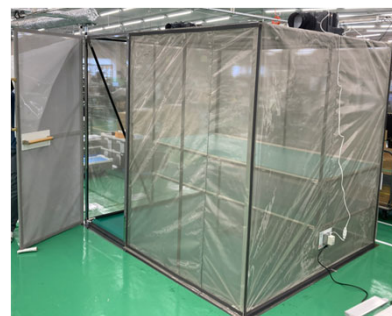
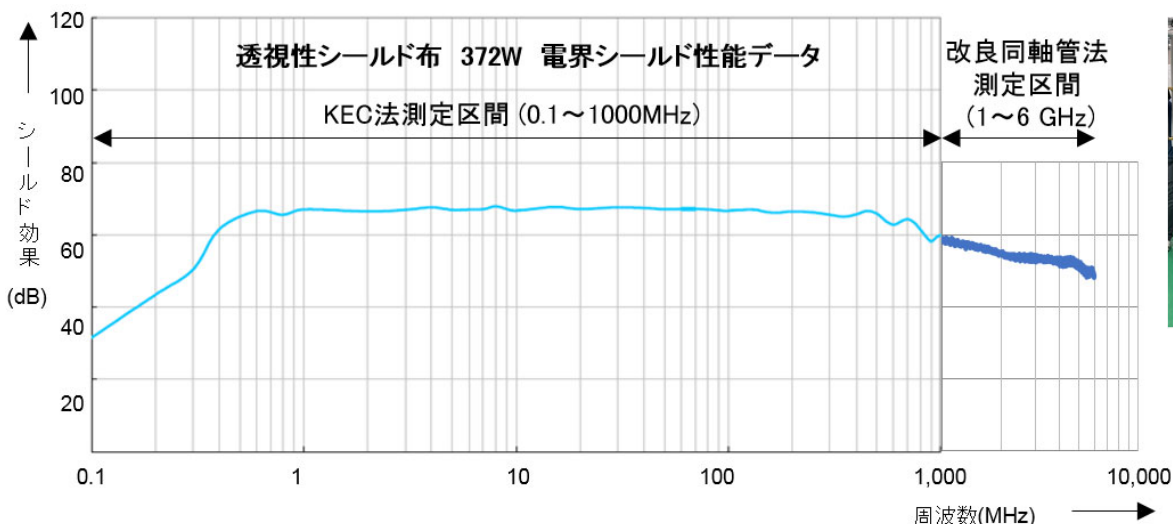
- ・SMA, USB, イヤホン貫通線対策
- ・熱伝導シートによるスマホ冷却
- ・容易・安価なシールド布交換
- ・内蔵アンテナでMIMO T-put測定
- ・寸法: スマホ用W345xD230xH70mm
タブレット用W410xD305xH70mm



シールドテント極小(DST-SS1-NR):

各種サイズのシールドテントを特注にて製作可能。透視性需要に応じて素材を選択。右のテントは一辺が55cmの立方体で透視布、底面は非透視布を採用。開口部オプションは、

- ・3辺連続周回の「ぐるっとファスナ」
 - ・板磁石とSUS製戸当り
- 貫通線オプションは、
- ・貫通線用袖
 - ・貫通線端子盤



6面シールドテント (DST-X1-N)

自立する鉄パイプ製のラックの周囲を透視性導電布で囲ってシールド空間を構成。開口部はステンレスメッシュ張の扉、室内に静電気対策作業台と屋根に換気扇を配置。

概要:

シールド布製品は低価格で導入しやすい一方、頻繁な開閉等を伴う過酷な利用や透視性を必要としない場合には不向きで、それらのシールド需要には頑丈な金属製のシールド装置が適しています。シールド箱はアルミや鉄鍍金で製作し、表面を塗装した製品が一般的ですが、シールド性能確保のための接合部の電気的良伝導性の確保と塗装は相反する加工のため、製造工程が増え製造コストが上がりがちです。

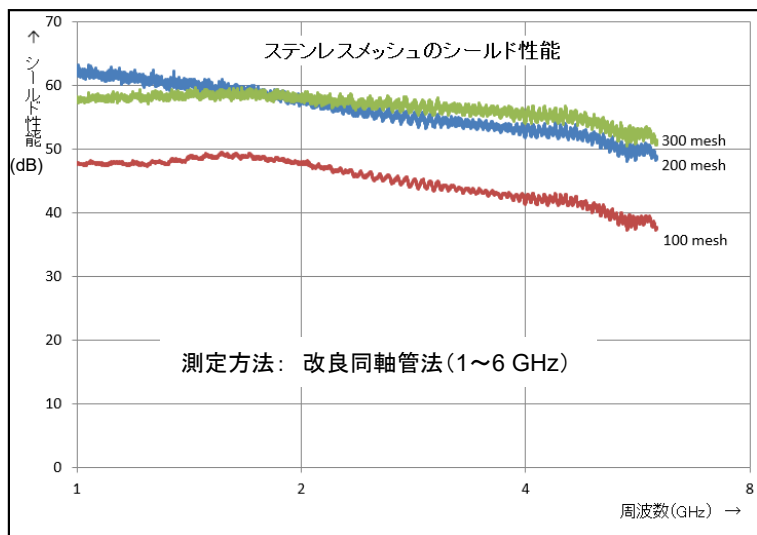
ステンレス素材は高い防錆性と非常に薄い表面被膜により無塗装でシールド装置材料として利用できます。但し、鍍金加工には鍍金加工機のプログラミングが必要ですので、少量生産には不向きです。ステンレス板材は鏡面、ヘアライン等から素材選択できます。ステンレス製の網(メッシュ)を用いれば透視性を得られますが透視性とシールド性能はトレードオフの関係で、メッシュ越しのタッチパネル等の機器操作性はあまり良好ではありません。

ステンレス素材の利用方法:

ステンレス板の曲げ方法としてベンダ加工とプレス型加工があり、ベンダ加工は穴あけ・切断の後に折り曲げ加工を行い、容器を作成する場合は溶接加工を施して板間の隙間を塞ぎます。プレス加工はプレス型を用いて折曲げ・成形加工をしますので、丸みのある容器等の量産に向いています。シールド装置の量産には板金加工品を用いつつ、容器部分についてはプレス加工されたステンレス容器を流用してシールド空間を安価に構成する方法があり、シールド装置の開閉が頻繁ではない場合に適しています。又、磁性体のステンレス(SUS430等)を用いれば磁石の利用が可能で、シールド布と組み合わせたシールド装置も実現できます。ステンレス板面に貫通電線を通すための貫通線端子板を設置すればオプション対応が容易で、ユーザー様は仕様決定と利用が容易です。

ステンレス素材のシールド性能:

ステンレスに限らず金属板のシールド性能は非常に高く、薄いアルミ箱でも80dB以上の素材シールド性能があります。そのため鍍金製のシールド装置のシールド性能劣化要因は鍍金同志の接合部の隙間と、開口部のシールド封止対策不備、及び貫通電線によるシールド性能の劣化です。そのため、適切に鍍金部品を設計・製造し、開口部にシールドガスケットを用いれば、60dB以上のシールド性能が得られますが、貫通線種類と本数が増えるに従ってシールド性能が悪化します。



シールドパン:

鍍金に貫通電線対策品を装着した台と、ステンレス容器の蓋との間に囲まれたシールド空間。鍍金と容器間はシールドガスケットにて封止。シールド装置の開閉頻度が低い場合は、蝶番や封止錠等を用いずに、黒クリップを用いて安価で安定した高いシールド性能を実現。

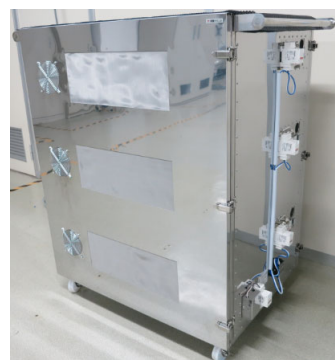
- オプション
 - ・任意貫通: SMA, 導波管, AC/DC, LAN
 - ・熱伝導シート利用の収納物冷却
- ・寸法例: W530 x D328 x H150mm



シールドワゴン:

SUS430鍍金加工のキャスター付きシールド箱。内部は複数段棚構造、例えば3台のeNB(RRH)を3棚に収納し、容易な設置、配線、移動が可能。隙間の無い鍍金加工とシールドガスケットの併用により50dB以上の高シールド性能を実現。従来のシールドルーム内での試験環境を可搬型ワゴンに置き換え可能。

- オプション
 - ・サイズ、棚段数
 - ・同軸線、AC/DC電源、導波管等貫通線
- ・寸法例: W900 x D600 x H1150mm



eNB/RRH収納用壁掛シールド箱:

SUS430鍍金製のシールド箱。壁掛け式のシールド箱でパチン錠にて蝶番扉を封止し、扉前面にはステンレスメッシュを張り、箱内部の装置を視認可能。

- オプション
 - ・箱底部の貫通線端子用アクセスパネル
 - ・箱内放熱用冷却ファン(AC/DC)
 - ・同軸貫通端子数、取付穴カスタマイズ
 - ・のぞき窓、光ファイバ案貫通管等



シールド・メッシュ・キューブ40cm:

SUS430鍍金製のシールド箱本体と複数のステンレスメッシュ扉の組み合わせで、箱内部を視認可能。

- オプション
 - ・使用用途に応じた扉数(1~4)
 - ・貫通線端子用アクセスパネル
 - ・箱内電波吸収体
 - ・箱内放熱対策(ファン、熱伝導シート)
 - ・のぞき窓、箱内照明等



シールドルーム ステンレスメッシュ張り:

布製シールドテントの布をステンレスメッシュに置き換えた簡易型シールドルーム。テントの場合はミシンで縫製したテントの内側でパイプラックを組み立てて自重と外径形状を支えますが、ステンレスメッシュを張った枠をパーティションルームの枠内で壁面、天井として組み立ててシールド空間を実現。

- オプション
 - ・サイズ(任意;幅、奥行は1m単位、)
 - ・貫通電線、電源線貫通、電波吸収体
 - ・換気扇、床面カーペット



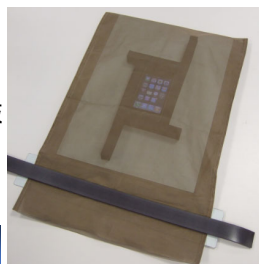
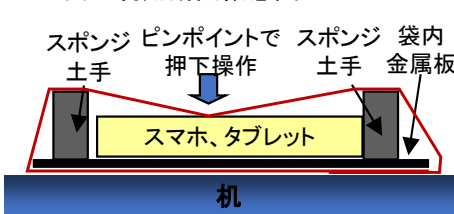
電波残響防止対策:

シールド装置の素材は電波反射材で、電波は装置内部で空气中を伝搬して反射を繰り返す間に減衰しますが、反射を繰り返している間は電波エネルギーが残存します。この残響現象によりシールド装置内で通信障害が起こることがあり、例えばWi-Fi (802.11n/ac)ではデータレートが高く、ガードピリオドが短いため、パケットエラーの上昇により再送要求が多発し、その結果データ・スループットが上がらない現象を招きます。対策方法はシールド装置内の残響時間を短縮することで、その手法としてシールド装置内に電波吸収体を設置します。電波吸収体として、炭や水入りペットボトル等が利用できます。

シールド袋+スマホ操作キット:

SB-KIT-SPL(スマホ操作キット)を用いればシールド袋に収納したスマホのタッチパネルを袋の布越しに操作できます。二本指を用いる操作は叶いませんが、指一本のタッチと画面のスクロールは可能です。各種電線の貫通が必要な場合や高い試験再現性が必要な場合はステンレス板利用のスマホ用シールドシャーシをお勧めします。

キット利用断面概念図



各種貫通線:

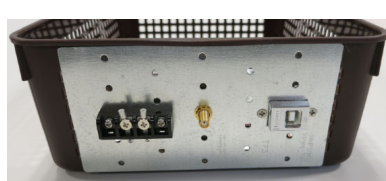
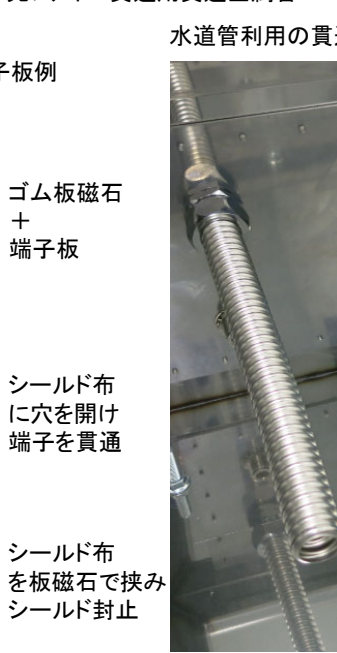
シールド装置内部のシールド対象物に対して電線を接続する場合に貫通電線に対するシールド対策を怠ると、シールド性能は大幅に損なわれます。必要最小限の貫通線を端子板に取り付けてシールド装置に設置することが合理的です。

貫通線種	経済的対策	高性能対策
同軸ケーブル	外被線のシールド	二重シールド
AC/DC電線	インレット・フィルタ	貫通コンデンサ
LAN・USBケーブル	シールド・ケーブル	光ファイバ(E-O変換)
音声周波数線	貫通コンデンサ	光ファイバ(E-O変換)
HDMI等	シールドケーブル	光ファイバ(E-O変換)
光ファイバ	金属製貫通管	同左
気体・液体管	金属製貫通管	同左

各種シールド貫通部品



光ファイバ貫通用貫通金属管



袋収納ブレース用貫通線端子板例
左からDC、SMA、USB



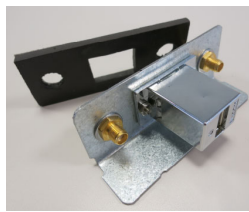
シールドテント貫通線端子板例
上段左からAC、LAN、USB、2xSMA
下段は4口ACタップ

シールドカーテン:

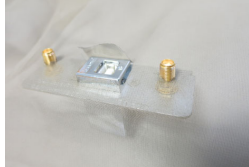
部屋の窓にシールドカーテンを取り付けても部屋はシールドルームにはなりません、カーテンが直接到来波を反射しますので、無線デバイス間の距離を遠ざけると同等の効果が得られます。



2X SMA+USB貫通線端子板例



ゴム板磁石 + 端子板



シールド布に穴を開け端子を貫通



シールド布を板磁石で挟みシールド封止