

19. 航空機用電磁シールド材料の特性評価

機上等技術領域 ※河村 暁子、米本 成人、磯崎 栄寿
 航空交通管理領域 山本 憲夫
 三菱重工業株式会社 小栗 和幸
 株式会社フジワラ 岡田 克人

1. はじめに

近年、航空機内で携帯電話の利用を可能にする機上装置の開発が進んでいる。既に、OnAir社（スイス）やAeroMobile社（イギリス）が相次いで機内搭載携帯電話通信システム搭載の承認をEASA（European Aviation Safety Agency: 欧州航空安全庁）等より取得し、それぞれ2007年12月、2008年3月より特定の区間で試験的にサービスを開始している[1]。図1に航空機内携帯電話システムの概要を示す。これらのシステムは、機内にピコセルと呼ばれる出力の小さい基地局を設置し、欧州で主に使用されている1800MHz帯のGSM携帯電話を旅客が使えるようにするものである。機内の基地局と地上電話網は、機体の衛星通信アンテナから人工衛星を介して繋がる。

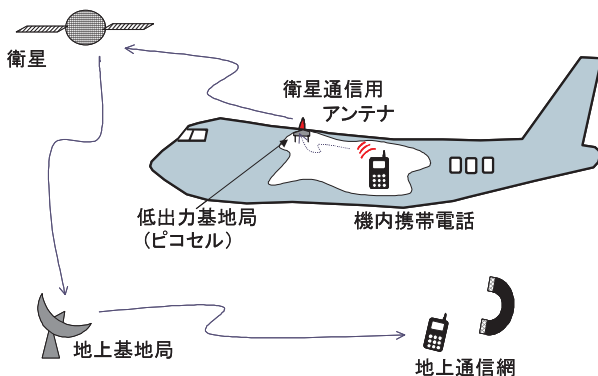


図1 航空機内携帯電話システムの概要

機内の基地局では、客室内の携帯電話の電波が航空機の機上装置に干渉を与えないよう出力を抑える制御信号を送信している。しかしながら、地上基地局への接続が可能であるとこれらの携帯電話が最大出力で電波を放射する可能性がある。そこで機内の基地局信号より低く、機内に到来する地上基地局の電波よりも高い信号レベルの雑音電波を機内に満たすことで、機外との接続が出来ない仕組みになっている。また他方で、これらの雑音電波

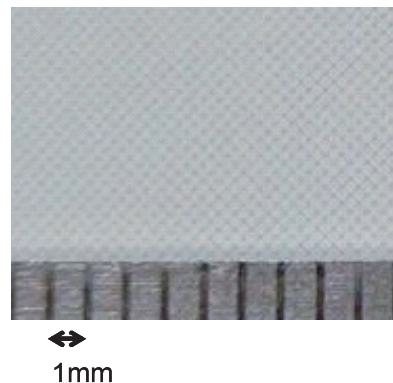
が地上の通信網へ与える電磁干渉も懸念されている。

この問題を解決するため、航空機の電磁シールド（遮蔽）性を向上させる方法が検討されている。その一手段として、航空機の窓材に電磁シールド性能の高い素材を用い、機内と外界とを隔離する方法がある。

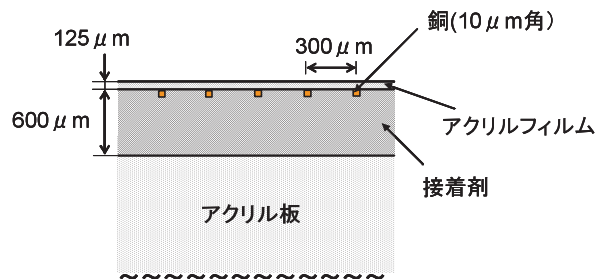
本報告では、国内で開発中の電磁シールド性を持つ航空機窓用フィルムを紹介し、窓に装着した場合の電磁シールド性を電波無響室で評価した結果について述べる。

2. 航空機用電磁シールド材料の評価概要

2.1 電磁シールドフィルム



(a) フィルム外観（下の目盛は定規）



(b) フィルム断面図

図2 航空機窓用電磁シールドフィルム

三菱重工業株式会社と航空機風防メーカー株式会社フジワラは、次世代航空機のために電磁シールド性をもつ窓用フィルムの開発を共同で行っている。電子航法研究所は、開発したフィルムの電磁シールド性能の評価を2社と共に2007年より開始した。

図2に航空機窓用電磁シールドフィルムを示す。図2(a)に示すように、アクリルフィルム上に約0.3mm間隔の微小な銅のメッシュパターンを製作する。これを図2(b)に示すようにアクリル板に貼付し窓材を形成する。本窓材の可視光透過率は85%以上であり、フィルム素材単体の電磁シールド性は周波数800MHzから2GHzの間で-40dBから-50dBである。

2.2 評価する試料

本報告では、金属（アルミ）板、アクリル板、フィルム貼付アクリル板、の3種の試料の電磁シールド性を測定し、結果の比較を行う。

金属板は、透過性などを無視すれば一般的に最も電磁シールド性の高い材料である。

また、アクリル板はこれまで航空機の窓材として用いられてきた材料である。

フィルム貼付アクリル板は、三菱重工業とフジワラが共同開発した、次世代航空機への実用化を目指すフィルムを前に挙げたアクリル板に貼付したものである。

試料の大きさは、いずれも290mm×210mm、厚さは、アルミ板：2mm、アクリル板：3.35mm、フィルム貼付アクリル板（全体）：4mmである。

3. 測定装置および実験結果

本試料を装着するため、図3に示すアルミ製金属箱（455mm×355mm×160mm）を使用した。箱の一面に280mm×190mmの開口を設け、窓を模擬した。窓穴以外からの電磁波の漏れを抑えるため、金属箱各面の接合部には金属でシールドを施した。

また、金属箱内での多重反射を抑えるため、箱の内面にフェライト製の電磁波吸収体を装着している。各試料は箱の窓穴の中央に各辺5mm幅で箱と重なるように置いた。50mm

幅の導電性アルミテープを用いて、箱の窓穴と試料の露出部が同じ面積となるよう、四辺の周囲を固定した。

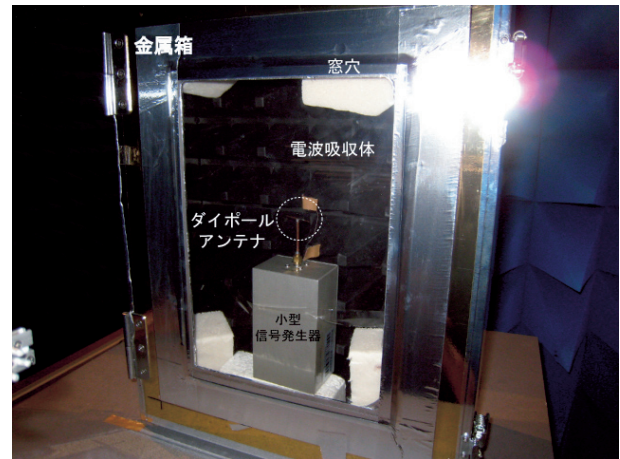


図3 アルミ製窓穴つき金属箱

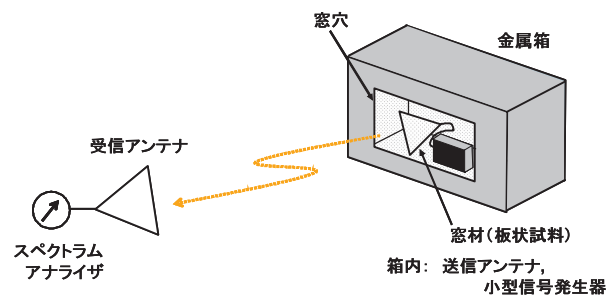


図4 測定構成

評価は図4に示す測定構成にて行う。まず電波無響室内において、ダイポールアンテナを接続したバッテリー駆動式小型信号発生器を金属箱に入れ、内側より電磁波を放射する。このとき箱外の窓穴前方における定位置で広帯域アンテナである対数周期ダイポールアンテナを接続したスペクトラムアナライザにより受信電力を測定する。

図5に測定風景を示す。受信用対数周期ダイポールアンテナの素子の中心と送信用ダイポールアンテナ間の距離が常に50cmとなるように設置した。なお、送信アンテナと受信アンテナの偏波面は水平偏波とする。

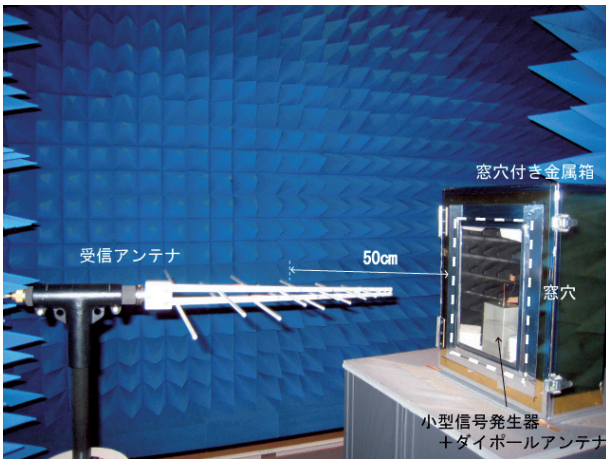


図5 測定風景

本測定では各試料を設置した場合、および試料のない場合において、400MHz から6GHzの間を200MHz間隔で受信信号強度を測定した。測定する周波数を中心として±1kHzの間でスペクトラムを測定した。一例として携帯電話で使用されている800MHz付近における測定結果を図6に示す。

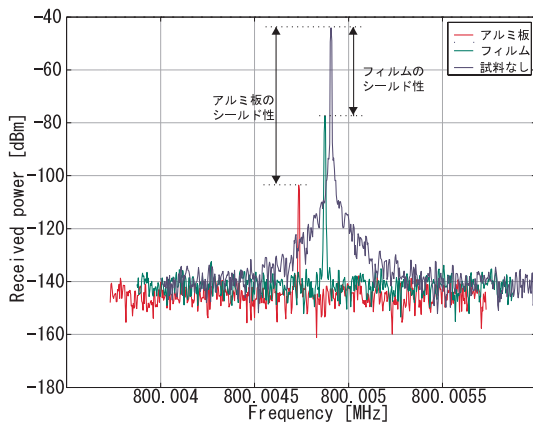


図6 電磁シールド性測定概念

送信信号の信号レベルはほぼ一定であるが、その周波数は200MHzの基準信号において数百Hz程度変化した。よって、試料の交換などにより異なる時刻に測定したため、基準信号の4倍相当の周波数変化が観測された。図6青線の試料なしの場合に比べて、赤線のアルミ板、緑線のフィルム貼付アクリル板ともに受信電力が減衰していることが示された。アクリル板の場合、試料の有無にかかわらず、ほぼ同レベルの受信電力となった。これらの

傾向は周波数が異なっても、同様であった。

4. 電磁シールド性評価

4.1 電磁シールド性の定義

図6に示したように、試料を設置することによって減衰した量を電磁シールド性とする。本報告において、電磁シールド性SA [dB]は式(1)のように相対値で定義する。

$$SA [dB] = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{Sample}}{P_{Open}} \right) \quad (1)$$

ここで、 P_{Open} は試料がないとき、 P_{Sample} は試料があるときの受信電力である。

窓穴付き金属箱を用いた測定構成では、窓穴を開放した状態の受信電力を基準とし、これに対し窓穴を試料で覆った場合の受信電力の比より電磁シールド性を求める。

4.2 電磁シールド性評価結果

図7、図8に、3種の試料の電磁シールド性計算結果を示す。図7は金属箱の窓穴の短辺に平行なアンテナ偏波面での測定、図8は窓穴の長辺に平行な偏波面での測定である。

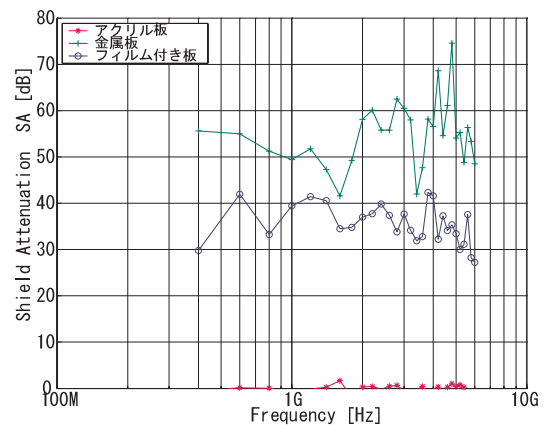


図7 電磁シールド性の測定結果（縦）

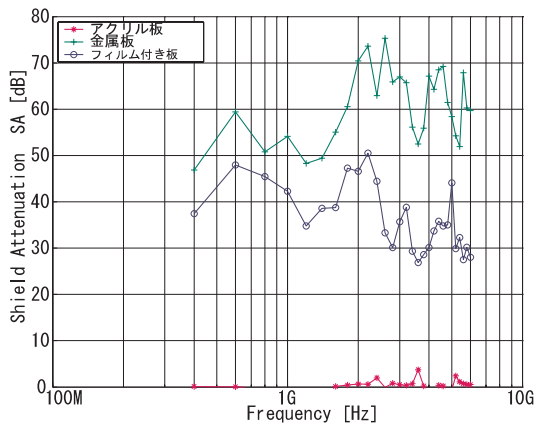


図8 電磁シールド性の測定結果（横）

これより、従来航空機の窓材として使われてきたアクリル板単体での電磁シールド性はほぼ 0dB であり、電磁波の減衰効果がほとんど無い状態であることが明らかになった。

また金属板とフィルム貼付アクリル板とでは絶対値は異なるが、周波数軸においてほぼ同様の周期で増減を繰り返す傾向が観測された。これらは縦と横の測定結果では異なる傾向を示していることから、窓穴の電界方向に対する長さに起因しているものと考えられる。

これらの結果をまとめると、フィルム貼付窓材は 2GHz 以下で 30dB 以上、2GHz 以上でも 27dB 以上の電磁シールド性があることがわかった。

5. むすび

次世代航空機の窓材として期待される、電磁シールドフィルムの電磁遮蔽性を、窓穴つき小型金属箱を用いて測定した。その結果、このフィルム貼付アクリル板が測定した 400MHz から 6GHz までの周波数帯域内において、概ね 30dB 以上の電磁シールド性をもつことを明らかにした。

航空機の窓材をこのような電磁シールド性のある材料に置き換えることによって客席空間の電磁シールド性が向上すれば、航空機内で電磁波を用いる乗客サービスと航空の安全性との両立が期待できる。

今回の評価結果をふまえて、本フィルムを実際に航空機へ装着した状態における機体全体の電磁シールド性測定を予定している。

また今後、機体全体の電磁シールド性向上のためには、窓材のみならず窓枠パッキンや、ドアパッキンなどの材料や機体との電氣的接続法を検討する必要がある。

参考文献

- [1] ‘航空機内における携帯電話等の利用に関する調査検討報告書,’ 電波産業会, March 2008