

カーボンナノチューブ配合プラスチックの電波遮断特性評価

黒川 悟*¹
佐藤 亨*²

【要 旨】

ミリ波帯域での板状電波遮断材料の特性評価法として、ホーンアンテナから電波を放射し、その前方に配置した資料を透過した電波のレベルを導波管プローブで受信することにより評価する手法を検討した。検討手法では、ホーンアンテナの最も放射強度の強い中央部近辺でのみ電波遮断特性を評価でき、被測定物のエッジからの回折波等が最も小さく、透過波のレベルをより正確に測定可能であり、様々な板状電波遮断材料を評価可能であることを示すことができた。

また、検討した評価法を用いて米国Hyperion Catalysys社製カーボンナノチューブ配合プラスチックを板状に成型した材料の評価を行った結果、非常に広帯域に電波を遮断する効果を有していることを示す結果を得た。

1 はじめに

近年のIT技術の進展、情報量の増大は目覚しく、高速通信を実現するために、用いる周波数もマイクロ波帯からミリ波帯へとますます高い周波数での利用が望まれている。また、これらミリ波帯域無線を用いたアプリケーションについては、自動車衝突防止レーダ、鉄道の事故監視、ミリ波無線LAN等が市販あるいは研究開発がおこなわれている。

これに伴い、様々な機器への障害、電波干渉等も懸念されており¹⁾、ミリ波帯域での電波遮断材料の開発も盛んに行われている。

しかし、ミリ波帯域での電波遮断材料特性評価法としては2本のホーンアンテナを用いた方法、レンズアンテナを用いた方法が一般的であるが、ある程度の大きさの資料が必要であり、また専用の評価装置は非常に高価である。

そこで我々は、ミリ波帯域での板状電波遮断材料の特性評価法として、ホーンアンテナから電波を放射し、その前方に配置した資料を透過した電波のレベルを導波管プローブで受信することにより評価する手法を検討した。導波管プローブを用いることにより、資料を透過する電波のレベルの空間分布を測定可能であることを利用して、電波放射用ホーンアンテナの最も放射強度の強い中央部近辺でのみ電波遮断特性を評価できることを示し、被測定物のエッジからの回折波等が最も小さく、透過波のレベルをより正確に測定可能であることを示す。

また、本評価法を用いてカーボンナノチューブ配合プラスチックを板状に成型した材料の評価を行った結果、非常に広帯域に電波を遮断する効果を有していることを示す結果を得た。本材料は、プラスチック材料にカーボンナノチューブを15～20重量%混入したものであるが、50dB以上の電波遮断効果を示す結果を得ていることから今後の応用が期待できる。

* 1 機械電子課 技師

* 2 京都大学大学院情報学研究科 教授

2 ホーンアンテナと導波管プローブを用いた板状材料電波遮断特性評価手法の概要

本研究において検討した板状材料電波遮断特性評価手法の概要を述べる。

ミリ波帯域での各種材料の電波遮断特性評価手法としては、対向して配置した2本のホーンアンテナによりネットワークアナライザを用いて評価する手法が広く知られているが、ホーンアンテナの放射パターン特性のため、評価に必要な材料はホーンアンテナの物理的な開口面積よりも比較的大きな資料が必要となる。

そこで我々は、ミリ波帯域でのアンテナ放射パターン測定法である、近傍界平面スキャン測定法に用いられる導波管プローブにより、ホーンアンテナからの放射電波が電波遮断材料を透過するレベルを測定することにより評価することを試みた。

被測定板状材料は、電波放射用ホーンアンテナ開口面に厚さ3mmのテフロン板を配置し、その上に配置し評価する方法とした。評価手法の概念図を図1に示す。

なお、アンテナ近傍界平面スキャン測定法²⁾³⁾は、ネットワークアナライザからの出力をホーンアンテナに入力し、そのホーンアンテナの開口面から測定周波数の3波長以上垂直上面に配置した導波管プローブでの受信波の振幅と位相を平面状に走査して測定し、そのデータから遠方界を算出する測定手法である。測定装置を図2に、導波管プローブを図3に、用いるホーンアンテナを図4に示す。

3 カーボンナノチューブ配合プラスチック材料を用いた板状材料の電波遮断特性の検証

ホーンアンテナと導波管プローブを用いた板状

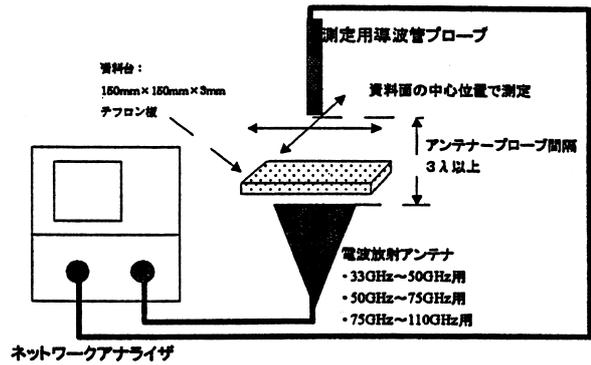


図1 開発手法概念図

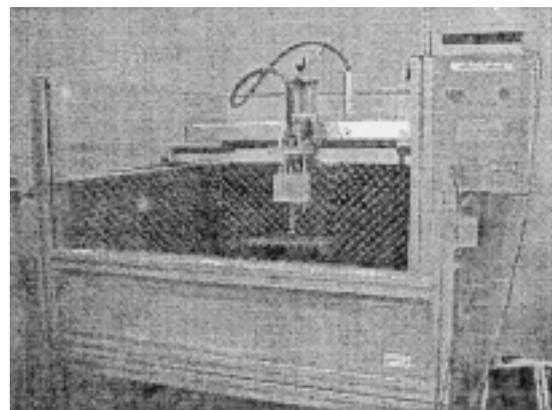


図2 アンテナ近傍界平面スキャン測定装置



図3 導波管プローブ



図4 電波放射用ホーンアンテナ

材料電波遮断特性評価手法を、以下に示すHyperion Catalysis社製の3種のカーボンナノチューブ配合プラスチックを用いて射出成型により作成した板状材料を用いて評価する。板状材料の厚みはすべて2mmである。比較のため、同一の測定を厚さ18 μ mのアルミ箔に対しても行った。

- (1) PC/15BN：ポリカーボネートに15重量%カーボンナノチューブを配合
- (2) PET/15BN：PETに15重量%カーボンナノチューブを配合
- (3) PS/20BN：ポリスチレンに20重量%カーボンナノチューブを配合

アンテナ近傍界平面スキャン測定装置とネットワークアナライザにより、図1に示すとおり電波放射用ホーンアンテナの開口面上に厚さ3mmのテフロン板を配置しその上に被測定材料を配置し、ホーンアンテナから垂直上面15mmの平面を50mm \times 50mmの範囲を導波管プローブにより測定し、ホーンアンテナのみを配置した場合の測定値と被測定物を配置した場合の測定値の差を電波遮断特性として算出した。測定は110,75,60GHzの3周波数で実施した。平面内での測定間隔は110GHzで1mm、75GHzで1.5mm、60GHzで2mmとした。これは、アンテナ近傍界平面スキャン測定では、測定間隔を測定周波数での空間波長の1/2以下とする必要があることによる。

測定結果及び測定結果とホーンアンテナのみの場合との差分値を電波遮断特性として図5、6、7に示す。図中「Horn」はホーンアンテナと導波管プローブのみ、「Teflon」はテフロン板のみを追加した場合、「PS20」、「PET15」、「PC15」は3種の材料、「AL」はアルミ箔の場合を示す。算出した電波遮断特性はホーンアンテナの放射強度が高い中央付近で最も高い遮断特性を示しており、周辺部では資料の端部からの回折波の影響な

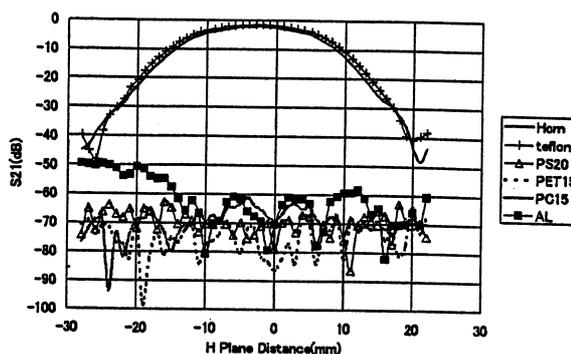


図5 - 1 H面測定結果 (110GHz)

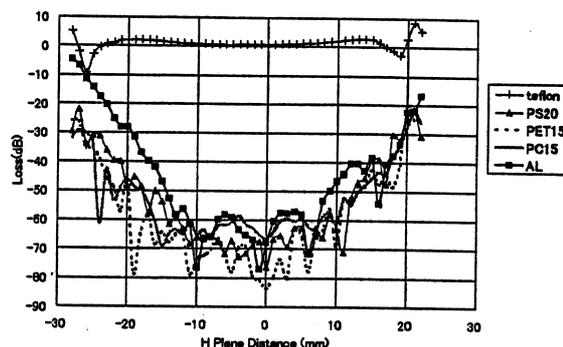


図5 - 2 算出したH面電波遮断特性 (110GHz)

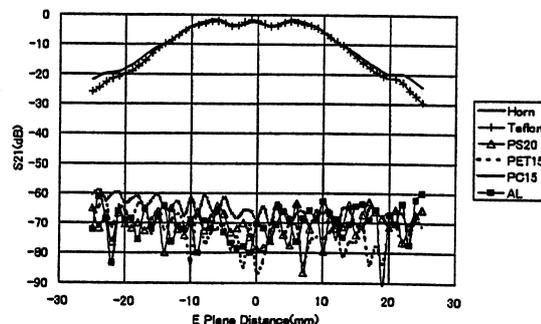


図5 - 3 E面測定結果 (110GHz)

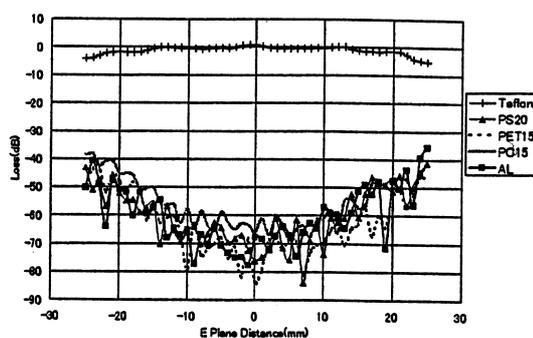


図5 - 4 算出したE面電波遮断特性 (110GHz)

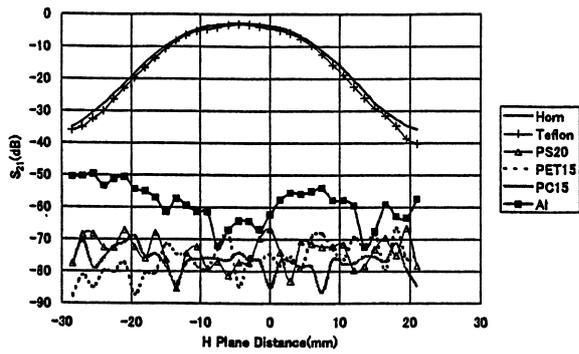


図 6 - 1 H面測定結果 (75GHz)

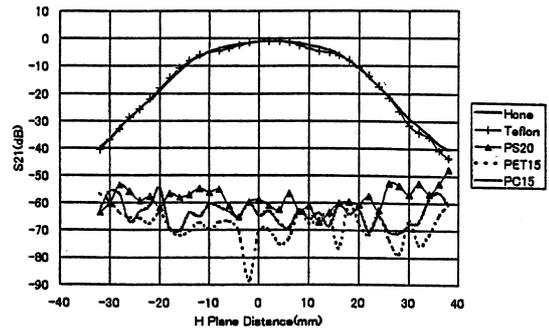


図 7 - 1 H面測定結果 (60GHz)

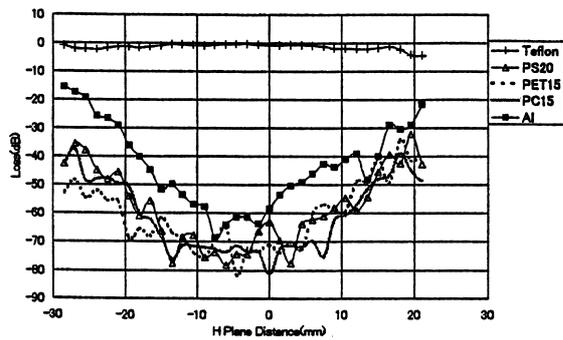


図 6 - 2 算出したH面電波遮断特性 (75GHz)

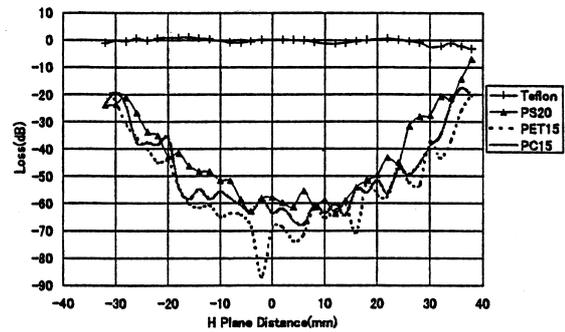


図 7 - 2 算出したH面電波遮断特性 (60GHz)

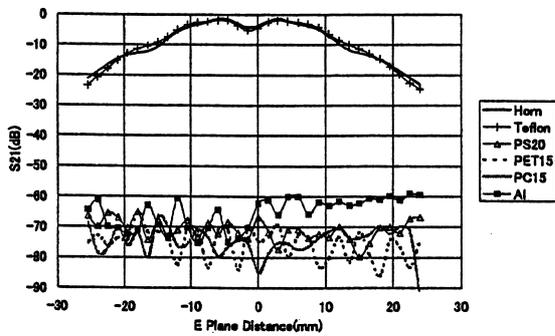


図 6 - 3 E面測定結果 (75GHz)

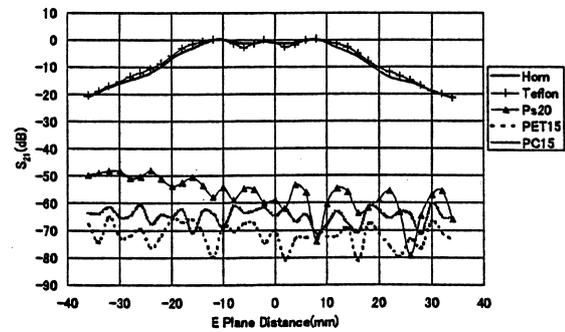


図 7 - 3 E面測定結果 (60GHz)

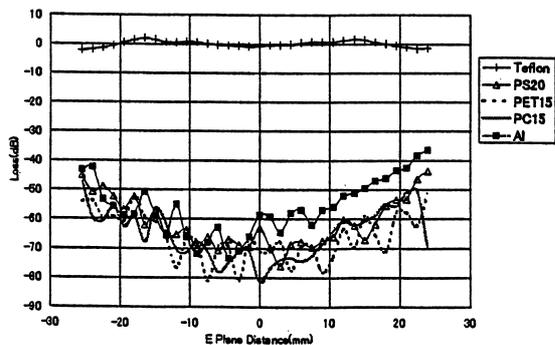


図 6 - 4 算出したE面電波遮断特性 (75GHz)

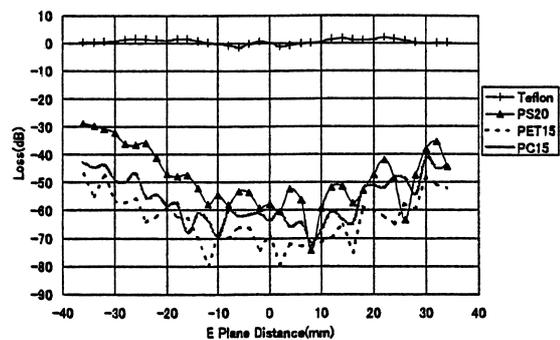


図 7 - 4 算出したE面電波遮断特性 (60GHz)

どにより、遮断特性が低いことを示す結果となった。この結果から、ホーンアンテナ中央部に導波管プローブを配置し、測定することにより電波遮断特性を良好に評価できることがわかる。

4 カーボンナノチューブ配合プラスチック材料の電波遮断特性

開発した電波遮断特性評価手法は、前節で述べたとおり、ホーンアンテナ中央部に導波管プローブを配置して測定することにより評価が可能のため、ネットワークアナライザの測定可能周波数範囲で周波数スイープすることにより一度に評価可能である。33GHz~50GHz、50GHz~75GHz、75GHz~110GHzまではそれぞれQ、V、Wバンド用ホーンアンテナと導波管プローブを用いて測定を行った。

この手法を用いて、前節で利用したカーボンナノチューブ配合プラスチック材料について、本評価手法により測定を行った。

測定結果を図8に示す。測定結果は、3種類の材料ともに33GHz~110GHzの非常に広い帯域において40~60dB程度の電波遮断効果があるとの結果を得た。

なお、参考までに、1GHz以下の周波数帯域での電磁界遮断効果測定手法であるKEC法⁴⁾により評価した結果を図9に示す。

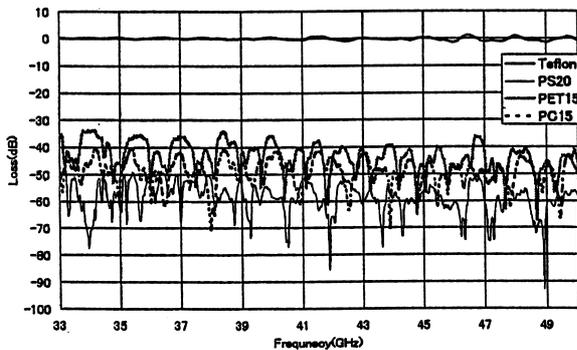


図8 - 1 33GHz~50GHzでの電波遮断特性

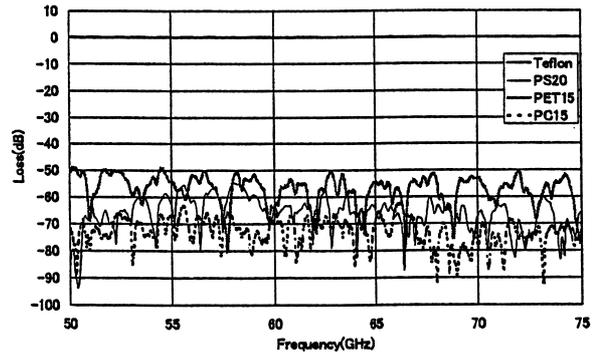


図8 - 2 50GHz~75GHzでの電波遮断特性

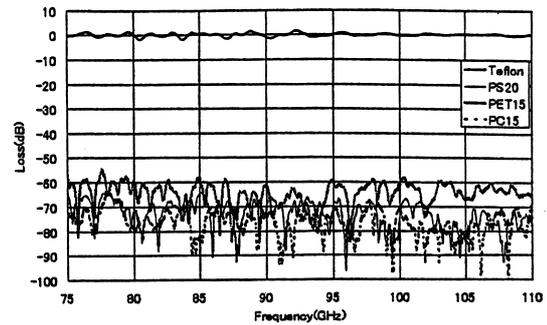


図8 - 3 75GHz~110GHzでの電波遮断特性

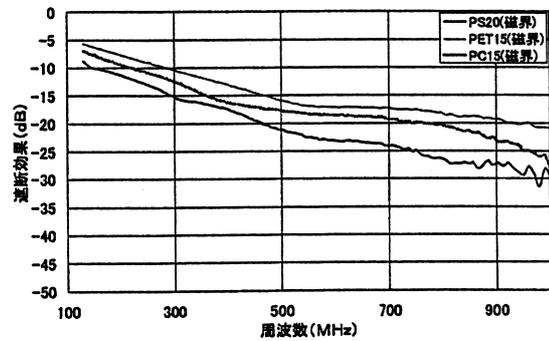


図9 - 1 KEC法による磁界の遮断特性測定結果

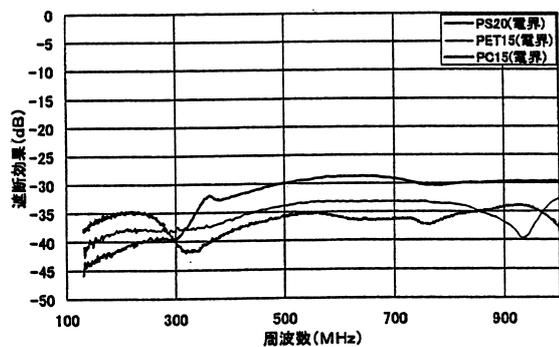


図9 - 2 KEC法による電界の遮断特性測定結果

5 まとめ

本研究では、ミリ波帯域での電波遮断材料特性評価法として、ホーンアンテナから電波を放射し、その前方に配置した資料を透過した電波のレベルを導波管プローブで受信することにより評価する手法を検討した。本手法では、電波放射用ホーンアンテナの放射強度が最も強く、被測定物のエッジからの回折波等が最も小さい中央部近辺でのみ電波遮断特性を評価できることを示し、被測定物からの透過波のレベルをより正確に測定可能であることを示した。

また、本評価法を用いて、米国Hyperion Catalysys社製カーボンナノチューブ配合プラスチックを板状に成型した材料の評価を行った結果、非常に広帯域に電波を遮断する効果を有していることを示す結果を得、カーボンナノチューブ配合材料が電波遮断材料として有効であることが明らかとなった。

6 謝 辞

カーボンナノチューブ関連の貴重な御意見を頂いた(株)けいはんな文部科学省地域研究開発促進拠点支援事業(RSP事業)新技術コーディネータ相馬勲氏、(株)イオン工学研究所所長岩本信也氏(大阪大学名誉教授)、カーボンナノチューブ配合プラスチック材料を提供していただきましたHyperion Catalysys社に感謝いたします。

なお本研究は、文部科学省地域研究開発促進拠点支援事業(RSP事業)可能性試験として実施しています。

(参考文献)

- 1) CISPR Pub.22, " Limits and Methods of Measurement of Radio Interference Characteristics of Information Technology

Equipment. " 1993

- 2) 秋山章、桜井仁夫、広川二郎、安藤真、" ミリ波帯近傍界測定装置の試作と評価、" 1997信学ソ大、B-1-127、1997
- 3) 河野史生、秋山章、桜井仁夫、広川二郎、安藤真、" 平面走査近傍界測定によるビームチルトアンテナの利得測定、" 1998信学総大、B-1-165、1998
- 4) 関西電子工業振興センター、" 測定法「KEC法」の紹介、" <http://www.kec.or.jp/menu2/6.htm>
- 5) 黒川悟、佐藤亨、" ホーンアンテナと導波管を用いた電波遮断特性測定法の検討とそれを用いたカーボンナノチューブ配合プラスチックの電波遮断特性評価、" 電気学会研究会資料電磁理論研究会、EMT-01-59、(2001-6)