

筐体開口部のシールド効果に及ぼす影響

小久保弘樹^{*1}、松生秀正^{*2}、山本光男^{*2}、松原寛至^{*3}、
小林 正^{*4}、稲熊淳一^{*3}、大橋良紀^{*5}、山田豊雄^{*6}

Influence of the Apertures in a Metallic Enclosure on the Electromagnetic Shielding Effectiveness

Hiroki KOKUBO, Hidemasa MATSUO, Mitsuo YAMAMOTO, Hiroshi MATSUBARA,
Tadashi KOBAYASHI, Jun-ichi INAKUMA, Yoshinori OHASHI and Toyoo YAMADA

Department of Industry and Labor^{*1} Industrial Technology Division, AITEC^{*2} Maspro Denkoh Corp.^{*3}
Nitto Electric Works, Ltd.^{*4} Kitagawa Industries Co., Ltd.^{*5} Toyo Electric Corp.^{*6}

金属筐体に種々の開口部を設けて、開口部形状が筐体の電磁波シールド性能に与える影響を評価・検討した。測定周波数は 1.35GHz ~ 2 GHz の範囲であり、また、開口部の最大寸法は 75mm 以下とした。同一形状の丸穴開口部を複数有する場合と角穴開口部を複数有する場合について実験を行い、筐体のシールド効果を与える実験式を求めることができた。

1. はじめに

システム全体を金属等で覆うシールド技術は、古くから行われてきた電磁環境対策技術である。この技術は電子機器に対しても有効であるが、今日の高密度・高速化した電子機器は自己発熱という深刻な問題を抱えており、筐体に冷却用の開口部を設けざるを得ない状況にある。この開口部が筐体のシールド特性を劣化させる主要原因となるが、その影響を詳細に調べた報告はそれほど多くなく、また、既存の報告も MHz 帯を中心とするものが多い^{1) 2)}。そこで、本研究では開口部を有する筐体の GHz 帯におけるシールド効果を調べ、実験式の導出を試みた。

2. 実験方法

今までに我々は 1.5GHz 帯の携帯電話が衛星放送受信設備に与える影響について調査してきたが³⁾、今回も携帯電話 (1.429GHz ~ 1.453GHz) および PHS (1.8935GHz ~ 1.9196GHz) の使用周波数帯を考慮して、1.35GHz ~ 2GHz の周波数範囲で実験を行った。

実験には、前面の開いている (W)300 × (H)300 × (D)200mm の金属箱を用いた (写真 1)。この金属箱の中

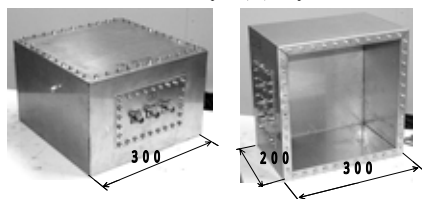


写真 1 金属筐体

央付近に種々の開口部を有する (W)300 × (H)300mm の金属パネルを取り付けて金属筐体とし、開口部の筐体電磁波シールド特性に与える影響を評価した。具体的には、金属筐体の内部に送信アンテナを設置し、金属パネルを外した開放状態での外部受信アンテナ近傍における電界強度 $E_0(f)$ (dB μ V/m) をスペクトラムアナライザで検出した値が $V_0(f)$ (dB μ V)、金属パネルを取り付けた状態での受信アンテナ近傍における電界強度 $E_1(f)$ (dB μ V/m) をスペクトラムアナライザで検出した値が $V_1(f)$ (dB μ V) の場合、金属筐体のシールド効果 (SE) と平均シールド効果 (ASE) を次式で定義し、この ASE を用いて筐体のシールド性能を比較検討した。

$$SE(f) = E_0(f) - E_1(f) = V_0(f) - V_1(f) \quad (\text{dB}) \quad \cdots (1)$$

$$ASE = \frac{1}{f_2 - f_1} \int_{f_1}^{f_2} SE(f) df \quad (\text{dB}) \quad \cdots (2)$$

ただし、ここで f は測定周波数であり、 f_1 は 1.35GHz、 f_2 は 2 GHz である。アンテナは送受信とも垂直偏波方向に設置し、また、筐体の共振を防ぐため、測定時には金属箱内部 5 面に電磁波吸収体を貼り付けた。実際の測定配置を図 1 に示す。

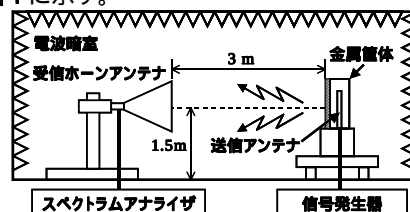


図 1 測定配置

^{*1} 産業労働部 産業技術課 ^{*2} 工業技術部 機械電子室 ^{*3} マスプロ電工株式会社 ^{*4} 日東工業株式会社 ^{*5} 北川工業株式会社 ^{*6} 東洋電機株式会社

3. 実験結果および考察

3.1 丸穴開口部の場合

穴径、穴数が一定で、穴間隔と穴の配置が異なる場合のシールド効果についての測定結果を図2に示す。図2から明らかなように、本研究の範囲では穴間隔や穴の配置が筐体のシールド効果に与える影響はほとんどないと思われる。次に、穴径、穴数の異なる16種類の金属パネルを用意してASEを測定し(図3)実験式を求めた。得られた実験式は次式である。

$$ASE = -63.2 \cdot \log(D) - 17.4 \cdot \log(n) + 131.1 \quad (\text{dB}) \quad \cdots (3)$$

ただし、ここでD(mm)は丸穴の直径、n(個)は丸穴の個数である。図3には、(3)式により計算した平均シールド効果も直線で記入してあるが、この式が実測値とよく一致していることがわかる。

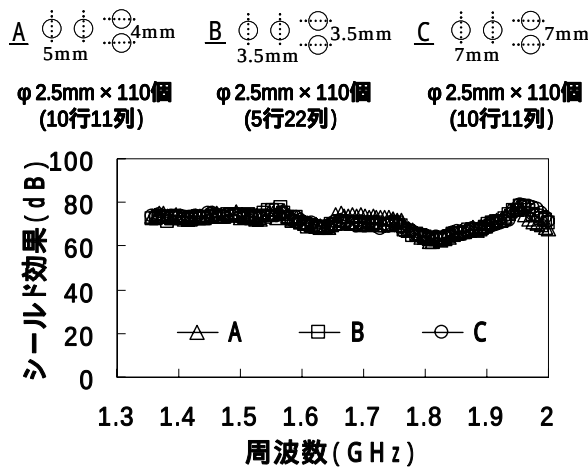


図2 穴の配置がシールド効果に与える影響

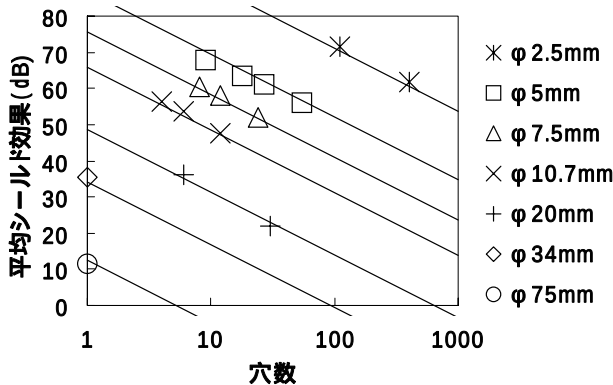


図3 平均シールド効果の計算値と実測値

3.2 角穴開口部の場合

丸穴の場合との対比が容易なように、角穴を有する筐体のASEが次式で表されると仮定した。

$$ASE = a \cdot \log(W) + \sum_{i=1}^{\infty} b_i \cdot \{\log(H/W)\}^i + c \cdot \log(n) + d \quad (\text{dB}) \quad \cdots (4)$$

ただし、ここでW(mm)は角穴の幅、H(mm)は角穴の高さ、

n(個)は角穴の個数である。20種類の金属パネルについてASEを測定し、(4)式の係数を最小自乗法により算出した。係数 b_i については1次の項で打ち切った場合から5次まで次数を増やした場合について求めた。結果を図4に示す。図4から実験式の次数を上げていくと測定値との誤差の平均は確かに減少するが、実験式の複雑さも増していくため、実用性を考慮して、本研究では2次まで含めた次式を実験式として採用することにした。

$$ASE = -65.6 \cdot \log(W) - 14.1 \cdot \log(H/W) - 2.5 \cdot \{\log(H/W)\}^2 - 17.9 \cdot \log(n) + 134.8 \quad (\text{dB}) \quad \cdots (5)$$

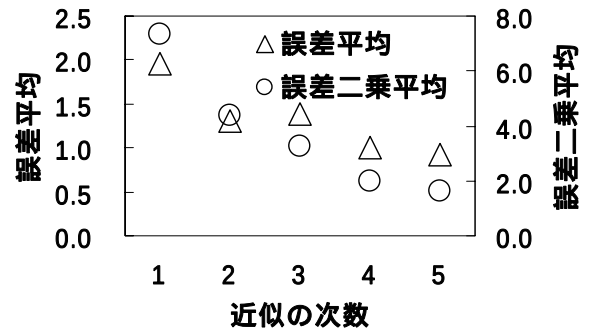


図4 実験式の次数と誤差の関係

4. まとめ

EMCには多くの要因が複雑に絡んでいるため、解決のための常套手段もなく、その対策は技術者の勘と経験に頼らざるを得ない状況にある。また、今日の電子基板は一昔前のハイブリッド集積回路以上の複雑さを有しており、基板レベルで実施できる後付けのEMC対策にも限界がある。本研究では、この技術的課題を克服するため、敢えて電子基板・電子回路に着目することなく、筐体の開口部形状と電磁波障害の関係に主眼を置くことにより、普遍的で予見性に富む法則を見出すことを試みた。その結果、丸穴形状および角穴形状の開口部を持つ筐体のシールド性能を表す実験式を得ることができた。この式は実測値ともほぼ一致しており、汎用性の高いものと思われるが、今後は実際の電子機器に適用し、その有効性を確認していく予定である。

文 献

- 1)野口和義, 山内健史, 松原忍: EMC, 15(1993)
- 2)植木誠, 田中隆一, 仲村人也: NEC技法, 51(6), 66(1998)
- 3)中部エレクトロニクス振興会技術委員会第1分科会: 電子機器の電磁ノイズ対策に関する研究 - 放射イミュニティの定量的評価に関する研究 -, 2001, 中部エレクトロニクス振興会