

EMC設計への取り組み ()

Efforts toward EMC design ()

平 林 勝 次 *Katsuji Hirabayashi*
花 本 秀 夫 *Hideo Hanamoto*



要 旨

昨今、自動車に搭載される電子機器は急激に高機能化や高性能化、高集積化し、その進歩は留まるところを知らない。また、携帯電話や無線LANなど電波利用が急拡大しているため、自動車の電子機器と相互に悪影響を与える危険性が増している。

一方で各国のEMC (Electro Magnetic Compatibility) 規制やお客様からのEMC仕様要求も厳しさを増しつつあり、機器性能とEMC性能の両立が求められている。

このような背景から、製品設計手法の見直しが必要な状況になりつつあり、当社では EMCフロントローディング設計、EMC-DR (Design Review) およびコンサルティング活動、EMC設計要素技術開発、EMC設計教育、EMCルールチェッカー導入などのEMC設計品質の向上活動に取り組んでいる。

このEMC設計品質向上活動について2回に分けて紹介する。

Abstract

These days, in-vehicle electronic equipment have been rapidly enhancing their higher function, higher performance and higher integration, and their progress has been continuing. In addition, the utilization of electromagnetic waves such as with mobile telephones and wireless LAN has been exploding, thereby increasing the risk that they and the automotive electronics equipment will exert a harmful influence on each other.

Meanwhile, EMC (Electro Magnetic Compatibility) regulations in each country and EMC specifications required from customers have become more demanding, and the compatibility of equipment performance and EMC performance is required.

Consequently, a review of product design technique has become necessary and Fujitsu Ten has worked on the following improvement activities for EMC design quality:

EMC front-loading design, EMC-DR (Design Review) and consulting activity, EMC design elemental technology development, EMC design education, EMC rule checker introduction.

We introduce these improvement activities for EMC design quality in twice.

1

はじめに

今回から2回にわたり、当社の「EMC設計への取り組み」について連載する。今回は、当社を取り巻くEMC環境、EMC設計の必要性と当社の取り組み、EMC要素技術の開発、EMC設計の成功事例を取り上げる。

2

EMCとは

昨今、自動車用電子機器のみならず、家電も含めた電子機器全般に、EMCやノイズという言葉が聞く機会が増えている。

このEMCとは電磁波環境両立性と訳され、電磁波妨害をいかなるものに対しても与えず、かつ、その電磁波妨害を与えられても誤動作なく満足に機能するための装置またはシステムの妨害に対する強さを示す(図-1参照)

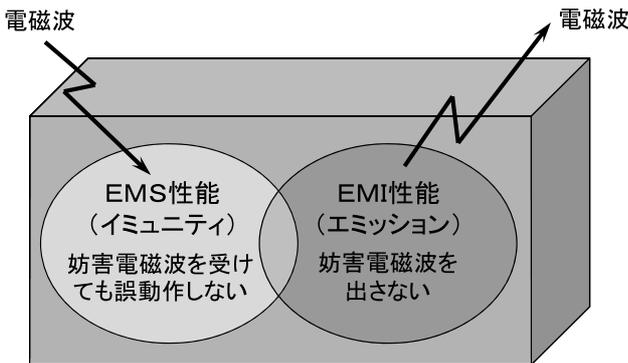


図-1 EMCとは
Fig.1 What EMC is

例えば、電車の優先座席近辺では携帯電話の使用が禁じられているが、これは携帯電話からの送信波がペースメーカなどの医療機器を装着している人へ悪影響を与えないための配慮であり、EMC問題が我々の生活においても身近なものとなっていることを示している。

なお、「EMC問題」はイメージの持ちやすさから、「ノイズ問題」と表現される場合もあるが、本稿では「ノイズ」という表現は使わず「EMC」で統一して記載する。

3

当社を取り巻くEMC環境

3.1 自動車用電子機器の進歩

自動車用電子機器は急激に進歩・増加し、車両内の多数の部分で搭載が進んでいる。例えば、一部の高級車ではECU(電子制御ユニット)は100個にもおよび、電子機

器なくしては自動車は成り立たない段階にまで達している(図-2参照)

また、搭載数だけでなく例えば最新のナビゲーションなどではパソコンなみの高性能化が進み、EMC面では非常に厳しい環境に変化している。



図-2 自動車用電子機器
Fig.2 Automotive Electronics Equipment

3.2 EMC規制の強化

EMCは各国で規制が強化されつつあり、車両において従来は規制のなかった日本でも1~2年以内にEMC規制が開始される可能性がある。

このため、国内でもEMC的なコンプライアンスを遵守しなければ製品を販売できなくなることが想定され、今後開発する製品はEMC規制に十分に留意する必要がある。

図-3に欧州と北米などの主要なEMC規制の制定や強化の状況を示す。

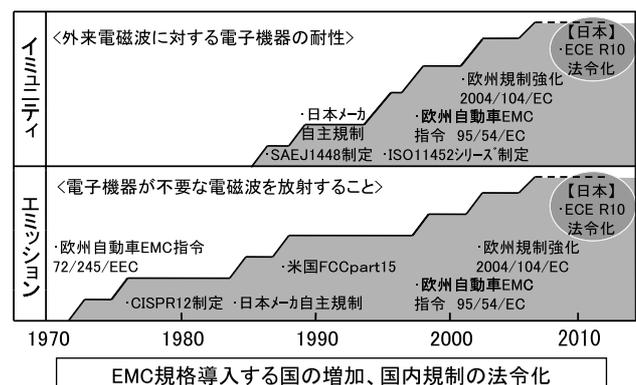


図-3 車載機器のEMC規制
Fig.3 EMC Regulation for In-Vehicle Equipment

当社を始めとして、自動車用電子機器メーカーは自動車メーカーよりお客様要求という形でEMC性能の確保を要求されている。このお客様要求は各国のEMC規制に準じて改定されるため、より厳しい方向への改定や、従来に無かった試験が追加される。

この結果、今後も自動車用電子機器メーカーは各国の多様なEMC規制に対応していく必要がある。

4

EMC設計の現状

4.1 世の中の動向

一般的な大手製造業では、電気設計面で見ると回路設計と基板設計の分業が進んでいる。この結果、若手回路設計者の多くが基板設計を経験しておらず、基板設計のノウハウを十分に有していない場合が多い。

また、基板設計を自ら行っていたマネージャクラスの人達の多くは今日の製品の複雑化・高速デジタル化に伴うEMC対策の実務経験が乏しく、若い設計者に的確なアドバイスを与えることができなくなっているのが現状である。

機構設計面では業態による差が大きい。例えばパソコン、最新ゲーム機やデジタル情報家電など、最先端のハードウェアを開発している分野ではEMC規制が厳しく、EMC設計は進んでいる。一方、それ以外の分野では総じてEMC設計はあまり行われていないのが現状である。

4.2 当社の現状

当社では、回路設計と基板設計の分業化が進んでいる部門と、意識的に回路設計者が積極的に基板設計を行う部門が混在している。

この結果、EMC設計品質の部門間の差やEMC設計への意識にばらつきがある。

また、機構設計では強度や放熱、組み立て易さなどが重視され、EMC設計の取り組みは十分とはいえない。

これは、従来は回路設計者から機構設計者に対する要望や説明が適切でなく、また機構設計者のEMC設計知識や重要度の認識が不足していたためである。

当社では、これらの反省点を踏まえ、EMC設計品質向上への取り組みに着手した。この活動状況について述べていく。

5

EMC設計織り込みの必要性

5.1 時代の変化への対応

これまで述べた通り、自動車用電子機器の高速化や高集積化、EMC規制強化に対応した製品設計が必須になっている。

このため、基板や筐体設計を従来の設計手法から大きく変化させなければならない場合もあり、設計手法の改革と

もいえる。この設計手法について、いくつかの例を示しながら述べていく。

5.2 設計改革の具体例

設計の改革は回路、基板や機構など多岐にわたるが、ここではひとつの例として基板の層構成をあげる。

従来の4層基板の考え方では、配線の引きやすさや電源-GND間のノイズ低減を期待して、図-4（左）に示すように2層目をGNDプレーン層、3層目を電源プレーン層に選択することが多かった。

しかし、現在の高速度化されたデジタル基板では考え方が異なる。当社で検討を進めた結果、図-4（右）に示す層構成が、配線からの輻射をGNDプレーンで収束しやすいなど、EMC的に有効であることを確認した。この考え方は最新の文献でも示されている。

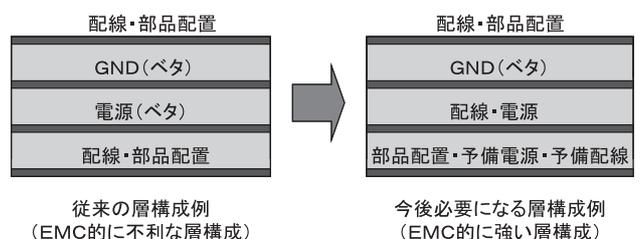


図-4 EMC的に強い層構成例（4層基板断面図）
Fig.4 Example of EMC-Resistant Layer Structure (cross sectional view of 4-layer printed board)

2層や6層以上の基板でも同様の考え方で有効な設計手法を確立しつつあり、多数の製品で効果を上げている。

機構設計でも有効な設計手法を確立しつつあり、詳細は後述する。

5.3 フロントローディング設計の重要性

EMC設計ノウハウの織り込みは構想設計段階で行わなければ効果が得られない。また、前項の基板層構成の例で示す通り、試作のステップが進んでからでは織り込めない設計ノウハウも多い。

このため、できるかぎり初期段階でEMC設計ノウハウを織り込むことが重要と考える。

この状況を図-5に示す。

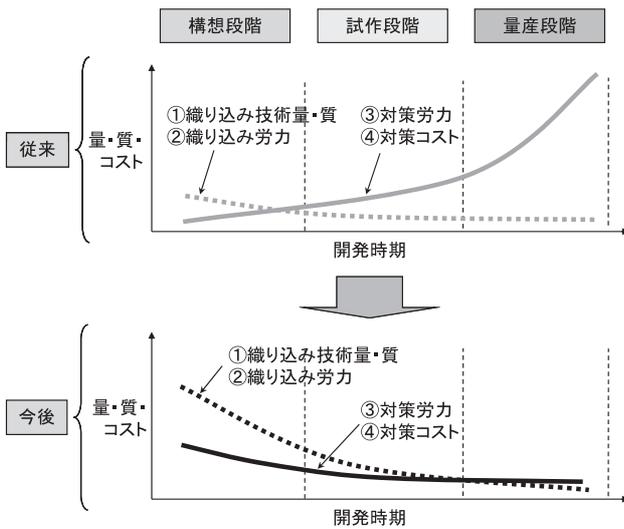


図-5 EMCフロントローディング設計の重要性
Fig.5 Importance of EMC Front Loading Design

- ・開発が進むと織り込めるEMC設計技術の種類や量が減少し、コストや労力が急激に上昇
- ・開発初期に技術を織り込むことにより、開発が進んだ段階でのコストや労力を低減

5.4 EMC-DRの実施

EMCフロントローディング設計を実現するのに最も効果が得られるのは、構想設計段階でのEMC-DR (EMC-Design Review) の実施である。

このEMC-DRとは、回路、基板、構造などの各設計段階で、EMCに特化したDRを実施することである。このEMC-DRは構想段階で行うことにより劇的な効果が得られることを確認しており、社内での実践活動を進めている。

また、EMC-DRは必要に応じて次の3種に区分して実施している。

- EMC構想DR (構想案画段階でのEMC-DR)
- EMC設計DR (設計試作段階でのEMC-DR)
- EMC対策DR (試作後の対策必要時のEMC-DR)

EMC-DR実績の推移を図-6に示す。EMC-DRは構想段階での実施が浸透しつつある。

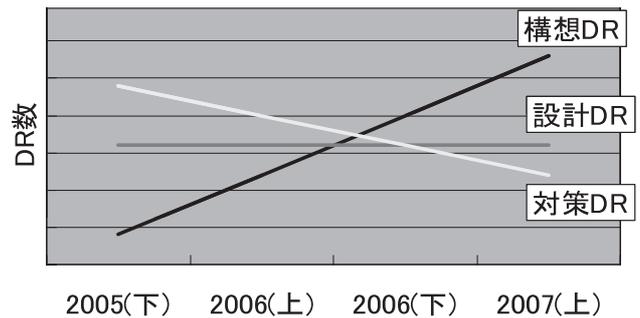
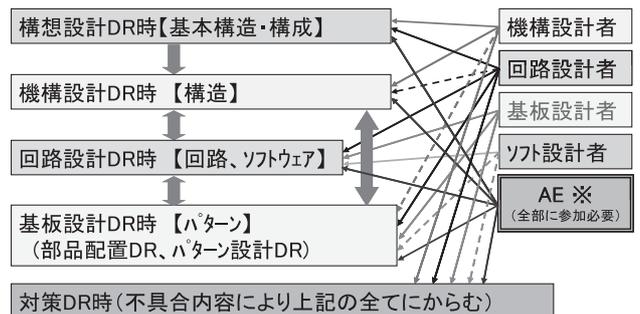


図-6 DR種別の実施推移
Fig.6 Implementation Transition of DR Type

EMC-DR実施上のもうひとつの重要な注意点として、オーソリティ エンジニア (AE: Authority Engineer) の参加があげられる。

これは、EMC的に知見のある人物がEMC-DRに参加することで、適切な指摘や方向性を導き出すことを目的とする。EMC-DRの体制を図-7に示す。



※ AE:オーソリティエンジニア

図-7 EMC-DRへの参加が望まれるメンバー
Fig.7 Member Recommended to Participate in EMC-DR

5.5 効果的なコンサルティング活動

EMC設計および対策を請け負い業務としているコンサルティング会社も存在するが、依頼には多額の費用が必要で良い結果が得られない場合もある。

当社は、昨年度より自社独自でEMCコンサルティング活動を開始した。

コンサルティング活動では、設計・対策手法の立案やアドバイスを行っており、これにはEMC要素技術開発より得られた設計ノウハウの展開や、社内外で入手した有効なEMC設計・対策事例の横展開も含んでいる。

コンサルティングでは各部門の情報が収集できることからノウハウの蓄積が行え、徐々に的確なアドバイスが出来るつつある。

また、EMC-DRと同様に、構想、設計、対策のいずれにも対応しており、リピータも含めて急激に利用が増加して

いる。

・06年度下期：93件 07年度上期：約150件

6

要素技術の開発

6.1 要素技術の必要性

製品のEMC性能を上げていくには、各設計段階にてEMCに関わる要素技術を盛り込む必要がある。

このため、EMC設計における要素技術開発が不可欠であり、テーマを選定しながら開発を進めている。

開発テーマは新規回路に対してのみでなく、従来意識せずに使用してきた回路やパターンにも着目している。

例えば単純なフィルタ回路でも適切に使いこなすことで大幅なEMC改善効果が得られた例もあり、幅広く開発テーマ選定を行っている。

6.2 要素技術開発例

要素技術開発では、基板パターン要素技術、回路要素技術、EMC部品活用技術、機構設計技術の4項目を基幹技術と捉え、それぞれについて検証実験とシミュレーションを実行している。

この結果は設計ノウハウとして蓄積しており、技術報告書、EMC-DRやEMC設計講習会などで各設計部門に展開している。

基板パターン要素技術

パターン配線は各設計者の経験と勘に頼りがちであるが、優れたパターンを定量的に把握するため、実際に複数のパターンを設計し効果を検証している。

例としてガードパターンの検証例を示す。

従来、ガードパターンの設計は部署や設計者によりばらつきがあり基準や効果が曖昧であった。

より適切なガードパターンを把握するため、複数の基板を設計してガード効果を計測し、有効な設計手法を検証した。この結果、得られたガードパターンを設計ノウハウとして蓄積し展開している。

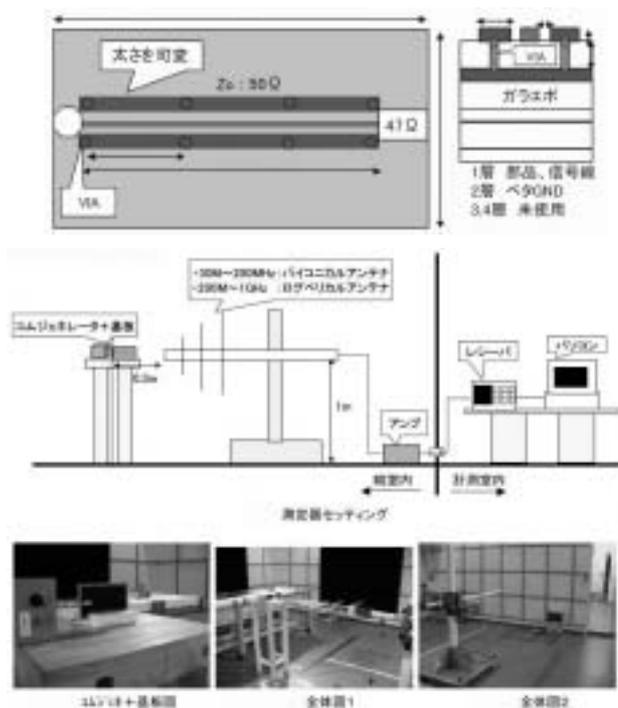


図-8 要素技術検証（ガードパターン検証例）
Fig.8 Elemental Technology Verification (example of guard pattern verification)

回路要素技術

低周波のノイズで問題となりやすいDC/DCコンバータでの検証を例にあげる。最初に基本回路、基本パターンを定め、一部を変更した回路や基板パターンを10種類程度設計した。

これらを製作、実際に測定して比較検討し低周波ノイズの支配的要因を特定し、ノイズ低減設計の指針を導き出している。

EMC部品活用技術

現在、部品メーカーから多くのEMC対策部品が発表されている。それは基板上に実装する部品や、貼付して使用するノイズ吸収材料などがある。

これらのEMC対策部品は使いこなしの技術があっても効果が得られるが、必ずしも使いこなされていない。それは、メーカーから推奨される基板設計が当社では製造上の制約により実行できない場合等がある。

ここでは、あるEMC対策部品を複数の基板パターンで性能確認した例を紹介する。

結果は、ノイズレベルが-64dBmから-88dBmへ24dB低減しており、適切な部品選定に加えてパターンなどの使用方法がいかに重要かを把握した。

この測定結果を図-9に示す。

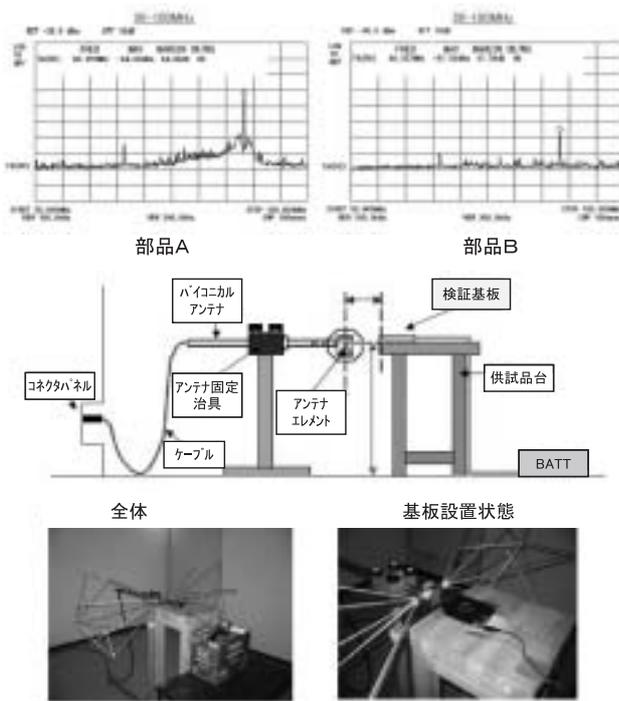


図-9 要素技術検証 (部品活用検証例)

Fig.9 Elemental Technology Verification (example of part utilization verification)

機構設計技術

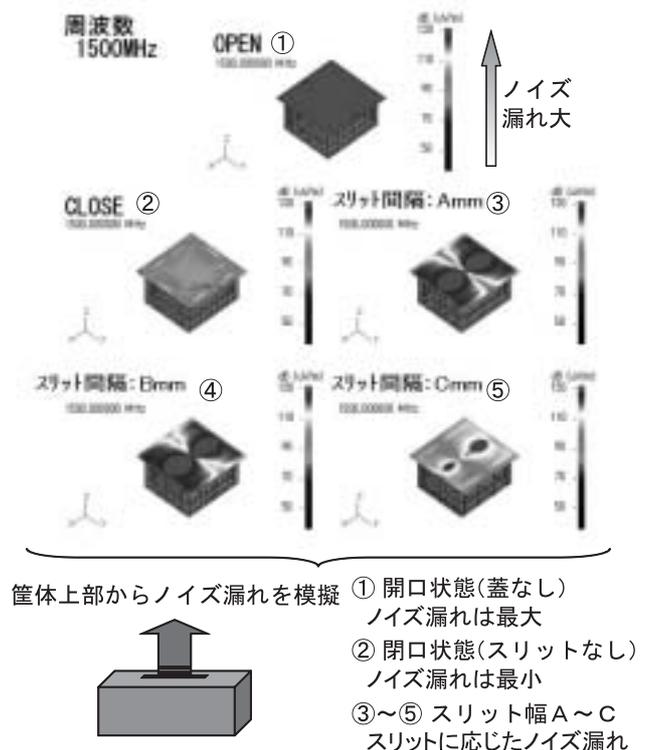
筐体やシールド構造によりEMC性能は大きく異なる。当社の製品の機構設計において、設計上の注意点について考察し、実際に材料を調達・加工してシールド特性を測定した。

例えば放熱穴や筐体の開口はノイズの出入り口になる。特に筐体の接合部はスリット状の開口になり、ノイズが侵入しやすい。

このスリットの形状によるシールド効果について、実測による評価と電磁界シミュレーションによる理論的考察を行った。

あるスリットの条件では開口時 (OPEN) と同等のノイズ漏洩量になる。また、ある条件ではスリットのない閉口時 (CLOSE) と同等までノイズ漏洩量を抑え込んでいる。

この電磁界シミュレーションの結果を図-10に示す。



筐体上部からノイズ漏れを模擬
 ① 開口状態(蓋なし) ノイズ漏れは最大
 ② 閉口状態(スリットなし) ノイズ漏れは最小
 ③~⑤ スリット幅A~C スリットに応じたノイズ漏れ

図-10 スリットからのノイズの漏れ (電磁界シミュレーション結果)
 Fig.10 Noise Leakage from Slit (result of electromagnetic field simulation)

実機検証実験でもほぼ同様の結果が得られており、このスリット設計についても設計ノウハウとして設計部門に展開を行い、実設計に活かしている。

7

EMC設計の効果

7.1 実践・成功例

EMC設計手法と要素技術開発について述べてきた。実際にこれらを適用して良い結果が得られた例を示す。

この製品は、2007年モデル開発にあたり、2006年モデルと同一回路規模で面積を半分にすることが目標であった。またベースとなる2006年モデルではEMC対策に苦慮していることから、2007年度モデルでは更なる困難が予想された。

設計開始にあたり、構想段階からEMC-DRを実施し、EMC設計を行った。

試作段階での基板設計における基本項目として以下の内容を織り込んだ。

基板の層構成

ベタGNDの有効利用

EMC的に有効な部品配置

パターン配線の基本ルール

など

結果、エミッションノイズが10dB以上改善され、一次試作の段階から、EMC性能が前年度モデルより大きく向上できた。

エミッションの比較結果を図-11に示す。

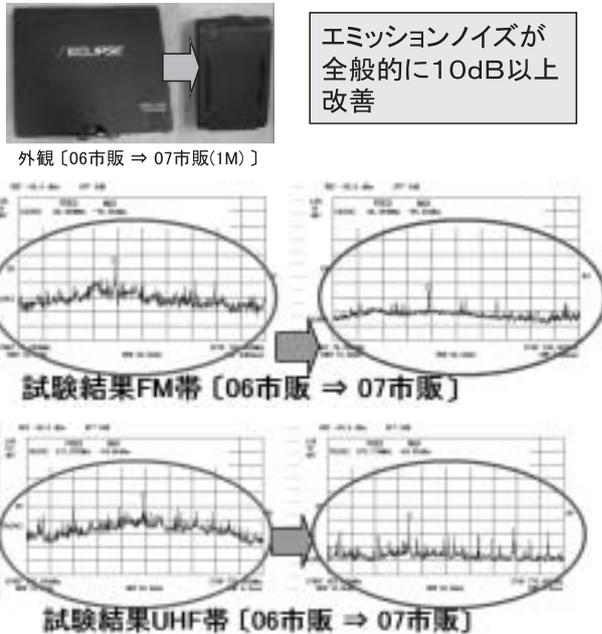


図-11 EMC設計の成功例
Fig.11 Successful Example of EMC Design

7.2 成功の要因

成功要因を分析するとフロントローディングを徹底して、EMC-DR実施やEMC要素技術の織り込みを実践したことが最も大きな要因であった。

特に構想段階から回路、基板、機構設計ともにEMC設計を熟知しているメンバーが参加し、EMC設計ノウハウを最初から織り込んだことが奏功した。

また、フロントローディングの導入により、最初の試作段階からEMC設計の効果が確認でき、後工程でのEMC改善対策時間を半分以下に短縮できた。

以上のように、フロントローディングの有効性を確認できた事例である。

8

終わりに

今回は、EMC設計の取り組み状況と、EMC設計織り込みにより大きな改善が得られた製品事例を紹介した。

当社では、継続的な要素技術の開発と併せて、フロントローディングの全社展開に取り組んでいる。

次回は、EMC設計教育への取り組み、EDA環境の整備と活用、今後の取り組みについて紹介する。

参考文献

- (1) 岡村 彬良：著書名「回路設計者のためのSI・EMC対策」、発行所名「日刊工業新聞社」、参考頁「105頁」、西暦発行年「2007年」
- (2) (セミナー資料)

小林 勝治 (NECエンジニアリング)：

セミナー名「磁界プローブ (MP法) によるノイズ計測システムのご紹介」、メーカー名「NECエンジニアリング株式会社」

筆者紹介



平林 勝次
(ひらばやし かつじ)

1986年富士通テン㈱入社。以来、自動車用無線機器の開発を経て、EMC要素技術の開発とEMC設計教育に従事。現在、開発本部 EMC技術部に在籍。



花本 秀夫
(はなもと ひでお)

1978年富士通テン㈱入社。以来、自動車用電子機器の開発、品質管理、試作を経て、事業企画業務に従事。現在、開発本部EMC技術部長 兼 中津川テクノセンター長。