

共同利用(産業利用トライアルユース:先端研究施設共用促進事業
『みんなのスパコン』TSUBAME によるベタスケールへの飛翔)
成果報告書 平成 24 年度 課題種別

利用課題名 大規模三次元高周波電磁界シミュレータを用いた民生電子機器から発せられる不要電磁波問題の研究

英文:A study of electromagnetic compatibility problem in the commercial electronic device using super large scale electromagnetic simulator

利用課題責任者

池田浩昭

Hiroaki Ikeda

所属

日本航空電子工業(株)

<http://www.jae.co.jp>

邦文抄録

電子機器から放射される不要電磁波は、従来、プリント配線板や筐体単体でシミュレーションによる発生メカニズムが検討されている。しかし、実際の電子機器では、筐体やケーブル、プリント配線板等が複雑に実装されており、それぞれの相互作用で、予想外の不要電磁波が発生することがある。

これらの不要電磁波の原因を解明するには、電子機器をまるごと、モデル化して、電磁界シミュレーションを実施するために、TSUBAME を利用した。大規模なモデルをシミュレーションする前に、無加工のコネクタの設計データを用いて、実測とシミュレーションを比較して、概ね一致した。液晶モニタの不要電磁波解析では、液晶パネルの物性によって、大きく異なる結果となったが、プリント配線板と筐体の共振現象による、影響を確認することができた。

英文抄録

Generally, a unnecessary electromagnetic wave mechanism of electronic device have been studied by a simple printed circuit board or simple cable and simple chassis. However, the real electronic devices are made by combined with chassis, PCBs and cables intricately. Then each interaction generates unnecessary and unexpectant radiated emission. It is unexpected.

In order to investigate a cause of unnecessary electromagnetic wave, the TSUBAME was used, to do electromagnetic simulation using whole parts(chassis, cable, pcb, etc) of electronic device.

Before executing the simulation of large-scale model, a signal integrity simulation was done by using the design data (CAD data) of an unprocessed connector. The simulation results of the connector was compared with measurement results. They were good matches.

Although a different result was brought by the physical properties of the liquid crystal panel in the unnecessary electromagnetic wave analysis of the liquid crystal display monitor, the influence by the resonance phenomenon of a printed wired board and a drive housing was able to be checked.

Keywords: 電磁界シミュレーション、不要電磁波、反射損失、挿入損失、TRL 校正

背景と目的

電子機器から放射される不要電磁の発生源は LSI 等の能動素子であり、その能動素子から伝達される電気信号が、プリント配線板やケーブルを伝送しながら、本来必要のない電磁波を、空間に放射する。

その不要電磁波は、筐体や他のプリント配線板、ケーブルと結合し、複雑な振る舞いを示す。

したがって、これらの現象を解明するには、電子機器

を丸ごとモデル化して、電磁界解析を行う必要がある。

しかし、現在のパーソナルコンピュータ(PC)の性能が数年前に比べて、格段に進歩したとは言え、電子機器を丸ごと解析するには、プロセッサの計算速度や、実装できるメモリに限界があり、現実的な時間で計算することが不可能である。

よって、PC を利用した電磁界解析は、プリント配線のみや、筐体単体の計算に留まっている。

また、プリント配線板や筐体、ケーブル単体で電磁界解析を行うにしても、設計データ(3次元 CAD データ)を無加工でシミュレータ上に取り込むと、複雑な曲面や非常に微細な段差があり、そのままでは、メッシュ分割数が莫大になり、計算が困難である。したがって、形状を人手で修正しなければならず、その修正時間も多くなる。

さらに、簡略化した部分の形状が実は、重要で、簡略化することにより、実際におこっている現象が再現できなかったりと、いろいろと問題をはらんでいる。

これらを解決するには、設計データを無加工で、そのままシミュレータに取り込んで、解析するのが望ましい。

本研究では、設計データを無加工で、電磁界シミュレータに取り込み、解析して、現実に行っている現象の再現や実測結果のベンチマークを行った。

概要

コネクタの伝送特性シミュレーション

Computer Simulation Technology 社の提供する電磁界シミュレータ MicroWave-Studio を利用して、クラスター環境での計算速度や計算結果と実測との相関関係を確認するために、図1に示す中規模(1 億要素)程度の高速伝送用コネクタの電磁界解析を実施した。解析内容としては、コネクタに差動信号(2本の信号線に振幅電圧が同じで位相が 180° 異なる)を印加して、入力電力に対する反射電力(反射損失)と透過電力(挿入損失)の比を求めた。

反射損失＝反射電力／入射電力

挿入損失＝透過電力／入射電力

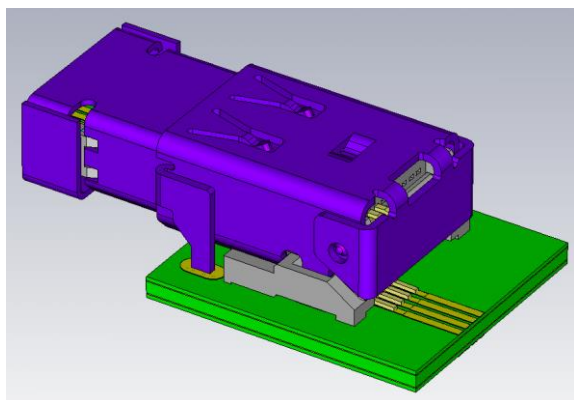


図 1 コネクタモデル

図2にシミュレーション結果のベンチマークのために製作した測定用治具を示す。

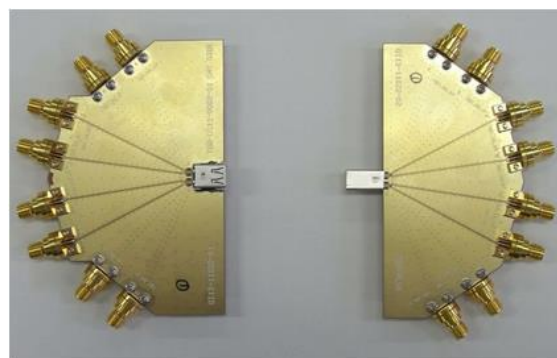


図 2 測定治具基板

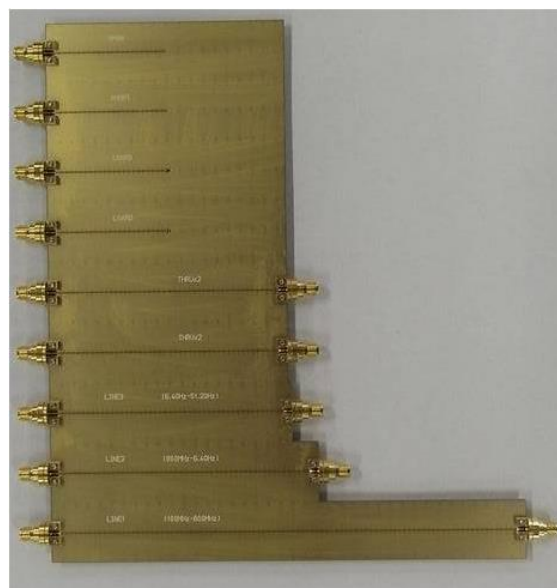


図 3 TRL&SOLT 校正基板

図 2 の治具は被測定物であるコネクタをプリント配線板上に実装し、ベクトルネットワークアナライザと基板を接続するための同軸コネクタを実装した。この治具基板のみでは、同軸コネクタやプリント配線板の特性が測定結果に含まれ、コネクタ単体を測定できないので、図 3 に示す、TRL(Thru, Reflect Line)&SOLT(Short Open Line Thru)校正基板を作成し、不要な特性を除去した。TRL 校正では 100MHz～20GHz までを、SOLT 校正では 10MHz～100MHz までの反射及び、挿入損失を測定した。

計算結果と実測結果をそれぞれ、緑色、赤色のラインで図 4 に示す。

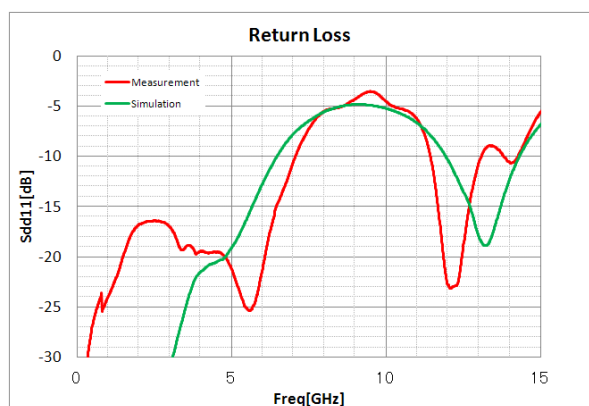


図 4-1 反射損失



図 4-2 挿入損失

電子機器からの不要電磁波のシミュレーション

次に本プロジェクトの主テーマである電子機器から不要電磁波解析に用いたモデルを図 5 に、実際の写真を図 6 に示す。解析対象は 18 インチサイズの液晶モニターである。

電磁界シミュレータには、筐体の設計データ、プリント配線板の設計データをそのまま、無加工で取り込んだ。一部、樹脂部品は電磁波のシールド効果がないと思われるので、シミュレータ上には取り込まなかった。液晶パネル本体はガラスの表面に TFT(Thin Film Transistor)が形成されているので、シリコン半導体としてモデリングすべきであるが、物性値が簡単に定義できないため、絶縁体(ガラス)とした場合と、導体とした場合の 2 通りに分けてモデル化し、シミュレーションを実施した。

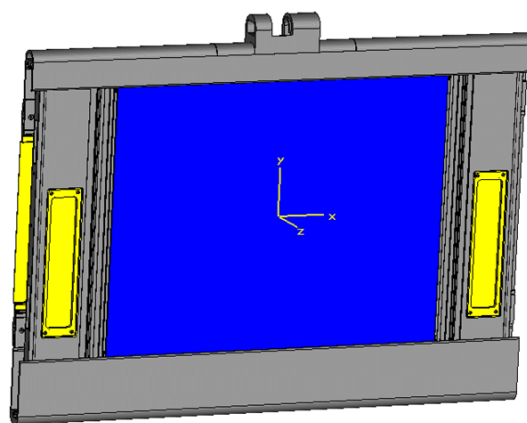


図 5 液晶モニター(シミュレータ画面)

実際の液晶モニターでは、プリント配線板と液晶パネルを接続する多数のケーブルハーネスが存在し、不要電磁波の放射に大きな影響を与えるので、可能な限りモデリングすべきであるが、モデル化の手間が大変なため、今回はケーブルに関してはモデル化していない。

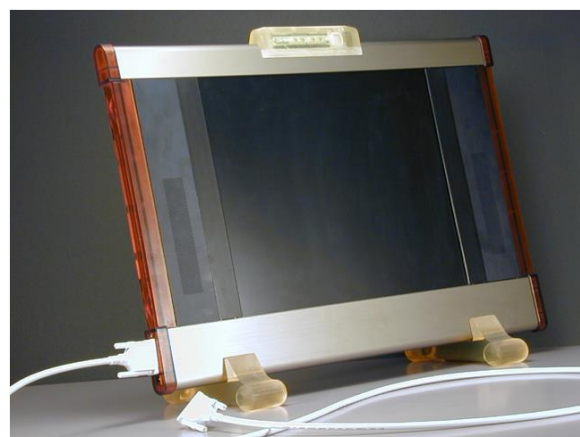


図 6 液晶モニター 実機

しかし、筐体、プリント配線板は設計データから無加工で取り込んでいるので、当初の大規模電磁界解析の目的は達成できていると言える。

計算結果を図 7 に示す。赤色のラインはプリント配線板単体を配線毎に矩形波で励振した場合の 3m 遠方における電界強度の最大値を示す。青色のラインが液晶パネルを導体とし場合、緑色が絶縁体とした場合である。ピンク色のラインが国際規格で規定されている電子機器から放射される不要電磁波の限度値である。

結果および考察

コネクタの伝送特性シミュレーション

図 4 から実測結果とシミュレーション結果は概ね一致

している。反射損失での実測とシミュレーションの差の原因は TRL 校正の誤差と考えられる。プリント配線板は製造公差が 30[um]～50[um]程度あるので、治具基板上の配線幅を広くできれば、それだけ、誤差による特性のバラツキを吸収できるが、今回測定に用いたコネクタのように、ピッチが狭いものは、配線を狭くしなければならず、製造公差の影響を受け易い。

挿入損失はシミュレーションの方が全体的に損失が少なく計算されている。その原因は絶縁物の損失項（誘電損失）の値が、実物の方が高かったためと考えられる。

電子機器からの不要電磁波のシミュレーション

図 7 の結果から、液晶パネルを導体とした場合は、プリント配線板単体より、不要電磁波が全周波数帯で低減されていることが分かる。しかし、液晶パネルを絶縁とした場合は、900MHz 付近で筐体とプリント配線板の共振が発生し、プリント配線板単体より、大きな放射ノイズが観測された。

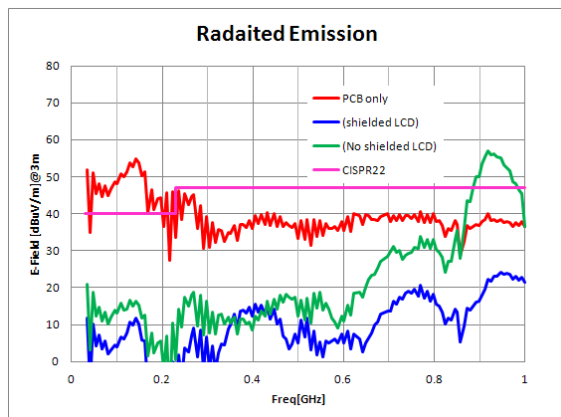


図 7 液晶モニタからの不要電磁波計算結果

まとめ、今後の課題

コネクタの伝送特性シミュレーションは概ね実測と一致して、計算規模は通常利用している PC の 10 倍以上のモデルが計算できた。

実測とシミュレーションの相違は測定上の誤差や材料定数の違い等の影響が、モデルを詳細に解析するより、影響が大きいことが分かった。

液晶モニタの不要電磁波のシミュレーションにおいても、液晶パネルの取り扱いで、シミュレーション結果が大きく異なり、半導体をどのように扱うが問題とな

っている。また、実際の電子機器のすべての部品をモデル化するのは、やや手間が必要であるが、モデル化が可能であれば、TSUBAME のようなクラスターを利用することで、大規模な計算を現実的な時間で計算できることが分かった。