

第1章 モデル教材開発の背景

第1節 我国における EMC 問題

1-1 はじめに

我国における電気・電子及び情報通信産業は現在も目覚ましい発展を成し遂げており、これらの業界で開発された各種製品は、社会の IT 化に大きく貢献している。しかしながら一方では、新たな問題も発生している。例えば、代表的な例として、「公共交通機関内及び病院内での携帯電話の使用自粛」が挙げられる。特に混雑電車内での携帯電話の使用は、心臓系疾患を有するペースメーカー装着患者に悪影響を与える可能性が示唆されていることから強く禁止が呼び掛けられている。更には、携帯電話の電磁波で病院内の医療機器に誤動作が生じ、これにより実際の診断や監視に支障をきたしている件や大型旅客機の誘導信号がワイヤレス CD プレーヤーの電磁波で異常をきたした件は最近のニュース等で話題になっている。

これらの問題を解決するためには、①機器から外部へ不要な電磁波（ノイズ）を出さないこと、②外部からの電磁波（ノイズ）を受けても誤動作させないこと、以上2点の対策を施すことが重要である。

現在世界各国において、①及び②について規格化されており、機器から外部へ放出される電磁波（ノイズ）のレベルを具体的に定めたものが EMI (Electric Magnetic Interference) 規格であり、また外部からの電磁波（ノイズ）を受けた場合に機器の耐性を試験するための規格が EMS (Electric Magnetic Susceptibility) 規格である。最近では、これら EMI 及び EMS を包括して、EMC (Electric Magnetic Compatibility) と呼んでいる。従って、EMC 規格を満足した機器を開発・製造することが重要であり、このような電磁ノイズ対策が行える EMC 技術者が、今後産業界において益々必要になると予想される。本モデル教材が、実践的な EMC 技術者の育成に役立てば幸いである。

1-2 ノイズの発生源

ノイズの発生源は色々な要因が考えられるが主なものは以下の通りである。

- ・ 交流リレー
- ・ モーター
- ・ 雷
- ・ 蛍光灯
- ・ 直流リレー
- ・ サイリスタ
- ・ 放電溶接機
- ・ 遮断機
- ・ 静電気放電
- ・ 放射電磁界

一般的に、機械的接点を有する機器ほど強力なノイズ発生源になることが知られている。また、障害を受けやすい機器としてはデジタル回路で信号処理をする電子機器類が挙げられる。この点はノイズ耐性として重要なポイントとなっている。特に電磁

ノイズを分類すると表 1-1 のようになる。

表 1-1 ノイズの発生源

自然ノイズ	宇宙ノイズ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 太陽黒点およびコロナからの放出の影響 ・ 星座からの電磁波放出 ・ 電波星からの電磁波放出
	気象ノイズ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 雷放電 ・ 電離層、雷放電の伝搬と地磁気相互作用
人工ノイズ	放電ノイズ	・ ネオン、蛍光灯、水銀灯、イグニッションコイル、アーク溶接機などの機器の配線や導体などから発生する電磁波
	接点ノイズ	・ 冷蔵庫などリレーおよびサーモスタットを持つ機器、メカニカル接点を使用した機器
	干渉ノイズ	・ 電子機器配線により生じる電磁界相互干渉によって発生する電磁波

電磁ノイズを受けやすい機器類を分類すると表 1-2 のようになる。

表 1-2 電磁ノイズを受けやすい機器類

自然事象	動物	神経系、筋肉系、血液免疫系
	植物	生育障害
機器	通信機器	TV、レーダー、ナビゲーションシステム、携帯電話
	工業機器	コンピュータ、測定機器、遠隔操作機器
	商業機器	コンピュータ、事務機器
	一般機器	オーディオ装置、コンピュータ、心臓ペースメーカー

1-3 一般機器からのノイズ発生例

(1) スイッチング電源からのノイズ

装置の電源にはスイッチング電源が多く使用されているが、この電源から放射ノイズが発生する。また、電源に接続されたケーブルからスイッチングパルスによる高調波成分のノーマルモード、コモンモードの両モード伝導ノイズが発生する。

(2) 機構部からのノイズ

機構部品の中で比較的大電流を必要とするモーターやアクチュエータ等はノイ

ズ発生源としての注意が必要である。アクチュエータなどが動作した時、ノイズが制御線を通じて伝播することや外部へ電磁波として放射することが知られている。

(3) アナログ・デジタル回路のノイズ

筐体と回路の浮遊容量により発生するノイズ、回路基板内に発生するグラウンドノイズ、ケーブルループなどにより発生するクロックの高調波のノイズなどがある。

(4) ケーブルからの放射、伝導ノイズ

ケーブルを流れる高調波成分とケーブル長に比例したコモンモードノイズや、ケーブル内を流れる高調波成分とケーブルのループによるディファレンシャルモードノイズがケーブルから放射される。他にケーブルの中を伝送する信号成分以外の高調波成分やクロックによる伝導ノイズもある。

1-4 医用電子機器からのノイズ発生例

医用電子機器は高度な電子技術を取り入れて急速に進歩している。特に最近ではほとんどの機器にマイクロコンピュータが搭載され高性能化、高集積化により小型化、高機能化が達成されている。一方、医療機器の電子化に伴い様々な EMC 問題が表面化している。

(1) 電子内視鏡のノイズ

電子内視鏡の電子スコープの先端部分には CCD を内蔵しており、このケーブルの長さは 3m 程度にもものぼる。制御回路のプロセッサから CCD の駆動パルス波形を最適になるようにインピーダンスマッチングをとっているが、このケーブルの伝送では反射などが発生している。これにより CCD の周辺部よりノイズの放射、パルス波形伝送の反射波によるノイズなどが発生している。さらに、CCD 素子の高解像度化に伴い画素数が増えこれにより駆動パルスは益々高速化が必要となりノイズの発生も多くなっていく。



図 1-1 電子内視鏡の例

(2) 電気メスのノイズ

内視鏡は特に電気メスとの併用が多く行われる。電気メスは強力なノイズが発生し、これに近接して電子内視鏡も、このノイズの影響を大きく受けることとなる。これは電子内視鏡から見た場合のイミュニティの一つと考えられ、電気メスからの 150kHz を基本波として数十 W の高周波エネルギーが影響を及ぼすこととなる。

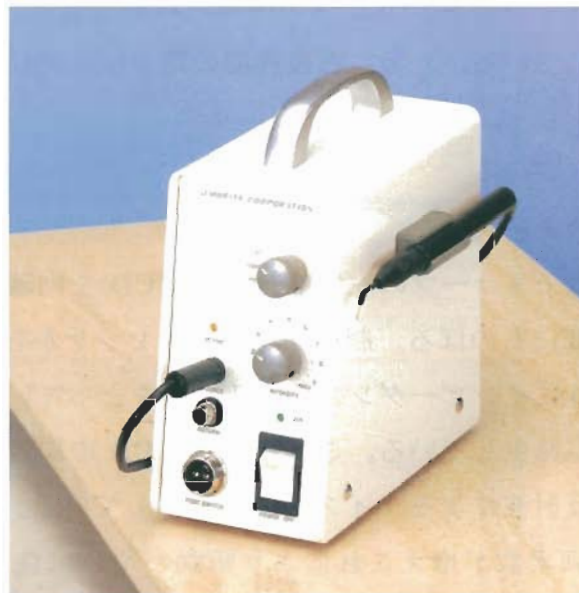


図 1-2 電気メスの例

1-5 EMC 問題の具体例

(1) ADSL 回線に対するノイズの影響

既存のアナログ電話回線を利用したブロードバンドネットワークとして ADSL システムが一般家庭を中心として急速に普及している。ADSL システムを利用することにより 1.5~20Mbps の高速通信（ベストエフォート）が可能となるが、本システムはノイズに弱いことが問題視されている。例えば、ADSL 回線にノイズ（各

種産業機器から発生する低周波～高周波ノイズ等）が混入した場合、実効通信速度が低下することが認められている。これは ADSL が既存の非シールド型ペア線を使用していることに起因している。

ノイズに強い主なブロードバンドネットワークとしては同軸型シールドケーブルを使用している CATV システム、電磁誘導を受けない光ファイバを使用している FTTH システムが挙げられる。

(2) CS 放送受信における EMC 問題

家庭用 CS チューナーを用いて CS 放送を受信するシステムにおいて、CS チューナー付近で携帯電話を使用すると放送が受信不能となることがある。その実験例を以下に示す。



図 1-3 携帯電話を未使用時の CS 放送受信画像(例)



図 1-4 携帯電話を使用した時の CS 放送受信障害 (例)

図 1-3 は CS チューナー近傍にて携帯電話を未使用時の CS 放送(Sky Perfect TV Ch394) 受信画像(例)である。綺麗に画像が受信されていることがわかる。一方、図 1-4 は CS チューナー近傍にて携帯電話を使用した場合の CS 放送受信画像である。全く受信不能となっていることが図 1-4 からわかる。なお実験における携帯電話と CS チューナーの離隔距離は約 20cm 程度であるが、この離隔距離を約 3m 程度まで伸ばしても同様に受信不能であることを確認した。

このように CS 放送を受信中に携帯電話を使用すると特定のチャンネルで受信不能となることがあるため、今後本受信システムにおける十分な EMC 対策が必要となる。

(3) セキュリティシステムの EMC 問題

近年我国の警備業界において、企業・各種団体向け及び個別家庭向け防犯(セキュリティ)システムが急速に普及している。一般的に普及しているシステムの流れは次の通りである。

- ① 契約者宅(事業所等)に各種防犯センサーを設置。
- ② 防犯センサーと警備会社が運営する管制センターを通信回線で接続。
- ③ 契約者宅からの異常信号を管制センターがキャッチした場合、警備会社が管理する緊急発進基地へ対処指示が発令。
- ④ 緊急発進基地から警備員が契約者宅まで急行し、状況確認及び適切な処置を講じる。

ここで最近問題となっているのが防犯センサーからの誤報である。かなり以前の防犯センサー機器は主として筐体が金属製で、センサー自身がメカニカルなタイプであったため、あまり EMC の影響を受けなかった。ところが最近のセンサー機器は筐体が樹脂製で、IC マイコン型センサー回路を使用しているため EMC の影響を受け易くなっている。

センサーの誤動作原因には以下のようなものが考えられる。

- ・ 雷から発生する雷サージノイズ
- ・ 携帯電話や移動体無線からの電磁波ノイズ
- ・ インバータ等から発生する電源系ノイズ
- ・ 格安外国製電化製品より発生する各種ノイズ

セキュリティシステムにおいて誤動作が多発するとユーザー側の経費が増加し、契約不履行になる可能性もある。また警備会社側にとってもマイナスイメージが大きくなるためセキュリティシステムにおける EMC 対策は非常に重要である。

(4) 電子商品監視機器が医用機器等へ与える悪影響

電子商品監視機器（EAS：Electronic Article Surveillance）は盗難防止装置とも呼ばれ、最近では小売・サービス業における店頭への導入が急速に進められている。この EAS から発生する電磁波により植え込み型心臓ペースメーカーの設定がリセットされた事例があり、厚生労働省から次の通り注意喚起されているところである。

- ・ 医薬品等安全性情報 155 号（平成 11 年 6 月 30 日厚生省医薬安全局）
- ・ 医薬品・医療用具等安全情報 173 号（平成 14 年 1 月 17 日厚生労働省医薬局）

総務省では平成 14 年及び 15 年度に EAS から発生する電磁波が植え込み型心臓ペースメーカー及び植え込み型除細動器に与える影響について調査を行い、その中間報告が「電波の医用機器等への影響に関する調査結果～ワイヤレスカードシステム等が植え込み型医用機器へ与える影響についての確認～（平成 15 年 6 月 20 日総務省）」により示された。

EAS から発生される電磁波が及ぼす影響を実験的に影響が一番大きくなる最悪の条件下において調査したところ、心臓ペースメーカーについては複数周期におけるペーシング機能への影響、除細動器については不要除細動ショックの発生という事例が確認された。但し、これら症状は EAS から直ちに遠ざかれば正常に復することも確認された。

第2節 EMC教育の現状

2-1 社団法人が実施している EMC 教育

EMC 教育は一般的にその技術レベルが高いことから、現在では中級～上級技術者を対象に各種社団法人・公設研究機関・学術研究団体・高度公共職業訓練機関等にて実施されている。特に社団法人関西電子工業振興センター（以下 KEC）では、従来から多種多様な EMC 教育が進められており、関西地方を中心とした各種企業における EMC 教育の中心的な教育機関として位置付けられている。その講習内容（例）の流れを図 1-5 に示す。

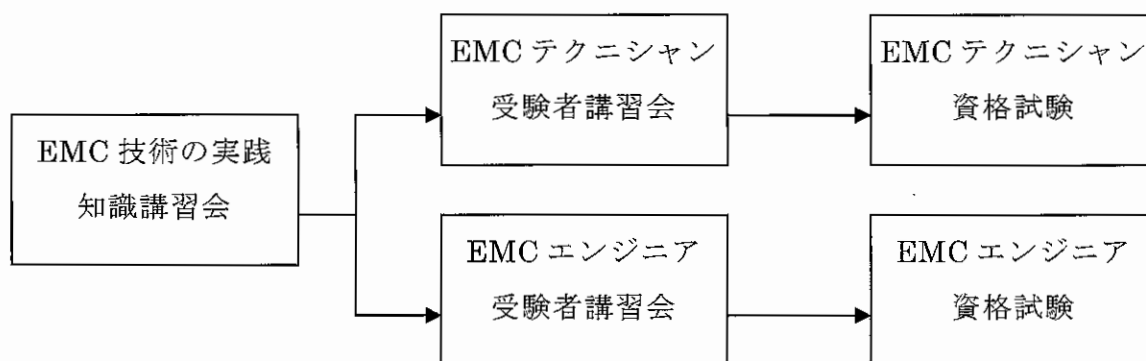


図 1-5 教育訓練プログラムの流れ

KEC では、EMC エンジニア/テクニシャン資格習得を目的とした教育訓練プログラムを提供している。このプログラムに基づき、大学関係者もしくは企業の技術者が講師として各セミナーを展開している。また本セミナーは資格習得のみならず、EMC エンジニア/テクニシャンの技術レベル向上を目指している。

それぞれの講義時間は概ね「EMC 技術の実践講習会」が 6H、「EMC テクニシャン受験者講習会」が 8H、「EMC エンジニア受験者講習会」が 8H 程度である。次にそれぞれの具体的なセミナー内容等について述べる。

(1) EMC 技術の実践知識講習会

① EMC 実務の実践知識に関する次の項目を解説

（電磁界の基礎、伝送線路、アンテナ、シールド、フィルタ、電気信号のスペクトル、非線形と EMI、EMC 規格、測定）

② 受講後 1 ヶ月間の電子メールによる質問期間有り

(2) EMC テクニシャン受講者講習会

- ① テクニシャン受験者を対象に次の項目の例題を解説
(試験装置と測定、数学、フィルタ、EMI 解析、規格、スペクトル解析、シールド、アンテナ、専門用語、電磁界理論、伝送線路、電気回路網、HERP、HERF & HER)
- ② 受講後 1 ヶ月間の電子メールによる質問期間有り

(3) EMC エンジニア受講者講習会

- ① エンジニア受験者を対象に次の項目の例題を解説
(試験装置と測定、数学、フィルタ、EMI 解析、規格、スペクトル解析、シールド、アンテナ、専門用語、電磁界理論、伝送線路、電気回路網、HERP、HERF & HER)
- ② 受講後 1 ヶ月間の電子メールによる質問期間有り

以上が比較的 EMC エンジニア/テクニシャン資格習得を目的とした教育訓練プログラムであるが、KEC ではこれら以外にもより実践的かつ先進的な講習会・セミナーも展開している。(4)、(5) にそれらの一例を示す。

(4) 電子機器の EMC 試験法

【講習内容】

実習重点の講習会

- ① 特別講演 (EMC 対策技術の解説)
- ② 内外の EMC 規格の解説
- ③ EMI およびイミュニティ試験の実習

【講習時間】

約 12H 程度

【受講料】

テキスト含む ¥70,000 円 (KEC 非会員 ¥105,000 円)

【講習会場】

EMC 測定サイト (KEC 管轄)

(5) EMC 関西セミナー

【講習内容】

- ① 年度ごとにテーマを設定

2002 年度テーマ：電磁波防護の最新動向

(各分野のイミュニティ代替測定法)

- ② EMC 技術・トレンドに関する最新情報を取り上げた学術セミナーで学会・公的機関・企業の第一人者を講師として招き、話題性のある講演を実施
- ③ 情報交換会を設け、講師・参加者と広く意見交換する場を設置

【講習時間】

約 9H 程度

【受講料】

テキスト含む ¥38,000 円 (KEC 非会員 ¥48,000 円)

2-2 公共職業訓練機関（高度ポリテクセンター）が実施している EMC 教育

我国における公共職業訓練機関の中で比較的高度な職業能力開発施設として位置付けられているものとして、雇用・能力開発機構が設立している高度職業能力開発促進センター（高度ポリテクセンター）、職業能力開発総合大学校及び職業能力開発大学校、職業能力開発大学校附属短期大学校等が挙げられる。この中で、高度ポリテクセンターが実施している教育訓練コース内容（例）を表 1-3 に示す。表 1-3 からわかるように、EMC を理解する上で必要となる要素技術として高周波回路技術が挙げられる。高度ポリテクセンターでは高周波回路関連セミナーについても幾つか展開されている。それらについて表 1-4 に示す。

表 1-3 及び表 1-4 で示すとおり、平成 14 年度に高度ポリテクセンターで開催された EMC 及び高周波関連セミナーは全 8 コース（開催数：16 回）となっており、その中でシミュレーションを中心としたセミナーが 5 コースを占めている。当然シミュレーション技術も重要ではあるが、高周波関連機器の測定テクニシャンを養成することも必要だと考えられる。今後は EMC 関連測定器の操作方法や高周波機器の特性測定等のハード的な実習を中心とした新規セミナーを設定されることが望まれる。

表 1-3 高度ポリテクセンターにおける EMC 技術者教育のプログラム (例)

コース名 (時間数)	講習内容	使用機器・定員・ 受講料等
電子回路から発生するノイズ対策 (18H) 年間 3 回開催	EMC に関する計測量、コモンモードノイズとノーマルモードノイズに対する理解や、デジタル回路から発生するノイズ対策によるコモンモードノイズの低減を実験により確認する。	【使用機器】 オシロスコープ、スペクトラムアナライザ 【定員】 12 名 【受講料】 ¥40,000 円
EMC の基礎と対策 1(ノイズの理論と実際) (12H) 年間 2 回開催	ノイズの定義や特性を明らかにし、さまざまなノイズに対する理論的なアプローチの手法を身に付ける。また、反射やクロストーク等の特性を実験により明らかにし、回路設計において重要なノイズ対策への考え方を習得する。	【使用機器】 発振器、オシロスコープ 【定員】 12 名 【受講料】 ¥40,000 円
EMC の基礎と対策 2(ノイズの理論と実際) (12H) 年間 2 回開催	ノイズを低減する方法を学び、ノイズに強い回路設計手法を習得する。またノイズに関する試験法やノイズの測定法、シミュレーションの実習を学び、ノイズを考慮した電子回路設計に必要な技法を実験や事例研究により習得する。	【使用機器】 発振器、オシロスコープ 【定員】 12 名 【受講料】 ¥40,000 円
ノイズ対策のための電磁界解析手法 (12H) 年間 2 回開催	高周波回路基板からの放射ノイズ問題を中心にさまざまな事例を学ぶ。電磁界解析ソフトウェアを用いてノイズの発生原因を定量的に検証する。また、電磁界解析ツールによる高周波回路設計の手法を習得し、電磁界解析ツールをノイズ対策にどのように活用すれば良いかの指針を得る。	【使用機器】 電磁界解析ソフトウェア、コンピュータ 【定員】 12 名 【受講料】 ¥35,000 円

表 1-4 高度ポリテクセンターにおける高周波回路技術教育のプログラム (例)

コース名 (時間数)	講習内容	使用機器・定員・ 受講料等
高周波回路設計 技術 (18H) 年間 2 回開催	近年、携帯電話・衛星通信など、通信システムが急速に普及し、利用周波数帯域の高周波化がますます顕著となっている。こうした通信システムの回路設計に必要な要素技術について学習する。特に高周波帯域における送受信機の動作原理と設計上不可欠な項目について学び、更に高周波特有なノウハウを中心に回路シミュレーションを用い設計上の注意点を学ぶ。	【使用機器】 コンピュータ、高周波回路設計ソフト 【定員】 12 名 【受講料】 ¥35,000 円
実習で学ぶ 高周波回路技術 (12H) 年間 2 回開催	各種高周波回路モジュールや各種同軸ケーブルを用いて、フィルター・アッテネータ・増幅器・周波数変換器・分布結合線路などの設計方法や利用法、各種同軸ケーブルの伝送特性などを学び、また測定器の使用方法や注意点についても習得する。	【使用機器】 スペクトラムアナライザ、ネットワークアナライザ 【定員】 12 名 【受講料】 ¥35,000 円
高周波回路設計 の応用と実際 (12H) 年間 1 回開催	次世代移動体通信で用いられるマイクロ波のアナログ回路設計の重要性が増している。携帯電話用の低雑音増幅器における設計の実例を学び、CAD による設計手法を習得する。	【使用機器】 コンピュータ、高周波回路設計ソフト 【定員】 12 名 【受講料】 ¥35,000 円
RF-IC 設計 技術 (18H) 年間 2 回開催	RF 回路で問題となる MOS や BJT の各種パラメータの設定方法から RF・アナログ・デジタル混在システムの CDMA 携帯電話を例にとり、CDMA ローノイズアンプやギルバードセルミキサの設計、高周波アナデジミックスドシグナル解析等を CAD ツールにより行う。	【使用機器】 コンピュータ、高周波回路設計ソフト 【定員】 12 名 【受講料】 ¥35,000 円

第3節 応用短期課程（企業人スクール）への取り組み

3-1 応用課程の役割

職業能力開発大学校（以下、「能開大」と呼ぶ。）で実施されている応用課程は、これまでにない教育訓練のシステム、カリキュラムにより産業界で必要とされている生産現場で役立つ素地をもつ創造型の実践技術者の育成を目的として設立された。その教育訓練のシステムは実際の生産現場を想定し、①製品の企画から製作までの具体的なプロセスを経験する「ものづくり課題学習方式」、②各人がそれぞれの専門性を生かし共通の課題に取り組む「ワーキンググループ学習方式」を基本としている。応用短期課程（企業人スクール）は、在職者を対象にもものづくり課題学習方式を通して、現場で実践できる技術・技能の習得を行うものである。

現在、環境磁気工学は人間社会の電磁環境問題を取り扱う学術分野として非常に重要視されている。電子関係の産業界ではこれらの知識を有する技術者育成のための高度な研修を行っている企業も多い。これらのニーズを踏まえ、今後要求される技術に対する能力の向上を図るためには電子回路設計・製作の分野の他に、電子機器から発生する電磁環境問題への対策を応用短期課程の教育訓練に取り込むことが必要と思われる。

現在能開大で実施されている電磁環境セミナー等のカリキュラム内容の紹介、応用短期課程での機器整備環境と実施する上での問題点等について述べる。

3-2 EMCの社会問題と電磁環境問題

今回教材を作成する EMC 関連の電磁環境問題の背景と電磁ノイズのトラブルについて考えてみる。

（1）背景

- ・電子制御機器のデジタル化、CPUクロックの高速化、携帯電子機器の増加
- ・ムーアの法則（1.5年で集積度が2倍になる）に表される半導体技術の進歩。集積度はCMOSトランジスタのゲート幅（現在0.18～0.1 μ m）で表されることが多い。

参考：1970年代はゲート幅10 μ m、紙厚70 μ m、髪の毛80 μ 、ハガキ200 μ m

- ・CPU：1971年最初のマイコン（インテル4004）は4bitだったが、集積度の向上で32bit、64bitが当たり前となっている。世界初の計算機（米：ENIAC）は真空管で造られ教室ほどの大きさだったが、現在のパソコンの性能にはおよばない。
- ・メモリ：マイコントレーニングキットTK85のRAM、IC8ヶで1kbyte（30年前）。

現在は、DRAM256M MRAM、FeRAMではハードディスクへの置き換えもな

されている。

(2) 電磁波の活用によるノイズトラブル例

a 電子機器へのノイズによる影響と事例

- ・製鉄所溶鉱炉事件（米国で溶鉱炉から運搬中の高温溶鉄が人にふりかかり死亡）
- ・オートマティック車暴走事件（車の CPU 制御がノイズで誤動作）
- ・飛行機への影響：ノートパソコン、CD プレーヤー、ゲーム機等による誤動作
- ・医療機器はノイズに弱く、病院での携帯機器使用禁止
- ・電源高調波電流による事故：電力用コンデンサ焼損事件、パソコン及び周辺機器の急増で SW 電源の奇数次高調波電流が還流、古いビルで急激に電子化した建物で事故が急増
- ・携帯電話の電磁波で誤動作したと見られる電動車事故が急増
- ・高速道路における ETC のトラブル、料金所の屋根に電磁波が乱反射し妨害

b 人体への影響

- ・携帯電話機のペースメーカーへの影響 → 距離が 22cm 以上であれば OK
- ・VDT 影響、電子銃からの X 線の発生、妊婦への影響が懸念、女性オペレータの異常出産、白内障が指摘
- ・電磁調理器の妊婦への影響 → WHO 推奨値 62.5mGauss 以下、30cm 以上離れば OK
- ・高圧送電線問題：ワルトハイマー論文（米コロラド州高圧送電線の下の子供はガン（白血病、脳腫瘍）にかかる割合が 3 倍多いとの報告）
（スウェーデン・カロリンスカ研究所の報告）
- ・米カリフォルニア州ローレンス・バークリー研究所データねつ造事件（悪用例）
- ・高圧送電線の地上 1m で電界強度 3kV/m 以下の基準設定（日本）

上記の事例には必ずしも因果関係が明確でなく研究途上のものもある。電磁波は目に見えず一般の人には電磁波というものが理解しにくい点から、誤解を招きやすいケースが多い。このため電磁波に対する正しい知識と理解が必要であることから応用短期課程（企業人スクール）としてのニーズも高いと思われる。

3-3 応用短期課程への取り組み

近年の高度情報化社会の進展に伴い、無線機器や電子・電気機器が多く使用されている。しかし、これらの機器には電磁波の放射を伴うものがあり、電磁エネルギーの一部が周囲の空間や電源線に放出され電磁環境を悪化させるという社会問題に発展

することもある。これを防ぐためにEMCに関する国際基準が整備されており、多くの国々ではこれらの基準をクリアしないと機器が販売出来ない状態になっている。このため電子機器メーカーはEMCの問題から逃れられなくなっており、今後企業からEMCに関連する応用短期課程の実施に対する要望が増えてくると予想される。(社)実践教育研究会の電気・電子・情報分野のEMC分科会が、このような観点から全国の公共職業能力開発施設を対象にEMC関連設備の整備状況とセミナー状況について調査を行っている。下記の報告は、この調査を行った関東職業能力開発大学の陣内先生からの結果を踏まえたものである。

(1) 施設で実施しているノイズ対策関連セミナーについて

a ノイズ対策関連セミナー実施状況

各訓練施設で行われているノイズ対策関連セミナーの実施状況を表 1-5 に示す。ここで「エ. その他」の項目の中にはノイズ対策セミナーのみでなくシミュレーション等の複合した電子回路設計と合わせて実施している施設や EMC 関連の設備がなく学科のみで実施している施設などを含んでいる。

表 1-5 ノイズ対策関連セミナー実施状況

	ア. している	イ. これから	ウ. 予定なし	エ. その他
北海道能開大	○			
青森職短	○			
東北能開大				○
関東能開大		○		
埼玉ポリテク				○
神奈川県短大			○	
新潟職短				○
総合大	○			
航空高専			○	
長野県工科短大	○			
東海能開大		○		
北陸能開大	○			
ポリテク中部	○			
ポリテク関西	○			
中国能開大		○		
九州能開大			○	

(注意) 表中の施設名の表記(略称)は以下の通りである。

能開大 → 職業能力開発大学校

職短 → 職業能力開発大学校附属短期大学校

ポリテク → 職業能力開発促進センター

b ノイズ対策関連実施セミナー名と概要

ノイズ対策関連セミナーを実施している各施設（今後の予定を含む）でのセミナー名とその概要または今後の予定についての調査を表 1-6 に示す。この分野でのセミナー要求が十分あり、何らかの形で実施しているか、もしくは実施予定であることがわかる。

表 1-6 ノイズ対策関連実施セミナー名と概要

北海道能開大	セミナー名:高周波セミナー 概要:高周波技術の枠組み、高周波回路の取り扱いに必要な波動伝播の概念と解析手法、各種伝送線路の特性等を示し、高周波回路設計に必要な知識及びアッテネータ、増幅器等の実装技術を習得する。
青森職短	セミナー名:機械保全応用(電気) 概要:ノイズ発生メカニズムとノイズ対策法について、主に機械保全等を担当している人を対象に実施
東北能開大	セミナー名:ノイズ対策法及びプリント基板設計 概要:ターゲットの電子回路のグレード(一般電子機器用または生産設備機器用)を設定し、それに基づく各国でのEMC規格や電子回路のシミュレーション、プリント基板の設計を行う。その後、プリント基板からのノイズ測定試験を行うとともに電子装置からのノイズ測定・解析を行い評価する。1. ケーブルからの放射ノイズ、2. プリントにおけるノイズ、3. パイパスコンデンサの効果、4. 伝送線路の負荷抵抗と反射波の関係、5. ダンピング抵抗による反射対策、6. ノイズフィルタ等
関東能開大	セミナー名:電子回路のノイズ対策技術 概要:1. ケーブルからの放射ノイズとその低減 2. プリント基板上の電源ノイズとインダクタンスの関係 3. パイパスコンデンサの効果 4. 伝送線路の負荷抵抗と反射波の関係 5. ダンピング抵抗による反射対策
埼玉ポリテク	セミナー名:電子機器のノイズ対策 概要:主としてライン系のノイズ対策。電源回路における外来ノイズ除去対策回路の設計方法と被対象機器が発生するノイズ対策とその評価。
能開総合大	セミナー名:EMC対策技術 概要:一般的なEMCの基礎理論及びEMC対策。特に落雷によるサージに関する対策が中心。
長野県工科短大	高速回路基板設計技術分科会で実施
北陸能開大	セミナー名:実装関連技術 概要:1. 近年の実装技術動向(1)ノイズの知識と規格(2)部品の高速度化・プリント基板の高速化 2. ノイズ対策法(基板を中心としたEMC/EMI関連)(1)伝送線路シミュレーションを利用した設計手法(2)シミュレーションモデルの概要・特徴・構成、シミュレーションを利用した演習(3)製作基板に対してのノイズ源の測定・実測での問題点
ポリテク中部	セミナー名:電子回路から発生するノイズ対策 概要:1. ノイズ理論概要、2. 電源ラインへの対策(パスコン等)、3. 信号ラインの対策(EMCフィルタ、ダンピング抵抗等)、4. シールドによる対策
ポリテク関西	セミナー名:伝送線路のノイズ対策 概要:ノイズシミュレータ(Signal-Adviser)を使った1. 伝送線路の負荷抵抗と反射波の関係、2. ダンピング抵抗による反射対策、3. 適正なネットポロジ、4. クロストークノイズと配線間距離、5. ディファレンシャル伝送解析
近畿能開大	セミナー開催にあたっては、機器等整備及び準備期間も必要であり、実施したいと思ってもまず環境整備が必要と思われます。ノイズ関連セミナーの地域ニーズについてはよくわかりませんが大企業では自前の設備を持っています。中小企業を相手にする場合には当校(当機構)を利用する価値があることをアピールしたいので機器整備が必要になってきます。
中国能開大	セミナー名:未定 概要:ノイズ試験装置の使い方や静電気試験装置の使い方を中心に実施を計画したい。(H16年度)

具体的な例として東北能開大で実際に実施したノイズ対策関連のカリキュラムモデルを表 1-7, 1-8 に示す。応用短期課程のコース時間は基本的に 60H 以上であるが、技術者を長期間受講させることが難しいという企業からの要望で、内容を検討し 2 日間 (15H) のコースを 2 回に分けて実施した。

表 1-7 実施カリキュラムモデル(1)

カリキュラムモデル

分類番号 Exxx-006-4

訓練分野	電気・電子系	訓練コース	ノイズ対策とプリント基板設計
訓練対象者	設計等に従事し、ノイズ対策について基礎知識を習得しようとする者		
訓練目標	各種機器の誤動作につながる EMI (電磁波障害)、EMC (電磁波環境適応性) の関連法規測定、対策等を習得する。		
教科の細目	内 容		訓練時間
1. ノイズ対策の基本知識	(1) ノイズ対策とは (2) ノイズ対策の考え方 (3) ノイズとの共存		(H) 2.5
2. ノイズ試験の種類	(1) 雑音電界強度試験 (2) 雑音端子電圧試験 (3) 雑音電力試験		0.5
3. EMIノイズ測定試験法とサイト	(1) 電波暗室(シールドルーム) (2) オープンサイト		0.5
4. EMI試験に関する規制	(1) CISPRの規制 (2) VCCIの自主規制 (3) FCCの規制等		0.5
5. 試験法	(1) 静電気放電イミュニティ (2) 放射電界イミュニティ (3) 伝導電磁界イミュニティ等		0.5
6. Spiceによる解析シミュレーション	(1) Pspiceによる解析手法 (2) Pspice解析による演習 (3) ノイズ解析演習(IBISモデル等)、インピーダンスマッチング等		4.0
7. 実用的なノイズの捉え方の対策法	(1) ノイズ対策の進め方 (2) グランディング (3) シールドング (4) フィルタリング等		0.5
8. ノイズの対策例法	(1) 電源ラインのノイズ対策 (2) 空中伝搬対策		0.5
9. ノイズ障害の発生条件と今後の見通し	(1) ノイズ障害の発生条件 (2) ノイズ問題の今後の見通し (3) 世界のノイズ規制		1.0
10. ノイズフィルタの基礎	(1) ノイズフィルタの働き (2) フィルタ効果の表し方 (3) 基本構成とフィルタの特性		1.0
11. パターンシミュレーション	(1) 各種プリント基板配置のシミュレーション (2) フィルタ回路のシミュレーション		2.5
12. 具体的なEMIフィルタの種類と特徴	(1) 各種タイプのフィルタの種類と特徴 (2) EMIフィルタの特性解析		0.5
13. フィルタによるノイズ対策	(1) コンピュータ機器のノイズ対策 (2) 各種家電製品のノイズ対策 (3) その他の機器のノイズ対策 (4) ノイズ対策の手順と留意点		0.5
			訓練時間合計 15.0
使用器具等	テキスト		

表 1-8 実施カリキュラムモデル(2)

カリキュラムモデル

分類番号 Exxx-013-4

訓練分野	電気・電子系	訓練コース	ノイズ対策とプリント基板設計
訓練対象者	設計等に従事し、ノイズ対策プリント基板設計についての知識を習得しようとする者		
訓練目標	ノイズに強いデジタル回路のPCBパターン設計とノイズスキャナによる測定がおこなえる。		
教科の細目	内 容		訓練時間
1. ノイズの基礎	(1) ノイズシミュレーションとプリント基板単体試験の重要性 (2) 回路、信号中心の考え方とアースの取り方		1.0 (H)
2. 伝送路のシミュレーション	(1) シミュレータによる演習とデモ (a) T字型ショートスタブ回路 (b) π 字型3dBアッテネータ等		4.0
3. アートワーク設計	(1) マイクロストリップラインについて ノイズ測定のためのプリント基板アートワークの考え方		0.5
4. CADによるプリント基板パターン設計	(1) CADによるマイクロライン設計 (2) プリント基板設計実習 (3) ノイズスキャナによるマイクロストリップラインの測定		4.0
5. デジタル回路の実装技術	(1) ダンピング抵抗の位置 (2) クロック回路 (3) デジタル回路の高速化にともなう実装技術の重要性 (4) 各種フィルタの特性 (5) クロストークについて		1.0
6. 電子回路ノイズ測定 (大学に依頼予定)	(1) 電子回路の設計手法 (2) ノイズ対策設計手法 (3) ノイズの測定		4.0
7. ノイズ対策	(1) 不要輻射と基本クロックの不要輻射 (2) 基本クロック用パターンのインピーダンス特性とクロック用パターンの引き直し		0.5
			訓練時間合計 15.0
使用器具等	パソコン、簡易電磁界シミュレータ、PCB-CADシステム、ノイズスキャナ		

c EMC 関連機器の整備状況

各施設の EMC 関連機器整備状況の調査結果を表 1-9 に示す。各施設ともスペクトラムアナライザ（以下、「スペアナ」と呼ぶ。）はほぼ整備されている。能開大では、応用課程の新設に伴い地域ニーズを踏まえて機器等の整備を行っているために EMC 関連機器の整備状況に若干の違いが見られる。機器整備で注目されるのは、ネットワークアナライザと同様にノイズ可視化装置を整備している施設が多いことである。このノイズ可視化装置は、プリント基板から発生する近傍電磁界を測定する装置で、プリント基板回路製作時のノイズ源を特定できる長所がある。このため装置に組み込む前にノイズ源を特定し対策することができ、より実践的な実習を行うことが可能となっている。

表 1-9 EMC 関連機器整備状況

	スペアナ	妨害波強度測定器	疑似電源回路網	ループアンテナ	バイコンカルアンテナ	ログオペリックアンテナ	ノイズの可視化装置	静電気放電シミュレータ	インパルスノイズシミュレータ	ネットワークアナライザ
北海道能開大	○			○	○	○	○			○
青森職短	○				○					
東北能開大	○		○	○	○	○	○			○
関東能開大	○	○	○	○	○	○	○	○		○
埼玉ポリテク	○									
神奈川県短大	○									○
新潟職短	○			○			○		○	
総合大	○									
長野県工科大	○		○		○	○				
航空高専	○					○				○
東海能開大	○						○		○	
北陸能開大	○						○	○	○	
ポリテク中部	○	○					○		○	
ポリテク関西										
近畿能開大	○									○
中国能開大	○	○						○		○
九州能開大	○	○								

ノイズ可視化装置には内蔵でスペアナを有するものと外部にスペアナを接続してノイズの周波数特性や強度分布、方向成分を表示するタイプがある。周波数範囲としては 10MHz から 1.5GHz 程度までの測定を行うことができるのが一般的である。ノイズの強度分布測定の分解能はおおよそ 0.1mm から 7.00mm で選択が可能である。またプリント基板を上からカメラで照射し、部品実装面に沿ってノイズ分布を表示するものもあれば、下からパターン面をスキャナしてノイズ発生源のパターン部分を直接表示するものがある。

図 1-6 は、東北能開大に整備されているノイズ可視化装置である。スペアナは

内蔵されているが、スイッチング電源などの低い周波数帯の観測が出来ないことから外部に EMC 専用機能を有するスペアナを準備している。このスペアナは被測定妨害波の振幅や頻度に応じて、最大振幅幅に近い電圧（準尖頭値）を出力することができる。また EMC の主な規格（CISPR、VCCI、FCC 等）の限度値も画面上に表示することができ各周波数帯のノイズが規定以内か比較できる。



図 1-6 ノイズの可視化装置

今回この可視化装置を用いて、バイパスコンデンサ（以下、「パスコン」と呼ぶ。）の電源及びグランドに与える影響について測定した結果を図 1-8 に示す。実装密度の高いプリント基板では、信号線の導通穴やパスコン接続穴などにより理想的な伝送線路にはならず、ノイズや信号の劣化を引き起こす。このようなときパスコンの働きを理解しておけば、パスコンの容量と必要数が計算できる。なお、パスコンは電気の貯水槽と言われ、電荷の移動による電圧の低下分を減らす働きを持っている。

図 1-7 は今回製作したデジタル IC のスイッチングによるパスコンの電圧の変化を距離による違いで観測するために製作した基板である。ロジック IC とパスコン間でのプリントパターンインダクタンス成分が及ぼす影響を調べるために、IC の電源端子から 3mm、15mm、30mm の距離にパスコンを実装して、パスコンと電源端子、グランド間の電磁界レベルの強度分布をノイズ可視化装置により測定した。

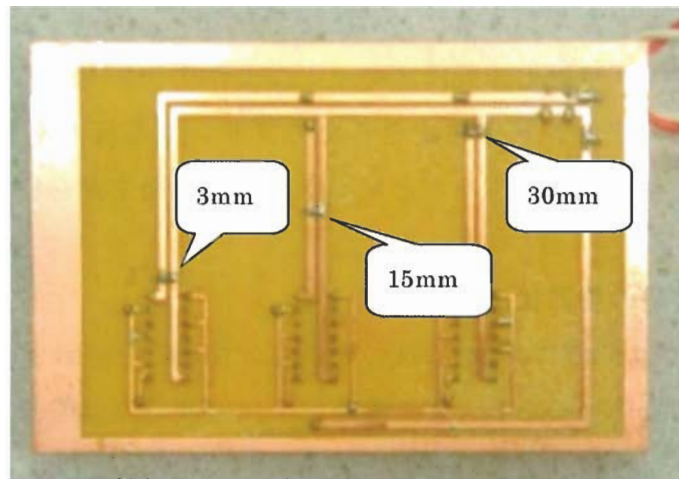


図 1-7 パソコン電圧変化の測定基板で左からパソコンを 3mm、15mm、30mm と配置している

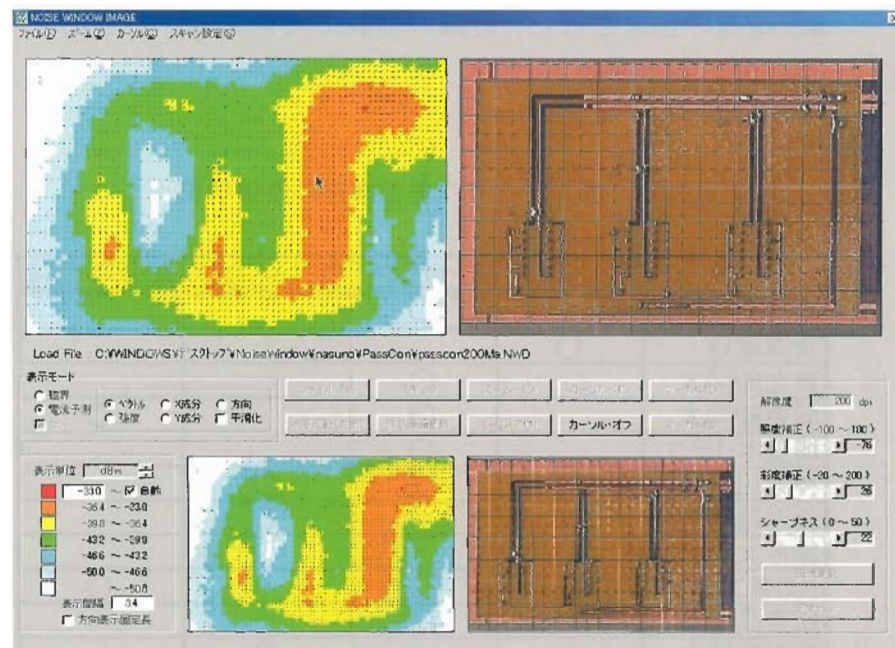


図 1-8 ノイズ可視化装置による測定結果

図 1-8 はプリント基板のノイズ測定装置により測定を行った結果である。クロック発振信号の基本波である 10MHz では全体のグラウンドラインが赤くなり、IC のスイッチングによるノイズ状況を把握できなかった。しかし、基本周波数の 10 倍程度の 100MHz 付近ではパソコンの IC からの距離による効果を確認することができた。この結果から IC に配置した場合のパソコンの実装が 3mm、15mm、30mm と IC から遠のくに連れて、IC のスイッチングによるノイズの影響がグラン

ドラインに大きく現れることが確認できる。

このノイズ可視化装置はスキャナによりプリント基板面を取り込み、ノイズの発生源とパターンを比較できるためプリント基板の電流の流れによるノイズへの影響を直接可視化することができ、ノイズ発生源を特定しやすい。

d 電波暗室の整備状況と必要性

表 1-10 は EMC の測定には必要不可欠であるとされる電波暗室の整備状況についての調査結果である。多くの施設では電波暗室は整備されていないが、より実践的な実習を行う上では必要であるとしている。しかし、電波暗室の整備には建設費、機器設備費、メンテナンス費など多大な費用がかかり、応用短期課程の実施回数などとの費用対効果を考慮すると全施設での整備は現実的には非常に厳しい状況にある。しかし、電子機器回路の設計には EMC が欠かせない技術となっており今後、より実践的な実習の提供するためにも、全国の拠点となる能開大への電波暗室の整備を行い、近隣の施設で共有するといった対策も必要だと思われる。

表 1-10 電波暗室の整備状況

	ア. ある	イ. 欲しい	ウ. いない	エ. 近隣にある
北海道能開大		○		
青森職短	○			
東北能開大		○		
関東能開大		○		○
埼玉ポリテク		○		
神奈川県短大			○	
新潟職短			○	
総合大	○			
長野県工科短大	○			○
航空高専		○		
東海能開大			○	
北陸能開大		○		
ポリテク中部			○	○
ポリテク関西				
近畿能開大		○		
中国能開大		○		
九州能開大		○		

e 学生への教育訓練状況

各施設で行っている EMC 関係の学生に対する教育訓練状況を調査した。表 1-11 はこの結果である。何らかの形で EMC 関連の教育訓練を行っている施設が

多いことが分かる。この教育訓練を行っている施設での具体的な科目と時間、内容を下記に示す。

表 1-11 学生への教育訓練状況

	行っている	少し行っている	全く行っていない
北海道能開大			○
青森職短			○
東北能開大		○	
関東能開大		○	
埼玉ポリテク		○	
神奈川県短大			○
新潟職短		○	
総合大		○	
長野県工科短大	○		
航空高専			○
東海能開大			○
北陸能開大		○	
ポリテク中部			
ポリテク関西			○
近畿能開大		○	
中国能開大		○	
九州能開大			○

- ・客員教授が 40 時間程度 (EMC と高周波機器) で実施。内容は世界の EMC 規格と電子機器から発生するノイズと対策、スイッチング電源からのノイズ、スペクトラム拡散、シミュレーションなど。
- ・今年度、総合制作実習でノイズ対策をテーマとして実施した。
- ・電子回路関係の実習において、デジタル回路が EMC によって誤動作する様子をオシロスコープで観察している。またシールドによりこの対策が可能であることを確認している。6 時間程度。
- ・総合製作実習 (外来電磁波測定、電磁波放射測定) で 1 週間程度。
- ・通信工学において座学 8 時間程度 (EMC 規格、ノイズの基礎、フィルタ、シールド、グラウンド技術)。電磁波工学実験 (外部講師) により実験・実習等を 16 時間程度 (伝導ノイズ、インバータ、雷サージ、フィルタの周波数特性、フィルタ効果特性、放射ノイズ測定)。
- ・基板製作後の基板面から放出される近傍電磁界観測 (標準課題や開発課

題中の必要に応じて実施)。

- ・電子回路 CAD 実習や応用課程の標準課題実習等で課題に関連してプリント基板のパターンの引き回し等の説明時にパソコンの影響やグラウンド、電源パターンの引き回しについて注意点を説明している。また標準課題、開発課題を進めていく中で実際にノイズ対策の必要性があるグループや学生について個別に指導あるいは共に解決を図っている。
- ・ノイズ発生の再現性が非常に難しいのでパターンの引き回し等の説明時にパソコンの影響やグラウンド、電源パターンの引き回しについて注意点を説明する程度である。実際に動作させて波形に影響が出た場合には、詳しく説明している。
- ・応用課程の標準課題実習等でプリント基板のパターンの引き回し等の説明時に、パソコンの影響やグラウンド、電源パターンの引き回しについて注意点を説明する程度である。またデジタル回路のノイズ耐性を調べている。(約 1.5 日)

f EMC 関連セミナーの地域ニーズ

EMC 関連セミナーの地域ニーズについて調査結果を表 1-12 に示す。多くの施設で地域ニーズとして、EMC 関連セミナーは「ある」とし回答しており、「ない」と回答した施設はなかった。また「わからない」と回答した施設でも、EMC 関連セミナーをすでに今後に予定している施設もあることから、実施を要望する地域ニーズは高いと言える。

表 1-12 EMC 関連セミナーの地域ニーズ

	ある	わからない	ない
北海道能開大		○	
青森職短	○		
東北能開大		○	
関東能開大	○		
埼玉ポリテク	○		
神奈川県短大		○	
新潟職短		○	
総合大	○		
航空高専		○	
長野県工科短大	○		
東海能開大	○		
北陸能開大	○		
ポリテク中部	○		
ポリテク関西	○		
中国能開大	○		
九州能開大	○		

g EMC 関連セミナーに対する問題点や意見

最後に EMC 対策関連セミナー・訓練教育に関する意見や問題点等を記載する。多くの施設では、EMC 関連のセミナーを行うにあたり施設整備の費用的な問題と指導法に問題を抱えていることが分かる。

- ・工場内でのノイズ対策から新製品開発の際のノイズ対策まで、多くの相談があるが、なかなか対応できないのが実状である。
- ・この分野はアナログ&デジタル回路の十分な知識から高周波回路まで幅広い知識と技術が必要であり、またノイズ対策技術はノウハウの塊であると言われる。そこで全国職業能力開発施設の各指導員の知識とノウハウを結集すれば、高度な企業ニーズにも対応ができると思われる。
- ・EMC に関する情報が集約できたら、会誌などで報告して欲しい。菊水電子工業やノイズ研究所ではノイズシミュレータを取り扱っているので、最新の技術資料なら頂けると思う。図研では、耐ノイズ用プリント基板のアート技法のノウハウを集約していると聞いた。
- ・学生にはノイズ対策の前に信号測定について理解してもらわないといけない。
- ・EMC 関連セミナーは電波暗室が必要で費用対効果、施設容積の関係上導入は難しい。当施設では電磁波シールドテント（大型段ボール箱大）を特注して整備した。シールドテントが調達できない場合、ホームセンタにある材料で簡易的な電波吸収材を作った実験を考えている。
- ・EMC の研究に従事しているが EMC は重要で奥深い。多くの方が EMC に興味を持ち勉強していくことは大変嬉しいことである。
- ・ノイズ発生の再現性のある実習教材があれば教えて欲しい。やはり、CAD 上でシミュレーションして訓練するのが適しているように考える。基板上では再現性が難しく色々な原因で波形が変化してしまう可能性があるように考える。
- ・最近ではノイズ対策等に関連する新しいハード及びソフトがあるが、現状では機器の購入が困難で一連の関連機器の重点的な整備を期待している。
- ・最近の携帯電話の急速な普及やパソコンの動作速度の高速化等による地球環境・電磁環境の背景を考えれば、学生の教育訓練カリキュラムには必要不可欠な専門技術と思われる。また能力開発セミナーや応用短期課程でも需要があると思われる。しかしながら関連分野のスタッフが不足している。
- ・電波暗室を持っている EMC ラボでは、専門のスタッフが常駐しており企業に対し十分な対応が出来ている。能開大の現状を見ると講師を専門的に

EMC 関係に配属する事は困難ではないか。

以上のような意見、要望等が寄せられた。

EMC を理解するための電磁環境工学では、今日のマイコン応用製品に代表されるデジタル機器のノイズ発生源や実践的ノイズ対策、プリント基板設計でのノイズの放射、誘導等の影響を理解しなければならない。また、各国で行われている電子機器から発生する EMC 関係の測定や規制法についても学ぶ必要がある。

3-4 EMCに関する企業、大学の研究動向

(1) 企業の動向

各企業での EMC に関する研究所、組織が設立されている。EMC 研究を行っている企業例としては、NEC：資源環境技術研究所 EMC 室、日本 IBM：EMC 技術開発、富士ゼロックス EMC 開発室、沖電気、富士通などがある。

(2) 大学／研究機関の動向

電磁ノイズを研究している大学、研究所／教授の例としては、イトケン研究所：伊藤健一、岡山大：和田修己 拓殖大：渋谷昇、東京農工大：仁田周一、東京理科大：越路耕二、九州工大（現 武蔵工大）：徳田正満、東北学院大：佐藤利三郎などがある。また、環境電磁研究所が設立され GHz 帯での電磁ノイズに関して'95 から約 5 年間研究を実施している。

(3) 学会における主な EMC 関連の研究会

電子情報通信学会「環境電磁工学研究会」EMCJ

'03 年論文特集：最新の EMC 技術論文特集 2003.VOL.J86.-B, No.7

電気学会「ノイズ対策技術調査専門委員会」

'03 年論文特集：電子機器のノイズ対策特集 2003.Vol.123, No.7

エレクトロニクス実装学会「電磁特性技術委員会」

・学会における研究発表事例数の増加（'94～'95 電子情報通信学会より）

学会発表'94 環境電磁工学研究会 大学 46 件、企業 29 件

'95 総合大会（環境電磁工学セッション）大学 26 件、企業 26 件

セミナー EMC 対策セミナー講師 企業 80%、聴講者も企業が 95%

理論発表はほとんどが大学である。開発現場では即効性のある対策技術を求めているが EMC の基本的な研究についても同時に進めることが必要だ

と思われる。単なる対策だけではなく、今後は理論に則した設計が必要である。

EMC 関連セミナーを行う場合、このような理論に則した知識に加え、測定技術、電磁界シミュレーション技術なども付加する必要がある、習得に時間がかかる。

最後に節末に東北能開大において平成 15 年度計画・実施した応用短期課程についての資料（実施要項）の参考例を記載する。

企業人スクール実施計画書 概要

分類番号

訓練コース名	ノイズ対策およびプリント基板設計		
訓練分野	生産電子システム技術科	受講定員	10名
コース設定形態	オーダメイド形		
訓練対象者	電子装置設計製作の職務に関わり、ノイズ低減を考慮したプリント基板設計とものづくりを行い高度化に取り組もうとする者		
担当者	(コーディネーター)		
実施場所			
経過	<p>電子機器製造企業でのノイズ対策問題は、機器の設計段階で推測する必要性から浮上してきている。また電子機器製造企業がノイズ問題に対し輸出各国の信頼を得られる状況を構築するためには、製品のノイズ問題を保証できるようにしなければならない。</p> <p>このためには、製造段階だけでなく設計の段階からノイズ対策を創り込むことやプリント基板設計・製作の段階でノイズを低減することをしなければ達成できない。本コースでは、このことが明確に把握できる電子回路をターゲットに、ノイズ対策の必要性を認識していただき、シミュレーションも含めて製品の高度化を指向することの契機となるコースとして取り上げた。</p>		
内容	<p>(目的)</p> <p>ノイズ低減を目指した設計から付与できる電子回路の製作とシミュレーションを行い、製品の高度化を指向する。</p> <p>(概要)</p> <p>ターゲットの電子回路のグレード(一般電子機器用または生産設備機器用)を設定し、それに基づく各国でのEMC規格や電子回路のシミュレーション、プリント基板の設計を行う。その後、プリント基板からのノイズ測定試験を行うと共に電子装置からのノイズ測定・解析を行い評価する。</p> <p>(期待される訓練効果)</p> <p>①ノイズ低減を目指したものづくりの手順とシミュレーション技法</p> <p>②ノイズ対策を行った製品の評価法および使用される環境への配慮</p> <p>(訓練課題等)</p> <p>①スイッチング電源を含む各種電子回路装置</p> <p>②発振回路を含むプリント基板回路</p>		

企業人スクール実施計画書 全体計画

分類番号	
------	--

時期 (月日、曜日)	訓練時間(H)		教科の概要				担当者
	学科	実技					
8月 9日 21日 9月 13日	3 3 3		EMC規格とノイズ対策企画 プリント基板ノイズ対策 ノイズ対策の基礎技術企画作成				
10月 2日 10月 3日	3 3	4.5 7.5	ノイズについて ノイズ対策の考え方 ノイズ解析、シミュレーション フィルタの働き、ノイズ対策 シミュレーション				
10月 16日 11月 6日	3 6		ノイズ測定のための企画会議 ノイズの改善方法				
11月 19日 11月 20日		7.5 3.5 4	ノイズ測定と回路基板設計 ノイズ解析技法 ノイズ測定のための技法				
12月 18日 1月 18日		6 4	プリント基板回路設計手法 回路検証とノイズ対策回路 回路の動作確認と測定、検証				
1月 22日		6	ノイズ対策とプリント基板設計 資料整理・プレゼンテーション				
訓練時間 合計(H)	21	39	総訓練 時間 合計 (H)	60	総訓練日数 合計 (日)	12	訓練時間帯 主な時間帯 9:30~17:00
備考							

企業人スクール実施計画書 専攻計画

分類番号

訓練目標	具体的な技能・技術	期待される成果物	
	電子回路設計技術 信頼性評価技術 ノイズ対策技術	ノイズ発生原理習得技術 ノイズ対策技術企画	
教科の細目	科教の内容	訓練時間	備考 (指導形態)
1. EMC規格	世界のEMC規制、ノイズ発生源を学ぶ、ノイズ対策技術、ノイズ対策部品、イミュニティの改善方法	4	座学
2.設計	シミュレーション	12	実技
3.回路設計技法	ノイズ発生回路、測定環境設定	4	座学
4.プリント基板設計製作技法	パターン幅と、部品配置と保守性、回路図部品対策、PCB部品の製作、PCB設計	12	実技、シミュレーション
5.高速デジタル回路設計	高速デジタル回路設計手法、集積化回路設計	4	座学
6.高速デジタル回路シミュレーション	ターゲットボードの設計技法とシミュレーション	6	実技
7.ノイズ対策の手法	イミュニティの改善方法、コンデンサの残留インダクタンス、フィルタの共振点と高域のフィルタの特性	4	座学
8.プリント基板のノイズ測定および検証	検証回路の製作と回路動作の確認、ノイズの測定とノイズ対策後の回路製作 報告書作成、発表	12	実技(プリント基板製作とノイズ対策)
9.報告書・発表	計	6	発表、パソコン
		60	
参考資料・文献	坂巻 佳壽美 「ノイズの試験法と対策」 工業調査会 坂本 幸夫 「現場のノイズ対策入門」 日刊工業		
評価項目		評価方法	
製品企画力		設計回路図	
製品設計力		プリント基板シミュレーション	
表現・報告能力		報告書・発表	