

第2章 「EMC技術とノイズ対策コース」の開発

第1節 「EMC技術とノイズ対策コース」のカリキュラムモデル（案）

応用短期課程（企業人スクール）は実施時間が60時間以上と定められているが、今後予想される人材ニーズへ柔軟に対応できるように60時間以上で構成される1つの大きなコースは開発せず、在職者訓練等への展開も可能となるように、12時間、18時間、24時間という短期間のモデルとなるコースの開発を行った。また、実際の職場で活用できるように実習を通して実践的な内容を習得できるような内容を検討した。

開発したカリキュラムモデル（案）の訓練コース名及び訓練目標は以下のとおりである。

- ・ EMC対策法・現象（12時間）

EMC対策にあたり実際の対策方法や対策部品の使用方法等の技術を習得する。

- ・ EMC実践知識（12時間）

各種機器の誤作動につながるEMI（電磁波障害）、EMC（電磁波環境適応性）の関連法規、測定法、対策等を習得する。

- ・ EMC測定法（12時間）

EMC測定にあたり実際の操作方法や装置の原理などの技術を習得する。

- ・ アンテナと電波伝搬（12時間）

電磁波の発生メカニズムや伝搬などを理解することから始めて、アンテナ放射の原理へと発展させ、最後にEMCの観点から電磁妨害波の評価や不要輻射及びシールド対策と関連付けた学習を行う。

- ・ 高周波回路技術（18時間）

EMI（電磁波障害）、EMC（電波環境適応性）の関連法規測定、対策等を習得するために必要な高周波回路技術を習得する。

- ・ シミュレーションを活用した高周波回路技術（18時間）

高周波回路技術を理解する近道としてシミュレーターを活用し、重要なパラメータやその動作を直感的に理解する。

- ・ EMCシミュレーション技術（24時間）

各種機器の誤作動につながるEMI（電磁波障害）、EMC（電磁波環境適応性）の関連で必要とされるシミュレーション技術をSpiceや電磁界解析で習得する。

次ページ以降にそれぞれのカリキュラムモデル（案）の詳細を示す。

なお、カリキュラムモデル（案）の中で塗り潰している部分については、実習用の手引書を作成しており、第3章に掲載している。

カリキュラムモデル

分類番号 X-XXX-X

訓練分野	電気・電子系	訓練コース	EMC対策法・現象
訓練対象者	設計等に従事し、EMC対策について応用技術を習得しようとする者		
訓練目標	EMC対策にあたり、実際の対策方法や、対策部品の使用方法などの技術を習得する。		
教科の細目	内 容		訓練時間 (H)
1. EMC対策の基礎	(1) EMC対策とは (2) EMC対策と電気部品 (3) EMC対策と基板、配線、筐体、ケーブル		2.0
2. EMC対策の4要素	(1) シールドについて (2) 反射について (3) 吸収について (4) バイパスについて		1.0
3. シールドによる対策法	(1) シールドによる対策の原理 (2) 金属板、フェライトシート、電波吸収体による対策方法		1.0
4. 反射による対策法	(1) 反射による対策の原理 (2) インダクタ、LCフィルタによる対策方法		1.0
5. 吸収による対策法	(1) 吸収による対策の原理 (2) 抵抗、フェライトビーズによる対策法		1.0
6. バイパスによる対策法	(1) バイパスによる対策の原理 (2) キャパシタ、バリスタによる対策法		1.0
7. 対策の実例	(1) パソコンの対策実例		2.0
8. サンプルキットによる対策の実習	(1) サンプルボードおよび、EMC部品により実際の対策効果の実習		3.0
	訓練時間合計		12.0
使用器具等	スペクトラムアナライザ、EMC実習用サンプルボード、EMI対策部品など		

カリキュラムモデル

分類番号 EXXX-XXX-4

訓練分野	電気・電子系	訓練コース	EMC実践知識
訓練対象者	設計等に従事し、ノイズ対策について関連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、測定法、対策等を習得する。		
教科の細目	内 容	訓練時間	
1. EMC実践知識 1-1 EMCで扱う単位量 1-2 電磁波 1-3 ノイズの種類 1-4 ノイズとスペクトラム	10 (1) 電界と磁界 (2) インピーダンス特性電界強度（近傍界と遠方界） (3) 電磁波の影響 (1) ノーマード (2) コモード (3) ノイズの伝搬と誘導（伝導ノイズ、誘導ノイズ等） (1) 矩形波のスペクトル (2) フーリエ級数展開	(H) 2.0	
2. EMCを考慮した設計 2-1 EMC設計 2-2 回路設計 2-3 インターフェイサブル 2-4 エミッションとイミュニティ	(1) EMC設計を取り入れた製品設計 (2) 電子機器の構成 (1) アナログ回路の製品設計 (2) デジタル回路の製品設計 (3) プリント基板配線 (4) 高速スイッチング回路 (5) パターンからの放射 (6) レイアウト (1) ケーブルによる放射 (2) ディファレンシャルモードノイズの放射 (3) コモードノイズの放射 (4) ケーブル伝送 (1) ノイズの性質 (2) エミッション (3) イミュニティ (4) 静電気放射 (5) 放射電磁界	2.0	
3. ノイズ対策部品 3-1 フェライトコア 3-2 EMIフィルタ	(1) ノイズ対策部品 (2) フェライトコアの使い方 (3) インピーダンス特性 (1) EMIフィルタ (2) EMIフィルタのタイプと特性	2.0	
4. EMC測定と規格 4-1 ノイズ測定 4-2 EMI測定システム 4-3 イミュニティ測定 4-4 EMC規格	(1) 狭帯域雑音と広帯域雑音 (2) 繰り返し周期と検波値 (1) EMI放射電界強度の測定 (2) 電源雑音端子の測定 (3) EMI測定システム等価回路 (4) 測定サイトの適合性 (1) イミュニティ測定システム (2) 静電気放電試験 (3) 放射電磁界イミュニティ試験 (1) 国際規格と各国規格 (2) EN規格 (3) EMC指令	2.0	
5. 伝送ライン解析 5-1 Spiceシミュレーション	(1) インピーダンス整合 (2) 反射 (3) パルスと高調波 (4) LRC過渡現象 (5) 集中定数と分布定数	2.0	
6. ノイズ応答と特性インピーダンス 6-1 ノイズ応答シミュレーション 6-2 特性インピーダンスシミュレーション	(1) EMC関連部品選定 (2) シグナルラインノイズ応答シミュレーション (3) 差動ラインノイズ応答シミュレーション (1) マイクロストリップライン特性インピーダンス (2) ストリップライン特性インピーダンス (3) LPF (4) HPF	2.0	
		訓練時間合計	12.0
使用器具等	テキスト、PSpice、EMIシミュレータ等		

カリキュラムモデル

分類番号 X-XXX-X

訓練分野	電気・電子系	訓練コース	EMC測定法
訓練対象者	設計等に従事し、EMC測定について応用技術を習得しようとする者		
訓練目標	EMC測定にあたり、実際の操作方法や、装置の原理などの技術を習得する。		
教科の細目	内 容		訓練時間 (H)
1. EMC測定の基礎	(1) EMC測定とは (2) EMI測定とEMS測定		0.5
2. 電磁界測定について	(1) 電磁界単位系 (2) 電磁界測定器について		0.5
3. 電磁界測定機器について	(1) アンテナについて(ログペリアンテナ、バイコンカルアンテナ) (2) スペクトラムアナライザについて		2.0
4. 電波暗室でのEMI測定	(1) 電波暗室の構造 (2) EMI測定の機器とその操作方法 (3) 測定用アンテナについて (4) 測定用スペクトラムアナライザの操作方法 (5) 自動測定システムの概要と操作方法		2.0
5. 放射妨害波の測定	(1) 電波暗室による実際のEMI測定方法		2.0
6. 電源ケーブルからの放射妨害波の測定	(1) 吸収クランプによる測定方法		2.0
7. EMS測定について	(1) EMS測定の実際についての概要		1.0
8. 実際の測定結果	(1) 実際の測定した対策前と後のスペクトラムをもとに考察実習		2.0
	訓練時間合計		12.0
使用器具等	スペクトラムアナライザなど		

カリキュラムモデル

分類番号 X-XXX-X

訓練分野	電気・電子系	訓練コース	アンテナと電波伝搬
訓練対象者	電子機器設計に携わり、EMC対策技術を習得しようとする技術者		
訓練目標	電磁波の発生メカニズムや伝搬などを理解することから始めて、アンテナ放射の原理へと発展させ、最後にEMCの観点から電磁妨害波の評価や、不要輻射及びシールド対策と関連付けた学習を行う。		
教科の細目	内 容		訓練時間 (H)
1.電磁波の基礎	(1)電磁波とは (2)電磁波の種類 (3)波動インピーダンス (4)電磁エネルギー (5)スペクトル		0.5
2.電磁波の発生	(1)微小ダイポールからの放射 (2)微小ループ電流からの放射 (3)近傍界、遠方界		0.5
3.電磁波の伝搬	(1)伝送路の伝搬 (2)誘電体伝搬 (3)磁性体伝搬 (4)金属中の伝搬 (5)反射、透過、吸収		1.0
4.アンテナ	(1)アンテナ特性 (2)実効長 (3)指向性 (4)アンテナファクタ (5)アンテナゲイン (6)アレンアンテナ (7)バラ		1.0
5.アンテナの具体例	(1)ダイポールアンテナ (2)ループアンテナ (3)ログペリアンテナ (4)ホーンアンテナ (5)バイコニカルアンテナ (6)スロットアンテナ		3.0
6.アンテナとEMS	(1)EMS(イミュニティ)	(2)イミュニティ測定	3.0
7.アンテナとEMI	(1)コモンモード放射 (2)ディファレンシャル放射 (3)EMI対策		3.0
8.アンテナとシールド設計	(1)スリット放射	(2)筐体開口部とシールド性能	
	訓練時間合計		12.0
使用器具等	スペクトラムアナライザなど		

カリキュラムモデル

分類番号 X-XXX-X

訓練分野	電気・電子系	訓練コース	高周波回路技術
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	EMI(電磁波障害)、EMC(電磁波環境適応性)の関連法規測定、対策等を習得するために必要な高周波回路技術を習得する。		
教科の細目	内 容		訓練時間
1.高周波回路理論	(1)伝送線路方程式 (2)反射係数 (3)定在波比 (4)スミスチャート (5)Sパラメータ		4.0
2.高周波回路用部品	(1)プリント基板の種類と特性 (2)コネクタの種類と特性 (3)受動部品の種類と特性 (4)高周波回路用半導体素子の種類と特性		2.0
3.伝送線路	(1)伝送線路の種類と特性 (2)マイクロストリップライン (3)マイクロストリップラインを用いた各種回路		2.0
4.高周波回路用 コンポーネント	(1)アッテネータ (2)パワーディバイダ (3)方向性結合器 (4)ハイブリット回路 (5)各種フィルター (6)ダイプレクサー		3.0
5.高周波測定	(1)高周波用測定器 (2)スペクトラムアナライザの動作原理と測定方法 (3)ネットワークアナライザの動作原理と測定方法 (4)各種コンポーネントの測定		4.0
6.高周波増幅器	(1)マイクロストリップラインを用いたトランジスタ増幅回路の設計 (2)高周波増幅器の特性測定		3.0
	訓練時間合計		18.0
使用器具等	ネットワークアナライザ、スペクトラムアナライザ、パワーメータ 直流安定化電源、オシロスコープ(高周波測定可能なもの)、各種コンポーネント		

カリキュラムモデル

分類番号 X-XXX-X

訓練分野	電気・電子系	訓練コース	シミュレーションを活用した高周波回路技術
訓練対象者	これから高周波回路技術を学ぼうとする者。 高周波回路設計を始めようとする者		
訓練目標	高周波回路技術を理解する近道としてシミュレータを活用し、重要なパラメータやその動作を直感的に理解する。		
教科の細目	内 容		訓練時間
			(H)
1.高周波回路概論	(1)伝送線路と特性インピーダンス (2)集中定数と分布定数 (3)電磁波の反射と反射係数 (4)定在波と反射係数 (5)Sマトリクス (6)スミスチャート (7)マッチング回路		6.0
2.伝送線路設計	(1)プリント基板による損失の違い (2)パターン幅の精度と特性インピーダンスのばらつき (3)パターン幅の精度とVSWRのばらつき (4)パターンの曲げによる影響 (5)隣接パターンが与える影響 (6)マッチング回路の設計		6.0
3.高周波回路設計	(1)フィルター (2)スイッチ (3)増幅器		6.0
	訓練時間合計		18.0
使用器具等	パソコン、高周波回路シミュレータ		

カリキュラムモデル

分類番号 EXXX-XXX-4

訓練分野	電気・電子系	訓練コース	EMCシミュレーション技術
訓練対象者	設計等に従事し、シミュレーションにより電磁波の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）の関連で必要とされるシミュレーション技術をSpiceや電磁界解析で習得する。		
教科の細目	内 容		訓練時間
1.SPICEの概要と基本操作			(H)
1-1概要	(1)DC解析 (2)AC解析 (3)過渡解析 (4)パラメトリック解析 (5)温度解析 (6)モンテカルロ解析		2.0
1-2基本操作	(1)解析ツールの使用法 (2)結果表示(PROBE)の操作法		
1-3応用例	(1)積分回路のシミュレーション (2)時定数の計算 (3)スペクトルの表示と確認		
2.反射			2.0
2-1インピーダンス整合	(1)インピーダンスマッチング (2)電圧反射係数 (3)電流反射係数		
2-2反射についてのシミュレーション	(1)オープン回路 (2)ショート回路 (3)マッチング回路 (4)負荷抵抗値の違いによる反射のシミュレーション		
3.デジタルICからのノイズ発生			2.0
3-1出力段の解析	(1)デジタルICの充放電電流 (2)IC出力段の貫通電流 (3)IC出力段解析		
3-2ICライン解析	(1)IC出力段のリング (2)プリントパターンとIC出力を含めた解析		
3-3一筆書きと分岐配線	(1)一筆書き—配線長と信号波形、等間隔の負荷の場合、異なる間隔での配置 (2)分岐配線—分岐配線、等長分岐配線の場合、等長でない分岐配線の場合		
4.バースコンデンサの働きと設計			2.0
4-1バースコンの働き	(1)バースコンの働きと電圧の変化 (2)電荷の充放電と電圧の変化等		
4-2バースコン容量	(1)バースコンの容量 (2)バースコンの容量と電圧の変化等		
4-3バースコン実装	(1)ICからの距離による電圧の変化 (2)バースコンの容量における電圧の変化		
5.プリント基板のインダクタンス			2.0
5-1プリント基板インダクタンス	(1)プリントパターンの抵抗とインダクタンス (2)負荷抵抗と容量		
5-2インダクタンスの影響	(1)ICのプリントパターン長を考慮したシミュレーション (2)メモリー・データ伝送回路		
6.スイッチング電源			2.0
6-1整流回路	(1)入力整流回路 (2)2次整流回路		
6-2コンバータ回路	(1)1石ワットコンバータ回路 (2)フライバックコンバータ回路		
	訓練時間合計		24.0
使用器具等	テキスト、Pspice、電磁界シミュレータ (S-NAP、MAGNA/TDM等)		

カリキュラムモデル

分類番号 EXXX-XXX-4

訓練分野	電気・電子系	訓練コース	EMCシミュレーション技術
訓練対象者	設計等に従事し、シミュレーションにより電磁波の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）の関連で必要とされるシミュレーション技術をSpiceや電磁界解析で習得する。		
教科の細目	内 容		訓練時間
7.回路混在型電磁界シミュレータとFDTD法の概要			(H) 1.0
7-1各種電磁界シミュレータ	(1)モーメント法 (2)有限要素法 (3)境界要素法 (4)有限差分時間領域法(FDTD法) (5)伝送線路行列法		
7-2モーメント法とFDTD法について	(1)回路解析と電磁界解析 (2)電磁界シミュレータと回路シミュレータの融合 (3)モーメント法と線形解析		
8.ソフトウェア構造の概要			2.0
8-1構成	(1)ジオメトリオブジェクトによるモデル作成 (2)解析メッシュ (3)結果表示部		
8-2フュルリアンソルバ(1) T字型ショートスタブ回路	(1)回路の作成—ボックスサイズ/誘電体・ポート等の設定、パターンを描く (2)シミュレーション—条件設定、スタート周波数とストップ周波数、電流分布設定の定義などの解析条件の設定等 (3)解析結果表示—Sパラメータ表示、Sパラメータ表示、電流分布ベクトル表示等		
8-3フュルリアンソルバ(2) π字型アッテネータ回路 (部品配置例)	(1)回路の作成—ボックスサイズ・誘電体の設定、抵抗の配置、パターンを描く等 (2)シミュレーション—条件設定、スタート周波数とストップ周波数、電流分布設定の定義などの解析条件の設定等 (3)解析結果表示—Sパラメータ表示、Sパラメータ表示、電流分布ベクトル表示等		
9.モーメント法解析事例			3.0
9-1低域通過フィルタの設計と測定	(1)回路の作成—ボックスサイズの設定、誘電体の設定、パターンを描く等 (2)シミュレーション—条件設定、スタート周波数とストップ周波数、電流分布設定の定義などの解析条件の設定等 (3)解析結果表示—Sパラメータ表示、電流分布ベクトル表示等 (4)測定—ネットワークアナライザによる周波数特性の測定		
9-2高周波広帯域増幅器の設計	(1)回路の作成—ボックスサイズ・誘電体の設定、トランジスタ・抵抗等の配置 (2)シミュレーション—条件設定、スタート周波数とストップ周波数、電流分布設定の定義などの解析条件の設定等 (3)解析結果表示—Sパラメータ表示、電流分布ベクトル表示等		
10.FDTDモデル作成知識			3.0
10-1構成	(1)モデル作成部 (2)計算メッシュ (3)結果表示部		
10-2処理の流れ	(1)解析モデル (2)境界条件 (3)計算条件 (4)計算実行 (5)計算結果の表示		
10-3マイクロストリップラインの作成例	(1)形状オブジェクトの作成—形状の定義、解析空間の定義、誘電体の定義等 (2)解析前準備—メッシュ分割、材料指定、境界条件設定、入力波形の定義、解析条件の設定等 (3)解析の実行と結果表示—計算データのチェック、コンパイル・パケット図等の表示等 (4)グラフ表示—表示項目の変更、グラフベクトルの保存等		
11.FDTD解析事例			3.0
11-1線状アンテナの電波放射	(1)解析内容—モデル寸法、計算条件 (2)ウィンドウとメニューオブジェクト、モデル、条件設定等 (3)オブジェクトの生成とメッシュ生成—解析空間の定義、格子メッシュ、分割等 (4)境界条件と給電点の設定—条件の設定、境界条件、属性等 (5)計算と結果表示—計算条件、ステップ数、コンパイル表示等		
	訓練時間合計		24.0
使用器具等	テキスト、Pspice、電磁界シミュレータ (S-NAP、MAGNA/TDM等)		

