

目 次

環境電磁工学(EMC)とは	(仁田周一)	1
1. 基礎理論		3
1.1 電磁気学	(徳丸 仁)	3
1.1.1 電磁界の基本法則		3
1.1.2 定常状態の電磁界と電磁界結合		4
1.1.3 平面波の界		6
1.1.4 微小電流源, 磁流源の界		8
1.1.5 過渡電磁界		10
1.1.6 静電界と電界結合		10
1.1.7 定常電流の界, 準定常電磁界と磁界結合		11
1.1.8 TEM 伝送波		13
1.2 電気回路	(長澤庸二)	14
1.2.1 2端子対行列		14
1.2.2 散乱行列(S行列, Sパラメータ)		15
1.2.3 分布定数理論		16
1.2.4 スミス図表		20
1.3 電子回路	(池田哲夫)	24
1.3.1 電子回路とノイズ		24
1.3.2 電子回路		24
1.3.3 電子回路部品		26
1.3.4 能動素子とEMC		31
1.3.5 回路図に示されない回路		32
1.4 アンテナ理論	(澤谷邦男)	37
1.4.1 波動方程式		37
1.4.2 電磁波の放射		38
1.4.3 アンテナ定数		40
1.4.4 基本的なアンテナ素子		43
1.4.5 アンテナの解析法		44
1.5 雑音理論	(森永規彦・宮本伸一)	48
1.5.1 確率と統計		48

1.5.2	ランダム過程	52
1.5.3	狭帯域ガウス雑音	55
1.5.4	熱雑音	56
1.5.5	雑音指数と雑音温度	56
2.	ノイズの発生, 伝搬・結合	59
2.1	ノイズの発生	59
2.1.1	放電ノイズ	59
a.	空電	(河崎善一郎) 59
b.	コロナ	(河崎善一郎) 63
c.	火花, アーク, 接点ノイズ	(井上 浩) 68
2.1.2	スイッチングノイズ	(二宮 保・庄山正仁) 73
2.1.3	非線形ノイズ	(越後 宏) 88
2.1.4	その他	(越後 宏) 93
2.2	ノイズの伝搬・結合	(上 芳夫) 99
2.2.1	容量性(電界)結合	99
2.2.2	誘導性(磁界)結合	100
2.2.3	電磁波結合	102
2.2.4	クロストーク	104
2.2.5	共通インピーダンス結合	110
2.2.6	コモンモード結合	111
3.	ノイズ対策技術の基礎	113
3.1	線 路	(前花芳夫) 113
3.1.1	線路の特性インピーダンス	115
3.1.2	信号の反射	116
3.1.3	伝送ケーブル	117
3.1.4	プリント基板の線路	119
3.2	フィルタ	(小林邦勝) 120
3.2.1	映像パラメータフィルタ	121
3.2.2	動作パラメータフィルタ	125
3.2.3	分布定数フィルタ	129
3.3	グラウンディング	(佐藤正治) 131
3.3.1	接地の種類	131
3.3.2	接地インピーダンス	133
3.3.3	装置の接地システム	134
3.4	シールド	(西方敦博) 137
3.4.1	シールド効果の定義	137

3.4.2	シールドの機構	138
3.4.3	無限平板シールドとダイポール波源のモデル	144
3.5	吸 収	(橋本 修) 147
3.5.1	エネルギーの吸収と吸収材料	147
3.5.2	電波吸収体の基礎	149
3.5.3	各種吸収体	154
3.6	アイソレーションと信号変換	(桑原伸夫) 162
3.6.1	アイソレーショントランス	163
3.6.2	光変換技術	163
3.6.3	信号伝送技術	165
3.7	金属磁性	(島田 寛) 169
3.7.1	グラニューラー高電気抵抗膜	170
3.7.2	金属磁性粉-ポリマー複合体	171
4.	ノイズ対策部品	173
4.1	伝導性対策部品	173
4.1.1	インダクタ	(渡部誠二・重田政雄) 173
4.1.2	コンデンサ	(坂本幸夫・本田幸雄) 190
4.1.3	ノイズフィルタ	(佐藤由郎) 220
4.1.4	トランス	227
a.	電磁式トランス	(矢ヶ崎昭彦) 227
b.	圧電式トランス	(勝野超史) 232
4.1.5	サージアブソーバ	(海老根一英) 234
4.1.6	光部品とその応用例—光ファイバ伝送を使用した 電磁界センサー—	(服部光男) 243
4.2	電磁波対策部品	250
4.2.1	シールド材料	(畠山賢一) 250
4.2.2	シールド部品	(岩崎厚夫) 253
4.2.3	アクティブシールド	(芳賀 昭) 264
4.2.4	電波吸収体(ノイズ対策として)	(橋本康雄) 266
4.3	静電気障害とその対策—生産ラインにおける—	(沼口敏一) 272
4.3.1	静電気障害	273
4.3.2	静電気対策の具体的な実施例	277
4.3.3	人体の静電気対策(ルールⅠ 導体の静電気対策)	280
4.3.4	絶縁体の静電気対策	285
4.3.5	静電気に敏感な製品(ESDS デバイス)の包装材料	288
4.3.6	機能確認(ルールⅢ 試験測定機器)	290
4.3.7	静電気対策標準化マニュアルの作成	291

4.3.8	フィールドサービスおよび関連外注先の静電気対策	291
4.3.9	静電気対策の取組み	291
4.3.10	まとめ	292
4.3.11	静電気対策における抵抗率の定義	293
5.	ノイズ対策技術の応用	295
5.1	IC(集積回路)の選択と使い方 (和田修己)	295
5.1.1	電圧ノイズと電磁波ノイズ	296
5.1.2	ICの特性と電磁雑音	297
5.1.3	特性のばらつきとノイズ	298
5.1.4	ICのパッケージとノイズ	298
5.1.5	IC選択時の留意点	298
5.1.6	IC使用時の留意点(回路設計時の)	299
5.2	プリント基板におけるノイズ対策	300
5.2.1	デジタル基板 (遠矢弘和)	300
5.2.2	高周波アナログ基板 (佐藤憲一)	307
5.2.3	プリント基板の放射低減対策 (松永茂樹)	311
5.3	電源におけるノイズ対策	324
5.3.1	大容量スイッチング電源の高周波のノイズ対策 (斉藤亮治)	324
5.3.2	小電力スイッチング電源 (早福敏明)	330
5.3.3	UPSにおける対策 (中山法也・山崎博久)	338
5.3.4	交流電源上のノイズ対策 (矢ヶ崎昭彦・平田源二)	342
5.4	実装, 配線におけるノイズ対策 (碓井有三)	346
5.4.1	反射ノイズ	346
5.4.2	クロストークノイズ	355
5.4.3	その他のノイズ	360
5.4.4	ノイズに対して考慮しておくこと	363
5.4.5	バス接続された伝送形態	365
5.5	ノイズ対策の考え方と進め方 (瀬戸信二)	371
5.5.1	測定器・道具などの準備	371
5.5.2	対策の手順	373
6.	設置環境	377
6.1	電磁環境	377
6.1.1	電力線電力設備(商用電源を含む) (戸田幸生)	377
6.1.2	電気鉄道 (戸田幸生)	380
6.1.3	通信・放送設備 (篠塚 隆)	385
6.1.4	その他の電磁環境 (篠塚 隆)	389

6.2 電磁環境対策	391
6.2.1 建築物一開口部のシールド対策	(森田哲三) 391
6.2.2 医療機関	(内藤 紘) 405
6.2.3 航空機(旅客機)	(酒井忠雄) 409
6.3 都市におけるテレビ受信障害対策	(大西一範) 414
6.3.1 建造物によるテレビ受信障害	414
6.3.2 建造物による受信障害範囲の推定	415
6.3.3 建造物による受信障害の改善方法	416
6.4 テンペスト	(瀬戸信二) 418
6.4.1 テンペストとは	418
6.4.2 テンペストの概念	419
6.4.3 テンペスト脅威の構成	420
6.4.4 テンペスト脅威の見積り	420
7. ノイズ対策シミュレーション技術	423
7.1 電磁界シミュレーション技術の基礎	(高田潤一) 423
7.1.1 基礎方程式	423
7.1.2 シミュレーション手法の分類	424
7.1.3 モーメント法	426
7.1.4 有限要素法	428
7.1.5 時間領域差分法	431
7.2 電磁界シミュレータによるモデリング	(櫻井秋久) 436
7.2.1 モーメント法を用いたEMIシミュレーション	437
7.2.2 電磁界シミュレータによるモデリングの例	439
7.3 放射ノイズのシミュレーション	(松井則夫) 442
7.3.1 放射ノイズ解析モデル	442
7.3.2 非線形デバイスモデル	443
7.3.3 放射ノイズシミュレーションシステム	443
7.3.4 解析例	444
7.4 エキスパートシステム	(高橋丈博) 446
7.4.1 ルールの表現と適用方法	447
7.4.2 ルールを利用したモデル化・現象理解システム	447
7.4.3 エキスパートシステムの利点	449
7.5 ノイズシミュレーションとEMC設計	(渋谷 昇) 450
7.5.1 EMC設計	450
7.5.2 EMCにおけるCAD設計	451
7.5.3 伝送線路シミュレーションと放射ノイズシミュレーション	451
7.5.4 ノイズ対策を考慮したデザインツール	452

7.5.5	今後の方向	453
8.	測定・試験・規格	455
8.1	EMCに関する測定・試験 (杉浦 行)	455
8.1.1	EMCに関する測定	455
8.1.2	システム内EMCとシステム間EMCに関する測定	456
8.1.3	EMC関連の法令	457
8.1.4	EMC規格の審議団体	457
8.2	測定器 (山中幸雄)	458
8.2.1	妨害波測定器	459
8.2.2	電圧波形測定	463
8.2.3	スペクトル測定	465
8.2.4	雑音統計量測定	467
8.3	測定用プローブ (岩崎 俊)	472
8.3.1	電圧測定	473
8.3.2	電流・電力測定	475
8.3.3	電磁界測定	477
8.4	統計処理 (杉浦 行)	480
8.4.1	非心 t 分布による抜取り試験	481
8.4.2	二項分布による抜取り試験	482
8.5	イミュニティ試験機器 (雨宮不二雄)	483
8.5.1	静電気放電試験器	484
8.5.2	サージ試験器	485
8.5.3	ファーストトランジェント試験器	488
8.5.4	伝導連続波に対するイミュニティ試験器	489
8.5.5	電力周波数磁界試験機	490
8.5.6	パルス性および減衰振動性磁界試験器	491
8.6	測定設備 (桑原伸夫)	493
8.6.1	オープンサイト	494
8.6.2	電波無反射室	497
8.6.3	シールドルーム	498
8.6.4	TEMセル	499
8.6.5	反射箱	502
8.6.6	ラージループアンテナ	503
8.7	材料特性測定 (西方敦博)	504
8.7.1	伝送線路法による誘電率・透磁率の測定	504
8.7.2	導電率の測定	509
8.7.3	シールド特性測定	510

8.7.4	電波反射・吸収特性測定	514
8.8	測定・試験規格 (岡村万春夫)	515
8.8.1	測定・試験規格の構成	515
8.8.2	EMC 規格で対象とする電磁現象	517
8.8.3	CISPR の妨害波許容値の決定方法	520
8.8.4	IEC のイミュニティ許容値の決定方法	521
8.8.5	妨害波の測定規格	523
8.8.6	妨害波の許容値および参照項目	529
8.8.7	イミュニティの試験規格	530
9.	生体電磁環境	531
9.1	電磁界と生体 (藤原 修)	531
9.1.1	電磁界の定義と単位	531
9.1.2	電磁波の諸元とバイオエフェクト	532
9.1.3	電波の発熱作用とバイオエフェクトの尺度	533
9.1.4	電波の医療応用	536
9.2	直流磁界の生体影響 (上野照剛)	537
9.2.1	界特性, 作用機序と効果	537
9.2.2	生体影響	542
9.3	直流電界・低周波電界の生体影響 (清水孝一)	547
9.3.1	直流電界と生体	547
9.3.2	低周波電界と生体	548
9.3.3	環境中の直流・低周波電界	549
9.3.4	生体近傍および内部の電磁界	550
9.3.5	直流電界の生体影響	552
9.3.6	低周波電界の生体影響	554
9.4	高周波電磁界の生体影響 (山浦逸雄)	559
9.4.1	界特性と生体影響	559
9.4.2	作用機序と効果	561
9.5	電磁界の測定評価	564
9.5.1	低周波電磁界の測定法と評価 (伊坂勝生・林 則行)	564
9.5.2	高周波電磁界の測定法と評価 (上村佳嗣)	567
9.5.3	SAR の測定法と評価 (野島俊雄)	573
9.6	電磁界の生体安全性 (多氣昌生)	576
9.6.1	防護指針の考え方	576
9.6.2	防護指針の構成	578
9.6.3	各国の防護指針	579
9.6.4	各防護指針の比較	581

9.6.5 ICNIRP の防護指針	584
9.7 電磁界の生体防護	588
9.7.1 完全導体による SAR 低減	(徳丸 仁) 588
9.7.2 損失誘導体による SAR 低減	(橋本 修) 591
9.7.3 磁性材料による SAR 低減	(王 建青) 596
索引	599