

◇ 目 次 ◇

第1部 ミリ波システム開発の基礎技術.....	1
第1章 ミリ波材料の計測法とその応用計測法.....	3
1. 材料定数測定の基本.....	3
1.1 測定法の分類.....	3
1.2 導波管法.....	3
1.2.1 導波管の基本.....	3
1.2.2 短絡法.....	4
1.2.3 開放短絡法における導波管内部の試料.....	5
1.3 共振器法.....	5
1.4 自由空間法.....	7
1.5 非破壊測定法.....	8
1.5.1 共振器の応用.....	8
1.5.2 導波管法の応用.....	9
2. 反射量測定の基本.....	10
2.1 測定概要.....	10
2.2 留意事項.....	10
2.2.1 測定スパン.....	10
2.2.2 受信レベル.....	11
2.2.3 取り付け台からの反射波.....	12
2.2.4 大地からの反射波.....	12
2.2.5 測定可能範囲.....	13
2.3 反射電力法.....	13
2.4 電界ベクトル回転法.....	14
2.5 ショートパルス法.....	14
2.6 タイムドメイン法.....	15
2.7 レンジドップラーイメージング法.....	16
3. シールド効果測定の基本.....	16
3.1 シールドの基本事項.....	17
3.1.1 透過係数.....	17
3.1.2 表皮深さ.....	18
3.1.3 近傍界の影響.....	18
3.1.4 低周波共鳴.....	19
3.2 シールド効果の測定法.....	19
3.2.1 板状試料のシールド効果の測定.....	20
3.2.2 ガasket試料のシールド効果の測定.....	21
4. ミリ波材料と測定例.....	22
4.1 レーダドーム材料と複素誘電率.....	22
4.1.1 測定法.....	22
4.1.2 複素誘電率と透過率.....	23
4.2 ミリ波電波吸収材料と吸収特性.....	25

4.2.1	実現上の問題点	25
4.2.2	抵抗皮膜電波吸収体	25
4.2.3	FRP 電波吸収体	28
4.2.4	ゴムシート電波吸収体	30
4.3	建材の反射特性	32
4.3.1	測定系	32
4.3.2	反射特性	32
4.4	雪、氷の誘電率と透過特性	34
4.4.1	測定系と試料	34
4.4.2	測定法	34
4.4.3	屈折率	35
4.4.4	複素比誘電率	37
4.4.5	雪氷に埋もれた物体検出	37
4.5	自動車の反射特性	37
4.5.1	測定法	38
4.5.2	測定車両	39
4.5.3	反射特性	39
4.6	シールド材料とシールド特性	41
4.6.1	シールド材料の分類	41
4.6.2	ガasket材の場合	42
4.6.3	板状試料の場合	43

【橋本 修／畠山賢一】

第2章	ミリ波半導体デバイス	46
1.	ミリ波用トランジスタ	46
1.1	電界効果トランジスタ	46
1.1.1	電界効果トランジスタの基本動作	46
1.1.2	ミリ波ヘテロ接合FET	50
1.2	バイポーラトランジスタ	53
2.	ミリ波MMIC	56
2.1	MMICの構成と特徴	56
2.2	ミリ波MMICの開発状況	58
2.3	低雑音MMIC	58
2.4	高出力MMIC	59
2.5	発振系MMIC	61
3.	高密度MMIC	63
3.1	高密度化の手法	64
3.1.1	集積度	64
3.1.2	新しい高密度化技術	65
3.2	3次元MMIC	65
3.2.1	3次元MMICの構造と特徴	66
3.2.2	3次元MMICによる機能回路の超小形化	69
3.3	マスタスライス型3次元MMIC	73
3.3.1	基本概念	73
3.3.2	性能評価	73

【大畑恵一／徳満恒雄】

第3章 MMIC 設計技術とCAD	77
1. MMIC 設計手法	77
2. 素子パラメータ評価, 抽出	81
2.1 素子特性評価技術	81
2.2 能動素子パラメータ	82
2.3 受動素子パラメータ	86
3. ミリ波回路設計	87
3.1 低雑音増幅回路の設計	87
3.2 高出力増幅回路の設計	89
3.3 周波数変換回路の設計	91
3.4 発振回路の設計	93

【大畑恵一／丸橋建一／井上 隆／本城和彦】

第4章 MMIC の実装技術とその解析手法	99
1. MMIC の実装技術	99
1.1 概要	99
1.2 MMIC の実装階層	99
1.3 MMIC の実装に必要な基礎知識	101
1.3.1 集中定数素子	101
1.3.2 分布定数線路	103
1.3.3 空洞共振器	105
1.4 MMIC チップの基板・パッケージへの搭載技術	107
1.5 MMIC チップ間, チップ・基板間の相互接続技術	108
1.5.1 ワイヤボンディング方式	108
1.5.2 キャリア方式	109
1.5.3 フリップチップ実装方式	111
1.5.4 電磁界結合による接続方法	113
1.5.5 その他の接続方法	113
1.6 MMIC パッケージの基本構造と特徴	114
1.6.1 メタル (金属) パッケージ	115
1.6.2 積層セラミックパッケージ	116
1.6.3 同軸フィードスルーパッケージ	118
1.6.4 その他のパッケージ	119
1.7 パッケージ間接続および装置化技術	121
1.7.1 フィルムコネクタ	121
1.7.2 狭ピッチ・同軸コネクタアレイと3次元実装	121
1.7.3 ソルダレス接続による3次元スタック実装	121
2. MMIC 実装設計のための解析手法	122
2.1 解析手法	124
2.1.1 2次元高周波回路シミュレータ	124
2.1.2 2.5次元電磁界解析	125
2.1.3 3次元電磁界解析	125
3. 実装設計事例	131
3.1 等価回路化による手法	131
3.1.1 フリップチップ実装部の等価回路表現例	132
3.1.2 MMIC パッケージの等価回路表現例	132

3.2	3次元電磁界解析による手法	132
3.2.1	フリップチップ実装部の解析例	132
3.2.2	MMICパッケージ内電波吸収体の効果	133
3.2.3	高周波デジタルIC用パッケージ設計	133

【石塚文則／木村秀明】

第5章	ミリ波アンテナ	140
1.	導波管平面アンテナ	140
1.1	高利得アンテナを用いた無線システムとミリ波帯における用途	140
1.2	平面スロットアレーアンテナに適した一層構造導波管	142
1.3	同相励振基本モード導波管	142
1.4	逆相励振基本モード導波管	145
1.5	TEM導波管アレー	145
2.	プリントアンテナ	149
2.1	プリントアンテナの種類	149
2.1.1	給電回路	149
2.1.2	放射素子	151
2.2	プリントアンテナの解析	153
2.2.1	放射パターンの計算	153
2.2.2	キャビティモデル	154
2.2.3	モーメント法	154
2.2.4	FDTD法	155
2.2.5	解析例	155
2.3	アレーアンテナの設計	156
2.3.1	設計法	156
2.3.2	設計例	157
3.	アクティブ集積アンテナ	160
3.1	集積化アンテナの概要	160
3.2	擬光学技術と空間電力合成	161
3.3	アクティブアンテナ	167
3.4	アクティブ集積アンテナアレイの多機能化	172
3.5	応用と展望	174
4.	成形ビームアンテナ	176
4.1	アナログ処理によるビーム成形	176
4.1.1	非線形最適化手法によるビーム成形	176
4.1.2	平面波合成法	177
4.1.3	非線形最適化法と平面波合成法の併用	178
4.1.4	アンテナキャリブレーション	179
4.2	デジタル処理によるビーム成形	179
4.2.1	アダプティブアレーのアルゴリズム	180

【安藤 真／廣川二郎／伊藤公一／松沢晋一郎／川崎繁男／千葉 勇】

第6章	ミリ波帯イメージング技術	185
1.	はじめに	185
1.1	概要	185
1.2	従来の研究	185

2. イメージング用光学系.....	188
2.1 概要	188
2.2 イメージング用光学系の設計および評価	189
2.2.1 設 計.....	189
3. ニューラルネットワークによるミリ波像の信号処理.....	193
3.1 概要	193
3.2 アクティブモードイメージングにおける像の劣化.....	193
3.2.1 劣化の要因.....	193
3.2.2 像劣化の実例.....	194
3.3 ニューラルネットワークによる画像処理.....	194
4. プラズマ計測への応用.....	196
4.1 概要	196
4.2 ミリ波位相イメージ法.....	196
4.2.1 原理.....	196
4.2.2 システムの構成	197
4.3 受光光学系の設計と評価.....	198
4.3.1 設計.....	198
4.3.2 評価.....	198
4.4 プラズマ計測	199
5. まとめ.....	199

【水野皓司／渡部謙一】

第2部 応用システムの動向..... 203

ミリ波技術の特徴.....	205
1. はじめに	205
2. 広帯域特性.....	205
3. 短波長特性.....	206
4. 伝搬特性	207
4.1 大気ガスによる吸収.....	207
4.2 降雨の影響.....	207
4.3 降雪の影響.....	208
4.4 その他の気象粒子の影響.....	209
5. ミリ波利用システムの安全性	209
6. まとめ	209

【上瀧 實】

第1章 ミリ波ID センサー.....	211
1. はじめに	211
2. 国内・海外の現状と動向.....	211
2.1 国内の現状と動向.....	211
2.2 海外の現状と動向.....	212
3. ミリ波ID センサーの開発例.....	212
3.1 システム仕様	213
3.2 システム設計	214

3.2.1	ダウンリンク設計	214
3.2.2	アップリンク設計	214
3.3	ミリ波IDセンサー用MMIC	214
3.3.1	デバイス技術およびデバイスモデル	215
3.3.2	回路の設計と構成	215
3.3.3	特性	216
3.4	ミリ波IDセンサー用モジュール	217
3.4.1	応答器モジュール	217
3.4.2	質問器モジュール	218
3.5	開発したミリ波IDセンサーの特性	218
4.	ミリ波IDセンサーの課題と今後	219
5.	まとめ	219

【齊藤民雄】

第2章	ミリ波のITS応用	220
1.	ITS概論	220
1.1	ITSの概念	220
1.2	自動車の情報化	220
1.3	ITSの機能	221
1.4	ITS専用狭域通信	222
1.5	センシング	223
1.6	まとめ	224
2.	路車間通信	224
2.1	まえがき	224
2.2	システム開発の現状	224
2.3	AHSへの展開	225
2.4	ミリ波帯路車間通信システムの技術課題	226
3.	車々間通信	227
3.1	まえがき	227
3.2	技術動向	227
3.3	AHSへの展開	228
3.4	ミリ波帯車々間通信システムの技術課題	228
4.	ミリ波レーダ	229
4.1	まえがき	229
4.2	電波割り当ての動向	229
4.3	標準化の動向	230
4.4	レーダの設計	230
4.4.1	レーダ方程式	230
4.4.2	アンテナ利得	231
4.4.3	対象物のレーダ反射断面積	231
4.4.4	損失	231
4.4.5	最小受信電力	232
4.4.6	必要電力の試算	232
4.4.7	電波干渉への考慮	232
4.5	レーダ方式	232
4.5.1	パルス方式	232

4.5.2	FMCW方式	233
4.5.3	2周波CW	234
4.5.4	スペクトル拡散方式	235
4.6	インフレーダ	235
4.6.1	インフラレーダ開発の背景	235
4.6.2	目的・機能・特徴	236
4.6.3	開発現状	237
4.6.4	課題	237
4.7	車載レーダ	237
4.7.1	車載レーダ開発の歩み	237
4.7.2	車載レーダの応用範囲	238
4.7.3	車載レーダ開発の現状	238
4.7.4	60 GHz帯FMCWレーダの製品化例	239
4.7.5	課題	241
4.8	今後の展望	241

【福井良太郎／徳田清仁／堀松哲夫／藤村契二】

第3章	ミリ波無線LAN	243
1.	ミリ波無線LANシステムの動向	243
1.1	はじめに	243
1.2	通信の立場から見たミリ波帯電波の特徴	243
1.3	通信へのミリ波帯周波数割り当ての動向	244
1.4	ミリ波帯近距離通信システムの標準化の動向	245
1.5	海外の研究開発動向	246
1.6	わが国における研究開発の動向	246
2.	CRLにおけるミリ波構内通信システムの研究開発	247
2.1	概要	247
2.2	研究開発内容とスケジュール	247
3.	屋内ミリ波伝搬特性	247
3.1	各種建材による反射, 透過特性	248
3.1.1	各種建材の反射特性	248
3.1.2	表面粗さの影響	249
3.1.3	壁等による遮蔽	250
3.2	人体による散乱・遮蔽の影響	250
3.2.1	人体による散乱	250
3.2.2	人体による直接波の遮蔽	251
3.2.3	ミリ波屋内通信における人体による遮蔽の影響	251
3.3	ミリ波室内伝搬特性	252
3.3.1	マルチパス伝搬特性の偏波依存性	252
3.3.2	マルチパス伝搬特性のアンテナ指向性依存性	253
3.3.3	レイトレーシング法による室内マルチパス特性の計算機シミュレーション	253
3.4	屋内マルチパス伝搬特性と高速デジタル伝送特性	254
4.	ミリ波無線LANモデルシステム	256
4.1	モデルシステム開発概要	256
4.2	下方ゾーン型モデルシステム	257
4.2.1	下方ゾーン型モデルシステムのコンセプト	257

4.2.2	システムの構成	257
4.2.3	下方ゾーン型モデルシステムによる屋内伝送特性	262
4.3	側方ゾーン型モデルシステム	263
4.3.1	側方ゾーン型モデルシステムのコンセプト	263
4.3.2	側方ゾーン型ミリ波無線伝送装置	264
4.3.3	側方ゾーン型ミリ波多重アクセス装置	265
4.3.4	側方ゾーン型モデルシステムによる屋内伝送特性	267
4.4	4セクタアンテナ型モデルシステム	267
4.4.1	4セクタアンテナ型モデルシステムのコンセプト	267
4.4.2	全体システム構成・回線設計	268
4.4.3	高周波部, MMIC デバイス, 変復調部	268
4.4.4	セクタアンテナ, アンテナ制御部	269
4.4.5	信号処理部	271
4.4.6	4セクタアンテナ型モデルシステムによる屋内伝送特性	271
4.5	実用化における技術的課題	272
4.5.1	システム全体の課題	272
4.5.2	変復調方式	272
4.5.3	バースト復調器	274
4.5.4	誤り訂正	274
4.5.5	ダイバーシティ	274
4.5.6	アクセス方式	275
4.5.7	有線系とのインターフェース	275
4.5.8	MMIC デバイス, 実装, パッケージ化	276
4.5.9	サービスエリアに関する検討	276

【真鍋武嗣／加藤明人】

第4章	高速鉄道への応用	280
1.	はじめに	280
2.	鉄道通信への利用形態	280
2.1	スポット伝送システム	280
2.1.1	蓄積情報伝送	280
2.1.2	要注意箇所の状態の画像伝送	281
2.1.3	トンネル内の画像受信	281
2.2	列車無線システム	281
3.	鉄道沿線の電波伝搬特性	281
3.1	開放区間	281
3.1.1	見通し内伝搬	281
3.1.2	見通し外伝搬	283
3.2	トンネル区間	283
3.2.1	導波路としての伝搬モード分析	283
3.2.2	直線区間	284
3.2.3	曲線区間	285
3.3	浮上式ガイドウェイ	285
3.3.1	明かり直線区間	285
3.3.2	明かり曲線区間	287
3.4	フェージングの定量的評価	288

4. データ伝送特性.....	288
4.1 データ誤りの要因.....	288
4.2 符号誤り発生パターンの統計的性質.....	289
4.3 伝送容量.....	290
4.4 スペースダイバーシチ.....	290
5. 無線回線設計.....	291
5.1 回線設計の考え方.....	291
5.2 無線伝搬モデル.....	292
5.3 劣化率とC/Nマージン.....	292
5.4 回線設計とサービスエリアの算出.....	292
5.5 降雨の影響.....	292
6. ミリ波列車無線システム.....	294
6.1 システム構成.....	294
6.2 ミリ波無線ゾーンの構成法.....	294
6.3 伝送遅延時間と補償.....	296
6.3.1 伝送遅延時間.....	296
6.3.2 固定遅延の挿入.....	296
6.4 追跡交換.....	296
7. 山梨実験線ミリ波システム.....	297
7.1 実験線システム構成.....	297
7.1.1 移動局.....	298
7.1.2 中継局.....	298
7.1.3 制御局.....	299
7.2 無線機器構成.....	299
7.3 スペースダイバーシチ受信.....	299
7.4 無線ゾーン構成と列車追跡交換.....	300
7.4.1 無線ゾーン構成.....	300
7.4.2 同期方式.....	301
7.4.3 追跡切り替え.....	301
7.5 デジタル画像伝送.....	302
8. 世界の動向ードイツ（トランスラピッド）.....	302

【新倉弘久】

第5章 建設分野における電波利用.....	306
1. 建設分野等での電波利用.....	306
1.1 建設分野における電波利用例の現状.....	306
1.2 建設分野等における電波の利用例.....	306
1.2.1 工事の打ち合わせ.....	306
1.2.2 サイトモニタリング（現場映像遠隔動画送信システム／施工と安全管理）.....	307
1.2.3 データ通信（変状計測，気象観測，運行管理，測量）.....	308
1.2.4 機械の遠隔制御.....	309
2. 電波を利用した重機械の遠隔操作.....	311
2.1 概要.....	311
2.2 建設分野における施工事例.....	312
2.2.1 雲仙普賢岳（長崎県島原市）.....	312
2.2.2 その他の建設分野.....	312

2.3	その他の分野における事例.....	314
2.3.1	製鉄所などのプラントにおける無線利用.....	314
2.3.2	汚染土処理工事における遠隔無人化施工.....	314
2.3.3	鉱山.....	315
2.4	無人機械のサポート.....	315
3.	電波の高度利用に関する研究の動向.....	316
3.1	電波利用の在り方に関する研究.....	316
3.2	要素技術の研究.....	316
3.2.1	映像伝送.....	316
3.2.2	テレコントロール.....	317
3.2.3	多重化伝送.....	318
3.2.4	遠隔地制御（バーチャルコンストラクション）.....	321
4.	災害・復旧工事における施工機械の遠隔操作を可能にするための研究.....	321
4.1	災害発生時の対応.....	321
4.2	対象となる機械と構造.....	321
4.3	標準化.....	322
4.4	今後への課題.....	322
		【久武経夫】
	重要用語解説集.....	324

