Summer 1997

Message from KIKUSUI

Summer Winter

SAWS

Autumn Spring

Vol. 1

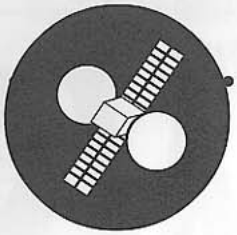
菊水電子から季刊情報誌「SAWS（ソオス）」をお送りすることになりました。
私たちが産声をあげましたのは1951年8月8日、盛夏でした。
夏をスタートに、それから夏·秋·冬·春と季節を繰り返して今年47期を迎えております。

SAWSは、菊水電子が繰り返してまいりましたSummer，Autumn，Winter，Springのイニシャルをとりました。
Sawはご存じのとおり「諺、金言」の意味があり、またソオスの音からはSource「情報源」の意味にも通じます。
SAWSに寄せてお送りする私たちからのメッセージが、皆様のお役に立つものでありたいと願いつつ、積み重ねた経験からのKnow How，Methodology、あるいはTechnologyに及んださまざまなインフォメーションをお届けしてまいりたいと存じます。

この情報誌を、皆様と菊水電子が双方向でアクセスしあえるコミュニケーションツールにしたいとの思いから、巻末には苦言·提言·リクエスト、何でもお寄せいただけるフォーマットを用意いたしました。
ファクシミリで、あるいは郵便で、ぜひともお送りいただきたくお待ち申し上げます。



KIKUSUI



新世紀に向けて、ますます利用の盛んになるマイクロ波の領域について、その状況、応用、今後の発展にまで及ぶ展開を本号から４回にわたり連載いたします。

マイクロ波技術最前線

19世紀の後半電波の存在がマックスウェルにより理論的に予測されヘルツにより実証され、また1901年マルコーニによりkm波による大西洋横断通信が成功してからおおよそ100年、この間電波技術は目覚しい発展を遂げ、現在、通信、放送、航法、測位、測距、レーダ、リモートセンシング、天文、計測、科学、工業、医用などさまざまな分野で、情報の伝達・収集、エネルギーの伝送・供給手段などとして利用されています。特に1から100GHzまでのミリ波を含むマイクロ波帯は周波数範囲が広くまた技術開発が盛んであり、さまざまな形で利用されつつあります。近年、高度情報化社会、マルチメディアなどの言葉を耳にしますが、これらもマイクロ波と密接に関わっています。

そこで本小誌では４回に亘り、先ずマイクロ波の概要に触れ、マイクロ波による通信、放送、航法、測位、測距、レーダ、リモートセンシング、天文、計測、科学、工業、医用などにおける利用技術の現況、ミリ波の開拓状況、21世紀に向けたそれらの動きを眺めてみることにします。

—マイクロ波の概要—

電波とは、３テラヘルツ（3,000GHz）までの電磁波を言います。一方、マイクロ波に対する学術的な定義はなく、波長が手のひらサイズ程度以下の周波数というぐらいの意味で考えてよく、通信分野では１から3GHzを準マイクロ波、３から30GHzをマイクロ波、30から300GHzをミリ波と言い（場合により、10から30GHzを準ミリ波と言う）、ここでは１から100GHz程度までを考えるものとします。その特徴や性質は周波数により異なりますが、一般に大気での透過性が良く、図１に示すように特に１から10GHzは「大気の窓」あるいは「電波の窓」と呼ばれるように、大気や雨や霧による減衰が小さくまた電離層をも突き抜ける（しかし10GHz以上では周波数とともに減衰が大きくなる）、直進性がある、可干渉性がある、物質との相互作用が見られる、などがあげられます。波長が身近な物体のサイズと同程度あるいはそれより小さいため、回路は分布定数として考えねばならず、また回路損失が周波数とともに大きくなり回路や部品の小型化・低損失化・低雑音化が重要になりますが、一方、アンテナや受信回路や機器のサイズを小さくできるメリットがあります。

歴史的に見ると、マイクロ波技術は第二次世界大戦時のレーダ技術を契機として発達し、その後、高出力の電子管やトランジスタ増幅器、低雑音増幅器、集積化回路、コンピュータなどのエレクトロニクス技術、通信技術、アンテナ技術、宇宙技術などとともに進歩発展してきました。

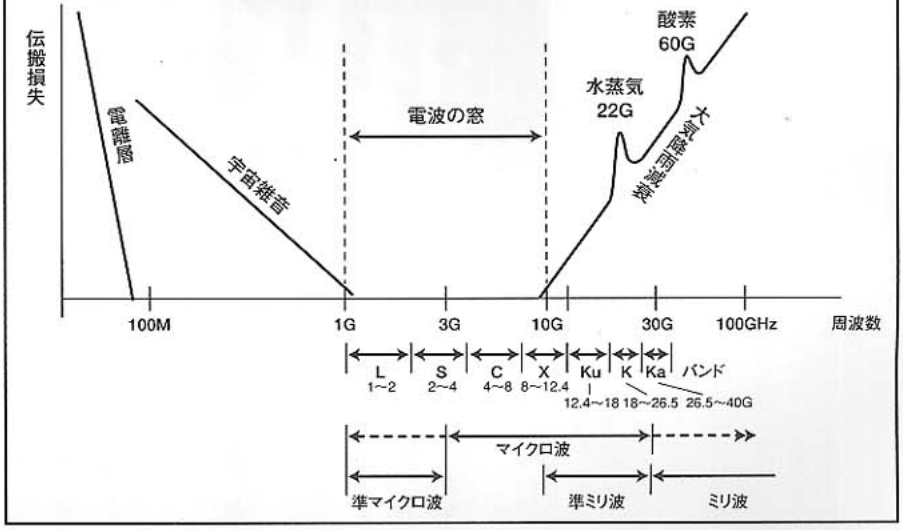
—通信・放送における利用—

通信は特定の相手との間で情報のやり取りをする双方向伝送が基本で、音声や画像、データやコントロール信号などが含まれます。一方、放送はラジオやテレビに代表されるように片方から不特定多数の相手に音声、映像、文字、静止画などの情報を提供するものです。マイクロ波を用いることにより大容量かつ多種類の情報を高品質で伝送できる利点があります。

通信においては、地上では局間の中継回線として２、４、５、６、11、15、20GHzが、加入者回線用として26GHz帯ならびに30GHz以上のミリ波帯が用いられており、現在これらの無線回線が日本全国に張り巡らされています。しかし、ここで特筆すべき利用は、近年、普及拡大の著しい携帯電話、自動車電話、PHS（ディジタル方式による簡易型携帯電話）のような移動体通信と、人工衛星を利用し地球上での通信を行うための宇宙通信や地球以外の惑星観測のための深宇宙通信でしょう。

移動体通信では、周波数は150から800MHz帯が主でしたが、チャンネル数の不足から、情報伝送量の大きい１から３GHzの準マイクロ波帯が利用されつつあります。日本では、携帯電話、自動車電話においてアナログ方式とディジタル方式による800MHz帯の他に特にディジタル方式において1.5GHz帯が、PHSにおいては1.9GHz帯が使われています。しかし、早晩チャンネル数の不足が予想されるため、より高い周波数と、より新しいサービスも期待されるディジタル通信方式が検討され

図１　電波帯と大気伝搬損失

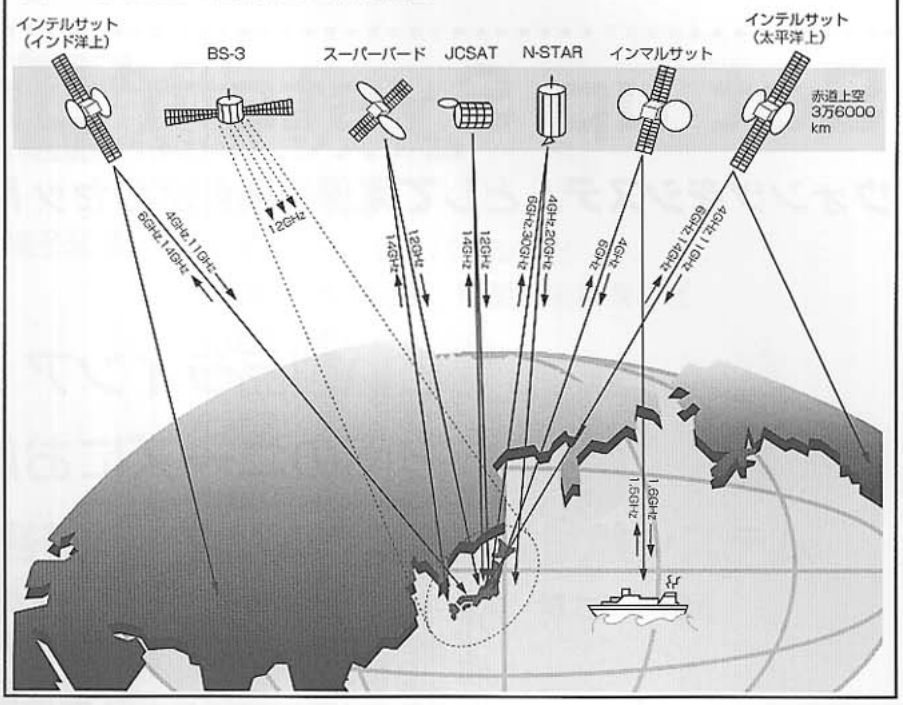


ています。この一端とも言えると思いますが、ディジタル携帯電話機とノート型パソコンなどを結び付け、いつでも、どこでも、多様な情報をやり取りできる、いわゆるモバイルコンピューティングの研究開発も活発になっています。

次に、宇宙における通信について眺めてみましょう。宇宙での通信には、直進性、アンテナビーム指向性、透過性の点からマイクロ波は不可欠です。周波数の管理は国際電気通信連合(ITU)によって行なわれており、1.5／1.6GHz帯(downlink／uplink)、2.5／2.6GHz帯、4／6GHz帯、12／14／15GHz帯、20／30GHz帯が割り当てられています。

宇宙通信では、トランスポンダを搭載した衛星局で受信信号を増幅するとともに所定の周波数、ビーム方向、通信方式に換え送信し、遠く離れた地点間での通信を実現します。衛星には、赤道上空36,000kmに置かれた静止衛星と、高度500kmから1,500km程度までと5,000kmから15,000kmまでの上空を回る周回衛星（非静止衛星）とがあります。静止衛星を使う代表的な国際通信衛星としては、インテルサット衛星と大洋を航海する船舶、航空機、陸上移動体を対象としたインマルサット衛星があります。インテルサット衛星は、太平洋、インド洋、大西洋上に22機配置し全世界をカバーしています。周波数は4／6 GHzと11／14GHzです。インマルサット衛星は、11機を配置し全世界をカバーしており、周波数は1.5／1.6GHzと5／6 GHzです。静止軌道にある国内通信衛星としては、技術開発と実用を目的としたCS—3、NTTによる離島、災害時、移動通信などを目的としたN-STAR（1995年）、民間のJCSAT（日本サテライトシステム）、スーパーバード（宇宙通信）があります。ところで近年、非静止衛星により移動通信サービスを行う計画が活発化してきていますが、それらにイリジウム（アメリカ、モトローラ社）、オデッセイ（アメリカ、TRW社他）、グローバルスター（アメリカ、ローラル社他）計画などがあります。たとえば、イリジウムでは、6つの極軌道（高度約780km）に11機、計66機の衛星を配置し、地上受信・制御局との間や衛星局間ではKaバンド、地上の携帯電話や自動車電話との間ではLバンドを用い、いつでも、どこからでも通信できるようにするもので、1998年にサービスの開始を予定しています。

図2　日本上空の通信衛星と放送衛星



一方、深宇宙通信では宇宙観測機を対象とするため、ミッションデータ、テレメトリ・コマンド信号が主体です。これらには2 GHz帯、8 GHz帯、32GHz帯などのマイクロ波が使われています。ちなみに、NASAにより1977年に打ち上げられた木星、土星、天王星、海王星探査機ボイジャー1、2号や、1996年に打ち上げられ本年7月初め火星表面の鮮やかな映像を送ってきた火星探査機マーズパスファインダーが記憶に新しいところでしょう。

データ通信への応用として、LANへの2.4GHzと19GHzの利用があります。これは構内において離れた部屋の間をワイヤで接続し、室内ではこれらの周波数を用いワイヤレスで各OA機器と接続するものです。これにより好きな所への持ち運びが可能となります。

放送においては、静止軌道に配置された日本国内向けの放送衛星BS-3a、3b、3Nがあります。ともに周波数は12／14GHz帯です。この他、本来、通信衛星であるJCSAT 2、スーパーバードBでもテレビや音楽などの放送を提供しています。特にJCSAT 3（1996年）を使ったディジタル衛星放送が開始されるにおよび、多チャンネル化（数100チャンネル）とともに、音声やパソコンデータなども放送される本格的なマルチメディア時代を迎えようとしています。図2にわが国を取り巻く上空に配置された通信衛星と放送衛星の概念図を示します。

また、わが国では、世界に先駆け準ミリ波（20／30GHz）とミリ波（44／47GHz）によるマルチビーム方式やディジタル伝送方式の実験、移動体衛星通信、衛星間通信、衛星放送技術の実験・実証を目的としたCOMETS（通信放送技術衛星）を近々打ち上げる予定です。いずれにしても今後、放送と通信の区別が不明確になり、両者の融合化がより一層進むことでしょう。

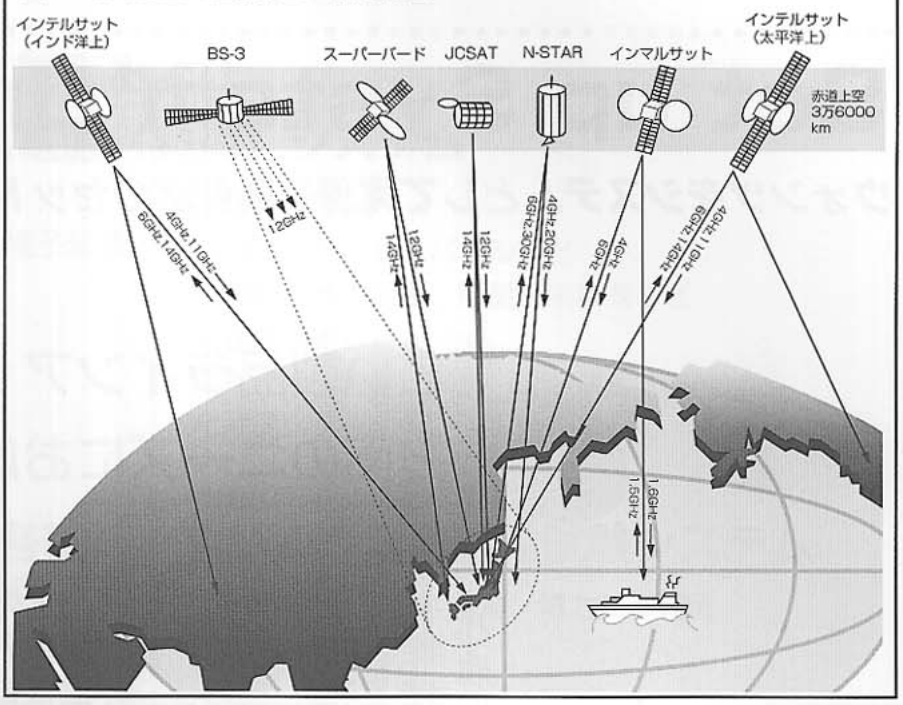
加藤吉彦
（菊水電子工業株式会社 技術顧問）
昭和38年から平成9年4月まで、通商産業省・工業技術院・電子技術総合研究所に所属、この間、マイクロ波における精密計測・標準の確立に関する研究、リモートセンシング技術の研究などに従事、さらに通産省が宇宙航空開発事業団と共同開発した地球資源衛星1号（JERS-1、平成4年打ち上げ）に搭載した合成開口レーダの開発にも参画、平成9年4月より現職、工学博士（東京大学）

ています。この一端とも言えると思いますが、ディジタル携帯電話機とノート型パソコンなどを結び付け、いつでも、どこでも、多様な情報をやり取りできる、いわゆるモバイルコンピューティングの研究開発も活発になっています。

次に、宇宙における通信について眺めてみましょう。宇宙での通信には、直進性、アンテナビーム指向性、透過性の点からマイクロ波は不可欠です。周波数の管理は国際電気通信連合(ITU)によって行なわれており、1.5／1.6GHz帯(downlink／uplink)、2.5／2.6GHz帯、4／6GHz帯、12／14／15GHz帯、20／30GHz帯が割り当てられています。

宇宙通信では、トランスポンダを搭載した衛星局で受信信号を増幅するとともに所定の周波数、ビーム方向、通信方式に換え送信し、遠く離れた地点間での通信を実現します。衛星には、赤道上空36,000kmに置かれた静止衛星と、高度500kmから1,500km程度までと5,000kmから15,000kmまでの上空を回る周回衛星（非静止衛星）とがあります。静止衛星を使う代表的な国際通信衛星としては、インテルサット衛星と大洋を航海する船舶、航空機、陸上移動体を対象としたインマルサット衛星があります。インテルサット衛星は、太平洋、インド洋、大西洋上に22機配置し全世界をカバーしています。周波数は4／6 GHzと11／14GHzです。インマルサット衛星は、11機を配置し全世界をカバーしており、周波数は1.5／1.6GHzと5／6 GHzです。静止軌道にある国内通信衛星としては、技術開発と実用を目的としたCS—3、NTTによる離島、災害時、移動通信などを目的としたN-STAR（1995年）、民間のJCSAT（日本サテライトシステム）、スーパーバード（宇宙通信）があります。ところで近年、非静止衛星により移動通信サービスを行う計画が活発化してきていますが、それらにイリジウム（アメリカ、モトローラ社）、オデッセイ（アメリカ、TRW社他）、グローバルスター（アメリカ、ローラル社他）計画などがあります。たとえば、イリジウムでは、6つの極軌道（高度約780km）に11機、計66機の衛星を配置し、地上受信・制御局との間や衛星局間ではKaバンド、地上の携帯電話や自動車電話との間ではLバンドを用い、いつでも、どこからでも通信できるようにするもので、1998年にサービスの開始を予定しています。

図2　日本上空の通信衛星と放送衛星



一方、深宇宙通信では宇宙観測機を対象とするため、ミッションデータ、テレメトリ・コマンド信号が主体です。これらには2 GHz帯、8 GHz帯、32GHz帯などのマイクロ波が使われています。ちなみに、NASAにより1977年に打ち上げられた木星、土星、天王星、海王星探査機ボイジャー1、2号や、1996年に打ち上げられ本年7月初め火星表面の鮮やかな映像を送ってきた火星探査機マーズパスファインダーが記憶に新しいところでしょう。

データ通信への応用として、LANへの2.4GHzと19GHzの利用があります。これは構内において離れた部屋の間をワイヤで接続し、室内ではこれらの周波数を用いワイヤレスで各OA機器と接続するものです。これにより好きな所への持ち運びが可能となります。

放送においては、静止軌道に配置された日本国内向けの放送衛星BS-3a、3b、3Nがあります。ともに周波数は12／14GHz帯です。この他、本来、通信衛星であるJCSAT 2、スーパーバードBでもテレビや音楽などの放送を提供しています。特にJCSAT 3（1996年）を使ったディジタル衛星放送が開始されるにおよび、多チャンネル化（数100チャンネル）とともに、音声やパソコンデータなども放送される本格的なマルチメディア時代を迎えようとしています。図2にわが国を取り巻く上空に配置された通信衛星と放送衛星の概念図を示します。

また、わが国では、世界に先駆け準ミリ波（20／30GHz）とミリ波（44／47GHz）によるマルチビーム方式やディジタル伝送方式の実験、移動体衛星通信、衛星間通信、衛星放送技術の実験・実証を目的としたCOMETS（通信放送技術衛星）を近々打ち上げる予定です。いずれにしても今後、放送と通信の区別が不明確になり、両者の融合化がより一層進むことでしょう。

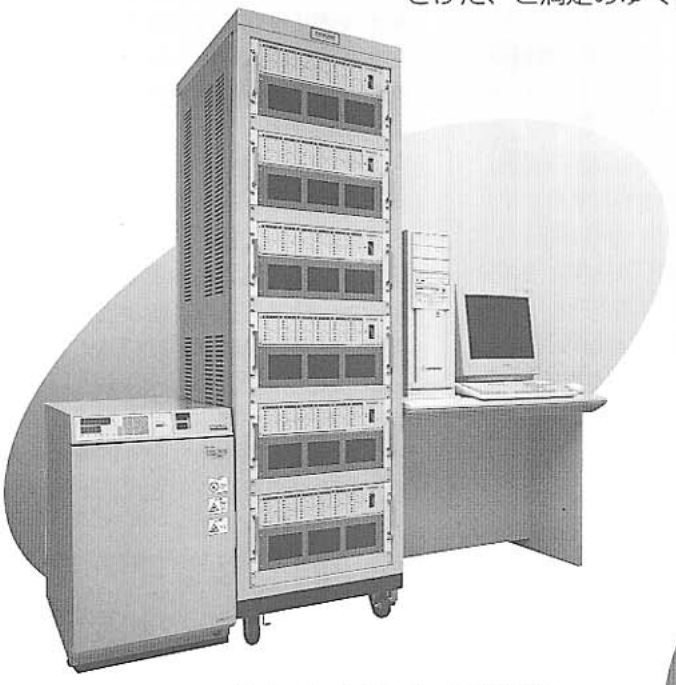
加藤吉彦
（菊水電子工業株式会社 技術顧問）
昭和38年から平成9年4月まで、通商産業省・工業技術院・電子技術総合研究所に所属、この間、マイクロ波における精密計測・標準の確立に関する研究、リモートセンシング技術の研究などに従事、さらに通産省が宇宙航空開発事業団と共同開発した地球資源衛星1号（JERS-1、平成4年打ち上げ）に搭載した合成開口レーダの開発にも参画、平成9年4月より現職、工学博士（東京大学）

Set up System On Demand

ウォンツをシステムとして実現する菊水のセットアップエンジニアリング

幅広い製品ラインアップと豊かな経験が、多方面のニーズにお応えします。

私たちは市場でご愛顧いただいているカタログ製品を軸に、ユーザーのご要求にお応えするセットアップエンジニアリングサービスを展開しております。
通信、自動車、半導体をはじめさまざまなアプリケーションが必要とする制御、評価、試験用システムなどのセットアップを承っております。
キクスイのもつ計測と電源のテクノロジーをソフト、ハード両面からフルに提供し、ユーザーのニーズをクリアしてさらに深い部分のウォンツの領域にまでほりさげた、ご満足のゆくシステム提案を実施しております。



リチウムイオンバッテリ対応
充放電試験システム



高調波電流測定
イミュニテュ試験システム

●対応分野・用途

各種デバイス制御および信頼性評価用電源（負荷）システム

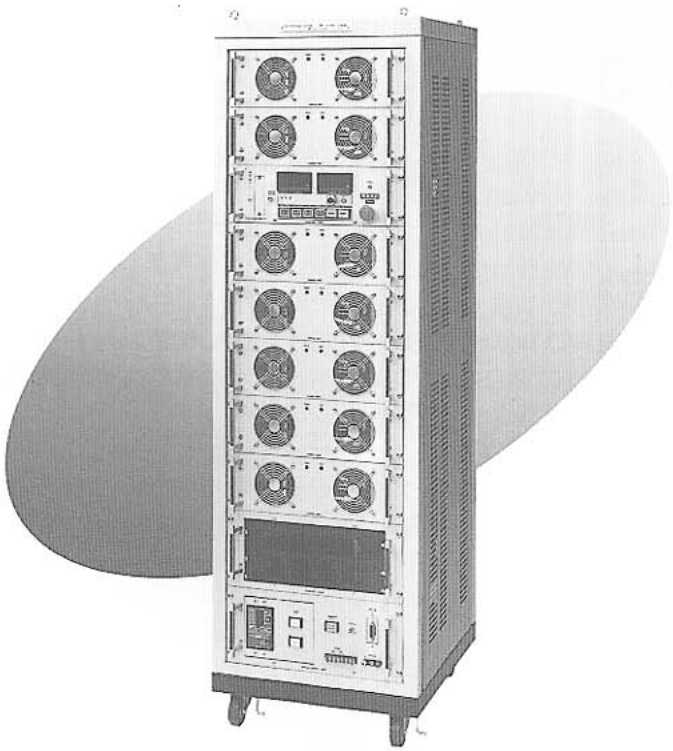
●自動車	各種電送部品
●半導体、表示体、電子部品	PDP、大型LCDパネルなど
●通信	交換機、各種端末、衛星搭載機器など
●研究、医療	加速器制御など
●電源テスタ	高電圧、大容量、多出力対応など
●その他	化成品、メッキなど

各種バッテリ評価用充放電試験システム

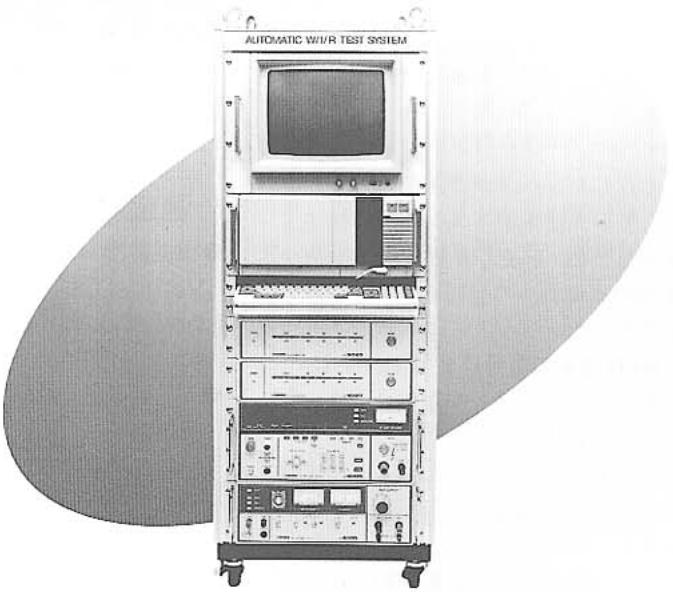
●EV関連	車載動力用高性能電池、電力効率測定
●医療関連	小型健康機器用電池
●通信関連	携帯、端末用電池
●素材関連	電極、化成品など

規制、規格試験システム

●高調波測定
●フリッカ試験
●イミュニティ試験
●自動耐電圧・絶縁試験



直流電源出力特性試験システム



自動耐圧・絶縁・低抵抗試験システム

シリーズ計測

DVDを計測する

AV機器の高性能化そしてパーソナルコンピュータのめざましい普及とともに、市場には外部記憶媒体もFD(フロッピーディスク)、CD(コンパクトディスク)、MD(ミニディスク)と多彩に登場してきました。

なかでもその記憶容量の大きさと倍速、4倍速、6倍速から今や24倍速にまで及んだドライバの普及、発達によって、CDの使われる舞台が急速に拡がり、昨今パソコンのOSやアプリケーションソフトはCD-ROM(コンパクトディスクを利用した読み出し専用メモリ媒体)による供給が主流になっています。

一方、マイクロカセットを利用するウォークマンからスタートした携帯用AV機器の発達も急速で、CD、MDの機器がこれまた大きな普及をみせました。さらには携帯電話、PHSの驚くほどの超小型軽量化、さらにはパソコンの世界でもモバイルコミュニケーションがトレンドとなり、サブノートパソコン、PDAなどがデジタル携帯電話との組合せで移動しながらコンピュータを利用して、データ通信を行うことが常識になってきました。必要最小限のアプリを組み込んだ専用のWindows CEマシンが上陸してきたのも象徴的な現象です。

そうしたシーズが大きなニーズに発展して、光磁気ディスクの最新技術を駆使し、CDを凌ぐ多彩な用途を持つDVDの表舞台への登場を促すところとなりました。

DVD発展の裏付けとして、光学系、機械サーボ系、そして電気系、さらにはソフト処理など多岐にわたる難しい問題点をクリアしてきたエンジニア達の努力があったことは言うまでもありません。

さらには、DVD関連製品の生産を支える計測技術の発展を見逃すわけにはいきません。

CD技術の発展により実現したDVDですが、特に記憶容量を飛躍的に拡大させる大きな要因となったことには；

·650nm波長レーザーダイオードの開発
(CD用は780nm波長)

・高速サーボ技術の確立
フォーカスサーボ1.9倍、トラッキングサーボ4.5倍、垂直位置出し分解能5倍
…… いずれもCDに対し

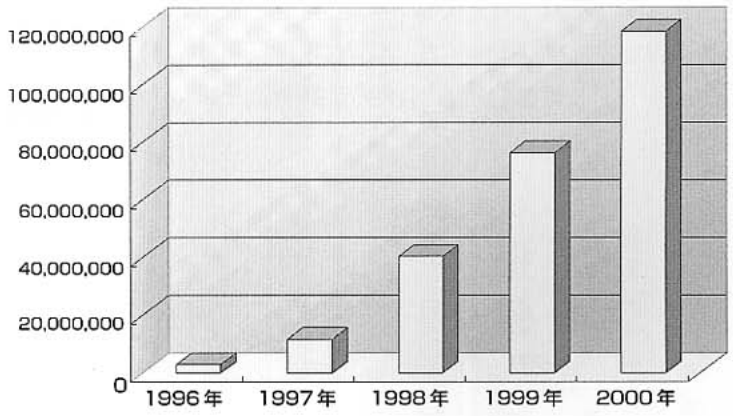
·MPEG 2(カラー動画像符号化方式)の採用と強力なECC(誤り訂正符号)ソフト

・ディスク加工成形技術の向上
(トラックピッチ：CD 1.6μmに対しDVD 0.8μm)

等などが挙げられます。

これらはちょうどサブミクロンの領域に進んだ半導体の微細加工技術や、最高レベルを行くMPEG、ECCなどシステムLSI化促進の動向にギヤして発展したともいえるでしょう。

DVDの普及台数予測



《DVDの測定》

DVDで測定する内容は「DVD Book」に記載されていますが、関連メーカー各社はそれに補助測定項目を追加して、独自のスタンスから品質の維持を心がけているようです。

◇測定項目

◆機械特性
· Vertical Deviation
· Radial Deviation
· Angular Deviation
◆HF信号系・サーボ系
· 反射率
· 反射光角度
· 面振
· HF信号振幅
· 面振加速度
· トラックピッチ偏位
· 偏芯
· トラッククロス
· 偏芯加速度
· ジッタ量
· データエラー量

これらの測定項目はCDに近いか、手法を変えているだけですが、個々に要求されている技術レベルはCDのそれよりもはるかに高く厳しいものがあります。

また計測面で重要なポイントは、測定した値の確かさ、根拠、国家標準や世界標準へのトレーサビリティなど測定の値付けの問題があります。

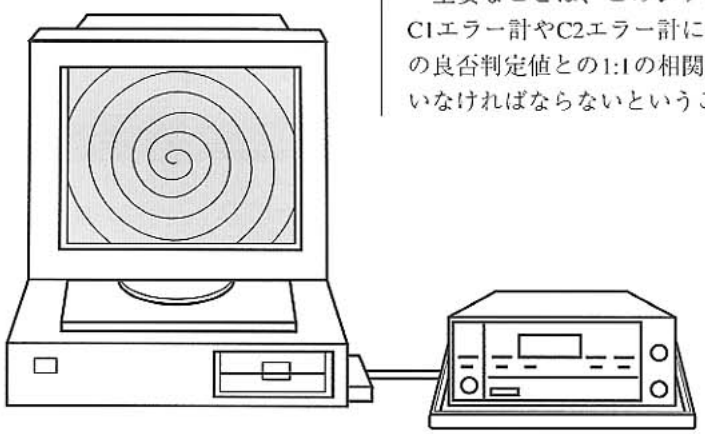
そのため、標準ディスクやテストディスク、さらにはHF信号、MPEGエンコーダなど標準信号源の準備が必要です。

名　　称	DVD 統一規格
ディスクの直径	120 mm
ディスクの厚さ	1.2 mm (0.6mm ディスクを２枚張り合わせ)
記憶容量	片面 4.7G バイト
半導体レーザの波長	650nm/635nm
光学レンズの開口率（NA）	0.6
信号変調方式	8-16 方式
エラー訂正方式	RS-PC (Reed Solomon Product Code)方式
トラックピッチ	0.74 μm
データ転送レート	可変方式 平均 4.69M b/s (映像＋音声)
画像圧縮方式	MPEG2 画像圧縮
音声記録方式	Dollby AC-3 (5.1ch), LPCM (NTSC) MPEG2 AUDIO, LPCM (PAL/SECAM) 最大 8ヶ国語の音声と最大 32ヶ国語の字幕を記録可能
収録時間の例	133分 (転送レート平均 4.69M b/s の時、Dollby AC-3 (5.1 ch) 3 言語 4 サブタイトルを含む
ファイル管理構造	Micro UDF および ISO-9660 コンピュータ用の場合は Micro UDF および/ または ISO9660

CDの計測は、「CD Book (Red Book)」にある規格に則って実施されています。一方DVDは同一の事象を「DVD Book」に別方法で測定定義しています。
双方とも書き込まれているデータをいかに正確に読み出し、再生できたかが評価のキーファクターとなっています。

CD は AV メディアから CD-ROM へデータストレージの媒体として発達し、コンピュータに欠かせないものとった経緯から、データを何個読み出し、何個誤りがあったかというデータエラーレート（C1 エラー ,C2 エラー）で評価する方法がとられています。

したがって音声や画像以上にデータがシビアに扱われる場面が多くなります。



データフレーム単位の誤り率である「フレームエラーレート」や、データブロック単位の誤り率である「ブロックエラーレート」を測定し評価する測定器には、「ブロックエラーレートカウンター」などがあります。

一方DVDはこれと異なり、時間間隔の解析装置である「タイムインターバルアナライザ」を用いてデータエラーレートや光学系に起因する誤りを総合的に測定、評価します。

CDではC1,C2のエラーを測定するためにエラー計を使いますが、この測定には時間がかりますので、生産ラインでは効率的とは言えません。

そこで誕生したのが「ジッタメータ」と呼ばれる RF 信号の揺らぎ測定器です。

重要なことは、このジッタメータはC1エラー計やC2エラー計による誤り率の良否判定値との1:1の相関が得られていなければならないということです。

CD および DVD のエラー発生の要因は、光学系だけでも複数存在します。それは；

①デフォーカス
　フォーカスぼけ
②タンジェンシャルスキュー
　レーザーダイオードの光軸と
　ディスクの回転接線との直交性
③ラジアルスキュー
　デイスクのトラックに対する
　レーザーダイオードの光軸の直
　交性

などがあります。

これらのどんな要因でエラーが発生しても、その値が同じであればジッタメータでの測定値も同じ値を示さなければいけないということです。

一般的にジッタメータは、「3T方式」が普及しました。これはCDのコンポジット信号の中に存在する3Tから11Tまでの整数次信号のうち、3Tのみを測定するやり方です。

ところがこの方式ですと、デフォーカス、タンジェンシャルスキュー、ラジアルスキューについてエラー計との相関が全くとれていないことが判明しました。

そのためDVDの計測については、タイムインターバルアナライザの使用を選択することになった推測されます。

そこで菊水電子工業では、お客様との綿密な仕様打ち合わせにより、CD用ジッタメータ開発の時点から「22T方式」を採用、全ての整数次信号の総合的な測定を行うやり方をとり、モニタリングを重ねた結果、全ての測定値に相関の高いことが検証されました。

このことが、ラインあるいは検査工程で、低価格でしかも操作性の簡便なジッタメータの採用を決定づけることになりました。

☆菊水では CD/CD-ROM 用ジッタメータ「KJM6235A」につづき、DVD/CD 用ジッタメータ「KJM6735」を同一価格で発売、増大する需要にお応えする態勢をととのえました。

くわしくは資料をご請求ください。