

クロマ:プロ映像／音響の最先端技術誌

1993年3月1日発行(隔月1回1日発行)第1巻第1号通巻第1号
平成元年12月8日第3種郵便物認可

CHROMA



3
1993

特集1=最新デジタル音声制作
特集2='92国際放送機器展・3

●秋田朝日放送の設備
●SSL、QUANTELに聞く

デジタル伝送による 海外クラシックコンサートの中継と CU-226新スタジオの紹介

「ベルリンフィル/ジルベスターコンサート」
「ウィーンフィル/ニューイヤーコンサート」

栗原信義

ある番組の舞台裏

大晦日恒例の「紅白歌合戦」が終わり、「行く年くる年」も終わるころCU-226スタジオは少しずつ、その緊張感を増していく。

午前1時。PTS回線がつながりベルリンフィルハーモニーホールにいる現地スタッフとダイレクトに結ばれて連絡が可能となる。現場では既にすべての機器のセッティングを完了している。

現場の状況やレベル合わせの方法などを確認するなど、軽く打ち合わせを行っている間に1時5分となる。

突然コンサートホールのざわめきがCU-226スタジオのモニタースピーカーから流れ出してきた。音声用のPCMデジタル回線がオープンしたのだ。この瞬間、音声スタッフは緊張と同時に一種の安堵感を持つ。日本から見れば地球の裏側とも思えるドイツのベルリ

ン。そこにあるフィルハーモニーホールとCU-226スタジオがPCMデジタル回線で結ばれ、今、同じ音場空間を共有することができたのだ。

PTS回線での打ち合わせをしながらさっそく回線のチェックに入る。L、Rの確認と位相のチェック。フルビット信号による各機器の動作点のセット。基準送り出しレベルの確認などを手早く行う。

すべて異常なし。DATで事前に録音したりハヤシの演奏を現場から送ってもらう。

密度の濃いベルリンフィルのサウンドがスタジオのモニターから流れ出した。ここで全体の音質やノイズの有無を最終的に確認する。極めて順調である。

1時15分。映像がつながった。モニターはフィルハーモニーホールのロングショットが映し出されている。映像も順調だ。

しばらく状況を眺めながら本番前の最後の調整に入る。

映・音の時間軸一致

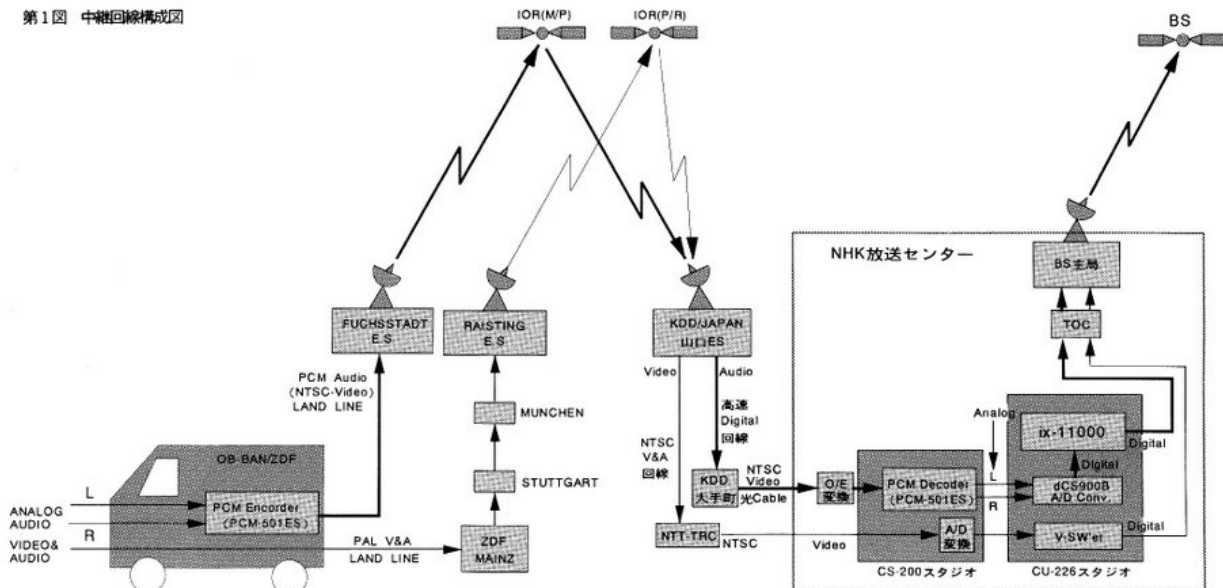
映像とデジタル音声を送られてくる映像回線とは通信衛星を含めて全く別の系統であり、しかも映像は現地のPAL方式を日本のNTSC方式に変換したり、同期を合わせるため数箇所FS(フレームシンクロナイザー)が挿入される。

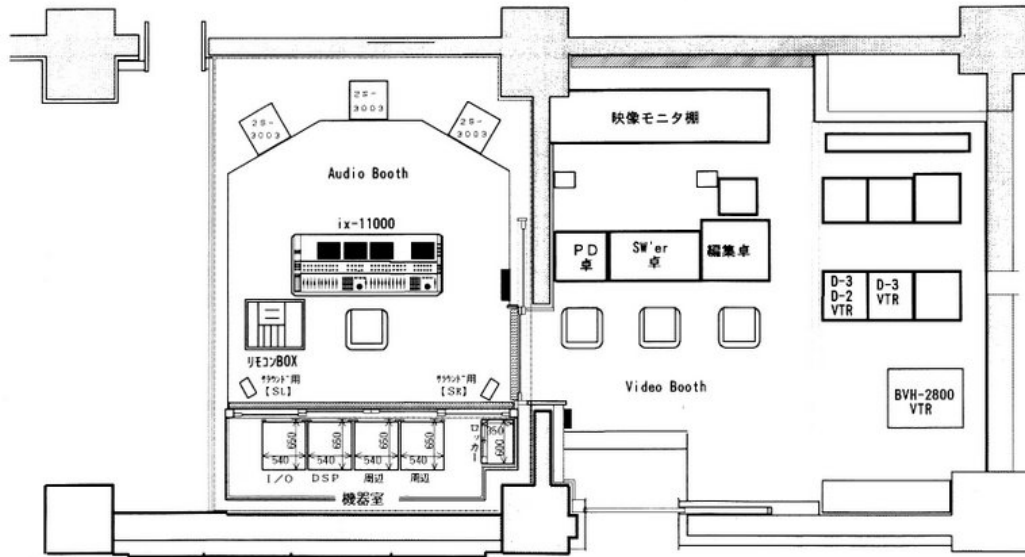
これらの機器は映像信号を一旦メモリーに記憶し、必要なタイミングで読み出されるという動作を行うため、入出力間に時間的な遅延が生ずる。その遅延量は方式変換装置で1~2フレーム(1フレームは33ミリ秒)、FSが数ミリ秒~1フレーム程度である。そしてFSは入力側の同期信号と出力側同期信号の位相差分がその時点での遅延時間となるため一定した値ではない。

また、デジタル音声を乗せた映像回線にはこうした方式変換や、FSなどの機器を絶対に入れてはならない。音声信号は時間的に連続していなければ成立しないメディアであり、デジタル信号化されても条件は同じである。こうした時間的な遅延を生ずる機器の他に静止通信衛星での伝送では、1段中継で約0.25秒(250ミリ秒)の遅延を生ずる。

こうした状況にある回線構成を経由した場合、映像と音声の到着地点で一致しているということはまずあり得ない。このため最終の到着地点であり、また送出地点でもあるNHKの送出担当スタジオにおいて映像と音声の時間軸を一致させる作業が必要となる。これもCU-226スタジオに課せられた大きな課題なのだ。

第1図 中継回線構成図





第2図 CU-226スタジオ機器配置図

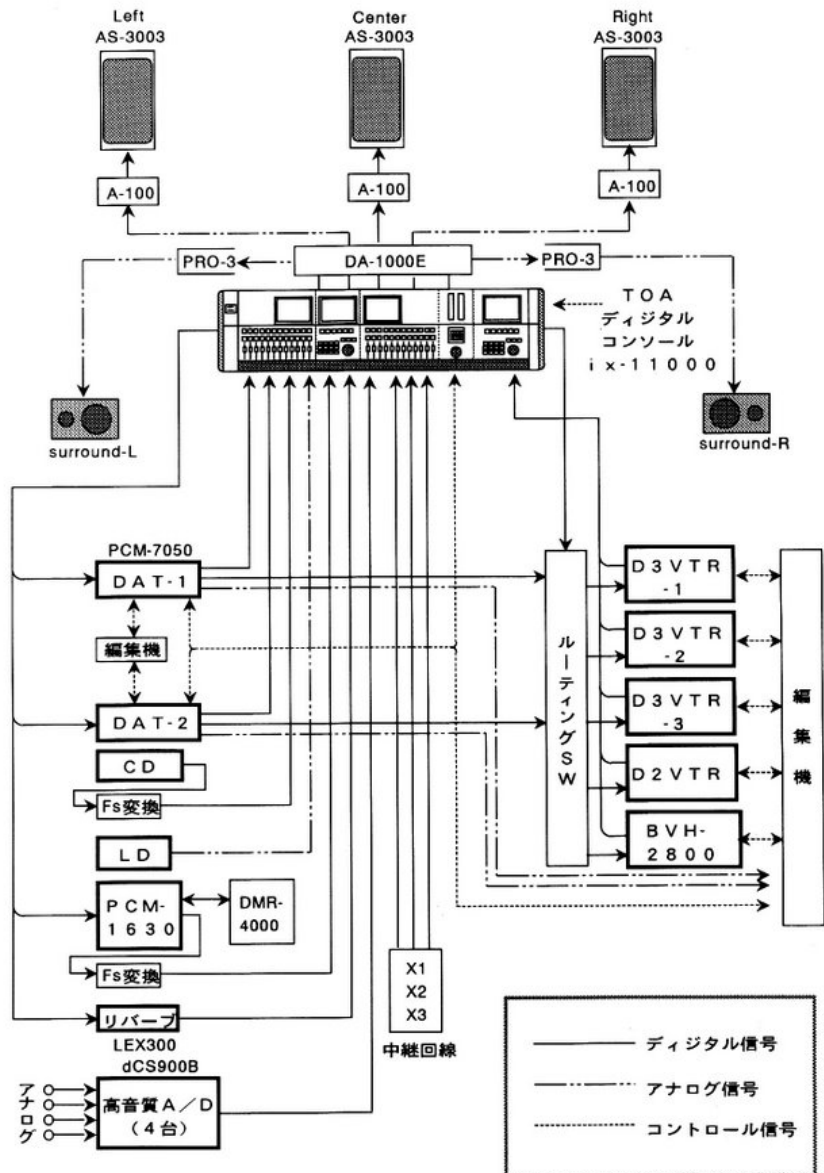
この作業はFSの関係ですべての回線が本番用に接続された状態で行わなければ意味がないため、常に本番直前での作業となる。時間軸を合わせる調相のための時間は長くても数分間しかない。

4年ほど前、同じ状況下で映像が本番の1分前になってやっとながったことがあった。この時は事前の調相作業が不可能となり、オンエア中にディレイマシンを調整した。結果から見ると400ミリ秒以上の差があったのだが、幸にも会場のロングの映像からスタートし、数分間はコーラスグループのロングショットが続いた。歌手の口元が、そして楽器のアップが映し出された時にはめでたく調相を完了していたため、映像と音声の「ズレ」に気づいた人はいなかった。(と、今でも思っている)。

こうした過去の経緯を踏まえ、3年ほど前からは映像と音声を合わせるための専用の信号を現地から送るようになった。通称「カチンコ」と呼ばれる音を出す器具を手に持ったおじさんが映像に登場し、2~3秒間隔でこれを打ち鳴らしてくれる。最終調整箇所であるCU-226スタジオではこの信号を見ながら音声のディレイ時間を調整、映像と音声を一致させるのだ。

既に手慣れた作業となり、今回は1分ほどで調相を完了し、この旨を現地に伝えた。しかし3分以上たっても相変わらず調相用の信号が送られている。これは同じ作業をヨーロッパのさまざまな放送機関で行っているためである。まだ調相が完了していない局があるのだろう。

オンエア時刻の5分ほど前になって回線に



第3図 CU-226スタジオ・音声主要機材

は会場の画と音が送られてきた。これから1時間半の間、2つの映像回線に異常がないようにと祈りながら最後の点検を行う。

午前1時30分、ベルリンフィルの演奏による「'92ジルベスターコンサート」はこうして本番を迎えたのである。

伝送経路

さて、ここでは以上のような状況の中でスタートしたクラシックコンサートの海外生中継番組の舞台裏と、今回の番組から使用を開始したフルデジタルコンソールを装備した最新スタジオである「CU-226スタジオ」について紹介しよう。

第1図が今回の放送のための伝送経路である。

ベルリンのフィルハーモニーホールに横付けしたOB-VANにA/Dコンバーターを設置し、ここに会場からの音声と映像を直接ケーブルで引き込む。A/DコンバーターにはソニーのPCM-501ESというEIAJ標準フォーマットに準拠したPCMプロセッサーを使用している。この機械は入力されたアナログの音声信号を44.1kHzのサンプリング周波数で16ビットリニアのPCM信号に変換し、さらにNTSC方式の映像信号として出力する。

この、デジタル音声信号が乗った映像回線はヨーロッパ中に張り巡らされた地上の回線(ランドライン)でドイツのフックシュタットというところにある衛星回線用の地上局に送られ、ここからインド洋上に静止しているIOR (MP) という通信衛星に向けて送信される。

映像はPAL方式の通常のTV信号で、これにはモノラルのアナログ音声信号も入っている。映像回線はランドラインを経由して同じドイツにあるライスティングの地上局からやはりインド洋上のIOR (MP) 衛星に向けて発射される。

ところで、今回の伝送は結果的に見て、どうやらこの図の通りに行われたようだ、というと思えるかもしれないが、現実にはさまざまな障害が待ち受けているのである。

例えば、ヨーロッパのランドラインが放送当日に混雑してくると現地の回線担当者が勝手に伝送経路を変更してしまうこともある。通信回線の担当者としては必要な信号がつかねばよいのだから経路の変更は問題ないと判断するのかもしれないが、実はこれが大変な問題を発生するのである。

これも4~5年前の話だが、決定された(?)回線構成から映像と音声のズレをあらかじめ計算し、ディレイ装置をセットして待ちかまえていた。ところが本番直前に最終調整を行ってみると300ミリ秒も予想と違っていたのである。番組終了後に調べてみると、ヨーロッパ内の伝送経路が予定と違ってランドラインではなく通信衛星が使われていたことが判明した。37,000km上空の静止衛星を使うと電波のスピードでも往復で0.25秒の時間がかかる。ランドラインならほぼ0秒と考えてよく、その誤差は極めて大きいのである。

そしてこのことは、さらに重大な問題を含んでいるのである。

前述のように映像とデジタル音声に乗せた映像回線が同じ段数の通信衛星を経由して行く場合でも映像に遅延を生ずるさまざまな機器を経由するため、音声映像より先に到着する。このため音声にディレイ装置を挿入して遅らせれば映像と音声の時間軸を合わせることが可能である。しかし、予定にない衛星を経由して送られてくる場合でもそれが映像回線であれば、相対的にデジタル信号で送られてくる音声信号が先に日本に到着するので問題はない。

ところが、もし音声と映像が予定した段数よりも多い数の衛星を経由して送られてくると、結果的に映像が先に到着してしまう。それでも数10ミリ秒程度の差なら映像回線にFSを数台直列に入れることで映像を遅延させることも原理的には不可能ではないが、これが数100ミリ秒オーダーになったら万事休すである。

つまり、予定しない衛星が音声ラインに1段入ると250ミリ秒も映像が先行してしまい、解決手段はない。番組としては映像と音声大幅にずれたまま放送せざるを得ない状況に陥ってしまうのである。

映像の伝送経路に1段余計な衛星回線が入った事件(?)を契機に次の年には保険を掛けようという話まで持ち上がった。つまりこうした状況になっても番組が成立するように、日本国内で映像信号の伝送回線に通信衛星を経由しておこうというのである。通信衛星を利用した規模壮大な遅延装置を入れようということである。こうしておけばヨーロッパで音声回線に予定外の衛星が使われて遅延が発生しても、それが1段なら吸収できる。

しかし、実際にはこうした保険を掛けずに今日まで無事に放送を出すことができていたのは一つの奇跡と呼べるかもしれない。

国内伝送

さて、インド洋上の通信衛星を経由したデジタル音声と映像信号は山口県にあるKDDの地上局で受信される。映像信号はこのKDD山口地上局でPALからNTSC方式に変換(方式変換)され、通常の国内中継ラインで東京のNHK放送センターに入ってくる。

映像化されたデジタル音声信号はそのままでは国内での伝送ができないためKDD山口地上局でBモード放送対応の高品質CODEC(コーデック)に入り、国内の高速デジタル回線網を通じて大手町のKDDまで伝送される。ここで再びEIAJ標準フォーマットのPCM信号に変換され、映像となった信号が光ケーブルを使ってNHKに入ってくる。

NHKのCS-200という衛星回線を専門に扱うスタジオに到着したデジタル音声信号はここで再びPCM-501ESに入り、この中のD/A回路を経てアナログ信号に変換され、ここからCU-226スタジオまでは専用回線でダイレクトに伝送される。

CU-226スタジオ

このスタジオは今年の1月1日、つまり平成5年の元旦にオープンしたもので、前述のベルリンフィルによるジルベスターコンサートで初めて使用された最新スタジオだ。

スタジオ内の機器は音声も映像もほとんどがデジタル化されている。これは衛星放送のBモード番組を制作、送出するために整備したNHK初の映・音フルデジタル化スタジオである。第2図にスタジオの機配置図を、第3図には主要機材を示した。

ここではデジタルコンソールを中心に音声設備の概要を述べる。

ix-11000 Full Digital Mixing Console

ix-11000はNHKとTOA(ティーオーエー:神戸)が2年間、共同で開発した試作品を元に設計・製作されたフルデジタルの放送用コンソールである。写真1でもお分かりのように2.3×0.9mほどのコンパクトなサイズの中に72のミックスチャンネルを持ち、すべてのチャンネルに4バンドのフルパラメトリックEQと2バンドのフィルター(0/6/12/18/24dB/oct.)、リミッター&コンプレッサー、サラウンドパンなどを装備している。

ディレイ回路はオプションで全チャンネル

に装備可能だが、CU-226スタジオでは8チャンネル分を装備した。このディレイ回路は最小設定値が1サンプル(コンソールは48kHzの固定サンプリング周波数で動く)分の時間である20.83 μ 秒単位で可変できる。そしてこの単位で設定する場合には完全にノイズレスで動作するため、本番中でも可変できるのが大きな特徴となっているが、決して好んで(?)できる作業ではない。

最大ディレイ量は1.8秒であり、さまざまな用途に対して十分な値を持っている。

第4図にはix-11000の概要を示すが、これだけの内容を持つコンソールをアナログ方式で実現すると長さは4m近い巨大なものになるところであるが、すべてのオペレーションに対してアサイン方式を採用し、フェーダーを24本に抑えることでコンパクトなサイズを実現している。また、フルアサイン方式の採用により、基本的にはセンター部分に装備された1本のフェーダーと12個のアサインポットのみでコンソールのすべての機能を操作することが可能であるが、フェーダー1本だけでは同時に複数のフェーダーを操作することが不可能であり、作業内容

に合わせた最低限の本数は必要となる。

CU-226スタジオは生放送対応ということもあり、ミクサーの心理的な不安を取り除く意味からも24本という、やや多い数のフェーダーを装備し、主な入力素材はすべてフェーダーに立ち上げることを可能としている。

コンソールの基本的な動作モードとしては「Stereo」と「Sourround」があり、サラウンド時にはトラックボールによるワンタッチサラウンドパンが可能である。

EQやダイナミクスなどのオペレーションはタッチ式ディスプレイによるワンタッチアクセス方式を採用した。これはフェーダーを基点として従来のコンソールと同じようにインラインに必要な操作モジュールを配置した操作環境を仮想的に実現したものである(写真2)。

例えば、あるフェーダーの入力信号に対してEQを操作したい場合、そのフェーダーの上部にある画面内のEQボタンにタッチするとセンターセクションのディスプレイにEQの操作画面(写真3)が現れる。これで4バンドのEQと2バンドのフィルターが12個のアサインポットで自由に設定可能となる。

この時、センターセクションにあるフェーダーにはEQをセレクトしたチャンネルのフェーダー機能がアサインされ、イコライジングによって変化する音量レベルを手元で素早く補正することが可能となる。

ダイナミクスをコントロールする場合も同じであるが、ここではコンプレッサーの動作イメージをグラフィック画面で表示し、視覚からも間違えないオペレーションを可能としている(写真4)。この画面に重ねて実際の信号レベルが表示されるとさらにビジュアル化されて良いのだが、これは次期バージョンに期待しよう。

EQとダイナミクス以外の主なオペレーション環境は各チャンネルの画面下に用意された2個のアサインポットで必要なパラメーターを入力する。例えばヘッドアンプを接続した入力チャンネルの場合にはHAマークが画面に表示される。そして、このマークにタッチするとそのチャンネルの2個のポットがHAゲインとデジタルトリムのレベル設定機能を持つ。AUXやQUEなども画面にタッチすると、ポットの横にあるスイッチで回路のON、OFFができ、ポットで送りレベルの調整ができる。グループバスやマスターセンドバスのセレクトも画面の必要な箇所にタッチし、ポット横のスイッチでON、OFFを行う。

こうした画面タッチ+スイッチやポットの操作というオペレーションは頭で考えると1動作分のよけいなアクセスを必要とし、繁雑であるようなイメージがある。

これは事実なのだが、実際に使ってみると操作上のストレスになることはほとんどない。

逆に、こうした環境を実現することによって必要な操作をすべてセンターポジションから行えることは、従来の4m以上もあるコンソール面を人間が移動しながら操作するという本末転倒な操作環境からの解放によるメリットのほうが遥かに大きい。

そして特に生放送用コンソールとしては重要な項目なのだが、ミクシング環境の保持と



写真1 ix-11000外観

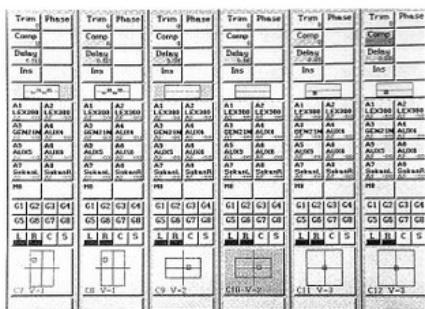


写真2 フェーダーモジュール画面

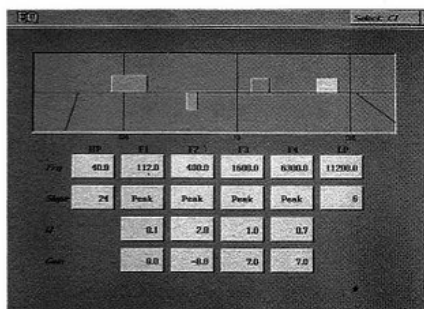


写真3 EQ操作画面

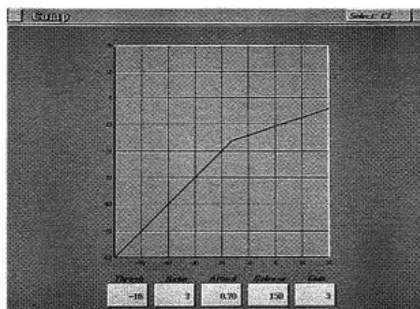
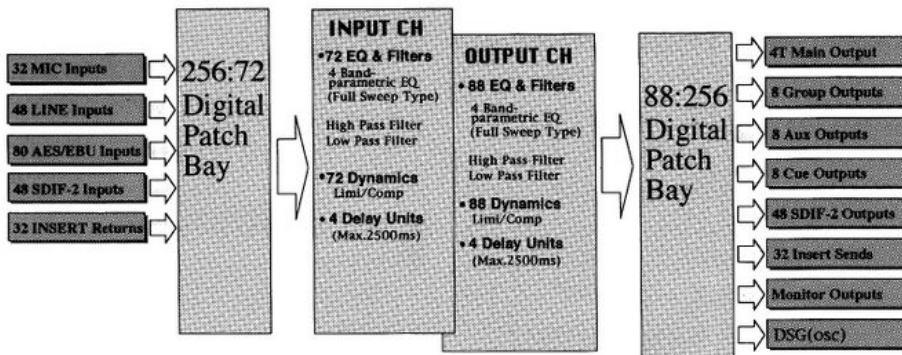


写真4 ダイナミクス

第4図 ix-11000の概要



という問題がある。

赤外線タッチセンサーを持つ操作環境では画面上に台本などを不用意に置いた場合でもアクセスされてしまう。このことが直ちにミクシング状態に影響を与えることは重大なミスを生発する要因になる。これは、ある意味で便利さとは裏腹の関係にある問題だが、放送用コンソールでは安全なオペレーション環境を優先することが必要と考え、一動作分のバッファーを入れることで解決したものである。

デジタルコンソールの優位性

ix-11000は入出力にそれぞれ256回路の接続ポイントを持っている。そして実際にミクシングが可能なチャンネル数はDSPカードと呼ばれる信号処理用の基板の枚数で決定されるが、最大で160チャンネル程度である。現在の信号処理スピードではこのあたりが限界とのことであるが、一つのスタジオで256個以上の入力ソースというのはおそらく皆無であらう。

NHKの中ではNHKホールのコントロールルームが最大規模の設備を持つ。マイクなどの回線数は477回線あるが、マイク回線として常時コントロールルームに立ち上げているのはこの中の200回線であり、これを入力マトリックスで160回線に絞ってコンソールに入力する。

NHKホールには2台の大型コンソールがあり、マイク入力としては最大160チャンネル分を扱うことが可能である。そしてix-11000も必要に応じて信号処理基板を増設することで最大160のミックスチャンネルを持たせることが可能である。

入力ソースとしては常時256回線を接続しておき、これをコンソールから任意にセレクトすることができる。つまり、ix-11000は

NHKホールにある大型コンソール2台分に相当する潜在的な処理能力を持つわけである。省スペースというデジタル化の一つの象徴的な状況がここにある。

周辺機器

コンソールがデジタル化されたことによってCU-226スタジオの周辺機器も従来のスタジオとはかなり異なっている。

現状のデジタル機器で音質に決定的な影響を与えるのはA/D、D/Aといったコンバーター部分であり、デジタルコンソールの導入はこの部分で決定的に有利な条件を持つ。しかし、エフェクターなどは現状ではアナログコンソールに接続されることを前提に作られているにもかかわらず、入出力はアナログでしか接続できないものがほとんどである。

CU-226スタジオは各所で収録された素材を使っての作成作業と、前述のような中継ものの送出スタジオであるため、あまり多くのエフェクター類は必要としない。このため現状では外部のエフェクターとしてはデジタル信号での入出力が可能なレキシコン社のリバーブレーターであるLEX300と、モノラルのプログラムにステレオの広がり感を付加するGENERATION 2、そして2つの音声信号の相関関係からその相対的なズレを検出できる音声相関装置がある程度である。

これに対して周辺の記録機器に関しては充実したものを備えている。

映像も音声もデジタル記録方式のVTRである松下電器のD-3が3台、ソニーのD-2が1台、そして映像はアナログ記録で音声はPCMデジタル記録方式のBVH-2800が1台ある。

音声関連としてはソニーの業務用のDATであるPCM-7050が2台(編集機付き)、そし

てこれには西ドイツRTW社の専用リモートコントローラーであるDAT-CONTROL88という製品をix-11000にビルトインしている。ドイツのメーカーが日本の一つのマシン専用のリモコンを作るというのも時代を象徴しているような気がする。

ところで、Bモード用の放送番組は国内外での自主制作も多いが、海外の放送局やプロダクションが制作したものを購入するケースもある。最近、この購入番組の多くが映像は1インチのタイプCフォーマット、音声はDATテープやCDマスタリング用の3/4 VTRテープ、あるいはD-2 VTRテープという形で入ってくる。

こうした素材を音声品質を確認しながら必要なVTRにコピーするため、このスタジオにはCDマスタリング用の機材であるソニーのPCM-1630とその記録媒体としてのVTRであるDMR-4000、そして44.1kHzのサンプリングレートを変換するDFX-2400なども装備してある。しかしこのDFX-2400は設計が古く、その音質は現状ではやや疑問を持つところである。そこでSRC-1000という製品を導入し汎用サンプリングレートコンバーターとして利用している。

CDプレーヤーは置場所の関係でラックマウントが可能なEMT社の981型を採用した。

その他、記録機器としてはレーザーディスクの再生機なども装備した。

ところで、すべての周辺機器や入力ソースがデジタル化されればA/DやD/Aが必要なくなるので音質上の問題はかなり解決されるのだが、現時点ではそうはならない。極端なことを言えば、マイクロフォンやスピーカーは当分の間はアナログ機器として扱わなければならないだろう。

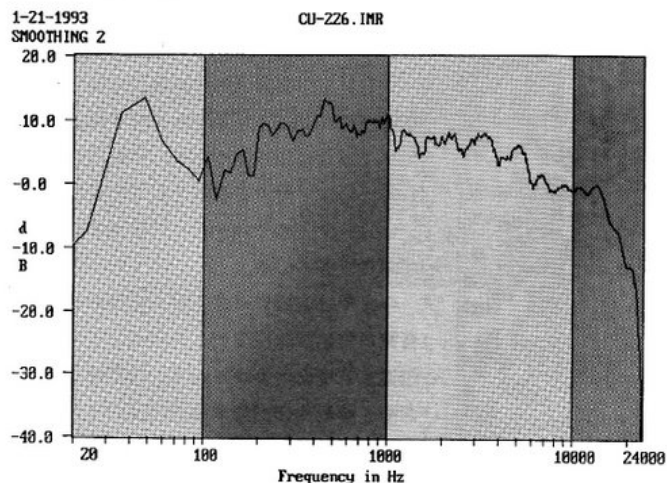
もちろんix-11000にもA/DやD/Aコンバーターが用意されている。

CU-226スタジオの建設に先立ち、これらのA/D、D/Aコンバーターについてヒアリングテストを行った。この結果、現時点ではわずかな差ではあるが、海外製の製品の中に優れたものが散見されることが判明した。

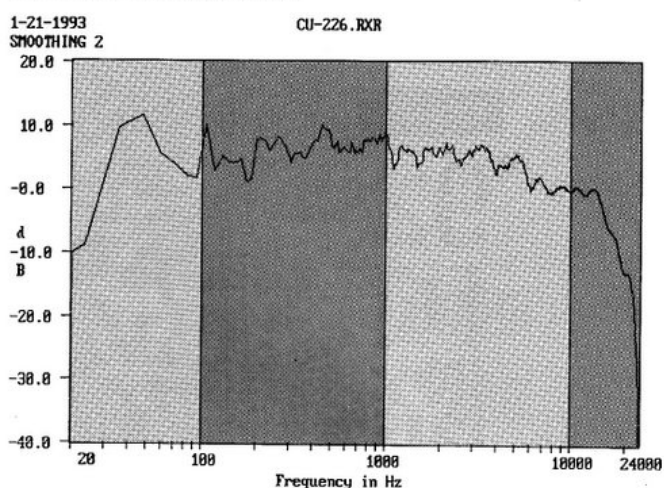
CU-226スタジオにはこうしたテスト結果を踏まえて、A/Dコンバーターには英国dCS社製の900Bを4台、D/Aコンバーターには米国アポジー社製のDA1000Eを2台装備した。D/Aコンバーターはコントロールルームのモニタースピーカー用として採用したものである。

ここでモニター環境について説明すると、まずモニタースピーカーにはNHKの標準モニ

第5図-1 補正前の特性



第5図-2 AEC-1000で補正した後の特性



ターである三菱のAS-3003を使用している。このモニタースピーカーはパワーアンプのドライブ能力をかなり要求するタイプであるため、これもスタジオの建設に先立って数機種を選び、ヒアリングテストを行った結果、国産の、ハイエンドオーディオ用として製造されているアキュフェーズ社の純粋A級アンプであるA-100を採用した。このアンプはMOSFETを出力段に使った完全なバランス構成のアンプで、出力は8Ω負荷で100W、4Ωで200W、そして2Ωで400Wとなっている。数値的には若干のパワー不足を懸念したのだが、実際に聴いてみると1kWクラスのアンプに匹敵する音響エネルギーを得られることが分かった。

クラシック音楽を中心としたプログラムが多いBモード番組であるが、従来のスタジオでは得られない、緻密で透明度が高くナチュラルなサウンドがAS-3003から響いており、ミクサー仲間からも高い評価を得ることができた。

そしてこのモニターシステムにはもう一つの秘密兵器が投入されている。それは英国のシグテック社が開発したAEC-1000という音場補正用DSP装置である。

これはコントロールルーム内の音場をミクサー位置に置いたマイクで收音し、これを分析して逆補正カーブを作り出し、これに適切な補正カーブを加えたパラメーターを演算し、その結果をDSP (Digital Signal Processor) に与えてトータルなモニタリング環境を改善しようとするものである。

第5図は補正前とAEC-1000を使って補正した後のモニタースピーカーからミクサー位置までの伝送特性である。スタジオモニターとしては帯域が広く、しかも若干のかまぼこ

型特性を持つほど理想的なモニター環境であることが測定結果からも確認できた。

ところで、このスタジオの設備については初めてのフルデジタルシステムということで、まだまだ書きたいことはたくさんあるが、誌面も残り少ないので最後にデジタル信号用のパッチパネルについて述べる。

CU-226スタジオで必要となるデジタル信号用のパッチ用コネクタの数はおよそ200個に及ぶことが判明した時点でかなり悩んだ。通常であればAES/EBUデジタル信号の場合、キャンコネクターを採用するのが一般的だが、設置面積が大きくなりすぎることや、スマートな操作性が得られないなどから種々の検討を行った結果、プロオーディオの分野では日本で初めてスイス製のLEMO (レモ) コネクターをパッチパネルに採用した。

LEMO社のコネクターは原子力や医療関係などの高度に信頼性を要求される分野では以前から定評のある製品で、その精密感あふれる外観とともに操作性の良さと信頼性の高さは特筆に値するものである。結果的にも今回の目的を高いレベルで達成できたと感じている。

☆ ☆ ☆

1月1日の午後7時15分。オーストリアのウィーンにあるムジークフェラインザール、黄金の間からウィーンフィル恒例のニューイヤーコンサートの演奏が送られてきた。このプログラムはすでに日本でも恒例となった感があるが、筆者にとっても今年で7回目のオンエア立会いの場となった。

衛星Bモード放送のために建設されたこのスタジオからはもちろん初めてであるが、すでに十数時間前にベルリンフィルの演奏会を無事に放送しているため、大きな不安はない。

午後9時30分。ニューイヤーコンサートは恒例の「ラデツキー行進曲」が会場の手拍子とともに盛大に演奏されて終わった。

過去6回の中継の中では中継回線の品質とサウンドクォリティの両面で今回が最高の条件にあったように思う。

2年の歳月を掛けて完成したデジタルコンソールを中心に、フルデジタルのシステムを導入したCU-226スタジオは平成5年の1月1日、無事に離陸した。4～5年前には夢のような話と思っていた音声設備のフルデジタル化も今は現実である。

今年5月にはNHK放送センター内にハイビジョン専用のサウンドスイートニングルームが完成する予定であるが、ここには英国のAMS社製デジタルコンソール (LOGIC 2) が設置されることになっている。

デジタルコンソールは今年あたりが実質的な実用化元年となり、そしてすでにコスト競争の時代にも入ったと筆者は思っている。

最後に、ix-11000の開発にあたり、卓越した創造力と技術力を発揮し、短時間に完成度の高い製品を提供してくれたTOA (株) の開発チームに感謝の意を表して終とする。