

# JAS

# journal

1989 Vol.29 No.5

# 5

昭和54年11月10日第三種郵便物認可  
平成元年5月1日発行  
毎月1回1日発行 通巻175号  
発行 日本オーディオ協会

## Japan Audio Society

### ●主要目次

- 特集：最近の新素材振動板
  - クロスダイニーマ振動板について 太田 秀平
  - バイオセルロースのスピーカー振動板への応用 西 美緒・瓜生 勝
  - 漆塗布振動板について 村田耕作
  - 炭化硼素(B<sub>4</sub>C)振動板について 竹之内研一
  - セラミックグラファイト振動板およびダイヤモンド振動板の開発 木下克巳
- 追記型コンパクトディスク  
That's CD-R 石黒 隆
- ドルビーサラウンドとプロロジック 伏木雅昭
- ヨーロッパ録音記 後藤 博
- 桐蔭メモリアルホールの音響 中村秀夫
- IEC/TC60 パリ会議報告 吉川昭吉郎・狩野政男
- 〈連載③〉 デジタル・オーディオ  
——基礎からの復習—— 吉川昭吉郎

 日本オーディオ協会

# ドルビーサラウンドとプロロジック

ドルビー・ラボラトリーズ・ライセンシング・コーポレーション

伏木 雅昭

## はじめに

今年1月22日、米国NBC放送では『スーパーボウル XXIII』をマイアミから全米に向けてドルビーサラウンドで実況中継した。フォーティ・ナイナーズの本拠地サンフランシスコにはドルビー研究所の本社もあり、オフィス3階の社内劇場にビデオ・プロジェクターと180インチのスクリーンを用意して業界関係者に開放し、大型パラボラで直接衛星受信してのサラウンド・デモを行った。ルーカス・フィルムのトム・スコット(『地獄の黙示録』で音響を担当)やファンタジー・スタジオのマーク・パーカー(『ライトスタッフ』、『アマデウス』を担当)などの顔馴染みも姿を見せ、みんな普段着というリラックスした雰囲気のパティー気分の中、ゲームの成り行きに一喜一憂していた。

NBCはこの放送に満足したようで、今後はさまざまなスポーツ中継やその他の番組でもサラウンドに取り組みたいと意欲を示していた。どうやら今年はいよいよアメリカでもAVの波が高くなりそうな印象であった。

ドルビーサラウンドを日本に紹介したのは1981年12月だが、国産第1号の製品としてAV-300(NEC)が登場したのは1985年4月、したがって今やAVシーンに欠かせない機能となったドルビーサラウンドの成長はまだ実質ここ4年間の出来事なのである。その間の進展は、プロセッサー商品から、TVへの内蔵、プロロジック導入、さらにはデジタル処理と驚くほど急速で、これを世界的に牽引しているのが日本の市場に他ならない。とくにプロロジック・デコーダーは下記にまとめた特長とともに、作品本来の効果が再現できる製品として、今後のサラウンド再生の本命と見られている。

1. 優れたセパレーションによる方向性情報
2. サービス・エリアの広さ(図1参照)
3. AFカメラ感覚の使いやすさ(入力バランスと遅延調整)
4. 独立センタースピーカー(これが本来最大メリット)

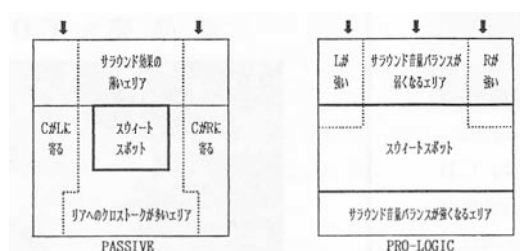


図1 リスニング・ポイントの比較図

## 1. MP マトリックス・エンコーダー

ドルビーステレオに使用されたマトリックス処理技術をドルビー社では、MP マトリックス(MP は Motion Picture の略)と呼び、ドルビーサラウンドでもそのまま採用している。つまりドルビーサラウンドはドルビーステレオ映画に由来し、ドルビーサラウンド最大の柱は現在のところ映画ソフトである。映画サウンドはまず画面中央のダイアログ・チャンネルがあって、左右が追加される 3 チャンネル・ステレオであるから、MP マトリックスも出発点は 2 トラックからセンター・チャンネルを抽出して 3 チャンネル再生する映画技術史(1950 年代にフレインが試みている)を継承することだった。1974 年 11 月、SMPTE の『スターダスト』デモで初めて紹介されたドルビーステレオが、その後 MP マトリックス 4 チャンネルによるサラウンドを加え、現在の形に落ち着いたのは 1976 年、『スター誕生』がその最初の作品である。

ディスクリット 4 チャンネルとの決定的な違いはサラウンドを文字通り『独立した』チャンネルとして扱わない点にある。極端に言えば、サラウンドがフロントと同等な自立した方向情報をめざすものなら、劇場の客席真後に大型スピーカーを設置して使用することができそうである。しかし、こうした音の作り方は、前方の画面に観客の気持ちを集中させたい映画にはそぐわないというのが根本思想となっており、サラウンドスピーカーは客席を取り巻くように多数使用するのである。料理でいえば、肉・魚のような素材ではなく、スパイス・隠し味の役割を担うのが、少なくとも映画の、そして MP マトリックスのサラウンド・チャンネルといえるだろう。それを限界と見るかどうかは、皆さんの判断に委ねるが、映画はその与えられた範囲の中で、技術を研いて現在に至っていることは事実である。

エンコード処理の概念は極めてシンプルで～通常ステレオの LR レベル軸に、CS 位相軸が加わったと考えることができる。C 成分は同相で、S 成分は逆相で伝送される。

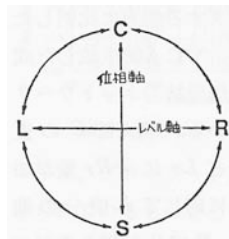


図2 エンコード概念図

$$L_t = L + 0.7C - 0.7jS \dots\dots(1)$$

$$R_t = L + 0.7C + 0.7jS \dots\dots(2)$$

上記式中の係数  $j$  はエンコード・マトリックス式が単なる位相反転ではなく、90 度の位相処理によるものであることを示し、これにより例えば宇宙船が前から後へ移動する場合、内包状態(interior)と呼ばれる中央部で情報が欠落する( $j$  がなく  $C=S$  の場合)のを防ぐ働きを持つ。

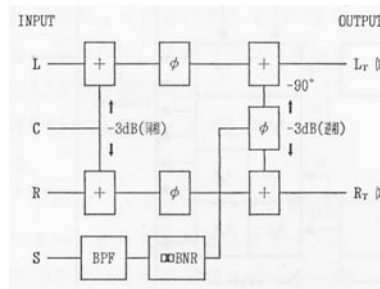


図3 エンコーダー・ブロック図

## 2. ステアリング技術

デコーダーはこのふたつの伝送情報をもとに4系統の信号を復元しなければならない。しかし、このシンプルなマトリックスをそのまま解いたのでは、隣接チャンネル間クロストークが3dB程度と十分なセパレーションが得られない。

$$L' = L + 0.7(C - jS) \quad \dots\dots L_t \text{ より}$$

$$R' = L + 0.7(C + jS) \quad \dots\dots R_t \text{ より}$$

$$C' = C + 0.7(L + R) \quad \dots\dots L_t + R_t \text{ より}$$

$$S' = -jS + 0.7(L - R) \quad \dots\dots L_t - R_t \text{ より}$$

明瞭なセリフのセンター出力とステレオの広がりを両立させ、さらにサラウンド・チャンネルのセパレーションを確保するために、業務用デコーダーには方向性強調 (steering logic) 技術を用いたアクティブ・マトリックスを採用している。その目的はシャープな焦点の音像定位を構成し、客席全体に方向感を確保することである。

方向性強調の技術としては、隣接チャンネルの出力を絞ることでクロストークを抑える利得操作をすぐ思いつくが、出力をそのままVCAでゲインコントロールする方法は振幅変調副作用を起こしやすい。放送プログラムを過激なリミッターに通過させてみると、2チャンネル・ステレオで聞いてそれほど分からない変調が、確実に情報量の増えるサラウンドでは目立ち始めることがある。VCA回路を用い、副作用を排除し、ひとつの音で別の音をマスキングする概念などの活用はノイズリダクションにおいてドルビー社が最も得意とする分野である。

プロロジック・デコーダーに採用されている方向性強調の技術は、信号処理によっても信号成分のエネルギー総量を変えない『出力維持』(constant power)と、隣接チャンネルにおいてクロストークの打ち消し成分をミキシングする『相殺方式』(cancellation)とを基本としている。例えば、セリフCのLチャンネルでの漏れは、R信号を極性反転してミックスすれば完全に相殺される。Rチャンネルでも同様に反転L成分を加える処理を行う。これが相殺原理の基本である。このためデコーダー最終段は制御系内で相殺成分を生成するVCA8個と最終的な信号再配分を決定する信号結合ネットワークとで構成されている。

方向性強調を行うには、まず耳が方向的に反応する音源を選び出す必要がある。これを優性(dominant)音と定義すれば、優性音とはある瞬間においてミキシングの中で最:

も目立つ音と要約できる。主観的なセパレーションを判別する優性音は一時にひとつの方向から来るものと考えられ、その瞬間聞き手がその他の劣性音の方向性を聴き分ける能力は優性音によって制限されている。

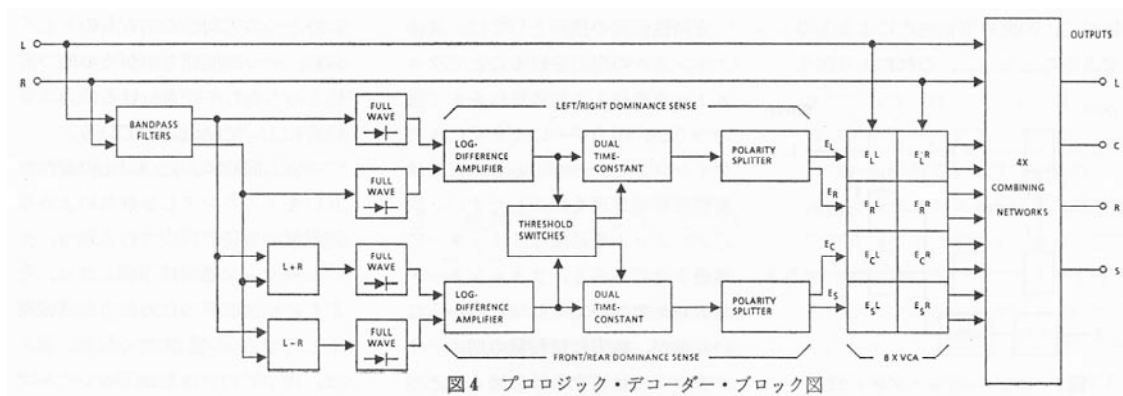
一方、同時にふたつ以上の音がお互いをマスキングしきれないような同程度の音量で再生される場合、セパレーション処理は不要となり、そのため定位改善のための方向性強調も動作する必要がなくなる。例えば、雨や風の音は意識下のレベルでも非常に包み込まれやすいもので、意図的にすべてのスピーカーから同時に聞こえるようにミキシングしており、この状況下でのデコーダーはパッシブ動作状態であればよい。

以上のことから、音が分離して聞こえるかどうかを決めるのはふたつの音の相対レベルであり、優性音が起こる時点を信号の絶対レベルに関係なく信号レベル差で検出する回路が必要となる。しかし、ふたつの音が平均的には同音量に聞こえても、瞬時瞬時で見ると一方が他方より優勢なため双方で目まぐるしく優先性が入れ替わってしまうこともある。

したがって、デコーダーが有効に動作するためには2種類の特性を持たせなければならない。第1に、信号ピークが単独音として聞こえるほど十分に突出している場合には、その瞬間においてふたつ以上の音源間での方向性強調を早いスピードで行う必要がある。いくつかの独立した音が入れ替わりにどんどん出てくるのに対して、デコーダーでは単に一時にひとつの方向にだけ(時分割的に)方向性強調を行うことで、サウンドトラック上のひとつひとつの成分が分離して聞こえるのである。第2の特性は、相対的優先性が低下し、そのままスピードの早い方向性強調動作でピークのひとつひとつに反応するより動作を固定するほうが望ましいタイミングを検出する能力である。このためプロロジックでは優先性値を検出する設計がなされている。その値が低い間はデコーダーは『遅い』状態になり、音場定位をしっかりと感じさせる安定動作モードを選ぶ。一定値を超えると、デコーダーは高速モードに移行し個々に独立した音の要素を処理するが、この高速モード時にも低速側回路は蓄積エネルギー量に応じた時定数生成を継続しており、優先性の低下と同時に安定動作モードの流れの中に戻るのである。

ステアリングの方向と大きさに関しては、優性音は360度のどのベクトル方向にあっても、LR軸とCS軸での座標数値に分解できるので、それぞれの軸ごとに独立して優先性制御信号の検出を行う。これを具体的に図4のブロック図で追ってみると、入力信号からまず方向性情報としては不要な低域あるいは有効帯域外高域成分やノイズ等を除去するための帯域通過フィルター(100Hz~7kHz)を經由させ、LR軸用(LtとRt)、CS軸用(Lt+RtとLt-Rt)のにそれぞれ信号ペアを組む。それら信号の対数値の差が相対優先性の大きさとなり、その結果得た制御電圧( $V_{LR}$  および  $V_{CS}$ )が耳で聞く音の方向判別性を反映する数値と見なされる。この制御電圧は双時定数回路(dual time-constant)および極性分割回路(polarity splitter)を経てVCAを駆動するが、双時定数回路については、すでに述べた。極性分割回路は例えばLR間優性値をL優性値とRゼロの2要素に分けて、別個のVCAに対応させるための回路である。

ステアリングによるセパレーション強化の大きさはクロストークが聞こえるのを防ぐのに最小限必要で、かつ優性信号が劣性信号の空間再配分をマスキングする能力に比例した量になるよう、VCA で生成した成分を最終段の信号結合ネットワークで処理されている。例えば C の優先性が高いほど LT に -RT 量が加算され、それに応じて L 成分の他に S および -R 成分も増えるが、この場合 S はマスキング下の劣性音で、しかも  $V_{CS}$  における劣性度が上がっているだけ可聴 S 成分は増加せず、優性音 C の漏れが除去される価値が高いのである。-R 成分についても時系列的には(優性音支配状態次第で)変動要素だが、すべての信号パワー総量の変動は起きないから音揺れや信号変調などの問題は少なく、さらにプログラム制作時にもデコードモニターを行い違和感のないミキシングが徹底される。



### 3.プロロジック・デコーダーの付加機能

上に述べたアクティブ・マトリクス技術を現実の製品として使いやすく支える機能がプロロジック・デコーダーにはいくつか含まれている。

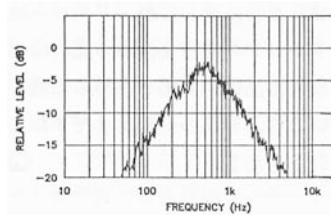


図5 整形ピンクノイズ

まず、プロロジック製品に義務付けられているものとして循環ノイズ発生器がある。このノイズは聴感とサラウンド帯域幅に合わせてピンクノイズをイコライズ整形したもので、聞き手はノイズが LCRS の各チャンネルを循環するこの機能を用いて簡単に各出力の音量バランスをとり、音色まで含めたセッティング状態のチェックを行うことができる。ちなみに、業務用デコーダーSDU4 では循環時はピンクノイズ、CS 時には整形ノイズと切り替わる。

ドルビー・プロロジック仕様のセンター・チャンネルはスクリーンの制約を受けるため小型スピーカーを想定しており、110Hz 以下は LR に分担(base split)させるのが標

準となっている。さらにフロント 2 チャンネル構成でも便宜的にプロロジック・デコーダーを使用できるよう虚像定位のセンター・モード切替も設けられている。製品によっては C チャンネルにそのまま全帯域出力できるモードを持つものもある。

さて、プロロジック回路では常に入力信号をモニターして  $V_{LR}$  および  $V_{CS}$  という制御電圧を LCRS 方向情報として生成しているの、これを入力信号の自動バランス・コントロールに生かすことは比較的簡単で、システムティックな応用でもある。

入力バランス調整はマトリックス・デコードの基本セパレーションを左右するもので、常時操作する必要はなくても、映画およびビデオ・マスターの音声トラック、さらにはリア・ステレオ・トラックまで含む民生用各音声フォーマットでのトータル誤差に対する安定動作を考えると、デコーダーに何らかの調整手立てを残す必要がある。自動バランス回路は一種の簡単なサンプル・アンド・ホールド回路で、C 成分の優性時に入力信号をサンプルして、 $V_{LR}$  がどれだけ基準からずれているかを見てそれを修正し、優性音が C 以外の LRS に向いている場合はホールド・モードに移るよう構成される。

システムの動作範囲はリミッター部で決定され、例えば  $\pm 4\text{dB}$  の誤差を  $1\text{dB}$  以内に抑えることができる。その改善効果は  $3\text{dB}$  の誤差に対し、C チャンネルの L チャンネルへのクロストーク量を  $-10\text{dB}$  から  $-27\text{dB}$  に抑えるものである。バランスの自動制御は動作時に音が移動して聞こえないようゆっくりと機能させ、一旦設定したバランスは極めて長いホールド時間を維持する必要がある。これはゲートおよびループ・フィルタ部で行われ、推奨回路の場合  $3\text{dB}$  の誤差を約 5 秒で修正し、それを約 50 秒間ホールドするよう設計されている。以後バランス修正が少ないほど、ホールド時間は長くなる。

この自動入力バランス回路は今後製品への導入が進むものと思われるが、これによりソフトのバラツキを気にすることなく、作品を楽しむことが可能となる。

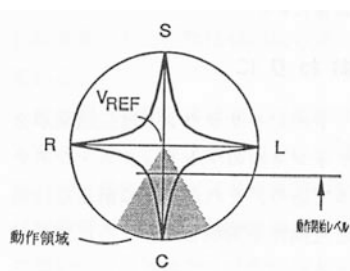


図 6 自動バランス制御概念図

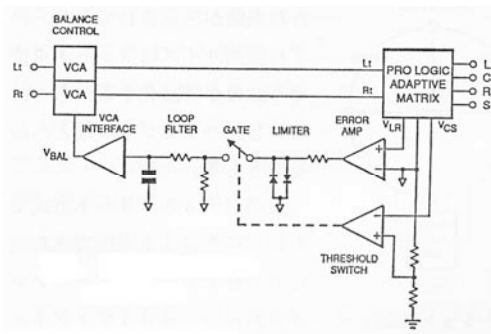


図 7 自動バランス回路ブロック図

#### 4.パッシブ・デコーダー

プロロジックの最大の効能はセンター・チャンネルの追加によるリスニング・ポイントの制約を解放することにあるので、大画面再生における有効性に論議の余地はないが、それではフロント 2 チャンネルに拘束される簡易型のパッシブ・デコーダーの性能や特長について考えてみよう。

パッシブ・デコーダーの構成概念は、サラウンド成分を(L-R から)抽出してそれをそのまま従来のステレオ・セットとのバランスの中で再生させるというアプローチである。そのセパレーション対策は簡潔にして極めて巧妙といえる。フロント側は LR2 チャンネル構成であり C チャンネルの省略により隣接セパレーションの問題を解消している。フロント L または R からサラウンドへ流れ込むクロストークは遅延回路によるハース効果に依存させ、さらに帯域の制限と変形 BNR デコーダーがそれを補完している。残る問題点としてサラウンド成分のフロント LR へのクロストークについては(パッシブ型ではサラウンド側だけが鳴るということはない)、前後の音量バランスによって方向感を創りだすことになる。パッシブ型の分離感はマトリックス復号に直接依存しているので、入力バランスの精度や遅延時間の調整が効果の成否にそのまま影響してくる。

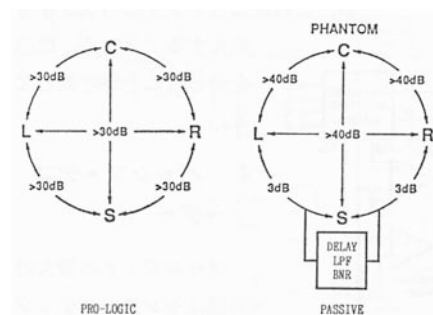


図8 デコーダー・セパレーション概念図

両方式を聴き比べての違いは、全体が鳴る感じのパッシブ型に対して、プロロジックではすっきりとした音場を展開する傾向だと思う。したがって全体を包んで鳴るようなシーンではなく、左右と背後に独立した定位感が求められるような場合にプロロジック型との差が拡大することになる。しかし、30 インチ級のスクリーンサイズ・システムを使用し正面のベストポジションで鑑賞できる環境においては、極端なプログラムでない限りパッシブ型でまず遜色のないサラウンド鑑賞が楽しめるといういいだろう。

パッシブ型はフロント成分を処理しないことで、通常の音楽プログラムをステレオで聴く形態とフロント LR はまったく同一であり、簡易型であるがゆえに数多くの一般ソースとの共存性が高い汎用システムと考えられる点をその特長として挙げておきたい。

おわりに

ドルビーサラウンドは伝送系が2チャンネルのマトリックス・システムであり、それが実用に耐える性能と互換性を実現したところに意義がある。

ビデオ産業の将来はさらに大きな飛躍が用意されており、いずれ画面サイズはフィート単位で呼ぶのが常識化するかもしれないし、ハイビジョンなどへの期待もある。

現場がディスクリット方式での制作にそのまま対応できた映画の分野ですらドルビー



ステレオ映画が磁気録音 4 チャンネルを駆逐した歴史の流れを考える時、とりわけ音楽や放送という 2 チャンネル伝送が前提となっている現在のビデオ関連分野で、制作プロセスそのものをこれからディスクリット 4 チャンネル方式に移行させるには相当な困難と負担とを覚悟せねばならない。その中でドルビーサラウンドの占める重要性はさらに高まるものと予想している。

ドルビーサラウンドのビデオ作品は現在までに 800 タイトル以上が市販され、今年に入って高校野球や大相撲などスポーツ番組を中心に TV 番組も本格化の兆しを見せている。

サラウンドデコーダーの生産も累計約 200 万台に達したが、ドルビー社のライセンス業務全体から見ればまだ現行製品の約 4%を占めるに過ぎないので、普及の余地はまだまだ大きいと考える。

#### 【参考文献】

本稿の技術的内容については、下記のドルビー社英文資料に基づいて記述したので、紹介しておく。なお、ドルビーサラウンドおよびプロロジックはドルビー社との契約に基づきライセンスにのみ許諾される技術である。

*R. Dressler, "Dolby ProLogic Surround Decoder Principles of Operation" (1988)*  
*Dolby Laboratories Licensing Corporation, Field Bulletin No.164 (1989)*