放送用 DAT システム

塚 谷 基 文[†],
山 上 順 一[†]

宮 嶋 信 清[†]

民生用 DAT の技術をベースとして、放送局の制作業務用に必要な機能を開発した DAT システムについて解説する。この DAT は、タイムコードの記録や電子編集機能、チェイスシンクロナイズ(同期運転)機能、録音同時再生モニタなどを備えている。

1. ま え が き

昭和 58 年に、民生用 DAT を開発するため内外メーカー 54 社が集まって DAT 懇談会が発足し、昭和 60 年に S(固定ヘッド)、R(回転ヘッド)両方式の DAT 技術仕様が発表された。その 2 年後には R-DAT 方式について、懇談会が“Digital Audio Taperecorder System”として規格をまとめ、IEC に提案された。これらは民生用としての規格である。

R-DAT(以下、DAT)の民生用の製品は、昭和 62 年の春から発売されたが、共通フォーマットで番組交換が容易、高性能、小型軽量かつ経済的であるなど多くの利点により、早くから業務用機の開発が望まれていた¹⁾。

このたび NHK では、取扱いが容易で小型・高性能な DAT の特徴を活かして、業務用録音の様々な分野で利用できるよう携帯型、据置型および編集コントローラを開発した²⁾。

放送用 DAT に必要な機能としては、

- (1) SMPTE/EBU のタイムコード(以下タイムコード)が記録再生できること
- (2) 精密な電子編集が可能なこと
- (3) チェイスシンクロナイズが可能なこと
- (4) 録音同時再生ができること

などである。

民生規格の DAT の基本技術については、本誌³⁾等でも紹介されているので、本稿では今回試作した放送用 DAT システムの技術的特徴について紹介する。

2. 構 成

本システムの構成は、携帯型 DAT 録音再生機、据置型 DAT 録音再生機および編集コントローラからなる(写真 1)。これらの機材は V ロケ収録から、局内での収録再生、編集およびポストプロ等まで幅広く使用することができる。

3. 放送用 DAT の特徴

図 1 に DAT のテープフォーマットを、表 1 に放送用 DAT の基本データを示す。これは民生用として 6 種あるモードのうち、サンプリング周波数 48 kHz の標準モードである。放送用およびプロダクションなどの業務用機器としては、このフォーマットにより互換性

写真 1 放送用 DAT 録音再生機一式

[†] NHK 技術局

“DAT System for Broadcasting” by Motofumi Tsukatani, Nobukiyo Miyajima and Jun-ichi Yamagami (Engineering Administration Department, NHK, Tokyo)

の維持やスペック上の性能，そしてカセット1巻で最大2時間連続収録できることなど，十分に適用できる条件を備えている。

以下，放送用 DAT として必要な機能を満足するため新たに開発した主な項目とその特徴を解説する。

3.1 タイムコードの記録

(1) テープ上の記録場所

DAT は民生用の音声記録用機器として規格が作られたため，DAT 固有の時間情報は記録できるが，放送局で広く使われているタイムコードについてはもともと考慮されていない。したがって，放送用として使うためには，新たにタイムコードの記録方法の開発と，テープ上のフォーマットの規格制定を行う必要があった。

図1のテープフォーマットに示すように，DAT の記録領域のうち，タイムコード記録ができそうな部分としては，PCM 音声記録する PCM 領域，サブコードを記録するサブコード領域，それと長手方向に記録するオプショントラックがある。このオプショントラックへの長手記録は，トラック幅 0.5 mm のところにタイムコードを記録することになり，機械的互換性が良くない。また，DAT を 200 倍で送った場合の読取りにも適さない。PCM 音声記録領域は，高速

の読取りには利用できるが，音声信号と混在した記録領域のためタイムコードだけをアフレコすることはできない。一方，サブコード領域は他と独立した記録領域でアフレコもできる。以上から，サブコード領域に記録することとした。

(2) 記録の仕方とフォーマット

回転ヘッド記録による DAT のフレーム周期は 30 ms であり，現行のどのテレビ方式のフレーム周期とも異なっている。このような DAT のサブコード領域にタイムコードを記録する場合は，タイムコードの時間情報を，DAT のフレーム周期に基づく時間と，DAT のフレームとの相対位相情報とに変換して記録すれば，そのタイムコードを復元することができる。タイムコードを DAT のサブコードとして記録する方法は，他の方法も考案されているが⁴⁵⁾，今回開発した変換方式は次のような利点を持っている。

(a) DAT 内部の信号処理系は，DAT のドラムの回転数(100/3 Hz)を基準として動作している。したがって，編集や同期走行などを考慮すると，SMPTE のフレーム周期をそのまま扱うよりも DAT のフレームを基準とした方が高精度および高速処理に適している。

(b) DAT のフォーマットの中に規定されている時間情報のフォーマットに準ずることができるので，民生品規格である DAT との互換性が取り易く，今後の民生用 DAT の利用においても有利である。

次に記録の方法について述べる，図2はタイムコード変換処理の概念図である。表2は DAT と各種タイムコードとのフレーム数の比を示す。図3は記録時の外部からのタイムコードのフレームのフレーム列と，DAT フレームに基づく時間情報との関係を表している。ここで，相対位相情報とは，タイムコードの各フレームの開始点を基準とした時の DAT のフレームの

図1 DATのテープフォーマット

表1 放送用 DAT の基本データ

項 目	摘 要	項 目	摘 要
チャンネル数	ステレオ	誤り訂正方式	二重 RS 符号
サンプリング周波数	48 kHz	テープ速度	8.15 mm/s
周波数帯域上限	20 kHz	サーチ速度	200 倍速
量子化ビット数	16 ビット直線	シリンダ回転数(径)	2000 rpm(30 φ)
ダイナミックレンジ	90 dB 以上	相対速度	3.133 m/s
高調波歪み率	0.03% 以下	線記録密度	61 kBPI
ワウ，フラッタ	測定限界以下	トラック幅	13.591 μm
サブコード容量	273.1 kb/s	トラック角度	6°22'59.5"
変調方式	8-10 変換		

表 2 DAT と各種タイムコードとの
フレーム数の比

TIME CODE	RATIO (TIME CODE : DAT)
SMPTE 29.97 Hz	900 : 1001
30 Hz	9 : 10
EBU	3 : 4
Film	18 : 25

図 2 タイムコード変換方式

開始点との位相差から基準位相を引いたものである。この基準位相は、タイムコードと DAT の時間情報を 0 H.0 M.0 S.0 F. の開始点を一致させることに対応づけた時の、DAT フレームの位相である。これをサンプリングクロックで割った数の整数部を相対位相情報を表す TC マーカーとする。これを DAT 規格で定められたサブコードの Pack に、表 3 に示す DAT のランニングタイムに準じた時間情報と共に記録する。

このマーカーはサンプリングクロックに基づいているので、外部タイムコードと DAT のフレームに基づく時間情報の間の位相関係を、理論上サンプル精度で表すことができる。

テープ上での記録場所は図 4 の信号配列に示すように、この中のサブコードの部分である。図 5 にサブコード領域のブロック内構成を示す。民生機と同様に Pack に DAT の時間情報の形式で記録する。Pack には 64 ビットのデータが入り、テープ上 1 トラック分のサブコード領域に 8 個同じ Pack を書けば、1 フレームは 2 トラック構成なので、あわせて 16 個同じものを書くことができる。最大 112 Pack まで記録できる。

上記の DAT フレームに基づいたタイムコードを新たに業務用として定義する。時間情報の表記は DAT 規格の中のランニングタイムに準ずる業務用 DAT 時間情報の 1 Pack とユーザーズビットデータの 1 Pack とからなる。

なお、この方式は、NHK・ソニー・松下共同で IEC SC 60 A 国内委員会に規格提案され、それをベースにして修正を加えた日本案が“Digital Audio Tape (DAT) Cassette System for Professional Use”として作られ、現在、IEC にて世界統一フォーマット化に向けて審議中である⁶⁾。

(3) 記録方式の特長

この変換方式の特長を要約すると以下のようになる。

(a) 異種タイムコードへの変換が容易 変換ス

図 3 SMPTE タイムコードフレームと DAT フレームとの関係

表 3 ランニングタイムのフォーマット

Running time(R time)

Pack item=0011

	B 7	B 6	B 5	B 4	B 3	B 2	B 1	B 0
PC 1	0	0	1	1	0	Program number 1		
PC 2	Program number 2				Program number 3			
PC 3	Index number							
PC 4	Hour				(RH)			
PC 5	Minute				(RM)			
PC 6	Second				(RS)			
PC 7	Frame				(RF)			
PC 8	Pack Parity							

(注) DAT フレーム (RF)

3 N 秒 : 0 ~ 32 フレーム (実時間 0.99 秒)

3 N + 1 秒 : 0 ~ 32 フレーム (実時間 0.99 秒)

3 N + 2 秒 : 0 ~ 33 フレーム (実時間 1.02 秒)

(0 ≤ N ≤ 19)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----

図番	名 称	ブロック数
1	MARGIN	11
2	PLL (SUB)	2
3	SUB-1	8
4	POST AMBLE	1
5	IBG	3
6	ATF	5
7	IBG	3
8	PLL (PCM)	2
9	PCM	128
10	IBG	3
11	ATF	5
12	IBG	3
13	PLL (SUB)	2
14	SUB-2	8
15	POST AMBLE	1
16	MARGIN	11
合 計		196

図 4 DAT 1トラック分の信号配列

図 5 サブコード領域のブロック内構成

ケールに、すでに規格化されつつある DAT の時間情報を採用したことで、統一化されたテープフォーマットを利用することになり、記録された場所のテレビ方式に関係なく再生場所での方式にあわせて出力することが可能になる。

- (b) 民生機で記録されたテープの DAT 時間情報 (Absolute Time や Running Time) を読取ってタイムコードに変換することができる。この場合は、TC マーカーが記録されてないので、これを 0 とみれば、1 フレーム内の誤差で変換して民生テープの時間情報をタイムコードとして活用できる。
- (c) 対応するオーディオデータと共にテープ上に記録するのでインライン性を保持しやすい。

- (d) 時間情報は 1 Pack 内で完結しているので、高速走行時のタイムコードの読取りに都合が良い。
- (e) 内部処理はタイムコードに対応した DAT タイムベースで行われ、PCM サンプルとの対応がとれているので編集処理が容易である。

3.2 電子編集機能

電子編集は、精密な音声の編集を行うために、2 台の据置型 DAT に編集コントローラを接続し、例えば、1/10 SMPTE タイムコードフレームあるいは 1 ms まで編集点の修正ができる。図 6 には編集時の接続図を示す。この例では、2 台のうちレコーダ側がマスターとなり、編集処理と、タイムコードの送信を行い、プレーヤ側はレコーダに追従しシンクロナイズ

(チェイスシンクロナイズ)する。据置型録音機どうしても編集はできるが、本体は小さいので、精密編集のような比較的長時間の作業には、操作しやすい編集コントローラを用いて能率良く編集を行うことができる。

DATのアセンブル編集は、PCM 音声、サブコード、ATF のすべてのデータを同時にオーバーライトする。インサート時は、ATF 以外のデータを任意に上記の精度で書き換える。幅広のアジマス記録で重ね書きし、ATF でトラッキングする DAT の記録方式でのインサート編集点の様子を図 7 に示す。

編集点の決め方は、テープの再生音を聞きながら決める場合と、タイムコード値を入力していく方法とがある。音を聞いて決める場合は、一度入力した編集点近傍の音声をいったん修正用のトリムメモリーに入れる。回転ヘッド方式では、編集点を探る時、音をスムーズに再生するためのメモリーが必要である。

トリムメモリーのサイズは L, R 各 4 Mb で、プレーヤ部分も含めて 16 Mb をレコーダ側に持っている。このトリムメモリーはリングメモリーの構成となっており、通常再生では、再生 PCM データを連続してトリムメモリーに書き込み、同じアドレスで読出す。編集点のタイムコードがエントリーされると約 2 秒後にアドレスの書き込みをやめ、このメモリーの音声を繰り返し再生して修正を加えながら編集点を決定する。

音声の編集を電子編集機で行ううえでは、編集点の修正が、いかに容易に行えるかが重要となる。この試作機では、土キでメモリー再生音の位置を変えながら修正をする方法や、ダイヤルで同様の変更を加える方法をとった。

3.3 チェイスシンクロナイズ機能

外部からのタイムコードに追従しながら同期走行する機能で、外部シンクロナイズを使わずに VTR の映像に同期した音声再生できる。

チェイスの主要なモードは 2 つあり、ひとつはマスタータイムコードに同期した後、スレーブ側が独立にプレイ走行するモードで、もうひとつは、マスタータイムコードに常に追従するモードである。

前者は、外部同期をマスターとスレーブに接続して使う。マスタータイムコードを走らせると、スレーブ側は追いかけていき、マスター側を追い抜いた直後にプレイ走行に移る。このとき両者のタイムコードの差が計算され、その分メモリーでディレイさせて、スレーブ側の再生音となる。このとき、両者は外部周期にロックして独立走行する。

常に追従するモードは、正確な外部同期がない場合

図 6 編集の時の接続図

図 7 インサート編集テープパターン

等に使う。この場合は同期がとれた後もスレーブ側は再生音のワウ、フラッタを感じないように速度可変を行ってマスタータイムコードに追従する。

3.4 録音同時再生モニタ

民生機ではシリンドラ上で相対する 180° の位置に取り付けられた 2 個の R/P ヘッドが 1 回転で 1 フレームを記録する。一般に、放送用録音機では録音中に再生音を同時モニタしているが、本システムでは 4 ヘッド化により、携帯型、据置型とも録音同時モニタを可能にした。DAT のテープ巻き付け角度は 90° になっているため、記録と再生を時分割で処理することが可能になっている。据置型では、4 ヘッド化したことにより、編集時には信号の先読みヘッドとして機能する。この両機能を実現するには、図 8 に示すように、4 個の R/P ヘッドを互いに直交する位置に配置するとともに、お互いのヘッドがある取付け段差 (h) を持つようにドラムに取り付ける。これは編集時の先行再生、後追い記録を用いて、編集点でのクロスフェード機能を実現するために、先行ヘッドの再生信号を後追い記録ヘッドでテープ上の同一トラックに記録する必要があるためである。取付け段差は、再生から記録までのデジタル信号処理の遅延時間を考慮して決定した。

図 8 4ヘッドの位置関係

3.5 キュー、レビュー

放送用としての作業能率を高めるために、再生音声を聞きながらの頭出しが必要である。

DATでは、高速サーチ時にはテープとヘッドの相対速度をノーマル走行時と同じようにするためドラム回転数を1000~3000 rpmに制御している⁷⁾。このときサブコードのデータは、間欠的に読まれる。キューサーチ、レビュー時はPCMの音声を不完全でも再生しなくてはならない。この試作機では、内容はわからないまでも一応、音のあるところがわかるのは土約16倍までである。

3.6 その他の特徴

業務用の場合、バリピッチ再生は、再生時間の長さ合わせ等に有効である。据置型は±12.5%のバリピッチ再生が可能である。

リモート系は、9ピンシリアルと、スタジオでの簡易なりモート用にパラレルリモートを備えた。また、映像同期に、サンプリングクロックをロックさせ、正確なりップシンクを行うことができる。

デジタル入出力は、AES/EBU デジタル IO を用い、他の業務用機器とデジタルダビングを行える。

所望の位置へタイムコードロケートできるオートロケート機能と、その他、民生機と同様の ID 機能をあわせてもっており、検索にも非常に便利に使いこなすことができる。

4. む す び

このたび放送用に開発した DAT システムについて

紹介した。この DAT は試作機であり、今後の実用化にむけては、瞬時スタートや再生位置での自動スタンバイなど、さらに使いやすい機能を備えるよう検討を重ねていきたい。

今後、タイムコードフォーマットが国際的に統一され、こうした数々の機能を備えた高性能な PRO-DAT が誕生すれば、長い歴史をもつアナログ録音機に置き代わっていく日もそう遠くないかも知れない。

この DAT は、NHK とソニーおよび松下電器産業株式会社が共同で開発したものである。

本機の開発を進めるにあたってご指導、ご協力をいただいた関係各位に深謝する。

(1989 年 11 月 22 日 受付)

【参 考 文 献】

- 1) R. Lagadec: "R-DAT and Professional Audio" Preprint, the 83rd AES Convention (1987)
- 2) 塚谷ほか: "放送用 DAT カセットシステム", AES 東京大会予稿集 (1989)
- 3) 人見: "デジタルオーディオテープレコーダ", テレビ誌, 42, 4, pp. 59-65 (Apr. 1988)
- 4) T. Ketori, et al.: "A Professional R-DAT Recorder", Preprint, the 85th AES Convention (1988)
- 5) 宮嶋: "放送用 DAT カセットシステム", JAS ジャーナル (Nov. 1989)
- 6) IEC Technical Committee SC60A Draft Standard, "Digital Audio Tape (DAT) Cassette System for Professional Use, Feb. 1989"
- 7) 稲沢: "DAT 技術とその実際, 高速リサーチとサブコード", ラジオ技術, pp. 72-77 (Apr. 1987)

つかたに もとゆき
塚谷 基文 昭和 50 年, 早稲田大学大学院電気工学専攻修士課程修了。同年, NHK に入局。北見放送局を経て, 現在, 技術局にて, スタジオ設備, 音声単体機器の開発に従事。

みやじま のぶひこ
宮嶋 信清 昭和 34 年, 東海電波高等学校卒業。同年, NHK に入局。技術現業部を経て, 40 年より, 技術局に勤務し, 現在に至る。スタジオ設備(音声・映像・照明)のシステム設計および開発業務に従事。

やまがみ じゅんいち
山上 順一 昭和 48 年, 大阪市立生野工業高校電気科卒業。同年, NHK に入局。神戸放送局技術部, 大阪放送局技術現業部を経て, 現在, 技術局にて制作設備の開発, 整備, システム設計業務に従事。