

「テープ録音機物語」

その65 カセット (3)

あべ よしはる
阿部 美春

1 カセットテープの発展 ⁽⁵²⁹⁾⁽⁵³²⁾

コンパクト・カセットが出現してからの磁気録音テープの発展は目ざましく、新材料が次々と登場し、カセットの音質は飛躍的に向上した。表 65-1 はその模様を飯野 祐之助氏 (当時ソニー マグネプロダクト) がまとめられたもので、磁気テープが使われ始めてからコンパクト・カセットが出現するまでの長い間、酸化鉄だけであった磁性材料が、ここ 15 年の短期間に二酸化クロム、コバルト含有酸化鉄、メタルテープ (金属強磁性体) といったものが現れ、二層塗りといった新技術も登場してきた。

2 IEC (*1) による分類 ⁽⁵²⁹⁾

現在、カセットテープは磁性材、電気的特性等から 4 種類に大別でき、用途によって目的に適した特性のテープを選べるまでになってきた。この 4 種を IEC では Type I~Type IV に分類している ⁽⁵³⁰⁾。

表 65-2 に録音テープの特性表 (例、Sony カタログ 1986 年 5 月から抜粋) を示す。

注*1 IEC : International Electric Commission の略で、日本では「国際電気標準会議」と訳されている。機械系の標準化を目的とした ISO 規格とならんで、IEC は電気関係の国際標準化を目的としている。

カセットに関する規格は 1965 年に、オランダから提案され [29A (Netherlands) 25] ⁽⁵²³⁾、以降、60A (Sound Recording) 部門の新設で (1968 年)、カセットは積極的に標準化が進められた ⁽⁵²⁴⁾。

2.1 Type I は俗にノーマルテープといわれるテープで、カセットテープとして最初から登場し、現在もっとも広く使われているのがこのタイプのテープである。当初のテープはもちろんローノイズ・タイプであったが、1968 年には微細磁性粉を採用し、かつその充填率を高めたローノイズ・ハイアウトプット (LH) テープが登場し、1976 年にはさらに改善された LHS タイプが発売され、今日にいたっている。図 95-1 に周波数特性 (例) を示す。

年	テープ・タイプ				備考
	I	II	III	IV	
1962					Philips カセット発表
1965	ローノイズ・タイプ (C-60, C-90)				日本でカセット発売
1966					国産カセットテレコ発売
1967					
1968	LH タイプ				
1969	C-120				
1970					
1971		CrO ₂ テープ			ドルビ [®] -NR採用
1972					
1973			2層塗り FeCrテープ		
1974					
1975		Co酸化鉄系テープ			
1976	LHS タイプ				
1977					
1978				メタルテープ	

表 65-1
カセットテープ
の変遷

IEC Type		Type I		Type II		Type III	Type IV
特性項目		Normal Position		High Position		Fe-Cr Pos.	Metal
		HF	HF Pro	Do	UX Pro	Duad	Metal S
		90	90	90	90	90	90
テープ色		黒褐色	黒褐色	黒褐色	黒褐色	黒褐色	黒褐色
ベース材質		強化ポリエステル	強化ポリエステル	強化ポリエステル	強化ポリエステル	強化ポリエステル	強化ポリエステル
テープ幅	mm	3.81	3.81	3.81	3.81	3.81	3.81
テープ厚さ	μm	12	12	12	12	12.5	12
残留伸び	%	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.1	≤0.1
3%伸び強度F ₃ /切断強度	N	4/10	4/10	4/10	4/10	4/10	4/10
最大残留磁束密度	mT	135	174	165	200	150	330
	Gs	1350	1750	1650	2000	1500	3300
保持力	k A/m	27.2	31.2	52	54.4	25.6	84
	Oe	340	390	650	680	320	1050
角型比		0.84	0.89	0.87	0.93	0.87	0.85
MOL (dB)	315Hz	3.5	6.5	4.5	7.5	4	6.5
	10k Hz	-7.5	-2.5	-4.5	-3	-7.5	0
感度 (dB)	315Hz	-1	0.5	-0.5	0	-0.5	0.5
	10kHz	-0.5	3.5	2	3	0	1.5
	12.5kHz	-0.5	4	2	3.5	0	1.8
	16kHz	-0.5	5	2	4	0	2
ハイアノイズ	dB	-54	-55	-58	-58	-58	-55
転写	dB	58	55	52	53	53	60
消去	dB	70	70	70	70	70	70
感度むら	dB	0.3	0.3	0.3	0.3	0	0.3
出力変動	dB	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4

表 65-2 録音テープの特性表 (例)
(Sony カタログ-1986年5月 から抜粋)

試験条件

テープ速度: 4.76 cm/s
録音ヘッドギャップ長: 4.0 μm
録音ヘッドトラック幅: 0.6 mm
基準レベル: 0dB= 250nWb/m

再生イコライザ: Type I: 3180+120 μs
Type II, III, IV: 3180+70 μs

基準テープ: Type I: BASF R273DG
Type II: CS-210 SONY Reference Tape
Type III: CS-301 SONY Reference Tape
Type IV: BASF E912BH

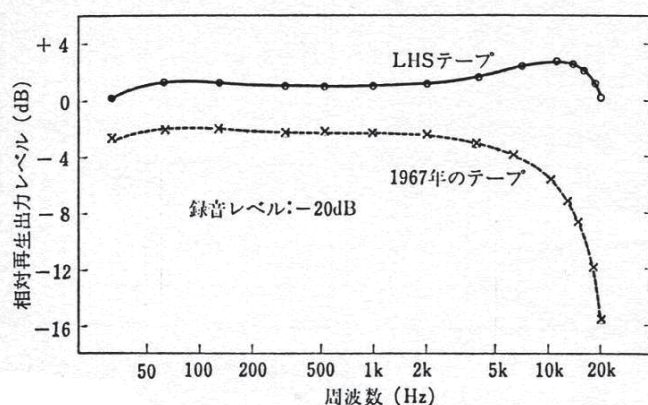


図 65-1 Type I の周波数特性(例) (529)

2.2 Type II は、1970年に登場した二酸化クロム (CrO₂) テープと1974年に日本で開発されたコバルト・酸化鉄テープがこのタイプに属している。

二酸化クロムはデュポン (DuPont) 社が開発した磁性材料で、飽和磁化量が従来のガンマ・ヘマタイト (γ-Fe₂O₃) より大きく、針状比が良く、空孔もなく、きれいな形をしていて、高音域での特性向上を望むカセットテープにとって絶好の新材料であった。

一方、日本ではコバルト・酸化鉄の開発が進められ、1974年には最大の欠点であった加圧減磁の改良されたテープの製造が可能になった。

図 65-2 に二酸化クロム・テープの周波数特性(例)を示した。この図からわかるように、従来の再生イコライザー(時定数 120 μ s)では高音域が上がりすぎるため、時定数が 70 μ s に変更された。これによって SN 比が 5dB 改善され、かつ周波数特性も伸びた。一方、コバルト・酸化鉄テープでは、二酸化クロム・テープの弱点であった低音域の感度不足が大幅に改善されている(図 65-3~5)。

レコーダー側では、このタイプのテープに対応すべくヘッドの開発が進められ、1971年には、アカイから単結晶フェライト・ヘッド、テクニクスからホットプレス・フェライト・ヘッド、さらにソニーからヘッド・ガードにもフェライトを使った F&F ヘッドが登場した。しかし、フェライトは最大磁束密度が小さいとか、ノイズが多いとか、ひずみの点でも不利、あるいは機械的モロさがある等いわれたが、やはり、寿命が長いことから多用された。

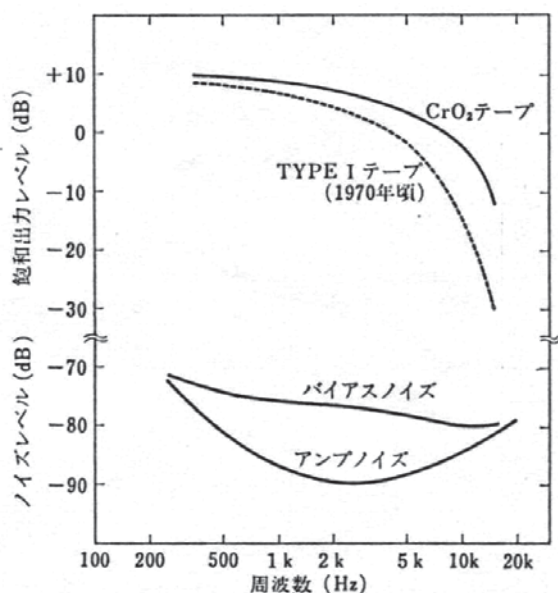


図 65-2 CrO₂テープのダイナミックレンジ(例)

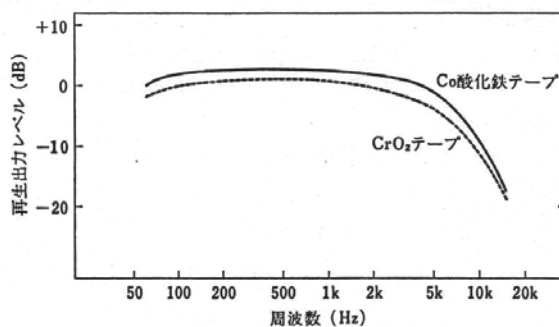


図 65-3 Type II テープの MOL・周波数特性(例)

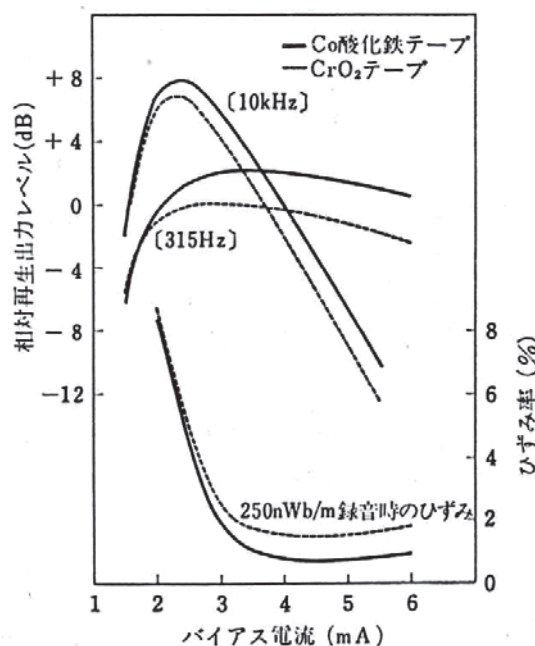


図 65-4 Type II テープのバイアス特性(例)

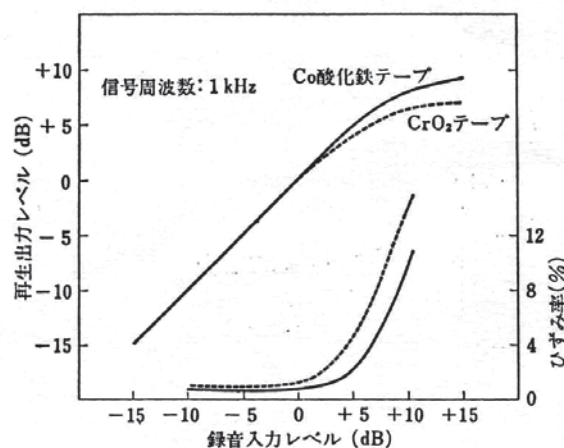


図 65-5 Type II テープの直線性(例)

2.3 TYPE III は、ヘッドに近いテープ上層に保持力の高い磁性粉を塗布し、ヘッドから遠い下層には比較的保持力の低い磁性粉を塗布した二層構造の

テープで、1973年に、ソニーで商品化され Fe・Cr テープがこれに属する。

この Fe・Cr テープは、上層に CrO₂ を 1 μ m、下

層に高充填度 γ -Fe₂O₃ を 5 μ m 塗布になっていて、中・低音域で高 MOL、高感度、低ひずみ率と、二酸化クロム、コバルト酸化鉄並の高音域での感度、MOL 特性を併せ持っている。

しがたってバイアス特性と消去特性が TYPE I と同じで、しかも高域特性が前記の図 65-6 のようにすぐれているので、再生時定数が 70 μ s で使用できるという利点がある。

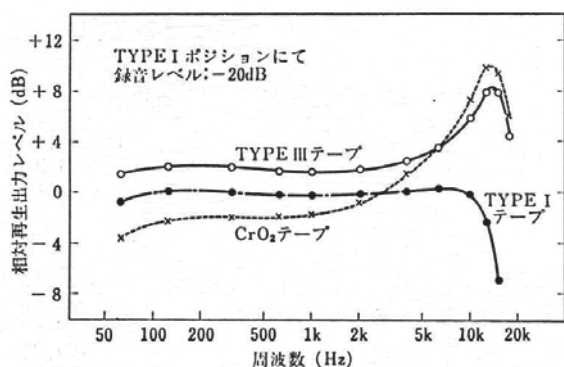


図 65-6 Type III テープの周波数特性 (例)

2.4 Type IV は、金属強磁性粉を塗布したテープで、一般にメタルテープと呼ばれているものである。メタルテープは 1978 年に 3M 社が開発したメタファインにはじまる。金属強磁性粉を使えば高密度記録が可能になるという考えから、20 年以上も前から研究が進められてきたが、多くの困難があつて実用化に至らなかった。

問題点の第一は磁性粉の磁化の問題であつた。金属磁性粉はその結晶構造内に酸素を含まないため、化学的に不安定で空気中の酸素や水分によって酸化してしまう危険があつたが、酸化防止の新技術が確立されて解決した。

第二の問題点は、磁性粉の磁気エネルギーが従来の氧化物粉の 4 倍以上もあるため、磁性粉同士が凝集（ぎょうしゅう）する傾向が強いことで、高度の分散技術あるいは塗布時の配向技術の確立があつて、磁気テープ化が可能になった。

第三は、活性の金属粉のため低コストで量産することが極めて困難であつたことであるが、これは磁性粉末の製造技術の進歩で実用化が可能になった。

メタルテープの性能を十分引き出すために、レコーダー側でも高保持力に対応すべく、飽和磁束密度の高いセンダスト材または鉄のアモルファス材を使用した録音ヘッドの開発と、消去効率の高い消去ヘッドの開発が行われ、合わせてより高い MOL 特性に対応した増幅器の設計がなされた。

図 65-7 と図 65-8 に Type II コバルト酸化鉄テープと比較したメタルテープの特性を、図 65-9 にオープンリール 19cm/s、4トラックの MOL との比較を示す。

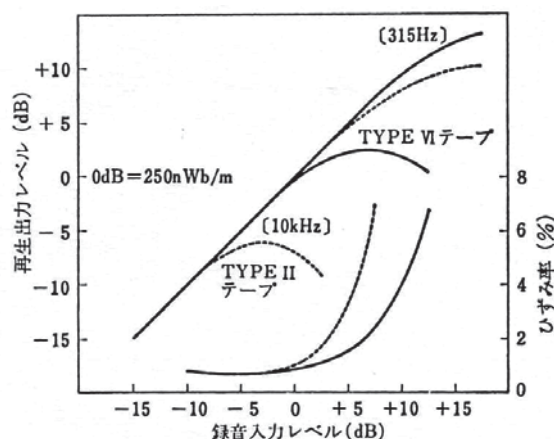


図 65-7 Type IV のテープの直線性 (例)

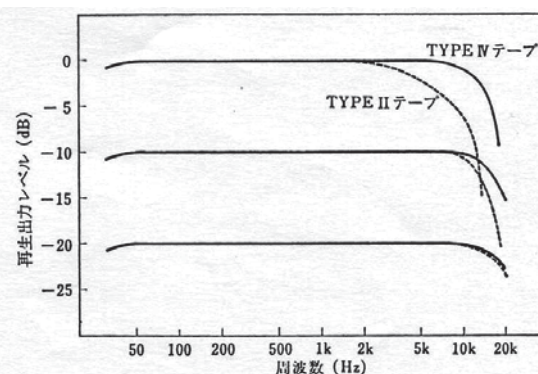


図 65-8 録音レベルと周波数特性 (例)

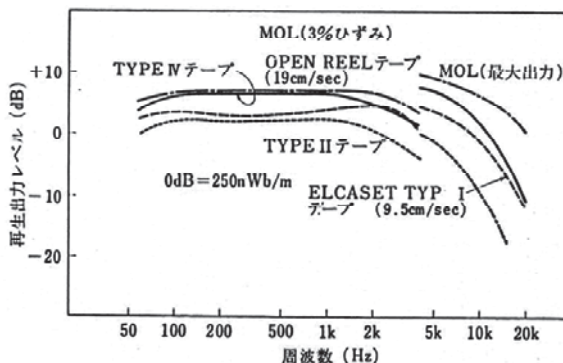


図 65-9 各種テープの MOL/周波数特性 (例)

2.5 蒸着テープの実用化 ⁽⁵²⁴⁾

1978年に松下電器（現パナソニック（株））が当時、夢のテープとされてきた金属薄膜テープを実用化した。マイクロカセットに蒸着テープ「オングローム」が誕生した。そして、1984年にはType IIポジション用としてオングロームのコンパクト・カセットが発売されている。

金属皮膜テープでは塗布型テープでは必須のバインダーが存在せず、理想のテープと考えられてきた。松下の方法はフィルムコンデンサーの電極製作に用いられていた真空蒸着法を発展させたもので、連続でベース上に蒸着薄膜を形成するものである。

優れた磁気特性を持つ反面、レコーダー用テープとしては塗布型に比べて表面が非常に平滑にできているため、ヘッドとの密着性はよいが、逆にヘッドやテープガイドなどとの摩擦が大きくなりすぎ、適当な潤滑性をもたせる必要がある。また磁性層が薄いので耐食性の高いニッケルやコバルトなどの蒸着膜でも耐食性には注意が必要であった。

3 カセット部品の役割 ^{(512) (525) (529)}

今までに経験のない9~18 μm 厚の非常に薄い、しかも3.81mmと幅の狭いテープを小さなカセットのなかで安定に走行させるということ、しかも、オープンリール時代にはなかった使いやすさのための広範囲の使用環境条件、あるいは種々の使われ方に耐えて確実に走行させるということはカセットテープ出現の当初は極めて大きな問題であった。

この走行特性については主に部品の加工と組立精度の点で、テープレコーダー、テープ、カセット各々の立場から究明が行われ、現在では完全解決した問題であるといってもよい。

図65-10にカセット・ハーフの構造と構成部品を示す。カセットテープは約20点の部品で構成されている。これら部品の一つ・ひとつがカセットテープの性能に大きな影響を与える。構成部品を役割から大きく分類すると、磁気テープを安定に走行させると同時にテープを保護する部品とに分かれる。

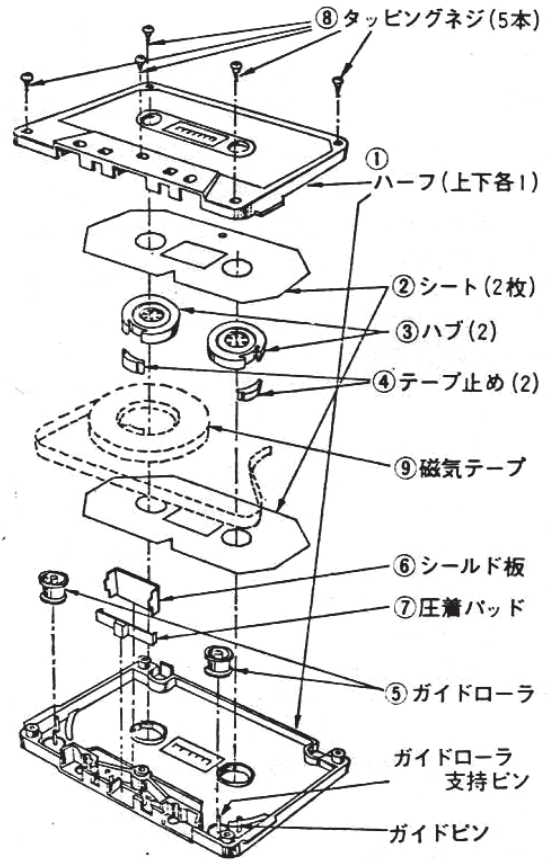


図65-10 カセット・ハーフの構造と構成部品 ⁽⁵²⁵⁾

以下、カセット・ハーフの部品の役割について簡単に説明する。

3.1 カセット・ハーフ

磁気テープを除いたすべての部品をカセット・ハーフと呼んでいるが、この項では外側のケースと考える。

このハーフは上下対で構成され、5本のネジで上下組合せてある。この部品で磁気テープを保護し、取扱いを簡単にすると同時に、外部からのほこり等を防ぐ、またテープレコーダーにテープをセットした時に、磁気テープの位置を決定するという重要な役目がある。そして当然のことであるが、ローラー、パッド等、他の部品の位置もこの精度で左右される。

寸法精度、特に前面部テープ走行に直接関係する部分での性能向上が図られる。また、平行度、平面

度など、さらに、温度特性、耐衝撃性なども考慮される。

なお、ハーフはその仕上がりが商品価値を左右するため。特殊な形状のシボを付けるとか、ウインド一部を大きくして内部のテープがよくわかるようにするとか、デザインのな面も考慮される。

3.2 ハブ

磁気テープの両端を固定し、巻き込むための部品であるが、この部品もシートとの摩擦を軽減するために材質および精度は重要である。

テープを巻き取る役割をもっているため、第一に真円度が重要である。真円度の悪い場合にはテープにひずみがかわって変形したり、テープがフラットに巻かれないためシートとの摩擦が大きくなり、走行トラブルを生じる危険性もある。

また、テープ・クランプ部に段差が生じたり、隙間があったりすると、テープに変形が生じ、レベル変動の原因になる。さらにテープのクランプを確実にしないと、使用中にテープがハブから抜けてしまうというトラブルを生じる。このようにハブは非常に重要な部品であり、精度の向上、クランプ方式の改善など行われる。

3.3 ガイドローラー

磁気テープの走行位置の規定と、走行の摩擦を軽減させる役目があり真円度と垂直度は大切で、回転むらの原因にもなる。

ローラーを受けるハーフ側に立つガイドローラー・ピンの垂直度も大きく関係する。このピンは当初スチールピンであったが、成形精度の向上で、ハーフと一体成形したのもも採用されている。

3.4 シート

ハーフの中の磁気テープの保護と摩擦を軽減するために、磁気テープを上下からはさむ形で用いられ、耐摩耗性、摩擦係数、静電特性なども考慮してシリコン含浸紙、グラファイト、テフロン、ポリエステ

ルなどの材料が使用される。

シートには図 65-11 に示す例のように、種々の形の突起を設けたり、折り曲げたりして磁気テープとの摩擦を少なくすると同時に、早送り、巻戻しの時に磁気テープと一緒に巻き込まれる空気を逃して、きれいに巻き取ることによって磁気テープのエッジが痛むのを保護するためでもある。

このシートの材質、形状は回転むらに大きな影響を与える。

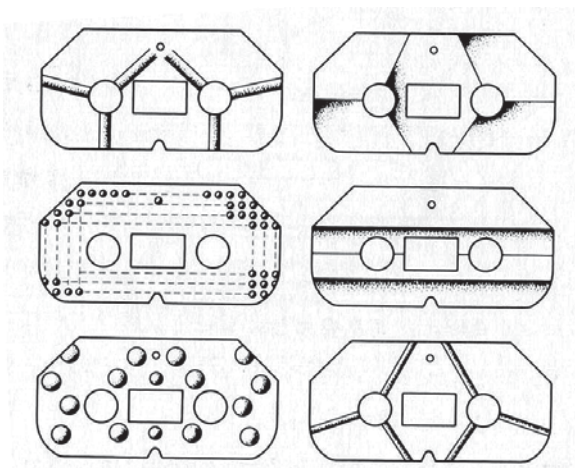


図 65-11 各種シートの例 (512)

3.5 シールド板

ヘッドへの無用な外部磁界のシールドと、圧着パッドを支える役目をする。したがって高透磁率材料が使われる。

3.6 圧着パッド

磁気テープとヘッドの接触を良くし、出力変動を少なくするため、リン青銅の板にフェルトを貼ったものが用いられる。このフェルトが中心から外れたり、曲がって接着されていると、十分にその役目を果たすことができない。

3.7 ガイドローラー支持ピン

ガイドローラー支持ピンは、ハーフに金属製のピンを差込んだものと、ハーフの一部として樹脂のピンが立っているものがあり、いずれの場合もピンの傾きがないことがテープ走行にはよい。

3.8 ガイドピン

このピンの役目は磁気テープに適度の摩擦を与えることで、その傾きは磁気テープの走行位置に大きく影響する。このピン以外にも、ハーフ前面には磁気テープのベース面に接する部分が6か所あり、それらの部分の垂直性は磁気テープの走行に影響する。

4 機械的特性⁽⁵¹²⁾

録音テープは使用または保管するうえで、テープ幅、厚み、長さなどの寸法精度のほか、次のような機械的特性が要求され(表 65-2)、これらの特性はテープの材質や製造工程によって大きく影響する。

4.1 強度

録音テープは走行時の引張力や起動、停止時に瞬間的に加わる衝撃で伸びたり、切断することがある。

録音テープの強度は磁性膜にも関係するが、ベースの種類とその材質に大きく支配される。そのため、ポリエステルのように比較的伸び易い材料では、延伸処理という方法でベースを強化して、いわゆる強化ポリエステルとして使用される。

図 65-12 にテープ抗張力の例を示すが、一般に厚みが小さくなると強度は低下する。ポリエステル・ベースは引張り荷重が加わると切断する前に永久伸びを起こしてしまう。

カセットの場合、普通、テープ両端には厚さ 38 μ m、長さ 15~20cm のリーダーテープが付けられ、テープの末端における強度を増すとともに、ハブに直接テープをまくことによるハブのテープ止め付近の形状の機械的影響が、テープに及ばないようにしている。

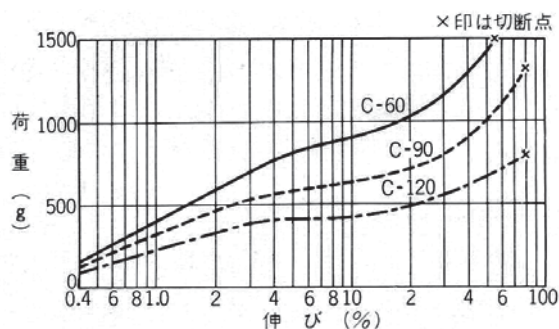


図 65-12 テープの抗張力(例)⁽⁵¹²⁾

4.2 変形

テープは 図 65-13(a) のようなカールや片伸び、よれなどがあると、消去不完全やレベル変動の原因となる。ことにステレオ録音では片側のチャンネル(主に外側のトラック)に多く現れる。これらは、ベースの種類、テープ裁断(スリッティング)の精度、そして温度、湿度の影響のほか録音、再生したあとテープ保管時の巻き方不整などがあると生じる(同図(b))。特に保管の際、高温、多湿のところに置くと片伸びを助長する。

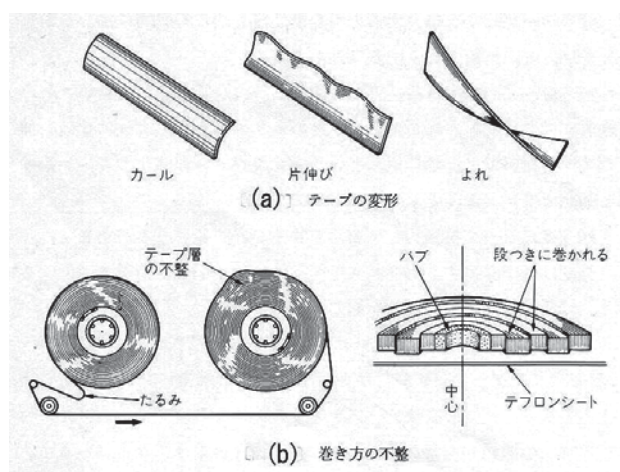


図 65-13 (a) テープの変形 (b) 巻き方の不整

4.3 柔軟性と表面の平滑性

テープは柔軟なほどヘッドとの密着性が高まり、高域周波数の感度が大きくなり、さらに再生出力がよくなり、安定する。密着性を高めるためには、テープ表面の平滑性も大切なことである。テープ表面に磁性材料の不均質な部分や、かたまりがあると、ヘッドギャップとの密着性が損なわれ、信号のドロップアウトが生じる。

4.4 粘着性

粘着はバインダーが軟質であったり、経時変化により変質した場合に生じる。粘着があると、テープの繰り出しが一定でなくなるため、衝撃性のレベル変動を生じるが、市販されているテープは余程の高温、多湿でない限り、粘着による性能の低下はまず起こらない。

4.5 磁性粉の接着性

磁性粉の接着が弱いと、テープ駆動機構部のガイドやヘッドに脱落した磁性粉が付着することがある。このようなテープは録音、再生の不良（特に高音）、感度低下を招く。テープが新しいうちは目立たなくても、繰り返し使用したり、あるいは長期間保存した後には劣化して、このような現象が目立つようになる場合がある。

4.6 テープ鳴き

録音または再生する際、テープがヘッドやガイドの摩擦により振動が生じると、可聴周波数を含む広範囲のノイズを発生する。振動を生じるテープの部分から直接聞こえる場合と、録音または再生信号を振動周波数で変調する場合がある。いずれの場合にも、著しく音質を損なう。高温、多湿の雰囲気では特に発生し易く、このようなテープ鳴きの発生原因は磁性塗料、磁性面の状態、環境、ヘッドやガイドローラーの材質など多岐にわたり、一旦発生すると除去するのが困難である。

5 磁気テープの磁気特性⁽⁵¹²⁾⁽⁵²⁵⁾

磁気特性は磁気テープの磁性体の基本的性質を表わすもので概略の特性を示している（表 65-2）。

5.1 最大磁束密度

図 65-14 は磁化曲線の実測例で、横軸が磁界の強さ、縦軸は磁束を磁気テープの磁性層の断面積で割った磁束密度を表わしている。縦軸は磁束で示す場合もある。この曲線で縦軸と交わる点が最大磁束密度となり、例では 1,500Gs（ガウス）である。この値は同種の磁性体の場合、低周波数での最大出力と関係がある。

5.2 保磁力

同図で横軸と交わる点を示している。一般的にはこの値が大きいほど消去しにくく、録音バイアス電流も大きくなる。この値は高周波数での最大出力と関連する。

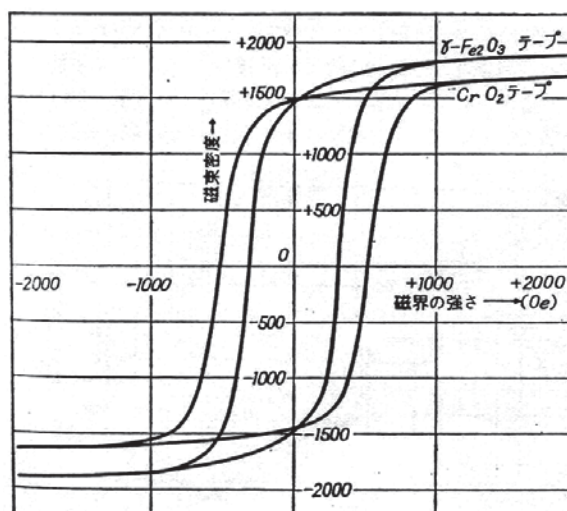


図 65-14 テープの磁化曲線 (例)⁽⁵²⁵⁾

5.3 角型比

図の磁化曲線で磁界の強さが十分大きな時の磁束密度を最大磁束密度と呼ぶ。この最大磁束密度と最大残留磁束密度の比を角型比といい、%または比をそのまま数値で表わしている。この値は 100%または 1 に近いほど効率の良い磁性体といえ、図の例では γ ヘマタイトが約 80%、二酸化クロムが約 90%になる。

6 電磁変換特性⁽⁵¹²⁾⁽⁵²⁵⁾

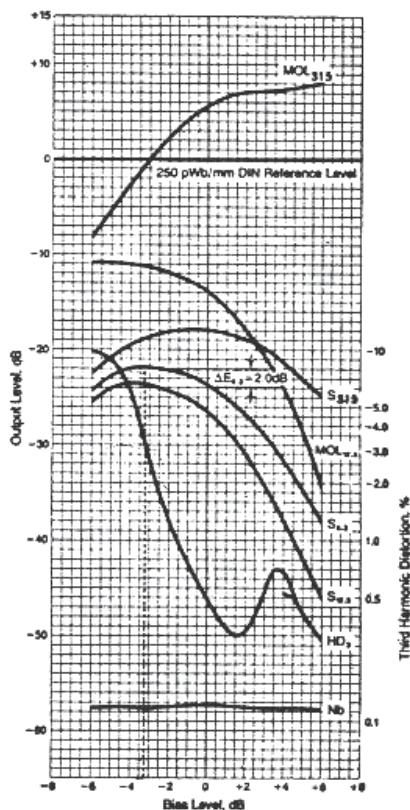
磁気特性は磁気テープ固有の特性であるが、電磁変換特性は測定条件によって大きく変化する可能性がある。特にバイアス電流の設定による変化は大きく、従来から用いられている数値による表示(表 65-2)と、最近はこのバイアス電流の設定を変化させた時の特性変化がわかるような表示方法がみられるようになった(図 65-15)。

6.1 数値による表示

(1) バイアス

図 65-16 にバイアス特性の例を示した。一般に、この特性で 4kHz の最大出力の点を過ぎて 0.5dB 出力が低下した点、または 1kHz で最大出力が得られるバイアス電流を測定し、各メーカーが基準としているテープで同様に測定したバイアス電流との比を%または dB で表示する。この特性は図の(a)と(b)

を比較するとわかるように、測定に用いる録音ヘッドのギャップ長でも差が表れる。最近のデータでは録音ヘッドのギャップ長を明記するのが多くなってきた。また、バイアス電流をパラメータにして周波数特性の変化を示したものもある（図65-17）。



- MOL₃₁₅: Maximum output level at 315Hz with 3% third harmonic distortion relative to DIN reference level
- MOL_{12.5}: Maximum (saturated) output level at 12.5kHz relative to DIN reference level
- S₃₁₅: Sensitivity at 315Hz
- S_{6.3}: Sensitivity at 6.3kHz
- S_{12.5}: Sensitivity at 12.5kHz
- HD₃: Third harmonic distortion relative to DIN reference level
- Nb: Weighted noise with bias relative to DIN reference level

図65-15 バイアス値を横軸としたテープの特性例 (525)

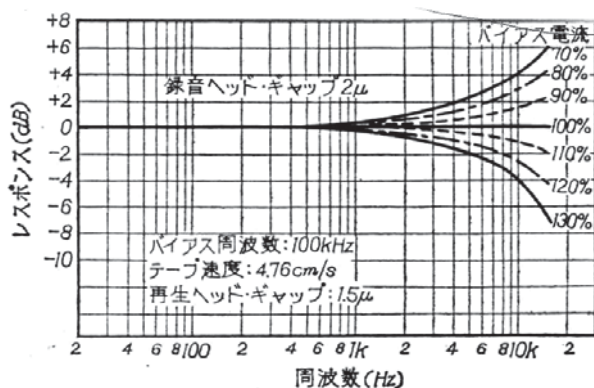


図65-17 バイアスをパラメータとした周波数特性の変化 (例) (525)

(2) 最大出力

図65-18に録音入力対再生出力特性の例を示す。この特性は録音入力を増加させた時、再生出力がどの程度まで比例関係を保てるかを示したもので、周波数によっても異なる。

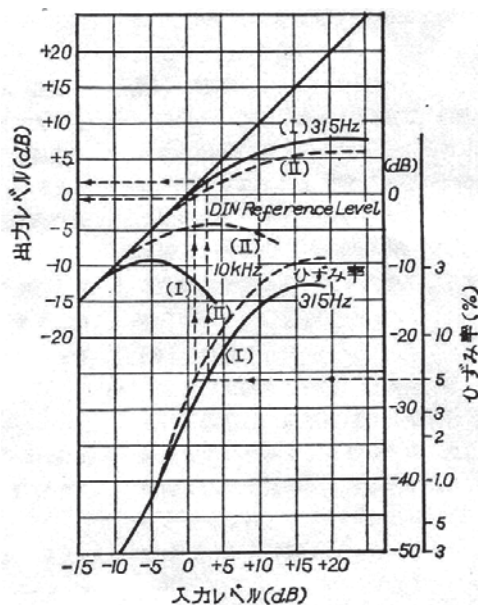
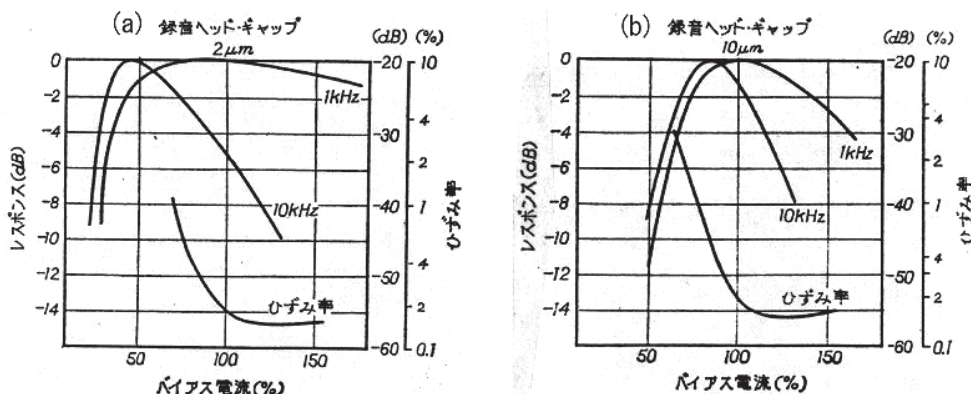


図65-18 録音入力対再生出力特性 (例) (525)

図65-16 バイアス特性例 (525)



最大出力はM.O.L.(Maximum Output Levelの略)と表示する場合もあり、315Hzの最大出力は一般にひずみ率が5% (HiFi用テープでは3%) になる出力レベルで、基準とする磁気テープとの差で表わす場合(表65-2)、図65-18のような特性から直読した値を表示する場合がある。高周波数の場合、ひずみ率の測定に決定的な方法がなく、最大出力で表わす場合が多く、この場合と実測の測定値で表示する場合がある。

最大出力は周波数に関係なく、大きい方が高レベルの録音が可能になり、録音補償による音質の劣化を防ぐことができる。

低周波数における最大出力は、感度と相関があり、感度の高いテープほど最大出力も大きくなる。

最大出力も周波数特性と同様にバイアス値によって多く変化する。

(3) 感度

感度は315Hzの信号をテープ・メーカーで基準としている磁気テープに録音し、その録音電流と再生出力を測定し、つぎに比較しようとする磁気テープに同じ録音電流で録音した時の再生出力の比をdBで表わす。感度も録音バイアスの設定によって、多少変化する。

感度は磁性体が同一であれば、磁性層の厚いほど高く、また粒子の密度(充填率)が高いほど数値は高くなる。

(4) 周波数特性

カセットレコーダーの周波数特性は、その互換性から再生系と録音再生総合の2種類がある。

再生系の周波数特性は、各信号周波数が録音されたテストテープを再生し、出力端子における各周波数信号の出力レベル差(dB)を測定する。そして、録音再生総合周波数特性は、規定の録音レベルに各信号を一定の入力(規定録音レベルから20dB低く)で録音し、これを再生して出力レベル差(dB)を測定する。

数値だけの表示のときは、315Hzにおける感度差を補正して8kHz、10kHz、12.5kHz等の周波数における感度差をdBで表わす。

(5) 高調波ひずみ

録音テープの高調波ひずみ率は、普通、規定バイアス、基準周波数(315Hz)、基準録音レベル(160nWb/m)または、ピーク録音レベル(250nWb/m)における第3次高調波ひずみ率(%)で表す。

この他の周波数またはレベルにおけるひずみ率も音質の評価には有効であるが、高域におけるひずみ率は測定が困難なので、普通、基準周波数だけにとどめている。

第3次高調波のひずみ率はバイアス値により変化し(図65-15)、周波数が異なれば、録音レベル、バイアス値が同一であっても変化する。

(6) SN比

磁気テープの雑音としては、テープ消磁器等で完全に消去した状態で、バイアスだけを加えたときの雑音(バイアス・ノイズと呼ばれる)が対象になる。

磁気テープの雑音は磁性層の表面性、磁性体粒子の大きさ、その分散性などが関係して発生するもので、磁気テープの利用できる範囲(ダイナミック・レンジ)を決定するもので、最大録音レベルとともに良否の判定には重要な要素になる。

SN比の測定は、規定のバイアスを与えて無信号で録音し、その再生出力雑音を、聴感補正回路(図65-19のA曲線)を通して測定し、規準録音レベル

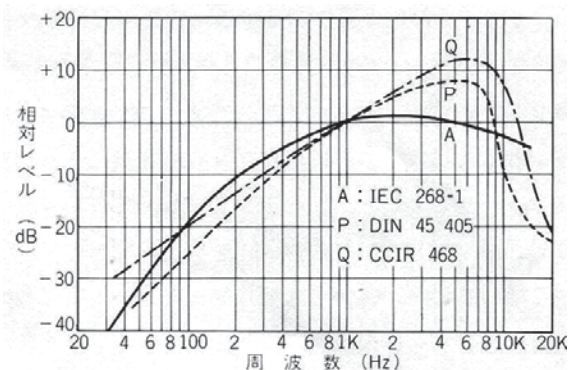


図65-19 SN比の測定に使われる補正曲線⁽⁵¹²⁾

(またはピーク録音レベル)との差を求め、dB で表わす。SN 比は測定に使用されるカセットレコーダーの SN 比の影響を受けるので、同一条件で測定したときに初めて相対評価ができる。

(7) 消去

消去は基準より 5~10dB 高いレベルで 315Hz 信号を録音し、その一部を消去した後、未消去部分と消去部分の再生出力レベルを測定し、その差を dB で表す。消去は普通、65dB 以上とられるが、高域周波数の性能を高めるために、保持力が大きくなると消去しにくくなる傾向がある。

(8) 転写

録音済みのテープはカセットの中で多層巻きされて保存されるため、録音信号が隣接したテープに転写される。したがって信号を再生すると本信号の前後に転写信号が表れる。プリエコーと呼ばれる転写信号が最も大きく表われ、録音信号のない部分に転写されると、テープのバイアス雑音より気になる。

転写は録音テープのベース厚が大きいほど、磁性体の保持力が大きいほど少なくなるが、基本的には磁性体の磁氣的性質によって定まる。しかしテープ層間の密接を防ぐため、できるだけゆるく巻くとか、保存温度を低く保つなどの注意を払えば、ある程度は少なくすることはできるが、本質的に防止することはできない。

測定は普通、基準録音レベルより 10dB 高いレベルで 1kHz 信号を外周の 1 回転以内に録音し、その後、約 10 回転した後、再び録音し、これを数回繰り返して温度 30°C で 24 時間放置したのち、レベル記録計を使用してこれを再生し、現信号と最大転写信号の再生出力レベルを測定し、素の差を dB で表わす。

6.2 バイアス電流を横軸にしたグラフによる表示

図 65-15 にこの表示の一例を示した。ドイツでは古くからこの方法で表示していたが、最近では日本や

米国でも見られるようになった。この図で横軸がバイアス電流、縦軸が出力レベルである。

図 65-20 に IEC 各タイプのバイアス特性の代表例を並べてみた。表 65-3 に試験用テープレコーダーの仕様を示す。

各特性曲線は、MOL315 が 315Hz の第 3 次高調波ひずみ率 3%の最大出力、MOL12.5 が 12.5kHz での最大出力、S315~S12.5 がそれぞれの周波数の感度まで含んだバイアス特性、HD3 は 315Hz で、DIN Reference Level の第 3 次高調波ひずみ率、Nb が雑音レベルになっている。

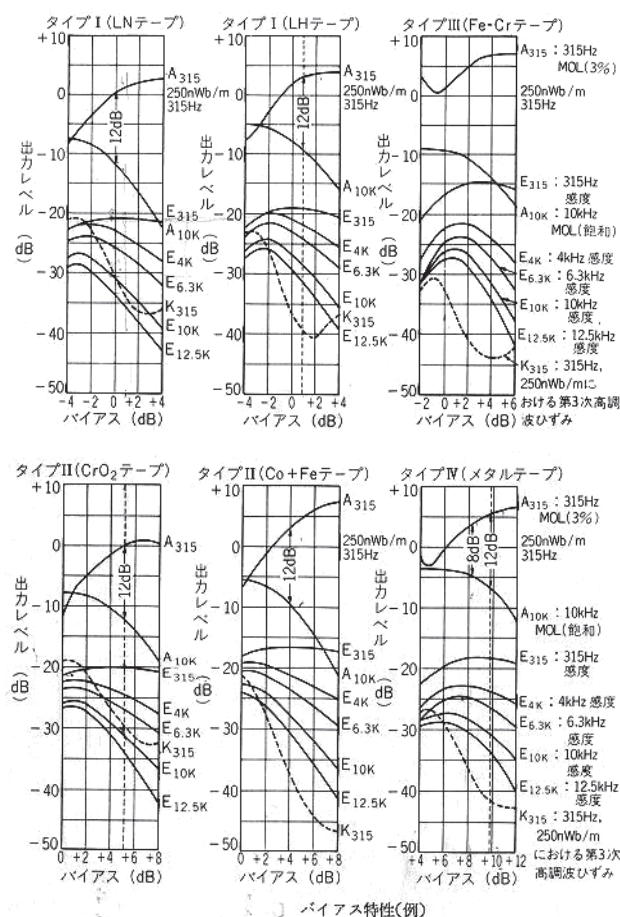


図 65-20 各テープのバイアス特性 (例) (512)

テープ速度	4.76cm/s (±0.2%)
消去ヘッド	フルトラック、ダブルギャップ
録音ヘッド	フルトラック、4μm (または2μm) ギャップ
再生ヘッド	ステレオトラック、(1.5μm ギャップ)
バイアス周波数	100kHz
録音イコライザ	なし
再生イコライザ	タイプ I : 120μs タイプ II、III および IV : 70μs

表 65-3 試験用テープレコーダーの仕様 (例) (512)

(1) バイアス特性

録音テープのバイアス特性は磁性材料、磁性膜の厚さ、録音信号の周波数などに関係し、そのバイアス値は最大出力レベル(MOL)、感度、周波数特性、第3次高調波ひずみ率などとの兼合いで選定され、カセットレコーダーの場合は、各基準テープについて315Hzの最大出力レベル(MOL、5%、HiFi用は3%)と10kHzの飽和出力レベルとの差が12dBとなるバイアス値が、規準バイスとしてIECで定められている。

そして市販テープのバイアス値(動作バイアスと呼ぶ)は、互換性の必要から規準バイスに対する比を求めdBで表わす。そして電磁変換特性は基準バイスまたは動作バイスで測定した値がカタログ等に表示される(表65-2)。

なお、市販テープの動作バイス値は定格値(規定バイスとよんでいる)に対してHiFi用のもので、±10%、一般用のもので±20%のばらつきがある。

図65-20に代表的なテープのバイアス特性の例を示すが、これらの特性は録音ヘッドのギャップ長、イコライゼーションなど、試験用テープレコーダーの特性によって大きく変わるので、テープ間の比較には試験条件が同一でなければならない。表65-3に一般に使われている試験条件を示す。

(2) 高調波ひずみ

ひずみは聴感上、音のつまりや濁りに関係し、カセットレコーダーの場合、アンプなどの非直線性のために生じる高調波ひずみや変調ひずみの他に、テープ走行系に起因する変調ひずみがある。

高調波ひずみはカセットの場合、録音入力と再生出力間の非直線ひずみのために発生するひずみで、その量は再生出力の基本成分に対する第2次、第3次.....の高調波成分の含有率(%)で表わし、これを高調波ひずみ率、略してひずみ率とよんでいる。

録音時のひずみはアンプ自身のひずみが少ないものとすれば、録音によるひずみが主で、その程度は

テープとその使用条件に関係し、バイアス電流と録音レベルの設定が重要になる。

録音時のひずみ率は、普通、平均レベル付近で1%以下、最大録音レベル付近では、3~5%になっている。ひずみの成分は、交流バイスを使用しているため、主に第3次高調波である。

録音アンプ自身のひずみは普通、録音ひずみより少なくなるよう設計されるが、高域補償によるひずみ、過大入力(特にマイク入力)によるひずみの増加はできるだけ避けなければならない。ヘッド自身のひずみはテープに比べれば、わずかなものであるが、コアの材料、構造によって多少の差が生じる。また、極端な直流帯磁があるときは大きな録音ひずみの原因となる。

録音テープのひずみ率は、普通、規定バイス、基準周波数(315Hz)、基準録音レベル(160nWb/m)またはピーク録音レベル(250nWb/m)との差をdBで表わす。測定周波数は基準周波数(315Hz)と高域周波数(たとえば10kHz)が用いられ、バイス値に対する最大出力レベルの変化は、高域における高調波ひずみ率は測定できないので、普通、高域では飽和出力レベルを最大出力レベルの代わりに求めている。

高域における第3次高調波のひずみ率は入出力特性(直線性)から圧縮量を求める方法(この場合、5%のときは1.2dB、3%のときは0.75dBとなる。混変調ひずみから求める方法(第3次高調波ひずみ率5%のときは混変調ひずみ率8%、第3次高調波ひずみ率3%のときは混変調ひずみ率5%)などから求めることができる。

(3) 混変調ひずみ ⁽⁵²⁷⁾⁽⁵¹²⁾

2つの異なった周波数信号を同時にカセットデッキの入力に与えると、アンプ、ヘッド、テープなどの非直線性のために、その再生出力には基本周波数またはその倍数の周波数との和や差の周波数($f_1+f_2, f_1-f_2, f_1+2f_2, f_1-2f_2, \dots$)が混変調ひずみ(IMひずみ)として表われる。混変調ひずみの各周波数

の大きさは、入出力特性（直線性）および高調波ひずみ率との間に一定の関係があり、高調波ひずみを少なくすれば、当然混変調ひずみも少なくなる。

カセットレコーダーの混変調ひずみの測定は、近接した2つの周波数信号をデッキの入力に与え、非直線性によって発生するサイドバンドを測定し（**図 65-21**）、それぞれの振幅比を%で表す。カセットレコーダーの場合、特に高域における高調波ひずみの測定は、最高再生周波数の1/3以下（第3次高調波の再生範囲）までであり、また、自己減磁作用などが働いて数kHz以上の測定はできない。そのため、従来、高域での第3次高調波ひずみ率は入出力特性の圧縮量から求めていたが、測定精度が悪く、最近では2信号によるサイドバンドによるひずみ法の測定がおこなわれるようになった。**図 65-22**にカセットデッキの混変調ひずみの例を示す。

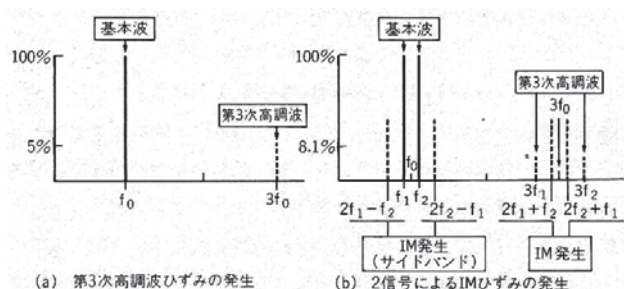


図 65-21 高調波ひずみと混変調ひずみ (512) (527)

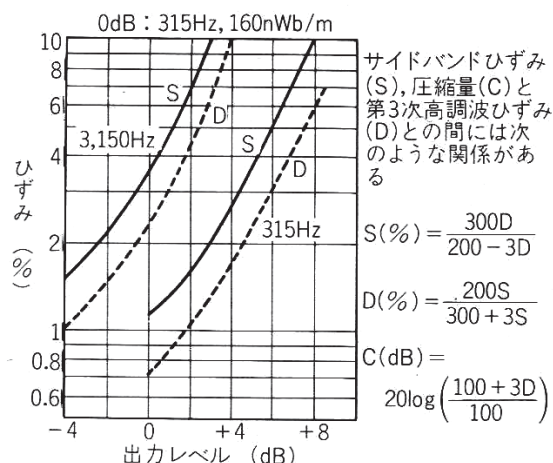


図 65-22 サイドバンドひずみの例と、換算した第3次高調波ひずみ率 (512) (527)

(4) テープ走行系による変調ひずみ

テープ走行系で生じる変調ひずみは周期的なレベ

ル変動による AM ひずみ（振幅変調）と、ワウ・フラッターによる FM ひずみ（周波数変調）がある。

人間の耳は AM ひずみに対しては比較的鈍感であるが、FM ひずみに対しては、周期の遅いときはワウ・フラッターとして感じ、早い周期のときは音のにごりとして感じる。そしてさらに早い周期（スクレープ・フラッター）のときは再生音のあらさや、にごりにも関係するが、この場合は聴感上からみて変調雑音として扱っている。

(5) 感度むらと出力変動

テープ磁性体の不均一、欠如、ごみや異物の混入、テープとヘッドの接触不良などによって生じる録音信号(磁束)のまたは再生出力の変動で、普通、テープ巻中に生じる変動の周期がきわめてゆるやかな場合、(1Hz 以下) をテープの感度むらといい、変動の周期が早い場合 (1~100Hz) をテープの出力変動とよんでいる。

また、出力変動のうち、出力低下による変動の深さと時間で示される特性 (**図 65-23**) (531) を、ドロップアウト (音飛び) とよんで区別することができる。

測定には、普通、感度むらは低域の周波数 (たとえば 315Hz)、出力変動は高域の周波数 (たとえば 8kHz) で行われ、それぞれ、2dB (VU) 以下に保障されている。**図 65-24**に感度むらと出力変動の測定例を示す。

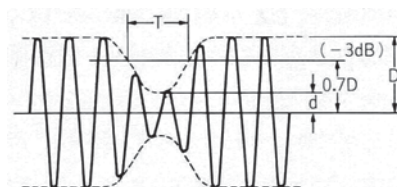


図 65-23 ドロップアウト (512) (531)

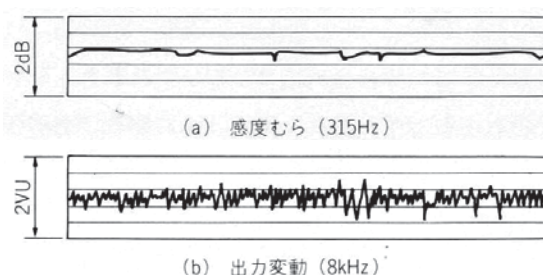


図 65-24 感度むらと出力変動 (例) (512)

(6) クロストーク

漏話ともいい、一般には混信ともいう。テープが往きと帰り(カセットの裏表)に録音が行われるカセットレコーダーの場合に反対方向に録音されたトラックからの音漏れ、これをリバーストラック・クロストークという。原因はおもに縁辺効果によるヘッド表面における磁氣的漏れによるもので、低周波数ほど多くなる。ヘッドの構造やトラック寸法による宿命的な漏れのほかに、ヘッドのコアにずれができると、クロストークはさらに大きくなる。

クロストークの規格は、一般用(DIN)は500~6,300Hzで40dB以上、HiFi用(IEC)は1kHzで60dB以上、500~6,300Hzで45dB以上となっている。

(7) チャネル・セパレーション

ステレオの場合の左右チャンネル間の漏れをステレオ・チャンネルセパレーションといい、リバース・クロストークの場合とちがって音源が同じなので、あまり問題にならないが、左右音の分離に関係してくる。

左右チャンネル間の漏れは、主にヘッド内の隣接コイル間の漏れ、テープ内の漏れで周波数が高いほど多くなる。また、カセットの場合、左右チャンネルのトラックが隣接しているため、縁辺効果による漏れもある。

チャンネル・セパレーションの規格(IEC)は、HiFi用の場合、1kHzで26dB以上、周波数500Hz~6kHzの間で20dB以上となっている。

(8) ダイナミックレンジ

最大入力レベルと雑音で制限される音量の変化範囲のことを、ダイナミックレンジという。

ダイナミックレンジは音楽の場合で70~90dB、会話の場合で40dB程度といわれ、この場合最大音圧レベルと室内騒音レベルとの差をdBで表わした値をいっている。

カセットレコーダーの場合は、テープの最大出力

レベルが上限となり、下限はテープの雑音(主にバイアス雑音)となる。

ダイナミックレンジは、周波数によって最大出力レベルと雑音レベルは異なるので、当然、ダイナミックレンジに周波数特性があり、また音楽や会話など録音ソースにも音圧レベルに周波数特性がある。

図65-25にカセットデッキのダイナミックレンジを示す周波数特性の一例を示す。-20VUの測定レベルの周波数特性に比べ、高レベルでは、高周波数になるほど入出力の直線性が悪いため(ひずんでしまう)、高域の特性が悪くなることがわかる。

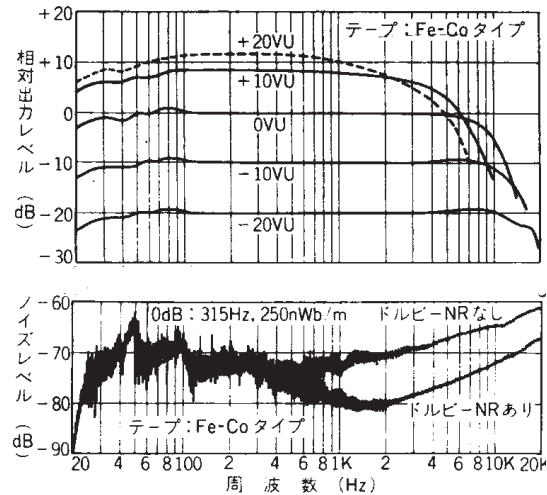


図65-25 テープのダイナミックレンジ(例) (512)

(9) テストテープ (272)(582)

電磁変換特性の測定に必要なテストテープの例を図65-26に示した(272)。


同図(b)は特に測定時間の短縮と測定データの整理の整理に便利なスイープ・タイプのテストテープの例である。

7 エンドレス・カセット



図65-27はカセットにエンドレステープを組込んだエンドレス・カセットの一例(TDK)で、特殊用途に利用されている。テープの繰り出し機構はエンドレス方式と同じであるが、補助駆動機構があつて薄手テープのエンドレステープでも支障なく使用でき、かつ早巻操作もおこなうことができる。

Calibration Series
●Speed & Flutter


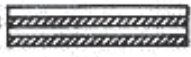
(a) 測定用テストテープの例 (A-BEX社)

MODEL	High Frequency Time Constant (ms)	DESCRIPTION		APPLICATION
		FREQ./LEVEL	PROGRAM	
TCC-110	120	3kHz -4dB		テープ速さ精密測定 ワウ・フラッタ測定 テープ速さ校正値付

●Frequency (Spot type)

MODEL	High Frequency Time Constant (ms)	DESCRIPTION		APPLICATION
		FREQ./LEVEL	PROGRAM	
TCC-162	3180+120	DIN Ref. Level -4dB 31.5~18kHz -24dB		周波数特性測定 4kHz以上はくりかえし録音されています。
TCC-262	3180+70	DIN Ref. Level -4dB 31.5~18kHz -24dB		

●Crosstalk

MODEL	DESCRIPTION		APPLICATION
	FREQ./LEVEL	PROGRAM	
TCC-192	1kHz -10dB		クロストークチェック
TCC-194	1kHz -10dB		セパレーションチェック

(b) スイープタイプのテストテープの例 (A-BEX社)

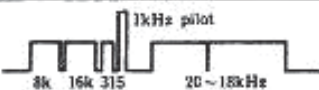
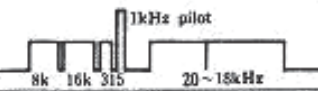
MODEL	High Frequency Time Constant (ms)	DESCRIPTION		APPLICATION
		FREQ./LEVEL	PROGRAM	
TCC-162B	120	20~18kHz DIN Ref. Level -24dB		周波数特性測定 Level Recorder用 対応機種
TCC-262B	70	20~18kHz DIN Ref. Level -24dB		B & K 2305及び LEADER LFR 5601 (Paper Speed 1mm/s)

図 65-26 カセット用テストテープ (例) (A-bex/Almedio) (272)

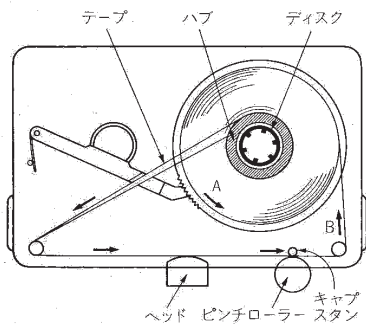


図 65-27 エンドレス・カセット (TDK EC 型の例)

【謝辞】

今回は主に飯野 祐之助氏 (当時、ソニーマグネブ
ロダクツ)⁽⁵²⁹⁾ と高橋 正氏 (当時、(株) エーベック
ス、現アルメディアオに社名変更)⁽⁵²⁵⁾ の記事から抜
粋・引用させていただきました。ここに謹んで謝意
を表します。

【参考文献】

- (1) 日本オーディオ協会編「オーディオ 50 年史」
VIII 磁気録音 (1986.12)
- (272) 横山 克哉編集委員長「磁気記録技術と装置・
機器」電子総合出版社 (1988.06)
- (509) Philips Standard "Tape Cassette"
2nd Revision (1967.09)
- (512) 阿部 美春「カセットデッキ」
NHK 出版(1980.09)
- (523) IEC Document,
SC29A (Netherlands) 25 (1965.10)
- (524) IEC Document,
SC60A (Netherlands)1, (1968.05)
- (525) 高橋 正「カセット・テープとは?のポイント
アドバイス」ラジオ技術 (1978-11)
- (526) 電波科学臨時増刊 {テープデッキと録音}
(1973.06)
- (527) Hueber,G.A. & Tendeloo, Han
"Twin Tone Testing"
JAES Vol.24,No.9 (1976.09)
- (528) ラジオ技術編集部
「最新市販カセット・テープ31種の特性測定報告」
ラジオ技術・臨時増刊 (1979.09)
- (529) 飯野 祐之助「カセットテープの技術的変遷と
その将来」、JAS ジャーナル (1980.10)
- (530) IEC Standard, Publication 94-7-1986,
Part 7: Cassette for commercial tape records
and domestic use.
- (531) IEC Standard, Publication 94+5-1988
Part 5: Electrical magnetic tape properties
- (532) W.アムトリーセン「キャリブレーション・テープ、リファレンス・テープ
の歴史」ラジオ技術 (1984.01)
- (533) 伊藤 福蔵「カセットテープとの出会いと
その後のオーディオテープ」
JAS ジャーナル (1993.08)