

# 記録ヘッドの磁気飽和とそのデジタル記録特性に及ぼす影響

西川 正明\*・桐原 昭雄\*・平田 威彦\*

## Record Head Saturation and Its Effects on the Performances of Digital Magnetic Recording

Masaaki NISHIKAWA, Akio KIRIHARA and Takehiko HIRATA

### ABSTRACT

The effect of pole tip and core saturation of the write head has been observed over a wide range by using a low Curie point ferrite head, of which saturation point varies with its operating temperature. It is shown that the dependence of digital readout signal on write current level is restrained by the head saturation when it occurs in the under saturated or remarkably over saturated region of the medium; whereas a readout signal degradation appears to some extent when the pole tip saturation occurs in the intermediate region of the foregoing two.

### 1. まえがき

磁気記録の高記録密度化をはかるため、記録媒体の高保磁力化が進められ、最近では1000 Oe級の媒体も使用されるようになってきている。媒体の保磁力がこのように高くなると、その記録に要する記録ヘッドの磁界も大きいものが必要となるが、フェライトヘッドのようにコアの飽和磁束密度が低いと媒体を十分飽和磁化する前にコアの磁気飽和が生じる。

この記録ヘッドの磁気飽和（以下単に飽和という）に関しては二つの側面から研究されている。ひとつはヘッド飽和時のヘッド磁界分布に関するもの<sup>1)~8)</sup>で、他はヘッド飽和時の媒体記録特性に関するもの<sup>1),9)~20)</sup>である。本稿は主として後者に関しヘッド飽和のデジタル記録特性に及ぼす影響を実験的に検討したものである。

ヘッド飽和の媒体記録特性に及ぼす影響については従来、種々の異説があり、見方が必ずしも一致していない。例えばデジタル記録の孤立再生波の半値幅については、ヘッド飽和によりそれが増加するとするもの<sup>10),11)</sup>、逆にその増加が抑えられるとするもの<sup>12),13)</sup>、

浅いヘッド飽和で抑えられ、深い飽和で急増するもの<sup>9)</sup>、ポールチップの飽和で急増し、コアの飽和で増加が抑えられるとするもの<sup>15)</sup>などがある。

このような不一致の原因として考えられることは、ヘッド飽和の影響がその生起領域によって必ずしも同様ではないこと、他の要因による特性変化をヘッド飽和の影響と混同している恐れがあること、ヘッドの飽和点の確認が不十分であること、などが挙げられる。

本論文ではこれらの疑問点を見直すために、フェライトヘッドの温度特性を利用してヘッド飽和の生起点を大幅に変化させ、各温度に対する記録特性の変化を比較することにより広い範囲にわたるヘッド飽和の影響を検討した。ここで問題とした記録特性は、デジタル記録の孤立再生信号の振幅と半値波形幅、高密度記録特性及びオーバーライト消去特性である。

### 2. 実験方法

ヘッド飽和の生起点を実験的に変えるため、ここでは Thornley and Bertram<sup>16)</sup> が発表しているものと同様に、低キュリー温度（公称 90°C）の MnZn フェライト記録ヘッドの温度特性を利用した。すなわち、記録ヘッドケースをニクロム線ヒータで囲い、ヒータ電流を制御してヘッドコアの動作温度  $T_h$  を変化させ

\* 電気工学科

Table 1. Properties of experimental heads

Head No.	Core Material	Gap length ( $\mu\text{m}$ )	Impedance (at 10 kHz) $Z$ $\theta$	note	
1	Write	Mn-Zn Ferrite	10	299 $\Omega$ , 83°	Two Tracks
	Read	"	2.7	12 k $\Omega$ , 88°	
2	Write	Hard Permalloy	10	450 $\Omega$ , 82°	
	Read	"	2.8	15 k $\Omega$ , 80°	

Table 2. Properties of experimental tapes

Tape Samples	Coating Thickness ( $\mu\text{m}$ )	Coercivity $H_c$ kA/m (Oe)	Residual Flux Density $B_r$ (T)	note
Tape A	9	26.3(330)	0.135	Audio Tape 6.25 mm Width
Tape B	9	49.3(620)	0.16	

た.  $T_h$  の測定はヘッド (2トラック) 中の隣接遊びトラックの巻線抵抗値を測定し, その値から換算した.

実験範囲を広げるために, 上記のフェライトヘッドより高い飽和磁束密度を持つパーマロイヘッドも併せて使用した. Table 1 にこれらの実験用ヘッドの諸元を示す. また, 実験用記録媒体としては, 市販の 6.25 mm 幅磁気テープから磁性層厚みが同じで保磁力の異なる二種のテープを選んだ. Table 2 にその諸元を示す.

記録・再生実験に用いたテープ装置は市販の 6.25 mm 幅オープンリール形テープレコーダで, テープ走行速度は 9.5 cm/s である. 記録・再生用回路はデジタル記録用に自作した. 再生増幅器は平坦特性のものである.

### 3. 記録ヘッドの磁気飽和特性

ヘッド飽和の影響を検討するためには, 前提としてまず使用ヘッドの飽和特性, 特にヘッド飽和の生起点について確認しておくことが必要である. ヘッド飽和の実測法については各種の方法が試みられている<sup>9), 11), 13), 15), 19)</sup>が, ここでは中村, 岩崎の方法<sup>9)</sup>を参考としてこれを観測した. Fig. 1 にその測定回路を示す. すなわち, ヘッド巻線を励磁及び磁束検出コイルとして兼用してコア脚部の  $\Phi$  (磁束) -  $H$  (磁界) 曲線を CRT 管面上に描かせるもので, この場合,  $\Phi$  測定の誤差要因となるヘッド巻線回路の抵抗分を補償するため, 図に示した Compensator が付加されている. な

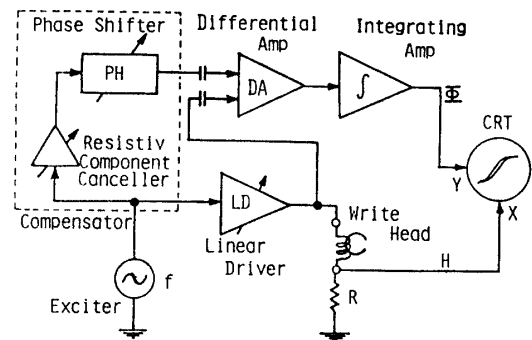
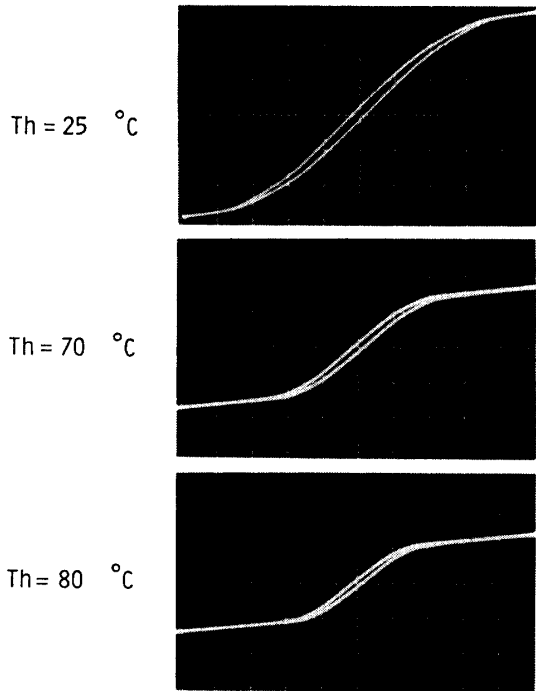


Fig. 1 Block diagram of the head  $\Phi$ - $H$  loop observation.

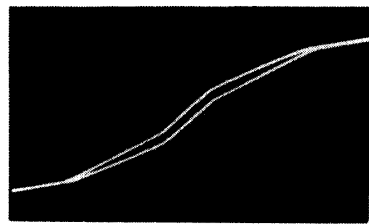
お, ヘッド巻線の励磁周波数  $f$  は  $\Phi$  検出の上では高い方がよい (低いと抵抗分による誤差が相対的に大きくなる) が, 高過ぎると励磁増幅器 (LD) の出力が大きくなり, 設計が難しかったので, ここでは  $f=5$  kHz とした.

Fig. 2 に使用した記録ヘッドの  $\Phi$ - $H$  曲線の観測例を示す. (a) はフェライトヘッドの各動作温度  $T_h$  に対するもの, (b) はパーマロイヘッドに対するものである. (a) では  $T_h$  の上昇とともに飽和磁束が減少し, またそれに対する飽和点電流も減少していることがわかる. (b) のパーマロイヘッドについての観測は室温でなされたものであるが, パーマロイのキュリー温度は高いので  $\Phi$ - $H$  曲線は通常室温範囲では殆んど変化しない<sup>21)</sup>.

Fig. 2 の  $\Phi$ - $H$  曲線を調べてみると, この曲線には Fig. 3 のモデルで示すように 2 つの折点,  $C_s$  及び  $P_s$  がある.  $C_s$  点はコア脚部の磁束飽和点を示すもの



(a) Ferrite Head (Horizontal : 10 mA / div)



(b) Permalloy Head (Horizontal : 20 mA / div)

Fig. 2 Observed  $\Phi-H$  loops.

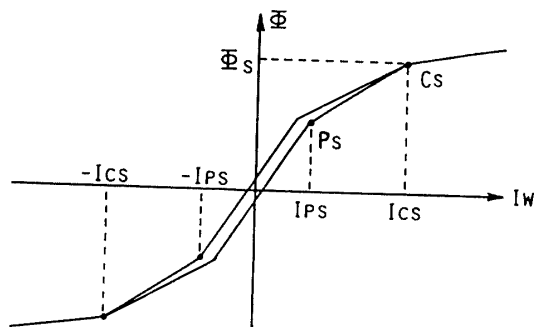
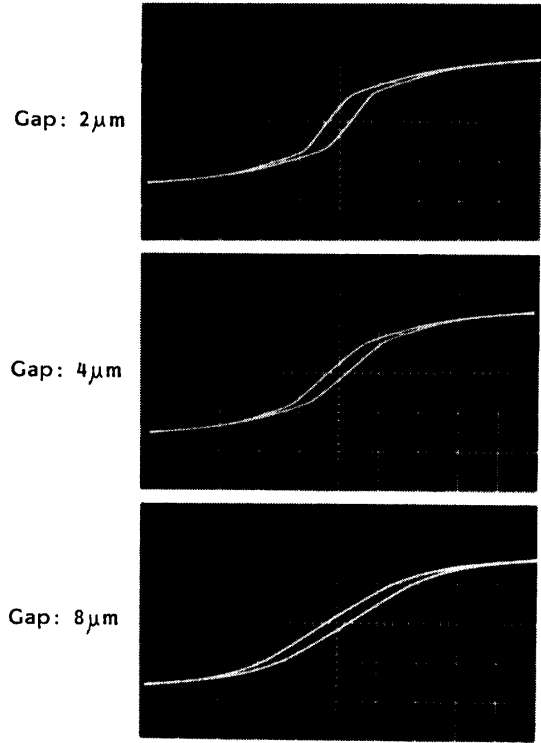


Fig. 3 The shape of head  $\Phi-H$  loop and the presumption of head saturation point.

で、これを以下、コア飽和点と呼び、それに対する巻線電流  $I_{cs}$  をコア飽和電流と呼ぶ。  $P_s$  折点はコア磁路断面積の狭い、ギャップ突合せ部分が磁氣的に飽和し、この部分の磁気抵抗が飽和以後、非線形的に増加することにより生じたもので、この点を以下、ホールチップ飽和点、それに対する電流  $I_{ps}$  をホールチップ飽和電流と呼ぶ。ホールチップの飽和が生じると、ギ

ャップコーナから実効的な透磁率が低下して媒体にかかる記録磁界の長手成分の減衰勾配が減少する<sup>3)</sup>と同時に、記録磁界強さの巻線電流に対する比例的な増加が抑制される。



Ferrite Head (Horizontal: 5mA/div)

Fig. 4  $\Phi-H$  loops of three heads having a different gap length.

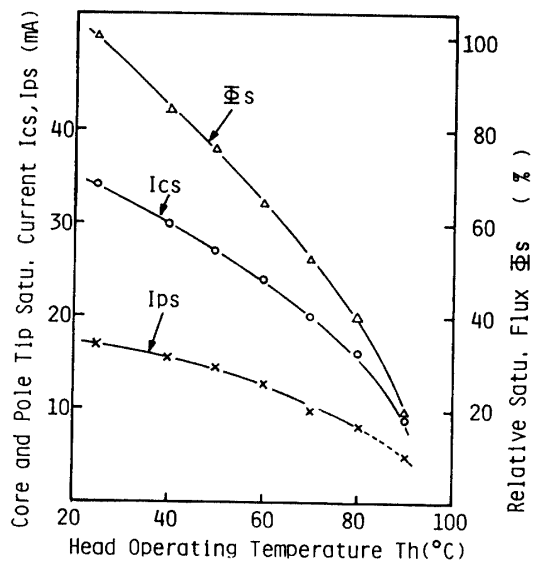


Fig. 5 Pole tip saturation current  $I_{ps}$  core saturation current  $I_{cs}$  and saturation flux  $\Phi_s$  versus head operating temperature for the ferrite head.

$P_s$  折点は Fig. 2(b) のパーマロイヘッドについては一見してわかるが、(a)のフェライトヘッドではよく注意して見ないとわからない。すなわち、ここで用いたフェライトヘッドの場合、ポールチップ部の飽和はある点で急に起こるのではなく、その点の前後で未飽和から飽和へと徐々に移行している。なお、この  $P_s$  折点の存在は、ヘッドギャップ長が狭いほど明瞭になる。参考として、ギャップ長の異なる3つのNiZnフェライトヘッドについて観測した  $\Phi-H$  曲線の例<sup>20)</sup>を Fig. 4 に示しておく。

Fig. 5 は使用したフェライトヘッドの動作温度  $T_h$  と  $I_{cs}$ ,  $I_{cs}$  及び飽和磁束  $\Phi_s$  (相対値) の関係を、Fig. 2(a) からプロットしたものである ( $T_h=90^\circ\text{C}$  の  $I_{ps}$  は判定が不正確であったので点線で示した)。

#### 4. 孤立再生信号の振幅と半値幅

デジタル記録の記録特性として最も基本的なものは、記録電流の1個のユニットステップ状反転に対して現れる、いわゆる孤立再生パルスの特性である。この孤立再生パルスは周知のようにローレンツ波形状のパルス波形で、そのピーク値  $E$  を再生振幅、ピークの1/2振幅点間の波形幅  $W_{50}$  を半値幅という。この  $E$  及び  $W_{50}$  に与えるヘッド飽和の影響を以下に検討する。

Fig. 6 は前章の特性をもつフェライトヘッドの各動作温度  $T_h$  について、 $E$  及び  $W_{50}$  とヘッド巻線に流

れる記録電流  $I_w$  の関係を測定したもので、再生信号の測定は記録同時再生方式で行った。図中に矢印で各  $T_h$  に対する先掲の  $P_s$  及び  $C_s$  点を表示している。また、 $T_s$  点はヘッド飽和がない場合、 $E$  の最大値を与える点で、これを以下、媒体の飽和点、それに対する記録電流値  $I_{Ts}$  を媒体飽和電流と呼ぶ。(a)と(b)は使用テープを変えた場合である。

Fig. 7 はパーマロイヘッドを用いて同様な特性を測

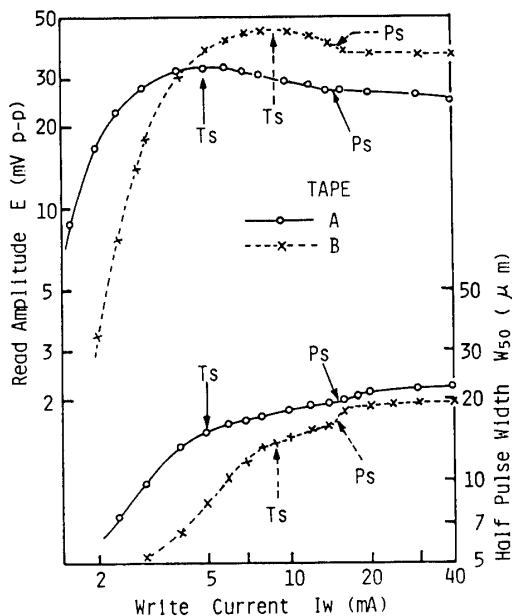


Fig. 7 Characteristics of isolated read signal as a function of write current for the permalloy head.

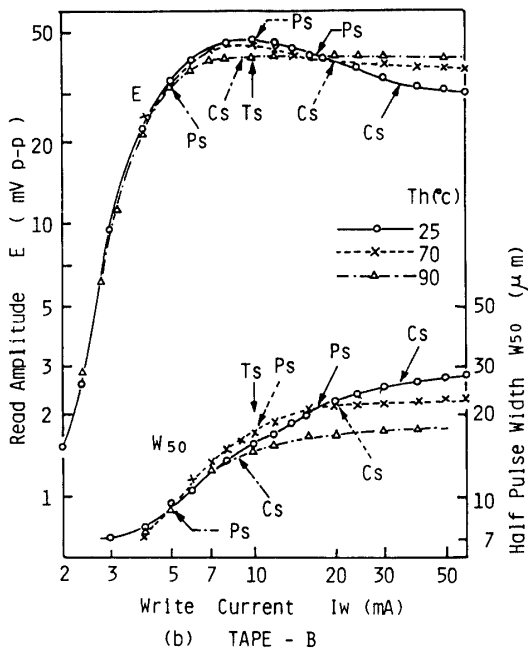
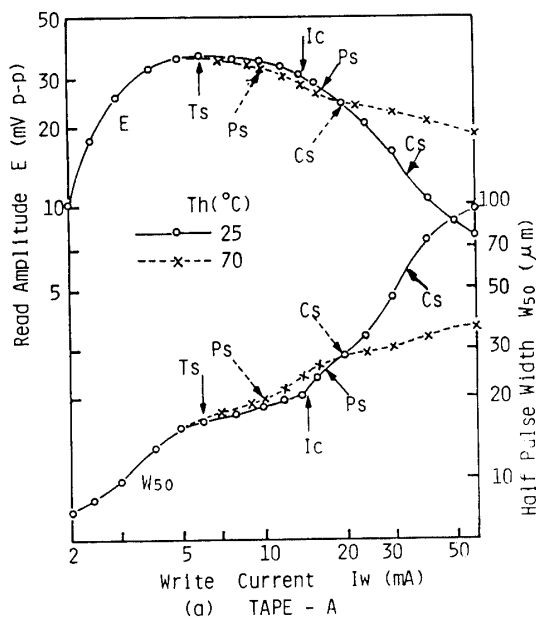


Fig. 6 Characteristics of isolated read signal as a function of write current for the ferrite head.

定したもので、2つのテープについて示している。ヘッド温度は室温である。なお、記録の磁化反転密度は Fig. 6, 7 何れの場合も 5 FR/mm (Flux Reversal/mm) と十分に低く、再生波は孤立波状態にある。

#### 4.1 ヘッド飽和の影響を受けない場合の特性

上掲の  $E$ ,  $W_{50}$  対  $I_w$  特性がヘッド飽和の影響を受けない場合にはどのようなになるかをまず推定しよう。Fig. 6 及び 7 の各特性曲線は何れも途中に  $P_s$  及び  $C_s$  点が生じているので、ヘッド飽和の影響を含まない特性は直接には示されていない。しかし、その状態に最も近いもの、すなわち  $P_s$  点が  $T_s$  点よりなるべく右に離れているものをとると、Fig. 6(a) の実線と Fig. 7 の実線の特性となるのでこれらに注目しよう。

Fig. 6(a) の実線の特性を見ると、媒体の未飽和域では  $E$  と  $W_{50}$  は  $I_w$  に対して急速に増加し、飽和点  $T_s$  を過ぎると  $E$  は漸減、 $W_{50}$  は漸増している。Fig. 7 の実線でもこの傾向は全く同様であり、このことは従来周知の特性である。しかし、Fig. 6(a) の実線の場合、 $I_w$  を更に増して行くと、ある点  $I_c$  より右で  $W_{50}$  が急増し、 $E$  が急減しようとする傾向が見られる。この場合、 $I_c$  点よりやや右の点に  $P_s$  点が生じており、これによって  $I_c$  点から右での曲線勾配の増加が抑えられている様にも見えるが、その作用はさほど明確に判断できない。 $P_s$  点の影響がこのように不明確なことは、前章に述べたようにフェライトヘッドのポールチップ飽和が  $P_s$  点から急に起こるのではなく、その前後で未飽和より飽和へと徐々に移行していることと関連している。

そこで、ポールチップ部の飽和が段階的に起こっているパーマロイヘッドの場合、すなわち Fig. 7 実線の特性を見ると、 $P_s$  点以降では曲線勾配の平坦化が一見して明らかである。

以上のことから、ヘッド飽和の影響を受けない場合の  $E$ ,  $W_{50}$  対  $I_w$  特性は次節の Fig. 9 の実線で示すようになるものと推定される。図示の領域 I は媒体の未飽和域であり、この領域では媒体の磁性層の磁化が記録磁界の強さ、すなわち  $I_w$  の大きさとともに厚み方向に滲透する。このため、 $E$  と  $W_{50}$  は記録磁界の強さに強く依存している。領域 II、すなわち媒体の飽和点からある程度の過飽和に至る領域では、媒体の磁化はすでに厚みの全層を滲透した状態にある。この領域で  $E$  及び  $W_{50}$  が  $I_w$  に対し若干変化する原因は、 $I_w$  すなわち記録磁界強さによってヘッドギャップ後縁の磁界の減衰勾配が変化し、これによって媒体の磁化反転幅が変化するためである。

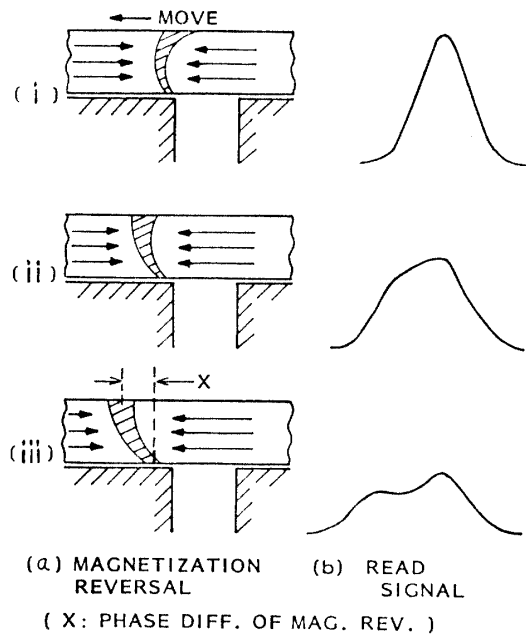


Fig. 8 Magnetization reversal models in different magnetization levels and corresponding read waveforms.

領域 III、すなわち媒体の著しい過飽和域における特性は、この領域が実用領域ではないため従来論じられていない。この領域において図示のように  $E$  及び  $W_{50}$  が急激に変化する理由は媒体磁性層の厚み方向に対して磁化反転の位相が大きく傾くためであると考えられる。Fig. 8 はこれを説明するもので、図の(a)の斜線領域が磁化反転領域である。(なお、この図では磁化反転領域が記録磁界の尾引き効果で定まるとして描いているが、実際にはさらに磁化による減磁界の作用が加わる)。領域 II に対応した記録磁界強さの範囲では、磁化反転の位相は厚みに対してさほど傾かず、再生波形は(b)に示すようにほぼ対称的な波形を保っている。 $I_w$  を増加すると図の(ii)に相当する点付近で再生波形の前縁に盛り上がりが見われ始め、(iii)の状態ではこの盛り上がりが急に目立つようになる。(iii)の状態が領域 III に対応する。この盛り上がりは図示のように媒体の深層における磁化反転位相が浅層に対して大きく傾き、それによる再生波成分が浅層成分に対して目立つように現われていると考えることができる(これらの再生波形は実際に観測したもののスケッチである)。この磁化反転位相の傾きは、記録磁界の強さに依存するため、領域 III における  $E$  及び  $W_{50}$  も記録磁界強さによって大きく変化することになる。

4.2 ヘッド飽和の及ぼす影響

上述のヘッド飽和の影響を含まない場合の特性を前提にして、Fig. 6 及び7に現われている  $P_s$  及び  $C_s$  点の影響を検討しよう。これらの図では、 $P_s$ 、 $C_s$  点が  $T_s$  点より左に生じているもの、 $T_s$  点付近あるいはそれよりやや右に生じているもの、 $I_c$  点付近より更に右で生じているものなど、各種の場合がある。

Fig. 9 の点線①、②、③はこれらを整理して示した

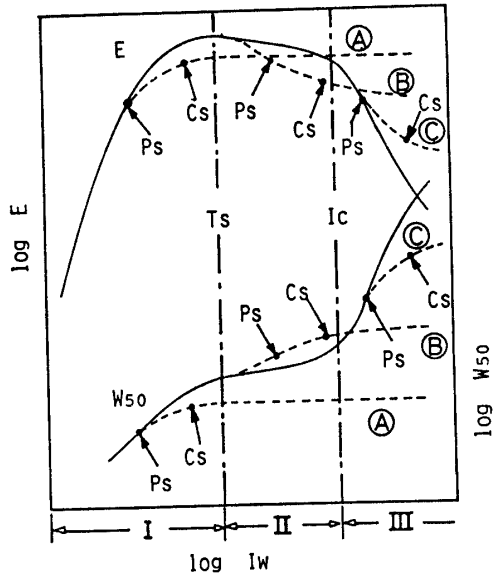


Fig. 9 A diagram to illustrate the head saturation effect on the characteristics of isolated read signal.

説明図である。①は  $P_s$ 、 $C_s$  が領域Ⅰで起こる場合（実例は Fig. 6(b)一点鎖線参照）で、この場合の特性曲線はヘッドの飽和より右で  $I_w$  に対する変化が抑えられている。②は  $P_s$ 、 $C_s$  が領域Ⅲで起こる場合（実例は Fig. 6(a) 実線、Fig. 7 実線）で、この場合にも特性曲線はヘッド飽和によって平坦化している。一方、領域Ⅱで  $P_s$ 、 $C_s$  点が起こる③の場合（実例は Fig. 6(a) 点線、Fig. 6(b) 点線及び実線、Fig. 7 点線参照）には特性曲線の変化の性質が上記とは異なり、 $P_s$  点の近傍で  $E$  はやや低下、 $W_{50}$  はやや増加する傾向が認められる。

以上のように、ヘッド飽和の  $E$ 、 $W_{50}$  に与える影響は、ヘッド飽和が媒体の飽和点に対してどのような相対位置で生じるかによって異なっているが、この理由は現象的にみて次のように解釈できる。すなわち、ヘッド飽和が生じると、それ以上の記録電流に対して媒体にかかる記録磁界の強さは記録電流に比例して増加しなくなって飽和すると同時に、ヘッドギャップ後縁における記録磁界の減衰勾配が減少する。もし、ヘッ

ドの飽和が、本来の記録特性が記録磁界の強さに影響され易い領域、すなわち Fig. 9 の領域Ⅰ及びⅢにおいて起きると、ヘッド飽和以降は記録磁界強さの飽和の影響が強く現われ、記録特性の  $I_w$  に対する変化は①や③のように見掛け上抑えられる。一方、本来の記録特性が記録磁界の強さよりもその減衰勾配に影響され易い領域、すなわち Fig. 9 の領域Ⅱにおいて起きると、ヘッド飽和に伴う記録磁界の減衰勾配の減少が媒体の磁化反転幅を増加させ、この結果、 $E$  の減少と  $W_{50}$  の増加が生じているものと考えることができる。

5. 高密度記録領域における記録特性

前章では記録密度が十分に低い場合の、いわゆる孤立波記録特性を扱ったが、ここでは高密度干渉領域における特性について検討する。

Fig. 10 の②で示す3つの特性は、Fig. 6 に示したフェライトヘッドの再生振幅特性を、高密度干渉領域（磁化反転密度  $D=105$  FR/mm）において測定したもので、なお、①の曲線は参考のため Fig. 6(b) の特性（ $D=5$  FR/mm のもの）を再掲している。

②の3つの特性は、ヘッドの動作温度  $T_h$  を変えたので、 $T_h=25^\circ\text{C}$  に対しては  $P_s$ 、 $C_s$  点が媒体の飽和点  $T_s$  よりかなり右にあり、再生振幅  $E$  は  $T_s$  点より右で急速に低下している。 $T_h=70^\circ\text{C}$  に対しては

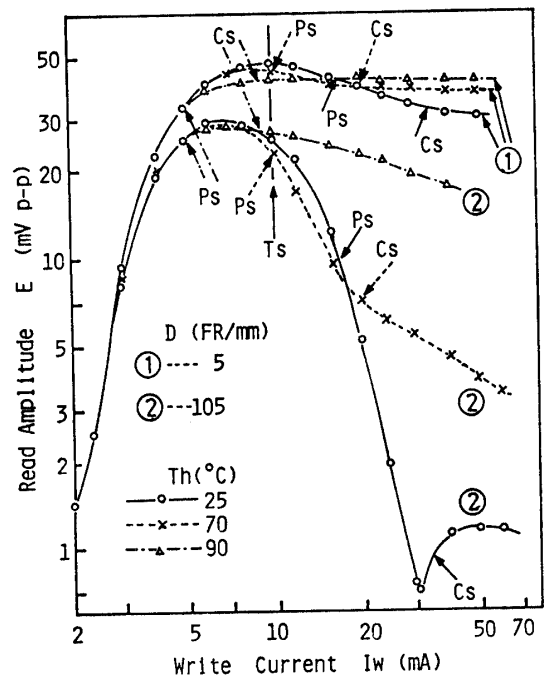


Fig. 10 Read signal amplitude versus write current for different head temperatures. (Head: ferrite, Tape: B)

$P_s$  点が  $T_s$  点付近にあり、その前後で  $E$  はやや低下しているが  $C_s$  点から右では低下が抑えられている。また、 $T_h=90^\circ\text{C}$  に対しては  $P_s$  及び  $C_s$  点が  $T_s$  点の左に生じており、これによってそれ以降の特性曲線は平坦化している。ヘッド飽和によるこれらの変化の性質は前章の孤立波領域におけるものとよく同様である。

これらの特性で、実用上特に注目すべき例はヘッド飽和が媒体の飽和より前に生じた場合で、この場合には媒体の磁化状態がヘッド飽和によって未飽和状態にクランプされるため、 $I_w$  の大きい領域で生じる  $E$  の低下が見掛け上少なくなる。同様な傾向は、Yasudaら<sup>10)</sup>の発表しているデータにも示されている。

高密度記録の能力を評価する目安として、再生振幅が孤立波の50%に低下する磁化反転密度  $D_{50}$  が慣習的に用いられている。この  $D_{50}$  を半値記録密度という。そこでこの慣習に従い、 $D_{50}$  と記録電流  $I_w$  の関係を Fig. 6, 7 と同様に、使用ヘッドと動作温度を変えて測定した。Fig. 11 に結果を示す。

$D_{50}$  は大まかにみれば  $1/W_{50}$  にほぼ比例することが知られているので、Fig. 11 を上下裏返して Fig. 6, 7 の対応するグラフと重ねると、いずれもほぼ一致することがわかる (Fig. 6, 7, 11 はいずれも両対数グラフであることに注意)。従ってヘッド飽和の  $D_{50}$  特性に及ぼす影響については、前章の  $W_{50}$  に関する論議をそのまま当てはめることができる。

なお、本論文の主目的とは外れるが、 $D_{50}$  に対する媒体保磁力  $H_c$  の効果について Fig. 11 の結果を検討してみよう。Fig. 11(a) は  $H_c=330\text{ Oe}$  の TAPE-A に対する  $D_{50}$  特性、(b)は  $H_c=620\text{ Oe}$  の TAPE-B に対する  $D_{50}$  特性である。ヘッド飽和の影響を含まない場合の両者の  $D_{50}$  を比較するため、両者の実線の特性で媒体の飽和点  $T_s$  における  $D_{50}$  をとると、TAPE-A では約  $110\text{ FR/mm}$ 、TAPE-B では約  $120\text{ FR/mm}$  であり、さほど大きな開きはない。Fig. 11(c) のパーマロイヘッドの場合にも両テープの  $D_{50}$  特性が比較できるが、両テープの  $T_s$  点における  $D_{50}$  の差は上記とほぼ同様である。しかし、高保磁力媒体を用いることによって、もしヘッド飽和が媒体の飽和よりも前に生じるようになると、Fig. 11 (b) の一点鎖線の例でわかるように  $D_{50}$  は見掛け上、増加する。しかし、この増加はヘッド飽和によって媒体が未飽和記録状態になるためにもたらされたもので、ヘッド飽和の影響を含まない場合の正味の増加は、この実験範囲に関する限り、一般に信じられているよりも遥かに少ない。

### 6. オーバライト消去特性

磁気記録のひとつの特徴は、新しい情報を書込むこ

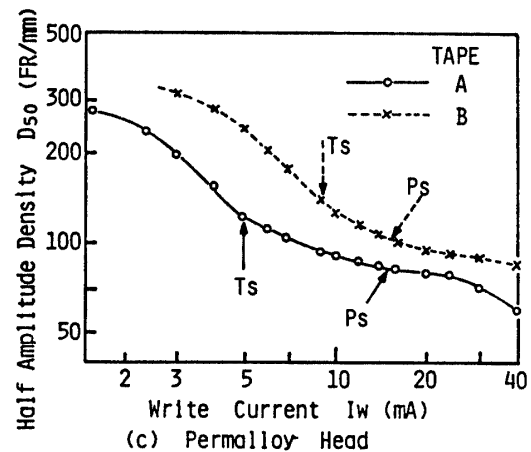
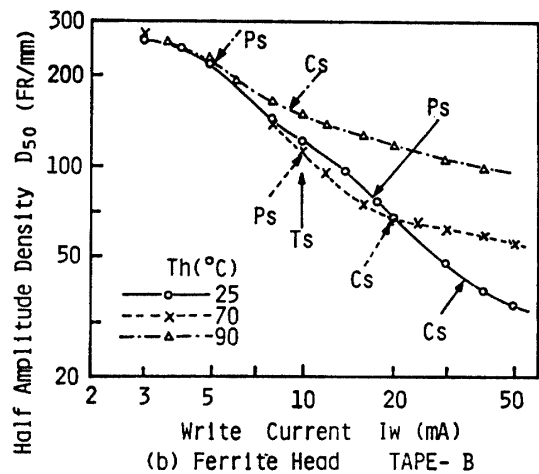
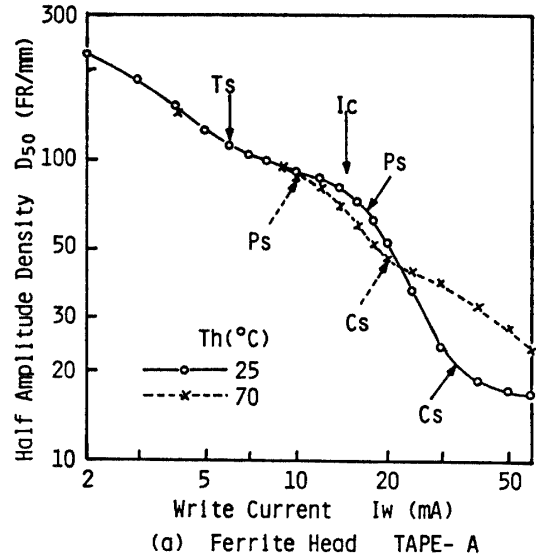


Fig. 11 Half amplitude density versus write current.

とによって前に書かれていた情報が自動的に消え、新しい情報に書きかえられることで、この機能をオーバーライト消去機能という。ここでは特に孤立波記録に対するオーバーライト消去特性について、ヘッド飽和の及ぼす影響を調べる実験を行った。

Fig. 12 にここで用いたオーバーライト消去率の測定法を示す。すなわち、ある記録電流  $I_w$  でデジタル孤立波を記録し、その同時再生信号の振幅  $E_s$  を測定する。このテープを巻戻した後、記録ヘッドに  $I_w$  と同じ直流消去電流  $I_e$  を流しつつテープを走らせ、消え残りの再生信号振幅  $E_e$  を測定する。この  $E_s$  と  $E_e$  から、その記録電流  $I_w$  に対するオーバーライト消去率  $\alpha$  を、 $\alpha = 20 \log_{10}(E_s/E_e)$  [dB] として求めた。

Fig. 13 に TAPE-B について求めた  $\alpha$  と  $I_w$  の関係を示す。使用ヘッドはフェライトヘッドであり、動作温度  $T_h$  を変えている。各曲線に矢印でヘッド飽和

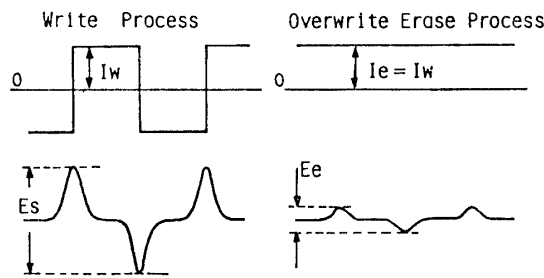


Fig. 12 Measuring method of overwrite erase rate.

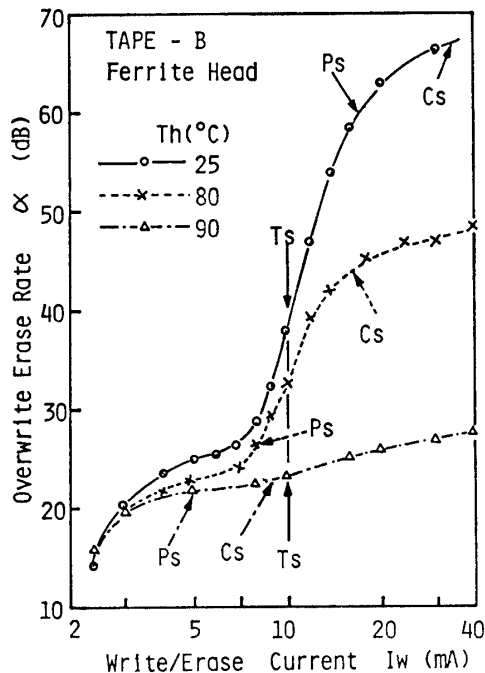


Fig. 13 Overwrite erase rate versus erase current for different head temperatures.

点  $P_s$  及び  $C_s$  を示した。

$P_s$  点が媒体の飽和点  $T_s$  より右に離れている  $T_h = 25^\circ\text{C}$  の場合を見ると、 $\alpha$  は  $T_s$  点のやや前から急速に大きくなり、 $T_s$  点の付近で  $I_w$  の値 (すなわち消去磁界の値) に極めて敏感である。  $T_h = 80^\circ\text{C}$  の場合には  $P_s$  点が  $T_s$  点よりやや左に生じており、この影響で  $\alpha$  がかなり低下している。  $T_h = 90^\circ\text{C}$  の場合には、 $C_s$  点も  $T_s$  点より前に生じており、 $\alpha$  はヘッド飽和が起こらない場合に対して著しく低下している。これはヘッド飽和により  $I_w$  に対する消去磁界の増加が抑制された結果として容易に理解できる。

## 6. むすび

記録ヘッドの磁気飽和がデジタル記録特性に与える影響を、ヘッドの飽和点を大幅に変化させて実験的に検討した。結果を要約すると以下ようになる。

(1) ヘッド飽和が生じない場合の媒体の記録特性は、媒体の未飽和領域では厚み方向の磁化の部分透過により、また著しい過飽和領域では厚み方向の磁化反転位相差の増加により、記録磁界の強さに大きく依存する。しかし、媒体の飽和点からある程度の過飽和に至る中間領域においては、記録磁界の強さよりもむしろその減衰勾配が特性を左右する。

(2) ヘッド飽和が媒体の未飽和域あるいは著しい過飽和域で起きる場合には、ヘッド飽和による記録磁界強さの飽和が強く作用し、ヘッド飽和以後は記録特性の記録電流に対する変化が抑えられる。一方、上記の中間領域でヘッド飽和が起きる場合には、それによる記録磁界の減衰勾配の減少が特性を変化させ、再生信号の振幅はやや低下し、半値幅はやや増加する。

(3) 高密度干渉記録領域におけるヘッド飽和の影響は、孤立記録領域におけるものと本質的には同じである。

(4) オーバライト消去率は媒体の飽和点の前後で消去磁界の強さに敏感である。このため、この領域あるいはそれ以前にヘッド飽和が起きると、ヘッド飽和による磁界強さの飽和が強く作用して消去率は大幅に低下する。

(5) 高保磁力媒体の使用によって半値記録密度が見掛け上、向上することがあるが、その原因の多くはヘッド飽和により媒体が未飽和記録状態になっていることにある。ヘッド飽和が起こらない条件で高保磁力媒体の効果を調べると、少なくとも本実験の範囲では一般に信じられている程度より遙かに小さいことがわかった。ヘッド飽和がからんで記録密度が向上している



ように見える場合には、同時にオーバーライト消去率が低下している恐れがあることに注意する必要がある。なお、これらのことは Szczech<sup>15)</sup> も指摘している。

最後に、本論文の要旨はすでに電子通信学会論文誌に投稿した<sup>22)</sup>。本論文はこれを補充したものである。

### 参 考 文 献

- 1) 中川, 金井, 小林: フェライト模型ヘッドによる飽和の検討, 信学会磁気記録研資, MR71-26 (1971)
- 2) Monson, J.E.: Field analysis for nonlinear magnetic heads, IEEE Trans. Magn., MAG-8, 533 (1972)
- 3) Suzuki, T. and Iwasaki, S.: An analysis of magnetic recording head fields using a vector potential, IEEE Trans. Magn., MAG-8, 536 (1972)
- 4) 鈴木, 岩崎: 非線形磁気特性を有する磁気ヘッドの理論的解析, 信学会磁気記録研資, MR73-4 (1973)
- 5) 早川, 法橋: 磁路分割法によるヘッドの非線形磁気回路解析, 信学技報, MR76-9 (1976)
- 6) Bertram, H.N. and Steele, C.W.: Pole tip saturation in magnetic recording heads, IEEE Trans. Magn., MAG-12, 702 (1976)
- 7) Tagami, K. and Nishimoto, K.: Write field analysis of multiturn thin film heads, IEEE Trans. Magn., MAG-16, 791 (1980)
- 8) Deshpande, N.V.: Saturation effects in single turn thin film magnetic heads; IEEE Trans. Magn., MAG-17, 3126 (1981)
- 9) 中村, 岩崎: 磁気ヘッド用B-Hループトレーサ, 信学会磁気記録研資, MR72-3 (1972)
- 10) 渡辺, 小野塚: 記録過程と磁気ヘッド材料, 信学会磁気記録研資, MR72-24 (1972)
- 11) 佐藤, 安田: 磁気ヘッド飽和現象の実験的検討, 信学会磁気記録研資, MR72-30 (1973)
- 12) 中川, 金井, 小林: 磁気ヘッド飽和と記録特性, 信学会磁気記録研資, MR72-31 (1973)
- 13) Szczech, T.J. and Fayling, R.E.: The effects of record head saturation on digital output, IEEE Trans. Magn., MAG-12, 707 (1976)
- 14) Shibaya, H. and Fukuda, I.: The effect of the Bs of recording head cores on the magnetization of high coercivity media, IEEE Trans. Magn., MAG-13, 1005 (1977)
- 15) Szczech, T.J., Wallack, E.F. and Richards, D.B.: A technique for measuring pole tip saturation of low inductance heads, IEEE Trans. Magn., MAG-14, 197 (1978)
- 16) Thornley, R.F.M. and Bertram, H.N.: The effect of pole tip saturation on the performance of a recording head, IEEE Trans. Magn., MAG-14, 430 (1978)
- 17) Fugiwara, T.: Record head saturation in AC bias recording, IEEE Trans. Magn., MAG-15, 1046 (1979)
- 18) Yasuda, I., et al.: Ultra-high density recording with sendust video head and high coercive tape, IEEE Trans. Magn., MAG-17, 3114 (1981)
- 19) 一色, 藤原: ヘッド磁気飽和を考慮したヘッド・テープ系の設計, 信学技報, MR82-19 (1982)
- 20) 西川, 桐原: 記録ヘッドの飽和とデジタル記録特性, 信学技報, MR82-21 (1982)
- 21) 桐原, 原, 宗本, 西川: 各種記録ヘッドにおける磁気飽和の温度特性, 昭58電気四学会中国支部大会論文集, 194 (1983)
- 22) 西川, 桐原: デジタル磁気記録特性に及ぼす記録ヘッド飽和の影響, 信学論, J67-C (掲載予定)

(昭和59年3月27日受理)