

デジタル磁気記録の オーバーライト消去特性における共振現象

西川 正明*・桐原 昭雄*

Resonant Phenomenon in the Overwrite Erasure Characteristics of Digital Magnetic Recording

Masaaki NISHIKAWA and Akio KIRIHARA

Abstract

Overwrite characteristics of digital magnetic recording sometimes include resonant behavior. This behavior can be observed clearly if the write level in overwrite process is varied independent of that in writing old data. In this condition, the overwrite erasure rate α shows a sharp drop at a specific write wavelength λ_0 and a specific overwrite level K_0 .

In this paper, these values of λ_0 and K_0 are measured for various recording parameters such as the write level K_w in writing old data, write head gap length g_w , medium thickness δ , and the ratio of overwrite to overwritten wavelength λ_c/λ_w . The essential factors determining the resonant behavior are investigated by normalizing those observed data. In a normalized fashion, the value of λ_0/δ can be given as a function of K_w , g_w/δ and λ_c/λ_w . In a large g_w/δ range, λ_0/δ is almost proportional to g_w/δ , while it becomes constant as g_w/δ goes smaller.

1. まえがき

デジタル磁気ディスク装置では、記録媒体に書かれている情報を新しい情報に書き改める方法として、いわゆるオーバーライト (over-write) 方式が用いられている。これは字句どおり、特に消去ヘッドによる消去過程を通すことなく、記録ヘッドで新情報を単に重ね書きすることで前の情報を自動的に消し、新情報に改めるものである。

このオーバーライト方式は上記のようにごく簡単で効率的な方法であるが、各種の条件が適切でないと前の情報の消去が不十分となり、これが新情報に重なって情報の読み取りに障害を与える。筆者らは、先にこのオーバーライト消去率と諸因子の関係について実験し、これを支配している基本要因を整理して報告した¹⁾。そ

こでも述べたように、オーバーライト消去率は記録レベルと記録波長の特定の条件において極大を示す。この極大現象をオーバーライト消去率の共振特性と呼ぶ。

この共振特性については、前報では紙数の制限上、必ずしも十分な範囲にわたるデータを示すことが出来なかった。本報では特にこの共振特性に焦点を当てて各種のデータを示し、それと諸因子の関係を述べる。

2. 実験方法

実験方法については先報¹⁾で述べたのと重複するが、記号説明など後述の都合もあるので、その要点を以下に簡条書する。

(1) 供試記録媒体

市販の1/4 in 幅磁気テープで、特に磁性層塗布厚み δ の異なる2種類を選んだ。Table 1 に諸元を示す。

(2) 磁気ヘッド

記録ヘッドとしては、ギャップ長 g_w の異なる4種類

* 電気工学科

のフェライトヘッドを用いた。\$g_w\$は4.3, 8.1, 16.7及び32.2\$\mu\text{m}\$である。再生ヘッドは全実験を通じてギャップ長2 \$\mu\text{m}\$のパーマロイヘッドを用いた。

(3) 媒体駆動機構

市販のクローズドループ形オーディオテープデッキで、テープ速度 \$v\$ は9.5cm/sである。

(4) オーバライト消去率 \$\alpha\$ の測定

予るバルク消去した供試媒体に、記録波長 \$\lambda_w\$ のデジタル連続信号を記録レベル \$K_w\$ で記録し、その再生信号の基本波振幅 \$V_1\$ をスペアナで測定する。次にこれを巻き戻したのち、同様にして記録波長 \$\lambda_c\$ の信号を記録レベル \$K_c\$ でオーバライトし、前の記録の消え残りの再生信号の基本波振幅 \$V_2\$ を測定する。\$V_1\$ と \$V_2\$ から \$\alpha = 20\log_{10} (V_1/V_2)\$ としてオーバライト消去率 \$\alpha\$ を求める。

なお、\$K_w\$ と \$K_c\$ は何れもその場合の記録電流を供試媒体の飽和記録電流で規準化した値を用いた。

3. 結 果

3.1 \$K_w = K_c\$ の条件における \$\alpha\$ 特性

ある装置を定めれば、記録レベルは実用上、オーバライト情報の記録時にも前の古い情報の記録時と故意には変えないのが一般である。すなわち、前掲の記録で示せば、\$K_w = K_c\$ の条件を満足する。この \$K_w = K_c\$ の固定的条件の下での \$\alpha\$ の挙動については前報²⁾に詳述したが、説明の都合上、ここで Fig. 1 にまずこの場合の特性例を示す。

この図は、上記の固定条件における \$\alpha\$ と前信号の記録波長 \$\lambda_w\$ の関係を、いくつかの \$g_w\$ と \$\delta\$ の組み合わせについて測定した例である。パラメータとしてとっている \$K\$ は記録レベルであり、この場合 \$K_w = K_c\$ であるので両者を区別せず単に \$K\$ と記した。なおここでオーバライト信号の記録波長 \$\lambda_c\$ はオーバライトされる古い信

Table 1 Properties of experimental tapes.

name	coating thickness \$\delta\$ [\$\mu\text{m}\$]	coercivity \$H_c\$ [\$O_e\$] (KA/m)	retentivity \$B_r\$ [Gauss]
3M-800	8.1	300(23.9)	990
3M-890	4.1	360(28.6)	940

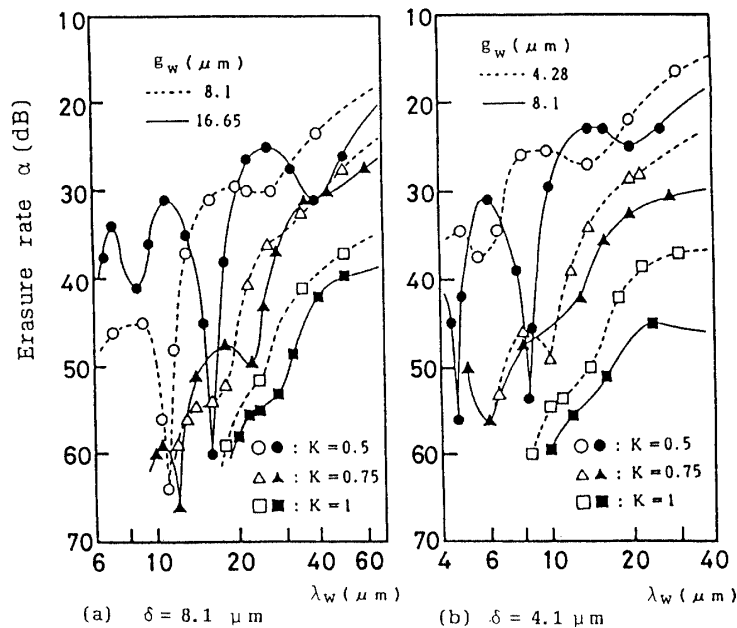


Fig. 1 Wavelength characteristics of overwrite erasure rate in the case of \$K_w = K_c\$, where \$\lambda_c/\lambda_w = 1/0.6\$.

号の記録波長 λ_w に対して一定比, $\lambda_e/\lambda_w=1/0.6$ を保つように変化させていることに注意されたい。

図で見られるように, α は全般としては λ_w の減少とともに, また K の増加とともに増加するが, 特性曲線は単調ではなく, 条件によって大きく波打っている。この波打ちは一見してわかるように K が 0.75, 0.5 と小さくなるにつれて大きくなり, またひとつの曲線について数次の谷を伴っている。

谷の生じる λ_w の位置は g_w と δ によって変化している。 δ を固定した場合には谷の位置は g_w の増加で右に移動し ((a) もしくは (b) で実線と破線を比較せよ), また, 同じ g_w では δ 大なるほど右に移動している ((a) と (b) の $g_w=8.1\mu\text{m}$ を比較せよ)。

3.2 α の共振現象

前節で述べたように, α の λ_w に対する挙動は単調なものではなく, 記録条件によっては大きく波打つ。この波打ちを α の共振現象と呼ぶ。Wachenschwanz らは, この共振現象の生じる記録波長 (以下, 共振波長と呼ぶ) について特に記録ヘッドギャップ長 g_w との関連を主にして検討し, これをヘッドキャップ前縁の未消去部から後縁に誘導する磁界の作用で生じる。古い記録の転写現象によるものとして定性的に説明した。それによれば共振波長は g_w によって一義的に決まるが, しかし実際には Fig. 1 で示したように, それは δ や K にも大きく依存しており, Wachenschwanz らの説明モデルだけでは実際を十分説明することは出来ない。

ところで, この共振現象は, Fig. 1 のような固定条件 ($K_w=K_e$) で調べる限り, K の増加とともに目立たなくなる。しかしもっときめ細かく, K_w と K_e を独立に変えてみるとすべての場合に鋭い共振点が観測され, 共振現象と諸因子の関係を調べることが容易になる。そこで以下, このように K_w と K_e を独立に変化させた場合の α の共振特性について, 各種の測定データを示す。

3.2.1 α の K_e 特性

Fig. 2 は, $g_w=16.7\mu\text{m}$, $\delta=8.1\mu\text{m}$ の組合わせについて, 前記録時の記録レベル K_w を 0.5 とし種々の記録波長 λ_w で記録した媒体をオーバーライトした場合のオーバーライト消去率 α と K_e の関係を示す。ここでオーバーライト信号の記録波長 λ_e は, $\lambda_e/\lambda_w=1/0.6$ の関係をたもつように変化させている。

図でわかるように, この $\alpha-K_e$ 特性には, λ_w と K_e のある特定の組合わせ条件, (λ_0, K_0) で深い谷が現れる。これがここでいう共振点である。以下 λ_0 を共振波長,

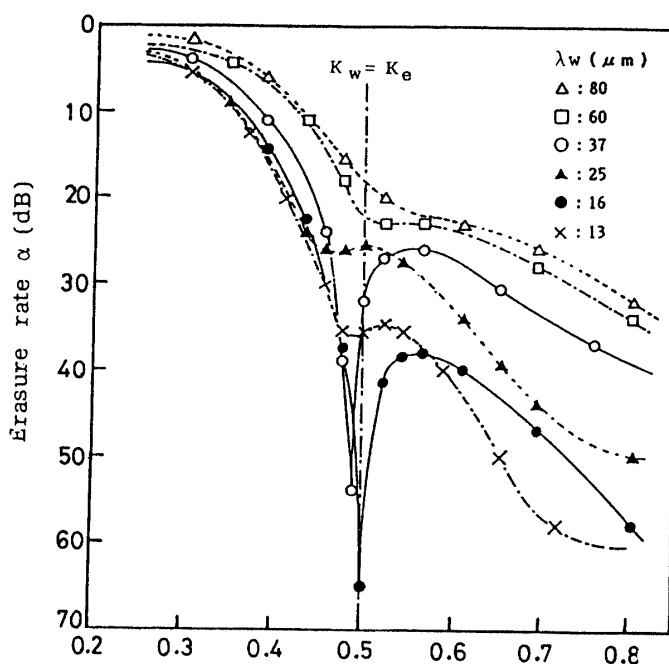


Fig. 2 Relationship between erasure rate α and overwrite level K_e in the case of fixed write level $K_w=0.5$, where $\lambda_e/\lambda_w=1/0.6$.

K_0 を共振レベルと呼ぶ。共振点はいくつかあるので, λ_w の大きいものから順に 1 次, 2 次, ……の共振と呼び, それぞれの λ_0, K_0 に, 添え字, 1, 2, ……を付ける。Fig. 2 の場合には, $\lambda_{01}=37\mu\text{m}$, $\lambda_{02}=16\mu\text{m}$, で, K_{01} は 0.5 よりやや小さく, K_{02} は 0.5 に極めて近い。

Fig. 3 は Fig. 2 と同様な特性を $K_w=0.75$ の場合について示す。この場合, $\lambda_{01}, \lambda_{02}$ はそれぞれ, 46, 17.5 μm と Fig. 2 に比べて増加しており, また K_{01}, K_{02} も 0.65 前後に増加している。

Fig. 4 は K_w をさらに 1 に増加した場合の同様な特性を示す。 $\lambda_{01}, \lambda_{02}$ はそれぞれ, 56, 21.5 μm と, Fig. 3 の場合よりさらに増加し, K_{01}, K_{02} も 0.8 以上に増加している。

Fig. 5 は, Fig. 2 と同じ g_w と δ の組合わせで λ_e/λ_w を 1/2 とした場合の特性を示す。 K_w は 0.5 である。 Fig. 2 と比べて, λ_{01} と λ_{02} はそれぞれ 34.5 及び 13.5 μm とやや減少し, K_{01}, K_{02} もやや減少している。

Fig. 6 は λ_e/λ_w をさらに 1/4 とした場合の特性で, λ_{01} と λ_{02} はそれぞれ 32 及び 13.1 μm と Fig. 5 よりさらに若干減少し, K_{01}, K_{02} もごく僅かではあるが Fig. 5 より減少している。

3.2.2 共振点と諸因子の関係

3.1 節では $K_w=K_e$ なる固定的な条件における α 特

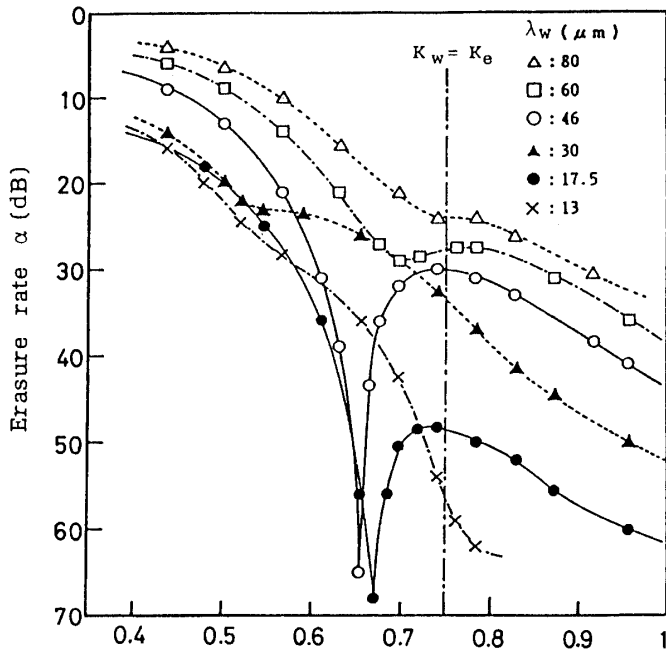


Fig. 3 Relationship between erasure rate α and overwrite level K_e in the case of fixed write level $K_w=0.75$, where $\lambda_e/\lambda_w=1/0.6$.

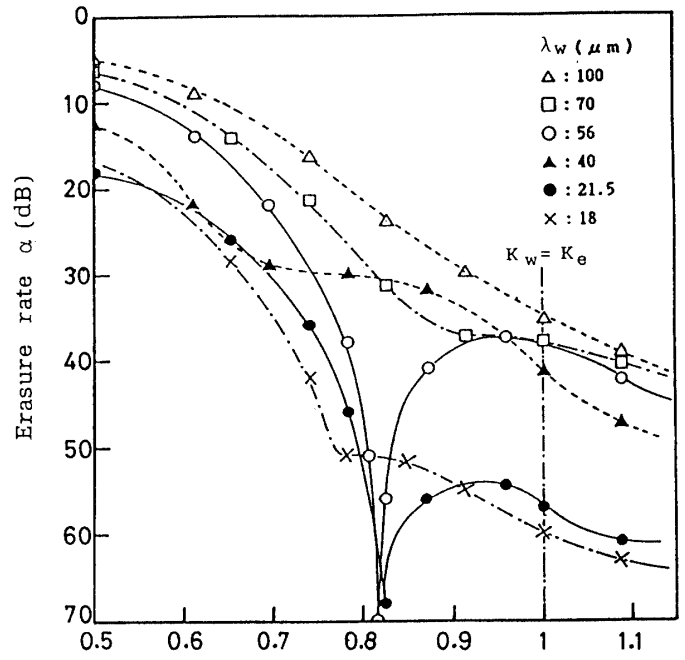


Fig. 4 Relationship between erasure rate α and overwrite level K_e in the case of fixed write level $K_w=1.0$, where $\lambda_e/\lambda_w=1/0.6$.

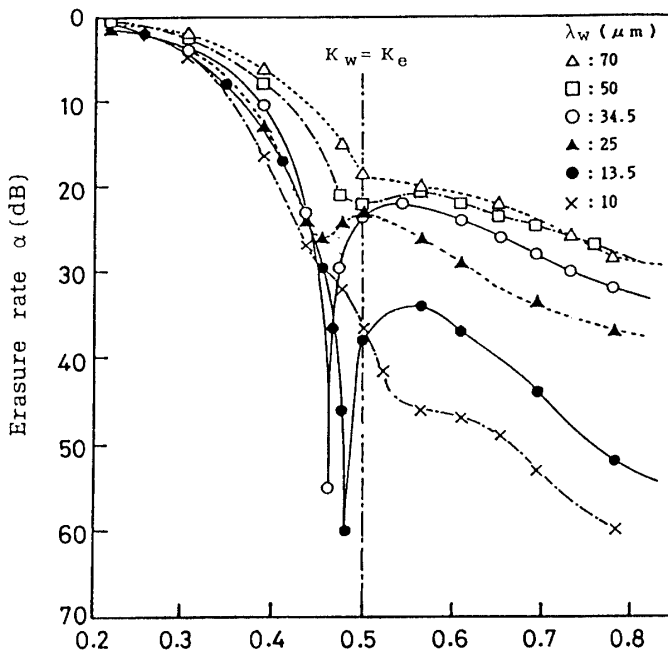


Fig. 5 Relationship between erasure rate α and overwrite level K_e in the case of fixed write level $K_w=0.5$, where $\lambda_e/\lambda_w=1/2$.

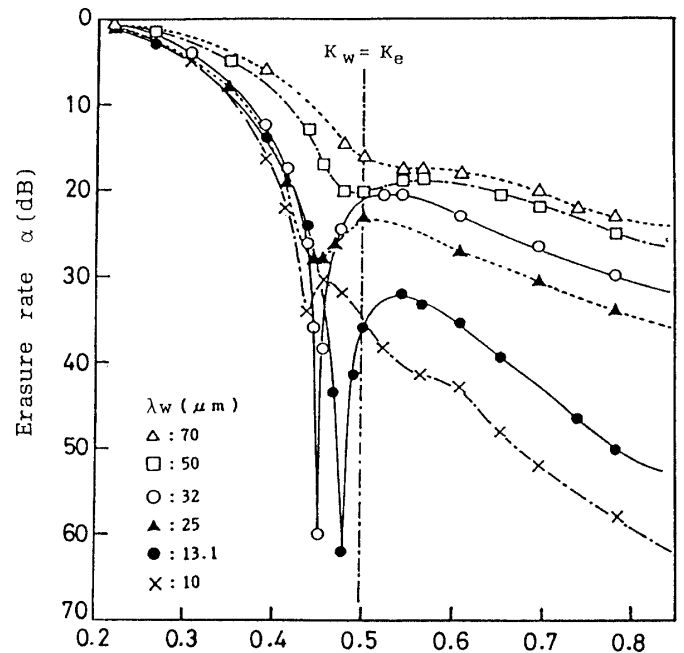


Fig. 6 Relationship between erasure rate α and overwrite level K_e in the case of fixed write level $K_w=0.5$, where $\lambda_e/\lambda_w=1/4$.

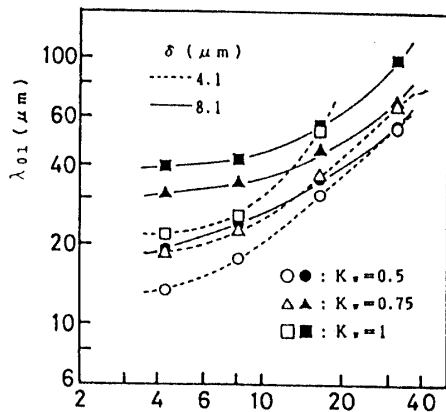


Fig. 7 Dependence of the 1st order resonant wavelength λ_{01} on the values of write head gap length g_w , medium thickness δ and write level K_w , where $\lambda_e/\lambda_w=1/0.6$.

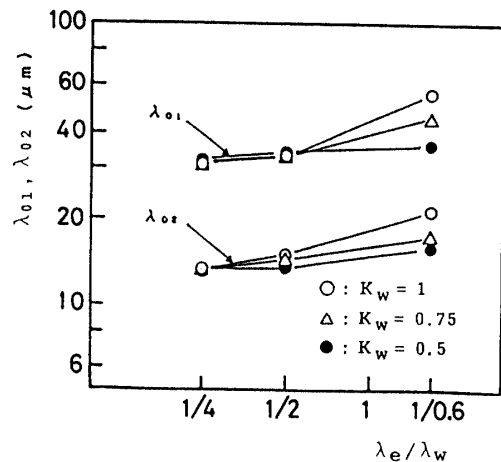


Fig. 8 Dependence of the 1st and 2nd order resonant wavelength λ_{01} and λ_{02} on the values of overwrite vs. write wavelength ratio λ_e/λ_w , where $g_w=16.7\mu\text{m}$, $\delta=8.1\mu\text{m}$.

性に、条件によって大きな波打ちが生じることを示し、更に前項では K_w と K_e を独立変数として測定した α の共振特性を示した。Fig. 1 の特性は Fig. 2 ~ Fig. 6 のような特性を $K_e=K_w$ の縦線に切り、その交点の α を λ_w に対してプロットしたものに外ならないから、Fig. 1 に現れている波打ちの程度やその生じる λ_w の値は前項の共振点 (λ_0, K_0) によって特性づけられる。そこで本項ではこの λ_0 及び K_0 について諸因子の及ぼす影響をさらに検討する。

(1) 共振波長の性質

Fig. 7 は $\lambda_e/\lambda_w=1/0.6$ の場合について K_w をパラメータとして 1 次の共振波長 λ_{01} と記録ヘッドギャップ長 g_w の関係を示す。実線は $\delta=8.1\mu\text{m}$ 、破線は $4.1\mu\text{m}$ に対するものである。 λ_{01} は一般に g_w の増加によって増加し、また同じ g_w では K_w が大きいほど大きくなる。 λ_{01} はまた g_w が小さい範囲では δ の値に大きく依存している。

Fig. 8 は、 $g_w=16.7\mu\text{m}$ 、 $\delta=8.1\mu\text{m}$ の組合わせの場合について、 K_w をパラメータとして 1 次及び 2 次の共振波長、 λ_{01} 及び λ_{02} と λ_e/λ_w の関係を示している。 K_w が 0.5 と小さい場合には、 λ_{01} 、 λ_{02} は λ_e/λ_w の値にさほど影響されていない。しかし、 K_w が大きい場合にはこれらは λ_e/λ_w の増加で幾分増加することが分かる。なお、Fig. 8 で λ_{02} と λ_{01} の関係について調べると、 $\lambda_{02}/\lambda_{01}$ の比は条件に関わらず 0.4 前後となっている。

ここで、Fig. 7 について更に g_w と δ の及ぼす影響を整理しよう。すでに述べたように、 λ_{01} は同じ K_w については g_w と δ の組合わせで決まるが、 g_w が小さい範囲では δ の値に大きく依存し、 g_w が大きい領域では δ より

もむしろ g_w の寄与が大きい。

これらの関係を整理するため、Fig. 7 の縦軸と横軸をともに δ で規準化すると Fig. 9 が得られる。この図では $\delta=8.1\mu\text{m}$ と $4.1\mu\text{m}$ のプロットが同じ K_w ごとに共通化された曲線上に乗っている。すなわち、Fig. 9 は λ_{01} と K_w 、 g_w 、 δ の関係を規準化して示すものであり、ある K_w に対する λ_{01}/δ 比は g_w/δ 比によって決まることを示している。 g_w/δ 比が大きい領域では、 λ_{01}/δ は g_w/δ にほぼ比例して増加するが、 g_w/δ が小さくなるとこの比例関係はくずれ、 λ_{01}/δ はむしろ一定値に近づく。

(2) 共振レベルの性質

Fig. 2 ~ Fig. 6 ですでに示したように、共振レベル K_0 は K_w によって変化し、また λ_e/λ_w の値によっても影響される。

ところで、実用上の見地では、 K_0 はその絶対値よりもそれと K_w の比が重要である。すなわち、3.1 節で示した $K_e=K_w$ の条件における α の波打ちは、ここで述べている K_0 が K_w にどれほど近いかによりその程度が決まる。例えば Fig. 1 (a) の $K=0.5$ の実線においては、 $\lambda_w=16\mu\text{m}$ の位置に鋭い谷が見られるが、これは Fig. 2 を参照すると明らかに、この場合の 2 次の共振レベル K_{02} が K_w と殆ど一致していることからきている。また、Fig. 1 (a) の同じ実線で $\lambda_w=40\mu\text{m}$ にも谷があり、これは Fig. 2 を参照するとその 1 次の共振点に対応していることがわかるが、その谷がやや浅いのは K_{01} が K_w から若干外れているためである。

このように、 K_0/K_w 比は実用条件における α の波打ちの程度を予想するための指標となるもので、これが

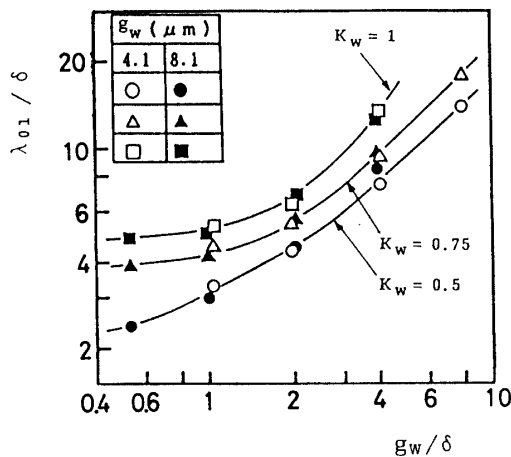


Fig. 9 Normalization of the relationship between resonant wavelength λ_{01} , gap length g_w and medium thickness δ , where $\lambda_e/\lambda_w=1/0.6$.

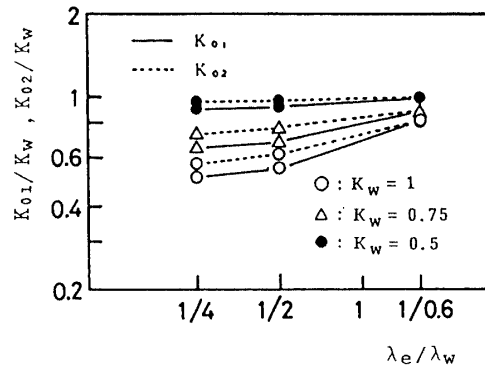


Fig.10 Dependence of the 1st and 2nd order resonant overwrite level K_{01} and K_{02} on the values of K_w and λ_e/λ_w , where $g_w=16.7 \mu m$, $\delta=8.1 \mu m$.

1に近いほど、実用条件における波打ちは顕著となる。

Fig.10に、 $g_w=16.7 \mu m$ と $\delta=8.1 \mu m$ の組合せにおいて、 K_w をパラメータとして、 K_0/K_w 比と λ_e/λ_w の関係を示す。実線は1次の共振の K_{01} 、破線は2次の共振の K_{02} に関するものである。 K_0/K_w は、 λ_e/λ_w の増加により1に近づくように増加し、特に $K_w=0.5$ の2次共振点ではその値は殆ど1を示している。 $K_w=0.5$ でも1次の共振点ではこの比は1から僅かに離れ、これは実用条件での波打ちの谷が1次はやや浅くなることを意味する。 K_w が0.75、1と増加するにつれ K_0/K_w は1から離れ、共振の影響は実際には薄れる。このことは実際、Fig. 1の特性で明らかである。

4. むすび

デジタル磁気記録のオーバーライト消去特性には、ある特定の条件で共振的な性質が現れる。この共振特性に焦点を当てて、それと諸因子の関連を現象的に調べた。この共振特性は、前記録の記録レベル K_w とオーバーライト時の記録レベル K_0 を独立変数として調べるとより明確に観測でき、その共振点は共振波長 λ_0 と共振レベル K_0 で特性づけることが出来る。 λ_0 はオーバーライト消去率 α が極大を示す波長を表し、 K_0 と K_w の比は実用条件の下で生じる共振の谷の程度を予測する指標となる。

この λ_0 及び K_0/K_w について、記録レベル K_w 、記録ヘッドギャップ長 g_w 、記録媒体の磁性層厚み δ 、オーバーライト時と前記録時の記録波長比 λ_e/λ_w の関係を調べた。 λ_0 とこれらの諸因子の間関係は K_w と λ_e/λ_w を

パラメータとする λ_0/δ と g_w/δ の関係として規準化され、 g_w/δ が大きい領域では λ_0/δ は g_w/δ に比例して増加する。しかし g_w/δ が小さくなるとこの比例関係はなくなり、 λ_0/δ は一定値に近づく。

K_0/K_w は $K_w=0.5$ 付近で1に接近し、 K_w がそれより大きくなるにつれて1から遠ざかる。従って、実用状態において α の共振現象が顕著になるのは未飽和記録の場合であり、飽和記録の場合には目立った波打ちは一般には生じない。

謝 辞

本報告に示した各種データの測定には、本学大学院学生、武下智幸君と、卒研学生、広澤明敏君の協力を受けた。ここに両君に謝意を表する。

参考文献

- 1) 西川正明, 桐原昭雄, 武下智幸: デジタル磁気記録におけるオーバーライト消去特性の実験的検討, 電子情報通信学会論文誌C-II, J72-C-II, 1, pp. 76-82 (1989-1).
- 2) D. Wachenschwanz and F. Jeffers: Overwrite as a function of record gap length, IEEE Trans. Magn., MAG-21, 5, pp.1380-1382 (1985-9).

(平成元年4月10日受理)