

塗布形磁気テープの変調性媒体雑音

西川 正明*・桐原 昭雄*・羽野 光夫*

Modulation Noise in Particulate Magnetic Tapes

Masaaki NISHIKAWA, Akio KIRIHARA and Mitsuo HANO

Abstract

The properties of medium noise in magnetic recording are usually evaluated by using various different terms ; namely, bulk erased noise, AC-biased noise, DC-magnetized noise and recorded signal noise. These evaluated medium noise, however, can be arranged by combining two elemental components. One is the random component which is originated from the rerecording phenomenon of bulk erased noise and the other is the modulated component resulted from bulky irregularities of the medium. The purpose of this paper is to present several data about the later component, the modulation noise, and to investigate the origins of this noise component.

Modulation noise is not included in bulk erased noise or AC-biased noise but is included in DC-magnetized noise and recorded signal noise. In DC-magnetized noise, the modulation noise component yields a peculiar transformation of its noise spectrum in the lower frequency region ; on the other hand, it produces a side band spectrum skirt beside the signal in the recorded signal noise spectrum. The magnitude of modulation noise takes a maximum at the unsaturated region of a medium and then it gradually decreases with increasing magnetizing level. The roughness of the medium surface and the clustering of magnetic particles in the coating layer are considered to be the origins of modulation noise ; however, as for recent magnetic tapes, the later term seems to be the main origin of the modulation noise.

1. まえがき

磁気記録の品質を損なう要素の一つは、その再生出力に現れる雑音である。この再生出力の雑音は種々の要因で生じるが、そのうちで媒体自身が発生源となっている雑音を媒体雑音と呼び、これは磁気記録特有の雑音として重要である。この媒体雑音を評価するには、従来、種々の方法が用いられており、それに従って、バルク消去雑音、ACバイアス雑音、DC磁化雑音、信号記録雑音などと呼ばれる。

筆者らは別報⁽¹⁾でこれらの媒体雑音の性質を総合的に調べ、それらを発生機構の面から整理した。そこでは、

各評価雑音は、バルク消去雑音を原点としてそれから誘発されているランダム性の雑音成分と、媒体のバルクな不均一さが原因となって生じている変調性の雑音成分の二つから構成されていることを述べた。

本報告はこの二つの成分のうち、特に変調性雑音について更にいくつかのデータを提供し、その原因を検討することを目的としている。媒体の変調性雑音は別報で述べたように、DC磁化雑音と信号記録時雑音のみに含まれる。ここではいくつかの媒体についてこのDC磁化時及び信号記録時の変調性雑音の測定結果を示したのち、その発生原因について検討する。

2. 実験方法

テープ速度 $v=9.5\text{cm/s}$ の磁気テープ装置を用いて

*電気工学科

Table 1 Parameters of tested tapes.

tape	coating thickness δ [μm]	coercivity H_c [Oe]	remanent induction B_r [G]	half resolution frequ. f_{50} [kHz]
A	8.1	290	1000	6.0
B	4.4	270	960	8.4
C	12.5	330	1500	5.0
D	11.5	510	1600	5.0

供試磁気テープを走らせ、記録ヘッドに評価法に従った電流を流して媒体を磁化した。その再生出力（再生ヘッド出力を直線増幅したもの）をデジタルスペクトルアナライザ（アドバンテスト社 Mod. R9211E）により分析して雑音スペクトルを求めた。ただし、この雑音には機器雑音（媒体を走らせないとき現れている雑音）も同時に含まれているので、スペアナの解析データを更にパソコンに取り込み、ここで別に蓄えた機器雑音スペクトルのデータを用いて解析データから機器雑音の寄与分を補正し、その結果をプロッタに出力した。媒体の磁化レベル K はヘッド電流値によって調節するが、この場合、媒体の飽和点に対応するレベルを $K=1$ とした。

媒体の記録、再生に用いた磁気ヘッドはいずれもトラック幅 2 mm のリング形パーマロイヘッドで、ギャップ長は記録ヘッドが $10\mu\text{m}$ 、再生ヘッドが $2\mu\text{m}$ である。

供試媒体には市販の 1/4in 幅のオーディオ用及び計測用磁気テープを用いた。Table 1 にその要目を示す。表中の f_{50} は、記録レベル K を 1 にとってデジタル連続波を記録したとき、その再生信号振幅が孤立再生波の 50% に低下する点の信号周波数で、媒体の分解能を表す。また、Fig. 1 に各媒体の表面状態を示す顕微鏡像を示す。これはあとで変調性雑音の発生要因を検討する際に参照する。

3. 実験結果

3.1 DC 磁化雑音における変調性雑音

DC 磁化雑音とは、記録ヘッドに直流電流を流して媒体を一方向に磁化したときに生じる媒体雑音で、ここではその電圧スペクトル密度を $n_{dc}(f_n)$ で表す。別報で述べたように、 n_{dc} スペクトルには、全域に広がるランダム雑音成分 n_{dc0} と、これとは独立に振る舞う特異な低域成分が含まれる。Fig. 2 にこれを説明している。

Fig. 2 で、①は全域に広がるランダム雑音成分を示し、そのスペクトル形はバルク消去雑音 n_{be} を原点としてこれを K に応じて変形したような形をとる。②は①

とは独立に振る舞う特異な低域成分を示す。これは媒体のバルクな不均一さ（ここでバルクな、と断ったのは、磁性粒子の個々の離散性は除くという意味である）によって媒体の DC 磁化レベルが場所によって変動し、これが再生雑音として現れているものと考えられる。これを DC 磁化時の変調性雑音と呼び、以下、ここでは特にこの変調性雑音に注目する。

Fig. 3 に、Table 1 の各媒体の n_{dc} スペクトルを DC 磁化レベル K をパラメータとして測定した結果を示す。図の破線は各媒体の各 K に対する n_{dc0} スペクトルを示しているが、これは、各媒体のバルク消去雑音スペクトル、 n_{be} (各図に併示) と、観測された n_{dc} スペクトルとを参照して、感覚的に描いた凡その推定線である。変調雑音成分は、 n_{dc} の全体のスペクトルからこの n_{dc0} 成分を差し引いたものとして見ればよい。

Fig. 3 でわかるように、DC 磁化時の変調性雑音の程度は一般に $K < 1$ の媒体未飽和域のある点において最大となり、それ以降は K の増加とともに逐次減少するが、その大きさやスペクトル構造は媒体の品種ごとにかなり異なっている。TAPE-A, -B は TAPE-C, -D に比して全般的にその程度が小さい。 $K=0.5$ では少し目立つものの、 $K=1$ になるとかなり減少し、 $K=2$ では殆ど消滅している。これに対して、TAPE-C, -D では $K=0.5$ で目立って大きな変調性雑音が見られ、これは $K=1$ から $K=2$ になってもなおかなり残っている。また、TAPE-C, -D の変調性雑音のスペクトルは、特に K の小さい領域では、TAPE-A, -B の場合よりも低域の成分が多い。

3.2 信号記録時雑音における変調性雑音

信号記録時雑音とは、媒体に実際の交番信号を記録したとき、信号に重なって現れる雑音を言い、そのスペクトル密度を $n_s(f_n)$ で表す。ここでは信号として連続“1”の NRZ デジタル信号を記録した場合の n_s を測定した。このスペクトルには、別報で述べたように、全帯域に広がったランダム雑音 n_{s0} と、信号スペクトルの左右に広がる側帯波雑音を含んでいる。この側帯

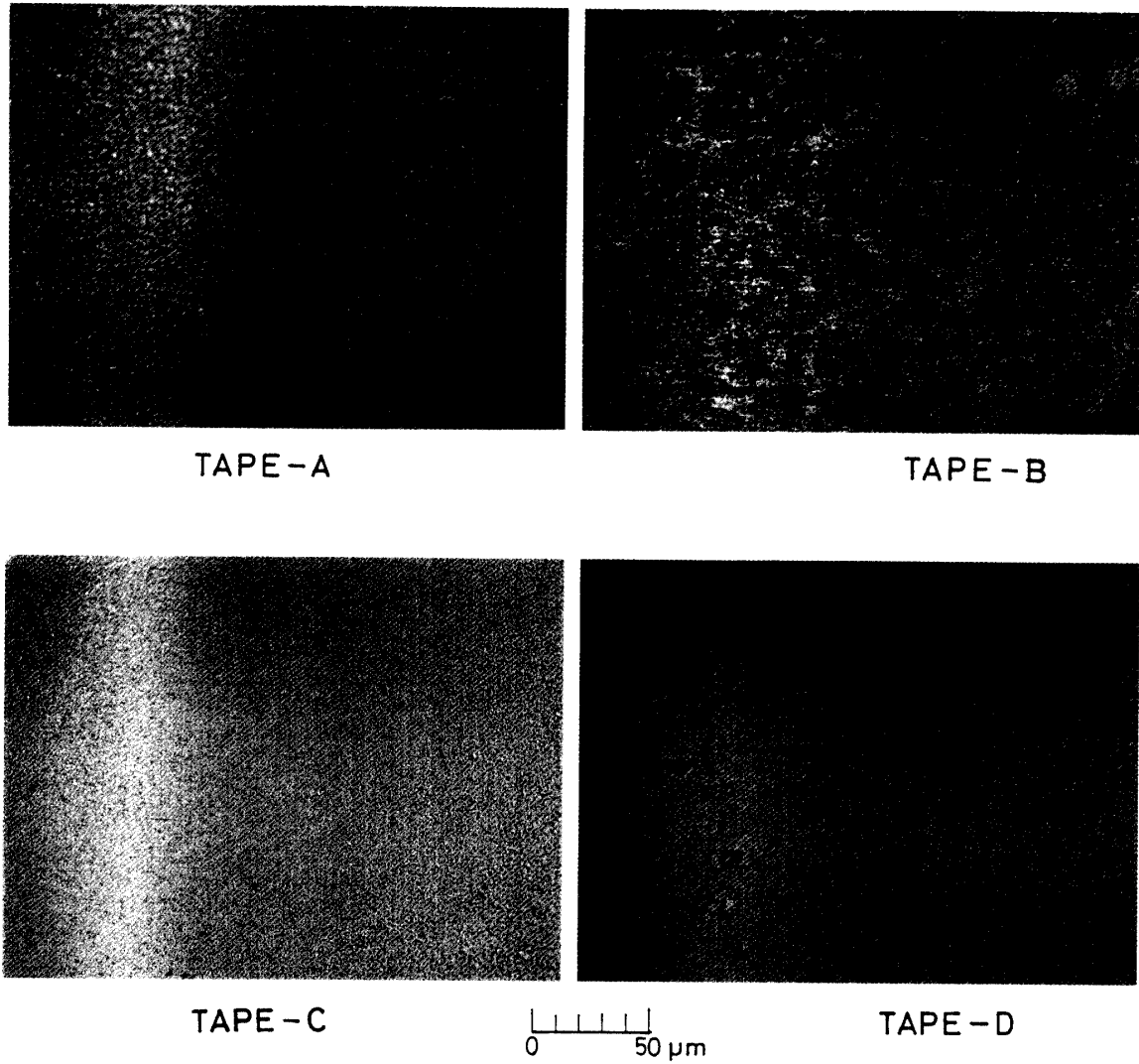


Fig. 1 Micrographs of tested tape surfaces.

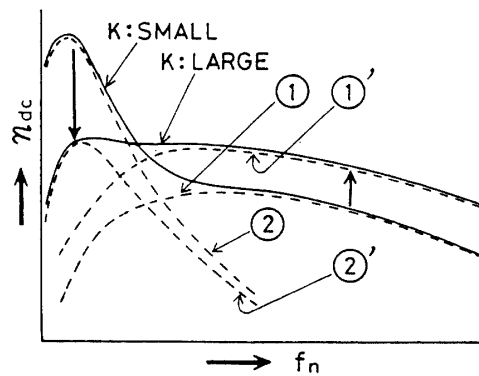


Fig. 2 Two elemental components constituting DC-magnetized noise.

- ① : random noise component,
- ② : modulated noise component

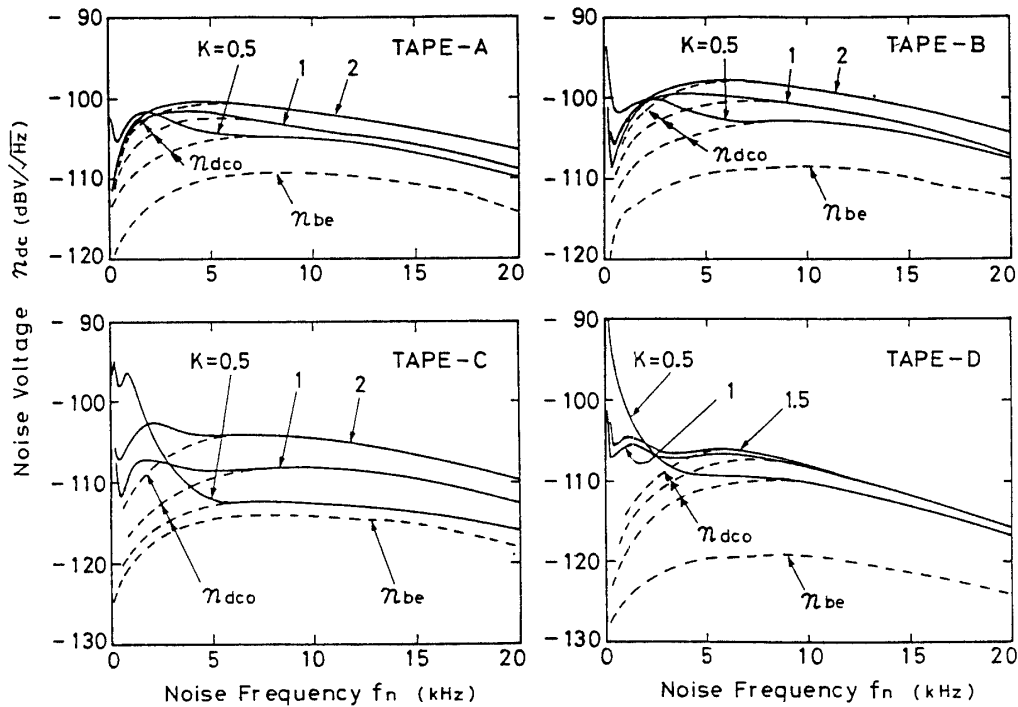


Fig. 3 DC-magnetized noise spectra of tested tapes.

波雑音がここで問題とする信号記録時の変調性雑音であり、その広がりやの程度は、媒体のバルクな不均一さによる信号振幅の変動の程度を表している。

Fig. 4にTable 1の媒体について測定した n_s のスペクトル特性を示す。測定条件はどの媒体についても信号記録レベル $K=1$ 、信号記録周波数 $f_s=f_{s0}$ としている。図の破線は、 n_s の全体形とバルク消去雑音 n_{be} のスペクトル形(図に付記)を参照して描いた n_{s0} の推定線で、 n_s からこの n_{s0} を差し引いた信号側帯波のスカートがここで言う信号記録時の変調性雑音成分である。Fig. 5にはTAPE-Aについて K を変えた場合の変調性雑音の変化を示す。

Fig. 4でわかるように、信号記録時の変調性雑音の程度は媒体の品種によって大きな差がある。すなわち、TAPE-A、-Bの側帯波の広がりやの程度は小さく、TAPE-C、-Dのそれは大きい。これらの大小関係は、Fig. 3で示したDC磁化時の変調性雑音の媒体品種による大小関係と対応している。また、Fig. 5で K に対する側帯波の広がりやの変化を見ると、それは K の増加とともに減少しており、この変化もFig. 3のDC磁化時の変調性雑音の K に対する推移と傾向的に一致している。

4. 検討

以上で示したように、DC記録時の変調性雑音と信号記録時のそれは、その性格や大小関係が対応するものであり、これらはいずれも媒体のバルクな不均一さによる媒体磁化レベルの変動により生じている雑音と考えられる。すなわち、DC磁化時にはその変動分が表面磁束として現れ、これが再生ヘッドに雑音電圧を誘起する。信号記録時には、磁化レベルの変動は直接的に再生信号振幅を変動させ、スペクトル上では信号の側帯波スカートになって現れる。

ところで、これらの変調性雑音の原因となっている、媒体のバルクな不均一さとしては、従来、媒体の表面粗さや微小欠陥など、表面に現れている機械的な不均一^{(2)~(5)}と、磁性層内部の磁性粒子のクラスタリング^{(6)~(8)}が問題視されている。

そこでまず前者に焦点を当て、Fig. 3、Fig. 4の結果とFig. 1に示した各媒体の表面状態とを対比した。Table 2にそれを整理している。先述のように、この4種の媒体中でTAPE-Dの変調性雑音は他の媒体に比して特に大きい。この媒体ではその表面に深さ2~3 μm 程度のくぼみ状微小欠陥が全面的に分布しており(これは製造過程での表面の鏡面仕上げ工程で発生

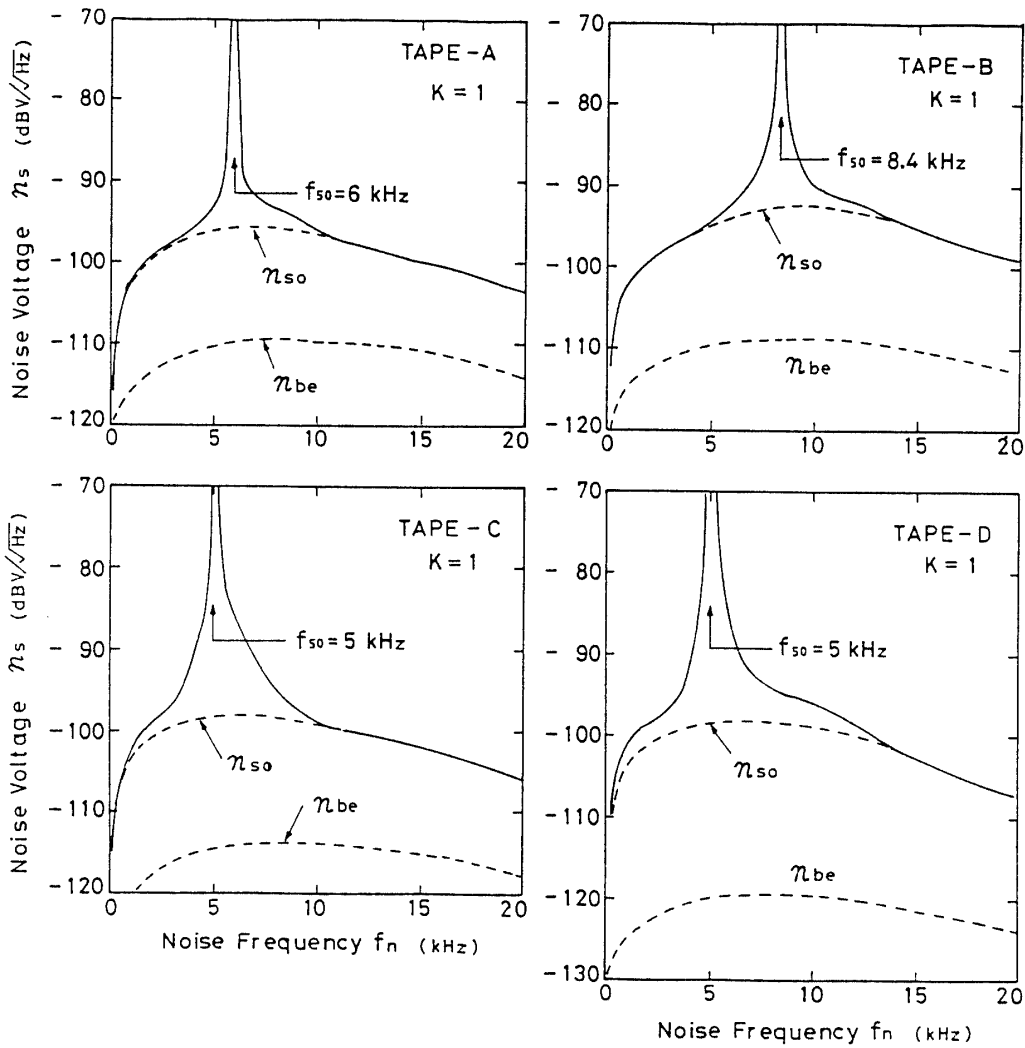


Fig. 4 Recorded signal noise spectra of tested tapes.
 signal write level $K = 1$, signal frequency $f_s = f_{s0}$

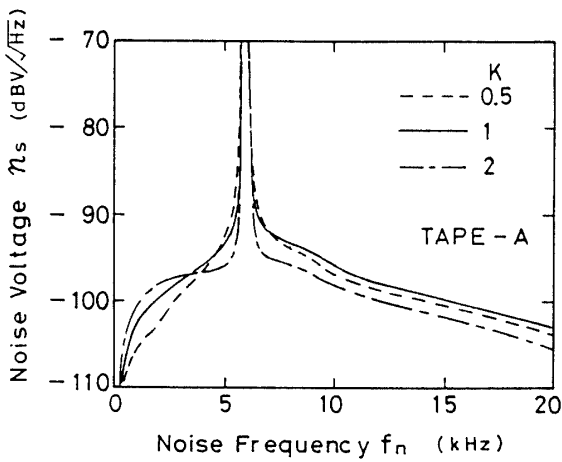


Fig. 5 Variation of the modulation noise skirt as a function of signal write level K , where the tested tape is TAPE-A.

Table 2 Comparison between modulation noises and the appearance of tape surfaces.

tape	order of the modulation noise	appearance of tape surface
A	small	roughness : moderate
B	small	roughness : rough
C	large	roughness : fine~moderate
D	very large	small depressed defects are interspersed on basically fine surface.

したもののように思われる),これがこの媒体の変調性雑音の増加をもたらしていると考えられる。しかし,このような欠陥状の分布を除いた平均的な表面粗さで見ると,TAPE-Bのそれは他に比して明らかに粗いにもかかわらず,変調性雑音は少ない部類に属している。逆にTAPE-Cの表面粗さは他の媒体よりかなり小さいように見えるが,変調性雑音は多い部類に属している。

このように,表面の機械的状态の良否は変調性雑音の大小と一概に結びつけることはできない。TAPE-Dのような微小欠陥の全面的な分布は確かに変調性雑音の原因となっているが,平均的な見方での面粗さは最近の磁気テープに関する限り変調性雑音の主要因とは必ずしもなっていない。これらの媒体については,変調性雑音の主因はむしろ媒体の製造過程に関連して生じている磁性層内部の磁性粒子のクラスタリングにあると考えられる。

Fig. 3で示したように,変調性雑音は媒体の磁化レベル K によって変化し,一般には $K < 1$ の領域のある点で最大となったのち, K の増加とともに減少する。これはクラスタリングモデルでは次のように説明できる。すなわち,媒体中に存在しているクラスターには,磁氣的にソフトなものやハードなものが混在していると考えられる。 K が小さい領域では,前者の磁化極性は印加磁界方向に向くが後者のそれは当初の不揃い状態のままであり,その結果として雑音が増加する。 K が十分に大きくなるとハードなクラスターも磁化極性を磁界方向に揃えるようになり,媒体全体としてより斉一な磁化状態に近づくから,変調性雑音はそれにつれて減少する。

5. むすび

磁気記録における媒体雑音は各種の方法で評価されているが,それらは雑音の発生機構からみて二つの独立成分,すなわち,バルク消去雑音から誘発されるランダム性雑音と,媒体のバルクな不均一性が原因となって,信号に伴う形で発生する変調性雑音によって構成されている。ここではこの二要素のうち,特に変調性雑音についてのデータをいくつか提供し,またその発

生原因を検討した。

変調性雑音は,媒体のDC磁化雑音と信号記録時雑音に含まれ,その大きさは媒体の磁化レベルやその品種によって異なる。磁化レベルについては一般に媒体の未飽和域で最大を示し,過飽和域で逐次減少するが,媒体によっては過飽和域においてもなおかなり残るものも見られる。変調性雑音の発生原因としては,媒体の表面状態の良否と磁性層内の磁性粒子のクラスタリングが考えられるが,前者の関連性を調べた結果,これは,微小欠陥の分布は別として,全般的な意味での面粗さで見ると変調性雑音の大小には結び付かないものが多いことが分かった。最近の磁気テープでは変調性雑音の主因はむしろ磁性粒子のクラスタリングにあるように考えられる。

参考文献

- (1) 西川正明, 桐原昭雄, 羽野光夫: 塗布磁気テープにおける媒体雑音の性質, 信学論C-II, 1990-1 掲載予定。
- (2) E. D. Daniel: A preliminary analysis of surface-induced tape noise, IEEE Trans. Comm. Electro., 83, 3, pp.250-253 (1964-5).
- (3) 飯島哲生, 細川茂文: 表面粗さに起因する磁気テープ直流消去雑音の解析, 信学論C, J63-C, 8, pp 478-485(1980-8).
- (4) 飯島哲生: 磁気テープの変調雑音, 信学論C, J68-C,3, pp. 194-201(1985-3).
- (5) 越本泰弘, 佐藤勇武: 塗布形ディスク媒体の一雑音モデル, 信学技報, MR78-15(1978-10).
- (6) 佐竹 清, 法橋滋郎: 消磁雑音理論とテープ内磁性粒子分散の一モデル, 信学技報, MR74-23(1974-10).
- (7) 佐竹 清, 法橋滋郎: テープの直流磁化雑音の一モデル, 信学技報, MR75-20(1975-10).
- (8) L. Thurlings, Statistical analysis of signal and noise in magnetic recording, IEEE Trans. Magn., MAG-16. 3, pp.507-513(1980-5).

(平成元年10月13日)