

# 磁気ヘッドの伝送特性\*

宮 嶺 敬\*\*

## 1. ま え が き

近年、著しい応用範囲の拡大がみられる磁気記録の分野において、その性能に重要な役割を果たすのが記録および再生ヘッドである。これら磁気ヘッドの特性向上には高透磁率の材質、高効率のヘッド形状および高品質のヘッドを作る高度な技術が必要である。これまで、材質としてはパーマロイ、センダストやフェライトといった高透磁率のものが開発されている。また、効率に関するものとしてはヘッド形状と効率の計算<sup>(1)</sup>、磁気ヘッドの記録および再生効率の計算<sup>(2)</sup>、さらに薄膜ヘッドの記録および再生効率<sup>(3)</sup>等の報告がある。

ところが、磁気ヘッドは伝送部品と考えられるにもかかわらず、伝達関数あるいは伝送特性について検討がなされていない。そこで、本報では初めに磁気ヘッドの磁気回路に対応する等価電気回路を考えてその伝達関数を計算し、これより磁気ヘッドの周波数帯域を広くする条件を示している。次にパーマロイ磁気ヘッドと空心コイルを用いて伝送特性を測定し、その結果と上記の理論計算との関係を調べたので報告する。

## 2. 記録および再生ヘッドの伝達関数の計算

磁気ヘッドの特性はコアの磁気特性だけでなく、コイルの直流抵抗や浮遊容量に依存する。いま、記録ヘッドのコイルを1つの回路素子と考え、入力電圧 $V_1$ を加えるとき電圧降下の生ずる原因を種々のインピーダンスで表わし、等価回路で表示すると、図1(a)となる。同図(b)はヘッド空隙部を詳細に表わした等価回路である。コアの磁気抵抗がヒステリシスをもつ場合には、コアインピーダンスは抵抗分 $r$ を有する。同図のインピーダンスの意味は次のとおりである。

- $Z_1$  : 電源の内部インピーダンス
- $-jx_C$  : コイルの線間浮遊容量インピーダンス
- $r_d$  : コイルの直流抵抗
- $x_e$  : コイルのリアクタンス
- $x_b$  : 後部空隙のリアクタンス
- $x_L$  : 漏れリアクタンス
- $r+jx$  : コアの鉄損インピーダンス
- $x_0$  : ヘッド空隙付近の無効漏れリアクタンス ( $=x_{A'}+x_B+x_G$ )
- $x_S$  : 空隙表面の有効リアクタンス

\* 昭和56年4月 電子通信学会総合全国大会において一部発表

\*\* 電気工学科助手

原稿受付 昭和58年9月26日

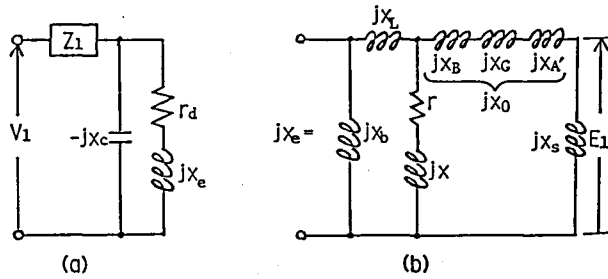


図1 記録ヘッドの等価電気回路

$E_1$  : 有効磁束を発生するのに必要な電圧

$V_1$  : 入力電圧

同図から周波数伝達関数を求めると、次式が得られる。

$$\frac{E_1}{V_1} = \frac{\frac{jx_s(r+jx)}{x_0 Z_1 r_d + x_s Z_1 r_d + (x_0 + x_s)(x_1 + r_d)(x + x_b + x_L) + x(Z_1 + r_d)(x_b + x_L)}{x_b} - \left[ x(x_0 + x_s) + \frac{(x_0 + x_s)x Z_1 r_d}{x_b x_c} + \frac{(x_0 + x_s + x_L) Z_1 r}{x_c} + (x_0 + x_s + x) \left( x_L + \frac{Z_1 r}{x_c} + \frac{x_L Z_1 r_d}{x_b x_c} \right) \right] - j \left[ \frac{(x + x_0 + x_s)x_L Z_1 + (x_0 + x_s)x Z_1}{x_c} \right]}{\left[ \frac{r(Z_1 + r_d)(x_b + x_0 + x_s + x_L)}{x_b} \right] + j \left[ x_0 + x_s + \frac{r(x_0 x_c x_L + x_b Z_1 r_d)}{x_b} \right]} \quad (1)$$

各抵抗およびインダクタンスが周波数に依存しないと仮定し、また  $Z_1$  が純抵抗とする。式(1)式の右辺は複素角周波数  $j\omega$  に関して、分子は2次、分母は3次の関数である。分母の大括弧はそれぞれ0次から3次の項を表わす。 $\omega$  が小さいとき1次おくれ微分要素、 $\omega$  が十分大きいときは積分要素とみなすことができる。いま、 $S=j\omega$  とおき、 $a_i, b_i (i=0, 1, \dots)$  を定数として、式(1)を

$$\frac{E_1}{V_1} = \frac{a_0 S^2 + a_1 S}{b_0 S^3 + b_1 S^2 + b_2 S + b_3} \quad (2)$$

と表わすとき、この式が  $S$  に依存しない定数となる条件は、 $b_0 = b_3 = 0, a_0/b_1 = a_1/b_2$  である。このとき、 $E_1/V_1 = a_0/b_1 = a_1/b_2$  となる。 $b_0 \rightarrow 0$  は高域の遮断周波数を大きくする条件であり、 $b_3 \rightarrow 0$  は低域の遮断周波数を小さくする条件である。式(1)から  $a_0/b_1 = a_1/b_2$  の条件を吟味することは容易ではない。ゲイン  $a_0/b_1 (= a_1/b_2)$  を大きくし、かつ  $b_0 \rightarrow 0$  とするためには、次のような条件が必要となる。

- (i) 電源の内部インピーダンスを小さくする。
- (ii)  $x_0$ と $x_L$ を小さくする。つまり、コアの無効漏れ磁束を少なくする。
- (iii)  $x$ ,  $x_C$ ,  $x_S$ を大きくする。つまり、コアの有効透磁率を大きくし、磁気抵抗を小さくする。また、コイルの線間浮遊容量を小さくする。さらに、空隙表面の有効磁束を多くする。

次に、 $a_0/b_1$ を大きくし、かつ $b_3 \rightarrow 0$ とするためには、次のような条件が必要である。

- (i)  $Z_1$ と $r_d$ を小さくする。後者はコイルの直流抵抗分を小さくすればよい。
- (ii)  $x_0$ と $x_L$ を小さくする。
- (iii)  $x_S$ と $x_b$ を大きくする。後者は後部空隙長を小さくすることにあたる。

再生ヘッド系の等価電気回路を同様に求めると図2のようになる。同図のインピーダンスの意味は図1と同様であるが、添字に2を付けて区別した。 $E_2$ は再生ヘッドに流入する磁束を発生するための起電力、 $Z_2$ は負荷インピーダンスで、 $V_2$ は再生電圧である。図2より、この系の伝達関数を求めると、次式となる。

$$\frac{V_2}{E_2} = \frac{r_2 + \frac{r_2(x_{2L} + x_{20})}{x_{2b}} + \frac{r_2 r_{2d}}{Z_2}}{\left[ r_2 + r_2 r_0 + \frac{x_2 x_{2L} + x_2 x_{20} + x_{20} x_{2b}}{x_{2b}} \right] + j \left[ x_2 + r_2 r_0 + \frac{x_2 x_{2L} + x_2 x_{20} + x_{20} x_{2b}}{x_{2b}} \right]}$$

$$\frac{r_2 + jx_2}{\frac{r_2 x_{2L} x_{2d} + r_2 x_{20} x_{2d} + r_{2d} x_{20} x_{2L}}{Z_2 x_{2b}} + \frac{r_{2d} x_2 + r_{2d} x_{20} + r_2 x_{20} + r_2 x_{2b} + r_2 x_{20}}{Z_2}}$$

$$\left[ \frac{r_2 r_{2d}}{x_{2C}} \right] - \left[ x_2 x_{20} + \frac{x_{20} x_{2L} + x_2 x_{2L} + x_2 x_{20}}{Z_2} + \frac{x_2 (x_{2L} x_{2d} + x_{20} x_{2d})}{x_{2b} Z_2} \right]$$

$$\left[ \frac{r_2 (x_{2L} x_{2d} + x_{20} x_{2d} + x_{2b} x_{2L} + x_{20} x_{2b}) + r_{2d} (x_2 x_{2b} + x_{20} x_{2b} + x_{20} x_{2L})}{x_{2b} x_{2C}} \right]$$

$$- j \left[ \frac{x_2 x_{2d} (x_{20} + x_{2L})}{x_{2b} x_{2C}} + \frac{x_2 x_{20} + x_2 x_{2L} + x_{20} x_{2L}}{x_{2C}} \right] \quad (3)$$

$Z_2$ を純抵抗とすると、上式は次のように表わされる。

$$\frac{V_2}{E_2} = \frac{a_0 S + a_1}{b_0 S^3 + b_1 S^2 + b_2 S + b_3} \quad (4)$$

$\omega$ が大きいき2次おくれ微分要素となることがわかる。 $\omega$ が小さいとき上式のゲイン特性は、対数目盛で表示すると図3となる。式(4)が定数となる条件は、 $b_0 = b_1 = 0$ ,  $a_0/b_2 = a_1/b_3$ である。これが成立するためには、記録ヘッドで与えた条件のほかに、 $Z_2$ を大きくすること及び $r_2$ を小さくすること、すなわち、負荷インピーダンスを大きくすること及びコア特性の損失分を少なくすることが必要となる。

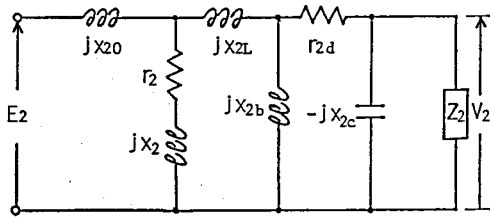


図2 再生ヘッドの等価電気回路

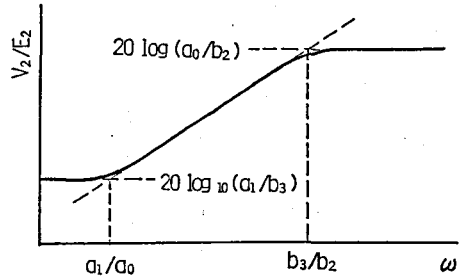


図3 式(3)の低周波領域のゲイン特性

### 3. 記録および再生ヘッドの伝送特性の測定結果

パーマロイコアよりなる記録・再生ヘッドと空心コイルを用いて、ゲインと位相の周波数特性、すなわち Bode 線図を測定し前節の計算結果と比較すると、次のようなことがいえる。

図4(a)はヘッドコイルを駆動し、空隙表面に配置した200回巻きの空心コイルの誘起電圧  $E_1$  のゲインと位相差を求めたもので、記録ヘッドの伝送特性をよく表わしている。

図4(b)は逆に空心コイルを駆動し、ヘッドコイルの誘起電圧を調べたもので、再生ヘッドの伝送特性をよく表わしている。特に、低周波領域の特性は、前節の説明とよく一致していることがわかる。

図4(c)は同一の磁気ヘッドを対向させた場合であり、図4(a)、(b)と同様に2つのコイル間の磁気結合を伴う回路である。空心コイルのもつ電気抵抗の影響や磁束分布の相違のために、図4(c)は図4(a)と(b)の重ね合わせになっていない。しかし、

同図は磁気記録系のうちで、記録ヘッドと再生ヘッドなる信号伝送路における伝送特性を標準化して表わしているとみなせる。周波数と共にゲインも位相もかなり複雑に変化しているが、これは、図1や図2に示す各素子が周波数依存性を有しているためと考えられる。このパーマロイコアよりなる記録・再生ヘッド系の帯域幅(ゲインが平坦な周波数領域において、これより±3dBの範囲にある周波数領域とする)は、200Hz~20KHzである。同様に、フェライト消去ヘッドを2個対向

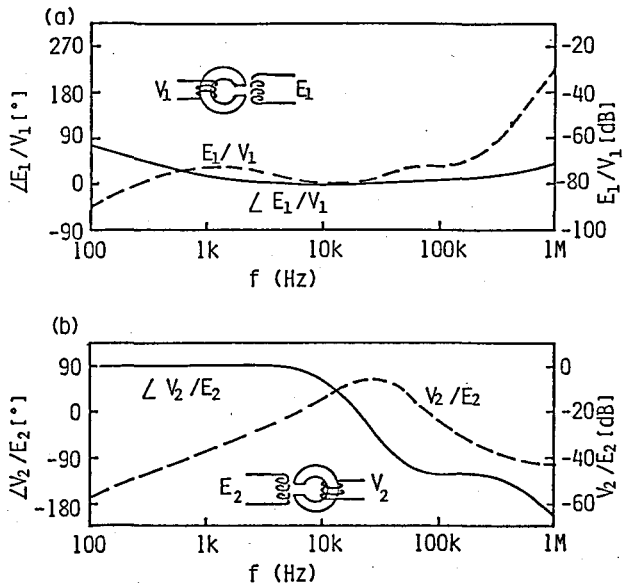
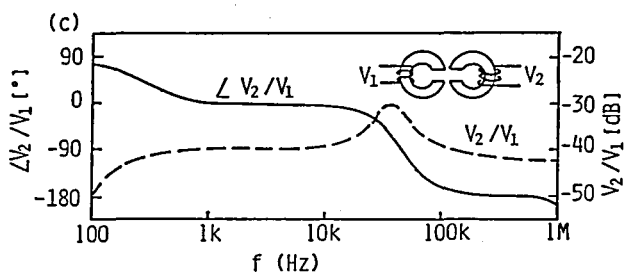


図4 パーマロイコアよりなる記録ヘッド及び再生ヘッドの伝送特性

させて測定した場合の帯域幅は2KHz~300KHzであった。図4(c)の特性から、基本波が低周波領域にある方形波入力に対してはパルス状出力が得られ、パルス状入力に対してはパルス状出力が得られる理由が判明した。



#### 4. あとがき

本報では、伝送系とみなされる磁気ヘッドがどのような伝達関数あるいは伝送特性を有するかを調べるために、理論計算と測定を行った。記録ヘッドの特性向上のためには次のような条件が必要となる。コア部については、無効漏れ磁束を少なくするために有効透磁率を大きくすることと後部空隙長を小さくする。また、コイル部については、直流抵抗分を小さくし、線間浮遊容量を小さくする必要がある。再生ヘッドについては、記録ヘッドに与えられた条件のほかに、負荷インピーダンスを小さくすることとコア特性の損失分を少なくすることが必要である。

今後、デジタル記録の普及につれて、デジタル信号電圧を入力とする伝送特性がより重要な意味をもつものと思われる。

#### 5. 参考文献

- (1) 三浦, 池田: 信学技執 MR75-31, (1976-3), p.11~17.
- (2) 松本, 森迫, 宮崎: 昭和55年度信学信越支部大会, (1980-10), p.36.
- (3) 金井, 紙中, 能智, 野村: National Technical Report, (1979-10), Vol. 25, No. 5, p.1006~1015.