

B-4-60

# 差動伝送線路におけるコモンモード抑制のための平衡度制御

Imbalance Control of Differential Signaling Transmission Line for Reduction of Common Mode

<sup>1</sup> 松嶋徹                      <sup>2</sup> 渡辺哲史                      <sup>1</sup> 豊田啓孝                      <sup>1</sup> 古賀隆治                      <sup>3</sup> 和田修己  
 Tohlu Matsushima      Tetsushi Watanabe      Yoshitaka Toyota      Ryuji Koga      Osami Wada

<sup>1</sup> 岡山大学大学院自然科学研究科 Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University  
<sup>2</sup> 岡山県工業技術センター Industrial Technology Center of Okayama Prefecture  
<sup>3</sup> 京都大学大学院工学研究科 Graduate School of Engineering, Kyoto University

## 1 まえがき

差動伝送線路ではコモンモード電流を低減するために電氣的に対称に設計されるが、実際には近傍に別の信号配線があるなど伝送線路が完全な平衡状態でない場合が多い。さらに、送受信 LSI も平衡に作製する必要があり、差動伝送系全体を平衡にすることは困難である。そこで本報告では、我々の研究グループが提案してきた平衡度不整合理論を多導体系に拡張し、コモンモード発生抑制に着目した差動伝送線路の設計方針を提案する。

## 2 差動伝送線路の平衡度

図 1 に示す 2 本の信号線 (#1, #2)、近接グラウンド (#3) およびシステムグラウンドからなる差動伝送線路では、3つの独立な伝送モードを定義することができる [1]。ここでは、差動伝送を想定した伝送線路のコモンモード放射発生メカニズムの説明のために、伝搬モードの励振を図 2 に示すように、ノーマルモード (電流差動モード)、1 次コモンモード、2 次コモンモードと定義する。このとき、電圧配分率  $[\xi]$  が次式を満たすならば、これらの伝搬モードは独立性を満たす。

$$[\xi] = \begin{bmatrix} \frac{h_2}{h_1+h_2} & 1-(h_1+h_2) & 1 \\ -\frac{h_1}{h_1+h_2} & 1-(h_1+h_2) & 1 \\ 0 & (h_1+h_2) & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

ここで、 $h_i$  ( $i = 1, 2$ ) は図 2(c) に示すように 2 次コモンモード電流の電流配分率であり、伝送線路の断面形状により決定される。

伝送線路からの放射は 2 次コモンモード電流による放射が支配的となる。式 (1) を用いて、2 次コモンモード電位  $V_{CS}$  を各導体の電位  $V_i$  を用いて示すと、

$$V_{CS} = (h_1 + h_2)V_{CP} + V_3 \quad (2)$$

と書ける。ここで  $V_{CP}$  は 1 次コモンモード電位である。

ここで、伝送線路の断面形状が途中で変化する場合、その点でコモンモード電位差が生じる [2]。図 1 に示す信号伝送系では、次式に示す 1 次および 2 次コモンモード電位差が生じ、コモンモードを励振する。

$$\Delta V_{CP} = \left( \frac{h_1^a}{h_1^a + h_2^a} - \frac{h_1^b}{h_1^b + h_2^b} \right) V_1 + \left( \frac{h_2^a}{h_1^a + h_2^a} - \frac{h_2^b}{h_1^b + h_2^b} \right) V_2, \quad (3)$$

$$\Delta V_{CS} = (h_1^a + h_2^a)V_{CP}^a - (h_1^b + h_2^b)V_{CP}^b \quad (4)$$

ここで、上付きの a および b は図 1 に示す伝送線路の各部分 A、B を示す。式 (4) より、2 次コモンモードの発生を抑制するためには 1 次コモンモード電位を 0 とすればよい。伝送線路にノーマルモードのみ励振されている

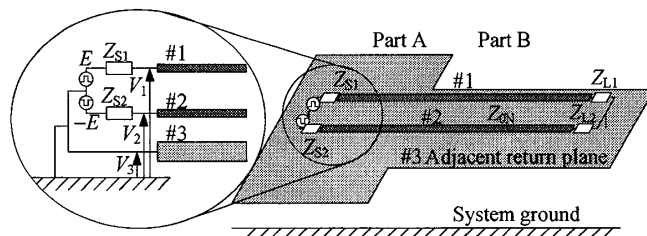
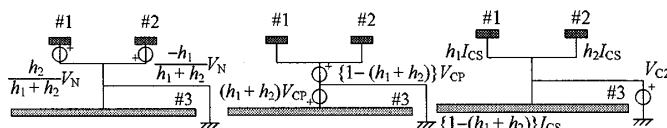


図 1: 差動信号伝送系



(a) ノーマルモード (b) 1 次コモンモード (c) 2 次コモンモード

図 2: 独立伝搬モードの励振

とすると、新たな 1 次コモンモード発生抑制は、

$$\frac{h_1^a}{h_1^a + h_2^a} = \frac{h_1^b}{h_1^b + h_2^b} \quad (5)$$

を満たすように伝送線路を設計することで可能である。

## 3 送信端受信端の平衡度

送信端においてノーマルモードのみを励振することで 1 次コモンモードの発生を抑制できる。これは、式 (1) に示すノーマルモードの電圧配分率に従って線路を励振することで実現可能である。その手段として、送受信端の差動回路に内部インピーダンスを付加することにより出力電圧を制御する。

送信端において、図 1 に示す 2 つの励振源が完全に対称であるとする。差動伝送線路の終端が整合されている時、各導体に印加される電圧  $V_1$  および  $V_2$  は  $Z_{S1}$  と  $Z_{S2}$  に依存する。受信端では終端抵抗によって平衡度を整合する。すなわち、送受信端に付加するインピーダンスを

$$E - \frac{V_N Z_{S1}}{Z_{0N}} : E - \frac{V_N Z_{S2}}{Z_{0N}} = Z_{L1} : Z_{L2} = h_2 : h_1 \quad (6)$$

となるように配置することで、コモンモードの発生を抑制できる。

## 参考文献

[1] H. Uchida, "Fundamentals of Coupled Lines and Multiwire Antennas," Tohoku Univ. Electronics Series I, Sendai, 1967.  
 [2] T. Watanabe, et al., IEICE Trans. Commun., Vol. E87-B, No. 8, pp. 2327-2334, 2004.