

三相線PLC設備の 漏えい電磁界

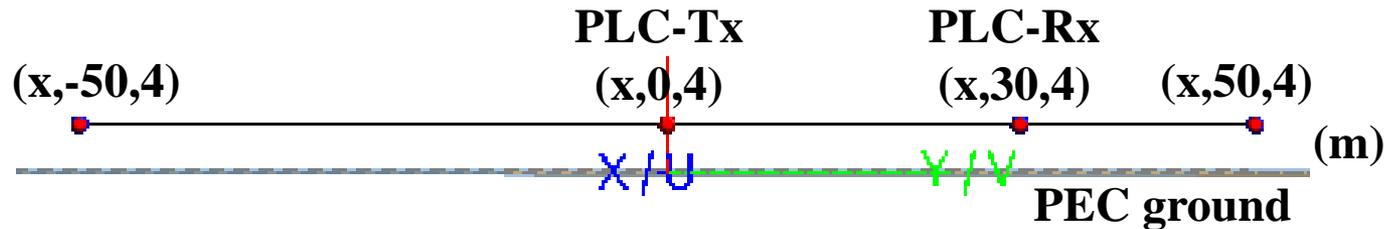
- (1) 大地面特性の影響
- (2) 遠方領域の電磁界
- (3) 電磁界に及ぼすダクトの影響

東北大学名誉教授

杉浦 行

(京都大学研究員)

解析モデル(3線系)



Wires: Perfect electrical conductor (PEC) without insulator

Radius 0.003 m, Separation 0.02 m ($x = -0.02$, $x = 0.0$ & $x = +0.02$)

Length 100 m ($y = -50 \sim y = +50$ m), Height 4 m

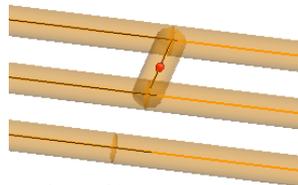
PLC Tx: 0.1 V emf, 24Ω : なお、実際のモデムでは15 MHz以上で10 dB低下

PLC Rx: 75Ω

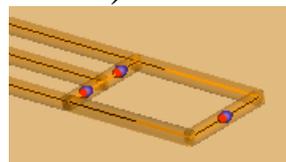
PLC on #1-#2 wires ($x = -0.02, 0.0$)

PLC-Tx ($x, 0, 4$)

PLC-Rx ($x, 30, 4$)

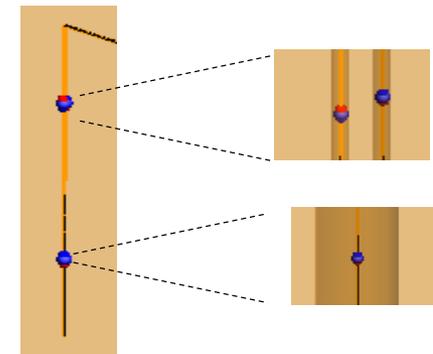


End termination (Matched)



End termination (LCL 16dB)

#1-#2 wires
($x = -0.02, 0.0$)



#3 wire ($x = +0.02$): Open or grounded

漏えい電磁界に及ぼす大地の影響

金属大地とMedium-dry大地

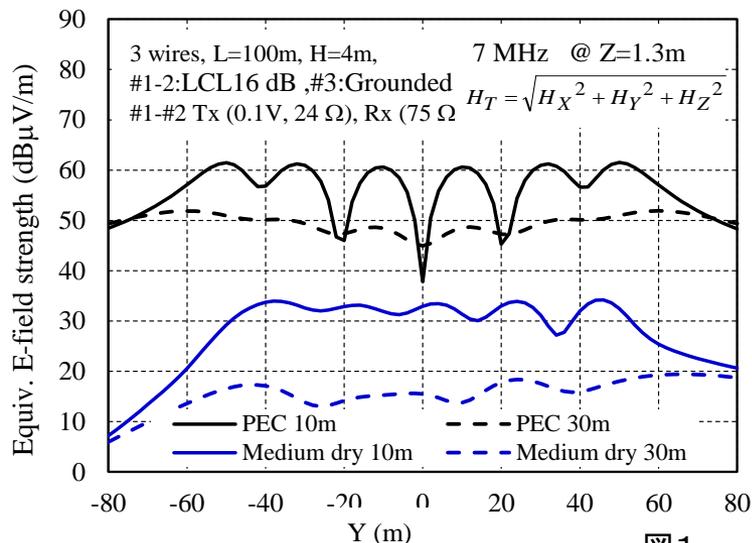


図1

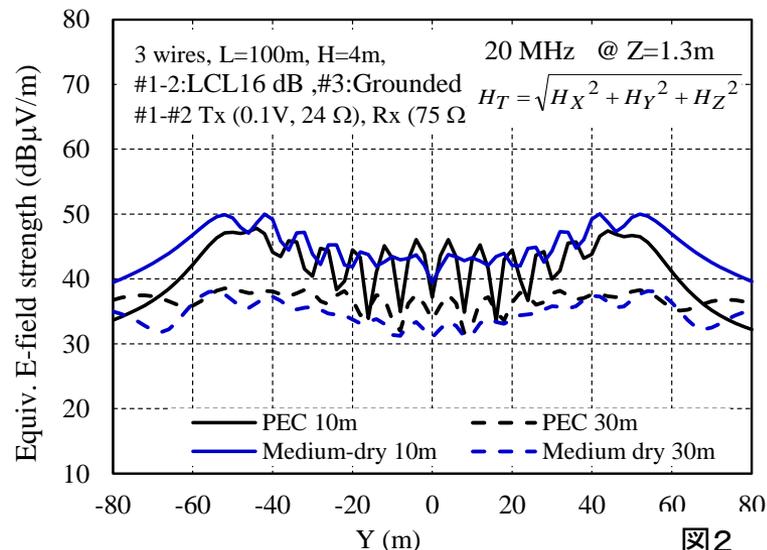


図2

金属大地面および一般土壤大地(Medium-dry)に敷設した3相電力線に送受のPLCモデム設置した場合について、離隔距離10 m及び30 mにおける漏えい磁界 $H_T = \sqrt{H_X^2 + H_Y^2 + H_Z^2}$ を線路に沿って図示する。

図1 低周波7 MHzにおける電磁界を示す。一般土壤では、金属大地面に比べて磁界が20 dB程度強くなるのが判る。また、距離30 mの磁界は、10 mに比べて10数 dB低いことが判る。

図2 高周波20 MHzでは、漏えい磁界は一般土壤と金属大地で余り差違が無いことが判る。また、距離30 mの磁界は、10 mに比べて10 dB低いことが判る。

放射波の指向特性 1

7 MHz

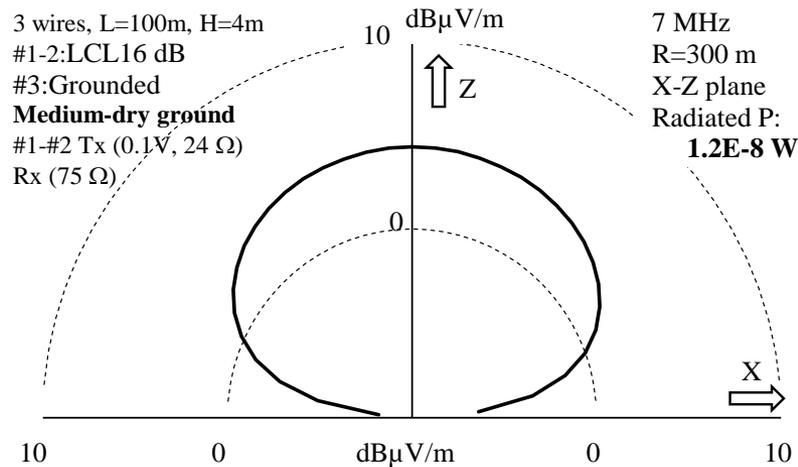


図3

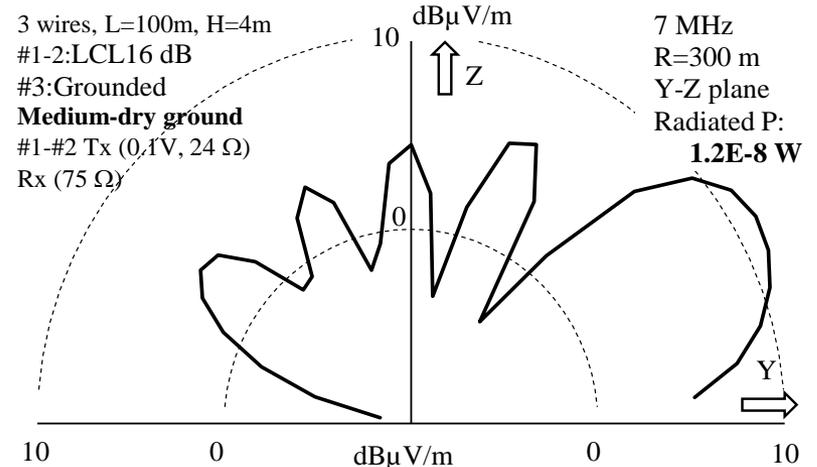


図4

一般土壤大地(Medium-dry)に敷設した3相電力線に送受のPLCモデム設置した場合について、離隔距離300 mにおける7 MHzの漏えい磁界 $H_T = \sqrt{H_x^2 + H_y^2 + H_z^2}$ を極座標で表示する。水平面内で、線路に直交する方向をX方向、線路に平行な方向をY方向とする。また、垂直方向はZ方向である。

図3 低周波7 MHzの磁界の垂直面(X-Z面)指向性を示す。上方の放射が強いことが判る。ただし、放射される電力は、12 nW程度である。

図4 7 MHzの磁界の垂直面(Y-Z面)指向性を示す。電力線方向に鋭い指向性が表れることが判る。

放射波の指向特性 2

20 MHz

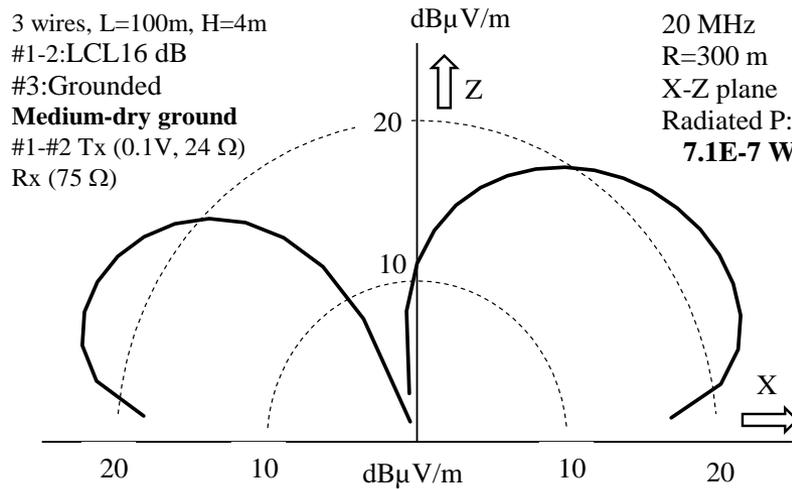


図5

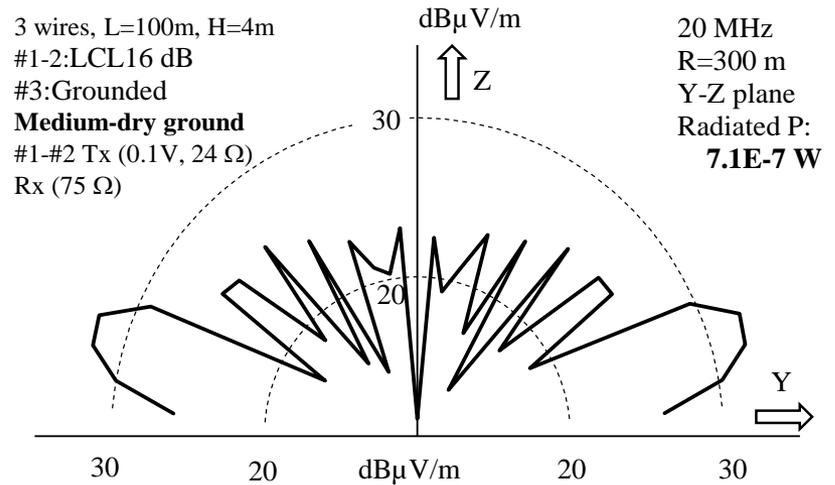


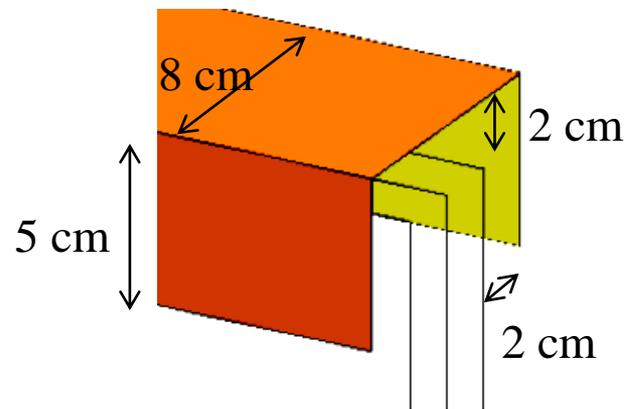
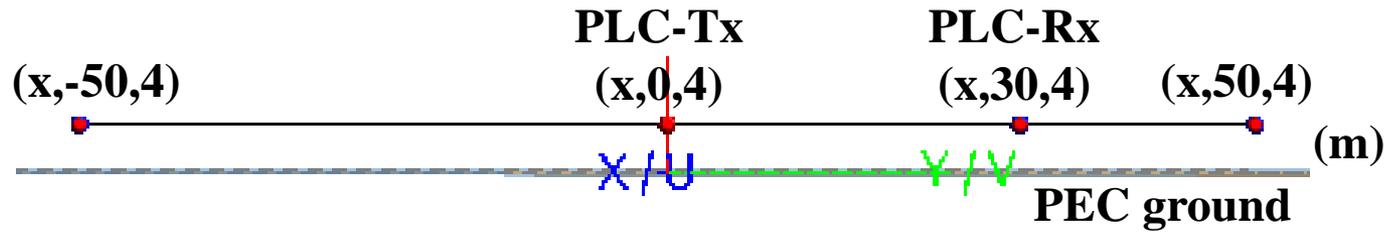
図6

一般土壤大地(Medium-dry)に敷設した3相電力線に送受のPLCモデム設置した場合について、離隔距離300 mにおける20 MHzの漏えい磁界 $H_T = \sqrt{H_x^2 + H_y^2 + H_z^2}$ を極座標で表示する。水平面内で、線路に直交する方向をX方向、線路に平行な方向をY方向とする。また、垂直方向はZ方向である。

図3 高周波20 MHzの磁界の垂直面(X-Z面)指向性を示す。側方の放射が強いことが判る。ただし、放射される電力は、700 nW程度である。

図4 20 MHzの磁界の垂直面(Y-Z面)指向性を示す。電力線方向に鋭い指向性が表れることが判る。

ダクト付き3相線の漏えい電磁界



電磁界解析に適した最適セグメント寸法

(3) マイクロストリップ線路の特性インピーダンスの計算

本資料では、電線を取り囲む金属ダクトの影響を電磁界解析するため、細長い金属板に関する最適セグメントを検討する。

例として、マイクロストリップ線路(幅10 cm, 長さ19 m, 高さ2 cm, 誘電体: 空気)の特性インピーダンスを計算する(下表)。

理論値(近似式)

計算値(セグメント長0.5 mに相当するFEKO設定の"Fine" セグメントを使用)

表の結果から、理論値とFEKO計算値では7 %程度の差違が認められるが、これは短絡、開放端の寄生リアクタンスが原因と思われる。

		Theory	FEKO (dy=Fine)					
MHz	lamda	Zc	Zs Re	Zs Imag	Zinf Re	Zinf Imag	Z0	Error (%)
2	150	49.37	3.23E-05	5.44E+01	1.07E-03	-5.15E+01	53.0	7.29
3	100	49.37	5.12E-04	1.36E+02	6.95E-04	-2.07E+01	52.9	7.24
5	60	49.37	1.83E-03	-1.16E+02	1.02E-03	2.40E+01	52.8	6.98
10	30	49.37	2.13E-03	6.10E+01	2.60E-03	-4.65E+01	53.2	7.81
15	20	49.37	2.71E-03	-1.54E+01	3.41E-02	1.71E+02	51.2	3.78
20	15	49.37	2.46E-01	-3.97E+02	4.88E-03	7.03E+00	52.8	7.03
25	12	49.37	8.69E-03	3.37E+01	2.61E-02	-8.79E+01	54.5	10.30
30	10	49.37	1.44E-02	-3.49E+01	3.11E-02	7.60E+01	51.5	4.25
							AVERAGE	6.83

前記(1), (2), (3)の計算から、
セグメント長0.5 mあるいはFEKO設定のFine segmentを採用する。

ダクト付き3相線の電流 7 MHz

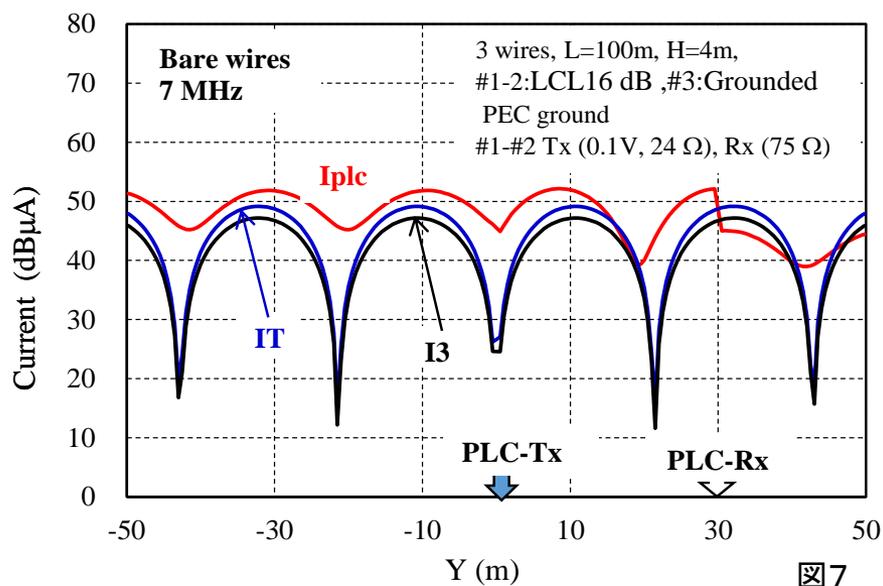


図7

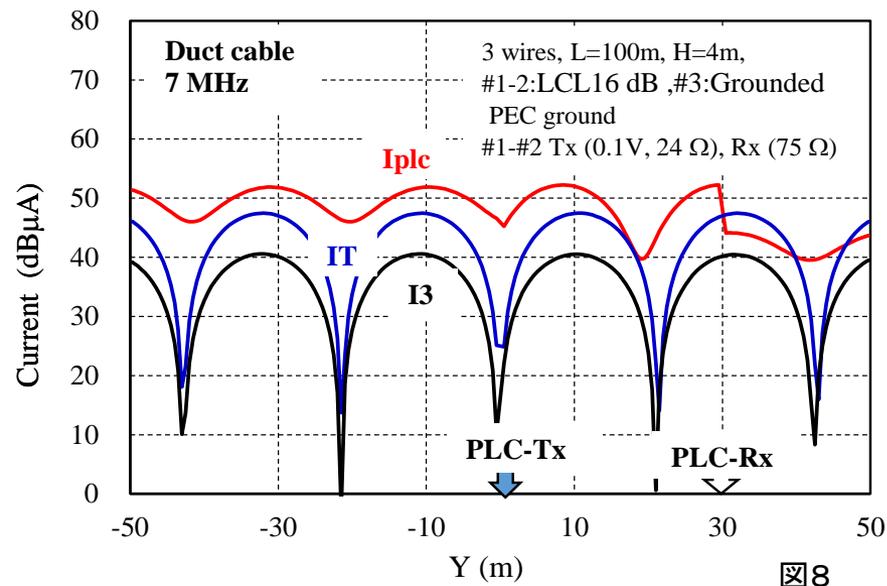


図8

金属大地面に敷設した3相電力線に送受のPLCモデムを設置した場合について、信号電流 I_{plc} 、モデムを接続していない第3線の電流 I_3 、及び全電流 $I_T = I_1 + I_2 + I_3$ を線路に沿って図示した

図7 ダクトを付けていない裸線の電力線について、7 MHzにおける電流を示した。

図8 ダクトを付けた電力線について、7 MHzにおける電流を示した。両図を比較すると、ダクトを付けることによって第3線の電流は変化するが、全電流は殆ど変化しないことが判る。

ダクト付き3相線の電流

20 MHz

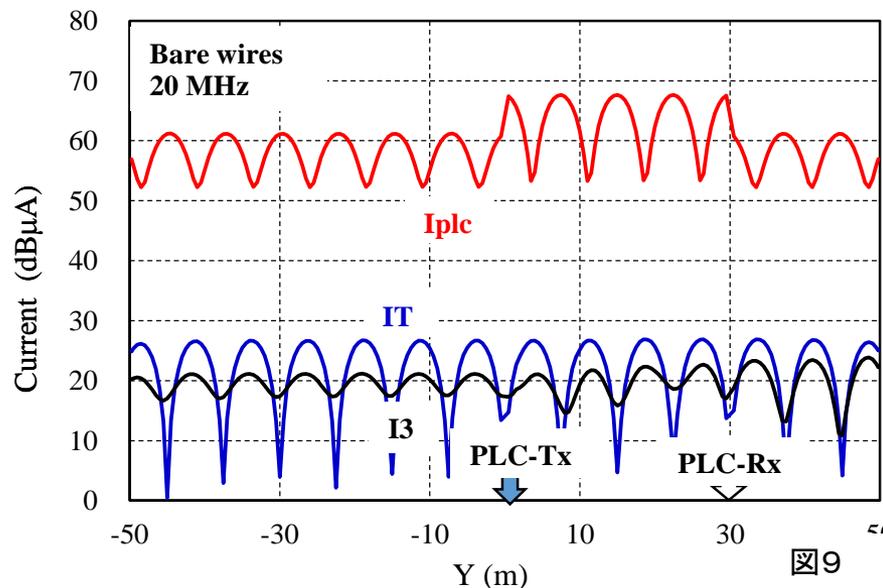


図9

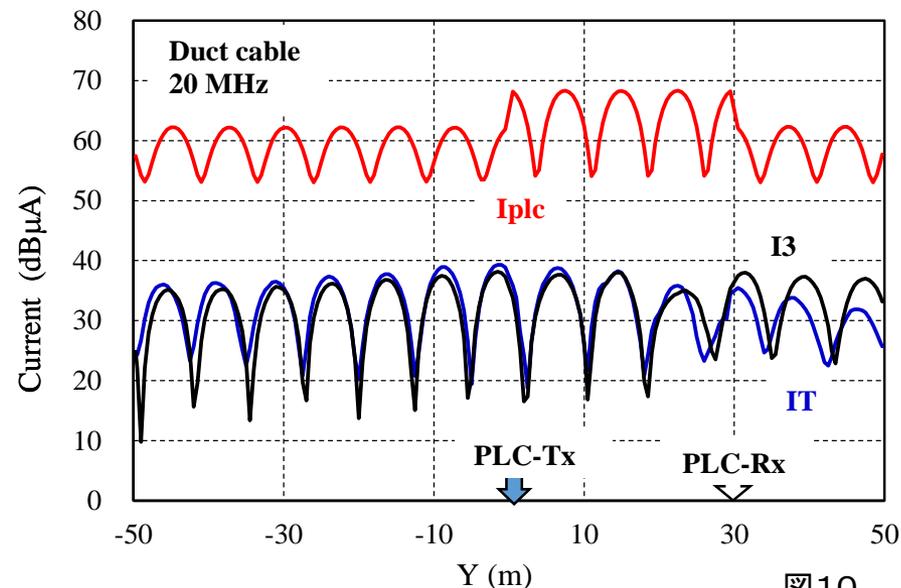


図10

金属大地面に敷設した3相電力線に送受のPLCモデムを設置した場合について、信号電流 I_{plc} 、モデムを接続していない第3線の電流 I_3 、及び全電流 $IT=I_1+I_2+I_3$ を線路に沿って図示した

図9 ダクトを付けていない裸線の電力線について、20 MHzにおける電流を示した。

図10 ダクトを付けた電力線について、20 MHzにおける電流を示した。両図を比較すると、ダクトを付けることによって第3線及び全電流が変化する。すなわち、周波数によって、ダクトが電流に及ぼす影響が異なることが判る。

ダクト付き3相線の漏えい磁界

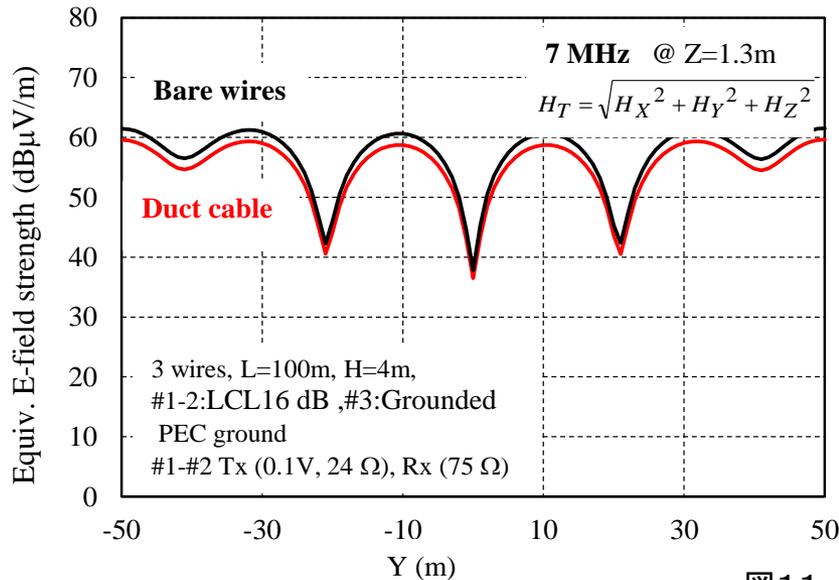


図11

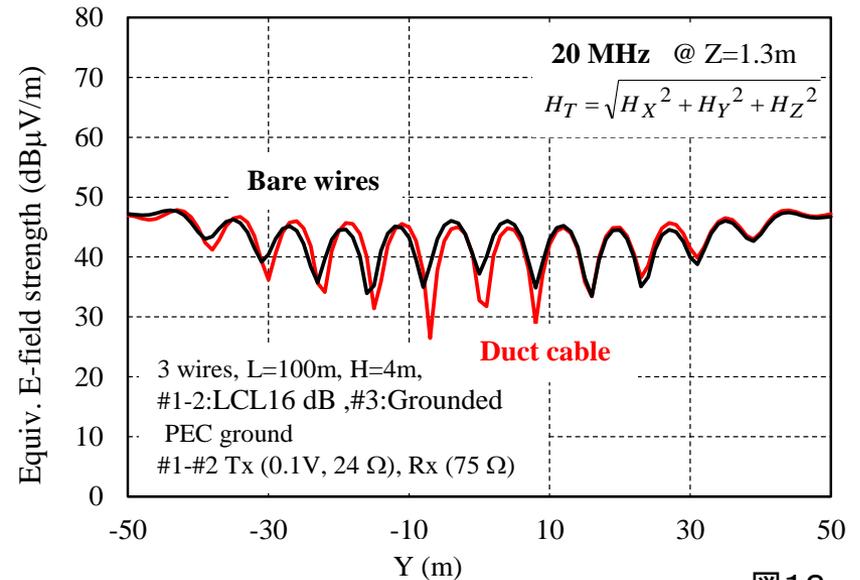


図12

金属大地面に敷設した3相電力線に送受のPLCモデムを設置した場合について、離隔距離 10m における漏えい磁界を線路に沿って図示した

図11 7 MHz について、漏えい磁界の変化を示した。図7, 8から推測されるように、ダクトの有無による磁界の変化は殆ど観測されない。

図12 20 MHz ではダクトの影響によって全電流 I_T が上昇したが、この図から、漏えい磁界は殆ど変化しないことが判った。これはダクトに電流が流れ、 I_T の上昇を打ち消したためと推測される。

すなわち、漏えい磁界に対するダクトの影響は余り無いものと思われる。