

PLC 設備からの漏洩電波の定量的な予測・評価方法に関する提案について

電気通信大学 上 芳夫

1 目的

PLC 設備と無線利用との共存を図るためには、PLC 設備からの漏洩電波の強さ(漏洩電界強度)をどの程度に抑えるべきかについての検討のほか、PLC 設備からの漏洩電波を定量的に予測・評価する方法の確立が必要である。そのために必要となる以下の事項について提案を行うものである。

- ① 電力線の特性、及び電力線に流れるコモンモード電流と漏洩電波の強さとの関係を検討するためのシミュレーション手法
- ② 実環境における電力線の特性測定法

2 PLC 設備からの漏洩電波発生メカニズム

図1は、モデムで複雑な電力配線系が励振され、放射が発生している概念図である。

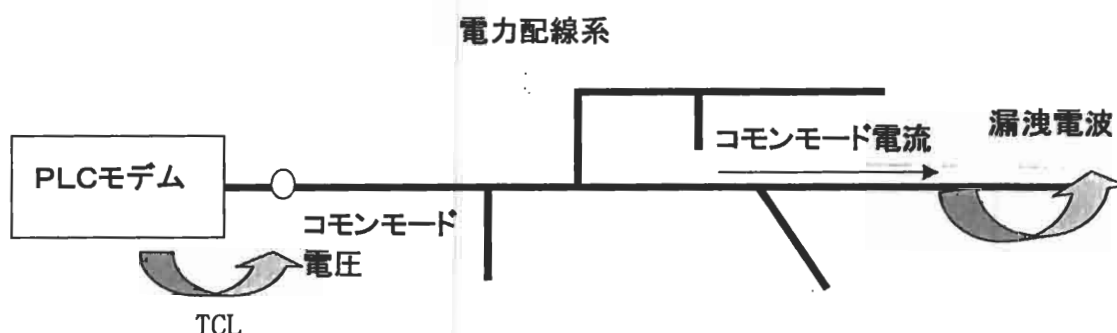


図1. PLC モデルからの漏洩電波発生概念図

電力線(平行な2本線)は、本来それぞれの線に大きさ等しく逆向きの(これを逆相という)電流を流す伝送系(平衡伝送系)である。この電流がディファレンシャルモード電流である。モデムを現実の電力線に接続したとき、何らかの理由で平衡がくずれると、不平衡な成分であるコモンモード電流(2本の線を同じ方向に流れる同相電流)が流れる。このコモンモード電流は導線で構成されるアンテナを流れる電流と同じ働きをする放射電磁界に寄与する成分であり、アンテナでなくともコモンモード電流が発生している系では、大きな電磁放射が引き起こされる。したがって PLC 設備からの漏洩電波を評価するにはコモンモード電流の把握が重要になる。

電力配線系においてディファレンシャルモード(平衡伝送系)電圧からコモンモード(不平衡伝送系)電圧へ変換される割合は、TCL (Transverse Conversion Loss)として評価される。

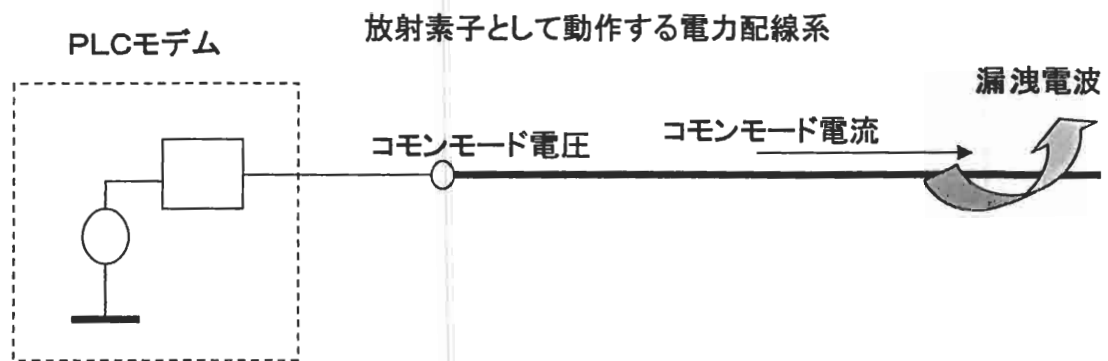


図2 簡略化した放射系モデル

したがって、電力配線系の代表的なモデルとコモンモード電流が与えられると、PLC 設備からの漏洩電磁界レベルが定量的に議論できることになる。（屋内の配線系から外部に漏れる電磁界の評価には遮蔽効果を考えなければならないことは当然である。）

3 提案内容：

- (1) 電力線の特性及び電力線に流れるコモンモード電流と漏洩電波の強さとの関係を検討するためのシミュレーション手法
別紙1「単純化された家屋モデルに対する測定と計算のシミュレーション」参照
- (2) 実環境における電力線の特性及び電力線に流れるコモンモード電流の測定方法
別紙2「電力線伝送路の特性測定方法」参照

4 提案内容に基づく PLC 設備からの漏洩電波を定量的に予測・評価する方法の確立

- (1) 3(1)により提案するシミュレーション手法について
 - ア 単純化された家屋モデルを作成し、このモデルで各種パラメータ、特性を測定し、シミュレーションとの計算結果を比較・検討する。
 - イ シミュレーションの妥当性が確認検証できると、さらに複雑なモデルでの漏洩電波の特性をシミュレーションで検討することが出来ることになる。
 - ウ また、このモデルにおいて電力線系のパラメータ、コモンモード電流等を評価し、漏洩電波レベルとの関係を検討する。
- (2) 3(2)により提案する測定方法について
 - ア 実環境における電力線の特性及び流れるコモンモード電流の測定法を他の国際規格等における手法と整合性を取りながら検討し、必要な実測データ収集を行い、電力線系の等価負荷モデルの構築を行う。
 - イ 上記4(1)ウの評価手法に当てはめることによって、漏洩電波レベルの予測手法を確立する。
- (3) PLC 設備と無線利用との共存条件検討への適用
上記4(1)及び(2)から、現在、共存条件として検討を行っている PLC 設備からの漏洩電波の強さ（漏洩電界強度）を満たす PLC モデムの許容値を策定するために、必要なデータを提供できるものとする。

単純化された家屋モデルに対する 測定と計算のシミュレーション

目的

コモンモード電流、LCL等でPLCモデルの規定する場合、それらと漏洩電磁界の相関性が極めて重要

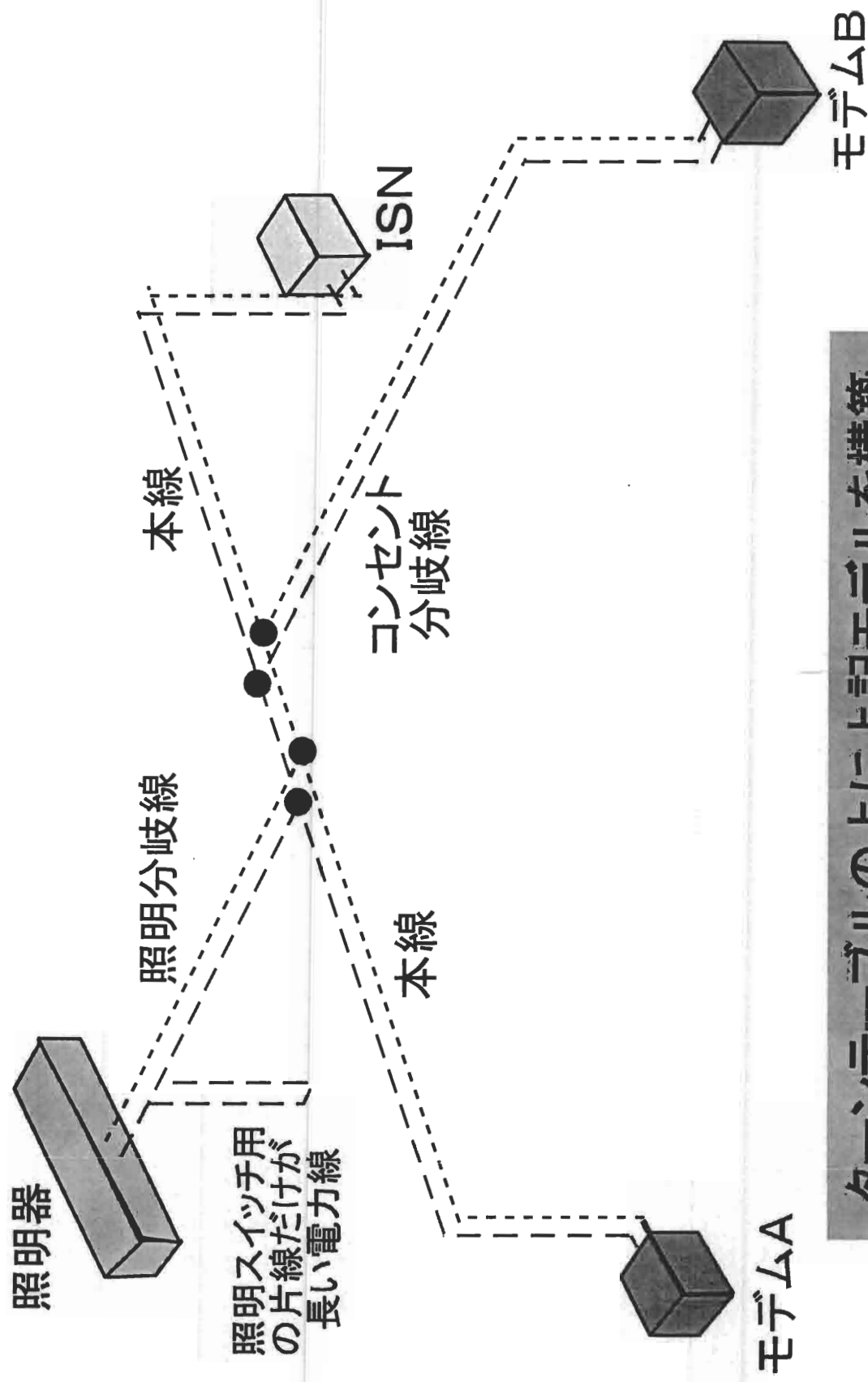


電力線の特性を規定するパラメータ(LCL、コモンモード電流、コモンモードインピーダンス、ダイアレンシヤルモード電流、ダイアレンシヤルモードインピーダンス等)と漏洩電界、特に、コモンモード電流と漏洩電界の関係を定量的に明確化



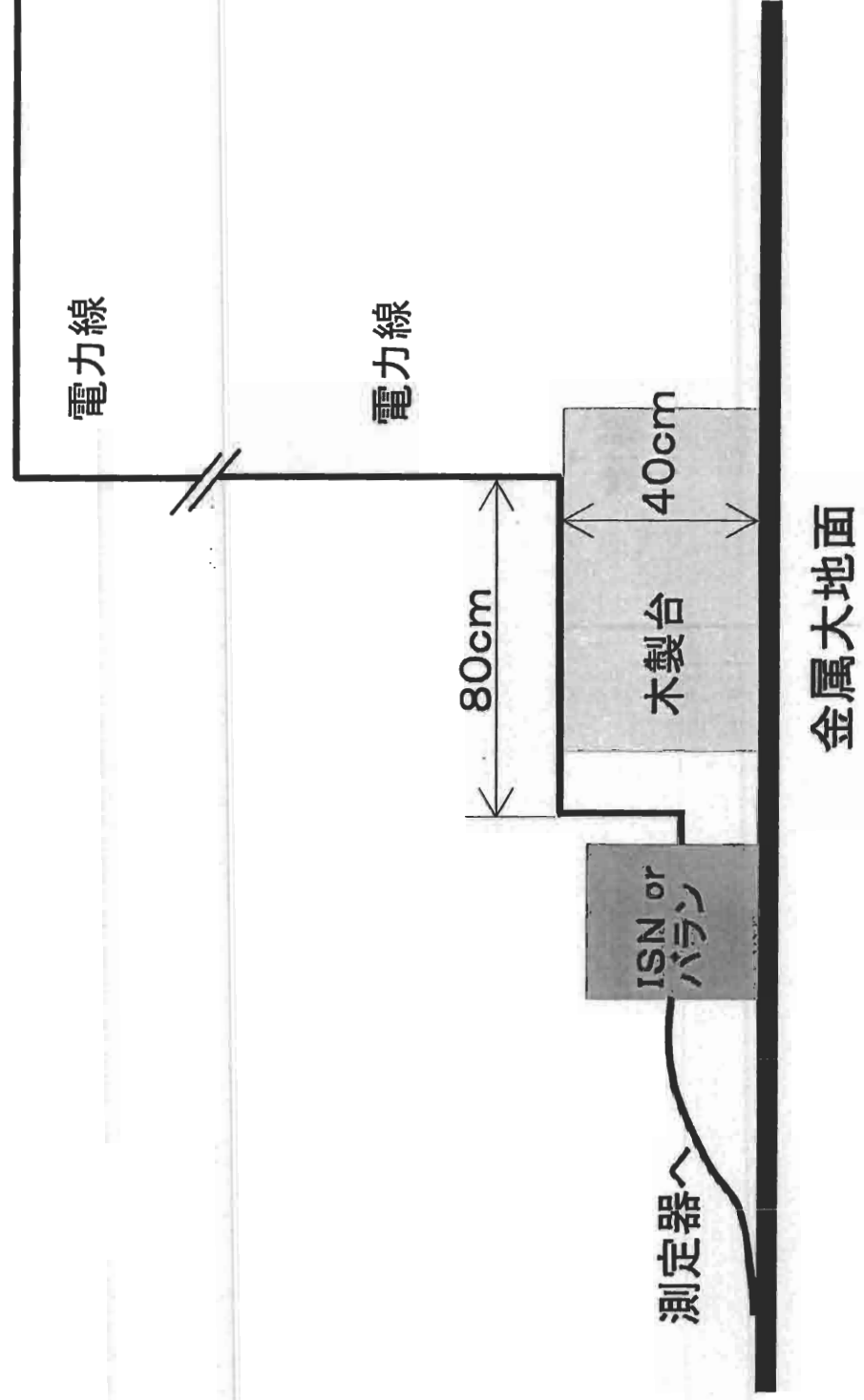
片線接地、分岐等を有する単純化された家屋モデルを構築し、それに対して、測定と計算の両面からシミュレーション

単純化された家屋モデル



ターニングテーブルの上に上記モデルを構築

電力線終端部の構成



測定項目

- 測定周波数: 1～300MHz
- デイファレンシャルモード電流(分布も可能な
らば)・電圧・減衰量・インピーダンス
- コモンモード電流(分布も可能ならば)・電圧・
減衰量・インピーダンス
- 平衡度: LCL、LCTL
- 屋外の漏洩電界分布(ループアンテナ、バイ
コニカルアンテナ): 角度分布(ターンテーブル
360度回転)、高さ・距離を可変

計算によるシミュレーション

- モーメント法で測定と同じ条件を計算し、計算手法の妥当性を確認
- 上記で確立されたモーメント法を用いて、より複雑な電力線配線パターンに対する計算機シミュレーションの実施
- 4端子対回路網法で測定と同じ条件を計算し、計算手法の妥当性を確認

電力線伝送路の特性測定方法

測定の目的

【目的】

PLC設備からの漏洩電波は、電力線系に流れるコモンモード電流に大きく関係しており、このコモンモード電流は、PLCモデムを接続する電力線の特性(LCL、CMZ)に大きく依存する。

したがって電力線系のパラメータが評価できると、PLC設備からの漏洩電波の予測、評価が可能になるものと考えられる。

本資料で、これらの特性の測定方法について示す。

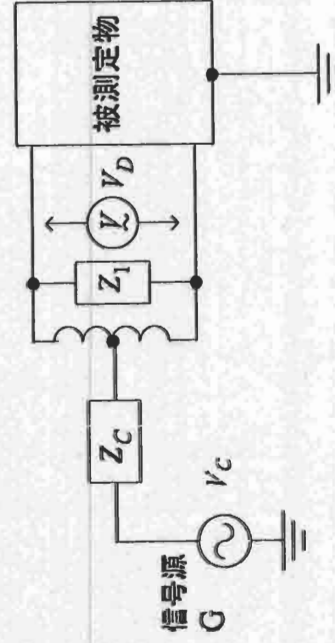
【測定項目】

- ・ 線路特性の測定
 - コンセントの平衡度(LCL)
 - コンセントのインピーダンス
 - ・ デイアレンシヤルモードインピーダンス(DMZ)
 - ・ コモンモードインピーダンス(CMZ)

線路特性の測定

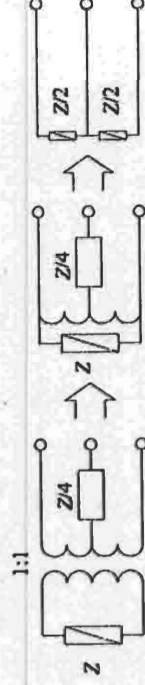
コンセントの平衡度(LCL)の定義

LCLの定義 (ITU-T O.9)



$$LCL = 20 \log_{10} \left| \frac{V_c}{V_D} \right| \quad [\text{dB}]$$

Z_c と Z_1 の関係

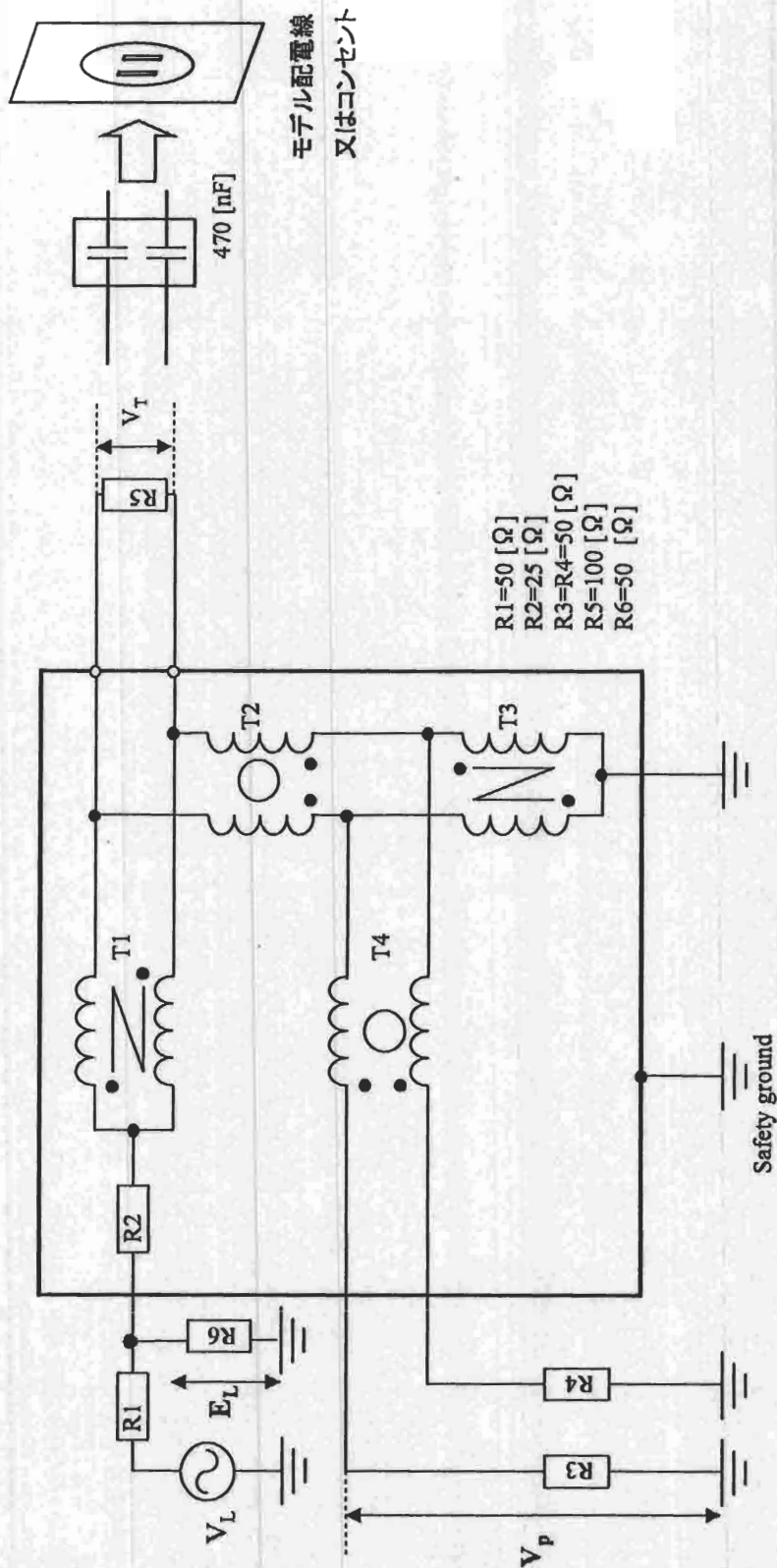


ITU-T G.117に基づき、 Z_c は $Z_1/4$ とする

- ・入出力電圧の比を測定することになるので、測定はネットワークアナライザを用いる
- ・測定対象のLCLを正確に測定するためには、ブリッジ単体のLCLが十分に高いことが必要。
LCL 40dBまで測定対象とし、60dB以上とする

線路特性の測定

コンセント端のLCL測定方法



$LCL=20\text{Log}_{10}(E_L/2V_p)$ として測定できる。

※1 上式のコモン電圧は V_L ではなく、 R_2 の入力電圧である E_L である。

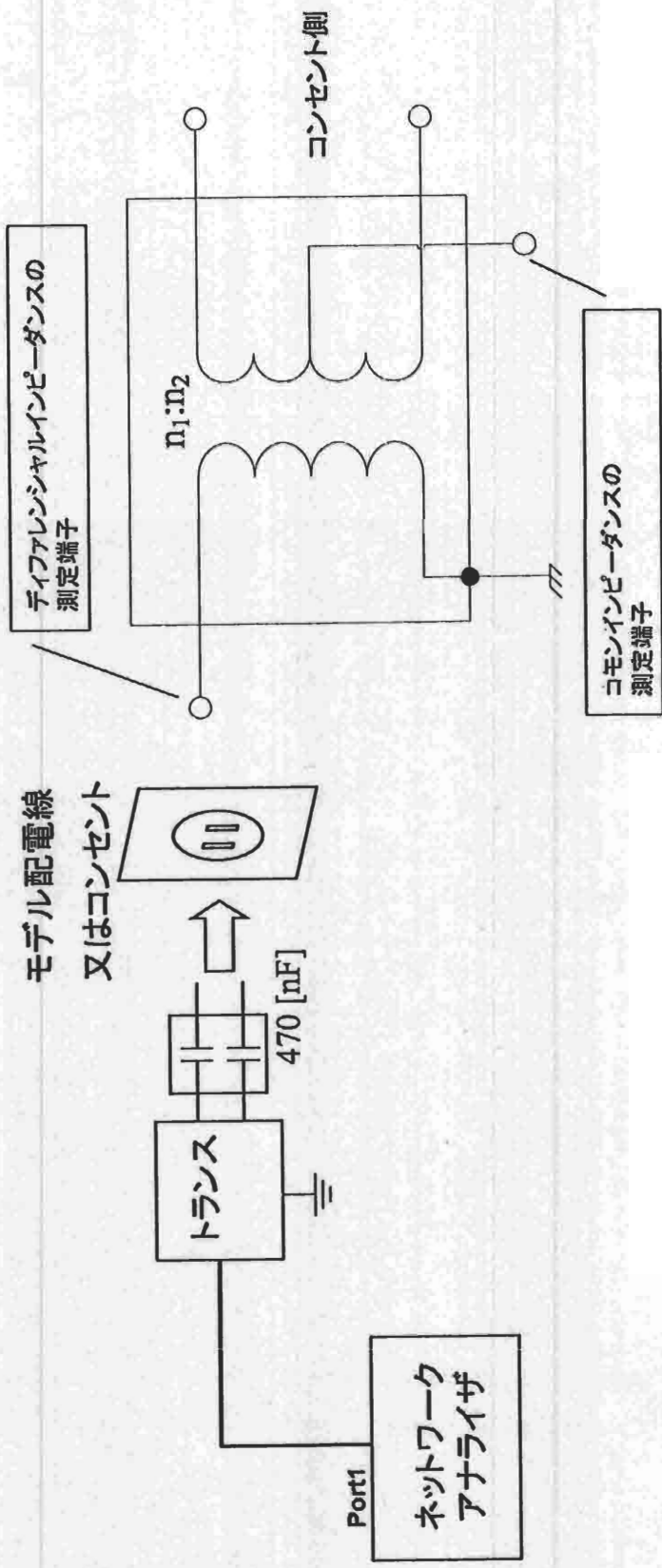
※2 V_p はディファレンシャル電圧の1/2を測定しているため、式では $2V_p$ とする

線路特性の測定

コンセントのインピーダンス測定

トランスの平衡側中点端子(右図コモン端子)がある場合、下記の測定も可能

- コモンモードインピーダンス: 平衡側の中点端子で測定
- ディファレンシャルインピーダンス: 不平衡側端子で測定

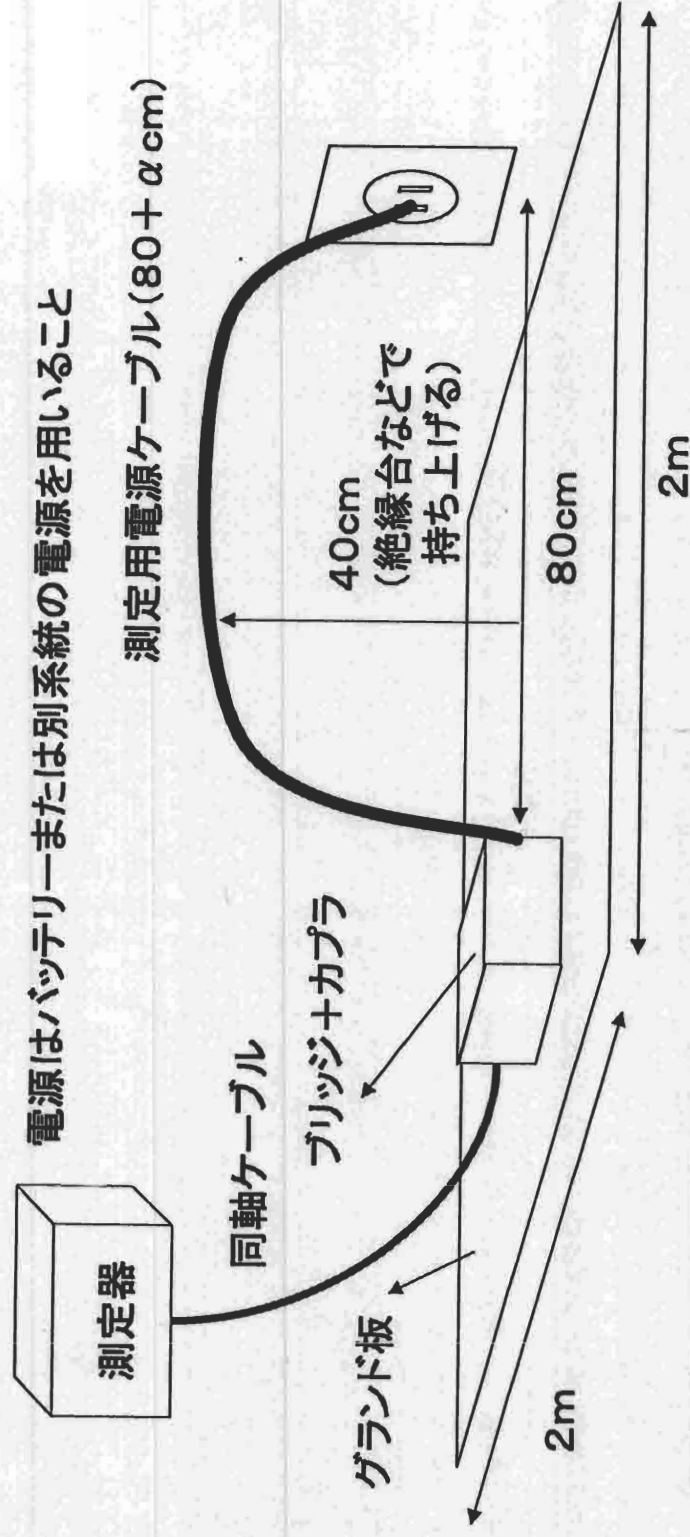


トランス(バラン)の構成

測定系

線路特性の測定

・ 測定系の設置 (LCLおよびCMZの測定)



- ・ GND板は2m x 2mを原則とするが、測定場所によっては、1m x 1m程度でも可
- ・ コンセントから80cm、測定用電源ケーブルを用いて引き出し、その点のLCLおよびCMZを測定する。
- ・ 測定用電源ケーブルは、絶縁台などで40cm持ち上げる。
- ・ 測定用電源ケーブルは、80cm引き出し、かつ、40cmの高さに維持するための必要な長さとする。