

# 線形加速器用電流モニターにおける 信号伝送解析とノイズ低減技術

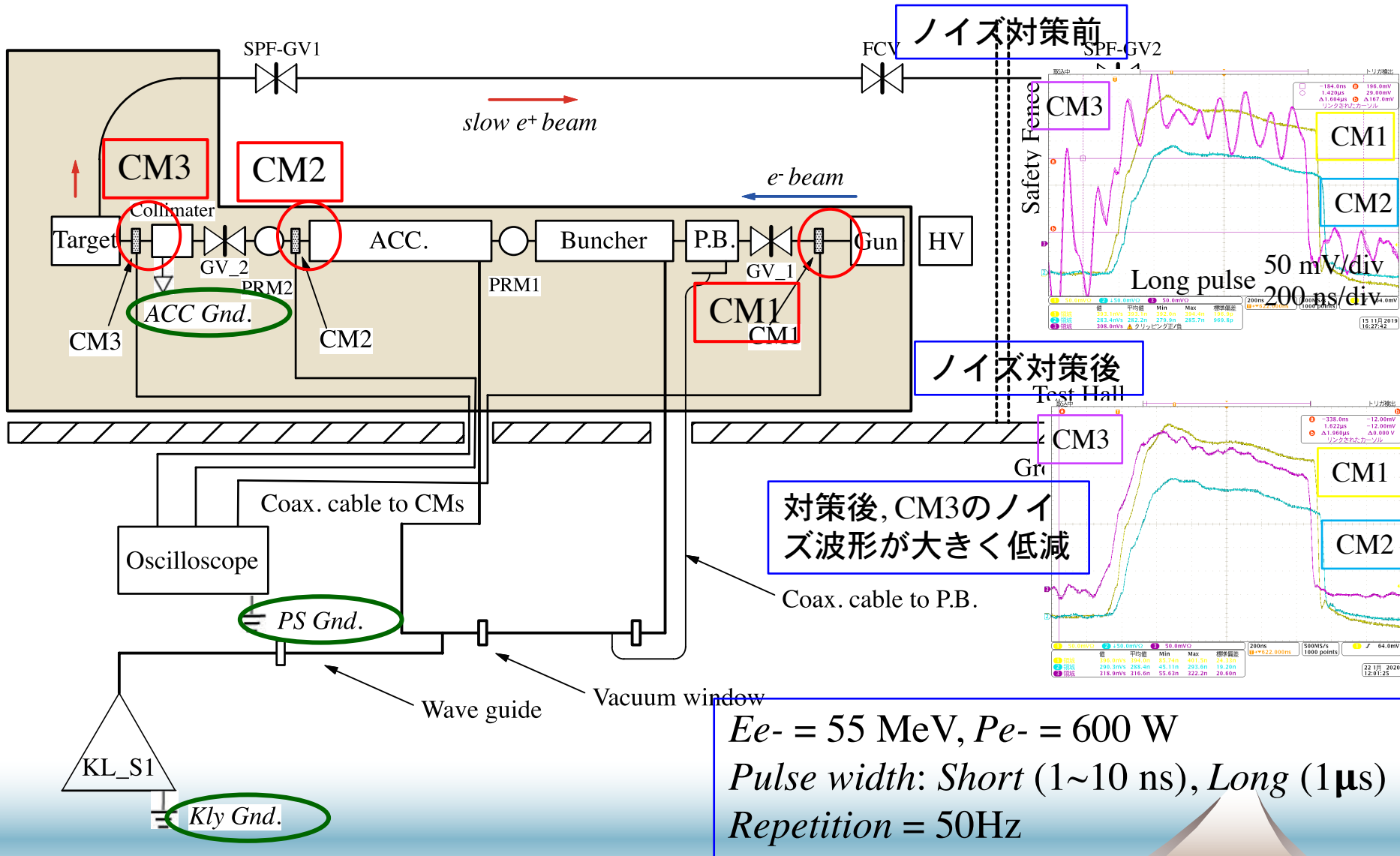
*Signal transmission analysis and noise reduction technique for current monitor  
in linear accelerators*

T. Suwada ([tsuyoshi.suwada@kek.jp](mailto:tsuyoshi.suwada@kek.jp)), Acc. Lab. KEK

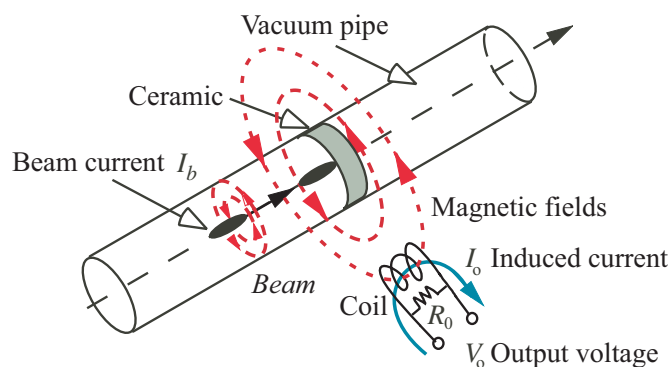
はじめに

1. 線形加速器においてノイズは、昔から様々な所で厄介な問題を提供.
2. 特に、*High-power klystron*や*Fast kicker* 近くのビーム診断にとってノイズを避けることは難しい.
3. 筆者は、これまでビーム診断においてノイズを随分と経験してきたが深く追求することはなかった.
4. 今回、最も基本的な診断装置である長パルス用電流モニター (*Core Monitor/CM*)のノイズをどうしても避けることが困難になり、ノイズ発生の基本原理に立ち返り検討することにした.

# KEKにおける低速陽電子施設 (物性研究)



# CMの基本原理とその構造



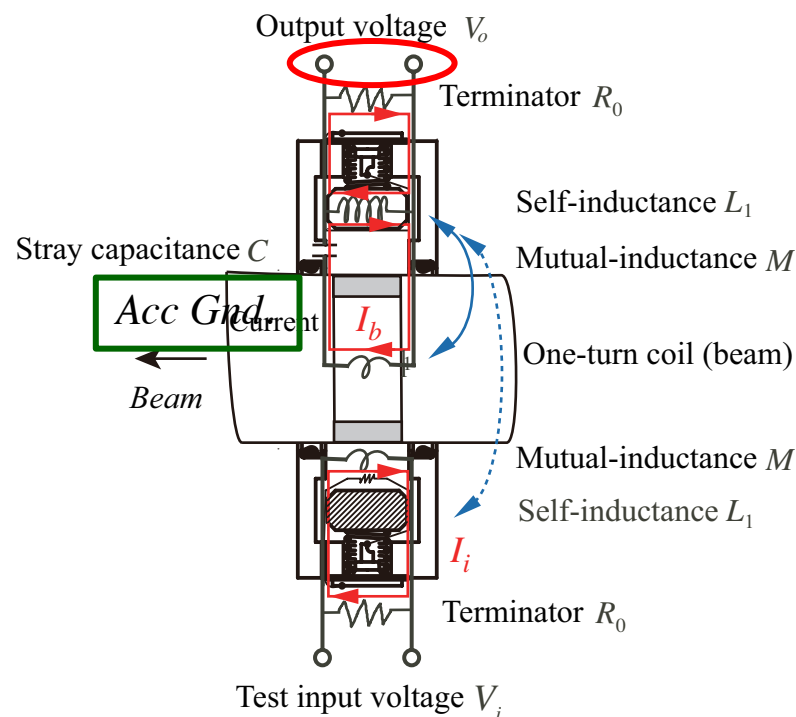
Core monitor

- ・ ビーム磁場をコイルで検出
- ・ ビームとコイルの相互作用(電磁誘導)を利用
- ・ ビーム電流に比例した電圧値に変換
- ・ 1:Nのトランスの電圧増幅器として動作



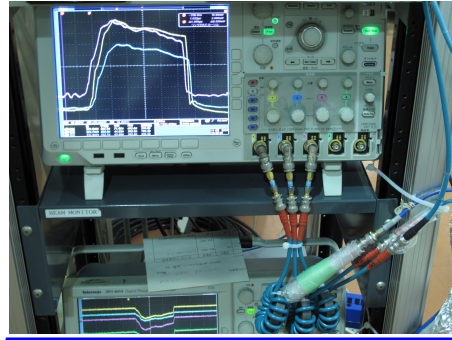
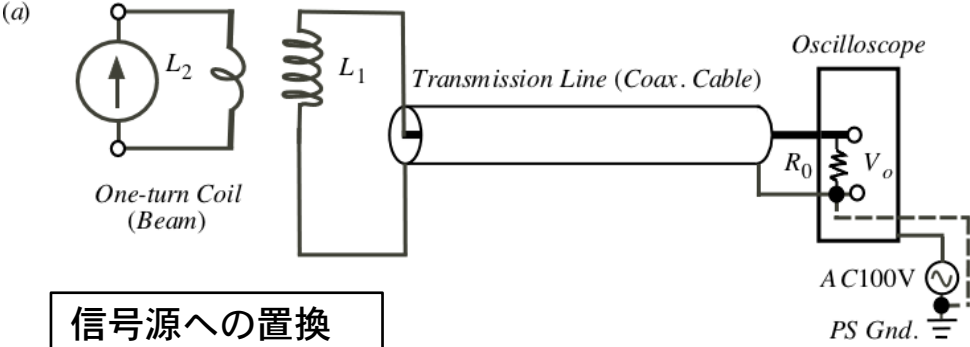
Gnd.の基本的な考え:

- ・ BNC Gnd.をAcc Gnd.から浮かす
- ・ 余計なGnd. Loopを作らない

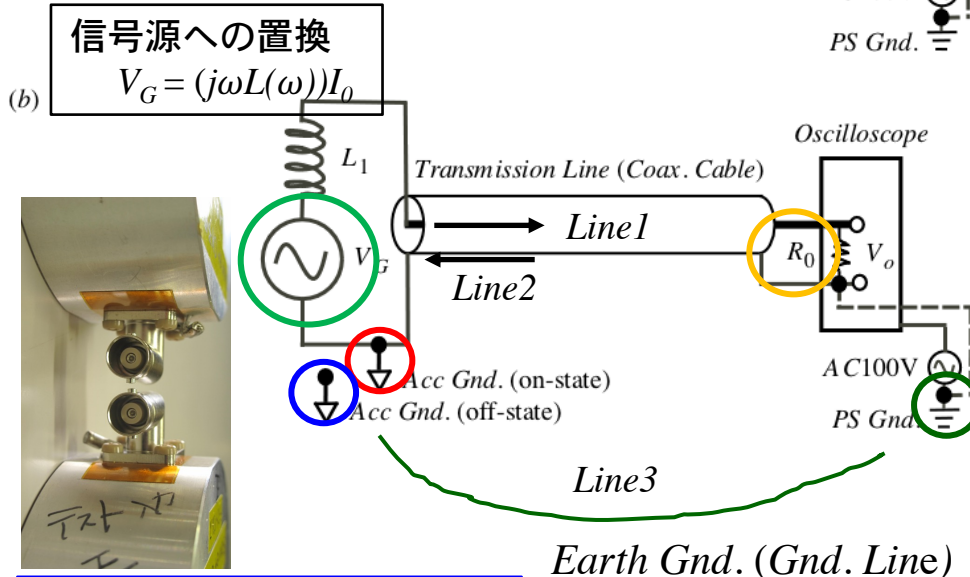


# CM回路と測定系

1:N Transformer

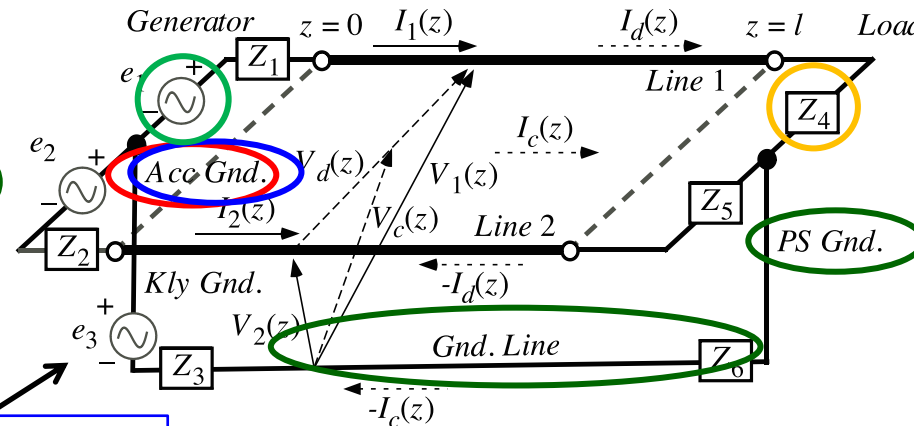


オシロの電源ラインを通してシャーシ、端子入力 Gnd.がGnd.に導通



BNC端子

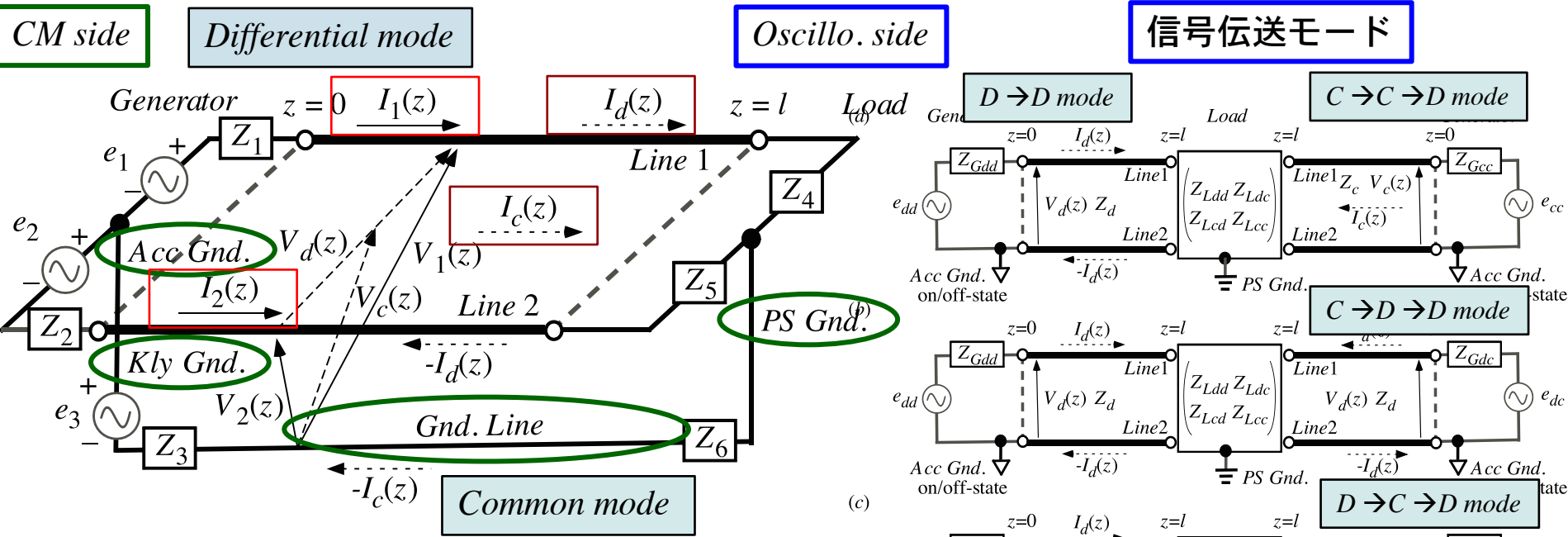
- ・CM3: 金属ネジ/カプトンでCase Gnd.と絶縁
- ・CM1, 2: セラミックネジ/カプトンでCase Gnd.と導通



仮想的ノイズ源  $e_3$

信号解析のための等価回路

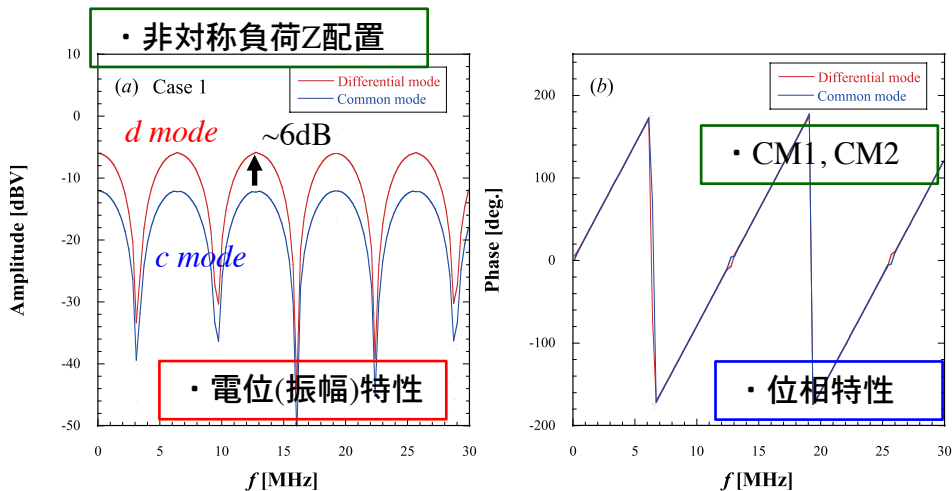
# CM解析のための等価回路と伝送モード



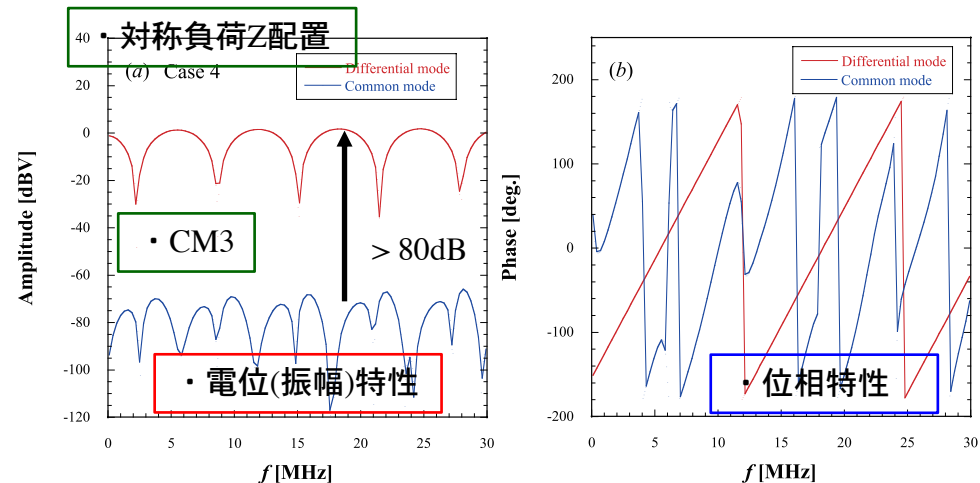
**第3のGndラインの形成**  
 Vac. Pipe Gnd. → WG → Kly. → Kly.PS → PS分電盤 Gnd.  
 → Osc. Gnd.

- 二線の伝送線路では **Differential (D) mode** の伝送が基本.
  - 三線の伝送線路では **Common (C) mode (和)** と **Differential (D) mode (差)** の伝送が基本.
  - **D mode:**  $V_2(z=0) = V_2(z=l) = 0$ , **C mode:**  $V_2(z=0) \neq V_2(z=l) \neq 0$
  - インピーダンスの非対称配置により **D** から **C** への **モード変換が生じる** → **ノイズ発生/信号歪みの発生.**
- CM1, CM2 Acc. Gnd. On**  
**CM3 Acc. Gnd. Off**

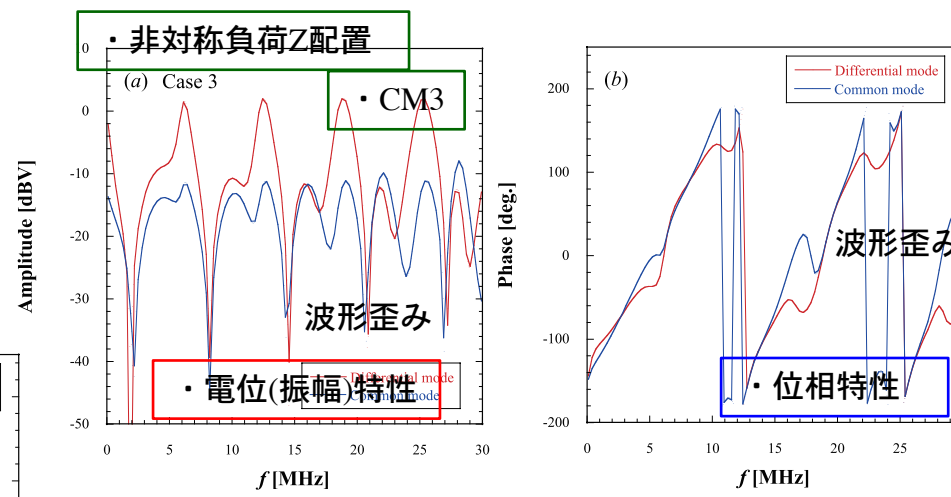
# Acc Gnd.有/基本伝送の計算例 (非対称負荷Z配置と非対称負荷Z配置)



・ CM1, CM2の条件,  $ACC\ Gnd.=PS\ Gnd.=0$ .  
 $e1=1, e2=0, e3=0, Z3=Z6=0, Z1=Z2=0, L (Lmax = 16\text{mH}),$   
 $Z4=50\Omega, l = 15\text{m}$



・ CM3の条件,  $ACC\ Gnd.\neq PS\ Gnd.$ .  
 $e1=1, e2=0, e3=0, Z3=(R+L)/2, Z6=(R+L)/2, R=15\Omega, L=0.33\mu\text{H},$   
 $Z1=j\omega L (Lmax=16\text{mH}), Z4=Z5=50\Omega(\text{対称負荷}), l = 15\text{m}$



・ CM3の条件,  $ACC\ Gnd.\neq PS\ Gnd.$ .  
 $e1=1, e2=0, e3=0, Z3=(R+L)/2, Z6=(R+L)/2, R=15\Omega, L=0.33\mu\text{H},$   
 $Z1=j\omega L (Lmax=16\text{mH}), Z4=50\Omega, Z5=0 (\text{非対称負荷}), l = 15\text{m}$

・ A. Sugiura and Y. Kami, *IEEE Trans. Electromagn. Compat.*, vol. 54, no. 2, pp. 466–473, 2012.  
 ・ H. Toki and K. Sato, *J. Phys. Soc. Jpn.* 81, 014201 (2012).  
 ・ T. Suwada, KEK Report 2020-1.

# まとめ

1. 最も基本的なコアーモニターのノイズ解析を行った. 信号伝播を等価回路に置き換え、ノイズ発生の基本原理を解析した.
2. 三番目のグラウンド線(*Gnd. Line*)を考慮することが重要. 伝播の固有モードに対し *Differential* と *Common mode* が出現し、伝送線路上でモードが互いに変換するという厄介な問題であることが理解できた.
3. モニターと計測装置はできるだけ最短位置に設置し、両 *Gnd.* を同電位に保つようにすることが肝要.
4. 両 *Gnd.* の同電位が困難な場合(遠く離れている場合)、負荷インピーダンスの配置対称性をよくすれば、モード変換をより効果的に抑制できる.
5. 信号伝送理論、ノイズ抑制技術の詳細 → T. Suwada, KEK Report 2020-01を参照してください.