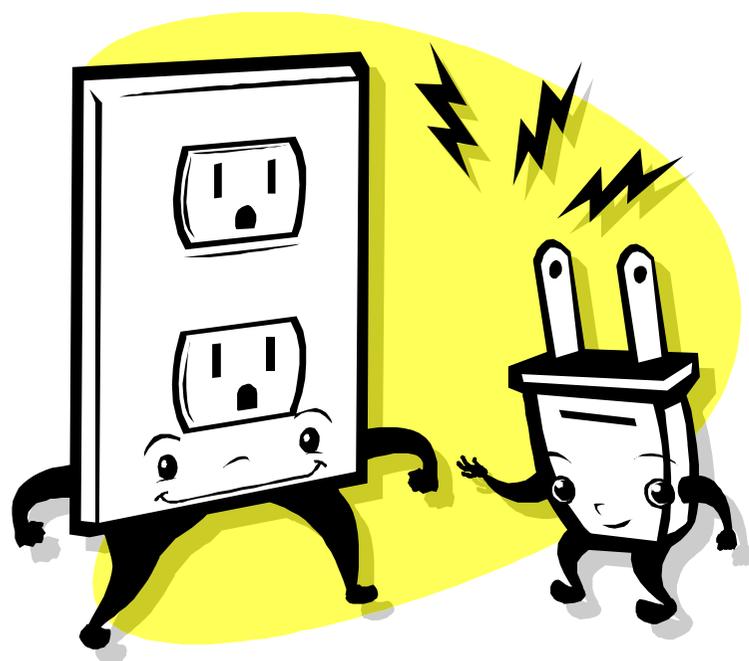


高速電力線搬送通信設備作業班(第16回)資料

Sim/実測による高速PLC三相線上利用時の評価

(作業班第15回以降のシミュレーション結果検証)



2018年12月26日

高速電力線通信推進協議会(PLC-J)

第15回作業班会合において、

- ・PLC-Jからの報告(資料15-5)として、篠山オープンサイトでの実測の結果、および、実測系をモデル化したシミュレーション(Sim)解析の結果を示した。結論として、**実測結果と近い値のSim解析結果**を得ることができ、また、等価電界強度に関して**3芯線と2芯線で大きな差異はない**ことがわかった。
- ・一方、NICT篠塚様からの報告(資料15-6)として、LCL16dBの系においては、**3線目の影響で顕著に等価電界強度が増大する**という結果が示された。

その後、両者で情報を交換し、解析条件やモデルを検証し、上記差分の究明を実施した。

(本資料では、PLC-J側での追加検証状況を報告する。)

本文書内での各Simモデル名称の定義



名称	概要	構築者	PLC-Jモデル構築のポイント(改良エッセンス)の導入	計算実行結果
NICTモデル (or篠塚様モデル)	NICT篠塚様にてご構築されたオリジナルのモデル。 計算結果は資料15-6に記載。	NICT 篠塚様	× なし	<ul style="list-style-type: none"> ・実測結果と整合せず ・2線/3線で大きな差あり
NICT改良モデル	NICTモデルに、PLC-Jモデル構築のポイント(終端/始端設定、セグメント長設定)の導入をした改良モデル。	PLC-J	あり	<ul style="list-style-type: none"> ・実測結果と整合 ・2線/3線で大きな差はなし
PLC-Jモデル	PLC-Jにて構築したモデル。 計算結果は資料15-5に記載	PLC-J	あり	<ul style="list-style-type: none"> ・実測結果と整合 ・2線/3線で大きな差はなし

差分検証項目 および 結果総括

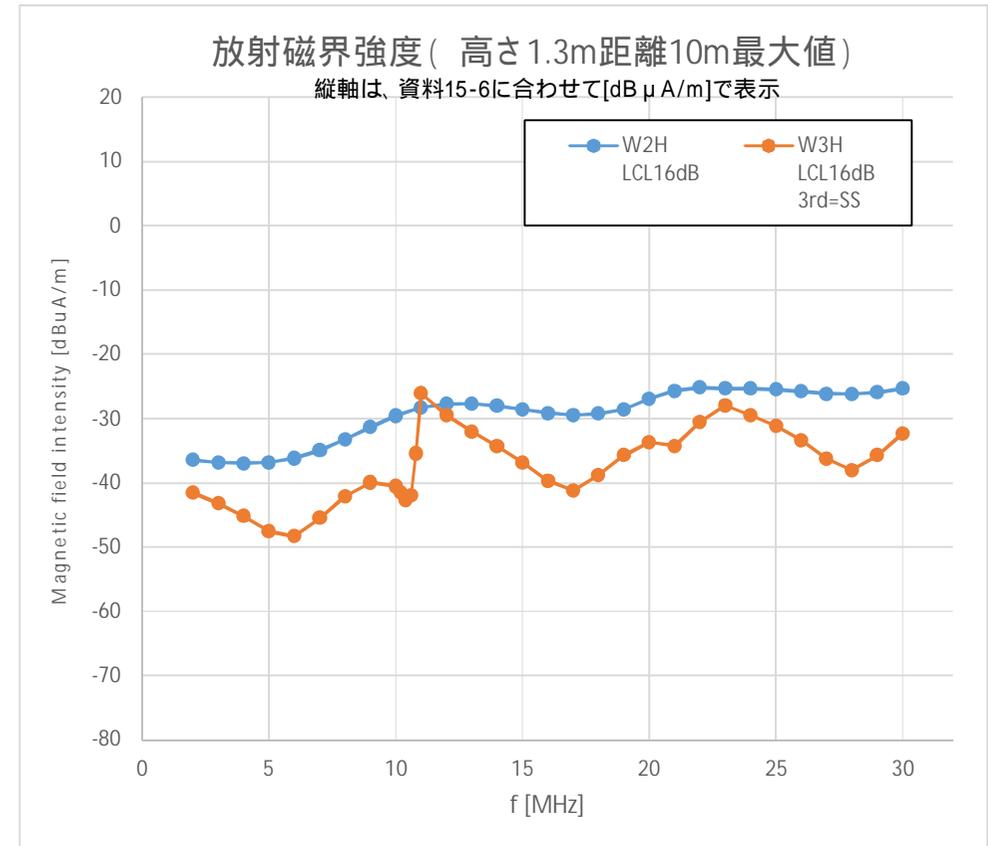
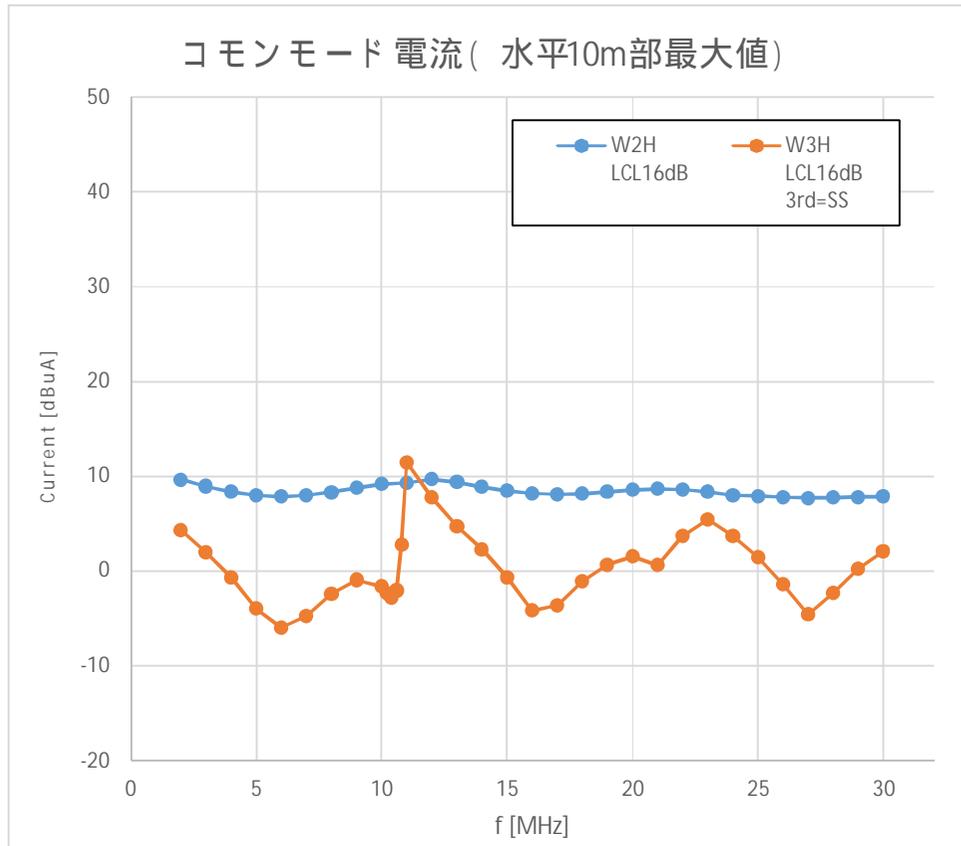


検証項目番号	使用モデル	負荷条件	計算実行結果	結果掲載ページ
	NICTモデル	LCL=16dB	<ul style="list-style-type: none"> ・2線/3線で顕著な差あり (資料15-5を再現) 	p.5
		篠山実測系相当の負荷	<ul style="list-style-type: none"> ・2線/3線で顕著な差あり (資料15-6と同傾向) ・実測結果と整合せず 	p.6
	NICT改良モデル (NICTモデルに、PLC-Jモデル構築のポイント(終端/始端設定、セグメント長設定)の導入をした改良モデル)	LCL=16dB	<ul style="list-style-type: none"> ・2線/3線で大きな差はなし 	p.7
		篠山実測系相当の負荷	<ul style="list-style-type: none"> ・2線/3線で大きな差はなし (資料15-5を再現) ・実測結果と整合 	p.8

NICTモデル LCL16dBでの計算結果(2芯線/3芯線比較)



入力側のインピーダンスは、資料15-6の計算条件と同様に、篠山実験モデルの11MHzの値とした。
配線縦置き 3芯線は、PLC信号重畳しない3線目は両端でGNDにShort



使用NECバージョン : Nec2dXS11k.exe(4NEC2 ver5.8.16)

篠塚様よりご提供頂いたオリジナルNICTモデルを実行し、2～30MHzにおいて(コモンモード電流、等価電界強度とも)資料15-6と整合する結果を得た。

NICTモデル 実測時負荷での計算結果(2芯線/3芯線比較)

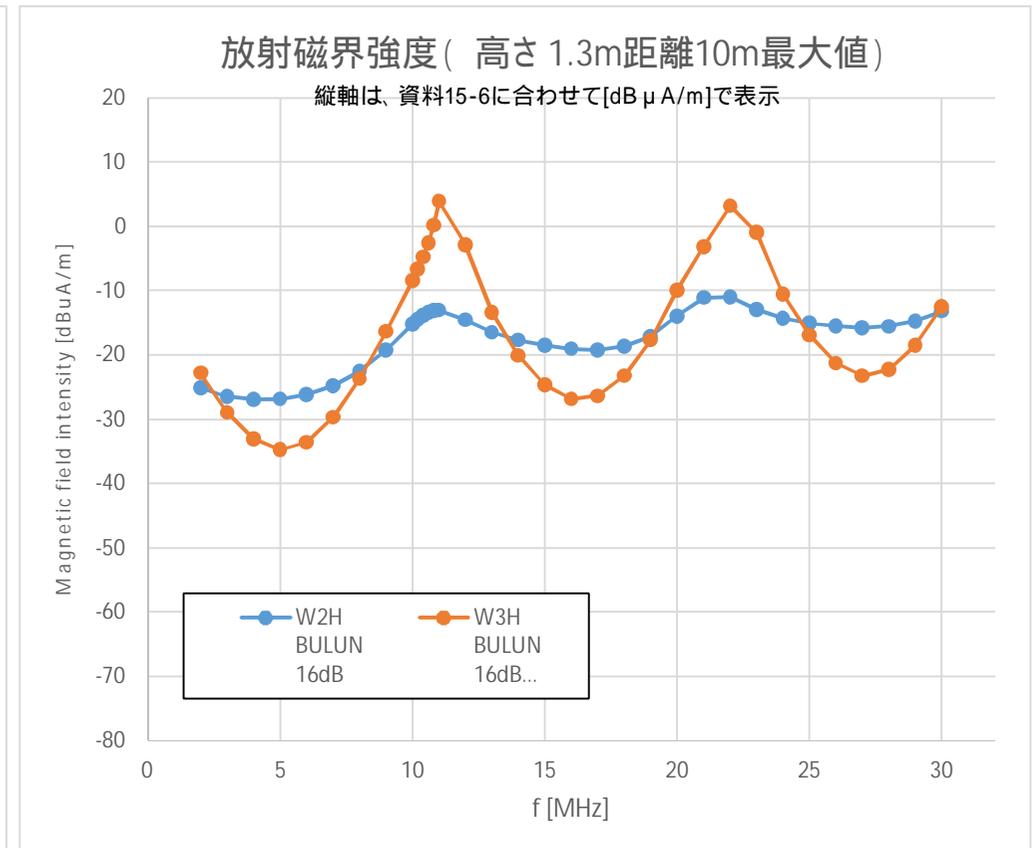
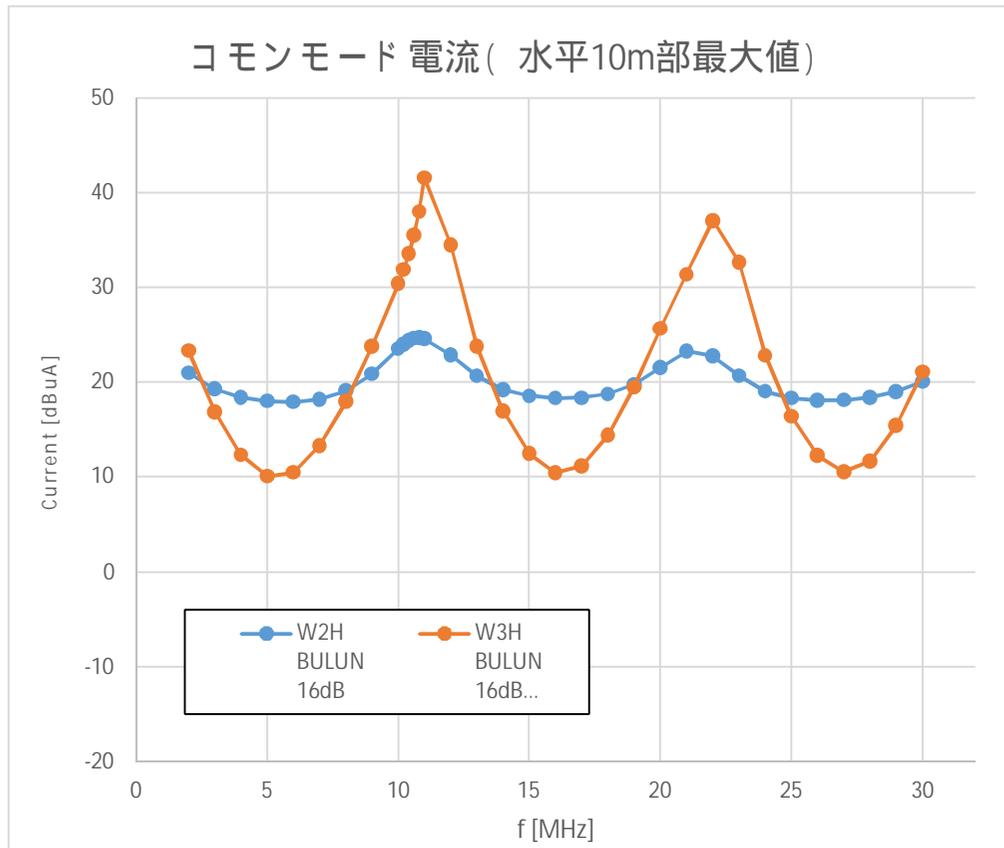


笹山サイト実測系と同様の負荷条件

入力側のインピーダンスは、資料15-6の計算条件と同様に、笹山実験モデルの11MHzの値とした。

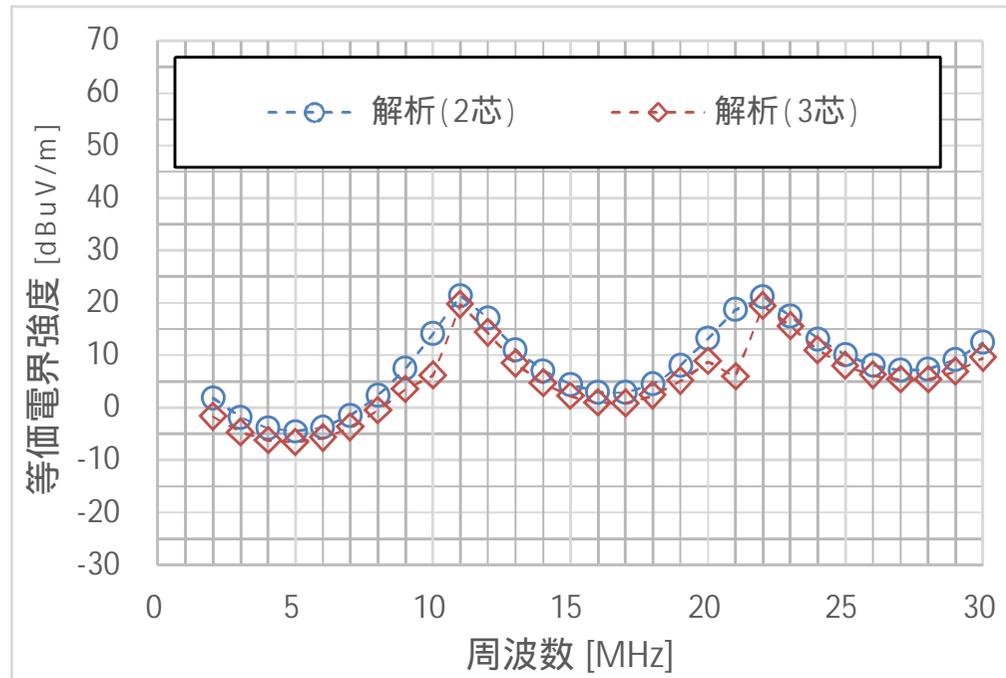
配線縦置き

3芯線は、PLC信号重畳しない3線目は両端でGNDにShort



使用NECバージョン : Nec2dXS11k.exe (4NEC2 ver5.8.16)

篠塚様よりご提供頂いたオリジナルNICTモデルを実行し、笹山での実測時負荷をモデル化した場合でも同様に、(コモンモード電流、等価電界強度とも)資料15-6の結果と同様の傾向の3線目の影響で増大する結果を再現することができた。



[解析(2芯)] 2wV16dB

(2芯線、縦置き、LCL16dB)

[解析(3芯)] 3wV16dBSS

(3芯線、縦置き、LCL16dB、3線目Short/Short)

使用NECバージョン :

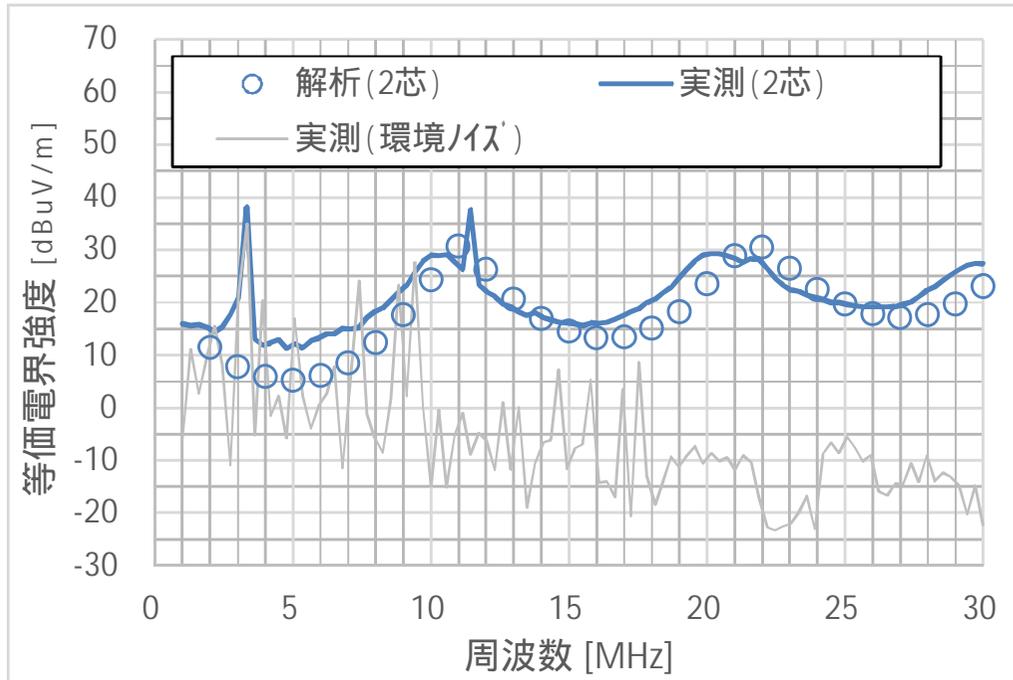
Nec2dXS11k.exe(4NEC2 ver5.8.16)

NICT改良モデル計算ですると、LCL=16dB条件でも、3線目によって等価電界強度が増大するという現象は発生しなかった。

笹山サイト実測系と同様の負荷条件

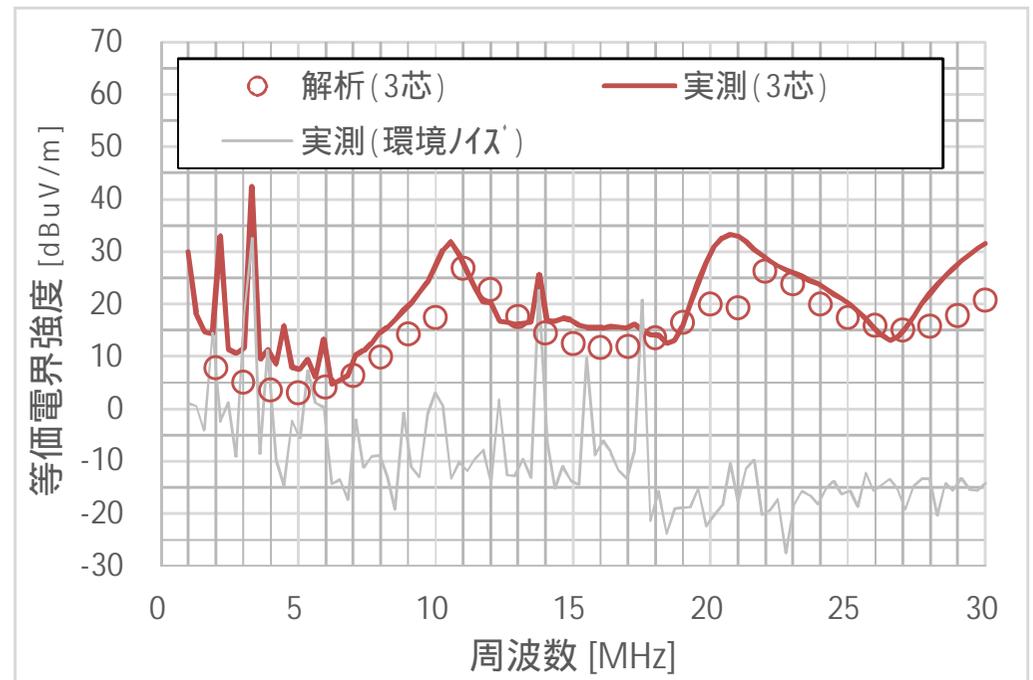
2芯(2wV実測負荷)

(2芯線、縦置き、実測系負荷)



3芯(3wV実測負荷SS)

(3芯線、縦置き、実測系負荷、3線目Short/Short)



使用NECバージョン :
Nec2dXS11k.exe(4NEC2 ver5.8.16)

NICT改良モデルの計算結果は、資料15-5掲載の結果と整合し、
2芯線/3芯線は同程度の値となり、また、**実測に非常に近い結果**なった。

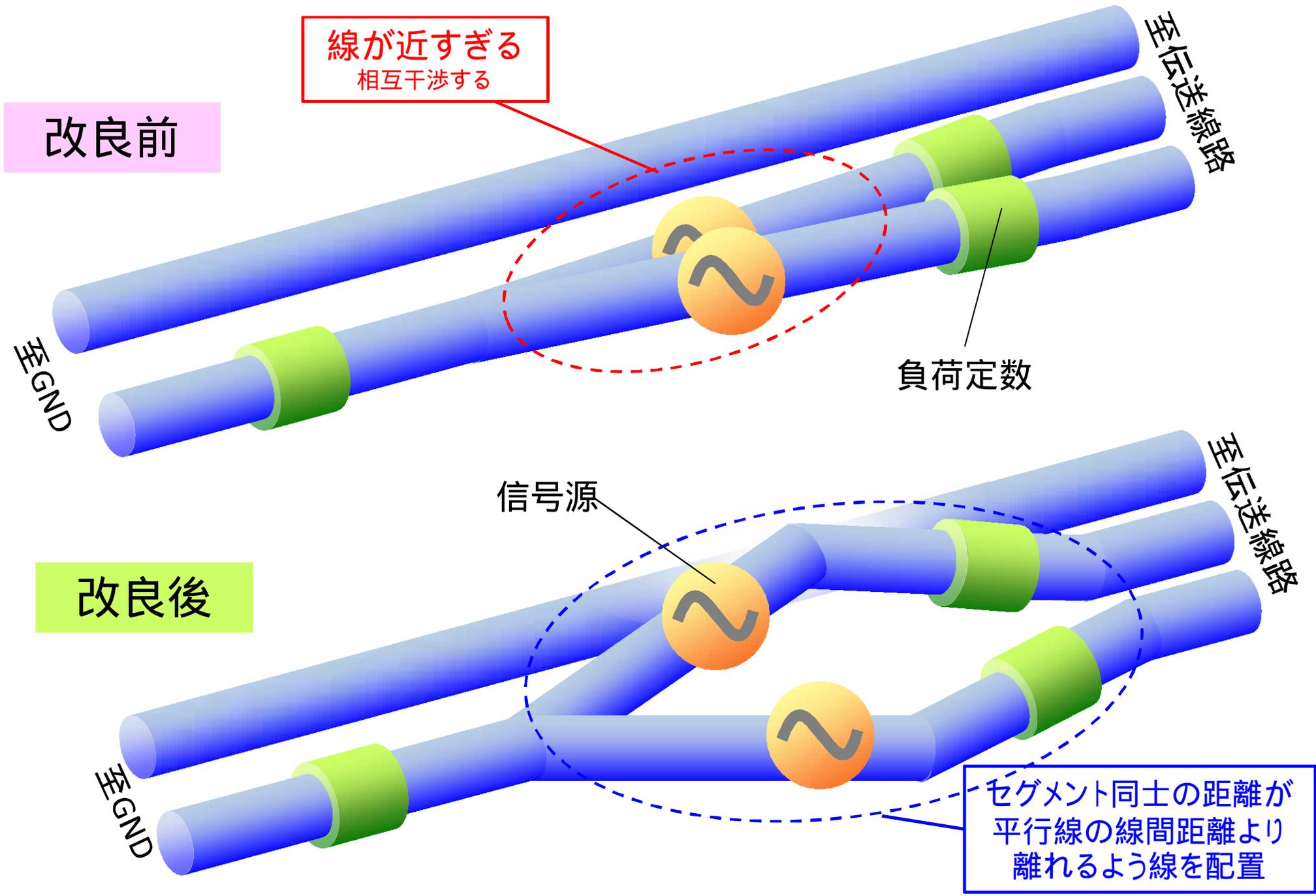
各モデル差分 及び 導入した改良エッセンス

NICTモデルとPLC-Jモデルの構成を比較検証した結果確認された差分、および、NICTモデルに導入した改良エッセンス(PLC-Jモデル構築のポイント) を、以下の表にまとめる。

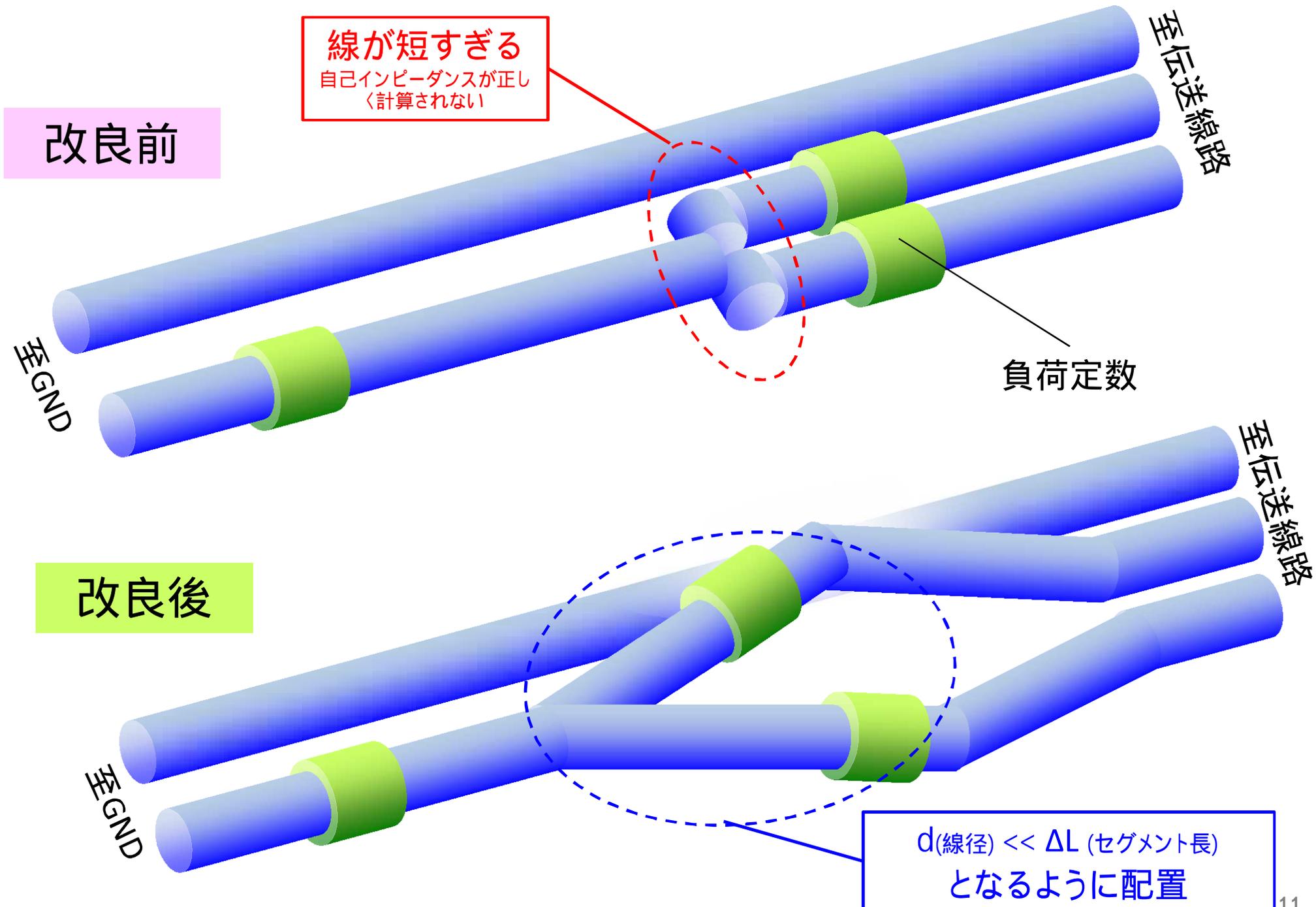
	始端側	終端側	セグメント長
NICTモデル 構築のポイント	長さ25mm、φ2.0mmのセグメントを直列に接続し、電圧印加点と負荷を接続。	長さ1.7mm、φ2.0mmのセグメントで線を接続し、終端側の負荷を接続。	10cm固定 (始端・終端部は除く)
PLC-Jモデル 構築のポイント = NICT改良モデルにも導入した 改良エッセンス	長さ50mm、φ2.0mmのセグメントを直列に接続し、電圧印加点と負荷を接続。 セグメント同士の距離が平行線の線間距離より離れるよう線を配置。	長さ50mm、φ2.0mmのセグメントで線を接続し、終端側の負荷を接続。 セグメント同士の距離が平行線の線間距離より離れるよう線を配置。	計算波長 λ の1/1000 (始端・終端部は除く)
モデル構築に対するPLC-Jの見解	セグメント同士の距離が線径に対して近すぎると、セグメント同士で干渉する可能性があるため、最低限離隔させて配置する必要がある。	セグメント長 ΔL が線径 d に対して短すぎると自己インピーダンスの値が正しく計算されないため、 $d \ll \Delta L$ となるよう配置する必要がある。	線径よりもセグメント長が十分に大きければ、細かく設定しても良い。波長の千分の一から数十分の一が妥当ではないかと考える。

「PLC-Jモデル構築のポイント(改良エッセンス)」とは：
 線径に比較してセグメントが短すぎる又は近すぎる場合(非常に小さな寸法の配線系をモデリングする場合等) NECツールの特性上不具合が発生することがあり、その不具合を回避するための工夫である。
 現物と少々異なる配線配置とする部分があるが、始端/終端部分の極小範囲のみであり、全体のシミュレーション結果に影響はない。

改良エッセンス : 始端点付近の配線設定



改良エッセンス : 終端点付近の配線設定



まとめ

第15回作業班会合において、

- ・PLC-J報告(資料15-5) : 3芯線/2芯線で差異なし 実測と整合
- ・NICT篠塚様報告(資料15-6) : 3線目が顕著に影響 実測と乖離

という異なった結果が示された。

両者のシミュレーションモデルの差異の検証を推進した。

NICTモデルの設計を解析した結果、始端/終端付近においてNECツールの特性に起因する特異な現象が発生していた、と推測した。

一方、PLC-Jモデルは、そのNECツールの特性上の不具合を回避するための工夫(「PLC-Jモデル構築のポイント」に示す)を導入しており、実測とも整合する値を算出できていた。

NICTモデルに「PLC-Jモデル構築のポイント(改良エッセンス)」を反映しNICT改良モデルへと改造を行った。その結果、3線目の影響が顕著にでるといった現象が解消され、実測と整合する計算結果を得ることができることを確認した。