

XTAP 例題票		番 号	SLD-02
例題名	配電線雷撃時に柱上変圧器 2 次側に発生する雷サージ様相		
分 野	雷サージ解析, 過電圧解析		
文 献	<p>柱上変圧器および引込線・屋内配線の解析モデルに関する情報については以下を参照のこと。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 本田, 野田, 浅川, 新藤, 横山, 安孫子, 「過渡現象解析のための柱上変圧器モデルの改良」, 電気学会論文誌 B, Vol. 124, No. 9, pp. 1169-1176 (2004) ・ 松浦, 野田, 中村, 坂井, 「雷サージ解析のための引込線および屋内配線のモデリング」, 電気学会論文誌 B, Vol.130, No.2, pp.246-258 (2010) 		
概 要	<p>近年の高度情報化社会の進展に伴い, 雷による需要家設備の被害は増加傾向にある。また, 配電系統においても, 低電圧で駆動する電子機器が増加している。このため, 配電線に雷が直撃した際に低圧配電線や電力量計 (WHM) 以降の需要家設備に発生する雷過電圧 (電流) 様相を正確に把握することが重要となってきている。本例題では, 配電線に雷が直撃した際に, WHM に発生する雷過電圧や, 需要家設備に流入する雷電流の計算を行う。</p> <p>なお, XTAP には低圧配電線の雷サージ解析に必要となる, 電線モデル, 柱上変圧器モデル等が部品として登録されており, これらを組み合わせることで低圧配電線の雷サージ解析が可能である。</p>		

解析回路・解析条件

本例題では、柱上変圧器が施設されたコンクリート柱に直撃雷が発生した場合に、柱上変圧器 2 次側に発生する雷サージ発生様相について検討を行う。なお、日本では柱上変圧器と避雷器の接地方式として、それぞれの接地を別々に確保する「別接地」と接地を共用する「共用接地」の 2 パターンが存在するが、ここでは「共用接地」について検討する。

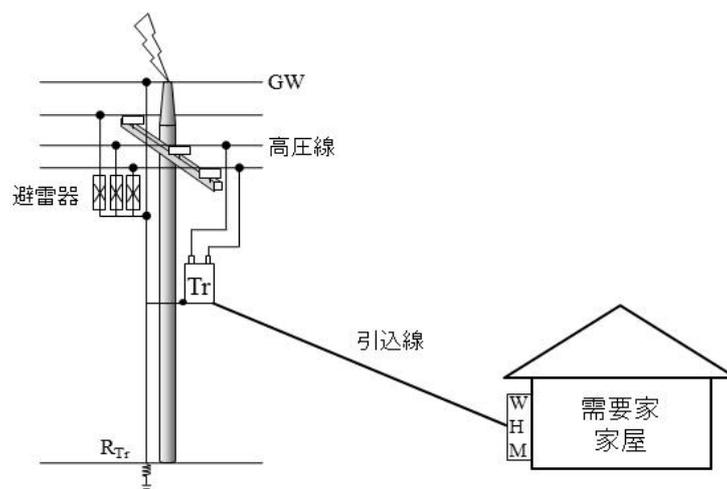


図 1 柱上変圧器 2 次側以降の雷サージ解析の概念図

・コンクリート柱の解析モデル

配電線の雷サージ解析において、コンクリート柱と引き下げの接地線は 1 つの導体としてみなすことが多く、通常 1 相の分布定数線路で模擬される。今回の検討では、簡易的なコンクリート柱モデルとして、1 相の分布定数線路を 3 分割（柱頭位置、高压腕金位置および柱上変圧器施設位置）に分割したモデルを採用する。（なお、XTAP には、高压配電線の雷過電圧を n 秒オーダーまで正確に計算可能なコンクリート柱モデルが登録されており高压配電線のみ計算の場合にはこちらを用いることで十分である）

また、架空地線および高压線配電線に関しては図 2 の配置における線路定数を計算したモデルが標準的に用意されており、線路長を決定するだけで計算に用いることができる。

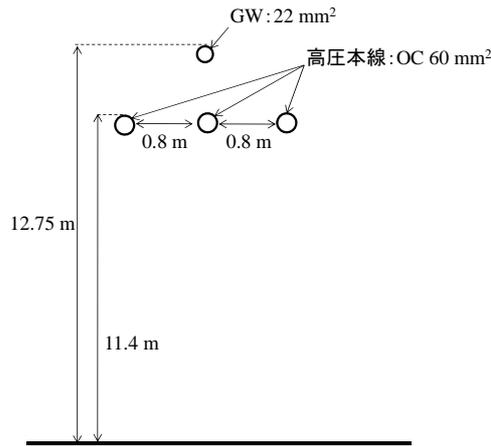


図 2 高圧配電線の導体配置

・柱上変圧器の解析モデル

柱上変圧器に関しては、1 次側から 2 次側への移行電圧を正確に計算できる解析モデルが XTAP に用意されている（巻線構造の異なる 2 種類のモデルがある）。柱上変圧器モデルには 1 次側端子・2 次側端子・ケースアースの接続箇所があり、これらを接続するだけで計算に用いることができる。

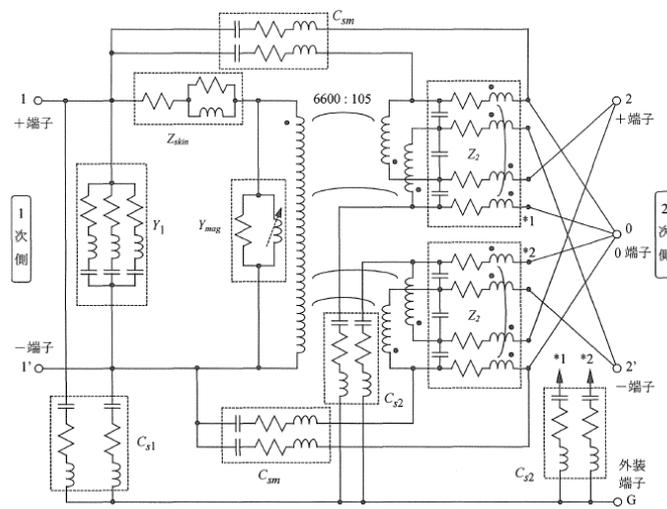


図 3 柱上変圧器の解析モデルの一例

・引き込み線・屋内配線の解析モデル

引き込み線に用いられる DV 電線や屋内配線に用いられる VVF ケーブルは、導体同士の距離が近く相互結合が強くなる。このため、XLTC を用いて線路定数を計算するだけでは正確な

値を求めることが難しい。XTAP にはこれらの相互結合を考慮して線路定数を求めた引き込み線モデルが用意されており、線路長を決定するだけで計算に用いることができる。

• WHM の解析モデル

WHM には機械式電力量計と電子式電力量計の二つが存在する。このうち、機械式電力量計については、雷サージ解析において影響を及ぼさないため通常省略される。一方、電子式電力量計については、線間にバリスタ (ZnO 避雷素子) が施設されており、簡易的にはこの V-I 特性を模擬した非線形抵抗を線間に挿入することによって模擬することが多い。本例題では、機械式電力量計と電子式電力量計の 2 パターンについて検討を行う。

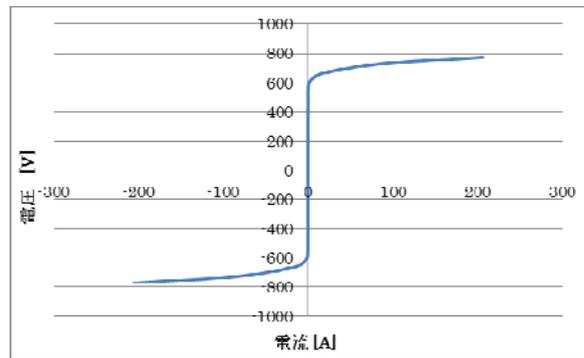
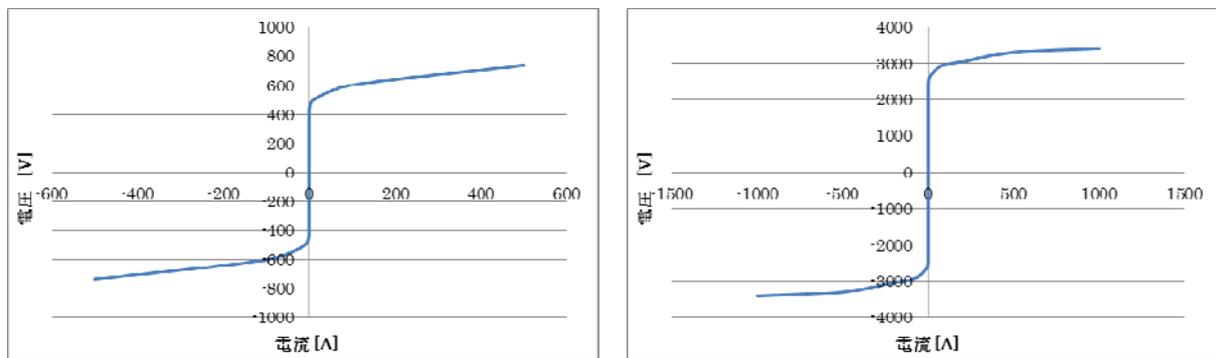


図 4 電子式電力量計の線間バリスタの V-I 特性の一例

• 需要家家屋の解析モデル

需要家の家屋内については詳細な回路が不明な場合がほとんどであり、標準的なモデルの作成が困難である。このため、今回の解析では簡易的な模擬として VVF ケーブル (10 m) の先に接地機器 (エアコンや洗濯機: 線間バリスタと対地間バリスタで構成される) が 2 個接続された家屋を想定して計算を行った。



(a) 線間バリスタ

(b) 対地間バリスタ

図 5 需要家機器のバリスタの V-I 特性の一例

・その他解析条件

- ・雷撃電流：1/70 μs Ramp 波，波高値：10 kA。雷道インピーダンス：1000 Ω
- ・避雷器の接地抵抗値：30 Ω （雷撃柱では避雷器と柱上変圧器の接地を共用している）
- ・計算時間刻み：1 ns
- ・計算開始時間：0 μs
- ・計算終了時間：10 μs

以上の条件の下，本例題を XTAP 上に構成したのが図 6 である。

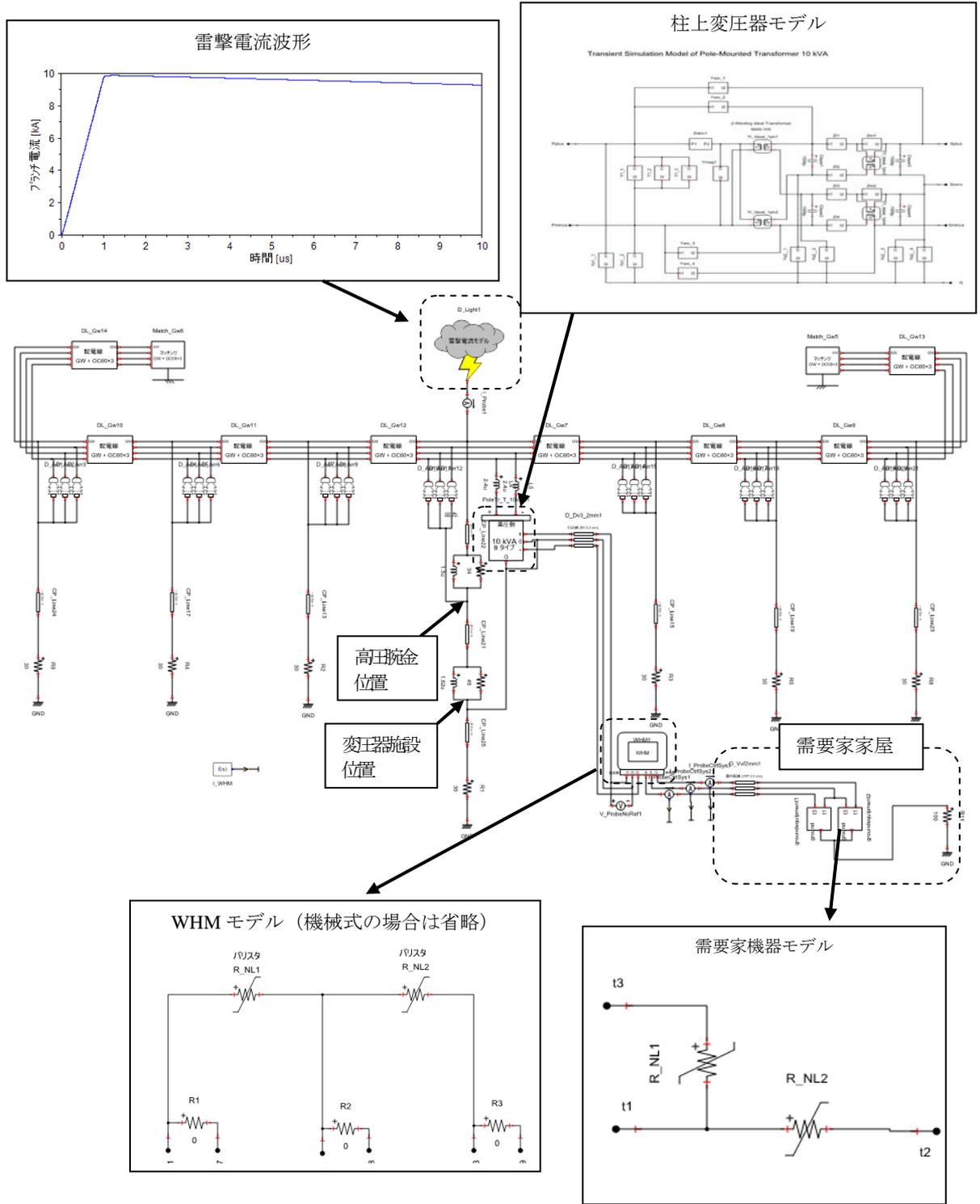
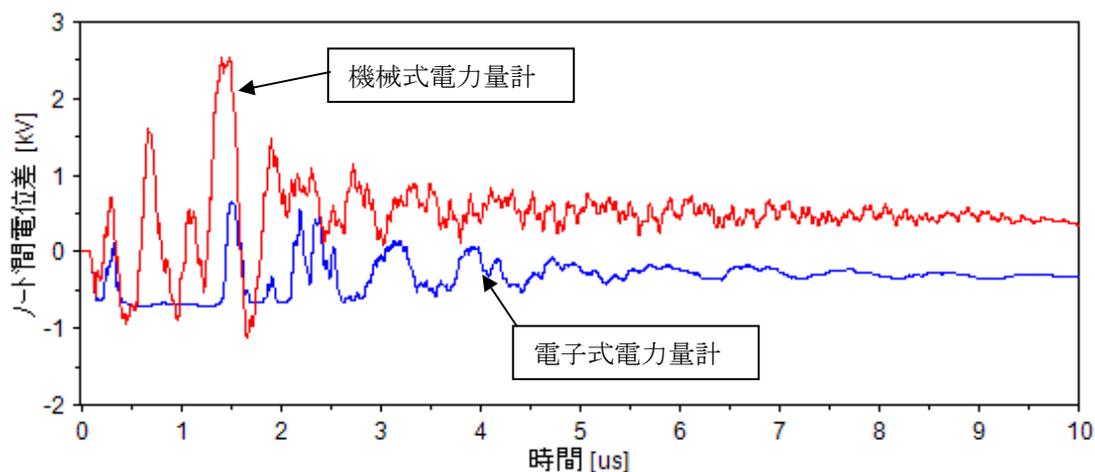
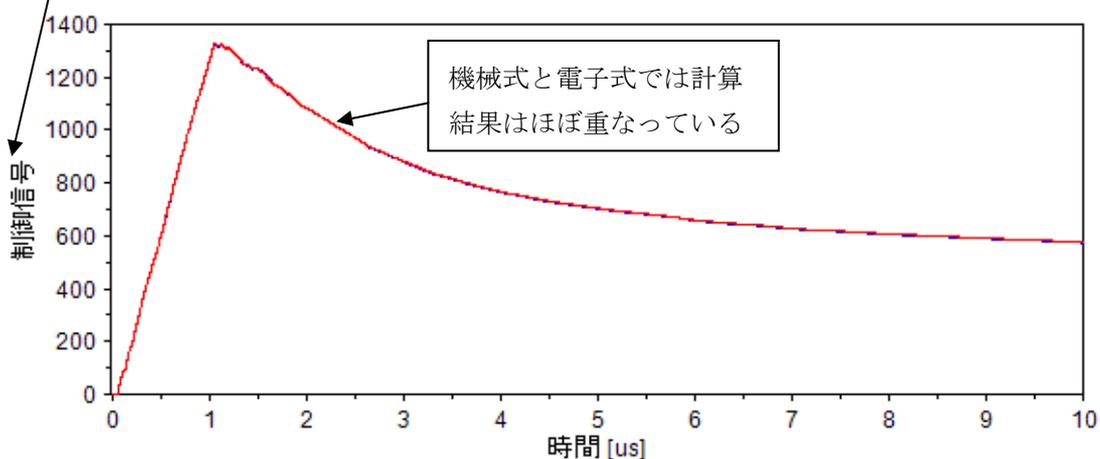


図6 XTAP 入力例

解析結果



単位は[A] (a) WHM 線間電圧



(b) 需要家屋内流入電流 (3線一括)

図7 XTAPによる解析結果

計算結果から、電子式電力量計では線間に発生する雷過電圧がバリスタによって制限電圧に抑制可能されていることが分かる。ただし、電子式電力量計は従来の機械式計器と異なり、内部のCPU等の電子基板が雷に対し脆弱であるため（例えば下記の文献を参照）、この結果のみから、耐雷性能が電子式計器>機械式計器であるとは言えず、回路計算で求まる過電圧以外（計器内部に発生する誘導電圧等）の要素も検討を行う必要がある。

・電子式電力量計の耐雷性能に関する文献

浅川, 古河, 高橋, 石本: 「雷による電子式電力量計の故障要因とその対策 ー電磁障害防止方法に関する実験的検討ー」, 電気学会論文誌 B, Vol. 131, No. 9, pp. 793-800 (2011)

以上

更 新 履 歴

日 付	例題ファイル バージョン	変 更 内 容
2014/11/19	2.0	XTAP Version 2.00 用に修正
2012/10/03	1.1	電子式計器の模擬方法に誤りがあったため修正
2012/09/18	1.0	初版作成（XTAP Version 1.20 用）