

DLT を用いた回路解析における計算精度向上に関する検討 Study on Improving Computational Accuracy in Circuit Analysis by Using DLT

○梅田雅史¹, 岸本誠也², 大貫進一郎²

*Masashi Umeda¹, Seiya Kishimoto², Shinichiro Ohnuki²

Abstract: In circuit analysis, analyzing transient responses is crucial for investigating signal characteristics. One such analysis method is FILT (Fast Inverse Laplace Transform) method. FILT method transforms a function in the complex frequency domain into a function in the time domain, offering advantages such as controllable computational accuracy and the ability to compute over arbitrary time ranges. Furthermore, to enable equivalent circuit analysis, such as current and voltage waveforms obtained from atmospheric discharges and lightning surges, we have investigated the combined use of DLT (Discrete Laplace Transform) with FILT method. This presentation verifies methods to improve computational accuracy in circuit analysis using the proposed approach.

回路解析では信号の特性を調べるために、過渡応答を解析することが重要である。その解析手法の一つとして FILT(Fast Inverse Laplace Transform)法がある。FILT 法は複素周波数領域の関数 $F(s_{m,l})$ を時間領域の関数 $f(t_n, \alpha)$ に変換する手法であり、計算精度の制御や任意の時間範囲で計算できる利点がある。また、気中放電や雷サージなどで得られる電流・電圧波形を扱う等価回路解析を可能にするため、我々は DLT(Discrete Laplace Transform)を FILT 法と併用する検討を行ってきた^[1]。本発表では提案法を使用した回路解析において計算精度を向上させる方法について検証する。

本発表では図 1 に示す計算フローに基づいて、雷サージ電圧 $v(t_n, \alpha)$ を算出する。まず JIS 規格によって定められる雷サージ電流^[2]を入力信号 $i(t_n)$ として式(1)より複素周波数領域の関数 $I(s_{m,l})$ へと変換する。この $I(s_{m,l})$ に対して、接地電極の抵抗を表す $Z(s_{m,l})$ ^[3]を掛けることで接地電極抵抗に発生する電圧 $V(s_{m,l})$ を求める。その後、FILT 法により $V(s_{m,l})$ を時間領域の電圧 $v(t_n, \alpha)$ へと変換する。今回、信号 $i(t_n)$ の入力時間の変化や信号 $i(t_n)$ のサンプリング点数 N を変化させることによって、電圧 $v(t_n, \alpha)$ の特に立ち上がり部分についての計算精度向上を検討する。

$$F(s_{m,l}) = \sum_{n=1}^N f(t_n) \cdot \Delta t \cdot e^{\left(-\frac{\alpha+i(m-0.5)\pi}{t_l} t_n\right)} \quad (1)$$

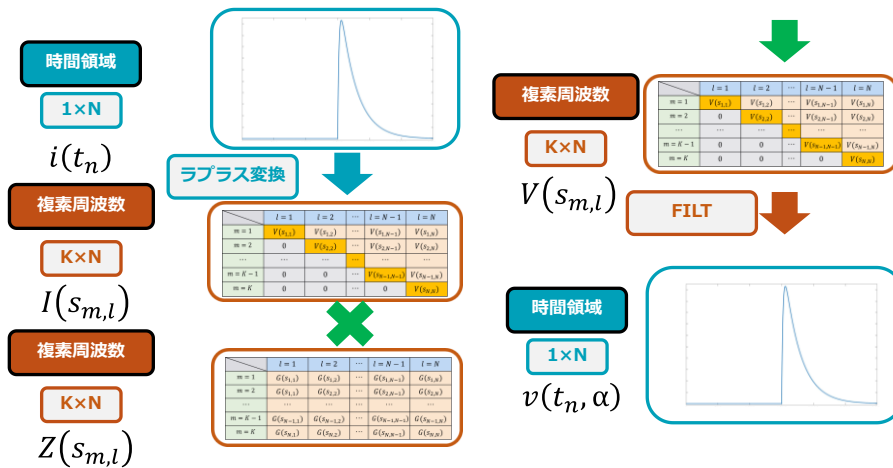


Figure 1. 計算フロー

参考文献

- [1] M. Umeda et.al, “Validation of Discrete Laplace Transform and its Potential Applications”, URSI Asia-Pacific Radio Science Conference, Aug. 2025.
- [2] 日本産業規格: JIS C 61000-4-5, 1999 年.
- [3] 野田琢ら: FDTD 解析の結果に基づく雷サージ解析用鉄塔モデル, 電気学会論文誌 B, Vol.127, No.2, pp.379-388, 2007 年.

1: 日大理工・院 (前)・電気 2: 日大理工・教員・電気