P-3

数値逆ラプラス変換の高精度化と線路解析への応用

川﨑　佳裕　（指導教員：関根　敏和，高橋　康宏）
岐阜大学　工学部電気電子工学科

1．まえがき

回路動作の高速化に伴い，素子値の周波数特性を考慮した時間特性解析が必要になってきている．このような場合に便利な方法として数値逆ラプラス変換がある．しかし，線路解析の場合，解析の精度と速度に関するパラメータを，どのように設定するのがよいかは明らかでない．本研究では，それらの設定方法を検討する．

2．高速数値逆ラプラス変換(FILT)

$F(s)$ の逆ラプラス変換 $f(t)$ は

$$f(t)=\frac{1}{2\pi j}\int_{\gamma-j\infty}^{\gamma+j\infty}F(s)e^{st}ds \qquad (1)$$

で定義される．ここで

$e^{s}\cong e^{a}/[2\cosh(a-s)]$

の近似を行い，さらに無限項の和を有限項で打ち切り，収束を早めるためにオイラー変換を施すと

$$f(t)=\frac{e^{a}}{t}\left(\sum_{n=1}^{N-1}F_n+\frac{1}{2^{\mu+1}}\sum_{\nu=0}^{\mu}A_{\mu,\nu}F_{N+\nu}\right) \qquad (2)$$

$$A_{\mu,\mu}=1,\ A_{\mu,\nu-1}=A_{\mu,\nu}+\binom{\mu+1}{\nu} \qquad (3)$$

を得る[1]．ここで F_n の選択には自由度があり，ここでは精度を上げるため

$$F_n=\frac{1}{2\sqrt{2}}(-1)^n(\mathrm{Re}[F(s_1)-F(s_2)]-\mathrm{Im}[F(s_1)+F(s_2)])$$

$$s_1=\frac{a+j(n+1/4)\pi}{t},\ s_2=\frac{a+j(n+3/4)\pi}{t} \qquad (4)$$

とする．ここで，パラメータ a,N,μ をどのように指定するのかが問題となる．

表 1　伝送線路の素子値

L	C	R	G	l	r_1	r_2
360nH	100pF	400Ω	0S	2cm	10Ω	1kΩ

3．伝送線路解析

表 1 の素子値で図 1 の終端された伝送線路を $t=0.25$ns で解析したときの収束の様子を示したのが図 2, 3 である．図 2 から，オイラー変換に移行できる条件 $-1<F_n/F_{n-1}<-0.5$ を早く満足する $a(=9)$ があること，また，図 3 から，オイラー変換をしたとき，早く収束する $a(=9)$ があることわかる．しかし，図 4 のステップ応答は，$t(\geq 0.5\text{ns})$ が大きいときには，別の $a(=3)$ が精度がよいこと示している．すなわち，t によって適した a の値が異なることがわかる．

4．むすび

数値逆ラプラス変換を伝送線路のステップ応答解析に用いる場合のパラメータの指定法を検討し，a を適切に設定することで，オイラー変換へ移行する条件を満たしやすく，また，オイラー変換後も早く収束して，精度がよいことがわかった．今後 a の指定を自動化することが課題である．

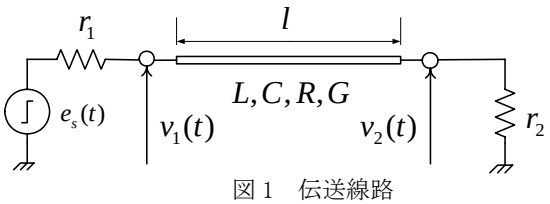

図 1　伝送線路

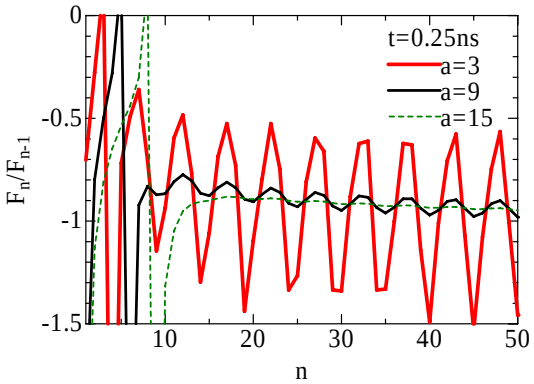

図 2　F_n/F_{n-1}

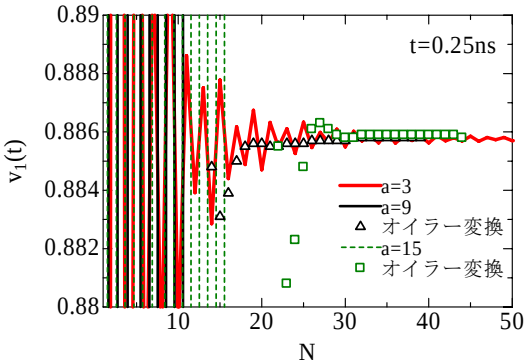

図 3　$f(t)$ の収束状況

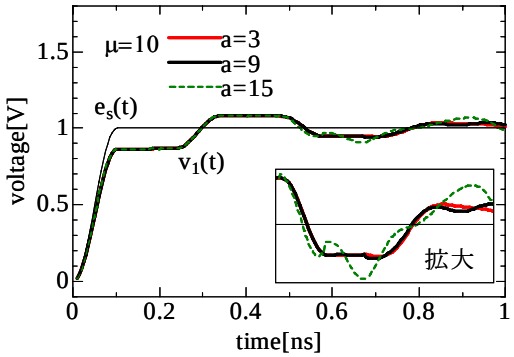

図 4　ステップ応答

参考文献

(1) 細野敏夫，“値ラプラス変換，” 電学論(A)，vol.99-A，no.10，pp.494-500，Oct. 1979.