

## FILT 法を用いた熱伝導の時間領域解析 -時間領域有限差分法との比較-

### Time Domain Analysis of Heat Conduction Using Fast Inverse Laplace Transform -Comparison with Various Time-Domain Finite-Difference Methods-

○西野将平<sup>1</sup>, 増田宗一郎<sup>1</sup>, 岸本誠也<sup>2</sup>, 大貫進一郎<sup>2</sup>

\*Shohei Nishino, Soichiro Masuda, Seiya Kishimoto, Shinichiro Ohnuki

Abstract: Recently, the size of electronic devices has been smaller and the temperature becomes higher due to the Joule heat. Various numerical methods to analyze such problems have been proposed for thermal design. The FDM (finite-difference method) is an effective tool in obtaining heat transient responses, however, the numerical stability condition of the time step size must be satisfied in the explicit case. The maximum time-step size is determined by the space-step size in computational domain and the calculation cost depends on required precision. In this presentation, we will propose a method to analyze temperature distribution using fast inverse Laplace transform. Computational results by our method are compared with the explicit, implicit, and Crank-Nicolson FDMs. The computational time and accuracy are discussed.

近年、電子機器の小型化・薄型化に伴い温度上昇による寿命低下や故障など様々な問題が生じている。これらの問題を防ぐために熱設計が盛んに行われ、さまざまな数値解析手法も併せて開発されている<sup>[1]</sup>。時間領域有限差分法 (Time-domain finite-difference method: TD-FDM) は、熱の過渡応答を得るのに有用な解析手法の一つである。差分の時間刻み幅は、計算領域の空間刻み幅により決定される数値安定条件を満たす必要がある<sup>[2]</sup>。

本報告では、熱解析の高速化に向けた、設計に必要となる特定時刻のみの温度分布を計算できる手法を提案する<sup>[3]</sup>。まず複素周波数領域の温度分布を有限差分スキームにより離散化した式から求める<sup>[4][7]</sup>。この複素周波数領域の解に、高速逆ラプラス変換法 (fast inverse Laplace transform: FILT) を使用して、時間領域の解に変換する。温度分布の時間応答解析結果を厳密解と比較し、計算精度の検証を行う。また、TD-FDM で代表的な陽解法、陰解法、及び半陰解法 (Crank-Nicolson: C-N 法) と本手法の計算時間の比較を行い、解析の高速化について検証する。さらに、熱伝導解析の時分割並列計算の基礎検討として、任意時刻の温度分布の信頼性を明らかにする。

謝辞

この研究の一部は、日本大学理工学部プロジェクト研究助成金の援助を受けて行われた。

参考文献

- [1] 西川兼安, 藤田恭伸:「機械工学講座 伝熱学」, pp4-27, 2006
- [2] Susan C. Hangness (2005), Computational Electrodynamics the Finite-Difference Time-Domain Method
- [3] T. Hosono, "Numerical inversion of Laplace transform and some applications analysis of wave optics", RadioSci.vol.16, no.6.
- [4] D. Wu, R. Ohnishi, R. Uemura, T. Yamaguchi, and S. Ohnuki, "Finite-Difference Complex Frequency Domain Method for Optical and Plasmonic Analysis", IEEE Photonics Technology Letters, vol. 30, No. 11, pp.10241027 June 1, 2018.
- [5] S. Ohnuki, R. Ohnishi, D. Wu, and T. Yamaguchi, "Time-Division Parallel FDTD Algorithm," IEEE Photonics Technology Letters, vol. 30, No. 24, pp.2143-2146 December 15, 2018.
- [6] S. Nishino, S. Masuda, S. Kishimoto, S. Ohnuki, "Heat Conduction Analysis Using Fast Inverse Laplace Transform," 2019 URSI-JRSM, BP-21
- [7] 西野将平, 増田宗一郎, 岸本誠也, 大貫進一郎, "FILT 法による熱伝導解析の計算精度," 2019 IEICE ソサイエティ大会, C-15-22