

非実数型-数値微分演算を用いたシミュレーション開発

琉球大学 工学部 工学科 機械工学コース・准教授 藤川 正毅

1. 研究の背景と目的

現在のモノづくりにおいてコンピュータシミュレーション (CAE : Computer Aided Engineering) の利用は必要不可欠です。CAE を利用するメリットとして、①PC 上で商品や機器の性能と強度の予測が可能、②実験や実機の実現象の解明、③設計案の性能予測、④費用や開発時間のコストカット、などが挙げられます。そのため CAE 技術の高機能化 (高精度化や汎用化) に関する需要は日々高まっています。一方で、新しい CAE 技術を開発する際には様々な微分演算が必要になります。しかし、その微分演算の煩雑化が課題となっています。最も簡単な微分演算の一つに「数値微分」がありますが、その計算精度 (丸め誤差 & 打ち切り誤差の混入) が課題とされています。

本研究グループでは、主に軟質材料 (ゴム材料やゲル材料など) を主対象とした CAE 技術の開発に関する研究を進めています。その中で「非実数を利用した高精度な数値微分演算」及び、それを利用した「CAE への応用」に関する研究を進めています。

2. 研究内容・結果と今後の展開

図-1 は、非実数 (複素数) を利用した 1 階の数値微分法です。通常の実数による数値微分では、丸め誤差と打ち切り誤差の混入が避けられません。しかし、複素数階微分近似 (CSDA) では、丸め誤差の排除に成功した数値 1 階微分が可能となり、つまり高精度な数値微分が可能になります。現在は、2 階微分以上の数値微分を対象として、「複素数とは異なる非実数」を利用した数値微分演算に関する研究を行っています。最近では高機能な CAE 材料モデリング (図 2, 3 を参照) や FE 要素の実装へ拡張する研究を進めており、工業界等での実用化を志向した研究に取り組んでいます。

一般的な数値微分 (前進差分法)

$$f(x+h) = f(x) + f'(x)h + \frac{h^2}{2}f''(x) + \dots$$

$$f'(x) \approx \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$$

非実数による数値微分 (複素数階微分近似)

$$f(x+ih) = f(x) + if'(x)h - \frac{h^2}{2}f''(x) + \dots$$

$$f'(x) \approx \frac{\Im[f(x+ih)]}{h}$$

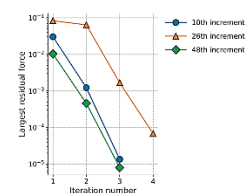
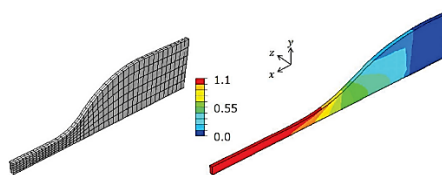


図 1-非実数を利用した数値 1 階微分

図 2-数値微分法の材料モデリングへの応用 (単軸引張試験の解析)

図 3-収束性能の評価

参考文献

- [1] M. Fujikawa, M. Tanaka, N. Mitsume, Y. Imoto (2022), Comput. Methods Appl. Mech. Eng., **390** (15).
- [2] 藤川正毅, 上地恭平, 山辺純一郎, 前田成人, 小石正隆 (2022), 実験力学 **22** (3)
- [3] 藤川正毅, 田中真人, 井元佑介, 三目直登, 浦本武雄, 山中脩也 (2020), 日本機械学会論文集 **86** (881).
- [4] Y. Imoto, N. Yamanaka, T. Uramoto, M. Tanaka, M. Fujikawa and N. Mitsume (2020), JSIAM Letters **12**.