

助教 大浦 拓哉 (数値解析, 数値計算法の開発)

数値解析の分野での基礎的な数値計算法の開発およびその解析を中心に行っている。これまでの主な研究内容は, フーリエ型積分変換の高速高精度計算の研究である。

無限区間の収束の遅いフーリエ型積分の計算はさまざまな理工学の分野で必要とされるが, 絶対収束しないような収束の遅いフーリエ積分は, 二十年ほど前までは計算機で値を計算することが困難であった。この計算困難性の問題は, 無限区間のフーリエ積分の計算が応用上非常に重要であるという背景から, 日本や海外の多くの研究者を悩ませてきた。この収束の遅いフーリエ積分の計算法はここ数十年ほどで飛躍的に進歩し, 筆者および森正武氏により, いくつかのフーリエ積分に対して有効な二重指数関数型公式 (DE 公式) の提案を行い, この困難を克服した [1],[4]。これらの公式の提案により, 収束の遅いフーリエ積分が通常の有限区間の積分と同程度の手間で計算可能となった。なお, 本論文のアルゴリズムは, 有名な数学ソフトウェア Mathematica での数値積分 “NIntegrate” で採用されている (Wolfram 言語ドキュメントの NIntegrate 積分戦略に詳細な記述がある)。

フーリエ型積分変換計算のもうひとつのアプローチとして, 連続オイラー変換の研究 [2],[3],[6] がある。連続オイラー変換は, 収束の遅い, または緩やかに発散するフーリエ積分を速く収束するフーリエ積分に変換するための方法として私が考案したものである。この連続オイラー変換を応用することで, 今まで計算が困難だった収束の遅いまたは緩やかに発散するフーリエ積分に対する高速高精度の数値計算が可能になった。さらに, 級数加速に関する有名な書である G. H. Hardy 著の “Divergent Series”, Oxford University Press, (1949) にはオイラー変換 ((E,1) definition) の連続版は存在しないと記されていて (pp.11), この連続オイラー変換の発見はその記述を覆すものであり, 数値解析の分野において, この発見は今後さらに大きな革新をもたらすものであるとの予測がついている。今後の研究課題は, この連続オイラー変換の研究を発展させ, さまざまな数値計算に応用することである。

その他の積分計算法の研究として, 変数変換型数値積分公式の高速高精度化を行った [5],[7],[8]。論文 [5] では DE 公式と同じ漸近性能を持つ IMT 型公式の提案を行った。変数変換型数値積分公式は, 代表的なものに伊理正夫・森口繁一・高澤嘉光の IMT 公式と, 高橋秀俊・森正武の DE 公式があるが, IMT 公式はその多くの改良版も含めて, DE 公式に漸近性能で劣っていた。この論文では, DE 公式と同じ漸近誤差を達成する IMT 型積分公式を初めて提案した。

また, フーリエ積分の計算の一環として, 汎用で高速な FFT(高速フーリエ変換) ライブラリの作成を行った [9]。この方法は, Split-Radix FFT に再

帰的なバタフライ演算をさせることでメモリアクセスを高速化したものである。このライブラリは WEB で一般公開し、多くの教育機関や企業で用いられている。よく知られた例では Google Chrome ブラウザに本ライブラリが組み込まれている (ブラウザを起動しヘルプの Google Chrome についてを開きオープンソースソフトウェアをクリックすることで Credit を確認できる)。今後はさらに多くの数値計算ライブラリの開発および改良を行う予定である。

- [1] A robust double exponential formula for Fourier type integrals, J. Comput. Appl. Math., 112 (1999), 229–241. (with M. Mori)
- [2] A Continuous Euler Transformation and its Application to the Fourier Transform of a Slowly Decaying Function, J. Comput. Appl. Math., 130 (2001), 259–270.
- [3] A Generalization of the Continuous Euler Transformation and its Application to Numerical Quadrature, J. Comput. Appl. Math., 157 (2003), 251–259.
- [4] A Double Exponential Formula for the Fourier Transforms, Publ. RIMS, Kyoto Univ., 41 (2005), 971–977.
- [5] An IMT-type quadrature formula with the same asymptotic performance as the DE formula, J. Comput. Appl. Math., 213 (2008), 232–239.
- [6] Direct computation of generalized functions by continuous Euler transformation, Sugaku Expositions, 25, (2012), 89–104. (translated from Sugaku)
- [7] Fast computation of Goursat’s infinite integral with very high accuracy, J. Comput. Appl. Math., 249, (2013), 1–8.
- [8] Development of a high-precision numerical method for integration over one period of periodic functions with a sharp peak, Advances in mathematical sciences and applications, 30, (2021), 175–189. (with H. Ito and H. Imai)
- [9] 20 世紀のトップ 10 アルゴリズム, 共立出版, (2022), 229–260. (金田行雄 / 笹井理生監修・張紹良編)