



ソフトウェア工学による自動チューニング技術の新展開

● 研究の意義

- **I) ソフトウェア工学** : 数値計算ソフトウェアにおけるソースコードの更新、コンパイル、静的解析、ビルド、自動テストの実行といった一連の更新手順を自動化し、効率化する継続的インテグレーションにおいて、自動テストの実行順序を工夫することにより、デバッグを含む開発効率の研究をする。本課題では、数値計算ライブラリLAPACKを対象にし、数値テストケースにおいて本課題の解決を狙う。またAT技術の研究は、高性能化のためのパラメータチューニングやコード自動生成により、開発工数削減に寄与
- **II) アプリケーション評価** : 将来のスパコン環境で想定される、計算化学・量子アルゴリズムへの適用を想定し、GPUコード最適化と量子関連計算の高速化に寄与する性能パラメータチューニングを対象にする。また、機械学習アプリケーションを対象としてデータ駆動科学への対応を行う。一方、AT適用分野の拡大に資する非線形ソルバのアルゴリズム上に現れる性能パラメータチューニングも取り扱う
- **III) チューニングノウハウの共有** : 名大「不老」、東大「Miyabi-G」「Wisteria(Odessey)」を利用し、ARM A64FXとGPUのV100、GH200でのAI・GPU性能、数値計算の高性能実装技法、およびパラメータチューニングのノウハウを集約

● 主な構成員

- 片桐 孝洋・星野 哲也・棕木大地 (名大) ・大島聡史 (九大) ・河合直聡 (東北大) : AT開発、GPU最適化、AT開発
- 森崎 修司 (名大) : ソフトウェア工学
- Weichung Wang (国立台湾大、台湾) ・Feng-Nan Hwang (国立中央大、台湾) ・Osni Marques (LBNL、米国) : 固有値計算、非線形アルゴリズム、国際連携
- 中島 研吾 (東大) : 連立一次方程式の反復解法
- 望月 祐志 (立教大) ・杉崎 研司 (慶応大) : 計算化学、量子計算アルゴリズム
- 加藤由花 (東女大) : 機械学習応用

● LAPACKテストシーケンスの効率化

- BLASルーチン(dgemm)に意図した「バグ」を挿入
←頻繁に呼ばれるルーチン
- dgemm関数中のスカラ値“alpha”を、強制的に 1.0 から 0.01に変更
- LAPACKテストルーチンSTCollectionで、バグは一部のテスト(第17、18番)のみに出現(残差と直交性)
⇒テスト順番の入替で高速化の可能性

● テスト問題の固有値情報等からバグが生じやすい問題を予測できる機械学習モデルを開発中

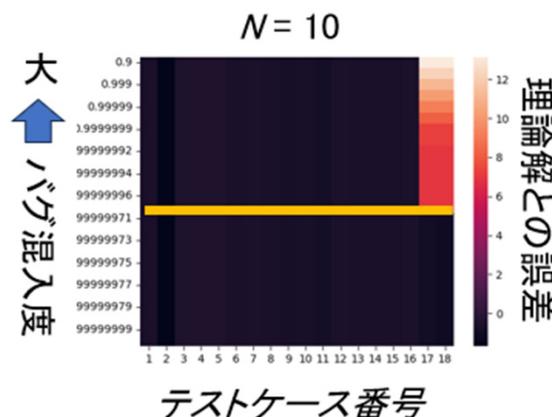
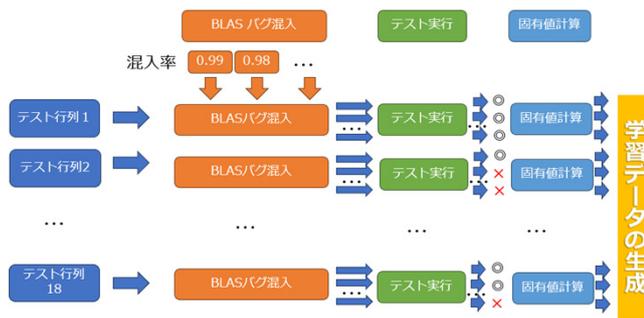


図1 : STCollectionでバグの発生する事例の分布 (X軸はBLASへのバグの混入度。各マトリクスの色は演算精度)

● 疑似量子アニーラの性能パラメータ自動チューニング

- ATによる工数削減観点から、現在ほとんど行われていないHPCによる量子関連計算を取り扱う
- 疑似量子アニーリングを対象に、フィックスターズ社のWebサービスAmplifyを利用
- サポートベクターマシン(SVM)の疑似量子アニーラに実装
- SVMの性能パラメータをベイズによるブラックボックス最適化ツールOptunaを適用し、自動チューニングを実現

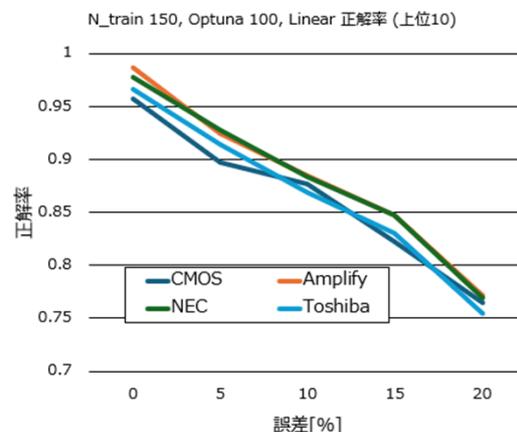


図2 : Amplify を用いたSVMの疑似量子アニーラによる解の精度 (CMOS、Amplify、NEC、Toshiba)