

櫻井 鉄也

筑波大学 大学院システム情報工学研究科  
教授

ポストペタスケールに対応した階層モデルによる超並列固有値解析エンジンの開発

## § 1. 研究実施体制

### (1) 「櫻井」グループ

- ① 研究代表者: 櫻井 鉄也 (筑波大学大学院システム情報工学研究科、教授)
- ② 研究項目
  - ・ 階層的固有値計算アルゴリズムの理論構築と高性能化技術の開発
  - ・ ペタフロップス環境向け実装と実アプリケーションを用いた評価

## § 2. 研究実施の概要

本プロジェクトにおいて、これまで大規模疎行列を対象として超並列固有値解析エンジンの開発を進めてきた。次世代のスパコンを想定したより大並列な環境においては、耐故障性技術、より性能の高い疎行列線形ソルバ、効率的なパラメータ推定法が課題となっている。一方、ドイツの ESSEX チームは SPPEXA 領域において、エクサスケールを対象とした疎行列向けのソフトウェアを開発している。ESSEX においても、先に挙げた課題に取り組んでおり、エクサスケールに向けて取り組むべき課題には共通性が高いことが確認された。また、非線形固有値問題はこれまでドイツ側で開発してきた解法では対応できておらず、我々が開発してきた解法を拡張することで対応できる。日独共同プロジェクトにおいて、次世代スパコンに向けた固有値計算ソフトウェアの高性能化のために日独の協力の下、1) 非線形固有値問題への拡張、2) 耐故障性技術の開発、3) ブロックやシフトなどの性質を利用した疎行列線形ソルバの開発、4) 統計的手法を利用した効率的なパラメータ推定法を開発することを目的とする。これらの課題は、これまで日本とドイツで独立に開発を進めてきたが、互いに協力して開発にあたることで双方のプロジェクトの開発が大きく加速されることが期待される。さらに、CREST 中島チームと

も共通性の高い課題について相互に協力して課題を進めることで、より効果的な研究開発が期待される。

上記課題を実施するにあたって、平成 28 年度の主な実施項目として以下の 2 点が挙げられる。

1. 疎行列向け階層型固有値解析エンジン z-Pares の高性能化
2. 実アプリケーションに対する高性能実用化技術

理化学研究所の「京」を利用して、これまで開発を進めてきた疎行列向け固有値解析エンジン z-Pares の高性能化として、特に筑波大学計算科学研究センターのメニーコアクラスタである Intel Xeon Phi によって構成される大規模メニーコアクラスタ COMA や GPU クラスタである HA-PACS を利用し、メニーコア環境での高性能化技術の開発を行った。さらに、非線形固有値問題への適用や耐故障戦略についても理論整備を進めた。

【代表的な原著論文（3 報以内）】

- [1] Takaniri Ide, Yuto Inoue, Yasunori Futamura, and Tetsuya Sakurai, Highly Parallel Computation of Generalized Eigenvalue Problem in Vibration for Automatic Transmission of Vehicles Using the Sakurai-Sugiura Method and Supercomputers, *Mathematical Analysis of Continuum Mechanics and Industrial Applications*, pp.207-218, 2016.
- [2] Takanori Ide, Kentaro Toda, and Tetsuya Sakurai, Highly Parallel Computation of Eigenvalue Analysis in Vibration for Automatic Transmission using Sakurai-Sugiura Method and K-Computer, *SAE Technical Paper 2016-01-1378*, 2016.
- [3] Akira Imakura, Tetsuya Sakurai, “Block Krylov-type complex moment-based eigensolvers for solving generalized eigenvalue problems”, *Numerical Algorithms*, Vol. 75, Issue 2, pp 413-433, 2017.