

櫻井鉄也先生の平成 30 年度文部科学大臣表彰 科学技術賞受賞に寄せて

筑波大学システム情報系
今倉 暁

筑波大学人工知能科学センター センター長／筑波大学システム情報系教授の櫻井鉄也先生が平成 30 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞を受賞されました。心より敬意を評するとともにお祝いを申し上げます。これまでの成果について、受賞された業績を中心に私が知っている範囲のことについて述べさせていただきます。

先生がこれまでに取り組んで来られた主要な業績として、周回積分を用いた超並列固有値解法である櫻井・杉浦法の開発およびその発展・実用化があります。固有値問題は線形代数の最も基本的な問題の一つではありますが、ナノマテリアルや機械設計、データ解析など様々な大規模シミュレーションの計算時間の主要部となるなど応用上も極めて重要な問題であり、固有値問題の高速な数値解法の開発は現在においても数値線形計算分野のホットトピックの一つであります。先生は 1992 年に代数方程式の分割統治解法に関する研究で工学博士（名古屋大学）を取得されましたが、現在はその研究を基盤とした新しい並列固有値解法の開発を行っています。

固有値問題は行列の相似変形に基づき求解することができますが、特に大規模シミュレーションでは行列サイズが巨大であることや行列の疎性、部分固有対のみが必要とされるなどの点から、射影法に基づく部分固有対計算法が広く用いられています。また近年では、問題の大規模化に伴い京コンピュータに代表されるようなスーパーコンピュータを使った並列計算が必要不可欠であり、並列計算に特化した数値解法が必要とされています。先生は 1999 年に周回積分を用いて有理関数の一部の極を選択的に求解する手法を開発されました（BIT, Vol. 39, 1999）。この手法を基盤とし、2003 年に杉浦洋先生（現、南山大学教授）とともに周回積分を利用し部分固有対を選択的に求解可能な固有値解法として定式化したのが、現在、櫻井・杉浦法と呼ばれる新しい固有値解法です（J. Comput. Appl. Math, Vol. 159, 2003）。

櫻井・杉浦法は対象とする固有ベクトルの不変部分空間を行列のレゾルベントの周回積分により計算し、対象の固有対を射影法に基づき計算する手法です。実用上、櫻井・杉浦法の計算時間の主要部は、積分点ごとの線形方程式の求解となります。これらの線形方程式は独立に求解可能であるため、櫻井・杉浦法は解法レベルで高い並列性能を持ち、京コンピュータなどのスーパーコンピュータでの高い並列性能が実証されたことから注目を集め、現在では国内外で活発に研究が進められています。また櫻井・杉浦法は標準固有値問題だけでなく、より難しい問題である一般化固有値問題や

非線形固有値問題にまで拡張可能であり、先生はこれらの問題に対する櫻井・杉浦法に対しても研究を行っています。

先生は櫻井・杉浦法の理論的研究にとどまらず、JST CREST プロジェクト「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」（平成 23 年 4 月～平成 28 年 3 月）の研究代表者として、その並列実装法やソフトウェア開発にも尽力されてきました。CREST プロジェクトで開発された、櫻井・杉浦法に基づく分散並列計算向け固有値計算ソフトウェア **z-Pares** はオープンソースで公開されており、対称および非対称の一般化固有値問題の任意の領域内部の部分固有値および対応する固有対を求めることができます。**z-Pares** は自動車部品の構造解析や、材料科学における電子状態計算など国内外で利用されています。**z-Pares** を用いて得られた代表的な成果として、自動車の Automatic Transmission 開発過程において、実際の製品の有限要素モデルから得られる大規模な固有値問題に対して適用し、企業で利用している従来の解析計算に比べ、大幅な高速化を達成しました。また本 CREST プロジェクトでは **z-Pares** に加え、バレンシア工科大（スペイン）で開発されている分散並列固有値計算ライブラリ **SLEPc** における櫻井・杉浦法を実装した新規ソルバーとして **CISS** を開発し、既存のソフトウェア開発環境における当該解法のシームレスな利用を実現しました。

一方、研究以外の活動として、日本応用数学会において「行列・固有値問題の解法とその応用」研究部会を設立し、また固有値計算に関する国際会議 **International Workshop on Eigenvalue Problems : Algorithms ; Software and Applications, in Petascale Computing (EPASA)** を隔年で開催するなど、国内外での数値線形計算分野の発展についても尽力されています。また、日本応用数学会において「産業における応用数理」研究部会を設立し、自身でもベンチャー企業 **MathDesign 株式会社** を設立するなど、産学連携に尽力されています。

また、筑波大学大学院コンピュータ・サイエンス専攻において多くの大学・企業研究者を排出するなど後進の指導を行っているほか、数値解析関連の書籍を複数執筆し、放送大学で教鞭をとるなど教育面においても尽力されています。

近年では、筑波大学人工知能科学センターの初代センター長として、センターを設立し固有値計算などの数値解析を基盤とした機械学習技術の研究・開発を進めるとともに、筑波大学の人工知能研究を牽引しています。

このように先生は自身の研究を推進するだけでなく、教育活動や学会運営等により後進の研究の場を作ることに尽力されてきており、今日の我が国における数値解析分野の進展に大きく貢献されて来ました。その恩恵を受けている者の一人として、これまでのご活躍に敬意を表するとともに、これからもさらに活躍を続けられていくことを心から願っております。