

日本伝熱学会学術賞を受賞して
*Scientific Contribution Award of the
 Heat Transfer Society of Japan*



後藤田 浩 (東京理科大学)

Hiroshi Gotoda (Tokyo University of Science)

e-mail: gotoda@rs.tus.ac.jp

このたび、大阪で開催された日本伝熱学会第 54 期総会において、日本伝熱学会学術賞を頂きました。選考委員の先生方をはじめ、関係の皆様方に心より感謝申し上げますとともに、大変光栄に存じております。

受賞対象となりました「複雑系数学によるガスタービン燃焼不安定の非線形ダイナミックスの解明と工学的応用」は、私が立命館大学理工学部機械工学科で勤務していたときから取り組んできた研究課題です。複雑な非線形現象のダイナミックスを数理モデルとして記述し、その解の分岐構造や位相空間内のカオス・フラクタル構造を解き明かす力学系理論は、応用数学分野で体系化が進んでいます。私が専門とする燃焼分野においても、力学系理論を用いた研究が活発化し、工学的・工業的に重要なガスタービン燃焼不安定を対象に、その非線形ダイナミックスの解明が世界的に進んでいます (K. Kashinath et al, *J. Fluid Mech.*, vol. 761, 2014; V. R. Unni and R. I. Sujith, *J. Fluid Mech.*, vol. 784, 2015)。特に、ファイゲンバームの周期倍分岐構造やマルチフラクタル構造が、燃焼不安定に存在することが明らかにされつつあります。

力学系理論がガスタービン燃焼不安定へ適用されるようになったのは、ごく最近のこととなりますが、約 10 年前からも、力学系理論は、ルイス数効果による熱物質拡散と回転運動による遠心力の影響を受けた火炎面挙動 (H. Gotoda and T. Ueda, *Proc. Combust. Inst.*, vol. 29, 2003) にも、伝熱科学分野における沸騰現象 (R. Mosdorf et al, *Int. J. Heat Mass Transfer*, vol. 48, 2005) にも適用されてきました。これらの研究は、1980 年代前半に提案された位相空間内の軌道不安定性と自己相似性を定量化する非線形特性量、いわゆるリャプノフ指数と相関次元が適用されたものでした。その後、2000 年代に入り、従来までの非線形特性量に加えて、記号力学に基づく順列エントロピーや時系列の粗雑化を配慮したマルチスケールエントロピーが提案され、グラフ理論に基づいた複雑ネットワ

ークの体系化など、現在、複雑系科学は著しく進展しています。

このような背景の中、私は、力学系理論のみならず、人工知能に基づくニューラルネットワーク、記号力学や複雑ネットワークを基とした複雑系科学の基礎理論とその数理技術をガスタービン燃焼不安定の新しい研究手法の開発に応用することが重要であると考えました。本受賞内容は、位相空間内の隣接する軌道群の距離の非線形発展に着目した局所的予測法と、動径基底関数ネットワークによる大域的予測法の両方を用いて、決定論的現象と確率的現象の新しい分離方法を提案し、燃焼不安定の非線形ダイナミックスの解明に適用したものです (林ら, 第 52 回日本伝熱シンポジウム講演論文集 J122, 2015; H. Gotoda et al, *Phys. Rev. E*, vol. 92, 2015)。また、複雑ネットワークとして、サイクルネットワークにも着目し、燃焼振動の圧力変動から構築されるネットワーク構造の強度分布にべき則、いわゆる、スケールフリー性が存在すること、クラスター係数と平均頂点間距離の関係からスモールワールド性が存在することも本受賞内容に関連した研究 (Y. Okuno et al, *Chaos*, vol. 25, 2015) として発表することができました。これらの研究成果は、燃焼研究における非線形問題では、おそらく、世界で初めてのものであると考えております。本研究で導入している方法論がこれまでの伝熱科学分野における非線形問題にも寄与し、新しい展開が期待できると考えております。

最後に、今回の受賞は、共同研究者である宇宙航空研究開発機構航空技術部門推進技術研究ユニット燃焼技術セクション 立花繁 (非会員) セクションリーダーの多大なるお力添えによるものであり、私だけの力ではここまで研究を進めることはできませんでした。共同研究者として本受賞を大変喜んでくださったことも含め、厚く御礼を申し上げます。また、本研究に携わった立命館大学理工学部機械工学科 後藤田研究室 卒業生にも心から感謝する次第です。