第 50 回産業科学フォーラムを開催しました

日時 / 2026 年 7 月 10 日（金）14 時～15 時 40 分

場所 / 名古屋大学 VBL 棟 3 階ベンチャーホールおよびオンライン方式

参加者 / 13 名（内オンライン参加者 3 名）

講師 / **畔上秀幸 上席研究員**（名古屋大学名誉教授）

講演タイトル / **形状最適化問題（関数解析の産業応用）**

講演概要

コンピュータ・シミュレーションを最適設計につなげる技術の中で形状最適化とよばれる技術に注目し，その原理について解説された。講演者は、「研究年報 2025 の解説では、2022 年のフォーラムの講演でもお話しした産業応用の経験を書かせていただいたが、ノンパラメトリック最適化法の原理に関しては説明を省いたところが少なからずあり、そこを含めて，図を用いて説明する。今回の講演で形状最適化が不思議な技術ではないと感じていただければ幸です」と言われたが、なかなかに難しい内容であった。

線形弾性体に力を加えると変形する。変形の大きい初期形状から変形が縮小した最適形状を求めるには、対象とするシステムの入力と応答の関係をシステムの仕様（形状）を変化させることによってよりよい応答に修正していくことになる。即ち最適設計はシステムの入力と応答（状態変数）の関係を記述する状態方程式が等式制約として介在した制約付き（例えば、体積の制約を付けた変形の最小化）最適化問題となる。問題は、どのような評価関数を選び、どのように解いていくかということである。

評価関数や図を用いて、等式制約付き評価関数の勾配は Lagrange 乗数法で求められることが紹介された。また、不等式制約付き最適化問題は KKT 条件を満たすように Lagrange 乗数を評価していく逐次近似 2 次最適化法で解かれることが示された。

形状最適化問題に関連して、関数解析の概要が紹介された。関数解析は関数を線形空間の要素とみなし、線形代数を関数の線形空間（関数空間）に拡張する。有次元の線形空間上で考えた形状最適化問題の解法は、関数空間上でも同じように考えることができることから、関数空間の表記法や、特殊な関数とその導関数、距離空間における連続性、有界閉集合、有界線形作用素とその Frechet 微分などが説明された。

最後に、関数空間上の形状最適化問題として、評価関数の勾配が入る線形空間はどういうものか、正解を得ることのできる条件はあるのか、などの疑問点を挙げて、線形空間が Hilbert 空間でなければならないこと、評価関数の勾配を得る方法の定義と、その勾配の入る線形空間の特徴などが紹介された。

（文責　山根隆）