

品質管理と実験計画法

慶應義塾大学理工学部 山田 秀

品質管理において実験計画法が多用されるのは、適切に実験した結果であれば応答と因子との間の因果関係が定量化できるという点に尽きると考える。すなわち、新技術の研究開発、顧客の要求を満たすための製品仕様の決定、製品仕様を満たすためのプロセスの設計、生産現場における改善など、品質管理の問題の多くは、応答の因子による制御という系への介入が必須になる。これには制御可能な因子と応答との因果関係の定量化が必要で、これはデータを適切に収集し解析することでなしうる。実験計画法は、農事試験を対象にフィッシャーにより 1920 年代に開発された。その際、局所管理、繰返し、無作為化という実験の 3 原則が提示され、ブロック計画、分割計画、要因計画、一部実施要因計画というデータ収集の方法とともに、線形模型に基づく分散分析など統計的な推測方法が整備された。工業への応用が議論され始めたのは、1950 年ころであろう。例えば、ボックスが化学工業を主な対象として応答曲面法を提案している。この中では、連続変数である因子と応答との間に 2 次モデルを考え、この推定のための複合計画や、応答の推定、特徴づけなどが議論されている。

応答曲面法の提案とほぼ同時期に、日本では二つの大きな発展があった。一つは、直交表と線点図という、一部実施要因計画の構成方法である。これは、欧米流の定義関係(defining relation)に基づく一部実施要因計画の構成に比べ、実務家にとって極めて分かりやすく、産業界での活用につながっている。もう一つは、さまざまな変動に対して頑健になるように制御因子の水準選ぶものであり、これは誤差因子を導入したパラメータ設計により達成される。この両者とも、田口玄一の発案によるものである。近年でも、品質管理における実験計画法の重要性に鑑み、品質管理教育では実験計画法が必ず含まれている。日本科学技術連盟、日本規格協会、米国品質協会をはじめとし全世界の品質管理教育プログラムで、応答曲面法、パラメータ設計を含む実験計画法が教育されている。

近年では、コンピュータ技術の発展により、複雑な計算を要する実験計画の構成と解析が可能になるとともに、コンピュータシミュレーションへの実験計画法への適用が議論されつつある。前者の例として、構成が困難である最適計画、空間充当計画などが市販統計パッケージに含まれるようになっている。また、後者のコンピュータシミュレーションでの実験においては、フィッシャーの 3 原則の考慮は基本的に必要なく、また分散分析表などのデータ解析結果は記述統計という立場で意味を持つ。さらに、実験水準を多次元空間上に「効率よく」配置する計画が望まれ、これらは、直交性を主に発展してきた実験計画の延長線上に位置付けられる。加えてコンピュータシミュレーションへの実験計画法の適用の場として、設計成立領域の探索、コンピュータモデルの検証、スクリーニング、複雑なモデルの近似などが挙げられ、一部実施要因計画、過飽和実験計画、空間充当計画などの新たな統計的品質管理技術の体系的導入が必要である。本セッションでは、これらの研究現状と課題を説明する。