



第5回 実験計画法（2）

問題解決に役立つSQC手法（統計的品質管理の手法）の解説の第5回目です。

今回は、前回に引き続き実験計画法の2回目になりますが、実務的な方法について解説していきます。

1. 乱塊法

これまで言及してきませんでした。実験を行うに当たり、守るべき基本原則があります。それは、1) 反復、2) 無作為化、3) 局所管理 の3つです。1) の反復については、第3回の分散分析で触れたように同じ水準での実験の繰返しを行うことです。2) は、実験順序を水準番号通りにせずランダムな順序で行うことです。例えば、実験結果が外気温上昇の影響を受けるような場合、因子の効果がなかったとしても水準番号が増えるにしたがって実験結果も変化してしまい、あたかも因子の効果があるように見えてしまいます。外気温上昇のような影響のことを専門的には系統誤差と言いますが、実験順序をランダムにすることで系統誤差の影響を受けないようにします。3) は評価対象とする因子以外の様々な影響要素については、その影響を受けないように実験環境を一定に管理することです。

3) の局所管理については、理解していても1つの実験時間が長いために同一日に実験を終えられないとか、実験に用いる材料ロットの影響が大きいにも関わらずロットを同一に揃えられないなどの物理的な制約を受けることがあり、局所管理を徹底できないことがあるかと思えます。このような時に乱塊法を適用できると、その影響を分離して、着目する因子の効果のみを評価することが可能になります。

どのようにするかと言えば、後者の場合で言えば材料ロットを因子に見立てて解析します。本当は因子ではないのに因子と同様に扱うため、専門的には変量因子、あるいはブロック因子と呼んでいます。

イメージし辛いかと思えますので、ここでは評価対象因子として温度を取り上げ、3水準設定したとします。また、実験結果は材料ロットの影響を大きく受けていることが経験的に分かっているにも関わらず、同一材料ロットで複数回の実験を実施できないために3ロットを選択したものとします。このようなとき、次の表5.1のような実験計画を立てます。

表5.1 乱塊法の実験計画例

	材料Lot No.535	材料Lot No.536	材料Lot No.537
温度 50℃			
温度 55℃			
温度 60℃			

形式的には二元配置法のような実験計画に見えますが、評価対象とする温度に関して言えば、繰返し3回の一元配置法という捉え方になります。また、形式的に二元配置になっているため、材料ロットの影響を分離して評価することが可能になります。

実際の解析では、ブロック因子の変動（この例では材料ロットによる変動）の大きさを定量的に加味できますので、評価対象因子における各水準（この例では温度の各水準）において、現実のばらつきに即した母平均の推定やデータの予測（最小値および最大値の見積り）ができます。

2. 分割法

実際の実験の計画においては、生産計画の都合で生産設備を簡単に借用できない、あるいは実験の水準設定が技術的に難しいなどの理由により、同一水準での反復を容易に実施できないなどの制約にぶつかることがままあります。

そのようなときに、反復回数を減らせる手法として分割法があります。

例えば、加熱炉を扱う実験計画において、炉内の圧力の依存性も見たいとします。また温度と圧力の交互作用も考えられるものとし、すると、最低2回の反復は必要ですから、例えば表5.2のような実験計画を考えることになります。

表5.2 実験計画例

	圧力 0.20MPa	圧力 0.25MPa	圧力 0.30MPa
温度 700°C			
温度 750°C			
温度 800°C			

実験順序はランダム

この場合、実験を基本原則通りランダムに行うと、温度設定は $3 \times 3 \times 2 = 18$ 回行わなくてはなりません。無論その方が、誤差の大きさの把握という意味で精度が落ちることはなく、効果の有無の判断精度も落ちることはありません。とは言え、加熱炉のように温度上昇や冷却に相当な時間を要する場合、生産設備ならそれだけの時間を借用することは難しいのが現実です。

そこで、反復は行うものの、その回数を減らせる分割法を適用することを考えます。圧力設定は容易に変えられるものとし、表5.3のような実験計画を考えます。

表5.3 分割法による実験計画の実施順序例

反復	温度	圧力		
1回目	750°C	0.30MPa	0.20MPa	0.25MPa
	800°C	0.25MPa	0.30MPa	0.20MPa
	700°C	0.20MPa	0.25MPa	0.30MPa
2回目	800°C	0.25MPa	0.20MPa	0.30MPa
	700°C	0.30MPa	0.25MPa	0.20MPa
	750°C	0.20MPa	0.30MPa	0.25MPa

この例では、反復の1回目で温度の水準をランダムに選び、その結果温度設定を750℃にします。温度設定750℃の中で圧力水準をランダムに選びます。その結果、最初の実験では圧力設定を0.30MPa、次の実験は圧力設定を0.20MPa、その次の実験は0.25MPaと、温度設定を変えないまま実験を行います。750℃での実験が終われば温度設定を800℃にして、圧力設定については同様に進めます。800℃での実験が終われば、温度設定を700℃にして同様に進めて反復1回目の実験を終えます。

反復の2回目でも同様にして、温度の水準をランダムに選択するものの、同一温度では温度設定を変えずに圧力設定だけをランダムな順序で変えて実験を行います。

分割法を適用すると、このケースにおいては温度設定の回数を18回ではなくその3分の1の6回で済ますことができたように、水準設定の回数を大幅に減らすことができます。

通常の実験計画と異なり、分割法を適用した因子（このケースでは温度）の反復回数が減るため、そのことを考慮した解析が必要となります。また、反復回数が減るため、分割法を適用した因子については効果の判定基準のハードルが上がり、推定精度が落ちるというトレードオフが生じます。トレードオフ要素はありますが、母平均の推定およびデータの予測（最小値および最大値の見積り）はこれまで通りできます。

これらのトレードオフを理解した上で、分割法を適用するかどうかを判断する必要があります。

以上は、イメージしやすいように要因配置実験を例に取り上げましたが、直交配列表を用いた実験にも適用できます。

制御できないような要因の影響を分離できる乱塊法や、水準変更が困難な因子に対して反復回数を減らせる分割法、それらの得失をご理解された上で、業務で活用していただければと思います。

(以下余白)

著者紹介

吉富 公彦（よしとみ きみひこ）

1986年新日本無線(株)入社。赤外発光ダイオード、チューナーモジュールの生産技術業務に15年間従事。その後、社内SQC手法教育および品質マネジメントシステム業務に従事（ISO9001およびIATF16949の内部監査員）。元VDA6.3 Process Auditor。

現在、東京理科大学、東京情報大学非常勤講師。

(一財)日本科学技術連盟において企業向け講師派遣型研修SQCベーシックコース講師の他、品質管理セミナーベーシックコースおよび品質管理セミナー入門コースで講師をつとめる。(一財)日本規格協会 通信講座品質管理中級コース教材作成検討委員。

