



第4回 実験計画法（1）

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4回目です。
今回は、効率よく実験を計画する方法について解説していきます。

1. 直交配列表を用いた実験計画

前回は、実験計画の基本的な考え方と、得られたデータの基本的な解析法である分散分析について解説しました。しかし、検討すべき因子の数が4つ、5つと増えてくると、要因の配置実験では実験回数がどんどん増えてしまいます。例えば2因子交互作用のみに着目するにしても、扱う因子が5つあり、各因子における条件（以後「水準」という）が2つしかなかったとしても、 $2^5 = 32$ 回の実験を行わなければなりません。それらの実験を容易に行えるのであれば問題ありませんが、もしも生産設備を使った実験を行わなければならないような場合は、生産部門にかなりの負担を強いることになってしまいます。そこで何とか、実験回数を減らせるようにできないものかと考えることになります。

このような場合に重宝するのが、直交配列表を用いた実験計画です。

直交配列表は、表4.1に示す2水準系の $L_8(2^7)$ 直交配列表のように、実験番号(No)と、実験の水準番号（“1”と“2”）が予め定められている表です。

例えば5つの因子、A, B, C, D, Fがあり2因子交互作用A×Bの効果の有無を検討しなくてはならないとします。その実験計画例として、表4.2を示します。

表4.1の $L_8(2^7)$ 直交配列表の各列に、検討すべき要因を割り付けます。交互作用A×Bについては、予め決まっているルールに従って割り当ててののですが、ここではその手順を割愛します。

表4.1 $L_8(2^7)$ 直交配列表

No.	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

表4.2 因子割り付け例

No.	A	B	A×B	C	D	F	[7]
1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	2	2	2	2
3	1	2	2	1	1	2	2
4	1	2	2	2	2	1	1
5	2	1	2	1	2	1	2
6	2	1	2	2	1	2	1
7	2	2	1	1	2	2	1
8	2	2	1	2	1	1	2

どのように実験を行うかと言えば、実験No. 1は、因子〔A, B, C, D, F〕の水準番号を直交配列表に従って〔1, 1, 1, 1, 1〕で行います。実験No. 2は、〔1, 1, 2, 2, 2〕の水準番号で行います。同様にして最後の実験No. 8は、〔2, 2, 2, 1, 1〕の水準番号で行います。

このように行うことで、要因配置実験では32回の実験を行わなければならなかったものを、たったの8回の実験で済ますことができます。

無論この実験で得られたデータについては、分散分析を行うことによって効果がある要因を統計的に判断できますし、実験を行わなかった水準番号の組合せ（例えば〔2, 2, 2, 2, 2〕）も含めて全ての水準組合せでの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）もできます。つまり実験は8回しか行っていないにも関わらず、32回の実験を行った場合と同様の結論を出せるということです。ただ、32回の実験をたったの8回で済まそうという訳ですから、推定精度が若干下がるというデメリットがあります。

なお、直交配列表には、上に挙げた $L_8(2^7)$ 以外にも $L_{16}(2^{15})$ 、 $L_{32}(2^{31})$ などがあります。数値が大きくなるほど扱える要因の数も増やすことができます。また、2水準だけではなく、 $L_9(3^4)$ 、 $L_{27}(3^{13})$ などの3水準で実験を計画できる直交配列表もあります。

2. 多水準法および擬水準法

直交配列表は基本的に2水準と3水準になりますが、どうしても直交配列表にない水準、例えば4水準で実験したい場合があります。その方法が多水準法です。

検討したい因子がA, B, Cと3つあり、そのうち因子Aをどうしても4水準で実験したいものとします。この場合、表4.3に示すように、交互作用が出る関係にある3列を1組として、4水準の因子Aを割り付けます。もともとの配列表の水準番号と異なりますが、3列を1まとめにすることにより、この場合は便宜的に実験No. 1とNo. 2は第1水準、実験No. 3とNo. 4は第2水準というように考えるということです。

また、2水準の直交配列表だけど一部の因子を3水準にしたい、3水準の直交配列表だけど一部の因子を2水準にしたいという場合も出てきます。

そのような場合にとる方法が擬水準法です。

表4.3 多水準割り付け例

No.	A	A	A	B	C	[6]	[7]
1	1			1	1	1	1
2	1			2	2	2	2
3	2			1	1	2	2
4	2			2	2	1	1
5	3			1	2	1	2
6	3			2	1	2	1
7	4			1	2	2	1
8	4			2	1	1	2

表4.4 擬水準割り付け例

No.	A	A	A	B	C	[6]	[7]
1	1			1	1	1	1
2	1			2	2	2	2
3	2			1	1	2	2
4	2			2	2	1	1
5	2			1	2	1	2
6	2			2	1	2	1
7	3			1	2	2	1
8	3			2	1	1	2

先程の表4.3の場合において、因子Aが4水準ではなく3水準だったとします。表4.3において、注目したい水準を重複させます。第2水準の実験精度を上げたいと考えている場合は第2水準を重複させます。水準番号は相対的なものなので、表4.3の第4水準を第2水準としてもよいですし、表4.4に示したように追番となるように水準番号を設定しても構いません。

分散分析表を作成する際は、多水準法および擬水準法の解析手順に従って計算する必要がありますが、統計的に効果のある因子や要因を判断できますし、最適水準を含む全ての水準組合せでの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）もできます。

以上述べてきたように、推定精度が若干下がるというトレードオフ要素はありますが、実験回数を減らせるということは経済的に大きなメリットですし、評価期間を短縮できるという時間的なメリットも得られます。

直交配列表実験をうまく使いこなしていただき、メリットを享受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。

