

実験計画法入門

第1章 実験計画法とは何か



実験計画法とは、新製品の開発・設計や生産における実験などに対して実験の計画、及び実験データの解析に関することを取り扱う学問である。

→ 実験目的に対して、最も効果的な実験を求める。

→ 得られた実験データの解析法。




重要な用語 1

特性値 ... 目標とする品質の特性

因子 ... 製造の条件
ローマ字の大文字が使われる。

水準 ... 因子の条件



用語の例

ある化学工程から生産される製品について、その強度を高めるための実験をする場合を考える。いろいろある製造条件のうち、強度に強く影響を与えるものとして反応温度と触媒量が考えられ、これらの最適条件を見出したいものとする。

この場合、強度は**特性値**、反応温度と触媒量が**因子**である。

反応温度を因子 A 、触媒量を因子 B で表すとする。各因子の最適条件を探すために、各因子の条件をいろいろ変えて実験をする。反応温度 (A) について、 $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ と変えて実験をすることにした。

この $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ は因子 A の**水準**である。

単一因子実験

実験計画法が起こる前によく用いられた実験の方法で**単一因子実験法**というものがある。これは以下のような手順で進められる。

いま、因子 A と因子 B があり、それぞれ水準 A_1, A_2, A_3, B_1, B_2 と設定したとする。

1. 因子 B の水準を一つに固定し、因子 A を A_1, A_2, A_3 と変えて実験し、この結果から A の最適水準を決める。
2. いま決まった因子 A の最適水準を固定しておき、因子 B の水準を B_1, B_2 と変えて実験をし、 B の最適水準を決める。
3. このようにして決まった因子 A の最適水準と因子 B の最適水準を組み合わせたものがこの化学工程での最適条件であるとわかる。

交互作用

ある因子の水準効果が、別の因子の水準によって異なることがある。このとき、これらの因子間には**交互作用が存在する**といい、その効果をこれらの因子間の**交互作用**という。

2つの因子間の交互作用を**2因子交互作用**、3つの因子間の交互作用を**3因子交互作用**という。交互作用を表すのには×の記号を使う。例として、 A と B との2因子交互作用は $A \times B$ で表す。

前頁で述べた単一因子実験法は、とりあげた因子間に交互作用が存在する場合にはよい実験法ではない。

交互作用の例

前述の例において、2つの因子 A , B の水準を次のように設定したとする。

A (反応温度) : A_1 (200 °C)、 A_2 (250 °C)、 A_3 (300 °C)

B (触媒量) : B_1 (0.5 %)、 B_2 (1.0 %)

A , B の各水準組合せにおける“真の強度”が表 1.1 のようであったとする。

$A \backslash B$	B_1	B_2
A_1	4.0	5.0
A_2	4.5	5.5
A_3	5.5	6.5

表 1.1 “真の強度” (交互作用が存在しない場合)

因子 B が B_1 でも B_2 でも、 A を A_1, A_2, A_3 と順次変えていくと強度は 0.5、1.0 と順次増す。したがって A の水準効果は、因子 B が B_1 であっても B_2 であっても同じということになり、因子 A と B との間には交互作用は存在しないことが分かる。

表 1.1 を図示したものが図 1.1 であり、交互作用が存在しない場合にはグラフは平行になる。

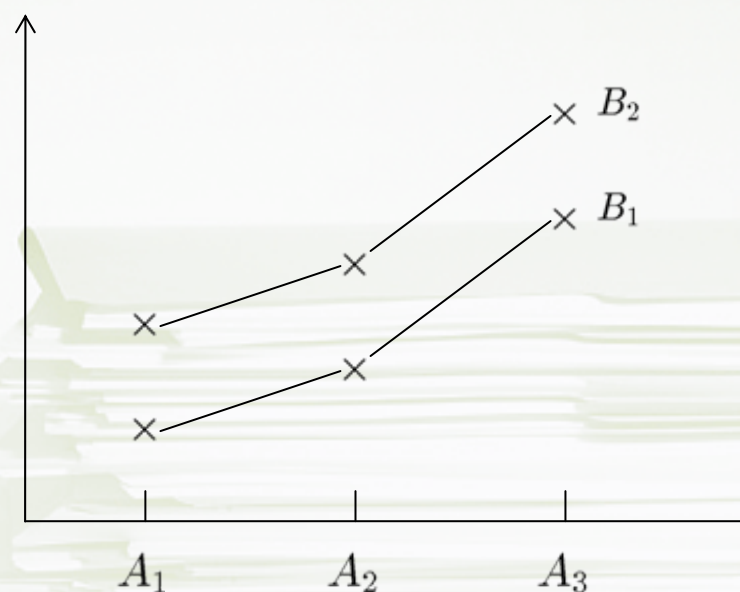


図 1.1 交互作用が存在しない場合

今度は、 A 、 B の各水準組合せにおける真の強度を表 1.2 で与えられるものとする。

$A \backslash B$	B_1	B_2
A_1	4.0	5.0
A_2	4.5	6.0
A_3	5.5	3.5

表 1.2 “真の強度” (交互作用が存在する場合)

因子 B が B_1 のとき、因子 A を A_1 、 A_2 、 A_3 と順次変えていくと強度は 0.5、1.0 と順次増すが、因子 B が B_2 のときにはこの関係は成立しない。したがってこの場合には因子 A と B との間には交互作用が存在することになる。

表 1.2 を図示したものが図 1.2 であり、交互作用が存在する場合にはグラフは平行にならない。

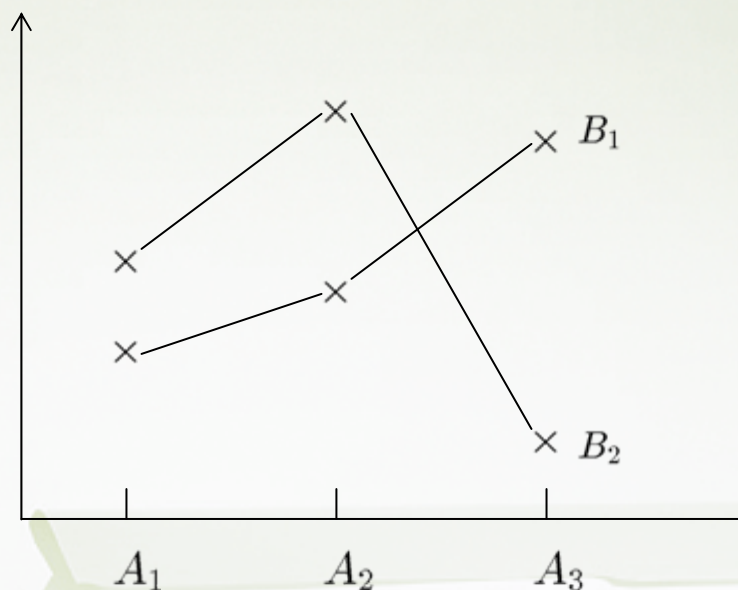


図 1.2 交互作用が存在する場合

このとき単一因子実験をやったとする。因子 B を B_1 に固定したときの因子 A の最適水準は A_3 ということが分かる。次に因子 A を先ほど求めた A_3 に固定し、因子 B の最適水準を考えると、 B_1 が得られる。以上のことから最適な水準組合せとして A_3B_1 を得る。

ところが、表 1.2 をみると最適水準は A_2B_2 であることが分かる。このように因子間に交互作用が存在するときは単一因子実験法はよい実験法とは言えないことが分かる。



要因実験

重要な用語 2

主効果 ... 因子の水準の平均的な効果

要因効果 ... 主効果・交互作用効果を総称したもの

単一因子実験法の交互作用が存在するときは使えるとは限らないという欠点を克服し、新たに考え出された実験法が**要因実験**である。

問題となる因子を同時にとりあげ、因子の水準のすべての組合せについて実験をする。

因子間に交互作用が存在しないと分かっている時に単一因子実験と要因実験とを比べてみると、要因実験のほうが実験回数という面でも得られたデータの精度という面でも優れている。

例題 1.1

2 因子 A (2 水準)、 B (2 水準) をとりあげ、交互作用は存在しないとする。単一因子実験と要因実験をし、データがそれぞれ表 1.3、表 1.4 のようであったとする。

$A \backslash B$	B_1	B_2
A_1	x_{11}	x_{12}
A_2	x_{21}	\times

表 1.3 単一因子実験のデータ

$A \backslash B$	B_1	B_2
A_1	y_{11}	y_{12}
A_2	y_{21}	y_{22}

表 1.4 要因実験のデータ

1. 得られる情報量の比較

Aの主効果に関して

単一因子実験 ... $x_{21} - x_{11}$ (1つ)

要因実験 ... $y_{21} - y_{11}$ もしくは $y_{22} - y_{21}$ (2つ)

2. 実験回数の比較

同じ量の情報量を得ようとする場合

単一因子実験 ... $3 \times 2 = 6$ 回

要因実験 ... 4回

このように交互作用が存在しない場合でも要因実験のほうが有利であることが分かる。

実験順序の無作為化

実験のやり方（実験の配置法）について考える。

ある因子のいくつかの水準の比較実験を考える。ここで重要になってくるのが実験条件（環境条件）である。各水準で繰返しを入れ、何回か実験するとき、因子の水準を変えていくこと以外の実験条件（環境条件）はまったく同じでなければならない。しかし、どんなに実験の場をうまく管理したとしても、まったく同じ実験の場をつくることは不可能である。

環境条件の違いが実験結果に及ぼす影響を一般に**実験誤差**と呼び、 e_i ($i = 1, 2, \dots$) で表す。

この実験誤差を、ある意味において公平に受けさせてやろうというのが、**実験順序の無作為化**、**確率化**である。これによって、実験誤差は確率的な変動をするもの（確率変数）となり、実験データの解析に統計的方法が適用可能となる。