

## 新装置を設計する際の OR の必要性

関本 忠弘\*

世界第2次大戦を機として、社会現象、あるいは自然現象を統計的、あるいは確率的に取扱うオペレーションズ・リサーチ(OR)の手法が、広く用いられるようになった。特にインベントリー、ダイナミック・プログラミング等の工場管理の面ではORははなばなしい業績をあげている。そして、その手法が発展するにつれ、応用される分野は、ますます広がってきた。かかる段階において、新装置を設計する場合にも、ORの手法を意識的に適用する必要が痛感された。以下その必要性について考察する。

### 1. 使用効果の導入

従来、新装置を設計するに際しては、その総合性能と設計要素のパラメータとの間の関連は、十分に吟味されるのを常としていた。すなわち、ある設計要素の値を特定の値とした時に、総合性能が如何なる値となるかは、それぞれの装置の方式が決まれば十分に計算できるものである。しかしながら、OR的な意味で行なう設計とは、ただ単に、その段階で満足することなく、総合性能として如何なる仕様を設定するかを以下に述べる使用効果との関連において十分に吟味してかかる点にある。一見して総合性能、たとえば、機上レーダーなどにおける測的精度は、良ければ良いにこしたことはないと思える。しかしながら、そのレーダーの測的データをを用いて発射するAAMの性能が、レーダーの測的データに比較して桁ちがいに悪い時は、ある値以上測的精度を高めることは無意味であるだけでなく、それに伴うレーダー装置の複雑さの点から考えると、むしろ悪影響を与えることとなる。この例に見られるように、総合性能の決定は、その装置が使用された場合の使用効果を常に念頭において行なわれねばならぬ。ここでいう使用効果とは、その装置あるいはその装置を含む系の使用目的を満足させる程度の定量的表現を意味する。たとえば、レーダー装置がAAMの測的に使われる場合には、AAMによる目標の破壊の確率が使用効果をあらわすこととなる。

### 2. 使用効果の評価

使用効果の評価を行なうに際しては、使用条件が、統計的に変化するものであることを念頭において行なわれねばならぬ。ここでいう使用条件とは、ある装置、あるいはその装置を含む系を使用する場合に、設計者がわからずは人為的に制御できない条件を意味する。たとえば、機上レーダーにおいては、目標の大きさ、速度、運動性能等がそれに該当する。すなわち、特定の使用条

\* 日本電気株式会社 昭和 35 年 10 月 19 日受理。

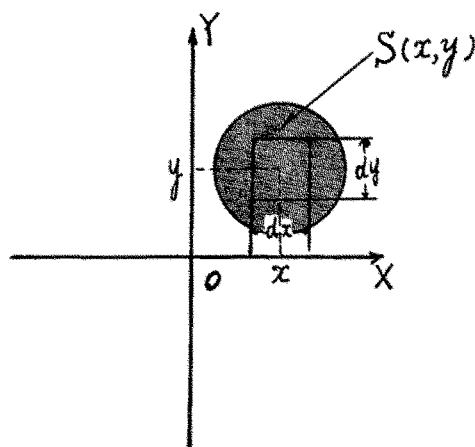
件が決った時には、その条件下における使用効果はその都度決定されるが、生起する使用条件を統計的に把握することにより、総合的な使用効果を決定せねばならぬ。設計者としては、総合的な使用効果の最適値をもたらすよう装置の総合性能を定めねばならぬ。ここでいう最適使用効果とは、必ずしも最大使用効果を意味するものではない。すなわち、総合性能ⅠとⅡにおいて、総合使用効果  $E_1$  と  $E_2$  が得られ、 $E_2$  の場合が最大使用効果値である場合でも総合性能Ⅱを得るに要する負担が、Ⅰの場合に比較して甚しく大きく、 $E_1$  を  $E_2$  に改善したために、負担が非常にかかる時には、 $E_2$  をもって最適使用効果とはいえない。ここでいう負担とは装置の製作価格、占有寸法、重量、信頼度等をいう。一般に最適使用効果  $E_f$  は、つぎのように考えるべきであろう。

- (i) 必要最低な使用効果  $E_{min}$  よりも大きくなければならない。
- (ii) 許容できる最大負担以下の負担で達成できる使用効果でなければならぬ。
- (iii) (i)項と(ii)項の条件下で最大使用効果  $E_{max}$  をとる場合と、負担と効果の増分比の最小である時の使用効果  $E_{am}$  をとる場合とに大別できる。

かくの如く、最小の努力で最大の効果を期するために OR の手法が使用される。

### 3. 確率計算装置<sup>(1)</sup>

以上に述べたごとく、OR の手法を使用して新装置を設計するには使用効果を計算せねばならぬが、その場合に各種の確率計算を行なう必要がある。ある場合には簡単な計算により、またある



第1図

場合には数表を用いて行なうわけだが、特に2次元の確率計算を行なう必要にしばしば逢着する。たとえばレーダーなどの測的性能を如何に決めるべきかの問題においては、測的性能の特定の値において AAM による目標の破壊の確率、すなわち使用効果を計算する必要があるが、その場合には、たとえばつぎのような計算を行なわねばならぬ。いまかりに、目標の測的位置が第1図における0点である場合、目標が座標点  $(x, y)$  を中心とする  $dx, dy$  なる領域中に存在する確率を  $p(x, y) dx dy$  とする。この場合  $XY$ -平面に垂直な方向( $z$ -軸)を AAM の進行方向とし、その方向には測的誤差がないとする。この仮定は、目標を後方から追う場合のような時には可成り正しい。また0点に向かって誘導された AAM が、 $XY$ -面上、座標点  $(x, y)$  を中心とする  $dx, dy$  なる領域中をよこぎる確率を  $P(x, y)$  とする。その時目標を破壊する確率  $P_D$  は、 $XY$ -面上、座標点  $(x, y)$  に存在する目標の占める領域をかりに円形領域として、 $S(x, y)$  と表示すれば

$$P_D = \int_{XY\text{-全平面}} p(x, y) dx dy \int_{S(x, y)} P(x, y) dx dy \quad (1)$$

となる。一般に測的誤差，ならびに AAM の誘導のばらつきは，2次元の正規分布とすることは妥当であり，それ故，(1)式を計算するのに，まず2次元の正規分布中，座標点  $(x, y)$  を中心とする  $S(x, y)$  なる領域の積分，すなわち，

$$Q(x, y) = \int_{S(x, y)} P(x, y) dx dy \quad (2)$$

を必要とすることとなる。さらに，(2)式の値が求めれば

$$P_D = \int_{XY\text{-全平面}} Q(x, y) p(x, y) dx dy \quad (3)$$

なる積分を行なわねばならぬ。かような積分を容易に行なうことを目的として確率計算装置が試作された。その原理を簡単に紹介する。第2図の示すように，2次元確率分布に比例した透過量をもつ関数透過板に一樣な光束をあて，確率値を求めようとする特定の領域に対応して作られている採光窓を通過してくる光量を，光電管，あるいはフォト・トランジスタを用いて測定すれば，特定領域内の確率値が求まる。もし，2次元確率分布が  $XY$ -面の原点を中心に点対称である2次元正規分布(標準偏差= $r_0$ )である時には，中心より半径  $r$  の所の確率密度  $p(r)$  は周知の通り

$$p(r) = \frac{1}{2\pi r_0^2} e^{-\frac{r^2}{2r_0^2}} \quad (4)$$

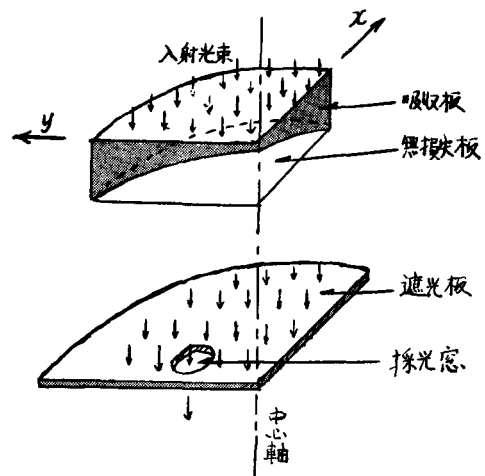
で与えられるから， $p(r)$  に比例した透過量をもつ関数透過板の設計は吸収の公式を用いて容易に行なえる。すなわち，吸収板の吸収係数を  $\lambda$ ，単位面積当りの入射光量，および透過光量を  $I_0$ ，および  $I(r)$  とした時，吸収板の厚さ  $D(r)$  は吸収の公式

$$I(r) = I_0 e^{-\lambda D(r)} \quad (5)$$

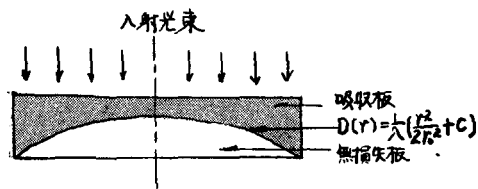
と(4)式とが比例するとして

$$D(r) = \frac{1}{\lambda} \left[ \frac{r^2}{2r_0^2} + C \right] \quad (6)$$

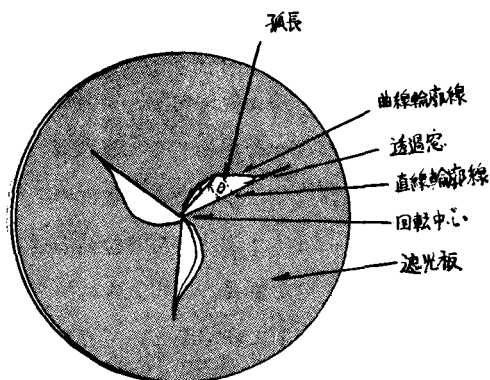
となる。ここで  $C$  は比例定数などにより定まる定数とする。(6)式より明らかなおとおり， $D(r)$  は  $r$  の2次式であるから，吸収板の  $xy$ -面に垂直な断面は第3図に示すような放物面になる。なお，光が吸収板の  $D(r)$  曲面を透過する際に生ずる屈折を避けるため，吸収板と同じ屈折率をもつ材料で作った無損失板を第3図のように密着しておく必要がある。またここで述べた原理は，1板のフィルム上に，確率分布関数に対応した透過量を生ずるように濃淡をつける方法を用いて実現



第2図



第3図



第4図

できる。2次元確率分布が上例のように、 $xy$ -面の原点を中心とする点対称の分布である場合には、関数透過板のかわりに、第4図に示す関数透過板を回転して使う方法が利用できる。すなわち、回転板を比較的高速度でまわした時、2次元確率分布に対応した透過量となるように透過窓の形状を決めておけば、関数透過板の場合と全く同様の取扱いができる。透過窓の一例は第4図に示すとおりであるが、2次元正規分布(標準偏差 $r_0$ )の場合について曲線輪廓線の曲線の式は、中心より $r$ の所の弧長 $r\theta$ が確率密度 $p(r)$ [(4)式参照]に比例するとして容易に求まる。すなわち、直線輪廓線を極座標の原線とした時には、曲線輪廓線の方程式は

$$\theta = Ke^{-\frac{r^2}{2r_0^2}} \quad (7)$$

となる。ここで $K$ は比例定数などにより定まる

定数とする。この場合関数透過板は2次元確率分布が相当複雑な場合にも、原理上製作可能である。関数透過回転板の方が工作の容易な点では優れている。以上の原理にもとづき、製作された確率計算装置を用いると(2)式の計算は容易にできるし、また $p(r)$ に比例した透過量をもつ関数透過板を更に一枚追加すること等により一度に(1)式を計算できる方法も得られる。

#### 4. 結 言

以上述べたごとく、ORの手法を意識的に採り入れて、レーダーあるいはソーナーの測的性能の検討を行ない、それにもとづき新しい型のレーダーあるいはソーナーの設計を行なってきた。従来、ややもすれば必要以上に性能を高めることに設計者の努力が向けられていた事実を顧みれば、使用効果を定量的に把握することは、けだし当然のことといえよう。その場合わずらわしい計算を行なわねばならぬ状態では、OR的観点から問題を取り扱おうとするせっかくの善意が消え去ることとなるので、各種の電子計算機を能率よく使用する必要が生ずる。

#### 参 考 文 献

- (1) 関本、木地“確率計算装置”NEC No. 41. p. 40.