



## 入門講座

品質管理のための統計的方法の活用－1

# 品質管理の考え方・統計的方法の基礎（1）

Quality Management/Statistical Method (1)

竹士伊知郎

Ichiro Chikushi

QMビューローちくし 代表  
(一財) 日本科学技術連盟 嘱託  
関西大学 化学生命工学部  
非常勤講師

## 1 はじめに

統計学がブームといわれるほど、企業人はもちろん学生や広く一般の方にも知られるようになって数年になる。最近では、2022年度以降入学の高校生は、数学の一分野として統計学が必修扱いになったという、大学受験生にとっては切実で重要なニュースもあった。

筆者は数学の専門家ではない。もとは鉄鋼技術者・研究者であった。しかし、その業務を遂行する中で「統計的品質管理」に出会い、そのおもしろさ、奥深さ、そして何より実学としての有用性の虜になった。今では、「統計的方法を使った品質管理」を広く多くの方に知っていただけるよう、実践し、教育し、指導することを生業としている。

本講座では、品質管理のための統計的方法について、どのような仕組みになっているのか、どのような場面で使うのか、使えるのか、何が分かるのか、得られた結論の扱い方などをていねいに説明したい。

実際の場面では、手計算や手書きのグラフなどを使われることはまずないであろう。表計算ソフトや各種統計ソフトを活用いただければよい。しかしながら、インプットされたデータをどのように扱っているのか、得られたアウトプットをどう解釈するのかなどを不十分な理解のまま行われるとすれば、せっかくの統計的方法の恩恵が減じてしまうといわざるを得ない。

理解を深めるために必要に応じて例題を挿入している。例題で設定している場面は、本誌の読者の方にはなじみがあるであろう状況を設定した。専門家の方からは、こんなことはしないとか現実的ではないとかのお叱りをいただくかもしれないが、多くの皆さんに統計的方法のご理解を深めるための工夫として、ご容赦いただきたい。

統計的方法は、なにも技術者・研究者のためだけの道具で

はない。職場や学校での問題解決を図ろうとするすべての方に有効なものである。営業や管理間接部門の方々や学生の方にも是非目を通していただければと思う。そういった意味で、多くの初学者のために、統計の初歩から稿を起す。ある程度の知識がある方は、特に前半は復習の意味でお読みいただければ幸いである。

本入門講座は、計8回で構成される。

- 第1回 品質管理の考え方・統計的方法の基礎 (1)
- 第2回 統計的方法の基礎 (2)
- 第3回 検定と推定 (1)
- 第4回 検定と推定 (2)
- 第5回 実験計画法 (1)
- 第6回 実験計画法 (2)
- 第7回 管理図
- 第8回 相関分析・回帰分析

統計的方法につきものの特有の用語や記号・式については、JIS (日本産業規格) をはじめ国内の統計的品質管理に関する書籍などで広く使われているものを採用するようにしたが、一部の書籍とは異なる表記になっているものもある。特に重要なものはその都度詳細に意味や成り立ちを説明しているので、記号や式の意味を理解することに努めてほしい。

## 2 品質管理の考え方

### 2.1 品質管理とは

企業等の組織の目的は、それをとりまく環境のなかで、顧客の要求にあった品質の製品またはサービスを提供し、社会に貢献することにあるといえる。この目的にそって、必要とされる製品またはサービスを適当な価格で提供できるように、企業や組織を運営することが求められている。ここに品質管理の意義があると考えられる。

品質管理の定義としては、「買手の要求に合った品質の品物またはサービスを経済的に作り出すための手段の体系」(旧 JIS Z 8101 : 1981) がある。また、この規格では、品質管理を効果的に実施するために大切なこととして、「市場の調査、研究・開発、製品の企画、設計、生産準備、購買・外注、製造、検査、販売およびアフターサービスならびに財務、人事、教育など企業活動の全段階にわたり、経営者を始め管理者、監督者、作業員など企業の全員の参加と協力が必要である。」とも記載されている。

このようにして実施される品質管理は Total Quality Management (略して TQM) と呼ばれている。

TQM とは、総合的品質管理とも呼ばれ、第二次世界大戦後、我が国の工業を中心に発展してきた品質を中核とする経営管理の方法である。製品の品質向上はもとより、業務の質改善、企業競争力の向上など、わが国産業の発展に大きく貢献してきた。

## 2.2 QC 的ものの見方・考え方

TQM を特徴づけるものとして、「QC 的ものの見方・考え方」がある。主なものを下記に示す。

- 1) 顧客満足、マーケットイン
- 2) プロセス重視
- 3) 再発防止・未然防止
- 4) 重点指向
- 5) 事実に基づく管理 (ファクトコントロール)
- 6) 全部門・全員参加
- 7) 人間性尊重

## 2.3 品質の定義

「品質」とは、「対象に本来備わっている特性の集まりが、要求事項を満たす程度」(JIS Q 9000 : 2015) とされている。日本語の品質は英語の Quality の訳語であるが、“Quality” は「良さ加減」、「よい性質」、「優れた特徴」という意味となる。日本語の品質においても「品 (ひん)」と「質」は同義語でありいずれも Quality に対応するといえる。日本の品質管理の発展に貢献したジュラン博士は、「品質とは、使用目的に対する適合 (fitness for use)」としている。

品質管理ではサービスの質も品質と考える。品質＝品物の質＋サービスの質といえる。サービスの質を主体に品質管理を行う企業、部門としては、

サービス業：輸送、運送、銀行、ホテル、レストラン

公共事業：電力、ガス

事務部門：他の部門へのサービス

などがあげられる。

また、品質管理では Quality (品質) だけでなく、Cost (原

価、価格) と Delivery (納期、生産量) を加えた QCD を広義の品質という。QCD に現場で重視される Safety (安全) を加えて QCDS を広義の品質とする場合もある。

また、製品の品質確保をすべての業務に最優先することを品質第一という。経営を品質第一で進めていけば、消費者の信頼は次第に上昇し、製品の売上は次第に増加し、長期的に見れば大きな利益を得て安定した経営ができるという考え方である。

## 2.4 ねらいの品質とできばえの品質

### 2.4.1 ねらいの品質

お客様の要望 (要求品質) を正しくつかみ、それを実現するための能力も十分考えに入れて、このようなものをつくろうとねらった品質を「ねらいの品質」といい、設計品質ともいわれる。

### 2.4.2 できばえの品質

ねらった品質 (設計品質) をどのくらい忠実に実現できたかという点にかかわる品質を「できばえの品質」といい、製造品質、適合の品質、合致の品質ともいわれる

## 2.5 管理活動

### 2.5.1 維持と改善

組織においては、良い状態を維持し続ける維持活動と、製品やサービスの品質、さらにはそれを生み出す仕事の質を、より良いものに改善していく改善活動の両方が必要である。維持活動と改善活動を合わせて、管理活動という。

維持活動とは、「日常的な活動において、作業標準に従い、現状の維持と再発防止に重点を置いた管理活動」のことをいう。

改善活動とは、「現状での作業における問題点を発見し、より良い作業の状態を生み出す活動」のことをいう。日本で発達した総合的品質管理活動の象徴的言葉で、品質の改善、工程の改善、仕事の改善などを目指す組織的な活動である。組織の従業員全員が参加し、統計的方法や多くの QC 手法を駆使し、QC ストーリーなどの問題解決手順の活用を行うことが特徴である。

### 2.5.2 PDCA と SDCA

PDCA とは、「効果的に効率よく目的を達成するための活動を、計画 (plan)、実施 (do)、点検 (check)、処置 (act) の反復から構成する経営管理の基本的方法」であり、PDCA サイクル、管理のサイクルともいわれる (図 1-1)。デミングが最初に示したサイクルは、設計→製造→検査・販売→サービス・調査という製品プロセスであったが、それが日本の品質管理の専門家によって PDCA としてサイクル化された。

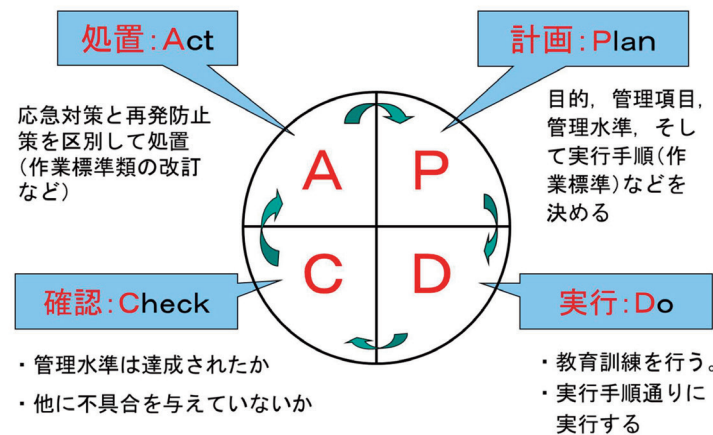


図 1-1 PDCA サイクル (Online version in color.)

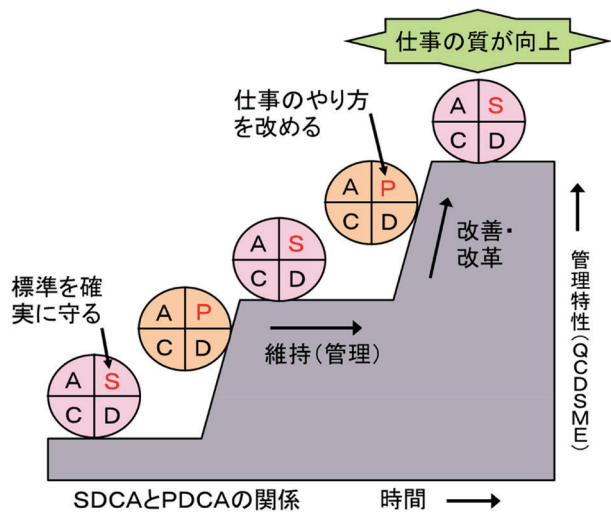


図 1-2 PDCA サイクルと SDCA サイクル (Online version in color.)

SDCAとは、「技術や作業方法が確立している場合に、計画 (Plan) に替えて、その方法を標準 (S:Standard) として与え、その標準どおり仕事を行い、その結果を確認し、これに基づき必要な処理をとる管理のサイクル」である。

図 1-2 に示すように PDCA や SDCA のサイクルを継続的に回すことによって、レベルアップさせていくことが管理活動の真のねらいであり、継続的改善を行っていくことになる。

3 統計的方法の基礎 (1)

3.1 母集団とサンプル

品質管理を行うときに、その対象は何だろう。なにか調べたいというその対象は何だろう。

今日、製造した製品の品質がよければ、それでよしというわけではない。私たちの活動は空間的にも時間的にもかなり

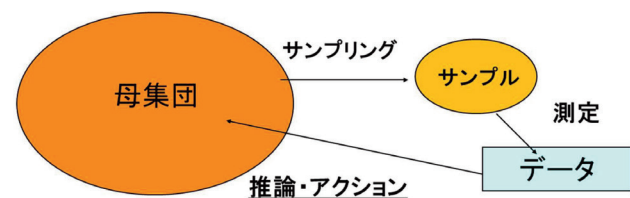


図 1-3 母集団とサンプルの関係 (Online version in color.)

の拡がりをもって行われるものである。したがって、明日、製造される製品、いや来月、製造される製品の品質も大変重要である。すなわち製品を製造する工程そのものが管理の対象となると考える。

世論調査というものがある。例えば、時の内閣の支持率というような調査がしばしば行われる。世論調査の対象は、例えば「全国の有権者」という無数で永続的ともいえる集まりを対象にしている。それに対し今回たまたまアンケートを依頼された人は、「全国の有権者」の代表で、いわば「標本」ということになる。

このように品質管理でも、管理の対象となる調べたいものとその情報を得るために調べるものを区別して考える必要がある。調査や管理の対象となる集団を母集団、母集団の情報を得るために調べるものをサンプル (標本) とよぶ。

私たちはサンプルをとって特性を測定しデータを得る。その目的はサンプルに対して処置をすることではなく、その背後にある母集団に関する情報を得て、処置を行うことにある。母集団とサンプルの関係を図 1-3 に示す。

このようにサンプルによって母集団を推測するということだが、統計的方法の基本であり、このことが、統計的方法の便利さ、複雑さ、そして面白さをもたらしているのである。

管理や調査の対象になる母集団の情報を正しく得るため

には、それらを正しく代表するサンプルをとらなければならない。このためにランダムサンプリングという方法が用いられる。ランダムサンプリングとは、「でたらめに」とか「適当に」サンプリングを行うことではない。母集団を構成する要素が、「すべて同じ確率でサンプルとなるようサンプリングすること」である。例えば、製品100本が1箱に入っているとす。この中から5本をサンプリングする場合を考える。「適当に」サンプリングを行うと、箱のなかの取りやすい場所にあるびんが選ばれることが多くなるだろう。上下二段に詰めてあるようなときには、下段からサンプリングをされることは少ないであろう。このような、サンプリングのかたよりを防ぐにはランダムサンプリングが必要である。具体的な手順としては、あらかじめサンプリングの対象となるものすべてに番号をつけておき、乱数表や関数電卓などで発生させた乱数で得られた数の番号に当たったものをサンプルとして採取する。

サンプルのとり方をいかに工夫しても、採取するたびにサンプルは異なるのでサンプル間のばらつきが生ずる。また、サンプルの特性を測定する場合も、測定ごとに同じデータがでるとは限らず測定のためばらつきが生ずる。このようなばらつきについて、サンプル間のばらつきをサンプリング誤差、測定のためばらつきを測定誤差とよぶ。

### 3.2 確率変数と確率分布

母集団からサンプルをとるたびに、そのサンプルは異なり、値はばらつく。では同じ母集団からとられたデータの一つひとつやその全体の様子にはなにか性質や規則のようなものはないのだろうか。

統計では、これらを確率変数とその分布である確率分布とよぶ。確率変数とは、「とってみないとわからない、とるたびに異なる値のこと」、分布は、「ばらつきを持った集団の姿形」のことである。したがって確率分布は、「確率変数の集団としての性質や規則性を示すもの」ということになる。

#### 3.2.1 連続型確率変数

質量、長さ、強度、時間などのように「はかる」量を計量値という。計量値はどこまでも細かく測定できるので、取り得る値が連続的であると考えられる。このような場合に用いられる確率変数を連続型確率変数といい、その分布を連続分布という。計量値の分布の代表的なものが正規分布である。

連続分布は確率密度関数  $f(x)$  を用いて表現され、以下のような性質がある。

- 1)  $f(x) \geq 0$

確率は負の値をとらない

- 2) ある区間  $(a, b)$  にデータが入る確率を  $\Pr(a < x \leq b)$  と

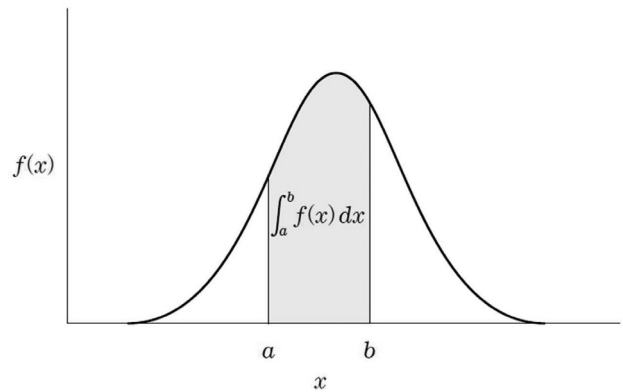


図 1-4 連続分布

すれば、

$$\Pr(a < x \leq b) = \int_a^b f(x) dx$$

確率密度関数を積分することにより確率変数  $X$  が

$a < x \leq b$  となる確率を求める

- 3)  $\int_{-\infty}^{\infty} f(x) dx = 1$

$X$  の取り得る値の範囲の全体での確率は1である

#### 3.2.2 離散型確率変数

不適合品数(不良個数)、不適合品率(不良率)、不適合数(欠点数)などのように「かぞえる」量を計数値という。計数値は計量値と異なり離散的な値をとる。このような場合に用いられる確率変数を離散型確率変数といい、その分布を離散分布という。計数値の分布の代表的なものに二項分布、ポアソン分布がある。

離散分布は、確率関数  $p_i$  を用いて表現され、以下のような性質がある。

- 1)  $p_i \geq 0, i = 1, 2, \dots$

確率は負の値をとらない

- 2) 確率変数  $X$  が、 $x_i$  となる確率を  $P_i$  とすれば、

$$p_i = \Pr(X = x_i), i = 1, 2, \dots$$

- 3)  $\sum_i p_i = 1$

$X$  の取り得る値の範囲の全体での確率は1である

### 3.3 期待値と分散

期待値と分散は、統計的手法で必ず用いられる基本的な概念であり、確率分布においてはその分布の特徴を示す。これらの量を求めておけば、分布のおおよその様子をあらわすことができる。確率分布の中心を示すものが期待値(平均)  $E(X)$  であり、確率分布のばらつきを示すものが分散  $V(X)$  である。

### 3.3.1 期待値

確率変数の期待値は確率変数の平均値と解釈できる。一般に母平均とよび、 $\mu$ で表す。

#### (1) 連続型確率変数の場合

品質特性が計量値である連続型確率変数の場合の期待値(平均)  $E(X)$  は以下のように求められる。

$$E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} xf(x)dx = \mu$$

同様に確率変数  $X$  の関数  $g(X)$  の期待値も

$$E\{g(X)\} = \int_{-\infty}^{\infty} g(x)f(x)dx$$

となる。

#### (2) 離散型確率変数の場合

品質特性が計数値である離散型確率変数の場合の期待値(平均)  $E(X)$  は以下のように求められる。

$$E(X) = \sum_{i=1} x_i p_i$$

同様に確率変数  $X$  の関数  $g(X)$  の期待値も

$$E\{g(X)\} = \sum_{i=1} g(x_i) p_i$$

となる。

#### (3) 期待値の性質

期待値には下記の性質があり極めて重要である。

$X, Y$  を確率変数、 $a, b$  を定数とすると、

$$E(aX + b) = aE(X) + b$$

$$E(aX + bY) = aE(X) + bE(Y)$$

が成立する。すなわち、

- ・ 確率変数を定数倍したものの期待値は、もとの期待値の定数倍
- ・ 確率変数に定数を加減したものの期待値は、もとの期待値に定数を加減する
- ・ 確率変数の和(差)の期待値は、それぞれの期待値の和(差)になる

となる。

### 3.3.2 分散

#### (1) 分散

分布のばらつきをあらわすものが分散である。ばらつきは期待値  $\mu$  からの偏差  $(X - \mu)$  を調べればよいが、 $(X - \mu)$  の期待値は常に0になってしまうので、偏差を2乗したものの期待値を  $X$  の分散として  $V(X)$  とあらわす。一般に確率変数の分散を母分散とよび  $\sigma^2$  であらわす。

$$V(X) = E\{(X - \mu)^2\} = \sigma^2$$

また、

$$V(X) = E\{(X - \mu)^2\} = E(X^2) - \mu^2$$

と変形し分散の計算を行うことも多い。

#### (2) 標準偏差

分散は元のデータの単位の2乗となっているため、元の単位に戻すために平方根をとる。これを標準偏差といい、 $D(X)$  であらわす。確率変数の標準偏差を母標準偏差とよび、 $\sigma$  であらわす。

$$D(X) = \sqrt{V(X)} = \sqrt{E\{(X - \mu)^2\}} = \sigma$$

#### (3) 共分散

2つの確率変数の関係をあらわす量に共分散がある。共分散  $Cov(X, Y)$  は2つの確率変数  $X, Y$  の偏差の積の期待値である。

$$Cov(X, Y) = E\{(X - \mu_X)(Y - \mu_Y)\}$$

また、

$$Cov(X, Y) = E(XY) - \mu_X \mu_Y$$

と変形し用いられることも多い。

共分散は、2つの確率変数が互いに独立ならば0になる。ここで、独立とは、互いに影響しないことである。

#### (4) 分散の性質

分散には下記の性質がある。

$X, Y$  を確率変数、 $a, b$  を定数とすると、

$$V(aX + b) = a^2 V(X)$$

が成立する。すなわち分散は、期待値の場合と異なり、確率変数  $X$  に定数を加えても変わらない。また、分散は元の単位の2乗の単位となっているので、倍率が2乗で効いてくることに注意する。

さらに、確率変数の和の分散は

$$V(aX + bY) = a^2 V(X) + b^2 V(Y) + 2ab Cov(X, Y)$$

となる。とくに  $X$  と  $Y$  が互いに独立であれば、 $Cov(X, Y) = 0$  なので、

$$V(aX + bY) = a^2 V(X) + b^2 V(Y)$$

となる。この式から、分散は  $X, Y$  が互いに独立な確率変数の場合には、

$$V(X + Y) = V(X) + V(Y)$$

$$V(X - Y) = V(X) + V(Y)$$

が成り立つ。

確率変数の和の分散はそれぞれの確率変数の分散の和に、確率変数の差の分散もそれぞれの確率変数の分散の和になるのである。これを分散の加法性といい極めて重要な性質である。

る。 $X, Y$ が互いに独立でない場合は、

$$V(X+Y) = V(X) + V(Y) + 2Cov(X, Y)$$

$$V(X-Y) = V(X) + V(Y) - 2Cov(X, Y)$$

となり、共分散  $Cov(X, Y)$  の項があるため、分散の加法性は成り立たない。

共分散は正、負いずれの場合もあるので、互いに独立な場合に比べて、確率変数の和の分散は大きくなることも小さくなることもある。

分散の性質をまとめると、

- ・ 確率変数を定数倍したものの分散は、もとの分散に定数の2乗をかける
  - ・ 確率変数に定数を加減したものの分散は、もとの分散と変わらない
  - ・ 独立な確率変数の和 (差) の分散は、それぞれの分散の和 (常に和) になる
- となる。

### 3.4 母集団の分布

管理や調査の対象となる母集団は均一ではないが、確率分布の考えをとり入れれば、なにか特徴や規則性のようなものが見えてきそうである。

そのためには、母集団の中心の位置 (期待値・平均) と、そ

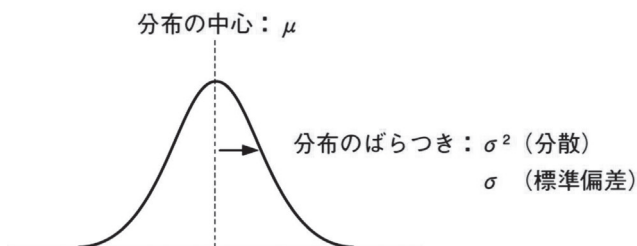


図 1-5 正規分布の中心とばらつき

のばらつき具合 (ばらつき、分散) を推測することが品質管理では極めて重要である。

母集団の期待値を母平均、分散を母分散とよび、ともに母数という。

#### 3.4.1 計量値の分布

##### (1) 正規分布

計量値の分布として最も重要で、一般的なのが正規分布である。正規分布は左右対称のひと山のベル形 (富士山形) の分布を示す。

正規分布の確率密度関数  $f(x)$  は以下のようになり、定数  $\mu$  と  $\sigma$  によって分布の形が定まることがわかる。

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

正規分布の期待値 (平均) と分散は、

$$E(X) = \mu$$

$$V(X) = \sigma^2$$

となり、平均  $\mu$ 、分散  $\sigma^2$  (標準偏差  $\sigma$ ) の確率分布である。

正規分布は  $N(\mu, \sigma^2)$  と表現される。

##### (2) 標準正規分布

確率変数  $X$  が  $N(\mu, \sigma^2)$  に従うとき、 $X$  を  $U = \frac{X-\mu}{\sigma}$  と変換すると、確率変数  $U$  は  $N(0, 1^2)$  に従う。この  $X$  を  $U$  に変換することを標準化 (規格化) といい、 $\mu$  を原点 0 とおき、 $\sigma$  単位で目盛りをふる操作をしていることになる。

正規分布は  $\mu$  と  $\sigma$  の組合せによって分布が無数にあるが、標準化を行うことによってすべての正規分布は、 $\mu, \sigma$  に無関係な正規分布に変換される。この正規分布を、標準正規分布といい  $N(0, 1^2)$  であらわす。

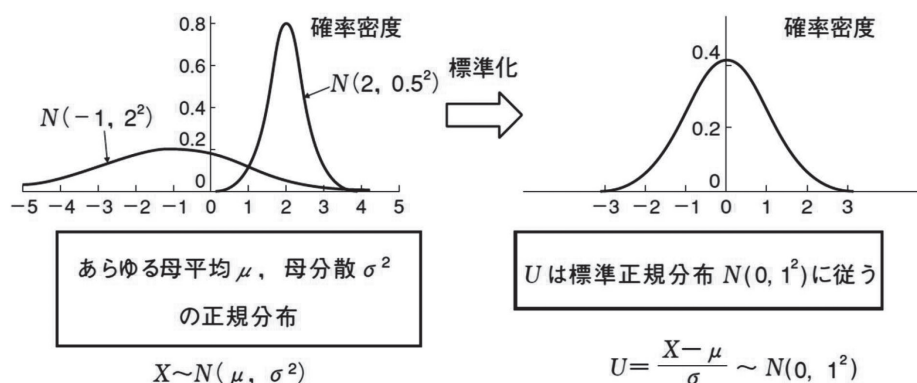


図 1-6 標準正規分布

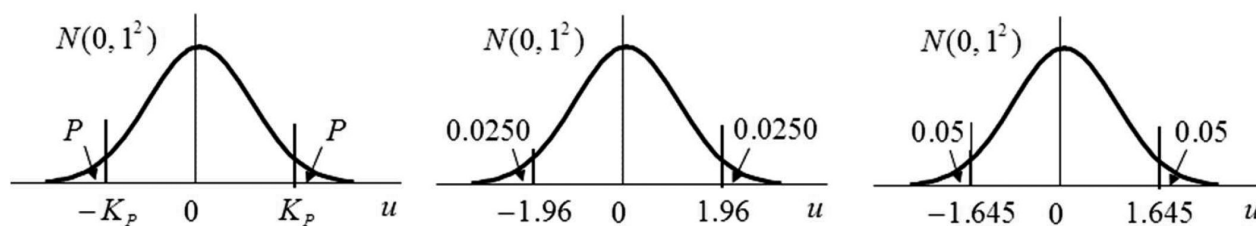


図1-7 正規分布表 (I) (II)

## 【参考】

標準化については、期待値と分散の性質を用いて下記のように説明できる。

確率変数  $X$  の期待値は  $E(X) = \mu$ 、分散は  $V(X) = \sigma^2$  ので、 $U$  の式を  $U = \frac{X - \mu}{\sigma} = \frac{1}{\sigma} X - \frac{\mu}{\sigma}$  と変形すると、確率変数  $U$  の期待値と分散は、

$$E(U) = \frac{1}{\sigma} E(X) - \frac{\mu}{\sigma} = \frac{\mu}{\sigma} - \frac{\mu}{\sigma} = 0$$

$$V(U) = \frac{1}{\sigma^2} V(X) = \frac{\sigma^2}{\sigma^2} = 1^2$$

となる。

## (3) 正規分布表

標準正規分布において、標準化された確率変数  $U$  がある値以上となる確率（上側確率）が  $P$  である値を  $K_p$  として、 $K_p$  と  $P$  の関係を表にしたものが正規分布表 (I) (II) (付表1) である。これらの表を用いて任意の正規分布について確率を求めることができる。

## (4) 正規分布表の見方

正規分布表には、「 $K_p$  から  $P$  を求める表」、「 $P$  から  $K_p$  を求める表」などがある。いずれも  $K_p \geq 0$  の範囲しか記載がないが、標準正規分布は  $u = 0$  に対して左右対称なので、下側確率（確率変数がある値以下となる確率） $P$  に対応する値は  $-K_p$  と求める。

①【正規分布表 (I)  $K_p$  から  $P$  を求める表】

表の左の見出しは、 $K_p$  の値の小数点以下1桁目までの数値を表し、表の上の見出しは、小数点以下2桁目の数値を表す。表中の値は  $P$  の値を表す。例えば、 $K_p = 1.96$  に対応する  $P$  の値は、表の左の見出しの1.9\*と、表の上の見出しの6が交差するところの値0.0250を読み、 $P = 0.0250$  と求める。

②【正規分布表 (II)  $P$  から  $K_p$  を求める表】

表の左の見出しは、 $P$  の値の小数点以下1桁目または2桁目までの数値を表し、表の上の見出しは、小数点以下2桁目または3桁目の数値を表す。表中の値は  $K_p$  の値を表す。例えば、 $P = 0.05$  に対応する  $K_p$  は、表の左の見出しの0.0\*と、表の上の見出しの5が交差するところの値1.645を読み、 $K_p = 1.645$  と求める。

この表では、 $P = 0.025$  の値を読むことはできないので、正

規分布表 (I) を用いて、①で示した逆の手順により、 $P = 0.0250$  に対応する  $K_p$  の値を、 $K_p = 1.96$  と求める。

## (5) 正規分布の確率

確率変数の値  $x$  からその上側確率  $P$  を求めるには、 $u = (x - \mu) / \sigma$  によって標準正規分布に変換し、正規分布表 (I) の  $K_p = u$  から上側確率  $P$  を求める。

また、上側確率  $P$  から確率変数の値  $x$  を求めるには、正規分布表 (II) の上側確率  $P$  から  $K_p = u$  を求め、 $x = \mu + u \sigma$  によってもとの分布に変換する。

## 3.4.2 計数値の分布

## (1) 二項分布

計数値である不適合品率や不適合品数は、二項分布に従う。母不適合品率  $P$  の工程からサンプルを  $n$  個ランダムに抜き取ったとき、サンプル中に不適合品が  $x$  個ある確率  $P_x$  は、

$$P_x = {}_n C_x P^x (1-P)^{n-x} = \frac{n!}{x!(n-x)!} P^x (1-P)^{n-x}$$

となる。二項分布の期待値（平均）と分散は、

$$E(X) = nP$$

$$V(X) = nP(1-P)$$

となる。

## (2) ポアソン分布

二項分布において、 $nP = m$  を一定にしてサンプルの大きさ  $n$  を無限大にしたときの分布をポアソン分布という。一定の大きさの製品中に見られる不適合数や1日あたりの事故件数などがポアソン分布に従う。ポアソン分布の確率は、

$$P_x = e^{-m} \frac{m^x}{x!} (x = 0, 1, 2, \dots; m > 0)$$

となる。ポアソン分布の期待値（平均）と分散は、

$$E(X) = m$$

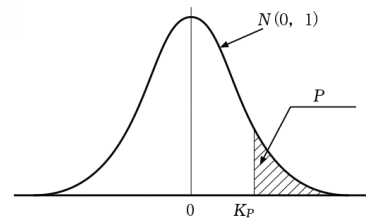
$$V(X) = m$$

となる。

(次号 Vol.28 No.6 に続く)

(2023年1月19日受付)

付表 1 正規分布表

(I)  $K_p$  から  $P$  を求める表

| $K_p$ | $z=0$    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.0*  | .5000    | .4960 | .4920 | .4880 | .4840 | .4801 | .4761 | .4721 | .4681 | .4641 |
| 0.1*  | .4602    | .4562 | .4522 | .4483 | .4443 | .4404 | .4364 | .4325 | .4286 | .4247 |
| 0.2*  | .4207    | .4168 | .4129 | .4090 | .4052 | .4013 | .3974 | .3936 | .3897 | .3859 |
| 0.3*  | .3821    | .3783 | .3745 | .3707 | .3669 | .3632 | .3594 | .3557 | .3520 | .3483 |
| 0.4*  | .3446    | .3409 | .3372 | .3336 | .3300 | .3264 | .3228 | .3192 | .3156 | .3121 |
| 0.5*  | .3085    | .3050 | .3015 | .2981 | .2946 | .2912 | .2877 | .2843 | .2810 | .2776 |
| 0.6*  | .2743    | .2709 | .2676 | .2643 | .2611 | .2578 | .2546 | .2514 | .2483 | .2451 |
| 0.7*  | .2420    | .2389 | .2358 | .2327 | .2296 | .2266 | .2236 | .2206 | .2177 | .2148 |
| 0.8*  | .2119    | .2090 | .2061 | .2033 | .2005 | .1977 | .1949 | .1922 | .1894 | .1867 |
| 0.9*  | .1841    | .1814 | .1788 | .1762 | .1736 | .1711 | .1685 | .1660 | .1635 | .1611 |
| 1.0*  | .1587    | .1562 | .1539 | .1515 | .1492 | .1469 | .1446 | .1423 | .1401 | .1379 |
| 1.1*  | .1357    | .1335 | .1314 | .1292 | .1271 | .1251 | .1230 | .1210 | .1190 | .1170 |
| 1.2*  | .1151    | .1131 | .1112 | .1093 | .1075 | .1056 | .1038 | .1020 | .1003 | .0985 |
| 1.3*  | .0968    | .0951 | .0934 | .0918 | .0901 | .0885 | .0869 | .0853 | .0838 | .0823 |
| 1.4*  | .0808    | .0793 | .0778 | .0764 | .0749 | .0735 | .0721 | .0708 | .0694 | .0681 |
| 1.5*  | .0668    | .0655 | .0643 | .0630 | .0618 | .0606 | .0594 | .0582 | .0571 | .0559 |
| 1.6*  | .0548    | .0537 | .0526 | .0516 | .0505 | .0495 | .0485 | .0475 | .0465 | .0455 |
| 1.7*  | .0446    | .0436 | .0427 | .0418 | .0409 | .0401 | .0392 | .0384 | .0375 | .0367 |
| 1.8*  | .0359    | .0351 | .0344 | .0336 | .0329 | .0322 | .0314 | .0307 | .0301 | .0294 |
| 1.9*  | .0287    | .0281 | .0274 | .0268 | .0262 | .0256 | .0250 | .0244 | .0239 | .0233 |
| 2.0*  | .0228    | .0222 | .0217 | .0212 | .0207 | .0202 | .0197 | .0192 | .0188 | .0183 |
| 2.1*  | .0179    | .0174 | .0170 | .0166 | .0162 | .0158 | .0154 | .0150 | .0146 | .0143 |
| 2.2*  | .0139    | .0136 | .0132 | .0129 | .0125 | .0122 | .0119 | .0116 | .0113 | .0110 |
| 2.3*  | .0107    | .0104 | .0102 | .0099 | .0096 | .0094 | .0091 | .0089 | .0087 | .0084 |
| 2.4*  | .0082    | .0080 | .0078 | .0075 | .0073 | .0071 | .0069 | .0068 | .0066 | .0064 |
| 2.5*  | .0062    | .0060 | .0059 | .0057 | .0055 | .0054 | .0052 | .0051 | .0049 | .0048 |
| 2.6*  | .0047    | .0045 | .0044 | .0043 | .0041 | .0040 | .0039 | .0038 | .0037 | .0036 |
| 2.7*  | .0035    | .0034 | .0033 | .0032 | .0031 | .0030 | .0029 | .0028 | .0027 | .0026 |
| 2.8*  | .0026    | .0025 | .0024 | .0023 | .0023 | .0022 | .0021 | .0021 | .0020 | .0019 |
| 2.9*  | .0019    | .0018 | .0018 | .0017 | .0016 | .0016 | .0015 | .0015 | .0014 | .0014 |
| 3.0*  | .0013    | .0013 | .0013 | .0012 | .0012 | .0011 | .0011 | .0011 | .0010 | .0010 |
| 3.5   | .2326E-3 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 4.0   | .3167E-4 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 4.5   | .3398E-5 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5.0   | .2867E-6 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5.5   | .1899E-7 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

(II)  $P$  から  $K_p$  を求める表

| $P$   | $z=0$    | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0.00* | $\infty$ | 3.090 | 2.878 | 2.748 | 2.652 | 2.576 | 2.512 | 2.457 | 2.409 | 2.366 |
| 0.0*  | $\infty$ | 2.326 | 2.054 | 1.881 | 1.751 | 1.645 | 1.555 | 1.476 | 1.405 | 1.341 |
| 0.1*  | 1.282    | 1.227 | 1.175 | 1.126 | 1.080 | 1.036 | .994  | .954  | .915  | .878  |
| 0.2*  | .842     | .806  | .772  | .739  | .706  | .674  | .643  | .613  | .583  | .553  |
| 0.3*  | .524     | .496  | .468  | .440  | .412  | .385  | .358  | .332  | .305  | .279  |
| 0.4*  | .253     | .228  | .202  | .176  | .151  | .126  | .100  | .075  | .050  | .025  |

出典：森口繁一，日科技連数値表委員会編，『新編 日科技連数値表—第2版』，日科技連出版社，2009年。