

二変量標準偏差の考え方

測量における標準偏差は測量精度を表す指標です 数値が小さければ「精度が高い」と言い 数値が大きければ「精度が悪い」と言います 「精度が高い」ということイコール「公差に対して合格」ということではありません

その測量に対する公差が決められていなければなりません これは国土調査法施行令別表 4 にあります 最近都市部の地図は精度区分甲 1 が採用されています 公差は 60mm 平均二乗偏差は 20mm と決められています

品質管理では公差と公差に対する不良率で管理するものですが不良率の取り決めがなく平均二乗偏差となっています 国土調査法の施工が昭和 27 年です この年度から考えれば二変量の不良率管理は無理があったのでしょう

そこで不良率に代わる指標として平均二乗偏差を考えたと考えられます

平均二乗偏差誤差の式はベクトル（距離と方向角）の中から距離だけを取り出して計算する式です

これを解釈すればベクトル値の距離を分解して X 軸と Y 軸方向の値が同じとすれば甲 1 では $\sqrt{(20^2 / 200)} = \sqrt{2} \quad 60 / \sqrt{200} = 4.2426$ で標準偏差 4.2426σ になる 端数を切り捨てて 4 とし 4σ の二変量確率を求めると 0.999665 (99.9665% 不良率は 0.000335 0.0335%) なる

4σ というのは戦後アメリカから入ってきた品質管理の 4σ 法の指標で私が会社員の頃（昭和 40 年～50 年）まで使われていた 現場では CP とか CPK で管理していた その後 6σ 法に進歩したという話は聞いたが今はどうなのだろうか（このことは置いておいて）

一変量の標準偏差の計算式は専門家が解説しているのでそちらを参考にしてください

座標値 = X Y の二変量です 二変量の標準偏差の式です

本来の座標値（図面值としておきます）と実際に測量して得られた座標値（実測値としておきます） それぞれ X Y の図面值－実測値の差（ $\Delta x \cdot \Delta y$ ）を求めます

Δx と Δy から標準偏差を求めます

実務上では標準偏差は二つの種類がありそれぞれを使い分けます

標準偏差の式にあるデータ数の扱いです n (データ数) で割る STDEVP
(STDEV・P) と $n-1$ で割る STDEV (STDEV・S) があります Excel 関数です

使い分けですが 集団 (母集団) からランダムに抜き取り 抜き取った標本から標準偏差を計算する場合は STDEV を使う

集団の一部を対象にする場合は STDEVP を使う

JIS (日本工業規格) では STDEV を使っています 理由は抜き取り検査から製品の良否を判断することが前提にあるからと考えられます

ここでは土地の境界測量に限定して考える

土地の境界測量には国土調査などでは区域全体からいくつかの境界点をランダムに抜き取り精度を確認する

この場合は STDEV を使うのが通常である この結果から判断するには公差と不良率の限界が決められていなければ良否の判断はできないが昭和 27 年から進歩していない基準をそのまま使うのであれが 4σ 法による不良率 0.0335% を使い 以上であれば全体が不良とするという考えになるのだろう

測量計算技術 測量機器が進歩した現代でもこの基準で行くのかえと皮肉も言いたくなる

平均二乗偏差を標準偏差として解説している書籍がありますがこれは間違いです (はっきり言いすぎると批判される時代は過ぎています)

国土調査法の考え方云々はここでは関係ないのでこれ以上しないでおく

二変量標準偏差について話題を戻して

測量は座標値という変数を使う 変数は X Y の二つである X Y には X が増えれば Y も増えるとか X が減少すれば Y も減少するという関係がない

幾つかのデータを塊りと捉えれば分布の状態から相関関係は存在する

二変量の分布は楕円な山形の立体的な分布である 一変量の標準偏差は平面的な山型の分布である 土地の境界測量をする資格者なら知っておく必要がある

標準偏差の式ですが一変量も二変量も原則は同じです STDEVP (Excel2010 から STDEV・P) を使うか STDEV (Excel2010 から STDEV・S) を使うのか

国土調査法施行令別表 4 のような場合 母集団からランダムに抜き取った値で計算する場合は STDEV (STDEV・S) で特定の範囲のデータから計算する場合は STDEVP (STDEV・P) です したがって境界復元を目的にする場合は STDEVP (STDEV・P) です

標準偏差 「s」は STDEV (STDEV・S) 「σ」は STDEVP (STDEV・P) です 使い分けます 標準偏差 s とか標準偏差 σ とか表記すれば間違いが起きません

二変量標準偏差の式で標準偏差 σ STDEVP (STDEV・P) です

△x から STDEVP 関数を使って σ x を △y から σ y をもとめます 二変量のデータではこのほかに相関係数が必要です Excel 関数 CORREL から相関係数を求めます (相関係数を ρ とします)

二変量の標準偏差 σ は ()

$$\sigma = \sqrt{(\sigma x^2/2 + \sigma y^2/2 + \text{ABS}(\rho) * \sigma x * \sigma y)}$$
 です (意外と簡単 標準偏差 s は sx sy を使う)

標準偏差の目安を大まかな目安で見れば

精度区分甲 1 の国土調査図 法 1 4 条地図であれば平均二乗誤差 20mm の二乗の二分の 1 から 14.1421mm として準拠点選択をせずに二変量標準偏差で 3.5mm 以下 (14.1421 の 4 分 1) 分布中心の △Xavg・△Yavg もそれぞれ 3.5mm で二変量標準偏差 △Xavg △Yavg の三要素が 3.5mm 以下が最低条件でしょう

最近の TS であれば 2.4mm 以下 (14.1421 の 6 分 1) が最低条件でしょう

この目安を超えるなら実測値側に問題がないか検証するか してもらう必要があります

不良率を計算すればわかります

20250225 作成 小野孝治