資料５

品質管理分野テキスト

品質管理を導入した訓練技法開発 (ものづくり間接支援による)

１． はじめに
２． カン・コツの客観的表現
３． 専門技術の客観的判断
４． 事例演習
５． 組み込み事例立案
６． まとめ

生産管理系

SYOKUGYODAI
職業能力開発総合大学校 POLYTECHNIC UNIVERSITY
職業能力開発総合大学校

Mar, 5, 2014

1

研修スケジュール

1日目	2日目
1. はじめに 1．1　本研修のねらい 2．2　スケジュールと到達目標 2. カン･コツの客観的表現 2．1　データの取り方 2．2　データのまとめ方 2．3　正確さ･安定性の表し方	4. 事例演習 4．1　旋削技能の評価 4．2　溶接ビードの評価 4．3　測定器の選定 4．4　CAEの使い方 5. 組み込み事例立案 5．1　班分けと適用テーマ立案 5．2　グループ活動
3. 専門技術の客観的判断 3．1　1つの条件の利き具合 3．2　2つの条件はどちらが利くか 3．3　現場で再現させるには	5．2　グループ活動（続き） 6. まとめ 6．1　成果発表と質疑応答 6．2　まとめ

品質管理を専門としない指導員が、担当するものづくり系教科を指導する際に、品質管理の基礎的な概念を導入するための教授方法を学ぶ

2014/03/05

2

品質管理

2. カン・コツの客観的表現

生産管理系

横川 慎二

SYOKUGYO DAI
職業能力開発総合大学校 POLYTECHNIC UNIVERSITY

職業能力開発総合大学校

3

問題解決力の必要性

2011年度にアメリカの小学校に入学した子どもたちの65%は、大学卒業時に今は存在していない職業に就くだろう.

Fully 65 percent of today's grade-school kids may end up doing work that hasn't been invented yet.

Cathy N. Davidson, New York Times, Aug. 7, 2011.

今は存在していない職業（スキル）にどう備えるか？
（ワークスキル）＝（ハードスキル）＋（ソフトスキル）

4

21世紀型ソフトスキル

渡辺, 椿編著,「問題解決力としての統計学」(2012).

1) 思考の方法

創造性と革新性、批判的思考・問題解決・意思決定、学習能力、課題発見力.

2) 仕事の方法

コミュニケーション、コラボレーション、チームワーク、情報伝達スキル.

3) 学習ツール

情報リテラシー、メディアリテラシー、情報コミュニケーション技術(ICT).

4) 社会生活

社会的責任と多様な文化的差異の認識および需要能力、自己規律力、責任感.

5

統計的品質管理の必要性

❖ 思考の方法･仕事の方法

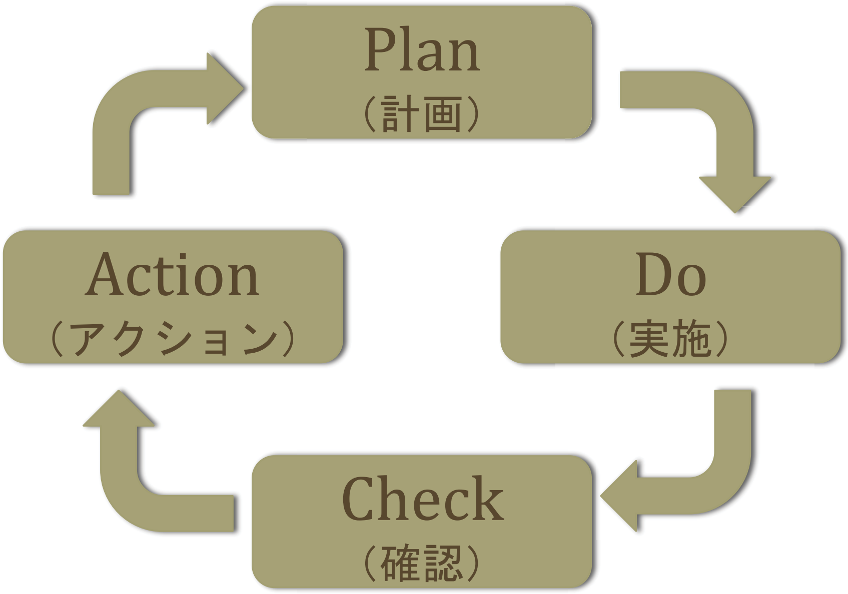
1. ユーザーの課題を解決する=「魅力的品質」。
2. 新たな技術や改善を実現する道筋を、自ら構築して遂行する。

⇒21世紀型ソフトスキルの中核となる問題解決の考え方や具体的な教育方法は、日本型の統計的品質管理(SQC)的問題解決に基づくものである(SCAN report; 米国政府レポート).

統計的品質管理をハードスキル訓練に取り込むことにより統計リテラシー向上が期待される。

6

問題解決の基本プロセス　PDCA



シックスシグマのDMAIC（Define, Measure, Analyze, Improve, Control）など、同様なサイクル方式の問題解決プロセスが提唱されている。

7

ニュージーランドの問題解決教育

Census At School in New Zealand (2008). “Data detective Poster”.

毎学年、数学の学習時間の1/3が統計教育に割り当てられ、「統計的問題解決」「統計リテラシー」「確率」の3項目が教えられる。

8

日本における統計教育の現状

- 経済成長の過程で、統計教育重視のコンセンサスが徐々に失われる（国家戦略として統計教育を進める海外と逆）。
- 1998, 1999年の小中高の学習指導要領では、義務教育課程での統計学習内容は平均値の計算の仕方のみ。
- 中学での統計内容は全て削除。
- 高校の数学IIBの選択領域に、度数分布・散布図などが移行されるも、選択率は数％以下。
- 大学に統計学部・学科は一つもない（米国約300、韓国約60、中国約160）。
- 新学習指導要領（2008, 2009）にて、活用を謳った統計内容の大幅な拡充と必修化。

米中日の統計教育の比較(2007)

国		年齢 5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		初等教育							中等教育前半			
アメリカ（米）	統計グラフ・表・図	絵（スケール含む）・タリー・棒・ラインプロット（×を積み上げる）			絵（スケール含む）・タリー・棒・ラインプロット（×を積み上げる）・線				ヒストグラム・箱ひげ・散布図		平行箱ひげ図	
	基本統計量	最大（最頻値）			外れ値・範囲・最頻値・中央値・平均				平均・四分位範囲・散らばり・関係/直線		相関係数・回帰式	
中国（中）	統計グラフ・表・図		絵	棒	積み上げ棒	線（時系列）量的データの絵	円	層別棒、層別線、層別ヒストグラム				
	基本統計量					平均	中央値		母集団とサンプル、最大・最小値、範囲、平均・中央・最頻値	分散・標準偏差	平均値・度数表	
日本（日）	統計グラフ・表・図				棒	折れ線	円・帯					
	基本統計量							平均				

日本統計学会・統計教育委員会「初等・中等数学教育における統計教育カリキュラムの国際比較～先進諸国のカリキュラムの達成目標と学習内容～」、電気通信大学・システム工学科・鈴木和幸教授ご提供資料、二宮, "中国の初等・中等数学教育における統計教育カリキュラム", 数学教育の会2007年夏の集会資料、などから作成. 2007年現在のデータのため、その後変更の可能性あり.

統計教育におけるPPDACサイクル

- Problemのステップで、問題を理解し、どうやって解決するかを考える。
- Planのステップで、何をどういう方法で測定・観測し、記録するかを考える。
- Dataのステップで、データを集め、整理する。
- Analysisのステップで、データを分類、統計表、グラフを作成し、傾向を読み取り、仮説をたてる。
- Conclusionのステップで、分析結果を解釈し、結論を出して、それを説明する。

11

日本型QCストーリー・ステップ1

① テーマの選定

テーマ（何をやるか）を明確にする。

背景／経緯を確認し、何故そのテーマを選定する意義があるのかを確認することが重要。

到達する「目標」を明示し、共有する。

12

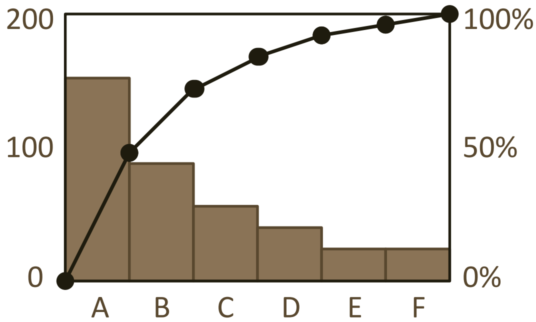
日本型QCストーリー・ステップ2

② 現状の把握と目標の設定

- ✓ データを取るための手法
- ✓ 問題点を層別し、絞り込む手法
- ✓ 問題点の全体像を理解する手法

	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat	Sat
A	¥¥¥ ¥	¥¥¥	¥¥	¥		¥	¥¥
B	¥	¥		¥¥	¥¥¥		¥
C	¥¥¥	¥	¥¥		¥	¥¥	
D	¥		¥	¥¥		¥¥	¥¥¥ ¥

チェックシート（データの収集）



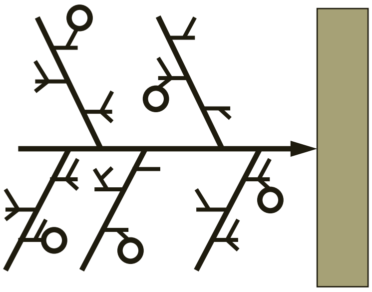
パレート図（重要度の確認）

13

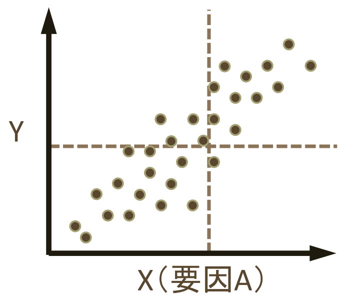
日本型QCストーリー・ステップ3

③ 要因の解析

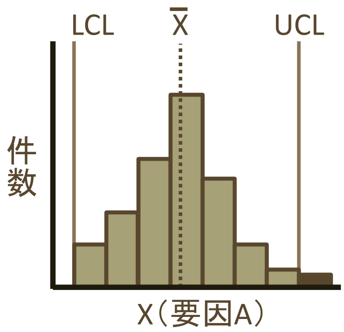
- ✓ 「仮説発想」と「仮説検証」のサブステップ
- ✓ 要因＝原因ではないかと考えられる候補
- ✓ 原因＝事実によって確認された要因



特性要因図（仮説発想）



散布図（仮説検証）



ヒストグラム（仮説検証）

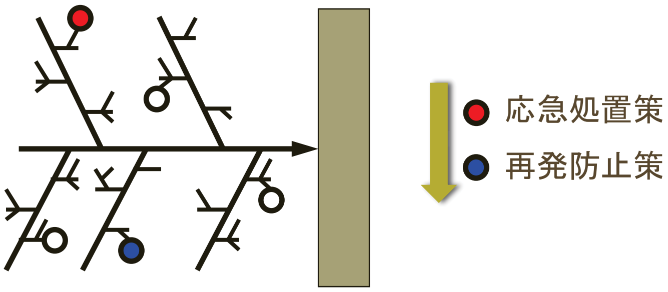
14

日本型QCストーリー・ステップ4

④ 対策の検討と実施

有効性・効率・経済性などの評価を加えてから、
実際に実行する対策を選定、実施する。

- ✓ 「短期的対策」と「中長期的対策」
- ✓ 「応急処置策」と「再発防止策」



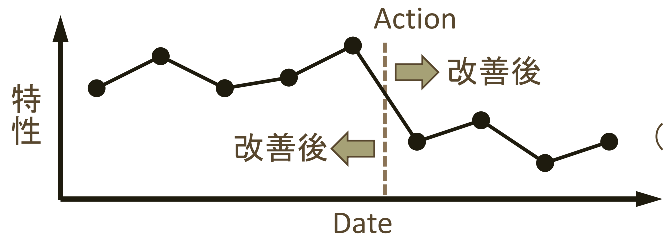
特性要因図（プライオリティの考慮）

- ➢ 様々なレベルの対策.
- ➢ プライオリティを考慮した計画遂行.
- ➢ 原因を根絶するまで.

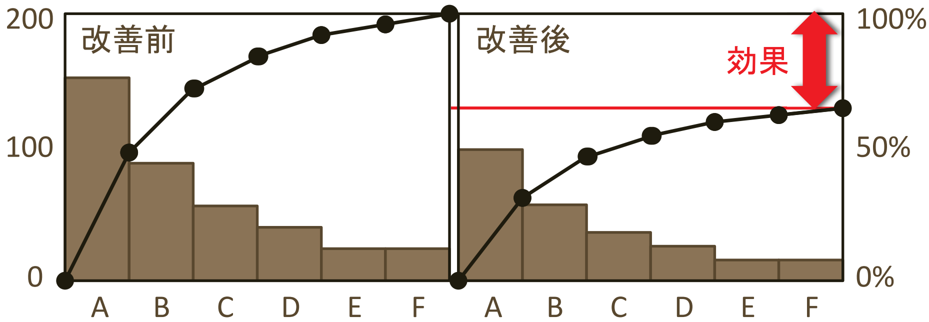
日本型QCストーリー・ステップ5

⑤ 効果の確認

打った対策ごとに個別に評価できるとよい。



グラフ
（時系列の確認）

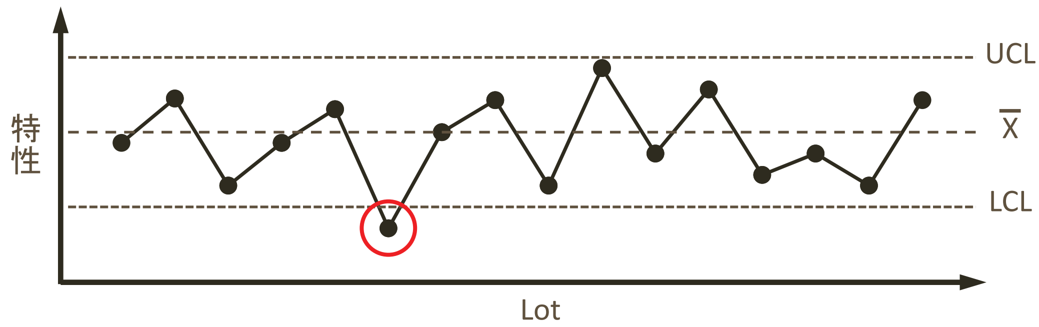


パレート図（効果の確認）

日本型QCストーリー・ステップ6

⑥ 標準化と管理の定着。効果のある対策について、標準化して管理サイクルを回し続ける。

- ✓ 対策有効性の継続的な確認と改善
- ✓ 長期的な課題発生頻度（確率）の確認



管理図（管理状態の確認）

日本型QCストーリー・ステップ7

⑦ 反省と今後の計画

ひと通りの活動の終了後、活動全体を振り返る。

- ✓ 効果的・効率的な活動であったか
  ⇒問題解決力の強化
- ✓ 残件の有無の確認と今後の対処計画

注意点

- ✓ 対策先行の発想ではなく、問題解決型ストーリーの流れで考えることが重要(わかったつもりがネックとなる)。
- ✓ 全ての意思決定を問題解決型ストーリーで考える訳ではない。難しい課題ほど、体系的なアプローチが必要。
- ✓ テーマの選定と現状把握が最も難しく、重要。

19

カンやコツの伝え方

技能訓練・教育において、受講生に出来栄え(＝品質)を認識させること、品質を向上させるための「カン」や「コツ」を伝える場面は、日常的に生じているものと思われる.

これらの局面においては、品質を誰にでもわかる指標で示すことが重要であり、またそれらを規格・仕様と対比させて良否を定量的に表すことが重要である.

本講では、品質を認識・評価・伝承するために必要となる確率・統計の概念を、極力数式を用いずに示すことに重点を置いた.

これらの考え方は、QC七つ道具や、その他の品質管理技法に繋がる基礎でもあり、生産に関する全ての技術者が備えておくべきリテラシーのひとつである.

20

2.1 データの取り方（サンプリングの考え方）

21

統計的なものの見方

統計学

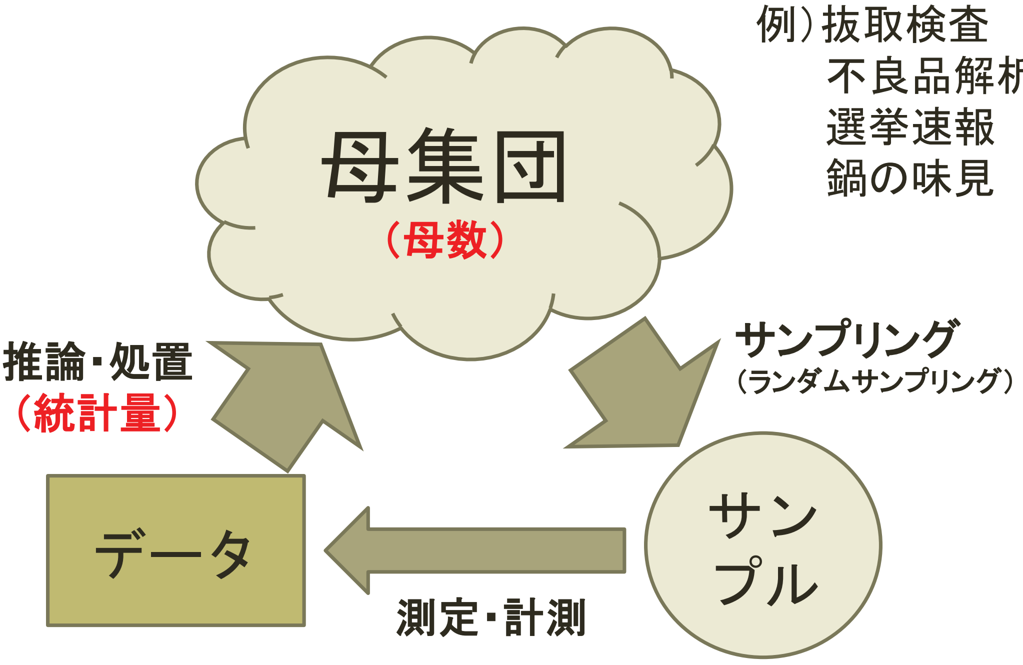
- 記述統計
  - 国家の誕生、人口調査（徴税や兵役）、収穫調査
  - ⇒集団の性質や特徴を把握
  - 全数調査（Statistics⇒State）
- 統計的推測
  - 全数調査の困難（時間と手間）
  - 確率論を用いて「一部（サンプル）」から「全体」を推測する
  - ⇒サンプルと集団全体の関係を明らかにする

©Shinji Yokogawa　2014/03/05

22

統計的に推測するとは？

例）抜取検査
不良品解析
選挙速報
鍋の味見



母数：　母集団の性質を表す指標
統計量：　母数を推定するためにデータから計算される量

23

街頭インタビューはサンプリング？

インタビューといえば、

会社員は、	新橋
OLは、	丸の内
高齢者は、	とげぬき地蔵

なぜいつも同じ場所なのか？

✓特定ゾーンに属した通行人の割合が高い
✓TV局から近い
✓酔っていて本音を漏らしやすい

⇒これは母集団を代表した「サンプル」だろうか？

24

サンプリングの前提条件

何らかの課題について調査、観察する際には、以下に着目する必要がある.

1. 目的に合った母集団を正しく規定すること.
2. その母集団を正しく代表するサンプルを取ること.

⇒目安は、「同じ観察を再度行ったとき、同じ結論が得られるか？」

サンプリングの種類

ランダムサンプリング

母集団を構成している要素が、いずれも（同じ確率で）サンプルに入るようにサンプリングすること.

有意サンプリング

母集団全体の挙動を代表すると、経験上よくわかっている特定の場所から意識してサンプルを取るような方法.
（例：マグロの尾の切り落としと価格）

いずれを用いるのがよいか？

有意サンプリングを用いることが出来るのは、
1. 母集団のようすがよくわかっていて、
2. サンプリング部分が客観的に明らかで、
3. その部分と全体の関係が明確である、

場合に限られる.

常に変化する製造ライン、対象となる製品、作業員のスキルの差などに対処するには、ランダムサンプリングが適している.

©Shinji Yokogawa 2014/03/05

27

ランダムサンプリングの条件

1. サンプルを取る手続が、正しく明確に定められていること.
2. 定められた手続が守られていること.

（注意）
「ランダム」＝「でたらめ」「手当たり次第」ではない！

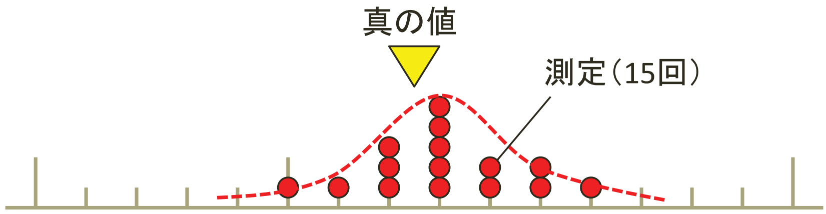
でたらめに、適当に、取りやすいところからサンプリングすることではない.

©Shinji Yokogawa 2014/03/05

28

データの信頼性

「データに信頼性がある」状態とは？



ある中心となる値に対して、その付近の値は出やすく、離れた値は出にくいという、集団的規則性がある.

⇩

誤差に分布を仮定する事ができる.

⇩

得られるデータに再現性がある. それにより、将来を予測して、アクションを起こすことが可能となる.

かたよりとばらつき

誤差は、「かたより」と「ばらつき」の2つの成分に分かれる.

$$\text{誤差} = x-\mu = \underbrace{[x-E(x)]}_{\text{ばらつき}} + \underbrace{[E(x)-\mu]}_{\text{かたより}} \qquad (1)$$

x:　得られたデータ

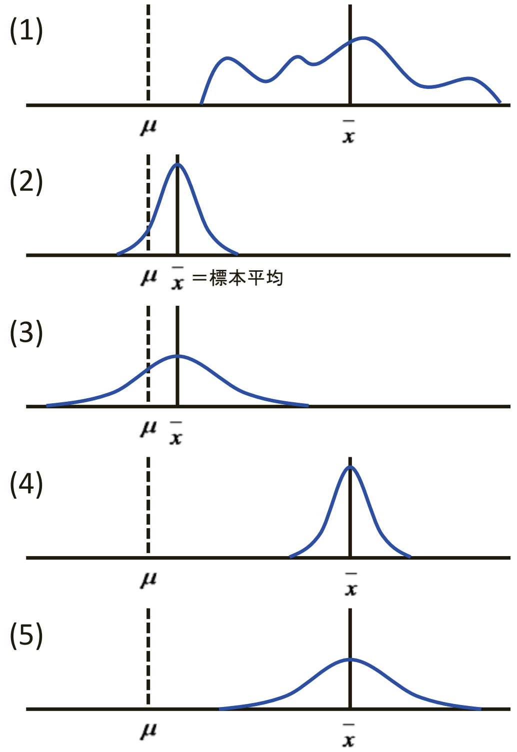
$E(x)$: データの期待値（確率の重み付き平均）

μ:　真の値

ばらつき（精度）:　個々のデータとその母平均の差.

かたより（真度）:　データ分布の母平均と真の値の差.

3指標による誤差の概念



(1) 信頼性がない
（標準の再検討、徹底）

(2) 信頼性：Good　真度：Good　精度：Good
（理想的な状態）

(3) 信頼性：Good　真度：Good　精度：Bad
（ばらつき低減策の検討）

(4) 信頼性：Good　真度：Bad　精度：Good
（かたよりの修正）

(5) 信頼性：Good　真度：Bad　精度：Bad
（ばらつき低減⇒かたより修正）

31

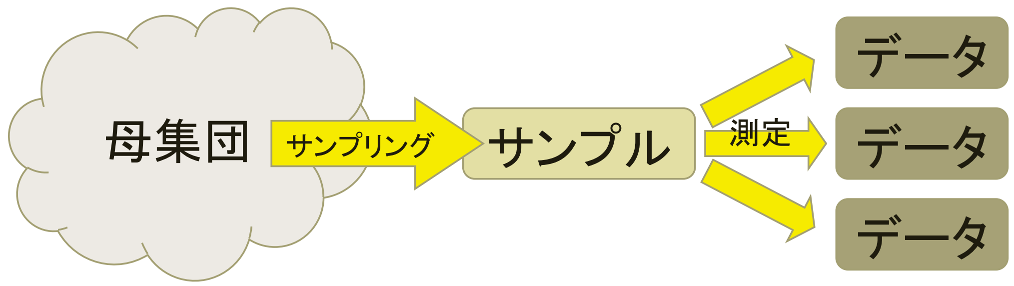
誤差の構造

データの信頼性、かたよりについて問題がない場合でも、残るばらつきが支配的になる「誤差」には、様々な要因がある.

サンプリングの良否を論じるには、この誤差 ε をサンプリング誤差 η と測定誤差 ξ に分割して考える必要がある. すなわち、

$$x = \mu + \varepsilon = \mu + \eta + \xi \qquad (2)$$

という2段階の構造を有する.



$$\mu \longrightarrow x = \mu + \eta \longrightarrow x = \mu + \eta + \xi$$

32

様々なサンプリング法

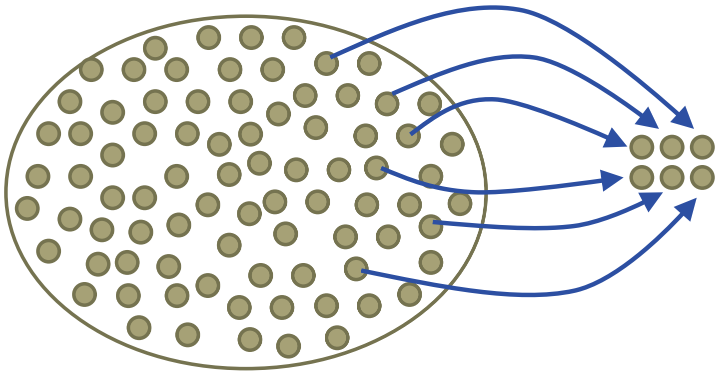
サンプリング法の種類には以下の様なものがある.

使用している方法によって、ばらつきの構造が異なる.

- 単純ランダムサンプリング
- ２段サンプリング
- 層別サンプリング
- 集落サンプリング

33

単純ランダムサンプリング



$$x = \mu + \eta + \xi \qquad (3)$$

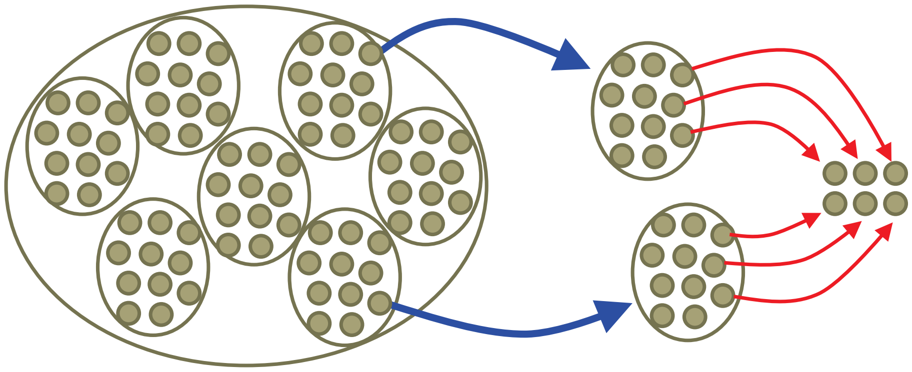
母集団からサンプルを採取するすべての組み合わせが、同じ確率で採取されるサンプリング方法.

1) すべてのサンプリング単位の選ばれる確率が等しい.

2) 任意の2つのサンプリング単位が、共に選ばれる確率がすべて等しい.

34

2段サンプリング

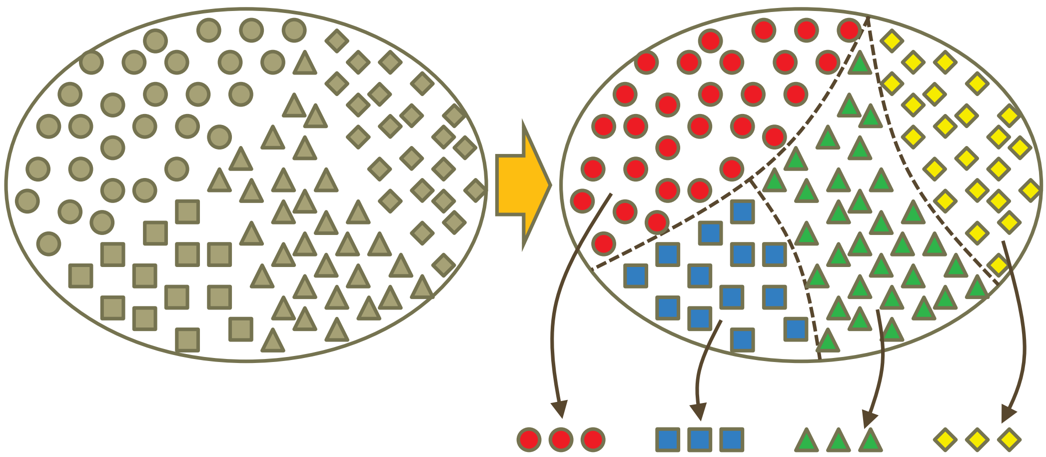


$$x = \mu + \eta_1 + \eta_2 + \xi \qquad (4)$$

母集団が多数の1次単位にわかれている時、まず1次単位を単純ランダムサンプリングし、得られた1次単位のそれぞれから2次単位を単純ランダムサンプリングする方法. 実務的に簡単な方法であるが、サンプリング誤差が二重に入るので、精度が落ちる.

35

層別サンプリング

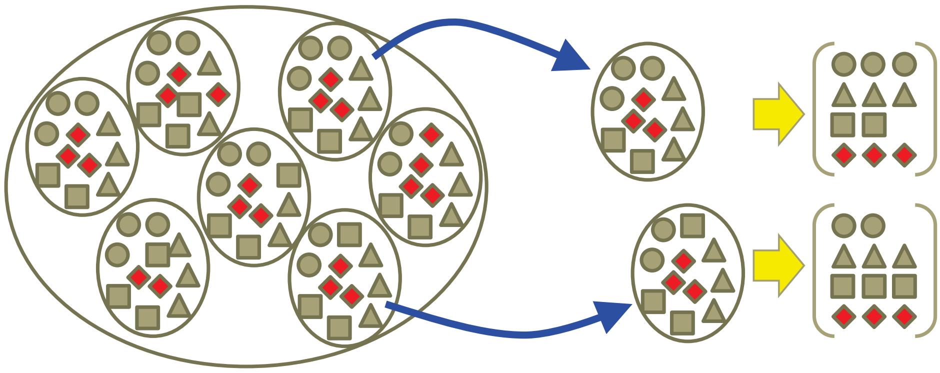


$$x = \mu + \eta_L + \eta_S + \xi \qquad (5)$$

母集団が異質な部分により構成されているときは、母集団を層別し、各層から等しい比率でサンプリングするとよい(例:縦型焼成炉の上、中、下で同時加工したもの). 2段サンプリングの一種だが、すべての層を対象とするため、精度はより高い.

36

集落サンプリング

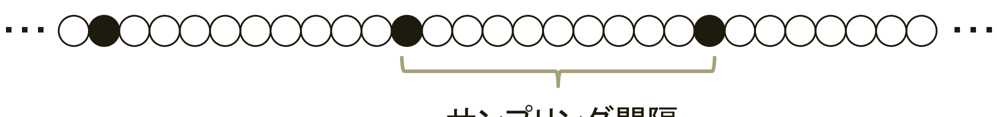


$$x = \mu + \eta_{\mathrm{C}} + \eta_{\mathrm{S}} + \xi \qquad (6)$$

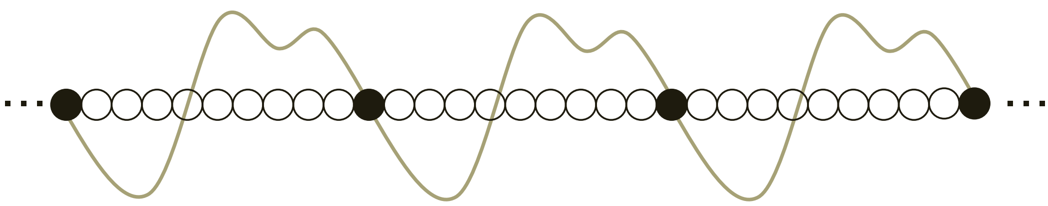
母集団が、よく似た1次単位に区分されているとき、ランダムに1次単位をサンプリングしてその中を全数調査すること（例：社会調査で、いくつかの都市や町を選択して、その単位で全体を調査する）.
１次単位間のばらつきが小さいほど精度が良くなる.

サンプリング間隔に関する注意

ランダムサンプリングは、実際にはあまり実施しやすくはない.
代わりに現場でよく用いられるのが、一定間隔ごとにサンプリングする「系統サンプリング」である.



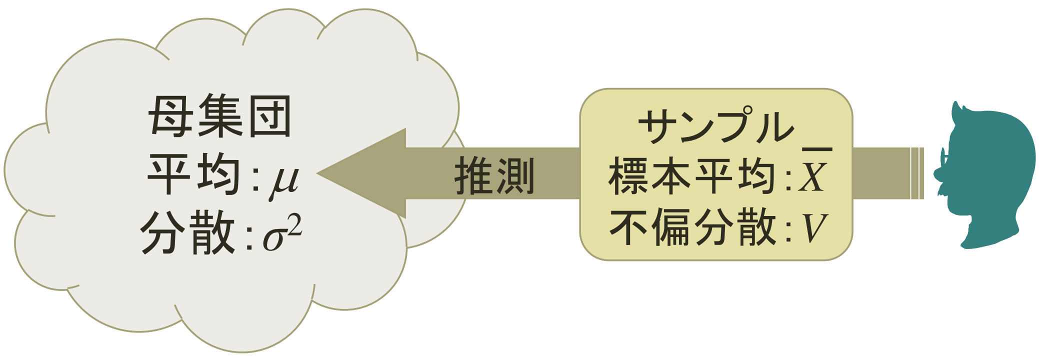
ランダム性を確保するため、最初の１個はランダムスタートする必要がある. また、母集団に周期があるときには、その周期と同期しないようにしなければならない.



2.2 データのまとめ方（基本的な統計量と読み方）

母集団とサンプルの関係

母集団の分布を知るためにサンプリング（標本採集）を行った.
その際、分布特性の推定量の関係は以下のようになる.



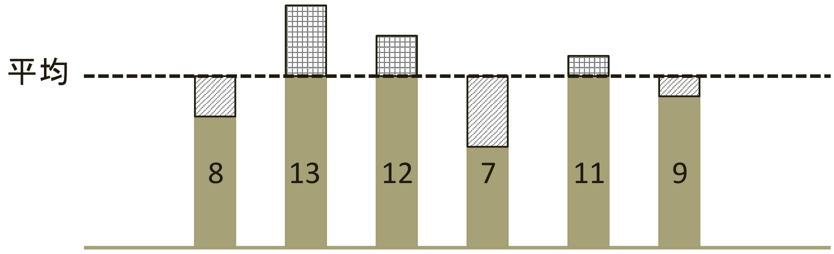
母平均　$\mu = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i$　(7)

標本平均　$\overline{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$　(9)

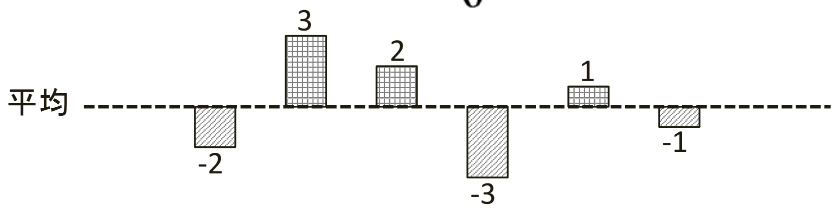
母分散　$\sigma^2 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \mu)^2$　(8)

不偏分散　$V = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2$　(10)

平均と標準偏差



$$\text{平均} = \frac{8+13+12+7+11+9}{6} = 10.0$$



$$\text{標準偏差} = \sqrt{\frac{(-2)^2+3^2+2^2+(-3)^2+1^2+(-1)^2}{6-1}} = 5.6$$

41

中心位置を推測する

平均

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \cdots + x_1}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \quad (11)$$

母平均を推測する統計量：エックスバー

メジアン（中央値）

データを大きさの順に並べて、

・データが奇数個なら中央に位置するデータの値

・偶数個なら中央に位置する2つのデータの平均

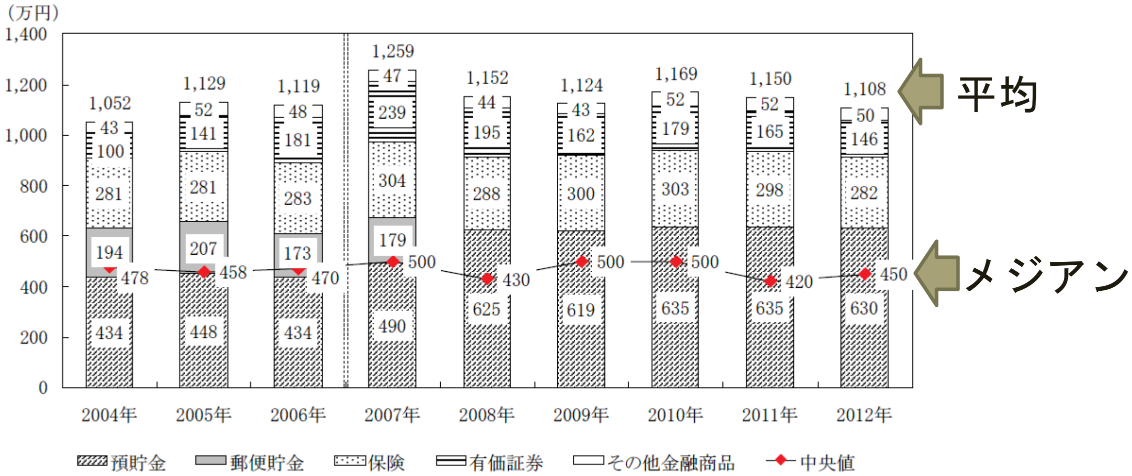
モード（最頻値）

集められたデータの中で最も多く現れた値のこと

42

平均とメジアンの違い

二人以上世帯における、金融資産（預貯金、郵便貯金、保険、有価証券など）の保有額は、、、



「家計の金融行動に関する世論調査」[二人以上世帯調査]（2012年）より

少数の高額所得者の数値が平均を押し上げるので、メジアンのほうが実感に近い.

ばらつきを推測する

平方和

$$S=\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2=\sum_{i=1}^{n}x_i^2-\frac{\left(\sum_{i=1}^{n}x_i\right)^2}{n} \qquad (12)$$

$$=\sum(\text{個々のデータの2乗})-\frac{(\text{個々のデータの合計})^2}{n}$$

分散

$$V=\frac{S}{n-1} \qquad (13)$$

平均の場合、データはランダムにサンプリングされ、互いに関連していないので n で割った.
平方和をとる $(x_i-\bar{x})$ は、すべて合計すると0になるので、n-1個が決まれば残りの１個は自動的に決まる. したがって、平方和 S は実質的に n-1個の情報の和であるので、左に示すように n-1 で割る.
（標本の分散は母集団の分散より必ず少し小さい）

ばらつきを推測する

標準偏差

$$s = \sqrt{V} \qquad (14)$$

分散は、「2乗したものの和」より求めたため、平均と次元が異なる．同じ尺度に戻すため、平方根をとる．

範囲（レンジ）

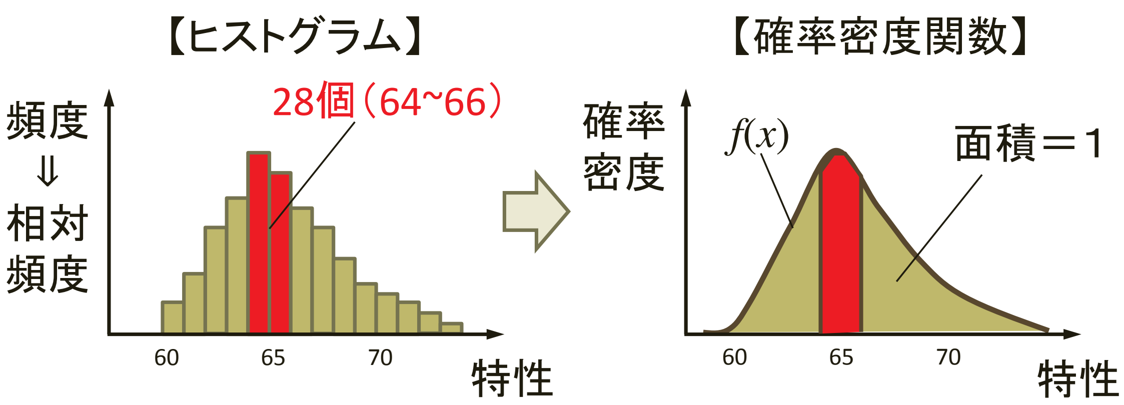
$$R = x_{\max} - x_{\min} \qquad (15)$$
$$= (\text{データの最大値}) - (\text{データの最小値})$$

変動係数

$$\mathrm{CV} = \frac{s}{\bar{x}} \quad = \text{標準偏差／平均} \qquad (16)$$

グラフによる分布の見方

得られたデータよりヒストグラムを作成



ヒストグラムの形から、分布の形状を確認する．
規格に対する合否、外れ具合を確認する．

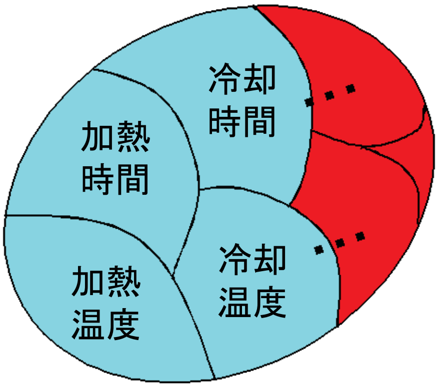
ばらつきの概念と正規分布

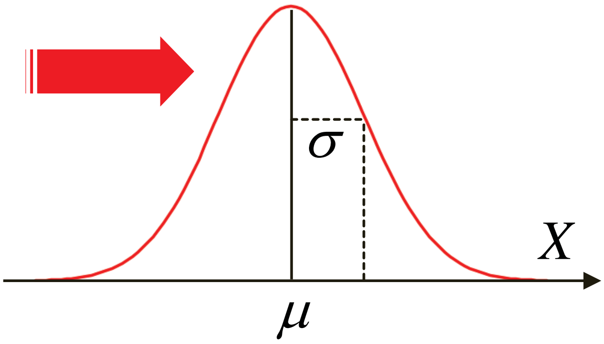
■ 「標準」を除いた「ばらつき」

μ： 母平均

σ： 母標準偏差

σ^2: 母分散



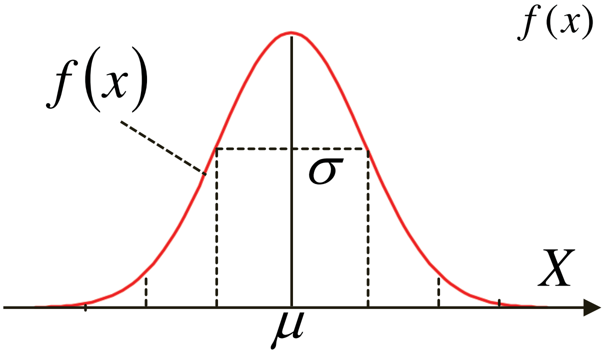


目的とする品質特性を得るために、加工制御の因子を標準（仕様）として定めて固定する．残った様々な要因によって発生するばらつきは、多くの場合正規分布で説明できる．

正規分布によるデータ範囲の推測

【確率密度関数】

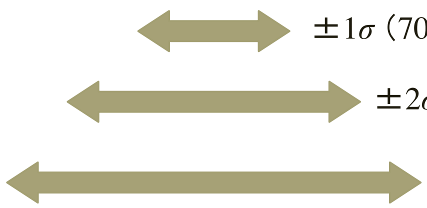
$$f(x)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma}\exp\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right] \quad (17)$$



μ： 母平均

σ： 母標準偏差

σ^2: 母分散



$\pm 1\sigma$（70%のデータがここに含まれる）

$\pm 2\sigma$（95%のデータがここに含まれる）

$\pm 3\sigma$（99.7%のデータがここに含まれる）

統計的品質管理の考え方

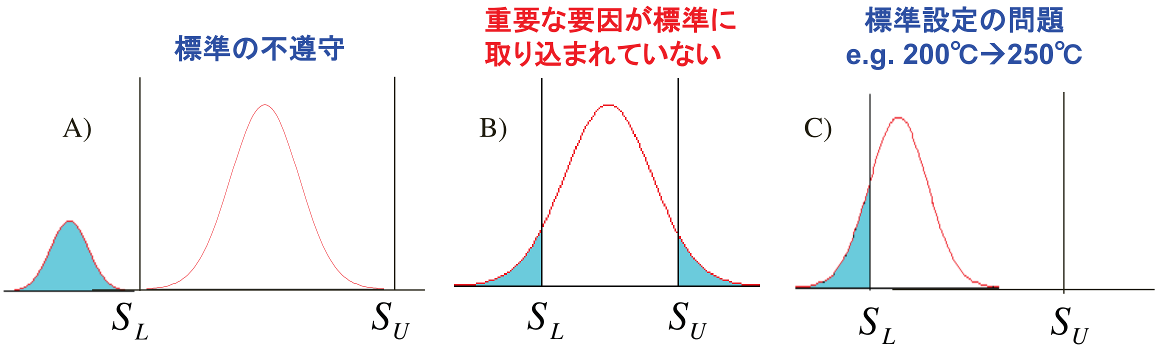
事実（データ）に基づく管理

無限の要因

作業標準
（重要な要因の固定）

↓

ばらつきの容認



49

2.3 正確さ・安定性の表し方（工程能力指数の見方）

50

工程能力と工程能力指数

工程能力とは、管理状態、かつ安定した状態の工程において、生産・加工物の品質特性が規格を満足する程度、または加工の再現性のことを指す.

⇒データに信頼性があり、正規分布が成り立つことが前提.管理図などにより、安定性の分析を併用すること.

工程能力の評価尺度が工程能力指数であり、サンプリングしたデータの平均$\bar{x}$と標準偏差 sに基いて、規格(上限、下限)に対するかたより、ばらつきの程度を示す指標である.

⇒正規分布が前提であるため、負の値を取らないデータにはあてはまらない. ヒストグラムや確率紙など、グラフによる分布型の確認を併用することが重要である.

工程能力指数の定義

1) 両側規格の品質特性に関する工程能力指数

$$\hat{C}_{\mathrm{p}} = \frac{S_{\mathrm{U}} - S_{\mathrm{L}}}{6s} \quad (18)$$

$$\hat{C}_{\mathrm{pk}} = \min\left(\hat{C}_{\mathrm{pU}}, \hat{C}_{\mathrm{pL}}\right) \quad (19)$$

2) 上側規格の品質特性に関する工程能力指数

$$\hat{C}_{\mathrm{pU}} = \frac{S_{\mathrm{U}} - \bar{x}}{3s} \quad (20)$$

1) 下側規格の品質特性に関する工程能力指数

$$\hat{C}_{\mathrm{pL}} = \frac{\bar{x} - S_{\mathrm{L}}}{3s} \quad (21)$$

工程能力指数の一般的評価

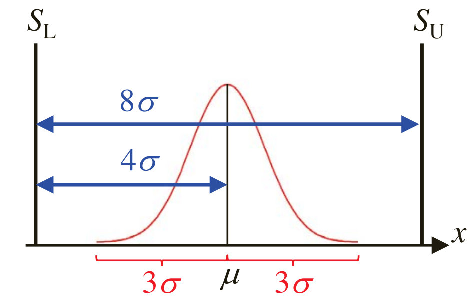
工程能力指数の一般的な評価は以下の様なものがある.

工程能力指数＞1.33	工程能力は十分ある.
1.33≧工程能力指数＞1.00	工程能力が十分あるとはいえない.
工程能力指数≦1.00	工程能力がない.

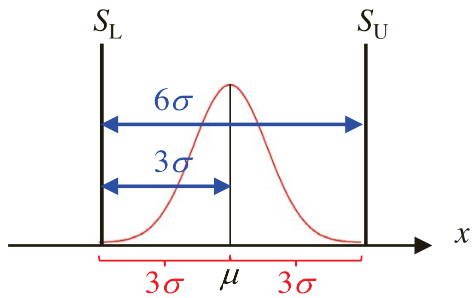
工程能力の有無の評価結果にもとづき、以下のような対策を進めることが必要である（入倉,『入門生産工学』, 2013）.

1) QC工程表に記載する管理間隔の設定論拠とする.
2) 不合理な規格や図面公差の緩和に結びつける（十分な工程能力があれば管理を緩やかにする）.
3) さらなる工程改善計画の立案と改善を進める.

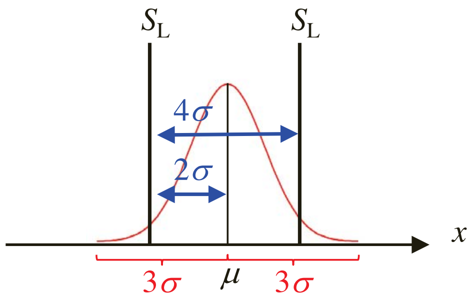
規格と指数の関係（両側規格）



(1) $C_p = \dfrac{S_U - S_L}{6\sigma} = \dfrac{8\sigma}{6\sigma} = 1.33$



(2) $C_p = \dfrac{S_U - S_L}{6\sigma} = \dfrac{6\sigma}{6\sigma} = 1.00$

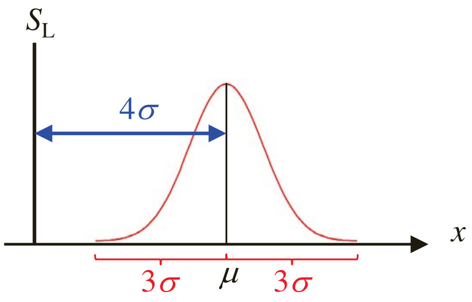


(3) $C_p = \dfrac{S_U - S_L}{6\sigma} = \dfrac{4\sigma}{6\sigma} = 0.67$

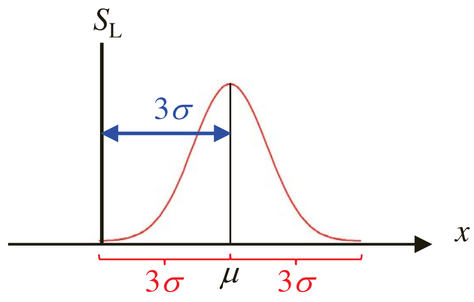
両側規格の工程能力指数（図は推定値ではなく真の値を用いた計算）

図は規格の中心値と分布の平均が一致する場合（かたよりがない）．規格と平均の間に十分な余裕があるか（ばらつき）が反映される.

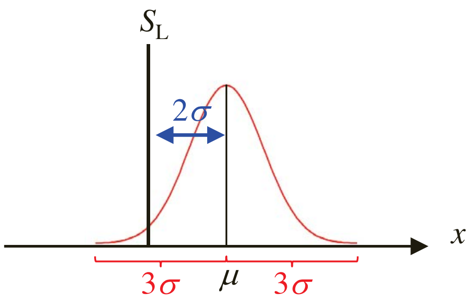
規格と指数の関係（片側規格）



(1) $C_{pL}=\dfrac{\mu-S_L}{3\sigma}=\dfrac{4\sigma}{3\sigma}=1.33$



(2) $C_{pL}=\dfrac{\mu-S_L}{3\sigma}=\dfrac{3\sigma}{3\sigma}=1.00$

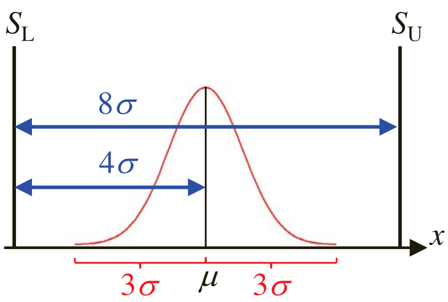


(3) $C_{pL}=\dfrac{\mu-S_L}{3\sigma}=\dfrac{2\sigma}{3\sigma}=0.67$

下側規格の工程能力指数（図は推定値ではなく真の値を用いた計算）

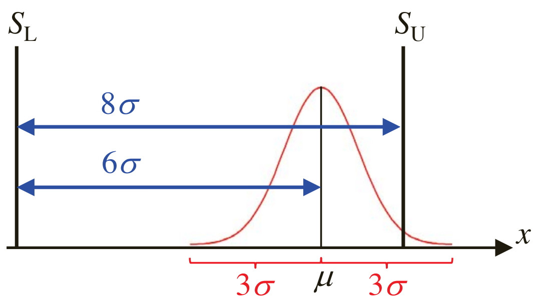
適切な目標値の近くに分布の平均があるか（かたより）、規格と平均の間に十分な余裕があるか（ばらつき）が同時に反映される.

C_pとC_{pk}の違い



$C_p=\dfrac{S_U-S_L}{6\sigma}=\dfrac{8\sigma}{6\sigma}=1.33$

$C_{pk}=\min\left(C_{pL},C_{pU}\right)=\min\left(1.33,1.33\right)=1.33$



$C_p=\dfrac{S_U-S_L}{6\sigma}=\dfrac{8\sigma}{6\sigma}=1.33$

$C_{pk}=\min\left(C_{pL},C_{pU}\right)=\min\left(2.00,0.67\right)=0.67$

母集団分布の中心位置が容易に調整できる場合以外には、C_{pk}の方が実情を反映した指針となる.

両者を併用することにより、C_{pk}は現在の工程能力を表し、C_pは平均だけを調整することで達成しうる工程能力の最大値と考えればよい.

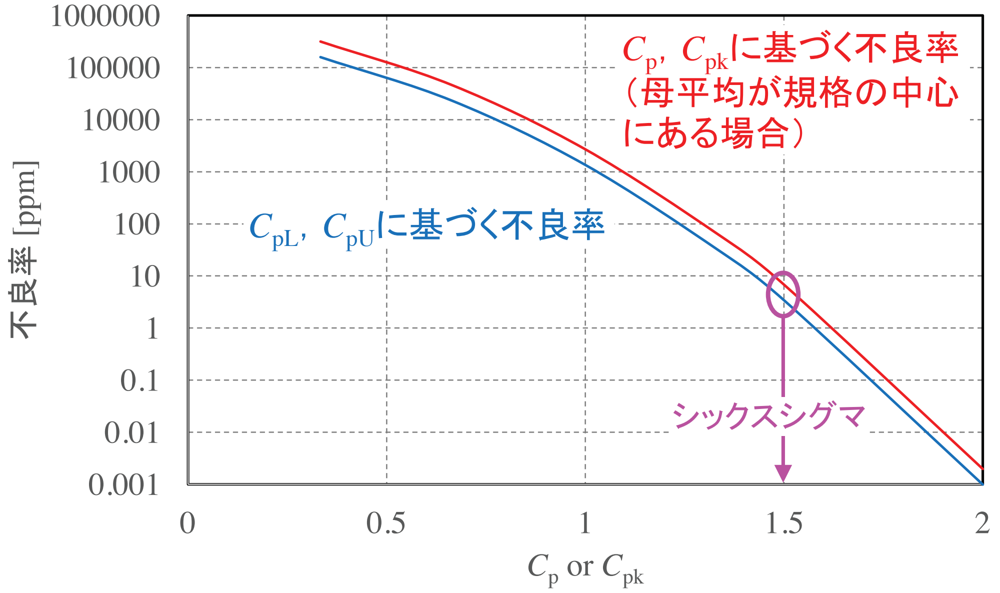
工程能力指数の評価と対策例

入倉,『入門生産工学』, 日科技連出版 (2013).

C_p	C_{pk}	評価		生産準備段階における対策
$C_p>1.33$	$C_{pk}>1.33$	○	規格を十分に満足しているので工程能力は十分である.	C_pの値が大きいほど管理方式の簡素化を図る（管理間隔の延長、検査の廃止など）.（より高品質化が必要であれば、規格幅を狭くする）
	$1.33\geqq C_{pk}>1.00$	△	規格を満足するが、平均の偏りがあるので工程能力は十分ではない.	平均の偏りを是正する.
	$C_{pk}\leqq 1.00$	×	平均の偏りがあるので工程能力がない.	
$1.33\geqq C_p>1.00$	$1.33\geqq C_{pk}>1.00$	△	規格を満足するが、ばらつき、平均の偏りがあるので工程能力は十分ではない.	$C_{pk}>1.33$となるように技術的改善をする. 平均の偏り、ばらつきを是正する.
	$C_{pk}\leqq 1.00$	×	ばらつき、平均の偏りがあるので工程能力がない.	
$C_p\leqq 1.00$	$C_{pk}\leqq 1.00$	×	工程能力がない.	生産開始までに早急な工程能力の工場が必要. 技術的改善ができない場合は、規格幅の拡大や全数検査を検討する.

57

工程能力指数と不良率の関係



C_{pk}により上記グラフから不良率を求めると、不良率の最大値を求めることになる. 実際にはその値の半分（C_{pL}もしくはC_{pU}の値）以上となる.

工程能力指数が分かれば、正規分布が成り立つ限りppmオーダーの不良率を推定できる.

58

まとめ

59

まとめ

1. ランダムサンプリングによる分布の統計的推測
2. 誤差＝かたより＋ばらつき
3. サンプリング方法と誤差の構造
4. 誤差の正規分布仮定
5. 工程能力指数とその読み方

60

付録

サンプルサイズの決め方

単純ランダムサンプリングにおいて、精度 $V(\bar{x})$ (平均のばらつき)とサンプリング単位間のばらつき σ^2 には以下の関係がある。

無限母集団の場合 $$V(\bar{x}) = \frac{\sigma^2}{n} \tag{7}$$

有限母集団の場合 $$V(\bar{x}) = \underline{\frac{N-n}{N-1}} \cdot \frac{\sigma^2}{n} \cong \left(1-\frac{n}{N}\right) \cdot \frac{\sigma^2}{n} \tag{8}$$

有限修正：母集団のうち、未調査部分の割合

これらの関係を逆算して、必要なサンプルサイズを求める.

無限母集団の場合 $$n = \frac{\sigma^2}{V(\bar{x})} \tag{9}$$

有限母集団の場合 $$n = \frac{1}{\dfrac{V(\bar{x})}{\sigma^2} + \dfrac{1}{N}} \tag{10}$$

得られる n は少数を含むので、切上げ、もしくは切捨てする.

サンプルサイズ算出手順

単純ランダムサンプリングにおけるサンプルサイズの算出手順は、以下のとおり.

手順1、(9)式を用いて n を求める.

手順2、抜き取り比 $n/N>0.1$ ならば(10)式を用いてn を求め直す.

手順3、得られた n の前後の整数値を候補とする*).

手順4、候補2つの精度を計算し、目標に合致するものを選ぶ.

*)精度を満足するのが必須場合には、手順3で n を切り上げる.

©Shinji Yokogawa　2014/03/05

63

2段サンプリングのサンプルサイズの決め方

2段サンプリングにおいては、精度 $V\left(\bar{\bar{x}}\right)$とばらつきには、以下の関係がある。

無限母集団の場合
$$V\left(\bar{\bar{x}}\right)=\frac{\sigma_b^2}{m}+\frac{\sigma_w^2}{mn} \qquad (11)$$

有限母集団の場合
$$V\left(\bar{\bar{x}}\right)=\frac{N-m}{M-1}\cdot\frac{\sigma_b^2}{m}+\frac{N-n}{N-1}\cdot\frac{\sigma_w^2}{mn}$$
$$\cong\left(1-\frac{m}{M}\right)\cdot\frac{\sigma_b^2}{m}+\left(1-\frac{n}{N}\right)\cdot\frac{\sigma_w^2}{mn} \qquad (12)$$

σ_b^2 :1次単位間ばらつき　σ_w^2 :1次単位内誤差

m, n の組み合わせは多数あるので、精度一定でコストが最小、もしくはコスト一定で精度最大となるように定めるとよい.

費用関数
$$T=k_0+k_1m+k_2mn \qquad (13)$$

©Shinji Yokogawa　2014/03/05

64

2段サンプリングのサンプルサイズの決め方

1) 精度を一定にしてコストを最小にする.

$$n=\sqrt{\frac{k_1}{k_2}}\cdot\frac{\sigma_w}{\sigma_b},\quad m=\frac{1}{V\left(\bar{\bar{x}}\right)}\left(\sigma_b^2+\frac{\sigma_w^2}{n}\right) \qquad (14)$$

2) コストを一定にして精度を最大にする.

$$n=\sqrt{\frac{k_1}{k_2}}\cdot\frac{\sigma_w}{\sigma_b},\quad m=\frac{T-k_0}{k_1+k_2 n} \qquad (15)$$

nは同じ式なので、1次単位内の誤差が小さい時、1次単位のサンプリングコストが低いときには、2次単位数を減らして1次単位数を増やしてよい. 有限修正を行う際には以下になる.

$$n=\sqrt{\frac{k_1}{k_2}\cdot\frac{\sigma_w^2}{\left(\sigma_b^2-\sigma_w^2/N\right)}},\quad m=\frac{1}{V\left(\bar{\bar{x}}\right)}\left\{\sigma_b^2+\left(1-\frac{n}{N}\right)\cdot\frac{\sigma_w^2}{n}\right\} \qquad (16)$$

©Shinji Yokogawa 2014/03/05

65

サンプルサイズ算出手順

単純ランダムサンプリングにおけるサンプルサイズの算出手順は、以下のとおり.

手順1、(14)(15)式を用いて n を求める.

手順2、抜き取り比 $n/N>0.1$ ならば(16)式を用いてn を求め直す.

手順3、得られた n の前後の整数値を候補とする.

手順4、候補のそれぞれについて(14)(15)式を用いて m を求める.

手順5、精度一定の場合 $m/M>0.1$ ならば(16)式にて m を求め直す.

手順6、得られた m の前後の整数値を候補とする.

手順7、候補となる m,n の各組み合わせに対して精度とコストを計算し、目標に合致するものを選ぶ.

©Shinji Yokogawa 2014/03/05

66

サンプリング数決定問題の例

生産の薬液処理に用いる瓶入りの薬品100本のロットを、500ロット購入した. **平均純度を推定するための2段サンプリング**を設計する.

目標推定精度:	$\sqrt{V\left(\bar{\bar{x}}\right)} \le 0.2\%$
ロット間ばらつき:	$\sigma_b = 1.0\%$
ロット内ばらつき:	$\sigma_w = 0.5\%$
ロットサンプリング費用:	$k_1 = 50\,[\mathrm{yen}]$
瓶サンプリング費用:	$k_2 = 8\,[\mathrm{yen}]$

その他の費用は無視しうるとする.

精度一定(以下)のときにコストを最小にするサンプリング数を求める問題である.

©Shinji Yokogawa 2014/03/05

67

サンプリング数決定問題の例

手順1、(14)(15)式を用いて n を求める.

$$n = \sqrt{\frac{k_1}{k_2}} \cdot \frac{\sigma_w}{\sigma_b} = \sqrt{\frac{50}{8}} \cdot \frac{0.5}{1} = 1.25$$

手順2・3、抜き取り比 $n/N>0.1$ ならば(16)式を用いてn を求め直す.

$n/N=1.25/100<0.1$ なので、有限修正は不要である. したがって、候補は n=1 or 2 となる.

手順4、候補のそれぞれについて(14)(15)式を用いて m を求める.

$$m = \frac{1}{V\left(\bar{\bar{x}}\right)}\left(\sigma_b^2 + \frac{\sigma_w^2}{n}\right) = \frac{1}{0.04}\left(1^2 + \frac{0.5^2}{1}\right) = 31.25 \quad (n=1)$$

$$m = \frac{1}{V\left(\bar{\bar{x}}\right)}\left(\sigma_b^2 + \frac{\sigma_w^2}{n}\right) = \frac{1}{0.04}\left(1^2 + \frac{0.5^2}{2}\right) = 28.125 \quad (n=2)$$

©Shinji Yokogawa 2014/03/05

68

サンプリング数決定問題の例

手順5、精度一定の場合 $m/M>0.1$ ならば(16)式にて m を求め直す.

$m/M=31.25/500<0.1$ なので、有限修正は不要である. もう一方も同じ.

手順6、得られた m の前後の整数値を候補とする.

$(m, n)=(31, 1), (32, 1), (28, 2), (29, 2)$が候補となる.

手順7、候補となる m,n の各組み合わせに対して精度とコストを計算し、目標に合致するものを選ぶ.

(m, n)	$\sqrt{V(\bar{\bar{x}})}$	T
(31, 1)	0.201	1798円
(32, 1)	0.198	1856円
(28, 2)	0.200	1848円
(29, 2)	0.197	1914円

大数の法則

10個のサンプルから求めた平均と、1,000個のサンプルから求めた平均、どちらが母平均に近いか？

同じ母集団（$E(x_i)=\mu, V(x_i)=\sigma^2$）からランダムにサンプリングされた、確率変数の「平均（$\bar{x}$）」そのものの期待値と分散は、以下の式で表される。

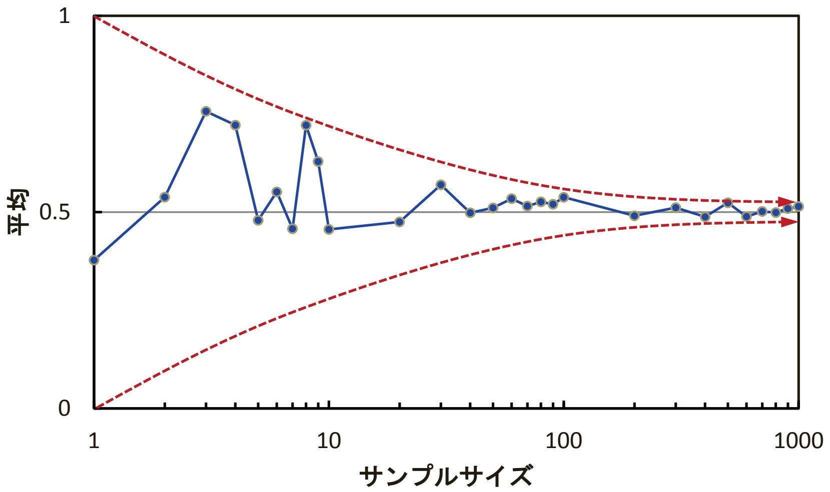
$$E(\bar{x})=\mu,\quad V(\bar{x})=\frac{\sigma^2}{n} \qquad (18)$$

つまり、平均値の分散は、母分散の $1/n$ 倍になる。したがって、サンプルサイズを十分に大きくとれば、$\bar{x}$ のばらつきはいくらでも小さくすることができる。

この性質を大数の法則という。

サンプルサイズと平均

0から1の範囲をとる、同一の一様乱数からサンプリングした平均を、サンプルサイズ毎に求めた.

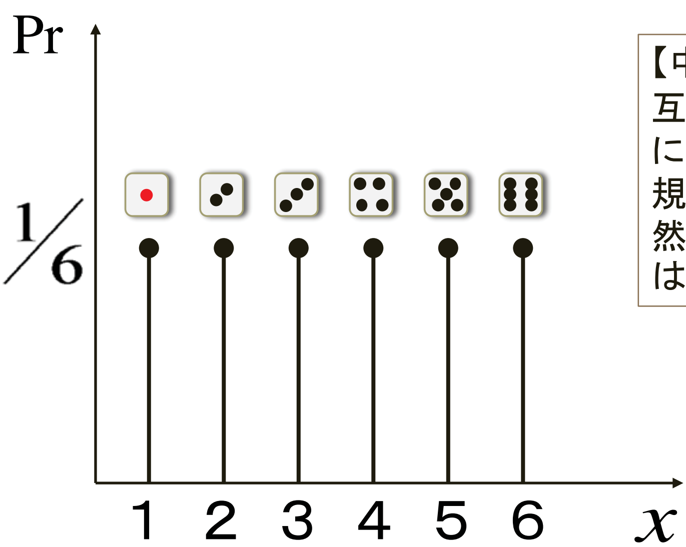


真の平均0.5に収束する⇒統計的推測の有効性を示す.

71

中心極限定理(1)

- 「ばらつき」への正規分布の適用
- 正規分布と**中心極限定理**　a) 1回の試行（６通り）

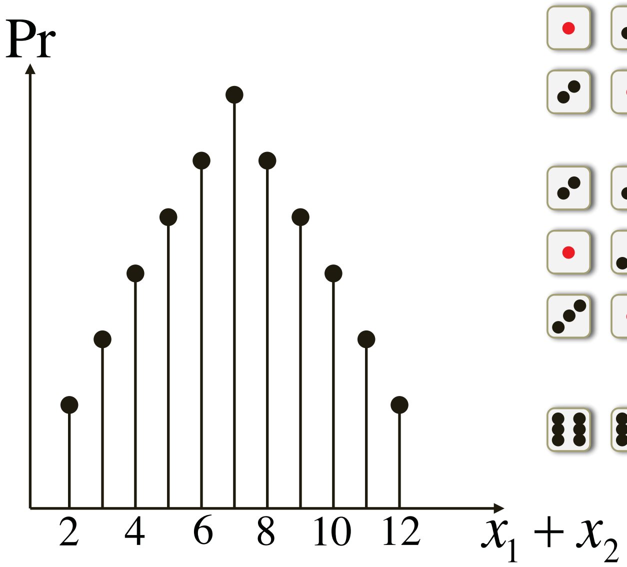


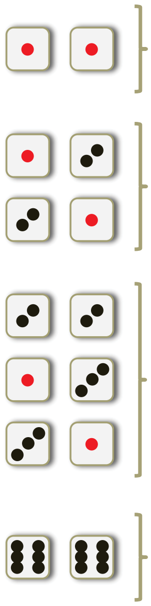
【中心極限定理】
互いに独立で、同一の分布に従う変数の和の分布は正規分布に近づく.（小さな偶然変動の寄せ集まった誤差は正規分布を仮定しうる）

72

中心極限定理(2)

■ 正規分布と中心極限定理　b) 2回の試行（36通り）





$$\Pr(X_1 + X_2 = 2) = 1/36$$

$$\Pr(X_1 + X_2 = 3) = 2/36$$

$$\Pr(X_1 + X_2 = 4) = 3/36$$

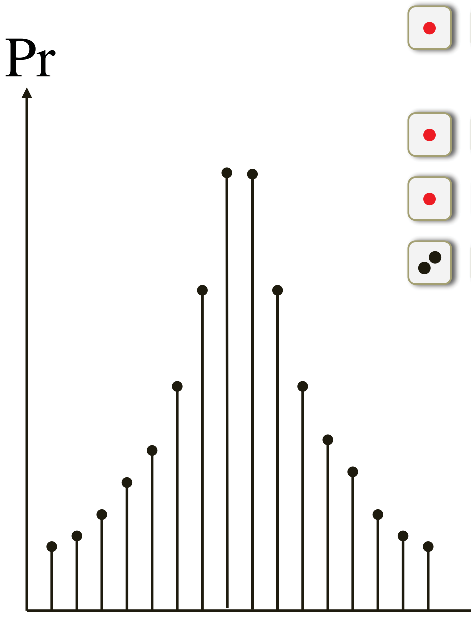
⋮

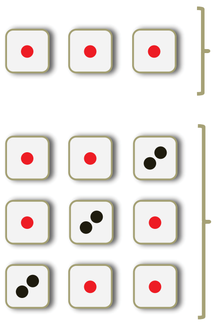
$$\Pr(X_1 + X_2 = 12) = 1/36$$

73

中心極限定理(3)

■ 正規分布と中心極限定理　c) 3回の試行（216通り）





$$\Pr(X_1 + X_2 + X_3 = 3) = 1/6^3$$

$$\Pr(X_1 + X_2 + X_3 = 4) = 3/6^3$$

⋮

【中心極限定理】
互いに独立で、同一の分布に従う変数の和の分布は正規分布に近づく.
（小さな偶然変動の寄せ集まった誤差は正規分布を仮定しうる）

74

ヒストグラムの例

あるアイテムの寿命試験データ
（n=80、単位　×10時間）

11	32	33	15	41	26	34	20	39	35
46	12	49	58	17	54	25	56	21	41
47	53	13	48	42	18	57	24	89	22
76	30	44	27	38	52	31	34	23	40
59	73	31	64	28	36	62	37	30	24
36	45	60	32	43	29	46	25	44	33
45	37	70	47	34	42	68	29	85	43
79	58	38	65	39	51	35	66	35	50

75

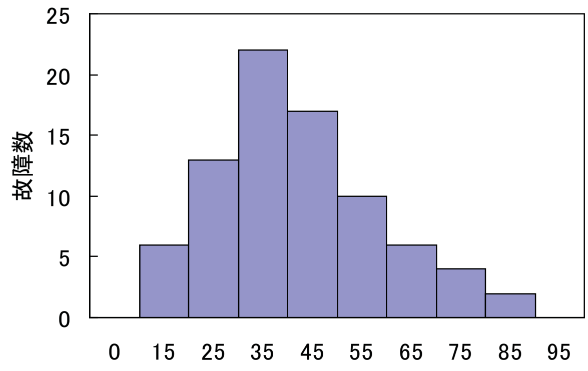
度数分布表

$\sqrt{80} = 8.94$

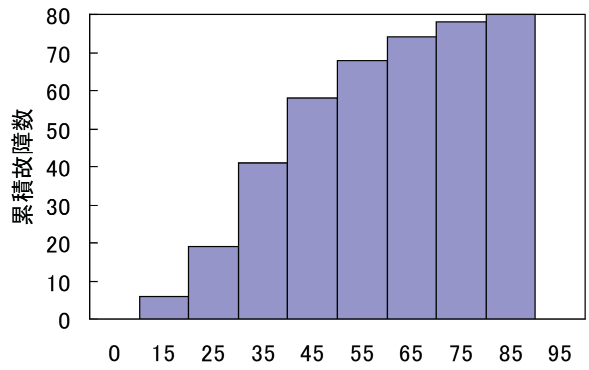
番号	クラス分け 以上　未満	中央値	故障数	累積故障数	累積故障割合(%)
1	10~20	15	6	6	7.5
2	20~30	25	13	19	23.8
3	30~40	35	22	41	51.3
4	40~50	45	17	58	72.5
5	50~60	55	10	68	85.0
6	60~70	65	6	74	92.5
7	70~80	75	4	78	97.5
8	80~90	85	2	80	100

76

ヒストグラム



面積を1に規格化
↓
確率密度関数(p.d.f.)

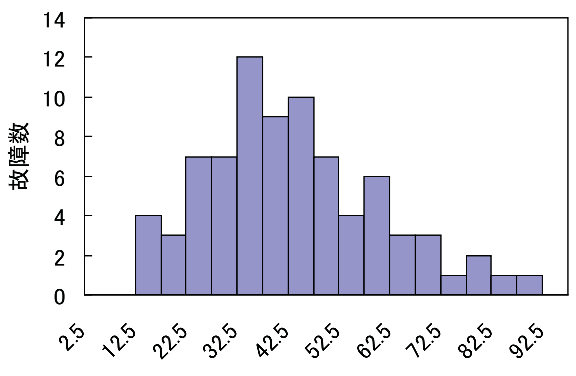


Totalを1に規格化
↓
(累積)分布関数(c.d.f.)

77

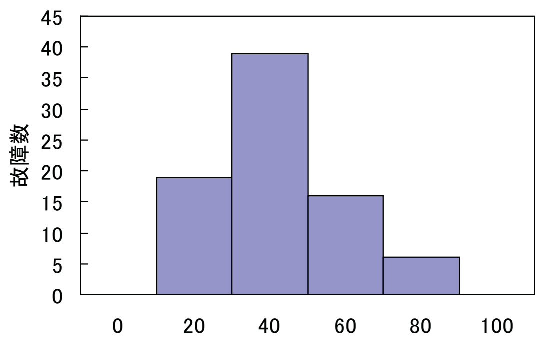
ヒストグラム作成の注意事項

クラス数 16



「多すぎる場合」
櫛歯型となり、確率密度関数の推定が難しい.

クラス数 4



「少なすぎる場合」
裾の挙動がはっきりせず、大まかにしかわからない.

$\sqrt{n}$ 個くらいのクラス数が適当

78

例題）期待値の計算

ある架空の宝くじ（売価￥100）を想定する. 1,000万本売り出されたもの当選本数、確率は下の表の通り。1枚購入した場合の賞金金額として、期待値を求めよ（太枠の計算）。

等級	賞金（円）	本数	確率	賞金×確率
１等	100,000,000	1	0.0000001	10
２等	25,000,000	4	0.0000004	
３等	1,000,000	100	0.00001	
４等	100,000	1000	0.0001	
５等	10,000	10000	0.001	
はずれ	0	9988,895	0.9988895	
合計		10,000,000		

品質管理を導入した訓練技法開発 (ものづくり間接支援による)

３． 専門技術の客観的表現

３．１　１つの条件の利き具合

３．２　複数の条件の利き具合

３．３　現場で再現させるには

生産管理系

SYOKUGYODAI 職業能力開発総合大学校 POLYTECHNIC UNIVERSITY

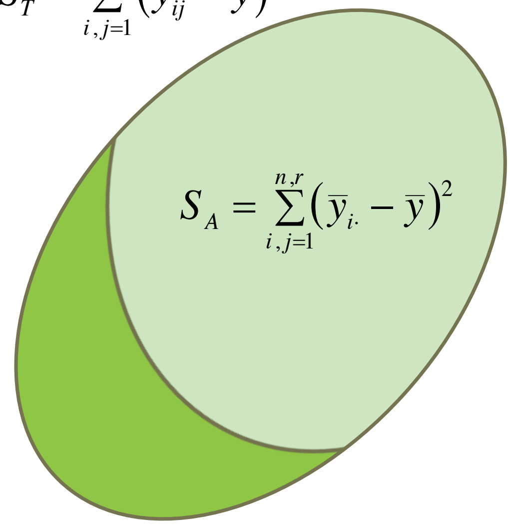
職業能力開発総合大学校

1

３．１　１つの条件の利き具合

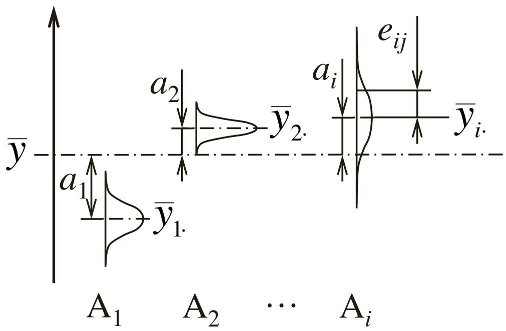
- データの構造のイメージ

$$S_T = \sum_{i,j=1}^{n,r} \left(y_{ij} - \bar{y}\right)^2$$



$$S_A = \sum_{i,j=1}^{n,r} \left(\bar{y}_{i\cdot} - \bar{y}\right)^2$$

$$S_E = \sum_{i,j=1}^{n,r} \left(y_{ij} - \bar{y}_{i\cdot}\right)^2 = S_T - S_A$$



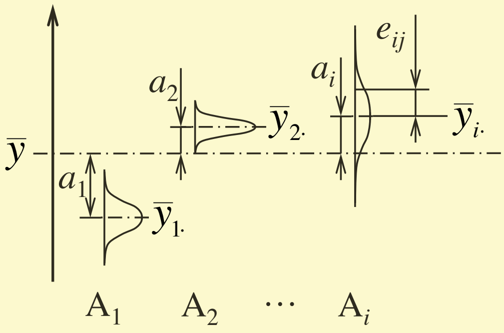
2

３．１　１つの条件の利き具合

繰り返し r 回

因子A n 水準

	1	2	…	j	…	r
A_1	y_{11}	y_{12}	…	y_{1j}	…	y_{1r}
A_2	y_{21}	y_{22}	…	y_{2j}	…	y_{2r}
⋮	⋮	⋮	…	⋮	…	⋮
A_i	y_{i1}	y_{i2}	…	y_{ij}	…	y_{ir}
⋮	⋮	⋮	…	⋮	…	⋮
A_n	y_{n1}	y_{n2}	…	y_{nj}	…	y_{nr}



データの構造と解析のイメージ（平方和によるデータの分解）

- データの構造　$y_{ij} = \mu + a_i + \varepsilon_{ij}$
- 制約式　$\sum_{i=1}^{n} a_i = 0, \quad \varepsilon_{ij} \approx N(0, \sigma^2)$
  （ε_{ij} は互いに独立で、上記の正規分布に従う）
- 分散　$V_* = S_* / \phi_*$
- 標準偏差　$s_* = \sqrt{V_*}$

©Takefumi OKU　Mar, 5, 2014

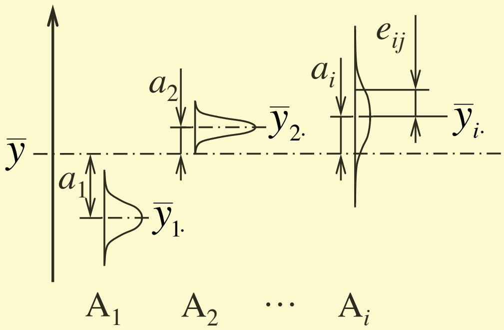
3

３．１　１つの条件の利き具合

繰り返し r 回

因子A n 水準

	1	2	…	j	…	r
A_1	y_{11}	y_{12}	…	y_{1j}	…	y_{1r}
A_2	y_{21}	y_{22}	…	y_{2j}	…	y_{2r}
⋮	⋮	⋮	…	⋮	…	⋮
A_i	y_{i1}	y_{i2}	…	y_{ij}	…	y_{ir}
⋮	⋮	⋮	…	⋮	…	⋮
A_n	y_{n1}	y_{n2}	…	y_{nj}	…	y_{nr}



データの構造と解析のイメージ（平方和によるデータの分解）

- 総平方和　$S_T = \sum_{i,j=1}^{n,r} \left(y_{ij} - \bar{y}\right)^2 \quad \phi_T = nr - 1$
- A間平方和　$S_A = \sum_{i,j=1}^{n,r} \left(\bar{y}_{i\cdot} - \bar{y}\right)^2 \quad \phi_A = n - 1$
- 誤差平方和　$S_E = \sum_{i,j=1}^{n,r} \left(y_{ij} - \bar{y}_{i\cdot}\right)^2 \quad \phi_E = nr - n = n(r-1)$

$$= S_T - S_A \qquad \phi_E = \phi_T - \phi_A = n(r-1)$$

©Takefumi OKU　Mar, 5, 2014

4

３．１　１つの条件の利き具合

- 分散分析表

	S	ϕ	V	F_0
A	S_A	$\phi_A = n-1$	S_A/ϕ_A	V_A/V_E
E	S_E	$\phi_E = \phi_T - \phi_A$	S_E/ϕ_E	
T	S_T	$\phi_T = nr-1$		

- $F_0 > F(\phi_A, \phi_E, \alpha) \rightarrow$ 有意水準 α % で有意とみなす
- 有意とは、仮説：A（調べたいこと）とE（誤差）に違いがない（H_0）という立場を否定せざるを得ないほどに、Aに意味が有るということ

5

品質管理を導入した訓練技法開発 (ものづくり間接支援による)

３．専門技術の客観的表現

３．１　１つの条件の利き具合
３．２　複数の条件の利き具合
３．３　現場で再現させるには

生産管理系

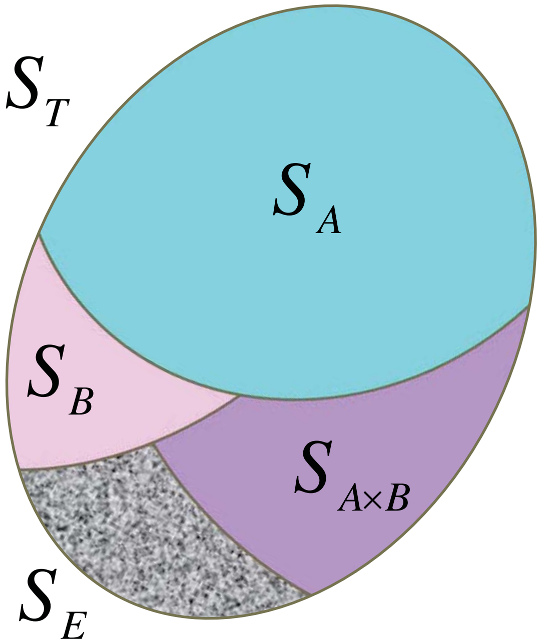
SYOKUGYODAI 職業能力開発総合大学校 POLYTECHNIC UNIVERSITY

職業能力開発総合大学校

6

3.2　２つの条件はどちらが利くか

- データの構造のイメージ



7

3.2　２つの条件はどちらが利くか

因子 A（3水準）、B（2水準）の総当たり実験を行った結果から、要因と効果の関係（要因効果図）を理解します。

- 結果 y_{ij} は、全平均 $\bar{y}$ と、A_i の効果 a_i と、B_j の効果 b_j の和
- $a_1 + a_2 + a_3 = 0$、$b_1 + b_2 = 0$ （a_i, b_j は、全平均からのずれ）
- 要因効果図＝因子ごとの効果の折れ線グラフ

A	B	結果
1	1	$y_{11} = \bar{y} + a_1 + b_1$
	2	$y_{12} = \bar{y} + a_1 + b_2$
2	1	$y_{21} = \bar{y} + a_2 + b_1$
	2	$y_{22} = \bar{y} + a_2 + b_2$
3	1	$y_{31} = \bar{y} + a_3 + b_1$
	2	$y_{32} = \bar{y} + a_3 + b_2$

A_i ごとの平均
$\bar{y} + a_1 + (b_1 + b_2)/2$
$\bar{y} + a_2 + (b_1 + b_2)/2$
$\bar{y} + a_3 + (b_1 + b_2)/2$

B_j ごとの平均
y_{11}, y_{21}, y_{31} ： $\bar{y} + (a_1 + a_2 + a_3)/3 + b_1$
y_{12}, y_{22}, y_{32} ： $\bar{y} + (a_1 + a_2 + a_3)/3 + b_2$

8

（演習）2つの条件の比較

因子 A（3水準）、B（2水準）の総当たり実験を行った結果から、要因と効果の関係（要因効果図）を作成します。

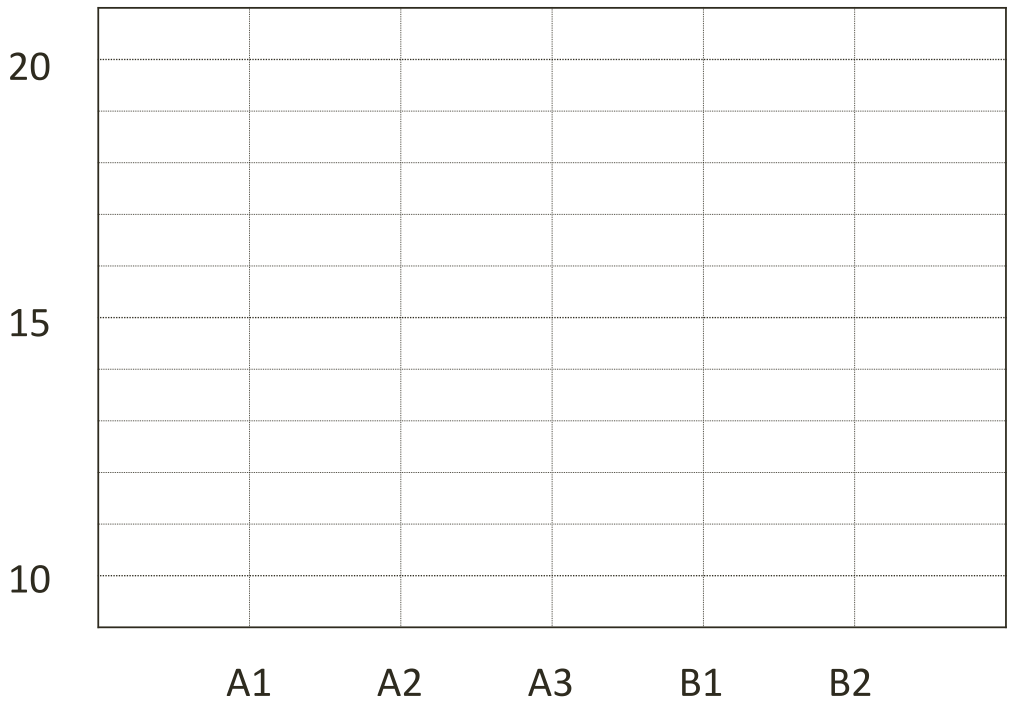
- 結果 y_{ij} は、全平均 $\bar{y}$ と、A$_i$ の効果 a_i と、B$_j$ の効果 b_j の和
- $a_1 + a_2 + a_3 = 0$、$b_1 + b_2 = 0$ （ a_i, b_j は、全平均からのずれ）
- 要因効果図＝因子ごとの効果の折れ線グラフ

A	B	結果
1	1	$y_{11}= 25$
	2	$y_{12}= 21$
2	1	$y_{21}= 29$
	2	$y_{22}= 25$
3	1	$y_{31}= 27$
	2	$y_{32}= 23$

A$_i$ ごとの平均
$\bar{y} + a_1 + (b_1 + b_2)/2$
$\bar{y} + a_2 + (b_1 + b_2)/2$
$\bar{y} + a_3 + (b_1 + b_2)/2$

B$_j$ ごとの平均
y_{11}, y_{21}, y_{31} ： $\bar{y} + (a_1 + a_2 + a_3)/3 + b_1$
y_{12}, y_{22}, y_{32} ： $\bar{y} + (a_1 + a_2 + a_3)/3 + b_2$

要因効果図の作成



効果の大きい組み合わせは、先の結果の最大値となる

Ｌ９直交表で複数の因子を同時に比較

- L9直交表は、3^3=27通りの組み合わせを9回で掌握
- $a_1+a_2+a_3=b_1+b_2+b_3=c_1+c_2+c_3=0$, 全平均 : $\bar{y}$

	A	B	C	e	結果
1	1	1	1	1	$y_1=\bar{y}+a_1+b_1+c_1+e_1$
2	1	2	2	2	$y_2=\bar{y}+a_1+b_2+c_2+e_2$
3	1	3	3	3	$y_3=\bar{y}+a_1+b_3+c_3+e_3$
4	2	1	2	3	$y_4=\bar{y}+a_2+b_1+c_2+e_3$
5	2	2	3	1	$y_5=\bar{y}+a_2+b_2+c_3+e_1$
6	2	3	1	2	$y_6=\bar{y}+a_2+b_3+c_1+e_2$
7	3	1	3	2	$y_7=\bar{y}+a_3+b_1+c_3+e_2$
8	3	2	1	3	$y_8=\bar{y}+a_3+b_2+c_1+e_3$
9	3	3	2	1	$y_9=\bar{y}+a_3+b_3+c_2+e_1$

11

因子ごとに層別して効果を求める

A_i で層別、平均

$$\frac{y_1+y_2+y_3}{3}=\bar{y}+a_1+\frac{b_1+b_2+b_3}{3}+\frac{c_1+c_2+c_3}{3}+\frac{e_1+e_2+e_3}{3}$$

$$\frac{y_4+y_5+y_6}{3}=\bar{y}+a_2+\frac{b_1+b_2+b_3}{3}+\frac{c_1+c_2+c_3}{3}+\frac{e_1+e_2+e_3}{3}$$

$$\frac{y_7+y_8+y_9}{3}=\bar{y}+a_3+\frac{b_1+b_2+b_3}{3}+\frac{c_1+c_2+c_3}{3}+\frac{e_1+e_2+e_3}{3}$$

B_j で層別、平均

$$\frac{y_1+y_4+y_7}{3}=\bar{y}+b_1,\quad \frac{y_2+y_5+y_8}{3}=\bar{y}+b_2,\quad \frac{y_3+y_6+y_9}{3}=\bar{y}+b_3$$

C_k で層別、平均（演習）

$$\frac{\quad+\quad+\quad}{3}=\bar{y}+c_1,\quad \frac{\quad+\quad+\quad}{3}=\bar{y}+c_2,\quad \frac{\quad+\quad+\quad}{3}=\bar{y}+c_3$$

12

Ｌ１８直交表で８つの因子を同時に比較

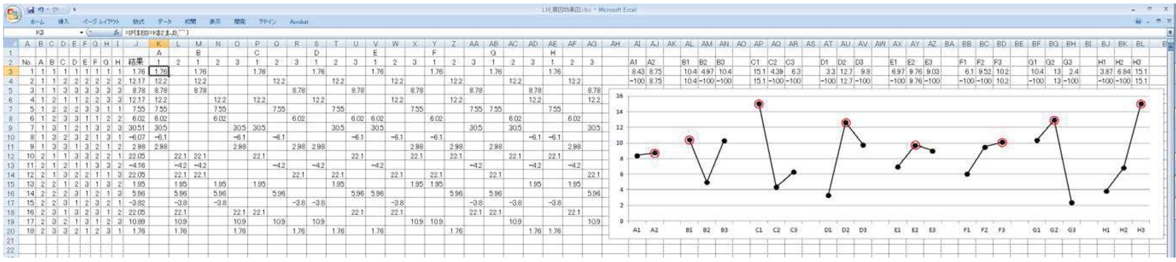
- L18直交表は、2×3^7=4,374通りの組み合わせを18回で掌握
- $a_1+a_2=b_1+b_2+b_3=c_1+c_2+c_3=\ldots=h_1+h_2+h_3=0$, 全平均 : $\bar{y}$
- 因子間で結果に影響しあわないこと（交互作用がないこと）

	A	B	C	D	E	F	G	H	結果
1	1	1	1	1	1	1	1	1	$y_1=\bar{y}+a_1+b_1+c_1+d_1+e_1+f_1+g_1+h_1$
2	1	1	2	2	2	2	2	2	$y_2=\bar{y}+a_1+b_1+c_2+d_2+e_2+f_2+g_2+h_2$
3	1	1	3	3	3	3	3	3	$y_3=\bar{y}+a_1+b_1+c_3+d_3+e_3+f_3+g_3+h_3$
4	1	2	1	1	2	2	3	3	$y_4=\bar{y}+a_1+b_2+c_1+d_1+e_2+f_2+g_3+h_3$
5	1	2	2	2	3	3	1	1	$y_5=\bar{y}+a_1+b_2+c_2+d_2+e_3+f_3+g_1+h_1$
6	1	2	3	3	1	1	2	2	$y_6=\bar{y}+a_1+b_2+c_3+d_3+e_1+f_1+g_2+h_2$
7	1	3	1	2	1	3	2	3	$y_7=\bar{y}+a_1+b_3+c_1+d_2+e_1+f_3+g_2+h_3$

8	1	3	2	3	2	1	3	1	$y_8=\bar{y}+a_1+b_3+c_2+d_3+e_2+f_1+g_3+h_1$
9	1	3	3	1	3	2	1	2	$y_9=\bar{y}+a_1+b_3+c_3+d_1+e_3+f_2+g_1+h_2$
10	2	1	1	3	3	2	2	1	$y_{10}=\bar{y}+a_2+b_1+c_1+d_3+e_3+f_2+g_2+h_1$
11	2	1	2	1	1	3	3	2	$y_{11}=\bar{y}+a_2+b_1+c_2+d_1+e_1+f_3+g_3+h_2$
12	2	1	3	2	2	1	1	3	$y_{12}=\bar{y}+a_2+b_1+c_3+d_2+e_2+f_1+g_1+h_3$
13	2	2	1	2	3	1	3	2	$y_{13}=\bar{y}+a_2+b_2+c_1+d_2+e_3+f_1+g_3+h_2$
14	2	2	2	3	1	2	1	3	$y_{14}=\bar{y}+a_2+b_2+c_2+d_3+e_1+f_2+g_1+h_3$
15	2	2	3	1	2	3	2	1	$y_{15}=\bar{y}+a_2+b_2+c_3+d_1+e_2+f_3+g_2+h_1$
16	2	3	1	3	2	3	1	2	$y_{16}=\bar{y}+a_2+b_3+c_1+d_3+e_2+f_3+g_1+h_2$
17	2	3	2	1	3	1	2	3	$y_{17}=\bar{y}+a_2+b_3+c_2+d_1+e_3+f_1+g_2+h_3$
18	2	3	3	2	1	2	3	1	$y_{18}=\bar{y}+a_2+b_3+c_3+d_2+e_1+f_2+g_3+h_1$

（演習）要因効果図を、表計算で作成しましょう

作成の準備



①直交表と結果　②結果の抽出　③要因効果図の作成

- 左方向に参照、縦方向は数式コピー
- データ入力、演算、作図、印刷　の用途ごとにシートを作成
- 印刷用のシートのみ、罫線などで飾り付けすれば良い

Mar, 5, 2014　©Takefumi OKU

15

①直交表と結果、②結果の抽出

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1											A		B			C		
2	No.	A	B	C	D	E	F	G	H	結果	1	2	1	2	3	1	2	3
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1.76	1.76		1.76			1.76		
4	2	1	1	2	2	2	2	2	2	12.17	12.2		12.2				12.2	
5	3	1	1	3	3	3	3	3	3	8.78	8.78		8.78					8.
6	4	1	2	1	1	2	2	3	3	12.17	12.2			12.2		12.2		
7	5	1	2	2	2	3	3	1	1	7.55	7.55			7.55			7.55	
8	6	1	2	3	3	1	1	2	2	6.02	6.02			6.02				6.
9	7	1	3	1	2	1	3	2	3	30.51	30.5				30.5	30.5		
10	8	1	3	2	3	2	1	3	1	−6.07	−6.1				−6.1		−6.1	
11	9	1	3	3	1	3	2	1	2	2.98	2.98				2.98			2.
12	10	2	1	1	3	3	2	2	1	22.05		22.1	22.1			22.1		
13	11	2	1	2	1	1	3	3	2	−4.16		−4.2	−4.2				−4.2	
14	12	2	1	3	2	2	1	1	3	22.05		22.1	22.1					2
15	13	2	2	1	2	3	1	3	2	1.95		1.95		1.95		1.95		

- 直交表に従って、因子、水準ごとの結果を抽出する
- K3の数式：=IF($B3=K$2, $J3, ””)
- (結果のセル(J3:J20)は、演算用シートを参照する)

Mar, 5, 2014　©Takefumi OKU

16

③要因効果図の作成

	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP
1	G			H											
2	1	2	3	1	2	3		A1	A2	B1	B2	B3	C1	C2	C3
3	1.76			1.76				8.4	8.7	10	5	10	15	4.4	6.3
4		12.2			12.2			###	8.7	10	###	###	15	###	###
5			8.78			8.78									
6			12.2			12.2									
7	7.55			7.55											
8		6.02			6.02										
9		30.5				30.5									
10			-6.1	-6.1											
11	2.98				2.98										
12		22.1		22.1											
13			-4.2		-4.2										
14	22.1					22.1									

- 抽出した結果の平均を表示
- AI3の数式：=AVERAGE(K3:K20)
- 水準間の最大値を表示
- AI4の数式：=IF(MAX($AI$3:$AJ$3)=AI3,AI3,-100)

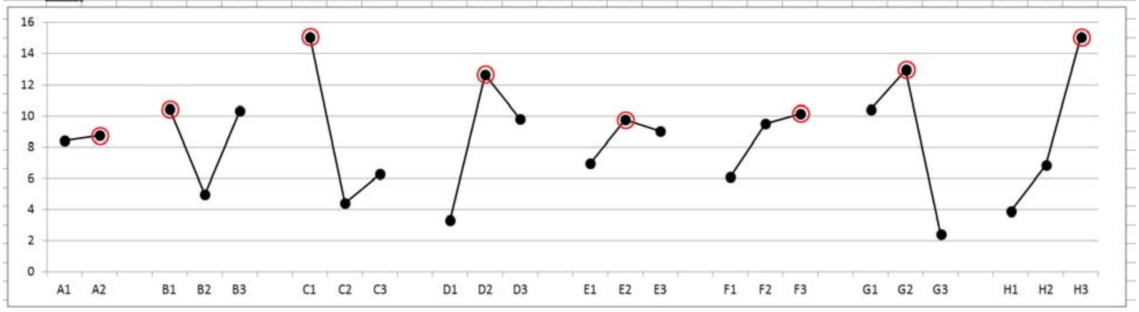
©Takefumi OKU　Mar, 5, 2014

17

④要因効果図の完成

AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW
	A1	A2		B1	B2	B3		C1	C2	C3		D1	D2	D3	
	8.4	8.7		10	5	10		15	4.4	6.3		3.3	13	9.8	
	###	8.7		10	###	###		15	###	###		###	13	###	

AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL
E1	E2	E3		F1	F2	F3		G1	G2	G3		H1	H2	H3
7	9.8	9		6.1	9.5	10		10	13	2.4		3.9	6.8	15
###	9.8	###		###	###	10		###	13	###		###	###	15



- 横方向に数式をコピーした後に、因子の境に空白列を挿入
- 折れ線グラフで要因効果図を作成
  - 最大値の表示は、線を結ばない
  - 縦軸の最小値は、適時調整する
  - セルの縦線とグラフ領域の縦線を合わせると見やすい
- 因子ごとの最大値の組み合わせが、最適条件となる

©Takefumi OKU　Mar, 5, 2014

18

品質管理を導入した訓練技法開発 (ものづくり間接支援による)

３．専門技術の客観的表現

３．１　１つの条件の利き具合

３．２　複数の条件の利き具合

３．３　現場で再現させるには

生産管理系

SYOKUGYODAI 職業能力開発総合大学校 POLYTECHNIC UNIVERSITY

職業能力開発総合大学校

19

3.3 現場で再現させるには

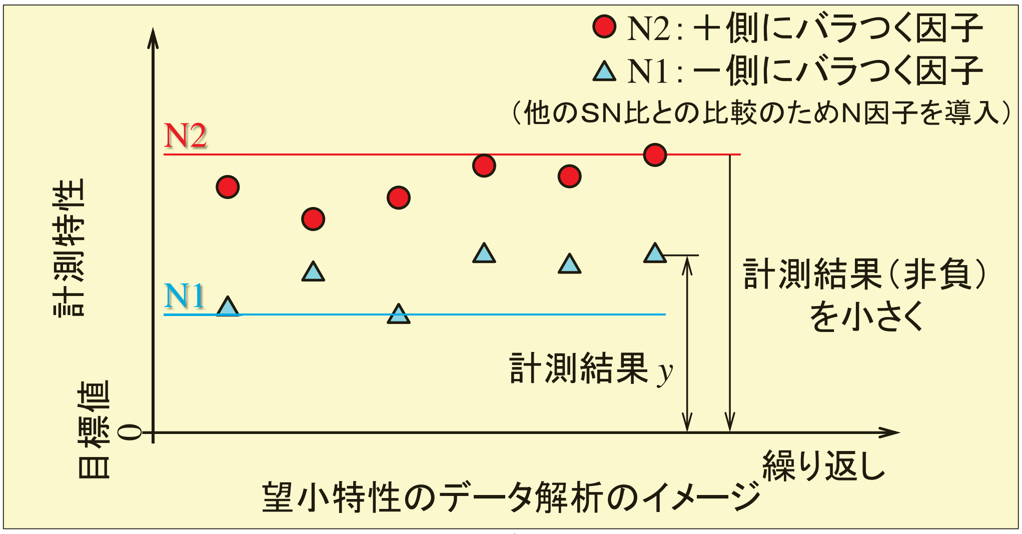
田口博士によって、バラつきを抑えるための新たな指標として、SN比が考案された(タグチメソッド)。通信分野のSN比の拡張であるため、単位は、dB ではなく db としている。

- SN比＝効果^2/バラつき^2 ⇒ 大きいほど良い
- 誤差因子を外積して、再現性を高める
- 因子の効果の加法性が成り立ちやすい
- 静特性
  - 望小特性　:非負、騒音、排気ガスなど
  - 望大特性　:非負、接着力、強度など
  - 望目特性　:目標値へ合わせ込み、連続生産中の寸法など
  - ゼロ望目特性 :正負可、そり、ゼロが目標
- 動特性
  - 目標値をこれから決めるとき:先行開発、機能性評価など

20

望小、ゼロ望目特性のSN比

- そり、騒音、排気ガスなど



望小SN比

$$\eta = -10\log\left(\sum_{i,j=1}^{n,r} y_{ij}^{\ 2} \Big/ nr\right)^2$$

ゼロ望目SN比

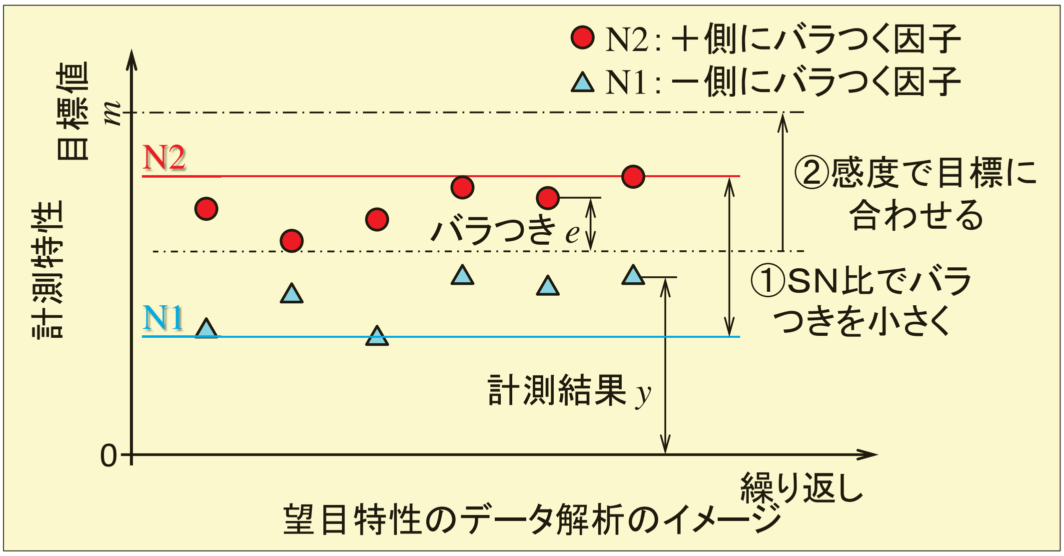
$$\eta = -10\log\left(\sum_{i,j=1}^{n,r} \left(y_{ij} - \bar{y}\right)^2 \Big/ nr\right)^2$$

ゼロ望目感度

$$S = \bar{y}$$

望目特性のSN比、感度

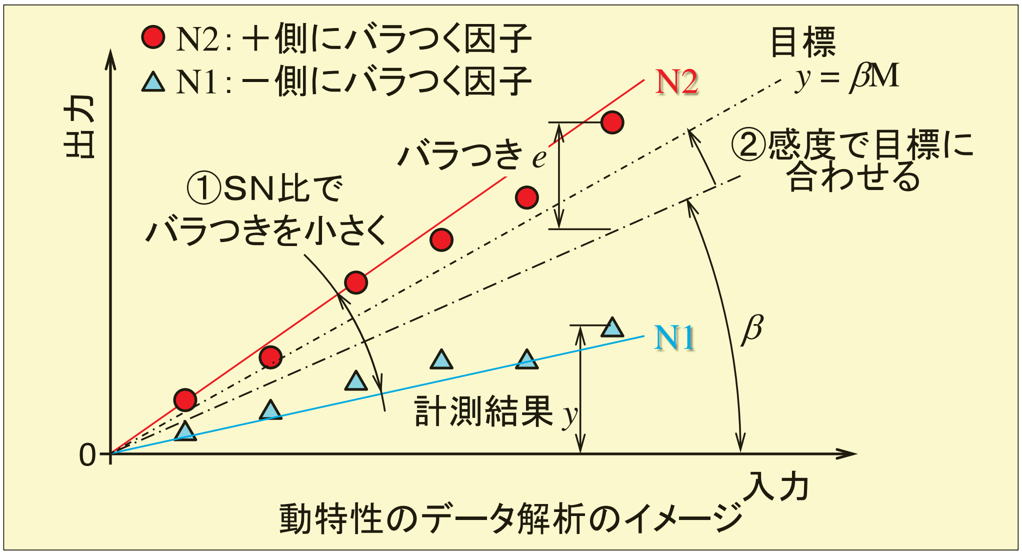
- 目標値へ合わせ込み、連続生産中の寸法など



SN比 $\eta = 10\log \dfrac{\frac{1}{nr}\left(S_m - V_e\right)}{V_e}$　感度 $S = 10\log \dfrac{1}{nr}\left(S_m - V_e\right)$

動特性のSN比、感度

- 目標値をこれから決めるとき：先行開発、機能性評価など



SN比 $\eta = 10\log \dfrac{\frac{1}{r}\left(S_\beta - V_e\right)}{V_N}$　　感度 $S = 10\log \dfrac{1}{r}\left(S_\beta - V_e\right)$

静特性のSN比

- 望小特性

$$\eta = -10\log\left(\sum_{i,j}^{n,r} y_{ij}{}^2 \Big/ nr\right)^2$$

- 望目静特性

SN比 $\eta = 10\log \dfrac{\frac{1}{nr}\left(S_m - V_e\right)}{V_e}$

感度 $S = 10\log \dfrac{1}{nr}\left(S_m - V_e\right)$

直交表の各行で取得するデータの構造

繰り返し $j = r$

誤差因子の水準 $i = n$

	1	2	…	j	…	r
N_1	y_{11}	y_{12}	…	y_{1j}	…	y_{1r}
N_2	y_{21}	y_{22}	…	y_{2j}	…	y_{2r}
⋮	⋮	⋮	…	⋮	…	⋮
N_i	y_{i1}	y_{i2}	…	y_{ij}	…	y_{ir}
⋮	⋮	⋮	…	⋮	…	⋮
N_n	y_{n1}	y_{n2}	…	y_{nj}	…	y_{nr}

データの数：nr 個

全変動

$$S_T = \sum_{i,j}^{n,r} y_{ij}{}^2 \qquad f = nr$$

平均の変動

$$S_m = \left(\sum_{i,j}^{n,r} y_{ij}\right)^2 \Big/ nr \qquad f = 1$$

誤差変動

$$S_e = S_T - S_m \qquad f = nr - 1$$

誤差分散

$$V_e = S_e \big/ (nr - 1)$$

動特性のSN比

- SN比

$$\eta = 10\log\frac{\frac{1}{r}\left(S_\beta - V_e\right)}{V_N}$$

- 感度

$$S = 10\log\frac{1}{r}\left(S_\beta - V_e\right)$$

直交表の各行で取得するデータの構造

信号 $j = k$　繰り返し数 $h=r_0=1$

誤差因子の水準 $i = n$

	M_1	M_2	…	M_j	…	M_k	線形式
N_1	y_{11r_0}	y_{12r_0}	…	y_{1jr_0}	…	y_{1kr_0}	L_1
N_2	y_{21r_0}	y_{22r_0}	…	y_{2jr_0}	…	y_{2kr_0}	L_2
⋮	⋮	⋮	…	⋮	…	⋮	⋮
N_i	y_{i1r_0}	y_{i2r_0}	…	y_{ijr_0}	…	y_{ikr_0}	L_i
⋮	⋮	⋮	…	⋮	…	⋮	⋮
N_n	y_{n1r_0}	y_{n2r_0}	…	y_{njr_0}	…	y_{nkr_0}	L_n

データの数：nkr_0 個

全変動

$$S_T = \sum_{i,j,h}^{n,k,r_0} y_{ijh}^2 \qquad f = nkr_0$$

有効除数

$$r = r_0 n \sum_j^k M_j^2$$

線形式

$$L_i = M_1 \sum_h^{r_0} y_{i1h} + M_2 \sum_h^{r_0} y_{i2h} + \cdots + M_k \sum_h^{r_0} y_{ikh}$$

入力の効果

$$S_\beta = \frac{1}{r}\left(\sum_i^n L_i\right)^2 \qquad f = 1$$

誤差の効果

$$S_{N\times\beta} = \frac{\left(\sum_i^n L_i^2\right)}{r/r_0 n} - S_\beta$$

$$f = n - 1$$

品質管理を導入した訓練技法開発 (ものづくり間接支援による)

４．事例演習

４．１　旋削技能の評価

４．２　溶接ビードの評価

４．３　測定器の選定

４．４　ＣＡＥの使い方

生産管理系

SYOKUGYODAI

職業能力開発総合大学校 POLYTECHNIC UNIVERSITY

職業能力開発総合大学校

QC手法と訓練場面の対応(案) 議論していただきたい

科目	機械			
教科	加工技能評価	溶接ビート評価	測定器の選定	CAE使用方法
	事例1	事例2	事例3	事例4
基本統計量	○	○	○	○
データの取り方	○	○	○	○
ヒストグラム	○		○	
管理図	○			
層別	○		○	
検定		○	○	
点推定	○	○	○	
区間推定			○	
工程能力指数	○	○		
一元配置実験計画	○	○	○	○
二元配置実験計画	○	○		

27

品質管理を導入した訓練技法開発 (ものづくり間接支援による)

４．事例演習

４．１　旋削技能の評価

４．２　溶接ビードの評価

４．３　測定器の選定

４．４　ＣＡＥの使い方

生産管理系

SYOKUGYODAI 職業能力開発総合大学校 POLYTECHNIC UNIVERSITY

職業能力開発総合大学校

28

旋削技能の評価

後輩指導員からの質問「技能検定の採点基準は、どのように考えられたのか？自分で作るには？」に、どう答えるか？

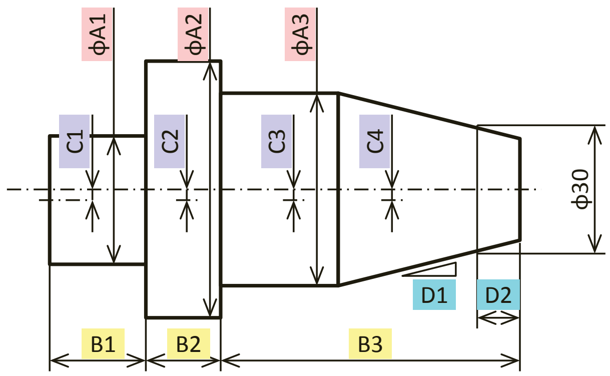
【技能検定の採点ステップ】
①被験者が作品作成
②評価対象の寸法を測定
③目標値からのずれ量に応じて段階的に減点
④減点を合計して、40点未満で合格（得点60点以上）

【提案】
技能要素ごとに、基本統計量（平均、分散、標準偏差）を用いて評価する

29

旋削技能の評価

【課題例】



形状、寸法は、取り入れる技能要素に応じて決める
上例の技能要素は 外径A、端面B、再把持（偏芯）C、テーパD
作品1個当たり、12個の寸法データ
得るデータは、大きさ、単位が異なる

30

旋削技能の評価

【得られるデータセット】 i:技能要素と寸法 j:年次 k:学習者

年次	人	技能要素 A						技能要素 B				技能要素 C				…
		1	2	…	i	…	a	1	2	…	b	1	2	…	c	…
2013 1	1	x_{A111}	x_{A211}	…	x_{i11}	…	x_{Aa11}	x_{B111}	x_{B211}	…	x_{Bb11}	x_{C111}	x_{C211}	…	x_{Cc11}	…
	2	x_{A112}	x_{A212}	…	x_{i12}	…	x_{Aa12}	x_{B112}	x_{B212}	…	x_{Bb12}	x_{C112}	x_{C212}	…	x_{Cc12}	…
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	k	x_{A11k}	x_{A21k}	…	x_{i1k}	…	x_{Aa1k}	x_{B11k}	x_{B21k}	…	x_{Bb1k}	x_{C11k}	x_{C21k}	…	x_{Cc1k}	…
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2014 2	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	k	x_{A12k}	x_{A22k}	…	x_{i2k}	…	x_{Aa1k}	x_{B12k}	x_{B22k}	…	x_{Bb2k}	x_{C12k}	x_{C22k}	…	x_{Cc2k}	…
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
20?? j	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	k	x_{A1jk}	x_{A2jk}	…	x_{ijk}	…	x_{Aajk}	x_{B1jk}	x_{B2jk}	…	x_{Bbjk}	x_{C1jk}	x_{C2jk}	…	x_{Ccjk}	…
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
目標値		m_{A1}	m_{A2}	…	m_i	…	m_{Aa}	m_{B1}	m_{B2}	…	m_{Bb}	m_{C1}	m_{C2}	…	m_{Cc}	…
平均		μ_{A1}	μ_{A2}	…	μ_i	…	μ_{Aa}	μ_{B1}	μ_{B2}	…	μ_{Bb}	μ_{C1}	μ_{C2}	…	μ_{Cc}	…
標準偏差 σ_j		σ_{A1}	σ_{A2}	…	σ_i	…	σ_{Aa}	σ_{B1}	σ_{B2}	…	σ_{Bb}	σ_{C1}	σ_{C2}	…	σ_{Cc}	…

31

旋削技能の評価

【データの基準化】

個々のデータ x_{ijk} を、列ごとに目標値 m_j と標準偏差 σ_j で基準化して、y_{ijk} とする

$$y_{ijk} = \frac{x_{ijk} - m_j}{s_j}$$

i:技能要素と寸法 j:年次、人

k:練習回数 m:目標寸法

【学習者の技能要素ごとに分散を求める】

年次 j の学習者 k について、技能要素 A を構成する寸法の基準化値 y_{ijk} の分散は次式となる

各々の寸法が目標値に近いほど、分散は小さくなる

$$V_{A\,jk} = \sum_{i=A1}^{Aa} \left(y_{ijk}\right)^2 / a$$

$$= \left(y_{A1\,jk}{}^2 + y_{A2\,jk}{}^2 + \cdots + y_{Aa\,jk}{}^2\right) / a$$

32

旋削技能の評価

【基準化されたデータセット】 i:技能要素と寸法 j:年次 k:学習者

年次	人	技能要素 A							…
		1	2	…	i	…	a	分散	…
2013 1	1	y_{A111}	y_{A211}	…	y_{i11}	…	y_{Aa11}	$V_{A\,11}$	…
	2	y_{A112}	y_{A212}	…	y_{i12}	…	y_{Aa12}	$V_{A\,12}$	…
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	k	y_{A11k}	y_{A21k}	…	y_{i1k}	…	y_{Aa1k}	$V_{A\,1k}$	…
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
2014 2	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	k	y_{A12k}	y_{A22k}	…	y_{i2k}	…	y_{Aa1k}	$V_{A\,2k}$	…
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
20?? j	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	k	y_{A1jk}	y_{A2jk}	…	y_{ijk}	…	y_{Aajk}	$V_{A\,jk}$	…
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

他の技能要素B、C、…についても、分散を求める

©Takefumi OKU　Mar, 5, 2014

33

旋削技能の評価

【分散の逆数を技能要素ごとの評価】

技能要素Aについての評価値

$$\eta_A = 10\log\left(1/V_{A\,jk}\right) = -10\log V_{A\,jk} \quad \text{(db)}$$

【全ての技能要素の分散の平均から、総合した評価】

分散、デシベル(db)を用いると、次式のような加法性が成り立つので、汎用性の高い技能の評価方法を構築できる

$$\eta = 10\log\left(1\Big/\frac{V_{A\,jk}+V_{B\,jk}+V_{C\,jk}}{3}\right) = -10\log\frac{V_{A\,jk}+V_{B\,jk}+V_{C\,jk}}{3} \quad \text{(db)}$$

SN比選択のポイント

担当者が対象の設計を変更できるなら感度を導入する。今回は、人が対象で、設計変更は出来ないので、感度を導入しない望小特性を採用する。

©Takefumi OKU　Mar, 5, 2014

34

品質管理を導入した訓練技法開発 (ものづくり間接支援による)

４． 事例演習

４．１　旋削技能の評価

４．２　溶接ビードの評価

４．３　測定器の選定

４．４　CAEの使い方

生産管理系

SYOKUGYODAI 職業能力開発総合大学校 POLYTECHNIC UNIVERSITY

職業能力開発総合大学校

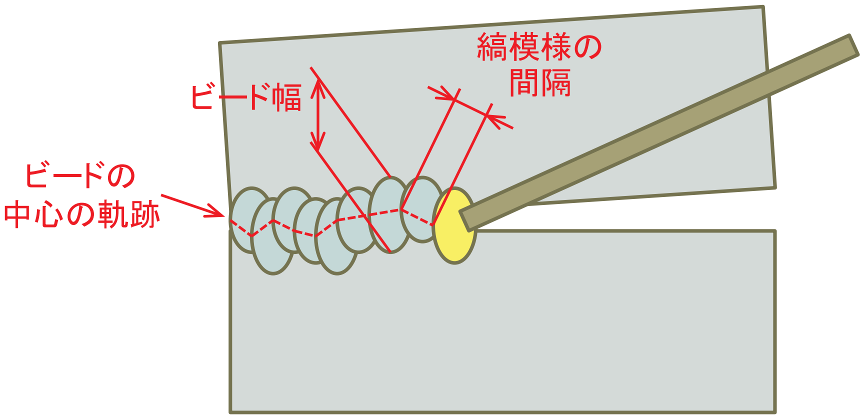
35

溶接ビードの外観評価

後輩指導員からの質問「溶接ビードの美しさを定量的に評価するには？」に、どう答えるか？

【溶接ビードの美しさの定義】(議論を深めていただきたい)

- ビード幅が一定であること
- ビードの中心の軌跡が一直線であること
- 縞模様の間隔が一定であること



36

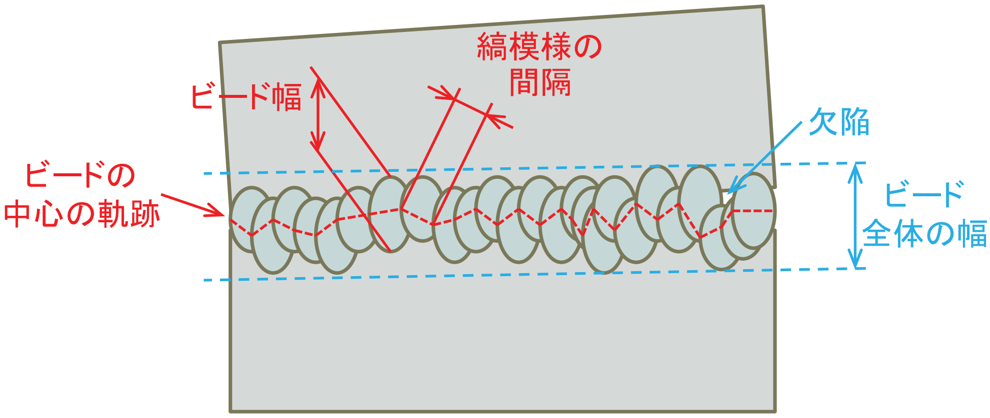
溶接ビードの外観評価

【提案】

定義に挙げた項目をどうやって計測するかを考える

旋削技能の評価と同様に、計測特性ごとに、基本統計量（平均、分散、標準偏差）を用いて評価する

溶接技術検定の外観検査は、溶接ビード全体の幅が既定値以内、欠陥のないことで合否→定量化ではない



 Mar, 5, 2014

37

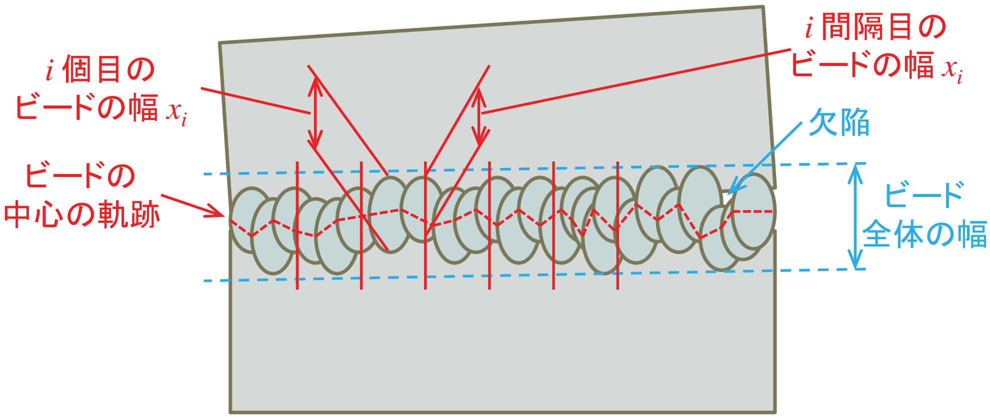
溶接ビードの外観評価

【提案】

定義に挙げた項目をどうやって計測するかを考える

旋削技能の評価と同様に、計測特性ごとに、基本統計量（平均、分散、標準偏差）を用いて評価する

溶接技術検定の外観検査は、溶接ビード全体の幅が既定値以内、欠陥のないことで合否→定量化ではない



 Mar, 5, 2014

38

溶接ビードを測る意味

実際にデータを取得することは困難なことが多いが、計測技術を確立することは我々の業務命題といえる

【その測定は対象技術の本質に迫っているか】

- 溶接技術とは、溶接しなかった場合と同等以上の機械的性質を安価に実現できること
- 溶接技能を評価するために、溶接ビードを測る
- 一般に、技能検定は合否の判断のみなので、定量的な評価ではない

【作業の自動化、簡略化】

- 試験片の写真から、画像処理して各値を自動で取得
- 一定間隔内で、各p-p値を自動で取得

39

品質管理を導入した訓練技法開発
(ものづくり間接支援による)

４．事例演習

４．１　旋削技能の評価

４．２　溶接ビードの評価

４．３　測定器の選定

４．４　CAEの使い方

生産管理系

SYOKUGYODAI 職業能力開発総合大学校 POLYTECHNIC UNIVERSITY

職業能力開発総合大学校

40

測定器の選定

セミナー受講者からの質問「〇 〇を測る最適な測定器の選定方法は？その測定誤差は？」に、どう答えるか？

【企業での測定の問題】
- 製造プロセス中の計測で、市販の測定器は対応できない
- 精度を保証するような検査標準の類は存在しない

【提案】
- 〇 〇の技術的な知見は無くとも、測定器の選定はできる
- 真値不明だが、測定器の誤差を求める

【課題例】
- Oリングの線径を測るためのマイクロメータの最適な選定法

測定器の選定

【測定器の選定、真値の種類と範囲を決めて測定】
- M：Oリングの線の太さ 3水準、N：材質 2水準
- M2N1を基準にデータを基準化

		M_1 1.0–1.5 mm	M_2 1.5–1.5 mm	M_3 2.0–1.5 mm
A_1 アナログ	N_1：軟質	$y_{111}=x_{111}-x_{112}$	$y_{112}=0$	$y_{113}=x_{113}-x_{112}$
	N_2：硬質	$y_{121}=x_{121}-x_{112}$	$y_{122}=x_{122}-x_{112}$	$y_{123}=x_{123}-x_{112}$
A_2 ソフトタッチ	N_1：軟質	$y_{211}=x_{211}-x_{212}$	$y_{212}=0$	$y_{213}=x_{213}-x_{212}$
	N_2：硬質	$y_{221}=x_{221}-x_{212}$	$y_{222}=x_{222}-x_{212}$	$y_{223}=x_{223}-x_{212}$

【SN比を用いた測定器の比較】

A1の方が良かった場合（A1のSN比 η_1 ＞A2のSN比 η_2 ）
- 利得（精度の差）$\Delta\eta = \eta_1 - \eta_2$ (db)　(=10log真数)
- $10^{\Delta\eta/10}$ 倍ほどA1の方が精度が良い

測定器の選定

【SN比の計算】

- A1の場合

全変動

$$S_{T1}=\sum_{i,j=1}^{2,3} y_{1ij}^{\ 2} \qquad f_{T1}=2\cdot 3=6$$

1次効果

$$S_{\beta 1}=\left(\sum_{i,j=1}^{2,3} M_j y_{1ij}\right)^2 \Big/ r \qquad f_{\beta 1}=1$$

誤差分散

$$V_{e1}=\left(S_{T1}-S_{\beta 1}\right)/\left(f_{T1}-f_{\beta 1}\right)$$

有効除数

$$r=\sum_{j=1}^{3} M_j^{\ 2}$$

SN比

$$\eta_1=10\log\frac{\frac{1}{r}\left(S_{\beta 1}-V_{e1}\right)}{V_{e1}}$$

感度係数

$$\hat{\beta}_1=\sum_{i,j=1}^{2,3} M_j y_{1ij} \Big/ r$$

回帰式

$$y=\hat{\beta}_1 M$$

©Takefumi OKU　Mar, 5, 2014

43

測定器の選定（演習）

【測定器の選定、真値の種類と範囲を決めて測定】

- A1の3桁目は、目盛り線の重なり具合から測定者が判断

		M_1 1.0–1.5 mm	M_2 1.5–1.5 mm	M_3 2.0–1.5 mm
A_1 アナログ	N_1:軟質	0.952	1.392	1.948
	N_2:硬質	0.994	1.490	1.954
A_2 ソフトタッチ	N_1:軟質	0.954	1.423	1.985
	N_2:硬質	0.999	1.503	2.006

【計算メモ】

©Takefumi OKU　Mar, 5, 2014

44

品質管理を導入した訓練技法開発 (ものづくり間接支援による)

４．事例演習

４．１　旋削技能の評価

４．２　溶接ビードの評価

４．３　測定器の選定

４．４　ＣＡＥの使い方

生産管理系

職業能力開発総合大学校

シミュレーション応答解析

セミナー受講者からの質問「ソフトウェアの操作手順ではなく、どう設計に役立てるのか？」に、なんと答えるか？

【企業でシミュレーションを行うときの問題】

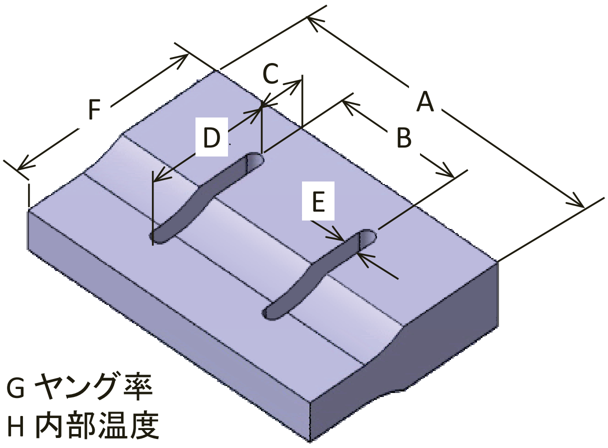
- 思い付きの実物実験をCAEに置き換えただけでは困る
- 実験計画法を適用しても、偶然誤差の対応による計算回数の増大は困る

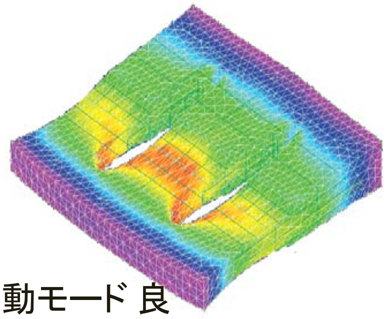
【提案】

- 誤差を外乱（ユーザーの使用条件：CAEで取扱難）と内乱（内部温度や劣化など：実物実験で取扱難）に分けて整理
- 直積実験により、外乱を代用する

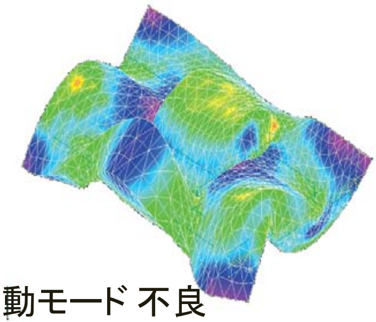
シミュレーション応答解析

【課題例】
角型超音波振動ホーンの設計





振動モード 良



振動モード 不良

47

シミュレーション応答解析

【外乱と内乱】(議論を深めていただきたい)
- 外乱：A~F 加工誤差
- 内乱：G ヤング率、H 内部温度

48

シミュレーション応答解析

内側条件				
		1	2	3
A	寸法mm	200	250	
B	寸法mm	75	100	125
C	寸法mm	40	50	60
D	寸法mm	50	70	90
E	寸法mm	8	10	12
F	寸法mm	145	150	155
G	Y率 GPa	195	200	205
H	温度 ℃	0	50	100

外側条件			
	1	2	3
A’	-5%	+5%	
B’	-5%	-	+5%
C’	-5%	-	+5%
D’	-5%	-	+5%
E’	-5%	-	+5%
F’	-5%	-	+5%
G’	-5%	-	+5%
H’	-5%	-	+5%

	N1	N2	N3		N18
H’	1	2	3		1
C’	1	2	3		3
B’	1	1	1		3
A’	1	1	1		2

	A	B	C		H
1	1	1	1		1
2	1	1	2		2
3	1	1	3		3
18	2	3	3		1

18パターンの内側条件で数値を決めて、外側条件の18パターンで5%オフセットさせる　18×18通りとなる

品質管理を導入した訓練技法開発 (ものづくり間接支援による)

５．組み込み事例立案

５．１　適用テーマ立案

５．２　グループ活動

生産管理系

SYOKUGYODAI

職業能力開発総合大学校 POLYTECHNIC UNIVERSITY

職業能力開発総合大学校

品質管理を導入した訓練技法開発
(ものづくり間接支援による)

６．まとめ

６．１　成果発表と質疑応答

６．２　まとめ

生産管理系
SYOKUGYODAI
職業能力開発総合大学校 POLYTECHNIC UNIVERSITY
職業能力開発総合大学校