

GR & R



- 試験法バリデーション
- 試験あるいは評価方法の設定

測定装置

GR & R

(Gage Repeatability and Reproducibility)

繰返し性 と 再現性

MSA

(Measurement System Analysis)

引用： MSAスタディーガイド(第4版)

全米自動車産業協会(AIAG)発行

ISO/TS16949に基づく

↑自動車産業に特化した品質マネジメントシステム

5つのコアのうちの1つがMSA

GRR基準

GRR	決定	コメント
誤差10%未満	一般的に 受け入れられる	推奨。 ・部品の仕分け ・きつい工程管理
誤差10%以上 30%以下	ある適用に対して 受け入れられる	測定装置のコストなど に基づく。 顧客に承認されるべき
誤差30%超	受け入れられない	改善努力必要

$$\sigma_{obs}^2 = \sigma_{actual}^2 + \sigma_{GRR}^2$$

バラツキの平方は加算性あり

ここで

σ_{obs}^2 = 測定された工程変動

σ_{actual}^2 = 実際の工程変動

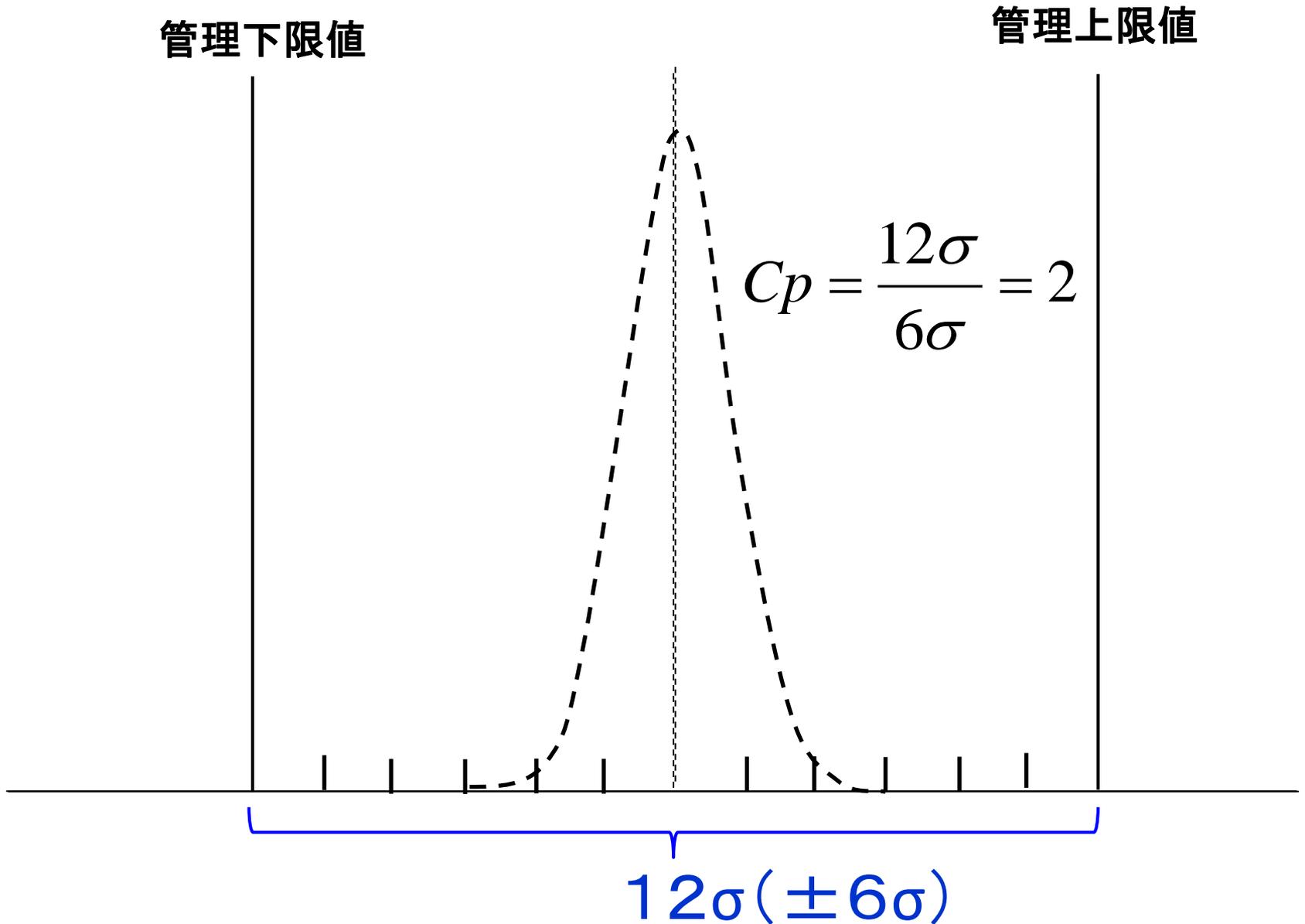
σ_{GRR}^2 = 測定システムの変動

$$\sigma_{GRR}^2 = \sigma_{再現性}^2 + \sigma_{繰返し性}^2$$

$$Cp = \frac{\text{許容差範囲}}{6\sigma}$$

$$\frac{1}{Cp_{obs}^2} = \frac{1}{Cp_{actual}^2} + \frac{1}{Cp_{GRR}^2}$$

工程能力指数 $C_p = 2$ とは？

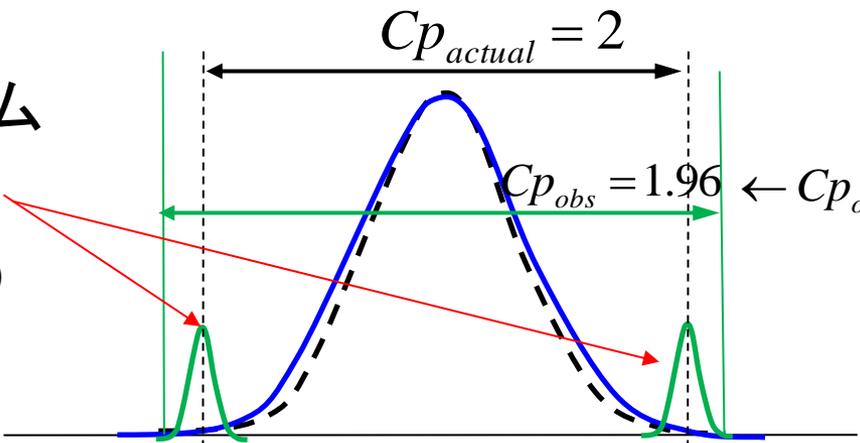


GRRのイメージ：（観測される）工程の変動を100%とした際の測定のバラツキを%表示

高度な測定システム

GRR10%

$\rightarrow Cp_{GRR} = \frac{1}{0.1} = 10$



$Cp_{obs} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{Cp_{actual}^2} + \frac{1}{Cp_{GRR}^2}}}$ より

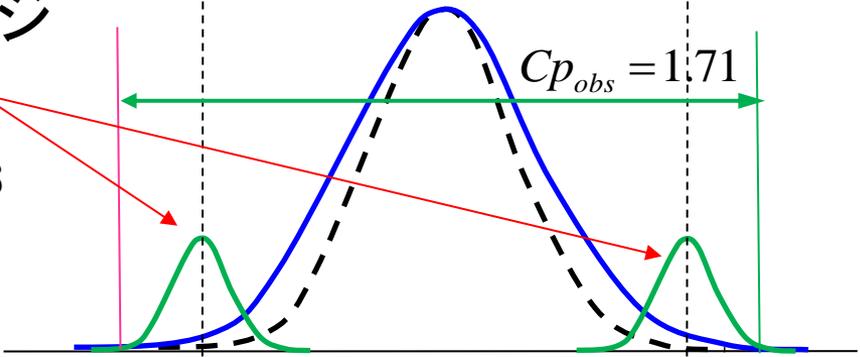


$\frac{1}{Cp_{obs}^2} = \frac{1}{Cp_{actual}^2} + \frac{1}{Cp_{GRR}^2}$

工程の量産用ゲージ

GRR30%

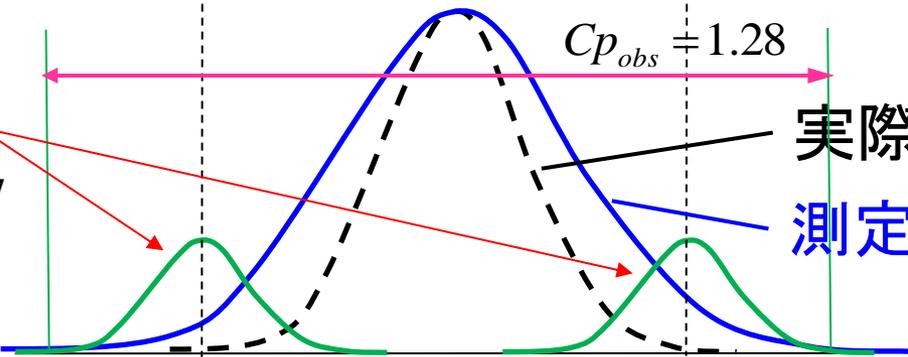
$\rightarrow Cp_{GRR} = \frac{1}{0.3} = 3.3$



不適切なゲージ

GRR60%

$\rightarrow Cp_{GRR} = \frac{1}{0.6} = 1.67$



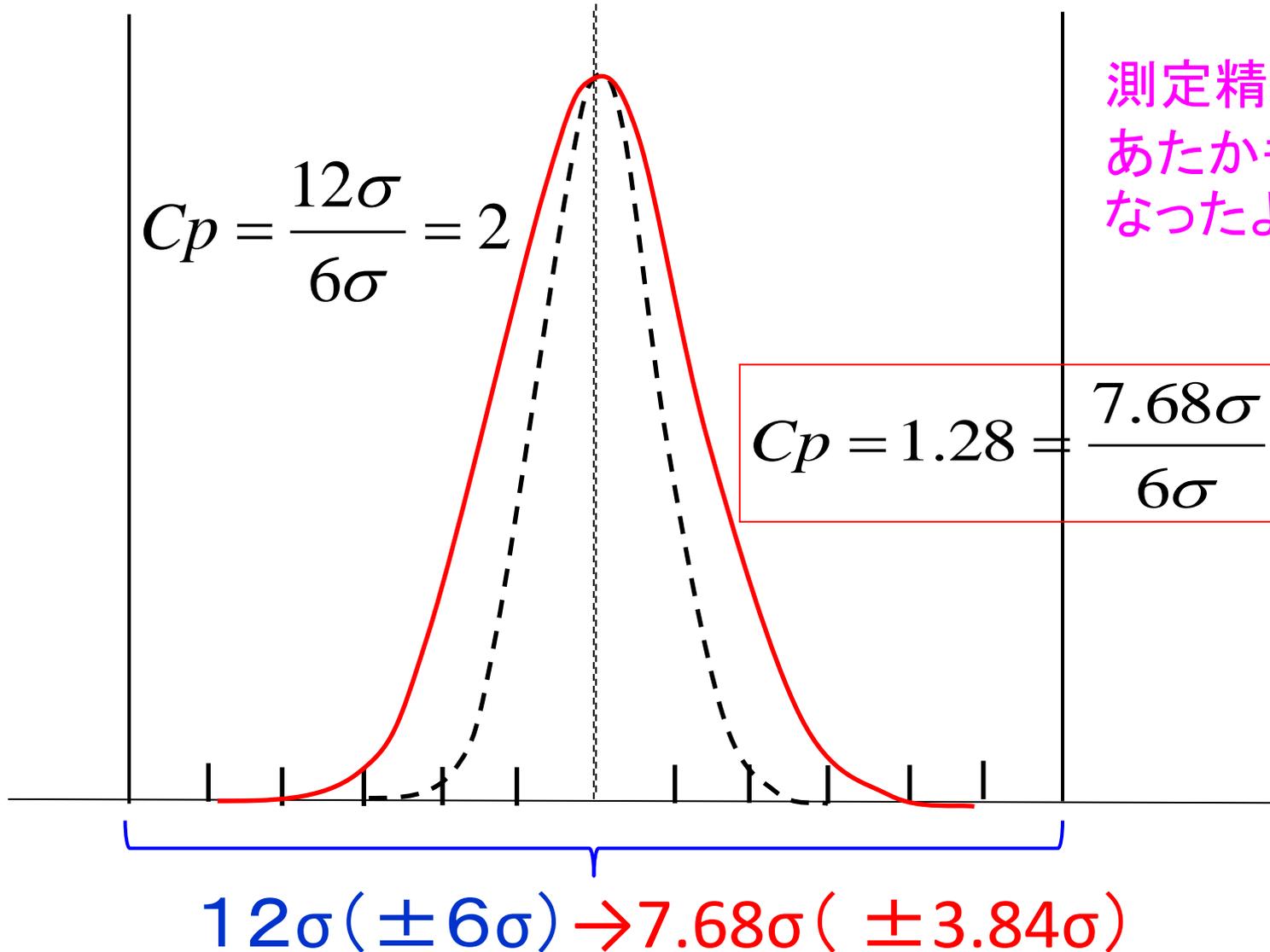
実際の工程変動

測定された工程変動

GRR60%の時、工程能力指数 $C_p=1.28$

管理下限値

管理上限値

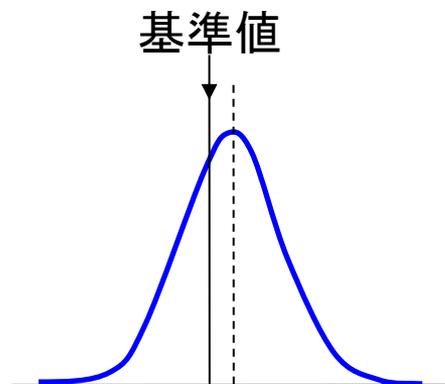


繰返し性: 連続試行時の変動



EV 装置変動

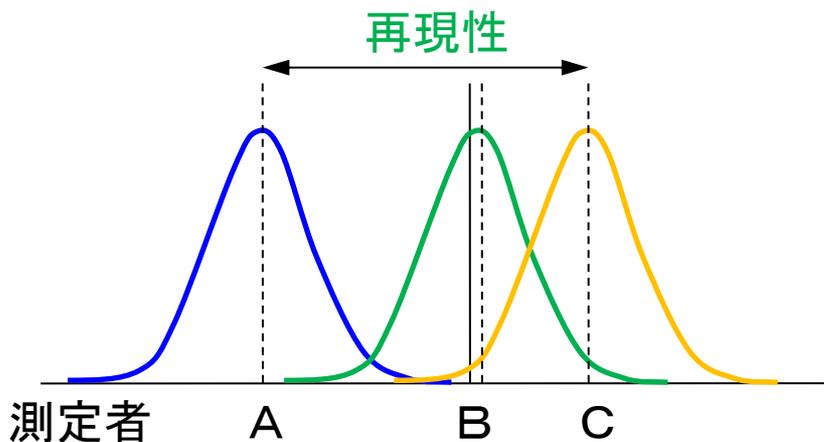
$$\sigma_{\text{繰返し性}} = \frac{\bar{R}}{d_2}$$



再現性: システム間又は測定条件間の変動



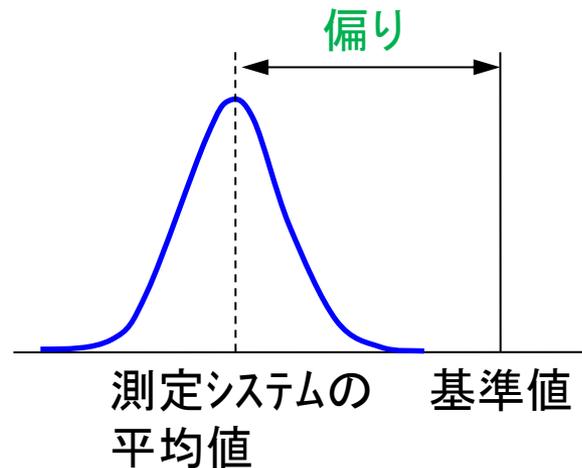
AV 測定者変動



GRR: 繰返し性及び再現性を合成した変動の推定値

$$\sigma_{GRR}^2 = \sigma_{\text{再現性}}^2 + \sigma_{\text{繰返し性}}^2$$

偏り: = 正確さ



$$\sigma_{\text{能力}}^2 = \sigma_{\text{偏り}}^2 + \sigma_{GRR}^2$$

$$\sigma_{GRR}^2 = \sigma_{\text{再現性}}^2 + \sigma_{\text{繰返し性}}^2$$

システムでの定義

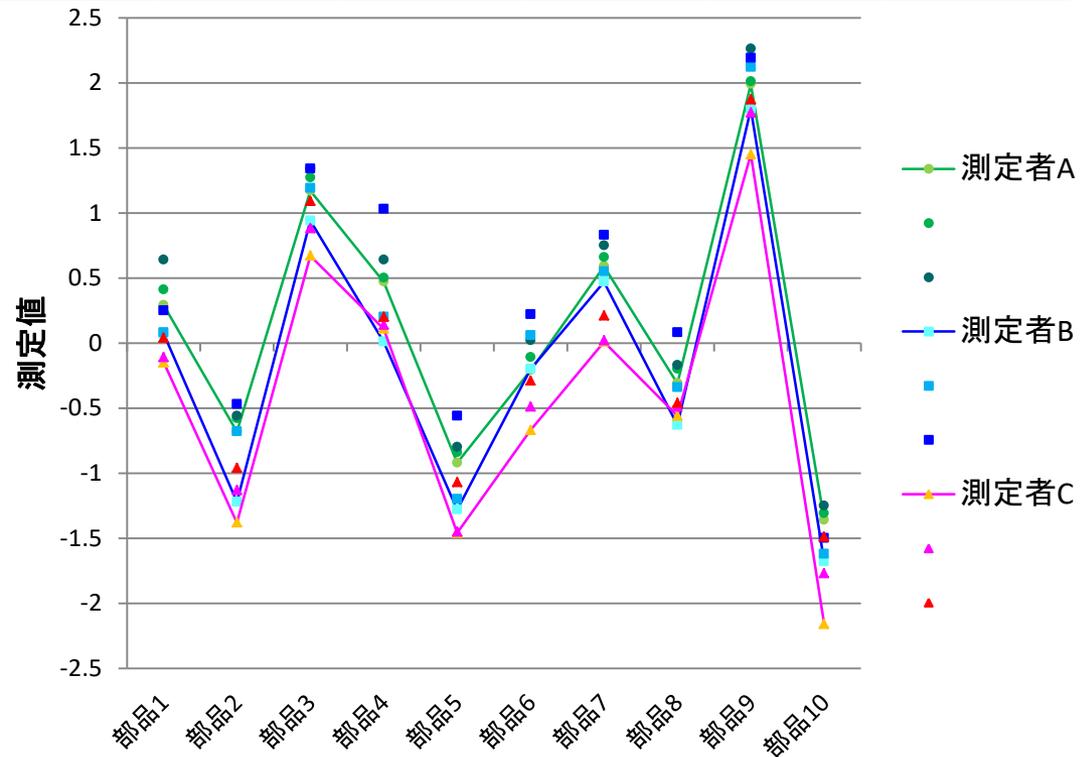
能力: 短時間に採取された読取り値の変動

性能: 長時間にわたり採取された読取り値の変動

測定者3名が部品1～10について各々3回ずつ測定した結果

	測定者A			測定者B			測定者C		
	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目
部品1	0.29	0.41	0.64	0.07	0.08	0.25	-0.15	-0.11	0.04
部品2	-0.68	-0.58	-0.56	-1.22	-0.68	-0.47	-1.38	-1.13	-0.96
部品3	1.17	1.27	1.34	0.94	1.19	1.34	0.67	0.88	1.09
部品4	0.47	0.5	0.64	0.01	0.2	1.03	0.11	0.14	0.2
部品5	-0.92	-0.84	-0.8	-1.28	-1.2	-0.56	-1.46	-1.45	-1.07
部品6	-0.21	-0.11	0.02	-0.2	0.06	0.22	-0.67	-0.49	-0.29
部品7	0.59	0.66	0.75	0.47	0.55	0.83	0.01	0.02	0.21
部品8	-0.31	-0.2	-0.17	-0.63	-0.34	0.08	-0.56	-0.49	-0.46
部品9	1.99	2.01	2.26	1.8	2.12	2.19	1.45	1.77	1.87
部品10	-1.36	-1.31	-1.25	-1.68	-1.62	-1.5	-2.16	-1.77	-1.49

繰返し性と再現性を
どのように評価するか？



TV : 全変動、 EV : 繰返し性 (装置変動)

AV : 再現性 (測定者変動)、 PV : 部品変動

GRR : 繰返し性・再現性

$$TV^2 = EV^2 + AV^2 + PV^2$$

$$GRR^2 = EV^2 + AV^2$$

$$GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2}$$

$$TV = \sqrt{GRR^2 + PV^2}$$

変動の平方和
加法性が成り立つ

GRRの調査手法

- 範囲法

- 平均値－範囲法

 - 決められたフォームあり

- ANOVA(分散分析)法

 - 測定者－部品間の交互作用特定可

平均值一範圍法

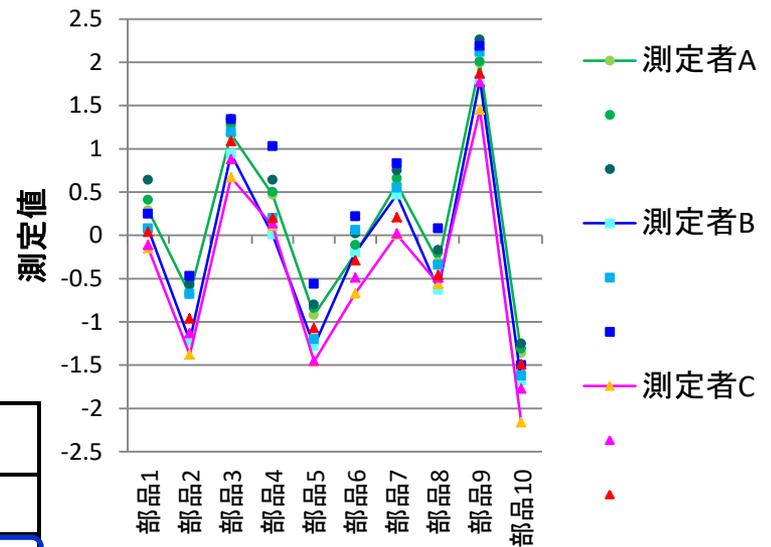
EV: 繰返し性(装置変動)

$$EV = \bar{R} \times K_1$$

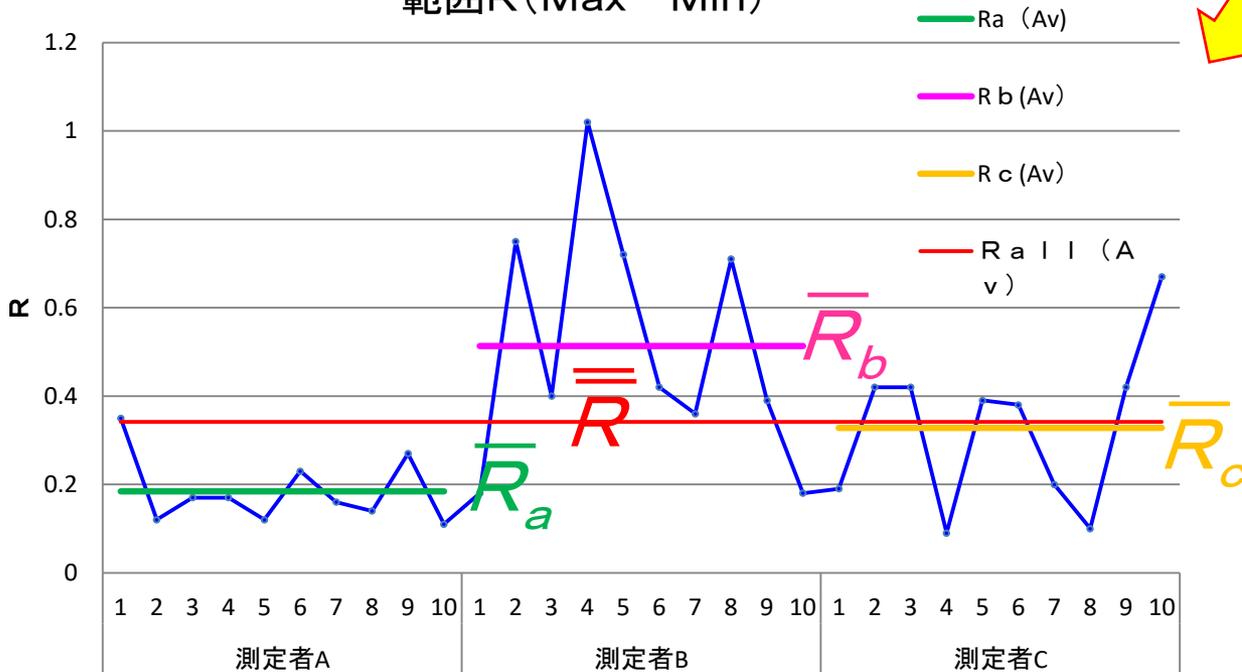
$$= 0.3417 \times 0.5908$$

$$= 0.20186$$

試行	K_1
2	0.8862
3	0.5908



範囲R (Max - Min)



\bar{R}_a	0.184
\bar{R}_b	0.513
\bar{R}_c	0.328
\bar{R}	0.3417

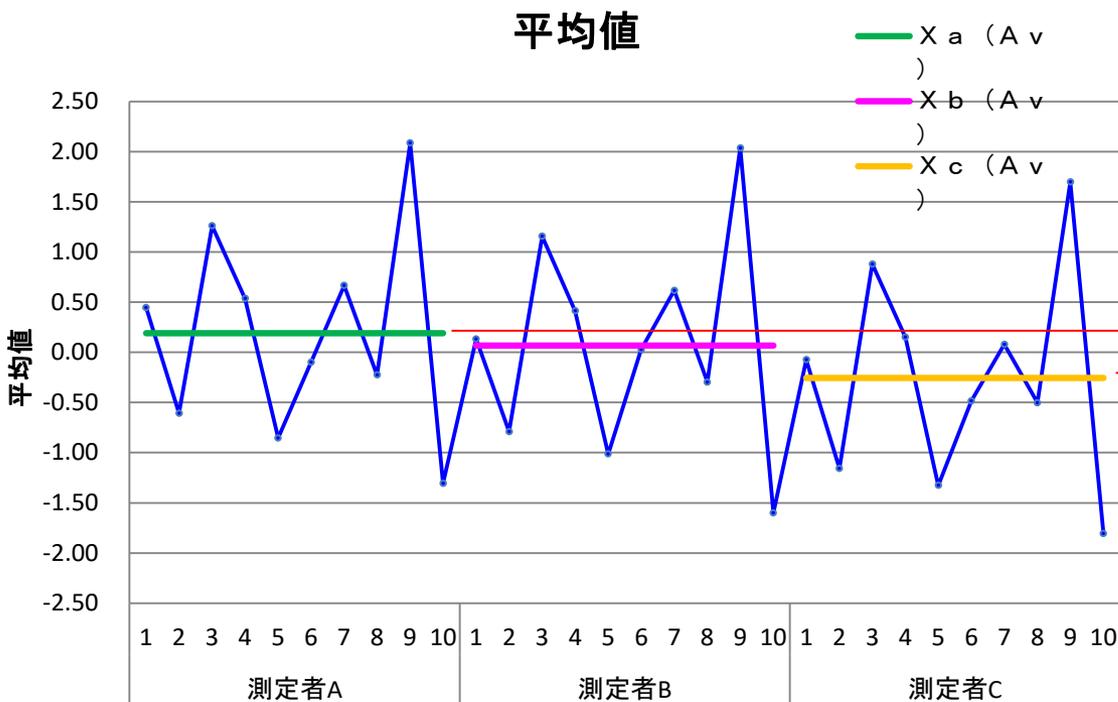
AV: 再現性(測定者変動)

$$AV = \sqrt{(\bar{X}_{DIFF} \times K_2)^2 - \frac{(EV)^2}{nr}}$$

ここで、nは部品数
rは試行回数

$$= \sqrt{(0.4446 \times 0.5231)^2 - (0.20186^2 / (10 \times 3))}$$

$$= 0.22963$$



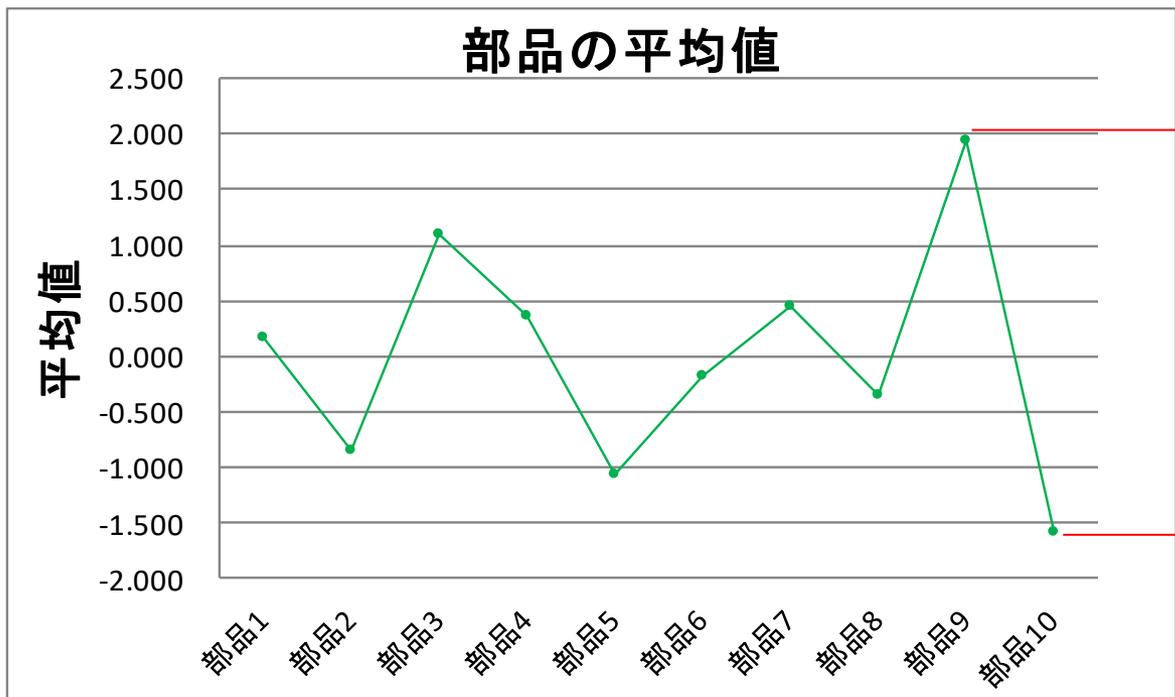
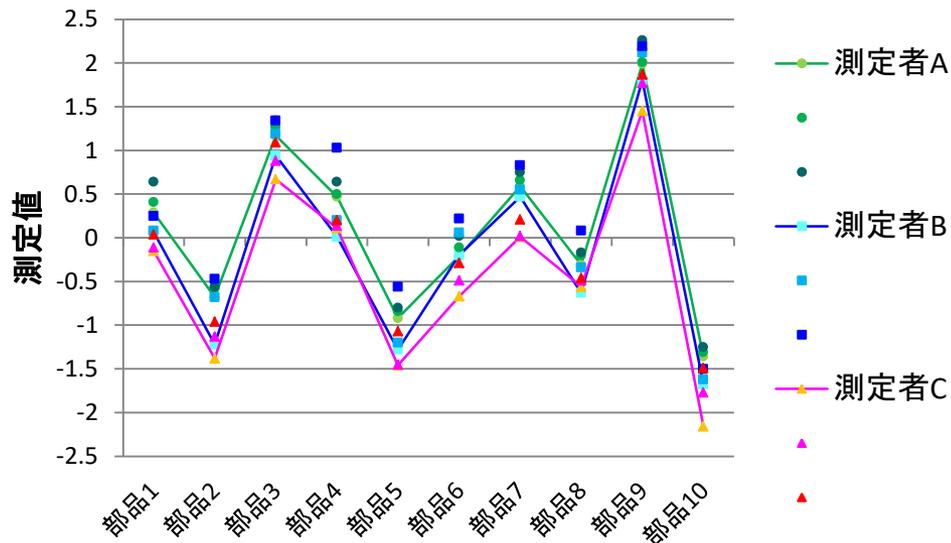
\bar{X}_a	0.1903
\bar{X}_b	0.0683
\bar{X}_c	-0.2543
\bar{X}_{DIFF}	0.4446

$$\bar{X}_{DIFF} = \text{Max} \bar{X} - \text{Min} \bar{X}$$

試行	K_2
2	0.7071
3	0.5231

PV: 部品変動

$$\begin{aligned}
 PV &= R_p \times K_3 \\
 &= 3.511 \times 0.3146 \\
 &= 1.10460
 \end{aligned}$$



R_p
 $= 3.511$

部品	K_3
2	0.7071
3	0.5231
4	0.4467
5	0.4030
6	0.3742
7	0.3534
8	0.3375
9	0.3249
10	0.3146

GRR: 繰返し性・再現性

$$\begin{aligned} GRR &= \sqrt{EV^2 + AV^2} \\ &= \sqrt{(0.20186^2 + 0.22963^2)} \\ &= 0.30574 \end{aligned}$$

TV: 全変動

$$\begin{aligned} TV &= \sqrt{GRR^2 + PV^2} \\ &= \sqrt{(0.30574^2 + 1.10460^2)} \\ &= 1.14613 \end{aligned}$$

TV : 全変動、 EV : 繰返し性 (装置変動)

AV : 再現性 (測定者変動)、 PV : 部品変動

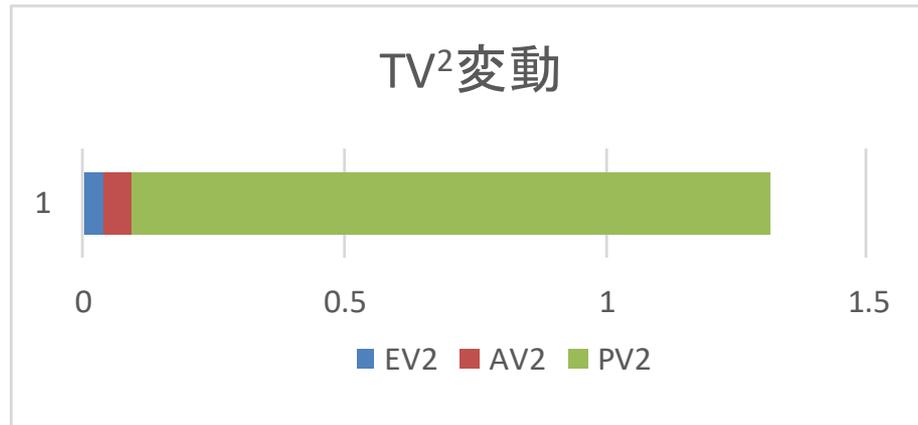
GRR : 繰返し性・再現性

$$TV^2 = EV^2 + AV^2 + PV^2$$

$$GRR^2 = EV^2 + AV^2$$

$$GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2}$$

$$TV = \sqrt{GRR^2 + PV^2}$$



全変動に対する%を算出すると

		%TV
EV	0.20186	17.61%
AV	0.22963	20.04%
GRR	0.30574	26.68%
PV	1.10460	96.38%
TV	1.14613	

GRR基準

GRR	決定	コメント
誤差10%未満	一般的に 受け入れられる	推奨。 ・部品の仕分け ・きつい工程管理
誤差10%以上 30%以下	ある適用に対して 受け入れられる	測定装置のコストなど に基づく。 顧客に承認されるべき
誤差30%超	受け入れられない	改善努力必要

知覚区分数

NDC (the **N**umber of **D**istinct **C**ategories)

$$\begin{aligned} ndc &= 1.41 \left(\frac{PV}{GRR} \right) \\ &= 1.41(1.10460 / 0.30574) \\ &= 5.094 \end{aligned}$$

切り捨てて整数とし、5以上であるべき

「平均値一範囲法」のEXCELフォーマットの説明

例 部品1～10について測定者A、B及びCの3名が各々3回繰返し寸法を測定

ゲージR&Rデータ収集シート

測定者 / 試行番号	部品										平均値
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A1	0.29	-0.56	1.34	0.47	-0.8	0.02	0.59	-0.31	2.26	-1.36	0.194
2	0.41	-0.68	1.17	0.5	-0.92	-0.11	0.75	-0.2	1.99	-1.25	0.166
3	0.64	-0.58	1.27	0.64	-0.84	-0.21	0.66	-0.17	2.01	-1.31	0.211
平均値	0.447	-0.607	1.260	0.537	-0.853	-0.100	0.667	-0.227	2.087	-1.307	$\bar{X}_a = 0.1903$
範囲	0.35	0.12	0.17	0.17	0.12	0.23	0.16	0.14	0.27	0.11	$\bar{R}_a = 0.184$

1～10の平均

← 平均の平均
← 範囲の平均



範囲 = Max - Min

ゲージR&Rデータ収集シート

測定者 / 試行番号	部品										平均値
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A1	0.29	-0.56	1.34	0.47	-0.8	0.02	0.59	-0.31	2.26	-1.36	0.194
2	0.41	-0.68	1.17	0.5	-0.92	-0.11	0.75	-0.2	1.99	-1.25	0.166
3	0.64	-0.58	1.27	0.64	-0.84	-0.21	0.66	-0.17	2.01	-1.31	0.211
平均値	0.447	-0.607	1.260	0.537	-0.853	-0.100	0.667	-0.227	2.087	-1.307	$\bar{X}_a = 0.1903$
範囲	0.35	0.12	0.17	0.17	0.12	0.23	0.16	0.14	0.27	0.11	$\bar{R}_a = 0.184$
B1	0.08	-0.47	1.19	0.01	-0.56	-0.2	0.47	-0.63	1.8	-1.68	0.001
2	0.25	-1.22	0.94	1.03	-1.2	0.22	0.55	0.08	2.12	-1.62	0.115
3	0.07	-0.68	1.34	0.2	-1.28	0.06	0.83	-0.34	2.19	-1.5	0.089
平均値	0.133	-0.790	1.157	0.413	-1.013	0.027	0.617	-0.297	2.037	-1.600	$\bar{X}_b = 0.0683$
範囲	0.18	0.75	0.4	1.02	0.72	0.42	0.36	0.71	0.39	0.18	$\bar{R}_b = 0.513$
C1	0.04	-1.38	0.88	0.14	-1.46	-0.29	0.02	-0.46	1.77	-1.49	-0.223
2	-0.11	-1.13	1.09	0.2	-1.07	-0.67	0.01	-0.56	1.45	-1.77	-0.256
3	-0.15	-0.96	0.67	0.11	-1.45	-0.49	0.21	-0.49	1.87	-2.16	-0.284
平均値	-0.073	-1.157	0.880	0.150	-1.327	-0.483	0.080	-0.503	1.697	-1.807	$\bar{X}_c = -0.2543$
範囲	0.19	0.42	0.42	0.09	0.39	0.38	0.2	0.1	0.42	0.67	$\bar{R}_c = 0.328$
部品平均値	0.169	-0.851	1.099	0.367	-1.064	-0.186	0.454	-0.342	1.940	-1.571	$\bar{X} = 0.0014$
											$R_p = 3.511$
$(\bar{R}_a = 0.184) + (\bar{R}_b = 0.5130) + (\bar{R}_c = 0.328) \div [\text{測定者数} = 3] = 0.3417$										$\bar{R} = 0.3417$	
$[\text{Max } \bar{X} = 0.1903] - [\text{Min } \bar{X} = -0.2543] = \bar{X}_{DIFF} = 0.4447$											
$[\bar{R} = 0.3417] \times [D_4 = 2.58] = UCL_R = 0.8815$											

ゲージ繰返し性・再現性報告書

データ収集シートより
数値転記

部品番号・部品名：
特性：
仕様：

ゲージ名：
ゲージ番号：
ゲージタイプ：

日付：
実施者：

データシートから：
 $\bar{R} = 0.3417$ $\bar{X}_{DIFF} = 0.4447$ $R_p = 3.511$

測定ユニット解析

繰返し性－装置変動 (EV)

$$EV = \bar{R} \times K_1$$

$$= 0.3417 \times 0.5908$$

$$= 0.20188$$

再現性－測定者変動 (AV)

$$AV = \sqrt{\frac{(\bar{X}_{DIFF} \times K_2)^2 - (EV)^2}{nr}}$$

$$= \sqrt{\frac{0.4446 \times 0.5231 - (0.20188^2 / 10 \times 3)}{3}}$$

$$= 0.22963$$

部品数 n = 10
 試行回数 r = 3
 測定者 k = 3

数値代入

繰返し性・再現性 (GRR)

$$GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2}$$

$$= \sqrt{0.20188^2 + 0.22963^2}$$

$$= 0.30575$$

部品変動 (PV)

$$PV = R_p \times K_3$$

$$= 3.511 \times 0.3146$$

$$= 1.10456$$

全変動 (TV)

$$TV = \sqrt{GRR^2 + PV^2}$$

$$= \sqrt{0.30575^2 + 1.10456^2}$$

$$= 1.14610$$

試行	K ₁
2	0.8862
3	0.5908

測定者	K ₂
2	0.7071
3	0.5231

部品	K ₃
2	0.7071
3	0.5231
4	0.4467
5	0.4030
6	0.3742
7	0.3534
8	0.3375
9	0.3249
10	0.3146

%全変動 (TV)

%EV = 100 [EV / TV]

$$= 100 [0.20188 / 1.14610]$$

$$= 17.61\%$$

%AV = 100 [AV / TV]

$$= 100 [0.22963 / 1.14610]$$

$$= 20.04\%$$

%GRR = 100 [GRR / TV]

$$= 100 [0.30575 / 1.14610]$$

$$= 26.68\%$$

%PV = 100 [PV / TV]

$$= 100 [1.10456 / 1.14610]$$

$$= 96.38\%$$

ndc = 1.41 [PV / GRR]

$$= 1.41 [1.10456 / 0.30575]$$

$$= 5.094$$

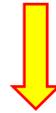
ANOVA(分散分析)法

測定者一部品間の交互作用 特定可

ANOVA: Analysis of Variance

データ

	部品1	部品2	部品3	部品4	部品5	部品6	部品7	部品8	部品9	部品10
測定者A	0.29	-0.56	1.34	0.47	-0.8	0.02	0.59	-0.31	2.26	-1.36
	0.41	-0.68	1.17	0.5	-0.92	-0.11	0.75	-0.2	1.99	-1.25
	0.64	-0.58	1.27	0.64	-0.84	-0.21	0.66	-0.17	2.01	-1.31
測定者B	0.08	-0.47	1.19	0.01	-0.56	-0.2	0.47	-0.63	1.8	-1.68
	0.25	-1.22	0.94	1.03	-1.2	0.22	0.55	0.08	2.12	-1.62
	0.07	-0.68	1.34	0.2	-1.28	0.06	0.83	-0.34	2.19	-1.5
測定者C	0.04	-1.38	0.88	0.14	-1.46	-0.29	0.02	-0.46	1.77	-1.49
	-0.11	-1.13	1.09	0.2	-1.07	-0.67	0.01	-0.56	1.45	-1.77
	-0.15	-0.96	0.67	0.11	-1.45	-0.49	0.21	-0.49	1.87	-2.16



分散分析表

変動要因	変動	自由度	分散	観測された分散比	P-値	F 境界値
測定者	3.1673	2	1.58363	34.44	1.094E-10	3.15
部品	88.3619	9	9.81799	213.52	4E-42	2.04
測定者×部品 交互作用	0.3590	18	0.01994	0.434	0.97	1.78
装置 繰返し誤差	2.7589	60	0.04598			
合計	94.6471	89				

通常、分散分析からわかることは以下の定性的な評価

分散比 F値境界

34.44 > 3.15

213.52 > 2.04

0.434 < 1.78

測定者には差がある

部品には差がある

交互作用はない

P-値

0.05より小さい

0.05より小さい

0.05より大きい

分散分析表の結果より、GRRを算出する

変動要因	変動	自由度	分散	観測された分散比	P-値	F 境界値
測定者	3.1673	2	MS_A 1.58363	34.44	1.094E-10	3.15
部品	88.3619	9	MS_P 9.81799	213.52	4E-42	2.04
測定者×部品 交互作用	SS_{AP} 0.3590	18	0.01994	0.434	0.97	1.78
装置 繰り返し誤差	SS_e 2.7589	60	0.04598			
合計	94.6471	89				

$$SS_{\text{プール}} = SS_{AP} + SS_e = 0.3590 + 2.7589 = 3.1179$$

$$MS_{\text{プール}} = \frac{SS_{\text{プール}}}{nkr - n - k + 1} = \frac{3.1179}{10 \times 3 \times 3 - 10 - 3 + 1} = \frac{3.1179}{78} = 0.03997$$

交互作用なしとして
プーリングする

	計算式	計算結果	%全変動	%寄与率
EV 装置(繰返し性)	$6\sqrt{MS_{\text{プール}}}$	1.199598	18.4	3.4
AV 測定者(再現性)	$6\sqrt{\frac{MS_A \cdot MS_{\text{プール}}}{nr}}$	1.361028	20.9	4.4
GRR	$\sqrt{(EV)^2 + (AV)^2}$	1.814238	27.9	7.8
PV 部品	$6\sqrt{\frac{MS_P \cdot MS_{\text{プール}}}{kr}}$	6.253962	96.0	92.2
TV 全変動	$\sqrt{(GRR)^2 + (PV)^2}$	6.51	100.0	

「平均値一範囲法」と「分散分析法」の評価結果はほぼ同等

	平均値一範囲法		分散分析法	
	計算結果	%全変動	計算結果	%全変動
EV 装置(繰返し性)	0.202	17.6	0.200	18.4
AV 測定者(再現性)	0.230	20.0	0.227	20.9
GRR 繰返し性+再現性	0.306	26.7	0.302	27.9
PV 部品	1.105	96.4	1.042	96.0
TV 全変動	1.146	100.0		100.0

ゲージ性能曲線 (GPC)

測定システムの誤差が、繰返し性・再現性及び偏りで構成される場合
誤差量を見積もることにより、部品のある代表値毎に合格確率が算出可能
各代表値に対する合格確率をプロットしたものをGPCという

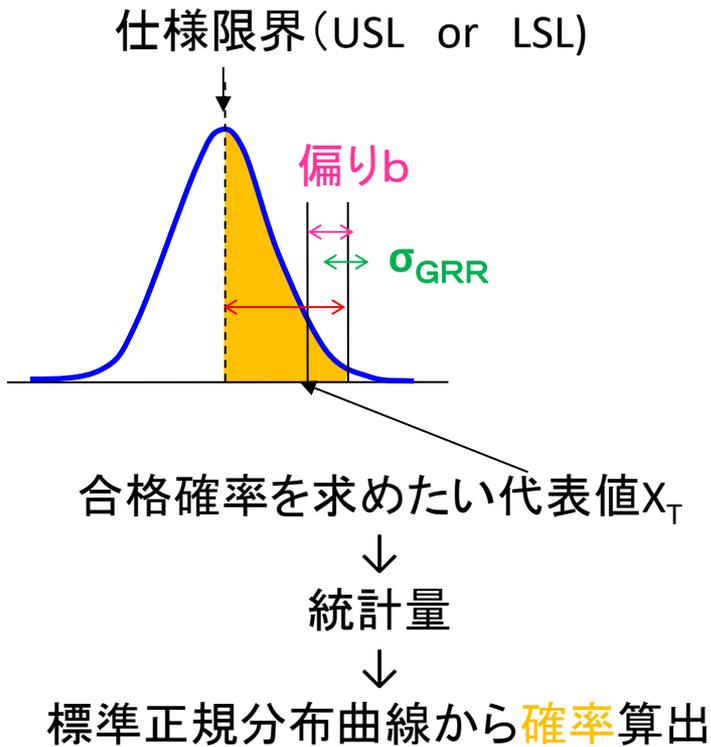
例 トルクの代表値が0.5、07及び09 Nmの部品の合格確率を求める

上方仕様限界 (UCL): 1.0 Nm

下方仕様限界 (LCL): 0.6 Nm

偏り b : 0.05 Nm

σ_{GRR} : 0.05 Nm

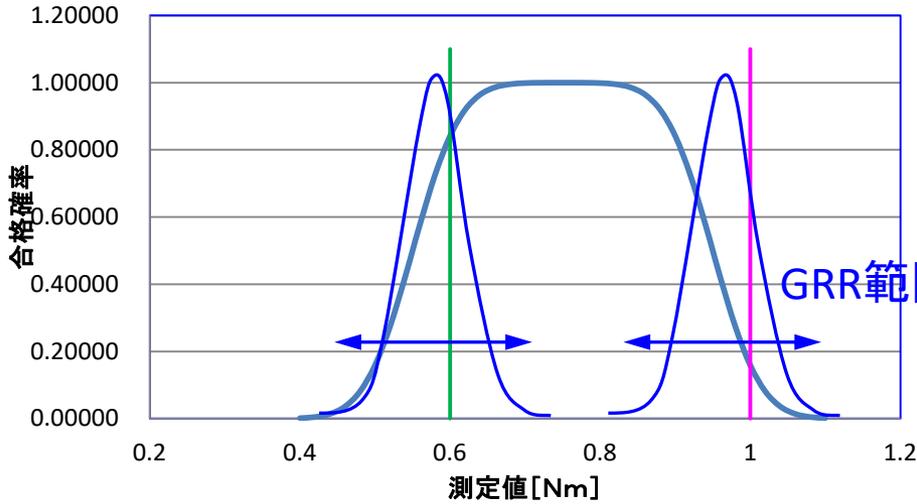


基準化して統計量を算出する

$$\text{統計量} = \frac{USL - (X_T + b)}{\sigma_{GRR}} \quad \text{or} \quad \frac{LSL - (X_T + b)}{\sigma_{GRR}}$$

$$\text{確率 } P_a = \phi(\text{統計量}_{USL}) - \phi(\text{統計量}_{LSL})$$

ゲージ性能曲線(偏り=0.05 GRR範囲=0.30)



GRR範囲: 右表の統計量-3~3の X_T 範囲

偏りb: 右表の $P_a=0.5$ に対応する X_T より
 $b = LSL - X_T$ または $USL - X_T$

GRR範囲

X_T	統計量 _{USL}	統計量 _{LSL}	Φ_{USL}	Φ_{LSL}	P_a
0.4	11	3	1.0000	0.9987	0.00135
0.42	10.6	2.6	1.0000	0.9953	0.00466
0.44	10.2	2.2	1.0000	0.9861	0.01390
0.46	9.8	1.8	1.0000	0.9641	0.03593
0.48	9.4	1.4	1.0000	0.9192	0.08076
0.5	9	1	1.0000	0.8413	0.15866
0.52	8.6	0.6	1.0000	0.7257	0.27425
0.54	8.2	0.2	1.0000	0.5793	0.42074
0.55	8	-2.2E-15	1.0000	0.5000	0.50000
0.56	7.8	-0.2	1.0000	0.4207	0.57926
0.58	7.4	-0.6	1.0000	0.2743	0.72575
0.6	7	-1	1.0000	0.1587	0.84134
0.62	6.6	-1.4	1.0000	0.0808	0.91924
0.64	6.2	-1.8	1.0000	0.0359	0.96407
0.66	5.8	-2.2	1.0000	0.0139	0.98610
0.68	5.4	-2.6	1.0000	0.0047	0.99534
0.7	5	-3	1.0000	0.0013	0.99865
0.72	4.6	-3.4	1.0000	0.0003	0.99966
0.74	4.2	-3.8	1.0000	0.0001	0.99991
0.76	3.8	-4.2	0.9999	0.0000	0.99991
0.78	3.4	-4.6	0.9997	0.0000	0.99966
0.8	3	-5	0.9987	0.0000	0.99865
0.82	2.6	-5.4	0.9953	0.0000	0.99534
0.84	2.2	-5.8	0.9861	0.0000	0.98610
0.86	1.8	-6.2	0.9641	0.0000	0.96407
0.88	1.4	-6.6	0.9192	0.0000	0.91924
0.9	1	-7	0.8413	0.0000	0.84134
0.92	0.6	-7.4	0.7257	0.0000	0.72575
0.94	0.2	-7.8	0.5793	0.0000	0.57926
0.95	0	-8	0.5000	0.0000	0.50000
0.96	-0.2	-8.2	0.4207	0.0000	0.42074
0.98	-0.6	-8.6	0.2743	0.0000	0.27425
1	-1	-9	0.1587	0.0000	0.15866
1.02	-1.4	-9.4	0.0808	0.0000	0.08076
1.04	-1.8	-9.8	0.0359	0.0000	0.03593
1.06	-2.2	-10.2	0.0139	0.0000	0.01390
1.08	-2.6	-10.6	0.0047	0.0000	0.00466
1.1	-3	-11	0.0013	0.0000	0.00135

Minitab

二元配置の分散分析表 (交互作用あり)

↓	C1	C2-T	C3-T	C4
	実行順序	部品	測定者	データ
1	1	1	1	0.29
2	2	1	2	0.08
3	3	1	3	0.04
4	4	2	1	-0.56
5	5	2	2	-0.47
6	6	2	3	-1.38
7	7	3	1	1.34
8	8	3	2	1.19
9	9	3	3	0.88
10	10	4	1	0.47
11	11	4	2	0.01
12	12	4	3	0.14
13	13	5	1	-0.80
14	14	5	2	-0.56
15	15	5	3	-1.46
16	16	6	1	0.02
17	17	6	2	-0.20
18	18	6	3	-0.29
19	19	7	1	0.59
20	20	7	2	0.47
21	21	7	3	0.02
22	22	8	1	-0.31

要因	自由度	平方和	平均平方	F値	p値
部品	9	88.3619	9.81799	492.291	0.000
測定者	2	3.1673	1.58363	79.406	0.000
部品 * 測定者	18	0.3590	0.01994	0.434	0.974
繰返し性	60	2.7589	0.04598		
合計	89	94.6471			

交互作用項を削除するための $\alpha = 0.05$

二元配置の分散分析表 (交互作用なし)

要因	自由度	平方和	平均平方	F値	p値
部品	9	88.3619	9.81799	245.614	0.000
測定者	2	3.1673	1.58363	39.617	0.000
繰返し性	78	3.1179	0.03997		
合計	89	94.6471			

ゲージR&R

要因	分散成分	寄与度 (分散成分)
合計ゲージR&R	0.09143	7.76
繰返し性	0.03997	3.39
再現性	0.05146	4.37
測定者	0.05146	4.37
部品間	1.08645	92.24
全変動	1.17788	100.00

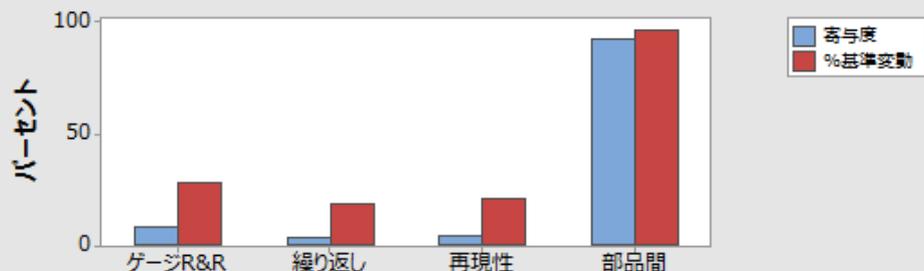
要因	標準偏差 (SD)	基準変動 (6×SD)	%基準変動 (%SV)
合計ゲージR&R	0.30237	1.81423	27.86
繰返し性	0.19993	1.19960	18.42
再現性	0.22684	1.36103	20.90
測定者	0.22684	1.36103	20.90
部品間	1.04233	6.25396	96.04
全変動	1.08530	6.51180	100.00

データのゲージR&R (分散分析) レポート

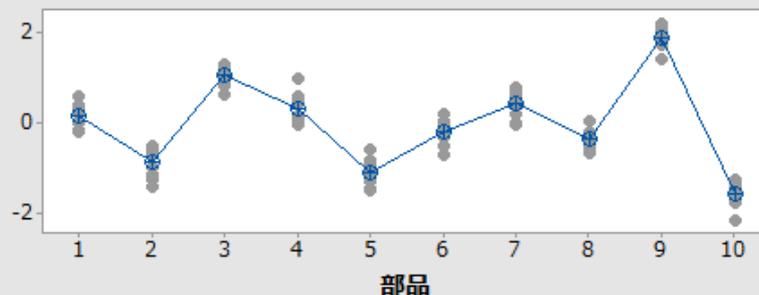
ゲージ名:
分析日:

報告者:
許容限界:
その他:

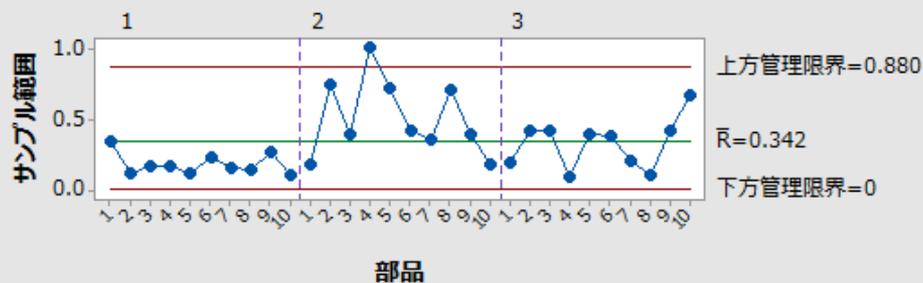
変動成分



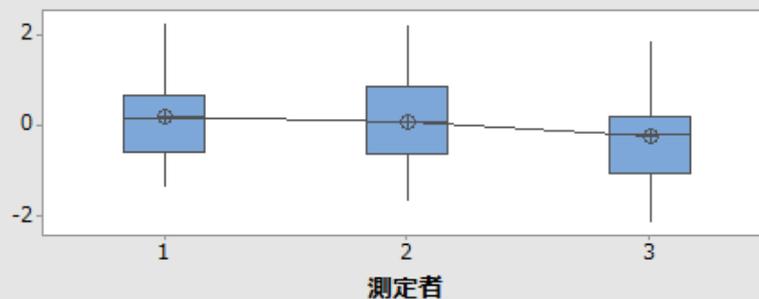
データ × 部品



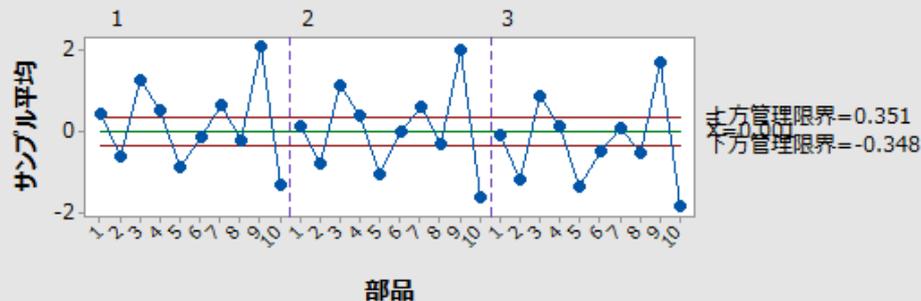
測定者によるR管理図



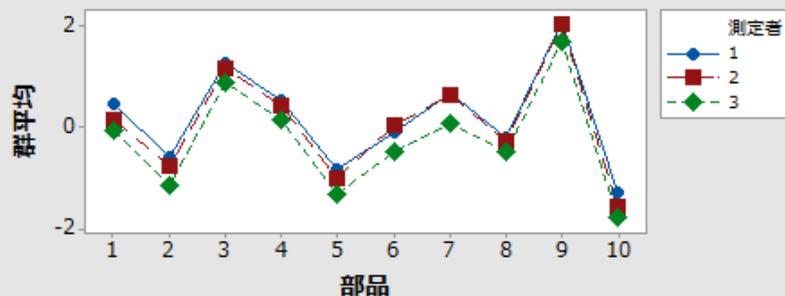
データ × 測定者



測定者によるXbar管理図



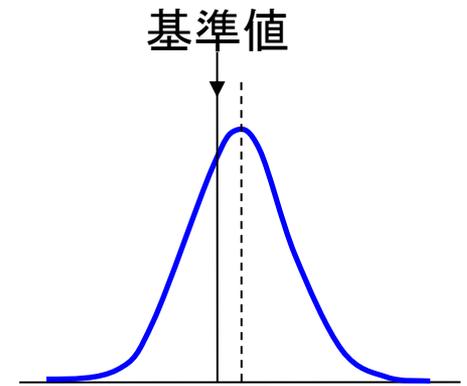
部品 * 測定者交互作用



參考資料

繰返し性： 連続試行時の変動

$$EV = \sigma_{\text{繰返し性}} = \sigma_r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}$$



$$TV = \frac{USL - LSL}{6P_p \text{ (または } C_p)} = \sigma_{\text{プロセス}}$$

$$TV = \frac{USL - LSL}{6} \quad \leftarrow \text{仕様許容差 (公差)}$$

$$\%EV = 100 \left[\frac{EV}{TV} \right]$$