

SQC事例紹介

性能測定設備の安定性評価

Stability Evaluation of Performance Measuring Instrument

糸魚川 功⁽¹⁾ 勝岡 律⁽²⁾
Isao Itoigawa Ritsu Katsuoka

要 旨

近年、自動車の急激なエレクトロニクス化に伴い、制御機器の複合機能化・高機能化が急ピッチで進み、製品が複雑化している。このため測定設備もいろいろな工夫が必要になり、製造工程内の性能測定設備は、特に安定性のよいものが要求されている。

今回の報告は、性能測定設備の安定性向上にS/N比解析を用いて成果を得た事例の報告である。

In recent years, as control apparatuses have been complicated and had high performances, products have been complex with great progress in car electronics.

Therefore the performance measuring instrument in production line has been required to be highly stable as well as the measuring method has been required of various improvements.

This report describes the results of improvement in stability of performance measuring instrument through S/N analysis.

(1), (2) モータロニクス本部製造部

1. はじめに

従来より、生産準備の段階で、新しく性能測定設備を導入し、特性値を測定すると、測定結果にバラツキを生ずるのが通常であった。これは製品自体が不安定だったり、測定方法や計測器の性能によるところが大きい。結果として工程能力不足を招き、生産準備に支障をきたす。従来はこの対策で、製品・設備のいずれかに問題があるかが判定しにくく、非常に長時間を要した。そこで、これらを解決するために、設備設計担当者としては、設備要因についての安定性評価の手法が、必要となってきた。

2. 工程と測定設備の概略

電子制御機器の製造工程には、製品の全数機能検査を実施する性能測定工程がある。

性能測定工程で使用している測定設備は、コン

ピュータと各計測器および供試体と接続するためのインターフェイスで構成され、GP-IBにより接続されている。コンピュータは各計測器・インターフェイスをコントロールして、自動測定・自動判定を行う。(図-1)

3. 機械能力(C_{pm})による安定性評価の検討

性能測定設備の安定性評価に対する定義付として、製品を数回繰り返し測定した場合、同じ値の特性値が得られる(バラツキが小さい)ことが、安定した設備である。そこで安定性の評価方法として、機械能力(C_{pm})を使用することにした。C_{pm}を求める算出式を示すと次式となる。

$$C_{pm} = \frac{S_u - S_L}{8\sigma_m} \quad (1)$$

S_u …… 規格の上限
 S_L …… 規格の下限
 σ_m …… 繰り返し測定でのバラツキ

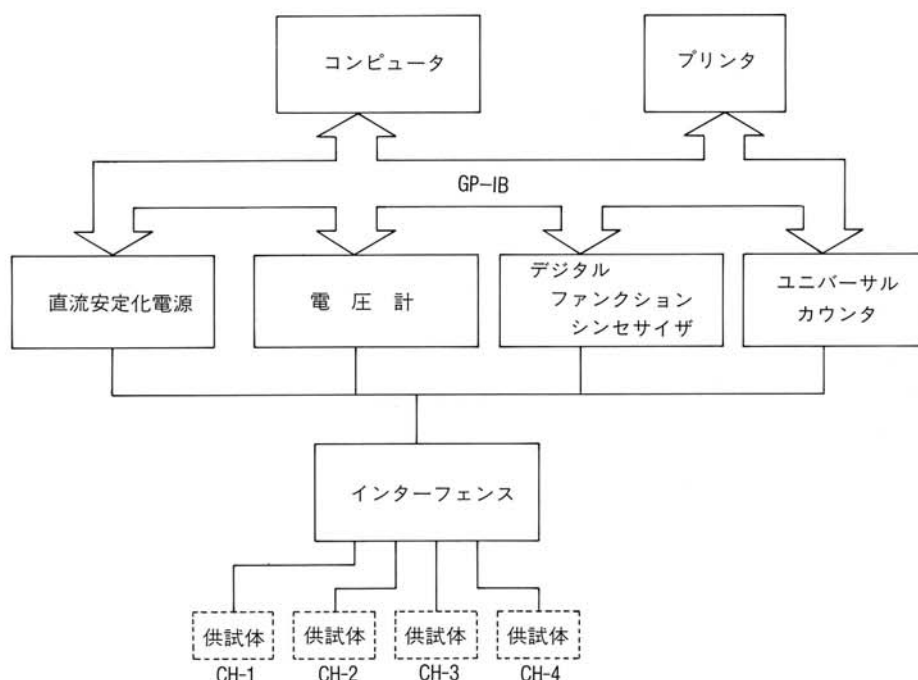


図-1 性能測定設備の構成

Fig. 1 Configuration of performance measuring instruments.

表-1 機 械 能 力 の 調 査

No.	測定項目	単 位	$S_u - S_L$	$\bar{X}$	8σ	C_{pm}	判 定	備 考
1	A	Hz	50	249.4	2.36	21.2	○	
2	B	mA	60	505.9	3.57	16.8	○	
3	C	V	0.6	5498	0.014	42.9	○	
4	D	mA	20	198.0	1.45	13.8	○	
5	E	Hz	50	338.2	503.4	0.1	×	
6	F	mA	20	195.4	15.3	2.31	△	

この式から設備の安定性を判断する場合

$C_{pm} \geq 1.0$ ……測定設備は安定している

$C_{pm} < 1.0$ ……測定設備は不安定

となる。機械能力を用いて安定性を評価したところ、表-1の測定項目Eが、測定設備が不安定という結果がでた。

項目Eについて特性要因図より要因を絞り込み、解析・対策を行った。その結果を図-2に示す。

これにより、結果的には安定した測定設備とな

ったが、 C_{pm} 値が一般的な値でなく、安定性を判断する基準が設定しにくい。図-2(3)参照。また、式からも判る様に、バラツキに対する評価はできるが、検出力についての評価が出来ないため、評価尺度として、機械能力を用いることは、妥当ではなく、再度検討が必要となった。

4. SN比による安定性評価の検討

次に安定性の評価として、検出力・バラツキの

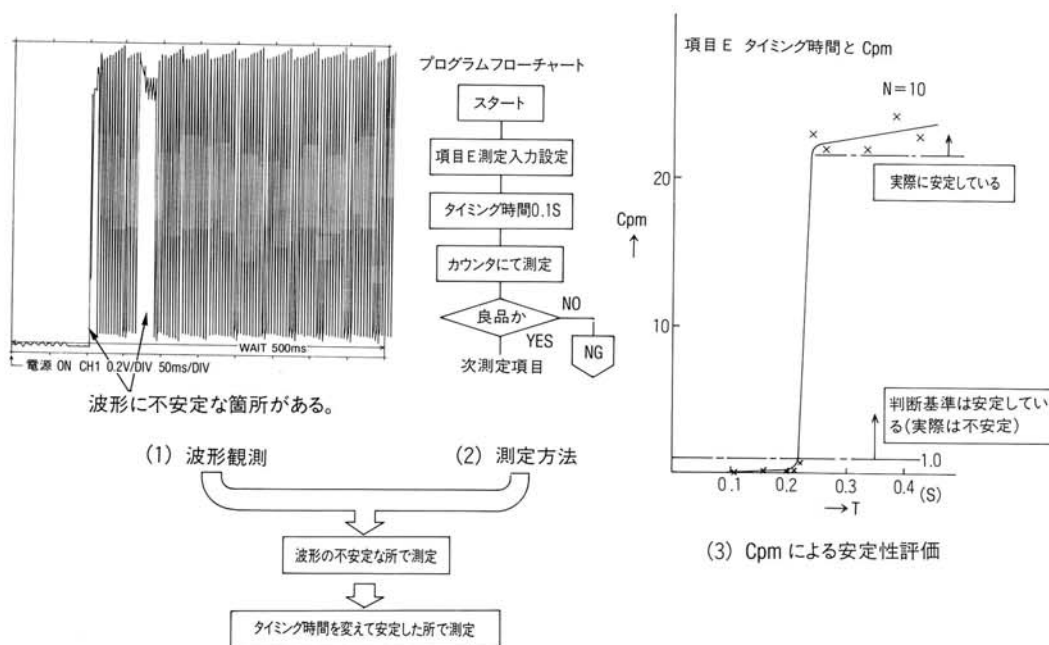


図-2 項目Eに対する検討
Fig. 2 Investigation of item E.

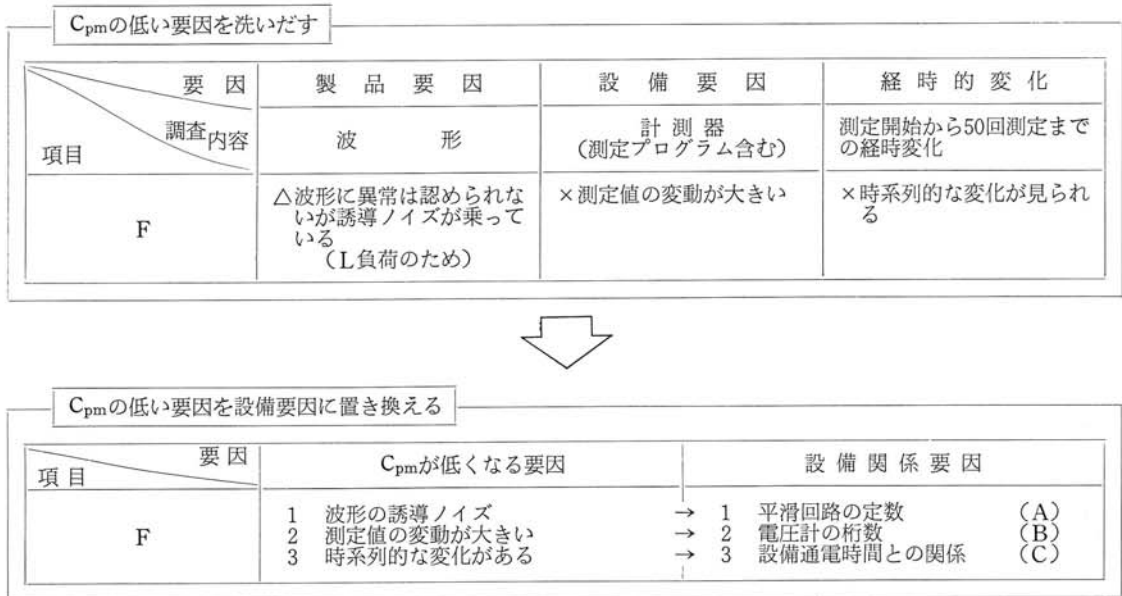


図-3 要因の洗い出しと設備関係要因への置き換え

Fig. 3 Picking up factors and replacing with instrnments factors.

両方を考慮したS/N比が使用できないか、検討することにした。S/N比は感度と精度を総合的に判断できる手法で、次式で表される。

$$S/N \text{ 比} = 10 \log \eta = 10 \log \frac{\beta^2}{\sigma^2} \quad (2)$$

β^2 : 測定したい真値が単位量変化したとき測定値に与える大きさ……感度

σ^2 : 測定値に影響するすべてのバラツキ原因の影響の大きさ……精度

S/N比を用いることにより、下記のようなメリットがある。

- ①感度と精度が同時に評価できる。
- ②S/N比が大きいほど良い測定方法なので、良否判断の問題が解決できる。

そこで、実際にこの手法を用いて、特性値のデータよりC_{pm}の比較的低い項目Fについて解析を進めることにした。

まず、C_{pm}が低くなる要因について洗い出し、設備関係要因に置き換えて、実験を行うことにした。

その結果、平滑回路の定数(A)、電圧計の桁数(B)、設備通電時間(C)、が制御因子として抽出された。(図-3)

次に3つの因子A、B、Cについて3水準を選び内側直交表L₉に割付を行う。また信号因子としては製品M₁、M₂、M₃を、誤差因子としては測定日R₁、R₂をそれぞれ外側に割り付けた。実験は5回の繰り返し測定値をデータとする。

実験結果より、式(2)にもとずき感度・S/N比を計算したものが表-2であり、各制御因子の影響をグラフ化したものが図-4である。

これより、S/N比を最大とする組み合わせは、A₁、B₂、C₁であるが、ここでS/N比に有意な因子は電圧計桁数Bのみであり、寄与率は93%である。(表-3)

従って、寄与率1%以下であるA、Cについては感度が最大となる条件を選ぶことにする。

その結果、項目Fにおいては、

- ①平滑回路の定数……t = 0(なし)

表-2 割りつけ実験と感度 SN比

制 御 因 子	記 号	水 準 1	水 準 2	水 準 3
平滑回路の定数	A	0 m s	☆ 1 0 0 m s	2 0 0 m s
電圧計の桁数	B	☆ 3. 5 桁	4. 5 桁	5. 5 桁
測定器通電時間	C	☆ 直後	2 分後	4 分後

☆印は現状値

SN比算出表

No	回路定数 A 1:なし 2:t=100ms 3:t=200ms	桁数 B 1: 3.5桁 2: 4.5桁 3: 5.5桁	通電時間C 1: 直後 2: 2分後 3: 4分後	M 1		M 2		M 3		感度 β^2	SN比 (dB)
				R 1	R 2	R 1	R 2	R 1	R 2		
1	1	1	1	191.0	189.8	188.1	188.8	206.6	206.3	97.3	15.69
2	1	2	2	193.1	192.9	188.6	188.5	206.0	207.2	88.2	22.45
3	1	3	3	194.7	195.1	183.3	183.8	206.5	207.0	133.9	15.56
4	2	1	2	189.7	188.5	194.9	190.3	205.0	205.7	83.2	14.31
5	2	2	3	193.5	194.0	188.8	188.6	206.3	206.1	80.6	22.80
6	2	3	1	195.1	195.2	185.1	182.6	206.1	206.9	125.7	15.88
7	3	1	3	186.0	191.2	188.8	188.4	205.2	206.3	97.3	11.95
8	3	2	1	193.3	193.3	189.2	188.4	205.7	205.6	76.2	23.38
9	3	3	2	194.6	194.6	181.7	185.2	206.1	206.3	129.2	15.73

各データは5回の繰り返し測定の平均値

$$SN = 10 \log \frac{\beta^2}{\sigma^2}$$

$$\beta^2 = 1/10 \text{ (Vm-Ve)}$$

$$\sigma^2 = Ve$$

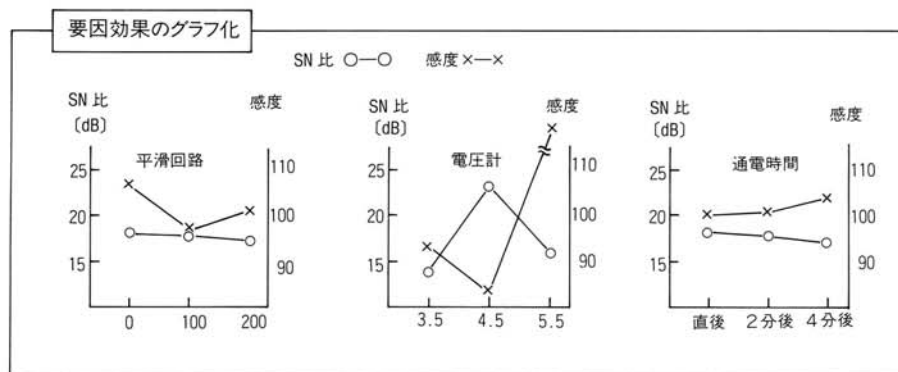


図-4 要因効果図

Fig. 4 Factor effect diagram.

表-3 分散分析表

要因	S	σ	V	Fo	ρ
○平滑回路の定数 A	1.244	2	0.622		
電圧計の桁数 B	133.29	2	66.64	65.75**	93
測定器通電時間 C	3.593	2	1.800	1.78	1
○誤差 e	2.810	2	1.405		
(誤差 e')	(4.054)	(4)	(1.014)		6
T	140.937	8	—	—	100

○印はプール

「電圧計桁数が高度に有意」 $F^2_4(0.01)=18.0$

②電圧計の桁数 ……4.5桁

③測定器通電時間……4分後（十分にアイドリングされている）

が、最適となった。

5. 成 果

SN比による解析から得られた最適条件を設定

した結果、SN比を14.9(dB)から22.51(dB)へ、7.61(dB)(約6倍)向上させることができた。またバラツキ(σ)を約1/10にすることができ、測定結果が十分信頼出来るデータのレベルとなった。

なお、最適条件に設定することにより、他の項目への影響やコスト面においても、まったく問題がなかった。(図-5)

6. ま と め

今回は限定された設備で、SN比の解断を有用な手法として活用できたが、今後、他の性能測定設備および自動制御組立設備等で、この有用性を立証する必要があると考えている。

効 果			
	対策前	対策後	効 果
σ	1.918	0.181	約1/10
SN比	14.9	22.51	約6倍

図-5 効果の確認

Fig. 5 Confirmation of effect.