



品質特集 連載：開発工学（その1）

## <ロバスト設計>のすすめ

～コストをかけずに品質を確保する方法～



宝泉 誠  
Makoto Housen

● CCS センター  
製品保証推進室

Someone once said to me, “In the old days engineers used to design things so well. ” He was referring to days after the World War II when engineers were forced to work with poor materials and parts for which there were unreliable quality standards. What he meant was that they had to design products well within those limitations in order to achieve the functions necessary.

Today, if you have the money, you can always get high quality materials and parts, but that results in products with production costs that can be simply too high. When we speak here of “unreliable quality standards,” we mean that there is a wide range of quality inconsistency, and “good design” means design that doesn’t rely on high-cost materials and parts but still produces products that give stable (robust) function that is not highly vulnerable to the effects of quality inconsistency. Thus we call it “robust design. ”

Also, “quality inconsistency ”as we use it here doesn’t refer only to inconsistency in the quality of things (materials and parts) but a larger meaning of inconsistency that includes factors like changes in conditions of product use and environment and such things as deterioration. If robust design is used at the development stage, with regard to the various types of inconsistencies encountered in the way the products are used in the different markets as well as inconsistencies at the manufacturing stage, it is possible to make a big contribution to reducing cost as well as reducing quality-related cost loss. This kind of robust design is especially essential in development of products that are subject to stiff price competition.

### 1 はじめに

以前にある方から「昔の人は、よい設計ができた。」と言うお話を聞きました。それは、戦後のことで品質が安定しない粗悪材、粗悪品しか手に入らない中で、いかにより設計をして機能を発揮させるか、必要に迫られてそうするしかなかったとのことです（図1）。

今の時代、お金さえかければ、良質材、高級品に困ることはありませんが、それではコストが成り立ちません。ここでの品質が安定しないとは、ばらつきの大きいことを指し、よい設計とは、お金をかけずに、

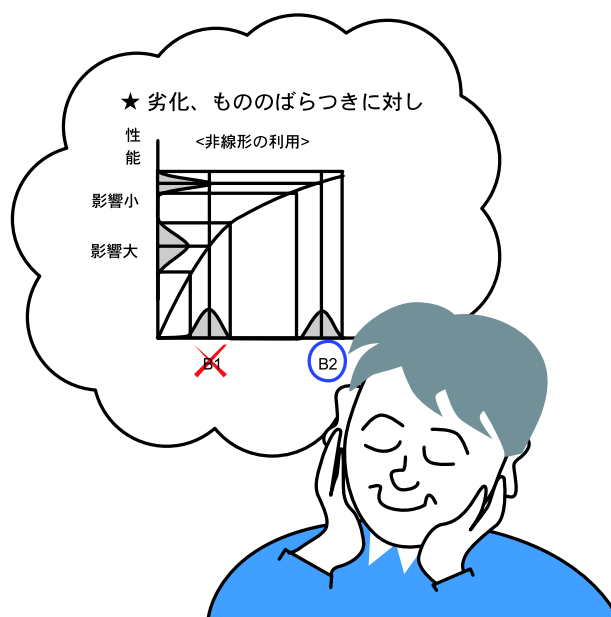


図1 粗悪材、粗悪品を使ってよい設計??

ばらつきがあっても影響を受けにくい、安定した(=ロバストな)機能を発揮する設計、つまりロバスト設計を指しています。

ばらつきは、単にもののばらつきに限らず、もっと大きな使用、環境条件の変化、劣化も含めてばらつきと言っています。これらの市場での使われ方、製造のさまざまなばらつきに対して、開発時にロバスト設計されていれば、コストダウン、品質ロスコスト低減に大きく貢献できるでしょう。特に価格競争の激しい商品開発においては、ロバスト設計は欠かせません。

## 2 技術は、ばらつきとの戦い？(だけど、ばらつきと仲良くするとおもしろい。)

これは、よく言われていることです。商品を開発、製造している私たちは、日々ばらつきに悩まされています。ばらつきと言ってもさまざまです(図2)。まずは、ばらつきの認識からしてかかりましょう。

### 2.1 ばらつきとは

ばらつきには影響の大きさ順に、『使用、環境条件の変化>>劣化>もののばらつき』があります。

#### (1) 使用、環境条件の変化

お客さまの使用、環境条件はさまざまです。当社のエンジン製品においては、圧倒的に温度の影響が大きいものです。

#### (2) 劣化

ものは当然、いずれ劣化(変質、変形、摩耗)します。

#### (3) もののばらつき

ものは当然、最初からばらついています。どれ一つとして同じものはありません。

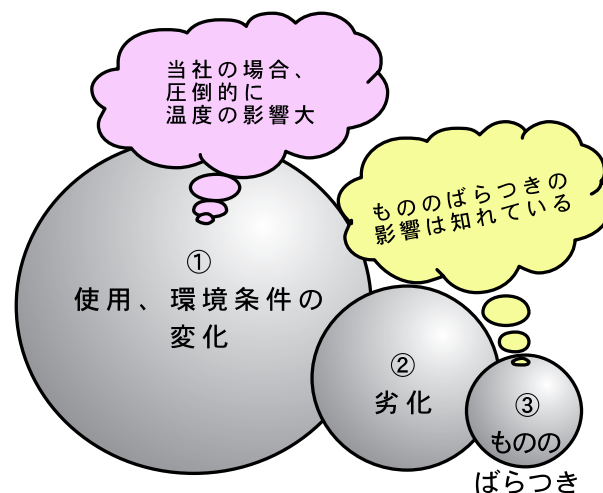


図2 ばらつきとは

### 2.2 ばらつきは、どうも ... ?

市場の使われ方、製造のさまざまなばらつきに対してロバスト設計をとと言われても、何をどうすればよいか? わからない。そして、何かあれば、その時点で考えよう。事が起こった後では、現象がはっきりしているので考えやすい。と言うふうになりがちです。

しかし、これがモグラ叩き(発生対応)の始まりになりますし、事後では大変なばかりでなく、回りの設計が固まっているだけに、なかなか対応しにくいものです。

### 2.3 安易な対処は、お金がかかる。

ばらつきの対処法として、とかくしがちな安易な対処の仕方(図3)は以下の通りです。

(1) 公差、管理をきびしくする。

公差=コスト、管理=コストで徹底が困難なものです。

(2) 良質材、高級品を使う。

ばらつきは良くなりますが、コストが課題にあがるのはつらい話です。

(3) 工程を追加する(加工、整形)。

(4) 最初から底上げしておく。

もののばらつき、劣化に対して手を施すことなく、ばらつきを見込んで最初から性能などを上げておくことを指します。

(5) 補正装置を追加する。

その分、コストがかかり、また信頼性面に余計な神経を使うこととなります。

以上、すべてコストがかかり、エンジニアリングとはほど遠いばらつきの対処法です。冒頭に、粗悪材、粗悪品を使って、よい設計をするしかなかった人のお話をしましたが、それではどうやってよい設計をしたのでしょうか？

### 2.4 コストのかからない方法がある。

さまざまなばらつきに対して、影響を受けにくい設計をコストをかけずにしようとすれば、それには図4、図5に示すような方法で仕様(設計値)を決めることができます。それをどのように評価して探し求めるかは品質工学によるとして、図4は使用、環境条件の変化に対して鈍感な仕様を選定し、図5は劣化、もののばらつきに対して特性曲線のゆるやかな箇所に仕様を決めることでロバストを図ります。

このようなロバスト設計の例は、身近にたくさんあります。わかりやすい例をあげれば、

(1) エンジン部品の締付けに塑性域締付けがあります。これは図6に示すボルトの軸力-伸び特性で降伏点後のゆるやかな箇所(塑性域)で締付けるもので、締付

- ① 公差、管理をきびしくする。
- ② 良質材、高級品を使う。
- ③ 工程を追加する。  
(加工、整形)
- ④ 最初から底上げしておく。
- ⑤ 補正装置を追加する。

図3 安易な対処は、お金がかかる。

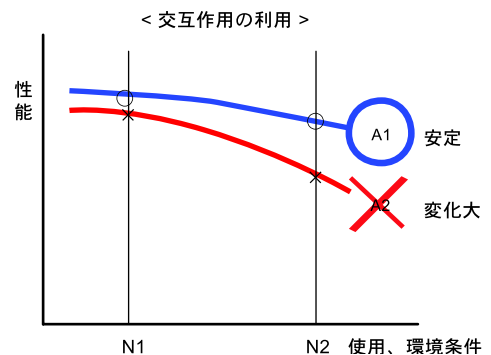


図4 使用、環境条件の変化に対して

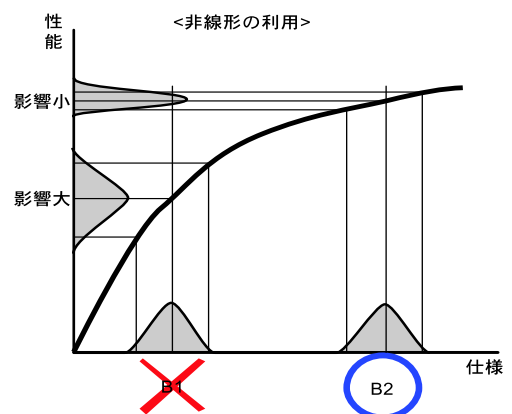


図5 劣化、もののばらつきに対して

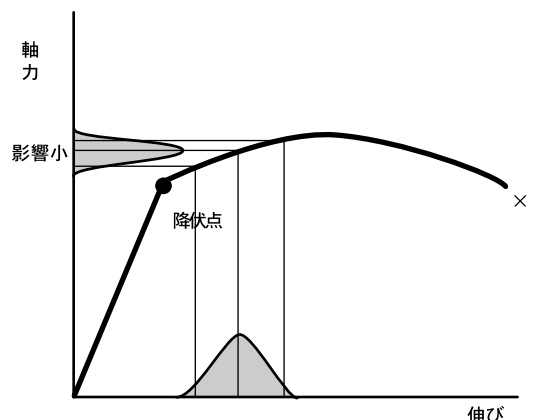


図6 ボルトの塑性域締付け

けトルクや締付け角のばらつきに対して影響を受けにくい、安定した軸力が得られます。

- (2) 車体部品のウェザーストリップのようなシール部品は、もののばらつき、組み立てのばらつきが大きく、劣化しやすい使われ方をする中で、安定したシール機能が保たれるような形状に設計されています。長年に渡って改良を重ねてきた製品は結果的(?)にロバストな設計に仕上がっていますし、素性のよい設計と呼ばれているものもロバストな設計になっています。

### 3 あるべき設計手順は

品質工学の2段階設計(=ロバスト設計)によれば、

- (1) まずは、さまざまなばらつきに対し、機能を安定させる(素性のよい設計をする)。

前述の方法(図4、図5)でロバストを図ります。さまざまなばらつきと言っても、その及ぼす影響を考えれば、いくつかのばらつきに代表できます。

- (2) 次に目標値に合わせる。

ばらつきの影響がどこも同じ(特性が直線的)要因で目標値に合わせます。

図7は、わかりやすい例で示しています。実際は、いくつもの要因効果を調べる中で、相対的にこのようにします。

2段階設計の順序は、①→②がロバスト設計になります。逆の②→①は不可でモグラ叩きになります。いきなり目標合せ(セッティング業務)をしてしまうと、事ある毎に対応に追われ、その業務からなかなか抜け出せなくなります。

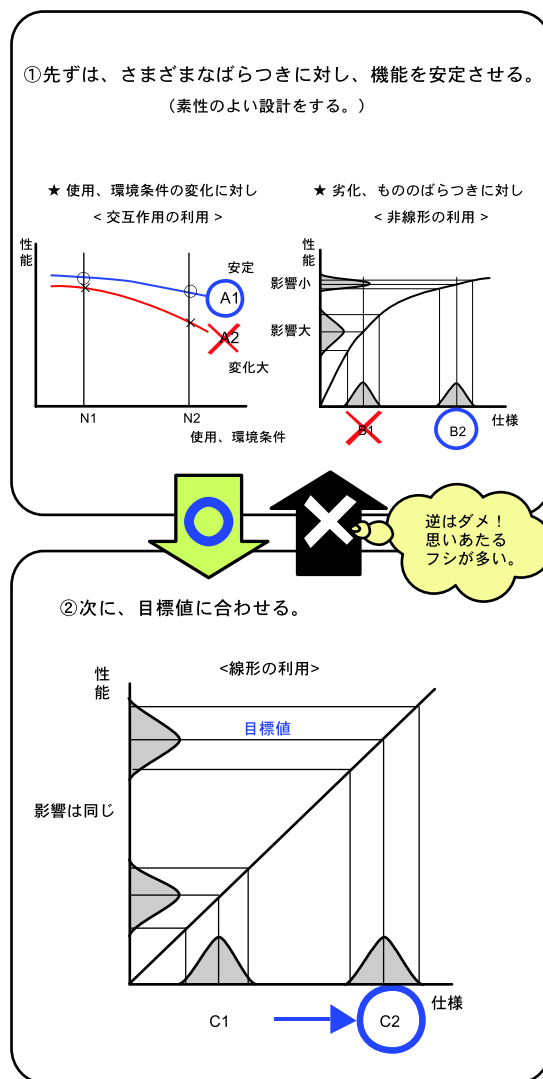


図7 品質工学の2段階設計

## 4 開発プロセスにおけるロバスト設計

コスト開発もロバスト設計も基本的に技術開発になります(図8)。製品開発では開発日程に沿って多くの部門が一斉に動き出しますので、技術開発がしっかりなされていないと、やり直し業務の開発ロスコストが発生します。

これを防ぐには、図8に示すように初期の技術開発の仕事の中でロバスト設計がなされるしくみとそのマネジメントが必要になります。

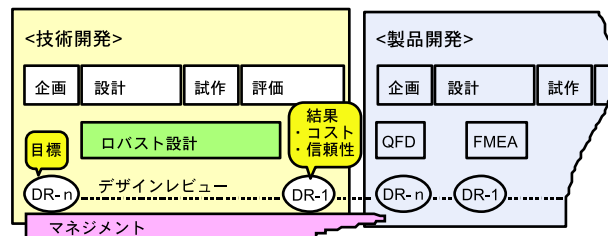


図8 技術開発と製品開発

## 5 おわりに

開発におけるフロントローディング(図9)の大切さは、よく言われることです。図9に示すように開発の早い段階に負荷をかけてコストと品質の造り込みを行い、その結果、総負荷を低減すると共に開発期間も短縮することを指しています。

ロバスト設計は、まさに設計行為のフロントローディングです。開発の早い段階から関連部門とのスルー活動の中で、市場での使われ方、製造のさまざまなばらつきに対してロバスト設計をすれば、コストをかけずに品質が確保でき、開発期間の短縮も図れます。

よって、<ロバスト設計>をおすすめします。

ご意見・ご要望がありましたら、製品保証推進室まで、お気軽に、お寄せください。

次回の開発工学(その2)のテーマは、<問題予測と評価>を予定しています。ご期待下さい。

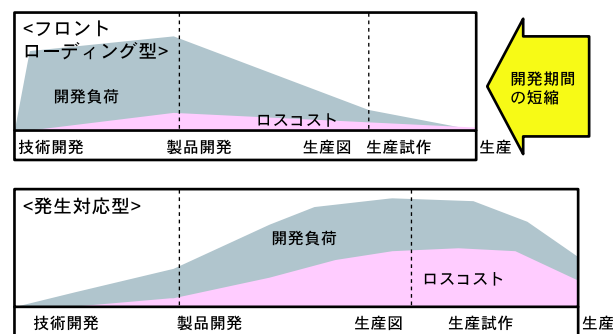


図9 開発におけるフロントローディング