

テキスト：第2部

システム工学 設計法

補足事項 (Rev. 1)

サブタイトル：

アカデミックな 設計学 というものを取り入れよう！

2003/7/31 システム工学設計法：講師：國井 良昌

目次

1. 設計とは (その1)	P3
2. 設計とは (その2)	P4
3. 安全率の概念	P6
4. 信頼性の最適設計	P8
5. 増減速の注意	P11
6. 設計開始の禁止	P12
7. 必須のベンチマーキング	P13
8. 年表による把握	P14
9. まとめ	P15
10. 参考文献	P16

1. 設計とは（その1）

【益子 正巳 東京工業大学教授 曰く】

設計とは、機械を設計するにあたって、機械力学、材料力学、材料など機械に関するすべての学問を基礎として、一つの企画を作ることであり、いかにしてこれら機械に関する知識を企画の中に取り入れるかがこの学問の目的である。

しかし、設計は基礎学問のみにより理論的に行うことは不可能で、多くの経験によらねばならず、これが「設計は経験による学問」であると言われるゆえんである。

数世紀にわたり集成された経験が理論的学問により適当に順序立てられ、組合わされたものが設計学である。設計学の終局の目的は、「設計法の確立」であることはもちろんであるが、それを達するための「過去の経験」に対する「理論裏付け」を行うこともこの学問の大切な分野である。

2. 設計とは（その2）

【益子 正巳 東京工業大学教授 曰く】

設計にあたり考慮すべき主要事項は次ぎのようなものである。

まず、その機械の目的、作用をいかにして行わせるかを種々の方面の知識、経験を総合して考察し、必要にして十分な部品目を定める。これらの各部分が十分な強さを持ち破壊しないばかりではなく、歪み、温度上昇などもある限界以下に維持され、摩耗の少ないことが必要である。

主要寸法は、理論的に数式から求めるのが理想的であるが、実際には理論式のあてはまらない場合が多く、また、たとえ可能な場合でも計算が非常に煩雑で手間のかかる場合は、経験や、類似の現存機械を参考として、大略の形、寸歩を決め、後からこれが適当であるかどうかを計算で確かめる。

設計にあたっては、カタログ、印刷物、写真などを参考に全体の構想を定め、大略の図を書きながら計算と並行して進めるべきもので、こうすることにより順次考えるべき部分が明らかになり諸種の誤りも容易に発見できる。

次ページに続く

前ページの続き

強さの計算の場合は、作用荷重がどういう種類であるかを良く確かめ、静的強さだけでなく、疲れや衝撃に対する強さも十分確かめておかねばならない。

形状は、価格をできるだけ低くするためになるべく既存の工作機械、加工設備により、最低の手間で製作し得る形を選ぶべきである。また調整、分解、修繕、運搬などに対しても容易な形であることも大切なことである。

いかに精巧でも、使用目的に対し必要以上であることはいたずらに経費を増し、経済的見地からは望ましいことではない。最低費用をもって最大の機能を発揮させることが最も良いことであり、「製作法を考慮した設計」が重要視されるゆえんである。

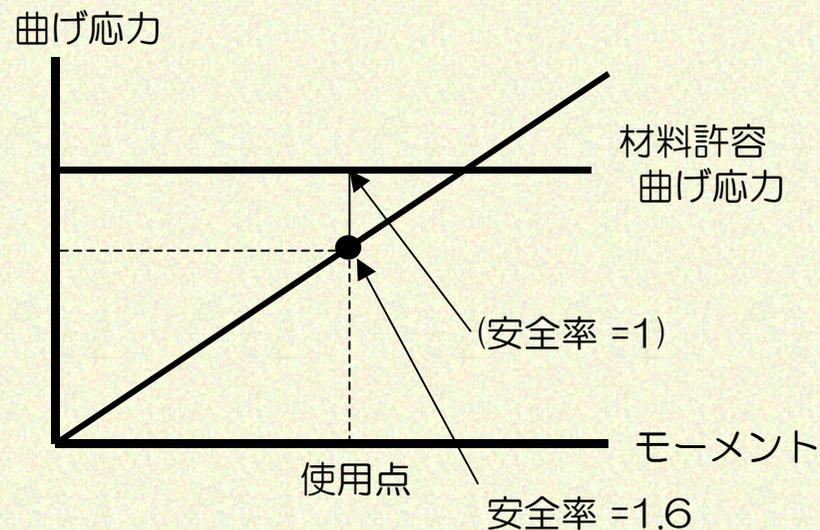
新しく作った機械が完全なものになるまでには、幾多の失敗も伴うもので、失敗の体験もまた将来への大切な指針となり、これらの体験が積み重なって設計者の技術的経験ができあがるのである。初心者はこの点を良く考え、進んで数多くの設計を体験するように心がけるのが良い。

3. 安全率の概念

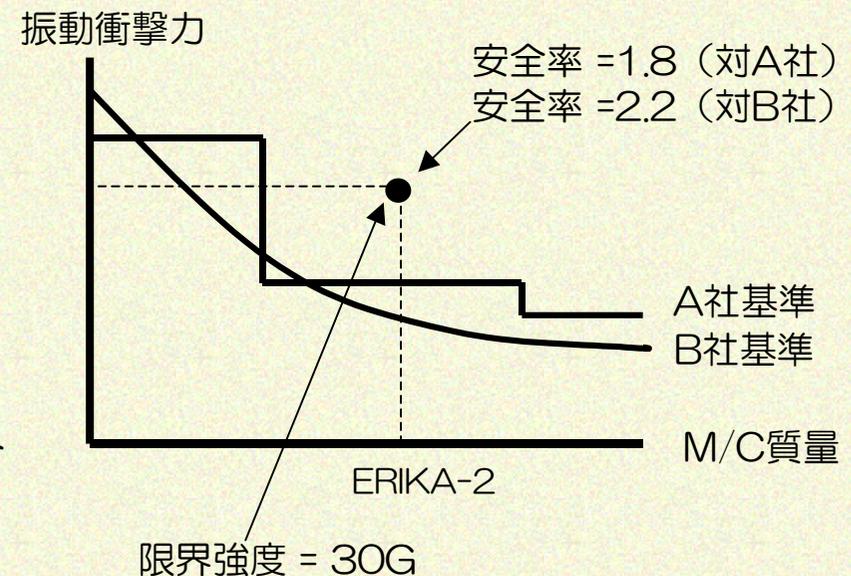
ここはどこ？ 私は誰？ というギャグがありました。自分の設計が「○」か「×」かの判断だけとは設計者も落ちたものです。料理人の腕前を評価するとき、「うまい」と「まずい」だけでいいのですか？

そこで、、、設計者は、常に **安全率の概念** を持ちましょう！

各種材料強度のシミュレーション



振動衝撃のシミュレーション



ここはどこ？ 私は誰？・・・「私は安全率、ここに居ます！」

前ページの続き

安全率を求めたけれど、果たしてその値が妥当かどうか？

安全率とは、それだけでりっぱな分厚い専門書が存在し、これだけの研究で博士号が取れます。安全率は、動的、静的に分離して考えたり、部品別、例えば航空機の機体安全率、エンジン シリンダの安全率、バネの安全率など様々な用途、時代、企業によって設定されます。

安全率の設定は企業最大のノウハウ です。何故なら、安全率を上げればコストアップに、下げれば品質低下に繋がるからです。そして、その設定には莫大なトラブル数と実証時間を費やしているからです。

皆さんは、先ず、自社の安全率基準値を満足させて下さい。

安全率が限りなく1.0に近い時や1.0以下の時は、材質変更などを施して当社の安全率基準値にもっていか、もしくは、定期交換部品に指定 するなど、上司と十分に話し合ってください。

また、安全率を求める時の分母/分子も曲者 (クセモノ) です。不安な時は、上司と十分に話し合ってください。

安全率は、分母分子を操作し、自分で勝手に定義できてしまう怖さがあります。だからこそ、企業としての定義が必要なのです。

4. 信頼性の最適設計

【近藤 次郎 東京大学名誉教授 曰く】

・システム設計の要点は、高い信頼性を持つサブシステムをもって構成し、できるだけ簡単な構成にすることである。しかし、システムに対する要求が高度になると、このような設計方針を採用することは難しくなる。その対策として考えられるのが余裕のある設計、リダンダンシー (冗長度) をとる方法である。リダンダンシーを多くとると、その代わり重量あるいはコストの増加を伴う。

Redundancy

・言うまでもなく、信頼性は高いに越したことはない。航空機のような人命にかかわるもの、人工衛星のような1回の発射に巨額の費用を要するものでは100%の信頼性を望みたいところである。

しかし、信頼性を増加するとシステムの製造コストはそれに伴って増大し、特に信頼性を100%に近づけるとコストは急激に増加する。

多くの場合、信頼性の向上は余分な成分の添加、すなわち、リダンダンシーの増加や構造物の補強によって達成されるのが普通であるが、このようにすると構造重量が過大となって効用が低下する。

次ページの図1を参照

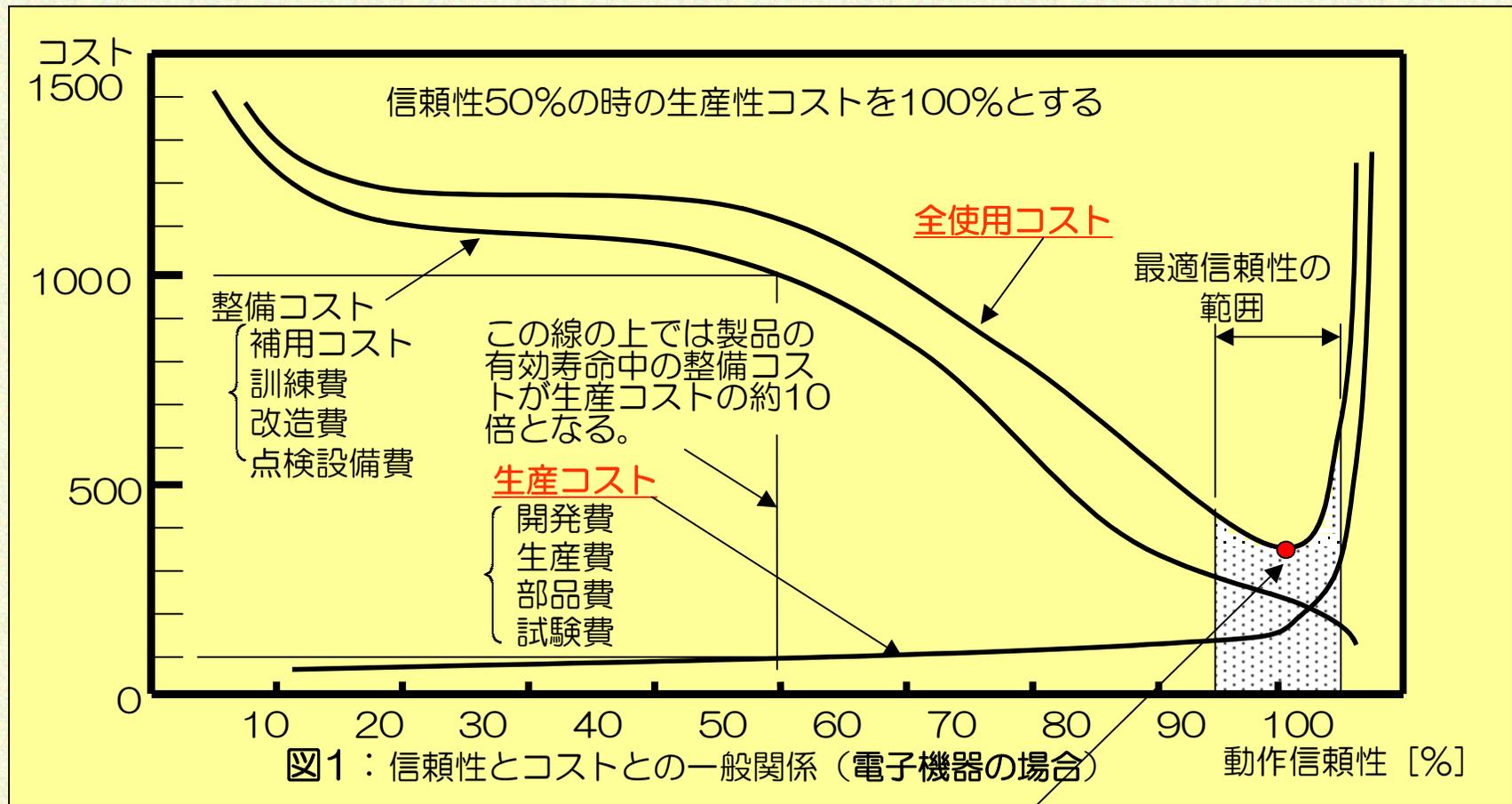
次ページに続く

・安全係数を引き下げることは信頼性を高くすることと相反する要請では必ずしもない。過剰品質を避けて生産コストを引き下げることができるよう、合理的な設計を行う必要がある。

また、信頼性の決定は戦闘機もボーイング747も同じ基準で設計を行うべきではなく、安全係数は場合によって変るのが当然である。

図1を参照

重要



各社でこの文化が希薄。
最下点を捉えているか否かも疑問。部品一点一点にこだわり過ぎて、システムで観る目が養われていない。

次ページに続く

- 構造物の安全係数の合理的な決め方も、基本的には同様である。将来は、精密な強度計算をして部材に加わる応力を求め、その結果に強度規定または、経験的に決められた一定の係数を掛けて最大許容応力とし、部材の強度がこれに耐えるようにしている。

この係数の値は航空機の場合では1.5に、自動車の破壊に対しては1.6、降伏や疲れに対しては1.3、鉄骨構造では2.5~3.0、クレーンでは8~10、クランクシャフトでは40にもなっている。

もし荷重の推定が正しく、計算に誤りがなく材料が均一で強度にばらつきがなく、工作や施工法が規定どおりに行われるとすれば、安全係数は、理論上は1でもさしつかえない。 → 理論上の話です。

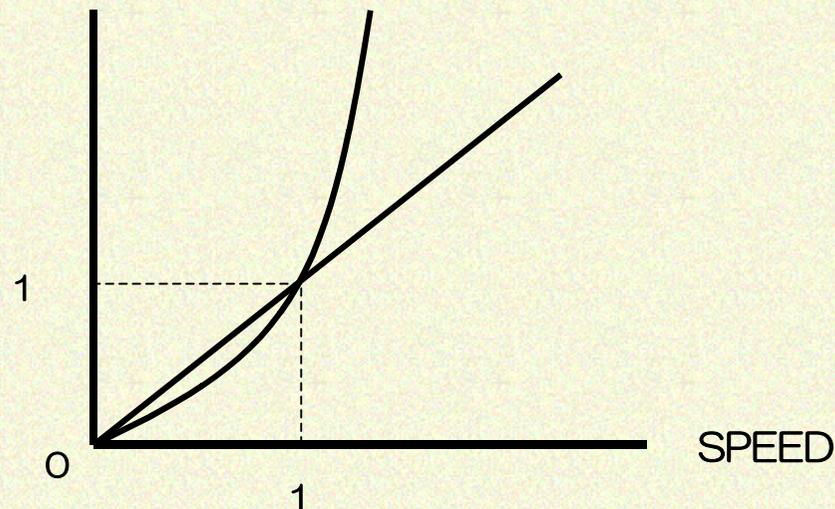
- 構造物の破壊に対する信頼性は安全率と密接に関係している。安全率を高くすると破壊する確率が低下するから信頼性が向上する。現在、航空機の安全率は1.5に定められているが、この値は経験によって採用されており、まれには予想外の乱気流に遭遇して墜落することがあっても、人々が旅客機に乗ることを極端に嫌うほどではない。 → えっ！

5. 増減速の注意

会議にて、、、
「A君！プロセス スピードの20%アップぐらいどうってことないよね！」
「ええ、たぶん、、、」

ちょっと待ってください。その場での即答は極力避けて下さい。増減速のインパクトは設計的には 二乗倍で効いてくる ことから検討を開始してください。

DESIGN FACTOR



6. 設計開始の禁止？

今まで **システム工学設計法** への移行を強く説いてきましたが、最近、それを逆行するプロダクトがいくつか出現してきました。

それは、、、
製品企画書なしに、仮性能仕様書なしに設計を開始してしまうケースです。果たしてこんなことが **設計学** では許されるのでしょうか？

設計を開始するための検討、それは多いに、そして積極的に進めてください。

しかし、決して設計を開始してはいけません。必ず、**設計の初期に戻る失敗** を何度も繰り返します。

私達は、設計と言う職業を科学的に遂行する **設計者** であって、**にわか大工** ではありません。

テキスト第1部の「設計ルーチン」をもう一度、お読みください。



7. 必須のベンチマーキング

ベンチマーキングという言葉、良く聞きます。

分析するターゲットにした企業や商品を **ベンチマーク** と言い、ベンチマークにした対象物を徹底分析することを **ベンチマーキング** と言います。物の本には、米ゼロックス社の製造部門の某氏が提案した手法と書かれていますが、間違いだと思います。

ベンチマーク、ベンチマーキングともに現在は、いろいろな解釈がある。昔は、臆病もない盗用、山賊などと言う米国経営者達もいた。

ベンチマーキングは、第1次世界大戦、第2次世界大戦からも存在しています。世界中の戦闘機をベンチマーキングして開発された世界の名機「**零式戦闘機**」、そして、その名機もアメリカに徹底的にベンチマーキングされ、日本を敗戦国へ導いてしまいました。軍事産業でベンチマーキングは当たり前なのです。

さて、各社は未だに「百獣の王」と思っている人がいます。造れば必ず売れる時代を謳歌した人達と思いきや、何と、若い技術者もそう思っている人が少なくありません。

開発競争は **戦い** です。敵も分からず戦いに挑む職業がどこにありますか？ 競合のカタログを見るだけでもOKです。ベンチマーキングを常に心がけてください。

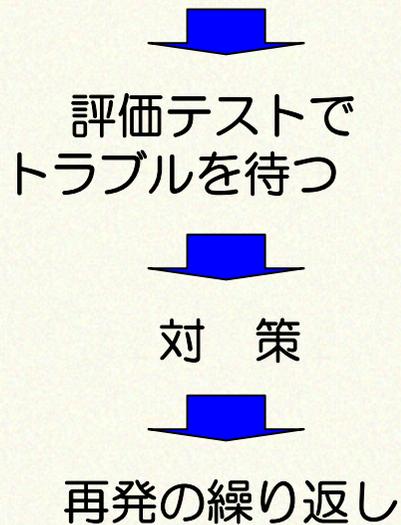
もはや、ベンチマーキングなどという優雅でのんびりとした手法は時代遅れになりつつある。ではそれに代わる手法は？

9. まとめ

どちらが劣るとか優るとは言いません。片方だけの知識や経験より、双方を知り、選択すれば良いでしょう。

今までの設計法
＝スタンドアロン設計

いきなり レイアウト設計



今後＝システム工学設計への移行

設計書

使用目的の明確化
設計思想とその優先順位
技術形式の選択
設計課題の決定
主要諸元の決定
細部設計



10. 参考文献

- 機械設計：益子 正巳 東京工業大学教授：養賢堂
- システム工学：近藤次郎 東大名誉教授：丸善株式会社
- 戦略的ベンチマーキング：グレゴリー・H・ワトソン：ダイヤモンド社
- 零戦の真実：坂井 三郎 零戦戦闘機操縦士：講談社+α文庫
- 朝日現代用語：朝日新聞社

テキスト第3部へ進みましょう！

システム工学 設計法講座 ・ テキスト 第2部

【初版】 2003年7月31日 作成者：國井 良昌

Copy right(C) 2003 國井 良昌 All rights reserved.