

統合的な製品開発のための設計工学



研究ノート

藤田 喜久雄*

Design Engineering for Integrated Product Development

Key Words : Design Engineering, Product Development, Product Integrity, Product Family

1. はじめに

様々な要因のもと、研究内容についての説明が何かと求められるようになってきているが、概ね、システム技術についての説明は要素技術についての説明よりも難しいように思う。これは、どちらかと言えば、後者がある種のシーズそのものに対応する一方、前者はそれらをまとめあげて全体としてのかたちをつくり上げるためのものであり、新製品に向けての直接的な起爆剤とはなりにくいことにもよる。個々の固有技術からは分離した意味での設計技術はそのようなシステム技術の典型であり、増してや、設計は日々あらゆるところで行われていることから、研究としての意味を改めて説明することは容易ではない。とは言え、要素技術とシステム技術は相補的なものであり、前者が蓄積されれば、それらの組合わせ的な可能性は増大して、後者に関しても新しい視点や方法論が求められることになる。

2. 設計における最適性と統合性

設計とは何であるかをあらたまって説明することは難問ではあるが、少なくとも、何らかの目的を実現し得る対象物の像を事前に構成するという理解は一般性を持つ。その際には、想定した内容进行操作することによって何らかの最適性を追求することが求められる。例えば、機器や製品の設計であれば、エネルギー利用効率などの性能指標はその際の規範と

なり得る。それについての1990年代を通じての変化はコンカレントエンジニアリングやライフサイクルエンジニアリングなどのキーワードによって特徴付けられている。具体的には、ある製品について、その機能性能のみならず、製造コスト、サービスに関わるコスト、さらには、廃棄やリサイクルに関わるコストなどを総合的に考えることにより、より大局的で統合的な意味での最適性を追求することの必要性が広く認識されて、今日に至っている。この変化には、最適性についての指標が拡大したと同時に、操作する内容も拡大したことが潜んでいて、つまりは、操作内容を広く取れば、統合的な意味での最適性は向上することを示唆している。

さて、ライフサイクルに渡る内容をも操作する設計を機能性能という点からライフサイクルというある種の時間軸に沿った線へとその内容を拡大させたものであると解釈すれば、面への一層の拡大も予見できる。線に直交して面を構成する空間軸として、個別の製品を考えるのではなく、複数の製品を何らかの意味で同時に考えることを想定してみたい。今日の製造業において、顧客ニーズの多様化は同時期に類似の製品を様々な提供することを要請しているし、製造設備などに目を向ければその寿命は個別製品のそれよりもはるかに長く、製品世代を越えて共有されるようになっている。つまり、様々な製品を同時に考えることは、それらに共通的な内容を操作対象に組み入れ、最適性の意味をそのもとでより一層、大域的で統合的なものへと転換できる可能性を秘めている。そうはいうものの、操作内容の拡大は設計をより複雑なものにすることから、何らかの系統的で合理的な方法論も求められるようになる。それに向けて、当方では、1997年頃から、上記の方面での課題を製品系列の統合化設計問題と呼んで、いくつかの研究を展開してきている⁽¹⁾⁽²⁾。



* Kikuo FUJITA
1962年12月生
現在、大阪大学・大学院工学研究科・
電子制御機械工学専攻、教授、工学博士、
設計工学
TEL 06-6879-7323
FAX 06-6879-7325
E-Mail fujita@mech.eng.osaka-u.
ac.jp

3. 製品ファミリーにおける共通部品群の最適性

3.1 共通部品群の先行設計の意義

本稿では、上記の一例として、想定される一連の製品群に対応可能な共通の部品群を事前に設計する場合の最適設計問題の意味⁽³⁾について述べることにする。図1は、その具体的な状況を乗用車に用いるリフトゲートダンパーの設計問題をもとに例示したものである。まず、図中左のように、個別の製品毎にその全体の設計を行った後に構成部品の設計を展開する状況下では、製品種類数に等しい種類数の部品を導入することになる。これに対して、図中右のように、事前に一定の範囲の製品群を想定しつつ一連の部品群を設計しておいた上で、個々に設計される製品全体に対して適切な部品を選択して用いるようにすることを考えてみたい。実は、個別製品の機能性能については前者が勝るが、在庫費用などの様々な間接経費を含めた総合的な産業競争力では後者が勝ることも期待できる。その反面、後者の優位性を活かすためには、どのような部品群を事前に用意しておくかを多種多様な要因が関係するもとの慎重に

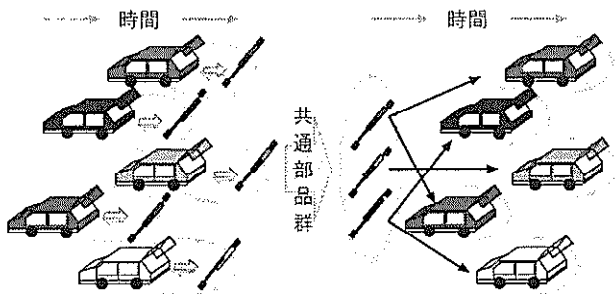


図1 製品系列のための部品群の設計形式の変化

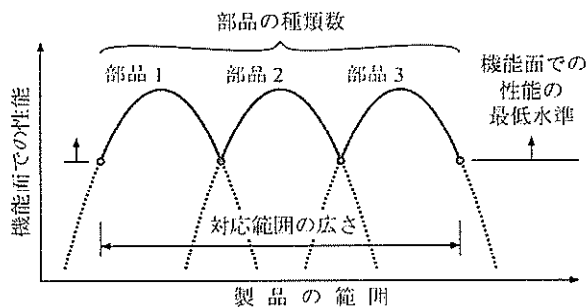


図2 共通部品群についてのミニ・マックス構造

決定しておくことが不可欠となる。

3.2 最適性の構造

図2は図1右の状況における最適性の意味を示したものである。一般に、あるシステム(部品)をある条件(製品)に対して最適に設計した場合、その条件において優れた機能性能を発揮することはもちろんであるが、それに近いある範囲内では一定の機能性能を発揮し、何の支障もなく使用することができる。これに対して、一定範囲の条件(製品)に対してある性能水準を確保しようとするれば、その範囲によっては複数のシステム(部品)を導入することが求められる。つまり、図2に従えば、共通部品群の優位性については、(1)機能性能の最低水準、(2)対応範囲の広さ、(3)必要な部品の数、の3つの指標を考慮することができ、それらは相互にトレードオフの関係にあると言える。上述した共通化による部品数削減の効果は間接経費として現れるため、その実態は見えにくいものの、3指標のうち、(3)はそれに直結する明示的な指標となる。

以上のもと、製品の種類数を想定した上で部品群の共通化設計問題における部品の種類数に着目すれば、その様相は以下の3つのレベルに分類できる。

- レベル0：各製品毎にそれぞれ異なる種類の部品を設計する場合。
- レベル1：すべての製品種に対して共通の単一部品を設計する場合。
- レベル2：製品の種類数よりも少ない部品種から特定のものを選択して用いる場合。ただし、その詳細な状況は部品の種類数に依存する。

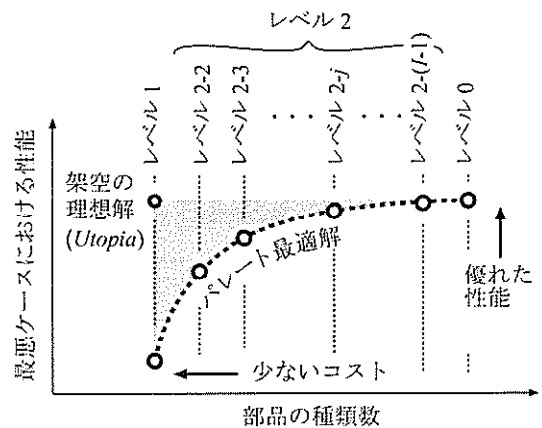


図3 共通部品群の最適設計における機能性能とコストのトレードオフ

一連の状況における部品の種類数と製品性能との関係は、およそ図3のようなトレードオフの関係を示す。まず、すべてのレベルにおいてレベル0を越える機能性能を達成することはできない一方、経済性の面からはレベル1に勝る設計はあり得ない。つまり、あらゆる共通化設計はレベル0の設計解とレベル1の設計解が指し示す図中の「架空の理想解」よりも性能の面でもコストの面でも劣ったものになっていて、一連の設計解はいわゆるパレート最適解を形成する。加えて、過度に少数の部品種類数では満足な機能性能を達成することはできないが、ある程度の種類数を確保すればほぼ満足な性能水準を達成できることも期待できる。設計者の行うべき合理的な意思決定はそのようなパレート最適解の中から妥当な解を選択することであるが、そのためには、個々の共通化設計問題において図3のような関係を具体的に求めることが大前提となる。

3.3 適用事例

説明のために前節の内容に対する具体的な事例⁽³⁾を簡単に示すことにする。対象問題は図1にも示した共通化設計問題であり、想定される範囲の様々な乗用車のリフトゲートに対して共通的に用意すべき(複数種の)エアダンパーを事前に設計しようとするものである。図4はその問題における図3に相当する内容を示したものである。図中、 m 軸と h_{P_0} 軸は乗用車の諸元を代表する2つのパラメータであり、それらをもとにここでは P_1 から P_6 の6種類の乗用

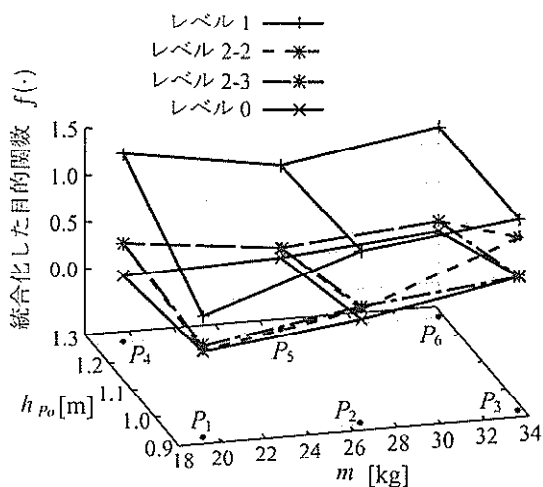


図4 目的関数によるレベル問題における最適設計解の比較

車を想定する。縦軸はリフトゲートに関わる様々な性能指標を統合した目的関数で最小化すべきものである。図は上述の各レベルの設計において各乗用車で達成できる目的関数値を示している。レベル2については、6種類の乗用車に対して2種類のダンパーを用意する場合(レベル2-2)、3種類のダンパーを用意する場合(レベル2-3)のみを示している。一連のレベルを比較したときに着目すべき点は、レベル2-3の設計において目的関数の最悪値がレベル0におけるそれと変わらないという点である。このことは、ダンパーの数を4種類以上に増やしたところで、最悪性能の改善は見られず、3種類までの設計が実施すべきものであることを明らかにしている。以上の結果を導出するためには様々な数理的な処理と最適化計算が必要である⁽³⁾が、この種のことは経験的にはとらえることのできるものではなく、設計に関するシステム技術の効果を端的に示すものである。

4. 複雑化する製品開発を統合的に考えるには

冒頭の箇所では設計が製品開発の様々な要因を取り込みつつ複雑化していくことを点・線・面に例えて述べたが、そのことはより競争力のある優れた製品開発を目指せば諸要因がより交錯した状況に立ち入ることを避けられないことを暗示している。ともすれば、設計についての核心部分の内容は個々の設計者の能力に依存するとの見方も強いが、さりとて、複雑化していく設計の内容に対して個々の設計者の能力そのものが飛躍的に向上することは期待できない。上記の一例は、そのような際においてはシステムティックな設計方法論と支援手法が有効であることを示している。

今後、上述のような設計技術はその重要性を増してくるものと思われるが、具体的な研究展開においては、方法論や支援手法の構築に先だって経験的な実践や具体的な課題が存在していて、そこに潜む深い意味を明確に理解することがある種の駆動力になっていることは注意を要する。この点は様々な工学研究とは趣きを異にする点であり、上記の共通部品群の設計についてのものも某企業からの教示が大きな切っ掛けとなっている。次なる展開に向けてチャレンジングな事例をご教示頂ければと願うところである。

参 考 文 献

- (1) 藤田喜久雄, “製品系列の統合化に向けての最適設計”, 機械の研究, Vol.54, No.11, (2002), pp.1116-1123, 養賢堂.
- (2) 藤田喜久雄, “設計プロセスの上流に活かす設計方法論の展望”, 日本機械学会 関西支部 第262回講習会「製品開発, 技術開発のための最

適設計技術と応用」教材, (2003), pp.45-54.

- (3) Fujita, K. and Yoshioka, S., “Optimal Design Methodology of Common Components for a Class of Products : Its Foundations and Promise”, *Proceedings of the 2003 ASME Design Engineering Technical Conferences*, (2003), Paper No. DETC2003/DAC-48718.

