OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	複雑な設計問題のためのモデルに基づいた最適設計 : 製品系列統合化設計での展開
Author(s)	藤田, 喜久雄
Citation	日本機械学会誌. 2006, 109(1050), p. 389-391
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/3080
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

解　説

複雑な設計問題のためのモデルに基づいた最適設計
―製品系列統合化設計での展開―

Model-Based Optimal Design of Complicated Design Problems such as Product Variety Design

執筆者プロフィール

◎1990年大阪大学大学院博士後期課程修了後，大阪大学助手，講師，助教授を経て，2002年より現職
◎研究・専門テーマは，設計工学
◎正員，大阪大学教授　大学院工学研究科　機械工学専攻
（〒565-0871　吹田市山田丘 2-1／E-mail：fujita@mech.eng.osaka-u.ac.jp）

藤田　喜久雄
Kikuo FUJITA

1. はじめに

モジュール化設計，共通化設計，共有化設計，プラットフォーム戦略，アーキテクチャ論などが製品開発における重要な課題となっている[1]．これらは，いずれも，個々の製品を超えて，コンセプトを共有する一連の製品群（製品系列）を対象として統合的に設計を考えようとするものであり，より広い見地から優れた設計を達成しようとするものである．このような方面に限らず，対象を広く取れば最適性の可能性が大域的なものになる背後において設計は複雑なものになり，さまざまな因子間の関係を妥当に評価できるかどうかが結果の優劣を左右することにもなる．

本稿では，複雑な設計問題の合理的な解決に向けて，数理的な考え方に基づく最適設計の有用性や可能性，あるいは，それらに向けた課題について，製品系列の統合的な設計問題での展開例[2]~[5]を引きながら，考えてみたい．

2. 設計の悪構造性と最適設計の対象範囲の拡大

設計はそもそも問題の定義が不確定で曖昧な悪構造問題であり，その意味や内容を組み換えることも含めて，何らかの解決が行われる．一方，最適設計の背後にある数理計画は設計変数・制約条件・目的関数からなる曖昧性を排除した問題記述のもとで何らかのアルゴリズムにより形式的には最も優れた解を導出するものである．したがって，最適設計を行う際に前者の曖昧性と後者の厳密性をつなぐことが不可欠となる．

上記の関連付けは問題が複雑なものになればなるほど重要となる．例えば，製品系列の統合的な設計を対象として最適設計を考える際に，以下のような各点について，より広範な内容を考えておく必要がある．[2]

(1) 複数の製品の内容を設計変数に含め，相互の間でどのような共通化を行うかをも決定する必要がある．
(2) 共通化の効果と影響を判定するために，従来よりも広範な意味を持つ指標を導入する必要がある．
(3) (1)により，数理計画問題としての内容は，組合せを含むなどの点で，個別製品の設計に比べて求解が困難になり，新規なアルゴリズムが必要となる．
(4) 数理計画の対象範囲はそもそもの設計問題から明示的に定義可能な範囲を切り出した部分問題であるが，(1)と(2)のもと，その傾向は強まる．このため，最適化計算による部分的な結果を全体としての意思決定に活用する際のシナリオが重要となる．

これらは，(3)を除けば，数理計画の問題ではなく，最適設計に独特の問題である．それらに対応するには，最適な設計がどのようなパターン（類型）で現れるかを把握した上で，そのパターンに適合した最適解の導出方法とその活用方法，さらに，(4)を踏まえると，それらから構成される方法論を構築することが求められる．

3. 製品系列の統合化設計における共通化と最適性

製品は部分から全体が構成されるシステムであり，いずれかの部分を異なるものにすれば全体は異なるものになる．つまり，異なる製品をつくるにしても，さまざまな部分をさまざまなレベルで共通化することができる．共通化ができれば，その部分についての費用を複数の製品に分配することができ，また，開発に要する時間なども削減できる．それらによる他の面への影響が許容できれば，製品の

価値は向上することになる．以上は製品系列の設計を統合的に考える背景である．

そのことを数理的に考えるためには，まずは，前節の(1)に対応して部分と全体の関係を系統的に表現し，(2)に対応して共通化によるメリット・デメリットについての指標を設定する必要がある[2]．

前者については，図1のように，製品をシステム・モジュール・属性の三つのレベルで把握することが一つの方法である．ここでのモジュールの共通化とは，文字通り，異なる製品間でモジュールを流用することを意味し，属性の共通化（統一）とは，モジュールの背後にある部品やプロセスの共通化により同様の効果をより細部で達成することを意味している．

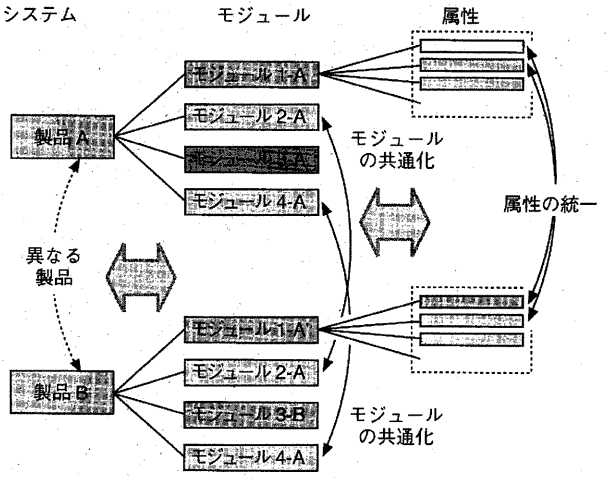

図1 異なる製品間での部分の共通化[2]

一方，後者については，一連の製品を製造する上での総コストや総利益などのより大局的な指標を考える必要がある．製品のコストはさまざまに分類されるが，変動費と固定費への分類は一つの典型である．製品系列の設計では製品の種類数やモジュールの種類数などが変動することから，それらに依存したコストを固定費ではなく種類数に依存した新たな変動費として扱う必要がある．このとき，製品やモジュールの種類数がコストに及ぼす影響は，およそ，図2のような関係として把握できる．具体的には，共通化を完全に排除した個別設計が機能面では最も優れている一方，共通化の度合いを高めていくに従って，さまざまな間接費を製品間に配分でき，個々の製品コストを低減できるなどのことから，トータルにみた場合の最適性は向上していく．しかし，それが度を過ぎると，機能面での劣化が許容範囲を超えてしまい，トータルな最適性も劣化してしまうことになる．つまり，機能とコストとのトレードオフのもとにあるトータルな最適性を指標として最適な共通化の度合いを探る必要がある．最適化への要請はこの探索にある．

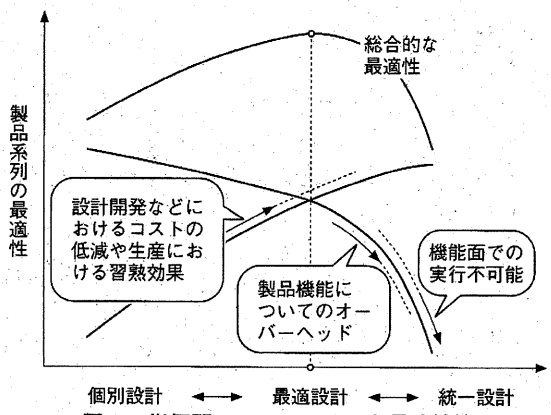

図2 指標間のトレードオフと最適性[2]

4. 製品系列を同時に考える統合的な最適設計

前節に示した対象表現や評価指標に対して，最適化のアルゴリズムは個々の問題の様相に依存する．例えば，一連の製品群を同時に設計できるとして，図1のように設計の内容が各モジュールの内容（属性の値）とモジュールの組合せ方とから構成されるとすれば，最適設計問題は，所与の後者に対して前者の内容を決定する場合[2]，所与の前者に対して後者の内容を決定する場合[3]，前者と後者の両方を同時に決定する場合[4]の三つに類型化できる．それぞれの内容については，第1のものは制約条件付非線形最適化問題となることも期待でき，第2のものは組合せ最適化問題であり，第3のものは両者の混合問題となる．これらのうち，第3の問題はかなり複雑になるが，遺伝的アルゴリズムと分枝限定法と逐次二次計画法を組み合わせることにより最適化計算を行うことができる[4]．

ある問題に対して最適化計算により数理的な解が得られたとしても，前述のように，それらは最適設計の一部に過ぎない．図3は，上記のうちの第3の類型に対応する仮想問題として5種類の航空機を同時に設計する問題の最適化計算例を示したものである．航空機の主要な設計条件は航続距離と座席数であり，ある機体を胴体や翼をストレッチすることにより他の機体へと展開することが行われる．図の内容は，それらに対応させて，航続距離の相違の程度が異なる三つの条件のもとで上述の最適化計算を行った結果を対比したものである[4]．図中の各セルは各事例における各モジュールについて5機体の間でどのような共通化設計（あるいは類似設計）を行うべきかを示している．黒丸は各機体を，太い実線は四つのモジュールすべてで共通化設計を行う，すなわち，異なる条件に対して同じ機体を用いることが得策であることを示している．結果としては，事例1では2機体で，事例2では4機体で十分であり，事例3では5機体が必要であることが判明している．最終的にどのような設計を採用するかは，将来における需要の動向なども踏まえつつ，種々の条件のもとで最適化計算を繰り

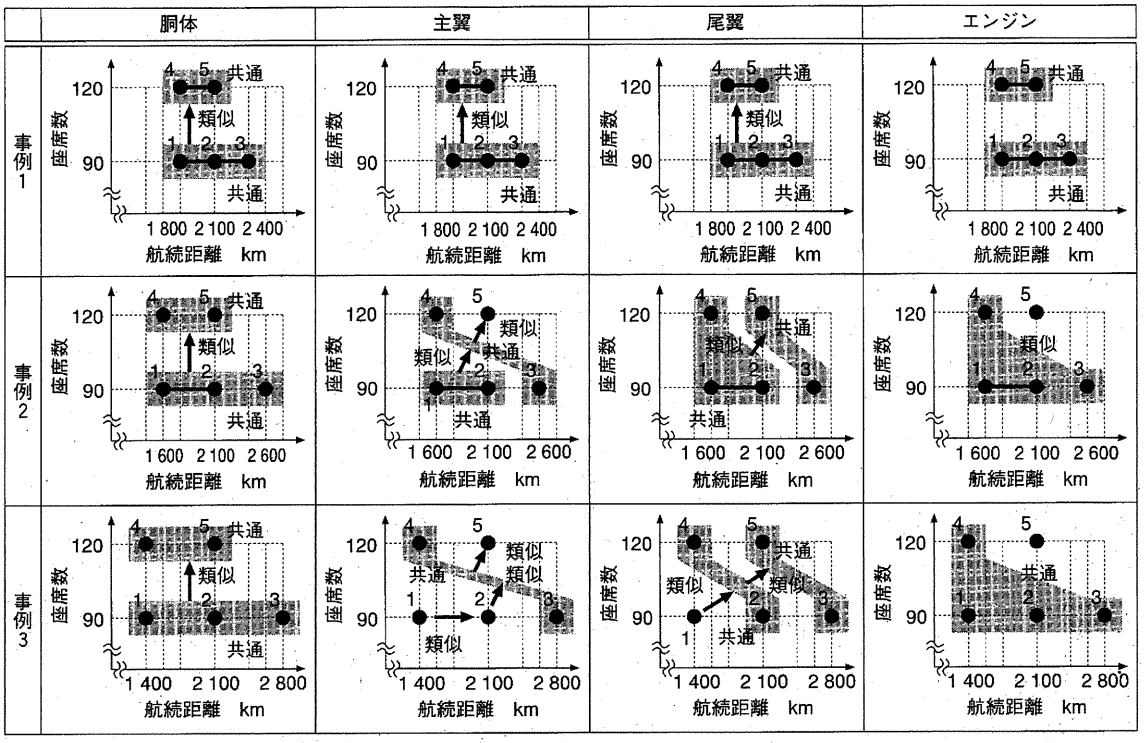

図3　設計条件による最適な設計方策の変化[4]

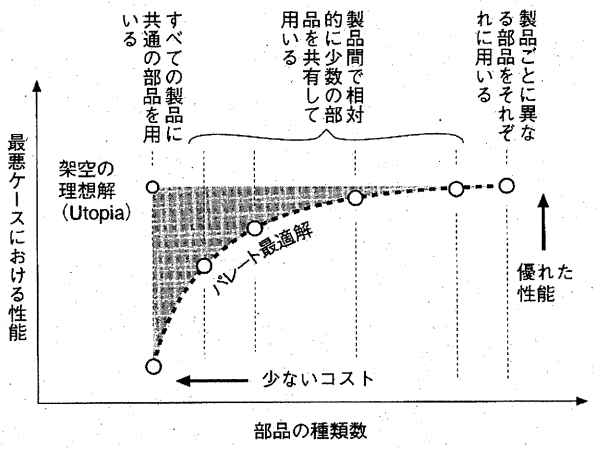

図4　共通化部品群の設計におけるトレードオフ[5]

返して，図のような関係を多角的に把握した上で，総合的に決定する必要があることになる．このような点は複雑な問題に対する最適設計ではシナリオのもとでの解釈が重要であることに対応するものである．

5. 製品系列のための共通部品群の統合的な設計

前節の事例は製品系列の内容が同時に決定できることを前提としているが，より実際的な状況では，時間的な要因，例えば，個々の製品の寿命よりも背後にある部品やモジュールの寿命の方が長いことがあるなど，システムのさまざまな部分が織り成す複雑な関係を考える必要がある．図4は，想定される範囲の製品群に対して事前に用意しておくべきある部品の種類数が全体としての製品の性能やコストなどに及ぼす影響を模式的に示したものである[5]．縦軸は一連の製品群の中で最適な部品を用いたとしても最も悪い性能を示す製品の性能値に対応する．図は，個々の製品に対してそれぞれに異なる部品を用意すれば性能面では優れた設計となる一方で，用意しておく部品の数を減らせばコスト面ではメリットも現れることを示している．このようなトレードオフは込み入った関係のもとで現れるが，一定数の部品を用意すればあるレベルの性能を確保できることから，数理的な処理に基づいて適切な部品の種類数や内容を定めることには重要な意義がある．

6. まとめ

本稿では，製品系列統合化設計の例を引いて，複雑な設計問題に対して最適設計の考え方を導入する際の課題や着眼点について述べた．設計問題をより広くとらえる方法にはさまざまな解釈と方策が考えられ，最適設計の方法はそれらと呼応して考えていく必要がある．

（原稿受付　2006年1月10日）

●文　献
（1）Simpson, T.W., Siddique, Z. and Jiao, J., *Product Platform and Product Family Design : Methods and Applications*, (2005), Springer.
（2）藤田喜久雄，製品系列統合化設計における最適性と最適化法に関する研究（第1報，最適化問題の構造と様相），日本機械学会論文集，**68**-666，C (2002)，675-682.
（3）藤田喜久雄・坂口久仁，製品系列統合化設計における最適性と最適化法に関する研究（第2報，モジュール組合せの最適化法），日本機械学会論文集，**68**-666，C (2002)，683-691.
（4）藤田喜久雄・吉田寛子，製品系列統合化設計における最適性と最適化法に関する研究（第3報，システム属性とモジュール組合せの同時最適化法），日本機械学会論文集，**68**-668，C (2002)，1329-1337.
（5）藤田喜久雄・吉岡真一・香江裕介，製品系列統合化設計と共通部品群の最適性，Design Symposium 2004 講演論文集，(2004-7)，221-226.