

Title	設計工学と Design for X 方法論
Author(s)	藤田, 喜久雄
Citation	経営システム. 2005, 15(2), p. 95-100
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/3054
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

特集事例

設計工学と Design for X 方法論

藤田 喜久雄*

Design Engineering and Design for X Methodology

Kikuo FUJITA

keywords: Design Engineering, DFX Methodology, Product Development, Concurrent Engineering
キーワード：設計工学，DFX 方法論，製品開発，コンカレントエンジニアリング

1. はじめに

製品の開発や生産などには様々な局面が関わっている。設計はそれらの中でも製品の競争力を決定づける重要な局面の一つであり、製品に限らず何らかの人工物の実現に向けた様々な計画などを立案する過程である。しかしながら、設計そのものが一般的な行為であることもあって、何らかの考え方や方法論に基づいて設計を合理的なものにしたり効率的なものにしようとする努力や試みは、必ずしも、古くから広く行われてきたものではない。本稿では、設計工学の展開における経緯を粗く整理した〔1〕上で、本特集のテーマである製品ライフサイクルマネジメントとも関連の深い Design for X (DFX) 方法論に関して、その起りや意義、活用の状況などについて概説したい。

2. 設計工学の座標軸

2.1 設計工学の位置づけ

設計は何らかの知識に基づいて行われており、工学の各分野における知識もそれぞれに何らかの設計解を合成するための体系となっている。人工物の内容やそれが関係する物理現象や振舞いが個々の知識を連係させることのみで決定できるの

であれば、設計という行為を改めて論じる必要はない。設計をことさらに論じる必要性は、決定が内容のみに基づいているのではなく、それを進めるプロセスに依存する点にある。設計工学とはコンテンツからは分離されたこのプロセスについての科学として位置づけることができる。

2.2 設計方法

設計を行う方法は様々な形で整理されて知識として伝承されるが、その様式は図1のように分類できる。いわゆる個々の領域における、例えば、減速機の設計法、ポンプの設計法などは個別で具体的な方法である。これに対して、例えば、吉川による一般設計学〔2〕、N. Suhによる設計の原理〔3〕などは汎用的で抽象的な方法（についての指導原理）ということになる。また、生産しやすい設計〔4〕や環境にやさしい設計の方法〔5〕などは汎用的で具体的な方法ということになる。なお、個別で抽象的な方法は存在し得ない。以上の分類のもとでの設計工学の役割とは図1の右側にあり、狭義には右上側であって、右下側は設計学の目指すところとなる。これらに対して、左上の部分に含まれる知識は個々の分野において生産されるということになる。

2.3 設計プロセス

各設計方法の性質をさらに詳しく理解するため

* 大阪大学
受付：2005年4月26日

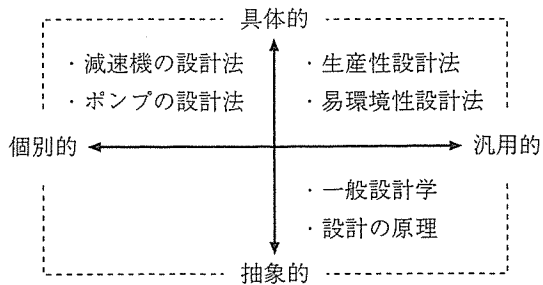


図1 設計方法の座標軸〔1〕

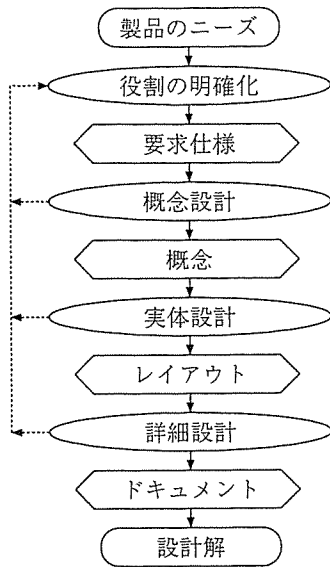


図2 設計のプロセス〔6〕

には、決定を行うプロセスが伴う性質を踏まえる必要がある。設計の全体における決定は様々な決定が折り重なることによって行われており、おおよそ、一連の連鎖のなかで、前段のものは全体的な構成についてのものであり、後段のものは細かい部分についてのものとなる。そのこともあって、設計のプロセスは、概ね、図2にも示すような、概念設計・実体設計・詳細設計、あるいは、概念設計・基本設計・詳細設計・生産設計などの連鎖として理解される〔6〕。このことは、それぞれの局面で行われる情報処理の内容が異なっていることを意味しており、各段階ごとに用いるべき知識の内容や適切な設計の方法は異なってくるということになる。

3. 設計工学の展開

3.1 設計と情報処理

図1のもとで設計方法というものを念頭に置けば、設計工学がその発端から汎用的な方法の確立を目指してきたことを期待したいが、歴史の主流はそうはなっていない。むしろ、設計が典型的な情報処理過程であることを受けて、コンピュータ技術の発展に呼応しながら、1960年頃以降、設計における様々な情報を効率的に操作するための技術が生み出され、それらが設計工学と称される初期の技術分野を形成した。CADの基盤技術である形状処理、数値計画法を基盤とした最適設計などの技術はその典型である。

3.2 設計と知識

以上の各技術が図2に示したプロセスの中でもどちらかと言えば下流の内容を対象としているが、1980年代の人工知能ブームのもとで進められたインテリジェントCADや設計エキスパートシステムの試みはより上流の内容を対象としたものである〔7〕。それらが設計における知識の役割を明確にした意義は大きく、問題解決という視点で設計を考えるきっかけとなったようである。また、一連の動向を受けて、知識という視点から設計支援技術を考えることは普遍的なものとなって根付いている。

3.3 方法論への注視

設計工学が図1の意味において汎用的な方法へと大きく進展したのは1980年代の国際的な製造業の状況を受けた1990年頃以降からの欧米でのコンカレントエンジニアリング〔8〕がきっかけとなっている。その動向とは製造業における日本脅威論〔9〕のもとで製品競争力の質的な向上を目指したものであり、機能や品質、コストなどの統合性を改善するために、例えば、設計と生産との融合を図ったり、技術チーム内での関係を効率的で合理的なものにしたりするためのしくみや情報システムの導入が進められた。当時、わが国にお

いても関連の事項は様々に紹介されたようであるが、今となっては振り返ると、一過性のものとして認識されてしまった傾向は否めない。ライフサイクルエンジニアリングとは、上記の動向とも呼応しながら、製品に関わる様々な要因についての総合的な検討を意図したものであり、それに向けた具体的な方法論がDesign for X (DFX) [10], [11]ということになる。

4. DFX 方法論

4.1 DFX の内容

上述のように、DFX 方法論の認知度は必ずしも高いものではなかったが、最近になって、その言葉を目にすることは確実に増えてきている。DFX の X には、品質やコスト、製作性や組立性、サービス性や対環境性など、設計における様々な視点が該当し、DFX 方法論とは、それぞれの内容を設計の初期段階である企画や概念設計において検討するための評価手法などの総称である。様々な DFX 手法の中でも、Boothroyd らによる組立性設計法[4], [13]はその代表格として挙げることができる。その要点は、製品の組立性を評価するにあたり、詳細な形状を前提とすることなく、構想形状あるいは概略形状というレベルでの特徴的な情報、例えば、形状についての対称性・非対称性などの位相的な特徴や部品の重さなどをもとに組立工数の概略や効率性を算出し、あわせて設計の改善点を抽出しようというものである。しかしながら、組立性設計法などの個別の呼称ではなく、一連のものをまとめて、あえて DFX という総称がことさらに用いられるにはそれなりの理由がある。

4.2 DFX の意義

設計はいわゆる悪構造問題であるために、明確な探索木を定義できないものの、図2のようなプロセスを探索過程とみなすことは有用である。すなわち、可能な設計解は無数に存在し得ることから、設計の初期段階で何らかの枝刈り(に相当する処理)を効率的に行っておく必要がある。枝

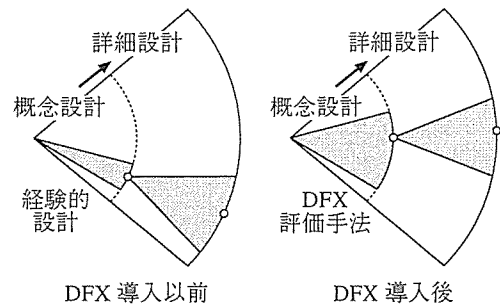


図3 設計プロセスと DFX 方法論[12]

刈りを行う上での有効な手段は探索空間を粗く分割し、それらのうちの可能性のないものを排除し、可能性のあるものに的を絞るということであろう。設計におけるコンセプトや構想の意味するところはこの粗く空間を分割することに対応するものである。

図3は DFX 方法論の意味するところを上記の探索木における枝刈りの視点から概観したものである。DFX 方法論のもとでは、曖昧性を伴う概念設計段階にあっても設計対象の内容を何らかのしくみに基づいて系統的に表現し、操作することができる。このことから、その活用によって検討することのできる設計代替案の総数は、経験的な設計のもとでの総数に比べて広いものとするのが期待できる。検討内容が広いということは概念設計の結果が優れている、言い換えれば、この段階での枝刈りを適切に行えることを意味している。仮に、後続する設計の進め方が同じものであるとすれば、最終的に得られる設計解としては、適切な枝刈りが行えていれば、優れた解を得ることができるものの、枝刈りが不適切であれば、劣った解にしかたどり着けないということになる。DFX 方法論の意義はまさにこのような点にある。

4.3 DFX の展開

前述のように、DFX 手法あるいは DFX 方法論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動向の一翼をなすものである。それらの動向のもとで、様々なものが

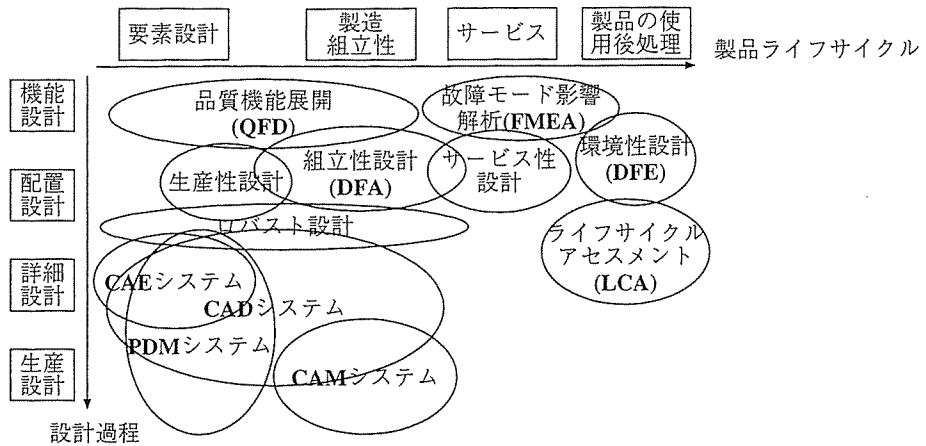


図4 ライフサイクルと設計プロセスからみる設計手法とツールの広がり[14], [15]

再認識されたり新たに構築されるなどして、その適用範囲は徐々に広がってきつつある。

図4は石井によるDFX手法についてのマップ[14]にDFX以外の設計ツールなども加えて描いた様々な設計支援技術の広がりを示した図である。3.にも示したように、CADやCAEの技術は設計の下流を支援するものである一方、DFX手法やDFX方法論が上流を対象としたものとなっている。DFX手法や方法論のうち、図4に示したものの歴史的な展開を振り返ってみると、既存の個別設計評価法がコンカレントエンジニアリングの号令のもとでDFX手法として再認識されたものから、対環境性の方面など、設計の新しい意味のもとで必要性が浮かび上がってきたものまで、多様なものが含まれていて、一連の手法はライフサイクルの各方面に向けて展開されてきている。なお、再認識されたものには、1970年代のわが国に起源を持つ品質機能展開(QFD)やタグチメソッドも含まれている。

上記のように各方面に展開されるDFX手法が設計の上流で用いられるべきものであることは図3にも示したとおりであるが、そのことに加えて、一連の手法のすべてを適用して何らかの設計を行うことは現実的には不可能であることも踏まえておく必要がある。つまり、例えば、組立性設計法を用いて組立性を向上させ、サービス性設計法を用いてサービス性を向上させ、易環境性設計

法を用いて対環境性を向上させて、あらゆる面で優れた設計を指向するのではなく、一連の項目の間に潜んでいるその設計対象に固有のトレードオフをよく吟味した上で、後続する具体的な設計において様々な制約のもとでどの項目を優先するかを決定して、最終的な設計の目標を合理的に策定することが重要であるということになる。この点は、DFXの枠組みと、単なる手法の集合体ではなく、様々な手法の使い分けなどの意味を含んだ総合的な体系としての方法論として理解する必要があることを意味している。

4.4 活用状況の国際比較

以上のように設計において重要な意味を持つDFX方法論ではあるが、3.3でも述べたように、それについての認知度や活用度の現状がどのようになっているかは気になるところである。著者らは、この問題意識のもと、一連の手法やツールについての活用状況に関して、産業界に対するアンケート調査を行い、併せて、イギリスとニュージーランドでの類似の調査結果との比較研究を行っている[15]。

図5は、調査項目の中でも、DFX評価手法の活用状況についての海外でのアンケート調査結果に対して、わが国での調査結果を重ねたものである。産業構造や調査方法に相違があることや調査方法によるバイアスも作用している(活用状況の

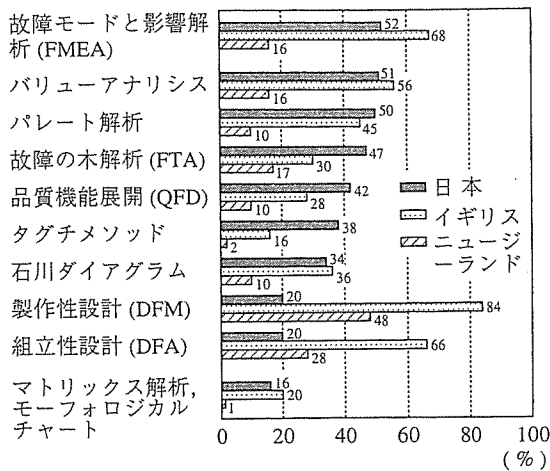


図5 各種 DFX 手法の活用状況の国際比較(15)

実態は図の数値の1/10程度ではないかとのコメントもある)ことを踏まえれば各数値をそのまま論じることはできないが、わが国については、わが国に起源を持つ QFD やタグチメソッドなどが彼の地よりも高い使用度を示している一方で、コンカレントエンジニアリングなどの動向のもとで展開が進んだ組立性設計 (DFA)、製造のための設計 (DFM) などの使用度は著しく低くなっている。製作性や組立性は、元来、わが国の製造業が強みとしてきたところではある。しかし、DFX 方法論の意味を踏まえれば、設計の初期段階での一連の内容が明確な考え方に支えられてシステマティックに検討されている状況と経験に支えられつつ暗黙的である状況との差異は測るべきもなく、この対比はわが国においては各種手法の体系的な導入が遅れている可能性を示唆するものであるとも想定される。

5. ま と め

本稿では、DFX 方法論について、設計工学における位置づけを踏まえて、その背景と意味するところなどについて多角的に概説した。紙面の制約などもあり、個別の DFX 手法については述べることはできなかったが、設計や生産に関わる事項がライフサイクルという広い範囲のものを総合的に考えるまでに至った背景には、産業や社会に

おける様々な変化のもとで局所的な最適解ではなく、より大局的な最適解が求められるようになってきているということがある。その種の大局性として、個々の製品のライフサイクルを考えると、一つの到達点に過ぎず、例えば、何らかのコンセプトを共有する製品群についての設計や生産を総合的に考えることは、共通化や共有化、モジュール化設計やプラットフォーム戦略として重要な課題となってきた[16]。それに限らず、DFX 方法論の考え方や枠組みは時代の要請とも呼応しながら拡張されていく必要がある。

参 考 文 献

- [1] 藤田喜久雄：“設計工学とその展開”，日本機械学会誌，Vol. 108，No. 1034，pp. 43-46 (2005)
- [2] 吉川弘之：“一般設計学序説—一般設計学のための公理的方法—”，精密機械，Vol. 45，No. 8，pp. 906-912 (1979)
- [3] Suh, N. P.: The Principles of Design, Oxford University Press (1990) (畑村洋太郎 (監訳)：「設計の原理—創造的機械設計論—」，朝倉書店 (1992))
- [4] Boothroyd, G., Dewhurst, P. and Knight, W.: Product Design for Manufacture and Assembly (1994) (改訂版：「生産コスト削減のための製品設計—ブスロイドの DFMA」，日経 BP 社 (1998))
- [5] 梅田 靖 (編著)：「インバース・マニファクチャリング—ライフサイクル戦略への挑戦—」，工業調査会 (1998)
- [6] Pahl, G. and Beitz, W.: Engineering Design—A Systematic Approach, Second Edition (Translated by Wallace, K. et al.)，Springer (1996) (旧版の邦訳：G. ポール, W. バイツ (設計工学研究グループ訳)：「工学設計—体系的アプローチ—」，培風館 (1995))
- [7] 村上 存, 富山哲男：“設計と人工知能：設計シンポジウムの 20 年の歩みから”，人工知能学会誌，Vol. 17，No. 1，pp. 84-90 (2002)
- [8] 特集：コンカレントエンジニアリング—21 世紀に向けた製品開発—，日本機械学会誌，Vol. 98，No. 916，pp. 172-208 (1995)
- [9] Dertouzos, M. L., et al.: Made in America—Regaining the Productive Edge, MIT Press (1989) (依田直也 (訳)：「Made in America—アメリカ再生のための米日欧産業比較」，草思社 (1990))
- [10] 特集：作りやすい設計，壊しやすい設計，日本機械学会誌，Vol. 101，No. 954，pp. 348-389

- (1998)
- [11] 藤田喜久雄：“DFX 方法論”，日本機械学会誌, Vol. 106, No. 1016, p. 546 (2003)
 - [12] 藤田喜久雄：“概念設計を考える”，日本機械学会第 9 回設計工学・システム部門講演会講演論文集, No. 99-27, pp. A-15-A-21 (1999)
 - [13] Boothroyd, G. and Dewhurst, P.: Design for Assembly, Boothroyd & Dewhurst, Inc. (1983)
 - [14] Ishii, K.: Life-Cycle Engineering Design, *Transactions of the ASME, Special 50th Anniversary Design Issue*, Vol. 117, pp. 42-47 (1995)
 - [15] 藤田喜久雄, 松尾崇宏, 井上 厚：“製品開発における手法やツールの活用状況についての調査報告”，日本機械学会第 13 回設計工学・システム部門講演会講演論文集, No. 03-27, pp. 236-239 (2003)

- [16] 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, pp. 1116-1123 (2002)

藤田喜久雄

昭和 60 年大阪大学工学部産業機械工学科卒業。平成 2 年大阪大学大学院工学研究科産業機械工学専攻後期課程修了。大阪大学助手，講師，助教授を経て，平成 14 年より大阪大学教授。現在の所属は大学院工学研究科機械工学専攻。この間，平成 7～8 年，スタンフォード大学客員研究員。工学博士（大阪大学）。平成 11 年，International Society for Productivity Enhancement (ISPE) Best Paper Award。平成 12 年，Third International Symposium on Tools and Methods of Competitive Engineering (TMCE 2000) Best Paper Award。平成 17 年，日本機械学会教育賞。