OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	設計工学とその展開
Author(s)	藤田, 喜久雄
Citation	日本機械学会誌. 2005, 108(1034), p. 43-46
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/2996
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

第3部 教育研究からみた将来の展望
Visions for Research and Education

設計工学とその展開

Formation and Development of Design Engineering

藤田　喜久雄
Kikuo FUJITA
◎1962年12月生まれ
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　電子制御機械工学専攻
（〒565-0871　吹田市山田丘2-1／E-mail：fujita@mech.eng.osaka-u.ac.jp）

1. 設計の役割

設計は工学における中核的な課題の一つであり，何らかのモノ（製品などの人工物）の実現に向けたさまざまな計画などを立案する過程である．機械工学のさまざまな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が，モノ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によって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発生しない．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であると言える．

2. 設計工学の座標軸

2.1 設計方法

設計を行う方法はさまざまな形で整理されて知識として伝承されるが，その様式は例えば図1のように分類することができる．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的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[1] N. Suhによる設計の原理[2]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，生産しやすい設計や環境にやさしい設計の方法などは汎用的で具体的な方法ということになる．なお，個別的で抽象的な方法は存在し得ない．以上のような分類のもとで設計工学の役割を改めて考えてみると，その目指すところは図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．

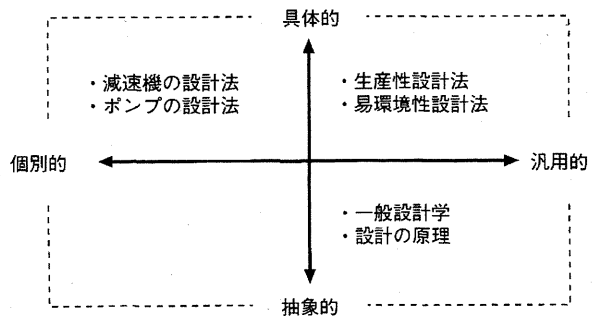

図1　設計方法の座標軸

2.2 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さまざま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，おおむね，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．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 設計への情報技術の展開

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，歴史の主流は必ずしも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

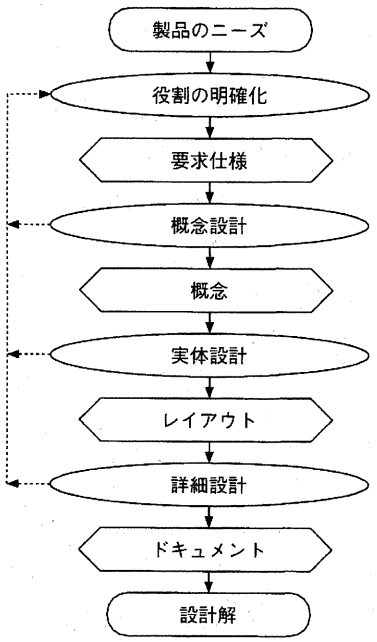

図2 設計のプロセス[6]

けて，コンピュータ技術の発展に呼応しながら，1960年ごろ以降，設計におけるさまざま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，数理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．学術面においても，1990年ごろまでは，それらの方面での研究が主流を占めていて[3]，それらの流れをくむデジタルエンジニアリング[4]は今日の設計や開発において不可欠なツールとなっている．一連のコンピュータ利用技術は今後も設計工学における重要な領域であり続けるはずである．しかしながら，図2の意味するところを改めて考えてみれば，一連の内容は設計対象の内容が比較的明らかになった後段の過程では有効であるものの，要求仕様や設計概念を操作する前段の段階での内容を処理するためのものではなく，それらだけでは設計が完結しないことも明らかである．

3.2 設計研究の起こり

上述のような歴史的展開の背後にあっても，設計という行為を汎用的に考えようとする試みは以前より一部で行われてきている．例えば，H. Simonによる設計についての試み[5]は先駆的であり，さまざまな影響を後に及ぼしている．また，いわゆるドイツ流の体系的方法論[6]はヨーロッパでは一つの流れを古くから形成していた．一方，我が国においては，前出の一般設計学[1]のほか，実践的な方面において品質機能展開やタグチメソッドなどの方法論が早い時期に考案されている．しかしながら，各方法論の意義が広く認識されるのは後になってからのことであり，それについては，当時においては設計方法に関する設計工学の必要性そのものが広くは顕在化していなかったのではないかと思われる．

3.3 知識に基づいた設計

前2項で述べたような状況にあった設計方法を汎用的に考えることが潮流となるには何らかの誘引が必要である．学術研究面での要因としては，1980年代の人工知能ブームの影響が大きい[7]．これは，設計における従来からのコンピュータ利用技術が比較的下流についてのものに限られていたことに対して，人工知能に基盤をおく知識処理技術やエキスパートシステム技法が設計の上流における知識をモデル化したり処理したりするための有効な手段になるとの期待によるものであり，ブームを受けて，インテリジェントCADや設計エキスパートシステムについてのさまざまな試みが進められた．この期待には過度のものも含まれてはいたが，人工知能分野での技術を設計に移転するだけでは不足する部分も大きく，そのことが設計そのものについてのより本質的な理解に向けた動機付けになるなどして，結果的には設計研究の裾野を拡大して今日に至っている．さらに，一連の動きのなかで，知識というものを明示的に認識して問題解決を考えていくというある種のパラダイムが設計関連分野に根付いたことは，暗黙的であるにせよ，設計工学の考え方にさまざまな影響を及ぼしている．

3.4 コンカレントエンジニアリング

より本質的に設計工学の姿に変ぼうをもたらしたものは，1980年代の国際的な製造業の状況を受けた1990年ごろ以降からの欧米でのコンカレントエンジニアリング[8]に関連した動向である．具体的には，製造業における日本脅威論[9]のもと，製品競争力の質的な向上に向けて，機能や品質，コストなどの統合性を改善するべく，例えば，設計と生産との融合を図ったり，開発や設計におけるチーム内での連係を効率的で合理的なものにするためのしくみや情報システムを導入したりすることが展開され，それらを支えるための技術基盤の確立を促進すべく設計研究が政策的にも推進された[10]．一連の動きに共通する着眼点は図2に示した設計プロセスにおける上流の重要性であり，さまざまな要因についての多角的な検討をたとえ内容が曖昧(あいまい)であっても早い段階で行うことによって総合的に優れた設計を実施しようとしたことにある．そのような総合性に向けた設計方法の一分野がいわゆるライフサイクルエンジニアリングであり，それに向けた具体的な方法論がDFX（Design for X）[11][12]ということになっている．

なお，一連の内容は日本国内においても個別的には周知のこととなっていて，一部の方面では何らかの対応が進められてはいるものの，全般的な状況としては，それらの全体像が十分には認識されているわけではない．

NII-Electronic Library Service

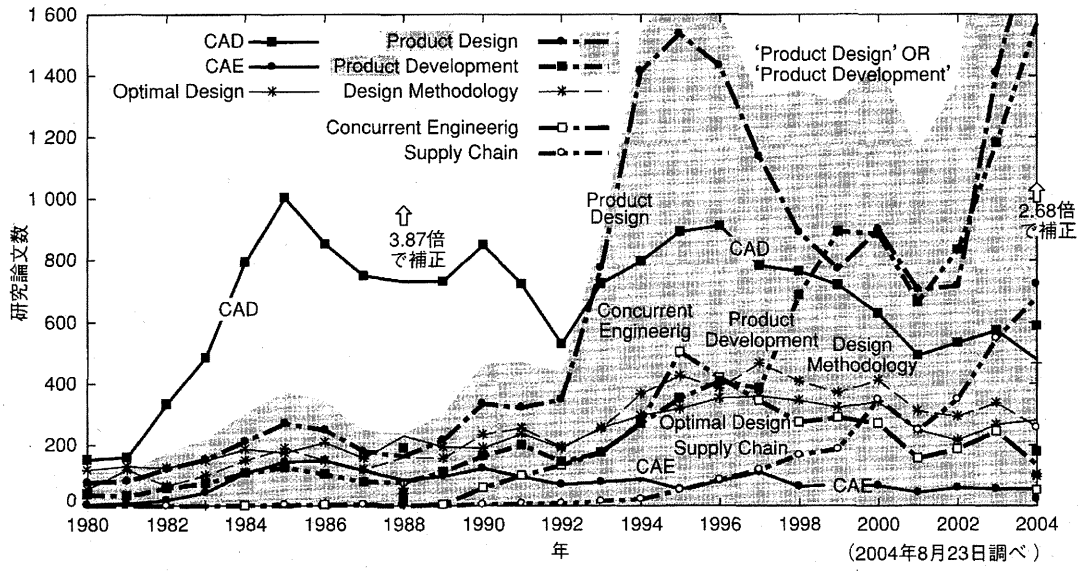

図3　研究論文数にみる設計工学の変遷

4. 工学設計から製品開発へ

4.1 研究動向からみる設計工学の変貌

前節の内容は設計工学が展開してきた経緯を粗く示したものであるが，その様子は学術研究の動向からも読み取ることができる．図3は工学関連分野における研究論文データベースであるCompendexにおいて設計に関係するいくつかのキーワードを指定して各年における論文数の変化を調べたものである[13]．'CAD'については，1985年ごろ以降，一定数の論文が出ており，'CAE'についても同様の傾向が確認できる．1985年という起点はワークステーションやパーソナルコンピュータの出現と呼応している．'Optimal Design'については，1980年ごろ以前から継続して論文が出ており，1993年ごろを境にその数がやや増加している．後者は複合領域設計最適化（Multidisciplinary Design Optimization）についての動向を反映したものであろう．以上は3.1項での内容に対応するものである．

一方，3.4項での方面に関しては，欧米での設計工学関連の国際会議における動向を振り返ると，設計対象としての「製品（Product）」という概念が1990年ごろ以降を特徴づけている．図3の灰色の部分は'Product Design'あるいは'Product Development'をキーワードとして題目や概要に含む論文数であり，その数が1983年の前後を境に3.5倍になり，1993年ごろを境にさらに3.5倍になっていることが確認できる．さらに，詰めれば，第二の拡大期は'Product Design'についての論文が急激に増加した後，'Product Development'についての論文がそれらに入れ替わるがごとく増加していることを確認できる．背景を探るべく，3.4項の内容を踏まえて，'Concurrent Engineering'に加えて関連する'Supply Chain'というキーワードについて調べれば，おおむね，前者についての動向が'Product Design'についての動向と呼応しており，後者についての動向が'Product Development'についての動向と呼応していることがわかる．つまり，ものごとを単純化してコンカレントエンジニアリングが設計と生産の統合を，サプライチェインマネージメントが加えての調達や流通との統合を意味するとすれば，設計についての視点は，いわゆる機能面での設計を起点として品質やコストの改善，開発期間の短縮や顧客満足度の向上などを課題に取り込みながら拡大してきていることを読み取ることができる．

4.2 実践と現状

以上の内容を踏まえたとき，我が国での製品開発の実態がどのようになっているかは気になるところである．図4は，我が国における設計手法とツールの導入状況についてのアンケート調査結果[14]の一部から，各種の手法とツールの使用度をイギリスとニュージーランドでの結果に重ねて示したものである．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，我が国に起源を持つ品質機能展開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．この対比は我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．また，同調査[14]において情報システムの導入状況を産業分野ごとに集計したところ，自動車関連ではハイエンドの三次元CADの導入率が高くCAEとの連係も進んでいる一方で，二次元CADへの依存度の高い産業分野が明確に存在するなどのことも伺える．いずれにしても，3.4項での内容とも関連して，

我が国における設計プロセスの実態については改めて総合的な検討と議論が加えられるべきであろう．

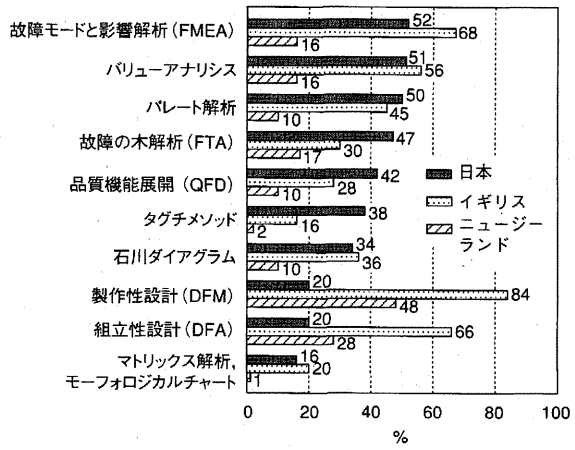

図4　設計手法とツールの導入状況の国際比較

5. デザインビジョン

さて，今後の設計工学を考えるとき，設計プロセスに関わる諸問題を解決していくことに留まらず，より長期的な展開の方向を見すえることも不可欠である．21世紀がポスト工業化，持続可能性，グローバル化などに起因するさまざまの困難な課題に直面する時代となることは避けられず，それらの解決に向けては，より総合的な対応が不可欠となる．設計工学が諸事を編成するプロセスについての科学であることを認めれば，その責任は大きい．このことに関して，日本学術会議の設計工学専門委員会は図5に示すデザインビジョン提言を行っている．本稿の冒頭では設計工学をコンテンツに対してプロセスを対象とした科学であると位置付けたが，デザインビジョンは，相互の上位レベルにあるさまざまな関係性[16]をも設計行為の対象として認識することを求めており，今後のデザインや設計はモノを取り巻くさまざまな因子間のもとでの創発的な関係にも注意しながら考えていく必要があることを意図している．

提言1　ポスト工業化社会では，デザイン概念の質的転換を図るべきである．そこでは，いかにつくるかということと共に，何をつくるかが問われる．

提言2　優れた人工物は，つくること（設計・生産）と使うこと（生活）が密接に関連づけられた持続的なプロセスから生み出される．21世紀のデザインプロセスは，つくることから育てることへと大きく拡張していく必要がある．

提言3　21世紀のデザインは，個々の人工物にとどまらず，人工物や自然物の集合を含む環境・社会システムを生成し，生活の質を向上させていく役割を果たすべきである．そこでは，デザインの対象はハードな事物からソフトなサービスを含む環境・社会システムへと大きく拡大していく．

提言4　今日のデザイン問題は，非常に複雑で，曖昧かつ不安定なものである．問題解決に向けて，多種多様な主体のコラボレーションによるデザインを積極的に推進していく必要がある．

提言5　21世紀のデザインビジョンを実践するためには，明示化されていない要求を含む複雑な条件を扱うことができる高度なデザイン支援システムを積極的に開発し，活用していく必要がある．

提言6　最終的にデザインの質を評価するのはユーザーであり，今後のデザインは，設計者・生産者だけではなく，ユーザーも含めて考える必要がある．そのためには，デザイン教育やデザイン倫理の普及，適切なデザイン情報の発信などを積極的に推進する必要がある．

提言7　デザイン行為の本質を探求する設計工学は，21世紀の科学が求めるべき総合化の方法を解明する学術研究のフロンティアであり，その研究体制の整備を積極的に推進すべきである．

図5　デザインビジョン提言[15]

（原稿受付　2004年8月27日）

●文　献

（1）吉川弘之，一般設計学序説，精密機械，45-8（1979），906-912.

（2）Suh, N. P., The Principles of Design, (1990), Oxford University Press〔邦訳：畑村（監訳），設計の原理，(1992)，朝倉書店〕.

（3）例えば，特集：デザインテクノロジー，日本機械学会誌，91-833（1988），293-378.

（4）例えば，特集：デジタルエンジニアリング，日本機械学会誌，106-1013（2003），229-280.

（5）Simon, H. A., *The Sciences of the Artificial, Third Edition*, (1998), The MIT Press〔邦訳：稲葉・吉原（訳），システムの科学，(1999)，パーソナルメディア〕.

（6）Pahl, G. and Beitz, W., *Engineering Design　A Systematic Approach, Second Edition*, (Translated by Wallace, K. et al.), (1996), Springer〔なお，旧版については，G.ポール/W.バイツ，(設計工学研究グループ 訳)，工学設計，(1995)，培風館. として邦訳がある〕.

（7）例えば，村上・冨山，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，17-1（2002），84-90.

（8）例えば，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，98-916（1995），172-208.

（9）例えば，Dertouzos, M. L., et al., *Made in America — Regaining the Productive Edge*,（1989），MIT Press〔邦訳：依田訳，Made in America — アメリカ再生のための米日欧産業比較，(1990)，草思社.〕.

(10) 例えば，*Research Opportunities in Engineering Design — NSF Strategic Planning Workshop Final Report*, (1996). http://asudesign.eas.asu.edu/events/NSF/report.html

(11) 例えば，特集：作りやすい設計，壊しやすい設計，日本機械学会誌，101-954（1998），348-389.

(12) 藤田喜久雄，DFX方法論，日本機械学会誌，106-1016（2003），546.

(13) 藤田喜久雄，製品開発の戦略性と設計工学について，日本機械学会 第12回設計工学・システム部門講演会 講演論文集，No. 02-31（2002-11），214-217.

(14) 藤田・松尾・井上，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（2003-11），236-239.

(15) 21世紀における人工物設計・生産のためのデザインビジョン提言，日本学術会議人工物設計・生産研究連絡委員会設計工学専門委員会報告，(2003). http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-18-t996-34.pdf

(16) 日本学術会議・設計工学シンポジウム「関係性のデザイン：つくることから育てることへ」講演論文集，(2004-12).