

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

人工物の設計・生産における関係性の意味と
設計工学が果たすべき役割

平成17年6月23日

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

この報告は、第19期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の審議結果を取りまとめ発表するものである。

委員会等構成員リスト

第19期人工物設計・生産研究連絡委員会 設計工学専門委員会

委員長 梅田 靖 (大阪大学大学院工学研究科教授)
幹事 藤田 喜久雄 (大阪大学大学院工学研究科教授)
委員 荒井 栄司 (大阪大学大学院工学研究科教授)
野口 尚孝 (北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科教授)
門内 輝行 (京都大学大学院工学研究科教授)

会議開催記録

第19期人工物設計・生産研究連絡委員会 設計工学専門委員会

第1回委員会：平成15年12月24日
第2回委員会：平成16年3月23日
第3回委員会：平成16年5月10日
第4回委員会：平成16年6月7日
第5回委員会：平成16年7月24日
第6回委員会：平成16年11月15日
第7回委員会：平成16年12月14日
第8回委員会：平成17年3月14日

要 旨

1. 報告の名称

人工物の設計・生産における関係性の意味と設計工学が果たすべき役割

2. 報告の内容

(1) 作成の背景

- i) 20 世紀における人工物の量的な拡大とその背景を成した知識の蓄積は、社会を人工物の存在から乖離させて考えることのできないものへと変容させている。現代社会におけるポスト工業化、持続可能性、グローバル化などの課題は、その変容が近年になってもたらしたものである。
- ii) そのような現代社会においては、価値観の多元化とニーズの多様化が進む一方、既存の人工物の存在を無視して新しい人工物の設計や生産を考えることが難しくなっている。また、産業競争の下にある製品の設計や開発における品質、コスト、開発期間に対する要求もより厳しいものとなってきている。
- iii) 人工物は科学技術の進展のもとに複雑化し大規模化する傾向にある。このため、人工物の設計や生産においては、様々な方面の人材や企業がどのように連携するかがそれらの結果を左右する要因になっており、組織構造にも変革が要請されている。加えて、リコールや事故などの傾向にも象徴されているように、設計において何らかの不整合を発生させる潜在的な機会が増大している。

(2) 現状及び問題点

- i) 背景に示した、設計における様々な問題は、総じて、つくったことによって生じる結果や帰結が次のつくることにおいては基盤や制約となることや、知識の活用や蓄積が重要な役割を果たしていることに起因している。このことは、現状において広く明示的に認識されている事項ではない。
- ii) 基盤や制約、知識の生産などを介した設計の連鎖は、設計を行う主体や設計の結果である人工物に關与する主体を多様化させ、その範囲を拡大させている。結果として、個々の人工物を設計することに加えて、人工物相互の関係や人工物と人間・社会・環境との関係をも設計することが要請されている。これらの関係性の設計は、現代社会において避けて通れない課題となっている。
- iii) 関係性の設計を含む広い意味での設計についての学術は、因果関係が間接的であることもあって、従来の学術研究施策からは抜け落ちていた重要な課題である。

(3) 改善策・提言の内容

- i) 関係性の設計を含む広い意味での設計活動を支えるための新たな設計工学は5つの方面から振興する必要がある。すなわち、市民や技術者の啓発に向けて未来の社会と

人工物のあるべき姿についての規範を明らかにし先行事例に意味付けを与える設計倫理の確立、 関係性のもとでの設計におけるシンセシスのメカニズムとそれに関わる知識や組織の役割についての理論を構築するための研究、 優れた実践に向けた設計における問題の設定と解決についての指針と手順を与える規範的な方法論の整備、 設計を支援するための環境やツールに関する研究、 教育システムの構築や社会システムについての提言や制度設計を通じた社会的環境への貢献、 を推進していく必要がある。

- ii) その推進においては、設計における優れた事例を集積し解釈を行うこと、その解釈の内容を抽象化して理論を構築し、方法論や設計支援環境へと展開すること、それらの実践への展開を図るとともに制度の整備や教育への浸透を推進すること、これらの課題に対する取組が循環的に連鎖することが求められる。それを可能にするためには、各方面からの取組が相互に課題と成果を共有することのできる総合的な枠組みと支援体制が必要である。
- iii) 新たな設計工学の成果は設計者のみならず使用者が関与する実践を通じて社会や生活へと還元されていく。優れた実践のためには、横断的な能力を持つ新たな人材を育成することに加えて、秀でた人工物や設計を選別することができるよう市民の意識を高めていくことが不可欠であり、両者に向けた教育の仕組みをつくり上げていくことが求められる。
- iv) 設計工学は、機械・建築・都市・ソフトウェア・意匠などの領域毎に推進されてきたが、関係性を含む広い意味での設計工学における課題は、領域横断的な議論を通じて共通的な内容を浮かび上がらせることによって初めて認識できるものである。上記の総合的な研究推進体制は、学術における循環的な連鎖とこの領域横断性を踏まえて整備される必要がある。

目次

1. 人工物の設計・生産を取り巻く現状.....	1
2. 人工物の設計における関係性.....	4
3. 関係性から認識される設計の再定義.....	5
4. 関係性の設計に向けて推進すべき学術の提言.....	7
5. 教育への展開を通じた社会的環境整備の必要性.....	9
6. 結言と提言.....	10

1. 人工物の設計・生産を取り巻く現状

人類は様々な人工物をつくり出し活用することを通じて自身の能力を拡大し、人工物を介して様々な豊かさを享受し、また、その生活水準を高めてきた。20世紀における人工物の量的な拡大、その背景を成した知識の蓄積は、社会を人工物の存在から乖離させて考えることができないものへと変容させている。設計とは、この人工物の創出や再生などをつかさどる中核的な行為であるが、社会の変容は設計の在り方や意味に様々な影響を及ぼしている。本報告では、それらの影響のもとでの今後の設計を考えていくにあたり、対象である人工物として、何らかの組織的な産業活動を通じて社会に存在している機械や装置、製品や構造物、情報システムなどを取り上げることにする。

様々な人工物は、旧来より、生存や安全の確保に貢献してきており、産業社会の形成のもと、工業的に生産された人工物は生活圏の拡大などへ関与してきた。昨今においては、「ポスト工業化」の進展のもと、人工物を介して自己の実現を達成することが市民の欲するところとなっており、価値観の多元化が進み、人工物に対するニーズも個別化してきている。このことは人工物の設計が生活の質や文化により積極的に関わるようになったことを意味しており、設計にはより高い創造性が求められるようになっている。例えば、自動車や家電、個人用情報機器などの産業分野において、企業間競争の仕組みが、機能や性能のみならず、付加価値の新規性や意匠の斬新さなどをも含めて考えなければ理解できないものとなっている今日の状況は、上記の動向を象徴するものである。

また、様々な人工物が社会の中に存在していることは、既存の人工物の存在を無視して新たな人工物の創出を考えることを難しくしており、「持続可能性」についての課題が表出している。設計や生産における具体的な方策としては、地球環境への負荷の低減を目指してリデュース・リユース・リサイクルを達成するための「エコデザイン」や「循環型生産(インバースマニュファクチャリング)」、機械や設備の長期的な運用を目指して改善や改良を継続していく「メンテナンス」などが重要な課題になっている。なかでも、家電や自動車などの製品については、リサイクル法の整備も進んでおり、持続可能性への対応が産業や生活における具体的な課題となっている。エネルギー供給においては、製造設備などで発生する余剰電力の有効活用に向けた電力の小売りや風力発電などの自然エネルギーの利用が進みつつあり、小口供給業者の参入に伴い、大口供給業者をも含めて、分散化した需給関係のもとでの設備の計画や管理が課題となりつつある。また、建築・都市においても、スケルトン(基本的な構造・躯体)とインフィル(内装・設備・間取り等)を分離させることにより前者の長寿命化と後者における柔軟性を両立させる「スケルトンインフィル」や、歴史的には高い価値を持ち地域の景観における重要な要素となっている建物などを新たな機能・用途を与えることによって再生する「コンバージョン」、個々の建築にとどまらず、一定の広がりをもつ都市区域の価値を高めることを目指して、エリア全体の管理運営を行う「エリアマネージメント」などが新しい課題として浮かび上がってきている。

一方、「グローバル化」とも通じる産業社会の国際化は、東アジア等各地域の興隆のもとでの我が国の人工物創出活動における価格優位性を消失させており、競争力の源泉を製品の持つ価値に求

めることを要請している。あわせて、情報技術の進展は、距離的・地理的制約を超えて地球規模で価値が共有され交錯する大きな市場を誕生させている。これらの変化のもと、製品開発サイクルは従来にも増して短期化しつつある。自動車産業や情報家電産業などにおいては、グローバルな市場を展望して基盤技術を確立する一方で、個別の地域市場に向けてはそれぞれの特質に適合した製品を展開していくことが求められるようになってきている。その結果、個々の製品を設計することにも増して、多品種への展開方法や生産拠点の配置や流通の仕組みを事前に設計することが産業の根幹を左右する課題となっている。

人工物そのものを注視すると、科学技術の進展のもと、その構造は一般に複雑化し、個々の人工物の影響が及ぶ範囲は大規模化する傾向にある。機械製品においては、例えば、1980年代以降のメカトロニクスにおける機械技術・電子技術・ソフトウェア技術の融合は人工物の可能性を拡大したが、近年における実装技術の一層の微細化や高集積度化により、メカトロニクス技術が社会や生活の隅々にまで行き渡って、社会組織や生活様式に大きな影響を及ぼしている。一方、こうした人工物の可能性が拡大している背後においては、設計に求められる知識の内容は個別の設計者や組織が対応し得る限界を超えて広範なものとなりつつあり、設計そのものの進め方にも変化が起きている。例えば、価値観の多元化のもとでニーズが個別化していくことと製品が複雑化していくことが同時に進行していることは、設計を個々に繰り返して行うことを求める一方で、個々の設計の規模を大きくするものであって、個別製品の設計に特化した従来からの設計の進め方では両者を並立することはできない。このことは、製品の構造を共通基盤部分と個々のニーズに対応した可換部分に分割することにより製品をシリーズ展開する、プロダクトファミリーやモジュール化などの設計課題をもたらしている。建築・都市の領域においても、もはや、都市・ランドスケープ・建築のそれぞれを個別的に取り上げることの限界が露呈しており、相互の重層性を考えた設計が求められるようになってきている。以上のように、個々の人工物の設計を分離して考えるだけではなく一連の人工物を関連させながら設計していくことは、人工物を介して実現される価値に個々の人工物を超えたサービスの視点を付与するものである。その具体的な例として、アップグレードやメンテナンスなどのための方策をも設計の段階で考えておくことが求められるようになってきている。関連して、ソフトウェアの領域においても、その巨大化のもとで、既存のソフトウェアや共通的な基盤ソフトウェアを再利用することを通じて設計や開発を効率化することが大きな課題になっている。

以上のように、人工物への要請が高度化するとともに人工物そのものの内容も複雑化してきている背景には、科学技術の進展による膨大な知識の蓄積がある。一般に、人工物を新たに設計するためには、多種多様な知識を組み合わせ、総合化する必要がある。知識の蓄積の結果として、設計によって人工物に転写されるべき知識の内容は細分化されており、個々の人工物を設計する際にそれらの内容を領域横断的に適切に再編成することがますます困難になってきている。あわせて、既存の知識との整合性として考えるべき範囲も拡大していることになる。逆に言えば、膨大な知識の組合せ的な可能性の中から適切なものを選び出して設計の目標として設定するこ

とが重要となっている。このような可能性の拡大と目標設定の重要性は、上述したポスト工業化・持続可能性・グローバル化が要請する様々な課題に対処していく際の可能性や課題でもあり、知識基盤社会の重要性が設計という方面において現れている典型的な事象でもある。

設計において知識の果たす役割の変化とも呼応して、製造業における実践においては、設計や開発に関わる様々なノウハウを蓄積したり再利用したりするために情報システムを活用しようとする試みが進められつつある。それらの動きは、膨大になった技術情報や設計上の知識を異なる人工物の設計の間で効率的に伝達していくことを狙ったものであり、また、いわゆる CAD/CAM/CAE などのデジタルエンジニアリング技術による情報システムの守備範囲を設計におけるシンセシスの側面にまで拡大させようとする動きとして理解することができる。しかしながら、上述のように設計そのものの意味が変化しつつある現状を認識すれば、そもそもの設計における知識の意味や役割を問い直して設計支援のための情報システムの在り方を改めて考えていく必要にも迫られるはずである。このことを情報システムの側からみれば、急速な情報関連技術の進歩は設計における知識の取り扱いにおける様々な手段を提供するものであり、アプリケーションとしての設計支援の分野において適切な展開が行われれば、設計の進め方や成果に変革をもたらす可能性が潜在的には存在しているとも言える。

これらに加えて、この数年、設計や開発への不信がある種の社会問題化している。例えば、リコールの規模が大きくなり頻度が高くなっていること背景には、開発期間の短期化、開発機種の増大、領域の細分化、サプライチェーンの複雑化などが影響を及ぼしている。これについても、上記の複雑化や大規模化との関連のもと、固有技術としての解決とともに、設計における普遍的な問題としての解決も求められるべきものである。この課題は技術倫理の問題として取り上げられることが多いが、倫理とは価値に関わる規範であり、設計とは様々な人工物を通じて価値を具現化するための計画を立案することに他ならず、技術倫理の問題は広い意味で設計工学の問題であるとも言える。

以上は、日本学術会議が「新しい学術の体系」[1][2]において「設計科学」あるいは「人工物システム科学」として意図する方向についての背景を人工物の設計という視点の範囲内でとらえ直すものであり、また、本専門委員会の第 17 期の活動 [3] が浮かび上がらせた「量的充足から質的充足へ」という問題意識に最近の動向を追加した上で新たに整理したものである。さらに、本専門委員会の第 18 期の活動 [4] は、「ポスト産業社会における設計の質的变化に注目し、個々の人工物相互の関係や人工物と人間・環境との調和をもたらす、豊かな情報・サービスを創出することにより、生活の質を高めていくことを目指す設計の営み」を総称して「デザイン」と呼んでいる。今後の社会における設計とはまさにその意味でのデザインに対応するものである。本専門委員会の第 19 期の活動は、第 18 期の要請を受けて、この意味が拡大した設計のかかわる諸問題への取り組み方法を具体的に検討し、そのロードマップを提案することを目的とした。

なお、設計とデザインという二つの言葉については、前者が技術面を、後者が意匠面を意味するものとして、区別して用いられてきた我が国独特の経緯がある。これに対して、近年、主に前者の

意味が拡大していることを明示的に言い表すために、両者を含めたものをデザインと呼んで、差異を主張することが行われてきている。第18期の活動がデザインという言葉を用いた趣旨も同様のものであるが、本報告では設計そのものにデザインという言葉に込めた新しい設計の意味を当てることにする。

2. 人工物の設計における関係性

設計・生産を取り巻く様々な状況の変化を俯瞰するとき、人工物そのものの意味とそれにかかわる設計の意味が大きく変化していることを認識することができる。一連の変化は、設計・生産の対象である人工物とそれに関わる行為者という二つの因子のもとで、以下のように整理して理解することができる。

人工物そのものからとらえる変化の側面とは、つくったことによって生成される結果や帰結が次のつくることにおいては基盤や制約となることであり、「つくるだけでは終わりとはならない」ということになる。別の言い方をすれば、人工物を「つくる」ことに加えて「育てる」ことを考えていくことが求められているということになる。この点は、上述した様々な現状の中でも持続可能性に関わる各課題に最も象徴的に現れている。人工物を育てるということは、設計解に求められる性質として、つくった時点において優れた性能を得るなどの意味での局所的な最適解ではなく、人工物のライフサイクルという時間軸と社会・使用者・環境などとの関係性という空間軸とが織りなす広がりのもとでの大局的な最適解が、さらにそれらの変化に対する適応性の高い解が求められることを意味している。そのような設計においては、時間的な要素をも管理することが必要であり、また、個々の人工物を設計することのみならず、関係する様々な人工物と社会・使用者・環境との関係における全体的な構成を戦略的に設計することが必須となる。

一方、状況の変化を行為者という別の視点のもとで見つめ直せば、まず、一つの側面として、設計における主体が変化し拡大していることを把握することができる。元来、人工物の素朴な設計・生産においては、何かを必要とするものがそれをつくり使用するという意味において、設計者・生産者・使用者は同一であったが、産業における分業化はそれぞれを分離することを通じて効率化を進めてきたと言える。しかしながら、この種の分離は「どのようにつくるか」に関わる設計する主体と「つくるべきものは何か」という要求の原点である使用者の主体性と乖離することを意味するものであり、過度に進めば、不要な人工物がつくられ、必要な人工物がつくられないという事態を生じることになる。求められる人工物の個別性が拡大した現状を踏まえれば、設計する主体が使用する主体の存在を明示的に認識して設計を進めていくことや、設計を進める過程に使用する主体が参画することなどが必要となっている。

また、前述の人工物の複雑化や影響範囲の大規模化は、設計する主体の側においても、特定の個人がある人工物の設計全般を掌握することをますます困難なものにしている。産業においては、企業間の連携をも含めて、主体相互の関係（ネットワーク）が設計結果を左右するようにもなってい

る。今日、サプライチェーンの複雑化などの影響のもとで製品組立て業者と部品加工業者との間での意思疎通や設計情報交換に不備を生じ、その結果として製品に不具合を生じ得ることを典型として、このネットワークが正しく認識されず、機能していないことに起因して不都合が生じる可能性がより高くなってきている。その一方では、市場に隠れていたニーズを独自に掘り起こし斬新な製品を世に問うた結果、優れた業績を挙げている企業の事例も見受けられ、このネットワークを的確に認識したことによる成功例も存在している。今後は、そもそもの主体間の境界が不明確になり、さらに、その連鎖、すなわち、設計を進めていくための組織すらも設計することが必要になってくる。

人工物と行為者から見る一連の変化は、いずれも、人工物が相互に、あるいは人間・社会・環境との間に持つ関係を変容させるものである。以下では、人工物の設計・生産に関して表出している様々な課題や問題に対する取組を具体的に検討するに当たって、意味が拡大した設計の総体に着目すべく、この「関係性」を議論の着眼点に据えることにする。

3. 関係性から認識される設計の再定義

設計における関係性に着目することは個々の単位としての設計行為とそれらをつないでいく設計行為との2つの設計を認識することであり、両者は以下のように整理することができる。

- ・ オブジェクトレベルの設計　これまでの意味での個々の人工物の設計
- ・ メタレベルの設計　オブジェクトレベルでの設計と設計をつないでいくための設計

例えば、工業製品や設備、建物の設計は前者に相当するものである。後者については、例えば、自動車の設計開発において、多品種展開の基盤となるプラットフォームを設計すること、分散化したエネルギー供給のもとでは、電力売買のしくみを設計すること、エリアマネージメントにおいて、個々の建物の設計に先立ち地域における景観の在り方や建物相互の有機的なつながりを設計することが相当する。ただし、両者の関係は、システム論における部分と全体の関係に相当するものであり、観点を定めることによって様々な視点を構成することができ、相対的なものである。いずれにしても、両者は、前者は後者のもとで行われ、後者は前者を規定することを通じて、あるいは、前者における成功例を増幅させたり失敗例を補完したりすべく後者が設計されることを通じて、相互に作用していくことになる。人工物の設計をより健全なものとしていくためには、創発的に相互の関係性をつくりだし、それを育てていくことにより、前述の時間軸と空間軸のもとでの人間・社会・環境などの変化に対応していくことができるものへと変革していくことが必要となる。

ここでの「育てる」という概念は関係性のもとでのメタファーであり、個別の設計を独立したものとして認識するのではなく、個々の設計が連鎖していくダイナミズムの中に設計者や使用者、人工物や社会・環境を位置づけ、それらの相互作用によって設計を認識しようとする視点である。この視点のもとで個々の設計行為を把握し直せば、設計への要求事項は、単に機能を実現することのみから、社会や生活における何らかの価値を定義し提示することへと、個々の人工物からそれをつ

くりだし、使っていくプロセスへと拡大する。この拡大の意味するところは、例えば、持続可能性に着目すれば、オブジェクトレベルにおいては、長期間の使用に耐え、変化するニーズに対応するための柔軟性や継承性をも加味した構造の設計が求められ、メタレベルにおいては、長期使用にインセンティブを与える制度設計、適切な使用や人工物の循環を実現するシステム設計などが求められるということになる。これらのことを実施に移す一つの方策は、人工物による価値をハードウェアの所有を介して提供する形態から、ハードウェアとしての人工物を社会的に共有して循環させながらサービスを介して提供する形態へと移行させることである。そのためには、個別の要求に適合するための柔軟なカスタマイズを行うことが前提となることから、オブジェクトレベルとメタレベルとの設計が一体となって価値を育て上げていくことが求められる。建築や都市に着目すれば、無秩序にオブジェクトレベルの設計を繰り返すのではなく、また、メタレベルでの硬直的な全体計画のもとでオブジェクトレベルの設計を拘束してしまうのではなく、オブジェクトレベルの設計とメタレベルの設計が、相互のゆるい拘束のもとでお互いに関連し変化していくことによって、社会や生活における様々な変化に適切に対応した活力のある空間を演出するということになる。歴史的な景観とは、このようなダイナミズムのもとで段階的に形成されたものであり、育てることによって作りだされたものの典型であると言える。一方、20世紀型の開発はオブジェクトレベルでの短期的な効率を追求するあまり、上記の連鎖を無視したものとなっていて、今後の都市計画にはパラダイムの転換が求められている。

育てることから捉える設計は、複雑で不確実で不安定な時々々の条件のもとでのオブジェクトレベルとメタレベルの設計行為の繰り返しとなる。そのような設計においては、もはや、与えられた課題に対する技術的な合理性を追求する問題解決型のオブジェクトレベルの設計では対応することはできず、適切な関係性の構築に向けた問題設定そのものが設計の結果である人工物の優劣を左右する重要な因子となる。これについては、設計者のみならず使用者をも含めた様々な主体とそれらが活動する場との相乗効果が一定の役割を果たすはずであり、様々な主体間のコミュニケーションのためのチャンネルを設定することや、それを促進したり支援したりするための方法やシステムをも設計することが求められる。

一方、設計のための方法やツールの開発や整備は、設計工学についての学術や技術の重要な部分をなしているが、従来から様々に行われてきているものの多くは、主としてオブジェクトレベルの設計を対象とし、更に、どちらかと言えば、製品などのシステムの全体ではなく個々の構成要素を対象として、対象物のモデリングやアナリシスの側面、あるいは、設計を進めていく過程の中でも下流における処理を対象としてきている。今後は、設計行為における変化に呼応しながら、シンセシスの方面、設計における上流の処理、更には、メタレベルの設計への対応をも含めたものへとその内容を拡大していくが必要になる。

以上の各内容は、関係性に着目することによって新たに浮かび上がるものであり、それらについての認識のもとで取り上げていくべき課題を改めて設定した上で、設計についての学術を展開しシステムを整備していくことが求められる。

4. 関係性の設計に向けて推進すべき学術の提言

本節では、以上の議論を踏まえて設計工学において推進すべき学術の内容を提言する。人工物の設計を通じて現代社会におけるポスト工業化、持続可能性、グローバル化などの課題に對峙していくためには、特定の課題に対してオブジェクトレベルのみで対応していく問題解決型の設計から脱皮し、設計をメタレベルにおける関係性の設計をも含めて意味が拡大したものにへと展開し発展させていくことが必要であり、切り拓いていくべき学術の内容は多方面に渡る。

本報告では、まず、切り拓いていくべき学術を、設計倫理・理論・方法論・支援環境・社会的環境の5つに分類し、以下のように提言する。それらのうち、社会的環境とも関わる教育については、節を改めて、具体的な提言を行う。

- ・ 啓発に向けた設計倫理の提示：人工物の設計と生産における関係性は、価値観の多元化や様々な制約のもと、優れた人工物の定義についての变革を求めている。エコデザインやスケルトンインフィル、ユニバーサルデザインなどはそのような定義の具体例であり、設計の方向性を指し示す標語としての意味合いを伴っている。定義することそのものはテーゼにすぎず、優れた人工物の設計と生産が社会において実践されることが課題である。このためには、規範を提示することや先行事例を抽出して意味付けを与えていくことなどを通じて、未来の社会と人工物のあるべき姿を描き出した上での啓発活動が求められる。その活動を具体化するためには、市民と専門家との対話の促進と価値の共有化に向けた教養としての設計学を設計倫理学として構築していくべきである。
- ・ 実践を促進するための理論：設計とは、アナリシスとシンセシスの両面を含み、多段階の意思決定から構成される行為である。設計におけるシンセシスのメカニズムについての学術は、処理内容を数理的に定義できる部分については共有された考え方も一部には存在しているものの、全般的にはその緒についたばかりであり、一層の展開が求められる。加えて、関係性への注視のもとでは、設計の内容がオブジェクトレベルとメタレベルとの相互の関係にまで拡大することから、シンセ시스における知識や組織の役割などについての一層の理解が重要となる。また、設計の戦略性や設計におけるコミュニケーションの問題を整理していくためには、関係性を操作する際に介在するメディアについての理解が不可欠であり、設計におけるパターンを発見し蓄積・使用する際のメカニズムを解明することが新たな課題となる。なお、建築における「デザイン言語」、ソフトウェア開発における「デザイン・パターン」はこの種のパターンとメカニズムを解明し有用な理論としている現状での典型例である。一方、メタレベルの設計を明示的に支えていくためには、その内容についてのモデリングとシミュレーションのための理論が構築される必要がある。
- ・ 実践のための方法論：実践における有効な指針を形成するためには、具体的な事例を集積していき、それらをケースメソッドとしてコンテンツ化することが必要である。また、様々な

ケースを横断的に抽象化することを通じて、設計における問題の設定や解決のための規範的な方法論を整備していくことも求められる。この規範的な方法論の典型としては、製品設計における Design For X (DFX) 方法論を挙げることができる。DFX 方法論とは、コンカレントエンジニアリングにおける動向のもと、設計や開発における様々な検討（品質、製造性、保守性、リサイクル性など）をできるだけ設計の初期段階で実施（フロントローディング）するための様々な設計手法の総称であり、多視点からの検討を総合するための体系的な枠組みでもある。DFX における設計手法の内容は、製造性などの検討をフロントローディングして詳細な設計に立ち入る前に行うための視点の抽象化と具体的な手順から構成されており、既に、組立性設計や信頼性設計などでは、有用なものが整備されている。関係性の設計はオブジェクトレベルの設計からメタレベルの設計へと考えるべき内容を拡大させるものであり、このオブジェクトレベルからメタレベルへの対応付けにおいて DFX 方法論が伴う抽象化と手順化は一つの示唆を与えている。今後は、DFX 方法論に類する規範について、課題が拡大していくことに呼応した一層の整備を進めていくことが必要である。

- ・ 実践のための支援環境：コンピュータ援用設計技術は今日の産業活動におけるツールとして不可欠なものとなっているが、上記の理論の構築や方法論の整備と連携して、一層の展開が求められる。新しく展開されるべきものの具体例としては、様々な主体間での情報共有、情報流通などによる相互作用の促進に向けた高度なコラボレーション環境、メタレベルの設計における知識やその操作をも含めたナレッジマネジメントの方法とそのための知識管理型設計支援システムなどを挙げることができる。また、設計が様々な主体間の連携や組織的な分業のもとで行われていることを踏まえれば、組織構造の在り方も重要な設計支援環境として位置づけるべきものである。
- ・ 実践を支える社会的環境への貢献：関係性のもとでの設計とは、人工物とその設計が連鎖しながら展開していくことを意味している。実社会において、この連鎖についての優れた事例を先導的に展開させていくことは、人工物とその設計の質を向上させる上での鍵である。これを現実のものとするには、使用者の関心を喚起するべく教育システムを見直すこと、社会システムによる種々の施策を通じて設計を誘導すること、評価システムを通じて優れた人工物とその設計を周知することなど、関係性の設計を促進するための社会的環境を整備していくことが不可欠であり、それらの方向性を示すことや制度設計を行うことが求められる。

また、本報告では、設計工学における学術推進のための方策として、すなわち、以上の各内容に対する総合的な取組を実現し、それによる成果を社会へと還元していくための道筋として、以下の組織的なロードマップを提言する。

- ・ 人工物とその関係性の設計についての事例を多角的に集積し、それらに関係性のもとでの設計を踏まえた文脈における解釈を与えていく。
- ・ 与えた解釈を抽象化し、理論化することを通じて、方法論や支援環境へと展開する。
- ・ それらを実践へと展開し、また、必要な制度を整備し、教育システムへと組み入れていく。

- ・ 以上の各取組を相互に連携させ、循環的に連鎖させるべく、適切な支援や評価のもとでの総合的な推進体制を整備する。

本専門委員会は、5つの分類のもとに抽出した学術の内容とそれらの推進に向けたロードマップを明確に整理し深化させるべく、平成16年12月14日及び15日に日本学術会議において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」を開催し、機械・建築・都市・ソフトウェア・意匠などの様々な領域における設計の新しい意味についての議論を行った[5]。本報告はその際の議論を踏まえたものであるが、上記の諸課題とそれらの解決に向けて推進すべき学術の内容が既存の各領域での個別的な議論からのみでは浮かび上がりにくく、各領域を横断する議論を組織化していくことが課題の明確化と学術の推進に向けては重要であることが明らかとなった。

なお、上記の各内容とその推進に向けたロードマップの精度については、第17期と第18期における提言を受けた第19期の活動が社会的な必要性を系統的に整理した上で学術推進に向けた着眼点を設定した段階のものであることから、現時点で考えられる水準のものに留まっている。これについては、今後も、各方面からの意見を集約しつつ、議論を継続して、より具体的で精緻なものへと発展させていく必要がある。それに当たっても、様々な領域間での情報の交換と共有が不可欠であり、そのための場を継続して提供していくことが肝要である。また、設計工学が、領域横断的であるのみならず、社会や産業における時々の要請や大局的な仕組みとも関連したものであることから、具体的な実践を行っている企業などからの実状報告やそのもとでの問題提起、それらに対する大学等の研究者による分析や対応、また、大学等の研究者による学術の発信、それに対する実務家などからの批評や助言、それらを介して、各方面におけるそれぞれの立場の人材や組織が学術の推進とその成果の活用について協同的に考えていくことが重要であると考えられる。

5. 教育への展開を通じた社会的環境整備の必要性

2節にも示したように、関係性の設計を含む広い意味での設計には様々な立場にある種々の主体が関与することから、各主体に対して必要な教育の機会を提供することは、学術の成果を社会に還元する上での鍵となる。

産業化された設計の営みは主に設計者によって行われており、そのような設計者とは、一般には、対象とする人工物についての高度な専門知識を有した職能を意味する。今日の複雑な人工物が彼らの持つ専門知識を前提として成立していることには疑う余地はないが、関係性の設計は、領域毎に細分化された高度な知識に加えて、人工物の全体的な構成や人工物と社会との関係についての視点や知識及びそれらを操作できる能力を必要としている。つまり、オブジェクトレベルの設計のみを対象とした従来型の設計者を前提として今後の設計教育を考えていくことには限界が存在しており、意味が拡大した設計に対応することのできる新たなタイプの人材を育成することが課題となる。あわせて、設計工学の展開がもたらす方法論や支援環境についても、新しい人材がそれらを有効に

組織化して活用できる能力を備えていることが鍵となる。求められるこのような新たな設計能力とは横断的なマネジメントを目指すものであるが、それは何らかの領域における高度な知識や一定の経験に裏打ちされている必要がある。このことから、人材の育成は中堅技術者の再教育や生涯教育などの形をとることが想定される。また、大学院教育をも含めた高等教育の中に横断的な教育の場を提供することは、上記の人材育成のための素地となるものと想定される。ただし、以上の各事項の必要性は明らかではあるものの、現状はこの方面での教育実践がようやくその緒についたところであることもあって、具体的な内容については今後における様々な試みの展開とそれらの検証を経て整備していく必要がある。

主体の多様化を考えれば、市民の教育も重要である。使用者の人工物に対する選択や参画に向けた意識を向上させることは優れた人工物とその設計を循環させる上での鍵である。これについては、初等中等教育における人工物や設計の位置付けに何らかの変革が求められる。具体的な方策としては、総合学習を初めとする様々な局面で自然物の成り立ちのみならず人工物とそれらの社会や生活における意味を教材に取り上げること、抽象性や論理性、メタ的な思考に向けた素地を涵養するしくみを導入すること、などが挙げられる。それらを学校制度のもとで系統的に推進するためには、標準カリキュラムを策定し推奨することが有効であると考えられる。

また、学校制度のもとで展開される教育を社会的に補完するための方策として、優れた人工物や設計についての尺度や指標を整備するとともに報奨制度にも展開することや、優れた実践例を収集・保管した上で組織的な陳列を行い社会に向けて展覧することなどが考えられる。

6. 結言と提言

人工物設計・生産研究連絡委員会 設計工学専門委員会は、第17期以降、現代社会における設計の意味の変革と新たな設計工学の課題についての議論を重ねてきた。第19期の活動は、ポスト工業化、持続可能性、グローバル化などに象徴される社会や生活の変化は、設計そのものの意味に大きな変容をもたらしており、設計の対象を人工物相互の関係性、あるいは、人工物の人間・社会・環境に対する関係性にまで拡大する必要があること、さらにオブジェクトレベルの設計とメタレベルの設計を区別し、両者を相互に関連づける広義の設計概念を確立することが必要となっていることを描き出した。本報告では、こうした関係性が今後の設計における重要な要素となるという立場から、設計工学の研究推進方法とその体制について、以下の各事項を提言する。

- (1) 設計工学は、未来の社会と人工物のあるべき姿についての啓発に向けた設計倫理学、関係性のもとでの設計のメカニズムについての理論、優れた実践に向けた規範的な方法論の整備、個々の設計と主体間の協働を促進するための設計支援環境やツール、教育システムの構築や社会システムについての提言や制度設計を通じた社会的環境への貢献、の5つの内容についての学術を相互に関係付けながら推進していく必要がある。
- (2) 学術の推進においては、優れた実践例を抽出して関係性のもとでの設計を踏まえた文脈に

おける解釈を与えた上で、解釈を抽象化することによって理論を整備して、理論を規範的な方法論やコンピュータ援用設計支援環境へと展開するとともに、それらの成果を実践へと展開し、展開がさらに優れた実践例を生む、という連鎖を循環させることが必要である。

- (3) 関係性に焦点を結ぶ広い意味での設計工学における課題には人工物の領域性には依存しない共通の意味が潜んでいるため、それらを明らかにし、様々な領域の間で問題意識を共有し、横断的な協働を行うことが不可欠である。

最後に、以上の設計工学の展開を各方面での実践に活かしていくためには、設計者の能力を育成すると共に、設計要求の原点である使用者の意識や価値観を高めていくための設計教育を展開していく必要があること、また、具体的な実践を行っている産業界との間で、設計工学の課題の認識と学術成果の活用について、一層の連携が求められていることを提言する。

参考文献

- [1] 新しい学術の体系 社会のための学術と文理の融合 , 日本学術会議 運営審議会附置新しい学術体系委員会, (2003),
http://www.scj.go.jp/kennkyuusya_saronn_r/18pdf/1829.pdf
- [2] 新しい学術の体系, 日本学術会議, (2005), <http://www.scj.go.jp/ja/scj/taikei/index.pdf>
- [3] 未来に調和した人工物設計・生産学術研究の推進, 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, (2000),
<http://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-17-t935-10.pdf>
- [4] 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>
- [5] 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, 日本機械学会, No. 04-97, (2004).