

# Bringing Informatics to Design

石田 亨\*

Toru ISHIDA\*

Information and communication technologies (ICT) have contributed to the creation of an "information society" through technological innovations such as the Internet and the Web. We naturally expect the future contributions of informatics to solve complex and real problems in the information society and to design new social systems and architectures. However, has informatics prepared theories and methodologies for designing societies? Is the information society just a result of interaction between ICT and humans, and not derived from theories and methodologies of informatics? This article summarizes the design activities in informatics, and discusses future contributions of informatics to design.

**キーワード：** 設計科学, 設計方法論, 情報デザイン

**Key words:** design science, design methodology, information design

## 1. はじめに

1992年にStanford大学のTerry Winograd氏は、ソフトウェアのユーザの広がりに対応するために、ソフトウェアにデザインを持ち込もうという先駆的なワークショップを開催した。複雑な機能を実現するためのソフトウェアから、人々とのインタラクションのためのソフトウェアへと、その役割が大きく転換する時期であった。ここでの発表論文は、1996年に「Bringing Design to Software」と題されて出版され、日本語への翻訳も行われている1)。

それから20年を経て、ソフトウェアは社会を大きく変える原動力となった。学問領域も広がり、情報学と呼ばれる潮流が生まれた。一方、デザインに関わる研究活動も、これまでの製品や構造物のデザインから、社会のシステムやアーキテクチャのデザインまでを含む広範なものとなった。20年前に試みられた「情報学のためのデザイン」から、「デザインのための情報学」へと、大きな転換を考えてよい時期ではないかと思う。

そこで本稿では、Winograd氏のワークショップのSoftwareをInformaticsと読み広げ、さらに主客を転倒し、「Bringing Informatics to Design」と題し、今後のデザインに対する情報学の役割を考察する。

## 2. デザイン学の起点

デザイン学の起点は、情報学の視点に限れば、1970年頃ではないかと思われる。経済学、意思決定論、人工知能に大きな業績を残したHerbert A. Simon氏は、その著書2)で以下のように述べている。

人類固有の研究課題は、人間そのものであるといわれてきた。しかし私は、人間というもの、少なくとも人間の知的側面が比較的単純であること、および人間の行動の複雑さの大部分は、環境からあるいは優れたデザインを探索する努力から生じてくることを述べてきた。もしも私の主張が正しいとするならば、技術教育に関する専門的な一分野としてのみならず、全ての教養人の中心的な学問の一つとして、人間の固有の研究領域はデザインの科学にはかならない。(Herbert A. Simon, The Sciences of the Artificial. 1969)

人の意思決定、問題解決過程を考え抜いた研究者だから言えることなのだろう。「人間の知的側面は単純だ」と看破している。人の複雑な振る舞いを理解しようと思えば、複雑な環境の中で、人が行う探索的なデザイン活動を理解しなければならない。デザインを新たな学問領域として捉えたこの文章には、情報学、特に問題解決を扱ってきた人工知能研究者の眼前の霧を晴らすような力がある。

同じころ、京都大学の梅棹忠夫氏は「情報産業社会におけるデザイナー」と題する講演3)で以下のように述べている。

物質、材料そのものを開発する手段は非常に発展した。エネルギーも十分満ち足りるほどでできた。ただ、一番の問題は、それをどう組みあわせるかというデザインの問題だ。そうすると、情報産業時代ということは、いわばそれは設計の時代であり、あるいはデザイン産業の時代だ。情報産業時代における設計人あるいはデザイナーという存在は、産業の肝心のところを全部にぎっているものである、そういうことになるのではないのでしょうか。(梅棹忠夫著作集 情報産業社会におけるデザイナー、1970)

コンピュータがようやく大型計算機センターに導入された頃に、情報産業の向かう地平にはデザイン産業があると指摘したことは画期的である。ただ、震災を経験した我々は、それほどまでには、おおらかになれないかもしれない。梅棹氏の講演から40年の間に、地球規模の制約や、技術・文化・経済・政治の連関が強まり、最適な要素の組み合わせを求めるのは、容易なことではなくなった。例えば、原子力発電を止めれば石油消費が増える。バイオエタノールが増産されれば原料である穀物が不足し、アフリカの飢餓が深刻化する。社会のシステムやアーキテクチャのデザインは、複雑に関係し合う重層的なネットワークの動的な最適化と制御の問題であり、単純な組み合わせ問題ではない。デザイン活動には、最新の最適化理論、制御理論、シミュレーションなど情報学の研究成果を適用する余地が十分にある。

いずれにせよ、分野が異なる二人の優れた研究者が、期を同じくして、デザイン学とデザイン産業を、情報学と情報産業の発展形として議論していることに驚きを禁じ得ない。それから40年の間、情報学研究者は何をしてきたのだろう。デザインを論じてきたのだろうか。情報学の基盤を支える技術は、ムーアの法則が示すように、倍々ゲームを展開してきた。その間、研究者たちは技

\*1 京都大学情報学研究科  
Graduate School of Informatics, Kyoto University

術開発に夢中だった。Alan Kay 氏の有名な言葉、「未来を予測する最善の方法は、それを発明することだ (The best way to predict the future is to invent it)」は、情報学研究者の気分をよく表している。しかし、そうこうしている間に、地球社会が怪しくなってきた。技術開発で予測できるほど未来は単純ではなくなった。今こそ、社会のシステムやアーキテクチャのデザインに情報学の貢献が求められていると思う。

### 3. デザインの定義

デザイン (design) の定義は、研究者の間で様々に議論されているが、情報学とデザインの関係を考えるには、文献 4) の定義がよいように思う。

(noun)

to create a specification of an object, manifested by an agent, intended to accomplish goals, in a particular environment, using a set of primitive components, satisfying a set of requirements, subject to constraints

(verb, transitive)

to create a design, in an environment (where the designer operates)

上記の定義では、「与えられた環境 (environment) で目的 (goal) を達成するために、様々な制約 (constraint) 下で利用可能な要素 (component) を組み合わせ、要求 (requirement) を満足する人工物を生み出すこと」がデザインであると述べている。この定義は十分に抽象的で、専門が異なると、それぞれに解釈することができる。情報学研究者にとっては、上記の定義は制約充足問題や最適化問題の定義のようで親しみやすい。もし、goal、constraint、requirement などが形式的に定義できるのであれば、情報学のアルゴリズムと超並列の計算資源を用いれば、複雑なデザイン問題を解くことができるだろう。

しかしながら、我々の関心である今後のデザインの対象は、グローバル化した社会のシステムやアーキテクチャである。組織、コミュニティなど、人が作り出す社会が対象となると、デザインを形式的な最適化問題と捉えることができなくなる。人や社会を対象とすると、goal、constraint、requirement などが形式化しにくいものとなるからである。例えば、都市のデザインを考える場合に、コミュニティが持つ制約条件を知るためには、ステイクホルダーが一堂に会するワークショップを企画する必要があるかもしれない。また、問題の置かれた environment がグローバル化し、相互に関連し著しく複雑になると、部分問題を切り出して独立に解くことができなくなる。問題が形式化できるという前提が崩れると、情報学にはそうした対象を扱うための、理論や手法の蓄積が乏しいことに気づく。

デザイン学を先導してきた建築学や機械工学はどうだろう。2003 年の日本学術会議のデザインビジョン提言 5) 6) 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」と述べている。社会をデザインの対象とすれば、問題解決のプロセスは必然的に問題発見のプロセスを含む。これは、問題解決より問題発見が大切だと言っているのではない。社会は様々な側面を持つため、そのモデルは必然的に重層化する。問題を解く過程で、モデルの階層を上へ下へと行き来しなければならなくなる。異なる層に移行し、そこでの問題を発見し定義すること

がもともとの問題を解決するために必須となる。例えば、都市の交通網の整備は、住宅地のバス路線の変更を必要とするかもしれない。そして、そのためには、住民が何を合意するべきかという新たな問題の定義と解決が必要となる。問題発見は、社会的期待の発見と言い換えてもよい。隠れた問題、将来の問題は、解決の対象であるだけでなく、人々の期待の表出と表裏一体であるからである。

提言はまた、「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」としている。デザインの対象は、製品や構造物から、関係性や環境へと変化していくと指摘している 1)、2)。この提言は今日でも新鮮で、現在の社会が取り組むべき課題を先取りしているように思える。

提言をまとめるのに尽力された門内輝行氏によれば、都市のデザインは、建物をつくることだけではない、周囲の建物や景観との関係性のデザインが重要で、場合によっては建物を壊すこともデザインであると言う。都市で何をデザインするのかという問いに対しては、都市エリアの階層や自然生態系の階層のデザインなど、都市には重層的な問題構造が存在すると指摘している。

機械工学においても、デザインの対象は構造物から環境へ、そして人々の経験へと変化している。例えば、榎木哲夫氏は文献 7) に示すように、「つくる設計論から育てる設計論へ」という研究活動を展開してきた。人工関節の研究者である富田直秀氏は、「人工関節は人体の環境として働かなければならない、生体の機能は人為的に『作る』ものではなく、細胞や組織の本質 (nature) に基づき『育てられる (nurture)』べきもの」と述べている。まさに、デザインビジョン提言に示された「育てるデザイン」が求められているのである。

デザインに対するこうした捉え方の変化は、様々な分野で同時並行的に生じているのではないだろうか。建築学や機械工学におけるデザイン概念の革新と、情報学も期を一にしてきたと言えなくはない。情報学におけるデザインは、従来、ソフトウェア設計や回路設計など複雑な論理をどう実装するかに焦点があったが、近年では、社会との関わりがより重要になってきている。Web の創始者である Tim Berners-Lee 氏は以下のように述べている。

The Web isn't about what you can do with computers. It's people and, yes, they are connected by computers. But computer science, as the study of what happens in a computer, doesn't tell you about what happens on the Web

Berners-Lee 氏は、コンピュータサイエンスを幾ら研究しても、人々の活動をそのまま映し出す Web を理解することはできないと述べている。コンピュータサイエンスの限界を捉えているとも、情報学をより広い世界へと誘っているとも言える。同じ頃、Web 2.0 を唱えた Tim O'Reilly 氏は、以下のように述べている。

The central principle behind the success of the giants born in the Web 1.0 era who have survived to lead the Web 2.0 era appears to be this, that they have embraced the power of the Web to harness collective intelligence

O'Reilly 氏は、情報発信のメディアであった Web 1.0 の時代から、多くの人々の集合知へと寄り添い活用する Web 2.0 の時代

へ移行すると述べている。制御 (control) から活用 (harness) へという Web 企業の動向は、「育てるデザイン」と通じるところがある。確かに、Google や Facebook では、そのシステムやビジネスモデルは予め計画され、制御されてきたものではなかった。これらのシステムは、利用者である膨大な人々と共に進化してきたのである。しかし、Google や Facebook のデザインを生み出したのは情報学であるとは言いがたい。Google や Facebook は、情報技術を駆使した創造性豊かな天才のなせる技であって、情報学にそれらを生み出す理論や手法があるのかと問われれば、そうとは言えない。

#### 4. 情報通信技術のデザイン

情報通信技術はその誕生以来、急速な技術革新を遂げてきた。ムーアの法則が予測した通り、18 ヶ月で 2 倍という性能向上が 40 年以上も続き、100 万倍の性能向上が現実のものとなった。その間、ソフトウェア設計、回路設計、計算機アーキテクチャ、プログラミング言語、ヒューマンインタフェースなど、様々なデザイン活動があったはずだが、デザインという観点でまとめた書籍や教科書は少ない。

コンピュータはプログラムで制御される。Stored program 方式と呼ばれる発明によって、コンピュータのハードウェアは、目的とする機能と独立に、格納されたプログラムを実行する機械として進歩した。もし今日の情報システム全体がハードウェアでのみで実現されてきたとすれば、巨大な構造物として人々の眼前に現れ、デザインとその変容が、都市を見るかのように理解されただろう。しかし、プログラムの実行は目に見えないため、またコンピュータのハードウェアは目的とする機能と独立に発達したため、そのデザイン手法が一般の興味を持たれることはなかった。だからと言って、情報通信技術にデザインの活動がなかったわけではない。

情報通信技術におけるデザインとはどのようなものであったのだろうか。コンピュータと通信網は人類が生み出した最も複雑な人工物だろう。情報通信技術の社会的影響が拡大する一方で、情報システムの構造は、基盤技術の高速化、高集積化、広帯域化によって、開発者本人の理解を超えるほどに複雑化した。長期間用いられる情報システムの維持管理は、担当者の交代により、大きな問題が発生している。それまでの担当者がプロジェクトを離脱すれば、他の技術者が僅かなドキュメントを頼りに維持管理を担当しなければならぬ。デザインの良しあしは、維持管理費用を左右する。デザインは、ここでも開発過程の一部ではなく、情報システムのライフサイクル全体に関わる大きな課題なのである。

情報通信技術が用いてきたデザイン手法を整理するには、十分な検討が必要である。従って、以下は私見に過ぎないが、その手法は (1) 複雑さを制御するための階層的抽象化、(2) 論理を物理で実現する際のトレードオフ、(3) モデルの受容性を高めるための人と社会の模倣ではなかったかと思う。

階層的抽象化は、ソフトウェア設計、回路設計、通信プロトコルなど情報通信技術の至る所に現れる。この支配的な手法があるが故に、複雑なシステムが実装可能となった。例えばソフトウェア設計では、構造化プログラミング、段階的抽象化、オブジェクト指向、モジュール設計など、階層的抽象化の実例は枚挙に暇がない。Jeannette M. Wing 氏は文献 8) で、この階層的

抽象化を、コンピュータサイエンスの考え方 (computational thinking) の中心においている。

階層的抽象化が論理的なデザイン手法であったのに対し、トレードオフは実装のデザイン手法である。論理を物理で実現する場合には、その実装方法により様々なトレードオフが生じる。コストとパフォーマンス、記憶容量と実行速度などはその典型である。こうしたトレードオフは、その時々々の技術状況と利用状況を勘案して、様々な解決が図られてきた。プログラミング言語やコンピュータアーキテクチャなど、内部構造と外部環境のインタフェースのデザインにも、トレードオフが働いている。例えば、C++ と Objective-C は、提案された当時の技術状況では、性能面から C++ を選ばざるを得なかった。今日、iPhone で Objective-C が採用されているのは、コンピュータの性能向上の結果、トレードオフに変化が生じたからである。

ところで、階層的抽象化とトレードオフという 2 つの手法は、競合することがある。階層的抽象化は下位の層の論理を隠蔽するため、システムの物理的な振る舞いを見えにくくする。そこで、階層的抽象化による論理の簡明化と、実行性能などの物理的な振る舞いの明瞭化のどちらに重きを置くかというメタなトレードオフが生じる。

人と社会の模倣は、ヒューマンインタフェースやインタラクションのデザイン手法である。デスクトップメタファーに代表される直接操作 (direct manipulation)、人を模したエージェントインタフェースなど、機能の操作性を向上させるために用いられてきた。例えばネット上のショッピングモールには、現実社会のショッピングのメタファーが各所に用いられている。「カートに入れる」などは、日常の模倣の典型例である。

情報通信技術には、この他にも、様々なデザイン手法が蓄積されているに違いない。技術革新を追い求め、走り続けてきた情報学研究者は、立ち止まって考える時ではないだろうか。デザインを情報通信技術に取り入れるという方向ではなく、人類史上最も複雑な機械と関わり合ってきた情報学が、自らデザインを語り、如何にデザインに貢献できるかを考える時ではないかと思う。

#### 5. 情報学のデザインへの貢献

2012 年 3 月 12 日に京都大学で、デザイン学を指向する研究者が中心となって、「Bringing Informatics to Design」と題するワークショップ (<http://www.ai.soc.i.kyoto-u.ac.jp/design2/>) を開催した。情報学を中心に、建築学、機械工学、心理学、経営学の研究者が参加し 15 件の講演が行われた。情報学の研究者には、コンピュータサイエンス、通信工学、数理工学、システムサイエンスなどが含まれる。各講演者がそれぞれの分野で行っている研究を、デザインという視点で説明し、情報学のデザインへの貢献を明らかにしようとした。以下は、そのワークショップを受けてまとめたものである。

今後のデザインに対する情報学の貢献は、(1) データ分析に寄与する超並列計算機や機械学習などの デザインツール (Informatics as a Design Tool)、(2) 社会システムのモデル構築に寄与する最適化理論、制御理論、シミュレーションなどの デザイン原理 (Informatics as a Design Principle)、(3) イノベーションに寄与する SNS、スマートフォンなどの デザイン体験 (Informatics as Design Experience) に分類できると思われる。

デザインツール (design tool) は、情報学によってデザイナーの能力を拡張するためのものである。機械学習などは情報学にお

いては基礎理論であるが、社会のデザインという観点からは、ビッグデータの解析を行うのに有効なツールである。スーパーコンピュータも同様に、情報学においては最先端技術であるが、これもデザインから見ればツールの一つである。この他、五感に関わる研究（最近では触覚、味覚、臭覚の研究も盛んに行われている）なども、デザインに対して新しいツールを提供する。

デザイン原理 (design principle) は、情報学のデザインへの貢献の中核をなすものである。大規模かつ複雑なシステムを実装するための、数理モデルとそれを扱うアルゴリズム (探索理論、最適化理論、制御理論) やシミュレーションは、グローバル社会のデザインに、情報学から新しい原理を提案する。また、前節で述べたように、複雑なシステムを実現するために、情報通信技術は様々なデザイン手法を用いてきた。これを整理すれば、複雑な社会システムを実装するうえで有効なデザイン原理が見出される可能性が十分にある。

デザイン体験 (design experience) は、情報学に基礎を置く様々な新しいシステムによって人々にもたらされる新しい体験である。これまで、インターネット、e-mail、Webなどが世の中を大きく変え、人々に新しい体験を提供してきたし、今後もそうした活動は続くだろう。iPhoneやFacebookなどの創造的活動の分析によるイノベーションの支援は、今後の情報学が扱うべき大きな課題である。

情報学のデザインへの貢献に関する上記の分類はいずれも私見であるが、こうした議論が情報学の分野で行われてこなかったことに気づかされる。今後は、社会のシステムやアーキテクチャのデザインに情報学がどのように貢献できるのか議論が必要である。

## 6. デザインという用語

本稿では3章で、学術的に用いられているデザインの定義を紹介したが、一般に日本では、「デザイン」は意匠を表すものと解されやすい。日本機械学会 設計工学・システム部門 design 理論・方法論研究会のWebに、以下のような記載がある。

本研究会で対象とする「設計」と「デザイン」には共通する部分も多いが、企業における「設計者」と「デザイナー」は異なる職種であり、その採用プロセスや大学などにおける教育プロセスも異なることが示すように、「設計」と「デザイン」には異なる部分も少なくない。

「デザイン」の訳語は「設計」であるはずだが、日本では両者の使われ方が違うようだ。ところで、中国語においても「デザイン」は「設計」と訳される。しかし、中国語の「設計」の意味するところは、むしろ意匠に近く、ハンドバッグなどが並ぶデザインギャラリーは「設計廊」と呼ばれたりする。では、我々の活動を何と呼べばよいだろう。学術の世界では、用語はその都度、論文の中で定義すれば済むが、社会と接するデザインを語るのであれば、用語の社会的用法に関心であってよいはずがない。長い説明を要する用語の使い方や、括弧付きの表現は、一般には受け入れられないだろう。しかし、幸いなことに、同研究会は、松岡由幸氏の著書 9) を引用し、以下のように述べている。

設計とデザインの実務、方法、方法論、理論は、共通する部分と異なる部分があること、設計とデザインの相違は具体的な実務になるほど大きく、抽象的な理論になるほど小さい。

この知見に基づけば、学術を論じるのであれば、「デザイン学」という用語を用いれば、大きな誤解は生じないのではないか。折しも2013年度より、科学研究費の分科に「デザイン学」が新設される。努力された方々に感謝すると共に、これを機に「デザイン学」という用語の定着を望みたい。

## 7. おわりに

日本の工学全般が衰退しつつあると感じているのは筆者だけだろうか。工学研究の成果が社会に役立つという素朴な感覚が失われつつあるように思う。同時に、先端の工学研究者が基礎科学に向かい、工学に分類される学術論文の日本のシェアは大きく減少している。

「基礎と応用」という工学でよく用いられる言葉は、研究の成果が世の中に役立つことを前提としていたように思う。研究が科学に向かえば、生み出される個々の研究成果が世の中に役立つことは示すことは難しくなる。そうであれば、社会と接する研究は、個々の要素技術の応用ではなく、要素技術を統合し複合的課題を解決するデザインへと向かうべきではないか。つまり工学は、「基礎と応用」から「基礎とデザイン」へと舵を切るべきではないかと思う。

情報学も工学を母体とする部分には同様の議論が成り立つように思う。Simon氏はその著書 2) で、“artificiality and complexity are inextricably interwoven”と述べている。社会を含め、人工的なシステムは本質的に複雑である。社会の複合的な課題を理解し、次の社会をデザインするための理論と手法を積み上げるデザイン学は、一線の情報学研究者が挑戦すべき学術的課題であると思う。

## 参考文献

- 1) T. Winograd: *Bringing Design to Software*, (1996), ACM Press. (瀧口範子訳: ソフトウェアの達人たち—認知科学からのアプローチ, (2002), ピアソンエデュケーション.)
- 2) H. A. Simon: *Sciences of the Artificial Third Edition*, (1996), The MIT Press. (稲葉元吉, 吉原英樹訳: システムの科学, (1999), パーソナルメディア.)
- 3) 梅棹忠夫: 情報産業社会におけるデザイナー, 梅棹忠夫著作集第14巻「情報と文明」, (1970), 中央公論社.
- 4) P. Ralph and Y. Wand: A Proposal for a Formal Definition of the Design Concept, In K. Lyytinen, P. Loucopoulos, J. Mylopoulos and B. Robinson Eds.: *Design Requirements Engineering: A Ten-Year Perspective*, 14, (2009), 103–136. Springer.
- 5) 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: 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, (2003.7.15).
- 6) 門内輝行: 関係性のデザイナー—つくることから育てることへ, 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, 日本学術会議, (2004.12), 1-8.
- 7) 榎木哲夫: 記号過程を内包した動的適応システムの設計論—つくる設計論から育てる設計論へ, システム/制御/情報, 54, 11 (2010), 399-404.
- 8) J. M. Wing: *Computational Thinking*, (2006), CACM Viewpoint, 33-35.
- 9) 松岡由幸, 宮田悟志: *デザインサイエンス—未来創造の六つの視点*, (2008), 共立出版.