人工物工学への期待*

福田収一**

What I Expect from Artifact Engineering / Shuichi FUKUDA

Key words: artifact engineering, expectation, collaborative engineering, collaborative product development, process-oriented, collaboration

1. はじめに

「人工物工学への期待」の執筆を編集委員の先生から依頼されて大変当惑した。「…への期待」という文章は通常はすべてを理解した偉い先生が執筆するものであり、筆者のような勉強をしている最中の若輩者が執筆する文章ではない。しかし、人工物工学は新しい概念であり、それを育ててゆくのは若い人達である。筆者は若い人達の中では年配者であり、また人工物工学はきわめて広い概念であるから、それぞれの人の視点からのいわばサブ人工物工学がありうるのではないかと考えて執筆させて頂くことにした。しかし実は、筆者自身の人工物工学への期待が大変大きいことが執筆をお引き受けした最大の理由である。

したがって本文では協調工学、協調的製品開発を研究の主題とする筆者¹⁾²⁾なりの視点からの人工物工学への期待について述べる。人工物工学とはそのような小さい概念ではないのご意見もあろうが、あくまで筆者の視点からの期待であることをあらかじめお断りしておきたい。

2. 人工物工学

人工物工学を、筆者は「人工物」の工学であると同時に、「人」、「工」、「物」の工学であると理解している（図1）。

* 原稿受付 平成7年1月30日
 ** 正会員 東京都立科学技術大学工学部（日野市旭が丘6-6）
 1972年東京大学大学院博士課程修了，工学博士。東京大学精密機械工学科助手，大阪大学裕接工学研究所・東京大学生産技術研究所助教授を経て現在東京都立科学技術大学管理工学科教授，研究分野：協調的製品開発，著書：信頼性設計エキスパートシステム

2.1 プロダクト指向からプロセス指向へ

これまでの工学は最終的な製品（プロダクト）だけを視点に据えたプロダクト指向の立場で技術開発を行ってきたと筆者は考えている。それが人工物工学が指摘する領域性の問題を引き起こした一因であろう。実際これまでの製品開発では設計や生産のプロセス自体が問題にされることはあまりなく、それらプロセスはプロダクトを完成するための手段と見なされ、学問領域もプロダクトを基礎に分割されてきた。また評価も「結果がよければすべてよし」、すなわちプロダクトだけが価値評価の対象であった。というのが実状であろう。そこでは効率、精度追及が至上命令であり、設計、生産等のプロセスはいわば必要悪であり、プロセスは単なるコスト、労力の上昇要因としか見なされていなかったと言っても過言ではあるまい。したがって当然それを設計、生産する「人」への考慮はあまり払われなかったと言えよう。すなわちそれに従事する人に求められているのは単なる生産者としての役割分担であり、それ以上の期待はまったくなされていない。

しかし、人工物を作るのは結局「人」であり、人工物工学とは「人」という要素をどのように考えるかであるように思われる。もちろんこれまでも工学では「人」の要素を

図1 人 工 物

図2 従来の製品開発と人工物工学の製品開発

図3 従来の製品開発と新しい流れ

考慮してきたが、それは結局プロダクト指向の視点からであり、「物」を作る「人」を中心に据えた話ではない。すなわち、これまでの工学ではまず「物」があり、それを作る「工」があり、最後に「人」がきたと考えられる。「人工物」工学での製品開発とは、このように逆転した発想を本来の「人」が、作る「工」、「物」という順序で発想してゆくと筆者は理解している（図2）。

専門領域への分化を人工物工学では問題にしているが、それは「物」を中心に専門領域が分割されていることへの警鐘であって、専門領域の否定ではない。むしろ専門家がそれぞれの立場からより有機的に協力しあって新しい知識、経験を創造してゆくことを人工物工学では指向している。これは「人」、「工」の重視に相当し、人の知恵、あるいはプロセス自体に価値を見い出そうとする立場であると筆者は理解している。すなわち従来の専門領域は、プロダクト、すなわち「物」と不可分の関係にあったが、これを人やプロセス、すなわち本来の専門領域へと分割し、必要に応じて協調して製品開発にあたるということであろう。これによりプロセス自体に価値を付与することが今後は期待できるし、さらに技術的な融合が一層促進されよう。

実際、最近ではマイクロマシンのように、これまではアナログ的思考が強かった機械系の設計でも電気系のように組合せを基礎とする、いわばデジタル的思考を基礎にする製品が出現しつつある（図3）。またマイクロマシンはこれまで設計から生産へという思考の流れとは異なって生産から設計へといういわば逆方向の流れをしている（図4）点でも注目すべきであり、今後このような技術的、工程的コンカレンシーを要求される製品はますます増大するであろう。それに対応するためには人、プロセスを中心に

図4 マイクロマシンにおける製品開発の流れ

据えた製品開発が不可欠であり、人工物工学はこれまでのプロダクト指向をプロセス指向へと転換するパラダイムであると期待している。

「工」は、モノを作り出すプロセスを意味している。昔人は消費者であると同時に生産者でもあった。学問が領域に分割されたように人も役割を分担させられ、消費者、生産者に役割が分担された。しかし、現在でも人はある時、またある製品については消費者であり、また別の場では生産者の役割を担っている。消費者の要求が多様化すればするほど消費者は自分にあった製品を望むようになり、結局は生産に関与せざるをえなくなるであろうというのが筆者の考えである。これは実際に生産を消費者が行わなくても、仮想的に生産に従事することが期待できるためである。

これからの製品開発はプロセス指向へと向かうというのが筆者の主張であり、例えば芸術と技術の融合が人工物工学でも問題となっているが、芸術はプロダクトではなく、プロセスこそが問題である。筆者が長く関係してきている溶接の分野でも、技術認定を受けている人の多くは最近では工場での生産技術者ではなく、野外彫刻等の芸術、工芸分野であることは注目に値する。これまで、少なくとも工学においては製品の価値は技術的な視点での機能であったが、製品の価値とは何かを今後は改めて問題にする必要がある。

人が使い込むことにより愛着を持てるような製品、何度でも修理しながら使えるような製品は、いわばユーザと製品の間に高度のインタラクティブ性があると考えられる。これは、消費者、生産者と役割分担をする発想からは生まれてこない。

2.2 競争、競合から協調へ

これまでの技術は、どちらかと言えば「競争」、「競合」を基礎としてきたように思われる。すなわち効率、精度もいわば工程間の競争に近い関係で追及されてきた。さらに専門家同士も知識、経験を競いあってきたというのが現状ではないだろうか？ また人工物工学では環境問題を問題にしているが、これも人が自然と競ったために生じたとも言えよう。

筆者は、21世紀は「協調」の時代であると思っている。例えば精度にしても本来ならばプロダクトとして最終的に精度が確保されていけばよいはずであり、個々の工程で必要以上に精度を確保する必要はない。精度を含め、ある工程での処理が、どこまで他の工程に関係し、仮にある工程で失敗しても、あるいは精度確保が十分でなくても、どこ

の工程でそれをカバーできるか、こうした協調的な製品開発に対する仕組みが今後はますます必要となるであろう。とくに消費者が仮想的にもせよ製品開発、製品生産に関与するとなれば、いわば常時条件変更を行いながら製品を開発してゆかなければならない。これは昔、人が道具作りから始めて製品開発を行った時代への復帰とも言える。

日本で人工物工学が生まれたことはきわめて興味深い。日本では有限と無限の間に境がない。日本人は竜安寺の石庭のように、有限世界で、無限世界を表現する術にたけている。特に日本は世界でも珍しい鎖国という大きな歴史的実験を行っている。鎖国政策をとった江戸時代は有限世界の一つの代表例である。人々は一定の国の中で生活を余儀なくされ、したがって利用できる資源も限られていた。そうした中で開花したのが江戸文化である。現在「……道」といわれる文化はほとんどがこの時代の産物である。これまでの工学は物を作るプロセスをいわば必要悪としてとらえ、それを文化芸術まで高める努力を怠ってきたのではないか？ プロセス自体に価値があることを日本の歴史的実験は示している。プロセスとプロダクトの共生、協調が今後の課題であろう。

「無用の用」という言葉があるが、これまで工学はあまりにも目的指向ではなかったか。例えば無用と思われる空間を削ったり、あるいは無用と思われる機能をできるだけ削除することに最大の努力を払ってきた。しかし、一見無用と思われることが実はロバストネスの向上からは重要である。これまでの工学はあまりにも目的を絞り込みすぎてロバストネスを失ってきたように思われる。環境問題もロバストネスの欠如の一例とも言えよう。ロバストネスとは有限と無限の狭間の問題であるように思われる。人知は有限であろうし、その有限性をもってどのように自然の無限性に対処するかが問題であろう。自然との協調、これが環境問題への対処の基本であるとすればこれまでの日本の歴史、文化に学ぶことはきわめて大きいと思われる。これまでの工学では自然をいわば敵対者として競争してきたように感じられる。しかし日本文化では人工物を自然と融合させてしまっている。これは自然との協調にはかならない。これはこれまでクローズドなシステムを指向してきたが、今後はよりオープンなシステムを指向すべきであると言い替えることもできよう。

協調をするためには自分の知識、経験を外在化、可視化してゆく必要がある。競争は境界という、いわば「線」の関係に注目することで対応できるが、協調をするためには「面」的な展開が必要となる(図5)。同一の「面」、土俵に立つことが協調の第一歩である。しかし、協調とは、本来異なる分野の人の中で成立する概念であることに注意する必要がある。日本人はよくチームワークが得意であると言われるが、これは間違っている。現在の日本は北海道から九州まですべてが日帰りできる通勤圏内となった。このような狭い国土の上にも同一言語を話し、大部分が同

(a) 競合一線的

(b) 協調一面的

図5 競合と協調

一の民族が生活をしている。したがって、もともと土俵を共有しており、異なる人たちの間でいかに土俵を共有するかという努力はまったくと言ってよいほど必要がない。

このように現在の日本人の間では真の協調はないと言ってよい。同様に現在の日本人の間では真の競争はないと言ってよい。日本人は日本人同士お互いに競争していると言われるが、これも正確ではない。例えば品質を考えてみてもお互いが絶対の目標に向けて努力をしているだけで、お互いの中で競争、競合しているわけではない。これは例えば品質向上ではなく、消費者が自分に適した品質を要求するということでアップグレードではなく、ダウングレードを日本の生産者に求めてみればすぐに分かる。ダウングレードで競争するためには、競争相手との相対的な評価が必要であるが、アップグレードではとくに相対的な評価をしなくても絶対的な目標の設定で十分な場合が少なくない。

しかし、江戸時代には日本にも真の競争が存在した。国を越えることは容易ではなく、したがっていわば異なった土俵を基礎にして生活をしていたと考えることができる。この意味でも江戸時代は工学的にも興味ある時代である。

人工物工学ではアブダクションが強調されているが、アブダクションはきわめて高度のインタラクティブな環境によって実現されると考えている。昔「人」が「物」を作る過程を通して「工」、すなわち設計、生産の方法等を導いてきたように、人と人、人と物、そして場合によっては物と物の間のインタラクティブな協調関係によってアブダクションがより容易となると思われる。協調を実現するための「線」から「面」への展開がアブダクションの容易化に役立つと信じている。

3. おわりに

最近の筆者の研究は協調工学、協調的製品開発である

が、この研究テーマはもともと信頼性工学への強い関心が出発点となっている。筆者は、人工物工学を提唱された吉川弘之先生が信頼性工学の本を出版された時にすぐに購入して読み、大きな衝撃を受けた。そこに書かれた内容が、それまでの信頼性工学の本とはまったく異なる視点から書かれていたからであり、その斬新さにびっくりしたのである。その後先生は一般設計学を提唱され、こうした概念を設計へと発展させたと理解しているが、先生が人工物工学を提唱された時にまた、再び大きな衝撃を受けた。それはこれまでに当然として学んできた工学への接近法を基礎からゆさぶるものであったからである。人工物工学はきわめて広い概念であり、筆者も十分に理解しているわけではな

い。しかし、これが21世紀を迎えるにあたり工学に大きな転換を迫ることは確信している。

拙文から筆者の受けた衝撃と人工物工学への期待の大きさを理解して頂き、多くの若い人たちが人工物工学に関心をもって頂ければ幸いである。

参 考 文 献

- 1) D. Sriram, R. Logcher and S. Fukuda : Computer-Assisted Cooperative Product Development, Lecture Notes in Computer Science Series, No. 492, Springer-Verlag, Berlin & Heidelberg, (1991).
- 2) 福田収一：コンカレントエンジニアリング，培風館，(1993).