

# 記 録

文書番号	SCJ第21期 230930-21560400-026
委員会等名	日本学術会議機械工学委員会 製品設計の科学分科会
標題	製品の設計－その課題
作成日	平成23年（2011年）9月30日

※ 本資料は、日本学術会議会則第二条に定める意思の表出ではない。掲載されたデータ等には、確認を要するものが含まれる可能性がある。

本記録は日本学術会議 機械工学委員会 製品設計の科学分科会での審議結果を取り纏め公表するものである。

機械工学委員会  
製品設計の科学分科会

委員長	福田収一	(連携会員)	Stanford University, Consulting Professor, 放送大学客員教授
委員	木村文彦	(第三部会員)	法政大学理工学部教授
	柘植綾夫	(第三部会員)	芝浦工業大学学長
	青山藤詞郎	(連携会員)	慶応義塾大学理工学部長
	有信睦弘	(連携会員)	東京大学監事
	鈴木宏正	(連携会員)	東京大学 先端科学技術研究センター 教授
	中島尚正	(連携会員)	海陽中等教育学校校長
	山口隆美	(連携会員)	東北大学大学院医工学研究科 教授

## 要旨

### 1. 作成の背景

本分科会は、変化が激しく、多様化、グローバル化が急激に進む時代となり、製品設計の在り方が大きく変貌せざるを得ない状況となってきたことから、どのように製品設計を再構築し新しい時代に適応してゆくかの展望を得ることを目的として設置された。

例えば、自動車は単に従来の移動機関としての設計から、環境を考慮して内燃機関から電気へと駆動装置が大きく変化しようとしているのみでなく、自動車をエネルギー源として考える必要もでてきており、さらに自動車の役割も楽しい空間の創造、あるいは他の移動機関との統合など、自動車を単独の製品としてではなく、社会的な視点からその役割を見直すことが必要となってきた。そのため、自動車の設計は従来の設計の枠を大きく超え、より高い視点、より多様な視点から自動車の設計を社会システムの一つの要素として設計する必要がでてきた。そこで本分科会では個別の技術の議論ではなく、こうした新しい方向へ向けて製品設計はどのように展開をすべきかを議論を行い、製品設計の在り方についての展望を得ることを目的として活動を行った。

すなわち、平成21年11月30日、平成23年6月16日、平成23年8月3日に開催し、機械学会、設計工学会等の関連学協会と密接に協力し、これら学協会では本分科会委員のパネル討論、個別講演、さらにこれらの学協会会員との討議、意見交換を行い、製品設計の在り方について検討を行った。製品設計のあるべき将来の方向についてこれら学協会の意見等を集約して、記録として残し次期に引き継ぐ。

### 2. 現状・問題点及び提言（今後の展開と展望）

- (1) 現在の製品設計は個別の製品の設計であり、「なぜそのような人工物が必要とされるのか？」という根源的な問いに応える方法論となっ

ていない。しかし、社会の複雑化、多様化は人工物の設計を個別製品として対応できる状況から、それら製品群が人と社会を構成するという視点からの設計を必要としている。具体例で言えば、自動車はもはや移動手段という単独の視点からだけではなく、環境・エネルギー、通信等の視点からも開発しなければならない。すなわち、業界を超えた社会に役立つ製品開発が求められる状況になっているにもかかわらず設計は個別製品分野で対応しているのが現状である。

- (2) 業界を超えた製品設計が求められている現状から、部品レベル等の共通化を検討が重要となる。すなわち、業界を超えた部品レベルの共通化ができれば、産業形態のロバスト化が可能となり、例えば、震災にも強い産業を実現できる。しかも大幅なコスト削減も実現できる。そのためには、異なる設計における共通部分を抽出でき、その上で独自性を付加できる設計法を確立する必要がある。しかし、現状では設計は個別製品ごとに行われている、こうした設計の汎用化が強く望まれる。
- (3) 日本は技術の高度化の垂直展開には優れているが、既存技術をいかに水平展開し、新しいマーケットを創造するかの点で欧米、韓国等に比較して劣っている。上記のような設計の汎用化は、既存技術の水平展開のための拡散思考にも役立つ。
- (4) 現在は設計から生産への製品開発が主流であるが、今後は、生産可能性から出発する設計も重要となる。マイクロマシンはその一例であり、また医療器具のように流体的特性から出発する設計例も増大してきている。
- (5) 現在は交換分業を主体にした集中系の経済であるが、エネルギー経済等を考慮するならば、自律分散型の経済へと次第に移行すると予

想される。そのためには現状の集中系を基本にした製品開発から現地の資源を活用し、それら相互を有効に利用しながら発展する経済体系に対応する製品開発方法、設計法を確立する必要がある。これは現在話題となっている BoP (Bottom of the Pyramid) の問題の解決にも役立ち、途上国、新興国と共生してゆく道であると思われる。

### 3. まとめ

これからの製品設計は個別独立には設計できず、製品群としていかに社会を構成するかという社会システムの設計とならざるを得ない。そのためには理学・工学間での相互協力はもちろん、人文社会系、生命科学系との密接な協力が必要となる。学術会議は、個別専門分野の学協会とは異なり、こうした総合的方向の確立にもっとも適した組織であり、その利点を最大限に活用することがこれからも重要と思われる。また、さらに社会システム設計では、社会の期待を基礎に人工物システムを設計する必要があるので、専門家だけではなく、使用者の意見の集約が必要であり、そうした機構の確立も望まれる。

## 目次

1. はじめに	1
2. 分科会の運営	1
3. 現在の設計の問題	1
(1) 期待マネジメント	1
(2) 水平展開、拡散思考の重要性	2
(3) 設計のロバスト化	4
(4) 業界を超えた部品の共通化	4
(5) 下流から上流へーReverse Development	5
(6) 社会システム設計 (Social System Design)	6
(7) BoP (Bottom of the Pyramid) への対応	7
(8) 交換分業経済から自己発展経済へ	7
(9) Open Worldに対応できる設計	8
(10) 状況に対応できる設計	10
(11) 感情 (Emotion) を考慮した設計	10
(12) 意味コミュニケーション手段の開発	12
4. 学術会議としての課題	13

## 1. はじめに

本分科会は、変化が激しく、多様化、グローバル化が急激に進む時代となり、製品設計の在り方が大きく変貌せざるを得ない状況となってきたことから、どのように製品設計を再構築し新しい時代に適応してゆくかの展望を得ることを目的として設置された。

例えば、自動車は単に従来の移動機関としての設計から、環境を考慮して内燃機関から電気へと駆動装置が大きく変化しようとしているのみでなく、自動車をエネルギー源として考える必要もでてきており、さらに自動車の役割も楽しい空間の創造、あるいは他の移動機関との統合など、自動車を単独の製品としてではなく、社会的な視点からその役割を見直すことが必要となってきた。そのため、自動車の設計は従来の設計の枠を大きく超え、より高い視点、より多様な視点から自動車の設計を社会システムの一つの要素として設計する必要がでてきた。そこで本分科会では個別の技術の議論ではなく、こうした新しい方向へ向けて製品設計はどのように展開をすべきかを議論を行い、製品設計の在り方についての展望を得ることを目的として活動を行った。

本記録は分科会の審議結果を「現在の設計の問題」、それを解決するための「学会会議としての課題」として集約し整理した。

## 2. 分科会の運営

本分科会は、機械学会等の関連学協会、部門、分科会と密接に協力し、それらの学協会での分科会委員の講演、さらにはそれら会員との討議、意見交換を通して製品設計の在り方について検討を行い、それら意見、討議結果を分科会で集約する方式で運営を進めた。

## 3. 現在の設計の問題

### (1) 期待マネジメント

現在の工学設計では概念設計も製品から出発している。しかし、工学設計が自然にない人工物を創造する活動であることを考えると、まず使用者

の期待を考えることが重要である。事実、アメリカでは工学の活性化を図るために、K-12 (**Kindergarten-12<sup>th</sup> grade, 幼稚園から高校まで**)の初等中等教育において工学教育を積極的に推進しているが、そこではものづくりではなく、「なぜ自然界にない人工物を必要とするのか？」という問いかけから出発している。すなわち、何を期待してわざわざ自然界にないものを創造するのかという戦略的目標の明確化を重要視している。

変化が少なく、生活範囲も限定されていた時代においては期待される製品像も明確であり、製品の概念から出発して設計、生産を行うことができた。しかし、グローバル化が急激に進み人々の生活空間も拡大し、製品への要求が多様化した。また激動する現代においては製品仕様もそうした変化に適応することが強く求められている。こうした時代の要求に適合する製品を開発するためには、まず使用者が何を期待しているか明確化する必要がある。この使用者の期待とは、いわゆる顧客の声とは異なる。顧客の声とは、既存の製品概念に対する要望であり、通常は既に製造している製品の改善要望であることが多い。ここで述べている使用者の期待とはもっと根源的な要求である。

具体例を挙げれば、広大な国土を有するブラジルではエアータクシーが存在する。しかし、航空機をタクシーとして利用して目的地についても、そこで陸地を移動する手段がなければ意味がない。こうした需要から、ブラジルと強い協調関係にあるMITでは飛行機と自動車を一体化した乗物を開発している。使用者は、ある地点Aから別の地点Bへの移動手段の確保を期待しており、飛行機という製品、あるいは自動車と言う製品を望んでいるわけではないからである。

しかし、日本では国土が狭く、また多様な移動手段が豊富に存在することもあり、こうした統合的な移動手段の開発はほとんど行われていない。ここでは例として移動手段を挙げたが、こうした事例は他分野にも多く存在する。それは現在の企業設計者の多くは、現製品を基盤に製品開発を考えており、本来の使用者の期待から出発していないからである。これからはグローバル化が一層進み、製品の使用状況はきわめて多様化する。そうした状況にあって、設計はまず使用者の期待を明確化することから始める



必要がある。

現在の工学設計教育は既存産業を基盤にしている。これは Christensen [1]の言う Sustaining Innovation に相当する。しかし、これからは、彼の唱える Disruptive Innovation の視点からの工学設計教育、産業化が必要と思われる。Sustaining Innovation は、いわば成長路線であり、既存路線での高度化が主体である。一方、Disruptive Innovation は進化イノベーションであり、社会、環境、状況によって変化する要望に応えるイノベーションである。そこでは、使用者が何を望んでいるか、期待は何かを根源に戻って検討しそれに対応して産業を興し、製品化してゆくことが重要な課題となる。

## (2) 水平展開、拡散思考の必要性

これまでの日本の工学設計教育、産業は垂直展開を主体としており、水平への展開が十分進んでいない。

Harvard University, MIT の Product Space [2] という調査研究が興味ある結果を示している。世界一の銅の産出国であり、他の金属資源に恵まれた南米のチリはかつては韓国よりも豊かであった。しかし、資源に乏しい韓国は自国の資源（物的、人的等）をいかに活用してさまざまな製品群ができるか検討し、新しいマーケットを開拓して行った。そのため、韓国は資源を輸出するだけであるチリを大きく引き離し、現在では世界を制覇しつつある。と報告をしている。

日本に対する言及はない。しかし、日本の機械産業においては、既存マーケットを対象にした完成品生産が主体となっている。製品アーキテクチャは通常モジュラー型とインテグラル型に分類される [3]。電気系はモジュラー型として発展してきているが、機械産業を代表する自動車は完成品産業、インテグラル型の典型であり、刷り合わせが重要とされてきた。しかし同じ自動車でも Volkswagen は積極的にモジュラー化を目指した設計思想を取り入れ、同じ加工技術をより多面的に展開できないかを検討し、さらに例えばブラジルなどでの生産に対応できるようなグローバル展開を目指し努力をしている [4]。日本の機械産業も、インテグラル型、完成

品を指向した垂直展開から、グローバルに展開するためにはモジュラー化を指向した拡散展開を検討する必要があると思われる（図1－図3）。

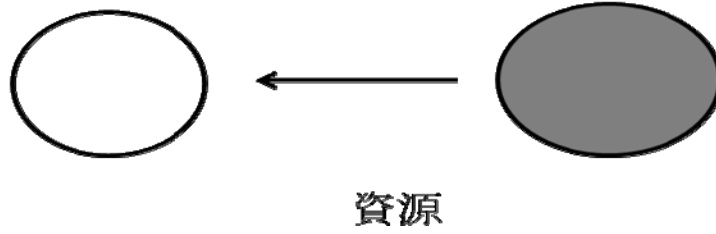


図1 チリ

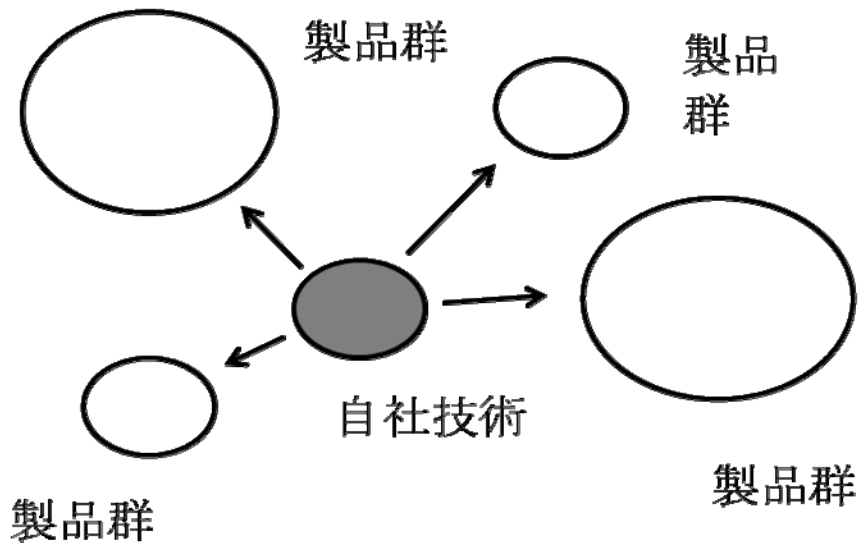


図2 韓国

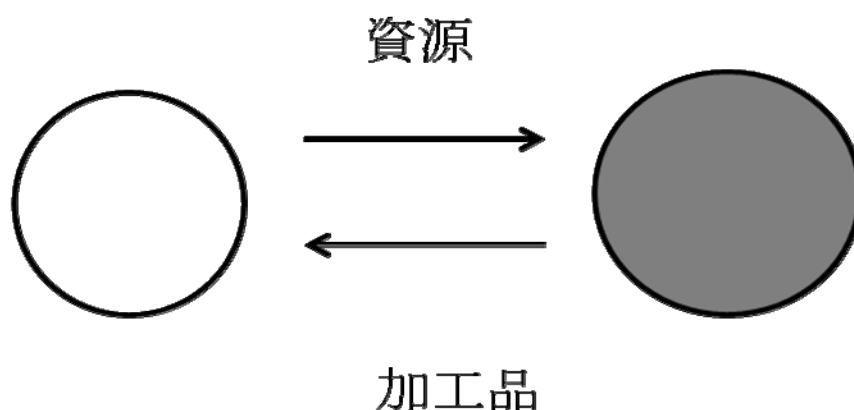


図3 日本

### (3) 設計のロバスト化

この水平展開、拡散思考はマーケット創造の視点からだけでなく、最近話題のBCP (Business Continuity Planning)の視点からも重要である。すなわち、最近の東日本大震災のような想定外の事件が生起してもマーケットを確保できるからである。通常のBCPは既存の企業活動の継続を議論しているが、企業の永続性を求めるのであれば、自社企業の資源で確保できるマーケットを多数有していれば状況の変化にロバストに対応できる。これは生物が状況の変化に適応して進化してゆくことに対応する。

### (4) 業界を超えた部品の共通化

例えば、現在のSCM (Supply Chain Management)は特定の完成品について検討されているが、その共通部分を抽出することによりロバスト性を向上させることが可能であろう。最近、自動車の部品の共通化が話題となっているが、自動車業界に限らず、より業界を超えて部品の共通化が推進できないか検討する必要があると思われる。日本の場合、完成品産業が主体であり、完成品を基本に設計も進められ、部品も個々の完成品から仕様を決定している。しかし、水平思考を進めるとの視点からは、部品レベルから出発して、どのような完成品に使えるか検討することも重要と考える。すなわち、部品に要求される機能が同じ、または類似していれば共通化する

ることにより、コストダウンが図れるだけでなく、産業もロバスト化できる。

これは、中小企業の活性化、社会経済のロバスト化にも役立つ。また、これはマスカスタマイゼーション (mass customization) への道でもある。中小企業にとっては、個別の完成品に対応して異なる部品を用意する必要がなくなり、使用機器の重複によるムダな投資が省けるだけでなく、部品として設計、生産を高度化、高品質化することが可能となる。

そのためには、完成品についてどのように共通化を進めるか、またどの部分で独自性を出すかという設計の見直しが必要となる。工学設計、製品設計において異なる分野の製品について共通部分を抽出すると同時にその設計の独自性を明らかにできる方法論の開発が望まれる。

そのためには規格の検討も重要である。溶接を例にすると、JIS は溶接線で規定しているために同一の構造物の場合は問題がない。しかし、例えば海洋構造物と陸上構造物と用途が異なり全体形状が異なると個別の検討が必要となる。これに対して、AWS (American Welding Society) は構造単位で規格を定めているため、完成品の用途、形状が変化しても、その構造単位を導入すれば、改めて溶接条件を検討する必要がない。しかも構造単位での規格であるためにロボットなどの導入も容易となる。完成品の構造を検討して、そこに用いられている部品の機能、形状、寸法を検討し、部品を構造単位として規格化し、利用できる完成品の適用範囲の増大を図るべきと思われる。

なお、電気、電子産業においてはモジュラー化が既に進展している。しかし、機械産業と電気、電子産業は大きく異なることに留意する必要がある。電気、電子産業においては要素が機能的に独立しており、モジュラー化が比較的容易であるが、機械系では機能が複雑に関係し合っており、モジュラー化が容易ではない。そのため従来製品アーキテクチャ論においては例えば機械系の典型である自動車をインテグラル型としてモジュラー型と分離して議論を行ってきた。しかし、自動車でも Volkswagen が指向しているように、ある機能のまとまりを要素、クラスターとして分割することで、モジュラー設計に向かうことができると考えられる。また電気系

でも、機械系と同様に機能の相互作用、干渉が複雑な重電系では必ずしもモジュラー化が進んでいるわけではない。機械系のような機能の相互作用、干渉が複雑な事例においてモジュラー化を推進するためには、改めて機能群としてサブアセンブリを定義する必要がある。これはクラスター化を図る作業であるが、クラスターを決定するだけでなく、クラスター間の適切なインターフェイスを設計する必要がある。逆に言えば、簡単なインターフェイスとするために、どのように既存製品を改めてクラスター群として定義し直せるかが重要な課題となってくる。Volkswagen はこうした展開を指向していると考えられる。電気自動車になると動力源は電気という新しい独立的な要素となるので、それ自体のモジュラー化は容易である。しかし、自動車全体としてはインテグラル型で設計されている。したがって、いかに他のインテグラル型の要素をこうしたモジュラー化が進む要素と並立しうるように全体をモジュラー化できるかが大きな課題となってくる。さらに、日本は「すり合わせ」が優れていると指摘されている。言い換えれば、日本はどのようにすれば、「すり合わせ」を容易にすることができるかを熟知している。日本企業は「すり合わせ」の知識、経験、技術を単に一貫生産、完成品のために利用するのではなく、むしろグローバル展開を目指し、「すり合わせ」の知識、経験、技術を基礎に、機能が相互に関係し複雑な製品の新しいモジュラー化設計方法を確立するように努力をすべきである。それは製品販売に役立つことはもちろん、知識産業の時代にあって日本がコンサルテーション、サービス産業で発展するためにも役立つ。

#### (5) 下流から上流へ — Reverse Development

現在の製品開発は、設計から生産へと、上流から下流への流れが主体となっている。コンカレントエンジニアリングの導入により下流情報が上流で処理されるようになってきたが、しかし下流の生産から出発して上流の設計を考えるアプローチはあまり行われていない。例えば、溶接を例にするとレーザー溶接は熱集中がよく歪が少なく、材料の変質も少ない画期的な溶接法であったが、その導入には製品構造を変えるだけでなく、工場

設備まで変える必要があった。そのため実用化までに多大の時間を要した。最近の例ではマイクロマシンは生産可能性から出発して製品を設計する例に相当する。また医療機器などでは、流動性の物質が望むように流れる形状を設計する必要性があるなど、逆問題に相当する事例が多数出現してきている。こうした逆問題への対応、いわば Reverse Development を考えた設計法を確立する必要がある。

#### (6) 社会システム設計 (Social System Design)

機械設計はこれまで主として、個別の機械製品だけに注目して設計されてきた。それは土木、造船などと異なり使用環境において自然を考慮する必要があまりないことと、さらに生産においても、人工的な環境で生産できるためである。そのため、個別製品の高級化に焦点が置かれ、製品群として社会の中でそれら製品をどのように位置づけるかという視点に欠けていたように思われる。

社会は人、自然だけで成立しているのではない。機械製品も社会、環境を構成する重要な要素である。すなわち、社会は人と人工物から成立しており、社会、環境という視点を今後もっと取り入れて設計する必要がある。社会科学は人と人の関係を主として論じているが、社会は人と人工物から成立しており、人と人工物の関係についての研究を今後もっと進める必要がある。

Social System Design には多くの定義がある。ここでは、機械製品を人間と同じ構成要素として社会を考えてゆく設計を社会システム設計

(Social System Design) と呼ぶことにすれば、これから社会システム設計の方法論を確立すべきと考える。すなわち、機械設計は単に個別製品の設計に留まらず、法文系、理工系を含めて広い視点から社会を設計する活動として進めてゆく必要がある。そのためには、経済系、法律系、社会系などの分野との協働は不可欠であり、工学系の中でも機械系だけではなく、工学のあらゆる分野と緊密な連携を取って協働することがこれからの機械設計では重要である。

例えば PM (Personal Mobility) を例にすれば、PM への期待が実現される

ためには、社会システム（道路、家、街づくり、さらには通信システムなども）全体を変革する必要があり、PM の設計は、PM 単独の設計ではまったく意味をもたない。EV（Electric Vehicle, 電気自動車）も同様である。エネルギーの視点から、家庭電化製品まで含めて、総合的に EV を考えてゆく必要がある。すなわち、社会を構成する人的構成、現地事情等を勘案し、社会システム全体を設計する中で、初めて PM が設計でき、それに対する期待が満足できる。こうした社会システム設計の方法論の開発において、構築主義（Constructivism）、エスノメソドロジー（Ethnomethodology）のような社会学的方法論は参考となると期待される。

#### （7）BoP（Bottom of the Pyramid）への対応

社会システム設計の考え方は、重要性が増している BoP（Bottom of the Pyramid）[5]のための展開という観点からも重要である。社会システム設計は単なる製品設計ではない。ある製品がもつ社会的意味を考えて、その社会システムを発展させる視点から実施する総合的な設計である。したがって、社会システム設計の方法論を確立できれば、それにより BoP の現地ニーズに適応でき、現地雇用も増大できる。省力化、効率化がこれまで重視されてきたが、むしろ、こうした産業革命以降の専門化、効率化から脱却し、より総合的な視点から人工物の設計を考えてゆく必要がある。

#### （8）交換分業経済から自己発展経済へ

これまでの社会、経済、産業は交換分業経済（集中系）として発展してきた。しかし計算機が集中系から分散系へと大きく転換したように、これからの社会、経済、産業は自己発展経済（自律分散系）へと転換してゆくと予想される。すなわち、現地の資源（物的、人的、経済的）をいかに活用し、それら現地の自己発展を目指すと同時に、相互に資源を有効に活用し合って、いかにグローバルに発展するかという二つの目的を同時に実現する Win-Win の関係を確認する必要がある。スマートグリッドは、社会が求める集中系から自律分散系への移行の一つの典型例である。自律分散化は東日本大震災が実証したように災害による被害の最小化を図る視点から

も重要である。

また交換分業経済はエネルギー消費が大きく、エネルギー的に対応できなくなると考えられる。その意味からも地域の特性を活かした社会、経済の発展を目指す自己発展経済へと移行すべきである。こうした観点から、機械設計も同一の製品設計をグローバルに展開するのではなく、各地域の特性に適応できる設計を目指すべきと思われる。すなわち、適応型の社会システム設計の方法論を確立する必要がある。しかし、コスト競争、マーケット拡大を考えるならば、部品の共通化も重要である。部品レベルでの共通化と完成品としての独自化という二律背反の目標を達成できる製品設計法を確立すべきである。

#### (9) Open World に対応できる設計

これまでは生活圏も狭く、状況変化も緩やかな Closed World であった。Closed World では問題領域が限定され、境界も明確であるために、集合論が適用でき、帰納、演繹の論理が適用できた。従来の設計法はこうした Closed World を基本的に対象としており、問題解決が重要とされた。しかし、世界が拡大し、境界が消滅する Open World では、新しい設計方法の確立が重要となる。

World を境界 (Boundary:B) , 対象 (Object:O) , 問題解決方法 (Process:P) で分類してみると、未知 (Unknown:U) , 既知 (Known:K) の二通りの場合があるので、 $2^3 = 8$ 通りの組み合わせで表現される (表 1)。

表 1 World の分類

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
B	K	K	K	K	U	U	U	U
O	U	K	U	K	U	U	K	K
P	U	K	K	U	U	K	K	U



V から VIII が Open World の問題となるが、V は問題外であり、ここでは製品設計を問題にしているので、設計する製品像は既知である。したがって、製品設計で問題になる Open World は VII と VIII の 2 種類である。

VII は従来の合理的方法論が適用可能であるが、世界が拡大したために境界が容易に定義できず、適用が困難となってきた問題である。このような問題に対しては、従来開発された合理的方法論を適用するために、問題領域を適切に設定し、Closed World 化することが重要となる。そのためには問題解決よりも問題設定が適切にできる設計者が必要となる。これは Simon[6] が指摘した限定合理性の問題であり、合理的アプローチを可能とするためには問題領域を適切に限定化する必要がある。

VIII の Open World の問題は、境界も不明であるが、適用する方法論が不明な場合である。例えば、散らかった部屋の中を目的物に向かってロボットを移動する問題に相当する。すなわち、目的は明確であるが、境界も、それに至る道も不明な場合である。これは強化学習に相当し、試行錯誤で目的を達成する必要がある。VII の問題の場合は、モデルは確定しているが、そのモデルを適用する条件が不明であったが、この場合は状況に応じてモデルを適応させ変化させながら問題を解決してゆかなければならない。このような適応モデリングの手法は産業界では実際に行われているにせよ、学問的に適応モデリングに基づく設計手法が確立しているとは言い難い。これは Peirce[7] の Abduction の考え方、また Schon[8] の Reflective Practice の考え方と基本的に同じであり、このような設計法の確立をめざすべきである。

#### (10) 状況に対応できる設計

上記で挙げた Closed World. Open World は基本的に空間的な問題を論じている。しかし、最近では状況が激変するために、状況に即応できる設計が求められている。これは上記の問題とは別で、時間的な問題であり、心理学で言われている状況論的なアプローチが必要と考えられる。そのためには、外界とインタラクションをしながら対応できる製品を開発する必要があり、従来の静的で、類型的なアプローチでは対応しきれないと思われる。動的

で、状況に対応できる設計方法を確立する必要がある。そのためには、機械も従来のアクチュエーション主体から、センシング機能を充実し、人間のパートナーとして人間の判断、行動を支援できる必要があり、新しい視点での設計方法を確立する必要がある。

#### (11) 感情 (Emotion) を考慮した設計

英語の Emotion はラテン語の Ex ( Out) + Movere (Motion) から生まれた言葉であり、動機 (Motivation, Motive) も同じ Movere (Motion) から生まれている。すなわち、Emotion は日本語の感情よりも主体的であり、ある作用 (行動) を起こしたときに外界からどのような反作用 (刺激) を受けるかを表している (図4)。すなわち、Emotion は外界とのコミュニケーションという意味できわめて重要である。

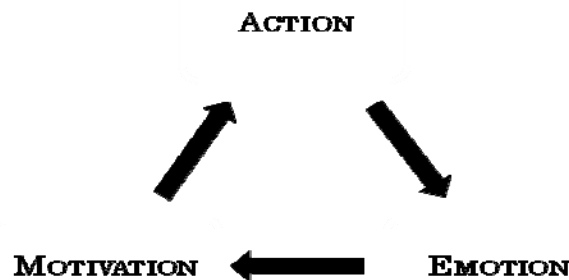


図4 Motivation-Action-Emotion

日本では感情を感性と同じような意味で捉えている傾向があるが、感情は人間の行動、意思決定と密接に関係していることを理解する必要がある。実際、あり期待を持って行動することは Emotion であり、品質機能展開が動詞を基礎に機能を展開することからも、動詞の重要性、その動詞 (行動) を選択する Emotion を考慮することが重要である。

ソフトウェアの世界では、人工知能で1階述語論理がパターン駆動のプログラミングを実現するために利用されている。一階述語論理は動詞を基本にプログラムの流れを制御しており、Emotion を基礎にした論理展開であると言える。

経済学でも Keynes[9]は短期期待では経済主体は合理的に判断し行動するが、数理的データも入手できない長期期待となると Emotion に依存すると述べている。この Emotion は脳科学が最近明らかにしている Reason と Emotion の分離不可能性[10]の意味の Emotion であり、人間の意思決定に関連している。

一階述語論理が、論理であり、非常に複雑な問題に対処するためのプログラムを実現する論理であることを想起するならば、合理的な処理と Emotion に基づく処理の相違は、プログラミングで言えば手続き型処理かパターン駆動かという相違に相当すると考えることができる(図5、図6)。

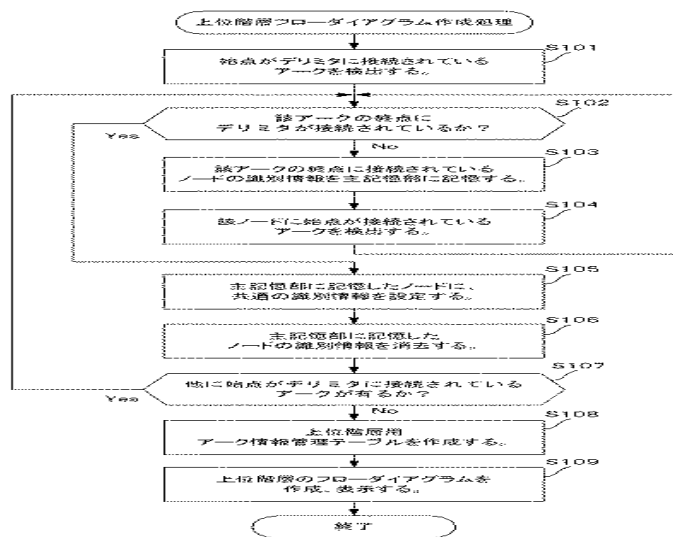


図5 手続き的プログラミング、フローダイアグラム

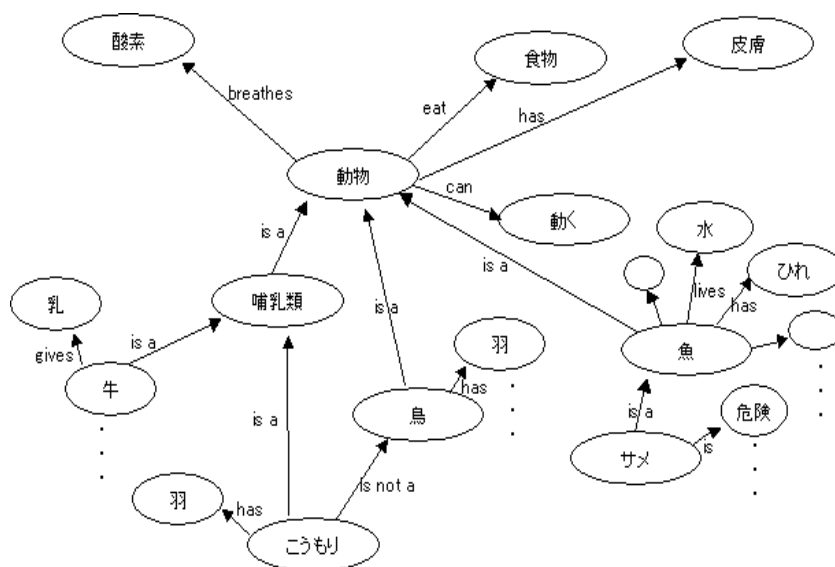


図6 意味ネットワーク、パターン駆動

感情は非合理的であるから工学的対応に向かないという議論は間違っている。Emotion は従来型の論理ではなく、パターンを基盤にしたアプローチであると言うことができよう。これから社会が一層複雑化し、多様化するなかで適切な意思決定をする上で Emotion の持つ意味を検討して行く必要がある。

さらに、Emotion はゆらぎが大きいので、工学処理に不適であるとの議論も、むしろ大域最適では Simulated Annealing のようにゆらぎを与えて、局所最適を脱し、大域最適を目指すことを考えるならば、Open World 化する社会においてゆらぎが大きい Emotion は大域最適化の意味からも重要性を増してくると考えられる[11]。

### (1 2) 意味的コミュニケーション手段の開発

状況に対応するために上記に述べたように、コミュニケーションの重要性が増してきているが、別のコミュニケーションに関連した問題として情報通信の急激な発展によりそのエネルギー消費が膨大となってきた。このまま進めば情報通信が全エネルギー消費の70%ぐらいを占めるとの予測もある。

現状では、設計情報も個別の詳細な情報を伝達している。しかし、エネルギー消費を減らすためには、こうした構造的コミュニケーションから意味的コミュニケーションへと転換する必要があると思われ、そのための手段を開発する必要がある。

期待の実現にはさまざまな手段がある。それらのどの手段を採用するかは状況に応じて異なり、制約をどのように処理するかが重要となる。したがって、状況に応じて制約を適切に処理できる設計システムを構築することが今後望まれる。

なお、これはインテグラル型の製品をモジュラー型の製品設計へと転換する上でも重要であることを付記したい。

#### 4. 学術会議としての課題

上記の現状の設計の問題を解決するためには、一言で言えば、より広く空間、時間の領域を俯瞰する高い視点からの設計方法論の確立が必要である。そのような高い視点に到達するためには「なぜわざわざ人工物を創造する必要があるのか？」と問うことが重要である。

課題を個別に具体的に述べれば、

- (1) 製品を個別に設計するのではなく、社会システム全体の中で捉えて設計する統合的な社会システム設計 (Social System Design) の方法論を学問的に確立する必要がある。
- (2) そのためには、個別の専門分野ではなく、法文系、理工学系を統合化した総合学問体系を確立する必要がある。とくに今後の設計においては、これまでのようにモノの充足ではなく、こころの満足が強く求められている現状から機能的な議論の設計論にとどまらず、感情、状況対応、意味的コミュニケーションなど、心理学、状況論、コミュニケーション論、行動経済学など多くの分野と有機的に協働して新しい設計論を確立する必要がある。

- (3) 現在の日本の工学は同じ路線での内容の深化を指向している研究、教育が多いが、既存の資源で何が可能かを検討し、実現できる水平展開が重要であり、それを実現できる拡散的能力の育成が急務である。
- (4) 日本は完成品を指向した設計論が主体であり、設計的に閉じており、高度化、高級化を指向している。しかし、業界を超えた部品レベルでの共通化を図れば、産業構造をロバスト化でき、さらにそれにより新しい産業の育成も期待でき、中小企業の活性化も期待できる。そのためには業界を超えて設計の共通部分の標準化を目指すべきである。それにより設計負担の軽減化を図ることができる。またそうした状況で独自性を発揮するためにはどの点に注目すべきかを明確化できる設計法の確立を目指すべきであり、それは創造的設計の実現にも資する。
- (5) 従来の設計は静的な状況独立の設計であったが、これからは動的で、状況と対話して最適な形状に変化し、適切な機能を発揮する設計を指向する必要がある。このような動的な設計はモデルを状況に応じて適応させ変化させられる設計であり、従来とは異なる試行錯誤的アプローチを検討する必要がある。
- (6) 動的な、状況に依存する設計では機械の役割は従来のアクチュエータから人間の判断、行動を助けるパートナーへと大きく変化する。そのためにはセンシング機能の充実が必要であり、さらに、このような機械、製品という人工物を構成要素とする人間—人工物の共存システムとして社会システムを新たに定義し、それを解明する学問を構築する必要がある。
- (7) 現状は交換分業の集中系の経済体制であるが、エネルギー消費

の視点からは、自律分散系の産業構造、経済構造を構築する必要があると思われ、学術会議としてその可能性を検討することが強く望まれる。

- (8) このような自律分散系を指向した社会システム設計論の確立の努力は、途上国との共生的発展を目指す BoP (Bottom of the Pyramid) 活動に役立ち、途上国の雇用の増大、その発展に寄与するだけではなく、途上国、新興国との共存共栄にも資する。

#### <参考文献>

- [1] C. M. Christensen, “The Innovator’s Dilemma: The Revolutionary Book That Will Change the Way You Do Business”, Harper Paperback, Reprint Edition, 2011
- [2] 例えば、R. Hausmann, B. Klinger, “The Structure of the Product Space and the Evolution of Comparative Advantage”, CID (Center for International Development) Working Paper No. 146, Center for International Development, Harvard University, April, 2007
- [3] K. T. Ulrich, “The Role of Product Architecture in the Manufacturing Firm”, Research Policy, 24, pp. 419-440, Elsevier, 1995
- [4] A. R de P, Abreu, H. Beynon, J. R. Ramalho, “” The Dream Factory” : VW’s Modular Production System in Resende, Brazil”, Work, Employment and Society, Vol. 14, No. 2, pp. 265-282, Sage Journal, 2000
- [5] C. K. Prahalad, “The Fortune at the Bottom of the Pyramid: Eradicating Poverty Through Profits”, Wharton School Publishing, 2004
- [6] H. A. Simon, “Theories of Bounded Rationality”, Chapter 8,

- pp. 161-176, in C. B. McGuire, R. Radner (eds),  
“Decision and Organization” , North Holland Publishing Co. , 1972
- [7] <http://plato.stanford.edu/entries/peirce> September 5, 2011
- [8] D. A, Schon, “The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action” , Ashgate Publishing, 1995
- [9] J. M. Keynes, “The General Theory of Employment, Interest and Money” , Prometheus Books, 1997
- [10] A. Damasio, “Descartes’ Error: Emotion, Reason and the Human Brain” , Penguin Books, 2005
- [11] S. Fukuda (ed.), “Emotional Engineering: Service Development” , Springer, 2011