

# デザイン工学における美的創造設計論

高梨 隆雄<sup>\*1</sup>

## The Aesthetic Design Methodology on Design Engineering

Takao TAKANASHI<sup>\*1</sup>

In human design with its diverse values, conventional engineering methods by themselves are no longer sufficient in this age of sensibility. At the same time, Leonardo's Codices reveal a sufficient design methodology even for today that promotes aesthetic creative activity. This is seen in his multi-objective design method that made an experiment on his Codices with ISM (Interpretive Structural Modeling). This "the aesthetic design methodology on design engineering that introduction Leonardo's Codices" is an essay that defers from the conventional designing method. And I am convinced that in this age of sensibility, it can become an aesthetic design methodology on design engineering for developmental designing of yet unknown aesthetic products for the future.

Key Words: aesthetic design, design methodology, design engineering, Leonardo's Codices, ISM

### 1.はじめに

感性豊かな彩りの溢れている今、デザイナーやエンジニアは美しい機器に出会うと、その機器がどんな設計方法で美しく設計されたのかに興味がでてくる。デザインや設計を主な業務にしている人にとって、美しい創造的設計に憧れを持たない人はいない。とくに現代は感性時代と云われ、美的設計や創造的設計の出来ることがデザイナーやエンジニアにとって必須条件になってきている

ここに、芸術を科学し工学した、天才と称されているレオナルド・ダ・ヴィンチのレオナルド手稿に視られる美的かつ創造的設計方法やその創造的原理を発見し、それらの研究事例などから、設計と条件を分析、規定し、美的設計方法論に展開した。デザイナーやエンジニアの美的な発想の潜在能力を最大限に引き出してくれるレオナルド手稿の規定条件による演習事例を、構造モデル法によりデザイン工学的に検証する。本論は未知の商品開発設計等に有効な新たな美的創造設計論になることを目的に進める。

### 2.デザイン工学

デザインとは、ある目的に向けて計画をたて、問題解決のために思考、概念の組み立てを行い、それを可視的・触覚的媒体によって表現・表示することといわれている。(デザイン小辞典)

一般に、デザインの設計業務は、コンセプトの立案から仕様の製図を制作するまでの設計過程すべての創造行為といわれている。すなわち、依頼者からインプットされた設計と条件(抽象概念集合)を自分で設計するための条件を自分で設定する設計条件(抽象概念集合)へ転換し、その設計条件をみたすものとしての設計解(具体概念集合)をアウトプットする設計過程(写像)のことを設計方法(図2.1)としていうことができる。(参考文献1.)

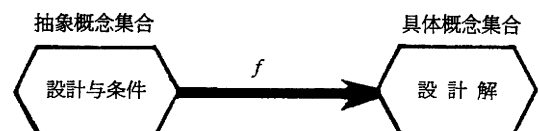


図 2.1 設計方法とは設計と条件から設計解への写像

<sup>\*1</sup> 東京工芸大学 名誉教授  
2004 年 9 月 7 日 受理

そこで、デザイン設計は、デザインを設計という立場からとらえるもので、機械設計という立場からとらえなければ、機械そのものの存在が有り得ないと同じように、デザインの主体そのものである設計からとらえるものである。それは、目標に適合した抽象的な設計と条件を具体的な商品化設計としての設計解へと変換し創造する行為であるといえる。

また、「工学とは、科学知識を応用して、大規模に物品を生産するための方法を研究する学問であり、広義には、ある物を作り出したり、ある事を実現させたりするための方法・手段・システムなどを研究する学問の総称である。」(大辞林)といわれ、また、「工学は、本質的に作るというものの総体を対象とすることによって、作るための科学あるいは技術的知識と、使う者を駆使する社会あるいは人間についての知識とを総合化体系によって 21 世紀を特徴づけるものの中心に位置づけられる。」(吉川弘之: 参考文献 13.) と論じられている。そして現状では、工学の分野に人間との関わりを重視したソフト的な技術・方法が必要となってきた。すなわち人間工学や感性工学などのソフト的要請となっている。工学的システムにこれらのソフト的機能を導入するとき、人間との接点に特に着目したとき、ヒューマンインターフェイスであることを要請されているデザインは工学との密接な関係をもつことになる。ここに、推測や推論に関する多くの工学的方法がデザイン設計方法に導入できる。導入に際して本論では、後出 5. の逆写像による仮設計解を創出した点に特徴がある。(参考文献 8.)

そこで、デザイン工学は、ある工業的生産の目的に向けて計画(設計と条件)をたて、その問題解決のために思考や技術の組み立て(設計方法)を行い、それを可視的触覚的媒体によって提示(設計解)するためのマン・マシンシステムによる創造方法を、作るための技術的知識と使うための知識との総合的かつ体系的に研究する工学的学問領域であるといえる。

デザイン工学の対象とは、すでに存在する商品や技術に加え、これから生み出される商品等を含む必要があることになる。特に、この未知の商品開発設計のほうが主要な目的となる。

### 3.美的創造設計論

美的創造設計論が、何を対象に、どのような問題

設定や設計方法論により、何の役に立つか、感性時代における美的創造設計方法について、創作者すなわちデザイナーやエンジニアの感性的思考方法からの要請であるとすれば、美的創造設計は、設計するための美的な創造的実施方法を与えるという役割を担うことになる。ここに、創作者の主観的な美的に方向づけられた考察のなかで、質という客観的な美的感性に基づく設計条件や設計評価による美的創造設計が、感性重視の現時代における美的な設計経過として必要となってくる。そして、ある対象を美的に創造し設計しようと感じたとき、さまざまに相互に関連のある意識のなかから、何が美的主題となるかを示唆し評価し得る設計方法論が必要となる。

そもそも美的創造設計論への視点として、今日的必要性は、感性重視という時代的な変化に対応する何らかの普遍的設計方法論の必要性であるが、その他に、新しい領域の確立が必要な体系的設計方法論の必要性、美的に矛盾しあう複雑な問題が生じたときの問題解決のための美的設計方法論の必要性、同じ感性的ミスを未然に防ぐための規範的な美的設計方法論の必要性、自己中心的な感性的事項に対応が必要なときの客観的な美的設計方法論の必要性などがあげられてくる。すなわち普遍的、体系的、規範的、客観的そして問題解決のための美的創造設計論の必要性ということになる。また、適用対象として何を対象にするのか? その効果は? などの問題があるが、美的創造設計論として適用対象そのものの捉え方が重要な問題となる。(参考文献 18.)

ところで、創造設計に対する美は、ギリシャ時代の黄金分割の例を見るまでもなく問われ検証されてきているが、一般の現代社会で醜も美なりといわれてきているように、その感覚も理念も混沌としてきている。しかし、実際の設計業務の中では、無意識のうちに設計や製図に、美を創造しようとしてきている。これは、今もなお、設計の原点に美のアイデアが存在していることを示す。ここに、現代設計に対する美的対象として、設計方法の美的な問題解決に、創造設計論を提起した理由がある。

美的とは、哲学的な解釈では、美の価値現象の全領域を包括することと云われている。これは、われわれが直接に体験して感じた主観的な直感価値としての美がすべての価値観を表しているとされる。し

かし、美的設計についての美的論争は、その主観的形態あるいはその客観的形態をめぐっての両者の価値観論争となっている。この場合、主観と客観という言葉は多義的に捉えられているが、現代デザインの形態に対する主観的価値反応の結果は、流行などの認識批判に従って前批判的なものとみなされている。結局のところカント(Immanuel Kant,1724-1804)の主張する美的な趣味判断の客観性が問われていることになる。この場合に根底に置かれる趣味の定義というものは、趣味とは美を判定する能力であるということである。美的な趣味判断はその限りにおいて必然的に美的設計の重要な構成事項として客観的に必要となってくる。判断力というカント的概念は、主観的に方向づけられた考察のかたちで、質という客観的な美の中心価値観とされる。すなわち美的設計の質の善し悪しに向けられていることになる。美的設計についての主観性は、客観化されることによって設計の美的質となってくる。そして、ある設計対象が美的といわれるために必要とされることは、趣味判断の分析によって判定されることにもなる。(参考文献 14.)

ここで、客観化された美の規定を美的設計論的に考察すると、次の3つの美の規定が存在すると考えられる。

規定 1. 美的設計における美の所在に関する規定

規定 2. 美的設計における存在の完全性に関する規定

規定 3. 美的設計における直感性に関する規定

規定1は美的形式原理などに裏付けられた美の所在の確定に関する規定であり、その美の構造は、人間が精神と肉体の統一であるのに似て、美は物質性(形式)と精神性(内容)の融合からなる。規定2は美の存在の完成度などで検証される完全性に関する規定である。規定3は直感性すなわち感性に関する規定であり、美的感性によって客観化された美の規定と解することができる。

さて、「創造とは、それまで無かったものを始めて造り出すこと。」(大辞林)、「自分の考えで新しくつくり出すこと。」(三省堂国語辞典)、「創造とは、より高い価値の実現を志向して所与の現実に働きかけ、それを変えてゆく力動的な現象のこと。」(佐々木健一:美学辞典)といわれている。従って、創造設計することは、一般的には、未知の創造対象に

挑戦し、新しい設計問題に妥当な解決を与えることである。狭い意味では、独自の設計方法でものを産出する設計能力をも意味することになる。創造設計をする前提となるのは、現実のいかなる変化に対しても高度の直感性を持ち、設計済みの定型化した設計方法を改訂し、これを新しい状況に対応させる完成度の高い創造的能力を持つことである。本論の美的創造設計論とは、感性時代の今、未知の創造対象に挑戦し新しい美的創造設計問題に妥当な解決を与える設計論のことである。

## 4.写像的設計方法論

一般に、設計業務は、コンセプトの立案から仕様の製図を制作するまでの設計過程すべての創造行為といわれている。すなわち、依頼者からインプットされた設計と条件(抽象概念集合)を自分で設計するための条件を自分で設定する設計条件(抽象集合)へ転換し、その設計条件を満たすものとしての設計解(具体集合)をアウトプットする設計過程(写像)のことを総称してデザイン設計といえることができる。すなわち、単的にいうならば、デザイン設計方法を抽象概念から具体への写像(図2.1)として捉えることとする。ここで、写像とは、ある集合の任意の要素に対し、別の集合の要素に対応させる規則をいう。

通常、デザイン設計の業務は、デザインの市場調査→市場分析→デザインコンセプト→アイデアスケッチ→レンダー(商品の完成予想図)→モックアップ(商品のモデル)→デザイン決定→デザイン仕様→意匠登録までのデザインプロセスといわれる。すなわち、依頼者からインプットされた設計と条件(抽象概念)をアウトプットする設計過程の写像のことをデザイン設計方法といえることができる。

ここで、デザイン設計方法とは抽象概念から具体への写像  $f$  として捉えることとする。ここでの写像  $f$  は、設計過程として捉え、設計と条件から設計条件を経て設計解を求める設計方法の合成写像となる。

設計条件の集合を  $X_1$ 、設計解の集合を  $Y_1$  とする。設計条件の要素 ( $x \in X_1$ ) を決め、必ずそれに対応して設計解 ( $y \in Y_1$ ) が定まるような設計方法が存在するとする。この設計方法のことを設計条件  $X_1$  から

設計解  $Y_1$  への写像といい、 $f: X_1 \rightarrow Y_1$  の記法を用いて表現する。そして設計条件の各要素( $x \in X_1$ )に対して、この写像による  $x$  の像である設計解  $Y_1$  を  $f(x)$  で表記する。一般に、デザイン設計  $f(x)$  は、設計と

条件  $X_0$  から設計条件  $X_1$  を経て、設計解  $Y_1$  を求める合成写像  $f_2 \circ f_1$  となる。設計条件から設計解を得るための条件を自ら設定する設計条件への写像は、 $f_2: X_0 \rightarrow X_1$  である。

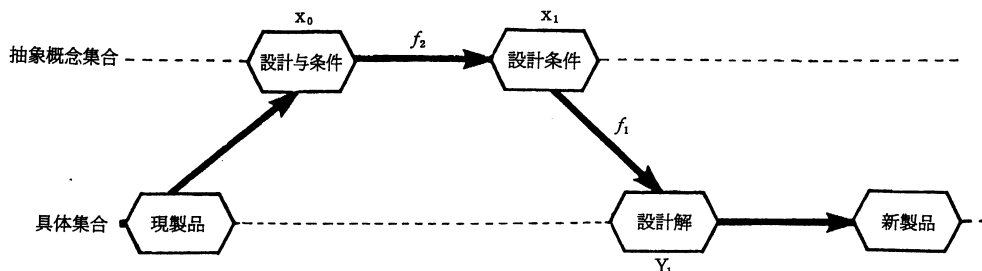


図 4.1 一般的设计プロセスフロー

また、設計条件から設計解をさめる写像  $f: X_1 \rightarrow Y_1$  はより多くのステップから成り立っている。まず設計条件から分析・総合・展開の創造プロセスを繰り返して設計を行う。これらの過程は、イメージスケッチ・アイディアスケッチ・ラフスケッチ・レンダー・ワーキングモデル・スケールモデルなどの製

作・シミュレート・評価を行いながら、形態・構造・機能の最適化(仮設)を実施する。仮設が終わると、モックアップモデルなどの試作・シミュレートの評価・判断を経て、設計解つまり最終的な商品化モデル・商品化設計図・デザイン仕様などをアウトプットする。

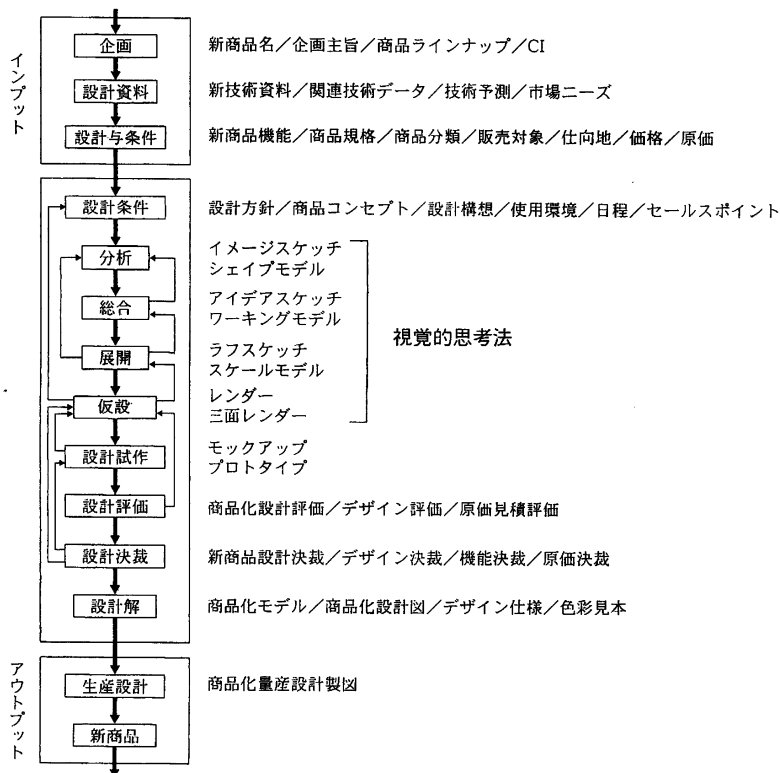


図 4.2 視覚的思考法を導入した設計方法

このような設計過程の各ステップに視覚的思考法(Visual Thinking)が大きく関与している。視覚的思

考法は、あらゆる思考は知覚とくに視覚をもったもので、視覚の作用は推理の基本的な思考をもってい



るとされる。つまり各ステップを踏んで設計過程を進める際に、視覚的思考法による写像的設計方法が不可欠となり、より創造的な設計が可能になる。(参考文献 19.)

## 5. 仮設計解の創設

通常の商品化設計に用いられる設計方法は、設計と条件から設計条件、さらに設計解を求める手法である。しかし、技術開発の急進、開発期間の短縮、価値観の多様化、流通の激変など商品を取りまく環境の変化は著しく、設計方法への影響はおおきい。このため、とくに緊急を要する開発先行型の商品化設計においては、通常の設計方法ではユーザーニーズを満たす設計解を迅速に引き出すのはむずかしい。そこで、その対策のひとつとして、設計解と恒等(Identity)的な関係を持つ仮の設計解を想定して、通常の設計条件から設計解への写像をバイパスした設計解への写像関係(図 5.1)を提示する。ここでの恒等的な関係とは、設計解自体をできるだけ等しく対応させることであり、これは設計解と恒等的な関係を形成させることであり、仮設計解を具体集合上に位置づける写像関係で、最終解答である設計解を想定しながらの仮設計解へ要求される写像に対して、仮設計解から設計解への写像は逆写像となる。

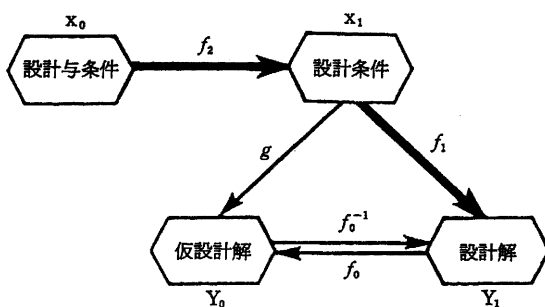


図 5.1 設計解と恒等的関係にある仮設計解

ここで、仮設計解は、ある仮定の条件をみたす解であるために、厳密な条件で求められる設計解を含む写像関係(包含関係)の解となっている。

一般に、形状や形態を先に与えた場合、性能や機能は一義的に決まるが、逆に性能や機能が与えられても、それを満足する形状や形態は一義的に決まら

ず、一般には多数存在することになる。具体集合が与えられたときこそ、その属性として抽象概念集合が一義的に決まる。

この写像関係に着目して、一般的な商品化設計の写像  $f$  に、その設計解  $Y_1$  と恒等的関係  $I_y$  を形成させ、単射的写像たとえば感性に基づく設計美学を主題とした写像  $g$  を導入し、設計解  $Y_1$  へ逆写像  $f_0^{-1}$  させた仮設計解  $Y_0$  を具体集合に位置付けると、抽象概念集合である設計条件  $X_1$  が一義的に決まり、速やかに設計解  $Y_1$  が決まることになる。ここで仮設計解  $Y_0$  は、ある仮定の条件を満たす解であるため、厳密な条件で求められる設計解  $Y_1$  を含む  $Y_0 \supset Y_1$  の解となっている。それらの写像関係を示すと、

①一般的な商品化設計の写像  $f$  は、  

$$f = f_2 \circ f_1 \dots\dots\dots 1 \text{ 式}$$

②設計解  $Y_1$  と仮設計解  $Y_0$  の恒等的関係写像  $I_y$  は、  

$$I_y = f_0^{-1} \circ f_0 \dots\dots\dots 2 \text{ 式}$$

③単射的写像  $g$  を用いた仮設計解  $Y_0$  をなかに、設計条件  $X_1$  と設計解  $Y_1$  の写像関係  $f_1$  は、

$$f_1 = g \circ f_0^{-1} \dots\dots\dots 3 \text{ 式}$$

④したがって、1 式に 3 式を代入して得られる合成写像は、

$$f = f_2 \circ g \circ f_0^{-1} \dots\dots\dots 4 \text{ 式}$$

4 式は、設計解と恒等的関係をもつ仮設計解  $Y_0$  を創設したことによって得られた合成写像である。

(参考文献 3.)

## 6. 現代的要請の天才創造論

感性の時代といわれて久しく、その熟成期に入りつつある現在、商品をより感性的より美的という感受性を条件とする感性重視の商品化設計方法が問われてきている。

感性を、外界の刺激に応じて感覚・知覚される感受性と受け止め、その感性的認識の完全性を美と規定したバウムガルテンの美学に因るまでもなく、美は元来感性的であり、いかなる芸術も感性を欠くことはできない。そして、芸術はテクネー(技術)であり、芸術が他の技術と区別されるのはそれが美的価値を実現する技術だからである。ここに、天才レオナルドが追求した芸術の科学や工学への現代的な要請がある。

天才の特徴は、その感性的才能における創造性に

ある。われわれにくらべて、極めて高い感性的能力を先天的にもっている人が天才といわれてきている。そして天才は、一般性のある規則では得られないものをつくり出す創造性を特性とする。その獨創性は、人々に感動を与え、学習活動の範型とはなるが、本人自らそれを認識していない。そして、一般的な天才の感性的特徴は、ある矛盾性や不安定性にあり、かえってそれが天才の優れた創造性を促進させている。

創造性は単なる偶然性ではない。偶然では優れた創造は不可能である。一方、模倣が繰り返しの能力であると同時に、より鋭い認識能力をもたらすことがある。模倣的な学習や演習が、創造へと通ずる方法論であることは否定できない。

ここに、われわれは、芸術を科学し工学した天才と称されているレオナルド・ダ・ヴィンチのレオナルド手稿に接したとき、その矛盾性や不安定性を含めて、天才レオナルドの設計方法論を現時代的創造活動の要請として積極的に享受し模倣したくなる。

創造物の美的創造設計方法を理解しようとしているデザイナーやエンジニアにとって、創造物それ自体についてのレオナルド的な観察が必要である。それは自然を師にしての形態なのか？ その形態は機能に適合しているのか？ それはどんな機能美を満たすことを意図した形態なのか？ などなどである。本論は、この天才レオナルド・ダ・ヴィンチの手稿にみられる手法を導入した美的創造設計方法論を展開してゆく。(参考文献2.)

## 7.レオナルド手稿

芸術の本質を追求し自然を探究しつつ、芸術を科学し工学した天才レオナルド・ダ・ヴィンチの絵画における業績は、偉大な芸術家としての評価であり、賞賛であった。たしかにレオナルドを芸術家としてみるのは正当ではある。しかし、それはレオナルドの創造活動のすべてとみるのではなく、絵画の本質の追求のための科学や工学の技術に関する広汎な創造活動などがレオナルドのスケッチ帳にみられる。その活動分野は天文学、数学、物理学、特に動力学、流体力学などの自然科学系、機械要素、工作機械、水力機械、農耕機械、飛行機、ヘリコプター、船などの工学技術系、人体解剖学、運動学、

生理学などの生態科学系、その他土木工学、水利工学、地理学、建築学、運河、都市開発そして軍事技術など、あらゆる科学・技術の分野にわたっている。

創造的発想を必要としている現代エンジニアにとって、これらのレオナルドの原理、方法は最大の美的そして工学的価値を持っている。彼はしばしば抜けた美的な描写力と空想能力により、彼独自のエンジニアリングデザインを展開し提示してきた。

当時のイタリアは、高度ルネッサンスと呼ばれ、ルネッサンス文化の最盛期にあたり、芸術が盛んになっていた一方、科学や工学などの技術はまだ芸術と分離されていない状況にあり、学問として認められていなかった。したがって、ルネッサンス文化を芸術の面からのみ評価し、科学や技術の文化の面については無視されがちであったといえる。そのような時代、「モナ・リザ」創作の年代すなわち1503年から1506年のあいだに、「モナ・リザ」の外、「アンギアーリの戦い」、「岩窟の聖母」などの名作に取りかかりながら、運河や要塞などの設計、「鳥の飛翔」、「水の運動」などを研究する一方、病院で人体解剖を実施し続けていたレオナルドのスケッチからは、はたしてどんな発想法が解明できるのか。それらのスケッチブックは、実際の技術計画よりむしろ多くの仮設のアイデアスケッチでいっぱいになっていた。しかし、それにもかかわらず、彼の芸術と科学の間の関連は両立されていたといえる。

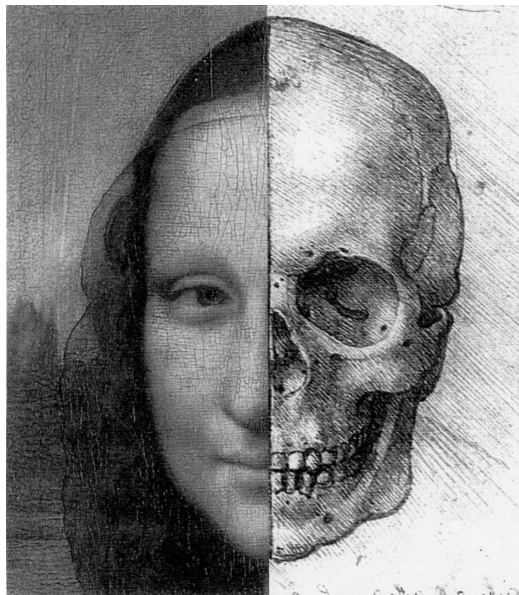


図 7.1 モナ・リザと頭蓋(解剖学手稿 B)の並列図

例えば、図 7.1 の「モナ・リザ」と頭蓋解剖の各々の半面を合わせた並列図は、眼、鼻、口、顎のプロポーシオンが見事に一致する。このことから「モナ・リザ」創作はアナトミカルデザインであることが解明される。これは、形態の基本的な構成を皮膚や肉よりも骨格で表現するという解剖学的発想による創作といえる。

彼の仮設計解であるアイデアスケッチは、当時は設計解としてほとんど実現化されなかったが、それらのエンジニアリングデザインが原理的に間違っていたからではなく、発明に対する最初の仮設計解としてのアイデアであったうえに、レオナルド自身の多くの発明は、設計解のための技術的実現の可能性が何世紀も早すぎたのであった。彼は、それを実行するよりも、むしろそのアイデアである仮設計解そのものに興味を持ち研究していたように思われる。(参考文献 2.)

設計方法として、レオナルドのスケッチ帳すなわちレオナルド手稿を考察する。手稿とは一般的用語としては使用されていない言葉ではあるが、手書きの原稿を意味し、レオナルドの手稿とは、文字原稿を含めたアイデアスケッチおよびレンダリングなどの具体的な概念集合と解することができる。

レオナルド手稿は、あらゆるものの観察記録、創作、研究、考察などが、大小さまざまな紙にかかれ、すでにフランス学士院図書館、ミラノ・アンブロアーナ図書館、英国王室ウィンザー離宮図書館、大英博物館等に計約 5000 ページが所蔵保存されてきたが、これらは全手稿の約三分の二程度で、あとの三分の一は散逸しているものと推察されている。1965 年、マドリッド国立図書館の一隅に二冊の手稿 700 ページの現存が発見された。これに因んでレオナルド・ダ・ヴィンチのマドリッド手稿(Codices Madrid)と呼ばれ、これはレオナルドがミラノに滞在中の 14 年間で、その創造力の最も旺盛だった壮年期のもので、特に力学の理論と応用、工学としての機械工学、光学、流体学、水利計画、築城、鳥の飛翔、航空学等々、その円熟充実した内容はこの「万能の天才」の思考力と表現力、その思考の根底に潜む芸術と科学の融合の極意が窺われ、この出現はレオナルドの全体像の殆どを明らかにするのみか、ルネッサンス期の科学、科学史、美術史等に新たな光をあてる文化の大遺産として 7 年間の困難な解読作業の後、1975 年、

英、米、西、伊、独、蘭、日の出版社(日本:岩波書店)の画期的な技術分担による国際共同の 5 セット(手稿複製、解説、索引、解読イタリア語と各国語訳、訳注)が完成した。(参考文献 10.)

レオナルドを近代的な科学のビジュアルシンキングの祖すなわち科学的図解の父と称してもよい。異常なほどの好奇心を持っていた以上に、鋭い観察力、ずば抜けた空想力、加えて素描に表現する絵画力との総合にもとづいている視覚的思考法の天才デザイナーである。アーチストエンジニアの原形としてのレオナルドを、すべてのレオナルド手稿の紙面は感じさせてくれる。そして、このレオナルド手稿は、レオナルドが左手で文字を裏返しに書いていたので、全て鏡像(鏡面)文字となっており、ペンとインクまたはチョークでかかされている。また図も、人体解剖や地図の一部を除いては逆向きの左面図になっている。これは、印刷を前提とした図法ではないかと思われる。版の向きは原画と逆になるからである。

これは、天才故の方法論であろうか。天才の感性的特性としての矛盾性や不安性からの指摘として、現状では造れそうもない多数の機器や装置の創出、一枚の紙に一见無関係とみなされる図像群による多目的図解法などの視覚的思考がみられる。また、これらの図解と同時に、鏡面文字による説明がつけ加えられ、ときとして散文や詩も書き添えられている。この芸術性豊かな視覚的思考法が、通常の設計方法に示唆を与えることとなる。しかし、レオナルド手稿は製造条件を設計条件の絶対必要条件として設定しなかったレオナルドの設計方法、すべてを視覚化して考えるレオナルド独自の視覚的思考法による多目的最適化設計方法、すべてを自動化して考える自動化設計方法等の仮設計解への指向は、勝れた創造活動を促進する設計方法を示して、現代へ十分な実績を見せつけているのである。

## 8. レオナルド・アイデアスケッチ発想法

レオナルド手稿は、原則として、1 枚につき 1 テーマという視点で書かれてはいるが、1 枚の用紙に 1 点のイラストや図で終わることなく、おおかたは数種の図形が描かれている。例えば、鞆(ふいご)のための一連の新しい音楽的装置「和音楽器につい

て」をテーマとする画面に、鞆を視点として、トラ  
ンペット風の3本管が突き出ている鞆、小型の手持  
ちオルガンに適用された鞆、室内オルガンに適用さ  
れた鞆、鞆の送風装置のメカニズム、そして着飾っ

た若い音楽家の演奏シルエットなど、ここに1枚の  
画紙に展開しているレオナルド独自のアイデアス  
ケッチ方法をみることができる。

図 8.1 (参考文献 12.)



図 8.1 鞆のための一連の新しい音楽的装置(マドリッド手稿II fol.76r)

これは、同一視点にたつての多種内容の提示をし  
ている。すなわち、同じ用紙に、各種鞆の応用や音  
学家と一緒にベルトや歯車などを提示して、これら  
を同一視点から思考することの意味を示唆してい  
る。

すなわち、天才レオナルドのイメージには、突然  
他の内容が同時にひらめくのには違いない。それを同  
一視点とすることによるテーマの見事な展開であ  
る。その場合、同時に浮かんでくるイメージを瞬時

にスケッチし、思考を図示してゆく視覚的思考法は、  
具体集合としての仮設計解を表出するレオナルド  
独自のアイデアスケッチ法である。

このレオナルド・アイデアスケッチ法と、現在わ  
れわれがデザイン業務としているアイデアスケッ  
チやレンダーの方法とを比較してみると、天才に  
はわれわれには及ばない秀れたひらめきの方法が  
あるという見方ではなくて、われわれの常識として  
いるデザイン業務内ではとらえることのできな

った方法を提供してくれていると理解すべきであろう。仮設計解への新たな方法の提示として捉えてゆくことができる。

## 9. 設計条件のレオナルド的発想設定法

一般に、設計方法は、ある特定の種類の問題を解決する方法であり、設計と条件や設計条件を充足させる状態に、設計解を関連づける設計方法である。そして、設計方法には、分析的方法と構造的的方法と考えられる。分析的方法とは、現存しているものに導入される問題解決のための方法であり、科学的方法であるといえる。一方、構造的方法は、まだ現存していないものを、新たに創り出すための方法であり、創造的方法であるといえる。

さて、レオナルド手稿からみた設計方法は、特定の問題を解決する最適化設計方法というよりはむしろ、不特定の問題に対応する多目的最適化設計方法と言える。また、レオナルドの自然に対する観察力の鋭さから分析的方法も読み取れるが、レオナルドの主題は当然、現存していないものの創造にあり、構造的な方法である。そして、そのために、分析的方法の存在があるともいえてくる。

これは、天才ゆえの方法論であろうか。天才の感性的特性としての矛盾性や不安性からの指摘として、現状では造れそうもない多数の機器や装置の創出、一枚の紙に一目無関係とみなされる図像群による多目的図解法などの視覚的思考法がみられる。また、これらの図解と同時に、鏡面文字ではあるが、文字による説明がつけ加えられ、ときとして散文や詩も書き添えられている。この芸術性豊かなレオナルド的視覚的思考法が、通常の設計方法に示唆を与えることとなる。

すなわち、レオナルド手稿には、製造条件を設計条件の絶対必要条件として設定しなかったレオナルドの設計方法、すべてを視覚化して考えるレオナルド独自の視覚的思考法による多目的最適化設計方法、すべてを自動化して考える自動化設計方法などがみられ、これらによる仮設計解への指向が勝れた創造活動を促進する創造的発想方法を示して、現代へ十分な実績を見せつけているのである。

ここに、レオナルド手稿、主としてマドリッド手稿Ⅱからの発想法解析ではあるが、現行の設計方法

への創造的発想方法による仮設計解創出の条件として、レオナルド手稿法を導入した新アイデアスケッチ法について次の4条件を設定することができる。

条件 1. スケッチ用紙 1 枚 1 テマとし、同一視点からの同時発想。

条件 2. 視覚的思考法による多目的最適化発想。

条件 3. 文字による簡単な解説と同時に詩の添付。

条件 4. 設計条件に製造条件を絶対必要条件としない。

この製造条件を設計条件の絶対必要条件として設定しなかったレオナルドの設計方法は、レオナルドの手稿に多く見ることができる。レオナルド手稿の天才デザイナーによる条件設定のしかたは、レオナルド的創造設定法とでもいうべきものである。

この特異な創造的発想方法とも言えるレオナルド手稿に基づく創造的設計方法の条件設定が、現行における通常の設計方法の美的な創造的問題解決に強烈な示唆を与えることとなる。

## 10. レオナルド手稿を導入した新アイデアスケッチ演習事例

このレオナルド手稿に基づく創造的設計方法の4条件設定にしたがい、美の規定3の感性による仮設計解の演習事例として、「未来型モノコックマシン」のアイデアスケッチ演習課題」の学生作品による美的創造設計実習例(図 10.1)を提示する。(参考文献 1/2.)

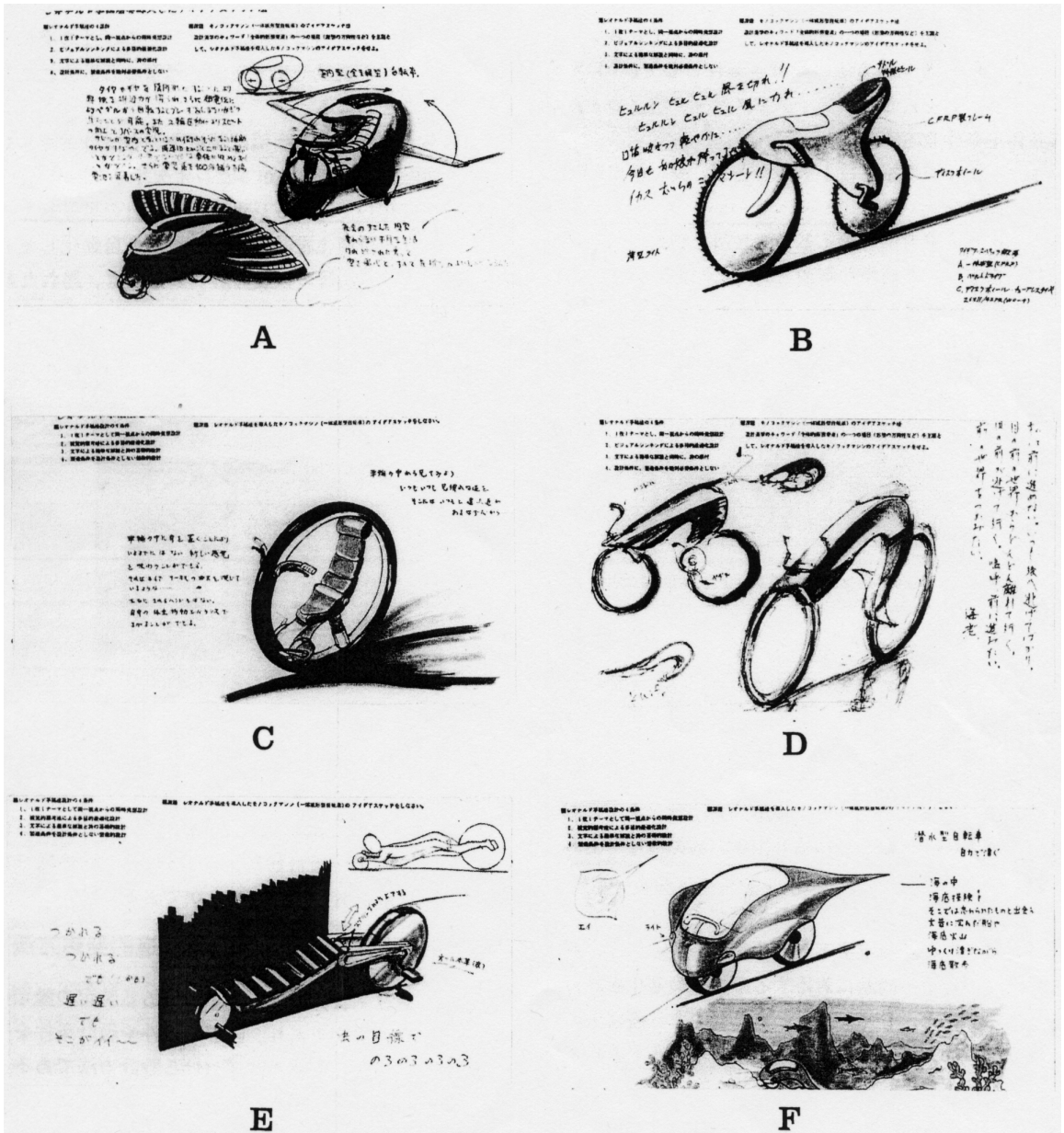


図 10.1 レオナルド手稿法を導入した新アイデアスケッチ演習事例(学生作品)

以上、創造的設計方法の4条件設定を基に、直観的で簡単な事例であるが、未来型自転車の独創的発想のアイデアスケッチ演習事例による仮設計解群である。

- A: 空飛ぶ鳥からの楕円車輪型自転車の独創的発想。
- B: スペースシャトルからのモノコック型自転車の独創的発想。
- C: タイヤの中からみた車輪型自転車の独創的発想。
- D: 海老になってみたバック可能なモノコック型自転車の独創的発想。
- E: 虫の目線からみた地を這う自転車の独創的発想。
- F: 魚になってみた潜水型自転車の独創的発想。

通常のデザイン業務のアイデアスケッチ法では得られない、詩などを添付したユニークで多彩な作品群の新アイデアスケッチ提案である。

## 11. 新アイデアスケッチの構造モデル階層化

これら学生の各自の主観によるレオナルド手稿法を導入した新アイデアスケッチ法を、客観的な創造的発想方法として検証してみる。この発想法の客観的な検証法として構造モデル ISM(Interpretive Structural Modeling)法を適用する。

構造モデルとは、課題項目の相互関係は点と線と方向で構成されネットワークシステムで表現可能という思考に基づいている。この構造を解析する手法として、グラフ理論が応用でき、解析された結果に基づいて簡潔に表示されたグラフは、設計過程を理解するための有効な方法となる。グラフ理論での対象は全般的な関係であるが、構造モデルで扱う関係は因果関係が多く、その関係を視覚的に矢印で因果の向きを表した流れ図としての有向モデルである。構造モデルは、多変量解析に比べてあいまいさを指摘されるが、大きく感性的に捉えることから、発想法の検証には適した方法と言える。構造モデル ISM法は、サンプルや問題などの2項目の関係に注目して、関係の方向を有向グラフ化階層化する方法で、2つの項目間の関係を有向グラフ化できることは各項目間に影響や順序関係が存在することを意味することとなる。この構造モデルを、レオナルド・ダ・ヴィンチ発想法の原理解析に適用し、アイデアスケッチ法(学生作品)についての階層化を求める。(参考文献3.)

この構造モデルのデータ作成法は、キーワード項目間の2項目の関係に注目して、関係の方向を有向グラフ化し階層化する方法で、2項目間の関係を総合的に有向グラフ化することによって、各項目間の影響や順序関係を構築することにある。作品提出者の学生34名に、レオナルド手稿法を導入したアイデアスケッチ法について、設計と条件・設計条件・同時発想・多目的最適化・詩・文字解説・視覚的思考方法・製造条件・仮設計解・設計解の10語のキーワードからの構造モデル調査の提出を求めた。このキーワードを課題項目として、課題項目(i)が課題項目(j)に影響を与える場合は1を、関係のない場合には0を与えるというルールにしたがって、キーワードの構造モデル調査用紙を作成した。(図11.1)

レオナルド手稿法を導入した構造モデル調査用紙

課題項目(i)が実現すれば  
課題項目(j)の実現がなお容易になりますか?  
回答: yes.=1 no.=0

課題項目(i)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A										
B										
C										
D										
E										
F										
G										
H										
I										
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

■ 構造モデル階層図  
グラフ化の条件として  
パイパスは省略する

■ 構造モデル相関図

```

    graph TD
      J --- A
      J --- B
      J --- C
      J --- D
      J --- E
      J --- F
      J --- G
      J --- H
      J --- I
      J --- J
      A --- B
      A --- C
      A --- D
      A --- E
      A --- F
      A --- G
      A --- H
      A --- I
      A --- J
      B --- C
      B --- D
      B --- E
      B --- F
      B --- G
      B --- H
      B --- I
      B --- J
      C --- D
      C --- E
      C --- F
      C --- G
      C --- H
      C --- I
      C --- J
      D --- E
      D --- F
      D --- G
      D --- H
      D --- I
      D --- J
      E --- F
      E --- G
      E --- H
      E --- I
      E --- J
      F --- G
      F --- H
      F --- I
      F --- J
      G --- H
      G --- I
      G --- J
      H --- I
      H --- J
      I --- J
  
```

A: 設計と条件  
 B: 設計条件  
 C: 同時発想  
 D: 多目的最適化  
 E: 詩  
 F: 文字解説  
 G: 視覚的思考法  
 H: 製造条件  
 I: 仮設計解  
 J: 設計解

回答値:  
 調査数:  
 要素数:  
 最大得点:  
 カット値:

図11.1 レオナルド手稿法を導入した  
構造モデル調査用紙

今回の調査の条件に、最終項目としての設計解を無有向キーワード(すべて0)とし、複数の提案学生に実施して、調査数34、キーワード数10により集計データ一覧表を得た。この一覧表より、カット





このレオナルド・ダ・ヴィンチ発想法のキーワードの最多7階層図は、2通りの方法による選択肢を得たことになる。すなわち、設計と条件から出発して第2階層の設計条件へ、第3階層では同時発想・多目的最適化と詩・文字解説の2通りに別れ、第4階層の視覚的思考方法で合流し、第5階層のレオナルド手稿に基づく仮設計解へと続く。そして第6階層の製造条件を経て、最終の第7階層の設計解に達する流れが知れたことになる。この階層結果は、学生作品の構造モデル化による新アイデアスケッチ法(図11.3の点線内)と解することができる。

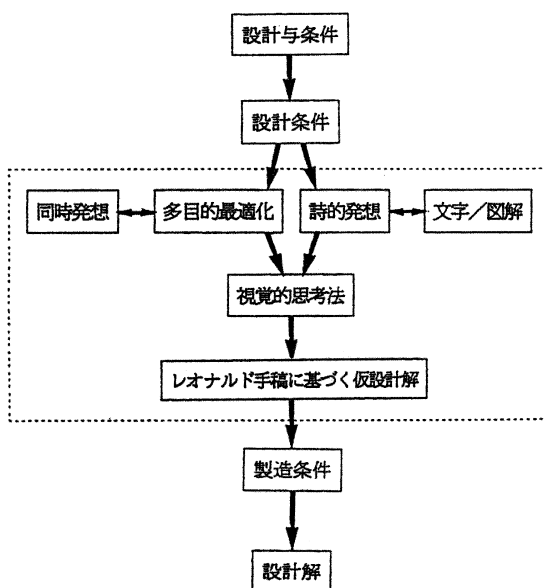


図 11.3 レオナルド・ダ・ヴィンチ発想法に基づく  
新アイデアスケッチ法

これは、レオナルド・ダ・ヴィンチ発想法の設計方法として、自ら設定した設計条件にしたがって同時発想・多目的最適化の科学的思考と詩・文字解説の芸術的思考の2方向からの視覚的思考方法への融合が指摘されたことになる。なお、学生作品の発想実習例からみると、科学的思考にはアイデアスケッチ学生作品 A・B・C、が相当し、芸術的思考にはアイデアスケッチ学生作品 D・E・F が相当するものと検証される。

## 12. 新アイデアスケッチ法による美的創造設計論のデザイン工学的考察

デザイン工学は、ある工業的生産の目的に向けて設計と条件をたて、その問題解決のために思考や技術の設計方法を用いて、可視的触覚的媒体によって設計解を創出するための美的創造方法を、作るための技術的知識と使うための知識との総合的かつ体系的に研究する工学的学問領域である。そのデザイン工学の対象とは、すでに存在する商品や技術に加え、これから生み出される新商品や新技術等を含む必要があることになる。この未知の商品開発設計のほうが主要な目的となる。

デザイン工学における設計業務は、依頼者からインプットされた設計と条件（抽象概念集合）を自分で設計するための条件を自分で設定する設計条件（抽象集合）へ転換し、その設計条件をみたすものとしての設計解（具体集合）をアウトプットする設計過程（写像）のことを設計方法ということが、前項2.デザイン工学図2.1にみられる。

①  $f = f_2 \circ f_1 \cdots \cdots \cdots$  1式

ここに、美的創造設計論の設計プロセスフローにおける仮設計解へレオナルド手稿に基づく4条件設定を導入する。導入に際して、条件4の設計条件に製造条件を絶対必要条件としない条件が、製造条件を含めた総合的に研究する工学的学問領域とされるデザイン工学に融合されない条件設定との指摘はあるが、デザイン業務は常に付加価値を追求していく設計業務であることから、意識的に技術革新や技術開発を導出させる使命がある。したがって4条件設定によって創造された仮設計解から、技術革新や技術開発を導出させる条件として、新たに設計と条件への写像が本論ではデザイン工学の責務となる。

そこで、一般的な商品化設計の写像  $f(1式)$ は、レオナルド手稿に基づく新製品化設計の写像  $f'(5式)$ に変換する。

⑤  $f' = f_2 \circ g \circ h \circ f_2' \cdot f_1 \cdots \cdots \cdots$  5式

$f_1$  :設計条件→設計解の写像

$f_2$  :設計と条件→設計条件の写像

$f_2'$  :新設計と条件→新設計条件(レオナルド手稿に基づく新設計と条件の追加導入)の写像

$g$  :設計条件→仮設計解(レオナルド手稿に基づく4条件設定の条件導入)の写像

h : 仮設計解→新設計と条件(レオナルド手稿に基づく仮設計解からの要求導入)の写像

また、デザイン工学にレオナルド発想を導入した合成写像的な設計過程を美的創造設計方法のフローとして図示する。(図 12.1)。

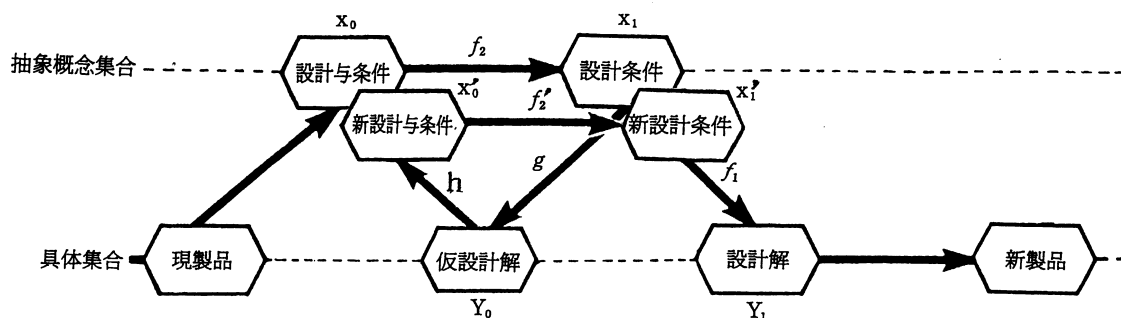


図 12.1 デザイン工学にレオナルド発想を導入した美的創造設計方法フロー

このレオナルド手稿に基づく4条件設定の導入による新設計プロセスフローは、通常のデザインプロセス・フローである、現製品→設計と条件→設計条件→設計解→新製品のフローを変えて、現製品→設計と条件→設計条件→仮設計解→新設計と条件→新設計条件→設計解→新製品の新しいデザインプロセスのγ文字型設計方法となる。

### 13. おわりに

レオナルド手稿の指向は、仮設計解に提示した未知の技術と条件を設計と条件として位置付けることにあったのではなかろうか。すなわち新技術等を導出させる写像 h による新しい設計と条件となる。形態や機能の図像を与えた場合、抽象概念集合の性能や機能は一義的に決まりやすい。そこに着目すれば抽象概念集合である設計と条件の設定は十分に考えられるし、未知な開発商品の設計解への流れは創造的設計方法論の本流となる。

レオナルド手稿解析からの4条件設定のなかでも最も問題視されているのが、製造技術の設計条件に関することであろう。製品をつくりやすく、確実にでき、コストを低減させる設計条件の必要性である。しかし、このような現状の製造条件を自らの設計条件とする設計方法は、一般的な設計方法ではあるが、常にすべてに通じる万能の設計条件とは限らない。未来の商品、未知な商品を考えるとき、製造条件を設計条件として設定しなかったレオナルド設計方

法が、感性時代の今こそ、必要とするデザイン工学の設計方法であることを提言したい。

この天才による創造方法における美的創造設計論は、天才レオナルドの手稿により示唆されて、通常の設計方法とは異なる、新しい美の規定3の感性および新アイデアスケッチ法の4条件設定による創造的設計方法論を提唱した試論ではあるが、未来の商品、未知の商品開発設計方法には有効な美的創造設計方法となる。これは、現代設計の美的な設計対象としてデザイン工学を導入した設計方法と位置付けられる。感性時代の今、デザイン工学における美的創造設計論が工学において必須論になることを確信する。

### 参考文献

- 1) 高梨隆雄「美的創造設計論—レオナルド手稿に基づく創造的設計方法論—」Design Symposium 2004 講演論文集 日本設計工学会・日本機械学会・精密工学会・日本建築学会・日本デザイン学会 2004
- 2) 高梨隆雄「レオナルド手稿に基づく発想方法論」東京工芸大学芸術学部紀要「芸術世界」Vol.9 2003.
- 3) 高梨隆雄「美的設計方法論」ダヴッド社 初版 2002

- 4) 高梨隆雄「共通感覚に基づく美的設計方法論」精密工学会他 第16回設計シンポジウム講演論文集 1998
- 5) 高梨隆雄「美的設計方法論」日本機械学会他 第15回設計シンポジウム講演論文集 1997
- 6) 高梨隆雄「レオナルド手稿を導入したデザイン設計方法」日本デザイン学会 第40回研究発表会概要集デザイン学研究 1993
- 7) 高梨隆雄「レオナルド手稿における設計方法論の研究」東京工芸大学工学部紀要 Vol.15 No.2 1992
- 8) 高梨隆雄「設計美学による逆写像的設計方法の研究」東京工芸大学工学部紀要 Vol.12 No.2 1989
- 9) F.C.Ashford 高梨隆雄訳「設計美学」ダヴッド社 初版 1982
- 10) Leonardo da Vinci「Codices Atlantico」R.Accademia dei Lincei 1975
- 11) Leonardo da Vinci「CodeX Madrid I」下村寅太郎監修「マドリッド手稿I」岩波書店 1975
- 12) Ladislao Reti「Elements of Mechanisms」The Unknown Leonardo: McGraw-Hill Co-Production 1974 裾分一弘他訳「知られざるレオナルド」岩波書店 1975
- 13) 吉川弘之「工学への誘い」AERA Book 2001年4月10日発行 特集「工学が分かる」朝日新聞社
- 14) 佐々木健一「美学辞典」東京大学出版会 1995
- 15) 田中英道「レオナルド・ダ・ヴィンチ」講談社学術文庫 1013 1992
- 16) 杉浦明平訳「レオナルド・ダ・ヴィンチの手記」上・下巻 岩波文庫 520 1991
- 17) 工業デザイン全集編集委員会編「設計方法」日本出版サービス社 1990
- 18) 太田利彦「設計方法論」丸善株式会社 1981
- 19) Rudolf. Arnheim 関計夫訳「視覚的思考」美術出版社 1974
- 20) 日本建築学会編集「設計方法」日本建築学会、彰国社 1968