

# 「シンセシスのモデル論」プロジェクト The Modeling of Synthesis Project

東京大学 富山 哲男 村上 存  
大阪大学 鷲尾 隆  
奈良科学技術先端大学院大学 武田英明

Tetsuo TOMIYAMA and Tamotsu MURAKAMI (The University of Tokyo)  
Takashi WASHIO (Osaka University)  
Hideaki Takeda (Nara Institute of Science and Technology)

Abstract: This paper is a preliminary report on a JSPS-funded “Research for the Future” project called “The Modeling of Synthesis” (JSPS-RFTF 96P00701). The project aims at scientifically establishing a process model of synthesis, such as design, that considers purposefulness and integration of aspects. The model will employ a domain independent language to describe synthesis processes of artifacts in a general, universal way. We have already built an initial model of synthesis and are planning to validate it against experimental findings. The result should lead to a computational framework for synthesis.

## 1. はじめに

本稿では、1996年度より5年間計画で実施されている日本学術振興会未来開拓学術推進事業の「シンセシスの科学」分野の一つのプロジェクトである「シンセシスのモデル論」プロジェクト（JSPS-RFTF96P00701）の概要について紹介する。本プロジェクトは設計に代表されるシンセシスを科学的（したがって方法論としてアナリティカル）に解明し理解し、それを説明するモデルの構築を目指すものである[1, 2]。特に、シンセシスにおける顕著である合目的性と視点のまとめ上げの二つを考慮したモデルを作り、その検証を行うことが研究の目的である。

すなわち、対象や領域にとらわれずに、領域に共通する言語（シンセシス言語）を用いて統一的に人工物のシンセシスの過程を一般化、普遍化し、人間のシンセシス行為を「モデル」として提示する。この結果、シンセシスの効率化、正当性の検証、個人依存性の解消、次世代のCADシステムの基礎として利用可能な計算機モデルによる検証、シンセシスにかかわる知識の拡散などを可能にすると考えられる。

## 2. シンセシスとアナリシス

一般に、設計の文脈においてアナリシスは「実体からその機能、属性、性能」を明らかにする作業と考えられ、シンセシスはその逆に「要求された機能、属性、性能を満足する実体」を求める作業であると単純化して対置できる（図1）。シンセシスは通常「総合」「統合」と訳され、ものをまとめあげることの意で解釈される。その意味でシンセシスは

例えば工学的な意味では設計と同義と考えて良いが、しかし全く等価ではない。設計には計算に代表されるアナリシスも含まれ、解析計算が中心である設計や、パラメトリック設計のようにシンセシス＝計算となる設計の定式化も存在しているからである。



Fig. 1: Analysis and Synthesis

伝統的な西欧科学では、自然や現象を観察し記述体系（仮説）を作り、その仮説を公理系として導出される定理群がもとの現象を矛盾なく完全に説明するとき、その仮説は公理として認められ、その時にこの過程全体が科学的であるといわれる。少数の公理系によってものごとを矛盾なく完全に説明することが科学における真理性である。その公理系が唯一絶対のものであるかがギリシャ以来の本来の真理性であるが、20世紀科学では常に上位理論が発見され、真理性は単に論理的整合性だけに限定されてきたと考えられる。またここで無矛盾性、完全性の定義は論理的定義によるでしょう。この科学的プロセスのうち、ものごとを解明する、つまり現

象を根源的な公理に結びつける作業がアナリシスである。アナリシスをこのように定義すると、辞書定義によるシンセシスは一般にアナリシスの逆であるので、シンセシスとはしたがって、公理からものと（現象）を組み立てる、あるいは説明することと定義できる。

すなわちアナリシスは、実験などの記号化された観察結果を出来るだけ少数の公理系から導出される定理によって矛盾なく包括的、整合的に説明する作業のことである。ここでAを公理系、Fを事実、 $\vdash$ を推論規則、Thを定理、記号 $\vdash$ を「導出可能」とおくと、「公理系Aと事実Fに推論規則 $\vdash$ を適用すると定理Thが導出可能」つまり、

$$A, F \vdash Th$$

において、「包括的、整合的な説明」とは観察結果OをThが含むかどうかの検証作業であり、Thの内、Oに含まれない部分は現象の非観測事実あるいは過去・未来の事実を意味することになる。ここで  
演繹：公理系Aと事実Fから定理群Thを導出する  
帰納：事実Fと定理群Thから公理系Aを導出する  
アブダクション：公理系Aと定理群Thから事実Fを導出する  
と呼ばれている[3]。

以上の定義のもとで、アナリシス指向の思考過程モデルは次のように定式化できる。

#### アナリシス指向の思考過程モデル

##### (1) 事象の観察

まず事象を観察するが、客観的に行うために観察の条件を記録し出来るだけ再現性のある形にする（追試性の確保）。この結果、観察結果Oを得る。

##### (2) 事実の抽出

次に観察結果Oから事実Fを抽出する。このとき、観察の条件のうち一つ以外を固定し、残りの一つのパラメータだけを変化させて観察することで、さまざまなパラメータが与える影響を明示化できるとされている。

##### (3) 事実から仮説の導出、または適用すべき公理系の選択

事実Fを整理し、事象の背後に潜む法則性を仮説という形（例えば実験式）として導出する（既に説明したようにこれはアブダクションである）。この仮説としての公理系Aが抽象的であればあるほど、一般性、汎用性が高くなり、当然公理の数も少なくなる。この公理系が既知である場合には適用すべき公理系を選択することになる。

##### (4) 公理系から定理群の導出

事実Fと公理系Aに対して演繹を施すことで定理群Thを導出する。ただし、単純に公理系を適用するだけでは（例えば推論に要する時間が無限になるなどして）解を求めることが不可能になることが多い。そこで問題を適切な

小問題に分割統治し、その部分解を「合成」することでもとの問題に対する解とすることが多い。したがって、単純な演繹だけではなく、多分に手続き的な解法（アルゴリズムと言ってよい）や演繹以外の推論形式がそこには存在する。また、部分解から全体解を合成するのも、単純な線形和ではない場合には、部分解同士の矛盾やトレードオフ、最適性などの議論が必要となる。これらも手続き的な解法として記述できることも多い。

##### (5) 定理群と事実との整合性検証

定理群Thと最初の事実Fとを比較し、その間の整合性を検証することで、定理群Thが最初の事実Fを説明するかどうかを調べる。

##### (6) 定理群と公理系との整合性検証

定理群Thが既知の他の公理系A'と矛盾するものでないことも検証することで、導出された仮説が「真理」であるかというは不明であるにしても少なくとも他の公理系に対して直交している（独立である）ことを検証する。

このモデルに対して、シンセシスは、シンセシスの結果得られるであろう実体が満足すべき要求R（これ自体は定理Thの一部として記述される）に対して、出来るだけ多数の公理系Aを考慮した上で、要求を満足する事実を公理系Aと定理（=要求R）から導出する過程であると定式化できる。この時、要求として考慮されなかった定理がシンセシスの後に、シンセシスの解として導出された事実と整合するかどうかをアナリシスによって検証することも含まれる。そこで、我々はとりあえずの仮説的なモデルとして、シンセシス指向の思考過程モデルを次のように提案する。

#### シンセシスを考慮した思考過程モデル

##### (1) 要求の記述

シンセシスの結果得られる要求R（それは上の文脈では定理群Thに相当する）を記述する。

##### (2) 適用すべき公理系の選択

シンセシスにおいても、何をどこまで考慮するかがまず問題となる。例えば設計においてなるべく多くの視点を持つということは、考慮すべき公理系Aの濃度が大きくなることを意味するが、これはアナリシスができるべく少数の公理系、簡潔である公理系を好むことと好対照である。

##### (3) 要求を満足するような事実を定理群と公理系から導出

要求たる定理群Rと(2)で選択した公理系Aから、シンセシスの解を記述する事実Fを導出する。ここで、アナリシスと同様に問題を適切な小問題に分割統治し、なるべく少ない公理系だけを考えることで問題を単純化する

ことは戦略であろう。また、このプロセスはアブダクションによって行われるということになるが、アブダクションでなくとも手続き的に記述できる場合もあるであろう。

- (4) 公理系から定理群の導出  
事実Fと公理系Aに対して演繹を施すことで定理群Thを導出する。これは、武田らの認知的設計過程モデル[9]で言えば展開プロセスに相当し、これはアナリシスと同様に演繹で解くことが出来るであろうと期待されるし、また問題を小問題に分割するなどのテクニックも有効であろう。
- (5) 定理群と要求との整合性検証  
定理群Thと最初の要求Rとを比較し、その間の整合性を検証することで、定理群Thが最初の要求Rを満足する解となっているかどうかを評価するプロセスである。
- (6) 定理群と公理系との整合性検証  
定理群Thが既知の他の公理系A'と矛盾するものでないことも検証することであり、設計解がもともとの仕様を満足するかどうかの検証というのではなく、既知の(つまり要求として明示的に記述されていない)公理系に矛盾しないことを検証する。

吉川はシンセシスの本質はアブダクションにあると論じた[3, 4]が、アブダクションそのものについては、アナリシス指向の思考過程の(3)において事実(リンゴが落ちる)を説明する仮説としての公理系(万有引力の法則)を導出する例(しかしそれがなぜ帰納なのではないかについては述べていない)と、アナリシス指向の思考過程の(2)において事実を抽出する場面で(その時点では存在してないが)欲する事象を引き起こすような事実を仮説として提示し、その仮説をおいたことで生起するであろう定理群がもとの事実と整合的であるようにアブダクションを行うという二つの例を示している。このうち後者は、要求仕様を定理群とし設計対象を事実とし、その対象に関する一般的知識を公理系とすると、実は設計行為と等価である。このように考えると、シンセシスは、アナリシス指向の思考過程のモデルにおいて事象の観察、そして観察からの事実の抽出を最初に行うのではなく、最初に欲すべき要求の記述があり、それを満足するような事実をアブダクションで求めるといふ思考過程であると考えべきである。

また、ここで重要なことは、上述の定式化において、シンセシスとアナリシスは用いられる知識自体には差異がないと仮定していることである。つまり、知識自体は共通なので

あるが、その使い方(推論様式)が異なるということである。このことは、シンセシスには特殊な知識が必要であるという考え方とは一線を画している。

アナリシスとシンセシスは、従って必ずしも「逆」と見るのは適切ではなく、むしろ相補的と言うべきである。この対比を示すのが図2であり、以下にその大きな差異を示す。

- (1) 解くべき問題の設定がアナリシスでは事実の観察から始まりほぼgivenと言って良いが、シンセシスでは要求の記述であり、そこに自由度がある。
- (2) 視点の設定、すなわち公理系を選択する際に、アナリシスでは出来るだけ少数の整合的な公理系を選択するが、シンセシスでは逆にできるだけ多数の公理系を取り入れようとし、またここにシンセシスの自由度がある。
- (3) アナリシスでは解は事実の説明を与える定理群であるが、シンセシスでは公理系と定理群を満足する事実に対応する。
- (4) シンセシス、アナリシスの双方に演繹とアブダクションが含まれる。
- (5) アナリシスでは検証は事実と導出された定理群との整合性の検証、及び事実と既存の他の公理系との非干渉の検証が行われるが、シンセシスでも定理群と要求との整合性(解が要求を満足するかどうか)の検証と、シンセシスの解が他の公理系に対して不都合を生じないかどうかの検証が行われる。

### 3. 「シンセシスのモデル論」プロジェクトの研究のポイント

ここまでの議論で、シンセシスの基本的なモデルを仮説的に提示したところで、次はその一般性、普遍性を検証し、モデルの妥当性を示すことが必要となる。そのことによって始めて、このモデルが法則化されたと言えるが、その前には、上のモデルに述べた粗い事柄だけでなく多くの事柄を考慮に入れな

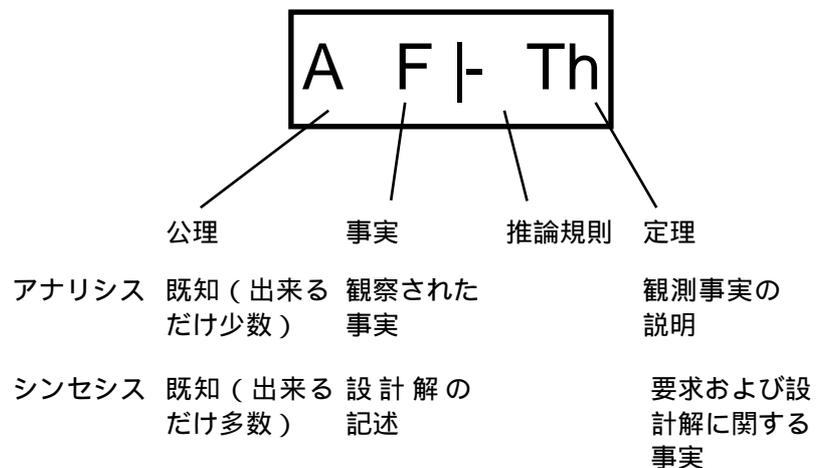


Fig. 2: Analysis vs Synthesis

なければならない。そこで、ここでは本プロジェクトで研究すべき点について論じる。

### 3.1. 主体・実体・対象モデル

シンセシスとアナリシスとを決定的に差異付けるのは、設計者や行為者という主体である。アナリシスももちろん人間の行為であるが、経験的に主体の差はそれほど現れない（ゆえに科学的、客観的であると装っている）といえるが、シンセシスは必ずしもそうではなく相当に主観的である。例えば武田らの計算可能な設計過程モデル[5]で言えば、評価まではオートマチックなプロセスであるが決定はモデル化されずに、設計者の主観的意志決定に委ねられている。これに限らず公理系の選択や、そもそも解くべき問題として何に着眼するのか、つまり問題そのものの枠組みの設定も、本来は主観的な要素が入っている。これを、もっと精緻に議論する必要がある。

また、アナリシス指向、シンセシス指向の二つの思考過程モデルは、古典的な人工知能技術と同様に依然として知識を前提としている。公理系の選択を考えるとということで、無批判に前提としているとは言い難いがそれでも設計知識そのもののあり方は疑問視していない。このことは既に多くの研究者によって批判されていることであり、例えばメディア型知識の役割など、シンセシスにとって重要な意味を持つであろう知識のモデル、記述、そして表現を議論する必要がある。

そこで、我々は次のような議論を行う必要がある。まず、人間が使っている知識を表現にかかわらず探すことが必要である。これは、知識の操作性は表現に依存しているばかりか、現実に表現された知識が本当に表現している概念はその表層的な表現とはかなり乖離している可能性があるからである。また、表現を議論するためには、知識のモデルがあった上でその記述があり、そしてその記述のために表現があるという構図を認識する必要がある。このことは、人間の役割を知識とそのモデル、および表現のトリコトミーで理解する必要がある。すなわち、シンセシスにおいては、機械設計などの例を考えるまでもなく、設計者が対象のモデルをもって思考するいわゆるモデルベース推論が行われているであろうことは、ほぼ疑問の余地がない。そのメンタルモデルと現実に図面などで表現されているモデルとの間には当然、乖離が存在している。いうまでもなく、実体とモデルの間にはさらに乖離が存在する。

一方、機能から実体へという設計作業は、シンセシス指向の思考過程モデルにおける（3）「要求を満足する事実を定理群と公理系から導出する」アブダクションの過程に他ならない。またシンセシス指向の思考過程モデルにおいて、（2）「適用すべき公理系の選択」も主観的に決定されるものであり、公理系を疑う、つまり問題の枠組みをこわすことも含めてアブダクションの一つとして考えることが可

能である[4]。このように、アブダクションはシンセシスにおける重要な推論様式である。

以上の議論をまとめると、シンセシスにおけるモデルとその表現を考える際には、まず主体である設計者の持つメンタルモデルを議論すること、モデル自体はある公理系に依存して記述されているものであり、シンセシスでは公理系の選択も含めて主観的に決定されている可能性があり、モデルを疑う（公理系を疑う）、つまり問題の枠組みをこわすことも思考過程モデルとしてのシンセシスのモデルは含む必要がある。すなわち、シンセシスに適した（対象の）モデルの選択、構築、組合せ、使い分けといった一連のプロセスが、推論様式として明快に表現できなければならないのである。

### 3.2. オントロジー

シンセシスに出現する言葉「オントロジー」の適否も問題となる。我々は、オントロジーを「ある目的を持った世界の認識結果の記述」の基底と考え、以下の性質を持つものとして扱い、シンセシスのためのオントロジーをシンセシス言語体系として法則化することを目指す。

- （1）目的性（無目的ではなくニュートラルなオントロジーはない）
- （2）限定性（すべての分野に適用可能でない）
- （3）外部との関連性（本質的に外界と関係する）
- （4）一貫性（世界の認識 + 原子主義による世界の構造化・組織化）
- （5）共通性
- （6）多重性（合意が重要）
- （7）推論可能性（世界の構造化と形式主義による推論）

### 3.3. 機能モデリング

シンセシス、その中でも設計では機能概念が極めて重要である。従来の設計方法論（特にドイツ式[6]）では、概念設計（機能設計）は

- （1）仕様を分析
- （2）機能構造を階層的分解によって明らかにする
- （3）単位機能を実現する機能担体を見つける
- （4）構造を合成

というプロセスを経るとされている。この考え方、つまり「機能分解 構造合成」は、ドイツ式設計方法論だけでなく、例えば機能モデリング手法として提案されたFBS (Function-Behavior-State) モデリング[7]でも暗黙のうちに合意されていた。

しかし、ここで問題となるのは、実は機能が分解できて何らかの構造を持つものかどうかという保証が実はないことである。このことは、設計実験の結果の解析[8]でも問題になっていたことで、例えば設計知識をいくら分析しても、実体を媒介とした「機

能から実体へ」、「実体から属性へ」という知識は見つかるが、「機能から属性へ」という直接的な知識が実は存在していないことが判明している。この問題は、単に媒介が実体なのか（あるいは物理効果、物理現象）どうかということではなく、本質的に機能を分解する、つまり機能に構造が存在するかどうかすらを実は疑わねばならないことを示唆する。

つまり、今ある機能Fを実現したいのだとして、それをF<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>と分解するというのが従来の考え方であったが、実はFからF<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>を得たのはFの分解ではなく、Fの詳細化の結果、FとF<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>の間に機能と詳細機能という関係が張られたと解釈すべきであろう。その詳細化の過程がやっぱり機能分解であるというケースももちろん含まれるにしても、そうでないとすると、何らかの方法で機能Fから詳細化機能F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>への対応付けが行われねばならない。その媒介が実は「実体」なのであるという仮説が考えられる（図3）。すなわち、機能は分解されるものではなく、常に実体への参照によって詳細化されるというモデルが成立する。これは例えば、AndreassenのFunction means[9]でも指摘されていることである。また吉川らの一般設計学[10]とその拡張に関する一連の研究において、一般設計学から帰結する理論的知見と設計実験から始まる一連の実験的知見との比較から、この両者を整合させるために富山によって提案されたRefinement設計過程モデルでも、詳細化のメカニズムは別として指摘されている[11]。

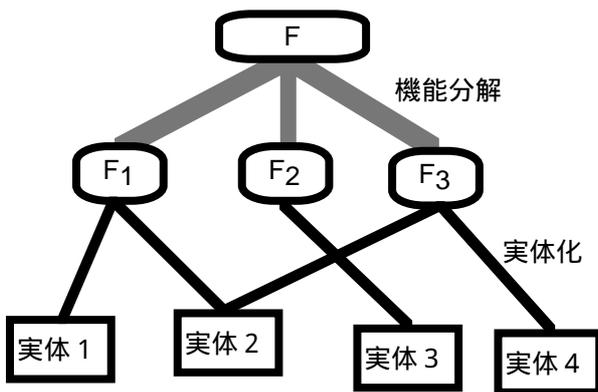


Fig. 3: Function Decomposition and Embodiment

### 3.4. モデルベース推論

これまでに述べた機能詳細化のプロセスが仮に概念設計などのモデルとして採用できるのであれば、シンセシスのモデルは、機能のモデルと実体（物理効果など）のモデルとを何らかの形で対比させながら、機能を詳細化させつつ構造を決定していくモデルとなる。ここで、ある実体のモデルは一つの公理

系を表現していると考えられるから、多数の公理系を考慮したシンセシスの過程とは、複数のモデルの並列的な使用と同値である。したがって、シンセシスの推論は単にmodel based reasoningということではなく、multiple model based reasoningでなければならない。シンセシスがmultiple model based reasoningであり、複数のモデルすなわち公理系が使用されるといことは、その公理系間の統合が必要不可欠であり、それはオントロジーの問題に帰着する。

また、Refinement設計過程モデル[11]もシンセシスがmultiple model based reasoningであることを示唆している。

### 3.5. 「シンセシスのモデル論」研究の基本的枠組み

ここまでの議論を踏まえて、シンセシスにおけるモデルベース推論の考え方を図示したのが図4である。まず、図4の一番左において人間が実体世界を観察した結果をメディアの上で表現したものが出発点である。ここで、メディアとは実体から抽象化されて作られた図面や様々の表象を意味している。その表象をさらに抽象化することで、記号化された対象のモデルが形成される。

その対象のモデルは複数あって構わないが、一つ一つは完結した公理系をなすものとする。その公理系自身は必ずしも記号的に書ける知識だけを前提としない。つまり、モデルは設計対象の幾何モデルのような論理的な枠組みの外にあるものも含む。また、モデルつまり公理系における言語を規定するのがオントロジーであるとする。このモデルを論理学におけるモデルと考え、その解釈によって数理論理的に記述された作業空間内で推論を行うものとする。すなわち、対象モデルとは非論理的な表現（メディアそのもの）から、論理的な表現（論理空間における充足可能式）までを含み、論理学における解釈を与えるモデル論という意味でとらえ、一つ一つは作業空間から見ると可能世界を形成する。現実の実体に即した解釈を与えるモデル論としてのモデルがここでいう対象モデルということになる。逆に、実際の推論が行われる作業空間は、あくまで数理論理的に構築し、その意味で対象に依存しない。

このことを2節における定式化に即して解釈すると、ある可能世界wにおけるモデルM<sub>w</sub>を事実と見なし、そのモデルが記述された世界での一般的知識G<sub>w</sub>を公理と考えると、を推論規則として

$$M_w \vdash_{G_w} Th$$

とおくことができる。ここでThは作業空間における理論（定理という意味で恒真式である）であり、また、作業空間における充足可能式が対象の記述である。この記述をもとにシンセシスの過程を司るのがアナリシス指向ないしシンセシス指向の思考過程モデルという位置付けになる。さらに、本プロジェクト

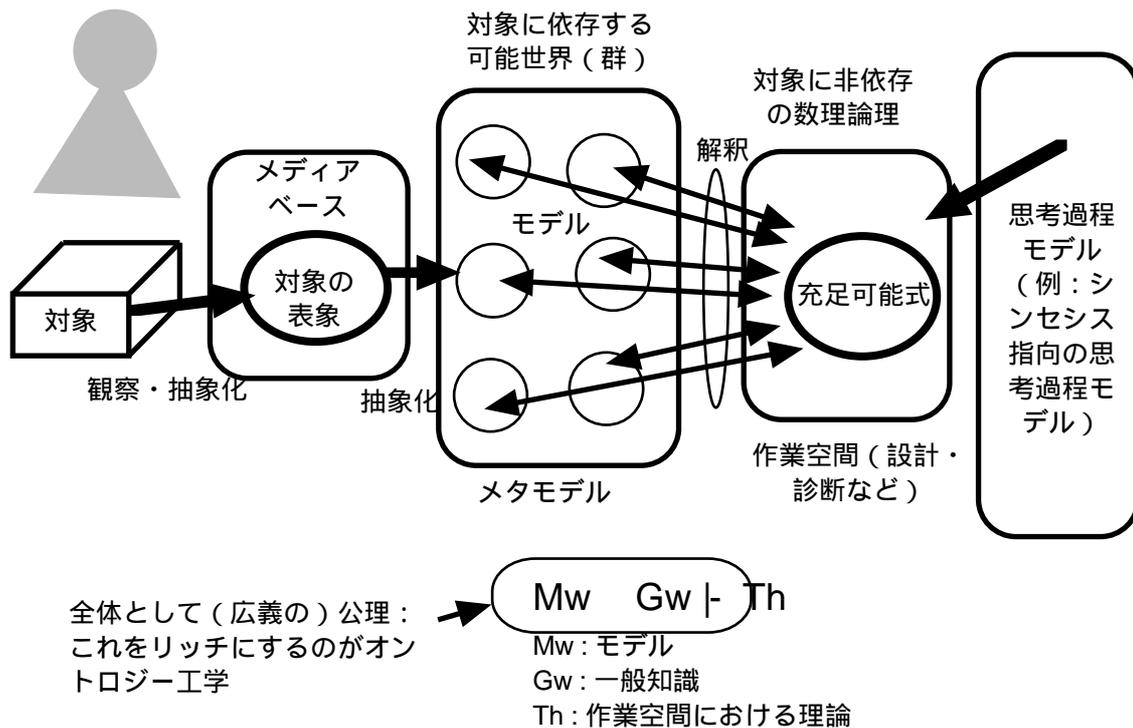


Fig. 4: A Framework for the Model of Synthesis

トで重要な観点である合目的性の考慮は、思考過程モデルにおける意図の記述、また対象表現としての機能モデリングによって行われる。

また、オントロジーとは  $M_w$ 、 $G_w$ 、の3つ組を規定する基底であるということになり、それはさらに同じ対象を表現しており、「視点のまとめあげ」を実現する multiple model based reasoning の観点で全体として統合される必要がある。これを実現するメカニズムが富山・桐山らによるメタモデル[12, 13]に他ならない。

これが本プロジェクトにおけるシンセシスのモデルの組み立てるための基本的な枠組みである。

#### 4. 研究アジェンダ

以上の議論から、本プロジェクトの当面の研究アジェンダは次のようになる。

- (1) シンセシスのモデルの枠組みを作る。  
これは既にシンセシス指向の思考過程モデルとして提示した。
- (2) シンセシスのモデルを仮説的に提示する。  
オントロジーとモデルという観点では、メンタルモデルとマルチプル・モデルベース推論を考慮し、また設計という文脈では機能分解を前提としない機能モデリングを前提とする。また、推論という観点では、解の導出だけではなく、公理系の選択の問題をも含む形でアブダクションを扱う。
- (3) 上記モデルを個別事例に当てはめる。  
例えば設計事例の解析、プロトコル解析など

である。

- (4) 計算可能なシンセシスのモデルをシンセシス言語という形で作成し、その検証を行う。

#### 参考文献

- [1] T. Tomiyama, T. Murakami, T. Washio, A. Kubota, H. Takeda, T. Kiriya, Y. Umeda, and M. Yoshioka: "The Modeling of Synthesis – From the Viewpoint of Design Knowledge," in A. Riitahuhta (ed.), WDK 25, Proceedings of the 11th International Conference on Engineering Design in Tampere 1997, Vol. 3, Laboratory of Machine Design, Tampere University of Technology, Tampere, Finland, (1997), pp. 97-100.
- [2] 富山哲男・村上存・鷲尾隆・武田英明: 「『シンセシスのモデル論』プロジェクトについて」, 日本機械学会第7回設計工学・システム部門講演会講演論文集, No. 97-69, (1997), pp. 101-104.
- [3] 吉川弘之: テクノグローブ、工業調査会、1993.
- [4] Hartshorne, and P. Weiss(eds.), The Collected Papers of Charles Sanders Peirce, Vol. I-VI, Harvard University Press, 1931-1935.及びA. Burks (ed.), The Collected Papers of Charles Sanders Peirce, Vol. VII-VIII, Harvard University Press, 1958.
- [5] H. Takeda, P. Veerkamp, T. Tomiyama, and H. Yoshikawa: "Modeling Design Processes," AI

- Magazine, Vol. 11, No. 4, Winter 1990, pp. 37-48.
- [6] V. Hubka: Theorie der Konstruktionsprozesse, Springer-Verlag, Berlin, (1976) .
  - [7] 梅田靖・富山哲男・吉川弘之：「機能設計支援のためのFBSモデリングの提案」, 精密工学会誌, Vol. 63, No. 6, 1997, pp. 795-800 .
  - [8] 武田英明・富山哲男・吉川弘之：「実験的手法に基づく設計知識とその利用に関する分析」, 精密工学会誌, Vol. 60, No. 3, 1994, pp. 422-426 .
  - [9] J. Malmqvist: "Improved Function-means Trees by Inclusion of Design History Information," Journal of Engineering Design, Vol. 8, No. 2, 1997, pp. 107-117.
  - [10] 吉川弘之：「一般設計学序説」、精密機械、Vol. 45、No. 8、(1979), pp. 906-912.
  - [11] T. Tomiyama: "From General Design Theory to Knowledge-Intensive Engineering," Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing, Vol. 8, No. 4, 1994, pp. 319-333.
  - [12] T. Tomiyama, T. Kiriya, H. Takeda, D. Xue, and H. Yoshikawa: "Metamodel: A Key to Intelligent CAD Systems", Research in Engineering Design, Vol. 1, No. 1, (1990), pp. 19-34.
  - [13] 桐山孝司・富山哲男・吉川弘之：「設計対象モデル統合化のためのメタモデルの研究」、人工知能学会誌、Vol. 6、No. 3、(1991)、pp. 426-434 .

#### 連絡先

「シンセシスのモデル論」プロジェクト  
〒113-0033東京都文京区本郷5 - 2 5 - 1 6  
石川ビル1 1 階  
電話：03-5804-6669  
Fax：03-5804-6360  
E-mail: [tomiya@modelsyn.t.u-tokyo.ac.jp](mailto:tomiya@modelsyn.t.u-tokyo.ac.jp)  
<http://www.modelsyn.t.u-tokyo.ac.jp>