

# 言語と指示対象との関係に基づくデザインの二層モデル ーデザイン・コミュニティにおける文化のシミュレーションに向けてー

藤井 晴行†

† 東京工業大学大学院理工学研究科建築学専攻 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1

E-mail: † hfujii@arch.titech.ac.jp

**あらまし** デザインを記号システムを用いた人工物の表現としてとらえる。表現が指示する人工物はある目的、例えば要求された機能や性能を発揮すること、にしないてはならない。デザインを効果的に行うためには、記号表現の生成、生成された表現を解釈する知識をもつことが望ましい。本稿はデザインに関わる知能の意義をマルチ・エージェント・シミュレーションを用いた比喻によって示すために、デザインに関わる言語とその指示対象からなる枠組みを提案する。

**キーワード** デザイン, 言語, 知識, マルチ・エージェント・シミュレーション

## Two Layer Model of Design Process with Language and its Referent Towards Multi-Agent Simulation of Culture surrounding Design Community

Haruyuki FUJII†

† Dept. of Architecture, Tokyo Institute of Technology  
12-1 Ookayama 2-Chome, Meguro-ku, Tokyo 152-8552 Japan

E-mail: † hfujii@arch.titech.ac.jp

**Abstract** This paper, focusing on the activity of designing, proposes a framework of a model of the relation between human and environment. The framework is composed of two layers of the language level and the referent level. The language level describes what human knows about a world and the referent level describes the mechanism that controls the world.

**Key words** Design, Language, Knowledge, Multi-Agent Simulation

### 1. はじめに

本論はデザインすること（以下、デザイン）の特徴を説明するための方法として複雑系の方法を用いる研究アイデアについて述べる。

人工物はそれが使用される場所を取り巻く自然環境や社会環境（以下、環境）において局所的な環境を創出する。局所的環境の一部はそれを創出することが人工物が実現される前に期待されており、また、デザインにおいて意図されている。この意味で、デザインは期待される局所的な環境を実際に提供しうる人工物の形態や仕様など（以下、構成）を具現化する有目的な活動である。一方、デザインは創造的な活動でもある。このことを端的に示すのは、人工物そのものや人工物が創出する環境がそれまでの人工物に関する理解の延長線上では説明ないし予測できないものでありうること、また、デザインにおいては、

意志決定に必要な情報が不確定である場合、デザインする者の自由意志によって具現化の目的にあった決定がなされうること、などである。

デザインに関係する諸学問（科学、工学、美学、社会学など）は、人工物の構成とそれが提供する局所的環境との関係を特定の観点から説明する多様な理論やデザインの特徴を記述するデザイン・プロトタイプ・モデルを構築してきた。しかし、デザインの有目的性や創造性について議論するための拠り所としては、これらの理論やモデルは必ずしも十分ではない。デザインの有目的性や創造性に関する議論は説明や予測ができないことについての議論であり、デザインに関する理論やモデルは事物や現象の説明や予測のための基礎であるからである。

説明や予測をできないことの説明や予測をする理論や理論を構築するというパラドクスを回避するために、複雑系の概念を用いる。複雑系を、システム全体の状態や振る舞いやそれらの

履歴によって構成要素の振る舞いや相互作用が変化し、構成要素の振る舞いや相互作用によってシステム全体の状態や振る舞いおよびそれらの履歴が変化するシステムとして捉える。本研究は、説明や予測の対象を直接に記述する理論やモデルを説明と予測の基礎とするのではなく、それらの対象を創発しうる局所的な原理によって振る舞う複雑系によって表現することを目指している。最終的にはデザインにおける有目的性と創造性について議論することを意図している。本研究では二段階の複雑系を用いている。第一に、デザインを、明示的に記述するのではなく、デザイナーとデザインがなされる環境とのトランザクションを構成要素とする複雑系の振る舞いとして捉えようとしている。時間的および空間的に局所的なトランザクションが相互に作用しあい、人工物によって環境を創出するというデザインの有目的性をうみ、個々のトランザクションが有目的性によって方向づけられることを期待している。第二に、設計者と設計がなされる環境とのトランザクショナルな関係を、明示的に定義するのではなく、複雑適合系として表現したデザイン・エージェントが環境と適合するための原理によってうみだされる現象として捉えるようとしている。

本研究は（１）デザインに言語的な知識が用いられること、（２）知識は経験によって獲得されること、（３）言語の使用に関する知識は社会とのインタラクションによって獲得されること、（４）言語表現はその指示対象とは独立に伝達しうることなどに注目して、デザインそのものやデザインについての解説や批評の意味が流動的に変化することをマルチエージェントシミュレーション（MAS）によって表現することを目指している。シミュレーションのためにモデル化したデザインに用いられる言語や知識の関係について説明する。

## 2. デザインに関わる言語と指示対象

### 2.1 環境と行動の関係の二層化

デザインは同一の条件から複数の案が作成されるという意味で非決定論的である。解となる設計描写やその他の記述は与条件から機械的（因果論的）に導かれるものではない。すなわち、デザインを関数のような計算によってモデル化することは非決定論的であるというデザインの特徴を表現しないということを意味する。デザインにはクライアントやデザイナーの意図や価値観が反映されるというのが一般的な見方であるが、デザインが因果論的に進行するのであれば、意図や価値観が役割を演じる場面はない。デザインを含む全ての行為について同様のことが言える。

特定のクラスの環境が特定の行動がなされるための十分条件である場合、そのクラスに属する環境においてはその行動は決定論的になされる。特定のクラスの環境が特定の行動がなされるための必要条件である場合、環境は生起可能な行動を限定するが特定の行動が決定論的になされるわけではない。行動の選択の余地がある。

非決定的ではない（決定的な）計算モデルを用いて行動における価値観を扱おうとすると価値観は行動を選択する機構そのものまたはその機構を動かすための条件を具体的に記したデー

タとして表現されようである。価値観が変化するものであればその機構もモデル化しなくてはならない。全ての計算は決定的であるので擬似的に非決定性を扱う計算モデルを作成することにする。人間は計算機のような決定的な機構をもつものであり、価値観や知識を援用して行動を選択しているように思われるのは人間の解釈であると、方便的に、仮定する。価値観、知識、行動を選択していることなどは直接アクセスできない決定論的な機構の不完全な忠実ではない表象であるとみなす。行動主体のモデルを大きく決定論的機構レベル（低レベル）と言語レベル（高レベル）に二層化し、人間が環境を知覚して行動をなす機構を身体レベルのモデルとし、価値観や知識などの概念を言語レベルの疑似非決定論的モデルの指示対象とする。決定論的機構レベルを数学的構造として表現し、言語レベルを言語や記号システムによって表現する。また、数学的構造を言語表現のモデル理論の意味論におけるモデルとみなし、言語レベルと身体レベルとを（流動的な）解釈関数によって対応づける。

### 2.2 設計言語と人工物の構成

デザインを人工物の構成を記号システムを用いて記述する活動とする。人工物の構成の即物的な記述を設計描写とよぶ。全ての設計描写の集合を  $\mathcal{L}_A$  とし、設計言語とよぶ。デザインは  $\mathcal{L}_A$  に属する設計描写を制作する活動である。設計描写の指示対象はその設計描写に基づいて製作されうる人工物である。人工物の全ての実体的な構成の集合を  $\text{State}_A$  とする。設計言語  $\mathcal{L}_A$  と  $\text{State}_A$  との間には、設計描写  $\delta \in \mathcal{L}_A$  が人工物の構成  $\gamma \in \text{State}_A$  を指示するという関係が定められる。この関係を下式の関数  $\pi_A$  によって示す。ここで、 $\text{Bool} = \{\text{True}, \text{False}\}$  とする。 $\pi_A$  を設計言語の解釈関数とよぶ。設計描写  $\delta_A$  が構成  $\gamma_A$  を指示する場合、 $\pi_A(\gamma_A)(\delta_A) = \text{True}$  である。指示しない場合は  $\pi_A(\gamma_A)(\delta_A) = \text{False}$  である。

$$\pi_A | \text{State}_A \rightarrow (\mathcal{L}_A \rightarrow \text{Bool}) \quad (1)$$

### 2.3 環境言語と環境のありよう

デザインは、大抵、人工物が何かを提供することを期待してなされる。エンジニアリング・デザインの場合、設計描写  $\delta_A$  はそれが指示する人工物の構成  $\gamma_A$  がある機能や性能を発揮することを期待して制作される。芸術作品のデザインの場合、設計描写  $\delta_A$  は指示する構成  $\gamma_A$  が美的体験の対象となることを意図して制作される。いずれの場合も、人工物が人工物とは異なる事物の提供に関与する。本論では人工物以外の実体的な事物を環境とよぶ。環境の全てのありようの集合を  $\text{State}_E$  とする。環境の状態を描写する記号システムを環境記述言語  $\mathcal{L}_E$  とする。環境記述言語は環境のありようの即物的な描写（以下、環境描写）の全集合である。環境描写と環境のありようの対応を、設計言語と同様に、 $\text{State}_E$  と  $\mathcal{L}_E$  とを対応づける解釈関数  $\pi_E$  によって表わす。環境描写  $\delta_E$  が環境のありよう  $\gamma_E$  を指示する場合、 $\pi_E(\gamma_E)(\delta_E) = \text{True}$  である。指示しない場合は  $\pi_E(\gamma_E)(\delta_E) = \text{False}$  である。

$$\pi_E | \text{State}_E \rightarrow (\mathcal{L}_E \rightarrow \text{Bool}) \quad (2)$$

## 2.4 世界に関する記述

### 2.4.1 世界のありよう

本研究が対象とする世界は人工物と環境（人工物以外の事物）とからなる。世界を構成する実体的な事物の全てのありようの集合を  $State_W$  とする（下式）。

$$State_W = \{(\gamma_A, \gamma_E) \mid \gamma_A \in State_A, \gamma_E \in State_E\} \quad (3)$$

世界のありようは設計描写と環境描写の組によって描写可能である。例えば、世界のありよう  $(\gamma_A, \gamma_E)$  は  $\gamma_A$  と  $\gamma_E$  をそれぞれ指示する設計描写  $\delta_A$  と環境描写  $\delta_E$  の組によって描写できる。また、設計描写にも環境描写にも現れない記号を用いて描写することも可能である。前者を  $\mathcal{L}_{AE}$ 、後者を  $\mathcal{L}_C$  とし、世界のありようを描写する言語を  $\mathcal{L}_{W_s}(\mathcal{L}_{AE} \cup \mathcal{L}_C)$  とする。 $State_W$  と  $\mathcal{L}_{W_s}$  とを対応づける解釈関数  $\pi_{W_s}$  を下式とする。

$$\pi_{W_s} \mid State_W \rightarrow (\mathcal{L}_{W_s} \rightarrow Bool) \quad (4)$$

### 2.4.2 法 則

世界に関する記述は人工物の構成や環境のありようの描写  $\delta_{W_s} \in \mathcal{L}_{W_s}$  だけではない。世界のありようの間の法則的な結びつきの記述も世界に関する記述である。例えば、ある事物が成立するならば別の事物が成立する（または成立しない）という関係は二つの事物の法則的な結びつきである。全ての法則的な結びつきの集合  $State_{W_r}$  を、簡単のため、5式とし、法則的な結びつきを記述する言語  $\mathcal{L}_{W_r}$  を6式のように定める。また、 $State_{W_r}$  と  $\mathcal{L}_{W_r}$  の対応づけを解釈関数  $\pi_{W_r}$  によって示す。ただし、 $\langle \delta, \delta' \rangle$  が「 $\delta$ ならば $\delta'$ である」ことを示すように  $\pi_{W_r}(\gamma)(\gamma')(\langle \delta, \delta' \rangle) = True \Leftrightarrow \pi_{W_s}(\gamma)(\delta) = False \& \pi_{W_s}(\gamma')(\delta') = True$  とする。 $\mathcal{L}_{W_r}$  の要素のうち真である記述の集合を法則に関する知識とする。

$$Rule_W = State_W \times State_W \quad (5)$$

$$\mathcal{L}_{W_r} = \{ \langle \delta, \delta' \rangle \mid \delta, \delta' \in \mathcal{L}_{W_s} \} \quad (6)$$

$$\pi_{W_r} \mid State_W \rightarrow State_W \rightarrow (\mathcal{L}_{W_r} \rightarrow Bool) \quad (7)$$

## 2.5 デザイン操作と世界のありようの変化

設計描写は、デザインにおいて、逐次的に制作される。すなわち、ある機能や性能を提供する人工物の設計描写が無から突然現われるのではなく、ある状態の設計描写（無であるものや不完全であるものを含む）を変更（記号の付加と削除）することによって最終案となる設計描写が完成する。ここでは、このような変更をデザイン操作とよぶ。設計描写を  $\delta$  を  $\delta'$  に変更するデザイン操作を  $\Delta_D \langle \delta, \delta' \rangle$  によって示す。デザイン操作の内容を記述する言語  $\mathcal{L}_{\Delta_D}$  を下式とする。

$$\mathcal{L}_{\Delta_D} = \{ \Delta_D \langle \delta, \delta' \rangle \mid \delta, \delta' \in \mathcal{L}_D \} \quad (8)$$

同様の形式を用いて世界のありようの変化の内容を記述する言語  $\mathcal{L}_{\Delta_{W_s}}$  を下式とする。

$$\mathcal{L}_{\Delta_{W_s}} = \{ \Delta_{W_s} \langle \delta, \delta' \rangle \mid \delta, \delta' \in \mathcal{L}_{W_s} \} \quad (9)$$

## 3. モ デ ル

### 3.1 デザイン・プロセス

ある人工物の設計描写を  $\delta_A (\in \mathcal{L}_A)$  とし、人工物がおかれると想定される世界を  $\delta_{W_s} (\in \mathcal{L}_{W_s})$  とする。 $\delta_A$  と  $\delta_{W_s}$  の対  $\langle \delta_A, \delta_{W_s} \rangle$  のうち、 $\delta_A$  と  $\delta_{W_s}$  とが良く適合するものの集合を  $D$  とする。 $D \subseteq \mathcal{L}_{W_s}$  である。デザインは  $\langle \delta_A, \delta_{W_s} \rangle \in D$  を満足する  $\langle \delta_A, \delta_{W_s} \rangle$  を得る  $\delta_A$  を定める行為である。 $\delta_{W_s}$  は  $\delta_A, \delta_E (\in \mathcal{L}_E), \delta_C (\in \mathcal{L}_C)$  によって特徴づけられる。ここで、 $\delta_E, \delta_C$  は、それぞれ、 $\delta_A$  によって示される人工物が使用される環境やその人工物が提供する環境の記述、即物的ではない観点からの人工物に対する判断を示す。 $\delta_{W_s}$  が実際に成立する（真となる）か否かは世界のありよう  $State_W$  と解釈関数  $\pi_{W_s}$  とに基づいて検証可能である。また、 $\delta_E, \delta_C$  は法則の記述に基づいて導くことができる。 $\langle \delta_A, \delta_{W_s} \rangle$  が成立するか否かの検証の合理性は、 $\delta_A$  から  $\delta_{W_s}$  とが整合的であること、法則が合理的であること、言語と指示対象との対応づけの仕方（解釈関数）が合理的であることを要する。

「快適な室内気候を提供する」ことは建築物（人工物）の機能の一つである。ある建築物についてこの機能が満足されているか否かを合理的に確かめるためには、建築物の空間的および物質的構成の描写  $\delta_A$  に対応する建築物の熱的構成の記述  $\delta'_A$ （各建築要素の熱容量と各要素間の熱コンダクタンスなどからなる）を作成し、建築物が使用される環境（気候や居住者の行動パターン）を条件として、 $\delta'_A$  と法則の記述に基づいて室温やその他の温熱環境要素の振る舞い  $\delta'_E$ （ $\delta_E$  に包摂される内容を示す）を導き、導かれた振る舞いに関して「温熱環境的に快適である」という言明（ $\delta_C$ ）が真であるか否かの判定がなされる。この過程全体の合理性は、熱的構成の記述  $\delta'_A$  の合理性、条件として用いる環境要素の選択、両者を用いた各温熱環境要素の振る舞いの推論の合理性、「温熱環境的に快適である」と各温熱環境要素の振る舞いとの対応の合理性、によって保たれる。

$\delta_E$  によって描写される環境  $e$  において  $\delta_A$  と  $\delta_{W_s}$  との適合が良い対の集合を  $D_e$  とする。ある環境において適合が良い対の集合は  $D = \cup D_e$  である。また、任意の環境において適合がよいものの集合は  $D_u = \cap D_e$  である。各環境  $e$  について予め  $D_e$  がわかっているならば、 $\delta_A, \delta_E, \delta_C$  などに関する与条件を満足する要素を  $D_e$  より選択すればよい。あるいは、与条件が類似する要素を選択し、その要素を基にしてデザインを行う方法<sup>(注1)</sup>もある。しかし、 $D_e$  の全容が予め得られない場合、設計記述  $\delta_A$  を制作し、それが与条件を満足し、かつ、 $\delta_A$  と  $\delta_{W_s}$  との適合が良いか否かを検証する一連のプロセスが良い適合が得られるまで反復される<sup>(注2)</sup>。

デザインは要求あるいは期待される機能を実際に提供すると期待される人工物の構成を決定する活動である[1]。 $\delta_A, \delta_E, \delta_C$  を明示的に扱うため、 $\langle \delta_A, \delta_{W_s} \rangle$  を  $(\delta_A, \delta_E, \delta_C)$  によって置

(注1)：例えば、Case-based Reasoning を援用するデザイン。

(注2)：与条件を満たす設計描写が制作される場合だけではなく、与条件を修正し、それを満たす設計描写が制作される場合がある。

き換える。ここで、両者の間には、 $\delta_{W_s}$  が  $\delta_E$ ,  $\delta_C$  によって特徴づけられることに基づいて、双方向の対応関係があると仮定している。デザインを  $\delta_E$  によって記述される環境において  $\langle \delta_A, \delta_E, \delta_C \rangle \in D'_e$  なる  $\langle \delta_A, \delta_E, \delta_C \rangle$  を得る  $\delta_A$  を制作する行為とする。

デザインが開始される状態を人工物の構成、人工物が使用される環境や創出する環境、人工物が提供する機能についての制約、要求、期待が記述されている状態とし、 $\langle \delta_{A,o}, \delta_{E,o}, \delta_{C,o} \rangle$  と記述する。構成を定め、環境や機能を導く過程を、 $\langle \delta_A, \delta_E, \delta_C \rangle = P_E \langle \delta_{A,o}, \delta_{E,o}, \delta_{C,o} \rangle$  と記述する。ここで、 $P_E$  は  $\langle \delta_{A,o}, \delta_{E,o}, \delta_{C,o} \rangle$  を  $\langle \delta_A, \delta_E, \delta_C \rangle$  に書き換える行為の列を示す。もし  $P_E$  そのものが決定論的なプログラムであるならば、 $\langle \delta_{A,o}, \delta_{E,o}, \delta_{C,o} \rangle$  に対して  $\langle \delta_A, \delta_E, \delta_C \rangle$  が一つだけ得られるか全く得られないかのいずれかである。しかし、同一の条件から複数の設計案が制作されるという事実に基づけば、 $P_E$  をプログラムと仮定することは適切ではないと思われる。デザインの特徴は、まさに問題の不安定性にある。そこでは、問題は、その答を求めてゆく過程でつかまえていくほどに変化する[2]。デザイン  $P_E$  は、同一の条件から複数の案が作成されるという意味で、非決定論的であり、解となる設計描写やその他の記述は与条件から機械的（因果論的）に導かれるものではない。因果論的説明とは「人工物の構成がとなったのは環境  $E$  において  $X$  が成立したからである」という形式であり、説明の妥当性がその前件が被説明項の十分条件となるような法則的結合の正しさを必要とする説明である[4]。 $\delta_E$  が指示する環境  $e$  について  $\langle \delta_A, \delta_E, \delta_C \rangle \in D'_e$  なる設計記述  $\delta_A$  が常に部分的構成  $\delta'_A$  を包摂するならば、 $\delta'_A$  は  $\delta_E$  によって因果論的に説明される。

### 3.2 デザイン・エージェント

デザイン  $P_E$  を目的論的に説明可能な過程として出力する行為主体をモデル化する。目的論的説明は「人工物の構成が  $S$  であるのは機能  $F$  を提供するためである」という形式であり、説明の妥当性が  $S$  と  $F$  との法則的結合の正しさを必要としない説明である[4]。デザインという行為をなす主体のモデルとしてデザイン・エージェント（文脈上明確である場合には単にエージェントとよぶ）を導入する。

デザイン・エージェントとデザイン・エージェントの世界との間には動的な関係がある。エージェントは自分と環境や人工物の構成との関係を認識する。この関係の認識はエージェントの内的状態と環境や人工物の構成との両者に影響され、エージェントの内的状態に影響を与える。また、エージェントの行動はエージェントと環境や人工物の構成との関係やエージェントの内的状態を変えるが、どのような行動がなされるかはエージェントと環境や人工物の構成との関係の認識やその他の内的状態に影響される。人間の内的状態は新たなエージェントと環境や人工物の構成との関係の認識を通じてさらに変化する。

デザイン・エージェントは環境における情報を受容して内部状態（次節に挙げるデザイン・エージェントの知識によって表現する）を変化させる。また、内部状態にもとづいて行為をなし、環境における情報を変化させる。エージェントは情報を受

容する構成要素（以下、受容器）、情報を変化させる構成要素（以下、効果器）、および、受容器と効果器とを連結する構成要素からなる。エージェントは環境における情報（外因的情報）を自己の内部状態との相互作用によって変形された情報として取り込み、取り込んだ情報とエージェント自身の情報（内因的情報）や内部の状態との全体の認識（状況）にもとづいて、振る舞いを定める。ある環境において行為者が決定的に行為をなすわけではないことは、エージェントが状況に対して行為を定め、実体的な環境と状況とが必ずしも一対一対応しないことによつて表現可能である。

### 3.3 デザイン・エージェントの知識

デザインはそれが実際に製作されることによつて世界が好ましい方向に変化することが期待される人工物の設計描写を制作する活動である。デザインには以下に示す知識が用いられる。

- (1) 設計言語  $\mathcal{L}_A$  及び意味（指示対象との対応） $\pi_A$
- (2) 環境言語  $\mathcal{L}_E$  及び意味  $\pi_E$
- (3) 世界のありようを記述する言語  $\mathcal{L}_{W_s}$  及び意味  $\pi_{W_s}$
- (4) 法則について記述する言語  $\mathcal{L}_{W_r}$  及び意味  $\pi_{W_r}$
- (5) 法則に関する知識  $K_{W_r} (C \mathcal{L}_{W_r})$
- (6) デザイン操作と世界のありようの変化に関する知識

設計言語に関する知識は必須である。設計言語なくしては設計描写をそれが人工物の構成を指示するものであると意識して制作することは不可能である。環境言語や世界のありようについて記述する言語は必ずしも不可欠ではない。しかし、デザインされた人工物は特定の環境や世界のありようを提供することについて語ろうとするときに必要である。そして、大抵のデザインにおいて人工物の提供する事物（機能や性能とは限らないが）について語られる。すなわち、これらの言語もほぼ必須であるといつてよい。法則に関する知識についても同様のことが言える（言語を使用しない状況においても法則や操作についての言語表現が指示する内容を暗黙知として経験的に獲得することは可能である）。

法則に関する実体的な事物の実態に整合する明示的な知識は  $\mathcal{L}_{W_r}$  の真なる要素（法則の記述）の集合である。

## 4. ま と め

デザインの特徴をマルチ・エージェント・シミュレーションによつて表現するための基本的な枠組みとして、言語、言語の指示対象、言語と指示対象の対応関係を明示するデザインに関わる世界の二層モデル、及び、同枠組み上でのエージェントの基本構成について述べた。

### 文 献

- [1] Gero, J.: Design Prototypes, A Knowledge Representation Schema for Design, AI Magazine, 11(4), pp.26-36, 1990.
- [2] Scruton, R.: *The Aesthetics of Architecture*, Methuen and Co., 1979; 阿部公正訳、建築美学、丸善、1985.
- [3] Simon, H.A.: *The Sciences of the Artificial - second edition* -, MIT Press, 1969, 1981; 稲葉元吉ほか訳、システムの科学（新版）、パーソナルメディア、1987.
- [4] von Wright, G. H.: *Explanation and Understanding*, Cornell University Press, 1971.