

デザインにおける論理的観点と非論理的観点を包括するモデルの提案 - 複雑系科学の観点から見たデザイン研究 -

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 目黒区大岡山 2-12-1 M1-37
hfujii@arch.titech.ac.jp

あらまし：設計を言語表現を作成する行為と仮定し，言語表現と指示対象を対応づける解釈関数を on-the-fly で変化させることで，設計における論理的思考と非論理的思考を同時に扱う。

キーワード：設計（デザイン），形式表現，モデル

Proposing a Model to Comprehend Logical and Non-logical Aspects in Design Design Research from a Viewpoint of Science of Complex System

Haruyuki FUJII¹

¹ Tokyo Institute of Technology

Abstract A model to comprehend logical thinking and non-logical thinking in design process is proposed. The model is characterized in terms of a collection of pairs of a mathematical structure and an interpretation function. Re-interpretation in design is represented by the proposed model.

Keyword : Design, Formal Representation, Model

1 はじめに

デザインのプロダクトは人工物の形態や構成を描き記したものの，いわゆる設計図書である。しかし，形態や構成それ自体を決定することは目的の一部である。人工物の形態や構成とその人工物が使用されるコンテキスト（生活様式，社会制度，環境等）との秩序 [1] を創造する潜在力のある建物の形態や構成を決定することがデザインの主たる目的である。

デザインを問題解決のプロセスとして定式化することが可能である。但し，その問題は不完全 (ill-defined problem) であり [2, 5]，かつ，不安定である [7]。問題は解決案を探究する過程で修正，取捨選択されながら変化する。したがって，解決すべき全ての問題を予め列挙しておくことは困難であろう。解決案は問題の変化に応じて多様な観点から吟味される [3]。問題は解決案の制作に応じて再定義される。デザインには論理的な思考のプロセスや形式的な操作のプロセスからなる。しかし，問題の不完全性と不安定性を考慮すれば，デザインの全プロセスを論理的な推論過程（例えば，演繹）あるいは純粹に形式的な操作の連続として定式化することは容易ではない。論理や形式上のギャップを含めてデザインを論理的あるいは形式的に表現することが要請されるからである。

本研究はデザインにおける思考の論理的なギャップを数理や論理の概念を用いて形式的に説明することを目的とする。デザインにおける思考は論理的かつ意識的

な思考と論理的ではなくかつ無意識的なプロセスのコンビネーションであると仮定する。前者は論理的な思考は言語や記号システムを用いてなされる。後者は必ずしも言語や記号システムを用いる思考ではない。しかし，デザインにおける論理的なギャップとして観察される現象を起こしたり，設計者にいわゆる創造的な活動をさせたりする等，デザインにおいて重要な役割を演じるものである。

本論は論理的な思考と論理的ではない思考との関係を説明するための仮説的モデルを提案する。このモデルは数理論理学における形式言語と形式言語の数学的構造との関係に倣うものである。論理的には形式言語とその数学的構造は固定した解釈関数によって結びつけられる。本研究ではこの解釈関数を，固定したものではなく，デザインの過程で柔軟に変化するものとして捉える。デザインにおける状況性や再解釈は解釈関数が柔軟に変更されたり，解釈関数の値域（数学的構造のうち注目されている部分）が変更されたりすることによって起こると考える。本論は仮説的モデルの構成を説明し，デザインにおける典型的な現象のひとつである再解釈 (re-interpretation) [6] がそのモデルを用いて表現できることを示す。

2 二つの観点：論理的観点と非論理的観点の表現

論理的な思考を数理論理学における健全な形式体系を用いることによって表現可能な思考と定義する。論

論理的観点においては、思考の前提となる命題や思考によって導かれる命題の集まりが無矛盾であること、すなわち、命題の集まりの論理的整合性が維持されていることが要求される。本論で用いる「論理」は数理論理学の術語としての「論理」に準拠するものである。

論理的な思考の定義の条件を満たさない思考を非論理的な思考と定義する。非論理的観点においては数理論理的な矛盾が容認されることとする。言い換えれば、非論理的観点においては論理的整合性（数理論理的に無矛盾であること）が否かは問われない。ただし、論理と非論理を対比することによって、論理が非論理に比べて優れていると主張しようとしているのではない。本研究はデザインにおいては非論理が重要な役割を担うという直観に動機づけられている。

仮説的モデルは論理的観点と非論理的観点を次のように扱う。ひとつの観点を表す基本単位を形式言語、領域、解釈関数、形式体系の四つ組とする。領域は形式言語の指示対象となる空でない集合である。解釈関数は形式言語と領域とを対応づける関数である。領域と解釈関数の組は数学的構造（あるいは、構造）とよばれる。形式体系は公理の集合と推論規則の集合の組である。公理は数学的構造を指示対象として恒に正しいとみなす命題であり、形式言語によって表現される。推論規則は形式言語表現（例えば、公理）からさまざま形式言語表現（命題）を導出する、形式言語表現に対して施される記号操作の規則として表現される。論理的観点の表現においては形式体系が健全であることを要求する。形式体系が健全であるとは形式体系が導出する命題が数学的構造を指示対象として恒に正しいことをいう。非論理的観点においては形式体系の健全性を要求しない。ひとつの観点の中で思考がなされるとき、形式言語、領域、解釈関数、形式体系は固定的である。論理的思考はある論理的観点の中でなされる思考である。四つ組を構成する形式言語、領域、解釈関数、形式体系のいずれかが変化する場合、観点が別の観点に変化するものとして扱う。観点の変化を再解釈とよぶ。論理的観点と非論理的観点、論理的観点と論理的観点、非論理的観点と非論理的観点は、それぞれ、観点の移行によって結合される。非論理的観点の中での思考と再解釈を伴う超論理的な思考を非論理的思考の表現とする。

3 世界の構造

3.1 二種類の世界：形而上学的世界と投影的世界

私たちが現実的であると見ている世界は実際の世界とは必ずしも同一のものではなく、私たちの個人個人の内部に投影された像である [4]。前者を形而上学的現

実世界 (Metaphysically Real World, M-World)、後者を投影的世界 (Projected World, P-World) とよぶ。投影的世界のありようと形而上学的現実世界のありよとの間には関係があるが、一対一の対応があるとは限らない。形而上学的世界は全知全能の神の目から見た世界である。投影的世界は各行為者にとって意味のある世界である。

3.2 世界の構造

行為者 i に注目した形而上学的現実世界の状態を記号 $\langle w_i, c_i \rangle$ によって表わす。ここで、 w_i を行為者 i を取り巻く環境の状態とし、 c_i を行為者 i の状態とする。 w_i には i 以外の全ての行為者の状態が含まれる。形而上学的現実世界のありよを環境の状態と行為者自身の状態によって特徴づける表現形式である。 w_i をさらに次式によって特徴づける。 w_u はいずれの行為者でもない対象の状態を示す。 N は行為者の総数である。

$$w_i = \langle w_u, c_1, \dots, c_{i-1}, c_{i+1}, \dots, c_N \rangle \quad (1)$$

形而上学的現実世界の状態を実情とよぶ。同一の形而上学的現実世界を行為者 i 及び行為者 $j (j \neq i)$ に注目してそれぞれの実情として記す場合、二つの実情の違いは情報の配列の順序のみであり、配置される個々の情報の内容は等しい。ただし、それは全ての情報をありのままに観察できる全知全能の存在者の観点、すなわち形而上学的な視点から見た場合のことである。

行為者 i に注目する実情 $\langle w_i, c_i \rangle$ と行為者 j に注目する実情 $\langle w_j, c_j \rangle$ が同一の形而上学的現実世界を記述したものであるとき、二つの実情の関係を記号 $\stackrel{\tau}{=}$ を用いて次のように表す。

$$\langle w_i, c_i \rangle \stackrel{\tau}{=} \langle w_j, c_j \rangle \quad (2)$$

$w_i (i = 1, \dots, N)$ がとりうる全形式の集合を State^E とする。 $c_i (i = 1, \dots, N)$ がとりうる全形式の集合を State^A とする。行為者 i に注目した事態は集合 $\text{Soa}_i (\subseteq \text{Soa})$ の要素である。 Soa は事態がとりうる全形式の集合である。

$$\text{Soa} = \{ \langle w, c \rangle \mid w \in \text{State}^E, c \in \text{State}^A \} \quad (3)$$

行為者 i は必ずしも実情 $\langle w_i, c_i \rangle$ の全てをありのままに知るわけではない。行為者 i が $\langle w_i, c_i \rangle$ の何を見て何を見ないかは行為者 i の状態 c_i に依存する。行為者 i の見ている世界は形而上学的現実世界が行為者に投影された投影的世界である。投影的世界の状態を状況とよぶ。行為者 i の状況を記号 $\langle w_i^p, c_i^p \rangle$ によって表わす。 w_i^p を投影的世界の構成要素のうち行為者 i が観察によって直接的に知りうるものとする。 c_i^p を投影的世界の構成要素のうち行為者 i が観察なしに知りうるが観察では直接的に知り得ないものとする。

$w_i^p (i = 1, \dots, N)$ がとりうる全形式の集合を $\text{State}^{p,E}$ とする。 $c_i^p (i = 1, \dots, N)$ がとりうる全形式の集合を $\text{State}^{p,A}$ とする。行為者 i にとっての状況は集合 $\text{Situation}_i (\subseteq \text{Situation})$ の要素である。Situation は各行為者が遭遇しうる全ての状況の集合である。

$$\text{Situation} = \{ \langle w^p, c^p \rangle \mid w^p \in \text{State}^{p,E}, c^p \in \text{State}^{p,A} \} \quad (4)$$

実情と状況の関係を 142 式によって表す。 f_{proj} は関数を示す。また、関数 f_{proj} の型を 143 式に示す。この型は f_{proj} が定義域が $\text{State}^{p,A}$ であり、値域が $\text{State}^{p,A}$ から $\text{State}^E \times \text{State}^A$ への関数であることを表している。すなわち、事態の構成要素である環境の状態 w と状況 $\langle w^p, c^p \rangle$ とを対応付けが行為者の状態 c に応じて定まることを表している。

$$\begin{aligned} \langle w_i^p, c_i^p \rangle &= f_{proj}(c_i)(w_i) \\ f_{proj} \mid \text{State}^A &\rightarrow \text{State}^E \rightarrow \text{State}^{p,E} \times \text{State}^{p,A} \end{aligned} \quad (5)$$

以後、混乱を招かない場合には行為者を示す記号を付さず、 $\langle w_i, c_i \rangle$ を $\langle w, c \rangle$ と、 $\langle w_i^p, c_i^p \rangle$ を $\langle w^p, c^p \rangle$ と、それぞれ、記す。

3.3 構造の同一関係

二つの実情 $\langle w, c \rangle$ と $\langle w', c' \rangle$ が同一であることを $\langle w, c \rangle = \langle w', c' \rangle$ と表記し、144 式のように定める。二つの状況 $\langle w^p, c^p \rangle$ と $\langle w^{p'}, c^{p'} \rangle$ が同一であることを $\langle w^p, c^p \rangle = \langle w^{p'}, c^{p'} \rangle$ と表記し、145 式のように定める。

Definition (構造の同一関係)

$$\begin{aligned} \langle w, c \rangle &= \langle w', c' \rangle \iff w = w' \text{ and } c = c' \\ \langle w^p, c^p \rangle &= \langle w^{p'}, c^{p'} \rangle \iff w^p = w^{p'} \text{ and } c^p = c^{p'} \end{aligned} \quad (7)$$

□

二つの実情の構造が同一であることと二つの状況の構造が同一であることは必ずしも対応するわけではない。

投影的世界の概念を導入することの意義は実情の同一性と状況の同一性が一致しない場合を扱える点にある。異なる実情が同一の状況として認知される場合や同一の実情が異なる状況として認知される場合を扱うことが可能になる。

二つの状況が一致する ($w^p = w^{p'}$) 場合の実情の関係を次のように定義する。

Definition 状況 $\langle w^p, c^p \rangle$ と状況 $\langle w^{p'}, c^{p'} \rangle$ がそれぞれ実情 $\langle w, c \rangle$ と実情 $\langle w', c' \rangle$ の投影であるとする。 $\langle w^p, c^p \rangle = \langle w^{p'}, c^{p'} \rangle$ のとき二つの実情 $\langle w, c \rangle$ と $\langle w', c' \rangle$ は投影的に一致するといい、 $\langle w, c \rangle \mathcal{P} \langle w', c' \rangle$ と表記する。 □

4 言語と構造の関係

世界のありようをどのように知っているかがある行為者が他の行為者と相互に理解するための方法のひとつは世界にありようについて知っていることを何らかの媒体を用いて伝達しあうことである。

情報伝達には記号や言語が用いられる。ここで、音韻のような聴覚的媒体や文字等の視覚的媒体だけではなく、身振りや表情などの身体動作も広い意味での記号や言語とみなす。記号や言語が情報伝達の媒体となるためにはそれらによる表現と表現が指示する対象とが対応づけられている必要がある。このような対応づけは解釈とよばれる。発信者の解釈と受信者の解釈が全く等しいあるいはほぼ等しい場合に正確な情報伝達が可能になる。

言語 $\mathcal{L}$ を世界 (P-World) について言及する平叙文の集合とする。平叙文とはその真偽を定めることが可能な形式をもつ表現である。言語の要素 (平叙文) を言明ともよぶ。言語は言明の集合でもある。言明の指示対象は投影的世界であるとする。言明が真であるときその言明は投影的世界について正しく記述しているものとし、偽であるときは言明は投影的世界について正しく記述していないものとする。

投影的世界と言語 $\mathcal{L}$ との対応付けを解釈関数 π によって定義する。 π の型を 152 式に示す。ここで、 $\text{Bool} = \{\text{True}, \text{False}\}$ であり、True と False は、それぞれ、真と偽に対応する。

$$\pi \mid \text{State}^{p,A} \rightarrow \text{State}^{p,E} \rightarrow (\mathcal{L} \rightarrow \text{Bool}) \quad (9)$$

$\pi(c^p)(w^p)(\varphi) = \text{True}$ は状況 $\langle w^p, c^p \rangle$ において言明 φ が真であることを示す。 $\pi(c^p)(w^p)(\zeta) = \text{False}$ は状況 $\langle w^p, c^p \rangle$ において言明 ζ が偽であることを示す。状況と言明の関係 $\models$ を次のように定義する。

Definition ($\models, \not\models$)

$$\langle w^p, c^p \rangle \models \varphi \iff \pi(c^p)(w^p)(\varphi) = \text{True} \quad (10)$$

$$\langle w^p, c^p \rangle \not\models \varphi \iff \pi(c^p)(w^p)(\varphi) = \text{False} \quad (11)$$

□

言明の集合 $\mathcal{D} (\subseteq \mathcal{L})$ を記述とよぶ。 $\mathcal{D}$ の要素である任意の言明が状況 $\langle w^p, c^p \rangle$ において真であるとき、記述 $\mathcal{D}$ は状況 $\langle w^p, c^p \rangle$ の正しい記述である、あるいは、 $\langle w^p, c^p \rangle$ は $\mathcal{D}$ のモデルであるといい、次式のように表記する。

$$\langle w^p, c^p \rangle \models \mathcal{D} \quad (12)$$

Definition

$$\langle w^p, c^p \rangle \models \mathcal{D} \iff \langle w^p, c^p \rangle \models \varphi \text{ for all } \varphi \in \mathcal{D} \quad (13)$$

□

状況の正しい記述によって示される内容を状況の認識とよぶ。ここで、状況の認識は言語表現を介してなされることを前提としている。言語を必要としない状況の認知と言語を必要とする認識を異なるものごととして扱う。

実情や状況が構造的に同一であることを上で定義した。二つの実情が構造的に同一であることは感知レベルで同一であるということである。状況が構造的に同一であることは認知レベルで同一であるということである。さらに、状況が認識的に同一であるということとを定義する。

状況の内容は言語によって記述される。構造上は異なる二つの状況が同一の言明 φ を真とするとき、これらの状況は言明 φ によっては区別されないといえる。同様に構造上は異なる二つの状況が同一の記述 $\mathcal{D}$ のモデルとなると、これらの状況は記述 $\mathcal{D}$ によっては区別されないといえる。二つの状況を言語を用いて区別するためには、一方の状況で真となり、もう一方の状況では偽となる言明を用いなければならない。そのような言明が言語 $\mathcal{L}$ に属さない場合には二つの状況は言語 $\mathcal{L}$ を用いた表現によっては区別されない。すなわち、二つの状況は言語 $\mathcal{L}$ を介した認識上は同一の状況である。このような状況の関係を $\mathcal{L}$, $\mathcal{D}$, $\mathcal{L}$ によって次のように表す。

Definition ($\mathcal{L}$) 言明 φ について

$$\langle w^p, c^p \rangle \mathcal{L} \langle w^{p'}, c^{p'} \rangle \Leftrightarrow \langle w^p, c^p \rangle \models \varphi \text{ iff } \langle w^{p'}, c^{p'} \rangle \models \varphi \quad (14)$$

□

$\langle w^p, c^p \rangle \mathcal{L} \langle w^{p'}, c^{p'} \rangle$ であるとき状況 $\langle w^p, c^p \rangle$ と状況 $\langle w^{p'}, c^{p'} \rangle$ は言明 φ において認識的に同一であるという。

Definition ($\mathcal{D}$) 記述 $\mathcal{D}$ について

$$\langle w^p, c^p \rangle \mathcal{D} \langle w^{p'}, c^{p'} \rangle \Leftrightarrow \langle w^p, c^p \rangle \mathcal{L} \langle w^{p'}, c^{p'} \rangle \text{ for all } \varphi \in \mathcal{D} \quad (15)$$

□

$\langle w^p, c^p \rangle \mathcal{D} \langle w^{p'}, c^{p'} \rangle$ であるとき状況 $\langle w^p, c^p \rangle$ と状況 $\langle w^{p'}, c^{p'} \rangle$ は記述 $\mathcal{D}$ において認識的に同一であるという。

Definition ($\mathcal{L}$) 言語 $\mathcal{L}$ について

$$\langle w^p, c^p \rangle \mathcal{L} \langle w^{p'}, c^{p'} \rangle \Leftrightarrow \langle w^p, c^p \rangle \mathcal{L} \langle w^{p'}, c^{p'} \rangle \text{ for all } \varphi \in \mathcal{L} \quad (16)$$

□

$\langle w^p, c^p \rangle \mathcal{L} \langle w^{p'}, c^{p'} \rangle$ のとき状況 $\langle w^p, c^p \rangle$ と状況 $\langle w^{p'}, c^{p'} \rangle$ は言語 $\mathcal{L}$ において認識的に同一であるという。

言語ある言語において状況 $\langle w^p, c^p \rangle$ と状況 $\langle w^{p'}, c^{p'} \rangle$ が認識的に同一であるとはこれらの状況が認識的に異なっているとしても当該言語では区別できないことを意味する。

社会的現実世界 (Socially Real World, S-World) を生物あるいは社会的動物としての行為者の集合にとって意味のある世界とする。行為者が共通して認識している世界であるとする。

行為者の集団 I において、集団に属する任意の行為者 $i, j (i, j \in I)$ がそれぞれ実情 $\langle w_i, c_i \rangle, \langle w_j, c_j \rangle$ にあり、 $\langle w_i, c_i \rangle \stackrel{I}{\sim} \langle w_j, c_j \rangle$ であるとする。また、行為者 $i (i \in I)$ が遭遇している状況を $\langle w_i^p, c_i^p \rangle$ とする (65 式)。

$$\langle w_i^p, c_i^p \rangle = f_{proj}(c_i)(w_i) \quad (17)$$

このとき、集団 I に属する任意の行為者 $i (i \in I)$ の状況 $\langle w_i^p, c_i^p \rangle$ において真となる言明 φ を集団 I が遭遇している状況についての客観的な言明とよぶ。ある状況についての客観的な言明の集合をその状況についての客観的な記述とよぶ。客観的な記述によって表される内容を状況の共通認識とよぶ。 $\mathcal{D}_I$ が客観的な状況の記述であるとき、記述のモデルは形式上は個々の行為者の状況であるが、それらを総体化し、状況の客観的記述のモデルとなる構造 $\langle w_I^p, c_I^p \rangle$ があると仮定する。このような仮構的な構造を状態の表現とする世界を社会的現実世界とする。

$$\langle w_I^p, c_I^p \rangle \models \mathcal{D}_I \quad (18)$$

5 設計における再解釈の表現

実情と状況からなる二層化した構造を用いて設計における再解釈の表現を試みる。

ある行為者にとって実情 $\langle w, c \rangle$ と $\langle w', c' \rangle$ が投影的に一致するとする ($\langle w, c \rangle \mathcal{P} \langle w', c' \rangle$)。これらの実情が投影された状況を $\langle w^{p,0}, c^{p,0} \rangle$ とする。

$$\langle w^{p,0}, c^{p,0} \rangle = f_{proj}(c)(w) \quad (19)$$

$$\langle w^{p,0}, c^{p,0} \rangle = f_{proj}(c')(w') \quad (20)$$

三種類の行動 $\alpha_1, \alpha_2, \beta$ を想定する。行動 α_1 は実情 $\langle w, x \rangle$ (x は行為者の任意の状態を示す) において生起可能である。実情 $\langle w, c \rangle$ において行動 α_1 をなした場合の行動完了時の実情を $\langle w^1, c^1 \rangle$ とする。行動 α_2 は実情 $\langle w, x \rangle$ と実情 $\langle w', y \rangle$ (x, y は行為者の任意の状態を示す) において生起可能である。実情 $\langle w, x \rangle$ と実情 $\langle w', c' \rangle$ において行動 α_2 をなした場合の行動完了時の実情をそれぞれ $\langle w^2, c^2 \rangle, \langle w^4, c^4 \rangle$ とする。行動 β は任意の実情において生起可能である。行動完了時には行為者の状態のみが変化しており、環境の状態は行動の直前直後で変化しない。

上で想定したように実情 $\langle w, c \rangle$, $\langle w', c' \rangle$ が投影された状況は同一であり、行為者にとっては状況 $\langle w^{p,0}, c^{p,0} \rangle$ において $\alpha_1, \alpha_2, \beta$ の三種類の行動が可能である。しかし、実情 $\langle w', c' \rangle$ において行動 α_1 をなそうとすると成功せず、行動失敗直後の実情は $\langle w', c^3 \rangle$ となる。行動に失敗した場合、行為者の状態（例えば実情 $\langle w, c \rangle$ の c ）のみが変化し、形而上学的現実世界の環境の状態（実情 $\langle w, c \rangle$ の w ）は変化しないと仮定する。行為者の状態の変化は行為者が行動に失敗したことを知ることを表すものである。

それぞれの実情を投影した状況を下式に示す。

$$\langle w^{p,1}, c^{p,1} \rangle = f_{proj}(c^1)(w^1) \quad (21)$$

$$\langle w^{p,2}, c^{p,2} \rangle = f_{proj}(c^2)(w^2) \quad (22)$$

$$\langle w^{p,3}, c^{p,3} \rangle = f_{proj}(c^3)(w') \quad (23)$$

$$\langle w^{p,4}, c^{p,4} \rangle = f_{proj}(c^4)(w^4) \quad (24)$$

設計における再解釈を説明するために言明に直感的な意味を与える。言明 p を「環境が δ_p である」という言明とする。言明 q を「設計案が性能に関する要求 δ_q を満たす」という言明とする。言明 r, s, t をそれぞれ「設計案が仕様 δ_r をもつ」、「設計案が仕様 δ_s をもつ」、「設計案が仕様 δ_t をもつ」という言明とする。

性能 δ_q を発揮することが要求される建物の設計が進行しており、設計者（行為者）は状況 $\langle w^{p,0}, c^{p,0} \rangle$ を認知していると想定する（173 式）。

$$\langle w^{p,0}, c^{p,0} \rangle \models \{p \vee \neg p, q \vee \neg q, t, *p, *q\} \cup D_0 \quad (25)$$

173 式の D_0 を任意の状況において真となる記述とする（式 174）。 D_0 の各言明は次のことを表す。「設計案が仕様 δ_s を持つのは環境が δ_p であることが必要である（ $s \rightarrow p$ ）」、「設計案が仕様 δ_s を持ちかつ設計案が仕様 δ_t を持つならば要求性能 δ_q が満たされる（ $s \wedge t \rightarrow q$ ）」、「環境が δ_p ではなくかつ設計案が仕様 δ_r を持ちかつ設計案が仕様 δ_t を持つならば要求性能 δ_q が満たされる（ $\neg p \wedge r \wedge t \rightarrow q$ ）」。

$$D_0 = \{s \rightarrow p, s \wedge t \rightarrow q, \neg p \wedge r \wedge t \rightarrow q\} \quad (26)$$

行為者が状況 $\langle w^{p,0}, c^{p,0} \rangle$ を認知しているとき、実情は $\langle w, c \rangle$ である可能性と $\langle w', c' \rangle$ である可能性がある。行為者は実情 $\langle w, c \rangle$ と $\langle w', c' \rangle$ のどちらも状況 $\langle w^{p,0}, c^{p,0} \rangle$ として認知する。上記以外の実情にある可能性もありうるがここでは考慮しない。実情 $\langle w, c \rangle$ においては p が真であり、実情 $\langle w', c' \rangle$ においては p が偽である（ $\neg p$ ）とする。

$$\langle w, c \rangle \models p \quad (27)$$

$$\langle w', c' \rangle \models \neg p \quad (28)$$

行為者は p の真偽を実情や状況を直接観察することによって判別し得ないと想定する。すなわち、行為者の状況 $\langle w^{p,0}, c^{p,0} \rangle$ においては p か $\neg p$ が判明していない。ただし、 $p \vee \neg p$ （ p が成立するまたは p が成立しない）は真（トートロジー）である。行為者は q が成立すること（設計案が性能に関する要求 δ_q を満たすこと）を期待している。このことを言明の前に $*$ を付して $*q$ と表記する。さらに、 p の成立は確認できないが、行為者はこの状況において不確定ながらも p を期待（仮定）している。このことも $*p$ と記す。 $*a$ は a の成立は不確定であるが a が期待されたり、暫定的に真であると仮定していることを示す。

q の成立を期待する（ $*q$ ）行為者が p を期待する（ $*p$ ）のは $s \wedge t \rightarrow q$ と $s \rightarrow p$ を踏まえてのことであると想定可能である。

行為者は q の成立のためにいくつかの行動をなす。 α_1 を s を生成（言明 s を記述に付加）する行動とする。 α_2 を r を生成する行動とする。 β を q が成立するか否かを確認する行動とする。行為者にとっては状況 $\langle w^{p,0}, c^{p,0} \rangle$ において行動 α_1, α_2 が選択可能であるが、実情によって行動の成否が決まるが行為者はそれらの実情を区別しないので、どちらの行動を選択しても遂行に失敗するか期待する帰結を得られない可能性がある。

行為者が状況 $\langle w^{p,0}, c^{p,0} \rangle$ において行動 α_1 をなす場合について考察する。

実情が $\langle w, c \rangle$ である場合、行為者は状況 $\langle w^{p,0}, c^{p,0} \rangle$ において行動 α_1 の遂行に成功し、状況 $\langle w^{p,1}, c^{p,1} \rangle$ が認知される（177 式）。 p は s と $s \rightarrow p$ より演繹可能である。

$$\langle w^{p,1}, c^{p,1} \rangle \models \{p, s, t, q \vee \neg q\} \cup D_0 \quad (29)$$

行動 α_1 に続けて行動 β をなすと実情は $\langle w^1, c^{1'} \rangle$ となり、状況 $\langle w^{p,1'}, c^{p,1'} \rangle$ が認知される。状況 $\langle w^{p,1'}, c^{p,1'} \rangle$ において q の成立が確認され、性能 δ_q を発揮するという設計目標が達成される。

$$\langle w^{p,1'}, c^{p,1'} \rangle \models \{p, s, t, q\} \cup D_0 \quad (30)$$

実情が $\langle w', c' \rangle$ である場合、行為者は状況 $\langle w^{p,0}, c^{p,0} \rangle$ において行動 α_1 に失敗し、状況 $\langle w^{p,3}, c^{p,3} \rangle$ が認知される。 s の成立には p が必要であるが実情 $\langle w', c' \rangle$ においては p が成立しないためである。状況 $\langle w^{p,3}, c^{p,3} \rangle$ において行為者は s が成立しないことを認識する。行為者が推論（アブダクション）をすれば $s \rightarrow p (\Leftrightarrow \neg p \rightarrow \neg s)$ から $\neg p$ が推量される（状況 $\langle w^{p,3}, c^{p,3'} \rangle$ ）。アブダクション (abduction) とは $x \rightarrow y$ と y から x を導く形式の推論である。 x であることの論理的な必然性は保証されないが、人間の思考ではしばしば使用される形式で

ある。行為者（行動主体）は $\neg p$ を仮定して設計を進められる。ただし、 $\neg p$ の成立は行為者にとっては不確定である $(*(\neg p))$ 。

$$\langle w^{p,3}, c^{p,3} \rangle \models \{\neg s, t, \neg q\} \cup D_0 \quad (31)$$

$$\langle w^{p,3}, c^{p,3'} \rangle \models \{\neg s, t, \neg q, *(\neg p)\} \cup D_0 \quad (32)$$

ここで、状況 $\langle w^{p,3}, c^{p,3'} \rangle$ は実情 $\langle w', c^{3'} \rangle$ の投影である。形而上学的現実世界における環境の状態は行動前の状況 $\langle w^{p,0}, c^{p,0} \rangle$ と同じである。しかし、行為者の状態は行動 α_1 の遂行前と失敗後で変化している。行為者は $*p$ と推量していた状況 $\langle w^{p,0}, c^{p,0} \rangle$ とは異なり、状況 $\langle w^{p,3}, c^{p,3'} \rangle$ では $*(\neg p)$ と推量している。 p と $\neg p$ は同時に成立しない。形而上学的現実世界における環境の状態が同一であるにも関わらず、行為者の状態が異なるために状況の認知が異なりうることを示している。認知される状況が変化し、 p なる仮定が $\neg p$ なる仮定に変化している。この p と $\neg p$ は同一の環境を対象とする言明である。同一の対象に関して両立しない p と $\neg p$ がいずれも真でありうるのは、 p を真と仮定する状況と $\neg p$ を真とする状況とで異なる解釈関数が用いられる場合である。すなわち、再解釈（解釈関数の変更）がなされる場合である。直観的な表現をすれば、客観的な環境の状態が同一であるにもかかわらず、環境を観る行為者の状態（一般にいう観点）が変化しているため、その行為者による環境の再解釈が起きている。

$$\langle w^{p,3}, c^{p,3'} \rangle = f_{proj}(c^{3'})(w') \quad (33)$$

行為者は状況 $\langle w^{p,0}, c^{p,0} \rangle$ において行動 α_1 の遂行に失敗し、状況 $\langle w^{p,3}, c^{p,3} \rangle$ 、 $\langle w^{p,3}, c^{p,3'} \rangle$ に到達した。これらの状況において行為者がなせる行動は α_2 または β である。行動 α_1 に失敗することによって行動の選択肢が狭められ、状況 $\langle w^{p,3}, c^{p,3} \rangle$ 、 $\langle w^{p,3}, c^{p,3'} \rangle$ においては形而上学的現実世界における環境の状態 w' において遂行可能な行動が残っている。これらの状況で行動 α_2 を実行した場合の実情や状況の変化には次に考察することと共通する部分があると考えられる。

行為者が状況 $\langle w^{p,0}, c^{p,0} \rangle$ において行動 α_2 をなす場合について考察する。

実情が $\langle w', c' \rangle$ である場合、行為者は状況 $\langle w^{p,0}, c^{p,0} \rangle$ において行動 α_2 の遂行に成功し、状況 $\langle w^{p,2}, c^{p,2} \rangle$ が認知される。

$$\langle w^{p,2}, c^{p,2} \rangle \models \{r, t, q \vee \neg q\} \cup D_0 \quad (34)$$

続けて行動 β をなすと実情は $\langle w^2, c^{2'} \rangle$ となり、状況 $\langle w^{p,2'}, c^{p,2'} \rangle$ が認知される。状況 $\langle w^{p,2'}, c^{p,2'} \rangle$ において q の成立が確認され、性能 δ_q を発揮するという設計目

標が達成される。

$$\langle w^{p,2'}, c^{p,2'} \rangle \models \{r, t, q\} \cup D_0 \quad (35)$$

実情が $\langle w, c \rangle$ である場合、状況 $\langle w^{p,0}, c^{p,0} \rangle$ における行動 α_2 は成功し、状況 $\langle w^{p,4}, c^{p,4} \rangle$ が認知される。状況 $\langle w^{p,4}, c^{p,4} \rangle$ と状況 $\langle w^{p,2}, c^{p,2} \rangle$ は記述 $\{r, t, q \vee \neg q\} \cup D_0$ において認識的に同一である。

$$\langle w^{p,4}, c^{p,4} \rangle \models \{r, t, q \vee \neg q\} \cup D_0 \quad (36)$$

続けて行動 β をなすと実情は $\langle w^4, c^{4'} \rangle$ となり、状況 $\langle w^{p,4'}, c^{p,4'} \rangle$ が認知される。任意の実情において $\{p \vee r \vee t \rightarrow \neg q\}$ であるが行為者はどの状況においてもそのことを認識していないと仮定する。状況 $\langle w^{p,4'}, c^{p,4'} \rangle$ において q が成立しないこと ($\neg q$) が確認され、性能 δ_q を発揮するという設計目標は達成されていない。ただし、 $r, t, \neg q$ と $\neg p \wedge r \wedge t \rightarrow q$ の対偶 ($\neg q \rightarrow p \wedge r \wedge t$) より、 p が演繹される。

$$\langle w^{p,4'}, c^{p,4'} \rangle \models \{p, r, t, \neg q\} \cup D_0 \quad (37)$$

行為者は行動 α_2 の遂行には成功したが期待する効果 (q) を得られていないという状況 $\langle w^{p,4'}, c^{p,4'} \rangle$ に到達している。この状況において行為者がなせる行動は α_1 である。行動 α_2 が期待する帰結を導かないことによって p であることが判明し、行動 α_1 が期待する帰結を導きうることが推論可能となる。状況 $\langle w^{p,4'}, c^{p,4'} \rangle$ においては形而上学的現実世界における環境の状態 w において遂行可能な行動が唯一の候補となる。この状況で行動 α_1 と β を続けてなせば、 q が成立する状況が得られる。

謝辞

本研究は文部科学省科学研究補助金（基盤研究 C 課題番号 13650667、基盤研究 A 課題番号 14205087）を受けている。関係各位に謝意を表す。

参考文献

- [1] Alexander, C.: 1964, Notes on the Synthesis of Form, Harvard University Press; 形の合成に関するノート（稲葉武司訳）、鹿島出版会、1978。
- [2] Akin, Ö.: *Psychology of Architectural Design*, Pion, 1986。
- [3] 藤井晴行、中井正一：多種の教義が関与する設計過程の巨視的構造、日本建築学会計画系論文集、第 518 号、pp.335-340, 1999.4。
- [4] Jackendoff, R.: *Semantics and Cognition*, The MIT Press, 1983。
- [5] Rowe, E.: *Design Thinking*, The MIT Press, 1987; デザインの思考過程（奥山健二訳）、鹿島出版会、1990。
- [6] Schön, D.A.: *The Reflective Practitioner - How Professionals Think in Action*, Basic Books, 1983。
- [7] Scruton, R.: *The Aesthetics of Architecture*, Methuen and Co., 1979; 阿部公正訳、建築美学、丸善、1985。