

# 創造的設計における概念の産生過程モデル

東京都立大学 ○増村陸, 筒井優介, 横井航太郎, ◎下村芳樹

## 要旨

設計において新規性の高い設計解を導出するには、既存知識の演繹的な適用だけでなく、新たな概念の産生を伴う創造的な思考が必須である。新たな概念の産生は、共感や学習に基づく情報獲得により促進されることが経験的に知られるが、その理論的説明は十分でなく、このことが創造的思考の実践を妨げている。本稿は、集合論に基づいて、情報獲得から概念産生に至る思考過程をモデル化し、創造的思考を効果的に実践する指針を供する。

## 1 序論

要求の多様化や環境への配慮を背景として、製造業における設計者が考慮すべき問題が複雑化している。このような問題は、過去の現象や設計事例に基づき体系化された学問領域の知識を演繹的に適用するのみでは解決が困難であり、設計者の創造的な思考により新規性の高い設計解を導出し、解決することが求められている。一方で新規性の高い設計解の導出は、その前段階において何らかの新たな概念を産生することによって促進されると考えられ、その支援方法を確立することが期待される。

概念産生は、共感や学習などに基づく新たな情報の獲得により促進されることが経験的に知られている<sup>1)</sup>など。例えば、イノベーションを推進する取り組みであるデザイン思考において、共感は最重要理念として位置づけられており<sup>2)</sup>、顧客への共感に基づく情報獲得により、新たな概念の産生が可能であることが示唆されている。一方で、情報獲得から新たな概念の産生に至る思考過程の理論的説明は十分でなく、創造的な思考の実践指針を社会に広く普及し、実践可能とすることは未だ困難である。

以上を踏まえ本稿では、設計者の知的活動を集合論に基づいて論じた一般設計学<sup>3)</sup>を基底とし、情報獲得から新たな概念の産生に至る思考過程を集合論を用いて説明するモデルを構築することを目的とする。

## 2 従来の設計理論のレビュー

### 2.1 一般設計学<sup>3)</sup>

一般設計学において、設計者は「実体概念」と「抽象概念」を操作する主体と捉えられている。実体概念 $s$ とは、主体が実体を経験することで成立する概念であり、抽象概念 $T$ とは、意味ないし価値に導かれて実体概念を分類するとき、その各類に関する概念である。一般設計学は下記の3つの公理およびこれらから演繹される定理から構成されている。

**公理 1 (認識公理)**: 実体は属性 (あるいは機能、形態などの抽象概念) によって記述することが可能である。

**公理 2 (存在物と概念の対応公理)**: 実体集合と (理想的な) 実体概念集合とは1対1対応する。

**公理 3 (概念の操作公理)**: 抽象概念集合は実体概念集合の位相である。

特に概念の操作公理は、既知の抽象概念を用いて和集合、共通部分集合等を作り出す集合演算を認めるものであり、抽象概念が生成される動的な過程を集合演算により説明可能とする。

### 2.2 概念生成と創造性

田浦らは概念が生成される過程の類型を示し、類似する性質 (機能や属性) に着目して概念が生成されることを「一次の概念生成」、複数の抽象概念の集合演算によって概念が生成されることを「高次の概念生成」と呼称している<sup>4)</sup>。高次の概念生成における集合演算は、一般設計学における概念の操作公理の下で行われるものである。田浦らは、設計の本質を知る上では、高次の概念生成が現実においてどのように行われているのかを調べることに特に重要であると考察している。

### 2.3 従来の設計理論のまとめと本研究のアプローチ

一般設計学<sup>3)</sup>は、実体概念集合の部分集合として抽象概念を表現するとともに、概念の操作公理により、概念生成を集合演算により説明可能とした。また、田浦らは概念生成の類型を示すことにより概念生成の在り方と創造性の関係性を論じた<sup>4)</sup>。一方で、これらの研究は概念産生的前提にある情報獲得については言及しておらず、情報獲得から概念産生に至る一連の思考過程の理論的説明としては十分でない。この課題に対し本稿は、概念生成と概念合成の定義の導入 (3.1 節) により、集合論に基づ

いて、概念の産生過程を抽象概念の生成と合成の組み合わせとして類型化する (3.2 節) (3.3 節)。加えて、これらの定義の統合により、設計者による情報の獲得から概念の産生に至る思考過程をモデル化する (3.4 節)。

## 3 理論構築

### 3.1 概念生成と概念合成

#### (1) 概念の生成

本稿では一般設計学に則り、設計者が産生する概念は、実体概念と抽象概念であると仮定する。本稿では、設計者が知覚した情報を基に、実体概念を産生することを実体概念の生成と呼称し、「実体の情報を基に、実体概念を抽象概念空間 ( $S, T$ ) の元の一つとして追加すること」と定義する。これは、設計者の抽象概念集合  $T$  が、新たな実体概念が追加された実体概念集合に対しても位相を与えることを認める立場である。本立場において、実体概念は、必ず何らかの抽象概念により分類される。

一般設計学における概念の操作公理は、集合演算によって様々な抽象概念を産生可能であることを主張している。しかし、現実には既存の抽象概念間の集合演算のみでは産生しえない抽象概念が存在すると考えられる。本稿では、かような抽象概念が産生されることを抽象概念の生成と称し、「集合演算では産生しえない抽象概念を、実体概念集合の部分集合として追加すること」と定義する。

#### (2) 概念の合成

本稿では、抽象概念を概念間の演算操作により産生する過程を概念合成と呼称し、「新たに生成した抽象概念や既存の抽象概念間の集合演算」と定義する。これは、既知の (あるいは、生成したばかりの) 抽象概念を組み合わせ、新しい概念を産生することを意味する。

### 3.2 抽象概念の生成の類型

本節では、抽象概念の生成の類型を説明する。本稿では抽象概念は、実体概念の特定の性質の抽象化、抽象概念の特定の性質の抽象化、抽象概念の抽象度を下げる具象化により産生されると仮定し、それぞれ抽象化 I、抽象化 II、具象化と呼称する (図 1)。

#### A<sub>1</sub>: 抽象化 I

抽象化 I とは、実体概念の抽象化によって新たな抽象概念を産生することを指す (図 1 A<sub>1</sub>)。すなわち、実体概念 $s$ の特定の性質に着目して抽象化を行い、抽象概念を形成し、実体概念集合  $S$  の部分集合 $T$  ( $s \in T$ ) として追加する過程が抽象化 I である。例えば、生活の中で設計者がある実体概念の性質を経験的に見出すことによって抽象概念を産生する場合、この過程は抽象化 I に類型される。

#### A<sub>2</sub>: 抽象化 II

抽象化 II とは、抽象概念の抽象化によって、新たな抽象概念を産生することを指す (図 1 A<sub>2</sub>)。すなわち、抽象概念 $T$ の特定の性質に着目して抽象化を行い、抽象概念を形成し、実体概念集合  $S$  の部分集合 $T^*$  ( $T \subset T^*$ ) として追加する過程が抽象化 II である。

#### A<sub>3</sub>: 具象化

具象化とは、抽象概念に抽象化の逆操作を行うことにより新たな抽象概念を産生することを指す (図 1 A<sub>3</sub>)。すなわち、ある視点から抽象概念 $T^*$ の抽象度を下げる概念操作を行い、抽象概念を形成し、実体概念集合  $S$  の部分集合 $T^{**}$  ( $T^{**} \subset T^*$ ) として追加する過程が具象化である。

以下では、ダイソン社のサイクロン式掃除機<sup>5)</sup>の例を用いて、抽象化 I、抽象化 II、具象化を例示する。当該設計者 (James

Dyson) は,  $s_a$  = (従来の掃除機) は,  $T_a$  = (ごみの集積機能) を有する ( $s_a \in T_a$ ) が, フィルタ部の目詰まりにより吸引力が低下するという問題に取り組み, それを解決する  $s_{a'}$  = (理想の掃除機) ( $s_{a'} \in T_a$ ) が持つべき機能を模索していた. その後, 設計者は, あるきっかけにより, 新たな実体概念  $s_b$  = (製材所のサイクロン (遠心分離型集塵機)) を産生し, さらにその機能を抽象化し,  $T_b$  = (遠心分離により木くずと空気を分離する) を産生した (抽象化 I). これに加え設計者は,  $s_{a'}$  に関する上述の設計問題の視点から  $T_b$  に着目し, その機能を抽象化し,  $s_{a'}$  にも適用可能な抽象的な機能として,  $T_b^*$  = (遠心分離により対象と空気を分離する) ( $s_{a'}, s_b \in T_b^*$ ) を産生した (抽象化 II). さらに設計者は, 抽象的な機能  $T_b^*$  の抽象度を下げ,  $T_b^{**}$  = (遠心分離によりごみと空気を分離する) ( $s_{a'} \in T_b^{**}$ ) を理想の掃除機が持つべき機能として産生した (具象化).

このように, 当該設計者が理想の掃除機  $s_{a'}$  が持つべき機能  $T_b^{**}$  = (遠心分離によりごみと空気を分離する) を産生する過程は, 抽象化 I, 抽象化 II, 具象化の組み合わせにより説明できる.

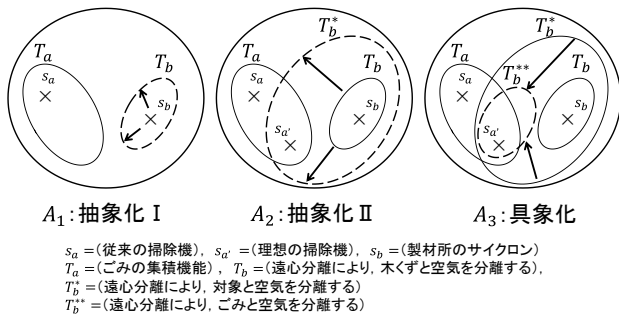


図1 概念生成の類型 (サイクロン掃除機の例)

### 3.3 概念合成の類型

本節では, 概念合成の類型を説明する. 本稿では, 設計者 (人間) は抽象概念を自由に操作可能であるという仮定の下で議論を行う. なお本仮定は, 実現不可能な抽象概念, すなわち, 存在しない実体概念しか含まない抽象概念や空集合となる抽象概念も産生されうることを認めるものである. 以下では, 異なる2つの抽象概念  $T_a, T_b$  から, 新たな抽象概念  $T_n$  が産生される過程の類型を示す. 概念合成の類型は, 集合論における集合演算である和集合, 共通部分, 差集合と対応して, 概念和 ( $G_1$ ), 概念積 ( $G_2$ ), 概念差 ( $G_3$ ) の3つがあると考えられる (図2). 以下にて, 各類型について説明する.

#### $G_1$ : 概念和 ( $T_a \cup T_b$ )

概念和 ( $G_1$ ) とは,  $T_a, T_b$  の少なくとも一方の性質を持つ抽象概念  $T_{n1}$  の産生である. 例えば,  $T_a$  = (食べられる),  $T_b$  = (時間とともに変化する) とした場合,  $T_{n1}$  = (食べられる, 又は, 時間とともに変化する) が新たに産生される.

#### $G_2$ : 概念積 ( $T_a \cap T_b$ )

概念積 ( $G_2$ ) とは,  $T_a, T_b$  の両方の性質を持つ抽象概念  $T_{n2}$  の産生である. 例えば,  $T_{n2}$  = (食べられて, かつ, 時間とともに変化する) が新たに産生される.

#### $G_3$ : 概念差 ( $T_a \setminus T_b$ )

概念差 ( $G_3$ ) とは,  $T_a$  から  $T_b$  (あるいは  $T_b$  から  $T_a$ ) の性質を捨象した抽象概念  $T_{n3}$  の産生である (図2は  $T_a$  から  $T_b$  の性質を捨象した  $T_{n3}$  の産生を示している). 例えば,  $T_{n3}$  = (食べられて時間とともに変化する) が新たに産生される.

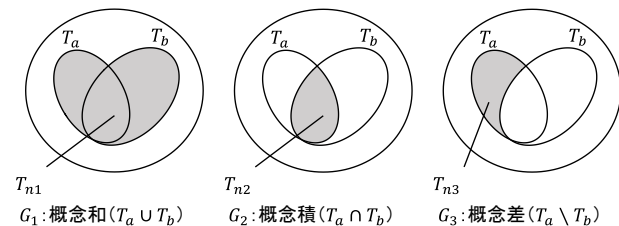


図2 概念合成の類型

### 3.4 情報獲得から概念産生に至る思考過程

3.2節では, 抽象概念の生成を抽象化 I ( $A_1$ ), 抽象化 II ( $A_2$ ), 具象化 ( $A_3$ ) の3種類に分類し, 3.3節では, 抽象概念の合成を

概念和 ( $G_1$ ), 概念積 ( $G_2$ ), 概念差 ( $G_3$ ) の3種類に分類した. 本節では, これらの概念の産生に係る類型を統合することにより, 情報獲得から概念産生に至る思考過程をモデル化する (図3). なお, 図3における親ノードは子ノードの過程を促進するという関係にある.

情報獲得から概念産生に至る思考過程は, 図3に示す経路の数だけありうる. 例えば, 抽象化 II ( $A_2$ ) を通過しない経路は「 $A_0 \rightarrow A_1 \rightarrow A_3 \rightarrow G_1$ », 「 $A_0 \rightarrow A_1 \rightarrow A_3 \rightarrow G_2$ 」等であり, 抽象化 II ( $A_2$ ) を通過する経路は「 $A_0 \rightarrow A_1 \rightarrow A_2 \rightarrow A_3 \rightarrow G_1$ », 「 $A_0 \rightarrow A_1 \rightarrow A_2 \rightarrow A_3 \rightarrow G_3$ 」等である. これより, 情報獲得から概念産生に至る思考過程は計6通り存在することがわかる.

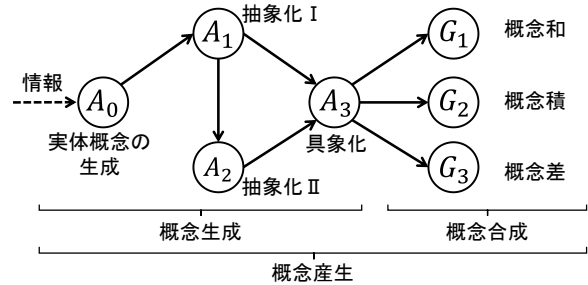


図3 情報獲得から概念産生に至る思考過程

### 4 考察

本節では, より新規性の高い設計解に至るための抽象概念  $T_n$  を産生する実践指針を考察する. 新規性の高い設計解を導出する抽象概念  $T_n$  とは,  $T_n$  に属する元 (実体概念) の数がより少ない ( $|T_n|$  の値が小さい) 場合と考えられる. 例えば, 概念の生成や合成により,  $T_n = \emptyset$  となる  $T_n$  を産生した場合,  $T_n$  を備えた実体概念は未だ存在しないことを意味する. 以上の議論に基づく, 創造的な思考の実践指針の例として, 「 $|T_n|$  が可能な限り小さくなるように, 概念生成と概念合成を行うこと」が考えられる. さらに, 昨今の計算資源の拡大と AI 技術の高度化により, 計算機による機械的な概念合成が期待されている. このような機械的な概念合成と, 設計者自身が, 要求を機能として表現する過程による概念合成を相補的に行うことで, 設計者の創造的な思考をより効果的かつ効率的に支援できる可能性がある.

また, 本稿で定義した生成と合成により類型される抽象概念の産生過程は, 設計者が本来はコンパクト性とハウズドルフ性を有しない自身の抽象概念空間をあたかもこれらの性質を有するかのよう整合させる過程であると解釈することができる. この過程は, コンパクト性, ハウズドルフ性を有せないより現実的な設計者の抽象概念空間内で設計解を探索する際に行われる本質的かつ極めて重要な思考過程であると筆者らは考えている. そして本稿は, かような抽象概念の産生過程は, 実体概念の生成が契機となり, 促進されるという仮説を形成している. 係る実体概念の生成から抽象概念の生成に至る過程は, 共感や学習と深く関わる過程であり, 今後, 更に詳細な議論を進める.

### 5 結論

本稿は, 集合論に基づいて, 情報獲得から新たな概念産生に至る思考過程を説明するモデル構築を目的とした. そのために, 抽象概念の生成と概念合成の類型を説明し, その類型に基づき, 情報獲得から概念産生に至る思考過程をモデル化した.

#### 参考文献

- [1] Oizumi K., Aoyama K., "Theoretical explanation of "y-gaya" through general design theory", *International Conference on Engineering Design*, (2017), Vol 7, pp121-130.
- [2] Brown T., "Design thinking", *Harvard Business Review*, (2008), Vol. 86, No. 6, pp. 1-10.
- [3] 吉川弘之, "一般設計学序説", 精密機械, (1979), Vol.45, No.536, pp.906-912.
- [4] 田浦俊春, 永井由佳里, "デザインの創造性と概念生成", 認知科学, (2010), Vol.17, No.1, pp.66-82.
- [5] ジェームズダイソン, "逆風野郎 ダイソン成功物語", 日経BP, (2004).