

129 居住空間デザイン支援のための カタストロフィー理論による生活行為の形態表現 Human Behavioral Modeling Based on Catastrophe Theory for Supporting Design of Living Space

大矢智子 (京都大学), 川上浩司 (京都大学), 塩瀬隆之 (京都大学), 片井修 (京都大学)
Tomoko Ohya, Graduate School of Informatics, Kyoto University, Yoshida-Honmachi, Kyoto
Hiroshi Kawakami, Kyoto University
Osamu Katai, Kyoto University
Takayuki Shiose, Kyoto University

In this paper, we propose a novel framework for representing human behavior in living spaces visually. Living spaces work on human behavior, so that our framework treats psychological appearances of living spaces rather than that of physical ones. We apply Lewin's cognitive field theory to encode relationships between human behaviors and living spaces into functions. We can identify such the functions from several sets of input-output values which are sampled from practical relationships between human behaviors and their spatial environment. However, it requires huge amount of data and seems to be unrealistic. Therefore, we use catastrophe theory by R. Thom. By using it, we can identify internal models of behavior-emergence. These models are translated into visual and observable forms. Taking advantages of features of our framework, it will work in sharing design concepts between designers and users.

Key Words : Narrage Management, Spatial Design, Information Design

1. は じ め に

近年様々なデザインの場面において、ユーザとデザイナーの意思疎通の不全が諸問題の要因となっている。例えば住宅リフォームでは依頼者と施工業者の間に意識のずれが存在したまま工事が始まり、完成後に依頼者に不満が生じるといった事態がしばしば起こる。

そこで本研究では、こういった問題を解消することを目的とし、その第一段階としてユーザの要求を明確化し、形態モデルとして表現する手法を提案する。

これは心理的・物理的な側面を共に考慮した個人の行為モデルを図示化し、形態として可視的に表すことによって、その行為がなされる空間の分析指針にしようというものである。

そのために、まず心理学的見地として人間の認識上の生活空間を定性的に捉えた Lewin の場理論⁽¹⁾を採用する。ここでは力学的な場と、人間の認識する心理学的な場が類比され、さらに認識上の生活空間と物理的な生活行為との関連が関数として表現されている。

この関数によって個人行為と物理的空間の関係がモデル表現されるが、その明確な内部構造を特定するには至っていない。従ってこの明確化の為にモデル内部を定式化することが必要となってくる。ここではこの関数による

入出力関係の系を仮定し、具体事例を用いて試行錯誤的に系内部を推定する方法をとる。

しかしこの為には膨大な事例が必要とされるため、現実的に困難が伴う。そこでこの問題を回避するために、本研究では当初の目的である「ユーザの要求の明確化」に着目する。ユーザの要求を居住空間におけるライフスタイルの改善などの行為的側面から捉え、これによって様々な生活行為がカテゴリ化されるものと考え、このようなライフスタイルは居住空間などの個人を取り巻く環境に影響される。そこで、ライフスタイルに従ってカテゴリ化された生活行為が規定され、これに従って日常の発生するという系を想定する。

さらにこの系内部で起こりうる現象を視覚的に表現するカタストロフィー理論⁽³⁾⁽⁴⁾を用い、系に事例の入出力値を与える。この入出力値の対応から、内部構造を推定する。この際カタストロフィー理論をによる図形的なアプローチによって、その内部構造の推定がやや容易になる。

以降、第2章では Lewin の認知的場の理論を再解釈し、第3章ではカタストロフィー理論の本稿に関連する部分の概要を述べる。第4章で生活行為が発生する系の内部モデル表現を提案し、第5章でこれを検討・考察する。第6章でまとめと今後の展望を述べる。

2. Lewin の場理論の再解釈

Lewin の場理論は、人間の認識上の空間を力学的な場の構成概念と対応付けることによって、これを体系的に捉えようとしたものである。Lewin の提唱した認知的な場とは行動を誘発する要因の全体を指すという。場の一部分として定義される認知的見地による生活空間の構成概念は、各次元の関係から、力学的な構成概念と Table 2 に表されるように対応している⁽¹⁾。

Table 1 Lewin による認知的場の構成概念の類比

物理的概念	認知的概念	認知的概念の具体例
位置	個人のおかれている状況	属性・役割
移動	個人の行為・関係の変化	場所の移動・属性の変化
力	移動への傾向	欲求の強さ
場	空間における力の分布	目標・嫌悪
時間	未来に関係した現在の場の状態	恐怖・希望・計画

認知的場では、個人が認識するある時点 t における場の状態 S^t は主観的な空間の評価と物理量等を包括したものとされている。またある個人のある時点における行為 b^t は S^t に依存し、関数として以下の (1) 式に表わされる。

$$b^t = G(S^t) \quad (1)$$

本稿では個人の生活行為の発生する内部モデルを明らかにし、さらに形態表現を実現することを目的としている。そのために、Lewin によって認知的な場は行動を誘発する要因の全体を指し、生活空間における力の分布とされていることから、これをいわゆる行為の発生ポテンシャルとして捉えるものとする。

そこで、個人行為は認知的にカテゴリ化され、一段階下位の行為群によって基底されるベクトル空間 $\mathbf{b} = (b_1, \dots, b_k)$ として表すものとする。このとき、例えば「歯磨き」「食事」「入浴」などのいわゆる日常行為のカテゴリは $\mathbf{b}$ の部分空間として考えられ、ここではこれを $\mathbf{b}_i$ とする。

例えば「歯を磨く」という行為カテゴリは、 $b_1, \dots, b_k$ の値を各々「歯を磨く」下位の行為カテゴリである「歯ブラシを動かす」「テレビの音を聴く」「テレビを見る」等の行動を対応させることができる。これらが「歯を磨く」という行為カテゴリにおいてどれだけの度合いを占めるかを数値として与えると、Fig. 1 のように「歯を磨く」カテゴリにおける各場面が与えられる。

ところで、ある時点における $\mathbf{b}$ を $\mathbf{b}^t$ として、(1) 式は以下のように表すものとする。

$$\mathbf{b}^t = G(S^t) \quad (2)$$

歯を磨く＝(歯ブラシを動かす、テレビの音を聴く、テレビを見る)

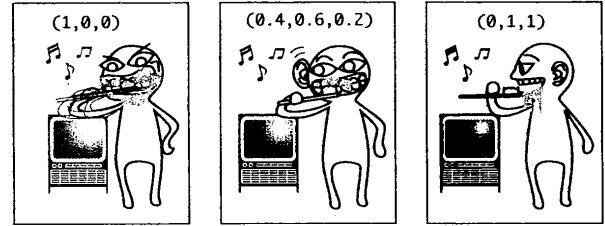


Fig. 1 「歯を磨く」カテゴリの行為の例

さらに生活空間を建築物等によって構成される人工環境と捉えると、これは個人の主観に基づく生活空間の構成要素 S_{sub} と物理的な生活空間の構成要素 S_p から構成されることが考えられる。すなわち「個人の好みやセンス」と「空間デザイン」が生活空間を構成しているということである。このとき S_{sub} と S_p から成る生活空間における行為カテゴリは $\mathbf{b}_i$ に相当する。ある時点 t における $\mathbf{b}_i$ である $\mathbf{b}_i^t$ は、同じ t における S_{sub} と S_p である S_{sub}^t と S_p^t によって表され、(2) 式は以下の (3) 式に書き換えられる。

$$\mathbf{b}_i^t = f(S_{sub}^t, S_p^t) \quad (3)$$

この場合生活行為の発生ポテンシャル関数として、以下の (4) 式に示される (3) 式の原始関数を仮定できる。この式の右辺を特定すると発生内部モデルを明らかにすることができる。

$$\mathbf{B} = F(S_{sub}, S_p) \quad (4)$$

ところが Lewin はある時点におけるある行為と場の関係は、時間に依存しないとしている。すなわち行為を時系列に沿って追従したところで、ポテンシャル関数を特定できないということになる。そこで時間をある程度区分し、 $\mathbf{b}_i^t$ と S_{sub} 、 S_p を「 $\mathbf{b}_i$ 、 S_{sub} 、 S_p の各構成要素を軸とする空間」上にプロットしたものの集合を、ある時間区分における個人の一つの生活行為カテゴリ $\mathbf{b}_i$ のモデル $\mathcal{M}_{b_i}$ として捉えることにする。

しかし時間区分内の全ての点のデータを抽出し、数値化することは現実的ではない。また Lewin は (1) 式のように、ある時間 t における場の状態と行為の関係については定義したものの、関数内部の構造を特定してはいない。そこで本稿では $\mathcal{M}_{b_i}$ の記述をするにあたって、次節で述べるカタストロフィー理論を採用し (4) 式の内部構造の特定を試みる。

3. カタストロフィー理論によるモデル内部の特定

R. Thom によって提唱されたカタストロフィー理論は、人間行為やそれに関する諸現象を含むシステムの定性的な側面を形態的に捉えることができる。本研究では定性的な側面が重要な人間行為に着目する。従ってこの理論の採用が適切であると考えられる。

またこの理論は現実空間の、特に個人の生活空間における環境変数と、概念上の変数とを同じ関数に表わしグラフに図示することを可能にする。さらにこれらの関連を、グラフの形態によって可視表現することができる。また分析における利点として、この形態モデルはある1変数の連続変化によってその他の変数が不連続に変化する点を明確に可視化することが挙げられる。

ただしこの理論を適用するには、分析対象となる系が構造安定であることが条件とされている。構造安定性とは非線形系の局所的な振る舞いのひとつであり、HartmanとGrobmanの定理によると、非線形系のヤコビアンが特異点で非ゼロ実部持つ、すなわちヤコビアン固有値にゼロまたは純虚数となるようなものがない場をいう⁽⁵⁾。構造安定な系は外から多少摂動を与えられても、その軌道特性は変わらず、系を外部から観測することが可能であるという。

カタストロフィー理論では、上記の構造安定な系のポテンシャル関数は、適切な座標変換を経て初等カタストロフィーと呼ばれる7つの関数⁽⁷⁾⁽⁶⁾のいずれかと同値になるとされている。これらはグラフの形態から以下のTable 2に示す名称がつけられている。

Table 2 初等カタストロフィー

ポテンシャル関数	名称
$\frac{x^3}{3} + ux$	折り目
$\pm \frac{x^4}{4} + \frac{u}{2}x^2 + vx$	くさび
$\frac{x^5}{5} + \frac{u}{3}x^3 + \frac{v}{2}x^2 + wx$	ツバメの尾
$\pm \frac{x^6}{6} + \frac{u}{4}x^4 + \frac{v}{3}x^3 + \frac{w}{2}x^2 + tx$	バタフライ
$x^3 + y^3 + uxy - vx - wy$	双曲線的へそ
$x^3 - xy^2 + u(x^2 + y^2) + vx + wy$	楕円的へそ
$x^2y \pm y^4 + ux^2 + vy^2 + wx - ty$	放物線的へそ

ここで表に示す実変数 x と y はシステムの状態、定数 u, v, w, t はシステム外部からの操作と定義されている。

4. 生活行為モデルの記述

ここでは第2節および3節で述べた理論を用いて、居住空間における個人の行為モデルの記述を実現する手法を説明する。

まず、Fig. 2に示すような個人の行為と個人を取り巻く生活空間の入出力系を仮定する。これは内部構造が(4)式のポテンシャル関数であり、内部モデルが $\mathcal{M}_{b_i}$ の系であると仮定する。その上で(4)式の右边がいずれの初等カタストロフィーに従うかを特定する。

ここで居住者であるユーザの生活行為カテゴリ b のうち、分析対象とする1つのもの b_i を選択し、状態変数 x とに対応させる。また第2章で述べた(4)式の S_{sub} と S_p を、各々ユーザの主観尺度とデザイナーによる空間デザイ

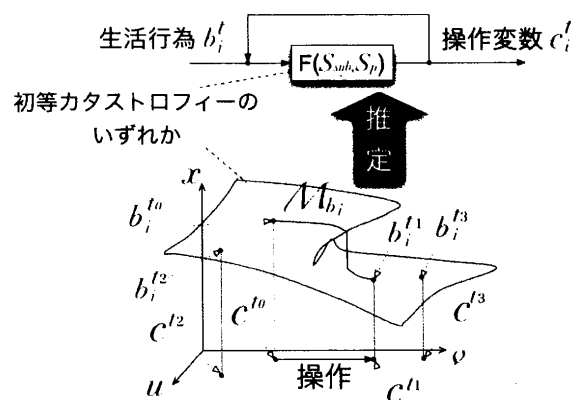


Fig. 2 行為パターンと空間デザインの系

ンの構成要素として操作変数 u, v, w, t のいずれかに対応させる。

ここでは「歯を磨く」「食事」「入浴」のような、各個人のもつライフスタイルにおいてカテゴリ化される生活行為を b_i としている。これらは Fig. 1に示したように個人差はあるものの、各要素の値が多少変動したところで「歯を磨く」という生活行為カテゴリの認知には大きく影響はしないと考えられる。つまりモデル $\mathcal{M}_{b_i}$ では、行為者であるユーザの好みやセンスおよび居住空間のデザインが多少 b_i の値に摂動を与えても「歯を磨く」ライフスタイルが確保されているならば、その特性は変わらないといえる。従って少なくともライフスタイルとしてカテゴリ化された生活行為に言及する範疇では、(4)式を内部構造にもつ系は構造安定であるといえる。すなわちライフスタイル等のような生活行為のカテゴリ化を対象とするならば、生活行為発生の系は Table 2の初等カタストロフィーを用いて表現することができる。

ここでカタストロフィー理論の定義⁽⁶⁾に従い、Fig. 2の系のモデル $\mathcal{M}_{b_i}$ は以下の(5)式に示される。

$$\mathcal{M}_{b_i} = \{(S_{sub}, S_p, b_i) | \frac{\partial B}{\partial b_1} = \dots = \frac{\partial B}{\partial b_k} = 0\} \quad (5)$$

この $\mathcal{M}_{b_i}$ は、初等カタストロフィーのうち状態変数が x のみの4ついずれかの形態をとることになる。

5. 検 討

前節で説明した生活行為モデル $\mathcal{M}_{b_i}$ は、カタストロフィー理論に従うということから、操作変数 S_{sub}, S_p を連続変化させると b_i に不連続な変化が起こる点の集合が存在する。この点の集合が初等カタストロフィーの分類に寄与することから、実際の具体事例から抽出した入出力値を $\mathcal{M}_{b_i}$ を $S_{sub}-S_p-b_i$ 空間上にプロットし、 $\mathcal{M}_{b_i}$ の不連続点を探索することによって試行錯誤的にこの形状を推定することができる。どの行為カテゴリがいずれの初等カタストロフィーに対応するかを確認するには、様々な事例についてこのような検証を重ねなくてはなら

ない。そのためにはユーザエージェントのシミュレータを構成することが有効な手段であると思われる。

また本稿では分析対象とする行為カテゴリを1つに限定して考察を進めたが、カタストロフィー理論においては状態変数を x と y の2変数として、さらに複雑なモデルをも表記できる。従って b_i と、もう一つの行為カテゴリ b_j を同時に分析対象とすることも可能であり、提案手法を拡張することが期待できる。

6. まとめと展望

本研究では Lewin の場理論を採用し、人間行為が認知的な場から誘発される個人の行為の発生ポテンシャルを関数として仮定することによって、個人行為と居住空間の関係を入出力系に表した。その上で、この内部構造をカタストロフィー理論によって特定し、形態モデルに表す枠組みを提案した。さらに系の内部を推定する際、入出力の値に具体事例を適用し、手法を検討した。

提案手法によって生活行為のモデル M_{b_i} を $S_{sub}-S_p-b_i$ 空間上に記述することによって、ある生活行為カテゴリがユーザのデザインとデザイナの空間操作によって変化する様子を図形的に捉えることが可能となる。すなわち S_{sub} と S_p 、および b_i が同一空間上でこれらの相関関係を観測可能になる。これを発展させ、居住者の行為に着目したユーザとデザイナの両者の視点をもつ、ユーザ-デザイナ間のデザイン支援ツールとして活用することが期待できる。

今後の展望としては、提案手法を計算機に実装し、実際の生活行為の事例検証を経て実用可能な居住空間デザイン支援ツールへと発展させることを考えている。

References

- (1) K. レヴィン, 猪股佐登留/訳, 社会科学における場の理論, 誠信書房, (1985).
- (2) G.T. ムーア, D.P. タトル, S.C. ハウエル/著, 小林正美/監訳, 三浦研/訳, 環境デザイン学入門-その導入過程と展望, 鹿島出版会, (1999).
- (3) R. トム, E.C. ジーマン, 宇敷重広, 佐和隆光, 形態と構造-カタストロフの理論, みすず書房, (1995).
- (4) T. ポストン, I. スチュワート/著, 野口広/訳, カタストロフィー理論とその応用/理論編, サイエンス社, (1987).
- (5) 千野直仁, ダイナミカル・システム・アプローチというパラダイムシフト: 集団発達への適用, 日本心理学会第68回大会, 大阪, 講演用参考資料, (2004).
- (6) 野口広, 福田拓生, 復刊 初等カタストロフィー, 共立出版, (2002).
- (7) 野口広, カタストロフィーの話-現代数学の社会的応用, 日本放送出版協会, (1976).