

デザイン知の身体性

Design Intellect with

藤井 晴行^{*1}
Haruyuki Fujii

^{*1} 東京工業大学
Tokyo Institute of Technology

It is obvious that portion of intellect enabling design has to do with human body. This paper shows indirect evidences supporting our intuition about intellect embedded in us through analogy between to design and to survive and trough thought experiment designing a machine who designs.

1. はじめに

デザインすることを可能にする知性をデザイン知とよぶ。デザイン知に関して身体がもつ意味を、思考実験をしながら、語る。思考実験においてはデザインするロボットを題材にする。

知はもともと身体に埋め込まれている。高等動物は、私たちが理解できることばを用いて知について語ることはないけれども、知的であると解釈可能な行動をなす。私たちは、記号を意思伝達や思考に用いる知によって身体に埋め込まれている知を形式表現できる。また、計測技術の発達により、身体を流れる信号を形式表現できる。そのため、身体に埋め込まれている知の全てを形式知として扱うことができるのと誤解が生じているのかもしれない。

デザイン知に身体性があることは私にとって「あたりまえ」のことである。あたりまえのことをことばで直截的に表現することは難しい。直截的な言語表現による説明や教導は難しいけれども、デザイン知の身体性を「なんとなく」知っているし (knowing)、利用している (doing)。

身体的な知の中に暗黙知であるならば、デザイン知の一部は直截的に言語表現できない知である。知の身体性を信じていない人にデザイン知が身体性をもつことを実感してもらうことは難しい。言語表現されたものごとのみを認める人たちにデザイン知の身体性を伝えるための翻訳方法は不明である。一方、デザイン知の身体性を実感している者同士では、暗喩やオノマトペによって間接的に説明や教導をすることができる。それが身体性なのである。

私が身体性の知だと信じているものごとの中には未だ言語表現されていない形式知になりうるものもあるかもしれない。心的回転 (mental rotation) やメンタル・モデル (mental model) に関する実験はものごとの理解のために空間の経験に類似する特徴をもつ心的イメージ (mental image) が創られることを示唆している。これらの実験における心的イメージを用いる思考を命題的推論に置き換えることが可能であるという反論がある。しかし、反論は知の身体性の意義を捨象するものではない。心的イメージを用いる思考は言語を用いる命題的推論よりも迅速に行なえるという違いがある。また、身体性に依存する表現はそうでない表現よりも、情報伝達を効果的に行なえる場合がある。下記の寓話はそのことを示している；(建設中の橋の前に二人の教授がいる) 上の方からの声「そりゃ、こっち一ふやあーそりゃ、こっち、だつて一あつとで、すぐ、いっしょに、へつくりけえすんだ！」

一人の教授「同僚教授殿、わからんものですな。こんなに複雑で精密な仕事が、こんな言葉で、進行されておるとは。」

2. デザインに関わる知の身体性の諸相

何かを創るという行為はそれを創ろうとしている人がこれまでに経験してきた歴史とこれから経験しようとしている歴史の上 (創る人自身の歴史的世界) でなされる。創られるものごとにはこのような歴史によって創られている環境と創る人との関係についての自己了解が現れている。創る人は歴史的世界と物理的世界にいて二つの世界に働きかけ、二つの世界から働きかけられる。

人間が創るものごとの中には自然が創るものごととは異なる種類のものごとが含まれている。自然が創るものごとが存在するか否かは自然の原理に従う [Aristoteles]。物理学的な世界観においては、現在のものごとは過去のものごとによって因果的に生じられるものごとからなる [Kosaka 09]。これまでの歴史によって現在のものごとが創られている。生物学的な世界観においては、現在のものごとは未来のものごとにつなげて合目的的に説明されるものごとからなる [Kosaka 09]。これからの歴史によって現在が説明される。これらに対して、私たちが創るものごとはそれが存在するか否かの契機を私たちが定めることができ、その構成方法の策定や構成原理の設定にも私たちが寄与することができるものごとである [Aristoteles]。

2.1 創られたものごとを使用する知

使用者のもつ使用方法に関する知、すなわち、使用者が創られたものごとをどのように理解し、どのように使用するかについての知である。創られたものごとを利用する知は創られたものごとの中ではなく使用者の中にある。言語表現によって、例えば、「箸は一方を人差し指と中指で挟むようにして親指を添えて支え、他方を...」のように、説明できることが使用する知をもつことを十分に示しているわけではない。また、言語表現によって完全に説明することができなくても、実際に箸を使ってみせることによって箸を使用する知を体現することが可能である。箸を使用する知を自身もつことによって、使用者は箸を使用することができる。箸の使い方をことばで説明できても、箸を使うことができなければ箸を使用する知をもつとはいえないであろう。

使い方を知らないものごと遭遇したとき、使用者は制作者がそのものごとを制作するときに意図した使い方を想像することがある。想像には使用者の身体、経験している環境や文化の文脈や、制作者の身体、環境や文化の文脈に関する制作者の想

定が影響を与える。想像した使い方が正しいか否かにかかわらず、使用者はそのものごとを使う。

2.2 創られるものごとを創る知

制作者のもつ制作方法に関する知、すなわち、制作者が創るものをどのように構想し、どのように具現化するかについての知である。創られるものごとを制作する知は創られるものごとの中ではなく制作者の中にある。制作者の身体によって制作がなされる。制作の方法を言語表現することがものごとを創る知をもつことを十分に示すわけではない。言語表現によって完全に説明することができなくても、制作するというを示すことによって、創られるものごとをつく知を体現することができる。

制作者の創られるものごとを創る知には使用者の創られたものごとを使用する知についての知も含まれる。例えば、道具を創るとき、創るものごとを使用者がどのように使うかを想像することができなければ、使用者にとって有用な道具をつくっていると仮定することができない。

全く新しいものごとを創る場合、そのものごとそれ自体を使う知は未だ形成されていない。新しく創られるものごとの使われ方は実際に使われることに具現化する。それでも制作者は全く新しいものごとを制作する。制作者は使用者の創られたものごとを使う知を全く知らずに、恣意的に新しいものごとを創るのではない。使用者の使い方を想像して制作する。想像には使用者の身体、環境や文化の経験に関する制作者の想定や、制作者が経験している環境や文化の文脈が影響を与える。

世界を直観することは自己自身が世界の自己形成要素(構成要素)として働くことである。

2.3 概念体系に関する知

創られるものごとや創られるものごとそれ自体について明晰に理解、説明する知である。言語表現を介して、概念体系の構築やものごとの真理や本質を対象とする観想がなされる。

概念範疇(conceptual categories)の階層構造が概念体系の柱のひとつである。基本レベル概念範疇(basic-level category) [Lakoff 1988] は知覚、身体機能、情報伝達、知識の組織化の4つの観点で基本的であり、心身との関わりにおいて定まる。

基本レベルは物理的実体の世界に効果的かつ効率的に接地する。私たちが環境と最も効果的にインタラクションし、情報の処理や伝達や記憶を最も効率的に行なうレベルであり、また、私たちが現実世界のものごとを最も正確に範疇化するレベルである。例えば、「椅子を使う」は基本レベルの範疇に属する概念による言語表現である。私たちは表現されている内容を容易に想像できるし、実演できる。「椅子を使う」を汎化した表現である「家具を使う」の意味を字義通りに理解することは困難ではない。しかし、この情景を想像したり、実演したりする場合には、「椅子を使う」、「ベッドを使う」などの基本レベルで表現されるものごとに代表させざるを得ない。

物理的実体の世界のものごとに関する知を「客観的に」言語表現するためには基本レベルを通して物理的実体に接地させなければならない。基本レベルが知覚や身体機能との直感的な親和性、情報伝達の経済性などによって決まるということは、基本レベルを客観性の拠り所とする概念体系は形式知であるとしてもその出自において身体性をもつことを示唆している。

3. デザイン知の身体的起源

デザインの原点は生きるために(あるいは帰結として生きることに)なるものごとを工夫してなすことにある。生きるための糧や環境や伴侶を得たり維持したりする術(すべ)を考案することに

今日の建築や機械や情報のデザインに通底する根源的特徴を見いだすことができよう。

ミズン [Mithen 1988] は生存に関わる技術的知能、博物的知能、社会的知能を連係する認知的流動性が生じたことが芸術・宗教・科学の起源であるとの仮説をたてている。この仮説に注目し、生存のために不可欠な食料の調達行為(狩猟と農耕)をデザインの起源とみなし、構成的方法論²⁾の観点からデザイン知について考察する。

3.1 生存に関わる知性

狩猟や農耕は博物的知性、技術的知性、社会的知性の三種の知性が絶妙な塩梅で同期することによって可能になる。博物的知性は生存にとって好ましいものごとの識別を可能にする。技術的知性は身体動作や物体の操作を可能にする。社会的知性は情報伝達や他者との共同を可能にする。これらの知性は学習や記憶などを司る一般的知性を基礎におく。経験によって状況依存の個々の反射的な行動が強化学習される。三種の知性が同期する塩梅には偶然性がある。この塩梅も強化学習される [Mithen 1988]。

人間はこれらに加えて流動的知性と内省的知性をもっている。流動的知性は博物的知性、技術的知性、社会的知性を統合することを可能にする。植物の収穫や加工の道具を開発する能力は博物的知性と技術的知性との統合によって開発され、社会的権威や権力を獲得する媒体として動物や植物を用いる傾向は博物的知性と社会的知性の統合によって生まれ、人間を育てるという社会的関係と相似の構造によって動物や植物を育てるという関係を築くことは博物的知性と社会的知性との統合によって可能になり、植物や動物を操作しようとする傾向は博物的知性と技術的知性との統合によって生まれる。内省的知性は自己の心的状態や認知プロセスを認知し、流動的知性を意識的に用いることに貢献する [Mithen 1988]。

農耕は食物を意図的に育てるという点が狩猟と異なる。狩猟では独立に機能しながら偶然にうまい塩梅で連係している知性が、農耕では流動的知性によって有目的に統合される。なかば偶然にできることから意図的に創ることへの転換が、デザインの原点であると考えられる。博物的知性、技術的知性、社会的知性を連係して有目的な行為(意図的行動)をなすことがデザインの鍵である。

3.2 デザインの起源としての農耕と構成的ループ

構成的方法論は生成、環境とのインタラクション、分析、焦点化のからなる構成的ループの繰り返しによってデザインを進めるという方法論である [Fujii 2010]。(下図)

新しい何かを創造しようとするとき、私たちは何をどうやって創造するかを構想し、それを実行してみて、その結果あるいは帰結として何が創造されたかを観察し、継続する行為の方向性を定める。この過程には、感性も知性も関与する。また、規則に従ってなされることもデタラメになされることもある。

狩猟と農耕に共通する特色を構成的ループに対応づける。焦点化は食料を獲得する状況、例えば、どういう食料を獲得しているかを思い描き、その状況を実現するためになすこと、例えば、どこに狩りに行くとか、どこを耕すとかを決めることに対応する。生成は焦点化においてなすと決めたことを実行することに対応する。実行することによって環境とインタラクションする。分析は生成の結果と帰結として到達した状況と思い描いている状況との相違を観察することに対応する。ふたつの状況の差異を踏まえ、再び焦点化をし(状況に応じて、実現する状況を修正したり、実現のためになすことを修正したりする)、生成、分析を、思

い描く状況が実現されるまで、または、状況の実現を諦めるまで繰り返す。

上記の構成的ループを連係するメタレベルの構成的ループによって、ある種の食物を確保できないかもしれないという不確定な状況を考慮して手分けして狩猟したり農耕したりすることをモデル化する。メタ構成的ループは、実現したい状況を思い描き、その状況に至る道筋を創る巨視的鳥瞰的な地図を描き(焦点化)、思い描いた状況に至る道筋を連係する構成的ループに提示し(生成)、道筋に沿って連係する構成的ループの生成の結果と帰結を観察し(分析)、分析内容を踏まえて地図と道筋を修正する構成的ループである。連係する構成的ループの進捗状況に応じて構成的ループの間の調整を行う。連係される構成的ループは、生成、分析、焦点化のそれぞれにおいて、メタ構成的ループが生成する道筋を参照する。

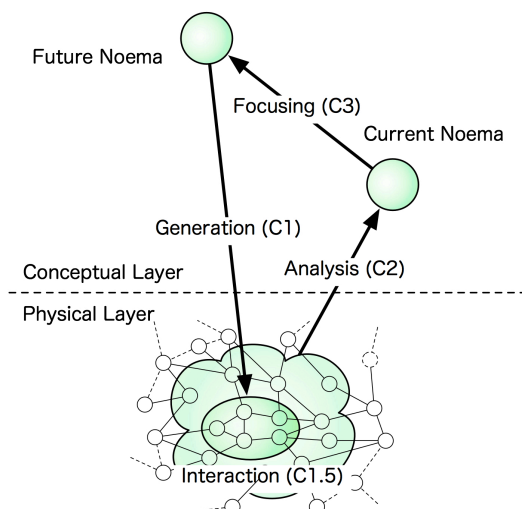


図1 構成的ループ (FNS ダイアグラム)

4. 構成的方法に関わる知

構成的方法論に関わる知を生存のための知に関連づける。

4.1 生成に関わる知

生成は構想を物理的に存在するものごととして具現化するプロセスである。物理的に存在するものごとを創ることを可能にする知性は技術的知性である。身体やものごとを操ってものごとを創ることに関わる。狩猟や農耕では、身体や道具を操作して食物を獲得したり加工したりすることに関わる。デザインでは、身体や道具を操ることによって既存のものごとを加工してある範疇に属するものごとを創ることに関わる。例えば、樹木を切削して住居の部材を創ることができる。石で石を打って刃物を創ることができる。

集団でひとつのものごとを生成することは共同作業を成立させる社会的知性によって可能になる。情報を他者に伝えることや他者とうまくやることによって集団で何かをつくったり、分配したりする共同作業が可能になる。

4.2 分析に関わる知

分析は生成の結果と帰結を観察、評価、考察するプロセスである。分析にはものごとを識別することが不可欠である。ものごとの識別を可能にする知性は博物的知性である。物理的に存在するものごと(身体を含む)がある範疇に属するものごとであるか否かを識別することを可能にする。生存にとって好ましいものご

との識別が原初である。狩猟において食物を識別することや食物を得られる場所を識別することに関わり、農耕においては食物を栽培できる状況を識別することにも関わる。

デザインにおいては、あるものごとが創られるべきものごとであるか否かを識別することに関わる。例えば、住まう者として、そこに居住しようとする住居が本当に居住に適する住居であるか否かを識別する。創る者として、創る住居が創られるべき住居という範疇に本当に属するか否かを識別する。ある材料が本当に築造に適した材料であるか否かを識別する。ある架構が本当に風雪に耐える堅牢な架構であるか否かを識別する。

正しい識別をできるか否かは生存に関わる。無意識のうちには正しい識別をする場合(識別そのものを意識的にするにしても、識別のしかたは恣意的であり、正しい識別は無意識になされている場合を含む)、暗黙知(形式知として説明できないようなしかた)によって意識的に正しい識別をする場合、形式知として説明できるようなしかたによって意識的に正しい識別をする場合がある。

誤った選択は生存を危うくする。識別が無意識のうちになされる場合、すなわち、識別を意識的に制御できない場合、正しい識別をする機構をもたない個体、あるいは、正しい識別を強化して正しくない識別を修正する機構をもたない個体は、そのような機構をもつ個体に比べて、環境に淘汰される可能性が高くなる。正しい識別を意識的になす場合、正しい識別のしかたを他の個体に教導することによって、その個体が正しい識別を意識的になせるようにできる可能性がある。

4.3 焦点化に関わる知

焦点化は生成や分析などの後続するプロセスの方向性を定めるプロセスである。

生成と分析の連係によって問題解決プロセスが成立する。問題解決とはすべてのものごとの集合のうち、特定の範疇である部分集合の要素であるものごと(解)をみつけることである。解をみつける基本は解の候補を生成し、解候補が定めた範疇に属するものごとであるか否かを検証することを解がみつかるまで繰り返すことである。生成と分析の連係を可能にするのは技術的知性と博物的知性を連係する流動性知性である。

焦点化はなんとなくなされることもあるし、考えてなされることもある。後者の場合、自分や他者が何をすると何が生じるか、あるいは、何が生じるとさらに何が生じるかという法則的な関係を用いるシミュレーション³⁾によって、生成の結果や帰結を予期したり、生成の結果や帰結の要因を推量したりする。法則的な関係の把握には特定のパターンを識別する博物的知性に関わり、シミュレーションには現前には存在しないものごとを想像することを可能にする知性に関わる。

予期や推量を意識的に行なうことを可能にするのは言語的知性である。物理的なものごとそれ自体ではなく物理的なものごとを表現する記号(言語、図式、数式、論理式など)を用いることによって、ものごとに関わる概念を表現することが可能になる。構想、予期、推量が概念を表現する記号の操作としてなされたり、これらの内容が記号によって外部表現されたりする。シミュレーションを記号操作としてなすことも可能になる。

4.4 メタ構成に関わる知

メタ構成ループは構成ループを生成、分析、焦点化の対象とする。構成のプロセスを内部観測し、自分が目標達成に至る道筋のどこにいるかを認識することに関わる知性は内省的知性である。メタ構成に不可欠である。意識を観ることが意識に働きかけることであり、意識に働きかけることが意識を観ることである。

5. デザインするロボット

デザイン知に身体性がない、すなわち、デザイン知の全てが形式知であるならば、物理記号システム仮説に基づくデザイン・ロボットを創ることが理論的には可能である。例えば、ロボットをデザインする知の全てが形式知ならば、そのような知をもつデザイン・ロボットはデザイン・ロボットをデザインできるはずである。

5.1 構成

デザイン・ロボットは、感知効果器、感知濾過器、効果濾過器、連結器、翻訳機、概念計算機からなる。ことばによって指示することができる信号や記号がこれらの間を往来する(下図)。

言語表現可能な知は全て信号や記号によって表現されると仮定している。外部観測可能、言語表現可能な知は知り尽くされており、制作者や利用者の心身の中にあるものごと外にあるものごと全てが信号化、記号化される。信号化、記号化されていない知は暗黙知だけであるが、デザイン知が身体性をもたないとの仮定から、暗黙知がないとみなすので、すべてのデザイン知が形式表現されている。

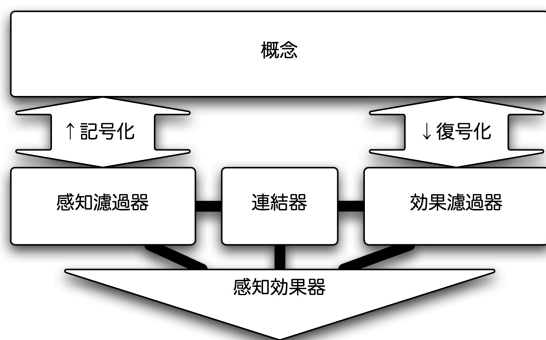


図2 デザイン知に身体性はないとの仮定に基づくモデル

感知効果器は環境や自身の状態を計測するとともに環境や自身に働きかけてそれらの状態を変化させる。人間が感知する信号の全てが計測可能であり、人間の身体動作、内蔵の動きなどを制御する信号の全てが計測可能であるとする。感知濾過器は感知効果器からの信号を選択透過して翻訳機に送る。効果濾過器は翻訳機からの信号を選択透過して感知効果器に送る。連結器は感知濾過器、効果濾過器、感知効果器の間の相互作用を制御する信号のやりとりを、概念計算機を通さずに直接、行なう。濾過器、連結器、感知効果器は瞬間的に信号を処理するだけではなく、信号処理の履歴に基づく信号処理を行なう。

概念計算機は記号処理を行なう装置である。記号操作による概念体系の形成、維持、更新などや、概念体系を用いる推論を行なう。デザイン知が身体性をもたないならば概念計算機において、デザインに関わる全ての認識、推論、身体運動のプログラムが可能である。

翻訳機は濾過器が処理する信号と概念計算機が処理する記号との間の翻訳を行なう。濾過器が処理する信号と概念計算機が処理する記号は異なる。記号化器(encoder)は感知濾過器が処理する信号を概念計算機が処理する記号に変換する。復号化器(decoder)は概念計算機の処理する記号を効果濾過器が処理する信号に変換する。

概念計算機が処理する記号は濾過器が処理する信号を指示対象とする。概念の記号表現の意味は指示対象との真理条件に基づく。真理条件は記号と信号との対応関係として定義される。記号と信号とを関連づける客観的に正しい方法が存在す

る。デザイン知が身体性をもたないならば、適切な翻訳機を用意することにより、記号処理系(概念計算機)と信号処理系(感知効果器、濾過器、連結器)とを切り離すことが可能であり、概念計算機が形成、維持、更新するデザイン知を他の記号処理系に移植することが可能である。

5.2 思考実験

デザイン・ロボットに美味しい新作料理を提案してもらうことにする。食材を決め、食材の分量と下ごしらえのしかたを決め、調理のしかたを決め、調味をしつつ、料理をこしらえる。これを味見して、美味しいと判定したら、これを適切な食器に盛りつけ、自分以外に試食してもらい。試食者が美味しいと感じたら、レシピを提示し、新作料理の提案が完了する。ロボットは既存のレシピ通りの料理をする機能を持つものとする。レシピが定める食材の選択、計量、下ごしらえ、調理ができる。新作料理を提案する手始めとして、ロボットはあるレシピに記されている食材や調味料の組み合わせ、分量、下ごしらえの方法、調理の方法を変えたり、あるレシピの一部と他のレシピの一部を組み合わせたりして、新しいレシピをつくる。そのレシピ通りに料理をつくる。

新作料理を構成的にデザインするために、ロボットは料理が美味しいか否かを識別する必要がある。識別することによって美味しい料理を試食者に提供することができる。新しい料理が美味しいか否かを識別する経験をロボットはしていないから、調理の履歴信号、味見の計測信号などを記号化し、その記号が形式表現された「美味しい」の定義に適用されるか否かを判断する。定義が不十分であれば、試食者の反応を計測して教師信号とする強化学習によって補完する。美味しいと感じることを脳波、筋電、分泌液などの計測値のパターンとして示すことができるならば、美味しいという感覚の指標と料理の内容や食べるという身体動作などの観測値パターンを関連づければよい。美味しくないと識別した料理の改善方法を推論し、推論結果を変換して効果器の制御をすることも必要である。これらの機能は概念を示す記号と感知効果器が処理する信号とを対応させる翻訳機が担う。「Xは美味しい」という記号表現の信号を指示対象とする真理条件が必要である。

美味しいか否かの識別は美味しいという遠位項(概念)と近位項(料理の味、食感、色、形)とを関連づける身体の働き(暗黙知)によるものだとすると真理条件の定義は不可能になる。

6. まとめ

デザイン知の身体性について、高等動物がもつ生存に寄与する知とデザイン知とのアナロジー、デザインするロボットを物理記号システム仮説に基づいてデザインする思考実験を通して、議論した。

参考文献

- [Aristoteles] アリストテレス, ニコマコス倫理学(上, 下), 岩波書店, 1971.
- [Fujii 2010] 藤井晴行, 中島秀之: デザインという行為のデザイン, 認知科学, 17(3), 403-416, 2010.
- [Kosaka 2009] 小坂国継; 西田哲学を読む 3「絶対矛盾的自己同一」, 大東出版社, 2009.
- [Lakoff 1988] Lakoff, G.: Cognitive Semantics, Meaning and Mental Representations (U. Eco et al. eds.), Indiana University Press, 1988.
- [Mithen 1988] ミズン, S.: 心の先史時代, 青土社, 1988.
- [Gärdenfors 1988] ヤーデンフォッシュ, P.: ヒトはいかにして知恵者(サピエンス)となったのか - 思考の進化論, 研究社, 2005.