

意図, ゴール, そして機能 Intention, goal, and function

溝口 理一郎^{*1}
Riichiro Mizoguchi

來村 徳信^{*1}
Yoshinobu Kitamura

Stefano Borgo^{*2}

^{*1} 大阪大学産業科学研究所
I.S.I.R., Osaka University

^{*2} Laboratory for Applied Ontology, ISTC-CNR

The notion of function is crucial to explain both artifacts and biological things. They are, however, different in intentionality: the former seems to be related to agent's intention while the latter does not. This article discusses the relationship among intention, goal and function and then proposes a unified definition of functions of artifacts and natural things including biological organs.

1. はじめに

機能概念は人工物と生体器官の本質を説明する概念である。しかし、人工物の機能は設計者や使用者の意図と関係づけて定義されてきた[梅田 97, Houkes 10 など]のに対して、生体器官にはそのような意図は存在しないため、生体機能は意図を参照せずに定義されてきた[Millikan 84 など]。そのため、両者に共通する機能のコア概念と統一的定義について多くの論争が行われてきた[Perlman 04, Krohs 09, Artiga 11]。本稿では、筆者らの人工物機能の定義[Kitamura 10]において機能を決定づける「コンテキスト」と、意図, ゴールとの関係を深く考察することで、人工物と生体の機能を包括的に定義する。

2. 基礎概念

我々の機能定義は、振る舞いとコンテキストという概念を根幹としている。まず、機能の発揮主体をデバイスオントロジーに基づき「装置」(device)と呼ぶ。これは人工物だけではなく生体器官などの自然物も含む。装置は階層的な全体一部分関係を持ち、ある装置はそれより小さな装置の組み合わせによって構成され(システムと呼ぶ)、またより大きなシステムの部分である(部品と呼ぶ)。装置は入出力を持ち、分解されるまではブラックボックスとして扱われる。次に、振る舞い(behavior)とは装置の入出力における物理量の変化(入出力関係)を指す。コンテキストに依存せず、ある装置は複数の振る舞いを発揮する可能性がある。

本研究では、機能(能力的機能と実行的機能がある[Kitamura 10]が、本稿では実行的機能だけを考える)を、装置が実行する「振る舞い」によって「担われる」ロールと捉える。つまり、本研究では機能を「特定の機能コンテキストのもとで、装置が実行する振る舞いが担うロール(役割)である」と定義する[Kitamura 10]。より正確に言えば、機能は機能ロールとそれを担っている振る舞いから構成される「ロールホルダー」[Mizoguchi 07]である。特定の装置や振る舞いは機能コンテキストに依存して、異なる機能を果たしうる。逆に、特定の機能は、異なる装置や振る舞いによって発揮される。

3. 機能コンテキストと機能の分類

3.1 システムコンテキストとシステム機能

ある装置 d_1 に注目したとき、それを部品 c_1 として含むような

連絡先: 來村徳信, 大阪大学産業科学研究所, 〒568-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘 8-1, Tel: 06-6879-8416, Fax: 06-6879-2123, E-mail: kita@ei.sanken.osaka-u.ac.jp

最も小さなシステム s_1 を考える。システム s_1 は複数の振る舞い sb_1, sb_2, \dots を実行しうる。あるシステム機能コンテキスト(systemic context) sc_1 は、そのひとつに基づいて、システム s_1 が内部的に達成すべき状態(内的ゴール sig_1 と呼ぶ)を設定するものである。このとき、ゴール sig_1 の達成に各部品が協調的に貢献するように、各部品 c_1, c_2, \dots の「機能ロール」が満たすべき仕様 fs_1, fs_2, \dots が相互依存的に決まる。システム s_1 の中の部品には、そのコンテキスト sc_1 ではゴール達成に貢献しないものもある。部品 c_1 はそのシステムの条件下で複数の振る舞い b_1, b_2, \dots を発揮する。部品 c_1 が故障していなければ、そのひとつ b_1 が、アサインされた機能ロール仕様 fs_1 を満たすような機能ロール fr_1 を担う。このとき機能 f_1 が発現する。このように、部品が含まれるシステムのシステムコンテキストのもとで、その部品の振る舞いが機能ロールを担い、機能が存在することになる。この機能をシステム機能と呼ぶ。

部品 c_1 の外的ゴールは、「システムコンテキスト sc_1 のもとで、システム内的ゴール sig_1 の達成に貢献する」ことである。同様に、システム s_1 自体の外的ゴール sog_1 は、それが含まれるより大きなシステム s_2 の「システムコンテキスト sc_2 におけるシステム内的ゴール sig_2 の達成に貢献すること」である。システム s_2 に含まれる相対的な部品(システム s_1 を含む)の機能ロールは、この sig_2 への貢献によって、決定される。

システム機能の特徴は、まず「仮定的」であることである。システム s_1 のコンテキストが sc_1 であるという仮定に基づいて内部の部品の機能が決定される。異なるコンテキスト sc_1' が仮定されれば、部品の機能も異なってくる。例えば、人体の動脈シス

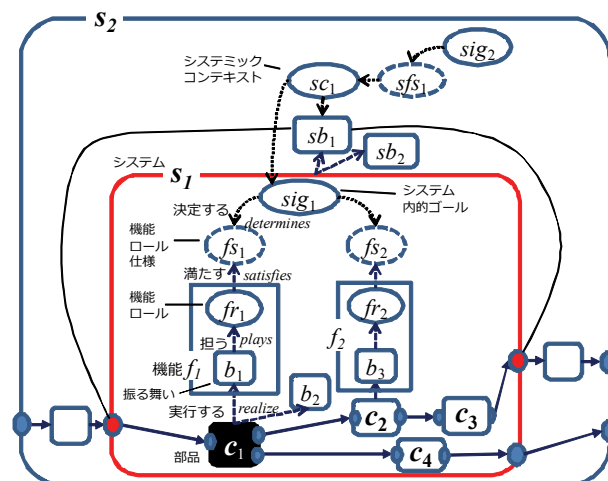


図1 システムコンテキストとシステム機能

テムのシステミックコンテキストを「血液を末端に届ける」ことだと仮定すると、そのシステムの部品である心臓の機能は「血液を送り出す」ことである。もし、動脈システムのシステミックコンテキストを「血液脈動を(外部に)知らせること」だと仮定すると、心臓の機能は「鼓動音を生成する」ことになる。どちらも仮定されたシステミックなゴールに貢献しているという意味で等価である。どちらのシステミックコンテキストが現在有効または本質的であるかどうかは後で議論するように別の問題である。

次の特徴は「意図に依存していない」ことである。上記の決定過程が示すように、エージェントの意図は必要とされず、仮定されたゴールを「協調的に達成する」という原則に基づいて機能が決まっている。なお、ある機能がゴールの達成に貢献するかどうかを判断するためには領域知識が必要であり、知識に依存している。これは、人体の臓器の機能を理解/同定する上で、医学的知識が必要であることを考えれば、容易に理解できる。

最後に、それは「相対的である」。システムと部品の関係は完全に相対的であり、任意に拡大/縮小される。拡大方向は次節の使用コンテキスト(使用エージェントが出てくる)まで拡大できる。縮小方向は説明したい詳細度までである。このシステミック機能間の関係は、いわゆる機能分解関係[Pahl 96]や機能達成関係[Kitamura 10]と対応するが、それがどのように決定されるかということと意図との関係性を明らかにしたと言える。

3.2 使用コンテキストと使用機能

使用コンテキスト(use context)とは、あるシステム s を全体として、エージェント a が自己の決定した特定のゴール ag を達成するために用いる状況を表し、このコンテキスト下の機能を使用機能と呼ぶ。システム s が発揮できる複数の振る舞いのうち、ゴール ag に貢献できるものが、使用機能ロールを担う。すなわち、ユーザの意図に依存して、異なる使用機能が「引き出される」。例えば、ドライバーは「ねじを回す(回転力を加える)」という機能の他に、「ドライバーの後部を用いて「釘を打つ(鉛直方向の力を加える)」機能を発揮するように用いることもできる。つまり、使用コンテキストと使用機能は使用者の意図に基づいている。なお、ここでの「使用(使う)」は、設計者が部品をシステムの中で「使う」という意味とは別である。

3.3 設計コンテキストと設計機能

設計者が、実行時のコンテキストを予期して(envisoning)、決定したコンテキストである。設計された人工物にしか存在しない。まず、例えばハンマーのように、全体としての人工物の場合、設計者によって予期された使用コンテキストを指す。次に、ポンプのように、システムに組み込まれる部品として作られた人工物の場合には、部品を設計した設計者が予期していたシステミックコンテキストを指す。いずれにしても、設計者の意図に基づいている。前者は意図したエージェントが異なり、後者はシステミックコンテキスト自体は意図を含まないため、意図に基づいて決定された特殊なシステミックコンテキストである。これらの設計コンテキストに基づく機能を、設計機能と呼ぶ。

4. 包括的機能定義

本章では、これまで述べてきた機能の種類の関係性を明らかにし、人工物機能と生体機能に共通するコア機能概念がシステミック機能であることを示す。

4.1 包括的機能概念としてのシステミック機能

システミック機能は、仮定されたシステミックコンテキストに基づいているので、意図に関してなにも述べていない。ここで意図

の部分まで含んだ機能概念を包括的機能と呼ぶと、包括的システミック機能は意図に関して don't care であると言える。これは意図が「ない」とは異なる。意図が「ある」とも「ない」とも言っておらず、意図に関して「中立」であり、論理的には両方のケースを包括する概念となっている。イメージとしては図 2(a)のようになる。

4.2 使用機能

使用機能はユーザの意図によって決定されるが、システミック機能の下位(特殊化された)概念と見なすことができる。ユーザを部品とみなしてシステム s とユーザからなる大きなシステム s_2 を考えれば、ユーザがそのシステム s_2 における内的ゴール sig_2 を決定し、それに基づいてシステム s の機能が決まるとみなせるからである。次に、意図を含んだ包括的機能としても、包括的システミック機能は意図に関して don't care であり、使用機能の場合は「ユーザ意図」つまり「意図が存在し、ユーザによって決定される」(図 2(b))ことから、一般-特殊関係が成り立つ。

4.3 設計機能

設計機能は、3.3 節における議論のように、設計者によって予期されたシステミックコンテキストまたは使用コンテキストに基づいている。いずれの場合でも、設計者の意図に基づいた機能(図 2(c))であり、使用機能と同様に、包括的システミック機能の下位概念と見なすことができる。

4.4 人工物の機能

人工物の部品の機能は明らかにシステミック機能である。人工物全体が発揮する機能は使用機能に一致するが、使用機能は上述のようにシステミック機能の下位概念である。したがって、人工物機能はシステミック機能を共通するコア概念としている。

意図を含んだ包括的機能としては、人工物全体の場合には、使用コンテキストが同定できれば、人工物全体が発揮する機能は使用者の意図に依存している。同定できない場合には、適当に仮定することによって、意図に依存せずに、機能が推定される。この点においても、意図に関して don't care な包括的システミック機能の下位概念である。

人工物には設計という概念があるが(正確には「人工物」の定義に依存する。設計という概念を用いない人工物概念定義もある)、ある装置が発揮する人工物機能は、その装置の設計者の意図した設計機能と一致することもあるし、しないこともある。部品の場合、部品の設計者の意図と同一でない意図のもとでシステムに組み込まれることがある。全体の場合、全体の設計者の意図とは異なる意図でユーザによって使用されることもある。

4.5 生体器官または生体全体の機能

心臓といった生体器官の機能には「意図がない」。しかしながら

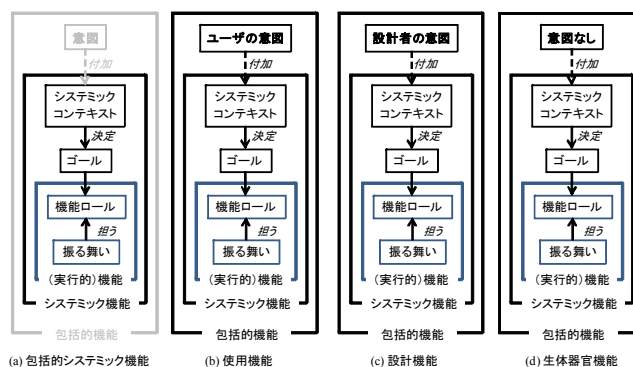


図 2 機能の種類と意図の関係

ら、システム機能の節で議論したように、その生体器官を含むシステム(の仮定された)システムコンテキストに基づくことで、意図に依存せずに、その内的ゴールに貢献するような、振る舞いが担うロールとして、システム機能を考えることができる。したがって、生体器官の機能はシステム機能をコア概念としている。

意図まで含んだ包括的機能としては、生体器官の機能はシステム機能に「意図がない」という情報を付加したものである(図 2(d))。つまり、包括的システム機能(図 2(a))を「意図がない」という意味で特殊化した下位概念であるといえる。

生体システム全体の機能については、使用という概念そのものがなく、設計という概念もないため、生体システム全体の機能をひとつに同定するすべはない。したがって、生体器官の機能は、「仮定された」生体システム全体のシステムコンテキストに基づいて決定される。

4.6 (非生体の)自然物の機能

生体以外の自然に生成されたもの(自然物と呼ぶ)の機能を考えることもできる。例えば、貝殻をナイフとして使う、小石を文鎮として使うといったケースである。これらはエージェントによる「製造行為」が伴わず、そのまま「使用行為」が行われる場合であると言える(なお、製造行為を伴うかどうかは程度の問題であり、「自然物」と「人工物」は重なりをもった「らしさ」として定義されるものであると考える[來村 11])。つまり、自然物の機能は使用機能である。これもまたシステム機能の下位概念である。

4.7 まとめ

ここまでで示したように、本稿で分類した機能はすべてシステム機能をコア概念として含み、包括的システム機能の下位概念として定義できる。つまり、包括的システム機能は人工物機能、生体機能、自然物機能の上位概念であり、システム機能はいずれにも共通する機能のコア概念であるといえる。

5. 本質的機能と偶発的機能

本質的機能(proper function と呼ばれる)の区別について長年議論が行われている[Perlman 04]。これは、機能とはみなされない振る舞いと区別し、その装置(器官)が生来的(intrinsic)に持つ機能を同定することを目標としてきた。特に、生体器官は特定の本質的機能(例えば心臓の場合は「血液を送り出す」機能)を持つように直感的に思われており、そのような本質的機能をどのように同定するかについて長年論争が行われ、例えば進化論的選択などが提案されてきた[Millikan 84]。

しかしながら、筆者は、この区別は重要であるが、議論の目的が異なっていると考える。機能の定義とその同定は異なる問題である。後者は、そもそも人類の人体に関する知見に依存していることを考慮すると、本質的機能の同定は原理的に程度の問題にならざるをえない。つまりその同定は、本質的に「仮定」に基づくものである。より根源的問題であるのは前者であり、本質的機能とその他の機能(または振る舞い)、人工物機能と生体機能の区別を明確にするような定義を同定することである。本稿で同定されたコア概念であるシステム機能が「仮定された」コンテキストに基づいていることは、この意味で、本質的である。

このように「あるものが持つ機能を一意に同定すること」と、「機能定義」とは別の問題であるが、ある装置にとって本質的である機能は、その装置の機能物としての identity を決定し、またそのものが達成することを期待されている機能に関する規範(normativity)である。その装置が規範を満たせないとき、その装置は故障(malfunctioning)していると呼ばれる。その意味で重要

な区別であることは確かである(そのため、次章で述べるいずれの要求事項にも含まれている)。

本理論では、すべてのシステム機能はそれが基づくシステムコンテキストのもとで「本質的機能」であるとみなされる。システムコンテキストは仮定であるので、ある装置にとってどの機能が本質的であるのかは仮定されたコンテキストによって変わる。したがって生体器官(例えば心臓)の本質的機能は想定したコンテキストによって異なることになる。しかしながら生体器官の特殊性は、このコンテキストが通常ひとつしかなく感じられることにある。つまり、特定のコンテキスト(心臓の場合、血液循環コンテキスト)との結びつきが非常に強く、唯一なものであるように感じられる。そのため、上記のように、生体機能の研究者はその唯一な(ように感じられる)コンテキストの機能を同定することを目指してきたと考えられる。しかしながら、本質的には、これらのコンテキストはあくまでその時点における知り得る知識に依存した仮定に基づくものである。

人工物全体の使用機能の本質性は、設計機能によって決まる。つまり、設計者が意図した機能と一致した場合、本質的機能である。それ以外は偶発的機能と呼ばれる。生体の場合には、生体全体については使用するという概念そのものがないため使用機能自体が存在しない。生体の部品(生体器官)の場合には、使用機能が存在する場合があるが、設計されていないので、すべて偶発的機能であると考えられる(後述の鼻の例を参照)。

6. 検証

哲学分野では長年の論争を経て機能理論が満たすべき(説明できるべき)性質が要求事項(desiderata)としていくつか示されている。ここでは、6.1 節で Artiga によるもの[Artiga 11]、6.2 節で Houkes と Vermaas によるもの[Houkes 10]を、4 章で示したシステム機能が満たしていることを示す。

6.1 Artiga の要求事項による検証

Artiga は主に生体機能を対象として、その定義が満たすべき要求事項を同定している[Artiga 11]。以下のように満たす。

- 目的論的性質(Teleological property): この条件は「あるものが機能を持つとみなすこと(attribution)は、そのものがなぜ存在するのかを説明するような特定の行為を指し示せなければならない」と要約できる。システム機能は、ある装置がシステム内に存在する理由を「それが存在するシステムコンテキストのもとにおけるゴールに貢献する機能を発揮する(もしくはそのような機能ロールをアサインされている)から」であると説明できる。
- 規範性(Normativity): 「あるものの機能は、そのものが行うことを想定されている(supposed to do)ことでなければならない」。これはシステム機能の決まり方からいって明らかに満たしている。システム機能はシステムのゴールを達成するためにアサインされた機能ロールであり、それが「行うことを想定されていること」である。
- 発揮性(Performance): 「ものの機能は、そのものが現在行っていることで決定されなければならない」。システム機能は、現在発揮されている振る舞いによって担われるものであることから、この条件も満たしている。設計機能は設計者によって予期されたものではあるが、実行時に発揮される振る舞いを想定したうえで決められた機能である。
- 本質性と偶発性(Essential and accidental): 「ものの機能は、そのものの偶発的な効果と適切に区別されなければならない」。この点については前章で議論した。区別が「同定」を意味しているのであれば、この条件は定義とは別の

問題を指している。それでもなお、本理論は、多くの哲学的文献で議論されてきた有名な例題である「鼻が果たす機能」を説明することができる。これは、鼻の(本質的)機能は「空気を取り込む」ことであり、「眼鏡を支える」ことは機能ではない(もしくは偶発的機能である)、という直感を説明するというものである。本理論では、前者は呼吸器系をシステムとしたシステミック機能であり、したがって本質的機能である。後者は、外部から鼻という部品を利用した(システム全体とはみなせない)使用機能であり、「偶発的機能」である。このように明確に区別できる。

6.2 Houkes と Vermaas の要求事項による検証

Houkes と Vermaas は人工物機能の定義が満たすべき事項を同定している[Houkes 10]。本理論は以下のように満たす。

- Proper 機能と accidental 機能を区別できること: これは Artiga の第 4 項と同じである。
- 機能不全(malfunctioning) を説明できること: Artiga の第 2 項に関する議論で示したように、部品の Normativity を、仮定したシステミックコンテキストにおける機能ロール仕様として規定できることから、それを部品の実際の振る舞いが担う機能ロールが満たさない状態として説明できる。
- 物理的根拠に支えられていること: 本理論の振る舞いは物理的な装置の性質(physical make-up)によって実行されるものである。
- 革新的な(innovative)機能を説明できること: 機能について特に制限を加えておらず、過去も参照していないことから、革新的な機能も説明できる。(過去を参照する Etiological theory [Millikan 84]はこれができないことが指摘されている)。

7. 関連研究

長年にわたる哲学分野における機能に関する議論では、理論は大きくは、貢献関係に基づく Contribution theory [Cummins 75, Boorse, 02 など]と進化的選択に基づく Etiological theory [Millikan 84 など]に分けられる。本稿で提案した理論は明らかに contribution theory の一種である。本理論の最も大きな特徴は、従来理論[Cummins 75, Boorse, 02]では明確にされていなかった、コンテキストという概念を導入し分類することで、貢献先のゴールがどのような意図によってどのように決定されるかを明確にしたことである。また、機能を、[Cummins 75]や[Johansson 05]のようにものが持つ capacity または disposition ではなく、ものから独立した振る舞いが担うロールとして定義している。これは以下で述べるように本質的違いである。

8. まとめ

機能のコア概念は意図に基づかないことを示した。多くの人工物機能の定義が「設計者または使用者の意図」と関連づけられている[梅田 97, Perlman 04, Houkes 10]ことを考えると、意図を排除できることは驚きとも言える結果である。しかしながら、それらと矛盾するわけではなく、それらはコア概念の下位概念である設計機能、使用機能を指していると考えられる。議論の根幹は、システムのゴール選択が所詮、その時点で人類が知り得る知識の範囲における仮定であるという洞察に基づいている。そうすることで、意図のない生体機能と共通する機能のコア概念を見いだすことができた。

我々の理論では、機能は機能発揮物に内在しておらず、それを含むコンテキストに存在している(外在している)。つまり、そのもの単独では機能に言及することはできない。そのコンテキ

スを持つものを拡大していくと、最終的にどこかで止まるが、そのもの自体(システム全体)の機能は、システミックな意味では言うことができず、外から使用コンテキストとして与えてもらう必要がある。したがって、使用という概念がない、生体全体(生物など)の機能は言うことができない。多くの生体機能の研究者は、機能がその生体器官自体に内在するものと仮定しているため、生体全体の機能を言わなければならないが、それを言うことは不可能なはずである。つまり、その仮定は矛盾を起こす。我々の理論はそのような矛盾を起こさず、正しく「生体全体の機能には言及できない」と言うことができる。

謝辞: 本稿の考察は、European Commission の国際共同研究プロジェクト EuJoint [EC 2010]の一環として行われたもので、[Mizoguchi 2012]の拡張である。

参考文献

- [Artiga 11] Artiga, M.: Re-organizing organizational accounts of function. *Applied Ontology*, 6(2):105–124, 2011.
- [Boorse 02] Boorse, C.: A rebuttal on functions. *Functions: new essays in the philosophy of psychology and biology*, pp. 63–112. 2002.
- [Cummins 75] Cummins, R.: Functional analysis. *Journal of Philosophy*, 72:741–765, 1975.
- [EC 10] European Commission : EuJoint (European-Japanese Ontology Interaction) Project (IRSES 247503), <http://www.loa.istc.cnr.it/EuJoint/EuJoint.html>, 2010.
- [Houkes 10] Houkes, W., Vermaas, P. E.: *Technical functions - on the use and design of artifacts*, Springer, 2010.
- [Johansson 05] Johansson, I. et al.: Functional anatomy: A taxonomic proposal. *Acta Biotheoretica*, 53(3):153-166, 2005.
- [Kitamura 10] Kitamura, Y., Mizoguchi, R.: Characterizing functions based on ontological models from an engineering point of view, In *Proc. of the 6th Int'l Conf. on Formal Ontology in Information Systems (FOIS 2010)*, IOS Press, 301-314, 2010.
- [來村 11] 來村 徳信, 溝口 理一郎: 人工物の定義と機能との関係性に関する一考察, 2011 年度人工知能学会全国大会, 3G2-4, 2011
- [Krohs 09] Krohs, U., Kroes, P.: *Functions in biological and artificial worlds: comparative philosophical perspectives*. MIT Press, 2009.
- [Millikan 84] Millikan, R. G.: *Language, thought and other biological categories: New foundations for realism*, MIT Press, 1984.
- [Mizoguchi 07] Mizoguchi, R., Sunagawa, E., Kozaki, K., Kitamura, Y.: The model of roles within an ontology development tool: Hozo, *Applied Ontology*, 2(2), 159-179, 2007.
- [Mizoguchi 12] Mizoguchi, R., Kitamura Y., Borgo, S.: Towards a unified definition of function, In *Proc. of the 7th Int'l Conf. on Formal Ontology in Information Systems (FOIS 2012)*, To appear, 2012.
- [Pahl 96] Pahl, G., Beitz, W.: *Engineering design - a systematic approach*, The Design Council, 1996.
- [Perlman 04] Perlman, M.: The modern philosophical resurrection of teleology, *The Monist*, 87(1):3–51, 2004.
- [梅田 97] 梅田靖, 富山哲男, 吉川弘之: 機能設計支援のための FBS モデリングの提案, 精密工学会誌 63(6), 795-800, 1997.