

# 生物規範工学オントロジーにおける記述の詳細度と キーワード連想の関係の比較

## Comparison among Relationships between Details of Descriptions and Keyword Association in Biomimetics Ontology

鳥村 匠<sup>\*1</sup> 古崎 晃司<sup>\*1</sup> 來村 徳信<sup>\*2</sup> 溝口 理一郎<sup>\*3</sup> 駒谷 和範<sup>\*1</sup>  
Sho Torimura Kouji Kozaki Yoshinobu Kitamura Riichiro Mizoguchi Kazunori Komatani

<sup>\*1</sup> 大阪大学産業科学研究所 <sup>\*2</sup> 立命館大学 <sup>\*3</sup> 北陸先端科学技術大学

The Institute of Scientific and Industrial Research (ISIR), Osaka University Ritsumeikan University Japan Advanced Institute of Science and Technology

For supporting engineers in creating ideas, the authors have been developing a biomimetics ontology. In this research, function realization methods of natural organisms have been extensively described in the biomimetics ontology. We compare the relation between details of descriptions which we write and its result to keyword association. It can suggest us how much details we should describe for best performance in keyword association.

### 1. はじめに

生物規範工学[下村 10]は、生物の持つ様々な特徴に学び、工学的に優れた機能を持った製品を開発することを目標としている。その目標の達成のために、生物学者の持つ知識を工学者に提供し、社会的／工学的なニーズと生物学的な知識を組み合わせることを目指して、バイオミメティクス・データベースの開発が進められている[下村 10]。

その核として、生物規範工学オントロジー[古崎 16]の構築が進められており、その中では、生物や工学的機能などの概念と、それらの概念同士の関係が、定義されている。それを入力として、オントロジー探索ツール[廣田 09]を用いて概念間の関係を表すマップを生成し提示することで、工学者が俯瞰的に生物学的知識を含むオントロジーの探索を可能にすることにより発想支援を行う。マップによる発想支援を達成するために、まずはマップ上でより多くの情報が比較できること、そしてマップ内の情報が整理されており情報の可読性が高いこと、の2つの点が重要である。現在はマップが多くの情報を含む状態にすることを旨とし、オントロジーの拡充が行われている。

本研究では、生物規範工学オントロジーの中でも、生物がどのように機能を実現しているかに関する知識(機能実現方法)について重点的に拡充を行う。1つの達成したい機能に対して、その機能から連想される生物の一覧を提示することで、達成に結びつく意外な生物の例を発見させること、また連想の結果として複数の生物の機能実現方法を組み合わせた「新しい方法」を発見させることが最終目標である。そのため、マップには、多くの生物が連想関係によって提示されることと、1種類の生物に多くの連想パスを通過して辿り着くことが望まれる。

筆者らは、オントロジーの拡充をより効果的に行う方法を実際の拡充より考案し、ガイドラインとしてまとめた[鳥村 15]。ここでは、生物の機能実現方法について、1つの機能について部分機能に分解する「機能分解」を詳細に記述することを定めた。

本稿では、さらに効果的な記述を行うために、記述された情報が、それにより生成されるマップ内においてどのように探索されるのかの把握を目指す。それにより、詳細に記述すべき情報とその必要のない情報の把握が行え、より効果的な記述ができるガイドラインに繋がると考えられる。また内容によっては、詳

細に記述せずとも十分にマップに情報が与えられる可能性もあり、その場合には拡充もより効果的に行える。そこで、本稿では機能実現方法の詳細度を複数通りに分けて記述し、各詳細度での記述による情報が、マップで辿り着く生物の数にどのような影響を与えるかということと、どのような場所に現れるかということとを、詳細度ごとに比較する。

### 2. オントロジー記述の詳細度

生物規範工学オントロジーを拡充するにあたり、情報の詳細度の異なる以下の3通りの方法で記述を行った。拡充にはネイチャーテック研究会のすごい！自然のショールーム<sup>1</sup>を情報源とした。ここでは、全 197 事例の生物の機能実現方法が専門家の監修のもと記載されている。情報源を基に、以下の A, B, C の順に同一のオントロジーの拡充を行った。

- A) 生物の成功例を詳細に記述
- B) 科学法則に注目し、Aをさらに詳細に記述
- C) 情報源のカバー範囲を拡大するため概要のみ記述

Aは、[鳥村 15]で定めたガイドラインに沿う形で、情報源について記述したものである。元のオントロジーでカバーされている、生物の機能実現方法の対象を広げるために行った。また、元のオントロジー内の記述も、ガイドラインに沿う形に書き改めた。情報源の 58 事例についてこの詳細度での記述でカバーしている。Bは、Aと同じ範囲の情報について、科学法則の観点から、より詳細に機能分解を行ったものである。生物の例のみでなく、一般的な機能の実現方法をオントロジーに記述するために行った。Aで定義されていた 10 種類の機能の実現方法について、より詳細な記述に改めた。

Cは、Aと同じ情報源の別の範囲について、生物の機能実現方法の概要のみを記述したものである。情報源のカバー範囲を拡大して、より短時間でオントロジーの拡充を行うために行った。この詳細度では、機能分解を全く行わず、最低限の情報のみをオントロジーに与える。そのため、この記述でも必要な情報がマ

<sup>1</sup> ネイチャーテック研究会のすごい！自然のショールーム  
<http://nature-sr.com/index.php>

ップに表示されるのかは考慮が必要である。情報源内の、A で記述した 58 事例、非生物であったので記述の範囲外とした 7 事例を除いた、132 事例についてこの詳細度で記述した。

以下、各記述方法の詳細について述べる。

## 2.1 生物の機能実現方法をガイドラインに基づいて記述

A の記述は、[鳥村 15]で提案したガイドラインに従った詳細度での記述である。情報源に記載されている生物の機能実現方法について、機能分解を行い、達成機能とそれを達成させる部分機能、またそれを達成させる構造や行動といったように、詳細に記述する。その記述により、生物ノードには、スロットや、スロットのスロットとして情報が多段に付与される形でオントロジーが拡充される。図 1 がその例で、ミズが防汚を達成している方法が機能分解によって多段に記述されている。

この記述方法では、図1のミズのノードのように生物のノードと同時に、図 2 の防汚のノードのように、機能を定義するノードにも同じ機能分解の情報を記述する。図 2 内の赤点線で囲った部分がミズの方法であり、他の生物で用いられている機能実現方法も併記されている。このように防汚のノードには、複数の生物が防汚を達成する機能実現方法が集積される。

## 2.2 科学法則に注目し機能分解をさらに詳細に記述

A の詳細度で記述した、防汚などの機能ノードを、科学法則の側面よりさらに詳細化して記述する。A で既に記述済みの機能について、その機能を達成するために必要な部分機能を生物の機能実現方法とは別の観点で記述した。

この記述によって、全てが並列に記述されていた部分機能が、大局的な方法毎に整理される。また、情報源から読み取った生物の機能分解で、記述されなかった機能分解の中間部分が記述される。図 3 が A の詳細度での記述であり、図 4 が機能分解を詳細化して B の詳細度にした記述である。図中の緑の矢印は追加された記述の例を示している。図 3 では、生物の方法を

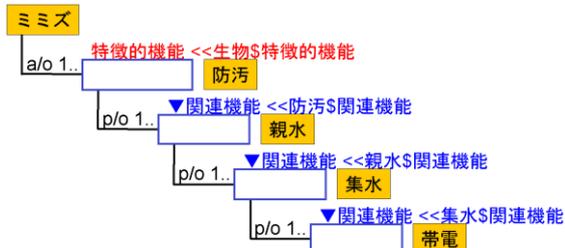


図 1 機能分解を詳細にした記述（ミズの防汚機能）

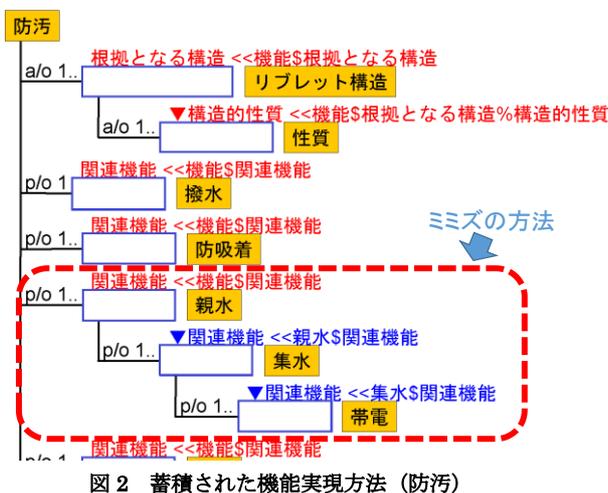


図 2 蓄積された機能実現方法（防汚）



図 3 A の記述詳細度での機能ノード（低抵抗）

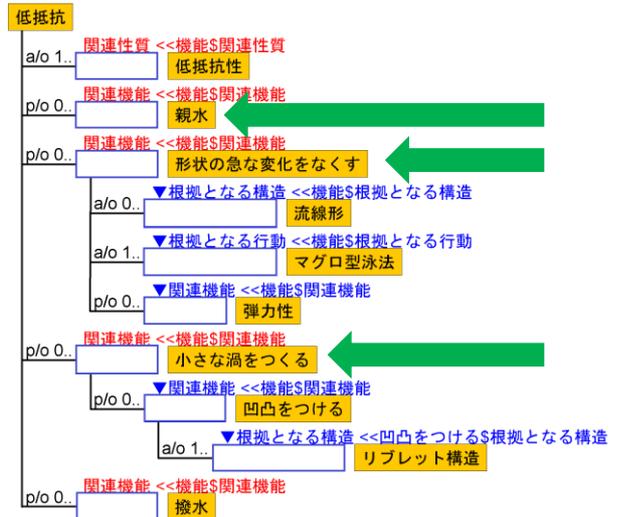


図 4 B の記述詳細度での機能ノード（低抵抗）

もとに、低抵抗の部分機能や根拠となる構造が並行して記述されていた。図 4 では低抵抗の部分機能として「形状の急な変化をなくす」「小さな渦をつくる」を挟むことで、記述はより詳細になり、同時に部分機能が大局的にどちらの方法であるのかの整理が行われた。また、科学法則の方面より、水着などで利用されている「撥水」「親水」が部分機能として追加された。

## 2.3 生物の機能実現方法を概要のみ記述

A と同じ情報源を用いて、A で記述をしていない事例について、機能分解を省略して概要のみを記述した。情報源から記述すべき機能、構造などの情報を、生物のノードと 1 段階のスロットのみを用いて記述した。生物が複数の機能を持っていて、その間に関連が考えられたとしても、同じ生物の持つ独立した特徴としてそれぞれ記述した。図 5 が C の詳細度で記述したシマウマの例である。シマウマは、体毛の長短によって、放熱と吸熱をする箇所を分けることで、対流を生成し、体表面の温度を調

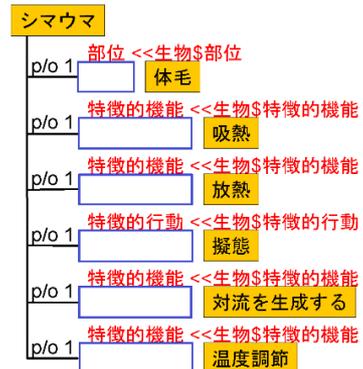
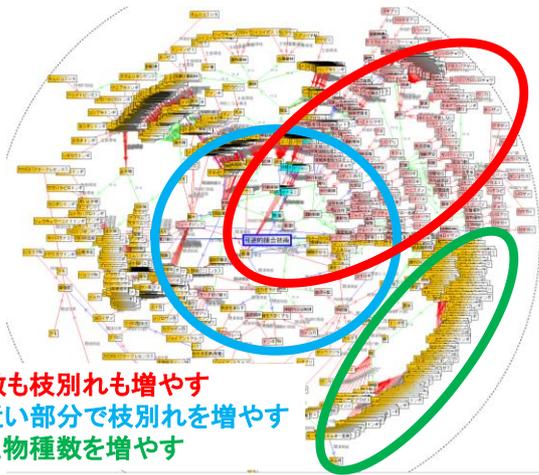


図 5 機能分解を行わず特徴のみ記述（シマウマ）





A:生物種数も枝別れも増やす  
 B:中心に近い部分で枝別れを増やす  
 C:端点で生物種数を増やす

図7 マップと各詳細度が影響を与える場所のイメージ

バリエーションが増えたことを表す。

同様に、BからCの変化について述べる。AからBへの変化と比較して、二のマップに含まれる生物ノード数と比べて、ホのマップに含まれる生物種数の変化が大きい。これは、1度だけ辿り着く生物が多いことを表す。つまり、ひとつの機能からリンクされる生物種数が増加した。逆に、1つの生物に辿り着くパスにバリエーションを持たせにくい記述であるといえる。

OからAの場合は、オントロジーで記述される生物・機能・機能分解の全てが拡充されているため、二のマップに含まれる生物ノード数と、ホのマップに含まれる生物種数はどちらも向上する。特にマップに含まれる生物ノード数の増加量が大きい。これは記述する際に、互いに関係を持つ機能に関する事例を優先して記述したことが原因といえる。

これらの結果から、同じ生物に辿り着く複数のパスを増加させたいならば、詳細な記述が効果的であることが分かった。また、1つの機能やゴールから連想される生物種数を増加させるだけでなく、概要のみの記述でも生物の機能実現方法であれば、十分に効果があるといえる。

### 3.2 記述と探索結果の関係

2章で述べた各詳細度の記述が、図6のようなオントロジー探索ツールによるマップ表示のどの部分に反映されるのかを比較検討する。各記述が生成されるマップのどの部分に主に影響を与えるのかのイメージをまとめたものが図7である。

Aの詳細度の場合、探索の上流から下流にかけて全体的にマップに含まれる内容が多様になる。機能分解を行い、その機能を実現させている構造や行動についても記述するため、連想を始める「具体的ゴール」から連想される機能やその機能の部分機能としてバリエーションを持ったパスに繋がる。また、特定の生物種の機能実現方法の成功例を記述するため、連想の結果辿り着く生物種数も増えた。その過程で、複数の生物の機能実現方法を組み合わせたとような機能実現方法の発想にも結びつきやすいといえる。

Bの詳細度の場合、マップの中央に近い、連想を開始する具体的ゴールと比較的近い部分に影響が現れる。機能分解のうち、達成機能に近い部分の情報量が増えるため、探索の上流で枝別れした結果、同一生物にバリエーションを持ったパスを通過して辿り着く効果が期待できる。また、同じ部分機能を用いて記述すれば、同じ原理を使って、別の機能を達成している方法に繋がるため、連想は幅を持ちやすい。所要時間が非常に大きくかかり、今回は少数の機能についての記述であったが、連想の幅という観点から効果的な記述であるといえる。

Cの詳細度の場合、探索結果の1つの機能から繋がる生物の数として影響が現れる。機能分解を行わないため、連想の上流には影響を与えない。しかし、特定の機能を持つ生物が多く表示されるため、部分機能を実際に達成する生物を見比べるためには、所要時間から見ると効果的な記述である。また、この記述した情報が記述の意図通りに探索結果となることは達成ができる。しかし、思わぬ繋がりにより、複数の機能実現方法を組み合わせたと「新しい方法」には結びつかない。その発想支援のためには、機能分解などの情報を記述に加えていくことが望ましい。この記述に参照、被参照の関係を加えること、機能分解の記述を加えることにより、生成されるマップで辿り着く生物数が組み合わせ爆発的に増加するとも考えられる。

まとめると、マップ上で機能実現方法を比較する場合、その機能や部分機能を達成する生物を多く比較するには、生物の機能実現方法を記述するのが効果的である。詳細に記述せず、概要のみの記述でも、機能を直接達成する生物に辿り着く。実際に現実世界で行われている機能実現方法を再確認するためには、AやCのような生物の記述が効果的である。

また、探索を開始する機能やゴールから幅を持った機能を達成する生物などを比較する場合、詳細な記述が効果的である。今までになかった「思わぬ発想」をするためには、直接の達成はしていないが、関係のある機能などを達成している生物が表示される、AやBのような詳細な記述が効果的である。

### 4. まとめと今後の課題

本研究では、生物の機能実現方法や科学法則に基づき、様々な詳細度でオントロジーに機能実現方法を記述し、オントロジー探索ツールによるキーワード連想への影響を比較した。

詳細な記述はキーワード連想の幅をつくるために、生物に関する記述は連想される生物種を増やすために、それぞれ有効であった。

今後の課題は、大きく3つ考えられる。まず、Cに関して参照・被参照などの関係を順に定義していき、できるだけ少ない情報量で幅を持った連想が可能な記述を検討することである。次に、マップから得たい情報の想定例に応じて最適な記述を考案することである。この2項目は、最終的にガイドラインを再考する材料となると考えられる。最後に、オントロジー探索ツールを用いて、表示したい項目に応じた探索方法を考案することである。比較したい情報に応じてマップで探索する、しないの条件を調整することなどで達成が可能だと考えられる。

### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 24120002 の助成を受けて行われた。

### 参考文献

[廣田 09] 廣田健, 古崎晃司, 齋藤修, 溝口理一郎: ドメイン知識俯瞰のためのオントロジー探索ツールの開発, 第23回人工知能学会全国大会, 2I3-2, 2009.

[古崎 16] 古崎晃司, 來村徳信, 溝口理一郎: 生物規範工学オントロジーと Linked Data に基づくキーワード探索, 人工知能学会論文誌 31 巻 1 号, SP1-D, 2016.

[下村 10] 下村政嗣: 生物の多様性に学ぶ新時代 バイオメテック材料技術の新潮流, 科学技術動向, Vol.110, pp9-28, 2010.

[鳥村 15] 鳥村匠, 來村徳信, 古崎晃司, 溝口理一郎, 駒谷和範: 生物の機能実現方法に基づく発想支援のためのオントロジー構築とガイドラインの提案, 第29回人工知能学会全国大会, 2M1-5, 2015.