

# ドメイン注目概念の選択による問題領域の知識構造の比較 —環境・サステナビリティ領域を対象に

Comparing knowledge structures of problem areas by means of domain focused concepts in sustainability science and environmental studies

熊澤 輝一<sup>1</sup> 古崎 晃司<sup>2</sup>

Terukazu Kumazawa<sup>1</sup> and Kouji Kozaki<sup>2</sup>

<sup>1</sup>総合地球環境学研究所 研究基盤国際センター

<sup>1</sup>RIHN Center, Research Institute for Humanity and Nature

<sup>2</sup>大阪大学 産業科学研究所

<sup>2</sup> The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University

**Abstract:** This paper focuses on supporting the construction of causal chains between lots of knowledge in the field of sustainability science and environmental studies. This paper examines how differences of concepts focused on each of academic domains change the way to recognize and understand problem areas through the visualization by means of the ontology-based supporting tool for exploring and extracting causal chains.

## 1. はじめに

環境学やサステナビリティ・サイエンスでは、様々な立場や専門の人々が共通の問題領域を扱う。ところが、同じ問題領域から知識をどう構造化するかは、各々の立場や専門により異なる。そのため、問題の共通理解は必ずしも容易ではない。よって、様々な知識の相互関係を明らかにしながら問題領域を各々で理解し、持続可能社会に向けた課題解決の枠組みのデザインを支援するための手法を確立する必要がある。とくに近年、環境・サステナビリティの分野は、プロセス指向のアプローチへと展開しつつあり (Miller 2012)。より動的な枠組みでの共通理解支援の手法が必要となっている。

このことから筆者らは、オントロジーを介した環境・サステナビリティ領域知識の連携に着目し、オントロジーの(抽象)概念構造からドメイン知識間の因果論理を探索する(抽出する)ことによる、因果論理構築支援ツールの開発を進めている(熊澤ら 2016)。

オントロジーとは、元々、哲学の用語で、「存在に関する体系的な理論」のことであり、本研究では、これを計算機が理解可能な形式で表現することで工学的に応用していこうとする知識工学の手法である、オントロジー工学(溝口(2005))に着目する。オントロジー工学は、セマンティック・ウェブの基礎技術の一

つであり、共通の語彙、概念、意味を提供する手法である。

サステナビリティ・サイエンスのオントロジー化については、Kumazawa et al. (2014)などが、社会-生態システムの枠組みをオントロジー化する取り組みについては、Frey et al. (2015)などで進められてきた。本研究で開発を進めているツールは、構築したオントロジーに基づいて動的な概念探索を行いつつ、それぞれのドメインの知識構造を示すものである。

以上を踏まえて、今回は因果論理構築支援ツール開発の中でも、オントロジーを介した環境・サステナビリティ領域知識間の因果論理構築支援に着目する。そして、各ドメインが注目している概念の違いにより問題領域の見え方がどのように変わるのかを、オントロジーから因果論理を探索・抽出する支援ツールによる可視化を通して確認する。

## 2. 課題設定・解決に至る論理の一貫性評価とオントロジー工学

環境・サステナビリティ領域の課題解決では、目標との連関が明確であるとはいえない。何の課題を解決するための目標なのか、たとえば、「Water-Energy-Food Nexus」という水・エネルギー・食料の連環という地球環境問題の課題理解の視点が

ある。しかし、その視点を目標として掲げた後で、具体的にどのような課題を設定し、どのような解決スキーム、因果論理、因果連鎖のもとで目標達成へのパスを描こうとしているのか、この点は必ずしも明らかにされない。

目標と実際にある解決スキームとの間にある因果論理を一つのストーリーとして説明しようとするとき、楠木（2010）は戦略ストーリーの一貫性（consistency）に着目し、その評価基準を①ストーリーの強さ（robustness）、②ストーリーの太さ（scope）、③ストーリーの長さ（expandability）の三つの次元から考えている。①は因果論理の蓋然性（確からしさ）の高さを、②は構成要素間のつながりの多さを、③はストーリーを構成する因果論理のステップの多さを意味する。

オントロジー工学では、一般－特殊関係、全体－部分関係、属性関係などを記述することができ、これらによって論理展開を明示的に表現し共有することができる。よって、オントロジーによって記述された因果論理を題材に、①②③について議論することが可能になる。以上より、様々な知識の相互関係を明らかにしながら、問題領域を各々の立場や専門の立場に即して理解するための方法として、オントロジー工学の手法を用いる。

### 3. ドメイン知識間の因果論理構築 支援ツール開発の方針

オントロジーを用いた因果連鎖の可視化ツール（以下、マップ・ツール）については、本研究で使っているオントロジーの開発環境「法造」（<http://www.hozo.jp/hozo/>）においても、廣田ら（2008）など段階的に開発が進められてきた。しかしながら、すべての概念名を同じサイズで表示すると、非常に煩雑であり、かつ、どの概念から見ていけばよいかがよくわからず、ドメインの専門家の利用には耐えないという課題があった。そこで、環境・サステナビリティのドメインとして重要と判断される概念については、「ドメイン注目概念」としてフラグを立て、ドメイン注目概念以外の概念名については、ノードだけ残して消去する機能を付ける仕様とする。なお、ノードだけ残された概念を「リーフ概念」と呼ぶ。

以上より、ツール開発にあたり、概念と個物を、トップレベル概念（上位概念）、ドメイン注目概念、リーフ概念、インスタンスの4つのレベルで考える。具体的には、「インスタンス→リーフ概念→ドメイン注目概念→リーフ概念→インスタンス」の流れで考えることにより、因果論理を確保しながらドメインごとの

認識を可視化できるツールを開発することができる。

## 4. ドメイン注目概念の選択による 知識構造の比較

### 4. 1 ドメイン注目概念設定の実装

これまで構築してきたドメイン注目概念の表示機能（熊澤ら（前掲））は、開発者がアドホックに設定したものであった。これに対して今回は、ドメインごとにフォーカスしている概念が異なる場合に備えて、ドメイン別にドメイン注目概念を設定できるようにする。

実装では、まずこれまでと同様にマップを作成した後、「ドメイン注目概念とする概念名の一覧」を指定する。そうすると、マップ中でドメイン注目概念以外のリーフ概念のあたるラベルが「...」に変わる（※クリックしたらパス上のラベルは見える。）

このようにして、ドメイン注目概念とリーフの違いを表現したマップを作成できるようにした。

### 4. 2 水－エネルギー－食料連環の事例

（1）対象事例：地球研環太平洋ネクサスプロジェクト

今回は、第一著者が所属する総合地球環境学研究所（地球研）の研究プロジェクト「アジア環太平洋地域の人間環境安全保障－水・エネルギー・食料連環」（以下、環太平洋ネクサスプロジェクト）の研究系業務を担っている教職員を対象に、彼らが所属する学会を象徴するキーワードをドメイン注目概念として抽出することを通して、学術領域間の知識構造を比較することにした。

この研究プロジェクトの目的は、水・エネルギー・食料の連環（ネクサス）による複合的な地球環境問題に対し、環境のガバナンスの構造と政策の最適化をとおして、アジア環太平洋地域の人間環境安全保障を最大化（脆弱性を最小化）し、持続可能な社会のあり方を提示することにある。それゆえ、この枠組みに関連する様々な分野の研究者が在籍している。

（2）J-GLOBAL knowledge を利用した学会ごとのドメイン注目概念抽出

ドメイン注目概念として選択するキーワードを学術領域ごとに抽出するために、本研究では、国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）が保有する科学技術情報を Linked Data で提供するサービス J-GLOBAL knowledge（<https://stirdf.jglobal.jst.go.jp/>）において、LOD チャレンジ2016のために、文献情報

表1 地球研環太平洋ネクサスプロジェクトに従事する研究者と所属学会

| ID | 職名            | 専攻・バックグラウンド                         | 筆者らが今回選定した所属学会(注) |
|----|---------------|-------------------------------------|-------------------|
| 1  | 准教授           | 水産経済学<br>海洋経済学                      | 地域漁業学会            |
| 2  | プロジェクト研究員     | 資源論<br>環境社会学                        | 水文・水資源学会          |
| 3  | プロジェクト研究員     | 行政学<br>地方自治論<br>環境エネルギー政策論<br>市民参加論 | 環境科学会             |
| 4  | プロジェクト研究員     | 水文学<br>陸水学<br>温泉科学                  | 日本水文科学会           |
| 5  | プロジェクト研究推進支援員 | 沿岸海洋学                               | 水産海洋学会            |

(注) J-GLOBAL Knowledge 掲載学会から選定)が2017年3月末まで利用可能になっていることを受けて、これに登録されている学会の書誌情報を利用することにした。文献情報は2006年～2015年の国内誌に関する書誌情報(約680万文献, 約90億トリプル)に及ぶ。

J-GLOBAL knowledge では,RDF (Resource Description Framework) に基づいてデータが記述されており,検索言語 SPARQL によりデータを検索できる。そこで,SPARQL クエリを作成し, 環太平洋ネクサスプロジェクトに従事する研究者が所属する対象学会(表1)の書誌から抽出された上位50位までの語彙をドメイン注目概念とした。

(3) 同一マップ上にあるドメイン注目概念の比較

図1は,「power generation by hot spring (温泉発電)」という概念から「goal」の概念に至る因果連鎖を示したものである。表2は,マップ上のドメイン注目概念を学会ごとに示したものである。

まず,ID5 にはマップ上にドメイン注目概念は存在せず,温泉発電に関する施策とは関連性を見出しにくいことが示唆された。このほかの学会については,ドメイン注目概念が少なくとも1つあり,「area (領域・地域・地区)」がマップ上にあった。ID2 と ID4 は共通の概念を多く持つが,前者は「resource」「plan」を,後者は「water quality」「lake」をマップ上に持ち,温泉発電に対する各々の視点の差を示すことができた。一方,ID3 は,他の学会とは異なり,環境や産業に関する概念がマップ上に載った。

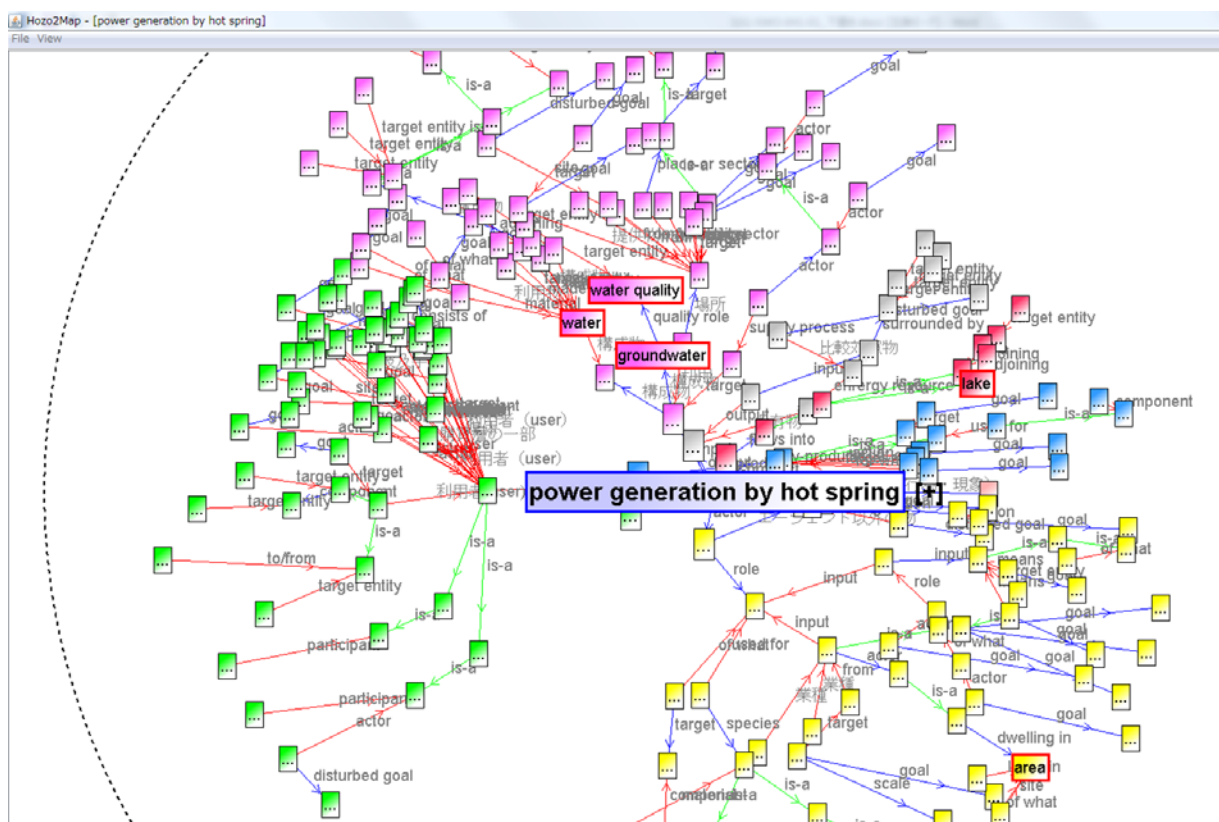


図1 power generation hot spring (温泉発電) から goal に至るパスでドメイン注目概念を明示したものの(ID4 の例)

表2 マップ上にあるドメイン注目概念

| ID | 学会       | マップ上のドメイン注目概念                                  |
|----|----------|--|
| 1  | 地域漁業学会   | area   |
| 2  | 水文・水資源学会 | water resource, water, groundwater, plan, area |
| 3  | 環境科学学会   | company, 環境問題, industry, area                  |
| 4  | 日本水文学会   | water, groundwater, water quality, lake, area  |
| 5  | 水産海洋学会   | なし   |

(4) ドメイン注目概念を経由するパスの考察

まず、「area (領域・地域・地区)」を通るパスについては、これがマップ上にある学会全てについて同じパス1であり、違いが見られなかった。裏を返せば、これらの学会は全てエネルギー、産業、住民を議論の文脈にもつことが示唆されたことになる。

パス1 : [power generation by hot spring]-actor->[energy sector]-role->[energy[RH]]-input->[industry]-actor-[individual]-is-a->[resident]-dwelling in->[area]-site->[completed within an area] (終点は他に2概念あり)

次に、ID2とID4を比較する。ID2にのみあるパス2は、ID2が温泉発電事業、廃棄物・排出物といった温泉のもつ役割や状況に注目していることを示唆している。一方、ID4にのみあるパス3は、「淡水面で覆われているもの」を起点に温泉排水を捉えていることを示している。ID2、ID4ともに水や地下水を中心に捉えているが、ID4は水そのものに加えて、水を要素に持つ地物への注目の傾向がより強いことが示唆された。

パス2 : [power generation by hot spring]-production process->[power business by using hot spring]-by product->[wastes and emissions]-by product->[activity (複合的な場合がありえる action)]-is-a->[行為者が○○する]-used for->[designed proposition]-is-a->[plan]-component->[fulfilling environmental program]

パス3 : [power generation by hot spring]-by product->[温泉排水[RH]]-flows into->[水面に覆われているもの]-is-a->[淡水面に覆われているもの]-is-a->[lake]-adjoining->[水辺の広場の整備]

最後に、ID3のみにあるパス4は、温泉供給、コミュニティと、意味を見出しにくいパスとなったが、企業による取り組みという文脈があるという点は、読み取れるとあってよいと考える。

パス4 : [power generation by hot spring]-input->[hot spring]-target->[hot spring supply]-supply process->[hot

spring business]-actor->[company]-actor->[コミュニティパス]-goal->[goal]

## おわりに

本発表では、オントロジーを介した環境・サステナビリティ領域知識間の因果論理構築支援に着目する。そして、各ドメインが注目している概念の違いにより問題領域の見え方がどのように変わるのかを、オントロジーから因果論理を探索・抽出する支援ツールによる可視化を通して確認した。

今回は、学術分野の横断を事例に知識構造を比較したが、今後は、「超学際」という観点から、市民、企業、学術といった様々な立場の横断を対象に知識構造を比較しつつ、超学際の手探みに即したツール開発を進めていく。最終的には、因果論理の流れとそれに支えられた(それを骨組みとする)課題設定・解決のストーリーとの相互関係を明らかにしつつ、これらの動的な更新を実現するツールの開発を目指す。

## 謝辞

本研究は、科研費(25280081:基盤研究(B); 15K00674:基盤研究(C))及び総合地球環境学研究所「アジア環太平洋地域の人間環境安全保障-水・エネルギー・食料連環」プロジェクト(No.14200097)の支援を受けて実施した。

## 参考文献

- [1] Frey, U., & Cox, M.: Building a diagnostic ontology of social-ecological systems, International Journal of the Commons, 9(2), pp.595-618, (2015)
- [2] 廣田健, 古崎晃司, 溝口理一郎: オントロジー俯瞰のための概念マップ生成ツールの開発, 第22回人工知能学会全国大会, (2008)
- [3] Kumazawa, T., Kozaki, K., Matsui, T., Saito, O., Ohta, M., Hara, K., Uwasu, M., Kimura, M.: Initial Design Process of the Sustainability Science Ontology for Knowledge-sharing to Support Co-deliberation, Sustainability Science, 9(2), pp. 173-192, (2014)
- [4] 熊澤輝一・古崎晃司 (2016): 環境・サステナビリティ領域におけるドメイン知識間の因果論理構築支援ツールの試作, 日本シミュレーション&ゲーミング学会2016年度秋期全国大会, pp.24-27, (2016)
- [5] 楠木建: ストーリーとしての競争戦略-優れた戦略の条件, 東洋経済新報社, (2010)
- [6] Miller, T. R.: Constructing sustainability science: emerging perspectives and research trajectories, Sustainability Science, 8(2), pp.279-293, (2013)
- [7] 溝口理一郎: オントロジー工学, オーム社, (2005)