

Title	OntoISを用いたイノベーション解析：中小企業を事例として
Author(s)	三井, 俊明; 古川, 柳蔵
Citation	年次学術大会講演要旨集, 35: 262-265
Issue Date	2020-10-31
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/17442">http://hdl.handle.net/10119/17442</a>
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

○三井俊明（山形県工業技術センター），古川柳蔵（東京都市大学）

## 1. 背景及び研究目的

現在、様々な環境問題に直面しており、その対応が喫緊の課題となっている。これらの環境問題には地球温暖化などの気候変動、レアアース等の資源の枯渇、廃プラスチック、生物多様性の喪失などがあるが、いずれも人間活動の肥大化によりもたらされたものであり<sup>1)</sup>、直接的原因は18世紀半ばの産業革命以降の工業化とそれに伴う人口の急増に帰するところが大きいと考えられる。

これらの問題を本質的に解決するためには、中小企業を含めた多くの製造業は地下資源に頼った現在のものづくりから持続可能なものづくりへと産業構造をトランスフォームしていく必要があり、また、同時に消費者（特に工業先進国）は、大量生産・大量消費・大量廃棄を志向した現在のライフスタイルを見直し、持続可能なライフスタイルへと変革を遂げなければならない<sup>2)</sup>。これらのことは、近年急速に価値の共有が広まっている持続可能な開発目標（SDGs）のゴール12「持続可能な生産消費形態を確保する」においても目標とされており、また、ターゲット12.8では「人々があらゆる場所において、持続可能な開発及び自然と調和したライフスタイルに関する情報と意識を持つようにする。」とされ、個々のライフスタイルに踏み込んだ目標が設定されている。

これまでに古川らは環境問題を解決に導くソリューション創出方法としてバックキャストが有効であることを報告してきた<sup>3,4)</sup>。これは生活者の心の豊かさに着目し、たとえ将来の厳しい環境制約下であっても、環境に負荷をかけない心豊かな生活の可能性を示した例である。さらに、実際にいくつかの自治体の住民と共にライフスタイル変革の社会実装に取り組んでいる。また、古川らのバックキャスト思考は将来のありたい姿を新規に描く新価値創出の思考法でもある。バックキャスト思考により描いた新価値を含んだ低環境負荷で心豊かなライフスタイルを実現するための新製品・プロセス開発は、大企業においては進められているが、中小企業では限定的である<sup>5)</sup>。

中小企業は企業数の99%、雇用の7割を占め、情報通信機器、輸送用機械、一般機械など大手メーカーの下請けが多い。中小企業でバックキャスト思考の導入が進まない主な理由は二つ考えられる。第一に、大企業からの受注に頼る生産形態に危機感を持ち、持続可能なものづくりへの転換や環境制約への対応を意識し始めている一部の中小企業においてバックキャスト思考の実装と新規事業立ち上げ事例はあるが、長期的な環境制約よりも短期的なその他の事業環境での制約が強いため、導入は限定的となっている。第二に、中小企業の製品を利用する消費者は従来型の消費生活が維持困難なことは理解できても価値観の転換や行動変容は進んでおらず、ニーズの大転換が進まない。一つ目の理由に関して、中小企業は、環境制約を踏まえないにしても、例外なく事業環境での強い制約を受けながら事業をしているため、無意識にバックキャスト思考を使用している可能性はある。むしろ、この思考法を意識化して、トランスフォームしていくことが重要なかもしれない。そこで、まず、中小企業でどのような思考法でイノベーションを起こしているのか明らかにすることが重要である。

ここで、岸上らは心豊かなライフスタイルの構造を明示化するため<sup>6,7)</sup>、オントロジー工学<sup>8)</sup>の手法の一つである人工物の機能分解を応用し、生活におけるゴールを「行為」と「方式」に分解し、生活で起きたことの概念構造を行為分解木で明示化する手法を開発した。この手法を用いれば、中小企業のイノベーションにおいて、どのような制約の影響を受けて行為や方式を変え、また、新しい価値がどのような要因で創出したかなどについての関係性を明示化でき、制約を受け入れた上で新価値創出するバックキャスト思考と同種の思考法が使われているのかを明らかにできる。

そこで、本研究では、オントロジー工学を応用し、中小企業のイノベーション事例を用いて、イノベーションプロセスの概念構造とイノベーションの主体者の思考を明示化する方法を検討することを目的とした。

## 2. 方法

オントロジーとはもともと哲学用語で「存在に関する体系的な理論（存在論）」を意味し、人工知能・

知識工学においては「対象とする世界の情報处理的モデルを構築する人が、その世界をどのように『眺めたか』、いい換えるとその世界には『何が存在している』と見なしてモデルを構築したかを（共有を指向して）明示的にしたものであり、その結果得られた基本概念や概念間の関係を土台にしてモデルを記述することができるようなもの」<sup>8)</sup>と定義されている。オントロジー工学は人工知能の分野に限らず、医療看護<sup>9)</sup>、サステナビリティサイエンス<sup>10)</sup>などへの応用が広がっている。

本研究では、オントロジー工学のツールの一つとして人工物の機能的知識体系化の枠組みを構築するために開発されたソフトウェア **OntoGear**<sup>11)</sup>をライフスタイル設計の社会実装版に拡張した **OntoGearSIR-1.2.0**<sup>12)</sup>を用いた。分析対象は、中小企業の技術的支援を行っている山形県工業技術センターが、企業との共同研究等で製品化に結び付けた事例をまとめた「製品化事例集」<sup>14)</sup>の中から8つの製品を抽出して解析を行った。製品開発に携わった担当者から製品化の経緯を詳細にヒアリングし、行為分解木の試作を繰り返し、イノベーション事例の概念構造の記述方法を検討した。

### 3. 結果と考察

#### 3.1. 行為分解木の試作

OntoGearによる人工物の機能モデリングでは、あるデバイスが何を達成するかを表す「機能」とどのように達成するかを表す「方式」を各々個別に概念化しながら全体機能から部分機能へと機能分解していくことで機能分解木を記述し、人工物の機能構造を明示化している<sup>11)</sup>。岸上らはライフスタイルの「行為」と人工物の「機能」の類似性に着目し<sup>6)</sup>、目的とする行為をゴールとしたときに、それを達成するやり方の根拠を表す「方式」、中間ゴールにあたる「行為」とに分解してライフスタイルの構造を明示化する手法を開発した。例えば「幸福に生きる」という行為をゴールとすると、物質的な豊かさを得る「物質的満足方式」や精神的豊かさを得る「精神的満足方式」などの方式概念に分解して明示化され、この「物質的満足方式」は「お金を得る」「欲しいものを買う」などの中間ゴールにあたる行為概念に分解される。このプロセスを繰り返して下に連ねたものが行為分解木である。

本研究のイノベーション事例についても、ライフスタイルについて行われたこの方法を基本的に踏襲した。ゴールや中間ゴールの行為概念を表す楕円形のノード（行為ノード）と、ゴールを達成するための方式概念を表す四角のノード（方式ノード）を用いて、開発のなかで行われた行為を全体からより部分の行為に順次分解して行為分解木を試作した。

試作の一例として有限会社佐藤工芸で製品化した木製カードケース **mokuhen**<sup>14)</sup>（図1）について、その開発プロセスの概念構造を記述した行為分解木を図2に示す。同社は木工の町として知られる山形県天童市で家具の部材などの木材加工を主に行っている従業員5名の企業である。家具の部材を加工する際にどうしても発生してしまう端材をこれまでは廃棄していたが、木材を有効に利用したい強い気持ちから、山形県工業技術センターに製品開発の相談があった。その後、同センターのデザイン担当職員と協力し、十数回にわたる打ち合わせと試作を重ねて独自の製品を複数開発し、販売を行っている。

行為分解木の試作では、まず最上位に位置する行為（ゴール）を考察した。ヒアリングした情報や同社ホームページに記載されている内容からゴールを「廃棄される木材に価値を与える」とし、その下には「製品化方式」を連ねた。「製品化方式」は「新製品を開発する」行為へ、さらにその行為を達成するため「カードケース方式」とそれに連なる行為群へとより部分を表す概念に分解した。試作を重ねて記述方法を検討していく中でイノベーション事例の行為分解木には大きく以下の二つの改良を行った。

**改良点 1：**ライフスタイルの行為分解木では機能分解木にはなかった心の豊かさを表すノードを導入

し、制約を示す不具合ノードとの関係性に着目して制約と心の豊かさとの関係を検討している<sup>7)</sup>。イノベーション事例においても、正の結果である「新価値」や「アイデア」を明示化することが重要であり、副作用ノードとしてそれが発生した行為から外向きの矢印で付加することとした。特に制約があるからこそ生まれた「新価値」「アイデア」についてはその関係性について番号を付与して対応を明示することとした。例えば「①端材なので大きなものは作れない」という制約について着目すると、行為分解木全体を見たときに、手のひらサイズの製品をつくるという「カードケース方式」が新たに生まれる要因になっていると理解することができる。同様に「②材料が木材に限定される」制約は、通常、木材があ



図1 木製カードケース **mokuhen**

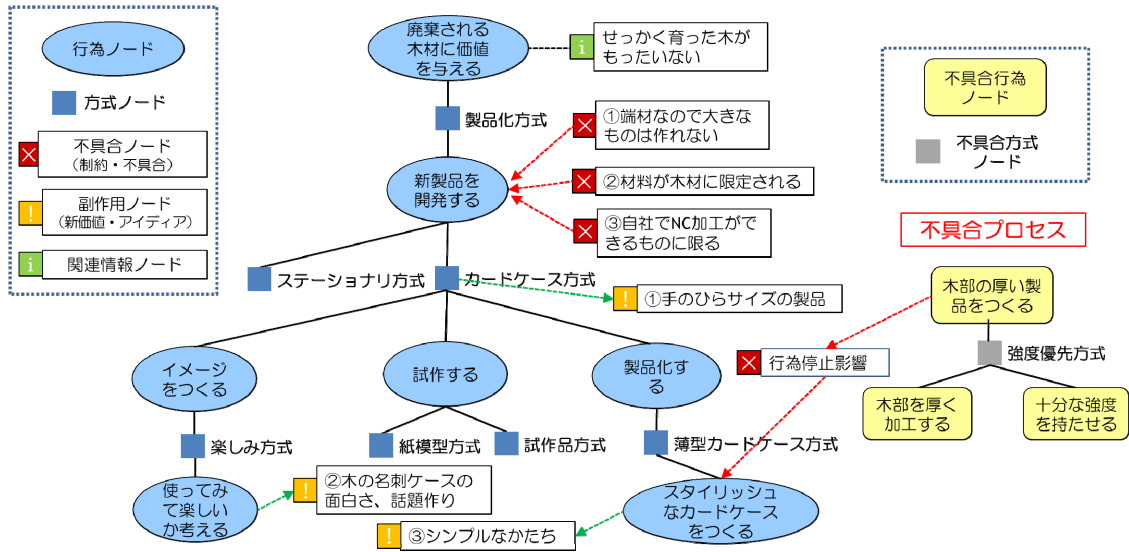


図2 木製カードケース mokuhen 開発プロセスの行為分解木（一部）

まり材料として使われない製品をイメージする「使ってみて楽しいか考える」行為が生まれている。このように記述することで、多くの「制約」が「新価値」や「アイデア」の発生に関係付けることが可能となった。

**改良点 2:** ライフスタイルの行為分解木では不具合・望ましくない状況・制約などの負の影響は不具合ノードで記述し、行為ノードとの関係を「解消」「因果」「影響」などの関係ノードで繋いで表現している<sup>6)</sup>。イノベーション解析では制約や不具合など負の影響を初めは不具合ノードのみで記述していたが、行為分解木の試作を重ねるうちに製品開発の途中で問題となった内容をより詳細に記載する必要性が生じた。そこで、オントロジーによる故障診断システムの例<sup>15)</sup>を参考に「不具合プロセス」としてイノベーションプロセスとは別の行為分解木に記述することとし、不具合プロセスによるイノベーションプロセスへの行為停止影響を矢印で記載することとした。行為停止には至らない負の影響については直接影響する行為に不具合ノードで記述することとした。図2の例では強度を優先した製品をつくるプロセスは木部が厚くなりスタイリッシュなカードケースをつくる行為を停止させることが明示される。

以上のようにイノベーション事例について行為分解木を記述することで、開発中に発生した「制約」などの負の影響と「新価値」などの正の結果の関係性を明示化することが可能となった。

### 3.2. OntoIS の手順作成

イノベーション事例について行為分解木の試作を繰り返すことで、開発者からヒアリングで得られた概念同士の関係を明示化できることを確認した。この手法を新たに **OntoIS (Ontology Engineering Method for Innovation Strategy)** と呼び、記述方法の手順①~⑦を以下の通り作成した。

①イノベーション（新しい製品や生産の方法を成功裏に導入し、社会的価値を生むこと）が行われた事例について、開発した中小企業や支援した公的機関などの担当者から、その経緯について詳細にヒアリングを行う。特に開発のきっかけ、動機、開発前に存在した制約、開発中に発生した問題点、不具合など負の影響、新価値やアイデアやそれらの間の関係性に着目する。また、社是や経営理念、環境への取り組みなどもエビデンスとして利用する。

②イノベーションのプロセスについて、ゴールとそれを実現するための行為と方式に分解し、行為分解木を記述する。ゴールとしての行為を単純に「〇〇を製品化する」とするのではなく、経営理念なども考慮し、その上位に位置する行為（例えば「端材を有効利用する」、「地域資源を活用する」など）を記述する。ゴールは最上位に位置し、その下にゴールを達成するための方式群と行為群を記述していく。「下位方式」を用いて「下位行為 1+下位行為 2+・・・」を左から右へ順に実行することで「上位行為」が達成されることを意味する。

③イノベーションが達成された後の最終的なプロセスは行為ノードを用いて記述するが、開発の途中で発生した問題により開発が滞ったプロセス（イノベーション達成の前の行為）については、不具合行

為ノードと不具合方式ノードが連なる「不具合プロセス」を示す行為分解木を記述する。

④最終的なプロセスと不具合プロセスの関係については、不具合ノードを用いて、その行為に向かう矢印で両者の関係性を記述する。

⑤イノベーションの行為停止には至らないが負の影響を与えたものについては「制約」として捉え、不具合ノードを用いて「制約」と、その「制約」が発生する行為に向かう矢印で関係性を記述する。

⑥「不具合プロセス」もしくは「制約」が主要因となり、結果として「新価値」や「アイデア」を含む「新しい行為」が生まれた場合、外に向かう矢印と副作用ノードを用いて原因と結果について記述し、対応する番号を明示する。また、「新しい方式」が生まれた場合には、方式から外に向かう矢印と副作用ノードを用いて関係性を記述する。

⑦複数の「不具合プロセス」もしくは「制約」が存在する場合、主要因として捉えられているものや従属要因として捉えられているものがあり、影響度合いの違いがあるが、本イノベーションに関連が深い情報の場合は関連情報ノードを用いて記述する。ただし、不具合プロセスとして記述したものは行為停止に至るため、影響度合いが強かったことを意味する。そのため、不具合プロセスが記述されていないものは行為停止にならないレベルの制約であったことを意味するため、制約の強さを明示できる。

#### 4. まとめ

中小企業の8つのイノベーション事例を対象に、オントロジー工学を応用し、イノベーションプロセスとイノベーションの主体者の思考を明示化する方法を検討し、OntoIS と呼ぶイノベーションプロセスを記述する方法と手順書を作成した。

#### 謝辞

ヒアリングにご協力いただいた有限会社佐藤工芸高橋裕子代表取締役、その他企業の担当者、山形県工業技術センターの担当者に深く感謝申し上げます。

#### 参考文献

- [1] Ryuzo Furukawa, *Lifestyle and Nature*, Pan Stanford Publishing, 2019
- [2] 石田秀輝, 新しい暮らしとテクノロジーを考える委員会, 地球が救える奇跡の技術, 祥伝社, 2010
- [3] 古川柳蔵, 石田秀輝, バックキャストによるライフスタイル・デザイン手法とイノベーションの可能性, *高分子論文集*, **70**, 341-350, 2013
- [4] 石田秀輝, 古川柳蔵, 正解のない難問を解決に導くバックキャスト思考, ワニ・プラス, 2018
- [5] 石田秀輝, 古川柳蔵, モノづくり日本会議ネイチャー・テクノロジー研究会, 2030年のライフスタイルが教えてくれる「心豊かな」ビジネス, 日刊工業新聞社, 2013
- [6] 岸上祐子, 古川柳蔵, 須藤祐子, 石田秀輝, 溝口理一郎, オントロジー工学に基づく心豊かなライフスタイルの構造の明示化—第一報: 手法の提案—, *環境科学会誌*, **31**, 89-102, 2018
- [7] 岸上祐子, 古川柳蔵, 須藤祐子, 石田秀輝, 溝口理一郎, オントロジー工学に基づく心豊かなライフスタイルの構造の明示化—第二報: 手法の検証—, *環境科学会誌*, **31**, 103-122, 2018
- [8] 溝口理一郎, オントロジー工学, オーム社, 2011
- [9] 笹嶋宗彦, 西村悟史, 來村徳信, 溝口理一郎, 看護現場との協働による目的指向ガイドライン開発の取り組み, *人工知能学会誌*, **28**, 899-905, 2013
- [10] T. Kumazawa et al., Initial design process of the sustainability science ontology for knowledge-sharing to support co-deliberation, *Sustain. Sci.*, **9**, 173-192, 2014
- [11] 高橋淳, 來村徳信, 溝口理一郎, オントロジー工学と XML 技術に基づく技術知識統合管理プラットフォームの構築, *人工知能学会論文誌*, **23**, 424-436, 2008
- [12] 岸上祐子, 古川柳蔵, 溝口理一郎, ライフスタイル標準語彙の構築とその評価—持続可能なライフスタイルデザインにおける発想支援を目指して—, *環境科学会誌*, **32**, 11-25, 2019
- [13] <http://www.yrit.pref.yamagata.jp/seihinka/index-seihinka.html>
- [14] <https://satokogei.jimdofree.com/>
- [15] 高橋淳, 來村徳信, 溝口理一郎, オントロジー工学に基づく技術知識統合管理システムの発展とビジネス展開, *人工知能学会論文誌*, **26**, 547-558, 2011