

# 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

## Development of a Conceptual Map Creation Tool for Overlooking Ontologies

廣田 健\*<sup>1</sup>  
Takeru Hirota

古崎 晃司\*<sup>1</sup>  
Kozaki Kouji

溝口 理一郎\*<sup>1</sup>  
Richiro Mizoguchi

\*<sup>1</sup> 大阪大学産業科学研究所

The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University

This paper discusses a conceptual map creation tool for overlooking ontologies. It extracts concepts from an ontology and creates a conceptual map depending on viewpoints of the users. The conceptual map shows conceptual chains in user-friendly divergent network formats and helps users to understand the extracted knowledge from ontology based on their viewpoint. As the result, the system will contribute integrated understanding of ontologies and domain dependent knowledge.

### 1. はじめに

現在オントロジー工学の研究の進展に伴い、オントロジー構築環境は充実してきており、それにともない様々な領域のオントロジーが構築されている。「オントロジー」とは、計算機上で知識を記述する際の共通語彙を提供する体系化された辞書のようなものであり、一般性の高い本質的な知識が記述されているため、知識の共有に貢献できると考えられる[溝口 06]。

しかし現状では、オントロジーにおいて表される知識と、そのオントロジーが対象としている領域の専門家が知りたいと考えている知識の間に概念的な隔りがある場合がある。例えば、ある領域を対象としたオントロジーには、その領域が持つ一般性の高い本質的な知識が記述されている一方、その領域の専門家は各自が関心のある専門領域に特化した視点から領域の知識を理解しようとする傾向が多く見られる。そのため、オントロジーによって表された一般性の高い知識は、専門家にとっては冗長であったり、また主に欠けるものであったりするように感じられる場合がある。またオントロジーが大規模になり、概念数が膨大になると概念間の関係も複雑になるため、概念間の関係性を把握するのが困難になり、オントロジーに精通していない利用者にとって、オントロジーの内容を理解するには時間を要する。また他者が構築したオントロジーは、その対象領域が馴染みの薄いものであったり、その領域特有の概念や関係が用いられていたりする場合もあるため、そのオントロジーの内容を短時間で把握することは難しく、多大な労力が必要となる。

よって、このようなオントロジーと領域の専門家に関心のある知識の間の概念的な隔りを埋め、オントロジーの内容を効果的に俯瞰できる仕組みがあれば、オントロジーの有効利用に貢献すると考えられる。しかし現状のオントロジー開発ツールの多くは、オントロジー記述言語が規定する型式に沿って概念階層や概念定義の内容を編集するための機能の提供が中心であり、領域の専門家の立場に立った、オントロジーの俯瞰方法についての検討は十分であるとは言えない。

そのような背景の下、本研究では専門家(利用者)の視点に応じてオントロジーから知識を抽出し、内容を把握しやすい概念マップの形式で表示する「概念マップ生成ツールの開発」を目的としている。

### 2. 概念マップ生成ツール

#### 2.1 概念マップ生成ツール

概念マップとは、利用者に理解しやすいように、概念と概念間の関係に基づき概念を表す言葉を適切に配置し、オントロジーから抽出した知識の全体像を表した図(マップ)のことを指す。視点に基づいて生成された概念マップは、単なるオントロジーの一部分を切り出したものではなく、特定の視点に基づいて構造化された知識を形成しており、オントロジーにより体系化された知識を様々な側面から外在化したものと位置づけられる。これを用いることにより以下のような効果が期待される。

1. 領域の専門家が自分の関心のある視点からオントロジーが対象としている知識の理解が可能となるので、オントロジーと専門家の間にある隔りを埋めることができる。
2. 対象世界に現れる概念を領域に依存しない一般性の高い体系化したオントロジーから、領域の専門家が関心のある知識を取り出すことにより、共通概念に基づいて領域毎の知識を理解することができるので、他領域の知識の理解や、複数の領域を横断した分野全体の統合的理解を支援できる(図 1)。
3. 同じオントロジーであっても様々な視点から俯瞰することによって違った観点で理解することができ、それにより断片的になりがちな知識間の関係が明示され、思いもよらない知識間の関係の発見が期待される。
4. 大規模なオントロジーの内容を俯瞰的に理解することの支援が可能となり、オントロジーをより有効に活用することに貢献できる。
5. 視点に基づいてオントロジーが表す知識の様々な側面を外在化することにより、知識の整理、生成、及び共有に貢献できる

概念マップを生成するためには、視点に応じてオントロジーから必要な知識を取り出す「視点に基づく概念の抽出」と抽出された知識を内容の把握しやすい形式で表示する「抽出した概念の可視化」の2つの技術が必要になる。

本研究は、先行研究において開発が進められてきた「法造」におけるオントロジーの基礎理論を基盤として進め、「法造」で構築されたオントロジーを対象とし、法造の拡張機能として概念抽出と可視化の方法に関する考察結果に基づき概念マップ生成ツールを開発した。

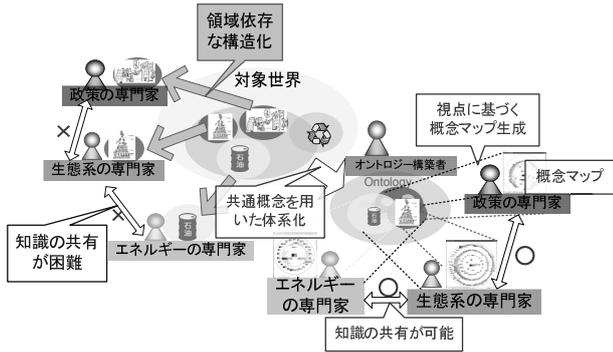


図1 概念マップを用いた領域横断的な分野の統合的理解

## 2.2 「法造」におけるオントロジー表現

ここでは筆者らがこれまでに開発を進めてきた、オントロジー構築・利用環境「法造」[古崎 02]におけるオントロジー表現の概要を述べる。法造の特徴は、全体概念・関係概念に関する理論およびロール概念に関する理論を中心とした、オントロジーの基礎理論に基づいて設計・開発がなされている点にある。以下、それらの理論の概要を述べる。

### (1) ロール概念

「**ロール概念**」とは、「妻としての役割(妻 role)」や「看護師としての役割(看護師 role)」など、あるものが特定のコンテキストのもとで果たす役割を捉えて概念化したものである[古崎 02, Mizoguchi 07]。そして 役割を担い得るもの(「Role Playable Thing」または「Potential Role Player」)が属すべきクラスに関する制約を「**クラス制約**」と呼ぶ。一方、他の概念に依存せず定義できる概念を「**基本概念**」と呼ぶ。ロール概念に対してクラス制約となる概念は「**プレイヤー**」と呼び、原則的に基本概念の中から選ばれる。ロール概念は、コンテキストやクラス制約となる概念を同定し、そのコンテキストへの参加の仕方を概念化する事で定められる。そして、ロール概念で定義される役割を担った状態にある基本概念のインスタンス(「Role Playing Thing」)は、「**ロールホルダー**」と呼ばれる。

図 2 は、コンテキスト、ロール概念、ロールホルダー、クラス制約の具体例を示したものである。この例では、クラスの世界において、学校教員ロールクラスが、学校クラスをコンテキスト、人間クラスをクラス制約(プレイヤー)として参照する形で定義されている。そして、インスタンスの世界には、それぞれのクラスのインスタンスである、学校教員 T1、大阪高校、John が存在しており、それらの間には、“大阪高校をコンテキストとする学校教員 T1 の役割を、John が担い、学校教員(ロールホルダー)になる”という関係が成り立っている。このとき、クラスの世界におけるロール概念とプレイヤーとの間にある概念間関係(playable)と、インスタンスの世界におけるロール概念とプレイヤーとの間にあるインスタンス間関係(playing)とは明確に区別すべきものである。

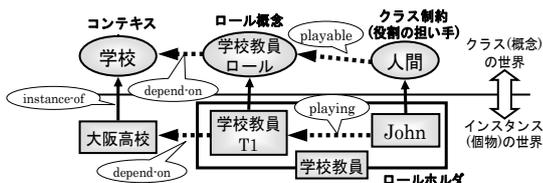


図2 コンテキスト、ロール概念、ロールホルダー、クラス制約の関係

### (2) 法造におけるロール概念の表現

本節では「法造」を用いたロール概念の表現方法の概要を示す。「法造」においてオントロジーは概念を表すノード、概念間の関係を表すリンクおよびスロットを用いて表される(図 3)。法造が扱うオントロジーで用いられる概念間の関係の種類には、is-a リンクで表される is-a 関係、スロットで表される part-of(p/o) 関係および attribute-of(a/o) 関係、そして関係リンクで表されるスロット間の関係がある。スロット間の関係は、関係概念としてユーザーによって定義される関係を参照して記述される。

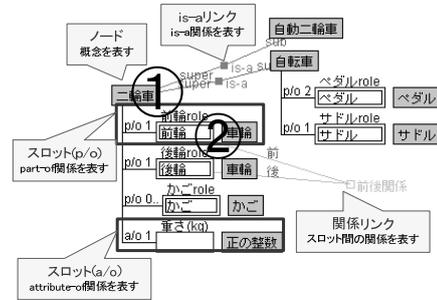


図3 法造における概念間の関係のグラフィカル表現

ロール概念は“コンテキストとなる概念を表すノードに関連付けられたスロット”として表現される。ロール概念を表すスロットは、コンテキストとなる概念が全体概念である場合は全体-部分(part-of)関係(p/o で示す)もしくは attribute-of 関係(a/o で示す)を表すリンクで関連付けられ、関係概念の場合は part-of 関係の代わりに参加(participate-in)関係を表すリンク(p/i で示す)が用いられる。これらのスロットの関係の種類を表すリンクは、ロール概念(およびロールホルダー)とコンテキストの間の依存(depend-on)関係も同時に表している。またロール概念(およびロールホルダー)とプレイヤーの間の playing (playable) 関係は、図 3・②のようにロール概念を表す四角の右に参照先の概念を表すノードを表記することで示している。これは同時に、そのスロットを持つ概念と、part-of/attribute-of/participate-in 関係を介して参照されて概念との間に参照-被参照関係があることも表している。以上をまとめると、法造で扱うオントロジーでは、以下の 4 種類の関係があることが分かる。

- A) is-a 関係: is-a リンクで表現  
例) 自転車 is-a 二輪車
- B) part-of/attribute-of/participate-in 関係: スロットで表現  
例) 車輪 part-of 自転車, 重さ attribute-of 自転車
- C) ロール概念(およびロールホルダー)とコンテキストの間の依存(depend-on)関係: スロットで表現  
例) 前輪(role) depend-on 二輪車
- D) ロール概念(およびロールホルダー)とプレイヤーの間の playing (playable) 関係: スロットで表現  
例) 車輪 playable 前輪(role)

## 3. 概念マップ生成ツールの開発

### 3.1 視点に基づく概念の抽出

#### (1) 概念マップ生成における視点

オントロジーから概念マップを生成するためには、利用者が注目する視点にあわせてオントロジーから概念を抽出する必要がある。オントロジーは概念と概念間の関係から構成されるので、概念の抽出は、オントロジーを構成する概念間の関係に注目し、着目している概念と特定の関係をもつ概念を取り出すことに相

<sup>1</sup> <http://www.hozo.jp>

当する。ここで例として、図3のオントロジーから視点に応じて概念を抽出することを考える。まず、「二輪車」に着目して「二輪車」と is-a 関係で下位にある概念を取り出すと、「自転車」と「自動二輪車」が取り出されることになる(例①:図4(a))。また同じオントロジーで、「自転車」に着目して、「自転車」と全体-部分(part-of)関係にある概念を取り出すと、「ペダル」と「サドル」が取り出されることになる(例②:図4(b))。

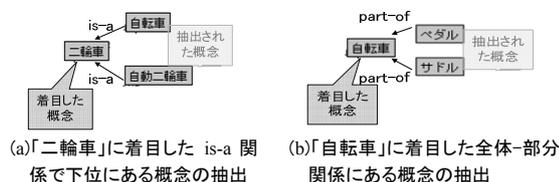


図4 オントロジーからの概念抽出の例

このように、オントロジーから抽出される概念は、着目する概念と、抽出する概念を決める際に注目する概念間の関係の種類によって変わる。すなわち、概念の抽出方法は、着目している概念(例①では二輪車、例②では自転車)と、次に取り出す概念との間にある関係のうち注目する関係の種類(例①では is-a 関係、例②では全体部分(part-of)関係)によって表すことができる。よって本研究では、「着目している概念」と「それらの概念が持つ複数ある概念の関係のうち注目する関係」そして「次に取り出される概念」の3つ組を概念抽出の基本要素として定義する。前述の例①では2つの概念「二輪車」、「is-a 関係」、「自転車」および「自動二輪車」、例②では3つの概念「自転車」、「全体-部分(part-of)関係」、「サドル」および「ハンドル」がこれに相当する。すると、オントロジーから概念を抽出する際の視点は、「最初に着目した概念と、そこに適用する概念抽出の基本要素の組み合わせ」で表すことができる。

## (2) 概念抽出の基本要素

ここで、前節の考察に基づき、2.2節で述べた法造が扱うオントロジーで用いられる概念間の関係の種類ごとに概念抽出の基本要素の定義を行う。なお関係概念については、ユーザによって様々な定義がなされ複数の観点からの検討が必要とされるため、現段階では考察の対象外とし今後の課題とする。

- A) **is-a 関係**: 着目している概念が上位概念であるか下位概念であるかによって、以下の2種類の概念抽出の基本要素が考えられる。
  - ① **下位概念の抽出**: 着目している(上位)概念の下位概念を取り出す
  - ② **上位概念の抽出**: 着目している(下位)概念の上位概念を取り出す
- B) **part-of 及び attribute-of 関係**: 着目している概念が参照元となる(全体)概念であるかクラス制約の参照先となる概念であるかによって、以下の2種類の概念抽出の基本要素が考えられる。
  - ③ **参照先概念の抽出**: 着目している概念が参照している概念を取り出す
  - ④ **参照元概念の抽出**: 着目している概念を参照している概念を取り出す
- C) **ロール概念(およびロールホルダー)とコンテキストの依存(depend-on)関係**: 着目している概念がロールホルダーであるかコンテキストであるかによって以下の2種類の概念抽出の基本要素が考えられる。
  - ⑤ **コンテキストの抽出**: 着目しているロールホルダーがコンテキストとして依存している概念を取り出す

⑥ **ロールホルダーの抽出**: 着目している概念をコンテキストとするロールホルダーを取り出す

D) **ロール概念(およびロールホルダー)とプレイヤーの間の playing(playable)関係**: 着目している概念がロールホルダーであるかプレイヤーであるかによって、以下の2種類の概念抽出の基本要素が考えられる。

⑦ **プレイヤーの抽出**: 着目しているロールホルダーのプレイヤーを取り出す

⑧ **ロールホルダーの抽出**: 着目している概念がプレイヤーとなれるロールホルダーを取り出す

以上をまとめると表1のようになる。

表1 概念抽出の基本要素 一覧

取り出し方	着目している概念	概念間の関係	取り出される概念
① 下位概念の抽出	基本概念 ロール概念	ロールホルダー	is-a 関係 下位概念
② 上位概念の抽出	基本概念 ロール概念	ロールホルダー	is-a 関係 上位概念
③ 参照先概念の抽出	基本概念 ロールホルダー	p/o 及び a/o 関係	参照先概念 (クラス制約)
④ 参照元概念の抽出	基本概念 ロールホルダー	p/o 及び a/o 関係	参照元概念
⑤ コンテキストの抽出	依存元概念 (ロールホルダー)	依存関係	依存先概念 (コンテキスト)
⑥ ロールホルダーの抽出	基本概念 ロールホルダー	依存関係	依存元概念 (ロールホルダー)
⑦ クラス制約の抽出	ロールを担っている概念 (ロールホルダー)	playing 関係	プレイヤー (クラス制約)
⑧ ロールホルダーの抽出	プレイヤー(基本概念 ロールホルダー)	playing 関係	ロールを担っている概念 (ロールホルダー)

例として図3で示すオントロジーにおいて、全体概念「二輪車」に着目した場合を考える。③「参照先概念の抽出」を適用すると「二輪車」が part-of 及び attribute-of 関係に伴うロール概念のクラス制約として参照している概念「車輪」「車輪」「かご」「正の整数」を取り出すことになる。ここで抽出する参照先概念をロール概念の種類で限定すると、より詳細な条件で概念抽出ができる。さらに、適用する概念抽出の基本要素を複数組み合わせることで、ユーザの関心に応じた様々な視点を表すことができる。

## 3.2 抽出した概念の可視化

抽出した概念は、最初に着目した概念を中心に同心円状に色分けして抽出された概念を配置するという形式で可視化した。これにより、概念間の関係の相対的な深さや概念間の関係の広がりといった、概念の分布を知ることができる。また基本要素の概念間の関係に注目し、抽出に用いた関係名(ロール概念名)をリンク上に表示することにより、概念間の関係を把握できるものと考えた。

## 4. 概念マップ生成ツールのサステナビリティ分野における利用例

### 4.1 サステナビリティ

サステナビリティとは「持続可能な社会の構築」と訳され、人間の生存基盤となる資源・エネルギー、生態系などからなる「地球システム」、国を特徴づける経済制度、政治制度、産業構造、技術体系等からなる「社会システム」、個人のライフスタイル、健康、安全・安心、価値規範などからなる「人間システム」の3つの分野からなり、グローバル化や経済成長等に伴い発生してきた地球温暖化を始めとした環境汚染や劣化、資源エネルギー不足、都市の人口過剰、新型ウイルスなどによる伝染病問題等を、地域社会あるいは国々の発展を妨げることなく解決の道へ導く手立てを考える学問である[小宮山 07]。

### 4.2 サステナビリティ分野における利用例

サステナビリティは「エネルギー」や「生態系」、「経済制度」といった複数の領域からなる分野のため、領域間の知識の関係

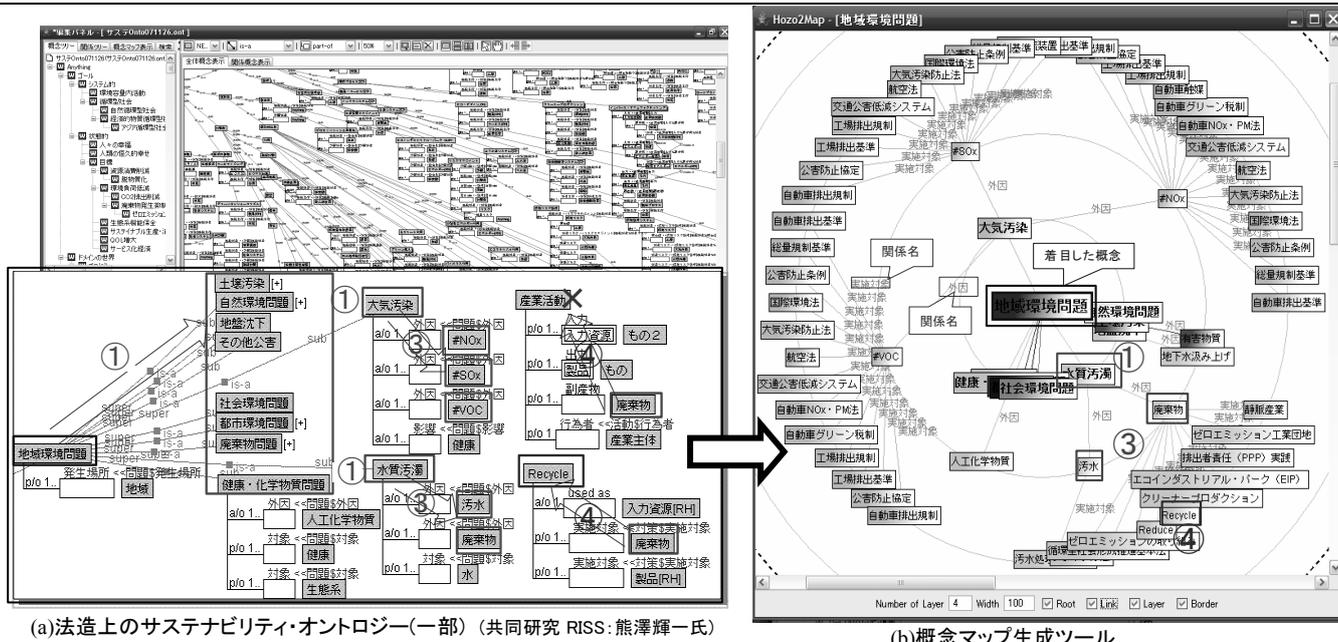


図 6 視点に基づく概念の抽出と可視化

性や、異領域の知識の理解が必要となり、分野全体を統合的に理解することは難しいと考えられる。そこで、各専門家が関心を持つ視点に応じて必要な知識を取り出すことができれば、領域の専門家がサステナビリティを理解するのに貢献すると考えられ、本研究で開発された概念マップ生成ツールの利用が有用であると期待される。ここではそれらについて構築されたサステナビリティ・オントロジー(図 6(a))を用いて視点に基づいた概念マップ生成例を示す。

例として、『「地域環境問題」にはどのような問題があって、それらの問題の「外因」を「実施対象」にしている概念はどんな概念があるのか知りたい』という状況を想定する。これは、「地域環境問題」に着目し、表 1 に示す 8 つの抽出方法の内①「下位概念の抽出」、③「参照先(ロール概念名:外因)概念の抽出」、④「参照元(ロール概念名:実施対象)概念の抽出」の組み合わせで表すことができる。この視点に基づいた概念マップは図 6(b)になる。

「地域環境問題にはどのような問題があって」という部分は、図 6(a)に示すオントロジーの「地域環境問題」という概念に着目し①「下位概念の抽出」によって、「地域環境問題」の下位概念が取り出され(図 6・②)、概念マップの一段目に表示される。次に、「それらの問題の外因」(③「参照先(ロール概念名:外因)概念の抽出」という部分は①により取り出された概念のうち、例えば「水質汚濁」では、外因という関係の参照先「汚水」「廃棄物」が取り出されて(図 6・③)、概念マップの次の段に表示される。そして、「それらを実施対象にしている概念はどんな概念があるのか」(④「参照元(ロール概念名:実施対象)概念の抽出」)の部分は、(①、③)により取り出された概念のうち、例えば「廃棄物」では、「廃棄物」を「実施対象」という関係で参照している「Recycle」が取り出され(図 6・④)、概念マップの次の段に表示される。ここで「廃棄物」を参照している「産業活動」は、ロール概念名が「実施対象」ではないので、取り出される対象にはならず、概念マップ上にも表示されない。このようにして、オントロジーから視点に基づいた概念マップを生成することができる。

## 5. まとめと今後の課題

本研究では 2 つの技術「視点に基づく概念の抽出」と「抽出した概念の可視化」に基づいてオントロジーを様々な視点から

俯瞰できる“概念マップ生成ツール”を開発した。本システムは任意の概念に対して任意の視点から概念マップ生成できるので、専門家の関心に応じて様々な視点から知識を理解することができる。よって本ツールは、領域に依存しない一般性の高い体系化したオントロジーから、専門家が関心のある知識を取り出してオントロジーが対象としている知識の理解を支援や、同じオントロジーでも、様々な視点から俯瞰することにより、違った観点で理解できるので、複数の領域間の依存関係や他領域の知識の理解と共有に貢献することができるツールの第一歩であると位置づけることができる。

本システムは既にプロトタイプが完成しており、RISS(大阪大学サステナビリティ・サイエンス研究機構)において専門家が使用しており、サステナビリティ学の知の構造化を実現するためのツールの 1 つとして利用と有用性の検証が進められている。

今後の検討課題として「概念の抽出」については、利用者が関心のある事柄と、概念抽出の基本要素の組み合わせで表される視点との対応についての考察を深める必要がある。例えば視点の意味を表す半構造化された文章テンプレートに基づいて、概念マップを生成する基本要素の組み合わせの選択支援方法を考えることができる。また、複数の概念抽出の基本要素を組み合わせによって別の意味を持つ複合的な基本要素や、組み合わせの変更に伴う視点と概念マップの変化などについても考察を進める。「概念の可視化」については、視点が表示意味に合わせた可視化方法の検討や、複数の概念マップの関係性の表示方法などについての考察を行う。

## 参考文献

- [古崎 02] 古崎晃司, 來村徳信, 池田満, 溝口理一郎: 「ロール」および「関係」に関する基礎的考察に基づくオントロジー記述環境の開発, 人工知能学会論文誌, Vol. 17 (3), pp.196-208 (2002)
- [溝口 06] 溝口理一郎: オントロジー構築入門, オーム社 (2006)
- [Mizoguchi 07] Mizoguchi, R., Sunagawa, E., Kozaki, K., Kitamura, Y.: A Model of Roles within an Ontology Development Tool: Hozo J. of Applied Ontology, 2, 159--179 (2007)
- [小宮山 07] 小宮山宏: サステナビリティ学への挑戦, 岩波書店(2007)