

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 Development of Ontology Exploration Tool for Overlooking Domain-knowledge

廣田 健^{*1} 古崎 晃司^{*1} 齊藤 修^{*2} 溝口 理一郎^{*1}
Takeru Hirota Kouji Kozaki Osamu Saito Riichiro Mizoguchi

^{*1} 大阪大学 産業科学研究所
The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University

^{*2} 早稲田大学 高等研究所
Waseda Institute for Advanced Study, Waseda University

This paper discusses an ontology exploration tool which allows the users to explore an ontology according to their own perspectives. It extracts concepts from an ontology and visualizes them in a user-friendly form, i.e. conceptual map, in which the user is interested. It helps users to understand the extracted knowledge from the ontology, and contribute to integrated understanding of ontologies and domain dependent knowledge.

1. はじめに

科学技術の発展とその利用の拡大が図られている現在、従来の工学、農学、医学などの個別のドメインの中だけで問題領域を扱うことは困難である。そのために異なる領域の研究者が従来の学問体系を横断して問題やそれに関わる種々の知識や情報を共有し、互いに協力して議論や検討を進める学際的研究が盛んに行われている。そのような複数ドメインにまたがる研究においては、関連するドメインの専門家が、各領域間の知識や考え方の隔たりを乗り越えて適切に連携することが不可欠である。その実現に大きく貢献するものとして、複数ドメインに共通の知識の基盤となるオントロジーの構築が注目されている。「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 05]。

現在オントロジー工学の研究の進展に伴い、医療、工学、ゲーム分野など、様々な領域のオントロジーが構築されている。しかしオントロジーを使うとき、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、またまり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。よって、このようなオントロジーと領域の専門家が関心のある知識の間の概念的な隔たりを埋め、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、オントロジーの利用方法についての検討は十分であるとは言えない。

このような背景の下、筆者らはオントロジーとドメインの専門家の間にある概念的ギャップを埋め、利用者の興味のある視点に応じてオントロジーから知識を探索し、内容を把握しやすい概念マップ形式として表示するオントロジー探索ツールの開発を進めてきた[廣田 08]。本研究では、それをさらに発展させ、オントロジーを用いて専門家の領域横断的なドメイン知識俯瞰を実現するツールの開発を目指す。

2. オントロジーを用いたドメイン俯瞰

2.1 俯瞰の定義

俯瞰とは一般に、「高いところから見る」(広辞苑)や「地面においては把握しにくい事柄、すなわちそれぞれの個別の事情の中に埋没して見えにくい全体的な状況を、高い所から見ることによって、よりの確に把握する」[日本学術会議 03]などの意味で用いられる。本研究ではこれらを踏まえ、オントロジーに基づくドメイン俯瞰を「オントロジーを様々な視点(所)から見みることによりドメイン(問題領域)を総合的に理解する」と定義する。このような俯瞰を取り扱うシステムを開発するために下記の3つの観点から俯瞰について考察する(図 1)。

- A) **視点の定義**: オントロジーを様々な視点(所)から見みるために、まず「特定の視点からオントロジーを見る」とはどういうことかを明確にする必要がある。そのために視点の定義とその視点に基づいてオントロジーを理解する方法について考察する必要がある。
- B) **視点の比較**: オントロジーを様々な視点から見た結果を比較することによってドメイン(問題領域)を多角的に理解することができる。その際、それぞれの視点かどのように違い、それが見た結果にどのように反映されているかを考察する必要がある。
- C) **視点の変化**: 同じ対象を見ている場合でも、視点を変化させることによって見え方も変化する。視点の変化にはどのような観点があるのか、またそれに伴い見える結果がどのように変わるかを考察することで、より総合的な理解が深まると思われる。

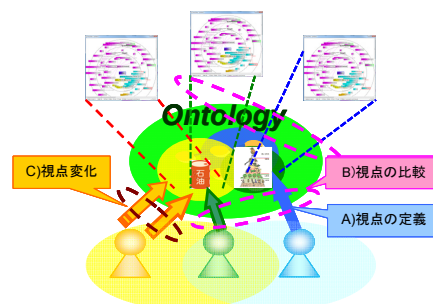


図 1 俯瞰を取り扱うための 3 つの観点

連絡先: 廣田健, 大阪大学産業科学研究所所属, 大阪府茨木市美穂ヶ丘 8-1, hirota@ei.sanken.osaka-u.ac.jp

例えば、「地球学」視点でバイオマス燃料の利用を見ると、化石燃料の代替燃料であるバイオマス燃料の利用により CO₂排出量が減少し地球環境問題が改善されると考えられる。しかし、「経済学」視点でバイオマス燃料の利用をみると、バイオマス燃料の利用によりバイオマス燃料の原料である食物の需要が増加し価格が高騰するため、発展途上国への食物供給量が減少し発展途上国の飢餓という別の問題が生じると考えられる。このように、ある1つの視点から見てみると問題が解決されているように思われるが、別の視点で見ることで他の問題が生じる可能性があることが理解できる。このようにドメイン(問題領域)を漏れや抜けをなくして網羅的に理解するために、様々な視点からドメインを眺め俯瞰することが重要となる。

3. オントロジー探索ツールを用いたドメイン俯瞰

3.1 A)視点の定義

(1) 視点に基づくオントロジーの探索

特定の視点から対象を見るということは、「その対象のどこに(どの部分に)注目し、どのように(どのような観点・立場から)見るのか」と捉えることができる。すなわち、視点を定義するには以下の2点を明確にする必要がある。

- ①どこ(どの部分)に注目して見るのか
- ②どのように(どのような観点・立場から)見るのか

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、“ある視点からオントロジーを見る”ことは、“どの概念に着目し、それらの概念が持つ複数の概念の関係のうち、どの関係に注目して見るか”に相当する。よって本研究では、オントロジーを見る視点を以下の二つの組み合わせで定義する。

- ①何を着目する概念とするのか(**Focal point**と呼ぶ)
- ②どの関係に注目してオントロジーを見るのか(**aspect**と呼ぶ)

さらに、着目した概念(**Focal point**)と注目する関係(**aspect**)にある概念を次に着目する概念として **aspect** の適用を繰り返すことで、最初に着目した概念(**Focal point**)からどのような関係(**aspect**)を辿ってオントロジーを眺めてきたのかという経路(パス)を形成する。それを多視点概念鎖(Multiple-perspective conceptual chain)と呼ぶ。多視点概念鎖は、利用者が特定の視点に基づいてオントロジーを探索した結果を表している。そして、その多視点概念鎖を利用者に理解しやすいように可視化したものを概念マップと呼ぶ。本研究では、これらの考察に基づき開発が進められてきた概念マップ生成ツール[廣田 08]を拡張し、オントロジーを用いたドメイン(問題領域)俯瞰に利用する。

(2) オントロジー探索ツールの概要

図 2 にこれを実装したオントロジー探索ツールの概要を示す[廣田 08]。本システムは、先行研究において開発が進められてきたオントロジー構築・利用環境「法造」[古崎 02]の拡張機能として開発されている。ユーザは、法造上で **Focal Point** を指定した後、**aspect** を繰り返し選択することでオントロジーを任意の視点に応じて探索し、その結果として抽出される多視点概念鎖を概念マップとして可視化する。この際、「**Focal point**」と“**aspect**”そして“次に取り出される概念”の3つ組が多視点概念鎖および概念マップが構成する基本要素となる。

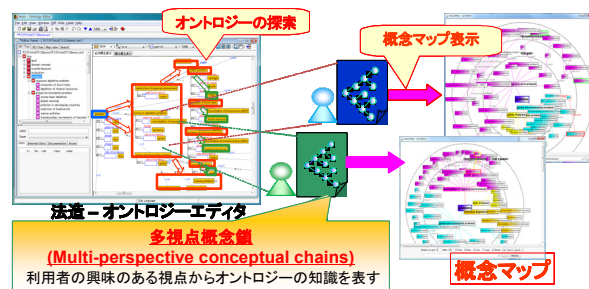


図 2 オントロジー探索ツールの概要

ここで、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と、それに対応する **aspect** をまとめると表 1 のようになる。1つの関係に対して辿る方向が 2 つあるので、それぞれの方向に対して **aspect** が定義される。表中の (A)と(B)で示される関係は OWL における **property** と対応する²。なお(B)~(D)の **aspect** は、その関係で参照しているロール概念の種類によって、注目する関係をより限定することができる。これを“**aspect** のロール概念限定”と呼ぶ。これと同様に、すべての **aspect** において、次に取り出される概念の種類(クラス)によって注目する関係をより限定することができ、これを“**aspect** の取り出しクラス限定”と呼ぶ。

表 1 概念間の関係の種類と aspect の対応

	概念間の関係		aspect
	法造	OWL	
(A)	is-a関係	refs:subClassOf	①下位概念の抽出 ②上位概念の抽出
(B)	part-of/attribute-of関係	参照されているプロパティ	③参照先概念の抽出 ④参照元概念の抽出
(C)	ロール概念とテキストの間の依存関係		⑤テキストの抽出 ⑥ロールホルダーの抽出
(D)	ロール概念とプレイヤーの間のplaying(playable)関係		⑦プレイヤー(クラス制約)の抽出 ⑧ロールホルダーの抽出

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。適用する視点として、**Focal point**(何を着目する概念とするのか)を「地域環境問題」、**aspect**(どの関係に注目して対象を見るのか)を「下位概念の抽出(表 1-①)」とすると、「大気汚染」、「水質汚濁」、…、「健康・化学物質問題」といった概念が取り出される(図 3-①)。さらに、「地域環境問題」から取り出された概念「大気汚染」に対して「参照先概念の抽出(表 1-③)」を適用する(このような基本要素の組み合わせを(①, ③)と表す)と、「大気汚染」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「#Nox」「#SOx」「#VOC」「健康」が取り出される(図 4)。ここで **aspect** のロール概念限定として「外因を適用するとロール概念「外因」が

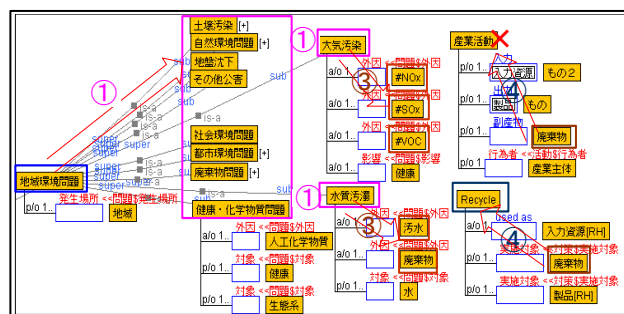


図 3 法造上にオントロジーからの概念抽出の例(サステナビリティ・オントロジー(一部)(共同研究 RISS・熊澤輝一氏))

¹ <http://www.hozo.jp>

²厳密な対応は、法造のロール概念を OWL でどのように表現するかによって異なる。

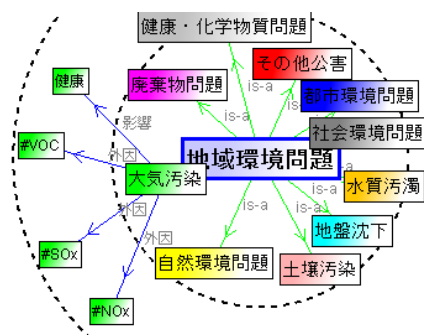


図4「地域環境問題」に①、③を適用して取り出された概念

クラス制約として参照している概念「#Nox」「#SOx」「#VOC」のみが取り出される(健康はロール名が「影響」であるため取り出されない)。

このように、適用する **Focal Point** と **aspect** 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からオントロジーを探索する(眺める)ことできる。

3.2 B)視点の比較

視点は **Focal point** と **aspect** の組み合わせで表される。よって視点の違いは、**Focal point** と **aspect** の組み合わせを変えることで表される。例として、**Focal point** が同じでも、**aspect** を変えることによる視点の違いと、その結果としての見え方の違いについて述べる。

Focal point を「バイオマスの利用」として、**aspect** を「化石燃料」から見ると、化石燃料の代替燃料であるバイオマス燃料の利用により CO₂排出量が減少し地球環境問題が改善される様子が見て取れる。しかし、**Focal point** はそのまま **aspect** を「影響」から見ると、バイオマス燃料の利用によりバイオマス燃料の原料である食物の需要が増加し価格が高騰するため、発展途上国への食物供給量が減少し発展途上国の飢餓という別の問題が生じる可能性があることが分かる。このように、**Focal point** が同じでも、**aspect** を変えることで異なる視点からオントロジーを比較して見る事ができる(図5)。

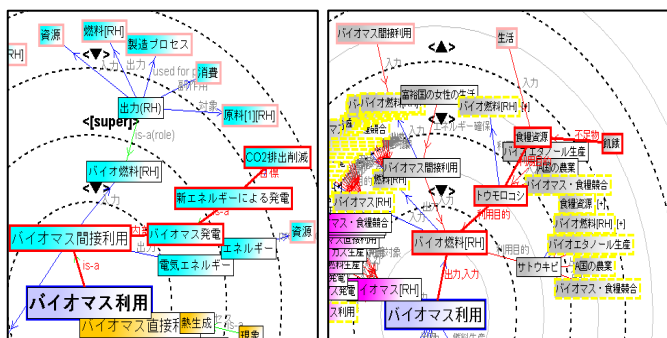


図5 バイオマス利用を「化石燃料」(左)と「影響」(右)から見たマップ

3.3 C)視点の変化

視点の変化も、**Focal point** と **aspect** の組み合わせの変化で表される。代表的な視点変化の観点として時間的・空間的視点の変化が挙げられる。例えば、時間的視点の変化から「地球温暖化の影響」を考えてみる。まず地球温暖化の影響を数年単位の短期間で見ると、人間や環境に与える直接的な影響(問題)はさほど顕在化されないと考えられる。しかし、数十年単位の長期間で見ると、温暖化による海面上昇で都市が水没するなど

いった、問題が生じる可能性が見えてくる。また空間的視点変化の例としては、先進国など特定の地域で考えると生じていなかった問題が、地球規模の観点で見ると問題となっていることが分かる場合がある。このように、時間変化や空間的变化などの視点変化による対象の見え方の変化を適切に扱うことが、ドメイン俯瞰には重要であることが分かる。これは、時間や空間に関する属性をロール概念の属性(attribute-of 関係)として表し、**aspect** のロール概念限定を、それらの時間・空間属性を対象にできるよう拡張することで、扱うことができると考えている。

3.4 ドメイン俯瞰のための機能拡張

ここでは前節までの考察を元に、従来のオントロジー探索ツール[廣田 08]をドメイン俯瞰に利用するために必要となる機能拡張を述べる。

(1) 視点に基づくオントロジー探索に必要な機能

オントロジーから視点に応じて抽出された概念を概念マップにしたとき、概念間の関係の種類と **aspect** との対応を正確に把握するために①「**aspect** 別にリンクの色分け表示」機能と②「**aspect** 別に関係に対して迎る方向表示」が必要になる。また、リンク色分けと関係を迎る方向表示だけではなく、**Focal point** と取り出された概念との違いを視覚的に把握するために③「**Focal point** と取り出された概念のノードの色分け、大きさ分け表示」機能が必要になる。また、ユーザが所望のマップを生成するまでに試行錯誤しながらオントロジー探索をするために④「インタラクティブな探索」機能が必要になる。また、特定の概念間にどのような関係があるかを調べるために⑤「任意の概念間の関係の探索」機能が必要になる。

(2) 視点の比較を扱うために必要な機能

視る対象が同じでも、複数の異なる視点から見たときに異なる視点からみた複数のマップ間の違いを把握するために、①「複数マップの比較機能」が必要になる。またマップとマップ間の比較だけではなく、マップ中の個々のパスどうしで比較するために②「マップ中の個々のパスの保存とその比較機能」が必要になる。

(3) 視点の変化を扱うために必要な機能

視点変化による対象の見え方の変化を適切に扱うために、①「Change View:ユーザ設定による特定の概念(ロール概念を含める)とその下位概念のハイライト」機能が必要になる。

4. オントロジー探索ツールのサステナビリティ分野における利用例

サステナビリティ学は「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オントロジー探索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3) [Kumazawa 09]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、『「バイオマス燃料生産」を「生態系」と「問題」の2つの視点からみたい』という状況を想定する。これは、「バイオマス燃料生産」を **Focal point** とし、「生態系」と「問題」の視点を適切な **aspect** の組み合わせで表すことができる。このような視点

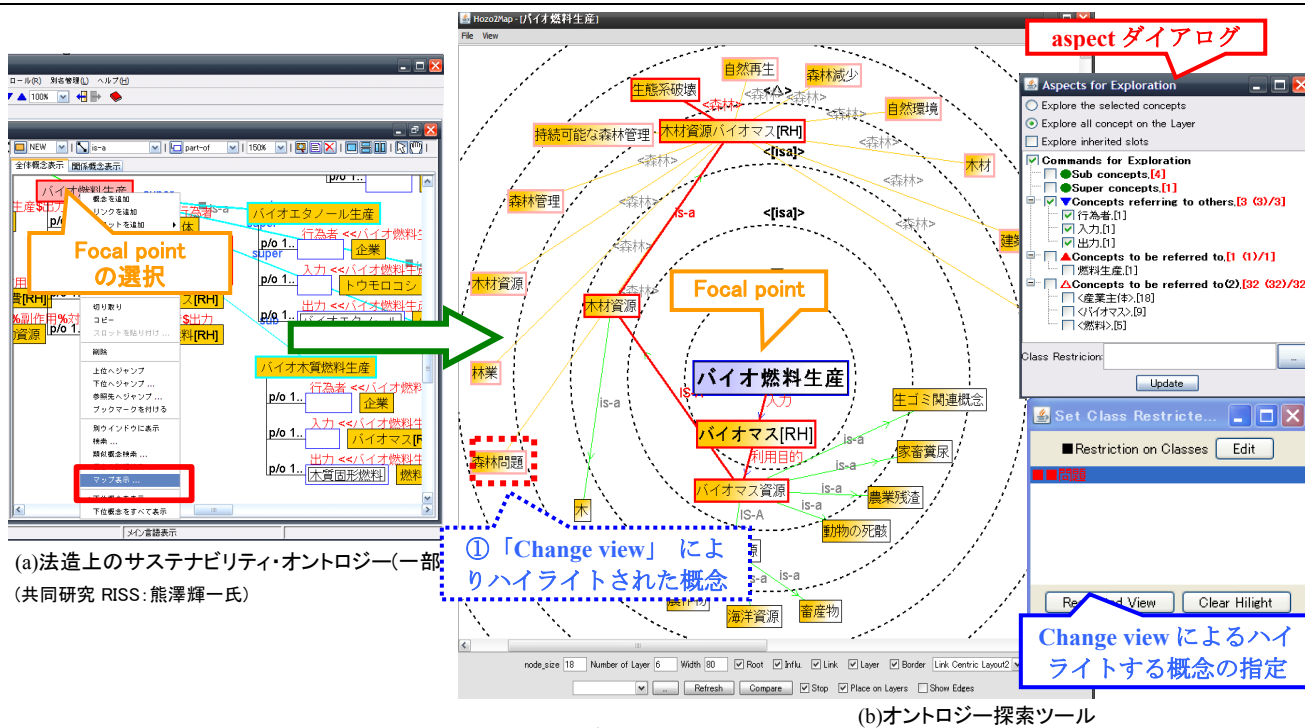


図 6 視点に基づく概念の抽出と可視化

に基づいて概念マップを生成するには、本ツールで以下のような操作を行う。

1. **Focal point** である「バイオマス燃料」をオントロジーエディタ上で選択し(図 6(a)), 「概念マップ生成」コマンドを実行する。
2. 続いて **aspect** ダイアログに表示される適用可能な **aspect** 一覧から視点に応じて適用する **aspect** を選択する
3. 選択した **aspect** に応じて概念マップが更新される。
4. 2. および 3. を繰り返すことでオントロジーを探索し、概念マップを作成する(3.4(1):④「インタラクティブな探索」機能)。

「バイオマス燃料生産」を「生態系」と「問題」の 2 つの視点に基づいた概念マップは図 6(b)になる。概念マップは、選択された概念がどのような概念間の関係をたどってきたのかという、経路(パス)を表示する。抽出した概念は、**Focal point** 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。抽出に用いた **aspect** (ロール概念名)をリンク上に表示し、**aspect 別にリンクの色分け表示**((3.2(2):②)) (例えば概念の取り出し①の場合、リンクを緑色に色付けする) することにより、概念間の関係を把握できる。

図 6(b)は「バイオ燃料生産」と関連のある概念を表示している。図 6(b)のハイライトされているパスから、バイオ燃料生産により生態系破壊に影響があることが分かる。また、「Change view」により「問題」の下位概念をハイライトすると、生態系破壊以外にも、「森林問題」があることが分かる(図 6(b)①)。(3.4(3):①「ユーザー設定による特定の概念(ロール概念を含める)とその下位概念のハイライト」)。このように「バイオマス燃料生産」を「生態系」と「問題」の 2 つの視点を比較、変化させることにより見え方が異なることを扱えることが分かる。

5. まとめと今後の課題

本研究ではオントロジーを様々な視点からみることによりドメイン(問題領域)を理解する「オントロジー探索ツール」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、専門家に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いう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、視点の違いの組み合わせについて考察を深める必要がある。これにより総量一定問題などのトレードオフ問題の発見支援が期待できる。またドメインの専門家ごとに異なる問題-解決のアプローチを概念マップでパスとして明確化することで、複数の専門家間の思考のプロセスを支援し、政策立案者と専門家の間にある隔たりを埋めることが期待できる。

参考文献

- [溝口 05] 溝口理一郎: オントロジー工学, オーム社 (2005)
- [日本学術会議 03] 日本学術会議: 新しい学術の体系 - 社会のための学術と分離の融合 - 新学術体系委員会
- [古崎 02] 古崎晃司, 来村徳信, 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)
- [廣田 08] 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, 人工知能学会第 22 回全国大会 (JSAI2008), 2E3-2
- [Kumazawa 09] T. Kumazawa, O. Saito, K. Kozaki, T. Matsui, R. Mizoguchi: Toward Knowledge Structuring of Sustainability Science Based on Ontology Engineering, Sustainability Science, Vol.4, No.1, 2009.