

## Universal Abduction Studio の開発 (第 8 報) 創造的設計支援のためのオントロジー構造

東京都立大 中西 雅俊, 東大 森本 憲悟, 首都大 下村 芳樹, 国情 武田 英明, 北大 吉岡 真治

Development of Universal Abduction Studio (8th Report)  
-Ontology structure for creative design support-  
Tokyo Metropolitan University, Masatoshi Nakanishi,  
The University of Tokyo, Kengo MORIMOTO  
Tokyo Metropolitan University, Yoshiki SHIMOMURA  
National Institute of Informatics, Hideaki TAKEDA  
Hokkaido University, Masaharu YOSHIOKA

We argue that abduction for integrating theories can be a basic principle to formalize creative design processes. Based on this principle, we have proposed Universal Abduction Studio, a design environment in which designers combine different theories to arrive at better design. In this new approach to computational support of conceptual design, the system should offer various types of abductive reasoning from which designers can select an interesting design method. This paper aims at proposing a knowledge scheme that enables more advanced knowledge integration based on semantic structure of knowledge. We also discuss technologies to implement proposed knowledge scheme based on various ontology concept.

### 1. はじめに

現代社会には環境問題や製造者責任問題など様々な問題が存在し、設計に対する要求においても高度化・複雑化が一層進行している。一方、近年のネットワーク技術の発展により、様々な知識が計算機上に蓄えられるようになったが、これらの知識を設計において効果的に利用することは依然としてできていない。そして様々な設計支援システムがこれまでも研究・開発されているが、創造的な設計を支援するという視点に基づく十分な支援は行われていないのが実情である。

以上の背景のもと、本研究の最終的な目標は、計算機を用いて多様な知識を柔軟に組み合わせることにより、設計者の創造的な設計支援を行う環境を開発する。

### 2. Universal Abduction Studio (UAS)

設計におけるアブダクションとは設計解が既存の知識では導出不可能である場合に、知識を拡張することにより設計解を発見するプロセスであり[1]。本研究では設計者による多様な知識の柔軟な組み合わせはアブダクションにより実現されるものと考え、アブダクションを計算機により支援する環境、Universal Abduction Studio[2] (以下、UAS) の開発を進めている。

UAS は、新しい設計支援環境として、設計の自動化を目的とするものではなく、設計者とシステムの動的なインタラクションによる設計課題の解決を支援するものである。UAS は、様々な領域の知識を注視する問題の解決に適用するための機能を提供することにより、複数の異なる領域の知識の動的な統合を実現し、設計者による創造的な設計を支援する。

UAS は、ワークスペース、知識ベース群、知識統合モジュール群から構成される。設計者は解決を必要とする設計課題、あるいは暫定的な設計案をワークスペース上に配置し、その全体や部分に対して UAS の知識統合モジュールの機能を用いることにより、知識ベースに格納されている知識を適用しながら課題の解決を目指す。

#### 2.1 アナロジー推論

UAS の知識統合モジュールで知識の統合を行なうためには、まず異なる知識の要素間に対応関係を生成することが行われる。この異なる知識の要素間に対応関係を生成するために用いられているメカニズムがアナロジー推論[3]である。アナロジー推論とは、現在の解決が求められている設計課題を内包する分野である「ターゲット領域」と、それとは異なる別の分野である「ベース領域」に対して、二つのそれぞれの

領域に属する知識間の要素を類似性に基づき対応付けることを行い、ターゲット領域における新たな知識の獲得を要素の転写により実現する。UAS ではこのアナロジー推論のメカニズムを利用することにより、アブダクションによる知識統合の基本動作を実現している[3]

### 3. 知識統合機能強化のための基本戦略

これまでの UAS 研究においては、前述したアナロジー推論により、知識の「構造の類似性」と「対象の類似性」の、二つの異なる類似性の観点から異領域知識の対応付けを実現する推論機構の開発が行われている[4]。そして当該研究においては、上記の二つの類似性が、形成される仮説知識の新規性と信憑性にそれぞれ関係することが推測されている。しかしながら、既存研究における「構造の類似性」と「対象の類似性」の知識の適用性と妥当性に対する関係に関する考察は未だ十分でなく、またこれらを明に用いて効率的かつ適応性の高い仮説形成と知識統合を実現するための方法論の詳細も今後の課題とされている。従って本研究では、新しい知識表現の枠組みとこれに基づく推論機構を開発し、上記課題を解決することをその目的とする。

#### 3.1 知識表現の拡張

知識を計算機上で扱うためには、そこに用意される知識を適切に解釈した上で仮説の形成に用いることが必要である。例えば知識作成者が知識を記述した際の意図を正確に捉えることが可能であるように知識の表現形式を準備することが必要である。UAS では、既に語彙の意味をより正確に理解するための知識表現形式にオントロジー[5]を用いる方法を提案している。

本研究では、UAS の知識表現形式では知識を記述する場合に知識を対象、述語、属性、修飾子の 4 種類のノードで表し、ノード間の関係は深層格を用いてアークにより表現する。これまでの UAS では知識記述中の修飾語(副詞、形容詞)については有効に活用されていなかったが、本研究では修飾子のノードを追加することにより知識表現を豊かにし、深層格の種類を増やすことによって知識表現形式を拡張する。

また、UAS で扱うオントロジーとは語彙の概念体系であり、語彙間の概念の距離を知るためのものである。知識を記述する際にノードとして用いる 4 種類の語彙(対象、述語、属性、修飾子)についてオントロジーを用いて体系づけるが、一般に独自のオントロジーを新たに構築することは非常に困難であり、UAS においてもこれまでに実装が完了していたのは述

語オントロジーのみであった。そこで4種類の語彙すべてについてオントロジーを実装するために、本研究ではEDR電子化辞書[6]により提供される概念体系を用いた。

EDR電子化辞書により提供される概念体系を本研究が提案する知識表現に用いるために、一つ概念体系を対象、述語、属性、修飾子の視点で別々に参照することを提案する。拡張された知識表現形式とオントロジーを用いた知識の対応付けを行なう方法として、対象の類似性による対応付けと構造の類似性による対応付け方法を次節以降で説明する。

### 3.2 対象の類似性の判定方法

対象の類似性ではターゲット領域に含まれる対象とベース領域に含まれる対象に着目し、ターゲットとベースの対象の類似度により知識を対応付ける。対象間の類似度は対象オントロジーの概念間の距離を用いて算出する。

対象の類似性による対応付けの概念を図1に示す。図1において、まず設計者が重要だと考える順にターゲットの対象に優先度を与える。ターゲットの対象とベースの対象との対象オントロジーの概念間の距離(最上位の概念の深さを1とした時の各語彙の深さ $d_i, d_j$ と最上位概念の深さを1とした時の共通上位概念の深さ $d_c$ より求める)を用いて、この距離の近いベース知識の領域を絞り込む。そしてターゲットとベースの対象同士を対象の類似度(ObjSim)が高くなるように優先度が高いものから一対一対応で組み合わせる対応付けを行う。最後にターゲットとベースで対応付けられたすべての組みの対象の類似度を合算し、この類似度をもって対象の類似性(OAP)を判定する。ObjSimとOAPの計算方法を以下に示す。

$$ObjSim = \frac{2 \times d_c}{d_i \times d_j} \quad OAP = \sum ObjSim$$

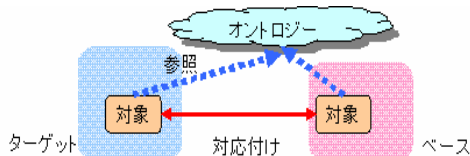


図1 対象の類似性による対応付け

### 3.3 構造の類似性の判定方法

構造の類似性ではグラフ化された知識の構造に着目し、知識を対応付ける。ターゲットとベースに含まれる述語、そして対象と述語を繋ぐ深層格の種類から類似度を算出する。

構造の類似性による対応付けを図2に示す。図2において、まず設計者が重要であると考えられる述語(キー述語)をターゲットの中から一つ選択し、選択した述語を用いて述語オントロジーの概念間の距離を用いて、この距離の近いベース知識の領域を絞り込む。次にターゲットとベース間で対象と述語間の格が一致しているものを探し出す。格が一致しているものの中で述語のオントロジーの概念間の距離から類似度(PreSim)を、3.2節で説明したObjSim算出と同様の方法により算出し、類似度が高くなるよう対応付ける。ターゲットとベースで対応付けられた構造の類似度(StrSim)を足し合わせて構造の類似性(SAP)を判定する。ターゲットの述語を(PT)、ベースの述語を(PB)とキー述語からの述語の距離を(preP)とするとStrSimとSAPは以下の式で計算する。

$$StrSim = \sum \{PreSim(PT, PB) \times preP(PT) \times preP(PB)\} \\ SAP = \sum StrSim$$

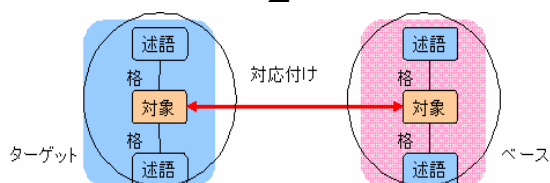


図2 構造の類似性による対応付け

## 4 対応付けの実装

本研究で提案した拡張知識表現とオントロジー構造により、実際に柔軟な知識の類似性判定が可能であるかを検証するために、計算機上に知識対応付けシステムを作成した。本システムは、WindowsXP上で稼動するEclipse環境を用いて開発しており、セマンティックWebの分野で研究が進められている知識表現の枠組みであるWeb Ontology Language(OWL)を用いて記述されたターゲットとベースの知識を対応付けるものである[7]。本モジュールが対象の類似度と構造の類似度の双方を算出し、設計者に提示する際の対応関係作成の流れを図3に示す。

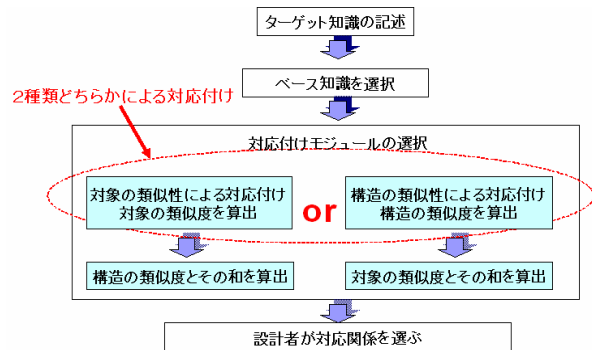


図3 対応関係作成の流れ

図3においては、まず、ターゲット知識を記述した後、これと対応付けるためのベース知識を選択する。その後、3章で説明した対象の類似性と構造の類似性のどちらかを先に実施するか選択することにより、ターゲットとベースを対応付ける。そして対応付けられた知識の組に対して対象の類似度と構造の類似度の双方を設計者に提示する。設計者はそれらの情報を参考に対応付けられた知識を妥当なものであるか否かの判断を行なう。

## 5. 結論と展望

本稿では、UASにおけるより柔軟かつ適応性の高い仮説形成を可能とするために知識表現に対する拡張を施すとともに、オントロジーに基づきこれを実装するための具体的方法、ならびに拡張された知識表現方法を用いた知識対応付けの具体的方法を提案した。今後は具体的な事例を用いて提案手法に対するより詳細な検証を行なう。

### 参考文献

- [1] Aliseda, A.: Abduction as Epistemic Change: A Peircean Model in Artificial Intelligence, in Flach, P. and Kakas, A. (eds), Abductive and Inductive Reasoning: Essays on their Relation and Integration, Applied Logic Series, (2000), Kluwer Academic Press.
- [2] 下村芳樹, 他: Universal Abduction Studioの開発(第1報) - Universal Abduction Studioの基本構想 -, 2003年度精密工学会春季学術講演会講演論文集, pp.22, 2003.
- [3] K.J.Holyoak, 他編著, 鈴木宏昭, 他訳: アナロジーの力 認知科学の新しい探求, 新曜社, 1998.
- [4] 森本憲悟, 他: Universal Abduction Studioの開発(第7報) - 深層核と構造の類似性を用いた知識マッチング 2005年精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, pp. 297-298, 2005
- [5] 特集: 開発されたオントロジー, 人工知能学会誌, Vol. 19, No.2, pp.135-193, 2004.
- [6] 萩野孝野, 他: 日本電子化辞書研究所における概念体系, 第5回国語研究所国際シンポジウム予稿集, pp. 172-181, 1997.
- [7] 伊東真樹, 他: Universal Abduction Studioの開発(第9報) - 創造的設計支援のための知識記述エディタの開発 - . 2006年度精密工学会春季学術講演会講演論文集, (本講演会にて発表予定), 2006.