

Universal Abduction Studio の開発 (第 5 報)

—UAS のための知識スキーム—

東大人工物 ○森本 憲悟, 下村 芳樹, 藤本 裕, 国情 武田 英明, 北大 吉岡 真治

Development of Universal Abduction Studio (5th Report)

RACE, the University of Tokyo, Kengo MORIMOTO, Yoshiki SHIMOMURA, Yutaka FUJIMOTO
National Institute of Informatics, Hideaki Takeda, Hokkaido University, Masaharu YOSHIOKA

It is important to unify different knowledge groups, which exist independently, and to extend knowledge gradually in order to obtain creative design solutions that are not obtained only with the existing design knowledge. Authors have proposed some knowledge representations and algorithms of knowledge integration for realizing knowledge extension gradual with the aim of development of “Universal Abduction Studio”, which is a system supporting creative design. In this paper, the fundamental framework for dealing with information as knowledge is proposed.

1 緒言

設計対象に関する領域知識だけでは得られないような高い創造性を有する設計解を得るためには、例えば異なる領域知識群を統合し、段階的な知識拡張を行うことが必要である。

本研究では、これまでに創造的設計を総合的に支援するための環境である Universal Abduction Studio (UAS) の構築を目指し、この知識拡張を実現するための複数の知識表現形式や知識統合の手法を提案してきた。

より創造的で、かつ有益な知識を導出可能であるような知識拡張を行うためには、高度な知識利用が必要であり、それを可能にするためには文脈やモデルと呼ばれる、知識を記述する際に欠落してしまう情報を考慮する必要がある。本報では自然言語などによって記述された情報を、高度に利用可能な知識として取り扱うための基本的枠組みを提案する。

2 Universal Abduction Studio

本研究では、創造的設計を「ある設計問題において、その設計対象に関する領域知識だけでは解決できないような課題が発生した場合、それまで対象としていた領域知識とは異なる領域の知識を発見し、その両者を統合的に用いることにより課題を解決する設計」であると定義し、このような創造的設計における領域知識間の知識統合を支援するための計算機環境として、Universal Abduction Studio (UAS) の概念を提案している[1]。UAS は複数の推論機構を備え、設計者との協調的な知識操作の結果として、仮説的知識を創造する。著者らはこれまでに、グラフ構造で表現された知識に対し、構造的アナロジーを適用することによる知識統合の手法[2]と、ルール型に表現された知識に対し、対象レベルのアナロジーを適用することによる知識統合手法[3]を提案している。さらに前者においては、プロトタイプ推論システムを構築し、実際に知識統合が実現される様子を観察した。

しかしながらこのプロトタイプでは、知識が適用される状況や知識が根拠付けられている背景を取扱う機構を有していないため、仮説知識として状況に適合しない不適切なものや信憑性の低いものを多数生成してしまう可能性を含んでいた。このような問題に対して、意味的な推論を行い、与えられた課題に対して適切な仮説知識を得るためには、記述上では明示されていない文脈や背景などを取扱うことのできる知識利用の枠組みが必要となる。

3 知識同定とコンテキスト

3.1 知識の記述と同定

設計を行うにあたって、我々は多様な知識を用いる。ここでいう知識とは一定の視点から実世界を抽象化した体系に基

づくものであり、本研究ではこの体系をモデル (model) と呼ぶことにする。一般に、設計は単一のモデルに基づく知識を用いるだけでは達成できない場合が殆どであり、一つの設計においても複数のモデルに基づく知識が必要となる。一方、設計に関する情報は自然言語などによる文章や 2 次元あるいは 3 次元の形状や構造として記述、記録されている。これらの記述 (description) は知識に基づいているものの、知識そのものではない。知識の記録には、それを情報として記号化 (encode) する、あるいは逆に情報から知識を復号化 (decode)、つまり知識を同定するという操作が伴う。例えば機械設計ノウハウに関する記述は、対象の機械的性質や、材料力学、機械工学などの異なるモデルに基づく知識がその背景となっており、記述を利用する人もしくは計算機がそれらの知識を持つことがなければ、記述から正しく知識を同定することができず、記述の意味する知識を有効に利用することは出来ない。

知識の同定は、記述の背景に存在する「文脈 (context)」から適切なモデルを選定し、知識をそのモデル上に「対象モデル (object model)」として再構築することで完了する。また、モデルの選定や対象モデルを構築する際には、知識を利用する場面・状況など記述のみからは得られないより一般的な情報が必要であり、それらは人間が認識しうる全ての対象を表す「対象(object)」から獲得する(図 1)必要がある。

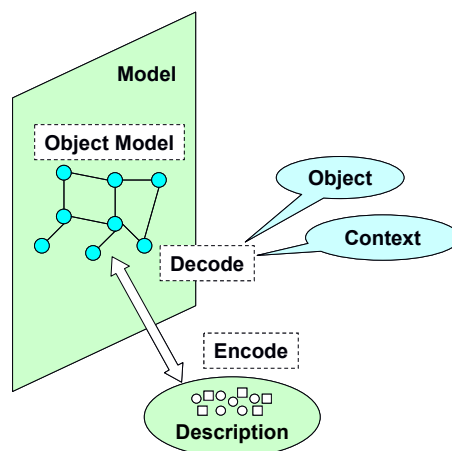


図 1：知識の記述と同定

3.2 UAS のための知識表現形式

一般に、知識を計算機上に表現し利用するためには、知識の利用法を考慮し、それに応じた適切な知識表現形式を選択

する必要がある。また UAS では、教科書や設計ノウハウといった様々な記述レベルの知識に対し、異なる領域の概念間の対応付けや知識の変換を行うという高度な利用法を考えている。そのため UAS で利用する知識表現形式については、可能な限りその知識を利用するための条件や関連するモデルなどを関連付けた知識表現を行うことが望まれる。つまり UAS における知識表現は、単純に記述されている内容のみではなく、該当する知識が利用される文脈と知識自身を表現する対象モデル、人間が認識し得る対象から得られる情報の組み合わせによって表現することが必要である。

4 アナロジーによる知識統合

4.1 モデルとアナロジー

アナロジーは人の柔軟な思考を支える有力なメカニズムの一つであると考えられている[4]。アナロジーによる発想は、ある分野（ターゲット領域）における未知のアイデアを、その分野とは異なる別分野（ベース領域）の類似性に基づき、ベース領域の要素をターゲット領域に転写することで獲得される[5]。このアナロジーの過程は、知識間の類似性をもとに知識統合のための知識間の関連付けを行うことに等しいと考えられる。本研究ではこのアナロジーを利用して異なる領域の知識統合を実現することを考える。

知識はそれと明示されることは少ないものの、一般に一つもしくは複数のモデルに基づいて記述される。アナロジーによって異なる領域知識を対応付ける際に、このモデルを考慮しなければ、該当する知識に基づくモデルとは異なる性質の類似性によって誤った対応付けが行われてしまう可能性がある。このような対応付けによって得られる仮説知識は、それを根拠とするモデルがオリジナルの知識が背景とするものと異なる、或いはそのようなモデルが存在しないため、その信頼性を保証することができない。例えば、アナロジーによってある対象に関する知識を他の対象に転用するという知識操作を考える。「板状のガラスは割れると鋭い断面を持つ」という知識は、ガラスの持つ硬度などの材料物性と板形状であるという形状特徴が背景となっている。したがってこの知識転用の対象は、材料物性と形状特徴の点でガラスと類似しているものが望ましいと考えられる。逆にこれら以外の点で類似していたとしても、この知識を転用して正しい結果が得られるとは考えにくい。すなわち、材料物性や形状特徴の視点から転用対象との類似性の判定を行うことによって、低質な仮説知識が生成されることを抑止しなければならない。2章で述べた構造的アナロジーによる知識統合を実現したプロトタイプの問題は、本来構造に注目したトポロジカルなモデルしか扱えない枠組みにおいて、異なるモデルに基づく知識を扱おうとした点にあったと言える。

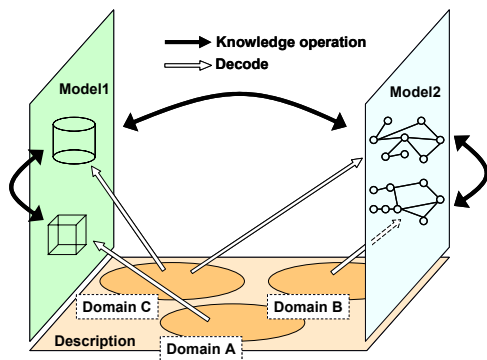


図2：UASにおける知識利用イメージ

異なる領域の知識群を適切なモデルに基づいて同定し、それぞれの知識に対してアナロジーを適用して知識拡張するための知識利用のイメージを図2に示す。図2において、底面に位置するのは自然言語などによる記述であり、その中に存在する楕円は領域性を表している。一方、底面に対して垂直に存在する複数の面は各々のモデルを表している。記述は明示的に示されたモデル、もしくはその文脈から想定されるモデル上に対象モデルとして構築されることにより知識として同定される。

4.2 モデルと知識統合

図2の構造においては、次の二つの知識統合が考えられる。

A) 同一のモデル上の知識統合

B) 異なるモデルにまたがる知識統合

A)同一のモデル上の知識統合においては、各々の知識の根拠を与えるモデルが一致しており、互いがモデル固有の同一の視点に基づいてモデリングされているため見かけ上知識の領域性がなくなる。結果として、同一のモデル上では知識の領域性を意識することなく、そのモデルに対して適切なアナロジーを適用することが可能になり、信頼性の高い仮説知識を容易に生成することができる。しかしながら、このようにして得られた仮説知識の大半は常識的なものとなり、創造性や新規性に富んだ知識を得る可能性は少ないと考えられる。

一方、B)異なるモデルに属する知識間の統合では、知識を構成する概念、表現に用いられる語彙が異なり、また同じ語彙であってもそれが内包する意味が異なる場合もあり得る。そのような異なるモデル上の知識間で類似性を判定し、知識統合することによってこそ、創造性の高い知識が得られる可能性があるとも考えられる。ただし、意味的に大きく異なる概念間に対応関係を設定すると今までにない新しい知識を得る可能性があるが、4.1節に述べた理由によりその知識の信頼性が乏しくなることが予想されるため、注意が必要である。

5 結論と展望

本報では高度な知識利用が可能な知識スキームを提案した。この知識スキームは知識の統合だけでなく、類似した課題に対する知識の再利用や、異なった場面に対する知識の転用など高度な知識利用を必要とするシステムに応用できると考えられる。

今後の課題としては、この知識スキームをより具体化、詳細化することにより、これまでに著者らが提案している知識表現形式を拡張し、文脈やモデルの情報を取扱うことのできる推論機構の構築を行う。

参考文献

- [1] 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 (2003).
- [2] 坂井宏充, 他: Universal Abduction Studio の開発 (第2報) - 構造的アナロジー推論に基づく設計支援 -, 2003年度精密工学会春季学術講演会講演論文集 (2003).
- [3] 藤本裕, 他: Universal Abduction Studio の開発 (第3報) - 高創造性設計支援のための知識表現 -, 2003年度精密工学会秋季大会学術講演会 (2003).
- [4] Keith J. Holyoak, Paul Thagard: アナロジーの力 - 認知科学の新しい探求 - (鈴木宏昭, 河原哲雄監訳), 新曜社 (2003).
- [5] 折原良平: 創造性と類似性, 人工知能学会誌, Vol.17, No.1, pp22-27 (2002).