

人工物工学の展開 (第 18 報)

Universal Abduction Studio の提案

Advances in Research into Artifacts (18th Report)
Proposal of the Universal Abduction Studio

坂井 宏充 (東大) 正 野間口 大 (東大)
正 吉岡 真治 (北大) 正 武田 英明 (国情)
正 下村 芳樹 (東大) 正 富山 哲男 (Delft University of Technology)

Hiromitsu SAKAI, RACE, The University of Tokyo, 4-6-1, Meguro-ku, Tokyo
Yutaka NOMAGUCHI, RACE, The University of Tokyo
Masaharu YOSHIOKA, Hokkaido University
Hideaki TAKEDA, National Institute of Information
Yoshiki SHIMOMURA, RACE, The University of Tokyo
Tetsuo TOMIYAMA, Delft University of Technology

Abstract

Although design support systems have been well developed in geometric and detail design areas, they are still not successful in conceptual or creative design domain. In our opinion, the main difficulty is knowledge and its operation that play a crucial role in conceptual design. In this paper, we propose “Universal Abduction Studio” that is a new approach to support designers by computers, and discuss technologies to realize it.

Key Words: abduction, analogical reasoning, creative design, computer aided design

1. はじめに

人工物の高度化・複雑化、環境問題や製造者責任問題などに起因する人工物に対する要求の増加に伴い、設計者に対する負担は一層大きくなっている。近年のインターネット技術の浸透によって多種多様な知識が計算機上に蓄えられるようになったが、それらの知識を設計において効果的に利用するためには知識管理の枠組みが必要であることが指摘されている[1]。

著者らはこれまでに、概念設計や創造的設計を支援する計算機システムの開発を目的として、設計作業において重要な役割を果たしている設計知識および知識操作に関する研究を行ってきた。本報では、これまでの研究成果に基づいて設計者が利用可能な、創造的設計を支援するための知識管理の環境を提供することを目的とし、UAS(Universal Abduction Studio)の概念を提案する。

2. 創造的設計

本研究の目的は、設計の創造過程を表現し、計算機上で支援することである。武田らは、論理に基づいた設計過程の形式化により、計算可能な設計過程モデルを提案している[2]。このモデルでは、創造的設計の中心過程、すなわち新しいモノやアイデアを創造する過程では、「アブダクション」と呼ばれる推論形態が重要な役割を果たすと位置付けている。C. S. Peirce によって提案されたアブダクションは、定理群から公理を発見するための論理的プロセスである[3]。より平易には、アブダクションは演繹の逆プロセスであるとも捉えることができるが、そのような解釈は Peirce によって述べられているアブダクションのもうひとつの特徴、「驚くべき事実を発見するプロセス」としての説明するには不十分である。即ち、アブダクションは演繹の逆プロセスであるだけでなく、知識の拡張や修正と関連するプロセスでもある[4]。大量の知識が存在する設計のような領域において、実現可能な知識の拡張とは、独立に存在する知識群を統合することであり、アブダクションは知識統合のトリガーとして働くと考えられる[5]。ここで言う知識の統合は、単に知識を付け加え

ることだけでなく、知識の再構成や修正操作をも含む。異なる領域に存在する知識を統合するために、領域に跨る知識を互いに関連付ける方法は複数存在するが、その関連付けを目的に応じて適切に選択する機構を有することにより、アブダクションによる創造性の高い設計解を得ることが可能となる。

すなわち、知識管理の観点からも、アブダクションによる創造的な設計支援を実現するためにも、知識操作の手法についての研究を行うことは有用であり、そこで重要となる点は、異なる対象領域についての知識を関連付けるための知識操作の実現である。このための手法として本研究では「アナロジー」に基づく推論を利用する。アナロジーの利用により、構文的な情報から意味的な情報まで幅広い情報を用いた異領域知識の関連付けが可能になると考えられる。

3. アナロジーに基づく設計支援

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ひとつであると考えられている。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[6]。創造的設計において、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。

アナロジーのプロセスにおいては、知識間の類似性の判定基準が重要な役割を果たすが、一般にアナロジーにおける類似性の判定基準は複数存在する。本報では様々な情報源を利用して類似性の判断を行う例として、以下の観点による類似性を用いることを提案するとともに、これらの類似性判断を組み合わせることにより、さらに幅広い類似性判断を行う。

- ◇ オントロジーの定義に基づく類似性を利用したアナロジー
 - 異なる設計対象領域間の概念において、それぞれが基本オントロジーによる定義を持つとき、その概念間の対応関係を生成することにより、類似性を発見する。

- ◇ 対象の構造に基づく類似性を利用したアナロジー
 - 設計対象知識が対象の構造についての知識を含むとき、対象を構成する要素、要素間の接続関係を利用することにより、異なる対象間の構造類似性を発見する。
- ◇ 対象の設計手順に基づく類似性を利用したアナロジー
 - 設計対象知識が対象の設計手順に関する知識を含むとき、異なる対象の設計手順との類似性を発見する。

4. Universal Abduction Studio

4.1 Universal Abduction Studio (UAS) の基本構造

UAS は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り設計課題の解決を支援するという、協調的システムを目指している。UAS は知識と知識統合のための推論機構を提供するが、設計者は UAS 上で設計知識間の対応関係作成のための知識操作手法を選択し、UAS によって提案された仮説設計知識を評価する。UAS は仮説的な設計知識を提供することで、設計者が設計解を生成することを助ける (Fig.1 参照)。

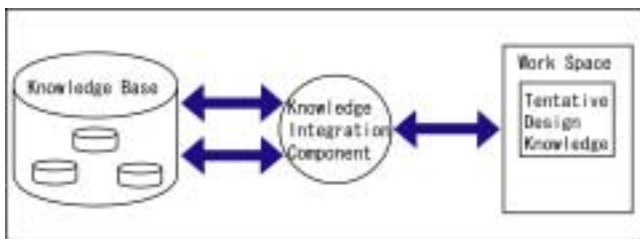


Fig.1 UAS schema

4.2 UAS による創造的設計のフロー

UAS は、設計者が現在の利用知識では満足のない設計解を生成できないとき、Fig.2 に示す手順により、設計者を支援する。また、Fig.2 の各ステップの実現には以下の点を考慮する必要がある。

- (1) 類似領域の選択

設計対象領域と類似した設計領域を選択してアナロジーを行う場合、設計対象領域に対して高い信頼性を持った知識を導出可能であるが、この知識は初期の設計知識とさほど変わらないものである。他方、低い類似性の設計領域を選択する場合、得られる知識の信頼性は下がるが、本来利用していた設計領域では「驚くべき」知識を導出することが期待できる。
- (2) 異なる領域概念の対応関係の生成

アナロジーに基づく推論を駆動するためには、異なる領域間の概念に対応関係を作り出すことが必要である。例えば、異なる領域間の概念について、それぞれが基本オントロジーによる定義を有する場合、その概念間の対応関係を自動的に生成することも可能であるとともに、このオントロジーによる定義を用いて異なる領域間の類似性を評価することも可能である。一方このような対応関係を生成するための手がかりが無い場合には、設計者が自ら対応関係を作成する必要がある。
- (3) 対応関係による仮説的な設計知識の生成

ステップ(2)で作成した対応関係を用いて、選択した領域の知識を設計対象領域における知識として用いることが可能になるが、この

知識は注目している設計領域においては仮説に過ぎず、他の知識とは明らかに区別することが必要である。

(4)設計解候補の生成

ステップ(3)で生成された知識を用いて設計者は設計解の候補を生成するが、ステップ(3)で生成された仮説が知識として定着するかどうかは本ステップで生成される設計解候補によって決まる。即ち、ステップ(3)で生成される仮説を新たな知識として確定するために、提案された設計解候補の評価を通じた仮説検証のプロセスが必要である。

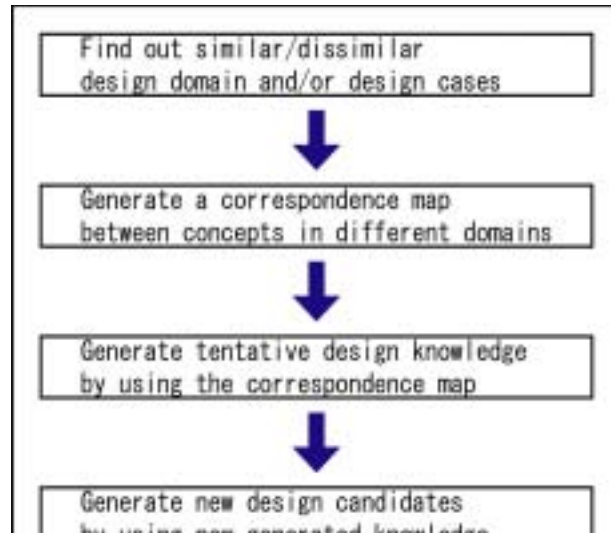


Fig.2 Design Flow in UAS

5. まとめ

本報では、創造的設計を実現するためのアブダクションについて解説し、アナロジーを用いた創造設計支援を提案した。また創造設計を支援するための環境である UAS の基本構成について提案した。今後の予定として、実際の設計事例から知識を抽出し、UAS の計算機への実装を試みる。

参考文献

- [1] R. Dieng: Knowledge Management and the Internet, IEEE Intelligent Systems, pages 14-17, 2000.
- [2] H. Takeda, M. Yoshioka and T. Tomiyama: A general framework for modeling of synthesis - integration of theories of synthesis -, In 13th International Conference on Engineering Design - ICED 01, Design Research - Theories, Methodologies, and Product Modeling, pages 307-314, 2001.
- [3] 米盛 裕二: パースの記号学, 勁草書房, 1981.
- [4] 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. Kluwer Academic Press, "Applied Logic Series," 2000.
- [5] H. Takeda. "Abduction for design". In J.S. Gero and E. Tyugu, editors, Formal Design Method for CAD, IFIP Transactions B-18, pages 221-244. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, 1994.
- [6]: 特集「類似性に基づく推論」, 人工知能学会誌, Vol. 17, No.1, 2002.