

## 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

東大 坂井宏充, 野間口大, 下村芳樹  
北大 吉岡真治, 国情 武田英明

### 1. 序論

設計の創造性はアブダクションという推論形態によって表現される[1]。著者らは創造的設計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[2]。UAS では領域知識間の知識統合を複数の類推機構により支援することを提案しているが、本報ではその類推機構のひとつとして、対象知識の構造的アナロジーを利用した類推機構を開発し、その効果を検証する。

### 2. Universal Abduction Studio (UAS)

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、両方の領域知識を統合的に用いることにより課題を解決する設計」と定義している。

上記の定義の基、UAS は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である。すなわち、UAS は設計の自動化を目指すのではなく、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協調的システムを目指している。UAS は、種々の領域知識と知識統合を支援するための複数の類推機構を提供する。ある設計課題に対してひとつの領域知識だけでは解決できない場合、設計者はまず UAS が提供する領域知識間の対応関係を作成するための知識操作手法を選択する。その後、UAS は選択された知識操作手法に基づいて領域知識間に対応関係を作成し、その対応関係を基に仮説的設計知識を提案する。設計者は提案された仮説的設計知識の評価を行うことにより、どの仮説的設計知識を利用するかを選択する。最後に、設計者は選択された仮説的設計知識に基づいて設計解を生成する。

### 3. UAS の実現手法

#### 3.1 知識の記述形式

UAS の基本概念を実現するためには、様々な種類の領域知識を利用し、またそれらの領域知識を統合して利用するため、統一的な知識記述の形式が求められる。本研究では、知識の記述形式として一階述語論理の枠組みを利用する。一階述語論理は、対象に対する豊富な表現力を持つ。また述語論理を利用することにより、知識の関係をグラフ構造で表現することができる。

#### 3.2 構造的アナロジーによる知識統合手法

UAS では、様々な類推機構を用意し多様な知識統合を支援することの必要性を指摘しているが、本報ではそのような多様な手法のひとつとして、構造的アナロジーを利用する知識統合支援を提案する。本手法は次の 2 つのプロセスから構成される。

#### ➤ 領域知識間の対応関係作成プロセス

知識統合により仮説的設計知識を得るためには、元となる領域知識と、知識統合のターゲットとなる領域知識の間に何らかの対応関係を見いださなければならない。本研究では異なる領域知識に対し、概念の対応関係のマップを作成するが、対応関係マップの作成手法として、述語論理の構造を利用したグラフマッチングの手法を用いる。述語形式で記述した設計知識の関係はグラフ構造として表現することができるため、対応関係を作る 2 つの領域知識のグラフに対して部分グラフマッチングを行い、マッチしたノードを基に対応関係を生成する。またこのとき、作成されたマップが非常に多数に上ることが予想されるため、各マップに得点を与え、そのランキングを作成して設計者に提示し、生成された多数の対応マップのどれを利用すればよいかの指針を与えるものとする。ただし、このランキングはひとつの指針であり、設計者は任意の対応マップを使用可能とする。

#### ➤ 仮説的設計知識導出プロセス

領域知識間に対応関係を作成した後、その対応関係を基に仮説的な設計知識を作成する必要がある。この仮説的な設計知識を設計者が受け入れた結果として知識統合が行われる。本研究では、獲得された領域知識間の対応関係に基づき仮説的設計知識を導出する。具体的な導出手法としては、設計者が採用した領域知識間の対応関係より得られる部分グラフを外側に拡張した部分(部分グラフと直接接続するノード：近傍)に対して、アナロジーを適用する。今回採用したグラフマッチングの手法では、述語に当たる実体や関係の概念に対する対応を取るため、領域知識間で対応を取る部分グラフには完全な一致が求められる。ここで行われるアナロジーには次の 3 つのタイプが考えられる。これらのアナロジーの結果が仮説的設計知識として設計者に提案される。

- 一致するサブグラフの近傍も一致しているとみなす。このアナロジーにより、グラフマッチングではマッチしなかったサブグラフ近傍の要素間にも対応関係が構築され、新たな関係の発見が期待できる。
- ターゲット領域のみに存在するサブグラフの近傍をベース領域に追加する。
- ベース領域のみに存在するサブグラフの近傍をベース領域から削除する。

#### 4. 知識統合支援の検証

前述の知識統合手法を実装した、構造的アナロジーに基づく知識統合支援システムを開発し、その効果を検証した。

ここでは例題として、自動車ホイールキャップの設計手順書を用い、その設計手順を基にした類似性による知識統合を試行した。システムの実行例を図 1 に示す。本検証の結果、設計者はシステムの操作を通して、仮説的な設計知識を得ることができ、さらに得られた仮説的知識を設計者自身が評価し、利用可能であると判断した結果、仮説的知識は領域知識へと統合された。以上のように、グラフ構造の構造的アナロジーを利用して設計手順書間の知識を統合し、知識の拡張を支援することができた。

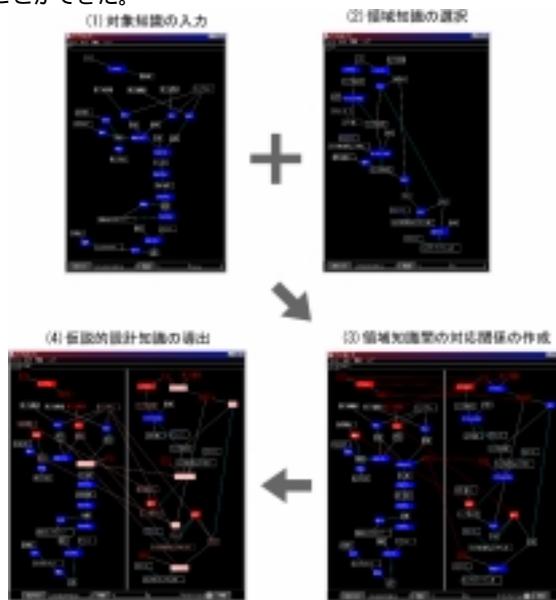


図 1. システムの実行例

### 5. 結論

本報では、創造的設計支援を目的として提案された UAS の概念に基づき、領域知識間の知識統合を支援する類推機構を開発した。実際に例題を用いて、本研究で開発した類推機構により、領域知識間の知識統合が可能であることを示した。

#### 参考文献

- [1] Hideaki Takeda: Abduction for design. In J.S. Gero and E. Tyugu, editors, Formal Design Method for CAD, IFIP Transactions B-18, pp.221-244 (1994)
- [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, (2003)(本講演会にて発表予定).