

創造的設計支援のための知識表現形式

都立大 ○杉山 明紀, 首都大 鈴木 遼, 中西 雅俊, ◎下村 芳樹, 国情 武田 英明, 北大 吉岡 真治

要旨

創造的な設計の実現においては、異領域の知識同士を柔軟に統合する過程が重要であると言われており、この知識統合を総合的に支援する計算機環境である Universal Abduction Studio(UAS)の概念が提案されている。本稿では、UAS のプロトタイプシステムにおいて、計算機が知識統合により導出した仮説的知識の有用性を向上させるための知識表現形式の拡張方法を提案し、その有用性を検証する。

1. はじめに

近年、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高度化、複雑化に伴い、設計者に対する負担は一層大きなものとなっている。また、近年のネットワーク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[1]。そのため、創造的設計を総合的に支援する計算機システム Universal Abduction Studio(UAS)が提案され、プロトタイプシステムが構築されている[2]。本稿では、UAS のプロトタイプシステムにおいて、計算機が知識統合により導出した仮説的知識の有用性を向上させるための知識表現形式の拡張方法を提案し、その有用性を検証する。

2. Universal Abduction Studio

2.1 Universal Abduction Studio の基本構想

下村らは、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[2]。

UAS は、設計の自動化を目的とするのではなく、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ことを目的とする設計支援環境である。UAS の基本構造は、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なる。設計者はワークスペースに解決を必要とする設計課題、あるいは暫定的な設計案を配置し、その全体や部分に対して UAS による支援を受けつつ知識ベースに格納される知識を適用することにより設計を遂行する。様々な領域に属する知識を一つの設計に適用するためには知識の統合が必要であり、このとき知識統合モジュール群から状況に応じて適切と考えられる知識統合モジュールが選択的に使用される。このようにして設計の各場面で必要な知識を、そこでの適切な知識に変換して適用していくことで UAS における設計は進行する。

2.2 アナロジー推論

UAS では、異なる領域に属する知識同士を互いに関連づけるための知識操作を実現するにあたり、アナロジー推論[3]を利用する[4]。アナロジー推論では、ある領域(ターゲット領域)に属する要素と、それとは異なる別の領域(ベース領域)に属する要素とを多様な類似性に基づき対応付け、その対応付けを根拠として、ベース領域には存在するがターゲット領域には存在しない要素をターゲット領域に転写することによって、新しい知見の候補を獲得することを行う。

2.3 知識表現形式

既開発の UAS のプロトタイプシステムでは、自然言語で記述された知識をそのままの形式で扱うのではなく、表現する内容を計算機がより扱いやすくするために、設計知識中の述語、

対象、属性、修飾子を要素(ノード)とし、格(アーク)で接続することによってグラフ構造に変換している。また、それぞれの要素をアークで接続しただけでは、それらの意味的關係を判別することができないため、「深層格[5]」の利用により要素間の關係を明示している。しかし、深層格のタグ付けは人間の手で 1 つ 1 つ行う必要があるため、多くの領域の知識を効率的に計算機上に蓄えることが困難である。このような背景のもと、自然言語で記述された設計知識を計算機が自動的にグラフ構造に変換するシステム(以下、自動タグ付けシステム)が提案されている[6]。自動タグ付けシステムでは、従来手法のように語彙間の意味的關係をアークで接続するのではなく、自然言語で記述される知識の係り受け構造の解析を行い、「表層」で述語と任意の格の結合關係を定義する。

また、深層格によるタグ付けにおいて付与されていた情報としては、「オントロジーに基づく情報」「概念間の關係を表す情報」「視点に関する情報」の 3 種類が用意されている。タグ付けの自動化を行う上で、「視点に関する情報」はその現象の物理法則などを理解する必要があり、その自動化は困難と考えられるため「オントロジーに基づく情報」と「概念間の關係を表す情報」についてのみが自動的に付与される[6]。

3. 研究目的

前章で述べたように、既存研究において新たに自動タグ付けシステムが導入されたことにより、知識ベースに蓄積される知識量が増加するとともに、生成される仮説的知識の量も増加した。しかしその反面、生成された仮説的知識の大半を問題解決に使用することができない、すなわち有用性のない仮説的知識が占めることとなった。その原因として、知識ベース全体の語彙が増加したことにより、本来対応付くべきであると考えられる語彙間以外にも対応關係が生成される場合が増加したこと、自然言語による知識記述の文章形態が統一されていなかったことが挙げられる。そこで本研究では、知識ベースに記述する知識表現形式を新たに提案することにより、生成される仮説的知識群中において、有用性のある仮説的知識の比率を高めることを目的とする。

4. 提案手法

生成される仮説的知識群中に、有用性があると思われる仮説的知識の比率を高めるため、2つの手法を提案する。

1. 知識表現のテンプレート化
2. 動詞の使用制限

以下で、これら 2つの手法について述べる。

4.1 知識表現のテンプレート化

本研究では、TRIZ 手法に関連する文献[7]より、TRIZ 手法の適用例として紹介されている事例 123 個を抜粋し、それらを知識表現ごとに分類することにより図 1 に示す計 6 種類のテンプレートを作成した。

テンプレートの適用方法は、自然言語で記述された知識をここで提案されるテンプレートのうち記述の形が最も近いものの

記述形式に変換する方法を取る。そのとき、図1におけるA~Dに当てはまる部分は語のみではなく句や節も含めて適用することにより、自然言語の持つ表現の柔軟性という利点を生かすことが可能となる。テンプレートの適用により、自然言語で記述される知識の記述形態が単純化され、知識間の無駄な対応関係の生成を抑制することが可能となる。

2.3で述べたように、タグ付けの自動化を行う上で、設計知識に対して視点の情報を付与することは困難である。そこで本研究では、設計対象等の重要な語彙を重要度の概念を導入することにより識別可能にすることで設計対象中心の仮説的知識の生成を行うことが可能となる。また、重要度はターゲット知識(ベースに対して類推の対象とする相手先知識)のみに適用し、前述のテンプレートと連動させることで手作業による補完を最小限にし、タグ付けの自動化を有効に利用する。

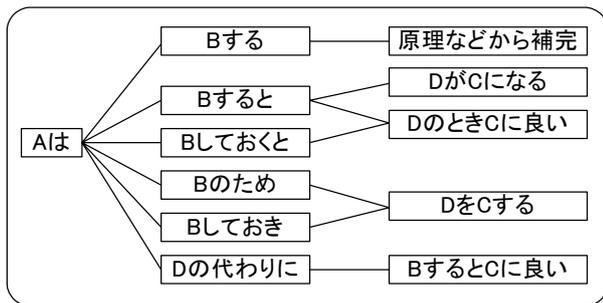


図1 知識表現テンプレート

4.2 動詞の使用制限

動詞間の対応付けに関しては、以下の4種類の制約を導入する。

1. 同一の動詞間では対応関係を生成しない
2. 意味的に類似した動詞間では対応関係を生成しない
3. サ変動詞との間に対応関係を生成しない
4. 複合動詞の分割を行わない

以上の制約の導入によって、対応関係を生成しない動詞を決めることにより、知識ベースに既に記述されている知識と類似した問題解決に使用することが困難であると思われる仮説的知識は導出せず、創造性のある仮説的知識のみを導出することが期待される。また、特定の動詞の種類によって制限を加えることでも問題解決に使用できない仮説的知識の生成を抑制することが可能になると考える。

5. 検証

前章までに述べた提案手法の有効性を示すため、事例検証を行った。本検証では、TRIZ技法の関連文献[7]よりTRIZの原理を説明するための事例123個を抜粋し、それらに対し提案手法の1つであるテンプレートを適用する前後計2通りの知識に自動タグ付けシステムによってタグ付けを行い、UASの推論機構によって仮説的知識の導出を行った。例として、ターゲット知識に『空気ダクトの直角曲がり管』に関する知識を使用し、作成した2種類の知識ベースとの間に仮説的知識の生成を行った結果を表1に示す。

6. 考察

6.1 知識表現のテンプレート化に関する考察

表1から、テンプレートを適用することにより、有用性のある仮説的知識の比率が高くなることが確認できる。テンプレートを適用する際、自然言語で記述される知識の語彙を操作して作成した部分の他に、人手により意識され補完した部分があるため、自然言語で記述した場合よりも有用性のある仮説的知識の導出を行うことが可能になったと考えられる。また重要度を適用することによって、設計対象を明確に表示することができるようになったが、設計対象には専門用語が多いため、他の語彙間での対応関係生成が行われにくいという短所があった。そ

れにより生成される対応関係が少なくなり、極端に生成される仮説的知識の数が減少してしまった。そのため、設計対象に対してとりわけ高い重要度を設定する現在の付与方法を変更するなどの対応が必要であると考えられる。

また重要度を適用することによって、設計対象を明確に表示することができるようになったが、設計対象に関する表現には多くの場合専門用語が含まれるため、他の語彙との対応関係が生成されにくいという問題があり、結果として生成される対応関係が限られ、極端に生成される仮説的知識の数が減少してしまった。そのため、設計対象に対してとりわけ高い重要度を設定する現在の付与方法を変更するなどの対応が必要であると考えられる。

表1 検証結果

	テンプレート適用前		テンプレート適用後	
	知識数	割合[%]	知識数	割合[%]
導出した仮説的知識	185	28.65	71	64.79
有用性がある仮説的知識	53		46	
動詞制限後の仮説的知識	178	24.16	50	54.00
有用性がある仮説的知識	43		27	

6.2 動詞の使用制限に関する考察

4.2節に述べた動詞の使用制限のうち1~3に関しては、既出の知識を仮説的知識として導出することを抑止し、また3に関しては仮説的知識の意味を理解困難であるものも導出することを防ぐことを目的として導入した。そのため、表1において動詞の使用制限を適用した場合、仮説的知識群全体に対する有用性のある知識の比率が下がっているのは、既出の知識が重複して導出されないようになったためであると考えられる。また、制約条件4に関しては今回の検証においては適用すべき知識表現が含まれていなかったため、本制約条件の有効性について未検証である。

7. 結論と展望

既開発のUASプロトタイプシステムの改良方法として、新たに提案された自動タグ付けシステムを用いた知識ベース作成方法に応じた知識表現形式の提案を行い、本手法により生成される仮説的知識群中に有用と思える仮説的知識の比率を高める事が可能であることを確認した。

今後は、重要度手法の改良並びに動詞以外の品詞に対する制約の導入について継続して検討を行う。

参考文献

- [1]R. Dieng: Knowledge Management and the Internet, IEEE Intelligent Systems, pp.14-17, 2000
- [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大会学術講演会講演論文集, p.22. 精密工学会, 2003. CD-ROM.
- [3] Keith J. Holyoak and Paul Thagard: "MentalLeaps: Analogy in Creative Thought". 鈴木宏昭, 河原哲雄 監訳: アナロジーの力. 新曜社, 1998.
- [4]下村芳樹, 他: Universal Abduction Studio の開発(第5報)-UASのための知識スキーム-. 2004年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, p.72, 2004.
- [5]Fillmore, Charles J.: the case for case, Universals in Linguistic Theory, pp.1-88, 1968.
- [6]吉岡真治, 他: 創造的設計支援に用いる仮説的設計知識生成のための自動文書タグ付け手法の提案. 2006年度人工知能学会全国大会講演論文集, 3B3-02. 人工知能学会, 2006.
- [7]日経メカニカル: 超発明術 TRIZ シリーズ 3 テクニク編 「図解40の発明原理」. 日経BP社, 1999.