

創造的設計のための仮説的知識生成支援の研究

Hypothetical Knowledge Generation Method for Creative Design

正 吉岡真治 (北海道大) 佐藤孝彦 (北海道大) 杉山明紀 (首都大学東京) 森本憲悟 (東大)

○ 武田英明 (国立情報学研究所) 下村芳樹 (首都大学東京)

Masaharu YOSHIOKA, Graduate School of Information Science and Technology,
Hokkaido University, N14 W9, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido, 060-0814, Japan
Takahiko SATOH Hokkaido University
Aki SUGIYAMA Tokyo Metropolitan University
Kengo MORIMOTO The University of Tokyo
Yoshiki SHIMOMURA Tokyo Metropolitan University
Hideaki TAKEDA National Institute of Informatics

In order to design new artifacts that are different from existing ones, it is crucial to have new knowledge for the design problem. We have already confirmed that combination of existing knowledge from different domain may be useful for this process by analyzing design cases. In this paper, we briefly review our hypothetical knowledge generation support environment “Universal Abduction Studio” (UAS) and propose an automatic method to organize design documents for this environment.

Key Words: Creative Design, Design Knowledge, Ontology, Analogy

1 はじめに

既存の製品の部分的改良やカスタマイズといった設計を支援するための方法は多く提案されているが、既存の設計解と異なる新しい設計解を作成するような創造的設計を支援する環境については、あまり多くの研究が行われていない。

これは、創造的設計が持つ多様性に起因すると考えている。例えば、今までに知られていなかった科学的発見により行われるもの（例えば、原子力発電や遺伝子治療）を支援するためには、科学的発見自体を支援する必要がある。

これに対し、創造的研究設計の支援のために、発明・発見のパターンを分析し、新たな創造的設計を支援する研究が行われている。この代表的な例としては、ロシアの特許文献の分析から新しい技術の発明のパターンを分析した TRIZ[1] や、異なるものの中に潜む同じものを抽出し、その関係に基づいて創造的な思考を行う方法論である等価変換理論 [2] などが提案されている。

これらの考え方は、既存の問題に関する知識を、設計者が直面している問題に関連付け、新しい知識を生成することにより設計者の問題解決に役立てようとする考え方と捉えることができる。

そこで、本研究では、これらの考え方と同様に、設計者にとって役立つ異なる領域の関連知識を発見し、既存の対象領域知識と組み合わせることにより、新たな仮説的知識を生成する方法である Universal Abduction Studio (UAS) の構想 [3] について概説し、UAS における知識のタグ付けの自動化手法について詳細をのべる。

2 Universal Abduction Studio (UAS)

2.1 創造的設計のための仮説的知識生成

既存の製品と大きく異なる創造的な設計が行われた後にその類似の製品の設計をすることは、最初の創造的な設計に比べれば容易である。これは、後者の設計では、前者の創造的な設計過程で生成された知識をリバースエンジニアリングなどにより獲得し、利用することが可能であるためである。

このことは、創造的設計においては、創造的な設計解を産み出すだけでなく、その設計に用いる新しい知識の生成が行わ

れているという事を意味していると考えている。我々は、この考えを検証するために、冷蔵庫の設計事例の分析を行い、設計における仮説的知識生成において、関連する異なる既存の領域知識の統合が新しい創造的設計解を導く事を確認した [4]。

このように異なる領域知識の間に関係を見つけ、創造的な問題解決につなげる方法として、等価変換理論 [2] が提案されている。この等価変換理論では、異なる問題の間に存在する等価性を表現した等価方程式 (式 1) により、創造的な設計を説明しようとする理論である。

$$A_o \begin{matrix} \uparrow \\ \sum a \\ \uparrow \\ \sum b \end{matrix} \stackrel{ce}{=} \begin{matrix} \uparrow \\ B_r \end{matrix} \quad (1)$$

この等価方程式は、既存の解決済の問題に関する記述 (A_o) と問題解決領域における解決策 (B_r) の間に本質的に含まれる同じもの (ce) を見だし、その意味での等価性を考えようという式である。この抽象化の課程を考慮すると、既存の問題点に特有の事象 ($\sum a$) の捨象と問題解決領域における解決策のための特殊化条件 ($\sum b$) を考える必要があることが明記されている。

ただし、この等価変換理論においては、様々な事例に基づく思考のプロセスの具体例が示されているだけであり、仮説的知識生成のための体系的な手法が提案されているわけではない。

これらの議論をふまえ、Universal Abduction Studio (UAS) の研究では、異なる領域知識の融合に基づく仮説的知識生成のためのガイドラインを提案し、実際に知識生成を行うプロトタイプシステムを作成することにより、設計者を支援するプロトタイプシステムを作成した [3]。

以下では、問題構造の類似性に基づく仮説的知識生成の方法に基づき知識生成の支援を行い、設計者の思考を拡張し、創造的な設計活動の支援を行う UAS のプロトタイプについて概観する。

2.2 問題構造の類似性に基づく仮説的知識生成

問題構造の類似性に基づく仮説的知識生成とは、知識を適用する状況が似ているという事から、知識間の関係を導きだし、仮説的知識を生成する方法である。

この方法では、異なる領域において用いられる設計知識と、その設計が対象とする問題構造を表す典型的な設計対象モデルが対になって保存されていることを仮定する。この時、設計者が持っている問題を表現した設計対象モデルを用いて、異なる領域の設計知識を適用するための設計対象モデルから類似した部分を取り出すことにより、異なる領域知識に基づく概念間の関係を見つけ、知識の変換に役立てる。

例えば、図 1 は問題構造の類似性を示した例である。この例では、クレーンの設計において支柱の軽量化を考える場合に、橋の設計における橋脚の軽量化に利用できる知識を利用できる可能性があり、クレーンにおけるアームの役割を、橋における橋梁が果たす関係にあるということが、問題構造の類似性から得られる。この概念間の対応関係に基づき、知識の変換を行うことにより、異なる領域の知識を対応づける方法である。

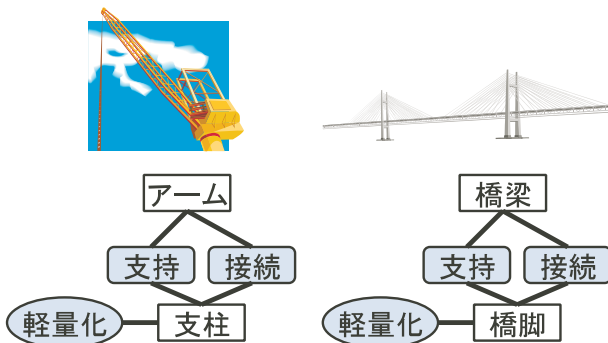


Fig. 1: 異なる問題領域間の類似性の発見

2.3 UAS のプロトタイプ

この問題構造の類似性を利用して、知識間の関係を導き新たな知識を生成し利用する UAS のプロトタイプを作成した。ここでは、設計対象のモデルおよび、その設計対象モデルに対して利用可能な知識は一階述語論理の形式で書かれているものを想定し、その述語と項の関係をグラフ構造として扱う。

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となる。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から見れば「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

異なる領域間でアナロジーに基づく推論を駆動するためには、一定の対応関係 (同一概念あるいは同一インスタンスである等の関係) が必要である。この時、このような関係が全てあらかじめ決められるような場合には、知識の変換なしで知識の融合が可能である。しかし、元々異なる領域知識に対して、このような完全な対応関係の存在は期待できない。そこでまず基礎となる同一性に関する対応関係を概念名の同一性に基づき導出する。この対応関係は多数存在しうるが、図 1 の例のように、概念間の関係を表すグラフ上の対応関係でスコアリングを行うことでもっともらしい関係を見出す。一方で、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、設計者自身が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 で生成した対応関係を用いて、仮説的な設計知識を導出することにより、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。2 で求めた対応関係を有する双方の知識上で、グラフの同一位置にあるノードは類似するノードの候補である。

ただし、この時点においては、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して認識する必要がある。このステップで生成された仮説的知識が設計者にとって利用可能でないとき、設計者はステップ 1 に戻って、新たな領域知識を選択するか、ステップ 2 に戻って別の対応関係作成手法を用いることになる。

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採用されるか否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は、提案された設計解候補の評価による仮説検証のプロセスが必要である。評価によって設計解候補が設計解として利用可能であると判断された場合は、その時点で設計を終了することができる。設計解候補が設計者の意図する仕様を満たさない場合、再び、設計者はステップ 1 からステップ 3 の各段階へ戻り、設計作業を繰り返す。

2.4 UAS プロトタイプシステムの評価

本プロトタイプシステムを用いて、自動車用ホイールキャップの補助ホルダガイドリブの設計手順書とホルダガイドリブ位置決定の手順書を用いて、既存の設計手順書とは異なる設計解の候補の作成実験を行った。この結果、異なる設計手順書において表記が異なっているような概念間の対応関係を見出すことができ、異なる領域知識の統合を実現することができた。

3 UAS のための設計文書の自動タグ付け手法

前節で紹介した UAS のプロトタイプシステムの実験においては、システムの実現可能性を検証するために、少数の既存の設計文書に対し、手作業でタグ付けした情報に基づいて実験を行った。このシステムの可能性をさらに検証するためには、事前に明白に関係が予想されないような異なる領域の知識を用いて、今までの知識とは大きく異なる仮説的知識を生成できる可能性を示すことが望まれる。

しかし、手作業により、多くの領域の知識を蓄積することは困難であるため、多種多量の知識の生成のためには、計算機上に蓄積された文書情報から自動的に本システムで利用可能な形式のタグをつけることが望まれる。よって、本研究では、UAS のための設計文書の自動タグ付け手法を提案する。

3.1 自動タグ付けシステムの基本方針

本システムは、設計に関する知識を記述した文書を入力として、その入力に応じたタグ情報を付加した UAS 用設計知識を生成し出力することをその目的とする。設計に関する知識を記述した文書には様々なタイプのものがあると考えられるが、手始めに、「～ならば～する」といったような、if-then 形式で記述された文書を対象としてタグ付けを行うこととした。

具体的には、構文解析機として Cabocha[5] を利用するとともに、日本語語彙大系 [6] を利用して、動詞と名詞間の係り関係に関する文法情報を付加し、UAS のための設計文書情報を XML 形式で出力する (図 2)。

各々の手続きの詳細については、以降の節で述べる。

3.2 設計文書からの if-then 型知識の抽出

設計に関連する知識には、様々なタイプが存在する。例えば、物理法則などに基づく因果関係の知識、対象の属性に関する知

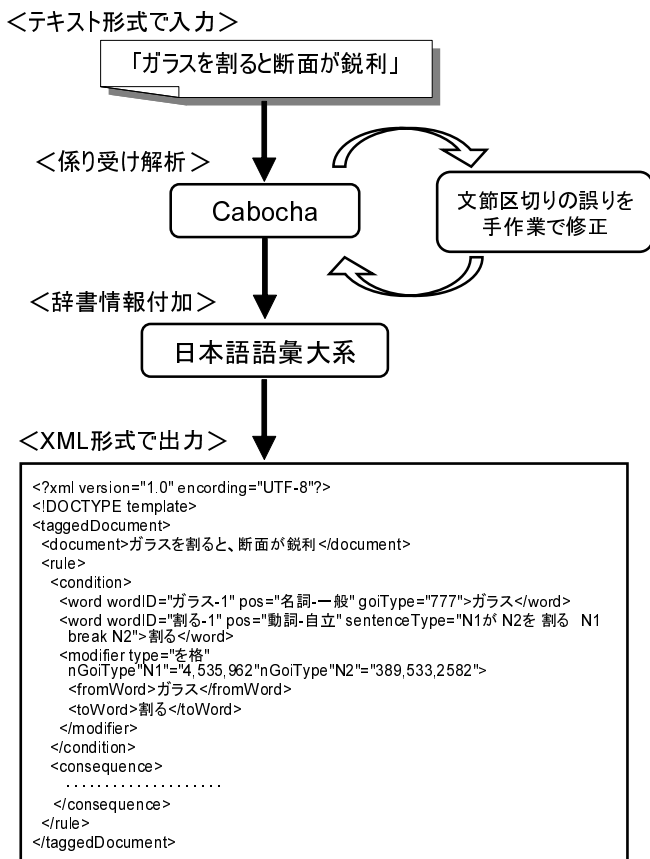


Fig. 2: 自動タグ付けシステムの作業の流れ

識、領域固有のノウハウと呼ばれる知識などが存在する。ここで、物理法則などの高度に抽象化された知識については、UASで提案する方法などを使わなくとも、様々な領域で利用可能であるため、本研究では、領域固有のノウハウと呼ばれるような知識の再利用を主な目標とする。

この、ノウハウと呼ばれるような知識の中にも様々なタイプの知識があり、「～するべき」「～するべからず」といったタイプの良い設計、悪い設計に関する知識や、「～ならば～する」といった因果関係の知識、問題解決の手順を述べたような知識などが存在する。

本研究では、その第一段階として、「ある状況や行為を仮定すると、その結果としてある状況や行為が得られる」という因果関係を表現する知識を「if-then 型知識」と呼び、このタイプの知識のみを取り扱うこととした。この際に、「～するべき」「～するべからず」といった知識に付いては、「～するべき」については、「～するなら良い設計」「～するべからず」については、「～するなら悪い設計」という因果関係を表現した知識と捉えて同じ枠組みで扱うこととした。

実際の文書中から if 部あるいは then 部に相当する項目を抽出し、タグ付けを行うために、本研究では、[7]を参考に、10種類のパターンを作成し、以降の実験で利用した。

3.3 構文解析結果の修正

Cabocha による構文解析の結果が大きく間違っている場合には、作成した知識が役に立たないものになる可能性が非常に高い。よって、構文解析の結果を修正することは重要であると考えられる。一方、全ての構文解析の結果をチェックして、正しい構文解析結果を作成することは、タグ付け作業の自動化という観点

からは、負荷の大きな作業と考えることができる。よって、以下の基準を満たすものが存在した場合のみ、構文解析結果の修正を手で行うこととした。

1. 未知語の取り扱い
構文解析の結果として、未知語が存在すると判定された場合には、手作業で品詞情報・形態素区切りを修正する。間違った分割であっても、未知語を含まない形で分割されたものについては、チェックを行わない。
2. サ変名詞の取り扱い
サ変名詞のあとに「～する」が続いている場合には、動作が主体と考え、サ変名詞として取り扱うが、それ以外の場合は、「普通名詞」として扱う。

3.4 日本語語彙大系に基づく辞書情報の付加

このようにして得られた動詞と名詞の係り関係の情報を元に、UASのプロトタイプシステムで用いているのと同様の、問題構造を表すグラフの作成が可能となる。しかし、単純に動詞と名詞というノードの間に係り関係というラベルなしのリンクを張るグラフとして問題構造を表現すると、「木で橋を作る」と「鉄で建物を作る」という問題記述の間の類似性を考える場合に、「木 鉄」「橋 建物」という対応関係以外に、「木 建物」「橋 鉄」といった対応関係に付いても検討した方が良いことになり、あまり意味のないと考えられる多くの知識候補を生成するという問題が発生する。

この問題を解決するために、UASの先行研究[8]では、主に機械翻訳や自然言語処理などの分野で研究されてきた「深層格」[9]を利用したタグ付けを行っていた。この「深層格」によるタグ付けは、正確にタグ付けができると、非常に有用な情報となるが、その体系が曖昧なため、深層格を一意に認定することが困難な場合がある。例えば、「フライパンに入れる」という文において、「フライパン」は「入れる」の「場所格」と認定することもできれば「道具格」と認定することも可能である。よって、先行研究では、このタグ付けの曖昧性を複数の格を同時に付けるという事で問題解決をはかろうとしていた。

しかし、このような作業を正確に行うためには、動詞と名詞の組み合わせに関する一貫性の高い大規模な辞書が必要であり、係り受け関係の判別の自動化は容易ではない。

これに対し、本研究では、結合価文法に基づき係り受け関係の判別を提案する。結合価文法は、日本語語彙大系[6]で用いられている文法であり、「深層格」の存在は仮定せず、「表層」で述語と任意の格の結合関係を定義する。この文法では、図3に示すような動詞の文系パターンの情報と名詞の意味カテゴリーの情報を組み合わせた辞書情報に基づき動詞と名詞の関係に意味的な制約を加える。

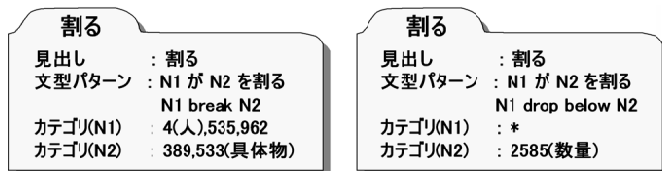


Fig. 3: 結合価文法における辞書情報

ここで、例えば、「ガラスを割る」という例文を対象にする場合には、ガラスの意味カテゴリーを調べ(777(ガラス))、その上位概念(539(具体物))を文型パターンの制約に含む図3の左側の割るの意味で用いられていることが判定でき、名詞と動詞の

関係としては、389(施設)ないしは539(具体物)と関係付けられる「を格」というラベルを付けることができる。

よって、UASにおけるラベルづけという観点から、この結合価文法を分析すると、格文法を用いていたシステムとほぼ同等なことが実現できると考えられる。

また、格文法に基づく辞書に比べ一貫性の高い辞書が作りやすく、大規模な辞書が利用可能であることなどを考慮し、本研究では、結合価文法によるラベルづけを行うこととした。

ただし、日本語語彙大系は、辞書のエントリーが30万語と豊富ではあるものの、専門用語などにもれも多く、対応する辞書のエントリーが存在しない場合がある。この語が複数の形態素から構成される名詞の場合には、その主辞(多くの場合、一番最後の名詞)の辞書のエントリーに対応する意味カテゴリーを付与する。

また、日本語では主語や目的語の省略などがしばしば行われることを考慮した係り受けの語の補完を行なった。

3.5 XML形式による出力

if部に相当する部分と、then部に相当する部分の各々に付いて、構文解析の結果ならびに辞書情報を付加したタグ付けを行う。UASでは、問題の種類に応じて、if部とマッチングを行うのか、then部とマッチングを行うのかの制御を行う。

4 自動タグ付け実験と仮説的知識の生成

本自動タグ付けシステムの有用性を検証するために、以下の2つの項目を検証するための実験を行った。

1. 自動文書タグ付けシステムに必要な手作業の量と、生成した情報の精度と再現率の検証
2. 作成されたタグ付け情報を用いた仮説的知識の生成可能性の検証

4.1 実験1 - 自動文書タグ付けシステムの性能評価

「続・機械設計 心得ノート」[7]から、if-then知識と考えられる270文・346個の知識を抽出し、入力テキストとし、自動文書タグ付けシステムによって作成された知識が必要な情報を保持できているか検証した。

実際に行った手作業の量、生成した情報の精度と再現率に関する情報は下記の通りである。

- 文節区切りの修正割合
文節数 3594 に対して、265 文節に手作業で修正を加え、 $\frac{265}{3594} \approx 7.37\%$ となった。
- 修飾関係の誤解析割合
上と同様、文節数 3594 に対して、121 文節で誤解析があり、 $\frac{121}{3594} \approx 3.37\%$ となった。
- 述語に直接係る名詞(サ変名詞は述語とする)の辞書情報付加に関する再現率と精度
語彙数 1163 に対して、1053 個の語彙に辞書情報を付加し、再現率は $\frac{1053}{1163} \approx 90.5\%$ となった。
また、その精度は、 $\frac{952}{1053} \approx 90.4\%$ となった。
複合語に対する処理を行うことにより、専門用語を多く含む文書に対しても、ある程度の再現率を確保することができた。誤りは、主に、専門用語が不適切に分割されたために、元の意味が復元できない場合と、専門用語が一般用語と異なる意味カテゴリーで利用される場合がほとんどであった。
- 述語の辞書情報付加に関する再現率と精度
語彙数 849 に対して、411 個の語彙に辞書情報を付加し、再現率は $\frac{411}{849} \approx 48.4\%$ となった。また、その精度は $\frac{345}{411} \approx 83.9\%$ となった。

動詞にかかっている名詞の意味カテゴリーの分類が間違っている場合やできる限り多くの文型パターンの情報をとろうとするために行った情報の補完が間違った場合などに間違った文型パターンを設定してしまった。

全体の結果を総評すると、述語の辞書情報付加割合があまり高くない。一方で、名詞の意味カテゴリーはよって、このような述語を対象にする場合には、表層の助詞の情報と名詞の意味カテゴリーを利用したマッチングを行う必要があると考えられる。

4.2 実験2 - 知識統合手法の評価

作成した知識の有用性を検討するために、UASのプロトタイプシステムを改良し、結合価文法を考慮した知識間の対応関係を生成するシステムを作成し(図4)、その結果を検証する。本システムでは、入力として与えられた設計文書から一つを選択し、その文書と他の文書との類似性を考慮することにより、選択した設計文書が取り扱う問題に役立つ仮説的知識を生成する。

以前のシステムでは、深層格が同じ時に対応関係を生成していたが、改良したシステムでは、助詞によって決まる表層格(「が格」、「を格」など:文型パターンにより、他の助詞と置き換えが可能なが明記されているばあいは、その格ともマッチングを行う)が一致し、その格による動詞と名詞の意味的制約が一致する度合いが高いほど、スコアを高くした。また、動詞については、以前のプロトタイプと同様にEDR[10]の概念辞書の概念階層の類似性に基づいたスコアリングを行い、そのスコアの下限を決めることにより、候補とする知識の数を減らすことを行った。一方、名詞に関しては、専門用語の概念カテゴリーがうまく推定できないことが多いことなどを考慮して、特に下限をもうけなかった。

本実験では、本システムと自動タグ付けされた知識を用いて、UASのプロトタイプシステムで導出された仮説的知識が導出できるかどうかを検証する。

具体的には、「カメラのフィルムに駆動を伝達し、かつ、撮影時には正確な位置にフィルムを停止させることが可能な機構」という問題記述をシステムに与え、これらの問題に役立つと考えられる仮説的知識の生成を行った。

この設計課題に関して仮説的知識の生成を行った出力結果の上位5件を図5に示す。図中の太字で示された単語と[]でくくられた単語が、UASにより発見された対応する単語であり、元の知識は、太字の単語を[]でくくられた単語に置き換えたものである。

1番目の仮説的知識は、従来のUASのプロトタイプシステムで導かれていたものと同じものであり、本システムによる自動タグ付けの結果が、仮説的知識生成という観点から従来システムと同等のタグ付けが可能であることを確認した。

4.3 実験2の考察

実験2において、実際に多くの知識にタグ付けを行い、プロトタイプシステムと同様のスコアリングを行って、有用な知識を発見しようと試みたところ、上位の仮説知識として、複数の動詞間の対応関係を持つ知識が導出された。

これらの知識について分析したところ、適切とは思われない動詞間の対応関係が多く存在していることが判明した。

設計問題について考えると、名詞には、その利用目的に応じた多様な概念分類が可能であるが、一般的な辞書であるEDRや日本語語彙大系では、このような詳細な概念分類が行われていないことが想定される。また、専門用語のように、辞書に存在しない用語があることを考慮すると、多少、類似度が低くても、仮説知識の候補として生成した方が良い物が存在する。これに対し、動詞は、そもそも数が名詞に比べて少なく、専門用語になった場合でも、主辞は一般的な動詞である複合動詞である場合が多く、辞書に載っていないという場合が少ない。また、

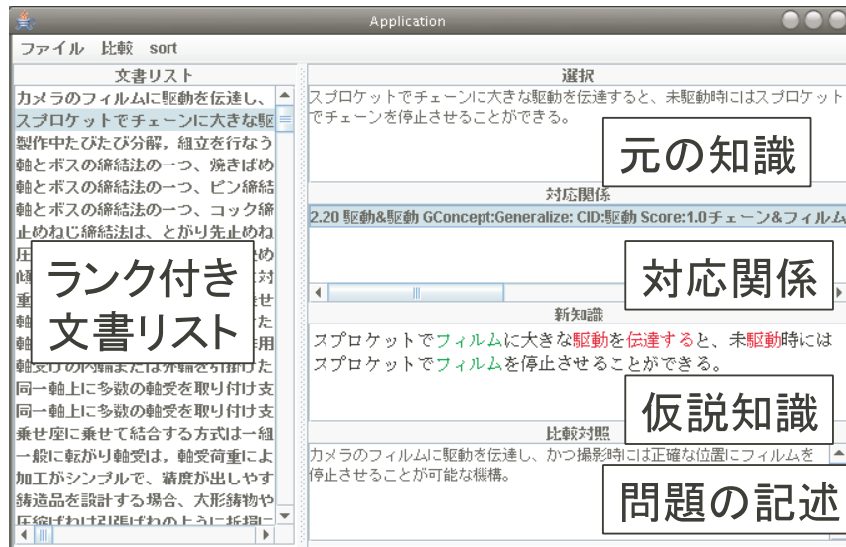


Fig. 4: UAS システム

1. スプロケットでフィルム [チェーン] に大きな駆動 [駆動] を伝達する [伝達する] と、未駆動 [駆動] 時にはスプロケットでフィルム [チェーン] を停止させることができる
2. 製作中たびたび分解、組立を行なう場合には、作業の簡略化のフィルム [ため] にカメラ [座金] のフィルム [爪] を正確 [ナット] の外周みぞに停止し [折り曲げ] なかったり、止め金を装着しないですますフィルム [ため]、最終組立工程でうっかり正確 [ナット] の回り止めを忘れることが少なくない。そのフィルム [ため] に大事故を伝達する [起こす] こともあるので、正確 [ナット] のゆるみ止めをカメラ [念] のフィルム [ため] 図面に指示するのが安全である。
3. 正確 [軸] と位置 [ボス] の締結法の一つ、ピン締結法は、正確 [軸] と位置 [ボス] に停止さ [あけら] れた穴に継手ピンを挿入し、正確 [軸] と位置 [ボス] 間の回転運動や小さな駆動 [トルク] を伝達する [伝達する] 締結方式。
4. フィルム [軸] とボスの締結法の一つ、焼きばめ、冷やしばめ締結法は、ボスを加熱またはフィルム [軸] を停止する [冷却する] ことによりボス内径をフィルム外径より大きくしてボスをフィルム [軸] に挿入し、弾性ひずみでフィルム [軸] とボスとを強く固定し駆動 [トルク] などを伝達する [伝達する]。
5. 止めねじ締結法は、とがり先止めねじの伝達 [締め付け] では伝達トルクが小さく、過負荷トルク発生時に軸とボスがスリップし、カメラ [軸] をいたためボスの着脱が困難になる難点がある。その点で軸の駆動 [切平面] を棒先止めねじで伝達する [締め付ける] 方式の方が優れる。

Fig. 5: 生成された仮説知識

名詞に比べると、中間階層の概念が、「ものを対象とする行為」といった非常に抽象的なものが多く、一定階層以上の抽象化により、あまり適切でない対応関係が増える傾向にある。

これに対し、以前のプロトタイプシステムでは、動詞と名詞について同じように類似度を計算しており、結果として、適切ではない対応関係を多く含む知識が生成されたと考えている。このような分析結果に基づき、本システムでは、名詞に関しては、抽象化の段数の制限を設けないが、動詞に関しては、2階層までの抽象化しか許さないという制約を設けることにより、上記の問題に対応した。

また、設計対象が持つ機能が「動詞 + 目的語」などの形式で記述することが可能である [11] ということを見ると、今回の制約を導入することにより、設計対象が持つ機能が類似している問題から知識を生成するという事を意味していると考えている。

残念ながら、現時点では、収録している知識数が少ないため、有用性・妥当性の観点から役に立つ仮説的知識はほとんど生成されていないが、「伝達する」という機能に関連した知識が生成されているという点で、本手法の持つ性質が示されていると考えている。

5 まとめ

本論文では、設計者にとって役立つ異なる領域の関連知識を発見し、既存の対象領域知識と組み合わせることにより、新たな仮説的知識を生成する方法である Universal Abduction Studio (UAS) の構想とプロトタイプシステム [3] について概説するとともに、UAS における知識のタグ付けの自動化手法について述べた。また、実験により、本タグ付け手法の有用性を確認した。

今後は、収録している知識数を増やした更なる実験を行うと共に、実際に作成された知識の有用性の分析や、その有用性の分析に基づく、生成した仮説的知識のランキング手法などについて検討する必要があると考えている。

参考文献

- [1] V. Souchkov. TRIZ: A systematic approach to conceptual design. In *Universal Design Theory*, pp. 223–235, Aachen, Germany, 1998. Shaker Verlag.
- [2] 市川亀久彌. 創造工学 - 等価変換創造理論の技術開発分野への導入とその成果 -. ラティス, 1977.
- [3] 下村芳樹, 吉岡真治, 武田英明, 富山哲男. アブダクション

- に基づく設計者支援環境の基本構想. 日本機械学会論文集 C 編, Vol. 72, No. 713, pp. 274–281, 2006.
- [4] Tetsuo Tomiyama, Hideaki Takeda, Masaharu Yoshioka, and Yoshiki Shimomura. Abduction for creative design. In *Computational Synthesis: From Basic Building Blocks to High Level Functionality, Papers from the 2003 AAAI Symposium*, pp. 239–246. The American Association for Artificial Intelligence (AAAI), 2003.
- [5] 工藤拓, 松本裕治. チャンキングの段階適用による日本語係り受け解析. 情報処理学会論文誌, Vol. 43, No. 6, pp. 1834–1842, 2002.
- [6] NTT コミュニケーション科学基礎研究所 (監修). 日本語彙大系 CD-ROM 版. 岩波書店, 1999.
- [7] 渡辺秀則. 続・機械設計心得ノート - ベテラン設計者のノウハウ集 -. 日刊工業新聞社, 1988.
- [8] 武田英明, 藤本裕, 吉岡真治, 下村芳樹, 富山哲男. 設計情報の知的処理のためのタグ付け方法の検討. 2004 年度人工知能学会全国大会講演論文集. 人工知能学会, 2004. 3H3-02 (CD-ROM).
- [9] 日本語における表層格と深層格の対応関係 - 国立国語研究所報告 -. 三省堂, 1997.
- [10] 日本電子化辞書研究所. EDR 電子化辞書 (第 2 版) 仕様説明書, TR2-006(改), 2001.
- [11] Yasushi Umeda, Masaki Ishii, Masaharu Yoshioka, and Tetsuo Tomiyama. Supporting conceptual design based on the Function-Behavior-State modeler. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing (AIEDAM)*, Vol. 10, No. 4, pp. 275–288, September 1996.