

## 創造的設計のための仮説的知識生成支援の研究

吉岡真治	北海道大学大学院
佐藤孝彦	北海道大学大学院
杉山明紀	首都大学東京
森本憲悟	東京大学人工物工学研究センター
○武田英明	東京大学人工物工学研究センター／国立情報学研究所
下村芳樹	首都大学東京

Hideaki Takeda // The University of Tokyo / National Institute of Informatics NII

## 背景と目的

- 背景
  - 創造的な設計解
    - ◆ 以前の設計で使った知識をそのまま組み合わせて利用した設計では、創造的な設計解が提案できない
    - ◆ 以前に使ったことのない知識が必要
      - 科学的な発見に基づく知識の増加
      - 問題の再定義による異なる領域知識の組み合わせ
  - 知識生成の方法
    - ◆ 新しい科学的な発見による知識発見のモデル化は困難
    - ◆ 異なる領域知識の統合により、創造的設計解に至る可能性を確認
  - 創造的設計支援環境UAS
    - ◆ 手作業によるタグ付けが必要であり、知識量を増やすことが困難
- 目的
  - 創造的設計支援のための設計文書の自動タグ付け手法の提案
  - 対象とする知識を増やした場合に発生した問題点について考察

Hideaki Takeda // The University of Tokyo / National Institute of Informatics NII

## 創造的な設計の支援

- TRIZ
  - 発明のパターンを類型化
    - ◆ 問題が持つ要因を整理して構造化する手法を提案
    - ◆ 問題構造に応じて類型化された解法の提示
- 等価変換理論
  - 既存の解決済の問題( $A_0$ )と問題解決領域 ( $B_\tau$ ) の間に本質的に含まれる同じもの(c) を見だし、問題解決を行う方法を提案

$$A_0 \begin{array}{c} \uparrow \\ \sum a \\ \uparrow \end{array} \begin{array}{c} c \\ \varepsilon \end{array} = \begin{array}{c} \uparrow \\ \sum b \\ \uparrow \end{array} B_\tau$$

Hideaki Takeda // The University of Tokyo / National Institute of Informatics NII

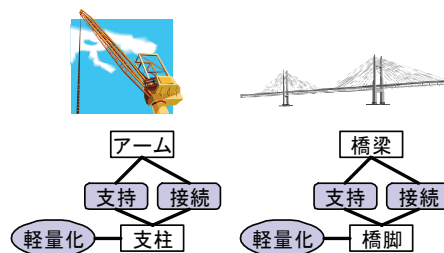
## 異なる領域知識の利用

- 類似した事例の利用
  - 機械要素の摩擦・ばね・ダンパー
  - 電気回路の抵抗・コンデンサ・コイル
- 異なる領域の知識の統合により、創造的設計解に至る可能性を確認
  - ポータブルCDの音とび防止
    - ◆ ピックアップの振動制御：機械ドメインの問題
    - ◆ データの継続的読み出し：通信や電子回路ドメインの問題

Hideaki Takeda // The University of Tokyo / National Institute of Informatics NII

## 問題構造の類似性に基づく仮説的知識生成と利用

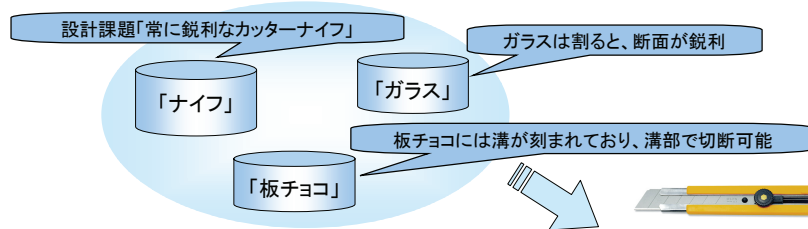
- 知識単独での類似性
  - 数式表現が似ている
    - ◆ 例：摩擦・ばね・ダンパーと抵抗・コンデンサ・コイル
- ○問題構造の類似性
  - 使われる状況が似ている知識
    - ◆ 問題定義において同じような役割を果たす概念間に類推に基づく対応関係を想定



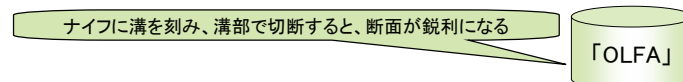
Hideaki Takeda // The University of Tokyo / National Institute of Informatics NII

## 創造的設計の具体例

- 「折る刃式カッターナイフ」 [オルファ株式会社]



- 本研究で対象とする創造的設計のための知識生成

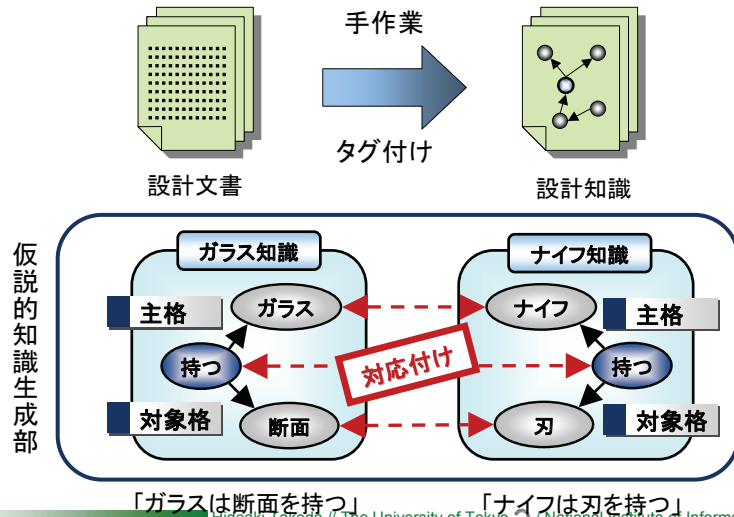


異なる領域で行われている設計事例あるいは当初無関係と思われていた領域知識から新たな知識を生成する

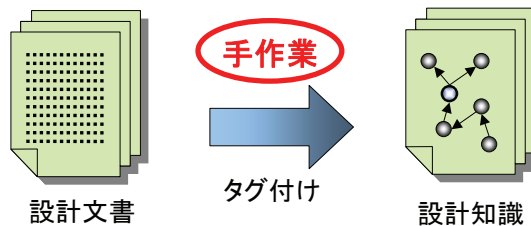
Hideaki Takeda // The University of Tokyo / National Institute of Informatics NII

## Universal Abduction Studio (UAS)

- 創造的設計支援のための仮説的知識生成システム



## UASの問題点



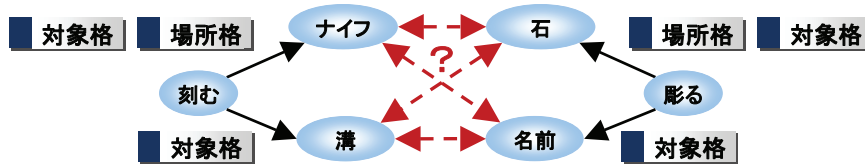
- 手作業によるタグ付けのため、知識の量が不足
- 大量の文書に一貫性のあるタグ付けは困難

自動化

知識生成に用いる自動文書タグ付け手法と  
生成された知識の利用法の提案

## タグ付けによる文書の構造化

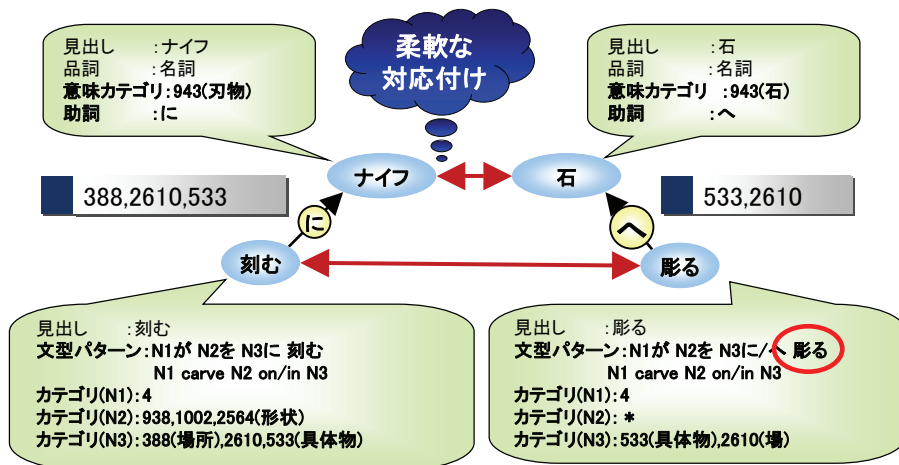
- 「ナイフに溝を刻む」 & 「石に名前を彫る」



- 述語と名詞の意味的關係をタグ付けする方法
  - **格文法**: 全ての言語に共通する比較的少数の「深層格」の存在を仮定し、それを付与する
- 問題点
  - 深層格の体系は曖昧であり格を一意に決めることは困難
  - 計算機上に表現できる情報（係り受け情報など）だけではさらに困難

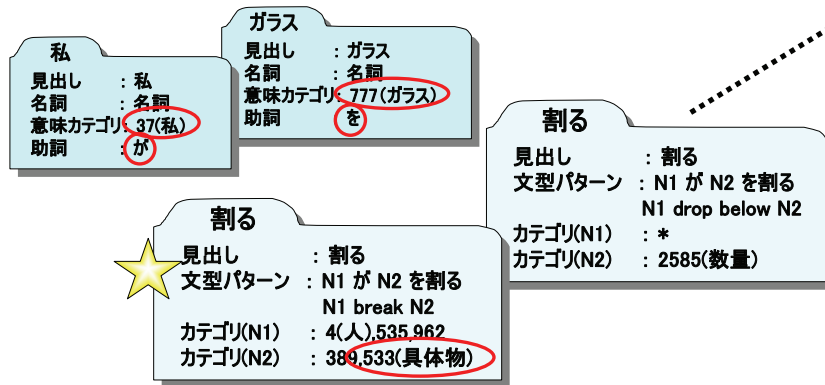
## 述語と名詞の意味的關係

- 結合価文法: 「深層格」の存在を仮定せず、「表層」で述語と名詞の結合關係が定義できる



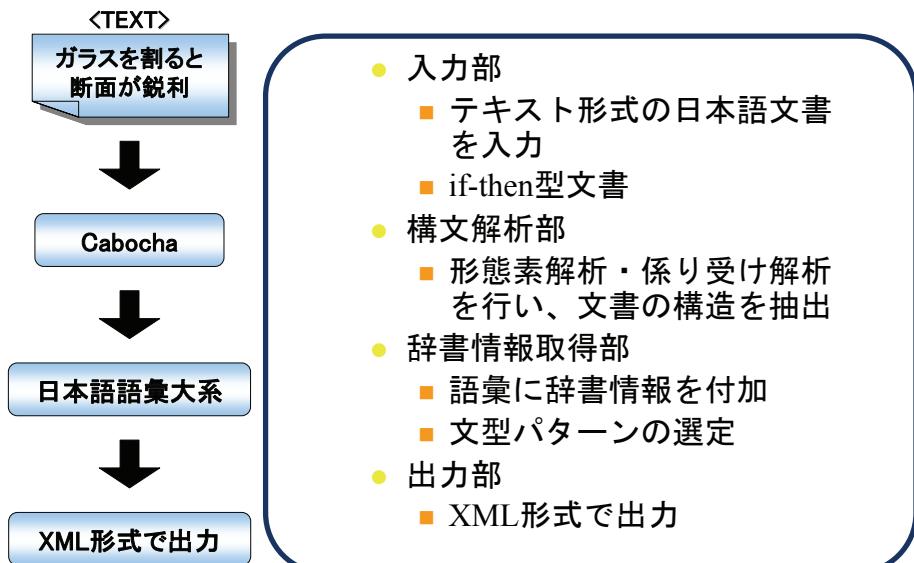
## 文型パターンの選定

- 動詞が多義の場合、複数の文型パターンを持つ
  - 動詞に対応する複数の文型パターンから、動詞に係る名詞と助詞の組で選定
  - 例：「私がガラスを割る」



Hideaki Takeda // The University of Tokyo / National Institute of Informatics NII

## 自動文書タグ付けシステム（全体像）



Hideaki Takeda // The University of Tokyo / National Institute of Informatics NII

## 自動文書タグ付けシステム（入力部）

<TEXT>

ガラスを割ると  
断面が鋭利

- if-then型知識
- パターンによる分類の自動化
  - 「～の場合、・・・。」
  - 「～すると、・・・。」
  - ⋮

のようなパターン10種類を作成し、  
分類の自動化

## 自動文書タグ付けシステム（構文解析部）

Cabocha

* 0 -10	ガラス	ガラス	ガラス	名詞一般
を	ヲ	を	を	助詞-格助詞一般
* 1 -10	割る	ワル	割る	動詞-自立 五段・ラ行 基本形
と	ト	と	と	助詞-接続助詞
.....				

手作業で修正(文節・品詞)

ガラスを-D  
割ると-D  
断面が-D  
鋭利

← 修飾関係

語彙情報 ↓

* 0 1D 0/1 1.18556152	ガラス	ガラス	ガラス	名詞一般
を	ヲ	を	を	助詞-格助詞一般
* 1 3D 0/1 0.61950975	割る	ワル	割る	動詞-自立 五段・ラ行 基本形
と	ト	と	と	助詞-接続助詞
.....				

## 自動文書タグ付けシステム（辞書情報取得部）

日本語語彙大系

- 名詞に辞書情報を付加
  - 辞書未登録語には全ての意味カテゴリと対応づく意味カテゴリを付加
  - 複合語未登録の場合は主辞（多くの場合は複合語の末尾の名詞）の意味カテゴリを用いる
- 述語の文型パターンを絞込む
  - 省略された情報がある場合には補完
    - ◆ 主体となる名詞（主語）
    - ◆ 同一文中での対象の省略

Hideaki Takeda // The University of Tokyo / National Institute of Informatics NII

## 自動文書タグ付けシステム（出力部）

XML形式で出力

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!DOCTYPE template>
<taggedDocument>
<document>ガラスを割ると、断面が鋭利</document>
<rule>
<CWord pos="名詞-一般" base="ナイフ">ナイフ</Cword>
<CWord pos="助詞-格助詞-一般" base="を">を</Cword>
<CWord pos="動詞-自立" base="割る">割る</Cword>
.....
<condition>
<word wordID="ガラス-1" pos="名詞-一般" goIType="777">ガラス</word>
<word wordID="割る-1" pos="動詞-自立"
sentenceType="N1が N2を 割る N1 break N2">割る</word>
<modifier type="を格" nGoIType="389,533,2582">
<fromWord>ガラス</fromWord>
<toWord>割る</toWord>
</modifier>
</condition>
<consequence>
.....
</consequence>
</rule>
</taggedDocument>
```

Hideaki Takeda // The University of Tokyo / National Institute of Informatics NII



## 実験概要

- 実験：自動文書タグ付けシステムの評価
  - 生成された知識が必要な情報を保持できているかの検証
- 実験手順
  - 「続・機械設計心得ノート」から、if-then知識と考えられる270文(文節数3594)・346個を入力データとする
  - 作成したシステムに入力データを1文ずつ入力し、出力結果を以下の観点で検証
    - ◆ 手作業をどのくらい必要としたか
    - ◆ 辞書情報をどのくらい付加することができたか

Hideaki Takeda // The University of Tokyo / National Institute of Informatics

## 実験結果

- 手作業による修正

手作業による文節区切り修正数	265(7.4%)
----------------	-----------

- 構文解析の精度

修飾関係の誤解析	121(3.4%)
----------	-----------

- 辞書情報の付加

	のべ語彙数	カテゴリ付与 (再現率)	適切なカテゴリ (精度)
名詞	1163	1053 (90.5%)	952 (90.4%)
述語	849	411(48.4%)	345(83.9%)

Hideaki Takeda // The University of Tokyo / National Institute of Informatics

## 実験結果

- 不適切なカテゴリを付加した原因
  - 専門用語（自重、内輪、仕上げしろ、～座）
- 複合語の処理で不適切なカテゴリを付加した原因
  - 形式名詞（～よう）の取り扱い
  - 接尾辞（～部）

Hideaki Takeda // The University of Tokyo / National Institute of Informatics

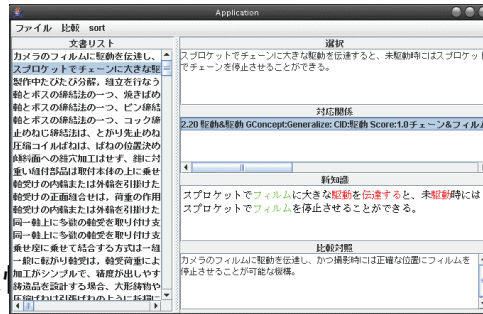
## 考察

- 名詞は再現率・精度ともに良いと考えられる
- 述語の結果の悪さは係り受け解析の精度・辞書の詳細度にも依存
- 設計に関する文書には、複合語が多く、主辞を用いたタグ付けにある程度効果が得られた
- 助詞は異なるが意味カテゴリのみが対応とれた場合で絞った文型パターンに適切なものが多かったことで、助詞の表記のゆれにある程度対応できる

Hideaki Takeda // The University of Tokyo / National Institute of Informatics

## 仮説知識生成実験の考察

- 実験で生成したタグ付き知識を用いて、仮説知識が生成可能であるかを検証

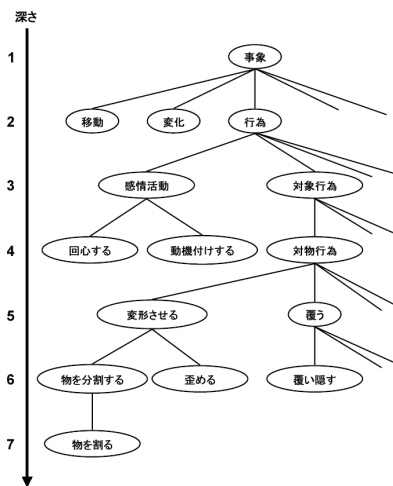


- 概念間の類似階層を利用

EDRの概念

## 概念階層知識を用いた対応関係の生成

- 概念階層知識を利用し、意味のある対応関係のみを選択
  - 対応付けを考える概念間の共通汎化概念の抽象度を利用した対応関係に対するスコアリング
    - ◆ 概念の階層の深さを考慮したスコアリング
 
$$\frac{2d_{common}}{d_i + d_j}$$
  - 下限値を設定することにより、意味のない対応関係の生成を抑制



## 生成例

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。

Hideaki Takeda // The University of Tokyo / National Institute of Informatics NII

## 生成例

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。

Hideaki Takeda // The University of Tokyo / National Institute of Informatics NII

## 仮説知識生成実験の考察

- 実際に以前のUASプロトタイプで導出の知識の導出に成功
- 問題
  - 適切でない知識が多く生成
    - ◆ 概念階層を利用した対応付けの問題
      - 設計という観点から考えると、動詞と名詞で、中間階層の概念の意義付けが大きく異なる。
      - 名詞：様々な分類の基準に基づく多重継承のカテゴリ。設計に役立つ全ての基準が記載されているわけではない。未定義語が存在するため、適切な中間階層の抽象概念を見つけることができない場合がある
      - 動詞：中間階層の概念が「ものを対象とする行為」といった抽象的な概念で、設計という観点で意味のある対応付けがあまりない
    - ◆ 動詞と名詞で、概念間の対応付けの戦略を変える必要性あり

Hideaki Takeda // The University of Tokyo / National Institute of Informatics NII

## まとめと今後の課題

- まとめ
  - 創造的設計に有効と考えられる、文書に自動で結合価文法を利用したタグ付けを行う手法を提案した
  - 生成された知識を用いて、UASの仮説的知識導出手法を改良し、創造的な仮説的知識を導出する可能性を示すことができた
  - 生成された知識を分析することにより、異なる知識間の対応関係をつけるための概念階層知識の利用方法を検討
- 今後の課題
  - 仮説的知識検証を設計の専門家に依頼する
  - 既存研究と、本研究の比較をしながら、タグ付けの詳細度と知識の量のトレードオフの問題について、そのバランスを検討する

Hideaki Takeda // The University of Tokyo / National Institute of Informatics NII