

要旨

本研究は、事例ベース推論を用いて、過去の設計改良事例を参照して組立製品の設計改良案を導出可能な手法の開発を目的としている。前報では、オブジェクト指向によって製品の設計改良事例に組立工程・設備に関連づけた設計改良案のモデル化を提案した。本報では、設計改良事例を類似パターンによって分類し重みを付け加えて登録し、類似性を検索手法について報告する。

1. はじめに

製品の組立性を向上するためには、組立構造、部品形状の設計改良が必要である。そのために、組立製品の設計改良が多くなされたい[1]。このような組立性を向上させるために行われた過去の設計改良事例をより有効活用するには、計算機に過去の設計改良事例を登録しておき、現時点で設計改良が必要な製品に対して、過去の類似した設計改良事例を効率的に検索できる手法が必要である。

そこで本研究では、事例ベース推論(Case-Based Reasoning: CBR)[2]を用いて、製品設計改良事例を効率的に検索できるシステムを開発するために、過去の設計改良の成功事例を類似したパターンによって分類し、複雑な設計改良問題の分析を行い、類似した改良事例の検索の単純化を行った。

本報では、まず組立作業のどの部分に設計改良効果が現れるかを明らかにし、各設計改良対象ごとに改良事例を分類し、事例登録時識別子として付け加えられたサロゲートによる類似事例の登録手法、また類似度計算手法を提案する。但し、本研究で取り扱う組立作業は、自動組立のなかで、部品供給作業と組付作業に限定した。

2. 組立作業の分析と事例登録手法

2.1 設計改良観点から見た組立作業の分析

製品の自動組立作業における設計改良作業は「供給(feeding)」「移送(transfer)」「組付(assembly)」の3要素[3]として分類した。そして典型的な組立作業の構成要素と各作業の構成要素において、組立作業を低下させる原因となる組立構造および部品形状の問題点との関係を図1のように分類した。

部品供給作業を容易にするために行われた設計改良操作は大きく、分離、整列、ピックアップの3つの構成要素に分類し、組付作業の場合は位置決め、挿入、結合として分類した。これによって設計改良の効果が組立作業のどの部分に影響を与えるのかが明確に分類できる。

2.2 事例の登録

事例の分類に従って図2のように、利用可能な事例を類似パターンによって組織化を行い、組立性に重要となる属性及び状態の集合として表し、かつ各事例に識別性を与えて統一的に登録した。これらの説明を

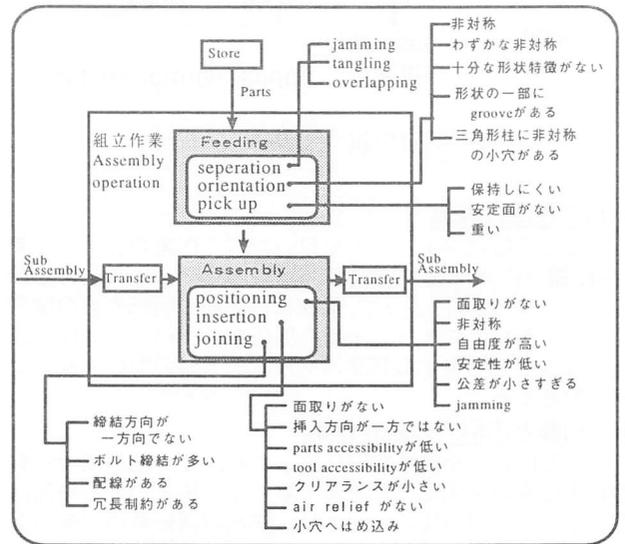


図1 組立作業と組立性低下原因との関係

| | | |
|---------|-------|-------------------------|
| 改良前の設計 | サロゲート | 改良前の設計案の属性と状態の永久識別子 |
| | 属性 | 組立性に非常に影響与える部品の特徴 |
| | 状態 | 改良前の設計案として組立性を低下する主な要因 |
| 改良後の設計 | サロゲート | 改良後の設計案の属性と改良操作の永久識別子 |
| | 属性 | 設計改良によって変わった部品の特徴 |
| | 改良操作 | 設計改良が必要な部分に改良操作を行う |
| 設計改良の影響 | サロゲート | 設計改良の影響の属性に対する永久識別子 |
| | 属性 | 設計改良によって関連するの製品情報に及ぼす影響 |

表1 事例登録における情報

表1に示す。CBRにおいて事例の識別性は検索の容易さに直結される重要なポイントである。そこで、事例を登録するとき、システムが生成するグローバルに唯一で、かつ永久的な識別子であり、事例間の全体的にまた部分的な検索を支援できるようにするため、図3のようなサロゲート(surrogate)を付け加えた。また、事例を組織化するために属性値に以下のように重みを与えた。それぞれの属性は重みを持つことによって unnecessary 計算を削減でき、正確な類似計算を可能とする。属性の重みは次のように4つに分類する。

- (1)high /3 : 完全マッチすべき重要な条件
- (2)medium /2 : 部分マッチすべき重要な条件
- (3)low /1 : マッチしなくてもよいしそれほど重要ではない
- (4)don't care /0 : 関係ない条件

ここで部分マッチの条件は重みの差が±1の場合である。

3. 類似事例の検索

3.1 類似度の計算

類似度の計算は、改良すべき設計案の属性値とその重みを過去の設計改良事例の属性値とその重みに比較することによって行う。まず、属性の重みが同じである事例があるかどうかを計算する。そして、同じ重みを持つ属性がある場合、属性の重みが同じである属性の値を比較し、式(1)のように類似度の計算を行う。問題(P)と事例(C)の間の類似度 $SD(P, C)$ は、

$$SD(P, C) = \sum_{i=1}^k (eq(\omega_p, \omega_c) \times dist_i(p_i, c_i)) \quad (1)$$

である。ここで、 ω_p と ω_c はそれぞれ設計改良すべき案と設計改良事例がもつ属性 ω_i の属性値である。そして eq の関数によって問題と事例との属性の重みが等しいかどうかを計算する。 $dist_i(p_i, c_i)$ は問題と事例との属性値の距離を計算する。重みの計算は式(2)のように、重みが等しい場合、または部分マッチの条件でかつ重みの差の絶対値が1である場合 eq は1を返し、等しくなければ0の値を返す。

$$eq(\omega_p, \omega_c) = \begin{cases} 1 & [(\omega_p = \omega_c) \text{ or } (\omega_p = 2 \text{ or } \omega_c = 2) \\ & \& |\omega_p - \omega_c| \leq 1] \\ 0 & [\omega_p \neq \omega_c] \end{cases} \quad (2)$$

3.2 類似検索手順

設計改良が必要な設計案を事例登録手法に従って、

| サロゲート | assembly operation | | | |
|-------|--------------------|---------|----------|----------|
| | store | feeding | transfer | assembly |
| A | AS | AF | AT | AA |

| サロゲート | feeding pattern | | |
|-------|-----------------|-------------|---------|
| | seperation | orientation | pick up |
| AF | AF01 | AF02 | AF03 |

| サロゲート | orientation case | | | |
|-------|------------------|---------|------------|-----|
| | 非対称 | わずかな非対称 | 十分な形状特徴がない | ... |
| AF02 | AF0201 | AF0202 | AF0203 | ... |

| 非対称 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|------------|----------------------------------|-----------|---------------------------------------|-------------------|-------------------|------------|-----|------------------------|------------|---------------------------------------|------|---------------------------------|-------|-------|------------|-------------------------|----------------------------|------------|------|------|------|
| サロゲート | Old design | | | | | | Redesign | | | | | | 設計改良の影響 | | | | | | | | | |
| | サロゲート | 属性 | | | | サロゲート | 状態 | | サロゲート | 属性 | | | | 改良操作 | | サロゲート | 属性 | | | | | |
| AF0201 | AF0201 | 形状特徴/重み | 安定性/重み | 対称性/重み | 材質/重み | 重量/重み | サロゲート | -が | -場合 | サロゲート | 形状特徴 | 安定性 | 対称性 | 材質 | 重量 | サロゲート | -に | -した | サロゲート | 組立時間 | 組立手段 | 組立装置 |
| AF020101 | AF020101 | circle plate with hole /high | good /low | $\alpha = 180$ $\beta = 180$ /high | steel /don't care | light /don't care | AF02010102 | 対称性 | $\alpha = \beta = 180$ | AF02010104 | circle on the cutted both side | good | $\alpha = 180$ $\beta = 180$ | steel | light | AF02010104 | circle on the both side | flats on the side | AF02010105 | sec | 人手 | 装置名 |
| AF020102 | AF020102 | triangular shape with hole /high | good /low | $\alpha = 180$ $\beta = 360$ /high | steel /don't care | light /don't care | AF02010202 | 対称性 | 悪い | AF02010204 | triangular shape with hole & shoulder | good | $\alpha = 180$ $\beta = 360$ | steel | light | AF02010204 | on the one side | add nonfunctional shoulder | AF02010205 | sec | 人手 | 装置名 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | sec | ロボット | 装置名 |

図2 サロゲート付きの事例登録

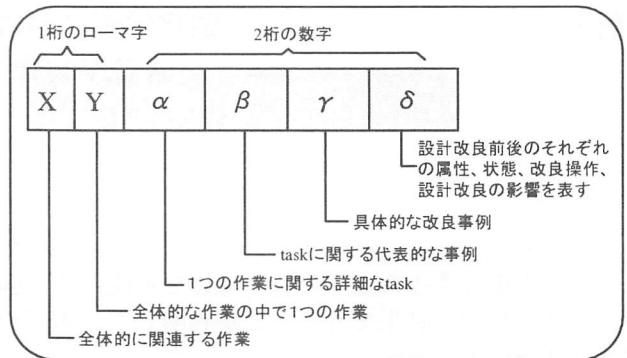


図3 サロゲートによる組立作業の事例分類

対話式によって問題に特徴を付けながら入力する。そして、式(1)により類似度の計算を行う時、それぞれの属性が持っている重みのなかで一番高い重みが一致しない場合、また部分マッチの制約条件が満たされない場合は類似事例から外れる。しかし類似計算が必ず成功するとは限らない。そこで類似計算が失敗した場合は、類似事例の代わりにその作業分野の作業パターンに関する設計ガイドライン (例えば、部品供給作業の場合、「供給される部品の対称性を増大せよ」「場合によって案内溝を付けよ」など) を設計者に提供するようにする。

4. まとめ および今後の予定

過去の設計改良事例に識別性を与え、類似パターンによって分類することによって階層構造化を行った。またそれによって、事例を登録する手法と類似度の計算手法を提案した。今後の課題は、数多くの事例に適用できるように、明確な推論エンジンを構築するための効率的な類似性の検索手法について研究を進める。

参考文献

- [1] 日刊工業新聞社：機械設計、第10号、pp.26-103 (1995.7)
- [2] 小林：事例ベース推論の現状と展望、人工知能学会、Vol.7、No.4、pp.559-566 (1992)
- [3] 精密工学会編：自動組立の基礎、オーム社、1987
- [4] 服部他：事例ベース推論による機械設計、人工知能学会誌、Vol.9.No.1、pp.82-90、(1994)
- [5] Liu, T. and Fisher, G.W.: An Assembly Code Classification and Coding Scheme Based on STEP Mechanical Product Model Manufacturing review. Vol8, No.1, Mar, pp33-46 (1995)