

プレス加工工程設計のためのルールを用いた事例の修正法

1 D-4

渡辺 博芳*
*帝京大学

奥田 健三**
**宇都宮大学

東野 長生***
*** (株) 東野製作所

渡辺 保之***

1 はじめに

工程設計・計画問題として、具体的にプレス加工のための工程設計問題をとりあげて、事例ベース推論の適用について検討を行っている。これまでに、工程設計問題における事例の修正を、適用するオペレータ(加工工程)列の修正と、オペレータの適用対象(加工対象)の決定の2つのタスクに分けて、ルールの記述やルールの絞り込みの方法について検討を行った[1]。本稿では、ルールを用いた事例の修正機能を実現したので、その実験結果について述べる。

2 処理の概要

まず、本システムの事例ベース推論における処理の流れの概要を示す。

(1) 問題解析 問題記述を入力として、問題の特徴を表すキーを生成する。

(2) 事例検索 問題解析により生成されたキーと事例のキーの照合を行う。具体的にはキーに重みを与え、事例と問題のキーの差異と重みの積の総和が最小の事例を選択する。

(3) 事例評価 検索により得られる事例は一般に複数であるので、それらをより詳しく評価して最適な事例を選択する。また、事例修正のために問題と事例の対応付けも行う。事例評価は問題領域に依存したタスクとなるが、我々の問題領域では形状の詳細な照合である。

(4) 事例修正 事例の解(加工工程)を修正し、現問題への適合を行う。本システムでは、修正を加工工程の修正と加工対象の決定の2つのフェーズに分け、ルールを用いて現問題に対する解を得る。

3 事例の修正

3.1 加工工程の修正

加工工程の修正は、工程列に対する挿入、削除、個々の工程に対する追加、削除によって行う。これらの操作を行うルールには、問題のキーの値が真で事例のキー

の値が偽の場合に適用するルール(Pタイプのルール)と、その反対の場合に適用されるルール(Cタイプのルール)がある。

ルールには、あらかじめ数段階の優先順位を与えておき、優先順に1度だけ評価を行い、条件部が成立すれば実行する。また、検索の際に用いられるキーと関連付けて定義し、検索時の照合情報を用いて、適用するルールの絞り込みを行う。すなわち、キー番号、ルールのタイプ(PまたはC)、及び優先順位でグループ化し、問題と事例のキーの値の差を用いて、ルールを絞り込む。優先順位については、個々の形状に関するルールの順位を高くし、形状間の関係に関するルールの順位を低くした。現在、修正ルールの優先順位は3段階、ルール数は88である。

3.2 加工対象の決定

適用対象を決定する方法として、CHEF[2]などのシステムでは、問題と事例の対応付けにより、対応する要素の置き換えを行っているが、実際の工学的な応用分野では、全ての要素の対応がとれるような事例を得ることは困難である。そこで我々は、適用対象を決定する知識の獲得が比較的容易な要素については、ルールを用いることとし、知識獲得の困難な要素については、対応する要素の置き換えによることとし、これら2つの方法を併用する。具体的には、曲げ箇所については問題と事例の対応により置き換えを行い、その他の形状についてはルールによって決定する。

加工対象は、形状と工程間の関連度の値に着目して決定される。そのために、関連度の初期値を与えるルール、関連度の値を調整するルール、関連度が等しいペアが複数存在する場合に競合を解消するルールなどが必要となる。加工対象を決定するルールは、そのルールが対象とする個々の形状に対して1度ずつ評価し、条件部が成立すれば実行する。また、キー番号と優先順位によりグループ化し、問題のキーの値を用いて絞り込みを行う。優先順位は、初期値を与えるルールの順位を高く、次に関連度を操作するルールについて3段階、そして競合解消ルールの順位を最も低くした。現在、加工対象を決定するルールの順位は5段階、ルール数は60である。

Rule-based Case Modification Method for Case-based Process Planning in Press Working.

Hiro Yoshi Watanabe (Teikyo Univ.)

Kenzo Okuda (Utsunomiya Univ.)

Chosei Tohno, Yasuyuki Watanabe (Tohnoseisakusyo Corporation Ltd.)

表 1: 100 事例に対する加工対象決定結果

方法	評価	A	B	C	D	AB 率 (%)
全ルール (a)		89	4	2	5	93
絞り込み (b)		90	6	0	4	96

表 2: 各フェーズでの解の評価

フェーズ	A	B	C	D	AB 率 (%)
検索	11	7	3	1	81.8
修正	13	5	3	1	81.8
適合	14	6	2	0	90.9

4 実験と考察

4.1 実験方法

事例数 100 の事例ベースを用いて、実験を行った。まず、加工対象を決定する能力を評価するために、100 事例について専門家が作成した加工工程を与えて、それぞれ個々の工程で加工する形状を決定する実験を行った。

次に、事例ベースに含まれない 25 個の製品に対して事例ベース推論を適用した。それぞれの問題に対して、事例を検索し、事例の評価 (形状照合) を行ったところ、25 問中、3 ケースについては形状の照合がとれる事例を得ることができなかった。これらは平面数が比較的多く、形状が複雑なケースであり、これを解くためには、さらに事例ベースの充実を図る必要がある。そこで、形状の照合がとれた 22 ケースを対象として、ルールの絞り込みを行った場合と全ルールを適用した場合の 2 通りの修正・適合実験を行った。

結果はそれぞれ、A ~ D の 4 段階で専門家が評価した。A は専門家の解と同等であり、B 以上の評価ならば、実用性がある。

4.2 加工対象の決定

事例の解をそのまま利用する場合にも、事例の各工程で加工する対象を決定しなければならないので、事例ベースの充実度に拘らず、加工対象を決定する能力は高いことが要求される。表 1 では、この能力を 100 事例について評価した。この実験では、ルールの絞り込みを行う方が、全ルールを適用するよりも好結果を得た。これは、いくつかのルールの条件部が、問題解析器ほど条件を厳しく調べないために、全ルールを適用すると、いくつかのケースで必要以上のルールが適用されるためである。

表 1 によると、専門家の作成した加工工程 (正しい工程) が与えられれば、100 事例中 90 について専門家と同等に加工対象を決定し、96 について実用性のある解を導く。

4.3 加工工程の修正

照合のとれた 22 ケースに対する各フェーズでの解の評価結果を表 2 に示す。今回の実験では、全ルールを適用した場合と、ルールを絞り込んだ場合で同じ解を得た。事例の解を修正することにより、5 ケースの解

表 3: 修正機能の効率

方法	評価ルール数の平均			実行時間の平均 (s)
	修正	適合	合計	
全ルール (a)	84.0	299.8	383.8	2.6
絞り込み (b)	7.1	70.0	77.1	1.7
b / a (%)	8.5	23.3	20.1	65.4

修正：加工工程の修正

適合：加工対象の決定

の評価結果を向上させることができた。また、全体として約 9 割が A、B の解を得たことから、本手法が有効であることがわかる。

表 3 に全ルールを適用した場合と絞り込みを行った場合についてのルールの評価数の平均と実行時間の平均を示す。ルールの評価数では、ルールの絞り込みを行った効果は顕著である。また、実行時間の平均を比較すると、35% 程度短縮されるが、最も時間のかかるケースでは、全ルールの適用 6.9 秒に対して、絞り込みを行うと 2.2 秒である。工程の修正ではルールは 1 度だけ評価されるのに対して、加工対象の決定では 1 つのルールが形状の数だけ評価されることになるので、穴や打出しなどの形状が多い製品に対しては、ルールの絞り込みが有効であるといえる。また、今後システムの充実にともない、ルール数が増えた場合に処理時間の増加を抑えるのにも有効である。

5 おわりに

ルールを用いて、事例の解の修正、現問題に対する適合を行う方法の評価について述べた。事例の検索で類似事例を得た場合、高い割合で好結果を導くことから、本手法の有効性を明らかにした。今後は事例ベースの充実を行いながら、より詳細にシステムの評価を行いたい。

参考文献

- [1] 渡辺, 奥田他: プレス加工工程設計のための事例ベース推論における事例修正法. 情報処理学会第 45 回全国大会 6H-3, 1992
- [2] Hammond K.J.: "CHEF: A model of case-based planning", Proc. of AAAI-86, 1986