

# 金型のパターン認識を用いた板金部品の設計支援

青村 茂\*

## 1. はじめに

近年、板金の曲げ加工は、熟練した技術者の作業からロボットによる作業におきかえられる事が多くなってきた。我々のグループでは、これまで板金曲げ加工工程の自動生成の研究[2]を行ってきた。

板金曲げ加工の工程設計において重要となる点として、曲げ順序の決定と、金型の選定があげられる。さらに複数の製品の曲げ加工を行う加工現場においては、製品の加工順序が生産効率に強く影響する。本研究では特に曲げ金型の選定と、複数製品の加工順序の決定に着目する。

曲げ金型は、個々の曲げ工程に応じて幾何学的条件や力学的条件などから決定されるが、曲げ金型の交換作業は加工現場の負担が大きく、生産効率に影響する。そのため、一度装填した金型で出来るだけ多く連続して曲げ工程を行い、金型交換回数が最小となるような金型選択が必要である。

本研究では、板金曲げ加工のシミュレーションにパターン認識の技術を取り入れることにより、板金曲げ加工工程における最適金型の選定および、複数の製品の加工順序を決定する手法を提案する。

## 2. 板金部品のための曲げ金型

### 2-1 曲げ金型の形状

曲げ金型には、上型のパンチと下型のダイがある。パンチとダイはそれぞれ断面形状によって分類され、パンチの断面形状は、以下の特徴を用いて分類される。

#### (a) 逃げ形状

パンチには、曲げ部品の折り返しに必要な「逃げ」がある。曲げ部品の形状はさまざま、それに応じて、要求される逃げ形状も異なる。逃げ形状を含めたおもな金型の形状は、グースネックパンチ(図 1(a))、サッシ業界に広く用いられるサッシパンチ(同図(b))、標準パンチ(同図(c))、鋭角パンチ(同図(d))、左右対称の製品形状に適用する直剣パンチ(同図(e))、などである。

#### (b) 先端角度

代表的なパンチの先端角度は、鋭角曲げ用の  $30^\circ$   $45^\circ$ 、直角曲げ用の  $60^\circ$   $88^\circ$   $90^\circ$  がある。

#### (c) 取り付け高さ

パンチの先端から取り付け部分までの高さを取り付け高さといい、65,67,70,90,95,104,105mm の 7 種類がある。

図 1 に示すように、曲げ金型の分類は逃げ形状で大分類がおこなわれ、その中に先端角度や取り付け高さなどで分類される小分類(図 1(a1)-(a4))とがある。

一方、ダイは溝の形状と溝の数で分類され、V 溝 1 つのダイを 1V ダイ、2 つを 2V ダイ、そして、角溝 3 つのダイを 3U ダイという。

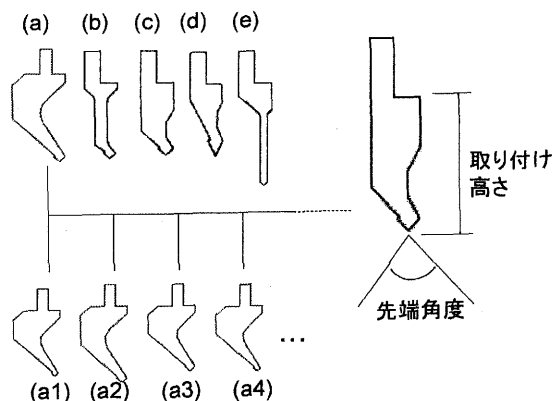


図 1 : 曲げ金型の分類

### 2-2 曲げ加工工程における金型の決定

板金部品の曲げ工程において、曲げ金型はパンチとダイの組み合わせ、機械の仕様、曲げ順序および保証耐圧などに基づいて決定される。

選定される曲げ金型は、最終的には 2-1 節の条件によって板金加工機のメーカーが標準金型として用意したものの中から条件にあったものを選定する事がほとんどである。もし条件に合う金型がない場合には、特殊型または特型と呼ばれる金型を新規に製造する必要があり、加工のコストが増加することになる。そのために、板金の工程設計の作業者は、すべての標準金型の断面形状を、寸法を含めて覚えてい

る必要がある。ショップフロアにおいて加工をおこなう作業者は、条件にあった加工をおこなうために、同様に多様な曲げ金型の断面形状を把握し、正しい取り付けをおこなうことが要求される。

### 3. 曲げシミュレーションを用いた曲げ金型の選定

2-2節で述べたように、曲げ工程に応じた金型の選定には、パンチとダイの組み合わせ、機械の仕様、曲げ順序および保証耐圧などのさまざまな要素が含まれるが、本研究では主に板金形状と曲げ順序に着目する。選定される金型は、全ての曲げ工程において板金の折返し部分との干渉が起きないような形状でなければならない。このような金型の選定は通常、各曲げ工程における板金の曲げ形状を作図し、そこに金型のモデルを重ね合わせ、試行錯誤によって結果を得る。このとき経験の豊富な工程設計者は、板金形状と曲げ順序のパターンによって最適な金型の形状を推測できるため、効率よく工程設計作業を行うことができる。

本章では板金曲げ加工シミュレーションを用いた最適金型の選定手法を提案する。

#### 3-1 金型選定手順

板金曲げシミュレーションでは以下の手順で最適金型の選定を行う。ここで板金形状と曲げ順序はすでに与えられているものとする[6]。

##### (1) 金型データベースの作成

選択対象とする金型を、金型番号と金型形状で管理するデータベースを作成する。

##### (2) 基本金型形状の作成

(1)で作成したデータベースから、全ての金型の形状を検索し、先端を合わせて重ね合わせた概形を基本金型とする(図2(a))。

##### (3) 非干渉領域の作成

曲げ工程のシミュレーションを行い、(2)で作成した基本金型から干渉領域を削除し、非干渉領域形状を作成する(図2(a))。

##### (4) 使用可能金型番号の選定

(3)で作成した非干渉領域形状に、データベースに登録された全ての金型を順次重ね

あわせ(図2(b))、使用可能金型番号のリストを作成する。

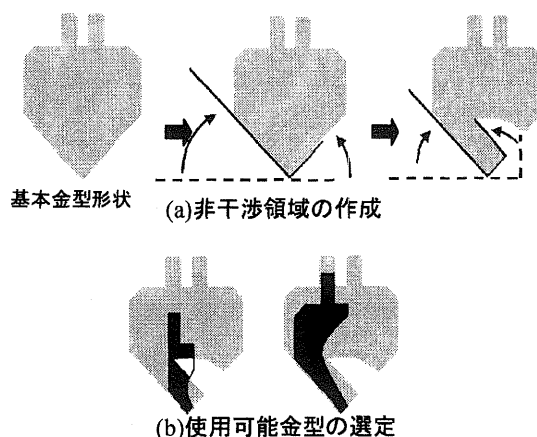


図2：曲げシミュレーション

手順(3)(4)に従って、対象となる曲げ加工工程の曲げ順序に従って各曲げ工程に順次適用し、各工程での使用可能金型のリストを求める。ここで得られる使用可能金型のリストは、その工程より前の工程すべてに共通した使用可能金型のリストとなっている。

曲げシミュレーションが進行するに従い、非干渉領域が減少していくので、各工程での使用可能金型数は減少する。途中、ある工程で使用可能金型がなくなった場合には、金型交換となる。この場合は、非干渉領域形状を最初の基本金型形状に戻し、金型交換となった工程から曲げシミュレーションを再開する(図3)。

全ての曲げ工程の終了時または金型交換となる時点での、使用可能金型リストの中で最適な金型を選定する。通常、金型選定で用いられる保証耐圧などの各要素から選定を行う。また、曲げ加工現場では使用頻度の高い金型が優先して選択される場合もある。

#### 3-2 複数製品の曲げ加工工程への適用

前節で述べた曲げシミュレーションによる金型の選定手順を複数製品の曲げ加工工程へ適用する。複数の製品を、任意の順序で加工する場合を想定する。個々の製品の曲げ順序はすでに与えられているとすると、全製品の一連の工程に対して、個々の製品を

意識せずに曲げシミュレーションを行うことができる。その結果、複数製品の任意の加工順序に対して、金型の選定と、金型交換のタイミングを決定することができる。

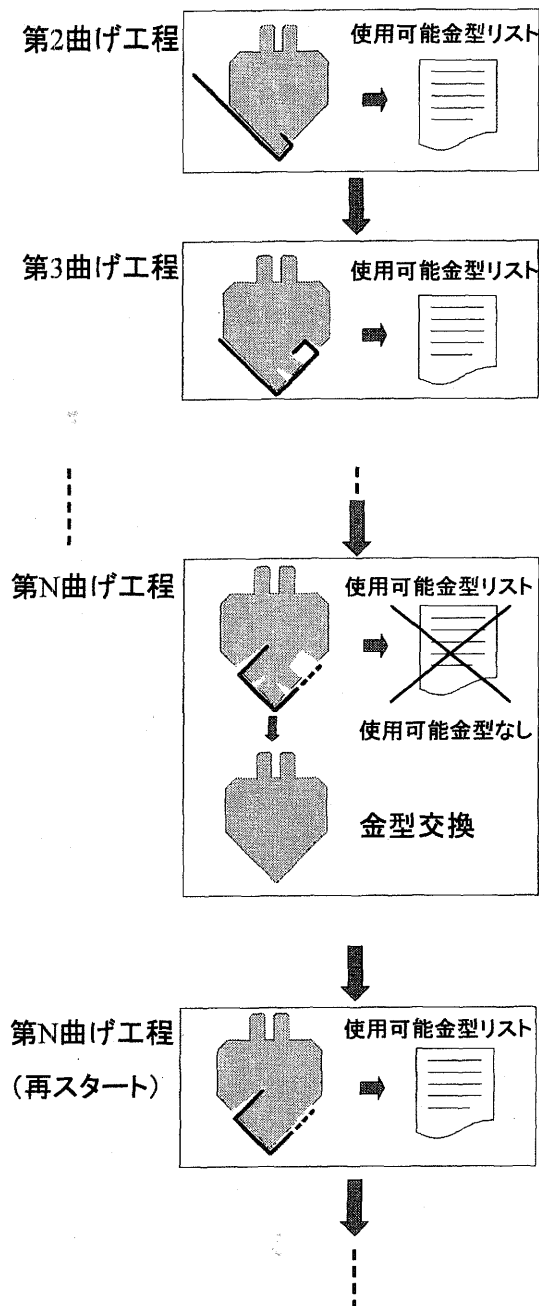


図3：曲げシミュレーションによる金型選定

#### 4. 複数製品の加工順序の決定

前章では、複数製品の一連の曲げ加工工程において、任意の製品順序に対する金型選定と金型交換のタイミングを決定する手法を述べた。しかし、曲げ

加工の現場において金型交換は大きな負担となり、生産効率に大きく影響するので、金型交換回数を最小とする製品順序を決定する必要がある。本章では曲げシミュレーションにより金型選定を行いながら、動的に製品順序を決定していく手法を提案する。

#### 4-1 製品順序の決定手順

複数製品の加工順序の決定は以下の手順で行う。ここで個々の製品の板金形状と曲げ順序はすでにあたえられているものとする[6]。

- (1) すべての製品に対し、それぞれの曲げ順序に従って曲げシミュレーションを行い、使用可能金型のリストを作成する。最も使用可能金型の件数が多い製品を、最初に加工する製品として選択する。ここで、その製品に対する最終的な非干渉領域形状を保存しておく。
- (2) 残りのすべての製品に対し、個々に曲げシミュレーションを行う。ここで、曲げシミュレーションは(1)で保存した非干渉領域形状から開始する。そして最も使用可能金型の件数が多い製品を次に加工する製品として選択する。また同様に、ここで選択した製品に対する最終的な非干渉領域を保存しておく。

以上の手順を繰り返すことで、最終的に製品の加工順序が決定する。途中で使用可能金型の件数がなくなった場合は金型交換となり、非干渉領域形状を基本金型形状(3-1(2)節参照)に戻し、曲げシミュレーションを続ける。

この手法により、製品順序の全検索を避け、効率的に製品順序を決定することができる(図4)。

表1に、5製品A~Dの加工順序がC→A→B→E→Dと決定される手順の例を示す。表の値は使用可能金型の件数を示している。例えば加工順序2の製品を決定する時の値は、加工順序1の製品Cを加工した後に続いてそれぞれを加工したときの使用可能金型の件数となっている。

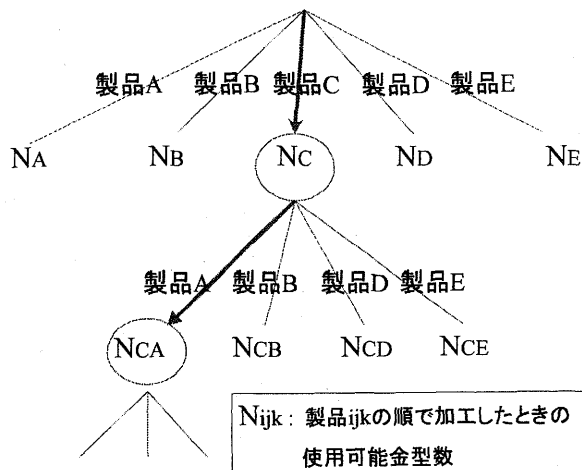


図4：加工順序の決定（製品A～Dの例）

表1：加工順序の決定例（製品数5，金型数88）

加工順序	A	B	C	D	E	件数
1	60	40	80	20	70	80
2	50	30	-	15	40	50
3	-	20	-	10	10	20
4	-	-	-	0	0	金型交換 88
	-	-	-	20	70	70
5	-	-	-	15	-	15

### 5. 実験

4章で述べた複数製品の加工順序を決定する手法に関して、いくつかの製品[4]を想定して適用実験を行った。実験用製品は図5に示す。また、選定対象とする金型数は88種類とした。

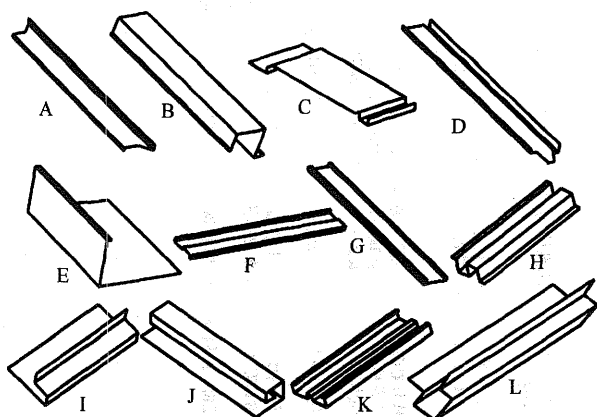


図5：実験用製品

実験の結果、製品A～Lの加工順序はE→F→B→A→L→C→H→D→K→I→J→Gと決定した。またこ

の一連の加工工程で使用する金型の数は3種類、金型交換は加工順序9と加工順序10の2回という結果を得た。

この実験での製品の加工順序に従った、使用可能金型の件数の遷移を表2に示す。

表2：実験結果

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	56	70	53	48	86	80	6	49	8	8	10	32
2	52	70	51	46	-	78	6	47	8	8	10	32
3	44	62	51	46	-	-	4	47	0	0	10	32
4	44	-	35	30	-	-	4	31	0	0	4	27
5	-	-	17	13	-	-	4	14	0	0	0	23
6	-	-	14	11	-	-	4	12	0	0	0	-
7	-	-	-	11	-	-	0	12	0	0	0	-
8	-	-	-	11	-	-	0	-	0	0	0	-
9	-	-	-	-	-	-	0	-	0	0	0	-
	-	-	-	-	-	-	6	-	8	8	10	-
10	-	-	-	-	-	-	0	-	0	0	-	-
	-	-	-	-	-	-	6	-	8	8	-	-
11	-	-	-	-	-	-	2	-	-	8	-	-
12	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-

### 6. 結論および展望

板金曲げシミュレーションを行い、金型選定および複数製品の加工順序の決定を行う手法を提案し、実験によりその手法の有効性を確認した。

現在、各曲げ工程における使用可能金型のリストから、最適金型の選定は行っていない。今後、耐圧、重量などを、金型選定の指標として用いることにより、最適金型を決定することを考えている。

### 参考文献

- [1]板金のロボット曲げ加工の工程生成自動化に関する研究  
日本機械学会論文集 C編 66巻 646号 pp.330-337  
(2000) 古口睦士, 青村茂, 井越昌紀
- [2]Optimized Bending Sequences in Sheet Metal Bending By a Robot  
CIM and Robotics Journal Vol.18, No.1 pp.29-39 2002/2  
S. Aomura & A. Koguchi
- [3]板金曲げ加工における類似工程品検索, 日本機械学会講演会2000  
年度年次大会プログラム, pp485-486, (2000) 見崎大悟, 青村茂,  
古口睦士
- [4]曲げ金型ABC, アマダ板金加工研究会編, (1993)
- [5]DPとNNによるハイブリッド型認識機構によるベクトル図形の理解,  
情報処理学会第63回全国大会, pp211-212, (2001) 青山典幸,  
見崎大悟, 青村茂
- [6]板金のロボット曲げ加工の工程設計支援システムに関する研究  
(2003) 古口睦士