

曲げ加工機能を有する板金図面生成システム

大久保仁志 鬼頭伸幸 狩野 均 西原清一

筑波大学 電子・情報工学系

三面図上で、対話形式で板金物体に曲げ加工処理を施す2次元CADシステムを開発した。本システムは、三面図入力システムにおける板金物体の曲げ加工部分の入力支援を目的としている。三面図上で得られる2次元データのみでは、扱える物体の配置に幾つかの制限が存在する。そこで、本システムでは三面図から3次元モデルを復元し、その3次元データに曲げ加工を行うこととし、これを実現するために三面図(2次元)上で3次元物体の位置を指定する方法、3次元モデルを三面図に再投影する方法を考案した。また三面図に投影する際、単純に3次元データを用いるのではなく、処理の高速化を計るため稜線ループと切断面ループを用いた。

Interactive Drawing System with Bending Function for Sheet Metal Objects

Hitoshi Ohkubo Nobuyuki Kito Hitoshi Kanoh Seiichi Nishihara

Non-numeric Processing Algorithms Laboratory
Institute of Information Sciences and Electronics
University of Tsukuba
Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

We developed an interactive 2D-CAD system with bending function to draw three-view drawings of sheet metal objects. Our system, which handles 3D-data, has no restriction on the position of sheet metal objects while systems making use of only 2D-data have many limitations. This method uses a wireframe model to represent the objects restored from three-view data. The method enables us to locate any position of the 3D model displayed as a three-view image and to get the modified three-view drawings. To make the three-view generation efficient, sophisticated data structures, the edge loop and the cutting-face loop, are adopted.

1. はじめに

三面図は機械部品等の設計図に広く利用されており、その入力方法として2次元CADが一般によく用いられている[1]。しかしながら、2次元CADを用いた三面図の入力には高度な技術を必要とする上、入力する物体の形状は精密化・複雑化が進んでいるのが現状である。このような背景のもとで、三面図入力システムには自動化・簡略化・省略化といった入力を支援する機能が望まれている。

実在するシステムの多くは機械図面を扱った3次元CADである。中には「運慶」[2]、「SolidR」[3]など、三面図(2次元)と3次元モデルの橋渡的な処理を行うシステムも実在するが、2次元CAD上での三面図入力において板金向きのシステムの実例は少なく、板金に加工を施す機能を有するシステムもあまり見られない[4]。一方、通常の2次元CAD上で板金物体を作図する際に曲げ加工部分の入力を正確に行うことは一般には難しい。このため、加工前の物体の三面図と曲げ加工に必要な幾つかのデータを入力した後、自動的に加工後の三面図を出力する設計支援システムを開発した[5,7]。

三面図上から直接得られるデータのみで処理を行うと、扱える板金物体の形状や曲げ加工処理において幾つかの制限事項が付いてしまい、単純な形状のものしか扱うことができない。そこで3次元上にワイヤフレームモデルを復元し、これに曲げ加工を施した後、三面図上に再投影し、加工後の三面図を得るという方法を用いることにより、実用的な板金図面を扱えるシステムを開発した。

2. 曲げ加工処理

2.1 曲げ加工処理とは

本システムは板金物体を対象としている。ここで扱う板金物体とは一枚板から成り厚みが均一なもので、カットや穴開けといった加工は板金平面に垂直に行われているものとする。また、三面

図は直線、円、円弧、楕円、楕円弧で構成されているものとし、自由曲線は扱わない。

曲げ加工処理とは曲げる位置(曲げ加工ラインで指定、図1参照)、曲げる角度 α 、内径 r を入力し曲げ加工後の板金物体の三面図を生成する処理である。

図2は曲げ加工前と加工後の三面図の例である。加工後には新たに点と線分が現れており、線分の種類(実線or破線or一点鎖線)も変化していることがわかる。曲げ加工処理の内容は、これらの変化するデータを高速に生成するものである。なお、ここで高速とはユーザーとの対話性を損なわない程度とし、具体的には1秒以内を目標とした。

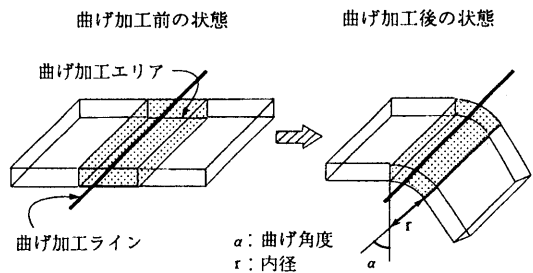


図1 曲げ加工ライン

2.2 問題点

三面図では3次元物体を2次元で表現しているため、線分が点に縮退する場合や点が重なり合う場合が多い。よって加工前の三面図において点や線分が重なっている場合、加工後の三面図でこれを補う必要がある。

例えば図2(1)中の点aは加工後の図2(2)中では点a'1と点a'2に対応しており、点が増えてきている。また、これにともなって線分も増えていることがわかる。さらに、加工後の線分の種類は曲げる位置、方向、角度等により異なってくる。例えば図2の例では左下に曲げ加工を行っており線分bは破線になっているが、曲げる方向が左上である場合、線分bは実線になる。また図2(3)に示すように90°以上の曲げ加工を行った場

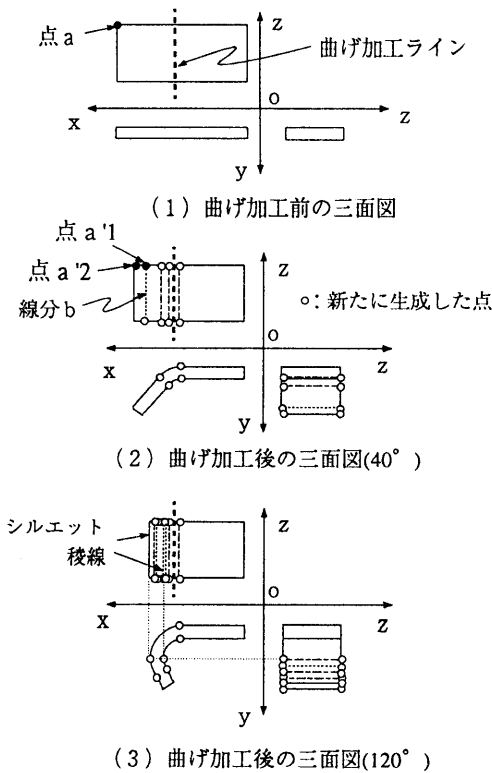


図2 加工前と加工後の三面図

合、シルエット稜線も生成する必要がある。当然曲げ加工ラインの右側を曲げた場合も考えられる。これらの条件をそれぞれの場合について考えていくと場合分けによる分岐が多く処理が煩雑になってしまう、ユーザーとの対話性が悪くなってしまう。

このように、三面図で得られる2次元データだけでは図2のような単純な三面図の場合でも処理が複雑になり、一般に扱われている板金図面のような複雑な板金図面の加工はかなり無理があると考えられる。これらの問題点の対策を2.3節に示す。

2.3 対策

先に挙げた問題点を解決するために本システムでは新たに3次元データを用いることとした。これは加工前の三面図からワイヤフレームモ

デルを復元し、3次元上で曲げ加工を施した後、これを三面図に再投影するという手法である。このため、3次元物体を加工して三面図上に投影する際に欠落した2次元情報を生成する方法(3章)、2次元上で3次元物体を曲げる位置を指定する方法(4.3節)を考案した。

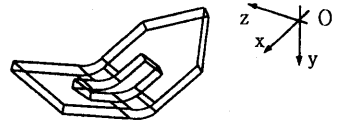
また、3次元物体を三面図に投影する際、単純に候補面の前後関係と三面図上の領域の包含関係を用いたのでは処理が遅くなってしまう。また、3次元上で曲げ加工を行うことによって新たに候補面が生成されるため三面図上のデータと対応がとれなくなり、いままで提案されている「三面図から3次元物体を復元する方法」[1]だけでは対処できない。このため、稜線ループ(3.1節)と切断面ループ(3.2節)を用いる手法を考案した。

3. 提案する手法

まず図3に示すようにワイヤフレームモデルに曲げ加工を施し、これから候補面を復元する。その後、稜線ループと切断面ループを生成し(図4参照)、これに3.3節に示すルールを適用することによって加工後の三面図を生成する。加工前の候補面の復元については文献[6]の手法を用いた。以下、これら2種類のループの探索方法と三面図の生成方法について述べる。

3.1 稜線ループの探索

(1)ワイヤフレームモデル



(2)候補面

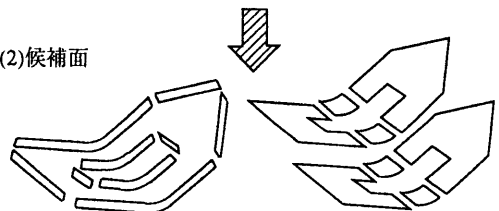


図3 ワイヤフレームモデルと候補面

板金物体において板金表面(表と裏の面)に当たる稜線で作られるループを稜線ループと呼ぶ。図3に示す候補面から板金表面にあたる面をつなぎ合わせて図4のような稜線ループを生成する。生成方法は全ての面について以下の条件を満たすかどうか判定し、1つ以上条件を満たしたものを稜線ループとする。

[条件1.1] 長さが板金の厚みと等しい稜線を二本以上含まない面

[条件1.2] その面を構成する稜線の数が奇数である面

[条件1.3] その面を構成する稜線に曲稜線が含まれ、その数が奇数である面

[条件1.4] 互いに表裏をなす面が存在する面

なお、面aと面bが互いに表裏を成す面であるということは、面aを構成する全ての稜線について以下の条件を全て満たす稜線が面bに存在するという事である。

[条件2.1] 稜線の長さが互いに同じである

[条件2.2] 互いに平行で、2稜線間の距離が板金の厚みと等しい

図4では稜線ループAと稜線ループBが表裏を成している。ここで、全ての表裏を成す稜線ループの組について各面図上で手前になる方を「表」、奥になる方を「裏」として登録する。

3.2 切断面ループの探索

切断面ループとは板金物体の切断面をつなぎ合わせてできるループのことで、候補面の中の切断面をつなぎ合わせて生成する(図4参照)。生成方法は以下の通りである。

step1:各面図において、もっとも手前に位置する頂点を求める(複数存在する場合はその中で最も原点に近いものを選択する)。

step2:この頂点を端点として持つ稜線で、かつ板金物体の厚みを表す稜線を求める。

step3:この稜線に付いている2枚の切断面のうち手前にある方をstart、奥にある方を

goalとして切断面を辿り切断面ループを生成する。

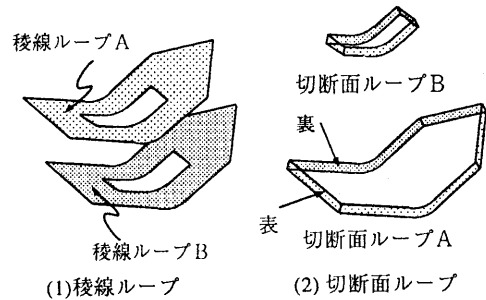


図4 稜線ループと切断面ループ

ここで、輪郭(最外郭線分)となる稜線を含まないものは穴になる(図4中では切断面ループB)。

3.3 加工後の三面図の生成

ワイヤーフレームモデルを三面図に投影し、点と線分のデータを得る。次のような手順で以下のルールを用いて線分の種類を決める。

step1:[ルール1]を用いて稜線ループを三面図上に投影する。

step2:[ルール2]により、切断面ループのstartの面の稜線を実線として三面図上に投影する。

step3:切断面ループのstartの面とその隣の切断面に対して[ルール3]を適用し、その稜線を三面図上に投影する。この処理を切断面ループのgoalまで繰り返す。

step4:[ルール4]により輪郭を成す線分を実線にする。

[ルール1]その面図上で、「表」にあたる稜線ループを構成する稜線は三面図上で実線となり、「裏」の場合は破線になる。

[ルール2]その図面で最も手前になる頂点を端点とする稜線は三面図上で実線となる。

[ルール3]板金の厚みを表す稜線の左右に1枚ずつ切断面が付いている場合この2枚の切断面の線分の種類は同じであり、左右どちらか一方に2枚付いている場合、その線分の種類は異なる。

[ルル4]その面図上で輪郭を成す線分は実線になる。

4. システムの開発

4.1 システムの構成

本システムは図5に示すように三面図入力部とコーナー部自動生成部で構成されている。

三面図入力部は直線、円、円弧、楕円、楕円弧などの図形の入力を行う図形入力部、作図ミスをチェックする矛盾識別部から成る。

コーナー部自動生成部では曲げる角度、内径、曲げ加工を行う位置などの曲げ加工に必要なデータの入力、曲げ加工から加工後の三面図生成までの処理を行う。

4.2 処理手順

本システムの処理手順を図6に示す。

ここでは、もう一つの主な処理である曲げ情報の入力について説明する。なお、図6中の3次元データ復元の処理内容については文献[6]参照。

曲げ情報には角度、内径、曲げ位置がある。

三面図上で3次元物体に対して曲げ位置を指定するのは、2次元上で3次元の位置を指定することになるので単純には指定できない。そこで、曲げ位置の指定は2段階で行うこととする。手順は以下の通りである。

step1:マウスで三面図上に曲げ加工ラインを引く。すると、3次元上では曲げ加工ライン面が現れる。

step2:加工ライン面にできる曲げ加工対象部分より曲げたい箇所を選択(曲げ加工対象部分が複数存在する場合も可。図7、8参照)。

step3:曲げる方向を選択して完了。

4. 実行例

実際の板金物体の加工前の図面を本システムを用いて入力し、これに曲げ加工を施した。図9は加工前の三面図、図10は加工後の三面図を表示している。なお、図10に示す三面図の生成に

要した計算時間は1秒以下であった。

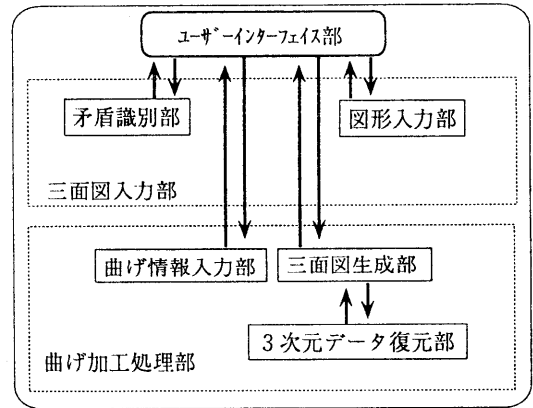


図5 本システムの構成図

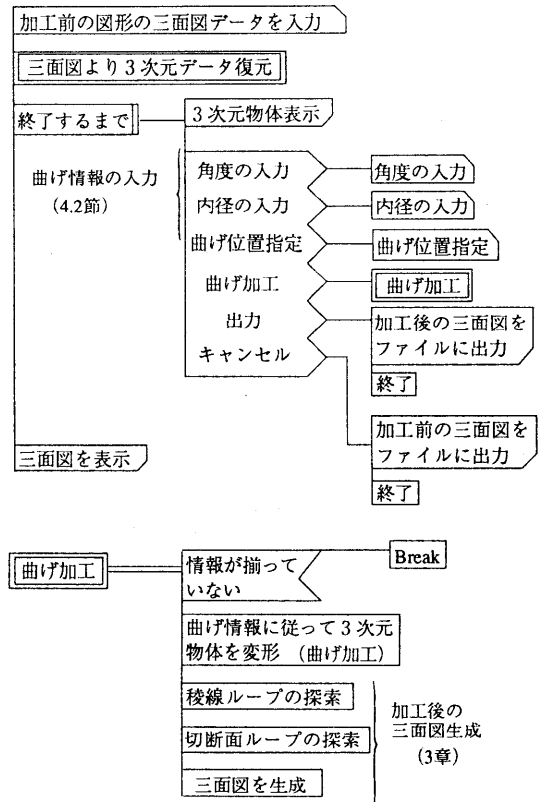


図6 システムの処理手順

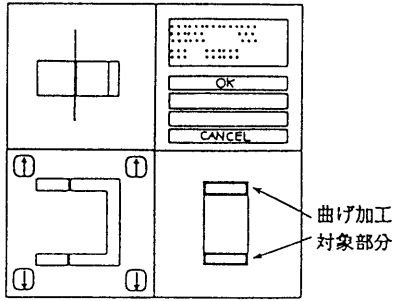


図7 曲げ位置指定画面

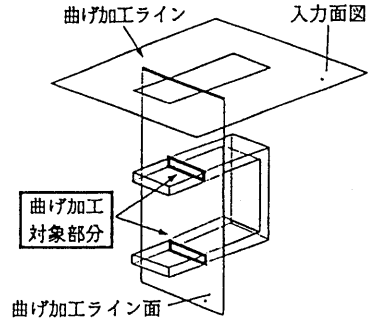


図8 曲げ対象部分

5. おわりに

三面図から3次元データを復元・加工した後、
にその三面図を生成する機能を有する板金図面
向き2次元CADシステムを開発した。

本システムには次のような特徴がある。①曲げ
加工を行う位置を三面図上で対話的に入力でき
る。②任意の角度・方向に物体を曲げることが
できる。③三面図の入力から加工までを本システム
上で行うことができる。

これによって本システム上で実用的な図面を
作成することが可能になった。今後は、三面図上
の習慣的な省略や描き間違いにも対処できる板
金向け知的CADシステムを開発する予定であ
る。

参考文献

- [1]西原：図面理解による3次元モデリング，
Computer Today, No.56 (July 1993).
- [2]青村：運慶，ibid.
- [3]秋間，今井，山本，金光：Solid-R, ibid.
- [4]Kim, C., Inoue, M., Nishihara, S. : Under-
standing 3-view Drawings of Mechanical Parts
with Curved Shapes, Proc. IEEE Internatl.
Conf. on Syst. Eng.(ICSE) (Sept. 1992).
- [5]大久保他：板金向き三面図入力システムの開
発，情処大会，48回，S-02 (1994).
- [6]井上，金，西原：代数曲面を含む三面図の解釈，
グラフィクスとCAD研究会 61-2 (1993).
- [7]鬼頭，大久保他：曲げ加工機能を有する対話型
三面図生成システム，情処大会，50回，1M-4(1995).
- [8]守屋：ユーザーインターフェイス技法，
情報処理，Vol.29 No.10 (1988).

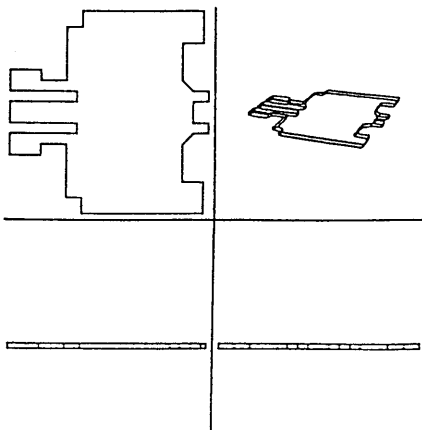


図9 加工前の三面図

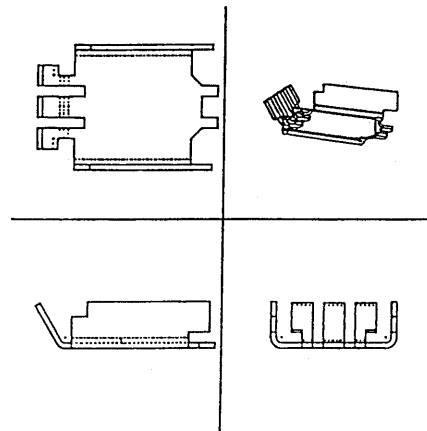


図10 加工後の三面図