

# 3D-CAD データを用いた工数見積りシステム

Cost Estimation System Using 3D-CAD Data

杉山 尚美  
SUGIYAMA Naomi

大内 俊弘  
OUCHI Toshihiro

製品競争力をつけるためには、開発期間を短縮することが重要なポイントである。今回、当社は板金加工部品を対象に、三次元(3D)-CADデータを用いた工数見積りシステムを開発した。

この見積りシステムの特長は、3D-CADデータから見積り要素の自動取得、工程設定 工数計算 コスト計算の自動化、見積りで用いる見積り基準データを外部データベースで持つことによる汎用性向上の3点である。これにより、図面がなくても短時間で見積りが可能となり、設計上流段階でコストを意識したデザインレビュー(DR)環境を提供することが可能で、製品開発期間の短縮を図ることができる。

In order to give a product competitive strength, it is important to shorten the development term. Toshiba has developed a cost estimation system that uses three-dimensional computer-aided design (3D-CAD) data for sheet metal work components. This system has three main features. First, the estimation factors are automatically acquired from 3D-CAD data. Second, automation is achieved for the procedures extending from process setup to man-hour calculation and cost calculation. And third, all-round versatility is improved by having an external database of estimation criteria data to be used for estimation.

As a result, even if there are no drawings an estimate can be made in a short time. It also becomes possible to offer a design review (DR) environment incorporating consciousness of costs in the upstream phase of design. These advantages facilitate shortening of the product development term.

## 1 まえがき

新製品の開発は、システム設計 基本設計 詳細設計 試作 初生産の段階を追って、設計部門や製造部門での各業務が行われる。製品競争力を付けるには、設計から初生産までの開発期間を短縮することが重要なポイントである。設計段階でのDRでは、図面や簡略図を見ながら個々人の思わくで進められ、この場には論議するようなコストデータが提示されていない。したがって、設計完了後に出図される図面で製造コストを見積った結果、目標コストと合わない場合には、設計のやり直しが発生し、開発期間を長くする要因となっていた。そこで、設計段階で3D-CADデータを用いてコストを見積り、見積り結果を基にDRできるような環境を整備することで、開発期間を短くすることにした。

開発した見積りシステム<sup>(1)</sup>の特長は、3D-CADデータから見積り要素の自動取得、工程設定 工数計算 コスト計算の自動化、見積りで用いる見積り基準データを外部データベースで持つことによる汎用性向上の3点である。

## 2 見積りシステムのねらい

図1に示すように、従来は設計とDRを繰り返し、設計完了後に初めて見積りをする運用になっていた。この方法での見積り結果は、製造コスト登録だけに使われていた。し

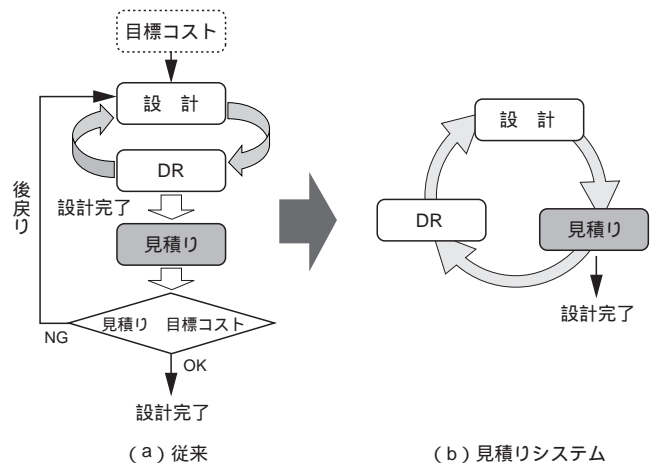


図1. 見積りシステムのねらい 見積りシステムのねらいは、設計 見積り DRのサイクルを速く回すことである。

Aim of cost estimation system

たがって、見積り結果が目標コストより高い場合には、設計へ後戻りが発生して開発期間が長くなっていた。今回開発した見積りシステムでは、設計した内容がいくらで製造できるかを短時間で見積り、設計者に提示することができるので、DRの場でコスト面についても論議され、コストダウンの施策を設計に折り込んでいくことができる。この見積りシステムでは、設計 見積り DRのサイクルを速く回すことで、

開発期間の短縮を可能にする。

### 3 見積り作業とは

従来は、担当者が図面を見ながら、工程を発生させる要因を一つ一つ読み取り、定められた見積り式を用いて工数を算出していた。

見積りの担当者が行う見積り作業の内容を図2に示す。

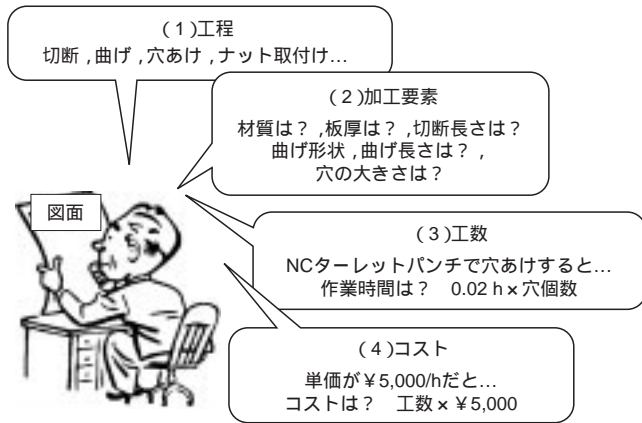


図2. 見積り作業の内容 見積り作業は、図面を見ながら必要な加工要素を手で拾っている。

Contents of estimation work

- (1) 工程の判別 CADから出図された図面を見ながら製造工程を想定する。
- (2) 要素の抽出 想定された工程ごとに、工数の発生源となる加工要素を図面から読み取る。
- (3) 工数の見積り 工数計算式に加工要素を当てはめて計算する。
- (4) コストの算出 工数に単価を乗じて加工費を計算し、材料費、購入費を加えることで製造コストを計算する。

### 4 見積りシステムの基本機能

見積りシステムは、大きく四つの機能で構成されている。

見積りシステムの基本機能を図3に示す。

以下に、各機能について述べる。

#### 4.1 3D-CADからの要素取得

3D-CADで設計されたモデル情報から、見積りに必要な要素と部品構成を自動抽出する。見積りの要素とは、外形寸法(長さ、幅)、曲げ形状、穴形状、板厚、材質などであり、これらは製造工程を決める際に必要となる。取得した見積り要素の例を図4に示しているが、見積り要素によって曲げ形状から取得するものと、展開形状から取得するものとに分

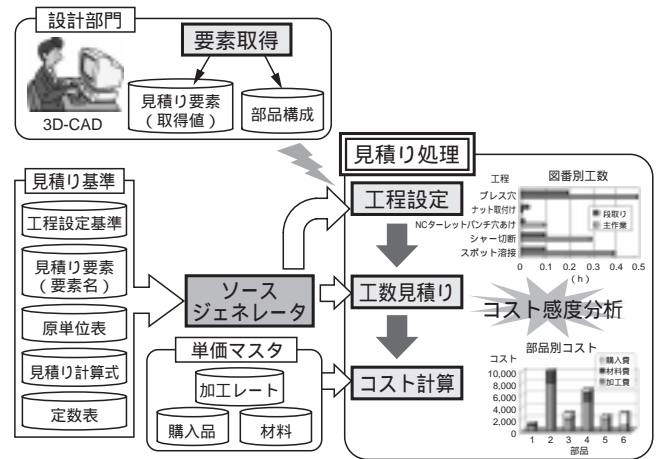
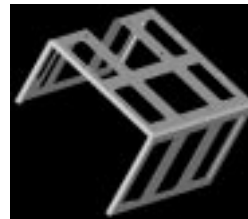


図3. 見積りシステムの基本機能 見積りシステムは、3D-CADからの要素取得、見積り処理、コスト感度分析及びソースジェネレータで構成される。

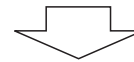
Functions of cost estimation system

#### 曲げ形状

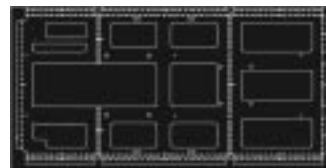


#### 見積り要素の取得例

- ・材質 : 軟鋼
- ・板厚 : 1.6 mm
- ・立体寸法 : 1,155 mm × 334 mm × 255 mm
- ・曲げ : 90°, 45°  
(種類, 寸法, 角度)



#### 展開形状



- ・穴(種類, 寸法, 数): 丸, 長角...
- ・切断長さ : 119 mm, 326 mm...
- ・展開寸法 : 587 mm × 1,155 mm

図4. 3D-CADからの要素取得の例 3Dデータの曲げ形状及び展開形状から、材質、板厚などの見積り要素データを取得する。

Example of element data acquisition from 3D-CAD data

けられる。また、組立図番に対する部品の親子関係を示す部品構成も取得する。

#### 4.2 見積り処理

図3に示した見積り基準を基に、図番ごとに取得した見積り要素から工程設定及び工数見積りを行い、見積り工数と単価マスタからコスト計算を行う。

工程設定 工数見積り コスト計算までの処理の流れを図5に示す。

- (1) 工程設定 図番ごとに取得した見積り要素の内容で、製造で発生する工程を設定していく。例えば、取得した見積り要素の材質、板厚、展開長さ、展開幅、曲げ回数で曲げ工程が設定される。

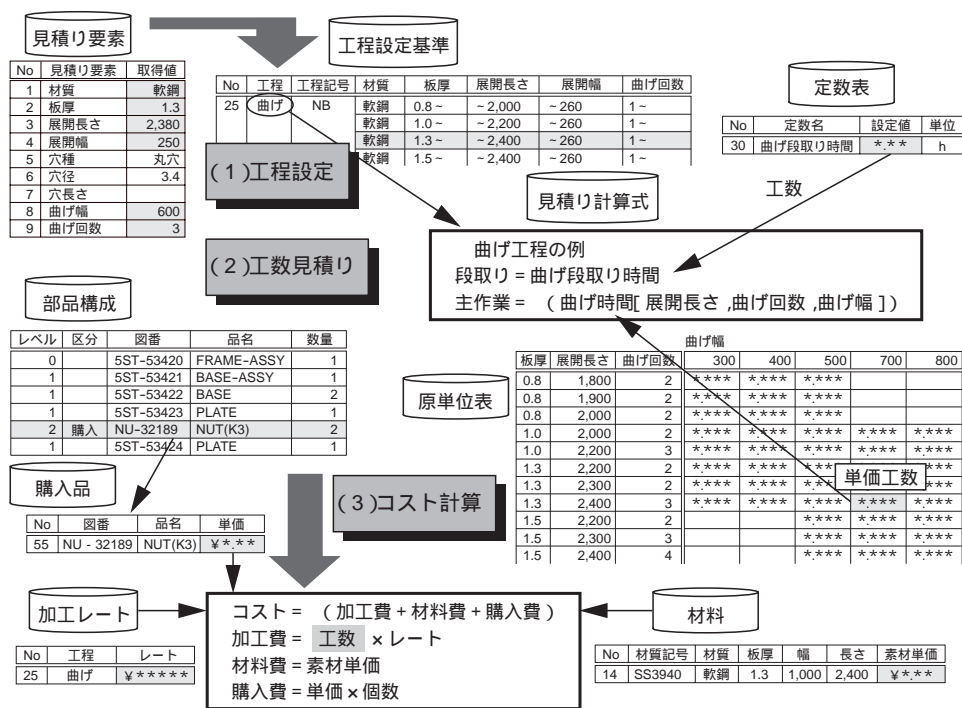


図5 見積り処理の流れ 工程設定、工数見積り、コスト計算では、工程設定基準や見積り計算式を基に処理される。

Process flow of cost estimation

(2) 工数見積り 設定された工程に対して、工数を見積る。見積り計算式、原単位表、定数表から段取り時間と主作業時間を算出する。例えば、曲げ工程の主作業の見積りでは、展開長さ、曲げ回数、曲げ幅の値を基に原単位表から単位工数を検索し、段取り時間は、定数表から曲げ段取り時間の設定値を検索する。

(3) コスト計算 単価マスタの加工レート、材料、購入品を用いて加工費、材料費、購入費の総和を求めコストとする。加工費は、加工レートから対象工程のレートを得て、この値に工程の工数を乗じる。材料費は材料の材質記号、板厚、幅、長さなどから得た素材単価とする。部品構成にナットなどの購入品があれば、購入品から購入図番の単価を得て、これに部品構成にある数量を乗じて、購入費を算出する。

#### 4.3 コスト感度分析

工数見積り、コスト計算の結果をグラフで表示する。工数見積りからは、図番ごとに工程別の主作業と段取り時間を表示する。コスト計算からは、図番別のコストと加工費、購入費、材料費の内訳を表示する。図3の見積り処理にあるグラフがその例で、設計者に、コスト的にボトルネックとなっている部品や工程を指摘する。

#### 4.4 ソースジェネレータ

工数見積りは、対象となる製品や工程によって、見積り計算式や工程の設定条件などの基準が異なる。そこで、見積り基準を外部データベースとして持ち、見積り基準に合わせてソースプログラムの計算機能部分を自動生成する機能を持たせ、汎用性を高めた。これにより、ソースプログラムを

変更することなく見積り基準の見直しだけで対応できる。

見積り基準として、外部データベース化したものを以下に挙げる。

- (1) 工程設定基準 工程が発生する加工要素及びその値を条件式で記述したもの。例えば、NC( Numerical Control )ターレットパンチ切断工程は、“材質 = 軟鋼、かつ1.3 mm 板厚 1.5 mm、かつ外形寸法長さ < 2.5 m” とする。
- (2) 見積り要素 3D-CADから図番ごとに自動取得される材質、板厚、曲げ形状、穴形状などの要素項目を記述したもの。
- (3) 原単位表 見積り計算時に参照する工数の原単位値を表形式で示したもの。原単位を決定する要素項目の種類に応じて一次元～n次元で表現する。例えば、曲げ工程の工数は、“200 mm < 展開長さ 300 mm、かつ曲げ回数=2回、かつ1,000 mm < 展開幅 1,500 mm では 0.05 h”と、三次元で記述している。
- (4) 見積り計算式 各工程について、主作業と段取りの工数計算式を、見積りシステム専用のフォーマットで記述したもの。
- (5) 定数表 工数見積り時に発生する工数のうち、定数として扱える項目の工数とその単位を記述したもの。例えば、段取りのような一定時間が一度だけ発生する場合や、ナットの取付けなど1個当たりの時間が決まっているものである。

## 5 適用事例

このシステムを、医用機器と昇降機の板金加工部品に適用した事例について述べる。

### 5.1 医用機器向け見積りシステム

医用機器向けの板金加工部品では、CAD/CAMシステム<sup>(2)</sup>と併せて見積りシステムを開発しており、3D-CADから直接見積り要素を取得する方法で実現している。しかし、溶接については、基本のCAD機能では、溶接にかかわる見積り要素を表現することが困難であるため、人手で要素を補足入力した。

### 5.2 昇降機向け見積りシステム

昇降機向けの板金加工部品への適用では、次の二つの機能を追加した。

#### (1) CAMシステムからの見積り要素の取得 3D-CAD

から直接見積り要素を自動取得する方法では、3D-CADでのモデルの作り方に依存する部分が多い。医用機器とは設計環境の異なる昇降機の場合には、新たにCAM(Computed Aided Manufacturing)システムからの見積り要素取得を実施した。すなわち、CADからCAMシステムに設計データを渡し、図6に示すように、CAMシステムで板金展開時に、中間ファイルとして出力される加工情報ファイルから要素を取得することにした。

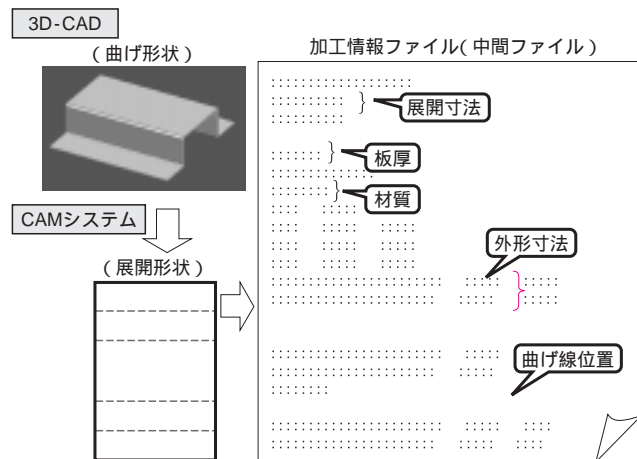


図6 . CAMシステムからの要素取得 CAMシステムの板金展開時に出力される中間ファイルから、見積り要素を取得する。

Element data acquisition from computer-aided manufacturing (CAM) system

- (2) 溶接方法の設定基準の設定 溶接工程については、3D-CADやCAMシステムからの取得が難しい。昇降機向けの板金加工部品は、用途や材質、板厚などの要素で標準的な溶接方法が定まるため、溶接方法の設

定条件をルール化して、溶接方法設定基準を外部データベースに加えた。例えば、表1の例では、用途、材質、板厚の違いで自動接着、汎用接着あるいはスポット溶接のいずれかの工程を選択する。

表1 . 溶接方法設定基準の記述例  
Example of description of welding process setup

○ : 選択される溶接方法

用途	見積り要素		溶接方法		
	材質	板厚(mm)	自動接着	汎用接着	スポット溶接
ドア	軟鋼	1.0	○		
	軟鋼	1.2	○		
	SUS	1.2	○		
	SUS	1.5		○	
天井	軟鋼	1.0	○		
	軟鋼	1.2			○
	化粧鋼板	1.6			○
側板	軟鋼	1.0		○	
	軟鋼	1.5		○	

SUS : ステンレス鋼

## 6 あとがき

医用機器と昇降機の板金加工部品を対象にした工数見積りシステムを完成させた。このシステムの特長として、3D-CADのデータを利用すること、短時間で工程設定、工数見積り及びコスト計算を行えること、見積り基準の外部データベース化による汎用性の向上などがある。

今後は、他のCADシステムとのインターフェース機能の拡張や、板金加工以外の部品への展開を図っていきたい。

## 文献

- (1) 3D-CAD利用の板金向け工数見積りシステム . 東芝レビュー . 55 , 3 , 2000 , p.31 .
- (2) 内田康夫 ,ほか . 板金部品の三次元CAD/CAMシステム . 東芝レビュー . 55 , 7 , 2000 , p.55 - 58 .



杉山 尚美 SUGIYAMA Naomi

生産技術センター 生産システム技術開発センター。  
生産システムの研究・開発に従事。  
Manufacturing System Technology Development Center



大内 俊弘 OUCHI Toshihiro

生産技術センター 生産システム技術開発センター 研究主務。生産システムの研究・開発に従事。  
Manufacturing System Technology Development Center