

利益を逃さないための 工数・コスト見積法

受注生産型企業において、単品受注や極小ロット受注に対する生産体制が不十分であると、営業活動にも支障をきたすばかりでなく、利益を生み出すことさえ危うい状況になる。

営業活動の中で、とくに見積業務は精度が求められるわけであるが、一方で、見積に関わる手間は多大となっている。その結果、見積は利益を生み出せるか否かの重要な作業であるにもかかわらず、諸事情でアバウトな数字を基に商談せざるを得ないような場面が多く見受けられる。

このような時に有効なシステムを、時代が多品種化の流れになりつつある頃に、BSOでは先んじて公的機関と共同開発した。それが後述する工数（コスト）見積システムである。

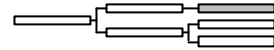
最近の経営環境の中では、必要とする企業も出てきたため、ここに紹介することにするこの見積システムは、一品生産や工事・プラントでの受注型企業の場合のみならず、新製品開発のときの工数見積や、製品改良、新規の受注品そして、金型製作などの場合の見積にも応用できるものである。

1. 見積作業における問題

受注の商談の中で、製品の仕様内容とあわせて、自社（外注も含む）の『適切な工数』を如何に算定するかが重要となる。この工数を把握することは、顧客への価格提示の基礎データとなるばかりでなく、製造段階での納期設定や負荷の把握、顧客への納期回答にも欠かせないものである。

工数の把握が不正確であると、結果的に製造時のコストアップ、そして利益を逃すことにもつながりかねない。見積という仕事がこのような重要な作業であるにもかかわらず、いわゆるKKD（経験、勘、度胸）が優先されるきらいがある。

例えば、受注の都度、製品の仕様が異なる場合に、できるだけ正確に見積もろうとするときは、ベテランの生産技術者が「工程展開」を行う方法で進めることになる。しかし、見積作業に時間がかかりすぎて、顧客にタイムリーに提出するためには一時的な



負荷が大きくなっているケースがよく見受けられる。

このようなときの見積の手法として、一般には経験見積法、既定時間法、標準時間資料法、実績資料法などがある。これらの手法は、これまでの実績や経験などに基づいて計算する方法であり、部分部分であらかじめ設定している個々の時間をもとに算定する方法をとる。しかし、実際の使用上の問題としては、

- 見積単位が細かすぎる
- 運用が複雑になりすぎる
- 精度が粗い

などがあげられる。

とくに個別受注生産の場合は、過去の経験で見積もる場合が多く見受けられるが、担当者による個人差が発生しており、また正確さをもとめようとすると、見積作業に多くの工数が必要とされているのが実情である。

2. クイックシステムとは

1) 工程展開なしに工数見積

できるだけ正確に見積もろうとすれば工程展開が必要となることを述べたが、この煩雑な工程展開をせずに行える方法がある。これは、簡潔に言うと、図面、製作基本仕様書などから必要情報を抽出し、これまでの実績から標準化した数値を用いて、統計的手法によって工数を見積もる方法であり、工数もしくはコスト見積システムとしてスピードが速く行えるために、クイックシステムと名づけたものである。

この方法の特徴としては、以下のものがあげられる。

専門知識がなくても短時間で見積もれる

ベテランの技術者でなくても、図面、製作仕様書など初歩的な見方ができる人であれば、簡単に見積もることができ、かつ時間もさほどかからない。

個人差がでない

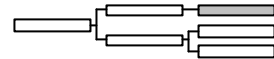
図面や製作仕様書から必要情報を抽出するだけであるから、見積る人によつての差がでないため、担当が替わっても同じ結果が得られる。

自社に合った見積計算方法がとれる

自社の実績データを基礎に算出するために、自社の実態に合った計算方法となる。またその後の製造方法や設備の改善などの場合も、メンテナンスができるため、最新版に更新も行える。

パソコンで行うことで見積作業のスピードアップが図れる

最終的な見積コストの計算表は書類でも行えるが、パソコンで行うことでデータの入力のみで自動計算が行われる。



(2) 層別して誤差を少なくする

材料や加工の種類(例えば、切断、面、穴、溝、外径など)によっては、変動要因が同じであっても、工数への影響が相違することがある。

したがって、全てに共通して使用できるモデルを作成するのではなく、加工対象や加工機能をいくつか層別して作成することが現実的で誤差が少ない。

ただし、あまり細かくしすぎると見積もりシステムが複雑になるばかりでなく、複数のモデルの合成となるため、誤差が大きくなり、精度が低下することもある。

(3) 加工パターンを分析する

一般に多品種の部品は、それぞれの加工工程が異なっており、決まった繰り返しパターンは無いように思われるのが一般的である。しかし、加工工程を加工機能の集合としてとらえると、何らかのパターンが存在する。

例えば、加工工程を、面加工、穴加工、外径加工、溝加工、切断、歯切りなど加工機能としての側面から捉えると、この加工機能の出現状態によって、いくつかの加工パターンが存在することがわかる。この加工パターンを知ることによって、見積の方法を容易にしようというのがこのシステムである。

手順は、まず加工パターンを抽出して、これらを整理し、つぎに、同じ加工パターンを見出すという順となる。

加工パターンの抽出

加工機能をコード化して、工程手順書や図面から加工パターンを抽出し整理する。まず、サンプルごとに順序、頻度を無視して、加工機能の出現状態をチェックする。

表2 加工パターン整理表の例

図番	部品名	加工パターン																取付 取外し	
		5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20	5	10	15	20		
3B1 - XXX	YSB201	5		5	3			1	5	11			1	5	16			2	
3A2 - XXX	AAC332			5	3			1	6	4			2	8			3		

加工パターンの総括

次に、同じ加工パターンを抽出するために、加工パターン総括表の生産工程編成の該当するコードのところに 印を記入する。すなわち、この 印の組み合わせで表現する。

すなわち、サンプルごとに生産工程編成に属するかをチェックし、加工パターン総括表の該当する生産工程編成欄に 印を入れる。該当のものが無い場合は、新しい生産工程編成を追加していく。

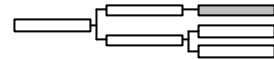


表3 加工パターン総括表

生産工程 編成 部 品 図 面	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
3B1 - XXX	YSB201						
3A2 - XXX	AAC332						

加工パターンの種類

加工パターン総括表で、生産工程編成を右に見て加工機能がすべて現れているものをひとつにまとめたものを完全加工パターンという。ある加工機能群が現れるところで、別の機能群が現れずに、その反対の現象が現れる場合もある。これらを部分加工パターンという。

我々が扱うのは、この完全加工パターンと部分加工パターンであり、その他については個々として取り扱う。

2) サンプルデータの収集

加工時間に影響を及ぼしていると考えられる要因を、各加工パターンごとに抽出し、加工時間とそれに対応する変動要因の各値を「組」にして収集し、サンプルデータとする。

すなわち、分析に用いるサンプルデータは加工パターンごとに収集する。サンプルデータは次の多変量解析のデータとなるために、統計的意味から以下の要領で収集を行う。

ランダムサンプリング

対象となるサンプルデータは似通った範囲のものを多く集めるよりも、できるだけランダムに広い範囲から集める。

データ数と利用方法

サンプルデータは変動要因の少なくとも5倍以上になるようにできるだけ多く集める。集められた全てのデータを分析の対象とはせず、ランダムにいくつかのサンプルデータを残しておき、回帰式の当てはまりの良さの判定に利用するようにする。

サンプルデータは、加工パターンごとに、工数（コスト）と変動要因を組として、多変量解析のインプットデータとする。



表4 サンプルデータ総括表の例

変動要因	加工パターン	面加工																		重要個所数	段取り数	段取時間合計	取付・取外時間合計	正味加工時間合計	検測時間合計	余裕時間合計	標準時間合計					
		面						穴						外																		
		長さ	巾	径	長さ	巾	径	長さ	巾	径	長さ	巾	径	長さ	巾	径	長さ															
図番	名称	1.00	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20											
3SK-262	レバーA	7.05	3	5	3	4	6	27	12				107	58	10	18	18						2	3	2.19	5.13	7.09	5.13	7.09	20.00		
3SK-233	レバーF	5.32	2	6	5	8	4						103	80								18	5	5	0.51	3.45	3.85	3.45	7.74	17.46		
5Q-263	軸受け	6.05	7	3	2	3	3						51	18	10	13	10					3	4	7	1.38	2.85	12.60	2.85	4.98	13.04		
3B-365	カム	12.16	9	10	3	10	12	135	22				228	132		25	46					32			17	9	2.97	12.06	4.20	12.05	12.33	41.98
2K-489	ローラー	4.27	3	5	4	5	6						36	22	10	52	18					10	9	4	2.96	0.57	2.96	4.20	8.32	26.92		
MK-235	歯車	3.06	6	4	3	11	5							75	16	10						2	3	3	1.30	0.40	1.30	2.01	3.81	20.32		
B34-548	とめ金	5.03	4	7	5	12	3						55	49		18	22					40	3	1	3.35	7.86	3.35	2.05	7.84	22.24		
ZVK-008	受け具3	9.95	5	3	6	7	9																									

3) 解析とモデル決定

種々の変動要因の組み合わせで、工数（コスト）にどの変動要因が、どのように影響をしているかを解析し、最適値を求めてモデルを決定する。

(1) 変動要因の分析

各加工パターンごとに、加工時間に影響を及ぼしていると考えられる要因を検討する。これらの変動要因は、後で全て数値化して回帰分析するため、重要なものであり、以下の点を考慮する。

見積する部品図に数値として表されていること

形状の複雑さや材質など、数値として表されていないものは、形状係数など決めて、ダミー変数（該当するものを1、そうでないものを0とする）

固有技術的には多くの要因が考えられるが、影響が少ないと思われる要因は省くようにする。

(2) 回帰分析

上記分析を含めてコンピュータ処理で行うが、多重回帰分析で変動要因の取捨選択やあてはまりの良さなどの統計的検定を行う。

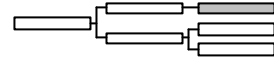
加工パターンごとに最適な回帰式を決定することになる。回帰式は、加工時間 y、加工時間に影響を与える変動要因 x_i、p を変動要因の数とすると

$$y = a_0 + a_1 x_1 + \dots + a_p x_p$$

の式で表される。

回帰分析によって、変動要因の係数 a₀、a₁、a₂、...、a_p を決定する。

回帰式における変動要因選択にあたっては、統計的処理による選択でなく、実際の担当者が選択し、回帰分析の結果を通じて満足のできる回帰式を決定してい



くとよい。

このステップでは、変動要因の組み合わせを設定して、当該サンプルデータによってコンピュータで回帰分析を行い、加工パターンごとに満足がいくまで繰り返すことになる。

表 5 回帰式のまとめの例

コード	工数		変動要因		回 帰 式	回帰係数		重相関 R
	名称	記号	名称	記号		記号	係数	
341	面・穴加工の加工基準値	y1	加工面の数	x11	y1=a1+a1x11+a2x12+ ...+a6x16	a0	(1.611)	0.953
			穴加工基準面の数	x12		a1	1.121	
			ドリル穴の数	x13		a2	0.692	
			ネジ穴の数	x14		a3	0.968	
			仕上穴の数	x15		a4	0.838	
			重要個所の数	x16		a5	0.872	
342	外径加工の加工基準値	y2	外径加工長さ	x21	y2=b0+b1(x21+x22+x23)	a6	0.736	0.899
			外径加工長さ	x22		b0	0.882	
			外径加工長さ	x23		b1	0.218	
	⋮		⋮		⋮		⋮	
	総サイクル時間	Y1	3 4 1の基準値	y1	Y1=A0+A1y1+A2y2 +A3y3	A0	0.276	0.984
			3 4 2の基準値	y2		A1	1.209	
			3 4 3の基準値	y3		A2	1.583	
	その他の時間 (段取・検測 余裕)	Y2	3 4 1の基準値	y1	Y2=B0+B1y1	A3	1.082	0.894
						B0	1.340	
						B1	0.709	

4) 見積りコスト工数計算表作成

各加工パターンの回帰式が確定されると、日常業務の中で簡便に見積時間値が求められるように『タイムテーブル』を作成する。タイムテーブルは、変動要因ごとに、加工時間を求めた表である。なお、例えば加工面数などの数は、サンプルデータによって算定したものであるため、タイムテーブルに掲載している以上の数の場合には、そのまま適用はできない。

(表 6 参照)

工数の見積りは、図面から変動要因に関する数値を読み取り、タイムテーブルの値を選定し合計する。この計算を容易にするためには、次に示す、見積りコスト・工数計算表を作成すると使いやすい。

この表は重回帰分析における回帰式の理論を図式化したものであり、工数(コスト)の積算を容易に行うことができる。もちろんこの表はパソコンの画面上で行うことになる。

実際に使用する段階では、見積り精度を上げて信頼度の高いものとするために、使用上の具体的な説明(変動要因の定義や測定方法についてなど)がある方がよい。これをマニュアルとして運用する。

(表 7 参照)

表6 変動要因別タイムテーブルの例

加工面数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	0.829	1.657	2.486	3.314	4.143	4.971	5.800	6.628	7.457	8.285
	11	12	13	14	15					
	9.113	9.941	10.770	11.598	12.427					
穴加工面数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	0.443	0.885	1.328	1.770	2.212	2.655	3.097	3.538	3.983	4.424
ネジ穴数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	0.571	1.148	1.722	1.396	2.869	3.443	4.017	4.591	5.164	5.738
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	6.313	1.486	7.460	8.034	8.608	9.182	9.755	10.329	10.904	11.477
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	12.051	12.624	13.199	13.773	17.910	14.920	15.494	16.642	16.642	17.215
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	17.798	18.364	18.937	19.511	20.659	20.984	21.233	21.806	22.380	22.954
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	23.528	24.102	24.675	25.205	25.823	26.397	26.971	27.545	28.119	28.693
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	29.266	29.840	30.414	30.988	31.562	32.135	32.710	33.283	33.857	34.431
	61	62	63	64	65	66				
	35.005	35.579	36.152	36.726	37.301	37.874				
仕上穴数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	0.739	1.477	2.217	2.956	3.694	4.466	5.172	5.910	6.650	7.389
重要個所数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	0.643	1.288	1.931	2.574	3.217	3.862	4.505	5.148	5.792	6.436
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
	7.079	7.614	8.366	9.010	9.653	10.297	10.940	11.584	12.228	

表7 見積コスト・工数計算表の例

品番	図番	品名		作成部課	作成者	作成年月日
見積表コード	3412	3413	3414			
加工パターン	面穴加工	外径加工	溝加工			
	図面より	時間	図面より	時間	図面より	時間
加工面数	1	0.912				
穴加工面数	2	0.973				
ドリル穴数	3	2.204				
ネジ穴数	4	2.802				
仕上穴数	5	3.258				
溝個所数				1	0.304	
溝長サ			1	0.054		
外径			2	0.054		
			6	0.181		
溝径						
溝深サ						
重要個所数	1	0.536				
合計		10.685		0.289	0.304	
基準値		- 1.827		+ 0.572	+ 0.037	
		8.858		0.861	0.341	
見積時間		× 1.637		× 1.335	× 0.852	
		14.501		1.149	0.291	
		(+ +)		+ 3.007 =	18.948	分