



発行所
 東京都大田区蒲田4丁目50番地3
 電話(732)7821~3
 蒲田工業協同組合
 編輯及発行人
 機関紙編輯部委員会
 石森憲蔵
 印刷所
 東京都江東区新大橋2~9~2
 株式会社栄輝堂印刷所

NC工作機械導入の問題点

東京都立工業技術センター 横山哲男

はじめに

構造不況業種を除けば景気は回復に向っており、中小企業の生産活動盛んになってきています。これに伴って設備投資も行われ、機械加工を行う分野ではNC工作機械の導入が再び多くなってきています。これは中堅企業はもとより、従業員数30人程度の企業でも多く見受けられます。

図1は、日本におけるNC工作機械の出荷額および規模別販売比率から、大企業および中小企業へのNC工作機械の普及の変遷をみたものですが、昭和46年頃までは中小企業への出荷額は、大企業への出荷額に比べて余り伸びておりません。

ところが、47年から48年にかけて中小企業への出荷額は急激に伸び、49年から50年にかけてはオイルショックによる不況で一時的がってはいますが、51年からまた大きく伸びており、53年は(推計ですが)更に増加を示しています。

では、なぜ46年頃までは中小企業において伸びなかったかと申しますと、当時のNC工作機械の価格が2,000万円もしていて、(今でこそ2,000万円という額はそう大した額ではなくなりましたが)、当時の中小企業にとっては相当高価な機械だったのです。

それに、当時のNC工作機械は、現在ほどの十分な機能を持っていないし、故障も多かったのです。

当時、「NC工作機械を入れたら、3ヵ月間はフルに動かせ」と言われていました。なぜかと申しますと、3ヵ月間フルに動かさないで故障を十分に発見することができなかったからです。勿論、電機関係は電機メ

ーカーが作り、機械関係は工作機械メーカーが作ったのですが、両者のコンタクトが非常に悪かったのです。

ところが、表1の平均価格が示すように、価格もだんだん下がり、現在では1,500万円ぐらいに下がってきております。

なぜこんなに安くなったかと申しますと、本当は安くなっていないのです。と言うのは、中型化・小型化してきたから安くなったのであって、初期の2,000万円もする大型のものは現在でも2,000万円しています。ただし、当時より物価が相当上昇していますので、その意味からは安くなったと言うことができます。

したがって、中型化・小型化してきたから価格が安くなったのと、物価が上昇してきたのと両々相俟って、中小企業でも手の届く範囲内に入ってきたということです。

表1 NC工作機械の出荷および平均価格

年	出 荷		平均価格(百万円)
	台 数	金額(百万円)	
46年実績	1,298	2,565.7	1,976
47年 "	1,360	2,561.6	1,883
48年 "	2,478	4,441.1	1,792
49年 "	2,356	4,976.3	2,112
50年 "	1,942	3,876.6	1,996
51年 "	3,131	5,256.5	1,678
52年 "	4,850	7,475.3	1,541
53年計画	6,839	10,928.6	1,596

(日本工作機械工業会調査資料による)

(注) 平均価格は金額を台数で単純に割ったものである。

また、故障についても、工作機械メーカー側で電機関係とのコンタクトを相当勉強し、現在ではトラブルは殆んどありません。

殆んどと申し上げましたのは、昨今、NC工作機械メーカーも非常に増え、中には後発メーカーなどで経験不足から問題点が多少ある場合もあるのでそう申し上げたのですが、全体として非常に性能がよくなってきています。

それに、NC工作機械は、汎用機と同じ内容の仕事ができます。自動盤(NC工作機械も勿論自動盤ですが、ここで言う自動盤とは、従来から所謂自動盤と言われてきたものを指します)の場合は、カムで動かすことが主で、作業範囲や工程数が限定されます。自動盤でステップ数がいくつあると言っても限界がありますが、NC工作機械の場合は殆んど無限です。

以上のようなことから、中小企業でも48年頃から、(不況の関係で50年頃の一時期落ちただけで)、NC化がどんどん進んできたということです。

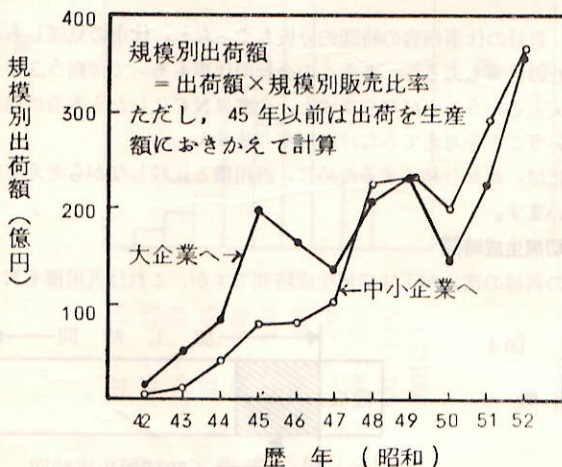
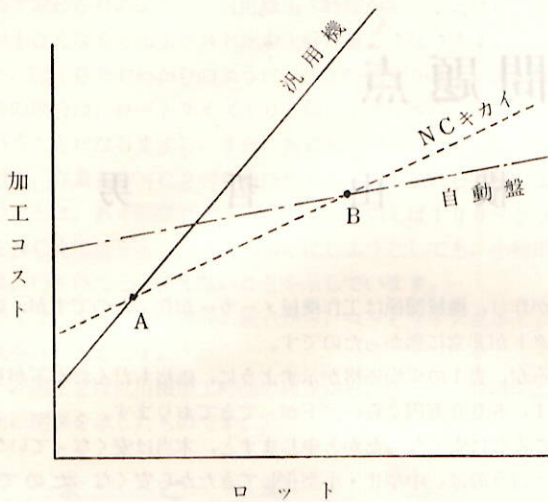


図1 大企業および中小企業への出荷額の変遷 (日本工作機械工業会調査資料による)
 ○昭和52年NC工作機械生産実績等調査
 ○昭和51年NC工作機械生産実績等調査

NC工作機械に対する概念

では、NC工作機械は本当に役に立つのだろうかという問題ですが、一般的に本などに書かれているのは、次のような説明がなされています。図2に示されるように、汎用機の場合は段取り時間が非常に短いので加工個数が少ない場合はよいのだが、図のように勾配がきついで、加工個数が多い場合には1個当りの加工コストは高くなります。

図2



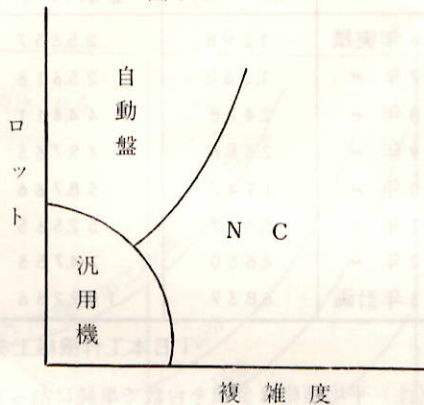
自動盤ですと、カムを作ったり、工具のセットなど、段取りに相当時間がかかりますので、図のような線になり、加工個数が少ない場合は1個当りの加工コストは高くなりますが、加工個数の多い場合は有利になります。

ところが、NC工作機械だと、段取りはテープを作るだけで、あとの段取りは汎用機と余り変わらないので、図の点線のようになります。

したがって、NC工作機械は、図のAB間が一番安くつくわけですから、この範囲でロットを見つめる必要がある、というような説明がなされています。

また、加工内容の複雑度によって、図3に示すように、そんなに複雑でないものなら汎用機で、ロットが沢山あるなら自動盤で、複雑でいろいろなことを行わなければならないのならNC工作機械というような説明もなされています。

図3



考え方としてはこれでよいのです。

しかし、これからNC工作機械を導入されようとする場合に、ただこれだけでは、具体的なものはなにも出てきません。

NC工作機械導入の前提条件

では、どうすればよいのかと申しますと、これからNC工作機械を入れようかとお考えになっているのであれば、先ずこれだけは必ずやっていただかなければならないということがあります。

自社の作業内容の時間的分析

先ず第1に、絶対にやっていただかなければならないのは、自社の作業内容を時間的に分析することです。

自分の会社は、あそこの会社のこういう品物を作っていて、こちらの会社のこういう品物の加工を請負っているとか、また、うちではこういう品物を作って売っているのだとか、というようなことは勿論わかっておられるのですが、それが時間的にどんなものであるのかを捉えている

方は非常に少ないのです。

NC工作機械を入れて、儲かるのか儲からないのかを判定するには、どうしても現在の作業内容を時間的に分析して見る必要があります。

仕事が継続するか

2番目に必要なことは、その仕事が継続のかどうかということです。(同じものでなくても結構です。例えば、シャフトの加工を請負っているのであれば、そのシャフトの形が変わっても結構です)。

NC工作機械を入れて儲かるのかどうかを判定するのに、どうしてもその仕事が継続のかどうかということを見極める必要があります。

これは当たり前と言えは当然のことなのですが、私どもが50年に調査したら、表2に見られるように、NC工作機械を入れた企業のうち、特に小企業の場合は30%がNC加工に適切な加工物が少ないと答えているのです。

これは、まるっきりないということではないのですが、空いてしまうと言っているのです。30%の企業が空いてしまうということは、相当多いということです。

これが100人前後の中堅クラスになると25%ぐらい、大企業ですと20%ですので、中小企業はやはり相当無理をして入れているのではないかと思います。

ただし、これは全国レベルでの話で、東京の中小企業の場合は15%ですので、東京というところはやはり比較的仕事があるのだなあという気がします。

このことは、わかっているようで見逃し勝ちですので、仕事が継続かどうかをハッキリ見極めていただきたいと思います。

表2. NC加工に適切な加工物が少ないと答えた割合

(a) 機種別

機種	比率
旋盤	25%
ボール盤	14%
フライス盤	20%
マシニングセンタ	26%
中ぐり盤	21%

* 機種ごとに問題ありと答えた比率を示している。

(b) 規模別

従業員数	比率
30人以下	30%
31~300人	25%
300人以上	20%

* 工場規模ごとに問題ありと答えた比率を示している。

加工時間比

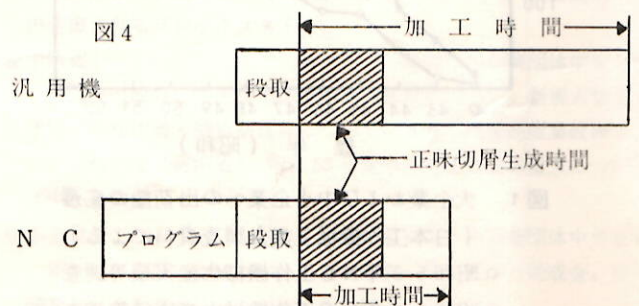
さて、自社の仕事内容の時間的分析もやっだし、仕事の見通しも、この会社の仕事もあるし、あそこの会社の仕事もあって、向う3年ぐらいは大丈夫ということになりますと、今度はNC化したら本当に儲かるのかということを考えてみなければなりません。

それには、わかり易くするために、汎用機と比較しながら考えてみたいと思います。

正味切屑生成時間

図4の斜線の部分が正味切屑生成時間ですが、これは汎用機もNC工

図4



作機械も変わりません。

例えば、4.5Cを汎用機で150^m/minで削っていたものを、NC加工にしたからといって、300^m/minで削れるかといったら、そんなことは絶対にありません。

ただし、例外はあります。例えば、ねじ切りですと、切上げの関係で汎用機の場合は切削速度がずっと下がってしまいますが、NC加工の場合は所謂最適切削速度で削ることができます。そういう例外はありますが、普通の外周削りとか、中ぐり作業では殆んど変わりません。

加工時間

大きく変わるのは、この加工時間です。

1. 汎用機の場合

正味切屑生成時間は、(ただ単に丸棒の外径をひくだけというような場合は別ですが)、普通の旋盤作業やフライス盤作業では、加工時間の10~20%で、20%になることは殆んどありません。

つまり、加工時間は正味切屑生成時間の5~10倍かかるということです。

2. NC工作機械の場合

ところが、NC加工の場合は、正味切屑生成時間は加工時間の60~80%(80%は一寸きついです)なのです。

つまり、加工時間は正味切屑生成時間の1.3~1.7倍しかかからないということです。

段取時間

次に段取り時間ですが、汎用機に比べてNC加工の方が少なくてすむと言われてはいますが、それは、マシニングセンターなどの場合に治具などが不要の場合には短くなりますが、普通はそれほど短くはなりません。殆んど同じです。

プログラム作成時間

NC加工で一番問題なのは、このプログラム作成時間が必要だということです。

このプログラム作成の時間がどれくらいかかるかということは、なかなか一概には言えません。

図5(a)は、NC工作機械メーカーが技術資料として提供している

テープ作成に必要な時間の分布で、図5(b)はNC研究会の加工例からみたもので、図5(c)は(a)および(b)の2つのデータを合算したものです。

NC工作機械メーカーのデータでは、平均して3時間程度で、159~251分に大きなピークが見られますが、NC研究会の加工例では平均が5時間で、特にピークはありません。両者のデータを合算したものの平均値は約4時間となっています。

平均値を比較しますと、NC工作機械メーカーのデータは、テープ作成にそれほど時間を要していないことにはなりますが、これは単に宣伝効果をねらったものと決めつけるのは早計で、NC工作機械メーカーはNC加工の専門家であり、NC研究会のデータは一般ユーザーのもので、両者の間にテープ作成能力に差があっても当然のことと考えられます。しかし、馴れるにしたがって、この差は縮まっていくものと考えられます。

加工コスト比

さて、汎用機による従来の加工を、NC加工に変えることによって、メリットがあるのかないのかを判定するためには、その加工コストを比較検討することが最もわかり易いと思います。即ち

$$\lambda = \frac{\text{NC工作機械を利用したときの加工コスト}}{\text{汎用機を利用したときの加工コスト}}$$

を考えてみたいと思います。

上記の式の分子、分母はそれぞれに、

分子=NCテープ作成費+加工準備費+加工費+検査費

分母=加工準備費+加工費+検査費

に分けられますが、検査費はコストの中でそれほど大きなウェイトを占めていませんので、ネグレクトして考えていくことにします。

今、要因を次のようにしますと、

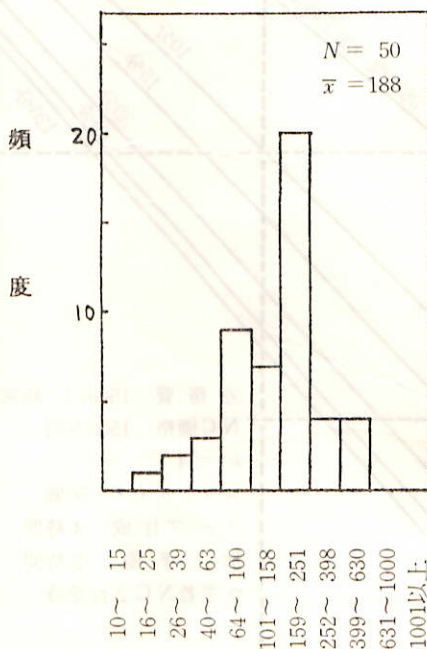
c₁=時間当りの労務費

c₂=時間当りのNC工作機械使用費

c₂₀=時間当りの汎用機械使用費

t₁=NCテープ作成時間

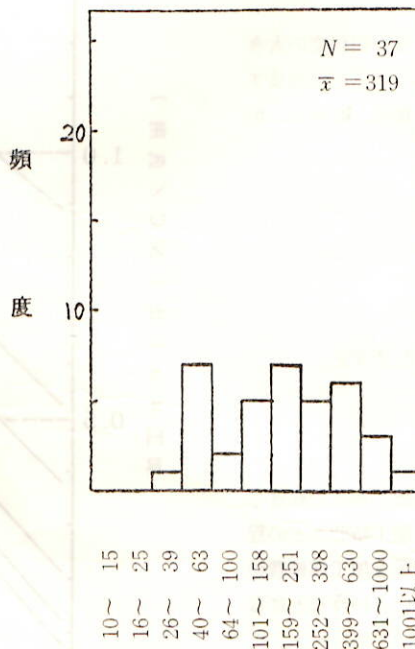
メーカーデータ



テープ作成時間(分)

(a)

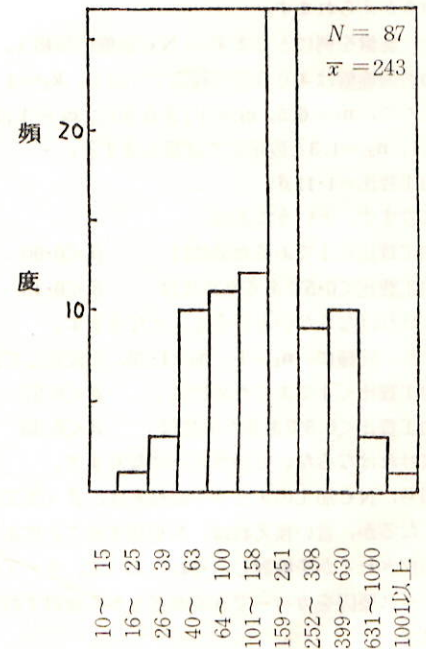
アンケートデータ



テープ作成時間(分)

(b)

データの総合



テープ作成時間(分)

(c)

図5 データ別によるテープ作成時間の分布(旋削)

- t_2 = NC加工準備時間
- t_3 = NC加工時間 (取付けてから取外すまで)
- t_{22} = 汎用機械の加工準備時間
- t_{33} = 汎用機械の加工時間 (取付けてから取外すまで)
- L = ロットサイズ
- n_1 = NC加工の作業員必要率

(例えば、作業員がNC工作機械2台を受持ちますと、 $n_1 = 0.5$ になります。加工時間が比較的長く、切屑のからみつきなどのトラブルが殆んど考えられない作業では、 n_1 は極めて小さな値になります。これに対し、加工時間1~2分の作業とか、ステンレス鋼の加工のように切屑がからみついて作業員が目を離すことができない場合は、 $n_1 = 1$ とせざるを得ません。)

- $n_2 = 1 + \text{NC加工時間の余裕率}$
(作業余裕、用達余裕、疲労余裕を加味したもので、普通、 $n_2 = 1.10 \sim 1.20$ です。)
- $n_{22} = 1 + \text{汎用機加工時間の余裕率}$
(普通、 $n_{22} = 1.3$ です。)

としますと、加工コストは、

$$\text{NC加工コスト} = t_1 c_1 + t_2 (c_1 + c_2) + t_3 n_2 (n_1 c_1 + c_2) L$$

$$\text{汎用機加工コスト} = t_{22} (c_1 + c_{22}) + t_{33} n_{22} (c_1 + c_{22}) L$$

となります。

ここで、ロットサイズの影響を受ける費用とロットサイズの影響を受けない費用、即ち、前者は加工費用、後者は加工準備費用或いはNCテープ作成費用ですが、この2つに分けて、ロットサイズの影響を受ける費用、即ち、加工費用について比較しますと、

$$\frac{\text{NC加工費}}{\text{汎用機加工費}} = \frac{t_3 n_2 (n_1 c_1 + c_2) L}{t_{33} n_{22} (c_1 + c_{22}) L}$$

となります。

今、 $k_1 = \frac{c_2}{c_1}$ 、 $\beta = \frac{t_3}{t_{33}}$ としますと、上式は次のようになります。

$$\frac{\text{NC加工費}}{\text{汎用機加工費}} = \frac{t_3 n_2 (n_1 c_1 + c_2) L}{\beta n_{22} (c_1 + \frac{c_2}{k_1}) L} = \frac{\beta n_2 (n_1 c_1 + c_2)}{n_{22} (c_1 + \frac{c_2}{k_1})}$$

k_1 は、NC工作機械と汎用機械との時間当りの使用費の比を示すものですが、(この使用費は、原価償却費、稼働率、水道光熱費などを加味して考えなくてはならないのですが)、概略の値としては機械の価格比でおきかえられます。

今、旋盤を例にとりますと、NC旋盤の価格1,500万円程度の大きさの普通旋盤は400万円程度ですので、 $k_1 = 4$ ということになります。ここで、 $n_1 = 0.5$ 、 $c_1 = 1,500$ 円、 $c_2 = 1,800$ 円、 $k_1 = 4$ 、 $n_2 = 1.1$ 、 $n_{22} = 1.3$ と仮定して試算しますと、

$$\text{加工費比} = 1.11\beta$$

となります。ということは、

$$\text{加工費比} < 1 \text{ であるためには } \beta < 0.90$$

$$\text{加工費比} < 0.5 \text{ であるためには } \beta < 0.45$$

でなければならないということになります。

また、同様に、 $n_1 = 1$ 、 $n_2 = 1.20$ と仮定して試算しますと、

$$\text{加工費比} < 1 \text{ であるためには } \beta < 0.67$$

$$\text{加工費比} < 0.5 \text{ であるためには } \beta < 0.33$$

でなければならないということになります。

即ち、NC加工のメリットの目安は、 β (加工時間比)がどの程度小さくなるか、言い換えれば、NC化することによって加工時間がどの程度短縮されるかを検討し、それによって、テープ作成費と加工準備費のマイナス要因をカバーできるかどうかを検討すればよいということになります。

図6は、NC研究会が行った調査事例に手を加えたものですが、汎用機械による加工時間と、加工時間比(β)との関係において、前述の λ (NC加工の場合の総費用と汎用加工の場合の総費用との比、所謂加工コストの比)が、

- $\lambda \geq 1$ の場合には、●印
- $1 \geq \lambda \geq 0.5$ の場合には、○印
- $0.5 \geq \lambda$ の場合には、◎印

でプロットしたものです。

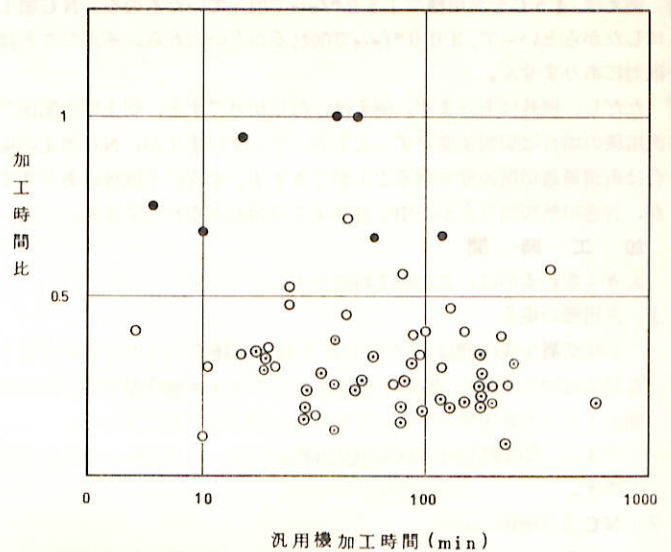


図6 加工コスト比と加工時間比(旋盤)

図6でおわかりのように、加工時間比が0.4以下の範囲では、殆んど◎印となって分布しています。しかし、汎用機加工時間が20分以内の場合は、加工時間比が0.4以下でも○印となっています。

これは、前述したように、加工時間が短いと、テープ作成費や加工準備費のウェイトが高くなって、加工コストが加工時間比ほど低減されなかったことを示しています。

また、加工時間比が0.7以上の場合は、コスト的にNC加工は不向きであることを示しています。

図7は、汎用機械の加工時間からみた加工時間比と加工コスト比の関係を図示したもので、図8は、ロットサイズからみた加工時間比と加工コスト比の関係を図示したものです。

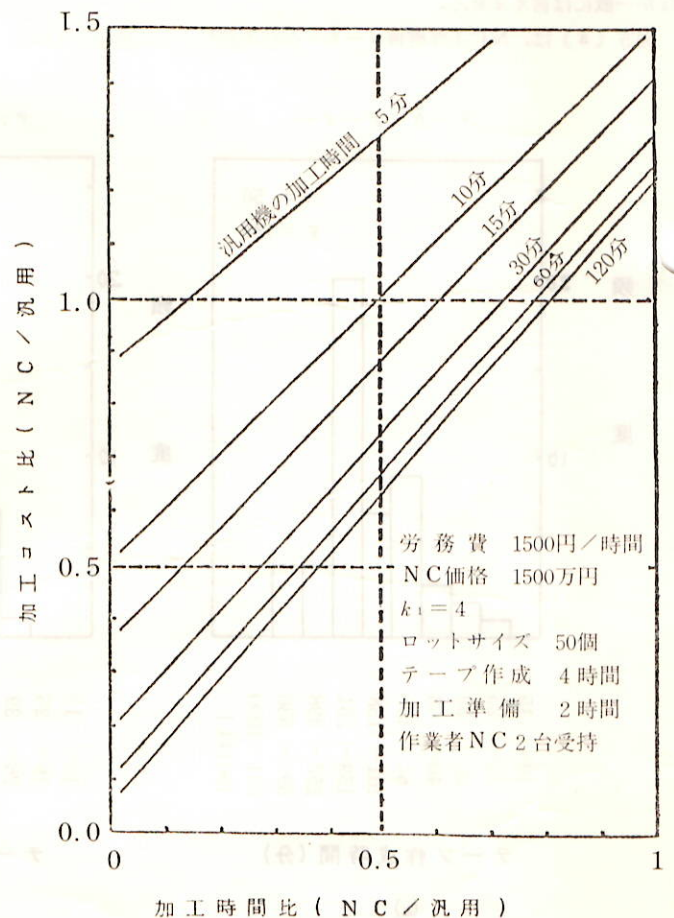


図7 汎用機の加工時間からみた加工時間比と加工コスト比の関係

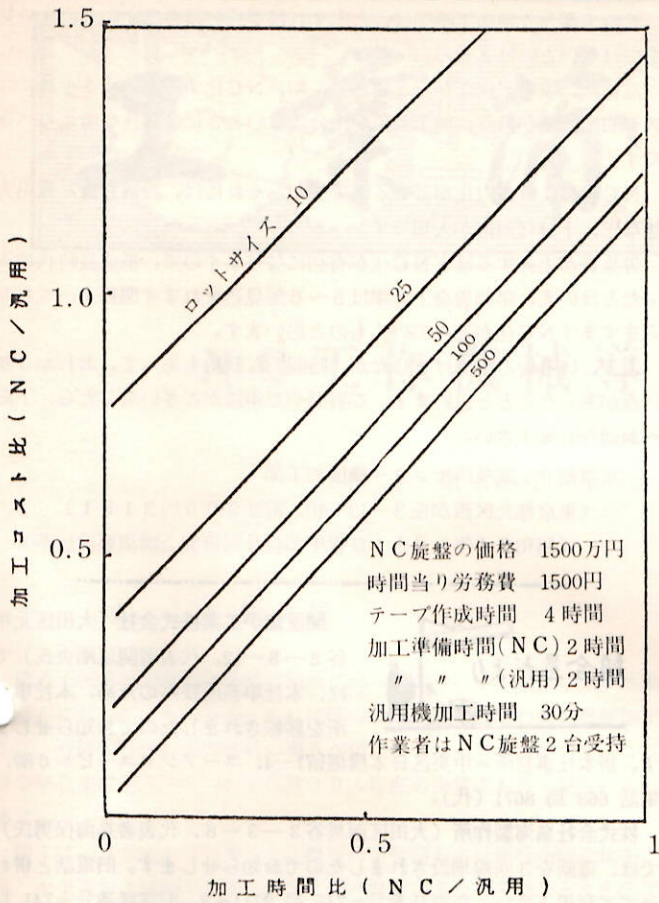


図8 ロットサイズからみた加工時間比と加工コスト比の関係

図7, 図8でおわかりのように, 加工時間比が小さいということは, NC化により能率が大きく向上し, 加工コストが安くなるということです。これは当然と言えばそれまでですが, NC化を検討するに当たり, 先ず加工時間比がどの程度にまで下げられるかを推定しなければ

図9

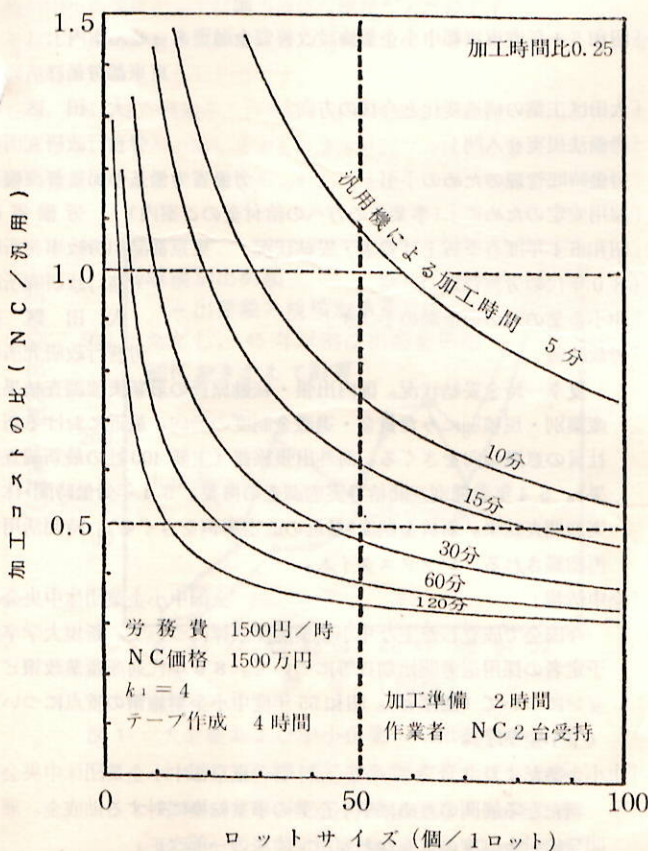
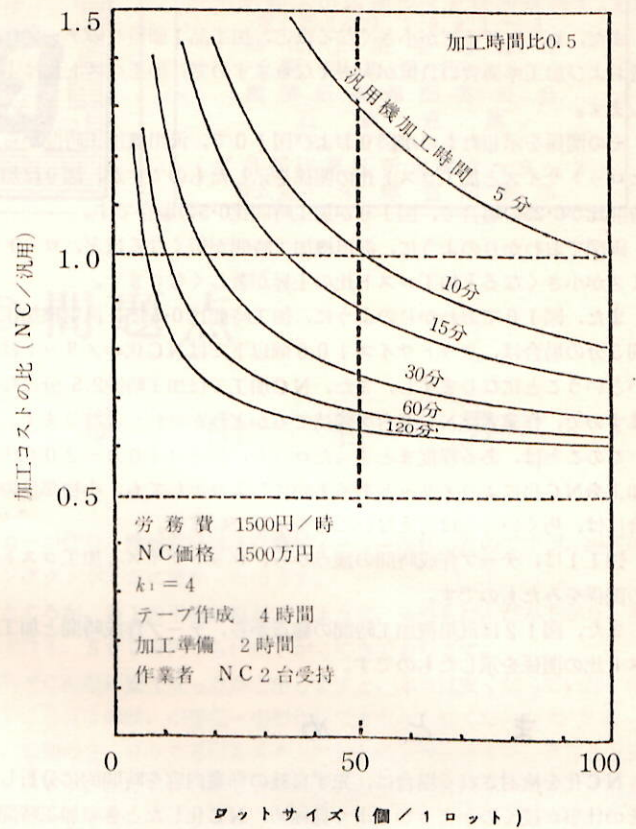


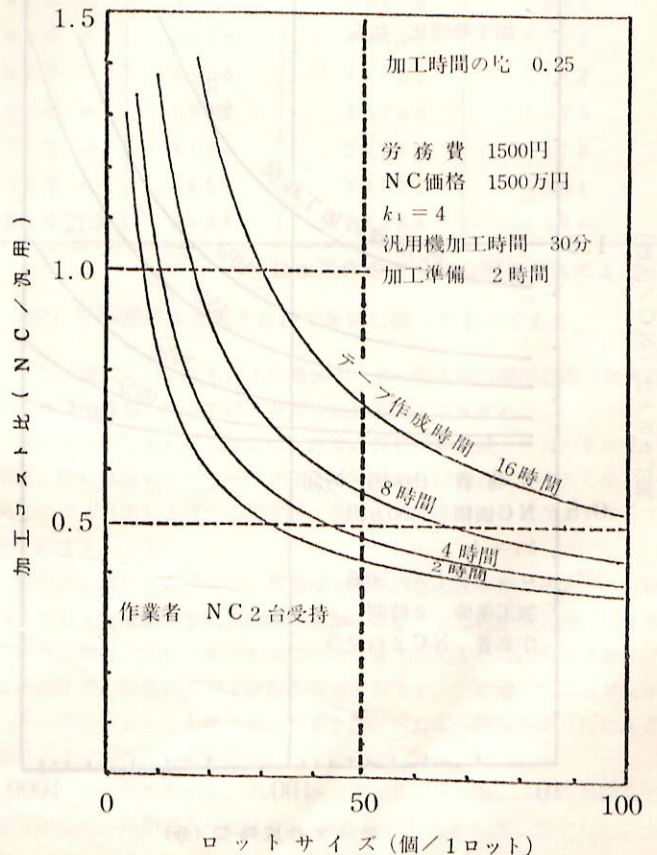
図10



なりません。

前にも申上げましたとおり, NC加工だからといって, 従来100^m/minの切削速度で加工していたものを, 200^m/minにあげられるわけでは決していないのですが, 汎用機加工では切屑生成時間が加工時間の10~20%に対して, NC加工の場合はこれが60~80%にあげられますのでここに能率向上があるので, 例えば, 大型工作物の単純加工のような切屑生成時間の比率の高いものは, 加工時間比が小さくなるとは考

図11



えられませんので、NC化はコスト的に適していないと言うことができます。

また、ロットサイズが小さくなるほど、加工品1個当りのテープ作成費および加工準備費の負担が大きくなりますので、加工コスト比は上昇します。

その関係を示したものが図9および図10で、汎用機加工時間からみたロットサイズと加工コスト比の関係を示したのですが、図9は加工時間比が0.25の場合で、図10が加工時間比0.5の場合です。

両図でおわかりのように、汎用機加工時間が短くなるほど、ロットサイズが小さくなると加工コスト比の上昇が著しくなります。

また、図10でおわかりのように、加工時間比0.5で、汎用機加工時間5分の場合、ロットサイズ100個以下ではNC化のメリットはないということになりますし、また、NC加工では加工時間2.5分になりますので、作業者がNC2台を受持てるかどうか疑わしくなります。

このことは、ある程度まとまったロット、例えば100~200個の加工をNC化によりメリットあるものにしてしまうと、小物部品の場合には、巧くいくとは言えないことを示しています。

図11は、テープ作成時間の観点から、ロットサイズと加工コスト比の関係をみたものです。

また、図12は汎用機加工時間の観点から、テープ作成時間と加工コスト比の関係を示したものです。

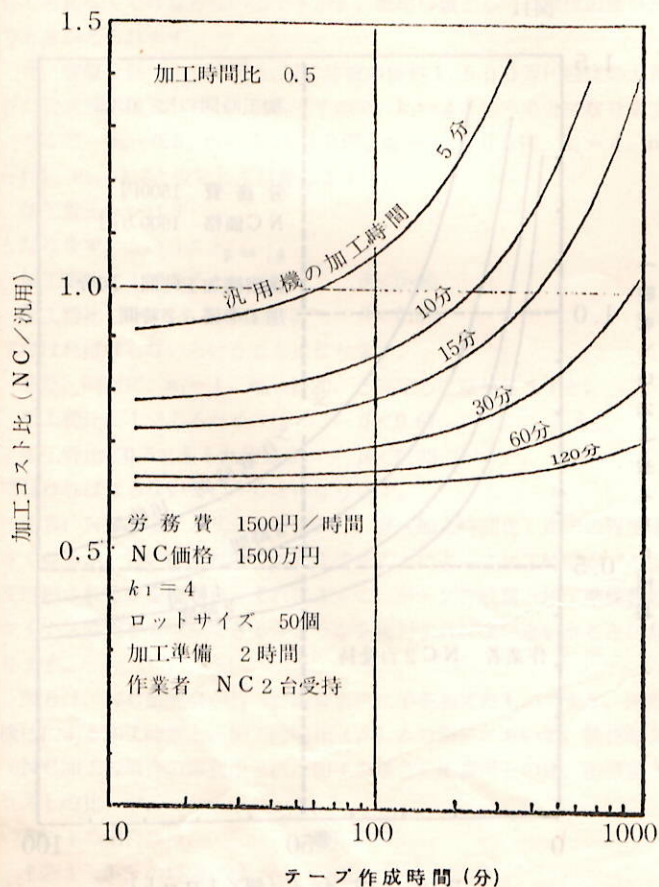
まとめ

NC化を検討される場合は、まず自社の作業内容を時間的に分析し、その仕事が続くのかどうかをよく見極め、NC化したときの加工時間の短縮率がどれくらいになるかを推定しなければなりません。

NC化によって、能率の向上、精度の向上、省力化など、いろいろのメリットがありますが、採算性を考えた場合、能率の向上を第1に考えなければなりません。

加工コストに最も大きく影響するのは加工時間比で、その他の因子はロットサイズおよび1個当りの加工時間です。

図12



この1個当りの加工時間は、とすれば見逃し勝ちですので、十分気をつけたいといけません。

高精度、複雑形状だからといって、即、NC化するということは、コスト的に問題があり、加工対象が十分でないときには外注を考えるべきです。

NC化により省力化ができる筈ですが、それには、設置台数、運用方法など、十分な対応が大切です。

労務費が上昇するほどNC化が有利になりますので、低成長時代に入ったとはいえ、年間賃金上昇率は5~6%見込まれます関係上、これからはますますNC化が進んでいくものと思います。

以上、いろいろ申し上げましたが、時間的な制約もあって、おわかり難い点があったことと思います。ご質問やご相談がございましたら、下記へお問い合わせ下さい。

東京都立工業技術センター機械加工部

(東京都北区西が丘3-13-10、電話909局2151)

(昭和54年5月11日青年部会月例研究会講演要旨抜萃)



組合員だより

関屋窯炉工業株式会社(大田区北糞谷2-8-12、代表者関屋剛央氏)では、本社事務所狭隘のため、本社事務所を移転されましたのでお知らせします。

新本社事務所=中央区日本橋堀留1-4、ユーアンドユービル6階、電話663局8671(代)。

株式会社島海製作所(大田区西糞谷3-3-8、代表者島海保男氏)では、電話を3回線増設されましたのでお知らせします。旧電話と併せてご利用下さい。新電話番号=745局2711~3、旧電話番号=741局6741~2。

図書室だより



下記の図書が新しく入りましたのでお知らせします。

事務所の書棚にありますので、事務所に来られたとき、自由に手にとってご覧下さい。

貸出しもしております。事務局職員にお申しつけ下さい。

記

「昭和54年度東京都中小企業施設改善資金融資あっせん案内」

東京都労働経済局編

「大田区工業の構造変化と今後の方向」

大田区編

「労働法規実務入門」

労務行政研究所編

「労働時間管理のための手引」

労働省労働基準局監督課編著

「雇用安定のために」(事業主の方への給付金のご案内)

労働省編

「昭和54年度春季賃上げ要求・妥結状況」

東京都品川労政事務所編

「80年代の労務管理の進路」

労務行政研究所編

「中小企業のための金融の手びき」

大田区編

「労政時報」

労務行政研究所編

夏季一時金妥結状況。国内出張・転勤旅費の最新実態調査結果。産業別・規模別にみた賃金・退職金制度の動向。最近における新入社員の意識傾向をさぐる。海外出張旅費(主要400社の最新調査結果)。54年職種別民間給与実態調査の概要。54年労働時間・休日実態調査結果。新賃金制度(最近の改定事例をさぐる)。時間活用で再認識されるフレックスタイム。

「全中情報」

全国中小企業団体中央会編

今国会で成立した主な中小企業関係法律について。新規大学卒業予定者の採用選考開始期日等について。80年代通商産業政策ビジョンについて(通産省)。昭和55年度中小企業施策の重点について(中小企業庁)。

「中小企業だより」

東京都中小企業団体中央会編

新たな展開のために中小企業の事業転換に対する助成金。雇用開発給付金制度の拡充など雇用保険法の一部改正。