研 究

パンチプレスシェア加工用ソフトウェアシステム
(CAMPS) の開発*

—システム設計—

古 川 正 志** 嘉 数 侑 昇*** 沖 野 教 郎***

The Development of the CAMPS Software System
for Sheet Metal Production
—System Designing—

Masashi FURUKAWA, Yukinori KAKAZU
and Norio OKINO

This paper reports on the designing of a software system for computer-aided sheet metal manufacturing. The developed system is designed to be used with a small (128 kilo-bites) computer, and it aims at realizing highly-automated punching-press and shearing processes in sheet metal manufacturing. The system consists of five processors, each of which possesses the following functions: translating input data language and producing standardized data files for subsequent processors, nesting products onto raw sheet metal blanks, determining the shear-scheduling of the products to be cut from the raw sheet metal blanks, sorting out

punching-press geometries to assign each ones to a proper task group, and determining a punching-press tool path. The language designed for the system has information on the raw sheet metal blanks, products, and punching-press tasks. In the shearing process, it is extremely difficult to automate product allocation onto the raw sheet metal blanks. In order to solve this difficulty, a method developed for the trim problem is adopted for this system. Decision making in shear scheduling, tool path generation for punching-press, and punching-press geometry sorting are mathematically modeled, and methods are developed to solve these models. The developed software system may raise an important role in realizing an integrated sheet metal manufacturing system.

Key words: computer-aided manufacturing, nesting, shearing, punching-press, trim problem, production system.

1. ま え が き

シェア加工のCAM化は、板取工程計画の自動化の困難さから、その実現を容易でないものとしていた。従って、この問題の解決を図れば、板取順序の決定、パンチプレスの工具経路の作成を含めて、総合的なパンチプレスシェア加工のためのソフトウェアシステムを実現できる。

本報告は、これまでトリムプロブレムの基礎研究¹⁾²⁾として行った2次元のトリムプロブレム、すなわち多数長方形の板取問題の解法を、シェア加工の板取工程計画に適用し、パンチプレス加工の工具経路決定を含めた板金加工ラインのソフトウェアシステムの開発に関して、そのシステム設計とシステムの各プロセサについて述べたものである。なおここで開発されたシステムを、CA

MPS (Computer-Aided Manufacturing for Punching-press and Shearing) と名づけた。

2. システム設計

パンチプレスシェア加工の自動化を行う上での最大の問題は、板取工程計画の自動化を実施できるかどうかである。この自動化は、素材の有効利用を図る最適化問題を含んでいる。従って、この工程が自動化できればパンチプレスシェア加工のソフトウェアシステムの開発が可能となる。すなわち素材上へ製品の配置、製品に含まれるパンチプレス加工の素材上での絶体位置の決定、パンチプレス工具経路、シェア切断順序の決定等である。パンチプレスシェアのソフトウェアシステム（今後システムと呼ぶものとする）は、これらを実行すべく設計し、開発されたものである。以下に、CAMPSシステムの仕様、各プロセサの機能を述べる。

2.1 システム仕様

ここで開発されたシステムは、以下のハードウェアの使用を前提としている。

パンチプレス加工：NC ターレットパンチプレス機

* 原稿受付 昭和56年4月8日。昭和55年度精機学会春季大会学術講演会（昭和55年3月28日）にて発表。

** 正 会 員 旭川工業高等専門学校（旭川市春光台2条2丁目）

*** 正 会 員 北海道大学工学部（札幌市北区北13条西8丁目）

Fig. 1 System flow diagram

シエ加工: L 字型ブレードを有する NC シエア機

シエ加工においては, L 字型ブレードを有するシエア機を前提としているので, 板取りの配置は, ギロチンカッティング³⁾等とは異なりブレードによる板形状の制約を受けない。

なお, システム設計としては, 以下の 2 点を考慮した。

条件 1. 小型計算機 (128 Kbites) で使用可。

条件 2. 高度の自動化。

条件 1 は, 工場にすでに普及した小型計算機の使用が可であることを目的とする。条件 2 は, 人間の判断時間による処理速度の遅延を減少するためである。これは, 扱う製品・素材の枚数が多いとき特に重要である。

このような条件の下で, システムに以下の機能を仕様として与える。

1. 素材・製品情報の簡易言語入力。
2. 製品の素材の最適配置。
3. 製品配置後, パンチプレス同一作業の分類およびパンチプレス工具経路の決定。
4. シエアブレードによる製品切断順序と位置決め決定。
5. 2~4 の図表示による検証。

これらの仕様に対して, 入力言語の設計, 言語翻訳プロセサ・配置プロセサ・作業分類プロセサ・パンチプレス工具経路決定プロセサ・シエア切断順序決定プロセサの開発を行った (図 1)。また定式化不可能な問題への対処の意味も含めて, 人間が優位に介入できるように仕様 5 を付加した。

なお, シエ加工時に生ずる素材のつかみ直し (リポジショニング), 耳切りに対する考慮等は, 別にポストプ

ロセシング問題として別途取り扱い, ここでは触れない。

2.2 入力情報と言語

入力情報は, 素材, 製品, パンチプレス作業の 3 種類である。各情報は, 以下の情報を有する。

素材情報: 素材となる定尺の形状と在庫枚数。

製品情報: 製品の形状とパンチプレス加工される幾何形状 (APT-like 言語) および必要枚数。

作業情報: パンチプレス作業工具とパンチプレス加工される幾何形状の割当及び作業の優先度。

2.3 翻訳プロセサ SCANNER および 標準データファイル

入力言語は, 翻訳プロセサ SCANNER により, 以降の作業で必要となる標準データに変換される。この標準データは, 素材, 製品, 作業指示に関する三つに分けられる。それらを, それぞれ B-ファイル, M-ファイル, T-ファイルと名づける。M-ファイルは, 製品のサイズ, 必要枚数によるものと, 製品上のパンチプレス幾何形状に関する二つの標準データからなり, 各幾何形状は, キャノニカルフォームの形で図 3 のように一次元配列に格納する。また, T-ファイルも, 必要に応じて, 製品上のパンチプレス幾何形状が各作業に対応する二つの標準データを持ち, ポインタを利用して図 3 に示すごとく格納される。

2.4 配置プロセサ OPTNST

このプロセサは, 以下のような問題の解決を実施する。

問題: いくつかの製品とそれらの必要枚数, 在庫素材の種類, 在庫数, そのコストが与えられるとき, 製品を素材に割当て, ウェストが最小となるべく配置し, すべての製品を切り出す素材の枚数を決定せよ。

これは, 以下のような数学モデルを作製して解くことができる。

今, 各素材が, b_j 枚 ($j=1, 2, \dots, m$) あり, 必要な製品枚数を r_i 枚 ($i=1, 2, \dots, n$) とする。j 番目の素材への製品割当てのパターンが k 種類とし, i 番目の製品がこの中に含まれる枚数を $a_{i,j,k}$ とする。このとき, $a_{i,j,k}$ は

$$\max. \sum_i \sum_j a_{i,j,k} \cdot x_{i,j,k} \quad (1)$$

$$\text{subj. to } \sum_i a_{i,j,k} \cdot S_i \leq B_j \quad (2)$$

$$(j=1, 2, \dots, m)$$

を満たすように決定する。ここで, S_i は i 種類の製品の

Blank data start statement

*BLANK

Blank data statement

symbol=B/l,w,n,t,c

l;Length of a given blank

w;Width of a given blank

n;A number of blank stocked

t;Thickness of a given blank

c;A cost of a given blank

Blank data end statement

*BFINI

Material data start statement

*MATERIAL

Geometry data start statement

symbol=M/l,w,n

l;Length of a given material

w;Width of a given material

n;A number of a given material required

by user

Geometry data end statement

*MEND

Material data end statement

*MFINI

Task data start statement

*TASK

Task assignment data statement

symbol=CNC/priority,AUTO,r

symbol=CNR/priority,AUTO,t1,tw

symbol=PUNC/priority,r/symb1,symb2,...,
symn,material symbol/..., .../...

Task data end statement

*TFINI

(a)

Geometry statement

Singl hit

MOVE/x,y

symbol=PTN/LIR,INCR,dx,n

MOVE/x,y

symbol=PTN/LIR,ANGL,
θ,INCR,dx,n

MOVE/x,y

symbol=PTN/CIR,r,θ,n

MOVE/x,y

symbol=PTN/ARC,r,θ,INCR,
n,AT,dθ

MOVE/x,y

symbol=PTN/GRD,patern
,patern

Continuous hit

MOVE/x,y

symbol=HOL/r,dr1,dr2

MOVE/x,y

symbol=RAD/i,j,d

MOVE/x,y

symbol=REC/l,d1,tw1,w,
w,t2,tw2

MOVE/x,y

symbol=REC/l,t,tw

(b)

Fig. 2 Language designed for CAMPS system

面積, B_j は j 種類の素材の面積とする。式(1)~(2)を満たす $a_{i,j,k}$, $x_{i,j,k}$ が

$$\min. \sum_i \sum_j \sum_k a_{i,j,k} \cdot x_{i,j,k} \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{subj. to } & \sum_j \sum_k a_{i,j,k} \cdot x_{i,j,k} \geq r_i \\ & (i=1, 2, \dots, n) \\ & \sum_i x_{i,j,k} \leq b_j \\ & (j=1, 2, \dots, m) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

を満足するものを見つけよ。これを解く新しいアルゴリズムが本プロセッサに採用された。ここで, b_j は, 素材データから, r_i は製品データから与えられる。

2.5 作業分類プロセッサ TSKCLS

配置プロセッサによって, 製品が素材に割当てられ配置されると, その配置に従って, パンチプレス加工, シェア切断が行われる。しかし, 製品上で, 加工のための幾何形状の位置を素材上での絶対位置に変換すること, 加工を優先度順にグループ化すること, 加工時間をできるだけ短縮することのため, 同一加工・同一優先度の作業

B-file for blank information

Symbol	Width of blank	Length of blank	Number of blank	Thickness of blank	Cost

M-file for material information

Symbol	Width of material	Length of material	Number of material	Pointer to a canonical form

Symbol	number	code	x-co.	y-co.	A1	A2	A3	#	Symbol
number	code	x-co.	y-co.	A1	A2	A3	A4	#	

T-file for task information

Task	number	code	priority	pointer to a geometry list	material symbol	pointer to a geometry list
* (-i)number	sym.1	sym.2	...	sym.m	* (-1)number	sym.1 sym.j

Fig. 3 Constructed B, M, and T-files

を一つのグループとしてソーティングする必要がある。このため以下のようなアルゴリズムを開発した。

いま、変数を次のように定義する。

- M_i : i 種類目の製品 ($i=1, 2, \dots, m$)。
- $t_{i,k}$: 製品 M_i に定義された k 番目のパンチプレス加工。
- $T(t_{i,1}, t_{i,2}, \dots, t_{i,n})$: M_i に定義された加工の集合
- $g_{i,k,h}$: 加工 $t_{i,k}$ でなされる k 番目のパンチプレス加工形状。
- $N_{j,l}(M_p, M_q, \dots, M_r)$: j 番目の種類の素材へ配置された l 番目の製品組合せに含まれる製品の集合 $M_p, M_q, \dots, M_r$ 。
- $T(N_{j,l})$: $N_{j,l}$ に含まれる製品集合が含む加工の集合。

更に、 $t_{j,e} > t_{j,f}$ を加工 $t_{i,e}$ が $t_{j,f}$ より先に実施される優先関係を表すとする。また

$$N_{j,l} = N_{j,l}(M_p, M_q, \dots, M_r)$$

$$T(M_i) = T(t_{i,1}, t_{i,2}, \dots, t_{i,n})$$

と $N_{j,l}$ を配置結果として与えられる製品 $M_p, M_q, \dots, M_r$ の集合、 $T(M_i)$ を製品 M_i について行われる仕事の集合とする。 $N_{j,l}, T(M_i)$ は、N-ファイル、T-ファイルの結果から得られる。これから

$$T(N_{j,l}) = T(M_p) \cup T(M_q) \cup \dots \cup T(M_r)$$

の和集合演算を実行し、同一加工に同じ添字をつけると、

$$T(N_{j,l}) = T(t_{j,1}, t_{j,2}, \dots, t_{j,s})$$

が得られ、 $N_{j,l}$ に含まれるすべての加工を求めることができる。加工 $t_{j,i}$ ($i=1, 2, \dots, s$) には、優先度が与えられ

Fig. 4 A blade collision with an undesirable product

Fig. 5 An example of input materials

```

*BLANK
B1=B/300,300,3.5,10
*EFINI
*MATERIAL
M1=M/350,300,8
MOVE/35,30
L1=PTH/LIR,INCR,2,100
MOVE/25,350
L2=PTH/LIR,INCR,2,100
*MEMO
M2=M/200,250,8
MOVE/25,30
L3=PTH/LIR,INCR,2,75
MOVE/25,330
L4=PTH/LIR,INCR,2,75
*MEMO
M3=M/300,300,4
MOVE/100,300
H1=HOL/50,10,10
MOVE/100,300
A1=PTH/ARC,65,0,INCR,3,AT,90
*MEMO
M4=M/300,300,4
P1=PNT/80,100
P2=PNT/120,100
*MEMO
*EFINI
*TASK
T1=FUNC/1,5-L1,L2-H1-L3-L4-M2
T2=FUNC/2,7-H1-M3-P1-P2-M4
T3=FUNC/3,10-H1-M3
*TFINI

```

Fig. 6 An example of data input

ているから、 $t_{j,1} > t_{j,2} > \dots > t_{j,s}$ のように $t_{j,i}$ の添字を付け変える。次いで、 $t_{j,i}$ の添字順に $N_{j,l}$ の中から $t_{j,i}$ を加工としてもつ製品集合 $\{M'_p, M'_q, \dots, M'_r\}$ を求め、これらの製品の中で $t_{j,i}$ として定義されているパンチプレス形状 $g_{j,i,h}$ の一覧表を作成する。これによって、仕事 $t_{j,i}$ によりパンチプレスされる $g_{j,i,h}$ のソーティングが行われ、N-ファイルを参照すれば、同一加工穴あけのためのパンチプレス形状 $g_{j,i,h}$ の絶対位置が計算可能となる。

2.6 パンチプレス工具経路決定プロセサ OPTPTH

前項によって、同一優先度・同一加工穴あけは、それぞれソーティングされている。これらの加工穴あけの位

```

1 ***** .BLIST *****
2
3 INO. SYMBOL. WIDTH. LENGTH. THICKNESS. NUMBER. COST.
4 1 B1 900 900 3 5 10
5
6 ***** BLIST END *****
7
8
9
10

```

(a) B-file

```

1 ***** MLIST *****
2
3 NO. SYMBOL. WIDTH. LENGTH. NUMBER. POINTER.
4 1 M1 250 300 8 1
5 2 M2 200 250 9 19
6 3 M3 200 300 4 37
7 4 M4 200 300 4 56
8
9 ***** MLIST END *****
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

```

(b) M-file

```

1 ***** .TWORK LIST *****
2
3 NO. 1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10.
4 1 - 10 -2 L1 L2 * -2 L3 L4 * -1 A1
5 11 - 20 * -2 P1 P2 * -1 H1 * 0
6 21 - 30
7
8 ***** TWORK LIST END *****
9
10 ***** SCANNER END *****
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

```

(c) T-file

Fig.7 An example of B-file, M-file and T-file outputs

置決め点を (a_i, b_i) ($i=1, 2, \dots, n$) とする。ここでは、連続穴あけも一点で代表するものとする。このとき、加工時間を最小にするような工具経路の決定は、次の数学モデルを解くこととなる。すなわち

$$\begin{aligned} \min. \quad & \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{i,j} \cdot x_{i,j} \\ \text{subj. to} \quad & \sum_{i=1}^n x_{i,j} = 1 \quad (j=1, 2, \dots, n) \end{aligned}$$

$$\sum_{j=1}^n x_{i,j} = 1 \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

$$\begin{aligned} x_{i,j}^2 &= x_{i,j} \quad (i=1, 2, \dots, n) \\ & \quad (j=1, 2, \dots, n) \end{aligned}$$

但し、 $c_{i,j}$ は、2点 $(a_i, b_i), (a_j, b_j)$ の距離とする。もし、ターレットパンチプレスの工具の x 方向への速度と y 方向の速度が同じであれば、

$$c_{i,j} = \max. (|a_i - a_j|, |b_i - b_j|)$$

を距離として採用でき、ここでは、そのようにする。

この数学モデルは、巡回セールスマン問題と呼ばれ、その解を得ることは、分枝限界法を使用しても、多くの記憶容量と計算時間を要する。本プロセッサでは、実用的観点からこの問題を以下のような、最近接パスアルゴリズムを用いて、近似解を得ることとする。すなわち、すべての n 個の加工位置決めの点の添字の集合を $t(n)$ 、すでに加工を終了した k 個の加工位置決めの点の添字の集合を $t(k)$ とし、 j を位置決めが行われる点 (a_j, b_j) の添字とにおいて、

$$f_{k+1} = f_k + \min_{j \in (t(n) \cap \bar{t}(k))} c_{k,j}, \quad f_0 = 0$$

$$(k=0, 1, 2, \dots, n-1)$$

を解く。但し、 $\bar{t}(k)$ は、 $t(k)$ の否定添字集合とする。

2.7 切断順序プロセッサ SHEARS

配置プロセッサにより素材上に配置された製品を L 字型ブレードで切断して取り出すとき、どの場所の製品を先に取り出すべきかといういわゆる切断順序が問題となる。これは、図 4 でわかるように、切断のスケジュールを行わないとき、L 字型ブレードが所望しない製品を切断する恐れがあるためであり、これを避けるため次の問題を置く。

すべての製品の切断順序が推移性を持つような切断のスケジュールを作製せよ。

ここで、推移性とは、製品 i が製品 j より先に切断され、製品 j が製品 k より先に切断されるとき、製品 i は製品 k より先に切断されることをいう。

これを解決するため、本プロセッサは、以下の手続きを行っている。

まず、各製品についてどちらを先に切断すべきかの 2 項関係を求める。これを行列 $P = \{p_{i,j}\}$ を導入し

$$p_{i,j} = \begin{cases} 1 & i \text{ が } j \text{ より先に切断される} \\ 0 & j \text{ が } i \text{ より先に切断される} \end{cases}$$

と表す。すべての製品の切断順序の推移関係 R は

$$R = P + P^2 + \dots + P^{n-1}$$

を計算すればわかる (乗算・和算記号は論理演算とする)。切断に矛盾がないとき、 R は、トーナメントのグラフに対応し、そのグラフから切断順序を求めることが可能となる⁵⁾。

3. 具 体 例

本システム的具体例を以下で示す。計算機には OKIT AC 4500 C を使用した。その実行時の容量は約 26 kW である。図 5 は、本具体例に使用した製品の幾何形状の一部である。図 6 は、言語入力例で、素材・製品・作業の情報が順に入力されている。図 7 は、言語入力の標準データを LP 紙に打ち出したものである。図 8 は、配置プ

INPUT

MATERIAL	NO.	LEN.	WID.	FEED	NO.
1	250	500	0		
2	200	200	0		
3	200	200	0		
4	200	500	0		
5	0	0	0		
6	0	0	0		
7	0	0	0		
8	0	0	0		
9	0	0	0		
10	0	0	0		

BLANK
LEN: 500 WID: 500

OUTPUT

NO.	USED	NO.
1	0	
2	0	
3	0	
4	2	
5	0	
6	0	
7	0	
8	0	
9	0	
10	0	

WASTE
11.11 %

INPUT

MATERIAL	NO.	LEN.	WID.	FEED	NO.
1	250	500	0		
2	200	200	0		
3	200	300	0		
4	200	500	2		
5	0	0	0		
6	0	0	0		
7	0	0	0		
8	0	0	0		
9	0	0	0		
10	0	0	0		

BLANK
LEN: 500 WID: 500

OUTPUT

NO.	USED	NO.
1	0	
2	2	
3	1	
4	1	
5	0	
6	0	
7	0	
8	0	
9	0	
10	0	

WASTE
12.53 %

INPUT

MATERIAL	NO.	LEN.	WID.	FEED	NO.
1	250	500	0		
2	200	200	1		
3	200	300	0		
4	200	500	0		
5	0	0	0		
6	0	0	0		
7	0	0	0		
8	0	0	0		
9	0	0	0		
10	0	0	0		

BLANK
LEN: 500 WID: 500

OUTPUT

NO.	USED	NO.
1	0	
2	1	
3	0	
4	0	
5	0	
6	0	
7	0	
8	0	
9	0	
10	0	

WASTE
13.23 %

Fig. 8 An example of products allocations

ロセッサによって得られた配置図の一部である。図中、*印はウエスト (スクラップ) 部を示す。また WASTE の項は、それぞれ約 11, 12, 83% を示している。最後のケースはウエストそのものが再び資材として再登録され再

*** TASK LIST ...TSL ***

WORK SYMBOL	PRIORITY	TOOL NO.	POINTER (S)	POINTER (E)
T1	1	1	1	2
T2	2	2	3	4
T3	3	3	5	5

*** WORK LIST ...WLIST ***

MAT. NO.	XAXIS NO.	YAXIS NO.	X	Y	PNT. (S)	PNT. (E)
2	2	2	0	300	1	18
2	1	3	700	0	1	18
4	2	1	0	0	19	30
-3	1	4	400	0	31	40
-3	1	4	400	0	41	49

*** TASK GEOMETRY LIST ...WGL

NO.	SYMBOL	KOSU CODE	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A14	A15	A16	A17
1	L3	9	LIR	25	20	0	2	75	*									
2	L4	9	LIR	25	230	0	2	75	*									
3	P1	6	PNT	80	100	*												
4	P2	6	PNT	120	100	*												
5	A1	10	ARC	100	200	65	0	3	90	*								
6	H1	9	HOL	100	200	50	10	10	*									

Fig. 9 Outputs of geometry sorting

Fig. 10 Tool path for punching-press

使用される。本システムを実際に使用している2,3の工場の結果⁷⁾によればウエスト率は7~15%の範囲に収まっていて、標準的な期待歩どまりである70%を充足している。図9は、作業分類プロセサの出力例、図10は、パンチプレス・工具経路を、工具経路決定プロセサにより決定し、出力したものの一部である。CAMPSの使用により、設計からNC加工までの一貫作業の自動化が可能となり、その結果として大幅な工程計画時期の短縮につながっていることも報告⁷⁾されている。

4. 結 言

NCシエアの工程計画に、トリムプロblemsの解法を応用したパンチプレスシエCAMシステムCAMPSを設計・開発した。これらのシステム設計及び開発を通して、以下のことが結言される。

- (1) 簡易な言語入力による、作業者の取扱いが容易なパンチプレスシエ加工のCAMシステムを設計・開発した。

- (2) NC ターレットパンチプレス, NC シェアの各工程計画の意志決定を行うプロセサの数学モデルあるいはアルゴリズムを示し, その問題の解決を示した.
- (3) これらによって, 板金ラインの群管理システムへの道を開いた.

なお, ここでは CAMPS のシステム設計がその中心で具現化した CAMPS の評価に関するデータ類を詳述するスペースがなかった. 具体データについては文献 2) および 7) にて報告している.

参 考 文 献

- 1) 古川正志, 嘉数侑昇, 沖野教郎: トリム・プロblemsの基礎研究——NC 切断機のための配置問題の解法と切断スケジュール, 精密機械, 47, 5 (1981) 523.
- 2) M. Furukawa, Y. Kakazu & N. Okino: Optimum Nest and Shear Scheduling for an NC Shearing System, Proc. 4th Int. Conf. Prod. Engg., (1980) 342.
- 3) 嘉数侑昇, 古川正志, 沖野教郎: トリム・プロblemsの基礎研究——多数長方形の最適配置問題, 精密機械, 43, 2 (1977) 150.
- 4) 古川正志, 嘉数侑昇, 沖野教郎: フロー・ジョブ・スケジューリングの一実用的解法, 精密機械, 3, 2 (1977) 156.
- 5) S. G. Hahn: In the Optimal Cutting of Defective Sheets, Opns. Res., 11, (1967) 1100.
- 6) P. C. Gilmore et al.: The Theory of Computation of Knapsack Functions, Opns. Res., 14, (1966) 1045.
- 7) 上野 茂, 橋本睦夫, 可児武雄, 古川正志, 嘉数侑昇, 沖野教郎: シェア CAM システムの開発 (III)——オペレーション・プランニング問題, 昭和 55 年度精機学会秋季大会学術講演会講演論文集, 611 (1980) 353.

情 報

労働生産性の国際比較

日本生産性本部ではこのほど先進 6 か国の労働生産性の国際比較調査結果を発表した.

それによると, 伸び率では欧米諸国をしのいでいるものの, 労働生産性の水準値では及ばないという実態が明らかになった.

すなわち, 全産業労働生産性の水準はわが国の 100 に対して, アメリカは 157, 西ドイツは 139 と大きく日本を上回っており, 特にわが国は農林水産, 建設業などの立ち遅れが目立っている.

この調査研究は日本生産性本部が財団法人産業研究所の委託を受けて実施したもので, 1973 年以降の日本, アメリカ, 西ドイツなど先進 6 か国の付加価値ベースの労働生産性を調査したものである.

それによると先進 6 か国で 1979 年現在 (西ドイツ, イギリスは 1978 年) の伸び率 (1973 年=100) をみると, わが国は全産業ベースで 119.3 で各国中トップである. 続いてフランス 118.4, 西ドイツ 117.1 の順に並び, アメリカは 101.1 で最低であった. 特に, わが国は製造業が 145.1 とずばぬけた伸びを示している.

その反面, 生産性の水準比較では, わが国を 100 とした場合 (1979 年現在), アメリカは 157 で 1.5 倍以上の水準になり, 続いてベルギー 143, フランス 141, 西ドイツ 139 と, いずれも, わが国を大幅に上回っており, 6 か国の中ではわが国はイギリスに次いで低い水準にあることが明らかになった.

発表は この中で, 日米の製造業の業種別労働生産性 (1980 年) を従業員 1 人, 1 時間当たりで算出している.

そこで日本が米国をはきり上回っているのは, 鉄鋼 (米国は日本の 66%), 自動車 (同 99%) の 2 業種だけで, 日本が激しく追い上げているが, 電気, 精密, 一般の各機械は, まだ米国が 5~28% 高い水準にある.

一方, 衣服, 紙・パルプ, 非鉄などの分野では 10 年前の 70 年時点と比べ, 日米格差はむしろ拡大している.

調査ではこのほか, アジア各国の労働生産性も比較しており, 75~78 年の伸び率は, 韓国が 22.4% 増と日本の 12.4% 増を上回るが, 水準値 (78 年) では全産業で日本の 20.5% に過ぎないことを明らかにしている.

なお, 生産性とは, 生産のために用いられた原料, 機械, 労働などの生産要素と, それによって生産された生産物の量の割合のことで, 労働力 1 単位当たりの生産性を労働生産性という. その際, 最終生産されたものを金額で示したのが付加価値生産性である.

生産水準は, 各国, 各部門の 1973 年 (アジアグループは 1975 年) の実質付加価値を求め, 国連による 1973 年の国内総生産 (GDP) に対する購買力平均を用いて付加価値を円に換算し, 水準比較を行った.

なお, 1 人当たりで日米製造業の労働生産性はほぼ同一水準なのに, 1 人 1 時間当たりで米国が優勢なのは, 日本の労働時間が長いことが大きな原因であり, 労働時間を短縮しながら生産性を上げるのがこれからの課題である.

(服部 敏夫)