

グループ・テクノロジーを活用した 工程編成方式に関する研究

三 浦 達 司

A Study on the Method of Process organization using Group technology

Tatsushi MIURA

Summary

Manufacturers in Japan currently experience such a situation that users' needs and short-lived life cycle of products lead to more made-to-orders with special specifications and accelerate differentiation of products. There is a more tendency of high-mix, low-volume production than ever before. Consequently, the manufacturers have been pressed to shift from mass production system to diversified and limited production system, and the shift has caused prolonged period of production and increased production cost. There is a pressing need to devise a solution to the problem.

However, the high-mix, low-volume production has dominated the current industrial production field and the process planning for the former, in step with rapid progress of technical development, has been taken more seriously than ever before.

Based on this perspective, the study has examined the validity of the process planning which take advantages of Group Technology (GT system) for organization of production units by collecting the practical data and applying them to actual problems.

要 旨

近年、我が国の製造業は、ユーザ・ニーズの多様化と、製品のライフサイクルの短期化にともない、特殊仕様の注文生産が増え、製品の個別化が著しくなり、従来に増して多品種少量生産の傾向にある。このために、従来は量産の生産方式がとられていた生産領域が、変種変量生産領域へ移行することが余儀なくされている。このことにより、生産期間の短期化、製造原価の上昇を引き起こしており、その解決策が急務とされている。

しかしながら、多品種少量の生産領域は、現在の工業生産では大きな比重を占めており、技術開発の迅速な進歩ともなあって、この生産領域での工程設計の問題が従来に増して重要視さ

れている。

本研究は、このような観点から生産ユニットの編成のために、グループ・テクノロジー（G.T方式）を活用した工程設計を行い、さらに、実際にデータを収集し、現実の問題へ適用することによって、手法としての有効性を検討するものである。

1 はじめに

機械加工部門の効率的な生産を実現させるための有効な手段として、加工の対象となる部品を部品グループに集約し、その部品グループに対して加工職場の編成を図ることができると考えられる。この際、類似部品の集合の一括処理をねらってグループ・テクノロジー（G.T方式）の適用が考えられる。

即ち、形状、材質、寸法などを分類キーとした部品分類システム、並びに、加工手順の共通化、共通段取等の加工技術的に類似した複合部品を探索し、その類似性によって集約された部品グループを合理的に生産するために、この集約された部品グループと機械グループの対応を見出して工程編成するものである。

この工程の編成方式の手順には、プロダクション・フロー・アナリシス、不干涉数による方法、数量分類法による方法、グラフ理論による方法等が挙げられるが、本研究では、これらの利点を応用して、プロダクト型（製品型）の工程編成方式の適用を考案するものである。

2 研究過程

まず、プロダクト型の工程編成方式の基本手順（手順1から手順3）を示すと図表2-1のようになる。

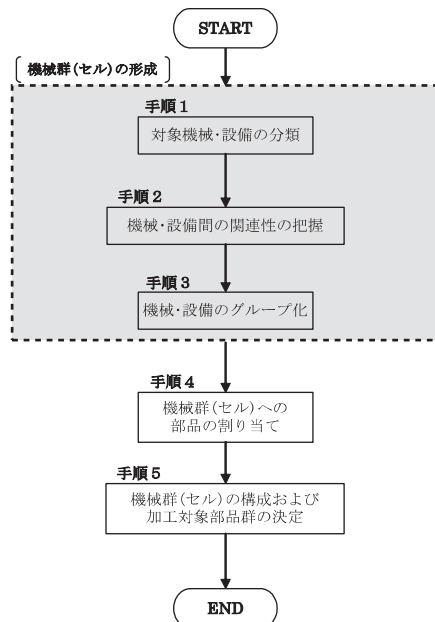
〈手順1〉対象機械・設備の分類

現在、機種別の生産組織形態をとっている職場に適用する場合、機械・設備の分類と、さらに複数の機械群（機械セル）間を移動して加工されている例外部品の発生を排除する。

加工される部品と使用機械・設備の対応で分類された機械群では、加工対象部品が全ての機械について加工可能であることが要求される。

従って、それらの機械群の中の特定の機械でしか加工できない部品、又は、加工可能であっても、他の機械と加工手順や加工時間が著しく異なる部品が1つでも存在する場合には、その機械群をさらに分類する。

図表2-1 工程編成方式の基本手順



〈手順2〉対象機械・設備間の関連性の把握

この関連性を把握することは、機械・設備をグループ化するための前提条件である。相互関係の強さを表す方法として、次の2つの方法が考えられる。

i) 移動部品数による方法（FROM-TO CHARTによる方法）

この方法は、各機械・設備間を移動する部品数によって相互関係の強さを把握しようとするものである。一般に、FROM-TO CHARTと呼ばれるマトリックスの形式で表現する。移動量は、品種数または総数量によって表す。

ii) 加工対象部品における共通性による方法（類似度による方法）

この方法は、対象機械・設備の加工対象部品の内、他の機械・設備でも加工できるものがどれ位存在するかを把握するものであり、この関連性は、機械・設備の類似性を基準とするものである。この類似性、即ち、類似度の算出式には多くのものがあるが、一般には類似係数（Similarity Coefficient）が用いられる。

〈手順3〉機械・設備のグループ化

このステップでは、前項の関連性に従って機械群（機械セル）を形成する。

ここで利用する数理的手法として、グラフ理論、クラスター分析、ネットワーク理論が考えられる。工程編成方式の設計においては、次に挙げる前提条件を調べておく必要がある。

i) 生産される部品の種類（品種）とその生産量

ii) 各々の部品の加工工程の概要と、工程別の標準加工時間、段取時間と内外作の区分

iii) 各工程における作業方法、作業条件の概要

iv) 生産能力の概要（保有工数の設定）

- ・主要生産機械・設備（機種、保有台数）

- ・直接作業者数

- ・稼働状況（稼働可能時間、出勤率）

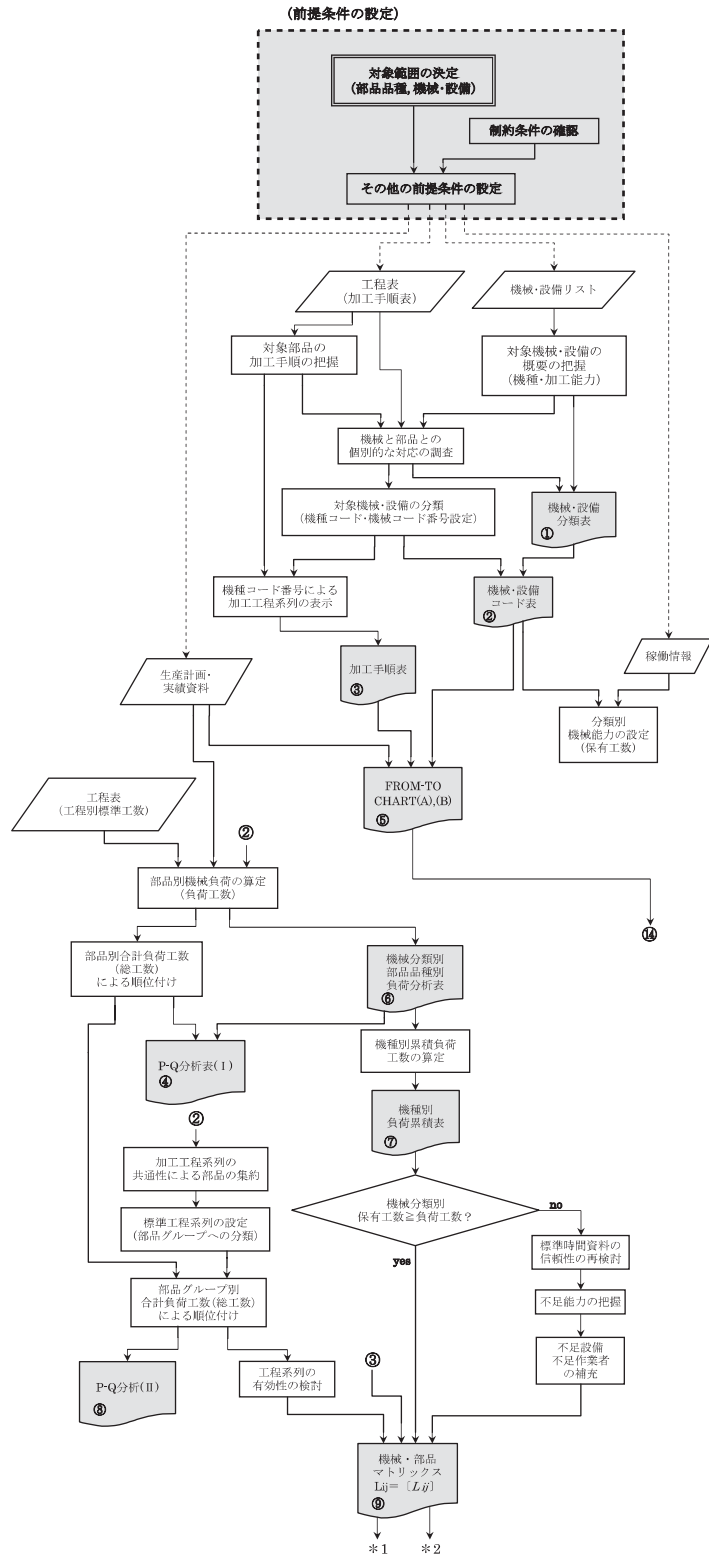
v) 職場の構成（職場区分と担当作業の概要）

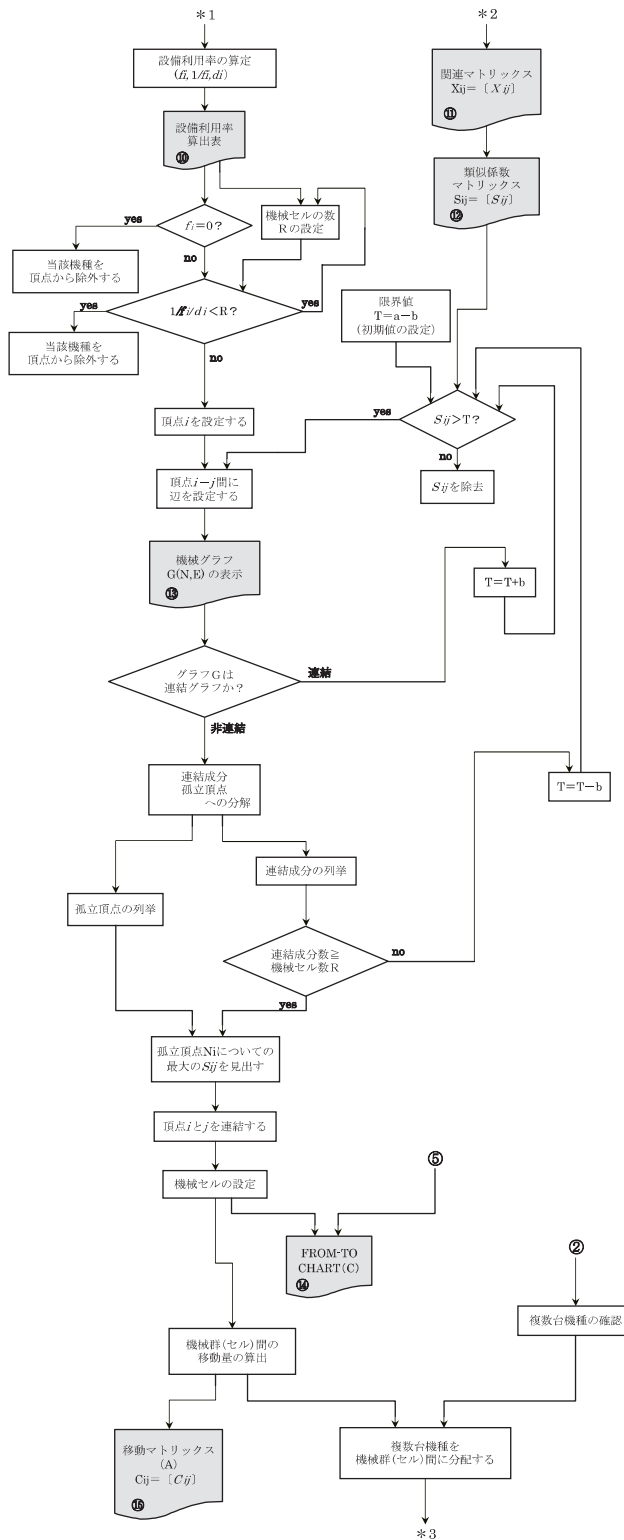
vi) 建屋・職場の配置概要

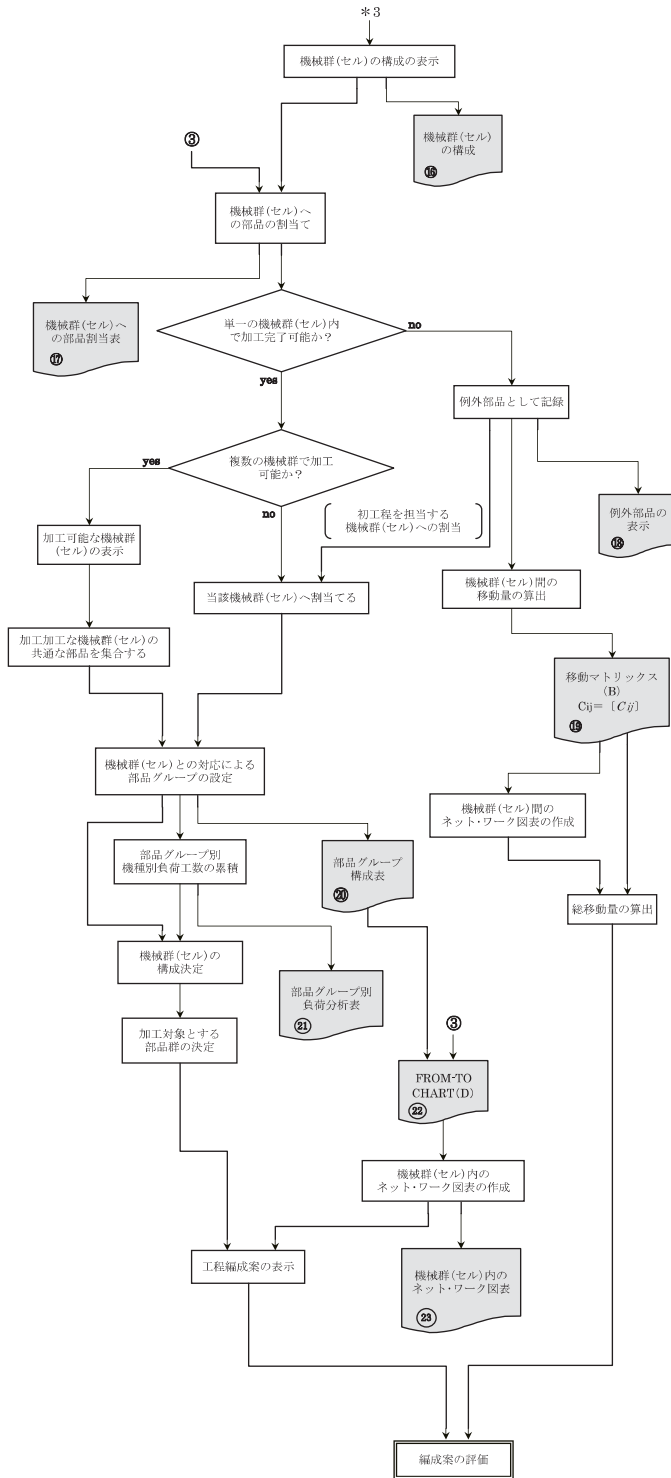
以上の条件の内、v)、vi)については、既設工場を対象とする場合には、制約条件として一般には与えられる。又、i)からiv)までの条件は、工程編成以前の段階で与えられているが、工程編成が最初の設計段階の場合には、工程表、機械・設備リスト、生産計画及び、実績資料、稼働実績資料の情報も収集の必要がある。又、最終的な編成案を作成する段階では、対象部品の図面、組立図、作業指図表、及び、各種の原価資料なども充分考慮する必要がある。

手順4以降は、詳細フロー（図表2-2）の流れに従い、3章において工程編成方式の適用例で解説する。

図表 2-2 工程編成方式の手順における詳細フローチャート





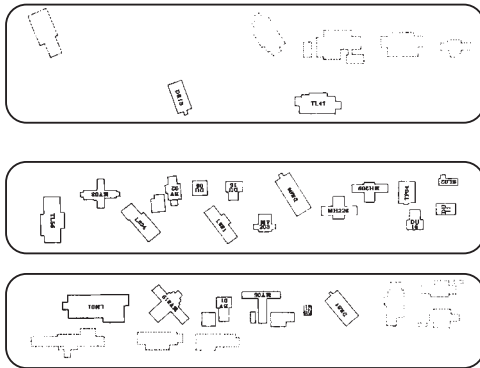


3 多品種少量生産工場におけるG.Tを活用した工程編成方式の適用

編成モデルの概要を示すと、ある実際の機械加工工場における特定の製品の構成部品を加工している部門であり、班長1名を含む14名の班でその作業組織は構成されている。又、ここでは、他部門と共用している設備を含めて23台の機械・設備を使用している。現状のレイアウトを図表3-1に示し、月別実績生産量を図表3-2に示す。これによって分かるように、現状の設備方式は、部分的には機種別配置方式を取っているが、全体としてはハウジング3部品、ブラケット2部品の加工工程系列を考慮した配置となっている。

又、この部門では46品種の構成部品を管理上扱っているが、これ等の内、完全外注加工部品が2部品、工場内部での機械加工工程を含まない7品種の部品をその対象外として除外し、さらに工場の他部門で加工完了される8品種の部品も今回対象から外した。従って、調査対象部品として29品種の構成部品を考慮したものである。これ等の部品番号、部品名（仮名）、及び月別実績生産量を図表3-2に示す。

図表3-1 レイアウト図（現状）



図表3-2 月別実績生産量

(単位：個数)

部品番号	品名	2月	3月	4月	5月	6月	7月	平均
7L0319	ハウジング	99	88	110	165	140	65	111.2
2P7703	#	299	94	0	0	0	0	65.5
297710	#	297	436	439	438	301	100	335.2
4K5515	スパウト	0	99	0	0	0	110	34.8
4K9720	アイボルト	115	95	119	0	151	109	98.2
1S8764	リング	198	199	210	199	390	0	199.3
3J0601	カバー	189	163	0	200	59	203	135.7
7B0503	アンカー	212	272	322	0	470	305	263.5
8J1838	#	0	0	0	0	198	500	116.3
6J3953	カバー	0	0	0	0	40	190	38.3
3K4708	アンカー	216	0	440	198	339	539	288.7
6B7155	#	198	110	0	0	0	28	56
7J2472	キャップ	238	306	215	112	187	107	194.2
6S3219	フロントアイドラー	607	1046	719	600	537	400	651.5
9K5352	ベアリングゲージ	495	152	72	0	0	0	119.8
9K9272	#	0	0	0	103	331	351	135.8
1V1079	#	130	280	234	27	0	113	130.7
1V1080	#	176	259	211	38	92	81	142.8
5H5500	カラー	346	150	125	275	118	200	202.3
2S2990	ブラケット	59	114	167	0	67	0	67.8
4J6505	ハウジング	8	53	204	0	129	180	95.7
51743-11016	シャフト	0	0	136	0	87	70	48.8
3S6905	エルボ	0	15	0	0	0	0	2.5
6K8534	アンカー	30	163	79	0	220	41	88.8
6K8539	#	0	109	56	55	77	0	49.5
5K5209	ブラケット	0	151	0	0	0	100	41.8
5K5210	#	0	173	42	81	0	0	49.3
4K9789	レバー	97	177	203	0	295	193	160.8
4J4505	ハウジング	83	126	76	0	168	0	75.5

さらに工場の他部門で加工完了される8品種の部品も今回対象から外した。従って、調査対象部品として29品種の構成部品を考慮したものである。これ等の部品番号、部品名（仮名）、及び月別実績生産量を図表3-2に示す。

次に、前記の工程編成方式の手順における詳細フローチャート（図表2-2）に従って適用結果を示す。

1) 機械・設備分類表の作成

対象とする機械加工部門に現存する23台の工作機械（図表3-1参照）を、機種と加工能力

図表3-3 機械・設備分類表

機種分類	機種番号	備考
L (旋盤)	LN(ワナー旋盤)	LN01 9K5352,9K9272,1V1079の3部品
		TL47 現在使用中だが対象外とする。
	TL(ターレット旋盤)	TL56 9K5352,9K9272(ホルダー+ベアリングゲージ)の粗工程
		LS24
D (ボール盤)	L(普通旋盤)	LS31 3S9605,5H5500の2部品はLS31
		DR04 大型7L0319,2P7703,2P7710,4K5515の4部品
	DR (デジタルボール盤)	DR13 中型
		DR07 #
	DU (並立ボール盤)	DU16 中型
		DU11 #
		DU15 #
		DU08 小型(小物用として使用中)
		DU21 精度劣化著しく使用不能(対象外)
		MV319 6K8534,6K8539,5K5209,5K5210の4部品
M (フライス盤)	MY (整型フライス盤)	MV203 6J3953,3K4708,6B7155の3部品
		MH209 MH209,MH226 メーカ形式同じ
	MH (横型フライス盤)	MH226
		MY05 (両頭フライス盤)
BV(型中くり盤)	MY05 1S8764(リング専用)	
	BV01 5K5209,5K5210(ブラケット)専用	
SL(磨削盤)	BV02 7L0319,2P7703,2P7710(ハウジング)専用	
	SL02	
TP(ネジ立て盤)	TP04	ヨーク部門と共用

によって分類し、その概要を把握する。次に、対象29品種の部品の工程表を参考とし、加工に使用される工作機械と加工される部品との個別的な対応を調査し、それを備考欄に記入する(図表3-3参照)。

2) 機械・設備コード表の作成

加工される部品と、機械・設備との対応の仕方により対象機械・設備を分類し、機種コード・機械コード番号を設定し、図表3-4に示す。

図表3-4 機械・設備コード表

No.	機種コード	機種記号	機種分類名	保有台数	機械別コード	機械番号
1	011	LN	ワナー旋盤	1	011	LN01
2	021	TL	タレット旋盤	1	021	TL56
3	031	L	普通旋盤	1	031	L824
4	041	L	"	1	041	L831
5	051	DR	ラジアルボール盤	1	051	DR04
6	061	DR	"	2	061	DR07
7	071	DU	直立ボール盤	1	071	DR13
8	081	DU	"	3	081	DU08
					082	DU11
					083	DU15
					083	DU16
9	091	MV	堅型フライス盤	1	091	MV319
10	101	MV	"	1	101	MV203
11	111	MH	横型ボール盤	2	111	MH209
					112	MH226
12	121	MY	両頭フライス盤	1	121	MY03
13	131	MY	"	1	131	MY05
14	141	BV	堅型中くり盤	1	151	BV01
15	151	BV	"	1	151	BV02
16	161	SL	堅削盤	1	161	SL02
17	171	TP	ネジ立て機	1	171	TP04

3) 加工手順表の作成

工程表によって対象部品の加工手順を把握し、設定した機種コード番号によって加工工程系列を表示する(図表3-5参照)。

図表3-5 加工手順表

No.	部品番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3J0601	031	081	171							
2	6B7155	081	101								
3	8J1838	031	081	031							
4	1S8764	061	131	031							
5	4K9789	081	161								
6	7B0503	031									
7	5K8209	091	141								
8	5K8210	091	141								
9	7J2472	081	171								
10	4J6505	081	111	081							
11	4K9720	081	031	111							
12	2S2990	111	061	171							
13	6S3219	171									
14	4K5515	051	081	171							
15	1V1080	081	171								
16	4J3953	031	081	101	081	031					
17	1V1079	011	081	171							
18	3S6905	111	061	111	061						
19	7L0319	121	071	151	121	081	051	081(071)	111	171	
20	2P7703	121	071	151	121	081	051	081(071)	111	171	
21	2P7710	121	071	151	121	081	051	081(071)	111	171	
22	4J4505	081									
23	3K4708	081	171	081	101						
24	9K5352	021	011	111	081	161					
25	9K9272	021	011	111	081	161					
26	5174311016	111	081	171							
27	6K8539	091	081	111	081	161					
28	6K8534	091	081	111	081	161					
29	5H5500	041	081	041	081						

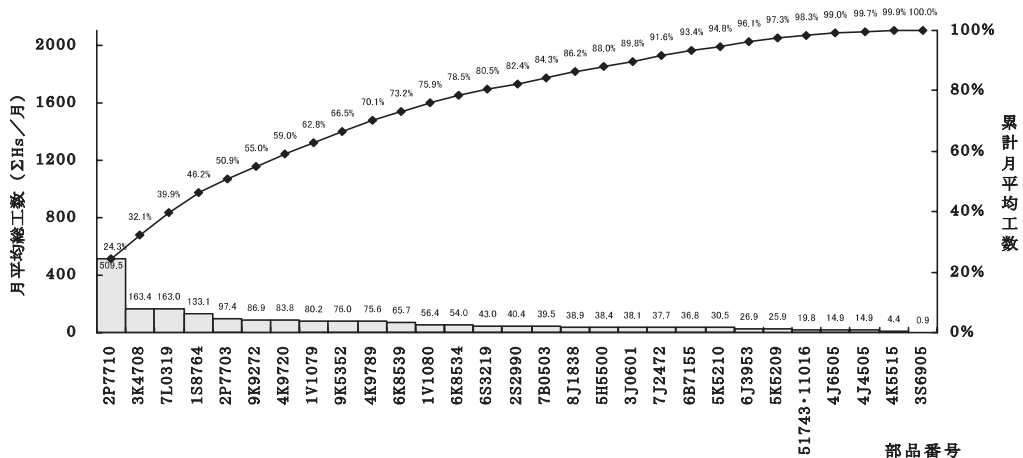
4) 月平均総工数のP-Q分析表の作成

月平均総工数によって順位付けを行い、全体に対する各品種の加工上の位置づけを明確にする。ただし、ここで月平均総工数は次のようにして算出した(図表3-9参照)。

- ・月平均工数 (man-hour/月)
= 1個当りの総加工工数 × 月平均実績生産量
(man-hour/個) (個/月)

月平均総工数をP-Q分析した結果を図表3-6に表示する。

図表3-6 P-Q分析表 (I)



5) FROM-TO CHART (A), (B) の作成

加工手順表（図表3-5参照）に記載されている部品の加工経路を分析し、対象機械・設備間における品種別部品の移動量（ Q_{ij} ）を把握する。ここで、FROM-TO CHART (A)（図表3-7）には移動の方向性を考慮した場合を示し、FROM-TO CHART (B)（図表3-8）には移動の方向性を考慮しない場合の結果を示す。

図表3-7 FROM-TO CHART (A)

Q_{ij} (単位:品種数)

i \ j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1 011	1																
2 021		2															
3 031			3														
4 041				4													
5 051					5												
6 061						6											
7 071							7										
8 081			3	1	3			3	6						5	7	
9 091										2							
10 101											1						
11 111					3	6											3
12 121						3	3										
13 131																	
14 141			1														
15 151											3						
16 161																	
17 171																	1

図表3-8 FROM-TO CHART (B)

Q_{ij} (単位:品種数)

i \ j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1 011	1																
2 021		2															
3 031			3														
4 041				4													
5 051					5												
6 061						6											
7 071							7										
8 081			3	1	3			3	6						5	7	
9 091										2							
10 101											1						
11 111					3	6											3
12 121						3	3										
13 131																	
14 141			1														
15 151											3						
16 161																	
17 171																	1

Q_{ij} : 機械・設備 M_i から M_j へ移動する品種別部品の移動量（品種数）

6), 7) 部品品種別負荷分析表の作成（機種別負荷累積表）

標準時間資料と加工手順から部品品種別の負荷工数を次のようにして算出する。

- ・負荷工数：機種別・部品品種別月平均工数

= 1個当りの工程別標準加工時間 (man-hour/個) × 月平均実績生産量 (個/月) = 月平均工数 (man-hour/月)

図表3-9 部品品種別機械負荷分析表（機種別負荷累積表）

(単位:man-hour/月)

部品	機械																	月平均総工数	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
1 3J0601			26.2					9.6									2.3	38.1	
2 6B7155								15.5		21.3								36.8	
3 8J1838			31.6					7.3										38.9	
4 1S8764			26.5			49.8						56.8						133.1	
5 4K9789								69.9								5.7		75.6	
6 7B0503			39.5															39.5	
7 5K5209									18.3				7.6					25.9	
8 5K5210									21.6				8.9					30.5	
9 7J2472								31.5									6.2	37.7	
10 4J6505								2.0		12.9								14.9	
11 4K9720			47.9					13.7		22.2								83.8	
12 2S2990						16.7				7.0							16.7	40.4	
13 6S3219																	43.0	43.0	
14 4K5515					3.1			0.8									0.5	4.4	
15 1V1080								43.8										12.6	56.4
16 6J3953			9.8					12.8		4.3								26.9	
17 1V1079	28.6							40.1									11.5	80.2	
18 3S6905						0.4					0.5							0.9	
19 7L0319					26.8		12.0 (27.2)	42.6 (27.2)		6.5	29.2			8.5		22.2		163.0 (132.4)	
20 2P7703					22.3	6.9 (18.0)	20.8 (9.6)			2.5	16.4			5.0		12.4		97.4 (75.1)	
21 2P7710					116.8	36.0 (94.2)	108.7 (50.3)			13.0	85.7			26.0		65.1		509.5 (392.9)	
22 4J4505							14.9											14.9	
23 3K4708							30.6		114.3							18.5		163.4	
24 9K5352	29.5	19.0					12.0			7.4					8.1			76	
25 9K3272	34.2	21.5					13.6			8.4					9.2			86.9	
26 51743-11016							13.2			4.6						2.0		19.8	
27 6K8539							44.4	9.9		4.1					7.3			65.7	
28 6K8534							24.8	17.8		7.3					4.1			54	
29 5H5500				17.4			21.0											38.4	
機種別累積 負荷工数	92.3	40.5	181.5	18.1	169.0	66.9	54.9 (139.4)	593.6 (508.6)	67.6	139.9	95.9	131.3	56.8	16.5	39.5	34.4	213.6		

次に、機種別に負荷工数を累積し、図表3-9にまとめて示す。この機種別累積負荷工数は、山積法による余力分析として負荷の検討を行うために算出されるものであり、分類上の機種別機械台数でこの値を割った値と保有工数との差が余力、又は過剰負荷として把握されることになる。保有工数はこの場合、次のようにして算出した。

- ・月平均稼働日数 (22.5日/月)
 - ・1日当りの稼働時間 (7.25時間/日)
 - ・月平均残業時間 (25時間/月)
 - ・出勤率 (95%)
- とすると、
 保有工数 (man-hour/月)
 $= 22.5 \times 7.25 \times 0.95 (+25) = 155 (180)$

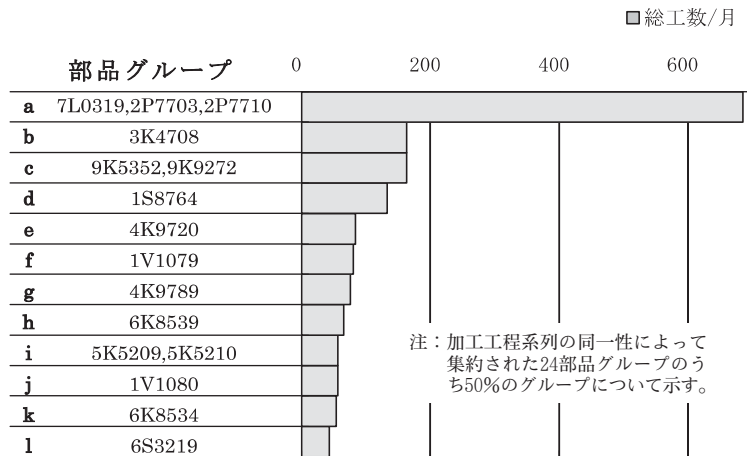
この段階の負荷分析で、負荷工数が保有工数を上回り、過剰負荷として把握された場合には、まず現状の使用機械と部品との対応を両調査し、さらに標準時間資料の信頼性を再検討する必要がある。

8) P-Q分析表(II)の作成

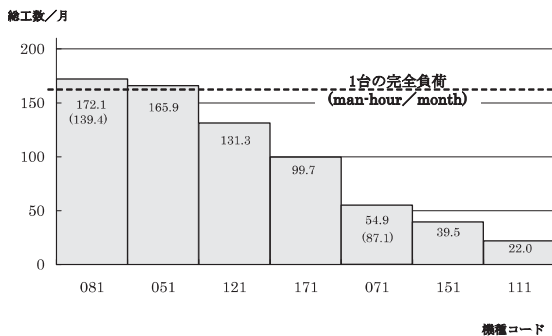
対象29品種を加工工程系列の同一性によって24の部品グループに集約し、その50%の12グループについてP-Q分析表(II)(図表3-10)の作成を行う。

次に、部品グループaについての工程系列の有効性を検討する(図表3-11参照)。その結果と、図表3-12に示される加工経路の複雑さから、機械加工ラインとして機械群の設定は妥当でないと判定された。

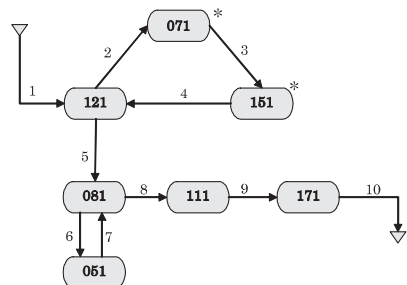
図表3-10 P-Q分析表(II)



図表3-11 工程の有効性の検討
部品グループa



図表3-12 部品グループa内の
NET WORK FLOW DIAGRAM



注1：*は専用機 071:DU08, 151:BV02
 注2：線上の数字は加工手順を示す。

9) 機械・部品マトリックスの作成

機械・設備コード表（図表3-4）加工手順表（図表3-5）から機械部品マトリックスを作成し、図表3-13に示す。ここで機械部品マトリックス L_{ij} は、

$$L_{ij} \begin{cases} 1 & (\text{部品 } P_j \text{ が、機械 } M_i \text{ で加工される場合}) \\ 0 & (\text{部品 } P_j \text{ が、機械 } M_j \text{ で加工される場合}) \end{cases}$$

とする L_{ij} の各要素から構成される。

ただし、分類された対象機械・設備の各々の機種を M_i の各要素に対応させて、対象部品の品種を P_j に対応させる。

$$M_i = \{M_1, M_2, M_3, \dots, M_m\}$$

$$P_j = \{P_1, P_2, P_3, \dots, P_n\}$$

ここで、

m : 対象機械・設備の機種数

n : 対象部品の品種数

10) 設備利用率算出表の作成

対象機械・設備の設備利用率 f_i と、これに関連して用いられる指標は、次のようにして算出する。

$$f_i = \frac{X_{ii}}{n} (\times 100(\%))$$

$$\frac{1}{f_i} \cdot d_i = \frac{1}{\frac{X_{ii}}{n}} \cdot d_i \quad \text{ここで、 } d_i : \text{対象機種 } M_i \text{ の機械台数 (保有台数)}$$

$$X_{ii} : \text{機械 } M_i \text{ で加工される全部品数}$$

$$n : \text{対象部品の品種数}$$

図表3-14に設備利用率算出表を示す。

図表3-13 機械部品マトリックス L_{ij}

(Machine/Part Matrix)

部品 Parts	機械 Machines																
	LN01	TL56	L824	L831	DR04	DRR2	DU08	DUX3	MV319	MV203	MK2	MY03	MY05	BV01	BV02	SL02	TP04
1	340601			1					1								1
2	6B7155								1	1							
3	8J1838			1					1								
4	188764			1		1							1				
5	4K9789								1								1
6	7B0503			1													
7	5K5209								1						1		
8	5K5210								1					1			
9	7J2472								1								1
10	4J6505								1		1						
11	4K9720			1					1		1						
12	282990						1				1						1
13	6S219																1
14	4K5515					1			1								1
15	1V1080								1								1
16	6J9853			1					1	1							
17	1V1079	1							1								1
18	386905						1				1						
19	7L0319					1	1	1		1	1			1	1	1	
20	2P7703					1	1	1		1	1			1	1	1	
21	2P7710					1	1	1		1	1			1	1	1	
22	4J4505								1								
23	3K4708							1	1	1							1
24	9K5352	1	1						1		1					1	
25	9K9272	1	1						1		1					1	
26	51743-11016								1		1						1
27	6K5539								1	1	1					1	
28	6K5534								1	1	1					1	
29	5H5500			1					1								

注： $L_{ij} = 0$ は無印とする。

図表3-14 設備利用率算出表

No.	機種コード	機種記号	保有台数(台) d_i	設備利用率(%) f_i	$1/f_i$	設備利用率/台(%) f_i/d_i	$1/\frac{f_i}{d_i}$
1	011	LN	1	10.34	9.67	10.34	9.67
2	021	TL	1	6.90	14.50	6.90	14.50
3	031	L	1	20.69	4.83	20.69	4.83
4	041	L	1	3.45	29.00	3.45	29.00
5	051	DR	1	13.79	7.25	13.79	7.25
6	061	DR	2	10.34	9.67	5.17	19.33
7	071	DU	1	10.34	9.67	10.34	9.67
8	081	DU	3	75.86	1.32	25.29	3.95
9	091	MV	1	13.79	7.25	13.79	7.25
10	101	MV	1	10.34	9.67	10.34	9.67
11	111	MH	2	41.38	2.42	20.69	4.83
12	121	MY	1	10.34	9.67	10.34	9.67
13	131	MY	1	3.45	29.00	3.45	29.00
14	141	BV	1	6.90	14.50	6.90	14.50
15	151	BV	1	10.34	9.67	10.34	9.67
16	161	SL	1	17.24	5.80	17.24	5.80
17	171	TP	1	41.38	2.42	41.38	2.42

11) 関連マトリックスの作成

このマトリックスは、機械部品マトリックス (図表 3-13) から類似係数マトリックスを作成するための概念上、必要とされるものであり、関連マトリックス X_{ij} は、

$$\begin{cases} X_{ij} = \text{機械 } M_i \text{ と、機械 } M_j \text{ との両方の} \\ \text{機械で加工される部品数。}(i \neq j) \\ X_{ii} = \text{機械 } M_i \text{ で加工される全部品数} \\ X_{jj} = \text{機械 } M_j \text{ で加工される全部品数} \end{cases}$$

とする X_{ij} の各要素から構成される。図表 3-15 に関連マトリックス X_{ij} を示す。

図表 3-15 関連マトリックス X_{ij}

(Relation Matrix)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	3	2	0	0	0	0	0	3	0	0	2	0	0	0	0	2	1
2		2	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	2	0
3			6	0	0	1	0	4	0	1	1	0	1	0	0	0	1
4				1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5					4	0	3	4	0	0	3	3	0	0	3	0	3
6						3	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	1
7							3	3	0	0	3	3	0	0	3	0	3
8								22	2	3	10	3	0	0	3	5	10
9									4	0	2	0	0	2	0	2	0
10										3	0	0	0	0	0	0	1
11												12	3	0	0	3	4
12													3	0	0	3	0
13														1	0	0	0
14															2	0	0
15																3	0
16																	5
17																	

12) 類似係数マトリックスの作成

類似部品マトリックス S_{ij} は、次式によって算出される類似係数 S_{ij} の各要素から構成される。

$$S_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_{ii} + X_{jj} - X_{ij}} \quad (0 \leq S_{ij} \leq 1)$$

図表 3-16 に類似係数マトリックス S_{ij} を示す。

図表 3-16 類似係数マトリックス S_{ij}

(Similarity Coefficient Matrix)

i \ j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	1	0.67	0	0	0	0	0	0.14	0	0	0.15	0	0	0	0	0.33	0.07
2		1	0	0	0	0	0	0.09	0	0	0.17	0	0	0	0	0.40	0
3			1	0	0	0.13	0	0.17	0	0.13	0.06	0	0.17	0	0	0	0.06
4				1	0	0	0	0.05	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5					1	0	0.75	0.18	0	0	0.23	0.75	0	0	0.75	0	0.23
6						1	0	0	0	0	0.15	0	0.33	0	0	0	0.07
7							1	0	0	0.25	1	0	0	0	1	0	0.25
8								1	0.08	0.14	0.42	0.14	0	0	0.14	0.23	0.42
9									1	0.14	0	0	0	0.50	0	0.29	0
10										1	0	0	0	0	0	0	0.07
11											1	0	0	0	0	0	0.07
12												1	0	0	0.25	0.31	0.20
13													1	0	0	0	0
14														1	0	0	0
15															1	0	0.07
16																1	0
17																	1

13) 機械グラフ $G(N;E)$ の作成

ここでは問題の構造グラフの形式で表現する為に機械・設備を頂点とし、機械・設備間の関連性を辺とする機械グラフ (Machine Graph) を用いる。機械グラフを構成する頂点、辺の設定ルールを簡単に示す。

i) 頂点設定ルール

設備利用率 f_i とそれに関連した指標を用いて、分類された対象機械の各々の機種を頂点として設定するかどうかは、次の手順により決定される。

〈手順1〉 $f_i = 0$ となる機械・設備は除外する。

〈手順2〉 $\frac{1}{f_i} \cdot d_i < R$ とする機械・設備は除外する。 ここで、
R: 機械群（セル）の数

対象部品の加工に使用される頻度の点において、機械・設備を単一の機械セルに割当てるかどうかを判定する。これは、機械群（セル）の数Rを設定するための判断材料を得るためにも必要とされるものである。即ち、機械群（セル）の数Rに対応して機械群（セル）を均等に配分した場合には、明確に区分された機械群（セル）の数が $\frac{1}{f_i/d_i}$ の最小値をとるものによって制約されることになる。従って、機械群（セル）の数Rが妥当でない場合にはRの値を小さくするか、 $\frac{1}{f_i/d_i}$ の値がRを下回る機種を単一の機械群（セル）に割当てないことを決定し、当該機種を機械群（セル）間の共用機械とするかのいずれかの方策が検討される必要がある。

この場合、手順1で $f_i = 0$ として除外された機種はなかったが、手順2においてNo.17のTP（ネジ立て盤）が、

$$\min \left\{ \frac{1}{f_1} \cdot d_1, \frac{1}{f_2} \cdot d_2, \dots, \frac{1}{f_i} \cdot d_i \right\} = \frac{1}{f_{17}} \cdot d_{17} = 2.42$$

となるので、この機械を機械群（セル）間に配分せずに、共用機械として対象外とし、頂点として設定しないこととする。又、機械群（セル）の数R = 3として以下の手順を進める。

ii) 辺のルール

〈手順1〉 関連マトリックスの作成

〈手順2〉 類似係数マトリックスの作成（類似係数の算出）

〈手順3〉 $S_{ij} > T$ とする頂点 $i - j$ 間に辺を設定する。 ここで、
T: 限界値

全ての機械・設備間について算出された類似係数 S_{ij} に対して、ある特定の数値より大きい場合に機械グラフの頂点 i と頂点 j に辺を設定する。この数値Tを限界値という。

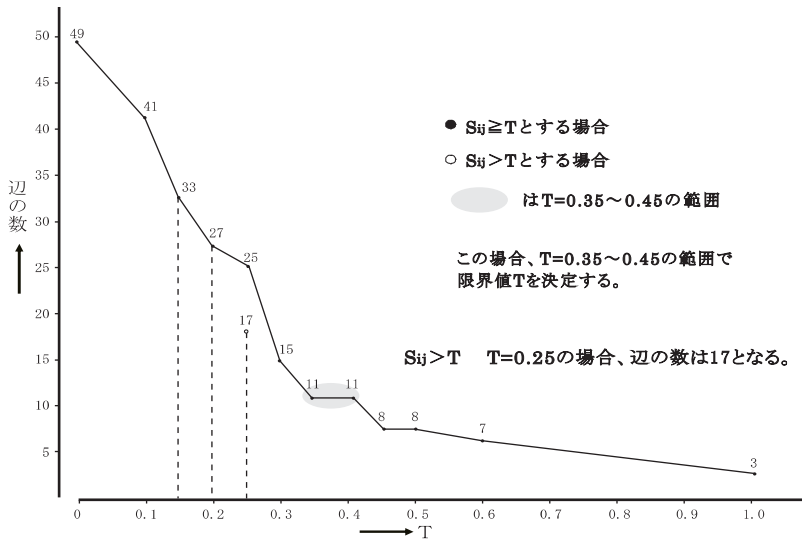
限界値Tの決定方法は、Tの値に対して機械グラフの辺の数を示すグラフを作成し、そのカーブが平坦な範囲でTを選択する。

図表3-17より、 $T = 0.35 \sim 0.45$ が平坦な範囲に相当するが、辺の数が少なすぎると考えられる。

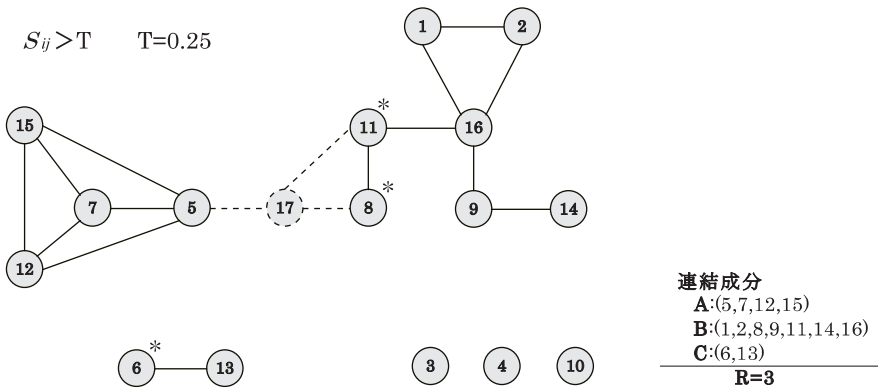
したがって、ここでは図表3-18から図表3-20にTの各水準における機械グラフ（I）から（III）を作成する。

$T = 0.25$ として頂点間に辺を設定した場合に、形成された連結成分数（図表3-18参照）と、i) で設定された機械群（セル）数R = 3が等しくなる。そこで、限界値を $T = 0.25$ とし、その機械グラフを図表3-18に示す。この手順は、通常コンピューターによって実行されるが、図表3-21で手作業によって実施するためのワーク・シートと実際例を示す。

図表 3-17 限界値Tの決定

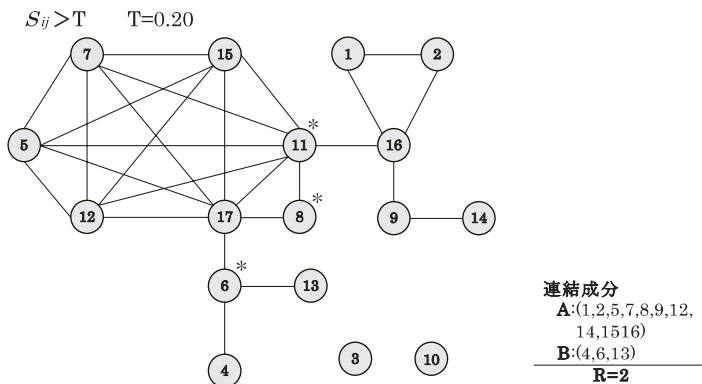


図表 3-18 機械グラフ (Machine Graph) (I)



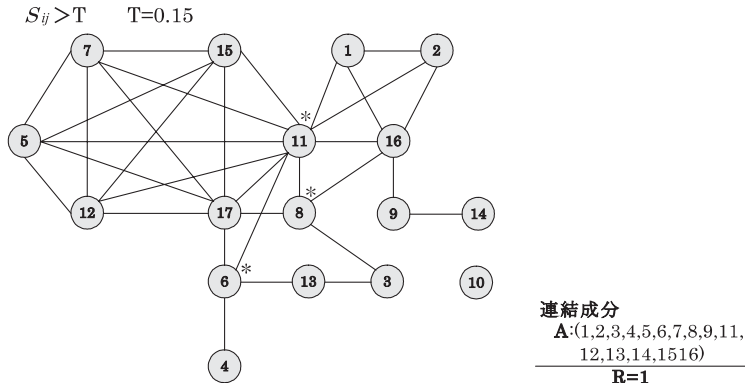
注：*印は、機種別機械台数が複数の機種を示す。点線は、No.17 (ネジ立て盤) を頂点として設定しないことを示す。

図表 3-19 機械グラフ (Machine Graph) (II)



注：*印は、機種別機械台数が複数の機種を示す。

図表 3-20 機械グラフ (Machine Graph) (Ⅲ)



注：*印は、機種別機械台数が複数の機種を示す。

図表 3-21 機械群 (セル) の形成

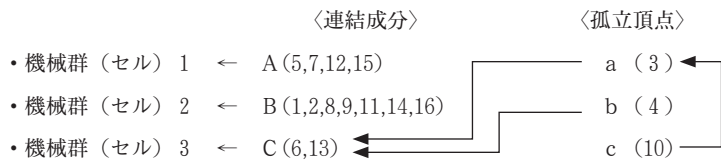
$S_{ij} > T$ $T=0.25$

No.	類似係数		設定する辺 (i, j)	孤立頂の数	機械セルの構成				*
	S_{ij}	$i-j$			セル1	セル2	セル3	セル4	
1	1.00	7 12	(7, 12)	14	7, 12				1
2	1.00	7 15	(7, 15)	13	15				1
3	1.00	12 15	(12, 15)	13					1
4	0.75	5 7	(5, 7)	12	5				1
5	0.75	5 12	(5, 12)	12					1
6	0.75	5 15	(5, 15)	12					1
7	0.67	1 2	(1, 2)	10		1, 2			2
8	0.50	9 14	(9, 14)	8			9, 14		3
9	0.42	8 11	(8, 11)	6				8, 11	4
10	0.40	2 16	(2, 16)	5		16			2
11	0.33	1 16	(1, 16)	5					2
12	0.33	6 13	(6, 13)	3				6, 13	4
13	0.31	11 16	(11, 16)	3		8, 11			2+4
14	0.29	9 16	(9, 16)	3		9, 14			3+2
15	0.25								
∴									

注：図表 3-21 の類似係数マトリックスにおいて、 S_{ij} の値の大きい順に、頂点 i と頂点 j の間に辺を設定する。ただし、辺を設定する範囲は、 $S_{ij} > 0.25$ とする。

次に、作成された機械グラフを連結成分と孤立頂点として分解する。この場合、図表 3-21 に示されているように、A, B, C の 3 つの連結成分と、a, b, c の 3 つの孤立頂点とに分解される。

図表 3-22 機械群 (セル) の設定



さらに、各々の孤立頂点 N_i についての最大の S_{ij} を見出し、それに対応する頂点 N_i に連結し、最終的に 3 つの連結成分を形成する。それぞれの連結成分に含まれる頂点を列挙し、それに相当する機械・設備を最初の機械群 (セル) として設定する (図表 3-22 参照)。

14) FROM-TO CHART (C) の作成

形成された機械群 (セル) に所属する対象機械・設備をその区分に従って配列し、各機械・設備間の移動量 (Q_{ij}) をFROM-TO CHART (C) (図表 3-23) に表示する。この場合には、移動の方向性は考慮に入れない。

図表 3-23 FROM-TO CHART (C) Q_{ij}

		機械群(セル) 1					機械群(セル) 2					機械群(セル) 3					
		5	7	12	15	17	1	2	8	9	11	14	16	3	4	6	10
機械群(セル) 1	i \ j	051	071	121	151	171	081	091	111	141	161	061	041	081	101	131	171
	5 051							7									
	7 071		3	3													
	12 121			3			3										
	15 151				3												
機械群(セル) 2	1 011						2	1	2								
	2 021																
	8*081							2	12	5	6	3	4		8		
	9 091																
	11*111								2								
機械群(セル) 3	14 141																
	16 161																
	3 031														1		
	4 041																
	6*061														1		
	10 101																
	13 131														1		
17 171																	

単位：品種別部品の移動量(品種数)

注：*印は、機械別機械台数が複数の機種を示す。

15) 移動マトリックス (A) の作成

FROM-TO CHART (C) から各機械群 (セル) 間、及び機械群 (セル) 内の総移動量を求め、移動マトリックス (図表 3-24) に表す。

図表 3-24 移動マトリックス (A) C_{ij}

i \ j	1	2	3
1	9	10	0
2		26	18
3			2

$C_{ij} = [C_{ij}]$

C_{ij} : セル i, j 間を移動する部品の品種数 ($i \neq j$)
 C_{ii} : セル i 内部を移動する部品種数

16) 機械群 (セル) の構成

このステップまでグループ化された機械・設備は、分類上、機種別の機械において複数の機種が含まれている。従って、これからの機種については、それが複数の機械群 (セル) 間で重複して必要とされるものであるかどうか検討した上、必要とする機械群 (セル) 間に配分しなければならない。

当工場では、次の 3 機種が機械・設備の分類において、複数台機種となっている。

(No.)	(機種コード)	(機種記号)	(保有台数)	
6	061	DR	2	(DR07, 13)
8	081	DU	3	(DU11, 15, 16)
11	111	MH	2	(MH209, 226)

次に、これ等の機種を各々の必要とする機械群 (セル) 間に分配する。この際には移動マトリックス (A) によってこれ等の機種と、他の機械群 (セル) 間の移動を少なくするように分配する (図表 3-25 参照)。

図表 3-25 機械群 (セル) の構成

	No.	機械別コード	機械番号
セル 1	5	051	DR04
	7	071	DU08
	8-I*	081	DU11
	11-I*	111	MH209
	12	121	MY03
	15	151	BV01
セル 2	1	011	LN01
	2	021	TL56
	6-I*	061	DR07
	8-II	082	DU15
	9	091	MV319
	11-II	112	MH226
	14	141	BV01
	16	161	SL02
セル 3	3	031	L824
	4	041	L831
	6-II	062	DR13
	8-III*	083	DU16
	10	101	MV203
	13	131	MY05

注：*印は他の機械群 (セル) へ分配された機械を示す。

17) 機械群 (機械セル) への部品割当表の作成

図表 3-25 に示されている機械群 (セル) に対して、加工手順表 (図表 3-5 参照) に従って、対象 29 品種の部品を割当てる。この時、複数の機械群 (セル) で加工可能な部品は、特定の機械群 (セル) に割当てず、加工可能な機械群 (セル) を全て表示する。

又、割当てる過程において、単一の機械群 (セル) 内で全て加工完了されないで複数の機械群 (セル) で

図表 3-26 機械群（セル）への割当表

部品	(セル1)			(セル2)			(セル3)			セル1	セル2	セル3	TP04	17
	DR04	DU08	DU11	DU11	DU11	DU11	DU11	DU11	DU11					
1	330601													
2	6B7155													
3	831838													
4	188764													
5	4K9789													
6	7B0503													
7	5K5209													
8	5K5210													
9	732472													
10	436505													
11	4K9720													
12	2S2960													
13	6S3219													
14	4K5515													
15	1V1080													
16	638553													
17	1V1079													
18	3S8905													
19	7L0319													
20	2P7703													
21	2P7710													
22	434505													
23	3K4708													
24	9K5392													
25	9K3272													
26	51743-11016													
27	6K8539													
28	6K8534													
29	8H5500													

注1：当該部品の加工に必要とされる機械を表示
 ◎：当該部品について、加工可能な複数の機械群（セル）を表示
 ○：当該部品について、加工可能な単一の機械群（セル）を表示
 →：複数の機械群（セル）の間を移動して加工される部品

加工される部品は例外部品として機械群（セル）への割当表（図表 3-26）に記録する。

18) 例外部品の表示

割当ての過程で例外部品として記録された部品は、割当て終了後、集計して表示する（図表 3-27参照）。

図表 3-27 例外部品の表示

No.	部品番号	機械群(セル)→機械群(セル)	M _i →M _j	備考
11	4K9720	3→2	031→111	3-1でも可

図表 3-28 移動マトリックス（B）

$C_{ij} (i \neq j)$

i	j	機械群(セル)		
		1	2	3
1	1		0	1 (83.8)
2	1			0
3	1			

移動量(品種数)

- 移動量（品種数）：セル間を移動して加工される、例外部品の移動量（品種数）
- 内は、部品No.11の4K9720の月平均総工数で、図表 3-9 参照
- 部品No.11の4K9720は図表 3-26より、セル3に割当てられているが、これは例外部品であり、セル3で加工された後、セル1、又は、セル2に移動し加工される。

19) 移動マトリックス（B）の作成

例外部品は、機械群（セル）間を移動して加工される部品であり、これ等の部品の加工経路を分析して、機械群（セル）間の移動量を求め、移動マトリックス（B）（図表 3-28）を作成する。さらに、各要素を合計して移動量を算定する。この数値によって、編成案の比較と評価を行う。

20) 部品グループ構成表の作成

編成案についての部品グループの構成を図表 3-29に表す。これは割当ての過程において記録されている加工される部品と、それらを加工することのできる機械群（セル）との対応の仕方によって、部品を分類するものであり、このような操作によって、生産計画作成時の負荷調整が比較的容易に行われることになる。この場合には、部品グループA、B、Cは、それぞれ機械群（セル）1、2、3においてのみ加工される部品グループである。それに対して、部品グループDは、全ての機械群（セル）で加工可能である。

又、部品グループEは、機械群（セル）1、2のいずれでも加工可能となっている。従って、実際の生産計画を作成する場合には、部品グループA、B、Cをそれぞれの対応する機械群（セル）に割当てて、その負荷状況を検討し、次に、グループD、Eをその余力に応じて加工可能な機械群（セル）に割当てることになる。

図表 3-29 部品グループ構成表

機械 部品		(セル1)							(セル2)							(セル3)						
		5	7	8	11	12	15	1	2	6	8	9	11	14	16	3	4	6	8	10	13	17
		DR04	DU08	DU11	MH209	MY03	BY02	LN01	TL56	DR07	DU15	MV319	MH226	BY01	SL02	LS24	L831	DR13	DU16	MV203	MY05	TP04
Group A	14	4K5515	1																			1
	19	7L0319	1	1	1	1	1	1														
	20	2P7703	1	1	1	1	1	1														
	21	2P7710	1	1	1	1	1	1														
Group B	5	4K9789								1					1							
	7	5K5209										1		1								
	8	5K5210									1		1									
	12	2S2990							1			1										1
	17	1V1079						1		1												1
	18	3S6905							1			1										
	24	9K5382						1	1		1	1	1	1								
	25	9K9272						1	1		1	1	1	1								
	27	6K8539									1	1	1	1								
28	6K8534									1	1	1	1									
Group C	1	3J0601													1			1				1
	2	6B7155																	1	1		
	3	8J1838													1			1				
	4	1S8764													1		1					1
	6	7B0503													1							
	11	4K9720				1						1			1			1				
	16	6J3953													1			1	1			
	23	3K4708																1	1			1
	29	5H5500														1		1				
G. D	9	7J2472			1																	1
	15	1V1080			1																	1
	22	4J4505			1																	
G. E	10	4J6505			1	1																
	26	51743-11016			1	1																1
*	13	6S9219																				1

注1 : Group D は機械群 (セル) 1, 2, 3 のいずれでも加工可能
 注2 : Group E は機械群 (セル) 1, 2 のいずれでも加工可能

21) 部品グループ別負荷分析表の作成

図表 3-9 の部品品種別・機械負荷分析表から、編成案についての部品グループ別負荷分析表を作成する。さらに、部品グループ別の累積負荷工数を算定する。各グループ別の負荷分析表を図表 3-30 に示す。

図表 3-30 部品グループ別・負荷分析表

Group A (機械群 (セル1))		5	7	8	11	12	15
部品		DR04	DU08	DU11	MH209	MY03	BY02
14	4K5515	3.1		0.8			
19	7L0319	26.8	12.0 (27.2)	42.6 (27.2)	6.5	29.2	8.5
20	2P7703	22.3	6.9 (18.0)	20.8 (9.6)	2.5	16.4	5.0
21	2P7710	116.8	36.0 (94.2)	108.7 (50.3)	13.0	85.7	26.0
合計		169.0	54.9 (139.4)	172.9 (87.9)	22.0	131.3	39.5

3.90-1

Group B (機械群 (セル2))

部品 \ 機械		1	2	6	8	9	11	14	16
		LN01	TL56	DR07	DU15	MV319	MH226	BV01	SL02
5	4K9789				69.9				5.7
7	5K5209					18.3		7.6	
8	5K5210					21.6		8.9	
12	2S2990			16.7			7.0		
17	1V1079	28.6			40.1				
18	3S6905			0.4			0.5		
24	9K5352	29.5	19.0		12.0		7.4		8.1
25	9K9272	34.2	21.5		13.6		8.4		9.2
27	6K8539				44.4	9.9	4.1		7.3
28	6K8534				24.8	17.8	7.3		4.1
合計		92.3	40.5	17.1	204.8	67.6	34.7	16.5	34.4

3.30-2

Group C (機械群 (セル3))

部品 \ 機械		3	4	6	8	10	13	MH1
		L824	L831	DR13	DU16	MV203	MY05	
1	3J0601	26.2			9.6			
2	6B7155				15.5	21.3		
3	8J1838	31.6			7.3			
4	1S8764	26.5		49.8			56.8	
6	7B0503	39.5						
11	4K9720	47.9			13.7			22.2
16	6J3953	9.8			12.8	4.3		
23	3K4708				30.6	114.3		
29	5H5500		17.4		21.0			
合計		181.5	17.4	49.8	110.5	139.9	56.8	22.2

3.30-3

Group D

部品 \ 機械		DU
9	7J2472	31.5
15	1V1080	43.8
22	4J4505	14.9
合計		90.2

3.30-4

Group E

部品 \ 機械		8	11
		DU11	MH209
10	4J6505	2.0	12.9
26	51743-11016	13.2	4.6
合計		15.2	17.5

3.30-5

22) FROM-TO CHART (D)

加工手順表 (図表 3-5), 部品グループ構成表 (図表 3-29) から各々の機械群 (セル) 内における機械・設備の部品の移動量を求め, FROM-TO CHART (D) に示す (図表 3-31 参照)。

図表 3-31 FROM-TO CHART (D)

機械群 (セル) 1

i \ j		051	071	081	111	121	151	171
		DR04	DU08	DU11	MH209	MY03	BV02	TP04
051	DR04			7				
071	DU08					3	3	
081	DU11				3	3		1
111	MH209							3
121	MY03						3	
151	BV02							
171	TP04							

3.31-1

単位: 移動量 (品種数)

機械群 (セル) 2

$i \backslash j$		011	021	061	082	091	112	141	161	171
		LN01	TL56	DR07	DU15	MV319	MH226	BV01	SL02	TP04
011	LN01		2		1		2			
021	TL56									
061	DR07						4			
082	DU15					2	6		5	1
091	MV319							2		
112	MH226									1
141	BV01									
161	SL02									
171	TP04									

8.31-2

単位：移動量(品種数)

機械群 (セル) 3

$i \backslash j$		031	041	062	083	101	131	171
		L824	L831	DR13	DU16	MV203	MY05	TP04
031	L824				6		2	
041	L831				3			
062	DR13						1	
083	DU16					4		3
101	MV203							
131	MY05							
171	TP04							

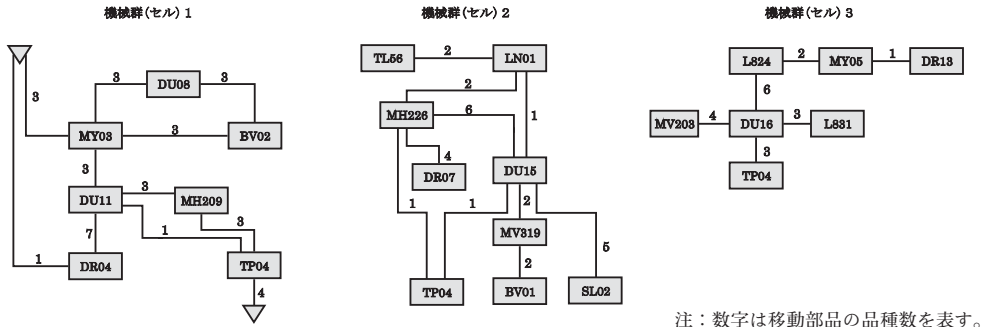
8.31-3

単位：移動量(品種数)

23) 機械群 (セル) 内のネット・ワーク図表の作成

図表 3-31から各機械群 (セル) 内のネット・ワーク図表を作成し、図表 3-32に示す。ただし、記入されている数字は各機械・設備間の移動品種数を表す。

図表 3-32 機械群 (セル) 内のNET WORK FLOW DIAGRAM



注：数字は移動部品の品種数を表す。

機械セルを形成するための工程編成方式には幾つかあるが、本研究では、加工対象部品29品種を各部品グループに割当て、17機種23台の機械・設備を3つの機械セル (図表 3-32参照) に分類することによって、新しいプロダクト型の工程編成方式を設計したものである。これによりますと、例外部品の発生を避け、機械・設備の負荷と能力の均衡を図ることが可能となる。

4 まとめ

本研究は、グループ・テクノロジーを活用し、機械・設備間の関連性を把握することで、部品グループの効率的な生産が可能なプロダクト型の工程編成方式を設計したものである。

3章の機械加工工場における工程編成方式の適用の結果、編成された機械セル内において、

同一部品グループに属するほぼ全ての部品が、素材から完成部品まで一貫して加工されることになる。機械グループ＝部品グループの形成効果として、工程の連結による仕掛時間の短縮と工程間の仕掛品の減少、並びに加工部品の工程系列を考慮した設備レイアウトをとることができる。そのことにより、運搬距離の短縮、運搬費用の低減等が図られる。

近年のユーザ・ニーズの多様化、製品のライフサイクルの短期化などの要因による、変種変量生産領域への移行に対応するための一方策として、本研究で設計したグループ・テクノロジーを活用した工程編成方式の適用が有効であると考えられる。

5 今後の課題と展望

本研究では、開発した手法を既設工場に適用し、その有効性を検討に加えたため、前提条件の多くを所与のものとして、固定的に取り扱った。

今後は、工程編成の上位の手続段階としての製品設計、手順計画をも考慮した総合的なシステム設計の手法を開発対象として研究を進める必要がある。

具体的には、今後、次に示すような事項が研究課題として考えられる。

- i) 負荷が時系列的に変動することを考慮に入れた機械グループの問題を取り扱う。
- ii) 機械と部品の対応については、現状分析的な把握方法で行うのではなく、新しい部品の対応を考慮して、製品設計の段階で、加工手順自体を設定する方向でのアプローチを導入する必要がある。
- iii) 適用範囲の拡大と、それにとまなう問題点の把握と解決を行う。

(みうら たつし・本学経済大学教授)

〔参考・引用文献〕

- [1] Jhon Gaillard 『It's Principles and Application』 Industrial Standardization, 1934.
- [2] Herwart Opitz 『Verschlüsselungsrichtlinien und Definitionen zum werkst ück-beschreibenden Klassifizierungssystem』 Verlag W.Girardet.Essen, 1951.
- [3] 社内標準化便覧編集委員会 『社内標準化便覧』 日刊工業新聞社, 1964.
- [4] Herwart Opitz (鈴木 隆, 三宅 弘訳) 『グループ・テクノロジー』 日本能率協会, 1969.
- [5] 石原勝吉他 『多品種生産工場における標準化の推進と展開』 標準化と品質管理, 1970.
- [6] 吉沢武男他 『生産システムの数値制御 (SME編)』 東洋経済, 1970.
- [7] 三浦達司 『複種ラインの工程設計に関する研究』 早稲田大学大学院理工学研究彙報, 1970.
- [8] 中島誉富 『経営のための標準時間 (基礎編, 機械編)』 日本能率協会, 1971.
- [9] J.Mc Auley 『Machine Grouping for Effective Productions』 Production Engineer vol.51 No.2, 1972.

- [10] I.G.K.E.I-Essawy, J.Torrance 『Component Flow Analysis - An Effective Approach to Production Systems Design-』 Production Engineer vol.51 No.165, 1972.
- [11] 本田巨範他『旋盤マニュアル』大河出版, 1973.
- [12] 朝倉行一他『NC工作機械ハンドブック』大河出版, 1973.
- [13] 東 秀彦『標準化の考え方, 進め方』丸善, 1974.
- [14] 細川 鴻『自動盤ツーリングマニュアル』大河出版, 1974.
- [15] 長谷川一郎(訳)『治具設計の理論と実際(Ⅰ), (Ⅱ)』大河出版, 1974.
- [16] 三浦達司, 古川 光, 久保 章『昭和49年春期予稿集 グループ・テクノロジーに関する研究- 一段取時間を考慮した部品の投入順序に関する研究-』経営工学会, 1974.
- [17] 三浦達司, 古川 光, 久保 章, 深野 彰『グループ・テクノロジーへの数量分類法の適用に関する一考察(その1)』日本IE協会. IEレビューvol.15. No.4, 日本IE協会, 1974.
- [18] A.S.Carrie 『Numerical Taxonomy Applied to Group Technology and Plant Layout』Int.J.Prod.Res vol.11, No.4, 1973.
- [19] Walter Pollak (清水敏夫訳)『GTの理論と実際』建帛社, 1974.
- [20] 三浦達司『使用機械選択に関する研究』IEレビューvol.15, No.5 日本IE協会, 1975.
- [21] 日本経営工学会(標準化:平野敏也)『経営工学便覧』丸善, 1975.
- [22] 山岸正謙『NC工作機械』大河出版, 1975.
- [23] R.Rajagopalan, J.L.Batra 『Design of Cellular Production Systems, A Graph Theoretic Approach』Int.J.Prod.Res vol.13, No.6, 1975.
- [24] J.L.Burbidge, Heinemann 『The Introduction of Group Technology, Chapter 9』Production Flow Analysis, 1975.
- [25] 梅田正夫『幹部のための工場管理の実務』日科技連, 1977.
- [26] 菅野能之『工程編成システムに関する研究』修士論文, 1977.
- [27] 日本機械工業連合会編『食品機械の標準化に関する調査・研究』日本機械工業連合会, 1977.
- [28] Tatushi Miura, Tstumi Koshiba, Masayasu Tanaka 『Automatic Assembly Systems In Japan and Related Industrial Engineering Problems』Institute of Engineers, 1993.
- [29] 三浦達司『IEr. の役割と将来展望』IEレビューvol.185 日本IE協会, 1995.
- [30] 東京理科大学, 理工学事典編集委員会『理工学事典』日刊工業新聞社, 1996.
- [31] 日本IE協会編『セル生産方式の課題と展望』IEレビューvol.212 日本IE協会, 1999.
- [32] 日本機械工業連合会編『食品機械への先端技術対応に関する調査・研究』日本機械工業連合会, 2001.
- [33] 三浦達司, 相良康行, 万本康行, 川村邦明『食品工業における生産技術と先端技術』食品工業 vol.15, No.17 光林, 2001.
- [34] 岩室 宏『セル生産システム』日刊工業新聞社, 2002.
- [35] 三浦達司『ベンチャー型社会の到来, 本業を軸に新事業転換への一方策- 食料品加工機械

工業を例とした異業種分野技術との融合を中心として』 p.87～p.169 日本経済評論社，
2002.

[36] 日本 I E 協会編『セル生産方式導入後の改善』 I E レビュー vol.235, No.2 日本 I E 協会，
2004.

[37] 日本機械工業連合会編『機械工業の安全化技術に関する調査・研究～食品加工機械を対象
としたモデルケース分析調査～』，2004.

[38] 三浦達司『21世紀のモノづくりとIEr.の役割』 I E レビュー vol.240 日本 I E 協会，2005.