

第4章 日程計画

日程計画の役割は、所定の時期までに生産を完了するために作業の着手と完成の日程を明らかにすることである。

1 基準日程と日程短縮

1.1 基準日程

日程とは作業着手から完成までの経過時間をいい、日程を標準化したものを基準日程と呼んでいる。

(1) 基準日程の構成

基準日程は図4-1に見るように加工時間、検査時間、運搬時間および停滞時間の4つから成り立っている。

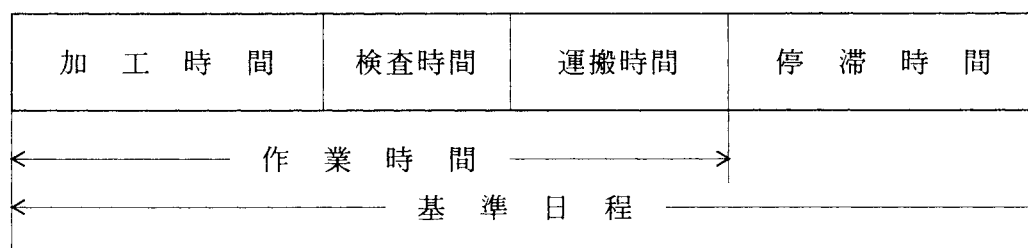


図4-1 基準日程の構成

a. 作業時間

基準日程は、作業時間と停滞時間に大別でき、作業時間は、加工時間、検査時間および運搬時間の3つを合わせたものをいい、標準時間に生産数量を掛けて求めることができる。

b. 停滞時間

停滞は、図4-2に見るように工程待ちとロット待ちの2種類に分かれる。工程待ちは、ロット全体が工程間に滞留している状態であり、加工待ち、検査待ちおよび運搬待ちのいずれかで待っている状態をいう。一方、ロット待ちは、ロット全体が工程内に滞留している状態であり、加工待ち、検査待ちおよび運搬待ちのいずれかでロット全体が終了するのを待っている状態をいう。

図4-3の日程分析図を見ると、I が工程待ちを表しており、☆がロット待ちを表している。☆のロット待ちに所要時間が記入されていないのは、ロット待ち

時間は加工時間や検査時間に包含されるためである。ロット待ちは停滞ではあるが、停滞時間としては計算されない。

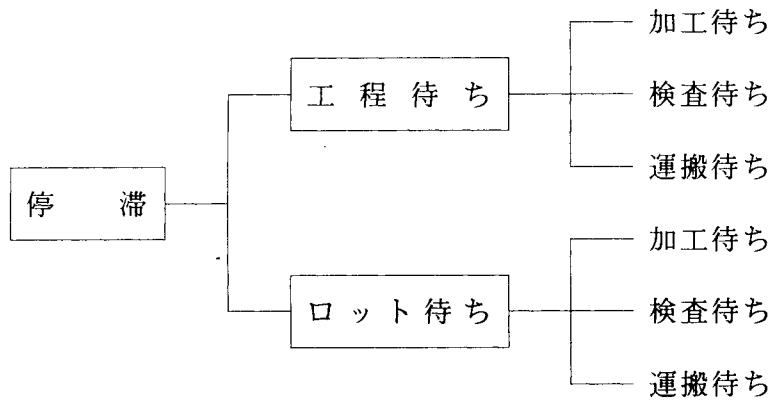


図4-2 停滞の分類

(所要時間)

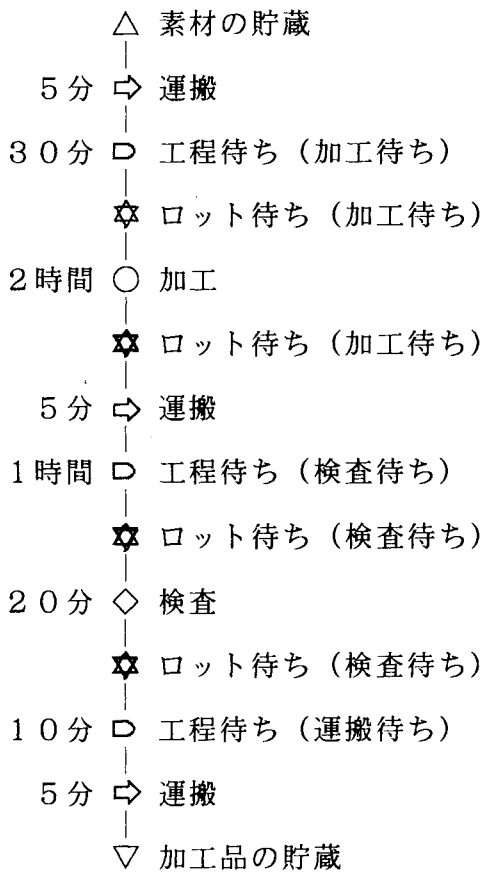


表4-1 日程分析図の集計

記号	工程	所要時間	割合
○	加工	分 120	% 47.1
◇	検査	20	7.8
⇨	運搬	15	5.9
○ ◇ ⇨	(作業)	155	60.8
□	工程待ち	100	39.2
合計		255	100.0

図4-3 日程分析図

表4-1は、図4-3の日程分析図をまとめた集計表であり、□（工程待ち）を見ると、所要時間は100分(39.2%)となっている。

c. 工程待ちの適正化

工程待ちの役割についてみると、工程間に滞留することにより工程間の生産能力の不釣り合いを吸収する働きをしている。

一方、マイナス面についてみると、工程待ちの増加は、生産期間を長くし仕掛品を増加させることになるので過大とならないよう工程待ちを適正化していく必要がある。

(2) 基準日程に決め方

基準日程の設定は、過去の日程実績を調べ、それをもとに決めるのが一般的なやり方である。日程実績の調査方法は、次に示すようにいくつかの方法があり生産形態により適切な方法が選択される。

a. 着手日、完成日の実績調査

この方法は、作業票や作業日報から作業の着手日と完成日を調べる方法であり、完成日から着手日を差し引くことにより日程実績を求めることができる。この方法は、どんな生産形態でも活用できる（図4-4）。

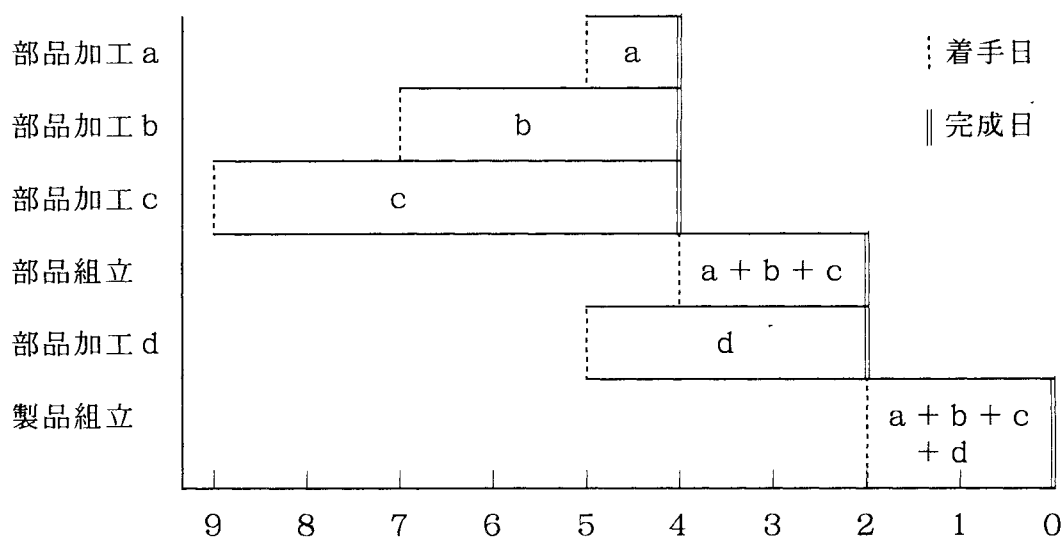


図4-4 着手日、完成日の実績調査

b. 完成数、仕掛残の実績調査

この方法は、連続生産とロット生産に適用され、流動数分析といわれる。

(a) 連続生産の場合

1日平均の完成数と1日平均の仕掛残を把握することにより下記の式で日程実績（滞留日数）を算出できる。

$$\text{滞留日数} = \frac{\text{1日平均の仕掛残}}{\text{1日平均の完成数}} \quad (\text{日})$$

表4-2 滞留日数計算表

ライン	1日平均仕掛残(個)	1日平均完成数(個)	滞留日数(日)
1	1,100	1,000	1.1
2	1,500	750	2.0
3	800	2,000	0.4

(b) ロット生産の場合

表4-3は、ロット生産の受入数、完成数および仕掛残について調査したものである。この表にもとづいて滞留日数を算出してみると1.5日となる。

$$\text{滞留日数} = \frac{\text{1日平均の仕掛残}}{\text{1日平均の完成数}} = \frac{703}{469} = 1.5 \quad (\text{日})$$

c. 加工時間の実績調査

この方法は、加工時間から日程実績を推測するもので多種少量生産に適用される。

図4-5は、加工時間と日程（滞留日数）の相関関係を見出すために作成したグラフであり、加工時間を見て日程を推測できる。

表4-3 受入数、完成数、仕掛残の推移

稼働日数	受入数 (個)	受入累計 (個)	完成数 (個)	完成累計 (個)	仕掛残 (個)
前月繰越					710
1	470	1,180	460	460	720
2	470	1,650	480	940	710
3	480	2,130	430	1,370	760
4	440	2,570	470	1,840	730
5	460	3,030	480	2,320	710
6	480	3,510	490	2,810	700
7	460	3,970	470	3,280	690
8	480	4,450	440	3,720	730
9	420	4,870	460	4,180	690
10	460	5,330	480	4,660	670
11	480	5,810	490	5,150	660
12	490	6,300	480	5,630	670
合計	5,590		5,630		8,440
1日平均	466		469		703

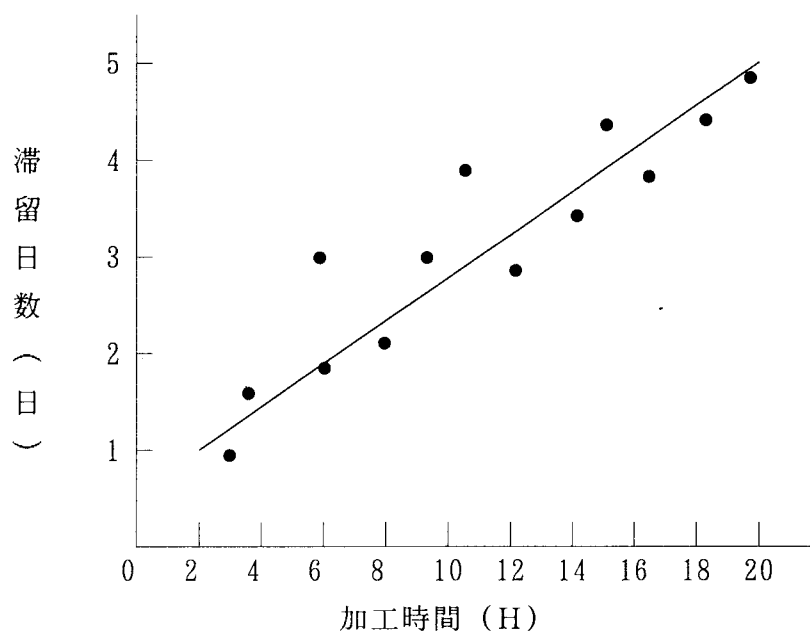


図4-5 加工時間と滞留日数の相関関係

(3) 基準日程の運用

基準日程は、日程計画を編成する「ものさし」となるもので手配番数として運用される。

a. 手配番数（手番）

手配番数とは、完成日を起点として逆算する日数のことである。例えば、5番ということは、完成日からみて5日前に手配する（着手する）ことを意味し、通常、1日を1番として扱う。

手配番数には、着手手番と完成手番とがあり、着手手番は、作業着手の番数を表し、完成手番は作業完了の番数を表す。図4-6は、製品Aについての部品構成図であり、この図を見て基準日程と手配番数を算出してみると表4-4のようになる。

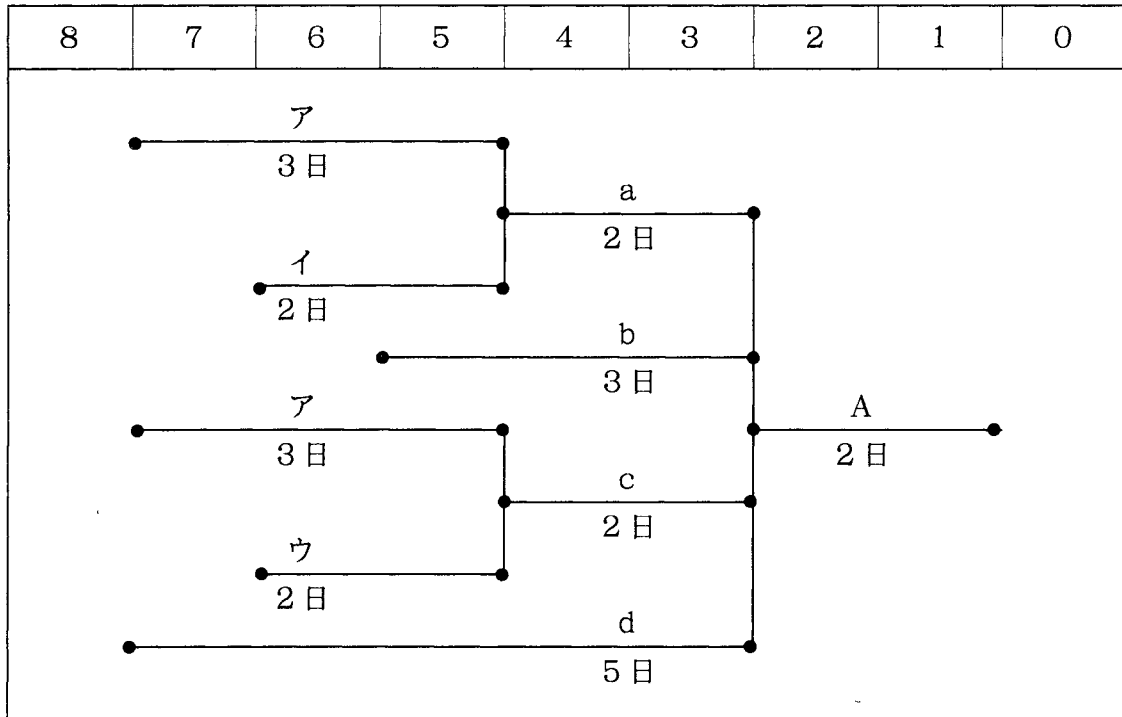


図4-6 製品Aの部品構成と基準日程

表4-4 製品Aの手配番数

品名	工程	基準日程	着手手番	完成手番
A	製品組立	2日	2番	0番
a	部品組立	2	4	2
b	部品加工	3	5	2
c	部品組立	2	4	2
d	部品加工	5	7	2
ア	購入部品	3	7	4
イ	部品加工	2	6	4
ウ	部品加工	2	6	4

b. 基準日程の修正

基準日程は、標準の生産条件下で設定したものであり、標準条件と大きく異なる状況が発生した場合は、基準日程を修正して運用する必要がある。次のようなケースは、基準日程の修正が必要である。

- ① 進捗遅れが発生し、納期に間に合わせるために急行日程で処理しなければならない。
- ② ロットの大きさが、標準ロットと大きく異なった場合、例えば、ロット分割されたり、逆にロット集約が図られたとき。
- ③ 操業度が著しく上がったり、下がったりしたとき。

1.2 日程短縮

日程短縮（生産期間の短縮）を図るには、日程の構成要素となっている加工、検査、運搬および停滞期間について各々、期間短縮を行う必要があり、とりわけ、日程の大部分を占める加工期間と停滞期間の短縮が重要な課題である（図4-7）。

日程短縮を図る戦略的な手段として在庫の活用がある。在庫を保有することは、在庫に至る生産過程を省略することになるので、その省略期間に相当する分だけ日程を短縮することができる。

例えば、部品在庫をもてば、部品が完成するまでの材料の調達期間と部品の加工期間を省略することができ、その分、日程は短縮する。製品在庫を持てば、総ての生産期間を省略することができる（図1-26）。

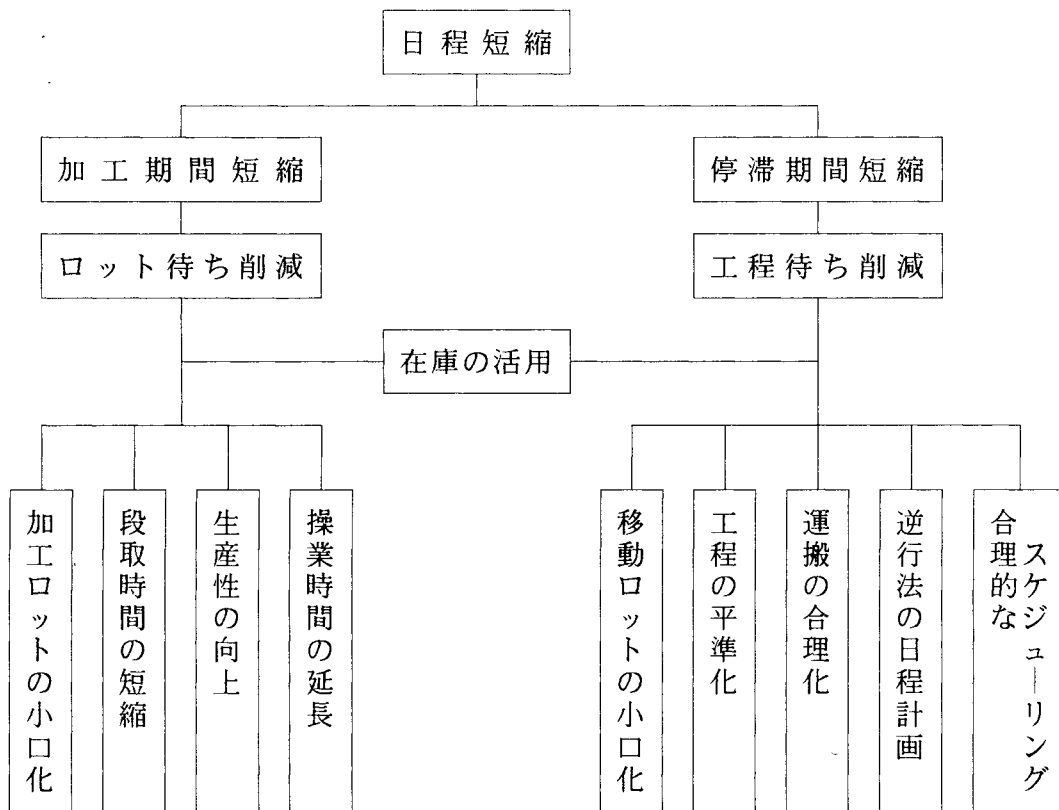


図4-7 日程短縮の方策

(1) 加工期間短縮

加工期間を短縮するには、ロット待ちを削減する必要があり、加工ロットを小口化することが有効である。加工ロットを小口化すると段取回数が増えることから、1回当たりの段取時間短縮を並行して進めていかなければならない。

a. 加工ロットの小口化

加工ロットを小口化すれば加工期間を短縮できる。このことを表4-5で見ると、段階がⅡ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴと進むにつれ加工ロットは小口化し、それに伴って加工期間は短縮している。図4-9は、表4-5をガントチャートにしたものである。

① 段階Ⅰ

1,500個を加工ロットとした場合で、
加工期間は9日間となる。

② 段階Ⅱ

1,500個の $1/2$ (750個)を加工ロットとした場合で、
加工期間は4.5日間となる。

③ 段階Ⅲ

1,500個の $1/5$ (300個)を加工ロットとした場合で、
加工期間は1.8日間となる。

④ 段階Ⅳ

1,500個の $1/9$ (167個)を加工ロットとした場合で、
加工期間は1日間となる。

⑤ 段階Ⅴ

部品a、b、cを1個ずつ混流して流す生産方式で、
加工期間は2.88分となる(図4-8)。

この混流生産は小ロット生産の究極の流し方であり、ジャストインタイムを志向したものである。

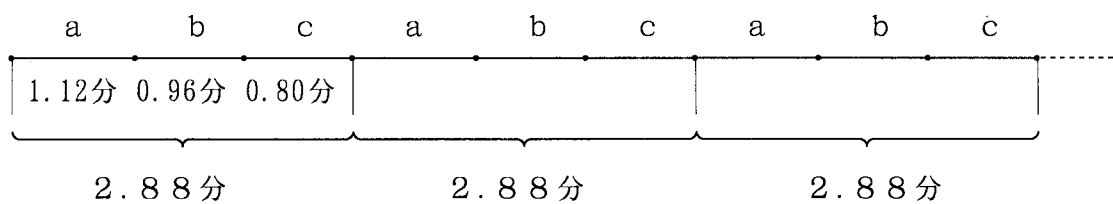


図4-8 1個流しの混流生産

表4-5 加工ロットの小口化と加工期間

段階	加工ロットの小口化	ロットサイズ	加工期間	計 算 式
I	1,500×1/1	1,500個	a: 3.5 日 b: 3.0 日 c: 2.5 日 計 9.0 日	
II	1,500×1/2	750個	a: 1.75日 b: 1.50日 c: 1.25日 計 4.50日	3.5日×1/2=1.75日 3.0日×1/2=1.50日 2.5日×1/2=1.25日
III	1,500×1/5	300個	a: 0.7 日 b: 0.6 日 c: 0.5 日 計 1.8 日	3.5日×1/5=0.7日 3.0日×1/5=0.6日 2.5日×1/5=0.5日
IV	1,500×1/9	167個	a: 187分 b: 160分 c: 133分 計 480分	3.5日×480分×1/9=187分 3.0日×480分×1/9=160分 2.5日×480分×1/9=133分
V	1,500×1/1,500	1 個	a: 1.12分 b: 0.96分 c: 0.80分 計 2.88分	$3.5日 \times 480分 \times \frac{1}{1,500} = 1.12分$ $3.0日 \times 480分 \times \frac{1}{1,500} = 0.96分$ $2.5日 \times 480分 \times \frac{1}{1,500} = 0.80分$

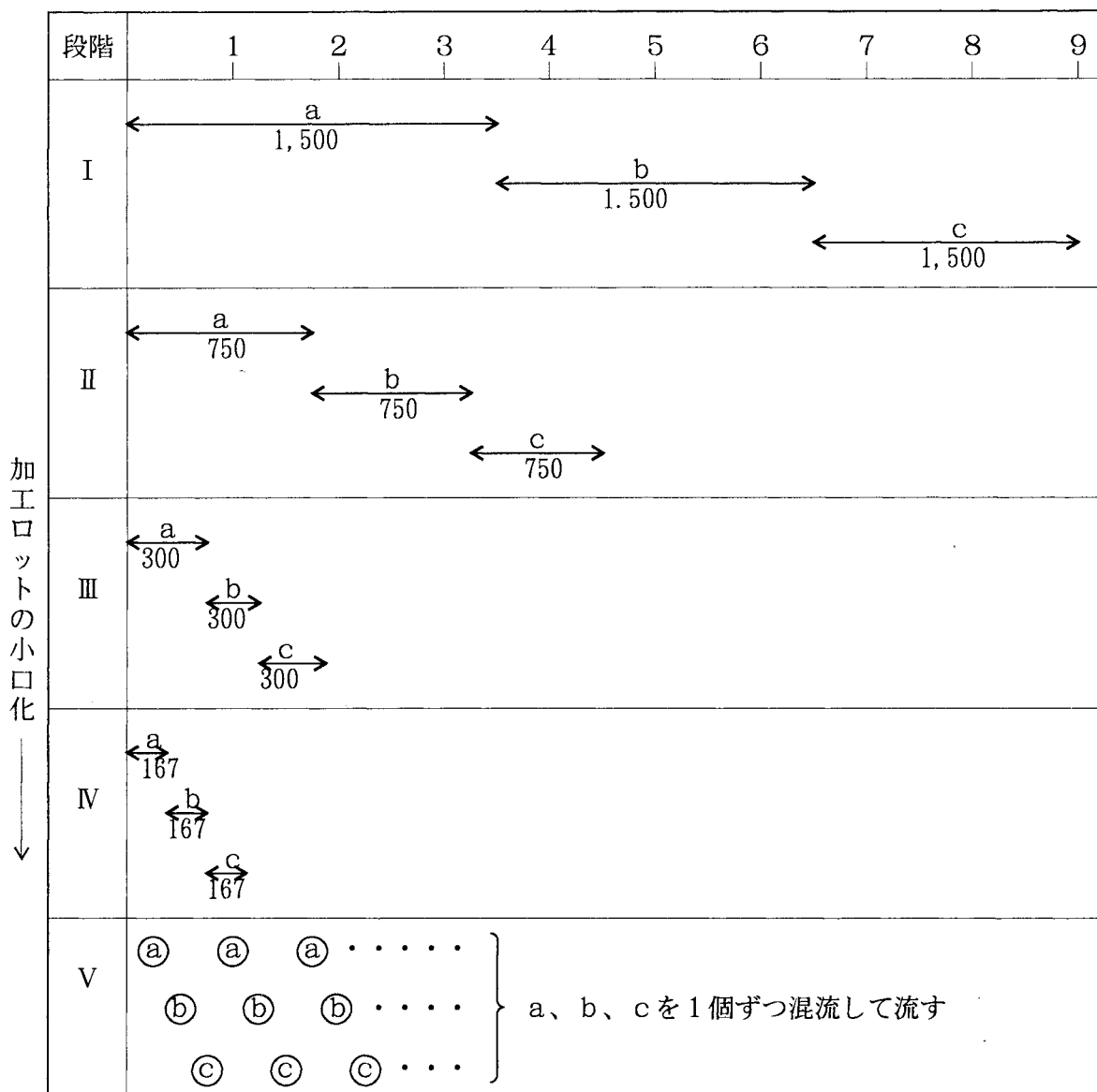


図4-9 加工ロットの小口化と加工期間

b. 段取時間の短縮

加工ロットを小口化すれば段取回数が増えることから1回当たりの段取時間を短縮し生産性の低下を防止していかなければならない。

(a) 段取改善の進め方

段取時間は、ロットが切り替わった時に発生する準備、後始末時間のことであり、機械設備を休止させて行うかどうかで内段取と外段取に分かれる。機械設備を休止して行う段取を内段取、機械設備が稼働している間に次のロットの準備を行うことを外段取といっている。

図4-10は、段取改善の進め方を示したものである。

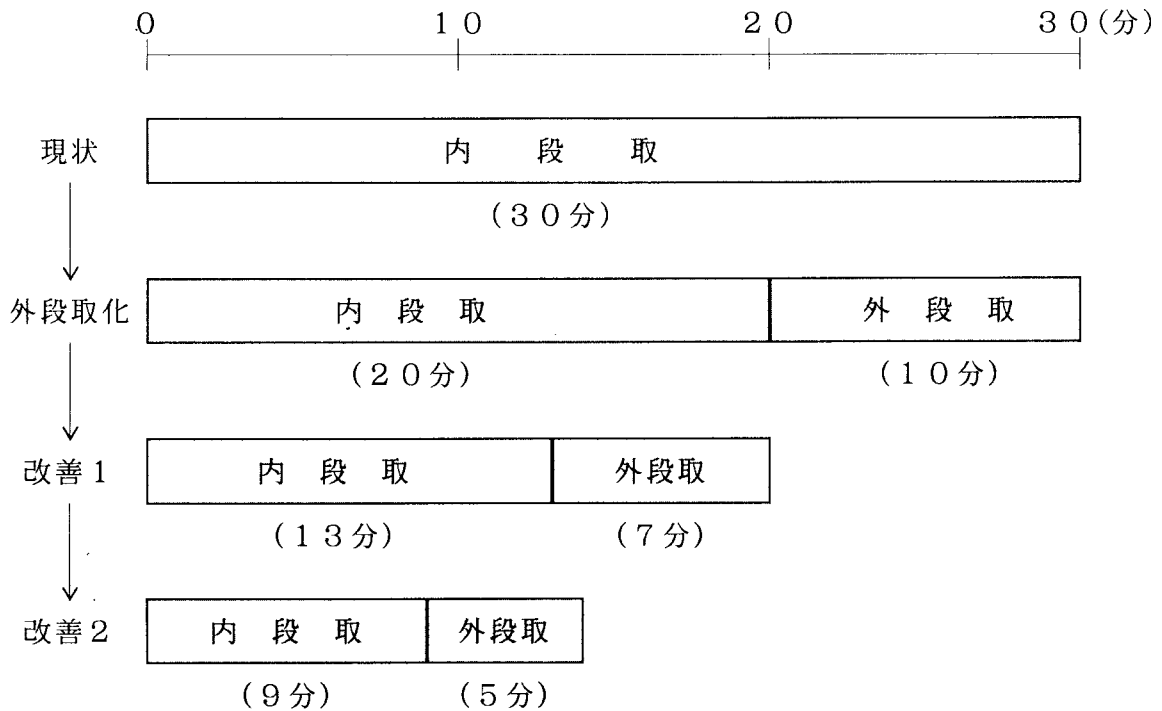


図4-10 段取改善の進め方

(b) 外段取化の促進

機械設備の稼働率を維持向上するには内段取よりも外段取の方が有利である。内段取の内容を点検し、外段取に転化できるものがあれば外段取で対処することが望ましく、一般に、外段取で対処できる段取作業として次のようなものが挙げられる。

- ① 材料の準備
- ② 治工具、型の製作
- ③ 治工具、型の事前組立など

(c) 内段取の効率化

内段取の作業内容は一般に次のような内容で占められることが多い。

- ① 材料、治工具、型などの取付、取外
- ② 位置決め、組付、締付
- ③ 試し加工、調整、検査など

したがって、これらの段取方法の合理化を進める必要があり、次のような方策が有効である。

- ① 仲介治具の活用によりカセット取替方式で容易に取付、取外ができるようにする。
- ② 位置決め治具や締付具を開発しワンタッチで位置決め、組付、締付ができるようにする。
- ③ 設定基準の数値化、ゲージ化、目視化などで調整作業の軽減を図る。

(d) 外段取の効率化

外段取についても、できるだけ短時間でできるよう歩行や運搬、取出し、組立作業について作業改善を進める必要がある。

外段取の効率化には、材料や治工具、型の置場を近接させること、そして整理整頓を励行していくことなどは、効率化の基本要件である。

c. 生産性の向上

労働生産性、設備生産性を向上することにより加工期間を短縮できる。このことを表4-6で理解してみると、生産性が20%アップすると20%の期間短縮となり（4.6日の加工日数が3.7日に短縮される）、また、生産性が2倍の水準に上がると1/2の加工日数でよいことになる（4.6日の加工日数が2.3日に短縮される）。

表4-6 生産性の向上と加工期間

生産性の水準	部品	ロット	標準時間	加工時間	加工期間	
		大きさ			部品別	部品計
		(1) 個	(2) 分/個	(3)=(1)×(2) 分	(3)/480分 日	a + b + c 日
現状	a	1,200	0.4	480	1.0	① 4.6
	b	1,900	0.4	760	1.6	
	c	2,400	0.4	960	2.0	
生産性 20%アップ	a	1,200	0.32	384	0.8	② 3.7 (②/①=0.8)
	b	1,900	0.32	608	1.3	
	c	2,400	0.32	768	1.6	
生産性2倍	a	1,200	0.2	240	0.5	③ 2.3 (③/①=0.5)
	b	1,900	0.2	380	0.8	
	c	2,400	0.2	480	1.0	

1日の実働時間は8時間（480分）とする。

d. 操業時間の延長

残業時間を増やしたり、2直体制に移行することは操業時間の延長につながり加工期間を短縮する。このことを、操業時間20%延長の場合と、操業時間2倍の場合について検討してみると、表4-7のようにまとめることができる。

表4-7 操業時間の延長と加工時間

部品	ロットの 大きさ	標準時間	加工時間	現 状		20%延長		2 倍	
				実 働	加工期間	実 働	加工期間	実 働	加工期間
				(4)	(3)/(4)	(5)	(3)/(5)	(6)	(3)/(6)
	(1)	(2)	(3)=	(4)	(3)/(4)	(5)	(3)/(5)	(6)	(3)/(6)
	個	分/個	(1)×(2)分	分/日	日	分/日	日	分/日	日
a	1,200	0.4	480	480	1.0	576	0.8	960	0.5
b	1,900	0.4	760	480	1.6	576	1.3	960	0.8
c	2,400	0.4	960	480	2.0	576	1.7	960	1.0
				計	4.6	計	3.8	計	2.3

操業時間を20%延長すると約20%の期間短縮が図れ（4.6日の加工日数が3.8日に短縮する）。操業時間を2倍に延長すると1/2の加工日数でよいことになる（4.6日の加工日数が2.3日になる）。

(2) 停滞期間短縮

停滞期間を短縮するには、工程待ち時間を短縮する必要がある、移動ロット（次の工程に送るロットの大きさ）を小口化することが有効である。

移動ロットを小口化すると運搬回数が増えることから、工程間を平準化し、小口運搬を円滑にしていかなければならない。

また、計画面では逆行法（納期から逆算し後工程引取りで負荷する）を採用し合理的なスケジューリングを編成することが求められる。

a. 移動ロットの小口化

加工ロットを小口化することによりロット待ちを削減することができ、移動ロ

ロットを小口化することにより工程待ちを削減することができる。

図4-11は、移動ロットを小口化することにより生産期間がどう変化するかをみたもので、究極1個流しで生産期間が最短となる様子を示している。

① 直列型の流し方

直列型の流し方は、1ロット（100個）を加工終了してから次の工程へ品物を送る方式で、図4-11を見ると生産期間は3日間となっている。

② 刺身状の流し方

刺身状の流し型は、1ロットを分割し小口化して次の工程へ品物を送る方式である。図4-11を見ると移動ロットは直列型の1/2（50個）であり生産期間は2日間となっている。

③ 1個流しの流し方

1個流しの流し方は、1ロットを1個とみなした流し方で、流れ作業（連続生産）と呼ばれる。図4-11を見ると、生産期間は1日間となっている。

流し方	加工ロット	移動ロット	1日目	2日目	3日目	生産期間
直列型	100個	100個	1工程			3日間
				2工程		
					3工程	
刺身状	100個	50個	1工程			2日間
				2工程		
					3工程	
1個流し	100個	1個	1工程			1日間
			2工程			
			3工程			

図4-11 移動ロットの小口化と生産期間

b. 工程の平準化

移動ロットが小口化すると工程待ちが減少し工程の流れに余裕を欠くことになるので工程間の能力バランスをよくしていかなければならない。

工程の流れを円滑にするには、隘路工程の改善とライン化の促進が重要な要件である。

(a) 隘路（あいろ）工程の改善

図4-12を見ると、第2工程が隘路工程となっており、前工程の第1工程には2時間分の工程待ちが発生している。この工程待ちを減らすには、隘路工程の時間短縮を図る必要があり、図4-13は、隘路工程を8時間から7時間に改善した結果、工程待ち時間は2時間から1時間に減少したことを示している。また、後工程の第3工程においても手待が4時間から3時間に減少したことを示している。

このように隘路工程の改善は、日程短縮の面でも、生産性向上の面でも大きな効果を生み出すことになる。

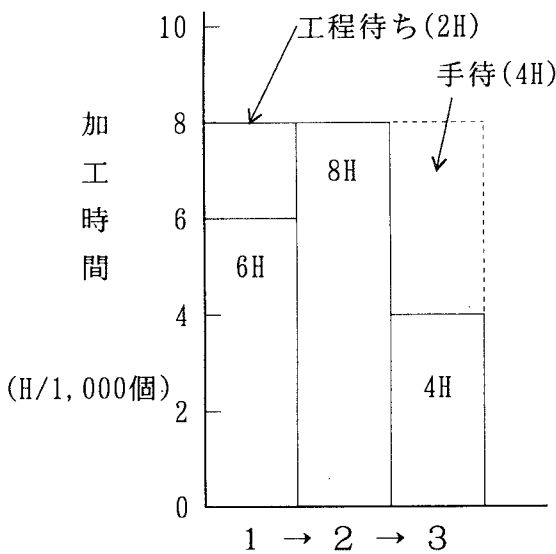


図4-12 現在の工程編成

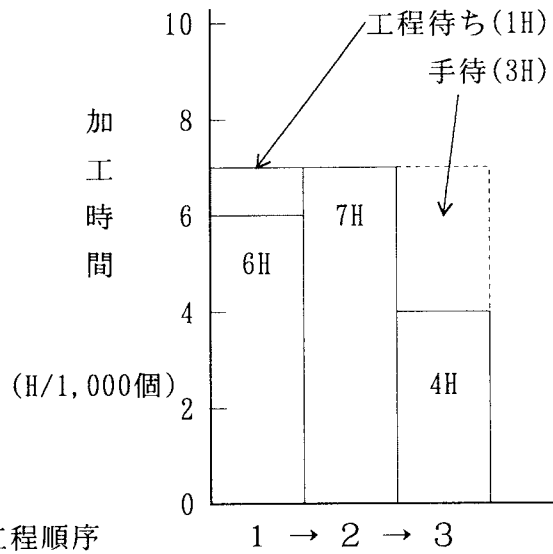


図4-13 改善後の工程編成

【設例】

流れ作業のラインバランス効率を測定する計算式（図2-10）を用いて、図4-13の改善効果を測定してみる。

図4-12の工程平準化状況

$$\frac{(6H + 8H + 4H)}{8H \times 3 \text{ 工程}} \times 100 = 75.0 (\%)$$

図4-13の工程平準化状況

$$\frac{(6H + 7H + 4H)}{7H \times 3 \text{ 工程}} \times 100 = 81.0 (\%)$$

図4-13は、図4-12に対し平準化状況が6%向上していることになる。

(b) ライン化の促進

少種多量生産では、日程短縮の方策として製品別（部品別）のラインを構築し、1個流しを指向するのが通例である。

図4-14は、1個流しのラインを示したもので、左側のラインは直線配置、右側のラインはU字型配置である。近年、U字型配置が普及してきており、その期待効果は、次のようなところにある。

- ① ラインの入口と出口が近接しているので流れを調整しやすい。
- ② スペース効率がよく、狭い場所でも配置できる。
- ③ 前後工程の助け合いがやりやすい。

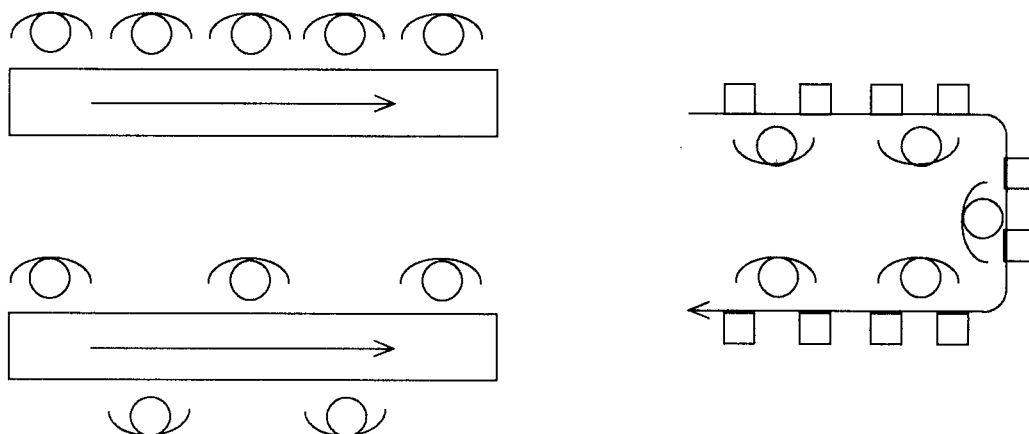


図4-14 1個流しのライン

(c) ラインの並列化

多種少量生産では、多くの品種が同じライン（機械設備）を經由するので品種の競合が発生し工程待ちの要因となる。そこで機械設備の台数を増やし、ラインを並列化することにより工程待ちを削減することができる（図4-15）。

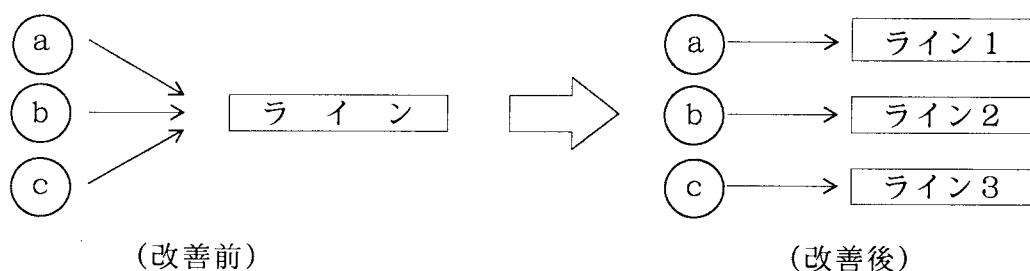


図4-15 ラインの並列化

c. 運搬の合理化

移動ロットが小口化してくると運搬回数が増えるので小口運搬の合理化を検討しなければならない。

(a) 運搬経路の合理化

移動が頻繁に発生する工程間は、できるだけ隣接させ移動距離を短くする必要がある。運搬の流れは直線が望ましい(図4-16)。

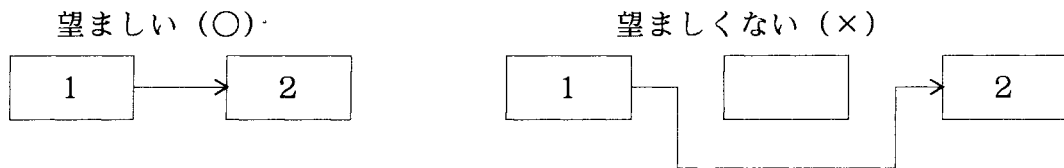


図4-16 次工程運搬

(b) 運搬機器の合理化

小口運搬に適合する省力運搬機器の導入が望まれる。コンベヤ、シュートなど1個流しの無人搬送機器を積極活用すべきであり、1個流しができない場合は、小回りのきく台車や小型リフトが有効である。

また、マシニングセンタなどの複合加工機は、数種類の工程を1台の機械で集約加工するので運搬省略機能を持ち合わせているといえよう。

(c) 運搬の専任化

運搬は直接付加価値を生むわけではないので無人化することが望ましく、無人化できない場合は専任の運搬工に任すことも検討しなければならない。小口運搬を運搬工に移管することにより直接工の稼働率を高めることができる。

d. 逆行法の日程計画

負荷の方式には順行法と逆行法の2とおりがあり、順行法のことをフォワード方式、逆行法のことをバックワード方式といている。日程短縮という視点に立つとバックワード方式が望ましい。

(a) 順行法

図4-17は、表4-8の基準日程表に基づいて順行法で表した日程計画表である。順行法は、機械設備の余力をみて着手日に基準日程を合わせて負荷するやり方である。この方式は、各工程の生産能力をみて負荷を行うので機械設備の稼働率は安定するが、先行生産になりやすく工程待ちの増大を招く。

(b) 逆行法

図4-18は、表4-8の基準日程表に基づいて逆行法で表した日程計画表である。逆行法は、納期から逆算し完成日に基準日程を合わせて負荷するやり方である。この方式は納期から逆算して負荷を行うので機械設備の稼働率にムラが生じやすいが、前後工程の同期化が図れるので工程待ちを抑制できる。

表4-8 基準日程表

工 程	日数
部品加工 a	1日
部品加工 b	3
部品加工 c	5
部品組立	2
部品加工 d	3
製品組立	2

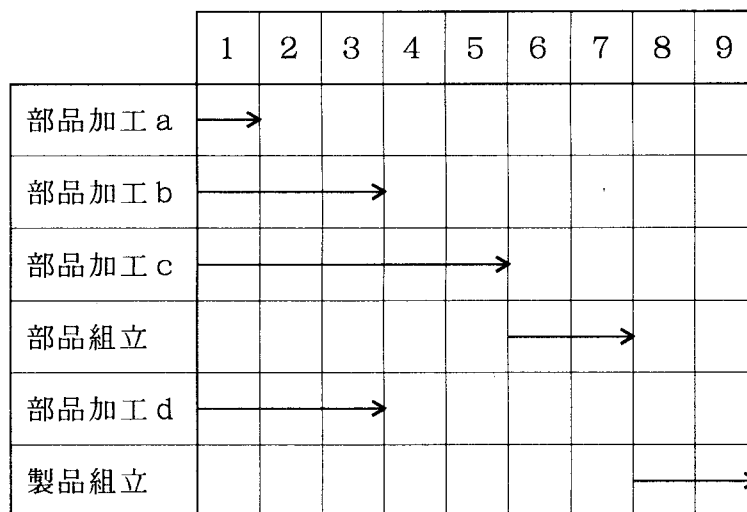


図4-17 順行法

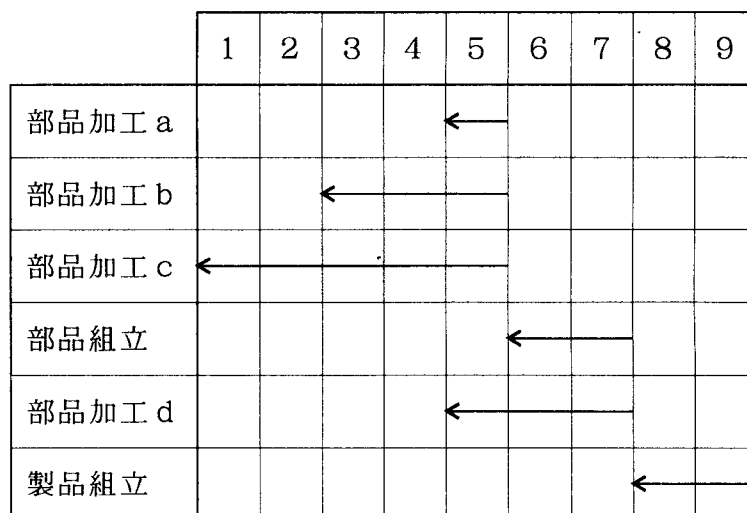


図4-18 逆行法

2 日程計画の立て方

日程計画は、作業順序や作業の着手日、完了日を決めることであり、次の3つの要望を配慮しながら編成される。

- ① 所定の納期を守る。
- ② 人、機械設備の稼働率を高める。
- ③ 日程を短縮し仕掛品を削減する。

2.1 日程計画の基本型

日程計画の形式は、部品加工型（単一型）と製品組立型（集合型）に大別される。

(1) 部品加工の日程計画

単一部品の加工日程は、図4-19に見るように順送りの直列型で示すことができる。

a. 基準日程と手配番数

図4-19から各工程ごとに基準日程と手配番数を算出してみると表4-9のようになる。

基準日程は、作業時間（工数）に停滞時間（工程待ち）を加えて求めることができ、各工程の基準日程を合計すると生産期間（7日）となる。

手配番数についてみると、着手手番は最終工程から基準日程を累積したものであり、完成手番は着手手番から当該工程の基準日程を差し引いて求めることができる。第1工程の着手手番7番ということは、第4工程（最終工程）の完了予定日から逆算し7日前に作業着手することを意味する。

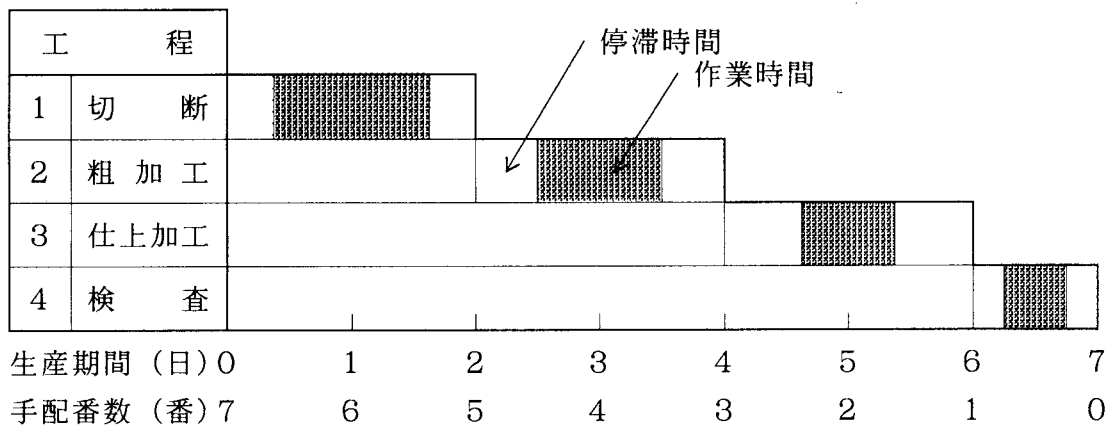


図4-19 単一部品の加工日程

表4-9 基準日程と手配番数

		1	2	3	4	計
		切 断	粗加工	仕上加工	検 査	
作業時間 (8H/日)	H	10	8	6	4	28
	日	1.25	1.00	0.75	0.5	3.5
停滞時間	日	0.75	1.00	1.25	0.5	3.5
基準日程	日	2	2	2	1	7
着手手番	番	7	5	3	1	
完成手番	番	5	3	1	0	

基準日程 = 作業時間 + 停滞時間

b. 日程計画の編成

表4-10の生産計画と表4-11の計画標準に基づいて日程計画を編成してみる(図4-20)。

表4-10は、完成納期が2月28日から3月5日までに入っている品名を選び出した生産計画であり、ロットの大きさは標準ロットを意味する。

表4-11は、作業時間と着手手番を示した計画標準で、標準ロットを加工するのに必要な作業時間と完成納期から逆算した着手手番が示されている。図4-20は、表4-10と表4-11にもとづいて編成した日程計画の例である。

表4-10 生産計画

品名	納 期	ロットの 大 き さ
a	3/1(金)	1,000 個
b	2/29(木)	500
c	3/4(月)	500
d	2/28(水)	1,000
e	3/5(火)	1,000

表4-11 作業時間と着手手番

品名	切 断		粗加工		仕 上 加 工		検 査	
a	10	7	8	5	6	3	4	1
b	5	5	4	3	3	2	2	1
c	5	5	4	3	3	2	2	1
d	10	7	8	5	6	3	4	1
e	10	7	8	5	6	3	4	1

作業時間 → H 番 ← 着手手番

月/日 工程		2/20	2/21	2/22	2/23	2/26	2/27	2/28	2/29	3/1
		(火)	(水)	(木)	(金)	(月)	(火)	(水)	(木)	(金)
1	切断	d	a	b	e	c				
2	粗加工		d		a	b	e	c		
3	仕上加工				d		a	b	e	c
4	検査						d	b	a	c

1日の実働時間は8時間とする。

図4-20 日程計画の編成

(a) 品名 a の日程計画

品名 a ~ e のうち、品名 a についてみると、第1工程の着手日は完成納期が3月1日であるから7日前の2月21日が着手日となる。競合はないので2月21日で確定させる。完了日は作業時間が10時間であるので翌日の2月22日となる。

同様に、第2工程についてみると、着手手番は5番、したがって着手日は2月23日となり、作業時間は8時間であるから2月23日で完了する。

第3工程は着手手番が3番、したがって着手日は2月27日となり、作業時間が6時間であるから完了日も2月27日となる。

最終工程の第4工程についてみると、着手手番は1番、完成納期の1日前の2月29日が着手日となる。

品名 a は、日程の競合がないことから着手手番どおりに日程計画を編成することができる。日程競合が発生した場合は優先順位のルールを設け日程調整を図っていくことになる。

(b) 暦日手番

日程計画の編成では、基準日程と作業時間を知って直ちに暦日の月日を算出する必要があり、一般によく用いられる方法に暦日手番方式がある。暦日手番方式とは、年間操業日に一貫通し番号をつけ、一貫通し番号に完成納期を当てはめ、そこを起点に着手手番を加算し、着手月日を読みとっていく方法である。

表4-12の暦日手番を用いて品名aの着手月日を算出してみると完成納期は3月1日であるから、200番を起点に第1工程の7番を加算すると207番(2月21日)が得られる。同様に第2、第3、第4の工程についても着手手番を加算し、着手月日求めてみると、205番(2月23日)、203番(2月27日)、201番(2月29日)の暦日手番と着手月日を得られる。

表4-12 暦日手番

207	206	205	204	203	202	201	200	199	198
2/21 (水)	2/22 (木)	2/23 (金)	2/26 (月)	2/27 (火)	2/28 (水)	2/29 (木)	3/1 (金)	3/4 (月)	3/5 (火)

年開始操業日は1/8(月)で237番、年最終操業日は12/27(金)で1番となっている。

c. 作業票の発行

日程計画が編成できると作業を割り当てるために作業票を発行する。表4-13に見るのは連記式(全工程が記載してある様式)の作業票であり、この作業票は表4-11の計画標準と図4-20の日程計画より作成したものである。

表4-13 作業票

No. _____

発行 H 年2月7日

品番		図番		品名					
				部品 a					
受注先		完成数量		完成納期					
		1,000個		H 年3月1日 (金)					
No.	工程	機械	作業時間	着手月日		完成月日		生産数量	作業者
				手番	月/日	手番	月/日		
1	切断		10H	番7	2/21	番5	2/23		
					/		/		
2	粗加工		8	5	2/23	3	2/27		
					/		/		
3	仕上加工		6	3	2/27	1	2/29		
					/		/		
4	検査		4	1	2/29	0	3/1		
					/		/		

上段：予定

下段：実績

(2) 組立製品の日程計画

組立製品の日程計画編成では、計画標準として部品表の整備が不可欠である。

a. 部品表の整備

製品の部品構成がわかると、この部品構成を工程系列に並べることにより日程計画の基本型が得られる。

表4-14は、ストラクチャ型の部品表であり、この部品表を工程系列にしたがって並べてみると図4-21のように関連づけられる。

b. 日程計画の編成

完成納期を11月1日（金）、1ロットを50個とした場合、製品Aについて日程計画を編成してみると図4-22のように着手日、完了日を決めることができる。

表4-14 ストラクチャ型の部品表（製品A）

レベル	親	部品	構成数	標準ロット	手配区分	工程区分	基準日程	手配番数	
								着手	完成
0	-	A	1	個 50	内作	製品組立	日 2	番 2	番 0
1	A	a	2	100	内作	部品組立	2	4	2
1	A	b	1	50	外作	部品加工	3	5	2
1	A	c	1	50	内作	部品組立	2	4	2
1	A	d	1	50	外作	部品加工	5	7	2
2	a	ア	1	100	購入	-	3	7	4
2	c	ア	1	50	購入	-	3	7	4
2	a	イ	1	100	内作	部品加工	2	6	4
2	c	ウ	1	50	内作	部品加工	2	6	4

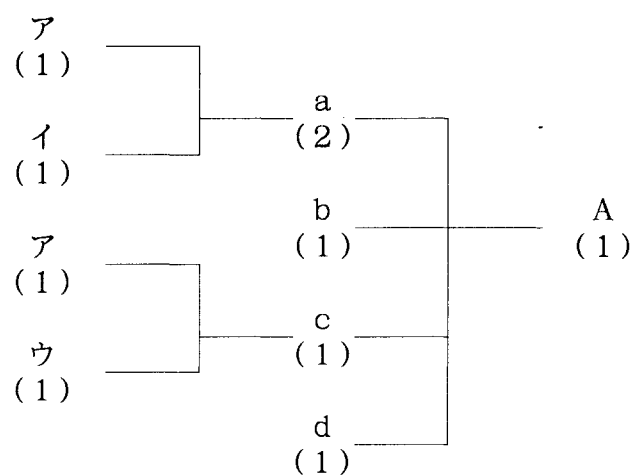


図4-21 製品Aの部品構成図

暦日 手番	46	45	44	43	42	41	40	39	38	
月/日 (曜日)	10/22 (火)	10/23 (水)	10/24 (木)	10/25 (金)	10/28 (月)	10/29 (火)	10/30 (水)	10/31 (木)	11/1 (金)	
		ア 100								
					a 100					
			イ 100							
				b 50						
		ア 50					A 50		完成 納期	
					c 50					
			ウ 50							
		d 50								

図4-22 日程計画の編成

2.2 スケジューリング

負荷された仕事の着手日、完了日を決めたり、作業着手の順番を決めたりすることをスケジューリングとっている。スケジューリングは、日程計画の基幹業務となるものである。

スケジューリングの方法は、図4-23に見るように時点計画法、期間計画法およびディスパッチング法の3つのやり方がある。

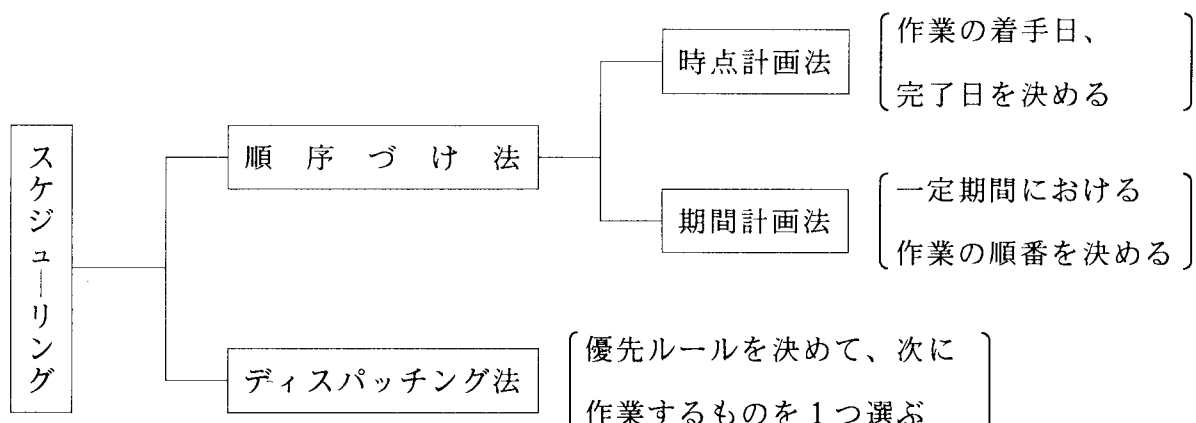


図4-23 スケジューリングの方法

(1) 順序づけ法（時点計画法）

負荷された作業について着手日、完了日を決めるやり方を時点計画法といている。時点計画法の日程計画は、ガントチャートで示されることが多い。

a. 2工程の時点計画法

2つの工程で作業が完了する場合、ジョンソン・ベルマン法則を適用すると日程短縮に有効である。そのスケジューリングのやり方の概要は次のとおりである。

- ① 作業時間の最小値を探す。
 - ② 最小値が第1工程にあれば、そのロットを最初に着手する。
 - ③ 最小値が第2工程にあれば、そのロットを最後に着手する。
- 以上の手順を繰り返す。

【設例】

表4-15の条件設定にしたがってジョンソン・ベルマン法則を適用してみる。作業条件は次のとおり（①～③）とする。

- ① ロットの種類は4種類であり第1工程と第2工程を経て部品加工が完成する。
- ② 機械は各工程に1台であり1ロットずつ加工していく。
- ③ ロットの流し方の順番に制約はなく、できるだけ最短時間で部品加工を終了したい。

以上の作業条件にもとづいて、2とおりの流し方をガントチャートで描いてみると図4-24のようになる。

2つのケースのうち、上段はロットNo.順に流したガントチャートで4つのロットを加工完了するのに42時間かかる。

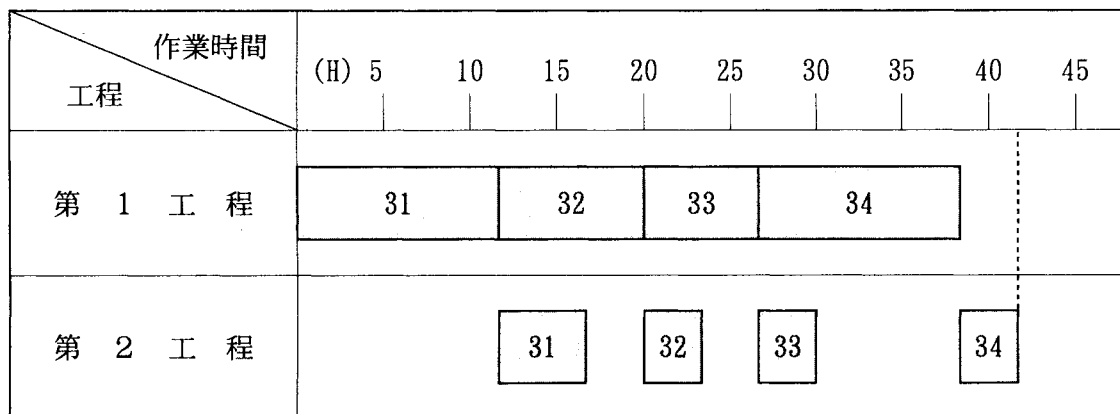
一方、下段は、ジョンソン・ベルマン法則を適用したガントチャートで4つの

ロットを加工完了するのに40時間でよいことになり、ロットNo.順に流す場合より2時間短縮される。

表4-15 ロットNo.と作業時間

工程 \ ロットNo		31	32	33	34
		12H	8H	7H	11H
第1工程	A号機	12H	8H	7H	11H
第2工程	B号機	5H	3H	2H	4H

ロットNo.の順番に流した場合



ジョンソン・ベルマンの法則を適用した場合

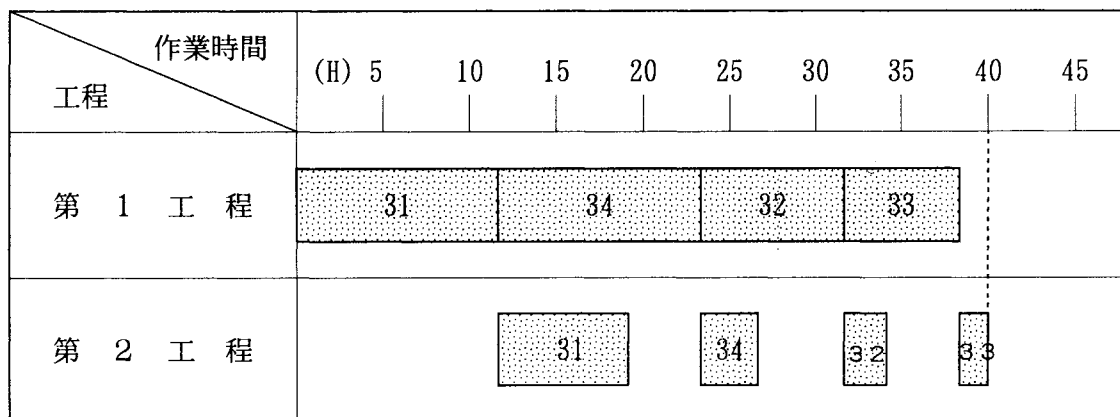


図4-24 2工程のガントチャート

b. 3工程の時点計画法

表4-16は、3つの工程を通して作業が完了する場合の条件設定であり、この条件設定にもとづいてガントチャートを作成してみる。流し方の組み合わせは全部で6とおりとなる。

表4-16 ロットNo.と作業時間

工程順序 \ ロットNo.		5 1	5 2	5 3
第1工程	M号機	6 H	4 H	8 H
第2工程	N号機	8 H	6 H	10 H
第3工程	O号機	4 H	2 H	6 H

図4-25は、3種類のロット（ロットNo.51、52、53）を6とおりの流し方で流したものである。この中から最も短い作業期間の流し方を選ぶと、51→53→52の流し方で32時間となっている。

ジョンソン・ベルマン法則（③）にもあるように、最小作業時間のロット、ここではNo.52、このロットを最後に着手することが有効であることがわかる。

さらに、図4-25から指摘できることは、ロットNo.53を最初に着手することは、53→51→52が34時間、53→52→51が36時間であるので望ましくない流し方といえる。ロットNo.53は、3つのロットの中で第1工程の作業時間が最も長い8Hとなっている。

第1工程はジョンソン・ベルマン法則（②）にもあるように作業時間の短いロットを最初に着手する方が望ましいといえる。

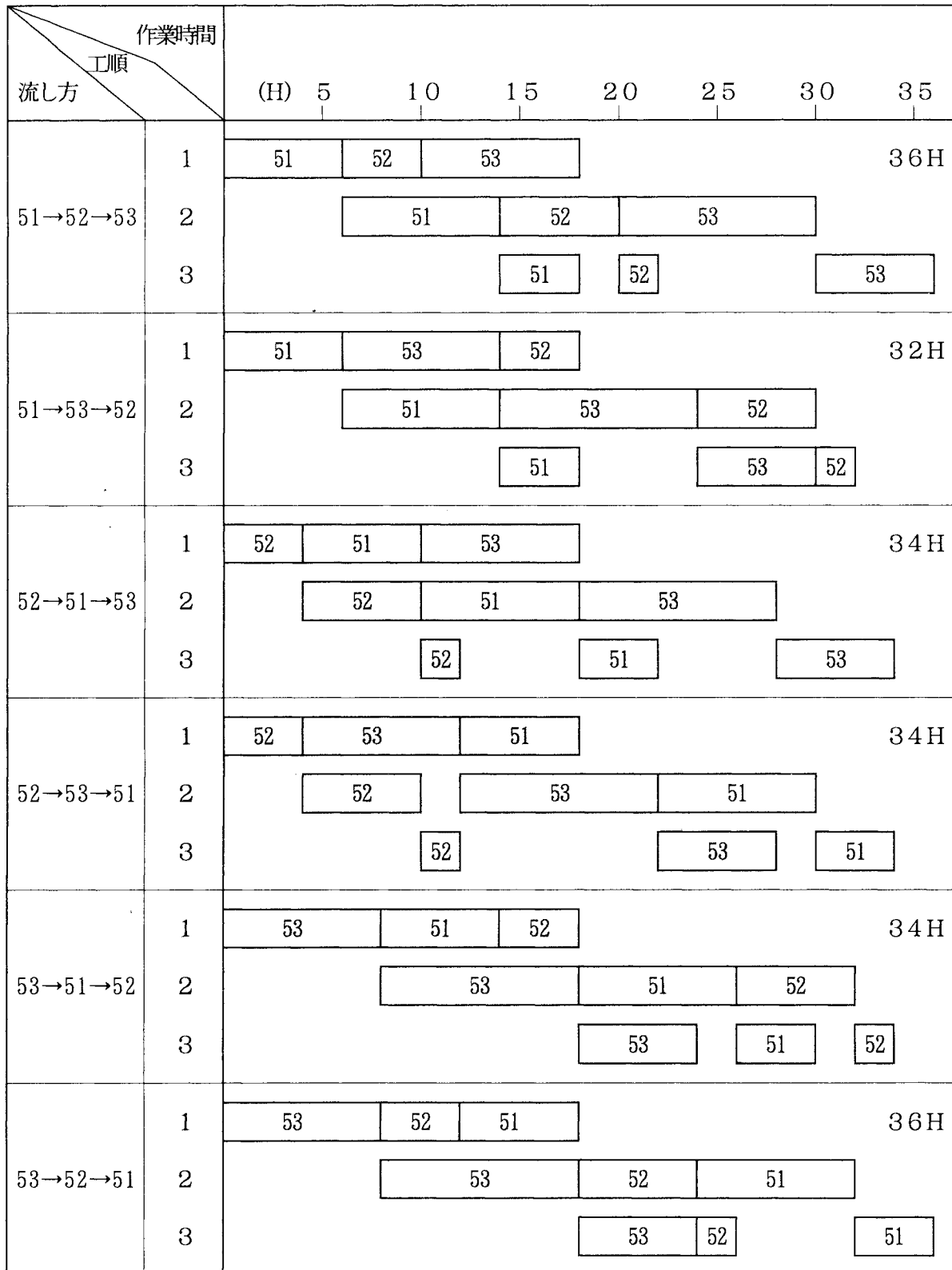


図4-25 3工程のガントチャート

(2) 順序づけ法（期間計画法）

多種少量生産では工程ごとに着手日、完了日を決めても、きちんと予定日を遵守できないことも多い。このようなケースでは、一定期間にやるべき作業と、その順番だけを決める簡便法が採られる。この方法を期間計画法とっている。

期間計画法では、スラック（工程待ち）を活用した作業の順番の決め方が広く普及しており、この方法は、納期までにスラックがどの程度あるかをみて、余裕の少ない作業を優先して着手しようとする考え方である。

図4-26は、完成納期（6/26）までにスラックがどの程度あるかを示したもので作業時間11.3Hに対してスラックは28.7Hとなっている。

計算式でスラックを求めるには次の式が使われる。

$$\text{スラック} = (\text{完成納期} - \text{現在日}) \times 1 \text{ 日の実働時間} - \text{残工程作業時間}$$

この計算式を図4-26に適用してみると、（完成納期-現在日）は5日間であるから、スラックは5（日）×8（H）-11.3（H）=28.7（H）となる。

a. スラック法

1週間の小日程計画を編成するのにスラック法を適用してみたのが表4-17である。この表を見ると、ロットNo.73とロットNo.74は完成納期が同じ日になっており、スラック法を用いると、No.74の方がスラックが短いことから着手順位は先になる。

b. 優先番号法

優先番号法は、スラック方式の変形であり、残工程の工程数が異なる場合に利用される。優先番号の算出は、スラックを工程数で割ることによって求めることができる。

$$\text{優先番号} = \text{スラック} \div \text{残工程数}$$

すなわち、1工程当たりのスラックを算出し、1工程当たりのスラックの大小で着手順位を決めるのが優先番号法である。

表4-18は、表4-17に工程数を追加し優先番号法で着手順位を決定したもので、工程数の違いを考慮すると、スラック法と着手順位が変わってくる。










	6/19	6/20	6/21	6/22	6/23	6/26	計
	(月)	(火)	(水)	(木)	(金)	(月)	
実働時間	8 H	8 H	8 H	8 H	8 H	完成納期	40 H
作業時間	4.5H 	2.9H 	2.5H 	1.4H 			11.3H
スラック	3.5H 	5.1H 	5.5H 	6.6H 	8.0H 		28.7H

図4-26 作業時間とスラック（6/16時点で作成）

表4-17 着手順位の決定

ロット No.	ロットの 大きさ	完 成 納 期	現在日	保有日数	保有時間	作 業 時 間	スラック	着手 順位
		(1)	(2)	(3) = (1) - (2)	(4) = (3) × 8H	(5)	(6) = (4) - (5)	
71	100	6/23	6/16	4日	32 H	8.5H	23.5H	3
72	150	6/26	6/16	5	40	11.3	28.7	4
73	80	6/22	6/16	3	24	7.3	16.7	2
74	120	6/22	6/16	3	24	9.6	14.4	1

表4-18 着手順位の決定

ロット No.	ロットの 大きさ	完 成 納 期	現在日	作業時間	スラック	工程数	優先番号	着手 順位
71	100	6/23	6/16	8.5 ^H	(1) 23.5 ^H	(2) 3	(1)÷(2) 7.8 ^H	3
72	150	6/26	6/16	11.3	28.7	4	7.2	2
73	80	6/22	6/16	7.3	16.7	2	8.4	4
74	120	6/22	6/16	9.6	14.4	3	4.8	1

(3) ディスパッチング法

順序づけ法でスケジューリングを行っても、飛込みや急行が多く、予定を守れないような場合はディスパッチング法で対処することになる。ディスパッチング法は、2つ以上の仕事が工程待ちとなっている場合、何らかの優先ルールを設けて次にやるべき仕事を1つ選ぶやり方である。仕事の飛込みや急行が多いようなケースでは、この方法が適している。ディスパッチング法で用いられる優先ルールには次のようなものがある。

- ① 前工程からの到着順
- ② 完成納期順
- ③ スラック最小順
- ④ 次工程満足順
- ⑤ 段取好都合順

2.3 PERT

PERTは、第2章1.2でも述べたように未経験な仕事（試作品や量産移行前の新製品など）の日程計画を編成するのに適している。PERTは、各作業の相互関係をつかみ、全体のスケジューリングをネットワークで表すところに特徴がある。図4-27は、PERTの進め方を3つのステップに分けて示したもので、第1ステップは、アロー・ダイアグラムの作成、第2ステップは、PERT計算と日程計画の編成、そして第3ステップは、日程計画の進捗管理を行うステップとなっている。

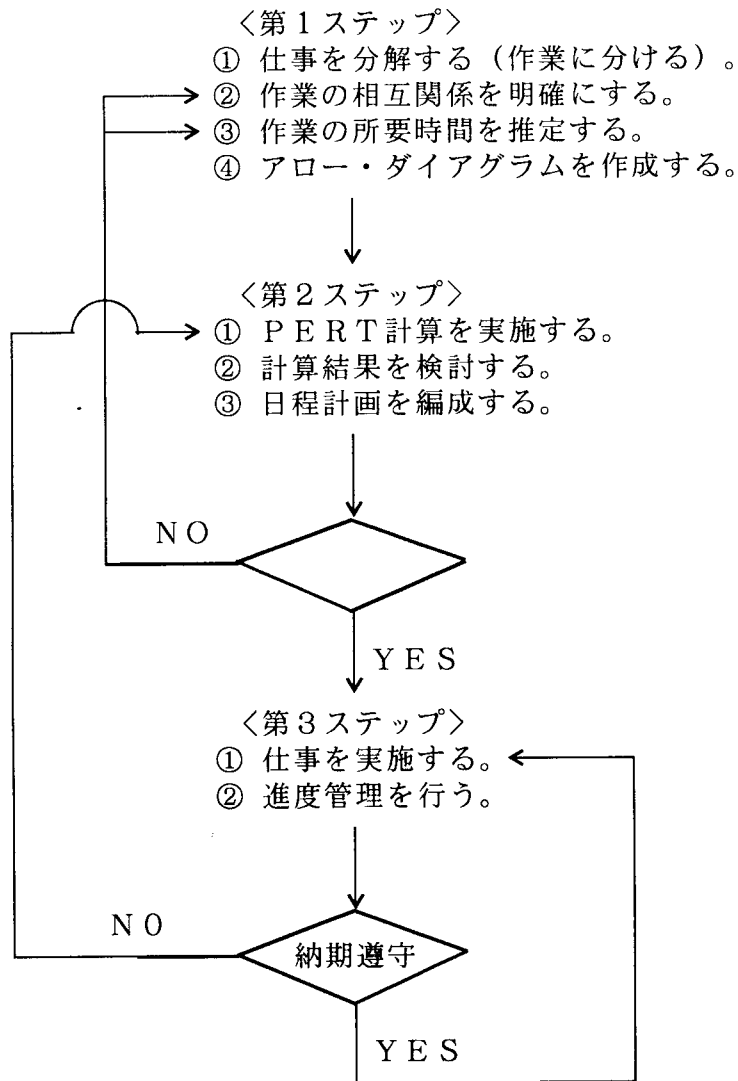


図4-27 PERTの進め方

(1) アロー・ダイアグラムの作成

PERTを進める第1ステップは、アロー・ダイアグラムの作成であり、アロー・ダイアグラムは作業表にしたがって作成される。

a. 作業表の作成

作業表とは、表4-19に見るように、仕事を各作業に分解し、相互関係（先行作業）を明確にした一覧表のことである。所要日数の算出は、新しい仕事であるので過去の類似作業から見積るか、ベテランの人の勘を働かせて見積るかの方法がとられる。この作業表をアロー・ダイアグラムにしてみると図4-28のように描ける。

表4-19 作業表

記号	作 業	所要日数	先行作業
A	設 計	7日	-
B	資 材 調 達	5	A
C	部 品 加 工	7	B
D	部 品 組 立	4	C、H
E	部 品 組 立	4	D、J
F	製 品 組 立	3	E、K、L
G	検 査	1	F
H	部 品 加 工	3	B
I	部 品 加 工	5	B
J	表 面 処 理	4	I
K	外 注 加 工	10	B
L	部 品 購 入	8	A

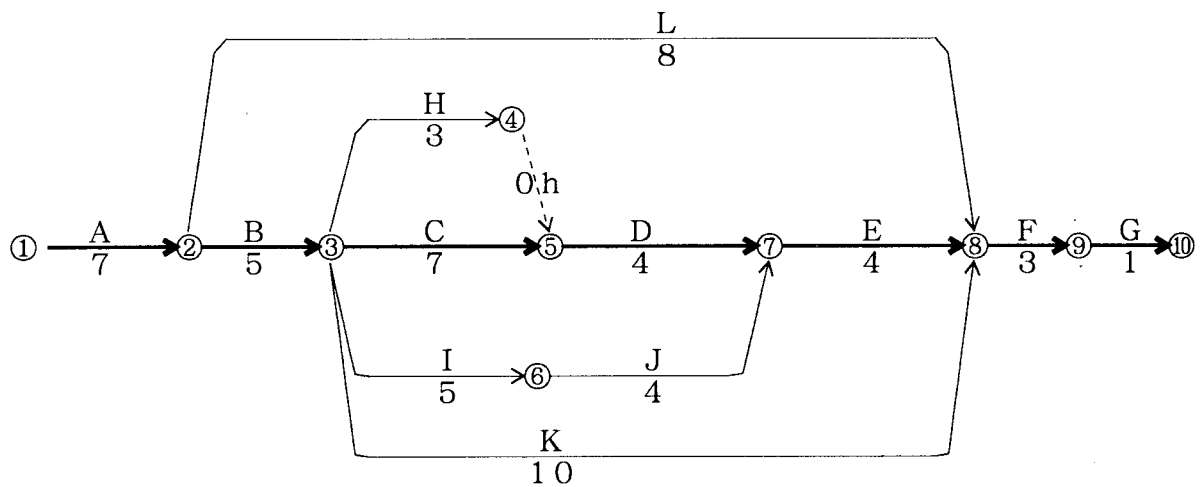


図4-28 アロー・ダイアグラム

b. アロー・ダイアグラムの作り方

アロー・ダイアグラムは、イベント（丸印：○）とアクティビティ（矢印：→）、そしてダミー（点線で表す矢印 →）の3つを使って作成する。

アロー・ダイアグラムの書き方の基本となるところを次に示す。

(a) 先行作業と後続作業

先行作業が終わると後続作業が続く。このことを図4-29で見るとアクティビティBとアクティビティLは、アクティビティAが終了すると開始でき、また、アクティビティFは、アクティビティEとK、そしてLの3つが終了すると開始できることを示している。

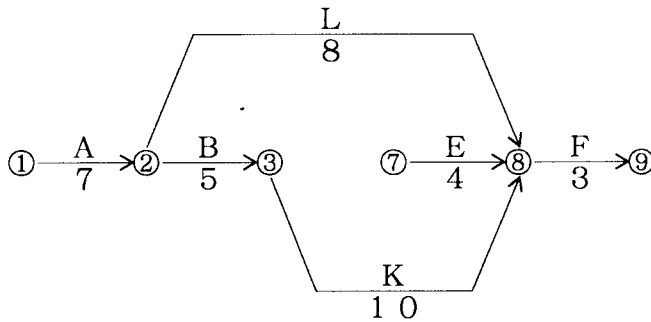


図4-29 先行作業と後続作業

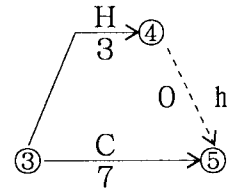


図4-30 ダミー

(b) イベント番号

イベント○印の中の番号は、作業が進むにつれて大きくなる。開始イベントと終了イベントの関係を見ると、終了イベント番号は開始イベント番号より必ず大きくなる(図4-29)。

(c) ダミー

図4-30の④と⑤の間は点線の矢印で示されており、これがダミーである。ダミーは、アクティビティHとアクティビティCを区別するために設けられ、所要日数はゼロである。もし、ダミーを設けないと、イベント番号で示したアクティビティは、どちらも開始イベント③、終了イベント⑤となり、両者の判別がつかなくなる。

(2) 日程計画の編成

アロー・ダイアグラムが作成できると次はPERT計算である。PERT計算により日程を適正化し日程計画が確定する。

a. PERT計算

表4-20は、図4-28のアロー・ダイアグラムにもとづいてPERT計算を行った結果である。以下、この表の作成方法について述べる。

表4-20 PERT計算表

作 業		所要 日数	最 早		最 遅		全 余 裕	自 由 余 裕	C P
イベント番号 (i, j)	記 号		開始日程	終了日程	開始日程	終了日程			
(1, 2)	A	7	0	7	0	7	0	0	*
(2, 3)	B	5	7	12	7	12	0	0	*
(2, 8)	L	8	7	15	19	27	12	12	
(3, 4)	H	3	12	15	16	19	4	0	
(3, 5)	C	7	12	19	12	19	0	0	*
(3, 6)	I	5	12	17	14	19	2	0	
(3, 8)	K	10	12	22	17	27	5	5	
(4, 5)	h	0	15	15	19	19	4	4	
(5, 7)	D	4	19	23	19	23	0	0	*
(6, 7)	J	4	17	21	19	23	2	2	
(7, 8)	E	4	23	27	23	27	0	0	*
(8, 9)	F	3	27	30	27	30	0	0	*
(9, 10)	G	1	30	31	30	31	0	0	*

(a) イベント番号

(i, j) とあるのは、左側が開始イベント、右側が終了イベントであることを示している。PERT計算表への記入は、開始イベント番号の小さい順に記入を行う。

(b) 最早開始日程と最早終了日程

最早開始日程は開始可能な最も早い日程をいい、①イベントの開始から所要日数を順次累計することにより求めることができる。複数のアクティビティが合流するイベント、すなわち図4-31の⑤と⑦と⑧の合流イベントでは累計値の大きい日数を上段に記入する。

最早終了日程は、最早開始日程で開始したときの終了日程のことをいい、最早開始日程に所要日数を加えることにより求めることができる。

(c) 最遅開始日程と最遅終了日程

最遅開始日程は、遅くとも開始しなければならない日程をいい、最遅終了日程から所要日数を差し引くことにより求めることができる。

最遅終了日程は、遅くとも終了しておかななければならない日程のことで、最終⑩イベントから所要日数を順次差し引くことにより求めることができる。複数のアクティビティが分岐するイベント、すなわち、図4-31の②と③の分岐イベントでは減算結果の小さい日数を下段に記入する。

(d) 全余裕

全余裕は、その作業を遅らすことのできる余裕期間のことで、最遅開始日程から最早開始日程を差し引くことにより求めることができる。

(e) 自由余裕

自由余裕は、複数のアクティビティが合流するイベントにおいて余裕のあるアクティビティに発生する余裕期間のことをいい、合流後の最早開始日程から合流前の最早終了日程を差し引くことにより求めることができる。図4-31では⑤と⑦と⑧において自由余裕が発生する。

(f) CP (クリティカル・パス)

CPは、全く余裕のない作業系列のことをいい、PERT計算表では、全余裕がゼロとなっている作業に*印を付す。*印が付された作業は余裕がないことを意味する。

アロー・ダイアグラムでは、CPとなる作業系列を太線で示す(図4-31)。

b. 日程計画の編成

PERT計算を行い、生産性、日程の両面から検討を行い、適正化できれば日程計画が確定する。

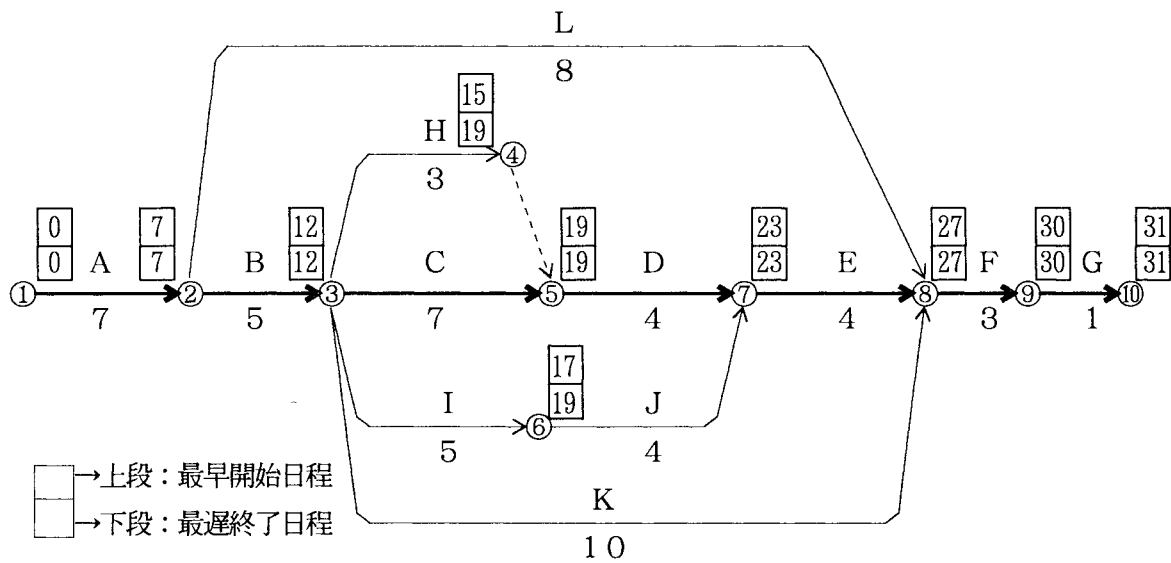


図4-31 最早開始日程、最遅終了日程の計算

(a) 生産性向上

生産性の面からみると、人と機械設備の稼働率を維持向上することが重要であり、次のような方策の中で適切なものを選び負荷と生産能力の調整を図っていく必要がある。

- ① 余裕もてる範囲で作業開始を早めたり遅くしたりして負荷の調整を図る。
- ② 作業を分割（小ロット化）したり、作業を集約（大ロット化）したりして負荷の調整を図る。
- ③ 人員を増やしたり減らしたりして生産能力の調整を図る。

(b) 日程短縮

日程の面からみると、CPの日程短縮を図ることが重要であり、次のような方策の中で適切なものを選び日程短縮を図っていく必要がある。

- ① 作業順序の変更
- ② 所要日数の短縮
- ③ 同時並行作業の促進
- ④ 人員増強
- ⑤ 小ロット化（アクティビティの途中から、次のアクティビティを開始させる）

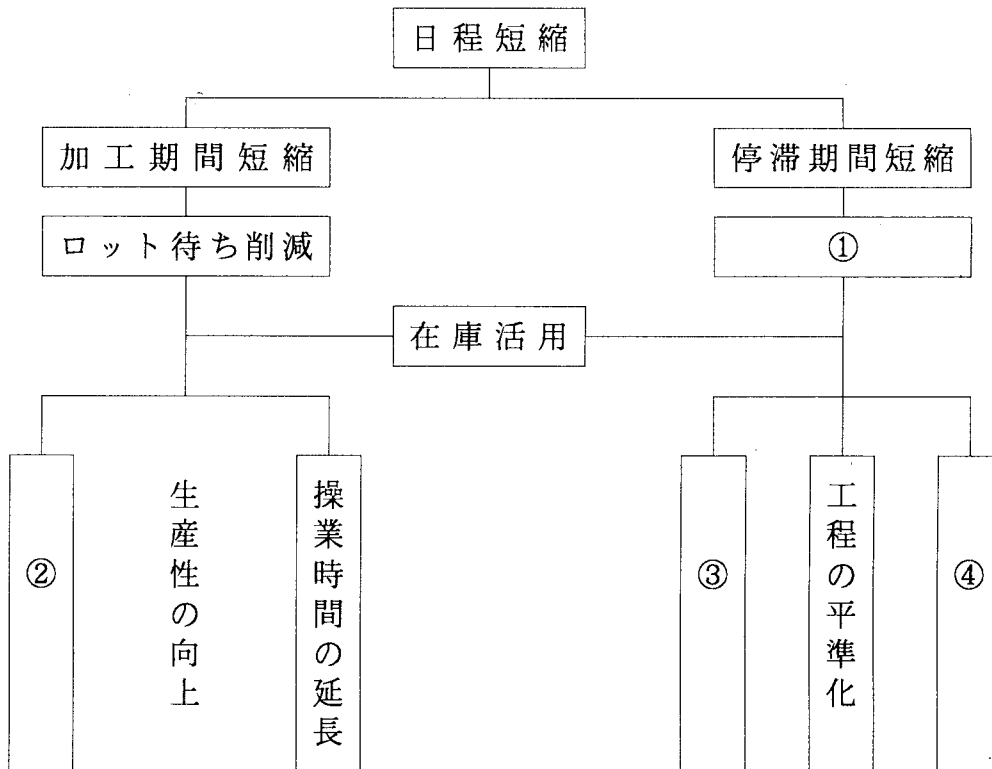
(3) 進捗管理

PERTは、計画段階で十分な時間をかけ、体系的に日程計画を編成するので進捗管理はやりやすい。

進度管理では、CP管理が重要であり、CPにおいて計画との差異が発生すれば遅延対策を検討し回復を図っていかなければならない。

演習問題

問1 下図は、日程短縮の方策を示したものである。①～④に適切な語句を下記の語群の中から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。



- (語群) イ. 逆工法の日程計画 ロ. 仕掛品の増大 ハ. 移動ロットの小口化
 ニ. 加工ロットの小口化 ホ. 計画待ち削減 ヘ. 工程待ち削減

ヘルプ 工程管理 (I) 132頁を参照

解答欄	①	②	③	④

解答は 167頁

演習問題

問2 下表は、基準日程と手配番数の算出例である。①～④に適切な数値を下記の数値群の中から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

		1	2	3	4	計
		切 断	粗加工	仕上加工	検 査	
作業時間 (8H/日)	H	10	8	6	4	28
	日	1.25	1.00	0.75	0.5	3.5
停滞時間	日	0.75	1.00	1.25	0.5	3.5
基準日程	日	2	2	2	1	7
着手手番	番	(④)	(③)	(②)	(①)	
完成手番	番	(③)	(②)	(①)	0	

- (語群) イ. 3 ロ. 7 ハ. 4
 ニ. 5 ホ. 2 ヘ. 1

ヘルプ 工程管理 (I) 145頁を参照

解答欄	①	②	③	④

解答は 167頁

演習問題 解答

第1章 問1

①	②	③	④
ホ	イ	ハ	ニ

問2

①	②	③	④
ホ	へ	ニ	ロ

第2章 問1

①	②	③	④
ホ	イ	ロ	ハ

問2

①	②	③	④
イ	へ	ニ	ロ

第3章 問1

①	②	③	④
ニ	ハ	ロ	イ

問2

①	②	③	④
ニ (ハ)	ハ (ニ)	へ	イ

第4章 問1

①	②	③	④
へ	ニ	ハ (イ)	イ (ハ)

問2

①	②	③	④
へ	イ	ニ	ロ