

(昭和 45 年 5 月日本造船学会春季講演会において講演)

造船の生産管理におけるコンピュータの適用

(第 3 報)

正員 栗岡辰巳* 正員 谷本信身*
正員 野間口幸宏*

Computer System in a Shipyard Production Management (3rd Report)

Tatsumi Kurioka, *Member* Nobumi Tanimoto, *Member*
Yukihiro Nomaguchi, *Member*

Summary

The speciality in size, complexity and diversity of structure of the ship has made the production management functions exceedingly difficult, but more essential to the success of the shipyard. It is authors' intention that the shipbuilding industry should apply the systems concept to develop more effective structure of production and modernize the procedure of production management.

The authors, by adopting the systems approach to their hull steelworks, have improved the production structure mainly through the tact system and established the wide range of computer system, named COSPAC, in the field of the production management.

In this paper, the authors report on the accomplished structure of the COSPAC and the computer programs ABL and EBL that produce the day-to-day schedules of assembly and erection processes.

1 ま え が き

近年、造船業の近代化に対する要請が強まり、これを達成するための重要な課題の 1 つとしてコンピュータを用いた生産管理システムの確立が急がれている。筆者らはこのような勢の中で、生産管理の近代化に対するアプローチの方法を研究するとともに、船殻工程に対してその適用を試みた。そして既に第 1 報では船殻工程における生産管理のトータル・システムとして COSPAC と称するコンピュータ・システムの体系化について述べ、あわせてその中核をなすマスター・スケジュールとしての大日程計画と中日程計画について、コンピュータ利用の方法を明らかにしている¹⁾。続いて第 2 報では、鋼材発注から小組立にいたる内業工程について、中・小日程計画のコンピュータ化の方法を述べている²⁾。

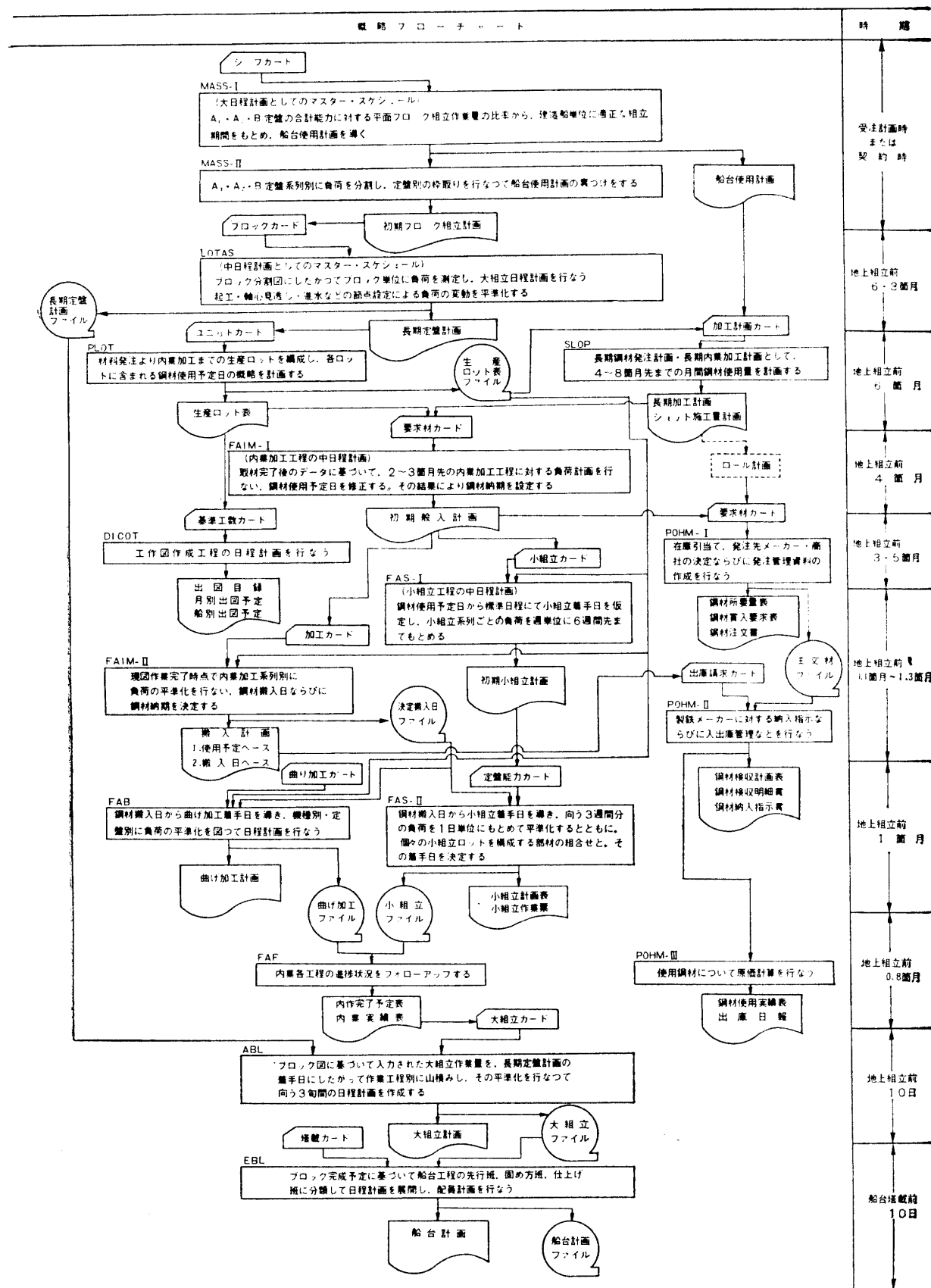
ここに第 3 報では、COSPAC を構成する各プログラムの全容を紹介するとともに、大組立工程と船台工程の小日程管理についてシステム・デザインの方法を明らかにして、この表題のもとでの研究を終結する。

2 造船の生産管理におけるシステム・アプローチについて

造船業の特殊性は、製品の巨大性と構造の複雑性および不均一性という船舶のもつ特異性にある。すなわち、造船の生産工程は膨大な数にのぼる作業工程に細分割され、輻輳しているために、動的に展開される過程において相互に干渉があらわれてシステムの稼働に大きな障害を生じており、従来から生産管理上の問題解決を困難ならしめてきた。このように規模の大きさと複雑さにおいて特異性を有する造船の生産工程を対象として、その生産管理にコンピュータを導入する過程では、システム概念を基盤とした問題解決の方法³⁻⁶⁾が必要であり、筆者らはシステム・アプローチによつて合理的なシステムをデザインする方法^{7,8)}を採用している。

造船工場の動的過程を生産管理の側面からみると、それは生産のシステムとこれをコントロールする生産管理

* 川崎重工業株式会社船舶事業本部神戸造船事業部



第1図 生産管理のコンピュータ・システム COSPAC の概要

のシステムの活動過程であるといえる。生産システムは、作業者・機械・その他の設備などのごとき生産手段をシステム要素とする集合であり、材料が投入されるとこれを加工して製品を出力する。いつばう生産管理システムは、生産システムの活動を最適化する役割をもつて情報をシステム要素として形成され、その内容は生産システムの構造にしたがって定式化される。

このようなシステムの概念において従来の造船業をみると、分散的システムの構造から脱し得ないために、無数に存在する作業工程が個々に独立して担当機能の最適化を図るというように並列的な配置におかれ、その活動の過程では相互に競合しあつて生産管理システムを複雑ならしめてきたことが明らかにされる。

これに対して、コンピュータを適用し、造船工場全体の効率化を達成するとく生産管理システムを完備するためには、その前提条件として生産工程全体を1つのシステムとする hierarchical な構造が確立されねばならない。すなわち集中的システムにおいて、作業工程は相互に一定の関連性が規定されてサブシステムを形成するとともに、1つの主要なサブシステムがシステムの他の構成要素を左右する支配的な存在としてデザインされる。このように、システム構造の形態はそれを構成する対象の属性に左右され、属性相互間の関連性によつて決定される。

筆者らは以上に述べたシステム・アプローチの方法を船殻工程に適用して、まず流れ作業方式を基調とした生産システムをデザインしており、内業加工工程・小組立工程・大組立工程・船台工程などのサブシステムのもとに作業工程を構造化している。生産システムの構造がデザインされると、続いてそれに適合するとく生産管理システムの定式化が行なわれている。

システム全体の効率化を図るための理論的な方法は、サブシステムに対する負荷がそれぞれの能力に応じて平準化されるとく生産計画を決定することであるが、現実には種々の製品が生産される造船業において、同時にこれを達成することは不可能にちかい。したがって筆者らは、集中的システムにおける主要なサブシステムとして、能力が最低でかつその調整の限界が制約されているサブシステムを選んでこれを生産計画上の主工程とし、その他のサブシステムには従工程としての属性を与えている。生産計画はシステム全体のマスター・スケジュールとして、主工程の能力を基準にして決定され、従工程に対する負荷計画は主工程と従工程との間の関連性にしたがって導かれる。もちろん、主工程に対して負荷が平準化されても、一般に従工程においては負荷の山谷が変動するので、これに対処して余力調整を行なうとく生産管理システムがデザインされねばならない。

第1図は前述のシステム・アプローチによつてデザインされた船殻工程における生産管理システムの1例であり、筆者らはこれを Computer System for Planning and Control (略称 COSPAC) と称している。

COSPAC では、生産計画上の主工程として大組立工程がとりあげられている。すなわち、第1図に示す船台使用計画はマスター・スケジュールとしての大日程計画であり、建造船の組立作業量に対して大組立工程の能力にみあつた定盤回転率となるように、起工・進水の期日を決定している⁹⁾。続いて作成される長期定盤計画はマスター・スケジュールとしての中日程計画であり、これによつてさらに詳細に軸心見透しの期日などの節点がありこまれ、ブロックごとに組立定盤系列と着手日が決定される。

従工程として性格づけられているその他のサブシステムに対する負荷計画はすべて長期定盤計画から導かれ、中日程計画の段階で負荷の変動に対処する戦術として余力調整の方法が十分に検討された上で、逐次小日程計画へと展開される。

前述の船台使用計画を作成するコンピュータ・プログラムは当初 LOTAS に含まれていたが、大日程計画検討の緊急性が重視され、Master Schedule for Ship Production (略称 MASS) として分離され、専用化されている。LOTAS の概要¹⁾と PLOT 以下の内業加工工程ならびに小組立工程に関するコンピュータ・プログラムの内容²⁾については既に記述した。したがって以下には小日程計画としての大組立計画 (Assembly Block Schedule, 略称 ABL), ならびに船台計画 (Erection Block Schedule, 略称 EBL) のコンピュータ化の方法について述べる。

3 小日程計画におけるコンピュータ適用の具体例

3.1 大組立工程における適用例

(1) 生産システムのデザイン

筆者らは大組立工程の生産管理システムをデザインするに先立つて、タクト・システムを基調とした生産シス

テムの構造化をはかつており、その内容については既に記述した¹⁾。

(2) 生産管理システムのデザインとコンピュータ化の具体例

(i) 生産管理システムの概要

大組立工程は COSPAC の体系の中で生産計画上の主工程をなすサブシステムであり、長期定盤計画によって負荷の平準化が検討されている。したがって、小日程計画としての大組立計画を作成するにあたっては、長期定盤計画の定める組立系列と日程上の節点にしたがつて、これを若干修正しながら作業工程ごとに予定をきめることが骨子となる。その過程で長期定盤計画が修正される要因は、より精度の高いワーク・メジャーメントが使用されて作業量の見積値が修正されること、作業工程ごとに詳細に負荷の平準化が検討されること、ならびに現実の工程の進捗状況をフィードバックして日程が修正されることなどである。

大組立工程のシステム構成は板継ぎ工程、組立工程、ならびに反転後・ストック工程を要素としている。これらの構成要素の中で組立工程については面積的な制約が強いが、他の工程ではたとえば積重ねによる仕掛け材の設置などが可能であり、比較的余力調整の自由度が大である。したがって大組立計画の作成の手順は、まず組立工程の最適化を達成することく日程計画を作成し、これに追従して板継ぎ工程ならびに反転後・ストック工程の日程計画を決定することにしていく。大組立計画の作成期間は3旬間とし、1旬ごとに実績をフィードバックして更新する。

1. 大骨および大骨長の定義

(1) 大骨

以下にあげる4項のうち、いずれか1つに該当する部材を大骨と定義する。

- ① ロンジまたはフレームまたはビーム（これらを小骨と称する）と交差するトランス、ガーダーまたは軸板
- ② 小骨と交差する隔壁
- ③ 大骨（フローアまたはトランス）と交差するトランス、フローア、ガーダー、軸板または隔壁
- ④ 小骨または大骨と交差しない高さ1.5m以上のガーダー、軸板ならびに隔壁

(2) 大骨長

大骨のスキンプレートとの取合いの長さを大骨長と定義する（図参照）。

ただし、二重底ブロックのごとき二重底の枠組の場合は片側はスキンプレートとの取合いの長さの全部、反対側は片側のみをもって大骨長とする。

2. 大骨長の換算方法

前述のごとき計算された大骨長は、下記の構造別に換算大骨長として換算される。
なお、下記以外の構造については換算係数を1.0とする。

部材 取合の 形式	構造の種類	換算 係数	略 図	備 考
1	大骨の両側に取合いがある場合	1.5		換算大骨長=大骨長×1.5
	小骨と大骨の取合いに油・水密のカラー・プレートが付く場合	1.5		換算大骨長=大骨長×1.5
	バラ巻のブロックで小骨だけで交差する大骨がない場合			小骨と平行な1辺の長さ4mごとに直交する大骨を1本仮定する 大骨長 = $(\frac{a}{4} + 1) \times b$
取合の 粗密	小骨と取合う大骨のスペースが標準の大骨スペースに比べ右記のごとき大きい場合	$\frac{1}{2}$ $\frac{1}{3}$ $\frac{1}{4}$		1) $1.5 \leq p < 2.5$ のとき $\frac{1}{2}$ 換算大骨長=大骨長× $\frac{1}{2}$ 2) $2.5 \leq p < 3.5$ のとき $\frac{1}{3}$ 換算大骨長=大骨長× $\frac{1}{3}$ 3) $3.5 \leq p < 4.5$ のとき $\frac{1}{4}$ 換算大骨長=大骨長× $\frac{1}{4}$
	大骨の両端は各々1ロンジスペースまでを大骨長として計算する			
作業 条件	高所作業における大骨の場合	2 1.5		1) 足場架設を必要とする場合の換算係数は2とする 2) 足場架設を必要としない場合の換算係数は1.5とする
	ロンジと交差する大骨の高さ2m以上のもの	1.5		

第2図 大組立工程に用いられるワーク・メジャーメントとしての換算大骨長の定義と計算方法の1例

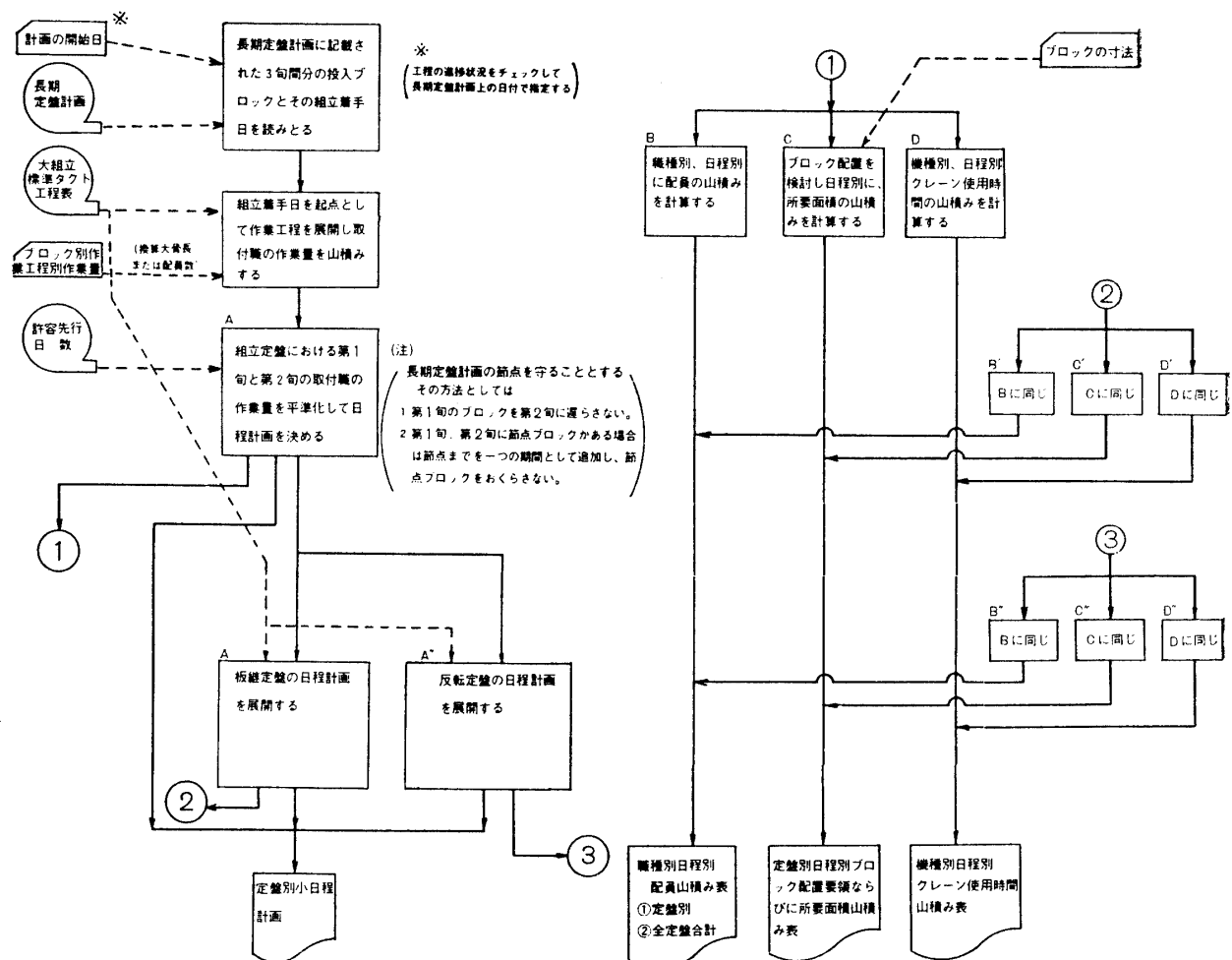
(ii) ワーク・メジャーメントの確立

いうまでもなく、負荷の大きさを測定する手段として精度のよいワーク・メジャーメント (work measurement) を確立することは、生産管理システムをデザインするに際しての基本的な条件である。筆者らは既に述べたごとく、大組立工程を対象とした大日程計画ならびに中日程計画において、ブロック組立作業量の全量を測定するために換算面積というワーク・メジャーメントを開発しているが¹⁾、これとは別に、小日程計画の時点でより詳細に負荷の大きさを測定するワーク・メジャーメントとして換算大骨長という単位を設定している。

換算大骨長は、第2図に示すごとく大骨として定義されるトランス・フロア・ガーダーあるいは隔壁等の袖板などについてその長さをもとめ、固有の作業密度にしたがって換算を行なうものであり、作業工程ごとに詳細に負荷を測定するために用いられる。なお、換算大骨長は取付作業を対象として設定されているが、これに対して一定の比率を乗じることによって溶接作業などにも適用される。

(iii) 大組立計画の作成プログラム (ABL) について

長期定盤計画に準拠して大組立計画を作成する過程は、第3図に概略の手順を示すようにデザインされている。入力データは大組立計画作成の起点とすべき期日、個々のブロックに関する外形寸法および作業工程ごとの作業量、ならびにファイルされている情報として長期定盤計画の内容、組立着手日を起点として作業工程の日程計算を行なうために用いられる標準タクト工程のパターン、および平準化計算の段階でブロック組立の先行日数を限定するための許容先行日数などである。いつぼう、もとめられる出力としては作業工程ごとに予定を表わした定盤別小日程計画、ならびにこれに基づいて計算される職種別配員山積み表、ブロック配置要領、定盤別所要面積山積み表、および機種別クレーン使用時間山積み表などである。



第3図 大組立計画のプログラム ABL の概略フロー・チャート

大組立計画を作成する手順は前述のごとく、まず組立工程の最適化を検討し、配員数を平準化するように日程を決定した後に、他の工程の日程計画を作成することになっている。その結果、組立定盤の面積が不足するときには、系列を変更して他の余裕のあるブロックと入れかえるなどの対策が検討される。

また、クレーンの使用時間を山積みして出力することになっているが、クレーンは組立作業とブロックの塔載を優先することになっているので、使用時間の山積みが山となつてもその理由で日程を変更する必要はほとんどない。

筆者らは、以上に述べた大組立計画のコンピュータ・プログラムを ABL と呼称している。

3.2 船台工程における適用例

(1) 船台工程におけるシステム・デザイン上の問題点

船台工程では製品の巨大性にとまなり制約が大きく、作業対象を固定せしめて、作業量にみあう人数の作業者を配置し移動せしめる方法をとっているため、船殻工程の中でももつとも分散的システムに陥りやすい条件が内在している。

船台工程におけるシステム・デザイン上の問題点を解明するために、ブロック塔載から溶接終了までの作業工程を一般化して、各々 a, b, c, d, ……なる順番で一連の系列を構成するように表わすと、これは1つのサブシステムを意味している。一般に層状建造に基づく多点建造工法においては、ブロックの塔載が進行するにしたがつて急速に作業領域が広がるので、同時に多数のサブシステムが形成されることになるが、各サブシステムは同種作業工程を担当する職種によつて関連づけられているので、システムのパラメータが増大するにつれて、並列的な配置におけるサブシステムあるいはシステム要素は相互の間に干渉が生じやすくなる。たとえばcという作業工程を遂行するためには、次の条件が満足されねばならない。

- (i) サブシステム内においてcに先行する作業工程が計画どおり完了していること。
- (ii) c作業工程と同一の職種が他のサブシステムにおいて担当する作業工程も、計画どおり進行していること。
- (iii) 他のサブシステムをふくめて、c作業工程と同一の職種の所要人員が計画どおり確保されること。
- (iv) ワーク・メジャーメントが正確で、作業量が事前に正確に把握されること。
- (v) 先行の作業工程の品質がよく、手直しなど計画外の作業量が混入しないこと。

前述の(i), (ii), (iii)は工程管理と配員管理との関連性を表わしているが、職能を主体として複雑にからみ合った生産システムのもとでサブシステム間の干渉ならびに設備、作業場所の干渉など、幾多の干渉の発生を予想し、それを解消するように工程計画・配員計画を行なうことはきわめて困難であり、一部の作業工程に遅れなどの混乱が生じるとそれが全体に波及して、システムの秩序が乱されることになる。

(2) 生産システムのデザイン

既に検討したように、船台工程における生産システムの欠陥は職能を主体として並列的に生産システムが形成されている点にあると考えられる。これに対してシステム改善の方向は、配員の流れを一方向に規制すると同時に、同一場所における干渉を排除するように生産システムを構造化することである。その方法として工程別作業編成を行ない¹⁰⁾、作業工程別に専門化された作業者のグループを編成するとともに、作業工程の同期化を図るとくシステム要素間の関連性を明確にしなければならない^{11,12)}。

筆者らは以上に述べたシステム・アプローチの原則を確立して、まず船台工程の進行を先行班・固め方班・仕上げ班の3グループに分割している。このようなグループ編成は下記の3項目を基準として行なわれた。

- (i) 時期的に接近して作業が行なわれること。
- (ii) 作業のまとまりの単位(例:ブロック・区画など)が類似していること。
- (iii) 量的に他の群と均衡していること。

このようにして設定された先行班には、ブロックの決め方と主板の仮付ならびに溶接などの作業工程が割当てられ、作業の進行はブロックの塔載に追従して行なわれる。固め方班には内部構造部材の仮付ならびに溶接などの作業工程が割当てられ、作業の進行は後述する作業区画を単位として行なわれる。また、仕上げ班には改正工事の仮付・溶接ならびにハツリ・歪直しなどの作業工程が割当てられ、作業の進行は固め方班と同様の区画単位とする。

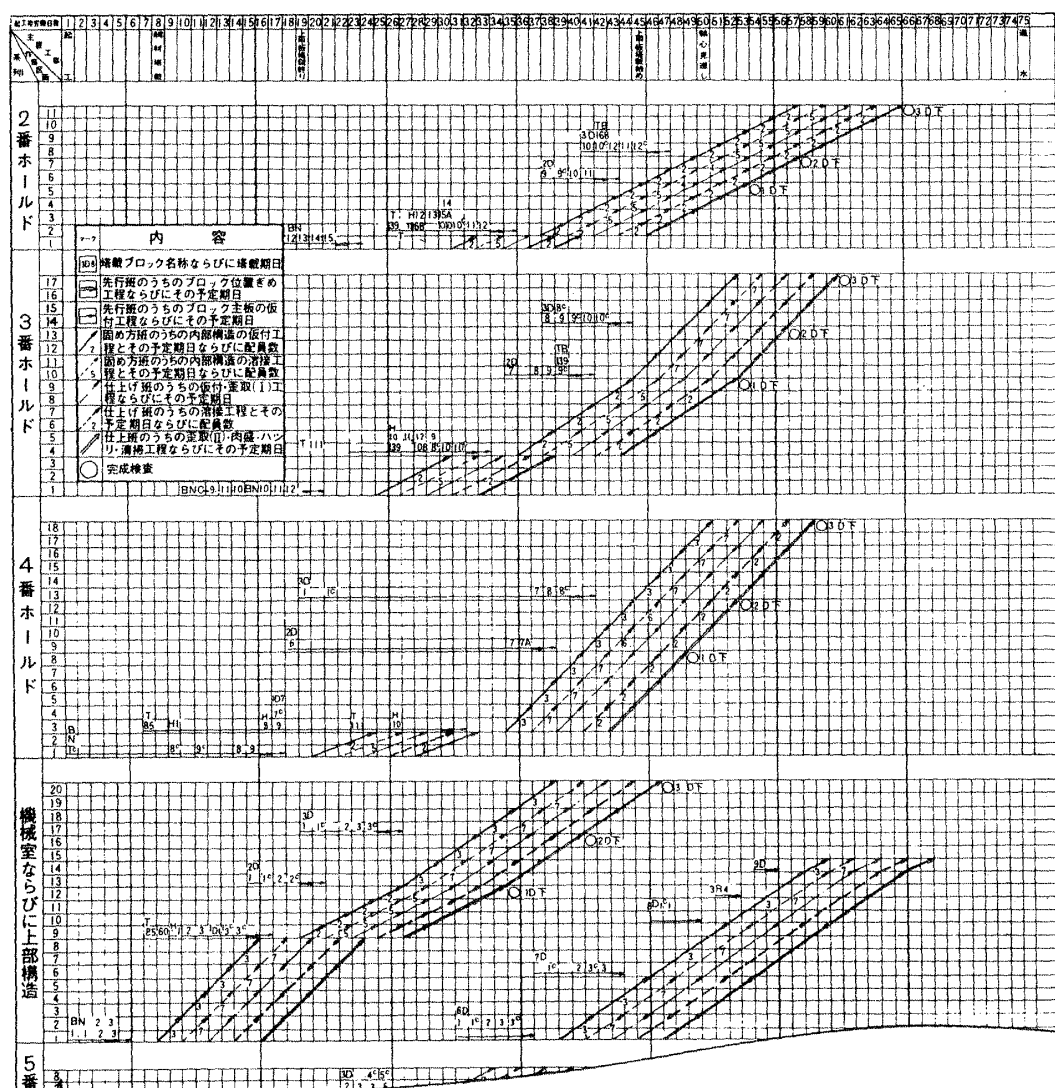
なお、このほかに足場外し・清掃・完成検査・水気密試験などの作業があるが、それらは量的比率が低くシス

テム上の干渉を排除することも比較的容易なので、一応従来どおりのシステムとしている。

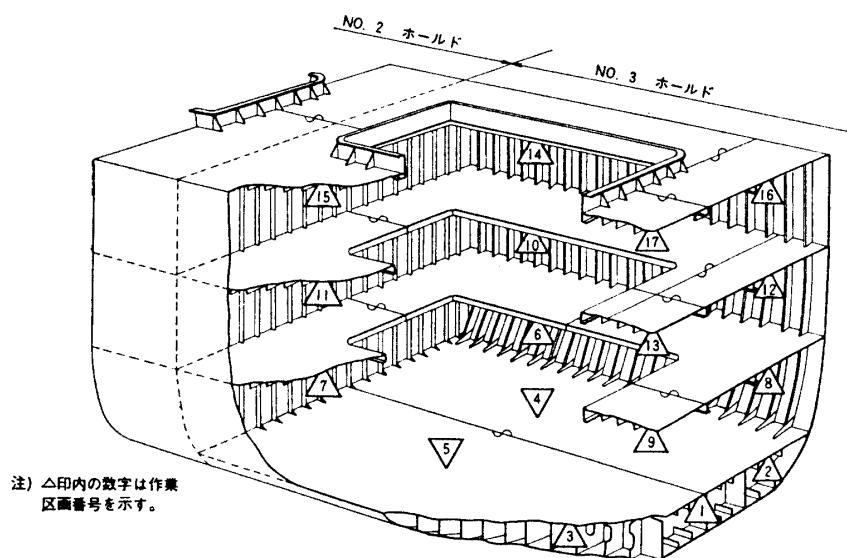
以上に述べたグループ編成に続いて、工程の進捗を円滑ならしめるために各工程の進捗を同期化せしめる方法が検討され、まず負荷の投入単位が異なる先行班と固め方班の間に生ずる干渉について対策が講じられている。先行班に対して与えられる負荷は、ブロックの大小によつて作業量にバラツキが発生するが、ブロック分割の基準は組立作業の条件が優先してきめられるので、搭載後の作業量の均一化を望むことは困難である。したがつて、先行班と固め方班の干渉を防止するために、両者の間に適当な仕掛け期間を設けるようにしており、その上で先行班と固め方班が平均値では同一の回転率で進行するように能力が調整されている。

グループ相互間における干渉を排除するための対策に続いて、作業工程相互の間に発生する干渉に対しては、これを防止するために1ロットの作業量が均等化され、かつ各系列の作業工程がそれぞれ同一の所要時間で進行するように、標準回転率が設定されている。このような考え方に基づいて、たとえば固め方班に対しては投入される負荷が一定になるとく作業区画が設定され、かつ他のホールド（またはタンク）へ頻繁に移動することのないように、1つのホールド内の作業によつて1ラインの作業系列がデザインされている。作業系列の数は建造船の構造と建造工法のいかににより、もつとも合理的なシステムをデザインする過程において決定される。

前述のごとく作業区画を設定するためには、物量をベースとした精度のよいワーク・メジャーメントが必要であり、筆者らは換算部材という単位を開発して用いている。換算部材は、ブロックの主板ならびに内部構造部材の継手部に発生する作業量を、相関関係の分析結果に基づいて1つの統合された尺度におきかえたものであり、



第4図 作業系列と作業区画の設定によつて 13,000 DWT 型貨物船の船台工程に
タクト・システムがデザインされた例



第5図 13,000 DWT 型貨物船の3番ホールド系列における作業区画の配置の例

取付作業の場合は1人の作業者が1時間に1単位の換算部材を処理することを標準としている。

筆者らは前述のようなシステム・アプローチを行なつて、第4図に示すごとく平均して30換算部材となるように作業区画を設定し、タクト・システムをデザインしている。また、第5図にはホールド内における作業区画の配置の1例を示している。

(3) 生産管理システムのデザインとコンピュータ化の具体例

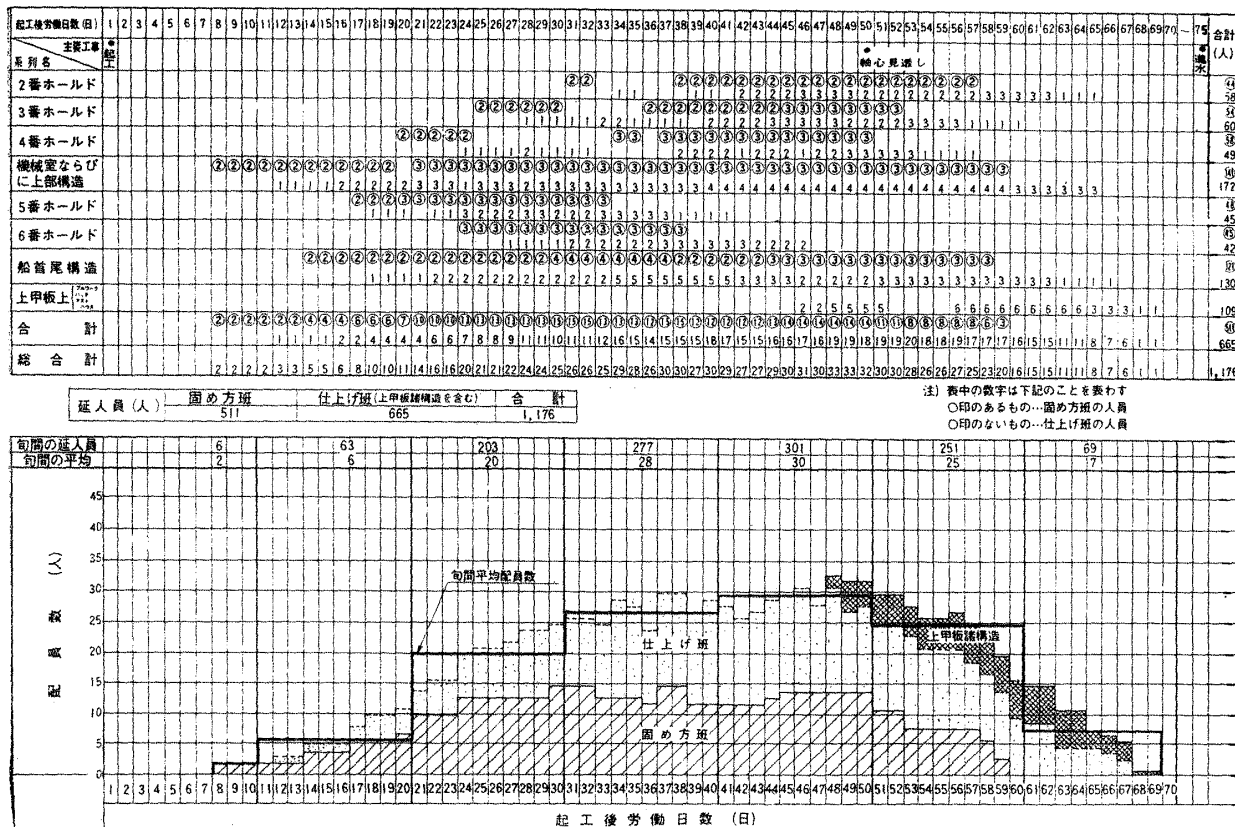
分散的システムにおける生産管理システムがきわめて複雑であるのに対して、前述のごとくタクト・システムを基調として生産システムが構造化されると、システムのパラメータが整理されて生産管理における問題解決の手順が著しく単純化される。すなわち、船台工程において生産管理システムは、計画の次元でシステムに課せられた負荷計画に生産システムの構造の原型を適合せしめると、各作業工程の回転率ならびに能力を設定するとともに、現実の工程の進捗状況をフォローアップして、フィードバック・コントロールのごとくデザインされる。

船台工程に対する負荷計画は、まずマスター・スケジュールとしての長期定盤計画との関連において中日程計画の精度で検討される。既に述べたごとく、システム全体の最適化を達成するための必要条件として、先行班に対してはブロック搭載に追従して作業を進めることが課せられている。固め方班ならびに仕上げ班については、ブロック搭載日程を起点にして標準工程を展開することによつて負荷の山積みが導かれるが、負荷の山谷はある程度、建造期間内で平準化することが可能であり、各作業工程の回転率と能力について余力調整の方法が検討される。第6図はそのような条件で作成された配員計画の例である。

続いて小日程計画は現実の詳細な作業計画を作成する段階であり、大組立工程ならびに船台工程の進捗状況をフォローアップして、中日程計画を修正しつつ実施計画を決定する。筆者らは船台工程に対する小日程計画を船台計画と称しており、第7図にそのコンピュータ・プログラム EBL の概略フロー・チャートを示す。

コンピュータ・プログラム EBL は負荷に関するデータと各工程の能力が入力されると、能力にあわせて日程計画を作成し、作業量の山積み結果とあわせて出力するようにデザインされている。第8図はその出力の1例であり、図中の TOTAL は日程別の搭載所要時間を、LIMIT はその日に割当てられた能力の限界を示している。このような関係は図としても表わされており、日程別の能力限界を I 記号で、それに対して作業量を * (船尾区画), + (中央区画), ・ (船首区画) の記号で表わしている。なお、参考までに従来の手作業による日程計画の山積みを示し、山積み形状の平準化の相違を比較している。

コンピュータ・プログラム EBL は、能力あるいは負荷の投入シーケンスに関する入力データを変更することによつて、工程計画のシミュレーションに使用することが可能であり、設定された能力に対する余力と仕掛け量の関係を事前に検討し、最適な負荷計画を見出す手段として用いられている。船台工程は他の工程にまして生産システムの構造化が困難であり、流れ作業システムの段階に進みつつあるとはいえ、管理上の判断は基準化し得

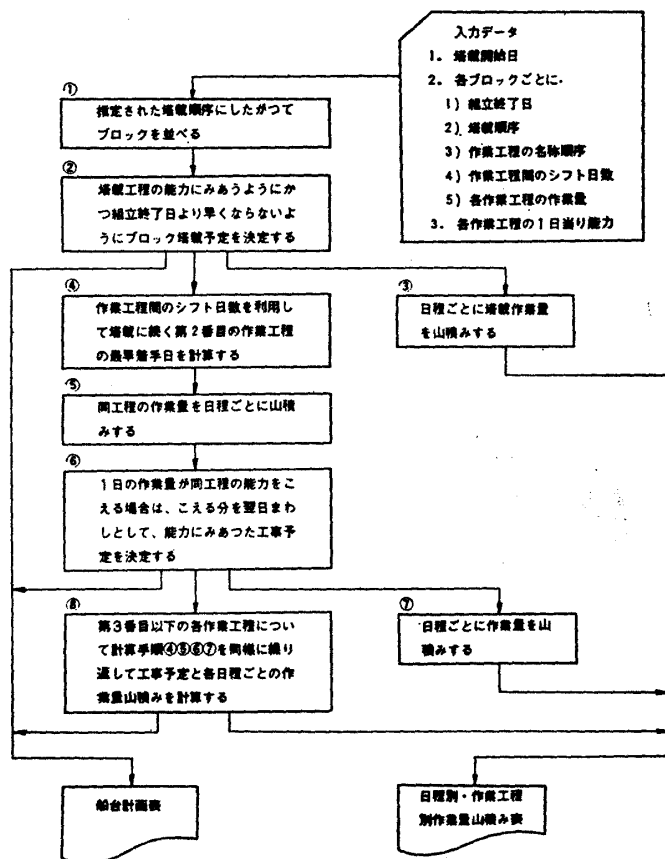


第6図 船台工程にシステム・デザインが適用されて計画された13,000 DWT 型貨物船における配員計画の例

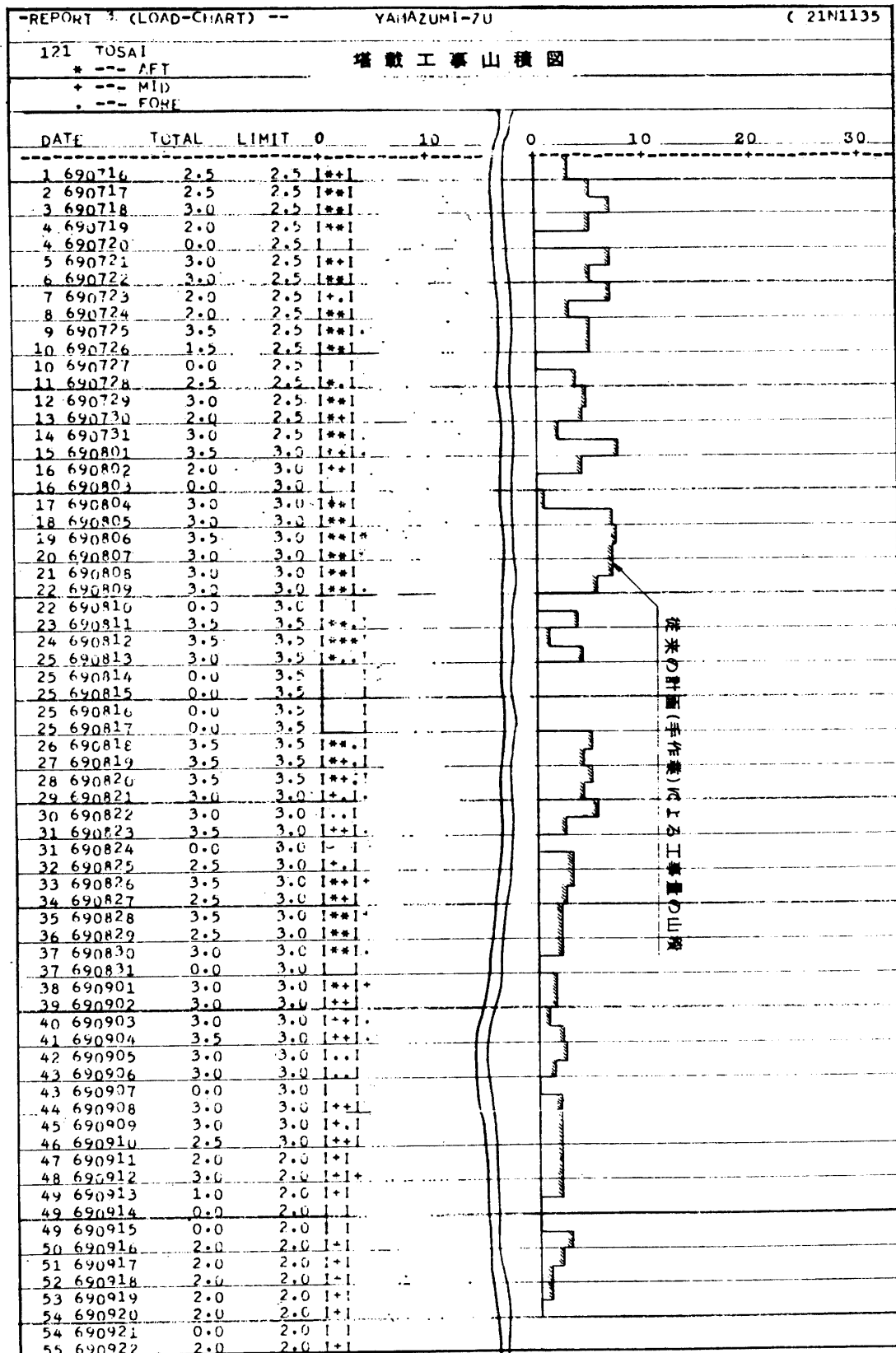
ない問題が山積している。したがってコンピュータ・システムも管理者の意思決定の場を大きく設けており、意思決定に必要な資料、すなわち、日程計画の裏づけとしての山積み計算に用いられる膨大な資料を、短時間に処理する目的でコンピュータの活用がはかられている。現にEBLは能力に対する最適化・平準化などは管理者によって調整される段階であり、今後に残されたシステム・デザイン上の問題は多大であるといえよう。

4 む す び

造船業は個別生産の性格が強く生産工程が複雑であり、生産管理業務にコンピュータを適用して高次利用を図るためには、その前に解決すべき問題が山積している。筆者らはそのような問題の解決に対してシステム・アプローチの方法を確立し、その勤務する工場の船殻工程に対して適用を試みてきた。第1報においてはマスター・スケジュールについて、また第2報では船殻内業工程の中日程計画ならびに小日程計画についてコンピュータ利用の方法を述べてきたが、続いてここに第3報として、大組立工程な



第7図 船台計画のプログラムEBLの構略フロー・チャート



第8図 船台計画のプログラム EBL によつて作成された塔載工事山積みの例

らびに船台工程の小日程計画に対するコンピュータの適用例を明らかにした。

この表題のもとでの発表は第3報をもつて終結するが、近年、建造船舶の多様化にともなつて、COSPACの適用範囲に多種の船型が加えられることになり、これに適応しうるようなシステムの柔軟性が要請されている。このような新たな問題に対処するために、コンピュータを用いて適宜シミュレーションを行ない、管理者の意思決定をおりこみながら問題解決を図る方法をより多くとり入れることが必要であり、今後そのようなプログラムをCOSPACに追加し、あるいは既存のプログラムを更新していく所存である。

謝

辞

本研究を進めるにあつては、東京大学木原博教授ならびに大阪大学寺沢一雄名誉教授と故大谷碧教授に終始有益なご指導とご援助を賜り、心から感謝の意を表します。

なお、本システムの開発を推進するについて、ご指導とご尽力を賜つた川崎重工業KKの山本登氏ならびに川口博氏に対し、あわせて謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 栗岡辰巳, 野間口幸宏: 造船の生産管理におけるコンピュータの適用(第1報), 日本造船学会論文集第124号(1968), 393.
- 2) 栗岡辰巳, 竹内秀司, 藤田牧男: 造船の生産管理におけるコンピュータの適用(第2報), 日本造船学会論文集第125号(1969), 421.
- 3) Arthur D. Hall: A Methodology for Systems Engineering, D. Van Nostrand Company, Inc. (1962)
- 4) 岸田純之助: 技術——その周辺, 日本経営出版会(1969)
- 5) Stanford L. Optner: Systems Analysis for Business and Industrial Problem Solving, Prentice-Hall, Inc. (1965)
- 6) Richard A. Johnson, Fremont E. Kast, James E. Rosenzweig: The Theory and Management of Systems, McGraw-Hill. (1963)
- 7) Thomas T. Woodson: Introduction to Engineering Design, McGraw-Hill. (1966)
- 8) 田中 守: 個別生産工場の効率化, 産業能率短期大学出版部(1967)
- 9) 栗岡辰巳, 野間口幸宏: 船台使用計画の最適化について, 関西造船協会昭和44年度春季講演会にて発表.
- 10) Elwood S. Buffa: Modern Production Management, John Wiley & Sons. (1961)
- 11) 山本 登, 寺井 清, 栗岡辰巳: 船殻工事に適用された流れ作業システム, 造船協会論文集第122号(1967), 224.
- 12) 山本 登, 寺井 清, 栗岡辰巳: 統計的品質管理を基調とした新生産方式について, 造船協会論文集第122号(1967), 236.