

# SEAMAIL

Newsletter from Software Engineers Association

Volume 8, Number 8-9 January, 1994

8-9

---

## 目 次

|                            |         |
|----------------------------|---------|
| 編集部から                      | 1       |
| JAIST からのテクニカル・レポート        | 2       |
| ソフトウェア共同実験場からのおたより         | 落水浩一郎 2 |
| 構造化分析の事例研究 (生産管理システム)      |         |
| 倉谷祥久 門脇千恵 西山雄 落水浩一郎        | 3       |
| オブジェクト指向分析の事例研究 (生産管理システム) |         |
| 倉谷祥久 東田雅宏 藤枝和宏 鈴木潤一 落水浩一郎  | 41      |
| 付録; JAIST 情報科学センターの概要      | 77      |

---



# ソフトウェア技術者協会

## Software Engineers Association

ソフトウェア技術者協会 (SEA) は、ソフトウェアハウス、コンピュータメーカ、計算センタ、エンドユーザ、大学、研究所など、それぞれ異なった環境に置かれているソフトウェア技術者または研究者が、そうした社会組織の壁を越えて、各自の経験や技術を自由に交流しあうための「場」として、1985年12月に設立されました。

その主な活動は、機関誌 SEAMAIL の発行、支部および研究分科会の運営、セミナー/ワークショップ/シンポジウムなどのイベントの開催、および内外の関係諸団体との交流です。発足当初約 200 人にすぎなかった会員数もその後飛躍的に増加し、現在、北は北海道から南は沖縄まで、900 余名を越えるメンバーを擁するにいたりました。法人賛助会員も 50 社を数えます。支部は、東京以外に、関西、横浜、長野、名古屋、九州、東北の各地区で設立されており、その他の地域でも設立準備をしています。分科会は、東京、関西、名古屋で、それぞれいくつかが活動しており、その他の支部でも、月例会やフォーラムが定期的に開催されています。

「現在のソフトウェア界における最大の課題は、技術移転の促進である」といわれています。これまでわが国には、そのための適切な社会的メカニズムが欠けていたように思われます。SEA は、そうした欠落を補うべく、これからますます活発な活動を展開して行きたいと考えています。いままで日本にはなかったこの新しいプロフェッショナル・ソサイエティの発展のために、ぜひとも、あなたのお力を貸してください。

代表幹事： 中野秀男

常任幹事： 岸田孝一 熊谷章 玉井哲雄 深瀬弘恭 堀江進 山崎利治

幹事： 浅井美枝子 市川寛 伊藤昌夫 白井義美 大塚理恵 大場充 菊地俊彰 君島浩 窪田芳夫 小林俊明  
坂本啓司 杉田義明 武田淳男 田中一夫 鳥居宏次 中來田秀樹 中谷多哉子 西武進 野村敏次  
野村行憲 平尾一浩 平山伸一 藤野晃延 二木厚吉 松原友夫 山崎朝昭 渡邊雄一

会計監事： 辻淳二 吉村成弘

分科会世話人 環境分科会 (SIGENV)：田中慎一郎 渡邊雄一  
管理分科会 (SIGMAN)：野々下幸治  
教育分科会 (SIGEDU)：杉田義明 中園順三  
ネットワーク分科会 (SIGNET)：大塚理恵 小林俊明 人見庸  
調査分科会 (SIGSURVEY)：岸田孝一 野村敏次

支部世話人 関西支部：白井義美 中野秀男 盛田政敏  
横浜支部：藤野晃延 北條正顕 野中哲 松下和隆  
長野支部：市川寛 佐藤千明  
名古屋支部：浅井美枝子 鈴木智 平田淳史  
九州支部：平尾一浩  
東北支部：菊地俊彰 和田勇

賛助会員会社：NTTソフトウェア研究所 NTT九州技術開発センタ PFU SRA アスキー エイ・エス・ティ  
エスケイデー オムロンソフトウェア カシオ計算機 キヤノン新川崎事業所 さくらケーシーエス  
サンビルド印刷 ジューエムエーシステムズ ジャストシステム  
セントラル・コンピュータ・サービス ダイキン工業 テクノバ ニコンシステム  
ニッセイコンピュータ ムラタシステム リコーシステム開発 リバティシステム  
安川電機 古河インフォメーション・テクノロジー 構造計画研究所 三菱電機セミコンダクタソフトウェア  
三菱電機メカトロニクスソフトウェア 三菱電機関西コンピュータシステム  
新日鉄情報通信システム 新日本製鉄エレクトロニクス研究所 池上通信機 中央システム  
辻システム計画事務所 東芝アドバンスシステム 東電ソフトウェア 東北コンピュータ・サービス  
SRA東北 日本NCD 日本ユニシス・ソフトウェア 日本情報システムサービス  
日本電気ソフトウェア 日立エンジニアリング 富士ゼロックス情報システム 富士写真フィルム  
富士通 富士通エフ・アイ・ピー オムロン (以上46社)

SEAMAIL Vol. 8, No. 8-9 1994年1月31日発行

編集人 岸田孝一

発行人 ソフトウェア技術者協会 (SEA)

〒160 東京都新宿区四谷3-12 丸正ビル5F

TEL: 03-3356-1077 FAX: 03-3356-1072

印刷所 サンビルド印刷株式会社 〒162 東京都新宿区築地町8番地

定価 1,000円 (禁無断転載)

## 編集部から

☆

あけましておめでとうございます。

☆☆

今年も定期発行を目指してがんばりたいと思いますので、会員みなさんもよろしく御協力ください。

☆☆☆

次号で予告した通り、この号では、北陸先端科学技術大学院大学 (JAIST) の落水先生の研究室から寄せられたソフトウェア分析/設計に関する2篇のテクニカル・レポートを特集しました。ページ数が多いので、2ヶ月に分けて連載することも考えたのですが、お互いに関連ある内容なので、合併号として1冊にまとめました。

☆☆☆☆

ひところの浮わついたCASEブームも去り、そろそろじっくりと腰を落ち着けてソフトウェアシステムの分析・設計に取り組もうとしておられる方々も多いと思います。これをきっかけに、そうした現場からの報告が次々に寄せられることを期待します。

☆☆☆☆☆

## ソフトウェア共同実験場からのおたより

落水 浩一郎

(北陸先端科学技術大学院大学)

### 1. はじめに

北陸先端大学院 (JAIST) に移ってから1年半がたちました。そろそろ研究成果もたまってきましたので、SEA会員のみなさんに有用と思われる情報を、ときどき公開させていただこうと思います。

その第1弾は、構造化分析とオブジェクト指向分析の事例研究です。詳しくは本文を御覧いただければお分かりになると思いますが、私の研究室の学生諸君は、リアルなソフトウェア工学の実現を目指して大奮闘しておりますので、よろしく御声援ください。

ところで、私どもの大学は、付録に示したように、すばらしい計算機環境を持っています。その中身を詰めるのは私たちの役割です。そのためには何かキーワードが必要だと思い、「ソフトウェア共同実験場」という、少々ダサイのですが実質的な名前を考えました。以下にその主旨を説明させていただきます。

### 2. ソフトウェア共同実験場について

私のJAISTでの当面の活動目標は、「ソフトウェア実験」を行なうための「場」の構築です。ここで、「共同」とは、そこに参加できる人を限定しないこと、「実験」とは、問題解決型の行動を中心にする事、「場の構築」とは、そのような人々の活動や発想が自由であるような雰囲気と設備をととのえることです。

計算機ソフトウェアの分野では、新しい概念や技術の提案に関しては、残念ながら、日本の研究はまだ、世界の最先端を走ってはいません。少し極端ないいかたをすれば、企業における「村意識」、大学における「タコツボ感覚」が、少なくともソフトウェアの世界では、技術の進歩を緩慢なものにしてきました。「都」で流行りはじめた「新しい考え方」をいち早く取り入れて、「となり村」に負けないようにしたり、自分の「タコツボ」の内装を整備したりするという発想は、きわめて後進的です。

つねに進歩し、拡大されつつある計算機技術の世界では、単に、より多くの知識を獲得し死蔵するだけでは、次の時代に必要な知識を生み出すパワーは生まれません。

ソフトウェア共同実験場では、

1. 企業と大学のあいだの壁を取り払い、新技術の開拓に意欲を燃やす人々が、アイデアを自由に発想しそれを実現して行きます。成果は、「ものを作って、その効果を世に問う」という形で評価します。
2. このとき、研究や技術の最前線を知らないがために起こる貧弱な発想を防止するために、ソフトウェアの世界における研究(論文)や技術(プロトタイプ・ソフトウェア)を、それらの評価とともに集積しておきます。

3. 膨大な資料や実績は、時として、研究者の自由な発想をスポイルすることがあります。各自が「地面をはいまわる」だけの結果に終るおそれがあります。日常世界の問題に対してアブダクションを行ない、問題解決のための有用な仮説を大胆に立てることが重要です。このような場合は、異なるカルチャーを持つ多くの人々の交流によって形成されます。

4. 自由な発想は、木の枝のように多くの枝分かれを生みだします。どの枝が成長し実をつけるかは、簡単には決められません。自由な発想への「雰囲気作り」とは、すなわち、枝刈りをしないということです。もちろん、すべての責任は各自が持ちます。

ほちほちはじめて、そこに参加した人々の活力により、しだいにうねりが大きくなって行くような場が、すなわち、ソフトウェア共同実験場です。

### 3. というようなわけで...

その最初の成果が以下の2編の報告書です。「研究や技術の最前線を知らないがために起こる貧弱な発想を防止するために、ソフトウェアの世界における研究(論文)や技術(プロトタイプ・ソフトウェア)を、それらの評価とともに集積する」という目的にそって実施された活動の一成果です。ご精読・ご意見をお待ちしています。この他に、

1. OMTの3つのモデルを接続する4つの視点を導入し(つまり合計7つの視点から)、視点間の整合性を確認しながらモデリングすることを支援するスキーマを設計し、PCTE/OMS上で実装した例。
2. システム管理者の篠田先生が1ヶ月ほど外国出張していても、片肺飛行ながら、何とか学内ネットワークを維持できるようにする故障診断エキスパート・システムの開発。
3. 外注先のプログラマーが自分のワークステーションの前に座り続けたまま、仕事の受注・開発・テスト・納入が可能になるような分散開発環境のプロトタイプ開発。
4. (分析・分析....行き詰まり・再構成)というような収束型討論を支援するグループウェアの開発。

など、いろいろやっております。ご期待ください。

## 構造化分析の事例研究（生産管理システム）

北陸先端科学技術大学院大学

倉谷祥久 門脇千恵 西山雄 落水浩一郎

kuraya@jaist.ac.jp, kadowaki@jaist.ac.jp,

nisiyama@jaist.ac.jp, ochimizu@jaist.ac.jp

### 概要

本報告では、組立工場における生産管理システム、特にライン搭載順序立案計画を対象としておこなった、構造化分析に関する事例研究の成果をまとめる。構造化分析法には業務分析の手段が明示されていない。しかし、実際の業務世界を対象にする場合は、対象世界を認識しシステム化対象範囲を決定する作業がもっとも肝要である。そこで分析をおこないつつ、構造化分析法の問題点の洗い出しと改善すべき点を整理することを試みた。

その結果、データフロー図を利用した業務分析は、

（1）複雑な処理を整理して表現でき、それによりシステム化対象範囲の絞りこみをおこなえる

という効果があり、また、

（2）データフロー図の詳細化表現により、処理に対する理解をレベルを変えて表現することができる

という利点はあるが、

（3）重要な処理とそうでない処理の区別ができず、問題点の認識、業務の主要なながれの理解をわかりにくくしてしまう問題点を有する

ことがわかった。

## 1 はじめに

本論文は、ソフトウェア分析/設計方法論を実際の業務世界に適用する際の問題点をまとめたものである。評価の対象としては、構造化分析/設計方法論をとりあげる。実在する会社の生産管理部門の業務を分析することにより、構造化分析/設計方法論における問題点の洗い出しと改善へ提案をおこなう。

構造化分析設計法は、表1の2, 3に示す手順により、コンパクトな機能仕様書を作成し、それに基づいてモジュール構造を設計する手段を与えている [1]。予想される問題点はいくつかある。構造化分析/設計法には業務分析の手段が明示されていない。教科書に記載されている例題のような閉じた世界を対象にする場合にはこの問題は顕在化しないが、実際の業務世界を対象にする場合は、表1の1に示すような手順を踏んで、システム化対象範囲を決定する作業がもっとも肝要な作業である。このことから事例研究の目標が2つ設定される。

- (1) 業務分析の手順を検討すること。
- (2) 分析過程や分析結果をデータフロー図により記述することが問題点の認識や解決策の着想にどの程度寄与するのかを明らかにすること。

また、ソフトウェア分析/設計方法論によって定義されていく各種文書類の十分性も問題であろう。すなわち、事例研究の3番目の目標は以下の通りである。

- (3) 構造化分析(表1の2)によって得られる各種文書類を実務レベルで採用するとした時の問題点の検討
- 本報告では、業務分析と仕様化の過程だけを評価の対象とし、構造化設計はとりあげなかった。なお、データフロー図等の図面作成は「S t P (ISE4.2DJ1.0)」 [2] を用いた。

## 2 導入

バブル経済の崩壊により経済が悪化し、企業では経営の安定のため様々な施策が試みられている。大手建設機械会社、落水製作所も例外ではない。落水製作所の主要工場である辰口工場は、ブルドーザー、パワーショベルといった建設機械をラインで組み立て、全国のディーラーに出荷する、いわゆる組立工場である。ここでは間接工数低減のため、また生産計画立案作業の迅速化のため、特に生産管理部門のコンピュータ化を促進することになった。図1の枠組にしたがって、まず落水製作所の生産管理に関わる仕事の現状と問題点を把握し(図1(a) top-down 分析)、次にどのような形で計算機を導入すれば効果的であるかを判断する(図1(b) bottom-up 合成)。最後に構造化分析法の手法にしたがってシステム化対象世界を仕様化する(図1(c) top-down 仕様化)。

表 1: SA/SDの主要な作業

## SA/SDの主要な作業

### 1、業務分析

- (1) 問題の認知  
生産管理部門作業の合理化
- (2) 関連業務部門の列挙と  
部門間の情報の流れの理解
- (3) 各部門の仕事の内容の詳細化  
(TOP-DOWN分析)
- (4) 問題発生箇所の発見と対応策の検討
- (5) 仕事の単位、情報の流れの再構成  
(BOTTOM-UP合成)
- (6) システム化対象部分の決定

### 2、仕様化

- (1) コンテキスト図の作成  
システムの入出力の定義
- (2) レベル0 DFDの作成  
主要な事象の認識。  
対応するプロセスとその接続関係の定義
- (3) プロセスの詳細化 (データ辞書の活用)  
データの分解によるプロセスの詳細化
- (4) データベースの設計  
データストアの一元定義
- (5) システム構成の検討

### 3、構造図の作成

- (1) トランザクション分析  
レベル0 DFDをトランザクション  
ごとに分解する
- (2) 変換分析  
分割されたDFDごとに中央変換を  
決定する
- (3) 構造図の品質の改善  
品質基準 (凝縮度、結合度) を利用して  
変更による波及効果を最小にする

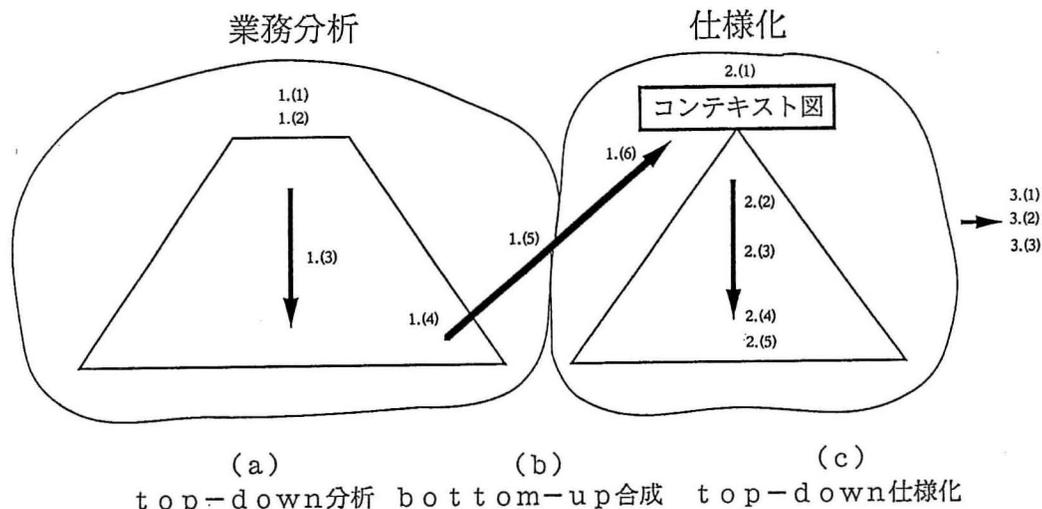


図 1: 分析・仕様化の手段

### 3 関連業務部門の列挙と部門間の情報のながれの分析（組立工場全体の説明）

生産計画立案に関わる人々に業務内容についてのインタビューをおこない、次のような結果を得た。図 2 をもとに落水製作所の仕事の流れを説明する。

#### 3.1 生産管理に關係する業務のながれ（概要）

建設機械は車両の大小、用途の違いにより、様々な種類がある。これにより生産方式も異なる。この工場では約 100 機種を月あたり 3000 台程度組み立てているが、このうち機種<sup>1</sup>を大型機種と小型機種にわけ、それぞれ大型と小型の 2 本のラインで組み立てをおこなっている。大型ラインでは 10 機種、500 台を、小型ラインでは 90 機種、2500 台を生産している。

組立工場の業務のながれは以下のとおりである。

- 注文の受領および計画立案
- 部品発注および管理
- 製品組立および出荷管理

それぞれについて仕事の概要を説明する。

<sup>1</sup>機種と機番の關係：機番は、搭載計画が作成されたときに決められる機種ごとの「製造ナンバー」である。この番号は同一機種についてシーケンスにとられ、番号がとぶことはない。機番により製品の特定ができる。搭載順に対して同一機種の機番が逆転することはない。

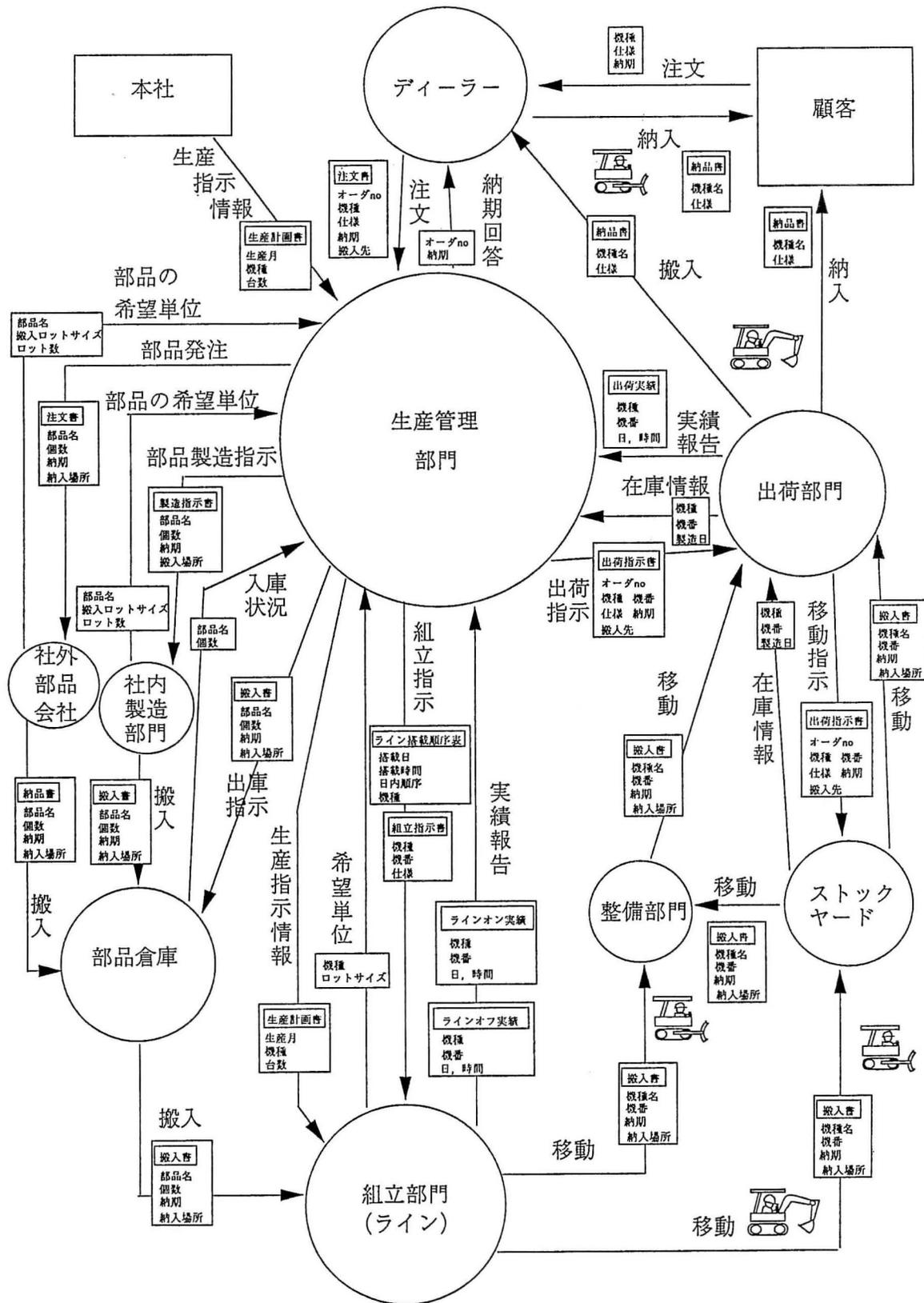


図 2: 組立工場説明図

### (1) 注文の受領および計画立案 (図2、上部)

ディーラー(販売店)は顧客から注文を受け、これを組立工場の生産管理部門に「注文書」として渡す。生産管理部門は、この「注文書」および、本社から月に一度送られてくる「生産計画書」をもとに組立計画をたて、工場内の生産活動を管理、運営する。

### (2) 部品発注および管理 (図2、左下部)

組立工場は、製品を組み立てるためにまず、部品を仕入れる。部品は、生産管理部門の計画に従い、社内の部品製造部門か社外の部品会社で製作され、工場内の部品倉庫に保管される。

### (3) 製品組立および出荷管理 (図2、右下部)

工場内組立部門は、生産管理部門の指示に従い、部品倉庫から部品を搬入し、組立計画の通りの順序で製品を組み立てる。組み立てられた製品は整備部門で整備され、出荷部門から指示された納入先に向けて出荷される。注文がきていない製品や、納期に余裕がある製品は一旦、ストックヤードに保管される。

## 3.2 主要な業務

上記のような仕事のながれの中で、主要な仕事は以下の各部門でおこなわれている。

### ・生産管理部門

生産管理部門は、注文状況や、本社からの生産計画情報をもとに組立計画をたて、社内の部品製造部門や、部品会社へ部品を注文し、部品倉庫の入出庫管理をおこなう。また、組立部門、出荷部門にそれぞれ組立指示、出荷指示を出し、進捗管理をおこなう。ディーラーへは注文に対する納期回答をする。

### ・部品倉庫

部品倉庫は、生産管理部門の指示により部品を組立ラインや整備部門に出庫する。また整備部門からは、改造に伴う取り外し部品のうち再利用可能な部品が、部品倉庫に戻されてくることがある。倉庫内は部品ごとに保管スペースがおかれ、同一部品をかためて保管している。同一部品が保管スペースを越える場合は、その他の別のスペースを借りて、あふれた分を保管する。

### ・組立部門(ライン)

組立部門は、ラインとよばれる一本の道で製品を組み立てている(図3)。ここでは、ラインに沿って部品ごとの作業場(SHOP)があり、それぞれの場所で専門の部品を組み付け、ラインを降りる時に製品が完成する様になっている。製品レベルの作業進捗状況は、ラインで組み立てが始まる時点と、ラインを降りる時点でそれぞれ「ラインオン実績」、「ラインオフ実績」として管理される。各SHOPでは、機種の違いによる対象部品の違いはあるが大体、同一部位の部品を扱う。SHOPの製品一台あたりの作業時間は、ラインの速度により決まるが、SHOPごとには大きな違いはなく一律と考えてよい。SHOPで組み付けをおこなう部品は、それぞれのSHOPごとの搬入場所に運ばれ、製品の搭載順序に従ってSHOP内のベルトコンベアに並べられる。

### ・整備部門

整備には部品変更を伴うものと伴わないものがある。「ライン搭載中にオーダが振り当てられ、部品変更が発生したもの」、「ストックヤードの在庫車両にオーダが振り当てられ、部品変更が発生したもの」は

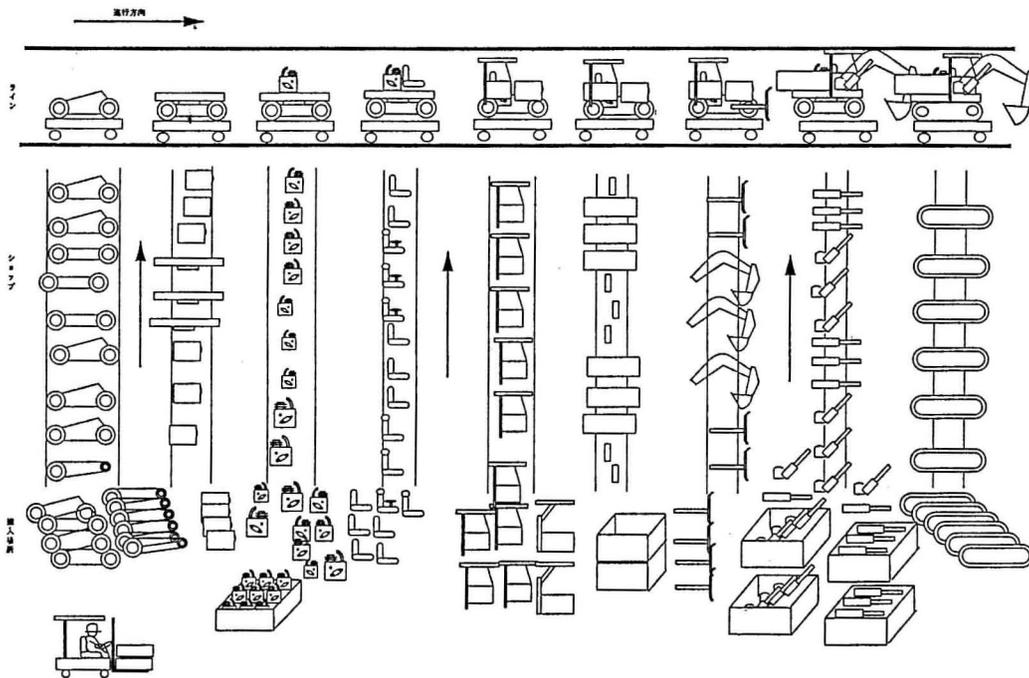


図 3: 組立ライン説明図

整備部門で部品の付け換え作業をおこなう。部品変更を伴わない場合の作業は動作チェック、塗装、装備品のセット等である。また、ストックヤードでの待機期間によって、車体洗浄や精密点検をおこなうことがある。また、整備車両が多い場合に、一旦、ストックヤードで車両を待機させることがある。

・ストックヤード

ストックヤードは、出荷までの間の製品の保管場所である。ここには、約2000台分の駐車スペースがある。製品ごとにまとめて保管するようにしているが、目的の製品を探すのには苦勞する。駐車場所によっては、一台の移動のために何台も移動しなければならないこともある。

・出荷部門

出荷部門は生産管理部門の指示を受け、決められた日に決められた製品を出荷する。またストックヤードの在庫状況を生産管理部門に報告する。

4 生産管理部門業務内容の詳細分析

4.1 生産管理部門内の業務のながれ

次に生産管理部門の業務を説明する。生産管理部門の主要な業務は以下のとおりである。

- 生産計画立案
- 注文の受領
- 部品発注および管理

- 組立管理および出荷管理

ここで、「生産計画立案」は組立担当、「注文の受領」は出荷担当、「部品発注および管理」と「組立管理および出荷管理」は機種担当が、それぞれ業務を担当している。各担当間の情報のながれを分析した結果を図4<sup>2</sup>に示す。以下、生産管理部門の主要な業務を図4をもとにして説明する。

- ・ 生産計画立案

一月あたりの生産台数は、あらかじめ本社の生産会議により前月々初に決定され、それがFAXにより、組立工場に伝えられる。組立工場では、この「生産台数」と各地ディーラー（販売店）からその時点に届いている「注文書」（図5）<sup>3</sup>をもとにして作成された注文状況を参考にして、ライン搭載順序計画（図6）を立案する。搭載日が決定するとその日の内にライン搭載順序表および組立指示書を工場内の組立ラインに送り、部品会社に部品の注文書をFAXで連絡する。このライン搭載順序計画に注文書を振り当て、詳細仕様が確定する。

組立ライン管理者は生産管理部門組立担当が立案した搭載順序案の搭載順序を見て、搭載順位の変更依頼をすることがある。このときのチェックポイントは

- 搭載順による、SHOPごとの段取り変え作業の数
- 部品倉庫からの部品搬入回数
- 一日あたりのSHOPごとの作業負荷のかたより

である。ライン搭載計画は出荷担当にも送られる。出荷担当は、組立担当に対して搭載日の変更や日内搭載順序の変更を依頼することがある。組立担当は、この要求にもとずき搭載順序を変更する。これらの変更には、部品の在庫状況、在庫計画を機種担当に確認した上でおこなっている。また組立ライン管理者にも確認をとる。

- ・ 注文の受領

オーダーの受領は生産管理部門出荷担当がおこなう。オーダーは毎日、全国のディーラーから送られてくる。出荷担当は「ライン搭載順序表」、「在庫状況」をみてオーダーを振り当てる。組み立て前の機種にオーダーを振り当てた場合は、ライン搭載計画日をもとに納入日を回答し、在庫車に振り当てた時には整備の要不要を検討した上で納入日を決定、回答する。

出荷担当がおこなうオーダーの振り当ては基本的にはいつでも可能であるが、ライン搭載中や直前に振り当てをおこない、そのオーダーにより部品変更が発生した場合、ラインSHOPの部品準備に混乱が生じる。このため出荷担当と組立ライン、整備部門との間で「ライン搭載の3日前以降に振り当てをおこなった場合、一旦、もとの仕様のまま組み立て、整備部門で部品の付け換えをおこなう。」という取り決めをしている。出荷担当は、部品の付け換え処理が発生しない場合、自ら出荷指示書を発行することがある。

- ・ 部品発注および管理

建設機械は製品形態が機種によりかなり異なるので、機種個々の管理および部品管理はそれぞれの機種に精通した生産管理部門機種担当がおこなう。機種担当はライン搭載順序表、および部品倉庫の在庫状況を

<sup>2</sup>このうち組立担当の仕事は、特定時期に集中した作業となるので、これについては機種担当の一人が組立担当業務を兼務している。

<sup>3</sup>図5において仕様とは、顧客からその機種への細かい指定である。そのため同じ機種でも様々なバリエーションがあり、標準製品と比べてあらたに必要な部品や、不要になる部品が存在する。注文書にはこれらの部品が標準に対するプラスもしくは、マイナス部品として記述される。その仕様によっては「都市型低騒音車両」のようにラインの複数のSHOPで特殊な部品の装着を要するものもあれば、「韓国向けハンダル文字操作パネル」のように、スタンダード車両に対する工作作業をほとんど要しないものもある。

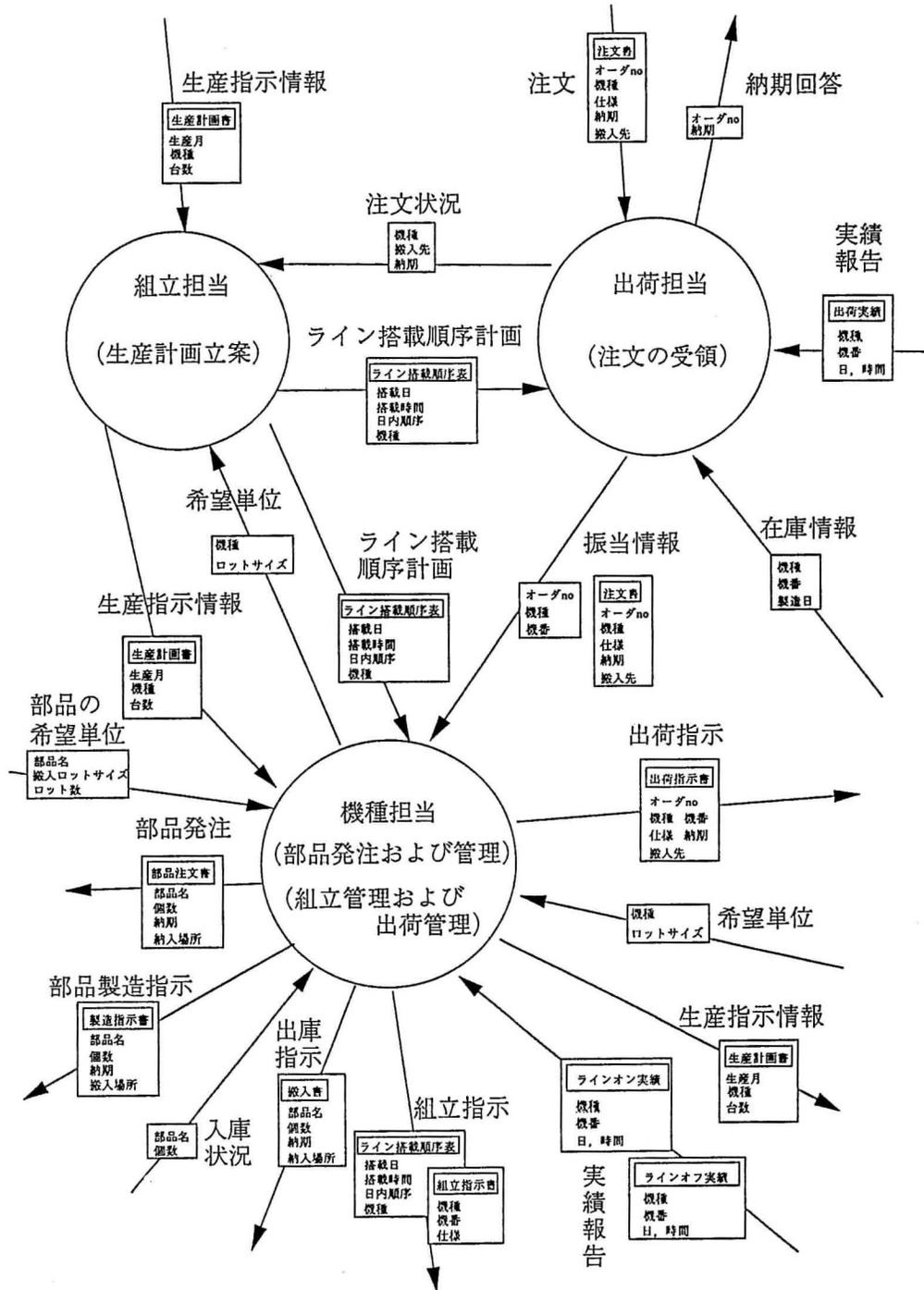


図 4: 生産管理部門の分析

検討し、必要があれば部品の手配をおこなう。部品が社内で製造しているものなら「製造指示書」を、社外、協力企業、関係会社で製造しているなら「注文書」を送る。搬入単位は相手先の要望を聞き、できるだけお互いに都合のいい数量（図2における搬入ロットサイズ）になるよう、検討している。実績は部品倉庫から届く入庫状況で知る。

#### ・組立管理および出荷管理

組立ラインへの組み立て指示は機種担当がおこなう。組立ラインへはライン搭載順序表と組立指示書を送る。ライン内作業者は搭載順序で全体の段取りを確認し、組立指示書で一台ごとの作業内容を知る。ライン進捗管理は組立担当がおこなうのが本来の姿なのだが、現実には機種担当が行っている。進捗状況は生産管理部門をはじめとする工場内各部門でオンラインシステムによりリアルタイムに知ることができる。出荷担当は納入日に影響がある様ならば、ディーラーに報告する。また、オーダの振り当て先を変更することで対処することもある。

出荷部門への出荷指示は機種担当がおこなう。機種担当は、出荷担当が振り当てたオーダをもとに出荷指示書を作成し、出荷部門に送る。出荷実績は、出荷部門から出荷担当にライン進捗同様、オンラインで送られる。出荷担当は進捗に遅れがあれば、ディーラーに報告する。

機種担当は、自分の業務を遂行するために、担当機種に関する部品構成情報を持っている。これにより「機種ごとの部品構成情報」が検索できる。機種担当は出荷担当からもらった振り当て情報と「機種ごとの部品構成情報」により機番ごとの必要部品を知る。（振り当てされていない機番の構成部品は、すべて標準品なので、「機種ごとの部品構成情報」をそのまま用いることができる。振り当てされた機番には上記の手順で部品情報を得る。ライン搭載直前に振り当てがおこなわれ、ラインへの部品搬入ができない場合やストックヤードの在庫車への振り当ての場合は整備部門で改造する。在庫車の仕様と注文の仕様が同じ場合は部品手配があらたにおこなわれることはない。）

注文書

|    |    |
|----|----|
| 担当 | 担当 |
|    |    |

オークNO. : mc12893 機種名 : b120      注文店 : 関東販売 (株)      注文店コード : c156  
 搬入先 : 関東販売 (株)      搬入先コード : c156  
 希望納期 : 9月6日      顧客名 : xx建設 (株)

---

|                         |                           |
|-------------------------|---------------------------|
| (装着部品情報)                | (脱着部品情報)                  |
| 仕様      部品コード           | 仕様      部品コード             |
| 履帯 : 幅広三角      r130     | 履帯 : 標準履帯      r100       |
| 運転席 : パケットシート      db01 | 運転席 : スタンダードシート      d100 |
| 空調 : 冷暖房      aw02      | 空調 : クーラー      a101       |
| その他 : 作業服      we01     |                           |
| 日本語マニュアル      mnj1      |                           |

図 5: 注文書

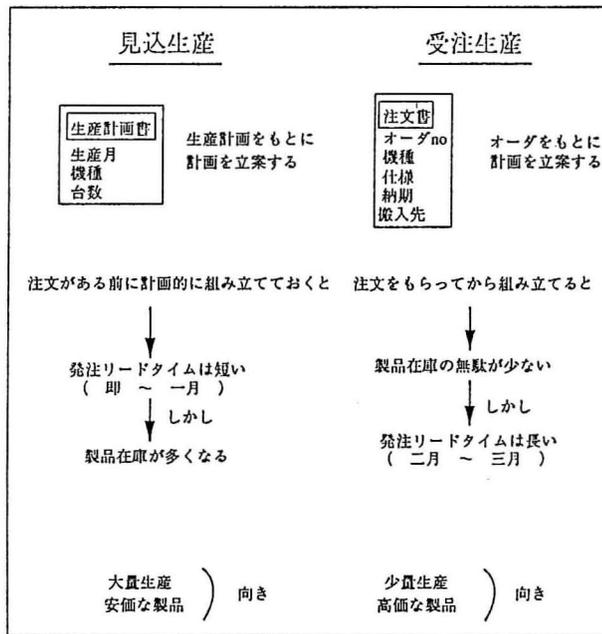
組立ライン搭載順序表 9月度 小型ライン

| ラインオン時間     | 機種名   | 機番    | オークNO.  | 完成日   | 出荷日   | 納期    | 状況        |
|-------------|-------|-------|---------|-------|-------|-------|-----------|
| 09/01 08:00 | p1005 | 10885 | ma23450 | 09/01 | 09/02 | 09/03 | オーク振り当て済み |
| 09/01 08:05 | p1005 | 10886 | ma23451 | 09/01 | 09/02 | 09/03 | オーク振り当て済み |
| 09/01 08:10 | p1005 | 10887 |         | 09/01 |       |       |           |
| 09/01 08:15 | b120  | 12034 | mc12893 | 09/01 | 09/07 | 09/09 | オーク振り当て済み |
| 09/01 08:20 | b120  | 12035 | mc12894 | 09/01 | 09/02 | 09/03 | オーク振り当て済み |
| 09/01 08:25 | b120  | 12036 | me43583 | 09/01 | 09/02 | 09/03 | オーク振り当て済み |
| 09/01 08:30 | b120  | 12037 |         | 09/01 |       |       |           |
| 09/01 08:35 | w100  | 07382 | wa10836 | 09/01 | 09/02 | 09/03 | オーク振り当て済み |
| 09/01 08:40 | p30c  | 10931 | wa10830 | 09/01 | 09/02 | 09/03 | オーク振り当て済み |
| 09/01 08:45 | p30c  | 10932 | wa10831 | 09/01 | 09/02 | 09/03 | オーク振り当て済み |
| 09/01 08:50 | p30c  | 10933 | wa10832 | 09/01 | 09/02 | 09/03 | オーク振り当て済み |
| 09/01 08:55 | b130  | 08277 |         | 09/01 |       |       |           |
| 09/01 09:00 | b130  | 08278 |         | 09/01 |       |       |           |
| 09/01 09:05 | b130  | 08279 |         | 09/01 |       |       |           |

図 6: 組立ライン搭載順序表

4.2 小型／大型ラインの生産方式の特徴

生産方式は小型ラインで「見込生産」、大型ラインで「受注生産」とそれぞれ異なっている。(図7)



\*発注リードタイム：機種が注文されてから客先に届くまで

図 7: 見込生産と受注生産

・小型ラインの生産方式（見込生産：小ロット生産）

小型機種は大型機種と比べて比較的安価で台数が多いため、あらかじめ需要を予測してライン組み立てをおこなっている。小型ラインに対しての生産管理課の業務は、

1. 生産計画の受領
2. 搭載計画の立案および伝達
3. オーダ（注文書）の受領および納期回答<sup>4</sup>
4. 部品部門への生産指示および実績管理
5. 組立ラインへの組立指示および進捗管理
6. 出荷部門への出荷指示および実績管理

である。小型ラインの場合の搭載順序は、3～10台の小ロットを月内に均等に配置する様にしている。これはすべての機種を、月中にコンスタントに生産するためである。この3～10台のロットサイズは各関連部門の要求から機種ごとに決定される。ただし月によって計画台数が増減したり、頻りに設計変更が行なわれるので、ロットサイズの決定は月ごとに行なっている。生産管理部門の機種担当は、本社から計画が届いた次の日に生産台数の資料をもって自転車で工場内を回り、組立ラインと協議の上、ロットサイズを決定している。立案されたライン搭載順序表は機種担当、出荷担当および本社に送られる。機種担当はこれを「部品発注」、および「ラインへの組立指示」に使い、出荷担当は「オーダーの振り当て」に使う。

<sup>4</sup> ビューな見込み生産では行わない。

### ・大型ラインの生産方式（受注生産：大ロット生産）

大型機種は高価であり、販売台数もあまり多くないうえ、納期も長いので、ある程度顧客から注文を受けてから部品を準備し、同一種類ごとにまとめてラインの組み立てをおこなっている。大型ラインに対しての生産管理部門の業務は、

1. オーダ（注文書）の受領
2. 搭載計画の立案および伝達<sup>5</sup>
3. オーダの振り当ておよび納期回答
4. 部品部門への生産指示および実績管理
5. 組立ラインへの組み立て指示および進捗管理
6. 出荷部門への出荷指示および実績管理

である。

大型機種のオーダは大体、生産月（納期）の二月程前に送られてくる。ライン搭載計画を立案する時点では、ほぼ注文が届いていることになるが、少数の飛び込み注文に答えるために生産台数は本社の生産指示に従う。納期回答はオーダ振り当て後におこなう。

大型ラインでは機種が変わることによる作業手順の変化や、工具等の段取り変え作業が大きいので、同一機種をできるだけ連続して組み立てる様、搭載順序を考える。ロットサイズは小型ラインと違って決まっておらず、納期や部品生産を考慮して、台数を1～3回に分割してロット数としている。ロットサイズの決定は月ごとにおこなっている。生産管理部門の機種担当は、本社から計画が届いた次の日に生産台数の資料をもって自転車で工場内を回り、組立ラインと協議の上、ロットサイズを決定している。決定されたライン搭載順序表は機種担当、出荷担当および本社に送られる。機種担当はこれを「部品発注」、および「ラインへの組立指示」に使い、出荷担当は「オーダの振り当て」に使う。

出荷担当は「搭載順序表」、「在庫状況」をみてオーダを振り当てる。組み立て前の機種にオーダを振り当てた場合は、ライン搭載計画日をもとに納入日を回答し、在庫車に振り当てた時には整備の要不要を検討した上で納入日を決定、回答する。

### 4.3 生産管理部門業務に対するデータフロー図

以上の分析結果から、生産管理部門の業務をデータフロー図で表現する（図8）。生産管理部門には、生産計画立案を行なう組立担当、注文の受領を行なう出荷担当、製品の組立管理および出荷管理と部品に発注と管理を行なう機種担当の3つがある。

まず月に一度本社からFAXで生産計画書が送られてくるので、これを組立担当が受領する。またこれとは別に随時のタイミングで、ディーラから送られてくる注文書は出荷担当が受領する。機種担当の方では、組立担当からの生産計画書に基づき、組立ラインとロットサイズを協議し、ロットサイズの決定を行なう。

組立担当では、このロットサイズと生産計画書とそれまでに受領されている注文書の内容をもとに搭載順序案を作成する。この搭載順序案は組立ラインに確認を取り、「否」の答えが返ってきた場合には、また搭載順序案の練りなおしを行なう。案に対して「可」の返答を受けると、正式な搭載順序表を発行し、本社、出荷担当、機種担当にそれぞれ配布する。

出荷担当の方では、この搭載順序表をもとに、オーダの振り当て処理を行なう訳であるが、ここで注文書の納期と搭載順序表の搭載日を照合し、納期が間に合わない場合には、組立担当に搭載順序の変更依頼を行なう。これを受けて組立担当は、機種担当に部品の在庫状況と部品の入庫計画を確認の上、搭載順序の変更案を作成する。この案は前と同じように、組立ラインに確認が取られる。この搭載順序変更依頼の情報

<sup>5</sup> ビュアな受注生産では行わない。

にある日内搭載順序の変更の例としては、タンカーなどで製品を海外へ搬出する際に、タンカーの出帆時刻にあわせたりするためなどがある。

オーダーの振り当て処理に戻る。たとえば、出荷部門からのストックヤードの在庫状況を参照しながら、もし注文に該当する在庫車があり、仕様をなおす必要もない場合には、出荷担当自ら、出荷指示書を作成し、出荷部門に出荷指示を行なうことがある。通常の処理としては、搭載順序表に基づき、オーダーの振り当てを行ない、この情報を機種担当に送る。

また出荷担当は組立ラインからのラインオン、ラインオフ実績と出荷部門からの出荷実績をもとに進捗チェックを行ない、進捗状況をディーラに報告する。この進捗状況は、オーダーの振り当て処理に反映される。以上が出荷担当のおおまかな仕事の内容である。

最後に機種担当であるが、まず組立担当からの搭載順序表をもとに、組立ラインに組立指示を行ない、組立指示書と搭載順序表を送る。またこの組み立てに必要な部品の発注管理も行なう。部品倉庫から得た部品在庫情報をもとに、部品の在庫数を確認し、足りない場合は発注する。この時、部品が自社以外のものであれば、部品会社へ注文し、自社で製造しているものであれば、社内製造部門に対して製造指示書を出す。どちらの場合も相手側の部品の搬入希望単位を確認した上で、発注単位を決定する。発注された部品は、部品会社もしくは社内製造部門から部品倉庫の方へ、納品されるが、この納品実績については部品倉庫から機種担当への部品入庫状況で確認する。そこで組立ラインで、実際部品が必要となるころあいを見計らって、部品倉庫に部品の出庫指示を行なう。そして製品が仕上がると、出荷担当からのオーダーの振り当て情報をもとに、仕様部分の確認をしながら、出荷指示書を作成し出荷部門に送る。

以上が生産管理部門のおおまかな流れである。

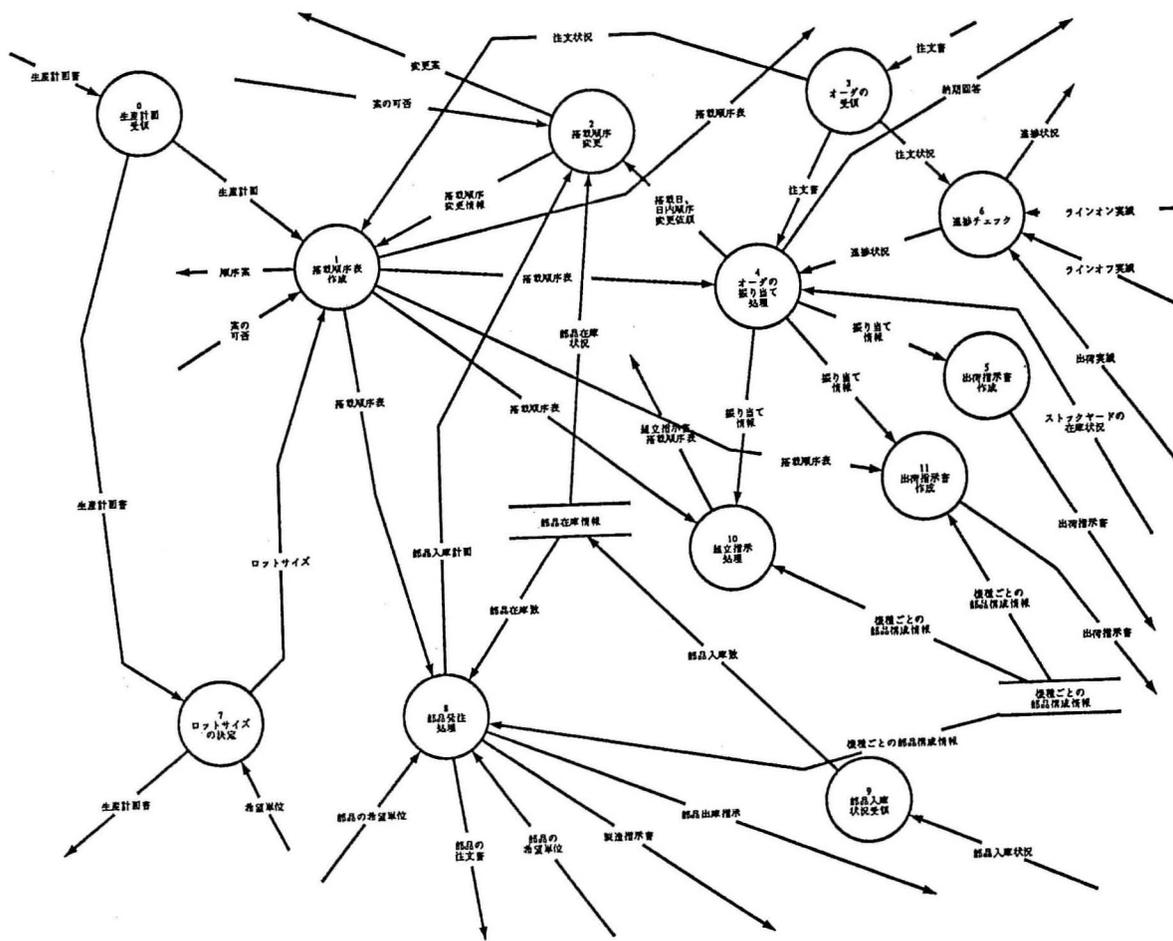


図 8: 生産管理部門の業務分析

### 5 組立担当の業務内容の詳細分析

組立担当は小型ライン、大型ラインそれぞれに搭載順序を立案するが、立案方法は詳細なところで異なる。また、この作業は月初めに集中していきがしい作業となっている。ライン進捗管理については、すでにオンラインシステムが存在し、それによって各機種担当のチェックでカバーされている。工場としては、この組立担当の作業をコンピュータシステムでカバーすることで、作業負荷の低減を図りたい。そこで組立担当のライン搭載順序立案作業について詳しく調査した。

#### 5.1 小型ラインの搭載計画の立案

現行の小型ラインの搭載計画の立案手順は生産管理部門の組立担当が電卓を用いて、本社から計画が届いた翌々日に以下の通りに行なっている。

- 組立担当者は各機種担当からロットサイズを教えてもらい、本社で決定された各機種の生産台数からロット数を計算する。(各機種の生産台数 / 各機種のロットサイズ = 機種のロット数)
- 各機種のロット数を合計し、全体のロット数とする。(Σ各機種のロット数 = 全体のロット数)
- 全体のロット数と各機種のロット数から各機種のロットピッチを求める。(全体のロット数 / 各機種のロット数 = 機種のロットピッチ)
- このロットピッチごとに機種を配置して、搭載順序としている。
- 搭載日を決定する。搭載日は月当たりの生産台数を稼働日数<sup>6</sup>で割って決める。

小型ラインのライン搭載計画立案の実例を図9に示す。

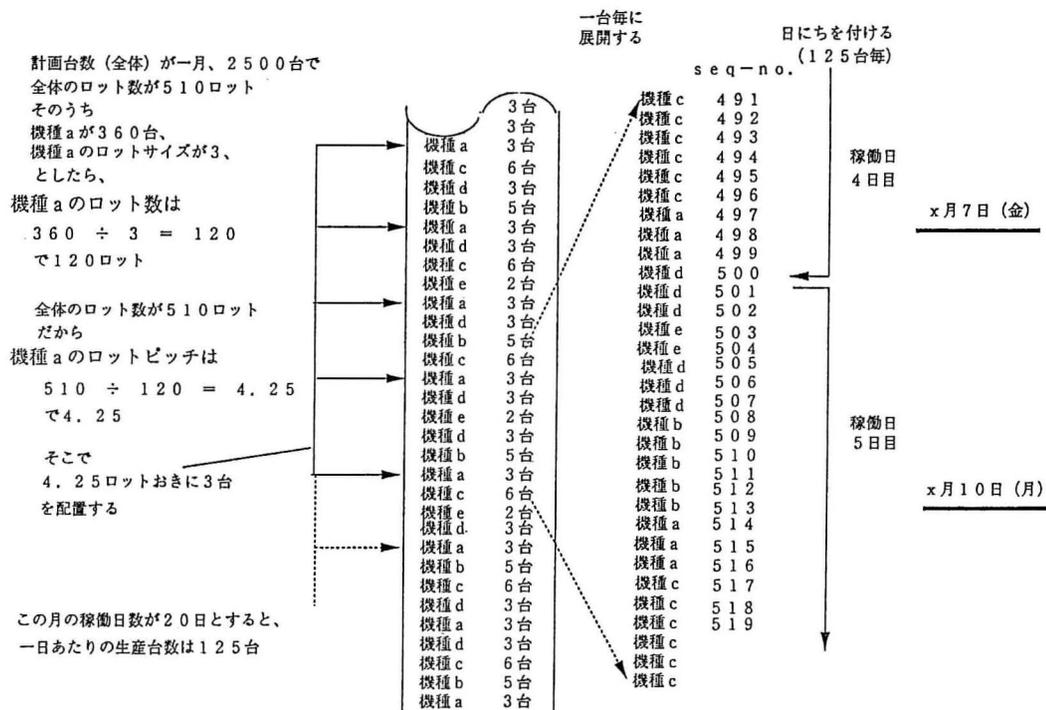


図9: 小型ラインのライン搭載計画立案の実例

<sup>6</sup>工場カレンダーからもとめる。工場カレンダーは、ライン搭載順序計画を立てる際に参考にする、工場のライン稼働日を記述したファイル。稼働日の決定は毎年、年末に翌年の1年分を決定し、一度決まった後は変更されることはない。ライン稼働時間は、月に一度、ライン搭載順序計画を立てる際に、組立担当が決定する。

小型ラインでは、搭載順序および搭載日が計算されたこの時点で、注文書のチェックをおこなっている。注文が比較的早く届いているような機種や、めったに生産されないような機種に注文が入っていたりすると、納期に間にあわない計画となっていることがある。このようなとき組立担当は、その注文を含むロットを早く組む様、修正している。計算された搭載順序表を組み立てラインにFAXで送り、都度、電話で了解をとる。了解が得られれば、正式な搭載順序表を組立ラインと本社に通達する。

ここで問題となるのが注文書との兼ね合いである。注文書は毎日、全国のディーラーから、生産管理部門の出荷担当宛にFAXで送られてくる(図5参照)。納期はさまざまであるが、大体、「一月後」といったところである。ただし、顧客からの確定注文の他、ディーラーがリードタイム短縮のため、あらかじめ予約を行なうことがある。「何日にこの機種を何台納入してくれ」といった形式で、工場に予約しておき、顧客からその機種の注文を受けとった時に正式注文にすり替える。これにより、短納期で製品を納入することができる。出荷担当者(注文書係)は、組立担当が立案した搭載順序表を見て、予約日にちょうど間にあうくらいに搭載日を設定する様、変更依頼をすることがある。組立担当はこの変更依頼にもとずき、搭載計画を手作業で修正する。

## 5.2 大型ラインの搭載計画の立案

大型ラインの搭載計画の立案手順は以下のとおりである。

- 注文書を機種ごと、仕様ごとに分類し、これを希望納期の順に並べる。  
(同じ仕様、納期の場合は仕向地ごとにまとめる。)
- 並べられた注文書を機種担当から送られたロットサイズを越えない台数ごとに分割する。このとき一ロット内の仕様や納期、仕向地などができるだけ同じになるようにする。約20~30台ごとになるのが望ましい。つまり一日ごとに組立をおこなう製品が同一になるようにする。(これにより部品搬入が一日に一度、同じ物をまとめて行える。また組立ライン内の作業者の段取り替え作業も一日に一度でよいことになる。しかし、実際は生産台数や仕様の関係から一日、2ロット程度、一ロットあたり10~15台くらいになる場合が多い。)台数が少ないロットには生産計画台数の分を補って、同一機種の他のロットと同じくらいの台数にする。
- このロット群を機種が一月内に均等に配置される様、並べ直す。このときの振り当て優先機種はロット数がもっとも大きいものから、とする。
- 搭載日を決定する。搭載日は月当たりの生産台数を稼働日数で割って決める。

大型ラインのライン搭載計画立案の実例を図10に示す。

大型ラインと小型ラインでロットサイズが異なる理由は以下の通りである。

大型ラインの機種の場合、部品サイズが大きいため、ラインの部品搬入場所に蓄えられる部品の数に限りがあ。また小型ラインの部品が搬入箱を横に並べておいて自由に部品を取り出せるのに対し、大型ラインの部品は先に搬入した部品ほど一番奥もしくは下になり、これを取り出そうとすると、あとから搬入した部品を移動させなければならない。このため大型ラインではロットがはけるまで新たなロットの部品を搬入することはない。

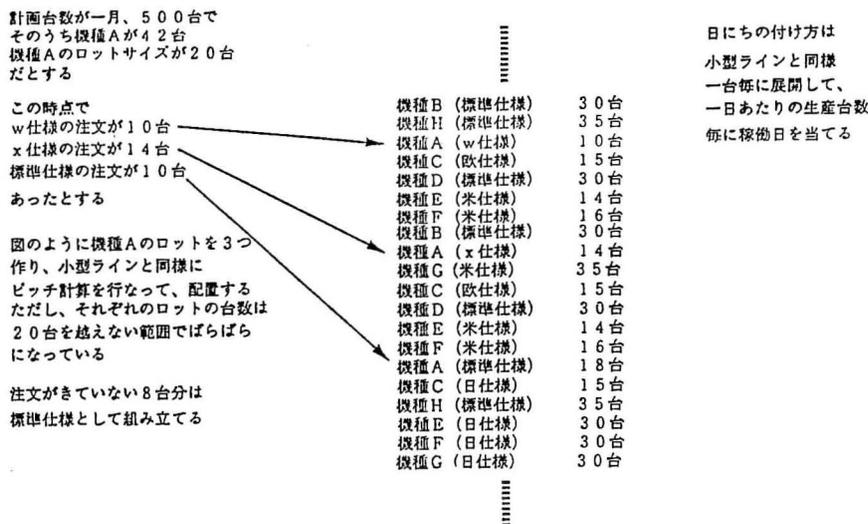


図 10: 大型ラインのライン搭載計画立案の実例

### 5.3 搭載日変更の手順

出荷担当は、組立担当に対して搭載日の変更を依頼することがある。組立担当は、この要求にもとずき搭載順序を変更する。この時、ラインによって変更方法は変わる。小型ラインでは、ロットサイズを変えることなく特定の期間にロットを増やすことで対処し、大型ラインではロットサイズを変えて対処する。

・例) 小型機種の場合はロットの順番を変える。

当初の計画は、1日についてロットサイズ3台の機種を2ロット、つまり、1日あたり6台ずつの計画だったが、月のはじめの納期のオーダが集中した。この場合、機種担当は月の始めの週のロット数を2から4に変え、一日あたり12台の生産に変える。

・例) 大型機種の場合はロットの台数を変更する。

当初の計画は、5日に20台、12日に20台、20日に20台だったが、7日という納期で2台の緊急注文が入った。5日の20台に振り当てようにも、既に20台すべて振り当て済みである。納期を変更することもできない。この場合、組立担当はこの要求に答えるため5日の20台を22台に、12日の20台を18台に変更する。

これらの変更には、部品の在庫状況、在庫計画を機種担当に確認した上でおこなっている。また組立ライン管理者にも確認をとる。

### 5.4 組立担当業務のデータフロー図

組立担当の業務を分析し、データフロー図であらわした(図11)。組立担当は月に一度、本社から生産計画書をもらい、これを機種担当に渡してロットサイズを決めてもらう。そのロットサイズと生産台数、および出荷担当からもらう注文状況を考えてライン搭載順序を立案する。ただし、立案のプロセスは小型ラインと大型ラインで異なる。小型ラインではまず機種ごとのロットサイズから総ロット数を求め、ロットピッチを求める。このピッチごとにロットを配置し、搭載順序としている。大型ラインの場合は、まず注文書から仕様ごとに注文をまとめてロットとし、このロットをまとめて、機種ごとに均等配置して搭載順序としている。搭載日の決定は小型、大型、共に同様の手順でおこなう。次に計算結果を組立ライン管理者に渡し、チェックしてもらう。ここで問題がなければ、この搭載順序表を本社、出荷担当、機種担当、組立ラインにわたす。また、月中に出荷担当から搭載順序の変更(搭載日変更)を依頼されたときは、対象製品に対して順序の変更をおこなう。変更された搭載順序は初めの時と同様、本社、出荷担当、機種担当、組立ラインにわたす。

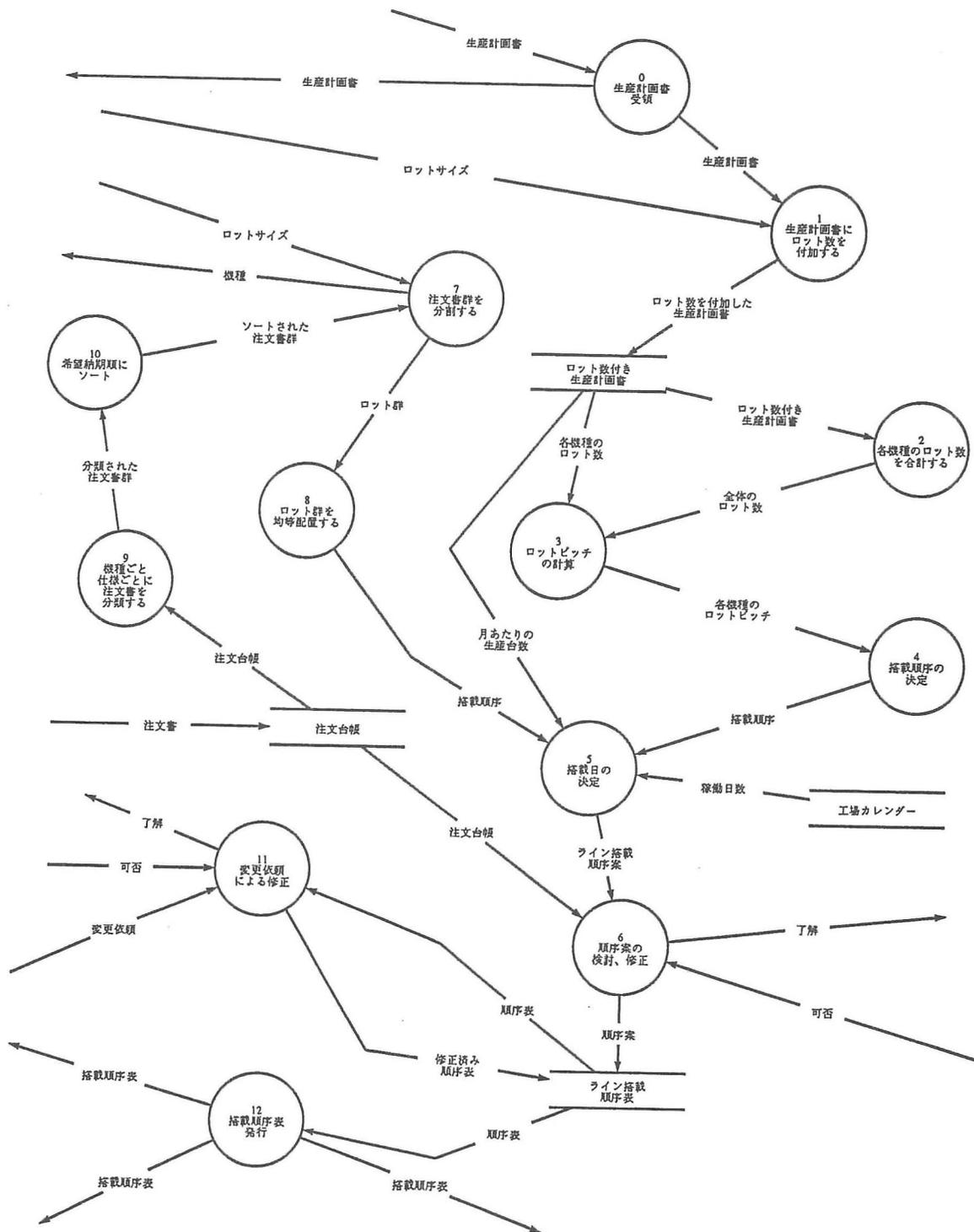


図 11: 組立担当の業務

## 6 問題発生箇所の発見と対応策の検討

### 問題点の認識

組立担当の業務は「ライン搭載順序の立案と修正」である。この作業は月初めに一度、集中しておこなわれる。作業負荷がこの時に集中しており、この作業のために他の作業（機種担当としての作業）がおろそかになっているものと思われる。計算は時間と手間がかかるが、下流作業（部品発注、納期回答）のためにはこの作業を迅速におこなわねばならない。

現状では組立担当が、本社からの生産台数のFAXを受領しているが、これは機種担当がロットサイズを決定するまで必要のない情報である。また、組立ラインまで搭載表を持って行ってチェックしてもらっているが、時間ももったいない。

システム化の問題は、二つのラインで搭載順序の計算方法が異なることである。入力も出力も同じ情報なので、できれば同一のシステムとしたい。どこまでプロセスを共有できるかが、設計の鍵となる。

## 7 システム化の方針の決定

### システム化の方針

システムはライン搭載順序の立案および修正をサポートするものにする。システム化することにより、組立担当の労力の低減と計算の正確さおよび時間短縮を図りたい。搭載順序は本社からくる生産台数と機種担当からのロットサイズにより計算されるが、小型ライン、大型ラインそれぞれで立案方法が微妙に異なる。その相違点を見極めてできるだけ共通化したものにしたい。出来上がった搭載順序は組立担当の「完了サイン」をもって各関係者に知らされるものとする<sup>7</sup>。

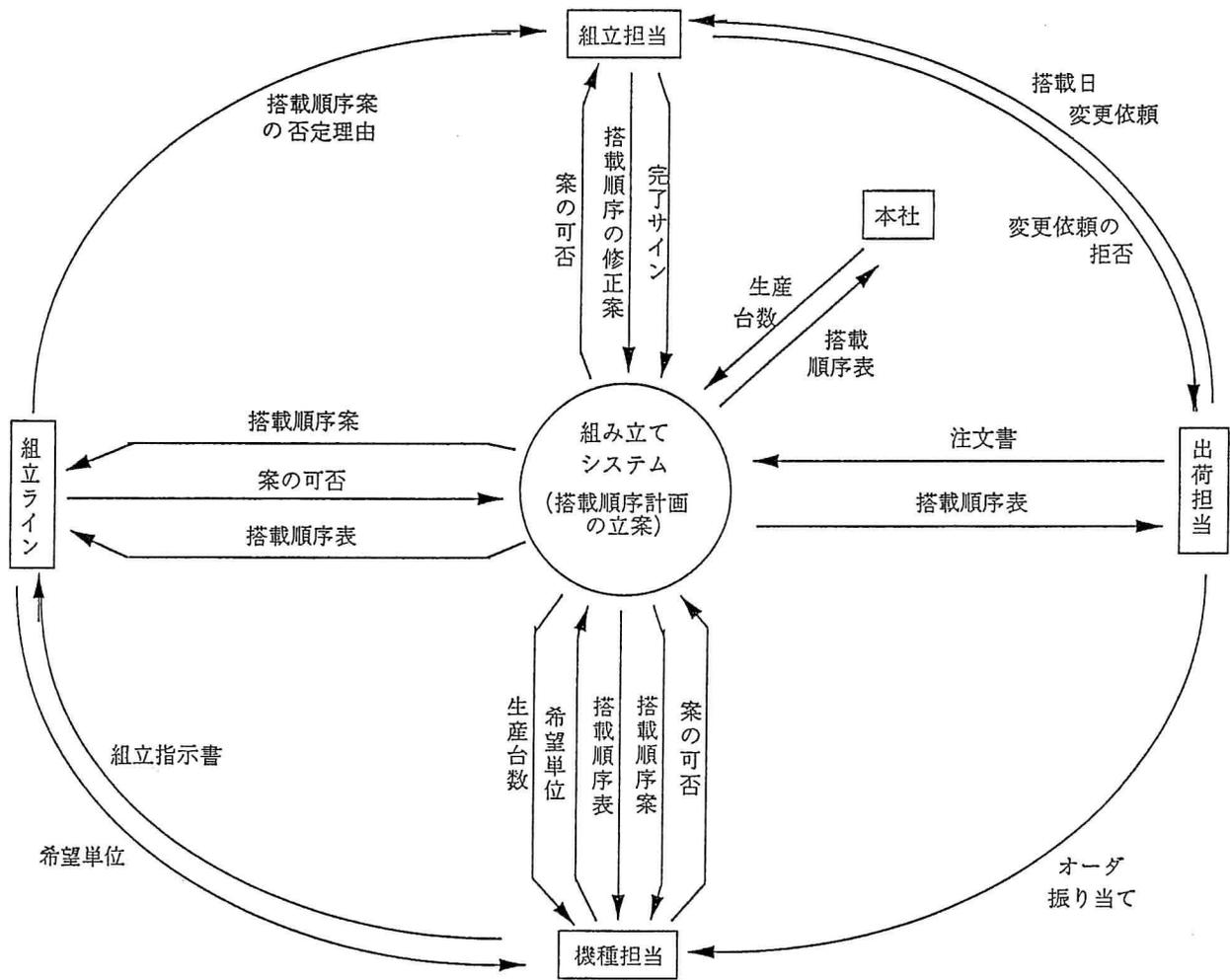


図 12: システム化の方針

<sup>7</sup>このシステムを実現するにあたり以下の制約がある。1、工場内の部品および製品の移動には搬入書が伴う。2、部門間の連絡は、規定用紙を用い、担当者および上司のハンコを必要とするものがある（注文書、製造指示書、組立指示書、出荷指示書、搬入書、納品書）。3、社内各部門はオンライン端末がととのえられており、システム構築にあたり、新たにハードウェア環境を整える必要はない。

## 8 構造化仕様の作成

### 8.1 コンテキスト図の作成

以上の方針により作成したコンテキスト図を図13に示す。このシステムと関係する部署は「組立担当」、「本社」、「出荷担当」、「機種担当」、「組立ライン」の5つである。生産計画台数の入力はおこなう。出荷担当は注文書を入力する。機種担当は希望単位および案の可否を入力する。組立ラインは案の可否のみを入力できる。これにより組立担当の作業は搭載順序表の正式版発行のGOサインと修正情報の入力だけとなる。

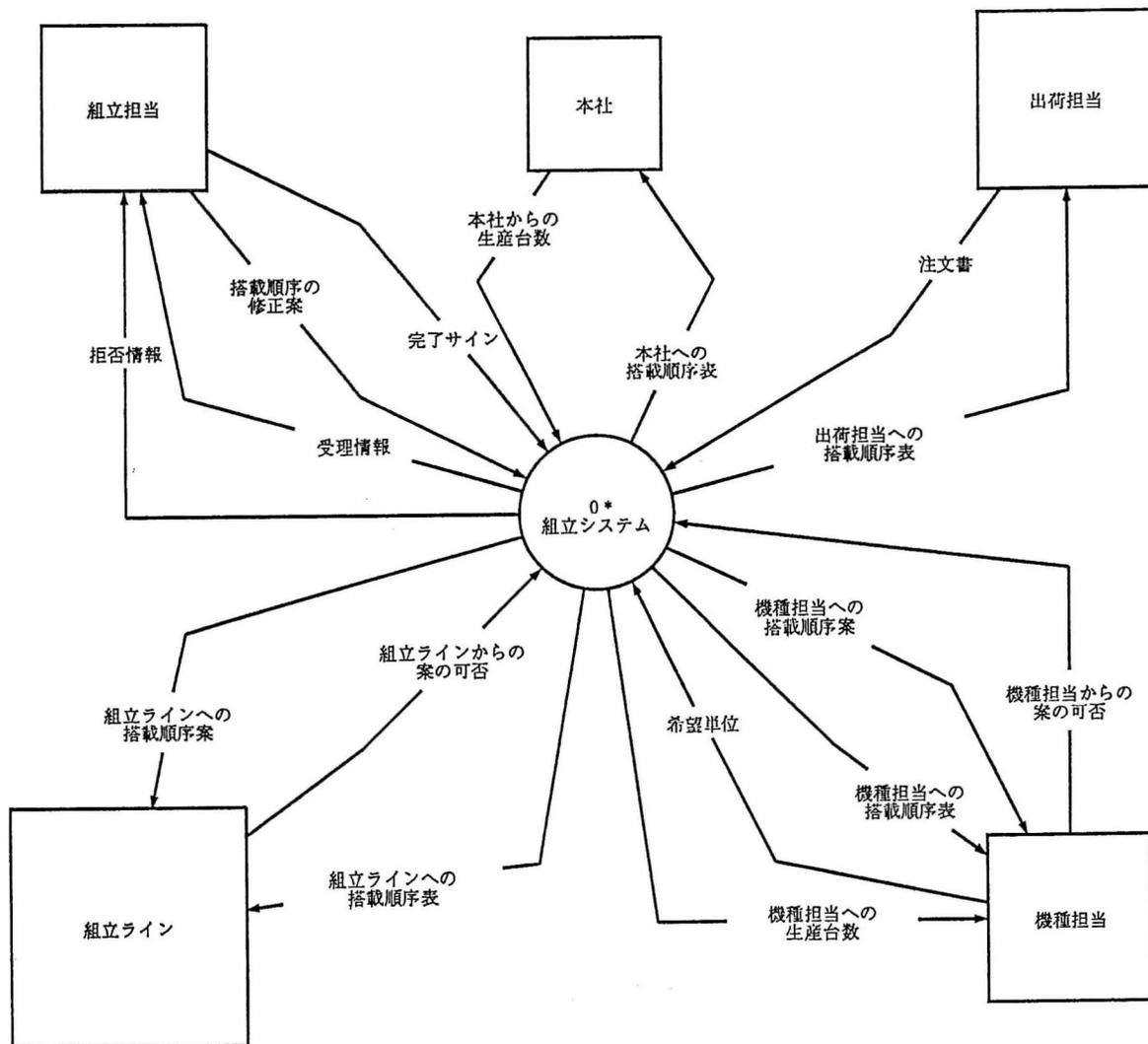


図 13: コンテキスト図

### 8.2 レベル0DFDの作成

レベル0DFDを作成するために、主要なタイミングをもつ入出力を図14にしたがって識別する。

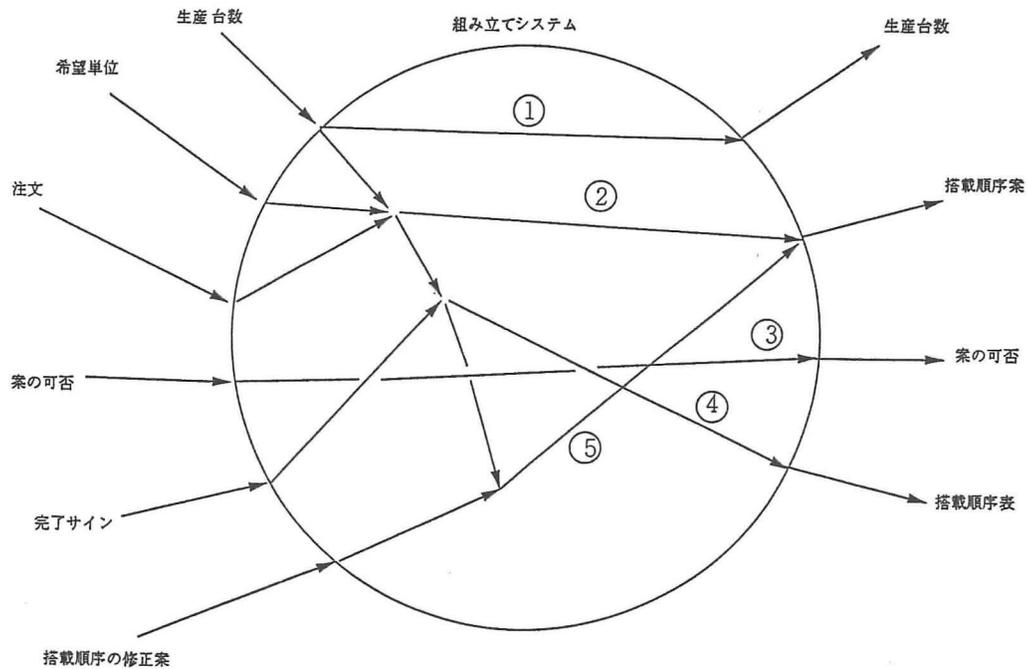


図 14: 主要な入出力

1. 「生産計画受領」本社から生産計画を受領し蓄える。
2. 「組立ライン搭載順序案の作成」生産管理部門機種担当はシステムから生産台数を得、機種ごとにロットサイズを入力する。システムはその時点の注文状況を加味し、搭載順序案を作成する。
3. 「搭載順序案の可否」組立ライン管理者はシステムから搭載順序案を得、その可否および否定理由をシステムに入力する。
4. 「搭載順序表の発行」生産管理部門組立担当はシステムから案の可否情報を得る。もし可ならば搭載順序表を正式通達する。不可ならば修正点を直し、正式版を作成する。
5. 「搭載順序の修正」生産管理部門組立担当は依頼にもとずき搭載順序の修正をシステムを用いておこなう。これは「搭載順序表の発行」のプロセスの修正方法と同様の手順でおこなう。

### 8.3 レベル0DFD

以上から作成した、レベル0DFDを説明する。まず生産台数をもとに、月毎の生産計画書を作成する。この生産計画書という名前はシステム化にあたり設定したデータストアに独自に付けた名前です。その項目としては、機種、機種ごとの生産台数とその機種のロットサイズがある。ロットサイズはこの時点では初期値の0で作成される。この生産計画書を機種毎に検索することによって、機種担当は自分の担当機種についてロットサイズをインプットしてゆく。そして生産計画書のロットサイズの項目に更新される。

また注文書をもとに、注文台帳を作成する。このデータストアの内容は、注文書の情報に受付日を付加したものである。

これら生産計画書、注文台帳の情報と工場カレンダーからの月ごとの稼働日の情報をもとに、搭載順序案を作成し、これを搭載順序というデータストアに出力している。この情報を搭載順序案という形でアウトプットし、組み立てラインへの確認に使用する。確認後、この案に対して可否が返ってくるわけであるが、これによって拒否情報と受理情報が出力されるので、組立担当がこれを参考にする。受理情報が返ってくると、組立担当の判断によって、完了サインがくだされ搭載順序表が発行される。拒否情報が返ってきた場合には、その情報をもとに組立担当によって搭載順序の修正案が作成される。また出荷担当から搭載順序の変更依頼を要請された場合も、同じように組立担当が修正案を作成し、直接搭載順序データストアに書き込みを行なう。

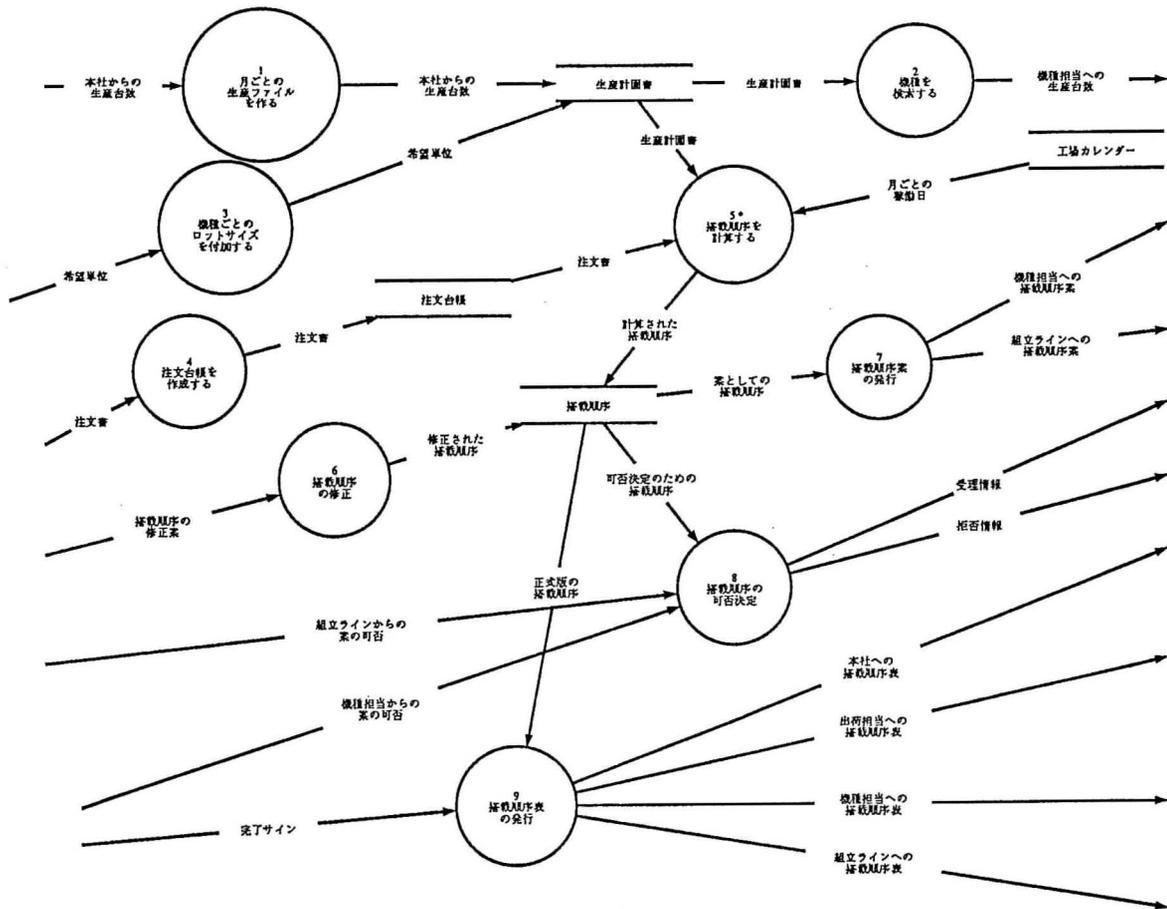


図 15: レベル 0 DFD

### 8.4 データ辞書の定義

コンテキスト図やデータフロー図について、プロセスを詳細化していくことにより情報の数が増えると、名称だけからその意味、構成をとらえ、管理することは困難になってくる。後の混乱を避けるためにも、ここで、表現しようとする情報それぞれについて名称、構造の定義をしておく。

表 2: データ辞書 (その1)

|  |
|--|
| <p>本社からの生産台数 (alias 月別生産台数情報、機種担当への生産台数) ::= 月 + 本社指示機種情報群 (機種 + 台数)</p> <p>月 (alias 生産月) ::= integer<br/>                 機種 ::= char<br/>                 台数 ::= integer</p> <p>生産計画書 ::= ( 月 + 生産機種情報群 (機種 + 台数 + ロットサイズ) )</p> <p>月 (alias 生産月) ::= integer<br/>                 機種 ::= char<br/>                 台数 ::= integer<br/>                 ロットサイズ ::= integer</p> <p>希望単位 ::= ( 機種 + ロットサイズ )</p> <p>機種 ::= char<br/>                 ロットサイズ ::= integer</p> <p>工場カレンダー ::= ( 年 + 月ごとの稼働日 )</p> <p>年 ::= integer</p> <p>月ごとの稼働日 ::= ( 月 + 稼働日情報群 (稼働日) )</p> <p>月 ::= integer<br/>                 稼働日 ::= integer</p> <p>注文台帳 ::= ( 注文書 )</p> <p>注文書 ::= オーダNO. + 機種 + 仕様名称 + 仕様部品情報 (部品コード + プラマイコード) + 希望納期 + 搬入先 + 受付日</p> <p>オーダNO. ::= char<br/>                 機種 ::= char<br/>                 仕様名称 ::= char<br/>                 部品コード ::= char<br/>                 プラマイコード ::= char<br/>                 希望納期 ::= 連続項目<br/>                 搬入先 ::= 連続項目<br/>                 受付日 ::= 連続項目</p> <p>搭載順序の修正案 ::= ( 変更前ロットNO. + 変更後ロットNO. + 変更機種 + 変更台数 )</p> <p>変更前ロットNO. ::= integer<br/>                 変更後ロットNO. ::= integer<br/>                 変更機種 ::= char<br/>                 変更台数 ::= integer</p> |
|--|

表 3: データ辞書 (その2)

|   |
|---|
| <p>搭載順序 ::= { 月別搭載情報群 }</p> <p>月別搭載情報群 (alias 計算された搭載順序、案としての搭載順序、修正された搭載順序、可否決定のための搭載順序、正式版の搭載順序) ::= 月 + 月別搭載情報( 搭載日 + 搭載車両情報群( 日内順序 + ロットNO. + 生産時間 + 機種 + 機番 + 完成日 ) )</p> <p>月 (alias 生産月) ::= integer<br/>         搭載日 ::= integer<br/>         日内順序 ::= integer<br/>         ロットNO. ::= integer<br/>         生産時間 ::= 連続項目<br/>         機種 ::= char<br/>         機番 ::= integer<br/>         完成日 ::= 連続項目</p> <p>組立ラインへの搭載順序案(alias 機種担当への搭載順序案) ::= char</p> <p>組立ラインからの案の可否(alias 機種担当からの案の可否) ::= [ 受理情報   拒否情報 ]</p> <p>受理情報 ::= char</p> <p>拒否情報 ::= { 搭載日 + 日内順序 + 機種 + 拒否理由 }</p> <p>搭載日 ::= データ構造<br/>         日内順序 ::= データ構造<br/>         機種 ::= データ構造<br/>         拒否理由 ::= char</p> <p>完了サイン ::= char</p> <p>本社への搭載順序表(alias 出荷担当への搭載順序表、機種担当への搭載順序表、組立ラインへの搭載順序表) ::= char</p> |
|---|

### 8.5 プロセスの詳細化

#### プロセス「搭載順序を計算する」の詳細化

次にプロセス「搭載順序を計算する」を詳細化する。ここでの処理は小型ラインと大型ラインで異なっているところがある。左上の「小型ライン、ロット数計算」では生産計画書をもとに機種ごとにロット数をもとめているが、これは小型ラインの機種のみでの処理で、大型ラインの機種のみは、その右下の「大型ライン、ロットまとめ」で生産計画書と注文台帳から機種ごとのロット数と仕様情報をもとめている。

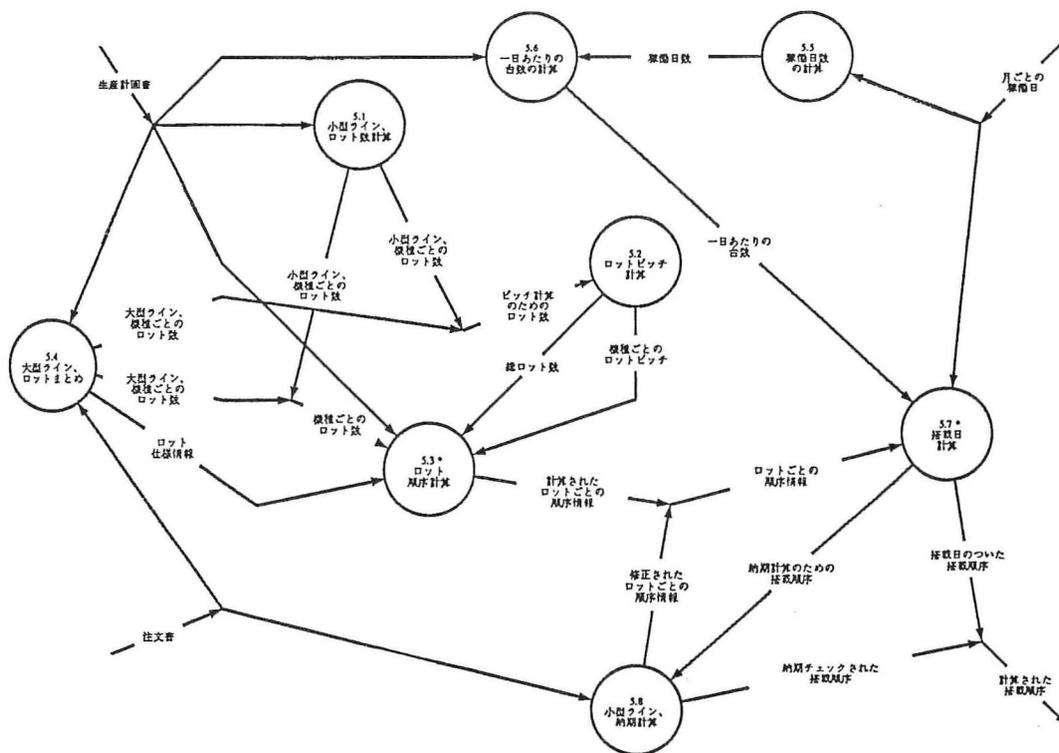


図 16: プロセス「搭載順序を計算する」の詳細化

次に小型、大型共に「ロットピッチ計算」で機種ごとのロット数から総ロット数と機種ごとのロット数をもとめている。「ロット順序計算」では様々なロット情報からロットに順序をつけている。大型ラインの処理に関してはロット仕様情報も計算につかわれる。「稼働日数の計算」では月ごとの稼働日から稼働日数をもとめている。「一日あたりの台数の計算」では生産計画書と稼働日数から一日あたりの台数を計算している。「搭載日計算」ではロットごとの順序情報を一台ごとに搭載日のついた搭載順序情報をもとめている。小型ラインの場合はこの計算の時点で集まっている注文書で「小型ライン、納期計算」で注文状況と照らし合わせて納期チェックをおこなっている。



### 8.7 プロセス「搭載日計算」の詳細化

プロセス「搭載日計算」では、小型ライン、大型ラインともに同一作業をおこなっている。一日あたりの台数から一日のライン稼働時間を決定し、ロットごとの順序情報を一台ごとに展開する。これに稼働時間と一日あたりの台数から計算される一台ごとの搭載日と時間の情報を付け加えて搭載順序ができあがる。

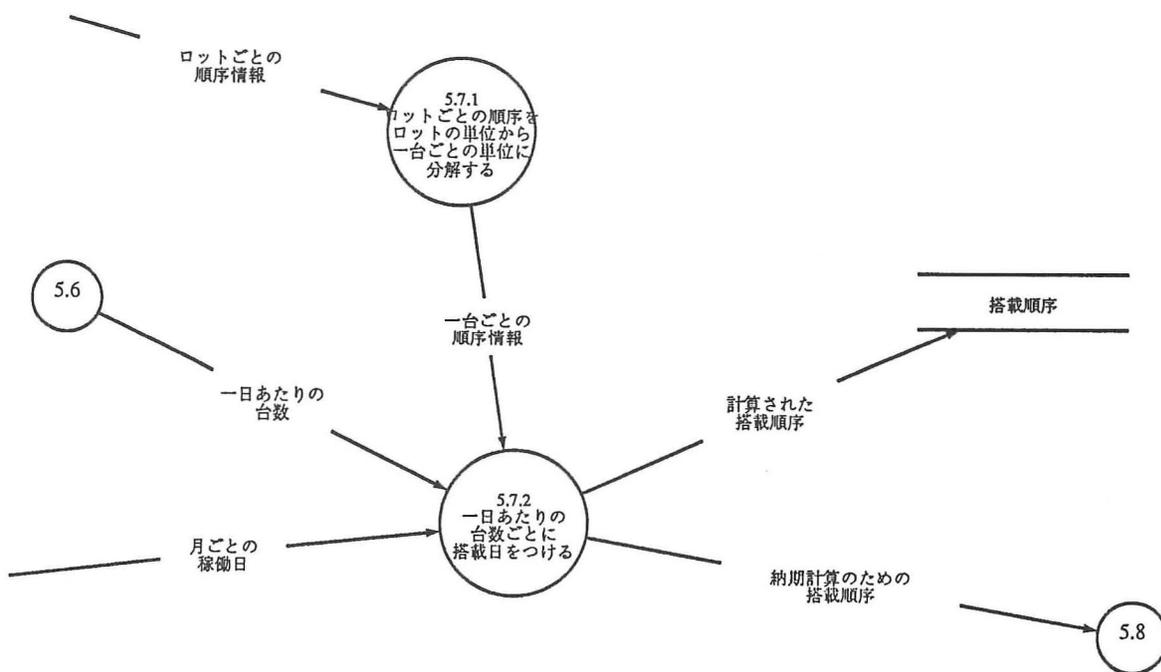


図 18: プロセス「搭載日計算」の詳細化

### 8.8 データストアの構成

図15～図18よりこのシステムではデータストアとして、「生産計画書」、「注文台帳」、「工場カレンダー」、「搭載順序」を必要とすることがわかった。ここでこれらのデータストアの構造について説明する。

「生産計画書」は本社からの計画台数を月ごとに「月別生産計画情報」としてまとめたものである。

```

月 (alias 生産月) ::= integer
機種 ::= char
台数 ::= integer
ロットサイズ ::= integer
生産機種情報 ::= 機種 + 台数 + ロットサイズ
生産機種情報群 ::= { 生産機種情報 }
月別生産計画情報 ::= 月 + 生産機種情報群
生産計画書 ::= { 月別生産計画情報 }
    
```

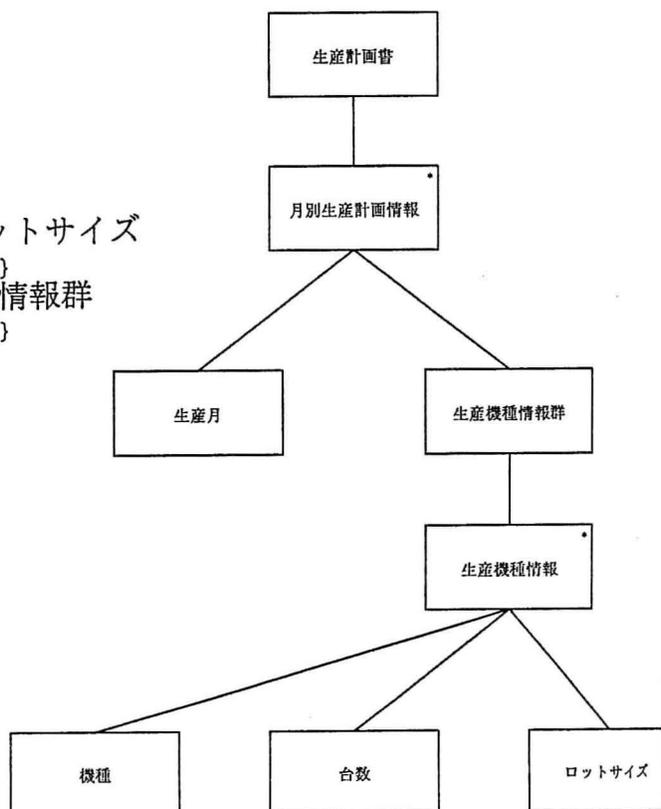


図 19: 生産計画書

「注文台帳」は各地ディーラーから届く注文書のうち、組立計画時にその計画に盛り込む分について、出荷担当が入力するものである。

オーダNO. ::= char  
 機種 ::= char  
 仕様名称 ::= char  
 部品コード ::= char  
 プラマイコード ::= char  
 仕様部品 ::= 部品コード + プラマイコード  
 仕様部品情報 ::= { 仕様部品 }  
 仕様 ::= 仕様名称 + 仕様部品情報  
 希望納期 ::= 連続項目  
 搬入先 ::= 連続項目  
 受付日 ::= 連続項目  
 注文書 ::= オーダNO. + 機種 + 仕様  
           + 希望納期 + 搬入先 + 受付日  
 注文台帳 ::= { 注文書 }

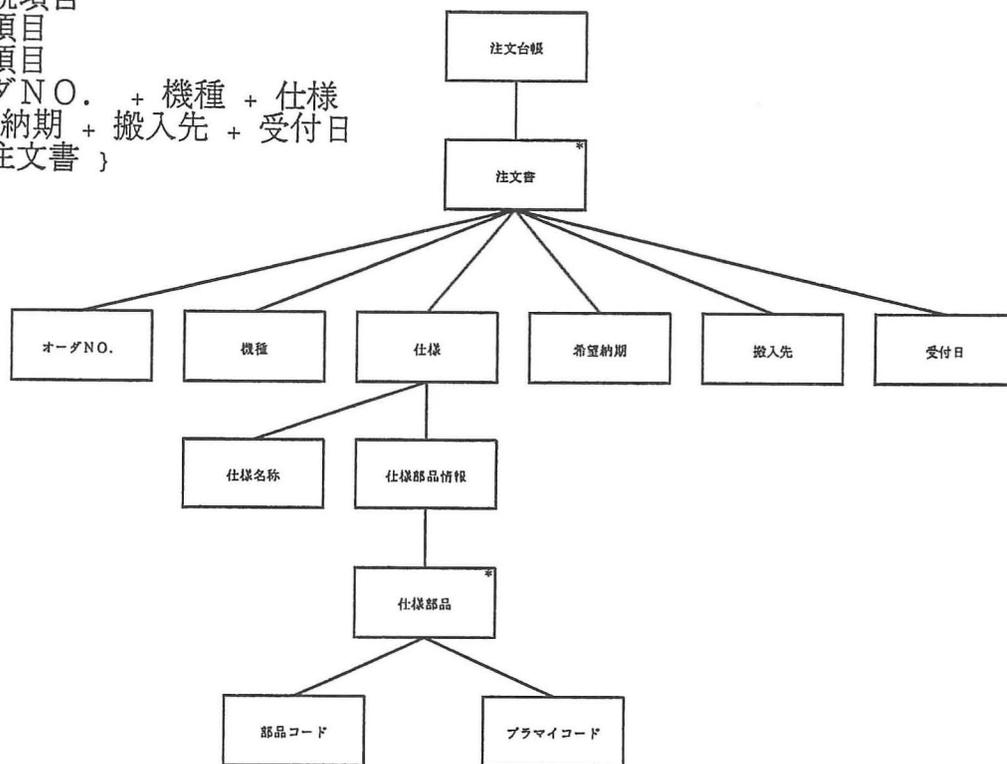


図 20: 注文台帳

「工場カレンダー」には搭載順序表に書き込むラインオン日や完成日を計算するための稼働日情報が蓄えられている。

```

年 ::= integer
月 ::= integer
稼働日 ::= integer
稼働日情報群 ::= { 稼働日 }
月別稼働情報 ::= 月 + 稼働日情報群
月ごとの稼働日 ::= { 月別稼働情報 }
年稼働情報 ::= 年 + 月ごとの稼働日
工場カレンダー ::= { 年稼働情報 }
    
```

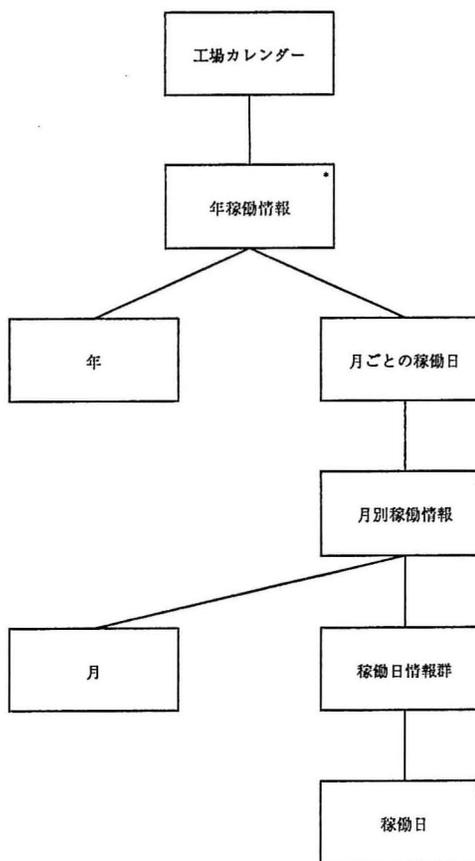


図 21: 工場カレンダー

「搭載順序」は、このシステムにより計算されるライン搭載順序を、月ごとに貯めたものである。「生産計画書」同様、月ごとに情報を蓄えているが、これは計画時の翌月、翌々月に変更依頼にもとづく修正処理をおこなうためのものである。

```

月 (alias 生産月) ::= integer
搭載日 ::= integer
日内順序 ::= integer
ロットNO. ::= integer
生産時間 ::= 連続項目
機種 ::= char
機番 ::= integer
完成日 ::= 連続項目
搭載車両情報 ::= 日内順序 + ロットNO.
                + 生産時間 + 機種 + 機番 + 完成日
搭載車両情報群 ::= { 搭載車両情報 }
日別搭載情報 ::= 搭載日 + 搭載車両情報群
月別搭載情報 ::= { 日別搭載情報 }
月別搭載情報群 ::= 月 + 月別搭載情報
搭載順序 ::= { 月別搭載情報群 }
    
```

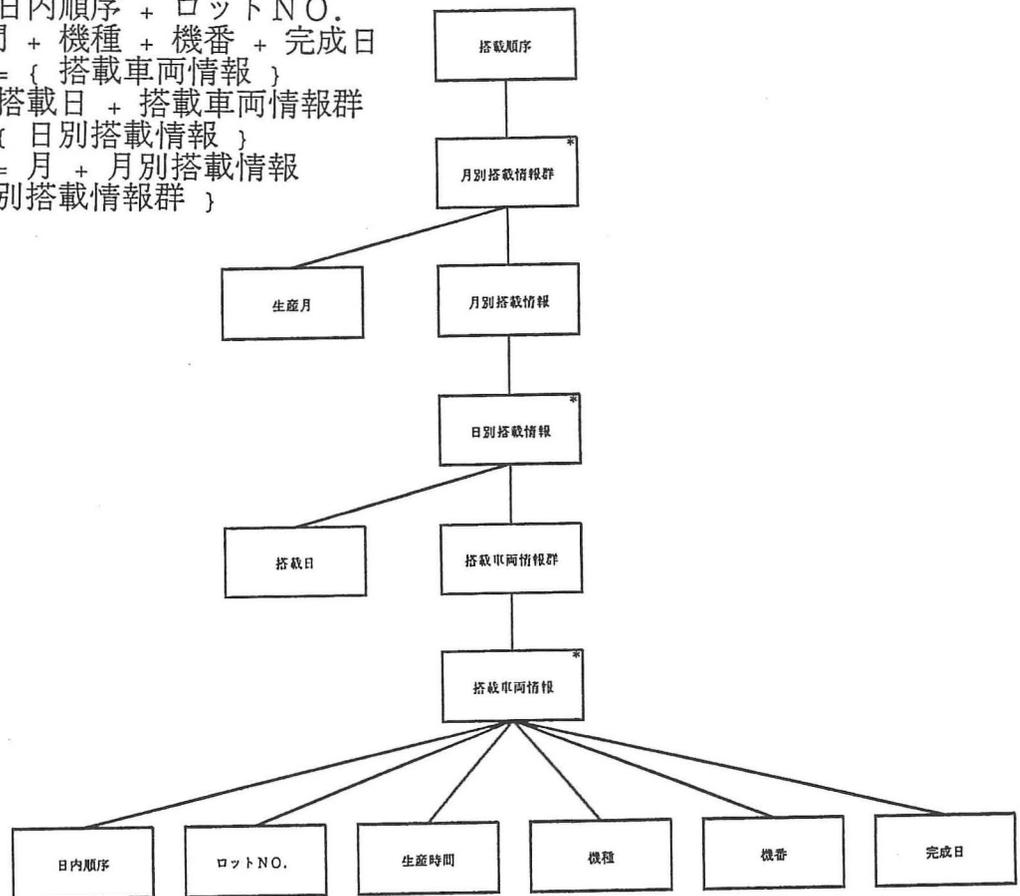


図 22: 搭載順序

### 8.9 データベースの設計

データストアをもとにDBを設計する。データフロー図にあらわされたデータストアは「注文台帳」、「生産計画書」、「工場カレンダー」、「搭載順序」の4つである。これらには図23のようなデータをもたせる。「注文台帳」は注文書をまとめたものであり、その内容はオーダNO.、機種、仕様部品、希望納期、搬入先、受付日がある。仕様部品は標準仕様に対する追加部品、脱着部品群の情報であり、複数件存在する。

「生産計画書」は本社からの生産計画台数にそれぞれの機種ごとのロットサイズを付加した情報である。

「工場カレンダー」は工場の稼働日程を年ごと月ごとにまとめたものである。

「搭載順序」はこのシステムによって作成されるライン搭載順序情報をまとめたものである。このなかで日内順序は搭載日ごとの搭載番号で、生産時間はその機種のラインオン計画時間である。

これらのデータからデータベースを設計する。まずデータストアの内容を非正規形であらわし(図24)、第一正規形から第三正規形に展開する。今回の場合は、第一正規形がそのまま第三正規形となった(図25)。出来上がったデータベースのイメージを図26にあらわす。

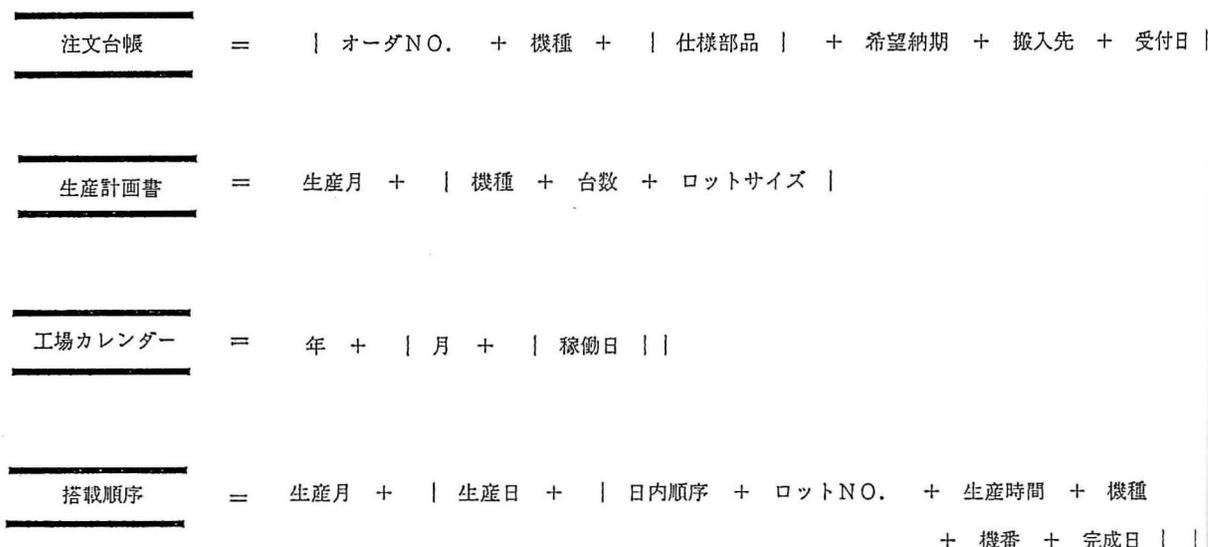


図 23: データストア

非正規形と正規形

注文台帳（オーダーNO.，機種，仕様（仕様部品），希望納期，搬入先，受付日）

生産計画（生産月，生産単位（機種，台数，ロットサイズ））

工場カレンダー（年，月ごとの稼働日（月，稼働日（日）））

搭載順序（生産月，日別情報（生産日，搭載車両（日内順序，ロットNO.，生産時間，機種，機番，完成日）））

図 24: 非正規形

注文台帳（オーダーNO.，機種，希望納期，搬入先，受付日）

仕様（オーダーNO.，仕様部品）

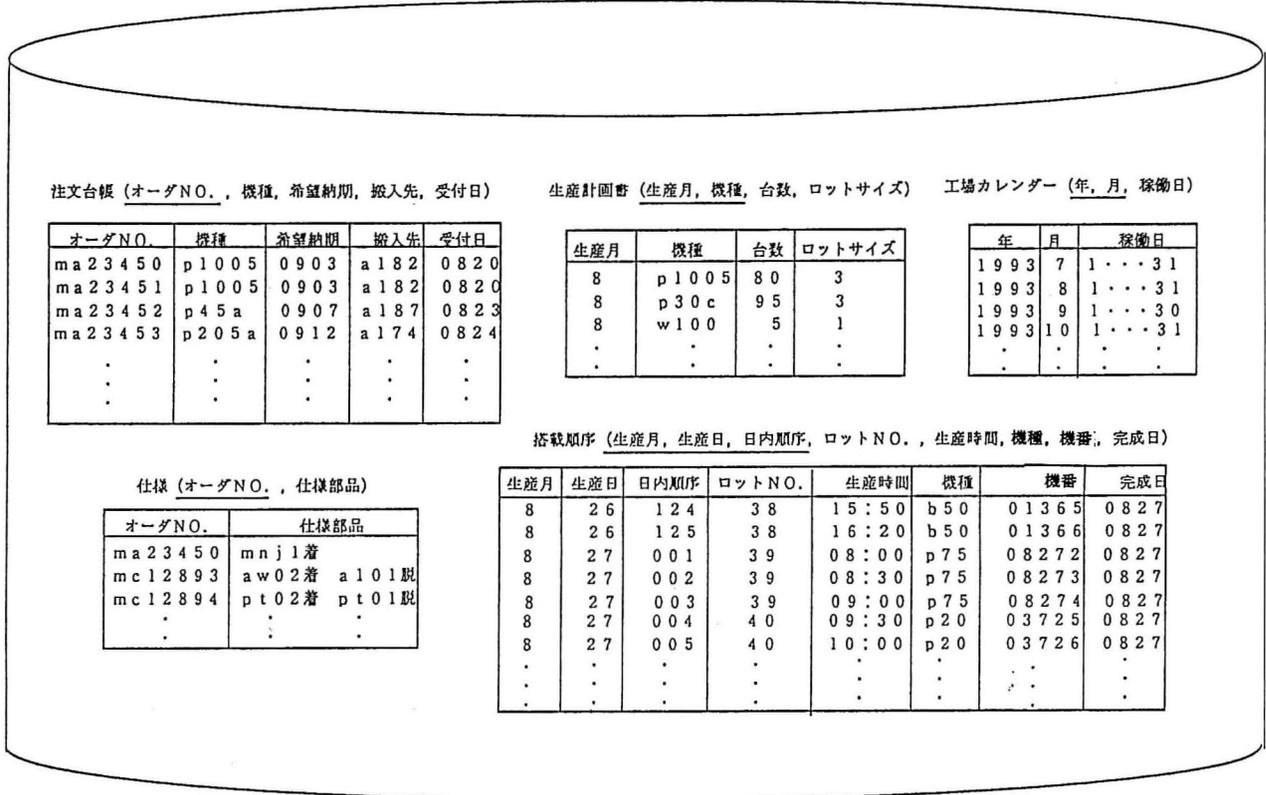
生産計画書（生産月，機種，台数，ロットサイズ）

工場カレンダー（年，月，稼働日）

搭載順序（生産月，生産日，日内順序，ロットNO.，生産時間，機種，機番，完成日）

図 25: 第一正規形・(第三正規形)

データベース



注文台帳 (オーダーNO., 機種, 希望納期, 搬入先, 受付日)

| オーダーNO. | 機種    | 希望納期 | 搬入先  | 受付日  |
|---------|-------|------|------|------|
| ma23450 | p1005 | 0903 | a182 | 0820 |
| ma23451 | p1005 | 0903 | a182 | 0820 |
| ma23452 | p45a  | 0907 | a187 | 0823 |
| ma23453 | p205a | 0912 | a174 | 0824 |
| .       | .     | .    | .    | .    |
| .       | .     | .    | .    | .    |
| .       | .     | .    | .    | .    |

生産計画書 (生産月, 機種, 台数, ロットサイズ)

| 生産月 | 機種    | 台数 | ロットサイズ |
|-----|-------|----|--------|
| 8   | p1005 | 80 | 3      |
| 8   | p30c  | 95 | 3      |
| 8   | w100  | 5  | 1      |
| .   | .     | .  | .      |
| .   | .     | .  | .      |

工場カレンダー (年, 月, 稼働日)

| 年    | 月  | 稼働日    |
|------|----|--------|
| 1993 | 7  | 1...31 |
| 1993 | 8  | 1...31 |
| 1993 | 9  | 1...30 |
| 1993 | 10 | 1...31 |
| .    | .  | .      |
| .    | .  | .      |

搭載順序 (生産月, 生産日, 日内順序, ロットNO., 生産時間, 機種, 機番, 完成日)

| 生産月 | 生産日 | 日内順序 | ロットNO. | 生産時間  | 機種  | 機番    | 完成日  |
|-----|-----|------|--------|-------|-----|-------|------|
| 8   | 26  | 124  | 38     | 15:50 | b50 | 01365 | 0827 |
| 8   | 26  | 125  | 38     | 16:20 | b50 | 01366 | 0827 |
| 8   | 27  | 001  | 39     | 08:00 | p75 | 08272 | 0827 |
| 8   | 27  | 002  | 39     | 08:30 | p75 | 08273 | 0827 |
| 8   | 27  | 003  | 39     | 09:00 | p75 | 08274 | 0827 |
| 8   | 27  | 004  | 40     | 09:30 | p20 | 03725 | 0827 |
| 8   | 27  | 005  | 40     | 10:00 | p20 | 03726 | 0827 |
| .   | .   | .    | .      | .     | .   | .     | .    |
| .   | .   | .    | .      | .     | .   | .     | .    |
| .   | .   | .    | .      | .     | .   | .     | .    |

仕様 (オーダーNO., 仕様部品)

| オーダーNO. | 仕様部品        |
|---------|-------------|
| ma23450 | mnj1着       |
| mc12893 | aw02着 a101脱 |
| mc12894 | pt02着 pt01脱 |
| .       | .           |
| .       | .           |

図 26: 第三正規形

## 9 考察

第一章で述べた問題点に対して、本事例研究の成果をふまえた考察を以下に述べる。

### 9.1 分析過程や分析結果をデータフロー図により記述することが問題点の認識や解決策の着想にどの程度寄与するのかを明らかにすること。

今回のシステム化の目的は「生産管理部門作業の合理化」である。本事例の場合はまず「部門間の業務のかかわり」を、つぎに「生産管理部門内の役割分担と情報のやりとり」を概略図と文章で説明し、そのあとで組立担当の業務をデータフロー図と文章で説明した。「部門間の業務のかかわり」や「生産管理部門内の情報のやりとり」はデータフロー図にすると役割分担を明確にできないことや漠然とした表現になってしまうため、概略図での記述となった。また、搭載順序立案の業務内容の説明はデータフロー図でしか書けなかった。これは表現しようとする対象が「関連」なのか「処理のながれ」なのかによるちがいがからであろう。

システム化の目的がはっきりしていたことから問題箇所はすでにわかっていたためもあるが、問題箇所の発見については、データフロー図は大きな役割を果たさなかった。これは情報が構造化により分断、分散されるためである。この表現はデータフロー図だけでは不十分とおもわれた。ただ、実業務で「本社からの生産台数情報」を組立担当が受領し、機種担当に渡していたことは、データフロー図に書くことで、ながれの改善ポイントとして認識できた。プロセスを書く際にその処理内容が担当者に依存するものではなく、単純作業であること、その情報を最初に利用するのが他の担当者であることなどがあきらかにできたためである。

本事例ではほとんどの業務はすでに標準化されており、そのながれを変えるのではなく、人がおこなっていた作業をシステムによりサポートすることがおもな目的となった。仕事の単位、情報の流れの再構成については、上記「本社からの生産台数情報の受領」以外には変更点はなかった。ただ、今回のシステム化の対象外となってしまったが、「出荷担当の出荷指示書発行」と「機種担当の出荷指示書発行」はもうすこし詳細化することでシステムによる一本化が図られそうな期待が得られた。システム化対象部分の決定は当初より組立担当の業務の効率化という目的があったので、「順序の立案作業」のシステム化については初めから決まっていたともいえるが、「修正作業」のシステム化について、どのような処理があって、どこまでシステム化できるのかはプロセスの詳細化による検討がおおいに役立った。

以上をまとめて次のような利点と欠点があきらかになった。

#### (1) 利点

- ・分析が進み、ある程度業務内容が詳細化された段階では、その説明をデータフロー図で表現できる。
- ・データフロー図に書くことで、現在おこなわれている情報の流れ方を改善するという視点からは改善ポイントが認識できる。
- ・プロセスを記述し詳細化することで、処理内容の複雑さ、関連を認識できる。
- ・詳細化したプロセスに名前を与える作業を通じて仕事の単位の認識ができる。
- ・情報の流れの再構成について検討することができる。
- ・システム化の範囲についてプロセスの詳細化により、システム化の可能性についての詳細な吟味が可能になる。

#### (2) 欠点

- ・分析の初期に必要な業務のかかわりや部門内の役割分担はデータフロー図では書けない。
- ・プロセスのわりにフローが多いため、プロセスの配置に苦勞したり、フローの名称を考えるのに手間取る。
- ・重要なフローとそうでないフローを区別できない。
- ・処理の発生頻度の表現ができない。

## 9.2 構造化分析によって得られる各種文書類を実務レベルで採用するとした時の問題点の検討

コンテキスト図を作成することで、システムの輪郭が明確になっている。入出力情報はこの図であきらかにされ、同時にシステムの位置づけも表現されている。また、データフロー図の構造化により、システムがおこなう処理に対する理解をレベルを変えて深めることができる。これは処理対象ごとに整理された表現になっており、視点を定めその範囲の内容を理解することに効果がある。

事務処理はその業務の種類にくらべ、あつかうデータが複雑な構造をしている。また情報のながれが多いが、データフロー図ではこれが画一的に表現されるため、重要な情報とそうでない情報の区別ができない。このことが問題点の認識、業務の主要なながれの理解をわかりにくくしてしまう要因となっている。

実業務では、データ構造が同じでも場所、処理目的によってその名称を変えていることがしばしばある。ツールによってはフローやプロセスの名称チェックがきびしいものがあり、名称を統一することでかえってその意味がわかりにくくなることもある。

今回、システム化の目的に2つの異なるライン搭載順序処理の統一化があったが、仕様の構造化でその方針を反映することができた。つまり上位レベルのデータフロー図では、2つの処理を区別なく記述し、詳細化していくに従って、分離させていくことができた。ただ、同じプロセスでも詳細化することにより、2つのラインの処理が違う結果になったり、反対に上位レベルのデータフロー図が異なるプロセスでも、下位で同じ処理をおこなうということが、システム実装の際にどう反映されるのかについては、確認できなかった。

利点と欠点を以下に示す。

### (1) 利点

- ・コンテキスト図は、システムとその外部との関連を明確に表現できる。
- ・データフロー図の構造化はプロセスの表現に効果がある。

### (2) 欠点

- ・重要な情報とそうでない情報の区別ができない。
- ・プロセスやフローの名称の統一化はその内容、目的をわかりにくくすることがある。

以上の結果から、実業務でこのSA/SD手法を用いる際の効果についてまとめる。

すべての表現がデータフロー図やコンテキスト図でできるということはない。設計ドキュメントとしては、システム化対象世界を表現するための概略図等の説明図や帳票類等の捕捉資料を添える必要がある。

コンテキスト図はシステム化の範囲、システムの位置づけを決定、認識するために有効である。問題点の発見ということでは、あらかじめメボシをつけた箇所に対する情報のながれの認識、評価については構造化されたデータフロー図が有益である。このデータフロー図の記述についてはプロセスのまとめ方、名称の表記等には分析設計者の能力、センスが問われる。あらかじめシステム化世界を見極めたうえでその処理の位置づけ、処理目的を考えながら構成する必要がある。

事務処理システムにおいては、既存システムの改善、変更がそのシステム担当者の主な作業となっているが、変更箇所の認識はできてその修正には広い範囲のチェックが必要になるものと思われる。

## 参考文献

- [1] 構造化システム設計への実線的ガイド [原書第2版]、M. ペイジ=ジョーンズ著、久保未沙・新谷勝利共訳、近代科学社
- [2] Software through Picture Integrated Environment(ISE)Release 4.2DJ1.0 マニュアル、SRA

## オブジェクト指向分析の事例研究 (生産管理システム)

北陸先端科学技術大学院大学

倉谷祥久 東田雅宏 藤枝和宏 鈴木潤一 落水浩一郎

kuraya@jaist.ac.jp, mashiro@jaist.ac.jp,

fujieda@jaist.ac.jp, j-suzuki@jaist.ac.jp,

ochimizu@jaist.ac.jp

### 概要

本報告では、組立工場における生産管理システム、特にライン搭載順序立案計画を対象としておこなったオブジェクト指向分析・モデリングに関する事例研究の成果をまとめる。事例研究のねらいは、

- (1) 業務分析時に、オブジェクトを洗い出す手法を整備すること。
- (2) オブジェクトモデル上にデータフロー図や状態遷移図を構築するための手法を整備すること。

であった。今回の事例研究により、計画立案型のシステムに関して、オブジェクトモデルの上に機能モデルを構築するための具体的なガイドラインを得ることができた。すなわち、

- (1) オブジェクトモデルを構成するオブジェクト群を、「場を構成するオブジェクト群」、「対象世界の主人公となるオブジェクト群」、「情報の入力源となるオブジェクト群」、「制約やポリシーに関するオブジェクト群」の4つのサブジェクトに分類し、
- (2) それらのオブジェクトが有する制約を洗いだし、
- (3) そのような制約を充たすためのポリシーを選択決定しつつデータフロー図(計画の表現)を構築していく

ような手法である。

## 1 はじめに

本論文は、ソフトウェア分析/設計方法論を実際の業務世界に適用する際の問題点をまとめたものである。評価の対象としてはオブジェクト指向分析/設計方法論OMT [1] をとりあげる。実在する会社の生産管理部門の業務を分析することにより、オブジェクト指向分析/設計方法論OMTの分析フェーズを対象とした、問題点の洗い出しと改善への提案をおこなう。

OMT評価の主なポイントは以下の通りである。

- (1) 対象業務世界を支えるオブジェクトを洗い出す手法を整備する 一般に、方法論の教科書等に記載されている例題は、規模の大小はあるものの、問題を読んだだけで必要なオブジェクトとその間の関係が容易に推測できてしまう自明なものが多い。初心者による方法論習得には有用であるが、実際の業務世界に立ち向かった時に必要なオブジェクトとその間の関連の洗い出し方について有用な指針が必要である。
- (2) オブジェクトモデル上にデータフロー図や状態遷移図を構築するための手法を整備する OMTでは、上記(1)で定義された「もの」の世界の上に、データフロー図や状態遷移図を用いて、「処理」の世界を定義する。この段階においても、処理の世界を構築していくために有用なガイドラインが整備されておらず、「たまたま思いついた解に矛盾がなければそれでよしとする」という、不完全燃焼型の分析・定義作業でとどめざるを得ない。

また、本論文では、構造化分析/構造化設計手法とOMTの比較もおこなう。一般に、「データの寿命」のほうが「機能の寿命」より長いという事実に基づいて、オブジェクト指向分析/設計方法論の方が構造化分析/設計方法論より優れているといわれる。しかし、その具体的内容はいまだ明らかでない。

すでに筆者等は、本論文で用いる例題と同じ問題を用いて、構造化分析/設計手法を評価し、問題点を整理した[2]。本論文で紹介する事例研究の成果とあわせて、両方法論の得失を比較・評価するのが本論文の3番目の目標である。すなわち、

- (3) オブジェクト指向分析/設計方法論が構造化分析/設計方法論より何故すぐれているかの根拠をいくつか示す。

なお、事例研究の題材として採用した問題については重複して記述することを避けるため、本論文には記載しない。文献[2]を参照されたい。ただし、いずれの事例研究においてもその出発点となった「組立工場説明図」については図1に再掲する。

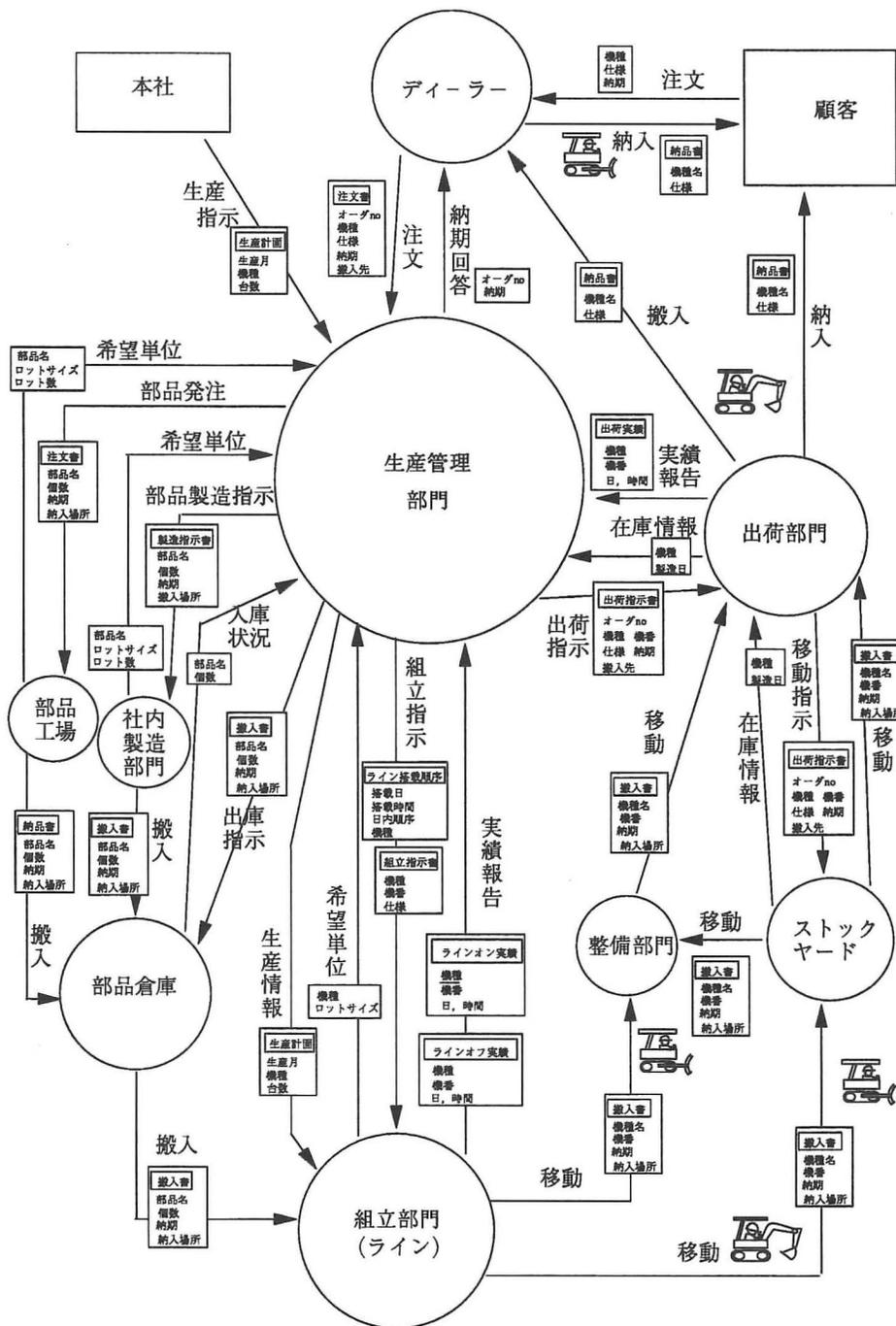


図 1: 組立工場説明図

## 2 対象業務世界を支えるオブジェクトを洗い出す手法

### 2.1 対象世界を特徴づける要素の洗いだし

まず問題文を読んで、対象世界を特徴づける要素を洗いだしていった。この作業は業務世界に精通した人間の経験にもとづいておこなわれた。

次にそれらの要素の関連づけをおこなう作業に移ったが、今回の例では、搭載順序を立案するための対象世界、つまりラインの構造をあきらかにすることからはじまり、次に関連すると思われる工場内のその他の部署についての関係づけというふうに展開していった。

また、洗い出された要素の中から、「帳票類」、および「人」ははずしている。議論の結果、今回の問題において、帳票はシステムが目的とする計画それ自身の一部となるものであり、他のオブジェクト間における関連とは同一視できないこと、また人については、今回の表現対象における人の役割は各作業部門における能力に置きかえることができ、あらためてオブジェクトとしてあらわす必要がないと考えたからである。

人間が経験などから判断できる表現でも、厳密に考えればあきらかにまちがいである表記もある。説明文では「機種をラインで組み立て、…」とあるが、他の文章にある「製品はラインで組み立てられる」とした。

オブジェクト間の関連として他に定義したものは以下の通りである。

- ラインと製品は「(製品はライン) で組む」という関係がある。
- ラインとSHOPの関係は、「ライン横にSHOPが並んでいる」という関係である。(いい言葉が見つからないがこの時点ではこの表記にしておいた。)
- ラインには小型ラインと大型ラインがある。
- SHOPと部品は関係がある(部品はSHOPに搬入される。部品はその種類(部位)によってどのSHOPに搬入するか決まっている。)
- 部品倉庫と搬入場所の間には運搬能力という関係がある。(部品倉庫に保管されている部品は、運搬作業者の運転するフォークリフトによって各SHOPの搬入場所に運ばれる。「運搬作業者の運転するフォークリフト」を運搬能力という表現にする。)
- 搬入場所と整備部門の間には部品の受け渡しをするという関係がある。(注文の仕様にあわせるための改造作業は整備部門で行なわれる。このとき、必要になる部品は部品倉庫からはこぼれ、余剰部品は反対に部品倉庫に戻される。)
- 整備部門とストックヤードには製品の移動という関係がある。(ストックヤードにある在庫車を整備部門で整備、改造して出荷する場合もあるし、整備部門で整備された製品が「輸送トラック待ち」ということで一旦、ストックヤードに保管される場合もある。)

全体図

ここまでの分析結果を合成した図が図2である。この時点ではまだ作業途中であるため、冗長な部分や不足する部分があったり記述レベルの不整合があったりした、対象世界を十分に表現しているとはいえない。

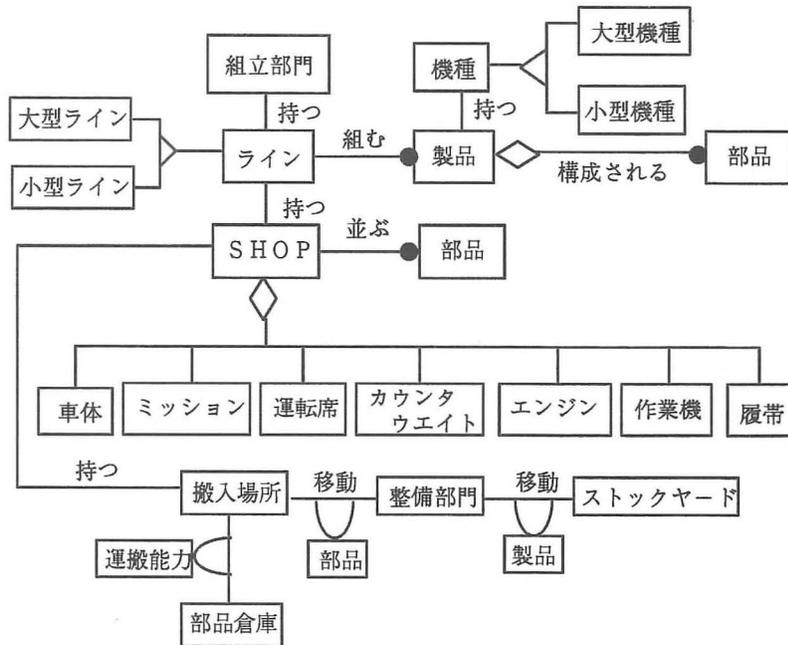


図 2: オブジェクト図 1

オブジェクト図の見直し

図2のオブジェクト図に対する改善点として以下の2つがあげられた。

- オブジェクトの記述レベルに一貫性がない。
- 対象世界すべてを表現していない。

これらについて議論を進めていった。ところで、オブジェクトの関連について議論するためには、分析者すべてがオブジェクトについて共通の認識をもつ必要がある。そこでまず各オブジェクトに関する共通認識を明確にした。次に問題文をもとに対象世界を十分に表現しているか検討し、最後にオブジェクト同士を比較して、特徴、関連について議論した。この作業により、名称に対する認識が深まりその実態をあきらかにすることができた。作業により示唆されたいくつかの事柄について、例をもとに示す。

表現範囲

表現したい世界は、工場におけるライン搭載順序の立案に関するオブジェクトとその関係である。

構造化分析の事例研究で表記された組織図では組立部門、生産管理部門の他、ストックヤード、ディーラー、等の組織、場所について表記されているが、図2のオブジェクト図は組立部門の説明が中心となっている。また、その他の部門の表現についてはまだ定義があいまいである。今回の問題は搭載順位の決定であり、それにもっとも影響を受ける場所が組立部門ではあるが影響を受ける部門はここだけではない。そこで表現範囲を拡大した。

また、説明文によると搭載順序は本社からの生産台数と注文によって計算される。搭載順序はロットごとに順序づけられ、このロットは部品の搬入作業になんらかの関連をもつ。

オブジェクトの関連性

オブジェクトの数が増えていくにつれ、その個々の特徴を理解することがむずかしくなってきたころから、特徴ごとにオブジェクトを種類わけし、整理する作業がおこなわれた。この作業で各オブジェクトの概念を検討し、その相違点をあきらかにした。以下に作業の例を示す。

部門という抽象的な表現を具体的な「もの」でおきかえる。：オブジェクト間の関連の表現に一貫性がない理由の一つにオブジェクトで表現されているものが同レベルでないということがある。

「製品」と「ストックヤード」、「整備部門」の関係を検討してみる。製品は出荷部門が管轄するストックヤードにおかれる。また、製品は整備部門が管轄する整備場で整備される。製品と出荷部門、整備部門は直接にはつなげない。そこで図2における「部門」という表現を「場所」という表現におきかえた(図3)。

スーパークラスの定義(場所)：オブジェクトをまとめることで表現を整理した。「場

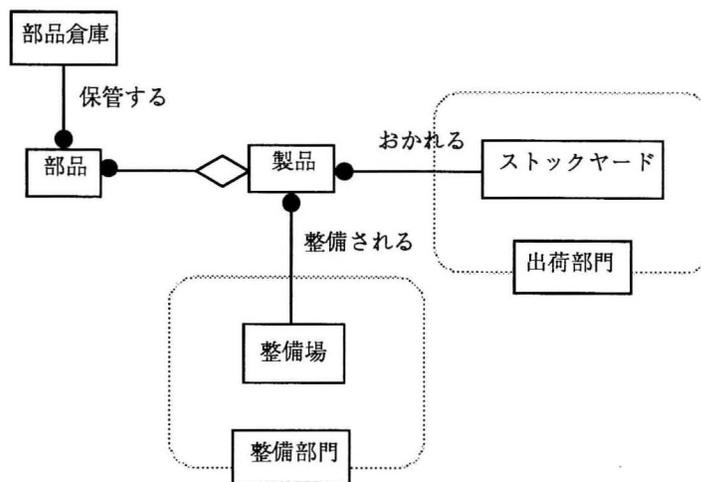


図3: 部門と場所

所」について検討してみる。部品倉庫、ストックヤード、搬入場所はどれも「物を置く場所」であり、それぞれに「置く物」、「置ける量」という属性をもっている(図4)。部

品倉庫、ストックヤード、搬入場所は同質のものである。

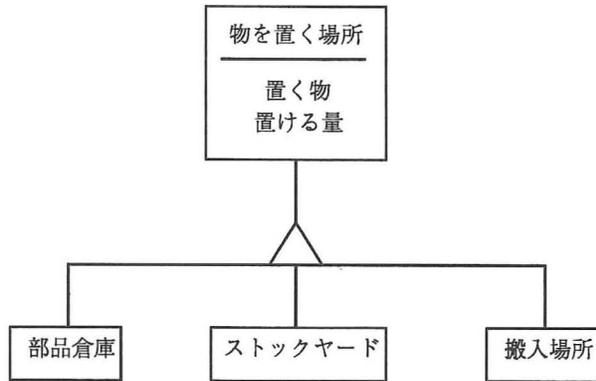


図 4: 場所

関連「移動」のリンク属性についての再考察: 「場所」から「場所」へ「物」の移動が行なわれる。今回の例では、部品倉庫や、ストックヤードという場所に、製品もしくは部品の移動がある。これらの移動事象のうち、搭載順序におおきくかわるのはどれなのか、主な移動事象をあげ、検討した。(図5)。搬入場所～部品倉庫、搭載場所～ディー

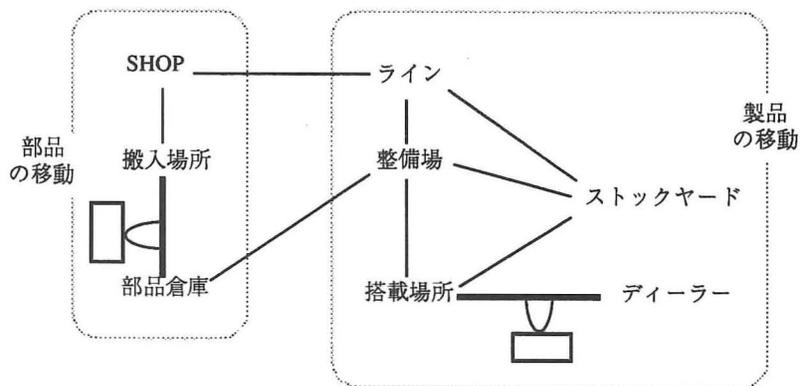


図 5: 移動

ラーの間では運搬能力が問題になる。すなはち一度に運ぶ量、種類とそのスケジューリングである。工場内においては、搬入場所～部品倉庫における部品の移動事象が重要であるという認識がなされた。

2.2 オブジェクトの状態の変化を考える

オブジェクトによってはその状態が関連するプロセスに影響をあたえる。たとえば部品倉庫や搬入場所の保管状況などである。このような動的関連をあきらかにするために、

動的モデルによる分析をおこなった。理由は個々のオブジェクトに対する認識を違った側面からさらに明らかにするためである。

### 2.3 機能について考える

次に、オブジェクトおよびその関連に関する機能について分析した。分析の際、オブジェクトに対する「操作」を仲介にして両者の関係を考察した。さらにオブジェクトの状態をもとに必要な機能を分析した。

#### 操作を仲介にした分析

まず、オブジェクトがもつ、または適用される機能について検討した。今回の場合では、機能について関係がありそうなオブジェクトは「物置」、「注文」、「ライン」、「搬入場所」などであった。それぞれのオブジェクトについて操作を考えた。

**例 物置：**「物置」には「物」を複数個保管しておくことができる。この事象において、物置に対しておこなう操作は、

- 「物」を何個か保管させる
- 「物」を何個かとり出す
- いま、何個「物」が保管されているかを聞く

などがある。これから、物置から物を選び出す、または運び入れるという処理が導かれる。

#### 状態推移をもとにした分析

上記、物置の例でいえば、物置は「物が入る状態」と「物が入らない状態」を遷移する。「物が入らない状態」の物置に対しては「物を選び入れる」という処理をおこなうことができない。この場合、「物を選び入れる」という処理の代わりに「物置の保管場所が空くのを待つ」という処理がおこなわれる。

### 2.4 オブジェクト図の修正

ここまでの議論をふまえ、改良されたオブジェクト図を図6に示す。図6においては、2.3における分析をふまえて各種の属性が追加されていることに注意して欲しい。



### 3 オブジェクトモデル上にデータフロー図や状態遷移図を構築するための手法

この時点までの作業でオブジェクトが以下に示すような類似した性質のものにまとめられていった。それによって考察していった。

- 対象世界の場となるオブジェクト（工場の説明）について考える。
- 対象世界の主人公となるオブジェクト（部品、製品）について考える。
- 情報の入力源となるオブジェクト（注文）について考える。
- 制約、ポリシーに関連するオブジェクト（搬送体、搬入場所）について考える。

#### 3.1 対象世界の場となるオブジェクト（組立部門）について考える。

オブジェクトの関連について考察する際に最初に検討されたのが、組立部門の表現である。最初に検討された理由は、実際世界に存在する物であり、理解しやすかったこともあるが、なによりもこの組立部門が今回の「ライン搭載順序を考える。」という目的における対象世界そのものだからであろう。この「場」オブジェクトは処理が行なわれる場所を表現している。すなわち、「場」となるオブジェクトについては、その構成を再吟味したことになる。

#### 構成と関連対象の表現

まず、「組立部門」、「ライン」と「SHOP」についてその関連をあきらかにした。説明文で「ラインで～」と同じ意味合いで「組立部門で～」や「SHOPで～」という表現があったが、これらの構成を図示することで、他のオブジェクトつまり「製品」や「部品」との関連対象をあきらかにできた。

「ライン」は組立部門を総称して呼ぶものではなく、製品が載るベルトコンベアの部分を中心とした組立場所を指す。製品はこのライン上をながれることで部品を組み付けられる。「SHOP」はそのライン上まで部品を運ぶ場所のことで、運転席やエンジンなどのように部位によって扱う部品が決まっている（図7）。

#### 構成を再検討する

搬入場所とはなにか。：搬入場所はSHOPの一部署で、部品を一時的に溜める場所である（図8）。

搬入場所以外のSHOP内の部署では部品が並んでいるところがあり、これには順序付けがなされている。「SHOP」はこれらを総称したものであり、本質的ではない。部署ごとに詳細化した名称が必要である。

SHOPと部品について。：SHOP内の部品を一点ずつ特定することはなく、どの種類の部品が何個、どういう順に並んでいるという程度の管理があるだけである。

ラインと製品について。：これに対し、ライン内における製品には機番が振られており、搭載順において一台ごとの管理がなされている（order）。

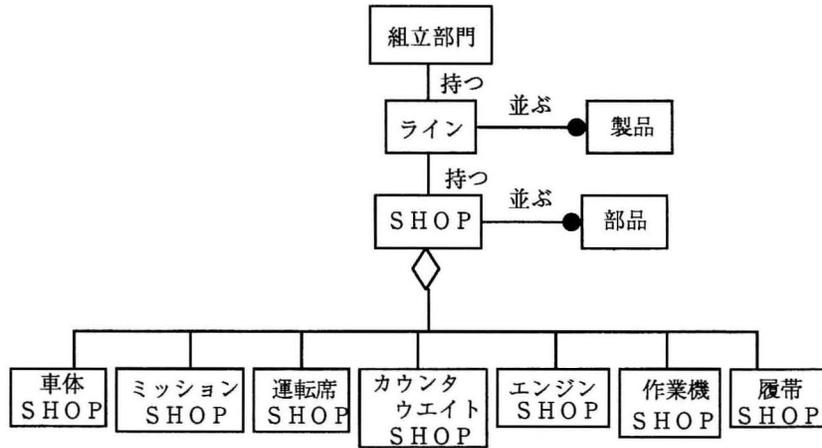


図 7: 組立部門

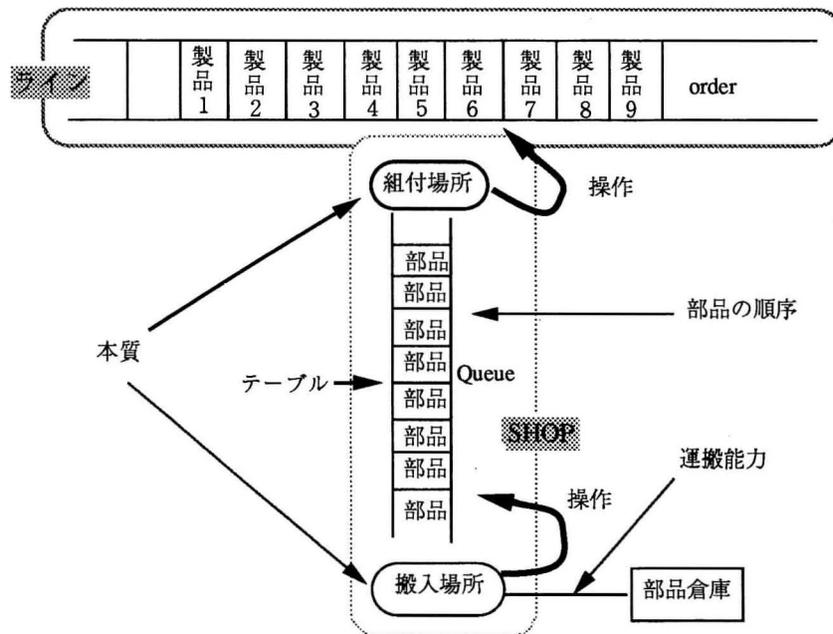


図 8: 搬入場所

修正後の組立部門

修正した組立部門のオブジェクト図を図9にしめす。なお、図9における考察結果はすでに図6には反映されている。

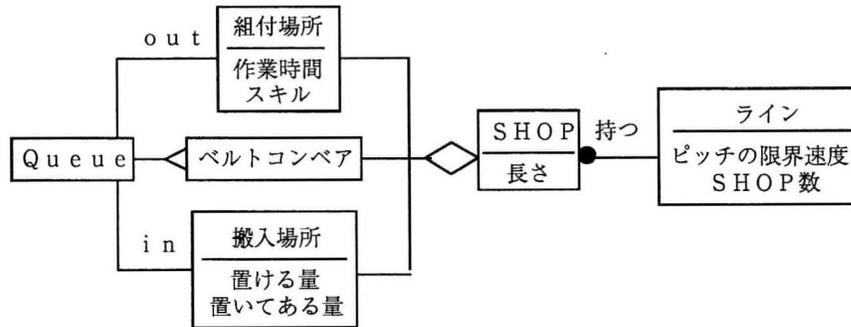


図9: 組立部門

3.2 問題世界の主体となる「物」オブジェクト（部品、製品）について考える。

部品を部位ごとに構成して製品が出来上がる。「部品」と「製品」はどちらも工場における作業対象物という点で同質のものである。このオブジェクトはそれ自体の状態の変化をあらわすことが主眼である。すなわち、主体となるオブジェクトについては、その状態遷移（ダイナミックモデル）を明らかにした。

部品

「部品」が存在する範囲は、「部品倉庫に蓄えられている状態」から「製品に組み込まれた状態」もしくは「改造により取り外され、廃棄された状態」までとする。場所に注目して、部品の状態変化をあらわしたのが図10である。

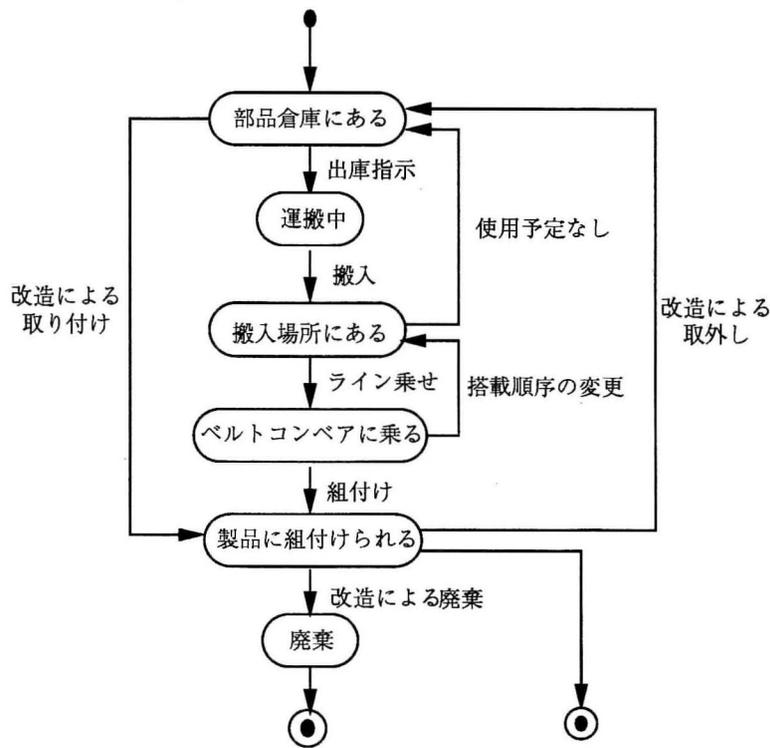


図 10: 部品の存在場所についての状態遷移

部品は部品倉庫に蓄えられている。これがフォークリフトという運搬車に乗ることでSHOPまで移動する。また直納の場合はトラックという運搬車に乗って部品倉庫を経由せず、直接SHOPに移動することもある。SHOP上の部品は組み付け作業によって製品に組み込まれた状態になる。一部の部品は整備場で部品倉庫にもどされるか廃棄されるものがある。ただこれは、部品自身の状態をあらわしているものではない。部品自身に着目してその状態をあらわしたのが図11である。

部品は部品のあつまりとしてロットで存在する状態から製品に組み込まれた状態へと変化する。一部の部品は廃棄される。

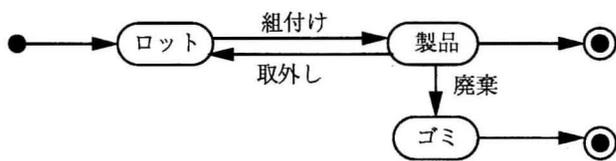


図 11: 部品の状態遷移

製品

製品の状態遷移には2系統ある。見込生産の場合と受注生産の場合である。どちらの場合もまず「月ごとの生産台数」という「計画」はあるが製品としての「実態」がない状態がある。見込生産の場合はまずラインで組み立てを行なうことで製品が実態として存在する状態になる。これがストックヤードで注文待ちの状態になるか、注文がついて「注文つき実態あり」の状態になり出荷される。受注生産の場合は搭載計画立案の時点で生産台数内で注文がさきに機番につき、これがラインで組み立てられ、実態ありの状態になる（図 12）。「製品」の状態遷移図の一部は「注文」の状態遷移図と重複する結果となった。

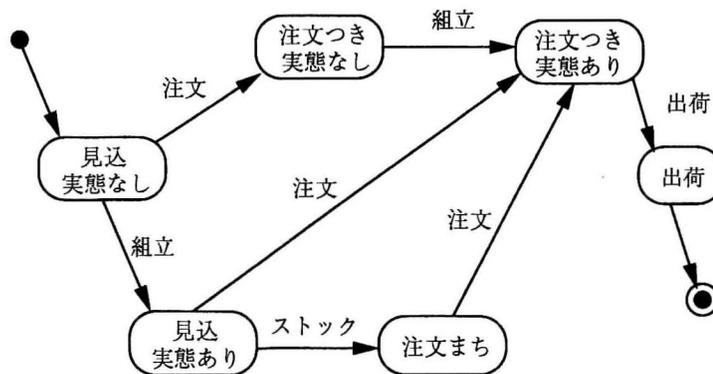


図 12: 製品の状態遷移

3.3 情報の入力源となるオブジェクト（注文）について考える。

これまでは現実世界に実在するものについての作業だったが、これらに処理をおこなわせるもととなる入力情報についての議論はなされていなかった。「注文」はいままでにあらわされた「製品、部品」に対し、変化をおこす。すなわち、情報の入力源となるオブジェクトについては、その入力がどのオブジェクトで利用されるかを明らかにする必要がある。

注文の分析

注文には標準仕様の注文と、その他の特殊仕様の注文がある。また、注文が工場に届くタイミングは小型機種、大型機種で特徴づけられる（図 13）。

規格品と特注品の割合：注文の内容については、標準仕様の規格品にたいして部品の変

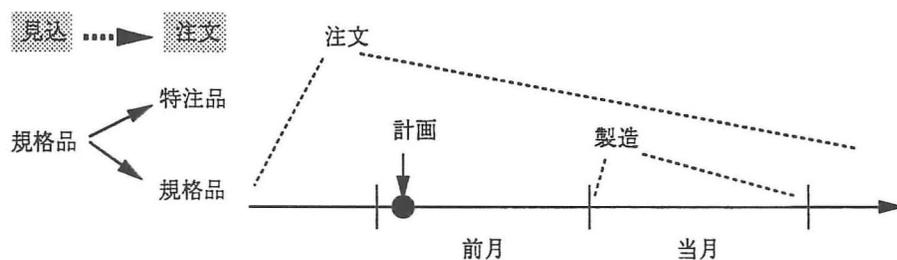


図 13: 注文のタイミング

更が指示される注文、つまり特注品の割合が、大型機種の場合約 70%、小型機種の場合約 50%である。

大型機種は約 70%

小型機種は約 50%

計画立案時点で注文がきている割合：ライン搭載順序立案時点で注文が工場に届いている割合は、大型機種で約 80%、小型機種で約 30%である。

大型機種は約 80%

小型機種は約 30%

「注文」の属性である「納期」には希望納期と回答納期がある。オブジェクト図にこれら 2つの属性を表記し、互いの関係について調査した。希望納期は工場に注文が届いたとき、いいかえれば注文オブジェクトが発生したとき、既に存在している。この時点で回答納期のほうはまだない。注文に合致する仕様の未振り当て製品が在庫として存在していれば、整備、納入のリードタイムから回答納期を計算し、そうでなければ組立中、

もしくは計画中の製品の組立完了予定日に整備、納入のリードタイムを追加して回答納期とする。回答納期は注文が製品に振り当てられてはじめて得られる。

他のオブジェクト（製品、機種）との関連

注文は機種を特定し、その仕様（部品構成）を特定する。また、注文は製品に振り当てられる。そこで注文と製品や機種との関係を議論した。当初、図 14 が得られたが、議論の結果、図 15 となった。この議論により、注文と製品、機種の関係があらわされた他、「機種」についての概念がかたまった。ここでは「機種」は製品群の種類わけをするもので、機種という部品群のかたまりの一部を特定することで「製品」がきめられる。」とした。

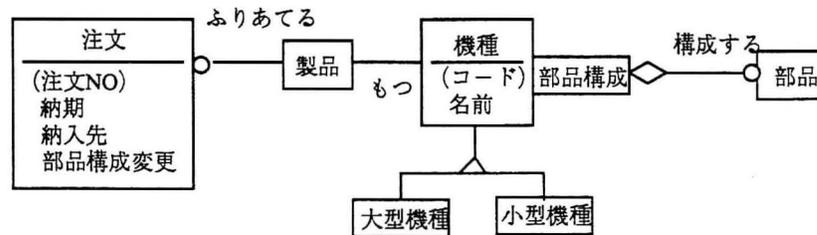


図 14: 注文と製品、機種 1

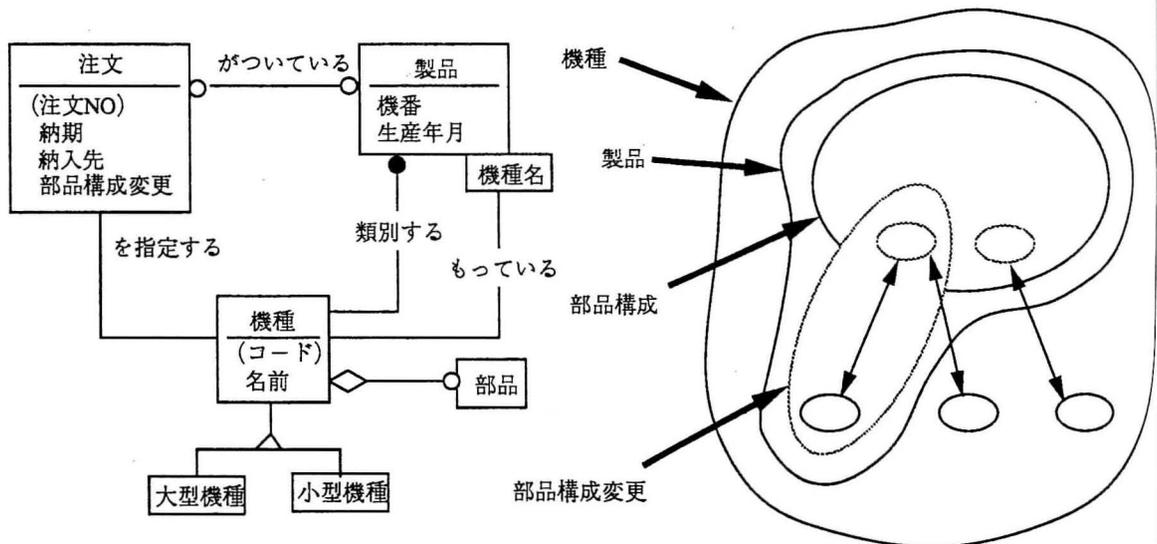


図 15: 注文と製品、機種 2

関連オブジェクトへの操作

「注文」は振り当て処理により、製品と1対1で結びつく（図16）。その対応づけは注文NO、および機種、機番である。

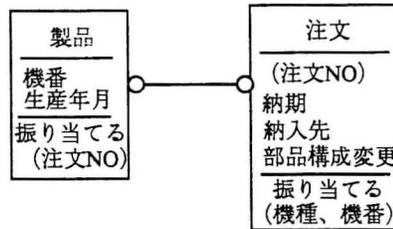


図 16: 製品と注文の操作

注文の状態図

注文の状態は「製品が振り当てられていない状態」と「製品が振り当てられている状態」を遷移する（図17）。ただし、「製品が振り当てられている状態」のなかには、「注

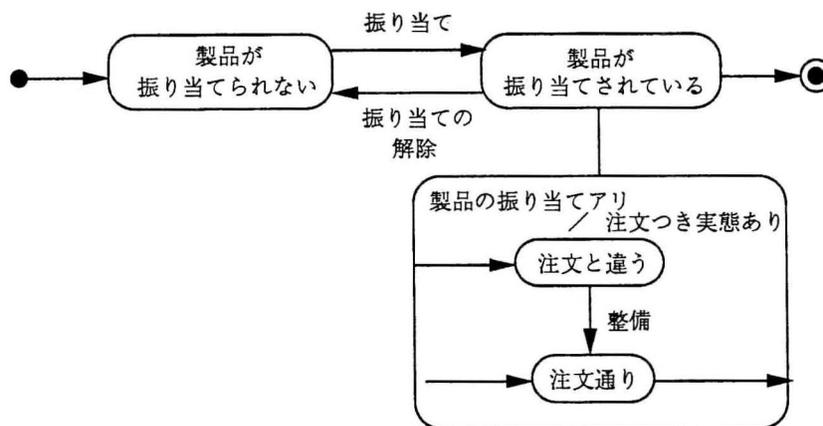


図 17: 注文の状態遷移

文通りの製品に振り当てられている状態」と「注文と違う状態」がある。さらに「注文と違う状態」を詳細化すると「機番だけが存在する状態」、「ライン上で組み立てられている状態」、「製品としては完成しているが、注文の仕様と違っている状態（在庫車に振り当てた時の状態）」がある。

注文処理のDFD

全国ディーラーから届く注文を工場内の注文台帳として登録する。また、注文内容に変更があったときは、その変更情報を台帳に対し更新する。振り当てをおこなうと工場からディーラーへ納期を回答する。(図18)

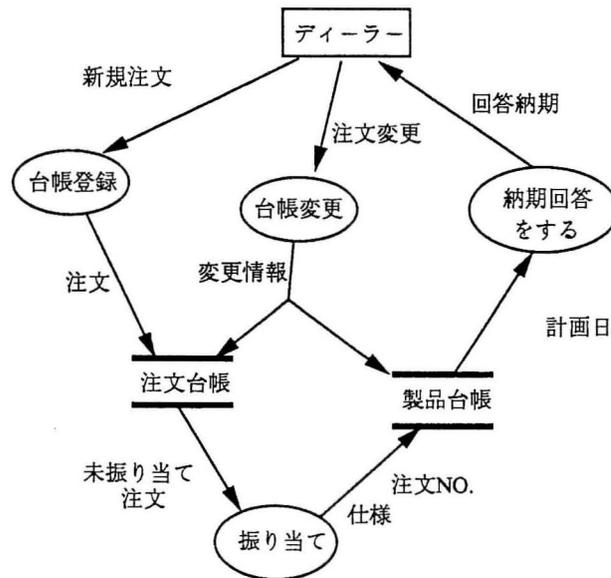


図 18: 注文処理

3.4 オブジェクトや関連に付随する制約（搬送体、搬入場所、ライン）について考える。

運搬作業のプロセス

運搬作業は各搬入場所にロットケースを欠品にならないようにはこぼなければならぬ。このことを考慮して、まず図 19 の運搬作業プロセスを考えた。運搬車はまだ部品倉

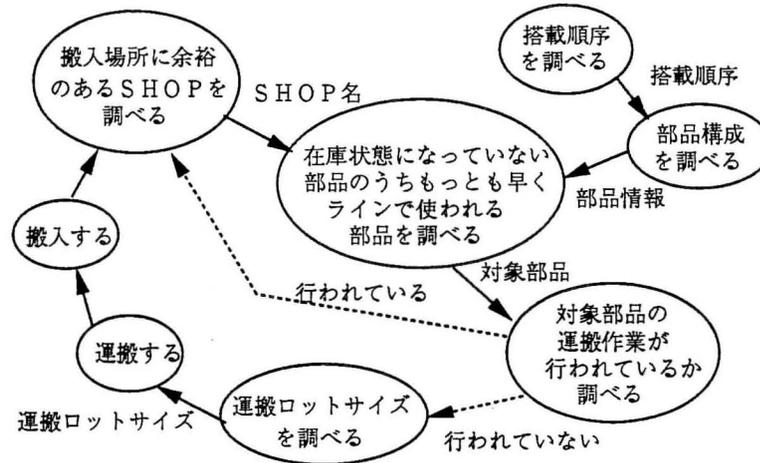


図 19: 運搬作業

庫に残っている部品のうち、もっとも早くラインで使用されるものを優先的にはこぼす。ただし現実的にはいろいろな制約が加わって、この通りにはいかない。また、いくつもの案があるときは、搬送体はもっとも効率のよい運搬スケジュールを望むであろう。

運搬作業は、実際このようにおこなわれているかもしれないが、この時点ではまだその必然性（他との関連）がわからない。

搬入場所の分析

図 20 を説明する。搬入場所では部品が増減する。搬入場所に部品を搬入することによってその状態が「空（部品がまったくない状態）」から「満杯（これ以上部品を搬入することができない状態）」まで変化する。また部品をSHOPで使用することにより逆方向に変化する。

部品倉庫

部品倉庫は部品物置のあつまりである。ここでは「部品がない状態」、「規定在庫量の状態」、「規定在庫量を超過した状態」を遷移する（図 21）。

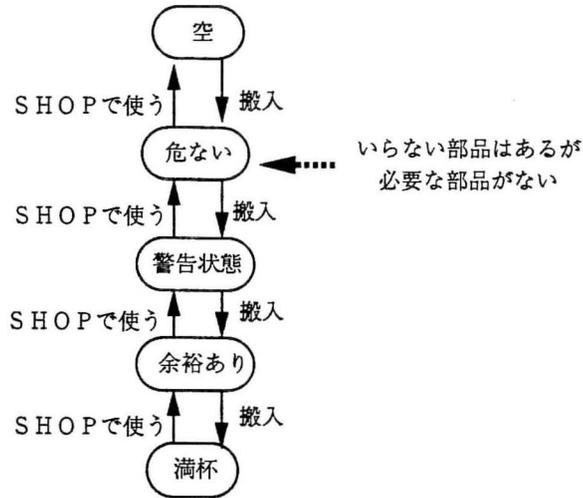


図 20: 搬入場所の状態遷移

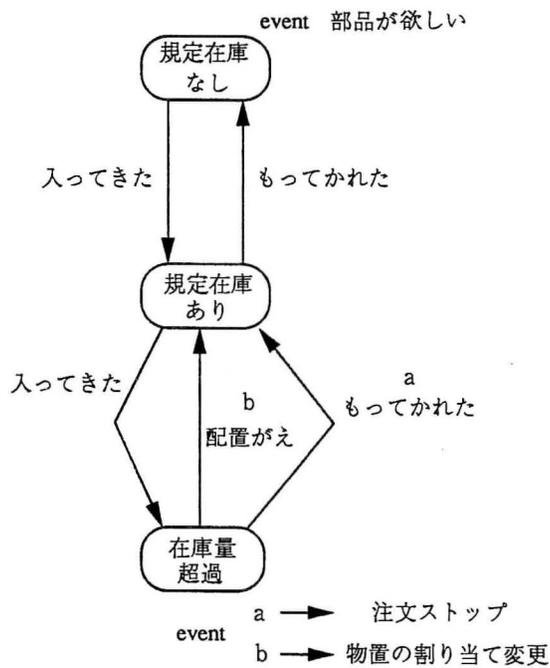


図 21: 部品倉庫の状態遷移

ロットの発見

「搬入場所」では搬入ロットの単位で入った物（部品）が一点ごとに出されていく。操作として「ロットケースを入れる」と「部品を取り出す。」がある。また、この議論で「ロット」というオブジェクトが新たに考えられた。ここで、この新たに発見された「ロット」について考察しておく。「ロット」は部品のかたまりであり、搬送体によって部品倉庫からSHOPの搬入場所に運搬される（図 22）。

状態遷移図を考えると、図 23で「ロット」はまず部品倉庫で保管状態にある。これが

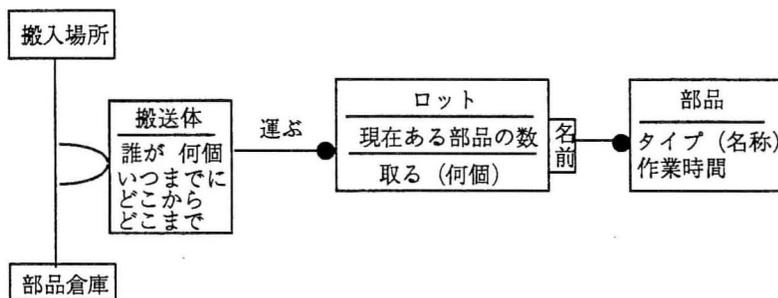


図 22: ロットオブジェクト

運搬車両によって運ばれ（搬送）、SHOPごとの搬入場所におさめられる。搬入場所ではロットはその構成要素である部品がつつぎと取り出されていくという状態（使用中）になる。しかし「ロット」はまた、「部品」の1つの状態でもある。「部品」は「ロット（の状態）」のほか「製品」として存在し、またSHOPのベルトコンベア上では単体として「組み付け待ち」の状態もある。ロットの状態図は部品の状態図に包含される。ロットに対する操作は「部品をとる（何個）」である。

ラインの制約（オブジェクト）

生産台数の限界はラインの限界速度から得られる。搭載順序立案に関するラインへの操作として、「製品にラインオン時間、ラインオフ時間を伝える」がある。この操作をおこなうためには、ラインの動作状況を知る必要がある。

ラインはその月、その日の計画台数に応じてライン速度を変化させることができる。また製品の売行きが好調な時はライン稼働時間を延長してその需要に答えている。ライン速度の限界値はSHOPごとの部品組み付け時間によってきまる。ライン速度を限界に近くさせても定時に生産することができそうにない場合はライン稼働時間を延長して対処する。

ラインの時間計算

ラインの状態：ラインは「停止状態」、「動いている状態」、「異常状態」を遷移する。「動いている状態」は詳細化すると、その速度により「普通（基本的速度）の状態」、「速い状態」、「遅い状態」を遷移する。「普通の状態」はさらに詳細化でき、「稼働時間が長

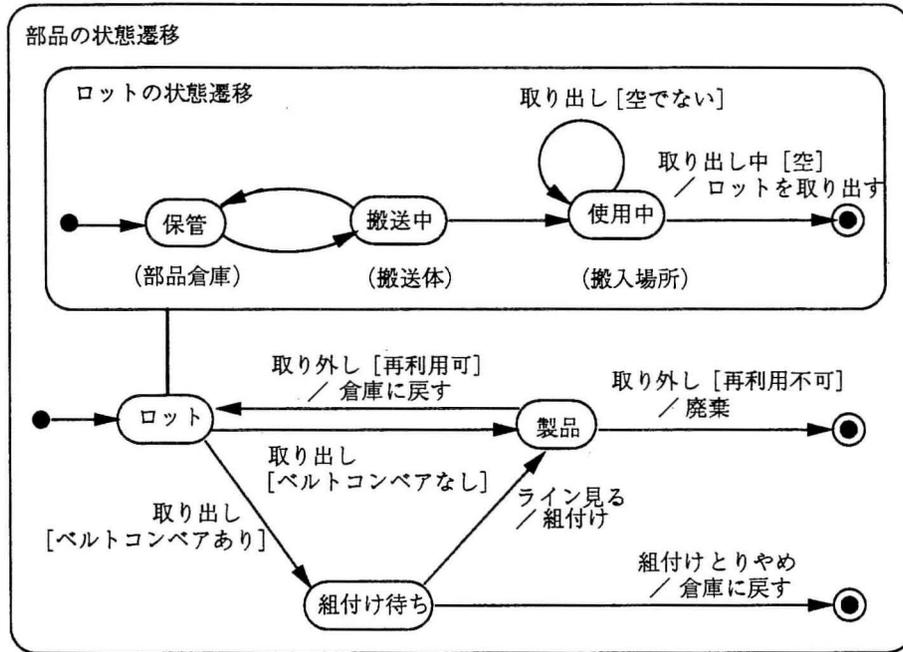


図 23: ロットと部品

い状態」と「稼働時間が短い状態」とにわけられる (図 24)。

製品ごとのラインオン時間、ラインオフ時間を知るには、一日の作業開始時間の他、ラインピッチ (ラインの速度) を知らなければいけない。ラインピッチは、

$$\text{ラインピッチ} = \text{稼働日数} \times \text{一日の稼働時間} / \text{生産台数}$$

で求める。単位は (分/台数) である。ただし、これがライン限界速度よりも速くなる場合は稼働時間を延長して対処しなければならない。図 24 の状態遷移図よりもとめたラインの生産時間をえる処理を図 25 に示す。

上記の分析のように、状態遷移図とデータフロー図はまったく独立したものではなく、製品の搭載時間を計算するためには、ラインピッチの情報が必要であり、ラインピッチの情報は、ラインの稼働状態に依存する。

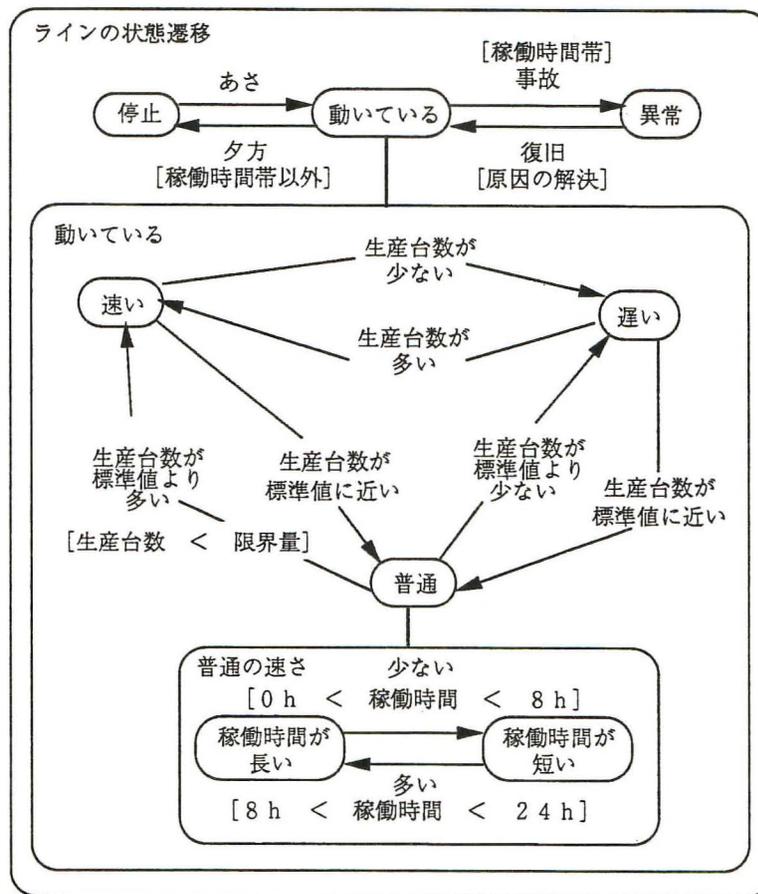


図 24: ラインの状態遷移

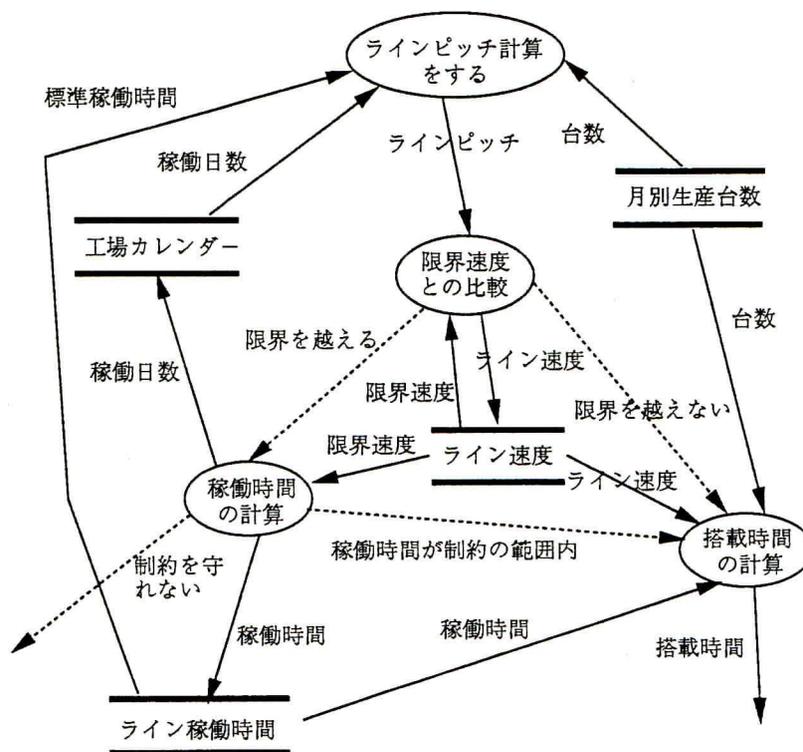


図 25: ラインの時間計算

4 オブジェクトモデルと制約を利用して機能モデル（ライン搭載計画を表現するデータフロー図）を仕様化する方法。

4.1 オブジェクトモデルの仕様化

これまでの分析によって得られたオブジェクト図を図 26 にしめす。この図が機能モデル仕様化の出発点となる。

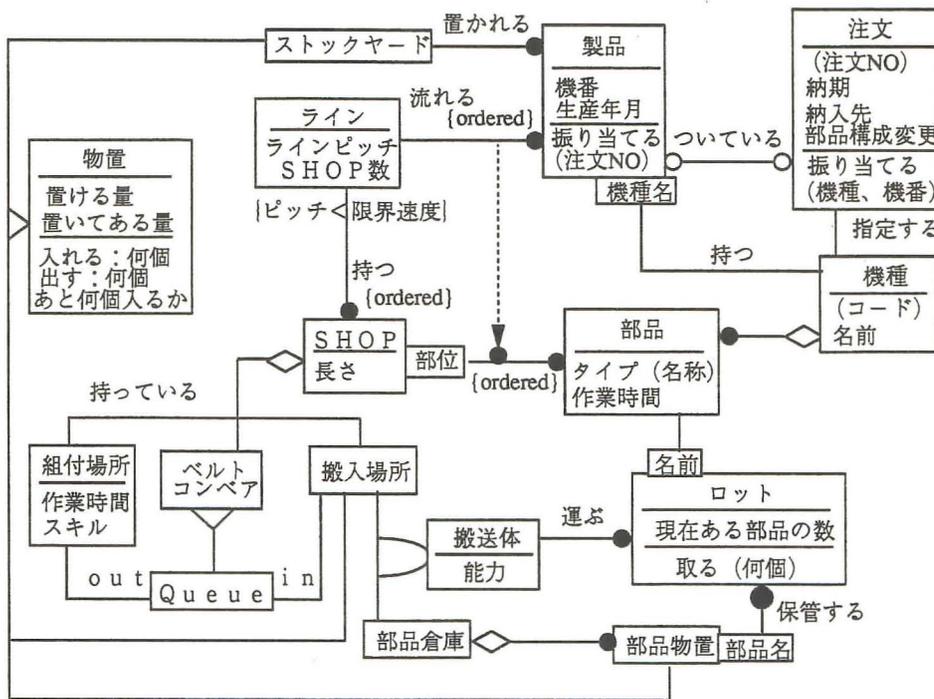


図 26: オブジェクト図

4.2 目標の設定

工場における目標は大型ラインと小型ラインで異なる。小型ラインは、納期短縮であり、大型ラインは生産性の向上である。ただし、小型ラインでも生産性を無視した納期短縮はありえないし、大型ラインでも納期を考えない生産性を図っても意味がない。お互いどちらかというとなり期短縮に、もしくは生産性向上に主眼をおいた目標ということである。この他、共通の目標として「注文の希望納期にこたえる」がある。すなはち、小型ラインに対しては納期短縮、大型ラインに対しては生産性向上という目標が以下のように決定される。

(1) 納期短縮

生産から出荷までの期間を短縮できるような搭載順序をかながえなければならない。一台の製品のレベルで見ると生産リードタイムはどれも同じであり、その順序がどうなるかと部品から製品が組み上がる期間は変わらない。しかし、ある機種の製品がその月の後半にかたまわって生産されているとすれば、その製品は月の後半まで納入することが

できない。もしも1～2日のスパンで生産されていれば、ほぼ組立の作業時間だけで納入することができる。今回の場合、小型製品全体として求める製品がいかに早く顧客のもとに納入されるかが主要な目標である（図27）。

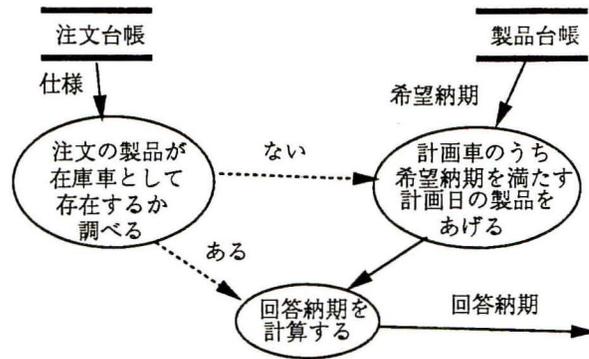


図 27: 納期回答

(2) 生産性の向上

大型製品の場合、小型製品ほど納期にはこだわらない。部品自体が高価であり、小型ラインの計画生産方式のように部品、製品共に工場内の在庫状態をそれほど多くしておくことができないためである。このため受注生産方式となっている。工場としての目標は生産効率を高めることである。生産効率をあげるための対応策としては、作業手順の簡素化があげられる。搭載順序によってどこの作業がどれだけ影響を受け、その改善のためにどうすればよいかを考えることが目標である。

例えばラインの部品組付作業では、同一種類の製品を連続で生産することにより、部品をあつかう工具、治具の取り替え作業を低減することができる（図28）。

4.3 制約の洗いだし

目標実現にあたってはいくつかの制約を満足しなければならない。すなはち図26で示したオブジェクトモデルにおいて、クラスの各属性や関連は以下に述べるような制約をもつ。

(1) オブジェクトへの対応づけ

目標達成にあたっては各オブジェクトの制約を無視して考えるわけにはいかない。その結果まず、この目標をオブジェクト個々に対応づける作業をおこなった。オブジェクトそれぞれの役割を目標にいかすためにはどういう振るまいが必要か、また、どういう処理手順をおこなえばよいかということを考えることで、結果として全体がこのような目標を実現するためのシステムとしてモデル化できるのではないかと考えた。

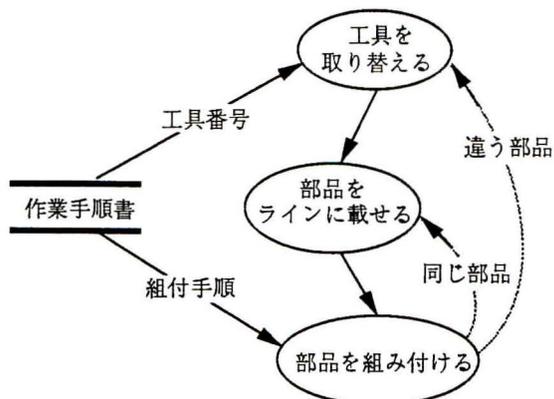


図 28: 部品組み付け作業

(2) 搬入場所について

ポリシー：一旦、搬入場所に入れたロットは、部品が空になるまで部品倉庫に戻されることはない。(搬送作業が無駄になるから)

制約：一度に保管できる量には限界がある。これは搬入場所ごとに異なる。

(3) 搬送体について

制約：搬入車両が一度に運べるロットケースには、限界量がある。また、一回の運搬作業の時間にも限界がある。

ポリシー：どうせ運ぶなら、できるだけたくさんのロットケース (MAX は限界量) を一度に運びたい。

(4) 搬送体と搬入場所の関連について

搬入場所が無限に収納枠をもっているとすると、搬送体の運搬計画とライン上の搭載順序は関連性がうすくなる。また搬送体の搬送能力が無限になっても同様である。搬入場所と搬送体、それぞれに限界量をもつという条件で、以下の制約が生じている。

- 1、搬入場所のロットケースが1個以上空にならないと、搬送体はその搬入場所にロットを搬入することができない。
- 2、搬送体は搬入場所に保管されているロットケースがすべて空になるまえに、必要部品のロットを搬入しなければならない。
- 3、搬送体は上記1、2を満たしつつ、一日の作業時間内にその日の必要量のロットを各搬入場所に運ばねばならない。

(ここで、搬送体は一台のフォークリフトをさすのではなく、運搬作業をおこなっているものの総体を指す。)

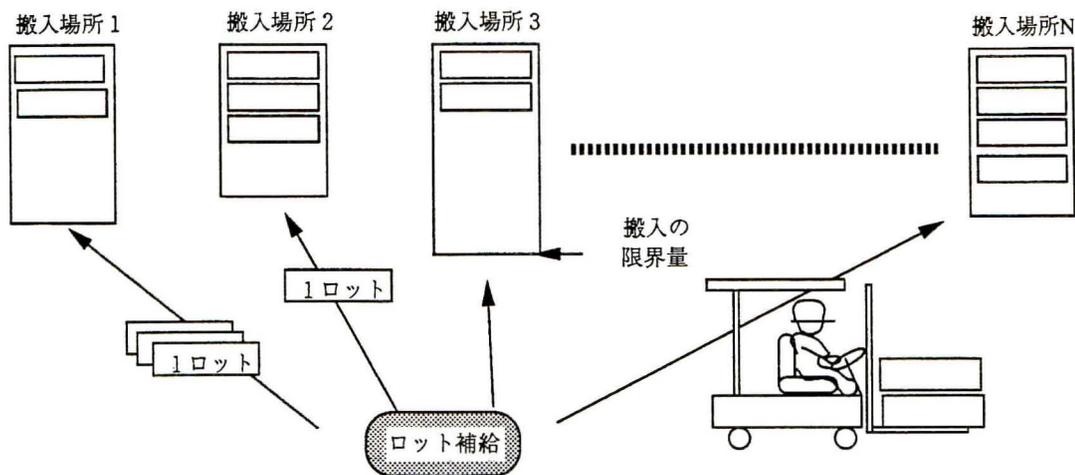


図 29: 運搬作業

(5) 準同型写像からの考察

製品がラインに並ぶという関係は部品がSHOPに並ぶという関係と同じかたちである (図 30)。ただし、同一製品でも構成部品によってそれぞれの運搬ロットサイズは異なる。製品の組立ロットサイズは、この構成部品それぞれの運搬ロットサイズから最適とおもわれる数をひとつえらんで決定している。

前に搬送体の効率が搬入場所における部品の使用状況の影響を受けることを考察した。

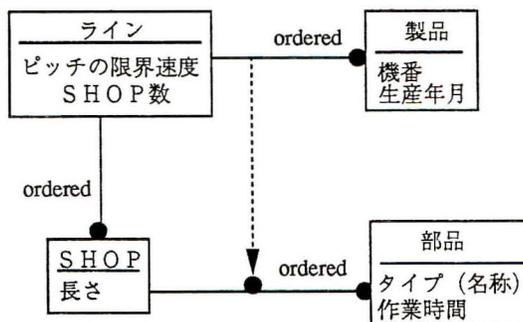


図 30: 製品の並びと部品の並び

またここで、SHOPに並ぶ部品のSHOPに並ぶ部品の順序から、システムの目的であるライン搭載順序が導けそうである。

(6) 部品搬入計画

そこで図 31を書いた。運搬体は搬送計画にもとずいて搬入作業をおこなうものとする。その搬入計画はいくつかの入力データの他、関連オブジェクトからの制約をうけ、その範囲内で計画を練る。

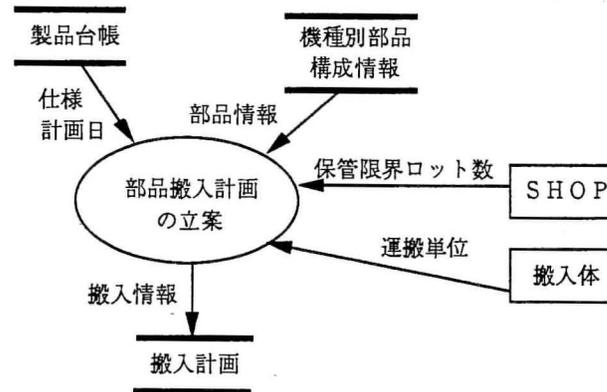


図 31: 部品の搬入計画

(7) ライン搭載順序

これをライン搭載順序に応用して図 32を書いた。工場は生産計画（ライン搭載計画）にもとずいて生産活動をおこなう。生産活動には各部門に応じたプロセスが存在し、それらは各部門ごとの制約をうけている。

今回の作業で書いたオブジェクト図は、この生産プロセスの静的構造を示すもので、目的である計画システム自身を指すものではない。しかし、各部門の構造、制約を考慮することで現実世界に即した計画を立案することができそうである。

また、先の搬送体の例では、「搬送体はもっとも効率のよい運搬スケジュールを望むであろう。」との記述があったが、ライン搭載順序にも、関連オブジェクトからの制約のほか、よりよい搭載順序の判断基準（ポリシー）を考えてみることにする。

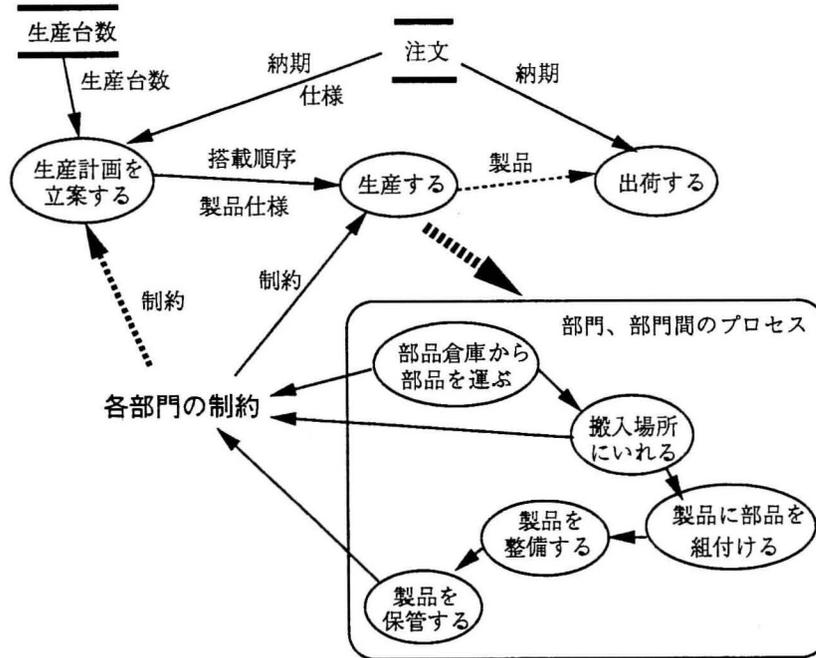


図 32: ライン搭載計画

#### 4.4 ポリシーの決定

4.2で決定した目標に対して4.3で列挙した制約をみたす解は複数個ある。そのうちのどれを選択するのかという判断はこの時点でおこなわれなければならない。選択基準に相当するものをここではポリシーと呼ぶことにする。以下の7つのポリシーを決定した。

##### (1) SHOPの作業量

組立作業者としては：組み立てる製品の機種が変わると、治具や工具の取り替えなど作業の段取り変えが発生する。なるべく同一機種を連続して組み立てたい。  
 ライン管理者としては：機種によりSHOPごとの作業負荷にかたよりがあるため、同一機種がつづくると全体の組立作業効率が落ちる。

##### (2) 部品倉庫の容量

部品倉庫には部品ごとに保管スペースが決まっており、保管数量には限界がある。また部品の保管には保守に関わる費用、税金などの諸費用がかかる。そのほかモデルチェンジや設計変更などの問題から、なるべく長い期間の保管は避けたい。

### (3) 部品運搬作業

同一部品を運搬ケースに収め、その単位で運搬作業をおこなっているため、運搬業者としてはこの部品の運搬単位ごとに組み立てられていくと運搬効率がよくなる。

### (4) 搬入場所の容量

部品の運搬業者は、各SHOPごとの搬入場所に運搬ケースを収めるが、搬入場所の容量を越える部品を搬入することはできない。小物部品の場合はケースを縦に積んでおいて必要な数だけ部品をとりだすことが可能だが、大物部品の場合は地面に並べるので、奥の部品をとりだそうとすると前の部品を移動させなければならず、あまり多種の部品をおくことはできない。

### (5) スtockヤード

ストックヤードの容量：ストックヤードには駐車スペースに限界量がある。また、製品の保管には、保守に関わる費用、税金などの諸費用がかかる。これは部品の保管よりも高価になる。また、モデルチェンジや設計変更などの問題から、なるべく長い期間の保管は避けたい。

ストックヤードの在庫車：ストックヤードに対象機種在庫車がある場合には、その製品を振り当てすればよく、急いで組む必要はない。

### (6) 製品運搬作業

工場から各地ディーラーに製品を出荷する時、同一搬入先ごとに輸送トラックに複数台の製品を載せるが、搬入先ごとに製品が組み立てられるとトラック待ちが減るので都合がよい。

### (7) 部品構成

違う機種でも同一部品を使っている場合が多々あるので、組み立て作業は製品レベルの連続同一種類の数と部品レベルの同一種類の数に違いがある。つまり、ライン上で同じ機種の製品が3台ずつしか並んでいなくても、あるSHOPで並ぶ部品は共通部品であるため、3個以上すべて同じ部品であるというケースもあり得る。また反対に振り当てられた仕様によっては、同じ機種がライン上に並んでいるのに一台ずつ異なる部品を装着することもある。

## 4.5 ポリシーの優先度

上記のポリシーについて、優先度をつけると以下の通りとなる。

小型ラインの場合：

1. どの機種も毎日生産される程度になるべくバラす。
2. 組立ロットサイズを守る。

3. 機種の部品構成を考慮した、組立作業の効率を考える。
4. 在庫車両を減らすようにする。

大型ラインの場合：

1. 組立作業の効率（特に段取り換え作業の発生頻度）を考える。
2. 納期に間にあうようにする。
3. 輸送の効率を考える。
4. 在庫車両を減らすようにする。

#### 4.6 制約、ポリシーからライン搭載計画（機能モデル）をたてる

以上、定義してきたオブジェクトモデル、目標、制約、ポリシーの優先順位を考慮して作成したライン搭載順序立案プロセスを図 33 にしめす。各プロセスは制約やポリシーから得られている。これらの処理プロセスの順序についてはシステム実装による影響がおおきいが、どのポリシーに重要度をもたせるかというような判断はこの段階であらかじめする。

大型ラインの場合も小型ラインの場合もまず、「納期に間に合うような順序」という「制約」をクリアした案について、その他のポリシーからの選択処理をおこなっている。

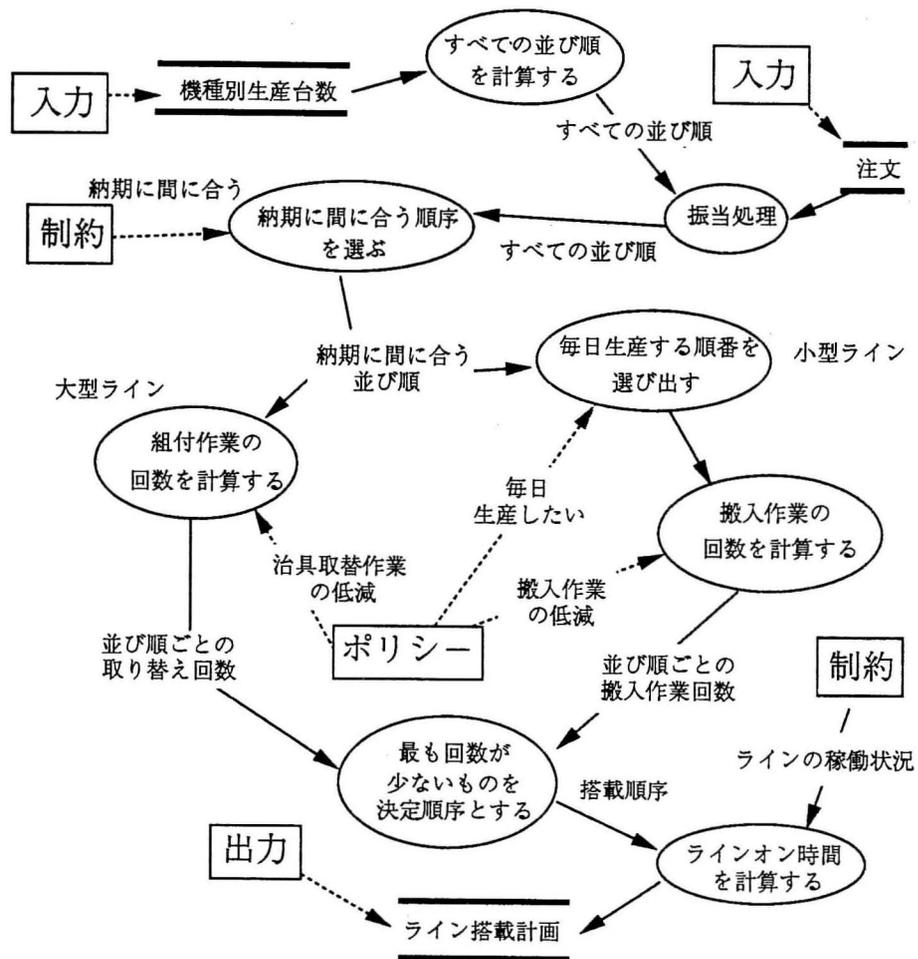


図 33: 搭載順序立案プロセス

## 5 まとめ

### 5.1 OMTの評価と改良すべき点

はじめに述べたように、OMT方法論を業務レベルで利用可能にするには、

1. 対象業務世界を支えるオブジェクトを洗い出す手法を整備する
2. オブジェクトモデル上にデータフロー図や状態遷移図を構築するための手法を整備する

の2点を改善する必要がある。本報告ではこのうち2に対して一つの解を得ることができた。すなはち、以下の手順に従って明確な基準のもとに機能モデルを構築することができる。

1. 対象世界全体の構造の定義（図1）
2. 対象世界を構成する要素（部門）内において「処理」の世界を記述するにあたって必要となる「もの」の洗い出しと関連づけ
3. ・対象世界の「場」となるオブジェクト群についてのモデル構成の再吟味  
・対象世界の「主人公」となるオブジェクト群についての状態とその遷移の把握  
・情報の入力源となるオブジェクト群についての、その利用先の決定  
・制約やポリシーに関連するオブジェクト群の識別
4. オブジェクトモデルの仕様化
5. 目標の決定
6. 制約の洗いだし
7. ポリシーの決定と優先順位づけ
8. 種々の制約を充足しつつ、ポリシーに従って機能モデル（ライン搭載計画）をデータフロー図で表現する

一方、1の問題に対しては、オブジェクトの洗い出し法そのものに対する手段は確定しえなかったが、オブジェクトモデルの果たす役割が明確になった。

すなはち、図34において、オブジェクトモデルは、機能モデルを構築するにあたって充足されるべき制約の表現の土台としての役割を果たす。制約を充足させる程度は、ポリシーに従い機能モデルとして表現される。

この事例研究を通じて「計画立案」タイプのアプリケーションに対する分析法がある程度明確になった。すなはち、OMT方法論では明確にその役割が述べられていない各オブジェクトの制約が重要な因子として浮かびあがってきた。この制約と目標のうちどれを重要視するか、また優先順位をどうするかによって構築されるシステムが変わってくる。入力情報、プロセスに制約を与える条件のほか、ポリシーによってシステムの機能モデルが構築される。

構築されるシステムの評価はこの制約やポリシーをどの程度満足させるかで決まる。（図35）。工場の能力にもとずいた制約から計算される搭載順序は、その搭載順序で生産工

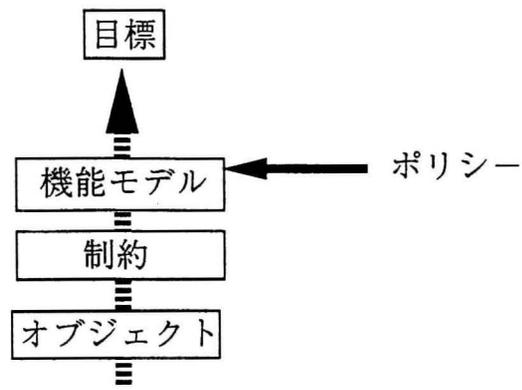


図 34: オブジェクトからの目標の達成

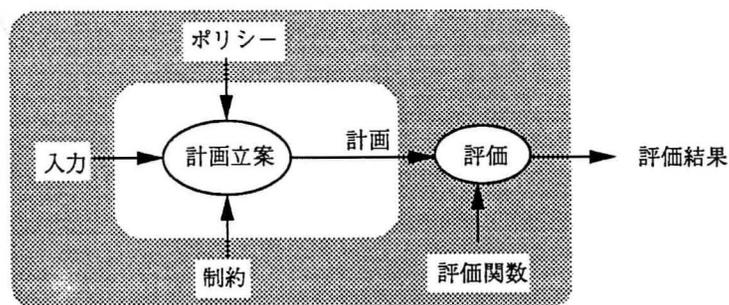


図 35: システムの評価

程をシミュレートした結果の工場全体のポリシーをどの程度満たしているかで評価できる。

機種ごとの生産台数を入力情報として、搭載順序決定プロセスにより得られる順序情報を評価プロセスによって評価する。この評価プロセスは評価のためのパラメータが必要であり、これは制約、ポリシーからえられる。

この事例研究の結果をふまえて、さらに検討されるべき課題は以下の通りである。すなわち今回の分析作業において対象となるシステムをとりまく環境、つまり入力情報の他、制約情報、ポリシーについて各オブジェクトについて検討することができた。しかし、ポリシーを表現するモデルはない。ドキュメントとしては、オブジェクト図をはじめとする各モデル図を、完成図にいたるまでの作業途中のものも残しておく、議論の展開をつかむことができる。ただし、分析作業は各オブジェクトに拡散した議論になるため、各対象ごとに整理しなおす必要がある。

## 5.2 オブジェクト指向分析/設計方法論と構造化分析/設計方法論の比較

比較1：プロセスを詳細化する際、構造化分析/設計方法論では、入出力情報に近いプロセスから順に定義していくが、詳細化レベルのとらえ方があきらかにされておらず、同じ詳細化レベルにおけるプロセスのつながりについて一貫性をとることがむずかしい。これに対し、オブジェクト指向分析/設計方法論の場合は、5.1で述べたような明確な指針のもとに機能モデルを定義していける。これにより、プロセスの詳細化レベルに一貫性を持たすことができる。

比較2：また、構造化分析/設計方法論では、処理のながれが各階層に分断されてしまい、一連の処理としてとらえることが難しい。オブジェクト指向分析/設計方法論の場合は、オブジェクト、もしくはオブジェクトの関連ごとに処理のまとまりがあるDFDが作成できるためポイントをつかみやすい。

## 参考文献

- [1] オブジェクト指向方法論OMT、J.ランボー/M.プレメラニ/F.エディ/W.ローレンセン著、羽生田栄一監訳、トッパン
- [2] 構造化分析の事例研究(生産管理システム) 倉谷祥久/門脇千恵/西山雄/落水浩一郎著、JAIST Research Report, IS-RR-93-0011S

# 北陸先端科学技術大学院大学 情報科学センター

## FRONT計画

本学は、その施設・設備の整備の基本理念を「FRONT計画」

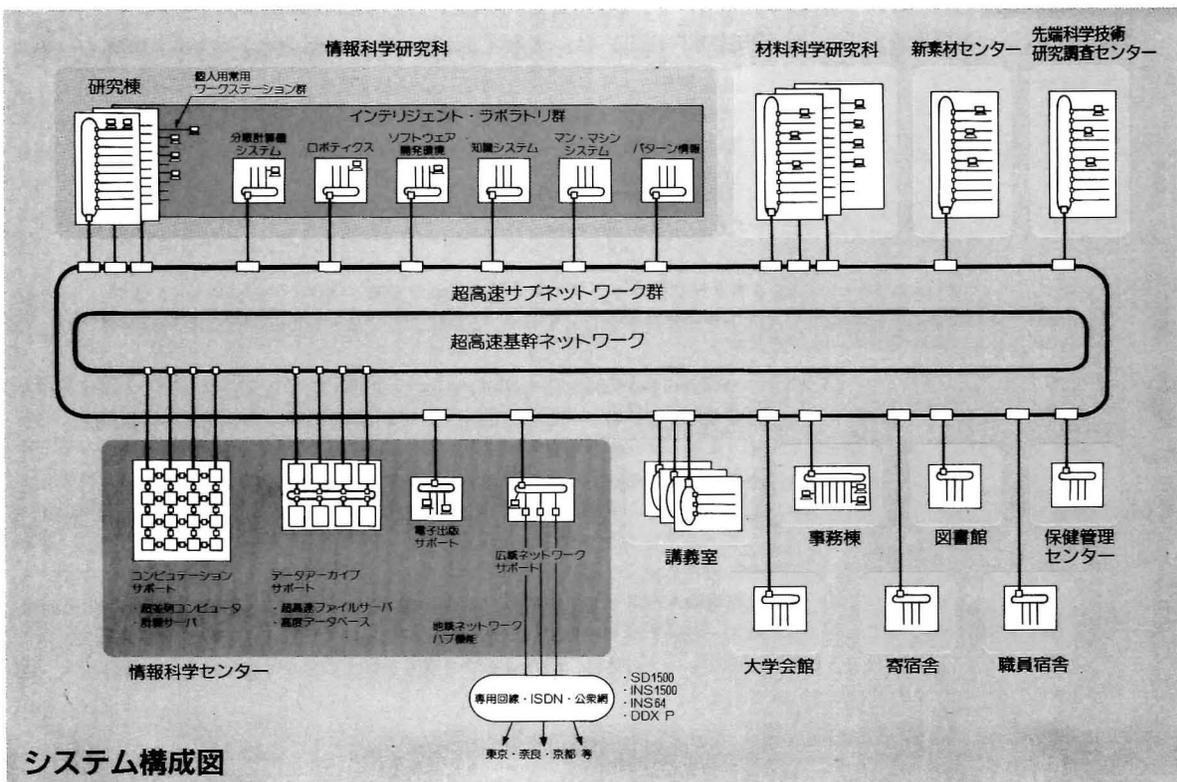
- 1. Flexible, High Function      研究内容の進展、変化に対応できる高い水準の機能と空間をもつ施設の計画
- 2. Regional Relation            施設の各機能を重視し、合理的な複合施設とするとともに、地域社会・施設等との連携を考慮した計画
- 3. Open Campus, Open Network    地域に開放されたキャンパスとするとともに情報化を図り、他施設との積極的な情報交流が可能となる計画
- 4. Nature, Neighborhood        周辺の自然環境との調和を重視し、地域の自然を生かす計画
- 5. High Tech, High Touch        先端科学技術分野に係わる教育研究を行うにふさわしい施設・設備の計画とするとともに、人間的なふれあいを重視した文化性の高いキャンパスの計画

と称し、学術研究の進展と社会の要請等の変化に柔軟に対応できるよう、当初からインテリジェント・キャンパスを創造し、計画的に構築しようとしています。

## FRONTIER

FRONT計画に基づいて構築される情報ネットワーク環境をFRONTIER (FRONT Information EnviRonment) と称し、その主な特色は次のとおりです。

- 柔軟性と高機能性をあわせもつ情報システム。
- 分散計算機環境の技術を駆使し、かつ地域社会・施設等を含んだMAN (Metropolitan Area Network—地域ネットワーク) の分散情報ハブとして動作できる情報システム。
- 最先端的な技術を採用し、先端科学技術分野に係わる教育研究を行うにふさわしい情報システム。情報システムにありがちなシステム優先の考え方を排除した人間性重視のシステム。



## 情報環境構想

本学では、ネットワークやネットワーク上のいろいろな機器で構成されるシステムのことをまとめて情報環境と呼んでいます。情報環境とは、情報の生成・発生・蓄積・利用など、情報と関わる全ての局面を支援する統合的システムを意味し、個々の研究者、学生、職員はこのシステム上でその機能を利用しながらそれぞれの作業を行うこととなります。

情報科学センターは、本学の情報環境のすべてを提供・管理・運営し、以下のようなサポート体制からなっています。

### ●広域ネットワークサポート

全学情報ネットワークを種々の外部のネットワークに接続し、日本国内、海外の大学・教育機関との情報交換を行うための機能をつかさどります。

### ●コンピューテーションサポート

情報環境内で必要となる大規模計算、高速計算を超高速計算機を用いて実行します。本学では、通常のアーキテクチャを持ついわゆるスーパーコンピュータに限らず、SIMD や MIMD と呼ばれる並列アーキテクチャを持つ超並列計算機も導入される予定です。

### ●データアーカイブサポート

研究・教育・事務など本学の活動によって生ずるすべての情報を格納し、一元的に管理するマルチテラバイト級の大容量データベースを整備します。互いに関連のある乱雑な情報を蓄積し、新しい関連を追及したり、頻繁に参照される関係を取り出すことにより、乱雑さのなかから新しいパターンを抽出したりすることのできる機能を整備していきます。

### ●電子出版サポート

学内で生成された情報を、論文、書物、文献、OHPフィルム、ビデオなどの形に変換し、外部に出版する諸機能を整備します。本学で行われる先端的な研究の成果を広域ネットワークなどの電子媒体の速報性を生かしていち早く外部に公表すると同時に、迅速に正式な形で成果を外部に出版することを可能にします。

## ネットワークシステム

FRONTIERのネットワークシステム（FRONTNET）は、大きくLAN（学内）部分と、WAN（広域ネットワーク）接続のための部分に分けられます。

### ●学内のネットワーク

ネットワークは、スーパーバックボーン（超高速基幹ネットワーク）とインハウスバックボーン（超高速サブネットワーク）部分に米国ウルトラネットワーク社の Ultra Network を採用し、これらに接続する形で IEEE 802.3 及び FDDI が配置されています。

Ultraneet は、ハブ（hub）を中心とするスター状のネットワークを組み合わせるネットワークを構成しています。Ultraneet では、複数の伝送路を用いたストライピングを行っており、これによって最大1Gbpsの伝送帯域幅を可能にしています。

FRONTIERでは、スーパーバックボーンがUltra Net 1000とUltra Net 250という2種類のハブを組み合わせるもので、またインハウスバックボーンに相当する部分が、各ハブを中心とし、フロントエンドネットワークへの接続を制御するフロントエンドゲートウェイ（米国シスコ社のAGS+ゲートウェイサーバ）を放射状に配置した形で構成されています。この構成の場合、ハブ間は500Mbps、ハブとフロントエンドゲートウェイ間は125Mbpsで接続されます。

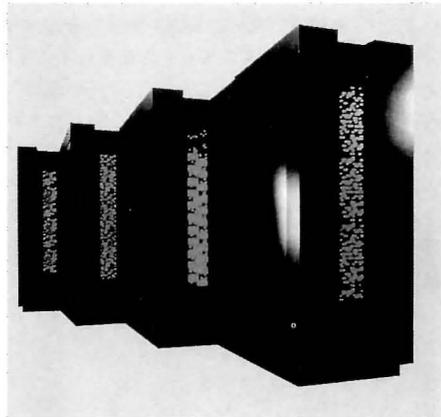
### ●広域ネットワーク接続

シスコ社AGS+を広域ネットワーク接続専用のルータとして採用し、ここからフレームコンバータ、DSU経由で、東京方面、京都方面に対して1.5Mbpsのスーパーデジタルを用いて専用線接続を設けています。広域ネットワーク接続用ルータに内蔵されているインターフェース自体は、6Mbpsまでの速度を扱うことが可能であり、将来の容量増加に十分耐えられる構成となっています。

情報環境機器

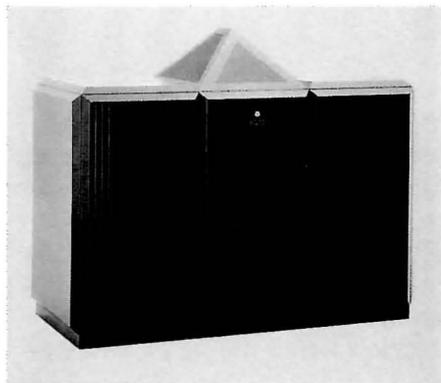
●超並列計算機

超並列計算機として、米国シンキング・マシン社のCM-5を導入します。超並列計算機とは、それぞれが独立した一台の計算機として動作するノード・プロセッサを複数持ち、それらを同時に駆動することによって高い処理能力を得る新しい構造の計算機です。たとえば、巨大データを構成する要素データの一つ一つに仮想プロセッサを割り付けて、全仮想プロセッサを同一アルゴリズムで駆動することにより、巨大データを一挙に処理することができます。本学が導入するCM-5は、それぞれが32MBのメモリーと32bitRISC CPUを持つノード・プロセッサ64個からなり、数百万個の仮想プロセッサを設定することができます。また、CM-5では先に述べたデータ並列型(SIMD)アーキテクチャのほか、メッセージ・パッシング型(MIMD)アーキテクチャも備えており、両者を混在使用することが可能となっています。



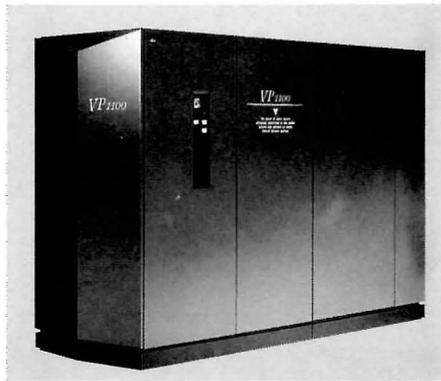
●高度データベース処理計算機

高度データベース処理計算機として、米国エヌ・キューブ社のnCUBE2を導入します。nCUBE2はハイパーキューブ構造を持った超並列計算機で、本学の場合64bitCPUと4MB(1部16MB)メモリーからなるノード・プロセッサ256個の構成になっています。また、nCUBE2はノード・プロセッサと外部装置との間で高速のデータ転送を実現するために並列入出力サブシステムを持っており、これに1GB磁気ディスク装置16台を接続し、並列アクセスにより高度なデータベース処理を行えるようになっています。さらに93GBの容量を持つMO(磁気光学記憶装置)ジュエックボックスを接続し、大規模データベースにも対応できるようになっています。

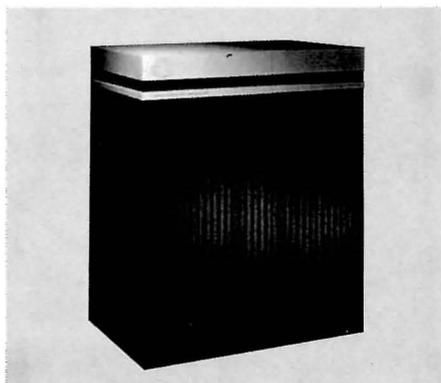


●小規模計算サーバシステム

小規模計算サーバシステム(1)には、富士通VP1100/10(倍精度浮動小数点演算110MFLOPS、主記憶96MB、磁気ディスク容量7.5GB)を採用しました。このシステムは小規模ながらベクトル演算機構を備えたスーパーコンピュータであり、高品位のC言語およびFortranのコンパイラとあわせて、適度な数値演算能力を提供しています。また、本システムのUXP/VPOオペレーティングシステムは、ベクトル機構を直接サポートするUNIX系のオペレーティングシステムであり、FRONTIERの他の部分との親和性も高くなっています。



小規模計算サーバシステム(2)には、米国コンベックス社のCONVEX C3440(倍精度浮動小数点演算200MFLOPS、主記憶512MB、磁気ディスク容量5GB)を導入します。このシステムは、64bitのスカラ演算とベクトル演算に加え、4プロセッサ構造の並列演算を行う機能を有し、CONVEX UNIXオペレーティングシステムの下で、高度な会話型システムの機能を提供します。さらに最適化とベクトル化およびパラレル化が自動的に行われるFortran、Cコンパイラのサポート、大容量実メモリー、高速インテリジェント入出力サブシステム等といったスーパーコンピュータに不可欠な機能を備えています。



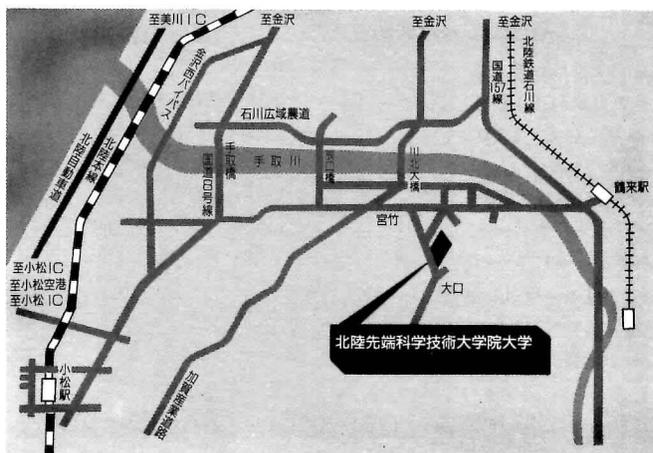
●超高速ファイルサーバシステム

本学では、すべての個人用ファイルは超高速ファイルサーバに蓄えられるようになっています。これにより、高速なネットワークとあいまって、利用者は他の計算機システムを遠隔利用する場合でも、自分の使用環境を変えることなく作業を行うことができます。超高速ファイルサーバシステムには、NFSサーバ専用システムであるXerox社 Argoss 9450を採用しています。このシステムは、それ自身密結合分散プロセッサ構成となっており、今回導入したシステムでは合計10台のプロセッサにより、24GB(最大60GBまで拡張可能)のユーザファイル容量を、最大スループット1100NFSIOPS(1NFSIOは8KBのNFSオペレーションであり、1100NFSIOPSは毎秒8MBの入出力が可能)の高入出力帯域幅で提供しています。



●研究系常用ワークステーション

研究者が用いる常用ワークステーションには、富士通のS4/2 (20 SPECMARK、主記憶32MB、磁気ディスク400MB)を採用しています。教官および情報系大学院生には一人一台ワークステーションが、材料系大学院生にはおおよそ4人に一台の割合でX端末が配置されています。研究用常用ワークステーションは、それ自体にファイルを置かないデータレスオペレーションを行い、ハードウェア障害時にも迅速なメンテナンスが可能のように配慮されています。



北陸先端科学技術大学院大学

所在地

〒923-12 石川県能美郡辰口町旭台15  
TEL 0761 (51) 1111 (代表)  
FAX 0761 (51) 1116  
電子メールアドレス iscenter@jaist-east.ac.jp

**SEA これからのイベント開催予定 (とりあえずわかっているものだけ)**

|            |  |             |
|------------|--|-------------|
| 1/27       | Seminar & Forum January(技術者教育)                 | 東京：機械振興会館会館 |
| 1/27 ~ 29  | SIGENV ワークショップ(いまソフトウェア開発環境とは?)                | 長野：坂北荘      |
| 2/下旬       | Seminar & Forum February(アジアのソフトウェア技術開発)       | 東京(会場未定)    |
| 3/?        | ソフトウェアエンジニアリングデータに関するワークショップ                   | 奈良：京阪奈プラザ   |
| 4/?        | 第6回 テクニカルマネジメントワークショップ                         | 秋田 or 青森    |
| 5/26       | Seminar & Forum May(テーマ未定)                     | 東京：機械振興会館   |
| 5/26       | 1994 年度 総会                                     | 東京：機械振興会館   |
| 6/15 ~ 17  | Software Symposium '94                         | 函館：金森ホール    |
| 9/月上旬      | 第12回 夏のプログラミングワークショップ                          | 開催場所未定      |
| 10 or 11 月 | 第8回 教育ワークショップ                                  | 開催場所未定      |
| 11/中旬      | KICS(Kungming International CASE Symposium)'93 | 中国：雲南省・昆明市  |
| 11/?       | 第15回 ソフトウェア信頼性シンポジウム                           | 奈良：京阪奈プラザ   |

**入会申し込み先**

〒160 東京都新宿区四谷3-12 丸正ビル5F  
ソフトウェア技術者協会 (TEL 03 - 3356 - 1077, FAX 03 - 3356 - 1072)

SEA 入会申込書 (正会員：入会金 3,000 円, 年会費 7,000 円) 93-06-SS

氏名： \_\_\_\_\_ (ふりがな： \_\_\_\_\_)

生年月日： 19 \_\_\_\_ 年 \_\_\_\_ 月 \_\_\_\_ 日 性別 (男 女) 血液型 (A O B AB)

勤務先名： \_\_\_\_\_

所属・役職： \_\_\_\_\_

勤務先住所 (〒 \_\_\_\_\_ ) \_\_\_\_\_

勤務先 TEL： \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ (内線 \_\_\_\_\_)

勤務先 FAX： \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_

自宅住所： (〒 \_\_\_\_\_ ) \_\_\_\_\_

自宅 TEL： \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_

資料送付先 & 連絡先 (どちらかにチェック)  勤務先  自宅

SEA 入会申込書 (賛助会員：年会費 1 口 100,000 円, 何口でも可) 93-06-SS

会社・団体名： \_\_\_\_\_

代表者氏名： \_\_\_\_\_ (ふりがな： \_\_\_\_\_)

連絡担当者： \_\_\_\_\_ (ふりがな： \_\_\_\_\_)

所属・役職： \_\_\_\_\_

住 所： (〒 \_\_\_\_\_ ) \_\_\_\_\_

TEL： \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ (内線 \_\_\_\_\_) FAX： \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_

申込口数： \_\_\_\_\_ 口



**ソフトウェア技術者協会**

〒160 東京都新宿区四谷3-12 丸正ビル5F  
TEL.03-3356-1077 FAX.03-3356-1072