

Title	オブジェクト指向分析の事例研究：生産管理システム
Author(s)	倉谷，祥久；東田，雅宏；藤枝，和宏；鈴木，潤一； 落水，浩一郎
Citation	Research report (School of Information Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology), IS-RR-93-0015S: 1-35
Issue Date	1993-11-22
Type	Technical Report
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/8419
Rights	
Description	リサーチレポート（北陸先端科学技術大学院大学情報 科学研究科）

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

1993 年 11 月 22 日

IS-RR-93-0015S

北陸先端科学技術大学院大学

情報科学研究科

〒 923-12 石川県能美郡辰口町旭台 15

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

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

ochimizu@jaist.ac.jp

©Yoshihisa Kuraya, 1993

ISSN 0918-7553

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。

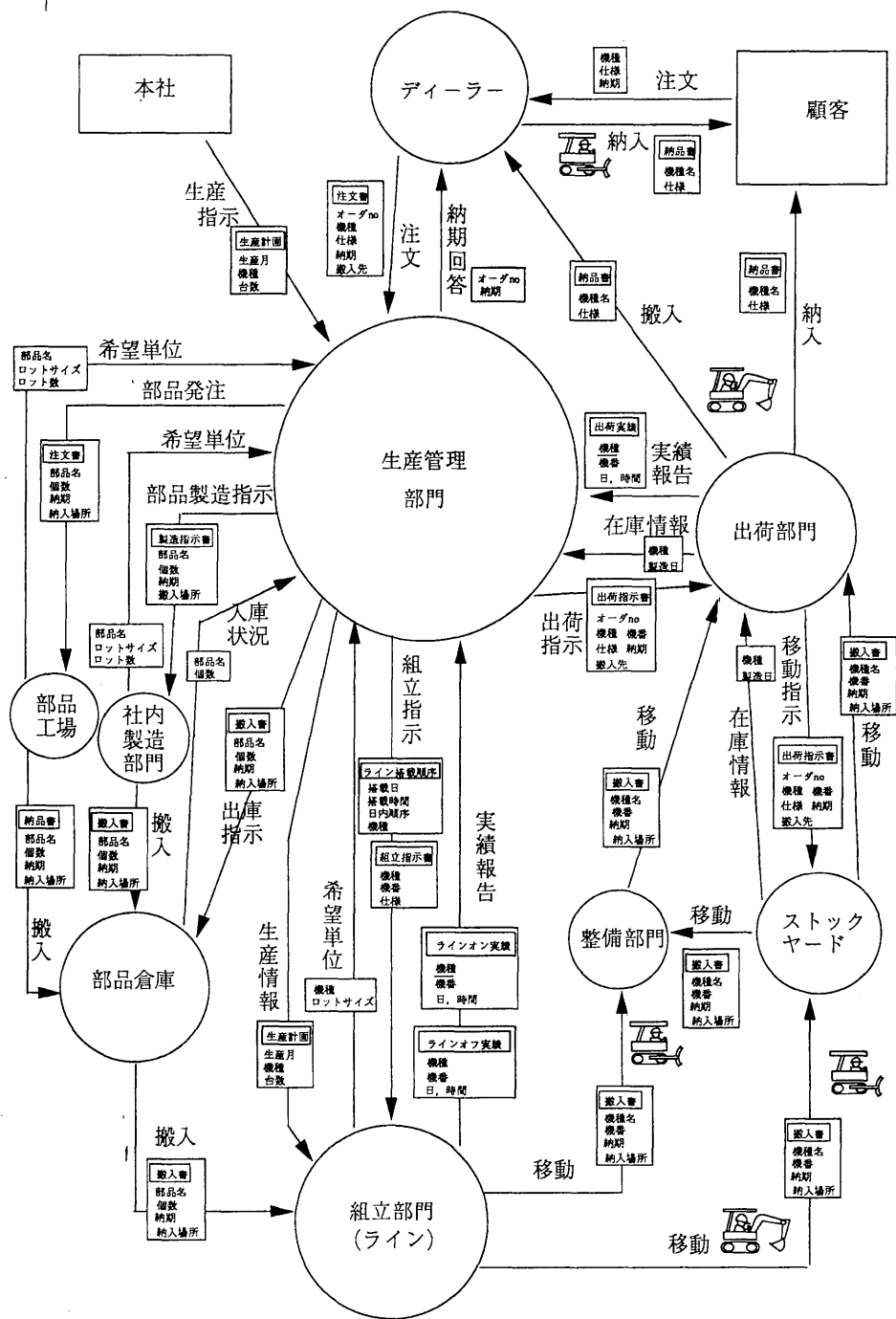


図 1: 組立工場説明図

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ばれ、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、対象世界を満足に表現しているとはいえない。

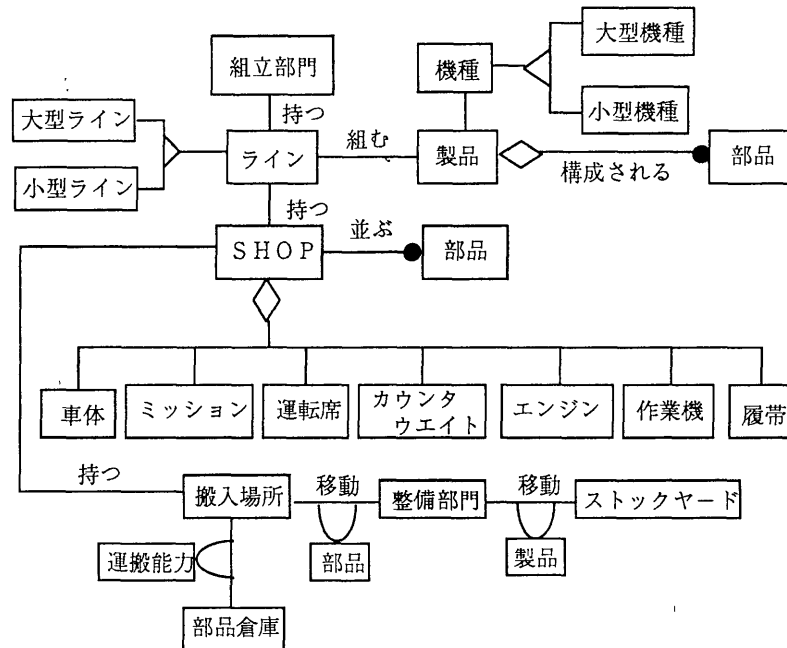


図 2: オブジェクト図 1

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係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

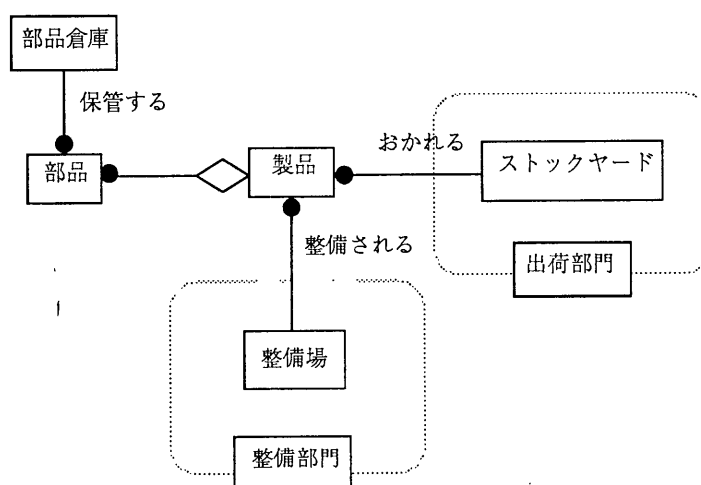


図 3: 部門と場所

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。

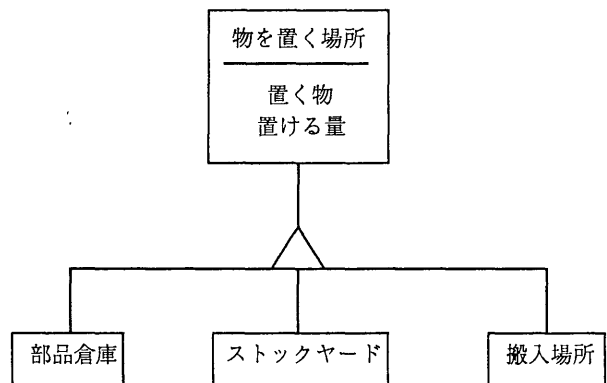


図 4: 場所

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

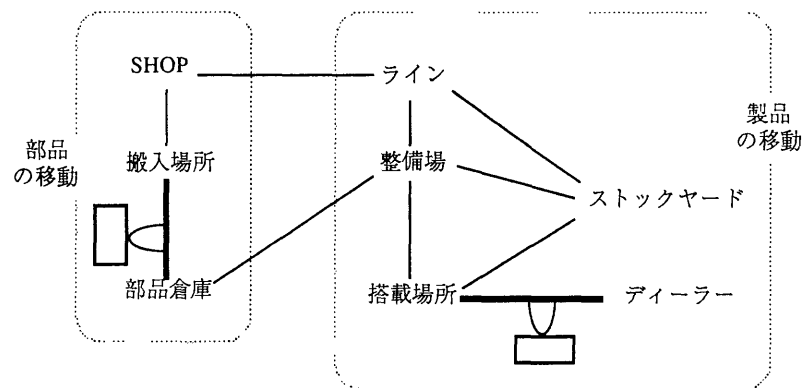


図 5: 移動

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係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、物置から物を運び出す、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「物を運び入れる」という処理をおこなうことができない。この場合、「物を運び入れる」という処理の変わりに「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。

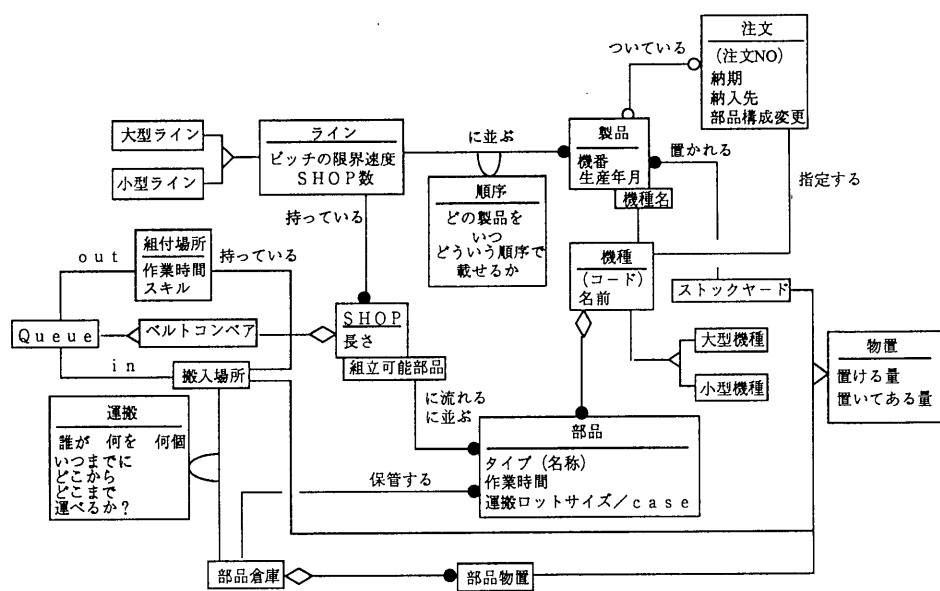


図 6: オブジェクト図

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。それに従って考察していった。

- 対象世界の間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 対象世界の間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「間」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、「間」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ではなく、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）。

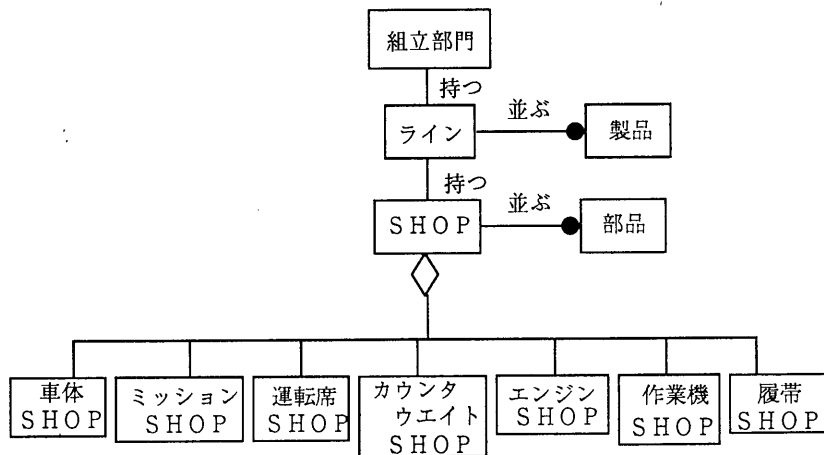


図 7: 組立部門

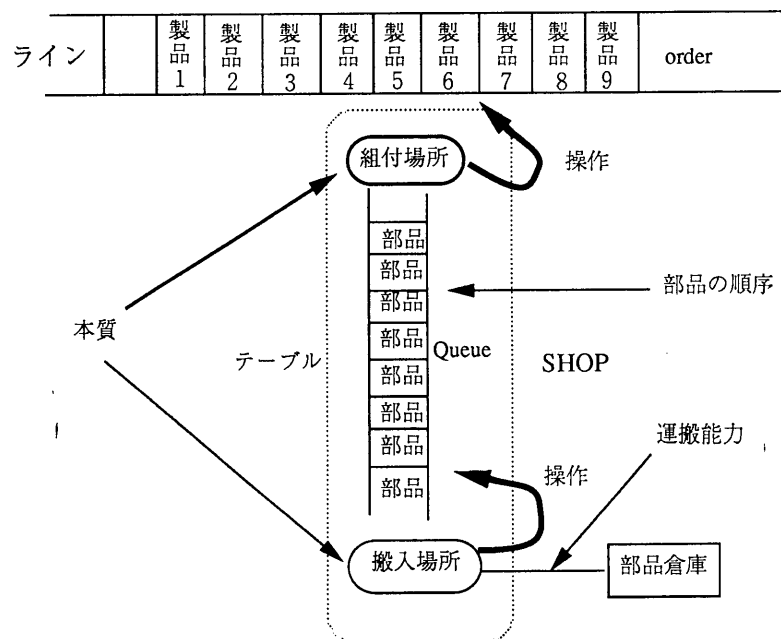


図 8: 搬入場所

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。

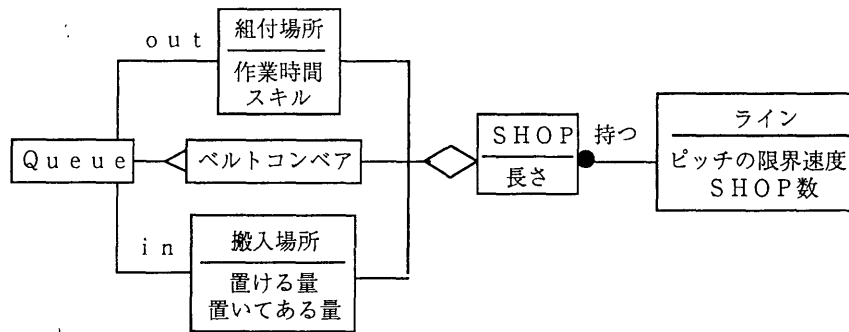


図 9: 組立部門

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。

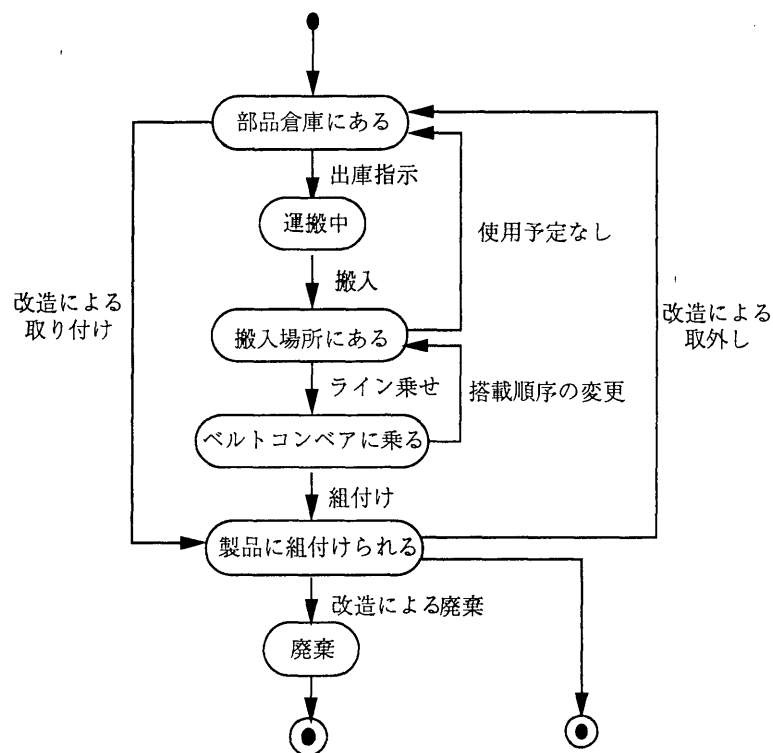


図 10: 部品の存在場所についての状態遷移

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。

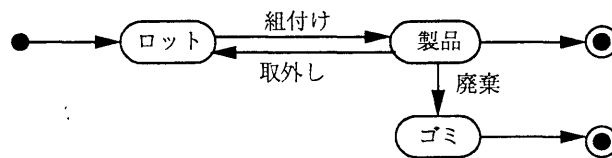


図 11: 部品の状態遷移

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。

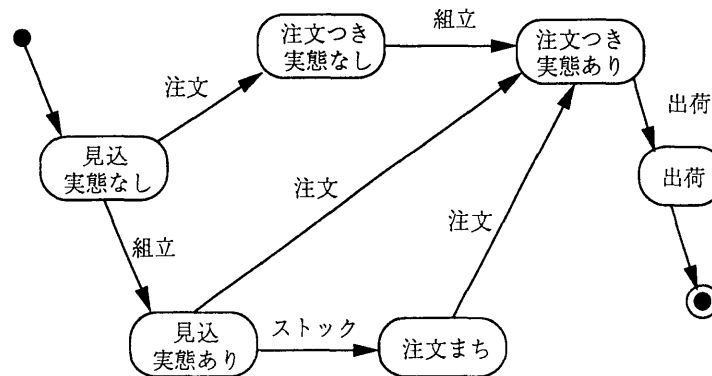


図 12: 製品の状態遷移

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

注文には特殊な仕様ではない標準仕様の注文と、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

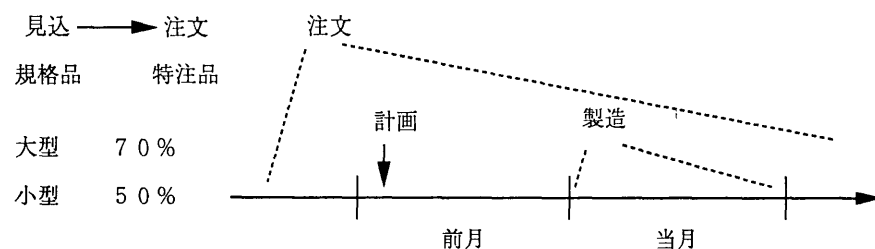


図 13: 注文のタイミング

更が指示される注文、つまり特注品のわりあいが、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%

計画立案時点に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はうはまだない。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」についてのコンセプトがかたまった。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。

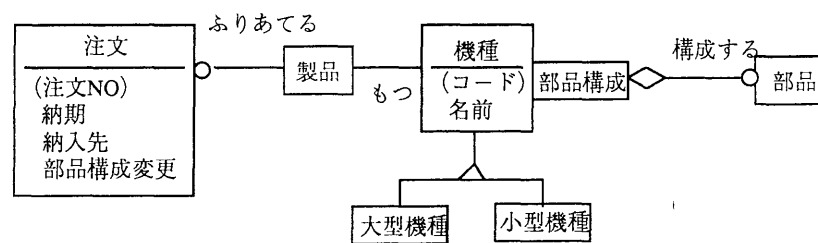


図 14: 注文と製品、機種 1

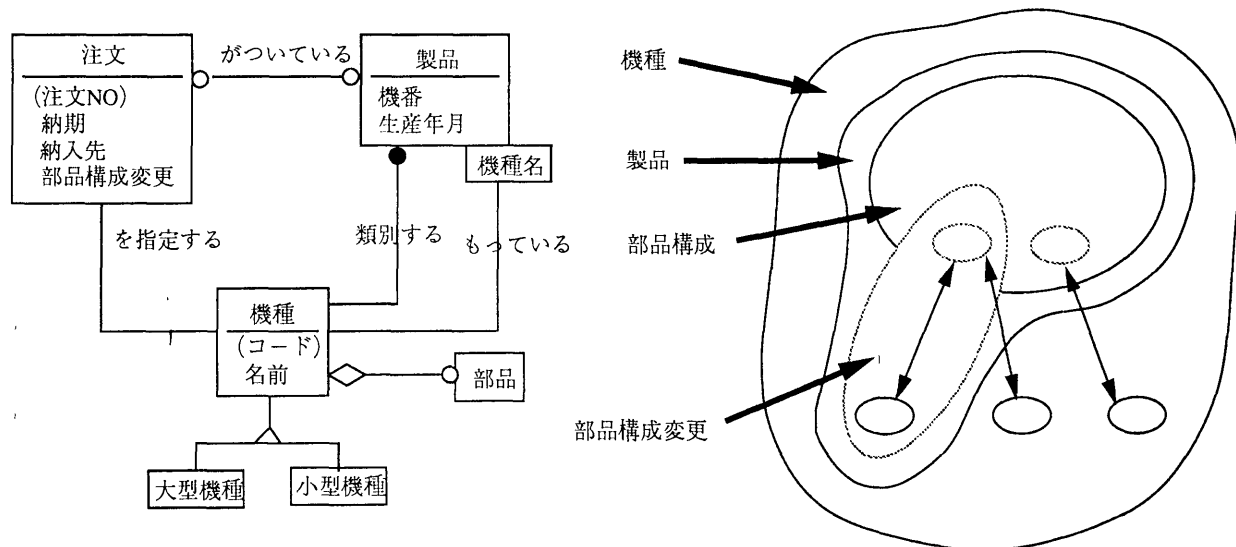


図 15: 注文と製品、機種 2

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。

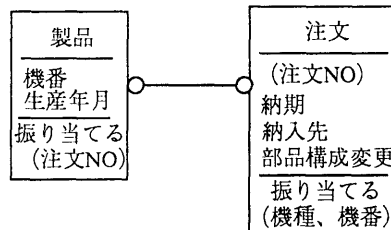


図 16: 製品と注文の操作

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

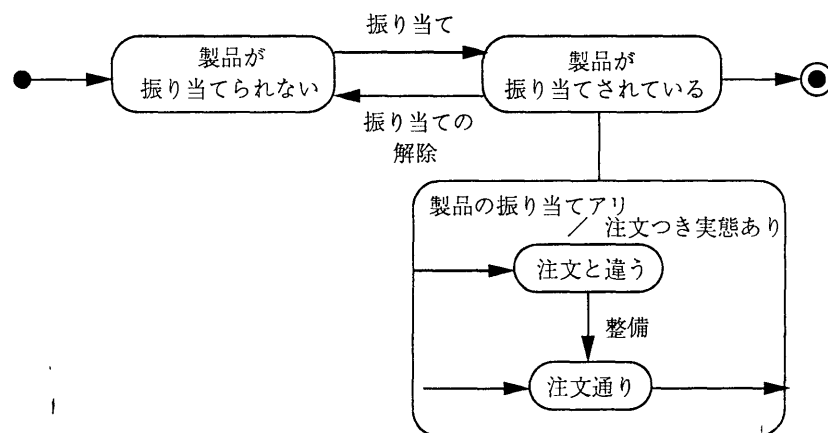
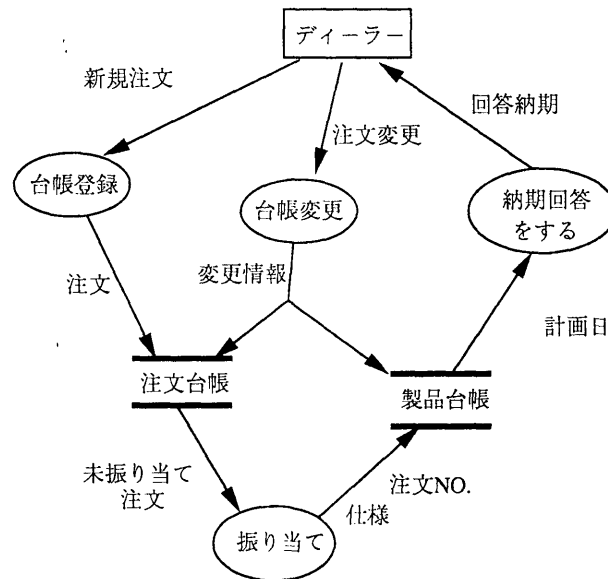


図 17: 注文の状態遷移

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」、「ライン上で組まれている状態」、「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)



注文処理のデータフロー

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ばなければならない。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

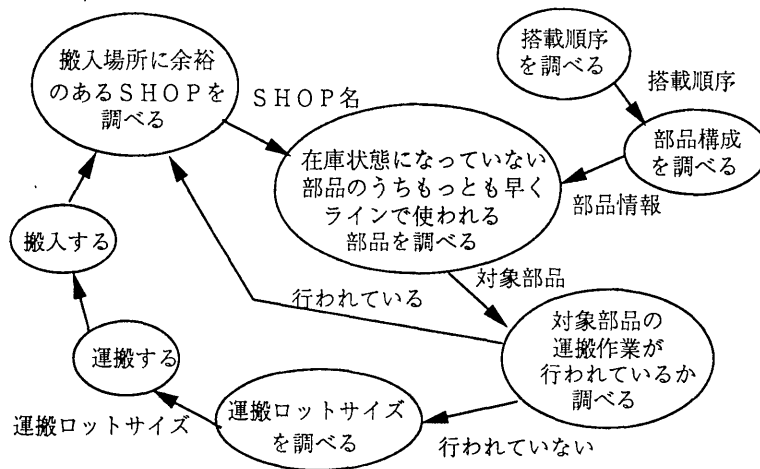


図 19: 運搬作業

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ばよい。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）。

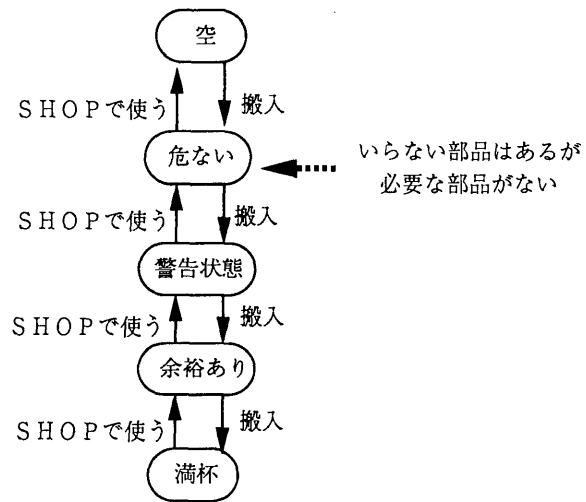


図 20: 搬入場所の状態遷移

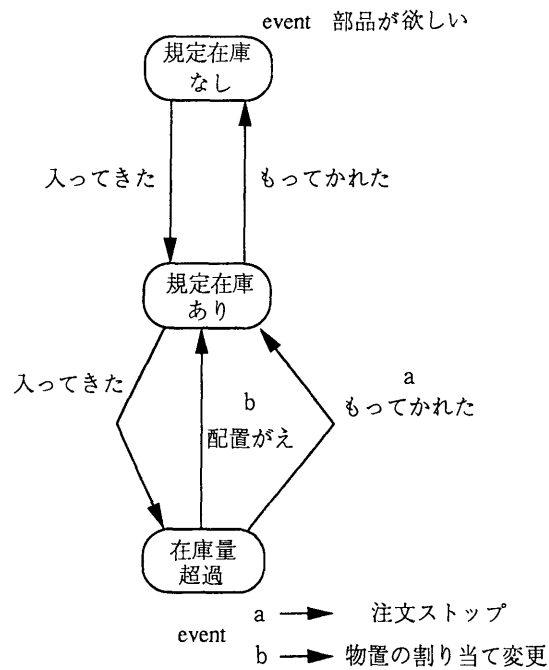


図 21: 部品倉庫の状態遷移

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、この新たに見いだされた「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

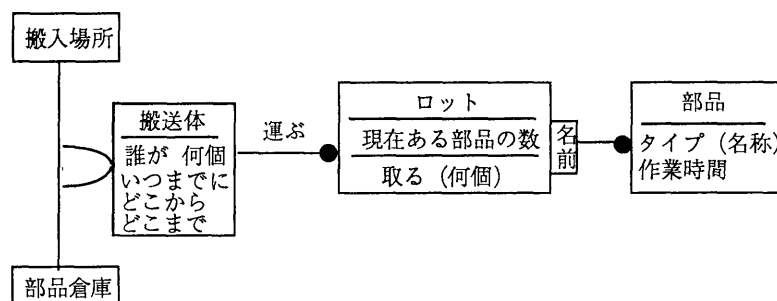


図 22: ロットオブジェクト

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ぎ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

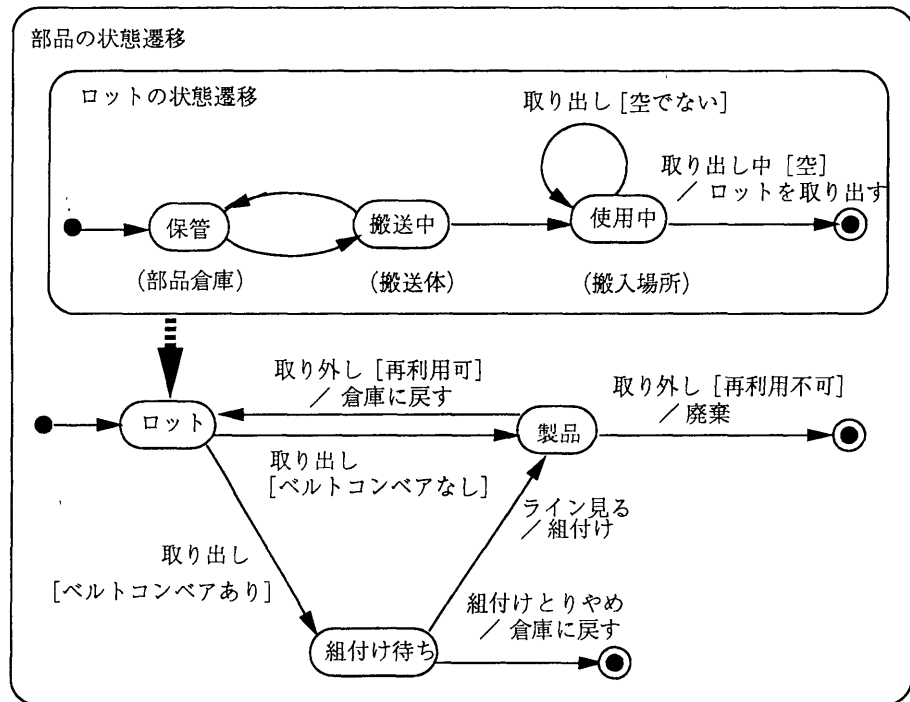


図 23: ロットと部品

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。

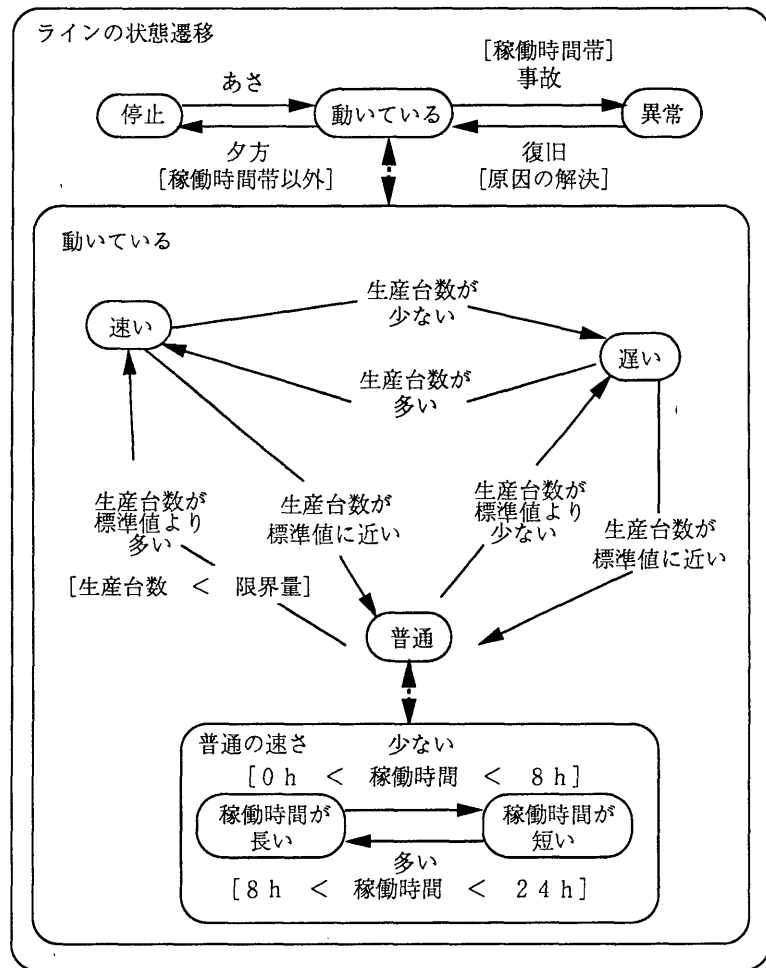


図 24: ラインの状態遷移

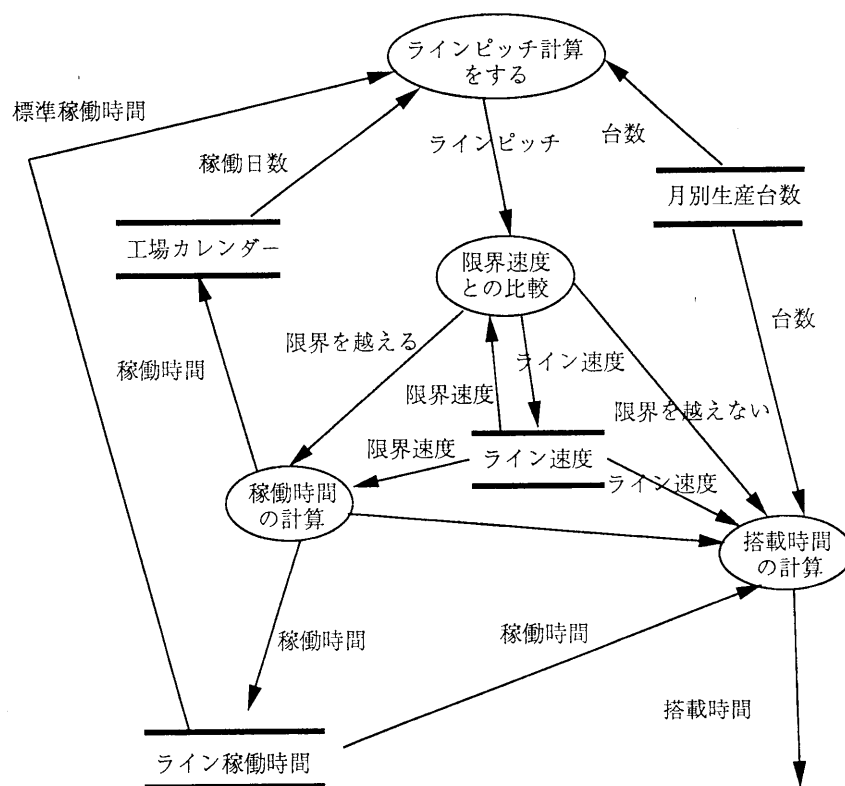


図 25: ラインの時間計算

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。

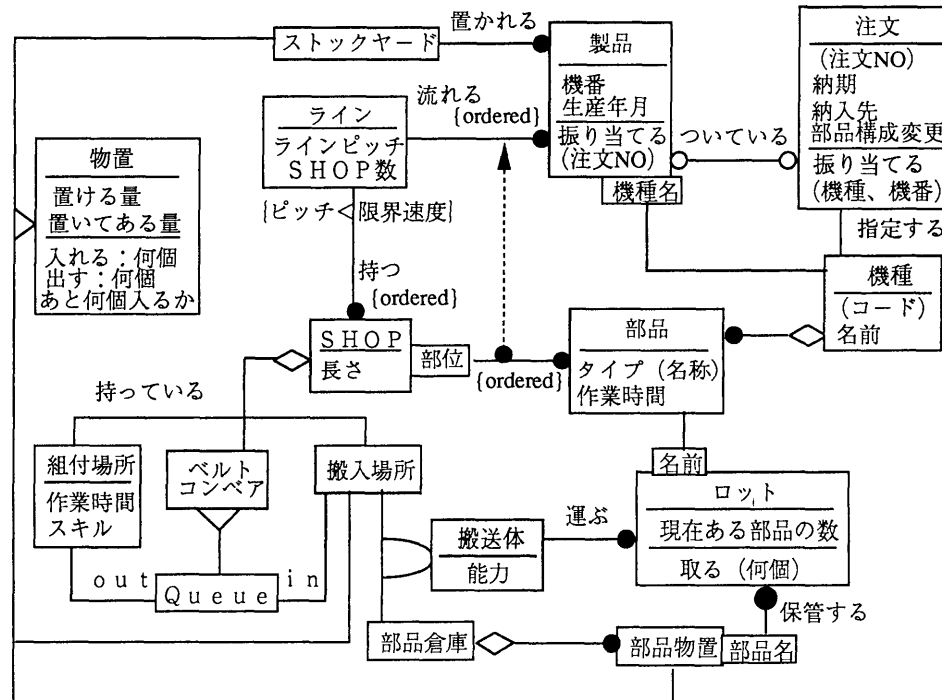


図 26: オブジェクト図

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。お互いどちらかどいうと納期短縮に、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んがえなければならない。一台の製品のレベルでみると生産リードタイムはどれも同じであり、その順序がどうなろう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。今回のばあい、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）。

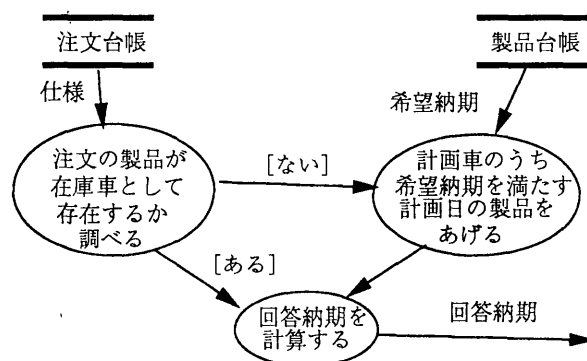


図 27: 納期回答

(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。すなわち図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。

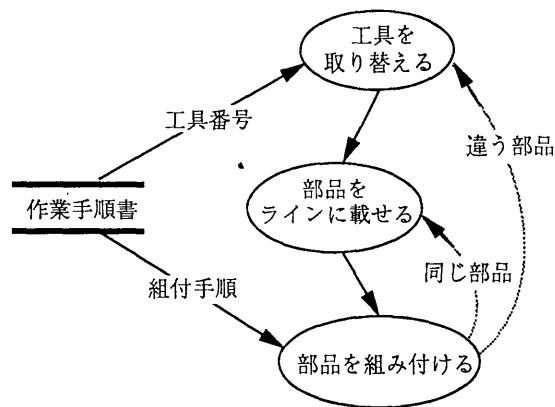


図 28: 部品組み付け作業

(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、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。)

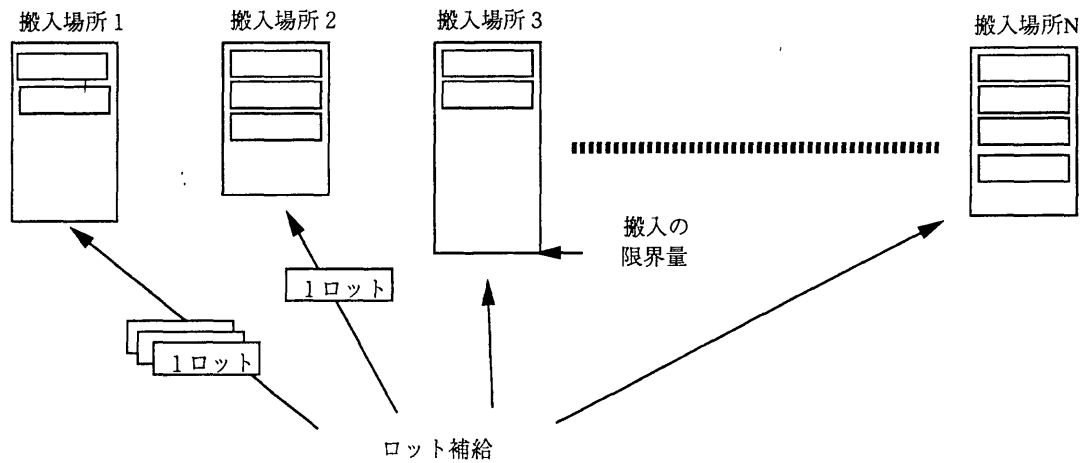


図 29: 運搬作業

(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。

前に搬入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。

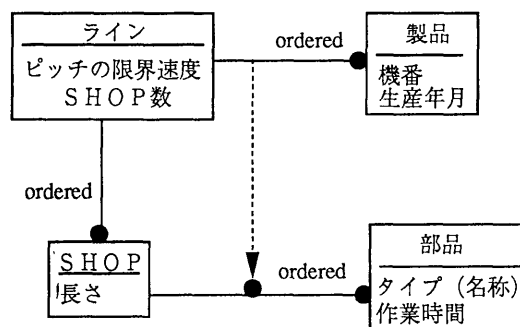


図 30: 製品の並びと部品の並び

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受け、その範囲内で計画を練る。

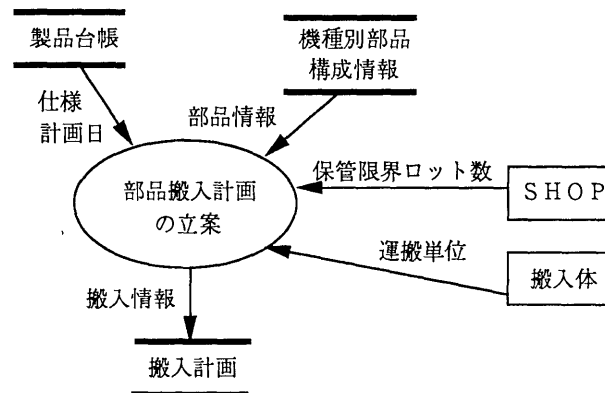


図 31: 部品の搬入計画

(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受けている。

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、制約を考え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。

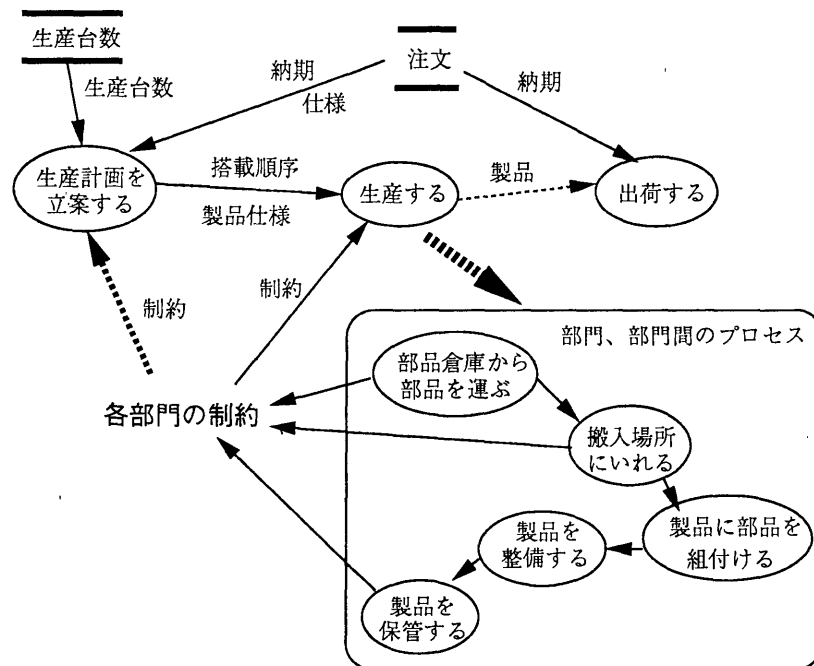


図 32: ライン搭載計画

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かわると、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、同一機種がつづく全体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）ストックヤード

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は違いがある。つまり、ライン上で同じ機種の製品が３台づ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、一台づ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（特に段取り変え作業の発生頻度）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設計時にあきらかにする。

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。

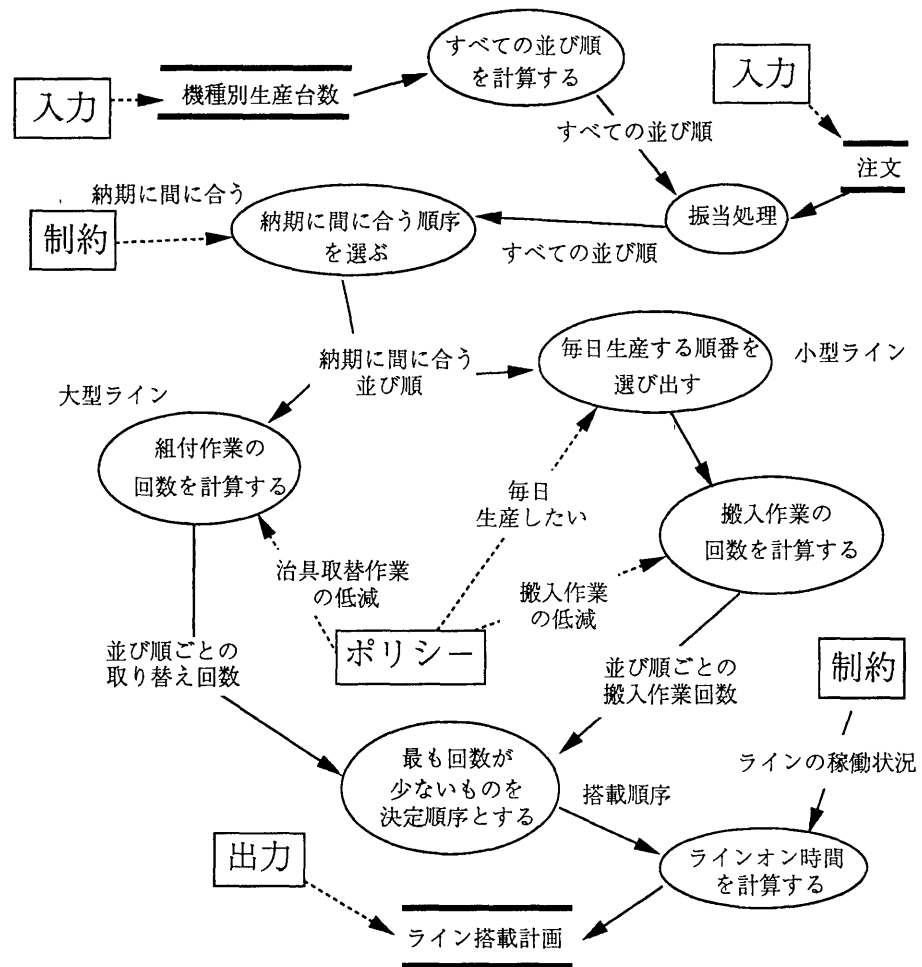


図 33: 搭載順序立案プロセス

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

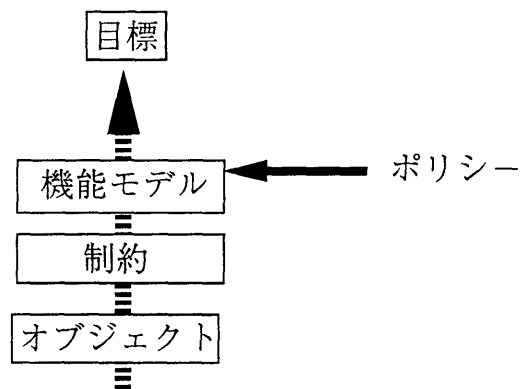


図 34: オブジェクトからの目標の達成

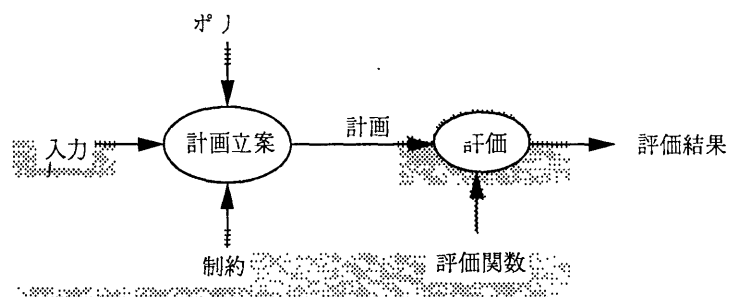


図 35: システムの評価

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ものと思われる。

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-93-001S