

物流システム設計の論理的アプローチ

高橋 輝男

1. システムの設計

ある特定の目的を達成するために、人為的に配列され、関係づけられた諸能力の集合をいまここでシステムと呼ぼう。ロボットを含む自動車の組立ラインも水力発電所もシステムである。必要な品物を、必要な時に、必要な量、それを必要とする場所へ供給するという目的を達成するために、設備や人間、材料、情報などの諸能力を集め、配列し、関係づけている集合があるとすれば、これもまた上に述べたシステムの定義にあてはまる。いわゆる物流システムである。われわれの周辺にはさまざまなシステムが連なり、交錯して存在しているのである。

こうしたシステムに関連して幾多の活動がある。列挙すると研究、設計、製作・設置、運用、保全、廃棄などである。その関連を図1で説明しよう。

研究は疑問によって引き金を引かれて一般性をもつ原則をまとめるための活動である。この疑問は研究者自身の興味からスタートすることもあるが、特定の活動の過程から要請がでることもある。システムの構造を明らかにしたり、挙動を追求するなどはこれである。また伝統的な自然科学の諸原則はまさに研究結果の典型的な例である。

情報収集は過去において蓄積された諸事実や実態および将来の動向などに関してなされる。これは研究と並んで設計をバックアップする知識群を準備する活動であるといえる。

技法は設計過程のあるステップを処理するための論理体系で、必要に応じて既存のものが活用されたり、また新たな状況の下で新技法が開発され

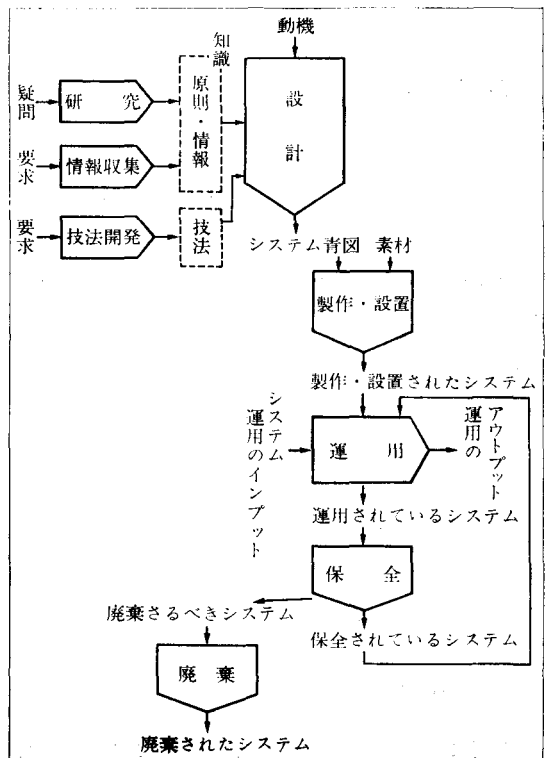


図1 システムに関する典型的な諸活動の連鎖

たかはし てるお 早稲田大学 システム科学研究所

たりする。技法の開発は広義の研究活動に含めることができる。図1で横から矢印が入っているのは、そのアウトプットがキャタリスト（変換を助ける媒体）として働くことを意味する。

設計は動機からスタートし、システムの青図を作成する活動である。ちょうど、薬の処方箋のようにその通りに行動すれば目的を達成するシステムを得るというのである。エンジニアリング会社の主要機能はここにある。

青図にしたがってシステムを実際に作り出す活動はそれからである。この部分はシステムの製作・設置である。特に建設業などではこの部分が重要な位置をしめる。また、設備メーカーもユーザーの運用システムに対して設備を製作し、提供する。

運用は設置されたシステムを動かして所与のアウトプットを得る活動である。自動車の部品を組付けて人々に提供し続けるのもそれであるし、製造された食品を家庭に届けるシステムを動かすのもやはりシステムの運用である。

運用するシステムを維持するのが保全活動である。ここで廃棄さるべきシステムがあると、廃棄活動によって処理される。

このような一連の活動の流れは決して1つのパターンだけではない。たとえばタービンを製作する工場システムを設計しようとするれば、図2のような活動の連鎖になり得る。またその意味で図1はあくまで典型的なシステムに関する諸活動の連鎖というべきであろう。

ところで上述のシステムに関する諸活動はどれをとっても重要であり、われわれの生活を維持するためには不可欠なのであるが、本物流特集ではその対象とする運用システムの範囲を物流という枠におさめ、まず設計活動に焦点をあてている。その中で本論は「物流システム設計の論理的アプローチ」として設計の構造について概説しようと試みる。

「立体自動倉庫の計画・設計手法について」は

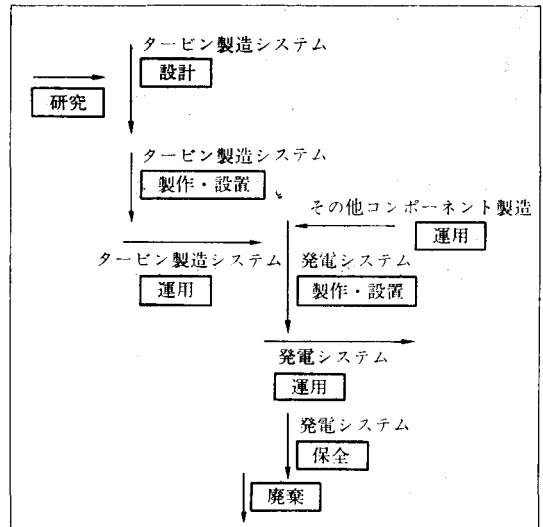


図 2 諸活動の重複した連鎖の例

物流システムにおける配送拠点計画から諸施設のレイアウトに到る一連の技法開発に関する論文であるといえる。また「立体倉庫の現状と最適設計」は物流の中の倉庫を対象とした時、その設計に適用できる論理的技法の開発に関する研究である。

「超高層ビル建設における物流システム」は製作・設置に目を向け、そのためのシステム設計を展開している。また「音声入力装置利用による物流の合理化」は物流システム設計のための知識として仕分け機器および事例などを紹介している。

「デポの最適配置」は物流システムの中に配置されるべきデポの立地を輸送計画という観点から論理的に求める技法の適用例といえよう。

このような知識や技法に支えられて、設計とはシステムの青図を作る活動であるといったが、これを最初に述べた定義を用いて説明すると次のようになる。

“設計とは、ある特定の目的を達成するために諸能力を集め、配列し、関係づける活動”といえる。

2. システム設計の技術

黙って坐っていると設置さるべきシステムのイメージが次々と湧いてくるという術は設計の技術

とはいえない。特殊な人は確かにこうしてシステムを設計できるかも知れない。しかしこのような技能は説得力がないし、技術として論理的にその体系を人々に示すことはできない。システム設計の技術の骨組みをまとめると次のようになる。すなわち、

設計にはまず基本となる考え方とそれを具体的に示す手順とが必要となる。これを方法と呼ぼう。方法は設計活動の軸となる。ところが方法だけではシステムはまとまらない。各手順の中で必要に応じて駆使される技法がある。技法はこれまでの研究によってすでに開発されており、そのまま活用できるものもあるし、特定の設計問題に際して新たにまとめられるものもある。データ収集、モデル化、最適化などの技法がすでにある。タイムスタディやシミュレーション、LP、ネットワークなどは技法の例といってよいであろう。さらに知識が必須である。知識には前にもふれたように研究成果として明らかにされている諸原則とか、これまでの経験によって蓄積されてきた経験則、整理されているパターンや事例、システムを構成し得る機器、関連する法律などがある。知識や技法は方法をサポートし、必要に応じて取り出されて参照されたり、使用されたりする。

このような方法と技法と知識とがセットになって設計の技術となり、設計者の創造力と熟練がこれをバックアップするわけである。

3. 物流システム設計の技術

一般的なシステム設計については上に述べたように説明できるが、範囲を物流に絞って考えるとどうなるのだろうか。

本来、方法といわれる部分は設計対象が変わっても共通であるといってよいであろう。自動車の組立工場を設計する場合でも造船工場を対象にする時でも方法は変わらない。むしろ対象によって変わらない部分を方法として抜き出しているとさえいえるのである。それゆえ物流システムを扱う

時も後に述べる手順は他の設計課題の場合と同じように適用できる。また一方で方法は必ずしも唯一のものがあるわけではない。いくつかの方法が事実存在している。ただ設計方法のもつ要件を挙げると次のようになる。

- 1) 一貫していて、論理的に人を説得しうること。
- 2) 業種、分野のいかににかかわらず適用可能なこと。
- 3) 規模の大小にかかわらず適用可能なこと。
- 4) 制約条件の多少にかかわらず適用可能なこと。
- 5) 時代が変わっても適用可能なこと。

方法はしばしばストラテジーとか、アプローチと呼ばれたりする。題にかかげた設計の論理的アプローチとはまさにこの方法を意味するのである。

技法は物流システム設計のために有効な技法と分野を指定することによって、特定の技法を挙げうる。輸送のためのネットワーク技法は本特集の中でも適用例が示されているし、設備配置のための Systematic Layout Planning (S. L. P) も施設の配置に適用される技法として位置づけられる。

知識については技法よりさらに明確に、物流のための知識を紹介できる。輸送システム事例、運搬の自動化機器、物流諸法規、物流情報処理システム・パターンなどは知識の一端である。本特集の音声による入力システムのケースなどはまさに時代の先端をゆくシステムの事例といえる。

かくして物流システムの設計の技術は図3のように方法を軸として物流に関連する技法と物流に関連する諸知識のセットによって構成される。事例だけがいくら豊富であってもこれだけで状況に適合したシステムは得られない。また技法だけでも、方法だけでも効率的にシステムをまとめることはむずかしいのである。

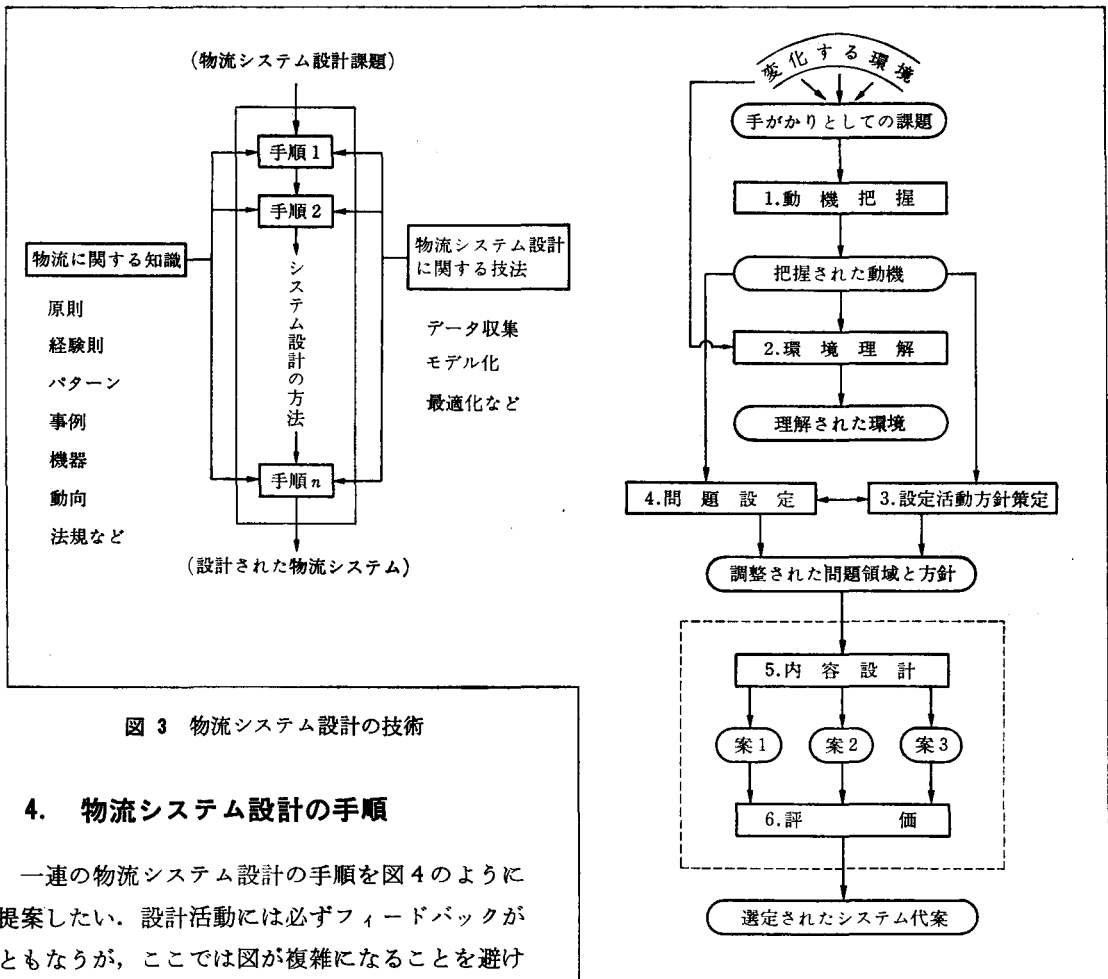


図 3 物流システム設計の技術

4. 物流システム設計の手順

一連の物流システム設計の手順を図4のように提案したい。設計活動には必ずフィードバックがともなうが、ここでは図が複雑になることを避けるためにループを省略してある。以下、図4の手順ごとに概要を説明する。

1) 動機の把握

荷役システムの改善であれ、包装あるいは保管または輸送システムの設計であっても、これらプロジェクトにスタートをうながす動機が存在するのが普通である。たとえば倉庫の自動化を計画しようといったプロジェクトの引き金となるのは、しばしば次のような動機である。

- 在庫が増えて従来の倉庫に入りきれない。
- 生産に必要な部品が揃わない。
- 品物がいくつあるのかわからない。
- いらぬ物はたくさんあるが、ほしい物が無い。

図 4 物流システム設計の手順の構造

- 物の流れが混乱して困る。
- 倉庫に配属された人が嫌がって辞表を出す。
- 品物が客の手に届くのに時間がかかる。
- 保管のスペースが足りない。
- 庫内の荷捌きに時間がかかる。
- 出荷場の混乱がひどい。
- 品物の先入れ、先出しが励行されていない。

.....

動機把握というのは漠然としていた動機を明確にして、今後の設計活動と人々の問題意識とを関連づけるために行なわれる。つまり動機はやがて設計課題に制約条件を与えたり、設計方針の中のねらいに反映される。

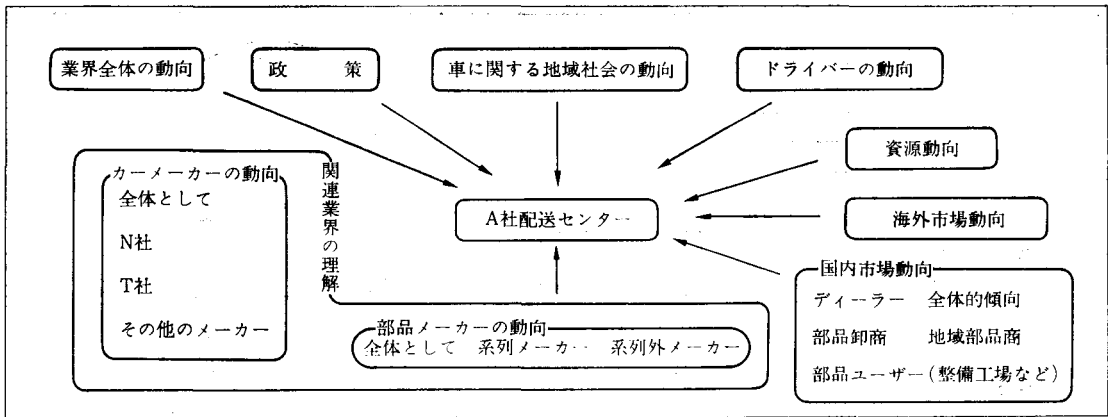


図5 A社配送センター計画における環境理解項目

2) 環境理解

システムはそれをとりまく環境に適合することによってのみ生存する。動機把握からスタートした設計活動もいわば環境に適合しうる新しいシステムを得ようという動きに他ならない。それなら環境理解が的確になされることは重要である。

しかし環境理解としてどのような項目について情報を集めるかは一概には論じられない。明らかにこれから設計しようとしているシステムに致命的な関連をもつ項目で、設計グループにとって動かすことのできぬ大きな流れに注目する、とでもいっておこう。

ある完成車メーカーのために部品を供給するパーツメーカーA社の配送センター計画に際して行なった環境理解項目の関連図が図5に示されている。これは決してA社の部品流通の現状のシステムを調べようといっているのではない。

このような環境理解は問題設定に対してヒントを与える一方で、設計活動方針を策定するのに役立つ。またその先でシステムのイメージを描くための参考にもなるのである。

3) 設計活動方針の策定

方針にはねらい、日程、予算、設計の組織などが含まれる。これらは次項に述べる問題領域設定

と調整されながら決まってくる。

A. ねらい

設計活動の焦点となるべき力点をねらいと言おう。それは新しい物流システムに期待される効果であり、要望である。ねらいは把握された動機と深い関わりをもっている。動機には問題設定に際しての制約条件として関与するものもあるが、方針に結びつくものもある。在庫が増えて従来の倉庫では入りきれないという動機があるとすれば、これは設計しようとする問題領域設定の一部である格納量の制約条件と関係をもつし、品物が客の手に届くのに時間がかかるという動機はリード・タイムを短縮するというねらいに連なる。もちろんねらいはすべて動機とのみ関連をもつのかというとそうではない。環境理解の結果、後から弾力性をもたせるということが力説されるかも知れない。操業度が50%になっても採算に合う物流システムといったねらいを動機とは関係なく設定することもあろう。

ねらいはシステム設計の段階で努力の方向を示すことになる。そしてそれらはさらにシステム代案の評価尺度の主要な項目となるはずである。これらの関係を示すと図6のようになる。この流れはなるべく一貫していることが望ましい。人が多すぎるといふ動機でスタートしたプロジェクトがリードタイムを短くするというねらいをもち、

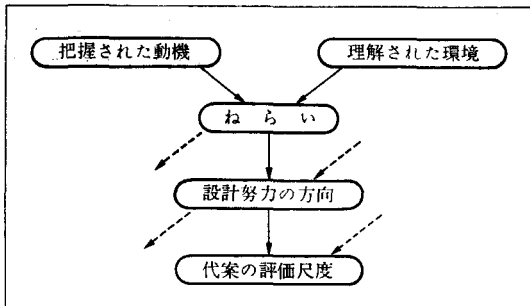


図 6 設計における動機、ねらい、努力の方向、評価尺度の関連

エネルギーロスをなくすという努力の下で設計案がまとめられ、美観という点からのみ評価されたのでは悲劇である。

B. 日程

物流システム設計および導入のタイミングも重要である。特にトータル物流として大きな対象をとりあげた場合には全体を一気に詳細に設計してしまうことはむずかしい。そこで各サブシステムをどのような順序で設置していけばよいのか、そのためのアクティビティーを列挙し時間軸に割りつけていく。技法としてPERTも利用できる。

C. 予算

問題の領域、問題の難易度、ねらいを満たす度合いによってそのシステムに許容される予算額が決まってくる。これは後に各システムの構成要素に分解される。また日程との関連から、資金繰り計画に連なる。予算設定ではエンジニアリング・エコノミーが活用される。

D. 設計の組織

物流システム設計は広い分野を含む。倉庫を計画しようという場合でも、その倉庫の位置づけから論じようとすれば、マーケティング、広域物流なども見直すことになる。こうなると1人の設計者の手には負えなくなる。そこで計画の組織を編成することになる。また設計された青図を設置し持ち込むには、実際に日常その仕事を行なっている人々の参画がぜひとも必要になる。それには設計の組織を時間の流れとともに徐々に変化させていく全体の枠組み作りの段階と詳細化の段階では

それを構成する人々を変えるべきであると思う。

4) 問題領域の設定

トータル・システム志向が常に設計にはつきまとう。しかし現実には日程や予算や設計の組織(能力)の制約があるレベルの領域が選択される。例を示そう。

プロイラーの冷蔵庫
 ↓
 ☆プロイラーの鮮度を保ちつつ一時貯えておく。
 ↓
 プロイラーを保管する。
 ↓
 小売店の要求にしたがって、必要なプロイラーを出荷できるよう、準備しておく。
 ↓
 小売店の望むプロイラーを出荷できるようにしておく。
 ↓
 小売店の望むプロイラーを出荷する。
 ↓
 ☆注文に応じて小売店にプロイラーを供給する。
 ↓
 小売店が客の要求を満たして営業できるようにする。
 ↓
 人々にプロイラーを供給する。
 ↓
 人々にプロイラーを食べてもらう。
 ↓
 人々が必要に応じて低カロリーの肉を食べる。
 ↓
 食生活を楽しむ。
 ↓
 充実した人生を送る。

これらは設計の対象となりうる機能群の系列である。手がかりとしてプロイラーを格納する冷蔵庫が選ばれている。プロイラーの冷蔵庫の機能はという質問に答えて、プロイラーを一時貯えておくがでる。さらにその目的は？と問い続けると機能は次々と展開できる。この機能の展開例で後にゆくほど(機能レベルが高いという)、その機能に対応して設計されるシステムの領域が大きくなるのがわかるであろう。出荷できるよう準備しておくシステムより小売店にプロイラーを供給するシステムのほうが大きい。もちろん機能レベルを高くって設計したほうが一般にはねらいの満足度は大きくなるが、日程の調整などはむずかしくなる。

結果として、問題の領域を定めるということは

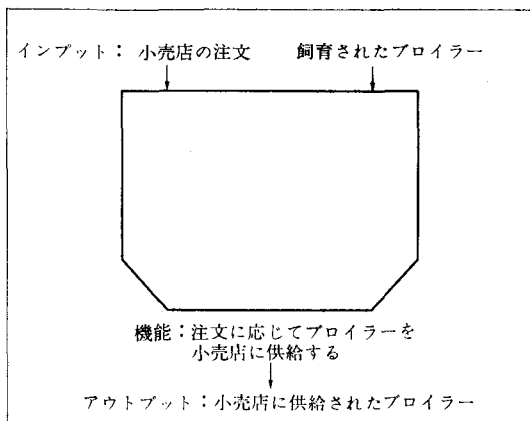


図7 プロイラー配送センター設計からスタートした設計問題の領域

設計対象としての機能レベルを決め、その機能で設計を進めていく際のすでに決まっています動かせ

ない制約条件を明らかにすることである。たとえ機能レベルを高くとっても制約条件が多くては小さな領域の設計問題と同じことになってしまうから、制約は少なければ少ないほどよい。

前に例示した機能展開の☆印の機能を選んだとすれば、これは図7のように示せる。この枠の中にシステムを設計していくことになる。この図でインプットとは機能を満たすためにシステムに入ってくる人、物、情報をいう。アウトプットとは機能が満たされた結果、システムから出てくる人、物、情報である。一種の制約条件といえる。もし他に制約があれば注記しておく。

5) 内容設計

ねらいから誘導された設計努力の方向に助けられながら、案をまとめていく。いくつかの努力方向が示されている場合に、

これらをすべて満たすアイデアを出そうとするとむずかしくて手が出せない。そこで1つずつねらいを選んで、あたかもそれだけが焦点になっているかのように考えて案をしばらく出してみる。省力化ということとリードタイムを短縮するということを1度に考えずに別々に徹底的に掘りさげてみようというのである。

また領域が大きすぎて、一気にシステムを詳細化できない時は、まず大略案を記述し、それにしたがっていくつかの部分（機能的コンポーネントという）に分けていく。図7に示した例を2つの大略案にしたがってコンポーネントに分けて図8、図9に示してみた。内容設計に際して重要なことは正常な状態をセットしておきこれに対してまずシ

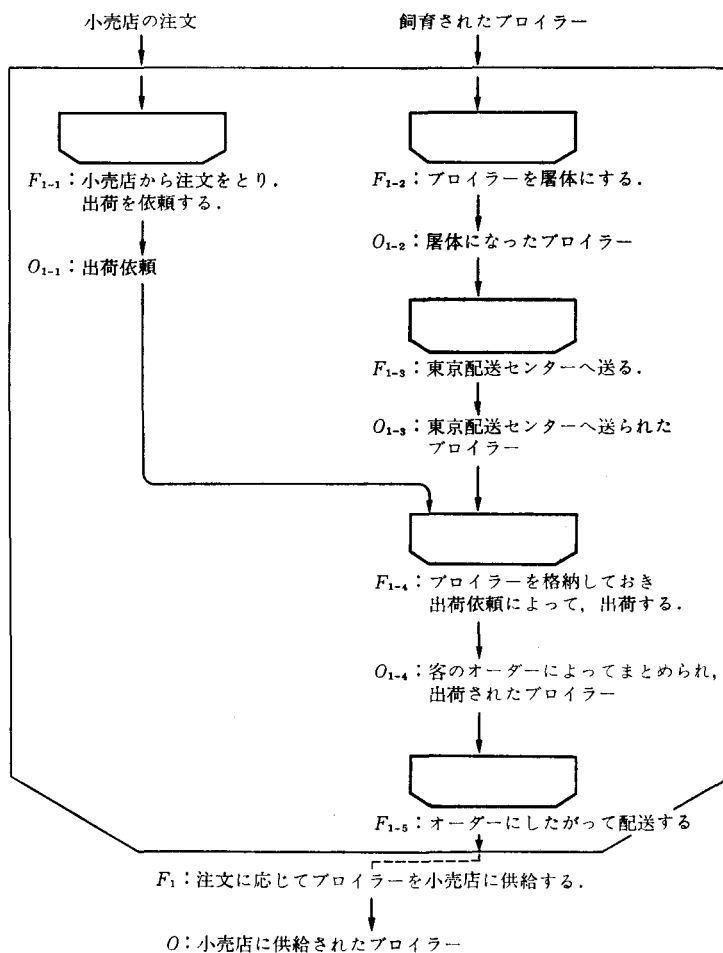


図8 プロイラー配送のコンポーネント分け案1

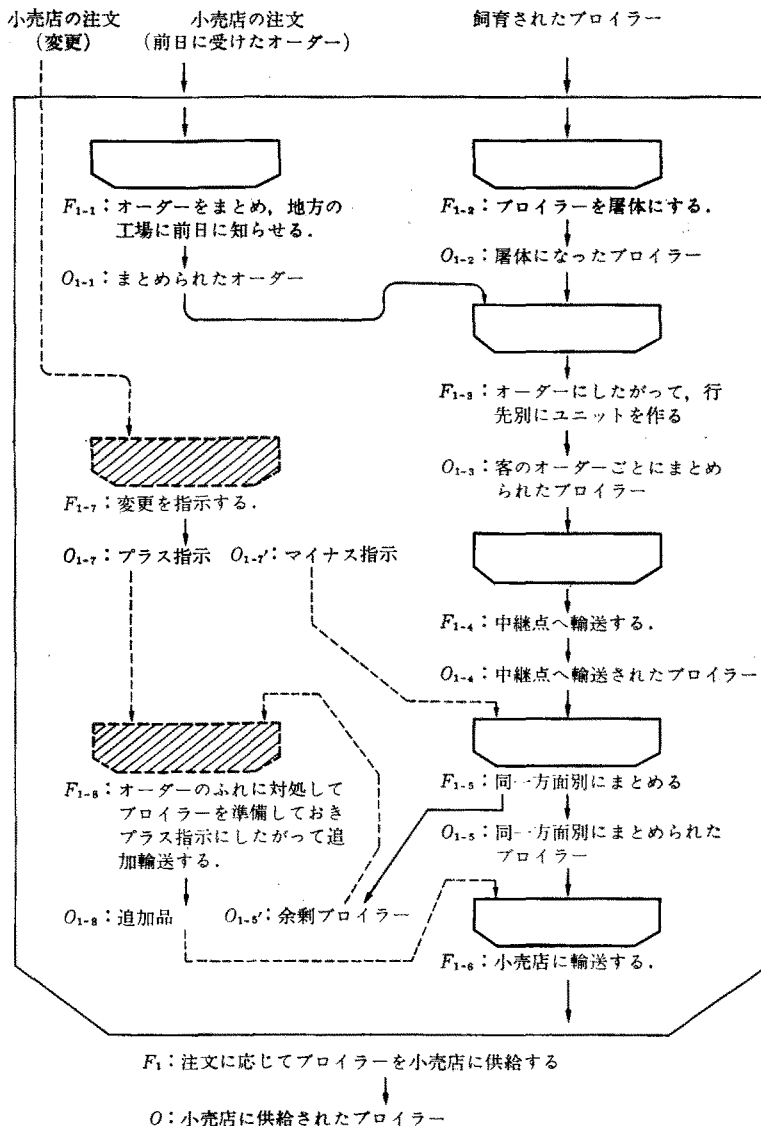


図9 ブロイラー配送のコンポネント分け案2

評価反応	案1	案2	案3
物流コスト	C	B	A
供給スピード	B	A	A
地域格差の是正度合い	B	A	A
緊急オーダーの充足率	C	B	A
在庫量	A	C	B
管理の容易さ	B	A	C
物流加工にたいするメリット	C	B	A
将来の製品市場戦略への対応	C	B	A
計画配送、共同配送の容易性	B	A	A
総合評価	C	B	A

図10 あるプロジェクトにおける評価尺度例

システム案をまとめ、それから異常を加味していくということである。図9の斜線の部分は異常処理の部分で、できれば時間をかけてこの部分は小さくしてゆきたいところである。この図でも明らかなように、図8における倉庫の機能と図9における倉庫の機能はまったく異なる。このような視点なくして、単に現状の倉庫の問題点を改善するといった方法では構造的なシステムの革新をすることはできない。こうしたコンポネント分けに続いて各コンポネントごとに最適解を求め、そのために他のコンポネントがどうあればよいかをとりあげ、全体として調整する。その結果、全体から判断した制約条件が各コンポネントに割りつけられる。こうなれば、各コンポネントを別々に設計しなくても矛盾はおこらないはずである。

6) 評価

提案を評価する際の評価尺度として、設計努力の方向との連がりは大切にする。他にも時間の経過に従って新たに追加される評価尺度もあろう。

評価と内容設計は何度もくり返されながら詳細化の度合いを深めていく。初期の評価では定量的な評価はむずかしいが、条件が整ってくるとさまざまな技法が用いられるようになる。図10に大略案段階での評価尺度例を示した。本特集の「デボの最適配置」も評価モデルの1つと考えてよい。

設計と評価をくり返しながらかは詳細化され、やがて製作・設置に結びつくのである。