

輸送と輸送コスト管理について

岡田 康幸

1. まえがき

“輸送業務とは何か”一般に、生産部門と販売部門とのパイプ役程度のもので理解されているが、ここでその実態について事例報告を行なう。なお、紹介する具体的内容については、模式化していることをお許し願いたい。

2. 輸送業務の課題

輸送業務の実態は、各社によりかなり異なるが、その根底に流れるものは、同じである。

その課題は、“安定供給”・“コスト抑制”・“安全”，簡単に言えば、物をきらさず、一番安いコストで、しかも

安全対策に万全を期して、輸送業務をまっとうすることであろう。

一般的に物流コストは、次の3つに分類できる。

- 輸送に関連するコスト(運賃等)
- 在庫に関連するコスト(倉庫費等)
- 安全に関連するコスト(防災費等)

また、その性質面から、次の2つに分類できる。

- 変動費
- 固定費

では、いかにしてこの課題にとりくんできたのか、ここでは、特に輸送手段の運行面について紹介する。

わが社の場合、前述の3つの課題をまっとうするため、輸送量の大半を、専属備車・船によりまかなっている。このため、コストの大半は、輸送手段について専属契約を行なった段階で決まると言えよう。

このような場合、運賃の合理化は、最低必要台数・隻数の予測がきわめて重要なポイントとなる。しかも、タンカーの場合の耐用年数は約13年、ローリーの場合は7年と、非常に長期間にわたる。大まかな言い方をすると、単年度では、タンカーの場合は8%、ローリーの場合は14%しか量の調整ができないことになっている。

このような制約条件下での、運賃の合理化の主なポイントは次の3点である。

- 輸送手段の適正量の予測(計画)

おかだ やすゆき 出光興産 業務部配油課

ひとロコメント

この事例研究は石油精製品の生産と販売の間をつなぐ輸送業務におけるコスト管理の考え方、問題点などを具体的日常業務の実態から述べたものである。輸送問題となれば標準的にはすぐに輸送型LPでとなるものの、いざ使おうとしても根拠となるコストデータあるいはいろいろの輸送条件が教科書どおりにはきれいにいかない面がある。さらにこうした現実をいかにモデル化していくかの苦勞が述べられている。こうした現実とモデルのギャップをうめORをいかしていくかがORマンの腕の見せどころでもあろう。

本報告は、現実の企業の生々しい現場の実態であり、生データそのものを使えない制約の中で書いていただいたもので、いささかも足りないと思われるかも知れないが、担当者の苦勞を行間から感じとっていただけたらと思う。またこれからもこうした生の事例がどしどし報告されることを期待したい。

(森清 堯)

表1 輸送コストの内訳(単位:%)

項目	内航タンカー	ローリー
人件費	35	45
燃料代	35	20
金利・償却	15	20
その他	15	15
合計	100	100

表 2 輸送の標準条件

条件の内容	輸送パターン		
	25kmの場合	50kmの場合	75kmの場合
ローリー積載量 (ロット)	10kℓ型		
平均速力	25km/時		
作業時間帯	8時~17時(実作業時間 8時間)		
1トリップ積卸し作業時間	2時間		
不積ロス	なし		
1トリップ所要時間	4時間	6時間	8時間
1日輸送回転数	2回	1回	1回
1日輸送数量	20kℓ	10kℓ	10kℓ

- 輸送手段の運行管理(実行)
- 輸送手段の運行効率の度合の把握(評価)

3. 輸送手段の適正量の予測

(1) 輸送手段の計数的把握

“輸送手段の輸送能力をいかに評価すべきか”は、非常にむずかしい問題である。以下、具体例として、ローリー輸送について説明する。

表2からわかるように、ローリーの輸送能力を評価する場合、数量面で判断すると、非常に危険である。そこで、われわれの場合、仕事量(kℓ・Hr)の概念を導入した。

25kmの場合と75kmの場合とは、両ケースとも遊び時間はまったくなく、フル回転をしている。われわれは、このことを計数的把握を行なううえで、同じ評価にした。表2でわかるように、1日の作業時間は、両ケースとも8時間であるからして、作業時間で判定すればよい。しかし、標準条件の“不積ロスなし”からはずれて、75kmの場合、不積が2kℓ発生した場合には、同じ評価では困る。このため、前述の仕事量の面から考えねばならない。

まず、仕事量の概念を、次のように定めた。

仕事量 = Σ 1トリップごとの輸送数量 × 同所要時間
したがって、25kmの場合と75kmの場合とは、両ケースとも80kℓ・Hrとなる。このことをふまえて、ローリー1台の輸送能力を設定する。この場合、月間の稼働日数と1日の作業時間が大きく影響するが、“25日/月、8時間/日、10kℓ型ローリー”の場合、仕事量は、次のようになる。

$$\begin{aligned} \text{標準月間仕事量} &= 10\text{k}\ell \times 25\text{日/月} \times 8\text{時間/日} \\ &= 2000\text{k}\ell \cdot \text{Hr/月} \end{aligned}$$

(2) 販売(オーダー)の計数的把握

表3の場合、総仕事量は、14400kℓ・Hr/月となり、

表 3 販売の標準条件

出荷工場	輸送手段	需要家	販売量	工場~需要家 1トリップ 所要時間
A	10kℓ型ローリー	a	1000kℓ/月	4時間
		b	800kℓ/月	8時間
		c	2000kℓ/月	2時間

最低必要台数は、 $14400\text{k}\ell \cdot \text{Hr/月} \div 2000\text{k}\ell \cdot \text{Hr/月} \cdot \text{台} = 7.2\text{台}$ となる。

しかしながら、現実はこのようなシンプルなものではなく、いろいろな制約条件や、変動要素が入ってくる。

具体的には、

- オーダー発生件数のバラツキ
- 販売予測数量の変動
- 日々または月々の販売量のバラツキ(夏冬格差)

等、輸送業務の担当者を泣かせる要素は、数えきれないほどある。このような中で、前述の3つの課題をいかにまっとうしてゆくかが、大きなポイントになる。

(3) 輸送手段の最適必要量の把握と最適経路計画

次に、仕事量の概念をいかに現実の業務に適用してゆかについて説明する。

各社の実情にもよるが、一般的には、次の輸送体系である。

わが社の場合、工場が6カ所、デポが8カ所、需要家(納入先)に至っては、1万カ所をはるかに越え、しかも製品は60種以上ともなると、この作業は、手作業では膨大な時間を要し、どうしても、コンピュータの力を借りざるを得なくなった。輸送計画の概要を以下に説明する。

① 概略フロー

ここでの計画の特徴は、

- 輸送LPモデルのコーディングの省力化
- オンラインシステムの利用による分散入力
- LP解の有効活用

の3点である。その概要をまとめたのが、次の図2である。

② 輸送LPモデルのコーディングの省力化

輸送LPモデルの構成については、省略して、ここでは、どのようにして、輸送LPモデルを作成したかについて説明する。最大の難関は、需要家ごとの販売見込み

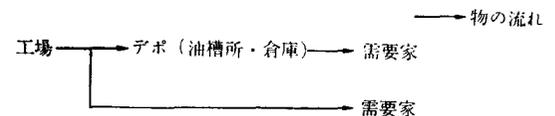


図 1 輸送体系

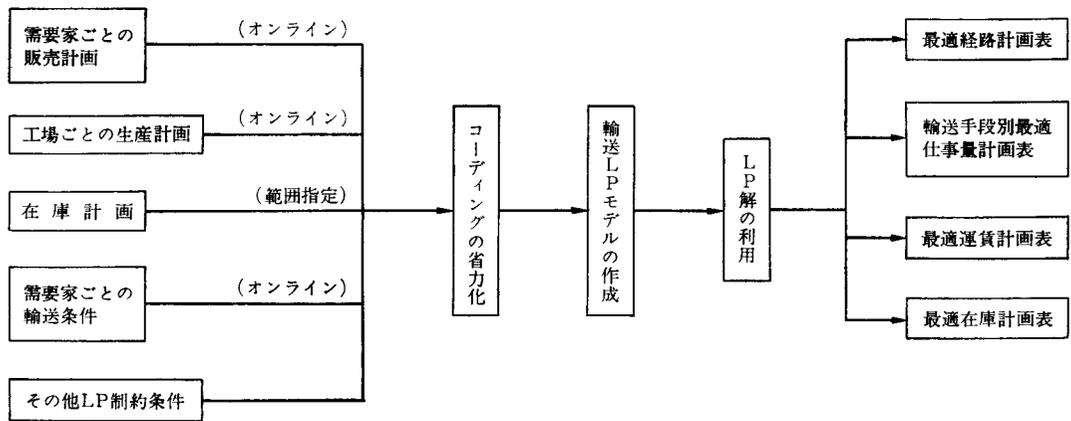


図 2 輸送計画作成の概略フロー

をいかにLPモデルに取り込むかであった。幸いわが社は、昭和50年に全国オンラインシステムに移行し、分散入力体制が完成していた。そこで、まず、最新の需要家ごとの販売計画をオンラインを利用して収集することにした。このデータをベースに、あらかじめ作成した需要家ごとの輸送条件（輸送手段、輸送ロット、所要時間、運賃単価等）を付加して、輸送LPモデルの経路選択制約式を自動的に作成することにした。

具体的に説明すると、需要家ごとの販売計画データ

需要家	a	α製品	100kℓ/月
	b	"	200kℓ/月

と、需要家ごとの輸送条件(表4)

の場合、輸送LPモデルの制約式は以下の式となる。

(出荷制約式)

工場Aのα製品出荷量 = A→aの出荷量 + A→bの出荷量

工場Bの " = B→aの出荷量 + B→bの出荷量

(販売制約式)

(需要家aのα製品販売量) = A→aの出荷量 + B→aの出荷量

(需要家bのα製品販売量) = A→bの出荷量 + B→bの出荷量

(目的関数式)

表 4 需要家ごとの輸送条件

需要家	出荷工場	製品名	輸送手段	輸送ロット	所要時間	運賃単価
a	A	α	ローリー	10kℓ	5時間	1000円/kℓ
	B	α	ローリー	10kℓ	10時間	1500円/kℓ
b	A	α	内航タンカー	2000kℓ	72時間	800円/kℓ
	B	α	内航タンカー	2000kℓ	50時間	600円/kℓ

輸送コスト = A→aの出荷量 × 1000円/kℓ + B→aの出荷量 × 1500円/kℓ
 + A→bの出荷量 × 800円/kℓ + B→bの出荷量 × 600円/kℓ

10kℓ型ローリーの仕事量 = A→aの出荷量 × 5時間
 + B→aの出荷量 × 10時間

2000kℓ型内航タンカーの仕事量 = A→bの出荷量 × 72時間 + B→bの出荷量 × 50時間

その目的は、

- 制約値の改訂が容易にできる。
- 輸送条件の改訂が容易にできる。

ことである。しかし、実施するうえで、コンピュータの容量の制約のために、

- 10,000カ所以上の納入先を工場・油槽所・海上納入先の約500カ所に集約
- 輸送制約条件の一部集約

をせざるを得なかった。ただ、LPモデルを小さくしたことにより、結果的には、即応性が得られることになった。

こうして、全国の需要家を集約し、輸送LPモデルに組み込む体制ができたのである。

① 生産計画のオンライン入力

次に、工場の出荷能力に関する制約値の取り込みについて、どのように対応したのか説明しよう。

わが社において、前述のとおり6カ所の工場で、60種類の製品を扱うため、約360の生産に関する制約値が発生する。このため、相当な改訂作業が予想された。そこで、製油所において作成した生産計画をオンラインで収集し、LP変数テーブルを利用し、輸送LPモデルに直接取り込むようにした。

② 輸送LPモデルの解の利用

次に、LP解を利用して、いかに最適輸送体系の確立

種 名		日 (月 日)	期 日 付	PG No	作 成 日 付	REQ
ワイチ ケイロ ケイカヒ ヒョウ		55	ネン 10 ガツ フ	1	55. 9. 15	1
ショウカチチノミ : ヲカレチチ OR : ヒツノマイ : ヲカレチチ : ショウカチチノミ : ヲカレチチノミ : (KL) :						
トクマ (ヒ)	ツカカ (1)	キアラ	タンカ-	1200	300	500
		アラ			12000	3000
		ATF			3000	1900
		トク			9000	5000
		ケイ			8000	2000
		* ハツ ケイ *			32500	12400
		A シュ	タンカ-	1000	7000	3000
		B			700	950
		1.8 C			2700	950
		3.0 C			300	970
		* コシ ケイ *			10700	5870
		** コガイ **			43200	18270

図 3 最適経路計画表の概要

をはかったかについて説明しよう。ここでは、前述の表 4 (図 2 参照) の中から、「最適経路計画表」と「最適仕事量計画表」の 2 表をピック・アップすることにした。

まず、「最適経路計画表」についてであるが、ご存じの通り、LP モデルのコード体系は 8 桁に制約されている。この 8 桁を利用して、出荷制約式を作成しなければならない。この出荷制約式の構成は、出荷工場名、需要家名、輸送手段、輸送ロット、製品名、の 5 要素である。そこで、各要素ごとに LP 用の簡略コードを設定した LP 変数対応テーブル (LP モデル作成に利用したテーブル) を利用して、簡略コードからの復元を自動的に行なうようにした。いわゆるレポート・ジェネレーターであるが、難解な LP 解を現地の担当者の誰でもわかるような経路計画表に変換した。

また同時に、全国オンラインシステムを利用して、関係セクションに同表を伝送し、本社、支社、デポ、工場の輸送業務の担当者に同じ資料で最適経路計画の実行を推進することにした。

次に、「最適仕事量計画表」は、非常に省力化に貢献した。従来、わが社においては、仕事量の概念導入ととも

に、全国の経路計画にもとづいて、手作業で、輸送手段別、ロット別に、1 需要家ごとに、

輸送数量×所要時間

を計算し、さらに集計を行なって、最適仕事量計画を作成していた。この作業が、輸送 LP モデルの実施にともない、自動的に、最適経路計画にもとづいて計算され、集計され、表にまとめて輸送業務の担当者に届けられることになり、大幅に省力化された。

担当者は、同表を用いて、最適輸送手段の量の想定が可能となり、後は、輸送ロスの想定 (オーダーの集中、不積の発生等) を行なうだけで良くなったのである。

4. 輸送手段の運行管理

次に、輸送手段をいかに最適輸送体系にもとづいて運行させるかについて紹介する。ここでは、特に内航タンカーに的をしぼることにする。

現在わが社では、約 100 隻の内航タンカーを用いて輸送業務を行なっている。この内航タンカーのスケジューリングの中で一番のネックは、その動静の変化に対する対応である。すでに述べたように、最適経路計画の作成

種 名		日 (月 日)	期 日 付	PG No	作 成 日 付	REQ	店 名		場 名	
ワイチ ショトリョウ ケイカヒ ヒョウ		55	ネン 10 ガツ フ	1	55. 9. 15	1	キ	ヨルノ	ハイカ	001000000
ショウカチチノミ { タンカ- } ショウカチチノミ { ハツ }										
コシ	300KL	500KL	1000KL	1500KL	2000KL	2500KL	3000KL	4000KL	5000KL	コガイ
	TYPE	TYPE	TYPE	TYPE	TYPE	TYPE	TYPE	TYPE	TYPE	
ユウズケリョウ (KL)	13,860	36,850	49,254	28,875	219,405	206,703	189,101	66,000	17,188	827,236
ショトリョウ (1000KL・DAY)	29	92	137	87	676	784	701	231	69	2806
ハイキョウガイシヨウ (HR)	50	60	67	72	74	91	89	84	96	81
チキヒンブクシヨウ (KL)	1,050	3,350	5,000	3,150	24,600	28,500	25,500	8,400	2,500	54,260
チキヒヒツク (ヒ)	3.5	6.7	5.0	2.1	12.3	11.4	8.5	2.1	0.5	52.1

図 4 最適仕事量計画表の概要

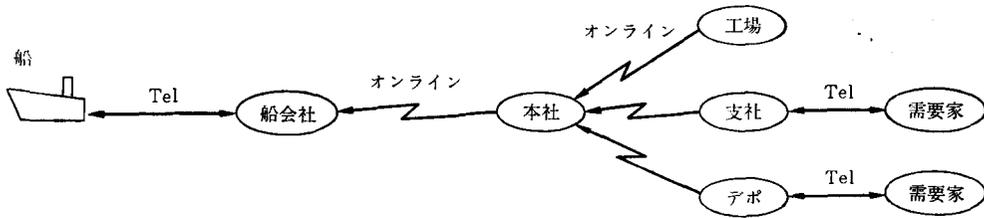


図 5 船舶動静把握システムの概略フロー

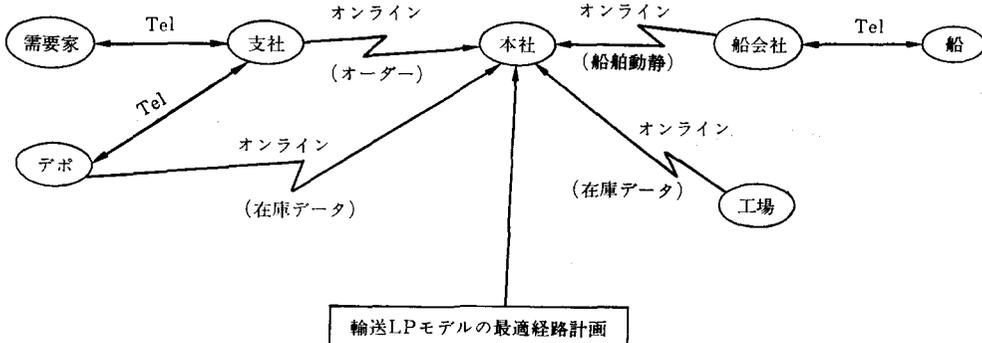


図 6 作業体制の概略フロー

は可能となったが、その実行に至っては、非常に困難がともなう。

そこで、船舶の動静をいかに迅速に把握し、関連セクションに連絡するかについて検討した結果、各船会社とわが社のコンピュータをオンラインで結合し、タイムリーに船舶の動静を把握することにした。その概要をまとめたのが、図5(船舶動静把握システムの概略フロー)である。

すなわち、各船会社に、支配下の船舶の動静をタイムリーに、現在地・目的地・およびその到着予定日時・現在の動静を入力してもらい、全国オンラインを利用して、関連セクションに連絡する。こうして、輸送業務の各担当者が、同じ資料で、同時に作業を行なう体制が確立できる。この体制を利用して、いかに最適経路計画にしたがった輸送を実行するかであるが、そのスケジューリングの概略フローを表わしたのが、次の図6(作業体制の概略フロー)である。

すなわち、スケジューリングに必要な要素をオンラインで収集し、ディスプレイを利用してスケジューリングを行なう。こうして、輸送手段の効率的運行を実行面に反映させることができる。一般に、輸送手段の運行は、迅速にムダなくと考えられよう。しかしながら、夜間・休日に入出荷作業を休むことと、24時間走り続ける船の関係には、早く走るとムダがおこるということがある。それは、燃料代の部分である。この問題は、海上輸送の課題の中の夜間待ち対策と同時に検討される。輸送距離と夜間待ちの関係を表わしたのが、次の図7(輸送距離と夜間待ちの関係)である。

この夜間待ちをいかに有効に利用するかが問題である。すなわち、速力と燃料消費率の関係を利用して、いかに経済速力で運航し、コストの抑制をはかるかである。

5. 輸送手段の運行効率の度合の把握

次に、輸送手段の運行効率の度合の把握についてであるが、これは、実績の分析・評価である。

そこで、実績の分析・評価を行なうために用いている指標についてまとめたのが、次の表5(運行効率の指標)である。

これらの指標について、前年同期対比、時系列対比を行なう必要がある。このために必要な実績データを収集するためには、運賃の

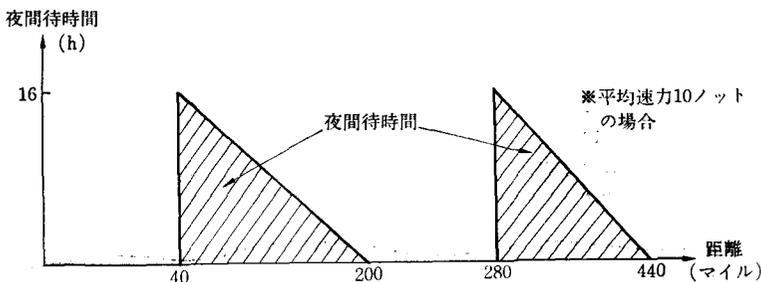


図 7 輸送距離と夜間待の関係

機械計算が必要になってくる。その概略フローをまとめたのが、次の図8(運賃計算概略フロー)である。

ここで一番問題になったのが、運賃計算に必要な輸送データをいかに作成するかという点である。前述のように、最適経路計画を実行した場合、輸送手段は、必ずしも元の積地にもどすとは限らない。特に、内航輸送の場合は、その傾向が強い。このことを図解したのが、次の図9(輸送経路)である。

実際の輸送内容が、図9の場合、出荷伝票により、航海①・③・⑤の輸送データは、把握できる。残された問題は、②・④・⑥の輸送データをいかに作成するかである。そこで、①・③・⑤の積荷輸送データをベースにして、空荷輸送データを自動的に作成することにした。すなわち、①のaと③のAを組み合わせて、②の(a→A)データを作成する。

この方法により、輸送データを作成できたのであるが、注意しなければならないのは、積荷輸送データの順序が正しくなければ、間違った空荷輸送データができる可能性があるという点である。この輸送データに、あらかじめ準備している運賃計算用の前提条件をマッチングさせて、運賃計算を行なう。こうして得られた運賃の実績データをベースにして、各種の管理資料を作成し、輸

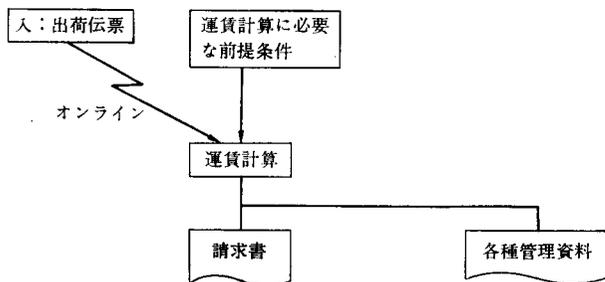


図8 運賃計算概略フロー

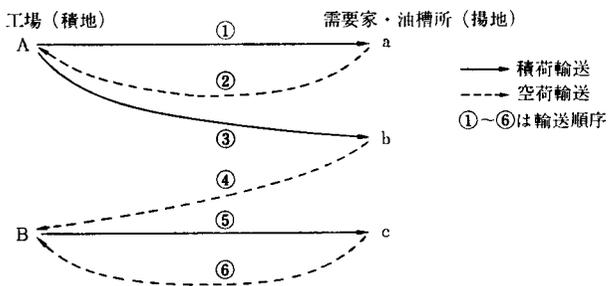


図9 輸送経路

表5 運行効率の指標

項目	単位	内容
稼働率	%	総仕事量÷標準仕事量×100%
ロス率	%	ロス運賃額(不積・多カ所)÷総支払金額×100%
実船率	%	(総仕事量-空荷航海仕事量)÷総仕事量×100%
平均所要時間	時間	総仕事量÷総輸送数量
燃料消費率	ℓ/マイル	総燃料消費量÷総走行マイル数

送手段の効率の度合を分析・評価し、問題点の発掘・その改善・および次の計画への反映をはかることにした。しかしながら、ここで問題となるのは、きめの細かい分析を行なえば行なうほど、その管理資料は膨大になり、ファイリング上にも、また活用上にも支障が出てくることである。

この点については、現在ディスプレイの有効活用という方向で検討中である。その概要は、あらかじめ管理資料を作成しておくのではなく、輸送業務の担当者が、ディスプレイを利用して、自分の必要に応じた管理資料をそのつど作成するというものである。方法論としては、データベースの利用とか、簡易言語によるプログラミングの簡素化とか多種多様であるが、いずれにしても、今後の検討課題である。

6. まとめ

輸送業務に関する一連の評価体系について、紹介したが、ここで、実行に当たっての障害について触れてみよう。前述のように、“安定供給”・“コスト抑制”・“安全”という3つの輸送業務の究極の課題は、ごく当たりまえのことなのであるが、その実行に当たっては、非常に困難な問題をかかえている。それは、的確な予測と日々の細心な注意力の上に立っている砂上の楼閣のようなものといえよう。アリの穴ほどの傷により、すべてが無に帰すこともある。

たとえば、たった1隻の船舶の事故により、過去の努力が雲散霧消するのである。また、たった1件のオーダーを在庫切れから供給できないことにより、すべての努力が無になることもある。このように崩れやすい砂の上に、金色の楼閣を築き上げることは、不可能なことなのかも知れない。しかしながら、コストを際限なく費やすことは、企業において許されないことであり、コストの抑制は絶対的な命題である。

このように難題をかかえた環境の中で、唯一の光明は、通信技術の飛躍的発達だと思う。

すなわち、コンピュータの最大のウィークポイ

ントは、入力の問題であるが、一方で全国オンライン体制の確立により、瞬時に、中央に各種データを収集することが可能になっていることは重要である。残された課題は、いかにそれらを加工し・分析して問題点を発掘するかである。このためには、コンピュータの利用について、原点に立ち帰って、もう1度考えなおす必要がある。

コンピュータの本質は、無色であり、その着色は、すべて利用する者のいかにかかわってこよう。

そこで、われわれが、コンピュータを活用するうえで重要なことは、“コンピュータをいかに日常の業務に組み込むか”ということである。すなわち、日常の業務を整理分類して、人とコンピュータの守備テリトリーを明確にすることである。その意味で今後の課題は、人とコンピュータが有機的に結合したトータルシステムをつくり上げる必要がある。

では最後に、これらの点をふまえて、

- 輸送手段の最適量の予測(計画)
- 輸送手段の運行管理(実行)
- 輸送手段の運行効率度合の把握(評価)

について、現在かかえている問題点を紹介しよう。

まず、予測上の問題点であるが、とにかく“計画は計画、実際とは異なるものだ”という計画軽視の風潮がある。本来計画業務は、いかにして将来の変動に対して的確に対応するかであり、計画を作成する時の前提条件の変動にいかに対応する環境を(段階的対応策・解決策の準備)つくるかである。具体的にいえば、ある前提条件で予測した場合、ローリーが10台必要であるという答が出たとする。実行面では、前提条件の変動により、8台ですむかも知れないし、逆に11台必要となる場合もある。しかしながら、ここで必要なことは、10台という答をいかに読み取るかである。それともう1つは、前提条件の変動をいかに吸収するかである。このフォロー体制を確立しないかぎり、いかにすばらしい輸送LPモデルを駆使しようとも、決して満足できる結果は得られない。

次に、運行管理上の問題であるが、“最適経路計画は、最高レベルの状態であり、実行に当っては、さまざまな制約条件や、突発的な事情に左右され、なかなか思い通りはゆかない”ということである。私も、一担当者として、この言葉のもつ真実性は否定できない。しかし、ここで考えなければならないことは、最適経路計画は自分たちの行動の目標だということである。とにかく“最適経路計画は、コンピュータがつくったもので、自分たちとは関係ない”という意識が働くようである。それともう1つは、ベストに近づく努力は、並大抵なものではなく、どうしても、人間性の弱さが出る点である。いずれにし

ても、担当者1人1人の意識のレベルアップをはかる必要がある。

最後に、実績分析上の問題であるが、次の一言につきるといふ。“さまざまな制約条件の下にそうせざるを得なかったのだ”である。つまり、与えられた条件下でのベストを尽した結果なのだから、どうしようもないではないかという自己弁護である。たしかに、結果をとやかくいうのは簡単であるが、当事者としては、いちばん辛いことである。ここで、注意しなければならない点は、実績分析が、担当者間に、対立関係をつくり上げやすいという点である。

本来、実績分析は、現状の問題点の早期発見・その改善・および計画の立て方そのものへのフィード・バックが目的であり、個人個人の能力の評価に終わってはならない。以上のことからわかるように、人とコンピュータの有機的結合が欠如した場合、いかなるシステムも机上の空論と化し、決して良い結果を生まないと断定する。

このことは、システムをつくり上げる時のいちばん重要な点であり、かついちばん忘れやすい点である。

私も、微力ながら、“獵師、森に入って、森を見ず”にならないように心がけて、輸送問題の改善に努めている。

次号予告

特集 創造への接近

座談会 創造と思考の連続性 松田正一, 他
創造への接近についての基本的概念に関する一考察

池沢茂樹・浜名泰三

知識情報処理システムから創造科学へ 国藤 進

創造過程の機能構造 三重野博司, 他

Computer Based Design のビジョン

長谷川寿彦, 他

解説 創造性研究の歴史と諸発想法(I)

石川 昭, 他