

GPSS法による物流合理化

重 本 明

1. はじめに

鉄鋼業は運搬業といわれるほど物流は重要な位置をしめている。また鉄鋼業は装置産業で、一度建設すると主要設備を移設することは、はなはだ困難である。近年新製品の開発・品種の多様化・生産技術の進歩により生産ルート的大幅な変更による物の流れが変化しており、物流合理化がますます大きな課題となってきた。

ここに紹介する事例は、冷延鋼板・表面処理鋼板を生産している当社堺工場の工程間物流改善についてである。当堺工場は昭和38年竣工以来設備増強を続けてきた工場の例にもれず、レイアウト的に問題があり、早くから工程間物流の改善が着目されていた。今回さらに表面処理設備を増強するにあたり、現状運搬システムではほぼ限界に近くこれの改善を検討することとなった。

2. 物流計画

2.1 現状の運搬システムの問題点

冷延および表面処理工場内における工程間の運搬手段は主として天井クレーンとヤード間コンベアであるが、冷延工場と表面処理工場との間はすべてラムリフトカーとトレーラーによる運搬である。特に圧延機（5 TM・2 CM）よりの払出しはレイアウトの関係上ラムリフトカーにより、いったん搬出しトレーラーに中継せざるをえないた

め、いちじるしく輻輳する。このような組合せ運搬では直積みシステムをとることができずハンドリングも多く、3カ所に仕掛コイル置場をもつことにもなる。コイル情報は最終トレーラー運搬によって次工程に伝達される。

以上のような運搬システムの問題点として、

①仕掛コイル置場が分散され、ヤード面積の効率化を阻害し、コイル管理を煩雑なものにする。

②情報伝達、運搬指示も多数の人手を要し、ミスを起こすチャンスも多い。

③運搬量の増加にともないラムリフトカー・トレーラーの台数が増加し、輻輳による運搬効率の低下がさらに台数を増加させるという悪循環が起る。

③については、設備増強をひかえ、特に問題となる。

2.2 運搬対策

対策立案にあたり中期経営計画にもとづく目標年度の生産計画から物流量を算出し、運搬設備とその仕様を選定し、輸送能力を検討した。

運搬設備として、コンベア、軌道車等も考えられるが、図1のように冷延工場・表面処理工場間をコイルが往復すること、運搬ルートが多いこともあり、無軌道車を採用し、大量直送方式により

①輸送コストの低減

②コイルハンドリングの減少

③仕掛コイル置場の統合と管理の無人化を主目的とした運搬システムを確立することとした。

しげもと あきら 日新製鋼 阪神製造所 生産管理部

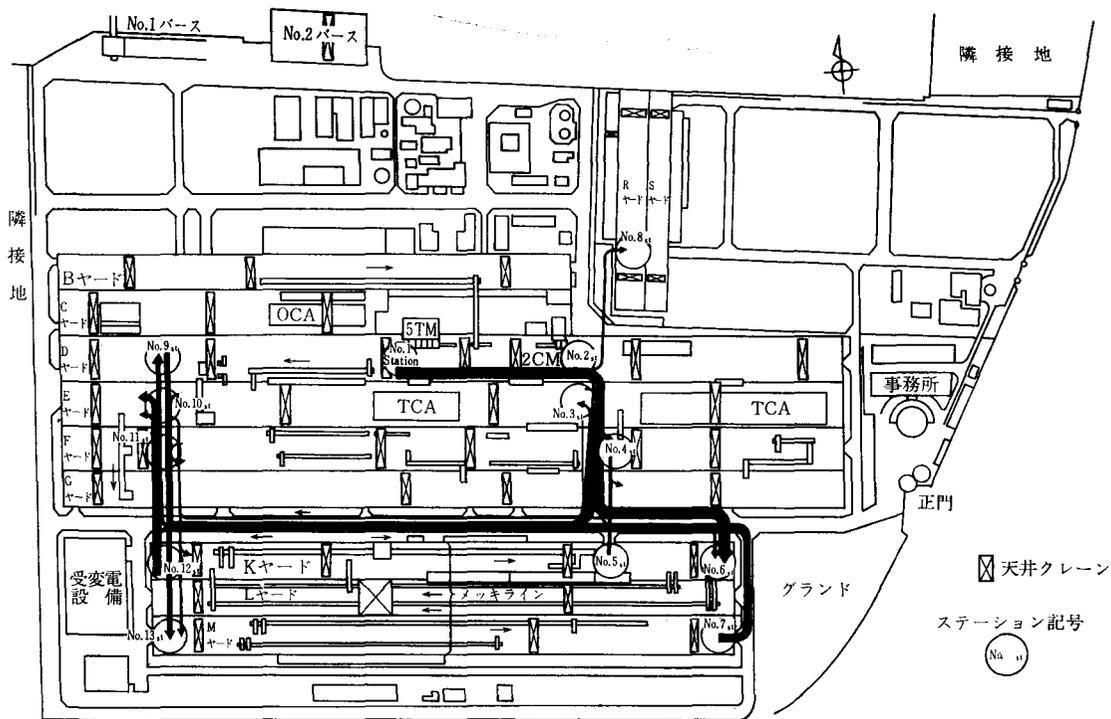


図1 工程間運搬ルート

多数のルートで最少の無軌道車で運搬するため図2のようなコイルパレット+無軌道駆動車タイプとし、各工程出側でパレットにコイルを直積みし、このパレットを駆動車はセルフフローティングして走行し、目的地で空パレットと積替え、次の目的地に走行する。

このようなシステムでの駆動車の必要台数 N を平均値で算出すると、

$$N = \frac{P}{(W/T) \times \zeta \times D} \doteq 1.8$$

ただし P : 1日の平均必要運搬量 (ton)

W : パレットの予想積載量 (ton)

T : 駆動車1走行の加重平均時間 (hr)

ζ : 駆動車の予想稼働率 0.8

D : 1日の運転時間 21.75 (hr)

となり、負荷バランスが良ければ2台の駆動車で運搬可能であると考えられる。

2.3 運搬システムの問題点

この運搬システムで問題となるのは、

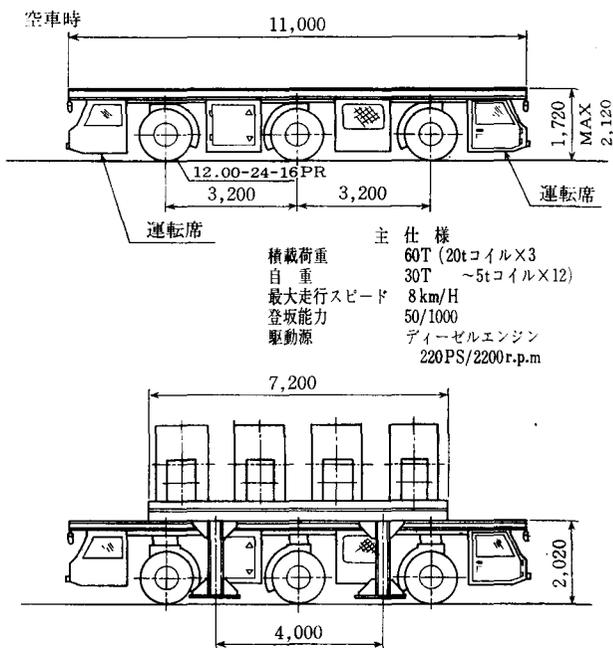


図2 無軌道駆動車

①直積み率

各工程はそれぞれ生産能力 (ton/hr) が異なり、さらに多品種の生産を行なうため単位時間当りの払出しコイル数は大幅に変動する。このような多数の工程を2台の駆動車で運搬するためパレットの引取りタイミングが合わず、工程出側に一時仮置きによる滞留コイルが発生する。この発生状況によっては前述の主要目的が崩れる結果となる。

②コイルパレット積載率

払出し工程は次工程が複数であり、パレットには次工程別にコイルを積むことが必要である。払出し工程で同一次工程向けにコイルが4の倍数 (パレットは15ton コイルの場合4コ積み) で生産されることは望みえない。2, 3コイルずつ別々の次工程向けコイルが連続に生産されると、そのまま2, 3コイル単位に運搬せざるをえない。

③天井クレーンの稼動状況

駆動車の1サイクルはコイルを積んだパレット (以下荷パレットという) を運搬し、目的地で空パレットと積替え次の目的地に向かう。駆動車は常に荷パレットまたは空パレットをセルフフローティングして走行するため、駆動車が到着時、先行荷パレット上のコイルが降され、空パレットになっていることが条件となる。もしコイルが降されていない場合は天井クレーンで降すのを待つこととなる。

天井クレーンは担当する単数または複数の工程のコイル投入・払出し・ロール替等を行なうためクレーンの稼動状況は駆動車の効率を左右する。

以上のような問題点を解明し、運行状況を過渡的にとらえ、定量的データによってより効率的な運搬システムを確立するため、極力忠実にモデル化し、シミュレーションを実施することとした。

3. システムの構成

3.1 駆動車の走行ルートと負荷配分

走行ルートを圧延機 (5 TM) を中心に東西2つの主要道路と冷延工場 - 表面処理工場間の構内

道路の3通路とした (図1)。

駆動車は東西2つのルートに1台ずつ配置し、それぞれ東側・西側循環の運搬を分担させ東西間の交差運搬は、

①両駆動車の負荷バランス

②ピークを避けるための払出し工程の分担

③両駆動車の交錯を極力避ける

ことを考慮し、それぞれに運搬を割りつけた。

3.2 ステーション

駆動車を運行させるためのパレットを常駐させるステーションを運行ルートぞいに各工程の出入側周辺に配置し、ステーションのタイプを、

送り出し専用ステーション

受け専用ステーション

送り・受け兼用ステーション

の3タイプとし、専用ステーションには1パレット、兼用ステーションには2パレットを常駐させることとした。

3.3 駆動車の運行

駆動車はクレーンからの呼び出しにより走行する。クレーンマンは払出し工程の出側コンベアよりパレットにコイルを直積みし、適切なタイミングをみて駆動車を無線で呼び出す。駆動車は空パレットをセルフフローティングして呼び出されたステーションに走行する。複数のステーションより同時に呼び出しを受けた場合は、定められた優先順位にしたがって行先を選択する。優先順位は原則として生産能力の高い工程を受け持つステーションを高順位とした。これは同じ待ち時間内での仮置による滞留コイル数を少なくするためである。

3.4 天井クレーン作業

クレーンマンはこのシステムを動かすキーポイントとなるため、クレーン作業の標準を設定した。

クレーン作業の優先順位は、工程出側のコイル払出し (パレットへの直積み) ——工程入側への投入——ロール替等の生産継続の必須作業——パレットよりのコイル降し——仮置滞留コイルの積

込み—その他作業

駆動車の呼び出しタイミング

クレーンマンが適切なタイミングで駆動車を呼び出すために必要な情報は担当している工程の向先ステーション別コイルの生産順と重量である。この情報を生産工程よりリアルに表示盤または無線で連絡を受け、向先別にパレットへの積載が残り1コイルになった時点で駆動車を呼び出す。

3.5 生産

目標とする年度の生産計画にもとづき圧延機(5TM・2CM)へ1コイル単位に、通過工程・生産条件をパラメータとしてもたせて投入し、最終工程で消滅させた。各工程でのコイル投入順位はそれぞれの工程の生産制約条件にもとづき入側仕掛コイル中よりコイルを選択し投入することとした。稼働態様・予定休止・生産パターンはあらかじめインプットし、予定外休止は実績による分布にしたがいランダムに発生させた。

4. シミュレーションモデルとプログラム

このような物流システムは、システムの中を時

```
*** COIL TRANSACTION ***
```

```
CT1  ORIGINATE 0,1,4
      HELP 3
      ASSIGN C.CRT,HA#2
      ASSIGN CTYPE,HA#3
      ASSIGN CWT,HA#4
      .
      .
      .
      ADVANCE GOTO (+1,CT2)
      COMPARE CRT EQ 999999
      TERMINATE
      CALL SH.IN,CL.ADR
      PRIORITY 4 TIME(MX*TAIRYU)
      GOTO (CT8,CT28)
CT8  COMPARE FN#HENSEI NE 0
      SAVEX BBB,V#HEN.UNO
      GOTO (CT9,CT11)
CT9  COMPARE BV#HENCHK EQ 1
      GOTO (CT10,CT12,CT17)
CT10 COMPARE LS#L(V#QP.LNO) EQ 1
CT11 PRIORITY 6
      SAVEX BBB,V#HEN.UNO
      LINK,U UC(X#BBB),FIFO
CT12 COMPARE P#PR.NO EQ 6
      UNLINK UC(105),1,D23A
      .
      .
      .
```

図5 コイルルーチンのコーディング例

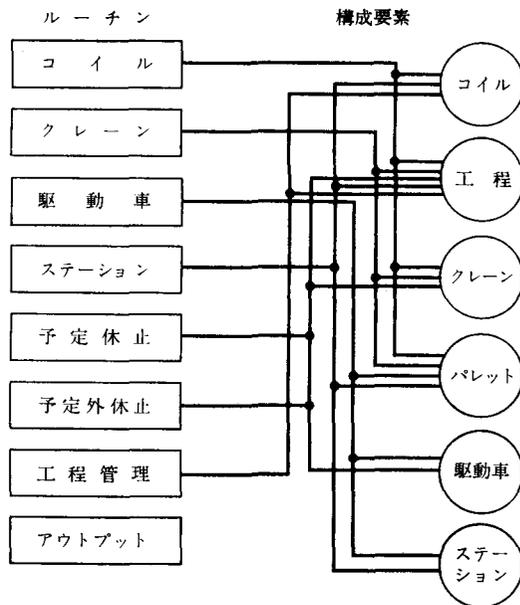


図3 各ルーチンと構成要素

間とともに流れる物(コイル)を中心にモデル化し、その間における滞留コイル(待ち行列)・各工程・クレーン・駆動車の状況を求める離散系のシミュレーションであるためGPSSを用いた。

GPSS-1100(ユニバック)は“HELP”ブロックによりFORTRAN等も使用可能で適応力は高い。

4.1 構成要素とルーチン

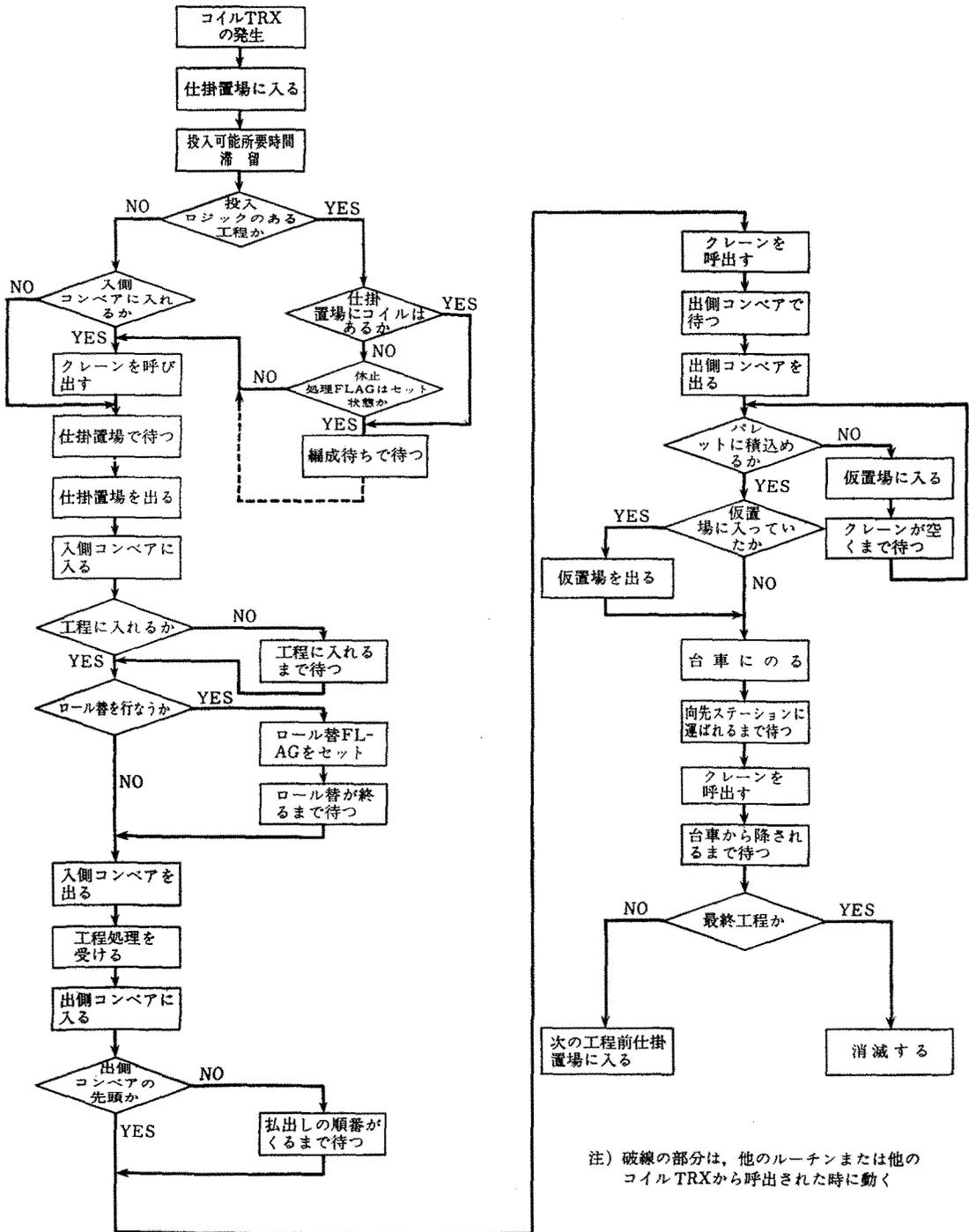
このシミュレーションモデルは図3のように6つの構成要素を介して主要な8つのルーチンから成り立っている。

①コイルルーチン(図4)

コイルごとにもたせたパラメータにもとづいた工程フローにしたがって工程間を移動させ、各工程での処理を行なう。各工程では生産制約条件によりコイルの投入順位は決められるが、運搬にあまり影響のない工程については到着順にコイル投入することとした。図4はブロックチャート、図5は図4の一部のコーディング例である。

②駆動車ルーチン(図6)

東西駆動車別に関係した処理(駆動車休止・パ



注) 破線の部分は、他のルーチンまたは他のコイルTRXから呼出された時に動く

図 4 コイルルーチン

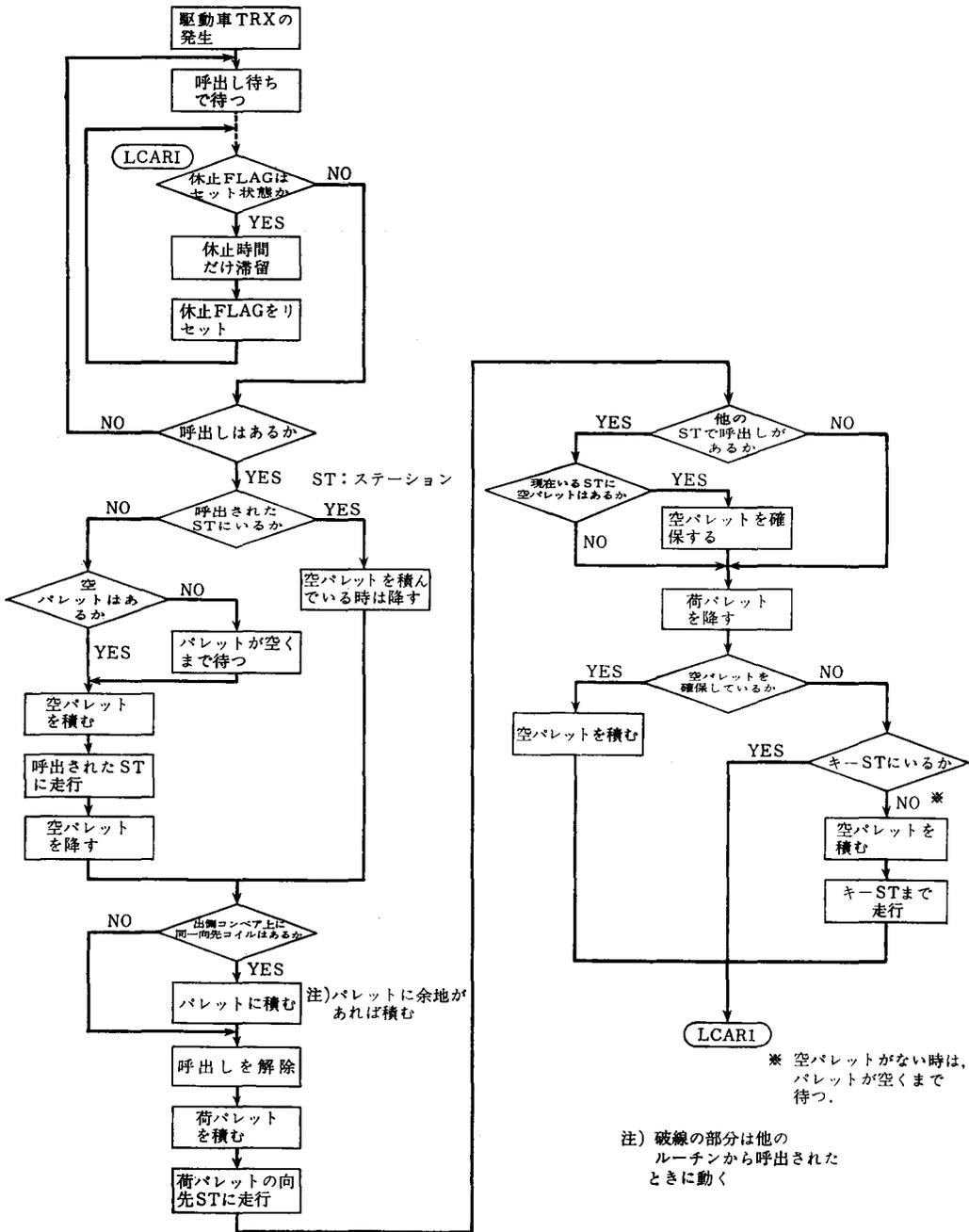


図 6 駆動車ルーチン

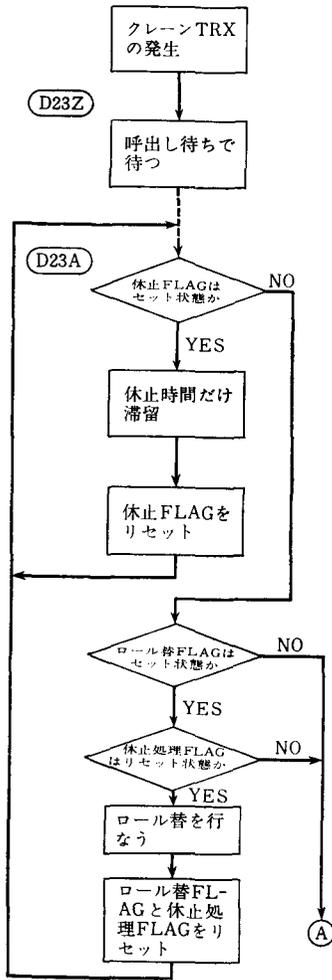
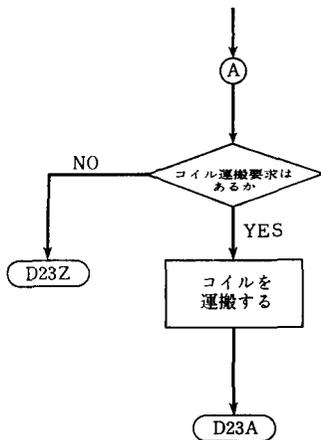


図7 クレーンルーチン

注) 破線の部分は他のルーチンから呼出された時に動く



注) 運搬要求は優先順位の高い順に調べられ、すべての運搬要求がなくなった時Noとなる。

図8

レット運搬等)を行なう。

③クレーンルーチン (図7)

各クレーンに関係した処理を行なう。クレーンには特に稼働率が高く、問題になりそうなもののみ対象とし、その他は除外した。

4.2 アウトプット

データは主目的とする項目と補助的な項目とをアウトプットした。補助的なものはこのモデルが意図したように順調に動いているかを見るためのものである。

①駆動車関係

総運行回数と走行時間

荷パレットを運んだ運行回数と走行時間

運搬重量とコイル数

1 走行当りの運搬重量とコイル数

②仮置滞留コイル

滞留コイル重量とコイル数

原因別滞留コイル数

原因別 ○パレット満載 ○空または同一向先パレットなし ○降し待ち

③クレーン関係

運搬重量とコイル数

運搬時間

ロール替時間

④生産

工程別運転時間と生産量・コイル数

工程別予定・予定外休止時間

工程前仕掛コイル重量とコイル数

以上について (月・日・時) 単位、平均値とその分布を求めた。

表1 駆動車能力

ケース	項目	積載量	運搬能力	稼働率
		ton/回	ton/hr	%
東駆動車	A	34.9	154.1	80.7
	B	42.7	191.4	65.2
西駆動車	A	34.9	182.8	63.2
	B	38.4	202.7	57.2

表 2 滞留コイル(仮置)発生状況(最大値)

原因別 ST.No ケース	パレット 満 載	同 一 向先なし	降し待ち
A	1	27	1
	3	81	14
	7	15	1
	9		
	10	13	1
	11	1	
	12		29
B	1	18	2
	3	41	14
	7	24	1
	9		
	10	12	1
	11	6	
	12		19

注) No.3 ST は計画的仮置 ST.

5. シミュレーションの結果と解析

シミュレーションは2カ月分実施し、後の1カ月のデータを使用した。駆動車の稼働状況は表1のようにケースAの場合、東駆動車の運搬能力は予想外に低く、稼働率も高く、表2の滞留コイル数も多い。これは生産能力が低く向先ルート数の多い工程と、生産能力が高く向先ルート数の少ない工程とを一元的なモデルとしたためであった。工程別に生産能力・滞留コイル置場の取りえる広さ・クレーンの稼働状況の条件をチェックし、駆動車の優先順位およびクレーンよりの呼び出しタイミングの再検討、計画的な仮置の実施等モデルを修正して実施したのがケースBである。東西両駆動車とも運搬能力・滞留コイル数のピーク値もほぼ満足できる値となったが、最適化までにはほど遠いと考えている。

このシミュレーションは OUK-1100/64で6～

8時間かかるため途中の段階でアウトプットし、モデルをチェック・修正のできるようにしないと非常に長時間を要することとなる。シミュレーションの内容はブラックボックスとなるため、アウトプットの項目は多目にしておき、必要に応じてプリントすることがモデル内容チェック・分析がやりやすく結果的には効率的である。

6. あとがき

物流問題は範囲も広く構成要素も多くなりがちである。この例においても多数の製造設備・クレーン・駆動車の動きが相互に影響しあい条件の組合せも膨大なものとなるため、あらかじめ各部分ごとの詳細な調査と予測をもとにしてシステムを構成し、

①平均値法による能力計算により駆動車・クレーンの仕様の設定

②部分的なハンドシミュレーションによるモデルのチェック

のあとシミュレーションすべきで、最初から全面的なシミュレーションによって検討することは多くの労力と時間を空費することとなる。

モデルのチェックのため近い過去の生産実績でシミュレートし、アウトプットと実体とを比較することは、将来このシステムを運営するユーザー部門の信頼を得るうえでも効果的であった。

この物流システムは現在実施中であり、ほぼ順調に稼働しているが、最適化にはまだまだの状態である。今後設備の更新・増強による物流の変化も予想されている。より適応性の高いモデルに修正し、現状・将来の物流をより最適化に近づけたと考えている。

今後全体最適化の要請が増加し、シミュレーションによる検討がますます求められるようになると考えられるが、本事例がいくらかでも読者の参考になれば幸いである。