

Controlling System for Cargo Berth and Automated Warehouse



高橋 暁
Satoru Takahashi
千葉製鉄所 設備技術
部電気・計装技術室 主
査(課長)



田中 春之
Haruyuki Tanaka
千葉製鉄所 システム
部 主査(掛長)



市原 勲
Isao Ichihara
千葉製鉄所 システム
部 主査(課長補)



田原 博信
Hironobu Tahara
千葉製鉄所 システム
部 主査(課長)



阿部 俊男
Toshio Abe
川鉄運輸(株) 技術部
主査(部長)



長谷川 信男
Nobuo Hasegawa
川鉄運輸(株) 千葉支
店 係長

1 緒 言

本報告は千葉製鉄所の物流効率化の一環として大型輸出本船が接岸可能な製品輸出岸壁とこれに併設された 41 000 t の収納能力をもつ倉庫の操業管理システムに関するものである。本船が接岸する岸壁と背面倉庫の両設備を極力自動化、無人化するとともに設備効率を最大限に発揮させるためには、入出庫、船積み管制や自動化機器の制御などを行うためのコンピュータシステムの導入が不可欠であった。また計画性をもち、迅速、正確な輸業務を行う上で上工程の生産管理システムとの密接な情報連携や、従来専門職の経験的ノウハウに頼っていた本船船積み計画作成を支援するエキスパートシステムの開発も併せて実施した。

システム開発は設備の建設と併行して実施し、1986 年 4 月より運用を開始した。以下に設備概要、システム概要、稼動状況について述べる。

2 設備の概要

岸壁および製品倉庫の概略を Fig. 1 に示す。当設備は千葉製鉄

要旨

製品岸壁および立体自動倉庫の操業管理システムの範囲は、トレーラによる倉庫への製品搬入から岸壁クレーンによる船積みまでであり、製鉄所の製品全品種および関連会社の製品を対象としている。本倉庫では同規模の通常の倉庫の 1/3 の要員で全作業を実施することが可能である。荷役の迅速化のため、立体倉庫へは製品を 2 個同時収納するとともに、各荷役機器が円滑に動作するように搬入品の置き場決定、出庫品決定、作業順決定などを行う。また知識工学と CAD の手法を用いて船積み計画を支援するシステムを開発した。これにより経験と知識を要する船積み計画を、容易かつより緻密に作成できる。本システムは 1986 年 4 月より順調に稼動している。

Synopsis:

The control system of the cargo berth and automated warehouse covers from bringing-in of products by trailers to ship-loading by gantry crane, and deals with all the products of the Steel Works. In this system the automation of warehouse is an important factor and all storage and issuing operations at the automated warehouse are carried out by a number of workers only one third that of the conventional warehouse. For prompt cargo work, two products will be carried into the warehouse at the same time, and for smooth working of each cargo machinery, the authors are determining the placement and taking-out of products, and working order. We also developed a system to support the stowage plan using the technique, knowledge, engineering and CAD. This enables us to make stowage plans which need knowledge and experience, for easier and more accurate warehouse operation. This system is working smoothly since April 1986.

所の港湾施設的能力不足、老朽化を改善し、製品物流の合理化を図る目的で建設されたものである。岸壁は長さ 300 m、水深 15.5 m で最大 80 000 DWT の船舶の着岸が可能である。岸壁クレーンは 50 t 定格のものが 2 基設置されている。背面の製品倉庫はスタッククレーンによる立体自動倉庫 1 棟と、平積み倉庫 2 棟よりなり、最大 41 000 t の製品の保管が可能である¹⁾。

当倉庫ならびに岸壁への製品の搬入および搬出にはトラクタ・トレーラを使用する。取り扱う製品は、熱延および冷延(表面処理鋼板を含む)のコイルならびにシート、厚鋼板、パイプ、線材、鉄粉などの製鉄所の全品種にわたっている。

倉庫の運用は、天井クレーンの運転手 2 名および管制室要員 1 名を含めて 5 名で全ての業務を実施する。岸壁は 4~6 名で 1 ギャングを構成して作業を行う。倉庫の諸元を Table 1 に、岸壁の諸元を Table 2 に示す。

* 昭和61年7月18日原稿受付

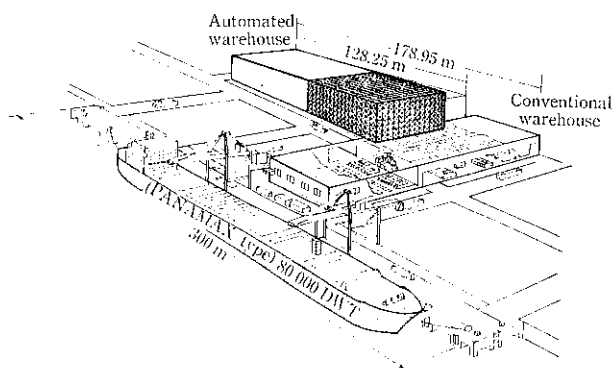


Fig. 1 Conceptual design of the new material handling facilities at Chiba Works

Table 1 Specifications of warehouses

Item	Specification
Storage capacity	
Automated warehouse	32 000 t max
Conventional warehouse	9 000 t max
No. of rack	4 200 (12 row × 10 stair × 35 ream)
Cargo	
Coil	12 t max or width ≤ 4'
Sheet	4' × 8' max
Stacker crane	13 t × 6
Carrier car	13 t × 12
Overhead travelling crane	28 t × 1, 25 t × 1
Electric lifting apparatus	
Coil lifter	10 t × 2 or 23 t × 1
Sheet lifter	12 t max

Table 2 Specifications of the berth

Item	Specification
Berth	
Hull	80 000 DWT max
Length	300 m
Depth of water	−15.5 m
Gantry crane	
Type	Rope trolley
Capacity	50 t × 2
Outreach	36 m
Lift	37.5 m
Electric-lifting apparatus	
Coil lifter	10 t × 2 or 23 t × 1
Sheet lifter	12 t max
Lifting magnet	18 t max

3 システムの概要

3.1 基本思想

本システムの開発にあたっては下記の点に考慮した。

(1) 自動化の達成

倉庫全体を5名の要員で操業する。このためスタックークレーンや移載台車の自動運転、天井クレーンの自主運転にとどまらず、各種情報処理の自動化と全体把握の容易化を図る。

(2) 迅速な荷役の実施

とくに出庫時に荷役作業が迅速に行えるように、作業の効率化と荷役機器の円滑な運転の確保を図った。

(a) 立体自動倉庫に対しては製品2個(2山)の同時荷役を行う。

(b) 搬出と搬入作業が競合する時は、搬出を優先する。

(c) 特定の荷役機器にのみ作業が集中しないようにする。

(3) 誤出荷防止

製品を間違いなく所定の場所に搬入し、出荷命令に従って確実に搬出できなければ出荷時に大きな混乱を招き、上記の自動化および作業の迅速化はその意味を失う。このため搬入品の現品チェックや天井クレーンの個々の荷役のチェックなどを行う。

(4) 異常時の操業継続

設備のトラブルなどの発生により、予定どおりの作業ができない場合、混乱なく操業を継続する必要がある。また製品によっては、特殊な作業が要求されるケースも発生する。このためクレーンの運転手や管制室の要員に各種の権限をもたせるとともに、ソフトウェアの規模が肥大しない範囲で、いかなるケースにおいても対応できる手段を提供する。

(5) 船積み計画作成のコンピュータシステム化

鋼材の船積み計画作成は、考慮すべき要因が多岐にわたり、かつ経験的知識に依存する割合が高いことなどから、船積みのエキスパートである船積計画担当者の手作業が中心で、従来コンピュータシステム化しにくい作業であった。これを克服するため、積付条件のルールベース化やルール駆動型自動積付けシミュレータなど知識工学の手法を採用するとともに、船倉の形状による船積み計画の修正を行う手段を提供する。

3.2 システムの構成

システムの構成を Fig. 2 に示す。本システムは千葉製鉄所全体の出荷業務を取り扱う総合出荷システムの下位に位置づけられており、その役割は、生産ラインから製品を受入れ、保管し、搬出し、船に積みまでの各業務を、効率に行うことである。本システムは次の3つのサブシステムにより構成されている。

(1) 倉庫・岸壁操業管理システム

入出庫命令の作成、クレーン運転手と自動化機器への製品単位の荷役作業指示、きめ細かな置き場管理などを行う。

(2) 船積み計画支援エキスパートシステム

知識工学の手法と CAD の手法により、合理的な製品の積付計画を作成する。

(3) 立体自動倉庫制御システム

スタックークレーンや移載台車の運行管理を行う。

4 倉庫・岸壁操業管理システムの機能

本システムは入出庫命令管理、倉庫操業管理、岸壁操業管理および設備機器稼働管理の4つのサブシステムから構成されている。

4.1 入出庫命令管理

出荷システムとの搬入・搬出・船積み情報の授受、搬入製品の受入検査、搬入品の置き場決定と搬入トレーラの進入ステーション決定、在庫品の出庫順決定、搬出トレーラの積荷ロット編成および入出庫作業命令の監視などの機能から成る。

4.1.1 搬入製品の受入検査

倉庫への搬入の際、各工場の出荷ヤードで入力されたトレーラ上

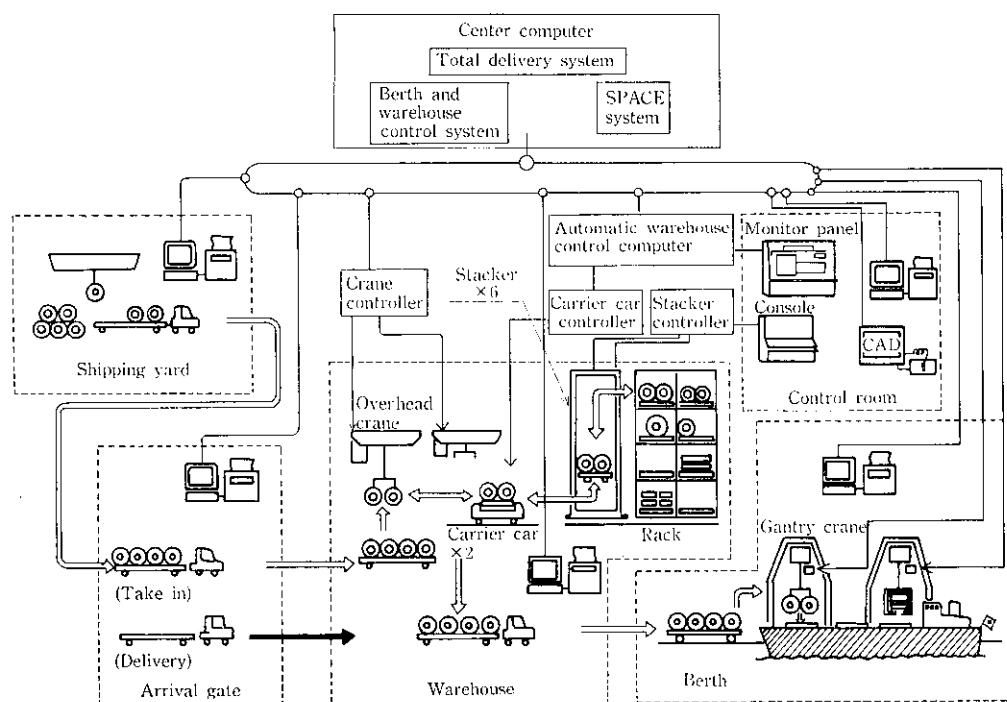


Fig. 2 System configuration

の積み位置と、積荷の明細を当倉庫入口の立会所に出力する。トレーラの運転手はこれに基づいて、製品積み位置のチェックや員数チェック、外観検査を実施する。受入検査の結果は、立体自動倉庫への製品搬入可否の判定や、クレーン運転手による自主運転可否の判定など荷役作業命令の作成に用いられる。

4.1.2 搬入品置き場決定

置き場管理基準により立体自動倉庫内または平積み倉庫内に搬入品の置き場を割りつける。

(1) 立体自動倉庫への搬入

それぞれの棚には、寸法と重量制限を満たす範囲で2山（コイル2個、シート2山で最大8束）までの収納が可能である。このためトレーラ上の製品で同じ棚に収納可能な製品をグルーピングし、搬入棚を決定する。決定にあたっては次の点を考慮する。

- (a) 搬出時に特定の荷役機器に作業が偏らないように、同じオーダー内容の製品は、各レーンに分散して収納する。
- (b) 立体自動倉庫の地震などに対する安全確保のために、品種、梱包形状ごとに収納段の上限を設定し、下段より上段に向かって、また同じレーン・段内では、手前より奥に向かって棚を決定する。

(2) 平積み倉庫への搬入

品種、梱包形状あるいはオーダー内容を等しくする製品ごとに、これらが同一地番になるように置き場を決定する。

4.1.3 在庫品の出庫順決定

当倉庫は岸壁の背面に立地しているため、大半の製品は当岸壁において船積みされる。このため船積み順に基づいて倉庫からの製品の出庫順を決定する。船積み順は、後述する「船積み計画支援エキスパートシステム」により、会話方式で作成される。この結果に作業進捗状況、置き場、倉庫からの搬出品と工場から岸壁への直送品の区分けなどを加味して出庫順を決定する。

4.1.4 搬出トレーラ積荷ロット編成

立会い所で空車トレーラ運転手の出庫製品要求に基づいて、製品の形状および重量と当該トレーラの荷台寸法、形状、積載能力など

を勘案し、出庫順に従ってトレーラに積むべき製品を決定する。

4.2 倉庫作業管理

天井クレーン運転手への作業指示とその作業実績の採取、立体自動倉庫を制御する計算機への作業命令の発行と作業実績の採取などの機能からなる。

4.2.1 天井クレーン運転手への作業指示

天井クレーンの作業性を考慮して、荷役の方法とその順序を決定し、天井クレーン運転手に指示する。

天井クレーンの運転手の作業要求に基づいて、搬入・搬出トレーラのうち、優先順の高いトレーラから順次1車単位の情報を表示する。運転手はこの中から作業可能なトレーラを選択する。本システムは選択されたトレーラについて1荷役単位に作業指示を行い、これが完了すると次の荷役指示を表示する。運転手は該当トレーラの全ての荷役を完了させるとその旨を入力する。作業実績は置き場および現品情報に反映される。

荷役作業の指示は誘導無線の地上局を経由して、機上局のプラズマディスプレイに表示される。天井クレーンは誘導無線アドレスケーブル方式の位置検出機能を有し、走行と横行の現在位置を100mm単位に測定することができる。荷役命令に基づいて、荷を授受する命令位置を表示するとともに、これと現在位置の比較を行って正しく荷役されたかどうかチェックする。異常がある場合はその旨を表示し、荷役作業完了入力を受け付けない。

4.2.2 立体自動倉庫荷役制御計算機への作業命令発行

立体自動倉庫荷役制御計算機に対し、搬入・搬出のための荷役命令を発行する。荷役命令は、1荷役作業単位に発行し、荷役命令が完了する都度その実績を受け取る。円滑な荷役を実施するために次の点を考慮した。

- (1) 天井クレーンはスタッカークレーンの3倍の荷役能力を持つ。このため複数の移載台車への荷役指示を天井クレーンの吊り作業に先行して発行し、天井クレーンを待たせないようにする。

- (2) 各移載台車は、2機の天井クレーンのいずれの走行ヤードにおいても製品の受け渡しが可能である。従って2機の天井クレーンが同時に荷役作業を実施する場合には、移載台車の取り合いが発生する。そこで両ヤードの荷役作業の進捗状況を監視しつつフレキシブルに使用移載台車を決定して命令発行を進め、特定移載台車、特定天井クレーンに作業が集中することを回避し、移載台車の空き待ちによる全体作業の渋滞を防ぐ。

4.3 岸壁クレーンへの船積み作業指示

岸壁クレーン運転手からの船積み作業の対象船倉 No. 入力に基づいて、船積み可能なトレーラの情報を表示する。この中で岸壁クレーン運転手が選択したトレーラについて1車単位の作業指示を行う。作業指示内容はトレーラの代表製品の情報と吊り具の指示および FROM-TO である。岸壁クレーンの作業実績もトレーラ単位に行う。

4.4 設備機器稼働管理

置き場、荷捌きステーション、スタックークレーン、移載台車、天井クレーン、岸壁クレーン、トレーラおよび船舶につき、その使用計画、作業進捗および稼働状況を把握し、各設備機器の効率的な運用を図っている。

作業実績や各設備稼働状況は、一連の搬入・搬出作業の過程で自動的に採取され、計画的な置き場管理や命令の発行制御に利用される。また作業実績は、設備区分および品種ごとの取り扱い重量、荷役作業時間、荷役中断時間などを把握し日報類を出力し、管理資料作成負荷を削減している。

5 立体自動倉庫制御システムの機能

レスポンスの確保とシステムの信頼性確保の観点からスタックークレーン6基と移載台車12台の運行管理は専用の制御用計算機を導入した。その機能は次の通りである。

- (1) 上位倉庫岸壁操業管理システムから荷役指示を受信し、作業実績を上位に送信する。

- (2) スタックークレーン、移載台車の運行状態を監視する。
 (3) 受信した荷役指示を機器個々の動作に分解して、適宜、荷役機器の動作指示を出力する。
 (4) 端末から手動で荷役機器に対して動作指示を行う。

立体自動倉庫の各棚の置き場情報や収納製品の情報は、データを保証する必要から上位のシステムにより一元的に管理されている。本計算機はトラブルが発生した場合データをクリアして再スタートする。荷役機器にトラブルが発生した時は、必要に応じて一部の運行を手動モードで行い、復旧後当該荷役を自動モードで継続する。

Fig. 3 に荷役指示に対するスタックークレーン、移載台車の運行パターンを示す。各棚への収納はパレットを用いるため搬入と搬出どちらの場合も荷役機器の動作パターンは同じである。すなわち搬入の場合は空のパレットを棚から出してこれに製品を載せて元の棚に格納する。一方搬出の時は製品を載せたパレットを出して、荷を天井クレーンに渡した後、空のパレットを元の棚に戻す。通常の製品搬入、搬出以外にパレットの搬入、搬出および現品チェックを行う必要があるが、これについて本計算機の端末から動作命令を入力する。

6 船積み計画支援エキスパートシステムの機能

本システムは SPACE (Stowage plan assist CAD expert system) と呼ばれるものであり、シミュレータによる自動化²⁾と CAD³⁾による柔軟性の両面を指向している。Fig. 4 に本システムの構成を示す。SPACE はラフプラン入力、船倉形状入力 CAD、ルール駆動型積付シミュレータおよび積付改良 CAD の4つのサブシステムからなっている。

6.1 ラフプランの受付

ラフプラン入力サブシステムは、製品情報から種々の属性(本船名、梱包サイズ、重量、約定、揚港、商社、品種など)を読み取り、船会社から指示されるラフプラン情報(揚港順、船倉 No., 揚げ港での荷役方法、船積み仕様、積付けスペースなど)を会話入力で付加する。

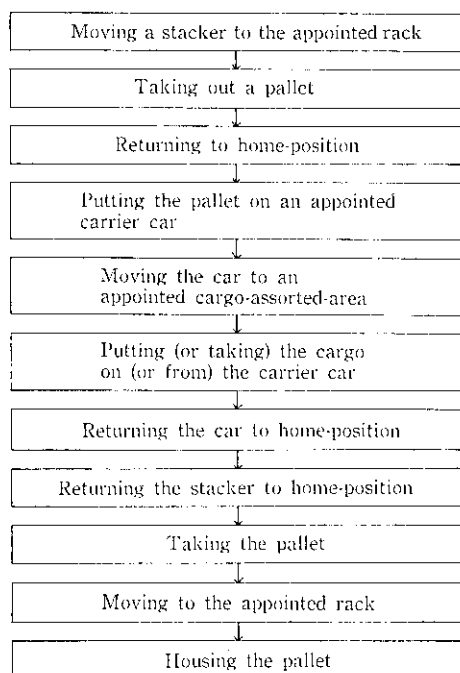


Fig. 3 Movement pattern of stacker-crane and carrier car

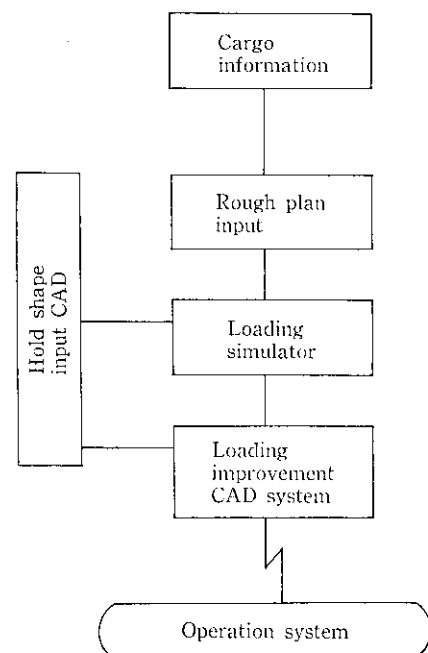


Fig. 4 Configuration of the SPACE system

6.2 船倉形状の登録

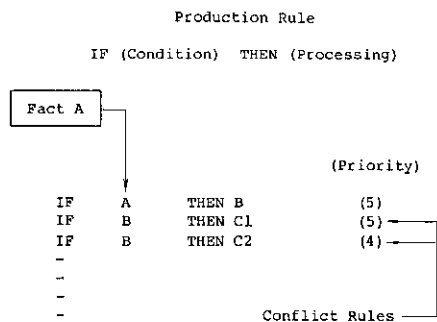
船倉形状入力 CAD サブシステムは、予め登録されている船倉形状パターンの中から、今回入港する船の船倉に合うパターンを選びだし、その寸法を決定する。さらにここでは、船倉内の積付け空間、他港積み空間、障害物空間なども入力される。

6.3 自動積付けシミュレータ

自動積付けシミュレータは、ラフプラン入力と船倉形状入力を基に、ルールベースを参照しながら、積付けを実行する。ルールベースはプロダクションルールで書かれている。

Fig. 5 に積付けルールの一部を示す。記号：の前が IF 部、後が THEN 部である。ルール No. 1 は「梱包形状が Down-Coil または Skid 付 Down-Coil ならば、製品単品の方は船なり置き、積み方は俵積み、下積みには重量の重いもの、列の方向は船横、列は Side to Side になるようにせよ」という意味を表している。

なお競合ルールは予め設定してある優先度に従って選択される。積付けに関するノウハウがプログラムのロジック部から分離されているため、ルールの追加や改良により、システムを運用しながらレベルアップできる構成になっている。



No. 1 KONPO (DN/DNSK): TANHOKO (FUNANARI), TUMIKATA (TAWARA), STZMJRYO (DAIJYRYO), RETUHOKO (FUNAYOKO), RETUTYPE (STOS);

No. 2 KONPO (DN/DNSK), TUMTKRSL (TMKTFUKA), HAGUCHI (NOTFULL), RETUTYPE (STOS): RETUTYPE (BOTH SIDE);

Fig. 5 An example of loading rules

6.4 積付け改良会話処理

積付け改良 CAD サブシステムは上記積付けシミュレータが、ルールに従って自動積付けした結果を、現場の状況を勘案しながら会話的に修正するシステムである。改良された積付け結果は、積付け図の形でグラフィックディスプレイに表示される。

このようにして決定された積付け情報と出庫順は、倉庫操業システムへ渡される。

7 稼動状況

本システムは1986年4月より順調に稼動している。倉庫においては5名で作業を行っており、要員を従来の約1/3に減すという所期の目的を達成することができた。

立体自動倉庫からの製品搬出能力がシステム開発の当初においては懸念されたが、Fig. 6 に示すように平均の天井クレーンの荷役のサイクルはシステム稼動後1箇月の時点で約2.9分であった。この値は今後天井クレーンの運転手の習熟によって、更に短縮される

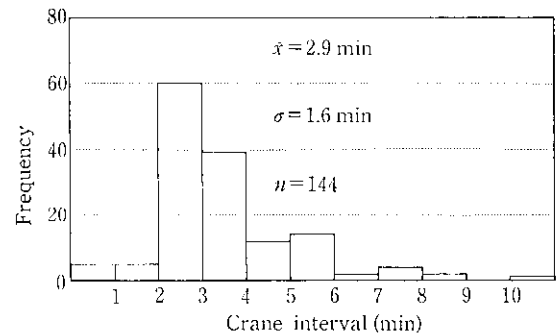


Fig. 6 Histogram of overhead-crane interval

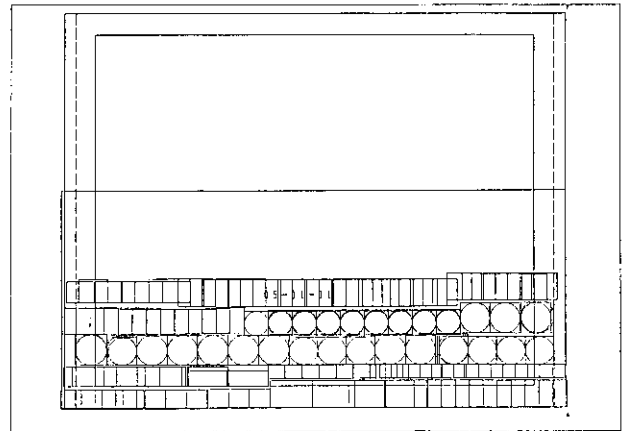


Fig. 7 A view from top of the loading in a hold



Fig. 8 A view from front of the loading at the first row

と考えられるが、船積み荷役に十分耐える値である。なお Fig. 6 において1サイクルに6分以上の時間がかかるケースがあるがこれは2つのヤードの天井クレーンが、同時に1つのスタッカークレーンを取り合った時の待ちが発生したことによる。また作業開始時はまず3台のスタッカークレーンが一斉に所定の棚にパレットを取りに行くため、最初の作業に約5分を要する。

Fig. 7 および 8 は船積み計画支援エキスパートシステムにおいてシミュレータがルールに基づいて自動積付けを行ったものを、CAD で一部修正した平面図と正面図の一例である。

Fig. 7 の下第1列目にあたる正面図が Fig. 8 であるシートとコイルが相積みされている。なお Fig. 7 の図中番号 05-01-01 はホール No. を、Fig. 8 の図中番号は約定 No. を表わしている。

現在までの適用結果から、次のようなことが確認できた。

- (1) 積付け量が多く、CAD の手直し操作が少ないケースはシミュレータの威力が発揮される。
- (2) ルールに基づいて自動積付けが行われるので、船積み計画担当者の人の違いによるプランのばらつきを少なくできる。
- (3) 従来とほぼ同一の時間内に、種々の積付けケースがスタディでき、よりよい積付けプランを選ぶことが可能となった。
- (4) 事前に、船内の積付け完了の姿が精度良く想定できるようになった。
- (5) 船積みを検討した出庫順指示を行うため、荷役効率や物流効



Photo 1 View of control room

率の向上が期待できる。

Photo 1 に管制室の状況を示す。管制室は倉庫 および 岸壁の状況が把握でき、倉庫の受入・払出計画の作成や、全体の作業調整、異常時の処理などを行う。

8 結 言

千葉製鉄所に新たに建設された製品輸出岸壁と背面倉庫の操業管理システムについてその概要を示した。本システムの特徴をまとめると次のようになる。

- (1) 倉庫の操業において各種の自動化を試みた結果、5名の要員で全ての業務が可能となった。
- (2) 立体自動倉庫からの搬出にあたって、天井クレーンの荷役に要する時間を2分台にすることにより、本船への船積みが円滑にできる。
- (3) 船積み計画の作成にあたり、SPACE システムを使用することにより、従来経験と専門知識がなければできなかった船積み計画作成を大幅に機械化できた。

トータルとしての物流合理化が千葉製鉄所の今後の課題の一つであるが、本システムはそのための重要な一石となることは言うまでもない。

最後に本システムの開発に尽力された富士通株式会社ならびに石川島播磨重工業株式会社の関係者各位に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 金沢 功, 真藤健一, 森田昭一郎, 池田 信, 高橋勝信, 芳田清茂: 「千葉製鉄所西工場の製品岸壁および倉庫設備の概要」, 川崎製鉄技報, 18 (1986) 4, 347-354
- 2) 市原 勲, 南部正悟, 真藤健一, 森田昭一郎, 森田次郎, 谷元光也: 「ルール駆動型船積みシミュレータの開発」, 鉄と鋼, 72 (1986) 4, S321
- 3) 茶野木鹿乃子, 市原 勲, 南部正悟, 森田昭一郎, 真藤健一: 「鋼材の船積みプラン作成 CAD システムの開発」, 情報処理学会第32回全国大会, (1986), 2051-2052