

# 機械工場の省力化と生産管理システム

## Labor-saving and Production Control System in Machine Plant

個別生産の産業機械製罐工場では、常に多種の製品を並行して生産しており、その生産準備や生産管理に膨大な労力を費やしている。しかし、これまでの製罐作業方式では労力に見合う管理効率が期待できなかった。

本稿で紹介するシステムは、鋼板切断工程にNC切断機と鋼板自動搬送装置とを適用して、作業を無人化すると同時に、そのコントロール データを一元的に生産管理に結びつけ、作業の合理化と生産管理の効率向上を実現したものである。

才 川 至 孝\* Saikawa Shikô  
江 間 一 男\* Ema Kazuo  
大 西 明\* Ônishi Akira  
宇都宮潤一郎\* Utsunomiya Junichirô

### 1 緒 言

The Fabrication Shop's Manufacturing Control System (以下、FASMACシステムと略す)とは、日立製作所土浦工場が開発した製罐作業の生産管理システムの略称である。

製罐作業は、主として鋼板から切断した数多くの部片を接合して、使用目的に合った構造物を製作する工程の総称である。製罐作業の歴史は古く、その技術の中心である接合法がリベット接合から完全に溶接に移行して、作業は著しく近代化した。生産管理面ではそのセオリー、手法共にいまだにリベット構造時代の域を脱していない。

FASMACシステムは、数値制御(以下、NCと略す)切断機、プラズマ切断法、鋼板自動搬送装置などの最新のハードウェアを活用して<sup>1)</sup>、鋼板切断作業をシステム化し無人化するためのソフトウェアとしての機能と併せて、そのコントロール データを情報源として製罐工場の幅広い生産管理を行なうシステムとして開発されたものである。すなわち、NCテープ作成過程で容易に生産管理用データが収集できるような独特の図形処理法を開発して、従来膨大な手数を費やしながら、満足できるような精度の得られなかった作業工数の算出、作業投入計画の自動化を可能にし、作業実績との自動的な応答によって、精度の高い工程管理、部材の履歴管理などを一元的なシステムで処理するものである。

### 2 FASMACシステムの特徴

製罐構造物の生産管理においても、個々の部片を管理しなければ具体的で精度の高い管理ができないことは自明の理であるが、現寸工程を前提とした従来の生産方式によっている限り、部片単位の管理は事実上不可能であった。かつては製罐図面というものは例外なく構造物の単位で描かれ、構造物の機能上必要な寸法が指示されているだけであって、個々の部材の形状、寸法は、いわゆる現寸工程で決定されていた。これによって作業は、現寸図から写し取った現寸型(テンプレート)に基づいて遂行されてきたのである。この作業方式では部片はあくまでも「形」としてとらえられているに過ぎず、管理に必要なデータは何一つ得られなかった。

昭和30年代に造船界が $\frac{1}{10}$ スケールの図形を光電管でならう切断機<sup>2)</sup>を採用するようになって、部片の形状を数値的にとらえ、あらかじめネスティングするなど現寸作業の内容が大きく変わってきた。その結果、EPM(電子写真けがき)<sup>3)</sup>、NC切断など、部片切断作業のシステム化が急速に進む一方、現

表1 自動プログラミング用ソフトウェア 船舶設計システムが主体となっており、現寸現図の省略方策として開発されてきた。

| シ ス テ ム 名       | 開 発 企 業 名       |
|-----------------|-----------------|
| HIZAC           | 日立造船株式会社        |
| KASE            | 川崎重工業株式会社       |
| LOFTLAN, G-LOFT | 日本鋼管株式会社        |
| SHIP, MGF       | 三菱重工業株式会社       |
| APOLOS          | 石川島播磨重工業株式会社    |
| PDL             | 三井造船株式会社        |
| NAPS            | 名村造船株式会社        |
| AUTOKON         | CIIR(ノルウェー)     |
| STEER BEAR      | KOCKUMS(スウェーデン) |
| BRIT SHIPS      | BSRA(イギリス)      |
| VIKING          | VDC(スウェーデン)     |

寸作業を省略する方策として表1<sup>4)</sup>に示すような種々のソフトウェアが開発されてきた。これらはすべて船舶設計システムを主体にし、その設計データをNCテープの作成に利用するものであって、従来の現寸作業に相当する作業は著しく軽減されている。

一方、FASMACシステムは、その構成を図1に示すとおり、

FASMAC I: NC自動プログラミング及び生産管理データ編集システム

FASMAC II: 鋼板入出庫及び履歴管理システム

FASMAC III: 下ごしらえ工程管理システム

FASMAC IV: 作業時間自動算出システム

の四つのサブルーチンを一元的に結合したもので、ハードウェアのコントロールと、生産管理に重点を置いたところが、これまでのシステムと大きく異なる点である。

すなわち、FASMACシステムは切断作業のNC化を前提としたシステムであって、NC切断機を適用して作業を無人化し、NCデータを多目的に利用して簡便に部片単位の管理ができるようにしたものである。

\* 日立製作所土浦工場



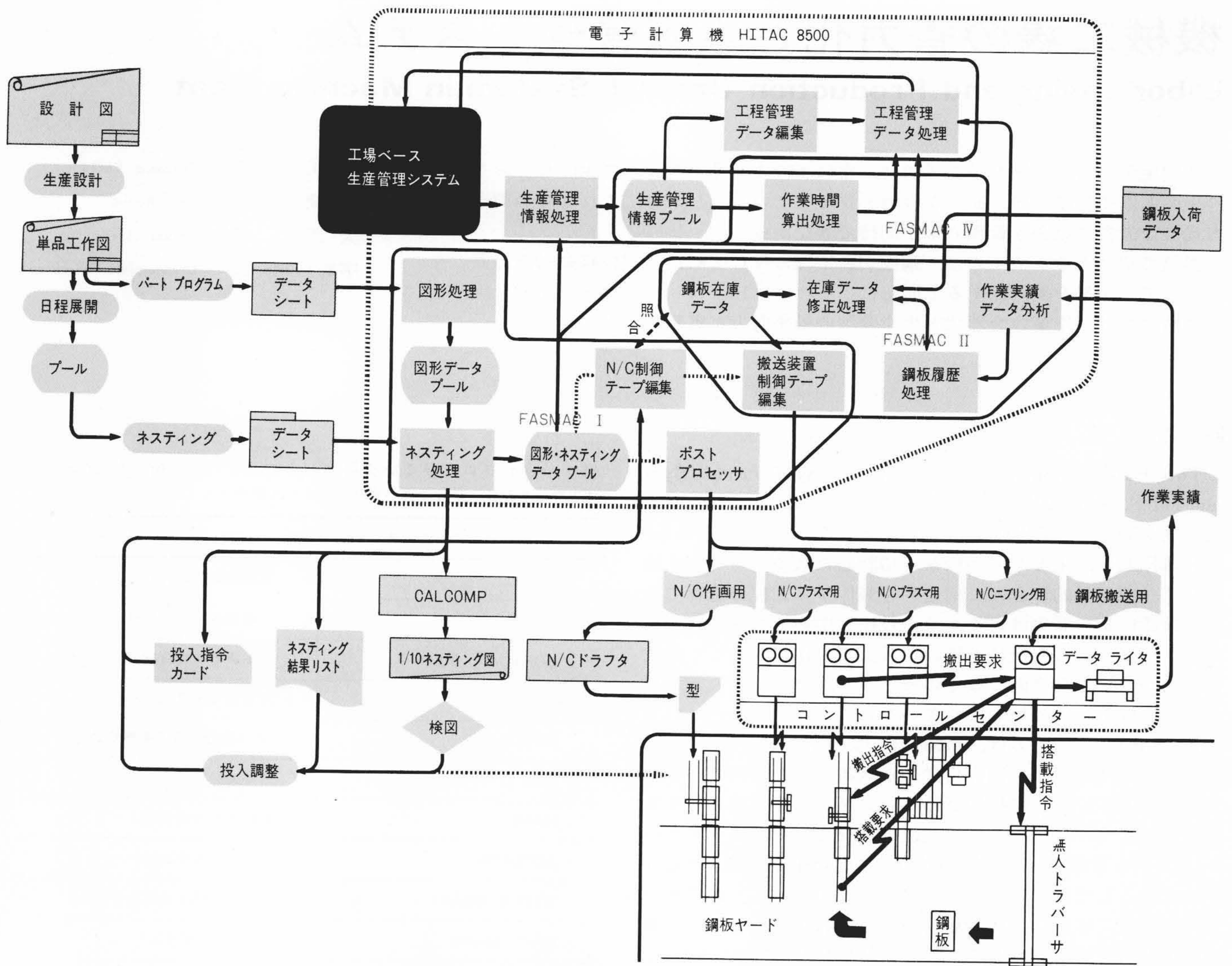


図1 FASMACHシステムの概念図 FASMACHシステムは、無人切断システムと生産管理システムとを有機的に結合した四つのサブシステムから成っている。

更にこのシステムでは、末端の切断機群と鋼板搬送装置とを生産管理システムのハードウェアとして利用し、作業実績をフィードバックして管理データをメンテナンスしている。

### 3 無人切断作業システム

FASMACHの無人切断作業システムを構成する機器の配置を図2に示す。このシステムを構成する切断機群のうち2台のNCプラズマ/ガス切断機は、このシステムのために特に無人制御を前提に開発されたもので、全使用鋼板の86.5%（プラズマ切断は77.5%）の切断に適用されている。

このようにNC切断機を導入し、切断工程の無人化を推進してゆくと、あらかじめ各切断ラインごとに順位づけられた鋼材を的確にNC機にチャージする必要性が生じてくる。材料搬入に人手を介すると、切断着手時のNCデータと材料の照合手順は省けないが、この作業ははなはだしく具体性を欠き、照合の万全は期しにくい。

そこで、これら5切断ラインと鋼板搬送装置とをFASMACHシステムによって完全に結合し、各切断機があらかじめ計画された1日分の作業を、順序づけられたとおり遂行するために必要な鋼板を、適時自動的に各ラインに供給するソフトウェアを開発し、この作業を無人化した。

### 4 NC自動プログラムとデータ編集

NC機を採用する場合、NCプログラミングの自動化は不可欠の前提条件である。汎用のNC言語としてはAPT (Automatically Programmed Tools)、AUTOSPOTなどがあり、表1に示した造船所のソフトウェアにも、これらを基本とした独自の自動プログラムがある。しかし、これらはいずれもNCテープの作成を最終目的にしたプログラムであるから、図形処理を簡略化することに重点がおかれている。また、これらのNC言語は、図形を規定する定義部分を設けて入力データ量を軽減しているが、その反面プログラミングが複雑になり、ミスが発生しやすいといわれている。

FASMACHシステムでは図3に一例を示すように、パートプログラミングから全く定義部分を排し、図形を規定する線を対象にデータを記入する入力形式を採用している。この方式では、図面を描くセンスでデータが記入できるから、プログラミングは極めて具体的になる。なお、製罐部材の形状を複雑にするコーナ部分はサブルーチンで処理できるので、パートプログラムは多角形としてデータを記入すればよい。

この方式によれば、部品の輪郭を構成する線やけがき線個個に管理用のデータが記入できる。



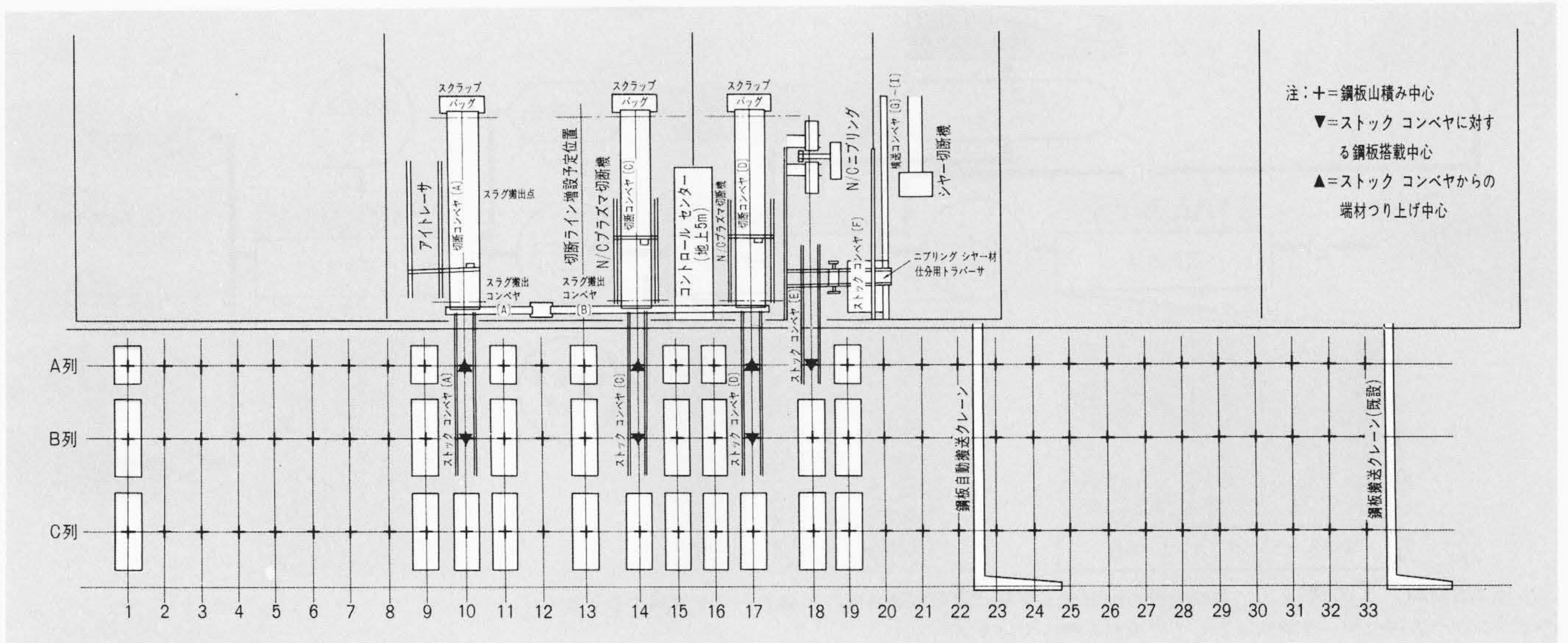


図2 無人切断システムの機器構成 5切断機、コンベヤ及び鋼板搬送装置から構成されており、FASMACシステム遂行のためのハードウェアとしての機能を持っている。

作成 → 審査 → パンチ

### FASMAC 一般図形データシート

| 工区 | S | 機種   | 作 #         | 項 #       | 品 # | 分割 #     | 分割数      | 数       | 板厚    | 材 質   | BLNO  | 下工 | 組送 | 修正 | シーケンスNO |    |    |         |
|----|---|------|-------------|-----------|-----|----------|----------|---------|-------|-------|-------|----|----|----|---------|----|----|---------|
| A  | + | PIC  | 2,6,1,2,7,1 | 0,1,5,0,7 | 0,7 | 1,0,0,0  | 0,0,3    | 0,1,2,0 | SS,41 | 0,1,4 | RAG,X |    |    |    |         |    |    |         |
| 工区 | S | BLNO | 線種          | 切接        | SUB | X        | Y        | R       | DATA  | 円弧    | 溶形    | 表裏 | 部置 | 勾配 | 相手板厚    | 予備 | 修正 | シーケンスNO |
| A  | • | 001  | P11         |           |     | 5,0,3,0  | 1,9,2,8  |         |       |       |       |    |    |    |         |    |    |         |
| A  | • | 002  | D1          |           |     | 1,7,4,0  | 1,6,5,3  |         |       |       |       |    |    |    |         |    |    |         |
| A  | • | 003  | P1          |           |     | 1,2,3,0  | 1,9      |         |       |       |       |    |    |    |         |    |    |         |
| A  | • | 004  | B1          |           |     |          | -3,6,0,0 |         |       |       |       |    |    |    |         |    |    |         |
| A  | • | 005  | P12         |           |     | -5,9,0,0 | 4,0,0,0  |         |       |       |       |    |    |    |         |    |    |         |
| A  | • | 006  | G1          |           |     |          |          | 9,0,0   |       |       |       |    |    |    |         |    |    |         |
| A  | • | 007  | P19         |           |     | -2,1,0,0 | -4,0,0,0 |         |       |       |       |    |    |    |         |    |    |         |
| A  | • | 008  | G1          | SF        |     | 3,0,0,0  | 4,0,0,0  |         |       | ML    | 10    |    |    |    |         |    |    |         |
| A  | • | 009  |             |           |     |          | 2,0,0,0  | 2,0,0,0 |       |       |       |    |    |    |         |    |    |         |
| A  | • | 010  |             | FS        |     |          | -2,0,0,0 | 2,0,0,0 |       |       |       |    |    |    |         |    |    |         |
| A  | • | 011  |             |           |     | 5,0,0,0  | -4,0,0,0 |         |       |       |       |    |    |    |         |    |    |         |
| A  | • | 012  |             | SB        |     | 2,8,0,0  | -1,8,0,0 | 1,0,0,0 |       |       |       |    |    |    |         |    |    |         |
| A  | • | 013  |             |           |     | -8,0,0   | -1,8,0,0 |         |       |       |       |    |    |    |         |    |    |         |
| A  | • | 014  |             | SC        |     | -1,0,0,0 |          | 5,0,0   |       | 2ML   | 10X   |    |    |    |         |    |    |         |
| A  | • | 015  |             |           |     |          |          |         |       |       |       |    |    |    |         |    |    |         |
| A  | • | 016  |             |           |     |          |          |         |       |       |       |    |    |    |         |    |    |         |
| A  | • | 017  |             |           |     |          |          |         |       |       |       |    |    |    |         |    |    |         |
| A  | • | 018  |             |           |     |          |          |         |       |       |       |    |    |    |         |    |    |         |
| A  | • | 019  |             |           |     |          |          |         |       |       |       |    |    |    |         |    |    |         |
| A  | • | 020  |             |           |     |          |          |         |       |       |       |    |    |    |         |    |    |         |
| A  | • | 021  |             |           |     |          |          |         |       |       |       |    |    |    |         |    |    |         |
| A  | • | 022  |             |           |     |          |          |         |       |       |       |    |    |    |         |    |    |         |
| A  | • | 023  |             |           |     |          |          |         |       |       |       |    |    |    |         |    |    |         |
| A  | • | 024  |             |           |     |          |          |         |       |       |       |    |    |    |         |    |    |         |
| A  | • | 025  |             |           |     |          |          |         |       |       |       |    |    |    |         |    |    |         |
| A  | • | 026  |             |           |     |          |          |         |       |       |       |    |    |    |         |    |    |         |
| A  | • | 027  |             |           |     |          |          |         |       |       |       |    |    |    |         |    |    |         |

図3 図形データの記入例 図形の線を追ってプログラムし、その線に含まれる生産管理情報も併せて入力する。

このFASMAC Iは図4に構成を示すとおり、図形処理、ネスティング処理及びポストプロセッサから成り、その処理過程で以後の生産管理に必要なデータを編集し、各サブシステムに供給する。このプログラムでは、同期化計画に従って部材の投入日が決定した時点でネスティングデータを入力すると、事前に電子計算機(HITAC 8500)に蓄えられていた図形データに基づいて、高速X-Yプロッタ(CALCOMP)によってネスティング図(図5)が作画される。ネスティング

図と同時に、切断ライン、切断指期、材料歩どまり、切断時間などの管理情報と、各ネスティングNo.に対応する投入指令カードが出力される。次いで切断時間、生産計画を勘案して、翌日切断すべき投入指令カードを入力すると、初めて各切断機ごとに1日分の作業用NC制御データが1本のテープにシーケンシャルに編集して出力される。

ここで決定した5切断ライン個々の作業の順位づけに従って鋼板搬送装置の制御テープが出力される。このテープには、



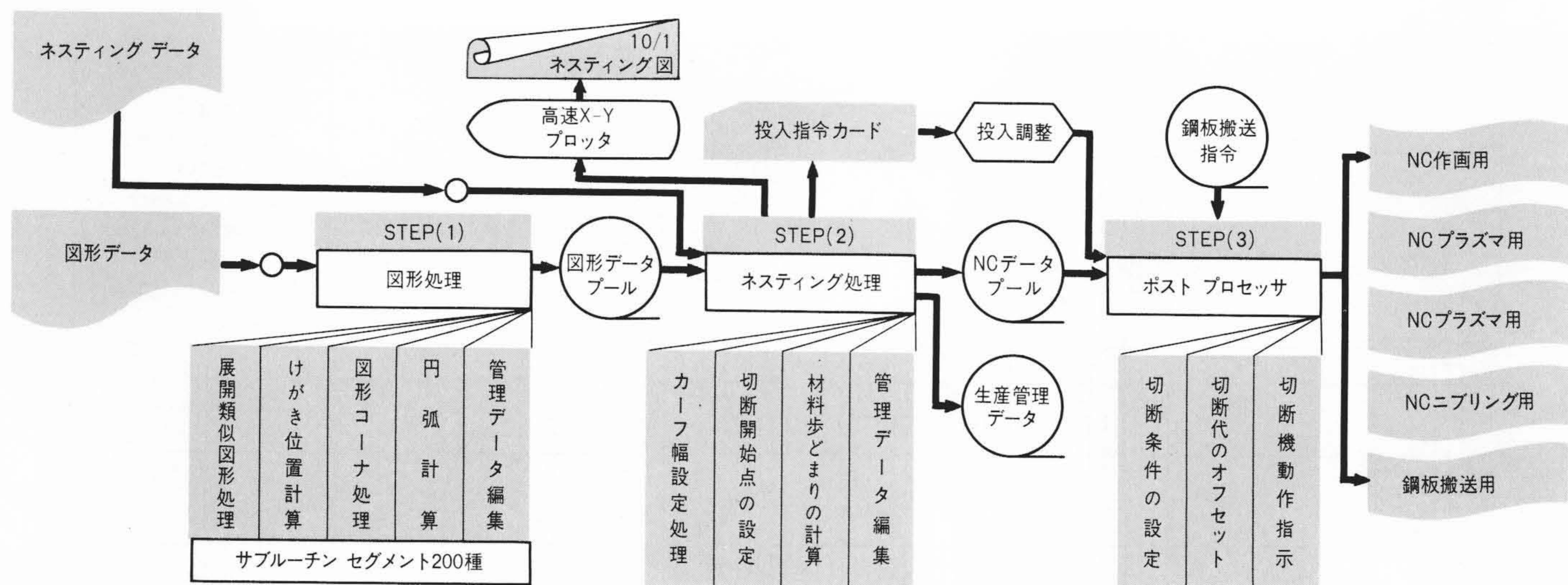


図4 FASMAG Iの構成 各切断機の制御テープ及び鋼板搬送装置の制御テープを作成するとともに、他のサブシステムへのデータ供給源としての役割を持っている。

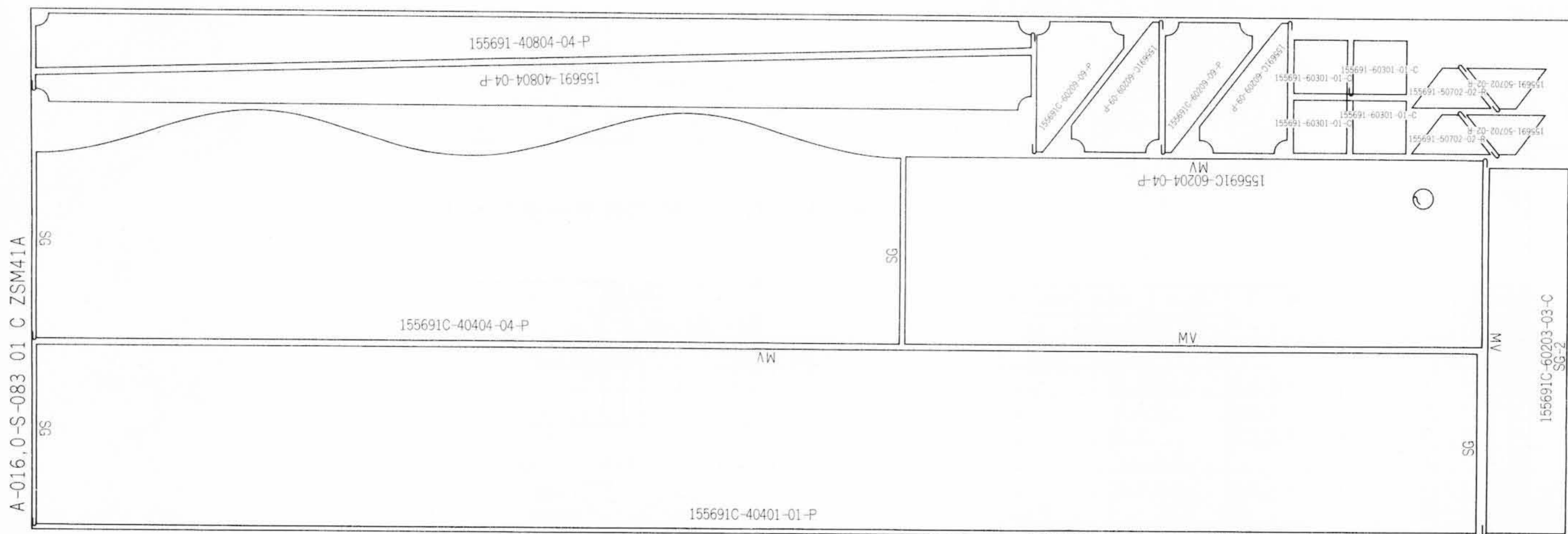


図 5 ネスティング図の一例      ネスティング完成時に作画される。最終的なエラー チェックに用いると同時に、切断作業時の作業図面として用いられる。

図6に示すように前日入荷した鋼板を正しい番地に入庫するためのデータが含まれている。

また、FASMACの切断システムでは、板厚50mmを超える鋼板の切断にはアイトレース ガス切断機が使われているが、これに使用するならい型をNC作画することにより、このシステムでは切断操作以外はNC機と全く同一手法で処理している。

## 5 鋼板自動入出庫と履歴管理

FASMAC システムでは、新たに開発した鋼板搬送装置によって、鋼板ヤードの運搬を完全に自動化している。

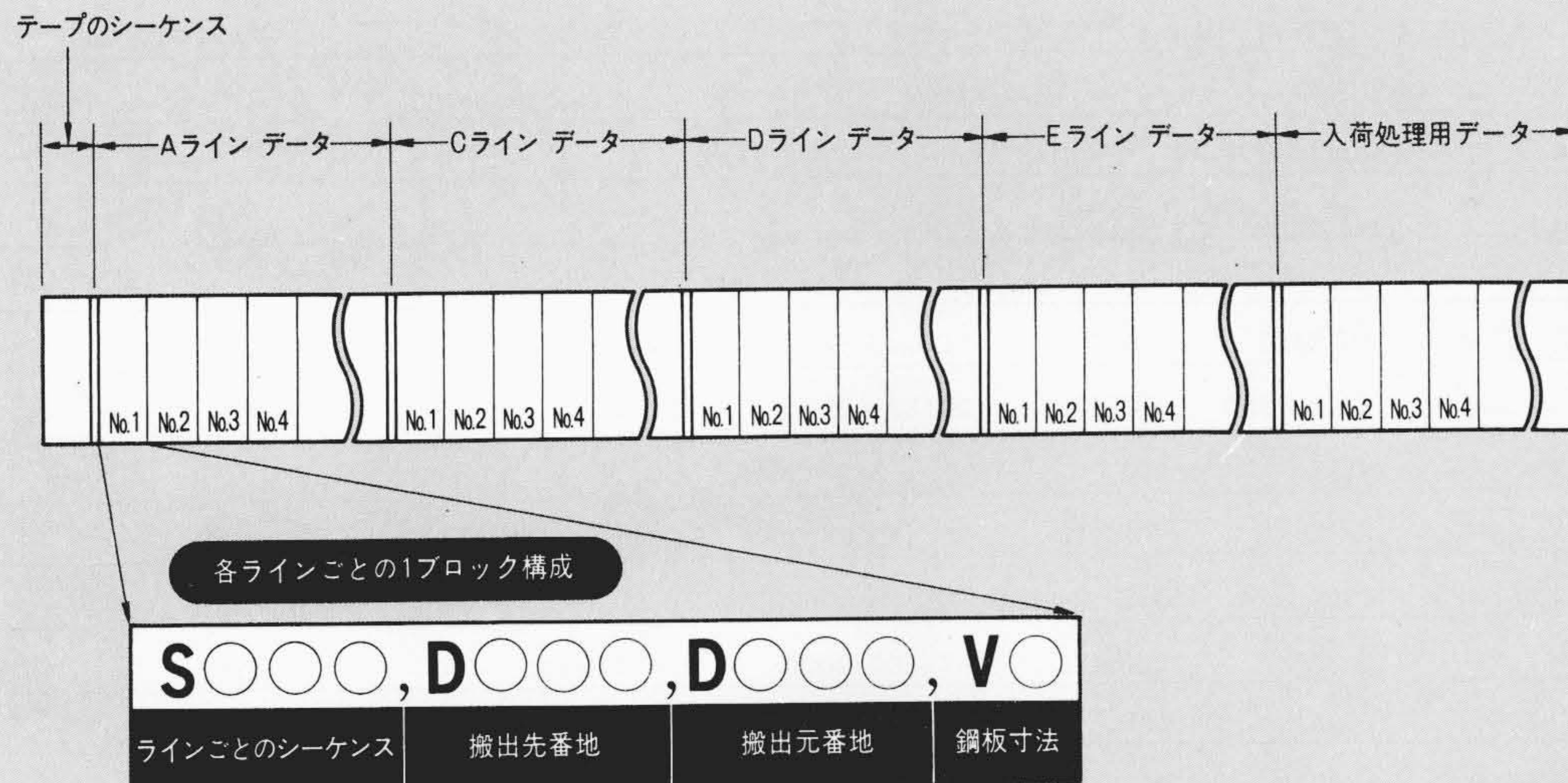
図2に示したように、各切断ラインには定尺材2枚をストックできるコンベヤがあり、ストックコンベヤ上の鋼板は切断機から出される切断完了信号によって、切断コンベヤ上にチャージされる。そして、ストックコンベヤ上に鋼板1枚分のスペース(図2▼部)ができると、搬送装置は自動的にそのラインに搬入すべき鋼板の保管番地をサーチし、所要鋼板をそのコンベヤに搭載する。ここでもし、他のラインから同時に搭載要求がでると、その要求をバッファにため込んでおいて、順次鋼板を搬入する。すべてのコンベヤが満載になると、次にどれかのラインから搭載要求が出るまでの間、搬送装置

は自動的に前日入荷した鋼板を、入庫処理データに従って一時保管山から所定の保管番地へ山積みする、いわゆる入庫処理を行なう。

各保管番地に積み上げられた鋼板の材質、寸法、及びチャージ番号は、すべて電子計算機に登録され、どのネスティングNo.にどのチャージ番号の鋼板が使用されたかを記録している。実際には、これら鋼板の入出庫処理は、各ライン単位にみれば必ずあらかじめ計画された順序になっているが、各ラインの作業時間は同一でないから、各ラインに対する搬入順は全く無秩序になるし、入庫と出庫も入り乱れて遂行される。そのために、この搬送装置の動作を逐一記録した作業実績テープを分析し、ネスティング データと照合して、個々の部材ごとに使用した鋼板のチャージ番号を記録する。このシステムでは、溶接構造物を構成するすべての部片のチャージ番号が自動的に記録されるから、これまでのように、現物照合によるチャージ番号の転記、あるいはマーク シフトの立会いなど、初工程の効率低下を招く作業が不要になる。

なお、ある分類によって定められている大きさを超える端材は、改めてFASMACシステムにのせて再使用するために、1日分の作業が完了したラインから、切断コンベヤ→ストックコンベヤ→保管場所に逆送する。もちろんこの動作も作業





注：鋼板搬送装置は、各ラインから搬入要求があると、そのラインへの搬入枚数をカウントしておいて、シーケンスをサーチする。

図6 鋼板搬送装置制御テープの構成 各切断ラインへ必要鋼板を出庫するためのデータと、前日入荷した鋼板を保管番地へ搬入する入荷データとから構成されている。

実績テープに記録され、電子計算機に入力される。

## 6 生産準備と工程管理

生産工場では、必要な時に必要な部材を供給する部材の同期精度向上が、生産性向上のための一つのポイントであるが、これまでの製罐工場の作業形態と管理方式では、部片個々を対象に管理することが難しかった。したがって、一般には図面単位の部材が一括して作業投入されている。この形態では、図7(a)に示すように当面不要な部材の作業が進行し、停滞す

る。これはいたずらに仕掛を増すことになるだけでなく、並行して生産する製品の数が多い産業機械製罐工場では、機械設備の真の稼働効率が低下することになる。現場的には、作業場に当面使わない部材が山積されることになり、作業効率が著しく低下する。

FASMAC IIIは、この部片単位の管理を確実に、しかも簡便に行なうために開発したものである。このシステムでは図7(b)に示すように、生産計画に従って製罐組立工程の各ステップの作業着手日が決まると、NCパート プログラミング時

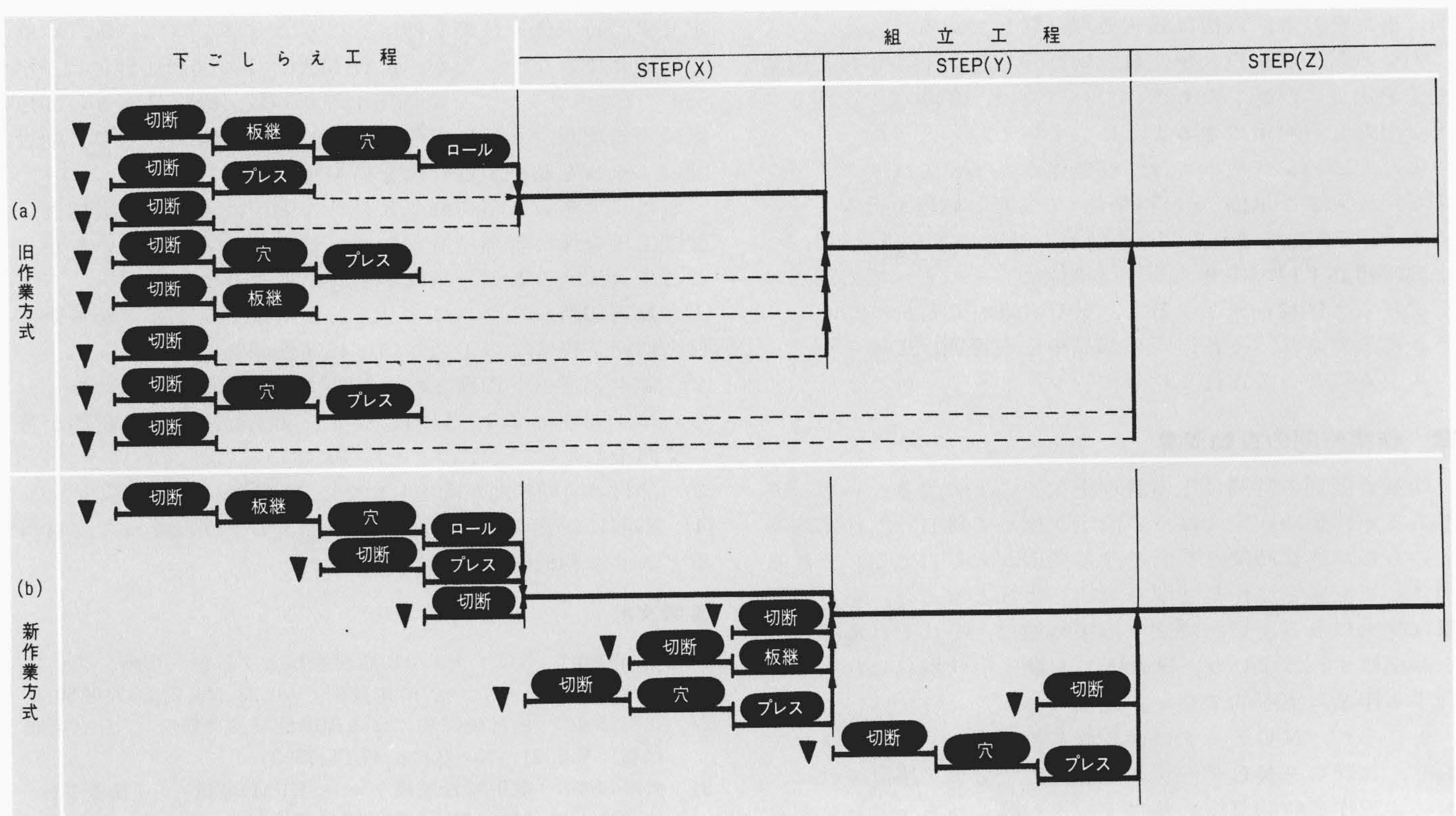


図7 部片の切断投入方式の違いと部片の流れ 各組立工程の各ステップに必要な部片を必要な時点で下ごしらえ作業が完了するように切断投入すれば、部片の仕掛がなくなり、作業効率が向上する。



|                                         |        |        |                     |       |          |           |                   |              |                |
|-----------------------------------------|--------|--------|---------------------|-------|----------|-----------|-------------------|--------------|----------------|
| * * * SHITAGOSHIRAE KANRI DAICHYO * * * |        |        |                     |       |          |           |                   | 74/08/21     | PAGE ; 01      |
| SAKUBAN ; C523821                       |        |        | BUSHO               |       |          | ; KMKM    |                   |              |                |
| KOBAN ; 00201                           |        |        | KUMI-CODE           |       |          | ; X       |                   |              |                |
| HINMEI ; FAN-IMP                        |        |        | SHITAGOSHIRAE-SHIKI |       |          | ; 36/2    |                   |              |                |
| ZUBAN ; F2017951                        |        |        |                     |       |          |           |                   |              |                |
| KOBAN                                   | HINBAN | BUNBAN | KAZU                | BUSHO | HINMEI   | ZAISHITSU | SOZAI-SUNPO       | NESTING-NO   | SETSUDAN-SHIKI |
| 00202                                   | 01     | 1000   | 1                   | ZKM   | IMP-DISC | SUS410    | 20TX2100          | A-0200-5-005 | 35/2           |
|                                         | 1010A  | 1212A  | 9100                |       | 1413B    | 1530B     | 9400 0300         |              |                |
| 00203                                   | 02     | 1000   | 2                   | ZKM   | SRUD     | SUS410    | 12TX1500X3000     | A-0120-K-006 | 35/2           |
|                                         | 1010A  | 1212A  | 9100                |       | 1280A    | 1530B     | 1412B 1510C 1610C |              |                |
| 00204                                   | 03     | 1000   | 16                  | Z4    | BLADE    | SUS410    | 8TX500X1000       | A-0080-K-007 | 35/1           |
|                                         | 1010A  | 1212A  | 9100                |       | 1280A    | 1530B     | 1130E 0120X       |              |                |
| 00205                                   | 04     | 1000   | 1                   | ZKM   | HLO-PL   | SUS410    | 15TX620           | A-0150-K-008 | 35/2           |

図 8 下ごしらえ管理レポートの一例 部品を構成するすべての部材のネスティングが完了した時点で出力され、下ごしらえ工程管理の基礎台帳として活用される。

にその部片の下ごしらえ加工手順に応じた切断投入日が、NCデータとともに入力される。許容同期期間（FASMAC システムでは 3 日間）に、切断すべき部材を集めてネスティングすると、4. で述べたように図 7 の管理情報と投入指令カードとが出力される。

FASMAC の無人切断作業システムによれば、あらかじめ計画された作業順序が狂うことなく切断作業が完了するので、最も煩雑な切断工程の管理が極めて簡便になる。FASMAC III では、図 8 に示す部片単位の下ごしらえ作業の管理情報が得られるが、だからといって、個々の部片を追いかけることは容易でない。FASMAC システムでは、生産管理の事前計画に重点をおき、以後は異常処理に徹している。

すなわち、切断投入予定日、切断予定日、下ごしらえ作業完了予定日に遅延したものについてだけ、各時点で遅延リストを出力し、対策できるようにしている。

また、このシステムでは、切断作業完了まではネスティングという大きな単位(定尺材単位)で情報の処理を行なっているため、それに含まれる個々の部材が管理できる利点がある。

製罐組立工程の作業ステップ単位に、そのすべての部片の下ごしらえ作業が完了すると、その情報が工場トータル システムに入力され、それ以降の部品単位の管理は工場トータルシステムによって遂行される。

7 作業時間の自動演算

作業要素別の時間は生産管理上欠くことのできないデータであるが、製罐作業ではその設定が極めて難しい。作業内容そのものに作業時間を変動させる要因があることと、それを別にしても厳密に作業時間を算出しようとすると、その事務量は膨大になる。切断時間や溶接時間は、それぞれその長さを基準にすればよいが、それとても開先形状別にこれらを集計する作業は实际的でない。

ところが、NCデータにはこれらの要因がすべて含まれており、これらをNCデータの処理過程で分類・集計すれば、おのずと作業時間算定の基礎データが得られる。これに着目して開発されたのがFASMAC IVである。

そもそもNCデータそのものに、かなりの作業時間設定要

素が含まれている。更に、このサブシステムでは、パートプログラムが複雑にならない範囲で、単純化したデータを追加することにより、作業時間の算定できる作業要素の範囲を拡大し、作業時間の算出精度が向上している。

8 結 言

以上述べたように、ソフトウェアとハードウェアの開発が相まって、ほぼ理想的に切断作業を無人化し、作業システムと管理システムとを有機的に結合するFASMACシステムを実用化した。このシステムは、現在FASMAC I～IVのサブシステムから成っているが、開発当初からその利用範囲を限定せず、将来広く枝葉を伸ばし得るようになっている。本稿では紹介できなかったが、FASMAC Iの図形処理では、パート プログラミングを簡略化するために、繰返品あるいは類似品の処理ルーチンを駆使しており、次の段階として自動設計システムと結合する計画を持っている。

このシステムは昭和49年 8 月から実用に入った。実施後、製罐工場全体に管理精度が向上した効果が表われているが、ここで具体的な数値を挙げると次のとおりである。

- (1) 無人切断システムにより、NCプログラミングから全部材の切断工程までの工数がほぼ45%低減した。
- (2) 個々の部材が管理された状態で投入されるようになったために、同期幅は 3 日以内になり、次工程以降の生産性が著しく向上した。
- (3) 部材の同期精度が向上したため、仕掛高が約35%減少した。
- (4) 事前に綿密なネスティングができるようになって、材料歩どまりが約8.5%向上した。

参考文献

1) 才川ほか：「NCプラズマ切断機を核とする無人切断システムと生産管理システム」, 溶接技術, Vol.23 No. 2, p. 47 (昭50-2)  
2) 弓場ほか：「縮尺現図法による標準作業法の研究」, 日立造船技報, Vol. 21, No. 3, p. 47 (昭35-3)  
3) 野崎ほか：「電子写真鋼板ケガキ(EPM)装置」, 三菱重工技報, Vol. 3, No. 7, p. 30 (昭41-7)  
4) 中西：「切断作業のシステム化」, 溶接学会誌, Vol.43, p. 818 (昭49-8)