

生産ラインへのマーキングシステムの適用

Application of Marking System to Manufacturing Process

最近の受注生産を主とする業界では、製品の多品種・少ロット化、高品質化傾向にあり、製品一品ごとの情報管理はますます重要となっている。これら製品情報は、ユーザーから製品に印字することが義務づけられているものが多く、情報量の増大とラインの高速化に伴い、製品への印字は従来の人手による作業では不可能となりつつあり、自動化が強く望まれている。これらの要請に応じるため、生産ラインと直結し、製品のトラッキングシステム、検査秤量システム及び工程管理システムと有機的に結合した印字システムを開発した。印字方式はIJ方式を採用し、主に鉄鋼業、製紙業¹⁾の生産ラインへの適用を図った。本論文では、これらマーキングシステムの機能、構成を中心に紹介する。

石田 康* Yasushi Ishida
山口和治** Kazuharu Yamaguchi
大森秀行** Hideyuki Ômori
徳田清秀*** Kiyohide Tokuda
谷口美嗣**** Yoshitsugu Taniguchi
森 靖樹***** Yasuki Mori

1 緒 言

受注生産を主とする工場では、工程管理、手入部表示、目印、試験片に対する製品格付などの製造工程上必要なマーキング及びユーザーのための最終製品へのマーキングがなされている。このようなマーキング作業は、高熱環境とか、仕上工程の流れ作業など労働条件もあまり良くない場所が多く、しかもミスが許されない作業であり、細心の注意が要求されている。また、マーキング情報も製品の多様化と高品質化に伴って増大する傾向にあり、特に製品保証につながる最終製品へのマーキング内容は膨大な量になりつつある。そして、マーキングを行なう仕上工程の物流は、顧客要求仕様の多様化とラインの高速化によって複雑化しているため、マーキング作業は自動化の最大の課題であった。そこで、生産プロセスと直結したマーキングシステムとして、高機能IJ(インクジェット)プリンタを核に、制御用計算機HIDIC、PCS(プログラマブルコントロールシステム)を含めたシステムを開発した²⁾。また、鉄鋼業向けIJプリンタのインクとして、従来からの念願であった顔料系白色インクの開発を行ない実用化に成功した。

今回開発したシステムは、従来の機械的な印字システムに比べ、範囲、機能面に優れ、各種業界のラインにも適用ができるものであり、FA(ファクトリーオートメーション)の一部を形成するものと言える。

表1 製品への印字内容 注文生産を主とする業界の製品への印字内容は、増加しつつある。

分野	主な対象	主な印字内容
鉄 鋼 (非鉄金属)を含む)	厚 板	商標ユーザー名, 寸法, 規格
	コ イ ル	コイルNo., 寸法, 規格
	鋼 片	チャージNo., 鋼片No.
	中 板, 薄 板	社標, 寸法, 規格, 板数, 製造No., 梱包No.
	条 鋼	製造年月, 社標, 製鋼名, 規格, レール順位, カarbon含量
	鋼 管(表面)	商標, JISマーク, 規格, 製造年月, ロットNo., 寸法, 肉厚, チャージNo., 取数, ピースNo., 重量, シッピングマーク
	鋼 管(内面)	製造国, 商標, 製造年月, L/C, シッピングマーク, 寸法, 肉厚, 実質重量, 計算重量, グレード
製 紙	試 験 片	方向, チャージNo., ロットNo., 取位置
	中間製品ロール	管理No.
	製 品 ロ ー ル	寸法, 規格, 抄造依頼No., 連量, 坪量, ロールNo., 製造年月
建 材	平 判 製 品	寸法, 規格, 連数, 銘柄, 坪量, 製造年月
	合 成 建 材	材質, 寸法, 規格, 顧客コード
化 学	積 層 板	寸法, 規格, 向け先, 品種
	フィルム原反	管理No., 寸法, 長さ

2 システム開発の背景とねらい

2.1 各業界の印字要求分析

受注生産を主とする業界の製品印字要求内容を表1に示す。印字内容は、半固定情報、ロットごとに変わる情報、製品ごとに変わる情報があり、最近では製品ごとに変わる情報が増えている。文字寸法については、印字対象物の寸法に応じて変えられるような仕様が増えており、色についても鉄鋼業は白が標準であるが、製紙業などでは銘柄別に色を分けるなど、マーキングに対する要求は多様化しつつあるのが現状である。

2.2 各種印字方式

生産ラインの印字作業は、現状ではほとんど人手に頼っているが、自動又は半自動の印字方式として実用化されているものもあり、それらを表2に示す。これらはいずれも一長一

表2 各種印字方式 インクジェットのスイート印字方式は、多種印字文字を高速で印字するラインに適している。

	方 式	内 容
1	吹 付 ス プ レ ー	あらかじめ文字を打ち抜いた文字盤を編集し、インクを吹付スプレーする。
2	打 刻	打刻文字を選択して打刻する。
3	静 電 印 刷	粉体インクに高電圧をかけ、帯電させ印字物に印字する。
4	イ ン ク ジェット	オンデマンド ピエゾ方式と電界方式があり、ノズル群の必要ノズル噴射により、ドットの組合せ文字を印字する。
		スイート 常時インクを循環させ、印字のときだけインク粒子に高電圧をかけ、帯電量を制御することにより印字を行なう。

* 日立製作所システム事業部 ** 日立製作所多賀工場 *** 日立製作所商品事業部 **** 日立製作所関西支店 ***** 日立製作所日立研究所

短があり、用途や目的に応じてそれぞれ条件にそった方式を採用している。しかし、印字桁数、文字種の増大につれ、表2の機械的な(1)、(2)の方式から電気制御的な(3)、(4)の方式に変わる傾向にある。

2.3 システム開発の背景とねらい

生産工場での印字(又はマーキング)の目的は、工場内管理用のものと、ユーザーのための製品仕様・履歴明記用のものがある。工場管理用としては、中間製品、試験片に対し管理用のナンバリング、処理内容などのマーキングを行なうものであり、印字内容、桁数も少ない。出荷製品への印字は製品の規格、寸法、製造ナンバ、履歴などユーザーが要求する情報をすべて印字する必要がある。最近、生産性向上のため設備は大形・高速化しているが、注文は小ロット・多品種・短納期化しており、更に厳格な品質管理が要求されるため、印字に必要な情報は高速かつ高頻度で変更、伝送処理しなくてはならない。

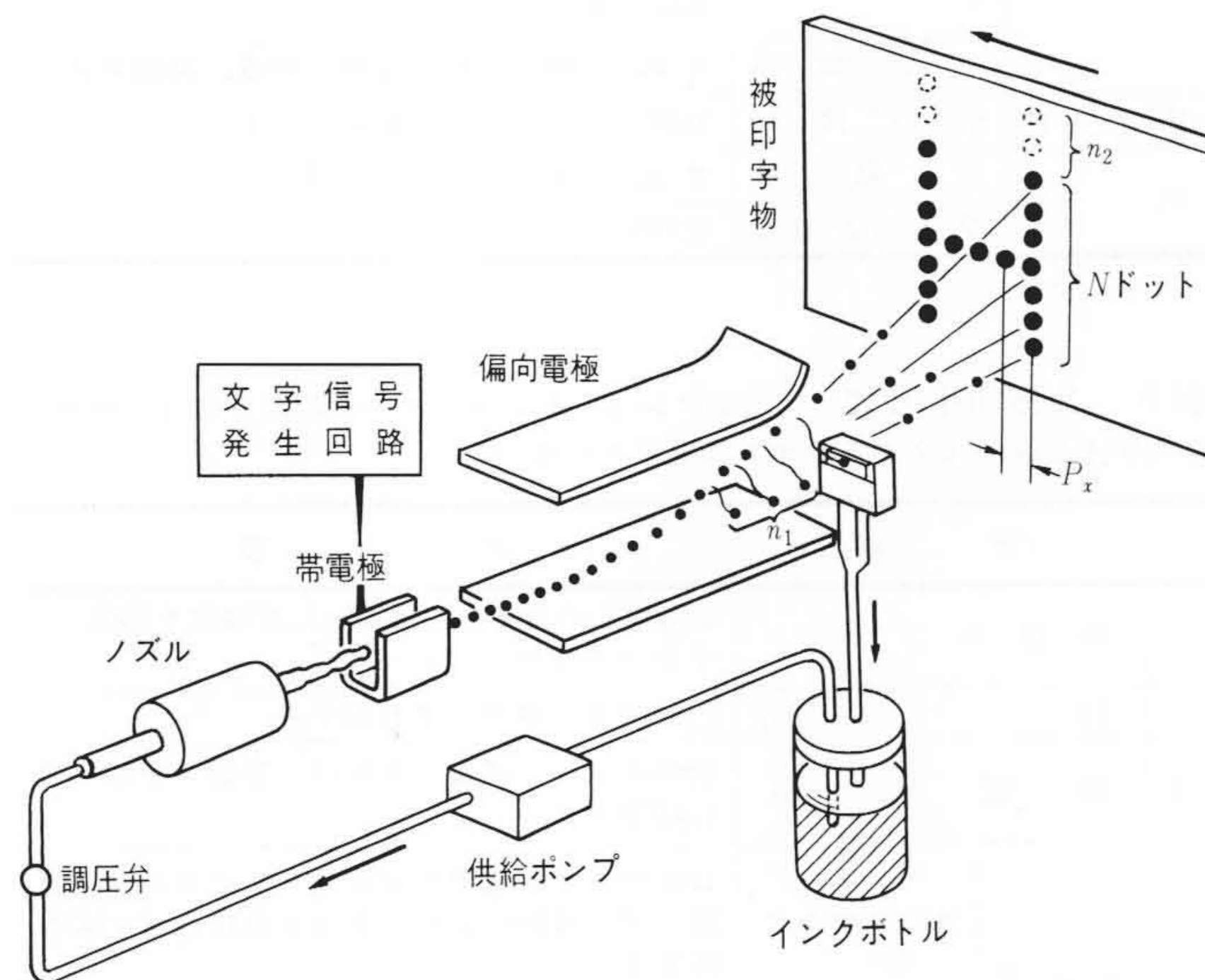
更に、この印字は製品のいわゆる「顔」となるため、見栄えについて相当気を使う必要がある。本システムは、これらの課題を踏まえ、以下の項目を目標として開発した。

- (1) 生産プロセスと直結し、関連システムとの有機的結合のもとに、製品トラッキングを含めた印字システムの確立。
- (2) 高速・大量多種文字印字業務の完全無人化
- (3) 印字文字品質の向上

3 IJ(インクジェット)印字方式

3.1 IJ印字方式の原理と特徴

IJプリンタの動作原理を図1に示す。日立産業用IJプリンタは、帯電制御式の印字原理を採用している。ポンプにより加圧されたインクは、ノズルから噴出する際、ノズルに与えられた振動により粒子化される。粒子化されたインクは、文字信号に応じて帯電され、印加された偏向電極を通過中に帯電量に応じて偏向を受け、被印字物上に所定の文字を印字するものである。その特徴として、非接触印字であるため被印字



注：略語説明
N(縦ドット数)
\$P_x\$(横ドットピッチ)
\$n_2\$(遊びドット数)
\$n_1\$(間引き数)

図1 IJプリンタ方式の原理 120μでは励振周波数1,100粒子/秒,220μでは6,500粒子/秒のインク制御を行なう。

物表面の形状、材質を選ばず、高速、鮮明かつ静かに印字できることのほか、ソフトウェア変更により文字種、印字パターン仕様変更が容易に可能である。

3.2 IJプリンタの印字速度及び性能

IJプリンタの印字速度は、原理上、インク粒子の生成能力、印字文字の縦ドット数、インク粒子の間引き数などによって決まる。

IJプリンタは、ノズル口径によりインク粒子の大きさが変わる。インク粒子を生成する能力は、インク粒子の大きさにより定まり、したがって、文字を印字する速度(被印字物を移動するコンベヤの速度又はノズルを移動させる速度)は次の(1)式から制限される。

$$V = P_x \times f / [n_1 \times (N + n_2)] \dots\dots\dots (1)$$

ここで、各記号は図1に示すように、\$P_x\$：横ドットピッチ、\$f\$：励振周波数、\$n_1\$：間引き数、\$N\$：縦ドット数、\$n_2\$：遊びドット数、\$V\$：印字速度である。これをもとに、ノズル口径ごとに性能を整理したものを表3に示す。

4 多品種小ロット生産ライン印字システムの開発

4.1 システムの機能

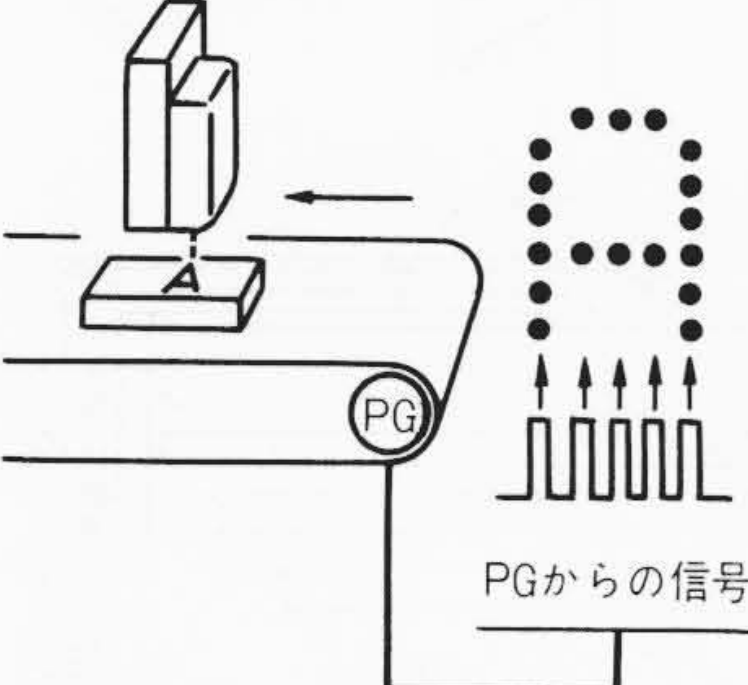
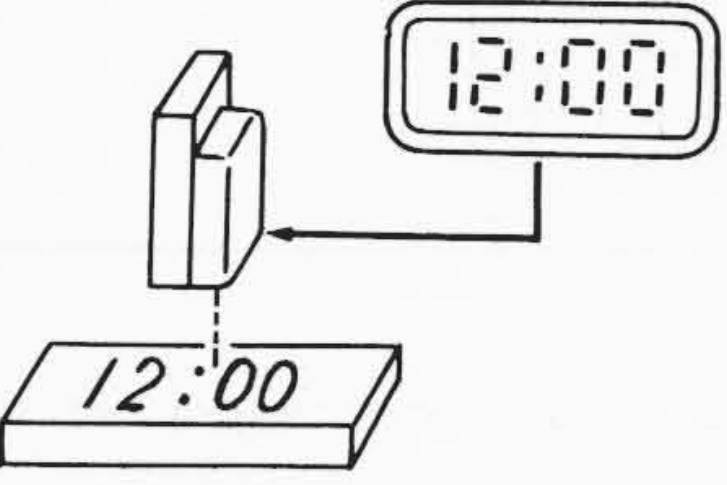
IJプリンタは、電子制御方式を採用しているので、生産ラインの特質に合った印字機能の開発が可能である。今回、多品種小ロット生産工場での特質を考えて、IJプリンタに表4の機能を付加するとともに、上位計算機や周辺設備とのデータ、制御信号の交信方式としては、プロセス入出力装置によるパラレル交信方式と、RS232C規格によるシリアル交信方式をサポートし、システムに組み込む上での標準化を図った。システムの全体機能関連を図2に示す。上位生産計画システムからの生産管理情報をもとに、現場データを取り込んでトラッキングを行なうことにより多品種小ロット生産ラインの印字を可能にした。以下にシステムの主な機能について述べる。

- (1) 製品トラッキング
搬送ラインを流れる製品の分岐・合流・通過信号と、設備で加工・検査・測定処理されるデータを取り込み、多種多様な製品のトラッキングを行なう。
- (2) 印字データ編集と入替え
印字内容は、半固定項目、ロットごと変わる項目、製品ごと変わる項目がある。また、印字パターンとしては文字転倒、左右逆印字、文字の大きさ、項目の繰返し、全項目の繰返し印字など様々な形態がある。これらの印字項目を編集し製品印字内容を作成する。印字に必要な文字種がIJプリンタ内の登録数を越えた場合、例えば新顧客の商標登録が必要となっ

表3 IJプリンタ方式の印字性能 IJプリンタの印字性能は、インク粒子の大きさを決めるノズル口径により決まる。

No.	項 目	ノズル口径		
		60μ	120μ	220μ
1	印 字 速 度	357(文字/秒) (5×7ドット構成) 73(文字/秒) (16×16ドット構成)	147(文字/秒) (5×7ドット構成) 32(文字/秒) (16×16ドット構成)	58(文字/秒) (5×7ドット構成) 11(文字/秒) (16×16ドット構成)
2	ドット当たり インク量	9.5×10 ⁻⁷ cc	7.6×10 ⁻⁶ cc	3.8×10 ⁻⁵ cc
3	ドット径	約0.3mm	約0.6mm	約1.1mm
4	文 字 高 さ	2～4mm	4～16mm	10～30mm
5	被印字物との 距	約10mm	約20mm	約70mm

表4 IJプリンタ付加機能 生産ラインの特質に合わせた印字を行なう必要がある。

機 能	内 容
印字パターン可変	A B C D ---正立 V B O D ---倒立 D C B A ---逆方向 A B C D ---文字高さ A B C ---文字幅 文字の大きさ、姿勢を、上位計算機からの指示により変更することができる。
速度変動に追従	 PGからの信号 パルスゼネレータからのパルス周期と連動して印字を行ない、被印字物の搬送速度変動があっても、文字幅を一定にすることができる。
書出し位置変更	A B C D ↑印字開始 A B C D ↑印字開始 上位計算機からの指示により、印字開始位置を変更することができる。
時刻印字	 12:00 IJプリンタ内に時計機能を持ち、被印字物の生産時刻を印字できる。
文字データ通信	A B C ドット単位のデータを上位計算機からもらい、印字する機能。
	8F (16進コード) 文字コードデータを上位計算機からもらい印字する機能。

注：略語説明 PG(パルスゼネレータ)

た場合には、制御用コンピュータからIJプリンタの文字パターンCGRAMデータを直接入れ替える。

(3) 印字タイミング制御

製品を搬送ラインでとらえ、印字文字数と製品寸法から、どの位置にどの項目を印字するかを判断する。そして、製品を測長しながら印字項目の書き出しタイミングを制御する。

(4) インク粒子制御

IJプリンタ装置の主機能であり、インク循環系の制御とインク粒子を作成し、文字印字信号を与えるノズルヘッド制御から構成される。ノズルは通常1段文字/ノズルであるが、複数ラインを同時に流れる製品又は同一製品に対する段数印字に対し、IJプリンタの処理装置で複数のノズルを制御することにより対処可能とした。更に、外部からのパルスの立上りで1スキャン印字を行ない、次のパルスがくるまで次の1スキャン分の印字を停止することによって、コンベヤの速度変

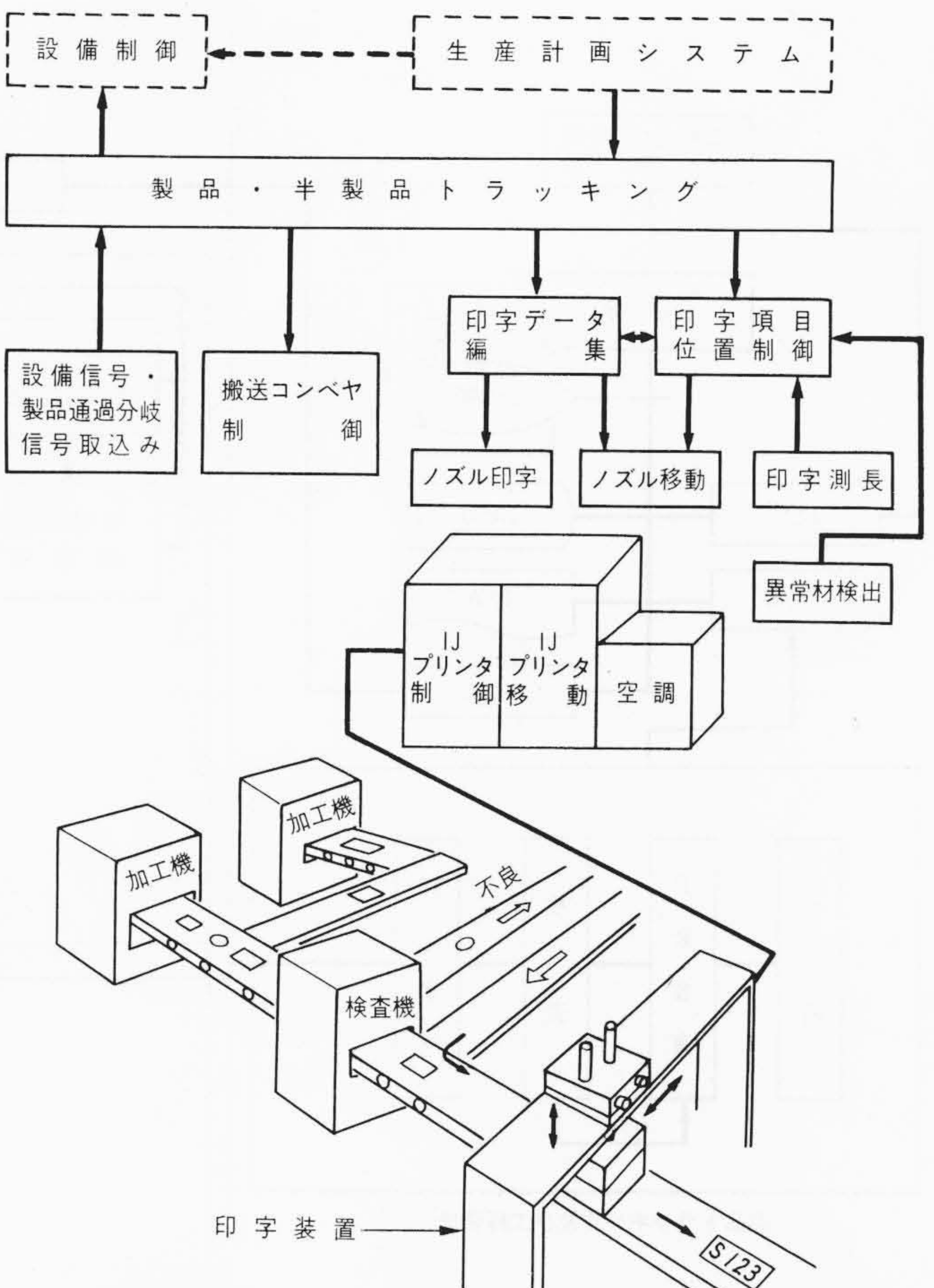


図2 機能関連図 生産計画に基づき生産される製品は、途中加工、検査により、情報が付加され印字される。

動に対して一定幅の文字を書く速度追従機能をサポートした。

(5) ノズル移動制御及び衝突防止

文字寸法・品質の安定確保のため、次に印字する製品の寸法情報をもとに、製品が到着前に被印字物とノズルヘッドの間隔が一定となるようにノズル移動制御を行なう。万一の異常製品の進入に対しては、搬送ライン非常停止とともにノズル保護のための高速退避を行なう。

(6) モード管理及びモニタリング

印字データの手動設定により印字を行なう半自動モード、オンラインにより自動印字を行なう自動のモードを管理する。また、これらモードのほか、次被印字物の印字内容、故障時のアラーム内容及び保守内容を現場のCRT(Cathode Ray Tube)に表示する。

(7) 日報・統計表の作成

印字データに関する情報編集を行ない、日報及び統計表を作成する。

4.2 システム構成

システムの全体構成例を図3に示す。印字部のシステム構成は、搬送ライン、生産設備などの条件により幾つかのパターンに分類できる。HIDIC 80は上位生産計画から与えられるロットごとの指示に従い、1品ごとの製品トラッキングを行ないながら切断、格納、検査、仕上工程の制御を行ない、印字制御システムに印字のまとまった情報受渡しを行なう。HIDIC 08L(以下、H-08Lと略す。)は、IJプリンタのコントローラ、移動装置コントローラ、コンベヤコントローラを管理しながら、1品ごとの製品をパルスゼネレータで測長し、

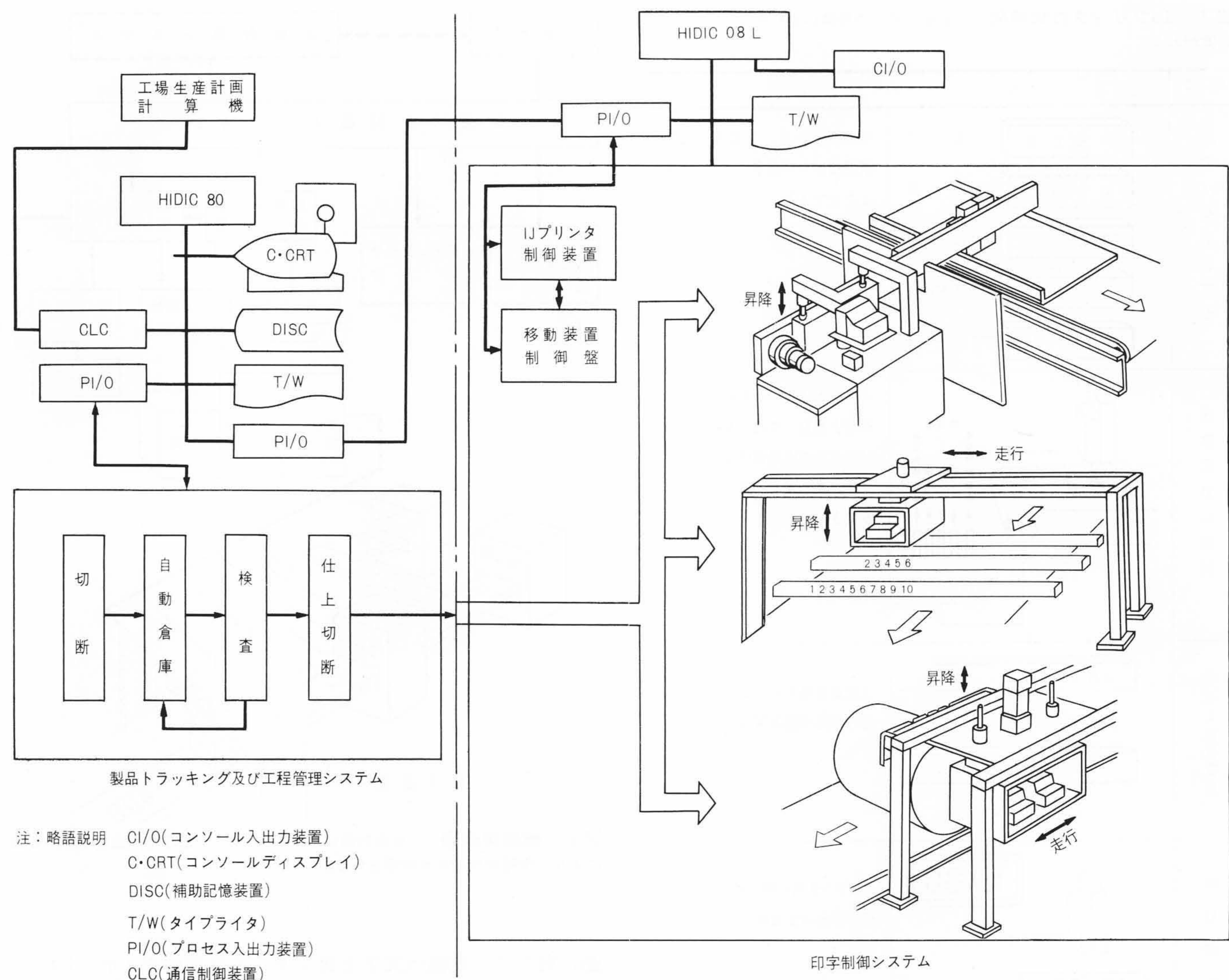


図3 システム構成 印字制御システムは、レイアウト条件により幾つかのパターンに分けられるが、工程管理システムと有機的に結合されている。

印字タイミング、昇降制御、走行開始、停止制御を行なう。

4.3 ソフトウェア構成

本システムの中で、特に印字制御に直接関係のあるIJプリンタ部のソフトウェアについては、下記項目を配慮して開発を行なった。

(1) 汎用性をもったインタフェース

本システムはコンピューティング仕様のベースとなるため、今後要求される可能性のある仕様を十分盛り込んだものとする。

(2) データ伝送効率の向上

印字データの転送時間が、直接生産タクトに影響するため、効率の良いデータ伝送方式にする必要がある。

(3) 機能別モジュール割込制御方式のソフトウェア

将来的に仕様変更があり得る部分はテーブル方式として、仕様変更柔軟に扱われるものとする。

次に本ソフトウェアを使って、実際に印字システムを構成した例を図4に示し、その動作を説明する。IJプリンタの上位にはH-08Lを設置し、移動装置制御盤、ラインコンベヤ及び更に上位の計算機と接続されている。上位計算機からの指示により、まずH-08LからIJプリンタ制御盤(CTL:コントローラ)に対して、印字すべき印字データなど必要な情報があ

らかじめ伝送されてくる。同図中の①～⑦の順番にデータが流れる。データの種類としては4種(CGデータ、印字データ、印字パターン、使用ヘッド)あり、変更する必要のあるデータだけを伝送する。データ伝送が完了すると、H-08Lはラインに対して被印字物の移動を許可する。このときの印字タイミングシーケンスを図5に示す。コンベヤには測長用のパルスゼネレータが取り付けられており、被印字物が検出器4個のうちいずれかに到達したとき、検出器はONし、このときからH-08Lはパルスをカウントし始め、所定のカウンタ数C1になったとき、IJプリンタに印字開始指示を出力する。IJプリンタはこれを受けて、印字開始すると同時に受信可能をOFFして、H-08Lに対して印字中であることを告げる。H-08Lはこの受信可能を監視しており、ONになると再びパルスゼネレータからのパルスカウントを開始する。実際の印字実行時での各種データの役割を示したのが図6である。すなわち、印字パターンバッファにある印字開始アドレス、語数などの情報に基づき、印字データバッファ(CRTモニタへ表示)に蓄えられたデータを使い、印字例1、2、3のような印字を実行する。情報は、1文字のドットパターンに関係するもので、H-08Lから伝送されたドットパターンで印字例3に示すように印字することができる。

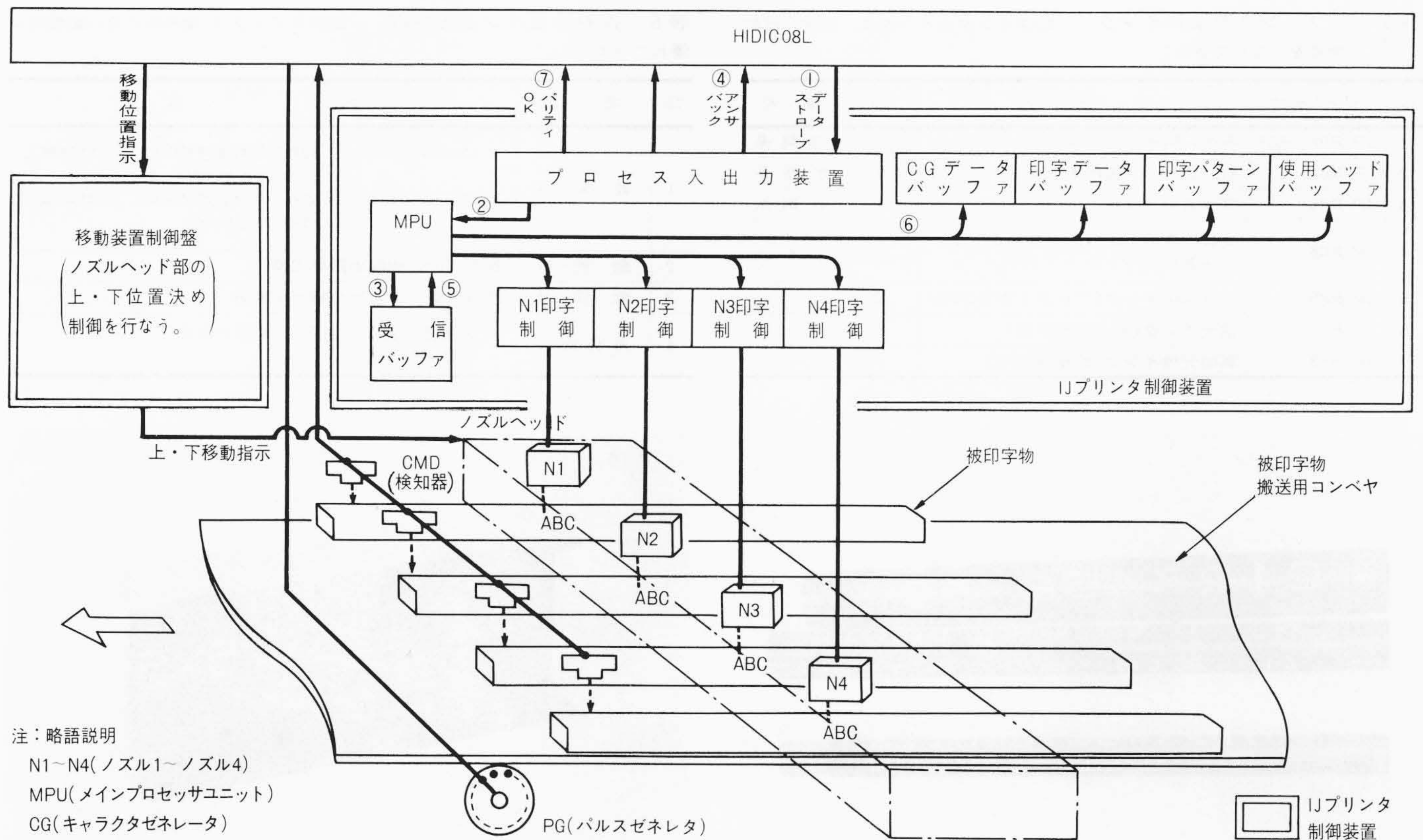


図4 ソフトウェア構成 4本のノズルを制御しながら、被印字物4本の同時搬送中に印字を行なう。

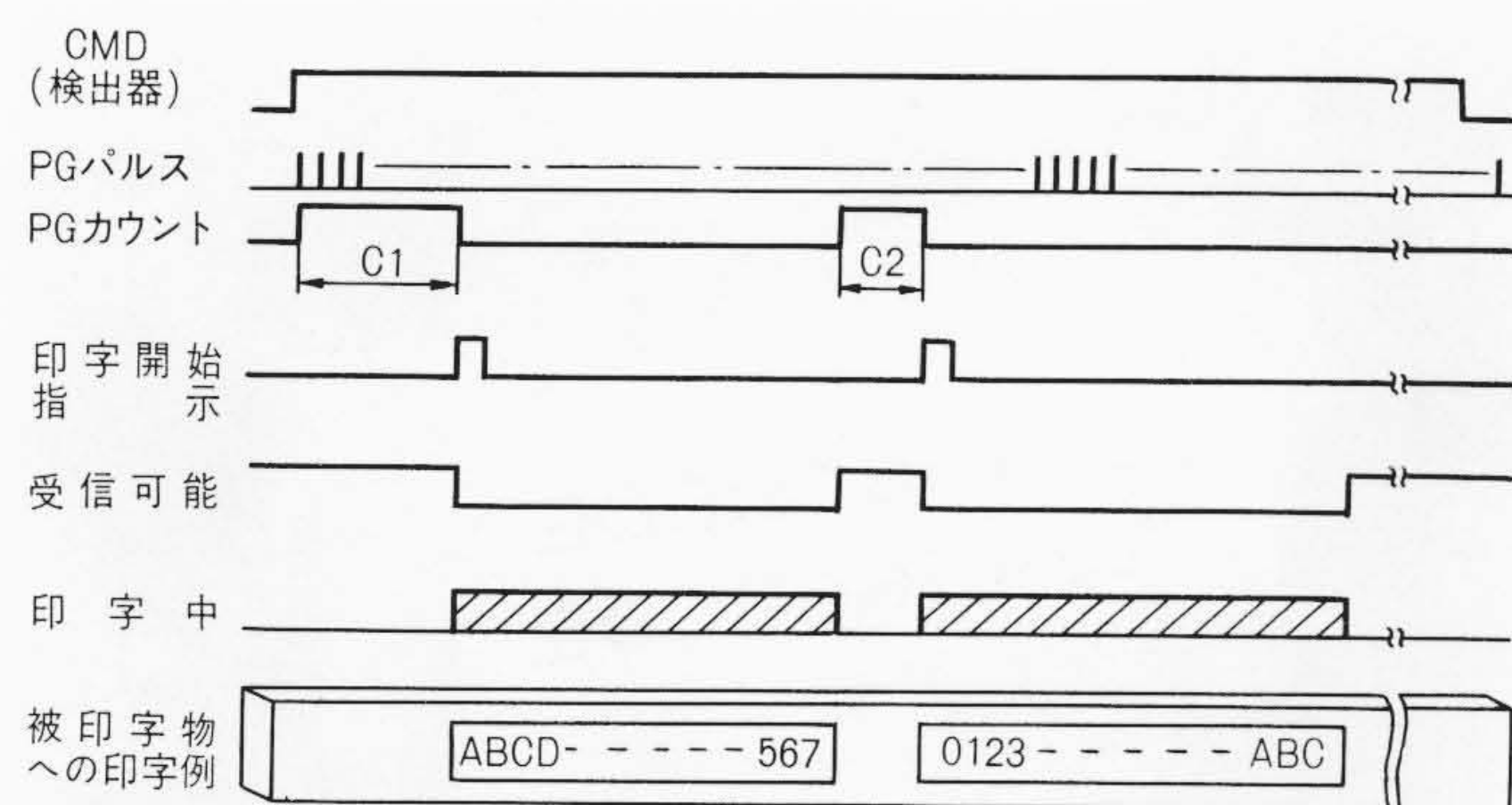


図5 印字タイミングシーケンス 印字項目ごとにパルス測長し、印字開始指示パルスを出す。

5 顔料系白インクの開発

IJプリンタ用インクは均一な粒子を作るために、均質なインク組成が望まれる。このため、色素として水、有機溶剤に完全に溶解する染料を用い、表5に示すようなインクの開発を行ってきた。しかし、白色色素は染料ではなく、一方、鉄鋼、ゴムなどの黒系地肌に対しては白色印字が絶対条件であるため、この種のインク開発は長年の宿願であった。今回、溶解性のない顔料を色素として用いることに成功し、実用に十分耐えられる白インクの開発を行なった。白色顔料として白色度の最も高い酸化チタンを用いたが、これは比重が約4であり沈殿、凝集をいかに抑え、良好な分散状態を維持する

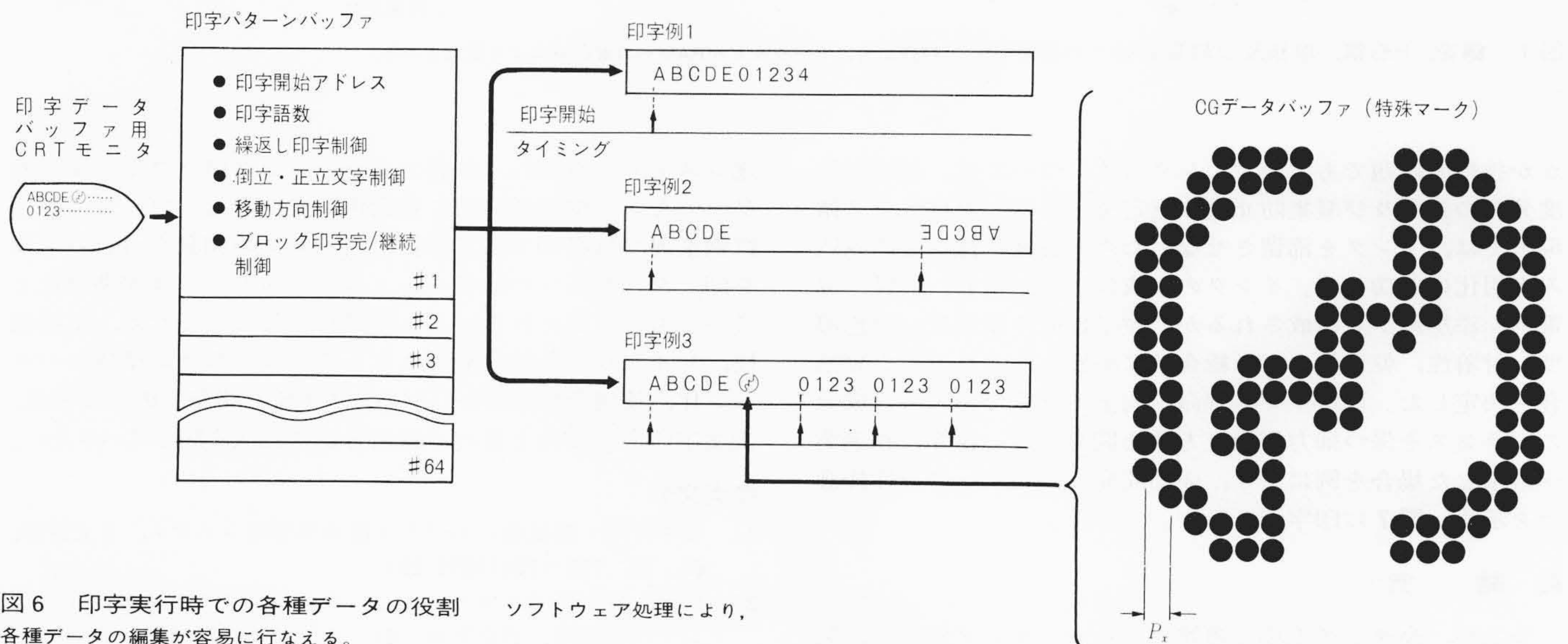
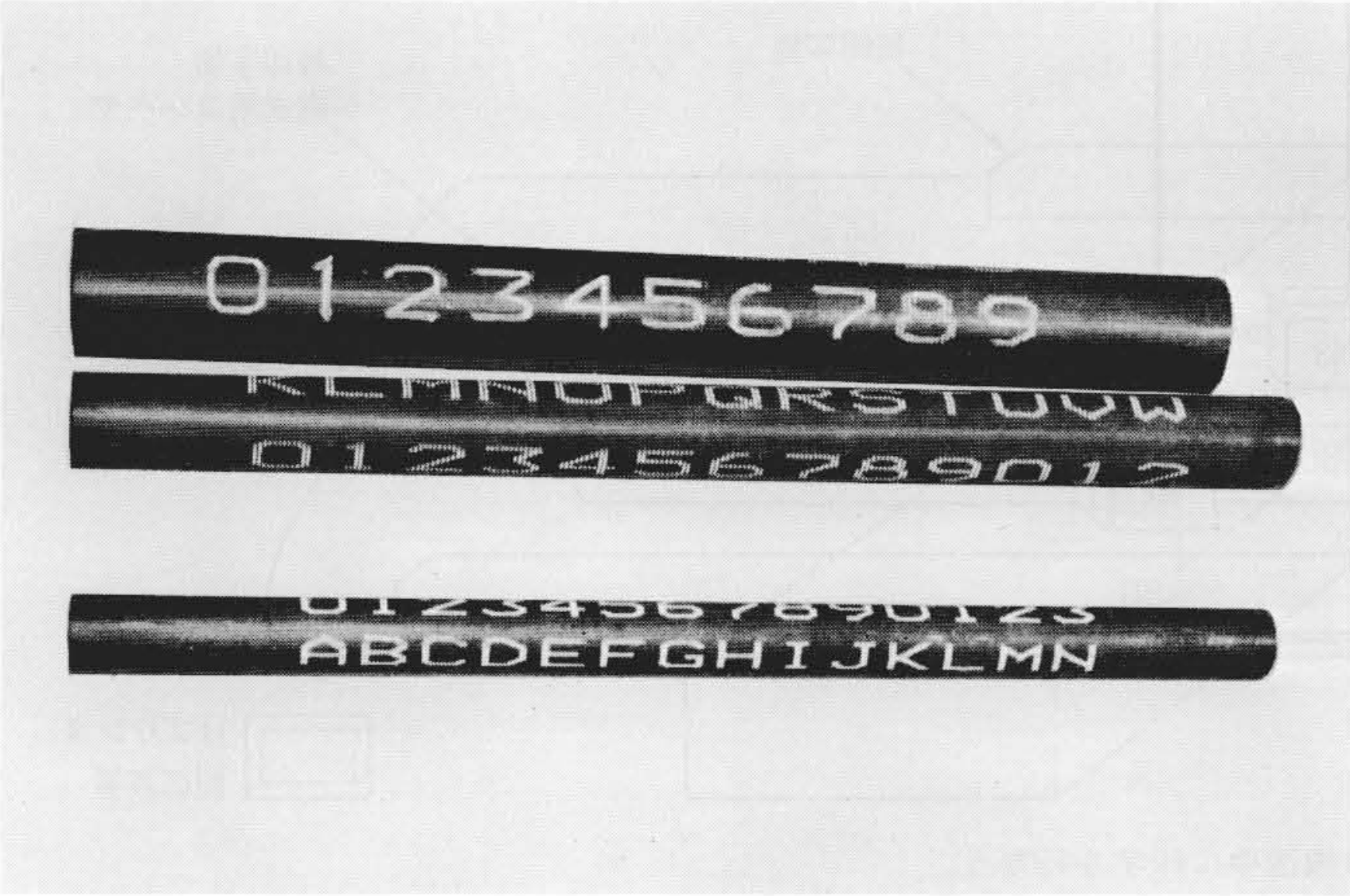


図6 印字実行時での各種データの役割 ソフトウェア処理により、各種データの編集が容易に行なえる。

表5 IJプリンタ用染料インク IJプリンタのインクは、用途、目的に応じて開発を行なってきた。

No.	インク形式	主 用 途	色	備 考
1	JP-R02, R03	みかん用インク	赤	溶 剤 系
2	JP-K04	紙, 2 ピース缶用インク	黒	水 性 系
3	JP-K05	プラスチック用	"	溶 剤 系
4	JP-K08	3 ピース缶, 王冠, プラスチック, コート紙用インク	"	"
5	JP-B09	ガラス用インク(フロストガラス用)	青	"
6	JP-F11	蛍光インク(かくし印字用)	黒	"
7	JP-B13	高耐光性インク(軽量建材用)	"	"



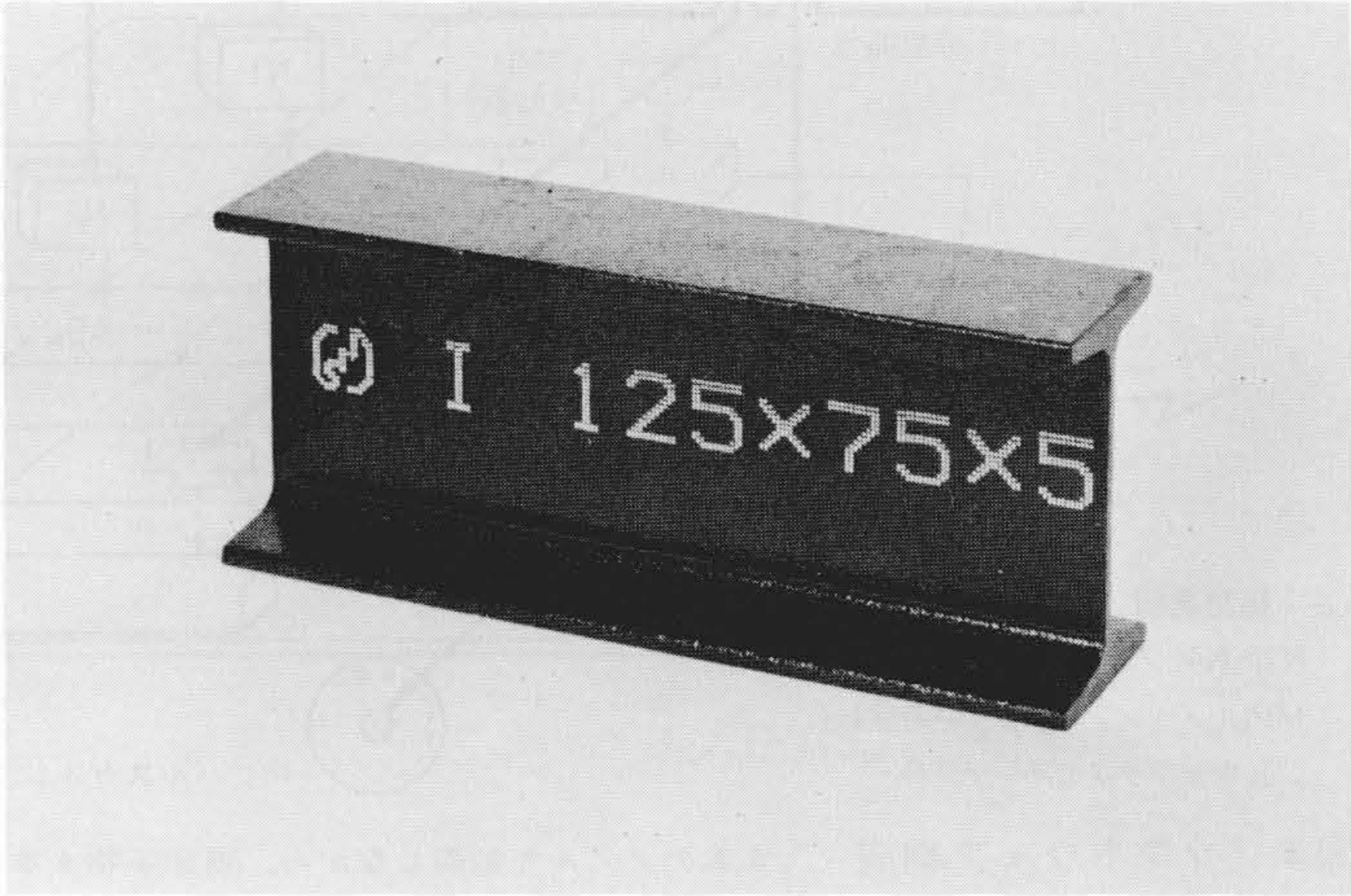
鋼 管



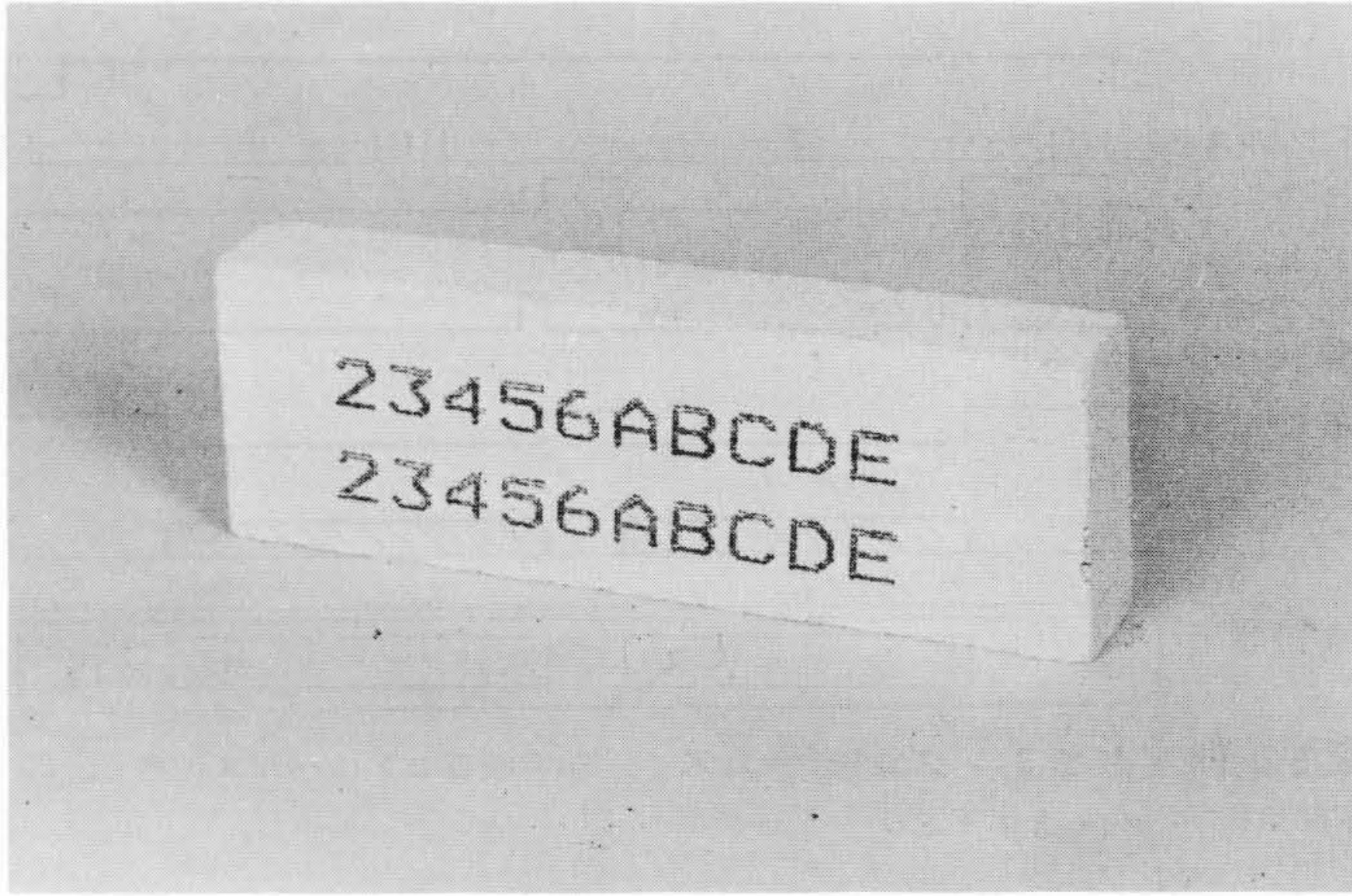
厚 板

表6 顔料系白インクの性能 顔料系インクは、染料系と比べ耐候性に優れている。

No.	項 目	内 容
1	乾 燥 性	• 120 μ 口径印字——30秒(周囲温度約20℃, 自然乾燥), 7 秒(冷風乾燥) • 220 μ 口径印字——55秒(周囲温度約20℃, 自然乾燥), 14秒(冷風乾燥)
2	耐 熱 性	最大150℃(樹脂の限界温度)
3	耐 候 性	顔料色素であるため極めて良好
4	再 分 散 性	• 3 箇月放置後, 手振り500回で復帰 • 有効期間 6 箇月



H形鋼



軽量建材

図7 鋼管, H形鋼, 厚板及び軽量建材への印字例 特殊記号, マークなどがRAMへの書込みにより記憶される。

かが技術的課題であった。インク自体については、最適な粒度分布の検討及び凝集防止剤の選定を行ない、更にインク循環系では、インクを滞留させないための各種の機構を組み込み実用化に成功した。インクの組成は色素、樹脂、溶媒、導電剤、添加剤から構成されるが、粒子作成の安定度、白色濃度、付着性、乾燥性などを総合的に評価し、これらの成分割合を決定した。更にインク寿命を向上させるために溶媒成分のバランスを保つ補力液補充方式を開発した。表6に鉄鋼業へ応用した場合を例にとり、今回開発した白インクの性能評価を示す。図7に印字例を示す。

6 結 言

多品種、高速生産工場で複雑化するマーキング作業を、関

連システムと有機的に結合するマーキング用ソフトウェア及びマーキング機構を開発し自動化に成功した。更に、ゴム、鉄鋼業界では必須である顔料系白インクの開発を行ない適用を図った。製品への印字ニーズは、今後もますます多様化していくものと思われる。これら期待にこたえるため、工場規模、レイアウト条件に最適となるようなシステム構成のパターン化、使用条件に適合したインク仕様の開発、更に高密度、大文字印字の開発を進め、適用分野の拡大を図っていきたい。

参考文献

- 1) 田中, 外: 製紙業における生産操業管理システム, 日立評論, 62, 10, 759~764(昭55-10)
- 2) 松岡, 外: マイクロコンピュータのインダストリアルマーキングへの応用, 日立評論, 61, 4, 271~274(昭54-4)