

構内鉄道輸送自動化システム

Automatic Railway Transportation System in Works and Yard

At the time when automation of the railway transportation in the works and yards has been studied eagerly from the standpoint of labor saving, an operatorless diesel locomotive operation system and a wagon application control system have been developed and installed recently at the Kakogawa Steel Mill, Kobe Seikojo.

The operatorless diesel locomotive operation system controls its relay interlocking device, inductive radio, and other equipment thereby to operate diesel locomotives automatically. The wagon application control system aims at the administration of wagon operation by means of a computer, color display, typewriter, etc. Both systems now in regular operation have proved highly effective in the improvement of transportation efficiency, labor saving and operational safety.

鈴木 節也*	Setsuya Suzuki
服部 義信*	Yoshinobu Hattori
遠藤 忠一*	Chûichi Endô
宮武 利和*	Toshikazu Miyatake
内橋 洋二*	Yôji Uchihashi
栗山 顕一郎**	Kenichirô Kuriyama
浅井 克己**	Katsumi Asai
沢石 恒信**	Tsunenobu Sawaishi
宮崎 亮一***	Ryôichi Miyazaki
畑川 育生****	Ikuo Hatakawa

1 緒 言

構内輸送の自動化、省力化は重要な課題であり、従来よりリモートコントロール運転は一部実施されているが、最近では無人化、システム化の方向に向かっている。

構内輸送用ディーゼル機関車は、従来運転手が添乗して運転していたが、作業環境の悪い場所においては現場に作業者がいなくて機関車を無人運転する方式が望まれている。

また、構内に多数の貨車、台車を有する工場では、指令室において指令員が運用を管理しているが、車両数が増加するとその管理は当然複雑化してくる。その運用を効率的に行なうことができれば貨車台数の削減と輸送効率の向上が図られるため、新しいシステムを取り入れる動きがある。

これらの背景のもとに、株式会社神戸製鋼所加古川製鉄所において、転炉滓処理線ディーゼル機関車無人運転システムと圧延地区の貨車運用管理システムの2システムを完成した。現在、両システムとも順調に稼動中であり、省力化と作業の能率化、運搬効率の向上に効果をあげているので、ここにシステムの概要について述べる。

2 ディーゼル機関車無人運転システム

2.1 システムの概要

2.1.1 自動化の目的

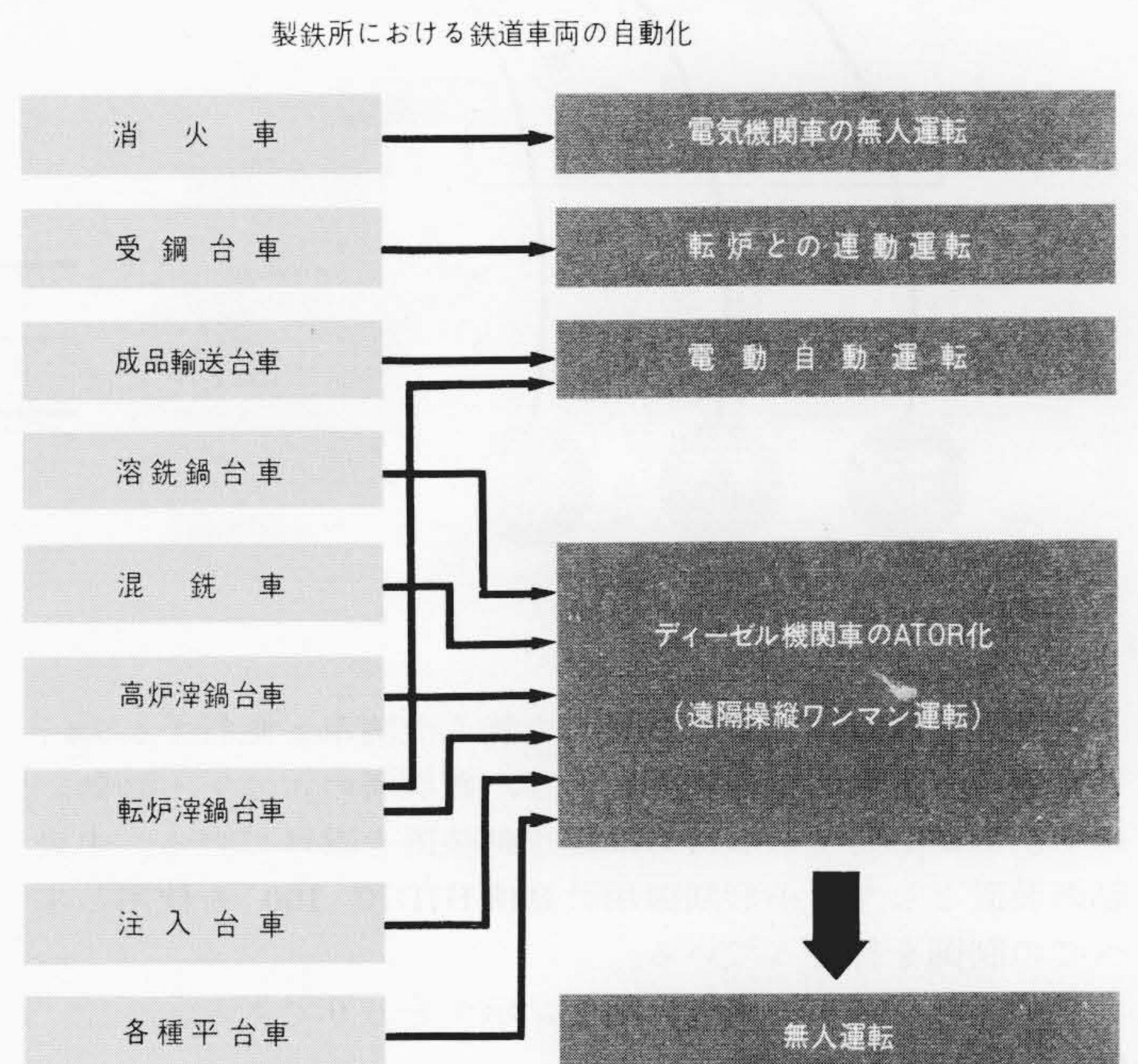
製鉄所内の輸送において、鉄道車両がその大きな部分を占めており、作業環境が悪いためと省力化のために早くから自動化が取り入れられている。製鉄所の鉄道車両の自動化傾向を貨車種別により見ると図1のようになる。

これに示すように、消火車用電気機関車は無人運転へ、受鋼台車は転炉との連動運転へ、また成品輸送台車は遠隔自動運転へと既に実用に入っている。混銑車、滓鍋車、各種台車をけん引するディーゼル機関車は、遠隔操縦式自動運転方式により1人の操作員が添乗運転（ワンマン運転）を行なっている。本システムは、ワンマン運転のうち作業環境が悪く危険性が高い場所での運行や、一定の運行サイクルを繰り返すものについて無人化しようとするものである。これにより、

事故防止と作業の効率化、省力化の面で大いに役だつものと思われる。

2.1.2 自動化の内容

このシステムは、製鋼工場の転炉より排出される転炉滓をディーゼル機関車がけん引の鍋車で受けて所定の場所へ運搬し、滓の入っている鍋車を自動的に連結解放し、更に待機させてある空鍋車を連結し、指定された転炉下まで戻ってくる一連の作業サイクルを、転炉下の受滓作業を除きすべて完全自動運転させるものである。



注：ATOR 遠隔操縦式自動運転方式

図1 自動化の傾向 最近、製鉄所における鉄道車両運転の自動化は進み、無人化運転の傾向にある。

Fig. 1 Tendency of Automation in Steel Works

* 株式会社神戸製鋼所加古川製鉄所

** 日立製作所水戸工場

*** 日立製作所大阪営業所

**** 日立製作所笠戸工場

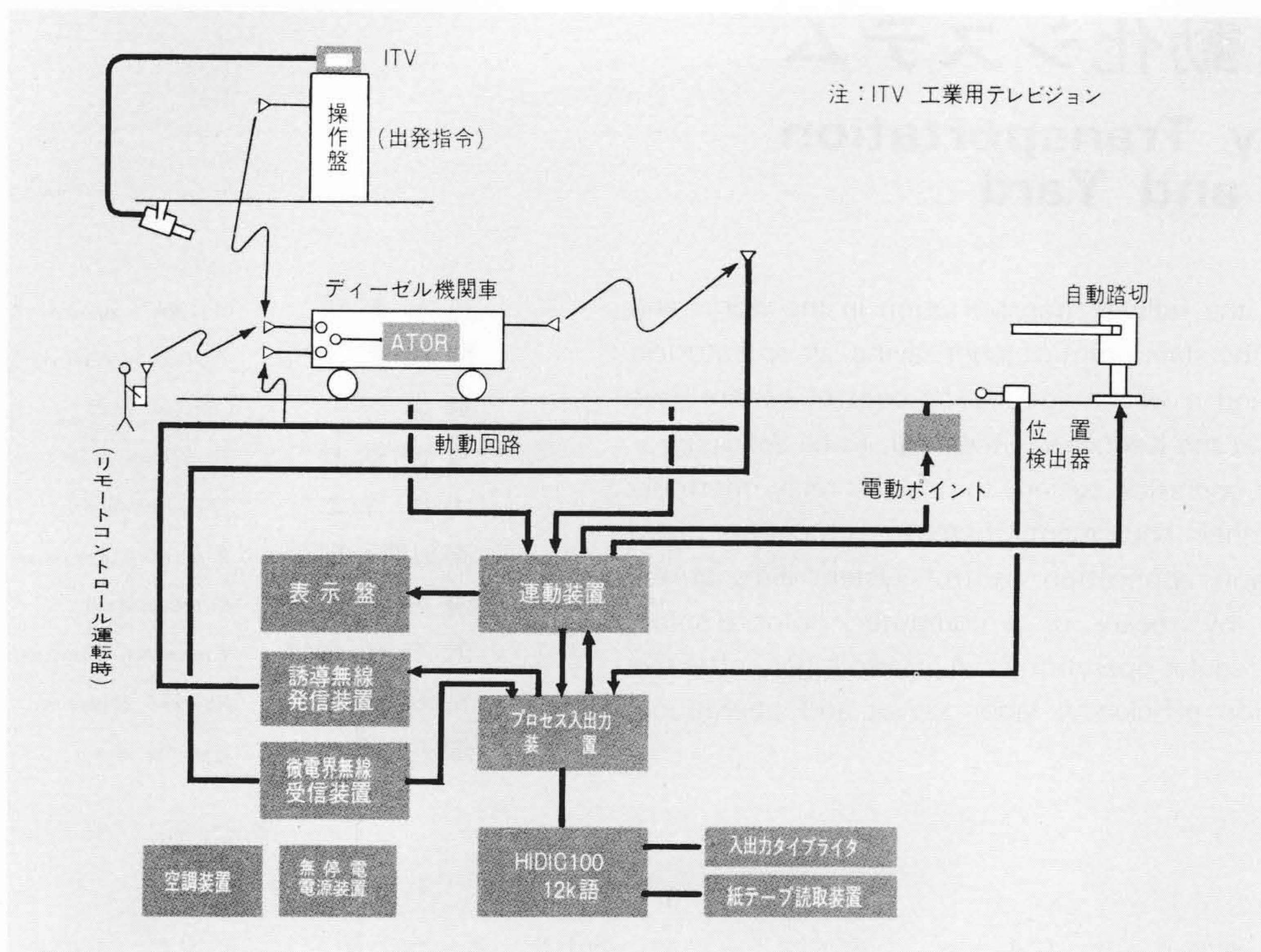


図2 自動運転システムの構成
制御用電子計算機 HIDIC 100 を用いてデ
ィーゼル機関車を無人運転する。

Fig. 2 Configuration of Automatic Operation System

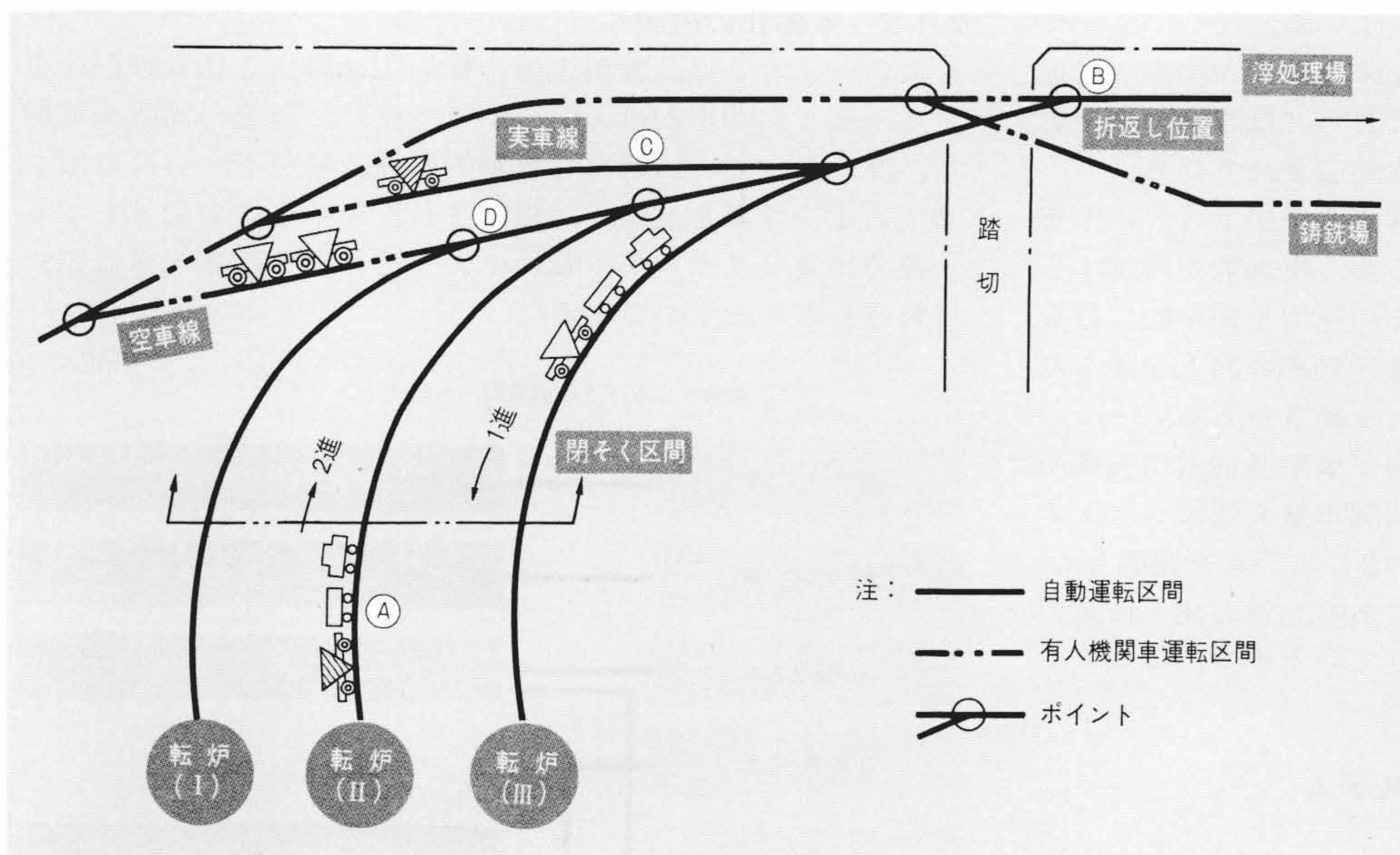


図3 転炉滓処理線自動運転路線
転炉線と実車線、空車線との間を2台の
無人ディーゼル機関車が連携を保ちなが
ら運転される。

Fig. 3 Route of Automatic Operation System

自動運転路線には常に2編成の無人機関車が走行するほか、ときどき有人機関車の進入があり、数箇所ポイント制御、踏切制御が必要であるため継電連動装置を設けている。中央制御装置としては小形制御用計算機 HIDIC 100 を使用しすべての制御を行なっている。

自動運転システム構成は図2に示すとおりである。

2.1.3 自動運転路線

図3は本システムの自動運転路線を示すものである。

のろ処理場が遠くにあるため直接のろ処理場まで鍋車を、運搬するのはやめ、転炉近くのブロックで一連の処理を行なうもので、転炉滓の入った鍋車を一時駐車しておく実車線と、あらかじめ空の鍋車を止めておく空車線が設けてある。

実車線、空車線とのろ処理場との間の運搬は別の有人機関車により行なうもので、自動運転の範囲外である。

2.1.4 自動運転サイクル

図3の路線図により、自動運転サイクルを説明すると以下のようになる。

まず、転炉下受滓作業が完了し運転開始指令が出されると、無人機関車は転炉滓の入った鍋車をけん引したまま走行して、折返し点Bで減速、停車する。ここで進行方向を反転し実車線に向かって走行する。減速地点Cで高速運転(約8 km/h)から低速運転(約2 km/h)になり、停止位置を検知したら停車する。停車後、鍋車を自動的に解連し、逆転して戻りながら解速を確認した後、Bまで走行して停車する。再び逆転して空車線に向かって走行し、減速地点Dで低速運転に移り、空鍋車の手前で惰行運転に切り換え空鍋車を連結する。空鍋車を連結したままBまで戻り、進行方向を反転し転炉下まで走行する。

減速地点④で減速、停車して受津要求を待つ。

2.2 システムの特徴

- (1) 操作盤で自動運転切換操作をするだけで機関車は自動運転を開始し、一連の運行を無人で行なう。
- (2) 転炉下の受津作業は、微弱電界無線発信機を収納した転炉部操作スタンドと操作ハンドルにより、リモートコントロールで目視運転できるようにしている。
- (3) 機関車への制御信号は誘導無線により、機関車からの動作確認信号は微弱電界無線により送受信している。
- (4) 機関車の位置検知は、継電連動装置の軌道回路情報と軌道内に設置した油圧緩衝付リミットスイッチの動作により行なっている。
- (5) 機関車は全自動運転のため、手動運転用機器はいっさい取り付けられておらず、自動運転装置、無線送受信装置、自動連結解放装置、保安装置などを装備している。
- (6) 機関車には従来の遠隔操縦式自動運転装置も装備しているので、燃料補給時、自動運転不可能時などには従来方式のリモートコントロール運転による入換作業もできる。
- (7) 輸送指令室には運行表示盤があり、無人・有人機関車の運行状況が表示され、タイプライタに異常記録や運行実績記録が出力されているので異常時の処置が容易である。
- (8) 無人運転であるため、安全保安に関しては特に注意を払い、各装置には故障検出回路を組み込んでおり、位置検出器は二重系としてある。踏切には障害物検知器を設備しているほか、ソフトウェアについても安全保安を考慮した設計にしている。
- (9) ブレーキの動作は車上と地上で確認し、オーバランした場合には暴走防止装置が動作して停止できる安全装置を備えている。
- (10) システム設計に当たっては、総合的なシミュレーションを行ない、運転方式、運行サイクルタイムなどの仕様を検討、確認している。

2.3 ハードウェア構成

本システムは以下に述べる機器により構成されている。

2.3.1 無人ディーゼル機関車

運転中の無人ディーゼル機関車は図4に示すとおりである。

- (1) 形式：HG-20B（重量20t）
- (2) 軌間：1,435mm

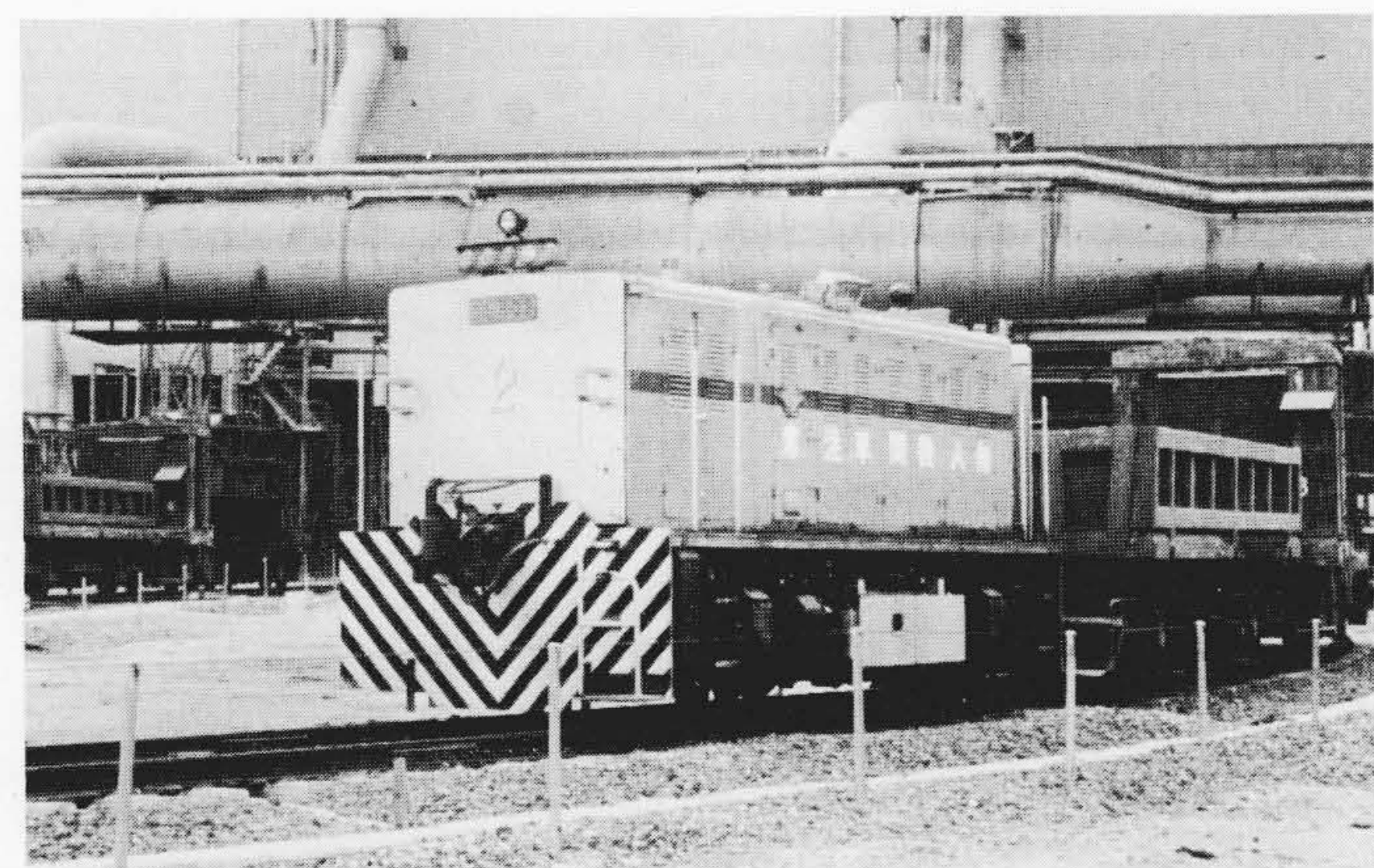


図4 稼働中の無人ディーゼル機関車 転炉滓を入れた鍋車をけん引して自動運転を開始した無人ディーゼル機関車を示す。左側後方は切換区間で待機中の機関車である。

Fig. 4 Operatorless Locomotive Automatic Operation System

表1 信号伝送方式一覧 地上の中央制御装置と機関車との間の信号伝送には2種類の伝送方式を併用している。

Table 1 Signal Transmission Method

区 分	地 上 → 機 関 車	機 関 車 → 地 上
自動運転時	誘導無線方式 (大地帰路方式)	微弱電界無線方式 (無線有線併用方式)
伝送方式		
使用周波数 301号	175kHz	139.36MHz
302号	245kHz	138.72MHz
303号	200kHz	137.44MHz
リモートコントロール 運転時	微弱電界無線方式	
伝送方式		
使用周波数 301号	58.20MHz	
302号	47.87MHz	
303号	46.30MHz	
制 御 信 号	1. 1 進 2. 2 進 3. 中 立 4. 力行1 5. 力行2 6. 荷重設定 7. ブレーキ1 8. ブレーキ2 9. 解 連 10. 警 笛 11. ブレーキ確認	1. 1 進 2. 2 進 3. 中 立 4. 力行1 5. 力行2 6. 荷重設定 7. ブレーキ1 8. ブレーキ2 9. 解連完了 10. 連結検知 11. ブレーキ作動中

- (3) 出発けん引力：6,600kg ($\mu=1/3$)
- (4) 最高速度：10.3km/h
- (5) 特殊装置：自動運転装置、リモートコントロール運転装置、密着自動連結器、連結器自動任意解放装置、暴走防止装置及び防熱板

2.3.2 電子計算機及び周辺機器

電子計算機（以下、電算機と略す）は本システムの中心となるもので、プログラムに従って各装置の制御を行なう。

- (1) 電算機：HIDIC 100 12k語
- (2) プロセス入出力装置（PI/O）：
 - デジタル入力 208点
 - デジタル出力 96点
 - 割込み 48点
- (3) 万能入出力タイプライタ：ASR-33形
- (4) 光電式紙テープ読取器（PTR）
- (5) 無停電電源装置：10kVA 電動発電機

2.3.3 継電器箱

プロセス入出力装置と各装置間の中継をするもので、連動装置、無線装置、現場機器との信号のやりとりをする入出力用リレー及び制御回路や保護回路用リレーを収納している。

2.3.4 無線送受信装置

機関車と地上制御装置の間の信号伝送を行なうもので、信号伝送方式の一覧表は表1に示すとおりである。

2.3.5 継電連動装置

軌道回路情報により信号機制御、ポイント制御、踏切警報機制御などを行なうものであり、自動運転の場合は電算機からの指令により進路制御を行なうが、必要なときには、従来どおり現場の転てつ機操作で運行できるようになっている。また、運行表示盤により機関車の運行状況や装置の制御内容を監視できる。

2.3.6 現場機器

転炉近くに、リモートコントロール運転用固定発信機を組み込んだ転炉部操作スタンドと機関車運転用操作ハンドルを設置している。軌道内には車両位置検知用リミットスイッチと暴走防止用ストライカを設けている。

2.4 ソフトウェア構成

本システムのプログラムは、約10k語から成り、そのうちシステムプログラム、サブルーチン、テーブル類を除いたアプリケーションプログラムは約6k語である。

プログラムを機能別に分類すると表2に示すようになる。

表2 プログラム機能分類 アプリケーションプログラムは大別すると6機能になり、全部で51のタスクで構成されている。

Table 2 Function of Application Program

プログラム	分類
機関車制御	1. 逆転機制御 2. 減速制御 3. 警笛制御 4. 地点制御 5. 解連・連結制御
運行監視	1. 停車検知 2. 異常進入、オーバラン検知 3. 故障検知 4. 閉そく進入・退出監視 5. 解連・連結確認
進路制御	1. 進路設定 2. 進路確認
操作盤制御	1. 転炉部操作盤制御 2. 自動・リモートコントロール切換制御 3. ヤード操作盤制御
記録	1. サイクル終了処理 2. 異常コード印字制御
システムイニシャライズ	1. 復電処理 2. 日付・時刻セット 3. タイマセット 4. 初期情報セット

3 貨車運用管理システム

3.1 システム概要

3.1.1 システム対称と従来システム

構内輸送においては、構内各所から発生する輸送要求に対して限られた数の台車と機関車を、ある限られた線路形態の区域内で、いかに効率よく運転するかと言うことが重要なこととなってくる。それにはまず、輸送作業管理室において、台車と機関車の正確な位置を把握し、これをもとに各現場への適切な指示を行なうことが必要である。

従来のシステムにおいては、指令員は現場から連絡されてくる情報を、大きな黒板上で台車名を記した磁石板を移動させるなどして記憶し、把握した車両位置情報をもとに配車などの指令判断をしていた。

3.1.2 本システムの機能

生産規模の拡大とともに、台車、機関車数の増大など、輸送設備の拡張がなされ、それに伴って指令員に集まってくる情報量が多大なものになり、適切な指令判断が難しくなってくる。このような背景のもとに導入された本システムは、次



図5 輸送指令室の貨車運用管理システム 指令員は、2台のカラーディスプレイを介して貨車の運用を管理する。後方はディーゼル機関車無人運転システムの運行表示盤である。

Fig. 5 Freight Information Control System

に述べる機能を有している。

- (1) 指令員は集まってくる情報を操作盤より入力することにより、容易にコンピュータに記憶させることができる。
- (2) 指令員の入力情報をもとに、コンピュータは台車の走行実績記録を、ロギングタイプライタに出力する。
- (3) 指令員に対し、最適指令判断のもととなるデータを、いつでも即座に、カラーディスプレイを介して提供する。
- (4) 作業進行時間の予測を行なうとともに、その監視を行ない、これらのデータをカラーディスプレイを介して、指令員に提供する。

本システムにおける指令員の作業状況は図5に示すとおりである。

3.2 システムの動作

3.2.1 台車情報の入力

指令員に集められる台車情報を、分類、整理すると、表3に示すようになる。そして、英数字でコード化された種々の入力データは、指令員の手によって操作盤のけん盤より入力され、コンピュータに記憶される。

3.2.2 台車情報の出力

台車、機関車の最適運用指令判断のために関連する現状分析情報、あるいは予測情報を、指令員が必要なときにカラーディスプレイの画面を介して提供する。

表示される画面の種類には、表4に示すようなものがあり、これらの画面出力に関しては、次のような注意を払っている。

- (1) 指令員の指示により、指定画面をいったん表示した後は、その画面が表示されているかぎり、最新データを表示するため、1分周期で画面の更新を行なっている。また、表示中に台車情報の入力が行なわれたときも、そのつど、画面の更新を行なっている。
- (2) 指令員が見やすく判断しやすい画面フォーマットにするために、カラー表示を大幅に取り入れて、警告的なものを赤で表示したり、ヤード停留時間の大小により、色別表示を行なったりしている。また、一つの画面表示を行なう場合には、それに関連するすべての情報を捜した後、それぞれの表示情報の位置付けを行なって編集し、例えば時刻の大小順に表示するとかのくふうをしている。
- (3) カラーディスプレイは2台設けられ、常時は2台別々の任意の画面を表示でき、より広範なデータの提供ができるようにしている。

表 3 情報の種類と入力データ 指令員は、各現場から集まってくる情報を操作盤より入力する。

Table 3 Information and Input Data

情報の特質	情報の種類	入 力 デ ー タ							
		台 車 名	ヤード名	時 刻	台車種別	台車両数	積 荷 名	けん引機関車名	行 先 名
構内各現場から 指令員への情報	輸送要求	空台車の配車要求	—	○	○	○	—	—	○
		配車要求取消	—	○	○	○	—	—	○
	作業報告	荷積み作業開始	○	○	—	—	△	—	—
		荷積み作業終了	○	○	—	—	—	—	—
		荷下ろし作業開始	○	○	—	—	—	—	—
		荷下ろし作業終了	○	○	—	—	—	—	—
指令員から 機関車運転手への情報	作業指示・報告	荷を積んだ台車のけん引開始	○	○	—	—	○	○	—
		荷を積んだ台車が目的地への到着	○	○	—	—	—	○	—
		荷を積まない台車のけん引開始	○	○	—	—	—	○	—
		荷を積まない台車が目的地への到着	○	○	—	—	—	○	△
そ の 他		台車を休車とする	○	○	—	—	—	—	—
		休車状態を解く	○	○	—	—	—	—	—

注：○は、必ず入力するデータ
△は、入力する場合と入力しない場合のあるデータ

表 4 表示画面の種類 指令員が必要に応じて操作盤より要求することにより適切な情報が表示される。

Table 4 Indication Picture of Color Display

表示の特質	表示画面の種類	表 示 内 容
現状分析表示	配車状況表示 (大分類)	全体の配車状況を示すものですべてのヤード、すべての台車が大ざっぱにとらえられる。
	配車状況表示 (小分類)	個々のヤードに滞在する台車状況を詳細に表現する。
	配車要求表示	現在までに構内各所より出された配車要求内容を表示する。
未来予測表示	空車予定表示	これから空車になると予想される台車名とその予想時刻を表示する。
	実車予定表示	これから実車になると予想される台車名とその予想時刻を表示する。
そ の 他 実 績 表 示	運行回数表示	特定台車のそれまでの運行実績回数を表示する。

(4) 画面データを参照しながらの台車情報入力ができるように1画面を、台車情報入力部と台車情報出力部の二つに分け、常に相互に関係なく、一方の機能を自由に発揮できるようにしている。

3.2.3 運行実績記録

台車の動きに伴って、台車ごとの運行実績記録をロギングタイプライタに出力する。これは台車の動きをサイクル的（空台車の到着→荷役始→荷役終→実台車の発車→実台車の到着→荷役始→荷役終→空台車の発車）にとらえ、台車がヤードに到着した時点で実績データをタイプアウトする。出力されるデータは、日時、台車名、実空の別、各ヤード到着時刻、出発時刻、ヤード停留時間、走行時間などである。

作成された運行実績記録は、台車ごとの累積走行距離を集計して台車検査時期の決定に使用したり、各現場の作業量を数値的に把握して、現場の設備、人員計画などの資料にするなど、多方面への利用がなされる。

3.3 ハードウェア構成

本システムの構成は図6に示すとおりである。

- (1) 計算機：HIDIC 100 12k語
- (2) プロセス入出力装置（PI/O）：
 - ディジタル入力 48点
 - ディジタル出力 8点
 - 割込み 16点
- (3) カラーディスプレイ H-7833
- (4) ロギングタイプライタ IBM-735
- (5) 操作盤
- (6) 万能入出力タイプライタ：ASR-33形
- (7) 光電式紙テープ読取器（PTR）

3.4 ソフトウェア構成

本システムのソフトウェアは、表示画面情報の更新を除き、ほとんどが指令員の操作盤操作により起動されるプログラムである。したがって、バッチ処理的なプログラムが多く、そのソフトウェア構成は図7のようである。すなわち、指令員の台車情報入力は、台車情報タスク群の処理により、台車テーブルなどのテーブルに記憶される。

画面表示タスク群は、画面表示要求のあったとき、指定画面に該当するデータを該当テーブルより抽出してカラーディスプレイへの出力データをバッファテーブルに編集し、出力タスクを始動する。

3.5 本システムの展開

本システムを導入することにより、従来、現場からの連絡待ちで行っていた、どちらかと言えば受動的な指令業務を、業務本来の現場に対してより積極的な指令業務を遂行できるようになった。本システムは、今後次のような方向に拡張、発展が可能である。

- (1) 各種予測を充実させ、コンピュータからの自動配車指令ができるようにする。

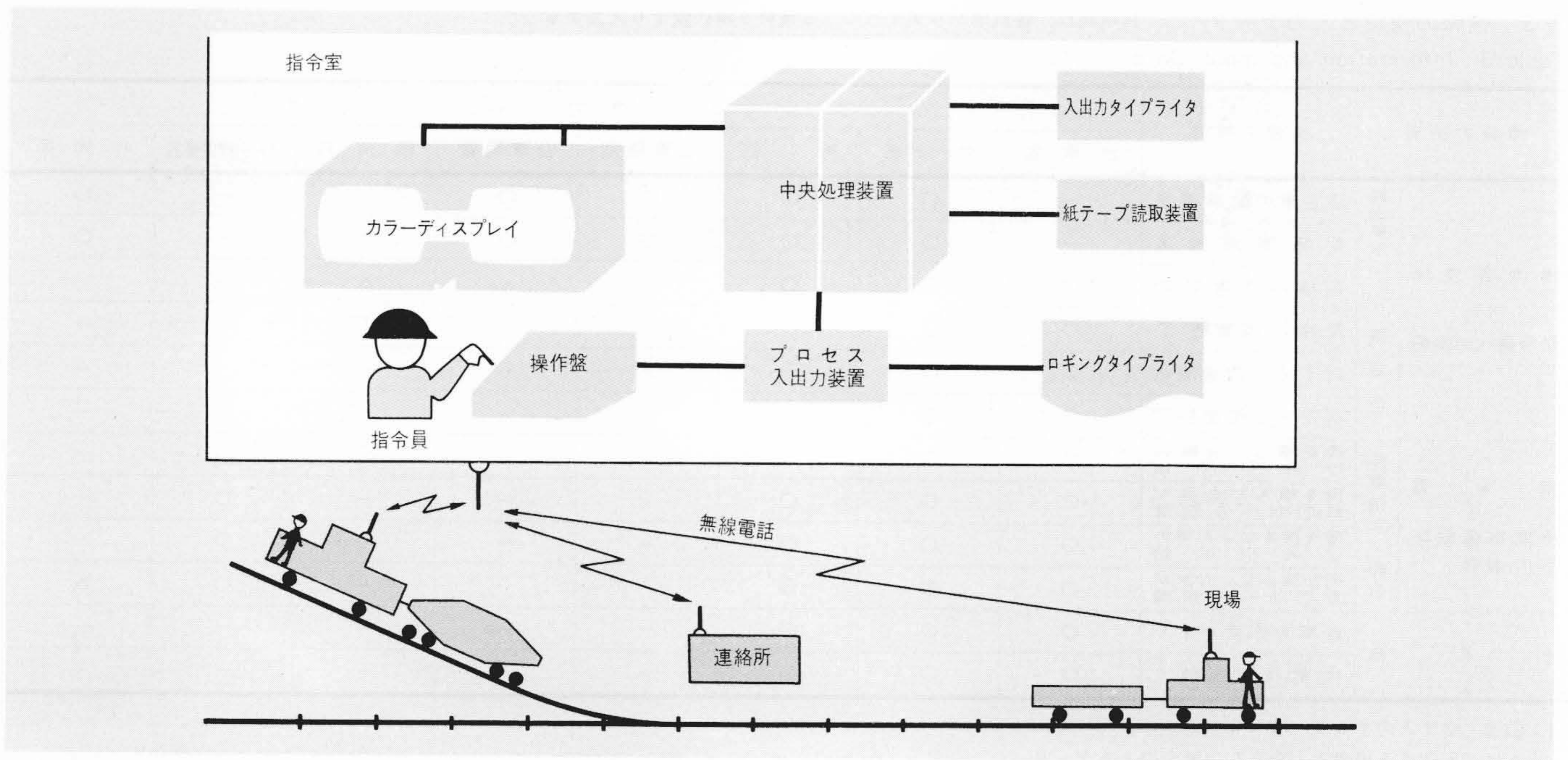


図6 貨車運用管理システムの構成 情報を電算機に記憶しておくことにより、必要なときにカラーディスプレイに表示できる。

Fig. 6 Configuration of Freight Information Control System

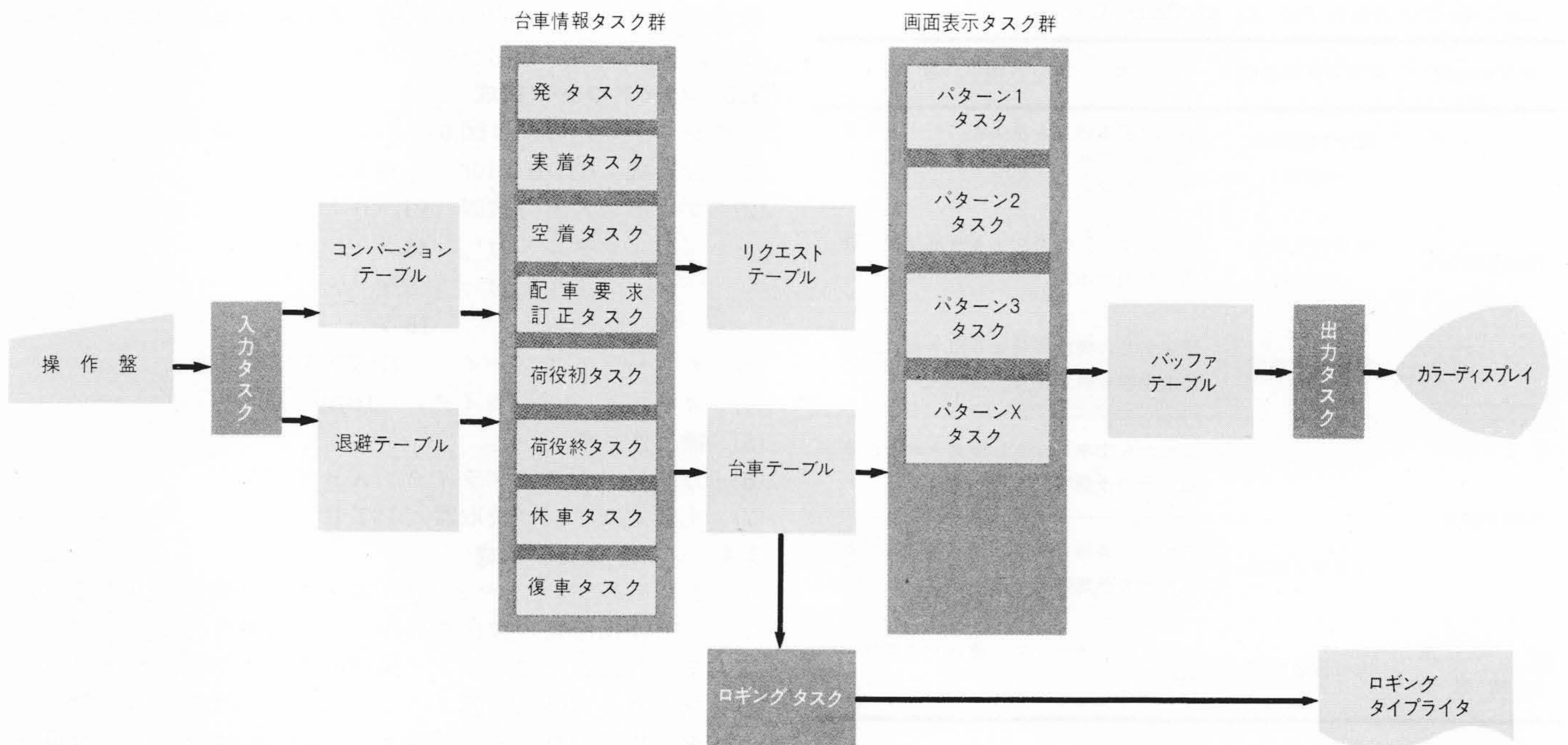


図7 ソフトウェア構成 各タスク間の情報の受け渡しはテーブルを介して行なっている。

Fig. 7 Configuration of Software

- (2) 台車通行のパターン化を推進させ、ダイヤによる運行を実現させる。
- (3) 構内各現場又は機関車運転手より、コンピュータへの直接入力が可能のようにし、指令員のキーイン作業を省く。

4 結 言

構内輸送自動化システムとして、ディーゼル機関車の無人運転と貨車運用管理の両システムについて述べた。

車両を無人運転制御するには、コンピュータによりすべてをコントロールする方法もあるが、本システムにおいては、自動運転、進路制御、衝突防止、プログラム運転の機能を個々のハードウェアに持たせ、輸送自動化システムとしての信頼性を高めるとともに、部分的な手動運転も可能にする方式とした。

以上、述べた二つのシステムは、昭和48年1月より運転を開始し、現在順調に稼動中である。今後もこのような方式により、輸送自動化を進めて行く所存である。