
熱铸片無人搬送台車 HCCV システムの開発と操業

Development of Highly Computer-Controlled Vehicle (HCCV) System for Transport of Hot Cast Blooms

中西 輝行(Teruyuki Nakanishi) 芳村 嘉夫(Yoshio Yoshimura) 瀬戸 恒雄(Tsuneo Seto) 馬場 和史(Kazushi Baba) 有光 博(Hiroshi Arimitsu) 渡部 修三(Shuzo Watanabe)

要旨：

水島製鉄所第 1 製鋼工場と約 1 km 離れた新ビレット工場および大形工場間に熱铸片無人搬送台車 HCCV システムを開発導入し、1984 年 2 月稼動した。HCCV システムは、(1)铸片の積み込み、積み出しと搬送を完全自動化している。(2)搬送铸片の順序管理とトラッキングの保証をしている。(3)離れた工場間をオンライン化して、ブルーム搬送における熱エネルギーロスを最少にしている。などの特徴を有し工場間の連続化、同期化の達成に寄与している。

Synopsis：

The highly computer-control vehicle HCCV system was brought into operation in February 1984 between the No.1 steelmaking plant and the new billet mill, a wide flange beam mill, at Mizushima Works. Features and purposes of HCCV system are (1) Realization of Perfect Automatization in Material Transportation. Blooms can be automatically received and fed by combining the traverse function of the buggy with that of the receiving and feeding equipment at each station. (2) Control and Assurance of Transportation Sequence by Piecewise Tracking. Blooms are placed in a single tier so that tracking according to the rolling sequence can be ensured. (3) Through Pursuit of Heat Energy Saving. The buggy is equipped with a heat-insulation room provided with heat insulating doors capable of minimizing temperature drops during transportation of hot blooms.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

中西 輝行*² 芳村 嘉夫*³ 瀬戸 恒雄*⁴ 馬場 和史*⁵ 有光 博*⁶ 渡部 修三*⁷

Development of Highly Computer-Controlled Vehicle (HCCV) System for Transport of Hot Cast Blooms

Teruyuki Nakanishi, Yoshio Yoshimura, Tsuneo Seto, Kazushi Baba, Hiroshi Arimitsu, Shuzo Watanabe

要旨

水島製鉄所第1製鋼工場と約1km離れた新ビレット工場および大形工場間に熱鑄片無人搬送台車 HCCV システムを開発導入し、1984年2月稼動した。

HCCV システムは

- (1) 鑄片の積み込み、積卸しと搬送を完全自動化している。
 - (2) 搬送鑄片の順序管理とトラッキングの保証をしている。
 - (3) 離れた工場間をオンライン化して、ブルーム搬送における熱エネルギーロスを最少にしている。
- などの特徴を有し工場間の連続化、同期化の達成に寄与している。

Synopsis:

The highly computer-control vehicle HCCV system was brought into operation in February 1984 between the No. 1 steelmaking plant and the new billet mill, a wide flange beam mill, at Mizushima Works.

Features and purposes of HCCV system are

- (1) Realization of Perfect Automatization in Material Transportation
Blooms can be automatically received and fed by combining the traverse function of the buggy with that of the receiving and feeding equipment at each station.
- (2) Control and Assurance of Transportation Sequence by Piecewise Tracking
Blooms are placed in a single tier so that tracking according to the rolling sequence can be ensured.
- (3) Thorough Pursuit of Heat Energy Saving.
The buggy is equipped with a heat-insulation room provided with heat insulating doors capable of minimizing temperature drops during transportation of hot blooms.

1 緒 言

最近の鋼材製造プロセス合理化の方向は、歩留向上、省エネルギー、省力などの利点により、連続鑄造-圧延工程の連続化操業が主体となってきている。連続鑄造-圧延間の連続化の重要な条件となる品質、操業の安定については、連続鑄、圧延各プロセスの自動化技術および検査技術の進歩、設備保全技術、設備診断技術のレベルアップなど周辺技術の向上により条件をととのえてきた。

水島製鉄所においては造塊プロセスを歩んできた背景から、連続鑄、圧延工場間が離れて配置されており、貨車またはトレラトラックによる鑄片の輸送を行ってきた。この輸送方法での連続化拡大には限度があり、新しい輸送手段が必要となってきた。

新ビレット工場建設の一貫として、1品ごとのトラッキング管理による品質保証と徹底した省エネルギー、省力を図り、高度な連続化、同期化が達成できる熱鑄片無人搬送台車 HCCV (Highly computer-controlled vehicle) システムを開発した。

1984年2月より稼動した本設備およびその制御システムについて概要を報告する。

2 HCCV システム導入の背景

従来の造塊-分塊プロセスに代り1965年代には大容量のブルーム連続機、スラブ連続機の実用化、連続操業技術の発展と適用品種の拡大、1975年代に入り高級鋼の連続化拡大により次工程プロセスとの連続化が図られてきた。エネルギー、製造コストの面から高速化を指向してきたが、出鋼と圧延のタイミングずれや、生産管理システムの面で連続化の限界に達してきた。

より高度な連続化、同期化を達成するために、水島製鉄所第1製鋼工場と条鋼圧延工場間に以下の項目に重点をおいて、HCCV システムの導入を計画した。

- (1) 離れた工場間であたかも断熱ローラテーブルで搬送するのと同じ効果が得られる搬送システムとする。
- (2) 鑄片1品毎のトラッキング管理による品質を保証しながら、小ロットごとの荷姿で大量輸送と同じ搬送能力を有すること。

*1 昭和59年11月7日原稿受付

*2 水島製鉄所条鋼圧延部鋼片課課長

*3 水島製鉄所条鋼圧延部条鋼技術室主任 (掛長)

*4 水島製鉄所設備部設計室主任 (課長補)

*5 水島製鉄所電気計装部電気計装技術室主任 (掛長)

*6 水島製鉄所電気計装部電気計装技術室

*7 水島製鉄所システム部システム室

- (3) 複数の連鑄機と複数の圧延工場間で連続化、同期化が達成できること。
- (4) 無人搬送と積込み、積卸しの自動化による低搬送コストを実現する。

3 HCCV システムに要求される機能

輸送手段の自動化、いわゆるビークルオートメーションは、人間を輸送対象とした分野を中心として研究が行われ、新交通システムとして実現されてきている。人間を対象とした輸送手段の完全無人化については是否が論じられているが¹⁾、今回 HCCV の開発、導入に際しては、物の搬送と省力、安全性の観点から完全自動化と無人化を指向した。

HCCV 運行上の特徴を人間を対象とした輸送手段との比較で列挙してみると、

- (1) タイヤ管理された運行形態ではなく、材料積込みステーションで搬送準備完了時に運行される。いわゆるデマンド方式である。
- (2) 積込みステーションと積卸しステーションが決定された運行形態で、この組み合わせが複数ケース存在し、かつ、走行中に積卸しステーションが変更される場合がある。
- (3) 1つの積卸しステーションに対し複数の積込みステーションがあり、この条件の中で台車の到着順を制御する必要がある。

などがあげられる。HCCV の自動制御システム構築にあたり、以上のような運行上の特徴と、以下に示す HCCV システムが具備せねばならない要因とを考慮した。システムトータルとしては、

- (1) 連鑄-圧延工場間を直に接続し、連続化の鍵をにぎる設備となるため、100%の信頼性を有したシステムであること。
- (2) 連鑄、圧延両工場の操業状態をリアルタイム、かつ、トータル的に把握し、最適配車が行えるシステムであること。
- (3) HCCV 台車運行状態をリアルタイムに把握し、台車効率を最大にすることができるシステムであること。

すなわち、物のハンドリングと、台車効率の両面からの最適化が図れるシステムでなければならない²⁾。

また台車を主体としたハードウェアは、

- (1) 連鑄操業の特性より生産管理用オンラインコンピュータ(O/C)、プロセスコンピュータ(P/C)あるいは圧延プロセスで故障が発生しても、各ステーションで自動搬送や搬送先の

変更ができること。

- (2) 積込み、積卸しおよび台車搬送を通じての搬送能力は、連鑄積込み能力以上を有すること。
 - (3) 積込まれた鉄片の順序を変えることなく、搬送および積込み、積卸しができる設備とする。
 - (4) 断熱して搬送できる台車構造であること。
- などを満足せねばならない。

4 設備概要

4.1 レイアウト

第1製鋼工場1、2、3連鑄機と約1km離れた新ビレット工場、大形工場間を結び、途中には素材精整ヤードと台車メンテナンスヤードを設けている。搬送台車への積込み、積卸しステーションは連鑄側3箇所³⁾、圧延工場3箇所、素材精整1箇所の合計7ステーションとし、搬送能力は台車6台で年間220万tの鉄片輸送が可能である。またシステム的には、将来の搬送能力アップに対応するため、台車を最大9台まで投入可能としている。全体のレイアウトをFig. 1に、その特徴を以下に示す。

- (1) 搬送能力とシステムの信頼性、安全性を確保する目的から実車線と空車線を独立分離させ、制御の簡略化を図った。
- (2) 積込み、積卸し作業を含み全線にわたり完全自動化したが、修理場は作業の特性により自動化範囲から除外した。
- (3) 台車の走行方向転換はターンテーブルによるボギー台車転回方式とし、レイアウトの簡素化と積込み、積卸しの自動化を図った。
- (4) 鋼塊搬送用ディーゼル線との交差、各工場へ出入りする車輛のための踏切りを設けた。
- (5) 軌条は60 kg/m熱処理レールを使い、曲率半径も80 m以上として、軌条の摩耗を防ぎ軌道の日常メンテナンスの負荷軽減を図った。

4.2 機械設備概要

4.2.1 搬送台車

積載搬送可能鉄片はブルーム、スラブ、ビームブランクで、1段積み、平均積載本数1～3本である。台車の特徴を以下に示す。

- (1) 積込み、積卸しを自動化するために2軸4輪のボギー台車

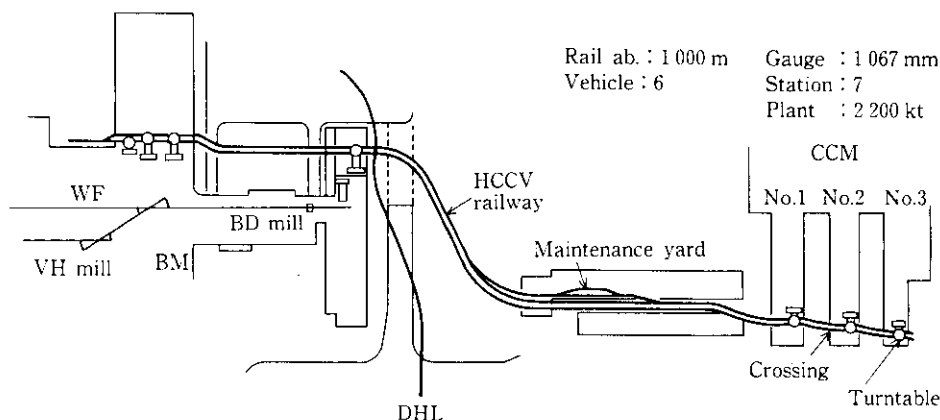


Fig. 1 Layout of HCCV system

とし、前後のボギー台車をそれぞれ 90° 旋回させて、台枠の姿勢を一定に保ち直行、横行方向に走行ができる。

- (2) 台車の前後にはメンテナンス時に手で移動走行ができるように簡易運転台を設けた。
- (3) 搬送時の鋳片温度低下を防止するために、保温室を設けた。
- (4) 台車の両側には開閉式断熱扉を取り付け、鋳片を保温室内に格納して搬送できる。

台車の主仕様を Table 1 に、台車および積卸し状態を Photo 1, 2 に示す。

4.2.2 ターンテーブル

ターンテーブルは各々荷役ステーションに設置し、2基が1対の設備である。ターンテーブル上に定位置停止した台車の前後ボギー台車を同時に 90° 旋回させて、台車の走行方向を変換させるものである。ターンテーブルの主仕様を Table 2 に示す。

台車とターンテーブルを組み合わせた鋳片の搬送と積み込み、積卸しの動作説明図を Fig. 2 に示す。鋳片①、②、③を積載した台車④はターンテーブル⑤上へ走行してきて、2つのテーブルの旋回中心に台車前後のボギーを各々停止させる。1の動作でターンテーブル⑤を旋回させ台車台枠の姿勢を変えずにボギーのみ向きを 90° 変換させる。積卸し側の断熱扉を開とし台車を駆動すると動作 2 に示すように、台車は横行方向にトランスポート⑥のフォークまで走行する。動作 3 でトランスポート⑥が上昇して鋳片③を積載順通り①②③の順に 1 度に積卸しする。台車とトランスポート各々の在荷センサ信号により台車は動作 4 に示す方向に横行走行しターンテーブル⑤の旋回中心に停止し、断熱扉を閉じる。動作 5 でターンテーブルを旋回させ台車は積み込みステーションへ走行する。一方、トランスポート⑥は動作 4'、5' を行い鋳片を次工程へ自動搬送する。また積み

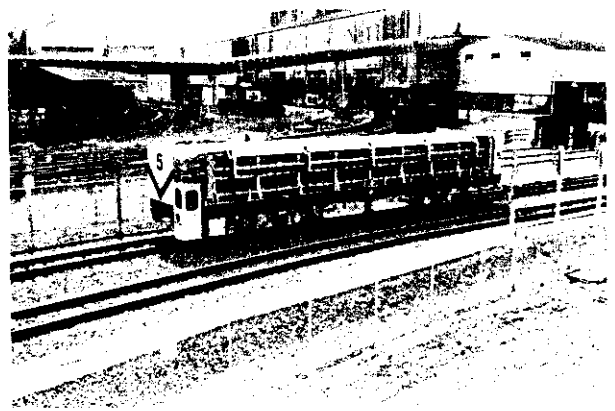


Photo 1 General view of vehicle

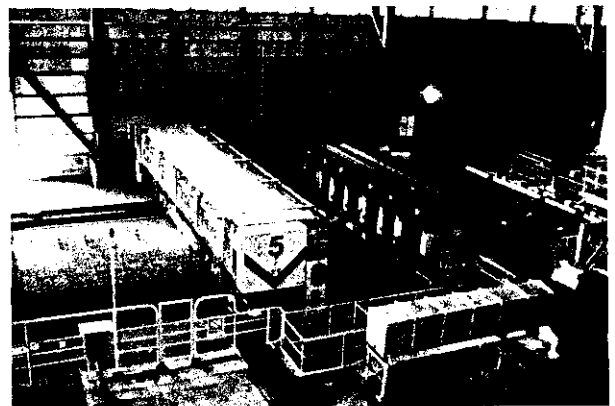


Photo 2 Vehicle and unloading machine

Table 1 Main specifications for vehicle

Type	Motor car of bogie type
Loading capacity	Max. load : 30 t
	Max. temp. : 900°C
	Range of length : 3.4~12.6 m
Traveling speed	High : 250 m/min
	Middle : 60 m/min
	Low : 10 m/min
Tractive force	Starting : 3 000 kgf
	Rating : 1 800 kgf
Performance	Acceleration & deceleration : 0.28 m/s ²
	Stoppage accuracy for fixedpoint : ±75 mm (at car weight 60 t)
Dimensions	2 500 mm W × 2 900 mm H × 15 800 mm L
	Wheel base : 1 440 mm
	Wheel diameter : 600 mm
	Buggy interval : 8 000 mm
Motors	DC 27.5 kW × 2
Control system	G.T.O. chopper control system

Table 2 Main specifications for turn-table

Type	Turn-table of 90° reversible type
Loading capacity	Max. load : 50 t
Performance	Torque of rotations : 3 000 kgf·m
	Rotational speed : 2.05 rpm
Dimensions	Diameter : 2 260 mm
	Railgauge : 1 067 mm
	Size of out ward : 3 150 mm W × 1 050 mm H × 4 000 mm L
Motors	AC 11 kW × 2/set

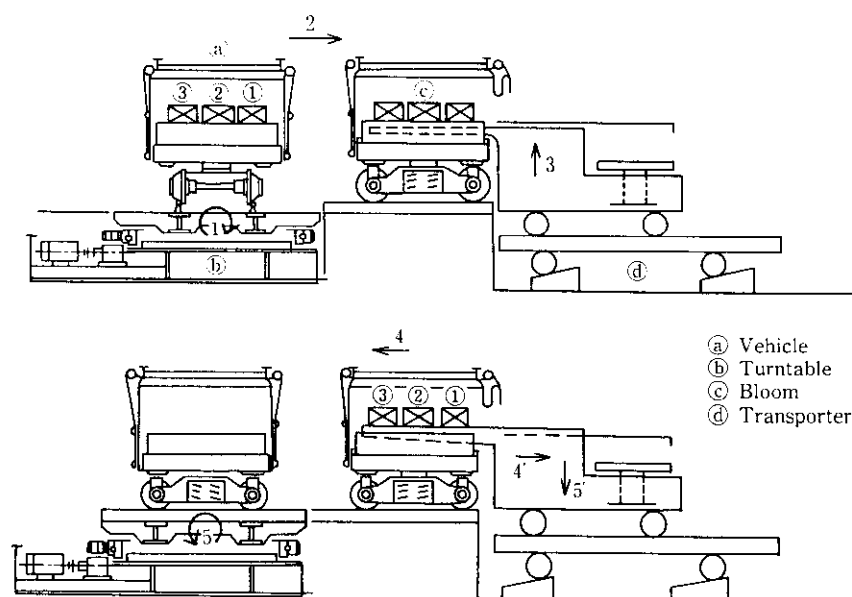


Fig. 2 Motion of vehicle and transporter

み側においては上述の逆動作をさせることで、連鑄での積み込みと圧延工場での積卸しで鋳片の搬送順は変わらないようにしている。このように1連の動作を自動化し、台車ごとの搬送スケジュールと実績を管理することにより、鋳片1品ごとの識別品質保証を確立している。

4.3 電気設備概要

電気設備は、システム稼働率の向上を最重点テーマとし、省エネルギーや安全性も考慮している。

主要電気品の仕様を Table 3 に示す。

Table 3 Main specifications for electric equipment

Drive and control system	Electric driving method: Series D.C. motor (hanging type) 27.5 kW × 2/car, DC 180 V 315 rpm Control method: Chopper control by G.T.O. (with regenerative braking)
Power supply system	Dual mode 1 AC 460 V, 3 φ, 3 W contact bar 2 Lead acid storage battery DC 192 V, 516 A·h
Control device fixed side	For control: DDC controller; 32 kW (duplex type) For operation: Programable display + Micro computer Signal transmitter: Multiplex transmitter (with back up) Inductive radio (loop antenna)

4.4 自動制御システム

4.4.1 搬送情報管理システム

HCCV 制御システムは第3章で述べたように、物のハンドリングと台車効率の両面からの最適化を達成できるものでなければならない。このため、Fig. 3 に示すような O/C⁴⁾、P/C⁵⁾、HCCV 用 DDC の3階層からなるシステム構成および機能分担とした。これは、物のハンドリングを O/C で、台車効率を DDC で最適化し、P/C にてそのバランスをとることを狙ったもので

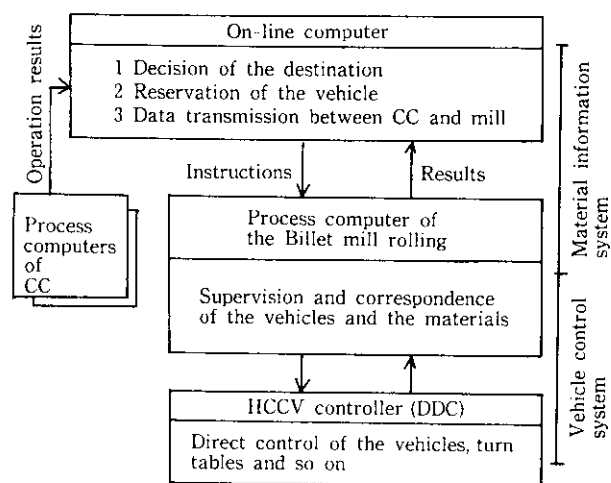


Fig. 3 Configuration of HCCV control system

ある。したがって、O/C、P/C にて搬送情報管理システムを構成し、DDC には搬送材料情報を持たせず、台車制御に専念させている。

システムの中間に位置する P/C では、台車と搬送情報を共に管理する機能を有し、Photo 3, 4 にその一例を示す。Photo 3 は、各台車毎の管理状況を示すもので、例えば、6号車は1CC からビレット工場(BM)への実走行中であることを示し、Photo 4 でその6号車の積載材料情報を示している。

4.4.2 DDC 制御システム

システム構成図を Fig. 4 に示す。このシステムの主幹制御装置である DDC コントローラは新ビレット工場の加熱管制室に設置され、台車との信号授受用のループアンテナ式誘導無線装置や、新ビレット工場内のターンテーブル、積卸しステーションとは直接リンクし、連鑄、大形工場のターンテーブル、各ステーションとは、リモート I/O 方式で接続している。システム構成の概要を以下に示す。

(1) データ伝送ラインには、オペレーション用、故障監視用のプログラマブルディスプレイ、マイクロコンピュータが計3

セットリンクされ、そのうちオペレーション用としてのスケジュール装置(CRT-S)、ガイダンス装置(CRT-G)の2セットが、加熱管制室の操作デスク内に収納され、このシステム

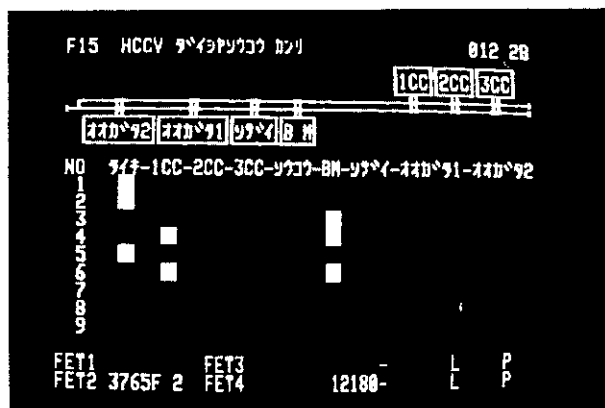


Photo 3 A CRT display example of HCCV traffic

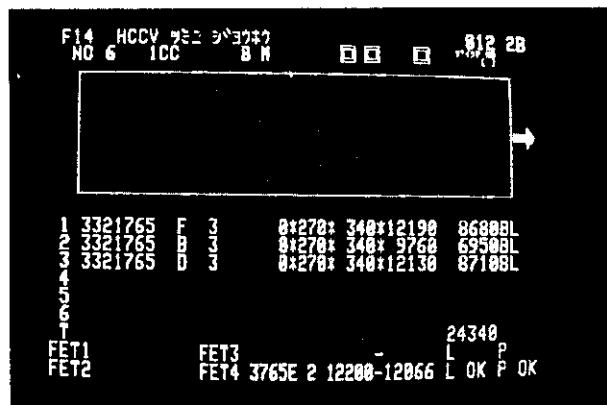


Photo 4 A CRT display example of bloom information HCCV

の自動立上げや、手動割込みを行う CRT オペレーション装置として用いられている。操作デスクの概要を Photo 5 に示す。

- (2) 故障探究装置(CRT-M)は、フロッピーディスクを備え、铸件の自動搬送を継続したまま、トラブル原因の究明が行えると同時に、オフライン状態でのソフトシミュレーションができる機能を有している。
- (3) 自動搬送設備は、複数の連铸工場(1~3CC)と圧延工場(新ビレット工場、大形工場)を直結しているため、システム故障による被害は極めて大きい。このためシステムの部分的投入と開放が任意に行われ、特定部分の開放のままで铸件の自動搬送が再開できるシステム構造としている。
- (4) DDC コントローラはデュプレックス構成で、瞬時切換えができる。制御内容は、铸件の自動搬送を中断することなく、台車の運行および走行制御、ターンテーブルなどを制御することによる走行ルート設定、積込み、積出し設備などとのインターフェースを行っている。

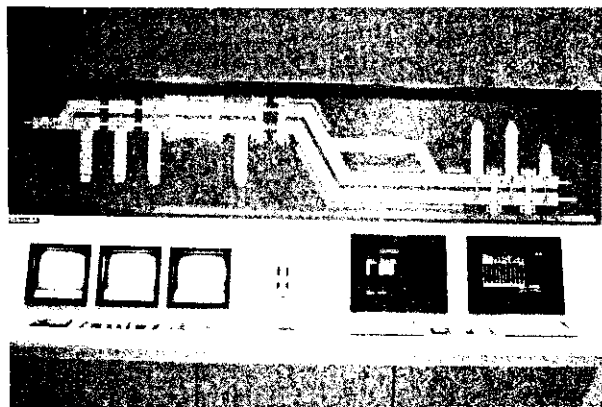


Photo 5 Operation desk

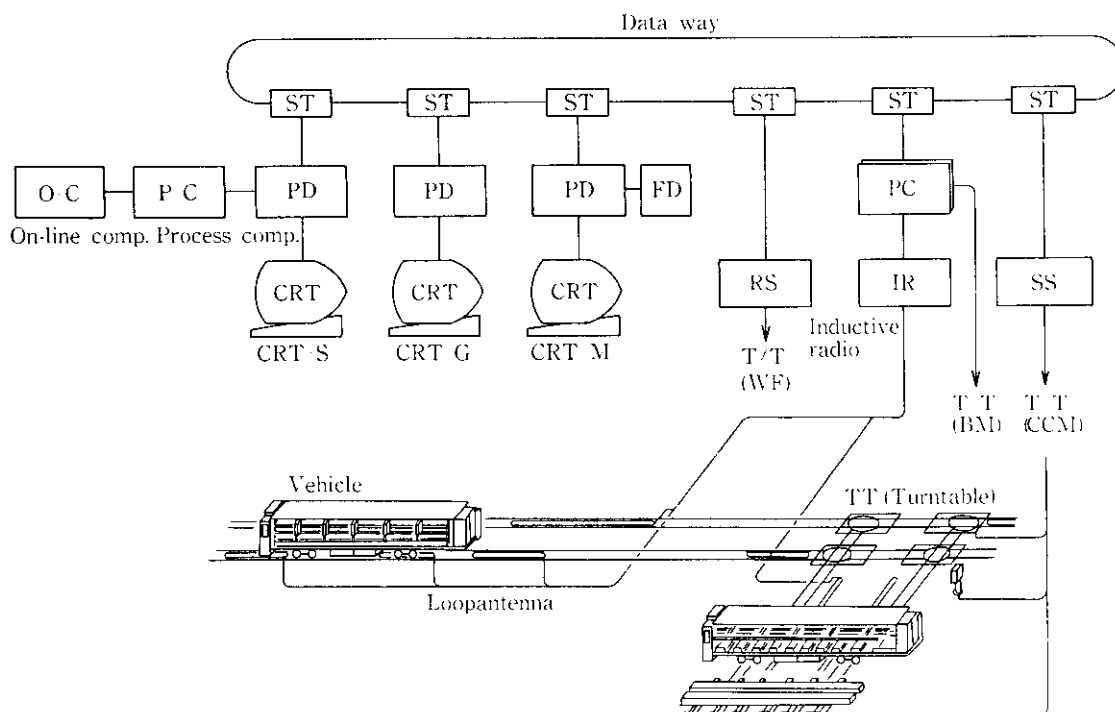


Fig. 4 System configuration of DDC

- (5) 上位プロセスコンピュータとの信号授受は全て CRT-S で行っており、プロセスコンピュータの故障時でも、CRT-S で From-To を設定することにより自動搬送ができるようにしている。

4.4.3 DDC コントローラ機能

HCCV システムの中核をなす DDC コントローラの機能概要を Fig. 5 に示す。機能を大別すれば、システム管理、運行管理、走行制御、誘導無線(IR)制御、ターンテーブル、ポイントの各制御および踏切監視に分けられる。主な機能内容を以下に示す。

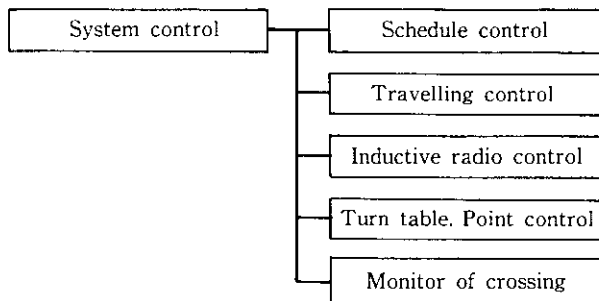


Fig. 5 Function of DDC-Controller

- (1) システム管理は主幹制御的な部分で、運転スタート時あるいは運転中の台車作業指定条件確認、設備、台車、走行路の稼働状態の確認などを行い、システムが正常に動作しているかのチェックを実施している。
- (2) 運行管理は CRT-S からのスケジュールと CRT-G からのシステム登録情報とにより、搬送ルート決定と、台車にスケジュールの割付を行う部分である。
- (3) 走行制御は DDC コントローラの機能の中でも最も重要な部分であり、台車走行の基本である閉塞制御を中心に台車の走行制御を実施している部分である。
- (4) 閉塞制御を行うための台車存在認識は、誘導無線ループが用いられ、今回のシステムにおいては、全線に計44個のループが配置されている。
これらのループにより、コントローラはループ長、ループ間隔、ループ場所などから、台車の速度、停止などを判断し、衝突防止を図りながら、該当の場所へ台車を誘導している。
- (5) 台車の停止に関しては、システムの非常停止、自動一時中断(システムホールド)時に、全車一斉の減速、停止制御を合わせて行っている。台車誘導後のターンテーブル回転指令、ポイント切換指令などの制御も実施している。
- (6) 台車とコントローラの信号授受は前述のループに結合する IR の送受信チャンネルにより行われるが、IR 制御は、このチャンネルの結合指令を台車走行制御に従って指令する。
- (7) ターンテーブルおよびポイント制御は、走行制御側からの要求に従い、ターンテーブルあるいはポイントの使用中心処理と回転、切換えなどの制御、監視を行うものである。
- (8) 踏切監視に関しては閉塞制御は行わないが、システム運転中は閉信号を常時監視し、閉信号が OFF になったときは非常停止とし、またシステムホールド中は踏切設備および踏切の正常/異常監視をし、踏切開操作許可を出力するとともに、踏切開/閉操作可能のガイダンスを CRT-G へ出力している。
- (9) トラッキングの情報をハード的に認識する手段として車番

検出装置と荷重検出器を設置して台車 No. と空、実車情報を DDC コントローラを介して、上位のプロセスコンピュータへ送っている。

5 運行の安全確保

HCCV, DDC システムは、稼働率を高い水準で維持するため、完璧な閉塞制御と信号伝送の信頼性向上のためのバックアップ機能を持ち、常にフェールセーフ側になるよう制御している。しかし離れた工場間の無人搬送システムであり、他設備や物、人とのかかわりが避けられない部分がある。HCCV をとりまく周辺との保安を確立し、両者の安全を確保することは重要な課題であり、以下に示す対応を実施した。

- (1) HCCV 設備と他の物・人との安全確保
 - (a) 第3者(人と物)が軌道内に進入できないよう全線にわたり安全柵を設けて、HCCV を隔離した。
 - (b) 作業者はオーバブリッジによる立体交差で軌道上を横断できるようにした。
 - (c) 車上有人操作による操業は行わないことにしメンテナンスヤード内への入庫出庫も自動制御でできるようにした。
 - (d) 閉塞制御ループ間に非常用のループも設け全線にわたり台車を監視し、どの管制室からでも緊急停止操作可とした。
- (2) 作業用車輛、ディーゼルとの安全確保
 - (a) 作業車輛用4箇所、ディーゼル用1箇所の踏み切りを設けた。踏み切りは遠隔操作による開閉式とした。
 - (b) 踏み切りを開放して他の車輛を通過させる時は、システムを自動的に一時中断し HCCV 台車を停止させる方式とした。
 - (c) HCCV 台車の停止位置は任意の自動制御ループ上として、踏み切り閉後は迅速な自動再立上げができるようにした。
- (3) 操業ヤード内起重機との安全確保
 - (a) バッテリーによる操業ヤード内走行方式とし、トロリー線による感電災害が発生しないようにした。
 - (b) ヤード内天井クレーンとの I/F (インターフェース)は、台車と積込み、積卸し設備を自動化したことにより確立できた。

6 稼働状況

1984年2月新ビレット工場稼働と同時に本システムを立上げた。稼働後の実績を踏まえて5月より大形工場への搬送も開始

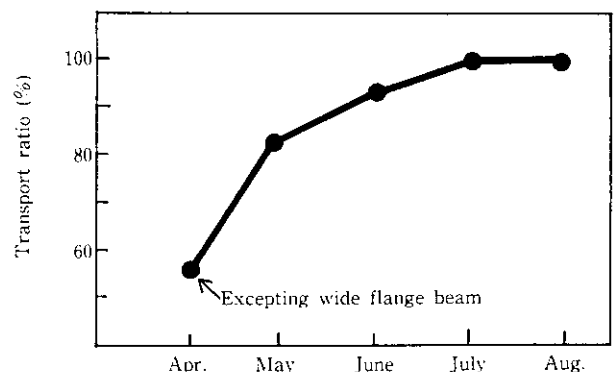


Fig. 6 Monthly change of transport ratio

した。稼動後の初期トラブルも終息し、搬送実績の推移は Fig. 6 に示す通りである。鑄片を積載した台車ごとの走行制御と積み込み、積卸しの自動化をすることにより、鑄片のトラッキング管理が可能となり 1 品ごとの品質保証体制が確立できた。搬送コストは従来のトレータトラックに対し 1/15~1/20、鑄片の温度降下は 20~30℃ である。また搬送台車の無人化、積み込み、積卸しの自動化と中央集中操作監視システム化により 1 人/シフトの搬送体制にすることができ、所期の目的を達成した。

7 結 言

連鑄-圧延間の高度な連続化、同期化を達成する手段として、

HCCV システムの開発を行い導入した。所内に据え付けてからのフィールドテストの要素は多分にあったが所期の目標を達成した。

今後さらにシステムの信頼性向上と搬送タイムサイクルの短縮、待ち時間の少ない効率的な配車などによる搬送効率の向上に力を注いでいく予定である。

また本システムは連鑄-圧延間の連続化を目的に開発してきたが、他の物流システムにも十分対応できるシステムであると考えている。

おわりに、本システムの開発にあたって御協力いただいた(株)東芝の関係各位に感謝の意を表わす。

参 考 文 献

- 1) 長谷川利治：システムと制御，25 (1981) 3，128~133
- 2) 中西輝行，大杉賢三，板倉仁志，中川康弘，谷利修己，上田徹雄：鉄と鋼，70 (1984) 13，S 1078
- 3) 蓮沼純一，永井 潤，児玉正範，高柴信元，坂本 実，浜西信之：鉄と鋼，69 (1983) 12，S 983
- 4) 大杉賢三，上田徹雄，谷利修己，羽生正博，中川康弘，板倉仁志：「条鋼向素材生産管理システム」，川崎製鉄技報，17 (1985) 1，23-31
- 5) 山崎順次郎，中西輝行，中路 茂，馬場和史，菊川裕幸，藤本隆史：「新ビレット工場の計画・制御システムおよび自動化技術」，川崎製鉄技報，17 (1985) 1，13-22