U.D.C. 621.868.258.22-523:681.532.1'25

光学誘導形地上搬送ロボット「ホイバーサ」の開発

Development of Optically Guided Robot Vehicle "HITACHI HOIVERSER"

米倉清治* *Seiji Yonekura*
丸山栄助* *Eisuke Maruyama*
安藤司文** *Shimon Andô*
川野滋祥*** *Sigeyoshi Kawano*

長距離の搬送，あるいは搬送経路が多岐にわたるような生産ラインを対象としたロボットの開発は生産工程間の自動化，省力化推進のための基本課題として重要視されてきている。本稿は，この背景のもとに開発した光学誘導形地上搬送ロボットの概要とその応用について述べる。このロボットは，従来の磁気誘導形のもつ制約ないし欠点を克服するものとして，走行路上に敷設されているアルミニウム テープ，ステンレス テープなどの誘導帯を多数個の受光素子でディジタル検出して前・後進，分岐，停止し，荷を自動搬送する。特長として，(1)テープの汚れに強いこと。(2)テープの敷設工事，レイアウト変更の容易なこと。(3)更に人の行先設定で自走するものから自動倉庫や他の搬送機器とシステム的に結びつくものまで，その応用範囲の広いことが挙げられる。

1 緒　言

市場には幾つかの無人搬送機器が存在するが，光学誘導形地上搬送ロボットはこれら機器にはみられない長距離，且つ多分岐の複雑な径路の重量物搬送を対象としたものである。

通路に誘導電線を埋設し，その磁界を検出しながら自走する無人運搬車は既に開発されているが，径路がループ状でなければならないこと，多くの分岐がとれないことなどのため，複雑な径路は走行できない。また誘導電線の埋設，停止点用磁石の埋込み，分岐点での電磁切換えのためのスイッチの埋設など，走行に必要な情報を得る地上設備が必要であるため，径路変更が難しく，融通性に欠けている。これらの欠点をなくすため，地上には通路に反射率の高い誘導帯を敷設するだけで，あとはすべて車に搭載した制御装置と検出器で誘導帯の形状から光学的に停止点，区間点を検出し，径路追従，分岐を行ない複雑な多分岐径路上を自由自在に走行する光学誘導形地上搬送ロボット(以下，光学誘導形「ホイバーサ」：日立製作所商品名と呼ぶ)を開発した。

図1　標準「ホイバーサ」　部品の入ったパレットを積載して，無人走行する標準形「ホイバーサ」の外観を示す。

2 機器の概要

図1に，標準「ホイバーサ」の外観を示す。車体全体をフラット面にし，自由な方向からの荷の積み込み・積み卸し，また自動倉庫等との連動の際，天井の低い場所へもぐり込んでの積み込みを可能にしてある。更に，フラット面の荷台には種々の積載装置を取付け自在にし，広く応用展開できる構造にしてある。標準ホイバーサの一般仕様は**表1**に示すとおりである。

以上の仕様を満足する「ホイバーサ」を無人走行させる場合，走行径路が複雑さを増すにつれて車に搭載した制御器も複雑になる。そこで**表2**に示すように，あらかじめ，四つの走行径路に対する標準制御器を用意し，使用目的に合わせて選択する。更にこれら標準形で満足できない径路には，専用の制御器を製作してこれに応じている。

表1　標準「ホイバーサ」の一般仕様　標準「ホイバーサ」の一般仕様を示す。

仕様＼形式	HVO-500
積載荷重	500kg max
けん引荷重	1,500kg max
走行速度	2～2.3km/h
走行方向	前進，後進
旋回半径	1.5～2m
バッテリー	N-100(100Ah) 2個
モータ	DC24V 300W(駆動用) DC24V 100W(操舵用)
車体重量	350kg
車体寸法	長さ2,000×幅840×高さ420(mm)
荷台寸法	長さ1,200×幅840(mm)

3 光学誘導方式の原理

3.1 「ホイバーサ」の機能

多分岐の複雑な径路を無人走行するため，「ホイバーサ」は次の六つの基本的な機能をもつ。

* 日立製作所多賀工場　** 日立製作所日立研究所 工学博士　*** 日立製作所日立研究所

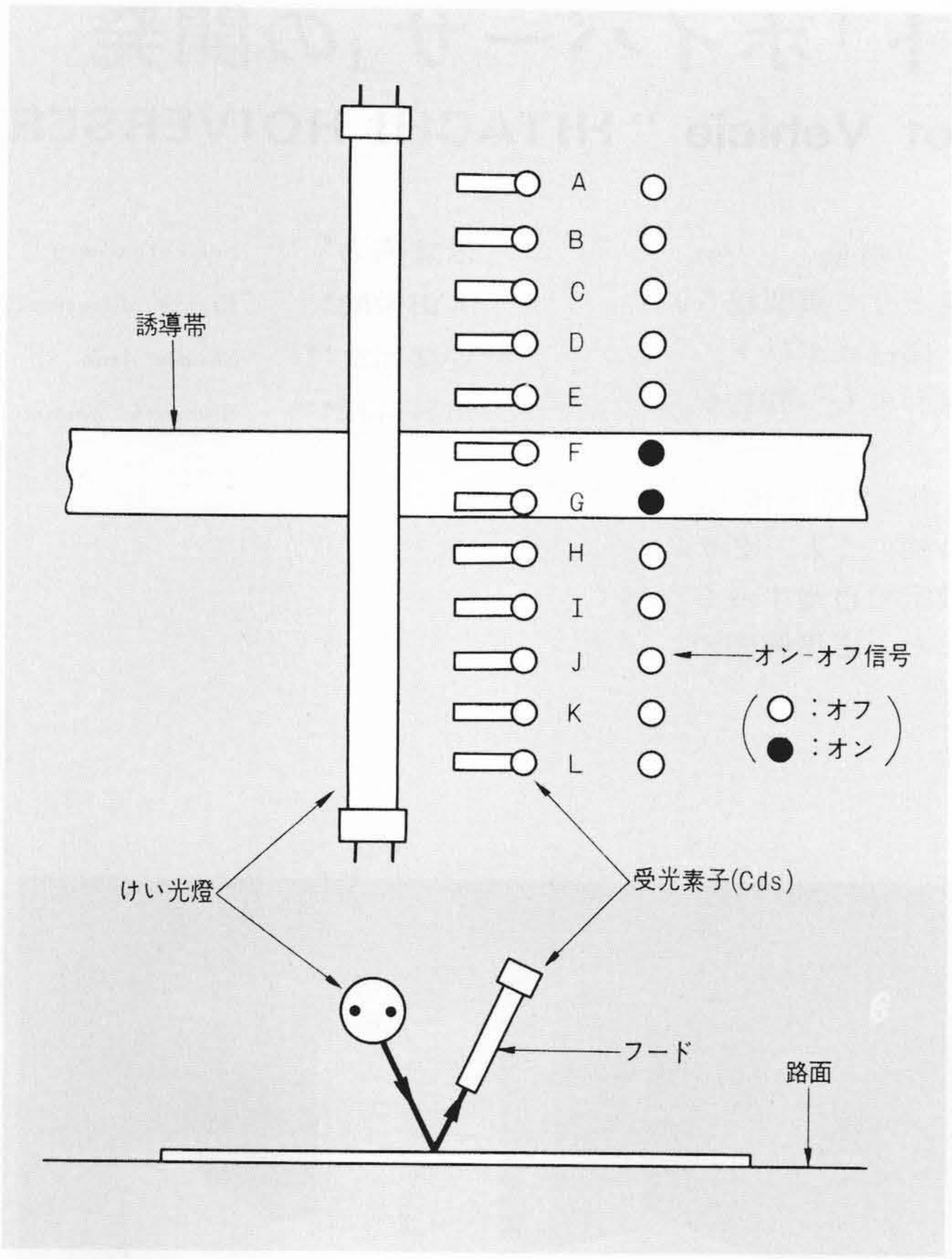


図2 検出器とその信号 けい光燈の反射光を誘導帯上ではオン，路面上ではオフの信号として受光素子でとらえる。

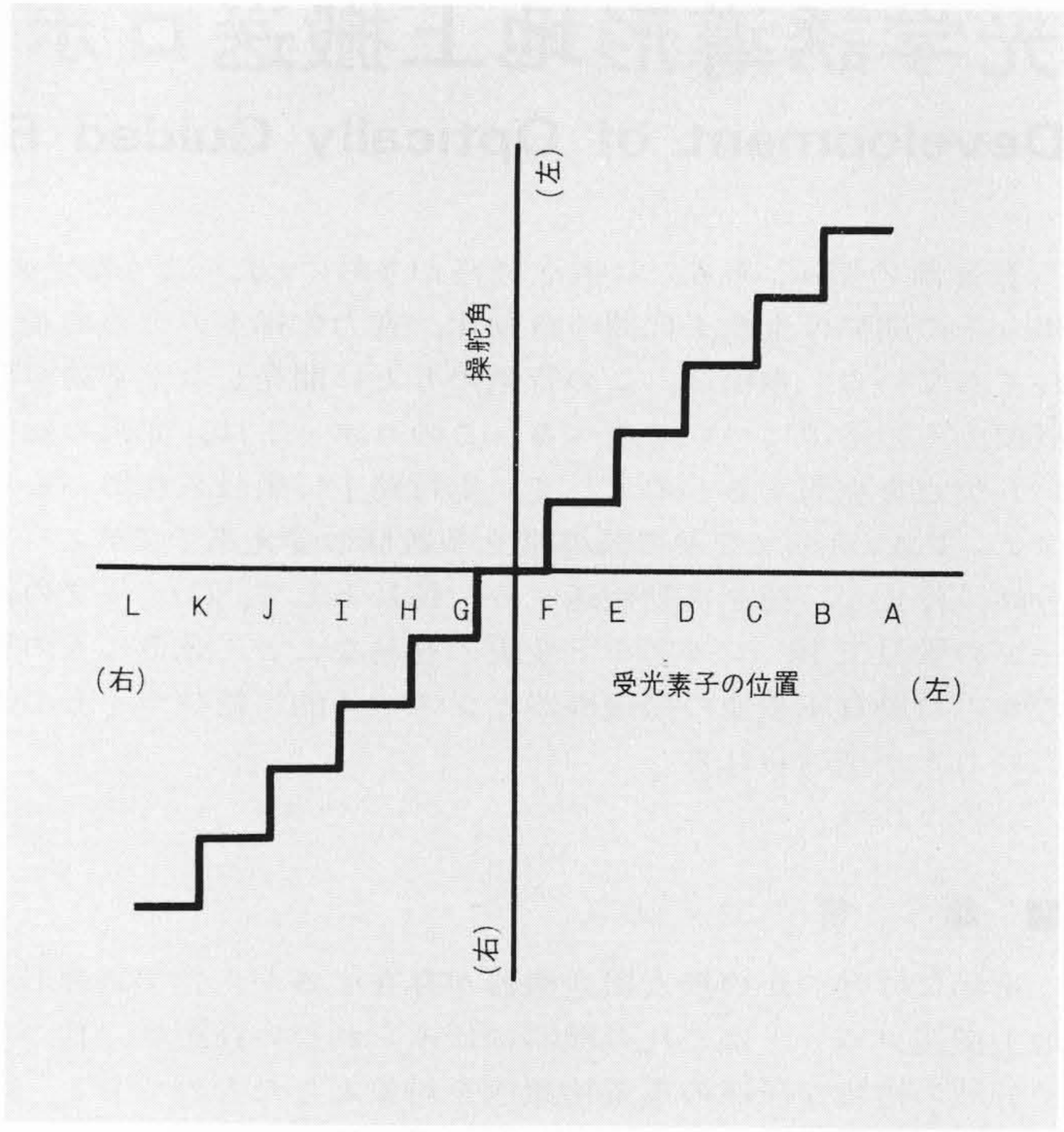


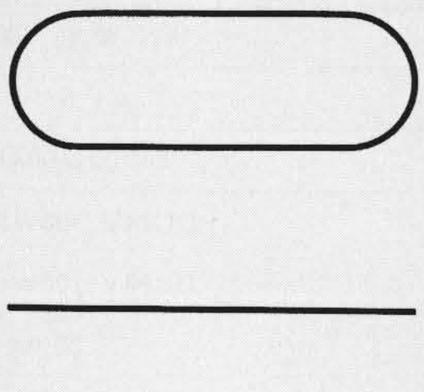
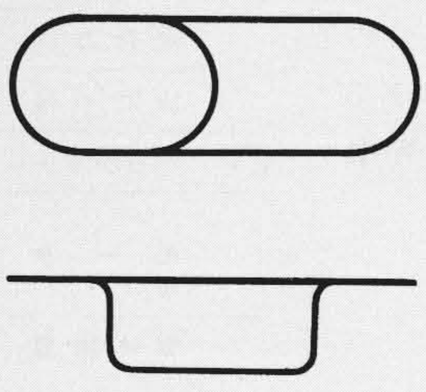
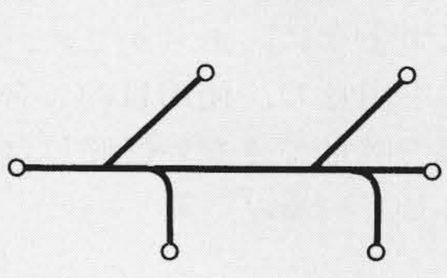
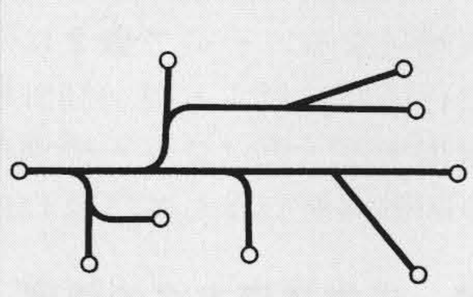
図3 操舵角 受光素子のオン信号に対して中央付近を小さく，外側になるにつれて大きく操舵角を設定する。

(1) 光学誘導帯を検出し，追従すること。
(2) 停止点検出及びカウントができること。
(3) 区間点検出及びカウントができること。
(4) あらかじめプログラムされた記憶値と前記(2)，(3)の走行情報を比較して前進，後進，停止及び分岐指令を出すこと。
(5) 前進，後進及び停止すること。
(6) 右折，左折すること。

3.2 光学誘導帯検出の原理

光学誘導帯検出の原理を**図2**に基づき説明する。路面に反射率の高いアルミニウム テープ，あるいはステンレス テープをはり付け誘導帯とし，これにけい光燈からの光を照射し，路面からの反射光以外の光が外乱として入らないように十分に長いフードを付け，Cdsなどの受光素子で反射光を受ける。誘導帯からの反射光は，路面からのそれよりも強いのでそのときオン信号，路面からの反射光を受けたときにオフ信号が得られるように，あるしきい値を設けると検出器の各受光素子からはオン，又はオフのどちらかの信号が得られる。そのような受光素子を車体の先端に幅方向に等間隔にA～Lまで12個並べて取り付けると，車が誘導帯に沿って走行するときは，車体を誘導帯のずれに応じて，また誘導帯の形状に応じたある決まった12ビットの情報が得られる。この検出方法の特徴は，適当なしきい値を設定することにより，原理的には路面と誘導帯の反射率に少しでも違いがあれば検出できるこ

表2 「ホイバーサ」の標準走行径路 「ホイバーサ」の走行可能な四つの標準径路を示す。

項目＼標準走行方式	ループ直線方式	ループ直線1分岐方式	4分岐6停止点方式	7分岐9停止点方式
走行経路図				
走行路長	無制限	無制限	無制限	無制限
停止点数	最大30点	最大30点	最大6点	最大9点
分岐数	————	最大1点	最大4点	最大7点

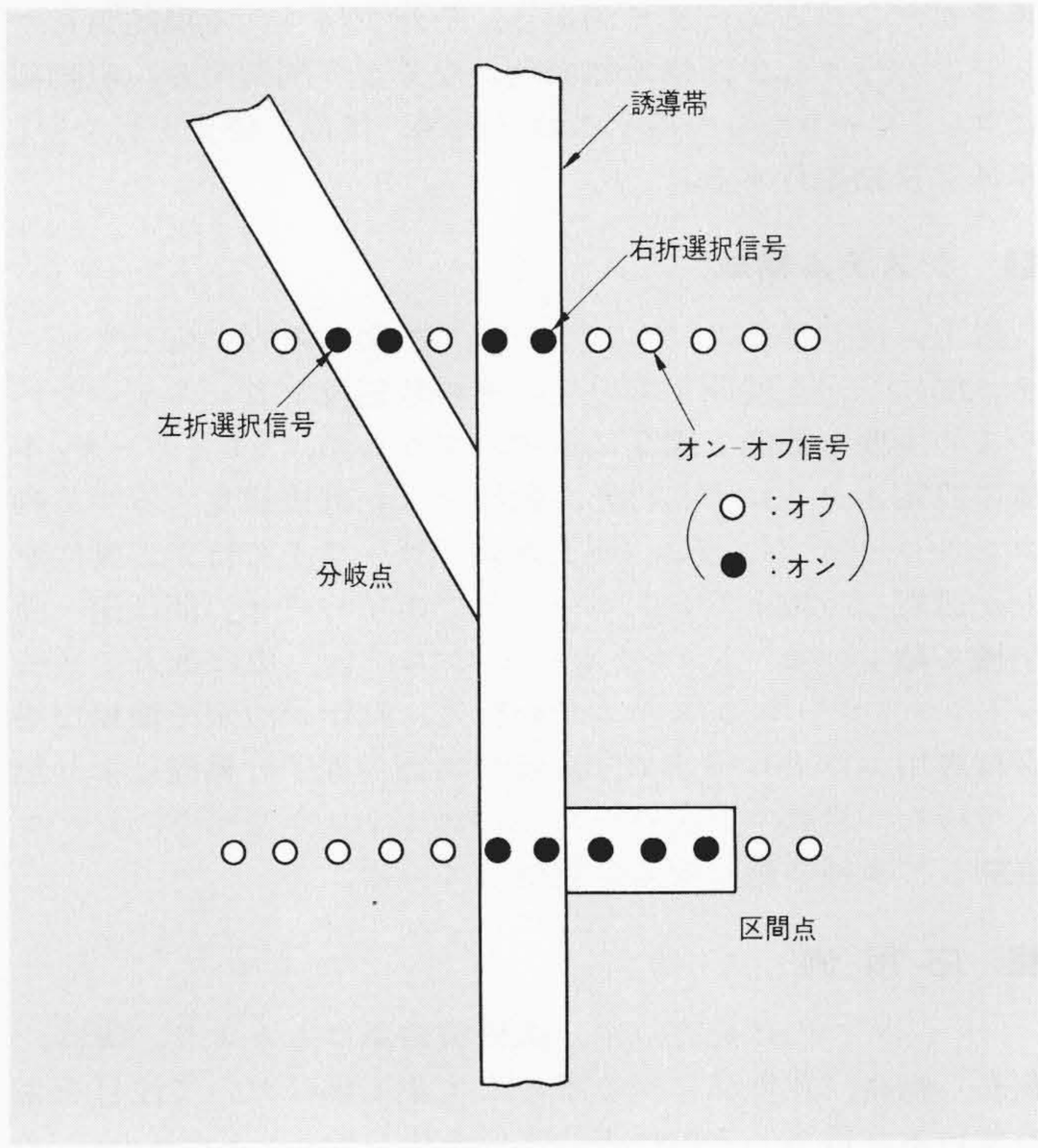


図4　分岐点及び区間点　分岐点，区間点の誘導帯の形状とこれらの検出信号を示す。

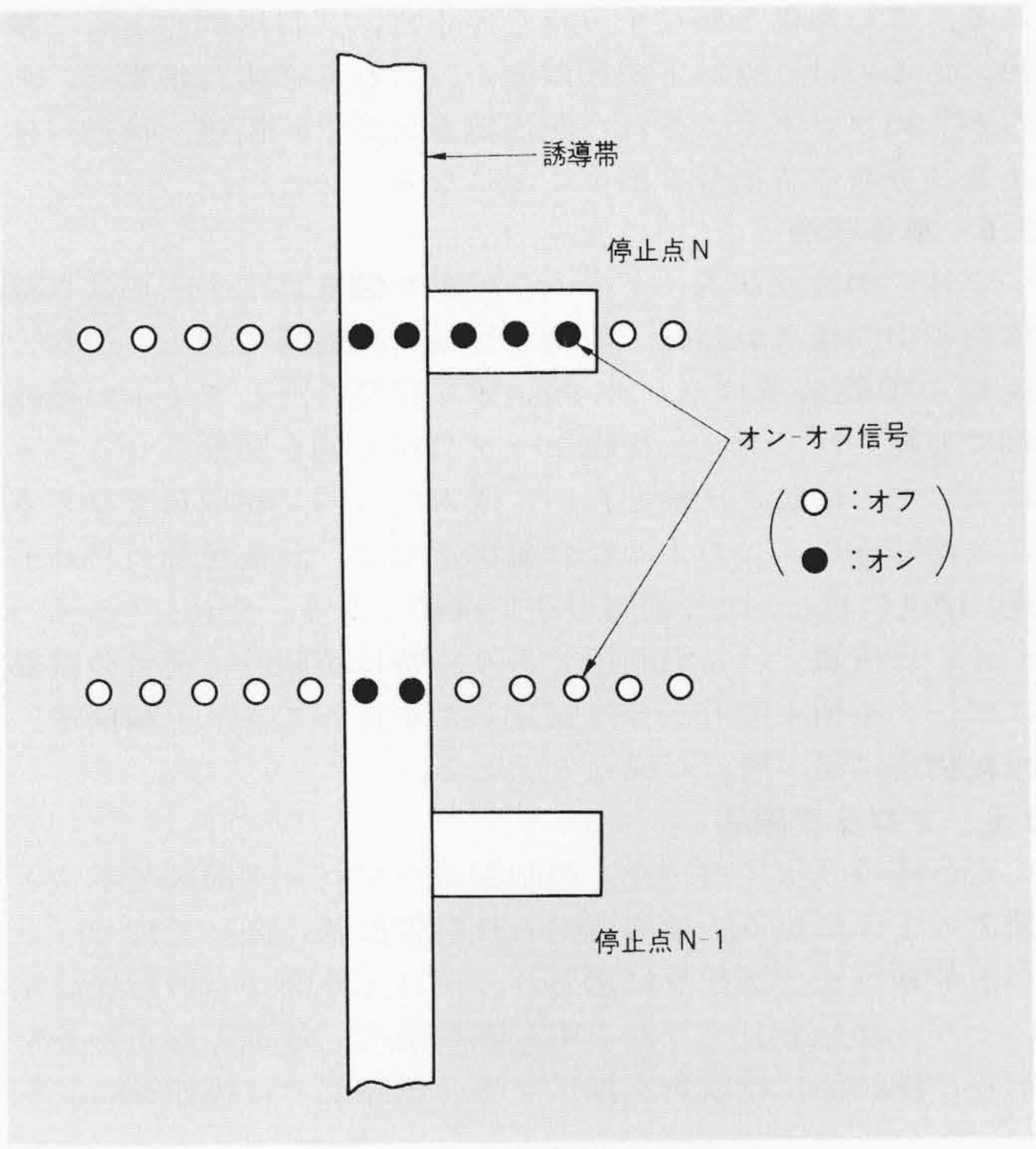


図5　停止点　停止点の誘導帯の形状と検出信号を示す。

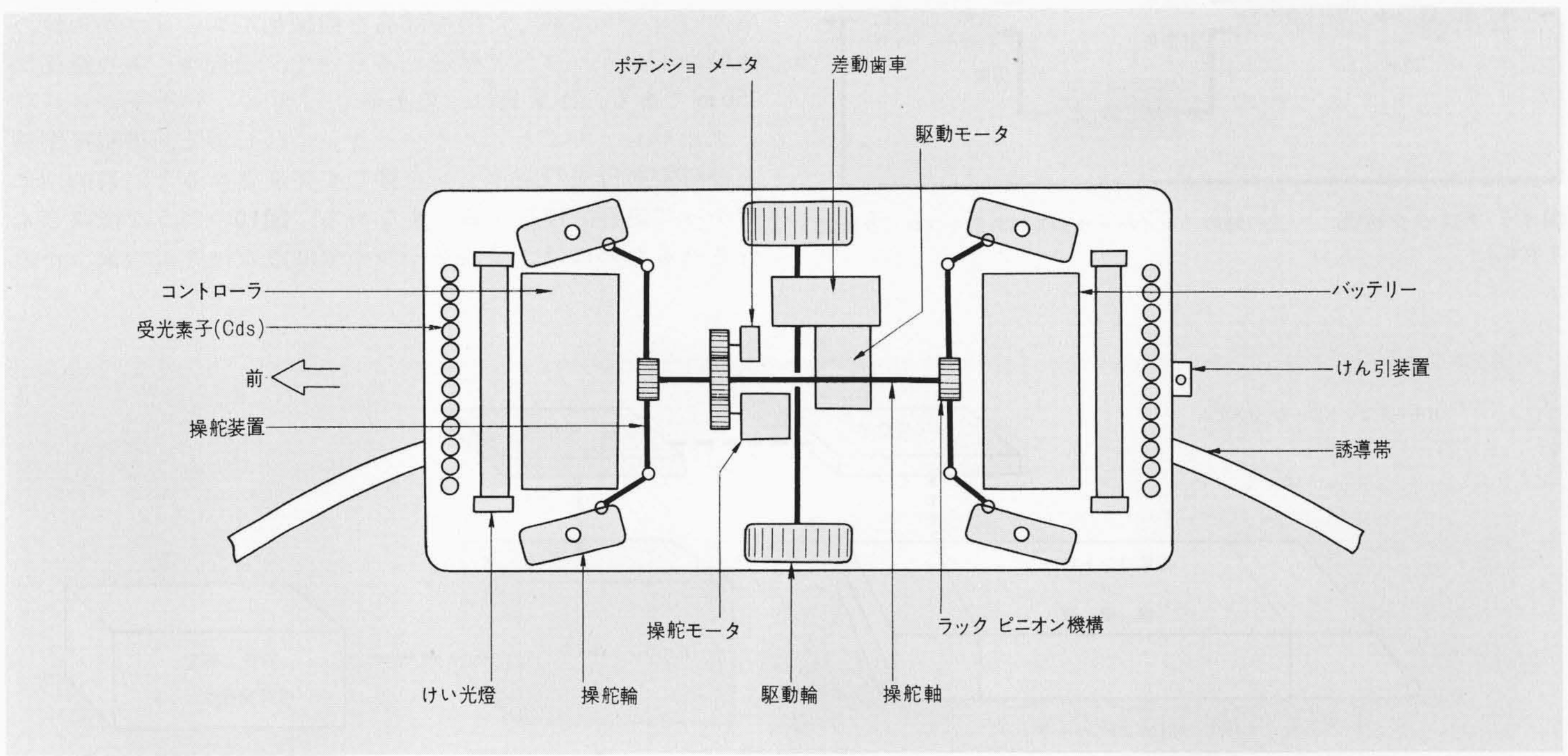


図6　車体構造　中間輪を駆動輪，前・後輪を操舵輪とした六輪構造と，他のユニットの配置を示す。

とにある。すなわち，反射帯両端部の反射光の明るさをアナログ的に検出し比較する方式と異なり，反射帯があるか(オン)，ないか(オフ)の検出のため，アルミニウム テープ，ステンレス テープなどの誘導帯の汚れに対して非常に強いと言える。

3.3　追従走行と分岐

受光素子の位置に応じて，**図3**のように操舵角を決めておきオン信号のうち右端，あるいは左端を選別し，その受光素子に応じた操舵を行なえば直線部では誘導帯の右端，又は左端をたどって直線走行する。同時に**図4**に示すような形状をした分岐点ではオン信号の右端，あるいは左端の選別により右折，左折することができる。

3.4　停止点と区間点の検出

誘導帯の幅を**図4**，**5**に示すように部分的に2～3倍にすれば，車がその部分を通るとき連続した5点オン信号が得ら

れる。この条件を満足する点を停止点，又は区間点として検出，あるいはカウントすればよい。これらの走行情報と，あらかじめプログラムされた記憶値を比較し，前進，後進，停止及び分岐の各指令を出すことになる。

3.5　車体構造

車体の構造及び各ユニットの配置を**図6**に示す。車は六輪構造で中間輪は駆動輪，前輪と後輪は操舵輪である。前輪と後輪の操舵装置はラック　ピニオン機構を介して1本の操舵軸で連結されており，操舵モータで操舵軸を回転させることによって，前輪と後輪を互いに逆方向に同じ舵取角を与えることができる。このような六輪構造では，前後対称のため前進，後進に対し，同じ制御方法で操舵できる。更に，「ホイバーサ」は積載，けん引両用であり，特に積載時に荷台の端部にワークを積んでも十分に安定した走行ができ，三輪構造，四輪構造に比べ優れた構造と言える。

3.6　ブロック線図

走行時の「ホイバーサ」の制御系をブロック線図で示すと**図7**のようになる。検出器から反射帯形状に従って12ビットの信号がコントローラに送られ，それと外部からの行先設定により，コントローラから駆動部に前進，後進，停止の各指示及び操舵部に舵取角を指示する。操舵部では操舵軸の回転角をポテンショメータで測定し，それで得られる操舵角をフィードバックして，指定舵取角になるよう制御する。駆動部はコントローラからの指示どおり前進，後進，停止を行ない，車体は自動走行する。

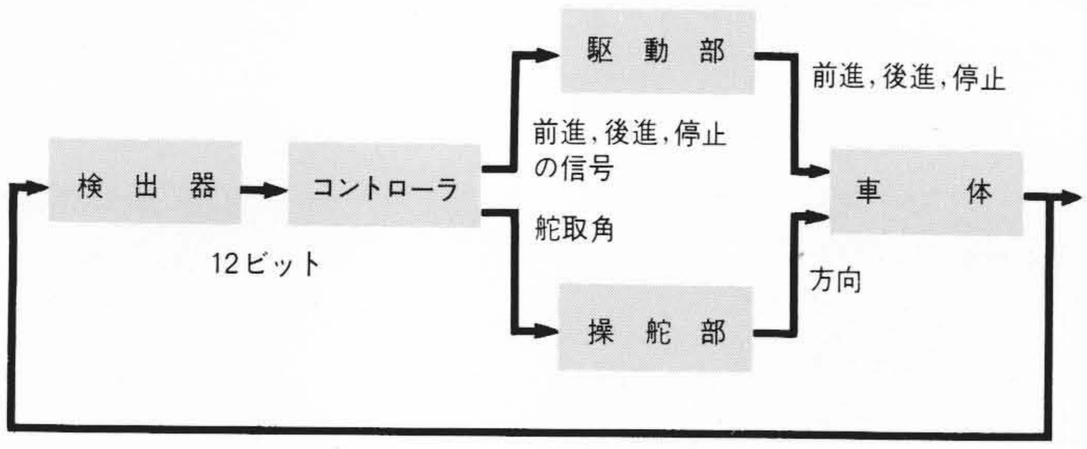


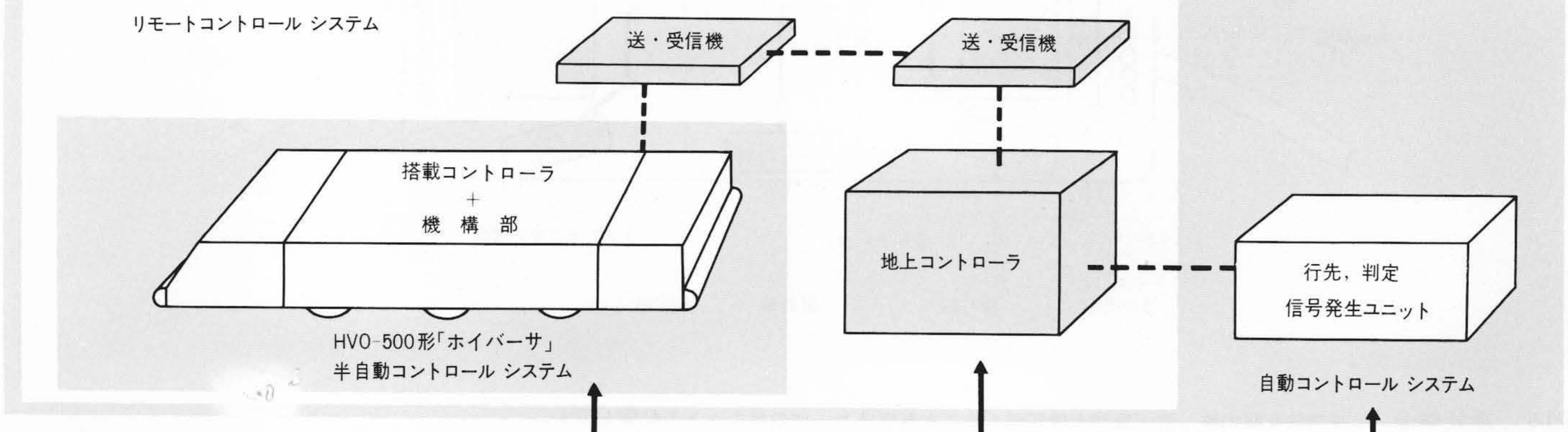
図7　ブロック線図　　走行時の「ホイバーサ」の制御系をブロック線図で示す。

4　システム構成

以上，述べてきた「ホイバーサ」を搬送内容に応じてシステム的にレベル展開していく。その状態及び各システムレベルでの主要な機能を**図8**に示す。すなわち，「ホイバーサ」本体の設定ボタンにより行先，動作を人が直接設定する半自動コントロール システム，地上コントローラ上で行先，動作を人が設定し，地上コントローラと「ホイバーサ」間は送・受信機で結ぶリモートコントロール システム，更に進んでリモートコントロール システムでの行先，動作の設定を簡単な場合は専用コントローラで，複雑な場合は電子計算機により無人で行なう自動コントロール システムと大きく三つにレベル展開して多種多様な要求に対処している。

5　応用例

「ホイバーサ」は発売以来，機械製造業はもとより，陶器，薬品，繊維，化粧品に至る多くの生産工場において注目を集めている。以下，その代表的実例を半自動コントロール システムと全自動コントロール システムから各一例を紹介する。**図9**に大形モータ生産工場での応用例を示す。そのレイアウトは**図10**に示すとおりである。「ホイバーサ」は6分岐9停止点形の標準品にローラ　コンベヤを取り付けたものである。作業はパレットに載った機械部品を機械加工ショップから他の機械加工ショップへと搬送するもので，走行ルートの全長は250 mである。作業員は，地上側ローラ　コンベヤ上から，ワークをパレットごと「ホイバーサ」に移し替え，搭載操作盤上の所定の行先設定ボタンを押して発進させると，目的地に向かって走行，停止する。すなわち，**図10**のような径路を走行させるためには，径路を一つの分岐点だけをもつ幾つかの



機能 ＼ システムのレベル	半自動コントロール システム	リモートコントロール システム	自動コントロール システム
走　行　・　停　止	自　動	自　動	自　動
分　　岐	〃	〃	〃
コ　ー　ル（呼 込 み）	できない	可　能	可　能
自動積み込み・積み卸し	〃	〃	〃
自　動　設　定	〃	できない	〃
追　突　防　止	〃	〃	〃
充　　電	手動プラグイン充電	手動プラグイン充電，自動充電	自動充電

図8　「ホイバーサ」のシステム構成　　「ホイバーサ」を搬送内容に応じて，システム的に大きく三つにレベル展開する。

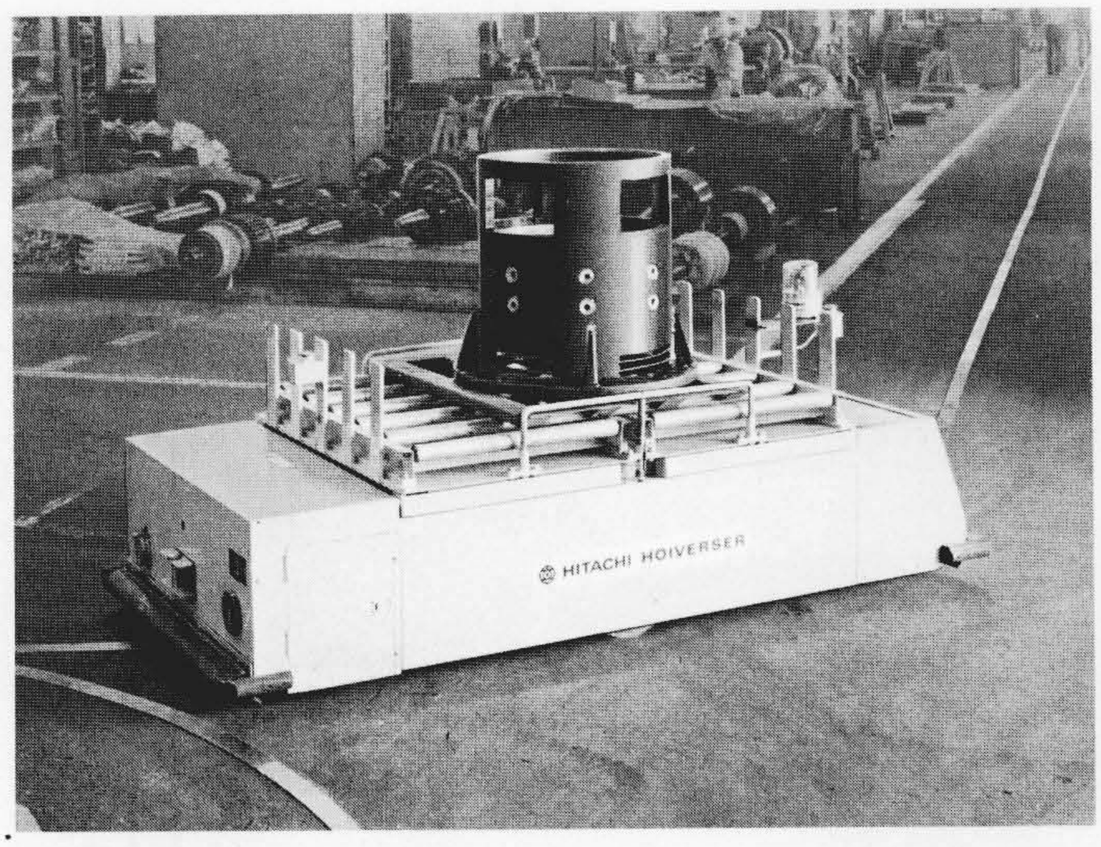


図9　工程間の部品搬送「ホイバーサ」　荷台にローラ コンベヤを備え，人の行先設定により，工程間を部品搬送する「ホイバーサ」を示す。

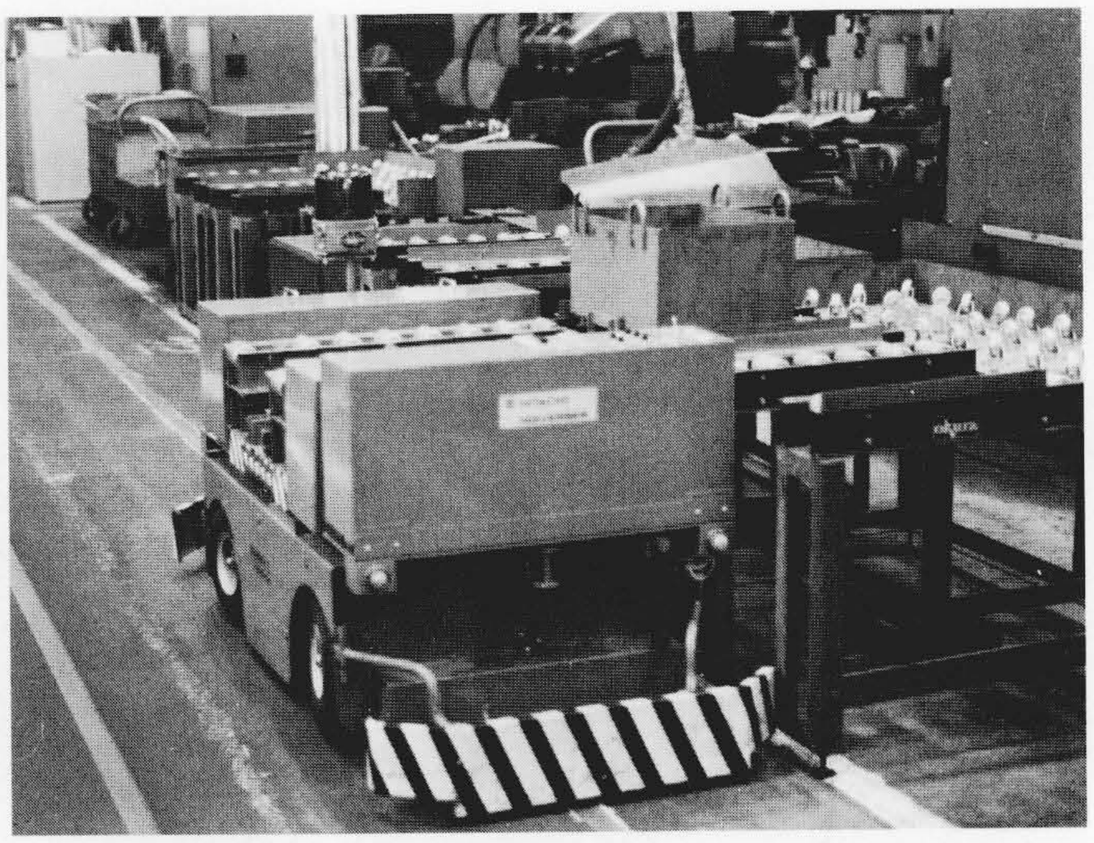


図11　完全無人化「ホイバーサ」　フォークによる自動移載装置を備え，プロセス コンピュータでコントロールされる「ホイバーサ」を示す。

区間に分割し，その区間ごとに左折か右折，あるいは前進か後進かの走行情報を与えればよい。この走行情報を種々のステーション間についてあらかじめプログラムを組み，プログラム装置に記憶させておき，スタート ステーションと行先ステーションの組合せから，特定のプログラムを取り出して車に指示すれば，**図10**に示すような多分岐でも任意のステーションへと自由に走行することができる。例えば，停止点①から停止点③に行く場合，停止点①をスタートし，最初の区間を左分岐で前進し，区間点①を検出した所で右分岐に切り換え，更に前進し，区間点②を検出した所で左分岐，後進に切り換えると停止点③に到着する。目的のステーションに着いた「ホイバーサ」から地上側コンベヤにワークを移し替えて，同様の操作で所定のステーションへと走行させる。以上が半自動コントロール システムの例である。

次は全自動コントロール システムの例について述べる。

電子計算機とデータの交換を行なう地上制御器，これと「ホイバーサ」を結ぶ送受信機(ここでは超音波送受信機)，バッテリーの自動充電を行なう自動充電器及び地上コンベヤより構成され，プロセス コンピュータで完全無人でコントロールされる「ホイバーサ」を**図11**に示す。**図12**にそのレイアウトを示す。搬送対象は機械加工前後の機械部品材料であり，その生産工程はジョブ ショップ型多種小量ロット生産である。走行径路の全長は延べ約400 m，区間数は 4，分岐数は 6，路線数は 7，総停止点数は通信点 3 個所を含めて131点である。搬送は多種のワークを扱うため，積載搬送と運搬台車のけん引搬送が要求され，積載荷重は300kg，けん引荷重は1,500kgが最大である。**図12**のレイアウトをもとに動作を説明する。通信点①にある「ホイバーサ」が 1 回分のデータを受け取ったとし，そのデータは作業点Ⓐでパレットを積み込み，作業点Ⓑでパレットを積み卸し，通信点③に復帰するものとする。「ホイバーサ」はデータ受信後ただちに走行を開始し，右に分岐して第 3 路線に入り，その路線の中の作業点Ⓐで停止し，「ホイバーサ」に取り付けられた自動移載装置によりパレットを積み込み，次の作業点Ⓑに向かい発進する。以後，自動的に分岐して進み，第 6 路線の作業点Ⓑに至って停止し，今度は自動移載装置によりパレットを自動的に積み卸す。この作

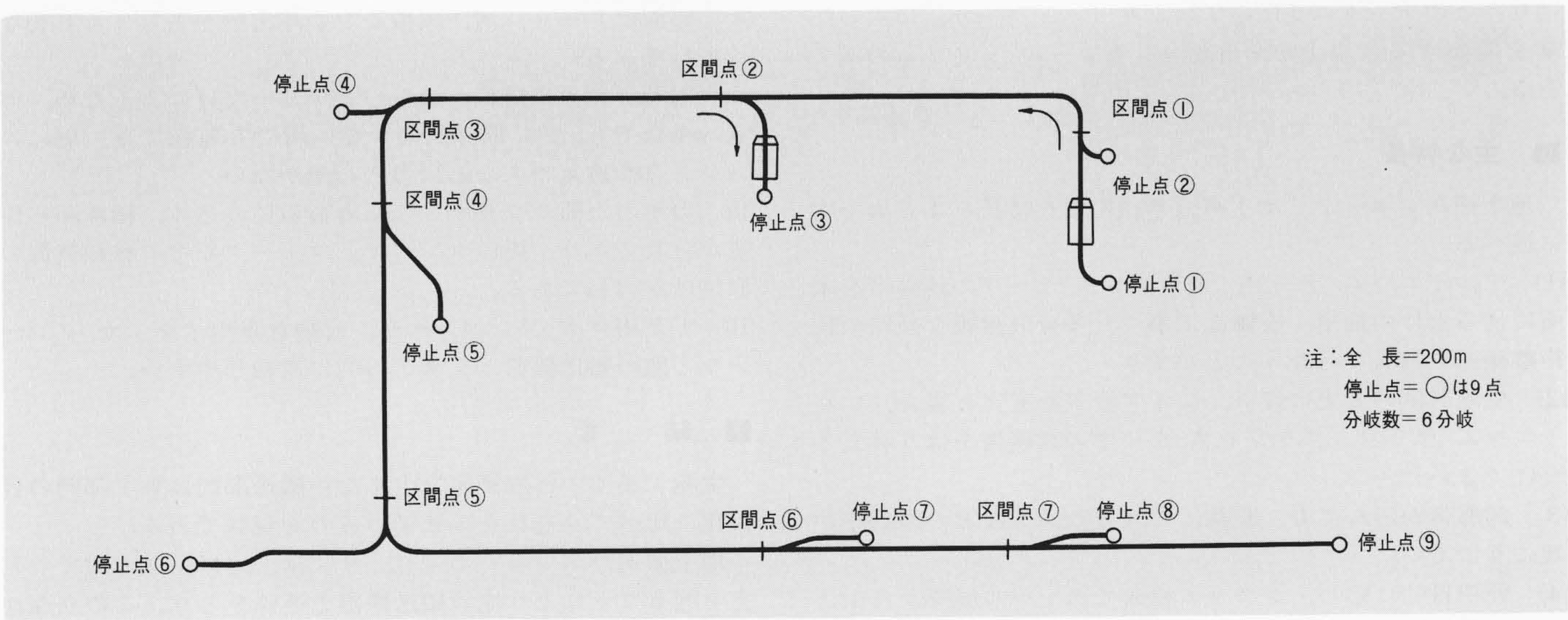


図10　工程間の部品搬送レイアウト　作業員の行先設定により，走行する「ホイバーサ」の走行経路を示す。

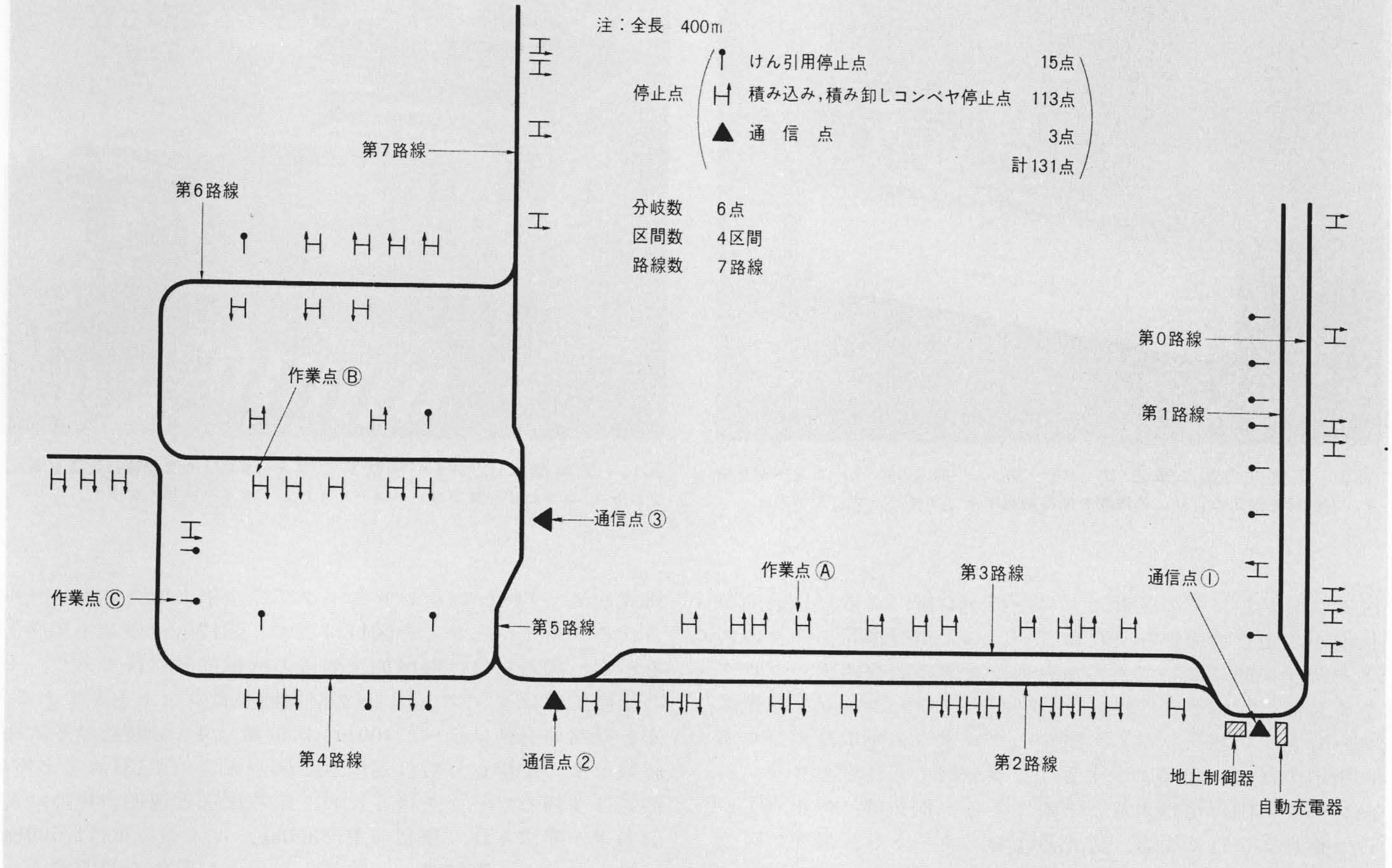


図12 完全無人搬送レイアウト プロセス コンピュータでコントロールされる「ホイバーサ」の走行径路を示す。

業の終了後，「ホイバーサ」は通信点③への走行を始め，通信点に至って自動停止し，通信機によって地上制御器に異常報告などのデータを送るとともに，作業終了を知らせる。地上制御器はこのデータに「ホイバーサ」からの通信点を示すデータを加え，電子計算機に送る。電子計算機は，データ端末から報告される作業情報をもとに次の作業を決定し，地上制御器，送・受信機を介して作業データを「ホイバーサ」へ送り，このデータの受信完了により「ホイバーサ」は次の作業を開始する。以上が全自動コントロール システムの例である。

6 主な特長

地上搬送ロボット「ホイバーサ」の主な特長をまとめて次に述べる。

(1) アルミニウム テープ，ステンレス テープの誘導帯を床面にはるだけの簡単，安価な工事で，多分岐複雑な径路の長距離搬送を無人で行なうことができる。

(2) 生産計画の変更に伴い，レイアウトを変える場合，アルミニウム テープ，ステンレス テープの誘導帯をはり替えるだけでよい。

(3) 誘導帯が汚れても，脱線，ミスカウントなどの誤動作が起こりにくい。

(4) 使用目的に応じ，システム構成でのレベル展開が自由にでき，作業員の指令に基づく走行から一切の人手を省く完全無人搬送まで幅広い応用が可能である。

(5) 前進，後進及び積載方式，並びに台車けん引方式に切換えが可能であり，更に地上の狭い場所でも走行し，空間にスペースのない生産現場の搬送機器として最適である。

(6) 地上を走行するため，重量物搬送に適する。

(7) レールなどを固定的に敷設することなく，更に専用通路を設けることなく，必要なときに必要な量をまとめて搬送するため，搬送スペースが小さく，搬送効率が高い。

(8) 路面にレール，溝，鉄板などの障害物があっても影響なく走行できる。

(9) 電源は台車に搭載されたバッテリーだけによるため，停電の場合でも，また電源設備のない所でも運転でき，更にエンジン音や排気ガスなど公害の心配がない。

(10) 台車の上面がフラットのため荷の積み込み，積み卸し作業が容易であり，更にコンベヤ，フォークなどの移載装置の取付けが容易である。

(11) 工業用ロボット，コンベヤ，自動倉庫用スタッカ クレーンなど他の搬送機器とシステム的に連結しやすい。

7 結 言

生産工場での付加価値を生まない搬送部門は加工部門の自動化に比べて立遅れをみせているのが現状である。

地上搬送ロボット「ホイバーサ」は，更にソフト面での充実を図ることにより他の搬送機器と連係をとり，この立遅れを解消し，更には無人化工場実現への夢を一歩進めてくれるものと信ずる。