

マイクロコンピュータによる自走運搬車のかじ取り装置

Hydraulic Transporter Steering System Using Microcomputer

自走運搬車をユニット化して、複数の自走運搬車を組合せによって積載容量を変え、効率的運用を行なうという構想は早くからあったが、そのかじ取り信号が機械式であったため、機構及び空間の制約によって実現しなかった。このたび日立製作所では、かじ取りの機械式信号をやめ、マイクロコンピュータを用いて、走行ユニットを独立して個々に制御し、単車及び重連で、前後、斜め、旋回という多様な走行姿勢が得られる自走運搬車のかじ取り装置を開発した。

かじ取りハンドルの回転を電気量に変換してマイクロコンピュータに入力し、各車輪に与えるべき転向量を演算して、ステッピングモータ(アクチュエータ)に出力して、かじ取り信号とするもので、今回70t積自走運搬車2両に搭載し、単独及び組合せ運転で、その性能が満足できることを確認した。

岩崎義治* Yoshiharu Iwasaki

高井正生* Masao Takai

田端博幸* Hiroyuki Tabata

田村直行* Naoyuki Tamura

1 緒 言

自走運搬車は、造船所での船こくブロックの運搬用として開発され、代表的な機種としては、80t積、120t積¹⁾、200t積²⁾、400t積³⁾及び750t積⁴⁾があり、構内の輸送合理化に役立てられている。

最近では、船こくブロックに加えて、化学プラントの塔槽及び関連機器、橋梁、陸上機械、電力機器などの、大形構造物重量品の運搬にも使用されてきている。

これらの運搬対象物は、寸法、形状及び重量が広範囲に点在しており、この運搬を可能とするために、幾種類かの荷台面積と、積載容量をもった自走運搬車が必要となる。

このような要求に対して、単車、あるいは複数の自走運搬車を前後・左右に自由に連結して一体の重連車両を構成することができれば、運搬対象物の形状及び重量に対して最適な

自走運搬車を得ることができ、合理的かつ安全な運搬が可能となる。

一般に、既設の工場では工場建屋レイアウトの関係で、道路幅などに制限がある。幅広の(又は縦長の)重連車両を円滑に運行させるためには、一般の自動車と同様の走行姿勢である正規走行に加えて、横走行、斜め走行、その場旋回の、各走行姿勢が自由に選択でき、かつかじ取りを行なって、運行道路に見合った走行をする必要がある。

各種重連車両で、数種類の走行・かじ取り姿勢を可能にしようとするれば、これに見合った種類の走行・かじ取り制御が必要となり、従来から用いられてきた機械式かじ取り装置では、多数の独立した制御リンク機構を備えなければならない。また、このリンク機構は、大きなスペースを必要とし、かつ機構が複雑なため、保守性が悪くなる。

このような障害を除くとともに、かじ取り制御数を大幅に増すために、制御リンクを廃止し、マイクロコンピュータ制御によるかじ取り装置を開発して、このたび、70t積自走運搬車に装備した。

2 70t積自走運搬車の概要

マイクロコンピュータ制御式のかじ取り装置をもった、70t積自走運搬車の外観を図1に、その主要諸元を表1に示す。

この自走運搬車は、2両を前後あるいは左右に連結して重連運転ができ、その運転操作はワンマンコントロール式である。正規走行、横走行、斜め走行及びその場旋回の4種の走行姿勢を選択して運用できるため、狭い場所での運搬が可能で、機動性に富んでいる。

単車での各走行姿勢を図2の(a)、(b)、(c)及び(d)に、単車・重連で利用できる走行姿勢の一覧を表2に示す。

また、図3に横重連走行での正規走行のかじ取り状態を、図4に縦重連での正規走行のかじ取り状態を示す。

これらの走行姿勢の選択は、簡単なボタン操作でかじ取り及び駆動制御が連動して行なわれるため、操作が容易である。

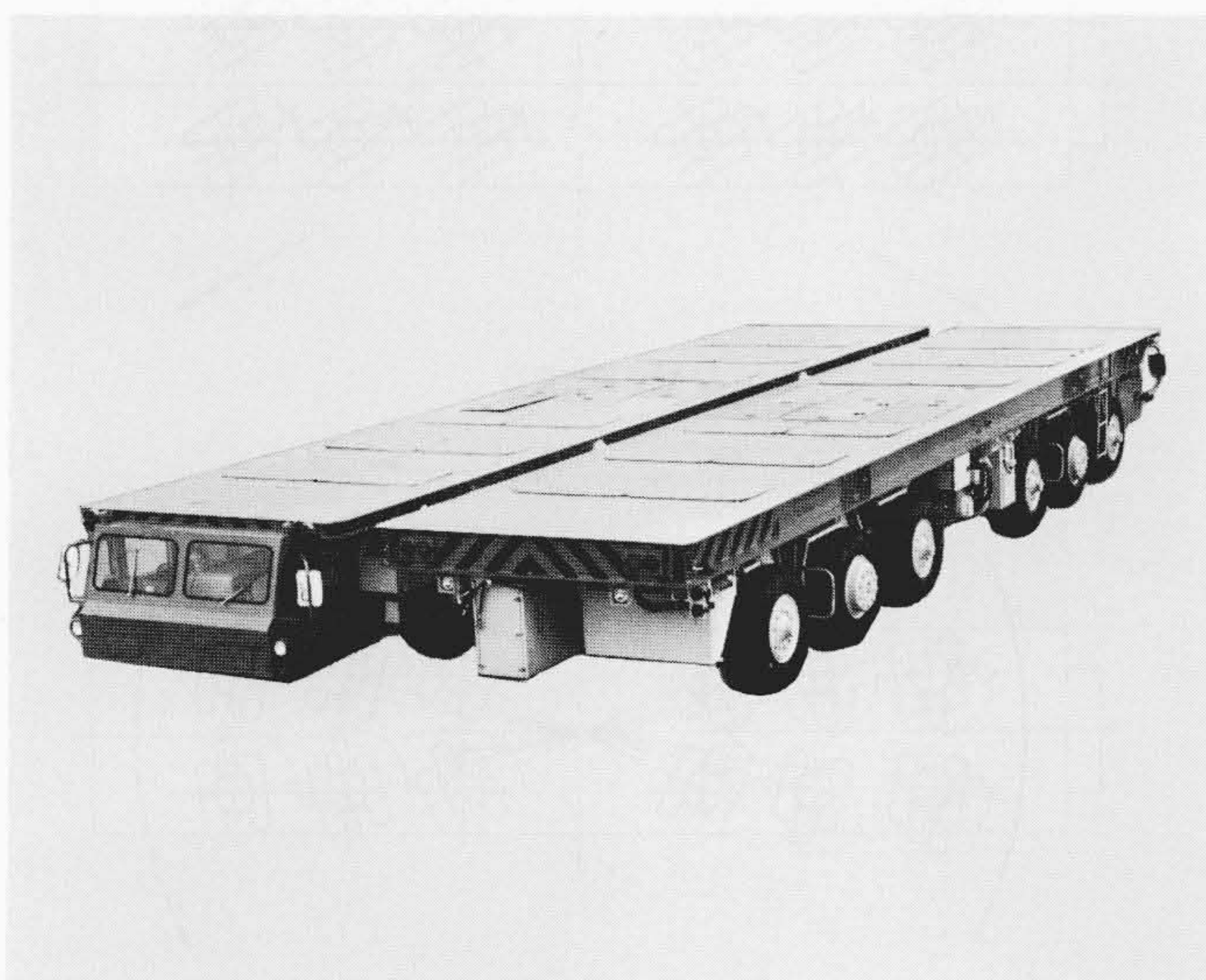


図1 70t積自走運搬車の外観 横に重連した場合で、どちらの運転室からもワンマンコントロールができる。

* 日立製作所笠戸工場

表1 70t積自走運搬車の主要諸元 かじ取り装置にマイクロコンピュータを使用している。

項 目	諸 元	70 t 積 自 走 運 搬 車
寸 法	全 長	約15,000mm
	荷 台 長 さ	14,500mm
	全 幅	3,000mm
	全高（空車時）	1,425～2,025mm
	全 軸 距	10,400mm
重 量	車 両 重 量	約28,000kg
	最大積載量	70,000kg
	車両総重量	約98,000kg
性 能	最 高 速 度	
	70t積載平坦路直進時	約10km/h
	空車時	約20km/h
エ ン ジ ン	形 式	水冷4サイクルV形 ディーゼルエンジン
	最大出力	177kW {240PS} / 2,200rpm
	搭載台数	1台
駆 動	形 式	油圧駆動
	ポンプ・モータ最高使用圧力	34.3MPa {350kgf/cm ² }
かじ取り装置	形 式	マイクロコンピュータ指令 によるパワーステアリング
	走 行 姿 勢	11モード（重連も含む）
走 行 装 置	第 2 , 5 軸	駆動軸
	第 3 , 4 軸	制動軸
	タイヤ形式	ニューマチックタイヤ
	タイヤサイズ×本数	11.00-20-14PR(I)×24
ブレーキ装置	サービスブレーキ形式	機械式内括式ブレーキ
	駐車ブレーキ	スプリングブレーキ
懸 架 装 置	形 式	油圧ジャッキ兼用 油圧イコライズ式
	ジャッキストローク	600mm

表2 車両の組合せと可能な走行姿勢 輸送物の大きさ、方法により
車両を組み合わせて走行姿勢を決め、走行する。

組 合 せ	正規走行	横 走 行	斜め走行	その場旋回
単 車 時	○	○	○	○
横重連時	○	○	○	○
縦重連時	○	○	○	×

注：記号説明 ○(走行可能), ×(走行不可能)

3 マイクロコンピュータ制御式かじ取り装置

マイクロコンピュータ制御のかじ取り装置は、図5に示すようなもので全体が構成されており、その電気制御回路の概略は図6に示すとおりである。走行ユニット数及びマイクロコンピュータユニットの仕様などを除き、小形から大形の自走運搬車に至るまで、基本的には、この全体構成がそのまま適用できる。

このかじ取り装置の作動内容は、概略次に述べるとおりである。

まず、操作盤で、横重連車両で正規走行姿勢などの、かじ取りモードを選択して指定する。このかじ取りモードは、PI/O(入出力インタフェース)を経てCPU(マイクロコンピュータ内の中央処理装置)に入力される。

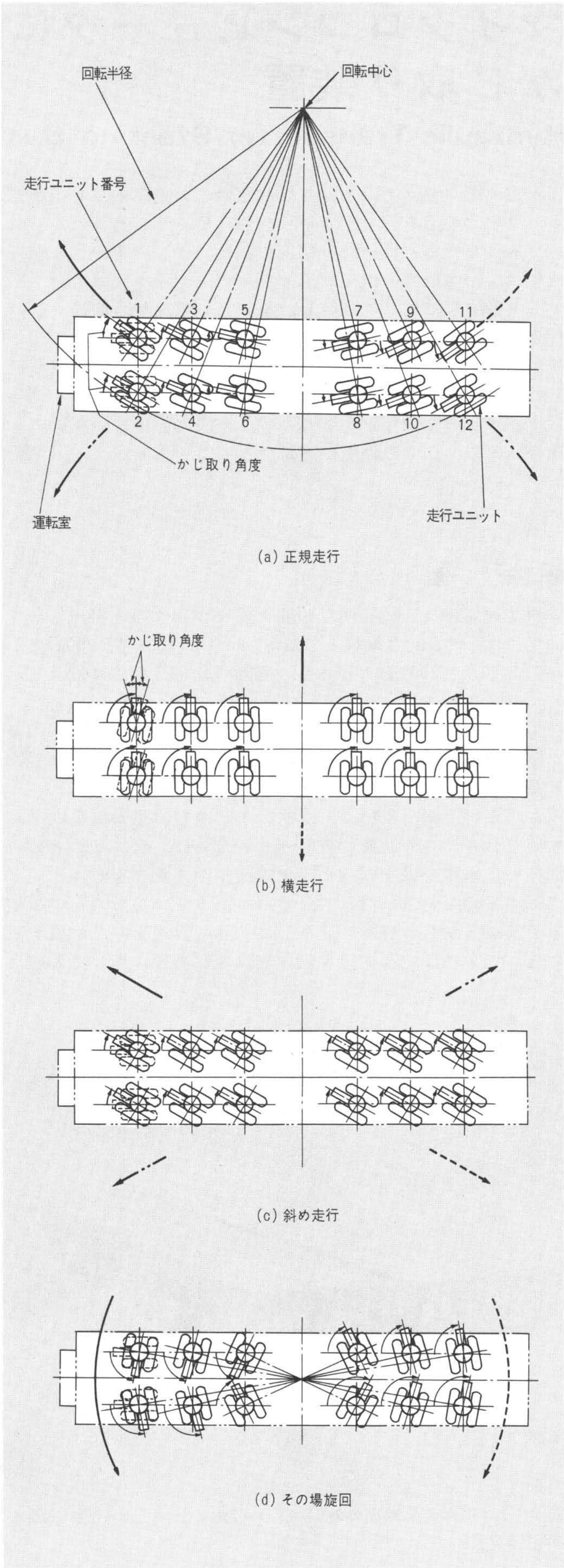


図2 単車の走行姿勢 正規走行、横走行、斜め走行及びその場旋回が自由に選べ、道路条件に合った走行が可能である。

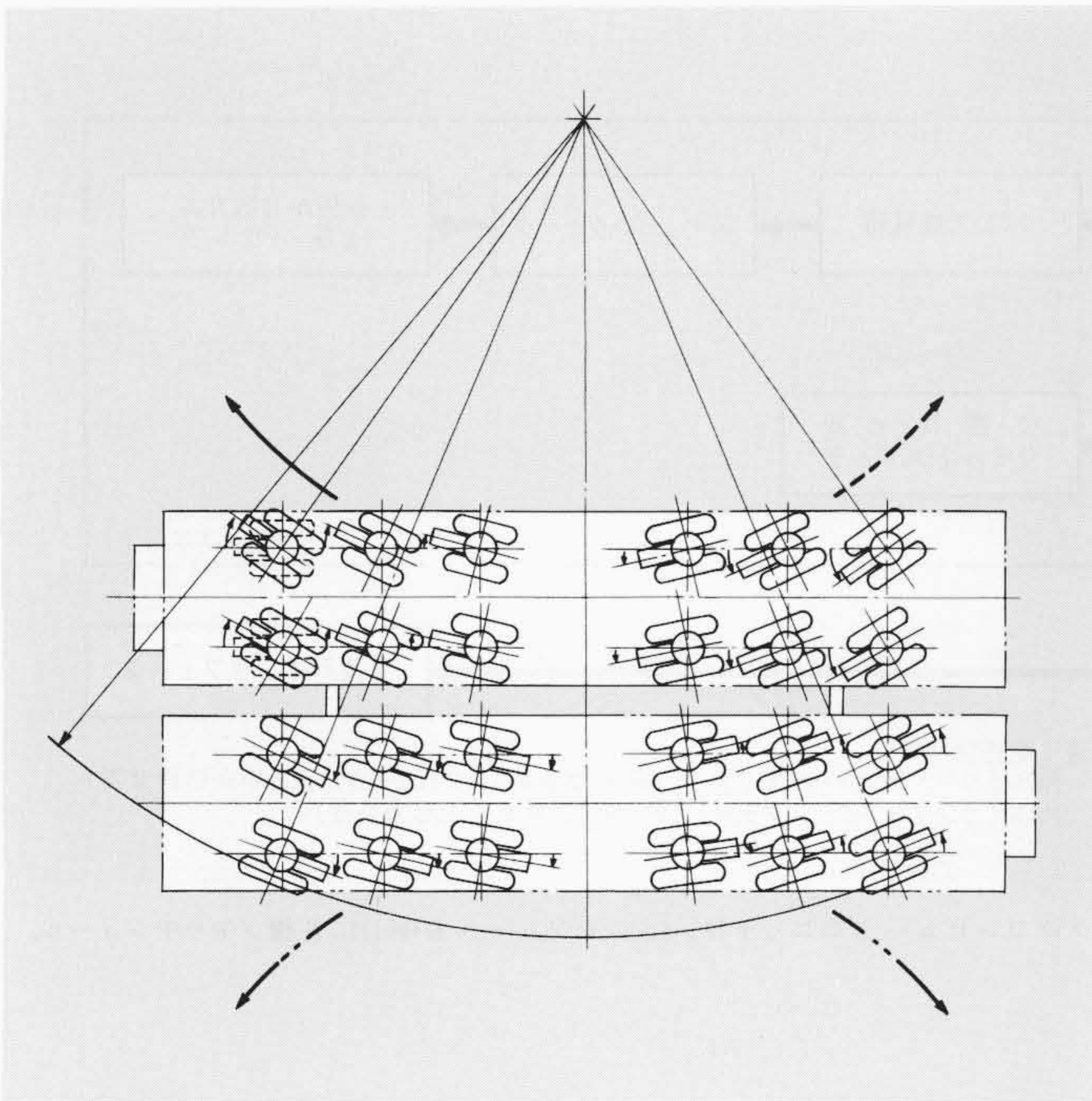


図3 横重連の走行姿勢(正規走行) 単車と同様、横走行、斜め走行及びその場旋回ができる。

次にかじ取りハンドルを操作する。ハンドルの回転量は、ロータリエンコーダによって電気信号に変換され、PI/Oを経てCPUに入力される。CPUは、指定されたかじ取りモードとハンドル回転量とを基礎にして、各走行ユニットの所要かじ取り角度を演算し、パルス制御器へ制御信号を出力する。かじ取り角度は、微少時間ごとに演算処理が行なわれて出力されるため、運転中に瞬間的に変化するハンドル操作量に対して、常にハンドル操作量に対応した制御量がパルス制御器へ出力されており、応答性の良い制御となっている。

パルス制御器から出力されたパルスは、各走行ユニットの中央部に設置されたステッピングモータへ伝達され、パルス

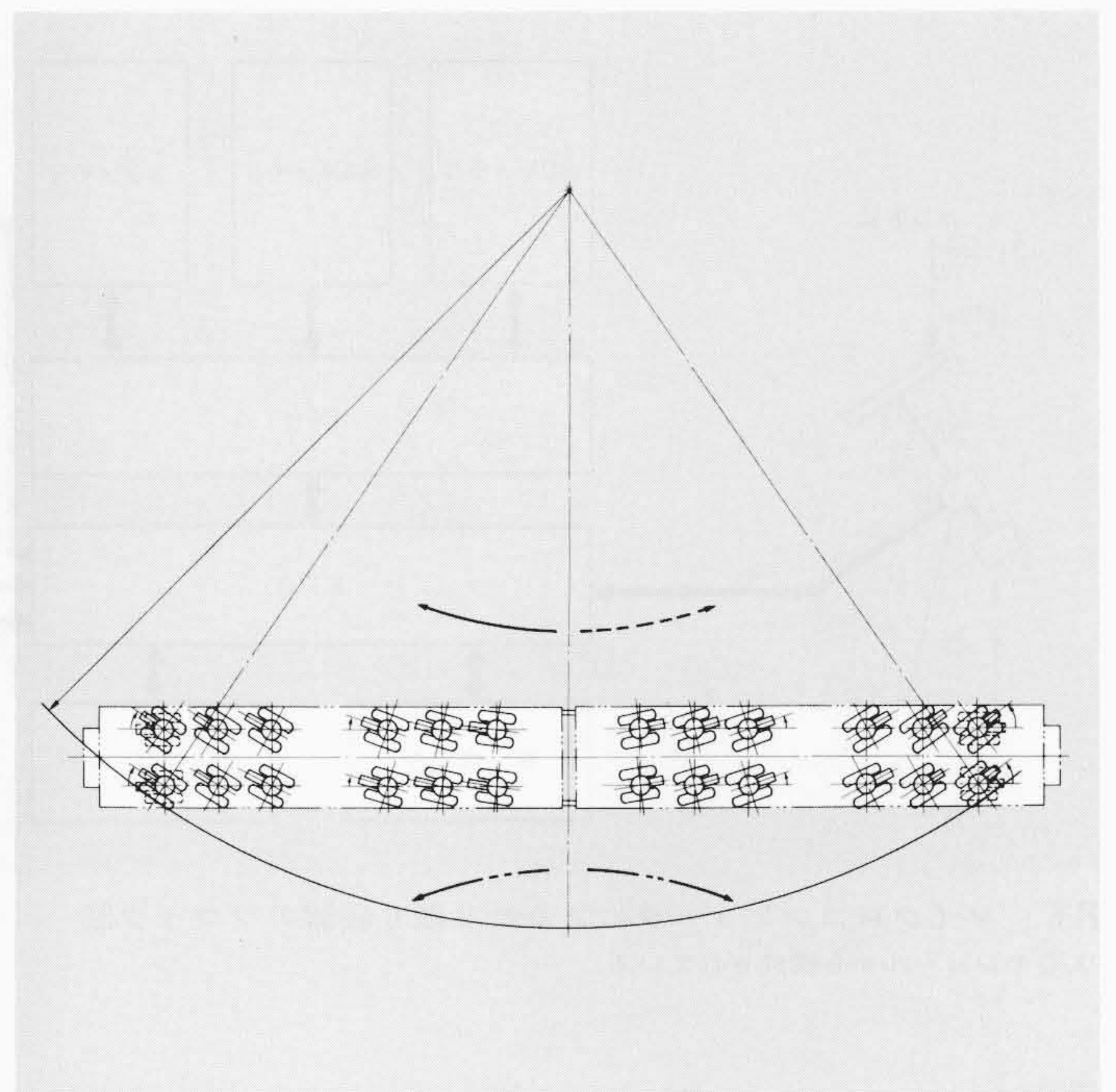


図4 縦重連の走行姿勢(正規走行) 正規走行以外に横走行，斜め走行ができる。

の量に応じてモータが回転する。モータの回転量は、減速機とリンクを経て油圧のかじ取り弁を操作して、かじ取り用油圧シリンダへ油圧が供給されてパワーステアリングが行なわれる。

図6の制御電気回路で、車両制御リレーは、姿勢変換中などでは、駆動系統が動作しないように、インタロックを行なうためCPUと結ばれており、安全性を確保している。重連用インタフェースは、重連時に相手側車両とのかじ取り状態を授受する制御信号で、重連状態で連結車両相互は、完全に同期してかじ取りが行なわれる。走行ユニットに設置の位置決め用リミットスイッチは、走行ユニットが実際に回転した

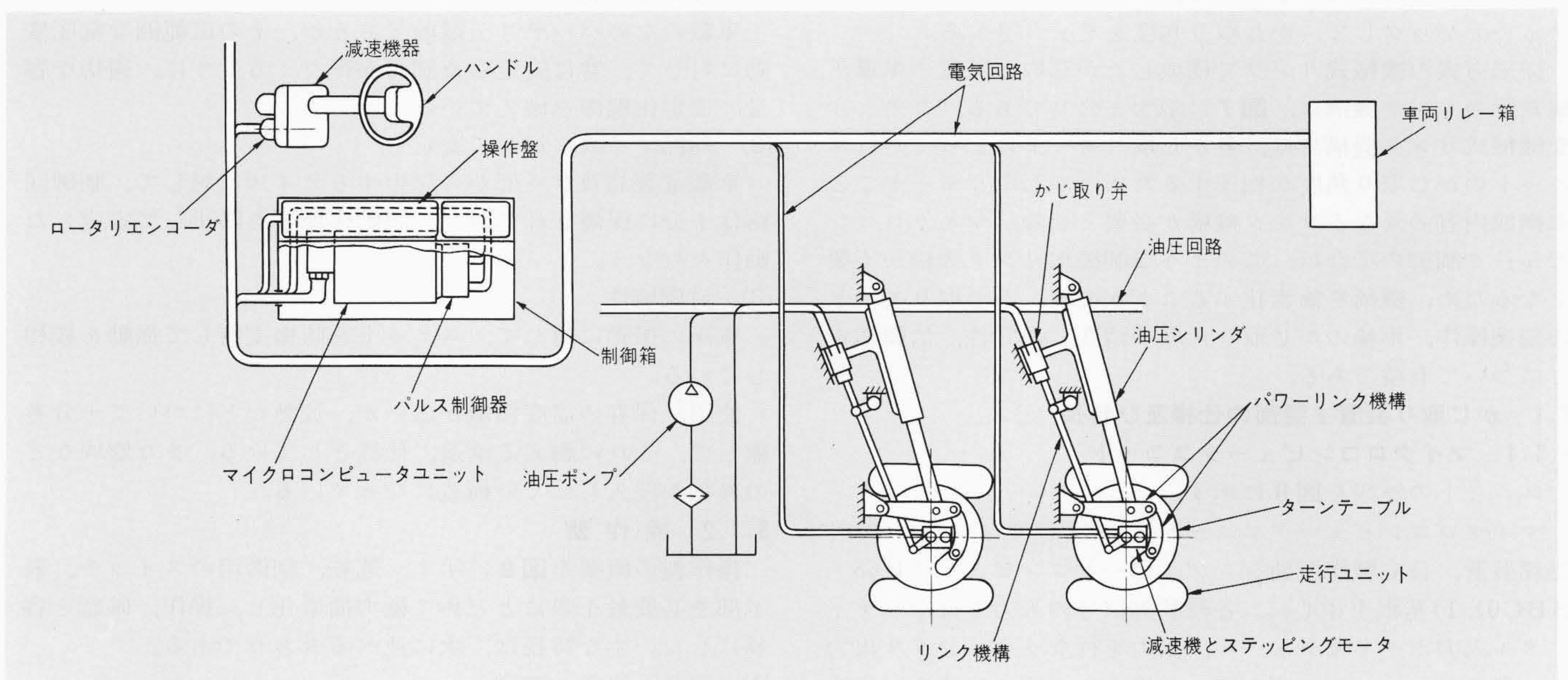


図5 かじ取り装置の構成図

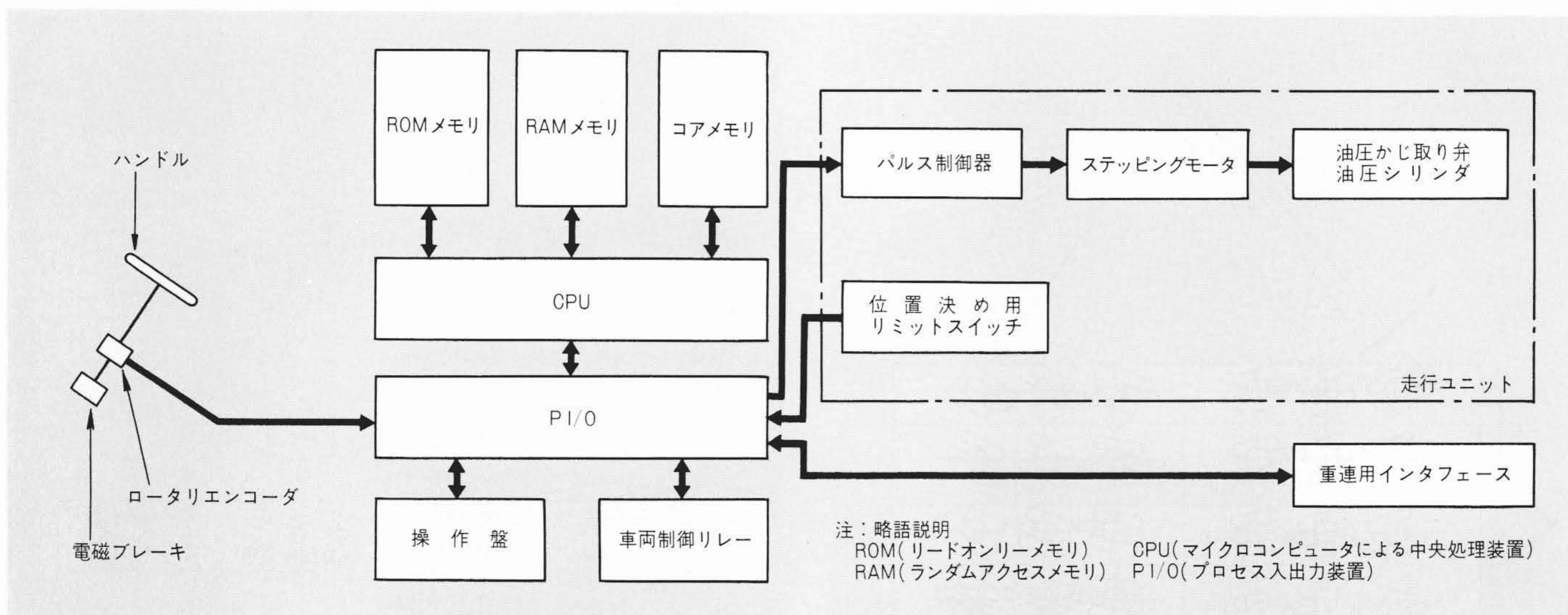


図6 マイクロコンピュータによるかじ取り装置のブロック図
マイクロコンピュータユニットは、CPUモジュールを中心に各種メモリモジュール、P.I/Oモジュールから構成されている。

マイクロコンピュータユニットは、CPUモジュールを中心に各種メモリモジュール、P.I/Oモジュールから構成されている。

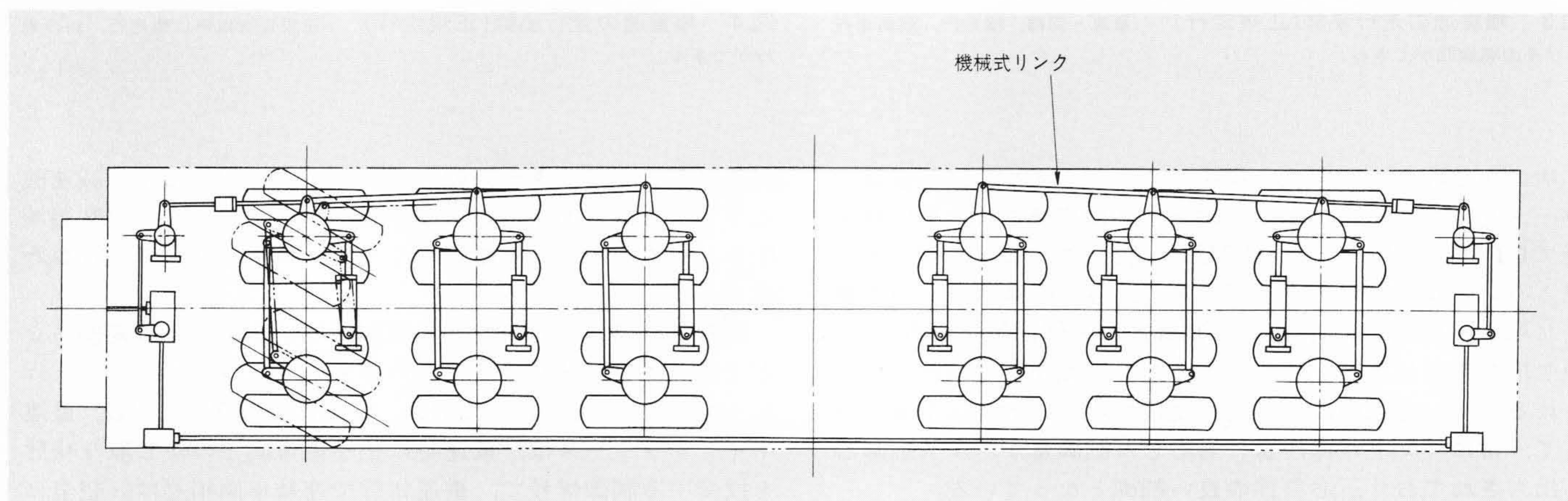


図7 機械式リンクによる構造図(正規走行)

走行姿勢に応じて図示のようなリンクを多段に構成し、切り換えて必要なかじ取りを行なう。

量を検出するためのスイッチで、実かじ取り角度をCPUにフィードバックして、かじ取り角度をチェックする。

従来方式の機械式リンクで構成したかじ取り装置の単車正規走行のリンク機構は、図7に示すとおりである。このような機械式リンク機構では、各かじ取りモードによって走行ユニットのかじ取り角度が相違するため、かじ取りモードごとに構成内容の異なるリンク機構が必要となる。マイクロコンピュータ制御の場合は、このような制御用リンク機構が不要となるため、機構を簡素化することができ、かじ取りモードの変換操作、車輪のかじ取り角度の精度、保守性、信頼性などについて有益である。

3.1 かじ取り装置主要部の仕様及び特長

3.1.1 マイクロコンピュータユニット

ユニットの外観を図8に示す。

マイクロコンピュータユニットは、CPUモジュール(中央処理装置、日立製作所製シングルボードコンピュータH68-SBC01-1)基板を中心に、各種制御信号の入力を行なうデジタル入力ボードモジュール、出力を行なうデジタル出力ボードモジュール、電源を切った場合に車両の状態を記憶するコアメモリボードモジュールなどから構成されている。このユニットの主な特長は、次に述べるとおりである。

(1) 安定した制御性

車載のためバッテリー電源であるが、その広範囲な電圧変動に対して、常に安定した制御が行なえるように、適切な容量の安定化電源を備えている。

(2) 外部ノイズに対して安定

車載電装品及び外部から発生するノイズに対して、制御回路は十分に保護されており、誤動作などを防止して安定した動作を行なう。

(3) 耐環境性

車両の振動に対して、ユニットを防振支持して振動を緩和している。

使用、保存の温度領域が広いが、放熱などについて十分考慮して、これに耐える構造、仕様としている。また塵埃などの異物が侵入しにくい構造になっている。

3.1.2 操作盤

操作盤の概要を図9に示す。運転、制御用のスイッチ、表示部を必要最小限にとどめて極力簡素化し、操作、確認を容易にした。主な特長は、次に述べるとおりである。

(1) 容易な操作、確認

通常の運転操作は、各種走行姿勢でのかじ取りモード選択スイッチを押すだけでよい。また、このスイッチは表示部を

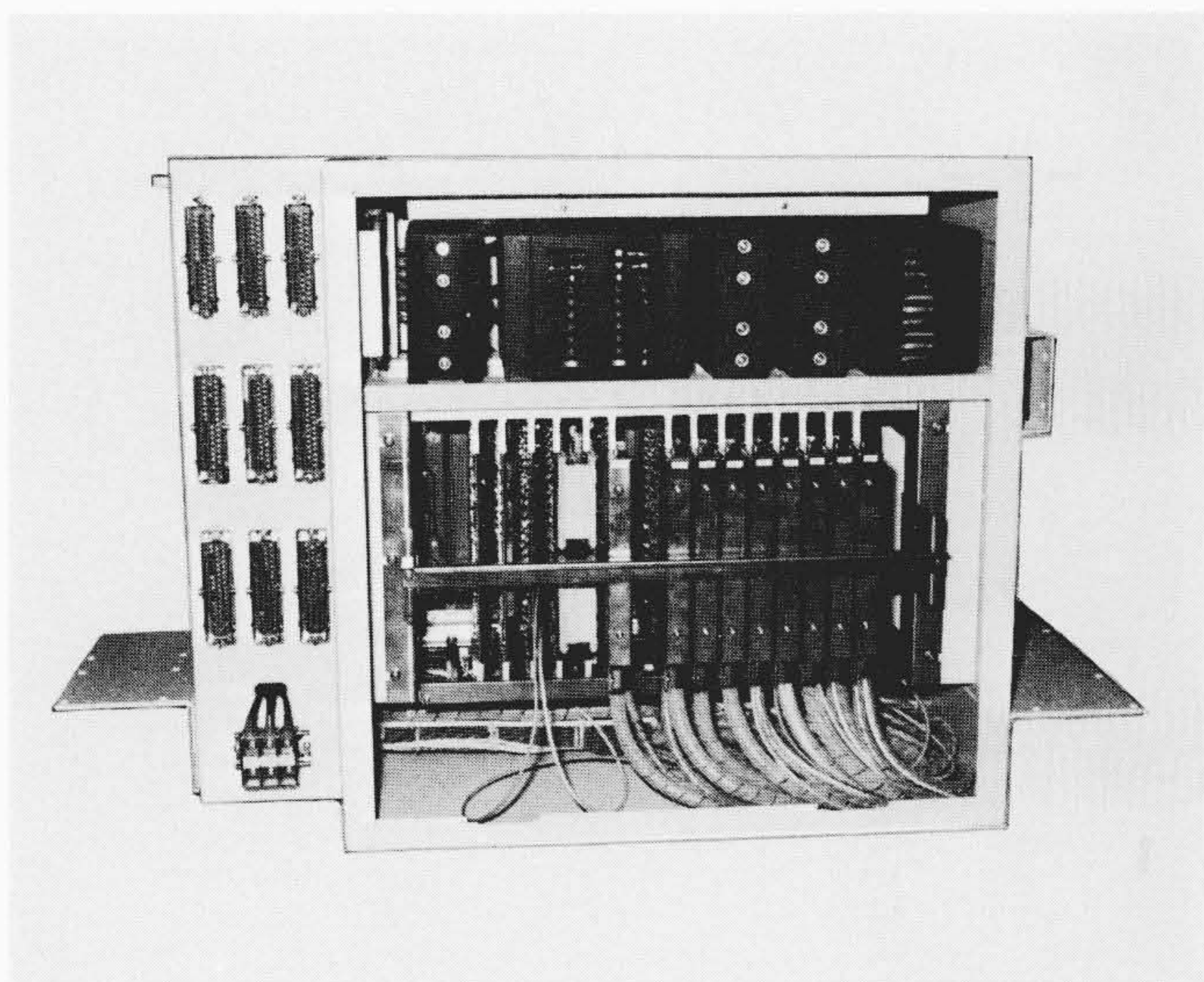


図8 マイクロコンピュータユニットの外観 前面ふたを取り外した状態を示し、車両へは防振支持して取り付け。

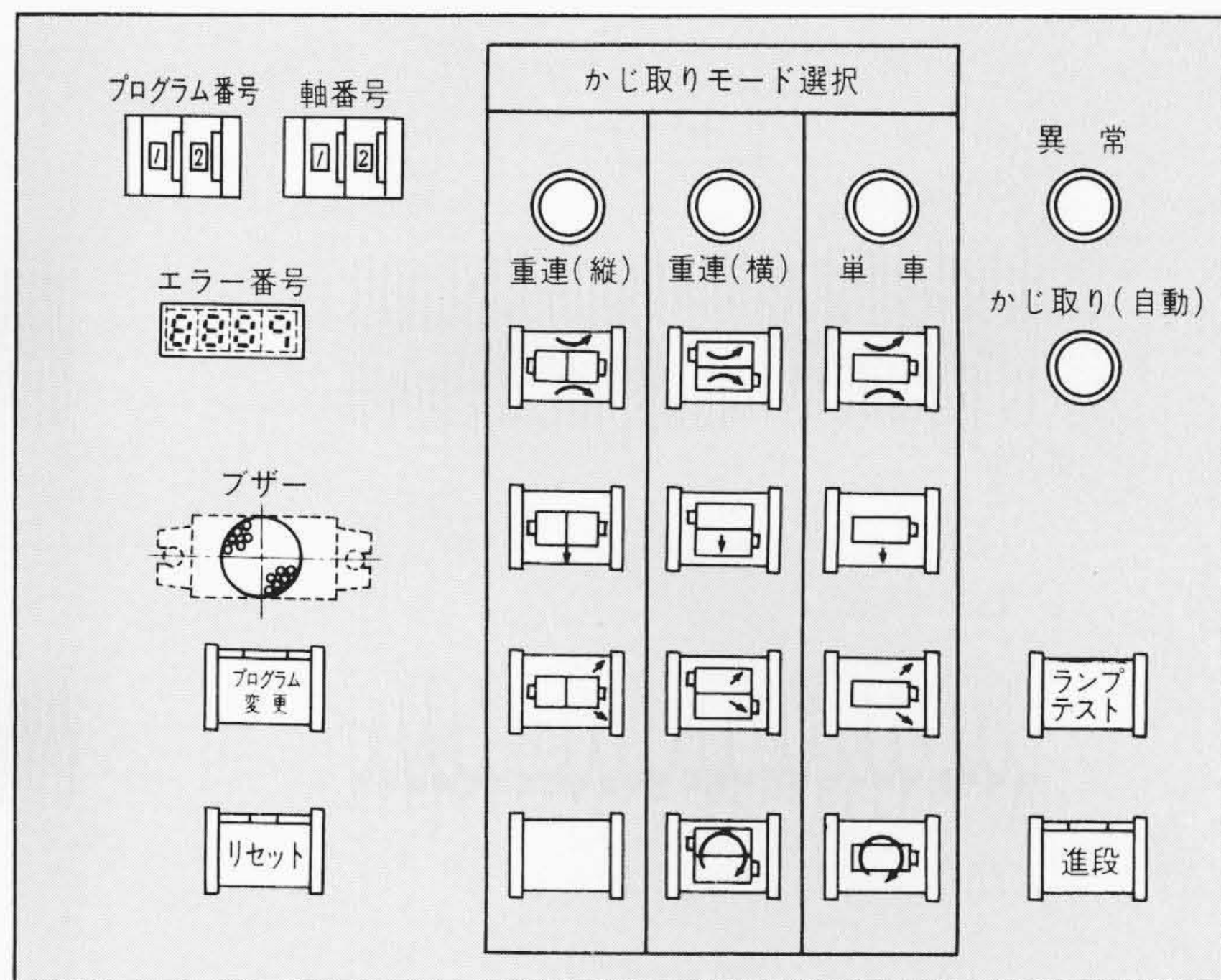


図9 操作盤のパネル図 車両の組合せに応じ、走行姿勢をかじ取りモード選択スイッチに図示している。

も兼ねており、指定かじ取りモードが常に確認できる。

(2) 容易な点検

点検などを行なう場合に、軸番号指示器により該当走行ユニットの番号を入力し、またプログラム番号指示器によって、点検内容に該当するプログラム番号を入力すれば、走行ユニットごとの実かじ取り角度の確認、動作チェック、ハンドル動作の確認などが容易、かつ迅速にできる。

(3) 容易な故障診断

エラー番号表示部に、故障内容を示す番号が表示され、入力部、出力部などの故障箇所を短時間に知ることができる。

3.1.3 かじ取り装置出力部及び走行ユニット

図5に示すように、ステッピングモータの作動によってかじ取り弁が切り換えられて油圧シリンダを作動させ、このシリンダの動きにより走行ユニットのターンテーブルが回転す

る。ステッピングモータが停止すると、機械的なフィードバックによりかじ取り弁は中立位置となり、かじ取りの動作が完了する。これは、一般自動車と同様の位置制御形パワーステアリングで、正確なかじ取りを行なうことができる。

3.2 ソフトウェア

ソフトウェアの全体構成を図10に示す。かじ取りの諸条件を決定する項目類、例えば、走行モード入力タスク、ハンドル角入力タスクなどが用意され、これらの各タスクは、操作盤、ロータリエンコーダなどに対する入出力信号を制御している。制御タスクは、これらの各タスクを管理して、ハンドルと走行ユニットのかじ取り動作を同期制御している。

主要な制御内容は次に述べるとおりである。

(1) 単車、重連、停止など、車両の状態を入力してチェックし、かじ取りモード入力によって、このモードをセットする。

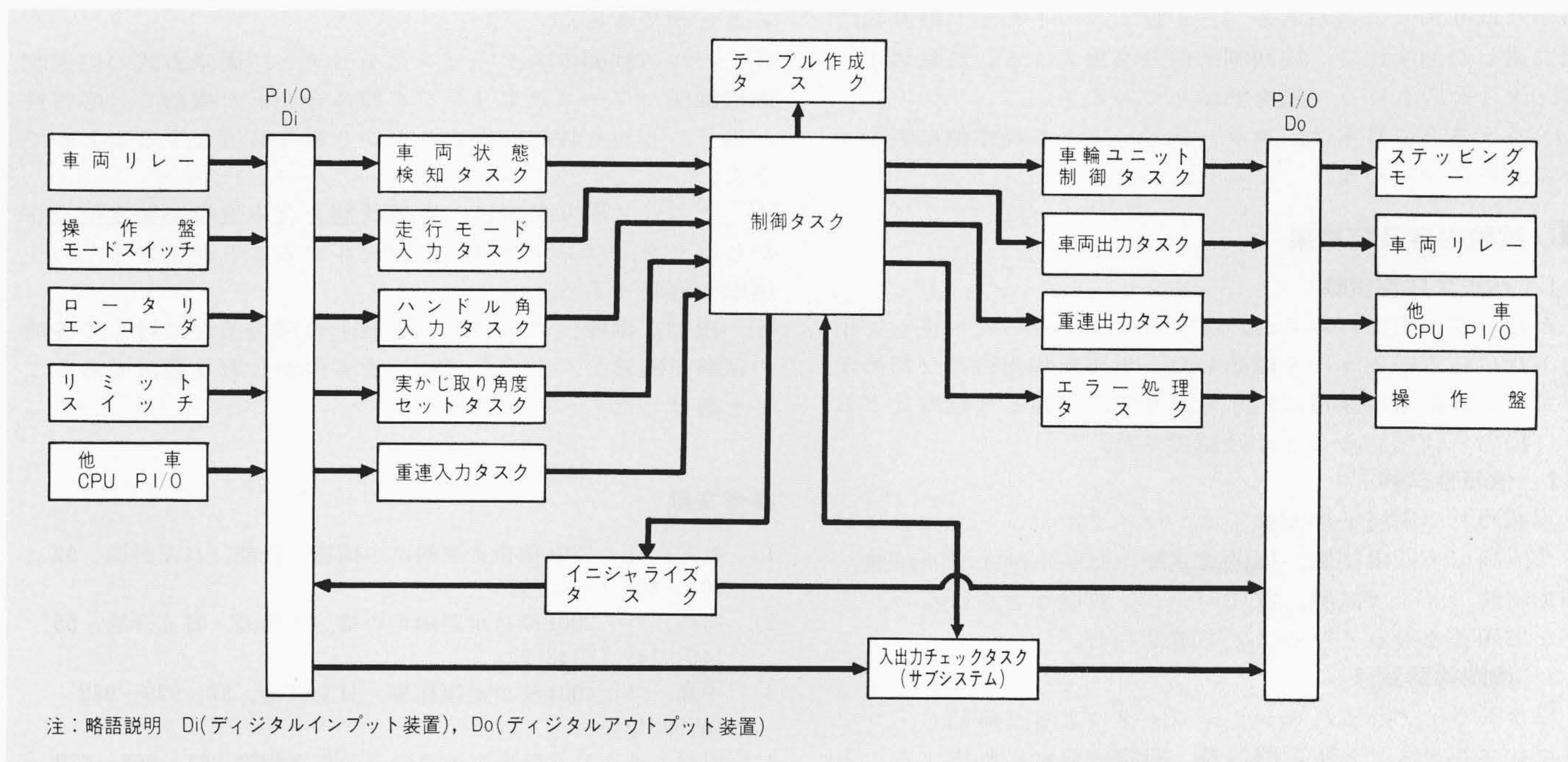


図10 ソフトウェアの構成図 ソフトウェアは、各入出力に対応して機能別にサブルーチン化され、制御タスクで各タスクを制御している。

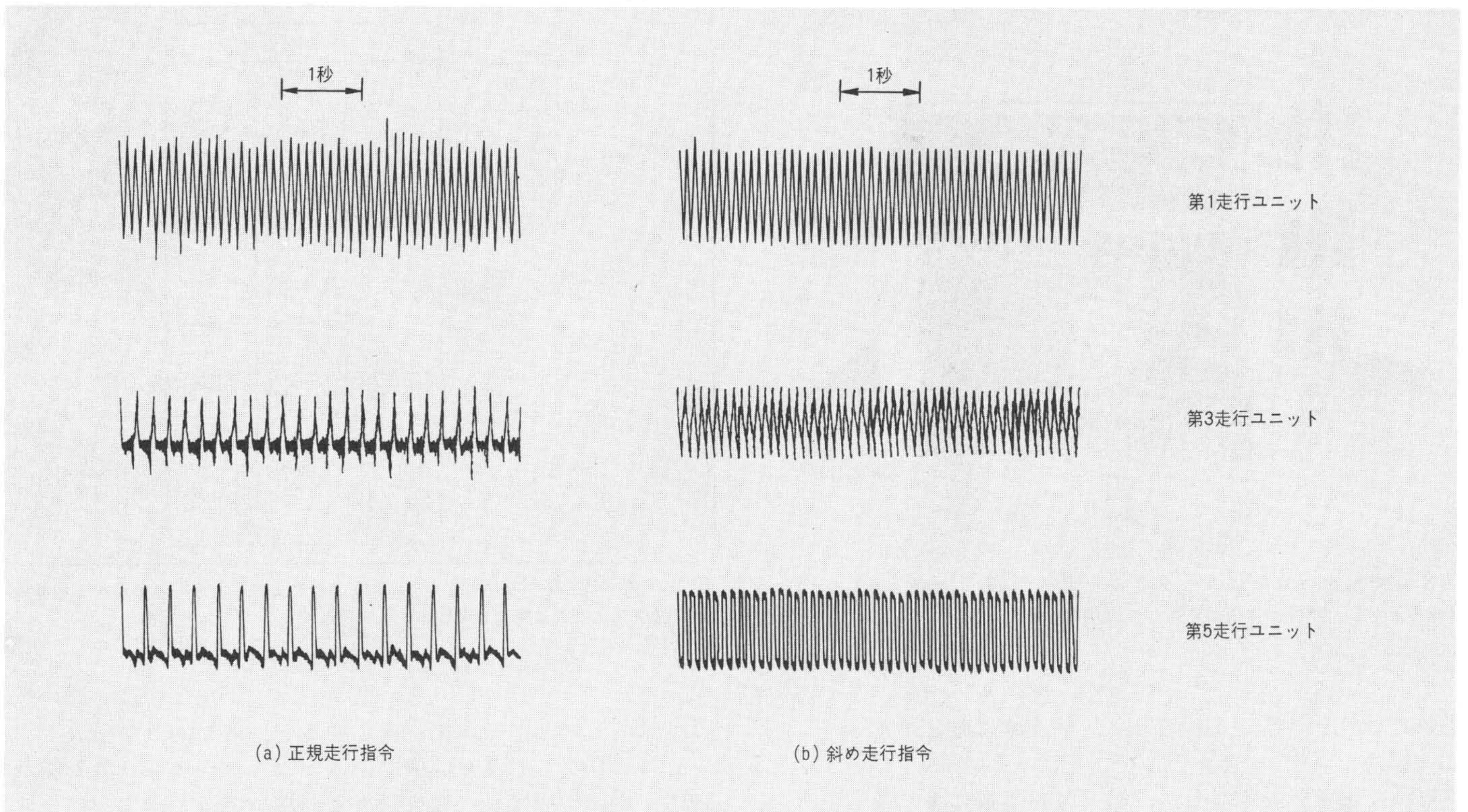


図11 マイクロコンピュータからステッピングモータへのかじ取り指令パルス 走行姿勢により各走行ユニットへのパルス指令比が決定される。

重連時は、他車側コンピュータから、その車両の設定条件を自車側コンピュータへ入力して、設定条件をチェックする。

(2) 入力されたかじ取りモードによって、各走行ユニットの所要かじ取り角度を決定する目標値テーブルを作成する。

(3) 入力されたハンドル角度を読み込み、微少時間周期でかじ取り角度の目標値と実かじ取り角度とを比較して、走行ユニットの旋回指令を出力する。正規走行では、各走行ユニットのかじ取り角度が大幅に異なるため〔図2(a)正規走行に示すように先頭側と車体中心寄りの走行ユニットでは、約3倍のかじ取り角度の差がある。〕、走行ユニットのかじ取り角度比に適した速度比で、旋回制御信号を出力する。これによって、タイヤのスリップ量を低減している。

(4) 各タスクの異常は、エラー番号によって操作盤に表示するようになっている。

4 試験内容及び結果

4.1 パルス応答試験

かじ取りの出力パルスが、ステッピングモータへ正しく出力されているかどうかを確認した。単車正規走行及び斜め走行での試験結果は図11に示すとおりで、設定した速度比どおりに出力されていることが確認できた。

4.2 信頼性試験

車載のため環境条件が厳しく、マイクロコンピュータに対して、高温・低温試験、極低温試験、ヒートサイクル試験、振動試験、ノイズ試験、電圧マージン試験などを行ない、十分な信頼性をもっていることを確認した。

4.3 機能確認試験

ソフトウェアの流れをシミュレータによって確認し、ソフトウェア各タスクと関連機器が、設定どおりに動作することを確認するとともに、実機によって機能確認を行なった。

5 結 言

以上を要約すると、

- (1) かじ取りの入出力信号をデジタル化して、マイクロコンピュータによって制御する信頼性の高い自走運搬車かじ取り装置を開発した。
- (2) このかじ取り装置は、多数の走行ユニットのかじ取りを独立して制御することができ、正規走行をはじめとし横走行、斜め走行、その場旋回などの多種のかじ取りモードを制御することができる。
- (3) パルス制御のステッピングモータと、従来方式の位置制御形油圧パワーステアリングを組み合わせた機構で、応答性が良く、しかも性能が安定したかじ取り装置とすることができた。
- (4) このかじ取り装置は、重連状態を含み走行姿勢変換及びかじ取りを、ワンマンコントロールすることができるため、運転が容易である。
- (5) 振動、温度、ノイズなど車載上の環境条件に対して各種の試験を実施し、十分な信頼性をもつかじ取り装置であることを確認した。

参考文献

- 1) 坂井，外：120t積自走運搬車の構造と性能，日立評論，52，803～808（昭45-9）
- 2) 岩崎，外：200t積自走運搬車の構造と性能，日立評論，55，145～149（昭48-2）
- 3) 中島，外：400t積自走運搬車，日立評論，57，979～982（昭50-11）
- 4) 田村，外：日立新形自走運搬車，日立評論，61，665～670（昭54-9）