

# 4WD車用シャシ ダイナモメータ

## Chassis Dynamometer for Four Wheel Drive Vehicle

近年、自動車メーカーは、競って4WD車の開発に非常に力を入れている。4WD車は高い走行性能が得られる反面、方式によってはブレーキング現象が発生したり、エネルギーロスや騒音の増加、コスト高などの欠点がある。ここで4輪に独立した負荷を与えて、これらを究明、改善できるようにした室内の試験設備である4WD車用シャシ ダイナモメータを開発した。本設備は走行路面に相当する4台のロードホイールに、車両が発生する駆動力を吸収する動力計を各々備え、試験条件に合わせて制御するものである。これによって、従来できなかった曲線走行、摩擦係数の異なる走行状態の再現テストが可能になった。

柳川 衛\* *Mamoru Yanagawa*伊藤二郎\* *Jirō Itō*

### 1 緒 言

シャシ ダイナモメータは、室内で車両の走行状態を再現する試験設備である。車両が路上を走行するときに受ける抵抗は、タイヤと路面間で発生する転がり抵抗、坂道を上下するときのこう配による抵抗、車両前面に受ける風による抵抗、及び加速したりブレーキをかけるときに受ける慣性抵抗があり、車両はこれらに打ち勝って走行する。シャシ ダイナモメータは、これらの抵抗を機械的及び電氣的な手段により精度よく再現するものである。この設備の基本構成と機能は、走行路面に相当するロードホイール上に車両のタイヤが載り回転走行し、車両の回転力で回転したホイールにはその回転力を吸収するための動力計を継ぎ、前述した抵抗力を発生して車両に走行状態の負荷を与えるものである。ここで車両自身はシャシ ダイナモメータ上で静止しているため、エンジン、タイヤ、トランスミッションなどを冷却するための各種ファンを備えている。車両が路上を走行するときに受ける抵抗条件を、車速に応じてあらかじめシャシ ダイナモメータ側に与えておき、通常ドライバーの操作により車両を運転し各種のテストを行う。また、モードテストのように時間、走行距離を忠実に運転する場合や長時間連続して運転するときなどは、車両内に設置した自動運転機器によりアクセル、クラッチペダル、トランスミッションシフトレバー、ブレーキペダルなどを遠隔で操作し、無人で運転する場合もある。

シャシ ダイナモメータのような室内の台上試験方法は、試験効率を上げること、新車開発などでの機密の保持ができること、テスト時の安全性が確保できることなどから広く普及している。

### 2 構成、機能

1章では、シャシ ダイナモメータの一般的な概要について述べた。本章では最近開発した4輪駆動車(以下、4WD車と言う。)をテストできる設備について紹介する。

#### 2.1 機械装置

図1に装置の全体を、表1に主な仕様を、図2にその外観を示す。4WD車をテストするためにロードホイールを4個設け、ドラム間は電磁クラッチで連結した。各々のロードホイールにはそれに対応した直流電気動力計を直結し、大きく分けると4個のユニットで構成している。タイヤとドラム間に発生する駆動力の測定は、動力計に付けたロードセルの出力を計測、演算する方式とし、従来の軸トルクメータを除いている。また、図1の左側の動力計には電磁クラッチを介して、前、後輪のロードホイールを機械的に連結するためのベベル変速機を設けている。このような構成を採っているため、4個の電磁クラッチの継ぎ方により試験条件に合わせて4輪完全独立、前輪、後輪単位の独立及び4輪直結の条件が選択できる。もちろん、この電磁クラッチは遠隔操作で入、切できるものである。また、通常機械式フライホイールを用いて車両に慣性抵抗を与えるが、車両がテスト中、低摩擦路面に入ったときタイヤ回りだけの極端に小さな慣性量にすばやく制御させる必要があるため、本設備では電気慣性方式で与えることにした。

この結果、先の軸トルクメータとフライホイールの削除により従来方式に比べて軸方向の長さを約 $\frac{2}{3}$ にすることができた。車両のホイールベースに合わせてロードホイール間距離を調整する方法は、後輪ロードホイール装置を走行レール上に設置し、押しボタンスイッチの操作だけで容易に行うことができるようにしている。本装置の機械部分は床下に設置しているため、床面にはピットカバーを用いて車両の搬出入、各種作業に支障がないようにしている。前記のホイールベースの変更で、ロードホイールが移動する動作に合わせて、本カバーも一緒に自動的に伸縮できる構造とした。エンジン冷却ファンは長時間連続テストを行っても十分車両を冷却できる能力を持っており、車速と連動させて風速の制御をしてい

\* 日立製作所土浦工場



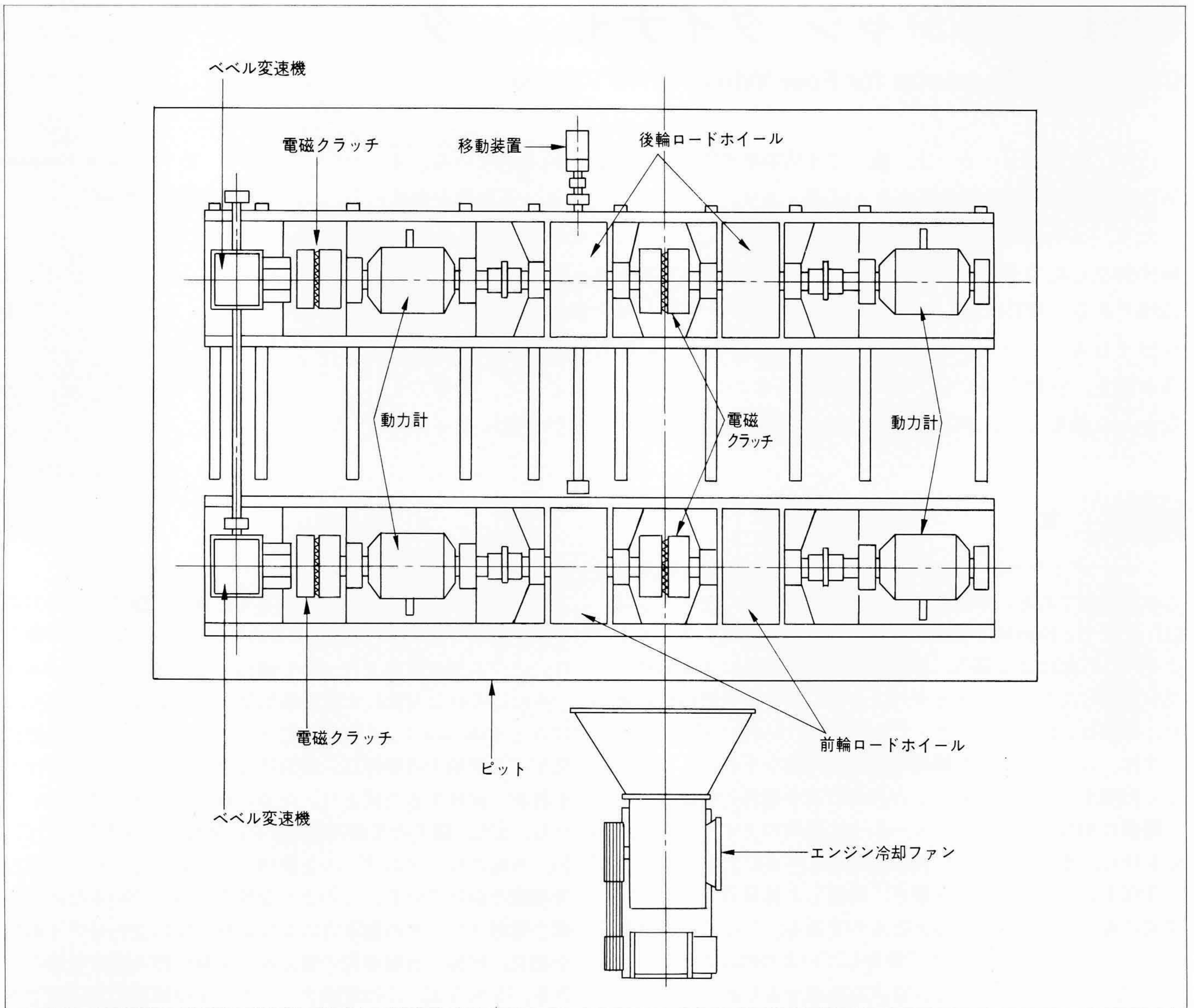


図1 4WD車(4輪駆動車)用シャシ ダイナモメータ シャシ ダイナモメータの平面を示し、後輪ロードホイールが車両のホイールベースに合わせて移動できる。

表1 4WD車用シャシ ダイナモメータの主な仕様 今回開発した4WD車用シャシ ダイナモメータの主な仕様を示す。

項目	仕様
試験車両の種類	4WD車, 2WD車(FF車, FR車)
試験車両軸重	最大 2,000kg
試験車両ホイールベース	1,300~3,000mm
試験速度	最高 200km/h
ロードホイール	外径 1,061mm 材質 アルミ溶接製
動力計	75kW直流電気動力計 4台
慣性補償	電気慣性方式 10kgごとに調整可能

注：略語説明 FF車(フロントエンジン フロントドライブ車), FR車(フロントエンジン リアドライブ車)

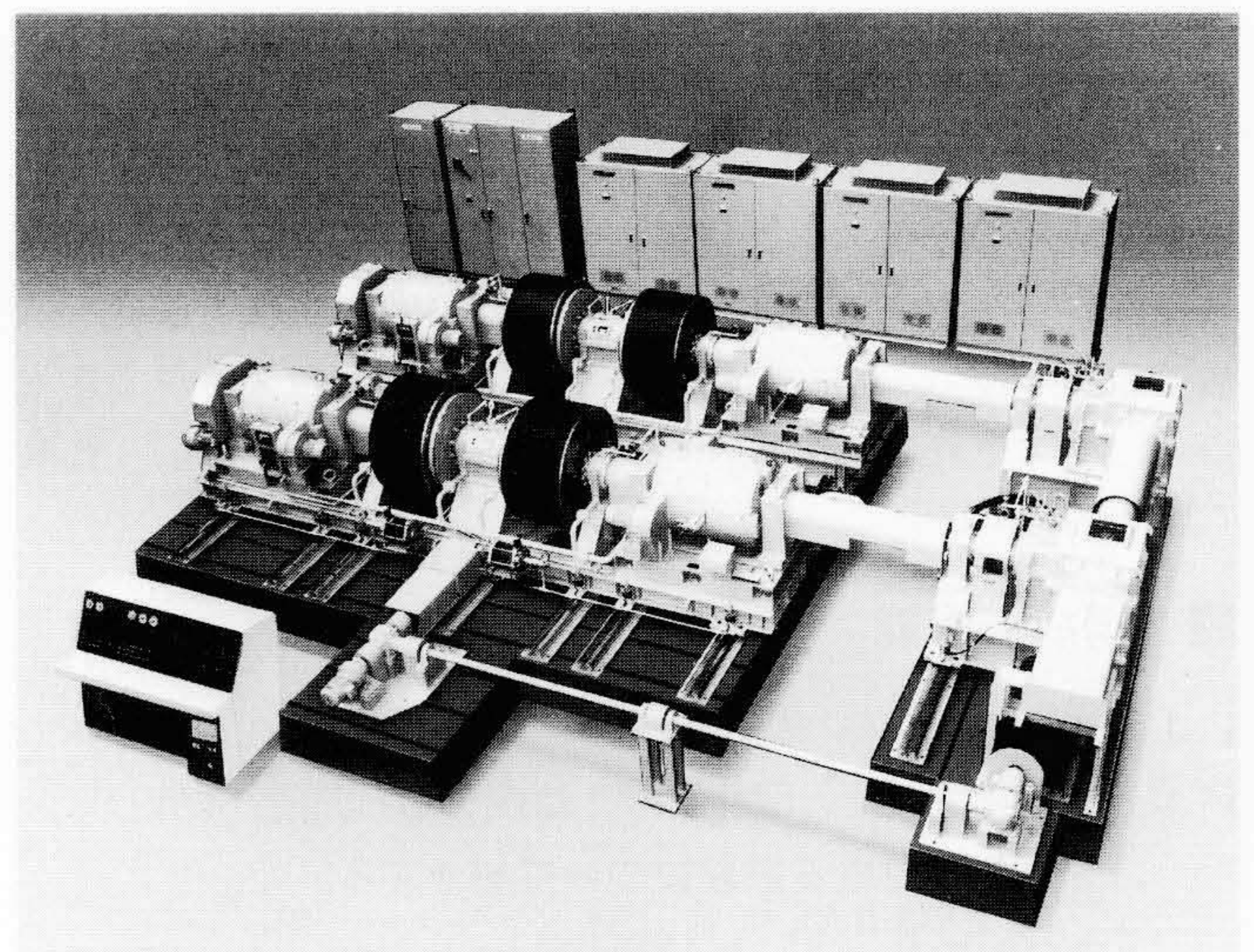


図2 4WD車用シャシ ダイナモメータの外観 仮置きした外観を示す。ここに見える制御盤は電気室に、操作盤は計測室に設置する。



るため路上走行時の風の状態が再現できるようにしている。また、車両の大きさに合わせてエンジン冷却ファンは前後に移動できるようになっている。

## 2.2 制御装置

図2に示すように、制御装置は4台の動力計の主制御をつかさどるサイリスタレオナード盤、各々の動力計を相互に関連性を持たせて制御する4WD制御盤、種々の補機電動機、バルブなどを制御する補機制御盤、及び装置全体を運転操作するための操作盤から構成している。ここで動力計が必要な基本制御について説明する。ASR(定速度制御：負荷の大、小に関係なく、常に一定の回転速度になるような速度制御)、ATR(定トルク制御：速度の変化に関係なく、常に一定の負荷になるようなトルク制御)及びALR(走行抵抗制御：速度の変化によって負荷が路上走行時と同じになるような走行抵抗制御)方式があり、これらの制御方式を選択して運転する。また前述

したように、機械式フライホイールを用いず、電氣的に車両重量に相当した慣性抵抗を発生させる電気慣性制御方式を採用している。本制御方式の1ユニットの基本ブロック線図を図3に示す。

ASR制御では所定の速度信号を外部から与え、車両が発生する駆動力の大、小にかかわらず動力計の吸収力を制御し、速度一定の制御を行う。またATR制御ではトルク信号を与え、車両の走行速度にかかわらず動力計の吸収力が一定になるような制御を行う。

次に、車両が路上を走行するときのALR制御について説明する。本制御は一般に次式で示すことができる。走行抵抗 $R$ は、

$$R = \pm W \sin \theta + \mu W + C A v^2 \pm W \, dv/dt \text{ となる。}$$

ここで、 $W$ ：車両重量、 $\theta$ ：登降坂角、 $\mu$ ：路面とタイヤ間の転がり摩擦係数、 $v$ ：車の速度、 $C$ ：空気抵抗係数、 $A$ ：前面投影面積である。この制御は先に示したATR制御方式で行

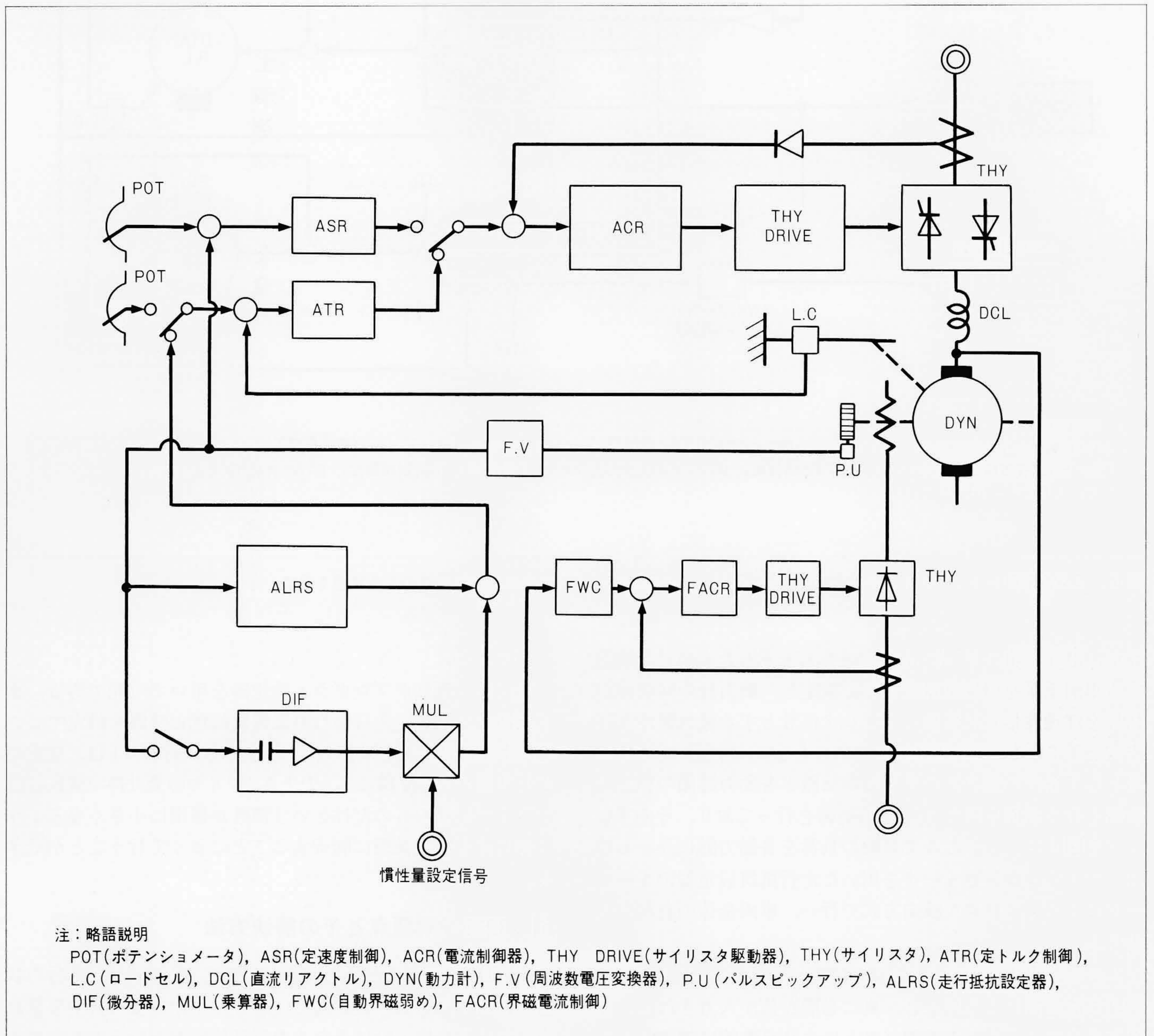


図3 制御系基本ブロック図 ASR(定速度制御)、ATR(定トルク制御)及びALR(走行抵抗制御)の制御回路を示す。



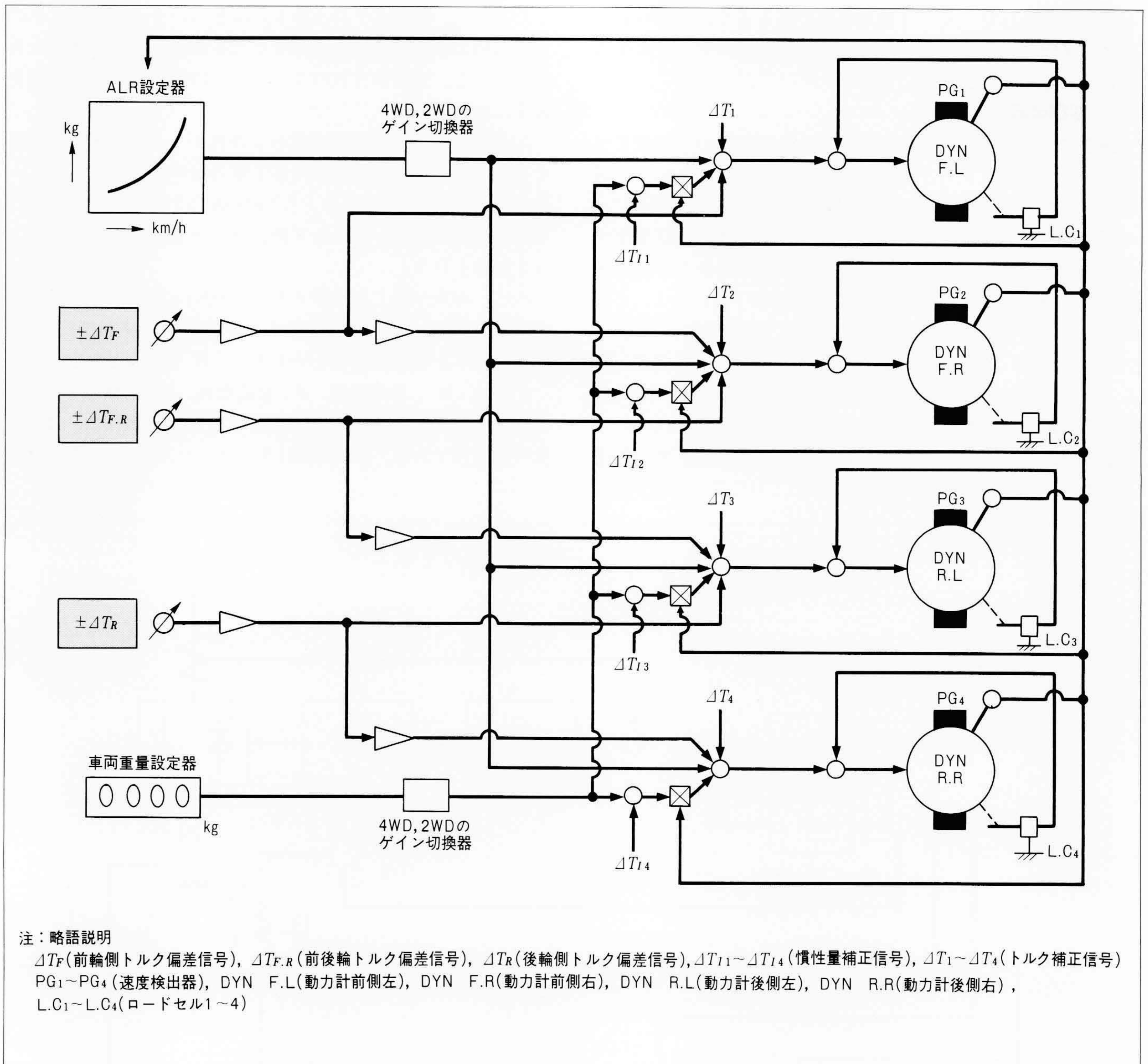


図4 4WD車用シャシ ダイナモメータブロック図 各動力計への入力信号と補正信号の入る状態を示す。

うが、最後の項の  $W \, dv/dt$  は慣性抵抗を示したもので、試験する車両重量を慣性重量設定器で設定し、動力計の回転速度信号を加速度信号に変換してトルク信号とする電気慣性制御方式としている。この基本ブロックをもとに、今回の4WD車用として各々の動力計の単独制御回路と各動力計間の相互の制御を行う機能を持たせ、ALR制御を行っており、そのブロックを図4に示す。ここで車両の負荷を各動力計に与えるのは、マイクロコンピュータを用いた走行抵抗設定器のキーボードによるデジタル設定方式で行い、車両全体の負荷を入力する。

しかし、車両は前輪と後輪で重量配分が異なるため、別に設けた設定器により補正し、真に必要な値が入力される。またマイクロコンピュータのソフトにより自動的に補正することもできる。同様にして慣性量の設定、補正も容易に行うこ

とができる。

次に示す運転がプログラム設定器を用いて可能である。まず旋回テストは、あらかじめ差動回転数と時間を設定することにより自動旋回テストが、また低 $\mu$ 路走行テストは、定常の走行状態から低 $\mu$ 路に入ったとき、タイヤの受け持つ慣性重量がタイヤ回りのものだけという慣性が極端に小さくなるように動力計を駆動状態に制御することによって行うことができる。

### 3 制御の問題点とその解決方法

4WD車用シャシダイナモメータは、高精度な実走行の状態を再現できるが、実車両では各々タイヤが受け持つ重量が異なるため、各動力計は異なる走行抵抗制御を行うこと、スムーズに旋回走行をさせるため、前後輪及び左右輪に容易に差



動を付けられることなど、複雑な制御をすることにより、初めてその長が生まれる。本章ではそれらを解決するための方法について述べる。

### 3.1 円滑な速度制御方法と精度

車両の左右輪及び前後輪を継ぐディファレンシャルギヤの機構は、差動を付けたとき、互いの回転速度の和が一定になる性質を持っている。図5で、前輪及び後輪の左右の回転速度差 $\Delta N_F$ 、 $\Delta N_R$ 、また前後輪の回転速度差 $\Delta N_{F.R}$ の設定値を0にしておき、各動力計の回転速度 $N_1 \sim N_4$ を同じ値に設定すると、4台の動力計に同じ指令が入るため等速状態となる。ここで差動を付ける場合は、 $\Delta N_F$ 及び $\Delta N_R$ に入力信号を与えると、 $N_1$ 、 $N_3$ の回転速度にその分が加算され、また $N_2$ 、 $N_4$ は減算されるので右旋回状態となる(逆の入力信号では左旋回となる)。前後輪に差動を付ける場合は、 $\Delta N_{F.R}$ に入力信号を入れることによって差動状態となり、不整地の走行ができる。動力計に付けたパルス発信式速度検出器により検出した信号を、電圧、周波数変換器でアナログ信号にしてフィードバック

ク制御をするため、その精度は定格値の $\pm 0.1\%$ 以内に、また4輪の等速性も $\pm 0.1\text{km/h}$ という高い制御精度を得ることができる。

### 3.2 安定したトルクの制御方法と精度

走行抵抗制御で、図4に示すように走行抵抗値の $\frac{1}{4}$ の値を各動力計の指令信号として入力し、運転状態に入ると4台の動力計が同じ負荷になるように制御するが、各輪でメカロス(機械的損失)が違うため回転差が生じ、このままでは発散してしまう危険がある。このため、図6に示すように前、後の左右輪及び前後輪の速度突合せ部に $\Delta N_F$ 、 $\Delta N_R$ の信号が入るスピードバランス回路を設け、回転差がなくなるように制御するので安定したトルク制御を行うことができる。その制御精度は定格値の $\pm 0.5\%$ を得ることができる。

## 4 結 言

以上、4WD車用シャシ ダイナモメータの構成、機能及びその制御方法について述べた。ここに記述した以外に差動を

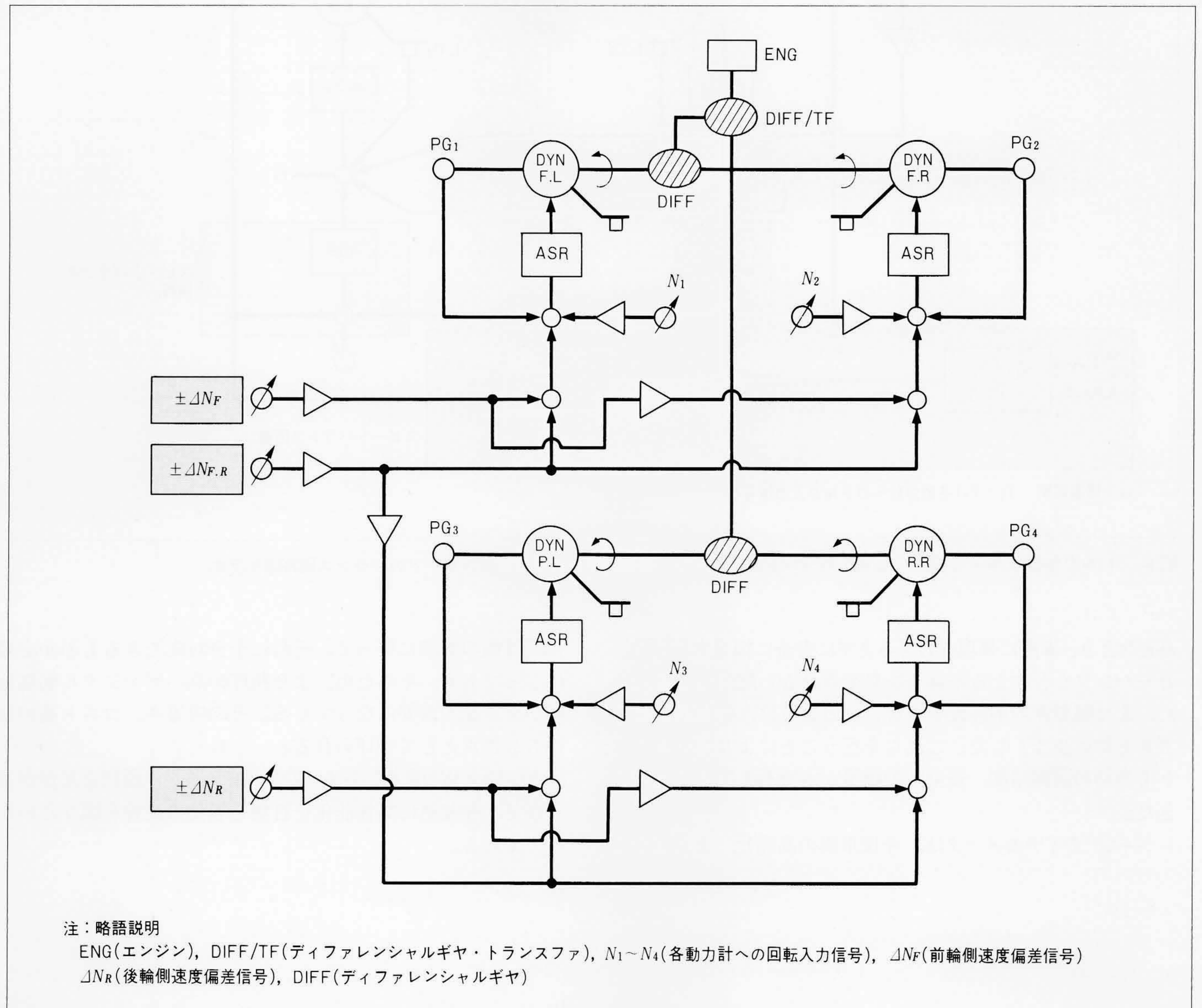


図5 速度制御ブロック図 各動力計への速度の入力信号と偏差信号の入る状態を示す。



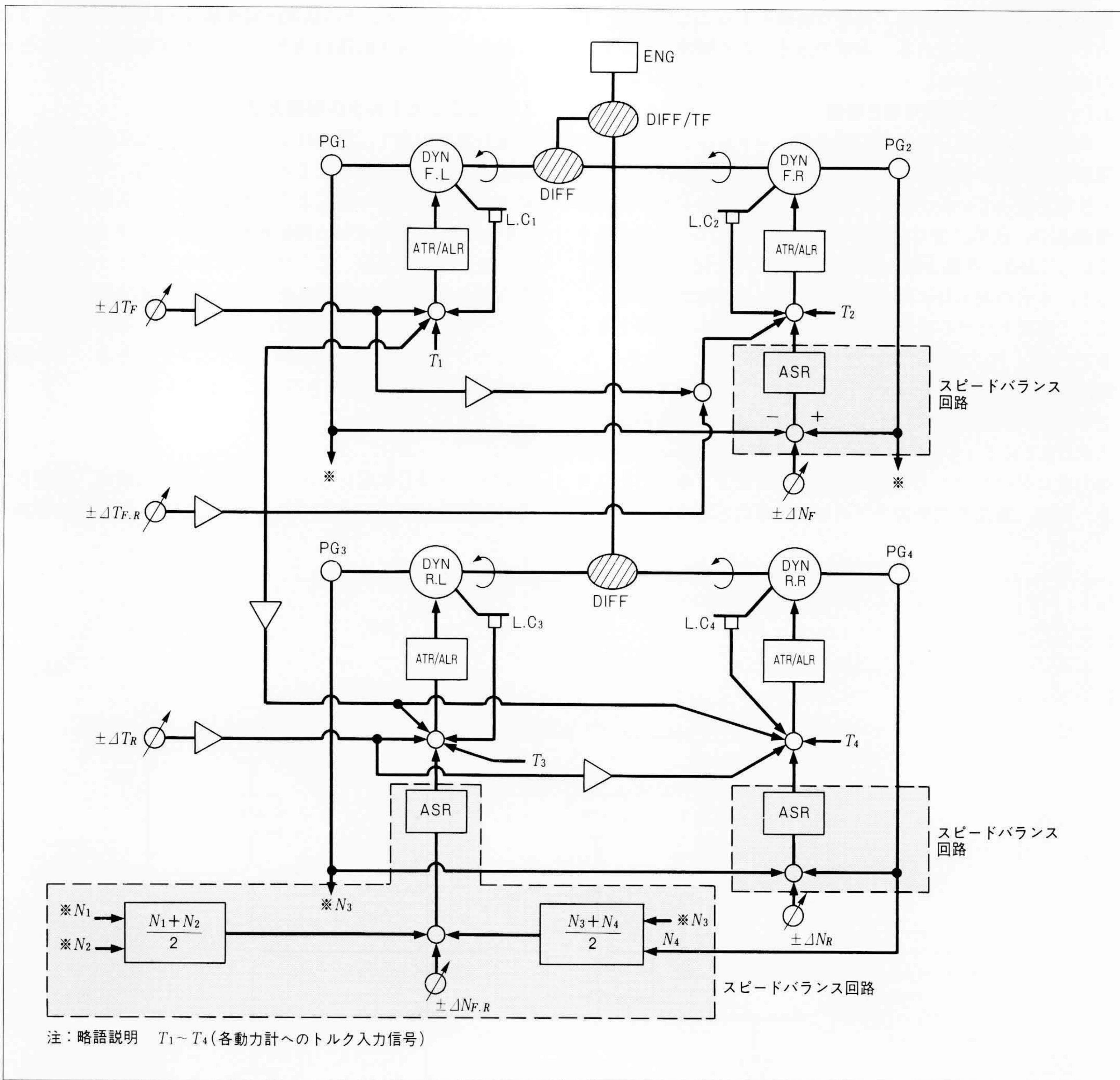


図6 トルク制御ブロック図 各動力計へのトルクの入力、偏差信号の入る状態とスピードのバランス回路図を示す。

与えたとき、車両に無理な力を与えずに安全に拘束する装置、万一パンクなどによる不具合を発生させない配慮などを行った。また制御系の応答性を上げられるように、機械的がたをできるだけ少なくした。これらを行うことにより、実車テストで当初の制御精度、安全性の確保が十分得られることができた。

シャシ ダイナモメータは、今後車両の高速化、より安全な

操縦性能の要求に伴って、それに十分対応できるものが必要になってくる。そのため、より精度の高いデジタル制御技術がますます重要になってくる。その複雑さ、コスト高が今後の改善点として挙げられる。

今回の4WD専用シャシ ダイナモメータの開発を足がかりとして、今後更に高性能化を目指し各種の改善を図りたいと考えている。