

自動車衝突試験装置

Car Collision Test Equipment for Automobiles

自動車メーカーでは、自動車の衝突時の車体及び人体の安全性を追求するため、実車による衝突現象を再現する自動車衝突試験装置を設置している。近年、自動車の高速化・高性能化に伴い、自動車衝突試験装置も高速に適したものへ改良が計画されているが、装置の設置スペースや走行路の長さの制約から、よりコンパクトな装置と高性能化が要求されている。この要求に対応して、機械的には慣性重量を極小に抑えた駆動ウインチの採用、電気的にはデジタル制御によるモータの高精度の速度制御が必要である。本稿では、自動車衝突試験装置の最近の方式について紹介する。

東條正宏* Masahiro Tōjō
河野公生** Kimio Kawano
高原 健*** Takeshi Takahara

1 緒 言

一般道路上の自動車の衝突事故を再現し、車体構造と人体傷害の関係を解析するための自動車衝突試験装置は、自動車の安全性の研究に欠くことのできないものである。このため自動車メーカー各社では、従来から自動車衝突試験装置として実車を鋼索(ワイヤロープ)に接続し、ウインチによってけん引加速する方式のものを設置している。衝突試験では障壁を用いた正面、偏角での衝突、車対車の各種衝突を実施する。近年の自動車の著しい性能向上に伴って高速衝突の実現、精度及び操作性の向上を目的に試験装置の改良が要求されている。日立製作所は長年の自動車性能試験機の製作経験をもとに、需要家各社の要求にこたえてきている。本稿では、自動車衝突試験装置の構成、機械装置、制御システムなどを中心に紹介する。

2 自動車衝突試験装置

2.1 装置の全体配置

全体配置の一例を図1に示す。自動車をけん引するロープはエンドレスタイプで、各走行路に設けられた折返しシーブ、ローラを介し、往復して張り渡され、機械室内のウインチによって駆動される。主走行路を使用しての正面及び後面衝突試験、主走行路と副走行路との組合せによる側面及び偏角衝突試験を行う。衝突障壁はコンクリート製の固定障壁で、主走行路の一端に設置され、けん引加速された自動車は衝突障壁直前でロープから切り離されて障壁に衝突する。衝突障壁前には高速度カメラ、車速測定装置、撮影用照明装置などが設置される。走行路は通常水平で舗装されており、被試験自動車は各走行路に直線的に設けられたガイドレールとガイドローリによってけん引加速される。

2.2 装置の仕様

試験装置の概略仕様を表1に示す。同表中“ g ”は重力の加

速度を表す量記号を示す。衝突時速度80km/h程度以上では、加速度を0.5 g 以上として走行路の長さを極力抑えている。ロープを使用した装置としては、この高い加速度を採用することによって、装置全体を加速するのに要するトルクは非常に大きくなるが、加速時間は小さくなるので、経済性とコンパクト化を考慮した高過負荷耐量の直流モータを採用している。

3 機械装置

3.1 駆動ウインチ

駆動ウインチの形式としては、巻取り繰出し式の巻取りドラム方式と、ワイヤロープと駆動シーブの溝との摩擦を利用する摩擦駆動方式がある。衝突試験装置では、主走行路と副走行路を同時に使用するためロープの長さが長く、巻取りドラム方式の場合、巻取りドラムの大きさが極端に大きくなり、駆動系の慣性重量が増大することになり、モータ容量も大きくなる。このため、摩擦駆動方式の採用に変更されるものが多い。本方式はエレベーターの駆動ウインチに使用されている¹⁾が、荷重の方向がエレベーターは垂直方向であるのに対し、衝突試験装置では水平方向となり、かつロープ速度、けん引加速度の点でエレベーターに比べて極めて高速かつ高加速度でなければならない。駆動ウインチの実施例を図2に示す。

3.2 制動機構

走行開始時の自動車の異常、加速度異常検出、ロープ切断などの事態には駆動装置を停止させなければならない。このための制動機構としては、高速時は直流モータの回生制動を適用し、低速及び完全停止保持用として油圧ディスクブレーキを備えている。

* 日立製作所システム事業部 ** 日立製作所大みか工場 *** 日立テクノエンジニアリング株式会社

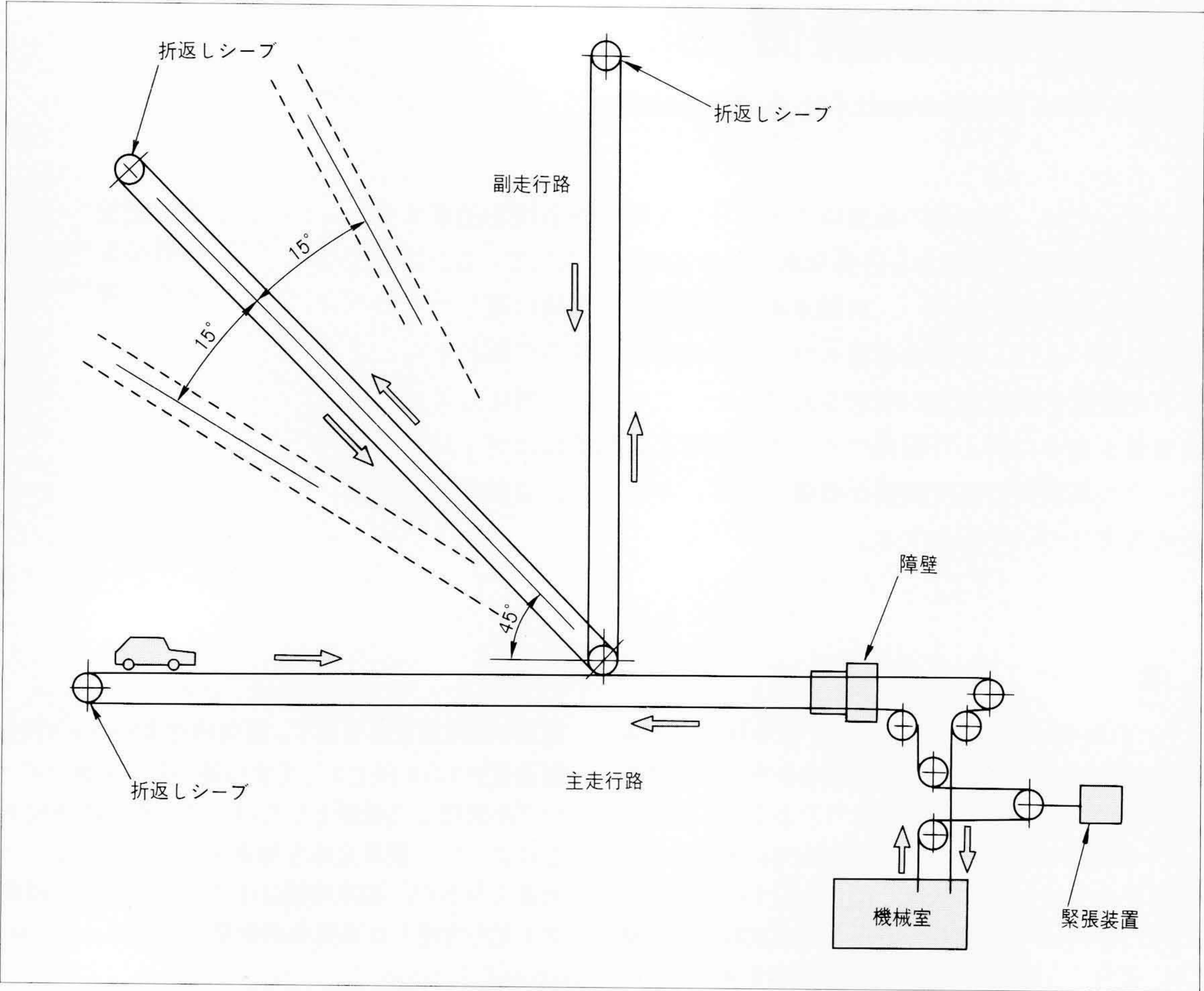


図1 全体配置図 正面，後面，直角，偏角衝突のための走行路配置を示す。図中の矢印は，モータ正転時のロープの進行方向を示す。

表1 試験装置の仕様 試験装置の代表的な仕様を表示したものである。なお，本表第4欄中の各gは，重力の加速度を表す量記号を示す。

仕 様		方 式 1		方 式 2	
衝 突 速 度		80km/h	140km/h	60km/h	100km/h
車 両 重 量		3,000kg	3,000kg	3,000kg	2,000kg
けん引加速度		約0.34g	約0.68g	約0.3g	約0.5g
走 行 距 離		約83m	約140m	約60m	約100m
けん引ロープ		φ14～約1,100m		φ14～約700m	
ウ イ ン チ	駆 動 方 式	摩擦駆動方式		摩擦駆動方式	
	駆動シーブ直径	φ850mm		φ720mm	
	モ ー タ	DCM400kW×2台		DCM300kW×1台	
	最 大 ト ル ク	300%(10s)		300%(10s)	
緊 張 装 置		重鐘式		スクリージャッキ式	
折返しシーブ		固定式		固定式	
備 考					

注：略語説明 DCM(直流モータ)，DS(駆動シーブ)，FS(従動シーブ)

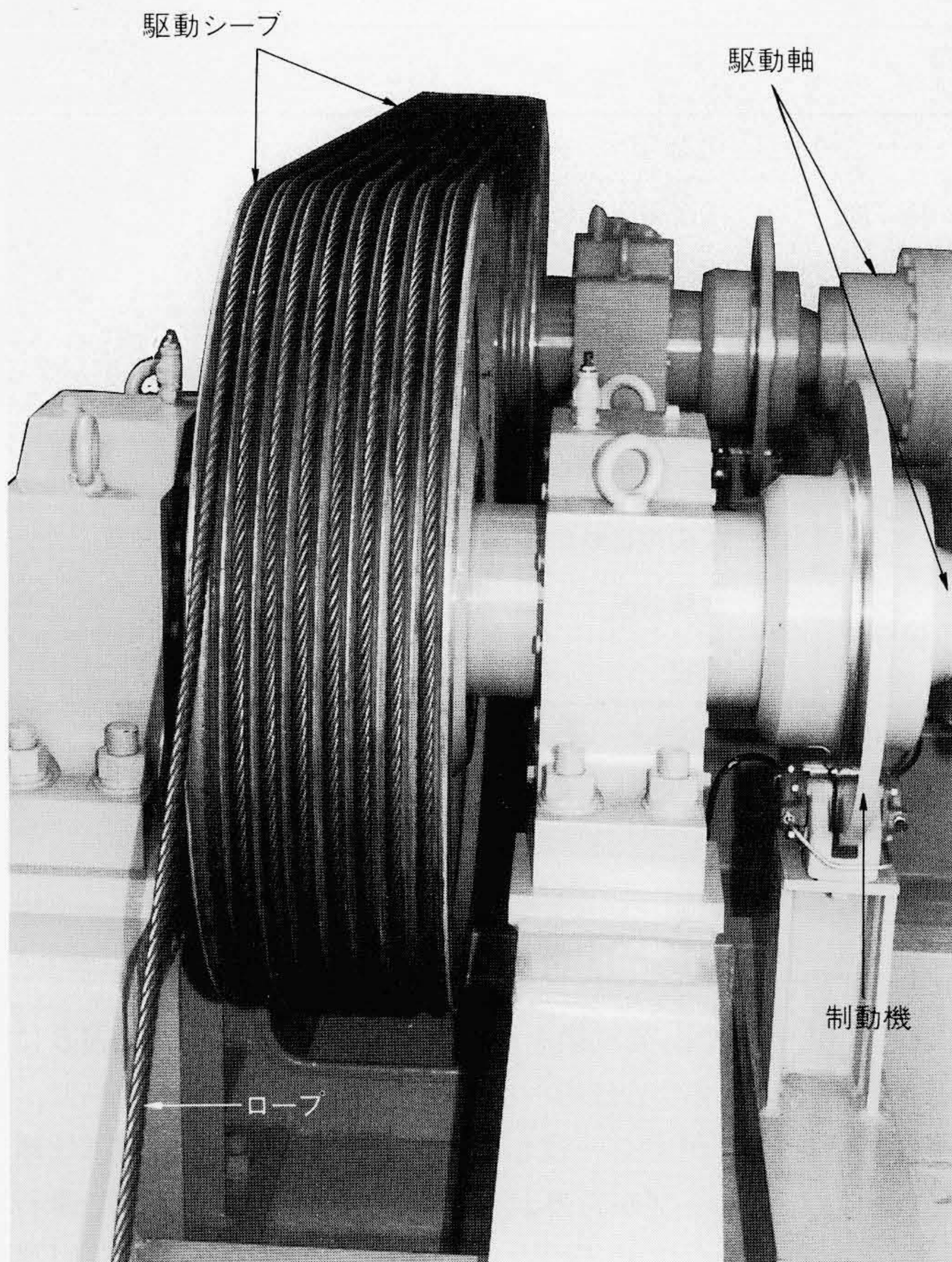


図2 駆動ウインチ実施例 ロープとシーブの溝との摩擦によって、駆動力を発生させる。駆動モータは駆動軸に直結されている。

4 制御システム

4.1 全体システム構成

制御システムの構成例を図3に示す。衝突試験機の制御装置は以下に述べる性能、機能が要求される。

- (1) 衝突速度の精度が高いこと。
- (2) 経年変化、気象条件、電源変動、負荷変動などによる変化が少なく、試験の再現性があること。
- (3) 試験条件を容易に、かつフレキシブルに設定できること。
- (4) 故障診断などの保守性が良いこと。

本システムは、全デジタル化サイリスタレオナード制御装置を採用し、これらのニーズに対応している。衝突速度は駆動機である直流モータの速度制御をいかに精度良く行うかがポイントである。デジタル化によって、速度指令に対する直流モータの速度精度は $\pm 0.1\%$ 以下を実現しているが、被試験車の速度は機械系を考慮して安定な制御を行う必要があり、速度指令に工夫が必要である。本システムでは、操作卓から試験条件(目標衝突速度、車両重量、走行距離など)をデジタル設定器により設定することによって、自動的に最適な運転パターン(徐動速度、加速度、定速時間)を演算しロープの振動、加速終了時のオーバシュート量などを抑えた速度指令としている。

また、直流モータに流れる電流の傾きを制御するACRR(電流レート制御)機能を持つため、短時間の高過負荷耐量が要求される直流モータを経済的に製作することができる。

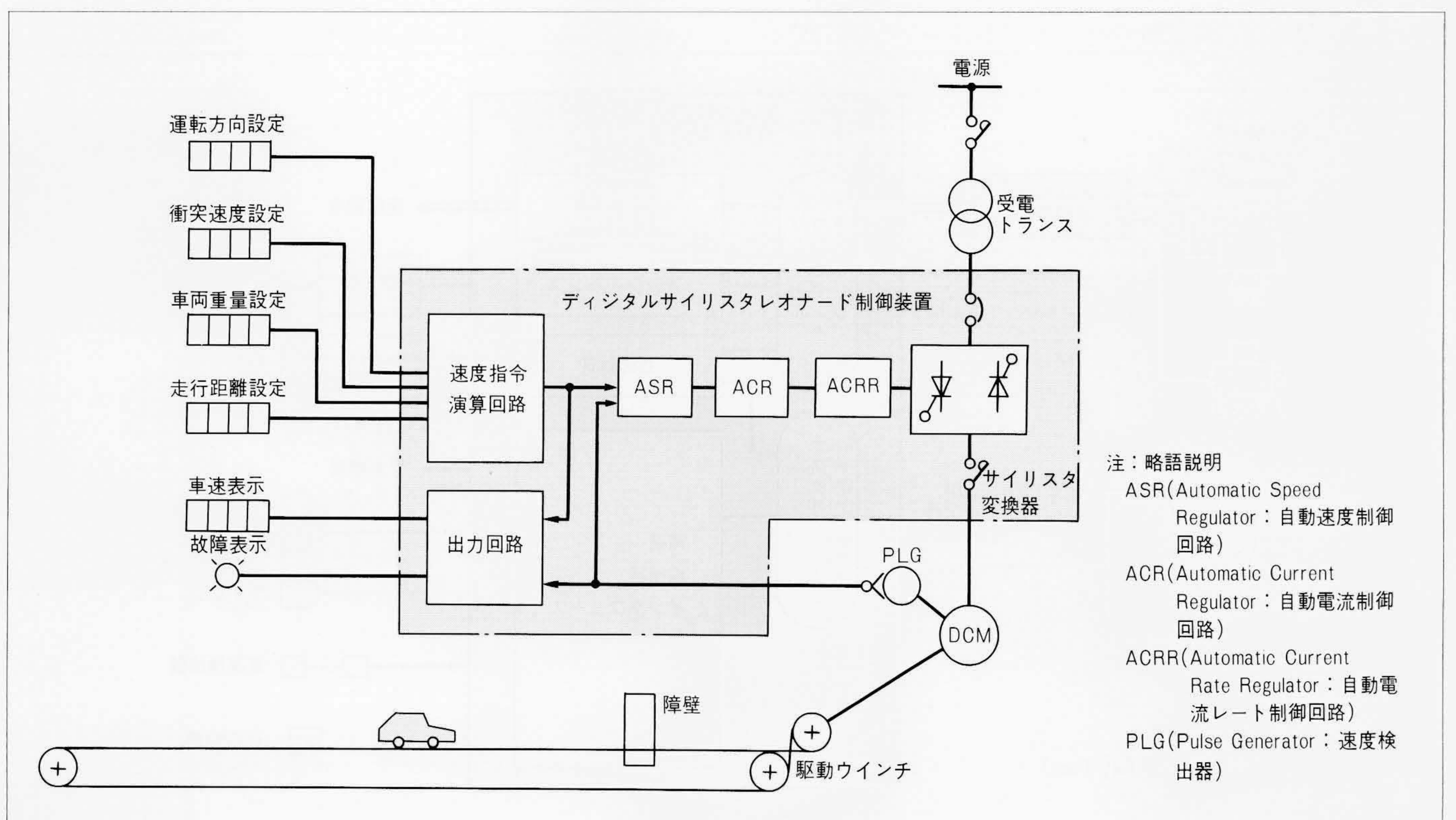


図3 制御システム構成図 全デジタル化サイリスタレオナード制御システムによる構成図を示す。

4.2 直流モータ

本システムに適用するモータは、制御性能の良い直流モータを採用しているが、短時間の高過負荷耐量の間欠運転で使われるため、(1) 過負荷耐量が多いこと(300%, 10s), (2) GD^2 が小さく速度応答性が良いこと、などが要求される。また、速度検出器はPLG(パルスゼネレータ)を採用し速度検出精度を上げている。

4.3 デジタル制御²⁾

従来のアナログ制御と今回採用したデジタル制御の比較を表2に示す。デジタル制御により高精度かつ経年変化のないシステムを実現できる。また、デジタル化により、従来困難であった付加機能も容易に実現可能となり、(1) 高速度カメラの起動タイミング演算、(2) 速度指令と実速度の合理性チェック、(3) トレースバック機能による故障診断などを行っている。

更に、試験効率の向上、試験データのコンピュータ処理を目指したシステム化が進んでおり、その実施例を図4に示す。本実施例は、パーソナルコンピュータとプログラマブルコントローラ(H04E)を付加し、試験条件の設定をキーボードから入力し、H04Eで入力条件を演算しCRT(Cathode Ray Tube)に表示することによって、オペレータが対話式に試験条件を入力するようにしたものである。試験条件と試験結果はCRTで表示されるとともに記憶装置に格納され、必要に応じプリンタに出力できる。また、あらかじめ試験のスケジュールに応じた試験条件を登録しておくことも可能で、試験とデータ処理の効率化を図った。操作卓は、非常停止、手動運転などに必要な器具を配置している。

表2 アナログ制御とデジタル制御の比較 従来のアナログ制御方式と今回採用したデジタル制御の比較を示す。

項目 \ 方式		アナログ制御	デジタル制御
精 度	(1) 向上	△	◎
	(2) 温度電圧変化	×	◎
	(3) 経年変化	×	◎
応 答 性		○	○
保 護 機 能		△	○
拡張性	(1) 機能	△	○
	(2) 設備の自動化	△	○
保守性	(1) 故障診断	×	◎
	(2) 監視	△	◎

注：記号説明
◎(優る。), ○(良い。), △(やや劣る。), ×(劣る。)

4.4 実測データ例

時速50km/hで衝突試験を行った実測オシログラムを図5に示す。本オシログラムはモータの速度を記録したものであり、速度指令と速度がよく一致している。ただし、被試験車は離脱点でけん引ロープから外れ衝突障壁までフリーランで走行し衝突するので、フリーラン中の車速については本オシログラムには表示されていない。なお、高速時でもほぼ同様のデータが得られている。

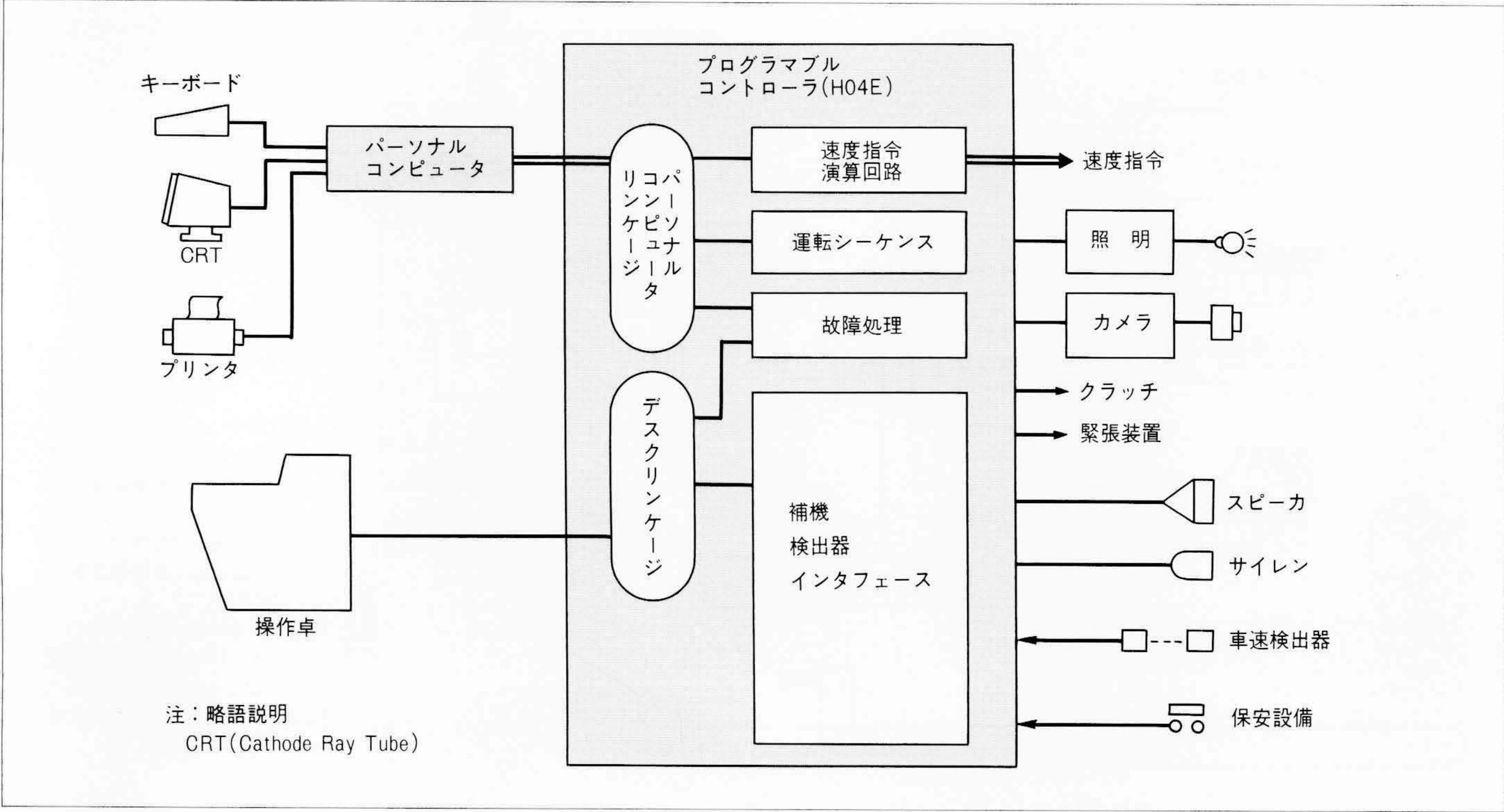


図4 実施例 パーソナルコンピュータとプログラマブルコントローラを採用したシステム化実施例を示す。

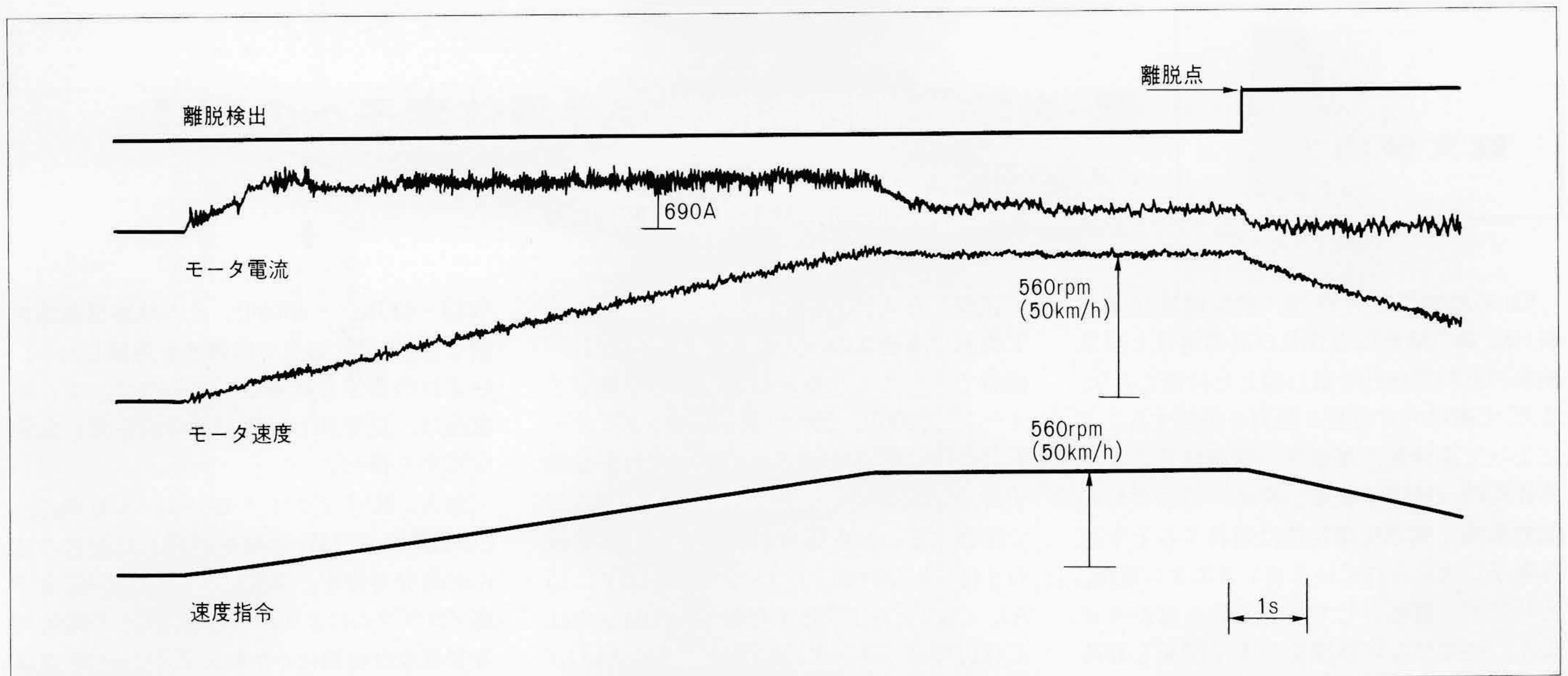


図5 実測オシログラム 時速50km/hでの衝突試験を行ったときの速度実測オシログラム例を示す。

5 結 言

自動車性能試験装置の一つとしての衝突試験装置の最近の例について紹介した。自動車性能の著しい進歩に伴って、今後試験の仕様も変化すると思われるが、当面の課題として、試験の再現性の向上とコンピュータのよりいっそうの活用による試験装置の操作性改善、データ作成管理などの付加価値の向上が挙げられる。これら課題の解決には、需要家の指導

と協力を得て対応していく考えである。本稿が試験装置を計画するための参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 木村：最近のエレベーター・エスカレーター，オーム社(昭和36年)
- 2) 鮭川，外：最近の電動機デジタル制御，日立評論，67，4，331～336(昭60-4)

銅-炭素繊維複合材料の半導体素子への適用

日立製作所 国谷啓一・荒川英夫・他4名
日本金属学会誌 50-6, 583~589 (昭61-6)

Cu-C繊維複合材料(銅-炭素繊維複合材料)は、銅の高熱伝導性及び高導電性と炭素繊維の低熱膨脹性を兼ね備えた材料であり、また、C繊維の含有量と配列を調整することによって高強度、高弾性、耐摩耗性などの特性を持つ材料となる。特に、この材料の低熱膨脹・高熱伝導特性に着目すると半導体素子に用いられているタングステン電極、モリブデン電極として代替できるばかりでなく、従来になく新構造の素子開発も期待できる。

そこで、Cu-C繊維複合材料の半導体素子への適用性を検討するため、面内で等方性の熱膨脹性を持つ渦巻状Cu-C及び網状Cu-Cの繊維複合電極を搭載した半導体素子を試作し、一連の信頼性評価試験を行った。

試作した大容量半導体素子は、Siペレット両面に渦巻状Cu-C電極をはんだ付けし、樹脂でモールドしたレジンモールド形ダイオード(1,200V, 300A)及びボタンダイオード(300V, 150A)である。また、小中容量素子は、網状Cu-C電極にSiペレットをはんだで接合することを基本とし、Cuステムを銀ろう付けしたパワートランジスタ(100V, 15A)、Cuスタッドをはんだ付けした構造のはん(汎)用ダイオード(800V, 30A)、 Al_2O_3/Cu の基板をはんだ付けしたICイグナイトモジュール(300V, 6A)及びパワーモジュール(1,200V, 300A)の4種類である。これらの素子について、パワーサイクル試験($\Delta T \sim 90K$, $\sim 3 \times 10^4$ 回)、高温バイアス試験($\sim 800V$, 423K, 1,000h)、温度サイクル試験

(233~423K, ~ 800 回)、その他高温高湿試験など、素子に応じて信頼性を評価したが、いずれの素子も異常は認められず、また熱抵抗は、従来品と同等以下の値を示し良好な結果を得た。

他方、ICイグナイトモジュールを例に、Cu-C電極及びMo電極を適用した場合のはんだ疲労寿命を、多層構造ろう接部寿命予測プログラムにより比較した結果、C繊維の含有量及び種類にかかわらず、Cu-C電極適用のはんだ疲労寿命は、Mo電極適用の場合に比べてそん(遜)色のないことが分かった。

以上の計算結果からも、Cu-C繊維複合材料は、Mo電極の代替材料として各種半導体素子に適用できることを確認した。

境界要素法を用いた半導体素子の空乏層境界決定法

日立製作所 小野記久雄・内藤正美
電子通信学会論文誌 J69-C, 5, 695~697 (昭61-5)

近年、BEM (Boundary Element Method: 境界要素法)は、応力計算などの構造解析や高電圧機器の計算に広く使われている。これは、BEMが境界だけの節点配置で形状を正確に模擬できるため、データ準備が容易であり、計算時間が差分法などに比べて少なく済むという特長を持っているためである。

一方、BEMはキャリアの連続方程式がうまく扱えないため、半導体解析にはほとんど利用されていなかった。しかし、ラプラス方程式及びポアソン方程式の解法としては上記の利点があるため、本報告ではこの利点に着目し、これを半導体の空乏層境界決定問題に適用する手法を検討した。数値例としては、解析領域に空気や誘電体膜を含むPNダイオードを取り上げた。

空乏層境界問題をBEMで解く際の手法

としての検討課題は、(1)蓄積電荷の項の積分方法、(2)異種誘電体界面の処理法、(3)空乏層境界の形状の修正法である。積分方法としては、半導体の蓄積電荷が主に基板濃度で決まるとして、これをポアソン方程式の特解としてラプラス方程式に変換する解析的手法を用いた。これにより、従来のような数値積分が不要になった。異種誘電体界面の処理としては、これを電位と電束の連続条件を課し定式化した。形状修正は、任意の初期空乏層境界上に配置した節点の電位が印加電圧に等しくなるまで行う。修正法としては評価関数を反復ごとの印加電圧と節点電位の差として、各節点のこの値の二乗和が最小になるように境界を移動する最小二乗法を用いている。

数値例のPNダイオードは電極として電界緩和用のフィールドプレートやチャネルス

トップパが接続され、解析領域として誘電体膜やその外側の空気層をも含んでいる。計算では、本ダイオードに逆バイアス方向に電圧を100V印加したときの空乏層境界を求め、合わせて等電位曲線も描かせている。従来、差分法により反復10~100回で得られていた本結果が、本手法ではわずか2回で1%の誤差範囲の空乏層境界が得られた。また、等電位曲線図から、フィールドプレートの端に電界集中があることも分かった。接合から基板への深さ方向の電位分布も、1次元の解析解とよく一致して精度上も問題のないことが分かった。

計算時間は25秒と短く、本解析手法を用いたBEMで半導体空乏層境界問題が効率良く解けることが分かった。