

衝突実験のための無人運転装置の製作

Fabrication of unmanned operation device for car collision experiment

加賀田誠 * 北川浩史 ** 竹澤聡 ** 千葉武雄 ***

Makoto Kagata, Hiroshi Kitagawa, Satoshi Takezawa and Takeo Chiba

概要

車両を衝突実験に供するための簡易な無人運転装置を製作した。装置はラジコンにより操作し、圧縮空気で作動するエアシリンダにより、車両のアクセル、ブレーキを操作する。装置は「寒地型伸縮式車両阻止柵」の実証実験において作動を確認済みである。

1. はじめに

海外、あるいは国内においても通行人に車両が突っ込むといったかたちのテロ、事件が起きている。札幌においてもよさこいソーランや、北海道マラソンなど、車道を開放して実施するようなイベントも多く行われているが、そのような事件に対する備えはできていない。大使館や軍用施設などの恒久的な施設では、地中に車止め用のポールを埋め込んで上下させるような設備も導入されているが、上記のようなイベントには使用できない。

筆者の一人が所属する株式会社白石ゴムでは、「寒地型伸縮式車両阻止柵」の開発を行っている。

- ①設置・撤去が容易であり、
- ②確実に車両の突入を阻止でき、
- ③抑止効果も備えている

ということを目標に開発を行ってきた。車両の阻止機能を検証するためには実際に車両を突入させるしかないが、有人運転では危険である。筆者らはラジコンの送信機・受信機を用いた簡易な無人運転システムを製作した。本稿ではそのシステム、また実際に無人運転実証実験に供した結果について報告する。

2. 自動運転システム

2.1 システムの概要

車両のアクセル、ブレーキ、ステアリングをラジコンで操作できるシステムを製作した。圧縮空気で作動するエアシリンダを備え、電磁弁でそれを操作

することによりアクセルペダル、ブレーキペダルを操作する。その特性上、アクセルはべた踏み、ブレーキもフルブレーキにならざるを得ないが、衝突実験という用途には適合している。圧縮空気はエアタンクを車載しそこから供給した。ステアリング操作は、高トルクのサーボモータを用い、リンク機構経由でステアリング・ホイールを操作する。

本学（北海道科学大学短期大学部）では、車両同士の衝突実験を行うため同様の装置を作成している⁽¹⁾。それはラジコンによる操作のサーボモータでマイクロスイッチを On/Off し、電磁弁に電圧を印加してエアシリンダを操作するといったものであった。今回製作したものは、突入の衝撃による誤動作を無くすべく、機械部分はなるべく廃し、マイクロスイッチに代わりトランジスタを用いて電磁弁を操作した。

阻止柵が機能を発揮できなかった場合に備え、上述のようにブレーキも操作できるようにしたほか、万が一制動不能になった時に備え、一種のキルスイッチも実装した。車両のヒューズボックスから電源をとりだすためのワイヤハーネスがあるが、それを車両の点火系のヒューズに代わり挿入し、さらに自動車用リレーの常開接点をそのハーネスに挿入した。ラジコンからの信号でリレーのコイルに通電し、接点を閉じた状態では運転できるが、ラジコンからの信号でリレーのコイルへの通電を止めると点火系のヒューズが切れたのと同じくなり、エンジントールさせることができる。

* 北海道科学大学短期大学部

** 北海道科学大学工学部機械工学科

*** 株式会社白石ゴム

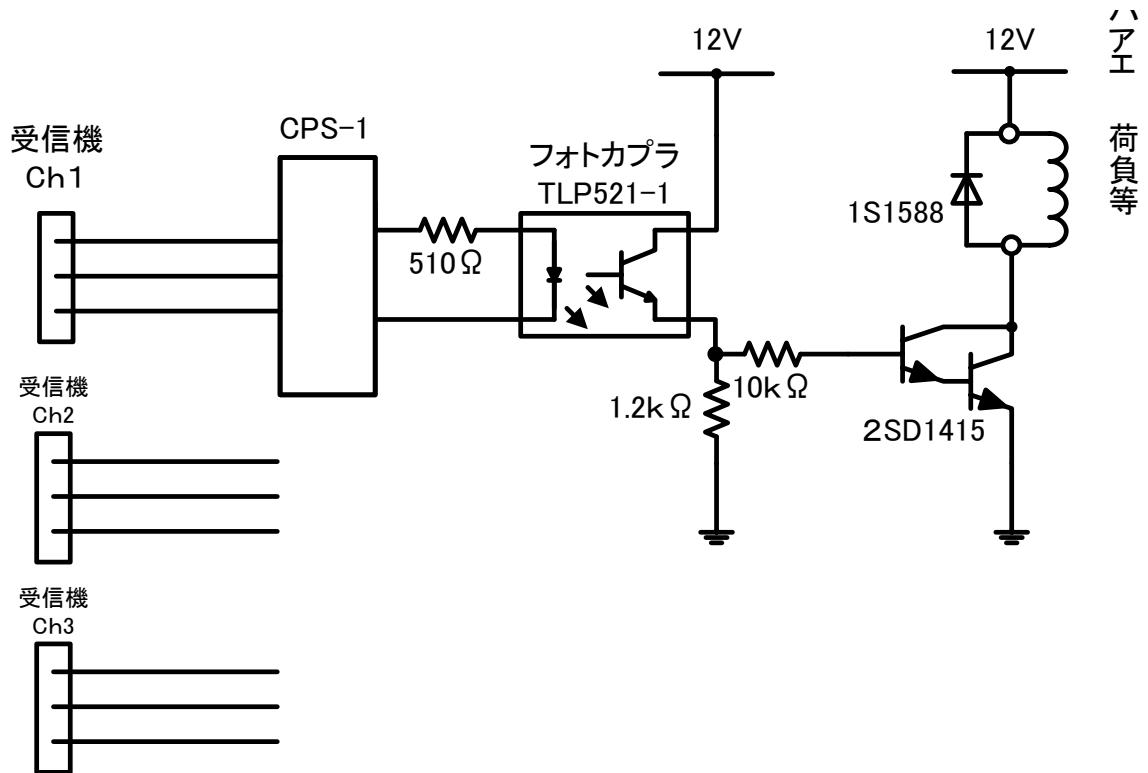


図 1 制御回路

使用したエアシリンダは SMC 製の CDA2B50-300Z, 径が 50mm, ストロークが 300mm のものである。またエアバルブは同様に SMC 製の SY71401-6LZ-03, 定格電圧 DC12V, 消費電力 0.4W である。エアシリンダの最大圧は 1.0MPa であったが, エアバルブのそれは 0.7MPa であったため, 実験は 0.7MPa の空気圧で行った。その空気圧, エアシリンダの径から想定される作動時の力は 1kN 以上であり, 標準的なブレーキペダル操作時の踏力の 65~500N を大きく上回り, エアシリンダだけで十分な制動力を生み出せる。

2.2 制御回路

実験に使用したラジコンの送信機/受信機のセットは, FUTABA 製の 3PV (送信機: T3PV, 受信機: R203GF) である。ラジコン自動車用のもので, 通常の使用では送信機側のスロットルレバー, ステアリング操作によりラジコン自動車側のサーボモータを動かす。今回の実験ではスロットルレバーの操作により車両のアクセルを, ステアリングの操作により車両のブレーキを操作するよう設定した。また, 送信機に設けられている On/Off のスイッチで車両側のキルスイッチを操作できるようにした。

図 1 に今回製作した回路を示す。

ラジコン受信機からサーボモータを駆動する信号

は, PWM (Pulse Width Modulation:パルス幅変調) という交流信号である。ラジコン送信機でのスロットル操作量に比例しパルス幅が変化する。今回製作した回路では, サーボモータではなくトランジスタで電磁弁を駆動するため, 送信機側のスロットル操作を On/Off とみなし, PWM 信号を直流信号に変換する必要がある。その用途に, FUTABA 製のチャンネルパワースイッチ, CPS-1 という製品を使用した。本来はラジコン受信機の PWM 信号を直流に変換し, 例えば LED を点灯させる用途などに用いられている。なお CPS-1 の特性は, 出力電圧 DC6V, 最大電流 200mA である。

ラジコン受信機の各チャンネルはアイソレーションする必要がある。フォトコプラを用いることにより, チャンネル間のアイソレーションをしつつ, 各電気負荷 (アクセル操作用エアバルブ, ブレーキ操作用エアバルブ, キルスイッチ用リレー) を単一の電源で駆動することができた。

フォトコプラ内のトランジスタからの電流を, トランジスタ 2SD1415 で増幅し, エアバルブ等の負荷を駆動した。後述するように実証実験の 3 回目では, 3 台の車両の突入実験を行い, その際は無人運転システムを計 3 セット, エアバルブを計 6 個使用したが, その中には消費電力が多いものがあり (Lucifer

製, DC12V, 消費電力 9W), それも含めて同一の回路で駆動できるよう, 電流増幅率の大きい素子を選定した. エアバルブのソレノイド, リレーのコイルでは電流遮断時にサージ電圧が発生するため, それを吸収できるよう, 負荷と並列に転流ダイオードを接続した.

3. 実証実験

「寒地型伸縮式車両阻止柵」の実証実験は, 2017年11月25日, 2018年3月13日, 2018年11月3日の3回にわたって行われた. いずれも国立土木研究所 寒地土木研究所 苫小牧試験道路(苫小牧市柏原211番地1)で行った. それらに先立ち, 無人運転システムの実験室での作動確認(ラジコンによるアクセル操作, ブレーキ操作, キルスイッチによるエンスト)は行っていたが, 阻止柵に実際に突入させ, 大きな制動力が加わるであろう条件での実験は, それら実証実験が初めてとなる.

3.1 実証実験1回目(2017年11月25日)

阻止柵にとっても, 作成した無人運転システムにとっても最初の実証実験となった.

このときに使用した無人運転システムは前述したとおりのものであるが, 使用した回路は前述の回路よりは原始的である. ラジコン受信機からのPWM信号をチャンネルパワースイッチGPS-1でDCに変換し, その電圧によりトランジスタを駆動, エアバルブ, リレー等を作動させる, というのは同じであったが以下の相違がある.

- ①フォトカプラを使用しなかったため, ラジコン受信機の各チャンネルをアイソレーションには, 電源を3系統設けるといった方法をとった.
- ②サージ吸収用ダイオードを実装しなかった.
- ③キルスイッチは設けていたが, 走行の際の不安定要素になると判断し, 接続しなかった.
- ④圧縮空気の供給は, タンクではなくコンプレッサ本体を搭載して行った.

実験は, 無人運転車両の後ろを, ラジコン操作をする人員を乗せた車両が追従して走行し, 無人運転車両を操作するといったかたちで行われた. ラジコンの電波の届く範囲内では地上からの操作は無論可能だが, 無人運転車両のステアリング操作をする必要があり, それには車両を後ろから見たほうが確実であるのでそのような操作方法になった. 以降その操作方法が踏襲されることになる. 操作に確実を

期すため, アクセル/ブレーキを操作する要員と, ステアリングを操作する要員は別である. なお, 阻止柵突入実験に先立ち, 阻止柵がない状態でのラジコンによるアクセル操作, ブレーキ操作が確実にできることを確認した.

阻止柵突入実験では助走距離により突入速度を調整し, 時速60kmで阻止柵に突入した. 想定では倒れた阻止柵に車両が乗り上げ, 阻止柵の地面側の突起部分が地面に突き刺さり, 同時に阻止柵の車両側の突起部分が車軸をからめとるなどして制動が働くはずであったが, 阻止柵自体を車両が跳ね飛ばしてしまい実験は失敗に終わった. その後阻止柵を倒し, その上に車両を走らせる実験も行ったが期待した制動効果はなかった.

3.2 実証実験2回目(2018年3月13日)

このときの実験では, 無人運転システムは1回目と同じである. 阻止柵を改良して突入実験を行ったが, 車両が阻止柵に突入後, その上に乗り上げ大きく跳ねるといった結果になった. その衝撃によりエアバッグも展開しており, 無人運転装置の必要性を強く印象づける結果となった.

3.3 実証実験3回目(2018年11月3日)

3回目の実験では, 阻止柵の効果を比較検証するため, ①単管バリケード, ②阻止柵タイプA, ③阻止柵タイプBにそれぞれ車両を突入させる方法で行った. 車両は3台用意し(ダイハツMAX, トヨタVOXY, トヨタNOAH), それぞれに無人運転システムを搭載した. この実験で使用したのが前述の回路である.

図2が突入させた柵3種である. 左手奥側より, ①単管バリケード, ②阻止柵タイプA, ③阻止柵タイプBである. ①単管バリケードは阻止柵ではなく, 効果の比較検証のため車両を突入させた. ②阻止柵タイプAは垂直に立ちあがったバリケードとその手前のゴムマットから成っている. ③阻止柵タイプBは②阻止柵タイプAに加えて, バリケード部分に車両の運動エネルギーを吸収するためハニカム状の衝撃吸収部材を装着したものである.

①単管バリケードにはダイハツMAXを突入させた. 予想通り車両の阻止機能はないに等しく, また車両の突入により単管が飛び散るといった危険な結果になった.



図 2 阻止柵 3 種

②阻止柵タイプAにはトヨタ VOXYを突入させた。②阻止柵タイプAは垂直に立ちあがったバリケード部分で車両の慣性エネルギーを受けつつ、バリケード部分に連結された、車両のホイールベース長をカバーする長さのゴムマットに車両を乗りあげさせ、ゴムマットと路面の摩擦で車両の運動エネルギーを消散させることを意図している。実験では突入する際の右側の車輪をゴムマットに乗せられず、片側だけに制動がかかり車両は大きくスピンした。一定の制動の効果はあったが、突入から停止するまで何mの緩衝距離が必要であるといった定量的データは得られなかった。

③阻止柵タイプBにはトヨタ NOAHを突入させた。今回はバリケード中央部分に突入でき、また衝撃吸収部材の効果もあり、大きな阻止効果を確認できた。時速40km程度での突入で、バリケード自体の移動距離は6m程度であり、定量的な阻止効果を確認できた。

4. まとめ

「寒地型伸縮式車両阻止柵」実証実験に供するため、車両に簡易に装着でき、市販のラジコンを用いて操作できる無人運転システムを製作し、実証実験にて作動を確認した。アクセル、ブレーキを圧縮空気を動力源として操作するシステムであり、アクセルベタ踏み、フルブレーキを操作の基本とするが、衝突実験という用途には十全な機能を果たすこと

を確認した。改良を加えられ進化する阻止柵と歩調を併せ突入実験を行ってきたが、柵が効果を発揮できるにせよできないにせよ、十分に危険な実験であるため、無人運転装置の有用性を実感している。

今後は、エアシリンダ作動時の踏力、シリンダスピード、またそれらの変化などを測定し、装置のパッケージ化を行う予定である。

5. 参考文献

- (1) 茄子川ほか、衝突実験から見た事故車両の衝突速度の算出方法について —追突例による—、北海道自動車短期大学研究紀要、第26号、2000、pp.1-14.