

## 車々間通信における情報伝播の不連続性を考慮した制動力保持制御

石井 亮太† 新井 義和† 今井 信太郎† 猪股 俊光†

†岩手県立大学ソフトウェア情報学部

### 1 はじめに

都市部などで頻発している交通渋滞の中で、停車時に誤ってブレーキペダルを解放すると、オートマチック車に特有のクリープ現象によって先行車両に追突する可能性がある。著者らは、可視光通信を用いて車列中の車両間で局所的に情報を伝播させ、車列中の位置関係や、信号が青になるまでの時間に基づいてペダル解放時の制動力の保持/不保持を自動判断するブレーキ制御システムの研究を行ってきた[1]。しかし、その見通し距離通信の性質上、車列中にシステム未搭載車両がある場合、情報の伝播が途切れる問題があった。本研究では、通信媒体として超音波を導入し、同システムの普及過程における情報伝播の不連続性の低減を目指す。

### 2 ブレーキ制御システムの概要

#### 2.1 制動力保持機構

一般に自動車は運転者がブレーキペダルを踏み込んだ力を油圧によって車輪に伝達し、制動力を発生させている。本システムでは、この油圧の伝達系の途中に電磁弁を設置している。車両が停止する際にはブレーキペダルが踏まれて油圧が高くなる。このとき、上記の電磁弁を閉鎖することによって圧力が維持され、ブレーキペダルが解放された後も制動力を保持することができる。

#### 2.2 制動力の保持制御

クリープ現象は、上記の通り追突事故の一因であるが、見通しの悪い交差点において徐行する際などにはブレーキペダル操作のみによる運転を可能にし、有効な運転手段でもある。したがって、停止した全ての場面でクリープ現象を抑制するために制動力を保持すればよいというわけではない。これに対して、ブレーキペダルを踏むのが苦痛になるのはその時間が長くなったときであると位置付け、その判断指標として停車時間

に注目し、状況に応じた保持制御を行う。停車時間は、1) 車列中の注目車両の位置(先頭からの距離)と2) 車列自体が動き始めるまでの時間に強い相関がある。これらの情報を取得するために、車列の先頭から後方に向けて、情報を伝播することが考えられる。1)は、信号待ちの車列においては信号が青になるまでの時間であり、自然渋滞においては0である。2)は、車列中の何台目であるかからおおよそ推定することが可能であり、先頭車両が1を発信した後、後続の車両が受信した情報に1を加えながらさらに後続車両に情報を発信することによって、取得可能である。これに対して、可視光を媒体とした局所的な車々間通信システムが開発された。ところが、全ての車両が通信手段を搭載しているとは限らない同システムの普及期においては、車列中の情報伝播が途切れてしまい、不連続になることが懸念される。

### 3 車々間通信システム

車列中にシステム未搭載車両が存在する場合にも情報伝播の連続性を最大限確保するために、可視光よりも耐遮蔽性に優れた超音波を通信媒体として導入した通信デバイスについて以下に示す。

#### 3.1 情報伝播戦略

本研究で開発する車々間通信システムは、構造を単純化するために、単方向で通信を行う。他の車両から送信された信号との干渉を回避するためには、隣接する車両間の局所的通信を行うことが望ましいが、システム未搭載車両の存在を考慮して、その後ろの車両に対する情報の伝達を試みる必要がある。すなわち、送信強度を段階的に変化させることによって、隣接する後続車両、2台目、3台目への通信を実現する。単方向通信の性質上、各車両は後続車両がシステムを搭載しているかどうかかわからないため、順に切り替えながら反復的に送信を繰り返す。このとき、他の車両からの通信への干渉を低減するために、十分な送信間隔を開ける。また、干渉が起きてしまった場合には再送信によって情報を伝達することとし、さらなる干渉を防止するために送信間隔はランダムに設定する。

Retaining Control of Braking Force considering Discontinuous Information Propagation in Inter-Vehicle Communication

†Ryota ISHII †Yoshikazu ARAI †Shintaro IMAI †Toshimitsu INOMATA

†Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

### 3.2 送受信機の構成

送信機においては、超音波送信素子の特性から、送信レンジを変化させるために、同素子へ与える送信信号の振幅を変化させる。ここでは、1, 6, 11mの三段階に変化させることとし、電源回路でそれらに応じた3種類の電圧を発生させる。それらの電源電圧が入力されるアナログスイッチをコントローラ (PIC16F648) によって制御することによって振幅を切り替える。同時に、コントローラによって生成した送信パルスを発振器からの 40 kHz の搬送波で変調し、送信信号とする。

受信機に搭載されている超音波センサによって受信された信号は微弱であるため、増幅器によって増幅した上で、二乗器によって絶対値をとる。その後、包絡線検波によって包絡線を抽出し、コンパレータによって受信パルスに変換する。受信パルスはコントローラ (PIC16F648) に入力され、デコードされる。

### 3.3 送信パルス

送信パルスの構造を図1に示す。同パルスは、ヘッダ、データ部、ストップパルスから構成される。ヘッダは  $5w$  幅の ON と  $w$  幅の OFF からなり、これらを検出することによって、同期が確立される。ただし、 $w$  は単位パルス幅である。また、先に述べたように、本研究では信号を間欠的に反復送信するため、信号の終わりを表す  $3w$  幅のストップパルスを設ける。データ部は、1ビットごとに、 $2w$  幅の ON と  $w$  幅の OFF でデータ '1' を、 $w$  幅の ON と  $2w$  幅の OFF で '0' を表現することとし、必要なビット数だけ  $3w$  幅のパルスを並べる。本研究では、干渉を低減することを目指しているが、その可能性は依然として残るため、誤った受信信号を破棄するために、干渉の検出が不可欠である。この送信パルスでは複数の送信機から発せられた信号が重なった場合に、一方のヘッダが他方の任意の場所に現れる。したがって、ヘッダの検出後かつストップパルスの検出前に  $5w$  以上の ON が現れることによって、干渉を検出することができる。

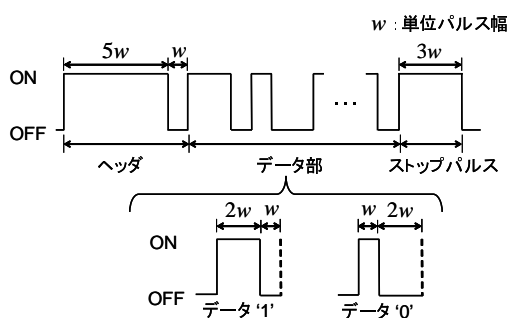


図1: 送信パルス

## 4 実験

### 4.1 通信デバイスの性能評価

作成したデバイスの局所性について評価を行った。ここでは、送信機の送信レンジを順次切り替えた上で送受信機間の距離を連続的に変化させ、受信成功率の変化を確認する。ただし、 $w$  は素子の性能から 2msec とし、データ長は 8 ビットとした。実験結果を図2に示す。同図より、それぞれの送信レンジで設定された距離において 80 % 以上の受信成功率が得られ、それ以上の距離になると急激に受信成功率が低下することから、局所性が実現できていることが確認できる。

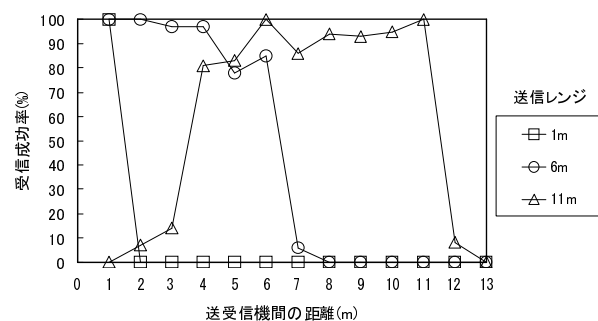


図2: 送受信機間の距離と受信成功率

### 4.2 通信実験

開発した通信デバイスのブレーキ制御システムにおける有効性を確認するために、ドライビングシミュレータを用いて車列を形成し、通信実験を行った。このとき、車列中には適宣システム未搭載車両を想定した車両を混入し、情報伝播可能性が向上することを確認した。

## 5 おわりに

本研究では、超音波を通信媒体として用いた通信デバイスを開発し、車々間通信を行うことによって、車列中の情報伝播の不連続性を低減した。また、ドライビングシミュレータを用いた実験において、システム未搭載車両が混在する車列中でも、情報伝播可能性が向上することを確認した。

### 参考文献

- [1] 十文字健之他：“制動力保持機構を持つブレーキ制御システムにおける可視光通信を用いた保持制御”，情報処理学会第72回全国大会，2ZA-1，2010.