

# ACC 車両による直線道路における渋滞の解消

2015SC089 高田康平

指導教員：陳幹

## 1 はじめに

従来から研究開発され、商品化されている Adaptive Cruise Control (ACC) System とは、前方の車両と車間距離を一定に保ちながら走行する機能である。また、交通渋滞の解消方法として用いられている。さらに、ACC 搭載車の数が増加することで、後方の車両への速度伝播が少なくなることから、渋滞の解消が期待できる。しかし、ACC は普及が進むにつれ、交通流の乱れや疎密の抑制を改善していく必要があると考えられる [1]。改善していくためには、車群安定性と交通の流れが安定していることが重要である [2]。本研究では、ACC 搭載車を用いる。10 台の車群を用いて、先行車以外の 9 台を ACC 搭載車とする。制御器設計を行い、前方の車両の状況に合わせて、交通の流れが安定するようにモデルを設計し、シミュレーションを評価する。

## 2 モデリング

### 2.1 モデル式

10 台の車群の渋滞の一部から切り取った 2 台の車両の追従走行を表すモデル図を図 1 とする。ACC 搭載車と先行車の車間距離は、 $d_i(t)$  である。車両追従のモデルを式 (1) とする。理想の加速度の入力値を  $u_i(t)$ 、ACC 搭載車の加速度  $a_i(t)$  を出力とし、1 時遅れの式とする [3]。

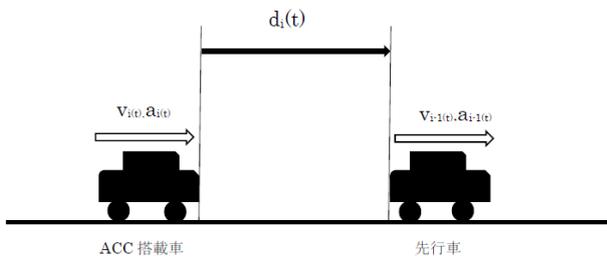


図 1：先行車と追従車のモデル

$$u_i(t) = \tau \dot{a}_i(t) + a_i(t) \quad (1)$$

### 2.2 物理パラメータ

本研究で取り扱う物理パラメータを表 1 に示す。 $i$  は  $i \geq 2$  であり、車両の番号を表す。

表 1 物理パラメータ

$a_{i-1}(t)$	$i-1$ 番目の車両の加速度	$[m/s^2]$
$a_i(t)$	$i$ 番目の車両の加速度	$[m/s^2]$
$u_i(t)$	$i$ 番目車両の入力値	$[m/s^2]$
$v_{i-1}(t)$	$i-1$ 番目の車両の速度	$[m/s]$
$v_i(t)$	$i$ 番目の車両の速度	$[m/s]$
$v_{ri}(t)$	$i-1$ 番目と $i$ 番目の 2 車両の相対速度	$[m/s]$
$d_i(t)$	$i-1$ 番目と $i$ 番目の 2 車両の車間距離	$[m]$
$d_{pi}(t)$	$i-1$ 番目と $i$ 番目の 2 車両の目標車間距離	$[m]$
$\epsilon_i(t)$	車間距離と目標車間距離の誤差	$[m]$
$\tau$	時定数	$[s]$
$h$	目標車間時間	$[s]$

### 2.3 状態方程式

$a_{i-1}(t)$  を外乱とし、状態変数を (2) 式とする。(2) 式より、状態方程式は (3) 式となる。

$$x_{i(t)} = \begin{bmatrix} a_i(t) \\ v_{ri}(t) \\ \epsilon_i(t) \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\dot{x}_{i(t)} = Ax_{i(t)} + Bu_{i(t)} + Da_{i-1}(t) \quad (3)$$

$$A = \begin{bmatrix} -\frac{1}{\tau} & 0 & 0 \\ -\frac{1}{\tau} & 0 & 0 \\ -h & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} \frac{1}{\tau} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, D = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

## 3 制御器設計

### 3.1 PD 制御

先行車に対しての ACC 搭載車の追従性能を向上させるために、本研究では制御器に PD 制御を用いる。入力  $u_i(t)$  を (4) 式とする。

$$u_i(t) = k_p(v_{i-1}(t) - v_i(t)) + k_d(d_i(t) - d_{pi}(t)) \quad (4)$$

直線道路に 2 台の車両が、追従走行しているとする。3 組のゲインを組み込み、シミュレーションに用いるのに適切なゲインを求める。1 台目を先行車、2 台目を ACC 搭載車とする。1 台目の先行車の加速度を  $100 \sim 200[s]$  の間で  $0.2[m/s^2]$ 、 $300 \sim 400[s]$  の間で  $0.1[m/s^2]$ 、 $550 \sim 650[s]$  の間で  $-0.2[m/s^2]$ 、その他では  $0[m/s^2]$  になるように設定する。1 台目の速度に応じて、2 台目が追従する。表 2 に P ゲインと D ゲインのチューニングを示す。また、結果を図 2、図 3、図 4 に示す。

表 2 P ゲインと D ゲインのチューニング

No.	$k_p$	$k_d$
1	0.10	0.005
2	0.20	0.01
3	0.30	0.015

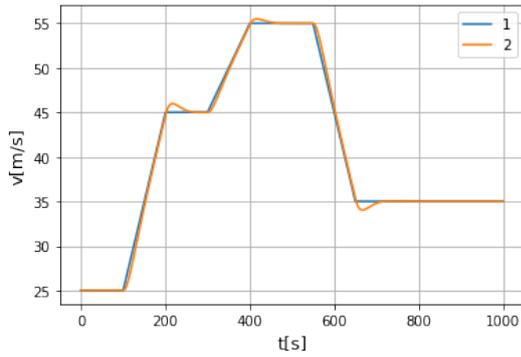


図 2 :  $k_p=0.10, k_d=0.005$  の図

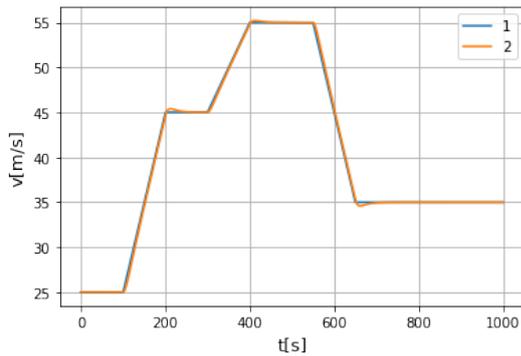


図 3 :  $k_p=0.20, k_d=0.01$  の図

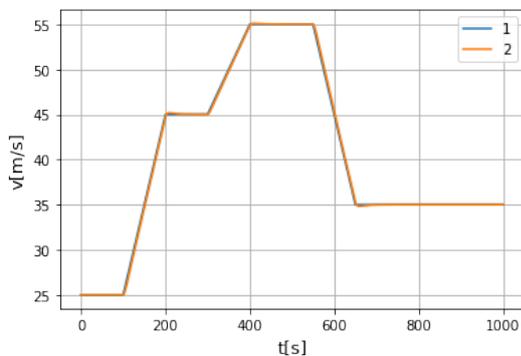


図 4 :  $k_p=0.30, k_d=0.015$  の図

図 2, 図 3, 図 4 より, 先行車と ACC 搭載車の速度の誤差が少ないのは, 図 4 である. よって, P ゲインと D ゲインは  $(k_p, k_d)=(0.30, 0.015)$  が妥当である.

## 4 シミュレーション

本研究では, 直線道路に 10 台の車両が 1 列で走っていると, 一番前の車両を先行車, それ以外の車両を ACC 搭載車とする. 1 台目の車両の初速度を  $25[m/s]$  とし,  $200 \sim 300[s]$  の間で  $0.3[m/s^2]$ ,  $500 \sim 600[s]$  の間で  $-0.2[m/s^2]$ , その他では  $0[m/s^2]$  になるように設定する. 2 台目から 10 台目を 1 台目に追従させることで, 速度の結果を見る. 1 台目から 10 台目までの速度の比較図を図 5 とする.

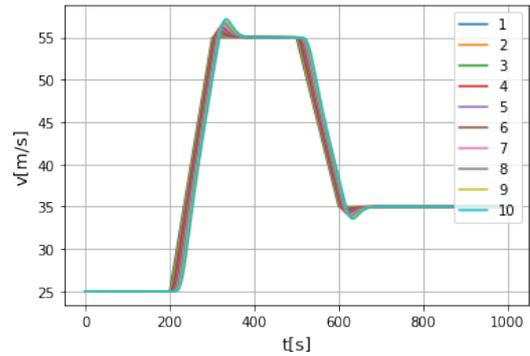


図 5 : 速度の比較図

2 台目から 10 台目の ACC 搭載車は, 1 台目の先行車を追従している. また, 2 台目から 10 台目と先行車との速度の誤差を少なくすることができた.

## 5 考察, 課題

考察として, ACC 搭載車を用いたシミュレーションより, 2 台目から 10 台目と先行車との速度の誤差が少ない観点において, 渋滞の解消を行うことができている. 誤差を 0 にするために, 制御器の精度を向上させていく必要がある.

## 6 おわりに

本研究の成果は, 渋滞の解消を行うための制御器を設計し, 車両間の誤差を少なくしたことで, 直線道路上の渋滞の解消を行うことができた. 今後の課題としては, 車両を増やした後, 無作為に ACC 搭載車を設定し, より現実的なシミュレーションを行うことである.

## 参考文献

- [1] 山本吉典, 瀬戸陽治, 永井正夫: 「車車間通信を利用した車群安定 ACC の研究」. 日本機械学会誌, Vol.73, No.726, p18-22, (2007).
- [2] 川邊武俊: 「知的交通システム (ITS) における自動操縦制御-車間距離制御と車群安定性-」. 日本機械学会誌, Vol.104, No.989, p42-45, (2001).
- [3] Jing Zhou, Hui Peng, "Range Policy of Adaptive Cruise Control Vehicles for Improved Flow Stability and String Stability", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol.6, No.2, p229-237, (2005).