

# 2車線サーキット上における 車両トラフィックシミュレーション

日大生産工（院） ○ 杉山 清史  
日大生産工 篠原 正明

## 1 序論

近年の情報化社会において,ITS(Intelligent Transport Systems:高度道路交通システム)の構想は著しい発展を遂げている. 其中で本研究では,トラフィック特性による車両の走行シミュレーションを行った. 前研究では単方向1車線のサーキットでのシミュレーションにより実験したが,今研究は2車線でシミュレートし,追越ができる条件での実験を試みた.

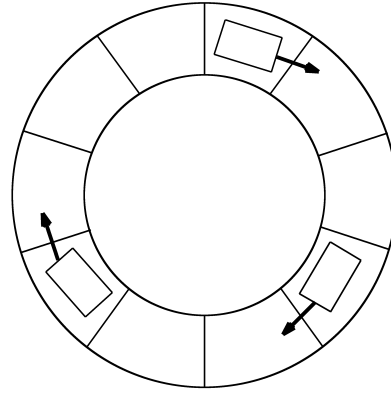


図 1: 1車線サーキットシミュレーション

## 2 研究背景

### 2.1 1車線シミュレーションの概要

1. 道路はサーキット状とし,指定したコマ数に分割する.
2. 車両の初期位置は指定する.
3. 道路上にある車両の速度は指定した範囲で一様分散でランダムに与える.
4. 道路は1車線とする. よって前の車両に追いついてしまったら,減速してその後ろを走らなければならない.

一例を下図 1 に示す. ここでは1車線当たりのコマ数  $m = 10$ , 車両数  $n = 3$  によるシミュレーション風景である.

### 2.2 結果とまとめ

0 ~ 10 の速度幅から徐々に幅を縮めて4 ~ 6 の速度幅で,指定平均速度が5になるデータ5通りを使った. それを図 2,3 である. グラフの関係を示す  $q-v, k-v$  は交通流  $q$ (単位時間当たりの通過台数), 交通密度  $k$ (単位長さ当たりの車両台数), 速度  $v$  による.

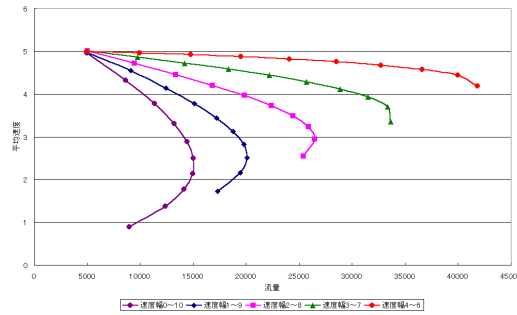


図 2: 指定平均速度 5 の  $q-v$  グラフ

ここで速度幅が 0 ~ 10 の場合は「自由走行」、速度幅が 4 ~ 6 の場合は「制御走行」と言えるであろう。制御走行時には  $q$  がより大きくなることと、 $v$  の落ち込みが少なくなることが見て取れる。さらに道路交通容量  $q_c$ 、臨界密度  $k_c$ 、臨界速度  $v_c$  にも変化が見られ、制御走行時ではそれぞれが改善していることがわかる。以上から自由走行時の一般にいわれる  $q = kv$  の関係がシミュレーションで再現できた。

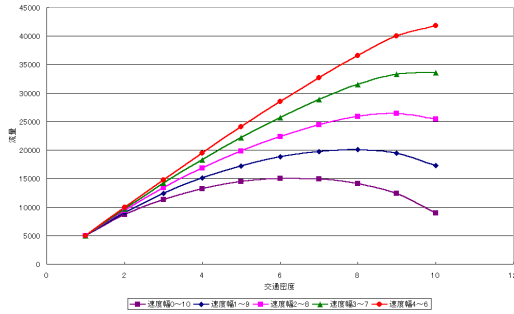


図 3: 指定平均速度 5 の  $k-v$  グラフ

### 3 2車線サーキットによるシミュレーション定式化

#### 3.1 概要

1. 道路はサーキット状とし、指定するコマ数に分割する。2車線を走行車線、追越車線として区別する。車線ごとに更新する。追越車線を先に更新し、次に走行車線を更新する。
  2. 車両の初期位置は指定する。
  3. 道路上にある車両の速度は指定した範囲で一様分散でランダムに与える。
  4. 前方に車両がなければ前に進む。
  5. 前方に車両がある場合、もう一方の車線に車両がなければ車線を変更する。
  6. 前方にも隣にも車両がある場合、その場に留まる。
- (2車線の更新1組で1ステップとする。)

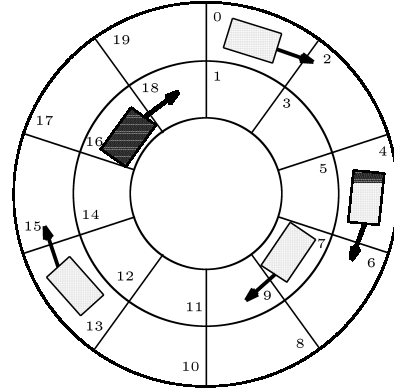


図 4: 2車線サーキットシミュレーション

#### 3.2 アルゴリズム

##### 1. 位置と速度を決定する

全車両行列  $\mathbf{X}$

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} c_1 & c_2 & \cdots & c_n \\ x_1 & x_2 & \cdots & x_n \\ v_1 & v_2 & \cdots & v_n \\ a_1 & a_2 & \cdots & a_n \\ b_1 & b_2 & \cdots & b_n \end{bmatrix}$$

$c_i$ : 車両ナンバー  $i$

$x_i$ : 位置 ( $x_1 < x_2 < \cdots < x_n : \text{mod } 2m$ )

$v_i$ : 速度 (一様乱数)

$a_i$ : 車線フラグ

$$a_i = \begin{cases} 0 & (\text{車両が走行車線上}) \\ 1 & (\text{車両が追越車線上}) \end{cases}$$

$b_i$ : 変更フラグ

$$b_i = \begin{cases} 0 & (\text{車線変更をしない}) \\ 1 & (\text{車線変更をした}) \end{cases}$$

$b_i=0$  で初期化

##### 2. 車線別に行列を分割する

$$\mathbf{X} = \mathbf{X}_1 + \mathbf{X}_2$$

( $\mathbf{X}_1$ : 追越車線行列,  $\mathbf{X}_2$ : 走行車線行列)

$$\mathbf{X}_1 = \begin{bmatrix} c_i & \cdots & c_j \\ x_i & \cdots & x_j \\ v_i & \cdots & v_j \\ 1 & \cdots & 1 \\ 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{X}_2 = \begin{bmatrix} c_h & \cdots & c_l \\ x_h & \cdots & x_l \\ v_h & \cdots & v_l \\ 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

( $i, j, h, l = 1 \sim n$ )

##### 3. 車線別に最低速度の決定 及び最低速走行

$$v_{1slow} \leftarrow \min\{v_i, \cdots, v_j\},$$

$$v_{2slow} \leftarrow \min\{v_h, \cdots, v_l\}$$

$$\mathbf{X}_1 \leftarrow \begin{bmatrix} c_i & \cdots & c_j \\ x_i + 2v_{1slow} & \cdots & x_j + 2v_{1slow} \\ v_i - v_{1slow} & \cdots & v_j - v_{1slow} \\ 1 & \cdots & 1 \\ 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{X}_2 \leftarrow \begin{bmatrix} c_h & \cdots & c_l \\ x_h + 2v_{2slow} & \cdots & x_l + 2v_{2slow} \\ v_h - v_{2slow} & \cdots & v_l - v_{2slow} \\ 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

但し  $x_p + 2v_{1slow}$  ,  
 $x_p + 2v_{2slow} \pmod{2m}$

#### 4. 最低速車両を基準に相対位置を決定する

$$\text{if } v_p - v_{1slow} = 0 \\ x_{1slow} \leftarrow x_p$$

$$\mathbf{X}_1 \leftarrow \begin{bmatrix} c_i & \cdots & c_j \\ \frac{x_i + 2v_{1slow}}{2} & \cdots & \frac{x_j + 2v_{1slow}}{2} \\ v_i & \cdots & v_j \\ 1 & \cdots & 1 \\ 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{if } v_p - v_{2slow} = 0 \\ x_{2slow} \leftarrow x_p$$

$$\mathbf{X}_2 \leftarrow \begin{bmatrix} c_i & \cdots & c_j \\ \frac{x_i + 2v_{2slow}}{2} & \cdots & \frac{x_j + 2v_{2slow}}{2} \\ v_i & \cdots & v_j \\ 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

但し  $x_{1slow} - x_p, x_{2slow} - x_p \pmod{2m}$

#### 5. 相対距離順にソート

$$\mathbf{X}_1 = [x_i, \dots, x_j], \mathbf{X}_2 = [x_h, \dots, x_l]$$

$$\mathbf{X}_1 \leftarrow \text{sort}\{x_i, \dots, x_j\}$$

$$\mathbf{X}_2 \leftarrow \text{sort}\{x_h, \dots, x_l\}$$

#### 6. 走行

$$\text{if } v_p \neq 0 \quad \text{かつ} \quad v_p \neq 1 \\ \quad \text{かつ} \quad x_p - x_{p-1} > v_p$$

$$\text{if } x_p > v_p \\ \text{if } x_p > v_p \\ x_p \leftarrow x_p - v_p \\ v_p \leftarrow 0$$

$$\text{else} \\ d \leftarrow x_p \\ x_p \leftarrow x_{p-1} + 1 \\ v_p \leftarrow v_{p-1} - (d - x_p)$$

else

$$\text{if } x_p - x_{p-1} \leq v_p \\ x_p \leftarrow x_{p-1} + 1 \\ v_p \leftarrow v_{p-1} - (d - x_p) \\ \text{else } x_p \leftarrow x_p - x_{p-1} - 1 \\ \text{if } x_p \leq x_{p-1} \\ x_p \leftarrow x_{p-1} + 1 \\ \text{else } v_p \leftarrow v_p - (d - x_p) \\ \text{else if } v_p = 1 \quad \text{かつ} \quad x_p - x_{p-1} > 1 \\ x_p \leftarrow x_p - v_p \\ v_p \leftarrow 0$$

#### 7. 絶対位置に修正する

$$x_p \leftarrow x_{1slow} - x_p \\ x_p \leftarrow x_{2slow} - x_p \\ \pmod{2m}$$

#### 8. 追越車線と走行車線を統合する

$$\mathbf{X} \leftarrow \mathbf{X}_1 + \mathbf{X}_2$$

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} c_1 & c_2 & \cdots & c_n \\ x_1 & x_2 & \cdots & x_n \\ v_1 & v_2 & \cdots & v_n \\ a_1 & a_2 & \cdots & a_n \\ b_1 & b_2 & \cdots & b_n \end{bmatrix}$$

#### 9. 走行車線から追越車線への車線変更

$$\text{if } a_i = 0 \quad \text{かつ} \quad v_i > 0 \\ \text{if } x_i - 1 \neq \{x_1, \dots, x_n\} \\ x_i \leftarrow x_i - 1 \\ v_i \leftarrow v_i - 1 \\ a_i \leftarrow 1 \\ b_i \leftarrow 1$$

#### 10. 追越車線から走行車線への車線変更

$$\text{if } a_i = 0 \quad \text{かつ} \quad v_i > 0 \\ \quad \text{かつ} \quad b_i = 0 \\ \text{if } x_i - 1 \neq \{x_1, \dots, x_n\} \\ x_i \leftarrow x_i - 1 \\ v_i \leftarrow v_i - 1 \\ a_i \leftarrow 1 \\ b_i \leftarrow 1$$

## 4 シミュレーション結果

10000 単位時間後のシミュレーション結果が以下の表 1～8 である。

表 1: 追越車線速度指定なし

台数	平均流量	平均速度
2	5661.0000	4.5294
3	5260.0000	4.3182
4	4918.5000	4.1150
5	4612.0000	3.9142
6	4325.5000	3.7187
7	4035.1429	3.5035
8	3775.8750	3.2978

表 2: 追越車線速度 2 以上

台数	平均流量	平均速度
2	5974.0000	4.5356
3	5593.3333	4.3463
4	5282.0000	4.1643
5	4995.4000	3.9853
6	4735.1667	3.8091
7	4445.8571	3.6071
8	4207.6250	3.4086

表 3: 追越車線速度 3 以上

台数	平均流量	平均速度
2	6272.5000	4.5206
3	5876.6667	4.3657
4	5566.7500	4.1980
5	5295.8000	4.0258
6	5033.6667	3.8611
7	4754.5714	3.6578
8	4495.0000	3.4589

表 4: 追越車線速度 4 以上

台数	平均流量	平均速度
2	6580.0000	4.5192
3	6091.3333	4.3680
4	5789.7500	4.2129
5	5503.2000	4.0509
6	5208.0000	3.8572
7	4925.7143	3.6526
8	4653.8750	3.4620

表 5: 追越車線速度 5 以上

台数	平均流量	平均速度
2	6884.5000	4.5203
3	6206.6667	4.3716
4	5914.0000	4.2038
5	5581.8000	4.0262
6	5289.1667	3.8298
7	5000.1429	3.6250
8	4727.2500	3.4141

表 6: 追越車線速度 6 以上

台数	平均流量	平均速度
2	7201.0000	4.5239
3	6250.3333	4.3500
4	5947.7500	4.1683
5	5594.4000	3.9818
6	5297.8333	3.7819
7	4972.8571	3.5626
8	4663.2500	3.3293

表 7: 追越車線速度 7 以上

台数	平均流量	平均速度
2	7518.5000	4.5178
3	6214.6667	4.3212
4	5895.2500	4.1342
5	5567.2000	3.9344
6	5185.6667	3.7141
7	4864.2857	3.4852
8	4587.8750	3.2715

表 8: 追越車線速度 8 以上

台数	平均流量	平均速度
2	7805.5000	4.4980
3	6114.6667	4.2882
4	5716.5000	4.0768
5	5472.4000	3.8936
6	5115.0000	3.6643
7	4818.0000	3.4301
8	4513.5000	3.2163

更に結果の表をグラフに示したものが図 3,4 である。

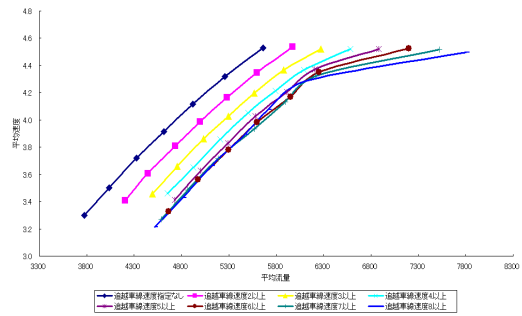


図 5: 追越車線指定速度別  $q-v$  グラフ

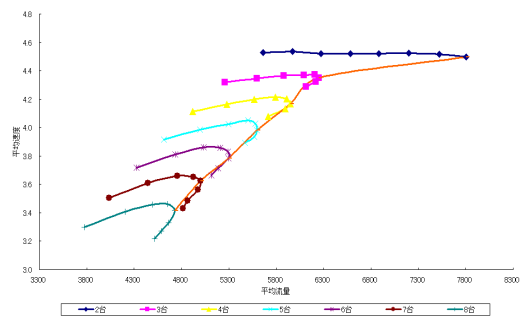


図 6: 台数別  $q-v$  グラフ

## 5 結論

図 4 により指定速度が上がることで、流量は当然増えているが、5 以上ではさほど変化が見られなかった。そして図 5 からは、台数が増えるほど速度の変化幅が大きくなる。車線数よりも台数が多くなっても、流量の幅はほとんど変わらない。また臨界速度と共に平均流量も増加傾向にある。

まとめとして、車線を増やすことでの車両トラフィックの特性の変化を見ることができた。今回のシミュレーションでは、各車線で進行可能な速度が残っていた場合に、車線を変更するという条件をつけた。しかし、その速度の大きさによって変更後の進行を行っていない。今後はその部分を進行可能としてシミュレーションを試みたい。更に車線変更についても様々な条件での見解をまとめてみたいと思う。

## 参考文献

- [1] 畑澤文祐, 篠原正明「シミュレーションによるサーキット上車両トラフィック特性」日本大学生産工学部 第 34 回学術講演会 数理情報部会 講演概要 (2001), pp.55-56.
- [2] 小林翔, 篠原正明「シミュレーションによる車両トラフィック特性-サーキット上の 2 車線-」日本大学生産工学部 第 36 回学術講演会 数理情報部会 講演概要 (2003), pp.121-122.