

シミュレーションによるITS車の サーキット上トラフィック特性

02502560 日大生産工(院)
 02701990 日大生産工(院) ○
 01205220 日大生産工

畑澤 文祐 HATAZAWA Fumihiro
 柳沢 満 YANAGISAWA Mitsuru
 篠原 正明 SINOHARA Masaaki

1 目的

近年の高度情報化社会の中で、高度道路交通システム(Intelligent Transport Systems:ITS)の構想が、さまざまな形で発表されてきた。ITSとは、最先端の情報通信技術によって、道路交通問題の解決を目指す、新しい交通システムである。本論文では、一方向・一車線サーキット上において、車間制御を行うITS車両のトラフィック特性を、実測ではなくシミュレーションにより解析した。

2 シミュレーション定式化

2.1 シミュレーション概要

- 道路はサーキット状とする。サーキットは、指定するコマ数で分割する。
- 道路は1車線とする。よって、前の自動車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。
- 初期位置は指定する。

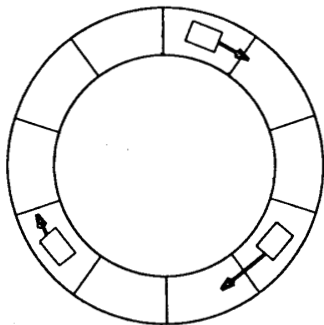


図1: マス目数 $m = 10$, 車両数 $n = 3$ のサーキット

2.2 次ステップ位置の定式化

- A_1, \dots, A_4 : 各車の現在位置 ($A_1 = 0$)
- V_1, \dots, V_4 : 各車の速度
- X_1, \dots, X_4 : 実際に進む速度
- Z_1, \dots, Z_4 : 次のステップでの前方車の現在の自分の車を基準とした位置
- M : サーキットの長さ

定式化すると

$$\begin{aligned} X_1 &= \min\{Z_2, V_1\} \\ X_2 &= \min\{Z_3, V_2\} \\ X_3 &= \min\{Z_4, V_3\} \\ X_4 &= \min\{Z_1, V_4\} \\ A_1 + Z_2 &= A_2 + X_2, A_2 + Z_3 = A_3 + X_3 \\ A_3 + Z_4 &= A_4 + X_4, A_4 + Z_1 = A_1 + M + X_1 \end{aligned}$$

$A_1 = 0$ なので、

$$\begin{aligned} X_1 &= A_4 + z_1 - M \\ Z_1 &= \min\{Z_2, V_1\} + A_1 + M - A_4 \\ Z_2 &= \min\{Z_3, V_2\} + A_2 - A_1 \\ Z_3 &= \min\{Z_4, V_3\} + A_3 - A_2 \\ Z_4 &= \min\{Z_1, V_4\} + A_4 - A_3 \end{aligned}$$

以上の連立方程式により、次のステップでの自動車の位置を記述できる。

3 交通流の特性

交通流を特徴付けるパラメータとして、以下のものがある。

$$\begin{cases} q = \text{交通流} & : \text{単位時間当たりの通過数} \\ k = \text{交通密度} & : \text{単位長さあたりの車台数} \\ v = \text{速度} \end{cases}$$

これらは、互いに独立ではなく

$$q = kv \tag{1}$$

の関係がある。また、 $q-v, q-k$ の相互関係は以下のようにになると言われている。

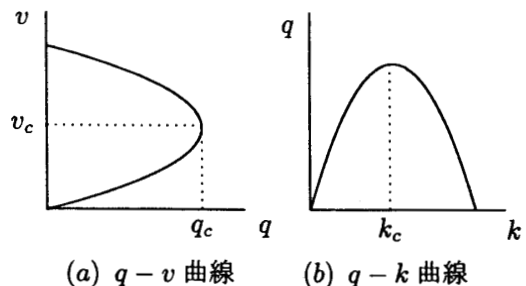


図2: 交通量・速度・交通密度の相互関係

交通量と平均速度の関係を考えると、まず交通量が少ない状態では自由走行できるが、交通量増加とともに、次第に速度は低下し、各車の速度差も小さくなっていく。交通量が q_c に達すると、速度差はほとんどなくなり、各車は一定の速度で走行することとなるが、この状態を過ぎると、速度、交通量ともに減少する。

4 シミュレーション結果

100 コマ、最大 100 台を条件とし、10 万回ステップ施行したシミュレーション結果を以下に記す。

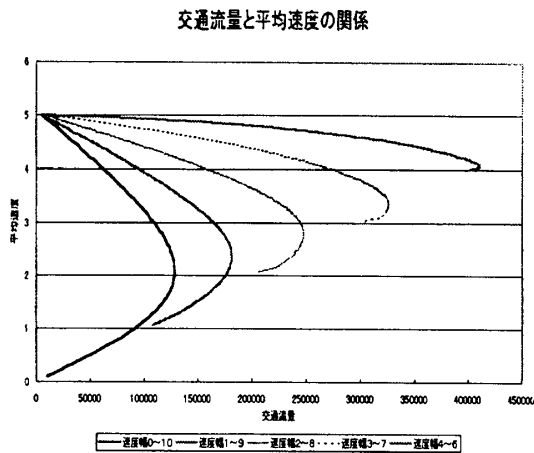


図 3: 「指定平均速度 = 5」の時の $q-v$ グラフ

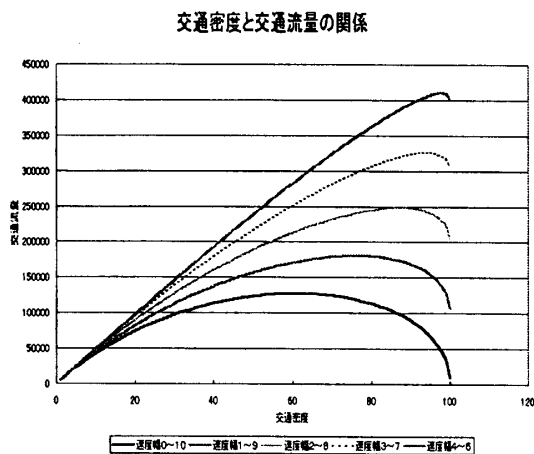


図 4: 「指定平均速度 = 5」の時の $k-q$ グラフ

5 結果のまとめ

図 3 と図 4 は、こちらが一様乱数で与える速度の平均が、5 になるものを集めてグラフを描いたものである。平均が 5 になるものは、速度幅 0 ~ 10 から速度幅 4 ~ 6 まで、5 通りあった。

ちなみに、当然のことながら実際のトラフィックの平均速度は、5 にはならない。なぜなら、前方の車両との距離が短くなれば、減速しなければならないからだ。初期位置の全パターンに関してシミュレーションを行った平均値を表 1 ~ 表 5 にまとめてある。

ここで、速度幅 0 ~ 10 は、「自由走行」と言う事ができるし、速度幅 4 ~ 6 は「制御走行」と言う事ができるであろう。これは、ITS の自動運転を想像して欲しい。図 3、図 4 より、自由走行時には、図 2 のグラフと似た傾向が再現され、制御走行時には、 q がより大きくなること、 v の落ち込みが少ないことが見て取れる。さらに、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、制御走行ではそれぞれが改善されていることが分かる。

以上より、自由走行時の一般にいわゆる $q = kv$ 関係つまりトラフィック特性や、ITS 制御運転の実現の際の結果の向上を、実測や数学モデルを使わず、シミュレーションで再現することができた。

6 今後の課題

本研究では、非常に小規模なサーキット上の車両に関してのシミュレーションであった。よって、実際の交通条件とは、まだかなりのギャップがある。今後の課題として

- より大規模なシミュレーションの実現 (現実に近いものを再現)
- 合流、分流、交差点の処理
- 2 車線の場合の処理
- 車線変更/速度変更の意思決定プロセスの組み込み
- 交通流トラフィック特性の不安定現象の解明が挙げられる。今後は、様々なケースでのトラフィック特性をシミュレーションで再現し、ITS 時代の一助となれば幸いである。

参考文献

- [1] 篠原正明, 「フィードバック機構を持つサービス系の負荷特性—交通流におけるヒステリシス現象—」, 日本 OR 学会秋季研究発表会 アブストラクト集 (1976.9)
- [2] 竹内伝史, 本多義明, 青島縮次郎, 磯部友彦, 「[新版] 交通工学」, 鹿島出版会 (2000) 119 ~ 129