

# 直線道路上の交通渋滞のシミュレーションとその解析

2011SE270 豊田寛久

指導教員：大石泰章

## 1 はじめに

高速道路で生じる自然渋滞は、交通事故や料金所などによらず、自然と発生する交通渋滞のことで、自動車の走り方によって引き起こされる現象である。自然渋滞が減少することで環境汚染の低下、経済循環の向上、ドライバーの運転の快適さの向上が見込まれる。

本研究では、文献 [1][2][3] で用いられた最適速度モデルを使って、直線道路上での交通渋滞の数値シミュレーションを行う。文献 [2] では円周上の道路同様のシミュレーションを行っていたが、円周上という問題設定は現実的でない。本研究では直線道路上でのシミュレーションを行い、その性質を調べる。

## 2 最適速度モデル

直線道路上に  $n$  台の車両が走行している状態を考える。先頭の車両から順に 1 番目、2 番目、... と数えることにし  $y_i(t)$  は  $i-1$  番目の車両と  $i$  番目の車両の間の距離であるとする。また、 $v_i(t)$  は  $i$  番目の車両の速度である。本研究では先頭車両は

$$\dot{v}_1(t) = [V_{max} - v_1(t)], v_1(0) = 5 \quad (1)$$

に従って走行するものとする。ここで  $V_{max} = 28[m/s]$  である。すなわち、先頭車両は最高速度  $V_{max} = 28[m/s]$  まで加速し続けるものとする。

文献 [1][2][3] で用いられた最適速度モデルに従い、先頭車両を除く各車両のダイナミクスを

$$\dot{v}_i(t) = a[F(y_i(t)) - v_i(t)], \dot{y}_i(t) = v_{i-1}(t) - v_i(t) \quad (2)$$

であるとする。 $a > 0$  はドライバーのアクセル・ブレーキ感度であり、 $i$  番目の車両の速度  $v_i(t)$  が現在の車間距離  $y_i(t)$  に依存して決まる理想の速度  $F(y_i(t))$  と異なるとき、どの程度の加速または減速をするのかに関する比率を表す。 $F(y)$  は最適速度関数と呼ばれ

$$F(y) = b[\tanh(\frac{y - y^*}{c}) + \tanh(\frac{y^*}{c})] \quad (3)$$

で与えられる。 $b, c, y^*$  は正のパラメータである。本研究では  $b = 14, c = 7, y^* = 15$  とする。そのときの最適速度関数を図 1 に示す。前車との車間距離が十分に大きいとき、理想の速度は  $28[m/s]$  程度であるが、車間距離が小さくなるにつれて理想の速度は小さくなり、ついには  $0[m/s]$  となる。

## 3 シミュレーション

車両の台数を  $n = 100$ 、アクセル・ブレーキ感度を  $a = 1$  にしてシミュレーションを行い、直線道路上で渋滞が発生

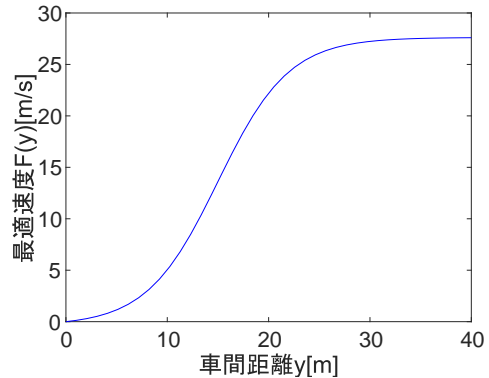


図 1 最適速度関数

することを確認する。先頭車両を除く各車両の初期速度を  $v_i(0) = 10$ 、初期時刻の車間距離を次式のように  $13[m]$  を中心とした乱数として定める：

$$y_i(0) = 13 + (n_i - 0.5) \quad (4)$$

ここで  $n_i$  は 0 以上 1 以下の区間の一様乱数である。

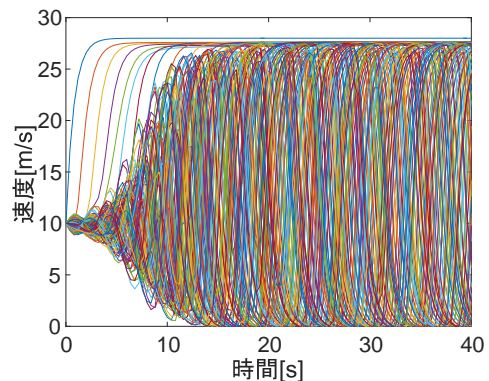


図 2 直線道路上でのシミュレーション

図 2 は 100 台すべての車両に関する速度変化のグラフである。前方の車両は徐々に速度が上がっていき、ある程度時間がたつと速度は一定になる。後方の車両では進むにつれて速度が振動を始め、次第に振幅も大きくなっていく。速度が小さいときは  $v_i(t) = 0$  になっていて、これは車両が渋滞に巻き込まれたことを表すと考えられる。

次に比較の距離が  $1300m$  の円周道路上で図 2 と同じ条件でシミュレーションを行う。

直線道路上とは違い先頭車両から振動をしていて全車両が渋滞に巻き込まれていることが確認される。

## 4 各種パラメータが渋滞に与える影響

直線道路上で、初期時刻における車間距離の乱数の大きさを変えたときの影響を調べる。初期時刻の車間距離を次

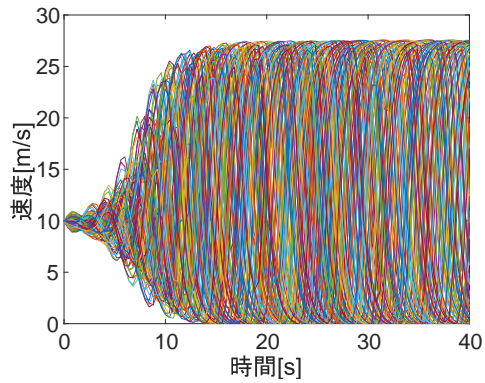


図3 円周道路上でのシミュレーション

のように定める:

$$y_i(0) = 13 + c(n_i - 0.5) \quad (5)$$

ただし  $c$  は乱数の大きさを表す正の数である。直線道路上では渋滞に巻き込まれる車両と、巻き込まれない車両があることに着目し、渋滞の激しさを渋滞に巻き込まれる車両の台数で測定する。ただし、渋滞に巻き込まれた車両とは、 $v_i(t) = 0$  になった車両であるとする。

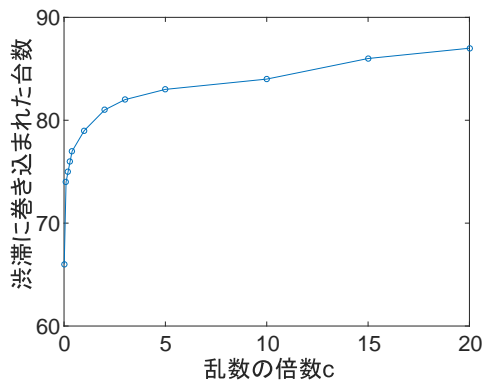


図4 車間距離の乱数の大きさと渋滞の関係

結果を図4示す。パラメータ  $c$  を大きくしていくと渋滞に巻き込まれる車両の台数が増えていくことが確認された。

次にアクセル・ブレーキ感度  $a$  を変化させるとどのような変化が起こるか確認する。

感度  $a$  が小さいときは速度の変化は遅くなり、感度  $a$  が大きいときは速度の変化が早く起きていることが確認される。しかし、時間のスケールが変わっただけで渋滞に巻き込まれる車両の台数には変化はなかった。

最後に全車両のアクセル・ブレーキ感度を一様に変化させるのではなく、車両ごとに別々に変化させる。 $i$  番目の車両のアクセル・ブレーキ感度  $a_i$  を次のように定める:

$$a_i = 1 + en_i \quad (6)$$

ただし  $n_i$  は 0 以上 1 以下の区間の一様乱数であり、 $e$  は乱数の大きさを表す正の定数である。 $e$  を変化させたとき

の渋滞に巻き込まれる車両の台数の変化を確認する。このとき各車両の初期時刻における車間距離は  $13m$  で一定とする。

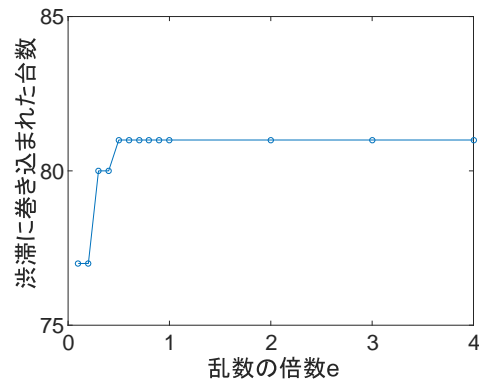


図5 感度の乱数の大きさと渋滞の関係

結果を図5に示す。パラメータを大きくすると、渋滞に巻き込まれる台数は増えていくがやがて一定になり、これ以上は増えないことが確認された。

## 5 おわりに

直線道路上での交通渋滞には各車両の車間距離とアクセル・ブレーキ感度が深く関係している。車間距離をランダムにしてアクセル・ブレーキ感度を一定にすると渋滞が起き、車間距離を一定にしてアクセル・ブレーキ感度をランダムにすると渋滞も起きる。つまり直線道路上ではこの二つのランダム性が渋滞の原因である。この二つのランダム性を大きくしていけば渋滞も大きくなると予想されるが、アクセル・ブレーキ感度を大きくするときは渋滞は徐々に大きくなるものの、一定程度以上には大きくならないことが確認できた。

## 参考文献

- [1] 坂口英嗣・山本茂:「ウォッシュアウト制御によるサイクリックな交通流の渋滞抑制」. 第11回制御部門大会 (2011).
- [2] 石田大和:「渋滞発生に対するドライバー感応度の影響」. 南山大学情報理工学部 2016 年度卒業論文
- [3] 大橋敏裕:「追従車両モデルに基づく渋滞の解消」. 南山大学大学院理工学研究科 2016 年度卒業論文