

渋滞発生に対するドライバー感応度の影響

2012SE062 石田大和

指導教員：大石泰章

1 はじめに

交通渋滞はドライバーに不快感を与えるだけでなく、経済活動の阻害、交通事故の誘発、環境の悪化などの影響をもたらしている。特に、その損失時間は、国民1人当たり年間約30時間にのぼる[1]。交通渋滞の最大の原因は交通集中によるものであり、発生場所は上り坂およびサグ部で起こる自然渋滞が多い。自然渋滞とは車両が複数台連なって走行する際、前方車両の減速が後方に伝播するにつれて増幅され、後方車両が低速走行あるいは停止せざるをえない状況が起こる現象である。

交通渋滞を防止または解消するため様々な研究が行われている。文献[2]では渋滞現象を解析するために、簡単な追従車両モデルを提案しており、文献[3]では自然渋滞に対して渋滞吸収運転という一部の車両が特別な振る舞いを行うことによって渋滞が緩和または解消するという研究をしている。

本研究では、文献[2]で説明された最適速度モデルを用いて、数値シミュレーションを行う。特にドライバーの感応度の大きさと渋滞の関係について調べる。また、感応度がドライバーによって一様でない場合に、その分布が渋滞にどのように影響するかを調べる。

2 最適速度モデル

文献[4]で示された方法に従い、車両をモデル化する。図1は円周型のサーキットを複数の車両が反時計周りに走る交通流のモデルを表す。交通流の中での車両の振る舞いは最適速度モデルで表す。

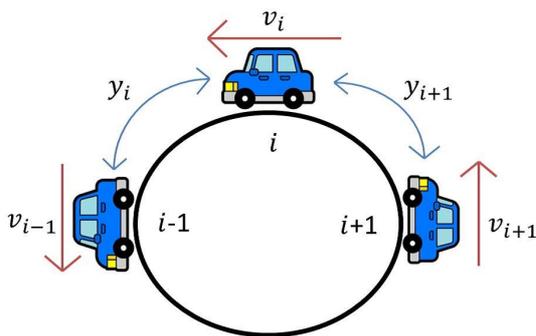


図1 本研究で考える交通流

前方の車両から順に番号を付けていき、車両の総数を n とする。 v_i を i 番目の車両の速度、 y_i を前方の車両 ($i-1$ 番目の車両) との車間距離とすると、 i 番目の車両の振る舞いは、

$$\dot{v}_i(t) = a(F(y_i(t)) - v_i(t)) \quad (1)$$

で記述される。

式(1)は前方の車両との車間距離によって決まる最適速度関数と実際の車両の速度との差に基づいて、加減速を行うことを表している。 a はドライバーの感応度を表す正の定数であり、 a が大きいとき最適速度と実際の速度との差に鋭敏に反応して加減速する。

$F(y(t))$ は、最適速度関数であり、 b と c を正の定数として、

$$F(y(t)) = b\{\tanh(y(t) - c) + \tanh c\} \quad (2)$$

で表される。この関数のグラフを図2に示す。この関数はドライバーにとっての理想的な速度を表しており、車間距離に対して単調に増加する関数である。車間距離が短いと理想的な速度は小さくなり、車間距離がある程度長くなると理想的な速度は車間距離に関わらず一定になる。簡単ではあるが、一般的なドライバーの意図を表わしている。

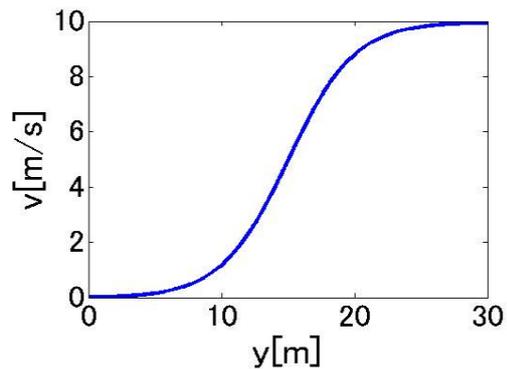


図2 最適速度関数の例： $b=5$, $c=5$ の場合

3 ドライバー感応度と渋滞の関係

最適速度モデルを用いて数値シミュレーションを行い自然渋滞発生の検証を行う。1周300mの円周型のサーキットに20台の車両が初期時刻 $t=0$ で等間隔に位置し、同一速度5(m/s)を持つとする。ただし、初期時刻の位置に0以上0.1以下の範囲で一様乱数を全ての車両に加える。以後全ての車両が $a=1$, $b=5$, $c=5$ の最適速度モデルにしたがって走行するものとする。なお、シミュレーションはサンプル時間を0.05秒として4次ルンゲ・クッタアルゴリズムを用いて行う。

図3に1番目の車両の速度 v_1 の時間変化を示す。最初は小さい加減速が徐々に大きくなり、振動的な振る舞いになったことが確認できた。このような大きな加減速を繰り返す、周期的に速度が0に近づく様子は渋滞を意味していると考えられる。すなわち、渋滞発生の様子をシミュレーションで再現することができた。

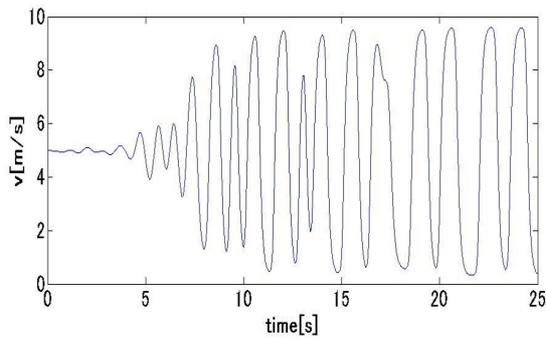


図3 $a=1$ の場合の車両速度の時間変化

次にドライバーの感応度を変化させることによって走行車両の速度の最大値と最小値の差がどのように変わるかについて検証する。先ほどと同様の条件でシミュレーションし、1台目の車両の速度 v_1 の最大値と最小値の差を計測する。感応度を $a=0.5$ から $a=1.5$ まで変化させ、グラフにしたのが図4である。

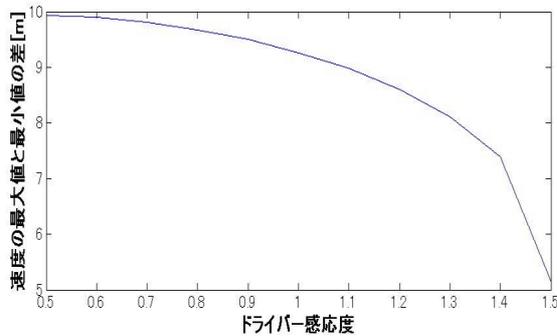


図4 速度の最大値と最小値の差

この図から走行車両の速度の最大値と最小値の差はドライバーの感応度が大きくなるにつれて小さくなっていくことがわかる。その理由は、ドライバーが車間距離の変化に対して敏感になると、車両の速度が理想の速度に素早く追従し、その結果、速度が安定に保たれるためと考えられる。

4 ドライバーの感応度が均一でない場合

3章でドライバーの感応度の大きさによって走行車両の速度の最大値と最小値の差が小さくなることが確認できた。

しかし3章ではドライバー感応度は均一であると仮定していた。この仮定は現実的とは言えない。そこでドライバーの感応度が不均一な場合を考え、特に分布の違いが渋滞の発生にどう影響するかを調べる。まず1台目から5台目の感応度を $a=5$ 、それ以外の感応度を $a=1$ としてシミュレーションを行う。次に1台目から11台目の感応度を $a=5$ 、それ以外の感応度を $a=1$ としてシミュレーションを行う。結果を図5に示す。

図5は1台目の車両の速度 v_1 を示しており、5台を $a=5$ とした場合が実線で、11台を $a=5$ とした場合が破線で示

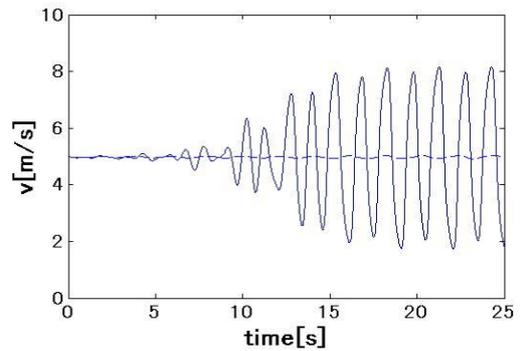


図5 ドライバー感応度が不均一の場合の2例

されている。5台を $a=5$ としたシミュレーションでは、 $a=1$ だけの場合(図3)と比較したとき、振幅は小さくなっているが安定せず振動的な振る舞いである。11台を $a=5$ としたシミュレーションの速度はほぼ一定に落ち着いた。

このことから、感応度の大きい車両の比率が高くなるに従って、振動的な振る舞いは徐々に小さくなるのがわかる。

5 おわりに

本研究では、最適速度モデルにおけるドライバーの感応度と交通渋滞の関係について検討した。シミュレーションを使うことで渋滞現象を再現できた。また、そのシミュレーションのデータから車両の速度の最大値と最小値の差を計測し、ドライバーの感応度の大きさを変化させることによってどのように変わるのか検証した。そして、ドライバーの感応度の大きさを不均一の場合を検証し、交通流の安定性への影響について調べた。

参考文献

- [1] 国土交通省: 渋滞の現状と施策体系, <http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/tdm/Top03-01-01.html>
- [2] M. Bando et al.: Dynamical model of traffic congestion and numerical simulation. *Physical Review E*, Vol. 51, No. 2, pp. 1035–1042 (1995)
- [3] 江上一樹: 「渋滞吸収車両制御による交通渋滞解消」, 南山大学大学院理工学研究科修士論文 (2014)
- [4] 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回計測自動制御学会部門大会予稿集 (2011)