

粒子を用いた交通流の数値シミュレーション

雨宮 桃香 (指導教員: 河村 哲也)

1 はじめに

車の交通渋滞が生活に及ぼす影響は多大なものであり、時間、費用だけでなく、エネルギー消費量や排気ガスなど環境に影響を及ぼしている。

渋滞は交通流研究における一つの大きなテーマである。そこでシミュレーションにより渋滞状態を作り、渋滞時に自動車それぞれがどう動くのか、また他の車との相互作用について数値的に調べることを目的とした。計算方法としては車を粒子として扱い、様々な条件を与えてその効果で検証することにした。

2 考え方

直線道路で考えると、車が進むにつれて車はすべて考えている区間を抜けるため、本研究では、図1のように、永遠にループすることのできる円環状の道路を用いて研究を行った。

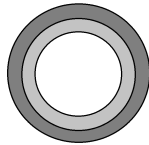


図 1: 円環状道路

3 計算方法

2車線（両車線とも同じ方向へ走るものとする）で車を一定の速さで走らせる。後続車は、先行車が加速することで先行車との車間距離がある値よりも大きくなる時、スピードを上げて先行車に近づくようにする。また逆に先行車が減速することで先行車との車間距離がある値よりも小さくなる時、スピードを下げ先行車と追突しないようにする。なお、あらかじめ最低速度、最高速度、最適車間距離を初期値に設定した。また、初期速度は各車両で異なるようにランダムに設定した。それぞれの車線で走る車は20台とし、それぞれの車の位置情報は車が中心となす角を用いた。基礎方程式は、円環の半径を r とすると

$$v(i) = r \cdot \frac{d\theta_i}{dt}$$

であり、 $r = 1$ として、車の次の時間の移動位置（角度）は、

$$\theta_i^{n+1} = \theta_i^n + dt \cdot v(i)$$

で近似する（オイラー法）。ただし、信号や追い越しや車線変更はできないものとした。

4 検証

4.1 検証 1

まずは2車線でそれぞれ影響を与えることなく、計算方法通りに走らせ、車間距離の大きさによる指令で速度を変える条件で検証した。

4.1.1 結果

各車両の動きを図2のように表示した。この図では、横軸は時間、縦軸は車の移動距離を示している。グラフの見方として、傾きが速さを、升目の大きさが車間距離を表している。最初は車が異なる速さでスタートしたため車が詰まるという軽い渋滞を引き起こし、この渋滞が先頭車両にも影響を与えて渋滞位置が次第にずれていくことが分かった。また、図3より運動エネルギー $(= \sum_{i=1}^n (\frac{1}{2} m (v_i)^2))$ は、初めは増加するが、渋滞により減少し、渋滞を抜けて加速する力と、逆に渋滞に巻き込まれる力があることから振動することが分かった。

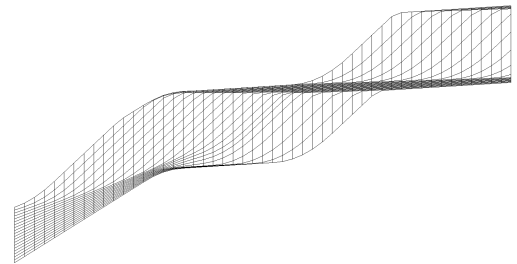


図 2: 各車両の動き

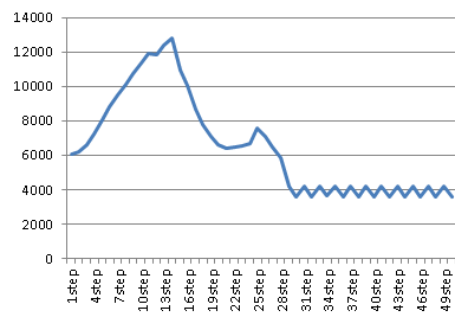


図 3: 運動エネルギー

4.2 検証 2

先頭車または途中車が非常に遅い速度で走る条件を加え、これにより後続車にどのように影響を与えるかを検証する。

4.2.1 結果

図4のように、先頭車が遅く走ることによって、後ろの車はどんどん詰まっていき、最終的には、一本の太い横線のようになり、移動距離も増えなくなってしまう。

また、途中車が遅く走ることによって、前方車両は最初は

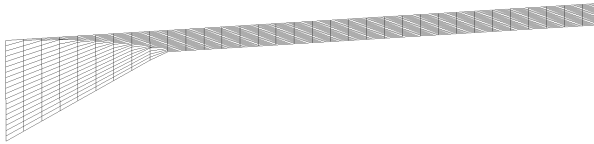


図 4: 先頭車による渋滞状態

進むが、途中で後方車両の渋滞に巻き込まれて進まなくなり、図5のように上方と下方に太い横向きの直線が現れる。運動エネルギーは、図6より、どんどん減少し、最終的には、加速しないので、一定になる。二つの結果から、一台の車が非常に遅い速度になると、後続車への影響が大きく、極度な渋滞状態に陥る。

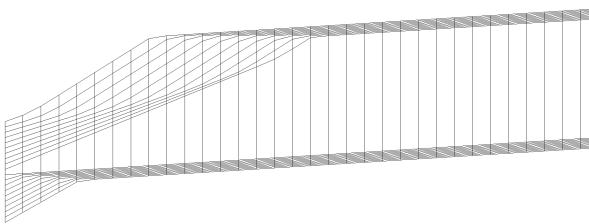


図 5: 途中車による渋滞状態

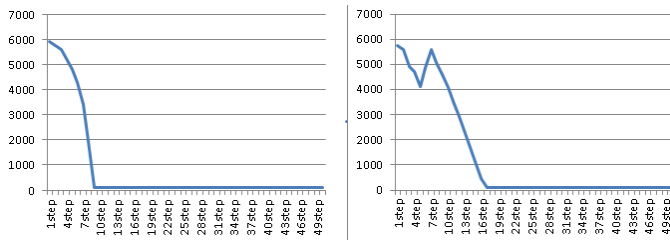


図 6: 左図が先頭車、右図が途中車の運動エネルギー

4.3 検証 3

2車線で外側と内側の車の車間距離が小さくなる時に、外側の車の速さを速くし、内側の車の速さを遅くするという条件を加えて検証した。これは追い越しをする際に外側の車線は速く走り、内側の運転手はスピードを落とすという運転手の心理的なものを利用することで、実際の車の動きに近づけるために行う。

4.3.1 結果

図7より、内側と外側の関係は、内側が遅くなることで、外側を走る車はどの車もずっと速い速さで走ることができ、かつ車間距離も大きくなることで加速でき、全ての車が最高速度に達する。結果、全ての車の速さ、車間距離が等しくなり、渋滞は起きずにどんどん進むことができる。運動エネルギーについては他の結果の値に比べて非常に高い一定の値をとることができる。

また内側の車はどんどんスピードが遅くなっていくことで、次第に最低速度に達し、すべての車が同じ速さになり、速さが安定することで、一定の車間距離を

保つことができる。しかし速度が遅いため、あまり前に進むことができず、これも渋滞の要因になると考えられる。運動エネルギーについては、急速に減少して非常に小さな値をとる。

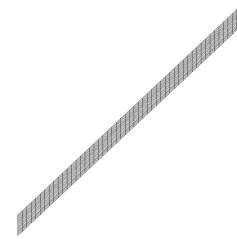
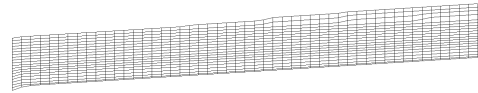


図 7: 上図が内周、下図が外周

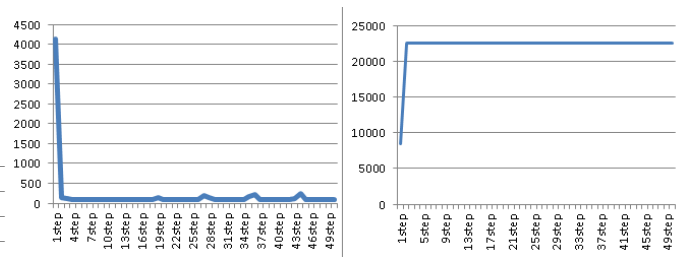


図 8: 左図が内周、右図が外周の運動エネルギー

5 まとめと今後の課題

渋滞の状態を生み出す要因としては、

- ・1台でも遅い車がいることで、後続車は先行車に合わせなければいけなくなるので、速度を上げることができない

- ・走り出しや、各車両の速度が異なることで車間距離を合わせようとする

ことが考えられる。

逆にどの車も同じ速度になれば安定した車間距離をとることができ、その速さが速いほど渋滞が起きずにどんどん前に進むことができる。

しかし現実的に考えると、全ての車が全く同じ速度、同じ車間距離をとることは非常に難しいので、その点を踏まえてより実際の交通状態に近づくことができるような条件を考えていきたい。

参考文献

[1] 国土交通省東北地方整備局道路部 <http://www.thr.mlit.go.jp/road/sesaku/pam/kaiteki/eikyo.htm>(参照 2016-02-02)

[2] 河村哲也:流れのシミュレーションの基礎!(2002)

[3] 坂東昌子、長谷部勝也、杉山雄規、中西健一、中山章宏、柴田章博:渋滞を起こす交通流モデルのシミュレーション(1994)