

2レーン ASEP モデルのシミュレーション

市川史織 (指導教員：吉田裕亮)

1 はじめに

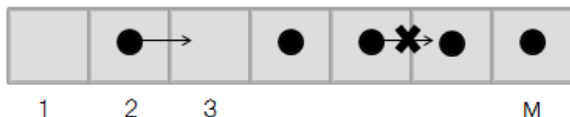
車を運転しているとき、歩いているとき、混雑してイライラした経験は誰しもあることだろう。工事中で道路が一車線塞がっている、雨や雪の為、ドライバーが無意識のうちに減速している、原因は様々である。しかし、道路をできるだけ効率よく車が走れば、渋滞は解消されるのではないかと考えられる。

そこで、本研究ではもっとも単純な交通流モデルとして知られている、「ASEP モデル」のシミュレーションを行うことにした。先行研究 [1] でのモデルと、本研究のモデルをシミュレーションにより、比較検討を行うことを本研究の目的とする。

2 ASEP モデル

2.1 ASEP モデル [2] とは

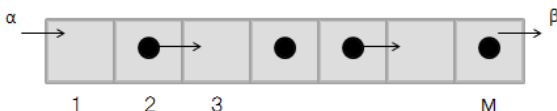
下図の状態の場合、すべての人がどのような状態でも右に1歩進むことはできるはずだが、実際には自分の進むべき場所に人がいるとそこが空くまでは進めない。歩行だけでなく、車の運転でもそうである。つまり、前方に空きがないと進めない、という心理的な傾向がある。このとき、人や車の集団はどのような動きを見せるであろうか。このようなモデルは、ASEP (Asymmetrical Simple Exclusion Process, 非対称単純排除) モデルと呼ばれていて、現在の渋滞学の中心的役割を担っている。



2.2 ASEP モデルの動き

本研究では以下の条件を課することにする。

1. 左から右への一方通行のみのモデル。これを TASEP(Totally ASEP) という。
2. ひとつの要素に対してひとつの粒子しか入れない。
3. 右隣の要素にすでに粒子が入っている場合は動けない。
4. 右隣が空だった場合、ある確率で隣の要素に移動する。本研究では 1.0 とする。
5. 左端が空だった場合、確率 α で粒子が入る。
6. 右端が空だった場合、確率 β で粒子が出る。
7. 移動する際は、1 ステップで 1 つ隣の要素しか動けない。

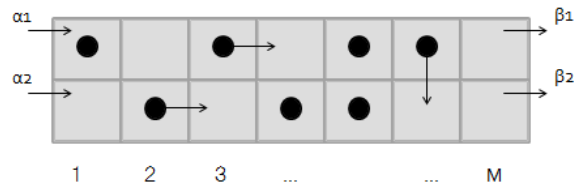


3 提案モデル

3.1 2レーン ASEP モデル

ここでは上の、ASEP モデルを2レーンに拡張したモデルを考える。これにより、走行車線、追い越し車線の想定するモデルが可能となり、実際の道路に応用されると思われる。これを先行研究のモデルと、本研究で与えるモデルとをシミュレーションを行い、比較検討する。

上段を第1レーン、下段を第2レーンとし、第1レーンを走行車線、第2レーンを追い越し車線とする。第1レーンから第2レーンへのみ、移動可能なモデルを考える。

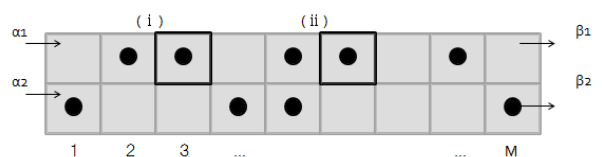


3.2 2つのモデル

本研究では特に、以下の2つのモデルについて比較する。

モデル A 前方に粒子があり、かつ第2レーン目が空
レーンチェンジ (先行研究)

モデル B 前方に粒子があり、かつ第2レーン目が空、
かつその前方が空 レーンチェンジ



(i) の粒子は、モデル A、モデル B、共にレーンチェンジ。

(ii) の粒子は、モデル A ではレーンチェンジだが、モデル B では移動しない。

3.3 提案モデルのシミュレーション手順

初期設定

N_1, N_2 :

第1レーン、第2レーンのはじめの粒子の出現確率

α_1, α_2 :

第1レーン、第2レーンの左端が空だった場合の、粒子の流入確率

β_1, β_2 :

第1レーン, 第2レーンの右端に粒子があった場合の, 流出確率

S_n :

左から n 番目の粒子で流量・密度を測定. ただし, 流量とはある点を通り過ぎた粒子の数, 密度とはある点で粒子が留まった数を総時間で割ったものとする

ここでは, 要素数 200, 総ステップ数 1000 で計算する. ただし, 1 ステップとは, 要素をランダムに 200 回選択し, 選択された要素を確率規則に従って, 移動させるものとする. この時, ランダムに選択する際の重複は許すものとする.

4 実験結果

α_1, α_2 を, それぞれ 0 から 100 まで 10 ずつ上げていき, 流量と密度を測定する. 第1レーン目, 第2レーン目の流量と密度をそれぞれ, $f1, f2, d1, d2$ とする. 以下は, 50 回の実験での, それぞれの平均値を, 表にしたものである.

	モデル A	モデル B
$f1$ -ave	0.114	0.116
$f2$ -ave	0.122	0.138
$d1$ -ave	0.505	0.217
$d2$ -ave	0.527	0.284

表 1: $N_1 = 0.5, N_2 = 0.5, \beta_1 = 0.5, \beta_2 = 0.5, S_{100}$

流量にあまり変化はないが, 密度では大きく差が見られる.

特に大きく差が見られた第1レーン目での密度を, それぞれのパラメーターでプロットした. 図1, 図2は, それぞれのグラフを平滑化補間 [3] したものである.

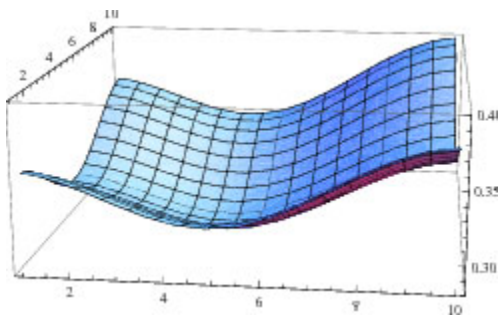


図 1: モデル A

次に S_n の値を変えて実験した.

表2, 表3は, S_n が 50 のとき, 150 のときのそれぞれの値である. 10 回の実験の平均を記録した. S_n 以外の初期条件は上記と同じものとする.

結果より, 流量と密度は, 測定位置にはほぼ依存していないと判断される.

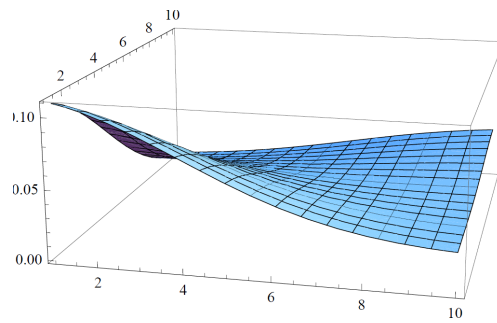


図 2: モデル B

	モデル A	モデル B
$f1$ -ave	0.098	0.115
$f2$ -ave	0.108	0.136
$d1$ -ave	0.542	0.221
$d2$ -ave	0.584	0.291

表 2: $N_1 = 0.5, N_2 = 0.5, \beta_1 = 0.5, \beta_2 = 0.5, S_{50}$

	モデル A	モデル B
$f1$ -ave	0.132	0.116
$f2$ -ave	0.137	0.137
$d1$ -ave	0.444	0.205
$d2$ -ave	0.457	0.273

表 3: $N_1 = 0.5, N_2 = 0.5, \beta_1 = 0.5, \beta_2 = 0.5, S_{150}$

5 考察

今回シミュレーションしたパラメータでは, すべてモデルにおいて, 多くの場合, モデル B の方がモデル A より, 流量が大きく, 密度が小さくなった. このことから, モデル B の方が, 効率よく粒子が流れていることが分かった. ただし, 初期設定によって差が出る場合もある.

また, 流量・密度は, 測定位置に依存しないことが分かった.

6 今後の課題

今後の課題として, さまざまな初期設定の下で, モデル A とモデル B の差を比較していきたい. 今回の研究では, 測定位置との関連性はなかったが, 前方に渋滞が生じ始めている状態での関連性も調べたい.

参考文献

- [1] 光藤, 哲也, 早川, 尚男, 2レーン ASEP モデルの特解と性質 (2004) 物性研究 82pp.273-279
- [2] 西成, 活裕, 渋滞学, 新潮選書 (2006)
- [3] 北口, 景子, モンテカルロ法によるディリクレ問題への非線形回帰の応用 (2010)