

車間による 確率変化と交通流

中央大学工学部物理学科

07D2102014K

長岡 宏幸

1, TASEPを用いたシミュレーション

TASEPとは

Asymmetric Simple Exclusion Process

非対称単純排除過程

- *各サイトに入る粒子は最大1つ
 - *1ステップで進むのは1サイト
 - *1ステップで各サイトを一齐更新 (parallel update)
 - *1つ先のサイトに粒子があるかでないかで進むかどうかという振る舞いが決まる
- というのがASEPというモデルであり、
進行方向が一方向なものをTASEPという

一方ZRP (Zero Range Process) というものもあり、

*1つ前の状況に関係なく移動する

*1つのサイトに入る粒子、移動する粒子の数は
複数個でもよい

→つまり、車間距離に移動確率が依存するモデル

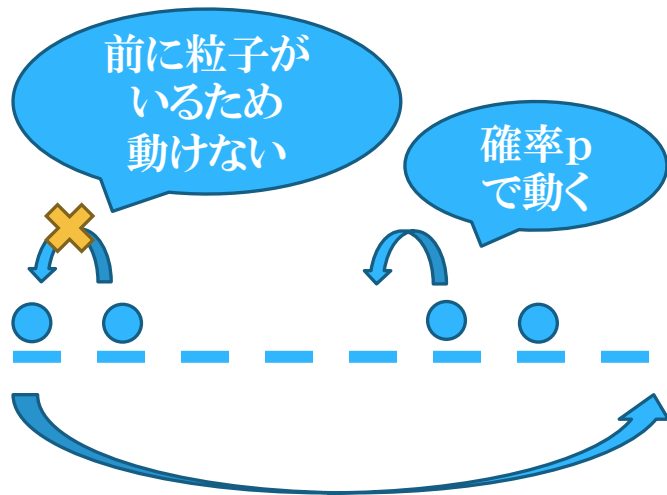
このときASEPとZRPそれぞれにおけるサイト、粒子は
異なるものを示す

	ASEP	ZRP
サイト数	道路の長さ(L+N)	車の台数(L)
粒子数	車の台数(L)	車間(N)

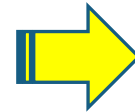
図を用いたTASEP、ZRP

[TASEP]

[ZRP]

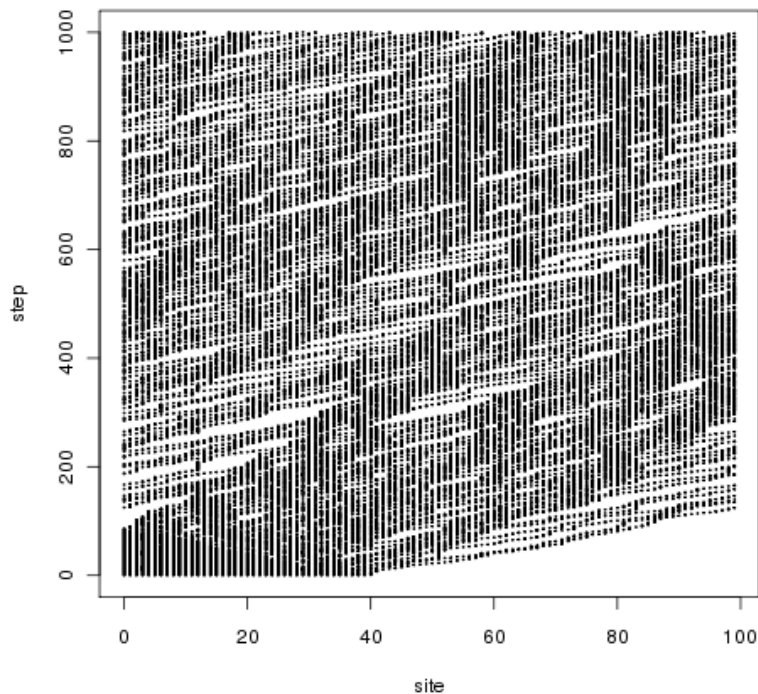


左端は右端につながると考える



右端は左端につながり、粒子がいても動くことができる

ASEPシミュレーション結果



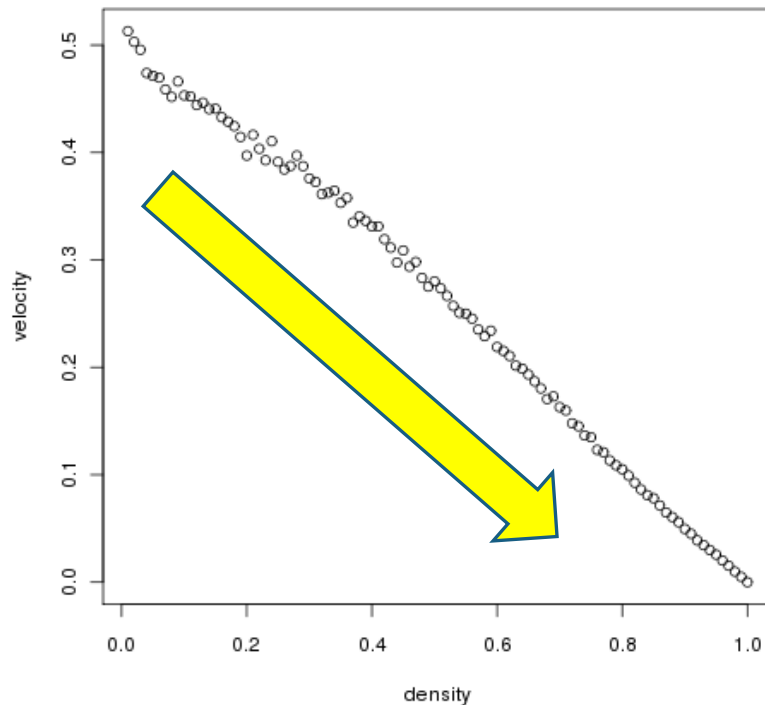
*このシミュレーションは
100のサイトに左詰めで40
の粒子を配置したものを
1000ステップ動かしたもの
である。

*黒い場所が粒子のある場
所を示す

*移動確率 p は0.5

密度と速度の関係

シミュレーションの結果より
横軸に密度、縦軸に速度を
とったのが左図である。



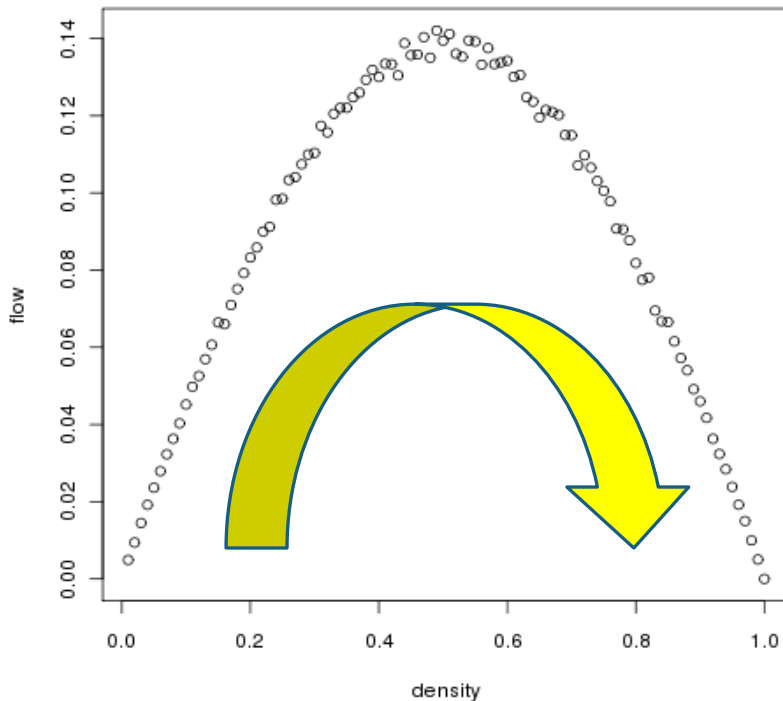
密度が0.1の時は $p=0.5$
で自由に動くことも速度も
0.5を示す。そして密度の
増加にほぼ比例して速度は
0へと減少していく。

密度と流量の関係

この図は横軸に密度、縦軸に流量をとったものである。

流量とは密度と速度をかけあわせたものであり、渋滞を感覚的につかむことが出来る。

このシミュレーションでは密度の増加に伴い、放物線を描くような値をとる。



それではTASEPのシミュレーションにZRPを組み合わせることはできないだろうか？

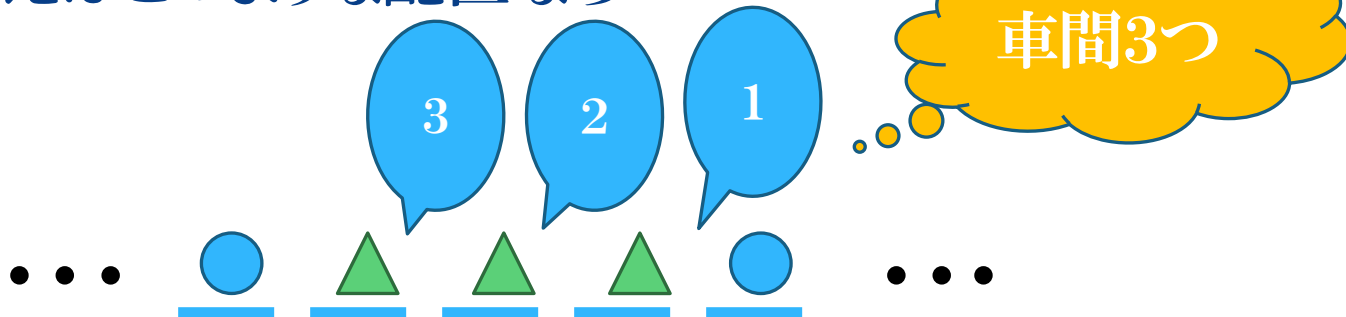
そして確率が一定の場合より渋滞の緩和につなげることはできないだろうか？

2、前との車間に応じて 移動確率を決定する シミュレーション

ASEPシミュレーションからの変更点

ASEPシミュレーションでは移動確率 p が0.5で一定であった。それを各粒子ごとに車間を数え、それぞれの車間に応じた移動確率を決定して適用させるシミュレーションにすればよい。

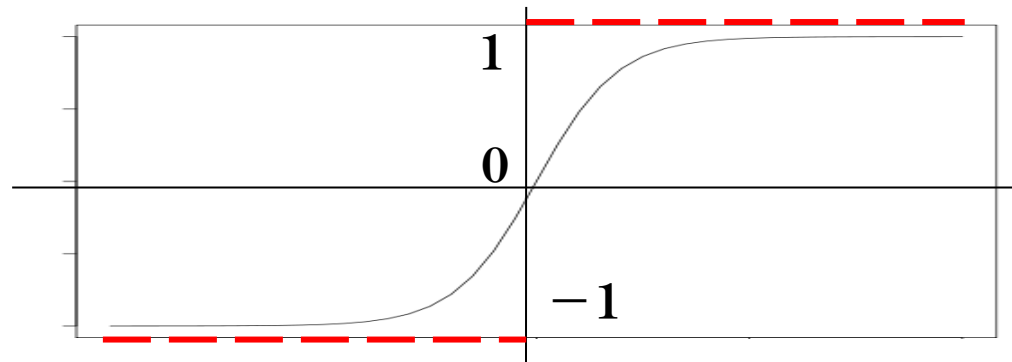
たとえばこのような配置なら



移動確率の決定

移動確率は車間が0のときは0、とても大きい場合は1。
そしてその間では急激に増加していくものが好ましい。

→ \tanh (タンジェントハイパーボリック) を用いればよい！

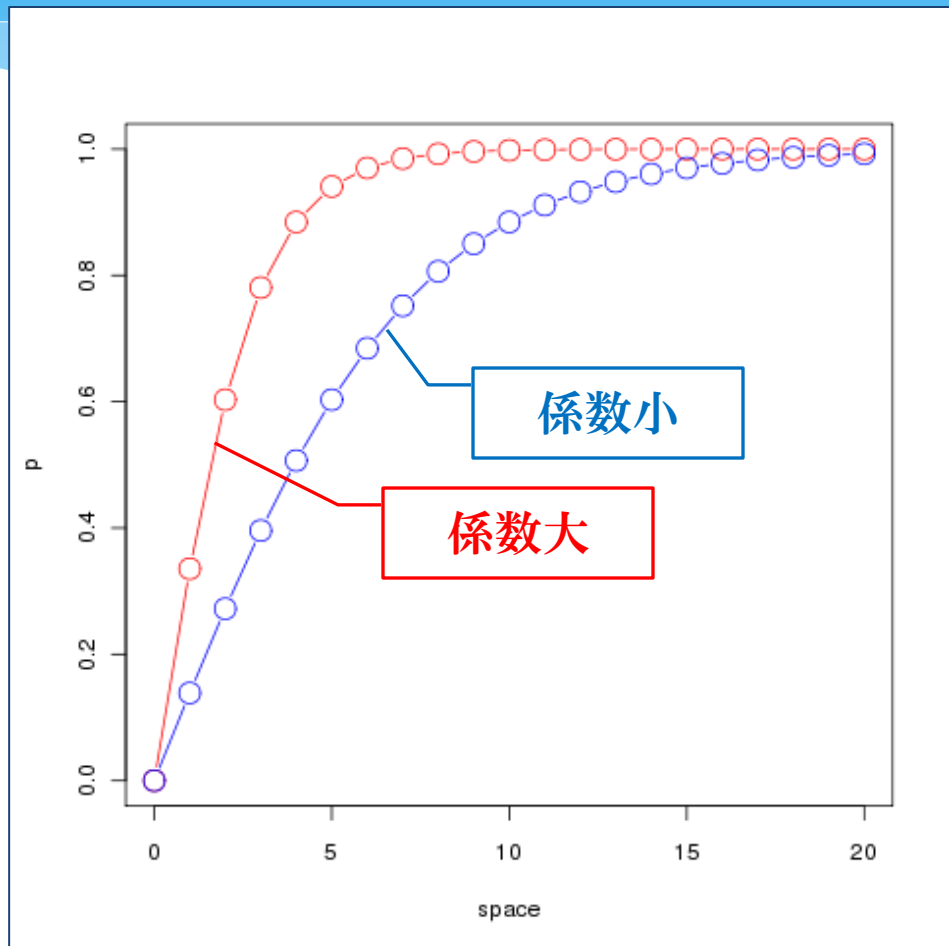


tanhの係数を変えることで移動確率を変化させることができる。

係数が大きければ確率の増加量も大きく、

係数が小さければ確率も増加しにくくなる。

また、値を与えることで更にさまざまな形をとることができる。

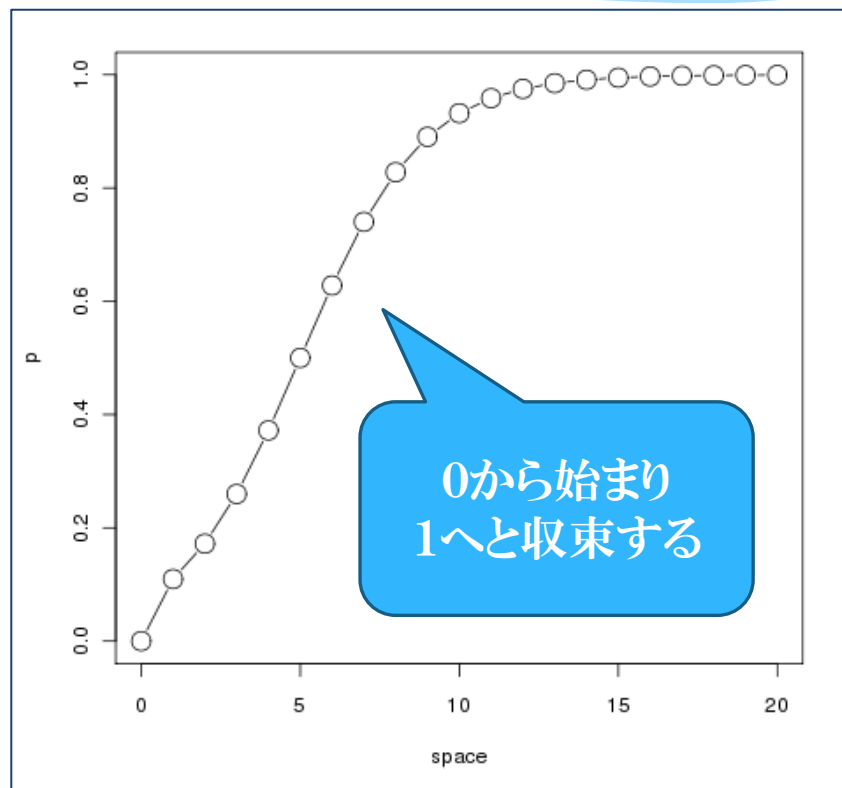


今回は車間をspとして、移動確率を

$$p = 0.5 \times [\tanh \{15 \times (sp - 5) \times (\pi/180)\} + 1.0]$$

とした。

p =	0 (sp=0)
	0.11 (sp=1)
	0.17 (sp=2)
	0.26 (sp=3)
	⋮
	0.50 (sp=5)
	⋮
	0.93 (sp=10)
	⋮
	1.0 (sp=∞)

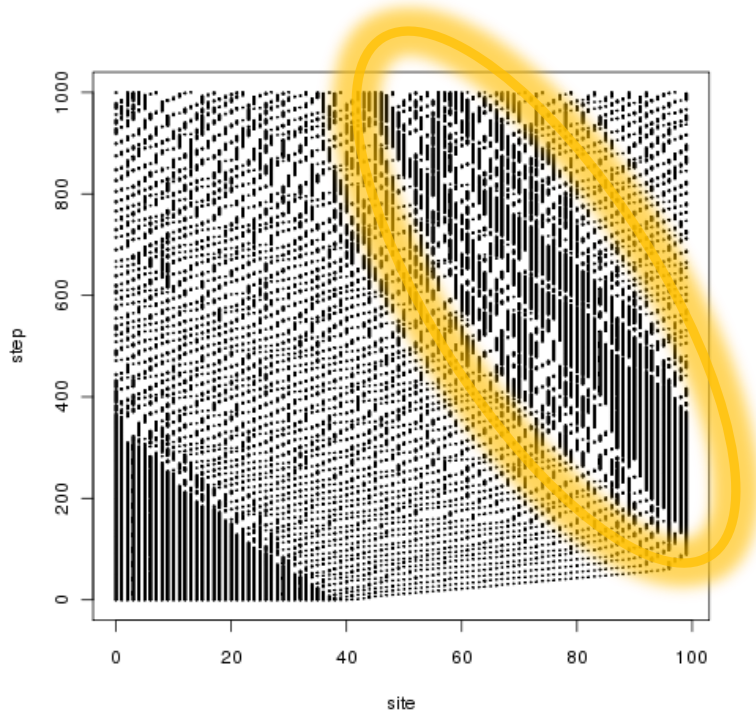


シミュレーション結果

ASEPで行った場合と同様に粒子を左詰め40、ステップ1000で行ったのが左図である。

ASEPのもの比べると、200~400ステップの右端のサイトから左上へと渋滞が出来ているように見える。

だがステップが増えることと同時に緩和しているようにも



そこで2つのアプローチで渋滞の出来方を見ていくことにする。

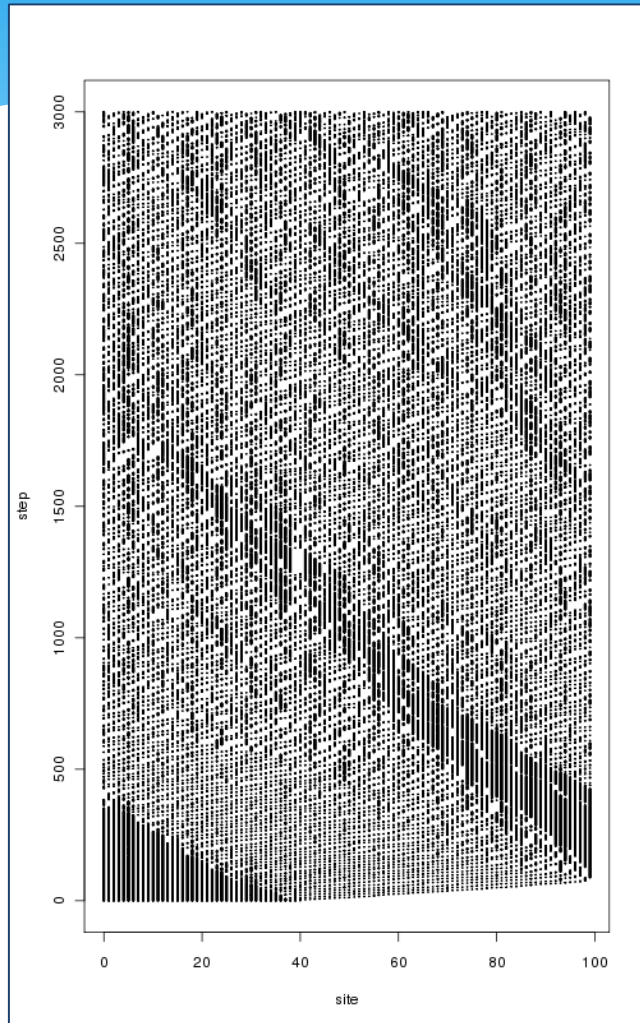
①緩和していくように思えるので、ステップ数を増やしてシミュレーションを行う

→1000ステップから3000ステップへ

②左詰めにおいていた粒子を、初めから間隔を空けて配置してシミュレーションを行う

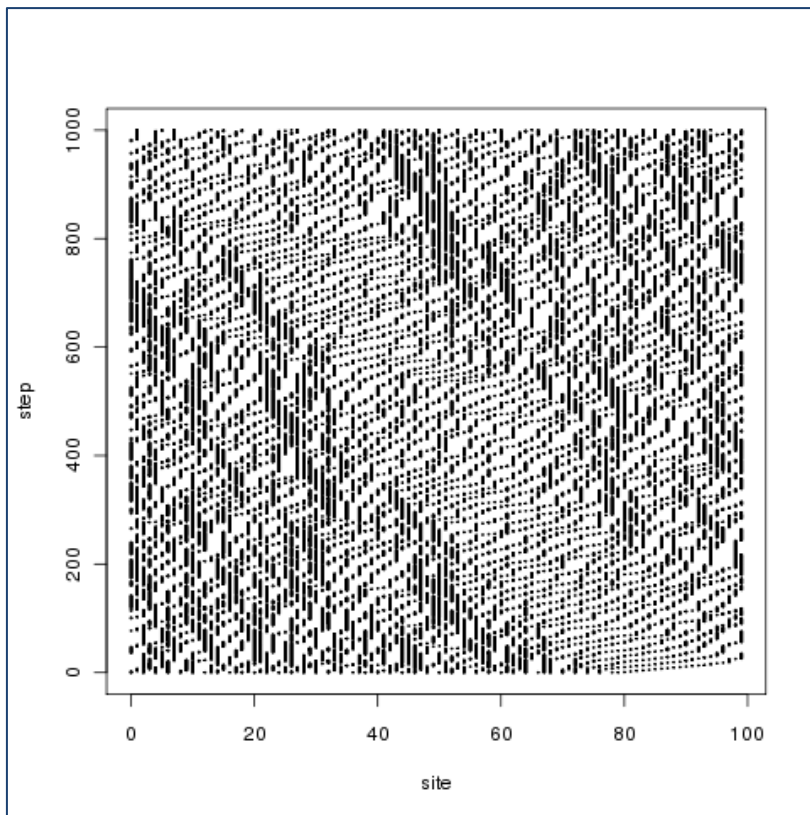
→40個の粒子を1つ置きに配置する

①3000ステップで行った場合



緩和していくように見えた
渋滞部は次第に小さくなり、
約2000ステップで渋滞が
起きている様子はほぼ見ら
れないと言ってよい状態に
なったと思われる。

②初期配置を一つ置きにした場合



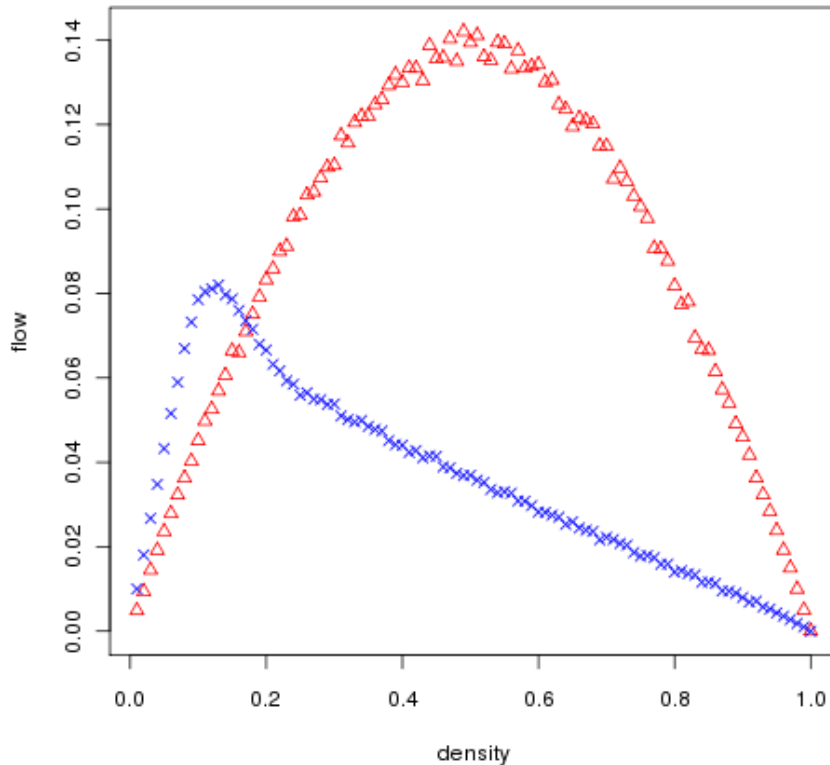
左詰めで配置した時のような濃い渋滞の様子は見ることが出来ない。

→①、②の結果より車間に応じて確率を決定した場合でも、40粒子では渋滞が発生しにくいといえる

密度と流量の関係

赤：移動確率 $p=0.5$

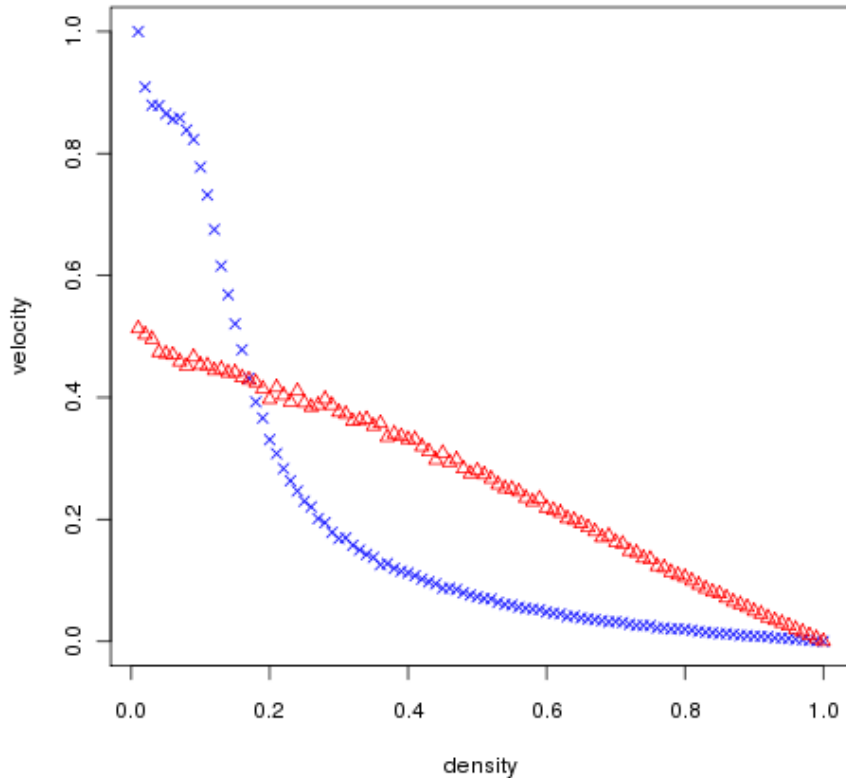
青：車間に応じた移動確率



比較すると車間に応じた確率の場合、流量の絶対値が小さく、なだらかに減少していく。

→車間に応じた場合は車間が5より小さくなってしまふと p が0.5より小さくなってしまふため。

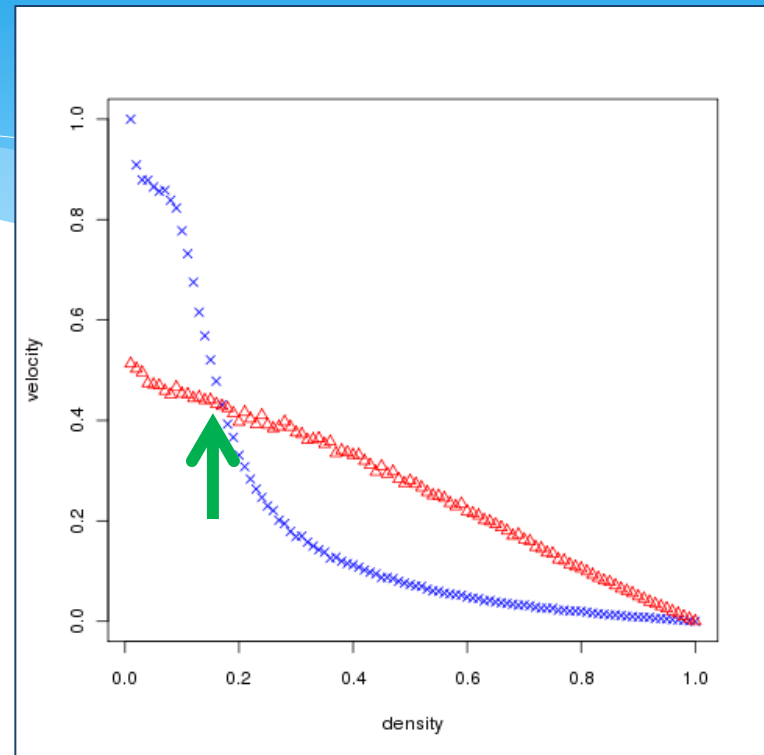
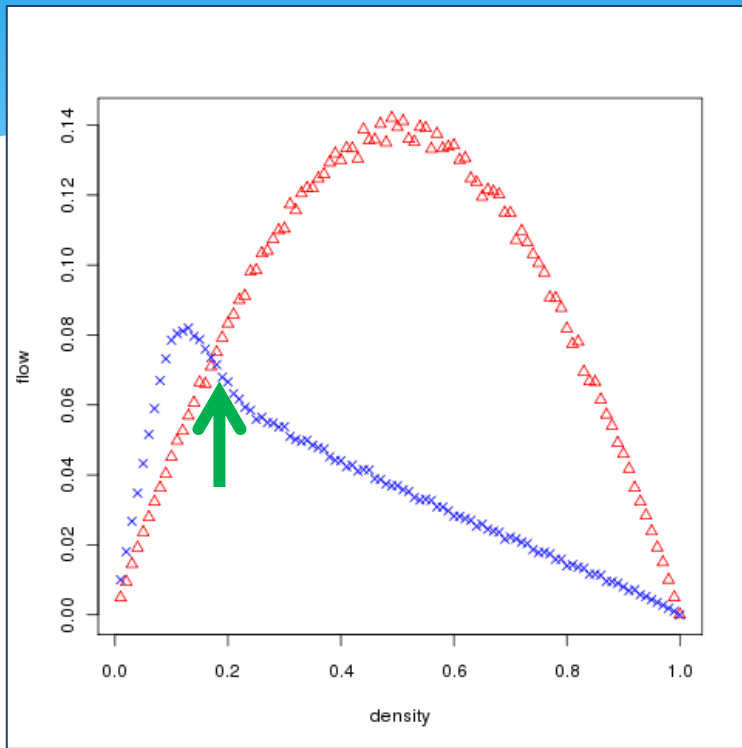
密度と速度の関係



速度との関係は密度が小さい場合は速度が大きいのだが一気に減少し、確率一定のものより小さな値をとることになる。

→流量同様に p が車間を大きく取れなくなり0.5より小さい値をとりやすくなると値は一気に減少する。

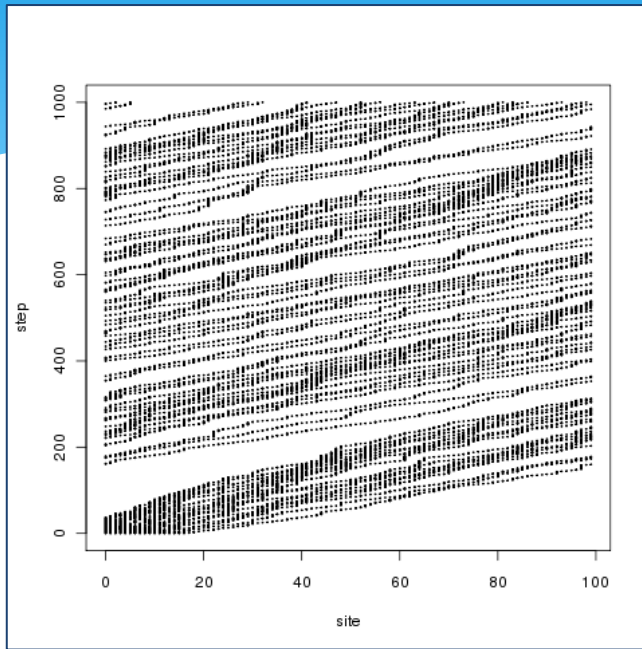
ここで同時に2つの図に着目してみると、



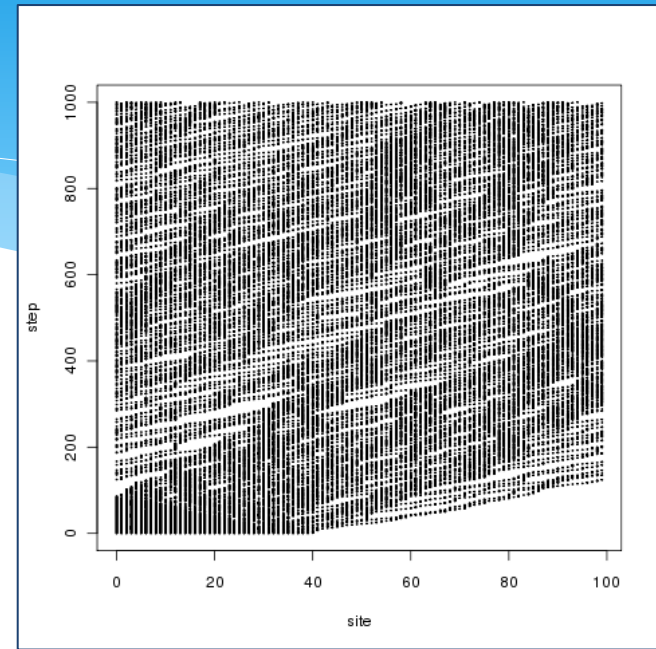
移動確率の取り方が違うのだが、密度が0.17の点で流量も速度もほぼ同じ値を示している。

→ではこの時粒子はどのような振る舞いをしているのか？

移動確率一定



車間に応じた移動確率

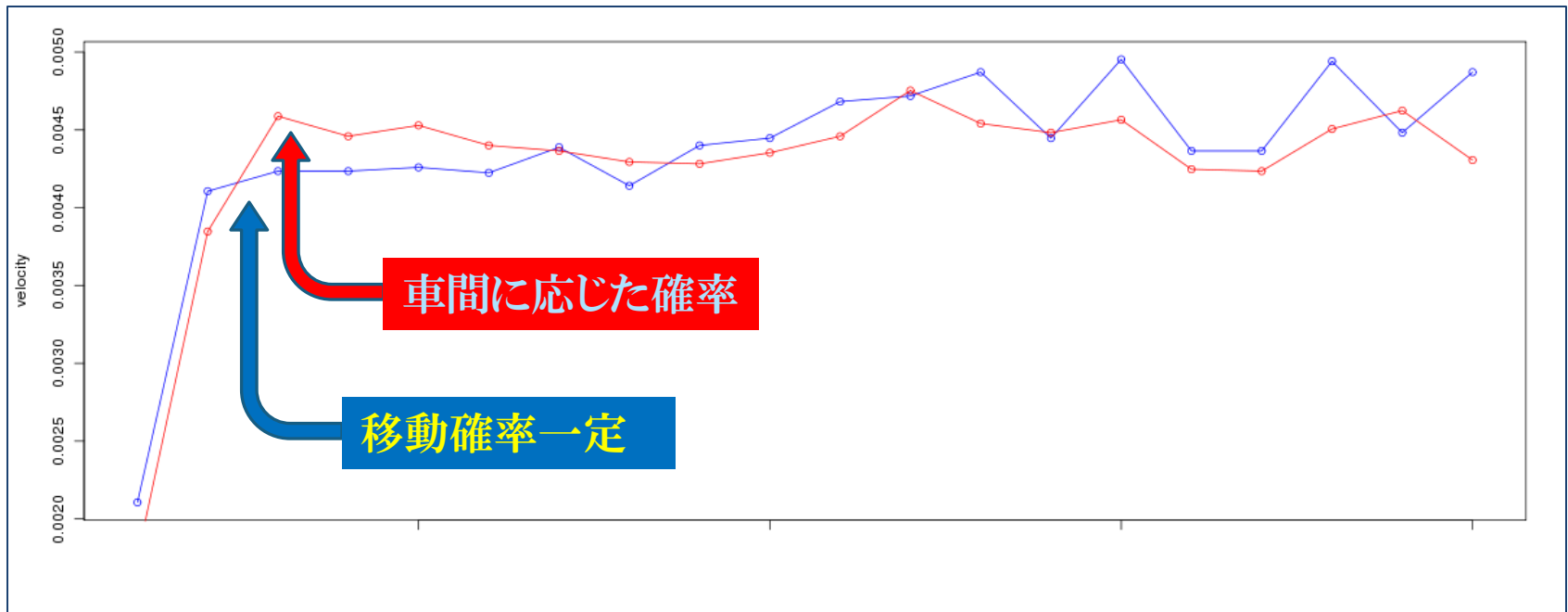


比べてみると平均速度と流量がほぼ同じでありながら、車間に応じた場合ではサイト全体にまんべんなく一様に振る舞い、一定の場合では隙間がまばらに開きながら振る舞う様子が見て取れる。

粒子の振る舞いの違いからステップごとの平均速度に変化が見られると考え、50ステップごとにとってみた。

すると全ステップにおける平均速度は同じであり、値は同じようなのだが車間に応じたものより一定のものの方が値が上下している。

→粒子の振る舞いから考えられたように確率が一定の場合は加減速を頻繁に行い、粒子同士の密度がよく変化し、効率の悪い移動をしている。

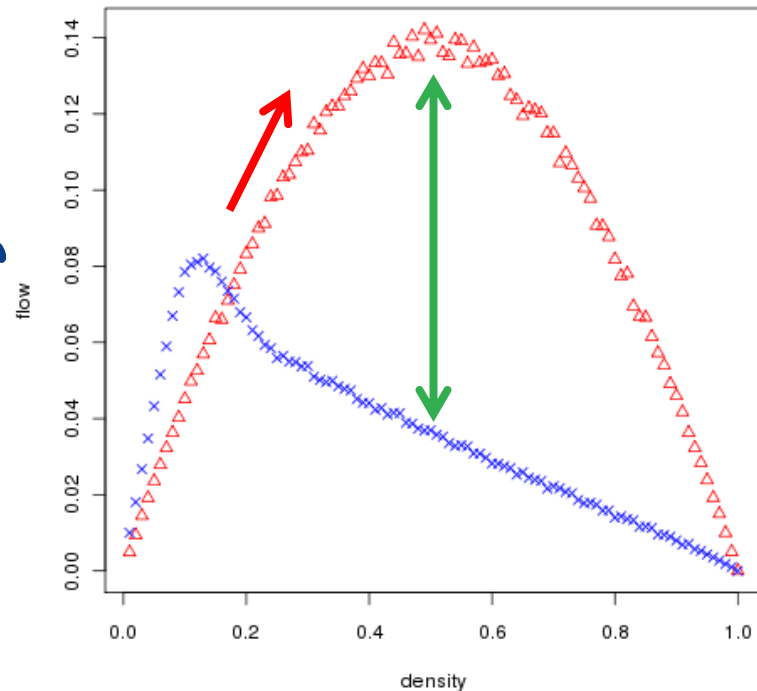


以上、密度が0.17で比較してみると
見通しを立てた通り車間に応じた場合の方が
見た目の流れもよく粒子のまとまりである渋滞の
ような状態は少ないと見られ、円滑に進んでい
る！

だが結果を見直してみると、速度や流量が密度0.17では一致しているものの、それ以上の密度では確率が一定のものの方が大きな値を示しており、さらに流量は上昇していている。



つまり移動確率を変えた方が、実は渋滞が出来やすいモデルとなっているのではないか。
=円滑という考えは間違い？



つまり、車間に応じた場合はサイト全体にまんべんなく粒子がある状態で、まとまって見える一定の場合より円滑に進んでいるように見えるが、実際は車間を保ちながらだらだらと進んで行っているものと思われる。これは車間に応じた場合の方が効率よく動くことが出来ていると見たこととは逆説的な見方となった。

まとめ・考察

*粒子が同じ移動確率で動いた方が効率が悪いという考えも単純にそう言えるわけではないことが分かった。

*今回の場合では、車間に応じた場合の方が密度が大きくなったときに動きが悪くなると考えられたが、移動確率を小さな車間でも大きくしたり、初めの配置を一つ置きにしたように工夫をすることでまた違った考え方もできるのではないかと思われる。

また、今回は用いなかったZRPで用いられる1ステップで複数個進むという条件も取り入れていくことでより理想的なモデルにできると思う。

*テーマとしては交通流であるが、車の動きだけでなく様々なものに用いられる移動ということを考えると社会的実用性が出せるのではと考える。

たとえば車の運転にはドライバーの意思などいろいろな要因がかかわってくるが、物品の製造ラインなどでは装置の動きのみに左右される場合も多く、前との動きの関係性から装置を動かすことで効率の良いものになるのではないかと考えた。