

二次元交通模型における渋滞に及ぼす速度異方性

中自短 及川 浩和
中自短 福井 稔
名大 工 石橋 善弘

1 要旨

二次元のセルオートマトンモデルにおいて、右方向に移動する車の速度を固定し、上方向に移動する車の速度を変えることによって生じる影響を流量との関係を交えてシミュレーションする。

2 内容

右方向に移動できる車の最高速度 V_{MR} を 1 (1タイムステップに対して1格子移動) に固定して、上方向に移動できる車の最高速度 V_{MU} を 2, 3, 4 (1タイムステップに対して最大移動格子数) と変える。車の台数は上方向と右方向共に同数にして、密度を変えて平均速度と平均流量を求めた。

平均速度 V は、右方向の平均速度を V_R 、上方向の平均速度を V_U と表すと、

$$\text{右方向 } V_{IR} = \frac{1 \cdot N_{IR}}{N_R} \quad \text{上方向 } V_{IU} = \frac{\sum i \cdot N_{iU}}{N_U}$$

N_{IR} : 右方向へ1ステップ移動した車の数, N_R : 右方向へ移動する車の総数
 N_{iU} : 上方向へ*i*ステップ移動した車の数, N_U : 上方向へ移動する車の総数
の式で表す。例えば上方向の平均速度 V_{2U} は、

$$V_{2U} = \frac{1 \cdot N_{1U} + 2 \cdot N_{2U}}{N_U}$$

で表されることになる。密度 P は、

$$P = \frac{N_R + N_U}{L^2} = P_R + P_U \quad L: \text{格子の大きさ}$$

P_R : 右方向に移動する車の密度, P_U : 上方向に移動する車の密度である。平均流量 J は、

$$\begin{aligned} \text{右方向 } J_{IR} &= V_{IR} \times P_R & \text{上方向 } J_{IU} &= V_{IU} \times P_U \\ &= \frac{1 \cdot N_{IR}}{L^2} & &= \frac{\sum i \cdot N_{iU}}{L^2} \end{aligned}$$

で定義し、単位断面を通る車の平均台数を表している。

3 結果

実際にシミュレーションを行ったセルの図と、平均速度の時間的経過を表すグラフを図1に示す。セルの図の白丸は右方向へ移動する車で、黒丸は上方向へ移動する車を表している。各グラフは上から V_{MU} が 4, 3, 2 の順で、一番下は V_{MR} が 1 のものを示している。

P が 0.05 のときは密度が薄いためセルの図の特徴的なパターンを認識しにくい。平均速度は渋滞の影響をほとんど受けなため、右方向、上方向共に最高速度にほぼ近くなる。 P が 0.1, 0.2 になるとセルの図は右下がりの縞が現れるようになる。その縞の傾斜は、 V_{MU} が 2, 3, 4 となるにしたがって傾きが 2, 3, 4 となる。(self-organized phase) P が 0.3 以上になると逆に右上がりの帯が現れるようになり、 P が 0.5 では渋滞を起し完全に停止している。(jam phase) V_U は P が 0.3 以上になると、 V_{MU} を 2, 3, 4 と変えても次第にすべて 1 に近くなる。

以上の結果をまとめて、密度と平均速度との関係を表したグラフを図2に示す。 P が 0 から 0.2 付近までの V は、 V_U の方は少しずつ低下するのに対して、 V_R は 1 のまま一定になる。これは V の速いものが、 V の遅いものに影響を受けていることを表している。 P が 0.2 以上になると右方向の車と上方向の車が互いに妨害 (mutual-blocking phase) を起こすため両方の V は互いに低下し始める。 P が 0.3 以上になると V は急速に低下し、 V_{MU} に関係なくどれも大差なくなる。

次に密度と流量との関係を表すグラフを図3に示す。流量 J_U は V_{MU} が大きいほど増加し、それぞれ P が 0.25 付近において最大となる。また、 J_R は自己組織化相までは直線的に増加し、 V_{MU} に依存しない。したがって流量は密度を 0.25 付近にして、速度を増加すると最大の効果が得られることになる。

ところで、自己組織化相を最高速度との関係からモデル化すると図4~図6になる。図4は $V_{MU}=2$ の場合、図5は $V_{MU}=3$ の場合、図6は $V_{MU}=4$ の場合である。つまり、速度が n のときは列の空白を n 個にすればよい。また、最大密度は $2/(n+2)$ である。

最高速度 V_{MU}

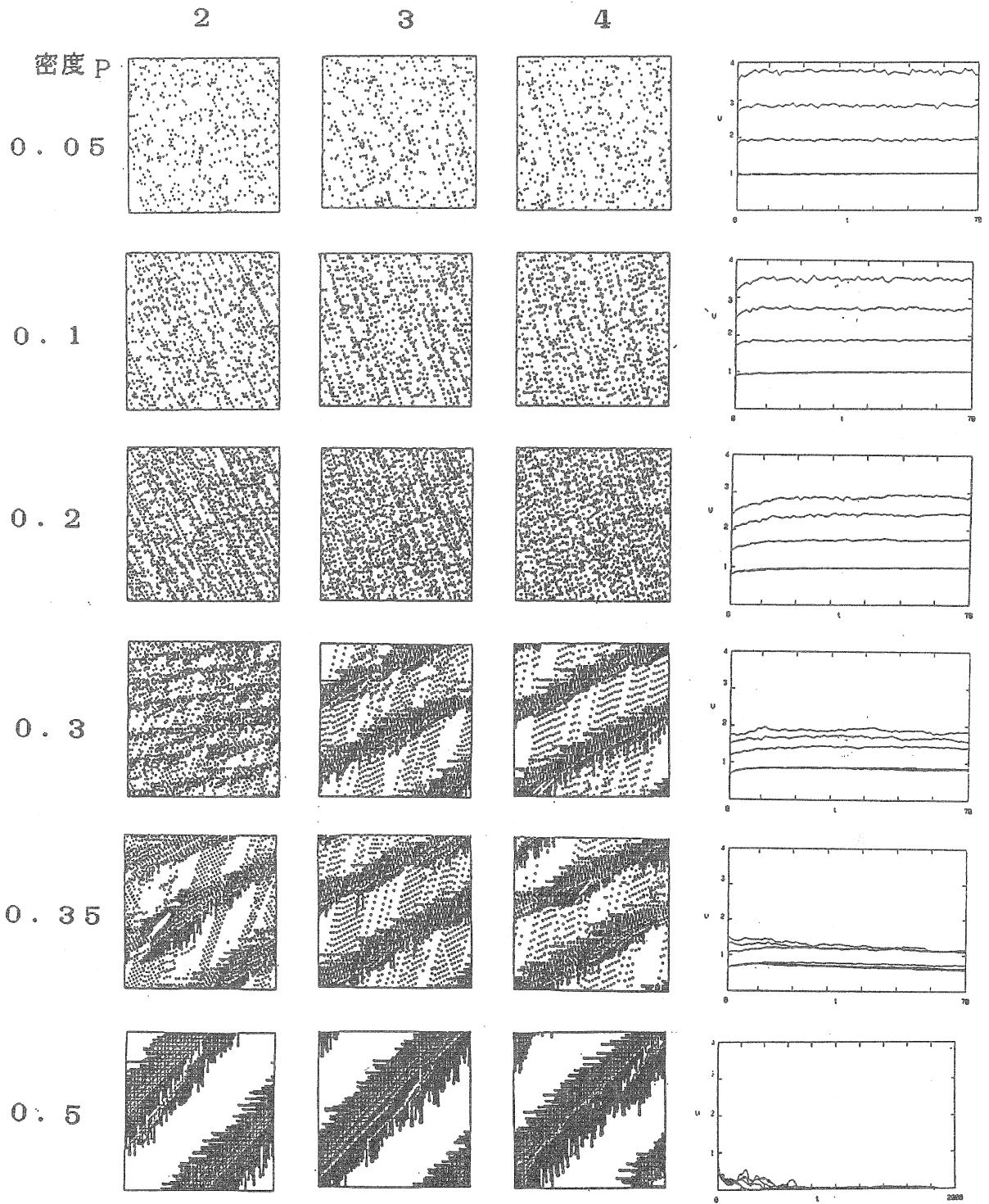


图 1

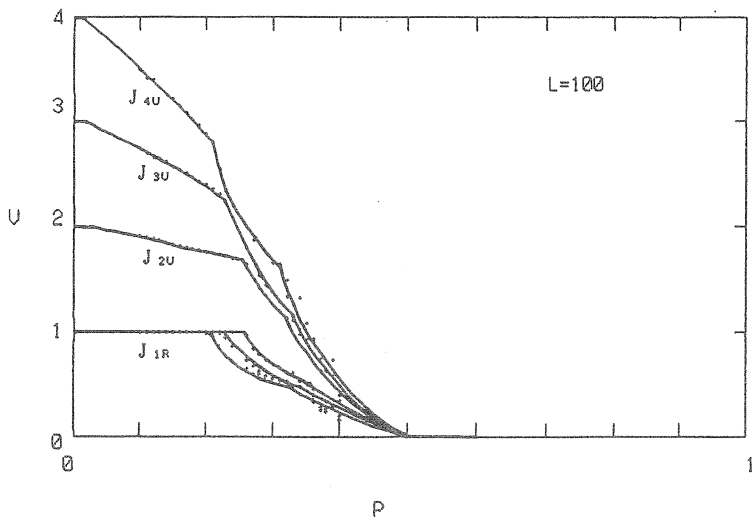


图 2

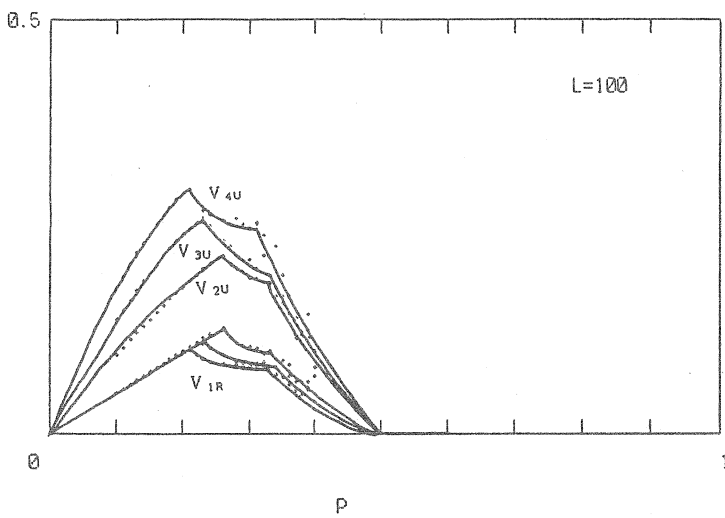
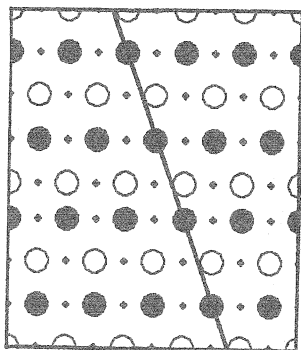
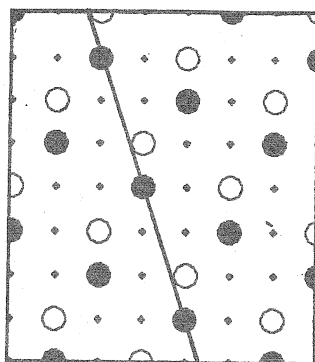


图 3



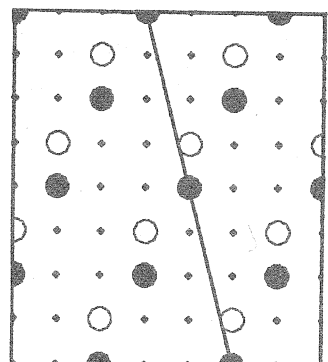
$V_{MU} = 2$

图 4



$V_{MU} = 3$

图 5



$V_{MU} = 4$

图 6