

格子状道路における交通流の相図

及川 浩和・福井 稔・石橋 善弘

1. 要旨

近年、セルオートマトン (CA) を用いた交通流の研究が行われ、Wolframは、高速道路のモデルとして一次元CAモデルを提案し⁽¹⁾、Bihamらは、二次元格子状のCAモデルを取り扱った⁽²⁾。その後、これらのモデルは交通事情に合わせて多様なモデルへと拡張された^{(3) - (9)}。石橋らは、十字路における交通流の相図を調べ、相の平均速度を密度の関数として示し、5つの相の存在を確認した⁽¹⁰⁾。ここでは、その拡張として二次元のCAモデルにおける、格子状道路モデルのシミュレーションを行い、十字路における交通流の相図との関連について調べた。

2. 格子状道路モデル

ここで扱うモデルは、図1のように二次元正方格子点(100×100)上に、10格子点毎に格子状道路を作り、南北東西10本の道路が交差する道路を考えた。その道路上に上方向に移動する車と右方向に移動する車を、各行毎の密度と各列毎の密度を等しくしてランダムに配置する。系全体には交通信号があり、状態の更新は、先ず上方向に移動する車が一齐に進行し、次に右方向に移動する車が一齐に進行する過程を繰り返す。上方向に移動できる車の最高速度と右方向に移動できる車の最高速度は共に1である。モデルは、交差点は二次元3状態のCAモデルで、交差点と交差点の間の道路は一次元2状態のCAモデルである。格子の各行各列には、周期境界条件を取り入れている。

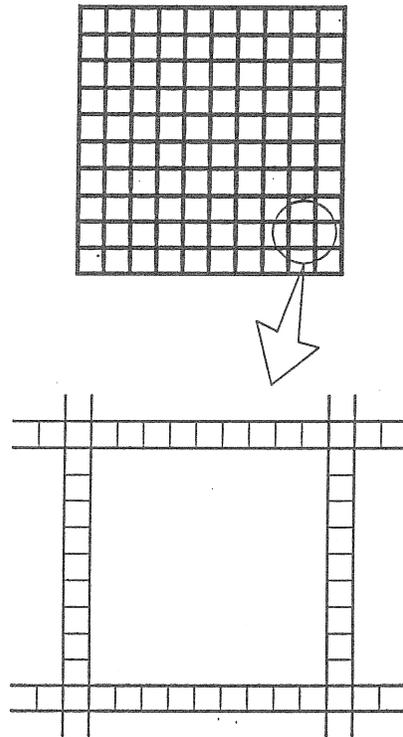


図1

3. シミュレーションの結果

上方向に移動する車の密度 $p_u=0.4$ において、右方向に移動する車の密度 p_r と平均速度 $\langle V \rangle$ との関係を図2に示す。グラフの▲印は上方向に移動する車の平均速度 $\langle V_u \rangle$ 、○印は右方向に移動する車の平均速度 $\langle V_r \rangle$ を表す。 $p_u=0.4$ では5つの相がある。各相におけるセル図を図3に示す。格子状道路における各密度の相図を図4に示す。I相からVIII相の8つの相がある。I相の平均速度は

$(\langle V_r \rangle, \langle V_u \rangle) = (1, 1)$ である。V相の平均速度は $(\langle V_r \rangle, \langle V_u \rangle) = (1/3p_r, 1/3p_u)$ となる。VI₁相の平均速度はシミュレーション値から求めると $(\langle V_r \rangle, \langle V_u \rangle) = (0.91(1-p_r)/p_r, 0.91(1-p_r)/p_u)$, VI₂相の平均速度は $(\langle V_r \rangle, \langle V_u \rangle) = (0.91(1-p_u)/p_r, 0.91(1-p_u)/p_u)$ となる。VIII相の平均速度は $(\langle V_r \rangle, \langle V_u \rangle) = (0, 0)$ で、密度が0.8以上の高密度でglobal jam phaseが現れる結果となった。

4. まとめ

各列毎の密度と各行毎の密度を等しくした格子状道路における相は、I相からVIII相の8つの相がある。この相図は、十字路における交通流の相図をAがa, a'に, Bがb, B'がb'に, Cがc, c'にトポロジカルに変形したものと考えられる(図4)。

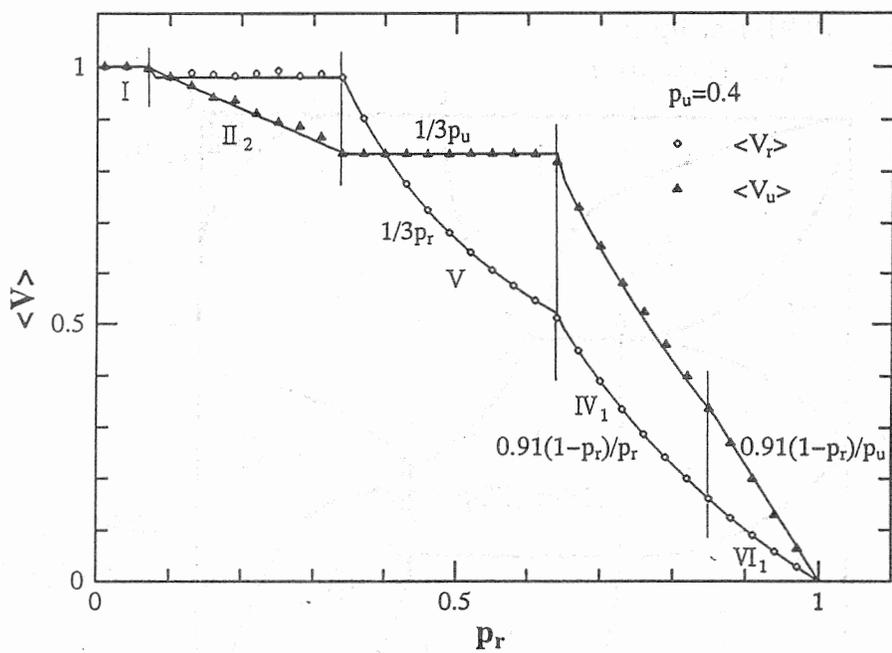
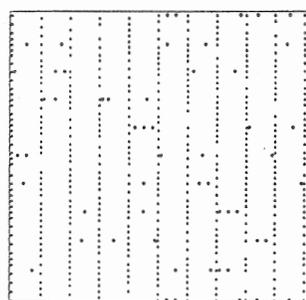
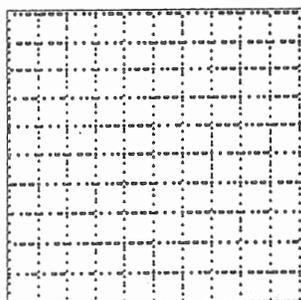


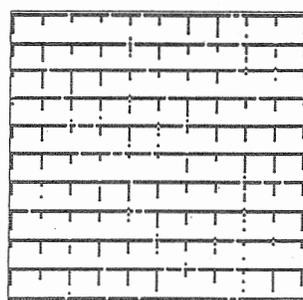
图 2



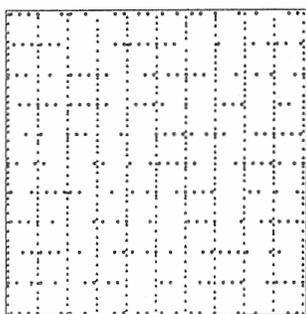
I 相 ($p_u=0.4, p_r=0.05$)



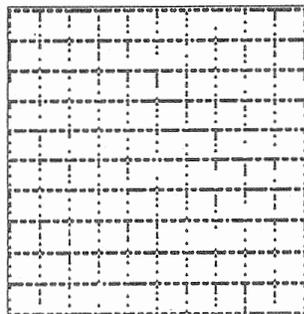
V 相 ($p_u=0.4, p_r=0.5$)



VI₁ 相 ($p_u=0.4, p_r=0.95$)



II₂ 相 ($p_u=0.4, p_r=0.2$)



IV₁ 相 ($p_u=0.4, p_r=0.7$)

图 3

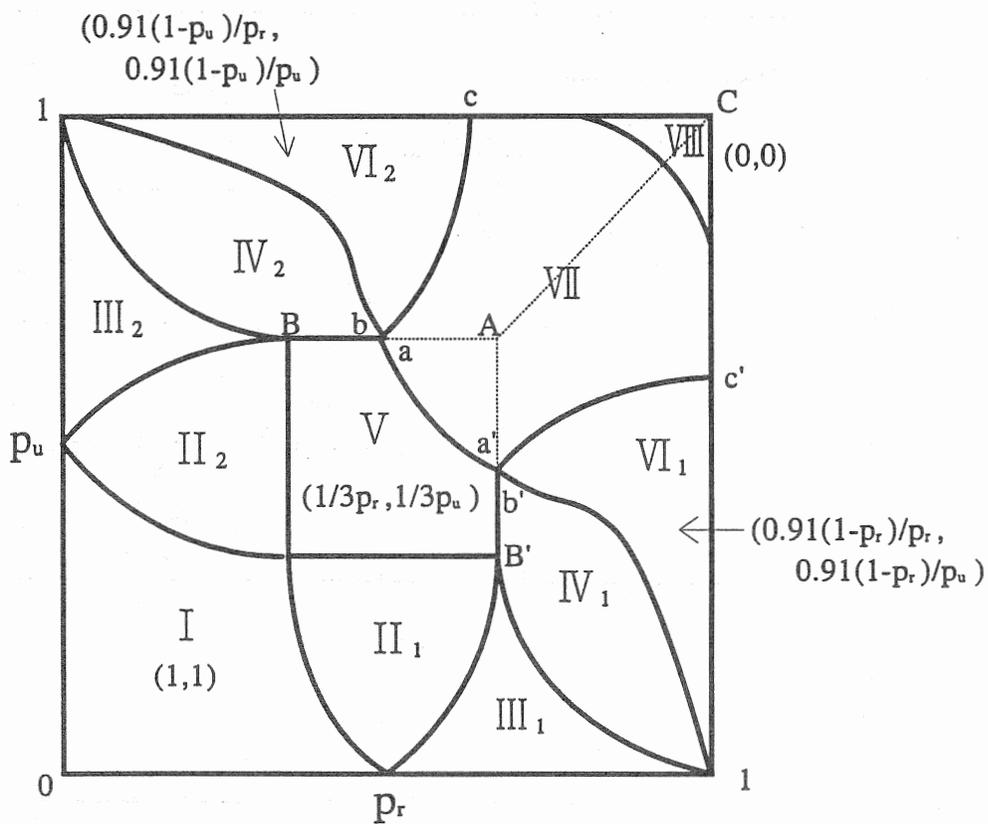


図 4

参考文献

1. S. Wolfram: Rev. Mod. Phys. 55(1983)601
2. O. Biham, A. A. Middleton and D. Levine: Phys. Rev. A 46(1992)6124
3. K. Nagel and M. Schreckenberg: J. Phys. I France 2(1992)2221
4. M. Fukui and Y. Ishibashi: J. Phys. Soc. Jpn. 62(1993)3841
5. Y. Ishibashi and M. Fukui: J. Phys. Soc. Jpn. 63(1994)2882
6. T. Nagatani: Phys. Rev. E 51(1995)922
7. T. Nagatani: Phys. Rev. E 53(1996)4665.
8. M. Fukui and Y. Ishibashi: J. Phys. Soc. Jpn. 65(1996)1859
9. T. Nagatani: J. Phys. Soc. Jpn. 62(1993)1085.
10. Y. Ishibashi and M. Fukui: J. Phys. Soc. Jpn. 65(1996)2793.