

二車線正方格子上的交通流の障害物による影響

榊原 健人, 堀口 剛

東北大学大学院情報科学研究科

都市全体の道路網を想定した二次元の交通流問題を考えるうえで, セルオートマトンモデルは有効な方法として様々なモデルが提案されてきた.

Biham 等 [1] は, 正方格子状の都市道路網を考え, 正方格子上的各格子点に車が存在し, 格子点に置かれた信号にしたがって, 上向きにしか進まない車と右向きにしか進まない車の二種類の車を同じ数だけ用意し, 初期状態として車を格子点上にランダムに配置してからシミュレーションを行なった. その結果, 車の密度を増やしていくと, 車が自由に移動できる状態 (自由移動相) から車が都市全体に帯状に渋滞している状態 (渋滞相) へ転移する相転移があることを報告した. Cuesta 等 [2,3] は Biham 等のモデルを元に, 車がある確率で進む向きを変える方向転換率を導入してシミュレーションを行なった. このシミュレーションで, 自由移動相から渋滞相へ転移する車の密度が, 方向転換率によって変化することが明らかになった.

我々は Cuesta 等 [2,3] のモデルを元に, 車の交差点間の移動に伴う時間遅れを考慮するため, 交差点と交差点の間に車が存在できる副格子点を置いてシミュレーションを行なった. その結果, このモデルについても自由移動相から渋滞相への一次相転移的な振る舞いが得られた. また, 自由移動相での平均移動速度が Cuesta のモデルと異なり, 方向転換率に依存する振る舞いが得られた [4]. 我々は更に, 交差点間の移動に伴う時間遅れの効果を現実的なものにするために, このモデルを拡張し, 副格子点を複数個入れたモデルについてもシミュレーションを行ない, 副格子点の数を増やしても転移点の位置に大きな変化が見られないことがわかった.

そこで今回は, 副格子点が複数個あるモデルを元にして, 道路の車線を一車線から二車線に拡張し, 更に駐車車両のような障害物を道路上に置いたとき, 交通渋滞形成にどのような影響が現われるのかを数値シミュレーションを用いて調べた.

都市道路網のモデルとしては, $L \times L$ の正方格子を想定する. 都市の道路網の一部を図 1 に示す. 交差点と交差点の間には, 車が存在できる副格子点を 5 つ設ける. 道路の車線は二車線で, それぞれ第一車線, 第二車線と呼ぶ. 車は密度の小さいときは主に第一車線を走行し, 障害物を回避するときなどに第二車線を用いる. 境界条件は周期的境界条件とする. 各交差点には信号機が設置されていて, 奇数時刻ステップには右向き, 偶数時刻ステップには上向きの進行を許す. 車は N 台用意し,

その内の半分は主に上向きに進み、方向転換率 $\gamma(0 \leq \gamma \leq 1/2)$ で右向きに移動する μ 型車であり、残りの半分は、これと逆の性質を持った ν 型車とする。障害物は第一車線上の副格子点上に置く。ここでは典型的な例として、車の進行方向から見て交差点に入る直前の副格子点上に障害物を置いたとき、交差点から一番離れた副格子点上に置いた場合の2つの場合について説明する。

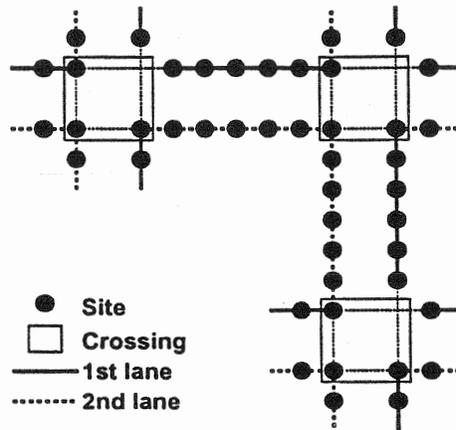


図1 都市の道路網の一部

シミュレーションは、車を交差点、副格子点の別なく、第一車線からランダムに配置する。そして、次に示す更新規則にしたがって移動できる車を一斉に移動させる。以下では副格子点のことを単に格子点という。

更新規則は以下のとおりである。

■ 第一車線上の格子点上の車

前方の格子点が障害物やほかの車に占有されていなければ進む。前方の格子点は占有されているが、第二車線の格子点が占有されてなく、かつ第二車線を走る車がない場合は第二車線に車線変更して進む。

■ 第二車線上の格子点上の車

前方の第一車線の格子点が占有されてなく、かつ第一車線を走る車がない場合は第一車線に車線変更して進む。前方の第一車線の格子点が車や障害物によって占有されているとき、あるいは占有されていないが第一車線を走る車が存在するときで、かつ前方の第二車線の格子点が車によって占有されていない場合は、第二車線をそのまま進む。

■ 交差点の一つ手前の格子点上の車

右折(左折)車の場合は、第一車線側に車線変更してから交差点に入るので、第一、第二車線の車の有無や進行方向を参照して進める車を一台決め、更に前方の交差点の第一車線側の格子点が空いていれば進む。直進車の場合は、第二車線側に車線変更してから交差点に入るので、第一、第二車線を走る車、交差点の車、他方から

入ってくる車の有無や進行方向, 信号機の表示を参照して, 交差点に進める車を一台決める.

■ 交差点にある車

進行方向の第一車線の格子点が空いていて, かつ信号機の表示が進行方向と一致していれば第一車線の格子点に進む. 第一車線の格子点が, 車や障害物によって占有されているが, 第二車線の格子点が占有されていない場合は, 第二車線の格子点に進む.

以上を元にして, 微視的動力学方程式を作り, シミュレーションを行なった. シミュレーションは5万時間ステップ緩和させた後, 1万時間ステップを計測に用いた. 車の密度対平均移動速度の図を, 障害物を交差点の直前に置いた場合を図2に, 障害物を交差点から一番遠くに置いた場合を図3に示す.

図2より, 障害物を車の進行方向から見て交差点の直前に置いた場合, 自由移動相から渋滞相への一次相転移的な振る舞いが見られる. 障害物があると障害物がない場合より, 自由移動相から渋滞相へ転移する車の密度が低くなっていることがわかる.

図3より, 障害物を交差点から一番遠くに置いた場合, 障害物がある場合とない場合とで, 全体的に大きな変化がないことがわかる. これは, 障害物を交差点の直前に置いた場合, 車の進行方向を変えることによってのみ, 障害物を回避できる方法がないのに対して, 障害物を交差点から離れたところに置いた場合は, そのまま進行しても第二車線に変更して障害物をやり過ごすことができるため, 障害物があってもそれによって渋滞形成に本質的な影響が出てこないのである. この結果は, 交差点付近に違法駐車している車両があるとそれによって渋滞が発生しやすくなるという現実の交通流をある意味で反映しているものと考えられる.

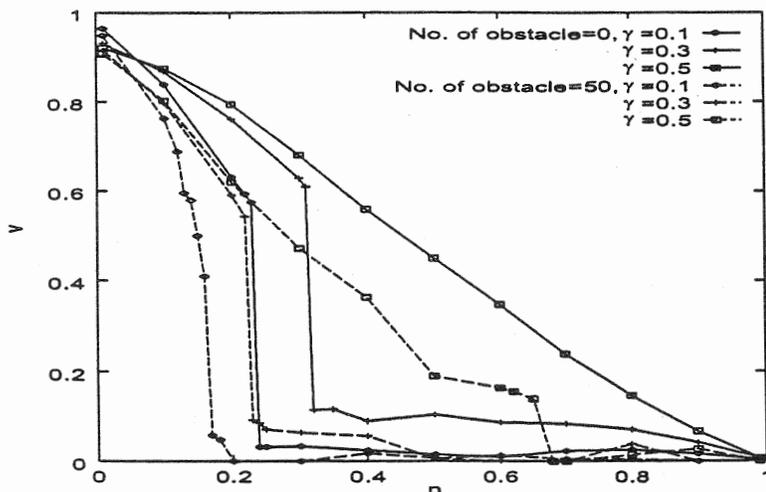


図2 障害物を交差点の直前に置いた場合 ($L = 16$)

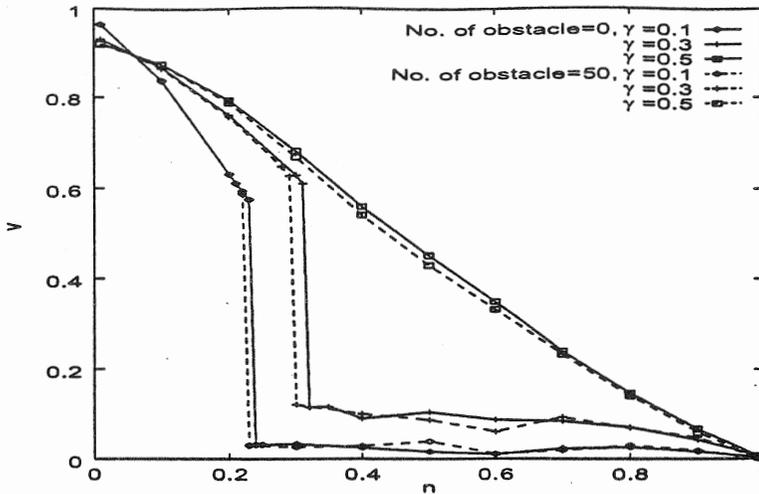


図3 障害物を交差点から一番遠くに置いた場合 ($L = 16$)

以上をまとめると、本研究では、正方格子状の都市道路網に、二車線の道路があり、交差点間に5つの格子点をもつモデルを使い、その上に障害物を置いたときの交通渋滞に及ぼす影響を調べた。このモデルについても、自由移動相から渋滞相への一次相転移的な振る舞いが見られること、交差点の直前に障害物を置くと、それによって渋滞が発生しやすくなることがわかった。

今後の課題としては、このモデルの信号の制御方法を変えると相図がどのように変化するかを調べてみたい。更に、このモデルに、第二車線を使って第一車線を走っている車を追い越すダイナミクスを導入した場合や、一方の車線を対向車線にして、車が4方向に進むことができるモデルの研究を行ないたいと考えている。

最後に、この研究において、有益な助言を下された本田 泰助手に感謝します。

- [1] O. Biham, A. A. Middleton, and D. Levine, Phys. Rev. A **46**, R6124 (1992)
- [2] J. A. Cuesta, F. C. Martínez, J. M. Molera, and A. Sánchez, Phys. Rev. E **48**, R4175 (1993)
- [3] J. M. Molera, F. C. Martínez, J. A. Cuesta, and R. Brito, Phys. Rev. E **51**, 175 (1995)
- [4] T. Horiguchi and T. Sakakibara, Physica A (1997) to appear.