

経路選択行動を取り入れた市街地道路の交通流モデル

吉田 立、 及川 浩和、 福井 稔

中日本自動車短期大学

1. はじめに

市街道路の交通流を表す最も簡単な数理的模型として、Bigham *et al.* は2次元格子セルオートマトン(CA)モデルを提案した。そこでは、一車線道路を直交する2つの方向へ直進する車の交通が扱われ、車の密度の増加とともに、交通流の自由流から渋滞流への1次相転移的变化を表すことができた。その後、車が確率的に方向転換するモデルが扱われ、さらにHonda *et al.* は4方向へ進行、3方向へ方向転換可能な車を考え、双方向進行可能な2次元CAモデルを研究した。これらのモデルでは、車は原則的には1方向に直進し、出発点(Origin)と目的地(Destination)が決められていない。

本研究では、2次元格子状道路に出発点(O)と目的地(D)があり、車は交通状態に応じて、交差点で方向を選びながら目的地に到達するモデルを扱う。運転者の経路の選択行動によって、交通流に及ぼす効果や交通情報を与えることによって交通状態に及ぼす影響などを調べる予備的研究の報告をする。

2. モデル

道路： 双方向(片側1車線)進行可能な市街地道路として、2次元正方形格子($W \times W$ セル)で、 C_r セルごとに交差点がある

道路網を考え、各セルには、同方向進行車は1台、反対方向進行車は2台まで占めることできる。

車両： 車は、2次元道路にランダムに決められた出発点Oから $\Delta D_x, \Delta D_y$ ($-W_x \leq \Delta D_x \leq W_x, -W_y \leq \Delta D_y \leq W_y$)だけ離れた目的地Dに向って、原則的には最短経路を通って、1単位時間に1格子進む。目的地Dに車が到達すると、そこでその車は消滅し、同時に新しい車が別のランダムに選ばれた地点で発生し、新しいDに向かって進み始める。車の台数は保存される。Updateは一斉に行う。(Fig.1)

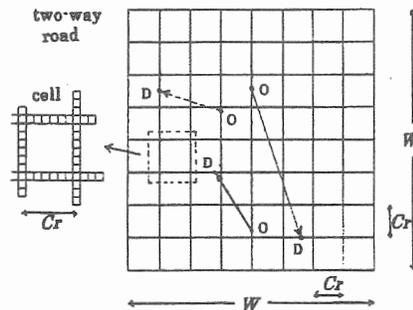


図1 CA urban road

交差点： 交差点については2つのモデルを考えた：(a) 交差点には信号機が無い。一応東西方向の車を南北に優先とする。(b) 信号機がある。信号サイクル T_s で、そ

の半分 $T_s/2$ ずつ赤青と繰り返す。但し青の時間の内、最後の1単位時間は早く赤となり、この時信号はすべての方向で赤となる。また、交差点の先のセルが少なくとも1つは空いていないと、車は交差点に進入できない。

運転者： 運転者には、2種類の運転傾向があると仮定する。(1)静的経路選択運転手：交通状態に関わらず、現在地からDまで最短コースを進む。そのため交差点では最短コースに則り進行方向 (route①) を決める。(2)動的経路選択運転手：交通渋滞のため交差点で最短経路を選べなかったとき、次善の経路 (第3候補まで) を選んで迂回する。経路の順序は現在地から目的地までの行程差 Δx 、 Δy の大きい方から決める (Fig.2)

Turning rules at crossing

- When $\Delta x > \Delta y$, driver chooses routes in following order;
- 1) Route ①
 - 2) Route ②
 - 3) Route ③
 - 4) Stay there

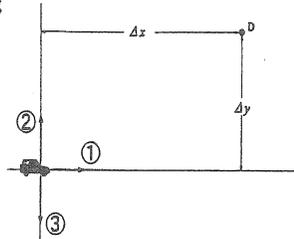


図2 Turning rule at the crossing.

この信号機の有・無の2つ道路網モデル上を2種類の運転傾向をもつ運転者が運転する交通流を調べる。

3. ODの2次元的広がり効果

$W \times W = 36 \times 36$ 、交差点間距離 $C_r = 6$ の信号の無い道路網でシミュレーションを行った。

まずODについて、同じ東西道路上にOとDがあり東西に進む車と、同じ南北道路

上にOとDがある南北に進む車がある場合、即ち1次元的OD ($\Delta OD_x = (\pm 36) \times 0$, $\Delta OD_y = 0 \times (\pm 36)$) の場合の全車の平均速度を図3に示した。車は、全車が最短コースを進む場合、全車が迂回行動をしながら進む場合、この2種類の経路選択行動をする車が50%ずついる場合について車両濃度を変えて調べた。

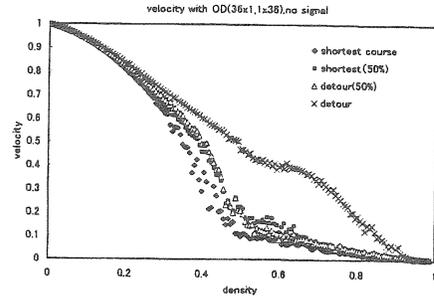


図3 一次元的ODの場合の平均速度

全車が迂回行動をしながら進む場合は、かなり高濃度でも、迂回しながら移動はしている。最短コースを選択する車両が現れると迂回コース選ぶ車両の速度も減少する。

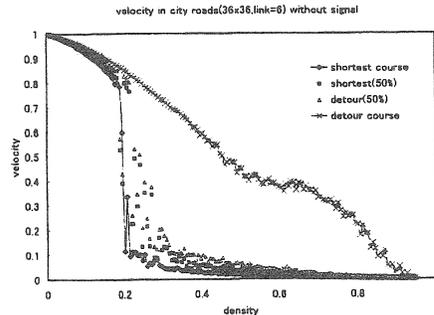


図4 2次元的ODの場合の平均速度

次にODがOの周りに一様に2次元的方向 ($\Delta OD_x = (\pm 36) \times (\pm 36)$, $\Delta OD_y = (\pm 36) \times (\pm 36)$) に広がりを持つとき、平均速度

を図4に示す。この場合、車はいくつかの交差点で左折、右折などの進路を変えながら進まなければならない。最短コースを進む車両は、道路の一方向へ他の三方向から希望進路が重複しても、進路を変更し迂回することをしないので、1次相転移的に交通渋滞を発生させる。全車が迂回行動するときは、この渋滞を発生させることなく、濃度が大きくなっても、進行し続けている。両型の運転者が混在しているとき、最短コースを進む車両があると、全体の平均速度は著しく減少し、迂回する車両の速度も減少させる。濃度=0.2以下の低交通量は、いわゆる自由流にあたり、それ以上の速度の下がっている領域は、小さい渋滞が交差点の周りで発生し、発生、消滅を繰り返している。さらに低速領域は渋滞が道路全体に広がってしまった状態である。

4 交差点の信号の効果

前章のように、ODは2次元の広がり ($\Delta OD_x = \pm 36 \times \pm 36$, $\Delta OD_y = \pm 36 \times \pm 36$) を持ち、さらに交差点に信号 (信号周期 $T_s = 10$: 青、青、青、青、赤、赤、赤、赤、赤、赤) を設置したときは、図4の速度は、図5のようになる。

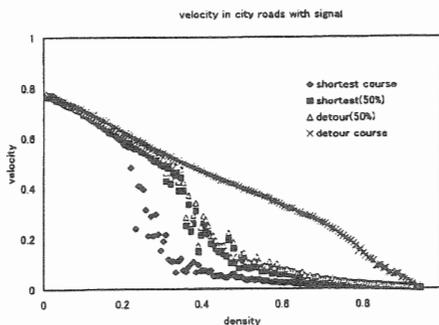


図5 2d-OD、信号設置道路網の車両速度

信号による交通流の制御により最短コースを進む車両の1次相転移的渋滞転移が抑えられ、高濃度まで車両の移動が保証されている。しかし、交通量の少ない低濃度、自由流領域の速度は、信号により停止車両が存在するので、信号機のない道路より反って減少する。

5 運転者の経路選択行動の効果

本シミュレーションでは、運転者の経路選択行動のタイプとして、OからDまでを最短コースを決めてそこを進むタイプと交差点で最短コースを進めないときに次善の進行コースを選んで迂回する非常に単純なタイプを仮定した。図6には、信号設置道路 ($T_s=10$) で、迂回車両の全車両数に対する割合 r が変わったときに、全流量に及ぼす効果を調べた。

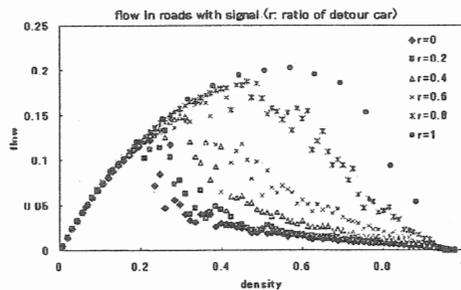


図6 迂回車両の割合 r に関する流量変化

迂回車のみが移動する交通はかなり高濃度まで流量が増加する。最短コースを選ぶ車両濃度が増加するにつれ、渋滞が生まれ急激に速度を落とす。最短コースをとる車は、その数が少なくても、片側一車線道路では、全交通流の減少に大きく関わる。

図7に、迂回車両の割合 r に対して、自由流相、局所渋滞相、全域渋滞相の存在す

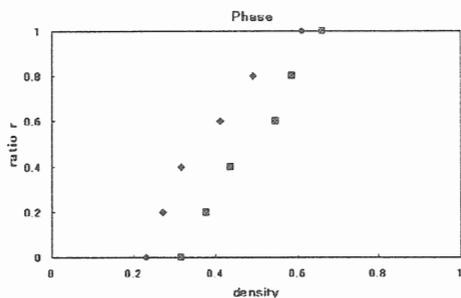


図7 相図(自由流、局所渋滞、全域渋滞相)

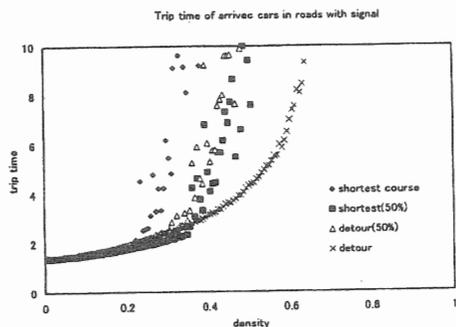


図8 相対旅行時間

る相図を示す。

ところで、両タイプの車が混在しているとき、目的地Dまでどちらが早くたどり着くことができるだろうか。

ここで、相対旅行時間を $T_{\text{trip}} = \text{到達所要時間} / \text{旅程}$ を定義する。到達所要時間は目

的地に到達するまでに実際に要した所要時間で、旅程とはOD間の距離 $((\Delta x + \Delta y))$ である。速度=1で渋滞がなければ、 $T_{\text{trip}} = 1$ となる。図8に信号設置道路網 $(\Delta OD = (\pm 36) \times (\pm 36))$ のときの、 T_{trip} を示した。

迂回車は車両数が増すに連れて徐々に時間が増えていく。最短コース前進車の場合には転移濃度になると急激に時間がかかるようになり、混在状態では、最短コース進行車が迂回車の所要時間を長くしている原因になっていることがわかる。興味ある点は、転移濃度以下では迂回車より最短直進車の方が早く到達できることを示していることである。

参考文献

1. O. Biham, A. A. Middleton, and D. Levine, Phys. Rev. A 46, R6124 (1992).
2. J. A. Cuesta, F. C. Martinetz, J. M. Molera and A. Sanchez, Phys. Rev. E 48, R4175(1993).
3. Y. Honda and T. Horiguchi, J. Phys. Soc. Jpn. 69, 3744 (2000).