

# 開放交通網モデルの シミュレーション

佐賀大学理工学部・只木進一\*

都市などの交通流をモデル化しようとする、交差点、複数車線、合流分岐など、様々な要素があり、単純なモデルで全体を捉えることは非常に困難である。Biham、Middleton、Levine (BML) のモデルは、都市の交通流を極限まで単純化したモデルである [1]。周期境界を有する 2 次元格子点上に、上向きと右向きの車両が排他的に分布し、決定論的規則に従って交互に運動する。このような単純なモデルでさえ、密度によって自由走行相から渋滞相へ相転移が見られた。

BML モデルに対して、現実系の持つ様々な様相を採り入れるためのモデルが提案されている。ここでは、

- 各交差点に複数台の車両が入ることが出来る
- 全車両が目的地を有している
- 出発地から系へ流入した車両は、目的地で系から流出する

といった特色を持つモデルを構築し、その性質を調べる。

2 次元正方格子の各点  $i$  に待ち行列  $Q_i$  が定義されている。各待ち行列には最大  $Q_{MAX}$  の車両が入ることが出来る。各時刻に、各待ち行列の先頭の車両が隣接格子点へ移動することが出来る。他の格子点に移動した車両は、その格子点の待ち行列の最後尾に入る。

また、系の境界条件として閉じた系を考える。つまり、系の境界の外部には道路が無いような状況である。この場合、各車両が目的地を有し、かつなるべく走行距離を短くしようとするために、系の中心に渋滞が発生することが予想される。

各車両は、出発地、目的地、走行時間、走行距離を保持している。各時刻において、各格子点の待ち行列に余裕があれば、新しい車両が確率  $p$  で待ち

---

\*Electronic Address: tadaki@ai.is.saga-u.ac.jp

行列の最後尾に入る。新しい車両は系内の格子点をランダムに選択してその格子点を目的地とする。目的地に到達した車両は、系から削除される。つまり、この系では、各格子点に車両の出入りがある。

系の挙動は、次の移動先を決定する方法に大きく影響される。決定論的規則の場合、一旦形成された渋滞内の、車両が相互に移動を遮る構造を解消することは非常に困難となるであろう。また、完全に決定論的でなくても、渋滞に入り込まないような方法を探り入れていないと同様の結果を齎すことが予想出来る。ここでは3種類の移動先の決定方法を検討する。

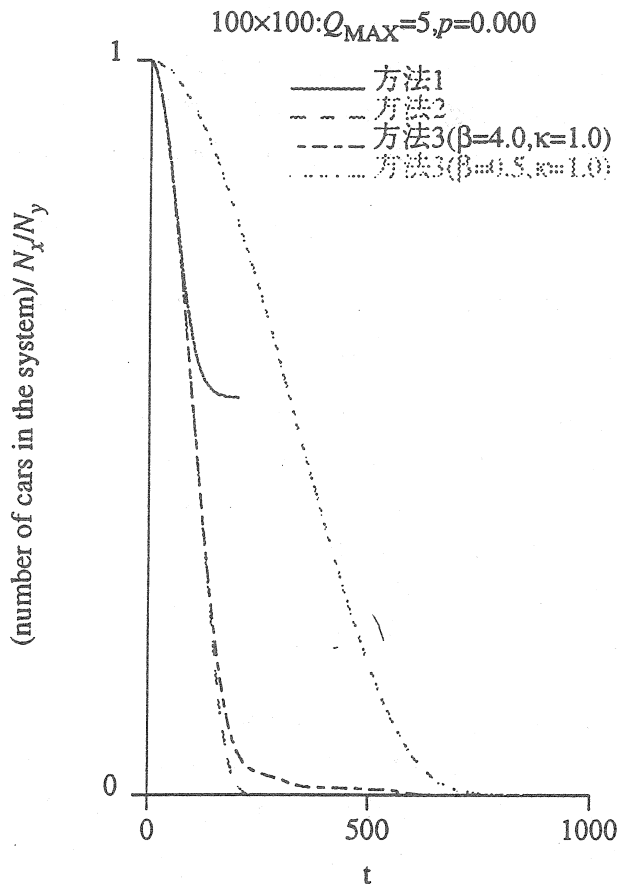


図 1: 初期状態として、全ての格子に1台の車両を置き、 $p=0$  で系内の車両の数の時間変化の様子。システムサイズは  $100 \times 100$ 、 $Q_{MAX} = 5$  である。

方法1 待ち行列に空きのある隣接格子点のうち、目的地に近づく方向にあるものを次の移動先として選択する。選択枝が複数ある場合には、その中からランダムに選択する。

方法2 最初に方法1と同様に、目的地へ接近するように次の隣接格子点を選択する。選択した隣接格子点に移動出来ない場合には、隣接格子点の中で移動可能な格子点をランダムに選択する。

方法3 Camposらは、熱的揺らぎと斥力のあるモデルを提案している [2]。彼らのモデルでは、運動は非同期的である。しかしここでは、他の運動法則との比較のため、同期的な運動を扱い、隣接格子の待ち行列に入っている車両の数に比例した斥力が働くとする。現在位置を $\vec{r}$ 、目的地を $\vec{f}$ 、座標 $\mu$ 方向の隣接格子点を $\vec{r}_{\pm\mu}^{\text{ext}}$ とする。座標 $\mu$ 方向へ $\pm 1$ 移動する相対確率を

$$P(\pm\mu) \propto \exp [\pm\beta \operatorname{sgn}(f_{\mu} - r_{\mu}) - \kappa Q(\vec{r}_{\pm\mu}^{\text{ext}})]$$

で与える。 $\beta$ は熱雑音のレベル、 $Q(\vec{r}_{\pm\mu}^{\text{ext}})$ は移動先の格子点 $\vec{r}_{\pm\mu}^{\text{ext}}$ の待ち行列内の車両の数、 $\kappa$ は斥力の強さを表している。

まず、初期状態として、全ての格子点に1台の車両を置き、 $p = 0$ で系内の車両数の時間変化を調べる(図1)。後退を許さない方法1では、系内に一旦形成された渋滞が解消されないため、車両が動けなくなってしまう。実際、空間分布を調べると、移動出来なくなった車両のクラスターが局在しているのが分かる。また、温度雑音を採り入れている方法(方法3)のうち、温度がある程度低いものが、後退を許す方法(方法2)と振舞いが似ていることも分かる。

図2は、初期状態として系内に車両が無い状態をとり、 $p = 0.003$ で車両を注入した場合である。温度雑音がある方法では、温度上昇とともに、系内に留まる車両の数が増加し、渋滞相へと相転移が起こっていることが分かる。系内の車両の増加とともに、目的地に到達した車両の平均速度が下がっている。温度雑音については、低温ほど渋滞を招かないわけではない。つまり、最適な温度雑音のレベルが存在している。

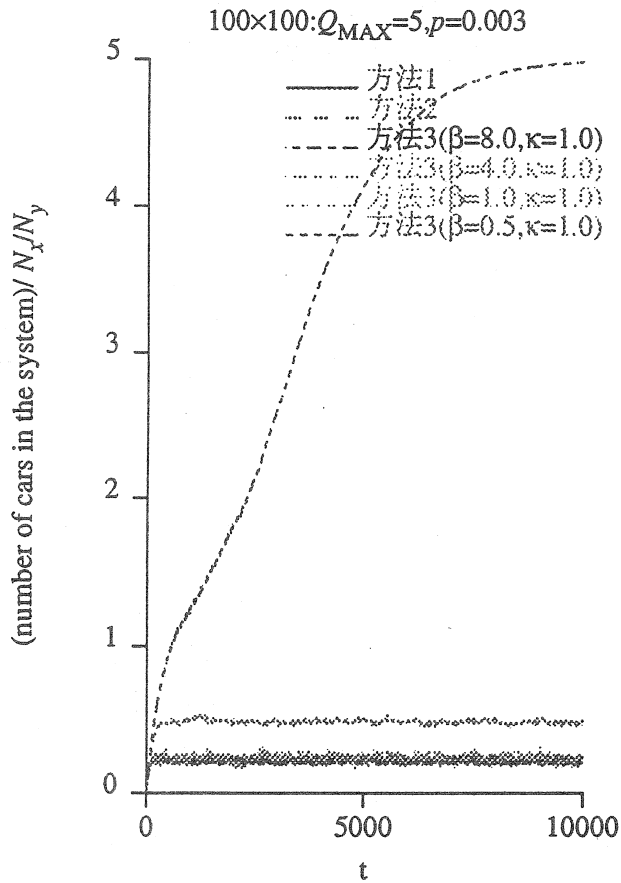


図 2:  $p = 0.003$  で系内の車両の数の時間変化の様子。システムサイズは  $100 \times 100$ 、 $Q_{\text{MAX}} = 5$  である。

## 参考文献

- [1] O. Biham, A. A. Middleton and D. Levine, Phys. Rev. A46, 6124 (1992).
- [2] I. Campos, A. Tarancón, F. Clérot and L. A. Fernández, Phys. Rev. E52, 5946 (1995).