

セルオートマトンを用いたラウンドアバウトの交通シミュレーション

Traffic simulation of roundabout using cell automaton

発表者：岡田 雅人 指導教員：坪井 一洋

1 はじめに

改正道交法が平成26年9月1日施行され、円形の交差点「環状交差点」の新しい通行ルール運用が7都府県15カ所で始まった。このとき、ラウンドアバウトという名が多くの人に知られた。ラウンドアバウトには、信号機がなく、事故防止や渋滞緩和などの効果がある[1]。

渋滞を抜本的に解消するには道路の改良や増設が必要になる。そのため、渋滞緩和方法としては、交通量を変化させたり、ラウンドアバウトの大きさ自体を変えたりするものがある。そこで、ラウンドアバウトの渋滞緩和法としての有効性を見極めることが重要となる。

本研究ではルール184を使用したセルオートマトンを用いて、ラウンドアバウトのモデルとT字路交差点のモデルを作成する。そして実際のT字路交差点から計算条件を調査し、シミュレーションを行う。これにより、ラウンドアバウトの有用性を検討する。

2 交通流のモデル化

2.1 交通流モデルの比較

交通流モデルとして成果を上げているものは既にいくつか存在しており、「流体モデル」、「追従モデル」、「セルオートマトンモデル」の3つが特に有名である[2]。

流体モデルは、個々の車の動きや厳密な台数ではなく、道路上で車の密度がどのように移り変わるかに注目したモデルである。計算量が少ないため、数10キロメートル四方に及ぶ広い道路網を対象とした巨視的なシミュレーションに用いられることが多い。

追従モデルは、個々の車が前方の車から受ける刺激をもとに加減速する様子を表すことで、交通流の振る舞いを捉えるモデルである。個々の車の詳細な動きを再現でき、数キロメートル四方程度の狭い道路網での微視的なシミュレーションに適している。

セル・オートマトン (cellular automaton) は、格子状のセルによる、非常に単純化された離散的計算モデルである。時間や車の速度などを離散化して表現するので、追従モデルよりも計算量が少ないという利点がある[2]。

2.2 交通流モデルとルール184

1次元セルオートマトンにおいて、あるセルの更新後の値は、そのセルの値と隣接する2つセルの値によって決定される。ある時間ステップ t における i 番目のセルの値を U_i^t とする。そのセルの更新後の値 U_i^{t+1} は一般に次式の形をとる。

$$U_i^{t+1} = f(U_{i-1}^t, U_i^t, U_{i+1}^t)$$

1回の時間発展で1セル分だけ進める。1つ先のセルに車両が存在すれば、次の時間発展には先のセルに進めず、そのセルに留まる。1つ先のセルに車両が存在しなければ、次の時間発展に先のセルに進める。このときの U_i^{t+1} の取る値から、この更新規則はルール184と呼ばれている。このルールのもとで全

のセルで同時に時間発展させる。これを繰り返していくことで交通流を再現できる。

ラウンドアバウトやT字路交差点への合流、入口セルへの車の流入など、ルール184では表せない交通流の振る舞いを再現するために、このモデルに新たな更新規則を追加する必要がある。

3 車の流入と合流の更新規則

入口のセルへの車の流入を再現するために、入口のセルの値が0のとき、ポアソン確率によって車を発生させる(1に更新する)、という規則を設定する。

車が環道と進入道路で合流する場合、環道部分のセルからは合流点に車が存在しなければ進むことができるが、流入路側のセルからは図1の青色の部分のセルと合流点のどちらにも車が存在しない場合のみ合流点に進入できる、という規則を設定する。流入路からラウンドアバウトに進入するとき、(図1の赤い線の車が該当する)このルールを使用する。

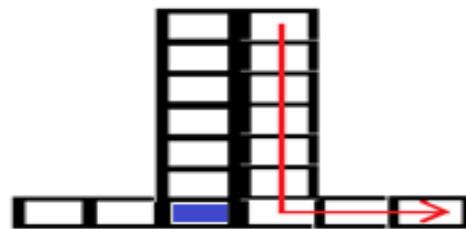


図1 ラウンドアバウトへの進入部分

4 シミュレーション

4.1 概要

比較対象となるT字路交差点の計算条件を調べた。調査した内容としては表1のようになった。図2はT字路交差点の地図、図3はT字路交差点とラウンドアバウトの道路網とセルオートマトンモデルである。この二つの道路網を対象に交通流シミュレーションを行う。また、1回のシミュレーションは4000ステップで終了する。

初期時刻では道路上に車は存在しないが、時間ステップの経過とともにポアソン到着に従ってスタート地点へ車が流入し、二つの出口路の片方のゴール地点まで進む。ゴール地点へ到達した車は次のステップで外部へ流出する。なお、分岐率で進む出口路について、T字路交差点の車の出口路はどちらもセル18個分になるが、ラウンドアバウトの場合二つ目に遭遇する出口路を利用する場合、セル22個分の道のりとなる。

T字路交差点に関しては本線上の信号機が交通流を妨げていることを考慮すると、交通量や赤信号次第では渋滞が発生する恐れがある。その分、信号のないラウンドアバウトの方が多少遠回りになる道があったとしても、スムーズな交通流になることが予想される。

表1 調査内容と結果

調査時間	1 時間 (h)
道路①と道路②の青の信号時間	70 秒 (s)
道路①と道路②の赤の信号時間	20 秒 (s)
道路③の青の信号時間	20 秒 (s)
道路③の青の信号時間	70 秒 (s)
道路①からの車の流入量	616 台 (約 6 秒に一台)
道路②からの車の流入量	507 台 (約 7 秒に一台)
道路③からの車の流入量	202 台 (約 18 秒に一台)
道路①から道路④へ進む車の割合	90%
道路①から道路⑤へ進む車の割合	10%
道路②から道路⑤へ進む車の割合	10%
道路②から道路⑥へ進む車の割合	90%
道路③から道路④へ進む車の割合	40%
道路③から道路⑥へ進む車の割合	60%



図2 T字路交差点の地図

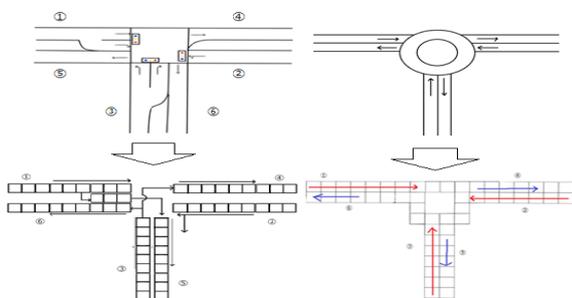


図3 二つの道路網とセルオートマトンモデル

4.2 結果

表1の条件下でシミュレーションを行った結果を図4と図5、表2と表3に示す。T字路交差点の結果は、最も早い旅行時間である18ステップの車が約60%と多く占めている。しかし、信号によって停止した車が旅行時間を下げ、平均旅行時間が約26.6ステップとなった。原因は車の信号時間や、前後の車との干渉度が上げられる。そして、ラウンドアバウトはすべての車の旅行時間が平均に近い値となった。ラウンドアバウトは標準偏差が1.72とほとんどの車の旅行時間を平均に近づける効果が得られたのに対し、T字路交差点はラウンドアバウトの9倍の約16ステップとばらつきが激しい。その結果、シミュレーションによって、ラウンドアバウトの方が平均旅行時間で約6ステップの差をつける結果が確認できた。

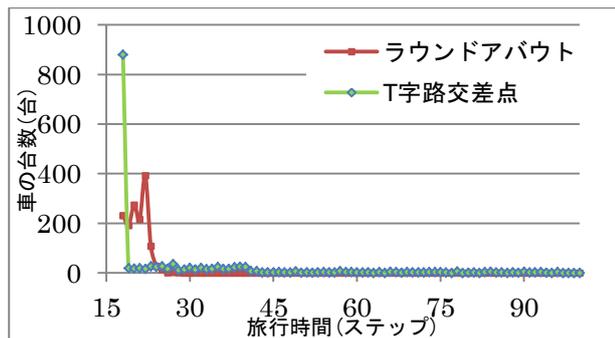


図4 ゴールした車の台数の比較

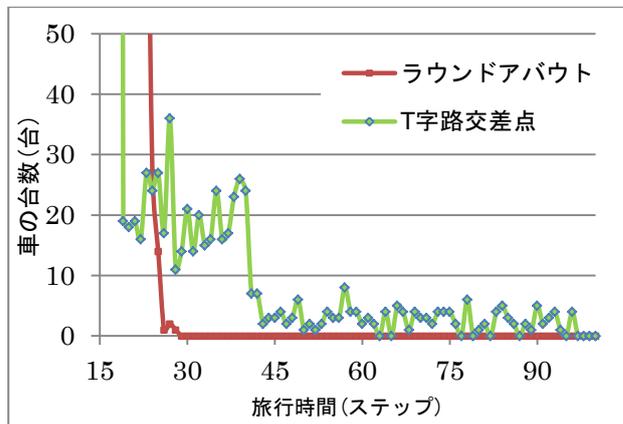


図5 ゴールした車の台数の比較
(縦軸の最大値を50)

表2 T字路交差点のシミュレーション結果

道路①から出現した車の平均旅行時間	22.7 ステップ
道路①から出現した車のゴールした車の台数	707 台
道路②から出現した車の平均旅行時間	21.5 ステップ
道路②から出現した車のゴールした車の台数	558 台
道路③から出現した車の平均旅行時間	52.1 ステップ
道路③から出現した車のゴールした車の台数	220 台
T字路交差点全ての出現した車の平均旅行時間	26.6 ステップ
T字路交差点全ての出現した車のゴールした車の台数	1485 台
T字路交差点の標準偏差	16.1 ステップ

表3 ラウンドアバウトのシミュレーション結果

流入路①から出現した車の平均旅行時間	19.5 ステップ
流入路①から出現した車のゴールした車の台数	704 台
流入路②から出現した車の平均旅行時間	22.1 ステップ
流入路②から出現した車のゴールした車の台数	542 台
流入路③から出現した車の平均旅行時間	20.3 ステップ
流入路③から出現した車のゴールした車の台数	213 台
ラウンドアバウトの平均旅行時間	20.6 ステップ
ラウンドアバウトのゴールした車の台数	1459 台
ラウンドアバウトの標準偏差	1.72 ステップ

5 まとめ

本研究では渋滞緩和に有効といわれるラウンドアバウトの効果を調べるために、セルオートマトンによる交通流シミュレーションを行った。比較対象として、T字路交差点モデルを作成した。この二つのモデルによりラウンドアバウトとT字路交差点の特色を示すことができた。そして、今回の結果からラウンドアバウトが渋滞緩和する方法として有効であることを確認できた。

今後の課題としては、ラウンドアバウトとの比較として十字交差点モデルを作成することで更なるラウンドアバウトの有用性を検討していくことである。

参考文献

- [1] HUFFPOST SOCIETY
http://www.huffingtonpost.jp/2014/09/02/round-about_n_5750448.html (2014)
- [2] 有木 一司:セルオートマトンを用いた渋滞緩和シミュレーション, (茨城大学知能システム工学科卒業論文, 2009)