

踏切渋滞解消に向けた交通信号制御方式のMASによる評価と検討

理学専攻・情報科学コース 小峯 玲奈

1 はじめに

鉄道と道路が交差する踏切道では、交通量の多さや頻繁な鉄道の運行などにより引き起こされる「開かずの踏切」が以前から大きな問題となっている。重大な事故や深刻な交通流の妨げの原因にもなっているため、早急に対策が必要であるが既存の対策(立体交差化、賢い踏切など)は費用や大規模な工事が必要となることから対応が進まない箇所も少なくない。

本研究では、踏切や交差点が複数存在し直進車と右左折車が混在する環境をマルチエージェントシミュレーションを用いてモデル化する。構築したモデルを用いて従来の交通信号制御方式の評価、そして踏切が設置されている道路における効果的な制御手法を検討する。大規模な工事を必要としない方策での踏切およびその周辺の交通流改善を目指す。

2 交通信号制御

交通流を制御する方法のひとつに交通信号制御がある。一般に、信号制御は現示の決定、制御パラメータの決定の2段階によって行われる。[1] 信号制御パラメータには、①信号機が一巡するのに掛かる時間を表すサイクル長、②1サイクル中での各色の時間比率を表すスプリット、③近隣の交差点信号機との青信号の開始時間のずれを表すオフセットの3種類が使用される。

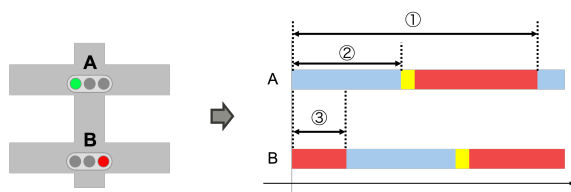


図 1: 信号制御パラメータ

踏切に隣接する交差点信号機の多くは、遮断や開放のタイミングが考慮されていない場合が多く、渋滞によって踏切内に取り残されてしまったり、踏切遮断時に過度に自動車が入流してしまう問題点がある。

3 モデルの構築

3.1 マルチエージェントシミュレーション

マルチエージェントシミュレーション(以下、MAS)とは、自立した個々の主体が多数集まり、各々の行動ルールや主体同士の相互作用、主体と環境との相互作用を利用して社会現象をモデル化する手法である。モデルの構築には構造計画研究所が提供している artisoc cloud を使用する。

3.2 空間の設定

本研究では、複数の踏切と交差点が存在し、直進車と右左折車が混在する空間の構築を行う。図2のようにモデルの空間上に4×3の格子状の道路ネットワークを設定した。空間の大きさは縦504マス×横718マスとし、artisoc上の1マスの1辺の長さは実測値で

4mとする。道路は全て片道1車線とし、幅は片道3マスとした。交差点と交差点の間の距離は縦120マス、横250マスである。また、本研究では1stepを実世界の1秒とする。

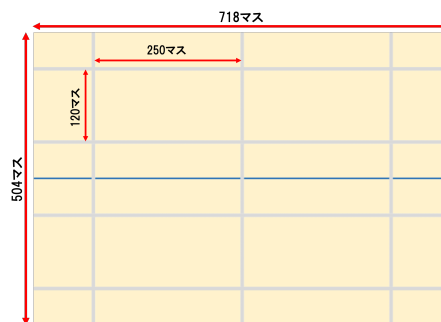


図 2: 本モデルの空間(灰色部分は道路)

3.3 道路ネットワークの設定

自動車が走行する道路は、ノードデータとリンクデータ(ノード同士の接続情報)をそれぞれ json ファイルで作成し、実行時に artisoc に読み込ませることで指定した。本モデルでは、124個のノードと206個のリンクを定義する。

3.4 信号機エージェントの設定

全ての交差点に対して全方向の道路に信号機エージェントを定義した。信号機は青信号、黄信号、赤信号の順にサイクルを繰り返しており、右折専用信号など矢印式信号機の存在は考えない。各色の長さは、上下線信号機では青52秒、黄3秒、赤25秒、左右線信号機では青22秒、黄3秒、赤55秒とした。

3.5 踏切エージェントの設定

図2の青線が示す位置を鉄道線路とし、踏切を3箇所定義した。それぞれの踏切は遮断時間150秒、開放時間30秒を交互に繰り返す動作を行動ルールとする。

3.6 自動車エージェントの設定

3.6.1 基本設定

自動車エージェントは1000台/1800stepの確率で生成され、直進や右左折をしながら出発地点ノードから目的地ノードへと向かう。本研究では、空間内を縦方向に走る(踏切と交差する)道路を主道路、横方向に走る道路を従道路として定義した。そこで、出発地点と目的地を決定する際の確率に重み付けを行い、各道路の交通量の調整を行った。また、各自動車エージェントは次の初期値をもつ。

表 1: 自動車エージェントの初期値

初期速度	20km/h ~ 60km/h
最高速度	60km/h
最大加速度	2m/s ²

3.6.2 行動ルール

自動車エージェントは、前方車両や踏切、信号機の影響を受けながら毎ステップごとに速度の更新を行う。

本研究では、前方車両に応じた速度算出として Treiber ら [2] によって提案された Intelligent Driver Model (IDM) を使用する。車両の加速度は次の式 (1) および式 (2) で表される。

$$\frac{dv}{dt} = a \cdot \left[1 - \left(\frac{v}{v_0} \right)^4 - \left(\frac{s^*(v, \Delta v)}{s} \right)^2 \right] \quad (1)$$

$$s^*(v, \Delta v) = s_0 + vT + \frac{v\Delta v}{2\sqrt{ab}} \quad (2)$$

ここで a は最大加速度、 b は最大減速度、 v_0 は最大速度、 s_0 は停止時の車間距離、 T は安全最小車頭距離、 s は前方車両との車間距離、 v は自車速度、 Δv は前方車両との速度差である。

4 実行結果

本研究では、1回のシミュレーションを1800ステップ、すなわち30分とする。また、毎時間ごとの空間内に存在する自動車の速度の平均（空間内速度平均）を評価指数とする。

4.1 従来の交通信号制御方式の評価

従来の交通信号制御方式のとして一斉制御方式、オフセット制御方式、スプリット制御方式の3種類を実装し比較、評価する。オフセット制御は隣接する交差点間の青信号開始時間をずらす手法で、スプリット制御は信号の青や赤の時間比率を調整する手法である。

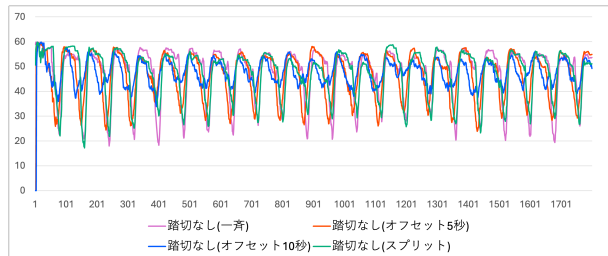


図 3: 踏切がない場合の空間内速度平均の比較

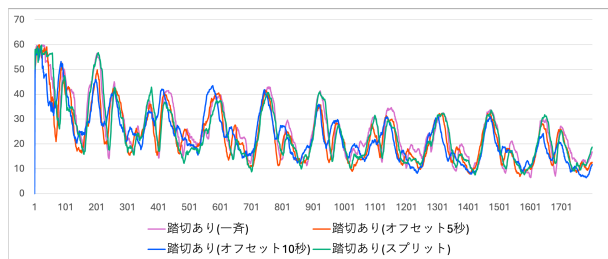


図 4: 踏切がある場合の空間内速度平均の比較

図3の結果から、踏切が道路上にない場合、オフセット制御方式とスプリット制御方式はどちらも導入によって交通流の改善が見られた。特に、オフセット10秒のとき速度低下が抑制され大きな改善が見られた。すなわち、信号機間のずれが最適化され、自動車が赤信号に遭遇する回数が低減したと考えられる。

一方で、図4の結果から制御方式の導入による改善は見られず、交通流が悪化している時点があることも分かる。さらに、踏切と信号の動作タイミングのずれによる急激な速度低下も見られた。

4.2 踏切が存在する道路における制御手法の検討

従来の交通信号制御は渋滞緩和へ効果的であるが、踏切が存在する環境下では効果が十分に発揮されない。そこで、踏切の開放タイミングを考慮して信号機の切り替えを行う制御手法と開放タイミングおよび交通流を考慮して行う制御手法の2つを実装し検討する。タイミングの考慮は、開放時に信号を青にし新たに信号周期を開始することで行い、交通流の考慮は踏切を横断した自動車がスムーズに走行できる方向にオフセット制御を導入することで行う。

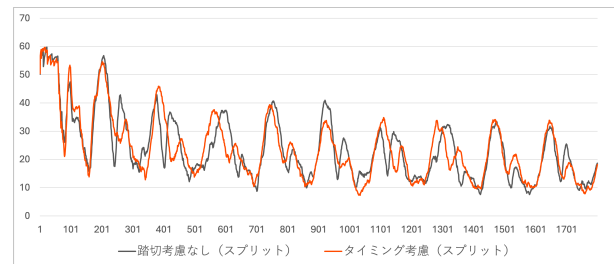


図 5: 開放タイミングを考慮した制御手法

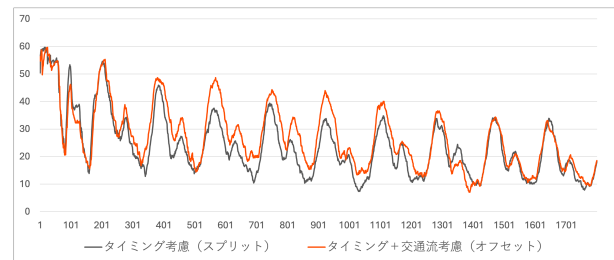


図 6: 開放タイミングおよび交通流を考慮した制御手法

図5と図6の結果から、いずれの制御手法も空間内速度平均の改善に効果的であることが確認された。つまり、踏切の開放タイミングや横断後の自動車に対するオフセット制御は交通流の流動性向上に寄与すると言える。特に、踏切開放直後に起こっていた急激な速度低下は解消され、踏切横断後の自動車は交差点で停止することなく走行できてくることが示唆される。また、タイミングに加えて横断後の交通流を考慮することは、踏切が設置されている道路の信号制御の効果を高める有効な手法であると言える。

5 今後の展望

今後は、GIS データや実測値を活用したモデルの構築、待ち台数などを考慮した動的な信号制御方式の検討が考えられる。

参考文献

- [1] 北村隆一飯田恭敬. 交通工学. オーム社, 2008.
- [2] Martin Treiber, Ansgar Hennecke, and Dirk Helbing. Congested traffic states in empirical observations and microscopic simulations. *Physical review E*, Vol. 62, No. 2, p. 1805, 2000.