

## 踏切の開閉を考慮した道路信号制御方式の検討 Study of Road Signal Control Method considering Railroad Crossings

松本 仁誠<sup>†</sup>  
Jinsei Matsumoto

尾崎 敦夫<sup>†</sup>  
Atsuo Ozaki

### 1. はじめに

日本の多くの都市では踏切が車両交通を遮断し、特に駅周辺では通勤時間帯に慢性的な渋滞が発生している。枚方市の長尾駅周辺でも踏切起因の渋滞が深刻な課題であり、交通円滑性の阻害、環境負荷増大、経済的損失、住環境悪化を招いている。

従来の固定サイクル式信号制御は、踏切の開閉や交通需要の変動に対応できず、踏切閉鎖時の車両滞留や開放後の交通集中による更なる渋滞を招いている。そのため、踏切周辺の交通問題に対し、より柔軟で効果的な信号制御が求められている。

本稿では、上記の課題解決を目指し、踏切の開閉に応じた信号制御手法を提案する。

### 2. 関連研究

鉄道踏切と連携した交通信号制御に関し、長谷川 (2023) は、踏切の開閉状況や車両到着率に応じて信号周期を動的に調整し、交通流効率化と渋滞緩和をシミュレーションで評価している。

しかし、この先行研究は理想環境での評価であり、実環境への適用可能性の検証が不十分である。また、シミュレーションモデルが直進車のみを対象とし、右左折車の挙動が未考慮のため、現実の複雑な交通状況を完全には反映できていない。さらに、交差点間距離が一定という前提は、実環境の多様な道路条件への適用を制限する要因となっている (図 1 参照)。これらの課題解決は、実用的で効果的な踏切連携信号制御の実現に不可欠である。

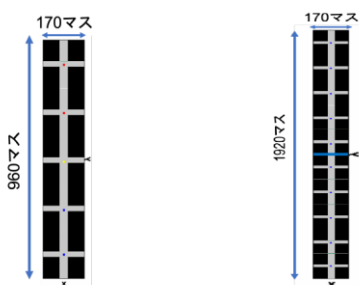


図 1 先行研究のシミュレーション環境

### 3. 提案手法

前章で述べた先行研究の課題、すなわち実環境適用性の向上、右左折車両の考慮、交差点間距離の不均一性への対応を同時に解決するため、新たな信号制御手法を提案する。

本手法は、踏切の開閉状況や周辺信号の位置関係を考慮

した動的信号制御である。信号機が電車のダイヤに基づき 1 分後の踏切開閉タイミングを取得し、その情報を基に制御する。踏切からの距離に応じて各信号機の青信号への切り替えタイミングを算出し、車両のスムーズな通行を目指す。さらに、朝夕の時間帯別交通需要に対応するため制御方式を変更する。朝は踏切が開く前に踏切に近い信号から順に青へ切り替え (図 2 参照)、夕方は踏切が開いた後に同様に切り替える (図 3 参照)。切り替えタイミングは踏切と信号機間の距離をパラメータとした式 (式(1), (2)) で計算する。これにより、先行研究の課題であった実環境の多様な道路条件への適応性向上と、特定の時間帯における交通需要への対応を目指す。シミュレーションでは実際の道路ネットワーク (長尾駅周辺) を対象とし、右左折車両も考慮して現実的な評価を行う。

$$\text{Changestep} = C_{step} + \alpha \cdot \left(60 + \frac{d_{cross}}{2}\right) + \beta \quad (1)$$

$$\text{Changestep} = C_{step} + \alpha \cdot \left(60 - \frac{d_{cross}}{2}\right) + \beta \quad (2)$$

パラメータは以下の通りである。

- $C_{step}$ : 現在のステップ数
- $d_{cross}$ : 踏切までの距離(m)
- $\alpha$ : 任意の係数
- $\beta$ : 踏切と信号の切り替わるタイミングの差

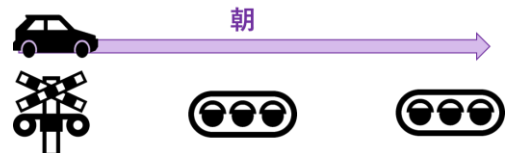


図 2 朝の信号制御方式

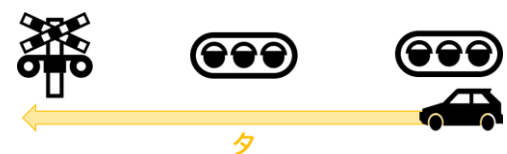


図 3 夕方の信号制御方式

### 4. 評価方法

提案手法の有効性評価のため、マルチエージェントシミュレーションツール[artisoc4]を用いる。評価対象は、踏切による渋滞が報告される長尾駅周辺 (縦 1500m×横 2000m) とする。

本提案手法との比較対象は一般的な固定サイクル方式とし、交通渋滞が顕著な朝 (7-8 時) と夕方 (17-18 時) に各 100 回シミュレーションを行う。道路モデルは長尾駅周辺の主要道路で構成し、駅前の信号機 4 箇所に提案手法を

<sup>†</sup> 大阪工業大学 Osaka Institute of Technology

適用, 他は固定サイクル制御とする. 踏切は実際の位置に設定し, 実際の長尾駅電車ダイヤに基づき閉鎖タイミング (1 回約 70 秒) を再現する. 自動車エージェントは IDM を用い, 経路選択にダイクストラ法を使用する.

評価指標は平均旅行時間と平均停車台数とし, 両方式の性能を定量的に比較する.

## 5. 結果

シミュレーションの結果, 提案手法は固定サイクル方式に比べ, 朝夕いずれの時間帯でも平均旅行時間および平均停車台数を改善した.

### 平均旅行時間:

朝の固定サイクル方式の平均約 640 秒に対し, 提案手法は約 532 秒 (約 16.81%減). 最長旅行時間は 1784 秒から 1212 秒 (約 32.06%減) に改善した. 夕方の固定サイクル方式の平均約 567 秒に対し, 提案手法は約 475 秒 (約 16.30%減). 最長旅行時間は 1782 秒から 1185 秒 (約 33.50%減) に改善した. 最短旅行時間に両方式で差はなかった. それぞれの結果を表 1, 表 2 に示す.

表 1 朝の旅行時間減少率

	平均旅行時間(秒)	最長旅行時間(秒)
固定サイクル方式	640.57	1784
提案方式	532.88	1212
減少率	16.81%	32.06%

表 2 夕方の旅行時間減少率

	平均旅行時間(秒)	最長旅行時間(秒)
固定サイクル方式	567.93	1782
提案方式	475.37	1185
減少率	16.30%	33.50%

### 平均停車台数:

朝の 1 秒あたり平均停車台数は, 固定サイクル方式の約 24 台に対し, 提案手法は約 14 台 (約 40.22%減). 夕方は, 固定サイクル方式の約 20 台に対し, 提案手法は約 12 台 (約 41.20%減) となった. それぞれの結果を表 3, 表 4 に示す.

## 6. 考察

提案手法は, 固定サイクル方式に比べ, 踏切閉鎖による渋滞発生を効果的に抑制できることが確認された. 踏切閉鎖前後の適切な信号調整により, 車両停滞が軽減され, 踏切開通時の交通流再開がスムーズになり, 車両流動性と交通効率が改善した. 具体的には, 無駄な赤信号待ちの減少が, 平均旅行時間と平均停車台数の大幅な減少に繋がった. また, 最長旅行時間は提案手法で明確に減少し, 混雑状況での交通流改善へ貢献している. さらに, 渋滞長短縮による「二次的渋滞」も抑制できている.

提案手法により, 踏切閉鎖時の車両流入を適切に制御することで渋滞の波及を抑制し, 安定した交通流を実現した.

表 3 朝の平均停車台数減少率

	平均停車台数(台)
固定サイクル方式	24.05069444
提案方式	14.37807222
減少率	40.22%

表 4 夕方の平均停車台数減少率

	平均停車台数(台)
固定サイクル方式	20.42456944
提案方式	12.01061111
減少率	41.20%

## 7. まとめと今後の課題

本稿では, 踏切による交通渋滞緩和を目的に, 固定サイクル方式と踏切開閉を考慮した提案手法を, 長尾駅周辺を対象としたシミュレーションで比較検証した結果について述べた. 結果として, 提案手法は固定サイクル方式に比べ交通効率を大幅に向上させることができた. また, 平均旅行時間は朝 16.81%, 夕方 16.30%短縮され, 適切な信号制御で交通処理能力が向上し, 車両の流れがスムーズになった. 平均停車車両数も朝 40.22%, 夕方 41.20%減少し, 排気ガス排出量削減や騒音低減, さらに住環境改善に繋がると考える. 以上のことから, 提案手法は, 旅行時間と渋滞長低減だけでなく, 渋滞緩和と環境負荷低減にも効果があると考える.

今後の課題を以下に示すものであり, これらの取り組みにより, 提案手法の汎用性を図ることである.

- 車両流入数や信号待ち車両の詳細データ収集, 不定期列車の考慮による, より正確な交通状況の再現
- 電車の遅延等にも対応可能なリアルタイム制御の導入
- 複数踏切が連続するエリアや高頻度運行の大都市圏など, 他地域での適用検証

### 参考文献

- [1] Martin Treiber, Ansgar Hennecke, and Dirk Helbing, "Congested traffic states in empirical observations and microscopic simulations," *Phys. Rev. E* 62,1805. 1 August 2000
- [2] 長谷川 和奏(2024), "鉄道踏切と連携した交通信号制御に関する研究," 中央大学 大学院研究年報 理工学研究科編 54 号
- [3] "事業計画「都市計画道路長尾杉線事業認可説明会」," <https://www.city.hirakata.osaka.jp/cmsfiles/contents/0000027/27671/Shiryoul.pdf>(2024, 10 月 20 日閲覧).