

地方幹線鉄道を対象とした踏切道の車両錯綜シミュレーションシステムの開発

日本技術開発株式会社 正会員 宮下 聡一郎
 芝浦工業大学大学院 学生会員 高石 大輔
 芝浦工業大学 正会員 岩倉 成志

1. はじめに

地方部幹線鉄道の在来線高速化が検討され、新在直通化やフリーゲージトレインの実用化研究が進められている。在来線を高速走行し、安全性を高度化するには踏切の改良が不可欠である。本来は踏切の統廃合に加え、道路のオーバーパスやアンダーパスが実施されるべきだが、高コストゆえ残置される踏切も少なくない。狭小な踏切も多く、時間的な交通集中等により複雑な交通錯綜が生じている。踏切支障を誘発する可能性が大いにあり、交通挙動を考慮した安全対策の検討や効果の定量的な分析が必要だが、そうしたデータや手法は存在しない。

本研究では踏切での交通錯綜状況の再現、錯綜危険度や対策効果の定量的分析を可能とするシミュレーションシステムを開発することを目的とする。

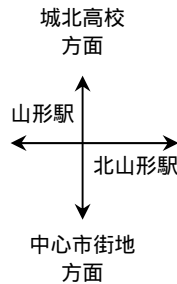
2. シミュレーションシステム

2.1. シミュレータ構築過程と使用データ

錯綜状況を撮影したビデオデータを画像解析ソフトで0.5秒毎に分割し、各車両の位置座標から射影変換により誤差約32cmで実平面上の座標を特定した後、軌跡変化図を作成した。これから行動ルールを解明、意思決定アルゴリズムを作成し、シミュレータを構築した。なお使用データは、H17.11.7-9のAM7-9にかけて、研究対象とする山形新幹線・肴町踏切(写真1)を高角度から撮影したものとする。



写真1 肴町踏切



2.2. 行動ルールと意思決定アルゴリズム

図1左図の茶色が自転車と車の位置で、桃色がその1秒前の軌跡である。さらに右図はその1秒後の軌跡変化を表している。この図から例えば、

- 自転車の対向車両に対する回避行動
- で追従対象が存在する場合の追従回避行動
- 自転車は同方向車両に対して追い越さない
- 車は進路変更せず、加減速のみで通行

という行動が読み取れる。では、左図の高校方面へ向かう自転車の進路に対向車両が存在する場合、右図で自転車が方向補正して回避していることが分かる。同様に、では自転車群が前方の同方向に進む自転車に追従して回避することが分かる。群集流の追従回避は、対向障害物への頻繁な回避を避けるため無意識に行われていると考えられているが、このデータからもその傾向が見て取れた。では、スペースの限られた中では、自転車は同方向の車両を追い越さないことが分かる。では、車は自転車に対して方向補正をせず、加減速のみで踏切内を通過していることが分かる。このように軌跡データから行動ルールを解明し、更にそれらから車両種別ごとに意思決定アルゴリズムを作成した。例えば、自転車の回避に伴う意思決定アルゴリズムは図2のようになる。

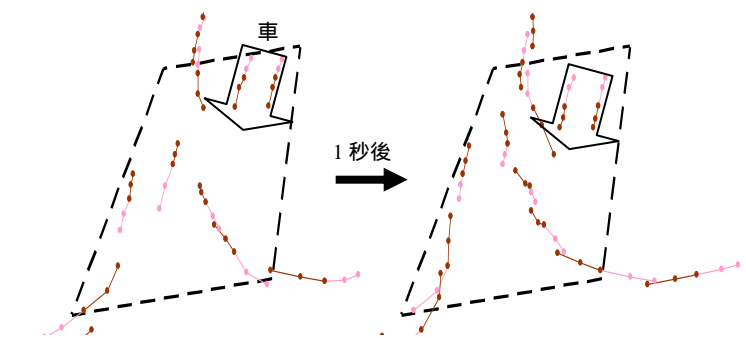


図1 錯綜時における1秒間の座標変化図

キーワード マルチエージェントシステム, 踏切, 交通錯綜

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5-09c32 TEL 03-5859-8354 FAX 03-5859-8401

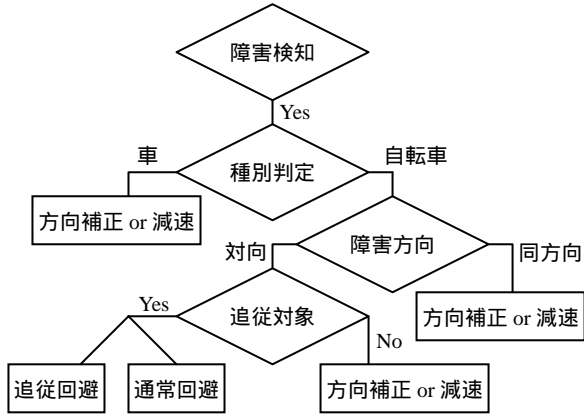


図 2 自転車の回避に伴う意思決定アルゴリズム

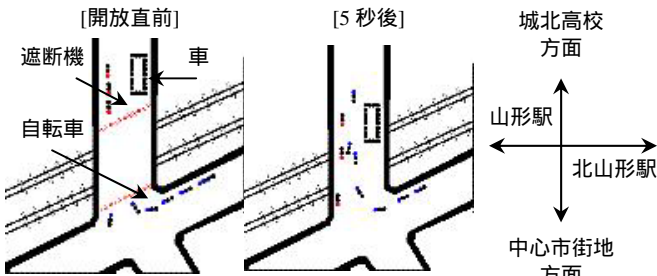


図 3 シミュレータ実行画面

2.3. プログラミング

マルチエージェントシステムに対応したプログラミングソフト artisoc academic 1.0 を用いてシミュレータを構築する。

図 3 に構築したシミュレータの実行画面を示す。踏切道のみでなく滞留空間も設定し、その空間に 2.2 で述べた行動ルールに従う自転車と車を配置する。なお、配置台数は分析者が自由に設定できる。各車両に与える速度等を表 1 に示す。座標データから算出した平均値を用いた。図 2 に示したアルゴリズムのように、様々な条件によって何らかの行動を起こす一連の意思決定を 1Step=0.1 秒とし、これを繰り返して計算処理することで、踏切通過に伴う人間の瞬間的な行動判断を表現する。

2.4. シミュレータの再現性

ビデオデータで確認した自転車、車と同じ台数の車両を設定し、自転車の平均踏切通過時間の実測値と推定値（20 回シミュレート）とを比較した結果を表 2 に示す。交通体の位置は毎回ランダム、踏切空間を簡略的に表現するなど、現実と完全同一条件でないが、実測値と誤差 0.7 秒前後であることは、良好な再現性を有していると考えられる。

表 1 各交通体の運動能力

	最高速度[m/s]	加速度[m/s ²]	減速率[1/s]
車	1.50	1.00	0.35
自転車（高校方面）	3.20	1.00	0.66
自転車（市街地方面）	3.40	0.80	0.74

表 2 シミュレータの再現性（平均踏切通過時間）

	実測値	推定値	誤差
高校方面（8 台）	5.71	4.98	(0.73)
市街地方面（4 台）	5.34	4.74	(0.60)

表 3 対策効果の推定（障害に対する方向補正回数）

	高校方面	市街地方面
現状	8.47	4.33
二段停止線	8.49	8.10
拡幅、通行区分	6.25	2.31

3. シミュレータの活用例

踏切内での自転車の障害に対する平均方向補正回数を、錯綜危険度を定量的に把握する指標として、踏切改善対策による効果分析例を表 3 に示す。シミュレータに設定した対策は、

車の停止線を後方にずらす二段停止線化

山形駅側を拡幅し各車両に通行区分を与える

の 2 通りである。では高校側において、車が占有していたスペースに自転車が横長に滞留し、踏切内での錯綜が複雑化したことで危険度が増すという結果となった。では拡幅に加え各方向の自転車、車に通行区分を与えたが、良好な改善効果を得ており、この踏切では、通行制限などによる交通流の整流化が効果的であることなどが分析できる。

4. まとめ

実データに基づき、高い再現性を備え、対策効果の検証が可能なシミュレータを構築した。更に実用性を高めるために、行動ルールや車両挙動の精緻化、再現性の向上、踏切の危険度を明確に把握できるコンフリクト指標の作成、条件の異なる対象踏切数の拡大などが必要である。

【謝辞】本研究はメトロ文化財団の研究助成を頂いていた。ここに謝意を表す。