

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



H03099 宮下 聡一郎
指導教員 岩倉 成志

1. 背景と目的

近年、既存の在来線を改良し、新幹線と直通運転を行う新在直通運転の導入や、軌間の異なる路線を走行可能な軌間可変電車(フリーゲージトレイン)の研究開発が進められている。1992年に開通した山形新幹線(福島～新庄間)も新在直通運転を導入した路線のひとつである。このように在来線を走行する新幹線においては、踏切での支障に対する安全策が強く求められる。しかし、道路のオーバースタックやアンダーパスの整備は高コストゆえ、財政の厳しい地方部では難しい。地方部の踏切は狭小なものが多く、見通し不良や時間的な交通の集中、交通容量、滞留状況などの条件によって、車や自転車、歩行者の複雑な交通錯綜が生じている。こうした状況は踏切の支障を誘発する可能性が大いにあり、通行車両の挙動を考慮した対策を考えなければならない。

そこで本研究では、踏切対策の効果を定量的に分析するシミュレーションシステムの開発を目的とする。踏切での錯綜状況を再現するシミュレータは他に存在しない。本研究で構築するシステムの概略図を図1に示す。

2. 現地データの取得

(1) 空間データ

踏切は同じ条件のもの無く、交通錯綜の形成に大きく影響を及ぼす踏切部の構造や通行者の目的地、滞留状況などの特徴を考慮する必要がある。図2に、研究対象である肴町踏切(山形新幹線：山形～北山形間)の概略図を示す。近くに高校があり、通学時間帯には城北高校方面へ向かう自転車が多い。滞留スペースも特徴的で、高校側の道路は車が約半分を占有するため、縦長の形状になる。一方、中心市街地側は踏切が交差点に位置し、車による占有がなく横長に広がった形状で滞留する。この周辺環境をシミュレータに組み込み、滞留形成の様子も表現する。

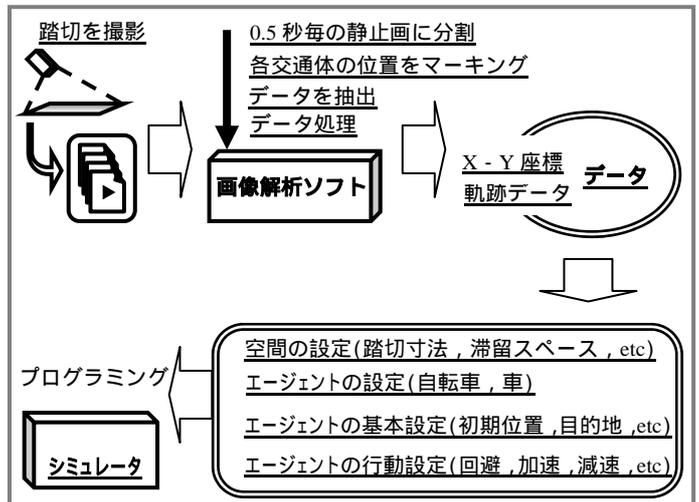


図1 システム概略図

(2) 行動データ

現地の通学時間帯(7:00 - 9:00)の様子を3日間、高角度上方から撮影したデータから、0.5秒毎の各交通体の位置座標データを作成した。図3はその一例で、錯綜の様子が確認できる。作成したデータから行動ルールを設定する。

3. シミュレーションシステム

本研究では、マルチエージェントシステム(単純なルールを持つ個体が複雑に絡み合うシステム)に対応したプログラミングツールを用いてシミュレータを開発した。2.のデータから、様々な状況での行動ルールを各 Agent に設定し、プログラミングによりアルゴリズムを構築した。図4にはその一例で、自転車の進路に他の Agent が障害として現れた場合の回避行動を示した。

一連のアルゴリズムを1Stepとし、それをループ処理させることで、シミュレーションシステムを実行する。人の細かな判断を再現するために、1Stepを0.1秒と設定した。またシミュレーション実行過程において、様々な数値データを出力させ分析に使用している。なお歩行者について、通過人数が少ないことから、良好なサンプルデータの取得に至らず、本システムでは設定しないこととした。

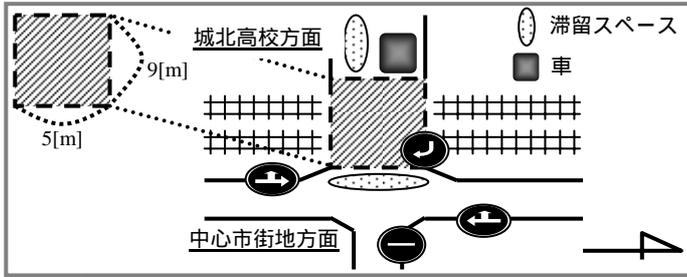


図2 肴町踏切概略図

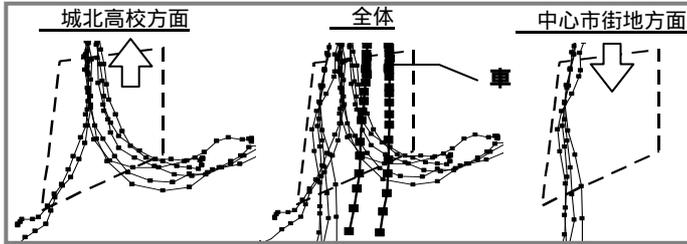


図3 自転車の行動軌跡図

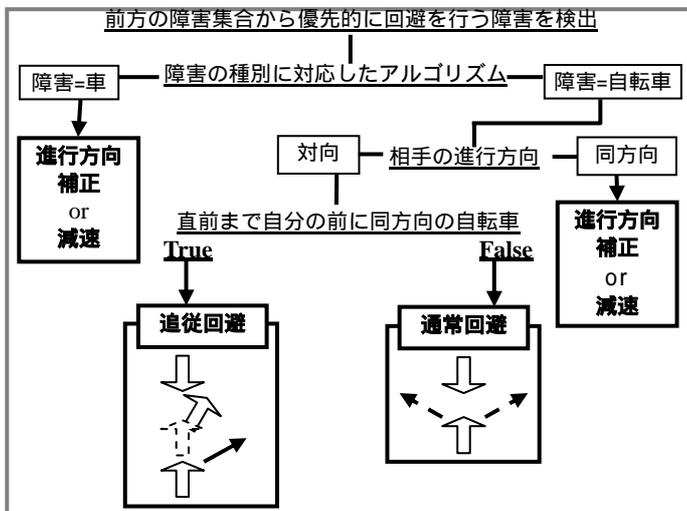


図4 回避行動アルゴリズム

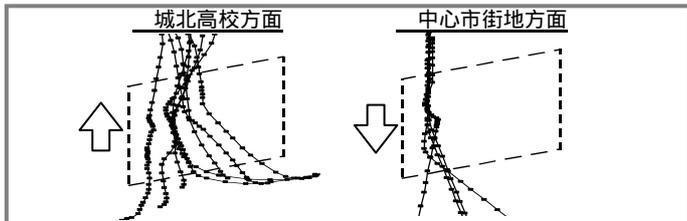


図5 シミュレータ軌跡図

表1 平均踏切通過時間[秒]

	実測地	推定値	差
高校方面	5.71	7.15	(1.44)
市街地方面	5.34	6.02	(0.68)

表2 対策案を盛り込んだ場合の平均方向補正[Step]

	高校方面	市街地方面
現状	8.47	4.33
1)車進入禁止	6.11	6.36
2)車進入禁止, 通行区分	3.34	2.33
3)二段停止線	8.49	8.10
4)拡幅, 通行区分	6.25	2.31

(1) 回避行動における追従性

ビデオデータや軌跡図から、自転車の回避行動における特徴として、追従性があると考えた。スクランブル交差点などで顕著に見受けられるが、人は群集の中で回避行動をとる際、前方に存在し、なおかつ同方向に進む人の背後スペースに無意識に進路をとりやすい。つまり、進路決定の判断が前の人の行動に大きく左右される。これは踏切での行動にも当てはまると考え、回避行動ルールとして組み込んだ。

(2) シミュレータの再現性

図5に位置変化データ、表1に平均踏切通過時間を示す。実測値と推定値とを比較することで再現性の確認などが行える。通過時間に関しては概ね良好な結果だが、軌跡に関しては、回避行動判断の設定が現実より早いため、シミュレータでは横に広がってしまったと考える。

4. シミュレータの活用例

踏切改善対策の分析例を表2に示す。対策ごとの方向補正に要したStep数から、交通錯綜による危険度判定を定量的に行うことが可能である。1)の車が存在しない場合、自転車は通行スペースを制限されることがなく、かえって錯綜が複雑化する。通行スペースの確保だけが効果的な対策とならないことは、3)で車の進入を遅らせた結果を見ても分かる。しかし自転車の通行区分を指定した2)と4)の結果では、大幅に方向補正に要したStep数が減少している。このことから、通行スペースを限定することで事故リスクを軽減させられる可能性があると言える。危険度判定においては総合的に計測する指標が必要だが、本研究では効果の比較検証を可能とした。

5. まとめと今後の課題

踏切での錯綜状況を再現するシミュレータを開発した。3.の踏切通過Stepや軌跡図と実測値の比較から、更なる再現性の向上が必要であることが分かる。そのためには、運動能力や行動判断の個人差を考慮することや、実際の行動と与えた行動ルールの違いを分析し改良することなどが今後の課題としてあり、より現実に近いシミュレーションシステムの構築が望まれる。