

②⑥ シミュレーション技術を活用した路面電車の運転速度向上の検討

交通システム研究領域 ※吉永 純 青木 義郎 日岐 喜治

1. はじめに

路面電車（併用軌道式）は道路上に軌道が設置されており、運転士の目視による安全確認の下、主に道路の交通信号機に従って運転される。そのため道路状況の影響を受けやすく、さらなる旅客サービス向上のためには、所要時間の短縮、速達性向上が望まれている。

そのためには交通信号機の設定を路面電車優先とすることが効果的ではあるが、渋滞の悪化等の懸念があり実現は困難である。したがって、路面電車の運転速度の向上によって改善する方法を検討した。

2. 運転速度向上のための要件調査

2. 1. 法定の最高速度の状況

路面電車の運転最高速度は、法令により、40km/h 又は敷設道路に指定された最高速度の低い方とされている。道路の最高速度は、交通状況や道幅等により指定されており、国内の路面電車の大半は最高速度が40km/h に指定された道路に設置されている。

他方、車道が片側2車線以上（軌道敷を除く）の主要道路等には、最高速度が50km/h の区間が見られる（全体の約1割）。この場合、周辺の自動車等より低速の40km/h が路面電車の法定最高速度となっている。

2. 2. 速度抑制要因の調査

現状では、路面電車の走行速度が法定の最高速度に達しない状況が頻繁に生じている。そのため、その要因について、路面電車事業者4社を対象に、停留場間隔が比較的長い区間における速度抑制要因及び所要時分の内訳等について聞きとり調査を行った。その結果、以下が大きく影響していることが分かった（順序は多く挙げられた順序である）。

- (1) 右折車両・横断者の交通量の多さ
 - (2) 道幅が狭いことや併走車両の多さ
 - (3) 停留場間の交通信号機の変化予測が難しい
 - (4) 見通しが悪いこと
 - (5) 線路の勾配により安全上速度抑制するため
- 以上のうち(3)以外は、事故防止のための安全上必要

な措置と言える。他方、(3)の交通信号機の問題については、電停発車時等で手前の信号の状況から予測可能な場合もあるとの見解も得られた。

路面電車の所要時分の内訳は、運転時間60%、停留場での乗降時間が14%に対し、信号待ちは24%、という軌道経営者（1社）の実態調査結果が得られた。

2. 3. 路面電車の事故発生状況

社団法人日本鉄道運転協会（当時）が調査した路面電車に関する詳細な事故状況資料について調べたところ、交差点内外が判別可能な事故のうち、交差点周辺での車両との事故が192件、交差点以外は38件となり、交差点付近での事故が非常に多いと言える。

2. 4. 交差点中間部での運転速度の向上方法

以上から、交差点の信号機の変化が予測可能で安全が確認できる状況下では、交差点の中間部での運転速度を高め、交差点通過速度は現在と同程度とすることが、安全性を低下させずに交通信号機での停車時間を減らせる対策としての有効と考えられる。

しかし交差点中間部の運転速度は、現状でも安全上の上限に近いと考えられるため、今回は、近年の路面電車の性能向上を踏まえ、40km/h を超えて道路側の最高速度に従う場合を想定し、その効果や安全性等をシミュレータにより検討することとした。

最近の低床式路面電車の加減速性能では、停留場間の距離が250m程で40km/hでの運転が可能である。

図1は、実在の区間で250mの停留場間に4箇所の交通信号機付きの交差点があるケースで、うち交差点4が交通量の多い十字路（他は交通量の少ないT字路）であり、電停A発車時点で交差点4の交通信号機の通過可否まで予測可能な場所である。このモデルの場合、現状40km/hの運転（桃色）に対し、道路側の法定の最高速度による場合、3km/h程度速度が高まり（赤線（43km/h））交差点4は現行の速度で通過しつつ、運転所要時分を3秒～94秒（交差点4で停車せずに通過できる場合）短縮できると考えられる。

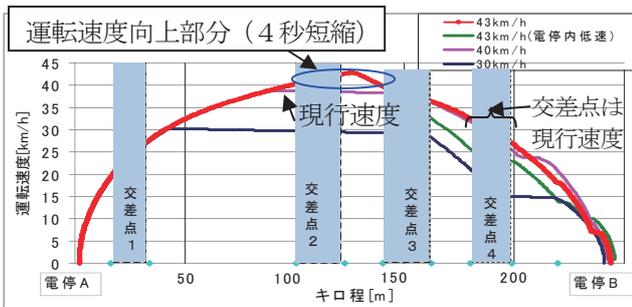


図1 最高速度向上時の運転曲線

3. シミュレータの作成

路面電車の速度が向上する場合、対向側交通が目測を誤り直前横断事故に至る懸念がある。そのため、精緻なCGによる風景や運転再現が可能なシミュレータソフトにより、一般ドライバー及び路面電車運転士による試験が可能なものを作成した。

交通信号機（歩行者用含む）の動作及び路面電車の加減速は実物と合わせるため、路面電車運転士約15名に依頼し、試走行及びアンケートを行い微修正を加えた。その結果、さまざまな安全上の試験を行うために実在の区間4カ所を含む仮想の約3kmの循環線とした。図2に画面例を示す。



図2 実物写真（左）とシミュレータ画面（右）

4. シミュレータによる横断タイミング評価実験

4. 1. 試験方法

実験参加者が運転する自動車車両（自車両）は右折待機状態で路面電車が接近するのを映像で見ながら、安全に横断できると感じる最後のタイミング（ぎりぎりの間合い）で右折を行って頂き、右折開始時の路面電車との間隔等から速度差の影響を調査する（図3）。

路面電車周辺での運転への慣れ／不慣れの影響の把握のため、近畿大学次世代基盤技術研究所の協力の下、表1に示す各属性の一般ドライバー計42名の協力を得て実施する。

他方、路面電車は自車両から157m前方に停車後、35km/h又は45km/h（速度向上時想定）で接近する。仮にタイミングを逸した場合には繰り返し行う。

また、試験ログを再生した映像により、路面電車運転士に運転を見て頂き路面電車の運転法を聴取する。

4. 2. 試験結果

自車両の右折開始から、路面電車がその場所を通過

表1 実験参加者属性〔人〕

属性	路面電車の周辺の運転		合計	
	慣れていない	慣れている		
20・30代	男性	11	6	17
	女性	3	3	6
40・50代	男性	0	2	2
	女性	2	1	3
60・70代	男性	1	8	9
	女性	3	2	5



図3 試験状況

するまでの秒数（少ないほど路面電車が接近する）と、右折開始時における路面電車との離隔距離について図4に示す。「慣れている」属性では運転速度向上時に大きく時間が短縮（接近）しているが、離隔距離にはあまり変化が無い。これは、目印の地点を決めておき右折判断する方が多いためと考えられる。

「慣れていない」属性の20・30代は同様の傾向だが、40代以上の方については、時間にはあまり変化が無いものの、離隔距離は大きな変化が見られる。これは速度の推測が安定的ではないためと考えられる。実験参加者からは路面電車は大きいため目測での速度等の把握が難しい、との意見が得られている。しかし、いずれの属性の方についても比較的安全に右折できる余裕を確保して運転されていると言える。

他方、路面電車運転士によると右折待機車がいる場合、速度は上げず惰行運転を行う、との見解であった。

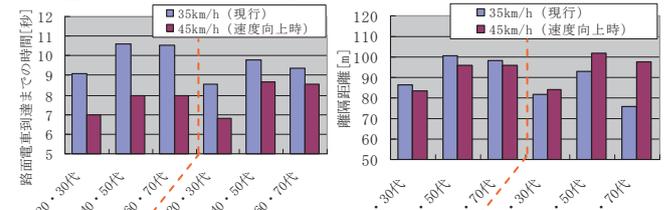


図4 速度向上時の時間（左）・離隔距離（右）の比較

5. まとめ

交差点中間部での運転速度向上を想定し、対向側の右折車の視点での比較試験を行った。試験では、速度向上した場合、右折車における余裕時間は短くなるものの、安全な範囲であることが示された。ただし、一部の方には、目測で路面電車の速度を的確に把握できない様子も見うけられた。今後は、見通しの悪い場所や、目測を誤る恐れのある天候等の異なる環境下における影響等についての研究も最高速度向上のためには必要と考えられる。