

路面電車優先信号導入による路面電車利用者の変化に関する研究

九州大学工学部

学生会員 岡本 晋平

九州大学大学院 工学研究院

正会員 角 知憲

1. はじめに

近年、路面電車を都市内の公共交通として活用する動きが高まっている。その中で、路面電車の表定速度の向上を目的とした「路面電車優先信号」に注目が集まっており、実際に導入されている都市もある。¹⁾ここで「路面電車優先信号」(以下優先信号)とは、路面電車が交差点の信号を通過する際、青時間の延長などにより路面電車を停止させることなく通過させる信号方式を指す。

本研究では、平位らの路面電車導入時の交通量配分モデル²⁾を自動車・路面電車間の干渉を表現できるよう改良し、優先信号導入時の路面電車利用者数の変化から導入の影響を評価することを目的とする。

2. モデルの設定

2-1. リンクコスト関数の設定

本研究では、一般化費用が最小となる経路の探索による交通量配分モデルを用いる。その一般化費用を求めるリンクコスト関数を、自動車・路面電車それぞれについて設定する。

(a) 自動車のリンクコスト関数

自動車のリンクコスト関数は、以下の式(1)で表す。

$$G_t = \alpha \times t_t + F(v_t, l) \quad (1)$$

G_t : 自動車の一般化費用 (円)

α : 時間価値 (円/分), t_t : 自動車の所要時間 (分)

F : 自動車の燃料費 (円)

v_t : 自動車の平均速度 (km/時), l : リンク長(km)

(b) 路面電車のリンクコスト関数

路面電車のリンクコスト関数は、以下の式(2)で表す。

$$G_r = \alpha \times (t_r + t_g + t_a + t_w) + \beta \times (t_a + t_w) + f \quad (2)$$

G_r : 路面電車の一般化費用 (円)

α : 時間価値 (円/分)

t_r : 乗車時間 (分), t_g : 乗降時間 (分)

β : 徒歩による疲労を考慮した時間価値 (円/分)

t_a : 駅までのアクセス時間 (分)

t_w : 路面電車の待ち時間 (分), f : 運賃 (円)

式(2)では時間価値 β により、徒歩によるアクセスや待ち時間などの非効用を考慮している。

2-2. 所要時間の設定

(a) 自動車の所要時間

自動車の所要時間 t_x は式(3)で示すBPR関数を用いる。

$$t_x(q) = t_{x0} \left\{ 1 + \gamma_1 \left(\frac{q_x}{c_x} \right)^{\gamma_2} \right\} \quad (3)$$

t_x : 自動車の所要時間 (分/km)

t_{x0} : 自由走行時間 (分/km), q_x : 交通量 (台/時)

c_x : 可能交通容量 (台/時), γ_1, γ_2 : パラメータ

c_x の値を変化させることで、各道路で所要時間を求めることができるため、本研究のように路面電車の干渉や優先信号の導入を考慮する場合に適している。

(b) 路面電車の所要時間

路面電車の乗車時間 t_r は路面電車の走行距離を平均速度で割ったものとする。ただし交差点を通過する際はそれとは別に、信号待ちと自動車の干渉を考慮した式(4-1)(4-2)による所要時間を足しあわせることとする。

交差点直進時

$$t_{r1} \begin{cases} = \int_0^R (R - T_{r1}) \Phi(T_{r1}) dT_{r1} & (0 \leq T_{r1} < R) \\ = 0 & (R \leq T_{r1} < C) \end{cases} \quad (4-1)$$

交差点右左折時

$$t_{r2} \begin{cases} = \int_0^R (R - T_{r2}) \Phi(T_{r2}) dT_{r2} + \int_R^C (C - R - T_{r2}) \Phi(T_{r2}) P_r dT_{r2} & (0 \leq T_{r2} < R) \\ = \int_R^C (C - T_{r2}) \Phi(T_{r2}) P_r dT_{r2} & (R \leq T_{r2} < C) \end{cases} \quad (4-2)$$

t_{r1}, t_{r2} : 路面電車の交差点での待ち時間 (秒)

T_{r1}, T_{r2} : 1サイクル開始後路面電車が交差点に到着するまでの時間 (秒)

$\Phi(T_{r1}), \Phi(T_{r2})$: 交差点に到着する時間の確率密度

C : サイクル長(秒), R : 赤時間 (秒)

P_r : 路面電車が右折できない確率 (式(5))³⁾

$$P_r = 1 - h_r q \frac{e^{-qt_c}}{1 - e^{-qh_r}} \quad (5)$$

h_r : 路面電車の車頭時間(秒)

q : 対向車の直進交通流率(台/秒)

t_c : 路面電車右折時の臨界ギャップ(秒)

T_{r1}, T_{r2} の範囲は $0 \leq T_{r1}, T_{r2} < C$ とし, $T_{r1}, T_{r2} = 0$ のとき 1 サイクルが始まるものとする. $\Phi(T_{r1}), \Phi(T_{r2})$ は, 始発駅における路面電車の出発時間分布と路面電車の速度の分布を与えることで, 各交差点で計算できるようにする. 優先信号導入時は $\Phi(T_{r1}), \Phi(T_{r2})$ と G, R が変化することから, 導入時の影響を評価することができる.

3. シミュレーション計算

3-1. ネットワークの設定

今回は二種類の交通手段を同時に考えるため, 二層構造のネットワークを重ねて, 一度片方の交通手段を選ぶと目的地に着くまで一つの層で最小一般化費用経路を探索するというネットワークを用いる. これにより途中で自動車と路面電車の乗り換えをできないようにする.

今回は, 図 1 の格子状の仮想ネットワークを用いてシミュレーションを行う. ネットワーク上に幹線道路を設け, 一部に路面電車の路線を引く. 出発地ノード・目的地ノードを複数設け, 各出発地ノードに発生交通量を配置し, 各々の目的地へ同じ割合で向かわせるようにする.

今回は, 簡略化のため各交差点のサイクル長と青時間は全て等しいものとする. 優先信号を導入した場合は, サイクル長一定のまま式(4-1)(4-2)の計算値がすべての交差点で 10 秒以下となるような青時間を設定する.

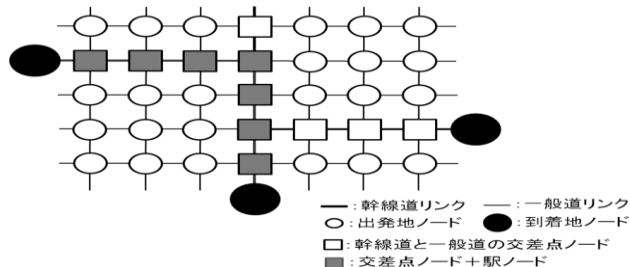


図 1 本研究で用いる仮想ネットワーク

3-2. 各値の設定

式(3)において, c_x の値をリンクの種類により変える. 幹線道で路面電車がいないときを 896(台/時), あるときを 448(台/時), 一般道を 338(台/時)と定める. また右折時は対向直進車の交通流率の関数, 左折時は横断歩行者数の関数とする. 特に路面電車の軌道をまたいで右折する時は, 軌道存在時の右折確率をかけることで路面電車の干渉を表す. この右折確率は対向直進車の交通流率と路面電車の運行間隔の関数とする.

パラメータ γ_1, γ_2 は既存研究⁴⁾により $\gamma_1 = 1, \gamma_2 = 2$ とする. 時間価値 α は全国の労働者の平均賃金から算出

した 43.95(円/分)とする. 燃料費は平成 20 年国土交通省による燃料消費算出式を用いる.

路面電車の乗降時間 t_g は乗客 1 人あたり 2 秒とするが, 各駅での停車時間を設定しそれを超える乗客数が発生した場合のみ考慮する. アクセス時間 t_a は歩行平均速度を 4.8(km/h)として求める. 待ち時間 t_w は路面電車の運行間隔の半分の値とする. 徒歩による疲労を考慮した時間価値 β は, α の 1.81 倍の 79.55(円/分)とする. 運賃 f は 100(円)とする. また式(5)で用いる路面電車の車頭時間 h_r は 4(秒), 右折時の臨界ギャップ t_c は 11(秒)とする.

3-3. 計算結果

前述した条件のもと各ノードの発生交通量を変化させ, 優先信号導入時・非導入時のそれぞれで配分計算を行った. このとき配分計算の値により右折確率などが変化するため, その計算値に対応する条件のもとで再び計算するという方法で実施した.

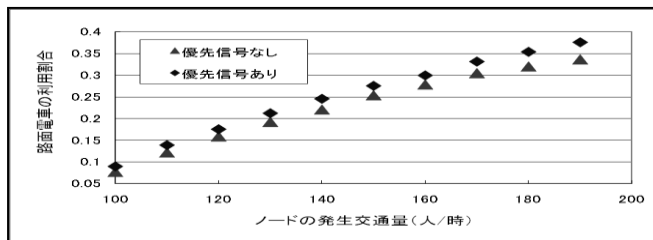


図 2 発生交通量と路面電車利用割合

計算結果を図 2 に示す. 優先信号を導入すると, 数%ではあるが路面電車の利用客が増加することが分かった. これは, 所要時間短縮により路面電車利用時の一般化費用が小さくなったためであり, 妥当な結果と言える.

4. おわりに

本研究では, 優先信号導入により路面電車の利用者数が増加することが分かった. ただしこれは, 仮想都市で様々な仮定のもとに計算を行っており, 定性的評価にとどまっている. したがって, 現実の都市で定量的評価を行うためにはより細かな設定を行う必要がある.

なお本研究は, 平成 20 年度文部科学省科学研究費補助金 (課題番号: 19360233) を得て実施したことを記して謝意を表します.

参考文献

- 1)水間ら:「電車優先信号方式の実態と今後の方向」電気学会資料 交通・電気鉄道研究会, Vol. TER-00, 2000
- 2)平位ら:「路面電車を導入したときの交通量配分モデルについての研究」九州大学学位論文, 2007
- 3)交通工学研究会編:「交通信号の手引」2006
- 4)井上ら:「首都圏における BPR 関数の推定」土木計画学研究・講演集, vol.29, 2004