

都市に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

九州大学工学部

学生会員 平位 高浩

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、欧米ではLRTという新たなシステムを導入した路面電車が活躍し、日本でも富山でその運行が開始され注目が集まっている。

本研究では、最短経路探索による交通量配分モデルを改良し、自動車と路面電車の交通手段がある都市において、最少一般化費用経路探索による交通量配分モデルを考案し、配分計算だけでなく交通手段選択を同時に行うモデルを作ることを目的とする。また、路面電車会社の過去の運営状況を参考にして、モデルで得られた結果から会社の収支を求める。会社の収支と旅行者の一般化費用の総額の合計を都市の交通に要する総費用として、その総費用が路面電車の運営形態によってどのように変化するかを確かめる。

2. モデルの構築

2-1. ネットワークの作成

今回、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、一旦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少一般化費用経路を探索するという二層ネットワークを考案した。これにより途中まで自動車で移動して途中から路面電車に乗り換えるといったことをできないようにした。よって二層それぞれにリンクとノードを用意する必要がある。なお、文章中の記号は(図.1)に対応している。

自動車のリンクを a)幹線道リンクと b)一般道リンクの他に、今回路面電車をまたぐリンクコスト関数を特別に与えるため、c)幹線道交差点に右折して進入するリンク、d)幹線道交差点に左折して進入するリンクの合計四種類を設定する。路面電車のリンクは a)路線リンク、b)駅までのアクセスリンクの二種類を設定する。

ノードは A)目的地ノード、B)出発地ノードの2種類を二層共通に持ち、自動車では C)幹線道の交差点ノード、路面電車では C)駅ノードをダミーのリンクとして設定し、合計3種類のノードに分類する。また A)目的地ノードは1個に限定する。

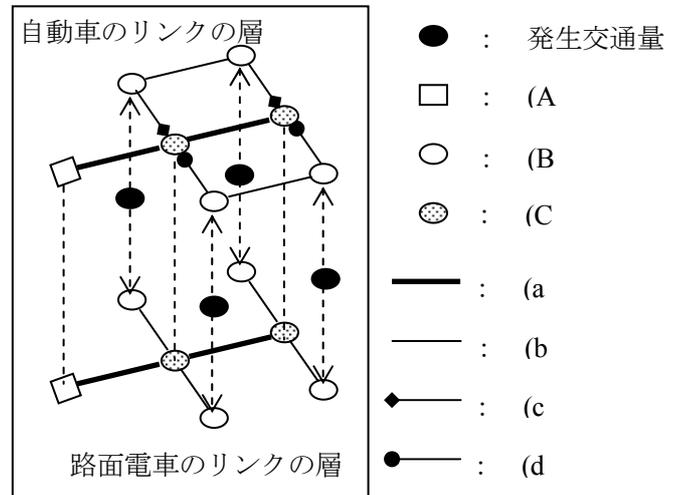


図.1 二層ネットワーク概略図

2-2. リンクコスト関数の設定

一般化費用を求めるリンクコスト関数として、所要時間、時間価値、諸費用(燃料費、運賃)の三種類を用いて、自動車、路面電車についてそれぞれ式(1)(2)のように表す。

・自動車の一般化費用

$$G_t = \alpha_t \times t_t + F(v_t) \quad (1)$$

G_t : 自動車の一般化費用 (円)

α_t : 自動車の時間価値 (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)

・路面電車の一般化費用

$$G_r = \alpha_r \times (t_r + t_g) + \alpha_a \times (t_a + t_w) + f \quad (2)$$

G_r : 路面電車の一般化費用 (円)

α_r : 路面電車の時間価値 (円/分)

t_r : 乗車時間 (分)

t_g : 乗降時間 (分)

α_a : 徒歩の時間価値 (円/分)

t_a : アクセス時間 (分)

t_w : 路面電車待ち時間 (分)

f : 運賃 (円)

2-2-1. 自動車のリンクコスト関数

自動車の所要時間 t_t は BPR 関数(式(3))を用いて表

し、リンクの種類によって4種類の交通容量 c_x を与える。a)幹線道の交通容量を 4400(台/時), b)一般道の交通容量を 1250(台/時), c)交差点右折の交通容量を対向直進車交通量の関数, d)交差点左折の交通容量を横断歩行者の関数で与える。こうして求めた所要時間に時間価値をかけて一般化費用とする。この時間価値 α_t は全国の就職者の平均賃金から算出した機会費用より 46.70(円/分)とする。

$$t_x(q) = t_{x0} \left\{ 1 + \alpha \left(\frac{q_x}{c_x} \right)^\beta \right\} \quad (4)$$

t_x : 自動車の所要時間 (分/km)

t_{x0} : 自動車の自由走行時間 (分/km)

q_x : 交通量 (台/時)

c_x : 可能交通容量 (台/時)

α, β : パラメータ

次に、自動車の燃料費は走行速度の関数と仮定し、燃費消費推計式(平成 15 年国土交通省)を用いて表す。

2-2-2. 路面電車のリンクコスト関数

乗車時間 t_r は路面電車の平均速度を 20(km/時), アクセス時間 t_a は歩行の平均速度を 4.8(km/時)と与えて求める。次に乗降時間 t_g は乗車時間を 30(秒)で一定、降車時間を乗客一人につき 3(秒)かかるものとして求める。最後に路面電車待ち時間 t_w は路面電車の到着間隔の半分の値とする。乗車時の時間価値 α_r は自動車のとくと同様に 46.70(円/分)とし、徒歩の時間価値 α_a は疲労による費用を考え、2.41 倍の重みを付け、112.37(円/分)とする。また、運賃は適当な値を決めて入力する。

2-3. 路面電車会社の経営の設定

路面電車会社の収益は運賃収入のみとする。よって交通量配分モデルで求められた乗客数に運賃をかけて総収益とする。次に、路面電車会社の支出は運転費、運輸費、車両保存費、線路保存費、電路保存費、その他の全六種類とし、それぞれ全列車の年間走行距離の総和(走行キロ)と会社の所有する車両台数のいずれかに比例関係があると仮定する。走行キロは式(5)で与え、会社の所有する車両台数は走行キロと比例関係にあると仮定し式(6)で表す。また、比例定数は「平成 10 年度鉄道統計年報」に掲載されている 15 社の路面電車運営会社の平均の値を用いた。

$$Rs = 0.73 \times R \times d \times X \quad (4)$$

$$n = 0.0301 \times Rs \quad (5)$$

表.1 路面電車会社の支出の比例定数

支出 \ 比例関係	走行キロと相関 (円/km)	車両台数と相関 (千円/台)
運転費	————	13108.5
運輸費	————	3798.21
車両保存費	————	3366.125
線路保存費	69.85	————
電路保存費	45.60	————
その他	————	4573.305

Rs : 走行キロ (千 km/年)

n : 会社所有車両台数 (台)

R : 営業キロ (km)

d : 営業時間 (時/日)

X : 運行頻度 (回/時)

この二つの値と六種類の支出の比例定数を用いて総支出を算出する。ただし、比例定数は上記と同様の方法を用いて求め、その値を(表.1)に示す。

こうして得られた会社の収益と交通量配分計算の結果得られた旅行者の一般化費用の総額を合計した値を都市の交通に要する総費用とする。

3. 結論と考察

今回、(9×9)の格子状ネットワークの中心に目的地ノードを置き、目的地ノードから東西南北に幹線道路を引き、南北に引かれた幹線道路上に路面電車の路線を引いた都市モデルを作成し、周辺の 64 個の出発地ノード全てに 400(人/時)の発生交通量を配置してこのプログラムを用いて実際に計算を行った。

路面電車の運行形態を変化させて繰り返し計算を行ったところ、運賃を安くし運行頻度を増やすと路面電車の利便性が増えて乗客が増し、都市の交通に要する総費用は次第に減少した。しかし利便性を上げると一方で会社の経営は悪くなり、収支が赤字となるケースが現れた。これは自明な結果であり、プログラムは妥当な傾向を反映していると思われる。

しかし、このプログラムは様々な仮定をもとに作られたため、計算で得られた結果と実際の値との照合性はなく、傾向を把握するまでに止まった。その為、現実的に使えるようにするためにはもっと細かい設定をする必要がある。