

多基準分析による札幌市路面電車延伸計画の評価

An evaluation for tram extension plan in Sapporo City based on multicriteria analysis

北海学園大学工学部社会環境工学科 ○学生員 氏家和也 (Kazuya Ujiie)
北海学園大学大学院工学研究科 学生員 細田尚志 (Hisashi Hosoda)
北海学園大学工学部社会環境工学科 正会員 鈴木聡士 (Soushi Suzuki)

1. 序論

1-1 研究の背景と目的

コンパクトシティの考え方が重要になりつつある今日、公共交通の重要性が再認識されつつある。
富山市では、都心活力の再生、環境負荷の低減、ユニバーサル性の向上などを目的として、LRT(Light Rail Transit)を導入し、大きな成果をあげている。
また、札幌市の路面電車を取り巻く現状として、路面電車事業の経営強化やまちづくりへの活用を図るため、「都心」、「創成川以東」、「桑園」の3地域を対象に、延伸計画案の決定に向けた具体的な検討が進められている。
そこで本研究では、AHP(Analytic Hierarchy Process)を活用して、札幌市民の価値観を考慮した路面電車の延伸計画案評価を行う。また、DEA(Data Envelopment Analysis)を活用して、経営効率性とサービス効率性の2つの観点から各延伸計画案を評価する。
以上の分析結果を統合し、多基準的な観点から札幌市路面電車延伸計画を総合的に評価する。

1-2 分析フレーム

本研究では以下のフレームに基づき分析を行う。
(1)延伸による利用・来訪誘発効果分析
市民意識調査の結果に基づき、路面電車利用および都心来訪の新規誘発効果を分析する。
(2)AHPによる延伸計画案の市民評価
市民意識調査の結果に基づき、AHPの相対位置評価法¹⁾を活用して、延伸計画案を市民ニーズの観点から評価する。また、その評価結果を活用して、各延伸計画案の費用対効果を分析する。
(3)DEAによる延伸計画案の効率性評価
DEAを活用して、延伸計画案を「経営効率性」と「サービス効率性」の2つの観点から評価する。
(4)総合ランク評価
(2)、(3)の結果から、各延伸計画案の総合順位を評価する。

2. 市民意識調査

本研究で実施した市民意識調査の概要を表-1に示す。また、被験者属性を図-1に示す。

表-1 調査概要

配布期間	2010年10月28日～11月2日
場所	札幌市内10区
配布・回収方法	ポスティング配布(2800) 依頼配布(200)
回収数	459(回収率 15.3%)
有効回答数	451

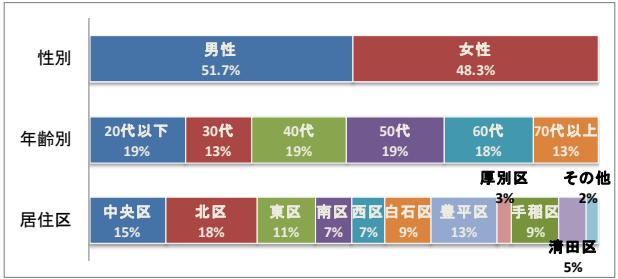


図-1 被験者属性

3. 延伸による利用・来訪誘発効果分析

3-1 路面電車の利用誘発効果

市民意識調査に基づき、延伸前後の路面電車利用頻度を比較した結果、図-2のようになった。また、図-2の結果を用いて、式(1)により延伸前後の1ヵ月当たり利用回数を推計した結果を図-3に示す。

$$IE = \sum_i \alpha_i \cdot N_i \quad (1)$$

ここで、iは利用頻度選択肢、 α_i は利用回数パラメータ(各iについて、月に1,2回:1.5、週に1,2回:6.0、週に3,4回:14.0、週に5,6回:22.0、全く利用しない:0.0、年に数回:0.0、と仮定)、 N_i は各利用頻度iを選択した被験者数である。

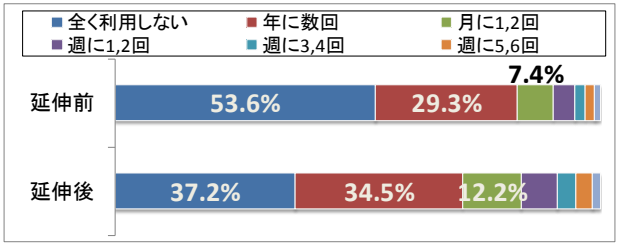


図-2 路面電車利用頻度 (N=444)

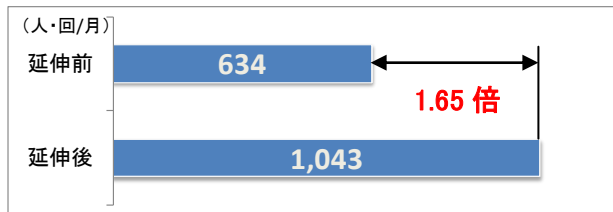


図-3 1ヵ月当たり延伸前後の電車利用回数比較

図-2より、路面電車の延伸によって「全く利用しない」人が53.6%から37.2%に減少することがわかった。

また図-3より、延伸前では634(人・回/月)であるのに対し、延伸後では1043(人・回/月)であり、1.65倍の利用誘発効果があることがわかった。

3-2 都心への来訪誘発効果

同様に、延伸前後の都心来訪頻度を比較した結果を図-4に示す。また式(1)に基づき、延伸前後の1ヵ月当たり都心来訪回数を推計した結果を図-5に示す。

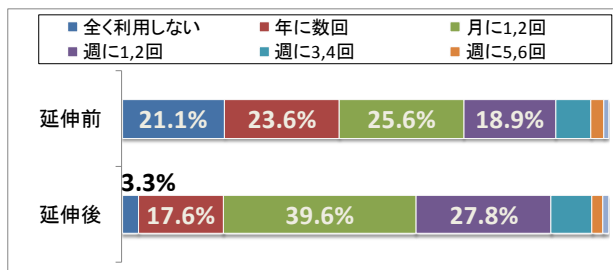


図-4 都心来訪頻度 (N=450)

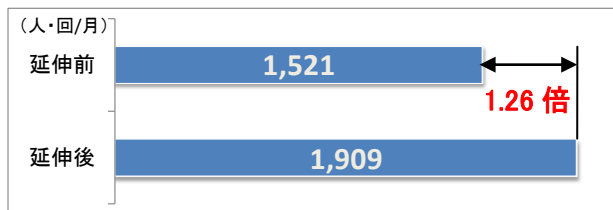


図-5 1ヵ月当たりの延伸前後都心来訪回数

図-4より、路面電車の延伸によって「全く利用しない」人が21.1%から3.3%に減少することがわかった。

また図-5より、延伸前では1521(人・回/月)であるのに対し、延伸後では1909(人・回/月)であり、1.26倍の都心来訪誘発効果があることがわかった。

4. AHPによる延伸計画案の評価

4-1 AHPにおける相対位置評価法¹⁾の概要

AHPはSaaty T.L.によって提案された方法である。この方法は各評価要因間および各評価要因に対する各代替案の評価を一对比較により相対的に評価し、その結果をもとに総合的評価を行うものである。しかし、評価要因および代替案の数が増加した場合、一对比較の回数が増加し被験者の評価負担が増大して、アンケートの整合性が低下する恐れがある。これに関して、盛・鈴木¹⁾らは相対位置評価法を提案している。この方法は評価要因数が多数となる場合においても、既存評価法に比べ被験者の評価負担を軽減することが可能な方法であり、

以下に示すような手法である。

Step.1: まず、被験者の意識構造の整理を目的として、評価要因の重要度について表-2のように順位付け(1位, 2位, 3位, ..., y位, ..., m位)を行う。このとき同順位のものがあったとしても良い(同順位の評価がない場合には $n=m$)。

表-2 各評価要因の順位評価付けの例

評価要因	C_1	C_2	...	C_n
順位評価	α 位	β 位	...	1 位

Step.2: 次に、数直線上で、各評価要因の重要度を相対的に考慮しながら図-6のように「位置」で評価する。

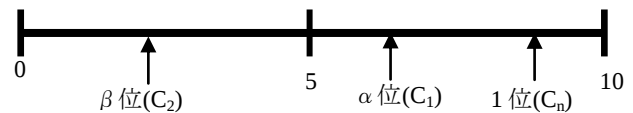


図-6 相対位置評価の例

これらの結果を基に、一对比較マトリックスに相等する位置比較マトリックスを構築し、各評価要因のウェイトを算出する方法である。

4-2 評価要因の設定

北海学園大学工学部の都市・地域計画研究室で、ブレインストーミングとKJ法を実施した結果、表-3に示す7要因が設定された。

表-3 評価要因

要因	説明
ネットワーク性	路面電車のネットワーク性の良さ
料金	乗車料金の安さ
環境負荷	CO ₂ 等の排出に伴う環境負荷の低さ
わかりやすさ	路線、駅、ダイヤなどのわかりやすさ
都心景観性	路面電車の存在による都心のデザイン性や景観性
バリアフリー性	低床車両などによる駅での乗り降りのしやすさ
安全・快適性	移動時の安全性や快適性

4-3 評価要因の重要度分析

市民意識調査結果に基づき、各評価要因のウェイトを属性別に算出した結果を図-7に示す。

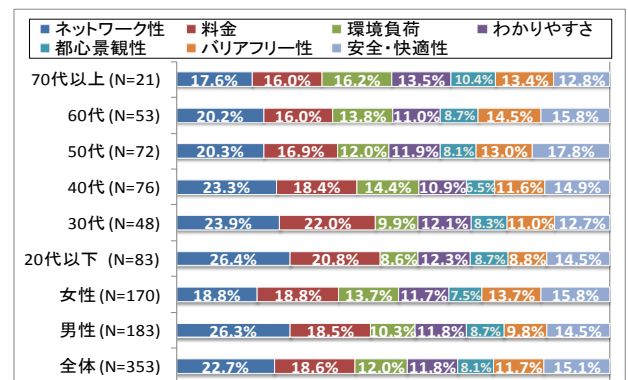


図-7 各要因の評価要因ウェイト

図-7 より、全体では「ネットワーク性」が 22.7%と最も重視されており、次いで、「料金」が 18.6%、「安全・快適性」が 15.1%であることがわかった。このことから、路面電車を評価する際の要因として「ネットワーク性」、「料金」、「安全・快適性」が重要視されていることがわかった。

年齢別で比較すると、年齢層が下がるにつれて「ネットワーク性」と「料金」の要因が高くなることがわかった。また、年齢層が高くなるにつれて「環境負荷」、「バリアフリー性」の要因が高くなることがわかった。

4-4 各延伸計画案の評価

各評価要因に関する「都心」、「創成川以東」(以下創以東と言う)、「桑園」の各案に対する評価について、各種情報を十分に有している札幌市担当職員 10 名に評価を依頼した。この結果と図-7 に示す評価要因ウエイトを用いて、各延伸計画案の総合評価を分析した結果を図-8 に示す。

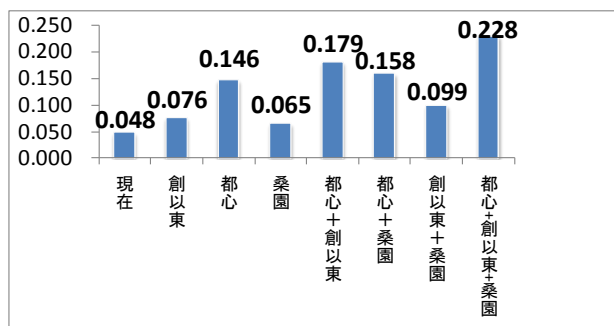


図-8 各延伸計画案の総合評価

図-8 より、「都心+創以東+桑園」が 0.228 と最も評価が高く、次いで「都心+創以東」が 0.179、「都心+桑園」が 0.158、「都心」が 0.146 であることがわかった。

4-5 費用対効果指標モデルによる評価

図-8 の値を、各延伸計画案の整備コスト²⁾で除し、費用対効果指標値³⁾を算出した結果を図-9 に示す(「創以東+桑園」の値を 1.000 に基準化)。

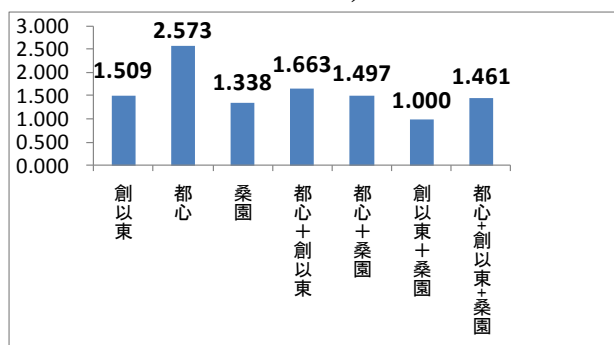


図-9 各延伸計画案の費用対効果指標値

図-9 より、「都心」が 2.573 と最も高いことがわかった。次いで、「都心+創以東」が 1.663 であることがわかった。

5. DEA による延伸計画案の効率性分析

5-1 分析フレーム

DEA は、事業体の活動に関する効率性を多入力・多出力の比を用いて、比率尺度で相対的に測定することが可能な手法である。本研究では、Cooper らによって提案された CCR(Charnes-Cooper-Rhodes)モデルを活用する。また、評価対象は路面電車が運営されている 24 事業体とする。ここで評価の観点として、既存研究⁴⁾を参考にしながら、「経営」と「サービス」の 2 つを設定する。「経営」効率性とは、より少ない人件費と運営費で、より多くの収入を得ることを意味している。また「サービス」効率性とは、より少ない人件費と運営費で、より多くの走行キロと乗客数(すなわち市民サービス)を産出していることを意味している。これらの観点と入出力項目の一覧を表-4 に示す。

表-4 経営・サービスの入力・出力項目

経営	入力	人件費(千円)、運営費(千円)
	出力	収入(千円)
サービス	入力	人件費(千円)、運営費(千円)
	出力	走行キロ(千 km)、乗客数(千人)

札幌市を含む既存路線のデータは、平成 19 年度鉄道統計年報より抽出した。また、札幌市路面電車の各延伸計画案の値については、以下の方法により設定した。

- ・人件費：札幌市に各延伸計画案の必要人員と人件費情報を確認し、それらの値を乗じて算出。
- ・運営費：札幌市交通局が公表している全経費を路線長で除し、その値を各延伸案の路線長に乗じて算出。
- ・収入：「札幌市路面電車活用方針²⁾」から抽出。
- ・走行キロ：札幌市に各延伸計画案の想定運行本数を確認し、それらの値から年間走行キロを算出。
- ・乗客数：「札幌市路面電車活用方針²⁾」から抽出。

5-2 効率性分析結果

5-2-1 経営効率性分析

経営効率性スコアを表-5、図-10 に示す。

表-5 経営効率性スコア

DMU	Score	効果
札幌市交通局(現行路線)+都心+創以東	0.738	1.171
札幌市交通局(現行路線)+都心+創以東+桑園	0.732	1.161
札幌市交通局(現行路線)+創以東	0.709	1.124
札幌市交通局(現行路線)+創以東+桑園	0.704	1.117
札幌市交通局(現行路線)+都心	0.675	1.071
札幌市交通局(現行路線)+都心+桑園	0.673	1.068
札幌市交通局(現行路線)+桑園	0.632	1.003
札幌市交通局(現行路線)	0.630	1.000

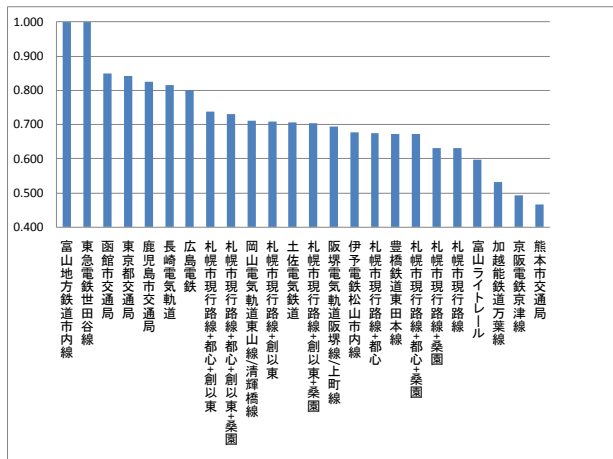


図-10 経営効率性スコアグラフ

図-10 より、各延伸計画案に着目すると、「札幌市交通局(現行路線)+都心+創以東」のスコアが最も高いことがわかった。また表-5 より、札幌市交通局(現行路線)の効率性を1.000と基準化した場合、「札幌市交通局(現行路線)+都心+創以東」が1.171倍、「札幌市交通局(現行路線)+都心+創以東+桑園」が1.161倍の効率性を発揮することがわかった。

5-2-2 サービス効率性分析

サービス効率性スコアを表-6、図-11に示す。

表-6 サービス効率性スコア

DMU	Score	効果
札幌市交通局(現行路線)+都心+創以東+桑園	0.898	1.538
札幌市交通局(現行路線)+都心+創以東	0.871	1.493
札幌市交通局(現行路線)+都心+桑園	0.787	1.348
札幌市交通局(現行路線)+創以東+桑園	0.778	1.333
札幌市交通局(現行路線)+都心	0.724	1.240
札幌市交通局(現行路線)+創以東	0.647	1.109
札幌市交通局(現行路線)+桑園	0.625	1.071
札幌市交通局(現行路線)	0.584	1.000

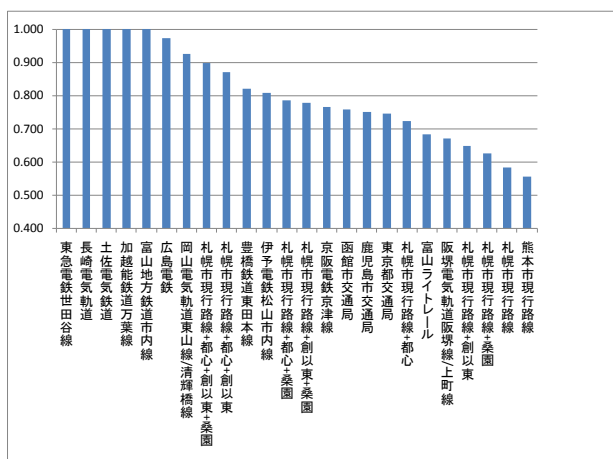


図-11 サービス効率性スコア

図-11 より、各延伸計画案に着目すると、「札幌市交通局(現行路線)+都心+創以東+桑園」のスコアが最も高いことがわかった。また表-6 より、札幌市交通局(現行

路線)の効率性と比較した場合、「札幌市交通局(現行路線)+都心+創以東+桑園」が1.538倍、「札幌市交通局(現行路線)+都心+創以東」が1.493倍の効率性を発揮することがわかった。

6. 総合ランク評価

AHPによる費用対効果指標値とDEAによる経営効率性・サービス効率性の評価結果を順位に置き換え、総合比較した。その結果を表-7で示す。

表-7 総合ランク

	費用対効果	経営効率性	サービス効率性	スコア	順位
創以東	3	3	6	9	4位
都心	1	5	5	10	3位
桑園	6	7	7	1	7位
都心+創以東	2	1	2	16	1位
都心+桑園	4	6	3	8	5位
創以東+桑園	7	4	4	6	6位
都心+創以東+桑園	5	2	1	13	2位

表-7より、費用対効果の1位は「都心」であり、経営効率性では「都心+創以東」、サービス効率性では「都心+創以東+桑園」であることがわかった。ここで、順位得点法(ボルダ方式：選択肢 m 個に対し、最上位に m-1、次に m-2、最下位に 0 点の評価を与え、評点合計により順位を決める方式)による総合ランク評価結果では、「都心+創以東」が16点で1位となり、「都心+創以東+桑園」が13点で2位となった。

7. おわりに

本研究の分析結果から以下のことがわかった。

- ①延伸により、利用頻度が1.65倍、都心来訪回数が1.26倍の誘発効果があることがわかった。
- ②AHPの結果から、「ネットワーク性」、「料金」、「安全・快適性」の重要性が高いことがわかった。
- ③費用対効果では「都心」の評価が高く、次いで、「都心+創以東」の評価が高いことがわかった。
- ④DEAの結果から、経営効率性では「都心+創以東」の評価が高く、サービス効率性では「都心+創以東+桑園」の評価が高いことがわかった。
- ⑤総合ランク評価では、1位が「都心+創以東」であり、2位が「都心+創以東+桑園」であることがわかった。

参考文献

- 1) 盛亜也子・鈴木聡士：AHPにおける相対位置評価法に関する研究、土木学会土木計画学研究・論文集 Vol.18、No.1、pp.129-138、2001.10
- 2) 札幌市市民まちづくり局総合交通計画部：札幌市路面電車活用方針、2010.3
- 3) 盛亜也子・鈴木聡士・加賀屋誠一：非貨幣的価値に着目したフラット型道路整備の総合評価とその効果分析、土木学会土木計画学研究・論文集 Vol.21、No.1、pp.109-114、2004.9
- 4) 岸邦宏・佐藤馨一：沿線地域の土地利用効率化が札幌市営路面電車の利用促進に与える影響、日本都市計画学会・論文集、41-3、13、2006
- 5) 佐伯胖：「決め方」の論理、東京大学出版会、1980