

IV-29

札幌市におけるライトレールシステムのフィジビリティスタディー

北海道大学 学生員 浅見 均
北海道大学 正員 高野 伸 栄
北海道大学 正員 佐藤 馨 一

1. はじめに

昭和30年代以降のモータリゼーションの進展により、路面電車の衰退は全国的な傾向となっている。札幌市もその例外ではなく、昭和46年10月から昭和49年5月までの間に、4次にわたる大規模な路線廃止が行なわれた。その結果、札幌市電は図-1に示されるように、西4丁目-すすきの間(8.41km)の半環状線の形態を持つに至ったのである。

この現在の路線に落ち着いてからも利用客数の漸減傾向は変わっていない。図-2に示されるように、昭和50年代前半には年間2000万人近かった利用客数が、最近では年間1000万人程度にまで落ち込んでいる。そのため、市電の経営状況は表-1に示したように芳しいものでない。

そこで本研究では、札幌市電をライトレールシステム化することにより、市電の経営がどれほど改善されるかを明示することを目的とする。

ところで、ここでいうライトレールシステムとは、表定速度・輸送力が路面電車と高速鉄道の間位置し、かつ鉄軌道を有する交通機関である。すなわち、札幌市電の表定速度を向上し、あわせて輸送力を拡大することにより、経営の改善を図るという点が本研究の主眼である。

2. 市電利用客の特性

図-3は市電利用客の乗車距離を示したものである。これを見ると、半環状線という路線の形態から乗車距離が4.0km以上に及ぶ利用客数が少ないのは当然であるにしても、短い乗車距離の利用客が多いことがわかる。特筆すべきは、乗車距離が1.0km以下という利用客の存在である。1.0km以下とは、停留所の間隔でいえば1ないしは2区間にすぎない距離である。

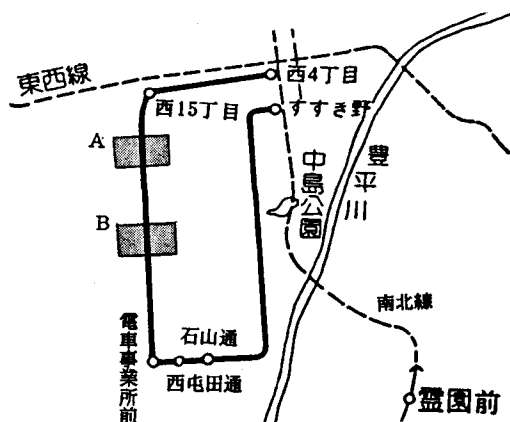


図-1 札幌市電路線図(平成2年1月現在)

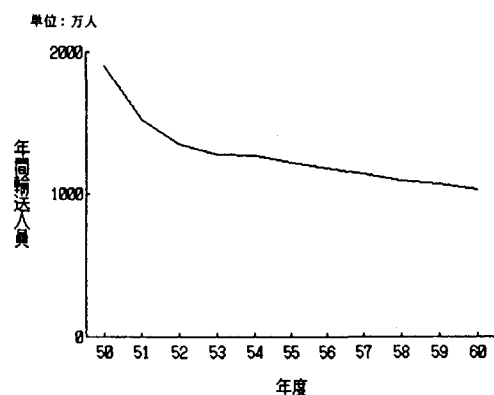


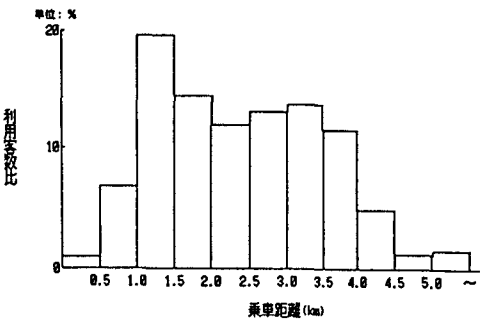
図-2 札幌市電の利用客数

表-1 昭和62年度市電運営費内訳(単位:万円)

総収入	130250
旅客収入	106882
総支出	142481
車両整備費	8134
乗務員人件費	50908

このように短距離区間の利用客が、市電の全利用客のうち約 8%を占めているのというのは、市電という交通機関の「利用しやすさ」を示しているといえる。すなわち、市電の運行間隔はオフピーク時においても十分に頻繁であり、かつ料金が安価であることから、短距離であっても気軽に乗ることが出来るため、この状況が呈されていると考えられる。

また、乗車距離1.0～1.5kmの間に約20%の利用客が集中しているのも特徴的である。



図－3 市電利用客の乗車距離

3. 市電選択意識調査

本研究においては、市電選択率モデルの構築の際に実験計画法を用いた意識調査を行なった。

調査は平成元年1月22・23日に実施した。調査地点は図－1中のアミをかけた部分の地区で、それぞれの地区の西4丁目からの市電乗車距離は、Aの地区で約2km、Bの地域で約3kmである。調査方式は訪問・留置方式とした。調査の対象に選んだ家庭は市電の電停から概ね徒歩5分以内にある。有効サンプル数は164票で回収率は79.6%であった。市電選択の要因と水準は表－2に示す通りであり、表－3のようにL12混合型直交表にわりつけた。このアンケートの一部を図－4に示す。

表－2 意識調査の要因と水準

要因\水準	水準1	水準2
A：表定速度	20km/h	10km/h
B：待ち時間	2分	6分
C：電停上の屋根	有	無
D：料金	130円	150円
E：季節	夏	冬
F：都心部の駐車場料金	300円/時	無料

表－3 L12混合型直交表へのわりつけ

乗値/要因	A	B	C	D	E	F	e			
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
3	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2
4	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2
5	1	2	2	1	2	2	1	2	1	2
6	1	2	2	2	1	2	2	1	2	1
7	2	1	2	2	1	1	2	2	1	2
8	2	1	2	1	2	2	2	1	1	2
9	2	1	1	2	2	2	1	2	2	1
10	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1
11	2	2	1	2	1	2	1	1	2	2
12	2	2	1	1	2	1	2	1	2	1

問1 に都心部（大通周辺）に行く時のことをお考え下さい。下の図のような条件の時、あなたは市電を10回のうち何回利用しようと思いますか。

図－4 アンケートの一部（意識調査の部分－票種1）

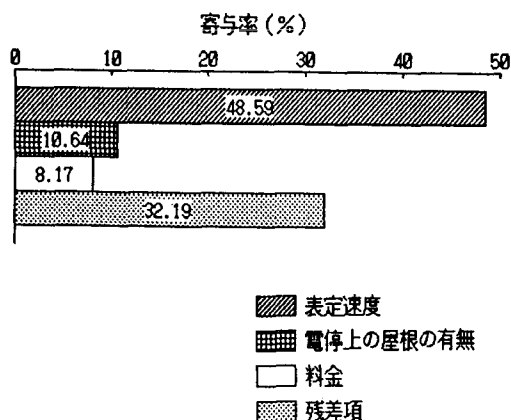


図-5 分散分析による寄与率
(市電利用回数月10回以上)

ここではサービス水準の変化に敏感に反応した、市電の利用回数が月10回以上のグループを抽出して分散分析を行なった。図-5はその分散分析表の寄与率を示したものである。この図によると、表定速度の寄与率が48.59%と最も高く評価されていることがわかる。

この調査結果より市電選択率モデル $P(v, r, f)$ を構築した。このモデルは (1) 式のように表されるロジットモデルであり、相関係数は $R=0.86$ であった。

$$P(v, r, f) = \frac{1}{1 + \text{EXP}\{f(v, r, f)\}} \quad (1)$$

$$f(v, r, f) = -0.11242v - 0.47987r + 0.02696f + 4.6364$$

但し v : 市電の表定速度 (km/h)
 r : 停留所上の屋根の有無 (有:1 無:0)
 f : 市電の料金 (円)

本研究では、表定速度の向上による経営改善効果の測定を主眼とし、表定速度の他のサービス水準は固定した。すなわち、 $r=0$ 、 $f=130$ (円) とおき、 v のみを P の説明変数とした。このとき $P(v)$ は (2) 式のように表される。

$$P(v) = \frac{1}{1 + \text{EXP}(-0.11242v + 1.12984)} \quad (2)$$

上式に現在の市電の表定速度12.4km/hを代入すると $P(12.4)=0.566$ となり、今回の調査結果による市電選択率0.562とほぼ一致した。

4. 市電の経営改善効果の計測モデル

現在の市電は、朝のラッシュ時に最も大量の車両が投入されている。西4丁目-すすきの間全線の直通運転と、西4丁目-西屯田通間の区間運転が、それぞれ6分間隔の運行で、西4丁目-西屯田通間は3分間隔の運行という高密度運転である。この運行パターンによるダイヤグラムの模式図を図-6に示す。このダイヤグラムにおいて、運行に必要な車両数は6両である。

ここで、運行パターンはそのままにしておいて、表定速度を約2倍にしたときのことを考える。このときのダイヤグラムは図-7のようになる。起終点間を往復する時間がほぼ半減されるため、必要な車両数が4両にまで減じたことがわかる。車両数を減じることが出来れば、運転に必要な人員をも減じることが出来る。

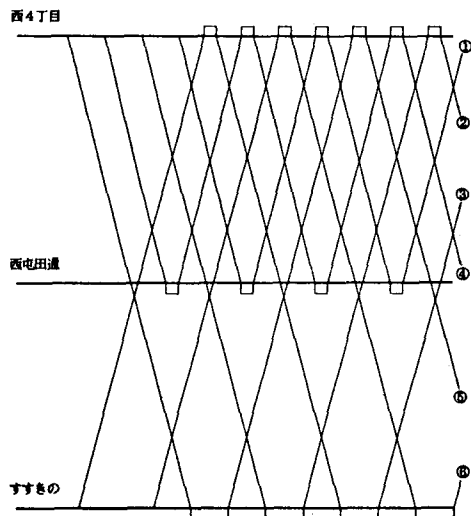


図-6 現行のオンラッシュ時のダイヤグラム
(模式図)

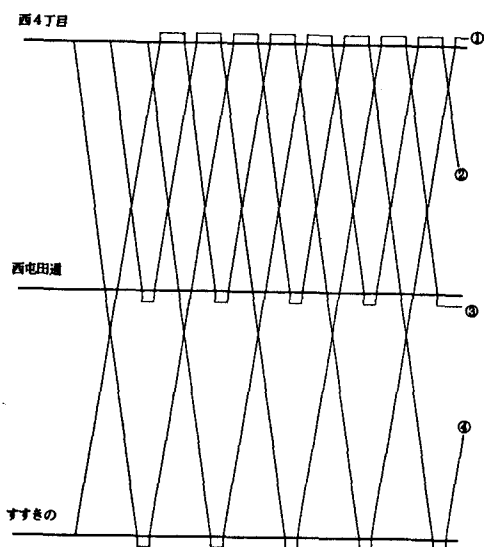


図-7 表定速度向上後の
オンラッシュ時のダイヤグラム
(模式図)

以上のことと、昭和62年度の札幌市電の運営費の内訳より、

- (1)旅客収入の増加
- (2)車両整備費の削減
- (3)運転人件費の削減

の以上3点に関して経営改善効果を計測した。

①表定速度の向上による旅客収入の増加

市電の利用客数が増加すれば、旅客収入も増加する。このとき、市電の利用客の増加率と旅客収入の増加額が正比例の関係にあると仮定すると、旅客収入の増加額 ΔI (万円)と表定速度との関係は(3)式のように表される。

$$\Delta I(v) = 106882 \left(\frac{P(v)}{P(12.4)} - 1 \right) \quad (3)$$

②表定速度の向上による必要車両数の低減

及び車両整備費の節減

表定速度の向上によって、必要な車両数を低減することが出来る。そのメカニズムについては既に述べた。

現在の市電は、朝のラッシュ時においては、西4

丁目-すすきの間 (8.41km) の全線を通す運転と、西4丁目-西屯田通間 (4.42km) の区間運転が、それぞれ6分間隔で運行されている。起終点での折返しに必要な時間を6分とすると、市電の運行に必要な車両数 N (両) は(4)式のように表される。

$$N(v) = \left[\frac{168.2}{v} + 2 \right] + \left[\frac{88.4}{v} + 2 \right] \quad (4)$$

現在の市電の最大運行車両数は24両であるので、表定速度の向上により低減される車両数 ΔN (両) は(5)式のように表される。

$$\Delta N(v) = 24 - N(v) \quad (両) \quad (5)$$

車両数の低減によって、車両整備費が節減可能である。このとき、車両数と車両整備費が正比例の関係にあると仮定する。現在の市電の車両保有台数は30両であるので、車両整備費節減額 $D1$ (万円)と表定速度 v (km) との関係は(6)式のように表される。

$$D1(v) = \frac{8134}{30} \Delta N(v) = 271 \Delta N(v) \quad (6)$$

③表定速度の向上による運転人件費の削減

車両数の低減によって、運転士数が削減可能である。このとき、運転士数と運転人件費は正比例の関係にあると仮定する。現在の市電の運転士数は70人であることから、車両1両につき必要な運転士数を3人とおくと、運転人件費低減額 $D2$ (万円)と表定速度 v (km) との関係は(7)式のように表される。

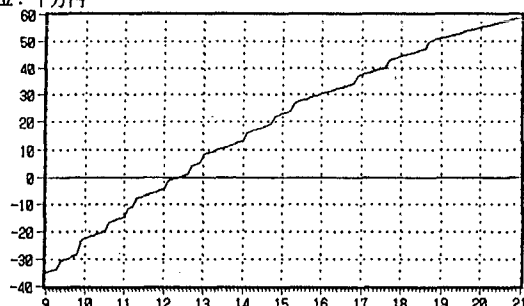
$$D2(v) = 3 \frac{50908}{70} \Delta N(v) = 2182 \Delta N(v) \quad (7)$$

①で得られた旅客収入の増加と、②および③で得られた費用の低減により、合計の増収額 I (万円) は(8)式のように表される。

$$I(v) = \Delta I(v) + D1(v) + D2(v) \quad (8)$$

この I は図-8に示すような曲線となる。

単位：千円



表定速度（単位：km/h）

図ー7 増収額曲線Ⅰ（v）

5. 市電のライトレールシステム化に必要な施策

以上のことから、札幌市電のライトレールシステム化によって、市電の経営は大きく改善されることが明らかになった。ここで、札幌市電のライトレールシステム化に必要な施策について考察したい。

現在の市電が抱えている運行上の問題として、

- (1) 信号待ちが多い
- (2) 最高速度を非常に低い水準に抑えている
- (3) 右折車に進行を阻害される

などの点が挙げられる。(1)(2)については信号に関わることであり、市電の側では対応しにくい。特に(2)については、いつ赤信号になってもすぐに停車できるよう、低速度での運行を余儀なくされているということであり、速度向上を大きく阻害する要因となっている。

公共交通においても、法律上許容される範囲内での高速度運転は認められてしかるべきであろう。しかし、現行の信号制御システム下での運行では、速度の向上には限界がある。従って、市電の表定速度を向上するためには、優先的な通行が保証される電車優先信号の設置が不可欠となってくる。

ところで、電車優先信号は、現在札幌市電で用いられている電車接近表示装置を利用することができるシステムである。すなわち、電車優先信号の設置は、在来のシステムをほとんど変更することなく可能であるといえる。

電車優先信号を導入した場合、停留所間隔と車両性能から、表定速度は16.0km/hまで向上可能と考えられる。このとき $I(16.0) = 30327$ (万円) である

ことから、昭和62年度の赤字額 12231万円を補ってなおも余剰額が生じるような収入増が期待される。つまり、電車優先信号の設置によるライトレールシステム化は、市電の経営改善に大きく寄与することができる。

6. 電車優先信号導入による周辺交通への影響

市電に優先交通権を与えれば、周辺交通へ何らかの影響を与えることは避けられない。ここでは、市電の運行を優先しつつ、周辺交通への影響を最小限にとどめる方策を考察する。

市電と交差する道路のうち、交通量の多いものとしては、石山通・旭山公園通・行啓通・環状通などが挙げられる。これらの道路の交通量は、市電の通る道路の交通量と比べて相対的に多く、市電の側への優先権を与えることが困難である。しかし、これらの道路との交差点には例外なく市電の停留所があるため、市電に優先権を与えること自体が現実的ではない。なぜならば、市電の客扱い時間は一定ではなく、発車時間の事前予測には技術的に多大な困難が伴うからである。

市電の優先権が与えられる必要があるのは、停留所間の交差点である。これらの交差点においては、市電を横断する道路の交通量はさほど多くはなく、市電側に優先権を与えることによる影響は軽微にとどまることが予想される。

7. ライトレールの環境整備

札幌市電を単にライトレールシステム化するだけではなく、なんらかの形で市電を取り巻く環境を整備すれば、経営改善効果が更に大きくなることが期待される。

図ー5の分散分析によれば、表定速度の次に評価されている要因は、電停上の屋根の有無である。本来、この種の要因は意識調査の中では評価されにくいものであるが、ここでは市電の運行間隔よりも高く評価されていることがわかる。これは市電の運行間隔が現状でも十分であると認識されていることのほか、現在の市電の待合設備の貧弱さに不満を持っているためと考えられる。

現在、西4丁目・すすきのの両ターミナルには、停留所を覆う屋根と泥除け及び椅子などが設けられ

ている。しかし、そのほかの電停には、ごく一部の例外を除けば、安全島があるだけというのが実状である。つまり、電停上はふきさらしの状態であり、夏期における降雨と自動車による泥はね、冬期における降雪、いずれについても利用客は自己防衛を余儀なくされているのである。

意識調査に付随して行なった市電のサービスに関する設問について、図-9、-10のような結果が出ている。これによると、多くの利用客が電停上で不快な経験をしたことがあり、また電停に関するサービス改善を望んでいることがわかる。

従って、市電のライトレールシステム化の際には、待合設備を充実させることが重要な課題となるだろう。電停上に屋根と泥除けを設け、椅子などを配置することが理想だが、市電の通る道路は幅員が十分に広いとはいえず、この案を採用することは困難である。現実的な案としては、電停近傍の歩道上に待合設備を設けることが考えられる。いずれにせよ、

- (1) 雨雪を防ぐ(屋根)
- (2) 風・泥跳ねを防ぐ(壁)
- (3) 楽に電車を待てるようにする(椅子)
- (4) いつ電車がくるかわかるようにする
(ウーヨンシステム：一部停留所には設置済み)

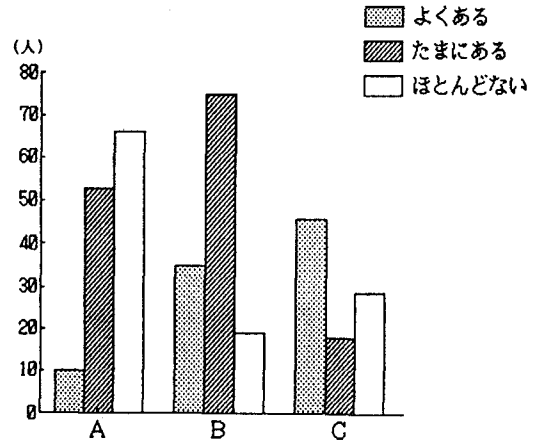
ような設備が必要であろう。

また、車道の停止線の位置を変更し、市電が客扱いを行なっている間は自動車が電停脇を通過できないようにして、利用客が危険を感じないようにするなど工夫が必要であろう。

8. 研究の課題

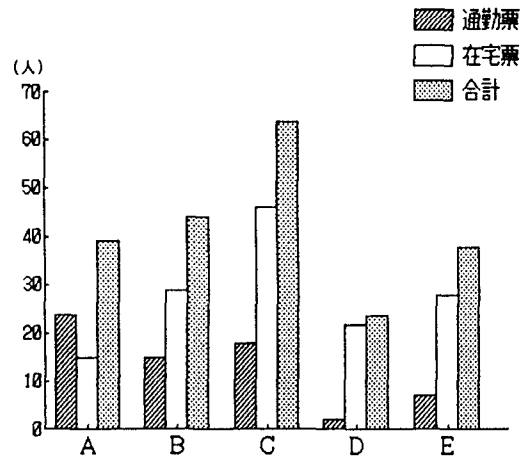
本研究の特徴としては、ライトレールシステム化に伴う表定速度の向上による経営改善効果を、旅客収入増加と費用削減による2つの側面から提示したことが挙げられる。ところで、本研究での算定では、収入の増加・費用の削減ともに、きわめて大胆な仮説をたてている。特に後者については、人件費がからんでくるだけに、机上の計算通りにことが進むことは考えにくい。人件費の削減とは、すなわち、人員そのものの削減を意味するからである。

今後の課題としては、実務面で実際にどれだけの金額が削減可能であるかを詰めることが必要となってくるであろう。



- A: 市電・自動車に近寄りすぎて危険を感じた
B: 雨・風・雪にさらされてつらい思いをした
C: 自動車に水をはねかけられた

図-9 電停上での不快な経験



- A: 屋根・待合室を設けてほしい
B: 電車がいつくるかわかるようにしてほしい
C: 自動車を気にせず電車に乗りたい
D: その他の不満
E: 現状に特に不満はない

図-10 電停について改善してほしい点