

G I Sを用いたバスサービスレベルの評価システムの構築とその応用に関する研究

A Study on Evaluation System of Bus Service Level using Geographic Information System

永田 泰浩・高野 伸栄・加賀屋 誠一

By Yasuhiro NAGATA, Shin-ei TAKANO and Seiichi KAGAYA

1. はじめに

札幌市の北東に位置する江別市は、近年人口増加の一途をたどり今後5年間で1.8万人増の計13万人まで増加すると予想されている。また高齢者率も今後さらに増加すると予想され、これらの対応を踏まえた公共交通機関の改善が急がれる。現在江別市のバス会社3社は、次第に関係をとる方向で推移しているものの、未だ不十分な点がある。さらに平成13年には規制緩和が行われるが、これによりさらに競争率が高まることが予想される。競争の激化は、基本的にサービスレベルの向上を促すものと考えられるが、一方で新規会社のドル箱路線への参入や、既存の3社のドル箱路線への集中、逆に赤字路線からの撤退の進行など、マイナスの面も多く含んでいると考えられる。本研究では、「3社の協調」という考えを基にして、公共交通機関の改善の方向性を示した。

本研究では江別市のバス問題うち、3社の共通券がないという「共通券問題」、南北方向の公共交通が脆弱でサービスレベルが低いという「南北軸問題」に特に注目して分析を行った。方法としては、GIS上にバスネットワークと徒歩ネットワークを作成し、バスの待ち時間を、積み上げ所要時間を応用した積み上げ待ち時間により計算、設定した。さらにこの評価システムを応用し、もう1つの大きな問題である、バス交通が3つの駅に分散し、核となるターミナルがないという「ターミナル問題」に対しても今後の分析可能性を示した。

Keywords : GIS、公共交通計画、積み上げ待ち時間

- * 正会員 修(工) 財団法人 日本気象協会 北海道本部
(〒064-8555 札幌市中央区北4条西23丁目 tel.011-622-2237)
** 正会員 博(工) 北海道大学大学院 工学研究科 都市環境工学専攻
(〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目 tel.011-706-6211)
*** 正会員 学術博 北海道大学大学院 工学研究科 都市環境工学専攻
(〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目 tel.011-706-6211)

2. 積み上げ待ち時間

(1) 積み上げ待ち時間と積み上げ所要時間

バス会社3社に共通券を導入した際の効果、またGISのバスの平均待ち時間を求める方法として、京都大学の中川ら¹⁾によって考えられた積み上げ所要時間を応用した、積み上げ待ち時間を用いた。

積み上げ待ち時間は、図1の三角形の面積の合計によって示される。つまりある時間に来た人の待ち時間を考えると、バスの出発時刻の寸前にバス停に到着した人は待ち時間がほとんど0分となるが、3分前に着いた人は3分、10分前に着いた人は10分の待ち時間となり、図1のような左上がりの連続した線で表され、それが集合することで鋸の歯のような形になる。この面積は時間の2乗のディメンジョンをもっており、これを旅行開始時刻の時間幅(図1でのx軸側の幅)で割ることで、積み上げ待ち時間による平均待ち時間を求めることができる。

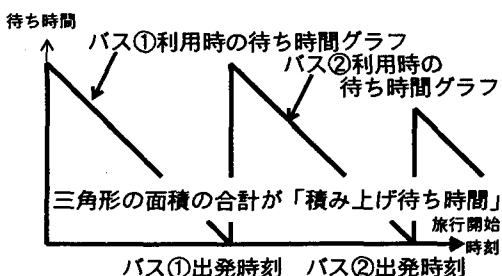


図1 積み上げ待ち時間

積み上げ待ち時間の特徴としては、積み上げ所要時間と同様に、運行頻度によるサービスレベルの向上や、運行頻度が一定である場合において便が接近している場合の利便性の低下などを明確化できることが挙げられる。

(2) 積み上げ待ち時間の共通券問題への応用

前項の積み上げ待ち時間の特徴を生かし共通券問題に応用した。図2のように現状の平均待ち時間をパターンⅠ。図3のように現状に共通券を導入した場合の平均待ち時間をパターンⅡ。図4のようにさらにバス会社が協調をしてダイヤを調整した場合の平均待ち時間をパターンⅢとした。

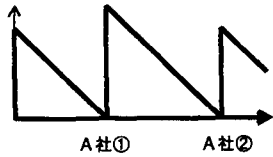


図2 パターンⅠ

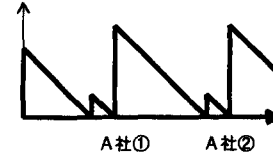


図3 パターンⅡ

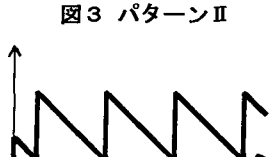


図4 パターンⅢ

結果を表1に示す。

表1から共通券を

図4 パターンⅢ

導入することは、待ち時間の短縮に有効であり、バスのサービスレベルがかなり向上することがわかる。さらにバス会社が協調して、ダイヤを調整することにより、競合区間では平均して待ち時間をおよそ半分に短縮できることが示された。

表1 パターンによる平均待ち時間の短縮率

停留所(発)	停留所(着)	A社	B社	C社	パターンⅠ	短縮率	パターンⅡ	短縮率
新札幌	学院大		5.59	9.77	4.61	0.18	2.99	0.54
学院大	新札幌		5.38	10.76	4.78	0.11	2.58	0.52
学院大	文京台南町		54.36	24.62	19.44	0.21	12.43	0.50
文京台南町	学院大		61.75	24.12	17.72	0.27	13.30	0.45
学院大	大塚南口		7.02	12.71	5.79	0.17	3.49	0.54
大塚南口	学院大		6.89	14.17	6.07	0.12	3.53	0.54
大塚南口	札幌理工学院		10.16	12.71	7.00	0.31	4.59	0.54
札幌理工学院	大塚南口		11.04	14.17	9.11	0.17	4.86	0.54
理工学院	若葉5丁目		55.53	12.71	11.69	0.08	9.58	0.25
若葉5丁目	理工学院		48.03	14.17	12.17	0.14	9.29	0.34
若葉5丁目	野幌南口		55.53	12.52	12.31	0.02	11.21	0.10
野幌南口	若葉5丁目		48.03	13.02	11.05	0.15	8.47	0.35
体育の里	野幌南口		48.03	54.30	24.84	0.48	16.72	0.54
伊達屋敷2号線			55.74	54.30	33.16	0.39	20.39	0.62
江別駅	東光保育園	15.46		12.91	7.95	0.38	5.78	0.55
東光保育園	江別駅	14.63		14.22	8.34	0.41	5.99	0.58
東光保育園	あけぼの団地	16.03		12.91	8.35	0.35	6.02	0.53
あけぼの団地	東光保育園	15.11		14.22	8.38	0.41	6.25	0.56
新札幌	大塚南口	15.90	139.89		14.95	0.06	12.50	0.21
大塚南口	新札幌	15.99	71.84		14.20	0.11	11.82	0.26
大塚15	大塚16	23.77	13.19		9.57	0.27	6.47	0.51
大塚16	大塚15	18.38	15.13		11.43	0.24	6.44	0.57
大塚16	沢町南		12.44		11.38	0.08	8.29	0.33
沢町南	大塚16		13.40		12.11	0.10	8.03	0.40
沢町南	大塚駅	83.73	12.44		11.38	0.08	8.29	0.33
大塚駅	沢町南	98.27	13.40		12.11	0.10	8.03	0.40
大塚駅	大塚14丁目	20.45	10.12		8.03	0.21	5.32	0.47
大塚14丁目	大塚駅	17.26	12.16		8.25	0.32	5.43	0.55
大塚14丁目	大塚11丁目	20.45	10.12		8.03	0.21	5.32	0.47
大塚11丁目	大塚14丁目	17.26	12.16		8.25	0.32	5.43	0.55
情報図書館前	野幌駅通り	20.53	11.06		8.74	0.21	5.52	0.50
野幌駅通り	情報図書館前	18.67	11.81		8.91	0.25	5.44	0.54
野幌駅通り	野幌駅	7.27	10.40		5.98	0.18	3.29	0.55
野幌駅	野幌駅通り	22.01	10.61		9.29	0.12	5.50	0.48
野幌駅	野幌7丁目	17.22	11.57		9.15	0.21	5.37	0.54
野幌7丁目	野幌駅	20.18	12.27		9.42	0.23	5.57	0.55
					平均	21%	平均	47%

対象地域の選定 江別市

情報の収集

- (数値情報)
- ・バス運行時刻表
- ・人口データ
- ・JR時刻表
- (地図情報)
- ・デジタル道路地図
- ・市販の地図など

数値化・図化

- (数値化)
- ・バス停での平均待ち時間の計算
- ・バス停間の所要時間の計算
- (図化)
- ・バス停の位置を入力

蓄積・データベース化

処理・分析

- ①徒歩ネットワークを作成
- ②バスネットワークの作成
- ③リンクインピーダンスの設定
- ④ターンインピーダンスの設定
- ⑤センターファイルの設定
- ⑥影響圏解析の実施

結果の出力

図5 GISのフローと使用したデータ

3. 影響圏解析

(1) 本研究におけるGISのフロー

本研究ではGIS(地理情報システム)の影響圏解析によって2つの問題を明確化した。図5に本研究のGISのフローと使用したデータを示す。本研究においては時間による影響圏解析を行うため、リンクインピーダンス、ターンインピーダンスなどの抵抗値の単位は時間(分)とした。またターンインピーダンスには、前章で積み上げ待ち時間

を用いて求めた、3つのパターンの平均待ち時間を使用した。またセンターファイルとして市内の多くの地点を選択しおき、様々な地点からの解析が可能であるようにした。

(2) 共通券問題の解析結果

共通券問題に関しては、表1の結果を地図上で表すことで、その効果をより明確化できた。しかし市内広範囲にわたって解析を行うと、図6のように予想以上に地域による3社間の住み分けが進んでおり、競合区間が少ないことや、同区間においてもバス会社間で故意に停留所の位置をずらしていることなどが影響し、導入するだけでは無意味であることがわかる。

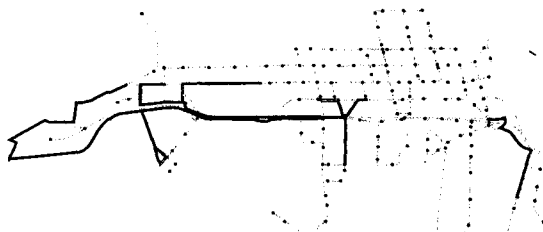


図6 共通券導入で待ち時間短縮の効果のある区間

(3) 南北軸問題の解析結果

南北軸問題に関しては、様々な条件で解析を行い解析結果を得た。

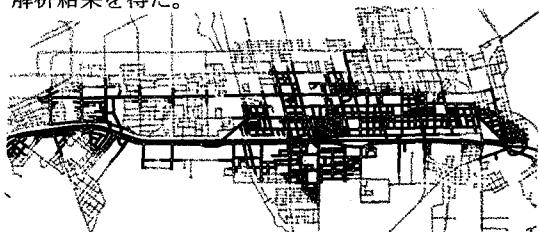


図7 野幌駅から30分の移動可能圏

図7からわかるように、移動可能圏が公共交通のサービスレベルの高い東西方向には短い時間で広がるものの、南北方向に関してはほとんどの路線が待ち時間により移動不可能という結果となった。特に鉄道の南側に関してはサービスレベルの低さが顕著である。また、この解析により市内の中央部においても、近いのに時間がかかる、中心部なのに以外と不便などといった、交通の盲点となっている地域を明確化できた。

(4) 影響圏解析と利用者潜在ポテンシャル

影響圏解析により交通のサービスレベルの低い地点を明確化したが、ここで各バス停の利用者潜在ポテンシャルとの比較を行ってみる。ここで利用者潜在ポテンシャルとは、住民が最も近くのバス停に向かうと想定した場合に、各バス停ごとの集積される人数を示すこととした。本研究では各バス停の勢力圏を図8のように、GISのティーセン分割機能で求め、各勢力圏の人数を町名別の人口密度と、勢力圏の面積により求めた。

その結果と影響圏解析の結果を、図9のように重ね合わせ、解析を行った。結果としては、江別地区の北部地域に利用者潜在ポテンシャルが高い地域が多いことがわかった。さらに利用者の潜在ポテンシャルが高い地点が、必ずしもサービスレベルが高く

なっているとは言えず、逆に見晴台・元江別地区のようにサービスレベルが低い地点として存在していることもあった。

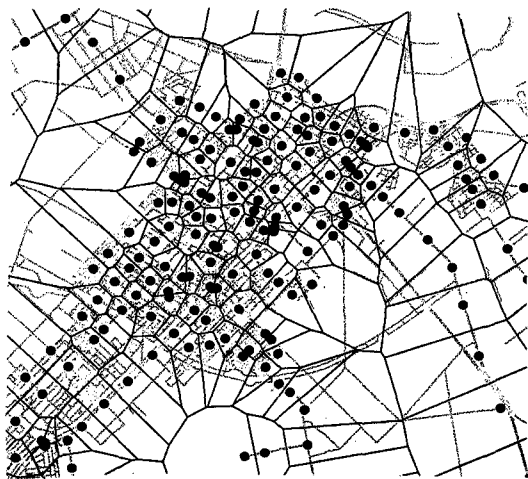


図8 各バス停によるティーセン分割

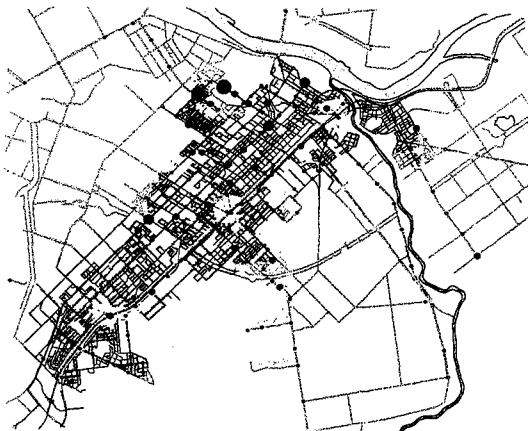


図9 利用者潜在ポテンシャルと影響圏解析

4. 解析結果からの提言

(1) 共通券問題に対する提言

積み上げ待ち時間の解析結果では、あけぼの団地～江別駅、文京台地区～新札幌駅のような現在の競合区域への共通券の導入が、平均待ち時間を約半分にするという大きな効果を示した。

しかし逆にGISは江別市のようにバス会社間住み分けが進みすぎている場合、市全体で見ると予想以上に効果が少ないことを示した。つまり共通券は、ただ導入しても効果がうすく、ダイヤ設定やバス停統一など、導入後の協調が非常に重要である。

(2) 南北軸問題に対する提言

研究開始当初は、南北軸問題は江別市の北端、南端部で生じていると予想し、それを明らかにするためにGISでの解析を行った。その結果、確かに北端、南端部での公共交通機関の整備の遅れは示された。しかしそれよりも市内の中央部のやや外側、つまり急激に人口が伸びている地域において、利用者の潜在ポテンシャルが高いにもかかわらず、公共交通機関のサービスレベルが低いことがわかった。これは明らかに、公共交通機関の対応の遅れから生じるものである。

さらにこれらの地域が比較的鉄道から南北に離れた地点にあることが興味深い。つまりこれも市の北端、南端まで極端でないものの、一種の南北軸問題、つまり南北方向への公共交通機関のサービスレベルの遅れが原因の一つであると考えられる。

つまり江別市においては、このようにポテンシャルが高く、サービスレベルの低い地域解消してゆけば、自然に南北軸も形成されると考えられる。

5. ターミナル問題への応用

そもそも本研究以前の江別市の拠点形成や、バス交通に関する研究は、主にターミナル問題に対するもので、従来どおりロビン&ラウンドでの運行がよいのか、ターミナルを1つにして、ハブ&スポークの運行にすべきなのか、もしそうならハブを市内の3つの駅のうちのどの駅に集結させるべきなのか、などの研究であった。この問題を解決するためのGISの利用を考える。

図10のような路線が、現在江別市に存在する。ここで路線1は、現在野幌駅には乗り入れずに運行しているが、図11のように野幌駅がハブとなり、そこに乗り入れることになった場合を考える。

GISにこの変化を対応させることは、比較的容易である。現在の路線のデータをコピーし、図10の路線1を消去し、各バス停の待ち時間を操作するだけでよい。このように簡単に図11を作成することができる。

ここで図11に対して、さきほどの影響圏解析を行えば、この場合のハブ&スポークによる様々な影響を把握することができる。具体的には、野幌駅からA、B方面へ移動する人の待ち時間は減少し、サ

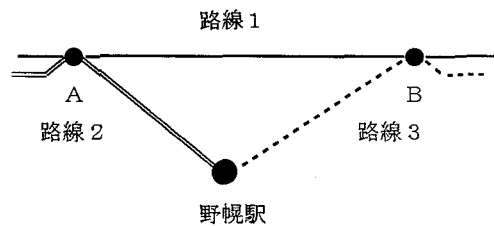


図10 現在の路線例

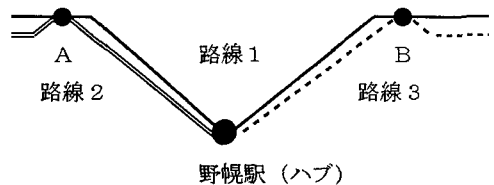


図11 ハブ&スポークの路線例

ービスレベルが向上するはずである。しかし従来の路線1においてAより左側のバス停から、Bより右側のバス停まで乗っていた人にとっては、ハブへの立ち寄る時間分、サービスレベルが低下する。

バス停間のODデータなど、利用者の動きをつかむデータを入手できれば、このようなGISの使い方によって、サービスレベルの低下を最小限に抑えて、サービスレベルを最大限に向上させる運行システムをシミュレーションすることができる。

6. 本研究の成果

- ①バスサービスレベルの評価を行うために、GISのネットワーク機能、影響圏解析機能を用い、「共通券問題」「南北軸問題」を視覚的に明確化した。
- ②積み上げ待ち時間を利用することで、対象地域にバスの共通券を導入することの有効性と問題点、さらに今後の方向性を示した。
- ③「共通券問題」に関しては、規制緩和による競争の激化よりも、バス会社の協調が利用者にも、バス会社にも効果的であるということを示した。
- ④この評価システムが「ターミナル問題」にも応用できることが示された。

参考文献

- 1) 天野光三、中川大、加藤義彦、波床正俊
「都市間交通における所要時間の概念に関する基礎的研究」
土木計画学研究・論文集 No. 9 1991年11月