

活動機会に着目したバスダイヤの事前・事後評価に関する研究

A Study on Pre-&Post-evaluation of Bus Diagram in terms of Opportunity of Activity

北見工業大学大学院	学生会員	○佐々木 智英 (Tomohide Sasaki)
北見工業大学	正 会 員	高橋 清 (Kiyoshi Takahashi)
北海道開発技術センター	非 会 員	芝崎 拓 (Taku Shibazaki)
北海道開発技術センター	正 会 員	大井 元揮 (Genki Ohii)

1. はじめに

北海道北見市では、平成 23 年度に「北見市地域公共交通計画」が策定された¹⁾。本研究の対象地区である川東地区、若松地区では地域公共交通計画において、今後のバス交通の利便性向上や公共交通空白・不便地域の解消を目指し、従来の路線バスに代わる新しいバス交通として、ディマンドバスの実証運行が平成 24 年度より開始された。ディマンドバスの導入に伴い、利用者の増加が確認されたことで、平成 25 年 10 月より本格運行が開始されており、現在も継続中である²⁾。

対象地区において本研究では、ディマンドバス導入に向けた取り組みとして、平成 24 年度及び平成 25 年度の 2 回にわたる住民意識調査から、ディマンドバス導入前後における住民満足度の向上を明らかにし、「運行ダイヤ」の継続的な改善の必要性を住民意識構造より示した³⁾。しかし、「運行ダイヤ」に対して、具体的にどのようなダイヤ設定にすればよいかといった改善策の検討までには至っていない。地方部の公共交通における主な役割は「住民の日常生活における活動機会の確保」であり、そのためのバス運行便数やダイヤの設定は重要な要素の一つであると考えられる。

そこで本研究は、川東・若松地区住民を対象にアンケート調査を実施し、日常生活の外出における活動実態を把握する。そこで、多くの既存研究で用いられているアクセシビリティ指標を用いて、ディマンドバス導入前後でのバスダイヤについて、住民の活動機会がどの程度獲得できているのかを定量的に示し、バスダイヤに関する事前・事後の評価を行う。さらに、活動機会の獲得という視点から、今後のバスダイヤの更なる改善に向けて検討することを目的とする。

2. 既存研究と本研究の位置づけ

これまで、バス交通を対象とした計画論や計画手法に関する研究は数多く行われている^{4)~6)}。本研究の対象地区のような需要の少ない地域のバス運行計画に関する既存研究では、岸⁷⁾が、住民のニーズを踏まえた生活交通手段の策定プロセスを提案し、公共交通を維持すべき地域なのか、また、地域で移動困難者をサポートして対応すべきなのかをケーススタディで明らかにしている。森山⁸⁾は、中山間地域における公共交通の運行計画を支援するためのツールとして、人口等に基づき 1 日のバス利用者数や便数を決定するシステムを開発している。しかし、バス運行計画を考えるには、地区住民の活動実態を時間単位で捉え、何時にバスを運行すればよいかというダイヤを設定することが重要な視点の 1 つであると考え

られる。

そこで、活動機会に着目したバスダイヤの設定方法を提案している研究として、岸野⁹⁾は、目的地における活動時刻とバスダイヤが与えられたとき、活動機会の獲得水準を表すモデルを構築し、運行効率や採算性を考慮した獲得水準を最大化するバスダイヤの設定法を提案している。しかしこの研究では、定時定路線型のバス交通を対象にバスダイヤの評価・分析を行っているが、本研究のようなディマンドバスを対象とし、バスダイヤに関する事前・事後での評価を行った研究は少ない。

3. 対象地区のバス交通の概要

3.1 北見市川東地区・若松地区の概要

北見市にある川東地区、若松地区は、北見駅から南東の方角に位置しており、東西約 7km、南北約 9km である。人口は両地区合わせて 2359 人、世帯数は 1244 世帯であり、その内、川東が 2212 人、若松が 147 人(平成 25 年 11 月現在)である。また、高齢化率は約 30% となっており、高齢者割合が高い地区でもある。このように本研究の対象地区は高齢化率が高く、人口が低密度である郊外地区に位置付けられる。

3.2 導入されたディマンドバスの概要

従来の路線バスが見直され、平成 25 年 10 月より本格運行が開始されたディマンドバスは、「北見駅ー北見老人ホーム」間を定時定路線として運行し、北見老人ホームから先を予約制のディマンドバスとして運行する形態をなしている(図-1)。

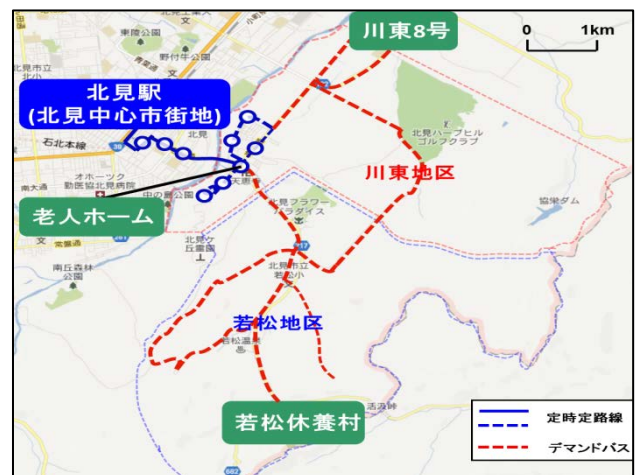


図-1 ディマンドバスの路線図

これは、「北見駅ー北見老人ホーム」間では住宅地が多く立地しており、比較的密集した居住エリアであるが、北見老人ホームから先の郊外エリアでは住居が点在し、

農地等が大部分を占め、広がりのある低密度なエリアであるため、従来のバス路線と新たな路線を組み合わせた設計がなされた。

バスサービスの視点からみると、運行ルートについては、ディンダバスを取り入れたことで両地区が広域的にカバーされ、交通空白地が解消されていることがわかる。このディンダ区間利用については電話予約制となっており、1便目の利用では前日予約、2便目以降の利用では2時間前予約が原則となっている。

次に、旧路線バスのダイヤを表-1に、現在のディンダバスのダイヤを表-2に示す。対象地区を出発する往路便を見ると、従来と比較して、ディンダバスのダイヤは午前中に多く便が設定されており、北見駅から地区へ向かう復路便では、終発便が従来より遅い時間に設けられている。しかし、バスの運行本数自体は1日9便となっており、増便などのような抜本的な改善やバスダイヤが大きく変更されたとは言いがたいことがわかる。

その他、ディンダバスの概要を表-3に示す。

表-1 旧路線バスのダイヤ

往路便	①	②	④	⑥	⑧
地区発	7:30	9:20	13:30	16:20	18:20
復路便		③	⑤	⑦	⑨
北見駅発		9:00	12:50	16:00	17:40

表-2 ディンダバスのダイヤ

往路便	①	②	④	⑥	⑧
地区発	7:25	8:50	10:45	13:55	16:45
復路便		③	⑤	⑦	⑨
北見駅発		9:45	12:40	15:00	18:30

表-3 ディンダバスの概要

運行期間	実証運行：平成24年12月10日～平成25年3月31日
	継続運行：平成25年4月1日～平成25年9月30日
	本格運行：平成25年10月1日～
車両	トヨタハイエース通勤用（ワゴン車）2台 四輪駆動、自動ドア、14人乗（運転手含む）
運賃	定時定路線 大人210円/小人110円 ディンダ 大人410円/小人210円
料金制度	身体障害者手帳・療育手帳保持者は半額 小人運賃は、6歳～12歳（小学生） 高齢者等無料バス乗車証利用可能

4. ディンダバスの利用実態

ディンダバスの利用実態として、導入前後における乗車人数の変化と、表-1に示したディンダバスの時刻表における便ごとの利用実態を以下に示す¹⁰⁾。

乗車人数では、旧路線バスの乗車人数が365日間（平成23年10月～平成24年9月）で7486人であった一方、本格運行後では365日間（平成25年10月～平成26年9月）で12,580人となっており、従来と比較して約5100人の利用者増加が確認された。また、1便当たりの乗車人数でみると、2.36人から3.99人と約1.7倍に増加している。

図-2はディンダバスの運行ダイヤにおける便ごとの年間の乗車人数、及び平均乗車人数を示しており、対

象地区から北見駅へ向かう往路便が1,2,4,6,8便であり、北見駅から対象地区へ向かう復路便が3,5,7,9便である（表-2参照）。図-2より、往路便では、2便の利用が最も多く、次いで4便となっている。一方、復路便では、5便の利用が最も多く、次いで7便の利用が多いことを示している。このことは、午前9:00または11:00頃に地区を出発し、北見駅付近の中心街で活動した後、12:30または15:00頃に北見駅を出て地区へ帰る活動が多いものと考えられる。加えて、平成25年度に本研究室で行ったアンケート調査では、ディンダバス利用者の約9割が60代以上の高齢者であり、その内の約8.5割が無職または専業主婦であることが明らかになっている。そのため、ディンダバスの利用目的として、買い物、通院が主であると考えられ、午前中から北見駅へ向かい午後に帰宅するといった活動を行う人の割合が高いのではないかと考えられる。

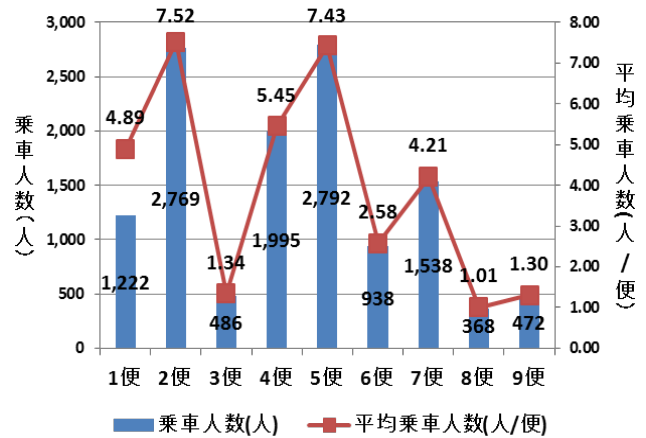


図-2 ディンダバスの便ごとにおける利用実態
（平成25年10月～平成26年9月）

5. バスダイヤの評価・検討

5.1 分析フロー

本研究では、対象地区のバスダイヤを評価・検討するため、図-3のような流れで分析を行う。

a) 活動時間帯の把握：対象地区住民の日常的な外出における活動時間帯をアンケート調査によって把握する。

b) 事前・事後でのダイヤ評価：次に得られた地区住民の活動時間帯を基に、活動機会の獲得水準を旧路線バスのダイヤと、ディンダバスのダイヤでそれぞれ算出し、比較することで、事前・事後での活動機会獲得水準の向上を示す。

さらに、導入前後のバスダイヤでは運行本数自体に変更が無いことから、ダイヤの組み方の違いによって、活動機会の獲得水準にどのくらいの差異があるのかを明らかにする。なお、ここでは、地区住民の日常的な外出における活動時間帯が、ディンダバス導入前と導入後で変わらないものとして分析を行うこととする。

c) 活動機会の獲得水準が最大となるダイヤ設定：ここでは、制約条件を考慮したバスダイヤの設定を行うため、現在運行しているディンダバスの実際の便数を基に、活動機会の獲得水準が最大となるバスダイヤの組み合わせを算出する。加えて、増便や減便したときにアク

セシビリティ値がどのくらい変化するかを示すため、往路・復路の便数をいくつかのパターンに設定し、それぞれのバスダイヤの組み合わせとアクセシビリティ値を算出する。

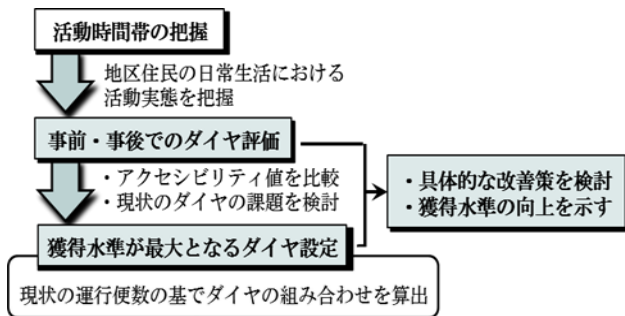


図-3 バスダイヤの評価・分析フロー

以上のような分析フローを通して、ダイヤモンドバス導入前後におけるバスダイヤの評価、および活動機会の獲得水準が最大となるダイヤの算出を行い、活動機会の獲得という視点からどの便を組み替えた方が良いのか、また、増便した場合の獲得水準の向上がどのくらい見込めるのかを定量的に示し、今後のバスダイヤの具体的な改善策を検討する。そこで、本分析では、活動機会の獲得水準を表す指標としてアクセシビリティ指標を用いて分析を行う。

5. 2 アクセシビリティ指標

(1) 地区のアクセシビリティ指標

本研究で用いるアクセシビリティ指標⁹⁾は式(1)で表される。これは、公共交通を利用して行う活動について、移動と活動に利用可能な時間、活動時間、総移動時間、公共交通の待ち時間を変数として、実行可能な時間配分の多様性を表す指標となっている。なお、ここでいう実行可能な時間配分の多様性とは、活動機会を獲得することのできる時間の配分がどれだけ多くあるか(時刻を分単位など離散的に捉えたとき、実行可能な活動の開始時刻と終了時刻の組み合わせが何通りあるか)を意味している¹¹⁾。

$$A_{\max} = \sum_i \sum_j \frac{e^{-\beta(t_j - t_i)}}{\gamma} (1 - e^{-\gamma(t_j - t_i - M)}) P_{ij} \quad (1)$$

t_i : 自宅を出発する時間帯 M : 総移動時間

t_j : 自宅に帰宅する時間帯 β, γ : パラメータ

P_{ij} : 時間帯 t_i, t_j に活動を行う人の比率

式(1)を用いるにあたって、時間帯 t_i に自宅を出発し時間帯 t_j に帰宅する活動は、 t_i の直前に出発するバスと、 t_j の直後に帰宅するバスを利用して行うものとし、それ以外のバスの利用は考えないものとする。すなわち外出パターンを1通りと仮定している。加えて、活動パターンが2つ以上の場合は、活動パターンそれぞれについてのアクセシビリティ値を算出し、活動パターンの数だけ合算すればよい。

また、式(1)は、地区住民が活動を行いたい時間帯にいつでも交通機関が利用可能である状態を想定しており、活動時間帯がわかっているとき、それらの活動機会が全

て保障される場合のアクセシビリティ指標となっている。

(2) バスダイヤを考慮したアクセシビリティ指標

次に、活動を行うためにバスを利用する場合を想定し、バスダイヤを考慮したアクセシビリティ指標を式(2)に示す。

$$A = \sum_i \sum_j \frac{e^{-\beta(a_l - d_k)}}{\gamma} (1 - e^{-\gamma(a_l - d_k - M)}) P_{ij} \quad (2)$$

d_k : 地区の出発時刻 M : 総移動時間

a_l : 地区の到着時刻 β, γ : パラメータ

P_{ij} : 時間帯 t_i, t_j に活動を行う人の比率

上式では、ある地区を運行するバス路線が往路1日K便、復路がL便で運行されているとしたとき、往路のバスダイヤを $d_k (k = 1, \dots, K)$ 、復路のバスダイヤを $a_l (l = 1, \dots, L)$ で表している。このとき、自宅出発時間帯 t_i 、帰宅時間帯 t_j という活動について、 $t_i \geq d_k$ と $t_j \leq a_l$ を満たすバスがあれば活動機会を獲得できるとし、いずれか一方を満たさない場合、活動機会は獲得できないとする。すなわち、式(1)における $t_j - t_i$ が $a_l - d_k$ に置き換えられる形となる。また、前提条件として、ここでは、ある都市の周辺部に位置する地区を想定しており、その地区において、中心部に行くことにより通勤、通学、買い物、通院などの日常生活に必要な活動機会が得られると仮定する。

(3) アクセシビリティを最大化するバスダイヤの設定

地区住民の活動時間帯に対し、式(2)のアクセシビリティ値を最大化するバスダイヤの組み合わせを求める。活動時間帯分布表が与えられたとき、式(2)はバスダイヤ d_k と a_l の関数となるため、アクセシビリティが最大となるときのバスダイヤの組み合わせは式(3)のように書ける。

$$(d_1^* \dots d_K^*, a_1^* \dots a_L^*) \\ = \arg \max \sum_i \sum_j \frac{e^{-\beta(a_l - d_k)}}{\gamma} (1 - e^{-\gamma(a_l - d_k - M)}) P_{ij} \quad (3)$$

ただし、 $(d_1^* \dots d_K^*, a_1^* \dots a_L^*)$ はアクセシビリティ値が最大になるときのバスダイヤ出発時刻、到着時刻の組み合わせであり、 $z = \gamma(a_l - d_k - M)$ である。

本研究では、式(3)を用いて、往路・復路のバスの便数K便とL便を所与とし、現在運行している便数を基にしたときのアクセシビリティが最大となるバスダイヤの組み合わせを算出する。なお、パラメータ値は、既存研究⁹⁾より $\beta = 0.188$ 、 $\gamma = 1.814$ とし、所要時間はダイヤモンドバスの実際の乗車時間である $M = 25$ 分とする。

ここで、以上に示したアクセシビリティ指標を用いるにあたって、対象地区住民の自宅出発時間帯 t_i 、及び帰宅時間帯 t_j を把握する必要がある。

5. 3 活動時間帯分布表

本研究では、対象地区住民の日常生活の外出における活動時間帯を、表-4のような活動時間帯分布表としてまとめる。ここでは、時間帯 t_i に自宅を出発し、時間帯 t_j に帰宅するという活動を行う人の比率が $P_{ij} (\sum_i \sum_j P_{ij} = 1)$ であることを表しており、この表を基にアクセシビリティ値が算出される。また、自宅出発時間帯 t_i 、及び帰宅時間帯 t_j は一定の幅をもった時間帯として設定され、本研

究では、表-2のダイヤモンドバスのダイヤを考慮し、30分単位で時間帯を区切ることにしている。

表-4 地区の活動時間帯分布表

		帰宅時間帯							合計
		t1	t2	...	...	tj	...	tn	
自宅出発時間帯	t1	P_{11}	P_{12}	...	...	...	...	...	P_{1*}
	t2		P_{22}	...	...	...	...	...	P_{2*}
	...			...	...	...	...	...	...
	tj					P_{ij}	...	...	P_{i*}
	...						...	...	...
	tn							P_{nn}	P_{n*}
合計		P_{*1}	P_{*2}	...	...	P_{*j}	...	P_{*n}	1.00

5. 4 テストデータを用いた感度分析

(1) アクセシビリティ指標の感度分析

本研究で用いるアクセシビリティ指標が、対象路線であるダイヤモンドバスダイヤの評価指標として適用可能であるかを示すため、既存研究¹⁰⁾における活動時間帯分布表(表-5)をテストデータとして、今回の対象路線のバスダイヤを用いて感度分析を行った。ここでは、従来の路線バスとダイヤモンドバスでのアクセシビリティ値を比較し、どれくらいの差異がみられるのかを検証した。なお、パラメータ値は $\beta = 0.188$, $\gamma = 1.814$ とし、所要時間は実際の運行時間である $M = 25$ 分とした。

表-5 活動時間帯分布表(テストデータ) (百分率)

		帰宅時間帯										合計
		8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
自宅出発時間帯	7	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	8	0	0	1	3	3	0	0	0	0	0	7
	9		0	2	6	2	1	0	0	0	0	11
	10			0	14	9	1	0	0	0	0	24
	11				0	19	0	1	0	0	0	20
	12					0	0	0	1	1	0	2
	13						0	7	4	1	1	13
	14							0	6	2	3	11
	15								0	8	0	8
	16									0	3	3
17										0	0	
合計		0	0	3	23	34	2	8	11	12	7	100

注：百分率で表示

(2) 分析結果

テストデータを基に、地区を出発する往路便ごとのアクセシビリティ値の算出結果を表-6に示す。

表-5の活動時間帯全てを獲得可能な場合のアクセシビリティ値が $A_{max} = 0.3353$ である中、旧路線バスでは、アクセシビリティ値の合計が0.0141であるのに対し、ダイヤモンドバスは0.1027となり、活動機会の獲得水準に大きな差がみられた。これは、従来のバスダイヤと比較して、ダイヤモンドバスのダイヤは、往路便が午前中に多く設定されているため、往路便に対する復路便の組み合わせが多くなり、活動時間帯分布表の獲得できる出発・帰宅時間帯の組み合わせが増えたためである。

以上の結果より、その地区の活動時間帯分布表の違いにもよるが、バスダイヤの組み合わせ次第で活動機会の獲得水準は大きく変化する可能性があり、増便などの場合は、ただ便数を増やすのではなく、どの時間帯に便数を増やすかを十分に検討する必要があると考えられる。これらのことから、本研究の対象路線において、活動機会

獲得水準の差異を表現できる指標であることを示した。

表-6 アクセシビリティ値の算出結果

便名	ダイヤモンドバス	A値	旧路線バス	A値
①	7:25	0.0022	7:30	0.0022
②	8:50	0.0156	9:20	0.0088
④	10:45	0.0645	13:30	0.0031
⑥	13:55	0.0204	16:20	0.0000
⑧	16:45	0.0000	18:20	0.0000
	合計	0.1027	合計	0.0141

6. おわりに

本研究では、表-4で示した活動時間帯分布表を作成するため、対象地区住民へのアンケート調査を平成26年11月20日～平成26年12月10日の期間で実施している。調査方法としては、北見市の広報に本調査票を同封し、対象地区の各町内会へ配布した。配布枚数は、川東地区が726票、若松地区が136票であり、調査項目は、外出目的、自宅出発時刻、帰宅時刻、外出頻度などを聞いている。しかし、本アンケート調査は現在実施中であり、調査結果及びアクセシビリティ指標を用いたバスダイヤの評価・分析については、発表時に示す。

【謝辞】

本研究にあたり、北見市、北見市地域公共交通会議の担当者の方々に多大なる協力をいただいた。ここに謝意を表す。

【参考文献】

- 1) 北見市：北見市地域公共交通計画
- 2) 北見市ホームページ：http://www.city.kitami.lg.jp
- 3) 佐々木智英，高橋清：意識構造の変化に基づくバスサービス改善点の抽出に関する研究，土木計画研究・講演集，Vol.50, No.104, 2014.
- 4) 竹内伝史，古田英隆：コミュニティバス事業の総括の試みー計画における理念と実現，運用後の実態そして評価ー，土木計画学研究・論文集，Vol.25, Page.423-430, 2008.
- 5) 田中智麻，杉戸厚吉，加藤博和，井口紀夫：コミュニティ交通の事前・事後評価手法に関する一提案，土木計画研究・講演集，Vol.42, No.232, 2010.
- 6) 高山純一，中山昌一郎，加藤隆章，原口友心：主要施設の移転に伴うバス路線網再編システムの構築，土木計画学研究・講演集，Vol.26, No.238, 2002.
- 7) 岸邦宏，佐藤馨一：住民ニーズに基づいた過疎地域における生活交通手段の策定プロセス，土木計画学研究・論文集，Vol.23, No.3, Page.591-597, 2006.
- 8) 森山昌幸，藤原章正，杉恵頼寧：GISを活用した中山間地域の公共交通計画支援ツールの開発，土木計画学研究・論文集，Vol.21, No.3, Page.759-768, 2004.
- 9) 岸野啓一，喜多秀行，寺住奈穂子：活動機会の獲得水準最大化を目指したバスダイヤの設定法，土木計画学研究・論文集，Vol.27, No.4, Page.633-641, 2010.
- 10) 北見市：北見市地域公共交通会議資料
- 11) 岸野啓一：活動機会の獲得水準に着目した過疎地域の公共交通計画に関する方法論的研究，博士(工学)論文，2012.