

学園線バスにおける最適運行回数について

吉 田 豊 穂

The Optimum Frequency of Bus Service on the Gakuen Line in Fukui City

Toyoho YOSHIDA

In this paper we tried to seek the fittest frequency to meet the number of passengers on the Gakuen line in Fukui City. The Gakuen line is divided into five bus routes. The number of passengers from one stop to the other is calculated by using the O.D. table of passengers every bus route a day. And then, the optimum frequency of bus service every bus route is sought through the linear programming method.

1 は じ め に

本研究は福井市内バスを構成する13路線系統のうちの1系統である学園線について、バス乗客需要量に見合った運行回数となるようにその最適解を求めんとするものである。学園線バスを構成する路線系統網については図-1のとおりであって、この路線網上を5つの運行経路によって営業運転している。福井市内バスは国鉄福井駅前を起点として発車しているが、学園線バスのりばは5番のりばである。ここに掲示してあるバス発車時刻表を示すと表-1のとおりであって、この時刻表よりそれぞれの運行経路ごとの運行回数を合計すると56回である。このバス発車時刻表は昭和56年8月1日より改正されたが、これと同時につぎのようなバス事業の合理化・省力化を実施して今日に至っている。(a) 運行回数の削減。(b) 路線系統の廃止または整理統合。(c) 路線系統の変更。(d) バス乗降客数の少ない停留所の廃止。(e) 郊外バスと市内バスが競合する市内バス停留所については郊外バスを全部停車扱いに変更する。などである。以上のことは改正前の学園線バスと改正後における現在とを比較してみると、つぎのようなものが挙げられる。従来より運行していた笏谷線をこの時点で廃止にふみきり、学園線バスの運行経路の一部を笏谷経由として迂回させたことにより学園線バスへの路線系統の整理統合を行なっている。またバスの運行方向については、福井駅前バス停留所へ向かう方向は上り方向であり、福井駅前バス停留所より発車する方向を下り方向とよんでいるが、片町上り方向のバス停留所は過去3年間のバス乗降客数の調査日に乗降客数が皆無であったために廃止している。そして近年は、市街地拡大によりとみに発展の著しいのは福井市の西北に位置する菅谷町、西学園町、飯塚町であるが、地元からのバス乗り入れについて強い要請と陳情とにより、学園線バスのなかに菅谷町・西学園町まわり

表－1 福井市内バス5番のりばにおける学園線バス発車時刻表

時 刻 表					
学 園 線					
競輪場・金井 学園まわり	笏谷・金井学 園まわり	時刻	金井学園・競輪 場まわり	金井学園・笏 谷まわり	菅谷町・西学園町ま わり
		6	50		
	37	7	22 56		04 38
24		8	02 09 15 18	13*	05*12 33*
		9		15	02 44
08 45		10		36	15
	55	11	44		19
		12		46	09 29 55
04		13	54		14 26 38
	11	14		54	25
	02	15		49	14
21	58	16			04 14 29 44 52
		17	40		
	37	18			13
41		19	04		35
		20	01		09 34
次は東映前		21	※ 日・祭日運休		

を新設している。この新設には、福井駅前バス停留所について乗降客数が2番目に多い金井学園前バス停留所を経由して運行しており、学園線バスの一部路線系統の変更を行なったのである。以上のようなが、バス発車時刻の改正と同時に上記のバス事業における合理化・省力化を実施してよりすでに2年半を経過している。この間において、合理化・省力化の影響がどのような効果をあげているのかどうか、もう少し以前に運行回数について見直しをかけるべきではなかったろうか。本研究では、学園線バスを構成する5つの運行経路について、図－1に示すように現行の運行回数は金井学園・競輪場まわり12回、競輪場・金井学園まわり6回、菅谷町・西学園町まわり26回、笏谷・金井学園まわり6回、金井学園・笏谷まわり6回となっているが、その合計運行回数56回を変えないで、5つの運行経路ごとの運行回数を、OD表を用いて区間バス乗客需要量を算定し、線形計画法によりその最適解を求めんとするものである。

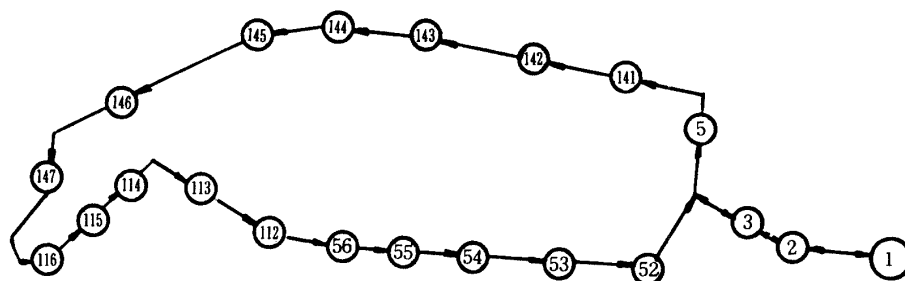
2 最適運行回数の算定

昭和57年6月中に実施した学園線バスにおける乗客OD表を示すと表－2より表－4のとおりである。

学園線バスにおける最適運行回数について



運行経路 1. 金井学園・競輪場まわり (現行運行回数12回)



運行経路 2. 競輪場・金井学園まわり (現行運行回数 6 回)

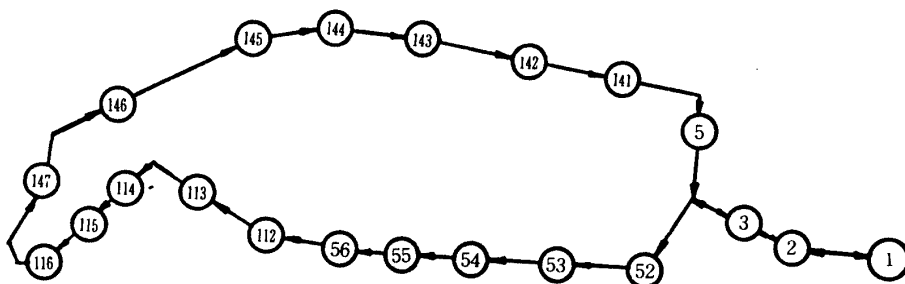
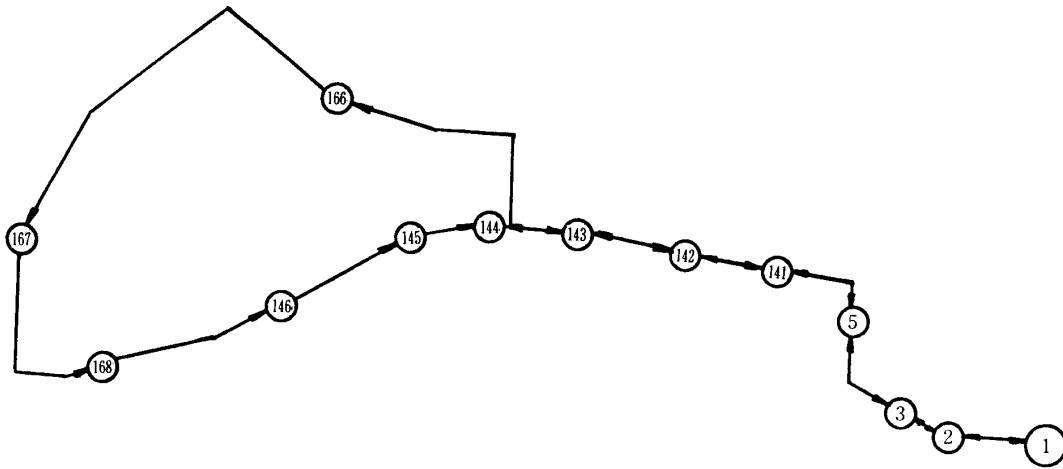
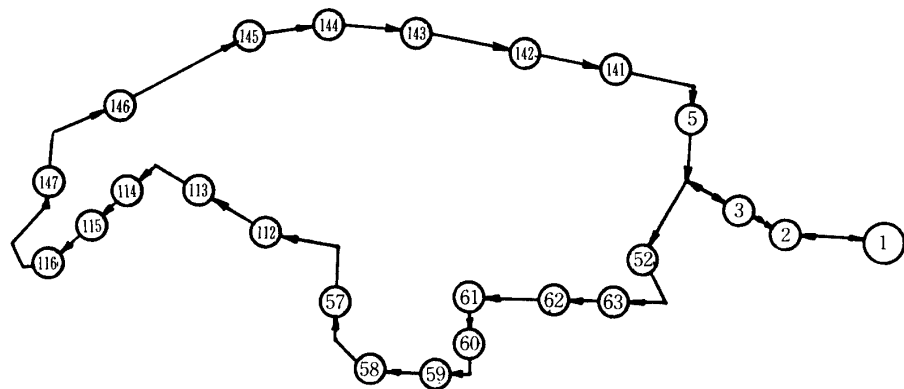


図-1 学園線バス運行系統図

運行経路3. 菅谷町・西学園町まわり (現行運行回数26回)



運行経路4. 笏谷・金井学園まわり (現行運行回数6回)



運行経路5. 金井学園・笏谷まわり (現行運行回数6回)

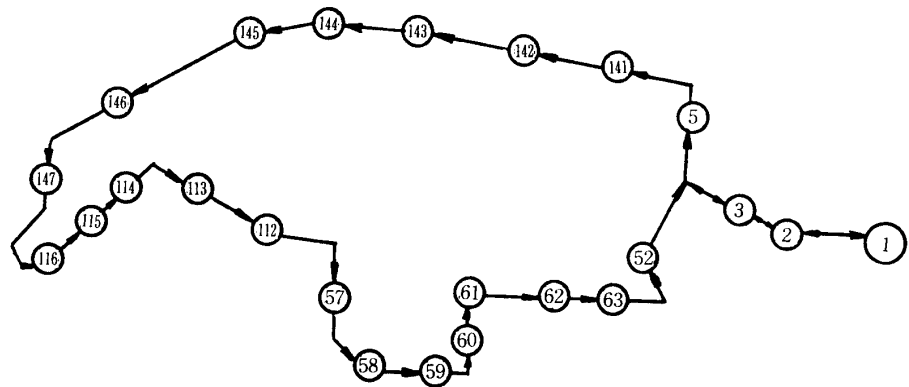


図-1 学園線バス運行系統図

学園線バスにおける最適運行回数について

表－2 金井学園・競輪場まわりと競輪場・金井学園まわりのバス乗客OD表

O \ D	1	2	3	52	53	54	55	56	112	113	114	115	116	147	146	145	144	143	142	141	5	3	2	1	計
1			1	5	7	5	3	6	3	5	13	9	10	8	10	11	20	3	4	2				1	126
2				1		1					2		1	1			1								7
3	1							1	3	1		2	1	1		1	2								13
52	6	1						1	1	2	1		1		1	1	1	1							17
53	7	2							1		1		2			2			1						16
54	13	5	1								2														21
55	7		1													1	1								10
56	8	3	3	1						1			1				2							1	20
112	10	3	6	1														2							20
113	7	2	1	2	1												1								14
114	14	3		1	1		1											1	1		1			2	25
115	13	2	2	2					1								1	1							22
116	18	6	1	2	1		1									2			2	1	1	1	1	2	39
147	4	2	1																	1	1		2	4	15
146	12	2	1	1													1		1		1		5	10	35
145	11	2	2	3	1		1												1	1	6	3	5	35	71
144	75	5	2	2	1				2										1		2	2	5	72	169
143	2	1								1									1				2	11	18
142	1	1						1	1	1			1	2		1	1						1	6	17
141									1	1			2	1	2	1	1						1	3	13
5														2	2	2	4	1	1					1	13
3											1		1			1	1							1	5
2											1	1			1		1	2	1						7
1									1	1	4	3	7	15	16	15	121	13	12	17	2	1			218
計	209	40	22	21	12	6	6	9	14	13	25	15	27	30	32	39	158	23	25	13	13	8	22	149	931

表－3 菅谷町・西学園町まわりのバス乗客OD表

O \ D	1	2	3	5	141	142	143	144	166	167	168	146	145	144	143	142	141	5	3	2	1	計
1			1	2	2	4	3	41		6	5	18	23	11	1	2					1	130
2								1	2	1	1			1								6
3	2											1	1	2								6
5	2											2	2	4	1	1						12
141	5	1						1				3	1	1								12
142	13	1						1					1	1						1	2	20
143	18	3				1						1								1	3	27
144	135	11	3	2		1				6	10	1							2	5	70	246
166											1			6	2	1					21	31
167												1		8	6	1			1	1	27	45
168														11	8	1				1	16	37
146													1	1	1		1	1	1	5	10	21
145																1	1	6	3	9	70	90
144																						
143																						
142																						
141																						
5																						
3																						
2																						
1																						
計	175	16	4	4	2	6	3	44	12	13	17	27	29	46	19	7	2	7	7	23	220	683

表-4 笏谷・金井学園まわりと金井学園・笏谷まわりのバス乗客OD表

O	D	1	2	3	52	63	62	61	60	59	58	57	112	113	114	115	116	147	146	145	144	143	142	141	5	3	2	1	計
1	2				5			5	13	18	52		3	5	12	8	9	7	9	18	23	1	1						189
2	3									1	2				1	1	1	1											6
3	10	2								2	1		3	2		1	1	1	1		1								24
52	15	3						1	1	1				2						1	1								25
63															1	1	1	1		1									4
62	2																												2
61	1	1																											2
60	14	5	2																										21
59	7	3	1																										11
58	42	10	1			1	1																						55
57																													
112	11	3	5																										19
113	6	1	1	2																									10
114	13	4		1																									18
115	13	3	2	2																									20
116	17	5	1	2																1	1	1	2	1				1	32
147	4	1	2																										7
146	13	2	1	2																	1						3	6	28
145	10	2	1	3	1																				1	1	4	37	60
144	75	6	2	2									2			1	4		1						1	1	6	78	179
143	3	1		1										1					1			1					2	8	18
142	1	1											1				2	2		1	1						1	5	15
141													1	1			1	1	2		1						1	2	10
5																		1	1	2	4		1					1	10
3															1					1								1	3
2															1						3	4	1						10
1															5	4	6	14	16	18	130	15	11	8	3				231
計	257	53	20	20	2	1	1	5	14	22	56		10	11	21	15	25	26	32	43	166	21	17	9	5	2	17	139	1009

このOD表を用いて、区間乗客需要量の配分と、各バス停留所での乗降人員、ならびに図－1にもとづいて、5つの運行経路ごとの運行回数より区間運行回数の算定結果を示すと図－2のとおりである。

各経路ごとの最適運行回数については、積残しをおこさないためにもその経路における区間最高乗客需要量に応じて決定されるべきである。ここで、バス1台あたりの平均乗車人員については、現行の各経路における運行回数の合計56回を変えないことにすると、バス停留所③片町入口よりバス停留所②東映前への1,320人が学園線バス全体での最高乗客需要量を示しており、この間は5つの運行経路における合計運行回数56回全部が運行しているから、つぎのように定める。

$$\text{バス1台あたりの平均乗車人員 } C = \frac{1,320 \text{ 人}}{56 \text{ 回}} = 23.57 \div 24 \text{ 人}$$

図－1における運行経路1より5までのそれぞれの運行回数を $k_1 \sim k_5$ とすると、制限条件式と目的関数は下記のとおりである。

制限条件式

$$Ck_1 + Ck_2 + Ck_3 + Ck_4 + Ck_5 \geq 1,320 \text{ 人}$$

$$Ck_1 + Ck_3 + Ck_5 \geq 639 \text{ 人}$$

$$Ck_2 + Ck_3 + Ck_4 \geq 794 \text{ 人}$$

$$Ck_3 \geq 276 \text{ 人}$$

$$Ck_4 \geq 213 \text{ 人}$$

$$Ck_5 \geq 317 \text{ 人}$$

$$\text{目的関数 } f = k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5 \rightarrow \min$$

ここで、制限条件式中のCは24人であるから、24人で割ると式はつぎのようになる。

制限条件式

$$k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5 \geq 55 \text{ 人}$$

$$k_1 + k_3 + k_5 \geq 26.6 \text{ 人}$$

$$k_2 + k_3 + k_4 \geq 33.1 \text{ 人}$$

$$k_3 \geq 11.5 \text{ 人}$$

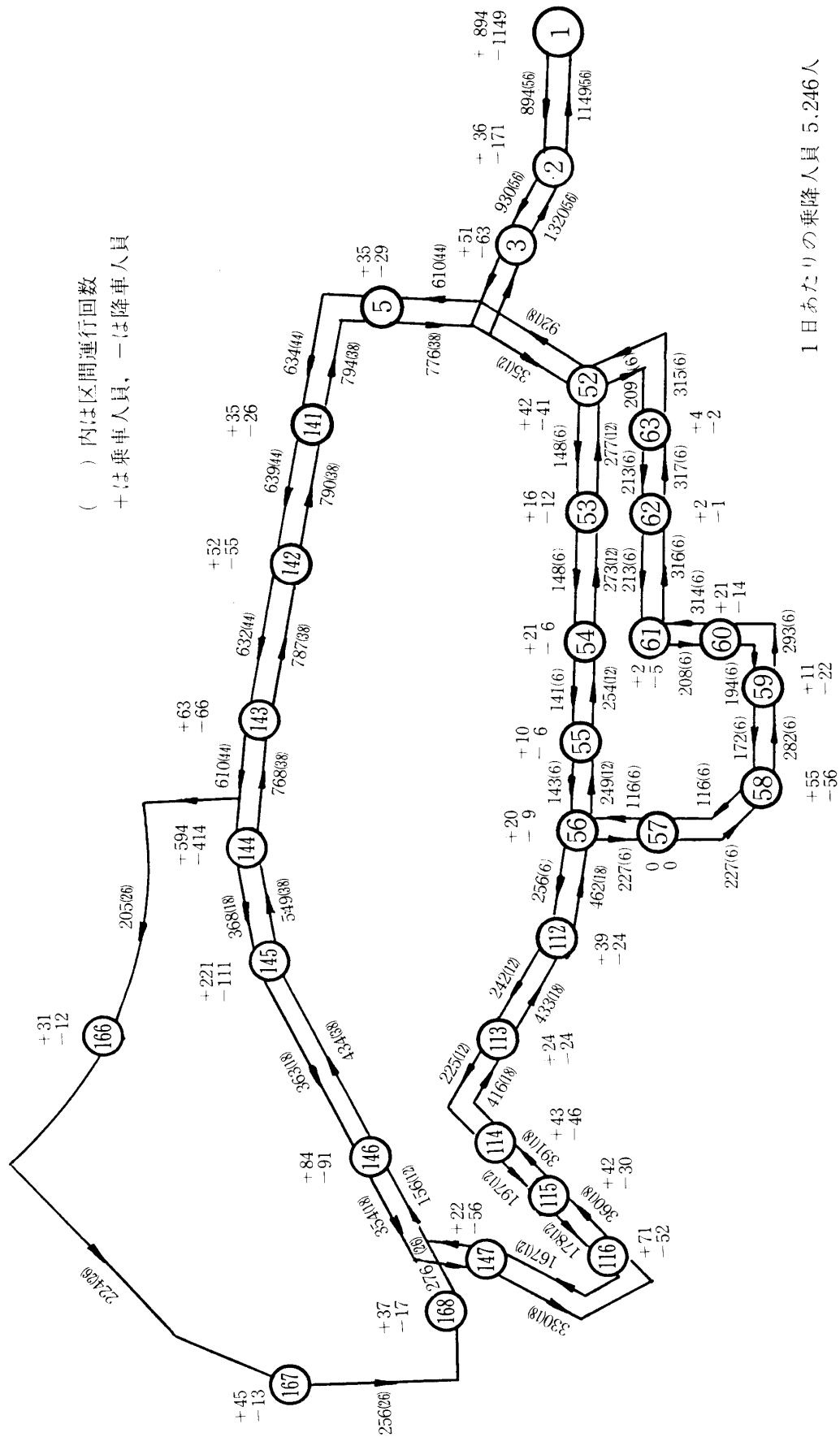
$$k_4 \geq 8.9 \text{ 人}$$

$$k_5 \geq 13.2 \text{ 人}$$

$$\text{目的関数 } f = k_1 + k_2 + k_3 + k_4 + k_5 \rightarrow \min$$

この制限条件式と目的関数は線形計画法の裏の問題であり、表の問題におきかえると式はつぎのように示すことができる。この場合には、不等号を取り去るため変数の $\lambda_1 \sim \lambda_6$ を入れて等式とすれば、

制限条件式



図一2 区間乗客需要量(人), 区間運行回数(回), 乗降人員(人)

表-5 Simplex Tableau

		$V_j \rightarrow$	O	55	26.2	33.1	11.5	8.9	13.2	0	0	0	0	0		
	$V_i \downarrow$	変数 \downarrow	S	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5	右	Q_i
a	0	λ_1	1	1	1					1					4	1
	0	λ_2	1	1		1					1				4	1
	0	λ_3	1	1	1	1	1					1			6	1
	0	λ_4	1	1		1		1					1		5	1
	0	λ_5	1	1	1				1					1	5	1
		$Z_j - V_j$	0	-55	-26.6	-33.1	-11.5	-8.9	-13.2	0	0	0	0	0	-148.3	
b	55 \rightarrow	V_1	1	1	1					1					4	
	0	λ_2			-1	1				-1	1				0	
	0	λ_3				1	1			-1		1			2	
	0	λ_4			-1	1		1		-1			1		1	
	0	λ_5							1	-1				1	1	
		$Z_j - V_j$	55	0	28.4	-33.1	-11.5	-8.9	-13.2	55	0	0	0	0	71.7	
c	55	V_1	1	1	1					1					4	
	33.1 \rightarrow	V_3			-1	1				-1	1				0	
	0	λ_3			1		1				-1	1			2	
	0	λ_4						1			-1		1		1	
	0	λ_5							1	-1				1	1	
		$Z_j - V_j$	55	0	-4.7	0	-11.5	-8.9	-13.2	21.9	33.1	0	0	0	71.7	
d	55	V_1	1	1	1					1					4	
	33.1	V_3			-1	1				-1	1				0	
	0	λ_3			1		1				-1	1			2	
	0	λ_4						1			-1		1		1	
	13.2 \rightarrow	V_6							1	-1				1	1	
		$Z_j - V_j$	55	0	-4.7	0	-11.5	-8.9	0	8.7	33.1	0	0	13.2	84.9	
e	55	V_1	1	1	1					1					4	
	33.1	V_3			-1	1				-1	1				0	
	11.5 \rightarrow	V_4			1		1				-1	1			2	
	0	λ_4						1			-1		1		1	
	13.2	V_6							1	-1				1	1	
		$Z_j - V_j$	55	0	6.8	0	0	-8.9	0	8.7	21.6	11.5	0	13.2	107.9	
f	55	V_1	1	1	1					1					4	
	33.1	V_3			-1	1				-1	1				0	
	11.5	V_4			1		1				-1	1			2	
	8.9 \rightarrow	V_5						1			-1		1		1	
	13.2	V_6							1	-1				1	1	
		$Z_j - V_j$	55	0	6.8	0	0	0	0	8.7	12.7	11.5	8.9	13.2	116.8	

$$V_1 + V_2 + \lambda_1 = 1$$

$$V_1 + V_3 + \lambda_2 = 1$$

$$V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + \lambda_3 = 1$$

$$V_1 + V_3 + V_5 + \lambda_4 = 1$$

$$V_1 + V_2 + V_6 + \lambda_5 = 1$$

$$\text{目的関数 } f = 55V_1 + 26.6V_2 + 33.1V_3 + 11.5V_4 + 8.9V_5 + 13.2V_6 \rightarrow \max$$

上記の制限条件式と目的関数を表－5に示すようにSimplex Tableauをつくって計算をすすめると、f Tableauの λ_1 より λ_5 の行においてその最適解がえられる。すなわち、 $k_1=9$ 回、 $k_2=13$ 回、 $k_3=12$ 回、 $k_4=9$ 回、 $k_5=13$ 回、合計56回である。

3 ま と め

本研究における学園線バスの運行回数については、改正前と改正後および計算結果をまとめると表－6のとおりである。先づ一番問題となるのは改正前の笏谷線の運行回数27回に対して改正後は12回であり、15回の減少である。計算結果の22回と比較してみると極端なる減少といえる。また菅谷町・西学園町まわりを金井学園前バス停留所を経由して新設したが、この経路に在存するバス停留所のうち、金井学園前バス停留所の乗降人員を除けば僅か155人にすぎない。そしてこの経路は福井駅前バス停留所の乗降人員2,043人に対して金井学園前バス停留所は1,008人で2番目に多い。それゆえ金井学園前バス停留所の利用者の利便を計ったものとも考えられるが、計算結果の12回と較べれば26回は多すぎる。以上のように笏谷・金井学園まわりと金井学園・笏谷まわりの2経路については運行回数の極端なる減少であり、菅谷町・西学園町まわりの経路については運行回数の極端なる増加をもたらしていることになる。このことはバス利用者にとって不便になるものと、便利になるものとの差が大きくなりすぎて、不便となる地域の利用者は自転車

表－6 総走行料数と運行回数

改 正 前					昭和56年 8 月 1 日改正					計 算 結 果	
区分 路線名	運行経路	走行 料 (km)	運行 回数 (回)	総走行 料 (km)	区分 路線名	運行経路	走行 料 (km)	運行 回数 (回)	総走行 料 (km)	運行 回数 (回)	総走行料 (km)
学園線	金井学園・ 競輪場まわり	7.9	33	260.7	学園線	金井学園・ 競輪場まわり	7.9	12	94.8	9	71.1
	競輪場・金井 学園まわり		26	205.4		競輪場・金井 学園まわり		6	47.4	13	102.7
笏谷線	足羽町 先まわり	5.3	17	90.1		菅谷町・西学 園町まわり	8.5	26	221.0	12	102.0
	有楽町 先まわり		10	53.0		笏谷・金井学 園まわり	8.9	6	53.4	9	80.1
						金井学園・ 笏谷まわり		6	53.4	13	115.7
計			86	609.2	計			56	470.0	56	471.6

に転稼したり、あるいはマイカーで自己防衛することにもなり、これがひいてはバス運賃収入の減少にもつながってくる。総走行料数については、改正前の609.2kmに対して改正後は470.0km、計算結果によれば471.6kmである。改正後における現行回数の合計56回を変えずに最適運行回数の算定をなしたから、改正後と計算結果の総走行料数はほぼ等しくなるので、バスの配車台数やバス運転手の所要人員についても変動がないと思われる。

本研究では、ひとまず改正前と改正後における運行回数、それに最適運行回数の算定をなし、それぞれについて比較検討して論述した。福井市とその周辺および嶺北地方の殆んど地域においてバス営業を担当している京福電鉄株式会社福井支社では、改正前にはバス保有台数 235 台に対して運転手の数は428人であったが、改正後はバス保有台数はそのままで39人減員し、389 人としている。すなわち、バス 1 台あたりの運転手の数は日曜、祭日、有給休暇などの消化を見込んで1.821人であったのを現在では1.655人として要員合理化を行なったのである。運輸省ではバス 1 台あたりの運転手の数を1.5人にするよう行政指導を行なっているから、近いうちに第2次の合理化・省力化が行なわれよう。しかし、それには先づバス運賃収入の減少をまねかないことが第一要件であり、それがためにはバス離れしないためにも乗客需要量に見合った運行回数とすることが望まれる。

謝 辞

終りに本研究につきましては、終始懇切な御指導を給われました金沢大学工学部建設工学教室 工博 飯田恭敬教授に対しまして深甚なる謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 飯田・吉田：大量輸送機関の運転路線系統および配車の決定について。
土木学会第28回年次学術講演会講演概要集第4部 1973
- 2) 小林竜一：OR概論，共立出版株式会社