

4章. BWIMシステムの活用

当システムを活用して、表-4.1.1 に示す場所で連続計測を行った。ここでは、その活用例を示す。

図-4.1.1 連続計測試験ケース

検証no.	橋梁条件						主桁計測位置	計測時間(h)
	橋梁名	支持条件	主桁	床版	斜角	車線		
1	福岡橋1回目	連続	鋼	RC	90°	片側2	L/2	6h
2	北陸橋	単純	鋼箱	RC	84°	片側1	L/2	6h
3	住吉川橋	単純	鋼	RC	74°	片側3	L/2	12h
4	岩屋高架橋	連続	PCT	RC (間詰め)	74°	片側3	L/2	12h
5	芦屋川橋	連続	鋼	RC	96°	片側3	L/2	12h
6	甲子橋	単純	鋼	RC	90°	片側2	L/4	72h
7	小山高架橋	連続	鋼	RC	90°	片側2	0.4L	72h
8	蓮沼橋	単純	鋼	RC	60°	片側2	L/2	72h
9	福岡橋2回目	連続	鋼	RC	90°	片側2	0.4L	72h

当システムでは重量算出結果について次の項目で自動集計される。集計画面の一例を図-4.1.1、図-4.1.2 に示す。

<自動集計結果>

- ・台数集計
 - 台数集計 : 全走行車両の合計台数表示
 - 台数集計(時間別) : 全走行車両の時間別合計台数表示
- ・全車両リスト : 全車両のリスト
- ・車両リスト(～ 20) : 20t 未満の車両リスト
- ・車両リスト(20 ～ 30) : 20t 以上 30t 未満の車両リスト
- ・車両リスト(30 ～ 40) : 30t 以上 40t 未満の車両リスト
- ・車両リスト(40 ～) : 40t 以上の車両リスト

	範囲1	範囲2	台数
▶	0	20	0
	20	30	0
	30	40	0
	40	999	0
*	0	0	0

図-4.1.1 台数集計画面の例

図-4.2.2 車両リスト画面の例

時刻	車線	軸数	速度 (km/h)	重量 (Ton)	P1	P2	P3	P4	P5	P6	L1	L2	L3 (m)	L4	L5
▶ 15 9:01:01	1	2	74.3	8.0	21	12	0	0	0	0	3.7	0	0	0	0
15 9:01:03	2	2	81.2	1.4	23	-0.9	0	0	0	0	2.7	0	0	0	0
15 9:01:19	3	2	76.4	7	95	-25	0	0	0	0	4.3	0	0	0	0
15 9:01:16	4	2	66.5	2.6	2	0.6	0	0	0	0	2.5	0	0	0	0
15 9:01:17	4	2	66.5	5.3	39	1.4	0	0	0	0	3.9	0	0	0	0
15 9:01:18	4	2	62.7	8.5	15	7	0	0	0	0	4.8	0	0	0	0
15 9:01:40	1	3	72	10.6	25	4	4	0	0	0	5.8	1.3	0	0	0
15 9:01:45	1	2	72	6	1.6	4.4	0	0	0	0	4.5	0	0	0	0
15 9:01:45	4	2	81.3	2.4	0.8	1.6	0	0	0	0	3.1	0	0	0	0
15 9:01:51	2	2	77.6	3.9	0.2	3.7	0	0	0	0	4.6	0	0	0	0
15 9:01:54	2	2	77.6	3.6	1.2	2.4	0	0	0	0	4.9	0	0	0	0
15 9:01:50	4	2	75.7	3.6	2.1	1.6	0	0	0	0	3.4	0	0	0	0
15 9:01:52	4	2	75.7	2.7	0.8	1.8	0	0	0	0	3.6	0	0	0	0

4.1 台数集計

台数集計において自動集計されるデータを用いた分析例を、検証 no.1 ～ 5 について示す。

(1) 福岡橋

表-4.2.1 台数集計

車線	重量	軸数	時刻(h)						合計
			09~10	10~11	11~12	12~13	13~14	14~15	
1	0≦重量<20	2	40	45	43	33	46	31	240
		3	12	20	14	18	15	13	95
		4	1	1	3	2	1		12
	20≦重量<30	2		1	2		4	3	12
		3	1	4	7	5	5	4	29
		4			3	1	6	1	15
	30≦重量<40	2	2		2				6
		3	4		1	3	3		14
		4		1		2	3	3	13
		5		1					6
	40≦重量	2			1				3
		3	2		1	2			8
		4			1	1	1	1	8
		5			1	3			9
		6				2		1	9
2		0≦重量<20	2	14	20	11	4	11	9
3	5		3	6	5	4	3	29	
4			1					5	
20≦重量<30	2		2	2			1		7
	3		1	5	5	6	1	21	
	4	1		1			1	7	
30≦重量<40	3					1		4	
	4			1		2		7	
40≦重量	3	1						4	

車線 1 : 走行 車線 2 : 追越

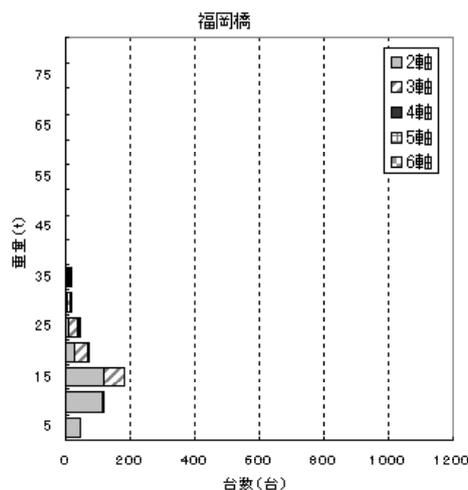


図-4.2.1 軸数ごとの車両重量頻度分布

(2) 北陸橋

表-4.2.2 台数集計

車線	重量	軸数	時刻(h)						合計
			09~10	10~11	11~12	12~13	13~14	14~15	
1	0 ≤ 重量 < 20	2	13	16	6	9	7	10	61
		3		4	4		6		14
		5		1					1
	20 ≤ 重量 < 30	2	1	7	4	4	3	2	21
		3	15	6	9	3	7	26	66
		4		1					1
	30 ≤ 重量 < 40	2	3	3	4	1			11
		3	3	1	6	3	2	6	21
		4	1		2		2	2	7
	40 ≤ 重量	2				2	1		3
		3	3	7	2	2	1	3	18
		5				1			1
2	0 ≤ 重量 < 20	2	39	32	51	29	43	34	228
		3	22	16	24	22	25	19	128
		4	1	5	3	4	3	4	20
		5				1			1
	20 ≤ 重量 < 30	2	1		3	6	2	1	13
		3	4	3	2	3	3	4	19
		4	1					1	2
	30 ≤ 重量 < 40	2		1	2	1		1	5
		3		1	1			1	3
		4		1		2	2	3	8
		5			1				1
	40 ≤ 重量	2		1			1	1	3
		3				1		1	2
		4						1	1
	エラー	2		5	3	3	5	2	18
		3		1	3	1			5
		4		1					1

車線 1 : 走行 車線 2 : 追越

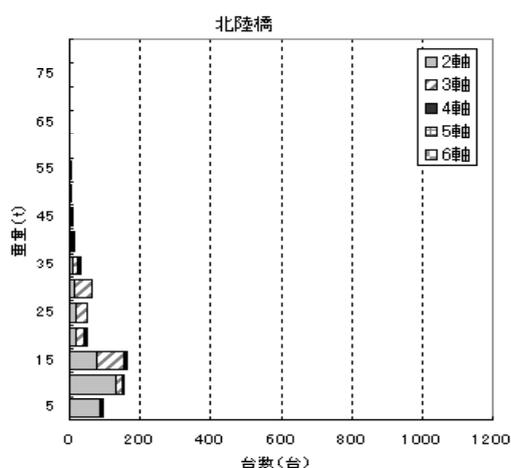


図-4.2.2 軸数ごとの車両重量頻度分布

(3) 住吉川橋

表-4.2.3 台数集計

車線	重量	時刻 (h)													合計
		21~ 22	22~ 23	23~ 24	0~ 1	1~ 2	2~ 3	3~ 4	4~ 5	5~ 6	6~ 7	7~ 8	8~ 9	9~ 10	
1	0 ≤ 重量 < 20	19	7							9	74	98	117	19	343
	20 ≤ 重量 < 30	8									13	20	6	2	49
	30 ≤ 重量 < 40	2									4	9	2		17
	40 ≤ 重量	2								1	3	7	1		14
	エラー	1									1	2	1		5
2	0 ≤ 重量 < 20	63	13				1			22	129	191	235	48	702
	20 ≤ 重量 < 30	13								6	27	29	19	4	98
	30 ≤ 重量 < 40	4									11	14	2	1	32
	40 ≤ 重量									1	2	8			11
	エラー	4									1	1			6
3	0 ≤ 重量 < 20	30	29	48	66	68	87	89	82	163	56	47	92	16	873
	エラー	4			1			5	3						13

車線 1 : 走行

車線 2 : 追越

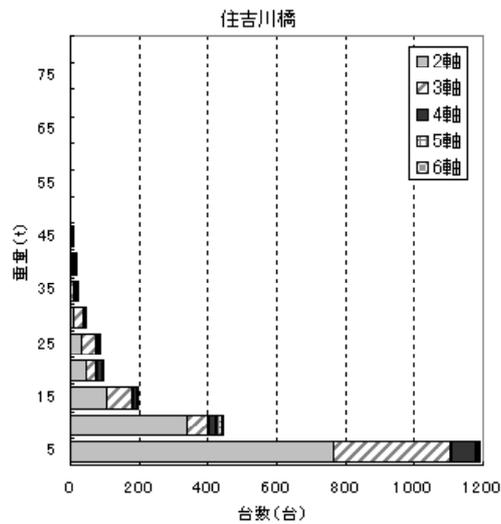


図-4.2.3 軸数ごとの車両重量頻度分布

(4) 岩屋高架橋

表-4.2.4 台数集計

車線	重量	時刻 (h)													合計
		21~ 22	22~ 23	23~ 24	0~ 1	1~ 2	2~ 3	3~ 4	4~ 5	5~ 6	6~ 7	7~ 8	8~ 9	9~ 10	
1	0≦重量<20	10	4	3	4	6	7	2	7	9	26	46	35	17	176
	20≦重量<30		1				2	1	4	4	5	3	3		23
	30≦重量<40						1	1	3	1		1			7
	40≦重量				1										1
	エラー	1	2											2	5
2	0≦重量<20	17	17	8	9	12	14	15	24	40	58	76	52	22	364
	20≦重量<30	5	4	7	6	6	9	7	7	24	7	7	3	2	94
	30≦重量<40	1	1		1	2	1	1	3	3	3		1		17
	40≦重量	1							2		1				4
3	0≦重量<20	9	7	17	22	25	27	33	32	30	28	36	72	18	356
	20≦重量<30	1	5	10	7	11	10	15	7	7	2	6	10	1	92
	30≦重量<40	2	1		1	1	2	1	4	3	2	2	1		20
	40≦重量	1	1												2
	エラー								1				1		2

車線 1 : 走行

車線 2 : 追越

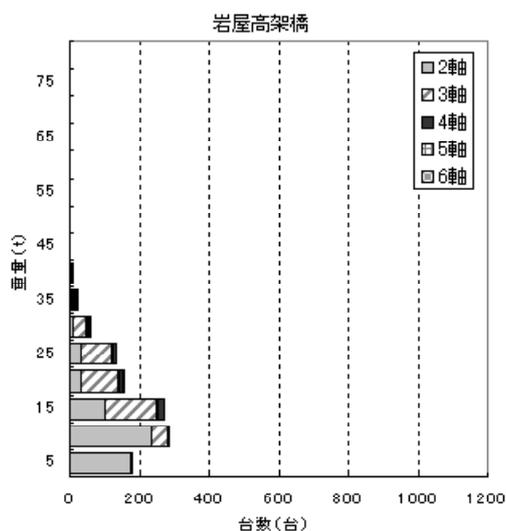


図-4.2.4 軸数ごとの車両重量頻度分布

(5) 芦屋川橋

表-4.2.5 台数集計

車線	重量	刻 (h)												合計
		21~ 22	22~ 23	23~ 24	0~ 1	1~ 2	2~ 3	3~ 4	4~ 5	5~ 6	6~ 7	7~ 8	8~ 9	
1	0 ≤ 重量 < 20	32	20	17	8	9	11	13	16	29	37	43	50	285
	20 ≤ 重量 < 30	14	5	5	1	6	2	7	9	17	30	31	16	143
	30 ≤ 重量 < 40	3	2	1	2	2	2	2	3	5	10	9	6	47
	40 ≤ 重量	1	3		2	1	3		2	1	9	6	1	29
	エラー									2			3	5
2	0 ≤ 重量 < 20	14	17	7	16	3	7	21	24	50	63	90	49	361
	20 ≤ 重量 < 30	5	2	1	2	2	2	9	3	6	18	15	16	81
	30 ≤ 重量 < 40		2	1		1			3	2	5	7		21
	40 ≤ 重量		1						1	2	2	8		14
	エラー										2		4	6
3	0 ≤ 重量 < 20	33	25	18	22	32	26	16	33	39	78	95	65	482
	20 ≤ 重量 < 30	9	12	14	23	21	20	22	27	39	35	33	27	282
	30 ≤ 重量 < 40	4	10	10	8	7	4	6	25	14	24	29	13	154
	40 ≤ 重量	7	6	6	6	5	8	5	14	19	27	20	10	133
	エラー		2							7		3	10	22

車線 1 : 走行

車線 2 : 追越

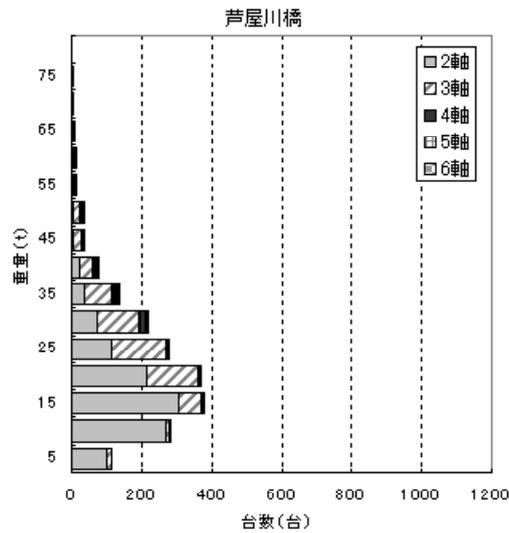


図-4.2.5 軸数ごとの車両重量頻度分布

4.2.2 全車両リスト

全車両リストからは、車両が通過した時刻、走行速度、軸数、軸重、総重量、軸間距離が分かる。検証 no.6 ～ 9 について、これらのデータを用いた分析例を以下に示す。

(1) 甲子橋

表-4.2.6 台数集計

計測箇所	方向	車線	通過台数(平日72時間)					平均通過台数 (台/日)	
			2軸車	3軸車	4軸車	5軸車	6軸車		合計
甲子橋(国道16号)	東京方面	走行	1,812	4,730	2,601	339	51	9,533	3,178
		追越	542	1,111	345	51	19	2,068	699
		合計	2,354	5,841	2,946	390	70	11,601	3,867
	館山方面	走行	1,616	2,579	1,129	129	18	5,471	1,824
		追越	2,260	2,002	512	41	8	4,823	1,608
		合計	3,876	4,581	1,641	170	26	10,294	3,431

①車両総重量分布 (通過台数)

以下に車両重量分布を示す。東京方面は 14 ～ 16t 付近、館山方面は 12 ～ 14t、14 ～ 16t 付近にピークがあり、重交通路線であるといえる。

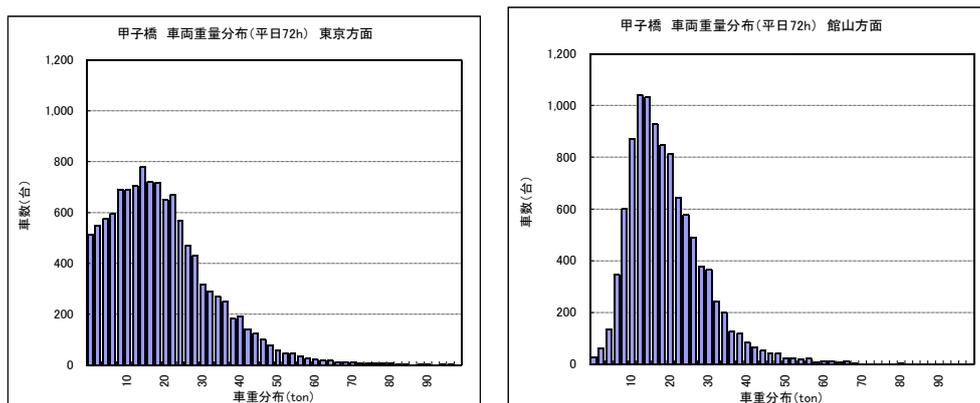


図-4.2.6 車両総重量分布(方向別)

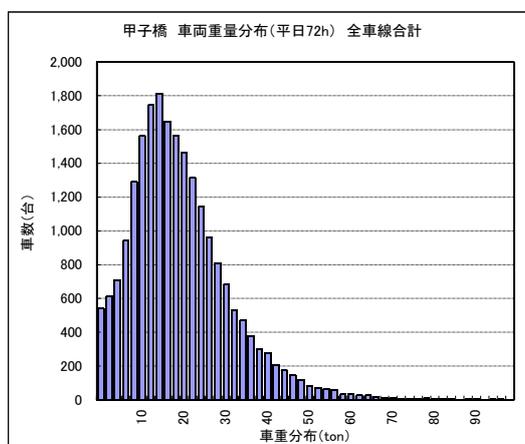


図-4.2.8 車両総重量分布 (全車線合計)

②車両総重量分布(頻度)

各グラフの頻度の合計がそれぞれ 100 %になるように頻度分布に変換した。館山方面の計測結果では明確なピークを持つ分布が見られるが、東京方面の計測結果には明確なピークが見られず、ぼやけた分布となっている。

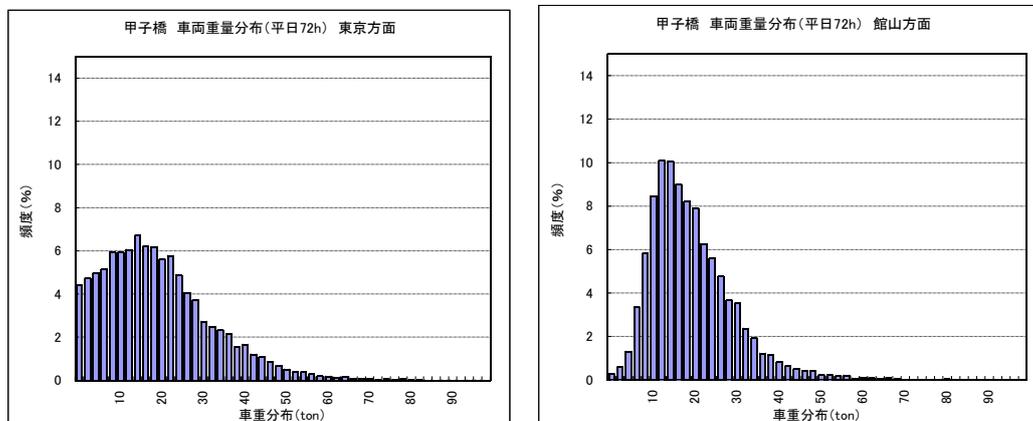


図-4.2.9 車両総重量分布(方向別)

③車両重量分布(軸種毎)

軸種毎に分類した車両重量分布を以下に示す。

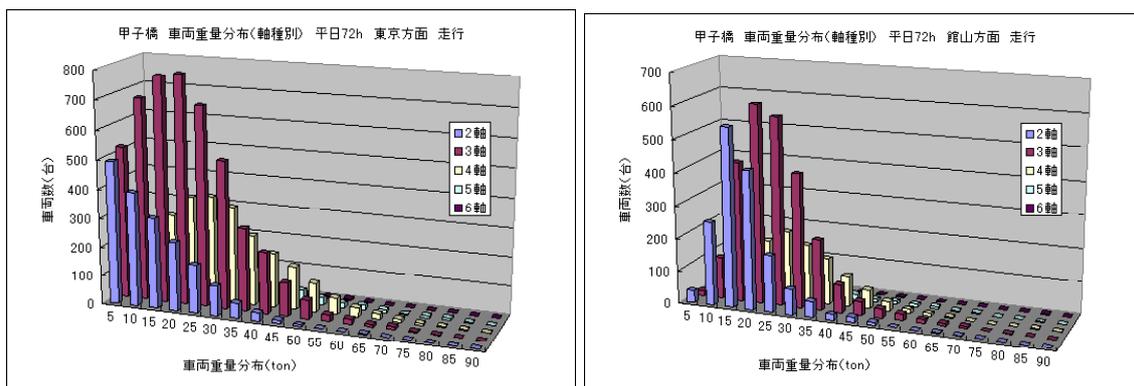


図-4.2.11 車両重量分布(方向別)

④時間別通過台数(軸種別)

3日間 [1 / 20 (火) 12:00 ~ 1 / 23 (金) 12:00] の計測結果を以下に示す。

本システム上、渋滞時は車両重量計算を行うことが出来ない。計測結果より、3日間とも朝の6～10時の間、その前後に対して少ない通過台数となっているが、これは朝のラッシュにより渋滞が発生し、通過車両を取りこぼしている結果であると推定出来る。

通過車両の軸種をみると、両方向とも3軸車以上の通過台数の占める割合が他の路線に比べ高いと考えられる。

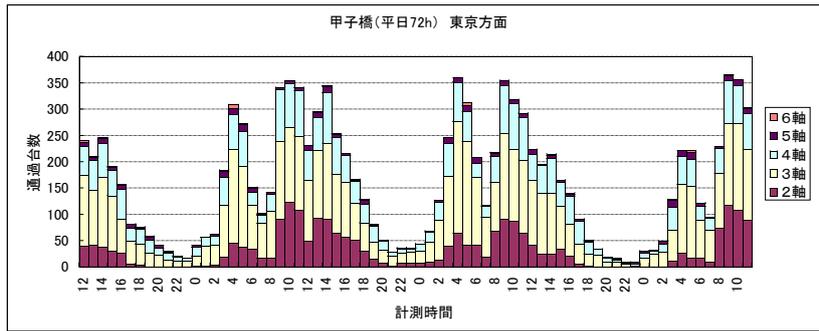


図-4.2.13 時間別通過台数(軸種別) 東京方面

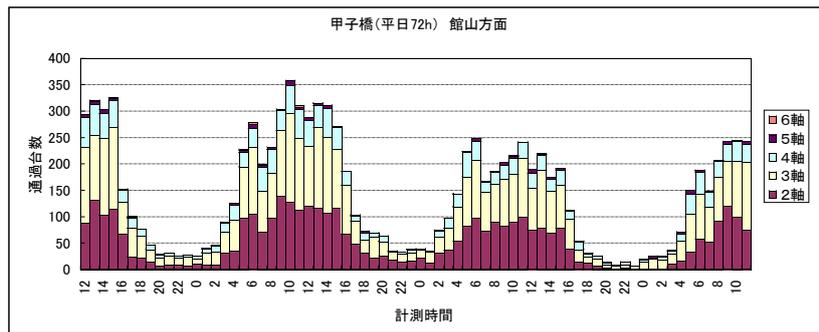


図-4.2.14 時間別通過台数(軸種別) 館山方面

⑤時間別通過台数 (総重量別)

日中は 10t 以上の車両が数多く通過しているが、どちらの方向も夕方 17 時以降交通量が減少し、23～24 時辺りが最も少ない。朝方 3 時頃より再び交通量が日中並になっており、生活道路というよりは工業道路の性格の方が強い路線といえる。

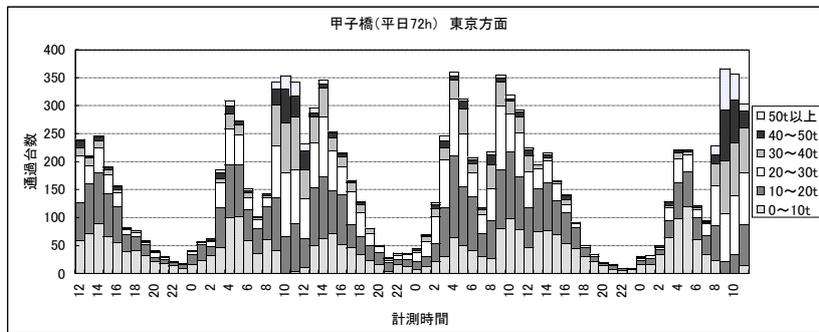


図-4.2.15 時間別通過台数(重量別) 東京方面

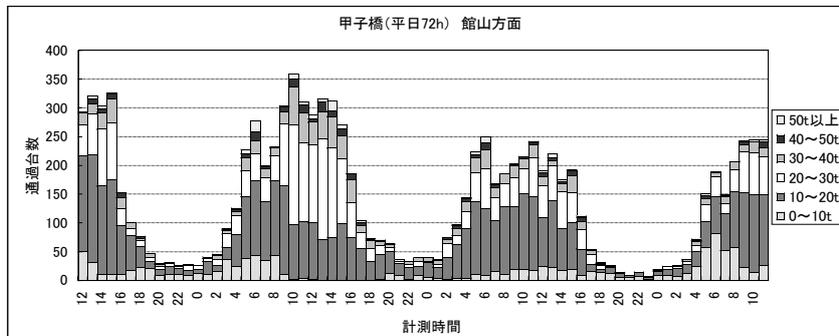


図-4.2.16 時間別通過台数(重量別) 館山方面

⑥時刻歴走行速度

通過した車両の走行速度を通過時間ごとにプロットしたものを図-4.2.17 及び図-4.2.18 に示す。両方向とも近くに信号があり、また交通量も多いことから時速 20 ～ 60km の比較的低い速度で走行している車が多い。

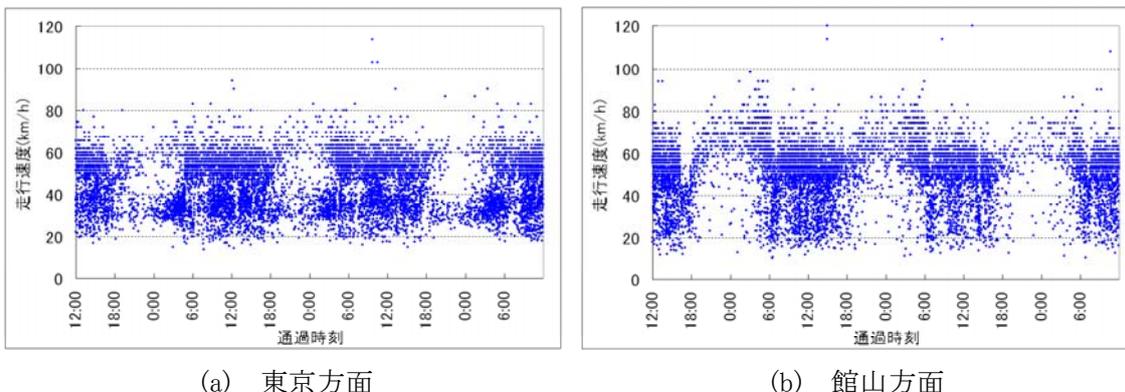


図-4.2.17 時刻歴走行速度

(2) 小山高架橋

表-4.2.7 台数集計

計測箇所	方向	車線	通過台数(平日72時間)					合計	平均通過台数 (台/日)
			2軸車	3軸車	4軸車	5軸車	6軸車		
小山高架橋(国道50号)	下館方面	走行	3,274	2,654	1,037	278	20	7,263	2,421
		追越	1,624	935	229	14	2	2,804	935
		合計	4,898	3,589	1,266	292	22	10,067	3,356
	佐野藤岡IC方面	走行	2,448	2,693	509	65	24	5,739	1,913
		追越	1,946	1,950	313	44	3	4,256	1,419
		合計	4,394	4,643	822	109	27	9,995	3,332

①車両重量分布 (通過台数)

小山高架橋における車両重量分布を以下に示す。両方向とも 6 ～ 10t の範囲 (空車) および 20 ～ 26t の範囲 (積載車) にピークを想定すると、下図に示す様なベル型の分布が推定出来る。

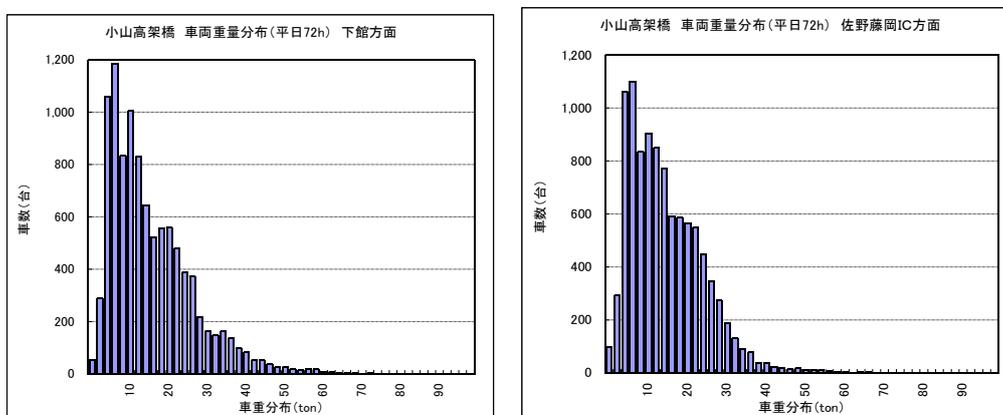


図-4.2.18 車両重量分布(方向別)

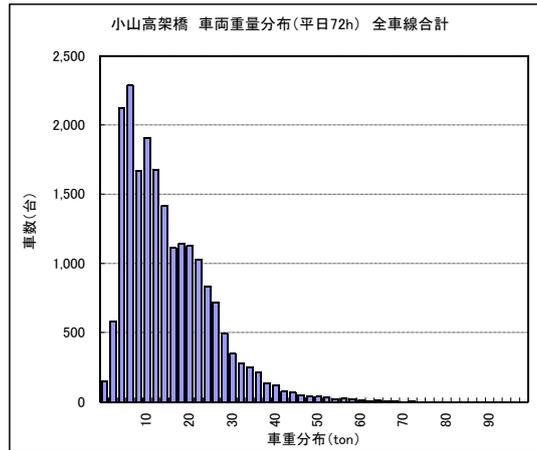


図-4.2.19 車両重量分布(全車線合計)

②頻度分布（車重別）

各グラフの頻度の合計がそれぞれ 100 %になるように頻度分布変換した。

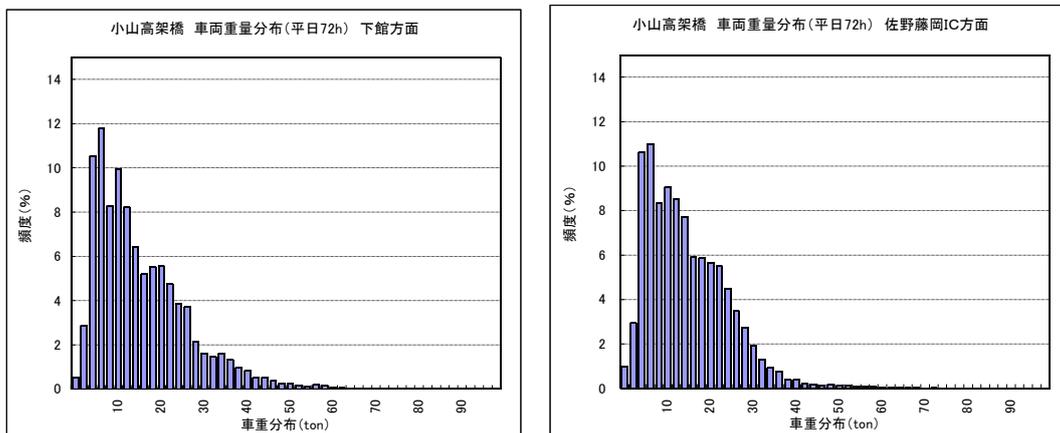


図-4.2.20 車両重量分布(方向別)

③車両重量分布（軸種毎）

軸種毎に分類した車両重量分布を以下に示す。

下館方面は、2軸車（2軸ダンプ、バス等）、3軸車（3軸ダンプ、タンク車等）、4～5軸車（セミトレーラ等）各種大型車が通過しており、各軸車の車重のピークは軸数が大きくなるにつれて大きくなる傾向にある。佐野藤岡IC方面においても同様の傾向がみえるが、5軸車以上の車両の通過は少ない。

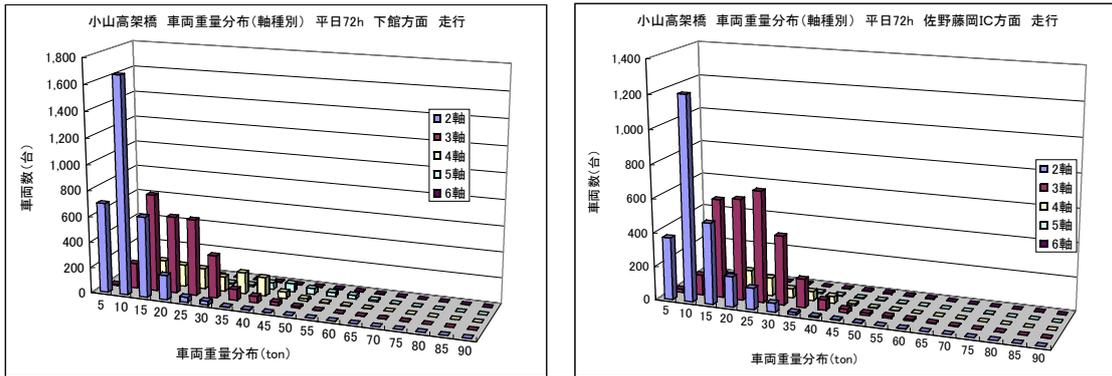
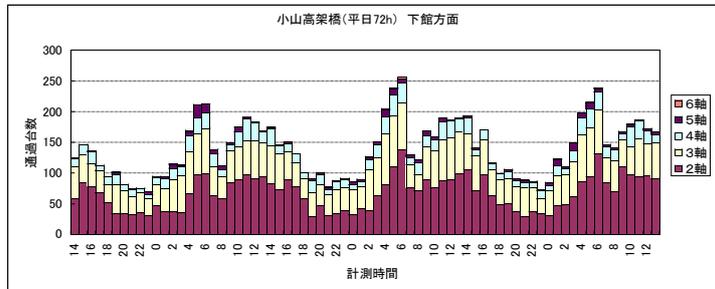


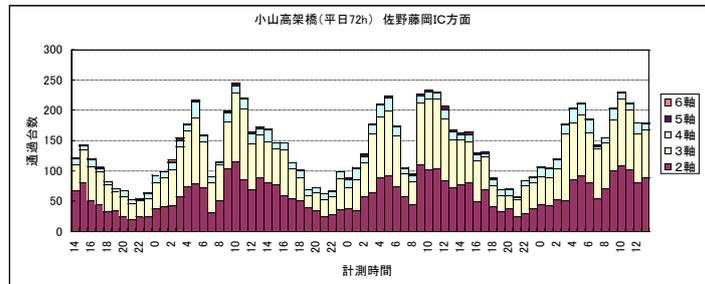
図-4.2.21 車両重量分布(方向別)

④時間別通過台数(軸種別)

両方向とも1日を通じて交通量が多く、深夜においても1時間あたり50台以上の大型車が通過している。



(a) 下館方面

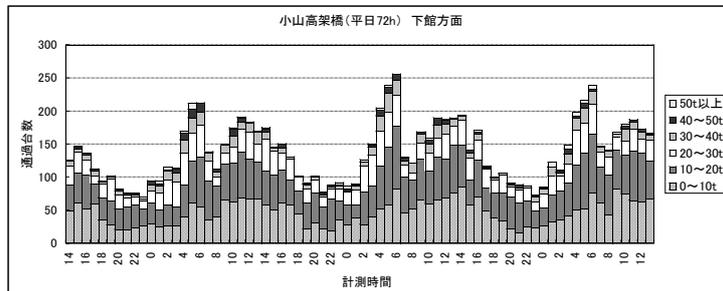


(b) 佐野藤岡IC方面

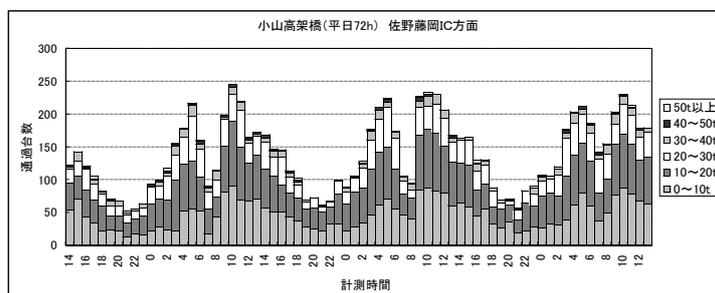
図-4.2.22 時間別通過台数(軸種別)

⑤時間別通過台数（総重量別）

下館方面では早朝4～7時付近に重量の大きい車両がかなり通過していることが分かる。



(a) 下館方面

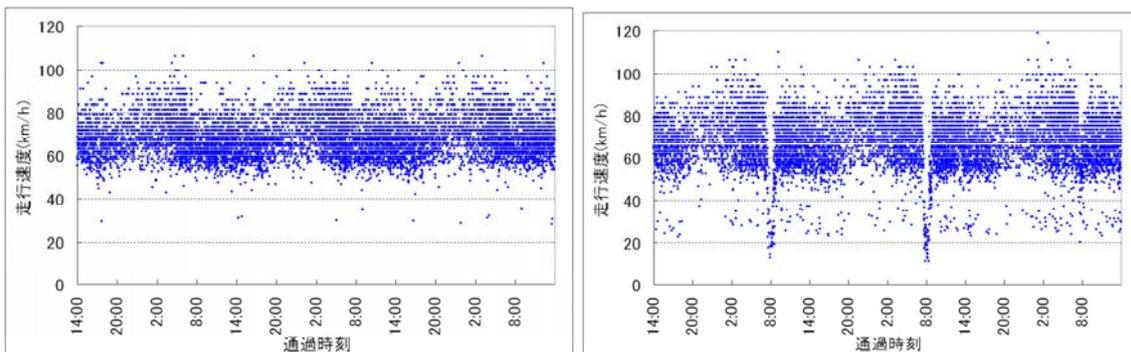


(b) 佐野藤岡IC方面

図-4.2.23 時間別通過台数(重量別)

⑥時刻歴走行速度

交差点や信号がないことから、60～80km/h とかなりの高速度で通過していることがわかる。また、佐野藤岡 IC 方面においては、朝 8 時前後に交通集中による渋滞があったことがわかる。



(a) 下館方面

(b) 佐野藤岡IC方面

図-4.2.24 時刻歴走行速度

(3) 蓮沼橋

表-4.2.8 台数集計

計測箇所	方向	車線	通過台数(平日72時間)					平均通過台数 (台/日)	
			2軸車	3軸車	4軸車	5軸車	6軸車		
蓮沼橋(国道400号)	学園都市方面	走行	2,843	237	64	10	1	3,155	1,052
		追越	2,348	498	40	10	0	2,896	965
		合計	5,191	735	104	20	1	6,051	2,017
	筑波山方面	走行	925	334	95	12	0	1,366	455
		追越	1,543	198	11	2	0	1,754	585
		合計	2,468	532	106	14	0	3,120	1,040

①車両重量分布 (通過台数)

計測結果を以下に示す。

学園都市方面は車重 0 ~ 2t 辺りの車両が卓越しており、筑波山方面は車重 4 ~ 10t 辺りの車両が特に多い。

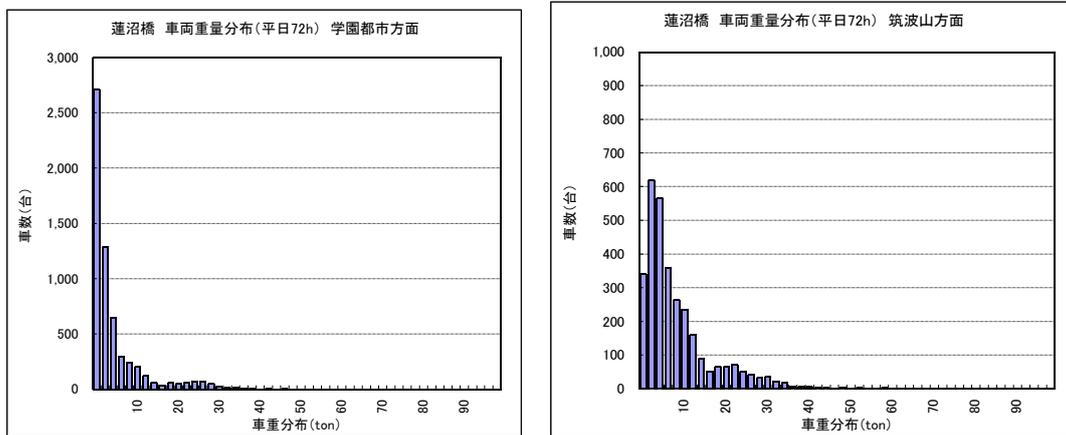


図-4.2.25 車両重量分布(方向別)

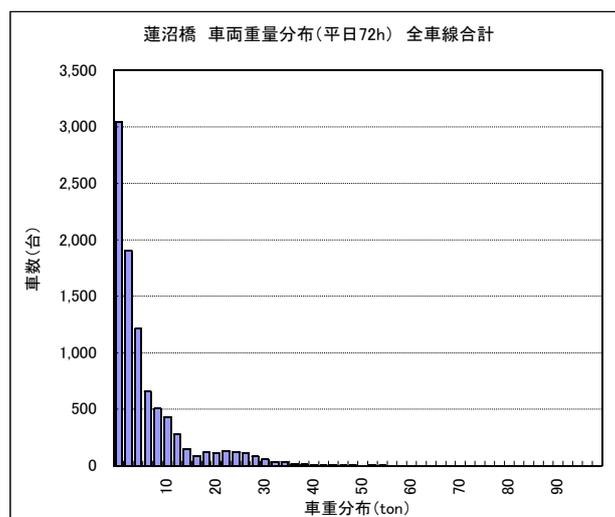


図-4.2.26 車両重量分布(全車線合計)

②頻度分布（車重別）

各グラフの頻度の合計がそれぞれ 100 %になるように頻度分布変換した。

学園都市方面は重量の軽い車両が卓越しているが、24 ～ 26t 辺りにかすかにではあるが、積載車のピークがみられる。また筑波山方面は 4 ～ 6t 辺りに空車のピークが存在し、22 ～ 26t 辺りに積載車のピークが明確に存在する。

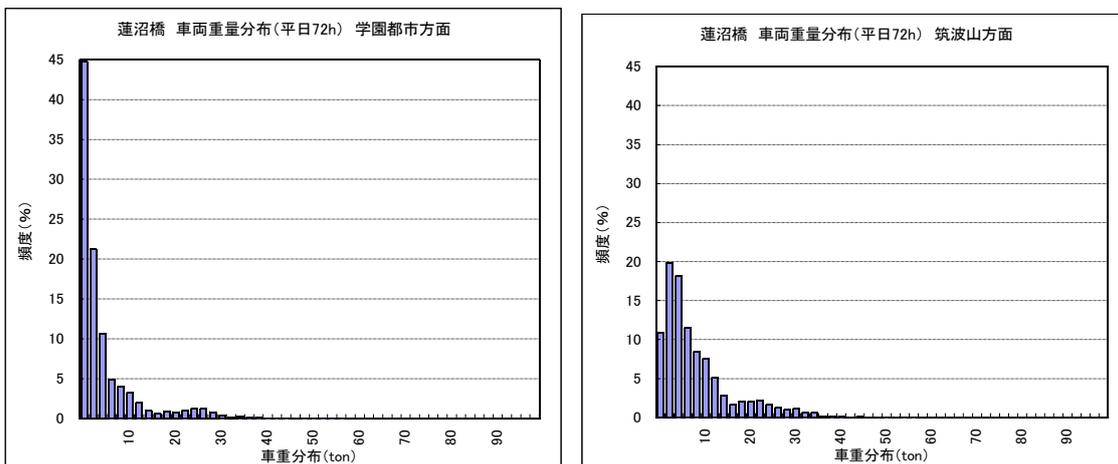


図-4.2.27 車両重量分布(方向別)

③車両重量分布（軸種毎）

軸種毎に分類した車両重量分布を以下に示す。

学園都市方面は通過車両のほとんどが 2 軸車であるが、筑波山方面は、2 軸車だけではなく 3 軸車、わずかではあるが 4 軸車も走行している。

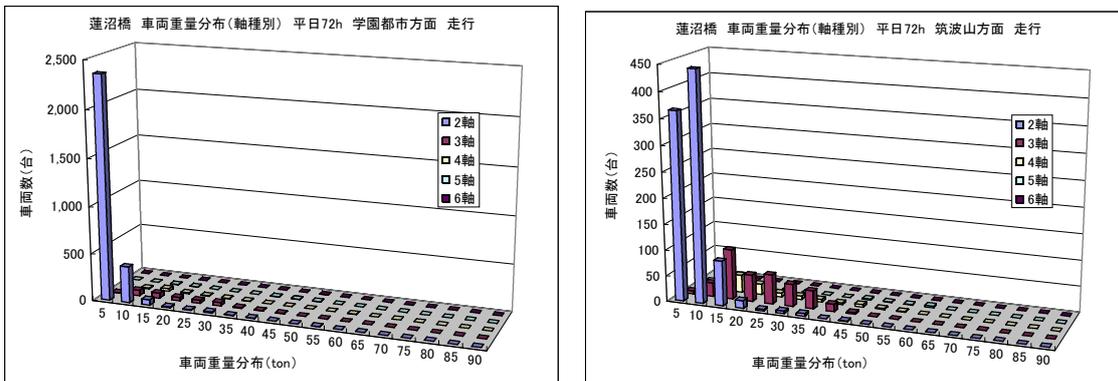
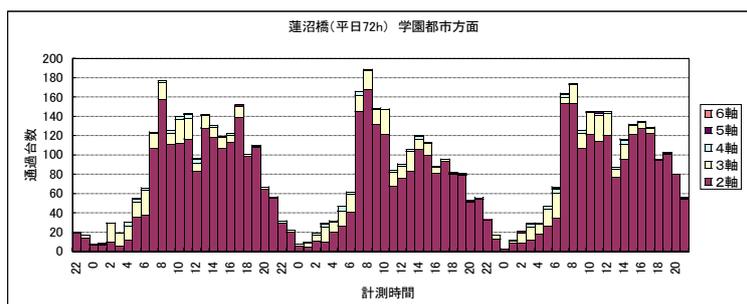
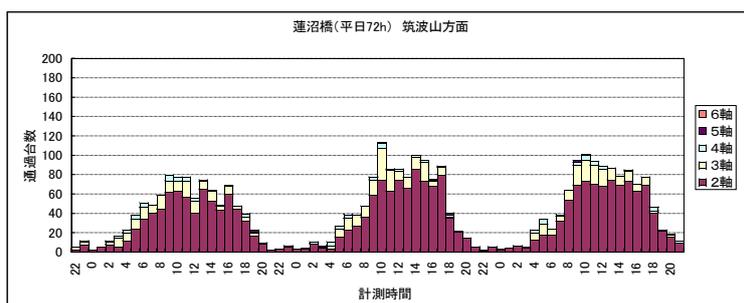


図-4.2.28 車両重量分布(方向別)

④時間別通過台数（重量別）



(a) 学園都市方面

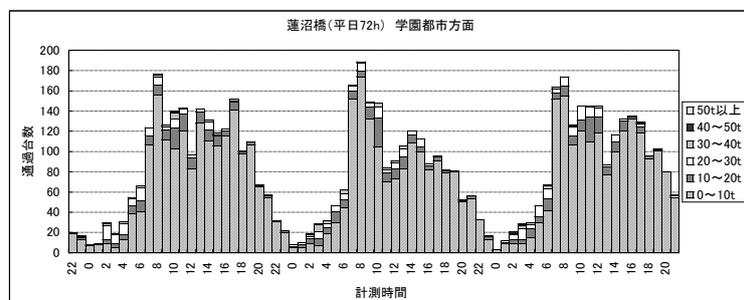


(b) 筑波山方面

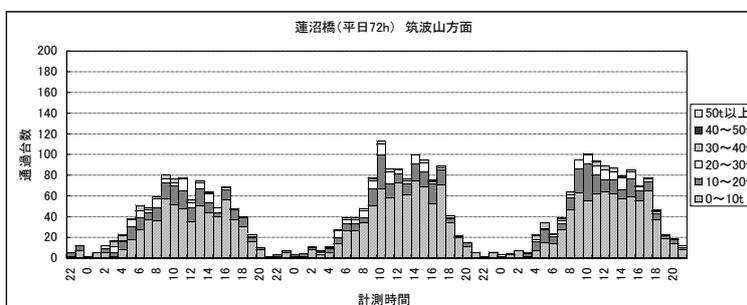
図-4.2.29 時間別通過台数(軸種別)

⑤時間別通過台数（総重量別）

計測結果を以下に示す。学園都市方面は、車重 10t 以下の車両が大半を占めているが、筑波山方面は 1 日を通じて車重 10t 以上の車もある程度走行している。



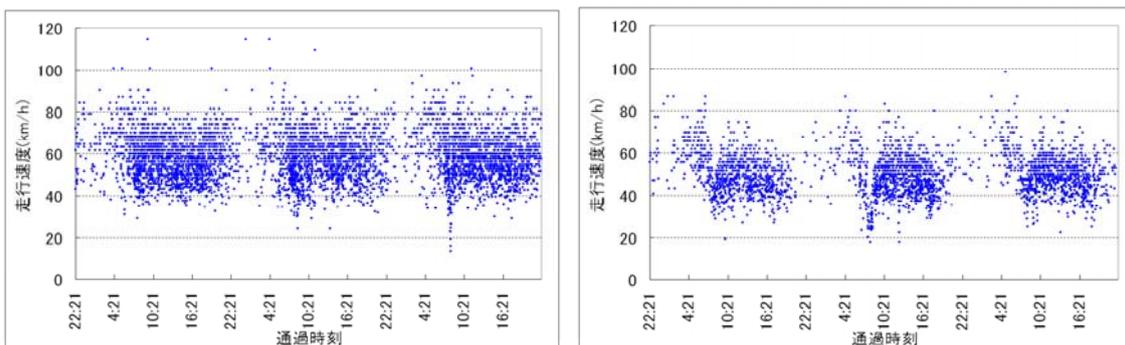
(a) 学園都市方面



(b) 筑波山方面

図-4.2.30 時間別通過台数(重量別)

⑥時刻歴走行速度



(a) 学園都市方面

(b) 筑波山方面

図-4.2.31 時刻歴走行速度

(4) 福岡橋2回目

表-4.2.9 台数集計

計測箇所	方向	車線	通過台数(平日72時間)					平均通過台数 (台/日)	
			2軸車	3軸車	4軸車	5軸車	6軸車		
福岡橋(国道354号)	谷田部IC方面)	走行	1,540	1,202	517	47	13	3,319	1,106
		追越	1,334	632	240	10	0	2,216	739
		合計	2,874	1,834	757	57	13	5,535	1,845
	水海道方面	走行	2,118	1,307	673	56	28	4,182	1,394
		追越	1,228	794	349	27	0	2,398	819
		合計	3,346	2,101	1,022	83	28	6,580	2,213

①車両重量分布 (通過台数)

計測結果を以下に示す。走行台数に若干の差はあるが、各方面とも類似した分布をしている。

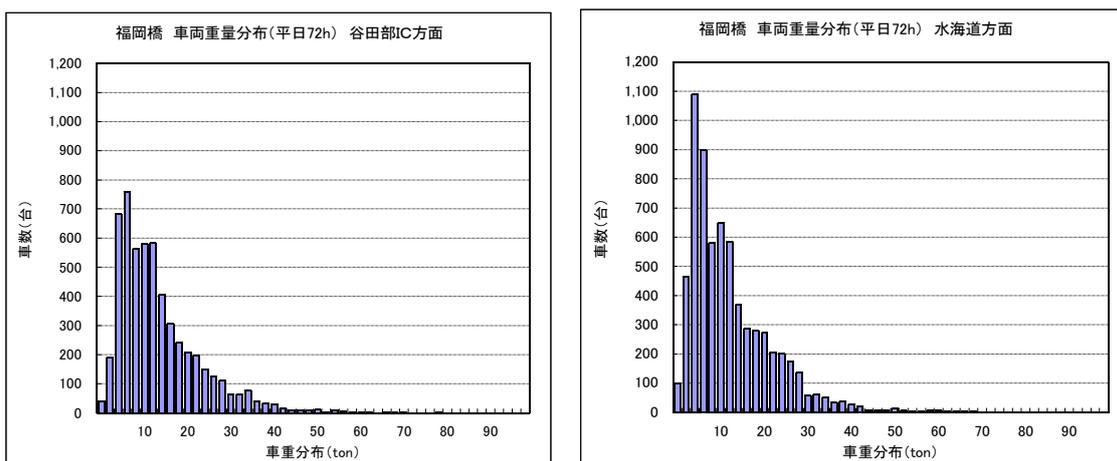


図-4.2.32 車両重量分布 (方向別)

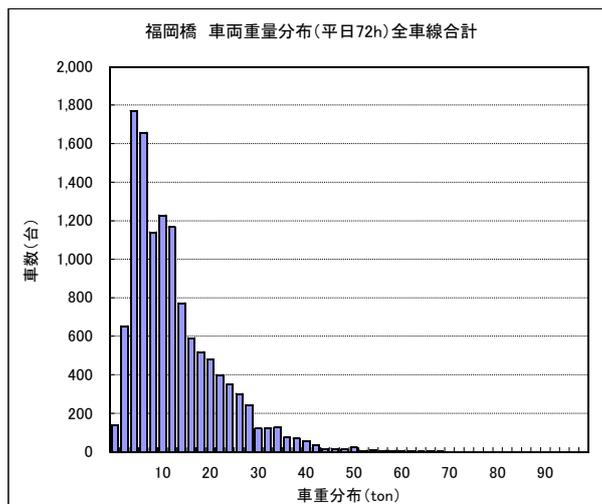


図-4.2.33 車両重量分布(全車線合計)

②頻度分布 (車重別)

明確なピークではないが、両方面とも空車と積載車の2つのピークが混在していると推定出来る。

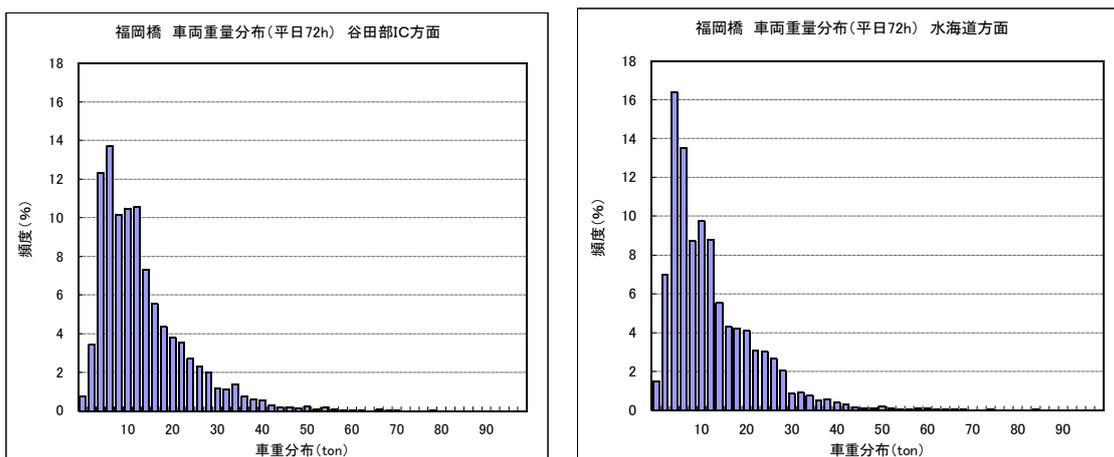


図-4.2.34 車両重量分布(方向別)

③車両重量分布（軸種毎）

軸種毎に分類した車両重量分布を以下に示す。両方面ともに、2軸車（2軸ダンプ、バス等）、3軸車（3軸ダンプ、タンク車等）、4軸車（セミトレーラ等）各種大型車が通過しており、各軸車の車重のピークは軸数が大きくなるにつれて大きくなる傾向にある。

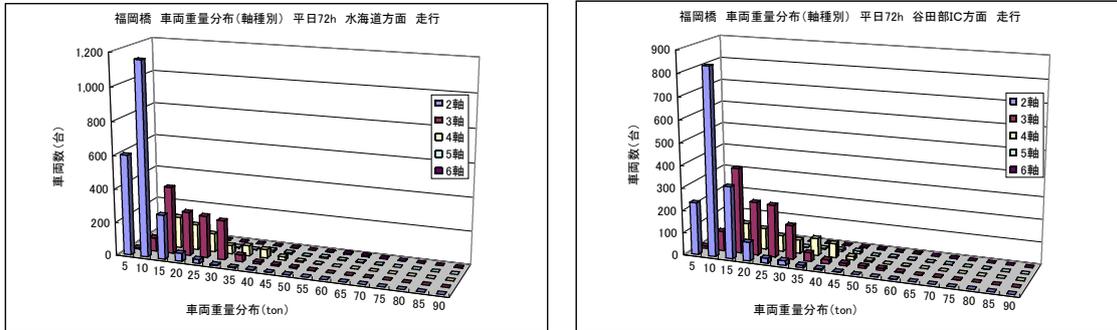
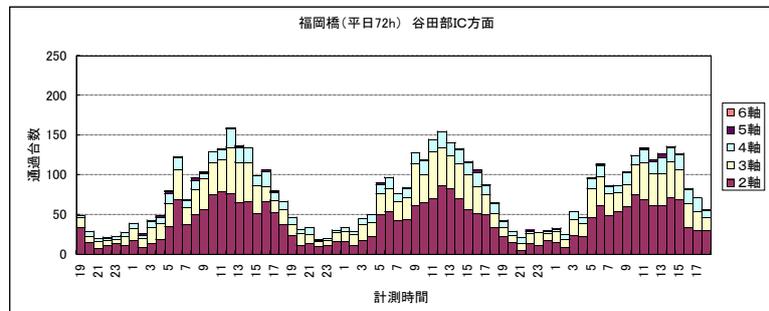
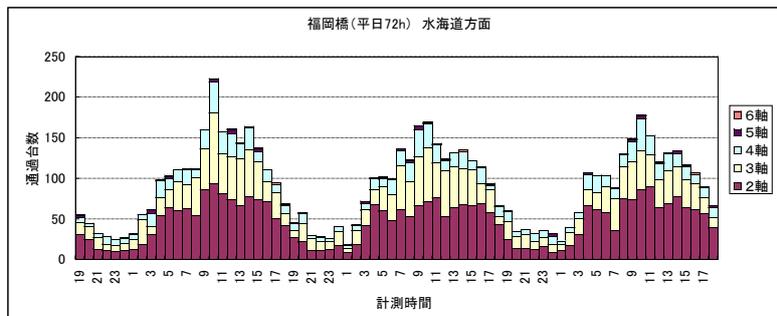


図-4.2.35 車両重量分布（方向別）

④時間別通過台数（車重別）



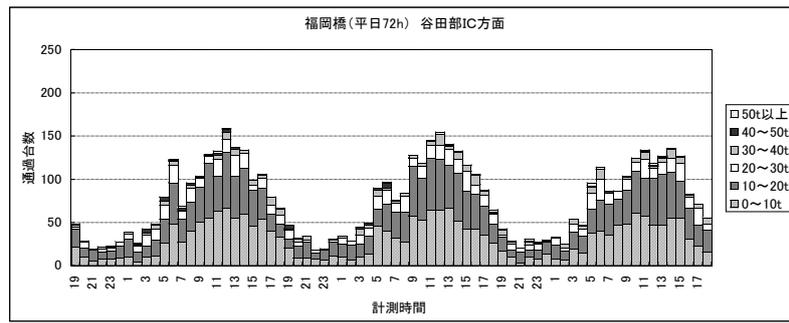
(a) 谷田部IC方面



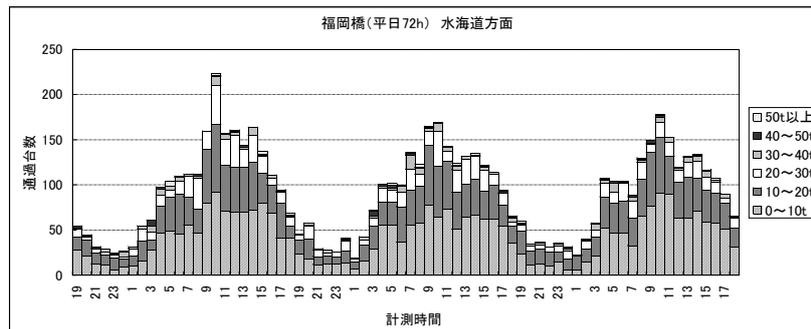
(b) 水海道方面

図-4.2.36 時間別通過台数(重量別)

⑤時間別通過台数（総重量別）



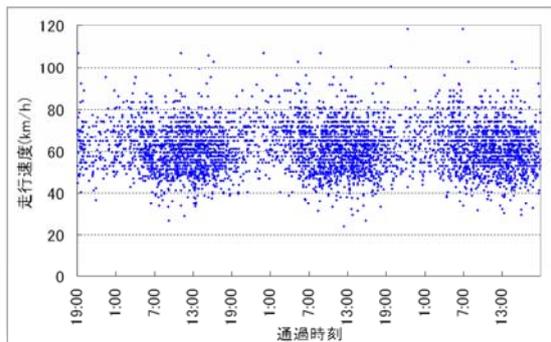
(a) 谷田部IC方面



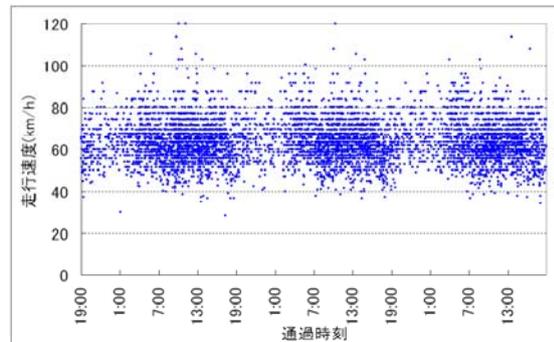
(b) 水海道方面

図-4.2.37 時間別通過台数(重量別)

⑥時刻歴走行速度



(a) 谷田部IC方面



(b) 水海道方面

図-4.2.38 時刻歴走行速度

4.3 留意点

一般交通条件下における実測結果から得られた本システム適用上の留意点について以下に示す。

4.3.1 計測時のエラー

連続計測の中で、エラーを表示した件数を表-4.3.1 に、北陸橋におけるエラーの表示例を表-4.3.2 に示す。ここでいうエラーとは、総重量が負の値を算出したものをいう。

表-4.3.1 では各橋梁の算出データのうち3%エラーが生じる場合があることを表している。

表-4.3.1 実交通分析

橋梁	error(件数)	データ数	算出割合
福岡橋	0	634	100%
北陸橋	24	683	97%
住吉川橋	24	2163	99%
岩屋高架橋	7	1163	99%
芦屋川橋	33	2065	98%
合計	88	6708	98.7%

表-4.3.2 北陸橋におけるエラー表示の例(全車両リストより)

ID	mydate	時刻	shasen	vel	P_sig	重量	n_j iku	P1	P2	P3	L1	L2
308	2002/9/11 11:39	11~12	2	26.4	-5.7	エラー	3	-1.9	-1.9	-1.9	3.3	1.4
309	2002/9/11 11:39	11~12	2	29	11.1	0 ≤ 重量 < 20	2	77.5	-66.3	0	4.9	0
310	2002/9/11 11:40	11~12	1	32.6	30.6	30 ≤ 重量 < 40	2	-0.8	31.4	0	3.2	0
311	2002/9/11 11:40	11~12	2	37.7	25.1	20 ≤ 重量 < 30	2	58.5	-33.4	0	5.2	0

総重量において負の値を算出する原因としては、図-4.2.1 に示す計測波形より、交通量の多い橋梁などにおいて、橋梁上の他の車両の影響を受け、RC床版下面で計測した波形に乱れが生じたためである。

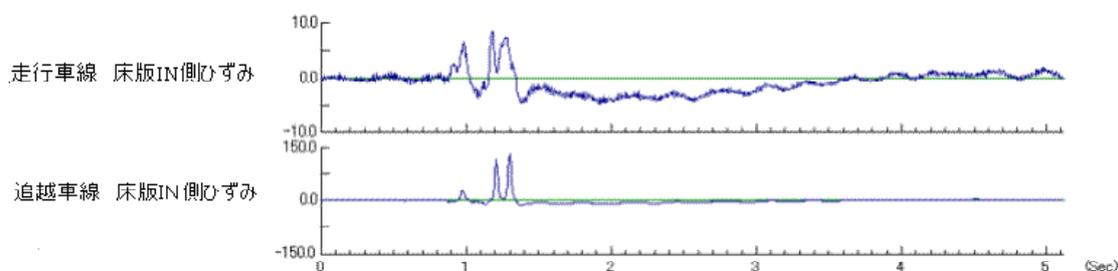


図-4.3.1 エラー生じた波形の例 (RC床版下面)

計測波形の乱れの原因として、他車線の影響が大きい位置に設置したことなどがあげられる。正確な計測を行うために、RC床版下面に設置するひずみゲージは、以下の項目に留意してRC床版のひずみゲージを貼り付けることに留意する必要がある。

- ①同一床版内に複数車線の高感度ひずみ計を設置しないこと。
- ②可能な限り両サイドの車輪直下に高感度ひずみ計を設置すること。

その他の原因としては、計測時に設定した感度が良すぎるため、他車線の影響を大きく受けたことがあげられる。

しかし、感度の設定を下げすぎてしまうと、車両軸を取りこぼしてしまう可能性があるため、感度を設定する際には、細心の注意が必要である。

4.3.2 過大な車両

甲子橋（国道 16 号）において本計測における最大荷重車（車重 128.0ton，6 軸）を計測した。計測波形を図-4.3.2 に示す。

本ケースでは、車両は単独走行しており、また実測ひずみと計算ひずみの影響線が類似していることから、計測ミス等ではなく実際に走行した車両であると考えられる。

また軸間距離より、形状に近いと思われるトレーラを図-4.3.3 に示す。

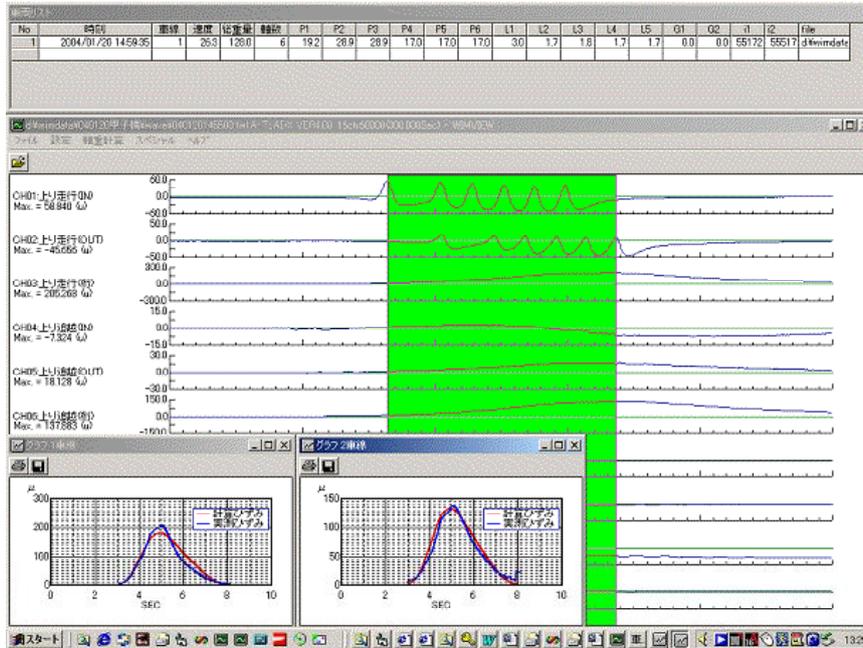


図-4.3.2 最大荷重車走行時の実測波形と計算結果

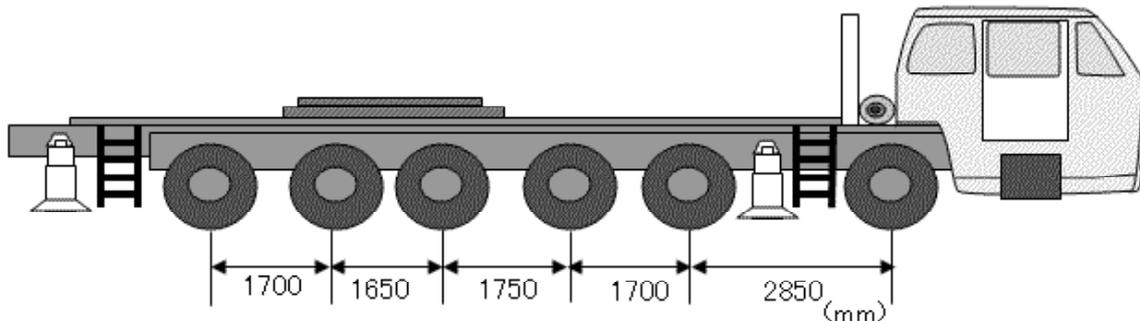


図-4.3.3 走行した最大荷重車に近いと推定されるクレーン用台車イメージ