

卷末資料-6. 合流支援情報提供システム
(DAY1 システム) の効果検証実験結果

合流支援情報提供システム(DAY1システム)の 効果検証実験結果

1. 実証実験の概要(全体)

■ 実験目的

合流支援情報提供システム(DAY1システム)の検証
 ※ 車両検知センサ(DAY1)の精度確認実験を共同研究
 独自で実施

■ 実施主体

内閣府SIP(国総研は技術協力)

■ 実験期間

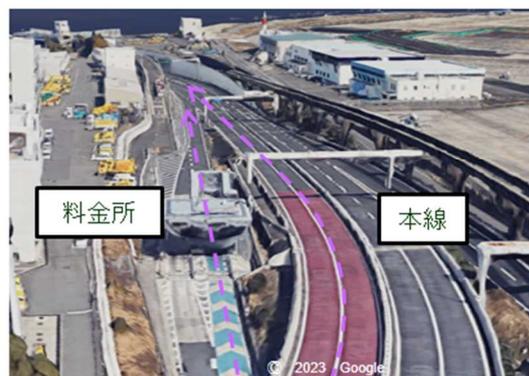
2020年3月～2021年3月

■ 実験箇所

首都高速道路1号羽田線 空港西IC

■ 実験参加者

29機関
 (自動車メーカー、部品メーカー、大学等)
 ※ 東京臨海部実証実験全体の参加者数



首都高速道路1号羽田線 空港西IC

出典: Google mapをもとに作成

1. 実証実験の概要(機器配置)



※ 加速車線長は、ソフトノーズ端(加速車線起点)からテーパーにより幅員2.5mに絞られた位置までの距離

1. 実証実験の概要(共同研究としての評価項目)

評価項目	評価内容	頁数
合流支援情報提供システムの評価	到達計算時刻の正確性	13
	センサの速度計測精度	10, 11
	等速直線運動に対する影響要因	14, 15
	車長計測の正確性	16-19
	車間時間の正確性	22-24
	車両の検知率	25-27
	遅延(センサ検知～車載器受信)	30
	天候の影響	12, 20-21
	インフラ設置条件の検証	31-38
自動運転車による提供情報の活用評価	その他(トラブル等)	—
	合流支援情報の活用評価	—
	ハンドオーバー要求への活用評価	—
道路交通への影響	合流がうまくできなかった状況分析	—
	合流部の円滑性向上の評価	—
	合流部の安全性向上の評価	—

※ 「自動運転車による提供情報の活用評価」及び「道路交通への影響」については、自動運転車(自動制御)の走行実績データが入手できていないため、現時点では未評価

2. 評価準備(評価の元データの収集・整理)

■ 到達計算時刻、速度、車長、車間時間、車両の検知率

データ名		取得日
車両検知センサ 【計測値】	センサA	3日間 (7月2日、7月21日、7月31日)
	センサB	3日間 (7月2日、7月21日、7月31日)
	センサC	2日間 (7月2日、7月31日 (一部))
	センサD	2日間 (7月2日、7月21日)
	センサE	2日間 (7月21日、7月31日)
カメラ画像データ (カメラ①~④) 【真値】		3日間 (7月2日、7月21日、7月31日) ※非渋滞時、渋滞時、雨天時を含む

※ 新型コロナウイルスの感染拡大の影響により、データが十分に回収できず、取得日にばらつきあり

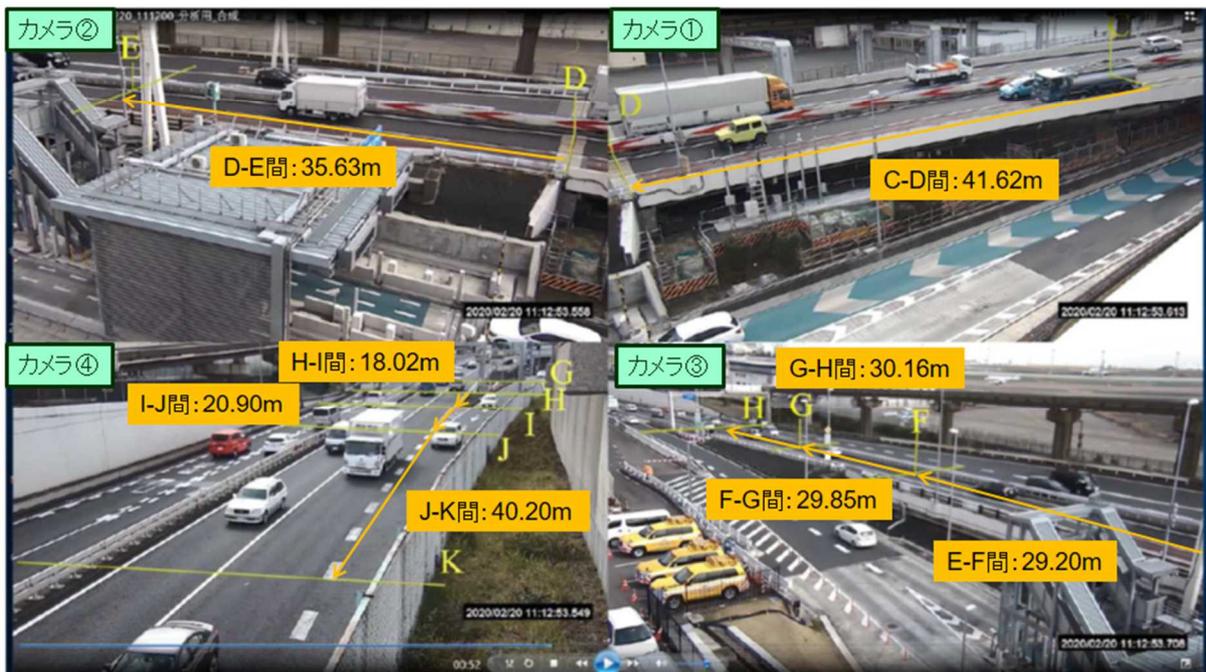
■ 遅延時間

データ名	詳細	
路側機ログ時刻データ 【計測値】	センサでの情報検知～ 情報生成	車両検知センサで情報検知してから配信 情報が生成されるまでの時間 (N=105)
	情報生成～路側センサ 情報受信	配信情報が生成してから路側センサが情 報受信するまでの時間 (N=100)
	路側センサ情報受信～ 車載器の受信	路側センサが情報受信してから情報提供 し車載器が受信するまで (車載器の受信 応答を把握するまで) の時間 (N=100)

4

2. 評価準備(評価データの作成)

- ・ 空港西IC周辺に設置されたカメラ(カメラ①~④)の映像をもとに、各車両が断面C~Kを通過した時刻と車種を読み取り、センサ計測値と比較する評価データ(「真値」)を作成



5

2. 評価準備(対象車両のマッチング方法)

- センサの検知断面とカメラでの読取断面(断面C及び断面D)は一致しないため、断面C及び断面Dの通過時刻読取結果と各センサの検知時刻をもとに車両をマッチング
- センサは断面Dに近いため、断面Dに近い時刻をもとに整理

車両ID	断面通過時刻		車両No (日毎の通し番号)		
	断面C	断面D	センサA	センサB	...
1	9:00:00.534	9:00:05.207	11787	6473	...
2	9:00:04.606	9:00:09.606	11790	6474	...
3	9:00:10.274	9:00:15.857		6475	...
4	9:00:12.274	9:00:18.921	11791	6476	...
5	9:00:14.888	9:00:21.724	11792	6477	...
6	9:00:16.457	9:00:24.690	11794	6478	...
7	9:00:19.824	9:00:28.198	11796	6479	...
...



6

2. 評価準備(センサの稼働状況の確認)

- センサの稼働状況をセンサ自己診断結果で収集し、極力、“異常”がない時間帯を抽出
- 正常以外(汚れ、異常、故障など)が含まれる場合を“異常”として整理

センサ自己診断結果 提出様式

診断年月日時分秒	自己診断結果						
	0=不明	1=正常	2=汚れ	3=異常	4=故障	5=検知不能	6=点検中
2020/1/1 0:00:00.5		○					
2020/1/4 23:15:29.6				○			
2020/1/6 9:01:05.6		○					
...

整理イメージ

日時		センサ稼働状況(0:正常、1:異常)					
自	至	センサA	センサB	センサC	センサD	センサE	合計
7/1 0:00:00	7/1 0:05:00	0	0	0	0	1	1
7/1 0:05:00	7/1 0:10:00	0	1	0	0	1	2
7/1 0:10:00	7/1 0:15:00	0	0	0	0	1	1
...	...						

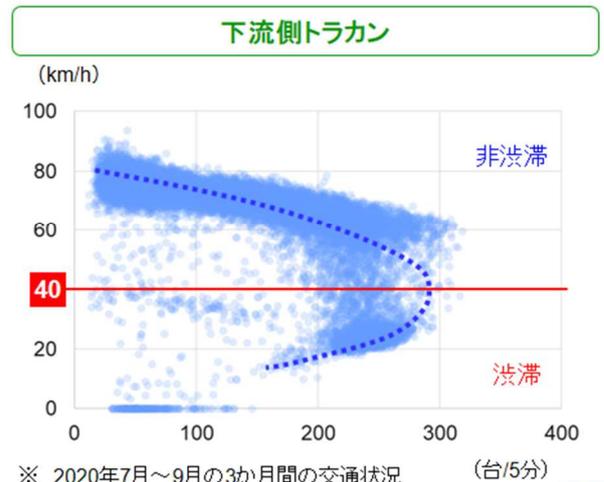
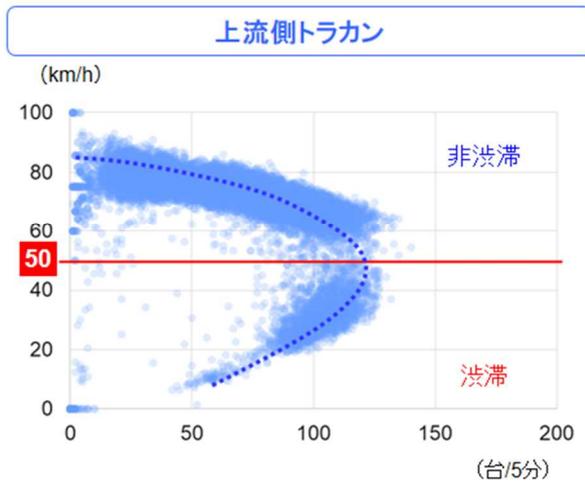
7

3. 評価の基礎情報(対象区間の交通状況の整理)

- 対象区間の上流側・下流側のトラカンデータ(5分間帯の交通量・速度)を活用してQ-V図を作成し、「渋滞」と「非渋滞」を判定
- 上流側・下流側の交通状況を組合せて、交通状況を整理



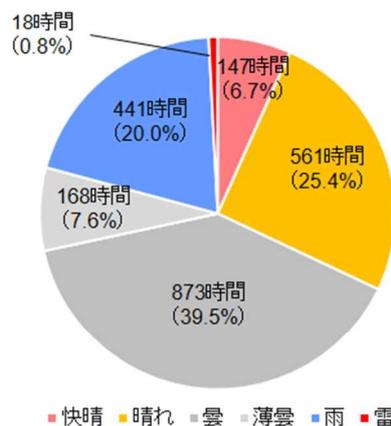
国土地理院撮影の空中写真(2019年)に情報を追記して掲載



※ 2020年7月～9月の3か月間の交通状況
 ※ 上流側のトラカンは交通量に欠測あり

3. 評価の基礎情報(計測時の天候の整理)

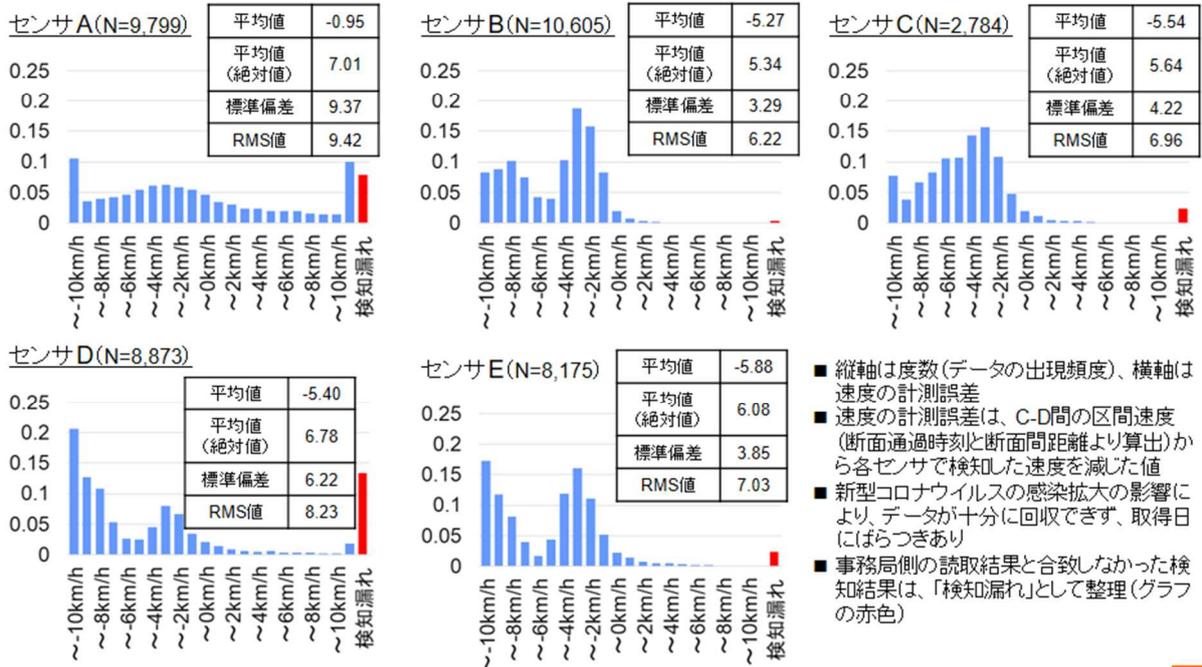
- 東京気象台の気象状況について、1時間毎の天候を整理
- 前述のセンサ・トラカンデータとあわせて5分間帯にあわせて整理(同一時間帯(たとえば10時台)は、すべて同じ天候として整理)



※ 「東京管区気象台管理 観測所名:東京(所在地:千代田区北の丸公園)の気象データを使用
 ※ 天候は、気象庁データ(2020年7月～2020年9月)
 快晴:全雲量が1以下の状態
 晴れ:全雲量が2以上8以下の場合
 曇:全雲量が9以上であって、見かけ上、中・下層の雲が上層の雲より多く、降水現象がない状態
 薄曇:全雲量が9以上であって、見かけ上、上層の雲が中・下層の雲より多く、降水現象がない状態

4. 評価結果(速度の計測誤差:全体)

- 速度の計測誤差は、最も精度の良いセンサで約5km/h(センサB)
- 全てのセンサが、計測誤差がマイナス(区間速度との系統誤差の可能性)



- 縦軸は度数(データの出現頻度)、横軸は速度の計測誤差
- 速度の計測誤差は、C-D間の区間速度(断面通過時刻と断面間距離より算出)から各センサで検知した速度を減じた値
- 新型コロナウイルスの感染拡大の影響により、データが十分に回収できず、取得日にばらつきあり
- 事務局側の読取結果と合致しなかった検知結果は、「検知漏れ」として整理(グラフの赤色)

10

4. 評価結果(速度の計測誤差:交通状況別)

- 速度の計測誤差は、全てのセンサで上流側が渋滞している場合に小さい

(単位: km/h)

交通状況	統計値	センサA		センサB		センサC		センサD		センサE	
		上非, 下非 N=6,220	上非, 下非 N=2,092	上非, 下非 N=6,220	上非, 下非 N=2,092	上非, 下非 N=1,595	上非, 下非 N=801	上非, 下非 N=4,729	上非, 下非 N=1,156	上非, 下非 N=4,810	上非, 下非 N=1,692
上流: 非渋滞 下流: 非渋滞	平均値	-3.10	-6.47	-6.47	-6.47	-8.07	-7.46				
	平均値(絶対値)	6.86	6.49	6.50	8.72	7.48					
	標準偏差	7.66	3.12	4.09	4.81	3.32					
	RMS値	8.27	7.18	7.66	9.39	8.16					
上流: 非渋滞 下流: 渋滞	平均値	1.56	-3.99	-4.37	-4.49	-4.61					
	平均値(絶対値)	7.70	4.12	4.65	8.10	4.92					
	標準偏差	11.16	2.96	4.19	9.67	3.49					
	RMS値	11.27	4.97	6.05	10.66	5.78					
上流: 渋滞 下流: 非渋滞	平均値	-2.52	-4.62	-4.29	-5.55	-9.94					
	平均値(絶対値)	5.81	4.70	4.35	7.36	10.26					
	標準偏差	6.72	2.61	3.89	6.79	3.21					
	RMS値	7.17	5.31	5.79	8.77	10.44					
上流: 渋滞 下流: 渋滞	平均値	3.51	-2.79	該当データなし	-2.88	-2.31					
	平均値(絶対値)	7.05	2.96		3.48	2.90					
	標準偏差	10.41	2.26		3.26	2.56					
	RMS値	10.98	3.59		4.35	3.45					

※ 赤字下線は平均値(絶対値)が最小となる交通状況、青字下線は平均値(絶対値)が最大となる交通状況

11

4. 評価結果(速度の計測誤差:天候別)



- 速度の計測誤差は、「雨」の場合に大きくなるセンサが多い(センサA、B、E)
(センサヘッドに付着した水滴が、計測精度に影響を与えた可能性)

(単位: km/h)

天候	統計値	センサA 晴 N=2,265 曇 N=5,433 雨 N=2,943	センサB 晴 N=2,265 曇 N=5,433 雨 N=2,943	センサC 晴 N=2,265 曇 N=586 雨 N=0	センサD 晴 N=2,265 曇 N=2,428 雨 N=2,943	センサE 晴 N=0 曇 N=5,433 雨 N=2,943
晴	平均値	-0.73	-4.63	-5.62	-4.56	該当データなし
	平均値(絶対値)	6.60	4.67	5.74	8.86	
	標準偏差	9.08	2.23	4.26	10.31	
	RMS値	9.10	5.14	7.05	11.27	
曇	平均値	-0.27	-4.60	-5.22	-6.99	-5.07
	平均値(絶対値)	6.87	4.68	5.23	7.31	5.27
	標準偏差	9.36	3.21	4.05	4.07	3.53
	RMS値	9.37	5.61	6.60	5.79	6.18
雨	平均値	-2.36	-7.01	該当データなし	-6.88	7.41
	平均値(絶対値)	7.58	7.08		7.21	7.59
	標準偏差	9.45	3.49		4.37	3.98
	RMS値	9.74	7.83		8.14	8.41

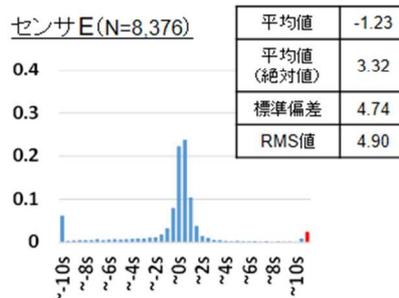
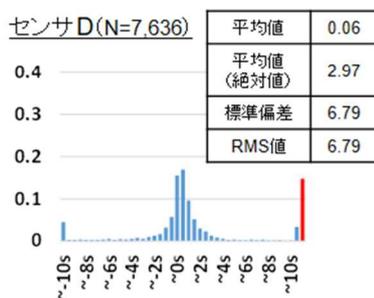
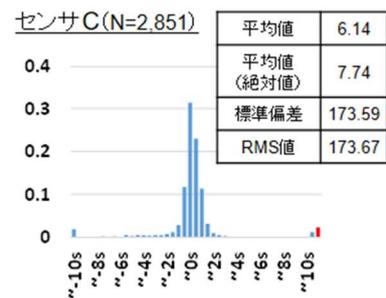
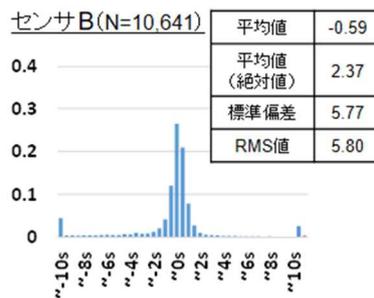
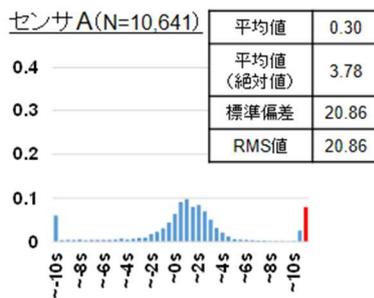
※ 赤字下線は平均値(絶対値)が最小となる天候、青字下線は平均値(絶対値)が最大となる天候

12

4. 評価結果(到達計算時刻の誤差:全体)



- 到達計算時刻の誤差は、最も精度の良いセンサで約2秒(センサB)



- 縦軸は度数(データの出現頻度)、横軸は到達計算時刻の誤差
- 到達計算時刻の誤差は、到達計算時刻からソフトノーズ端の通過時刻を減じた値
- 新型コロナウイルスの感染拡大の影響により、データが十分に回収できず、取得日にばらつきあり
- 事務局側の読取結果と合致しなかった検知結果は、「検知漏れ」として整理(グラフの赤色)

<検知漏れを外した場合のN数>
 センサA:9,799 センサB:10,605 センサC:
 2,784 センサD:6,508 センサE:8,175

13

4. 評価結果(到達計算時刻の誤差:交通状況別)

- 到達計算時刻の誤差は、「上流:非渋滞、下流:非渋滞」が最小、「上流:渋滞、下流:渋滞」が最大(センサA、B、D、E)

(単位:秒)

交通状況	統計値	センサA	センサB	センサC	センサD	センサE
		上非,下非 N=6,220 上渋,下渋 N=2,092 上渋,下非 N=546 上非,下渋 N=1,783	上非,下非 N=6,220 上渋,下渋 N=2,092 上渋,下非 N=546 上非,下渋 N=1,783	上非,下非 N=1,595 上渋,下渋 N=801 上渋,下非 N=455 上非,下渋 N=0	上非,下非 N=4,729 上渋,下渋 N=1,156 上渋,下非 N=546 上非,下渋 N=1,205	上非,下非 N=4,810 上渋,下渋 N=1,692 上渋,下非 N=91 上非,下渋 N=1,783
上流:非渋滞 下流:非渋滞	平均値	0.94	-1.80	-0.14	0.16	0.05
	平均値(絶対値)	1.44	0.50	0.72	0.70	0.47
	標準偏差	1.33	0.72	1.29	0.87	0.47
	RMS値	1.91	0.96	2.53	1.04	0.65
上流:非渋滞 下流:渋滞	平均値	-0.31	-1.48	22.25	-0.10	-2.20
	平均値(絶対値)	5.77	3.90	26.17	5.97	3.03
	標準偏差	19.18	3.78	94.91	3.93	2.32
	RMS値	44.39	8.56	330.21	8.27	5.81
上流:渋滞 下流:非渋滞	平均値	1.56	0.20	0.38	0.81	0.04
	平均値(絶対値)	1.82	0.54	0.60	1.38	1.05
	標準偏差	0.45	0.22	0.41	0.42	0.19
	RMS値	2.15	1.98	1.98	1.89	2.05
上流:渋滞 下流:渋滞	平均値	-1.40	-1.20	該当データなし	-0.38	-4.06
	平均値(絶対値)	9.50	7.67	8.45	7.11	
	標準偏差	5.91	4.31	4.82	3.57	
	RMS値	14.51	10.57	10.17	9.20	

※ 赤字下線は平均値(絶対値)が最小となる交通状況、青字下線は平均値(絶対値)が最大となる交通状況

14

4. 評価結果(到達計算時刻の誤差:合流車の有無別)

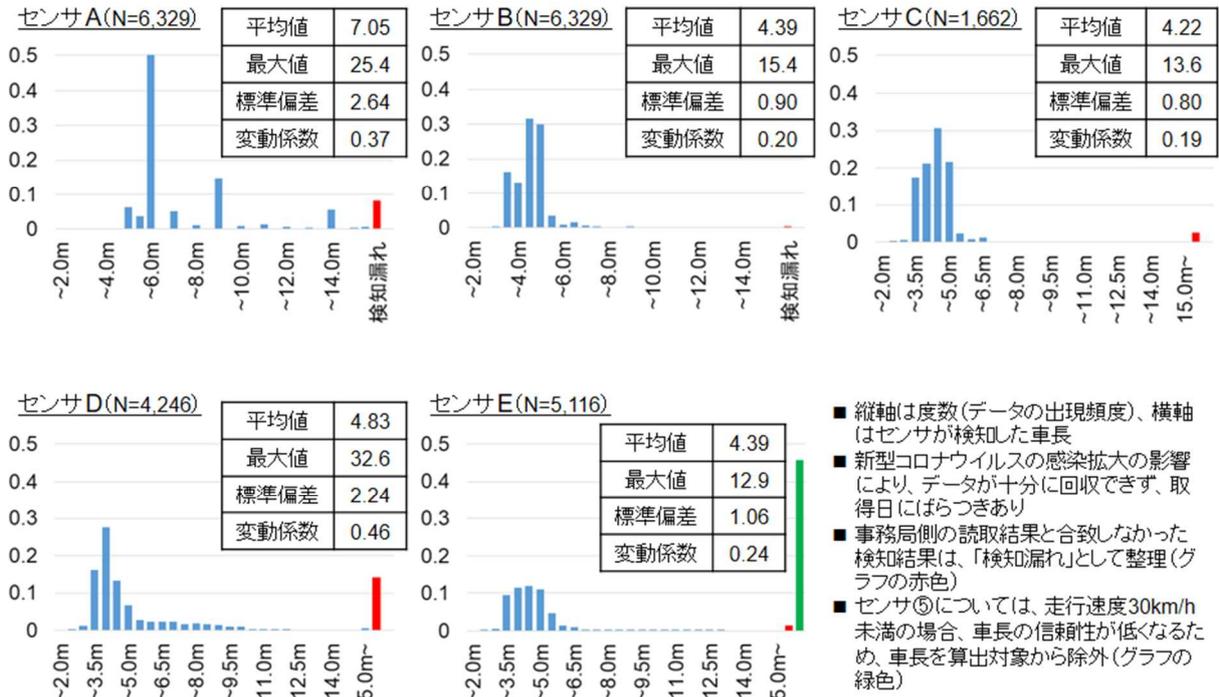
- 到達計算時刻の誤差は、合流車がいる場合に1~2秒大きくなる

(単位:秒)

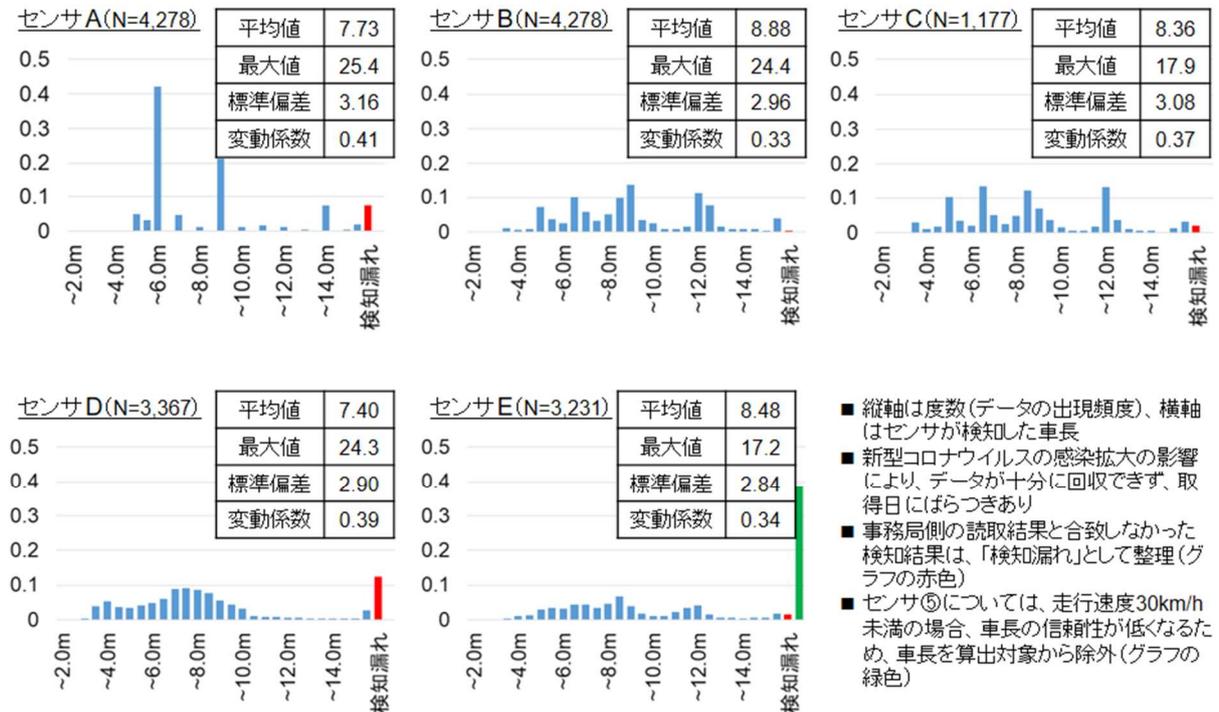
合流車の有無	統計値	センサA	センサB	センサC	センサD	センサE
		合流車なし N=8,652 合流車あり N=1,989	合流車なし N=8,652 合流車あり N=1,989	合流車なし N=2,473 合流車あり N=378	合流車なし N=6,269 合流車あり N=1,367	合流車なし N=6,738 合流車あり N=1,477
合流車なし	平均値	0.52	-0.45	6.88	0.04	-1.02
	平均値(絶対値)	3.55	2.10	8.41	2.76	2.04
	標準偏差	20.32	4.97	137.85	5.61	3.82
	RMS値	22.73	5.53	186.10	5.48	4.45
合流車あり	平均値	-0.64	-1.16	1.21	0.13	4.27
	平均値(絶対値)	4.75	3.51	3.25	3.90	4.27
	標準偏差	4.05	2.95	3.67	3.46	7.54
	RMS値	9.58	6.86	18.28	8.69	9.33
平均値(絶対値)の差(合流あり-合流なし)		1.20	1.41	-5.16	1.14	2.23

15

4. 評価結果(車長:全体) ※普通車の場合



4. 評価結果(車長:全体) ※大型車の場合



4. 評価結果(車長:交通状況別) ※普通車の場合



- 車長のばらつきは、最も精度の良いセンサで**0.16**(変動係数)
- 車長のばらつきは、“上流側が渋滞、下流側が非渋滞”が最小、“上流側・下流側ともに非渋滞”の場合が最大となるセンサが多い(センサA~D)

(単位:m)

交通状況	統計値	センサA	センサB	センサC	センサD	センサE
		上非,下非 N=3,639 上非,下渋 N=1,354 上渋,下非 N=309 上非,下渋 N=1,027	上非,下非 N=3,639 上非,下渋 N=1,354 上渋,下非 N=309 上非,下渋 N=1,027	上非,下非 N=911 上非,下渋 N=492 上渋,下非 N=259 上非,下渋 N=0	上非,下非 N=2,619 上非,下渋 N=687 上渋,下非 N=309 上非,下渋 N=631	上非,下非 N=2,868 上非,下渋 N=1,172 上渋,下非 N=50 上非,下渋 N=1,027
上流: 非渋滞 下流: 非渋滞	平均値	6.92	4.35	4.17	4.69	4.32
	標準偏差	3.80	2.23	1.58	2.70	0.90
	変動係数	0.55	0.51	0.38	0.58	0.21
上流: 非渋滞 下流: 渋滞	平均値	7.13	4.45	4.36	5.29	4.67
	標準偏差	2.58	1.56	1.00	1.70	1.45
	変動係数	0.36	0.35	0.23	0.32	0.31
上流: 渋滞 下流: 非渋滞	平均値	6.80	4.24	4.15	5.48	4.19
	標準偏差	1.15	0.72	0.65	1.04	1.17
	変動係数	0.17	0.17	0.16	0.19	0.28
上流: 渋滞 下流: 渋滞	平均値	7.43	4.53	該当データなし	4.68	4.74
	標準偏差	2.44	1.43		1.43	1.52
	変動係数	0.33	0.32		0.31	0.32

※ **赤字下線**は変動係数が最小となる交通状況、**青字下線**は変動係数が最大となる交通状況

18

4. 評価結果(車長:交通状況別) ※大型車の場合



- 車長のばらつきは、多くのセンサが**約0.15**(変動係数)
- 車長のばらつきは、“上流側が渋滞、下流側が非渋滞”が最小、“上流側・下流側ともに非渋滞”の場合が最大となるセンサが多い(センサA~D)

(単位:m)

交通状況	統計値	センサA	センサB	センサC	センサD	センサE
		上非,下非 N=2,557 上非,下渋 N=729 上渋,下非 N=236 上非,下渋 N=756	上非,下非 N=2,557 上非,下渋 N=729 上渋,下非 N=236 上非,下渋 N=756	上非,下非 N=678 上非,下渋 N=304 上渋,下非 N=195 上非,下渋 N=0	上非,下非 N=2,091 上非,下渋 N=466 上渋,下非 N=236 上非,下渋 N=574	上非,下非 N=1,923 上非,下渋 N=511 上渋,下非 N=41 上非,下渋 N=756
上流: 非渋滞 下流: 非渋滞	平均値	7.68	8.76	8.37	7.41	8.41
	標準偏差	4.07	4.57	3.05	4.02	2.79
	変動係数	0.53	0.52	0.36	0.54	0.33
上流: 非渋滞 下流: 渋滞	平均値	7.70	9.38	8.72	7.29	9.06
	標準偏差	2.22	2.65	1.66	1.90	3.16
	変動係数	0.29	0.28	0.19	0.26	0.35
上流: 渋滞 下流: 非渋滞	平均値	7.26	7.97	7.78	5.95	7.50
	標準偏差	1.08	1.25	1.12	0.99	2.26
	変動係数	0.15	0.16	0.14	0.17	0.30
上流: 渋滞 下流: 渋滞	平均値	8.05	9.11	該当データなし	7.91	8.83
	標準偏差	2.34	2.59		2.31	3.09
	変動係数	0.29	0.28		0.29	0.35

※ **赤字下線**は変動係数が最小となる交通状況、**青字下線**は変動係数が最大となる交通状況

19

4. 評価結果(車長:天候別) ※普通車の場合



- 車長のばらつきは、「曇」、「雨」の場合に大きくなるセンサが多い(センサA、B、D、E)

(単位: m)

天候	統計値	センサA 晴 N=1,101 曇 N=3,279 雨 N=1,428	センサB 晴 N=1,210 曇 N=3,549 雨 N=1,550	センサC 晴 N=1,178 曇 N=273 雨 N=0	センサD 晴 N=1,049 曇 N=1,481 雨 N=1,553	センサE 晴 N=0 曇 N=3,547 雨 N=1,521
晴	平均値	6.72	4.25	4.19	5.97	該当データなし
	最大値	20.0	13.6	13.6	20.4	
	標準偏差	2.29	1.43	14.0	2.20	
	変動係数	<u>0.34</u>	<u>0.34</u>	<u>0.34</u>	<u>0.37</u>	
曇	平均値	7.06	4.46	4.32	4.60	4.41
	最大値	25.4	14.6	12.1	32.6	12.9
	標準偏差	3.82	2.27	1.18	2.12	1.10
	変動係数	<u>0.54</u>	<u>0.51</u>	<u>0.27</u>	0.46	<u>0.25</u>
雨	平均値	7.26	4.36	該当データなし	4.49	4.35
	最大値	25.4	15.4		18.2	12.9
	標準偏差	2.86	1.68		2.10	1.00
	変動係数	0.39	0.38		<u>0.47</u>	<u>0.23</u>

※ 赤字下線は変動係数が最小となる天候、青字下線は変動係数が最大となる天候

20

4. 評価結果(車長:天候別) ※大型車の場合



- 車長のばらつきは、「晴」以外の場合に大きくなるセンサが多い(センサA、B、D、E)

(単位: m)

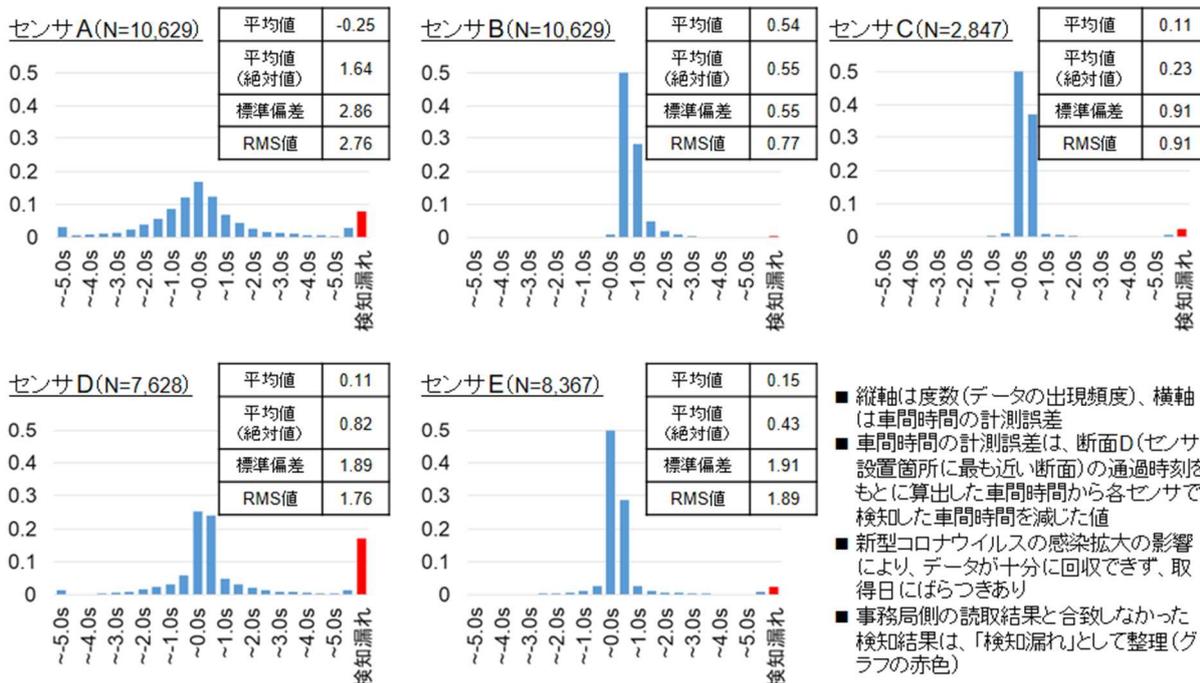
天候	統計値	センサA 晴 N=971 曇 N=1,696 雨 N=1,428	センサB 晴 N=1,043 曇 N=1,843 雨 N=1,550	センサC 晴 N=1,024 曇 N=87 雨 N=0	センサD 晴 N=921 曇 N=940 雨 N=1,553	センサE 晴 N=0 曇 N=1,846 雨 N=1,521
晴	平均値	7.93	8.40	8.22	6.03	該当データなし
	最大値	24.6	19.0	17.9	22.3	
	標準偏差	2.64	2.83	2.76	2.16	
	変動係数	<u>0.33</u>	<u>0.34</u>	<u>0.34</u>	<u>0.36</u>	
曇	平均値	7.66	9.28	9.49	7.79	8.60
	最大値	25.4	24.4	16.9	17.2	17.2
	標準偏差	3.65	4.33	1.52	2.96	2.79
	変動係数	<u>0.48</u>	<u>0.47</u>	<u>0.16</u>	0.38	<u>0.32</u>
雨	平均値	7.68	8.70	該当データなし	7.84	8.36
	最大値	25.4	1.90		22.4	17.2
	標準偏差	2.93	3.33		3.52	2.90
	変動係数	0.38	0.38		<u>0.45</u>	<u>0.35</u>

※ 赤字下線は変動係数が最小となる天候、青字下線は変動係数が最大となる天候

21

4. 評価結果(車間時間の計測誤差:全体) ※断面D通過時の車間時間

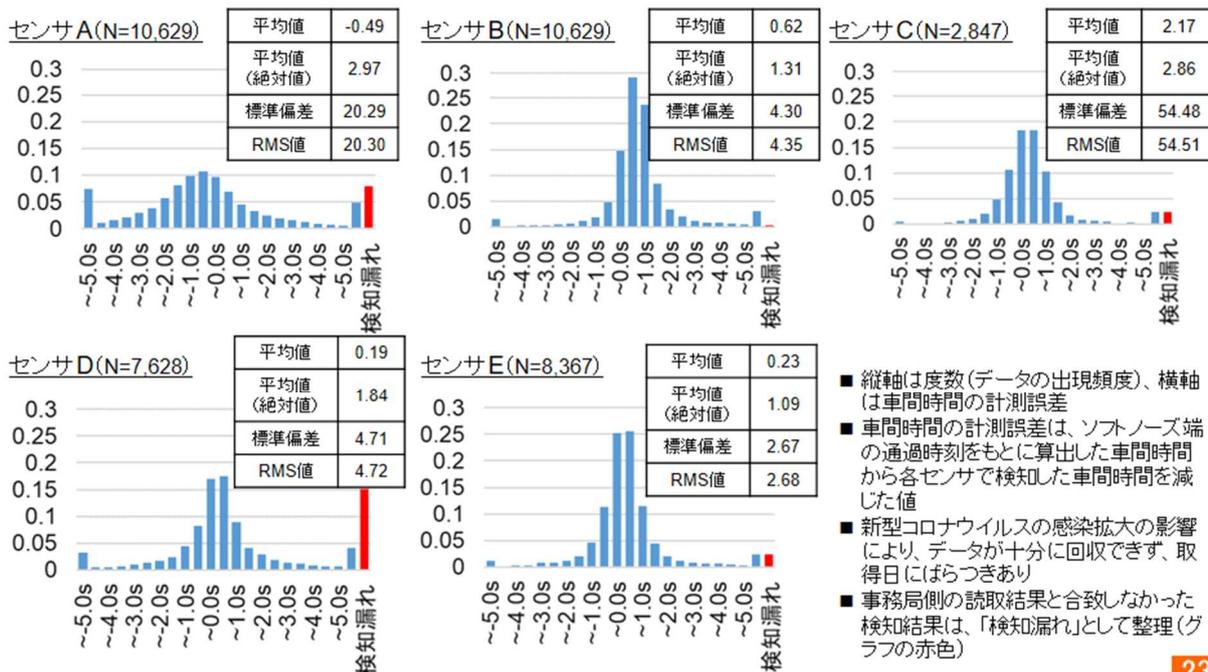
- 車間時間の計測誤差は、最も精度の良いセンサで約0.2秒(センサC)



22

4. 評価結果(車間時間の計測誤差:全体) ※SN端通過時の車間時間

- 車間時間の計測誤差は、最も精度の良いセンサで約1秒(センサE)
- 計測誤差の標準偏差は断面Dと比較して大きく、下流側の交通が影響したと推察



23

4. 評価結果(車間時間の計測誤差:交通状況別) ※SN通過時の車間時間

- 到達計算時刻の誤差は、「上流:非渋滞、下流:非渋滞」が最小、「上流:渋滞、下流:渋滞」が最大(センサA、B、D、E)

(単位:秒)

交通状況	統計値	センサA	センサB	センサC	センサD	センサE
		上非,下非 N=5,589 上非,下渋 N=1,960 上渋,下非 N=475 上非,下渋 N=1,764	上非,下非 N=6,202 上非,下渋 N=2,076 上渋,下非 N=543 上非,下渋 N=1,772	上非,下非 N=1,561 上非,下渋 N=769 上渋,下非 N=450 上非,下渋 N=0	上非,下非 N=3,975 上非,下渋 N=1,051 上渋,下非 N=386 上非,下渋 N=11,89	上非,下非 N=4,793 上非,下渋 N=1,655 上渋,下非 N=91 上非,下渋 N=1,627
上流:非渋滞 下流:非渋滞	平均値	-0.91	0.43	2.1	0.16	0.05
	平均値(絶対値)	2.13	0.58	0.77	1.27	0.47
	標準偏差	3.29	0.62	2.26	2.40	0.64
	RMS値	3.42	0.75	2.27	2.41	0.65
上流:非渋滞 下流:渋滞	平均値	0.43	0.70	7.28	0.19	0.22
	平均値(絶対値)	3.89	1.84	8.33	2.39	1.14
	標準偏差	43.59	7.67	103.40	5.21	2.47
	RMS値	43.58	7.70	103.59	5.21	2.48
上流:渋滞 下流:非渋滞	平均値	-1.01	0.45	0.20	0.35	0.15
	平均値(絶対値)	2.58	0.60	0.74	2.19	0.68
	標準偏差	3.69	0.81	2.08	3.50	1.23
	RMS値	3.82	0.93	2.09	3.51	1.23
上流:渋滞 下流:渋滞	平均値	-0.02	1.22	該当データなし	0.11	0.78
	平均値(絶対値)	4.71	3.46	3.68	2.86	
	標準偏差	11.61	6.31	7.97	5.27	
	RMS値	11.61	6.42	7.97	5.33	

※ 赤字下線は平均値が最小となる交通状況、青字下線は平均値が最大値となる交通状況

24

4. 評価結果(車両の検知率)



- 車両の検知率は、最も精度の良いセンサで約99%(センサB)

(単位:台)

日時	交通量	センサA	センサB	センサC	センサD	センサE
7/2 (2.0時間)	カメラ読取台数【①】	2,265				
	検知台数【②】	2,078	2,259	2,207	1,432	データなし
	過検知【③】	1,140	3	6	800	
	検知漏れ【④】	187	6	58	833	
	検知率【⑤=(②-③-④)÷①】	33.2	99.3	94.6	-8.9	
7/21 (4.58時間)	カメラ読取台数【①】	5,371				
	検知台数【②】	4,988	5,356	データなし	5,182	5,255
	過検知【③】	2,628	1		240	7
	検知漏れ【④】	383	15		189	116
	検知率【⑤=(②-③-④)÷①】	36.8	99.4	-	88.5	95.6
7/31 (2.58時間)	カメラ読取台数【①】	3,005		586	3,005	
	検知台数【②】	2,733	2,990	577	時刻異常あり	2,920
	過検知【③】	1,570	3	0		0
	検知漏れ【④】	272	15	9		85
	検知率【⑤=(②-③-④)÷①】	29.7	98.9	96.4	-	94.3

※ 過検知は「C-D間の時刻外で回答された車両=該当車なし(車線跨ぎの可能性のあるものを除く)、検知漏れはC-D間の時刻内で回答がなかった車両台数である。
 ※ カメラでの読取台数(7/31、センサC)は、30分間(有効データ)の交通量である
 ※ 検知漏れについては、時刻同期のスズによる可能性も考えられる点に留意が必要である。

25

4. 評価結果(検知漏れの状況(天候別))

- 検知漏れについて、天候の違いによる明確な差異は確認されなかった。

(単位:台)

天候	交通量	センサA	センサB	センサC	センサD	センサE
晴	カメラ読取台数【①】	2,265	2,265	2,265	2,265	データなし
	検知漏れ【②】	187	6	58	833	
	検知漏れ率【③=②/①】	<u>8.3</u>	0.3	<u>2.6</u>	<u>36.8</u>	
曇	カメラ読取台数【①】	5,433	5,433	586	2,428	5,433
	検知漏れ【②】	442	7	9	93	107
	検知漏れ率【③=②/①】	8.1	<u>0.1</u>	<u>1.5</u>	3.8	<u>2.0</u>
雨	カメラ読取台数【①】	2,943	2,943	データなし	2,943	2,943
	検知漏れ【②】	213	23		96	94
	検知漏れ率【③=②/①】	<u>7.2</u>	<u>0.8</u>		<u>3.3</u>	<u>3.2</u>

※ 赤字下線は検知漏れ率が最小となる天候、青字下線は検知漏れ率が最大となる天候
 ※ センサC～Eは、一部のデータ欠損(コロナ禍により未回収)等があるため、サンプル数は異なる

26

4. 評価結果(検知漏れの状況(交通状況別))

- 検知漏れについて、交通状況の違いによる明確な差異は確認されなかった。

(単位:台)

交通状況	交通量	センサA	センサB	センサC	センサD	センサE
上流:非渋滞 下流:非渋滞	カメラ読取台数【①】	6,220	6,220	1,595	4,729	4,810
	検知漏れ【②】	625	11	32	749	12
	検知漏れ率【③=②/①】	10.0	<u>0.2</u>	2.0	15.8	0.2
上流:非渋滞 下流:渋滞	カメラ読取台数【①】	2,092	2,092	801	1,156	1,692
	検知漏れ【②】	129	13	31	100	34
	検知漏れ率【③=②/①】	6.2	<u>0.6</u>	<u>3.9</u>	8.7	2.0
上流:渋滞 下流:非渋滞	カメラ読取台数【①】	546	546	455	546	91
	検知漏れ【②】	70	2	4	158	0
	検知漏れ率【③=②/①】	<u>12.8</u>	0.4	<u>0.9</u>	<u>28.9</u>	<u>0.0</u>
上流:渋滞 下流:渋滞	カメラ読取台数【①】	1,783	1,783	データなし	1,205	1,783
	検知漏れ【②】	18	10		15	155
	検知漏れ率【③=②/①】	<u>1.0</u>	0.6	-	<u>1.2</u>	<u>8.7</u>

※ 赤字下線は検知漏れ率が最小となる天候、青字下線は検知漏れ率が最大となる天候
 ※ センサC～Eは、一部のデータ欠損(コロナ禍により未回収)等があるため、サンプル数は異なる

27

4. 評価結果(試験走路と実道の比較)



- 速度及び車長ともに、実道での計測誤差が大きい
- 特に実道(長期)での速度の計測誤差のばらつきが顕著

検証項目	試験走路 【2019.6】	実道(短期) 【2019.7】	実道(長期) 【2020.7】
速度(km/h)	平均値(絶対値):0.22 標準偏差:0.30	平均値(絶対値):0.33 標準偏差:0.47	平均値(絶対値):5.34 標準偏差:3.29
到達計算時刻(秒)	-	-	平均値(絶対値):2.37 標準偏差:5.77
車長(m)	平均値(絶対値):0.04 標準偏差:0.07	平均値(絶対値):0.12 標準偏差:0.16	-
車間時間(秒)	-	平均値(絶対値):0.02 標準偏差:0.04	平均値(絶対値) • センサ設置位置:0.23 • ソフトノーズ端:1.09 標準偏差 • センサ設置位置:0.91 • ソフトノーズ端:2.67
検知率(%)	-	検知率:99.7	検知率:99.7

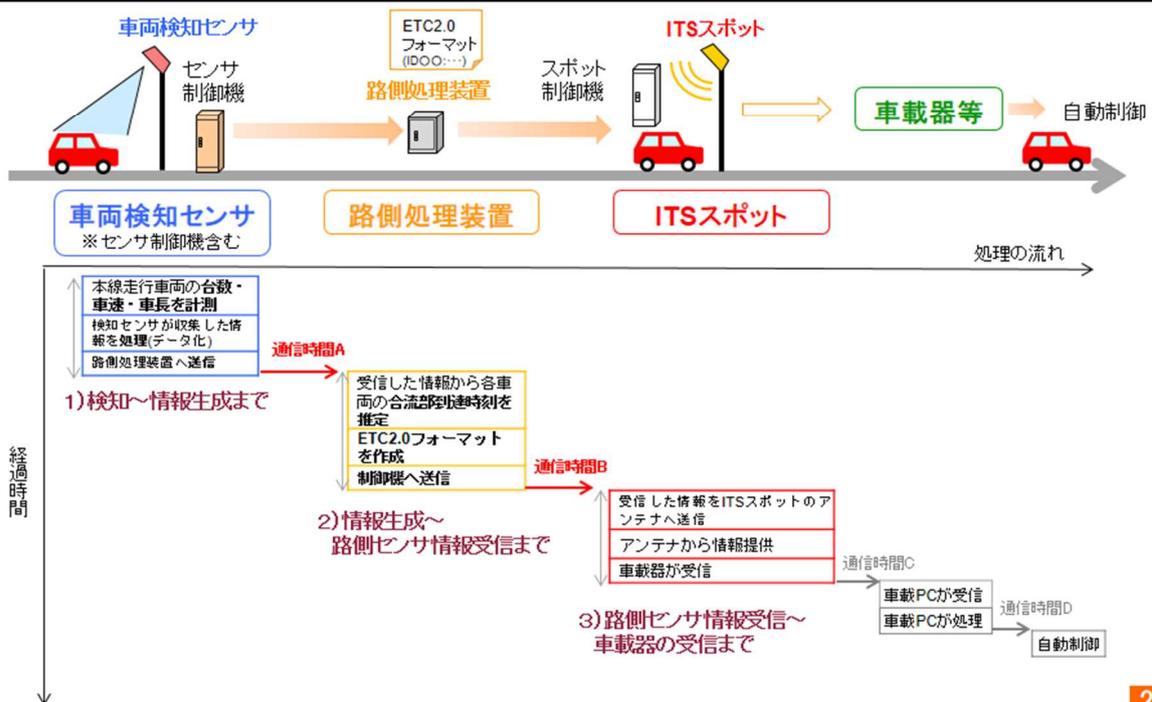
※ 実道(長期)の車長については、真値がけいいため未評価
 ※ 各評価項目ごとに最も精度の良かったセンサの計測誤差を記載

28

(参考)センサ検知から車載器受信までの時間



- ITSスポットから情報配信している車両情報について、センサ検知～車載器の受信に要する時間を集計(結果は次頁) ※ ITSスポットから情報配信している1者のみを対象

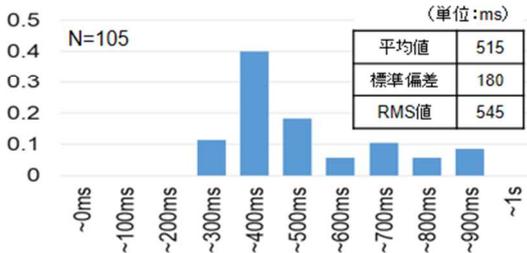


29

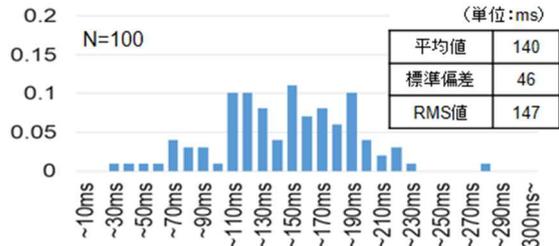
4. 評価結果(センサ検知～車載器受信の時間)

- センサ検知～車載器受信に要する時間(遅延)は、約0.8秒程度

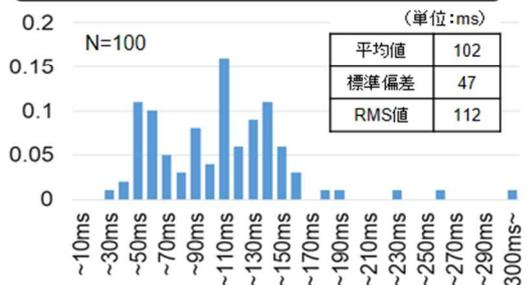
1) センサでの情報検知～情報生成



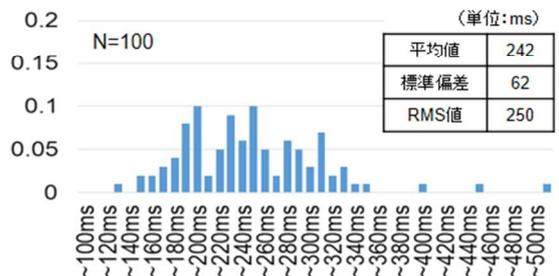
2) 情報生成～路側センサ情報の受信



3) 路側センサ情報の受信～車載器受信



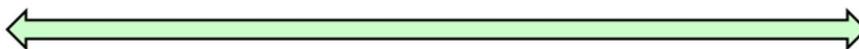
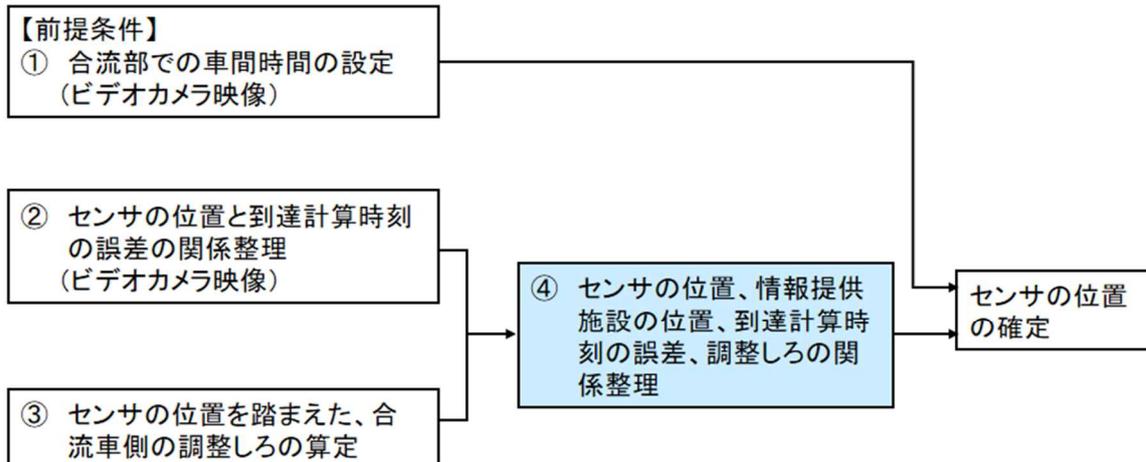
参考) 情報生成～車載器の受信



※ 縦軸は度数(データ出現頻度)、横軸は処理時間である
 ※ 「センサでの情報検知～情報生成」と「情報生成～路側センサ情報の受信～車載器受信」では、元となる車両が異なるため、サンプル数が異なる。

参考(インフラ設置条件の検証手順)

- 合流支援情報提供システムにおいて、「車両検知センサの位置」、「到達計算時刻の誤差」、「合流車の調整しろ」、は相互に関係
- 到達計算時刻の誤差が少なく、かつ合流車がその情報を活用するために十分な「調整しろ」を確保するため、車両検知センサの設置位置の検証が必要

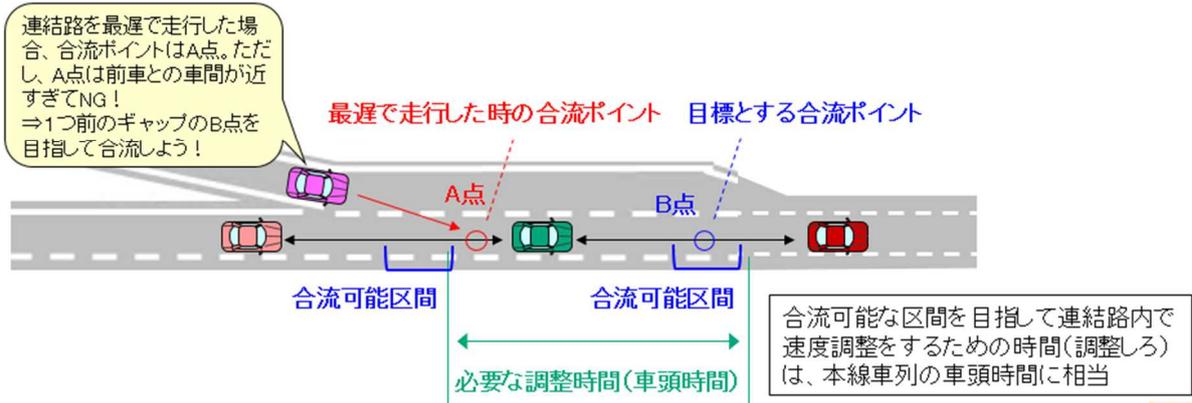


本検討の範囲

参考(到達計算時刻の誤差と調整しろの定義)



用語	定義	説明
到達計算時刻の誤差	車両検知センサで検知した値から計算した到達時刻と実際の時刻の差異	<ul style="list-style-type: none"> 車両検知センサ～合流部の距離が短いほど小さくなる。 自動運転車は、合流部で自車センサの計測結果と比較して初めて認識できる。 自動車側に発生しうる誤差として予め伝えておく数値(許容されるか要協議)
調整しろ	合流車が受信した情報をもとに、本線車列中で定めた合流ポイントに合致するように連結路内で走行速度等を調整できる時間。	<ul style="list-style-type: none"> 本線の車頭時間に応じて、必要な調整時間が決定 車両検知センサ～合流部の距離が長いほど、長くなる(情報提供が手前で可能となる)



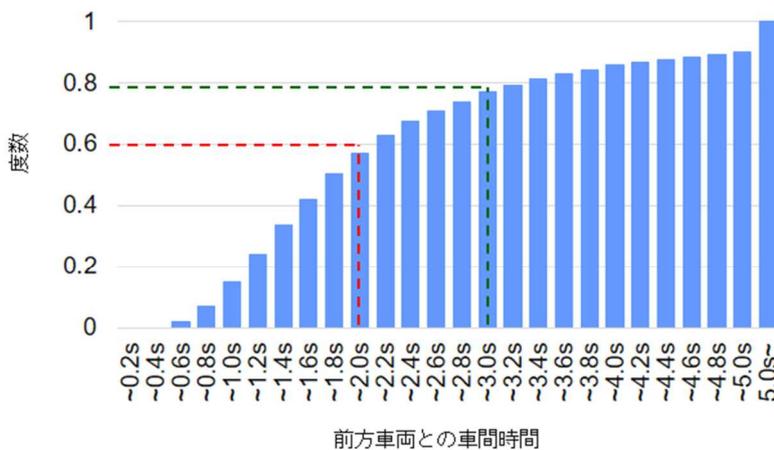
32

4. 評価結果(合流部における車間時間の設定)



- 非渋滞時(実勢速度:55~65km/h)の車間時間は、**2.0秒以下**が全体の**約6割**、**3.0秒以下**が全体の**約8割**
- 合流車が必要とする調整しろ時間は、当該車間時間をもとに算定

合流部における車間時間 (N=3,715)



※車頭時間=車間時間+車長/速度
 今回、車長5m、速度60km/hで計算した。
 2.3秒=2.0秒+5[m]/16.7[m/秒]

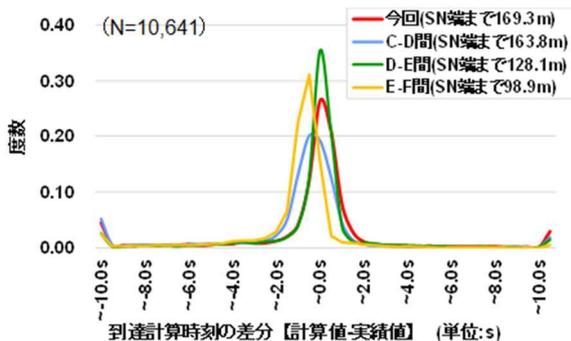
車間時間	車頭時間※	調整しろ
2.0秒	2.3秒	2.3秒
3.0秒	3.3秒	3.3秒

- ※ 車間時間は、路外カメラ(ソフトノーズ断面)から読み取った時間
- ※ 車間時間は、ソフトノーズ部での通過速度が55km/h~65km/hの車両を対象に算出
- ※ 車頭時間は、本線車両の車長を5.0mとして算出

33

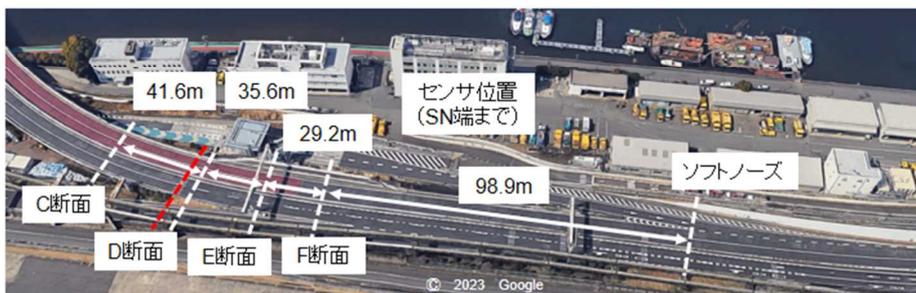
4. 評価結果(センサの位置と到達計算時刻の誤差の関係)

- 車両検知センサをE断面に設置した場合、到達計算時刻の誤差は約0.8秒小さくなる



(単位:秒)

	今回 SN端まで 169.3m	D断面 SN端まで 163.8m	E断面 SN端まで 128.1m	F断面 SN端まで 98.9m
平均値	-0.59	-1.23	-0.54	-1.40
平均値 (絶対値)	2.37	2.51	1.68	1.85
標準偏差	5.77	5.06	3.75	2.99
RMS値	5.80	5.20	3.79	3.30



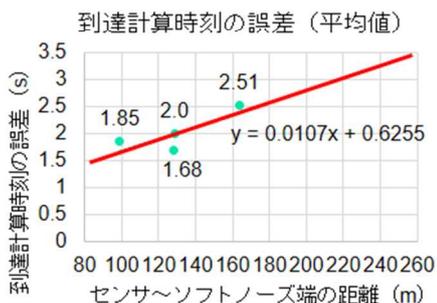
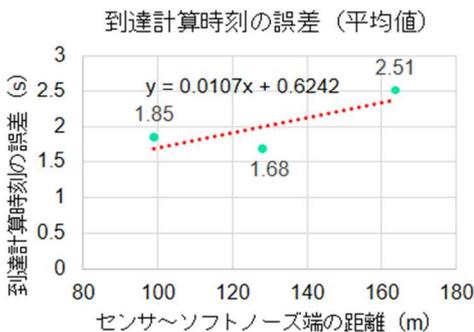
※ SNは、ソフトノーズ端
 ※ 赤字破線は、本実験での車両検知センサの設置位置(SNまで169.25m)

出典: Google mapをもとに作成

34

4. 評価結果(センサの位置と到達計算時刻の誤差の関係)

- 到達計算時刻の誤差が本線車列の車頭1つ分以内に収まるセンサ設置位置は、車頭時間2.3秒とした場合は157m、車頭時間3.3秒とした場合は250m



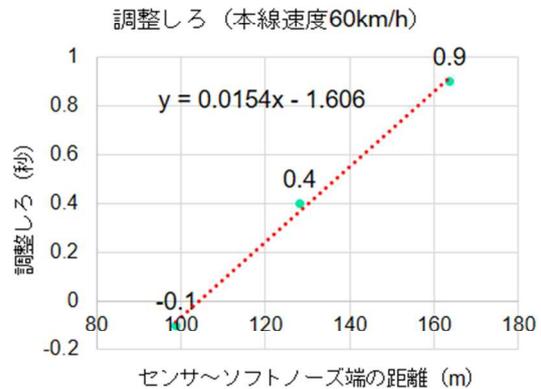
35

4. 評価結果(情報提供施設の位置と調整しろの関係)

- 情報提供施設の位置は、センサ位置～SN端までの距離で決定
- センサ設置位置からSN端までの距離が短い場合、情報提供施設の位置がSN端に近く、調整しろが確保できない。

	今回 SN端まで 169.3m	D断面 SN端まで 163.8m	E断面 SN端まで 128.1m	F断面 SN端まで 98.9m
情報提供施設の位置	83.6m	80.9m	63.0m	48.4m
最遅到達時間	6.82秒	6.57秒	4.97秒	3.65秒
最早到達時間	5.82秒	5.66秒	4.59秒	3.71秒
調整しろ	1.0秒	0.9秒	0.4秒	-0.1秒
情報提供の適否	適	適	適	否

最遅到達時間:本線車両がセンサ通過からSN端到達までの所要時間から、センサ検知から情報配信までの遅延時間を減じて算出
 最早到達時間:情報提供施設の設置位置からSN端到達まで、以下の条件より試算した時間



試算条件

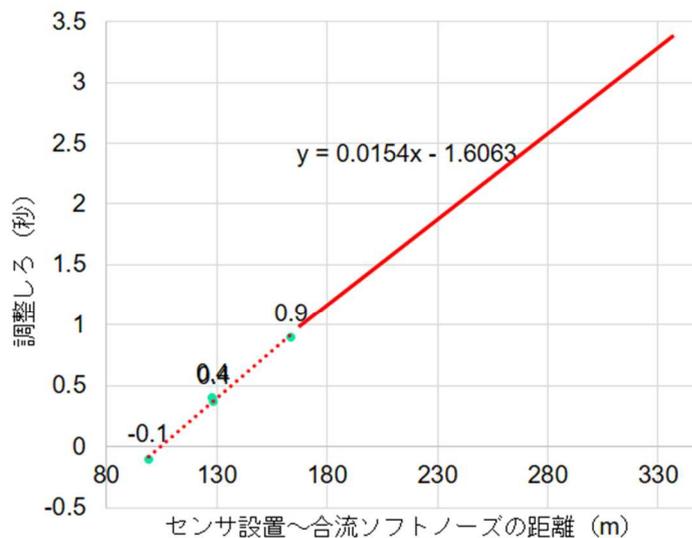
連結路の加速度(等加速)	: 0.2G
連結路の最高速度(SN端到達時点の速度)	: 60km/h
連結路の最低速度(情報受信時の速度)	: 40km/h
センサ検知から情報配信までの遅延時間	: 0.8秒
情報受信から制御開始までの処理時間	: 1秒

36

4. 評価結果(センサの位置と調整しろの関係)



- 車間時間2.0秒で必要な調整しろ2.3秒を確保するためには、250m程度のセンサ設置位置になる。
- 車間時間3.0秒で必要な調整しろ3.3秒を確保するためには、320m程度のセンサ設置位置になる。



37

4. 評価結果(センサ・情報提供施設の検証結果)



- 本線の車間時間が2秒以内の場合:調整しろ(2.3秒)を確保できるセンサの位置は、約250m。その際、到達計算時刻の誤差は3.3秒
- 本線の車間時間が3秒以内の場合:調整しろ(3.3秒)を確保できるセンサの位置は、約320m。その際、到達計算時刻の誤差は4.0秒
- 到達計算時刻の誤差を2秒に抑える場合:センサ設置位置は約130mになるが、調整しろ時間が0.4秒と十分取れない。

センサ位置 (m)	情報提供施設の位置 (m)	調整しろ (s)	到達計算時刻の誤差 (s)	備考
98.9	48.4	-0.1	1.85	
128.1	63.0	0.4	1.68	
128.6 【計算値】	63.3	0.4	2.0	到達計算時刻の誤差が2.0s
163.8	80.9	0.9	2.51	
169.3 【今回】	83.6	1.0	2.37	
254 【計算値】	126.0	2.3	3.3	本線車間が2.0s
319 【計算値】	158.5	3.3	4.0	本線車間が3.0s

38

5. 実証実験で十分に検証できなかった点



○ 夜間・異常気象時におけるシステムの検証

カメラ画像が真値のバックデータのため、夜間や荒天時での車両検知センサの精度確認が不十分

⇒ 特に荒天時については、データを限定した詳細分析が必要

○ インフラ設置条件の検証

インフラ設置条件について、到達計算時刻の誤差と調整しろをもとに検証

⇒ 安全・円滑な合流について、多面的な指標で定義して、インフラ設置条件を設定する必要

○ 合流支援サービスが必要な合流部の特性把握

実験箇所が1箇所のため、合流支援サービスが必要となる合流部の特性(例:合流車線長)を検証できず

⇒ 実証実験での合流車線長(約72m)をもとに、机上検証が必要

39