

### 6.3. RFID による位置特定ロジックの追加

位置特定に活用する RFID の種類を整理した上で、RFID を位置特定に適用するアルゴリズムを検討した。さらに、この結果を踏まえて、位置特定パッケージの改良を行い、実証試験を行った。

#### 6.3.1. 位置特定に活用する RFID の整理

RFID の種類については、表 6-15 に示すものがある。このうち、現時点においては、マイクロ波（アクティブタイプ）が車両への位置特定に適している。

本業務においては、マイクロ波（アクティブタイプ）を対象として検討を行った。

表 6-15 RFID の整理

種類	周波数帯	通信距離	車両 対応速度	摘要
長波	135kHz 以下	1m～2m 程度	低速	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 車両対応速度が遅いが、水分に強く、舗装路面や地下埋設が可能である。</li><li>・ 道路管理の用途としては、歩行者 ITS（視覚障害者誘導ブロックへの埋設）や地下埋設物管理が考えられる。</li></ul>
短波	13.56MHz	数 mm～ 70cm 程度	中速	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 車両対応速度は、長波より速いが、通信距離が短いため、車両への適用は難しい。</li><li>・ 道路管理の用途としては、歩行者 ITS、施設管理、物品管理が考えられる。</li></ul>
UHF 波	950MHz	6m～9m 程度	高速	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 車両対応速度は、マイクロ波ほどではないが、パッシブタイプでありながら、一般道路を走行する車両への適用が可能である。</li><li>・ 現時点では許認可されていないが、今後期待されるタグである。</li></ul>
マイクロ波	2.45GHz	2m～5m 程度	高速	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 平成 15 年度業務で基礎的な試験を実施した。</li><li>・ UHF 波と同様に車両への適用に適している。</li><li>・ パッシブタイプとアクティブタイプがあり、両者について試験を行った結果、通信距離、車両対応速度の面でアクティブタイプが優れていた。</li></ul>

## 6.3.2. アルゴリズム検討

### (1) システム要件

本システムの要件としては、昨年度までに開発したシステムにレーンマーカの代替としてRFIDを利用可能なように機能の追加を行うものである。RFIDによる機能を追加したユースケース図を図6-28に示す。なお、図中にはCCDカメラによる位置補正についても併せて載せてある。

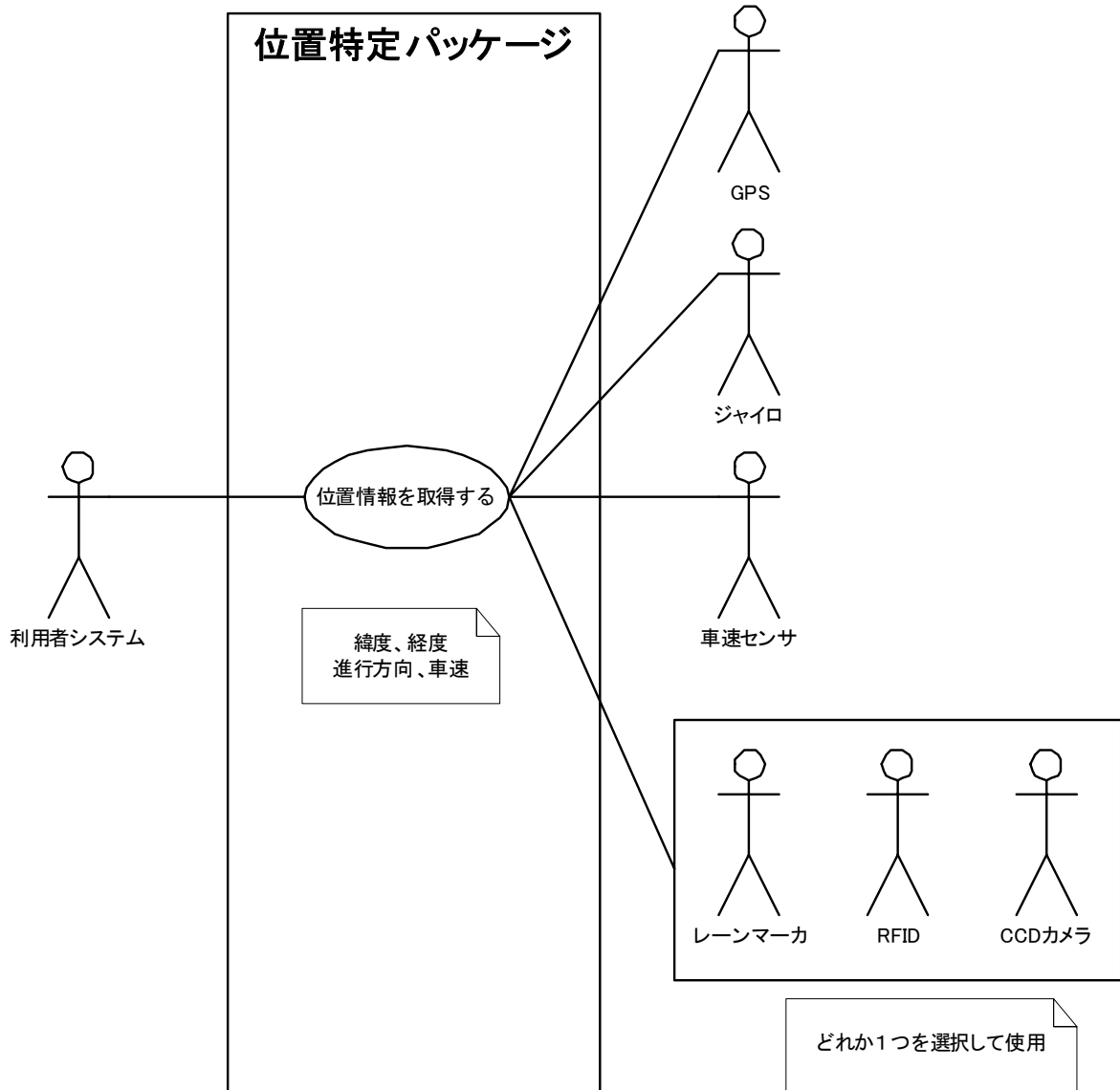


図 6-38 ユースケース図

## (2) 概念クラス

RFID 機能を追加した時の概念クラス図を図 6-39 に示す。なお、図中には CCD カメラ機能を追加した場合も併せて記載した。

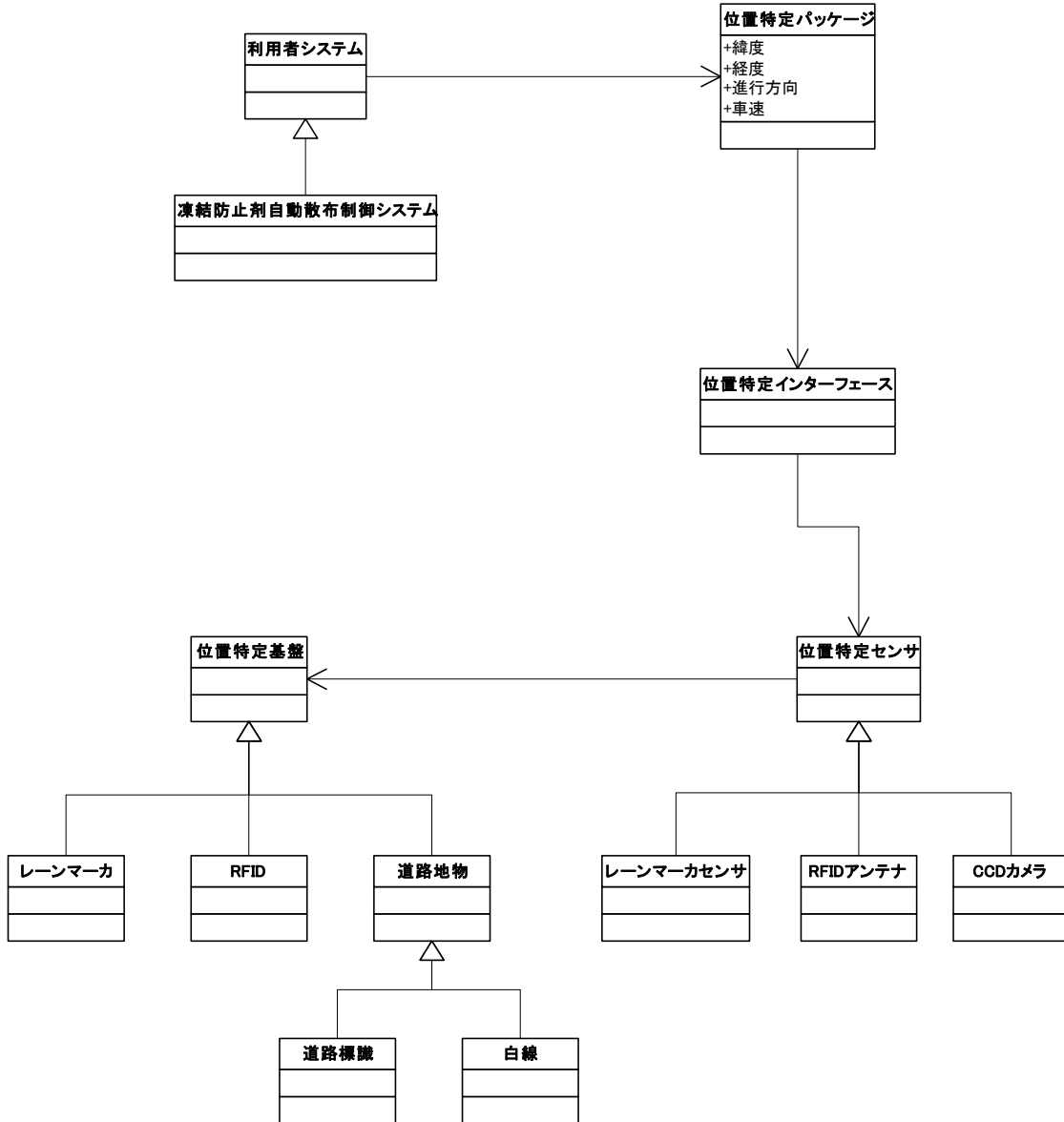


図 6-39 概念クラス図

### (3) 位置特定アルゴリズム

RFID を使用した場合のアルゴリズムは、RFID の利用の仕方によって2つの位置取得方法が考えられる。1つは RFID に直接、緯度、経度情報を書き込ませ車両通過時に直接アンテナから緯度、経度を読み取ることによって位置補正を行うものであり、この方法では RFID から直接、緯度、経度が取得できるため、位置特定パッケージ側で緯度、経度の算出ロジックが不要になるという利点がある反面、RFID とアンテナとの通信に時間がかかるため車速によって読み取れなくなる可能性が高くなるという欠点がある。1つめは RFID の ID コードだけを読み取る方法であり、この方法の場合1つめの方法とは反対に位置特定パッケージ側で ID コードと緯度、経度の変換ロジックを組み込む必要が生じるものの、RFID とアンテナとの通信時間が最小となるため、より速い車速に対応できるという利点がある。今回はこの2つのロジックをシステムに追加することによって両者の比較も含めて、RFID の性能試験を行うこととした。RFID による通信処理フローと位置特定パッケージにおける位置補正アルゴリズムを図 6-40、図 6-41 に示す。

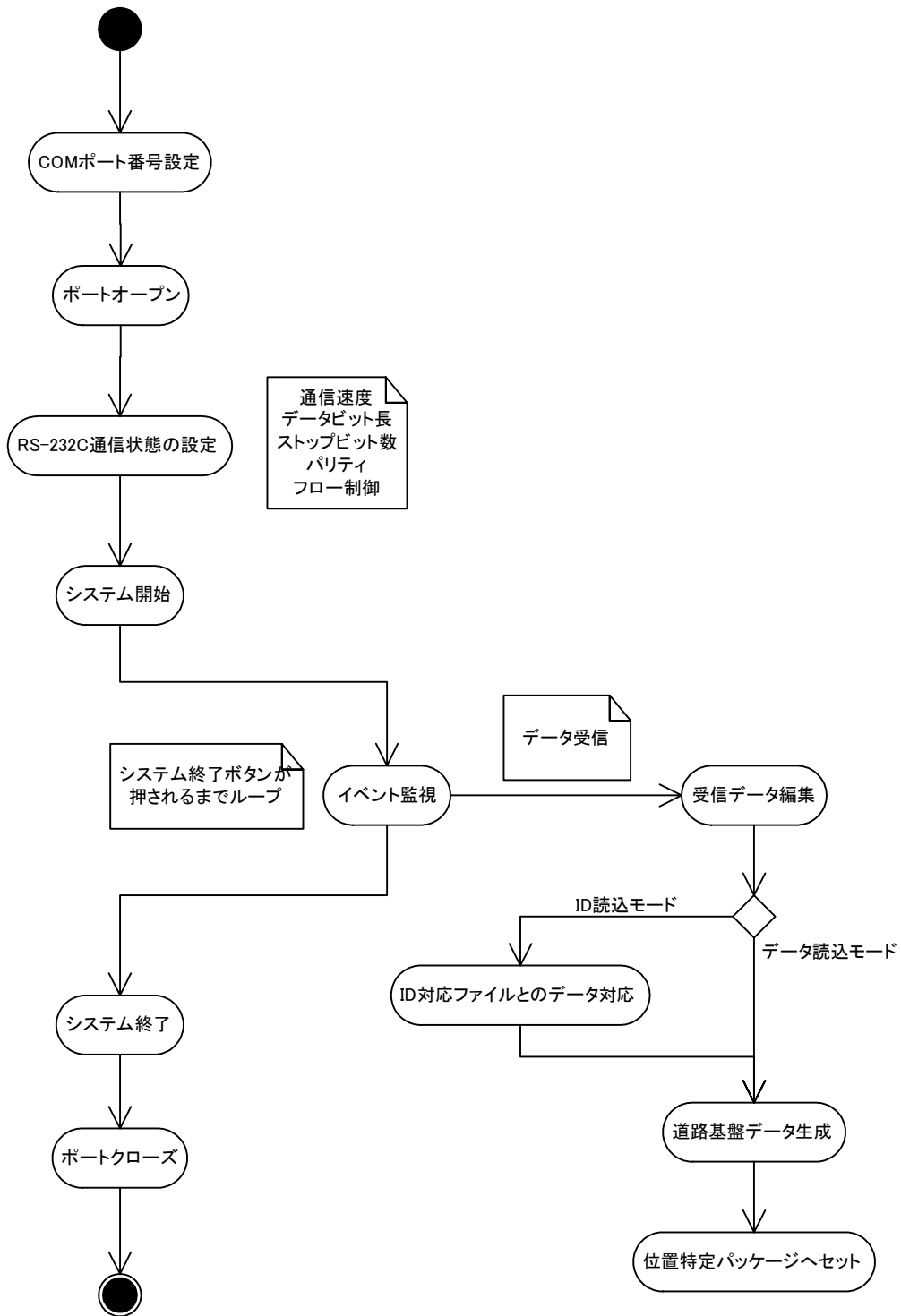


図 6-40 通信処理フロー

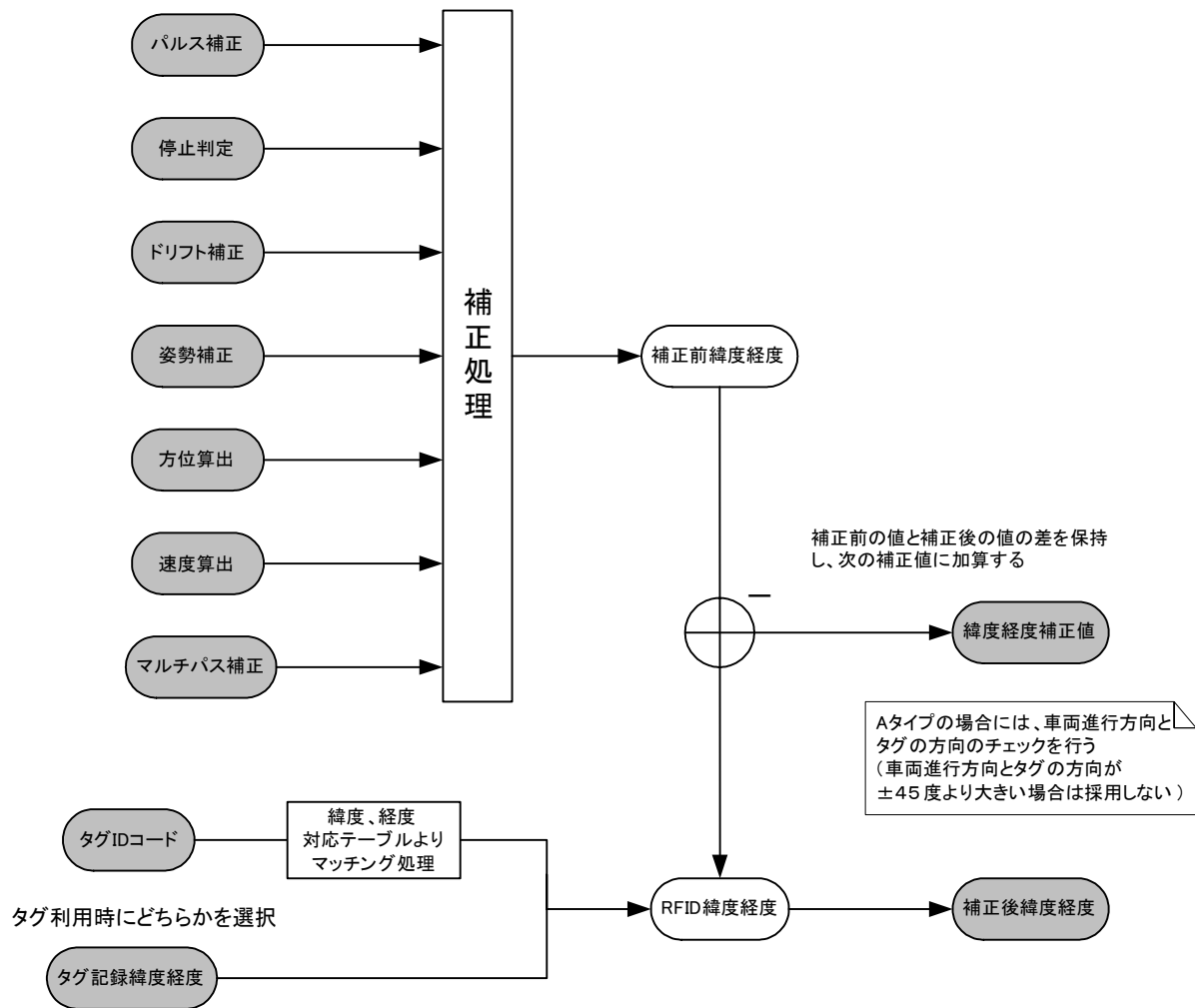


図 6-41 位置補正アルゴリズム

### 6.3.3. 位置特定パッケージの改良

前項に示したアルゴリズムに基づいて、位置特定パッケージの改良を行った。追加を行ったクラス図を以下に示す。また、位置特定インターフェース、GUI 改良についても改良を行った。

これらの基本設計書、詳細設計書、実装設計書については、別添資料 10～12 に示す。

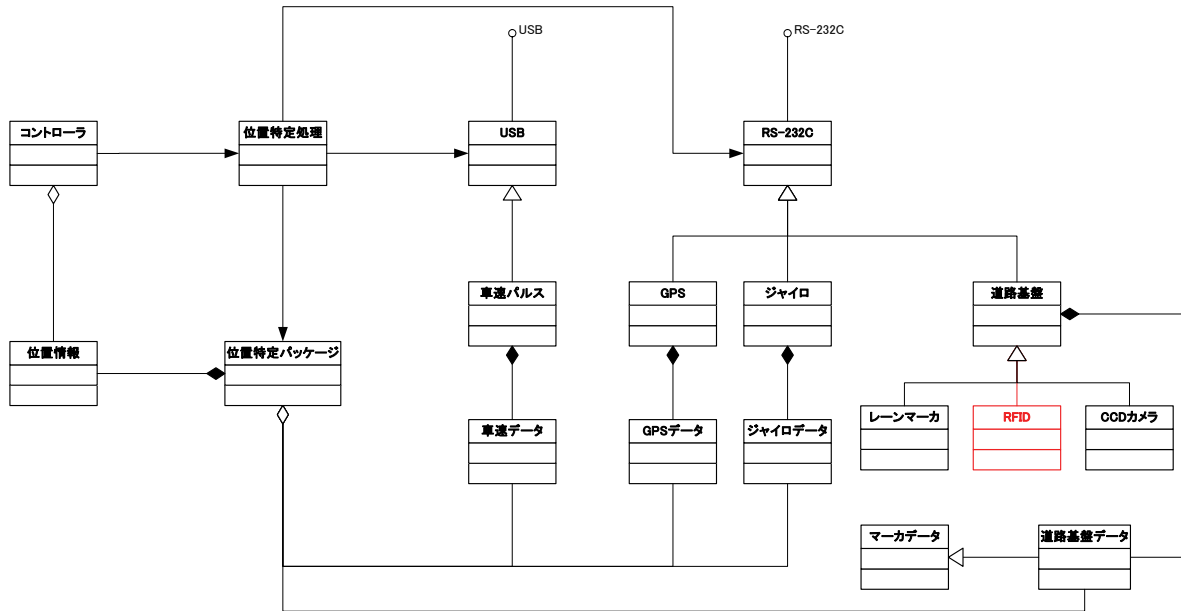


図 6-42 RFID の処理追加クラス図

### 6.3.4. 位置特定パッケージの実証試験

#### (1) 試験方法

##### a) 実験目的

RFID タグによる位置特定システムの精度評価の基礎資料を得るために、以下に示す実験を行った。

- RFID タグによる位置特定精度の検証（ステップ1）
- RFID タグの通信容量による通信可否の検証（ステップ2）

##### b) 試験方法

- 試験日時：第1回目 12月10日、第2回目 1月31日
- 試験場所：国土交通省国土技術政策総合研究所 試走路 東側ストレート部分

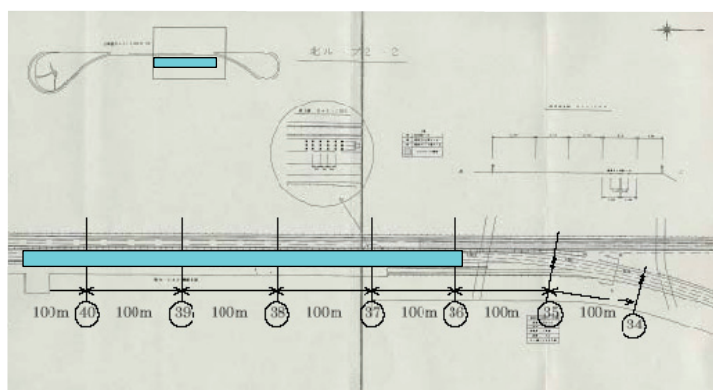


図 6-43 実験場所

○試験方法：

図 6-34 に示すように、RFID タグをガードレールに設置し、5箇所での平均誤差を算出した。なお、試験は、車両の窓ガラスの位置特定に与える影響を考慮し、アンテナを室外に置いた場合と室内においた場合を実施した。

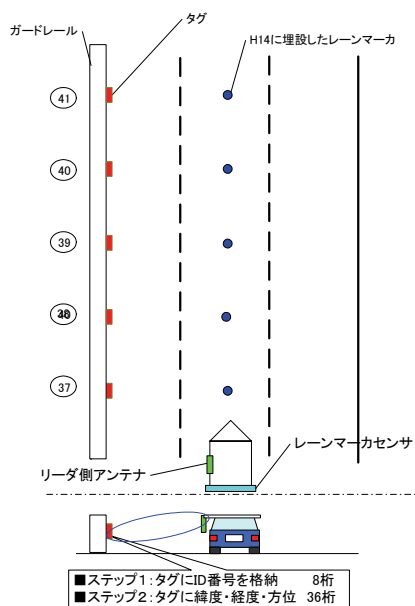


図 6-44 タグ実験イメージ

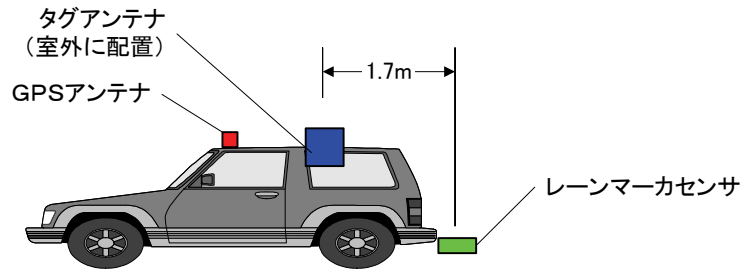


○試験機器条件：

試験で使用した機器条件は、以下に示す通りである。

- ・GPS：汎用
- ・ジャイロ：3軸
- ・タグ：マイクロ波アクティブ（オムロン）
- ・レーンマーカセンサ（リファレンス用）

〔アンテナ室外配置〕



〔アンテナ室内配置〕

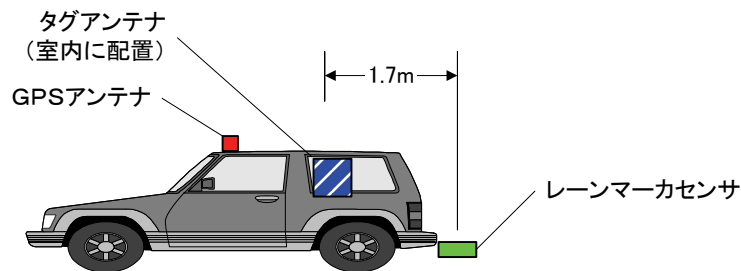


図 6-45 タグアンテナとレーンマーカセンサの取付け位置関係

○試験ケース

試験ケースは、表 6-16 に示す通りである。

表 6-16 実験ケース

ステップ	ケース	走行速度(km/h)	タグ通信方法	摘要
1	1	20	ID 方式	各ケースについて、以下のよう に実施。 ・アンテナ室外 2 回、 ・アンテナ室内 2 回
	2	60	ID 方式	
	3	100	ID 方式	
2	4	60	緯度経度方式	
	5	100	緯度経度方式	

## (2) 試験結果及び考察

試験結果を表 6-17 及び図 6-46 に示す。

表 6-17 実験結果概要

ステップ	ケース	走行速度 (km/h)	タグ通信 方式	誤差 <sup>注1, 注2</sup>		
				アンテナ室外配置	アンテナ室内配置	絶対値平均
1	1	20	ID方式	-1.85	-1.55	1.70
	2	60	ID方式	-1.42	-1.14	1.28
	3	100	ID方式	-1.11	-1.14	1.13
2	4	60	緯度経度方式	-1.15	0.02	0.59
	5	100	緯度経度方式	-0.56	0.34	0.45

※) レーンマーカ位置（真位置）に対する誤差

※) 「+」：レーンマーカより先の位置、「-」：レーンマーカより手前側の位置

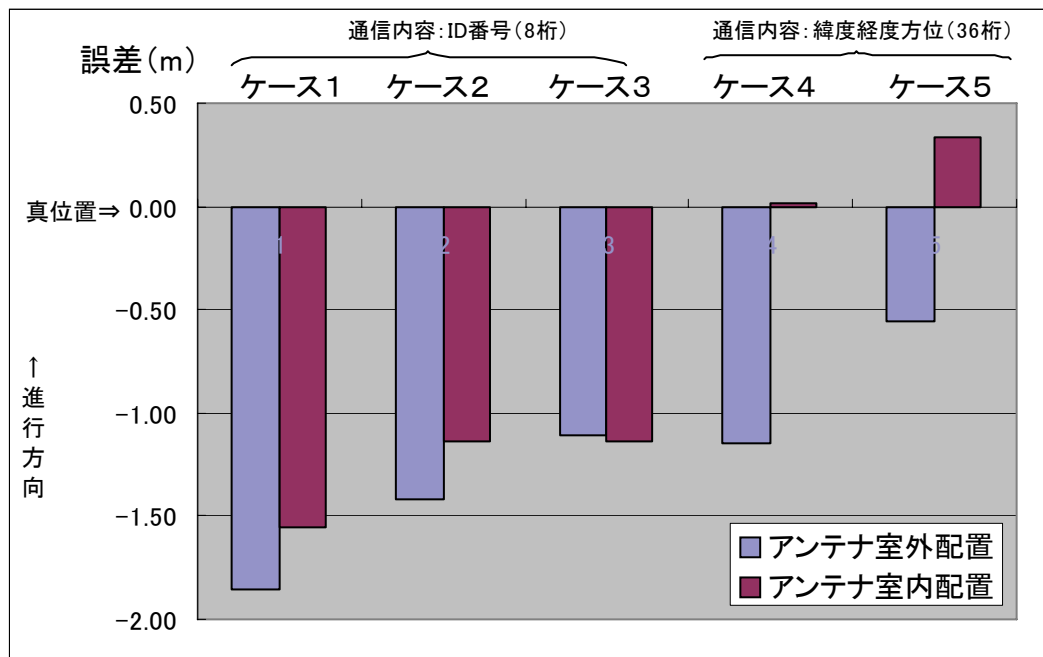


図 6-46 実験結果

(解説)

- 誤差は、レーンマーカ手前側に発生している。  
⇒これは、タグの通信エリアに幅（最大 4m 程度）があり、通信エリアに侵入した直後に通信が完了したためである。
- 誤差は、緯度経度方式（36 桁）より ID 方式（8 桁）の方が大きくなっている。  
⇒これは、緯度経度方式の方が通信時間がかかり、その間、車両が進み、結果としてレーンマーカに近い位置で通信が完了したためである。
- 誤差は、走行速度が速いほど、小さくなっている。  
⇒これは、通信時間中に移動する距離が大きくなったためである。
- アンテナ室内配置の誤差は、アンテナ室外配置よりも小さくなっている。  
⇒車両の窓ガラスを影響により、通信エリアが減衰し、アンテナに近い位置で通信が行われたためと考えられる。（特に通信幅減少の影響が大きい）

(考察)

- レーンマーカによるハイブリッド位置特定誤差に関して、平成 15 年度結果では、1.39m となった。これは、GPS+自律センサ+マップマッチング+レーンマーカでの誤差である。
- 今回計測した誤差は、「レーンマーカ位置に対する誤差であることから、RFID+GPS+自律センサ+マップマッチングの誤差は、 $(1.39 \pm 1.28)$  は、0.1m~2.67m となる。
- 誤差は、2m 以内に収まっており、散布車の位置特定要求精度（2m以内）を満たしている。
- レーンマーカによる道路延長方向の誤差（平成 15 年度結果では、1.39m）と今回の試験結果（ID 方式、走行速度 60km/h）を比較した場合、ほぼ同程度となっており、タグは、レーンマーカによる位置特定の代替と成り得ると考えられる。
- 低速走行では、若干誤差が大きくなる傾向にあるが、低速走行時の精度を向上させるためには、速度、通信距離（走行している車線）を考慮した補正を行うことにより、可能となると考えられる。

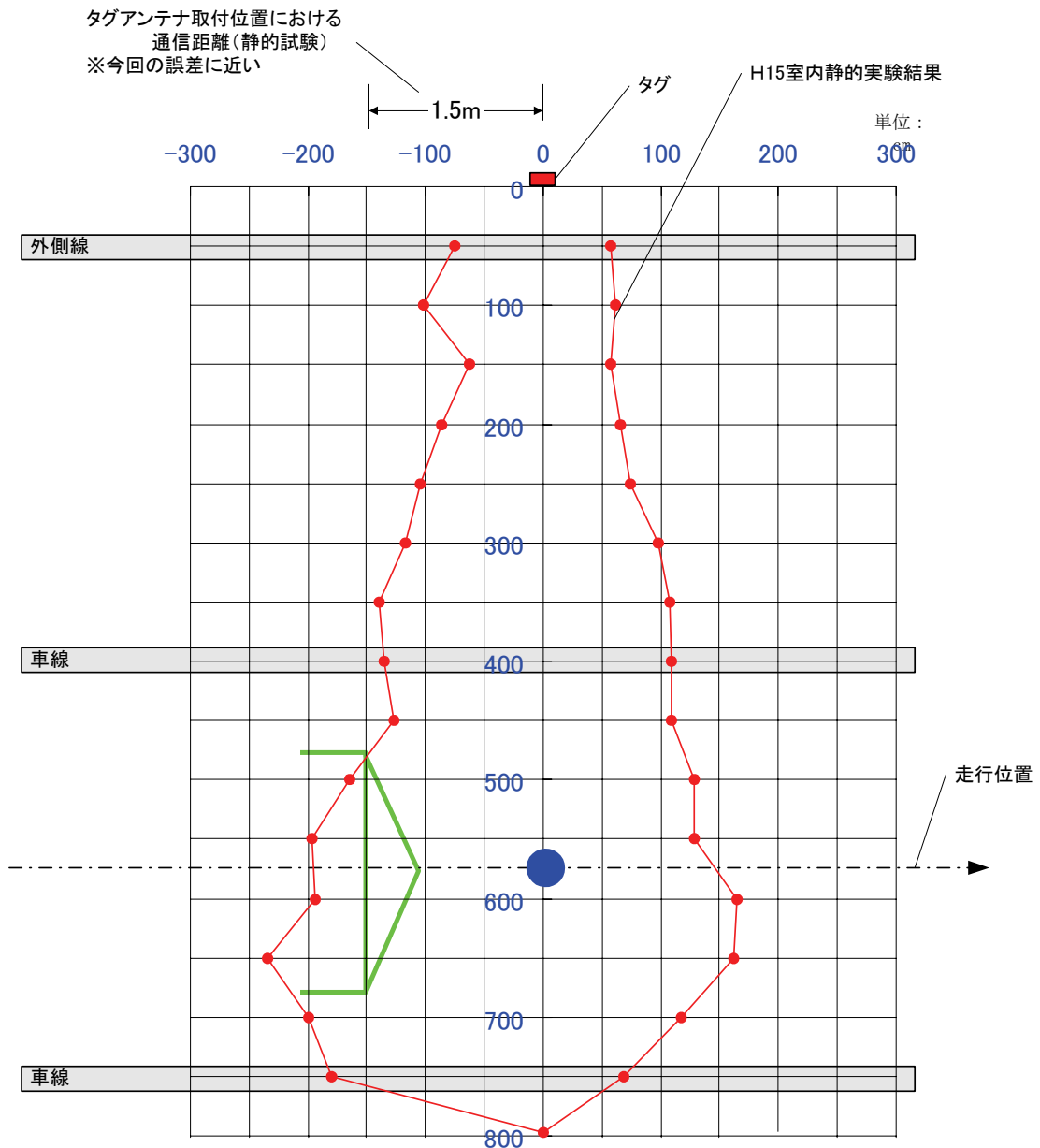


図 6-47 静的通信エリアと走行位置の重ね合わせ

表 6-18 アンテナ室外設置の場合の詳細結果 (参考)

ステップ	CASE	回数	タグID	車速 (km/h)	タグ位置		マーカ検知			差(m)	補正後 差(m)	平均(m)
					緯度	経度	差(秒)	緯度	経度			
ステップ1	CASE1 (20km/h)	(1回目)	9556	23.97	140.071858	36.1184881	0.6	140.071868	36.1184543	-3.87	-2.17	-1.85
			9557	23.42	140.072071	36.1176136	0.7	140.072081	36.1175748	-4.41	-2.71	
			9558	22.43	140.072286	36.1167309	0.5	140.072293	36.1167031	-3.15	-1.45	
			9559	21.63	140.072501	36.1158472	0.5	140.072507	36.1158213	-2.92	-1.22	
		9560	22.54	140.07272	36.1149457	0.5	140.072727	36.1149175	-3.19	-1.49		
		(2回目)	9556	20.08	140.071858	36.1184881	0.7	140.071864	36.118453	-3.94	-2.24	
			9557	21.51	140.072071	36.1176136	0.8	140.072081	36.1175715	-4.77	-3.07	
			9558	18.29	140.072286	36.1167309	0.6	140.072292	36.1167045	-2.99	-1.29	
	9559		21.14	140.072501	36.1158472	0.5	140.072508	36.1158218	-2.88	-1.18		
	CASE2 (60km/h)	(1回目)	9556	104.69	140.071858	36.1184881	0.2	140.071864	36.1184645	-2.68	-0.98	-1.42
			9557	27.48	140.072071	36.1176136	0.2	140.072076	36.1175893	-2.75	-1.05	
			9558	55.69	140.072286	36.1167309	0.2	140.072293	36.1167008	-3.42	-1.72	
			9559	57.9	140.072501	36.1158472	0.2	140.072508	36.1158214	-2.92	-1.22	
		9560	56.21	140.07272	36.1149457	0.1	140.072724	36.1149334	-1.40	0.30		
		(2回目)	9556	35	140.071858	36.1184881	0.3	140.071865	36.1184608	-3.10	-1.40	
			9557	54.23	140.072071	36.1176136	0.2	140.072078	36.1175869	-3.03	-1.33	
			9558	57.89	140.072286	36.1167309	0.2	140.072295	36.1166957	-4.00	-2.30	
	9559		58.36	140.072501	36.1158472	0.2	140.07251	36.1158122	-3.96	-2.26		
	CASE3 (100km/h)	(1回目)	9556	58.38	140.07272	36.1149457	0.2	140.072729	36.1149108	-3.95	-2.25	-1.11
			9556	90.37	140.071858	36.1184881	0.1	140.071854	36.1184686	-2.20	-0.50	
			9557	104.46	140.072071	36.1176136	0.1	140.072074	36.1175914	-2.48	-0.78	
			9558	103.65	140.072286	36.1167309	0.1	140.072292	36.1167009	-3.38	-1.68	
		(2回目)	9559	106.29	140.072501	36.1158472	0.2	140.072513	36.115798	-5.56	-3.86	
			9560	104.4	140.07272	36.1149457	0.1	140.072725	36.1149288	-1.91	-0.21	
9556			92.81	140.071858	36.1184881	0.1	140.071862	36.1184721	-1.82	-0.12		
9557			62.74	140.072071	36.1176136	0.2	140.072083	36.1175659	-5.42	-3.72		
ステップ2	CASE4 (60km/h)	(1回目)	9558	78.2	140.072286	36.1167309	0	140.072286	36.1167309	0.00	1.70	-1.15
			9559	92.59	140.072501	36.1158472	0.1	140.072506	36.1158257	-2.43	-0.73	
			9560	95.08	140.07272	36.1149457	0.1	140.072727	36.1149203	-2.88	-1.18	
			9556	35.39	140.071858	36.1184881	0.2	140.071864	36.1184585	-3.34	-1.64	
		(2回目)	9557	58.21	140.072071	36.1176136	0.2	140.07208	36.1175779	-4.04	-2.34	
			9558	59.19	140.072286	36.1167309	0.2	140.072292	36.1167049	-2.95	-1.25	
			9559	57.21	140.072501	36.1158472	0.1	140.072506	36.1158305	-1.89	-0.19	
			9560	55.14	140.07272	36.1149457	0.1	140.072724	36.1149309	-1.68	0.02	
	CASE5 (100km/h)	(1回目)	9556	37.03	140.071858	36.1184881	0.3	140.071863	36.1184699	-2.08	-0.38	-0.56
			9557	52.14	140.072071	36.1176136	0.2	140.072078	36.1175836	-3.39	-1.69	
			9558	59.71	140.072286	36.1167309	0.2	140.072293	36.1167026	-3.21	-1.51	
			9559	58.86	140.072501	36.1158472	0.2	140.072508	36.1158201	-3.07	-1.37	
		(2回目)	9560	56.85	140.07272	36.1149457	0.2	140.072727	36.1149205	-2.87	-1.17	
			9556	115.5	140.071858	36.1184881	0.1	140.071862	36.1184709	-1.95	-0.25	
			9557	91.97	140.072071	36.1176136	0.1	140.072078	36.1175871	-3.03	-1.33	
			9558	50.4	140.072286	36.1167309	0.1	140.07229	36.1167142	-1.90	-0.20	
	CASE5 (100km/h)	(1回目)	9559	81.98	140.072501	36.1158472	0.1	140.072509	36.1158192	-3.18	-1.48	-0.56
			9560	94.41	140.07272	36.1149457	0.1	140.072725	36.1149262	-2.21	-0.51	
			9556	108.49	140.071858	36.1184881	0.1	140.071862	36.1184729	-1.73	-0.03	
			9557	71.53	140.072071	36.1176136	0.1	140.072075	36.1175996	-1.60	0.10	
		(2回目)	9558	64.5	140.072286	36.1167309	0.1	140.072293	36.1167018	-3.30	-1.60	
			9559	85.76	140.072501	36.1158472	0	140.072501	36.1158472	0.00	1.70	
			9560	92.09	140.07272	36.1149457	0.1	140.072729	36.1149132	-3.68	-1.98	

表 6-19 アンテナ室内設置の場合の詳細結果 (参考)

ステップ	CASE	回数	タグID	車速 (km/h)	タグ位置		差(秒)	マーカ検知		差(m)	補正後 差(m)	平均(m)	
					緯度	経度		緯度	経度				
ステップ1	CASE1 (20km/h)	(1回目)	9556	19.61	36.118488125503	140.071858093142	0.6	36.118455687538	140.071866055950	-3.68	-1.98	-1.55	
			9557	21.21	36.117613641545	140.072071161121	0.6	36.117581538856	140.072079123929	-3.64	-1.94		
			9558	22.38	36.116730943322	140.072286073118	0.6	36.116698002443	140.072294622659	-3.74	-2.04		
		9559	21.43	36.115847155452	140.072501320391	0.4	36.115825111046	140.072506684809	-2.50	-0.80			
		9560	21.78	36.114945681766	140.072720423340	0.5	36.114918440580	140.072726961225	-3.09	-1.39			
		9556	21.42	36.118488125503	140.071858093142	0.5	36.118462057784	140.071864379569	-2.95	-1.25			
	9557	23.34	36.117613641545	140.072071161121	0.6	36.117580365390	140.072079123929	-3.77	-2.07				
	9558	21.89	36.116730943322	140.072286073118	0.7	36.116693727672	140.072294790297	-4.21	-2.51				
	9559	20.32	36.115847155452	140.072501320391	0.4	36.115826619789	140.072506600990	-2.33	-0.63				
	9560	23.17	36.114945681777	140.072720423340	0.4	36.114922799170	140.072726625949	-2.60	-0.90				
	9556	53.28	36.118488125503	140.071858093142	0.1	36.118472954258	140.071861697360	-1.72	-0.02	-1.14			
	9557	58.68	36.117613641545	140.072071161121	0.2	36.117583801970	140.072078201919	-3.38	-1.68				
	9558	59.68	36.116730943322	140.072286073118	0.2	36.116701690480	140.072293197736	-3.32	-1.62				
	9559	59.04	36.115847155452	140.072501320391	0.2	36.115819662809	140.072508025914	-3.11	-1.41				
	9560	58.25	36.114945681766	140.072720423340	0.1	36.114934282377	140.072723105549	-1.29	0.41				
	9556	47.76	36.118488125503	140.071858093142	0.2	36.118458705023	140.071865553036	-3.34	-1.64				
	9557	75.36	36.117613641545	140.072071161121	0.2	36.117578018457	140.072079794481	-4.04	-2.34				
	9558	57.75	36.116730943322	140.072286073118	0.2	36.116699595004	140.072293700650	-3.55	-1.85				
	9559	58.41	36.115847155452	140.072501320391	0.2	36.115818908438	140.072508193552	-3.20	-1.50				
	9560	57.79	36.114945681777	140.072720423340	0.1	36.114932857454	140.072723776102	-1.46	0.24				
	9556	55.09	36.118488125503	140.071858093142	0.1	36.118468176574	140.071863308465	-2.26	-0.56		-1.14		
	9557	75.48	36.117613641545	140.072071161121	0.1	36.117581957951	140.072078872472	-3.59	-1.89				
	9558	90.42	36.116730943322	140.072286073118	0.1	36.116712503135	140.072290515527	-2.09	-0.39				
	9559	94.03	36.115847155452	140.072501320391	0.1	36.115827625617	140.072506908076	-2.21	-0.51				
9560	95.90	36.114945681766	140.072720423340	0.1	36.114924140275	140.072725620120	-2.44	-0.74					
9556	63.29	36.118488125503	140.071858093142	0.2	36.118446132168	140.071868319064	-4.76	-3.06					
9557	85.75	36.117613641545	140.072071161121	0.1	36.117585143074	140.072078118100	-3.23	-1.53					
9558	93.03	36.116730943322	140.072286073118	0.2	36.116700768471	140.072293616831	-3.42	-1.72					
9559	96.36	36.115847155452	140.072501320391	0.1	36.115830056369	140.072505511343	-1.94	-0.24					
9560	96.95	36.114945681777	140.072720423340	0.1	36.114924224094	140.072725452482	-2.43	-0.73					
ステップ2	CASE4 (60km/h)	(1回目)	9556	59.65	36.118488125503	140.071858093142	0.2	36.118454765528	140.071866055950	-3.78		-2.08	0.02
			9557	58.88	36.118488125503	140.071858093142	0.0	36.118488125503	140.071858093142	0.00		1.70	
			9558	59.30	36.118488125503	140.071858093142	0.0	36.118488125503	140.071858093142	0.00	1.70		
		9559	61.03	36.115847155452	140.072501320391	0.1	36.115832068026	140.072504673153	-1.70	0.00			
		9560	61.24	36.114945681766	140.072720423340	0.1	36.114931348711	140.072724027559	-1.63	0.07			
		9556	53.79	36.118488125503	140.071858093142	0.1	36.118474965915	140.071861026808	-1.49	0.21			
	9557	59.28	36.117613641545	140.072071161121	0.2	36.117584807798	140.072077866643	-3.26	-1.56				
	9558	58.08	36.116730943322	140.072286073118	0.1	36.116717448458	140.072288671508	-1.52	0.18				
	9559	58.46	36.115847155452	140.072501320391	0.1	36.115834163502	140.072504421696	-1.47	0.23				
	9560	58.11	36.114945681777	140.072720423340	0.1	36.114929001778	140.072726123034	-1.92	-0.22				
	9556	61.30	36.118488125503	140.071858093142	0.1	36.118467422202	140.071862954646	-2.34	-0.64	0.34			
	9557	87.15	36.117613641545	140.072071161121	0.0	36.117613641545	140.072071161121	0.00	1.70				
	9558	96.11	36.116730943322	140.072286073118	0.1	36.116696996614	140.072294035926	-3.84	-2.14				
	9559	97.10	36.115847155452	140.072501320391	0.0	36.115847155452	140.072501320391	0.00	1.70				
	9560	94.43	36.114945681766	140.072720423340	0.0	36.114945681766	140.072720423340	0.00	1.70				
	9556	85.93	36.118488125503	140.071858093142	0.1	36.118458537385	140.071865385398	-3.35	-1.65				
	9557	91.83	36.117613641545	140.072071161121	0.1	36.117613641545	140.072071161121	0.00	1.70				
	9558	93.22	36.116730943322	140.072286073118	0.1	36.116714179516	140.072290180251	-1.90	-0.20				
	9559	92.33	36.115847155452	140.072501320391	0.1	36.115827793255	140.072505930438	-2.19	-0.49				
	9560	91.97	36.114945681777	140.072720423340	0.0	36.114945681766	140.072720423340	0.00	1.70				



図 6-48 タグアンテナ取付け状況（車外から）



図 6-49 タグアンテナ取付け状況（車内から）

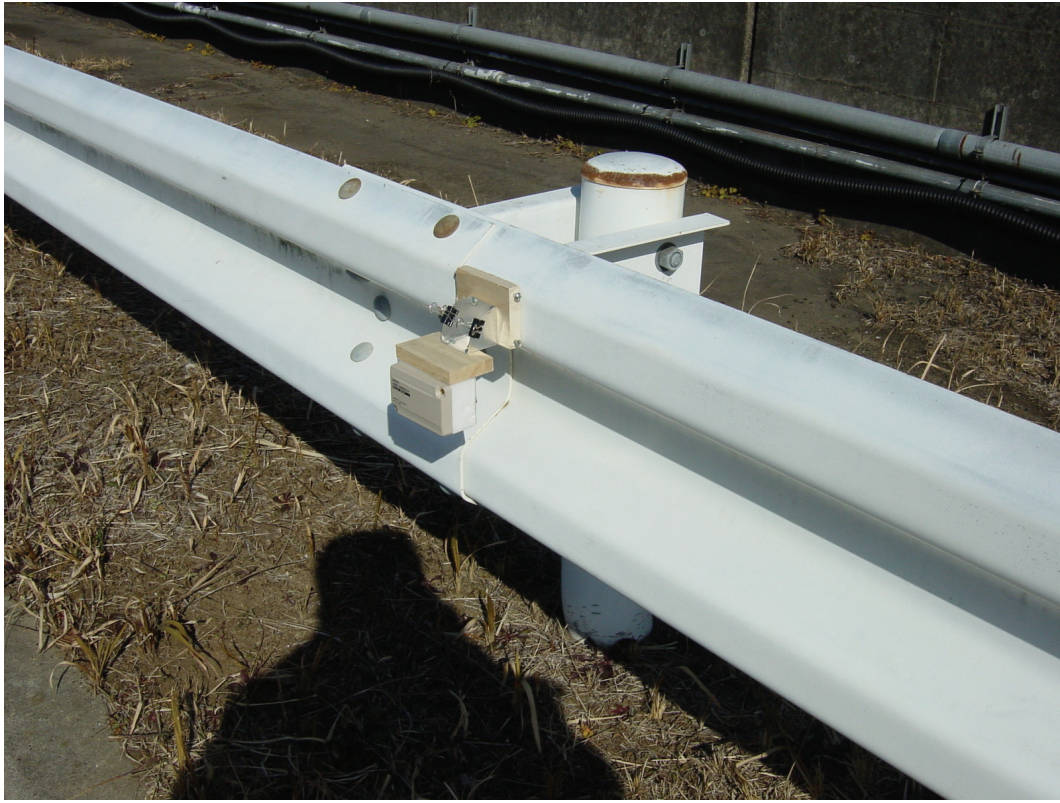


図 6-50 タグ取付け状況



図 6-51 実験状況