
「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期
／自動運転（システムとサービスの拡張）
／協調型自動運転のユースケースを実現する通信方式の検討のうち、
700MHz帯ITSに係る評価」

2021年度 成果報告書

2022年3月

京セラ株式会社

1. はじめに

2. 評価対象

3. 机上検討

4. シミュレーション

5. 課題と対策

6. 今後の展望

付録

1. はじめに

2. 評価対象

3. 机上検討

4. シミュレーション

5. 課題と対策

6. 今後の展望

付録

1.1. 事業の目的

本事業の目的

本事業では、協調型自動運転通信方式検討TF(検討TF)にて作成されたV2Xの活用が期待される「協調型自動運転ユースケース」について、無線通信技術への具体的な要求仕様等を明確にし、既存通信方式である700MHz帯ITS通信を活用した場合の**技術的な実現性を検証することを目的**とする。



事業概要

- a. 狭域通信に係る通信要件について、既存の700MHz帯ITSでの**対応可否評価**
- b. a.の検討の結果、対応不可となった狭域通信に係る通信要件について、これらの通信要件を満たす為の**技術的な課題の抽出・整理**
- c. b.で得られた課題を踏まえ、課題への**対応策(既存通信方式の改善方策等)の立案**
- d. 検討TFおよびITSフォーラムへの報告並びに資料作成支援

1.2. 研究の方法

相関図

検討TF、ITSフォーラム

- ・協調型自動運転ユースケース
- ・通信要件

※検討TF：協調型自動運転通信方式検討TF
ITSフォーラム：ITS 情報通信システム推進会議

指示

報告
/協議

他研究の目標・成果物

- ・セルラー通信に関する
技術的な実現性を明確にする
- ・協調型自動運転ユースケース
の実現に関するロードマップ
作成

連携

京セラの作業

700MHz帯ITSに関して以下を実施

- a. 対応可否の評価
- b. 技術的な課題の抽出・整理
- c. 課題に対する対策立案
- d. 資料作成・報告

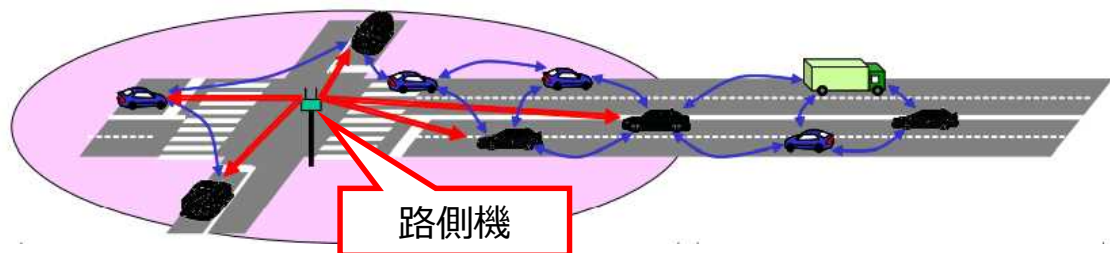
京セラの目標・成果物

700MHz帯ITSの通信に関する
技術的な実現性を明確にする

1.3. 700MHz帯ITSの概要

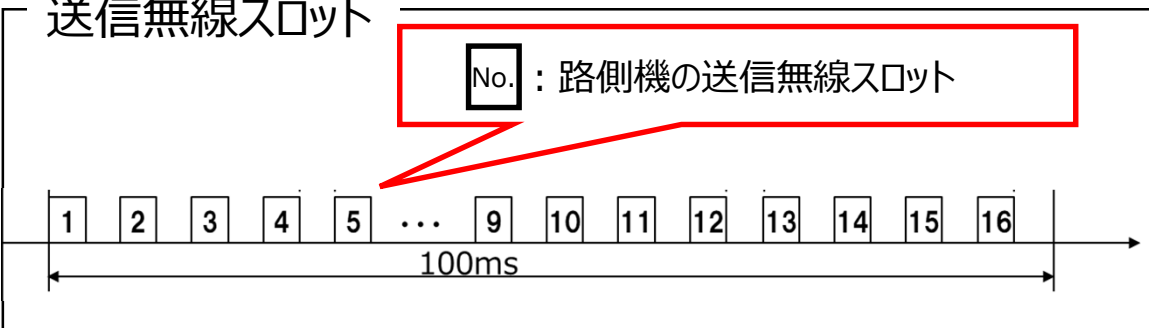
■ 700MHz帯安全運転支援システム

- 平成23年12月に制度化され、700MHz帯の周波数（755.5MHz～764.5MHz）を用いて車車間通信、路車間通信によりドライバーの事故防止を支援する。
- 700MHz帯は、建物や車両等遮蔽物の影まで電波が届きやすいことを特徴としており、様々な活用が期待されている。
- 路側機と車載機という2種類の端末があり、路側機は品質確保のため路側機用の送信無線スロット内での送信(TDMA)、車載機は路側機が使用していない時間にてCSMA/CAで送信を行う。



https://www.soumu.go.jp/main_content/000281445.pdf

送信無線スロット



項目	路側機	車載機
周波数帯	755.5MHzを超え764.5MHz以下	
占有周波数帯幅	9 MHz以下	
空中線電力	10 mW/MHz以下	
変調方式	BPSK/OFDM, QPSK/OFDM, 16QAM/OFDM	
誤り訂正	畳み込みFEC R=1/2, 3/4	
通信方法	ブロードキャスト	
送信周期	100 ms	
データ伝送速度	3, 4, 5, 6, 9, 12, 18 Mbit/s	
アクセス方式	TDMA	CSMA/CA
セキュリティ方式	電子署名方式	MAC方式
送信時間	任意の100 ms間における送信時間の総和は、10.5 ms以下	任意の100 ms間における送信時間の総和は、0.66 ms以下であり、かつ、送信バースト長は0.33 ms以下

1. はじめに

2. 評価対象

3. 机上検討

4. シミュレーション

5. 課題と対策

6. 今後の展望

付録

2. 評価対象（対象ユースケース、通信要件）

25個のユースケース(UC)のうち、700MHz帯ITSではV2IとV2V関連の20個のユースケースを対象とする。各ユースケースにおける無線方式検討TG提示の通信要件を下記に示す。

No.	大分類	中分類	ユースケース名	通信形態	無線方式検討TG提示の通信要件 (距離/遅延/PAR) ※1	
1	①車載センサー検知外情報の入手が必要なユースケース	a. 合流・車線変更支援	a-1-1.予備加減速合流支援	V2I	95 m/100 ms/99 %	
2			a-1-2.本線隙間狙い合流支援	V2I	116.7 m/100 ms /99 %	
3		b. 信号情報	b-1-1.信号情報による走行支援 (V2I)	V2I	206.3 m/5 m区間/99 %	
4			b-1-2.信号情報による走行支援 (V2N)	V2N		
5		c. 先読み情報：衝突回避		c-1.前方での急停止、急減速時の衝突回避支援	V2V	250 m/100 ms/99 %
6				c-2-1.交差点の情報による走行支援 (V2V)	V2V	190 m/100 ms/99 %
7				c-2-2.交差点の情報による走行支援 (V2I)	V2I	76.3 m/100 ms/99 %
8				c-3.ハザード情報による衝突回避支援	V2V	250 m/100 ms/99 %
9				d-1.異常車両の通知による走行支援	V2I、V2N	120 km/h:66.6 m/1 s/99 % 20 km/h:11.1 m/1 s/99 %
10		d. 先読み情報：走行計画変更		d-2.逆走車の通知による走行支援	V2I、V2N	120 km/h:66.6 m/1 s/99 % 20 km/h:11.1 m/1 s/99 %
11				d-3.渋滞の情報による走行支援	V2I、V2N	120 km/h:66.6 m/1 s/99 % 20 km/h:11.1 m/1 s/99 %
12				d-4.分岐・出口渋滞支援	V2I、V2N	120 km/h:66.6 m/1 s/99 % 20 km/h:11.1 m/1 s/99 %
13				d-5.ハザード情報による走行支援	V2I、V2N	120 km/h:66.6 m/1 s/99 % 20 km/h:11.1 m/1 s/99 %
14				e. 先読み情報：緊急車両回避	e-1.緊急車両の情報による走行支援	V2V、V2N
15	②自車が保有する情報の提供が必要なユースケース	f. インフラによる情報収集・配信	f-1.救援要請(e-Call)	V2N		
16			f-2.交通流の最適化のための情報収集	V2I、V2N	33.3 m/1 s/99 %	
17			f-3.地図更新・自動生成	V2N		
18			f-4.ダイナミックマップ情報配信	V2N		
19	③車車間及び路車間の意思疎通が必要なユースケース	a. 合流・車線変更支援	a-1-3.路側管制による本線車両協都合流支援	V2I	高速道本線 120 km/h:266.7 m/100 ms/99 % 20 km/h:44.4 m/100 ms/99 % 高速道連絡路 70 km/h:116.7 m/100 ms/99 % 20 km/h:33.3 m/100 ms/99 %	
20			a-1-4.車同士のネゴシエーションによる合流支援	V2V	120 km/h:255 m/100 ms/99 % 20 km/h:66.1 m/100 ms/99 %	
21			a-2.混雑時の車線変更の支援	V2V	120 km/h:255 m/100 ms/99 % 20 km/h:66.1 m/100 ms/99 %	
22		a-3.渋滞時の非優先道路から優先道路への進入支援	V2V	60 km/h:111.1 m/100 ms/99 % 7.2 km/h:3.4 m/100 ms/99 %		
23		g. 隊列・追従走行		g-1.電子牽引による後続車無人隊列走行	V2V	60 m/100 ms/99 %
24				g-2.追従走行並びに追従走行を利用した後続車有人隊列走行	V2V	141 m/10 m区間/95 %
25		h. 遠隔操作	h-1.移動サービスカーの操作・管理	V2N		

※1：通信要件は暫定値。RC-017にて定義され、発行される予定。“<https://itsforum.gr.jp/Public/guideline/Top.html>”。

1. はじめに

2. 評価対象

3. 机上検討

4. シミュレーション

5. 課題と対策

6. 今後の展望

付録

3.1. 机上検討 検討方法

机上検討の観点と、判定基準は以下の通り。

- 3.2. 通信エリア : リンクバジエットの観点で、通信距離要件を達成できるか
- 3.2. 送信時間の制約評価 (送信パケット長) : データサイズの観点で、遅延要件を達成できるか
- 3.3. 路側機設置制約評価 (スロット割当) : 路側機のスロットが既存サービスとSIP-UC両方が成立するスロット割当が可能か
- 3.4. & 3.5. メッセージセット : 路側機/車載機の送信メッセージのメッセージフォーマットの確認

	評価項目	評価方法	判定基準
3.2.	通信エリア	通信エリア端での通信品質を確認 (干渉がない前提)	通信エリア端での所望波受信電力 ≥ 受信成功率99%となる受信電力
3.2.	送信時間の制約評価 (送信パケット長)	メッセージの伝達に必要な無線使用時間を確認	メッセージの伝達に必要な無線使用時間 ≤ ARIB STD-T109におけるスロット使用可能時間 (路側機: 10.5 ms, 車載機: 0.33 ms)
3.3.	路側機 設置制約評価 (スロット割当)	路側機間の離隔距離を確認	通信エリア端でのDU比※ ≥ DU比閾値 となる離隔距離
3.4. 3.5.	メッセージセット	各UCのメッセージを整理	車載機メッセージ ≤ 100 byte (TD-001最大メッセージサイズ) 路側機メッセージ: 判定基準なし

※所望波と非所望波の受信電力比率 (以下、DU比)

3.2. 机上検討結果（通信エリア、送信時間の制約評価）

通信エリアは全UCで要件達成、送信時間の制約は意思疎通のUC（g-2除く）にて要件未達

No.	大分類	中分類	ユースケース名	通信形態	通信エリア評価		送信時間制約評価		
					回線マージン[dB]	対応可否	送信時間[μs]	対応可否	
1	①車載センサー検知外情報の入手が必要なユースケース	a.合流・車線変更支援	a-1-1.予備加減速合流支援	V2I	5.4	○	1,272	○	
2			a-1-2.本線隙間狙い合流支援	V2I	5.4	○	2,320	○	
3		b.信号情報	b-1-1.信号情報による走行支援（V2I）	V2I	10.4	○	960	○	
4			b-1-2.信号情報による走行支援（V2N）	V2N					
5		c.先読み情報：衝突回避		c-1.前方での急停止、急減速時の衝突回避支援	V2V	3.3	○	248	○
6				c-2-1.交差点の情報による走行支援（V2V）	V2V	6.0	○	208	○
7				c-2-2.交差点の情報による走行支援（V2I）	V2I	24.4	○	1,200	○
8				c-3.ハザード情報による衝突回避支援	V2V	3.3	○	248	○
9				d.先読み情報：走行計画変更		d-1.異常車両の通知による走行支援	V2I、V2N	25.5	○
10		d-2.逆走車の通知による走行支援	V2I、V2N			25.5	○	584	○
11		d-3.渋滞の情報による走行支援	V2I、V2N			25.5	○	584	○
12		d-4.分岐・出口渋滞支援	V2I、V2N			25.5	○	584	○
13		d-5.ハザード情報による走行支援	V2I、V2N			25.5	○	584	○
14		e.先読み情報：緊急車両回避		e-1.緊急車両の情報による走行支援	V2V、V2N	10.3	○	216	○
15	②自車が保有する情報の提供が必要なユースケース	f.インフラによる情報収集・配信	f-1.救援要請(e-Call)	V2N					
16			f-2.交通流の最適化のための情報収集	V2I、V2N	17.5	○	200	○	
17			f-3.地図更新・自動生成	V2N					
18			f-4.ダイナミックマップ情報配信	V2N					
19	③車車間及び路車間の意思疎通が必要なユースケース	a.合流・車線変更支援	a-1-3.路側管制による本線車両協調合流支援	V2I	6.4	○	304×車両台数	×	
20			a-1-4.車同士のネゴシエーションによる合流支援	V2V	3.1	○	216×車両台数	×	
21			a-2.混雑時の車線変更の支援	V2V	3.1	○	216×車両台数	×	
22		a-3.渋滞時の非優先道路から優先道路への進入支援	V2V	3.0	○	216×車両台数	×		
23		g. 隊列・追従走行		g-1.電子牽引による後続車無人隊列走行	V2V	25.4	○	840(296x5)	×
24				g-2.追従走行並びに追従走行を利用した後続車有人隊列走行	V2V	15.1	○	296	○
25		h.遠隔操作		h-1.移動サービスカーの操作・管理	V2N				

- ・ 回線マージン：通信エリア端での受信限界までのマージン電力。0dB未満なら要件未達
- ・ 送信時間：データサイズから計算したARIB STD-T109での送信時間。規格の上限を超えると要件未達

○：TG提示要件達成、×：TG提示要件未達

3.3. 路側機 設置制約評価 (スロット割当) (1/2)

■ 目的

SIP-UC(高速道)と既存サービスが共存可能な路側機設置条件を明確にする。

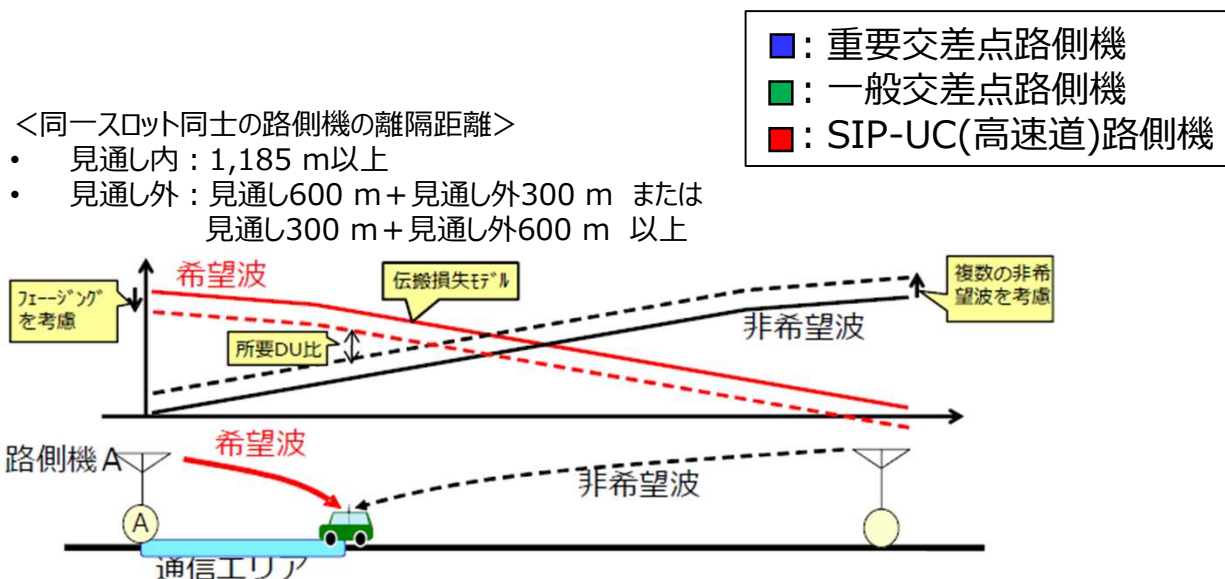
※SIP-UC(一般道)は、既存サービスを拡張する方向で検討。

■ 共存可能となる路側機設置条件の考え方

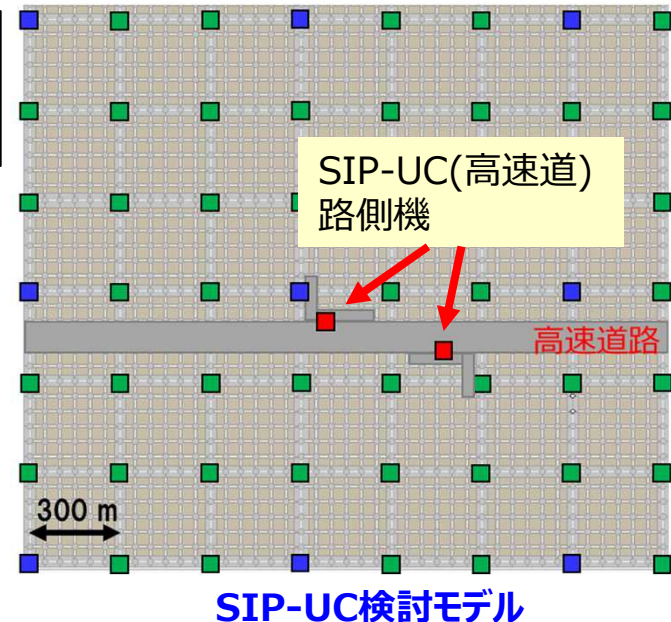
- 同一スロットタイミングで送信する路側機同士の離隔距離 (それぞれのサービスエリア端で所要DU比が満足できる距離以上) が確保できること

■ 検討条件

- 300 m面配置の都市構造に高速道路を配置し、既存路側機は重要交差点に2スロット、一般交差点に1スロット使用
- SIP-UC(高速道)路側機は1台あたり2スロット必要であり、合計4スロットを使用



※2016年既存モデルシミュレーションより



3.3. 路側機 設置制約評価 (スロット割当) (2/2)

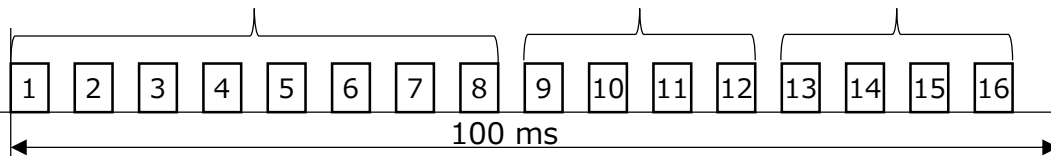
- SIP-UC(高速道)路側機2台に4スロット確保が必要なため、重要交差点と一般交差点を8スロットで割当可能かの検討を行う。
- スロット配置の一例として重要交差点及び一般交差点にスロット1～8、SIP-UC(高速道)路側機にスロット9～12を使用した例で検討する。

スロット配置例

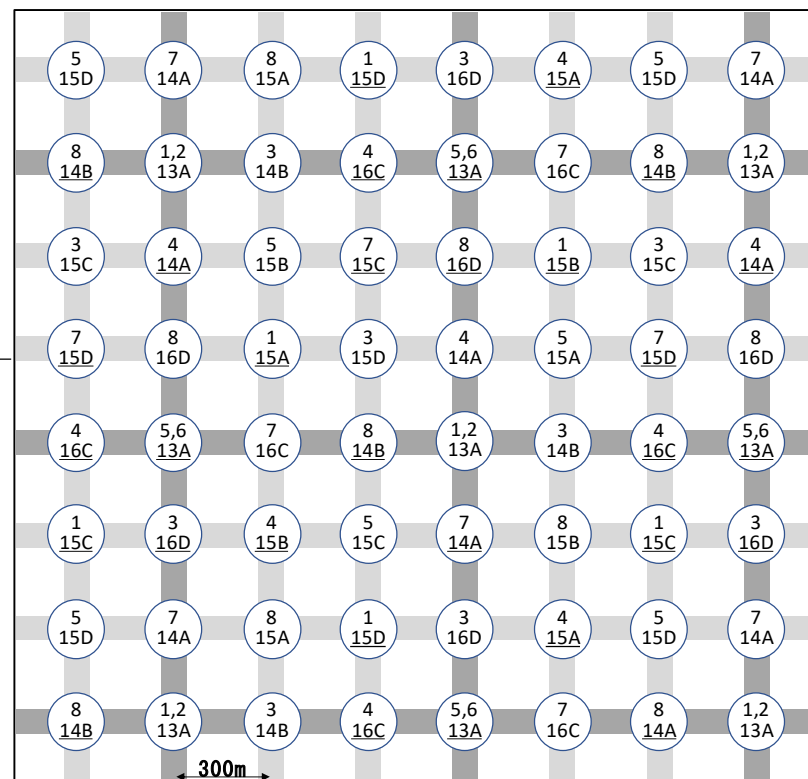
重要交差点及び
一般交差点で使用

SIP-UC(高速道)
路側機用に確保可

路路間通信で
使用※



※路路間通信のタイムスロット番号は路車間通信のタイムスロット番号よりも大きくする必要があるので、路路間通信のスロットは13～16固定としている



既存サービス(重要交差点及び一般交差点)は8スロットで割当可であるため、SIP-UC(高速道)路側機用に4スロット確保可能

3.4. メッセージセット (車載機送信) (1/3)

■ SIP-UC車載機送信メッセージセットのTD-001での実現性確認

車載機送信のメッセージ (a-1-3,a-1-4,a-2,a-3除く) をそれぞれのメッセージ毎にITS Connect TD-001の最大メッセージサイズである100 byte以内で実現できるかを検討する
また、メッセージを統合したメッセージセットについても同様に検討する。

・ 車載機送信メッセージセット検討方法

SIP-UC (例 : c-3) (※1)

情報要素		説明	サイズ	
管理情報	メッセージID	メッセージ種別の識別子	16 bit	
車両情報	車載機ID	送信元車両の識別子	32 bit	
	情報更新時刻	情報を更新した時刻	32 bit	
	車両位置	自車両の緯度経度高度情報	88 bit	
	車両速度	自車両走行速度	16 bit	
	車両加減速情報	自車両加減速情報	16 bit	
	車両長さ	自車両長さ情報	16 bit	
事象情報	緊急行動発生時刻	急減速・緊急車線変更を実施した時刻	32 bit	
	緊急行動種別	緊急行動種別	8 bit	
	対象物情報	車両速度、車両種別	24 bit	
	事象位置情報	事象発生の緯度経度高度情報	88 bit	
	事象距離情報	事象発生地点までの距離	16 bit	
	車線情報	事象発生地点の車線情報	8 bit	
	道路種別情報	事象発生地点の道路種別	8 bit	
	通行可否情報	事象発生地点の通行可否情報	8 bit	
	発信元車載機ID	事象発生車両のID	32 bit	
	配信対象車線情報	リレー先の対象車線	8 bit	
	情報有効時間	メッセージをリレーする際に有効とみなす時間	32 bit	
	再配信距離	メッセージをリレーする際に有効とみなす範囲	16 bit	
	合計			62 byte

ITS Connect TD-001

表 4-1 基本メッセージの構成

領域	データ構造	格納する DF	サイズ (byte)	備考	
共通領域	共通アプリヘッダ領域	DF_共通領域管理情報	8	格納は必須。	
		DF_時刻情報	4		28 格納は必須。正しい値をセット出来ない場合は不定値をセットする。
		DF_位置情報	11		
		DF_車両状態情報	9		
	DF_車両属性情報	4			
	共通アプリデータ領域	DF_位置オプション情報 (*)	2	0~26 格納は任意。格納順序は変更不可。	
		DF_GNSS 状態オプション情報 (*)	4		
		DF_位置取得オプション情報 (*)	2		
		DF_車両状態オプション情報 (*)	7		
		DF_交差点情報 (*)	10		
DF_拡張情報 (*)		1			
自由アプリヘッダ領域	自由アプリヘッダ領域	DF_自由領域管理情報	0~1	0~22 格納は任意。サイズは個別アプリデータ数により変化。	
		DF_個別アプリデータ管理情報セット	0~21		
自由領域	自由アプリデータ領域	(規定しない)	0~60	格納は任意。格納順序は DF_個別アプリデータ管理情報セットの格納順に従う。	
			計 36~100	(*):オプション情報	

共通領域に該当するもの、該当しないもの(自由領域に割り当てるもの)に分類する。

※1 : メッセージセットは暫定値。

3.4. メッセージセット（車載機送信）（2/3）

■ 車載機送信メッセージセット実現可否検討結果（個別検討）

- すべてのSIP-UCにおいて実現可能
(ただし、自由領域16 byte以上を必要とするUCはオプション領域の使用に制約あり)

・ SIP-UC個別メッセージセット

No.	SIP-UC	共通領域	自由領域	合計
c-2-1	交差点の情報	36 byte	2 byte	38 byte
c-3 / c-1	ハザード情報による衝突回避支援 前方での急停止、急減速時の衝突回避	36 byte	37 byte	73 byte
d-1 ~ d-5	異常車両、逆走車、渋滞の情報等通知	36 byte	24 byte	60 byte
e-1	緊急車両の情報	36 byte	36 byte	72 byte
g-1	電子牽引	36 byte	7 byte	43 byte
g-2	追従走行	36 byte	7 byte	43 byte
f-2	交通流の最適化	36 byte	4 byte	39 byte

3.4. メッセージセット（車載機送信）（3/3）

■ 車載機送信メッセージセット実現可否検討結果（統合検討）

- すべての統合ケースにおいて実現可能
（ただし、自由領域16 byte以上を必要とするUCはオプション領域の使用に制約あり）

• SIP-UC統合メッセージセット

No.	SIP-UC（一般道）	共通領域	自由領域	合計
1	c-2-1, c-3/c-1, d-1~d-5, e-1の合計	36 byte	40 byte	76 byte
2	c-2-1, c-3/c-1, d-1~d-5, e-1, f-2の合計	36 byte	42 byte	78 byte
3	g-1, g-2, f-2の合計	36 byte	11 byte	47 byte
4	全UC合計（意思疎通メッセージ以外）	36 byte	50 byte	86 byte

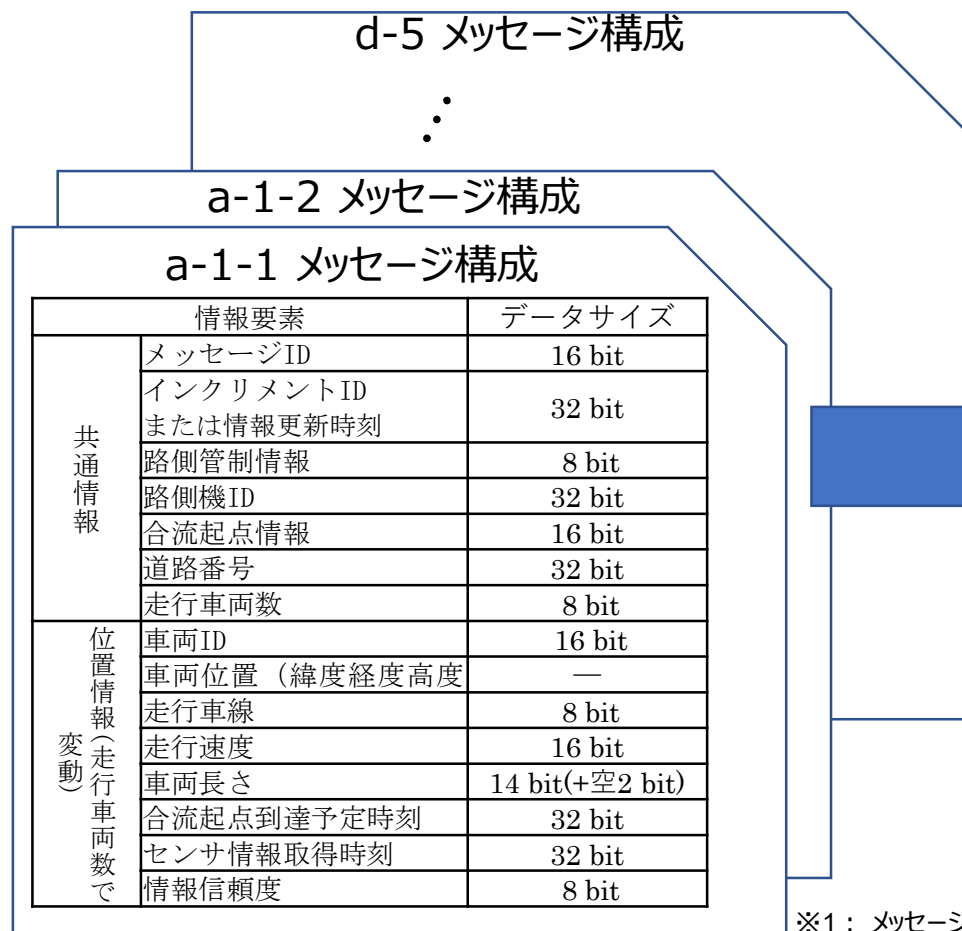
3.5. メッセージセット（路側機送信）（1/3）

■ SIP-UC（高速道）路側機送信の各メッセージセットについて、メッセージ整理を実施

- 高速道路関連メッセージセット：高速道UC(a-1-1,a-1-2,a-1-3,d-1～d-5)

- 路側機送信メッセージセット検討方法（※1）

一つの表に整理し、個別版と統合版のメッセージサイズを確認



情報要素	各SIP-UC					

※1：メッセージセットは暫定値。

3.5. メッセージセット（路側機送信）（2/3）

■ SIP-UC（高速道）路側機送信メッセージの個別データサイズと統合データサイズ

・メッセージセット整理結果を下表に示す

・ SIP-UC個別メッセージセット

No.	SIP-UC（高速道）	最大サイズ	備考
a-1-1	予備加減速合流支援	754 byte	位置情報は最大46 台分
a-1-2	本線隙間狙い合流支援	2,502 byte	位置情報は最大92 台分
a-1-3	路側管制による本線車両協調合流支援	4,986 byte	位置情報は最大184 台分
d-1 ~ d-5	異常車両、逆走車、渋滞の情報等通知	445 byte	ハザード情報は最大20ハザード分

・ SIP-UC統合メッセージセット

No.	SIP-UC（高速道）	最大サイズ	備考
1	a-1-3（a-1-1, a-1-2）統合 路側管制による本線車両協調合流支援	4,986 byte	位置情報は最大184 台分
2	d-1 ~ d-5統合 異常車両、逆走車、渋滞の情報等通知	445 byte	ハザード情報は最大20ハザード分
3	全メッセージセット統合	5,426 byte	位置情報は最大184 台分 ハザード情報は最大20ハザード分

3.5. メッセージセット（路側機送信）（3/3）

■ SIP-UC（一般道）路側機送信メッセージセットの検討結果

- b-1-1（信号情報による走行支援）：700MHz帯ITS路車間通信サービスを一部拡張することで対応可

機能分類	b.信号情報
ユースケース名	b-1-1.信号情報による走行支援（V2I）
対象場所	一般道+高速道路
対象車両	オーナー・カー
概要	交差点の信号機の現在の信号灯火色及び信号サイクル情報（次の信号灯火色及び切り替わりまでの時間）等を、路側インフラから交差点進入車両に提供し、車両の減速、停止の支援によりシフトマ回避を行う。

ユースケースイメージ

*黄色表示中に停止線を通過できず、且つ急減速なしでは停止できないタイミングのゾーン

2.4.1.6 通信内容（※1）

メッセージ内容は、[1]により「ITS 無線路側機 DSSS 用路車間通信アプリケーション規格」の信号情報を基本として、生成時刻と生成時刻からの残秒数を付与する。V2I のメッセージサイズが、1Kbyte/交差点程度の想定で送信できるものと想定する。

参考資料

[1] ITS 無線路側機等の路車間通信以外の手法による信号情報の提供に係る研究開発報告書、2019年度研究開発、<https://www.sip-adus.go.jp/rd/rddata/rd03/205.pdf>

※1：通信内容は暫定値。

- c-2-2（交差点の情報による走行支援）：700MHz帯ITS路車間通信サービスに包含されるので対応可

機能分類	c.先読み情報：衝突回避
ユースケース名	c-2-2.交差点の情報による走行支援（V2I）
対象場所	一般道
対象車両	オーナー・カー
概要	路側センサーまたは車両から入手した交差点に接近する車両の位置や速度の情報を、インフラから交差点に接近または交差点を通過する車両に提供し、死角の多い交差点の通過や右折の支援を行う。

ユースケースイメージ

1. はじめに

2. 評価対象

3. 机上検討

4. シミュレーション

5. 課題と対策

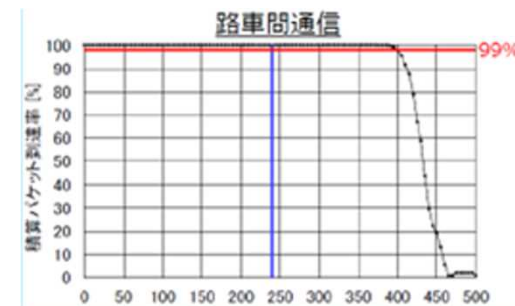
6. 今後の展望

付録

4.1. シミュレーション評価方法（評価項目）

■ パケット到達率（PAR）

- パケット到達率をアプリの送信パケット母数とそのうちの受信成功パケットの比率と定義する。なお、CSMAによる送信失敗は受信失敗とする。
- 評価車両を一定間隔で配置し、各地点でのパケット到達率の測定を実施し、距離毎のパケット到達率を取得する。
- その結果を基に、各サービスにおける必要通信距離が満足するかを評価する。



グラフィイメージ

■ 無線通信遅延（または遅延）

- 無線通信遅延を、所望のパケット到達率(PAR99%)に達するまでの時間と定義する。
- この値は100 ms周期送信時の最大遅延量を表しており、この無線通信遅延以内に少なくとも1回はパケット受信が可能であることを示す。
- 無線通信時間が通信要件の無線区間許容遅延内に収まるかを評価する。

$$\text{無線通信遅延} = \ln(1-DPx) / \ln(1-Px) \times 100 \text{ ms}$$

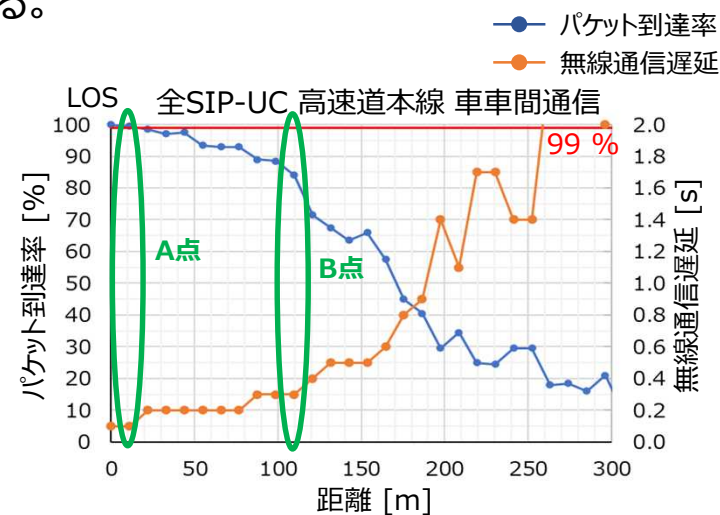
DPx: 所望のパケット到達率

Px: 1回送信当たりのパケット到達率

例) 右グラフにおいて下記のように計算される。

A点: 1回の送信で所望パケット到達率99 %を達成していることから無線通信遅延は100 ms

B点: 1回のパケット到達率が約85 %であり、パケット到達率99 %を達成するためには上記式より、無線通信遅延は300 ms



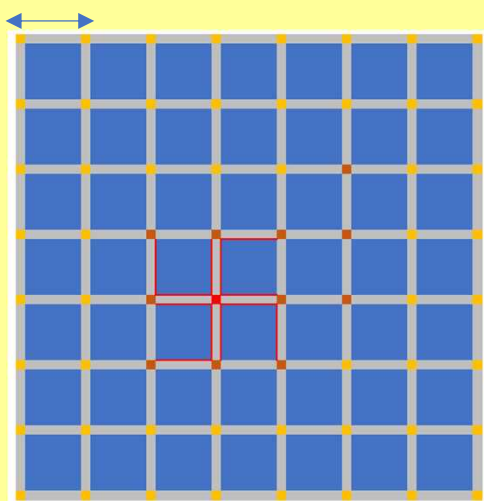
4.1. シミュレーション評価方法（評価モデル）

■ シミュレーション評価について

- 2016年既存モデルシミュレーション(※1)のパターン番号9（300 m面配置）を参考に、高速道路を含むモデルを構築（SIP-UC検討モデル）。
- SIP-UCと既存サービスの車載機および路側機を配置。
- SIP-UC検討モデル内でSIP-UCと既存サービスを近接させた状態で、パケット到達率、無線通信遅延の評価を行い、SIP-UCの対応可否および既存サービスとの共存成立性の確認を行う。

2016年既存モデルシミュレーションのパターン番号9

300m



2016年既存モデルシミュレーションモデルの設置条件（通称銀座モデル）

パターン番号	路側機配置	路車	路車/路路		路路	車両密度	通信スロット数		評価内容	
			緊急車	近接信号			路車	路路	通信成功率*	遅延時間
1	300m間隔十字	○	○	無	○	43台/km	8	2	車車,路車,路路	路路
2	300m間隔十字 (車両密度違い)	○	○	無	○	23台/km	8	2	車車,路車,路路	路路
3	300m間隔十字 (路車のみ)	○	○	無	無	43台/km	8		車車,路車	
4	200m間隔十字	○	○	無	○	43台/km	10	2	車車,路車,路路	路路
5	200m間隔1回中継	○	○	無	○	43台/km	12	3	車車,路車,路路	路路
6	200m間隔1回中継 (近接信号情報あり)	○	○	○	○	43台/km	12	3	車車,路車,路路	路路
7	200m間隔1回中継 (一般交差点Rは路路のみ)	一部 無	○	無	○	43台/km	12	3	車車,路車,路路	路路
8	200m間隔2回中継	○	○	無	○	43台/km	12	4	車車,路車,路路	路路
9	300m間隔面配置	○	○	無	○	43台/km	9	4	車車,路車,路路	路路

※1：本資料で記述する2016年既存モデルシミュレーションとは、以下の資料のことを指す。

情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会報告

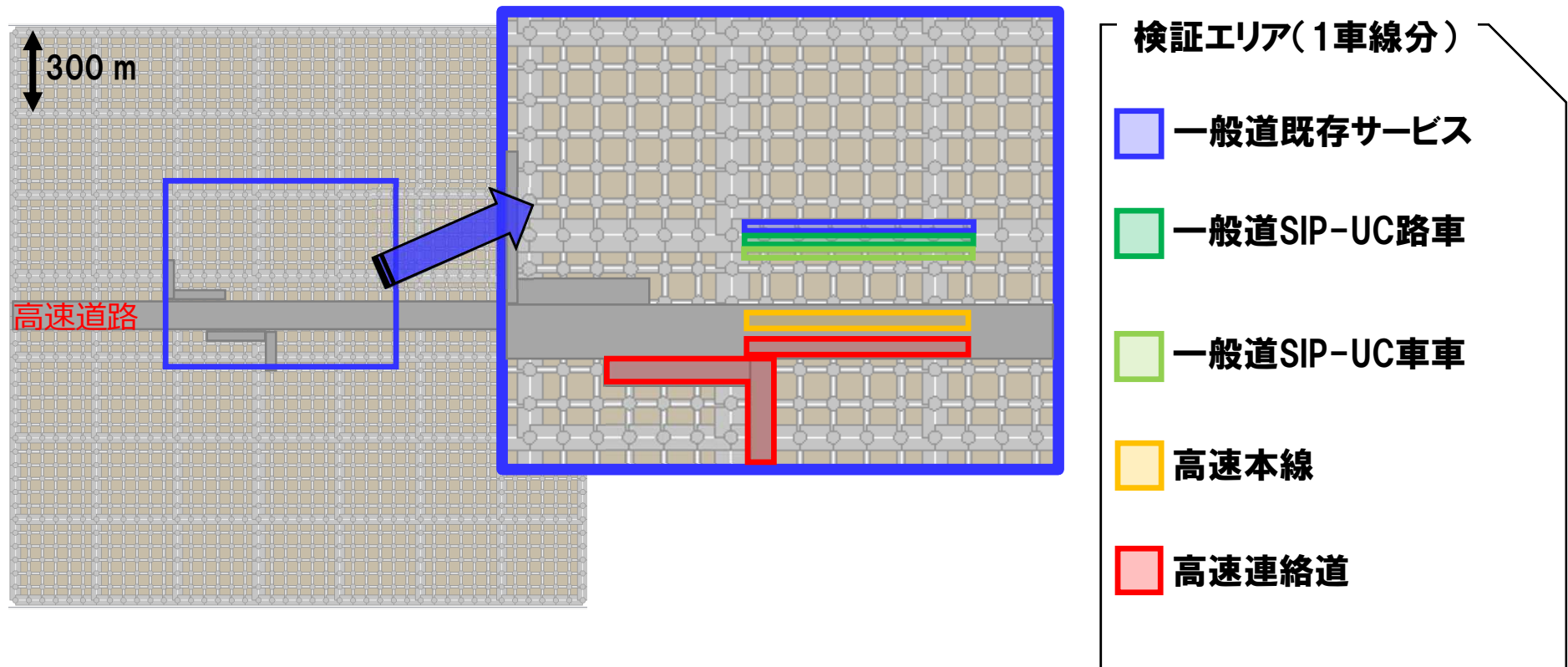
平成21年7月28日付諮問第2029号「ITS無線システムの技術的条件」のうち「700MHz帯高度道路交通システムの高度化に関する技術的条件」について

https://www.soumu.go.jp/main_content/000477035.pdf

4.1. シミュレーション評価方法（評価エリア）

■ シミュレーションの評価エリアと車載機の車両密度

- 実際の運用を想定し、起こり得る厳しい条件としての車両密度を設定
- 高速道路は低速走行を想定した20 km/h, 1秒車間から95 台/kmを適用
- SIP一般道路車間通信は36 台/km、車車間通信は143 台/kmを適用
- 一般道は2016年既存モデルシミュレーションの条件である43 台/kmを適用
- 上記の車両密度にてを行い、結果次第で追加条件にて検討を行う



4.1. シミュレーション評価方法（シミュレーション条件）

■ シミュレーション条件

● メッセージサイズ

検討したメッセージセットの中で最大のものをシミュレーションでは採用

		路側機	車載機
SIPユースケース	高速道	4986 byte	73 byte
	一般道	1150 byte	
既存ユースケース	重要交差点	2750 byte	
	一般交差点	1150 byte	

● 車両密度

	SIPユースケース			既存ユースケース
	高速道本線	高速道連絡路	一般道	
低速走行の最大密度条件	95台/km (20 km/h)	95台/km (20 km/h)	143台/km (10 km/h)	43台/km (25 km/h)
規制速度程度の最大密度条件	17台/km (120 km/h)	23台/km (70 km/h)	23台/km (70 km/h)	23台/km (70 km/h)

● 通信条件・伝搬モデル

	路側機	車載機
周波数	760MHz	
送信電力	19.2dBm	
変調方式	16QAM1/2	QPSK1/2
送信周期	100 ms	100 ms
アンテナ高	道路高 + 6 m	道路高 + 1.5 m
アンテナ利得	0 dBi	0 dBi
給電損失	0 dB	3 dB
受信可否判定閾値	-75.9 dBm(16QAM1/2)、 -81 dBm(QPSK1/2)	
所要DU比	14 dB(16QAM1/2)、 9 dB(QPSK1/2)	
キャリアセンスレベル	-	-85 dBm
CWサイズ	-	63
伝搬損失モデル	700MHzITS路車・路路モデル	伊藤・多賀モデル
	一般道⇒高速道：伊藤・多賀モデル 高速道⇒一般道：ITU-R P.1411	
フェージング	路車間：4.4 dB	車車間：6.4 dB
車両の遮蔽損	-	0.5 dB/台 (最大8 dB)
高速道路防音壁遮蔽損	10 dB	

車両は、普通車のみで大型車は含まない
セキュリティオーバーヘッドは700MHz帯ITSのものを使用

4.2. 全SIP-UC同時共存確認シミュレーション結果

路車間通信はすべて通信要件達成、車路間通信の一部UC(d1~d4, f-2)は通信要件達成、その他の車路間通信(a-1-3)、車車間通信は無線方式検討TG提示の通信要件未達

No.	大分類	中分類	ユースケース名	TGの通信要件 (距離/遅延/PAR)	700MHz ITS での対応可否	TG通信距離要件にて所定のPARが満足する 無線通信遅延 (距離/遅延)					
						規制速度程度の最大密度条件	低速移動時の最大密度条件				
1	①車載セン サー検知外情 報の入手が必 要なユース ケース	a.合流・車線変 更支援	a-1-1.予備加減速合流支援	95 m/100 ms/99 %	○	右欄参照	I→V 95 m/100 ms(※)				
2			a-1-2.本線隙間狙い合流支援	116.7 m/100 ms /99 %	○	右欄参照	I→V 116.7 m/100 ms(※)				
3		b.信号情報	b-1-1.信号情報による走行支援 (v2l)	206.3 m/5 m区間/99 %	○	右欄参照	I→V 206.3 m/100 ms(※)				
4			b-1-2.信号情報による走行支援 (v2N)								
5		c.先読み情報： 衝突回避		c-1.前方での急停止、急減速時の衝突回避支援	250 m/100 ms/99 %	×	V→V 250 m/1.5 s	V→V 250 m/15.2 s			
6				c-2-1.交差点の情報による走行支援 (v2v)	190 m/100 ms/99 %	×	V→V 190 m/1.9 s	V→V 190 m/10.1 s			
7				c-2-2.交差点の情報による走行支援 (v2l)	76.3 m/100 ms/99 %	○	右欄参照	I→V 76.3 m/100 ms(※)			
8				c-3.ハザード情報による衝突回避支援	250 m/100 ms/99 %	×	V→V 250 m/1.5 s	V→V 250 m/15.2 s			
9				d.先読み情 報：走行計画 変更		d-1.異常車両の通知による走行支援	120 km/h:66.6 m/1 s/99 % 20 km/h:11.1 m/1 s/99 %	○	V→I 66.6 m/200 ms I→V右欄参照	V→I 11.1 m/900 ms I→V 66.6 m/100 ms(※)	
10		d-2.逆走車の通知による走行支援	120 km/h:66.6 m/1 s/99 % 20 km/h:11.1 m/1 s/99 %			○	V→I 66.6 m/200 ms I→V右欄参照	V→I 11.1 m/900 ms I→V 66.6 m/100 ms(※)			
11		d-3.渋滞の情報による走行支援	120 km/h:66.6 m/1 s/99 % 20 km/h:11.1 m/1 s/99 %			○	V→I 66.6 m/200 ms I→V右欄参照	V→I 11.1 m/900 ms I→V 66.6 m/100 ms(※)			
12		d-4.分岐・出口渋滞支援	120 km/h:66.6 m/1 s/99 % 20 km/h:11.1 m/1 s/99 %			○	V→I 66.6 m/200 ms I→V右欄参照	V→I 11.1 m/900 ms I→V 66.6 m/100 ms(※)			
13		d-5.ハザード情報による走行支援	120 km/h:66.6 m/1 s/99 % 20 km/h:11.1 m/1 s/99 %			○	右欄参照	I→V 66.6 m/100 ms(※)			
14		②自車が保有 する情報の提 供が必要な ユースケース	e.先読み情報： 緊急車両回避	e-1.緊急車両の情報による走行支援	150 m/100 ms/99 %	×	V→V 150 m/800 ms	V→V 150 m/5.2 s			
15					f.インフラによ る情報収集・ 配信	f-1.救援要請(e-Call)					
16							f-2.交通流の最適化のための情報収集	33.3 m/1 s/99 %	○	V→I 33.3 m/200 ms	V→I 33.3 m/900 ms
17							f-3.地図更新・自動生成				
18		f-4.ダイナミックマップ情報配信									
19	③車車間及び 路車間の意思 疎通が必要な ユースケース	a.合流・車線変 更支援	a-1-3.路側管制による本線車両協調合流支援	高速道本線 120 km/h:266.7 m/100 ms/99 % 20 km/h:44.4 m/100 ms/99 %	×	高速道本線 V→I 266.7 m/800 ms I→V右欄参照	高速道本線 V→I 44.4 m/900 ms I→V 266.7 m/100 ms(※)				
20					a-1-4.車同士のネゴシエーションによる合流支援	高速道連絡路 70 km/h:116.7 m/100 ms/99 % 20 km/h:33.3 m/100 ms/99 %	×	高速道連絡路 V→I 116.7 m/900 ms I→V右欄参照	高速道連絡路 V→I 33.3 m/900 ms I→V 116.7 m/100 ms(※)		
21						a-2.混雑時の車線変更の支援	120 km/h:255 m/100 ms/99 % 20 km/h:66.1 m/100 ms/99 %	×	V→V 255 m/1.4 s	V→V 66.1 m/600 ms	
22		a-3.渋滞走行の非優先道路から優先道路への進入支援	120 km/h:255 m/100 ms/99 % 20 km/h:66.1 m/100 ms/99 %			×	V→V 255 m/1.4 s	V→V 66.1 m/600 ms			
23		g.隊列・追従走 行		g-1.電子牽引による後続車無人隊列走行	60 m/100 ms/99 %	×	V→V 60 m/200 ms	検討範囲外			
24					g-2.追従走行並びに追従走行を利用した後続車有人隊列走行	141 m/10 m区間/95 %	×	V→V 141 m/700 ms	検討範囲外		
25	h.遠隔操作		h-1.移動サービスカーの操作・管理								

セキュリティオーバーヘッドは700MHzITSセキュリティ委員会規定のサイズ

※：規制速度程度の最大密度条件で低速移動時の最大密度条件の通信要件を満足

4.3. 条件変更版シミュレーション（条件一覧）

■ 目的

無線方式検討TG提示の通信要件は最も厳しい条件を表しているものの、その条件がすべてのUCに共通で発生することは考えにくいため、実用化検討の一例として下記追加シミュレーションを実施

■ 条件一覧

・条件1：リファレンス

全SIP-UC同時共存確認シミュレーション結果（規制速度での最大車両密度条件）

・条件2：受信感度変更

目的：市場で実現している水準の受信感度で評価する

変更点：QPSK1/2：-82 dBmから-90 dBmに変更

16QAM1/2：-77 dBmから-85 dBmに変更

期待される効果：通信エリアの拡大

・条件3：受信感度変更 + 路路間通信用スロットの車載機利用

目的：路路間通信が実施されていない現状に合わせて評価する

変更点：路路間通信用として割り当てた4スロット全て(右図参照)を車路・車車通信用に開放

期待される効果：車載機送信タイミングの衝突確率低下による通信品質改善

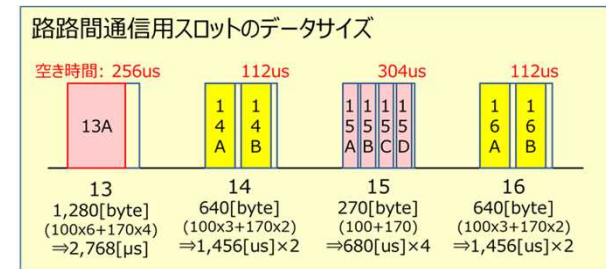
・条件4：受信感度変更 + 路路間通信用スロットの車載機利用 + 車両密度見直し

目的：車両密度が平均的な環境を想定した評価

変更点：周辺車両密度を中核都市レベルの密度に変更

（干渉車両約2000台から約1000台）

期待される効果：車載機送信タイミングの衝突確率低下による通信品質改善



4.3. 条件変更版シミュレーション（結果まとめ）

条件変更により遅延量は0.1～1.4秒改善。g-2は無線方式検討TG提示の通信要件を達成。
その他のUCは無線方式検討TG提示の通信要件未達成。

No.	大分類	中分類	ユースケース名	TGの通信要件 距離/遅延/PAR	700MHz ITSでの 対応可否	TG通信距離要件にて所定のPARが満足する 無線通信遅延（距離/遅延）※規制速度での最大車両密度条件		
						条件変更前（条件1）	条件変更後（条件4）	
1	①車載セン サー検知外情 報の入手が必 要なユース ケース	a.合流・車線変 更支援	a-1-1.予備加減速合流支援					
2			a-1-2.本線隙間狙い合流支援					
3		b.信号情報	b-1-1.信号情報による走行支援(V2I)					
4			b-1-2.信号情報による走行支援(V2N)					
5		c.先読み情 報：衝突回避	c-1.前方での急停止、急減速時の衝突回避 支援	c-1-1.前方での急停止、急減速時の衝突回避 支援	250 m/100 ms/99 %	×	250 m/1.5 s 1.5 s移動距離:29.2 m	250 m/600 ms 600 ms移動距離:11.7 m
6				c-2-1.交差点の情報による走行支援 (V2V)	190 m/100 ms/99 %	×	190 m/1.9 s 1.9 s移動距離:36.9 m	190 m/400 ms 400 ms移動距離:7.8 m
7			c-2-2.交差点の情報による走行支援 (V2I)					
8			c-3.ハザード情報による衝突回避支援	250 m/100 ms/99 %	×	250 m/1.5 s 1.5 s移動距離:29.2 m	250 m/600 ms 600 ms移動距離:11.7 m	
9			d.先読み情 報：走行計画 変更	d-1.異常車両の通知による走行支援				
10		d-2.逆走車の通知による走行支援						
11		d-3.渋滞の情報による走行支援						
12		d-4.分岐・出口渋滞支援						
13		e.先読み情報： 緊急車両回避	d-5.ハザード情報による走行支援	d-5.ハザード情報による走行支援				
14				e-1.緊急車両の情報による走行支援	150 m/100 ms/99 %	×	150 m/500 ms 500 ms移動距離:9.7 m	150 m/200 ms 200 ms移動距離:3.9 m
15	②自車が保有 する情報の提 供が必要な ユースケース	f.インフラによ る情報収集・ 配信	f-1.救援要請(e-Call)					
16			f-2.交通流の最適化のための情報収集					
17			f-3.地図更新・自動生成					
18			f-4.ダイナミックマップ情報配信					
19	③車車間及び 路車間の意思 疎通が必要な ユースケース	a.合流・車線変 更支援	a-1-3.路側管制による本線車両協調合流支 援	高速道本線 120 km/h:266.7 m/100 ms/99 % 20 km/h:44.4 m/100 ms/99 % 高速道連絡路 70 km/h:116.7 m/100 ms/99 % 20 km/h:33.3 m/100 ms/99 %	×	本線120 km/h 266.7 m/800 ms 800 ms移動距離:26.7 m 連絡路 70 km/h 116.7 m/900 ms 900 ms移動距離:17.5 m	本線120 km/h 266.7 m/400 ms 400 ms移動距離:13.3 m 連絡路 70 km/h 116.7 m/500 ms 500 ms移動距離:9.7 m	
20			a-1-4.車同士のネゴシエーションによる合 流支援	120 km/h:255 m/100 ms/99 % 20 km/h:66.1 m/100 ms/99 %	×	255 m/1.4 s 1.4 s移動距離:27.2 m	255 m/600 ms 600 ms移動距離:11.7 m	
21			a-2.混雑時の車線変更の支援	120 km/h:255 m/100 ms/99 % 20 km/h:66.1 m/100 ms/99 %	×	255 m/1.4 s 1.4 s移動距離:27.2 m	255 m/600 ms 600 ms移動距離:11.7 m	
22		a-3.渋滞走行の非優先道路から優先道路へ の進入支援	a-3.渋滞走行の非優先道路から優先道路へ の進入支援	60 km/h:111.1 m/100 ms/99 % 7.2 km/h:3.4 m/100 ms/99 %	×	111.1 m/1.0 s 1.0 s移動距離:19.4 m	111.1 m/500 ms 500 ms移動距離:9.7 m	
23			g. 隊列・追従 走行	g-1. 電子牽引による後続車無人隊列走行	通常:60 m/100 ms/99 % 緊急:60 m/20 ms/99 %	×	60 m/200 ms 200 ms移動距離:3.89 m	60 m/100 ms 100 ms移動距離:1.9 m
24		g-2.追従走行並びに追従走行を利用した後 続車有人隊列走行		141 m/10 m区間/95 % ※10 m区間 = 500 ms @70 km/h	○	141 m/700 ms 800 ms移動距離:13.6 m	141 m/300 ms 300 ms移動距離:5.8 m	
25		h. 遠隔操作	h-1.移動サービスカーの操作・管理					



1. はじめに

2. 評価対象

3. 机上検討

4. シミュレーション

5. 課題と対策

6. 今後の展望

付録

5.1. 結果総括

■ 結果まとめ

○机上検討結果

SIPが定めた25のUCのうち20のUCに対し、無線方式検討TGから提示された通信要件をもとに通信エリア、送信時間制約、路側機設置制約、メッセージセットの評価を実施

- 意思疎通が必要なUCの一部(a-1-3, a-1-4, a-2, a-3)は通信要件の車両台数で未達であった。
- g-1のUCは緊急時の送信周期が20 msと定められているが、本評価で用いたT109規格では通信周期を100 ms周期と規定しているため、送信要件未達とした。
- 路側機の無線スロット割り当てを検討した結果、SIP-UCに必要な4スロットが確保可能となった。よって、路車間・路路間通信は既存のITSサービスにSIP-UCを加えても成立することを確認した。
- 既存700MHz帯ITSにSIP-UCのメッセージセットが追加可能かの検討を行った結果、ITS Connect TD-001の自由領域（オプションの領域）を活用することでSIP-UCのメッセージセットが追加可能なことを確認した。

○シミュレーション結果

無線方式検討TGから提示された通信要件をもとに、既存700MHz帯ITSにSIP-UCが追加可能かのシミュレーション評価を実施

- 路車間通信は要件を達成し、追加可能であった。
- 車路間通信の一部、車車間通信は、車載機同士による干渉の影響のために要件未達であった。これらに関しては、PARや必要通信距離要件を満足するために必要な通信遅延時間を示した。
- 要件未達のUCにおいて、これらのサービスを実現する場合に現実的な要件を今後検討するための下地として受信感度変更、路路間通信用スロットの有無、車両密度の見直し等を反映した評価も実施した。

5.2. 課題と対策 (①)

① SIPユースケースのサービス要件の深掘り

無線方式検討TG提示の通信要件は、次のような要件が含まれている。

- サービス要件の詳細が未確定の状態のため、PAR、無線区間許容遅延が想定値
- 車両の混雑状況の違い、走行条件、周辺環境等、複数の状況を包含した一つのサービス要件となっているため、必要通信距離がより厳しい要件



各ユースケースについて、それを検討した関連団体と連携し、周辺車両の混雑状況や自動運転車両の挙動、制御方法などを踏まえたサービス要件の更なる具体化を図り、サービス要件を踏まえた実用的・最適な通信要件（通信距離や無線区間許容遅延、送信周期等）を定めていく必要がある。

5.2. 課題と対策（通信要件の緩和例）

■ サービス実現の可能性のある通信要件の緩和例

※1：高度化メッセージは未達成、ベーシックメッセージは達成

※2：緊急時は未達成、通常時は達成

No.	大分類	中分類	ユースケース名	提案通信要件 距離/遅延/PAR	700MHz ITSでの 対応可否	京セラシミュレーション結果（距離/遅延/PAR）			
						120 km/h走行時	70 km/h走行時	20km/h走行時	
1	①車載セン サー検知外情 報の入手が必 要なユース ケース	a.合流・車 線変更支援	a-1-1.予備加減速合流支援						
2			a-1-2.本線隙間狙い合流支援						
3		b.信号情報	b-1-1.信号情報による走行支援(V2I)						
4			b-1-2.信号情報による走行支援(V2N)						
5		c.先読み 情報：衝突 回避	c-1.前方での急停止、急減速時の衝突 回避支援	120 km/h:81.7 m/200 ms/99 %	○	→	87.7 m/200 ms/99 %	18.9 m/600 ms/99 %	
6				20 km/h:17.8 m/600 ms/99 %			200 ms移動距離:3.89 m	600 ms移動距離:3.33 m	
7			c-2.交差点の情報による走行支援 (V2V)	70 km/h:157.6 m/900 ms/99 %	○		157.6 m/900 ms/99 %	45.1 m/2.9 s/99 %	
8				20 km/h:45.1 m/2.9 s/99 %			900 ms移動距離:17.5 m	2.9 s移動距離:16.1 m	
9				c-2-2.交差点の情報による走行支援 (V2I)					
10		d.先読み情 報：走行計 画変更	c-3.ハザード情報による衝突回避支 援	120 km/h:81.7 m/200 ms/99 %	○	→	87.7 m/200 ms/99 %	18.9 m/600 ms/99 %	
11				20 km/h:17.8 m/600 ms/99 %			200 ms移動距離:3.89 m	600 ms移動距離:3.33 m	
12			d-1.異常車両の通知による走行支援	d-2.逆走車の通知による走行支援					
13				d-3.渋滞の情報による走行支援					
14				d-4.分岐・出口渋滞支援					
15	e.先読み情 報：緊急車 両回避	e-1.緊急車両の情報による走行支援	120 km/h:150 m/800 ms/99 %	○	→	150 m/800 ms/99 %	150 m/5.2 s/99 %		
16			20 km/h:150 m/5.2 s/99 %			800 ms移動距離:15.6 m	3.5 s 移動距離:28.9 m		
17	②自車が保有 する情報の提 供が必要な ユースケース	f.インフラ による情報 収集・配信	f-1.救援要請(e-Call)						
18			f-2.交通流の最適化のための情報収集						
19			f-3.地図更新・自動生成						
20			f-4.ダイナミックマップ情報配信						
21	③車車間及び 路車間の意思 疎通が必要な ユースケース	a.合流・車 線変更支援	a-1-3.路側管制による本線車両協調合 流支援	高速道本線	○	本線	連絡路	本線	
22				120 km/h:266.7 m/800 ms/99 %					266.7 m/800 ms/99 %
23			20 km/h:44.4 m/900 ms/99 %	800 ms移動距離:26.7 m	900 ms移動距離:17.5 m	900 ms移動距離:5 m			
24			高速道連絡路						
25		120 km/h:116.7 m/600 ms/99 %							
26		20 km/h:33.3 m/900 ms/99 %							
27		a-1-4.車同士のネゴシエーションによ る合流支援	70 km/h:124.4 m/2 s/99 %	× ※1		255 m/1.4 s/99 %	66.1 m/600 ms/99 %		
28	20 km/h:65.8 m/2 s/99 %				1.4 s移動距離:27.2 m	600 ms移動距離:3.33 m			
29	a-2.混雑時の車線変更の支援	相対速度60 km/h:166.6 m/2 s/99%	× ※1		170 m/600 ms/99 %	115 m/1.6 s/99 %			
30		相対速度20 km/h:77.7 m/2 s/99 %			600 ms移動距離:11.6 m	1.6 s移動距離:8.9 m			
31	a-3.渋滞走行の非優先道路から優先 道路への進入支援	60 km/h:127.8 m/2 s/99 %	× ※1		130 m/1.7 s/99 %	7.2 km/h:35 m/700 ms/99 %			
32		7.2 km/h:34.8 m/2 s/99 %			1.7 s移動距離:33.1 m	1.3 s移動距離:1.4 m			
33	g. 隊列・追 従走行	g-1. 電子牽引による後続車無人隊列 走行	通常時:60 m/200 ms/99 %	× ※2	→	60 m/200 ms/99 %	検討範囲外		
34			緊急時:60 m/20 ms/99.99 %			200 ms移動距離:3.89 m			
35	h. 遠隔操作	h-1.移動サービスカーの操作・管理	100 km/h:141 m/800 ms/95 %	○	→	141 m/300 ms/95 %	検討範囲外		
36						300 ms移動距離:5.8 m			

5.2. 課題と対策 (②)

② 意思疎通が必要なユースケースへの対応

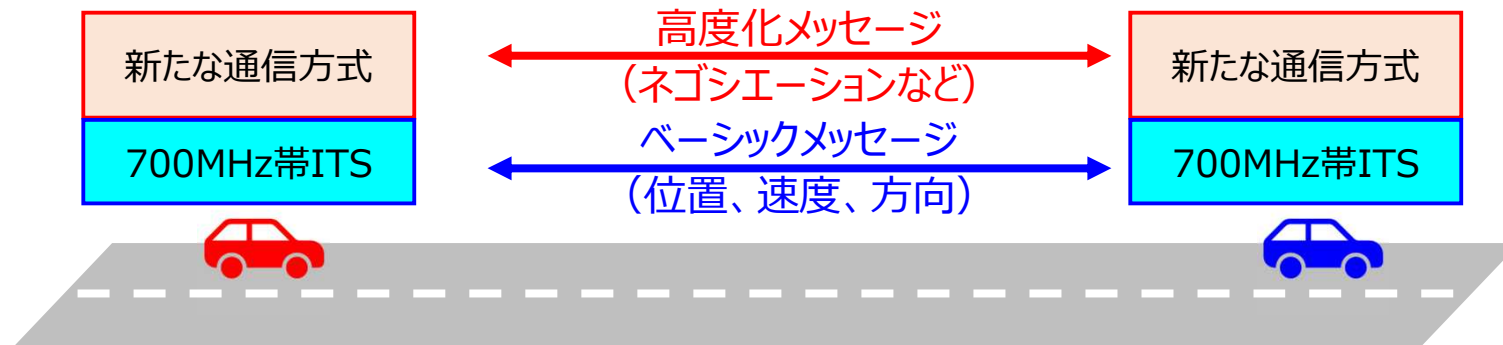
700MHz帯ITSの現在の仕様はブロードキャストプロトコルであるため意思疎通への対応は困難である。しかしながら、700MHz帯の電波は、遠くまで届き回り込む特性を持つことから、互いの位置を確認する基本的なやりとりを使う場合は最適であり、700MHz帯ITSをどのように使うかに関して、より深い議論が必要である。

案1) 新たな通信方式のみ

周囲状況の認知(位置や速度情報等)も含めて新たな通信方式で行う場合、帯域幅や伝搬性の検討が必要である。また既存の安全運転支援サービスとの関係(新方式への移行は車両の展開・普及、品質担保が課題)の検討が必要である。

案2) 700MHz帯ITS + 新たな通信方式

周辺状況の認知(位置や速度情報等)を700MHz帯ITSで行い、その後の意思疎通のシーケンスは新たな通信方式で行う「ベーシックメッセージ(BM)+高度化メッセージ」の考え方を提案する。これらについて今後検討を行う必要がある。



案2: BM+高度化メッセージの概念図

5.2. 課題と対策（③～⑤）

③ システム実用化に向けた定義

メッセージセットの規格化、セキュリティの要件などをシステム実用化に向けて定義することが必要

➡ 各関連団体と協議しガイドライン策定や規格化の推進

④ 路側機送信スロット割当の配置ルール（ガイドライン）策定

現時点では路側機のスロット割当配置ルールがない。よって、今後路側機の普及に伴い、効率的なスロット割当を行うためのルール作り（ガイドライン策定）が必要

➡ 各関連団体と協議しルール作りの推進

⑤ 隊列走行ユースケースへの対応

通常時は700MHz帯ITSで対応可能。急制動時（緊急時）の20 ms周期送信が課題

➡ ARIB STD-T109の規格変更、あるいはユースケース要件の深掘りによる要件変更

1. はじめに

2. 評価対象

3. 机上検討

4. シミュレーション

5. 課題と対策

6. 今後の展望

付録

6. 今後の展望

■ 長期的な活用が可能である700MHz帯ITSの実証実験・社会実装推進

SIP-UCにおける意思疎通が必要なUC(a-1-3, a-1-4, a-2, a-3)以外の多くのUCで扱う車両の位置・速度・方向などといった基本情報は、現在利用されているITS Connectサービスと同一である。また、700MHz帯波の遠くまで届き回り込む特性は、見通しが悪いといった日本の道路事情や車両におけるアンテナ設計等に対しても非常に有利であると言われている。よって国際動向も踏まえつつ、700MHz帯ITSを協調型自動運转向けにも最大限活用することが重要であると考える。

そのためには、

- ・各SIPユースケースに対して、道路状況など様々な状況を踏まえた、より詳細なサービス要件や、そこから求められる通信要件をしっかり定義すること
- ・UCのロードマップに従い、自動運転車両を走らせるために必須のサービスを優先し、これを着実に社会実装しつつ、通信に関してもより高度化を図ることが求められる。

今後は、協調型自動運转向けの通信として、700MHz帯ITSをどういう形で実現していくかの議論を継続していくことが重要であると考える。

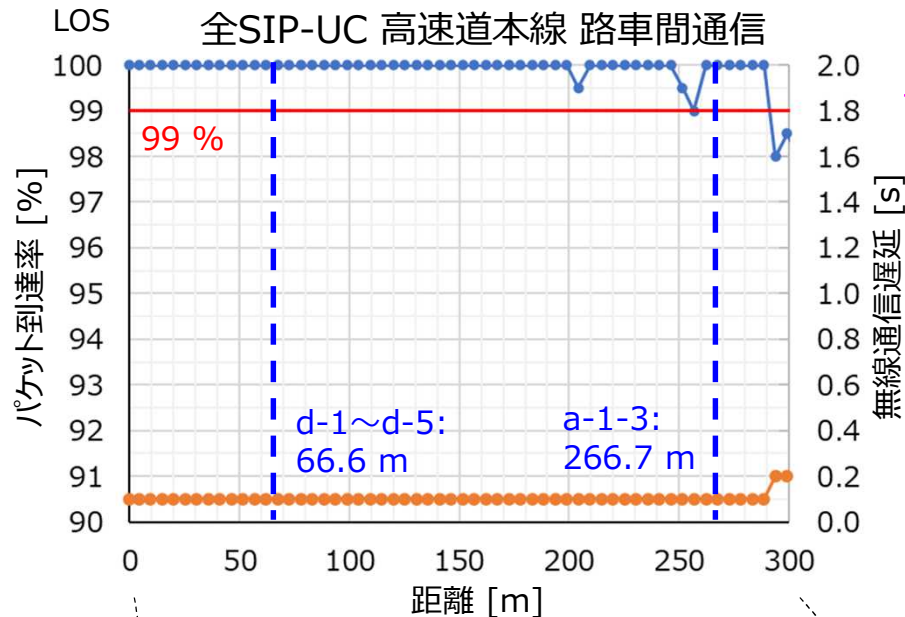
■ 意思疎通が必要なユースケースについて、実現時期を想定し、新たな通信方式を検討

意思疎通が必要なSIPユースケースは、情報配信を想定したブロードキャストである700MHz帯ITSでは対応が困難であるため、意思疎通を行うための双方向通信ができる新たな通信方式での対応が必要である。今後も継続して検討を行うなかで、基本情報をブロードキャストで通知するベーシックメッセージを700MHz帯ITS、意思疎通に必要な情報を双方向通信でやり取りする高度化メッセージを新たな通信方式が担うという考え方を取り入れた案も含めて新たな通信方式についての議論が重要であると考えられる。現状を把握したうえで今後の検討を行う必要がある。

END

以下 付録

- 全SIP-UC : 高速道本線 路車間通信のシミュレーション結果
 - a-1-3路車 (本線) , d-1~d-5路車は遅延:100 ms, PAR:99 %にて通信要件達成 (最大通信距離で確認)

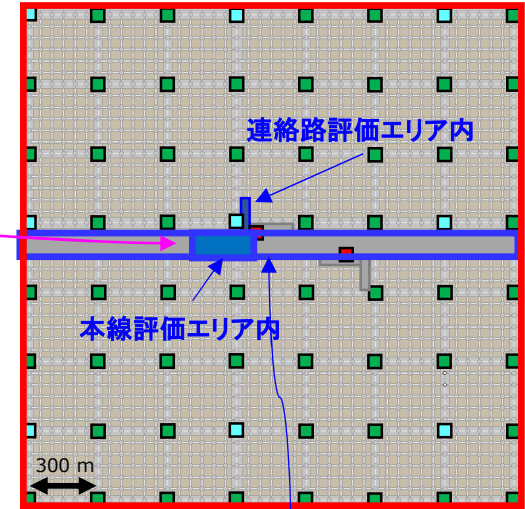


評価エリア

● パケット到達率
● 無線通信遅延

通信距離達成する遅延とその時の移動距離

UC	遅延	移動距離
a-1-3	100 ms	0.6 m
d-1~d-5	100 ms	0.6 m



【SIP高速道 : メッセージサイズ】

- 路側機 : 4986 byte
- 車載機(SIP評価エリア内) : 73 byte
- 車載機(SIP評価エリア外) : 73 byte

【SIP高速道 : 路車配置数】

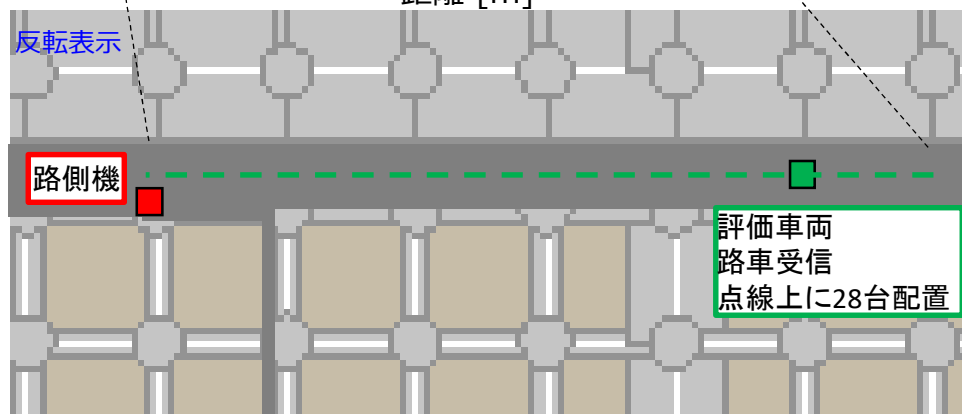
- 路側機 : 2台
- 車載機 : 95台/km(20 km/h)

【既存サービス : メッセージサイズ】

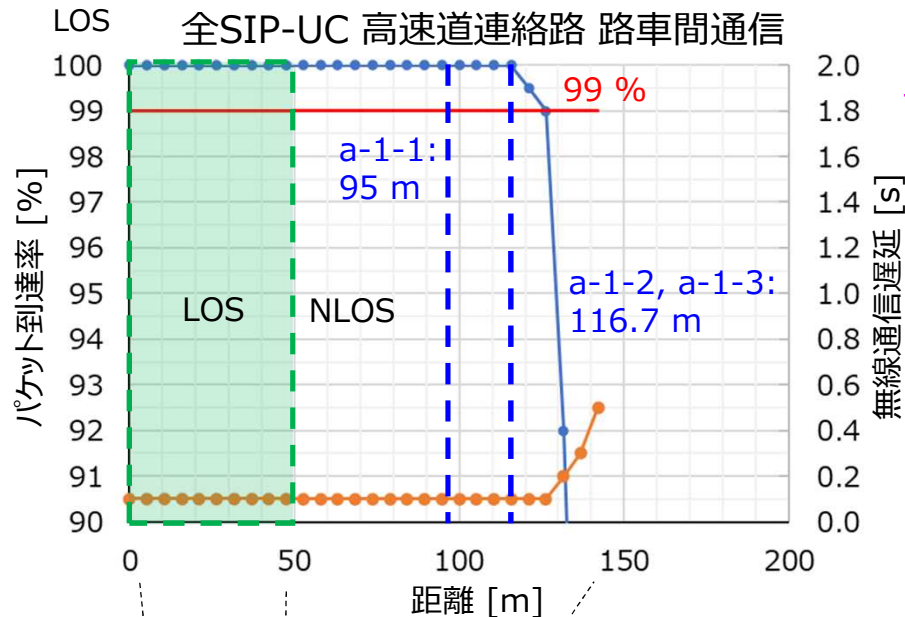
- 路側機(重要交差点) : 2750 byte
- 路側機(一般交差点) : 1150 byte
- 車載機 : 73 byte

【既存サービス : 路車配置数】

- 路側機(重要交差点) : 9台
- 路側機(一般交差点) : 55台
- 車載機 : 43台/km(25 km/h, 約5000台)



- 全SIP-UC : 高速道連絡路 路車間通信のシミュレーション結果
 - a-1-1, a-1-2, a-1-3路車 (連絡路) は遅延:100 ms, PAR:99 %にて通信要件達成 (最大通信距離で確認)

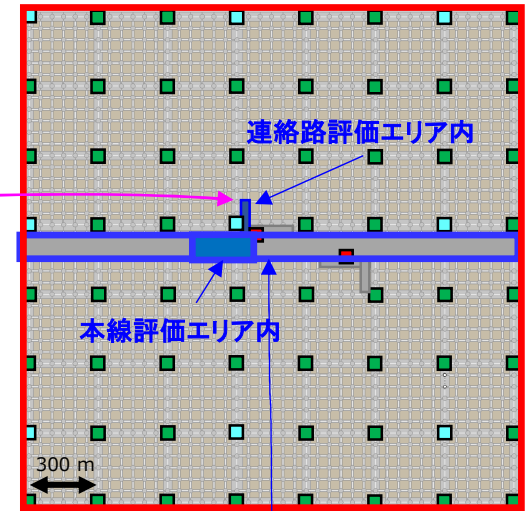


評価エリア

● パケット到達率
● 無線通信遅延

通信距離達成する遅延とその時の移動距離

UC	遅延	移動距離
a-1-1	100 ms	0.6 m
a-1-2	100 ms	0.6 m
a-1-3	100 ms	0.6 m



- 【SIP高速道 : メッセージサイズ】
- 路側機 : 4986 byte
 - 車載機(SIP評価エリア内) : 73 byte
 - 車載機(SIP評価エリア外) : 73 byte

- 【SIP高速道 : 路車配置数】
- 路側機 : 2台
 - 車載機 : 95台/km(20 km/h)

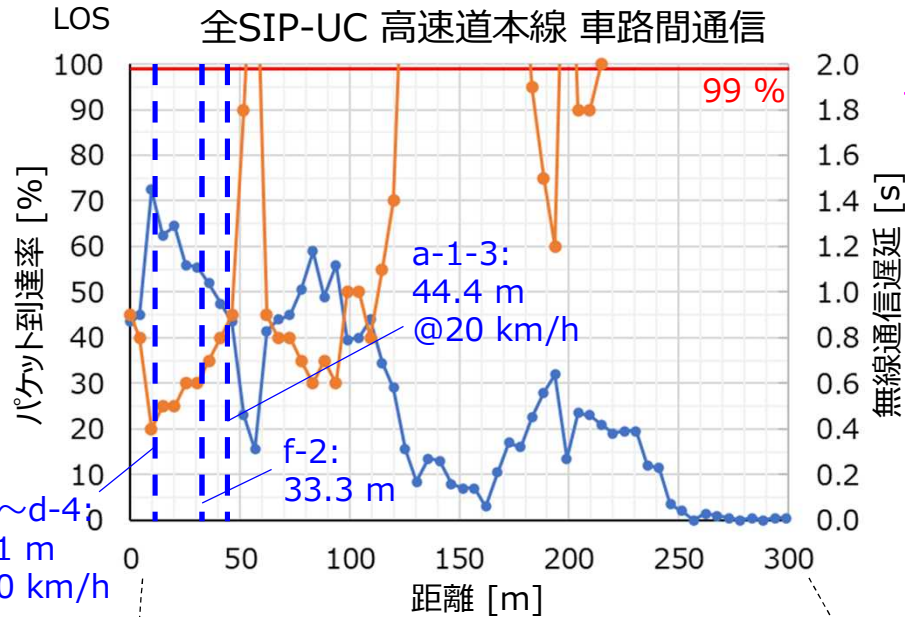
- 【既存サービス : メッセージサイズ】
- 路側機(重要交差点) : 2750 byte
 - 路側機(一般交差点) : 1150 byte
 - 車載機 : 73 byte

- 【既存サービス : 路車配置数】
- 路側機(重要交差点) : 9台
 - 路側機(一般交差点) : 55台
 - 車載機 : 43台/km(25 km/h, 約5000台)



■ 全SIP-UC : 高速道本線 車路間通信のシミュレーション結果

- **a-1-3, は遅延:100 ms, PAR:99 %にて通信要件未達成**
- **d1~d4, f-2は遅延:1 s, PAR:99 %にて通信要件達成**



評価エリア

連絡路評価エリア内

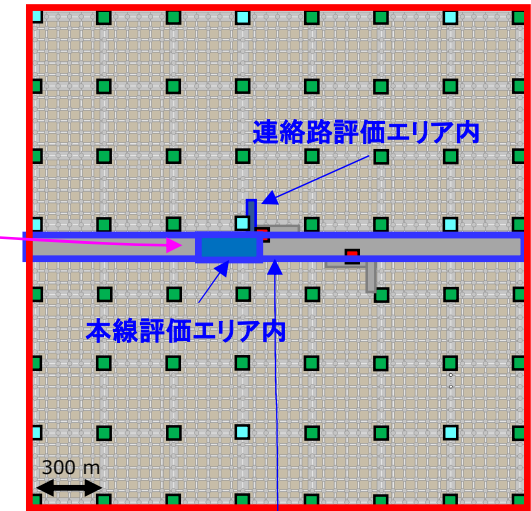
本線評価エリア内

300 m

反転表示

路側機

評価車両
車路送信
点線上に28台配置



- 【SIP高速道：メッセージサイズ】
- 路側機 : 4986 byte
 - 車載機(SIP評価エリア内) : 73 byte
 - 車載機(SIP評価エリア外) : 73 byte

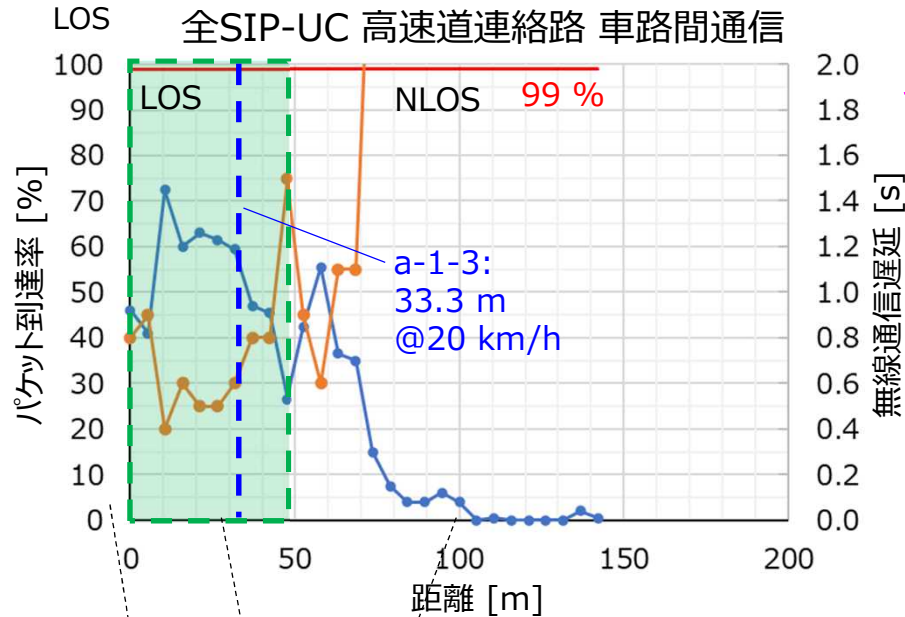
- 【SIP高速道：路車配置数】
- 路側機 : 2台
 - 車載機 : 95台/km(20 km/h)

- 【既存サービス：メッセージサイズ】
- 路側機(重要交差点) : 2750 byte
 - 路側機(一般交差点) : 1150 byte
 - 車載機 : 73 byte

- 【既存サービス：路車配置数】
- 路側機(重要交差点) : 9台
 - 路側機(一般交差点) : 55台
 - 車載機 : 43台/km(25 km/h, 約5000台)

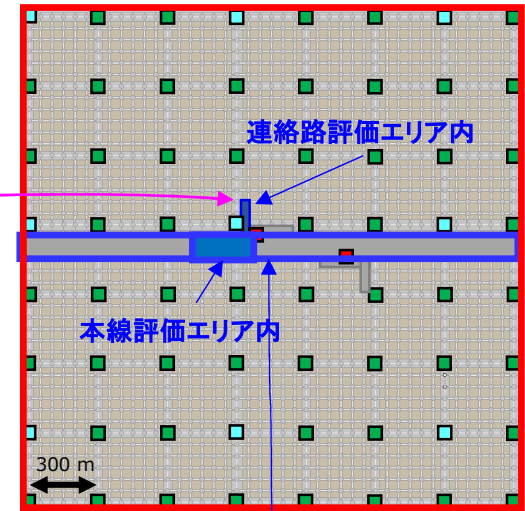
■ 全SIP-UC : 高速道連絡路 車路間通信のシミュレーション結果

・ **a-1-3は遅延:100 ms, PAR:99 %にて通信要件未達成**



通信距離達成する遅延とその時の移動距離

UC	遅延	移動距離
a-1-3	900 ms	5.0 m

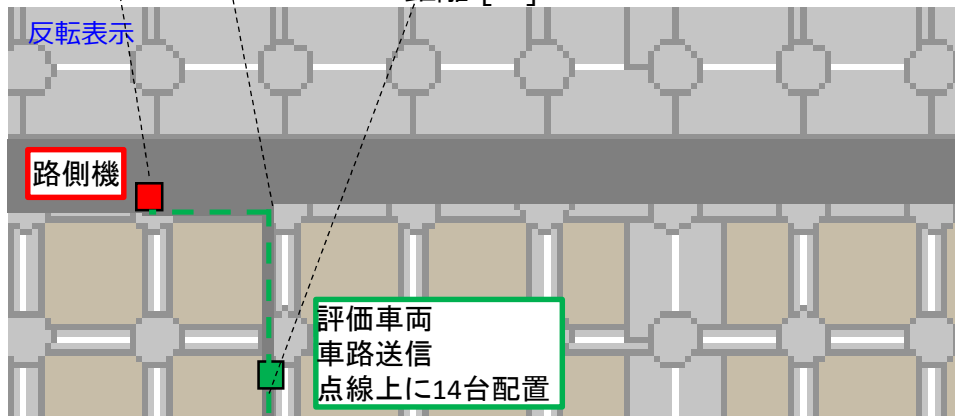


- 【SIP高速道 : メッセージサイズ】
- ・ 路側機 : 4986 byte
 - ・ 車載機(SIP評価エリア内) : 73 byte
 - ・ 車載機(SIP評価エリア外) : 73 byte

- 【SIP高速道 : 路車配置数】
- ・ 路側機 : 2台
 - ・ 車載機 : 95台/km(20 km/h)

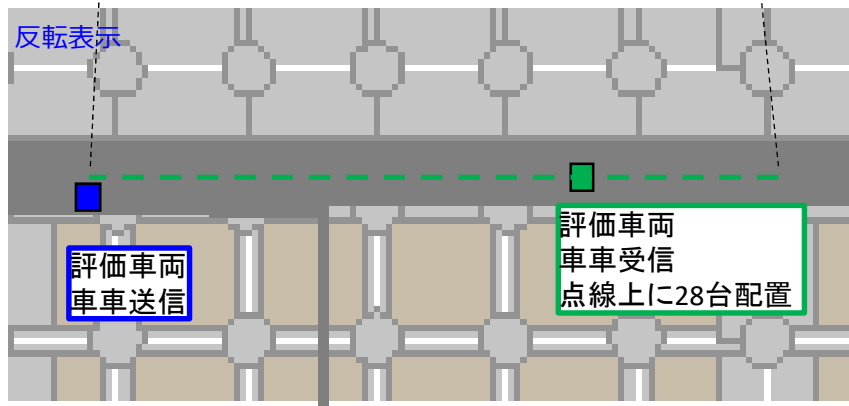
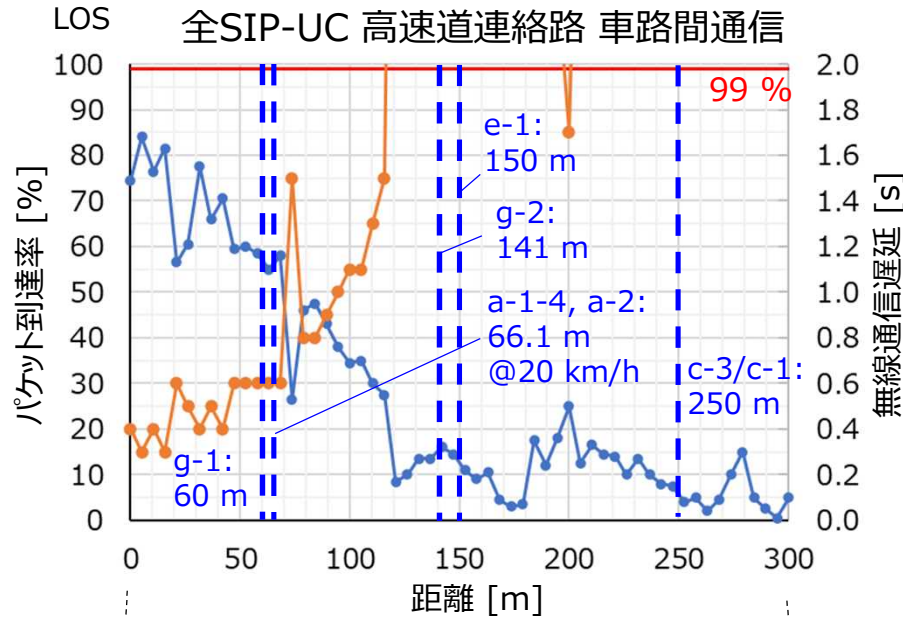
- 【既存サービス : メッセージサイズ】
- ・ 路側機(重要交差点) : 2750 byte
 - ・ 路側機(一般交差点) : 1150 byte
 - ・ 車載機 : 73 byte

- 【既存サービス : 路車配置数】
- ・ 路側機(重要交差点) : 9台
 - ・ 路側機(一般交差点) : 55台
 - ・ 車載機 : 43台/km(25 km/h, 約5000台)



■ 全SIP-UC : 高速道本線 車車間通信のシミュレーション結果

- **a-1-4/a-2, c-3/c-1, e-1, g-1, g-2は遅延:100 ms, PAR:99 %にて通信要件未達成**



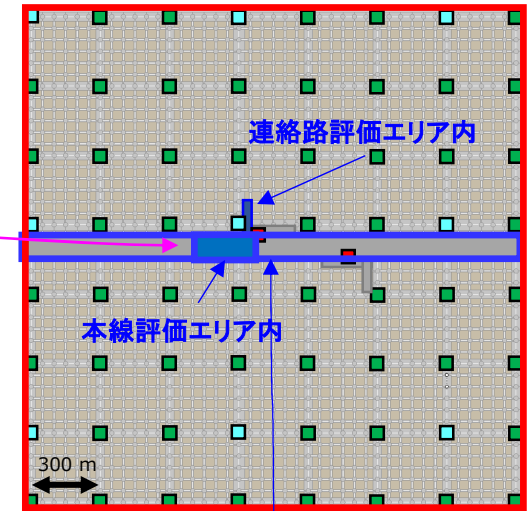
評価エリア

● パケット到達率

● 無線通信遅延

通信距離達成する遅延とその時の移動距離

UC	遅延	移動距離
a-1-4	600 ms	3.3 m
a-2	600 ms	3.3 m
c-3 /c-1	15.2 s	84.4 m
e-1	5.2 s	28.9 m
g-1	600 ms	3.3 m
g-2	5.2 s	28.9 m



【SIP高速道：メッセージサイズ】

- 路側機 : 4986 byte
- 車載機(SIP評価エリア内) : 73 byte
- 車載機(SIP評価エリア外) : 73 byte

【SIP高速道：路車配置数】

- 路側機 : 2台
- 車載機 : 95台/km(20 km/h)

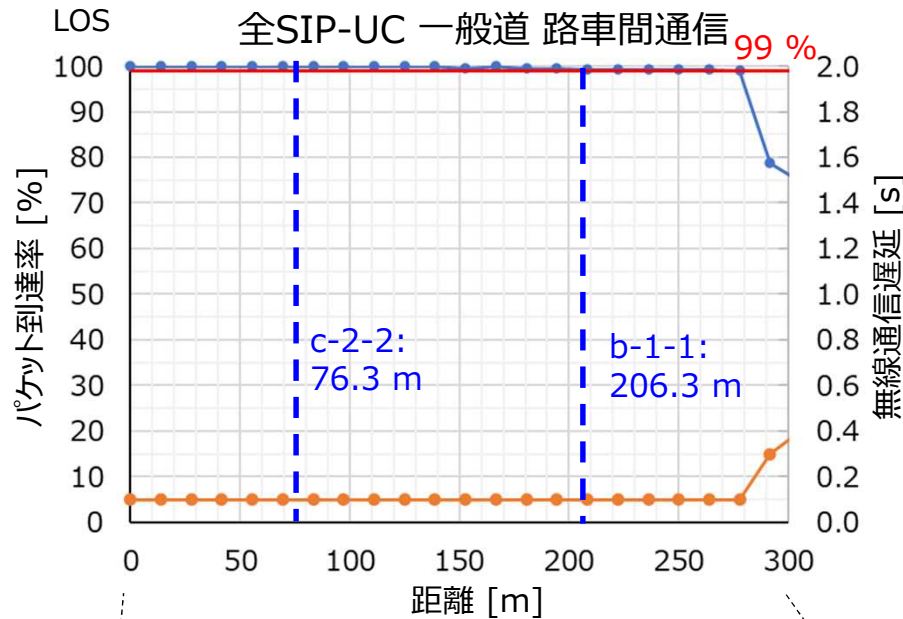
【既存サービス：メッセージサイズ】

- 路側機(重要交差点) : 2750 byte
- 路側機(一般交差点) : 1150 byte
- 車載機 : 73 byte

【既存サービス：路車配置数】

- 路側機(重要交差点) : 9台
- 路側機(一般交差点) : 55台
- 車載機 : 43台/km(25 km/h, 約5000台)

- 全SIP-UC : 一般道 路車間通信のシミュレーション結果
 - **c-2-2, b-1-1は遅延:100 ms, PAR:99 %にて通信要件達成**

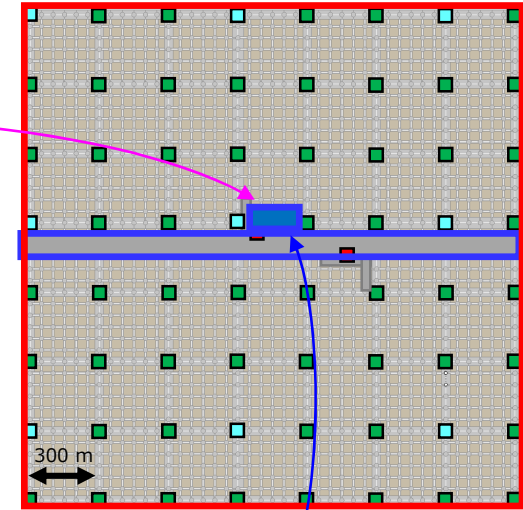


評価エリア

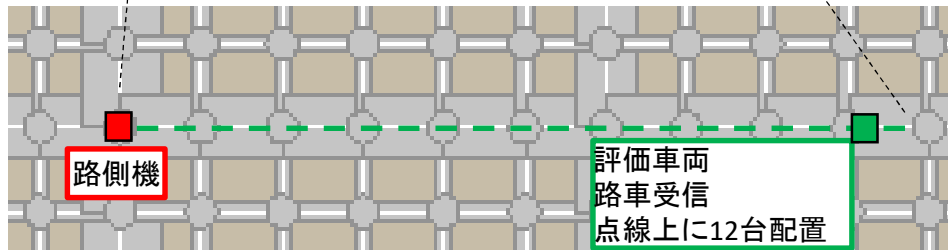
● パケット到達率
● 無線通信遅延

通信距離達成する遅延とその時の移動距離

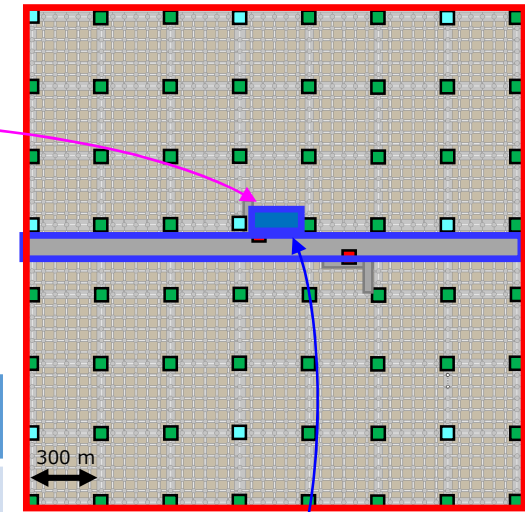
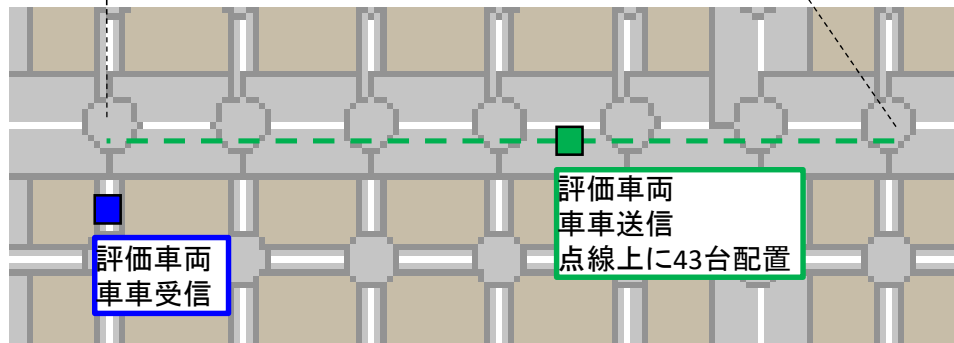
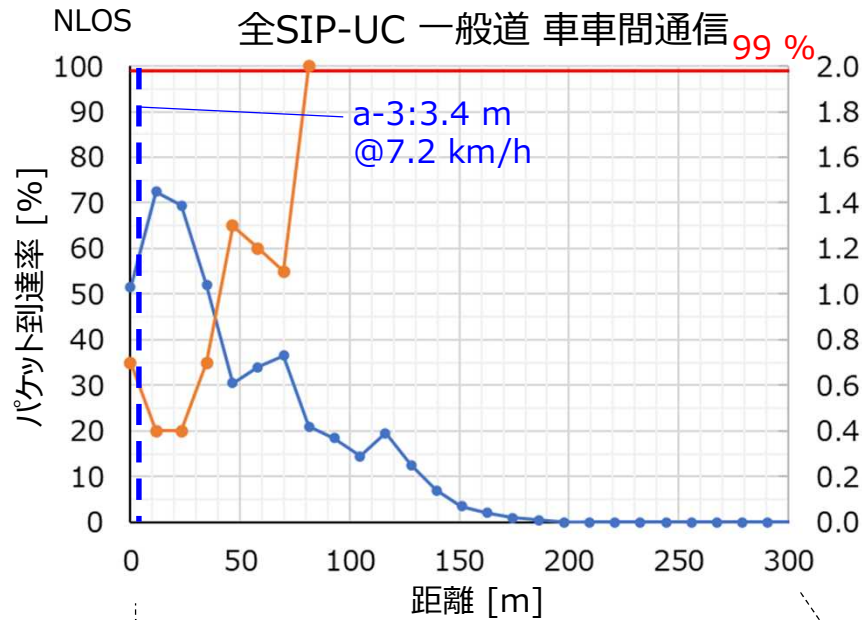
UC	遅延	移動距離
b-1-1	100 ms	1.1 m
c-2-2	100 ms	1.1 m



- 【SIP一般道：メッセージサイズ】
 - ・路側機 : 1150 byte
 - ・車載機(SIP評価エリア内) : 73 byte
- 【SIP一般道：路車配置数】
 - ・路側機 : 1台(既存サービスと共用)
 - ・車載機 : 143台/km(10 km/h)
- 【既存サービス：メッセージサイズ】
 - ・路側機(重要交差点) : 2750 byte
 - ・路側機(一般交差点) : 1150 byte
 - ・車載機 : 73 byte
- 【既存サービス：路車配置数】
 - ・路側機(重要交差点) : 9台
 - ・路側機(一般交差点) : 55台
 - ・車載機 : 43台/km (25 km/h, 約5000台)



- 全SIP-UC : 一般道 車車間通信のシミュレーション結果
 - **a-3は遅延:100 ms, PAR:99 %にて通信要件未達成**



【SIP一般道：メッセージサイズ】

- ・路側機 : 1150 byte
- ・車載機(SIP評価エリア内) : 73 byte

【SIP一般道：路車配置数】

- ・路側機 : 1台(既存サービスと共用)
- ・車載機 : 143台/km(10 km/h)

【既存サービス：メッセージサイズ】

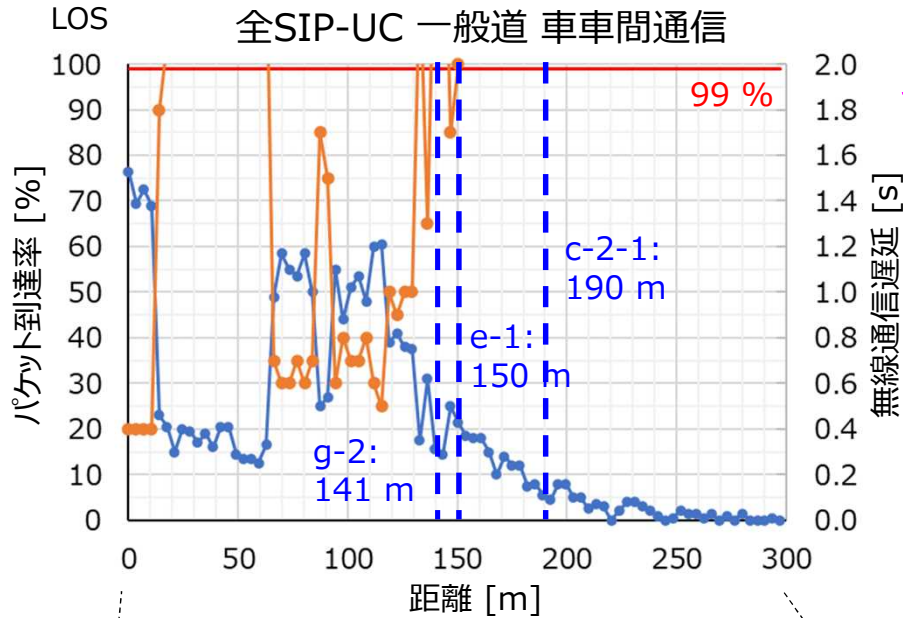
- ・路側機(重要交差点) : 2750 byte
- ・路側機(一般交差点) : 1150 byte
- ・車載機 : 73 byte

【既存サービス：路車配置数】

- ・路側機(重要交差点) : 9台
- ・路側機(一般交差点) : 55台
- ・車載機 : 43台/km
(25 km/h, 約5000台)

付録. 全SIP-UC同時共存確認シミュレーション結果(低速移動時の最大密度条件) (8/9)

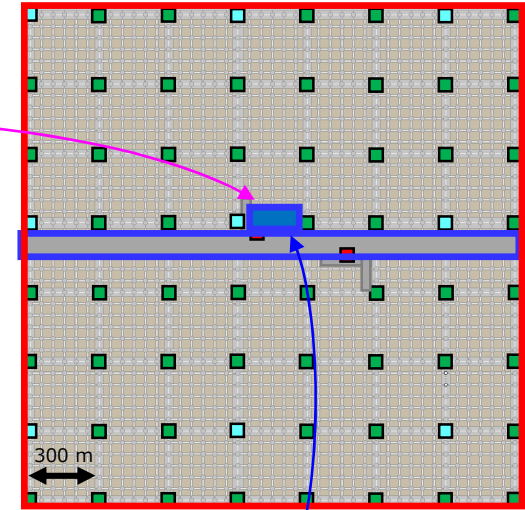
- 全SIP-UC : 一般道 車車間通信のシミュレーション結果 (見通し内)
 - **c-2-1, e-1は遅延:100 ms, PAR:99 %にて通信要件未達成**



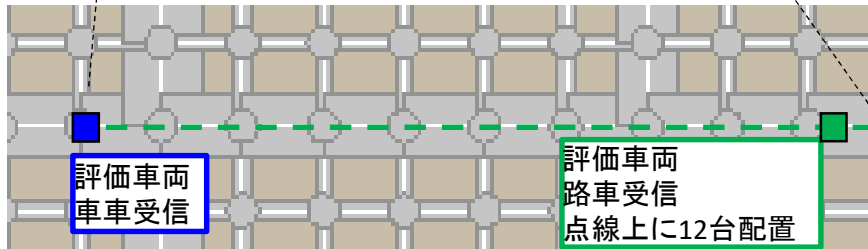
評価エリア

通信距離達成する遅延とその時の移動距離

UC	遅延	移動距離
c-2-1	10.1 s	56.1 m
e-1	3.5 s	19.4 m
g-2	3.5 s	19.4 m

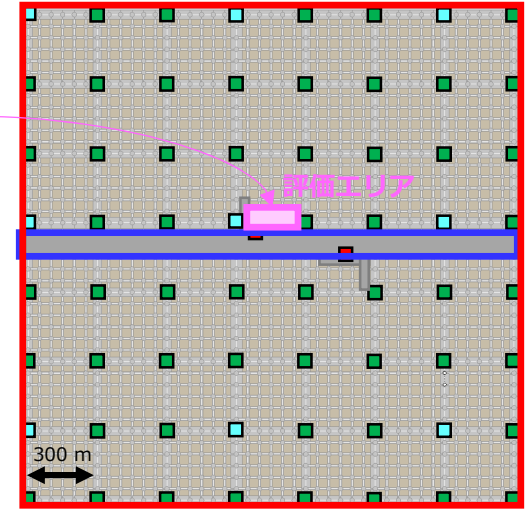
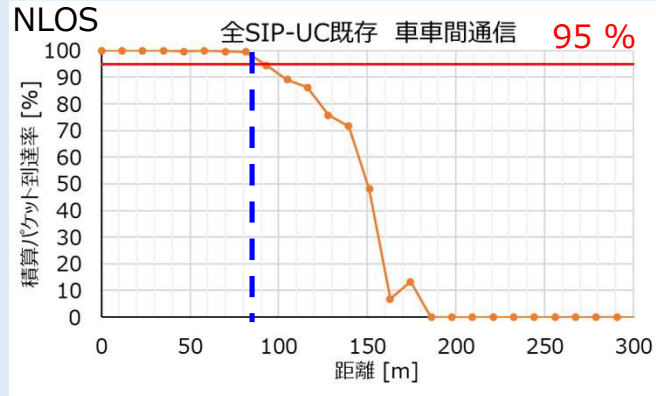
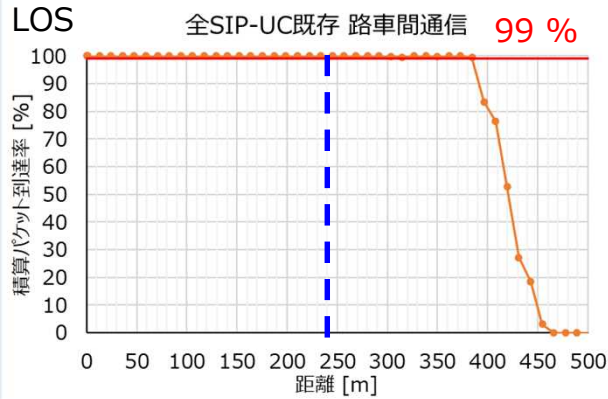


- 【SIP一般道：メッセージサイズ】
- ・路側機 : 1150 byte
 - ・車載機(SIP評価エリア内) : 73 byte
- 【SIP一般道：路車配置数】
- ・路側機 : 1台(既存サービスと共用)
 - ・車載機 : 143台/km(10 km/h)
- 【既存サービス：メッセージサイズ】
- ・路側機(重要交差点) : 2750 byte
 - ・路側機(一般交差点) : 1150 byte
 - ・車載機 : 73 byte
- 【既存サービス：路車配置数】
- ・路側機(重要交差点) : 9台
 - ・路側機(一般交差点) : 55台
 - ・車載機 : 43台/km (25 km/h, 約5000台)

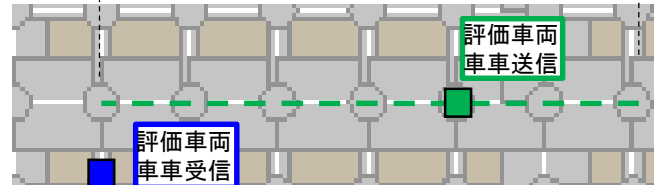
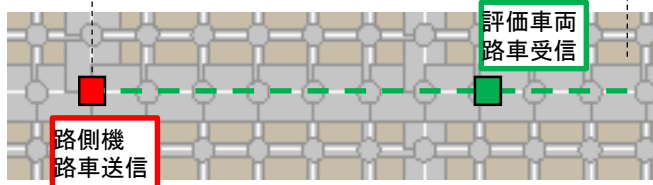
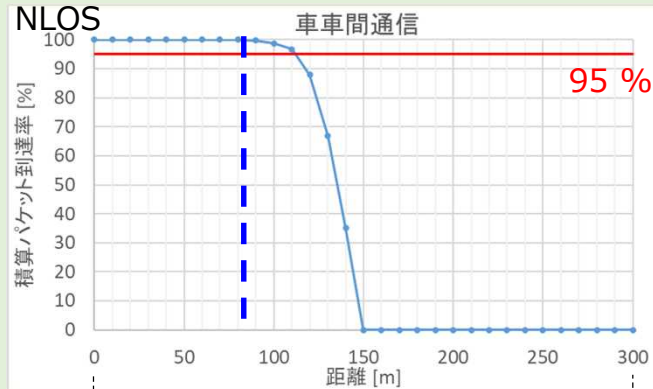
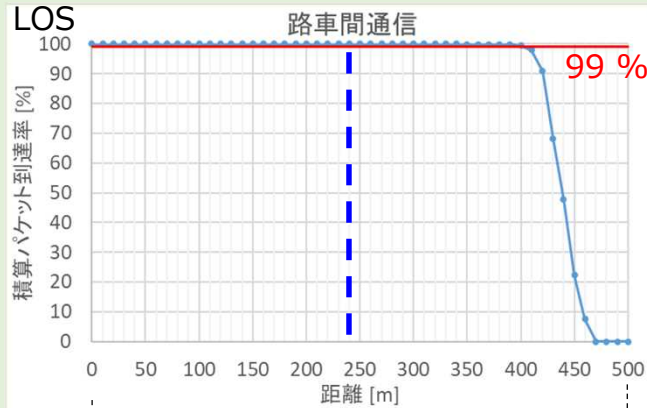


■ 全SIP-UC : 既存サービス影響確認のシミュレーション結果

・ 既存サービス：要件を満たすことを確認



既存サービスのみ

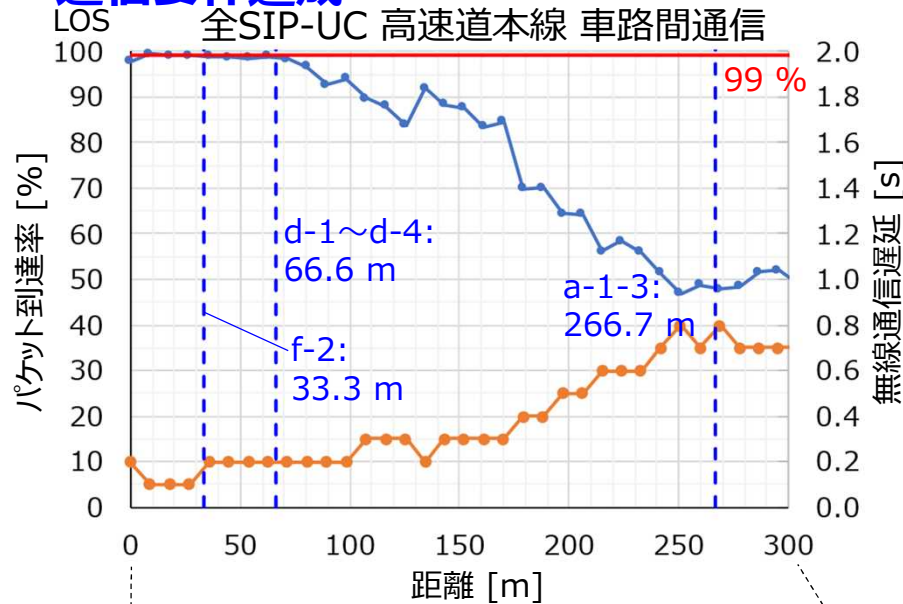


- 【既存サービス：メッセージサイズ】
- ・ 路側機(重要交差点) : 2750 byte
 - ・ 路側機(一般交差点) : 1150 byte
 - ・ 車載機 : 73 byte

- 【既存サービス：路車配置数】
- ・ 路側機(重要交差点) : 9台
 - ・ 路側機(一般交差点) : 55台
 - ・ 車載機 : 43台/km (25 km/h, 約5000台)

■ 全SIP-UC : 高速道本線 車路間通信のシミュレーション結果

- **a-1-3車路 (本線) は遅延:100 ms, PAR:99 %にて通信要件未達成**, d1~d4, f-2は遅延:1 s, PAR:99 %にて通信要件達成

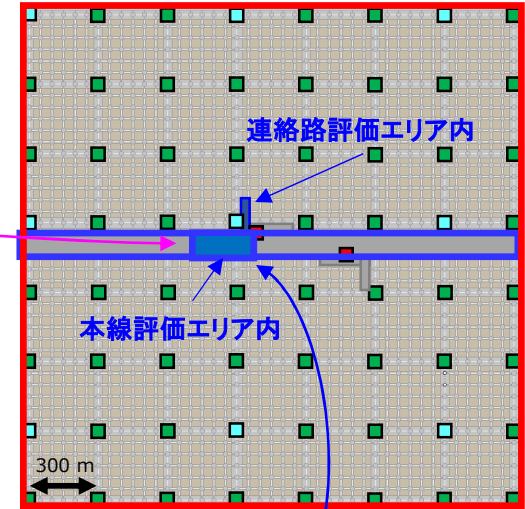


評価エリア

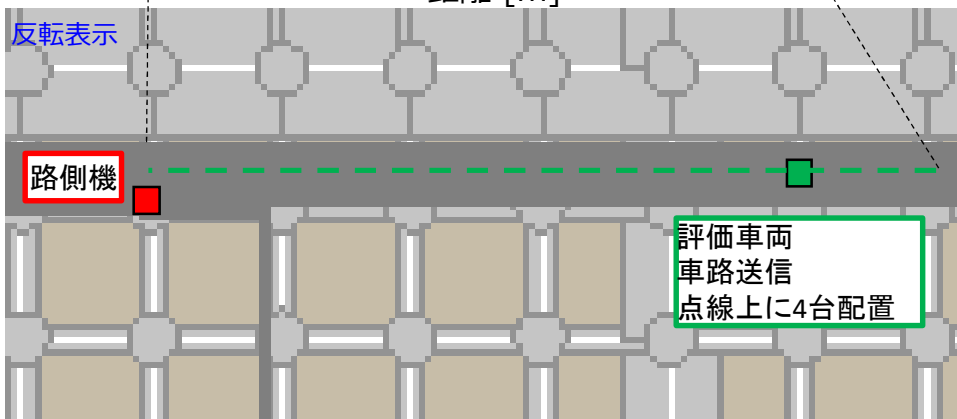
- パケット到達率
- 無線通信遅延

通信距離達成する遅延とその時の移動距離

UC	遅延	移動距離
a-1-3	800 ms	26.7 m
d-1~d-4	200 ms	6.7 m
f-2	200 ms	6.7 m



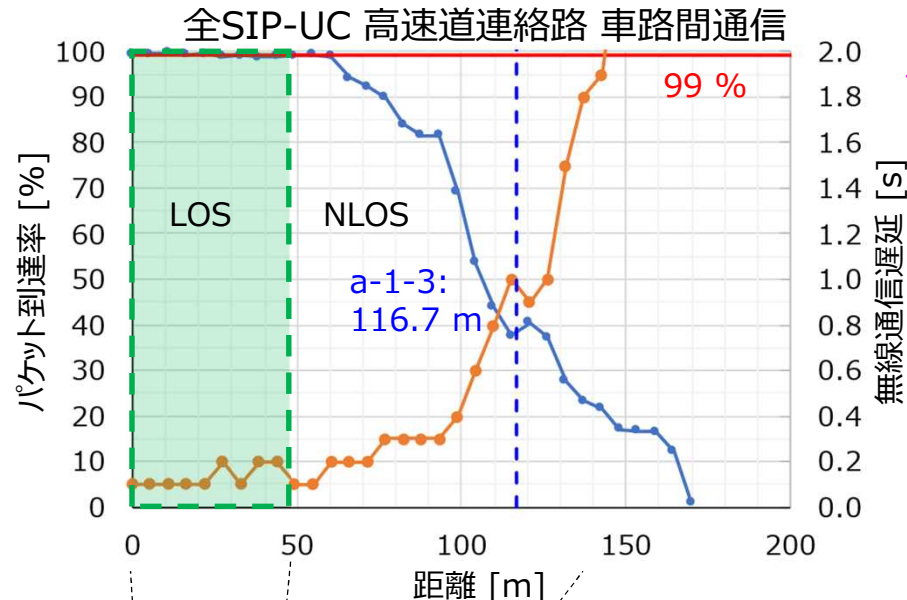
- 【SIP高速道 : メッセージサイズ】
 - 路側機 : 4986 byte
 - 車載機(SIP評価エリア内) : 73 byte
 - 車載機(SIP評価エリア外) : 73 byte
- 【SIP高速道 : 路車配置数】
 - 路側機 : 2台
 - 車載機(本線) : 14台/km(120 km/h)
 - 車載機(連絡路) : 23台/km(70 km/h)
- 【SIP高速道 : 路側機アンテナ条件】
 - 指向性アンテナ (100°) 使用



- 【既存サービス : メッセージサイズ】
 - 路側機(重要交差点) : 2750 byte
 - 路側機(一般交差点) : 1150 byte
 - 車載機 : 73 byte
- 【既存サービス : 路車配置数】
 - 路側機(重要交差点) : 9台
 - 路側機(一般交差点) : 55台
 - 車載機 : 23台/km(32 km/h, 約2000台)

■ 全SIP-UC : 高速道連絡路 車路間通信のシミュレーション結果

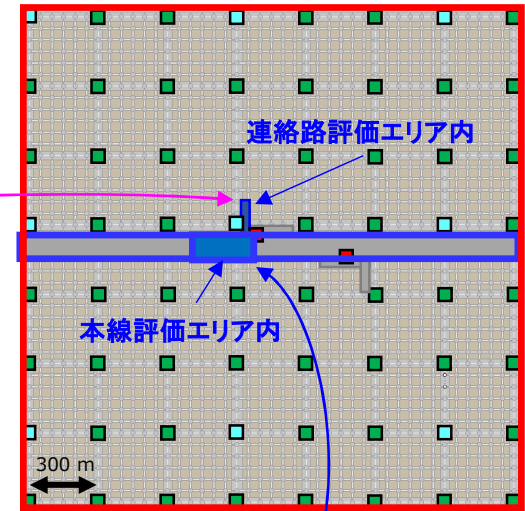
- **a-1-3車路 (連絡路) は遅延:100 ms, PAR:99 %にて通信要件未達成**



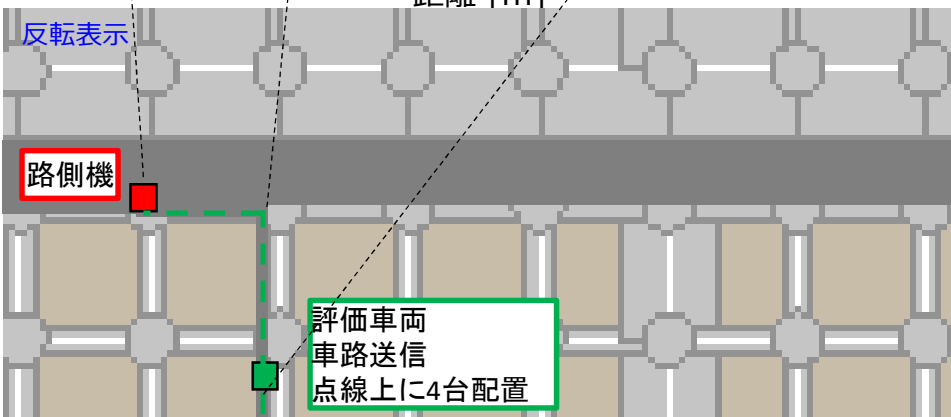
評価エリア

● パケット到達率
● 無線通信遅延

UC	遅延	移動距離
a-1-3	900 ms	17.5 m



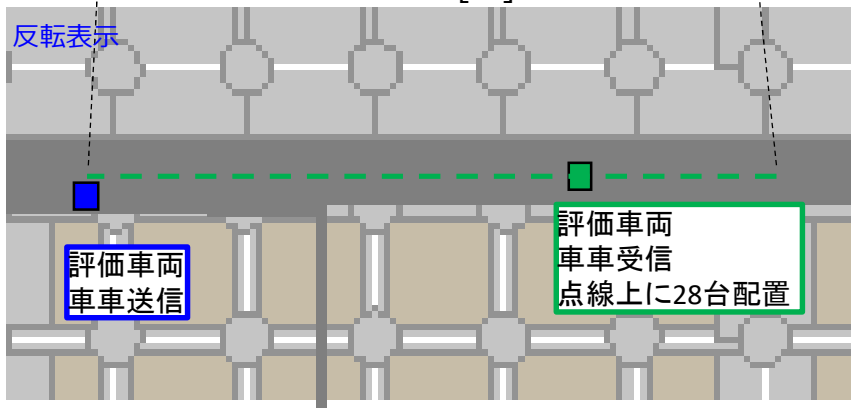
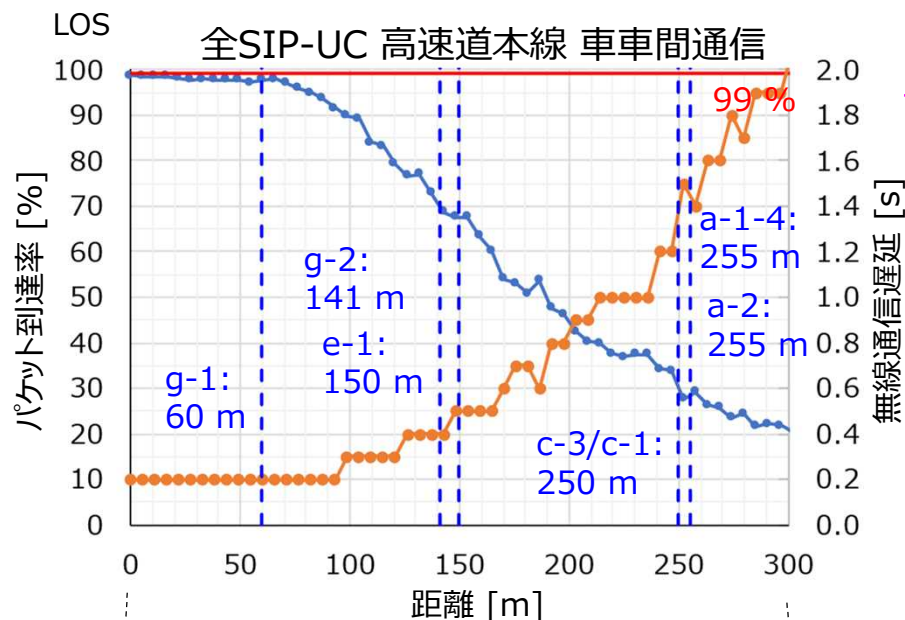
- 【SIP高速道 : メッセージサイズ】
 - ・路側機 : 4986 byte
 - ・車載機(SIP評価エリア内) : 73 byte
 - ・車載機(SIP評価エリア外) : 73 byte
- 【SIP高速道 : 路車配置数】
 - ・路側機 : 2台
 - ・車載機(本線) : 14台/km(120 km/h)
 - ・車載機(連絡路) : 23台/km(70 km/h)
- 【SIP高速道 : 路側機アンテナ条件】
 - 指向性アンテナ (100°) 使用



- 【既存サービス : メッセージサイズ】
 - ・路側機(重要交差点) : 2750 byte
 - ・路側機(一般交差点) : 1150 byte
 - ・車載機 : 73 byte
- 【既存サービス : 路車配置数】
 - ・路側機(重要交差点) : 9台
 - ・路側機(一般交差点) : 55台
 - ・車載機 : 23台/km(32 km/h, 約2000台)

■ 全SIP-UC : 高速道本線 車車間通信のシミュレーション結果

- **a-1-4, a-2, c-3/c-1, e-1, g-1, g-2は遅延:100 ms, PAR:99 %にて通信要件未達成**

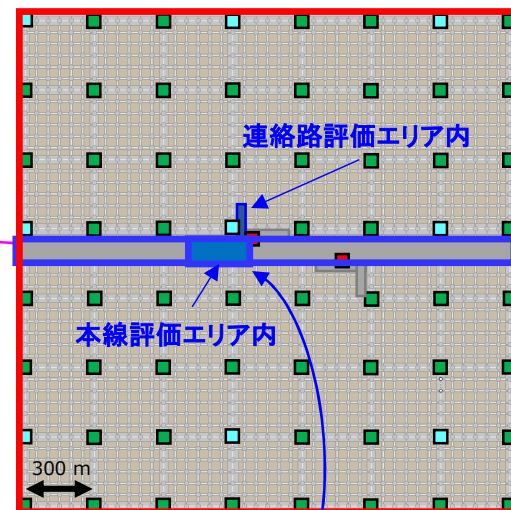


評価エリア

● パケット到達率
● 無線通信遅延

通信距離達成する遅延とその時の移動距離

UC	遅延	移動距離
a-1-4	1.4 s	27.2 m
a-2	1.4 s	27.2 m
c-3 /c-1	1.4 s	29.2 m
e-1	500 ms	9.7 m
g-1	200 ms	3.9 m
g-2	400 ms	7.8 m



【SIP高速道：メッセージサイズ】

- 路側機 : 4986 byte
- 車載機(SIP評価エリア内) : 73 byte
- 車載機(SIP評価エリア外) : 73 byte

【SIP高速道：路車配置数】

- 路側機 : 2台
- 車載機(本線) : 14台/km(120 km/h)
- 車載機(連絡路) : 23台/km(70 km/h)

【SIP高速道：路側機アンテナ条件】

指向性アンテナ (100°) 使用

【既存サービス：メッセージサイズ】

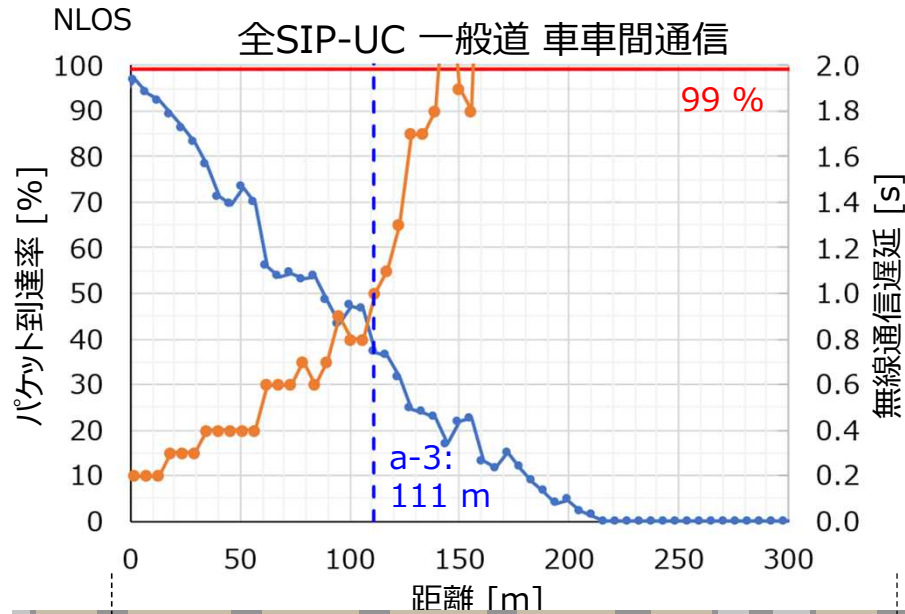
- 路側機(重要交差点) : 2750 byte
- 路側機(一般交差点) : 1150 byte
- 車載機 : 73 byte

【既存サービス：路車配置数】

- 路側機(重要交差点) : 9台
- 路側機(一般交差点) : 55台
- 車載機 : 23台/km(32 km/h, 約2000台)

付録. 全SIP-UC同時共存確認シミュレーション結果(規制速度程度の最大密度条件)(4/5)

- 全SIP-UC : 一般道 車車間通信のシミュレーション結果
 - **a-3は遅延:100 ms, PAR:99 %にて通信要件未達成**



評価エリア

300 m

【SIP一般道：メッセージサイズ】

- ・路側機 : 1150 byte
- ・車載機(SIP評価エリア内) : 73 byte

【SIP一般道：路車配置数】

- ・路側機 : 1台(既存サービスと共用)
- ・車載機 : **23台/km(70 km/h)**

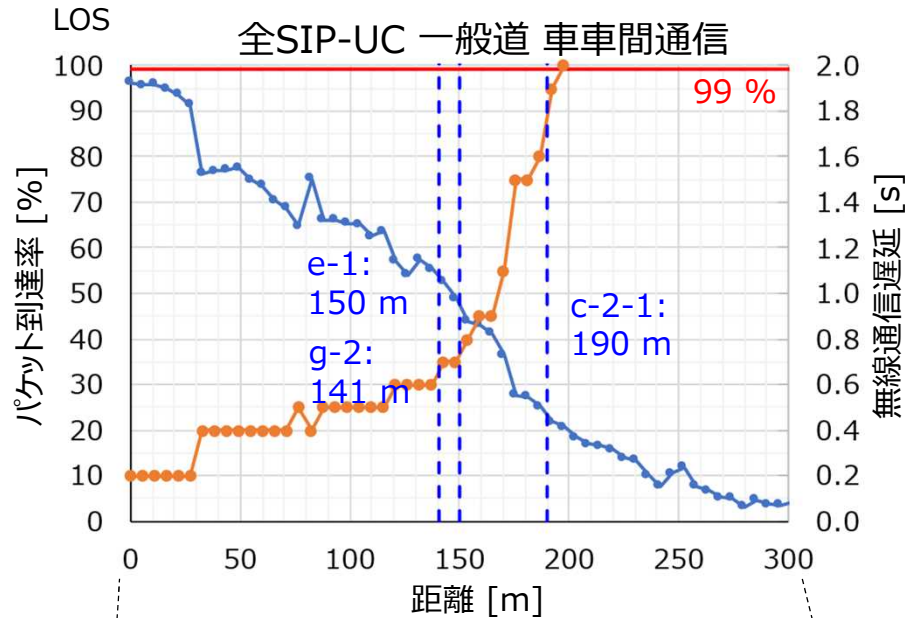
【既存サービス：メッセージサイズ】

- ・路側機(重要交差点) : 2750 byte
- ・路側機(一般交差点) : 1150 byte
- ・車載機 : 73 byte

【既存サービス：路車配置数】

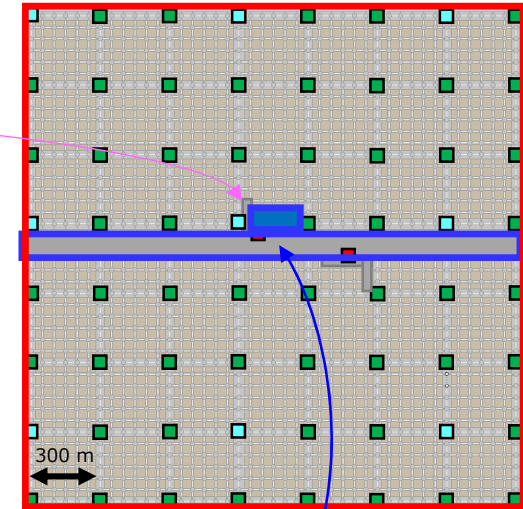
- ・路側機(重要交差点) : 9台
- ・路側機(一般交差点) : 55台
- ・車載機 : 23台/km (32 km/h, 約2000台)

- 全SIP-UC : 一般道 車車間通信のシミュレーション結果 (見通し内)
 - **c-2-1, e-1, g-2は遅延:100 ms, PAR:99 %にて通信要件未達成**



通信距離達成する遅延とその時の移動距離

UC	遅延	移動距離
c-2-1	1.9 s	36.9 m
e-1	800 ms	13.6 m
g-2	700 ms	15.6 m



【SIP一般道：メッセージサイズ】

- ・路側機 : 1150 byte
- ・車載機(SIP評価エリア内) : 73 byte

【SIP一般道：路車配置数】

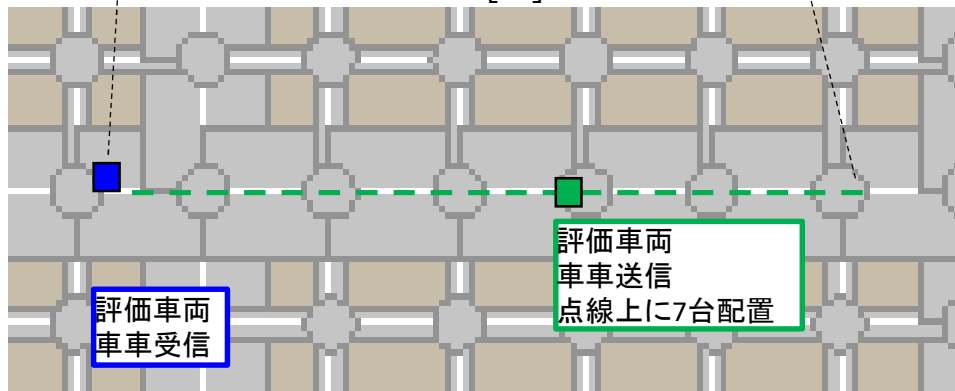
- ・路側機 : 1台(既存サービスと共用)
- ・車載機 : **23台/km(70 km/h)**

【既存サービス：メッセージサイズ】

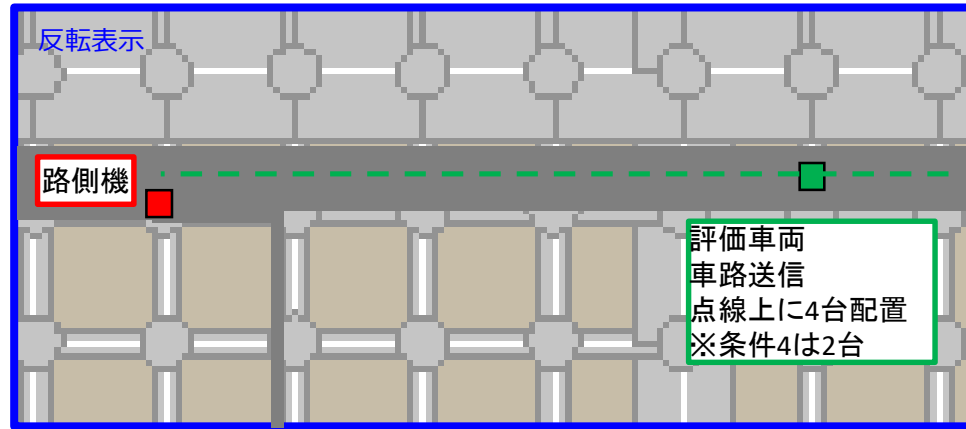
- ・路側機(重要交差点) : 2750 byte
- ・路側機(一般交差点) : 1150 byte
- ・車載機 : 73 byte

【既存サービス：路車配置数】

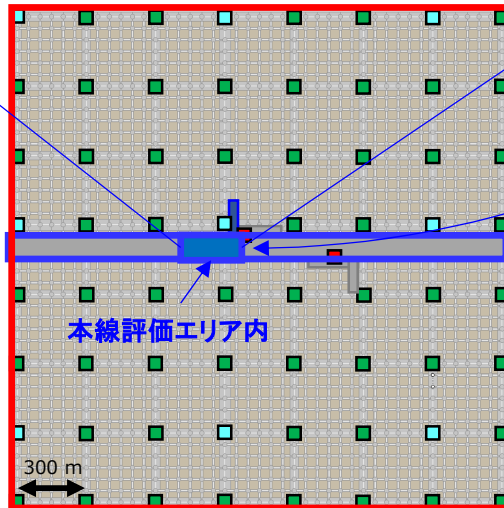
- ・路側機(重要交差点) : 9台
- ・路側機(一般交差点) : 55台
- ・車載機 : 23台/km (32 km/h, 約2000台)



■ 全SIP-UC : 高速道本線 車路間通信のシミュレーション条件



評価エリア



シミュレーション全体像

【SIP高速道：メッセージサイズ】

- ・路側機 : 4986 byte
- ・車載機(SIP評価エリア内) : 73 byte
- ・車載機(SIP評価エリア外) : 73 byte

【SIP高速道：路車配置数】

- ・路側機 : 2台
- ・車載機(本線) : 14台/km(120 km/h)
条件4は7台/km
- ・車載機(連絡路) : 23台/km(70 km/h)
条件4は12台/km

【SIP高速道：路側機アンテナ条件】

- ・指向性アンテナ (100°) 使用

【既存サービス：メッセージサイズ】

- ・路側機(重要交差点) : 2750 byte
- ・路側機(一般交差点) : 1150 byte
- ・車載機 : 73 byte

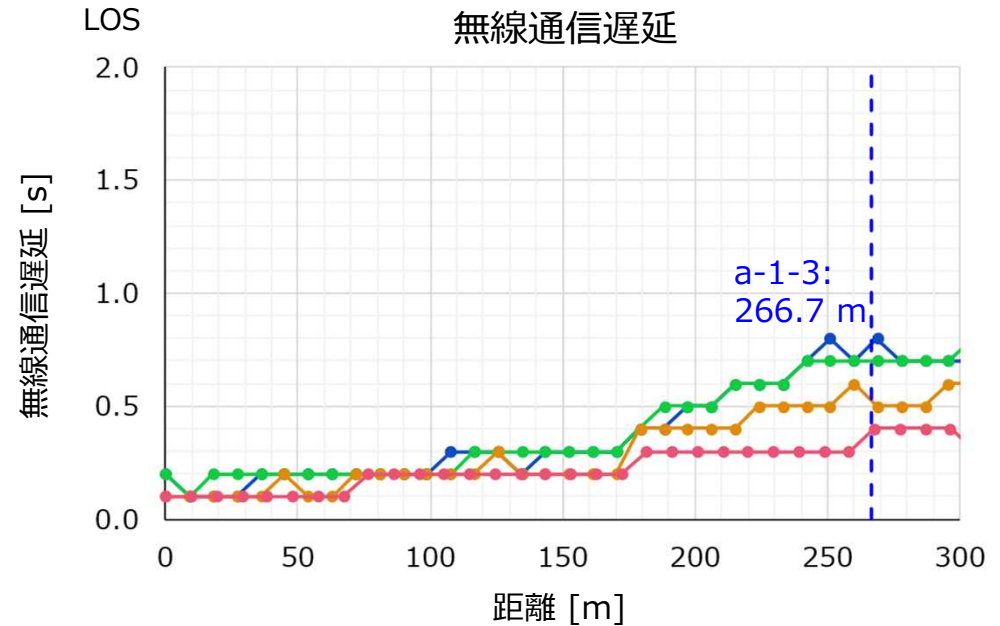
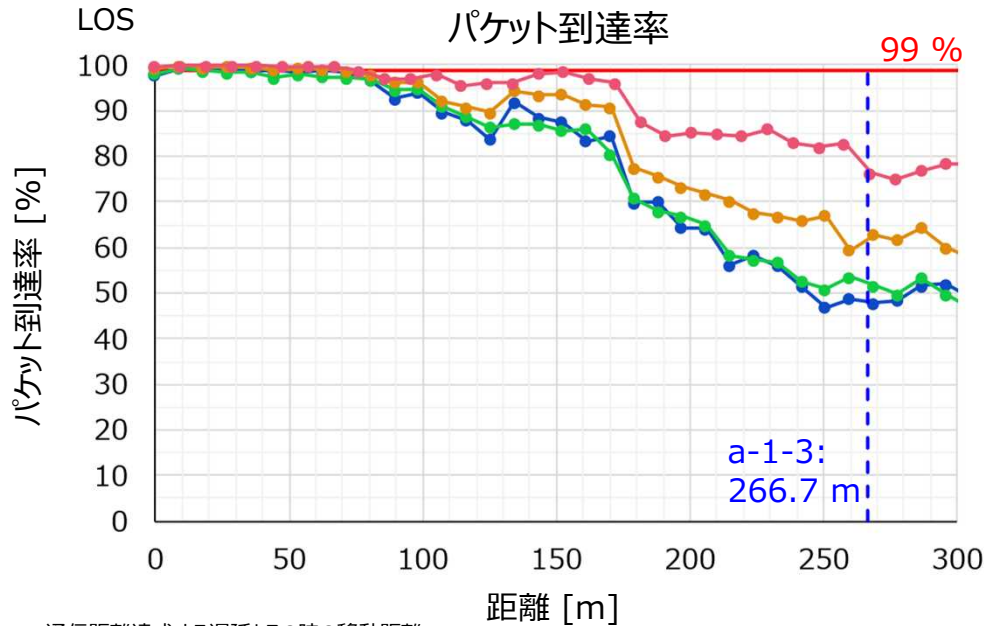
【既存サービス：路車配置数】

- ・路側機(重要交差点) : 9台
- ・路側機(一般交差点) : 55台
- ・車載機 : 23台/km(32 km/h, 約2000台)
条件4は12台/km (約1000台)

付録. 条件変更版シミュレーション結果 (2/10)

■ 全SIP-UC : 高速道本線 車路間通信のシミュレーション結果

- **新たな条件を条件2, 3, 4の順番で適用していく毎にパケット到達率が改善**
- **a-1-3車路 (本線) は下表より遅延:100 ms, PAR:99 %の通信要件未達成**

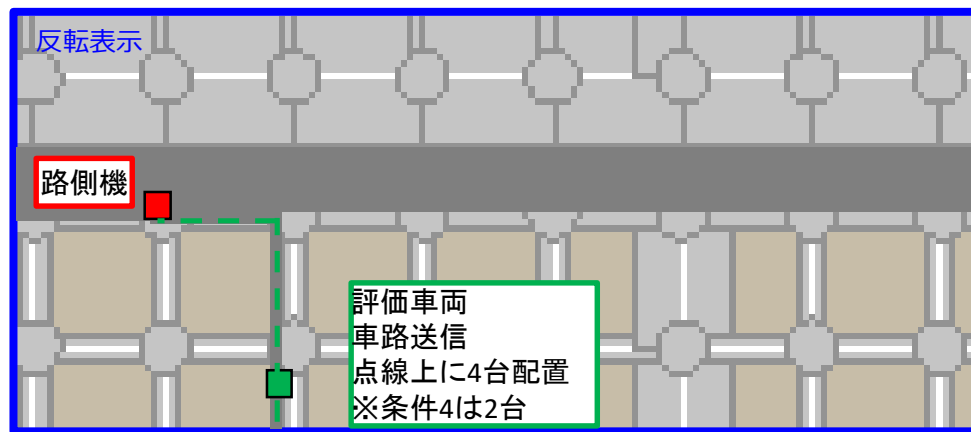


通信距離達成する遅延とその時の移動距離

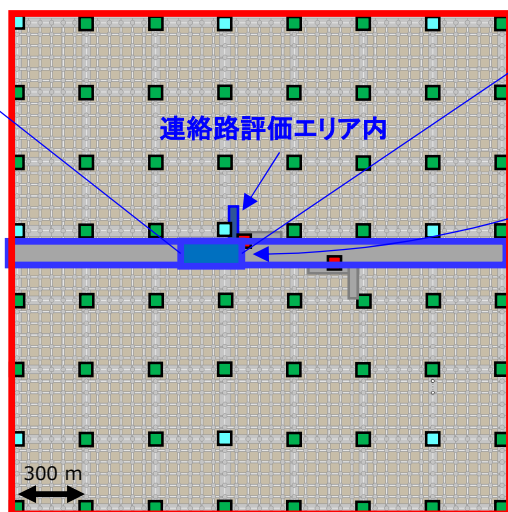
UC	条件1		条件2		条件3		条件4	
	遅延	移動距離	遅延	移動距離	遅延	移動距離	遅延	移動距離
a-1-3	800 ms	26.7 m	700 ms	23.3 m	500 ms	16.7 m	400 ms	13.3 m

- 条件1:リファレンス
- 条件2:受信感度変更
- 条件3:受信感度変更
+ 路路通信OFF
- 条件4:受信感度変更
+ 路路通信OFF
+ 車両密度見直し

■ 全SIP-UC : 高速道連絡路 車路間通信のシミュレーション条件



評価エリア



シミュレーション全体像

【SIP高速道：メッセージサイズ】

- ・路側機 : 4986 byte
- ・車載機(SIP評価エリア内) : 73 byte
- ・車載機(SIP評価エリア外) : 73 byte

【SIP高速道：路車配置数】

- ・路側機 : 2台
- ・車載機(本線) : 14台/km(120 km/h)
条件4は7台/km
- ・車載機(連絡路) : 23台/km(70 km/h)
条件4は12台/km

【SIP高速道：路側機アンテナ条件】

- ・指向性アンテナ (100°) 使用

【既存サービス：メッセージサイズ】

- ・路側機(重要交差点) : 2750 byte
- ・路側機(一般交差点) : 1150 byte
- ・車載機 : 73 byte

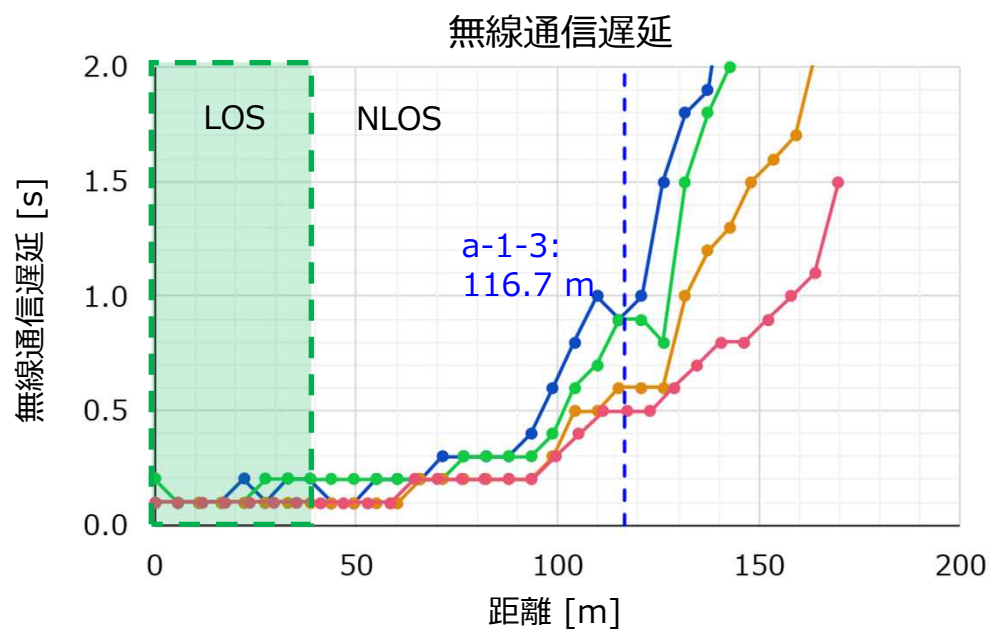
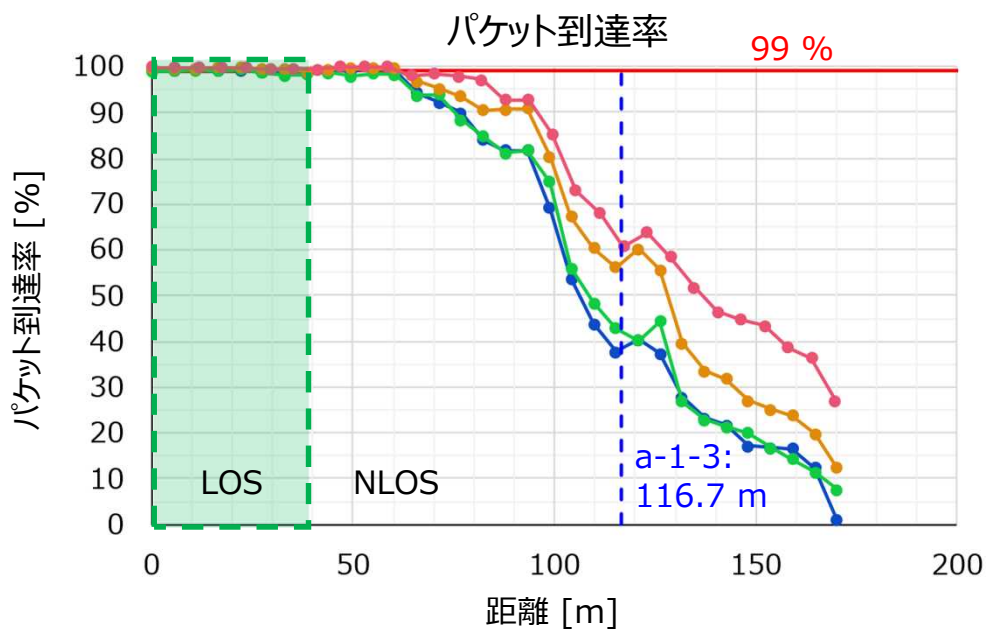
【既存サービス：路車配置数】

- ・路側機(重要交差点) : 9台
- ・路側機(一般交差点) : 55台
- ・車載機 : 23台/km(32 km/h, 約2000台)
条件4は12台/km (約1000台)

付録. 条件変更版シミュレーション結果 (4/10)

■ 全SIP-UC : 高速道連絡路 車路間通信のシミュレーション結果

- **新たな条件を条件2, 3, 4の順番で適用していく毎にパケット到達率が改善**
- **a-1-3車路 (連絡路) は下表より遅延:100 ms, PAR:99 %の通信要件未達成**

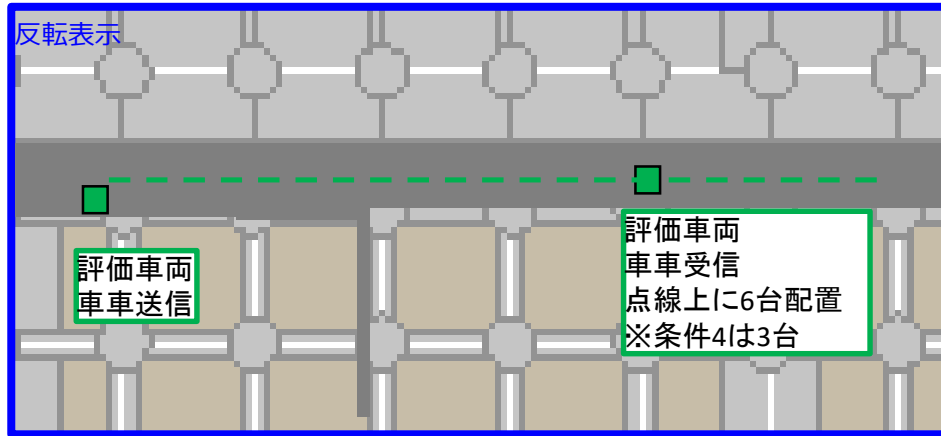


通信距離達成する遅延とその時の移動距離

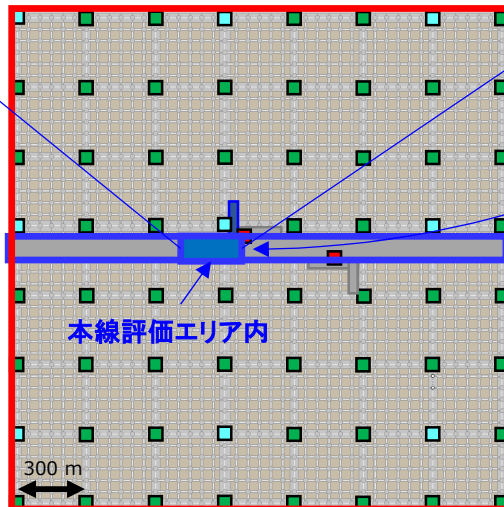
UC	条件1		条件2		条件3		条件4	
	遅延	移動距離	遅延	移動距離	遅延	移動距離	遅延	移動距離
a-1-3	900 ms	17.5 m	900 ms	17.5 m	600 ms	11.7 m	500 ms	9.7 m

- 条件1:リファレンス
- 条件2:受信感度変更
- 条件3:受信感度変更
+ 路路通信OFF
- 条件4:受信感度変更
+ 路路通信OFF
+ 車両密度見直し

■ 全SIP-UC : 高速道本線 車車間通信のシミュレーション条件



評価エリア



シミュレーション全体像

【SIP高速道：メッセージサイズ】

- ・路側機 : 4986 byte
- ・車載機(SIP評価エリア内) : 73 byte
- ・車載機(SIP評価エリア外) : 73 byte

【SIP高速道：路車配置数】

- ・路側機 : 2台
- ・車載機(本線) : 14台/km(120 km/h)
条件4は7台/km
- ・車載機(連絡路) : 23台/km(70 km/h)
条件4は12台/km

【SIP高速道：路側機アンテナ条件】

- ・指向性アンテナ (100°) 使用

【既存サービス：メッセージサイズ】

- ・路側機(重要交差点) : 2750 byte
- ・路側機(一般交差点) : 1150 byte
- ・車載機 : 73 byte

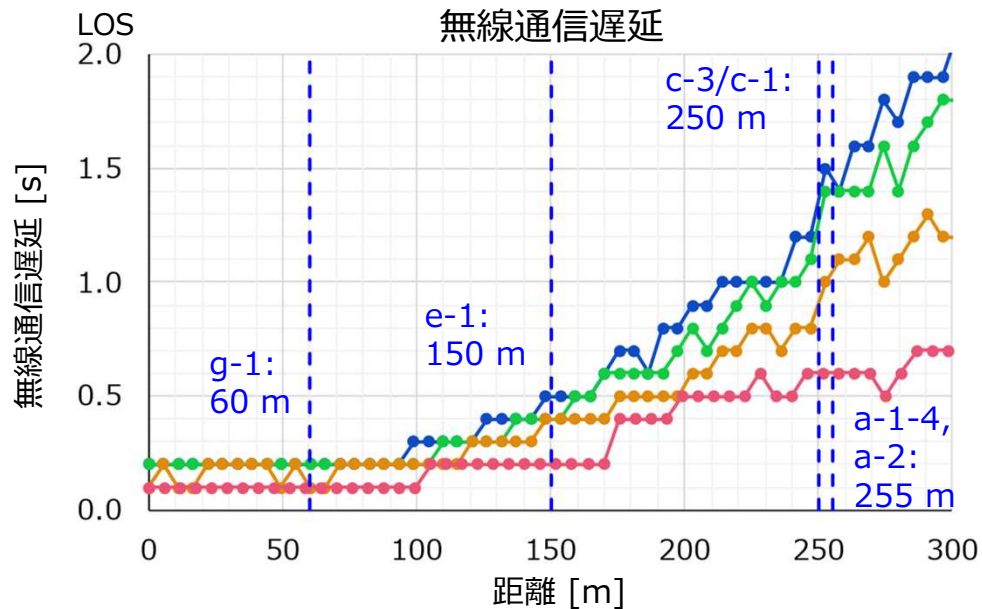
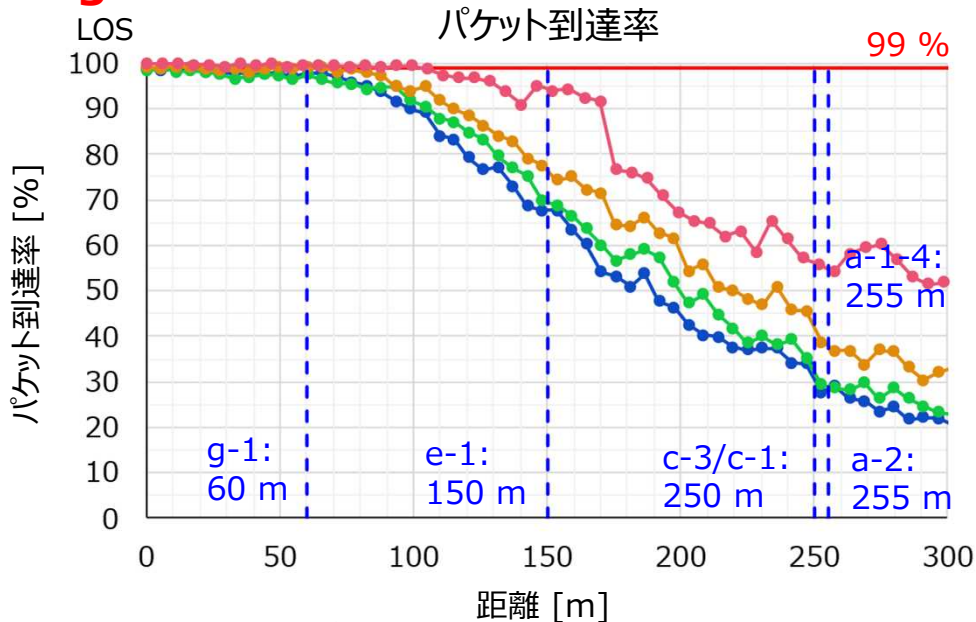
【既存サービス：路車配置数】

- ・路側機(重要交差点) : 9台
- ・路側機(一般交差点) : 55台
- ・車載機 : 23台/km(32 km/h, 約2000台)
条件4は12台/km (約1000台)

付録. 条件変更版シミュレーション結果 (6/10)

■ 全SIP-UC : 高速道本線 車車間通信のシミュレーション結果

- **新たな条件を条件2, 3, 4の順番で適用していく毎にパケット到達率が改善**
- **a-1-4, a-2, c-3/c-1, e-1は下表より遅延:100 ms, PAR:99 %の通信要件未達成**
- **g-1は机上検討より緊急時の通信要件20 ms, 99 %の要件未達成**

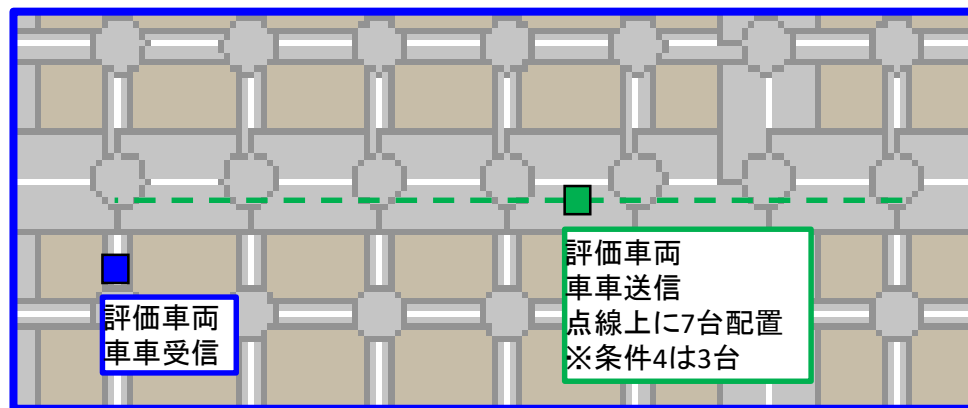


通信距離達成する遅延とその時の移動距離

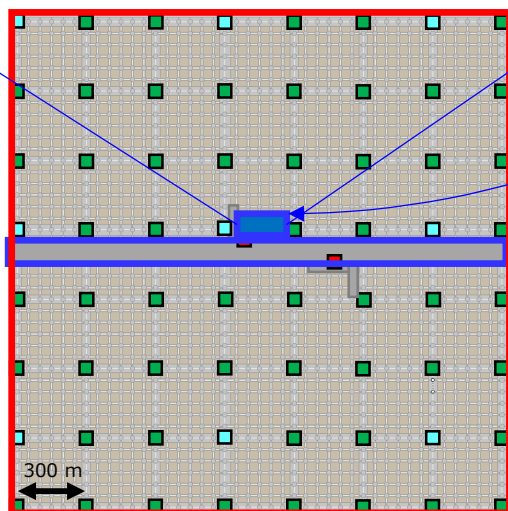
UC	条件1		条件2		条件3		条件4	
	遅延	移動距離	遅延	移動距離	遅延	移動距離	遅延	移動距離
a-1-4	1.4 s	27.2 m	1.4 s	27.2 m	1.1 s	21.4 m	600 ms	11.7 m
a-2	1.4 s	27.2 m	1.4 s	27.2 m	1.1 s	21.4 m	600 ms	11.7 m
c-3/c-1	1.5 s	29.2 m	1.4 s	27.2 m	1.1 s	21.4 m	600 ms	11.7 m
e-1	500 ms	9.7 m	400 ms	7.8 m	400 ms	7.8 m	200 ms	3.9 m
g-1	200 ms	3.9 m	200 ms	3.9 m	100 ms	1.9 m	100 ms	1.9 m

- 条件1:リファレンス
- 条件2:受信感度変更
- 条件3:受信感度変更
+ 路路通信OFF
- 条件4:受信感度変更
+ 路路通信OFF
+ 車両密度見直し

■ 全SIP-UC : 一般道 車車間通信のシミュレーション条件 (見通し外)



評価エリア



シミュレーション全体像

【SIP一般道：メッセージサイズ】

- ・路側機 : 1150 byte
- ・車載機(SIP評価エリア内) : 73 byte

【SIP一般道：路車配置数】

- ・路側機 : 1台(既存サービスと共用)
- ・車載機 : 23台/km(70 km/h)
条件4は12台/km

【既存サービス：メッセージサイズ】

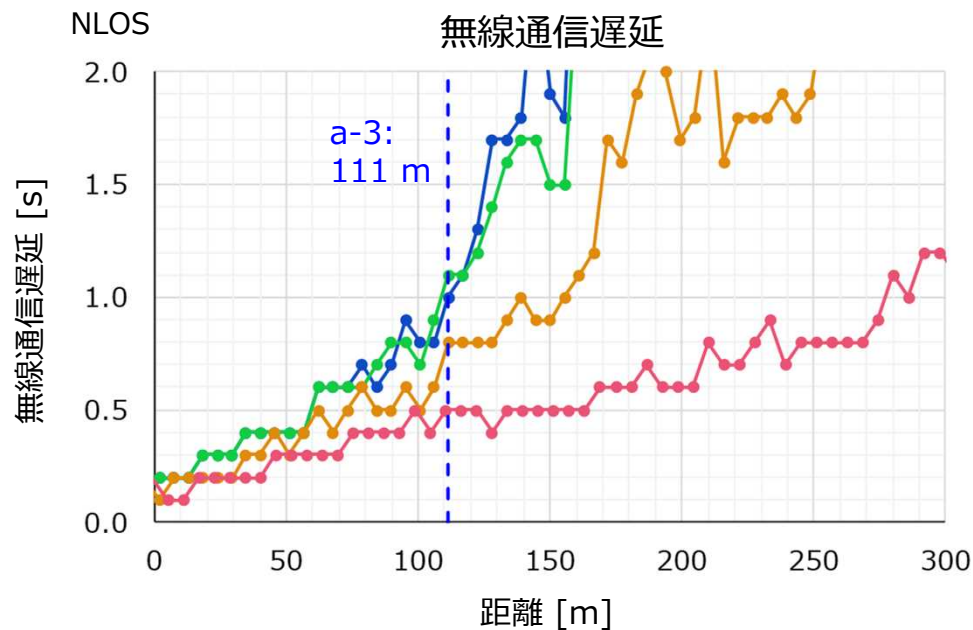
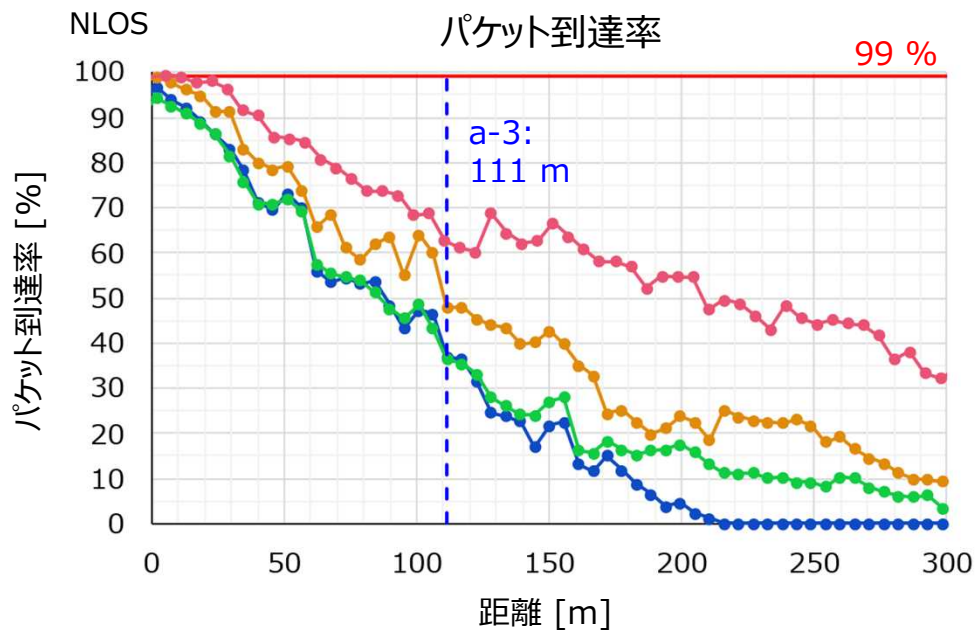
- ・路側機(重要交差点) : 2750 byte
- ・路側機(一般交差点) : 1150 byte
- ・車載機 : 73 byte

【既存サービス：路車配置数】

- ・路側機(重要交差点) : 9台
- ・路側機(一般交差点) : 55台
- ・車載機 : 23台/km(32 km/h, 約2000台)
条件4は12台/km (約1000台)

付録. 条件変更版シミュレーション結果 (8/10)

- 全SIP-UC：一般道 車車間通信のシミュレーション結果 (見通し外)
 - **新たな条件を条件2, 3, 4の順番で適用していく毎にパケット到達率が改善**
 - **a-3は下表より遅延:100 ms, PAR:99 %の通信要件未達成**

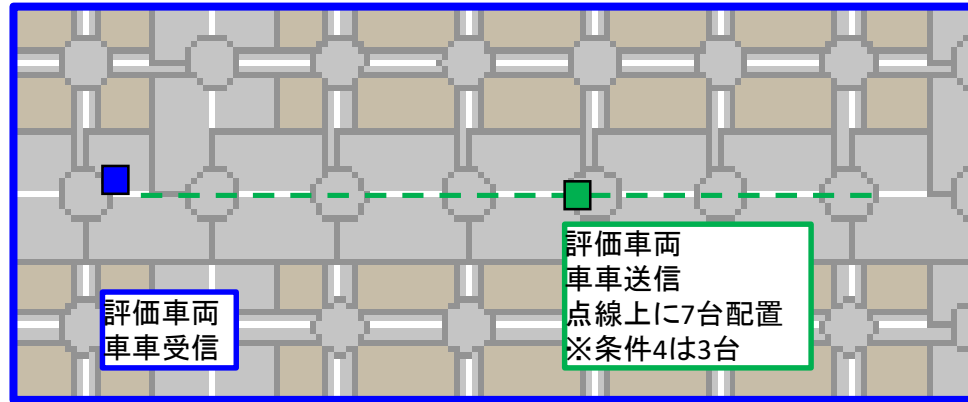


通信距離達成する遅延とその時の移動距離

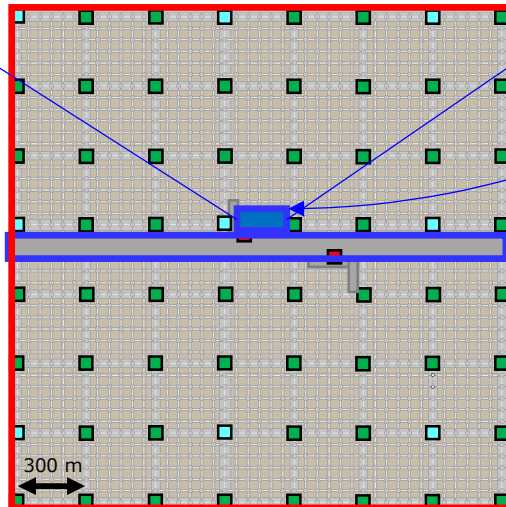
UC	条件1		条件2		条件3		条件4	
	遅延	移動距離	遅延	移動距離	遅延	移動距離	遅延	移動距離
a-3	1.0 s	19.4 m	1.1 s	21.4 m	800 ms	15.6 m	500 ms	9.7 m

- 条件1:リファレンス
- 条件2:受信感度変更
- 条件3:受信感度変更
+ 路路通信OFF
- 条件4:受信感度変更
+ 路路通信OFF
+ 車両密度見直し

■ 全SIP-UC : 一般道 車車間通信のシミュレーション条件 (見通し内)



評価エリア



シミュレーション全体像

【SIP一般道：メッセージサイズ】

- ・路側機 : 1150 byte
- ・車載機(SIP評価エリア内) : 73 byte

【SIP一般道：路車配置数】

- ・路側機 : 1台(既存サービスと共用)
- ・車載機 : 23台/km(70 km/h)
条件4は12台/km

【既存サービス：メッセージサイズ】

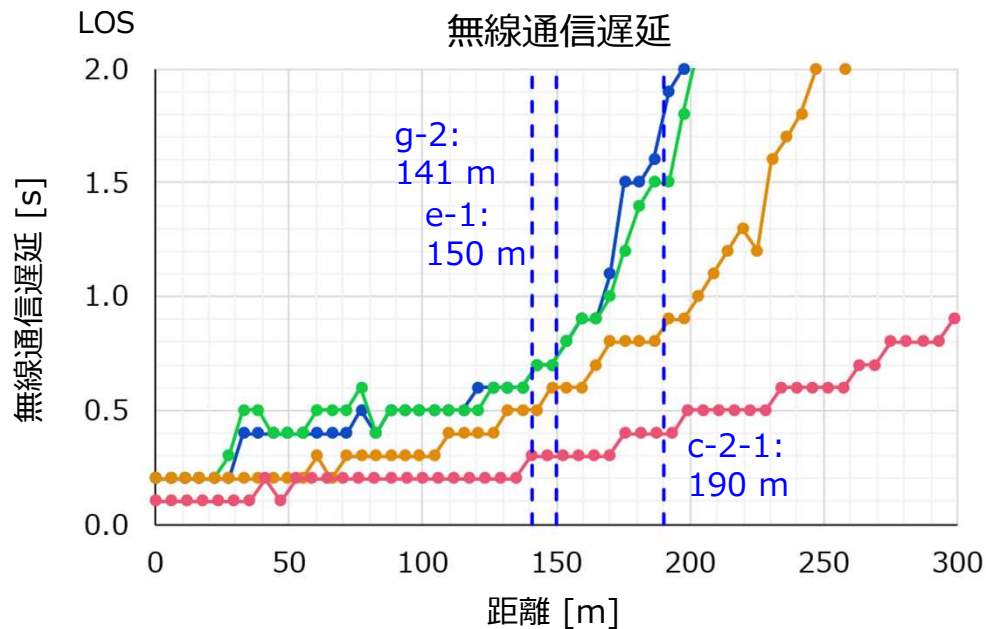
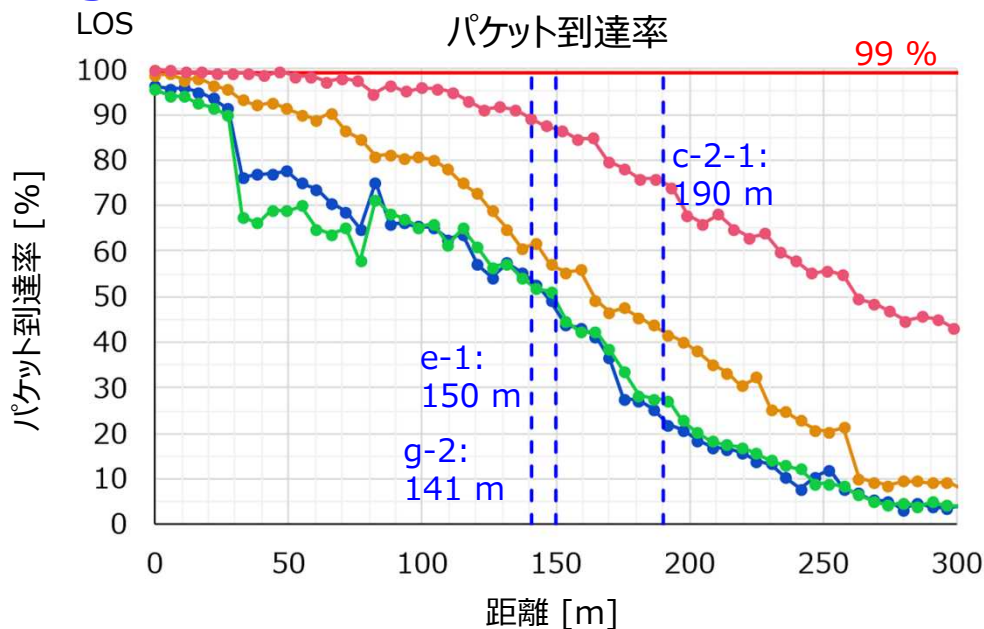
- ・路側機(重要交差点) : 2750 byte
- ・路側機(一般交差点) : 1150 byte
- ・車載機 : 73 byte

【既存サービス：路車配置数】

- ・路側機(重要交差点) : 9台
- ・路側機(一般交差点) : 55台
- ・車載機 : 23台/km(32 km/h, 約2000台)
条件4は12台/km (約1000台)

付録. 条件変更版シミュレーション結果 (10/10)

- 全SIP-UC：一般道 車車間通信のシミュレーション結果 (見通し内)
 - **新たな条件を条件2, 3, 4の順番で適用していく毎にパケット到達率が改善**
 - **c-2-1, e-1は下表より遅延:100 ms, PAR:99 %の通信要件未達成**
 - **g-2は遅延:500 ms, PAR:95 %の通信要件達成**



通信距離達成する遅延とその時の移動距離

UC	条件1		条件2		条件3		条件4	
	遅延	移動距離	遅延	移動距離	遅延	移動距離	遅延	移動距離
c-2-1	1.9 s	36.9 m	1.5 s	29.2 m	900 ms	17.5 m	400 ms	7.8 m
e-1	800 ms	15.6 m	800 ms	15.6 m	600 ms	11.7 m	300 ms	5.8 m
g-2	700 ms	13.6 m	700 ms	13.6 m	500 ms	9.7 m	300 ms	5.8 m

- 条件1:リファレンス
- 条件2:受信感度変更
- 条件3:受信感度変更 + 路路通信OFF
- 条件4:受信感度変更 + 路路通信OFF + 車両密度見直し

■ 路車間通信関連UCの通信エリア・通信品質評価結果

	ユースケース名	a-1-1, a-1-2	b-1-1	c-2-2	d-1, d-2, d-3, d-4, d-5	備考
	通信形態	V2I (I→V)	V2I (I→V)	V2I (I→V)	V2I (I→V)	
A	送信電力	19.2dBm	19.2dBm	19.2dBm	19.2dBm	
B	アンテナ利得	0dBi	0dBi	0dBi	0dBi	
C	給電損失	0dB	0dB	0dB	0dB	
D	無線区間距離	116.7m (47+69.7m)	206.3m	75.2m	66.6m	必要通信距離
E	無線区間伝搬損失	85.3dB	80.3dB	66.3dB	65.2dB	700MHzITS路車・路路モデル
F	フェージング損失	4.4dB	4.4dB	4.4dB	4.4dB	
G	シャドウイング損失	N/A	N/A	N/A	N/A	700MHzITS路車・路路モデルに含まれる
H	受信電力 =A+(B-C)-(E+F+G)	-70.5dBm	-65.5dBm	-51.5dBm	-50.4dBm	
I	受信可否判定閾値	-75.9dBm	-75.9dBm	-75.9dBm	-75.9dBm	16QAM1/2
J	回線マージン =H-I	5.4dB	10.4dB	24.4dB	25.5dB	
	対応可否 J≥0dB	要件達成	要件達成	要件達成	要件達成	

■ 車車間通信関連UCの通信エリア・通信品質評価結果

	ユースケース名	c-1, c-3	c-2-1	e-1	g-1	g-2	備考
	通信形態	V2V	V2V	V2V	V2V	V2V	
A	送信電力	19.2dBm	19.2dBm	19.2dBm	19.2dBm	19.2dBm	
B	アンテナ利得	0dBi	0dBi	0dBi	0dBi	0dBi	
C	給電損失	3dB	3dB	3dB	3dB	3dB	
D	無線区間距離	250m	190m	150m	60m	141m	必要通信距離
E	無線区間伝搬損失	83.5dB	80.8dB	76.5dB	65.4dB	75.7dB	伊藤・多賀モデル
F	フェージング損失	6.4dB	6.4dB	6.4dB	6.4dB	6.4dB	
G	シャドウイング損失	4dB	4dB	4dB	0dB	0dB	
H	受信電力 =A+(B-C)-(E+F+G)	-77.7dBm	-75.0dBm	-70.7dBm	-55.6dBm	-65.9dBm	
I	受信可否判定閾値	-81dBm	-81dBm	-81dBm	-81dBm	-81dBm	QPSK1/2
J	回線マージン =H-I	3.3dB	6.0dB	10.3dB	25.4dB	15.1dB	
	対応可否 J \geq 0dB	要件達成	要件達成	要件達成	要件達成	要件達成	

■ 車路間通信関連UCの通信エリア・通信品質評価結果

	ユースケース	d-1, d-2, d-3, d-4	f-2	備考
	通信形態	V2I (V→I)	V2I (V→I)	
A	送信電力	19.2dBm	19.2dBm	
B	アンテナ利得	0dBi	0dBi	
C	給電損失	3dB	3dB	
D	無線区間距離	66.6m	150m	必要通信距離
E	無線区間伝搬損失	65.2dB	75.3dB	700MHzITS路車・路路モデル
F	フェーディング損失	4.4dB	4.4dB	
G	シャドウイング損失	N/A	N/A	700MHzITS路車・路路モデルに含まれる
H	受信電力 =A+(B-C)-(E+F+G)	-53.4dBm	-63.5dBm	
I	受信可否判定閾値	-81dBm	-81dBm	QPSK1/2
J	回線マージン =H-I	27.6dB	17.5dB	
	対応可否 J≥0dB	要件達成	要件達成	

■ ネゴシエーション関連のa-1-3の通信エリア・通信品質評価結果

	ユースケース	a-1-3				備考
	通信形態	①V2I (I→V) <BM> 位置情報提供(本線)	①V2I (I→V) <BM> 位置情報提供(連絡路)	③V2I (I→V) <ネゴ> 調定/更新要求(本線)	④V2I (V→I) <ネゴ> 調定/更新応答(本線)	
A	送信電力	19.2dBm	19.2dBm	19.2dBm	19.2dBm	
B	アンテナ利得	0dBi	0dBi	0dBi	0dBi	
C	給電損失	0dB	0dB	0dB	3dB	
D	無線区間距離	266.7m	116.7m (47+69.7m)	266.7m	266.7m	必要通信距離 本線：LoS、連絡路：NLoS
E	無線区間伝搬損失	84.3dB	82.5dB	84.3dB	84.3dB	700MHzITS路車・路路モデル
F	フェージング損失	4.4dB	4.4dB	4.4dB	4.4dB	
G	シャドウイング損失	N/A	N/A	N/A	N/A	700MHzITS路車・路路モデル に含まれる
H	受信電力 =A+(B-C)- (E+F+G)	-69.5dBm	-67.7dBm	-69.5dBm	-72.5dBm	
I	受信可否判定閾値	-75.9dBm ※1	-75.9dBm ※1	-75.9dBm ※1	-81dBm ※2	※1:路車間：16QAM1/2, ※2:車車間：QPSK1/2
J	回線マージン =H-I	6.4dB	8.2dB	6.4dB	8.5dB	
	対応可否 J≥0dB	要件達成	要件達成	要件達成	要件達成	

■ ネゴシエーション関連のUC(a-1-4, a-2, a-3)の通信エリア・通信品質評価結果

	ユースケース	a-1-4, a-2		a-3		備考
	通信形態	①V2V <ネゴ> 調定要求/更新要求	②V2V <ネゴ> 調定応答/更新応答	①V2V <ネゴ> 調定要求/更新要求	②V2V <ネゴ> 調定応答/更新応答	
A	送信電力	19.2dBm	19.2dBm	19.2dBm	19.2dBm	
B	アンテナ利得	0dBi	0dBi	0dBi	0dBi	
C	給電損失	3dB	3dB	3dB	3dB	
D	無線区間距離	255m	255m	111.1m	111.1m	必要通信距離
E	無線区間伝搬損失	83.7dB	83.7dB	83.8dB	83.8dB	伊藤・多賀モデル a-3 : NLoS
F	フェージング損失	6.4dB	6.4dB	6.4dB	6.4dB	
G	シャドウイング損失	4dB	4dB	4dB	4dB	
H	受信電力 =A+(B-C)-(E+F+G)	-77.9dBm	-77.9dBm	-78dBm	-78dBm	
I	受信可否判定閾値	-81dBm	-81dBm	-81dBm	-81dBm	QPSK1/2
J	回線マージン =H-I	3.1dB	3.1dB	3.0dB	3.0dB	
	対応可否 J≥0dB	要件達成	要件達成	要件達成	要件達成	

本報告書は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が管理法人を務め、内閣府が実施した「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期／自動運転（システムとサービスの拡張）」(NEDO管理番号：JPNP18012)の成果をまとめたものです。