

セルラーV2X共同実証実験レポート



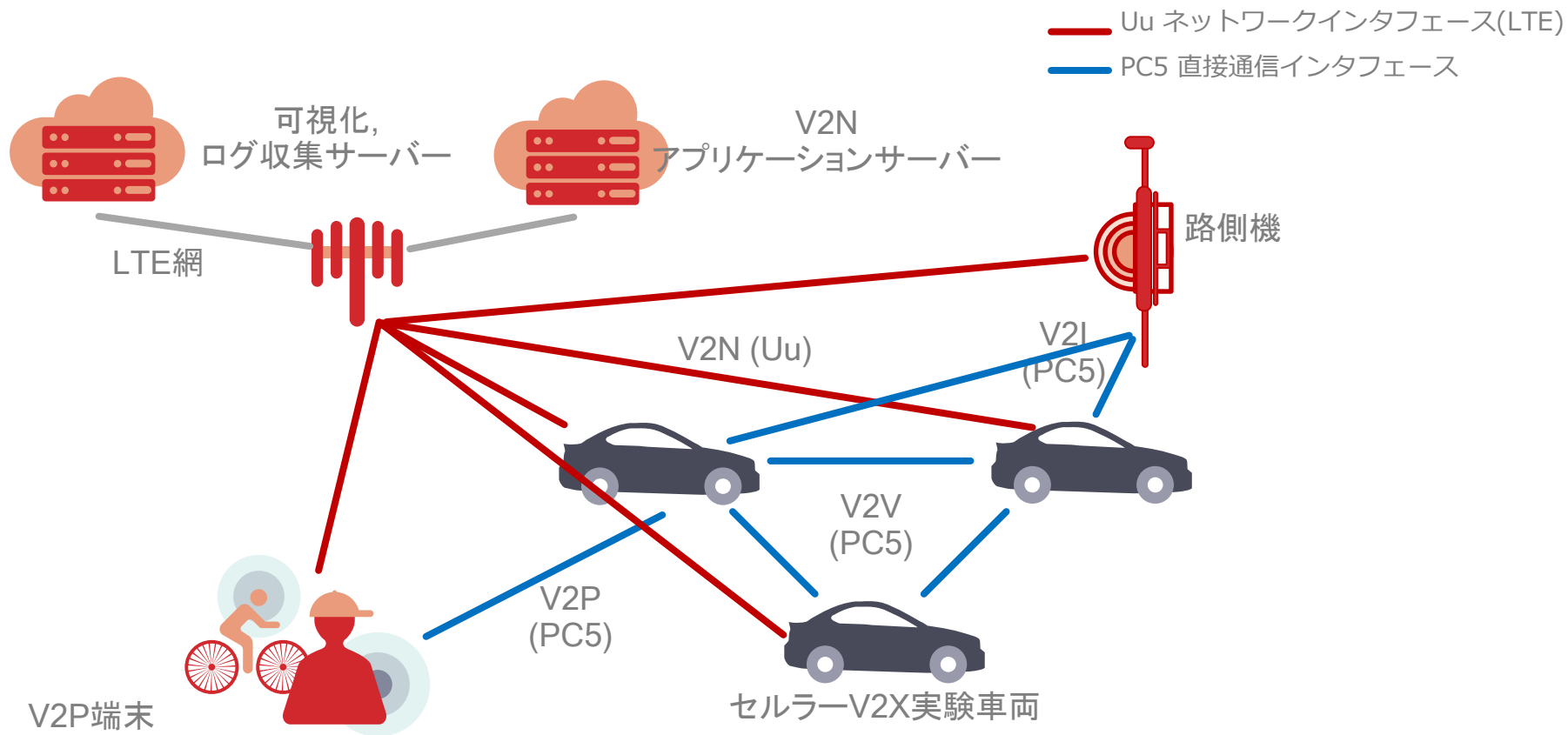
NISSAN MOTOR CORPORATION



実証実験の目的

- 本実証実験では、国際標準化団体である3GPP（3rd Generation Partnership Project）において Release 14として規定された直接通信技術を用い、車両とあらゆるものをつなぐ高信頼・低遅延の通信技術であるセルラーV2Xの評価を行います。
- 本実証実験により、5GHz帯を用いたセルラーV2Xの直接通信技術の通信距離、信頼性、低遅延特性を評価するとともに、LTE-Advanced（LTE-A）ネットワークと通信を相互補完する効果を確認します。
- また、得られた知見を用いてエコシステムの構築や関連する企業・団体への働きかけを行うとともに、3GPPにおける標準化活動を通じて第5世代通信方式（5G）をはじめとするセルラー通信技術を用いた新たなグローバルスタンダードの構築にも貢献していきます。

セルラーV2X実証実験システム構成図



実験システム; 実験車両、路側機、歩行者端末



C-V2X 実験システム	説明
実験車両	2台の日産LEAFを実験車両として使用。PC5とUuインタフェース双方の実験システムを後部トランクに搭載している。PC5用のC-V2X DP評価ボードと、Uu用LTE V2N実験システム並びに遠隔操作・ログ収集用モバイルルータ、CANコンバータ並びにバッテリーなどで構成する
実験用トラック	見通し外の走行シナリオを実験するために、フルサイズの実験用トラックを1台使用。PC5用アンテナはルーフに設置
歩行者端末	V2Pシナリオ用に歩行者に見立てたPC5試験用端末を1台使用。PC5用アンテナは手で保持する
路側機	V2Iシナリオ用に路側機に見立てたPC5試験用機器を1台使用。PC5用指向性アンテナを地上高5mに設置

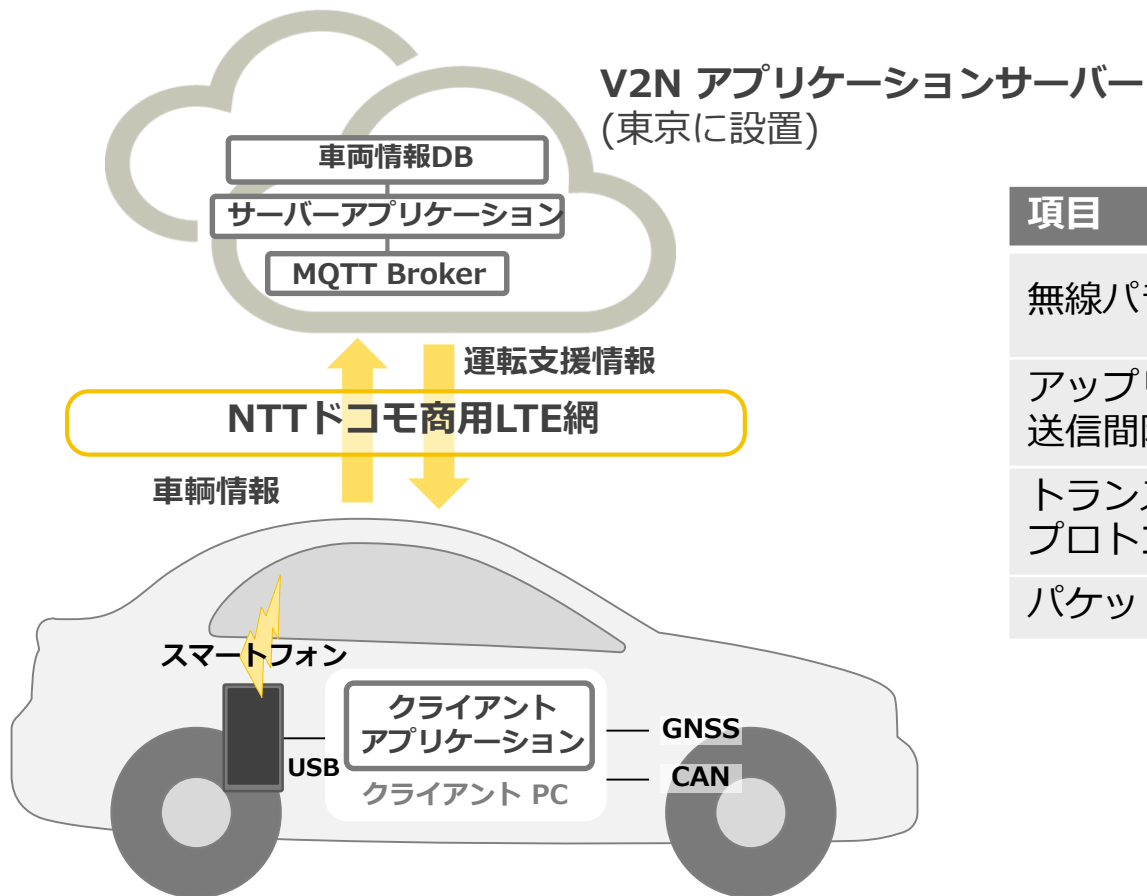
実験システム; PC5用無線設定



PC5用車載器
Qualcomm C-V2X DP
(Development Platform)
MDM9150 商用前サンプルチップ

項目	仕様・設定
アンテナ(日産LEAF実験車両)	PC5: 2 受信, 1 送信, GNSS: 1 受信 利得: 6 dBi, 無指向性アンテナ ケーブルロス; 3.8dB
アンテナ (路側機)	利得: 10 dBi, 指向性アンテナ 半値角: $\pm 20^\circ$, 地上高: 5 m
アンテナ (トラック)	LEAFと同じアンテナをトラックのルーフに設置
アンテナ (歩行者想定端末)	LEAFと同じアンテナを手で保持
最大送信出力	空中線電力 20.3 dBm (車載器アンテナ端) EIRP 22.5 dBm (車載器+実験車両アンテナ)
使用周波数帯	5.8 GHz
システム帯域	10 MHz
送信帯域幅	2.16-3.24 MHz (12 ~ 18 RBs)
モジュレーション	QPSK
エラー訂正	Turbo Coding と HARQ
BSM 間隔	100 ms毎
BSM パケットサイズ	69 -126 bytes
リソース選択幅	20 ms
PC5 同期方式	GNSS のみ










V2N実証実験システム



項目	説明
無線パラメータ	NTTドコモ商用LTE網に準ずる
アップリンク送信間隔	100 ms
トランスポートプロトコル	MQTT (TCP/IP ベース)
パケットサイズ	116 Bytes

走行シナリオ

本実証実験では、ITSユースケースの検証は対象外としているが、V2V, V2N, V2P, V2I といった異なる種別のITSテストシナリオでC-V2Xの動作を確認するため、下記の走行シナリオをテスト用にSAE J2945/1規格のDNPW, EEBL, IMA, HLW, VRUWを参考にし、実験を行った。

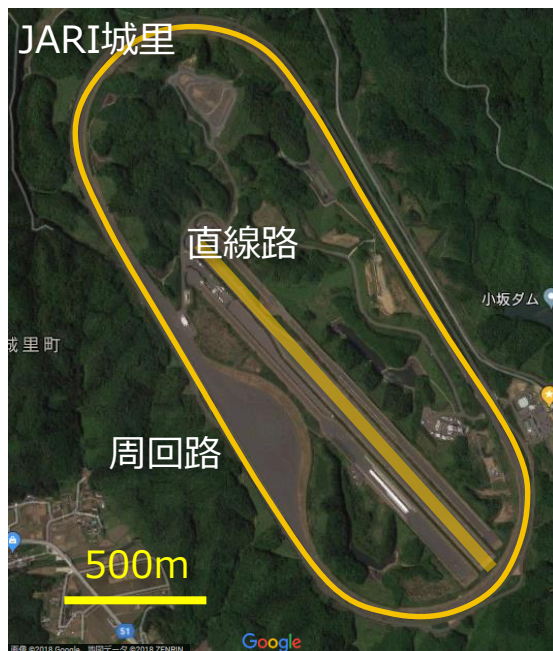
V2V, V2I, V2P, 直接通信での試験走行シナリオ (長距離、低遅延特性を評価)	種別	V2N ネットワーク通信での試験走行シナリオ (広域での事前通知特性を評価)	種別
追い越しを想定した走行 (長距離、低遅延特性) 	V2V	追い越しを想定した走行 	V2N
交差走行 (見通し外での通信距離、低遅延特性) 	V2V	交差走行 	V2N
追走を想定した走行 (低遅延特性) 	V2V	追走を想定した走行 	V2N
障害物がある場合の走行 (路側機との通信距離、低遅延特性) 	V2I	障害物がある場合の走行 	V2N
歩行者がいる場合の走行 (見通し外での通信距離、低遅延特性) 	V2P		

実証実験概要

日本でのC-V2X実証実験は主に、JARI(日本自動車研究所)の城里ならびにつくばテストコースを主に利用して行った

城里周回路は高速移動時・長距離通信の検証に、直線路は長距離通信の検証に利用した。つくばテストコースは見通し・見通し外環境での通信特性の検証に利用

実証実験は2018年7月より10月にかけて実施

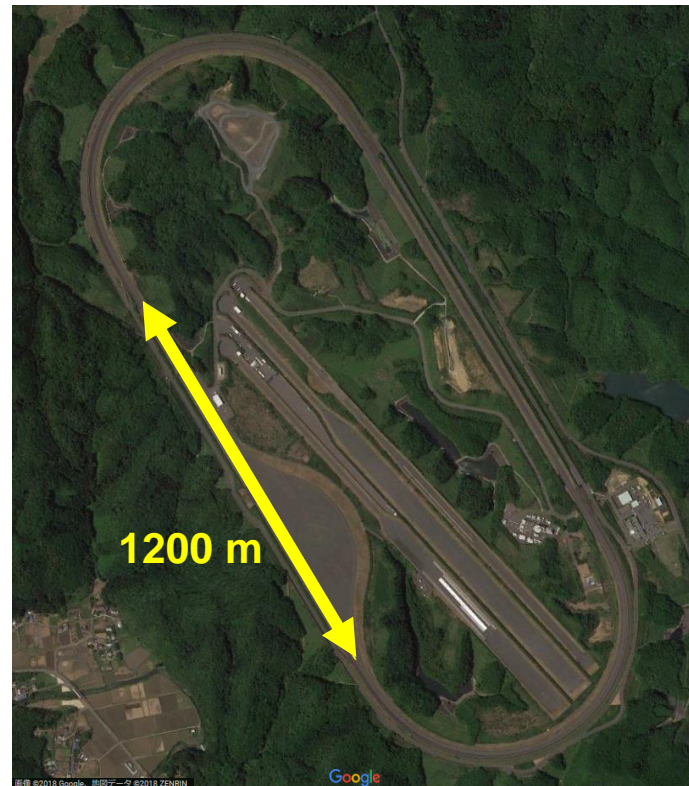
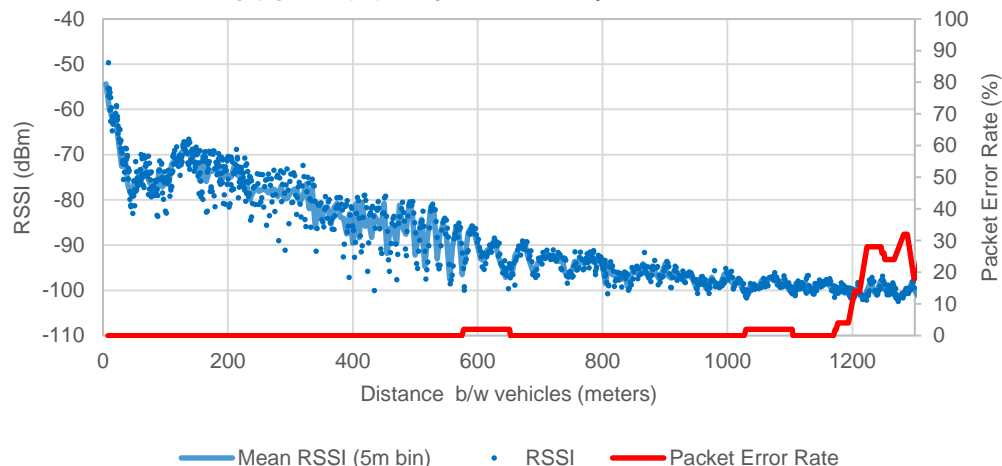


走行シナリオ	テスト実施場所
追い越しを想定した走行	JARI 城里 高速周回路
追走を想定した走行	JARI 城里 高速周回路
障害物がある場合の走行	JARI 城里 総合試験路
交差走行	JARI つくば テストコース
歩行者がいる場合の走行	JARI つくば テストコース NTT ドコモ YRP R&D センター

見通し状態でのPC5直接通信距離、試験結果

JARI 城里 周回路

- ・ HV(Host Vehicle) は静止状態
- ・ RV(Remote Vehicle) は60 km/hにて定速走行
- ・ 1200 m離れた車両間で10% 未満のパケットエラー率(PER)を観測
PERは50サンプルの受信成功率で算出
- ・ 1200 m以上は 評価区間外(見通し外環境となるため)



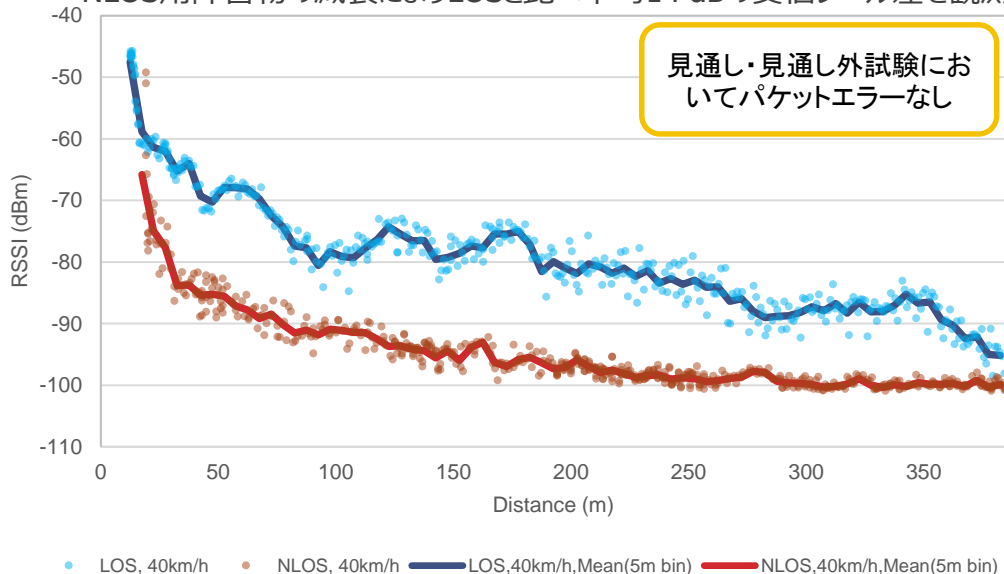
JARI 城里 周回路

*10 % 未満のPERという指標は他のセルラーV2X実証実験などでもよく利用される指標で、ITSアプリケーションレベルでの要求値を意味しない

見通し外状態でのPC5直接通信距離、試験結果

JARI つくばテストコース

- 見通し(LOS)と見通し外(NLOS)比較のため、複数のテストシナリオを実施
- 見通し外で380 mの通信距離を確認
380 m以上はテストコースエリア外となるため評価区間外
- NLOS/LOSいずれもパケットエラーなし
- NLOS用障害物の減衰によりLOSと比べ平均14 dBの受信レベル差を観測



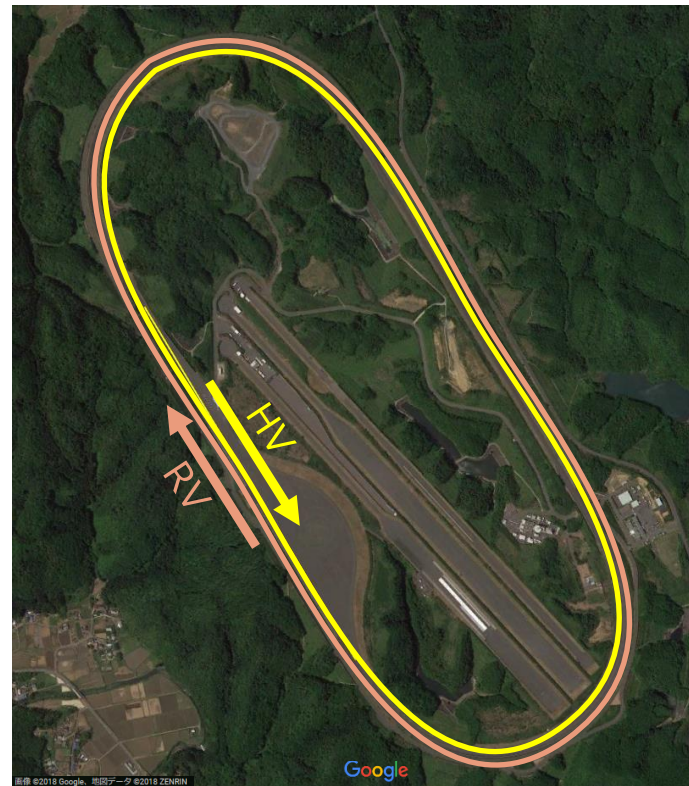
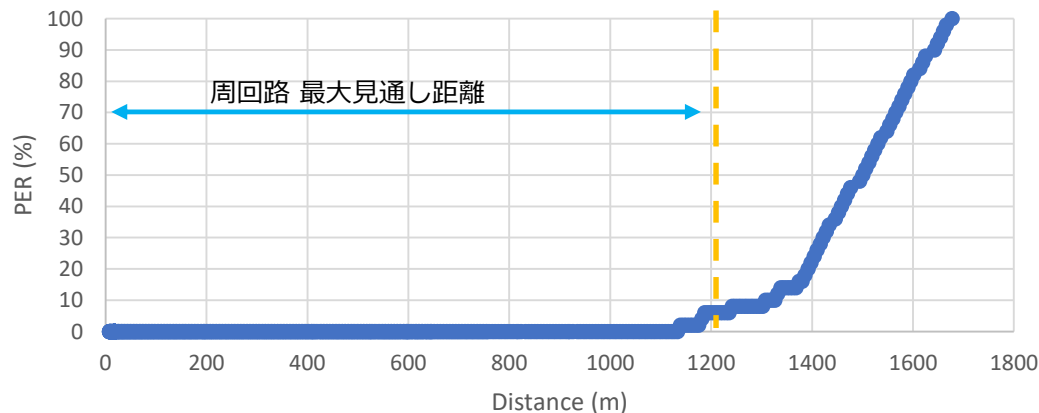
JARI つくばテストコース

高速移動時のPC5直接通信距離、試験結果

JARI 城里 周回路

- HVとRVはそれぞれ反対方向に110 km/hで走行し、相対速度 220 km/hの状況で試験実施
- HV, RVはそれぞれ異なる車線を走行
- コース上見通し可能距離である1200 m内では相対速度220 km/hの状態でのパケットエラー率(PER)10%未満を確認し、PER 10%未満の最大距離は 1307 mであった

PER vs Distance at 220 km/h relative speed



JARI 城里 周回路

PC5直接通信遅延特性、試験結果

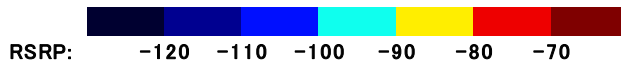
JARI 城里 直線路・周回路

- リソース選択幅は20 msに設定
- 3種類の走行シナリオにてITSアプリケーション層での送受信の遅延時間を計測
- 試験は非輻輳環境にて実施。Txリソースは選択幅 20 msの中からランダムに選択
- 遅延は2台の試験車両間で計測
- 遅延時間は全ての走行シナリオにて中央値20 ms未満であった

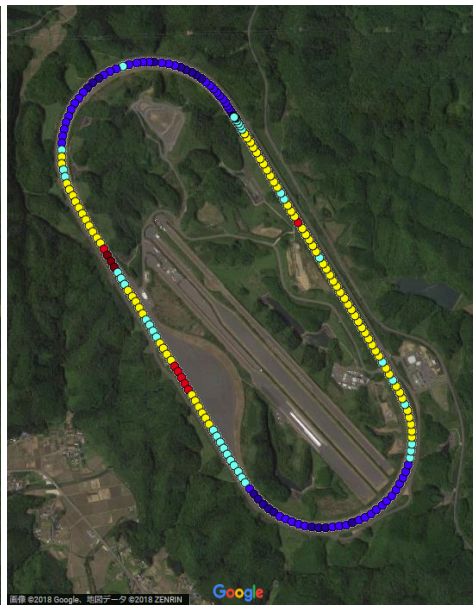
走行シナリオ	遅延時間 (ms)		
	5%値	中央値	95%値
追走想定した走行	11	16	25
追い越しを想定した走行	10	17	25
障害物がある場合の走行	10	16	26
各走行シナリオ 集計	11	16	26

LTE 下り方向 信号強度

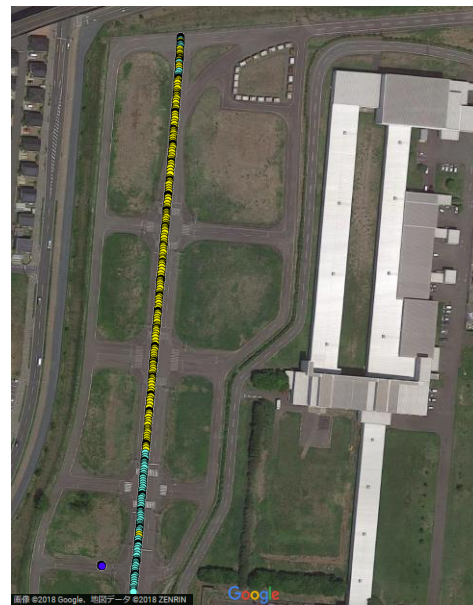
下り方向の信号強度はreference signal reception power (RSRP)にて計測



**JARI 城里
(直線路)**



**JARI 城里
(高速周回路)**



**JARI つくば
(交差点環境)**

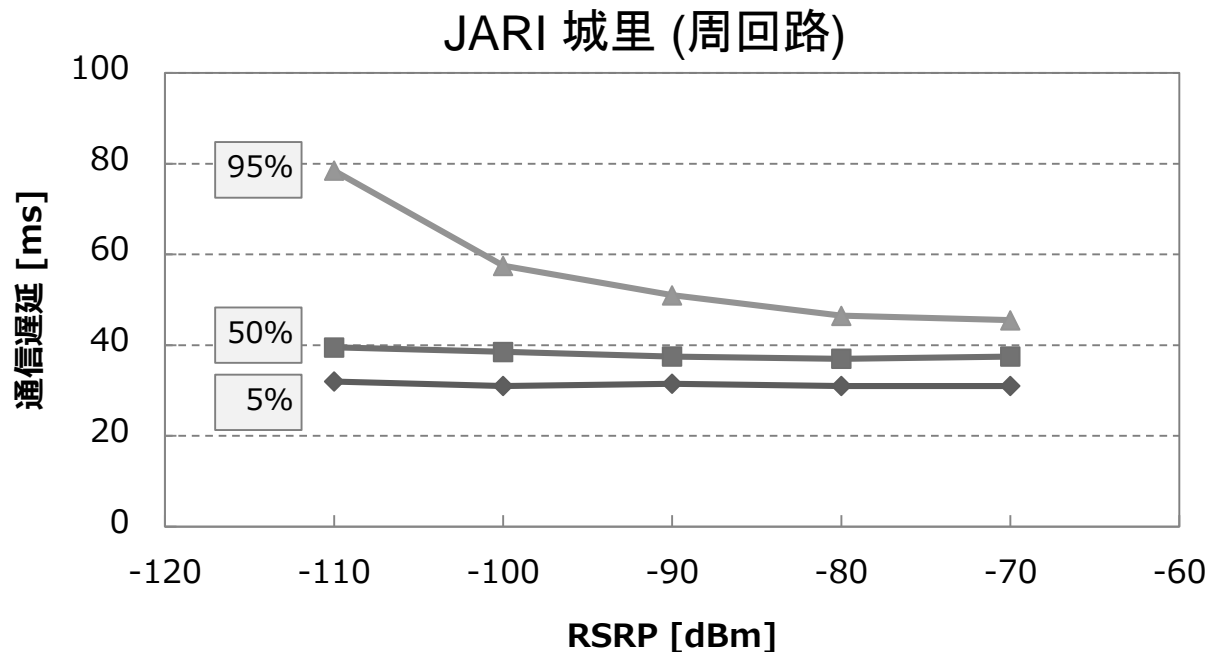
V2N 通信遅延※

	最小値	5%値	中央値	95%値
JARI 城里 (直線路)	24 ms	30 ms	39 ms	49 ms
JARI 城里 (周回路)	26 ms	31 ms	38 ms	52 ms
JARI つくば (LOS/NLOS環境)	25 ms	33 ms	41 ms	53 ms

116 bytes データ長のPingを 実験車両 → ネットワーク → 実験車両 経路にて実施、遅延を計測した

通信遅延特性は走行場所に依存しなかった

RSRPと通信遅延との相関



RSRPが低い弱電界環境では再送などの影響により遅延時間が増加する傾向が確認された

実証実験結果

■ セルラーV2X PC5直接通信の基礎的な通信特性を確認

- 見通し環境にて、PER 10%未満であれば1200 m 離れた通信距離を確認した
- 相対速度 220 km/hといった高速移動時において、PER 10%未満・通信距離 1200 mを確認した
- 車両間の通信遅延が中央値で 20 ms 未満であった
- 見通し外環境において、380mの通信距離を確認した。(障害物による14 dB減衰環境)

■ Uu LTEネットワーク通信特性を確認

- NTTドコモの商用ネットワークを用いた広域通信において、connected mode状態時 中央値で 50 ms未満の通信遅延であった
- 95%値において、通信遅延が 60 ms未満であった
- Reference signal reception power (RSRP)が低い弱電界環境では通信遅延が増加した。無線レイヤでの再送処理(Hybrid ARQ)による増加であると考えられる

注) 上記は本実証実験の環境において見受けられた特性でいかなる環境下においてこれらの特性を確認したものではない
PC5は非輻輳環境にて試験実施した

用語集

3GPP	3rd Generation Partnership Project	V2X	Vehicle to Everything
C-V2X	Cellular Vehicle to Everything	V2V	Vehicle to Vehicle
CAN	Controller Area Network	V2I	Vehicle to Infrastructure
DNPW	Do Not Pass Warning	V2P	Vehicle to Pedestrian
EEBL	Electronic Emergency Brake Light	V2N	Vehicle to Network
EIRP	Effective (or Equivalent) Isotropic Radiated Power	VRUW	Vulnerable Road User Warning
GNSS	Global Navigation Satellite System		
HARQ	Hybrid automatic repeat request		
HLW	Hazardous Location Warning		
IMA	Intersection Movement Assist		
ITS	Intelligent Transportation System		
JARI	Japan Automobile Research Institute		
LOS	Line of Sight		
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport		
NLOS	Non-Line of Sight		
PER	Packet Error Rate		
OBU	On Board Unit		
QPSK	Quadrature Phase-Shift Keying		
RB	Resource Block		
RSRP	Reference Signal Reception Power		
RSSI	Received Signal Strength Indicator		

Thank you



コンチネンタル、エリクソン、日産自動車、NTTドコモ、OKI、クアルコム