

5.8GHz 帯を用いた車車間通信の伝達特性

関 警

財団法人 日本自動車研究所 (JARI) ITS センター
(105-0012) 東京都港区芝大門 1-1-30 日本自動車会館 12 階
電話:03-5733-7025 FAX:03-5733-0655 Email:Kseki@jari.or.jp

本論文は、JARI/ITS センターが 2003 年度に ASV (Advanced Safety Vehicle)、及び ITS-Infocom-Forum/IVC の各グループと共同で実施した車車間通信実験の成果のうち主として JARI が担当した部分について紹介するものである。自動車の安全な走行を目指す様々なアプリケーションに車車間通信が適用できるかどうかということが、現在世界各地で研究されている。我々は特に交差点において車車間通信を利用することを念頭におき、交差点を含む市街地環境における通信の信頼性データを収集した。データの項目は電波強度、BER (Bit Error Rate)、PER (Packet Error Rate) である。安全を目指すアプリケーションにおいては車車間通信の標準化は必須であり、今回の実験の成果は今後、車車間通信プロトコルの標準化検討に活かせるものと考えられる。

Characteristics of inter-vehicle information transmission using a 5.8GHz frequency band

Kaoru Seki

ITS Center Standardization, Japan Automobile Research Institute
Nihonjidousha-kaikan 12F 1-1-30, siba-daimon, Minato-ku, Tokyo, 105-0012, Japan
TEL: +81-3-5733-7925, FAX: +81-3-5473-0655, Email: kseki@jari.or.jp

This paper introduces the results of the inter-vehicle communication (IVC) experiments that mainly concern the portions carried out by JARI, which were conducted jointly with the ASV (Advanced Safety Vehicle) group and ITS Info-communications Forum /IVC group in Japan in fiscal 2003. We collected reliability data on communications in urban environments, including intersections, while keeping in mind the particular use of IVC at intersections. Items of the data are radio field intensity, bit error rate (BER) and packet error rate (PER). It is believed that the results of the experiments will be useful for standardization of IVC protocol.

1. まえがき

ITS (Intelligent Transport Systems) を実現する通信方式として路車間通信と並んで取り上げられるのが車々間通信である。日本においては既に VICS、ETC において路車間通信が実用化され、通信方式の標準化も図られている。一方、車々間通信ははまだ実用的なアプリケーションの可能性を探っている段階である。

車車間通信のアプリケーションは運転動作を直接支援するもの、車両間で道路環境や安全関連の情報を伝達しあうもの、安全とは関係なく仲間内の娯楽的な情報交換を行なうものなどいくつか挙げられる。特にこの 1 ~ 2 年、安全な自動車の走行を支援するため車車間通信を積極的に

利用しようとする検討や研究が日、米、欧で行なわれ始めた。現在のところ通信媒体としては5.8～5.9GHzのDSRCを利用する可能性が高いと見られる。JARI/ITSセンターでは長年にわたって車車間通信の研究を行ってきたが、2002年度より国内及び国際標準化を目指して、5.8GHz帯のDSRCを用いた車車間通信の基本特性を調査している。ここでは、出会い頭衝突防止など交差点でのアプリケーションを想定し、交差点における通信特性を調査している。2003年度の実験においては、日本のDSRC標準(ARIBSTD.T75)に則った5.8GHz、データレート4MBpsの車車間通信システムを試作し、ビルのような建物で囲まれた交差点を含む市外道路の情報伝達信頼性ETCなど他のシステムからの電波干渉の可能性を、受信電力、BER(Bit Error Rate)、PER(Packet Error Rate)を測定することで評価した。

本実験は、ASV/次世代技術分科会/通信技術検討WGおよび、ITS情報通信システム推進会議/車車間通信システム専門委員会との連携のもとで行われた共同実験の一部を構成するものである。実験場所については、実験環境条件の適合と再現性を兼ね備えたJARI構内、外周路および、沖電気・清水テストコース(電波干渉実験)を選定した。

2. 交差点を含む市街地道路での5.8GHz通信実験

2.1 目的

本実験は、車車間通信プロトコル検討のための基礎データを収集することを目的とする。電波伝搬および、通信品質特性の取得を目標に、建造物が多く存在し多くのパスによる反射波が存在する交差点を含む市街地環境および、建造物が限定され反射波が少ない郊外環境で実験を実施した。加えて、既存システムと今後の展開が予想されるシステムと共存することを想定して、ETCシステムなどからの電波干渉の影響も確認した。使用周波数は5.8GHz、送信出力は0.01Wである。

2.2 実験計画

実験では実車両を使用し、下記(a)~(c)の項目で送受信の距離をパラメータとして受信電力、BERおよび、PERを測定した。実験計画及び実験環境の基本レイアウトをFig1、FIG2に示す。

- (a)見通し内通信：最大通信距離の確認、直線路の両側の構造物による反射と遮蔽車両の影響
- (b)見通し外通信(交差点を想定)：建造物等による回折・反射による伝搬の確認、遮蔽車両の影響
- (c)耐干渉：異種システム(有料道路自動料金収受システム(ETC))及び、同一システム(車々間通信システム)からの干渉

周波数	通信形態	想定される測定環境	実験パラメータ	測定項目	アンテナ種類
5.815MHz 0.01W	見通し内	市街地/郊外	遮蔽車両有/無	受信電力、BER、PER	指向性/ 無指向性 アンテナ
	見通し外	市街地/郊外	遮蔽車両有/無 交差点コーナからのセットバック5m/25m	受信電力、BER、PER	
	耐干渉	異種/同種システム		受信電力、BER	

*BER：ビット誤り率(Bit Error Rate)

*PER：パケット誤り率(Packet Error Rate)

Fig1 実験計画

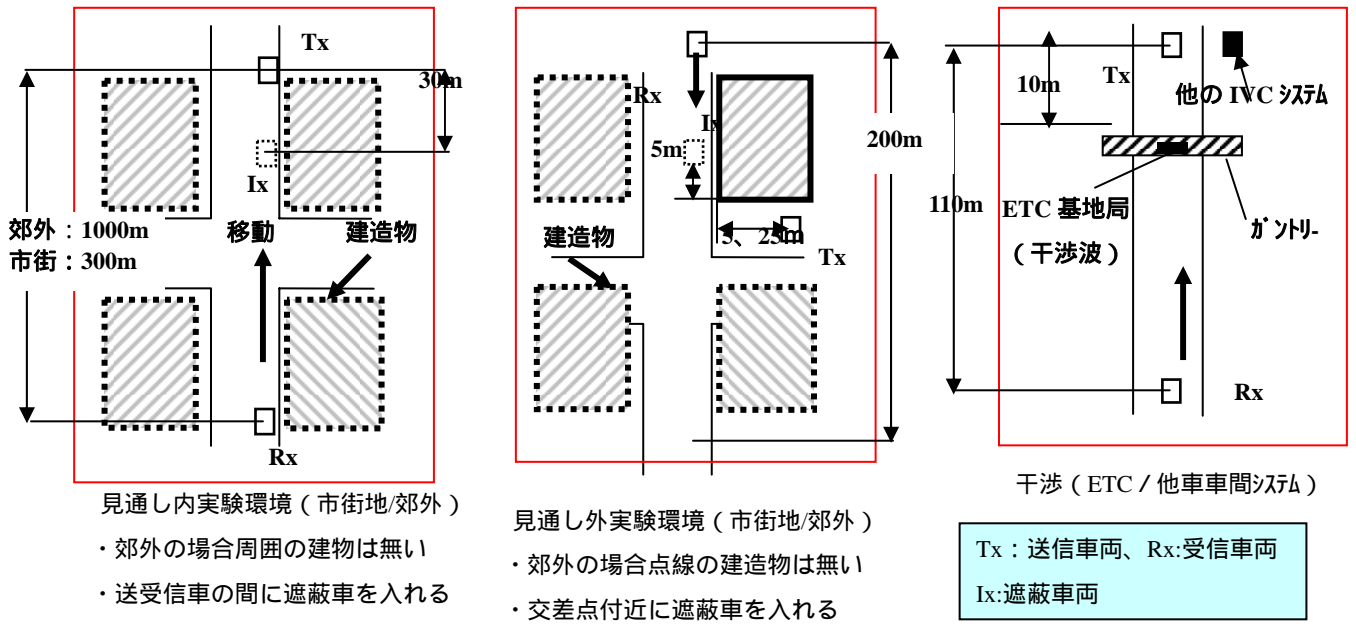


Fig2 実験環境の基本レイアウト

2.3 測定仕様

車載通信装置の通信条件を Fig3 に示す。

項目	諸元
送受信周波数	5.8GHz 帯
変調方式	1/4 シフト QPSK
送信電力	0.01W
伝送速度	4.096Mbps

Fig3 車載通信装置の通信条件

受信電力の測定条件は以下の通りである。

- 測定間隔 40cm ごと 車両移動移動速度 0.5m/sec 以下

BER の測定条件は以下の通りである。

- 測定間隔 10m ごと 停止状態
- 測定時間 5 秒 BER 測定時間 + 処理時間
- BER測定範囲 $10^{-8} \sim 10^{-2}$

PERの測定条件および、測定フォ - マットをFig4に示す。

項目	内容	備考
送信パケット数	1000 個/10000 個	実験項目により選択
パケット長	15.86bit	
パケット誤り判定	CRC チェック	
フォ - マット	下図による	

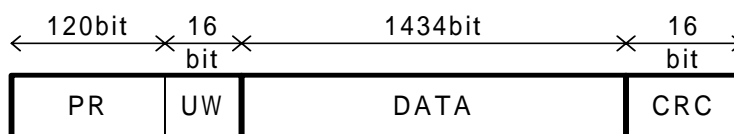


Fig4 PER 測定条件とパケットフォ - マット

Fig5～Fig6に実験の様子を示す。



Fig5 交差点での通信（遮蔽車あり）

Fig6 ETCからの干渉実験

2.4 実験結果の分析

実験データを全て紹介することは紙面の制約からできないが、各実験の項目について代表的なデータを取り上げてコメントする。共同実験の成果としては伝播シミュレーションとの比較、各環境下での受信電力分布確率などの検討が特に IVC グループで実施された。これらの成果については別の機会での紹介を期待したい。

2.4.1 見通し内の通信特性

(1) 見通し内伝播特性と受信確率

1000mの直線コースで見通し内の通信実験を行った。両側は樹木に囲まれた環境で電波反射は少なく郊外での通信環境とみなしている。Fig7は指向性/無指向性アンテナを用いた場合の比較を示している。

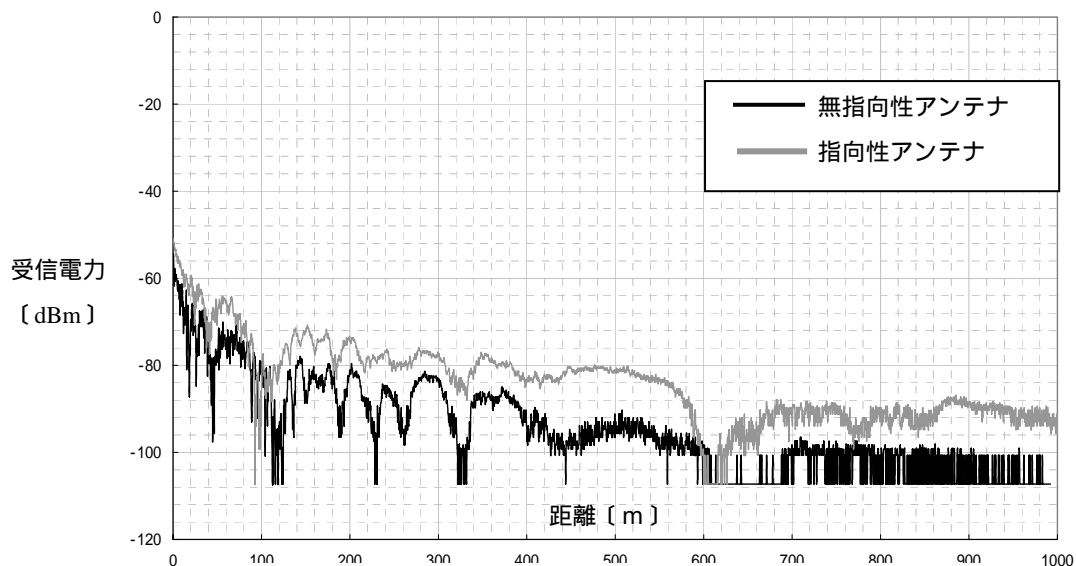


Fig7 郊外を想定した環境での見通し内通信（受信電力）

また、Fig8は、市街地（両側に建造物）及び郊外における0～200m区間、及び、郊外0～1000m

区間の直線道路における受信電力累積分布を示す。累積分布区間として0～200mを選んだ理由は、右直衝突事故防止支援サービスや、正面衝突事故防止支援サービス等の通信エリアだからである。

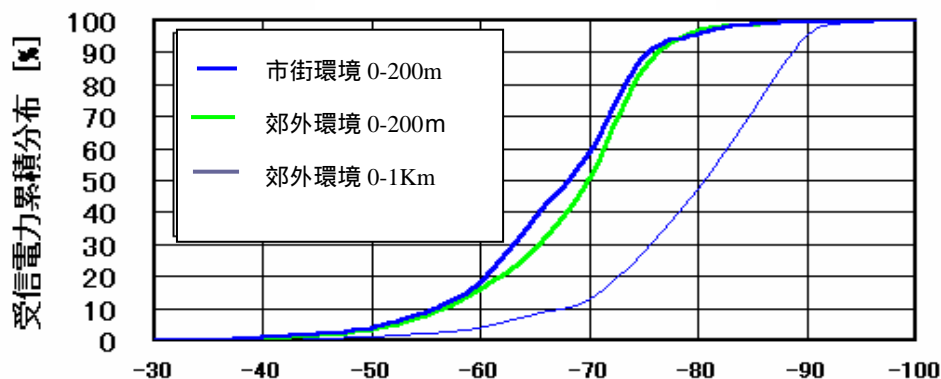


Fig8 見通し内受信電力累積分布 (市街地、郊外) 横軸受信電力 [dBm]

Fig8で例えば受信機の受信感度を-90dBm とすると、市街地環境の直線0～200m区間での受信電力累積は99.8%、郊外環境の直線0～200m区間での受信電力累積は96.5%が得られた。これらの受信電力累積値から、受信感度-90dBmの受信機であれば見通し内直線道路200m内の通信が可能と考えられる。

(2) 見通し内環境の PER 特性

見通し内 PER 特性において、指向性アンテナ使用時が無指向性アンテナに比べ、良好な結果が得られた。BER においても同様の傾向が得られている。各々の特性を見ると、まず無指向性アンテナでは十分な受信電力があってもパケットエラーの発生する場所が存在する。この原因としてはマルチパスの影響が考えられる。これに対し、指向性アンテナでは受信電力に相関のとれたデータとなっている。この要因としては、指向性によるマルチパスの影響の圧縮が考えられる。

今後は、この特性差が偏波によるものか、指向性によるものかの比較検証を行う必要がある。

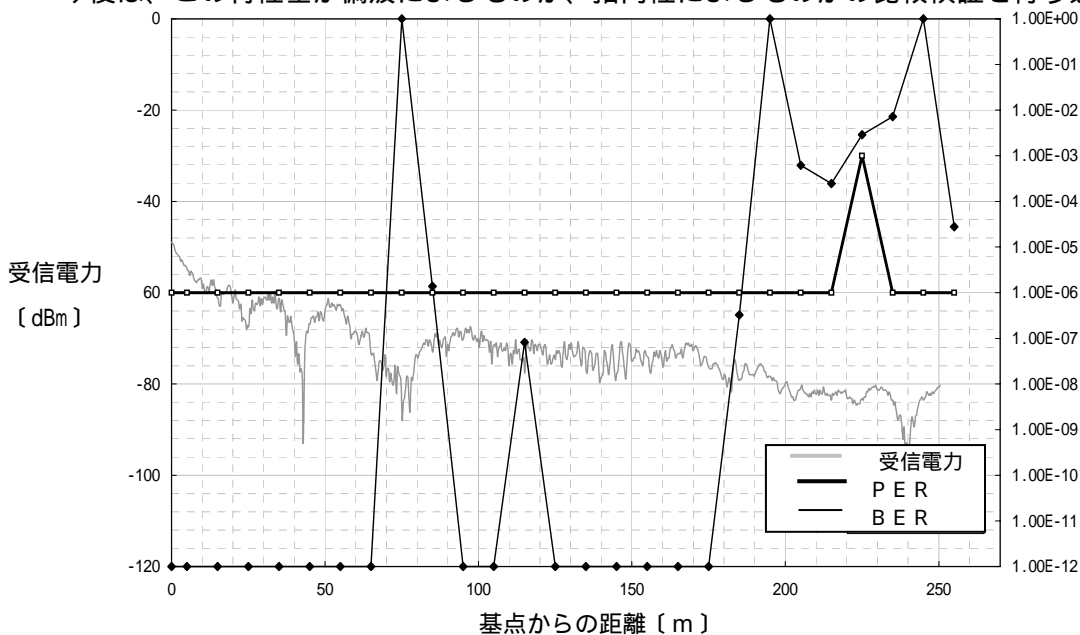


Fig9 見通し内 PER 特性 (BER 比較)

2.4.2 見通し外通信特性

(1) 遮蔽車両の影響

見通し外でのコーナーから 2m 地点に遮蔽車両を置き、指向性 / 無指向性アンテナを用いて影響を調査した。遮蔽車両は大型トラック（全長 12m）である。結果として影響は、コーナーの減衰に含まれた形となっており、遮蔽車両が無い場合と比較して顕著な違いは見られない。アンテナの特性も大きな影響はなかった。

(2) 見通し外送信位置（交差点コーナーからのセットバック 5m、25m）の比較

セットバックの違いによるコーナー損失への影響は、3方向がオープンになっている（郊外環境）での測定では、無指向性アンテナ、指向性アンテナの間でレベルの差は無かったが、周囲に建造物がある市街地環境での測定データには、無指向性アンテナ、指向性アンテナの間で明らかな差異が見られる。

Fig10 に市街地環境で指向性アンテナを用いた場合、送信位置をコーナーから 5m、25m セットバックさせたときのデータを示す。見通し外での送信位置とコーナー損失の関係については、シミュレーション等による詳細解析が必要である。

当然であるが、コーナーから深い位置（25m）の方が、無指向性アンテナ、指向性アンテナ共に減衰量が明らかに大きい。

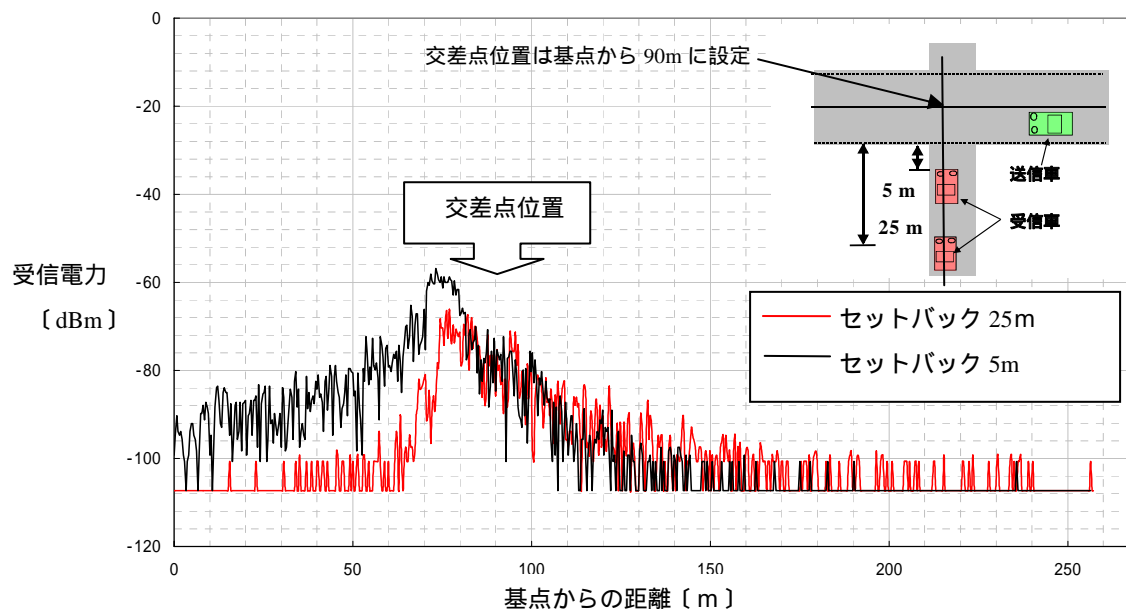


Fig10 交差点でのセットバック位置の影響（市街地環境）指向性アンテナ

(3) 見通し外 PER 特性

見通し外 PER 測定の結果を整理する。

見通し外 PER 特性について、見通し外領域では無指向性、指向性ともに同様の結果が得られている。ただし、見通し外領域を通過後では、指向性アンテナでは受信電力が急激に劣化し、エラーが発生している。これは、受信車両が指向性の範囲外に出たためである。

交差点をイメージした今回の測定において、見通し外領域を通過後の特性の良否については、想定するアプリケーションからの要求仕様により判断する必要がある。

Fig11 に指向性アンテナによる PER 特性を示す。

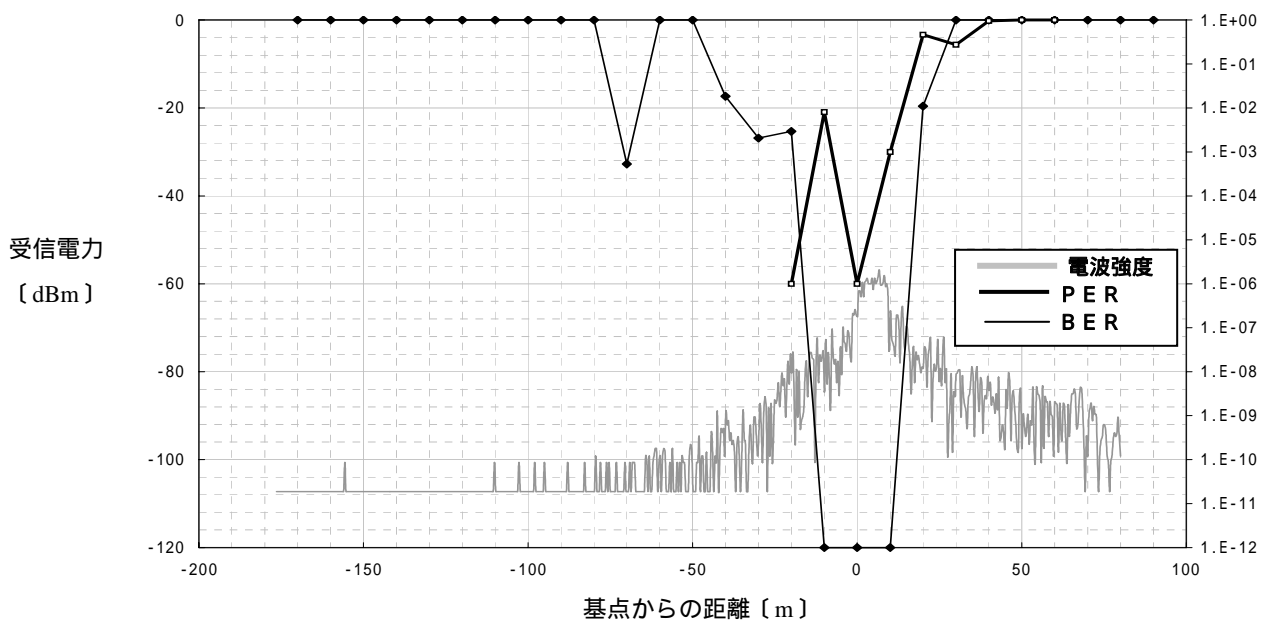


Fig11 交差点見通し外での PER 特性 (市街地環境、指向性アンテナ、セットバック 5m)

(4) 遮蔽車両がある場合の PER 特性

遮蔽車両がある場合においては、無指向性アンテナ、指向性アンテナともに遮蔽車両に近い位置での PER 特性が悪い。これは、遮蔽車両近辺では遮蔽車両への見通し角が深いため、直接波の電力減衰が大きく、マルチパスの影響が大きいためであると考えられる。

遮蔽車両から離れた場所では指向性アンテナの方が良好な特性が得られている様に見える。遠方の方では指向性アンテナのほうが電力の変動の急激な変化が少ないので、マルチパスの影響が少ないと考えられる。その要因については、さらなる追跡調査が必要であると考えられる。

2.4.4 他システムからの干渉

干渉試験により、ETCおよび、車々間通信システムとの共存環境での通信品質の確認において、良好な結果が得られた。ただし本実験では十分なデータが採れたとはいえず、今後、アンテナの指向性、送受信仕様、ETCなどへの影響を幅広く検討する必要がある。

2.5 測定条件比較検討のまとめ

測定条件比較検討のまとめを Fig12 に示す。

大分類	実験項目	結果
見通し通信	受信電力	1000m までの電力強度を測定した。受信感度-90dBm でほぼ 200m まで受信可能。
	遮蔽車両の影響	見通し外でのコーナーから 2m 地点にある遮蔽車両の影響は、コーナー損失に含まれた形となっており、顕著な差が見られない。
	PER 特性	指向性アンテナにより電波強度と相関を持つ PER 特性が得られた。 マルチパスの圧縮に効果がある。
見通し外通信	遮蔽車両の影響	交差点付近の遮蔽車両の影響は小さい。
	送信位置セットバック (5m、25m) の比較	送信位置セットバックの差によるコーナー損失への影響は、郊外環境での測定データでは、アンテナによる違いは見られないが、周囲に建物のある市街地環境では、無指向性アンテナ、指向性アンテナ共に明らかに差異が見られる。
	PER 特性	指向性アンテナを用いた場合交差点を過ぎると急激に PER が増加する。
他システム干渉	ETC、他の車車間による干渉	干渉の影響は小さいという見通しが得られた。

Fig12 測定条件比較検討のまとめ (5.8GHz、出力 0.01W)

3 まとめと今後の課題

伝搬試験により、5.8GHz 帯を利用した車車間通信について、限定した場所ではあるが交差点による損失、車両による損失のデータが得られた。これらにより交差点などの市街地道路でどういったアプリケーションが可能であるか見通しを得ることができる。ただし、今後の検討のためにはデータの信頼度をさらに上げる必要があり、以下の項目について実験を行う必要がある。

- (a) 伝搬試験の市街地、住宅地、田園地域でのデータの積み重ね
- (b) 伝搬試験の遅延広がり測定
- (c) ETC 等のシステムとの干渉についての詳細測定

また、これらの実験をもとに以下の検討を進める必要がある。

- (a) 適用アプリケーションによる車々間通信システムの信頼度配分の検討
- (b) 上位レイヤ構成等の検討

(参考文献)

Y.T.Lo /S.W.L.E., "Antenna Handbook",C-5,1988.