

第4章 ITS 安全運転支援無線システムの通信要件

本章では、前章で明確化した車車間通信及び路車間通信の利用イメージを実現するために必要な ITS 無線システムに求められる通信要件を検討する。

4.1 車車間通信に求められる通信要件

車車間通信に求められる要件は、車車間通信システムの実用化に向けた検討を実施しているASV²⁴-4、ITS情報通信システム推進会議における検討を元としている。

(1)通信内容

車車間通信において、自動車と自動車とが交換する情報の通信内容は、車両を特定するための車両 ID、自動車の位置、自動車の走行速度、ブレーキ有無などの自動車の制御情報等の車両情報である。

(2)通信距離

車車間通信において求められる通信距離は、直交する交差点からの距離が最大 268.8m+268.8m である。

なお、通信距離は、注意喚起・情報提供を行った際に減速・停止が可能であると考えられる距離をもとに算出されており、利用イメージごとに通信距離は異なる。例えば、通信距離を算出するために想定されている通信エリアの形状は、①出会い頭衝突事故の利用イメージのように見通し外を想定した場合と、②追突防止、右折時衝突防止、左折時衝突防止、緊急車両情報提供の利用イメージのように見通し内を想定した場合の 2 パターンに分類できる。なお、自動車の走行速度は、時速 70km を想定している。

① 見通し外の場合の通信距離

通信距離は、大型車による見通し外の出会い頭衝突事故を想定した場合、直交する交差点からの距離が最大 268.8m+268.8m 程度である。通信範囲の実現性を考慮すると、この距離は、電波伝搬特性からみた場合の見直しが必要である(後述)。

なお、この通信距離 268.8m は、見通し外の出会い頭衝突事故のうち、信号なし、一時停止なしの交差点を想定したものであり、時速 70km で走行する大型車が車車間通信により情報提供を受けてから運転者が反応するまでに進む距離と自動車が減速・停車するのに要する距離の和である。

²⁴ ASV: Advanced Safety Vehicle(先進安全自動車)

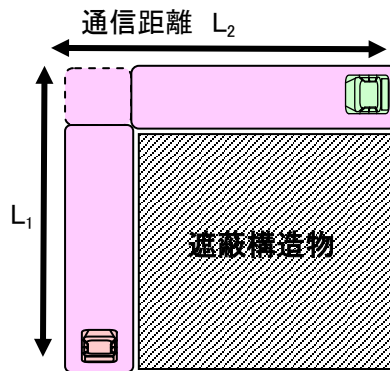


図 4.1-1 見通し外で想定する通信距離

② 見通し内の場合の通信距離

通信距離は、緊急車両情報提供を想定したものであり、最大 300m 程度である。

なお、この通信距離 300m は、緊急車両の赤色灯目視要件の距離である。また、追突防止を想定した通信距離は、時速 70km で走る大型車が車車間通信により情報提供を受けてから運転者が反応するまでに進む距離と自動車が減速・停車するのに要する距離の和であり、その通信距離は 268.8m である。

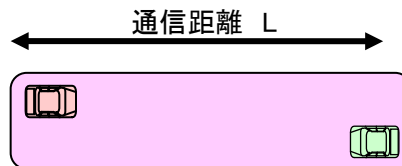


図 4.1-2 見通し内で想定する通信距離

表 4.1-1 車車間通信に求められる通信距離

	利用イメージ	通信距離
見 通 し 外	出会い頭衝突防止 (信号なし、 一時停止なし交差点)	L1 = L2 = 174.2m (普通車: 減速度 $\alpha=2.0\text{m/s}^2$) L1 = L2 = 268.8m (大型車: 減速度 $\alpha=1.0\text{m/s}^2$) $L1=L2 = \textcircled{1} \times V + \textcircled{2} = 79.7\text{m} + V^2/2\alpha$ ここで $V=V_1=V_2$ ①システム遅延時間+情報提供・反応時間=4.1sec ②減速停車に要する距離
	出会い頭衝突防止 (一時停止交差点)	L1 = 10.0m L2 = 79.7m $L1 = \textcircled{1} + \textcircled{2}$ ここで $V=V_2$ $V_1=0$ 停止 ①交差点道路端から停止線距離=5.0m ②車両先端からのアンテナ搭載位置=5.0m $L2 = \textcircled{3} \times V_2 = 79.7\text{m}$ ③システム遅延時間+情報提供・反応時間=4.1sec
見 通 し 内	追突防止	L < 174.2m (普通車: 減速度 $\alpha=2.0\text{m/s}^2$) L < 268.8m (大型車: 減速度 $\alpha=1.0\text{m/s}^2$) $L = \textcircled{1} \times V + \textcircled{2} = 79.7\text{m} + V^2/2\alpha$ ここで $V=V_1$ $V_2=0$ 停止 ①システム遅延時間+情報提供・反応時間=4.1sec ②減速停車に要する距離
	右折時衝突防止	L = 113.2m $L = L1 + L2 = (\textcircled{1} + \textcircled{2}) + \textcircled{3} \times V$ $= (\textcircled{1} + \textcircled{2}) + 79.7\text{m}$ ここで $V=V_2$ V_1 は最終的に停止(計算値に無関係) ①道路交通法に基づく右折意思提示区間=30.0m ②交差点入り口～右折待ち先頭位置=3.5m ③システム遅延時間+情報提供・反応時間=4.1sec
	左折時衝突防止	L = 79.7m $L=L2 = \textcircled{1} \times V = 79.7\text{m}$ ここで $V=V_2$ $V_1=0$ ①システム遅延時間+情報提供・反応時間=4.1sec
	緊急車両情報提供	L = 300m 赤色灯目視要件の距離とした

ASV-4 検討状況においては上記の通信距離が設定されているが、電波特性面から考えた場合には現実的でない可能性が高い。したがって、特に見通し外の通信距離については、今後の電波特性実験の結果を踏まえた検討及び見直しが求められる。

なお、電波特性からみた 700MHz 帯の電波による通信距離は、19.2dBm (10dBm/MHz)の送信電力を想定した場合、例えば、交差点からの距離が 200m の地点において、その地点で直交する交差点から 14m の距離まで電波が到達可能である。なお、図 4.1-3 は、都市部のように建物が林立する見通し外交差点における通信到達範囲の予測結果である。

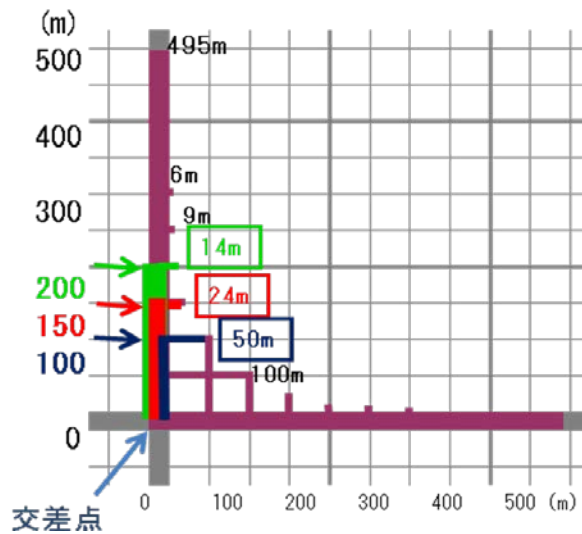


図 4.1-3 700MHz帯 19.2dBm(10dBm/MHz)の電界強度分布の予測
 (小型車の遮蔽を 0dB/台とした場合)
 (ITS 情報通信システム推進会議 運転支援通信システム専門委員会における
 検討状況より)

(3)通信品質

車車間通信における通信品質は、車両が 10m 走行する間に累積したパケット到達率が 95%となることを想定している。今後、位置測位精度向上の状況によって、車両が 5m 走行する際の累積パケット到達率が 95%以上となるよう検討を進めることが重要である。

(4)遅延時間

車車間通信で交換される情報の遅延時間は、できる限り小さくする必要がある。今後、システム設計を行うに当たって、通信品質、通信頻度、無線通信方式等を考慮し、具体的な遅延時間の設定をしていく必要がある。

(5)通信相手数

車車間通信においては、通信相手の数は交通量によって異なるが、必要に応じて最大 500 台程度の通信相手が存在する場合についても考えるべきである。

(6)車両の相対速度

車車間通信においては、車両が時速 70km で走行する自動車がすれ違う場合を想定しており、最大 140km が想定される。

(7) 送信電力

現在、RC-006は車載器の免許不要局として、1MHzの帯域幅における平均空中線電力が 10mW 以下の送信電力を想定した検討が進められている。今後、導入に向け

て伝搬環境、通信距離、通信品質、無線通信方式等の無線回線に関わる事項も考慮し、必要な送信電力を決定していく必要がある。

以上で検討した通信要件をまとめて、表 4.2-1 に示す。

表 4.2-1 ITS 安全運転支援無線システムに求められる通信要件

	車車間通信 ※1
通信内容	車両情報 (車両 ID,位置,速度,進行方向,制御情報など)
通信距離	見通し外適用シーン (出会い頭衝突防止) 79.7m+10.0m~最大 268.8m+268.8m※程度 ※今後の電波特性実験結果を踏まえて見直しが必要
	見通し内適用シーン (追突防止,右折時衝突防止,左折時衝突防止,緊急車両情報提供) 79.7m~最大 300m 程度
通信品質	車両が 10m 走行するに累積したパケット到達率が 95%以上 ※位置測位精度向上の状況によって、車両が 5m 走行する間の累積パケット到達率 95%以上を目標とする
通信頻度	—
遅延時間	極小
通信相手数	500 台程度 ※最大数として想定される値であり、必要に応じて見直しが必要
車両の相対速度	140km/h 以上 ※70km/h 走行車両のすれ違い相対速度
送信電力	1MHz の帯域幅における平均空中線電力が 10mW 以下

※1: ASV-4、ITS 情報通信システム推進会議 運転支援通信システム専門委員会における検討状況より

※2: ITS 無線システム高度化に関する研究会 作業部会 構成員へのアンケート回答より

(参考)車車間通信における通信品質の考え方

上述の車車間通信の通信品質の考え方を出会い頭衝突(一旦停止交差点)のケースを例に解説する。

優先道路側を走行して交差点に接近する2当車が発する車両挙動情報パケットが、交差点に到達する4秒前で非優先道路側から優先道路に進入しようとする1当車に到達し、その受信パケット情報をもとに運転支援のための情報を適切に運転者に提示すれば、1当車の運転者は交差点進入を踏みとどまるといった想定である。このモデルにおいて情報提供地点で2当車が交差点に接近していると予測するためには情報提供点手前10~15mエリアで通信が最低1回成立すればよい(10~15m進む間に2当車両から複数回送信された累積のパケット到達率が95%以上であればよいといった定義:積算パケット率95%以上)。

2当車が図4.1-4の所定ゾーンの10~15mを通過時に図4.1-5に示すように6個のパケットを送信する機会があり1当車側で受信されたそれぞれのパケット到達率が $X_1 \sim X_6$ とすると、積算パケット到達率は[式1]で算出される数値となる。

$$\text{積算パケット到達率} = 1 - (1 - X_1/100) \times (1 - X_2/100) \cdots \times (1 - X_6/100) \quad [\text{式 1}]$$

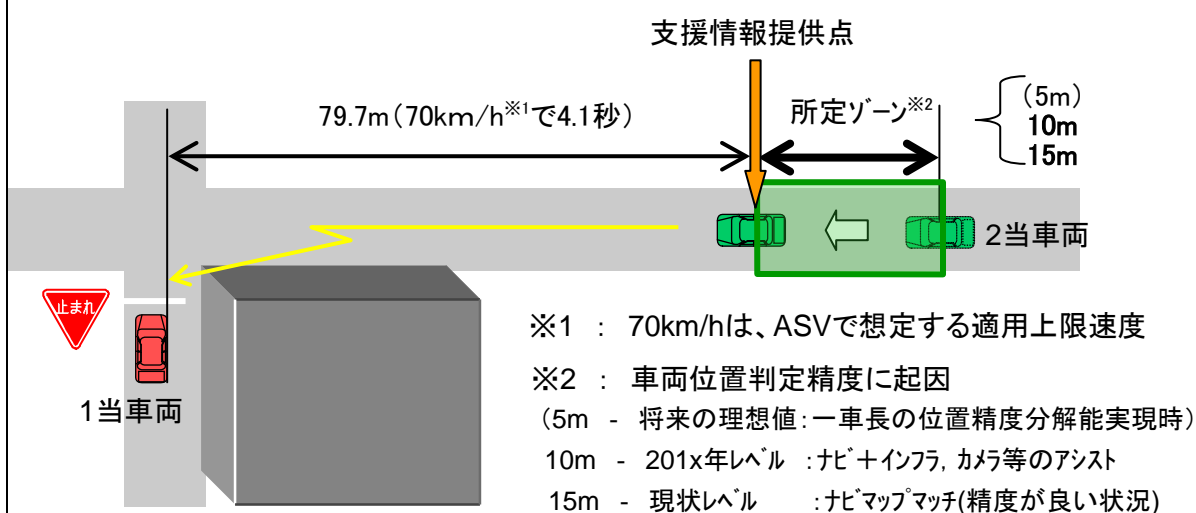


図 4.1-4 ASV-4. 出会い頭事故防止シーン(一旦停止交差点)における情報提供の支援モデル

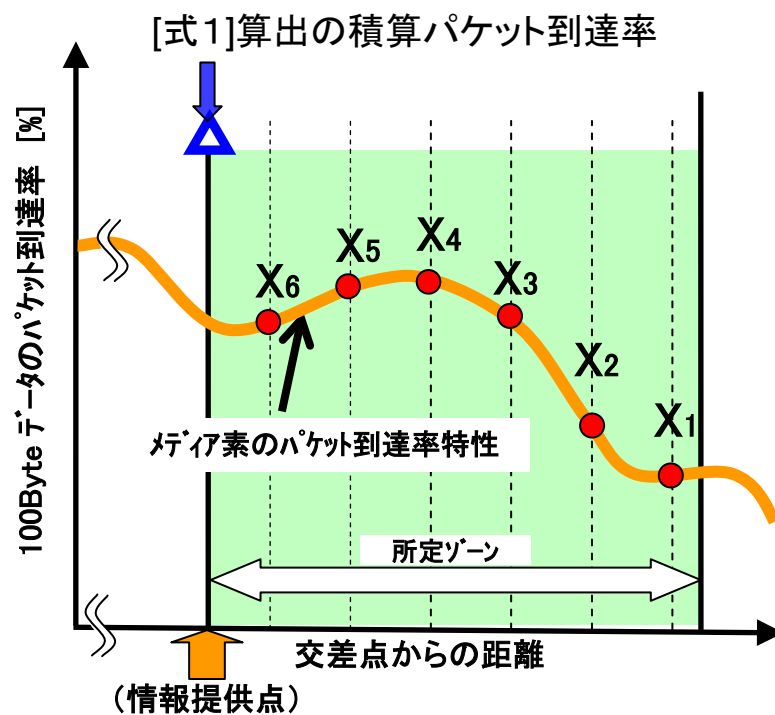


図 4.1-5 ASV-4 積算ハケット到達率

上記は出会い頭事故防止シーン(一旦停止交差点)のモデルを開発したが、表 4.2-1 内に示す他の事故防止シーンモデルの通信距離においても基本は同様の考え方で設定されている。全てのモデルにおいてシステムにより情報提供が実施された後運転者は 4.1 秒内には反応動作に入るとし、まず 79.7m の空走距離があり、そこから減速を開始して停止する距離や、交差点の幾何学形状上の距離等をモデル毎に加えた形で通信距離が設定されている。

なお、ASV-4 では通信距離端において積算ハケット 95%以上としているため、ハケット送信間隔(通信頻度)は規定しておらず、当該要件を満たす通信方式等の選択が可能である。

4.2 路車間通信に求められる通信要件

利用イメージに基づき、路車間通信を用いた ITS 安全運転支援無線システムに求められる通信要件は次のとおりである。

なお、下記は現時点で想定される要件であり、実証実験等を踏まえて、通信内容、通信距離、通信品質等を設定する必要がある。

(1) 通信内容

路車間通信において、インフラから提供する情報の通信内容については、路側に設置される車両や歩行者等を検出する路側センサ情報、信号機や道路形状などインフラに関する情報に分類され、以下が考えられる。

ア 路側センサ等により検出した情報

- 車両情報(車両 ID、位置、速度、進行方向など)
- 歩行者・自転車情報(位置、速度、進行方向など)

イ インフラに関する情報

- 信号機情報(信号機の灯色に関する情報など)
- 規制情報(一時停止規制情報など)
- 道路情報(道路線形など)

(2) 通信距離

安全運転支援を行うサービスにより事故を防止するためには、提供された情報を判断し、運転者が危険事象を回避する行動を行う必要がある。そのため路車間通信から提供する情報は、運転者がある程度の余裕をもって危険回避行動を行えるように、適切なタイミングで情報提供をすることが重要である。例えば、交差点に路側機を設置した場合、通信距離は、交差点から最大 200m 程度と想定される。

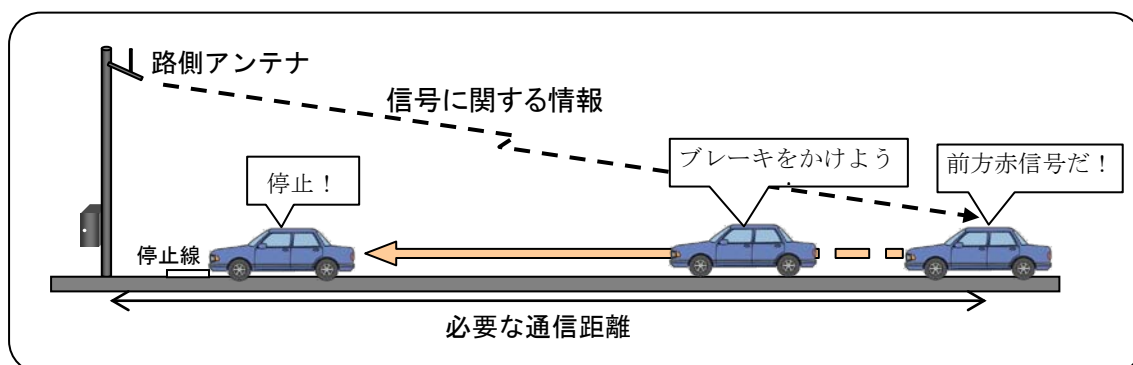


図 4.2-1 通信距離イメージ(信号情報提供の例)

(3) 通信品質

インフラから提供する情報は、車両等を検出する路側センサ情報などからの時々刻々と変化する動的情報がある。動的情報は路車間通信の受信状態が悪い場合などにより一定時間以上通信が途切れることとなる。そのため、通信品質はできるだけ高品質であることが望まれ、パケット到達率 95%以上が想定されている。

(4) 通信頻度

路車間通信においてインフラから提供する情報のうち、路側センサ情報などの動的情報の提供、高速で走行する車両が受信する場合を考慮すると、通信頻度をできるだけ多くして、短い時間間隔で情報を更新することが望ましい。通信頻度については、100ms 程度で情報を送信することが想定される。

(5) 遅延時間

路車間通信で提供する情報の遅延時間は、できるだけ小さくする必要がある。

(6) 通信相手数

路車間通信においては、路側アンテナからの通信距離内に存在する車両が通信相手となり、交通量によって通信相手数は異なってくる。一方、路側機から路車間通信により送信する、路側センサで検出した車両や歩行者等の送信対象物の数については、50 程度が想定される。

(7) 送信電力

現在は車車間通信と同様、特定小電力の無線局の扱いとなる 1MHz の帯域幅における平均空中線電力が 10mW 以下が想定されている。

以上の検討した通信要件をまとめて、表 4.2-1 に示す。

表 4.2-1 路車間通信の通信要件例

項目	要件
通信内容	車両情報(車両 ID、位置、速度、進行方向など) 歩行者・自転車情報(位置、速度、進行方向など) 信号機情報(現示灯色、現示灯色残秒数など) 道路情報(道路線形など)
通信距離	例えば、交差点に路側機を設置した場合、交差点から最大 200m 程度 ※路側機の設置場所や道路環境について様々なケースが想定されることから、これらを考慮した詳細な検討を行う必要がある。
通信品質	パケット到達率 95%以上

項目	要件
通信頻度	100ms 程度
遅延時間	極小
通信相手数	路側機からの送信対象物※の数:50 程度 ※車両、歩行者等
送信電力	1MHz の帯域幅における平均空中線電力が 10mW 以下