

ビーコン連続型DSRCシステムの構成方法

福井 良太郎
沖電気工業株式会社

あらまし ITS における DSRC を用いた運転支援システムを早期に実現するために、電波ビーコンのアンテナを道路の照明灯設置基準に合わせて配置し、区間連続型の無線ゾーンを構成する方法を検討した。この方法を適用した場合の無線伝搬路の見通し条件を検討するとともに、モデルシステム構成を提案し、運転支援システムへの適用が有効であることを示した。

A System Constitution of Continuous Type DSRC by using of Radio Beacons

Ryotaro Fukui
Oki Electric Industry Co., Ltd.

Abstract: For the early realization of driving support system on ITS by using DSRC, I examined the constitution of continuous type radio zone based on the standards of road lighting system. I studied the condition of radio link path on this constitution, proposed the model DSRC systems and verified that this model constitution is effective for the driving support system on ITS.

1. まえがき

非常に狭い領域で局地的な情報を伝達するのに適したビーコン型のDSRC (Dedicated Short Range Communications)は、道路交通情報の提供や自動料金収受のための無線通信手段として実用化が進んでいる。一方、ITSの開発分野における「安全運転の支援」のようなアプリケーションのためのDSRCを考えた場合には、ビーコンを用いたスポット通信では不充分であり、適用される区間で連続的な通信ゾーンを構成する必要がある。この論文は、区間連続DSRCの構成方法とその評価に関する中間報告である。

2. 運転支援のためのDSRC

日本の9つのITS開発分野の中で、ナビゲーションの高度化やETCの開発が先行しているが、ITSの目的を考えると安全運転にかかわる機能が非常に重要である。安全運転の究極の姿を考えると完全な自動運転に到達するが、実用化のためには技術開発を含めて多くの課題があり時間が必要である。一方、最近の交通事故の増大

を考えると、ITSによる運転支援機能は早期に実用化しなければならない。こうした背景から、当面は「運転責任はあくまでドライバ」とし、インフラがその運転の支援を行うようなシステムの適用が現実的である。そのためには事故を起こしやすい道路区間（例えば見通しの悪いカーブなどの区間や、気象条件の悪い区間）を対象として道路と車両の間の通信が可能な無線ゾーンを構成することが求められる。

運転支援のためのDSRCに求められる条件は以下のとおりである。

- ・運転支援のために必要とされる区間で、連続通信が可能であること。
- ・通信処理の時間遅れが車両走行の制御時間に比べ十分に小さいこと。
- ・走行場所に応じた局所的な情報の伝達が可能であること。
- ・通信ゾーン内のすべての車両とリアルタイム通信路が確保できること。
- ・通信の信頼性を十分確保できること。

3. 無線ゾーンの構成方法

連続的な無線ゾーンを構成する方法には以下のように幾つかの形態が考えられる。

- ・広域通信ゾーンによる方法
- ・ビーコンのような極小ゾーンを連続的にならべる方法
- ・道路に沿って敷設した漏洩ケーブルによる連続通信の方法

最初の広域通信ゾーンによる方法は一般的な移動通信システムで利用されているが、エリア内に存在する自動車の数が多くなり、全車両と高速、リアルタイムに相互通信することは困難である。また、反射や回折伝搬を伴い信頼性に問題がある。従って、極小ゾーンを連続的に配置する方法と道路に沿って漏洩ケーブルを設置する方法の2方式が検討の対象となる。後者の漏洩ケーブルを用いる方法は鉄道（新幹線など）やトンネル、地下街などで利用されており、AHS（Advanced cruise assist Highway Systems）の研究開発でも非常に安定した無線ゾーンが構成できると報告されている。¹⁾しかし、道路に沿った高い位置に漏洩ケーブルを敷設することは工事上や景観上の問題があり、早期の実用化には向いていない。以上の背景から、複数のビーコンを道路に沿って連続的に並べる構成が現実的な方法となる。

4. 道路照明とDSRCの構成

運転支援の情報を提供するためには、インシデント発生の可能性のある地点から500m～1,000m手前までの区間を通信の1つのブロックとして、走行する全ての車両との間で通信路が構成できることが要求される。²⁾一方、ITS用の無線周波数はマイクロ波以上～ミリ波の領域に移ってきており、直接波による通信を原則として考える必要がある。この場合、路側アンテナと車両のアンテナの間は見通しが確保できることが前提となる。このような通信ゾーンを構成するためには、道路の照明の設置基準が参考になる。道路の照明はできる限り影を少なくかつ必要な照度が得られるような基準によって

設置されている。もし、照明柱の照明とビーコンアンテナを一体化した構成がとれば、性能と経済性を両立させる面で有利であろうと想定される。そうした条件下で、無線通信システムはどのようなものかを以下に検討する。

5. モデルシステムの条件設定

(1) 対象道路

見通しの悪いカーブなどの区間や、気象条件の悪い区間を対象とした運転支援システムを必要とする道路は、2車線道路（片側1車線）あるいは4車線道路（片側2車線）を考えれば十分である。ここでは、片側2車線の道路を考える。

(2) アンテナの設置

道路の照明設備は、道路照明施設設置基準で設計されている。³⁾図1. は道路の断面方向から見た灯具の配置を示しており、各パラメータは表1. のように定められている。照明柱の設置間隔は路面の基準輝度によって計算される。連続照明の設計例を参考にして、モデルとなる設置条件を図2. のように設定した。車載アンテナは車両の屋根の中央部分に取り付けられ、各車両は車線の中央を走行しているものとする。

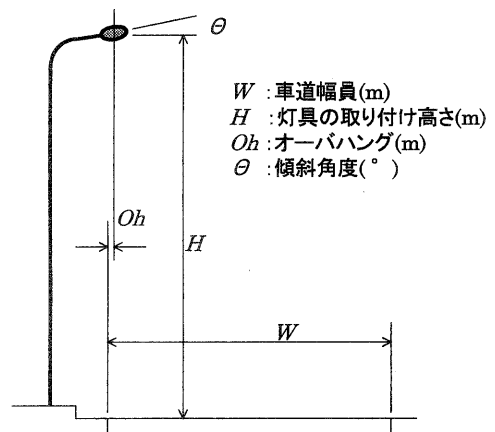


図1. 灯具の設置

表 1. 灯具の設置基準

灯具1灯あたりの光束(lm)	H (m)	Oh (m)	$\theta (^{\circ})$
15000未満	8以上	$-1 \leq Oh \leq 1$	5以下
15000以上30000未満	10以上	但し発光部分が0.6m以上の灯具は	
30000以上	12以上	$-1.5 \leq Oh \leq 1.5$	

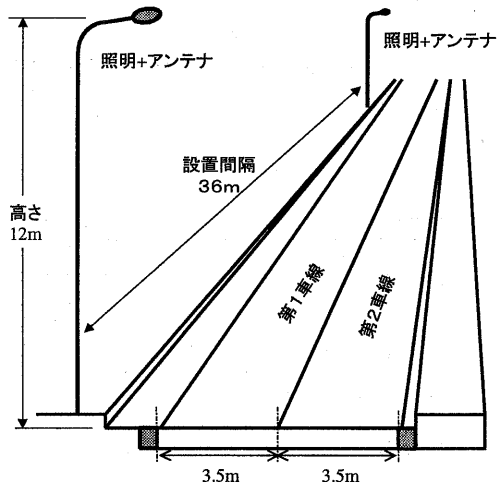


図 2. アンテナ (灯具) 設置条件

(3) 車両の大きさ

大型バスと小型乗用車の寸法を参考にして、次のような2種類の自動車に設定した。

- ①大型：幅 2.5m, 高さ 3.8m, 長さ 10m
- ②小型：幅 1.4m, 高さ 1.3m, 長さ 3m

6. 見とおし条件の検討

DSRC の無線周波数は国際的に 5.8GHz 帯あるいはミリ波帯が用いられる方向にあり、見とおし伝搬路による通信が条件となる。モデルシステムにおける路側アンテナと車載アンテナの見とおし可能性を幾何学的に検討する。

(1) 第1車線の検討

図 3. のように、隣接した2箇所の路側アンテナの間の中央付近にモデル小型車両があり、前後にモデル大型車両が挟んで走行しているときがもっとも厳しい条件となる。この場合、小型車と大型車両の間の距離と見通しとの関係は図 4. のようになる。

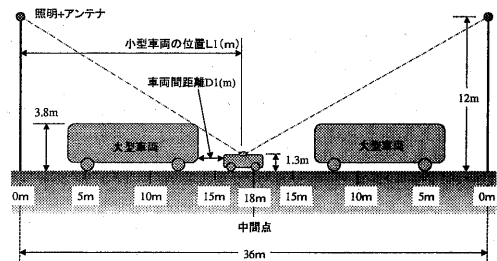


図 3. 第1車線の見通し検討

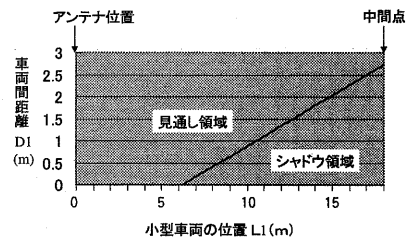


図 4. 第1車線の見通し条件

(2) 第2車線の検討

第1車線に大型車、第2車線に小型車が並走している時(図 5.)の小型車側のシャドウイングは計算上問題とならない。

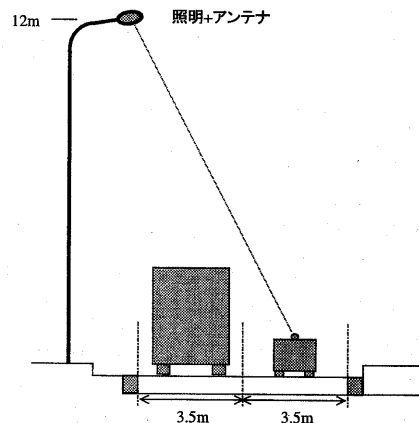


図 5. 並走の場合

第1車線の場合と同様に大型車輛に挟まれて走行する小型車が問題となる。第2車線の場合は大型車の高さ方向よりも幅方向が見通しに対して主導的となる。(図6.)この場合、小型車と大型車両の間の距離と見通しとの関係は図7.のようになる。

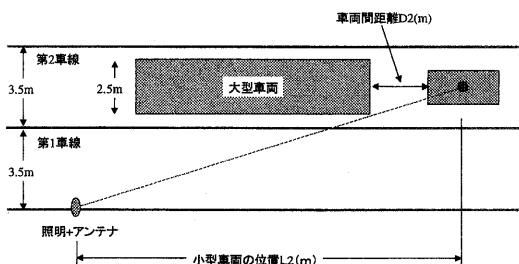


図6. 第2車線の見通し検討

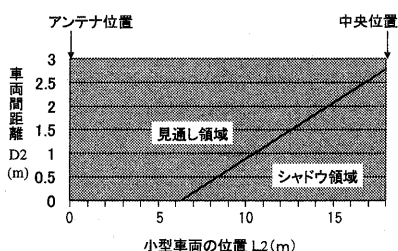


図7. 第2車線の見通し条件

(3) 見通し条件のまとめ

以上の検討から、第1車線と第2車線がほぼ同様の見通し条件となることが分かった。

- ・ 車両間距離約 2.8m 以上で走行している場合には見通しが確保される。
- ・ 大型車→小型車→大型車の順で近接した従属走行をしている場合の小型車の見通し可能な区間の割合は、前後各々の車両間距離 2m で約 80%，車両間距離 1m で約 60%，車両間距離 0m で約 30% となる。

このような条件の走行がどの程度起こるのか問題となる。こうした観点で採られたデータはないが、以下に交通工学上の各種データから推測を試みる。

図8. は国道2号線における追従走行時の車頭間距離のデータであり、36km/h～42km/h の速度では車頭間距離は約 13m～16m 程度と考えられる。⁴⁾ このデータは乗用車および小型のトラックのものであり、車両の長さは大きめに見て 5m 程度と考えると、車両間距離は約 8m～10m 程度となる。もちろん異常に接近した走行を行うドライバもあるが、通常の走行ではシャドウイングが発生する確率は極めて少ないものと思われる。

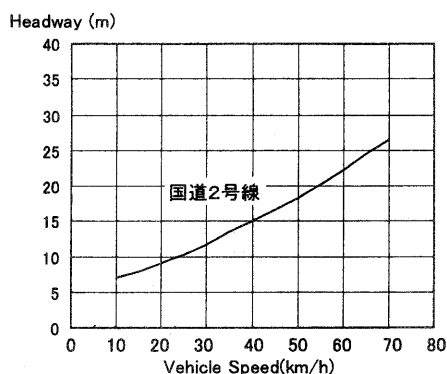


図8. 追従走行時の車頭間距離

7. 電波伝搬の検討

道路照明の設置基準に合わせたアンテナ設置は電波の見通しを確保するためには非常に有利であるが、小さなビーコンゾーンを連続的に配置することになるため、ビーコンごとに無線機が独立であると、一般的に無線チャンネルを変えて干渉を避ける方法がとられる。この場合にはビーコンゾーン間で周波数切替動作が頻繁に繰り返されることになる。こうした問題が生じない方法として、対象区間に対して1つの路側無線装置を設置し、その出力を ROF (Radio on Fiber) 技術によって各アンテナに分配する方式 (マルチアンテナ方式) を適用する。図9. にモデルシステムの構成 (1) を示す。

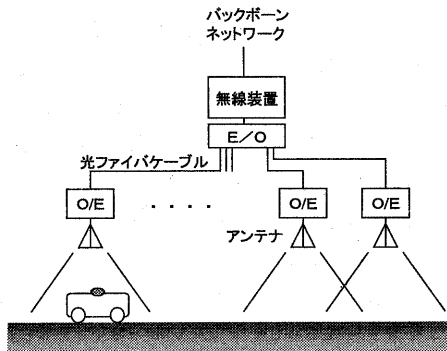


図 9. モデルシステムの構成 (1)

このモデルシステムに基づいて、回線設計を試みた。計算のための条件は送信電力=10mW, 路側アンテナ利得=3dB, 車載アンテナ利得=3dB とした。各アンテナの指向性と向きは DSRC の特性を活かす意味から、できるだけ路面反射などの影響を受けないように考えるべきであり、路側アンテナは真下方向に円形の指向性とし、車載アンテナは真上方向に円形の指向性とした。図 10. は計算結果であり、隣接する A, B 2つの路側アンテナからの各受信電力値と両方の和および差の電力値を、小型車両の進行方向の位置を横軸にプロットしてある。

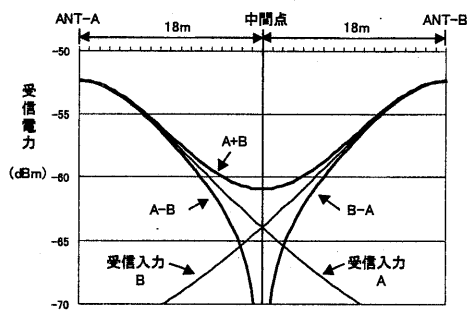


図 10. 構成 (1) の受信電力 (第 1 車線)

このモデルシステムの場合には、どちらの受信波も同一波であるため、車両側の受信電力は路程差に応じて和と差の曲線の間の値をとることになる。中間点における受信信号の変動部分

以外の区間 (約 85%) では非常に安定な受信が期待できるため、運転支援システムの機能としても警報レベルのサービスであれば適用が可能である。信頼度を高めるためには車載受信機にスペースダイバーシティを適用することも考えられる。

さらに、安定な回線を確保する方法としては、図 11. のようなモデルシステム構成 (2) を提案する。無線装置を 2 つ用意し、2 波の周波数 (F1, F2) を交互に繰り返すピーコンゾンを構成する。受信側は周波数ダイバーシティ方式を用いて、安定な受信波の信号を選択する。

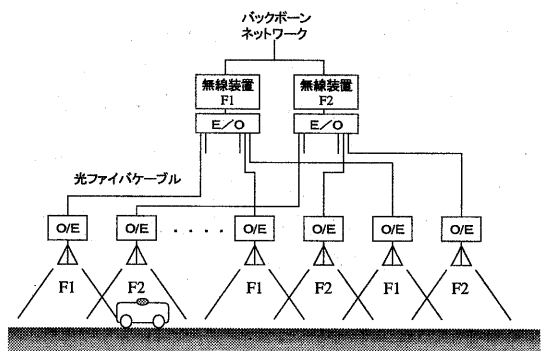


図 11. モデルシステムの構成 (2)

図 12. はこの方式による受信電力を計算したものである。アンテナ A と C からの同一電波が位相合成によって不安定になる領域で、ちょうどアンテナ B からの受信波を安定に受信することができることになる。

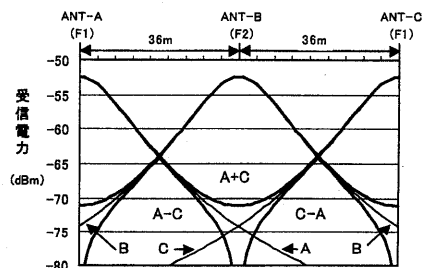


図 11. 構成 (2) の受信電力 (第 1 車線)

8. むすび

道路照明の設計に合わせたアンテナ配置による区間連続型ビーコンゾーンの構成方法は、電波伝搬路の見通し確保のために有効である。また、ITSにおける安全走行支援のために必要な区間（500m～1,000m）の無線ゾーンを同一の無線チャンネルで構成するモデルを検討し、区間全体に対して約 85%の安定な通信区間が確保できることが分かった。さらに高度な運転支援が要求される場合には、アンテナの配置条件を利用して2つの無線チャンネルを交互に配置する方法（周波数ダイバーシティとパスダイバーシティを組み合わせた方法）を提案し、全区間に渡って安定な伝搬路を確保するために有効な方法であること示すことができた。

以上は考え方の有効性を検証するための検討の第1ステップであり、静的な条件下での検討にとどまっている。今後考えられる各種のパラメータの条件設定を行い、動的なシミュレーションによって確認を進めたい。

文 献

- 1) 中村亮, 角町洋, 福井良太郎, “準マイクロ波帯における漏洩同軸ケーブル (LCX) 伝送実験結果,” 電気学会, 道路交通研究会, 1993.
- 2) Yasushi Tanaka, Yasuhiko Iwasaki, Akio Hosaka, “Requirements of Advanced Cruise-Assist System in Japan,” 6th World Congress on ITS, Tronto, 1999.
- 3) 栗本典彦, “道路の付属施設,” 交通工学研究会編, 技術書院, pp161～166.
- 4) 交通工学研究会編, “交通工学ハンドブック,” 技報堂出版, pp148.