

平成 23 年度

ITS 通信シミュレーション評価シナリオ
(Ver 1.2)

ITS シミュレータ利用促進検討委員会

平成 24 年 3 月

財団法人 日本自動車研究所

2011 年 3 月	Ver.1.0 版	発行
2012 年 3 月	Ver.1.1 版	発行
2013 年 6 月	Ver.1.2 版	発行

目 次

第1章 背景・目的	5
1.1 背景	5
1.2 目的	5
1.3 本資料の位置づけ	6
1.4 委員会名簿	6
第2章 ITS 通信シミュレーション評価シナリオ	7
2.1 標準シナリオの意義	7
2.1.1 標準シナリオの概要	7
2.1.2 標準シナリオの選定	1 5
2.2 シナリオに共通したモデル検討	2 2
2.2.1 電波伝搬モデル	2 2
2.2.2 道路モデル	3 4
2.2.3 交通流シミュレーションモデル	4 3
第3章 安全運転支援アプリケーション用シナリオ	4 7
3.1 シナリオの目的と対象シナリオ	4 7
3.1.1 シナリオの目的	4 7
3.1.2 対象シナリオ	4 7
3.2 共通基本事項	4 7
3.2.1 道路走行モデルの基本的な考え方	4 7
3.2.2 安全運転支援アプリ速度制御モデル	4 8
3.2.3 通信方式諸元と送信トラヒック	4 8
3.2.4 評価項目	4 9
3.3 出会い頭衝突防止シナリオ	5 0
3.3.1 道路配置および車両走行条件	5 0
3.3.2 建物による遮蔽の扱い	5 1
3.4 右折衝突防止シナリオ	5 1
3.4.1 道路配置および車両走行条件	5 1
3.4.2 大型車両による遮蔽の扱い	5 3
3.5 カーブ追突防止シナリオ	5 3
3.5.1 道路配置および車両走行条件	5 3
3.5.2 カーブ路による回折損失の扱い	5 5
3.6 標準シナリオ	5 6
3.6.1 シナリオ	5 6
3.6.2 モデルの概要	5 7
3.6.3 プロトコルモデル(IEEE802.11p)	5 8
3.6.4 プロトコルモデル(アプリケーション)	6 0

3.6.5 電波伝搬モデル	6 0
3.6.6 道路モデル	6 1
第4章 環境シミュレーションシナリオ	6 2
4.1 環境シナリオ	6 2
4.1.1 隊列走行と通信要件	6 2
4.1.2 想定シナリオと評価項目	6 3
4.1.3 プロトコルモデル	6 4
4.1.4 電波伝搬モデル	6 5
4.1.5 道路モデル	6 5
4.1.6 交通トラヒックモデル	6 6
4.1.7 性能評価尺度	6 6
4.2 事例：隊列走行シミュレーション	6 8
4.3 標準シナリオ	7 2
4.3.1 シナリオ	7 2
4.3.2 モデル概要	7 3
4.3.3 プロトコルモデル（IEEE802.11p）	7 4
4.3.4 プロトコルモデル（アプリケーション）	7 7
4.3.5 電波伝搬モデル	7 8
4.3.6 道路モデル	8 0
4.3.7 交通トラフィックモデル	8 1
第5章 テレマティクス分野標準シナリオ	8 4
5.1 テレマティクスシナリオ	8 4
5.2 トランスポート層/ネットワーク層	8 7
5.3 メディアアクセス制御層/物理層	8 7
5.4 電波伝搬	8 7
5.5 交通流モデル	8 8
5.5.1 実道路交通流モデル	8 8
5.5.2 人工道路交通流モデル	8 8
5.6 性能評価尺度	9 0
5.6.1 アプリケーション層レベル	9 0
5.7 標準シナリオ	9 3
5.7.1 シナリオ	9 3
5.7.2 モデル概要	9 4
5.7.3 プロトコルモデル（IEEE802.11p）	9 5
5.7.4 プロトコルモデル（アプリケーション）、通信トラフィックモデル	9 8
5.7.5 電波伝搬モデル	9 9
参考文献	1 0 1
付録 1 銀座エリア・三鷹エリア 交通流シミュレーション車両移動履歴データについて	1 0 2
付録 2 右折衝突防止用伝搬モデル伝搬損失テーブルについて	1 0 7

付録 3 見通しの悪いカーブでの追突防止アプリケーション用伝搬モデル伝搬損失データ ーブルについて	1 1 0
--	-------

第1章 背景・目的

本章では、ITS 通信シミュレーションの評価シナリオに係わる背景や目的等を示す。

1.1 背景

現在、ITS の分野ではVICS（道路交通情報通信システム：Vehicle Information and Communication System）やETC（電子料金収受システム：Electronic Toll Collection System）等の路車協調システムやカメラ映像情報を活用した画像処理技術やミリ波レーザ技術等の自律センサを活用した前方車両衝突防止システムやGPS（全地球測位システム：Global Positioning System）情報を活用した車両位置プローブ情報等の様々なアプリケーションが実用化され日常社会に活用されている。また、社会的ニーズから京都議定書に掲げられる地球温暖化の原因となるCO₂等の温室効果ガス削減目標に向けた様々な取り組みが行なわれており、ITSの新たな活用として通信、交通流、ドライバの動作を計算機上でシミュレーションする検討が進められ、安心・安全、環境、快適・利便等の様々なアプリケーションのシステム設計や効果予測に適用されつつある。

これまでに、通信、交通流など個別の動作をシミュレートするソフトウェアが開発され市販されているが、ITS では情報提供と車両などの動作、ドライバの反応などが複合的に影響しあうアプリケーションが多く、これらの個別のアプリケーションを統合シミュレーションさせる必要があり、既に国内、海外においてこうしたシミュレータ統合化の動きは始まっている。H21 年度（財）日本自動車研究所（以下、JARIと称す）が（財）機械システム振興協会の委託（（財）JKA の補助事業）を受けて構築した「安全運転支援システム統合シミュレータ」に関しても、そうした一つの事例である。

一方、こうした様々な統合シミュレータを用いた場合、それらの計算条件（シナリオ）により結果が様々な異なり、互いの比較ができないという課題が学会等の研究発表から明らかになってきており、統合シミュレータを統一的に評価できるテストシナリオ策定が求められてくるようになった。

上記の背景からITSの各種専門家がITS通信シミュレータ利用促進検討委員会にて議論を重ねて、平成22年度にITS通信シミュレーション評価シナリオ（VER1.0）を策定した。平成23年度に、昨年度策定した評価シナリオに対して、安全・安心、環境、快適・利便等の様々な新たなITSアプリケーションに対応すべく評価シナリオの改定（VER1.1）を実施した。

VER1.2は、VER1.1に対して付録2（右折衝突防止用伝搬モデル伝搬損失テーブルについて）および付録3（見通しの悪いカーブでの追突防止アプリケーション用伝搬モデル伝搬損失テーブルについて）を追加した改訂版である。

1.2 目的

ITS 通信システムのシミュレーションを同一の計算条件で行え、かつ関係者間で共通に利用できる標準シナリオの策定を目標に委員会を構成し検討を実施した。

1.3 本資料の位置づけ

本資料は、平成23年度の「ITS シミュレータ利用促進検討委員会」において検討されたITS 通信シミュレーションのための標準シナリオとして、安全運転支援アプリケーション（交差点事故防止や単路の追突事故防止）、環境アプリケーション（大型トラックの高速道路における隊列走行）、テレマティクスアプリケーション（緊急車両情報配信、道路標識情報配信、事故情報配信、駐車場情報、広告情報配信、道路情報配信におけるマルチホップ型ブロードキャスト情報配信）を選定し、電波伝搬モデル、道路モデルおよび交通流シミュレーションモデルの統一化や、ITS通信システムとしてIEEE802.11p適用等の標準シナリオの見直しや追加検討を行ったバージョン1.1 として取りまとめたものである。

1.4 委員会名簿

表 1.4-1 に委員会名簿を示す通り、本委員会は東野委員長、岩井副委員長以下の各委員で構成され、安全運転支援アプリケーションシナリオを検討する安全ワーキンググループ（以下 WG と称す、山尾主査）、大型トラックの隊列走行アプリケーションシナリオを検討する環境 WG（重野主査）、6つの情報配信アプリケーションシナリオを検討するテレマティクス WG（太田主査）の3つのWGで議論を行った。

表 1.4-1 委員会名簿

資格	氏名	所 属	安全 WG	環境 WG	テレマ WG
委員長	東野 輝夫	大阪大学大学院 情報科学研究科 教授	○	○	○
副委員長	岩井 誠人	同志社大学理工学部 電子工学科 准教授			○
委員	山尾 泰	電気通信大学 先端ワイヤレスコミュニケーション研究センター 教授	主査		
委員	重野 寛	慶應義塾大学理工学部 情報工学科 准教授		主査	○
委員	太田 能	神戸大学大学院 工学研究科 准教授			主査
委員	水井 潔	関東学院大学工学部 情報ネット・メディア工学科 教授	○		
委員	古川 修	芝浦工業大学システム理工学部 機械制御システム学科教授			
委員	津川 定之	名城大学理工学部 情報工学科 教授		○	
委員	高井 峰生	早稲田大学理工学術院 基幹理工学部 客員准教授	○	○	○
委員	木村 啓二	早稲田大学理工学術院 准教授	○		
委員	藤井 秀樹	東京大学大学院 工学系研究科 助教	○	○	○
委員	屋代 智之	千葉工業大学情報科学部情報ネットワーク学科 教授			○
委員	吉岡 顕	(株)トヨタ IT 開発センター 研究開発部 グループリーダー	○	○	○
委員	花房比佐友	(株) アイ・トランスポート・ラボ			○
委員	金田 茂	(株) スペースタイムエンジニアリング			○
委員	中林 昭一	沖電気工業(株) 社会システム事業本部 主任		○	
オブザーバ	大西 亮吉	(株)トヨタ IT 開発センター 研究開発部 シニアリサーチャー	○	○	○
オブザーバ	久永 良介	(株) スペースタイムエンジニアリング 代表取締役	○		
オブザーバ	前野 誉	(株) スペースタイムエンジニアリング		○	
オブザーバ	鈴木 理基	慶應義塾大学 理工学研究科		○	
事務局	野本 和則	(財)日本自動車研究所 ITS 研究部 主任研究員	○	○	○
事務局	國弘 由比	(財)日本自動車研究所 ITS 研究部 主任研究員			○

第2章 ITS 通信シミュレーション評価シナリオ

本章では、ITS 通信シミュレーションの評価シナリオの概要等を示す。

2.1 標準シナリオの意義

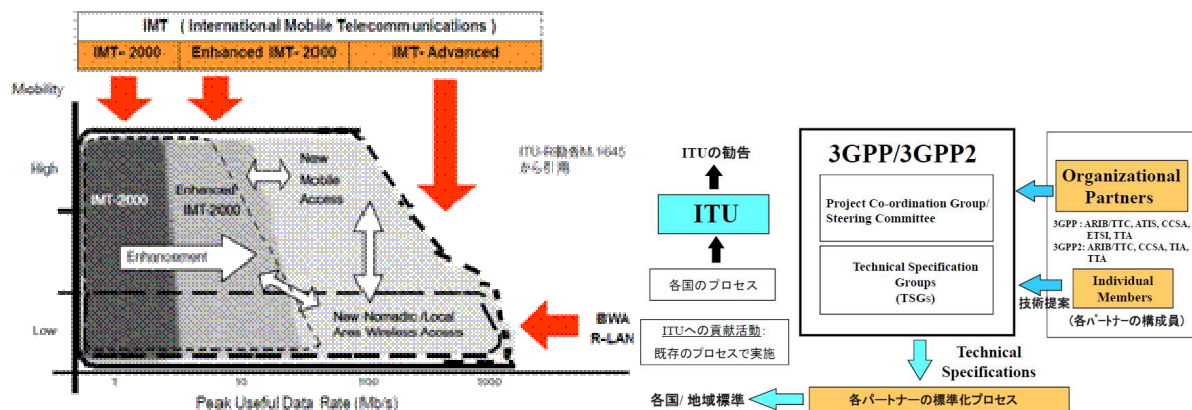
2.1.1 標準シナリオの概要

標準シナリオに係わる標準化の動向等を示す。

(1) 通信システム標準化と評価（シミュレーション）シナリオ

① ITU-R においてIMT-2000（International Mobile Telecommunications-2000）やIMT-Advanced対策で、System Evaluation Methodology（主にPHY層評価）として詳細にシナリオを定義している標準化団体の標準化検討状況は、下記の通りである。

- ・ 3GPP：IMT200（無線アクセス：W-CDMA）やEnhanced IMT-2000（無線アクセスHSDPA：High Speed Downlink Packet Access、LTE：Long Term Evolution）
- ・ 3GPP2：IMT200（無線アクセス：cdma2000）やEnhanced IMT-2000（無線アクセス：1xEV-DO/UMB：Ultra Mobile Broadband）
- ・ IEEE802.16m：次世代WiMAXサービス（国内ではWiMAX2）



出典（移动通信システムの高度化をめぐる標準化動向等について：ARIB 2008 年 4 月 10 日資料）

図 2.1-1 IMT の概要／IMT の標準化体制

② システム提案の公平な評価のために評価シナリオを定義することがある標準化団体は、以下の通りである。

a. IEEE802.11（無線LAN仕様標準化）、IEEE802.15（近距離無線通信仕様標準化：BlueTooth等）、IEEE802.16（BWA：broadband wireless access仕様標準化：WiMAX等）での検討状況

- ・ Use Case が明確なTask Group（以下TGと称す）ほど標準化作業が早く完了している。
- ・ MACよりPHY系TG(TGE, TGP, TGS)の方が早い状況である。

③ ネットワーク研究コミュニティでの検討状況

- ・標準化へのインセンティブ薄い
- ・ns-2 シミュレータ機能、モデルの都合で定義している。

(2) ITU-R (International Telecommunication Union Radiocommunication Sector) のためのシステム評価シナリオ(IMT2000) 概要とシミュレーション規模

①から⑤に示すシステム評価シナリオに基づき、シミュレーション規模を策定している。

① MAC/PHY を考慮したシステム性能評価

② モビリティなし

- ・独立した複数のケース(Drop)を統計処理

③ システムのストレステスト

- ・均一なトラフィック量と干渉量

Loaded or VoIP

Wraparound

④ 膨大な計算量

- ・19 cells x 3 sectors = 57 sectors
- ・1 BS + 10 MSs / sector -> 627 stations
- ・1 BS + 200 MSs / sector -> 11,457 stations

⑤評価のためのシステム設定の定義

- ・特定のシミュレータを前提としない

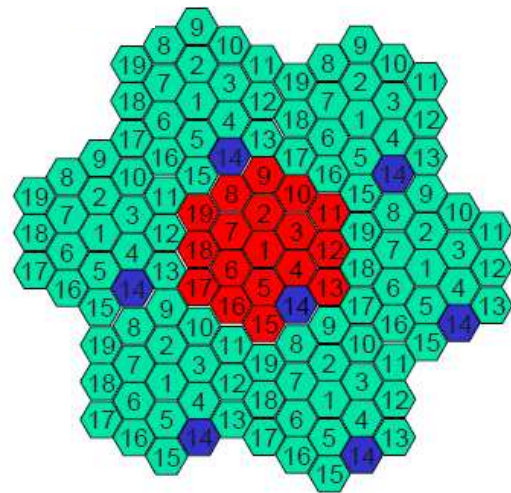


図 2.1-2 シミュレーション規模

(3) ITU R のためのシステム評価シナリオ(IMT2000) ns-2 がベースシミュレータとして使われない理由

①から④が主に使われない理由である。

① Scalability in memory

- ・Few network studies with more than 200 nodes
- ・A configuration of 3 MSs per sector goes over 200 nodes

② Scalability in execution time

- ・Intractably long execution time for large-scale simulation
- ・No support for parallel or distributed computing (for wireless network models)

③ GUI

- ・nam (included in ns-2 package) is highly limited in capability

④ Professional maintenance and support

・No professional maintenance and support provided by third-parties:Dependent on the ns-2 community

- ・Inability to share models due to GPL unless they are publicly available

(4)および(5)にモバイルアドホックネットワーク (MANET : Mobile Ad Hoc Network)の

INFOCOM 2000 において示されたテストケースの概要を以下に示す。

(4) Standard MANET Scenario : Test cases used by Das、Perkins and Royer in INFOCOM 2000

① Configuration:

- 50 nodes over a 1500 x 300m field for 900s simulation time
100 nodes over a 2200 x 600 field for 500s simulation time
- Random waypoint mobility
Move towards a randomly chosen destination at 0-20m/s
Pause for 0-900s (fixed for each case) before moving again
- 10-40 traffic sources, each at 4 512byte pps (3 for 40 sources)
- At least 5 runs for each data point

② Performance Evaluation Metrics:

- Packet delivery ratio
- End-to-end delay
- Normalized routing load

(5) Standard MANET Scenario (Cont.) : Test cases used by Das、Perkins and Royer in INFOCOM 2000

- Network system configuration:
- PHY: 250m range at 2Mbps
- MAC: IEEE802.11 DCF (CSMA/CA) with RTS/CTS
- Routing: AODV and DSR
- Two level priority queue
Send buffer (64 packets) for routing control packets
Control packets queued for more than 30s are dropped
Interface queue (64 packets) for data packets

(6) ITS通信システム評価用標準シナリオ策定の要件

標準シナリオ策定の要件を①から③に以下に示す。

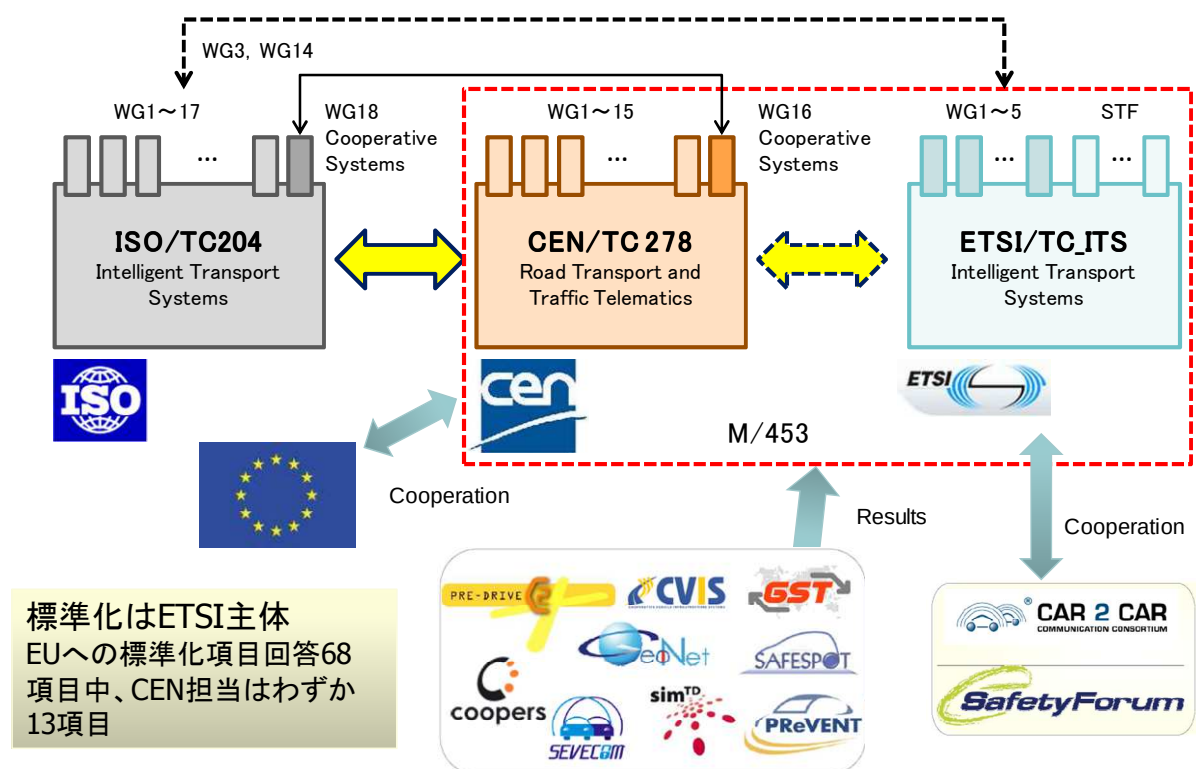
- ① 通信システムの使用用途にあったシナリオを定義
 - ・ ITS の主要アプリケーションを想定した複数シナリオを定義
 - ・ システム対象部と周辺（Peripheral）部を明確に定義
- ② システムの評価手法（シナリオ）を定義
 - ・ 特定のシミュレーションツール（群）を前提としない
 - ・ 既存ツールの制約を配慮する必要はない
 - ・ 評価に適した Peripheral モデルの定義
 - ・ 評価に適したシステム規模やその他変数の定義
 - ・ 統計的に安定した結果を得るためのシミュレーション時間または試行回数
- ③ 標準シナリオを定義したドキュメントは無償で一般に公開
 - ・ 広く利用されることに意義がある

(7) 車車間通信をめぐる国内・海外の動向

欧州および米国では、ITS 通信システムの国際標準の一つである 5.9GHz 帯の IEEE802.11p を活用した協調システムの研究開発に取り組んでおり、様々な国家プロジェクトや自動車メーカーのコンソーシアム、研究機関等が主体となり交通安全対策および交通渋滞・環境対策の実用化に向けた取組みが行なわれている。一方、日本では、2.1.2 項に示す新たな情報通信戦略を内閣がとりまとめ、世界一安全で環境に優しい自動車社会の構築を目指している。以下に各地域における研究開発プロジェクトの取組みを示す。

① 日本の動向

日本は、内閣府が中心となり ITS 関連 4 省庁（総務省、警察庁、経済産業省、国土交通省）が各省庁の関連団体（警察庁：財団法人新交通管理システム協会：以下 UTMS 協会と称す、総務省：一般社団法人電波産業 Association of Radio Industries and Businesses：以下 ARIB と称す、国土交通省道路局：財団法人道路新産業開発機構 Highway Industry Development Organization：以下 HIDO と称す、国土交通省自動車局：先進安全自動車推進検討会 Advance Safety Vehicle：以下 ASV 推進検討会と称す）等による研究開発および国際標準化に向けた検討がなされている。



出典：JARI 平成 22 年度 ITS 研究部事業報告会資料

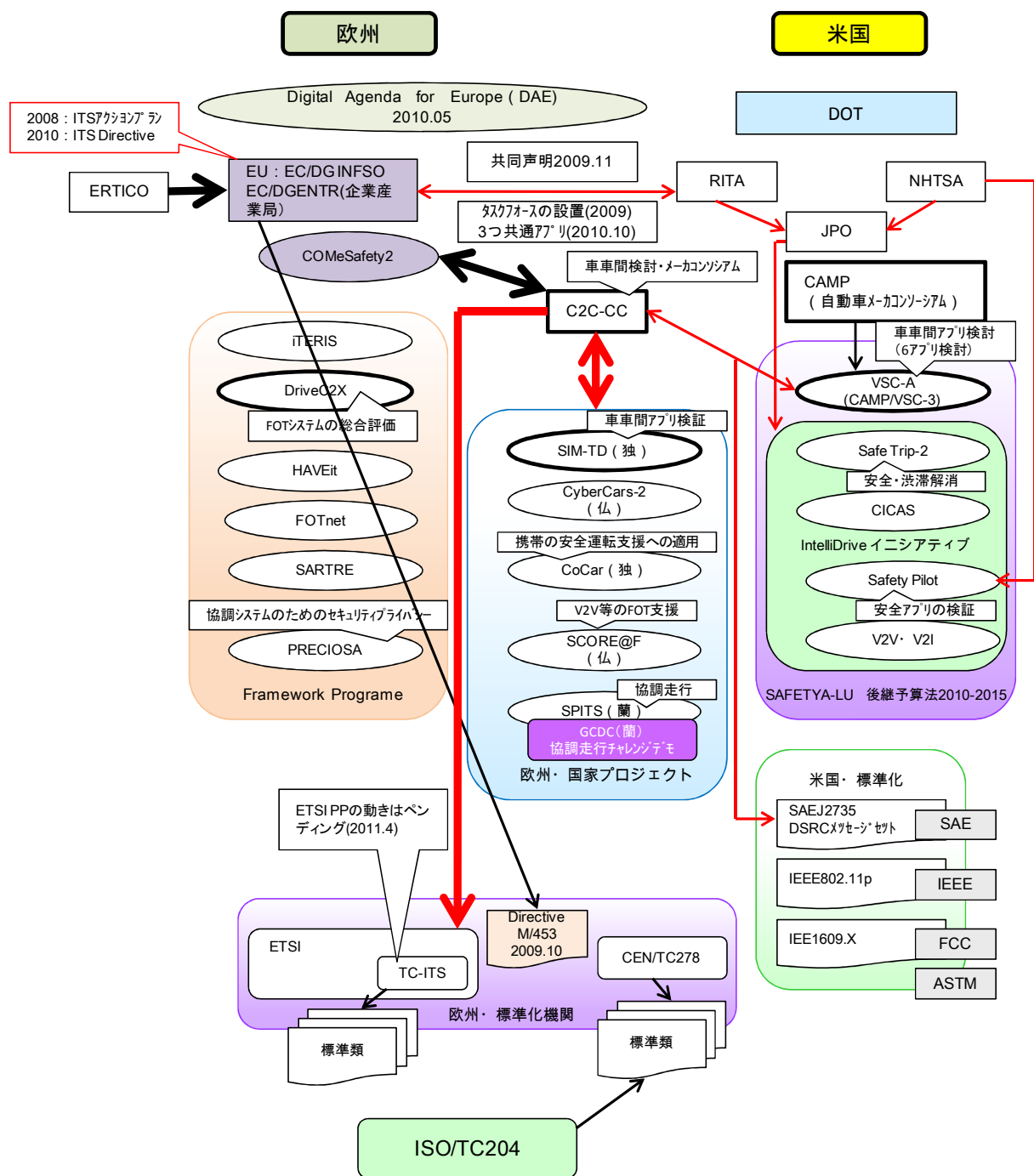
図 2.1-4 欧州の協調システム標準化体制

標準化と合わせて様々な研究開発が行われており、Framework Project（以下 FP と称す）の研究開発である iTERIS／DriveC2X／HAVEit／SARTRE／協調システムのセキュリティプライバシーの PRECIOUSA 等や車車間通信検討をメーカーコンソーシアムで行なう Car 2 Car コンソーシアム（以下 C2C-CC と称す）や欧州各国の国家プロジェクト（車車間アプリケーション検証の SIM-TD、携帯の安全運転支援への適用 CoCar：ドイツ、V2V 等の FOT 支援 SCORE：フランス、協調走行の SPITS／GCDC：オランダ等）がある。

一方、米国は、US.DOT（米国連邦運輸省：US.Department of Transportation）の RITA（研究・革新技術庁）や NHTSA（道路交通安全局：National Highway Traffic Safety Administration）が中心となり米国運輸省 IntelliDrive 研究開発の推進を自動車メーカーコンソーシアム

（CAMP）が推進する Connected Vehicle プロジェクトの研究開発と連携しながら推進している。

Safety 関連プロジェクトである車車間通信 6 つのアプリケーション検証の VSC-A、安全運転・交通渋滞解消の Safe Trip2 や安全支援アプリケーションの検証 Safety Pilot 等の研究開発成果を活用して、米国の標準化である SAE（SAE J2735）、IEEE（IEEE802.11p）等の標準化項目の検討を加味した上で、欧州との協調システムの標準化の推進を進める体制を確保している。

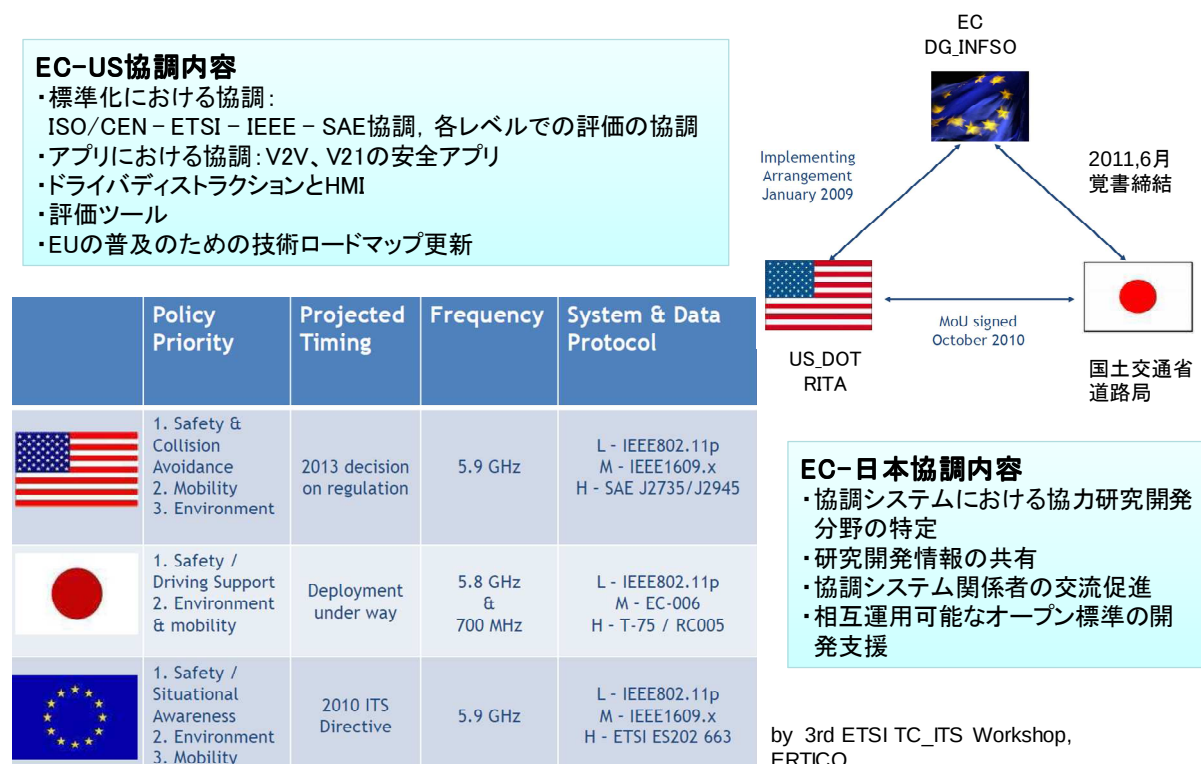


出典：JARI 海外動向調査から作成

図 2.1-5 欧州・米国の研究開発および標準化の取組み

③ 協調システムに関する日欧米協調

欧州（欧州委員会情報社会総局：EC DG_INFSO）と米国（米国研究・革新技术庁：US.DOT RITA）は、2009年1月に標準化における協調、アプリケーション協調、ドライバディストラクションとHMI、評価ツールおよびEUの普及のための技術ロードマップに関わる協調内容を締結した。また、日本は米国（US.DOT RITA）と2010年10月にITS分野の協力覚書の締結後に、2011年6月に欧州（EC DG_INFSO）と覚書を締結し、図2.1-6に示す協調システムにおける日欧米協調が進められている。



出典：JARI 平成 22 年度 ITS 研究部事業報告会資料

図 2.1-6 協調システムに関する日欧米協調

2.1.2 標準シナリオの選定

(1) 新たな情報通信戦略と交通安全対策、交通渋滞・環境問題対策

情報通信技術（IT）の活用により世界的規模で生じている急激かつ大幅な社会経済構造の変化に適確に対応することの緊要性にかんがみ、高度情報通信ネットワーク社会の形成に関する施策を迅速かつ重点的に推進するために、平成 13 年 1 月内閣に「高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部（IT 戦略本部）」が設置された。

IT 戦略本部の活動の一つとして、新たな情報通信技術戦略 工程表（平成 22 年 6 月 22 日決定、平成 23 年 8 月 3 日改定）がある。本工程表の目的として、短期、中期および長期の期限を区切って施策担当府省の具体的取組みを明記し、各府省連携が必要な施策においては個々の役割分担と達成すべき事項を明確化した。

また、平成 23 年 3 月に ITS に関するタスクフォース報告書が発表された。上記の報告書では、自動車・交通関連産業は日本経済を支える基幹産業へと成長した一方、交通事故、交通渋滞、化石エネルギーの大量消費、温室効果ガスの排出等の環境問題、公共交通機関の衰退等の負の側面の顕在化を指摘している。

新たな情報通信技術の急速な進歩として、新たな情報通信機器やサービスが登場・普及しており、自動車分野のエレクトロニクス化も進んでいる。安全で環境に優しい交通社会を実現していく上で、ITS が大きな役割を果たす事が期待されている。

上記の背景から、ITS を活用した具体的なアプリケーションとして交通渋滞や環境問題の対策および交通事故対策に関するロードマップ策定および速やかな実行を提言している。

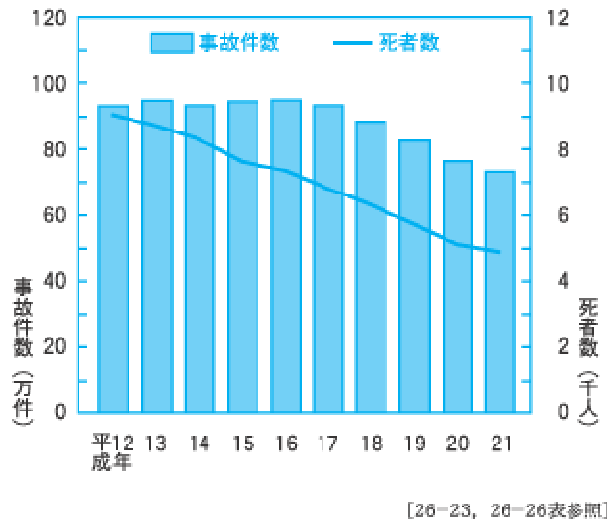
(2) 交通安全と ITS

標準シナリオの選定した経緯等を以下に示す。

① 交通事故の概況

道路交通事故対策は、所轄行政を中心に車両安全基準の拡充・強化、道路交通環境の整備（道路の拡幅や歩道の整備、交差点改良、防護柵や信号機の設置等）、交通規制の強化（シートベルト着用やチャイルドシートの義務化、飲酒運転の罰則化、違法駐車規制等）、交通管制の高度化や交通安全教育の推進および救急救助システムの整備等が講じられた結果として、図 2.1-7 に示す通り道路交通事故件数および死者数ともに減少しており、2010 年度は交通事故死者数 4,863 名、負傷者数約 89 万人、発生件数約 72 万件とそれぞれ前年を下回っているものの減少率は鈍化している。

61 道路交通事故件数・死者数



出典：総務省統計局 HP／日本の統計

図 2.1-7 交通事故件数・死者数

車両単独の安全対策として、車両の対衝突性能向上、エアバック、ABS (Antilock Brake System)、ブレーキアシスト等の安全装置等に加えて、近年はレーザレーダーや電波レーダーおよびカメラ画像処理技術による前方障害物の検知、車間距離自動制御、車線逸脱警告等の車両自律による安全運転支援システムが商品化され市場に普及し始めている。

先進技術を利用してドライバの安全運転を支援するシステムを搭載した自動車の研究開発として ASV 推進検討会（座長：井口雅一 東京大学名誉教授、国土交通省自動車局が事務局）の ASV 推進計画の第 4 期（平成 18 年度から平成 22 年度）において、研究課題の一つとして情報交換通信利用型（車車間通信や歩車間通信）の開発・実用化の推進を目指した研究開発がなされている。

一方、総務省では上記の安全運転支援システムに活用する通信システムとして、760MHz 帯の周波数再編を行い路車間・車車間通信が併用可能な通信標準化を進めており、更なる道路交通事故や死者数の削減に向けた環境が整備されてきている。

先進安全自動車 (ASV) 推進計画 報告書－第 4 期 ASV 計画における活動成果について－（平成 23 年 6 月国土交通省自動車交通局、先進安全自動車検討会）の第 2 編 技術開発に係わる活動の付録 2-2「通信利用型実用化システム基本設計書」において、平成 17 年の全国交通事故統計データを分析し、年間 1 万件以上の事故件数の事故類型から道路上のインフラ設備と協調する路車情報利用型運転支援システム（路車支援）と車両間が通信システムを搭載した情報交換型運転支援システム（車車支援）の支援機能に分類している。

表 2.1-1 に実用化の対象とする支援機能一覧を示す。運転支援レベルの情報提供とは、運転者がシステムから提供された情報により安全運転を行なうための客観情報を伝える。また、注意喚起とは、特定のタイミング、特定の場所、運転者による特定の操作または特定の状況が生じた時に注意を喚起するものである。

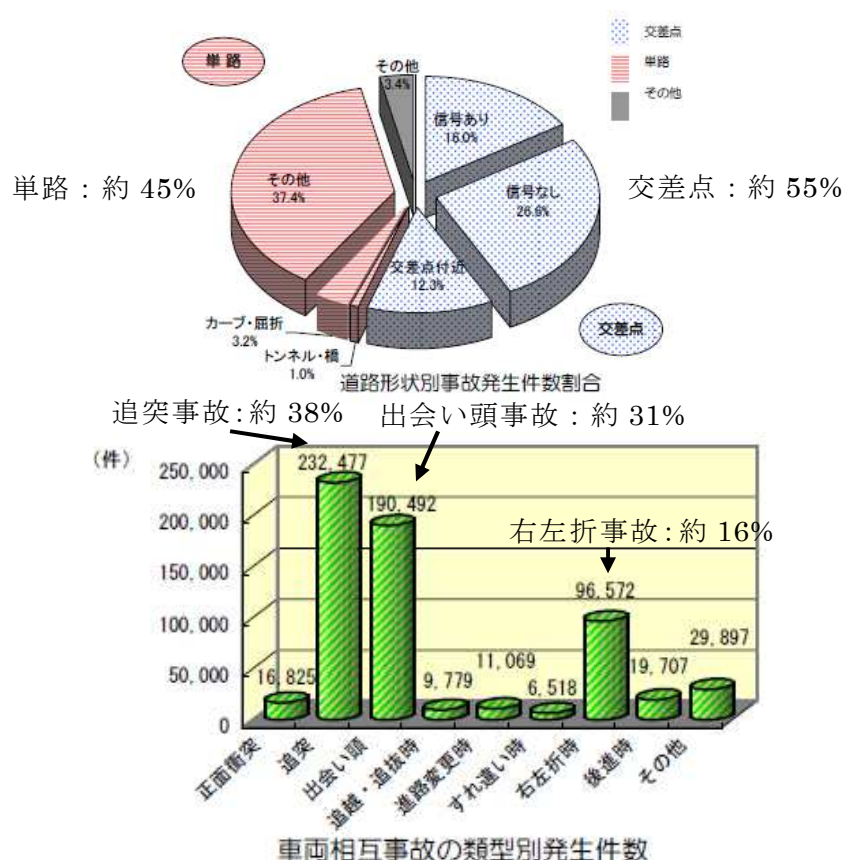
表 2.1-1 車車による対策が考えられる支援機能一覧

出典：第 4 期 ASV 推進計画報告書から引用

機能イメージ	支援機能	運転支援レベル	
		情報提供	注意喚起
直交車両の情報を利用した支援機能	出会い頭衝突防止支援	○	○
対向直進車両の情報を利用した支援機能	右折時衝突防止支援	○	○
左側車両の情報を利用した支援機能	左折時衝突防止支援	○	○
周辺車両の情報を利用した支援機能	周辺車両認知支援：注 1	○	○

注 1：支援対象車両の周辺に存在する車両認知を支援する。車車間通信による対策として、前方低速／停止車両の情報利用（カーブ追突防止支援）や並進車両の情報利用など様々な支援場面が存在するが特に想定せずに自車の周辺車両の存在情報を提供する支援機能として第 4 期成果報告書に新たに周辺車両認知支援を加えたものである。

また、交通事故の分類および要因として、図 2.1-8 に平成 22 年度の自動車事故統計データに基づいた道路形状別事故発生件数、事故類型別事故発生件数および車両相互事故の発生件数を示す。道路形状別では、交差点が約 55%、単路で約 45%となっており事故類型別では車両相互が約 86%、人対車両が約 9%、車両単独が 5%であり、全体の約 86%を占める。車両相互事故について事故類型別には追突事故（約 38%）、出会い頭事故（約 31%）および右左折事故（約 16%）の順で事故が発生しており、車両相互事故の全体の約 85%を占めており交通事故対策が必要と言える。上記 3 つの各々の割合は前年とほぼ同じである。



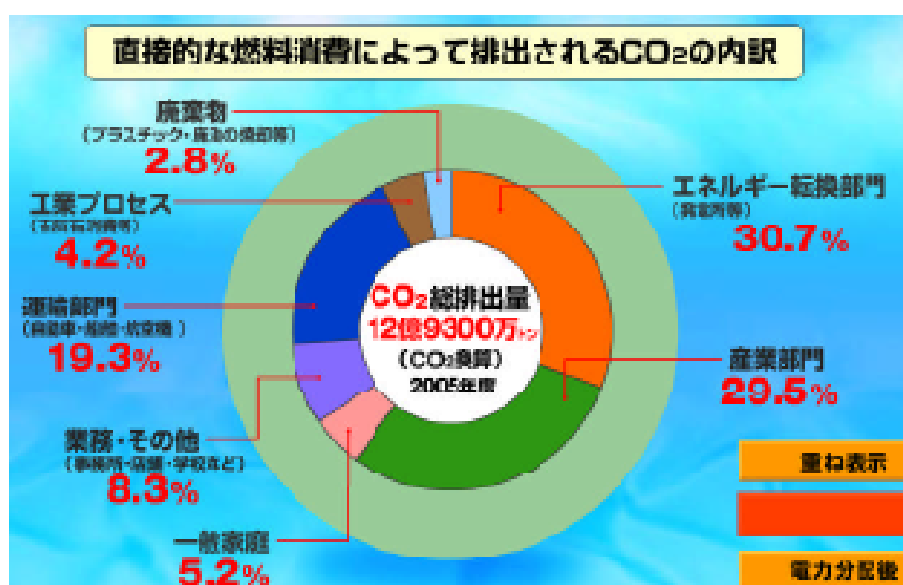
出典：三井住友生命 HP 掲載（www.ms-ins.com/pdf/rm_car/jiko_data.pdf）

図 2.1-8 平成 22 年度自動車事故統計データ

上記に示した表 2.1-1 の ASV 推進検討会が検討している車車による対策が考えられる支援機能一覧および図 2.1-7 の交通事故統計データによる交通事故件数の大きさ等を考慮し本委員会が対象とする安全運転支援アプリケーション用シナリオ対象として、出会い頭事故防止支援、右折時衝突防止支援および周辺車両認知支援（本成果報告書では機能イメージを分かり易くするため、首都高速道路 4 号線の代々木 PA 付近にある参宮橋カーブの見通しの悪いカーブ追突防止支援と読み替える）の 3 つの標準シナリオを選定した。

(3) 交通渋滞、環境問題と ITS

日本政府は、世界的な環境問題の対応として京都議定書に基づき CO₂削減の目標を 1990 年比で 2020 年に△25%および 2050 年に△50%として、排出部門毎に様々な CO₂削減対策を検討している。各部門別の CO₂排出量として運輸部門は図 2.1-9 に示す通り 19%であり、そのうち自動車 が 90%を占める構造である。

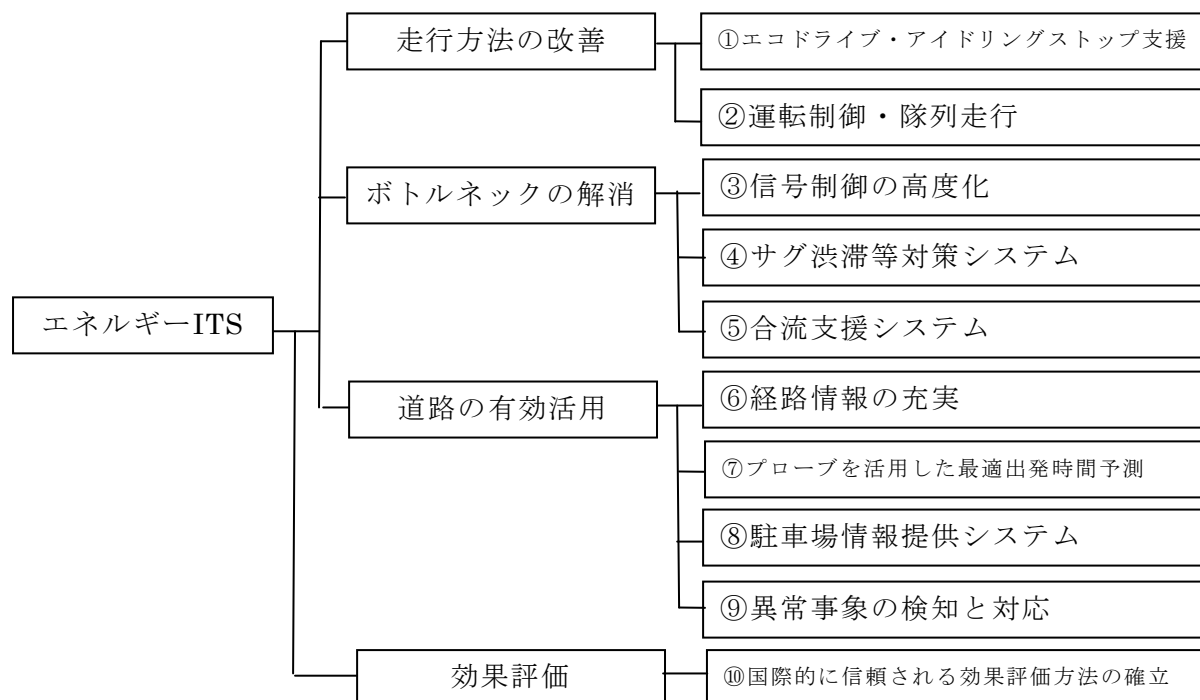


出典：国立環境研究所「日本の温室効果ガス排出量データ」

図 2.1-9 CO₂ 排出量の部門別内訳

自動車業界は、化石燃料で駆動される自動車をハイブリッド（以下 HV と称す）、プラグイン・ハイブリッド（以下 PHV と称す）やアイドリングストップ機能、および CO₂ 排出量の最も少ない天然ガス（CNG：Compressed Natural Gas）を搭載する自動車など排出量を削減する商品開発の実用化に加えて、CO₂ を排出しない電気自動車（Electric Vehicle、以下 EV と称す）が市場に投入し始めてられている。

ITS 関連省庁である経済産業省は、独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO 技術開発機構：New Energy and Industrial Technology Development Organization Energy Conservation Technology Development Department、以下 NEDO と称す）と連携し、省エネルギー効果の高い ITS の実用化を促進するために平成 20 年度から 5 ヶ年間でエネルギーITS 推進事業において、大型自動車の隊列走行および自動運転の研究開発に取り組んでいる。



出典：エネルギーITS 推進事業パンフレット（NEDO）

図 2.1-10 エネルギーITS の施策体系

エネルギーITS 推進事業の研究開発では、図 2.1-10 のエネルギーITS の施策体系に基づき自動運転・隊列走行に向けた要素技術開発として、走行制御技術の開発、走行環境認識技術の開発、位置認識技術の開発および車車間通信技術の開発に加えて、国際的に信頼される効果評価方法の確立としてマクロスケールの交通流に伴う事象とミクロスケールの交通流に伴う事象を的確に反映する交通流推計を行なうシミュレーション技術の開発が進められている。

一方、ITS の導入に伴い導入する車両の走行パターンが変化し CO₂ 排出量係数が変化するため、交通渋滞や環境問題を解決する施策を検討するに当たり、CO₂ 排出量の推計を行なうシミュレーション技術の開発などの道路交通状況を見える化が可能な統合的な ITS シミュレータの役割が重要になってきている。

上記に示した社会的なニーズを背景に交通渋滞・環境問題の標準シナリオとして、自動車産業が研究開発を行う走行方法の改善を除いたボトルネックの解消、道路の有効活用および効果評価を含めた ITS シミュレータの活用の題材として、エネルギーITS 推進事業で研究開発を行っている大型自動車の隊列走行の標準シナリオを選定した。

(4) テレマティクスと ITS

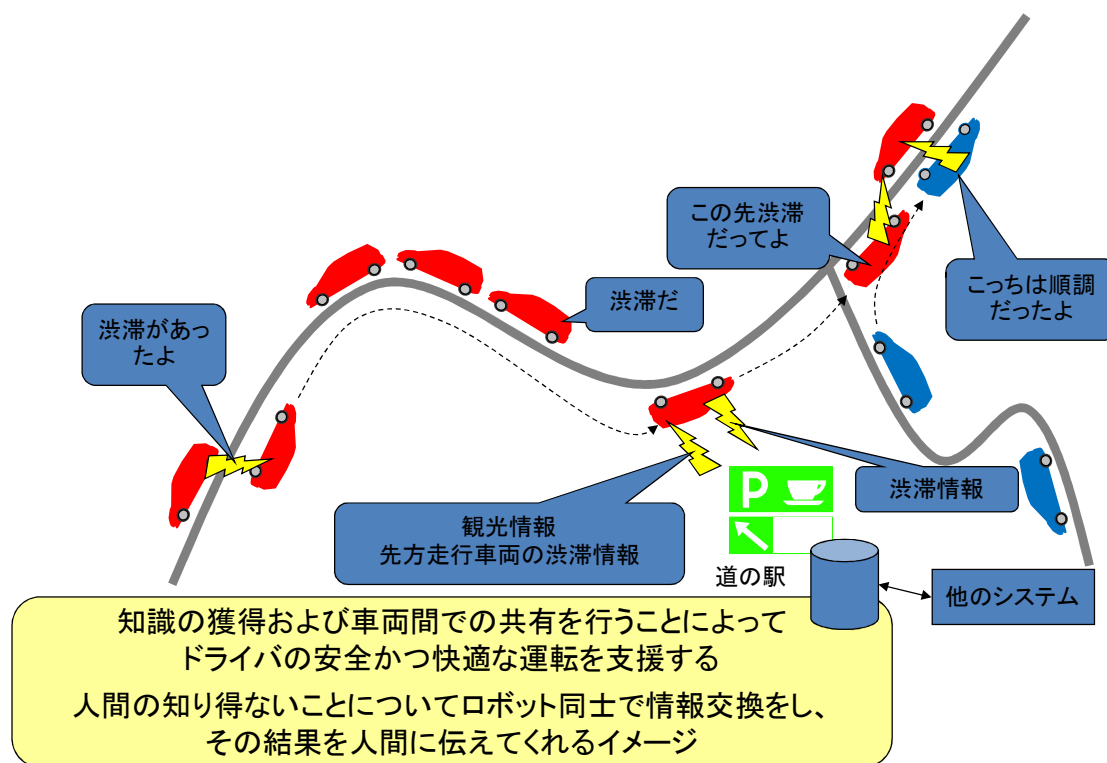
移動体通信網と車載機を活用して、車両が車載センサ情報（速度やワイパー動作）及び車両位置情報を送信、センターで収集し、クレンジング処理や統計処理を行う事によって交通情報や降雨情報等を生成するシステムであるプローブ情報システムがある。

プローブ情報システムは、世界各国で積極的な研究開発が行われており、Floating

CarData(FCD, XFCD)等、一部実用化がなされている事例もある。日本では、2003 年に名古屋市の中心部を対象として半年間に渡り 1500 台のタクシーをプローブ車両としてセンサデータを収集し、渋滞情報や降雨情報等の情報提供を行うプローブ情報システムの大規模実験が行われた。タクシーの走行によって得られるセンサーデータは情報センタに送信され、速度データを基にした渋滞情報と、ワイパの稼動データに基づく局地的な降雨情報を、インターネットの WEB ページにて 5 分間隔での公開を実現した。

現在、プローブ情報システムは、トヨタ自動車 G-Book mX や日産自動車 CARWINGS、本田技研工業 InterNavi Premium Club 等の自動車メーカ各社や電機メーカ各社等で実用化されている。これらのプローブ情報システムでは、通信容量やセンター設備の運用負荷の高さから扱える情報が限られており、運用コストを削減するための技術開発が求められている。

上記課題を解決する手段の一つとして、JARI では関連する大学および車載機メーカ等とともに安全運転支援システムで活用が予定されている車車間通信を用いて、車両の存在する周辺での有用性が高いセンサデータや安全に関する情報等の即時性が求められるセンサデータについて、特定の地域に存在する車両が互いのセンサデータを交換して車両内で信頼できるプローブ情報を生成し、その情報を車車間通信によって必要性が高いと思われる地域へ伝達していく自律・分散型のプローブ情報システムである「センタレスプローブ情報システム(Center-less Probe Vehicle System: 以下 CLP と称す)」が有効であると考え、CLP を経済産業省の支援の下で開発した。図 2.1-11 に CLP の概念図を示す。



出典：「700MHz帯近距離移動体通信を使ったセンタレスプローブ」ワークショップ（JARI）

図 2.1-11 センタレスプローブ情報システムの概念

表 2.1-2 プローブ情報システムの比較

出典：実車両を用いたセンタレスプローブ情報システムによる道路交通情報生成アルゴリズムの提案と
評価（情報処理学会論文誌）

項目	路車間通信プローブ	広域通信プローブ	センタレスプローブ
サービスエリア	路側機付近での収集・発信（限定エリア）	広域（制限なし）	周囲に車載機搭載車両が存在する場合のみ
確実性	PUSH 型であり高い	PULL 型であり車両が要求したときに提供が実現	基本的には PUSH 型であり、周囲の車両に依存する
即時性	高い	一定間隔で広域に同時提供	車車間で直接情報交換するため高いが、周囲の車両に依存する
種類・情報量	限定されたサービス	多様なサービスが可能で情報量は通信機に依存（比較的低い）	多様なサービスが可能で情報量は比較的高い
運用費用	路側機の設置費用	通信費用・情報センターの運用費用	無し

表 2.1-2 に路車間通信プローブ、広域通信プローブおよび CLP のプローブ情報システムの比較を示す。テレマティクスに係わるプローブ情報方式を選定するに当たり、車載機を搭載する車両数に影響されるが、多用なサービス提供の可能性があり情報量も比較的高い CLP の仕組みを活用したシステムが有効と考えられる。

また、情報提供を行なうシミュレーションエリアの範囲として、前記に示した安全運転支援シナリオは、交差点付近や単路等の 1km 以下の短いため「点」と言える概念と考えられる。高速道路上における大型トラックの隊列走行は、インターチェンジ間の約 10km 程度の単路上を走行するシナリオを対象とする「線」と言える概念として考えられる。一方、テレマティクスシナリオは、前方数百 m 程度から半径 5km 程度のグリッド状道路モデルや同心円状道路モデル等の「面」を対象とした道路交通情報生成アルゴリズム等の研究開発要素を含むシナリオが考えられる。

さらに、要求される通信品質から事故情報配信や緊急車両等の情報数秒から最大でも数分の情報を対象とするリアルタイム型と、定期的に PUSH 情報配信を行なう広告配信等の数分から数十分の遅延許容型の 2 種類に分かれるなど多様なサービスや様々な研究開発の可能性のあることから、上記の表 2.1-2 のプローブ情報方式から CLP を活用した情報配信を面的に行なうテレマティクスシナリオを選定した。

2.2 シナリオに共通したモデル検討

標準シナリオにおいて、第3章以降の安全運転支援アプリケーションシナリオ、環境シナリオ、テレマティクスシナリオの各シミュレーション項目において参照する共通した電波伝搬モデル、道路モデルおよび交通流シミュレーションモデルの検討結果の概要を示す。

2.2.1 電波伝搬モデル

各シナリオに用いる通信シミュレーション用の電波伝搬モデルを示す。

(1) ITS 通信シミュレーション評価シナリオの電波伝搬モデルの概要

ITS 通信シミュレーション実施に必要な電波伝搬モデルとしては、以下のような観点が挙げられる。

- ① 伝搬損失モデル
- ② フェージング変動モデル
- ③ 反射モデル
- ④ 遮蔽モデル（建物によるもの）
- ⑤ 回折モデル
- ⑥ 遮蔽モデル（車両などによるもの）

上記について、安全運転支援、環境およびテレマティクスの各シナリオでは、基本的な考え方として以下のように取り扱うものとする。

① 伝搬損失モデル

ここで対象とする ITS 通信シミュレーションでは、市街地において道路沿いに電波が伝搬するいわゆる「ストリートキャニオン (Street canyons)」的な環境が主となると考えられる。このような環境の代表的なモデルとして ITU-R において勧告化されている伝搬モデル (P.1411 モデル) を基本モデルとして用いる。

ただし、安全を確保するためのアプリケーションでは、このような基本モデルでは扱えない個別の環境を模擬する必要がある。そこで、安全シナリオ検討用には、それに特化した個別のモデルを用いることとする。

② フェージング変動モデル

基本シナリオとしては、シミュレーション実施をより容易とするために、フェージング変動を考慮しない。ただし、たとえば時間粒度が小さいシミュレーションを行う場合など

にはフェージング変動の考慮が必要な場合もある。その場合にはフェージングとしてレイリーフェージングモデルを用いる。

- ③ 反射モデル
- ④ 遮蔽モデル（建物によるもの）
- ⑤ 回折モデル

P.1411 モデルは、ストリートキャニオン環境を対象としたものであり、周囲建物による反射・遮蔽・回折、などの効果は伝搬損失計算式の中に反映されている。

安全シナリオの個々のモデルにおいては、それぞれ必要な影響について適宜考慮する。

- ⑥ 遮蔽モデル（車両などによるもの）

P.1411 モデルでは、送受信点間の道路上に存在する車両などの影響もある程度考慮された結果となっている。もともとのモデル化においてはこのような車両の想定はされていないが、その後の実験などによる検証により、送受信点近傍で電波を遮蔽する車両を除けば、平均的な伝搬損失特性に大きな影響がないことが示されている。しかしながら、遮蔽車両が送受信点に近い場合にはその影響は排除できない。さらに、看板・電柱・樹木・人間など、車両以外にも遮蔽を発生させる物体が道路上には多く存在するが、これらによる遮蔽（さらには反射・回折も含めて）を考慮する必要がある場合があると考えられる。これについては今後の課題である。

なお、安全シナリオにおける右折衝突防止アプリケーション用伝搬モデルについては、右折待ち車両による遮蔽が大きな問題であるため、これのみ、遮蔽車両を含む具体的な環境モデルを構築しレイトレーシングを行うことによりその影響を考慮している。

(2) ITS 通信シミュレーション評価シナリオの各伝搬モデル

- ① P.1411 モデル（基本モデル）

市街地環境（たとえば東京都心の京橋地区や銀座地区を想定）では、車両や路側機などの送受信点間の伝搬は、道路沿いに電波が到達するいわゆる「ストリートキャニオン」状態の伝搬状況になると考えられる。このような伝搬環境としてはこれまで幾つかの伝搬モデルが検討・提案されている。ここでは、世界的に合意されたモデルの一つとして、ITU-R において勧告化されている伝搬モデルを基本モデルとして用いる。

ITU-R P.1411-5「Propagation data and prediction methods for the planning of short-range outdoor radiocommunication systems and radio local area networks in the frequency range 300 MHz to 100 GHz」は比較的短距離の送受信点間伝搬環境の各種伝搬モデルを与える ITU-R 勧告である。この中に、ストリートキャニオン環境を対象とした伝搬モデルが含まれている。そのモデルを基本とし、ITS 通信環境のシミュレーションを適切に行えるように一部を修正した、以下のモデルを用いる。

a. LOS 環境 (Line-of-sight : 見通し内環境)

伝搬損失式概要 : ITU-R P.1411-5 Street canyons LOS SHF～15GHz モデルにおいて等価アンテナ高をゼロとしたものである。同勧告では UHF 帯用のストリートキャニオン環境モデルも提示されているが、世界的に ITS に使われる 5.8GHz から 5.9GHz を含む周波数が望ましいとの考えから、SHF 帯用モデルを選択する。また同モデルにおいては、等価アンテナ高という概念が含まれているが、シミュレーションを簡易化するために変数の増加は可能な限り抑制するという観点から、等価アンテナ高は省略する。

●LOS 環境伝搬損失算出式 (オリジナルの ITU-R P.1411-5 LOS 式)

LOS における伝搬損失 $L_{LOS}(\text{dB})$ は、送受信点間距離を $d(\text{m})$ として以下の式 2.2-1 で与える。

$$L_{LOS} = L_{bp} + 6 + \begin{cases} 20 \log_{10} \left(\frac{d}{R_{bp}} \right) & \text{for } d \leq R_{bp} \\ 40 \log_{10} \left(\frac{d}{R_{bp}} \right) & \text{for } d > R_{bp} \end{cases} \quad \text{式 2.2-1}$$

ここで R_{bp} は、送信点からいわゆるブレイクポイントまでの距離(m)であり、以下の式 2.2-2 により与えられる。

$$R_{bp} \approx \frac{4h_b h_m}{\lambda} \quad \text{式 2.2-2}$$

ここで h_b および h_m は、それぞれ、送信アンテナ地上高(m)、受信アンテナ地上高(m)であり、また、 λ は使用する無線通信のキャリア周波数における波長(m)である。

$L_{bp}(\text{dB})$ は送信点からブレイクポイントまでの伝搬損失であり、以下の式 2.2-3 により与えられる。

$$L_{bp} = \left| 20 \log_{10} \left(\frac{\lambda^2}{8\pi h_b h_m} \right) \right| \quad \text{式 2.2-3}$$

b. NLOS 環境 (Non line-of-sight : 見通し外環境)

伝搬損失式概要 : ITU-R P.1411-5 Street canyons NLOS 800～2000MHz モデルである。LOS 式とは異なり UHF 帯のモデルを採用している。これは、SHF 帯用に提示されているモデルは道路幅の変化などを考慮できないものとなっており、実環境に即した環境のシミュレーションを行う際に、適切な伝搬特性の計算が難しいと考えられるためである。

●NLOS 環境伝搬損失算出式 (オリジナルの ITU-R P.1411-5 NLOS 式)

NLOS における伝搬損失 $L_{NLOS}(\text{dB})$ は、送受信点間距離を $d(\text{m})$ として以下の式 2.2-4 で与える。

$$L_{NLOS} = -10 \log_{10} (10^{-L_r/10} + 10^{-L_d/10}) \quad \text{式 2.2-4}$$

ここで L_r および L_d は、交差点越え伝搬におけるそれぞれ反射波の伝搬損失および回折波の伝搬損失(dB)を示しており、以下の式 2.2-5 で与えられる。

$$L_r = 20 \log_{10} (x_1 + x_2) + x_1 x_2 \frac{f(\alpha)}{w_1 w_2} + 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi}{\lambda} \right) \quad \text{式 2.2-5}$$

$$L_d = 10 \log_{10} [x_1 x_2 (x_1 + x_2)] + 2D_a - 0.1 \left(90 - \alpha \frac{180}{\pi} \right) + 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi}{\lambda} \right) \quad \text{式 2.2-5}$$

上式において、 x_1 、 x_2 、 w_1 、 w_2 は、それぞれ下図 2-2-1 に示すように、送信点から交差点中央までの距離(m)、受信点から交差点中央までの距離(m)、送信点側の道路幅(m)、受信点側の道路幅(m)、である。また α は図 2-2-1 に示すように、交差道路のなす角である。

FIGURE 3
Definition of parameters for the NLoS2 case

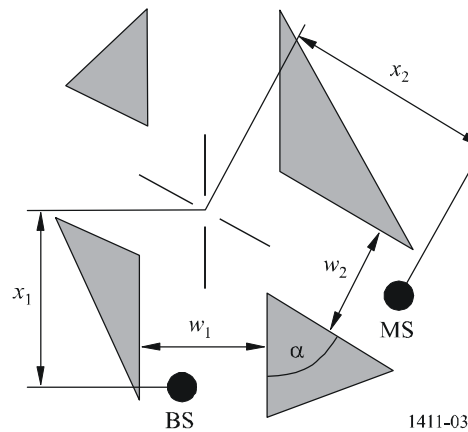


図 2-2-1 見通し外環境

L_r を与える式における $f(\alpha)$ 、 L_d を与える式における D_a は、それぞれ以下の式 2.2-6 ように与えられる。

$$f(\alpha) = \frac{3.86}{\alpha^{3.5}} \quad \text{式 2.2-6}$$

$$D_a = \left(\frac{40}{2\pi} \right) \left[\arctan\left(\frac{x_2}{w_2} \right) + \arctan\left(\frac{x_1}{w_1} \right) - \frac{\pi}{2} \right] \quad \text{式 2.2-6}$$

ITU-R P.1411-5 NLOS 式に対する修正

(i) 送受信点一方が交差点付近にある場合の修正

オリジナルの ITU-R P.1411-5 Street canyons モデルでは、LOS 環境と NLOS 環境の境界付近で、LOS 式による伝搬損失が NLOS 式による伝搬損失を上回る場合、つまり、LOS 環境の受信信号強度が NLOS 環境の受信信号強度を下回る結果が得られる場合がある。これは現実的ではないと考えられることから以下のように補正する。

以下に示す二つの方法で計算される伝搬損失のうちの大きい方の伝搬損失を用いる。

(下図 2.2-2 参照)

- ・ LOS 式を用い、送受信点間距離を最短距離(d)として求めた伝搬損失。
- ・ NLOS 式を用い、交差点距離 (x_1 および x_2) により求めた伝搬損失。

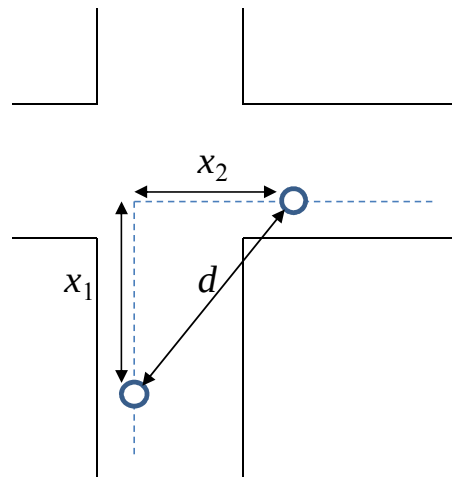


図 2.2-2 送受信点一方が交差点付近にある場合の修正

(ii) 二回以上交差点を曲がる場合の伝搬損失計算法

オリジナルの ITU-R P.1411-5 Street canyons モデルでは、二回以上交差点を曲がる場合の伝搬損失計算法は規定されていない。これを以下のように計算するものとする。

(下図 2.2-3 参照) まず、図 2.2-3 のように、 x_1 、 x_2 、 x_3 とする。この状況において、以下の二つの計算によって得られる伝搬損失の大きい方の値をとる。

- ・ NLOS 式を用い、 $x_1=x_1'$ 、 $x_2=(x_2'+x_3')$ として求めた伝搬損失。
- ・ NLOS 式を用い、 $x_1=(x_1'+x_2')$ 、 $x_2=x_3'$ として求めた伝搬損失。

三回以上交差点を曲がる場合にも、上記に準じた方法により伝搬損失を求める。(三回曲がる場合には、上記方法に準じた三つの伝搬損失を求め、その最大値を用いる)

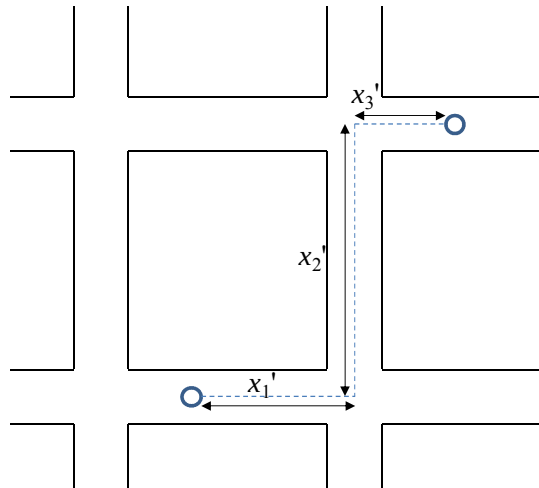


図 2.2-3 二回以上交差点を曲がる場合の伝搬損失計算法

② 安全シナリオ用伝搬モデル

基本モデルは道路上の車両間の伝搬特性を与える最も典型的なモデルであるが、個別の状況(個別の道路形状、遮蔽車両の有無、カーブ、など)における伝搬特性を与えるものではない。安全シナリオではこのような個別の状況をシミュレーションする必要がある。そこで、基本モデルに加えて、安全シナリオに対応した個別モデルを用意する。ここで示すモデルは、それぞれの安全シナリオに対応する以下の三つである。

- ・ 交差点出会い頭衝突防止アプリケーション用伝搬モデル
- ・ 右折衝突防止アプリケーション用伝搬モデル
- ・ 見通しの悪いカーブでの追突防止アプリケーション用伝搬モデル

なお、上記の 3 モデルにおいて、道路幅などの環境パラメータは以下に示す値とする。

車線幅員：3.5m、路肩幅員：1.5m、中央帯幅員：2m（片側 1m）

以上をもとに、

片側 1 車線道路の片側幅員：6m、片側 2 車線道路の片側幅員：9.5m

（道路上での車両の位置は車線中央）

とする。また、右折衝突防止アプリケーション用伝搬モデルおよび見通しの悪いカーブでの追突防止アプリケーション用伝搬モデルは、レイトレーシング・UTD 計算によるものであり、伝搬モデルを用いるキャリア周波数を特定する必要がある。この周波数は、760MHz 帯および 5.8GHz 帯の二つを想定する。以下に、上記 3 つの伝搬モデルそれぞれについて示す。

a. 交差点出会い頭衝突防止アプリケーション用伝搬モデル

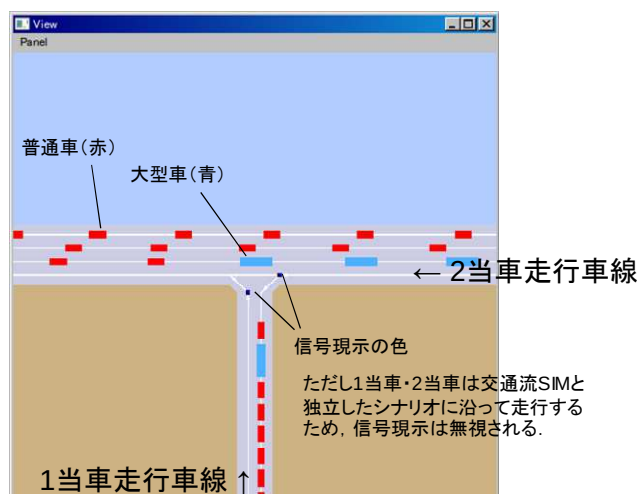


図 2.2-4 出会い頭衝突防止用伝搬モデル

このモデルは図 2.2-4 に示すような T 字路環境における出会い頭衝突事故を想定するものである。この環境における伝搬損失の計算は、前述の ITU-R P.1411-5 に基づく伝搬損失計算法を用いる。

ITU-R P.1411-5 に基づく伝搬損失計算法は十字交差点を想定したものであり、ここで想定する T 字交差点とは伝搬環境が異なるものと予想される（特に正面がつきあたりとなる道路の見通し内環境においては、つきあたりに建物などがあると見通し内伝搬損失が大きく変化する可能性がある）が、このシナリオにおいて特に重要となる見通し外環境における伝搬損失特性は、十字交差点の場合と大きな差はないと予想されることから、ITU-R P.1411-5 に基づく計算法を用いる。道路幅員などは前述の値を用いる。

b. 右折衝突防止アプリケーション用伝搬モデル



図 2.2-5 右折衝突防止用伝搬モデル

このモデルは図 2.2-5 に示すような十字交差点における右折待ち車両が遮蔽車両となる対向車線上の車両間の事故を想定するものである。図 2.2-5 に示す遮蔽車両を設置した場合の送受信車両間(1 当車・2 当車間)の伝搬損失をレイトレーシング計算によって求める。なお、レイトレーシングは大きな計算量を必要とするものであり、シミュレーション実施時に毎回レイトレーシング計算を行うのは適切ではない。そこで、事前に、送信車両・受信車両それぞれを、適切な間隔（たとえば 10m など）の離散的な位置に置いた場合の伝搬損失（複数レイの合成は電力次元の和をとることにより行う）をレイトレーシングにより計算して二次元のテーブルとして与え、実際にシミュレーションで伝搬損失値を計算する場合（つまり、離散的ではない任意の送信車両・受信車両の位置における伝搬損失を計算する場合）には、テーブルとして与えられた伝搬損失値を適切に補間することにより伝搬損失値を計算する方法が適切な方法の一つとして考えられる。このようなテーブルの計算例を付録 2 に示す。

道路は片側二車線道路とし、前述の道路幅員の値を用いる。遮蔽車両の大きさは、幅 2.5m × 高さ 3.8m × 長さ 12m とする。図 2.2-5 には遮蔽車両以外の車両も記されているが、レイトレーシング計算で考慮するのは、大地面、十字交差点を構成する建物壁（高さ方向および交差点から離れる方向の長さは無限大）および遮蔽車両のみとする（送受信点は点として存在するだけであり送受信車両もレイトレーシングには考慮しない）。また、遮蔽車両はセンターライン位置よりも中央帯片側幅員（1m）だけ飛び出した場所に位置することとする。

なお、基本モデルとしては、遮蔽車両による回折経路に関して、遮蔽車両の側面で一回回折する伝搬経路および底面エッジで一回回折し大地で反射する経路を考慮し、側面エッジおよび上面エッジでの二回回折経路は考慮しないこととする。これは、二回回折を考慮する場合の回折計算が容易ではないことを考慮し、シミュレーションを容易に実現することを意図したものであるが、今後二回回折の影響（特に回折により遮蔽車両上面を越えている伝搬経路の影響）を考慮することが課題である。

また、レイトレーシング計算にはキャリア周波数をパラメータとして使用するので、ここで与えられる伝搬損失テーブルの値は対象とする 760MHz 帯および 5.8GHz 帯においてのみ有効である。

c. 見通しの悪いカーブでの追突防止アプリケーション用伝搬モデル

見通しの悪いカーブでの追突防止

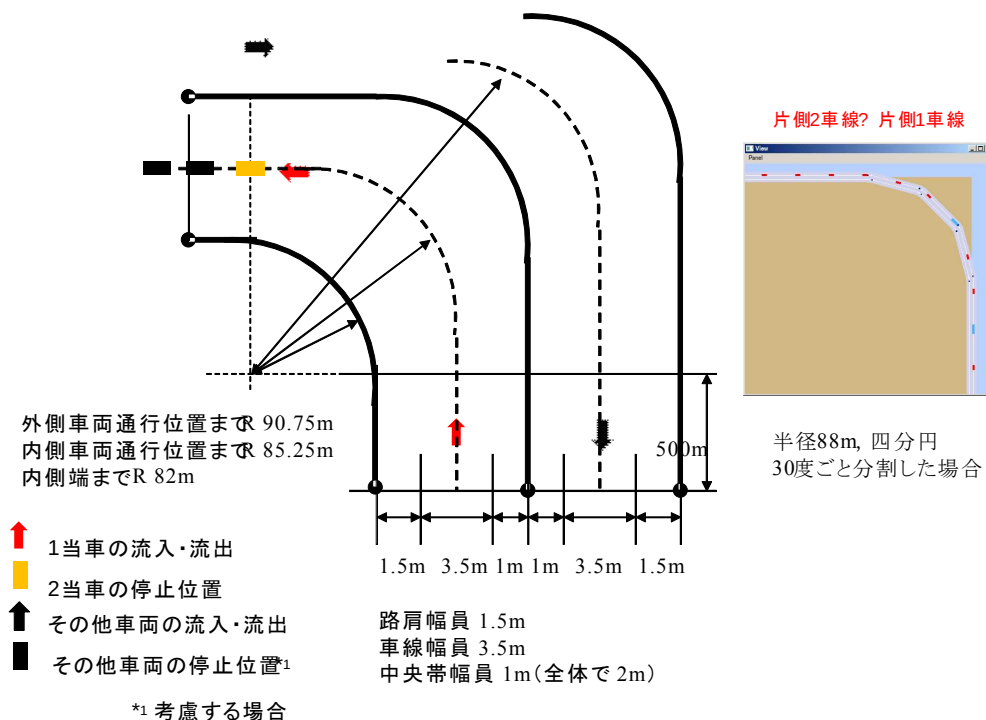


図 2.2-6 見通しの悪いカーブでの追突防止用伝搬モデル

このモデルは、見通しの悪いカーブの先に渋滞が発生しているような状況における追突事故を想定したアプリケーションの評価用である。カーブ内側は金属壁があり、見通しが遮られているものとする。この環境を以下のようにモデル化する。

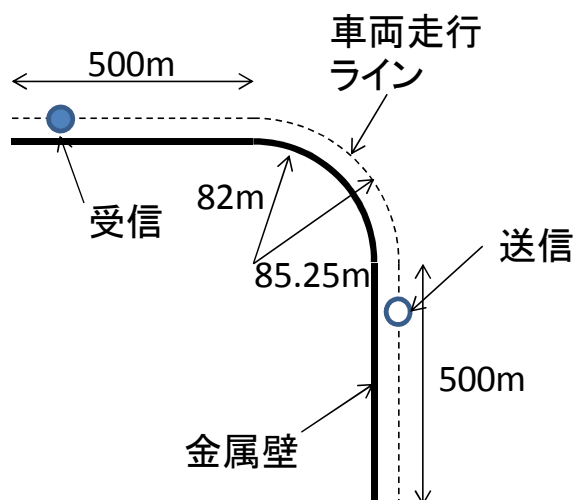


図 2.2-7 カーブ追突防止用伝搬モデルで想定する環境

この環境において、送受信点が上図に示す車両走行ライン上の任意の位置にある場合の送受信点間の伝搬損失を以下の計算方法によって与える。

なお、この場合にも右折衝突防止アプリケーション用伝搬モデル同様に、毎回レイトレーシング的な計算を行うのは効率的ではなく、事前に計算しておいたテーブルを補間するなどして用いることが適切である。付録 2 にテーブルの計算例を示す。

[送受信点間が見通し内となる場合]

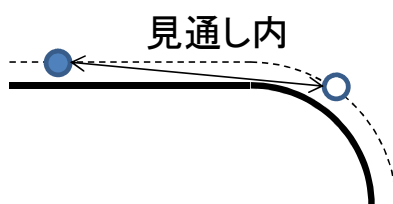


図 2.2-8 送受信点間が見通し内の場合

図 2.2-8 に示すような送受信点間が見通し内となる場合には、伝搬損失は、自由空間伝搬損失によって計算する。自由空間伝搬損失 $L_{fs}(\text{dB})$ は以下の式によって与えられる。この値は、上記のようにテーブルを参照・補間する方法でもよいし、以下の式 2.2-7 の計算を行ってもよい。

$$L_{fs} = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right) \quad \text{式 2.2-7}$$

[送受信点間が見通し外となる場合]

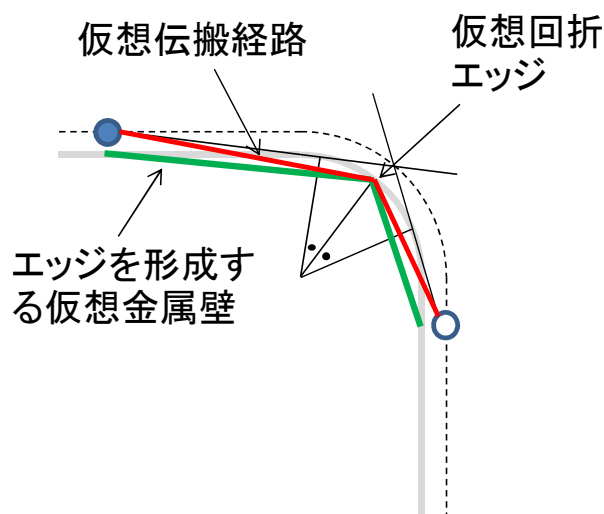


図 2.2-9 送受信点間が見通し外の場合

図 2.2-9 に示すような送受信点間が見通し外となる場合には、カーブを一つのエッジとみなすことにより、UTD (Uniform Theory of Diffraction : 一様回折理論) 計算により送受信点間の伝搬損失を計算することとする。以下、その方法を示す。

まず、送信点・受信点それぞれから、カーブに対する接線を引く。その二つの接点をカーブの中心から見込む角度に対して二等分線を引き、カーブ金属壁との交点を求める。この点を仮想回折エッジとする。さらに、送信点、受信点、から最も近いカーブ金属壁の位置を求め、その点と回折エッジとを結ぶ直線が、エッジを形成する壁面であると仮定する (この壁面も金属材料を仮定する)。このような仮定の結果、送受信点間には、緑線で示す壁面により構成された仮想エッジを回折する赤線で示す伝搬路が仮想的に形成される。この回折経路の伝搬損失を UTD により計算する。

UTD 計算は一般に簡単ではなく、たとえば P.1411-5 の計算式のようなものでは表されない。したがってここでは、間隔 10m ごとに送信点・受信点のそれぞれの位置を変化させた二次元のテーブルを別途計算してこれを提示し、シミュレーション実施時にはこのテーブルを補間することにより、任意の送信点・受信点位置における伝搬損失を計算するものとする。なお、上記の計算モデルでは、カーブモデルでは見通し外となるがエッジモデルでは見通し内となるような受信点位置が低確率ながらも存在し得る。このようなケースが発生した場合には、シミュレーション実施という観点では、その受信点位置は見通し内と扱って計算して差支えない。付録 2 に示すテーブル (10m 間隔の計算) ではこのようなケースについてを見通し内として扱っている。

なお、レイトレーシング計算には周波数をパラメータとして使用するので、ここで与えられる伝搬損失テーブルの値は対象とする 760MHz 帯および 5.8GHz 帯においてのみ有効である。

また、この計算方法は、簡易に実施できることを目的として曲率のあるカーブを一つのエッジで近似するなど、伝搬的観点からの精度については議論の余地がある。あくまでシ

ミュレーション実施を目的とした伝搬計算データであることに注意する必要がある。

2.2.2 道路モデル

本節は、第 3 章以降の各シナリオが想定する道路モデルに関して、国土交通省道路局の URL（出典：http://www.mlit.go.jp/road/sign/kouzourei_kaisetsu.html）に掲載されている道路構造令の各規定の解説する。

(1) 道路構造令について

① 道路構造令の法律における位置づけ

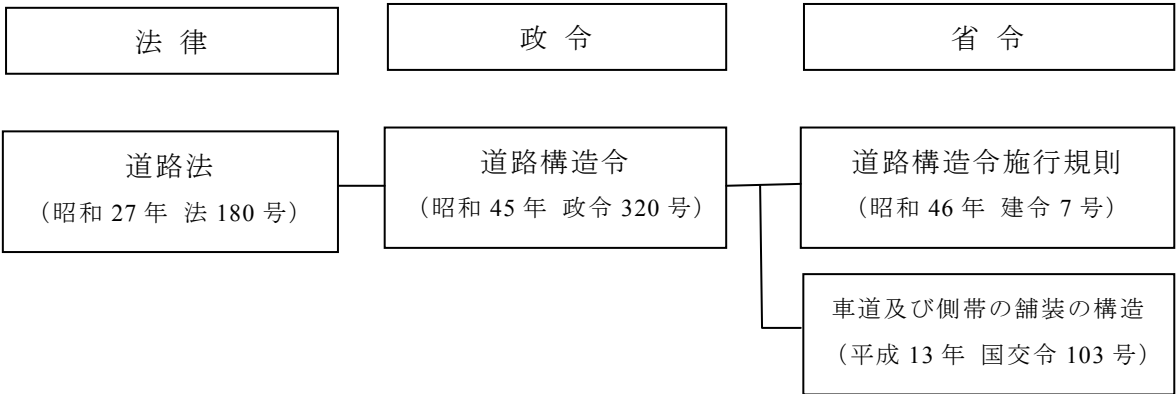


図 2.2-10 道路構造令の位置づけ

② 道路構造令の特徴

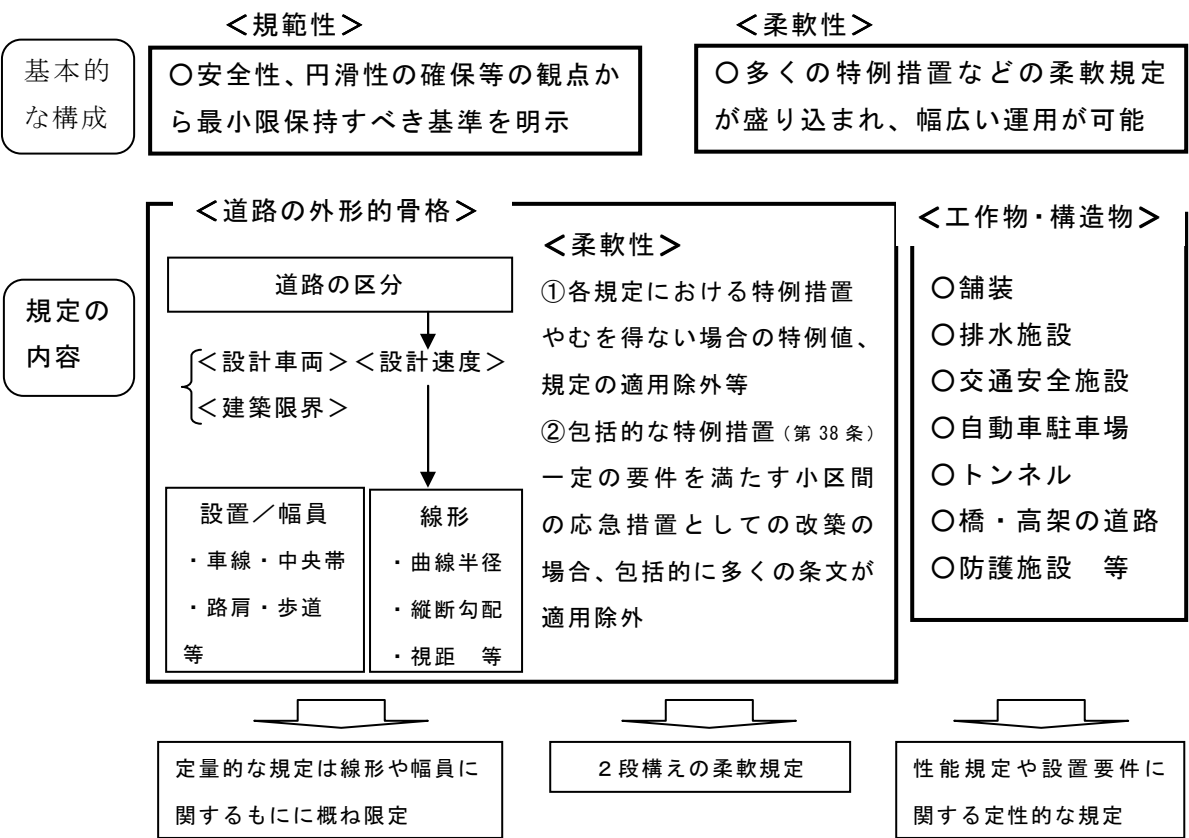


図 2.2-11 道路構造令の特徴

(2) 道路の区分と設計速度、設計車両

① 道路の区分、設計速度、設計車両

道路構造の各規定を決定するために前提となる規定として、図 2.2-12 に示す通り「道路の区分」、「設計車両」、「設計速度」の規定がある。

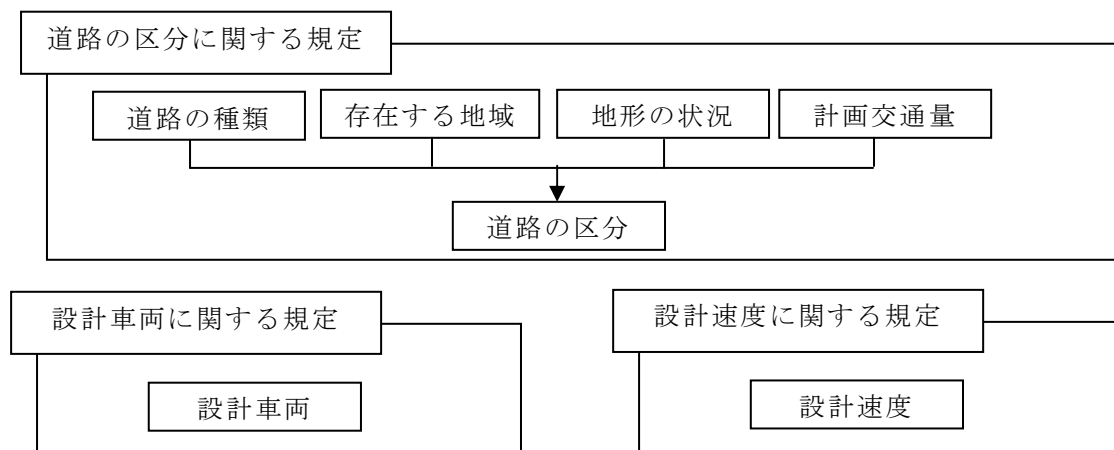


図 2.2-12 道路の区分、設計速度、設計車両

② 道路の種別

道路構造令では、「道路の別」と「道路の存する地域」、また、「道路の存する地域」は「地方部」と「都市部」に区分され、これらの組み合わせることにより、道路の種別を第 1 種から第 4 種まで分類している。

a. 道路構造令第 3 条第 1 項

表 2.2-1 道路の種別 a

道路の存在する地域 高速自動車国道及び 自動車専用道路又はその他の道路の別	地方部	都市部
	第 1 種	第 2 種
高速自動車国道及び自動車専用道路	第 1 種	第 2 種
その他の道路	第 3 種	第 4 種

※都市部：市街地を形成している地域又は市街地を形成する見込みの多い地域をいう。

※地方部：都市部以外の地域をいう。

※第 3 条第 2 項により第 1 級から第 5 級に区分されている。

表 2.2-1 道路の種別 b

道路の種別	計画交通量 台／日		3 万台 以上	2 万～ 3 万台	1 万～ 2 万台	1 万台 未満
第 1 種	高速自動車国道	平地部	第 1 級	第 2 級		第 3 級
		山地部	第 2 級	第 3 級		第 4 級
	高速自動車国道以外	平地部	第 2 級		第 3 級	
		山地部	第 3 級		第 4 級	
第 2 種	地区		大都心都市部以外		大都心の都市部	
	高速自動車国道		第 1 級			

	高速自動車国道以外		第 1 級			第 2 級		
第 3 種	計画交通量 台／日		2 万台 以上	4 千～ 2 万台	1.5 千 ～4 千	5 百～ 1.5 千	5 百台 未満	
	一般国道	平地部	第 1 級	第 2 級	第 3 級			
		山地部	第 2 級	第 3 級	第 4 級			
	都道府県道	平地部	第 2 級		第 3 級			
		山地部	第 3 級		第 4 級			
	市町村道	平地部	第 2 級		第 3 級	第 4 級	第 5 級	
		山地部	第 3 級		第 4 級		第 5 級	
第 4 種	計画交通量 台／日		1 万台 以上	4 千～ 1 万台	5 百～ 4 千台	5 百台 未満		
	一般国道		第 1 級		第 2 級			
	都道府県道		第 1 級	第 2 級	第 3 級			
	市町村道		第 1 級	第 2 級	第 3 級	第 4 級		

③ 設計車両

a. 道路構造令第 4 条

- ・第 1 種、第 2 種、第 3 種第 1 級、第 4 種第 1 級の道路
：小型自動車、セミトレーラ連結車
- ・その他の道路：小型自動車、普通自動車

表 2.2-2 設計車両

設計車両 諸元	小型 自動車	普通 自動車	セミトレー ラ連結車
長さ	4.7m	12m	16.5m
幅	1.7m	2.5m	2.5m
高さ	2m	3.8m	3.8m
前端オーバーハング	0.8m	1.5m	1.3m
軸距	2.7m	6.5m	前軸距 4m 前軸距 9m
後端オーバーハング	1.2m	4m	2.2m
最小回転半径	6m	12m	12m

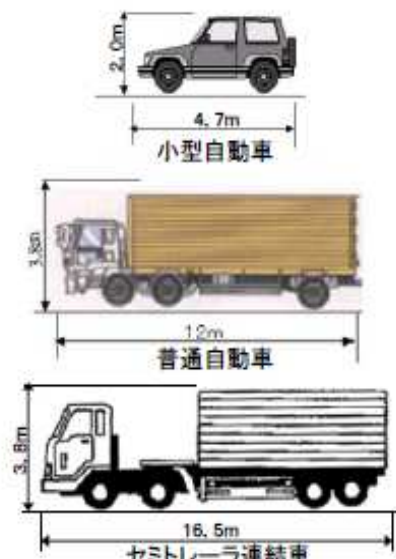


図 2.2-13 設計車両

④ 設計速度

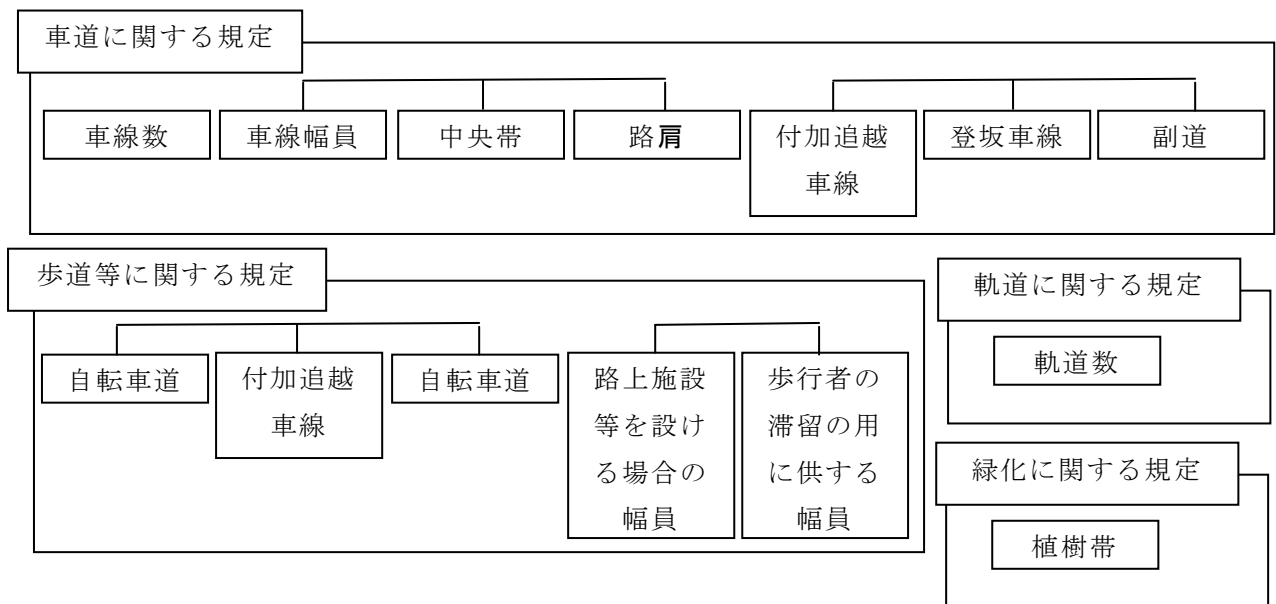
a. 道路構造令第 13 条

道路（副道を除く。）の設計速度は、道路の区分に応じ、表 2.2-3 の設計速度の欄の上欄に掲げる値とする。ただし、地形の状況その他の特別の理由によりやむを得ない場合においては、高速自動車国道である第 1 種第 4 級の道路を除き、同表の設計速度の欄の下欄に掲げる値とすることができる。

表 2.2-3 設計速度

区分		設計速度（1時間につきキロメートル）	
第1種	第1級	120	100
	第2級	100	80
	第3級	80	60
	第4級	60	50
第2種	第1級	80	60
	第2級	60	50又は40
第3種	第1級	80	60
	第2級	60	50又は40
	第3級	60、50又は40	30
	第4級	50、40又は30	20
	第5級	40、30又は20	
第4種	第1級	60	50又は40
	第2級	60、50又は40	30
	第3級	50、40又は30	20
	第4級	40、30又は20	

(3) 幅員構成



出典（国土交通省道路局 HP：道路構造令の各規定の解説）

図 2.2-14 幅員構成

① 車線数

a. 道路構造令第5条第2項

道路の区分及び地方部に存する道路にあつては地形の状況に応じ、計画交通量が次の表の設計基準交通量（自動車の最大許容交通量をいう。以下同じ。）の欄に掲げる値以下である道路の車線（付加追越車線、登坂車線、屈折車線及び変速車線を除く。次項において同じ。）の数は、2とする。

表 2.2-4 車線数が 2 の場合

区分		地形	設計基準交通量（1 日つき台）
第 1 種	第 2 級	平地部	14,000
	第 3 級	平地部	14,000
		山地部	10,000
	第 4 級	平地部	13,000
		山地部	9,000
第 3 種	第 2 級	平地部	9,000
	第 3 級	平地部	8,000
		山地部	6,000
	第 4 級	平地部	8,000
		山地部	6,000
第 4 種	第 1 級		12,000
	第 2 級		10,000
	第 3 級		9,000
交差点の多い第 4 種の道路については、この表の設計基準交通量に 0.8 を乗じた値を設計基準交通量とする			

b. 道路構造令第 5 条第 3 項

第 2 項に規定する道路以外の道路の車線の数 は 4 以上、第 2 種の道路で対向車線を設けないものの車線の数 は 2 以上とし、当該道路の区分及び地方部に存する道路にあつては地形の状況に応じ、表 2.2-5 に掲げる 1 車線あたりの設計基準交通量に対する当該道路の計画交通量の割合によつて定めるものとする。

表 2.2-5 車線数が 4 以上の場合

区分		地形	設計基準交通量（1 日つき台）
第 1 種	第 1 級	平地部	12,000
	第 2 級	平地部	12,000
		山地部	9,000
	第 3 級	平地部	11,000
		山地部	8,000
	第 4 級	平地部	11,000
		山地部	8,000
第 2 種	第 1 級		18,000
	第 2 級		17,000
第 3 種	第 1 級	平地部	11,000
	第 2 級	平地部	9,000
		山地部	7,000
	第 3 級	平地部	8,000
		山地部	6,000
	第 4 級	山地部	5,000
第 4 種	第 1 級		12,000
	第 2 級		10,000
	第 3 級		10,000
交差点の多い第四種の道路については、この表の 1 車線あたりの設計基準交通量に 0.6 を乗じた値を 1 車線あたりの設計基準交通量とする。			

② 車線幅員

a. 道路構造令第5条第4項

- ・車線の幅員は、道路の区分に応じ、表 2.2-6 に掲げる値とする。
- ・ただし、必要がある場合、やむを得ない場合は、() 内の値とすることができる。

表 2.2-6 車線幅員

道路の区分		普通道路の車線幅員 () 内特例値	道路の区分		普通道路の車線幅員 () 内特例値
第 1 種	第 1 級	3.50m (3.75m)	第 3 種	第 1 級	3.50m
	第 2 級	3.50m (3.75m)		第 2 級	3.25m (3.50m)
	第 3 級	3.50m		第 3 級	3.00m
	第 4 級	3.25m		第 4 級	2.75m
第 2 種	第 1 級	3.50m (3.25m)	第 4 種	第 1 級	3.25m (3.50m)
	第 2 級	3.25m		第 2 級	3.00m
				第 3 級	3.00m

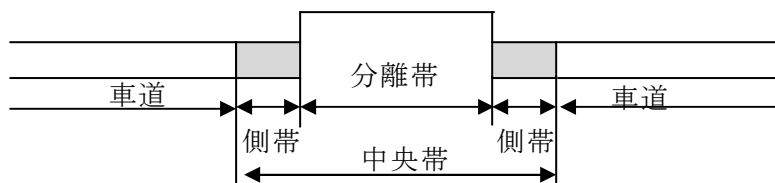
③ 中央帯

a. 道路構造令第6条第4項、第6項

- ・中央帯及び側帯の幅員は、道路の区分に応じて表 2.2-7 に掲げる値とする。
- ・100m以上のトンネル、50m以上の橋、高架の道路や地形等によりやむを得ない場合は、右欄の値まで縮小することができる。

表 2.2-7 中央帯（幅員）

種別区分		最低幅員		側帯の幅員	
		規定値	特例値	規定値	特例値
第 1 種	第 1、2 級	4.50m	2.00m	0.75m	0.25m
	第 3、4 級	3.00m	1.50m	0.50m	0.25m
第 2 種	第 1 級	2.25m	1.50m	0.50m	0.25m
	第 2 級	1.75m	1.25m	0.50m	0.25m
第 3 種		1.75m	1.00m	0.25m	
第 4 種		1.00m		0.25m	



出典（国土交通省道路局 HP：道路構造令の各規定の解説）

図 2.2-15 中央帯構成

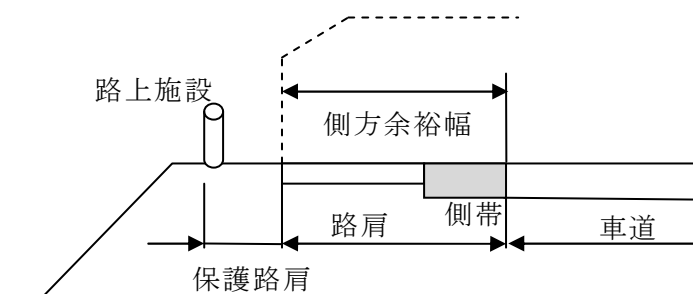
④ 路肩

a. 道路構造令第8条第1項、第7項（設置要件・構成）

- ・道路には車道に接続して路肩を設ける。
- ・ただし、中央帯又は停車帯を設ける場合においては、この限りでない。
- ・歩道、自転車道又は自転車歩行者道を設ける道路にあつては、道路の主要構造部を保護し、又は車道の効用を保つために支障がない場合においては、車道に接続する路肩を設けないことができる。

b. 道路構造令第2条第12号（路肩）

道路の主要構造物を保護し、又は車道の効用を保つために、車道、歩道、自転車道又は自転車歩行者道に接続して設けられる帯状の道路の部分という。



出典（国土交通省道路局 HP：道路構造令の各規定の解説）

図 2.2-16 路肩の構造

c. 道路構造令第8条第2項、第4項、第7項（路肩 幅員）

- ・普通道路の車道の左側に設ける路肩の幅員は、表の左欄に掲げる値以上とする。
（やむを得ない場合は、右欄の値まで縮小できる）
- ・普通道路の車道の右側に設ける路肩の幅員は、表に掲げる値以上とする。

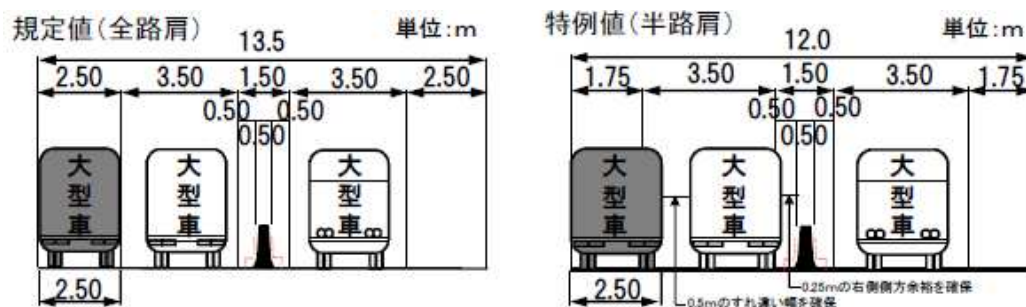
表 2.2-8 路肩（幅員）

種別区分		左側に設ける幅員		右側に設ける幅員
第1種	第1、2級	2.50m	1.75m	1.25m
	第3、4級	1.75m	1.25m	0.75m
第2種		1.25		0.75m
第3種	第1級	1.25m	0.75m	0.50m
	第2級～第4級	0.75m	0.50m	
	第5級	0.50 m		
第4種		1.75m		0.50m

d. 道路構造令第8条第3項、第4項（路肩 分離片側1車線の第1種の道路）

表 2.2-9 路肩（分離片側1車線の第1種の道路）

種別	級別	路肩の最低幅員	
		左側	
		規定値	特例値
第1種	第2級	2.50m	1.75m
	第3級		
	第4級		2.00m

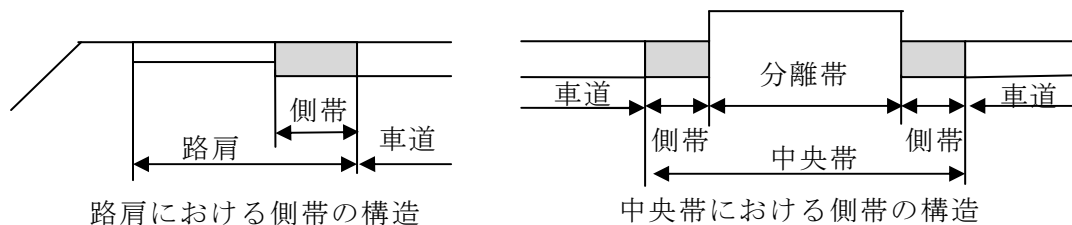


出典（国土交通省道路局 HP：道路構造令の各規定の解説）

図 2.2-17 路肩（分離片側1車線の第1種の道路）

⑤ 側帯

a. 道路構造令第2条第13号（側帯）



出典（国土交通省道路局 HP：道路構造令の各規定の解説）

図 2.2-18 側帯の構造

b. 道路構造令第6条第5項、第6項 側帯（中央帯内）

表 2.2-10 側帯（中央帯内）

種別	級別	中央帯に設ける側帯の幅員	
第 1 種	第 1 級	0.75m	0.25m
	第 2 級		
	第 3 級	0.5m	
	第 4 級		
第 2 種		0.5m	0.25m
第 3 種		0.25m	
第 4 種		0.25m	

b. 道路構造令第8条第8項、第9項 側帯（路肩内）

表 2.2-11 側帯（路肩内）

種別	級別	路肩に設ける側帯の幅員	
第1種	第1級	0.75m	0.5m
	第2級		
	第3級	0.5m	0.25m
	第4級		
第2種	第1級	0.25m	
	第2級		

⑥ 歩道（幅員）

a. 道路構造令第11条第3項、第4項、第5項

- ・歩行者交通量が多い道路は3.5m以上、その他の道路は2m以上とする。
- ・幅員は、その道路の歩行者の交通の状態を考慮して定める。

b. 道路構造令第10条の2第3項、第11条第4項

- ・路上施設等を設ける場合、道路構造令第10条の2第2項、第11条3項に規定する幅員の値に以下の値を加えて同項の規定を適用する
- ・幅員は、その道路の歩行者の交通の状態を考慮して定める。

表 2.2-12 路上施設等を設ける場合の幅員

横断歩道等を設ける場合	3m
ベンチの上屋を設ける場合	2m
並木を設ける場合	1.5m
ベンチを設ける場合	1m
その他	0.5m

2.2.3 交通流シミュレーションモデル

(1) 共通事項

現実に近い交通環境を再現するために、交通流シミュレータを用いて車両の位置を計算する。

交通流シミュレーションモデルは、マクロスコピック（巨視的）モデルとミクロスコピック（微視的）モデルに大別される。マクロスコピックモデルは、車両の集団的挙動を流体等の物理モデルに近似するものであり、ミクロスコピックモデルは、個々の車両の挙動を計算するものであるが、車両間の通信を扱う場合には個々の車両の位置を明確に取り扱うことのできるミクロスコピックモデルが望ましい。

ミクロスコピックモデルはさらに、車両位置を連続的に扱うモデルと、道路区間を数 m から十数 m の小領域に区切り、その小領域単位で車両位置を離散的に扱うモデル（セルオートマトンに代表される）に細分化されるが、ここでは車両位置を連続的に扱うモデルを選択した。

現段階では通信結果は車両挙動にフィードバックされないため、電波伝搬・通信シミュレーションと交通流シミュレーションは独立して実行可能である。安全運転支援シミュレーションシナリオでは交通流シミュレーション中の一瞬を切り取ったスナップショットを、環境シミュレーションシナリオおよびテレマティクスシミュレーションシナリオでは交通流シミュレーションの結果として得られた車両の走行軌跡（トレースデータ）を用いるものとした。

ここではこれらのデータを作成する際に使用したシミュレーションモデルについて記述する。

① 車両の走行ルール

a. 走行レーン

交通流シミュレータの内部では、道路ネットワークを、各車線を表すレーンを繋いだグラフ構造で表現する。実際の道路とは異なり、レーンは交差点内にも設置される(図 2.2-19)。車両は車線変更時を除いてこのレーン上を走行するものとし、車両の運動は前後方向の加速度のみによって制御される。ハンドル角等の制御は行われない。

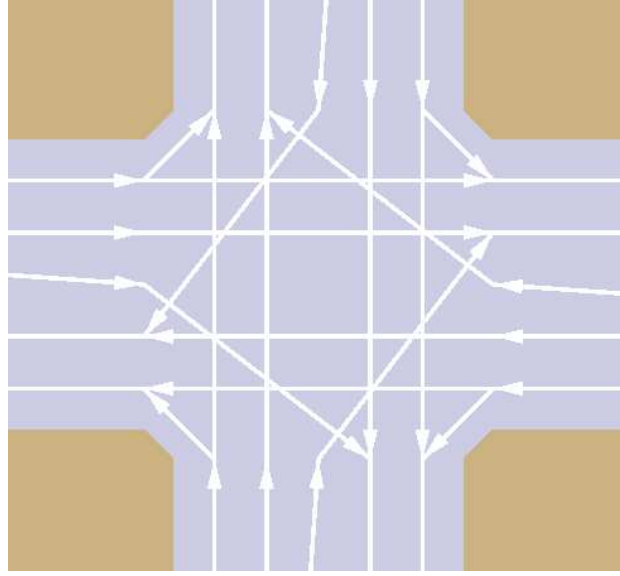


図 2.2-19 交差点内に設置されたレーン

b. 加速度制御モデル

車両の加速度決定は人間の判断に関わるため、理論的に正しい加速度制御モデルというものはない。現在でも多数のモデルが考案されている状況であり、ユーザはシミュレーションの目的に応じてモデルを選択することができる。ここでは低速から高速まで比較的広い領域で車両挙動を不自然なく表現できるとされる、以下の **Generalized Force Model**[文献 2-1]を採用した。

$$\begin{aligned}
 \frac{dv_{\alpha}}{dt} &= \frac{V_{\alpha}^*(s_{\alpha}, v_{\alpha}, \Delta v_{\alpha}) - v_{\alpha}(t)}{\tau_{\alpha}^*} \\
 \frac{1}{\tau_{\alpha}^*} &= \frac{1}{\tau_{\alpha}} + \frac{\Theta(\Delta v_{\alpha})}{\tau_{\alpha}''} \\
 V_{\alpha}^*(s_{\alpha}, v_{\alpha}, \Delta v_{\alpha}) &= \frac{\tau_{\alpha}'' V_{\alpha}(s_{\alpha}, v_{\alpha}) + \tau_{\alpha} \Theta(\Delta v_{\alpha}) v_{\alpha-1}(t)}{\tau_{\alpha}'' + \tau_{\alpha} \Theta(\Delta v_{\alpha})} \quad \text{式 2.2-8} \\
 V_{\alpha}(s_{\alpha}, v_{\alpha}) &= v_{\alpha}^0 (1 - \exp(-[s_{\alpha} - s(v_{\alpha})]/R_{\alpha})) \\
 s(v_{\alpha}) &= d_{\alpha} + T_{\alpha} v_{\alpha} \\
 \tau_{\alpha}'' &= \tau_{\alpha}' \exp([s_{\alpha} - s(v_{\alpha})]/R_{\alpha}')
 \end{aligned}$$

ここで、 $v_{\alpha}(t)$ は時刻 t における車両 α の速度、 v_{α}^0 は車両 α の希望速度、 Δv_{α} は車両 α とその先行車との速度差、 s_{α} は車間距離を表す。 Θ は Heaviside 関数である。また、[文献 2-1]を参考として $\tau_{\alpha}=2.45[\text{sec}]$ 、 $\tau_{\alpha}'=0.77[\text{sec}]$ 、 $T_{\alpha}=0.74[\text{sec}]$ 、 $d_{\alpha}=1.38[\text{m}]$ 、 $R_{\alpha}=5.59[\text{m}]$ 、 $R_{\alpha}'=98.78[\text{m}]$ を用いている。

Generalized Force Model は先行車との速度差、車間距離をもとに自車の加速度を決定するモデルであるが、実際の都市内交通を表現するため、信号現示や交差点内を通行中の車両等前方の道路状況を仮想的な先行車としてモデルに組み込み、それらに応じて加速度

を決定できるように拡張した。

② 車両の流入・流出と経路探索

車両は道路ネットワークの端点で発生し、端点に到達した車両はそこで消滅する。以下ではシミュレーションで用いた車両発生アルゴリズムと経路探索について記述する。

a. 車両の発生率

ネットワークの端点ごとに車種（大型車、普通車）および流入交通量を指定する。シミュレーション中は、指定された流入交通量 q_o [台/時]を 1 タイムステップあたりの発生率 p_o に変換して用いる。すなわち、

$$p_o = q_o \frac{\Delta t}{60 \cdot 60 \cdot 1000} \quad \text{式 2.2-9}$$

である（標準では $\Delta t = 100$ [msec]）。各ステップにおいて擬似乱数 $r(0 \leq r < 1)$ を評価し、 $r < p_o$ であれば車両を生成する。生成の履歴を記憶しないため、前車との間隔によらず発生率は一定であり、発生した車両の車頭時間間隔 t が T となる確率は

$$P(t=T) = p_o (1 - p_o)^{T-1} \quad \text{式 2.2-10}$$

となる（幾何分布）。例として、図 2.2-20 に流入交通量を 1000[台/時]としたときの車頭時間間隔のヒストグラムについて、理論値とシミュレーションによって観測された値を示す。

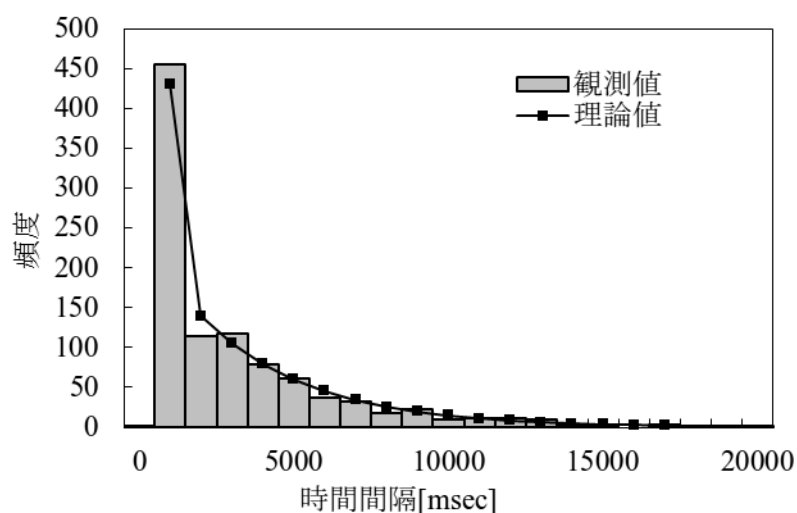


図 2.2-20 車頭時間間隔のヒストグラム（交通量 1000[台/時]）

b. 経路探索

車両は流入時に目的地となる流出地点が与えられる。テレマティクスシミュレーションシナリオでは道路が面的な広がりを持つため、流入地点（出発地）から流出地点（目的地）までの経路を探索する必要がある。ここでは Dijkstra 法[文献 2-2]を改良した A*アルゴリズム[文献 2-3]を用いて出発地と目的地を結ぶ最短経路を求めている。

第3章 安全運転支援アプリケーション用シナリオ

本章では、安全運転支援アプリケーション用シナリオに係わる検討結果を示す。

3.1 シナリオの目的と対象シナリオ

3.1.1 シナリオの目的

本章で述べるシナリオは、安全運転支援アプリケーションでの使用を想定した以下の3つの対象シナリオを定義したものである。

3.1.2 対象シナリオ

安全運転支援アプリケーションは、2.1.2 項「標準シナリオの選定」(2)で説明された交通事故対策アプリケーションであり、車車間通信を用いた安全運転支援を対象とし、具体的には表 2.1-1 に示された機能を提供する。本アプリケーションに関して、表 2.1-1 に示された機能に関連した以下の3つの事故防止シナリオを対象とする

- ① 出会い頭衝突防止
- ② 右折衝突防止
- ③ カーブ追突防止

上記①～③はそれぞれ、表 2.1-1 の「出会い頭衝突防止支援」「右折時衝突防止支援」、「周辺車両認知支援のカーブ追突防止支援」に対応するものであり、図 2.1-7 に示された自動車事故統計データの中でも発生頻度が顕著なものを選んでいる。

3.2 共通基本事項

3.2.1 道路走行モデルの基本的な考え方

- 1 当車と 2 当車の走行モデルは、目視のみによる走行時に事故の発生する走行パターン（走行車線、移動速度、出会いタイミング）とする。
- 道路上での車両の位置は車線中央を走行するものとする。なお、交差点で右左折する場合は、45 度の角度で車線移行を行うものとする。
- 1 当車と 2 当車の車両速度は、目視後、あるいは相手車からのパケットを受信した車両によって衝突が予見された後は「安全運転支援アプリ速度制御モデル」で制御される。
- 道路の寸法については 2.2.2 で示した道路構造令に準じて決定し、以下の値とする。
車線幅：3.5m、路側帯幅：1.25m、中央分離帯幅：2.25m（片側 1.125m）

したがって 1 車線道路の片側道路幅：約 6m、2 車線道路の片側道路幅：約 9.5m となる。

- 道路脇の建物や壁についてはシナリオ毎に条件設定するが、これらは目視を遮る効果に加え、電波のシャドウイング減衰を引き起こす。
- 交差点での電波伝搬をある程度実際に近いものとするため、電波伝搬損失モデルは 2.2.1 で示したモデルを用いる。これは ITU-R で規定された伝搬損失+遮蔽によるシャドウイング損失を考慮している。なお、シナリオ②右折衝突防止の大型車両の遮蔽による場合はレイトレースによる精密な受信電力計算を行うため、フェージング変動を考慮する必要はないが、建物の遮蔽によるシャドウイング損失は平均損失であるため、フェージング変動を考慮する必要がある。
- 1 当車と 2 当車以外のその他車両は、1 当車と 2 当車の走行車線以外に、2.2.3 で示した交通流シミュレーションモデルで生起してスナップショット配置する。
- その他車両は目視の遮蔽および電波の遮蔽を引き起こすほか、ITS 車車間通信装置実装比率に応じた車車間通信トラヒックを発生する。このトラヒックで生起する送信のうち、1 当車または 2 当車と隠れ端末の関係にあるその他車両からの同時送信が干渉となって 1 当車-2 当車間の通信品質に悪い影響を与える可能性がある。

3.2.2 安全運転支援アプリ速度制御モデル

- 1 当車と 2 当車の車両走行速度は、「安全運転支援アプリ速度制御モデル」の適用以前はシナリオ毎に予め固定され、一定速度走行状態と一定加速度での減速または増速状態から構成される。
- 「安全運転支援アプリ速度制御モデル」は車両種別（大型車、普通車・二輪車）毎に定義され、
A.制動なし（一定速度走行状態）、B. 制動あり（一定加速度減速状態）の 2 状態とする。
制動減速加速度は、大型車 1m/s、普通車・二輪車 2m/s とする。
- 制動開始タイミングは「ドライバアクションモデル」で決定される。
「ドライバアクションモデル」では目視或いは相手車からのパケットを受信した車両によって衝突が予見された後から、実際に車両が制動を開始するまでの時間を、ある平均値と分散を持った正規分布として扱う。平均値の代表的な値は 4.1 秒とする。

3.2.3 通信方式諸元と送信トラヒック

(1) 通信方式および無線周波数帯は以下の 2 種類から選択する。

A. IEEE 802.11p /5.9 GHz 帯（シングルチャネル運用）

B. ARIB STD T-109 /760MHz 帯

両者はいずれもアクセス方式に IEEE802.11 シリーズの CSMA/CA 方式を用い、物理層にはシンボル長が 8 μ s の OFDM 変調を使用するなど共通点が多い。伝送速度のデフォルト値は車車間通信が 6 Mbps (QPSK/符号化率 1/2)、車路間通信が併用される場合の車路間通信の伝送速度のデフォルト値は 12 Mbps (16QAM/符号化率 1/2)とする。

(2) 安全運転アプリでは、データペイロードが 100 byte のブロードキャストパケットが各車両から 100ms 間隔で送信され、送信時刻は車両毎にランダムな値をとる。

(3) 1 当車と 2 当車の ITS 車車間通信装置の実装は「有り」または「無し」とする。その他車両の ITS 車車間通信装置実装比率は 0～100% の範囲とする。

3.2.4 評価項目

評価項目としては以下がある。

(1) 1 当車と 2 当車間の平均パケット伝送成功率

各 シナリオに対して、1 当車、2 当車間の距離（経路長）に対する平均パケット伝送成功率を評価する。

(2) 1 当車と 2 当車間の累積パケット伝送成功率

各シナリオに対して、1 当車、2 当車間の距離（経路長）に対する累積パケット伝送成功率を評価する。ここで累積パケット伝送成功率は、受信車両が一定距離（5m/10m/15m のいずれかを選択）を走行する間に 1 回以上パケット受信に成功する確率である。パケットの送信間隔を 100 ms 一定とした場合、一定距離を走行する時間は走行速度に反比例するので、走行速度が高いほど、この間の送信回数が減少する。走行区間長に対する平均パケット送信回数を時速 20、40、70 km/h の場合について表 3.2-1 に示す。

表 3.2-1 走行区間距離での平均パケット送信回数

走行距離(m) 車速 (km/h)	5	10	15
70	2.57	5.14	7.71
40	4.5	9	13.5
20	9	18	27

(3) 衝突発生率

1 当車と 2 当車の衝突発生率である。1 当車と 2 当車に ITS 車車間通信装置が搭載されていた場合と搭載されていない場合の衝突発生率を比較することで、ITS 車車間通信の効果を評価することができる。

3.3 出会い頭衝突防止シナリオ

出会い頭衝突防止シナリオの設定条件一覧を図 3.3-1~図 3.3-2 に示す。

3.3.1 道路配置および車両走行条件

本シナリオでは、図 3.3-1 および図 3.3-2 に示した丁字路（T 字路）における出会い頭衝突事故について取り扱う。図中の左右方向の道路が片側 2 車線の主道路であり、そこに片側 1 車線の従道路（上下方向）が直角に接続する。道路の端点から交差点までの距離はすべて 500m である。

1 当車は従道路から交差点に進入して左折しようとし、2 当車は主道路を右から左へ直進する。その際、2 当車は主道路の左側端の車線を走行する。1 当車、2 当車の走行経路以外の車線にはその他車両を配置する。

なお、本シナリオのように交差する道路の幅員の差が明らかな場合、従道路を走行中の車両は徐行して交差点に進入しなければならないことが道路交通法第 36 条によって定められているが、本シナリオでは安全運転支援アプリ速度制御モデルに従うものとし、2 当車の認知が遅れると 1 当車は 2 当車に衝突する。

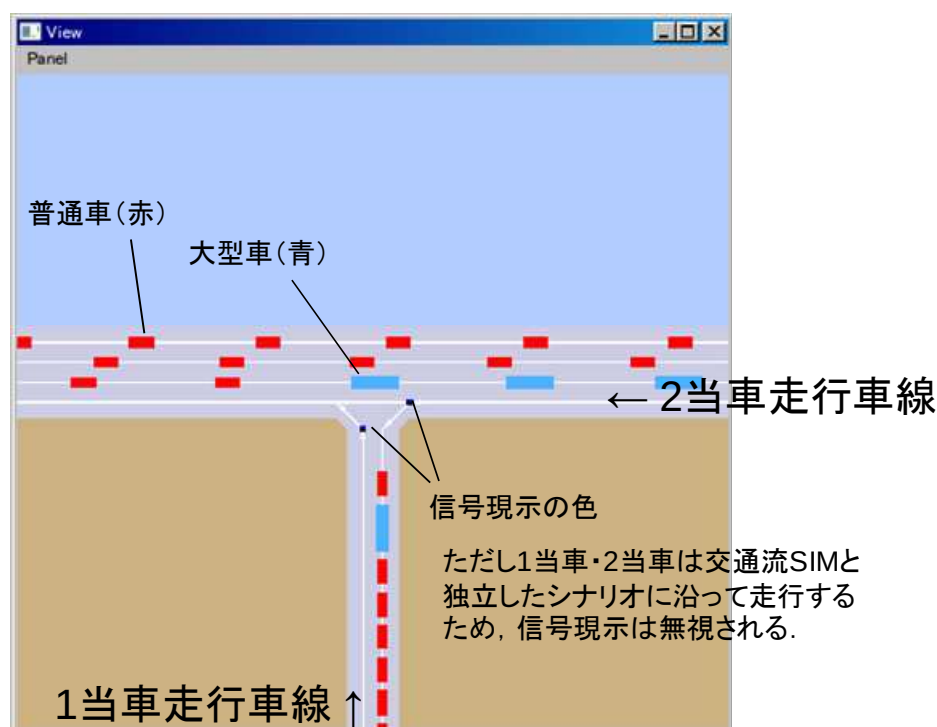


図 3.3-1 出会い頭衝突防止シナリオの道路配置および車両走行

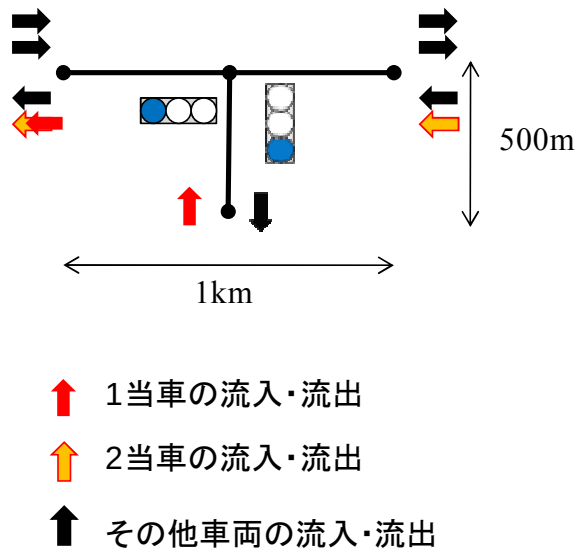


図 3.3-2 道路配置および車両走行条件（出会い頭衝突防止）

3.3.2 建物による遮蔽の扱い

建物は図 3.3-1 の交差点に対して右下角と左下角に存在するものとし、異なる道路上にある 1 当車と 2 当車に対して遮蔽による目視の不能と、電波のシャドウイング減衰を引き起こす。電波のシャドウイング減衰については、ITU-R P.1411-5 の NLOS 環境の計算式を用い、詳細は 2.2.1 に示した。

3.4 右折衝突防止シナリオ

右折衝突防止シナリオの設定条件一覧を図 3.4-1~図 3.4-2 に示す。

3.4.1 道路配置および車両走行条件

本シナリオでは、図 3.4-1 および図 3.4-2 に示した十字路における右折車と対向直進車の衝突事故について取り扱う。対象となる交差点に接続する各道路とも片側 2 車線であり、道路端点から交差点までの距離はすべて 500m である。

1 当車は図の下から上方向に道路の中央寄り車線を走行して交差点を右折しようとし、2 当車は図の上から下方向に道路の左側端の車線を走行して交差点を直進しようとする。1 当車、2 当車の走行経路以外の車線にはその他車両を配置する。なお 2 当車が走行する道路の中央寄り車線に配置された車両の前方には右折待ちの大型車両が置かれ、1 当車、2 当車間の目視および電波伝搬を遮蔽する。この遮蔽車両の車頭位置は交差道路のセンターラインから 1m だけ 1 当車が走行する道路寄りである。本来、右折車である 1 当車は直進車である 2 当車の走行を妨げてはならないが、遮蔽車両によって 2 当車の存在に気付かないと 1 当車は右折して 2 当車に衝突する。



図 3.4-1 道路配置および車両走行条件（右折衝突防止）

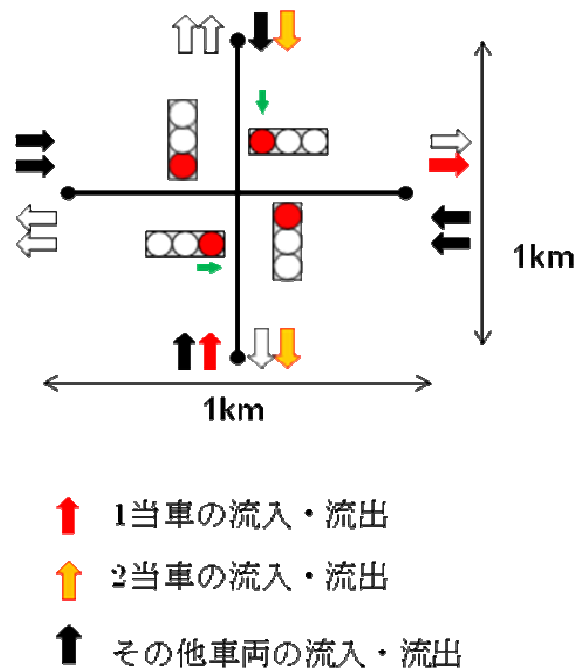


図 3.4-2 道路配置および車両走行条件（右折衝突防止）

3.4.2 大型車両による遮蔽の扱い

右折衝突防止シナリオでは図 3.4-1 に示すように交差点に大型車両を 1 台配置する。この大型車は、2.2.2 項の表 2.2-2 の普通自動車のサイズ(幅 2.5 m, 高さ 3.8 m, 長さ 12 m) とする。この車両はこのサイズを有する直方体の金属として、目視を遮ると共に、電波の遮蔽体としてシャドウイングを引き起こす。シャドウイング損失は送受信点間をレイトラッキングすることによって算出し、その詳細は 2.2.1 で示したとおりである。

3.5 カーブ追突防止シナリオ

カーブ追突防止シナリオの設定条件一覧を図 3.5-1 に示す。

3.5.1 道路配置および車両走行条件

本シナリオでは、図 3.5-1 に示したカーブ路において、カーブの下流に停車している車両への追突事故について取り扱う。対象となる道路は半径 88m (センターラインで規定) の四分円を 30 度毎の直線に分割したカーブ路と、それに接続する 500m の直線路によって構成される。各方向とも 1 車線の道路である。

図 3.5-1 の下から 1 当車が走行し、2 当車はカーブの終端付近で停車している。1 当車、2 当車が配置されない対向車線にはその他車両が配置される。カーブによって 2 当車の認知が遅れると 1 当車は 2 当車に追突する。

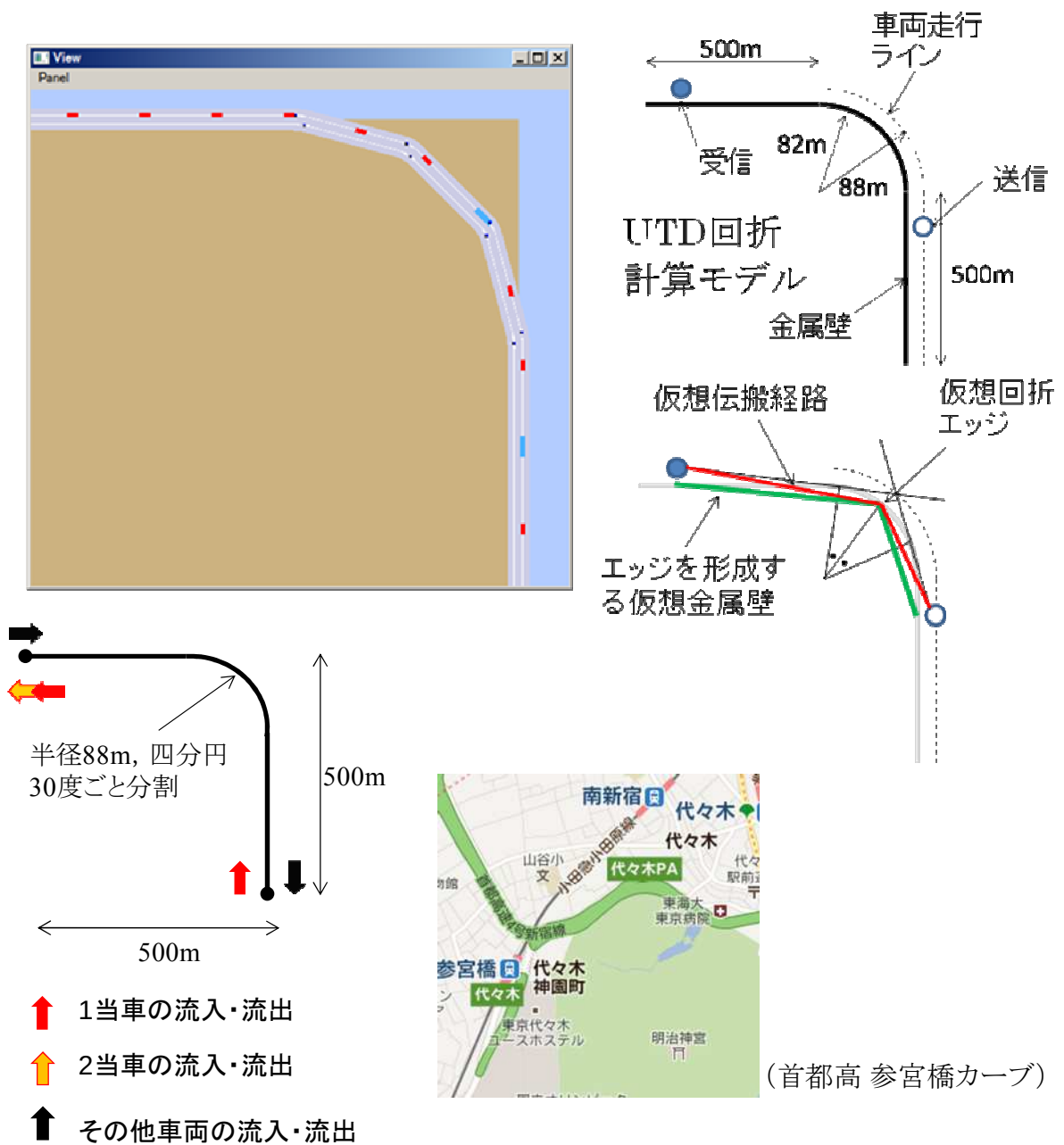


図 3.5-1 道路配置および車両走行条件（カーブ追突防止）

3.5.2 カーブ路による回折損失の扱い

カーブ路ではカーブ内側の壁面での回折損失によって見通しが遮られ、パケット伝送成功率が低下する。カーブ壁面は大きな金属円柱の側面的一部分として扱うことができるが、この場合の回折損失は、カーブを一つのエッジとみなすことにより、UTD (Uniform Theory of Diffraction : 一様回折理論) 計算により求めることとする。その詳細については 2.2.1 の伝搬モデルの項に示したとおりである。

この損失を求める際に 1 当車の車両位置は理想的な円弧を描くものとして求めるので、交通流シミュレータにおける四分円を 30 度毎の直線に分割してカーブ路を近似した場合の走行奇跡とは一致しない。そこで、交通流シミュレータにおけるカーブでの車両位置は、カーブ開始位置を 0 度として 90 度までの角度表示とし、対応する角度における回折損失値を参照することで車両位置の不整合を吸収することができる。

3.6.1 シナリオ

シナリオNo. Safety-201	
タイトル:	安全運転支援アプリケーション用シナリオ
I 評価概要	
シナリオ概要 交通事故対策アプリケーションであり、交通事故統計分析から発生頻度の高い以下の事故防止支援を対象とし評価する。 - 出会い頭衝突防止支援 - 右折衝突防止支援 - 周辺車両認知支援(カーブ追突防止支援)	
想定(再現する状況や事象) 共通的な基本事項として、以下のモデルを想定する。 - 道路走行モデル - 安全運転支援アプリ速度制御モデル - 通信方式諸元と送信トラヒック	
評価内容 評価項目として、以下を評価する。 - 1当車と2当車間の平均伝送パケット率 - 1当車と2当車間の累積伝送パケット率 - 衝突発生率	
II 想定	
凡例 ●, ■ : 採用 ○, □ : 不採用 □ : 複数選択可 ○ : 一つのみ選択	
環境 ☒ 都市部 ☒ 郊外	
道路種別 ☒ 高速道路(カーブ追突防止支援) ☒ 一般道路	
道路形状 出会い頭衝突防止支援 ☐ 直線 ☐ 曲線(曲率半径: _____) ☒ 任意形状(T字路交差点) ☒ 車線数: _____ 主道路: 片側2車線、従道路: 片側1車線 ☒ 双方向通行 ☐ 一方通行	
右折時衝突防止支援 ☐ 直線 ☐ 曲線(曲率半径: _____) ☒ 任意形状(十字路交差点) ☒ 車線数: _____ 双方向道路: 2車線 ☒ 双方向通行 ☐ 一方通行	
カーブ追突防止支援 ☒ 直線(前後500m) ☒ 曲線(曲率半径: 88m) ☐ 任意形状 ☐ 車線数: _____ 片側2車線 ☐ 双方向通行 ☒ 一方通行	
交通トラフィック ☒ 一般車 ☐ 隊列車両(流入比率: 単独/可変) _____ ☐ 隊列専用レーン有 ☐ 隊列指定レーン有 ☒ 指定なし(混走)	
その他 ☐ 信号 ☐ 遮音壁 ☐ 植樹帯 ☐ トンネル ☐ 合流 ☐ 分流 ☒ その他(出会い頭: 建物遮蔽有、右折衝突: 大型車遮蔽有、追突防止: カーブ回折損失有)	
III 評価指標	
入力変数/評価パターン(評価グラフの横軸) ・出会い頭: 1当車は従道路から侵入、2当車は主道路を右から左に侵入、走行以外の車線にその他車両を配置 ・右折衝突: 1当車が中央車線を走行し右折、2当車は対向右折停車待ち、走路以外にその他車両を配置 ・カーブ追突: 1当車が走行し、2当車はカーブ終端付近で停車、対向車線にその他車両を配置	
評価指標(評価グラフの縦軸) - 1当車と2当車間の平均伝送パケット率 - 1当車と2当車間の累積伝送パケット率 - 衝突発生率	

3.6.2 モデルの概要

以下に IEEE801.11p/5.9GHz 帯を示す。ARIB STD T-109/760MHz に関しては、ARIB Web サイトの詳細仕様を参照の事。

B. モデル概要:

シナリオNo. Safety-01

モデルの分類		代表的なモデル		
大分類	中分類	モデル・規格名	モデルの説明	備考
1. プロトコルモデル	物理層・MAC層	■ IEEE 802.11p		
		■ IEEE 1609.4		
	ネットワーク層	■ IEEE 1609.3	WSMP	
	トランスポート層	■ IEEE 1609.3	WSMP	
	アプリケーション層	■ 安全運転支援用プロトコルアプリケーション	ブロードキャスト, 周期的送信	アプリケーション層において, 100msec周期通信, 100Byte/通信.
2. 通信トラフィックモデル	宛先モデル	■ Broadcast		
	トラヒックソース	□ 出会い頭衝突防止支援		
		□ 右折時衝突防止支援		
		□ カーブ追突防止支援		
3. 電波伝搬モデル	伝搬損失モデル	■ ITU-R P.1411-5 Street canyons LOS・NLOSモデル(一部修正)		図2.2-9を参照
	フェージング/反射/シャドウイング/回折等	■ 送受信点が見通し外となる場合、UTD計算		
4. 道路モデル	出会い頭衝突防止	■ T字路交差点	都市/郊外	3.3.1参照
交通トラヒックモデル	右折時衝突防止支援	■ 十字路交差点	都市	3.4.1参照
モビリティモデル	カーブ追突防止支援	■ カーブ路	高速道路	3.5.1参照

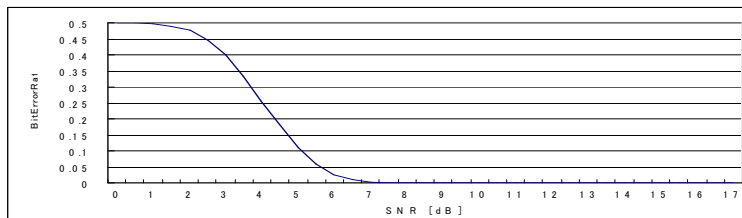
3.6.3 プロトコルモデル(IEEE802.11p)

C.1. プロトコルモデル

シナリオNo. Safety-01

中分類	代表的なモデル		モデル依存のパラメータ／データセット	
	モデル・規格名	パラメータ名	代表的な値	採用する値
物理層・データリンク層	■ IEEE802.11p PHY	周波数	5.85-5.925 GHz CCH ch.178 (5.885-5.895MHz)	CCH ch.178
		変調方式	OFDM (52 subcarriers modulated using BPSK / QPSK/ 16QAM, 64QAM, Coding rate 1/2 2/3, 3/4	OFDM (QPSK 1/2)
		伝送速度	3 / 6 / 12Mbps	6Mbps
		帯域幅	10 / 20 MHz	10MHz
		送信出力	0, 10, 20, 28.8 dBm	20dBm
		アンテナ指向性	無指向性	無指向性
		アンテナ高	普通車 2m以下 大型車 3.8m以下	普通車 1.5m 大型車 3.8m
		アンテナ利得		0dBi
		キャリアセンス感度	-85dBm for 10MHz	-85dBm *1
		BERモデル		下図を参照のこと
		サブキャリア数	52	52
		BPSK-OFDM シンボル長	8us	8us
		ガードインターバル長	1.6us	1.6us
		PLPCプリアンプル長	32us	32us
		PLPCヘッダー長	8us	8us
		FFT, IFFT周期	6.4us	6.4us
		キャプチャ効果	考慮する／考慮しない	考慮する
		プリアンプル部キャプチャのための電力差スレッショルド	10dB	10dB
		データ部キャプチャの電力差スレッショルド	10dB	10dB

BERモデル



*1 最低レート(BPSK 1/2, 3Mbps)の信号の受信感度(-85dB)に等しいものとする。

中分類	代表的なモデル		モデル依存のパラメータ／データセット	
	モデル・規格名	パラメータ名	代表的な値	採用する値
物理層・データリンク層	IEEE802.11p MAC			
		方式	CSMA/CA	CSMA/CA *2
		スロット長	13us	13us
		コンテンション・ウィンドウ最大スロット数	aCWmax = 1023	1023
		コンテンション・ウィンドウ最小スロット数	aCWmin = 15	15
		SIFS長	32us	32us
		フレームサイズ	MTU 2304 oct. MAC headr 32oct. Trailer 4 oct.	MSDU + 36oct.
		ショートフレーム最大再送回数 (dot11ShortRetryLimit)	7	7
		ロングフレーム最大再送回数 (dot11LongRetryLimit)	4	4
		dot11RTSThreshold	3000	3000
		BSSコンテキスト外での運用 (dot11OCBEnabled)	true	true
		キュー長		150,000 Bytes
		EDCA	ACI 01 AIFS	SIFS + 9 x slot time
	ACI 00 AIFS		SIFS + 6 x slot time	SIFS + 6 x slot time
	ACI 10 AIFS		SIFS + 3 x slot time	SIFS + 3 x slot time
	ACI 11 AIFS		SIFS + 2 x slot time	SIFS + 2 x slot time
	AC 01 (BK) CWmin		aCWmin	aCWmin
	AC 01 (BK) CWmax		aCWmax	aCWmax
	AC 00 (BE) CWmin		aCWmin	aCWmin
	AC 00 (BE) CWmax		aCWmax	aCWmax
	AC 10 (VI) CWmin		(aCWmin + 1) / 2 - 1	(aCWmin + 1) / 2 - 1
	AC 10 (VI) CWmax		aCWmin	aCWmin
	AC 11 (VO) CWmin		(aCWmin + 1) / 4 - 1	(aCWmin + 1) / 4 - 1
	AC 11 (VO) CWmax	(aCWmin + 1) / 2 - 1	(aCWmin + 1) / 2 - 1	

*2 全てのトラフィックに関して、バックオフを行うものとする。

中分類	代表的なモデル		モデル依存のパラメータ／データセット		
		モデル・規格名	パラメータ名	代表的な値	採用する値
物理層・データリンク層	■	IEEE1609.4	使用／未使用	使用／未使用	使用
			マルチチャネル オペレーション	あり／なし	なし *4
	CCH	CCH 各ACのAIFS	EDCAパラメータと同じ	EDCAパラメータと同じ	
		CCH 各ACの TXOP limit	0	0	
		CCH 各ACの CWmin, CWmax	EDCAパラメータと同じ	EDCAパラメータと同じ	
		EDCAカテゴリ	AC00(BE)	AC00(BE)	
		LLC	LLCヘッダ	8 Bytes	8 Bytes

*4 車両間でチャネル同期は行わないものとする。

3.6.4 プロトコルモデル(アプリケーション)

C. 個別モデル: 1b. プロトコルモデル(アプリケーション)

シナリオNo. Safety-01

中分類	代表的なモデル		モデル依存のパラメータ／データセット		採用する値
		モデル・規格	パラメータ名	代表的な値	
アプリケーション層	■	安全運転支援用プロトコル	送信元	安全運転支援車両	安全運転支援車両
			宛先	周辺車両	周辺車両
			APDUサイズ	100Byte	100Byte
			APDU生成周期	100msec	100msec
			連送	なし	なし
			使用チャネル	CCH / SCH	CCH
			EDCAカテゴリ	AC01/00/10/11	AC11

3.6.5 電波伝搬モデル

C.3. 電波伝搬モデル

シナリオNo. Safety-01

中分類	代表的なモデル		モデル依存のパラメータ／データセット		採用する値
		モデル・規格名	パラメータ名	代表的な値	
伝搬損失特性	●	ITU-R P.1411-5 Street canyons LOS・NLOSモデル (一部修正)	hb: アンテナ高1 hm: アンテナ高2 λ: 波長 d: 送受信点間距離 w1: 道路幅1 w2: 道路幅2 x1: 交差点距離1 x2: 交差点距離2 α: 交差点角度	1.5(m) 1.5(m) 0.052(m)(@5.8GHz) 0.397(m)(@760MHz) (位置依存)(m) 3.5×n+9.5(m)(n: 車線数) (位置依存)(m) (位置依存)(m) π/2(rad)	
	○	自由空間伝搬	λ: 波長 d: 送受信点間距離	0.052(m)(@5.8GHz) 0.397(m)(@760MHz) (位置依存)(m)	
	○	大地反射(2波モデル) [上記ITU-R P.1411-5のLOS式を用いる]			
フェージング変動特性	○	なし			
	●	レイリー	ドップラー周波数 (車々間通信の場合 には相対速度によ り求めること)		
反射		なし			
シャドウイング(建物)	●	建物遮蔽あり	出会い頭衝突防止支援		3.3.2項を参照
シャドウイング(車両)	●	大型車両遮蔽あり	右折衝突防止支援		3.4.2項を参照
回折	●	カーブ路回折損失あり	カーブ追突防止支援		3.5.2項を参照
キャプチャ効果					

ITU-R P.1411-5(ストリートキャニオン)を修正したモデルを用いる。詳細は2.2.1を参照のこと。
ITU-R P.1411-5修正モデルの利用にあたっては、道路幅(車道、路肩、歩道含む)以外のエリアには高層の建物が配置されていると仮定する。

3.6.6 道路モデル

C.4. 道路モデル・交通トラヒックモデル・ドライバアクションモデル

シナリオNo. Safety-01

中分類	代表的なモデル		モデル依存のパラメータ/データセット	
	モデル・規格名	パラメータ名	代表的な値	採用する値
車両サイズ	■ 大型車	サイズ(長さ×幅×高さ)	12m×2.5m×3.8m *1	12m×2.5m×3.8m *1
	■ 普通車	サイズ(長さ×幅×高さ)	4.7m×1.7m×2m *1	4.7m×1.7m×1.5m *1
速度制御モデル	■ 制動モデル		制動なし(一定速度走行状態) 制動あり(一定加速度状態)	制動なし 制動あり
	■ 制動減速加速度		大型車:1m/s 普通車・二輪車:2m/s	大型車:1m/s 普通車・二輪車:2m/s
ドライバアクションモデル	■ 目視またはパケット受信後から車両が制動開始するまでの時間		ある平均値と分散を持った正規分布	4.1秒
車載機搭載率	■ 1当車・2当車の車載搭載	車載搭載条件	あり・なし	あり・なし
	■ その他車両車載搭載率	車載搭載率	0～100%	0～100%
道路幅	■ 道路幅	片側2車線	車線数×2+中央分離幅/2+路肩 *2	9.5m
		片側1車線	車線数+中央分離幅/2+路肩 *2	6m
エリアサイズ	■ 出会い頭衝突防止支援	主道路	1km	1km
		従道路	500m	500m
	■ 右折時衝突防止支援	主道路	1km	1km
		従道路	1km	1km
	■ カーブ追突防止支援	道路	カーブ曲率88m+直線部500m前後	

*1 代表的な値は、道路構造例第4条の小型自動車、普通自動車に相当する設計諸元。

採用する値では、全高をアンテナ高と同じにした。

*2 第3種第1級の車線幅3.5m車線数、路肩1.25mおよび中央分離帯幅(2.25m)半分(1.25m)の加算とした

第4章 環境シミュレーションシナリオ

本章では、環境シミュレーション評価シナリオに係わる検討結果および事例等を示す。

4.1 環境シナリオ

ITS のひとつの目標として、自動車交通を円滑化、効率化することにより、環境負荷を軽減することが上げられる。[文献 4-10]によると、日本における乗用車のエネルギー消費量は全エネルギー消費量の 12%、トラックのエネルギー消費量は 8%に達する（2007 年当時）。CO₂ に関しては、日本における全排出量の 19%は運輸部門からで、その 90%が自動車からのものである（2008 年当時）。したがって、自動車交通の効率化は非常に重要である。

自動車交通における省エネルギーにつながるような研究開発の例として、協調走行の一形態である大型車両による自動走行・隊列走行の研究開発[文献 4-1][文献 4-10]がある。特に大型車両による隊列走行では、自動運転によるスムーズな加減速や不要なアクセルワークの削減、また、短い車間距離を維持した走行による空気抵抗低減により、走行時の燃費改善や CO₂ 排出量削減といった効果が期待できる[文献 4-10]。トラックの隊列走行では、空気抵抗の削減により、高速走行時の燃費を約 15%削減する効果がある。また、トラックの隊列走行には道路交通容量を増加させる効果があり、高速道路におけるトラックの隊列走行の普及率が 40%の時、CO₂ 排出量を 2.1%から 4.8%程度減少させることができる。¹

環境分野では標準シナリオとして、高速道路上での大型車両数台からなる隊列走行を想定し、その際の通信性能の評価するシナリオを選択する。

なお、本シナリオを構成する各種モデルやパラメータ等は 4.3 節にまとめる。

4.1.1 隊列走行と通信要件

隊列走行とは、同一方向に走行する複数車両がグループを形成し、縦列に並んで車間を詰めて走行する協調走行の一形態である。隊列走行の実現にあたっては、隊列を形成する車両間で情報交換を行い、車間距離を詰めた状態でも人手を介さずに安全な走行を実現する必要がある。このために自動運転技術と車車間通信技術の導入が必須と考えられている。

エネルギーITS 推進事業における隊列走行の研究開発[文献 4-1][文献 4-2]では、幹線道路を走行するトラックによる自動走行・隊列走行を対象としている。具体的には、トラック 3 台による隊列を高速道路上で車間距離 4m を維持しながら、80km/h で走行する技術を確認することを目標としており、2012 年度に実証実験を行う予定である。

隊列走行のためには、車車間通信による車両間での情報共有が必要である。一般に隊列に関連する通信として、大きく、隊列走行の運動制御用通信と走行支援用通信の二種類が考えられる。隊列運動制御用通信とは、走行位置、速度、加減速、操舵角、目標速度、目

¹ 横浜～沼津間の約 100 km 区間での隊列走行車と一般車の混走を想定したシミュレーション評価の結果。

標加速度といった車両の走行制御に必要な情報を交換するための通信である。一方、隊列走行支援用通信とは、隊列形成や運動の指示、意思確認といった隊列の維持管理を支援するための通信である。以下では制御用通信に絞って考える。

エネルギーITS 推進事業における、大型車両による隊列走行のための隊列運動制御用通信の要件を表 4.1-1 に示す。隊列走行のために、隊列を形成する各車両間で、車両の走行制御に必要な情報 50 バイトを 20msec 間隔で伝達することが必要とされている。通信距離は最大で 100m 程度、無通信許容時間は 100msec である。また、例えば隊列全体での緊急減速動作の際は、先頭車両からの減速指示を一台ずつ後方に伝え、最後尾車両から応答を返していくことで、後方車両から前方に順に減速を開始する。このときの通信時間をキックバック伝送遅れ時間と呼び、100msec を上限としている。

表 4.1-1 隊列走行のための通信要件（[文献 4-2]から抜粋）

項目	隊列走行通信要件
システム要件	・車間距離 :5～10m ・走行速度 :80km/h ・隊列 :1 列・3 台(大型)
通信データ量	最大 50byte
通信距離	車間距離最大 60m に対応
情報更新周期	20msec
許容伝送遅延	キックバック伝送遅れ時間 100msec(3 台隊列の場合) 先頭車送信データが先頭車にキックバックされる遅れ時間)
通信品質	継続して検討(無通信連続許容時間 100msec)
通信の相手方	特定車両

現在の隊列走行用の車車間通信システムの実装[文献 4-2]では、5.8GHz 帯を用いる実験規格である ITS FORUM RC-005[文献 4-3] に準拠した通信システムを用いており、さらに通信品質を向上させるために、20msec 周期で発生する情報を複製して 5 回送信している。このような送信方法を連送と呼び、連送された複製情報の少なくともひとつが周期以内(この場合は 20msec 以内) に到着すれば送信成功としている。

4.1.2 想定シナリオと評価項目

環境分野標準シナリオでは、地方高速道路を走行する大型車両（トラック）数台程度の隊列走行を想定し、隊列運動制御用通信の特性を評価する。本シナリオでは、すべての隊列が事前に形成されており、安定して走行している定常走行を想定する。単独の隊列走行における通信性能、隊列間の干渉の影響を評価する²。

評価項目として、アプリケーション層レベルの評価と媒体アクセス制御（MAC）層レベルの評価がある。アプリケーション層レベルの評価では、各車両で通信周期ごとに発生す

CO₂削減量は、当該区間全体での CO₂ 排出量を示す。

²隊列運動制御用通信が一般車両の通信と同一帯域で行われるかは、現時点では不明であるが、一般的には、隊列運動制御用通信には専用帯域を用いると考えられる。そこで、本標準シナリオでは、一般車からの通信を考慮しないこととした。

る運動制御用の情報の交換に関する評価であり、通信周期での隊列運動制御用通信の通信成功率、すなわち、車両で発生する情報を 20msec の通信サイクル内で他の全ての車両での受信に成功する割合を評価指標とする。媒体アクセス制御層レベルの評価では、通信周期に関係なく、総通信量、フレーム受信成功率が評価指標である。

本標準シナリオでは、シミュレーションの簡略化のために以下を想定する。本来、隊列の運動は通信の成否によって変化するが、シミュレーションにおいては通信の成否によらず、予め決められた隊列運動を行うものとする。本シナリオでは、隊列は事前に形成されており、解消は行わない。地方高速道路における走行を想定し、隊列は直線状の起伏のない道路の特定車線を走行するものとする。隊列車両を含む全ての車両は、前方車両を追従して走行し、車両の衝突やすり抜け等は発生しないものとする。通信には、走行制御のための周期的な通信を想定する。電波伝搬に関して、周辺建物等からの反射や回折、車両等によるシャドウイングは考慮しない。

4.1.3 プロトコルモデル

本シナリオのプロトコルモデルでは、WAVE 規格による DSRC を用いて³、隊列運動制御用通信を行うことを想定する。具体的には、IEEE802.11p[文献 4-4][文献 4-5]をベースとした非 IP 通信である WSMP を用いて、周期的な隊列運動制御用通信を行うモデルとする。

これまでのところ、WAVE 規格や関連する国際規格において、隊列走行関係の通信をどのように行うかは定義されていない。そこで、もっとも単純と考えられる IEEE802.11p を用いた 5.9GHz CSH におけるシングルチャネル・オペレーションを想定する。中位層には IEEE1609.3/4[文献 4-6][文献 4-7]を用い、WSMP による通信を行う。上位層にあたる隊列運動制御用通信については、エネルギーITS 推進事業で検討されている方式[文献 4-2]に準ずる。

(1) アプリケーション層プロトコル

隊列運動制御用通信は、各車両からの周期的な隊列内ブロードキャスト通信とする。各車両では、通信周期 20msec ごとに 50 バイトのデータ (APDU; Application Protocol Data Unit) を発生する。発生したデータを複製し、通信周期内で N 連送する。N の典型的な値は 5 であり、それを上限として可変とする。下位層での優先度は最高優先度 (EDCA AC11) とする。

³ 日本における隊列走行向けの通信システムの研究開発では、ITS FORUM RC-005 を用いているが、本シナリオを含む標準シナリオ全体で、WAVE 規格による DSRC を用いることを想定している。

(2) ネットワーク層とトランスポート層

IEEE1609.3/4 を用いた WSMP による通信を想定する。このために、APDU に WSMP ヘッダ、LLC ヘッダ、各 8 バイトが付与される。

(3) データリンク層／物理層

IEEE802.11p を用いることを想定する。5.9GHz CSH におけるシングルチャネルで通信するものとし、変調方式 OFDM(QPSK 1/2)、伝送速度 6Mbps、送信出力 100mW とする。媒体アクセス制御方式に CSMA/CA を用いる。

物理層、データリンク層に関する各パラメータは、IEEE802.11p 規格[文献 4-4][文献 4-5]に基づいている。ただし、以下の点に注意を要する。まず、CSMA/CA の動作に関して、初回送信時を含め、すべてのトラヒックでバックオフ動作を行うものとする。MAC 層の送信キューは十分に長いものとし、送信バッファ溢れを考慮しない。ただし、新しい APDU が生成されるごとに、送信キューはフラッシュされるものとする。

なお、IEEE1609.4 で規定されるマルチチャネル・オペレーションは使用せず、使用チャネルは 1 チャネルである。したがって、車両間でのチャネル同期は行わないものとする。

4.1.4 電波伝搬モデル

電波伝搬では見通し (LOS) のみ考慮し、周辺建物等からの反射や回折、車両等によるシャドウイングは考慮しない。LOS の電波伝搬モデルについては ITU-R 1411-5 の LOS 式を用いる。詳細については、第 2 章の 2.2.1 電波伝搬モデルを参照のこと。

4.1.5 道路モデル

隊列走行がはじめに運用されると想定されている比較的長距離の高速道路の地方部かつ平野部を想定する。このような道路は、法令上、第 1 種 1 級道路に該当し、本シナリオの道路構造に関するモデルやパラメータは道路構造令[文献 4-9]を参考に決定した。

道路線形は直線とし、双方向 4 車線 (片側 2 車線)、勾配なしとする。総道路長 (直線区間) は 10km とした。ただし、仮に 100km/h で車両が走行したとすると、この距離は僅か 6 分の走行時間に相当する距離に過ぎない。実際のシミュレーション実施に当たっては、系内の総車両数などの観点から実施可能なようであれば、道路長を長くすることが望ましい。特に隊列運動を想定するシミュレーションでは、道路長について考慮する必要がある。

道路断面構造は平面として単純化し、車線幅員等のパラメータ値は道路構造令に準じた値とした。

最大交通量は 1800 台/h/lane (乗用車換算台数) とした。この値は、平成 17 年度道路交通センサスにおける調査結果から高速道路における平日昼間 12 時間交通量が最大で約 100,000 台/12h (6 車線道路) であったことから、この値をもとに求めた値ある。

4.1.6 交通トラヒックモデル

本シナリオでは、ミクロモデルによる交通シミュレーションが適しているが、シナリオ上、通信の結果による車両の運動や挙動の変化がないことから、何らかの方法で取得された車両の走行軌跡（トレースデータ）を用いても構わない。以下は、交通シミュレーションの実施やトレースデータの生成の参考となるモデルについて述べる。

走行車両については大型車と普通車を想定し、与えられた発生交通量に対して、20%程度を大型車両とする。希望速度は大型車で 80km/h、普通車で 100km/h または、80km/h とする。車両の発生は各発生点で最大 1800 台/lane/h（乗用車換算台数）とする。

隊列は大型車 3 台で構成されるものとして、隊列内の車間は 4m とする。隊列は予め決められた指定車線（各方向で 1 車線）を走行する。本シナリオでは、隊列は常に維持されており、隊列の形成、分離等の隊列運動は想定しない。隊列の希望速度や最大加速度、最大減速度等、運動の諸元は大型車と同じとする。発生した大型車の一部もしくは全部が隊列を形成するものと考え、隊列の発生量はシミュレーション実行ごとに可変とする。

4.1.7 性能評価尺度

(1) アプリケーション層レベル

① 隊列運動制御用通信の通信成功率（Success ratio）

N 台からなる隊列の各車両は送信周期 T_p に 1 データ生成する。このデータが生成から T_p 以内に、他の全ての車両（ $N - 1$ 台）で正しく受信された場合を、通信成功とする。連送を用いる場合、連送されたフレームの少なくとも 1 フレームが T_p 以内に受信されれば、その車両においてデータが正しく受信されたものとする。

(2) MAC 層レベル

① 総通信量

有効シミュレーション時間 T_{sim} 中に送信されたフレームの平均通信量である。

$$\text{総通信量} = \frac{\sum_{i=1}^{N_v} \text{車両 } i \text{ の総送信量}}{\text{有効シミュレーション時間}} \quad \text{式 4.1-1}$$

ここで、 N_v は系内の総車両数を表す。

② フレーム受信成功率

N 台からのなる隊列において、生成された MAC フレームが送信車両以外の $N - 1$ で正しく受信される率である。

$$\text{フレーム受信成功率} = \frac{\text{総受信フレーム数}}{(N - 1) \times \text{総生成フレーム数}}, \quad \text{式 4.1-2}$$

4.2 事例：隊列走行シミュレーション

本シナリオを用いた例として隊列走行シミュレーションを以下に示す。

(1) シナリオ

図 4.2-1 に示すように、高速道路を想定した直線道路上において一定間隔に隊列を配置し、隊列運動制御用通信を実施する。隊列間の先頭車両同士の車頭距離、および隊列を構成する車両の台数が MAC 層のフレーム受信成功率に与える影響を測定する。



図 4.2-1 シミュレーション概要

上記概要に従い、標準シナリオと異なるパラメータ、標準シナリオに含まれないパラメータを以下に示す。

① 隊列内車両台数

ひとつの隊列を構成する車両の台数は隊列によらず等しいものとし、3 台で構成する場合と 5 台で構成する場合を測定する。また、隊列内車両台数が 5 台の場合には、通信挙動を安定させるために、コンテンションウィンドウサイズの最小値を 255 に設定する。

② 隊列間先頭車両車頭距離

ある隊列と隣の隊列の距離を示す指標であり、図 4.2-1 において L で表現されている。100 メートルから 700 メートルまで、100 メートル間隔で測定した。

③ 車両流入量

シミュレーションの簡易化のため、本事例では一般車両は流入しないものとする。隊列は直線上に一定間隔で配置され、その数は 3、5、7 として、それぞれの場合を測定する。図 4.2-2 に示すように隊列に番号をつける。

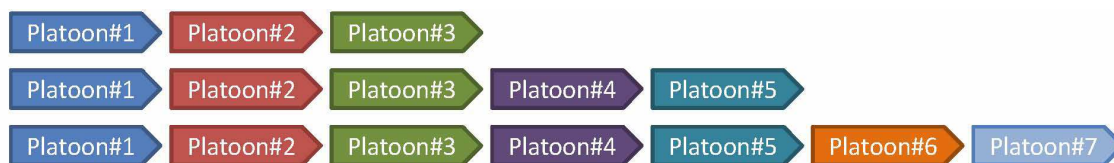
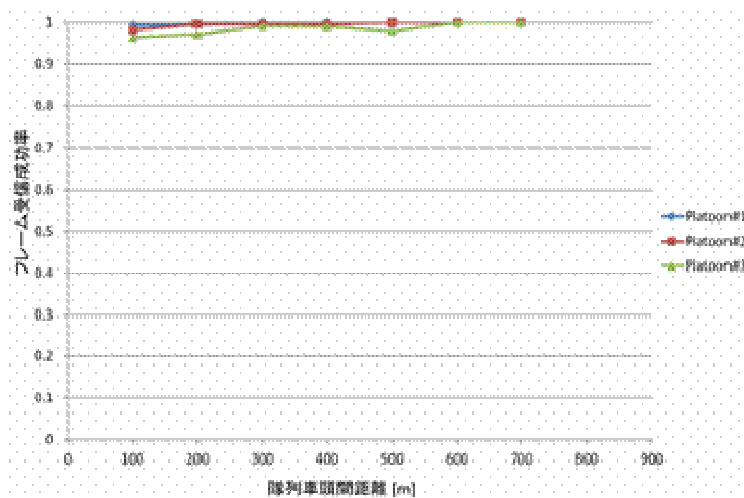
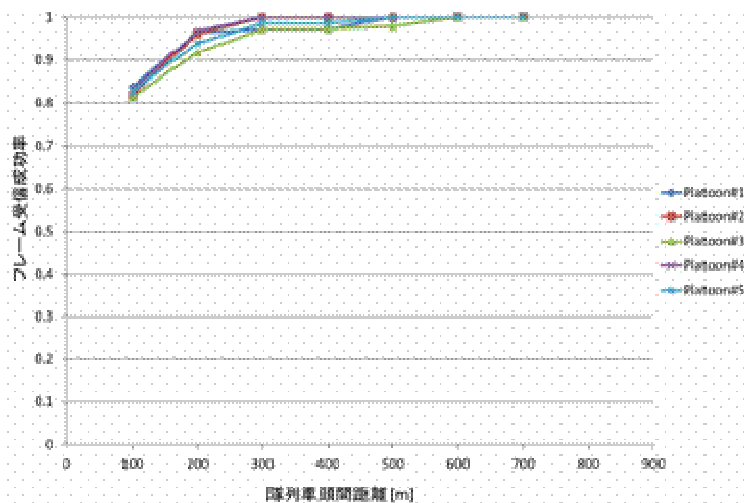


図 4.2-2 隊列番号

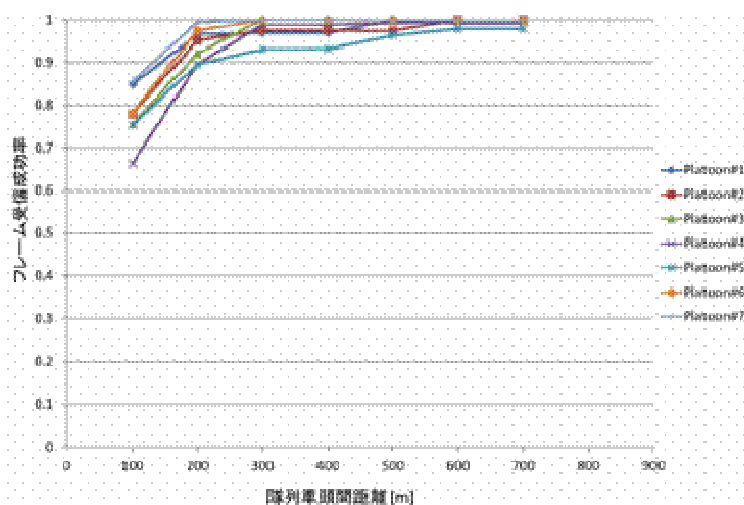
(2) シミュレーション結果



(a) 隊列の数が 3 の場合



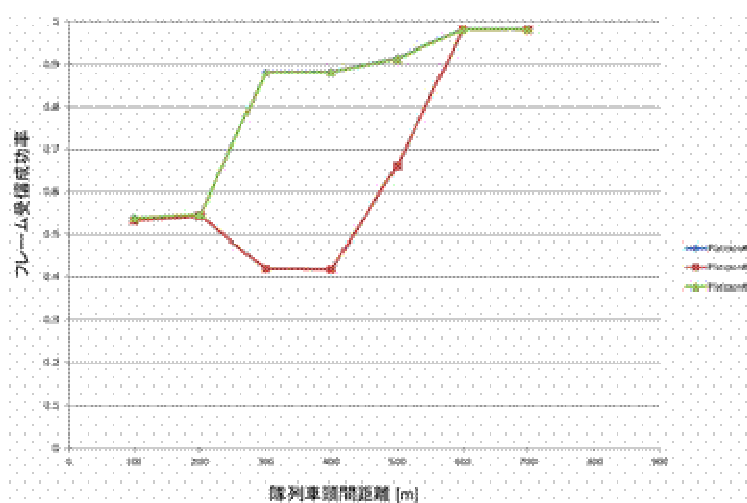
(b) 隊列の数が 5 の場合



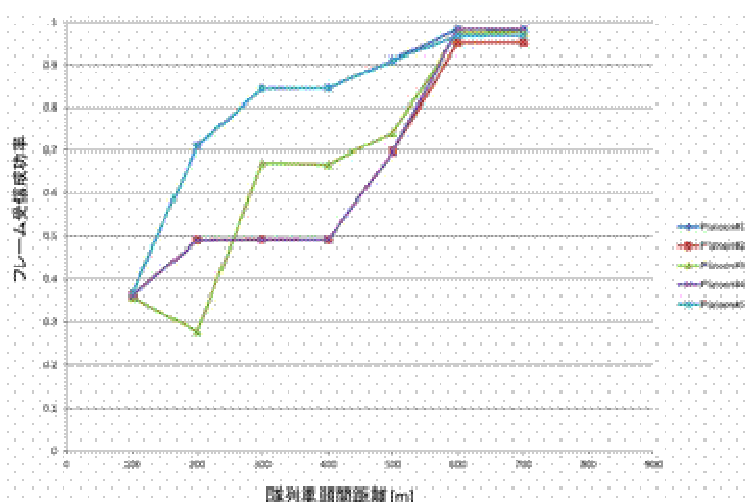
(c) 隊列の数が 7 の場合

図 4.2-3 隊列車頭間距離と MAC 層フレーム受信成功率の関係
(隊列内車両台数が 3 台の場合)

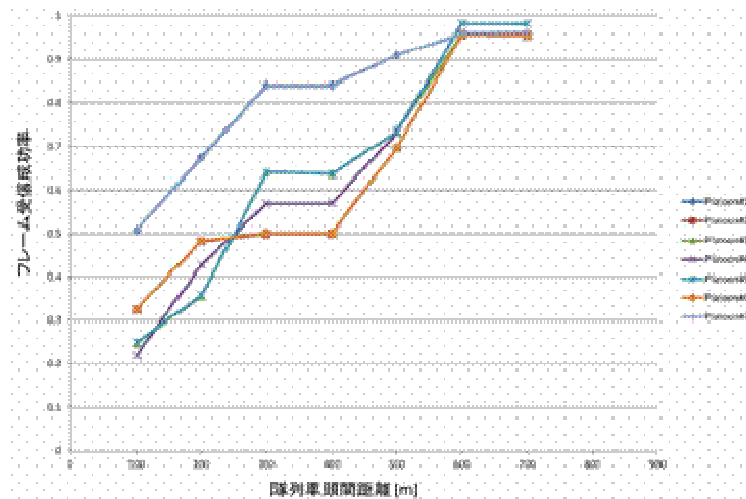
図 4.2-3 に隊列内車両台数が 3 台の場合の隊列車頭間距離と MAC 層フレーム受信成功率の関係を示す。隊列の数が 3 つの場合(a)、隊列車頭間距離が短いときも長いときも、ともにフレーム受信成功率はおよそ 1 に近い値を示している。隊列の数が 5 つの場合(b)、隊列車頭間距離が短いときにはフレーム受信成功率 0.8 程度である。隊列車頭間距離が長くなるにつれてフレーム受信成功率は上がり、隊列車頭間距離が 600 メートルになると、全ての隊列でパケット到着率はおよそ 1 に近い値である。隊列の数が 7 つの場合(c)、隊列車頭間距離が短いときにはフレーム受信成功率はおよそ 0.65 から 0.85 を示している。隊列車頭間距離が長くなるにつれて、フレーム受信成功率は上がり、隊列車頭間距離が 600 メートルになると、全ての隊列のフレーム受信成功率はおよそ 0.97 以上である。



(a) 隊列の数が 3 つの場合



(b) 隊列の数が 5 つの場合



(c) 隊列の数が 7 つの場合

図 4.2-4 隊列車頭間距離と MAC 層フレーム受信成功率の関係
(隊列内車両台数が 5 台の場合)

図 4.2-4 に隊列内車両台数が 5 台の場合の隊列車頭間距離と MAC 層フレーム受信成功率の関係を示す。隊列が 3 つの場合(a)、隊列車頭間距離が短い場合にフレーム受信成功率は等しく 0.53 程度である。隊列車頭間距離が長くなるにつれて、外側に配置された隊列はフレーム受信成功率が上がり、300 メートルのときにはおよそ 0.89、600 メートルではおよそ 0.99 を示す。内側の隊列は隊列車頭間距離を長くしていくと、いったんフレーム受信成功率が低下し、300 メートルのときにはおよそ 0.41 である。その後フレーム受信成功率は上がり、600 メートルのときには外側の隊列と同じく 0.99 程度になる。隊列の数が 5 つの場合(b)、隊列車頭間距離が 100 メートルのときにフレーム受信成功率はすべての隊列で等しく約 0.53 である。隊列車頭間距離を長くしていくと、単調ではないがフレーム受信成功率は増加する。その上がり方は、対称な配置にある隊列ごとに等しい上がり方を示す。隊列車頭間距離が 600 メートルのときに、フレーム受信成功率はすべての隊列でおよそ等しく、0.95 以上である。隊列の数が 7 つの場合(c)、隊列車頭間距離が 100 メートルのとき、フレーム受信成功率は 0.2 から 0.5 である。隊列車頭間距離を長くしていくと、それぞれの隊列でフレーム受信成功率は単調増加する。隊列車頭間距離が 600 になるとフレーム受信成功率はすべての隊列でおよそ等しく、0.95 以上である。

4.3 標準シナリオ

隊列走行アプリケーションの標準シナリオを以下に示す。

4.3.1 シナリオ

A. シナリオ: 隊列走行時の通信特性の評価

シナリオNo. Env-Com-01	
タイトル:	隊列走行時の通信特性の評価
I 評価概要	
シナリオ概要 地方高速道路を走行する大型車両(トラック)数台程度の隊列走行を想定し、隊列運動制御用通信の特性を評価する。本シナリオでは、すべての隊列が形成されており、安定している走行をしている定常走行を想定する。単独の隊列走行における通信性能、隊列間の干渉の影響を評価する。	
想定(再現する状況や事象) ・簡略化のために、通信の成否に関わらず予め決められた隊列運動を行うものとする。複合的な運動を考慮しない。 ・隊列を構成する車両の運動制御のための周期的な通信を想定する。 ・車両は前方車両を追従して走行し、車両の衝突やすり抜け等は発生しないものとする。 ・周辺建物等の電波伝搬への影響や、車両等によるシャドウイングを考慮しない。 ・道路上の車両密度、隊列の密度は可変とする。	
評価内容 以下の条件における、アプリケーション層レベルの隊列運動制御用通信の通信成功率、及び、MAC層における隊列運動制御用通信の総通信量、フレーム受信成功率の評価 ・隊列が単独で走行した場合。(通信の基本特性的の評価) ・隊列の密度が増加した場合。(隊列間の通信の干渉がある場合の通信性能の評価)	
II 想定	
凡例 ●、■：採用 ○、□：不採用 □：複数選択可 ○：一つのみ選択	
環境 ☐ 都市部 ■ 郊外	
道路種別 ■ 高速道路 □ 一般道路	
道路形状 線 ※ 高速道路 ■ 直線 □ 曲線(曲率半径：) □ 任意形状 ■ 車線数： 双方向4車線(片側2車線) ■ 双方向通行 □ 一方通行	
点 ※ 交差点 面 ※ 都市部 ☐ □	
交通トラフィック ■ 一般車 ■ 隊列車両(流入比率：単独／可変) ☐ 隊列専用レーン有 ● 隊列指定レーン有 ○ 指定なし(混走)	
その他 ☐ 信号 ☐ 遮音壁 □ 植樹帯 □ トネル □ 合流 □ 分流 ☐ その他()	
III 評価指標	
入力変数／評価パターン(評価グラフの横軸) 通信負荷(フレーム生成率，フレーム長)，連送数 N 1隊列辺りの車両台数 M 車両密度，隊列密度	
評価指標(評価グラフの縦軸) 1．アプリケーション層レベル ・隊列運動制御用通信の通信成功率(20 msec の通信サイクル内で、隊列中の全車両が受信に成功する率) 2．MAC層レベル ・総通信量 ・隊列運動制御用通信のフレーム受信成功率	

4.3.2 モデル概要

B. モデル概要:

シナリオNo. Env-Com-01

モデルの分類		代表的なモデル		
大分類	中分類	モデル・規格名	モデルの説明	備考
1.プロトコルモデル	物理層・データリンク層	■ IEEE 802.11p		
		■ IEEE 1609.4		
	ネットワーク層	■ IEEE 1609.3	WSMP	
	トランスポート層	■ IEEE 1609.3	WSMP	
	アプリケーション層	■ 隊列運動制御用プロトコル	隊列内ブロードキャスト, 周期的送信	アプリケーション層において, 20msec周期通信. 50Byte/通信. 周期内で同一データをN連送.
		□ ビーコン	ローカルブロードキャスト, 周期的送信	アプリケーション層において, 100msec周期. 100Byte/通信.
2.電波伝搬モデル	伝搬損失モデル	■ 大地反射(2波モデル) (ITU-R P.1411-5 Street canyons モデルをベースに一部修正したモデル)		
	フェージング/反射/シャドウイング/回折等	■ 考慮しない		
3.道路モデル	道路リンク構造モデル	■ 直線		
	道路形状モデル	■ 直線モデル	10km	
	道路断面構造モデル	■ 第1種第1級	4車線(片側2車線) 双方向	中央分離帯, 路肩
4. 交通トラフィックモデル・モビリティモデル	タイプ	■ (動的モデル / 静的モデル)		トレースデータ
	交通シミュレーションモデル	■ 時間表現・車両位置表現等	離散時間, 連続車両位置表現	
		■ 加速度・速度・位置制御モデル	(拡張)Generalized Force Model	
		■ 運動制御	車線変更なし ハンドル角制御なし 合流・分流なし 経路選択なし	
	モデル入力条件	■ 走行車種構成	普通車 80% 大型車 20% 隊列発生率可変	隊列と一般車の混走を想定
		■ 隊列発生率	可変	全ての大型車が隊列を形成する場合を上限とする.
	隊列に関する条件	■ 隊列車両構成	大型車M台による隊列	Mは3から5台程度を想定
		■ 隊列運動	定常走行	

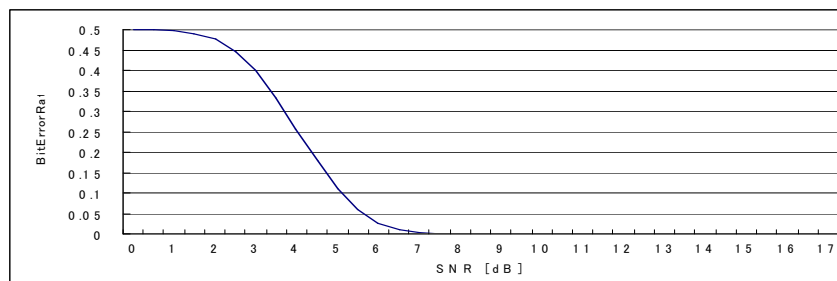
4.3.3 プロトコルモデル (IEEE802.11p)

C. 個別モデル: 1a. プロトコルモデル(802.11p)

シナリオNo. Env-Com-01

中分類	代表的なモデル		モデル依存のパラメータ/データセット		
	モデル・規格名	パラメータ名	代表的な値	採用する値	
物理層・データリンク層	IEEE802.11p PHY				
		周波数	5.85-5.925 GHz CCH ch.178 (5.885-5.895MHz)	CCH ch.178	
		変調方式	OFDM (52 subcarriers modulated using BPSK / QPSK/ 16QAM, 64QAM, Coding rate 1/2 2/3, 3/4	OFDM (QPSK 1/2)	
		伝送速度	3 / 6 / 12Mbps	6Mbps	
		帯域幅	10 / 20 MHz	10MHz	
		送信出力	0, 10, 20, 28.8 dbm	20dBm	
		アンテナ指向性	無指向性	無指向性	
		アンテナ高	普通車 2m以下 大型車 3.8m以下	普通車 1.5m 大型車 3.8m	
		アンテナ利得		0dBi	
		キャリアセンス感度	-85dBm for 10MHz	-85dBm *1	
		BERモデル		下図を参照のこと	
		サブキャリア数	52	52	
		BPSK-OFDM シンボル長	8us	8us	
		ガードインターバル長	1.6us	1.6us	
		PLPCプリアンブル長	32us	32us	
		PLPCヘッダー長	8us	8us	
		FFT, IFFT周期	6.4us	6.4us	
		キャプチャ効果	考慮する/考慮しない	考慮する	
		プリアンブル部キャプチャのための電力差スレッショルド	10dB	10dB	
		データ部キャプチャの電力差スレッショルド	10dB	10dB	

BERモデル



*1 最低レート(BPSK 1/2, 3Mbps)の信号の受信感度(-85dB)に等しいものとする.

中分類	代表的なモデル		モデル依存のパラメータ／データセット	
	モデル・規格名	パラメータ名	代表的な値	採用する値
物理層・データリンク層	IEEE802.11p MAC			
		方式	CSMA/CA	CSMA/CA *2
		スロット長	13us	13us
		コンテンション・ウィンドウ最大スロット数	aCWmax = 1023	1023
		コンテンション・ウィンドウ最小スロット数	aCWmin = 15	15
		SIFS長	32us	32us
		フレームサイズ	MTU 2304 oct. MAC headr 32oct. Trailer 4 oct.	MSDU + 36oct.
		ショートフレーム最大再送回数 (dot11ShortRetryLimit)	7	7
		ロングフレーム最大再送回数 (dot11LongRetryLimit)	4	4
		dot11RTSThreshold	3000	3000
		BSSコンテキスト外での運用 (dot11OCBEnabled)	true	true
		キュー長		無限大 *3
		EDCA	ACI 01 AIFS	SIFS + 9 x slot time
	ACI 00 AIFS		SIFS + 6 x slot time	SIFS + 6 x slot time
	ACI 10 AIFS		SIFS + 3 x slot time	SIFS + 3 x slot time
	ACI 11 AIFS		SIFS + 2 x slot time	SIFS + 2 x slot time
	AC 01 (BK) CWmin		aCWmin	aCWmin
	AC 01 (BK) CWmax		aCWmax	aCWmax
	AC 00 (BE) CWmin		aCWmin	aCWmin
	AC 00 (BE) CWmax		aCWmax	aCWmax
	AC 10 (VI) CWmin		(aCWmin + 1) / 2 - 1	(aCWmin + 1) / 2 - 1
	AC 10 (VI) CWmax		aCWmin	aCWmin
	AC 11 (VO) CWmin	(aCWmin + 1) / 4 - 1	(aCWmin + 1) / 4 - 1	
AC 11 (VO) CWmax	(aCWmin + 1) / 2 - 1	(aCWmin + 1) / 2 - 1		

*2 全てのトラヒックに関して、バックオフを行うものとする。

*3 トラヒックが過負荷状態ではキュー長が無制限に延び、遅延が増大すること注意。
ただし、新しいAPDUの生成ごとに送信キューをフラッシュするものとする。

中分類	代表的なモデル		モデル依存のパラメータ／データセット		
		モデル・規格名	パラメータ名	代表的な値	採用する値
物理層・データリンク層	■	IEEE1609.4	使用／未使用	使用／未使用	使用
			マルチチャネルオペレーション	あり／なし	なし *4
		CCH	CCH 各ACのAIFS	EDCA/パラメータと同じ	EDCA/パラメータと同じ
			CCH 各ACのTXOP limit	0	0
			CCH 各ACのCWmin, CWmax	EDCA/パラメータと同じ	EDCA/パラメータと同じ

*4 車両間でチャネル同期は行わないものとする。

中分類	代表的なモデル		モデル依存のパラメータ／データセット		
		モデル・規格名	パラメータ名	代表的な値	採用する値
ネットワーク層・トランスポート層	■	IEEE1609.3	使用／未使用	使用／未使用	使用
			LLCヘッダ	8Byte	8Byte
			WSMPヘッダ	8Byte	8Byte

[1] “IEEE Standard for Information Technology–Telecommunications and Information Exchange Between Systems–Local and Metropolitan Area Networks–Specific Requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications,” IEEE Std 802.11–2007 (Revision of IEEE Std 802.11–1999) , vol., no., pp.C1–1184, June 12 2007.

[2] IEEE Standard for Information technology--Telecommunications and information exchange between systems--Local and metropolitan area networks--Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environments,” IEEE Std 802.11p–2010 (Amendment to IEEE Std 802.11–2007 as amended by IEEE Std 802.11k–2008, IEEE Std 802.11r–2008, IEEE Std 802.11y–2008, IEEE Std 802.11n–2009, and IEEE Std 802.11w–2009) , vol., no., pp.1–51, July 15 2010.

[3] “IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) – Multi-Channel Operation,” IEEE Std 1609.4–2010 , Feb. 2011.

[4] “IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) – Networking Services,” IEEE Std 1609.3–2010, Dec. 2010.

[5] 財団法人 機械システム振興協会, システム開発20-F-9 安全運転支援システムの通信系シミュレータに関するフィージビリティスタディ報告書, 平成21年3月

4.3.4 プロトコルモデル(アプリケーション)

C. 個別モデル: 1b. プロトコルモデル(アプリケーション)

シナリオNo. Env-Com-01

中分類	代表的なモデル		モデル依存のパラメータ/データセット		
		モデル・規格名	パラメータ名	代表的な値	採用する値
アプリケーション層	■	隊列運動制御用プロトコル	送信元	隊列車両	隊列車両
			宛先	送信車両と同一隊列の車両	送信車両と同一隊列の車両 *1
			APDUサイズ	50Byte	50Byte
			APDU生成周期 *2	20msec	20msec
			連送数 N	送信周期内5回	可変
			使用チャネル	CCH / SCH	CCH
			EDCAカテゴリ	AC01/00/10/11	AC11
	□	ビーコン	ビーコン使用	あり/なし	なし
			送信元	一般車*3, すべての車両	すべての車両
			宛先 *1	周辺車両 (ローカル・ブロードキャスト)	周辺車両 (ローカル・ブロードキャスト)
			APDUサイズ	100Byte	100Byte
			APDU生成周期 *2	100msec	100msec
			連送	なし	なし
			使用チャネル	CCH / SCH	CCH
			EDCAカテゴリ	AC01/00/10/11	AC10

*1 ただし, MAC層ではローカルブロードキャストを使用.

*2 1車両あたりのAPDU生成周期. ただし, 連送ありの場合は, 生成されたPDUを指定回数分複製して連続的に送信するものとする.

*3 隊列車両以外の車両

[1] 関馨他, 隊列走行のための車車間通信(第2報), Vol.2010-MBL-56 No.5, Vol.2010-ITS-43 No.5, 2010/11/11.

4.3.5 電波伝搬モデル

C. 個別モデル：2. 電波伝搬モデル

シナリオNo. Env-Com-01

中分類	代表的なモデル		モデル依存のパラメータ／データセット		
	モデル・規格名	パラメータ名	代表的な値	採用する値	
伝搬損失特性	○ ITU-R P.1411-5 Street canyons LOS・NLOSモデル (一部修正)	hb: アンテナ高1 hm: アンテナ高2 λ: 波長 d: 送受信点間距離 w1: 道路幅1 w2: 道路幅2 x1: 交差点距離1 x2: 交差点距離2 α: 交差点角度	1.5(m) 1.5(m) 0.052(m)(@5.8GHz) (位置依存)(m) 3.5 × n+4(m)(n: 車 線数) (位置依存)(m) (位置依存)(m) π/2(rad)		
	○ 自由空間伝搬	λ: 波長 d: 送受信点間距離	0.052(m)(@5.8GHz) (位置依存)(m)		
	● 大地反射(2波モデル) [上記ITU-R P.1411-5のLOS式を用いる]				
フェージング変動特性	● なし				
	○ レイリー	ドップラー周波数 (車々間通信の場合 には相対速度によ り求めること)			
反射	なし				
シャドウイング(建物)	なし				
シャドウイング(車両)	なし				
回折	なし				
キャプチャ効果					

基本とする電波伝搬計算式(以下の式はITU-R P.1411-5のオリジナルモデル: 詳細は勧告ドキュメントを参照のこと)

LoSの場合

$$L_{LoS,m} = L_{bp} + 6 + \begin{cases} 20 \log_{10} \left(\frac{d}{R_{bp}} \right) & \text{for } d \leq R_{bp} \\ 40 \log_{10} \left(\frac{d}{R_{bp}} \right) & \text{for } d > R_{bp} \end{cases} \quad R_{bp} \approx \frac{4h_b h_m}{\lambda}$$

$$L_{bp} = \left| 20 \log_{10} \left(\frac{\lambda^2}{8\pi h_b h_m} \right) \right|$$

NLoSの場合

$$L_{NLoS2} = -10 \log_{10} (10^{-L_r/10} + 10^{-L_d/10})$$

$$L_r = 20 \log_{10} (x_1 + x_2) + x_1 x_2 \frac{f(\alpha)}{w_1 w_2} + 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi}{\lambda} \right) \quad f(\alpha) = \frac{3.86}{\alpha^{3.5}}$$

$$L_d = 10 \log_{10} [x_1 x_2 (x_1 + x_2)] + 2D_a - 0.1 \left(90 - \alpha \frac{180}{\pi} \right) + 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi}{\lambda} \right)$$

$$D_a = \left(\frac{40}{2\pi} \right) \left[\arctan \left(\frac{x_2}{w_2} \right) + \arctan \left(\frac{x_1}{w_1} \right) - \frac{\pi}{2} \right]$$

FIGURE 3
Definition of parameters for the NLoS2 case

1411-03

ITU-R P.1411-5に対する修正

1. 送受信点一方が交差点付近にある場合の修正

(LOSとNLOS境界付近でLOS式による伝搬損失を上回る場合の補正。補足図1参照)

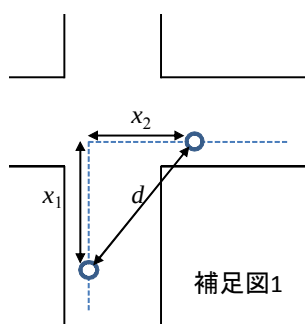
以下の二つの方法で計算される伝搬損失のうちの大きい方の伝搬損失を用いる

- ・LOS式を用い、送受信点間距離を最短距離(d)として求めた伝搬損失。
- ・NLOS式を用い、交差点距離(x_1 および x_2)により求めた伝搬損失。

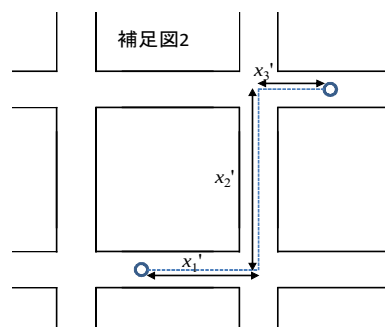
2. 二回以上交差点を曲がる場合の伝搬損失計算法

(ITU-R P.1411-5には二回以上交差点を曲がる場合は規定されていない。以下のように計算する。補足図2参照)
図のように x_1' , x_2' , x_3' をとる場合、以下の二つの計算によって得られる伝搬損失の大きい方の値をとる。

- ・NLOS式で、 $x_1=x_1'$, $x_2=(x_2'+x_3')$ として求めた伝搬損失。
 - ・NLOS式で、 $x_1=(x_1'+x_2')$, $x_2=x_3'$ として求めた伝搬損失。
- 三回以上交差点を曲がる場合も、上記に準じた方法により求める。
(三回曲がるなら、計算される3つの伝搬損失の最大値をとる。)



補足図1



補足図2

備考

・LOS式: ITU-R P.1411-5 Street canyons LOS SHF~15GHzモデルにおいて等価アンテナ高をゼロとしたもの。

(UHFよりも世界的にITSに用いられる5.8GHzを含む周波数が望ましい。変数を減らすという意味で等価アンテナ高は省略する方がよい。)

・NLOS式: ITU-R P.1411-5 Street canyons NLOS 800~2000MHzモデル

(高い周波数のモデルは道路幅の変化を考慮できず適切な伝搬特性の計算が困難であると考えられる。)

・全てのノードに対する伝搬損失を計算するのは非効率な場合があるので、注意すること。

(通信が全く届かないと考えられる遠方まで伝搬損失自体は計算可能であるが、何らかの簡易な方法で遠方のノードに対する計算は省略する努力をすべきである。たとえば、用いる通信システムの送信電力・最小受信感度などから通信可能な伝搬損失の最大値が計算できるであろうから[マージンは必要かもしれない]、LOS式を用いてそれに対応する直線距離を求め、それを半径とする円内のノードのみ計算する、など)

4.3.6 道路モデル

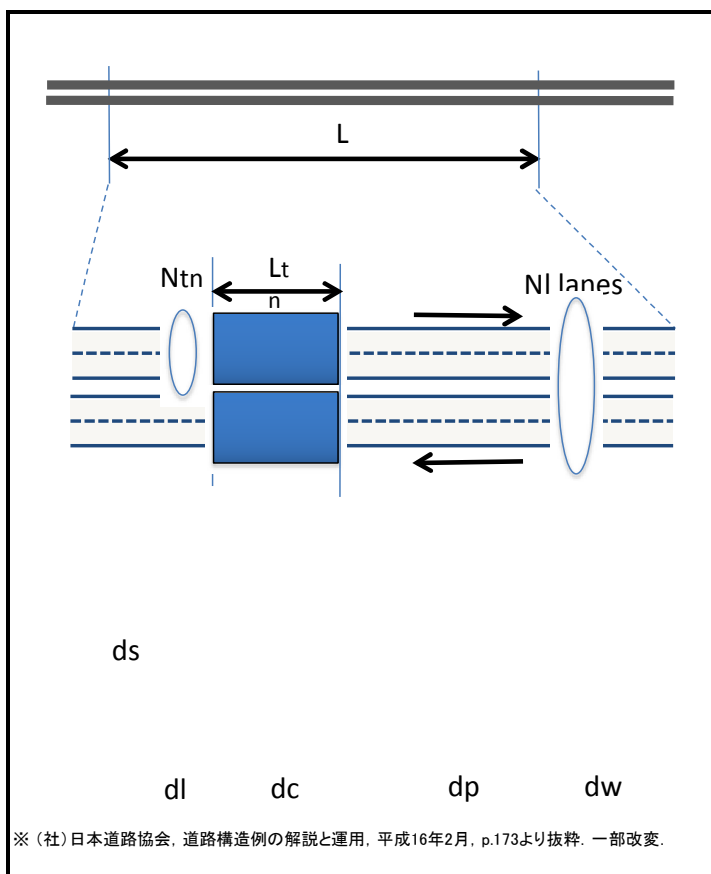
C. 個別モデル: 3. 道路モデル

シナリオNo. Env-Com-01

中分類	代表的なモデル		モデル依存のパラメータ/データセット	
	モデル・規格名	パラメータ名	代表的な値	採用する値
道路リンク構造モデル	■ 直線	総道路長 km	十分な直線区間長を含むこと. 総車両台数を考慮すること.	10.00 km
		直線区間長 L	隊列運動に十分な長さ	10.00 km
	■ 直線部モデル	通行方向	双方向通行, 一方通行	双方向通行
		縦断勾配	あり/なし	なし
		縦断勾配 sl	設計速度120km/h時 2% 設計速度100km/h時 3%	—
		縦断勾配長さ	—	—
道路断面構造モデル	■ 第1種第1級	構造	平面/盛り土/切り土/高架/掘割等	平面
		■ 車線数 NI (片側 Ntn)	4車線(片側2車線)	4車線(片側2車線)
		■ 車線幅員 dl	> 3.5m/3.75m	3.5m
		■ 中央帯幅員 dc	> 4.5m(側帯を含む)	4.5m
		■ 路肩 ds	> 2.5m	2.5m
		□ 歩道幅 dw	>3.5m(2m)	—
		□ 植樹帯・遮音壁幅 dp	1.5m(1-2m)	—
		□ 高さhp	—	—
交通容量		基本交通容量	多車線(1車線平均) 2,200 台/h *2 2車線2方向(往復合計) 2,500 台/h *2	2,200 台/h/lane *2
		最大交通量	100,000台 /12h/6lane *1	1800 台/h/lane *2

*1 平成17年交通センサス 概要より.

*2 乗用車換算台数



4.3.7 交通トラフィックモデル

C. 個別モデル：4. 交通トラフィックモデル／モビリティモデル

シナリオNo. Env-Com-01

中分類	代表的なモデル		モデル依存のパラメータ／データセット	
	モデル・規格名	パラメータ名	代表的な値	採用する値
車両サイズ	大型車	サイズ(長さ×幅×高さ)	12m×2.5m×3.8m *1	12m×2.5m×3.8m
	普通車	サイズ(長さ×幅×高さ)	4.7m×1.7m×2m *1	4.7m×1.7m×1.5m *1
シミュレーションモデル	時間表現	時間表現	離散時間 (タイムステップ間隔100msec)	離散時間 (タイムステップ間隔100msec)
	車両表現	車両表現	離散／連続	離散
	車両位置表現	車両位置表現	離散／連続	連続
	加速度・速度・位置制御モデル	加速度・速度・位置制御モデル		(拡張) Generalized Force Model
	車線変更	車線変更	あり／なし	なし
	ハンドル角制御	ハンドル角制御	あり／なし	なし
	交差点進入制御	交差点進入制御	あり／なし	なし
	合流・分流制御	合流・分流制御	あり／なし	なし
	車両発生	車両発生	プリディファイン, ランダム, 一様, 幾何分布など	幾何分布
	経路選択	経路選択	あり／なし	なし
モデル入力条件	発生交通量・集中交通量	発生交通量・集中交通量		発生点別交通量: 各発生点とも 1800台/lane/h *3
	走行車種構成	大型車比率(%)	20%	20%
		普通車比率(%)	80%	80%
	隊列発生率	隊列発生率 (隊列/lane / h)		可変 *2
	隊列車載機器搭載率	隊列車載機器搭載率(%)	100%	100%
	一般車機器搭載率	大型車搭載率(%)	100%	100%
		普通車搭載率(%)	0% ~ 100%	100%
	車両密度	車両密度	100km/h走行時	22台/lane/km *3
			20km/h走行時	110台/lane/km *3
	希望速度	大型車希望速度	80km/h	80km/h
		普通車希望速度	80km/h, 100km/h	80km/h, 100km/h
		隊列希望速度	大型車希望速度と同じ	80km/h
	最大加速度・最大減速度	大型車最大加速度		3.0m/s ²
		大型車最大減速度		5.0m/s ²
		普通車最大加速度		3.0m/s ²
		普通車最大減速度		5.0m/s ²
		隊列最大加速度	大型車と同じ	3.0m/s ²
		隊列最大減速度	大型車と同じ	5.0m/s ²

中分類	代表的なモデル		モデル依存のパラメータ／データセット	
	モデル・規格名	パラメータ名	代表的な値	採用する値
隊列に関する条件	隊列車両構成	隊列車両種別	大型車／普通車／その他	大型車のみ
		1隊列の車両数 M	3～5台程度	3
		隊列内での車間距離	4m / 10m	4m
	走行車線	走行車線	専用車線／指定車線／指定なし等	指定車線（各方向につき1車線）
	隊列運動種別 *4	■ 定常走行	あり／なし	あり
		□ 合流 ・隊列の形成 ・隊列への合流 ・隊列同士の合流 ・通信車両の割込み ・最大隊列長による制約 ・車両IDの競合解決	あり／なし (ありの場合は種別)	なし
		□ 離脱 ・車線の変更	あり／なし (ありの場合は種別)	なし
		□ 分離 ・ドライバーによる解除 ・非通信車両の割込み	あり／なし (ありの場合は種別)	なし
	隊列運動制御	隊列運動制御	アルゴリズム名／プリディファイン	プリディファイン

*1 代表的な値は、道路構造例第4条の小型自動車、普通自動車に相当する設計諸元。採用する値では、全高をアンテナ高と同じにした。

*2 参考：発生交通量が1800台/lane/h、大型車両比率が20%、すべての大型車両が3台からなる隊列を形成する場合、120隊列/lane/hとなり、これが上記パラメータにおける最大隊列発生率である。

*3 乗用車換算台数

*4 参考：大西亮吉他，“協調的隊列走行のための車群通信技術の検討”，ITS研究会，Vol.2010-ITS-42 No.8, 2010.

参考：隊列運動の例

表 1 基本動作確認用のシナリオ

シナリオ		開始状態	状態変化	終了状態
合流	隊列の形成	【□】■	【□】■ ←【□】	【□】■【□】
		【□】■【□】	【□】■【□】 ←【□】	【□】■【□□】
	隊列への合流	【□□□】	【□□□】 ←【□】	【□□□□】
	隊列同士の合流	【□□□】	【□□□】 ←【□□□】	【□□□□□□】
	通信車両の割込み	【□□□ □□□】	【□】 【□□□ ↓ □□□】	【□□□□□□□】
	最大隊列長による制約	【□□□□□□□□】	【□□□□□□□□】 ←【□】	【□□□□□□□□】【□】
	車両IDの競合解決	【①②③④⑤】	【①②③④⑤】 ←①④	【①②③④⑤⑧⑯】
離脱	車線の変更	【□□□□□□□□】	【□□□□□□□□】 ↓	【□□ □□□】 【□】
		【□□□□□□□□】	【□□□□□□□□】 ↓	【□□□□□□】 【□】
分離	ドライバーによる解除	【□□□□□□□□】	【□□□□◆□□□□】	【□□□□◆□□□□】
	非通信車両の割込み	【□□□ □□□】	【□□□ □ ↓ □□□】	【□□□】■【□□□】
通信の途絶	通信機能の停止(メンバ)	【□□□□□□□□】	【□□□□■□□□□】	【□□□□】■【□□□□】
	通信機能の回復(メンバ)	【□□□】■【□□□□】	【□□□□□□□□□】	【□□□□□□□□□】
	通信機能の停止(リーダー)	【□□□□】	【■□□□□】	■【□□□□】
	通信機能の回復(リーダー)	■【□□□□】	□【□□□□】	【□□□□□】
	電波範囲外への移動	【□□□□□】	【←□ □□□□】	【□□□□□】
	電波干渉の発生	【□□□□□□】	【□□□□□□】 ←◎◎◎◎◎◎	【□□□□□□】 ◎◎◎◎◎◎
	電波干渉の消失	【□□□□□□】 ◎◎◎◎◎◎	【□□□□□□】 ←◎◎◎◎◎◎	【□□□□□□】

状態の凡例

□:通信車両

■:非通信車両

◎:電波干渉発生車両

◆:マニュアル車両(通信可能)

【】:車群範囲

←:移動方向(車両・隊列)

①・・・:通信車両の車両ID

大西亮吉他, "協調的隊列走行のための車群通信技術の検討", ITS 研究会, Vol.2010-ITS-42 No.8, 2010.

第5章 テレマティクス分野標準シナリオ

建物等の構造物がある電波伝搬環境において、車車間通信による面的情報配信特性を評価することは ITS 分野における重要な課題の一つである。そこでテレマティック分野では、マルチホップ型ブロードキャストアプリケーションを対象とし、その面的な情報配信特性を調査するためのシナリオを標準シナリオに選択する。

なお、標準シナリオにおける各種パラメータについては 5.7 にまとめるので、そちらを参照のこと。

5.1 テレマティクスシナリオ

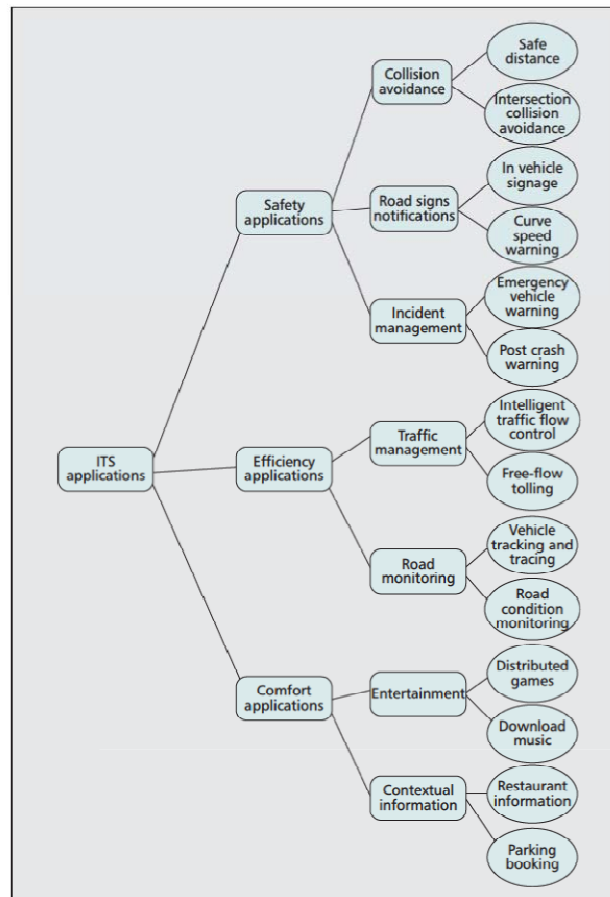
[文献 5-1]では、図 5.1-1 に示すように ITS アプリケーションの分類を行っている。そのうち、テレマティックアプリケーションとして取り扱いうるものを表 5.1-1 として抜き出し、要求品質、配信エリアとともにまとめた。

表 5.1-1 アプリケーション・要求品質・配信エリア

アプリケーション	要求通信品質			配信エリア	
	遅延	配信率			
緊急車両情報配信（情報源が移動する定期的配信アプリ）	リアルタイム型	数秒	高	狭域（前方 300 m 程度）	2, 3 ホップ程度
道路標識情報配信（工事、可動式中央分離帯情報など、定期的配信アプリ）		数秒	高	狭域（手前 1 km 程度）	
事故情報配信（エアバック作動時などに情報生成するイベント駆動配信アプリ）		数十秒	高	狭域（半径 1 km 程度）	
駐車場情報（空きスペース発生時または定期的に情報生成するイベント駆動/定期的配信アプリ）		数分	低	中域（半径 2km）	6, 7 ホップ程度
広告情報配信（タイムセール等、定期的配信アプリ）	遅延許容型	数十分	低	中域（半径 2km）	
道路情報配信（事故渋滞など特別情報を車両リンク端通過時または定期定期に生成するイベント駆動または定期的配信アプリ）		数分	中	広域（半径 5km）	15 ホップ程度

今回はこれらのなかから次の 3 つとりあげ、その評価を例にして標準シナリオとしてまとめる。

- ・ 事故情報配信（単一情報通報）
- ・ 道路情報配信（定期的情報通報）
- ・ 道路情報配信（リンク端通過時情報通報）



(出典) [文献 5-1] 図 1

図 5.1-1 ITS アプリケーションカテゴリ

ブロードキャスト方式としては、フラッディングをベースに冗長なメッセージ再送信を抑制するための改良を加えたものが多数提案されている。標準シナリオでは、ブロードキャスト方式としてカウンタ型フラッディング方式を採用する。本方式は、各端末がメッセージ毎に一様ランダムに決定する RAD (Random Assessment Delay) 期間中に同一メッセージをある閾値以上に受信すると、再ブロードキャストを中止することにより、冗長なメッセージ再送信を抑制することをねらったものである。標準シナリオに取り込むカウンタ型フラッディング方式では、受け取ったメッセージが許容遅延を超えていた。または配信エリア外で受け取った（配信距離を超えて受け取った）場合、受信したものと見なさず破棄するものとする。また（許容遅延以内、配信エリア内で）最初に受け取ったメッセージがホップ数寿命（TTL: Time To Live）を超えていた場合、そのメッセージは受信したものとみなすが、再ブロードキャストは行わないものとする。また、最初にメッセージを受信してから一定期間（以後、メッセージ管理寿命と呼ぶ）を経て同一メッセージを受信した場合、新規メッセージとして扱うものとする。

以下にその動作アルゴリズムを示す。

[カウンタ型フラッディング方式アルゴリズム]

F_i : メッセージ M_i の再ブロードキャスト中止フラグ ($F_i=1$ のとき中止)
 M_i : 車両が受信した ID i のメッセージ
 T_{MSG} : メッセージ管理タイマリスト (集合)
 $T_{MSG,i}$: ID i のメッセージ用管理タイマ
 $T_{MSG,i}$: ID i のメッセージ用管理タイマ値
 T_{MSG} : メッセージ管理寿命 (定数)
 N_i : ID i のメッセージに対する残余ホップ数寿命 (TTL: Time To Live)
 $getTTL()$: 引数メッセージの残余ホップ数寿命を返す関数
 $setTTL()$: 引数メッセージに引数の残余ホップ数寿命を設定する関数
 L_{th} : ID i のメッセージに対する配信距離閾値 (定数)
 $distance()$: 引数メッセージの生成位置から現地点までの距離を返す関数
 D_{th} : ID i のメッセージに対する許容遅延閾値 (定数)
 $delay()$: 引数メッセージの生成時刻から現時刻までの時間差を返す関数
 C_{th} : ID i のメッセージに対する重複メッセージ数閾値 (定数)
 C_i : ID i のメッセージに対する重複メッセージ数
 R_{min} : RAD 値の最小値 (定数)
 R_{max} : RAD 値の最大値 (定数)
 R_i : ID i のメッセージに対して現在設定されている RAD 値
 $T_{RAD,i}$: ID i のメッセージに対する RAD タイマ
 $T_{RAD,i}$: ID i のメッセージに対する RAD タイマ値
 $random()$: 引数に指定される範囲にわたる一様乱数を返す関数

```

loop
  if receive message  $M_i$  then
    if  $distance(M_i) > L_{th}$  or  $delay(M_i) > D_{th}$  then
      discard  $M_i$ 
    else if  $T_{MSG,i} \in T_{MSG}$  then
       $C_i \leftarrow C_i + 1$ 
      if  $C_i \geq C_{th}$  then
         $F_i = 1$ 
      end if
    else
       $T_{MSG} \leftarrow T_{MSG} \cup \{T_{MSG,i}\}$ 
       $T_{MSG,i} = 0$ 
       $T_{RAD,i} = \infty$ 
       $F_i = 0$ 
       $N_i = getTTL(M_i) - 1$ 
      Start timer  $T_{MSG,i}$ 
  
```

```

    if  $N_i=0$  then
         $F_i=1$ 
    else
         $C_i = 1, R_i = \text{random}([R_{\min}, R_{\max}])$ 
         $T_{\text{RAD},i} = 0$ 
        Start timer  $T_{\text{RAD},i}$ 
    end if
end if
else if  $T_{\text{RAD},i} = R_i$  and  $F_i=0$  then
    setTTL( $M_i, N_i$ )
    Rebroadcast  $M_i$ 
else if  $T_{\text{MSG},i} = T_{\text{MSG}}$  then
     $T_{\text{MSG},i} \in T_{\text{MSG}} \leftarrow T_{\text{MSG}} \setminus \{T_{\text{MSG},i}\}$ 
end if
end loop

```

5.2 トランスポート層/ネットワーク層

IEEE1609.3 のデュアルスタックのうち、UDP (User Datagram Protocol) /IPv6 (Internet Protocol version 6) を利用する。なお、UDP ヘッダ 8 Bytes、IPv6 ヘッダは 40 Bytes である。

5.3 メディアアクセス制御層/物理層

IEEE802.11p とする (ネットワーク層を IP とすることから、ITS FORUM RC-005 や ITS FORUM RC-006 としない)。使用チャネルは CCH (Control Channel) のみの 1 チャネルとする。なお、MSDU (MAC Service Data Unit) のサイズは、アプリケーションデータに、UDP ヘッダ (8 Bytes), IP ヘッダ (40 Bytes), LLC (Logical Link Control) ヘッダ (8 Bytes) を加えたものになる。

5.4 電波伝搬

2.2.1 に示される LOS/NLOS モデルを用いる。なお、2 回目以降の回折損については、アンテナ高、道路幅の情報が必要となる。

5.5 交通流モデル

5.5.1 実道路交通流モデル

SOUND/4Uにより生成される東京エリア 10 km×24 km、24 時間の交通流トレースから、銀座地区、三鷹地区を切り出したものとして提供される（付録 1 参照）。このデータは国際交通データベース「ITDb」に登録する形でユーザに公開される。

2.2.1 の電波伝搬モデルを用いるには道路幅を必要とする。なお、道路（車道、路肩、歩道含む）以外のエリアには高層の建物があるものとする。実道路交通流モデルでは、その値を一律に仮定するか、トレースデータから推定する必要がある。道路幅員を推定する一つの方法としては、トレースデータから車線数を推定し、これを用いて、例えば、

$$\text{道路幅員} = \text{車線数} \times 3.5 + 2 \times (1.25 + 3.5) \text{ m}$$

として算出する（ここで、3.5 m は第 3 種第 1 級道路相当の車線幅員であり、路肩幅員 1.25 m、歩道幅員 3.5 m を想定している）。道路幅員推定のその他のアプローチとしては、国土地理院が提供する無償の地図データを利用する方法がある。

5.5.2 人工道路交通流モデル

グリッド状道路モデル（マンハッタンモデル）、同心円状道路モデル（シカゴモデル）に対して MATES により生成される交通流トレースとして提供される（2.2.2 および 2.2.3 を参照のこと）。

図 5.5-1 にグリッド状道路モデルを示す。このモデルでは、2 km 四方のエリアに、道路中心線間隔で 200 m 毎に、東西方向に 9 本、南北方向に 9 本の道路がそれぞれ平行に配置されている。このうち、東から西に、奇数番目が片側 2 車線道路、その他は片側 1 車線道路、同じく北から南に、奇数番目が片側 2 車線道路、その他は片側 1 車線道路である。全交差点には信号が設置されている。この信号は表 5.5-1 に示されるスプリットに従い、全て同じタイミングで切り替わる。

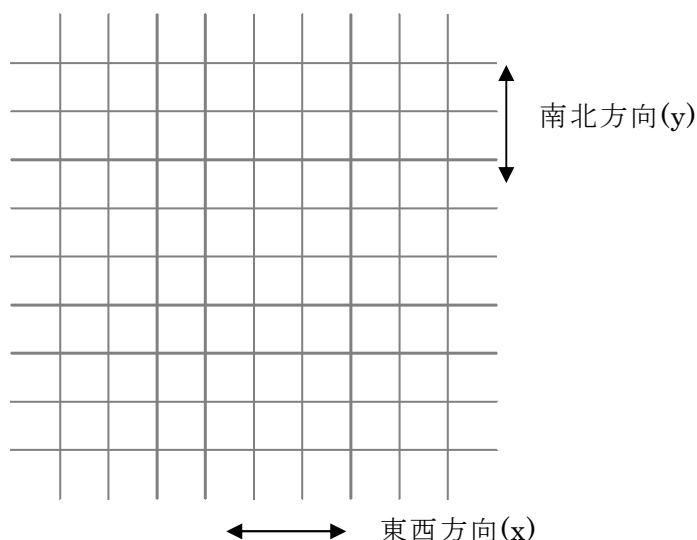


図 5.5-1 グリッド状道路・道路ネットワーク

表 5.5-1 グリッド状道路・信号スプリット

	55	10	5	55	10	5
南北方向	青	赤 右矢	赤	赤	赤	赤
東西方向	赤	赤	赤	青	赤 右矢	赤

(表中の単位は [秒])

図 5.5-2 に同心円状道路モデルを示す。このモデルでは、半径 5 km の円状エリアに、放射状に北方向から 30 度ずつずれながら道路が伸び、放射道路上の半径 125 m、250 m、500 m、1,000 m、2,000 m、4,000 m の地点をそれぞれ結ぶように、周方向に道路が配置されている。放射状道路は、南北、東西方向に伸びる道路が片側 2 車線道路、そのほかが片側 1 車線道路である。また、周方向には、中心から偶数番目の周回道路が片側 2 車線道路、そのほかが片側 1 車線道路である。全交差点には信号が設置されている。この信号は表 5.5-2 に示されるスプリットに従い、全て同じタイミングで切り替わる。

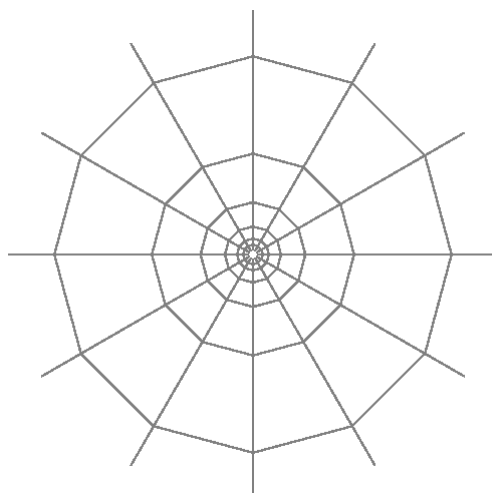


図 5.5-2 同心円状道路・道路ネットワーク

表 5.5-2 同心円状道路・信号スプリット

	55	10	5	55	10	5
径方向	青	赤 右矢	赤	赤	赤	赤
周方向	赤	赤	赤	青	赤 右矢	赤

(表中の単位は [秒])

2.2.1 の電波伝搬モデルを用いるには、実道路交通流モデルと同じく、道路幅を必要とする。なお、道路（車道、路肩、歩道含む）以外のエリアには高層の建物があるものとする。グリッド状道路モデル、同心円状道路モデルの両モデルにおいて、車線幅は 3.5 m（第 3 種第 1 級道路相当）、各方向に対して路肩は 1.25 m、歩道は 3.5 m となっている。その結果、片側 1 車線の道路幅は $2 \times (3.5 + 1.25 + 3.5) = 16.5$ m、片側 2 車線の道路幅は $2 \times (3.5 \times 2 + 1.25 + 3.5) = 23.5$ m となる。

5.6 性能評価尺度

交通流シミュレーションエリア（シミュレーションエリア）のエッジ部分では電波干渉などの影響が小さくなる傾向がある。そのため、通信シミュレーションの統計データを収集するエリア（統計エリア）は交通流シミュレーションエリアより小さくする必要がある。この統計エリアとしては、シミュレーションエリアのエッジから伝搬伝搬距離程度（例えば 500 m）を切り取ったものとする。

5.6.1 アプリケーション層レベル

[文献 5-2]の Table II（本資料の表 5.6-1）には、ブロードキャストプロトコルのための主な評価メトリックがまとめられている。この評価メトリックは、頻度に関するもの、空間に関するもの、時間に関するもの、これらを統合したものの 4 つに分類されている。

- ・ 頻度メトリック：冗長率（Redundancy rate）、配信成功率（Success ratio）、等
- ・ 空間メトリック：配信距離（Propagation distance）、等
- ・ 時間メトリック：配信遅延（End to end delay）、等
- ・ 統合メトリック：伝搬スピード（Propagation speed）、等

また [文献 5-2]では、ブロードキャストプロトコルとしては、冗長性を押さえつつ、ある一定の範囲に、高い配信率を維持しつつ、できるだけ早く届けることが重要、という観点から、新たな統合メトリックとして配信効率（DE: Dissemination Efficiency）が提案されている。

$$DE = \frac{\text{Propagation distance} \times \text{Success ratio}}{\text{End to end delay} \times \text{Redundancy rate}}. \quad \text{式 5.6-1}$$

標準シナリオに含めるメトリックには、DE とこれを構成する 4 つの基本メトリック（配信距離、配信成功率、配信遅延、冗長率）を選択する。

- ・ 冗長率 (Redundancy rate) :

$$\text{Redundancy rate} = \frac{\text{No. of duplicate packets}}{\text{No. of source packets}}. \quad \text{式 5.6-2}$$

- ・ 配信成功率 (Success ratio) :

$$\text{Success ratio} = \frac{\text{No. of vehicles successfully receiving packets}}{\text{No. of vehicles in the network}}. \quad \text{式 5.6-3}$$

- ・ 配信距離 (Propagation distance) :

$$\text{Propagation distance} = |\text{Packet last position} - \text{Packet initial position}|. \quad \text{式 5.6-4}$$

- ・ 配信遅延 (End to end delay) :

$$\begin{aligned} \text{Propagation time} = & \text{The instant the packet is received at a specific point} \\ & - \text{The instant the packet is originated.} \end{aligned} \quad \text{式 5.6-5}$$

なお、配信成功率については、シミュレーションエリア内の車両数が時間とともに変化する環境では、分母（車両数）をどのように計算するかが問題になる。そこで、この評価メトリックの算出にあたっては、表 5.1-1 にあげた 6 つのアプリケーションにおいて、遅延時間が短く（数秒～数十秒）配信エリアが狭域なリアルタイム型（緊急車両情報配信、道路標識情報配信、事故情報配信）と遅延時間が長く（数分～数十分）配信エリアが広域な遅延許容型（駐車場情報⁴、広告情報配信、渋滞・道路情報配信）に分けて考えることにする。

- ・ リアルタイム型：メッセージが発生した瞬間に発報車両を中心として配信エリアを確定し、このエリアに存在する全ての車両に対して配信成功率を評価する。すなわち、分母はメッセージ発報時の配信エリア内車両数、分子はそのうちメッセージを受信した車両数とする。
- ・ 遅延許容型：広域の場合は図 5.6-1 に示す通り計算する対象を限定し、分母（発報車両の統計エリア内の配信エリアの面積×車両密度）、分子（発報車両の統計エリア内の配信エリアで該当メッセージを受信した車両数）として計算する。車両密度は、シミュレーションエリア内（時間）平均車両数をシミュレーションエリア面積で除したものとして計算できる。シミュレーション期間中のシミュレーションエリア内平均車両数 N は、各車両がシミュレーションエリア内に流入してから流出するまでの平均滞在時間 S と単位時間あたりの平均車両流入数 λ から、次式のリトルの公式によって計算できる。

$$N = \lambda T. \quad \text{式 5.6-6}$$

⁴駐車場情報配信はリアルタイム型であるが遅延時間が数分のため遅延許容型で検討した。

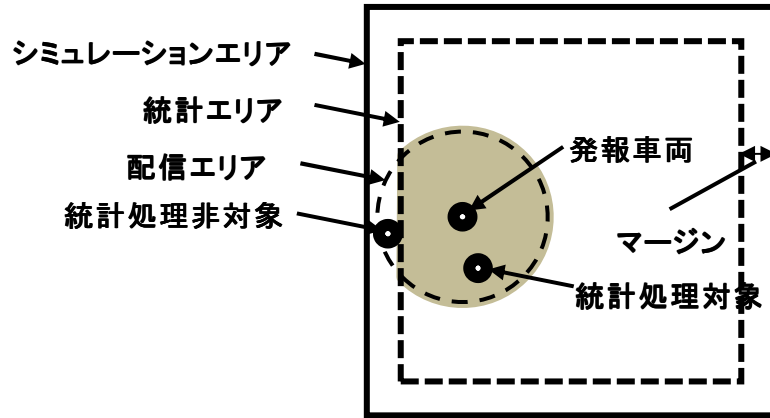


図 5.6-1 広域時の配信成功率のイメージ

表 5.6-1 ブロードキャストプロトコルの評価メトリック

(出典) [文献 5-2] 表 2

Domain	ID	Metric Name	Mathematical Definition	Description	Unit	Favorable Value
Frequency	1	Redundancy rate	$\frac{\text{no. of duplicate packets}}{\text{no. of source packets}}$	Measure the number of duplicate packets per one source packet	unit-less	Low
	2	Load generated per broadcast packet	$\frac{\text{no. of bits transmitted}}{\text{no. of source packets}}$	Measure the total number of bits used in broadcasting one source packet	bit/pkt	Low
	3	Forward node ratio	$\frac{\text{no. of vehicles forwarding the packet}}{\text{no. of vehicles in the network}}$	Measure the proportion of vehicles in the network that rebroadcast the source packet	unit-less	Low
	4	Link load	$\frac{\text{no. of broadcast bits received by a vehicle}}{\text{observation period}}$	Measure amount of broadcast traffic received at each vehicle over unit time	bit/s	Low
	5	Broadcast overhead	$\frac{\text{no. of duplicate packets received by a vehicle}}{\text{no. of vehicles in a defined zone}}$	Measure the number of packets collectively duplicated in a defined area	pkt/veh	Low
	6	Delivery ratio, Success ratio	$\frac{\text{no. of vehicles successfully receiving packets}}{\text{no. of vehicles in the network}}$	Measure the proportion of vehicles that successfully receive the broadcast packets	unit-less	High
	7	Reception rate, Reachability	$\frac{\text{no. vehicles receiving the broadcast packets}}{\text{no. of vehicles reachable by pure flooding}}$	Compare the reachability of a broadcasting protocol to that of the pure flooding protocol	unit-less	High
	8	Saved rebroadcast	$\frac{\text{no. receiving host} - \text{no. transmitting hosts}}{\text{no. hosts receiving packet}}$	Measure the number of saved rebroadcast packets	unit-less	High
	9	Collision ratio, Packet loss ratio	$\frac{\text{no. of collision packets}}{\text{no. of transmitted packets}}$	Measure the rate at which the collision occurs	unit-less	Low
Space	10	Propagation distance	Packet last position - Packet initial position	Measure the distance between the origin of the packet and the point where it is last received	m	High
	11	Forward progress, One-hop progress	Position of next rebroadcast vehicle - Position of current transmitter	Measure the additional distance covered by the packet when it is rebroadcasted	m	High
	12	Number of hop propagated	Last hop the packet is received - Packet origin	Measure the number of hops that the packet can traverse	hops	High
	13	Sustainable number of hops	Last hop the packet is received with required QoS - Packet origin	Measure the number of hops that the packet can traverse with the desired quality	hops	High
Time	14	Propagation time, End to end delay	The instant the packet is received at a specific point - The instant the packet is originated	Measure the time it takes a packet to traverse from a source to a specific point in the network	s	Low
	15	Rebroadcast latency	The instant the packet is received by the next vehicle - The instant the packet is broadcasted by current vehicle	Measure the time until the packet is received successfully by the next vehicle	s	Low
Mixed	16	Propagation speed, Dissemination speed	$\frac{\text{Packet propagation distance}}{\text{Propagation delay}}$	Measure the rate at which the packet can propagate per unit time	m/s	High

5.7.1 シナリオ

シナリオNo. Telematics-01

– 93 –

5.7.2 モデル概要

B. モデル概要:

シナリオNo. Telematics-01

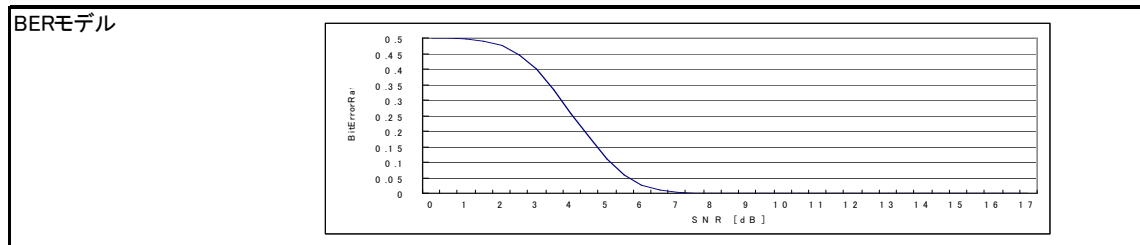
モデルの分類		代表的なモデル		
大分類	中分類	モデル・規格名	モデルの説明	備考
1. プロトコルモデル	物理層・MAC層	■ 802.11p		IEEE1609.4
	ネットワーク層	■ IPv6		
	トランスポート層	■ UDP		
	アプリケーション層	■ カウンタ型フラッディング		
2. 通信トラフィックモデル	宛先モデル	■ Broadcast		
	トラフィックソース	☐ 緊急車両配信	CBR	狭域
		☐ 道路標識情報配信	CBR	狭域
		■ 事故情報配信	1メッセージ	狭域 エアバック動作通知 など
		☐ 駐車場情報配信	CBR/イベント(駐車場 空き発生)	中域
		☐ 広告情報配信	CBR	中域
		■ 道路情報配信	CBR イベント(リンク端通 過)	広域
3. 電波伝搬モデル	伝搬損失モデル	ITU-R P.1411-5 Street canyons LOS・NLOSモデル(一 部修正)		
	フェージング／反射／ シャドウイング／回折等	■ なし		
4. 道路モデル 交通トラフィックモデル モビリティモデル	実道路モデル	■ 銀座地区	都市	付録1参照
		■ 三鷹地区	郊外	付録1参照
	人工道路モデル	■ グリッド	都市(マンハッタン)	付録1参照
		■ 同心円	都市(シカゴモデル)	付録1参照

5.7.3 プロトコルモデル (IEEE802.11p)

C.1. プロトコルモデル

シナリオNo. Telematics-01

中分類	代表的なモデル		モデル依存のパラメータ／データセット	
	モデル・規格名	パラメータ名	代表的な値	採用する値
物理層・データリンク層	■ IEEE802.11p PHY			
		周波数	5.85~5.925 GHz CCH ch.178 (5.885~5.895MHz)	CCH ch.178
		変調方式	OFDM (52 subcarriers modulated using BPSK / QPSK/ 16QAM, 64QAM, Coding rate 1/2 2/3, 3/4	OFDM (QPSK 1/2)
		伝送速度	3 / 6 / 12Mbps	6Mbps
		帯域幅	10 / 20 MHz	10MHz
		送信出力	0, 10, 20, 28.8 dBm	20dBm
		アンテナ指向性	無指向性	無指向性
		アンテナ高	普通車 2m以下 大型車 3.8m以下	普通車 1.5m 大型車 3.8m
		アンテナ利得		0dBi
		キャリアセンス感度	-85dBm for 10MHz	-85dBm *1
		BERモデル		下図を参照のこと
		サブキャリア数	52	52
		BPSK-OFDMシンボル長	8us	8us
		ガードインターバル長	1.6us	1.6us
		PLPCプリアンプル長	32us	32us
		PLPCヘッダー長	8us	8us
		FFT, IFFT周期	6.4us	6.4us
		キャプチャ効果	考慮する／考慮しない	考慮する
		プリアンプル部キャプチャのための電力差スレッシュョルド	10dB	10dB
		データ部キャプチャの電力差スレッシュョルド	10dB	10dB



*1 最低レート(BPSK 1/2, 3Mbps)の信号の受信感度(-85dB)に等しいものとする。

中分類	代表的なモデル		モデル依存のパラメータ/データセット		
	モデル・規格名	パラメータ名	代表的な値	採用する値	
物理層・データリンク層	■ IEEE802.11p MAC				
		方式	CSMA/CA	CSMA/CA *2	
		スロット長	13us	13us	
		コンテンション・ウィンドウ最大スロット数	aCWmax = 1023	1023	
		コンテンション・ウィンドウ最小スロット数	aCWmin = 15	15	
		SIFS長	32us	32us	
		フレームサイズ	MTU 2304 oct. MAC headr 32oct. Trailer 4 oct.	MSDU + 36oct.	
		ショートフレーム最大再送回数 (dot11ShortRetryLimit)	7	7	
		ロングフレーム最大再送回数 (dot11LongRetryLimit)	4	4	
		dot11RTSThreshold	3000	3000	
		BSSコンテキスト外での運用 (dot11OCBEnabled)	true	true	
		キュー長		150,000 Bytes	
	EDCA	ACI 01 AIFS	SIFS + 9 x slot time	SIFS + 9 x slot time	
		ACI 00 AIFS	SIFS + 6 x slot time	SIFS + 6 x slot time	
		ACI 10 AIFS	SIFS + 3 x slot time	SIFS + 3 x slot time	
		ACI 11 AIFS	SIFS + 2 x slot time	SIFS + 2 x slot time	
		AC 01 (BK) CWmin	aCWmin	aCWmin	
		AC 01 (BK) CWmax	aCWmax	aCWmax	
		AC 00 (BE) CWmin	aCWmin	aCWmin	
		AC 00 (BE) CWmax	aCWmax	aCWmax	
		AC 10 (VI) CWmin	$(aCWmin + 1) / 2 - 1$	$(aCWmin + 1) / 2 - 1$	
		AC 10 (VI) CWmax	aCWmin	aCWmin	
		AC 11 (VO) CWmin	$(aCWmin + 1) / 4 - 1$	$(aCWmin + 1) / 4 - 1$	
		AC 11 (VO) CWmax	$(aCWmin + 1) / 2 - 1$	$(aCWmin + 1) / 2 - 1$	

*2 全てのトラフィックに関して、バックオフを行うものとする。

中分類	代表的なモデル		モデル依存のパラメータ／データセット		
		モデル・規格名	パラメータ名	代表的な値	採用する値
物理層・データリンク層	■	IEEE1609.4	使用／未使用	使用／未使用	使用
			マルチチャネルオペレーション	あり／なし	なし *4
	GCH	CCH 各ACのAIFS	EDCAパラメータと同じ	EDCAパラメータと同じ	
		CCH 各ACのTXOP limit	0	0	
		CCH 各ACのCWmin, CWmax	EDCAパラメータと同じ	EDCAパラメータと同じ	
		EDCAカテゴリ	AC00(BE)	AC00(BE)	
	LLC	LLCヘッダ	8 Bytes	8 Bytes	

*4 車両間でチャネル同期は行わないものとする。

中分類	代表的なモデル		モデル依存のパラメータ／データセット		
		モデル・規格名	パラメータ名	代表的な値	採用する値
ネットワーク層・トランスポート層	■	IEEE1609.3	スタック	WSMP/UDP・IP	UDP・IP
			WSMPヘッダ	8 Bytes	8 Bytes
			IPv6ヘッダ	40 Bytes	40 Bytes
			UDPヘッダ	8 Bytes	8 Bytes

[1] "IEEE Standard for Information Technology--Telecommunications and Information Exchange Between Systems--Local and Metropolitan Area Networks--Specific Requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," IEEE Std 802.11-2007 (Revision of IEEE Std 802.11-1999) , vol., no., pp.C1-1184, June 12 2007.

[2] IEEE Standard for Information technology--Telecommunications and information exchange between systems--Local and metropolitan area networks--Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 6: Wireless Access in Vehicular Environments," IEEE Std 802.11p-2010 (Amendment to IEEE Std 802.11-2007 as amended by IEEE Std 802.11k-2008, IEEE Std 802.11r-2008, IEEE Std 802.11y-2008, IEEE Std 802.11n-2009, and IEEE Std 802.11w-2009) , vol., no., pp.1-51, July 15 2010.

[3] "IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) - Multi-Channel Operation," IEEE Std 1609.4-2010 , Feb. 2011.

[4] "IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) - Networking Services," IEEE Std 1609.3-2010, Dec. 2010.

[5] 財団法人 機械システム振興協会, システム開発20-F-9 安全運転支援システムの通信系シミュレータに関するフィージビリティスタディ報告書, 平成21年3月

5.7.4 プロトコルモデル(アプリケーション)、通信トラフィックモデル

中分類	代表的なモデル		モデル依存のパラメータ/データセット		採用する値
	モデル・規格名		パラメータ名	代表的な値	
アプリケーション層	■ カウンタ型フラッディング		メッセージ管理寿命	10 minutes	10 minutes
			カウンタ閾値	2~4	3
			最小RAD	0~100 ms	100 ms
			最大RAD	300 ms~120 s	4 s (事故情報配信)も 30 s (道路情報配信)

RAD: Random Assessment Delay

C.2. 通信トラフィックモデル

シナリオNo. Telematics-01

中分類	代表的なモデル		モデル依存のパラメータ/データセット		採用する値
	モデル・規格名		パラメータ名	代表的な値	
宛先モデル	● 宛先アドレス		宛先アドレス	Broadcast	Broadcast
トラヒックソース	● 事故情報配信 (1メッセージ)		トラヒックソース率	1 vehicle	1 vehicle
			メッセージ長 (APDU)	200~1,500 Bytes	500 Bytes
			配信半径	1 km	1 km
			上限遅延	数十秒	60 s
			TTL初期値	2~10	20
	○ 道路情報配信 (CBR)		トラヒックソース率	0.1~1	1
			データ生成周期	0.1~1 msg/min/node	1 msg/min/node
			メッセージ長 (APDU)	200~1,500 Bytes	500 Bytes
			配信半径	5 km	5 km
			上限遅延	数分	10 分
			TTL初期値	10~20	20
	○ 道路情報配信 (リンク端通過)		トラヒックソース率	0.1~1	1
			データ生成	交差点エリア侵入時	交差点エリア侵入時
			メッセージ長 (APDU)	200~1,500 Bytes	500 Bytes
			配信半径	5 km	5 km
			上限遅延	数分	10 分
			TTL初期値	10~20	20

5.7.5 電波伝搬モデル

C.3. 電波伝搬モデル

シナリオNo. Telematics-01

中分類	代表的なモデル		モデル依存のパラメータ／データセット		採用する値
		モデル・規格名	パラメータ名	代表的な値	
伝搬損失特性	●	ITU-R P.1411-5 Street canyons LOS・NLOSモデル (一部修正)	hb: アンテナ高1 hm: アンテナ高2 λ: 波長 d: 送受信点間距離 w1: 道路幅1 w2: 道路幅2 x1: 交差点距離1 x2: 交差点距離2 α: 交差点角度	1.5(m) 1.5(m) 0.052(m)(@5.8GHz) (位置依存)(m) 3.5 × n+9.5(m)(n: 車 線数) (位置依存)(m) (位置依存)(m) π/2(rad)	
	○	自由空間伝搬	λ: 波長 d: 送受信点間距離	0.052(m)(@5.8GHz) (位置依存)(m)	
	○	大地反射(2波モデル) [上記ITU-R P.1411-5のLOS式を用いる]			
フェージング変動特性	●	なし			
	○	レイリー	ドップラー周波数 (車々間通信の場合 には相対速度によ り求めること)		
反射		なし			
シャドウイング(建物)		なし			
シャドウイング(車両)		なし			
回折		なし			
キャプチャ効果					

ITU-R P.1411-5(ストリートキャニオン)を修正したモデルを用いる。詳細は2.2.1を参照のこと。
ITU-R P.1411-5修正モデルの利用にあたっては、道路幅(車道、路肩、歩道含む)以外のエリアには高層の建物が配置されて
いると仮定する。

5.7.6 道路モデル

C.4. 道路モデル・交通トラヒックモデル・モビリティモデル

シナリオNo. Telematics-01

中分類	代表的なモデル		モデル依存のパラメータ／データセット		
	モデル・規格名	パラメータ名	代表的な値	採用する値	
車両サイズ	■ 大型車	サイズ(長さ×幅×高さ)	12m×2.5m×3.8m *1	12m×2.5m×3.8m *1	
	■ 普通車	サイズ(長さ×幅×高さ)	4.7m×1.7m×2m *1	4.7m×1.7m×1.5m *1	
車載機搭載率	■ 大型車車載搭載率	大型車車載搭載率	0～100%	1%, 2%, 5%, 10%, 20%	
	■ 普通車車載搭載率	普通車車載搭載率	0～100%	1%, 2%, 5%, 10%, 20%	
実道路交通流モデル	■ 銀座地区	道路幅	車線数×3.5 + 4.75 m *2	車線数×3.5 + 4.75 m *2	
	■ 三鷹地区	道路幅	車線数×3.5 + 4.75 m *2	車線数×3.5 + 4.75 m *2	
人工道路交通流モデル	■ グリッド	エリアサイズ		2 km 四方	
		道路間間隔	50 m ～ 200 m	200 m	
		大型車比率	0～20%	0～20%	
	■ 同心円	エリアサイズ		半径 5 km	
		放射道路間角度		30度	
		円周方向半径		125 m, 250 m, 500 m, 1,000 m, 2,000 m, 4,000 m	
		大型車比率	0～20%	0～20%	

*1 代表的な値は、道路構造例第4条の小型自動車、普通自動車に相当する設計諸元。

採用する値では、全高をアンテナ高と同じにした。

*2 第3種第1級の歩道幅員3.5mと路肩1.25mを加算し4.75mとした

参考文献

- [文献 2-1] Helbing, D., Tilch B.: “Generalized force model of traffic dynamics”,
Physical Review E, No. 58, No. 2, pp.133-138, 1998
- [文献 2-2] Dijkstra, E. W.: “A Note on Two Problems in Connexion with Graphs”,
Numerische Mathematik, Vol. 1, No. 1, pp.269-271, 1959
- [文献 2-3] Hart, P. E. et al: A Formal Basis for the Heuristic Determination of
Minimum Cost Paths, IEEE Transactions on Systems Science and
Cybernetics, Vol. 4, No. 2, pp.100–107, 1968
- [文献 4-1] NEDO, “エネルギーITS 推進事業,” <http://www.nedo.go.jp/content/100079701.pdf>,
Feb. 2009.
- [文献 4-2] 関肇, 浜口雅春, “隊列走行のための車車間通信 (第 2 報),” 情報処理学会研究報
告, Vol. 2010-MBL-56 No.5, Vol. 2010-ITS-43 No.5, Nov. 2010.
- [文献 4-3] ITS 情報通信システム推進協議会, “5.8GHz を用いた車車間通信システム実験用
ガイドライン,” ITS FORUM RC-005 1.0 版, H.19.5.18.
- [文献 4-4] "IEEE Standard for Information Technology - Telecommunications and Information
Exchange Between Systems - Local and Metropolitan Area Networks-Specific
Requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical
Layer (PHY) Specifications," IEEE Std 802.11-2007 (Revision of IEEE Std
802.11-1999), June 12 2007.
- [文献 4-5] "IEEE Standard for Information technology - Telecommunications and information
exchange between systems - Local and metropolitan area networks - Specific
requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical
Layer (PHY) Specifications Amendment 6: Wireless Access in Vehicular
Environments," IEEE Std 802.11p-2010, July 15 2010.
- [文献 4-6] "IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) -
Multi-Channel Operation," IEEE Std 1609.4-2010, Feb. 2011.
- [文献 4-7] "IEEE Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) - Networking
Services," IEEE Std 1609.3-2010, Dec. 2010.
- [文献 4-8] "SAE J2735 - Dedicated Short Range Communications (DSRC) Message Set
Dictionary,"
- [文献 4-9] 社団法人日本道路協会, “道路構造令の解説と運用 (改訂版),” 2004 年 2 月.
- [文献 4-10] Tsugawa, Sadayuki; Kato, Shin; Aoki, Keiji; "An automated truck platoon for energy
saving," Intelligent Robots and Systems (IROS), 2011 IEEE/RSJ International
Conference on, pp.4109-4114, 2011.
- [文献 5-1] K. Dar, M. M. Bakhouya, J. Gaber, M. Wack, and P. Lorenz, “Wireless Communications
Technologies for ITS Applications,” IEEE Com. Mag., pp.156-162, May 2010.
- [文献 5-2] S. Panichpapiboon and W. Pattara-atikom, “A Review of Information Dissemination Protocols for
Vehicular Ad Hoc Networks,” IEEE Communications Survey and Tutorials, Accepted.

付録 1 銀座エリア・三鷹エリア 交通流シミュレーション車両移動履歴データについて

1 概要

本データは、関東圏エリアを対象とした大規模交通流シミュレーションの一部分（銀座エリア、三鷹エリア）における車両移動履歴を抽出したデータである。表付-1 にシミュレーション概要を示す。

表付 1-1 シミュレーション概要

項目	説明	備考
シミュレーションエリア	東京都、埼玉県、千葉県、神奈川県	
シミュレーション時間	午前4時～午前4時（24時間）	
車種構成	小型、大型の2車種	
シミュレーション対象道路	高速道路等を含む特別区および政令市の一般市道以上（4車線以上）の道路	
シミュレーションモデル	SOUND	
主な入力データ	道路ネットワークデータ、時間帯別 OD 交通量、各種シミュレーションパラメータ	

シミュレーションを行うにあたって、交通需要（OD 交通量）については、平成 11 年度道路交通センサスの交通量データを参考に設定した。時間帯別 OD 交通量のための時間係数については、一般交通量調査の時間帯別交通量から作成し、1 日 OD 交通量を分割して求めた。パラメータキャリブレーションについては、スクリーンラインを設定し、その境界にある主要幹線道路について、平成 11 年度道路交通センサスの 12 時間交通量とシミュレーション 12 時間交通量を比較しながら行った。

なお、SOUND に関する文献は、(株)アイ・トランスポート・ラボホームページにて掲載されている。

<http://www.i-transportlab.jp/publications/papers/index.html>

本データの抽出対象エリアは図付 1-1 の通りである。



図付 1-1 抽出対象エリア

2 データフォーマット

提供するデータは、カンマ区切りのテキスト形式の CSV ファイル（改行形式：CR+LF）である。データフォーマットは表付 1-2（データサンプルは図付 1-2 を参照）の通りである。

本データは、3 時間帯別にファイルが分割されており、時刻別にソートがされていないことに留意願いたい。各ファイルの先頭行は、フォーマット説明のためのヘッダー行となっている。

表付 1-2 データフォーマット

	項目	データ型	備考
1	車両 ID	Integer	
2	時刻	String[yyyy/MM/dd hh:mm:ss]	
3	車種	Integer	1：小型、2：大型
4	緯度	Double	単位は度。日本測地系。
5	経度	Double	単位は度。日本測地系。

VehicleID,Time,VehicleType(1:small,2:large),Latitude,Longitude

242200,2004/03/01 04:11:08,2,35.69208350,139.54109400

242200,2004/03/01 04:11:09,2,35.69199200,139.54110000

242200,2004/03/01 04:11:10,2,35.70401988,139.56168257

239800,2004/03/01 04:12:07,1,35.67843350,139.54913450

239800,2004/03/01 04:12:08,1,35.67842500,139.54899400

239800,2004/03/01 04:12:09,1,35.67841650,139.54885350

239800,2004/03/01 04:12:10,1,35.67840800,139.54871300

239800,2004/03/01 04:12:11,1,35.67839975,139.54858175

239800,2004/03/01 04:12:12,1,35.67839150,139.54845050

図付 1-2 データ例

3 データ保存先

本データは、国際交通データベース「ITDb」 (<http://trafficdata.iis.u-tokyo.ac.jp/>) の「MyITDb」内に保存されている。本データへアクセスするためには、事前にアカウント作成のための申請が必要である。



図付 1-3 ITDb

4 MyITDb 利用アカウントの取得

本データ利用のための MyITDb 利用アカウントの取得には、以下のメールアドレス宛てに申請願いたい。

(株) アイ・トランスポート・ラボ シミュレーションサポート窓口
メールアドレス：itl-simproduct@i-transportlab.jp

申請時は、メールの件名を「シミュレーション結果利用申請」とし、以下の情報を本文に記入して送付のこと。申請後、本データ管理担当者の確認後に MyITDb から招待メールとアカウント情報が届きます。MyITDb の利用方法については、MyITDb サイト内のヘルプをご参照願いたい。

- ✓ 申請者の名前（日本語と英語の両方）
- ✓ 申請者の所属（日本語と英語の両方）
- ✓ 申請者のメールアドレス
- ✓ 利用の目的

5 本データについての取扱い

本データ（交通流シミュレーション車両移動履歴データ）は、以下の内容に同意していただけるときのみ、使用できるものとする。

- ① 本データは、株式会社アイ・トランスポート・ラボの所有物である。
- ② 使用権者は、本データを自己使用目的（研究目的）に限って複製、加工使用できる。営利目的では使用できない。
- ③ 不特定多数者に対して本データ（加工されたものを含む）を頒布（出版やインターネット上で公開などを含む）することはできない。
- ④ 株式会社アイ・トランスポート・ラボは、本データ使用による損害に対して一切責任を負わない。
- ⑤ 本データを利用した研究発表・論文集等への掲載の際には、以下の情報を論文内で紹介し、発表先・掲載先を（株）アイ・トランスポート・ラボまで（itl-simproduct@i-transportlab.jp）連絡願いたい。連絡は、研究発表後や論文掲載後でも可とする。
 - ✓ 国際交通データベース「ITDb」とその URL (<http://trafficedata.iis.u-tokyo.ac.jp/>)
 - ✓ 本データの出力元となる交通流シミュレータ SOUND と、関連文献の URL (<http://www.i-transportlab.jp/publications/papers/index.html>)

6 問合せ先

株式会社 アイ・トランスポート・ラボ

〒101-0051 東京都千代田区神田神保町1-4 神保町1-4ビル3階

<TEL> 03-5283-8527 <FAX> 03-5283-8528

<URL> <http://www.i-transportlab.jp/index.html>

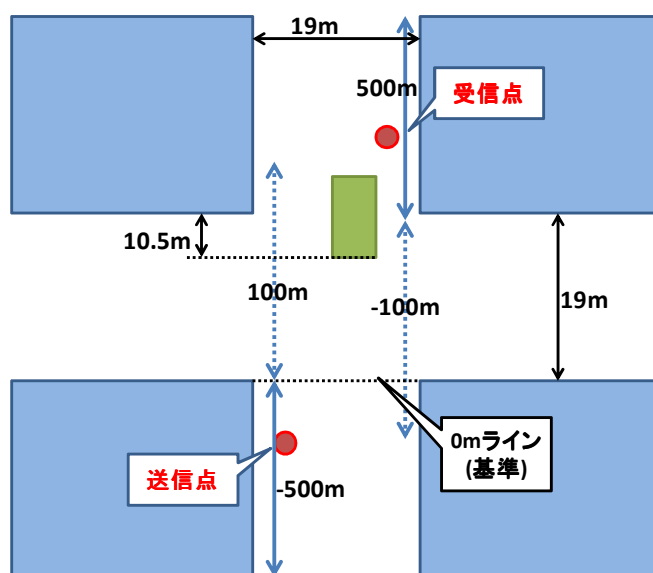
付録 2 右折衝突防止用伝搬モデル伝搬損失テーブルについて

1 概要

本テーブルは、2.2.1 電波伝搬モデルにおける(2)②b.右折衝突防止アプリケーション用伝搬モデルの伝搬損失の具体的な計算結果例を示すものである。環境モデルなど詳細については 2.2.1 節を参照のこと。本付録では、計算モデル、テーブルフォーマット、結果の概要を示す。

2 計算モデルの詳細

図付 2-1 に本付録が提供するテーブルの座標と交差点および送受信点の位置関係を示す。同図に示すように、送信点側建物のラインを 0m、それに対して送信側（同図の下方向）をマイナス方向・受信側（同、上方向）をプラス方向の座標とし、これにより位置を表す。この環境において、送信点位置を-500m～100m の範囲で、受信点位置を-81m～519m の範囲で、それぞれ 10m ずつ移動させ、全ての送受信点位置の組み合わせに対してレイトレーシング計算を行った結果例をテーブルにより示す。つまり、 $61 \times 61 = 3721$ の送受信位置を対象としている。なお、レイトレーシング計算においては、最大反射 4 回・最大回折 1 回のパスまで考慮した。



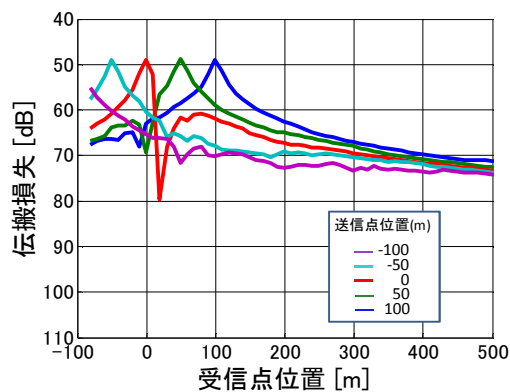
図付 2-1 座標と位置関係

3 テーブルのフォーマット

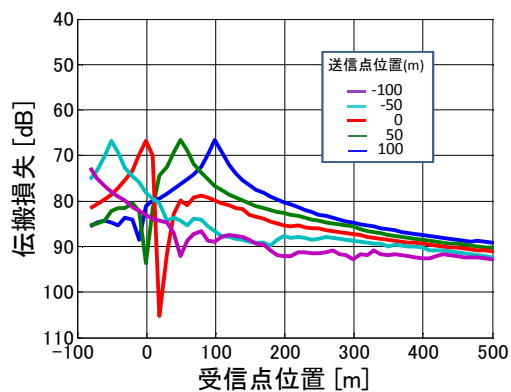
計算例として提供するテーブルは、カンマ区切りのテキスト形式の CSV ファイルである。テーブル内容の一部をサンプルとして図付 2-2 に示す。データフォーマットについては同図を参照されたい。

1行目: 周波数(MHz), 送信点位置 × 61か所分

760.00	-500.00	-490.00	-480.00	-470.00	-460.00	-450.00	-440.00	-430.00	-420.00	-410.00	-400.00	-390.00	-380.00	-370.00	-360.00	-350.00	-340.00	-330.00	-320.00	-310.00	-300.00	-290.00	-280.00	-270.00	-260.00	-250.00	-240.00	-230.00	-220.00	-210.00	-200.00	-190.00	-180.00	-170.00	-160.00	-150.00	-140.00	-130.00	-120.00	-110.00	-100.00	-90.00	-80.00	-70.00	-60.00	-50.00	-40.00	-30.00	-20.00	-10.00	0.00	10.00	20.00	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00	100.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
-81.00	76.53	76.33	76.13	75.92	75.71	75.49	75.27	75.03	74.80	74.55	74.30	74.05	73.80	73.55	73.30	73.05	72.80	72.55	72.30	72.05	71.80	71.55	71.30	71.05	70.80	70.55	70.30	70.05	69.80	69.55	69.30	69.05	68.80	68.55	68.30	68.05	67.80	67.55	67.30	67.05	66.80	66.55	66.30	66.05	65.80	65.55	65.30	65.05	64.80	64.55	64.30	64.05	63.80	63.55	63.30	63.05	62.80	62.55	62.30	62.05	61.80	61.55	61.30	61.05	60.80	60.55	60.30	60.05	59.80	59.55	59.30	59.05	58.80	58.55	58.30	58.05	57.80	57.55	57.30	57.05	56.80	56.55	56.30	56.05	55.80	55.55	55.30	55.05	54.80	54.55	54.30	54.05	53.80	53.55	53.30	53.05	52.80	52.55	52.30	52.05	51.80	51.55	51.30	51.05	50.80	50.55	50.30	50.05	49.80	49.55	49.30	49.05	48.80	48.55	48.30	48.05	47.80	47.55	47.30	47.05	46.80	46.55	46.30	46.05	45.80	45.55	45.30	45.05	44.80	44.55	44.30	44.05	43.80	43.55	43.30	43.05	42.80	42.55	42.30	42.05	41.80	41.55	41.30	41.05	40.80	40.55	40.30	40.05	39.80	39.55	39.30	39.05	38.80	38.55	38.30	38.05	37.80	37.55	37.30	37.05	36.80	36.55	36.30	36.05	35.80	35.55	35.30	35.05	34.80	34.55	34.30	34.05	33.80	33.55	33.30	33.05	32.80	32.55	32.30	32.05	31.80	31.55	31.30	31.05	30.80	30.55	30.30	30.05	29.80	29.55	29.30	29.05	28.80	28.55	28.30	28.05	27.80	27.55	27.30	27.05	26.80	26.55	26.30	26.05	25.80	25.55	25.30	25.05	24.80	24.55	24.30	24.05	23.80	23.55	23.30	23.05	22.80	22.55	22.30	22.05	21.80	21.55	21.30	21.05	20.80	20.55	20.30	20.05	19.80	19.55	19.30	19.05	18.80	18.55	18.30	18.05	17.80	17.55	17.30	17.05	16.80	16.55	16.30	16.05	15.80	15.55	15.30	15.05	14.80	14.55	14.30	14.05	13.80	13.55	13.30	13.05	12.80	12.55	12.30	12.05	11.80	11.55	11.30	11.05	10.80	10.55	10.30	10.05	9.80	9.55	9.30	9.05	8.80	8.55	8.30	8.05	7.80	7.55	7.30	7.05	6.80	6.55	6.30	6.05	5.80	5.55	5.30	5.05	4.80	4.55	4.30	4.05	3.80	3.55	3.30	3.05	2.80	2.55	2.30	2.05	1.80	1.55	1.30	1.05	0.80	0.55	0.30	0.05	-0.20	-0.45	-0.70	-0.95	-1.20	-1.45	-1.70	-1.95	-2.20	-2.45	-2.70	-2.95	-3.20	-3.45	-3.70	-3.95	-4.20	-4.45	-4.70	-4.95	-5.20	-5.45	-5.70	-5.95	-6.20	-6.45	-6.70	-6.95	-7.20	-7.45	-7.70	-7.95	-8.20	-8.45	-8.70	-8.95	-9.20	-9.45	-9.70	-9.95	-10.20	-10.45	-10.70	-10.95	-11.20	-11.45	-11.70	-11.95	-12.20	-12.45	-12.70	-12.95	-13.20	-13.45	-13.70	-13.95	-14.20	-14.45	-14.70	-14.95	-15.20	-15.45	-15.70	-15.95	-16.20	-16.45	-16.70	-16.95	-17.20	-17.45	-17.70	-17.95	-18.20	-18.45	-18.70	-18.95	-19.20	-19.45	-19.70	-19.95	-20.20	-20.45	-20.70	-20.95	-21.20	-21.45	-21.70	-21.95	-22.20	-22.45	-22.70	-22.95	-23.20	-23.45	-23.70	-23.95	-24.20	-24.45	-24.70	-24.95	-25.20	-25.45	-25.70	-25.95	-26.20	-26.45	-26.70	-26.95	-27.20	-27.45	-27.70	-27.95	-28.20	-28.45	-28.70	-28.95	-29.20	-29.45	-29.70	-29.95	-30.20	-30.45	-30.70	-30.95	-31.20	-31.45	-31.70	-31.95	-32.20	-32.45	-32.70	-32.95	-33.20	-33.45	-33.70	-33.95	-34.20	-34.45	-34.70	-34.95	-35.20	-35.45	-35.70	-35.95	-36.20	-36.45	-36.70	-36.95	-37.20	-37.45	-37.70	-37.95	-38.20	-38.45	-38.70	-38.95	-39.20	-39.45	-39.70	-39.95	-40.20	-40.45	-40.70	-40.95	-41.20	-41.45	-41.70	-41.95	-42.20	-42.45	-42.70	-42.95	-43.20	-43.45	-43.70	-43.95	-44.20	-44.45	-44.70	-44.95	-45.20	-45.45	-45.70	-45.95	-46.20	-46.45	-46.70	-46.95	-47.20	-47.45	-47.70	-47.95	-48.20	-48.45	-48.70	-48.95	-49.20	-49.45	-49.70	-49.95	-50.20	-50.45	-50.70	-50.95	-51.20	-51.45	-51.70	-51.95	-52.20	-52.45	-52.70	-52.95	-53.20	-53.45	-53.70	-53.95	-54.20	-54.45	-54.70	-54.95	-55.20	-55.45	-55.70	-55.95	-56.20	-56.45	-56.70	-56.95	-57.20	-57.45	-57.70	-57.95	-58.20	-58.45	-58.70	-58.95	-59.20	-59.45	-59.70	-59.95	-60.20	-60.45	-60.70	-60.95	-61.20	-61.45	-61.70	-61.95	-62.20	-62.45	-62.70	-62.95	-63.20	-63.45	-63.70	-63.95	-64.20	-64.45	-64.70	-64.95	-65.20	-65.45	-65.70	-65.95	-66.20	-66.45	-66.70	-66.95	-67.20	-67.45	-67.70	-67.95	-68.20	-68.45	-68.70	-68.95	-69.20	-69.45	-69.70	-69.95	-70.20	-70.45	-70.70	-70.95	-71.20	-71.45	-71.70	-71.95	-72.20	-72.45	-72.70	-72.95	-73.20	-73.45	-73.70	-73.95	-74.20	-74.45	-74.70	-74.95	-75.20	-75.45	-75.70	-75.95	-76.20	-76.45	-76.70	-76.95	-77.20	-77.45	-77.70	-77.95	-78.20	-78.45	-78.70	-78.95	-79.20	-79.45	-79.70	-79.95	-80.20	-80.45	-80.70	-80.95	-81.20	-81.45	-81.70	-81.95	-82.20	-82.45	-82.70	-82.95	-83.20	-83.45	-83.70	-83.95	-84.20	-84.45	-84.70	-84.95	-85.20	-85.45	-85.70	-85.95	-86.20	-86.45	-86.70	-86.95	-87.20	-87.45	-87.70	-87.95	-88.20	-88.45	-88.70	-88.95	-89.20	-89.45	-89.70	-89.95	-90.20	-90.45	-90.70	-90.95	-91.20	-91.45	-91.70	-91.95	-92.20	-92.45	-92.70	-92.95	-93.20	-93.45	-93.70	-93.95	-94.20	-94.45	-94.70	-94.95	-95.20	-95.45	-95.70	-95.95	-96.20	-96.45	-96.70	-96.95	-97.20	-97.45	-97.70	-97.95	-98.20	-98.45	-98.70	-98.95	-99.20	-99.45	-99.70	-99.95	-100.20	-100.45	-100.70	-100.95	-101.20	-101.45	-101.70	-101.95	-102.20	-102.45	-102.70	-102.95	-103.20	-103.45	-103.70	-103.95	-104.20	-104.45	-104.70	-104.95	-105.20	-105.45	-105.70	-105.95	-106.20	-106.45	-106.70	-106.95	-107.20	-107.45	-107.70	-107.95	-108.20	-108.45	-108.70	-108.95	-109.20	-109.45	-109.70	-109.95	-110.20	-110.45	-110.70	-110.95	-111.20	-111.45	-111.70	-111.95	-112.20	-112.45	-112.70	-112.95	-113.20	-113.45	-113.70	-113.95	-114.20	-114.45	-114.70	-114.95	-115.20	-115.45	-115.70	-115.95	-116.20	-116.45	-116.70	-116.95	-117.20	-117.45	-117.70	-117.95	-118.20	-118.45	-118.70	-118.95	-119.20	-119.45	-119.70	-119.95	-120.20	-120.45	-120.70	-120.95	-121.20	-121.45	-121.70	-121.95	-122.20	-122.45	-122.70	-122.95	-123.20	-123.45	-123.70	-123.95	-124.20	-124.45	-124.70	-124.95	-125.20	-125.45	-125.70	-125.95	-126.20	-126.45	-126.70	-126.95	-127.20	-127.45	-127.70	-127.95	-128.20	-128.45	-128.70	-128.95	-129.20	-129.45	-129.70	-129.95	-130.20	-130.45	-130.70	-130.95	-131.20	-131.45	-131.70	-131.95	-132.20	-132.45	-132.70	-132.95	-133.20	-133.45	-133.70	-133.95	-134.20	-134.45	-134.70	-134.95	-135.20	-135.45	-135.70	-135.95	-136.20	-136.45	-136.70	-136.95	-137.20	-137.45	-137.70	-137.95	-138.20	-138.45	-138.70	-138.95	-139.20	-139.45	-139.70	-139.95	-140.20	-140.45	-140.70	-140.95	-141.20	-141.45	-141.70	-141.95	-142.20	-142.45	-142.70	-142.95	-143.20	-143.45	-143.70	-143.95	-144.20	-144.45	-144.70	-144.95	-145.20	-145.45	-145.70	-145.95	-146.20	-146.45	-146.70	-146.95	-147.20	-147.45	-147.70	-147.95	-148.20	-148.45	-148.70	-148.95	-149.20	-149.45	-149.70	-149.95	-150.20	-150.45	-150.70	-150.95	-151.20	-151.45	-151.70	-151.95	-152.20	-152.45	-152.70	-152.95	-153.20	-153.45	-153.70	-153.95	-154.20	-154.45	-154.70	-154.95	-155.20	-155.45	-155.70	-155.95	-156.20	-156.45	-156.70	-156.95	-157.20	-157.45	-157.70	-157.95	-158.20	-158.45	-158.70	-158.95	-159.20	-159.45	-159.70	-159.95	-160.20	-160.45	-160.70	-160.95	-161.20	-161.45	-161.70	-161.95	-162.20	-162.45	-162.70	-162.95	-163.20	-163.45	-163.70	-163.95	-164.20	-164.45	-164.70	-164.95	-165.20	-165.45	-165.70	-165.95	-166.20	-166.45	-166.70	-166.95	-167.20	-167.45	-167.70	-167.95	-168.20	-168.45	-168.70	-168.95	-169.20	-169.45	-169.70	-169.95	-170.20	-170.45	-170.70	-170.95	-171.20	-171.45	-171.70	-171.95	-172.20	-172.45	-172.70	-172.95	-173.20	-173.45	-173.70	-173.95	-174.20	-174.45	-174.70	-174.95	-175.20	-175.45	-175.70	-175.95	-176.20	-176.45	-176.70	-176.95	-177.20	-177.45	-177.70	-177.95	-178.20	-178.45	-178.70	-178.95	-179.20	-179.45	-179.70	-179.95	-180.20	-180.45	-180.70	-180.95	-181.20	-181.45	-181.70	-181.95	-182.20	-182.45	-182.70	-182.95	-183.20	-183.45	-183.70	-183.95	-184.20	-184.45	-184.70	-184.95	-185.20	-185.45	-185.70	-185.95	-186.20	-186.45	-186.70	-186.95	-187.20	-187.45	-187.70	-187.95	-188.20	-188.45	-188.70	-188.95	-189.20	-189.45	-189.70	-189.95	-190.20	-190.45	-190.70	-190.95	-191.20	-191.45	-191.70	-191.95	-192.20	-192.45	-192.70	-192.95	-193.20	-193.45	-193.70	-193.95	-194.20	-194.45	-194.70	-194.95	-195.20	-195.45	-195.70	-195.95	-196.20	-196.45	-196.70	-196.95	-197.20	-197.45	-197.70	-197.95	-198.20	-198.45	-198.70	-198.95	-199.20	-199.45	-199.70	-199.95	-200.20	-200.45	-200.70	-200.95	-201.20	-201.45	-201.70	-201.95	-202.20	-202.45	-202.70	-202.95



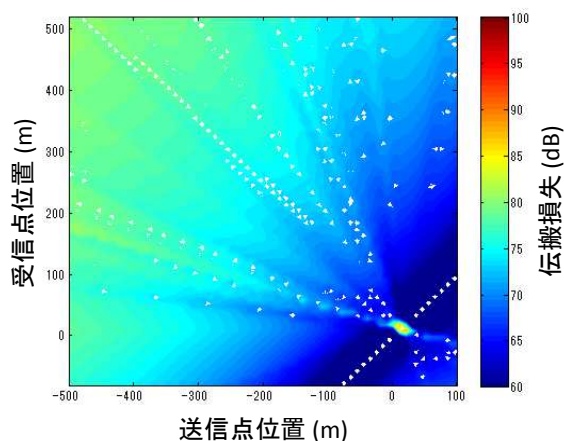
(a) 760MHz



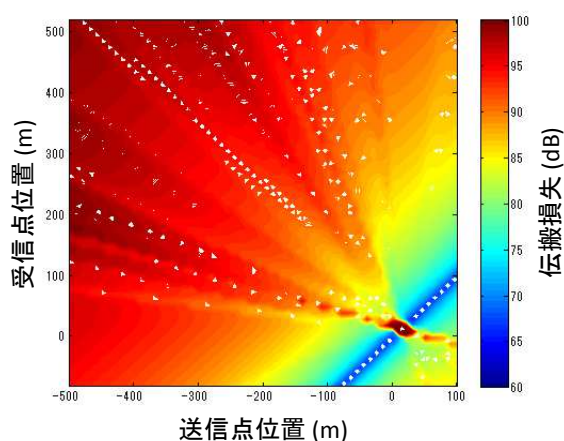
(b) 5.8GHz

図付 2-3 伝搬損失データの概要

図付 2-4 は、全ての送受信点位置を対象として、伝搬損失の値をカラーマップで示すものである。なお、図中の白い点は表示の問題で発生しているものであり、無視して頂きたい。



(a) 760MHz



(b) 5.8GHz

図付 2-4 伝搬損失テーブル全体

5 本テーブルの取扱い

本テーブル（右折衝突防止用伝搬モデル伝搬損失テーブル）は、計算例として示している。本データ使用による損害に対しては一切責任を負わない。

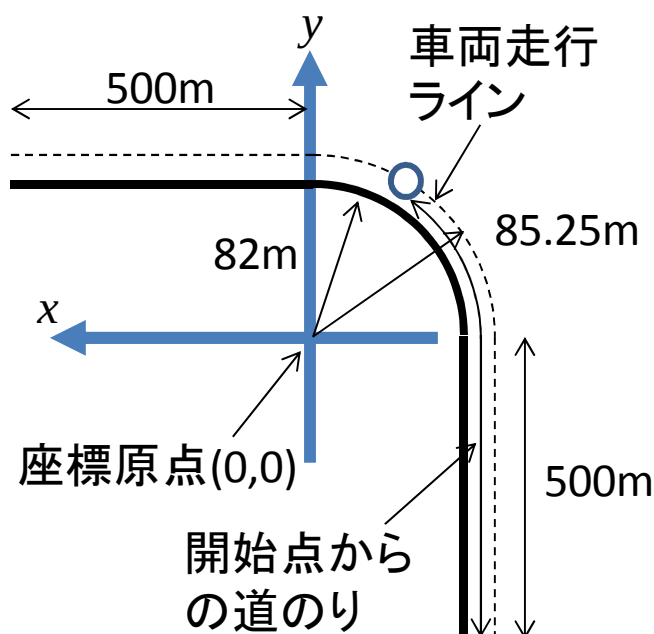
付録 3 見通しの悪いカーブでの追突防止アプリケーション用伝搬モデル伝搬損失テーブルについて

1 概要

本テーブルは、2.2.1 電波伝搬モデルにおける(2)②c. 見通しの悪いカーブでの追突防止アプリケーション用伝搬モデルの伝搬損失の具体的な計算結果例を示すものである。環境モデルなど詳細については 2.2.1 節を参照のこと。本付録では、計算モデル、テーブルフォーマット、結果の概要を示す。

2 計算モデルの詳細

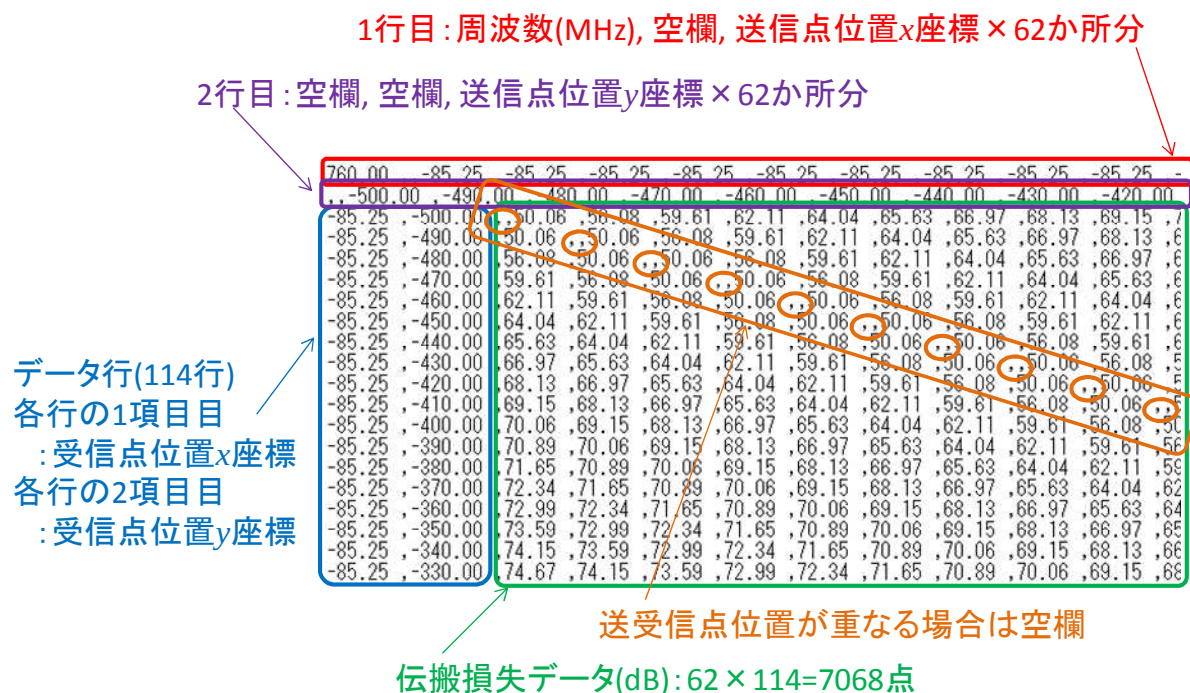
図付 3-1 に本付録が提供するテーブルの座標と交差点および送受信点の位置関係を示す。同図に示すように、円弧部分の中心を原点とし、図に示す方向に二次元の座標(x, y)をとるものとする。この環境モデルにおいて、送信点車両位置および受信点車両位置を[500m の直線部分]+[半径 85.25m の円弧部分]+[500m の直線部分]の範囲において距離間隔を 10m とし、離散的な位置に置いた場合の伝搬損失を、2.2.1 節に示した方法により計算した結果の例をテーブルとして示す。実際にシミュレーションで伝搬損失値を計算する場合、つまり、離散的ではない任意の送信車両・受信車両の位置における伝搬損失を計算する場合には、テーブルとして与えられた伝搬損失値を適切に補間することにより伝搬損失値を計算することが必要となる。



図付 3-1 環境モデルおよび座標

3 テーブルのフォーマット

計算例として提供するテーブルは、カンマ区切りのテキスト形式の CSV ファイルである。テーブル内容の一部をサンプルとして図付 3-2 に示す。データフォーマットについては同図を参照されたい。



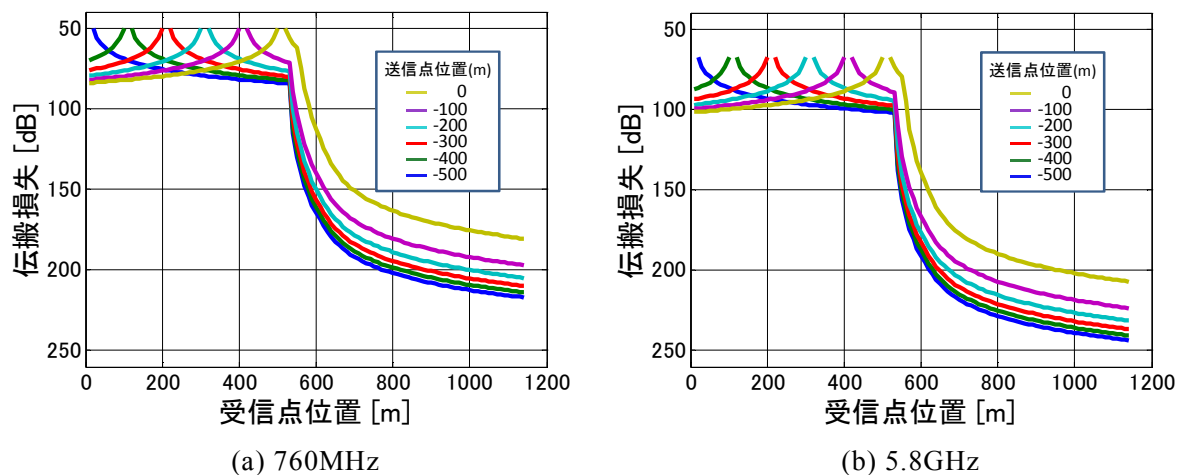
図付 3-2 テーブルサンプル

周波数ごとに別のファイルが用意されており、それぞれの内容は以下の通りである。

P2_0760.csv	キャリア周波数：760MHz
P2_5800.scv	キャリア周波数：5.8GHz

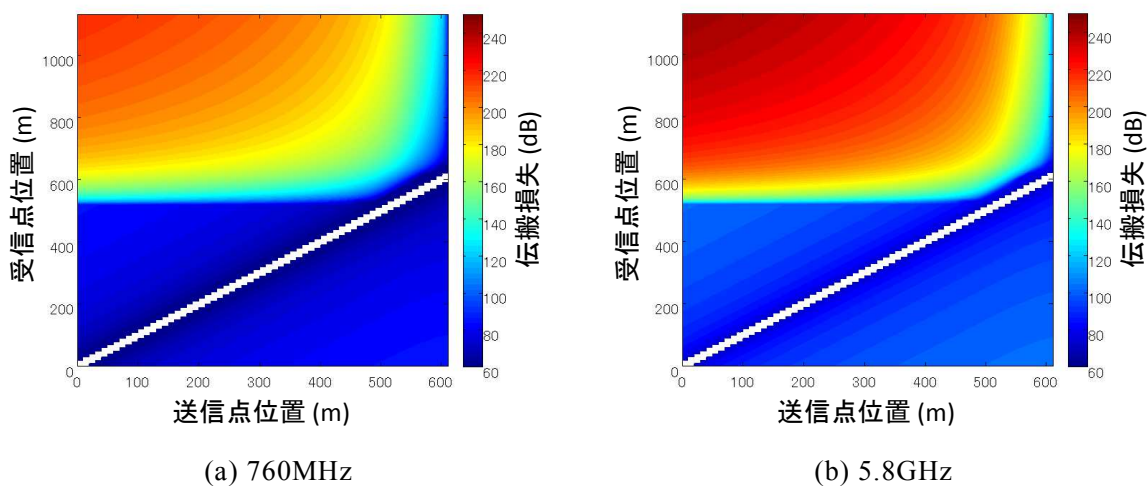
4 テーブルデータの概要

ここでは、参考として、本テーブルに格納されている伝搬損失データの概要を示す。図付 3-3 は、送信点の y 座標を $-500\text{m} \sim 0\text{m}$ の間で 100m 間隔で 6 点を選び、受信点位置を変化させた場合のそれぞれの周波数における伝搬損失特性である。なお、同図の横軸の「受信点位置」は、図付 3-1 に示すように、手前の 500m の直線部分の開始点を基準とした車両走行ライン上の道のりを示している。



図付 3-3 伝搬損失データの概要

図付 3-4 は、全ての送受信点位置を対象として、伝搬損失の値をカラーマップで示すものである。なお、このモデルはカーブの手前とカーブを曲がった先の環境が対称であることから、図付 3-4 においても、また、テーブルデータにおいても、送信点位置は『[500m の直線部分]+[半径 85.25m の円弧部分]の半分まで』の領域、つまり、全体の半分の領域のみを対象として結果を示している。また、同図の横軸・縦軸の「送信点位置」および「受信点位置」は、図付 3-3 と同じく、車両走行ライン開始点からの道のりを示している。



図付 3-4 伝搬損失テーブル全体

5 本テーブルの取扱い

本テーブル（右折衝突防止用伝搬モデル伝搬損失テーブル）は、計算例として示している。本データ使用による損害に対しては一切責任を負わない。