

I T S 通信システムアーキテクチャに関する フィージビリティスタディ

加藤 晋[†] 金子 貴信[‡] 木村 裕^{††} 田中 清一^{*} 熊谷 佳晶^{**} 関 馨[§]

[†]産業技術総合研究所 知能システム研究部門 〒305-8564 茨城県つくば市並木 1-2-1,

[‡]カルソニックカンセイ株式会社, ^{††}日本電気株式会社,

^{*}エム・アール・アイリサーチアソシエイツ株式会社, ^{**}富士通株式会社

[§]日本自動車研究所 ITS センター 〒105-0012 港区芝大門 1-1-30 日本自動車会館 12F

E-mail: [†]shin.kato@aist.go.jp, [§]kseki@jari.or.jp

あらまし 本報告では、2005 年度、経済産業省、基準認証研究開発事業の一環として財)日本規格協会からの委託により、日本自動車研究所で実施した ITS 通信システムアーキテクチャに関するフィージビリティスタディの活動について紹介を行う。

キーワード 高度交通システム, ITS 通信, システムアーキテクチャ, 標準化, フィージビリティスタディ

Feasibility Study of ITS Communication System Architecture

Shin Kato[†] Takanobu KANEKO[‡] Yutaka KIMURA^{††} Seiichi TANAKA^{*}
Yoshiaki KUMAGAI^{**} and Kaoru SEKI[§]

[†]Intelligent Systems Research Institute, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

Namiki 1-2-1 Tsukuba East, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305-8564 Japan,

[‡]Calsonic Kansei Corporation, ^{††}NEC Corporation, ^{*}MRI Research Associates Inc., ^{**}FUJITSU Limited,

[§]Japan Automobile Research Institute 1-1-30 Shibadaimon, Minato-ku, Tokyo, 105-0012 Japan

E-mail: [†]shin.kato@aist.go.jp, [§]kseki@jari.or.jp

Abstract This report introduces the activity of the feasibility study concerning the ITS communication system architecture conducted by the ITS Center of the Japan Automobile Research Institute during the year 2005. It was commissioned by Japanese Standards Association as part of the Standard Authentication R&D Program of the Ministry of Economy, Trade and Industry.

Keyword ITS, Communication for ITS, System Architecture, Standardization, Feasibility Study

1. はじめに

現在、日本において ITS (高度道路交通システム) はセカンドステージに入り、「安全・安心」、「豊かさ・環境」、「快適・利便」が ITS のサービスシーンと位置づけられ、2007 年の本格的な ITS 社会の実現が提言されている。これらの道路交通の安全性向上や快適、利便、娯楽などのサービスやアプリケーションの実現に向けて、日本を含む各国で ITS 通信 (広域無線 (移動) 通信, 路車間通信, 車車間通信) を利用することが検討され、様々な通信システムの研究、開発が進められている。しかし、現状では、このような ITS 通信システムの全体を見通したアーキテクチャは見当たらない。そこで、本研究では様々なアプリケーションを実現可能とする将来の通信システムのあり方を含めた次期 ITS 通信システムのアーキテクチャを検討し、ISO/TC204 (国際標準化機構/ITS 標準化専門委員会) における新たな標準化項目の可能性についてフィージビ

リティスタディ (FS) を行った。なお本研究は、2005 年度に経済産業省、基準認証研究開発事業の一環として財)日本規格協会からの委託で実施したものである [1]。

2. ITS 通信システムアーキテクチャの必要性和対象とする方向

アプリケーション、通信ネットワーク、通信メディアなどからなる ITS 通信システムを、全体として効率良く安全に機能させるように設計開発するためには、システムを構成する要素 (技術や個別システムなど) とその関係を表現したシステム全体の構造 (骨格) を示す ITS 通信システムアーキテクチャが必要不可欠なものと考えられる。また、今後は、アプリケーションを実現するための通信メディアが自由に利用できることが期待されることから、路車間や車車間などの様々な通信を利用した個別システム間の相互接続性や相互

運用性を考慮し、ITS 通信としてそれらを統合できる標準的な仕組みとしてのアーキテクチャが必要と考えられる。

ITS 通信システムのアーキテクチャとして ISO/TC204/WG16 (広域通信標準化 G) において、次世代の路車間・車車間通信技術の国際標準案として検討されている CALM (Communication Air interface for Long and Medium range)がある。この CALM アーキテクチャは、インターネットプロトコル (IP) がベースであり、利便系・快適系のサービス対応が主と考えられる。今回、研究対象とする ITS 通信システムアーキテクチャの方向は、図 1 に示すように、既存の IP 系の CALM を包含し、安全系の支援のために必要な非 IP 系の車車間・路車間通信を含めて拡張していくことにある。

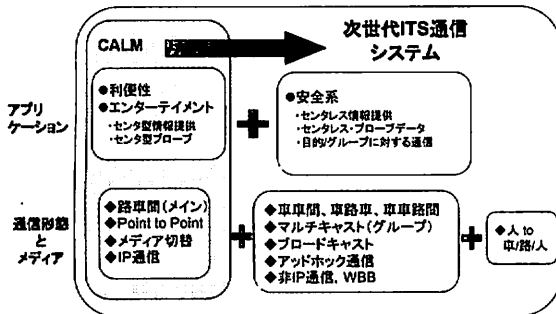


図 1 ITS 通信システムアーキテクチャの対象方向

3. 研究の進め方

本研究では、ITS 通信システムアーキテクチャの構築を目指し、図 2 に示すフローで研究を進めた。まず、①、②で安全やテレマティクスに関するアプリケーションや通信システムなどの動向について整理し、③、④、⑤でアプリケーションを実現するために必要な通信形態を明確化し、現状の通信システムと比較して課題や関連項目を抽出した。これらを、OSI レイヤモデルを参照して要素間の関連について整理し、⑥でアーキテクチャの構築を試み、⑦で標準化項目や技術開発課題の明確化を行うという、7 段階によって進めた。

また上記の研究は、図 3 に示す体制で実施し、筆者らの研究グループの活動や方向性を、メーカ (車、通信など)、大学、団体の有識者からなる「ITS 通信システムアーキテクチャ標準化 FS 委員会」で審議した。

4. ITS 通信システムアーキテクチャの構築

4.1. 通信形態の整理

図 2 の進め方に沿って ITS のアプリケーションや通信システムについての整理を行った後、これらを関連

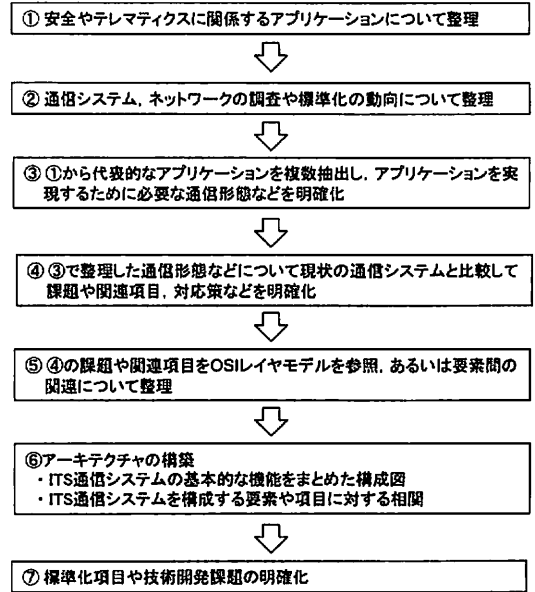


図 2 研究の進め方

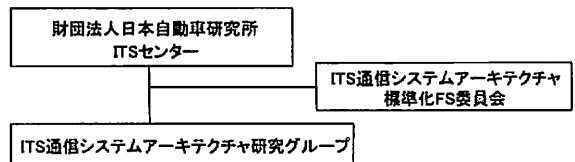


図 3 実施体制

づけるため、「ITS 通信のコンセプトリファレンスモデル」[2][3]の考え方を参照して整理した。これは ITS のアプリケーションが車、道路、インフラ、人間との間の情報共有によって成り立つという前提で、情報共有によって形成されたアプリケーションとその情報を伝達する手段である通信システムの関係を示すものである。コンセプトリファレンスモデルは、現在、表としてまとめられており、縦軸をインフラ、車が保有する情報の 2 つに分類し、さらにそれぞれに情報の伝達に許容される遅れを 0.1 秒以下、1 秒以下、10 秒以下、10 秒以上の 4 つに分け、横軸には、情報の送り先として、インフラ、車への情報提供の 2 つの分類の中に、情報を受信側があらかじめ既知か否かで、特定、不特定の領域と特定、不特定のインフラの 4 つと、特定、不特定の領域と特定、不特定の車両の 4 つの計 8 つに分類した表を用いて、その中にアプリケーションを列記し、さらに、それぞれの部分を満たす通信方式をマッピングしたものが提案されている。

この表を参照し、想定するアプリケーションにおける通信形態（End to End）を分類整理した。例として、インフラの保有する交通情報と、車両の保有するプローブ情報によるアプリケーションの通信形態を、縦軸をインフラと車両が保有する情報の2つにわけ、さらにリアルタイム性の高低で4つに分類し、横軸は通信形態として、先のコンセプトリファレンスモデルと同様に、特定、不特定の領域と、インフラと車両の組み合わせの8つの簡素化した分類表上で、例示した情報例が当てはまるかの整理を行った。これらの分類上では、車路間通信のアップリンク、路車間通信のダウンリンク、車車間通信のセンターレス通信などの領域に分類されることが示されている。

これらの整理によってどのような情報が「どこからどこに」というような、End to Endの通信相手と、その通信経路を想定することで通信における利用技術をパターン化した。なお、利用技術としては、車両、インフラを核としてそれぞれを結び通信を基本としてパターン化している。その結果の1つを表1に示す。車両との情報通信における通信形態（End to End）、および通信経路を整理し、通信における利用技術をA～Eの5つのパターンに分類することができた。

4.2. 課題と関連要素の整理

4.1で整理した5つのパターンについて、課題あるいは留意点とそれに対する対応方法を含む技術的な関連要素を整理した。表2にパターンA（車両-車両間）について特定車両への伝達を課題とした一例を示す。

表1 通信形態の整理（車両中心）

End to End	通信経路	利用技術	パターン
車両→車両	車両→車両	車両→車両	A
	車両→車両→車両	車両→車両	A
		車両中継	D
	車両→インフラ→車両	車両→インフラ	B
		インフラ→車両	C
インフラ中継		E	
車両→インフラ	車両→インフラ	B	
	車両→車両→インフラ	車両→車両	A
		車両→インフラ	B
		車両中継	D
インフラ→車両	インフラ→車両	C	
	インフラ→車両→車両	インフラ→車両	C
		車両→車両	A
		車両中継	D

表2 課題と関連要素の整理

課題・留意点	関連事項等	関連要素
特定の車両への伝達	車両特定方法（一意の車両、その他の条件）	車両の特定方法
		自車両の位置
		宛先車両の位置
		宛先車両アドレス
		車両の通信エリア
		シングルキャスト など

4.3. ITS通信システムの基本的な機能構成

上記の4.2で整理を行ったパターン毎の通信に関わる関連要素を、OSIのレイヤモデルを参照して、アプリケーション、L7～L3（通信ネットワーク）、L2～L1（通信メディア）の3つのレイヤで整理したものが、図4である。各層の関連要素の集まりを見ると、アプリケーション層では、①アプリ・環境の要件、②通信環境判断、L7～L3層では、③通信先・経路の特定、④必要な通信路の確保、L2～L1層では、⑤必要な伝送路

	通信に係わる関連項目等					
アプリ	移動速度	アプリの要求するQoS	メッセージ	インフラ認知方法	インフラ特定方法	
	サービスエリア	アプリからの要求	データ	車両認知方法	中継要否判断	
	自車両位置	アプリ優先判断	データサイズ	車両特定方法	中継車両判断	
	車両位置	複数車両のグループ化	不特定車両の範囲	通信環境判断	中継インフラ判断	
	車両台数	インフラ位置	地図上の宛先車両位置	複数インフラのグループ化	中継車両不在判断	
	中継車両位置	インフラ数	地図上のインフラ位置	不特定インフラの範囲	中継インフラ不在判断	
L7 L3	宛先車両のアドレス有(特定)	中継車のアドレス	シングルキャスト	QoS	認証	
	宛先車両のアドレス無(不特定)	経路	経路表	マルチキャスト	誤り訂正	秘匿
	宛先アドレス	[通信先・経路の特定]		[必要な通信路の確保]		暗号化
	受信アドレス	切替	ブロードキャスト	再送		
	複数アドレス	ホッピング回数		セッション再現	プロトコル	
L2 L1	QoS	インターフェイス	通信ノード数	伝送速度	通信メディアの状態	送信出力
	エラー率	通信方式(CSAM)	通信チャネル	伝送容量	シャドウイング	受信電界
	信号衝突	[必要な伝送路の確保]		[物理的な条件]		帯域
	衝突確率	リンク確立	通信時間	ギャップフェラー	マルチパス	指向性
	伝送効率	再接続	通信エリア		かくれ端末	干渉

図4 レイヤモデルを参照した関連項目の整理

の確保, ⑥物理的な条件, の6つの機能要素の集合に分けることができる。

上記の層レベルで横に分類された機能要素を, さらに, 各層でまたがる縦方向に関連する機能要素に関連づけた機能構成を図5に示す。

アプリ優先制御, 通信形態制御 (グループマネジメント機能), 通信経路制御, 中継制御 (マルチホップ制御), 通信メディア切替制御, 通信メディア制御の各機能に関連する構成要素を楕円で領域分けしている。この図よりアプリ優先制御以外の各制御機能が

- ・アプリケーション
- ・通信ネットワーク
- ・通信メディア

の各レイヤにまたがって動作し, 各レイヤにおける調整機能ばかりでなく, レイヤを超えた調整もしくは管理する機能が必要であることがわかる。

また, 通信形態, 通信経路, 中継制御などでは互いに要素が包含されるため, 各制御機能が相互に連携しながら動作し, 横の調整や管理を行う機能も必要となる。

4.4. ITS通信システムアーキテクチャ

図5の機能構成図を整理し, 概観的にまとめたアーキテクチャを図6に示す。このアーキテクチャでは各制御機能を総合的にマネジメントする機能 (図6の左側ブロック) が特徴である。アーキテクチャを構成する各制御機能について説明する。

1) アプリケーションの優先制御機能

複数のアプリケーションが同時に動作しているときに, 優先順位を静的・動的に判断してアプリケーションを制御する。

2) 通信メディア制御機能

車速やアプリケーションの要求から通信メディアの特性 (送信出力, 通信周期等) を制御する。また, 通信メディアの特性からアプリケーションを制御する。

3) 通信経路の制御機能

アプリケーションの優先順位や QoS によって通信経路を制御する。

・マルチホップ制御機能

中継をするかどうかの判断や何回中継するのか制御する。

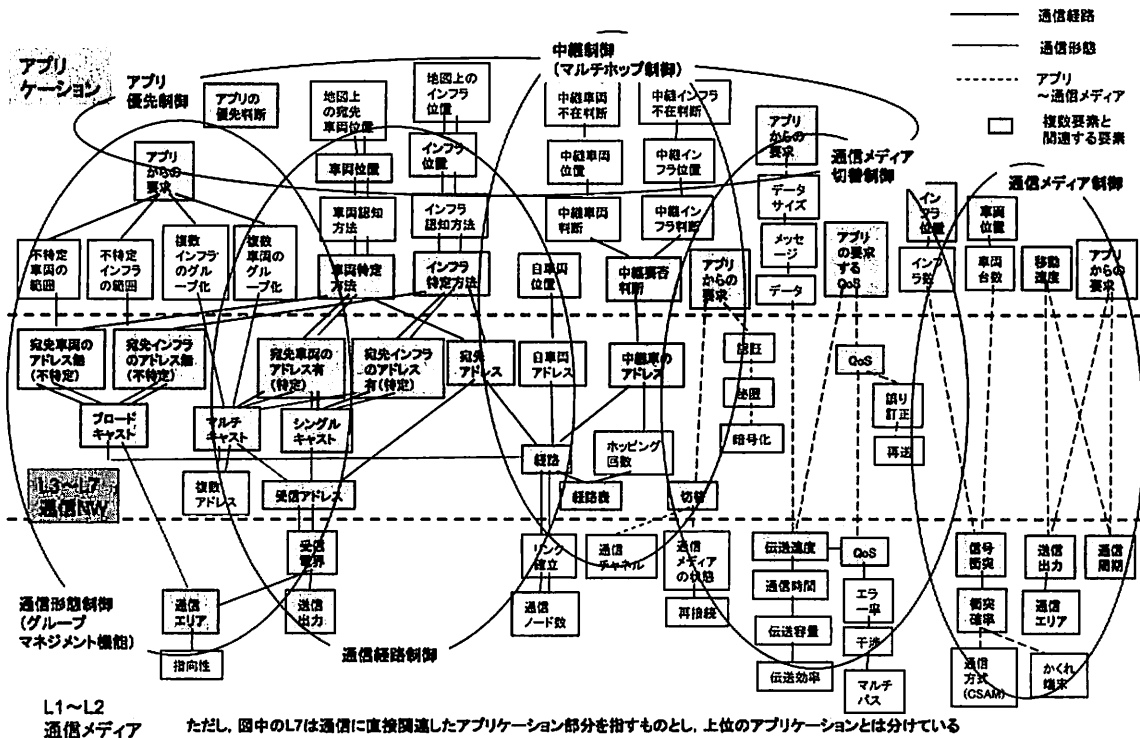


図5 ITS通信システムの機能構成

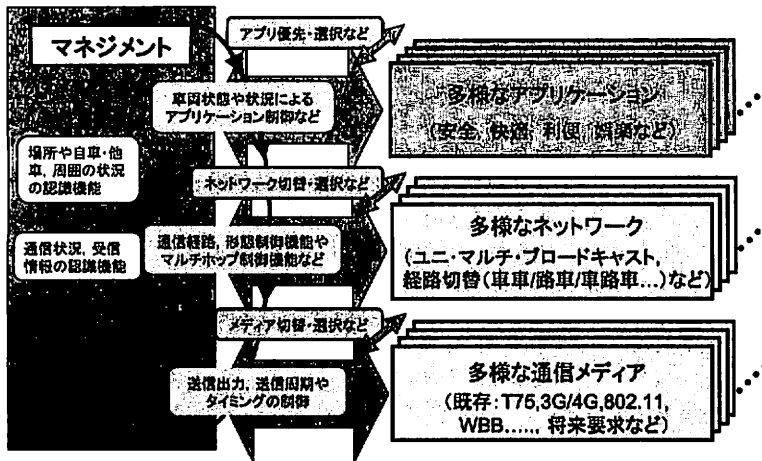


図6 ITS通信システムアーキテクチャ概観

- ・場所や自車・他車，周囲の状況の認識機能
- ・通信状況，受信状況の認識機能

5. アプリケーションを想定したマネジメント機能の検証

ここで実際に情報や通信形態の異なるいくつかのアプリケーションを想定し，マネジメント機能によってアプリケーションが切替る場合の動作を検証する。

図7は，車両が走行しながら路車間通信で交通情報を通信している間に交差点に接近し，車車間通信を用いて交差点での安全に関する情報を通信した後，交差点通過

後に前方の事故情報を後続車にブロードキャストするシナリオを示している。まず，安全情報は交通情報より優先度が高いため，交通情報のアプリケーションは中断されて安全情報のアプリケーションへの切替が行われる。この時，通信相手も路側器から交差点付近の他車に切替り，アプリケーションが切替ると共に路車から車車へ通信経路が切替り，通信に関するQoSもリアルタイム性を優先させたレベルに変更される。また，交差点通過後に前方の事故情報を後続の車両に送信する場合は通信形態がシングルキャストからブロードキャストに切替る。このシナリオで動作する機能要素群とそれら同士の関係を，図5の機能構成でみると，各

- ・通信相手の制御機能
 - アプリケーションがどの車，インフラと通信するのか制御する
- 4) 通信メディア切替制御機能
 - アプリケーションの優先順位や QoS によって通信メディアやチャネルを切替制御する。
- 5) 通信形態制御機能
 - ・グループマネジメント機能
 - マルチキャストでどのグループに通信するかを制御するグループマネジメント機能
 - ・ブロードキャストのマネジメント機能
- 6) 上記1)～5)の機能を総合的に制御する機能

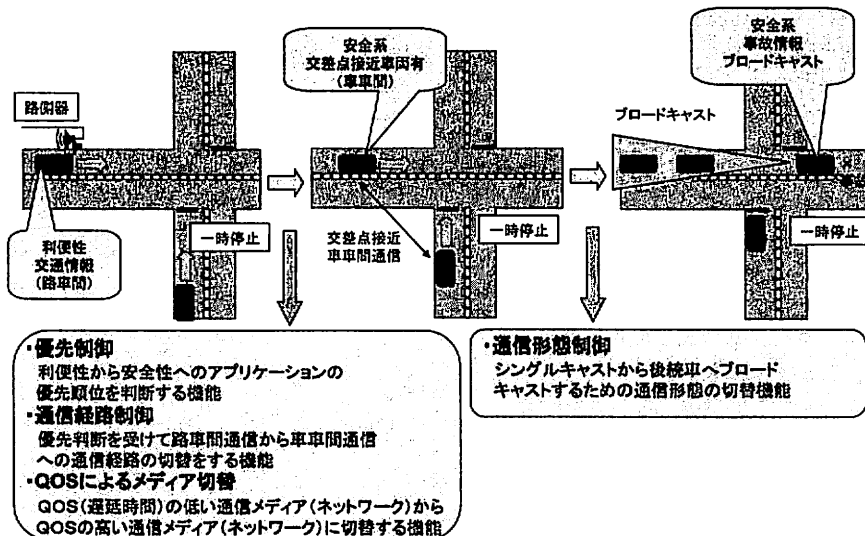


図7 シナリオによる各制御機能の切替

アプリケーション間の優先順位づけや切替の判断を優先制御機能が行い、それに基づいて通信経路制御機能、通信メディア切替機能、通信メディア制御機能、通信形態制御機能が連携して楕円の中の各機能要素を制御することにより、シナリオでの動作が実現されることになる。

6. 標準化項目案と技術開発課題

6.1. 標準化項目案

以上の検討結果から、次期 ITS 通信システムアーキテクチャは、アプリケーション、通信ネットワーク、通信メディアや、各制御機能と総合的なマネジメント機能からなるシステムで構成されることが明示されている。そのため、ITS 通信システムが全体的に効率良く機能させるには、アプリケーションと通信メディアが紐付けされた個別システムの非効率な統合化を行うことを避ける意味で、ITS 通信システムアーキテクチャの標準化が早急に行われることが必要と考えられる。標準化項目として、本研究の結果から適当と思われる例を以下に示す。

- 1) ITS 通信システムアーキテクチャの標準化
 - ・要素と要素間の関係の定義
 - ・マネジメント機能の定義
- 2) ITS 通信システムのマネジメント部分に関する標準化
 - ・メッセージ、プロトコル、インターフェイスの定義
 - ・優先に関する定義。

6.2. 技術開発課題

様々なアプリケーションや通信システムを利用できる環境を構築するためには、以下のような技術開発が必要であると考えられる。

- 1) 通信システムのマネジメント機能
 - 4.4 の 2) ~ 5) に記載した通信経路、通信形態、通信メディア、メディア切替の各制御機能及び、それらを総合的にマネジメントする機能。
- 2) アプリケーションの優先制御機能
- 3) センシング技術
 - マネジメントに不可欠な“場所や自転車・他車、周囲の状況”や“通信状況、受信情報”などの検出（例、高精度位置など）。

7. まとめ

本報告では、昨年度に行った ITS 通信システムアーキテクチャに関するフィージビリティスタディの活動について紹介した。アプリケーション、通信ネットワーク、通信メディアの各レイヤと複数のアプリケーションの優先度、通信経路や通信形態、通信メディア特性などをレイヤ間にまたがって総合的に制御を行うマネジメント機能を有する ITS 通信システムアーキテクチャを構築し、標準化項目案と技術開発課題を抽出した。短い期間での調査研究であったが、ITS 通信システムアーキテクチャの一応の方向性と形を示すことができたと考えている。

8. 今後の予定

ITS 通信システムアーキテクチャに関しては、2006 年度は経済産業省の規格化事業として調査研究を継続することになり、ITS 通信システムアーキテクチャ標準化研究分科会および研究ワーキンググループが組織され、昨年度の検討を精査するとともに、以下の調査研究などを予定されている。

- 1) 様々な ITS 通信サービスにおけるアーキテクチャ要素の分析
 - 2) ITS 通信アーキテクチャの体系的構築
 - 3) 標準化すべき項目の整理と標準化戦略の策定
- なお、国内関連団体や委員会の意向を反映するように幅広くリエゾンを行う予定であり、関連する方々にはご協力をお願いするものである。

文 献

- [1] 日本自動車研究所, ITS 通信システムアーキテクチャに関する ISO 提案成果報告書 (基準認証研究開発事業), 2006.3.
- [2] 日本自動車研究所, 平成 17 年度 車車間通信システムの標準化に関する調査研究報告書 (ITS の規格化事業), 2006.3.
- [3] 水井, 長谷川, 永長, 加藤, 高橋, 堀松, 関, 藤井, "ITS 通信コンセプトリファレンスモデルに関する検討 -車間情報共有の観点から-", 信学技報, ITS2006-6, pp.29-34, 2006.5.