

## 車々間通信における 地図データの階層化を利用したデータ伝送手法の検討

光川 真由<sup>†1</sup> 山田 達也<sup>†1</sup>  
島田 秀輝<sup>†2</sup> 佐藤 健哉<sup>†1</sup>

近年, 高度交通システムについて盛んに研究や開発が行われている. 車載アプリケーションにおいて使用されるデータはアプリケーションの多様化及び高性能化に伴い多種多様化し, 必要とされるデータ量は膨大となった. 車両が必要とするデータとは地図データや車両走行情報に代表される道路周辺状況のデータであり, 本稿では道路周辺状況の情報と地図情報を合わせて地図データと呼ぶ. そして, LDM という地図データの階層化に対する取り組みが盛んになっている.

本研究では, 伝送データ量の増加に対応可能で, かつ送信先車両との位置関係を考慮した伝送手法について検討する. 具体的には LDM を用いて伝送する地図データの階層化を利用し, 帯域割り当てを用いることでより効率の良いデータ伝送手法を提案, 検討する. 評価として情報を発する車両から受信するまでの伝送時間を計測したところ, 情報を発する車両の周囲に他車両が多い際に提案手法が有効であることが確認された.

### A Study of Data Transmission Method using Hierarchical Map Data for Inter-Vehicle Communications

MAYU MITSUKAWA,<sup>†1</sup> TATSUYA YAMADA,<sup>†1</sup>  
HIDEKI SHIMADA<sup>†2</sup> and KENYA SATO<sup>†1</sup>

In recent years, many researchers have conducted research on intelligent transportation systems. In automotive applications, the data have become diverse. In addition, the required amount of data for automotive applications was enormous. And, the data required by the vehicle is map data. In this paper, the map data includes the data of road environment.

In this study, we discuss the method of data transmission for Inter-Vehicle Communications. We can handle the increased volume of data and by using the

method. We measured the transmission time from the vehicle to transmission data until the vehicle to receive data. We confirmed that the proposed method is effective at high density of vehicles on the road.

#### 1. はじめに

自動車の安全性向上のための運転支援システムや運転者の快適性向上を目的とした車載アプリケーションが登場している. これらのアプリケーションにおいて必要となるデータはアプリケーションの多様化, 高性能化によりさらに多様になり, 膨大となる. しかし, センサデータなど車両1台での収集可能な情報は限られるため, 車々間通信により他車両から情報を入手し自車両の情報と統合し, 各アプリケーションにおいて活用することが有効である. そこで, 車外との通信において, 車々間通信や路車間通信が注目されている.

車々間通信では, 赤外線通信<sup>1)</sup> や可視光通信<sup>2)</sup> などでの通信が提案されているが, 中でも Ad-Hoc Network は, 通信速度や実用性の面から注目されている<sup>3)</sup>.

現在, 車載アプリケーションは急速に普及し, 一つのアプリケーションに必要なデータ量自体も増加すると考えられるため, 無線通信におけるデータ量の増加が問題となっている. ここで, 車両が必要とするデータとは地図情報や車両走行情報に代表される道路周辺状況のデータである. 本稿では道路周辺状況の情報と地図情報を合わせて地図データと呼ぶ. そして, 近年, ヨーロッパを中心に LocalDynamicMaps<sup>4)</sup> (以下, LDM) という地図データの階層化に対する取り組みが盛んになっている. LDM では地図上の情報を特性ごとに階層化する. LDM において定義された地図データの各階層において遅延の許容時間が異なるが, 現在の伝送方式では考慮されていない. データ量の増加に伴う伝送データ全ての遅延という問題に対し, 各階層の特性の違いに注目し伝送することで, 緊急性の高いデータほど遅延なく伝送でき, 緊急性の低いデータも遅延はあるが確実に伝送できる.

本研究では, 車々間通信において, 伝送データ量の増加に対応可能で送信先車両との位置関係を考慮した伝送手法について検討する. LDM を用いて伝送する道路環境データの階層化を利用し, 階層ごとに帯域割り当てを行いそれによって帯域制限を用いることでより効率

<sup>†1</sup> 同志社大学大学院 工学研究科  
Graduate School of Engineering, Doshisha University

<sup>†2</sup> 同志社大学 理工学部  
Faculty of Science and Engineering, Doshisha University

の良いデータ伝送手法を提案，検討する．

本稿では，まず第 2 章において本研究の前提である既存研究について述べる．第 3 章では問題点について述べ，第 4 章では提案手法について説明する．第 5 章において提案手法の評価とその考察を行い，第 6 章において本研究のまとめを行う．

## 2. 既存技術

本章において本研究での前提となる既存の技術である車々間通信および LDM について紹介する．

### 2.1 車々間通信

車外との通信において，車々間通信や路車間通信が注目されている．特に車々間通信は，初期費用や整備の面において導入しやすい．車々間通信では，赤外線通信や可視光通信などでの通信が提案されている．中でも Ad-Hoc Network は，通信速度や実用性の面から注目されている．Ad-Hoc Network では，Mobile Ad-Hoc Network(以下，MANET) など様々なプロトコルが研究されている．

MANET にはアドレスベースルーティング型とフラッド型があり，アドレスベースルーティング型には Reactive 型プロトコルと Proactive 型プロトコルがある．各ノードのアドレス情報を基にルーティングを行い，ルーティングテーブルに従って伝送を行うエンドツーエンドを前提としたプロトコルである．Reactive 型プロトコルとして DSR<sup>5)</sup> や AODV<sup>6)</sup> が，Proactive 型プロトコルとして OLSR<sup>7)</sup> や TBRPF<sup>8)</sup> が挙げられる．しかし，車列が入れ替わり続ける道路環境では Proactive 型ではルーティングテーブルの常時保持のためのネットワーク負荷の増加という問題が発生し，Reactive 型では遅延時間が大きくなる．

フラッド型プロトコルでは，フラッド型することにより周囲ノードへ伝送を行う．ピュアフラッド型や重複パケットチェック方式，位置情報利用方式，隣接ノード情報利用方式が挙げられる<sup>9)</sup> が，ピュアフラッド型では再送制御を行わないため，ブロードキャストストームが発生する問題があり，重複パケットチェック方式ではブロードキャストストームを回避する為の再送制御に一定時間を置くことにより遅延が発生するなどの問題がある．

フラッド型プロトコルの一つとして加藤らによって提案されたフラッドベース型のプロトコルである DCR<sup>10)</sup> がある．これは事故回避システムや隊列走行支援システムを想定した車々間通信アプリケーション向けの通信プロトコルである．DCR では，各車両

がセンサ情報から必要に応じてメタ情報を生成し，自車のベクトル情報を含めてフラッド型を行う．データを受信したノードはデータの有用性や中継すべきエリアを推定し，再フラッド型の実行を判断する．DCR は最初にデータを発信する車両が中継方法やエリアを指定するのではなく，データを受信した車両がデータの内容や状況に応じて，自律的に再フラッド型の実行を判断するため，複雑なルーティングや ID 情報が不要となる．

### 2.2 LocalDynamicMaps

道路環境など車両周囲データの階層化における研究として，地図データを階層化する取り組みである LDM を挙げる．これは，現在ヨーロッパの標準化団体である ETSI が中心となって標準化を行っている規格であり，2007 年のパリで行われた SAFESPOT - Local Dynamic Maps for Cooperative Systems により提言された．LDM では，道路環境を四層に分類しており，上位層ほど動的なデータであるとされる．すなわち，Type4 には車両の運行状況データが，Type3 には気候データや事故データが，Type2 には街路樹など道路周囲の環境データが，Type1 には地図データが格納される．LDM に基づいたデータ階層の概念図を図 1 に示す．

LDM の各層で用いるデータの性質を以下に列挙する．

- (1) Type1  
Type1 では地図データを格納している．この階層のデータは LDM で扱う伝送データのうち最も静的なデータで，伝送時のリアルタイム性は要求されない．この地図には日本国土地院の地図データに加え車線の情報や高低差なども含まれる．
- (2) Type2  
Type2 では道路の周囲物体の情報を格納している．この階層のデータは道路の周囲環境が変化しなければ静的であり，伝送時のリアルタイム性は要求されない．具体的には，道路周囲にある街路樹や建物，それらの名称，位置，外観といった情報である．
- (3) Type3  
Type3 では道路状況情報を格納している．この階層のデータは動的であり伝送時のリアルタイム性が要求される．道路の凍結情報や霧といった天候による影響の情報，事故の情報などに代表される．
- (4) Type4  
Type4 では車両の情報を格納している．この階層のデータは LDM で扱う伝送データのうち最も動的であり伝送時のリアルタイム性が非常に要求される．また，局地性

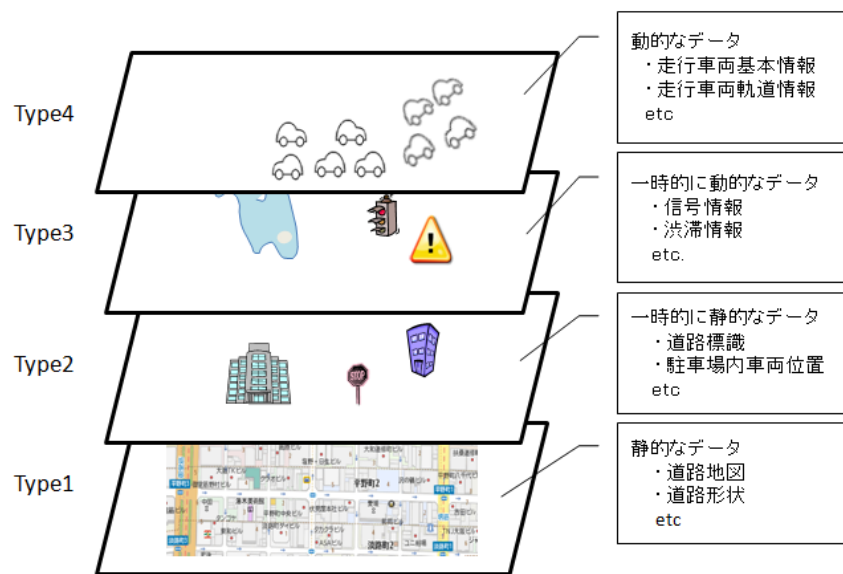


図 1 LDM に基づいたデータ階層

の高いデータであり各データの必要とされる有効範囲は小さい。各車両の位置情報、アクセル制御情報などに代表される。

### 3. 問題点

ITS におけるデータ伝送では様々な特性を持つデータを扱うため、遅延の許容時間が異なる。その問題点としてここでは以下の 2 点を挙げる。

#### 3.1 受信車両における必要データの違い

今後、車載アプリケーションは急速に普及すると考えられるため、無線通信によるデータ量の増加が問題となる。また、車々間通信を用いるアプリケーションにおいて、リアルタイム性は非常に重要な要素であるが、一方で用いるデータが多様化、高精度化し、伝送すべきその点においてもデータ量が増加する。加えて、データを他車両へ伝送する際、送信先車両によって必要とするデータが異なる。具体的には上位層のデータは遠方の車両にとって必要

ではなく、下位層のデータは遠方の車両においても必要である。これらの点を伝送時には考慮する必要がある。

#### 3.2 データの特性に関わらず一律に伝送

前節で述べたとおり車載アプリケーションの増加に伴い、必要なデータ量が増加しデータの質も多様化している。しかし、全てのデータを同等に伝送しているため、リアルタイム性の低い大量のデータ伝送を行うため、リアルタイム性の高い少量のデータ伝送に遅延が生じることがある。

### 4. 提案手法

本章では LDM を用い地図データの階層ごとの帯域を定め帯域制限を行い、かつ遠方車両に必要な階層のデータを伝送しないように制限した、DCR による伝送手法を提案する。

#### 4.1 概要

本稿では LDM の各階層においてデータ量およびデータ伝送に要求される遅延を考慮したうえで各層ごとに利用帯域幅を固定し、それぞれの階層の伝送を行う手法を提案する。また、情報を発する車両(以下、情報源車両)から情報を受ける車両への距離に基づいて LDM の各層において伝送するかどうかを決定し、遠方車両への伝送データは必要最低限量となるようにする。Type1 などの下位階層のデータは遅延が生じるもののデータの特性上リアルタイム性が要求されないため問題視されず、伝送するデータが上位階層であるほど素早く伝送することが可能になる。

以下より、提案手法の要素を示す。

#### (1) LDM の各階層における利用帯域幅を制限

LDM では階層ごとに伝送データ量や求められるリアルタイム性、局地性といった特性が異なる。伝送する帯域幅を分割し、ある階層の伝送が生じた際に利用帯域幅に制限を加えることで、その階層の伝送が伝送量の大きいデータであったとしても他の階層の伝送には影響を与えることが無くなる。すなわち、上位層のデータを伝送する際には帯域の占有率を高く設定し、下位層のデータを伝送する際には帯域の占有率を低く設定することで、有限な帯域を効率よく利用しリアルタイム性とデータ量を考慮した伝送を行うことができる。

帯域幅を送信車両において算出する必要がある為、帯域幅をエンドツーエンドパスの容量と定義する<sup>11)</sup>。容量とは物理的に可能な最大スループットを示し、フラディングにより測定できる。これは、送信元の車両からの送信要求が発生した際に行うもの

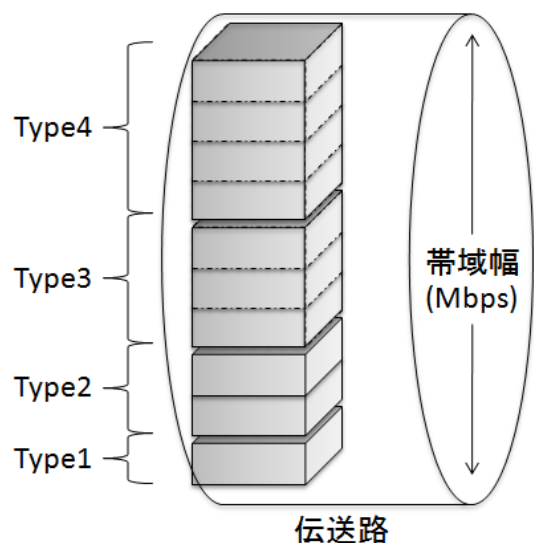


図 2 伝送路における階層ごとの帯域幅制限

とし、一定時間が経過すると再度測定を行うことで、常に最新の道路状況の帯域幅を得ることができる。

図 2 に帯域幅を分割する概念図を示す。本提案において、階層ごとに異なる特性を持つデータを一度に伝送せず、特性に合わせた伝送を行うため、各階層ごとに帯域制限を行う。全帯域を 10 分割し、最も遅延に厳しい Type4 に大きく割り当て、遅延を許容できる Type1 に小さく割り当てることにする。すなわち 10 分割した帯域の内、Type4 に全帯域の 4/10、Type3 に全帯域の 3/10、Type2 に全帯域の 2/10、Type1 に全帯域の 1/10 を割り当てる。

## (2) 情報源車両からの距離に基づく通信手法

3.1 節にて述べた情報源車両からの距離に基づく必要データが異なるということに対し、伝送データの packets ヘッダに階層情報、データの有効範囲、情報源車両の位置情報を組み込み中継車両で再送制御を行うことで、遠方の車両に上位層のデータを伝送しないよう制御する。

これはプロトコルに DCR を用いることで実現する。DCR では、受信した packets ヘッダのデータを元に次の車両へ再送するかどうかを中継車両が自律的に決定する。提案手法では packets ヘッダに階層情報、有効距離、送信車両の位置を付与する。そのデータを元に再送を行うか決定する。すなわち、送信車両の位置及び有効距離からデータの有効範囲を算出、有効範囲と受信車両の位置を比較し、有効範囲内であれば再送し、有効範囲外であれば再送しない。こうすることで、データの有効範囲外においてデータを受信してしまう車両を最小限にすることが可能である。

### 4.2 前提条件

本提案における評価において車両及び環境における前提条件として以下を挙げる。

- 車線上にある全ての車両は無線送受信機器を所持
- 車線上にある全ての車両は LDM に準拠するデータベースを所持
- 車線上にある全ての車両は車両周囲状況を把握できるセンサを所持

### 4.3 動作例

提案手法の動作は、まず、送信要求が発生した際に送信元の車両から受信先車両への帯域幅を測定する。次に、平均データ量と有効時間に比例して帯域幅を制限するよう設定する。以下の図 3 を用いて動作例を示す。図 3 では車両 A を情報源車両とし、車両 B を受信車両とする。また、帯域幅の測定が終わってからの車両 A、B の動作を以下に示す。

#### • Case1: 情報源車両の動作

- (1) センサからデータを取得
- (2) 取得データを階層に分類 (Type1 ~ Type4)
- (3) センサデータの packets ヘッダにデータの階層情報、有効範囲、自車両の位置情報を付与
- (4) 帯域幅をフラッディングにより取得、各階層の帯域幅を算出
- (5) 送信データの階層から帯域幅制限をかけ、周囲車両へ伝送

#### • Case2: 中継車両の動作

- (1) 車々間通信などの通信によりデータを取得
- (2) packets ヘッダからどの階層かを把握
- (3) packets ヘッダから情報源車両の位置を確認
- (4) 自車両位置と有効時間を考え、再送制御

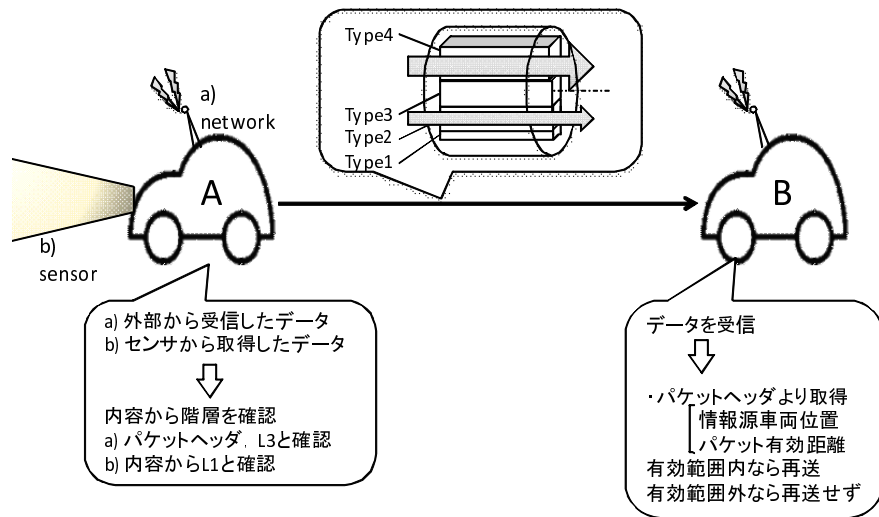


図 3 動作例

## 5. 評価

提案手法において実際に遅延が各層においてどの程度生じるかを算出し、提案手法を使用しない場合の遅延と比較する。

### 5.1 評価モデル

評価に用いたモデルの車両構成を以下の図 4 に示す。ここで、図 4 の A 車が情報源車両であり B 車から D 車は中継車両の動作を行う。また、A 車から見て B 車は第一層のデータが必要であるが、D 車は第一層のデータが必要ではない程度に十分距離が置いている。

情報源車両から近傍車両と遠方車両の遅延について評価を行う。以下の 2 通りの場合を想定する。

- (1) A 車から B 車への伝送
- (2) A 車から E 車への伝送
- (3) A 車の周囲 100m に 100 台の車両がある際の伝送

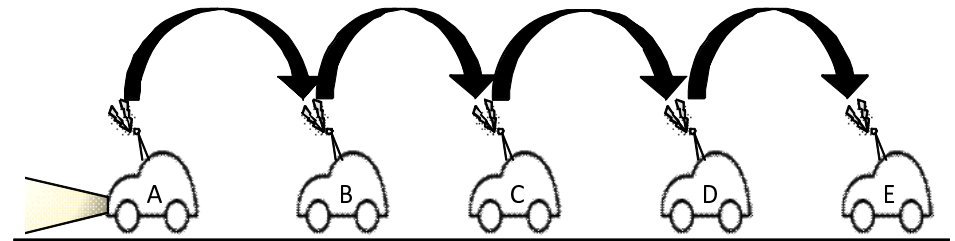


図 4 評価に用いた車両構成

### 5.2 評価用データ

評価に用いたデータを以下の表 1 に示す。Type1 の地図更新情報のデータ量について算出する。Type1 のデータは図 1 に記載したように地図情報であり、現在カーナビに利用されている地図とほぼ同程度である。そこで、本稿ではカーナビに用いる地図のデータ量及び更新のデータ量と LDM のデータ量がほぼ同量であるとする。JAPAN GPS NAVIGATION MAP<sup>13)</sup> によると現在のカーナビに用いられている日本地図は 469 区画に分けられており全体で 846MB である。カーナビの更新は一回で約 1MB ~ 40MB であるため 1 区画での更新における平均データ量は データサイズ/区画数 で求められ、最大で約 90kB である。また、データ量の少ない Type2 ~ 4 においてのデータ量は最大 10kB であると仮定する。

上記、評価用データについて以下の表 1 にまとめる。

表 1 評価に用いたデータ

Type	データ	データ量
4	車両情報	10kB
3	事故情報、霧情報	10kB
2	ランドマークの更新情報	10kB
1	地図更新情報	90kB

### 5.3 評価結果

理論値として各状況における伝送時間を算出する。ここで、情報源車両周囲の車両数を  $x$ (台) 各層の帯域幅を  $layerH$  (Mbps), 全体の帯域幅を  $allH$  (Mbps), 一回の伝送で送る階層ごとの平均データ量を  $layerX$  (MByte), 一回の伝送で送る全体の平均データ量を  $allX$  (MByte), データの階層ごとの帯域制限の割合を  $layerRate$ , 伝送時間を  $t$  (s) とする。ここで、第 4.1 節にて述べたように帯域幅の割合  $layerRate$  は Type1 のデータの際に

1/10, Type2 のデータの際に 2/10, Type3 のデータの際に 3/10, Type4 のデータの際に 4/10 であるとする。以下の式 (1) によって定める。

$$layerH = allH * layerRate \quad (1)$$

(1) A 車から B 車への伝送における評価

以下の計算式で伝送時間を算出する。よって、伝送時間は以下の式 (2) で求められる。

$$t = layerX / layerH \quad (2)$$

式を全ての階層に適用すると以下の表 2 が算出できる。ここで、全体の帯域幅を車車間通信の研究において広く用いられている allH=3 (Mbps)<sup>12)</sup> とする。

表 2 評価結果

Type	提案手法 使用	提案手法 未使用
4	0.008 秒	0.04 秒
4 及び 3	0.011 秒	0.04 秒
4 及び 2	0.017 秒	0.04 秒
4~2	0.017 秒	0.04 秒

(2) A 車から E 車への伝送における評価

基本的には A 車から B 車までの伝送時間計算と同様だが、A 車からの情報において Type4 のデータは有効範囲外である C 車に受信された際に廃棄される。また、B 車 C 車も同様に Type4 の自車両データを伝送する。この時、B 車~D 車までの車両は A 車と同じ大きさのデータを伝送していることになるため、A 車から E 車まで全てのデータが到着する伝送時間は以下の式により算出できる。ここで、理論値として 1 台あたりの帯域は全帯域を車両数で割ったものとし、その他の要素は考えないものとする。

各階層における伝送時間は以下の式で表せ、全てのデータ伝送にかかった時間は各階層において経過した伝送時間の内、最大の時間で表せる (式 (3))。よって全く同じデータ量の伝送を Type2~4 において行う場合、全てのデータ伝送にかかった時間は最も帯域幅が狭く固定されている Type2 にかかった時間と等しくなる為、以下の式 (4) で表せる。

$$t = Max[(各階層の layerX) / ((allH/x) * (各階層の layerRate))] \quad (3)$$

$$10(kByte) / ((3(Mbps) / 5(台) * 2/10) = 0.08(秒)) \quad (4)$$

以上より、A 車から B 車への全データの伝送時間は 0.08 秒であり、E 車への全デー

タの伝送時間はオーバーヘッドや干渉を無視すると約 0.32 秒となる。よって、遅延はほとんど見られない。

(3) 情報源車両の周囲に 100 台ある状況下での必要帯域

情報源車両の周囲 100m に 100 台あると仮定し、提案手法を利用する場合と利用しない場合において伝送時間を算出する。周囲 100m であるので、Type4 のデータも再送すべきデータ有効範囲内であり、情報源車両が伝送するデータは全て中継ノードにおいて再送制御されるとする。

この時の伝送時間は以下の式で求められる。ここで、前節と同様、理論値として 1 台あたりの帯域は全帯域を車両数で割ったものとし、その他の要素は考えないものとする。提案手法を利用した際の伝送時間を式 (5) に、利用しなかった際の伝送時間を式 (6) によって求める。

$$t = allX / (allH/x) \quad (5)$$

$$t = layerX / ((allH/x) * layerRate) \quad (6)$$

ここで、データ量が最大になる例として Type1~Type4 までの全てのデータを全車両に送らなければいけない場合と、動的なデータである Type4 と Type3 のデータのみを送らなければいけない場について提案手法を利用した場合と利用していない場合について以下の表 3 及び表 4 にて比較する。

表 3 全てのデータにおける評価結果

Type	提案手法 使用	提案手法 未使用
4	0.8 秒	34 秒
3	1.1 秒	34 秒
2	1.6 秒	34 秒
1	5 分 30 秒	34 秒

表 4 動的なデータにおける評価結果

Type	提案手法 使用	提案手法 未使用
4	0.5 秒	0.7 秒
3	1.1 秒	0.7 秒

## 5.4 考 察

評価結果によると車両数が少ない際には提案手法においても提案手法を使用しなくともLDMの階層化された一部のデータ伝送の範囲では遅延がほとんど発生しない。しかし、情報源車両の周囲に車両が非常に多く存在していた場合、一車両ごとに用いることのできる帯域幅が減少する為、提案手法を使用しない際にはType4のデータにおいて遅延が生じるが、提案手法を使用した際にはType4のデータを優先的に伝送できるよう帯域幅を固定して伝送を行う為Type4のデータにおいて遅延がほとんど見られない。よって、提案手法は、車両が高密度で存在している際に効果がある。

## 6. おわりに

本稿では、高度交通社会のデータ伝送時における遅延を短縮する為、階層化された地図データであるLDMを利用した帯域制御による効率的なデータ伝送手法を提案した。提案手法では地図データの各階層の特性の異なりから一律に伝送するのではなく、遅延を許容できないType4において最も速く伝送を行えるよう帯域制御を行った。またデータごとの有効範囲に合わせ、DCRを基にした再送制御を行うことで、無駄な伝送を避けることができる。

評価において、車両数が少数であった際には遅延に変化は見られないが、車両数が多くなった際に遅延を減少させることができることが確認できた。今後、更に詳細な実環境に即した評価を行う。

## 謝 辞

本研究の一部は科研費(22240003)の助成を受けたものである。

## 参 考 文 献

- 1) 藤井 治樹, 平尾 良和: 赤外線による車々間通信, 電子情報通信学会技術研究報告 SANE, 宇宙・航行エレクトロニクス, Vol.96, No.276, pp.9-13, 1996
- 2) 中川 正雄: 可視光通信とITS, 電子情報通信学会技術研究報告 ITS, Vol.106, No181, pp.25-30, 2006.
- 3) 間瀬 憲一: 車々間通信とアドホックネットワーク, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol.J89-B, No.6, pp.824-835, 2006.
- 4) ETSI: <http://www.etsi.org/website/homepage.aspx>
- 5) David B. Johnson, David A. Maltz, Yin-Chun Hu: The Dynamic Source Routing Protocol (DSR), RFC 4725, 2007.
- 6) C. Perkins, E. Belding-Royer, S. Das: Ad hoc On-Demand Distance Vector

- (AODV) Routing, RFC 3561 (2003).
- 7) T.Clausen P.jacquet: Optimized Link State Routing Protocol (OLSR), RFC 3626, 2003.
- 8) R. Ogier, F. Templin, M. Lewis: Topology Dissemination Based on Reverse-Path Forwarding (TBRPF), RFC 3684, 2004.
- 9) Brad Williams, Tracy Camp: Comparison of Broadcasting Techniques for Mobile Ad Hoc Networks, Proceedings of the ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing (MOBIHOC), pp.194-205, 2002.
- 10) 加藤 隆志, 島田 秀輝, 小坂 隆浩, 佐藤 健哉: 車々間通信のためのデータセントリックルーティングの検討, 分散, 協調とモバイルシンポジウム論文集, pp.725-730, 2009.
- 11) Cooperative Association for Internet Data Analysis: Bandwidth Estimation Workshop  
<http://www.caida.org/tools/taxonomy/performance.xml>
- 12) 浅見 重幸, 新井 国充: 車々間通信に適した通信制御プロトコルの検討, 日本無線技術 No.55 2008 37-41
- 13) JAPAN GPS NAVIGATION MAP: <http://uud.info/>