

デジタル放送メディアに適した 大容量交通情報配信手法の提案

鈴木信雄[†] 金井英樹[†] 林康博[†] 見並一明^{††} 小林亜令^{†††}

最近、実用化が進んでいるプローブ交通情報においては、データ量が增大するため、現在の FM 多重放送などの配信方式では十分な配信能力が得られないという課題がある。これに対して、大容量で高信頼のデジタル放送メディアを使った大容量交通情報の配信に期待が高まっている。本稿では、デジタル放送メディアを用いた大容量の交通情報を配信する新たな方式について提案する。具体的には、大容量の交通情報を配信するために必要なデータフォーマットについて検討し、XML 形式のデータ表現が適しており、XML 圧縮符号化技術を適用することでタグにより冗長化されたデータを圧縮することが可能であることを示す。また、大容量の交通情報を配信するために必要な、交通情報量、伝送速度、モジュールサイズ、受信電波環境、車両速度などのシステムパラメータ項目について明らかにし、評価実験により最適な評価パラメータ内容を検討する。その結果、詳細な地域情報と大まかな全国情報を配信するデータ構造とすることが望ましく、短いモジュールサイズであることが有効であることを示す。

Proposal and Evaluation of Large Traffic Information Transmission Method with Digital Broadcasting Media

Nobuo Suzuki[†], Hideki Kanai[†], Yasuhiro Hayashi[†],
Kazuaki Minami^{††} and Arei Kobayashi^{†††}

The current traffic information transmission method such as FM multiplex broadcasting does not obtain enough ability in order to transmit the probe traffic information because of increasing a amount of the data. With regard to this problem, the large traffic information transmission with the large and high reliable digital broadcasting media is highly expected. This paper proposes new method of large traffic information transmission with digital broadcasting media. Specifically, it is considered the data format and XML format is suitable. The redundancy of tags can be compressed by XML compression technique. It also clarifies the system parameters to transmit the data such as the amount of traffic information and the transmission speed, and defines the criteria with the experiment evaluation.

1. はじめに

近年、個々の車両がセンサーとなり道路の混雑状況などを収集するプローブ交通情報システムが多く実用化されてきており、2007年の COSE 技術研究組合によるタクシーを使ったプローブ情報技術の開発などによって技術的な向上も図られてきた[1]。また、このようなプローブ交通情報システムは、実際に走行する車両からの情報を収集するため、より多くの道路を網羅する詳細な渋滞情報を生成することが可能となる。さらに、通信回線を介してこのような情報が運転者へ提供され、円滑な道路交通の促進や、最適経路の案内による CO₂ 削減の向上などに活用されている。しかし、現在、このような交通情報システムは、一部の車両でのみ利用可能であり、広く一般の車両へは利用が広がっていない。これは、プローブ交通情報のデータ容量が大容量となるにもかかわらず、全ての車両が同時に受信可能で低コストな交通情報の配信方式が開発されていないことが一つの要因であると考えられる。

一方、放送においては、地上デジタルテレビジョン放送をはじめとする最新のデジタル放送の整備が世界的に進んでおり、2011年の地上アナログテレビジョン放送の停波により、新たなデジタル放送サービスに対する周波数の割当てが実施される予定である。また、これら新しいデジタル放送は、その大容量で高信頼な放送の特徴から、現在の FM 多重放送による配信に加えて、次世代の交通情報配信メディアとしての活用に対する期待が高まっている。例えば、海外では、T-DMB(Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting)上での MPEG-4(Transport Protocol Expert Group)を使った交通情報サービスが検討されている[2]。また、国内においても、広域情報は地上デジタル放送を使って配信し、局所的な情報は DSRC(Dedicated Short Range Communication)を使って効率的に配信するようなデジタル放送の利用実験も試みられてきた[3]。

このような状況に対して、本稿では、プローブ情報のような大容量の交通情報をデジタル放送によって効率的に配信する手法について提案する。具体的には、大容量交通情報の配信に適したデータフォーマットについて検討し、配信に必要とされる条件の明確化と、配信地域を考慮したデータ構造モデルを提案する。また、この交通情報配信データフォーマットを使って、擬似配信環境による評価実験を行った。これにより、デジタル放送メディアを用いた大容量交通情報配信の検討に必要な評価パラメータ項目を洗い出し、それらの最適な内容について考察する。

[†] トヨタ自動車株式会社
TOYOTA MOTOR CORPORATION

^{††} 株式会社トヨタ IT 開発センター
Toyota InfoTechnology Center, Co., Ltd.

^{†††} 株式会社 KDDI 研究所
KDDI R&D Laboratories Inc.

2. 交通情報配信データ・フォーマット

(1) データ表現形式

プローブ交通情報を含むような大容量の交通情報を配信するシステムを検討するためには、まず、配信データのフォーマットを考える必要がある。このフォーマットに従って大容量のデータを生成し、そのデータが配信メディアを介して各車両へ配信され、車両内の受信機によって復元および表示処理が行われる。

このような配信データフォーマットを検討するにあたって考慮しなければならない条件には、次のようなものがある。

- ・ 配信データ量の削減：限られた電波資源を使って配信するため、可能な限りデータの量を削減し、効率的な配信を行う必要がある。
- ・ 受信の環境に非依存である高い汎用性：交通情報を受信する端末としては、車載型のカーナビだけではなく携帯電話や可搬型小型端末機器などが考えられる。このような多様な端末環境でも動作することが期待されている。
- ・ 将来に向けた拡張性：将来的な電波資源の拡大縮小や、端末仕様の変更などに柔軟に対応できるための拡張性を備える必要がある。

これらの条件に合うデータフォーマットを検討するため、代表的なデータ表現手法である XML, CSV, Binary に関して、上述の条件に基づいた比較検討を行った。その結果、テキスト形式であるために、実行環境に依存せず標準的に利用可能であり、これらの中では、タグを追加するだけで拡張可能な XML 形式のデータ表現方法が適していることがわかった。ただし、タグによる冗長性のために、データ量が他の表現方式に比べて大きくなるため、XML 圧縮技術によりデータ量の削減を図る必要がある。この XML 圧縮技術の選定にあたっては、データ量の削減はもちろんのこと、データ受信時の復号処理時間やメモリ使用量の影響についても考慮する必要がある。これらを満足させるために、今回は、XEUS(XML document Encoding with Uniformed Sheet)方式と呼ぶ携帯電話のニュース配信に利用されている XML 圧縮技術を用いることとした[4]。この XEUS 方式は、要素の親子関係や属性の従属関係、データ型のツリー構造などの情報を用いて、符号長や符号辞書を定義している。符号化時に高い圧縮を実現するだけでなく、文節分解や構造解析、データ正当性検証といったパース処理を行うことができる。加えて、受信側の処理に適したデータ型変換も行うことができるため、受信側での高速復号が可能となっている。選定するにあたっては、実際のプローブ交通情報データを用い、道路ノード番号、リンク旅行時間、道路種別、渋滞度などのデータを配信データフォーマットにあてはめて評価を行った。表 1 にデータ圧縮率の比較結果を示す。ここで示すように、XEUS が高い圧縮率を実現していることがわかる。

表 1 XML 圧縮技術によるデータ圧縮率の検証

形式	説明	データサイズ [KB]	圧縮率 [%]
OracleDB 形式	非圧縮 オリジナルのデータ	413	100
XML	非圧縮	1,419	344
CSV	非圧縮	607	147
Binary	非圧縮	270	65
gzip	XML を gzip で圧縮	114	28
XEUS	XML を XEUS で圧縮	58	14

(2) データ構造

配信される交通情報としては、道路種別やリンク形式により、表 2 のような 3 種類のデータ構造モデルが考えられる。このモデルでは、日本のデジタル放送エリアにおいて、最も交通情報データ量が多いと考えられる関東広域圏を中心に検討を行った。これらのデータ構造について実際にデータを生成し、次項で述べる評価実験により、最適なデータ構造を検証することとした。まず、全国モデルは、日本全国で同一の交通情報を配信することを想定しており、そのために、国道、一般道の全ての道路種別において詳細な交通情報を配信することとしている。隣接地域モデルは、受信する車両は、関東広域圏内を走行するが、隣接県の境界に近いところを走行する際に、隣接県の交通情報も利用可能とするためのデータを配信するモデルである。そのために、国道と一般道においては、関東広域圏に加え隣接県のデータを含めている。狭地域モデルは、車両が関東広域圏内のみ交通情報を受信する場合を想定したモデルである。この隣接地域モデルと狭地域モデルでは、全国の情報は大まかなものに留めている。ここで、General Link は、1 本の道路リンクに対して 1 つの情報のみで表現しており、Detail Link では、1 本の道路リンクに対して右左折などの次に続くリンク別に複数の情報で詳しく表現されている。

表 2 交通情報配信データ構造の種類

データ構造種別	説明	道路種別		リンク情報
全国モデル	全国で同一の交通情報を配信	全国情報	高速道	General Link
			国道	General/Detail Link
			一般道	General/Detail Link
隣接地域モデル	主に関東広域圏内を走行するが、隣接県の道路を走行する可能性のある車両へ隣接県を含めた交通情報を配信	全国情報	高速道	General Link
			国道	General Link
		地域情報 (関東広域圏 + 隣接県)	国道	Detail Link
			一般道	General/Detail Link
狭地域モデル	関東広域圏内で交通情報を配信	全国情報	高速道	General Link
			国道	General Link
		地域情報 (関東広域圏)	国道	Detail Link
			一般道	General/Detail Link

「関東広域圏」：東京都，神奈川県，埼玉県，千葉県，群馬県，栃木県

「隣接県」：茨城県，福島県，新潟県，長野県，山梨県，静岡県

次に，各データ構造種別に対するデータ量を表 3 のように求めた．ここで，各車両の移動状態を示すリンク形式には，現在日本で標準的なデジタル地図形式である DRM(Digital Road Map)リンク形式を用いた[5]．また，想定リンク数は，2000 年の DRM リンク数より道路統計年報[6]から求めた全国比から算出した．また，想定データ量は，求めた想定リンク数に対して各地域の道路カバー率を考慮したデータを作成し，それらを実際に XEUS 方式を用いて符号化を行なうことによって求めた．

表 3 データ構造種別におけるデータ量

データ構造種別	リンク種別	想定リンク数	想定データ量
全国モデル	General Link	1,359,443	最大 8.62MB
	Detail Link	349,001	
隣接地域モデル	General Link	768,086	最大 4.56MB
	Detail Link	137,854	
狭地域モデル	General Link	534,783	最大 3.00MB
	Detail Link	65,530	

3. 配信評価実験

3.1 対象とする配信メディア

大容量交通情報を配信するためのデジタル放送メディアとしては，地上デジタルテレビジョン放送，地上デジタルラジオ放送，携帯端末向けマルチメディア放送などが考えられる．この中で，現在，最も車載機の普及率が高く，伝送容量も多い地上デジタルテレビジョン放送のデータ放送を今回の評価の対象とした．また，地上デジタルテレビジョン放送では，TS(Transport Stream)パケットと呼ばれる配信されたデータから，複数のデータブロックで構成されるモジュールと呼ばれるデータ単位で情報が取り出される．この際に，データカプセルと呼ばれる繰り返し送信機構を動かして，受信機のデータキャッシュの負荷を軽減している[8]．この機構があるために，不安定な移動受信の場合にも良好なデータ受信を実現することが可能となり，車両における交通情報配信用メディアとしては良好な性能を発揮できると考えられる．

3.2 評価の内容

まず，放送にて送信するコンテンツの性質によっては，100%の完全な受信データが揃わないと意味が無い場合と，完全に揃わなくとも実用上問題が生じない場合がある．前者の例としては，コンピュータのプログラムファイルや楽曲などがあり，後者の例としては，今回の配信対象である交通情報などがある．現状の FM 多重放送を使った VICS においては，データを分割配信し，5 分周期で最新情報に更新される．そのため，分割された各データが全て揃わずとも，受信できなかった一部地区のみが古いデータを用い，その他は新しい交通情報で表示され，実用上問題なく使用可能となっている．この機構は，デジタル放送を用いた場合にも有効であり，必ずしも 100%の受信率を実現する必要はない．そこで，今回の実験では，90～100%程度の受信率の確認を目的とし，実際の運用上で問題となるノイズ等による受信可能限界に近い環境での受信状況を確認することとした．

次に，評価実験のための条件として，以下のような内容を前提とした．まず，実際の地上デジタルテレビジョン放送を使った配信は，電波運用の観点より困難であることから，擬似的な配信環境を構築して行うこととした．擬似評価実験環境を図 1 に，各要素の役割を表 4 に示す．ここで，マルチパス・フェージング・シミュレータによって実際の放送波受信環境を模擬し，電波減衰による影響を考慮している．この擬似配信環境において，受信可能限界に近い擬似配信環境を実現するために，マルチパス・フェージング・シミュレータの C/N 比を変化させ，受信データにエラーが発生する限界値を調査し，受信機で 30%程度の欠落が生じる C/N 値を設定した．さらに，配信の周期は，VICS 交通情報が 5 分間隔であることから同じく 5 分間隔とした．また，実際の定量的な評価には，地上デジタルテレビジョン放送の車載受信機により受信され

た全モジュールの個数をカウントして求める復元率を交通情報の受信率として評価を行った．受信チャンネルは、485MHz の 15ch を用いた．

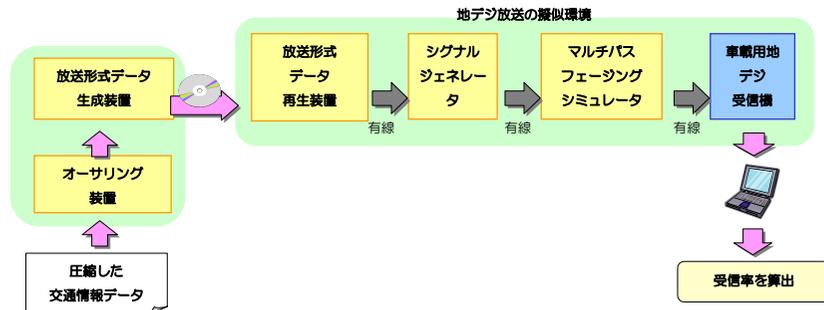


図 1 交通情報配信の評価環境

表 4 評価実験の構成機器

機器	説明
オーサリング装置	交通情報を模擬したデータを地上デジタルテレビジョン放送方式(ISDB-T)規格に準拠したデータに変換
放送形式データ生成装置	オーサリング装置で生成したデータをモジュールに梱包モジュールを TS に変換後に、ファイル出力
放送形式データ再生機	TS が記録されたファイルを再生
シグナルジェネレータ	ISDB-T の規格に準拠した OFDM 変調信号を出力
マルチパス・フェージング・シミュレータ	受信電波の環境モデルの適用とドップラー周波数の変更による速度模擬
車載用地デジ受信機	マルチパス・フェージング・シミュレータ経由して送信されたデータの受信状況をロギングし、分析用 PC へ出力

つづいて、評価のパラメータとして、表 5 の項目を変化させて交通情報の受信率を計測した．ここで、交通情報量は、配信データファイルを作成する際に変動させ、伝送速度とモジュールサイズは、放送形式データを生成する時に、受信電波環境モデルと車両速度は、マルチパス・フェージング・シミュレータにおいて変動させる．ま

た、評価対象の交通情報データについては、2 項で述べたデータ構造種別毎に作成したデータを用いた．

表 5 大容量交通情報配信の評価パラメータ

項目	説明	範囲
交通情報量 XM	L 圧縮によって生成される交通情報データ量	3 種類のデータ構造種別における、それぞれの最小値、最大値、平均値の 9 種類の配信ファイルを作成
伝送速度	デジタル放送により配信されるデータの伝送速度	300kbps, 400kbps
モジュールサイズ	交通情報の分割サイズ 200KB	, 1MB
受信電波環境	デジタル放送を使って受信される環境の受信電波環境のモデル	Typical Urban Area モデル, Rural Area モデル, Hilly Terrain モデル
車両速度	車両の走行速度 50k	m/h, 90km/h, 113km/h, 135km/h

3.3 評価結果

各評価パラメータにおける評価の結果を以下に示す．

(1) 交通情報量

伝送速度を 300kbps と 400kbps に設定し、交通情報量を変化させた場合の受信率を図 2 に示す．その他の条件は一定としている．この結果より、伝送速度にかかわらず、交通情報量が約 5MB までは 90%以上の高い受信率が得られている．しかし、交通情報量が 7MB になると、伝送速度が速い 400kbps においても受信率が著しく低下してしまうことがわかる．

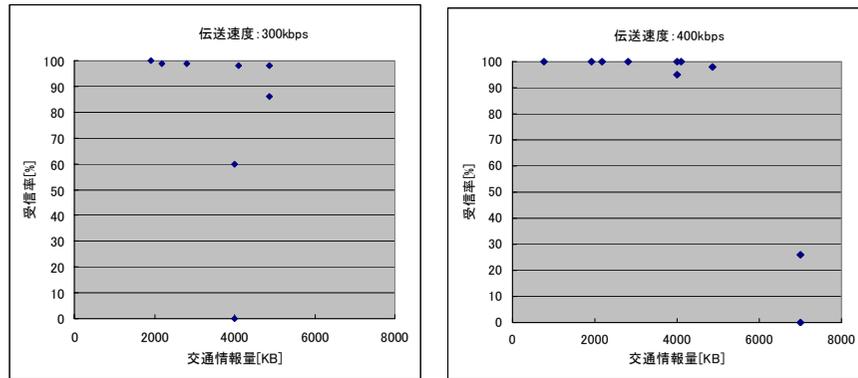


図2 評価結果：交通情報量

(2) 伝送速度

交通情報量を一定とし、モジュールサイズを200KBに設定した時に、伝送速度を変化させた場合の受信率を図3に示す。その他の条件は一定としている。この結果より、伝送速度が速くなると、受信率も同時に高くなることがわかる。

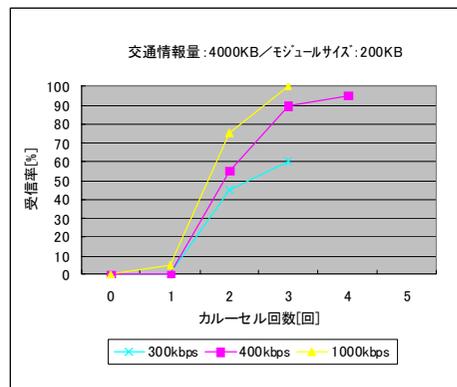


図3 評価結果：伝送速度

(3) モジュールサイズ

まず、キャリアセル回数によるモジュールサイズの変化を見るために、伝送速度の実験と同様に、伝送速度を変化させ、モジュールサイズをより大きな1000KBとした場

合の受信率を図4に示す。この結果より、モジュールサイズが大きくなると、同じ受信率を得るためには、キャリアセル回数も上昇してしまうため、受信時間が長くなることがわかる。次に、交通情報量と伝送速度を共に変化させた場合における、モジュールサイズの長さによる受信率の測定結果を図5に示す。その他の条件は一定としている。これにより、受信率が100%となる場合を除き、モジュールサイズが短い方が受信率が高くなることがわかる。

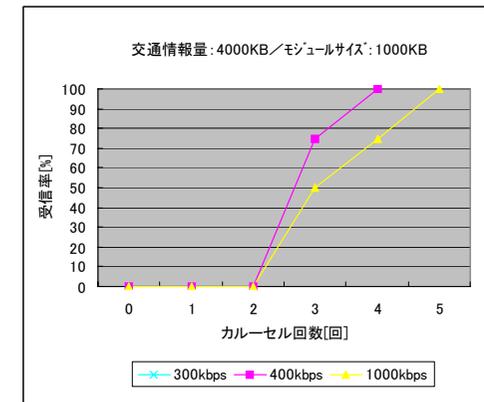


図4 評価結果：モジュールサイズ

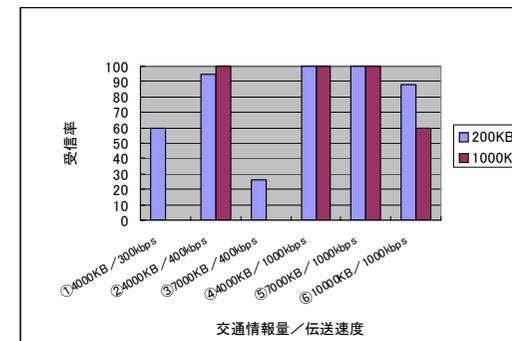


図5 評価結果：モジュールサイズ

(4) 受信電波環境

受信電波環境の影響による受信率の変化を確認するために、GSM(Global System for

Mobile Communications)携帯電話の電波伝播評価に用いられている Typical Urban Area モデル, Rural Area モデル, Hilly Terrain モデルの 3 種類の評価モデルを利用した. Typical Urban Area モデルは, 高層ビルに囲まれた電波の見通しの悪い状況を模擬しており, Rural Area モデルは, 障害物がほとんどなく見通しの良い状況を, Hilly Terrain モデルは, 山間に囲まれ電波の反射・回り込みによる時間遅延が大きい状況をそれぞれ模擬している. これらのモデルは, マルチパス・フェージング・シミュレータ内の機能として実現されている.

伝送速度とモジュールサイズを変化させた場合における, 受信電波環境モデルの違いによる受信率の測定結果を図 6 に示す. これにより, 伝送速度やモジュールサイズにかかわらず, Typical Urban Area モデルにおいて若干の受信率低下が認められる. これは, 通常マルチパスによる影響を示していると考えられるが, 実走行実験などによって詳しく確認することが必要である.

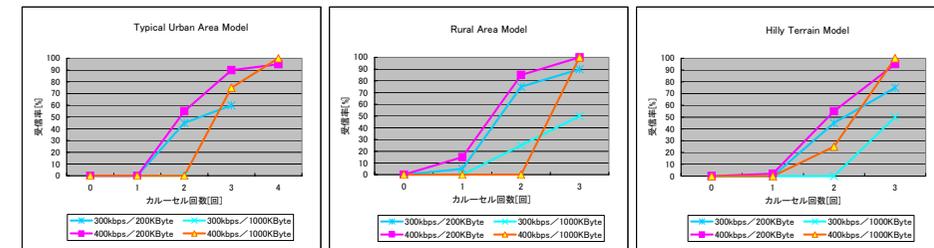


図 6 評価結果：受信電波環境

(5) 車両速度

交通情報量, 伝送速度, モジュールサイズを一定とし, 車両速度を変化させた場合の受信率を図 7 に示す. ここで, 車両速度の変化は, マルチパス・フェージング・シミュレータにおけるドップラー周波数を変化させることにより擬似的に実現している [7]. この結果から, 車両速度の上昇によって受信率は低下することがわかる. つまり, 同じカーセル回数に着目すると, 車両速度が速い方が受信率は低くなっている. ただし, 車両速度が 113km/h 以下では, カーセル回数を増加させることによって, 目標の 5 分間で受信することが可能であった.

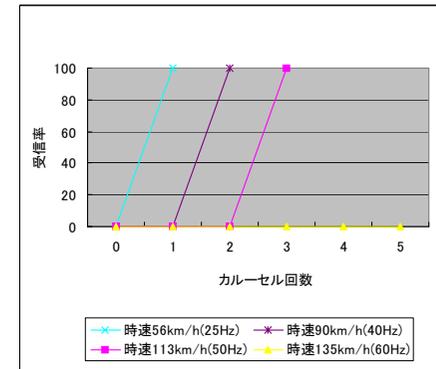


図 7 評価結果：車両速度

3.4 考察

ここでは, これまで述べてきた評価実験の結果を元に, 地上デジタルテレビジョン放送にて大容量の交通情報を配信するための評価パラメータについて考察する. まず, 交通情報量と伝送速度についてであるが, 評価結果より, 伝送速度 400kbps にて 90% 以上の受信率を確保するためには, 交通情報量を 5MB 程度に抑える必要があることがわかる. つまり, データ構造種別の全国モデルのような全国の交通情報を一度に配信するのではなく, 隣接地域モデルや狭地域モデルのような, 詳細な地域情報と大まかな全国情報の組み合わせが適していると言える. 次に, モジュールサイズについては, 交通情報量や伝送速度にかかわらず, 短いサイズの方が受信率が高いという評価結果が得られた. 地上デジタルテレビジョン放送のデータ放送で使われるカーセル方式では, 一つのモジュールを更に分割した DDB(Download Data Block)と呼ばれるセクションを全て受信しなければ, 各モジュールからの交通情報の取り出しは行えない. そのため, モジュールの受信率を上げるためには, モジュールサイズを可能な限り最小単位にすることが有効である. 最後に, 車両速度については, 速度の上昇に従って受信率は低下するものの, 現在の道路交通法における最高速度である 100km/h 程度では, 特に問題なく受信可能であると考えられる.

4. おわりに

本稿では, デジタル放送メディアを用いた大容量交通情報の配信手法について, 次の 2 つの視点により提案した. まず, 最近のプロブ交通情報を含む大容量の交通情

報を格納するための配信データフォーマットについて検討した。具体的には、検討に必要な要求条件を明確化し、XML形式のデータ表現が適していることを示した。また、タグの冗長化による容量増大の課題に対しては、XBUS方式のようなXML圧縮符号化技術を適用することで解決できることを示した。次に、大容量の交通情報を配信するために必要な、交通情報量、伝送速度、モジュールサイズ、受信電波環境、車両速度などの評価パラメータについて明らかにし、最適な基準を評価実験により検討した。その結果、詳細な地域情報と大まかな全国情報を配信するデータ構造とすることが望ましく、短いモジュールサイズであることが有効であることを示した。また、車両速度と受信電波環境については、特に問題なく受信可能であることを確認した。

謝辞 本研究の評価実験を実施するにあたって、富士通テン株式会社 技術開発統括部 放送技術開発部の高山部長の多大なご助力を頂いた。ここに記して感謝する。

参考文献

- 1) 総務省: プローブ情報の利活用による道路交通情報の高精度化に関する調査検討報告書 (2009).
- 2) Sammo Cho, Geon Kim, Youngho Jeon, Chunghyun Ahn, Soo In Lee and Hyuckjae Lee: Transmission of Traffic Information Using a Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting System, ETRI Journal, Vol.28, No.3, pp.364-366 (2006).
- 3) 野原光夫, 遠藤洋介, 堀松哲夫, 難波秀彰, 間瀬公太, 小花貞夫: 多様なメディアを活用するユビキタスITSの研究開発, 情報処理学会研究報告, 2008-ITS-33, pp.31-38 (2008)
- 4) 小林亜令, 村松茂樹, 西山智: XBUS: 携帯電話向けXML文書符号化方式, 情報処理学会論文誌, Vol.50, No.1, pp.209-221 (2009).
- 5) DR M, <http://drm.jp>.
- 6) 全国道路利用者会議: 道路統計年報 2006, 国土交通省道路局 (2006).
- 7) 岡田実: デジタル放送の高速移動受信, 映像情報メディア学会誌, Vol.60, No.5, pp.682-685 (2006).
- 8) ARIB: STD-B24: デジタル放送におけるデータ放送符号化方式と伝送方式標準規格.