

車載スマートフォンにおけるプローブデータ圧縮方式

中瀬裕多^{†1} 日江井太朗^{†1} 清原良三^{†1} 齋藤正史^{†2} 神戸英利^{†3}

スマートフォンの普及により、無料で利用できる通信機能を活用したカーナビゲーションシステムとしての利用が爆発的に増えることが想定される。即ち、携帯電話網を活用したテレマティクスサービスが爆発的に普及する。テレマティクスサービスにおいてはアップリンク、ダウンリンクともに大量のデータ送受信が行われる。コスト面を考えた場合、ユーザ、キャリア、サービス提供者のいずれかの負担が大きくなるためこれらのデータ通信量を如何に減らすかが重要な課題となる。本報告では、アップリンクのデータ通信に着目し、その削減方式を提案し、プローブデータの標準的フォーマットされる ISO22837 に従ったデータに適用した場合に効果があることを示す。

A Method for Probe Data with Smartphones as Telematics Terminals

YUTA NAKASE^{†1} TARO HIEI^{†1} RYOZO KIYOHARA^{†1}
MASASHI SAITOU^{†2} HIDETOSHI KAMBE^{†3}

Due to increase the smartphones, it will be increasing the car navigation terminals which are applications on the smartphones. Therefore, the probe data which telematics service gathers from devices on the car will be increasing, and it is important problem how to reduce the size of data. In this paper, we propose a new method to reduce the data and we show the good result to ISO22837 format.

1. はじめに

普段の生活で使用しているスマートフォン上で通信機能を活用したナビゲーションサービスが無料で利用できるアプリの登場により、テレマティクスサービスが爆発的に普及すると想定される¹⁾。テレマティクスサービスとは、図1に示すように車載機器からの情報を携帯電話網を経由してテレマティクスプロバイダに集め、各種情報をテレマティクスサービスプロバイダ(TSP)が加工し、逆に各車載機器に情報を配布するサービスである。

従来のカーナビゲーションシステムでは地図情報などの更新には通信が必要となり月額使用料などユーザの負担になっていた。交通情報を地図上に表示するには、道路交通情報システム VICS²⁾から発信される交通情報を運転手が知ることによって渋滞が起きていない経路の選択を行い、円滑な走行を支援するものが多い。しかし、このシステム

には路車間のインフラ整備が必要なのでコスト的な問題があり、すべての道路で利用できるわけではない。

従来の携帯電話網を利用する携帯のテレマティクスサービス³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾では多くの場合、通信費の費用負担が発生することもあり、あまり普及は進んでいなかった。

スマートフォンの場合、普段使う携帯電話の通信費が定

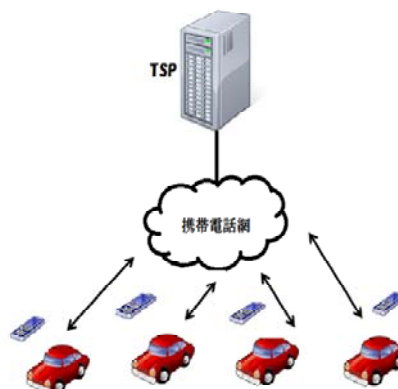


図1. テレマティクスサービス

^{†1} 神奈川工科大学
Kanagawa Institute of Technology

^{†2} 三菱電機
Mitsubishi Electric Corporation

^{†3} モルフォ
Morpho Inc.

額制であり、地図データは常に最新版に更新され、電波の入るエリア内では常にサーバと通信できる利点がある。そのため、ユーザはコストを気にすることなく、最新の情報を得られるため、爆発的普及が想定される。また、スマートフォンで取得した情報のみからテレマティクスサービスのための情報を作成し、配信するという試みもある⁹⁾。

しかし、普及すればするほど通信のトラフィックは増大し、従来は無視できたような多回数のアクセスなどがユーザやサービス側のコストに影響すると言われており通信量の削減は重要な課題と考える。現在はスマートフォンの通信は定額制になっているが今後従量制になることも考えられる。ユーザ側の負担を減らすためにもデータ量の削減は今後の大きな課題である。

本論文では、第一にスマートフォンを利用したテレマティクスサービスに関してプローブデータ収集モデルを整理する。次にプローブデータの形式の標準を定義したISO22837に関して述べ、この形式に基づいたアップロードするプローブデータの圧縮方式を提案する。その上で、整理したモデルに基づいて提案方式を定量的にシミュレーションにて評価し、その有用性を示す。

2. プローブデータ収集モデル

テレマティクスサービスを実現するための各車両のプローブデータ情報をアップロードする形態は大きくは以下に示す3種類に分けられる。

- (1) あらかじめ車両の出荷時点からカーナビとして組み込まれる組み込み型機器、
- (2) 出荷後に、カーディーラやユーザ自身が購入してカーナビとして取り付ける通信型カーナビゲーション機器
- (3) スマートフォンにテレマティクスサービス対応のソフトウェアをインストールして実行するスマートフォンタイプ

これらの機器の特徴を以下に整理する。

(1) 組み込み型機器タイプ

例えばController Area Network (CAN)のような車載ネットワークに接続し、車両に搭載されたElectronic Control Unit (ECU)の状態の情報や、ネットワーク上を流れる情報を収集し、Telematics Control Unit (TCU)を経由してTSPに送信する。通信費はユーザ負担の場合と、カーメーカーやTSP負担の場合があるが、カーメーカーやTSP負担の場合は、制約があることが多い。自身の携帯電話を経由する場合は、その携帯電話を利用する場合とは別に定額を支払うことが多い。

これらの車載ネットワークから情報を収集することに

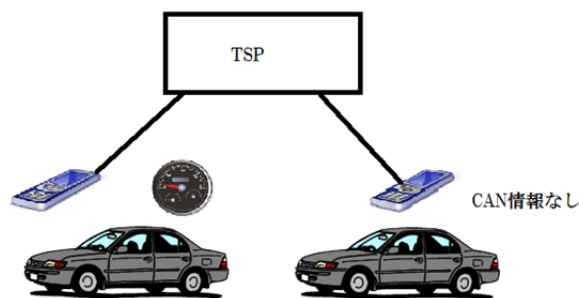


図2. プローブ収集モデル

より、滑り止め防止装置の作動状況から路面の状況を推測したり、ワイパーの作動情報から雨の状況を推測するなど様々なサービスが考えられる。

(2) 後付け通信型カーナビタイプ

多くの場合、車載ネットワークに接続せずに車両の情報を送るタイプ。車載ネットワークに接続しないため、車載情報の取得ができず、車両に搭載したアンテナを利用できないことも多い。しかし、送信するデータ量は少ないと考えられる。通信費用は、組み込み型機器と同じである。また、車載ネットワークと接続する場合もある。この場合は組み込み型機器タイプとまったく同じである。

(3) スマートフォンタイプ

無料でアプリが提供される場合も多く、常に通信をして地図などを表示する。そのため、通信量は多い。しかしながら、通信費用はユーザの契約する携帯電話の通信費になるため、普段から携帯電話を使ってデータ通信を行うユーザにとっては無料で使えるに等しい。また、車載ネットワークに接続できる場合もある。

我々は、無料でユーザが利用でき、多くの人が保持しているため、スマートフォンタイプの利用が今後増大すると予想する。ユーザは多くのプローブデータを無料感覚で送信できるため利用率は増大し、データ通信量が爆発的に多くなると考える。スマートフォンユーザが必ずしも車を運転するわけではないので、利益者負担の考え方も想定されるとすれば、この通信量を低く抑えることが重要となる。

一方、スマートフォンタイプは図2に示すように、車載

表1 代表的テレマティクスサービス向けプローブ情報

タイプ	位置	車速	天候	路面	加速度
車載器接続型	○	○	○	○	○
車載器非接続型	○	○	×	×	○

ネットワークに接続するタイプと接続しないタイプがあるが、当初は、接続しないものが普及すると考える。表1に整理するように、取得できる情報にかなりの差があるため、将来的にはクレイドル経由で車載ネットワークに安全に接続可能になることも考慮すべきと考え、これら双方の場合を想定してデータ削減方式を検討した。

3. 関連研究

データ量の削減に関しては様々な観点から研究されているが、大きくは以下の2種類に分けられる。

- (1) 送信するデータそのものを圧縮する方式
- (2) データの中で、推測可能なものは推測できる形で送信する方式

(1)に関しては、汎用的な圧縮方式を使うケースが多い。たとえば、zip などであり理論限界に近い圧縮性能を実現することができている¹⁰⁾。

(2)に関しては、(1)よりもさらに送る情報そのものを削減することを目指しており、様々な研究がある。これらの利用には、路車間通信や車車間通信などをうまく利用することによって、データ量を削減するところも多い。

例えば車群形成を用いた路車間通信量の削減方式が提案されている¹¹⁾¹²⁾。この研究は、自分の周辺の車両と車車間通信により車群を形成して、その中でまとめて路側に情報を送信するという方法を提案している。すべての車両が通信するわけではないため、通信データ量の削減につながるが、路車間、車車間通信を利用するため、道路の設備が必ずあり、また車車間通信のできる機器を搭載した車でないと群形成できないため、スマートフォンの普及によるデータ通信量の削減には現実的に適用は難しい。

また多数の車が存在する場合は、すべての車が情報を送信しなくても渋滞情報などはある程度の車の動きだけを送信すれば把握できるとして、シミュレーションを行い、少ないデータで渋滞を予測し、正確な情報を劣化させずにどこまでサイズダウンできるかその限界値をシミュレーションした研究の報告もある¹³⁾。しかしこれらの研究は渋滞情報という単独のサービスに対応する場合だけに有効であって、様々なサービスを想定した場合はあまり現実的ではなく、スマートフォンが勝手にデータを送信することにおいて対処するのは難しい。

ビーコンの双方向通信を利用した研究では、通過時に最低限のコアデータを送出するための圧縮方式が提案されている¹⁴⁾。位置情報と時刻情報を空間データと時間的データに分け、空間的データは等間隔で計測したデータであることを利用して、常に送る位置情報を元のいた位置からの角度情報のみをプローブデータで送れば良いと提案している。また、等間隔で通過する時間的なデータは、差分情報で表

現し、空間データと時間データを合わせた後、ハフマン符号化を行うことによって圧縮している。しかしながら、等間隔で配置する路側の設備が必須であり、そのまま適用することはできない。

このように、様々なプローブデータのデータ量削減を目的とした手法が提案されているが、スマートフォンで携帯電話網を利用したプローブデータのデータ量削減に関しては適用することができないものが多い。

一方、カーナビゲーション端末を前提に、テレマティクスサービスにおけるプローブデータの形式の標準を規定した ISO22837¹⁵⁾ を前提とした圧縮方式の提案もある¹⁶⁾。しかしながら、これはスマートフォンを前提としたものでなく、またテレマティクスのサービスごとにデータが代わることを前提にしており、今後普及すると思われるスマートフォンでのサービスにそのままの適用はできないと考える。

そこで、本研究では、スマートフォン単独で、データ量を削減する方式に関して、ISO22837 のフォーマットを前提とし、文献[16]の方式をスマートフォン向けに改善することとした。

4. ISO22837

4.1 ISO22837 とは

ISO22837 はテレマティクスサービスにおいて、複数のプロバイダ、複数の車載機器でデータを共有するなどして情報の精度を上げることを目的に ISO にて標準化している仕様であり、その例を表2に示す。

しかしながら、プライバシーに関する情報や、個々の車

表2. プローブデータ構成要素

名称	データの値	内容
周辺温度	2桁の符号付整数	周辺の温度
ワイパー情報	1桁整数	ワイパーの動作および動作速度
雨量	3桁整数	1時間あたりの雨量
明るさ	1桁整数	明るさ7段階
車速	2桁整数	秒速
他者や障害物の有無	ブーリアン	走行道路の前方車両、障害物
他者や障害物の距離	3桁整数	10cm単位
他者や障害物の方向	2桁符号付き整数	角度
ABS 作動状態	ブーリアン	道路のすべりやすさの情報
横滑り防止装置動作状態	ブーリアン	道路のすべりやすさの情報

両によって異なる想定される仕様に関しては省かれている場合もあるため、実際にはこの仕様を元に各社拡張した仕様でプローブデータを収集すると想定する。しかしながら基本的に必要なデータは含まれているため、この仕様を元にデータ量の削減を考えることとした。

4.2 ISO22837 の特徴

プローブデータは3種類のデータに分けて考えることが出来る。

- ① 毎回の送信時に送るどんなアプリケーションにも必要とされるコアデータ。
- ② 必要時のみ送るデータでアプリケーションによって有無が分かれるもの。
- ③ アプリケーションから要求があった時に送るもの。

ISO22837 では大きくコアデータと初期データセットが定義されている。コアデータはプローブ情報を取得した時刻情報、緯度、経度、高さなどの位置情報からなっている。またコアデータ以外、速度や気温などはアプリケーションによって必要時には選択的に付加される。プローブデータは多数の情報によって構成されている。そのなかのいくつかの構成要素を表に表したものが表3である。

表3に示すような情報は、例えば雨量とワイパーの動作状況などから走行中である路面の状態を提供するサービスで使うことができる。明るさ情報や車速から夜間の安全運転を心がけるようなサービスを提供する際使用することが有効的であると考ええる。

5. 提案方式

本論文ではプローブデータの特性に応じて、以下の3つに情報を分類し、それぞれに応じた情報圧縮方式を採用することを提案する。

- ① プローブデータ収集時間間隔ごとに変化しやすい情報。例えば、速度、位置情報、回転数、ブレーキング情報などがこれにあたる。これが ISO22837 のコアデータにあたる部分である。
- ② プローブデータ収集時間間隔に比べ、変化が少ない情報。例えば、ワイパー動作情報、温度センサ情報、ガソリン残量メータ等がこれにあたる。これは ISO22837 のコアデータ以外の部分にあたる。
- ③ 基本的には決まったデータを示すだけで、異常な場合だけ情報が変わる情報

例えば、ABS の動作情報や、横滑り防止装置の動作情報、エアバッグの動作情報などがこれにあたる。これも ISO22837 のコアデータ以外の部分にあたる。

5.1 基本

これらそれぞれのデータの特性に応じたデータの圧縮を考える必要がある。

そこで、通常は、①のコアデータにあたる部分のみを送信する。②にあたる部分はデフォルト値あるいは以前の状態と変わった時のみ情報を示す ID とともに送信する。たとえばワイパーは動作していないことがデフォルト値であり、温度は 20°C をデフォルト値にしておく。そうすることにより、最初に 1 回は多くの場合、全情報を ID とともに送信することになるが、それ以外の時は送信しないことによりデータ量削減につながる。また、③のデータは基本的にその状態が発生した場合に、①②のデータとは非同期に通信すべきもので、差分などで表現するものではないとする。

5.2 データ表現

プローブデータ収集時間間隔ごとに変化しやすい情報はその前の状態との差分で表現する。たとえば位置情報の中でも経度の情報を考える。経度の情報は、テレマティクスサービスにとって必要とされる位置精度が、道路の車線を区別できる程度であるとする、数 10 cm 程度とすることができる。この場合、経度の差は、赤道上を仮定し、地球の赤道上の周囲を 40,000km とした場合において、経度の 1/256 秒あたりの距離が、12cm 程度であることから 1/256

	時刻	経度	緯度	標高
0秒	4byte	4Byte	4Byte	4Byte
1秒	4Byte	4Byte	4Byte	4Byte
2秒	4Byte	4Byte	4Byte	4Byte
3秒	4Byte	4Byte	4byte	4Byte

図3 車載ネットワーク非接続時データフォーマット

	時刻	経度	緯度	標高
0秒	1byte	1Byte	1Byte	1Byte
1秒	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte
2秒	1Byte	1Byte	1Byte	1Byte
3秒	1Byte	1Byte	1Byte	1byte

図4 車載ネットワーク非接続時データフォーマット

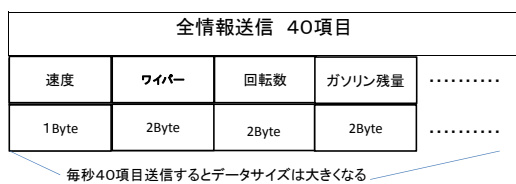


図5 車載ネットワーク接続時データフォーマット

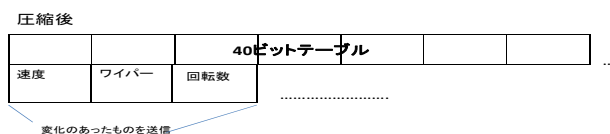


図6 車載ネットワーク接続時の
 差分データフォーマット

秒の精度が必要である。すなわち、バイト単位で考えると4バイトは必要であることがわかる。ISO22837では実数で扱った8バイトとしているが、本論文では図3に示すように4バイトとして扱う。

5.3 差分表現

データ図4で示すような差分で表現する場合、例えば時速180kmで走る車の最大移動量は、赤道上で考えると1秒間で50m程度となり、経度での2秒程度が差分ということになる。これが1分であるならば経度での2分が差分ということになる。つまり1分ごとにデータを取得するのであれば2バイトの差分は必要である。1秒ごとの差分の場合は多くの場合において1バイトあれば十分といえる。

しかし、これらの精度は緯度によって変わる。緯度に応じた精度情報をテレマティクスサービスを送受信する際にネゴシエーションすることにより、赤道と同じ情報量でやりとりできると考える。精度は緯度経度に依存してくるため、プローブデータの収集間隔に対して変化することがほとんどない情報である。

5.4 デフォルト値との変化の表現

図5,6にはデフォルト値や前回と値が変わった場合だけ送信するデータのフォーマットを示す。図5は圧縮などしない場合であり、図6に圧縮する場合を示す。

車載ネットワークに接続する場合でも、スマートフォンの場合は、ECUの内部のメーカ依存部分に関してまで情報

を取得できるとは考えにくい。そこで一般に情報を取得できる情報に限られる。その中でもテレマティクスサービスに重要な情報が中心となる。

即ち、時刻、緯度、経度、標高のほか、車速、アンチロックブレーキシステム(ABS)、横滑り防止装置(ESC)、トラクションコントロールシステム(TCS)、ワイパーの動作情報、温度の情報などからなると考えられる。

6. 評価

6.1 前提条件

データの取得間隔は一定の時間間隔で取得するものとする。プローブデータは情報のセンシングと集めたデータの情報送信との2段階に分けることができる。情報のセンシングはISO22837で定義されているように、センシングデータの内容によってデータ長は異なり、また項目によっても可変長になる。データの送信は複数のデータをまとめて送信することになる。このまとめた情報を一定時間間隔で送信する、ものとする。

6.2 定性的データ

図3の圧縮前のプローブデータの例は初回のデータ送信を含め4秒分のデータ量を示している。1秒あたりのデータ量は約16バイト程度である。圧縮前は全体で112バイトのプローブデータとなる。

このプローブデータの16バイトの情報の多くの場合4バイトで表現することができる。図4に圧縮後のプローブデータサイズを示す。圧縮後は約16バイトと圧縮する前の7分の1程度に圧縮することができる。

前回取得時と同じデータは省略すると、例えば高速道路を走行時には等速で走行することが多いのでデータ量は大きく削減できるはずである。

次に車載ネットワークに接続した場合は、コアデータとは別に变化のあったデータだけを送るため、コアデータ以外の項目のイベントの発生でデータ量に変化があるが、それほど大きなサイズのデータではないため大きく見積もっても8バイト程度であると推測する。

6.3 シミュレーション評価

前提条件を変えながら様々なケースにおいてシミュレーションを試みた。

図7は、車載ネットワークに非接続の場合、図8は車載ネットワークに接続した場合を示している。プローブデータの取得間隔は1秒ごとである。これに、送信間隔を1分から10分までシミュレートしてみた。縦軸が通信データ量の総量で単位はバイトである。横軸がまとめて送信する時間の間隔である。また、本来は通信をするたびにプロコル上で上り、下りのデータが発生すると考えるが、セッ

ションは接続状態と考え、今回は無視している。図 7,8 ともに相当な効果があることを示しており、提案方式は有効であることがわかる。

図 9,10 では情報取得間隔を 1 分に変更し、送信間隔を変更しながらシミュレートした。実際に既存のスマートフォンプローブでは、毎秒情報を取得しているものもあり、使われ方によって変わるため、どの場合にも効果があることを確認した。

結果として、それぞれの方法において提案方式に効果があることが確認できた。

7. おわりに

本論文は、テレマティクスサービスにおける通信データ量の削減に関して既存技術を整理した上で、プローブデータのデータサイズを削減する手法を検討し、差分情報を用いる手法を提案し、効果があることを確認した。今後、実際の車の様々な動きに対して実環境での効果の確認を行っていく予定である。

参考文献

- 1) (財)道路情報通信システムセンター:
<http://www.vics.or.jp/index1.html>
- 2) M. Maekawa, T. Fujita, A. Satou, and S. Kimura, "Usage of M2M Service Platform in ITS," NEC Technical Journal, Vol.6. No.4, pp.43-47
- 3) G-Book: <http://g-book.com>
- 4) 日産カーウイングス:
<http://drive.nissan-carwings.com/WEB/index.htm>
- 5) インターナビ: <http://www.honda.co.jp/internavi/>
- 6) スマートループ: <https://www.smartloop.jp/smartloop/index.html>
- 7) OnStar: <http://www.onstar.com>
- 8) Mbrace: <http://www.mbusa.com>
- 9) 佐藤雅明, 和泉順子, 松井加奈恵, 上田憲道, 上原啓介, 村井純: スマートフォンを活用したプローブ情報システムの構築, ソフトウェア科学会第 12 回インターネットテクノロジーワークショップ(2011)
- 10) Debra A. Lelewer, Daniel S. Hirschberg: Data Compression, ACM Computing Surveys, Vol.19, issue 3, pp.261-296,1987
- 11) 成田干城, 朝倉啓充, 屋代智之, 重野寛, 岡田謙一: 車群形成を用いた路車間通信量の削減方法, 情報処理学会研究報告, 2004-ITS-17,2004-5-28(2004)
- 12) T. Hung, H. Ikeda, K. Kuribayashi, and Nikolaos Vogiatzis, "Reducing the Network Load in CREP Environment," Journal of Information Processing, Vol.19, pp.12-24(2011)
- 13) 田島隆行, 若松公威, 佐藤龍哉ほか: インターネット ITS におけるプローブデータ通信量の削減, 電子情報通信学会技術研究報告, ITS 102(695), pp61-67, (2003)
- 14) 足立晋哉, 新倉聡, 田島昭幸: プローブデータの圧縮方式の研究: プローブデータのロッシェー圧縮アルゴリズム, 電子情報通信学会技術研究報告, ITS 104(762), 13-18, 2005-03-22 (2005)
- 15) ISO 22837, "Vehicle probe data for wide area communications," International Standard, (2009)
- 16) 清原良三, 伊藤一彦, 齋藤正史, 小塚宏: テレマティクスサービス向け情報圧縮方式, 情報処理学会研究報告, Vol.2011-MBL-60 No.16, pp.1-8(2011)

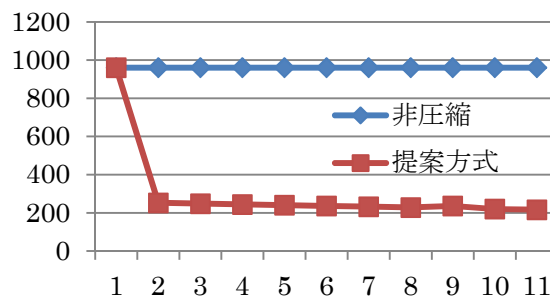


図 7 車載ネットワーク非接続の場合の削減効果

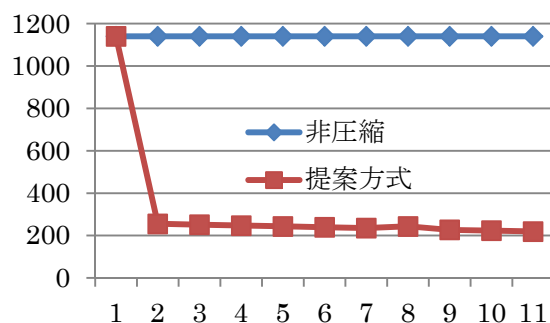


図 8 車載ネットワーク非接続の場合の削減効果

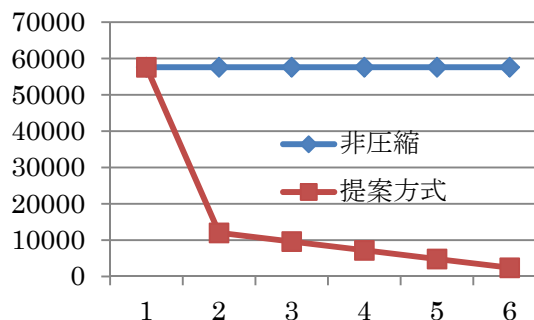


図 9 車載ネットワーク接続の場合の削減効果

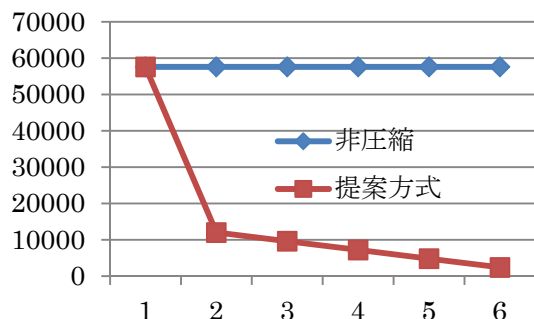


図 10 車載ネットワーク接続の場合の削減効果