

センタレスプローブの活用*1

The Prospective Uses of Probe Vehicle Systems without Information Centers

和田 光 示*2

Koji WADA

1. はじめに

自動車の情報化、知能化と共に走行制御に多種多様なセンサデータが活用され、その処理能力も急速に高まってきた。現況の自動車の環境、状況認識能力や自律的な判断能力は高い。

JARI ITS センターでは、2年前から自動車が自律的に直接通信（無線 LAN, WiFi）を行い、高度の処理能力を有する車載機がプローブ情報を生成、配信するセンタレスプローブシステム（情報センタが介在しないプローブシステム）の研究開発を行っている。センタレスプローブの必要性を確認するため、期待されるセンタレスプローブの活用についてまとめた。

本研究は日本自転車振興会の機械工業振興事業補助金の交付を受けて行う財団法人機械システム振興協会の委託による事業として、平成 18 年度に行ったフィージビリティスタディの結果を取りまとめたものである。¹⁾ 本誌の「センタレスプローブ情報処理アルゴリズムとその評価結果」「情報伝達アルゴリズムとその評価結果」を併せて読んでいただくと幸いである。

2. センタレスプローブの概要

2.1 センタレスプローブとは

インフラ設備を伴う通信基盤や情報センタを使

わず車車間通信(WiFi)を利用し、車載機だけでプローブデータの収集からプローブ情報の生成、提供を行うプローブシステムをセンタレスプローブという。

センタレスプローブを実現する車載機には、車車間通信機能の他に、プローブデータを処理しプローブ情報を生成する機能やプローブ情報を的確に流通させる機能が必要となる。

プローブ情報を生成するためには複数の車載機からプローブデータを集めなければならない。また生成されたプローブ情報は必要とする車載機（車両）に配信しなければならない。そのため、「プローブ情報を的確に流通させる機能」は、効果的な情報流通を実現するため、周囲の状況を認識し、送信すべきプローブ情報を適宜車車間通信に割り付けることが必要となる。

図 1 はセンタレスプローブの情報の流通範囲を示している。情報センタを経由してプローブデータの収集、配信を行うセンタ型プローブ(システム)の場合、通信のアクセスポイントを経由してどの車両でもプローブデータを送信、配信を受けることができる。

一方、センタレスプローブの場合、車車間通信を使用するため、その通信エリア内（見通しがよく、マルチパスなどの電波障害が発生しない場合

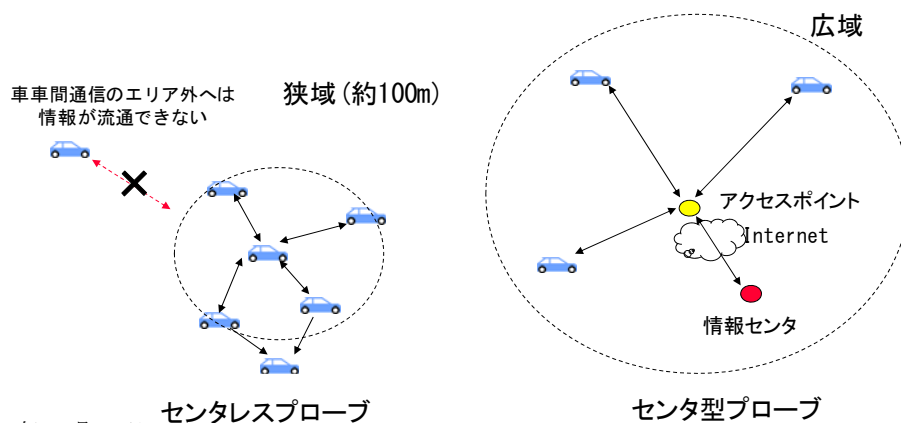


図 1 車車間通信を活用したプローブ情報の流通

* 1 原稿受理 0000 年 00 月 00 日

* 2 (財)日本自動車研

【研究活動紹介】

は約1km 飛ぶことがあるが、通常都市部では100m 程度)に、他の車両が存在するとき初めて通信が可能となる。よって、センタレスプローブは、センタ型プローブとは異なる情報流通特性(情報流通範囲、伝達速度)を有することを前提に考えなければならない。

2.2 技術戦略マップ上の位置付け

2006年3月に経済産業省は今後15年を見据えたITS分野の技術戦略マップを策定した。本技術戦略マップは「国又は民間において今後取り込まれるべき重要性が高いと思われる重要技術の絞り込みを行い、関係者がITSに係わる技術開発を推進するための基礎資料となること」を目的とする。

センタレスプローブの開発課題は、同「自動車ITS分野のロードマップ」に位置付けられている。

2.3 センタレスプローブの普及について

車車間通信を保有する車両の増加はセンタレスプローブの活用を促進する重要な要因である。

IT新改革戦略を推進するための政策の一つに、「世界一安全な道路交通社会」が掲げられ、安全運転支援システムの実用化が進められている。その中で、車車間、路車間通信システムの活用が研究されている。海外においても、米国のVII(Vehicle Infrastructure Integration)や、欧州のeSAFETYなど多くのプロジェクトが、車車間、路車間通信システムの活用を検討している。

こうした状況を鑑みると、センタレスプローブに必須な車車間通信装置がすべての車両に装備されるのも夢物語ではない。又、ナビの装着率も高まっており、こうしたハード、ソフトが装備されればセンタレスプローブのアルゴリズムの追加実装は難しいとは思えない。

3. センタレスプローブの有用性

プローブシステムの形態にはセンタ型プローブと、センタレスプローブがある。センタ型プローブとセンタレスプローブを対照し、それぞれの有用性を整理したのが表2である。

センタ型プローブには二つのタイプがある。路車間通信を活用するものと、移動体通信サービスを活用するものである。前者にはVICSがあり、後者としてはホンダが提供しているインターナビ・プレミアムクラブがその一例として挙げられる。

それぞれのタイプについて、サービスエリアの広さ、情報配信の確実性、即時性、取り扱う情報量、収集と配信に発生する費用について比較した。

3.1 路車間センタ型プローブ

路車間通信活用によるセンタ型プローブ(路車間センタ型プローブ)は、サービスエリアが狭く、電波方式で数十メートル、光方式だとデータの收受の範囲は更に狭い。しかしながら、サービスエリア内の車両とは確実に交信でき、的確な情報提

表2 センタレスプローブの有用性

		エリア	確実性	即時性	情報量	費用	特徴
センタ型 プローブ	路車間 通信 活用	路側機の 近辺でしか 収集、提供 できない	情報の提 供はpush 型であり確 実性が高い	情報提供 の即時性 が高い	提供される サービスは 限定	路側機の 設置費用 が発生	幹線道路など交 通量が多い場所 で、確実な情報 収集、提供
	移動体 通信 サービス 活用	サービスの 提供を受け るエリアは 広く、場所 に制限はない	情報の提 供はpull型 であり、要 求しないと 情報が提供 されない	広域に同時 情報提供 が可能	多様なサー ビス提供が 可能	情報の収 集、提供毎 に通信費用 が発生	広域をカバーし た情報の収集、 提供、特に遠隔 情報の収集、同 時提供能力が高 い
センタレス プローブ		車載機搭載 車両が近辺 にいないと機 能しない 収集、提供で きるエリアの 広さに制限が ある	情報の提 供はpush 型であるが、 周囲の状 況により確 実性は変わ る	センタ経由 でなく直接 提供 エリアの広 さにより変 わる、狭い ほど即時性 に優れる	多様なサー ビス、情報 量が豊富な サービスが 可能	路側機の 設置、通信 費用は発生 しない	車載機搭載車 両数に依存 狭域の情報収集、 提供は即時性、 情報量が豊富

【研究活動紹介】

供が行えるというメリットがある。そのため、路側機を幹線道路に設置して走行時間情報の収集や、前方に発生した危険な状況の告知を含む道路交通情報提供に活用されている。

しかしながら、路側機の設置が必要なこと、路側機のサービスエリアが狭いため、面的にカバーしようとするると路側機の設置費用がかかり、その活用は限定的である。

3.2 移動体通信センタ型プローブ

携帯電話サービスなどの移動体通信サービス活用によるセンタ型プローブ(移動体通信センタ型プローブ)は、サービスエリアに関する制約は殆どない。車両がどこにいても情報の収集、配信が可能である。同報配信やドライバーのリクエストによりいろいろなサービスが提供できる。

一方で、通信コストがその都度発生するのでプッシュ型の情報配信は不向きである。単純に走行時間を収集して渋滞情報を提供するサービスではなく、付加価値を付けたサービス、例えば、走行経路の混雑状況を加味した最適経路案内や、ドライバーの要望に応えるコンセルジュなどの高度なサービス提供に活用されている。

3.3 センタレスプローブ

車車間通信によるセンタレスプローブの場合、電波の交信範囲は高々数百メートルであり、その範囲内に交信できる車両がいないと機能しない。

一方で、情報センタを経由することなく直接情報を交換するので、即時性に優れる。道路凍結によるスリップなど、その情報を周辺の車両に即時に配信するサービスが挙げられる。

センタレスプローブが十分に普及すれば、周辺の複数の車が連携して渋滞や危険な状況の発生を多面的に検出、検証することにより、精度、信頼度が高いプローブ情報を生成することができる。

通信のコストが発生しないので、ローカルな「ロコミ」情報を流通させて、ドライバーの要求に応えることが考えられる。

また、道路交通情報インフラが整備されていない地域においては、渋滞情報収集、提供の手段となる。地震などに罹災し、都市部の道路交通情報インフラが破壊、損傷された場合、その代替手段としての活用も考えられる。

4. センタレスプローブの地域別用途

道路ネットワークを都市部の道路網、郊外の道路網、都市間高速道路網、地方部の路線状幹線道路に分け、タイプ別にセンタレスプローブの用途を想定、整理したものが表3である。

4.1 都市部道路網

道路網のコンフィギュレーション(構成、形状等)が縦横無尽で、どの道路をとっても交通量が多いことが都市部の道路網の特徴である。交通量を計測するセンサや、情報提供手段も豊富である。

表3 センタレスプローブの地域別用途

道路ネットワーク	交通量	交通情報インフラ	期待されるセンタレスプローブの役割とアプリケーション
都市部道路網	多い 全方向	幹線道路を中心に比較的密に配備	他のセンタレスプローブとの通信機会が多く、交通情報インフラがカバーしていない非幹線道路を含めた交通情報の収集・提供。 →地区レベルの交通情報
郊外部道路網	少ない 全方向	一部の幹線道路に配備	他センタレスプローブとの通信機会が少ないので、自車が収集した情報を交通情報インフラの位置まで届ける役割が相対的に大きくなる。情報に多少の時間遅れが発生するが、交通情報インフラを補完。 →工事・事故などによる突発的な渋滞の検出
都市間高速道路	多い 往復方向(時間ピークは違う)	間隔が長い (IC間に1つのピーコン)	感知器が密に配備されていない大都市近郊以外の路線では、IC間での渋滞発生を(渋滞していない)対向車線のセンタレスプローブに伝達し、速やかに渋滞情報を交通情報インフラの位置まで届ける。 →渋滞区間(先頭、末尾)検出
地方部の路線状幹線道路	少ない 往復方向(時間ピークは違う)	ほとんどない (道の駅など)	インフラ整備の優先度が低い地域でも、観光地など、季節・曜日によるピーク変動が大きいところでは、交通情報へのニーズが高い。インフラ依存度が小さい交通情報システムとして、期待される。 災害時のロバストな情報インフラとしての位置づけも考えられる。 →突発渋滞・通行障害検出、etc。

【研究活動紹介】

しかしながら、すべての道路に交通量を計測するセンサが設置されているわけではない。

センサを設置してある幹線道路が渋滞すると、幹線道路を避けて走行する車両が多い。センタレスプローブは、非幹線道路の渋滞状況を把握し、その情報を既存の交通情報インフラシステムに提供することができる。

4.2 郊外部道路網

一部の幹線道路を除き、都市部と比べ交通量は減少する。そのため、交通量を計測するセンサや、情報提供手段は都市部の道路網と比べると限定される。

都市部と比べセンタレスプローブカーが少ないため、収集、処理した情報提供に遅延があるが、突発的な渋滞の発生などを知らせることができる。

4.3 都市間高速道路

都市を結ぶ高速道路の交通量は多い。二方向(往復)の走行しかなく、交通量を計測するセンサや、情報提供態勢は整備されている。しかしながら、バッチ処理のため情報提供に遅延が発生すること、情報収集が定点観測に頼っておりドライバーが要望する渋滞の先頭、末尾の特定に限界がある。センタレスプローブは渋滞の先頭などを特定し、対向車線の車両を媒体に後方車両への速やかな配信が可能である。

4.4 地方部の路線状幹線道路

地方部の路線状幹線道路^(注)は、相対的に交通量は少ないが、朝夕の通勤ラッシュ時には特定方向で渋滞が発生する。地方部では交通量を計測する

センサや情報提供手段はほとんど存在しないため、事故などで引き起こされた突発的な渋滞は把握できない。

交通情報インフラ整備の優先度が低い観光地でも、季節、曜日によっては激しい渋滞が発生するので交通情報提供へのニーズが高い。地方部において、センタレスプローブはインフラへの依存度が低い交通情報システムとして期待できる。

(注) ここでいう「路線状」とは、鉄道の路線のように地域を貫通する少数の道路形状を示す。

5. センタレスプローブの活用

センタレスプローブの有用性、用途をレビューしてきたが、その活用はセンタ型プローブに対して以下の特徴が挙げられる。

- ・地域性の高い情報の流通
- ・即時性が求められる情報の共有
- ・周辺車両との連携によるプローブ情報精度向上
- ・災害時などにロバストな情報通信システム

将来、センタ型プローブがなくなりセンタレスプローブだけになるとことはありえず、むしろセンタレスプローブはセンタ型プローブでは補うことができなかったエリアの情報提供や、ローカルなコンテンツをカバーするシステムとして、有効性が発揮できると考える。センタ型プローブとの連携イメージを図2に示す。

参考文献

- 1) センタレスプローブ情報システムの開発に関するフィージビリティスタディ報告書、財団法人日本自動車研究所、平成19年3月

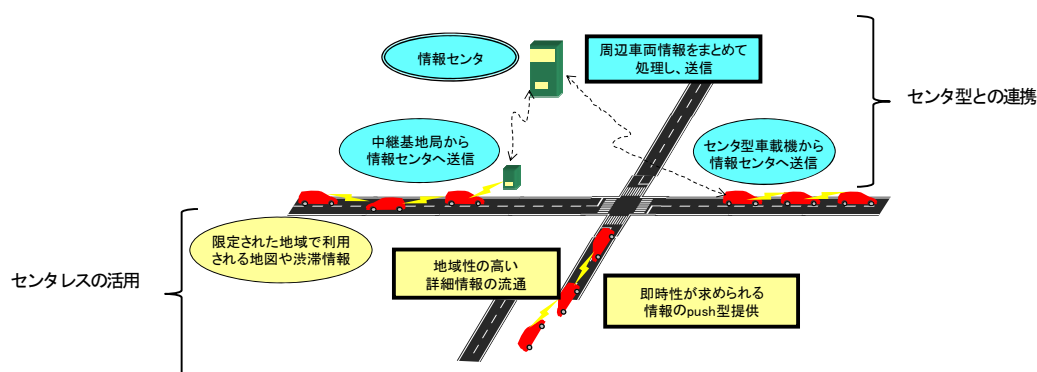


図2 センタレスプローブとセンタ型の連携

センタレスプローブ情報処理アルゴリズムの開発*1

Development of Traffic Information Processing Algorithm for 'Center-less' Probe Systems

堀口 良太*2
Ryota HORIGUCHI

1. はじめに

本稿では、平成 18 年度から研究開発を進めているセンタレスプローブ（以下 CLP）において、車載機上で交通情報を生成するアルゴリズム（以下、CLP 情報処理アルゴリズム）を紹介する。なお、本稿の図は日本自転車振興会の機械工業振興事業補助金の交付を受けて行う財団法人機械システム振興協会の委託による事業として、平成 18 年度に行ったフィージビリティスタディ¹⁾の報告書より採録した。本誌掲載の関連記事とあわせて、ご覧いただきたい。

CLP は、自動車のセンサ情報を周辺車両との車車間通信によって共有し、移動しながら新たな情報を伝達・中継・収集する過程で、より価値のある「交通情報」を生み出すものである。これは、自車情報を情報センタに集約して交通情報を処理し、配信する、いわゆる「センタ型」に対比される形態である。

CLP は、全体では分散処理型のシステムとなるが、車両単位の処理は次の 2 つの処理アルゴリズムで構成される。

- ① 自車の位置や走行状態、保持している情報の内容等のコンテキストによって、周辺車両に伝達すべき情報の優先順位を管理する「情報伝達アルゴリズム」。
- ② 自車のセンサ状態値を元に生成した情報と、情報伝達アルゴリズムを通して得られた、他車で生成された情報を統合して、より精度や信頼性に優れた情報を生成する「CLP 情報処理アルゴリズム」。

以降では、「CLP 情報処理アルゴリズム」の概念と、その実装例として開発した渋滞情報アプリケーション（以下アプリ）について述べる。

2. CLP 情報処理アルゴリズムの概要

2.1 CLP 情報処理アルゴリズムの動作

CLP 情報処理アルゴリズムは、図 1 に示すように、情報伝達アルゴリズムと連携する構成の車載機アプリとして、以下の動作が実装される。

- ① 自車の走行状態をモニタし、データをクレンジング処理した後に、交通情報を生成し、それをメッセージプールに格納する。
- ② メッセージプール内の交通情報のうち、そのアプリに関連するもののみを抜き出す。
- ③ 自車情報、及び他車情報を統合し、より品質の高い情報として再構成する。

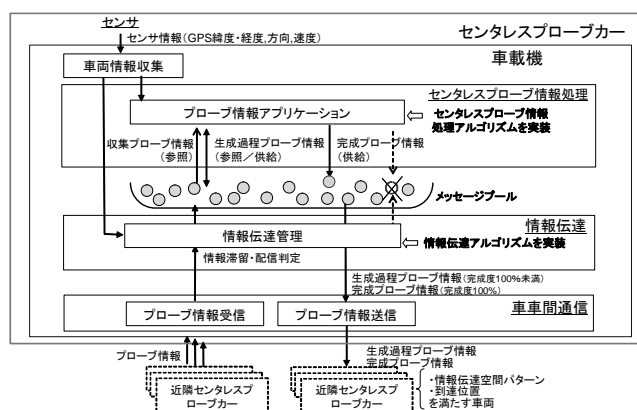


図 1 CLP 情報処理アルゴリズムの位置づけ

尚、1 台の車載システムでは複数のアプリが並行に稼働するが、それらはいずれも 1 つのメッセージプールを介して、情報伝達アルゴリズムと連携する。

【研究活動紹介】

2.2 セルマッピングによる時空間情報の共有

CLP では、仕様が統一された車載機を前提とするよりも、多様な仕様の機器を許容する方が自然である。このとき、車両間で交通情報を共有するための空間エンコーディングとして、一種類のデジタル道路地図データ（以下 DRM）を共有することは現実的ではなく、車載機の搭載地図有無や DRM の種類に依存しない空間エンコーディング規則を定める必要がある。

今回の CLP 情報処理アルゴリズムでは、多様な車載機間で空間情報を共有するため「セルマッピング方式」を採用した。これは、空間を数 10～数 100m 程度のサイズのセルに分割して、時空間情報をセルに関連づけて管理するもので、セルには国土基盤情報である 2 次メッシュを $n \times n$ 個に分割して、グローバルユニークな番号（セルコード）が与えられる。渋滞情報のように、単なる地点情報ではなく方向を伴うものには、セルコードの末尾に、特定の方向を示すコードを追加して、その場所での方向別の渋滞を表現する。

この方式には、1 つのセルに複数の並行するリンクが含まれる場合、それらを区別できなくなる曖昧性が指摘されるが、東京都心部でもセルサイズが 50～100m 程度になれば、曖昧性が残るセルは全体の 2～5% 程度になることがわかっている。

アプリでは、最終的に生成・収集された交通情報をドライバに提示する段に、内部表現としてセルエンコーディングされている情報を、DRM のリンク情報に復元する必要がある。例えば、セルの渋滞情報から、リンクの旅行時間情報を得て、最適経路を求めるような場合、情報を持ったセルがどのリンクに照合するかを検索するには、大きな計算コストが必要だが、その逆にセルをビットマップに見立てて、リンク形状を構成するセルを求めることで、効率的にセル情報をリンク情報に復元することができる。

2.3 統合処理による信頼性の向上

統合処理は、自車で生成した交通情報と、他車から受け取った情報を統計処理し、より「信頼性」の高い情報に加工し、情報の信頼性に応じて、情報伝達のポリシーを変えるものである。例えば、

1 台の車両が渋滞情報を生成したとしても、その車両が特殊な動き方をしていた可能性も否定できず、そのまま情報を広く流布するには信頼性の面で問題がある。このため、一定数（例えば 3 つ）以上の同種の情報が集まるまでは、品質が低いものとして、できるだけ渋滞箇所に近いエリアでのみ配信される「収束モード」とし、品質の高い渋滞情報が生成されれば、その情報が必要とされる範囲に「拡散モード」で広く配信するよう、設定を変えていく。

統合処理にあたっては、情報の重複に留意する必要がある。ある車両で生成された 1 つの交通情報が別の車両に伝わるまでには様々な伝達経路があり、複数の機会に同じ情報を受け取ることになる。交通情報を伝達する「メッセージ」には ID 番号が付与されているので、全く同じ情報については ID を調べることで重複を排除できるが、図 2 のように、ある情報（ID=0002）が別々の車両で統合処理を受けて、ID が異なる情報に含まれた状態で伝達されるために重複が発生する場合もある。

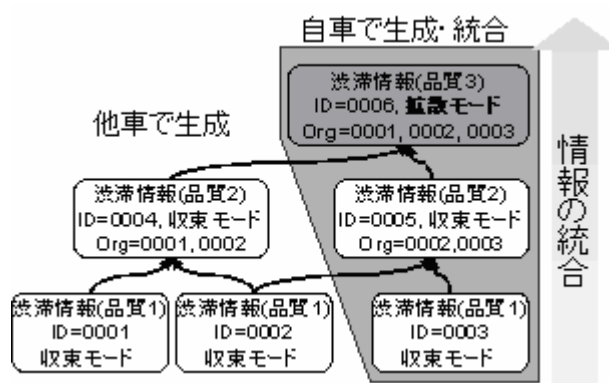


図2 渋滞情報の統合処理のイメージ

この重複を排除しないまま、統計処理をしてしまうと、素にしている情報（素情報）の種類数よりも見かけの情報数が多くなり、本来よりも品質が高い情報が生成されてしまう。そのため、統合処理で生成される情報には素情報の ID などを保持させており、さらなる統合処理において、素情報が重複しないよう配慮している。

また、一般には情報には有効期限があり、所定の期間が過ぎれば、その価値を見いだせなくなる。CLP 情報処理アルゴリズムで扱う情報にも、有効

【研究活動紹介】

期限の属性を持たせているが、統合処理にあたっては、素情報の有効期限を調べ、有効期限が過ぎた素情報は統合しないことで、新たに生成される情報の品質を落とさないようにしている。

3. 渋滞情報アプリケーションの開発と検証

3.1 渋滞情報アプリの情報処理アルゴリズム

今回開発した渋滞情報アプリの CLP 情報処理アルゴリズムでは、次の手順で渋滞情報を生成している。

- ① 1秒ごとに自車位置を確認し、あるセルから隣接する別のセルに移った時点で、渋滞素情報を生成する処理に移る。
- ② 直前セルを通過した旅行速度が閾値を下回れば、その進行方向に対する品質1の渋滞素情報を生成する。ただし、セル内の走行距離が所定より短ければ情報は生成しない。
- ③ 素情報は伝達範囲で情報が統合される機会を増やすため、生成位置を中心として、「収束モード」で伝達されるように設定する。
- ④ 統合処理により、情報の品質が高くなれば、「拡散モード」で渋滞の後方に配信されるよう、伝達方向と範囲を決める(図3)。

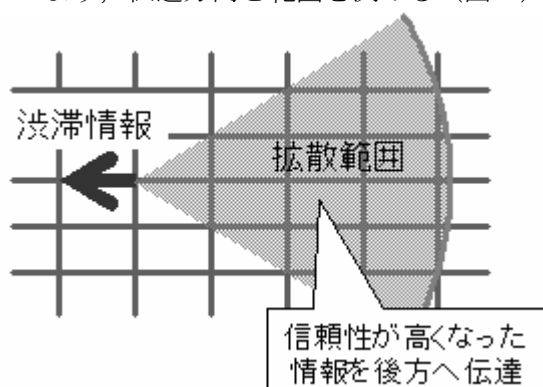


図3 拡散モードでの渋滞情報の伝達範囲

今回の渋滞情報アプリでは、アルゴリズムの動作を決めるパラメータを次のように設定した。

- ・ セルの一辺の長さ : 100m
- ・ 収束モードでの伝達半径 : 1km
- ・ 拡散モードでの伝達距離 : 10km
- ・ 拡散モードでの伝達範囲 :
渋滞方向に対して 180° の方向に、見開きで 120° の扇形。

- ・ 渋滞情報の有効期限 : 15分

なお、渋滞素情報を生成する際の速度閾値については、後述の検証実験において、適切な値を評価した。

3.2 検証用シミュレーションプラットフォーム

CLP のシステム全体での性能評価では、どのような品質・精度の交通情報がどの程度の頻度で生成され、それらがどのくらいの範囲に伝達されるかを定量的に把握することが求められる。しかしながら、相応の規模で実車を用いた実証実験をいきなり実施するには、障害も大きいため、評価用のシミュレーションプラットフォームを開発した。

シミュレーションプラットフォームは、交通状況を再現し、かつ各 CLP 車両(以下、CLP 車両)の位置を与える交通流シミュレータ、車車間通信を模擬する通信シミュレータ、および車載システムの動作環境を与える車載機エミュレータで構成される。車載機エミュレータは、CLP 車両1台ごとに、実車と同じ環境で、CLP 情報処理アルゴリズムと情報伝達アルゴリズムを動作させることができる。

3.3 東京都西部地区ネットワークでの検証

検証に際しては、東京都西部地区ネットワークデータ²⁾を用いた。このネットワークは、東西約10km×南北約20kmの規模で、エリア内の幅5.5m以上の道路をすべて含み、約350箇所の交差点で信号制御データが設定されている。

シミュレーションに入力するOD交通量は、平成11年度道路交通センサスでの自動車起終点調査結果を基に、このエリアに関係する部分を抽出し、朝6時~9時の時間帯別OD交通量を設定した。この3時間での総発生台数は約27万台で、CLP車両の混入率を5%と仮定したとき、ピーク時では約1000台のCLP車両がネットワーク上を走行する設定となっている。

一般街路では、渋滞していなくても、たまたまCLP車両が赤信号で停止したために、旅行速度が低くなり、渋滞素情報が生成される場合も考えられる。このため、リンクの平均旅行速度帯別に、

【研究活動紹介】

生成される渋滞素情報の速度域との関係を確認し、判定の速度閾値をどう設定するかを評価した。

図4は、渋滞判定の閾値をひとまず40km/hの高い水準に設定して、生成された渋滞素情報の速度域別の個数を集計したものである。横軸は交通流シミュレーション結果から分かるリンクの平均旅行速度を5km/h毎に区分したもので、グラフは各速度域の素情報の構成比率を示す。これより、閾値を10km/hにすれば、リンク平均旅行速度が一般道での「渋滞」あるいは「混雑」と見なされる10～15km以下で急に割合が増加していることから、渋滞が適切に検出できることが示された。

ただし、閾値を10km/hとしても、確率は低いながら、速度の高いリンクで渋滞素情報が生成され、速度が低いリンクで渋滞素情報が生成されない場合がある。これらの「ノイズ」的な振る舞いは、統合処理によって情報の品質が高められていく過程で、除去されるはずである。

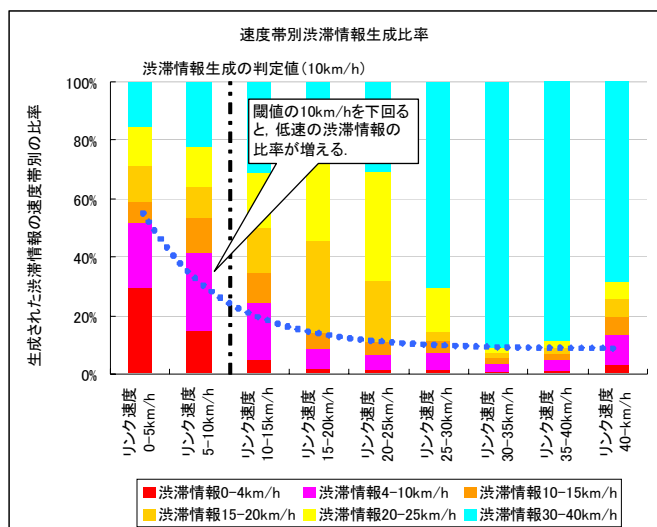


図4 リンク平均速度域別の渋滞素情報構成比率

図5は、統合処理により3つ以上の素情報から高品質の渋滞情報が生成された地点を、生成された情報数に応じて色づけしたものである。色がついた地点が集中している箇所は、交通流シミュレータの出力結果より、渋滞が発生している区間であることがわかっており、統合処理によって、適切に渋滞区間が検出できることが示された。

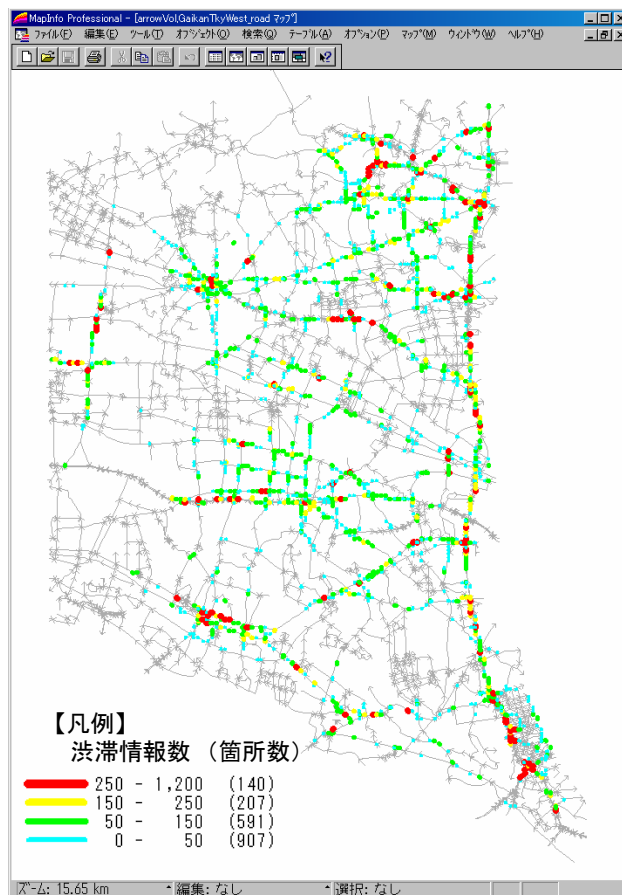


図5 高品質の渋滞情報が生成された地点

4. おわりに

本稿で紹介した渋滞情報アプリは、フィージビリティスタディの一環で開発したものであり、より現実的なものにするためには、不正データのクレンジング処理など、さらなる機能が必要である。また、交通情報アプリは渋滞情報だけではないので、今後は最適経路探索や交通安全情報提供、環境情報の提供など、様々なカテゴリのアプリに対応したCLP情報処理アルゴリズムを開発していく。

文献

- 1) センタレスプローブ情報システムの開発に関するフィージビリティスタディ報告書, (2007-03), (財)日本自動車研究所.
- 2) 飯島護久, 石神孝裕, 高橋勝美, 野中康弘, 藤川謙: 交通量配分との連携による道路整備事業評価への広域交通シミュレーションの適用, 第33回土木計画学研究発表会(春大会)講演集, CD-ROM(2006-6).

情報伝達アルゴリズムとその評価結果*1

Design and Evaluation of Information Dissemination system

植原 啓介*2

Keisuke UEHARA

1. はじめに

近年、プローブ情報システムが注目を浴び、実用化が進みつつある。しかし、高い通信費やセンタシステムの負荷が問題となっている。そこで、我々のグループでは平成 17 年度から車載計算機と車車間通信のみを利用した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」(CLP)の研究開発を進めている(文献 1)。本稿では CLP の鍵となる技術の 1 つである情報伝達アルゴリズムについて紹介する。。。

CLP では、車両センサから取得した情報を近隣の車両と交換し、情報を共有する。その情報に統計処理を施すことにより、確度の高い情報を生成する。例えば道路状況であれば、車速を他の車両と共有し、道路と進行方向毎に統計処理を施すことによって、平均速度を得ることができる。

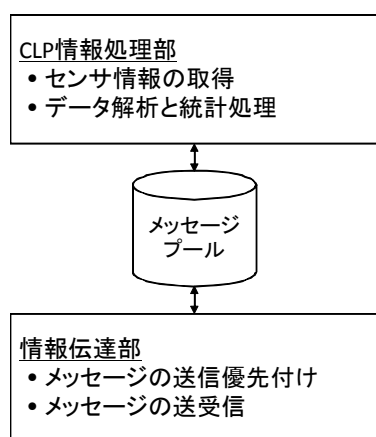


図1 CLPの構成

CLP は大きく、交通情報生成配信やヒヤリハット情報生成配信などのアプリケーションそのものである CLP 情報処理部と、アプリケーションが生成する情報を車両間で共有するための情報伝達

部から構成され(図1)、メッセージプールによって連結される。CLP 情報処理部では、車両センサから取得した情報をメッセージプールに入れたり、メッセージプールに溜まった情報に統計処理を施し、メッセージプールに戻す処理を行う。一方、情報伝達部は、メッセージプールに蓄えられたメッセージのうち、どれを優先的に送信するかを決定し、メッセージの送信を行う。また、受信したメッセージは重複検査をした後、重複していないものはメッセージプールに格納する。

2. 情報伝達部の概要

情報伝達部は大きく、情報伝達アルゴリズムと送受信処理に分けることができる。本章では情報伝達部の全体概要と送受信処理について述べる。情報伝達アルゴリズムについては、次章で詳しく説明する。

2.1 情報伝達部に求められる要件

情報伝達部は、車両間で情報を交換する戦略が実装される部分である。戦略とはすなわち、メッセージプールに蓄えられた情報のうち、どの情報を優先的に周囲の車両に配信するかを決定することである。

交通情報生成配信などの CLP アプリケーションには、大きく、確度の高い情報を生成する情報生成フェーズと生成された情報を他の車両に伝達するための情報配信フェーズが存在する。情報生成フェーズにおいては、統計処理などを行うために必要なデータ数を如何に早く収集できるかが重要となる。一方で、情報配信フェーズにおいては、生成された情報を如何に早く遠くまで伝達できるかが重要となる。

【研究活動紹介】

2.2 情報伝達部の動作概要

図2に情報伝達部の動作概要を示す。情報伝達部は定期的に図に示した処理を行う。始めに、メッセージプールをスキャンし、タイムアウトしている情報を削除する。その後、メッセージプールに残っている情報のうち、どれを優先的に送るべきかを情報伝達アルゴリズムに基づいて決定する。優先順位付けされたメッセージは、優先順位の高い方から順に送信可能帯域の制限まで送信キューにコピーされる。送信キューに入れられたメッセージは送信モジュールによって車外にブロードキャストされ、他の自動車の受信キューに格納される。その後、受信処理として、受信モジュールによって受信キューに格納された情報のうち、メッセージプールに存在しないものは、メッセージプールに格納される。

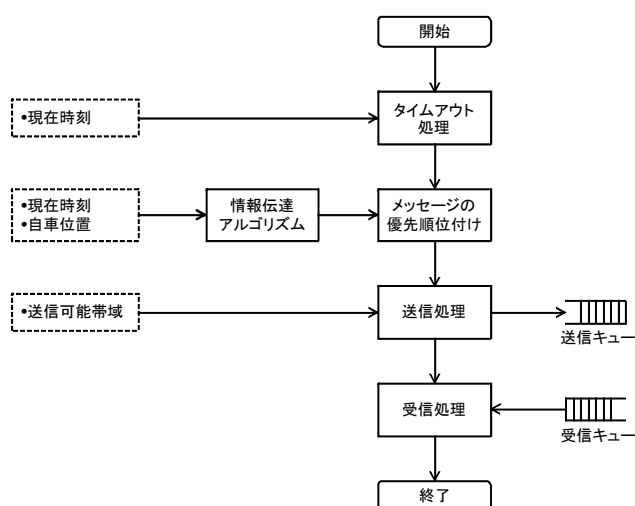


図2 CLP 情報伝達部の構成

2.3 送受信処理における輻輳制御

CLPにおける送受信処理では、輻輳制御が重要となる。全ての車両が通信可能帯域いっぱい情報を送信するような状況では、送信メッセージの衝突が起こり、結果としてどの車両もメッセージを受信できない状況が起こり得る。そこで、周囲の車両の台数やメッセージ送信量に応じて、送信するメッセージ量を制御する機構が必要となる。

しかし、周囲に何台の車両が存在するかを計測することは難しい。そこで、メッセージの受信量に応じて送信するメッセージ量を制御する方式を

取り入れた。実際には次式によって、送信帯域を制限することとした。

$$B = \frac{B_{\max} - B_{\text{recv}}}{2}$$

ここで、 B_{\max} は通信デバイスの利用可能帯域を、 B_{recv} は前回のCLP伝達部処理において受信帯域を、 B は送信可能帯域を示す。つまり、全帯域から受信した帯域を引き、更にその半分を送信に利用できる帯域としている。これによって、輻輳を抑制することができる。

3. 情報伝達アルゴリズム

情報伝達アルゴリズムは、情報をどのように伝達させたいかによって様々な方式が考えられる。本研究では、比較対象としてメッセージプールの情報をランダムに送信するランダム配信アルゴリズム、情報生成フェーズにおいて利用される収束アルゴリズム、情報配信フェーズにおいて利用される拡散アルゴリズムの3つのアルゴリズムを実装した。

3.1 ランダム配信アルゴリズム

本来、情報伝達アルゴリズムでは時刻や車両の位置などのパラメータによってメッセージプール内の情報に優先順位を付け、優先順位の高いものから送信する。しかし、ランダム配信アルゴリズムでは、パラメータを用いず、メッセージプール内の情報に乱数を振り、その順序で送信処理を行う。つまり、全てのメッセージが同じ確率で送信される。

本研究では、本アルゴリズムを他のアルゴリズムの性能を図るための比較対象として用いる。

3.2 収束アルゴリズム

情報生成フェーズにおいては、如何に短時間に統計処理のための同種の情報を収集できるかが重要となる。今回の研究では、CLPアプリケーションとして道路情報を対象とした。この場合、同種の情報とは、同じ道路の同じ方向に走行する車両の情報となる。

同じ道路の同じ方向に走行する車両の情報を効率よく収集するため、位置と時刻に基づく情報配

【研究活動紹介】

信アルゴリズムを実装することとした。具体的には、図3に示すように、ある場所の情報については、その場所の周辺で情報が頻繁に配信されるようにすることによって、情報が生成された場所の近くで素早く統計処理可能な数の情報を収集できるようにした。

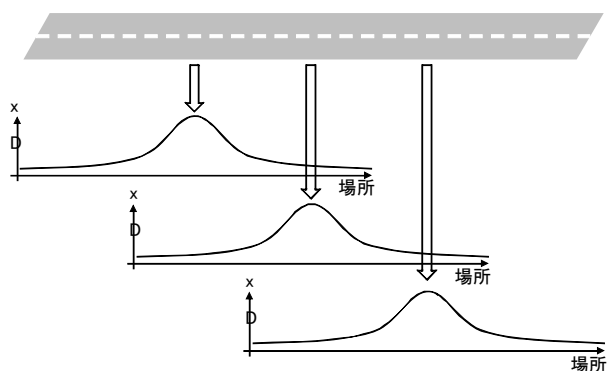


図3 収束アルゴリズムの概念図

今回の実験においては、次式のような重みづけを行った。ここで、 p は重みを、 l は情報が生成された位置から現在位置までの距離を、 l_0 は情報配信範囲を、 Δt は前回同じ情報が配信された空の経過時間を、 t_k は同じ情報を頻繁に送信することを抑制するための定数を示す。ただし、この式が適用されるのは、 $l < l_0$ の場合においてのみで、それ以外の場合は、 $p=0$ となる。

$$p = 1 - \frac{l}{l_0} \cdot \frac{\Delta t}{t_k}$$

3.3 拡散アルゴリズム

情報配信フェーズにおいては、如何に短時間に情報を必要としている車両に対して、情報を配信できるかが重要となる。道路情報では、その場所に向かっている車両に対して、情報を配信することとなる。

今回の研究では、カーナビゲーションシステムなどを前提としていないため、車両が走行する経路は未知である。そこで、必ずしも正しい方向とは限らないが、生成された情報の走行方向と逆の方向に情報を配信することとした(図4)。

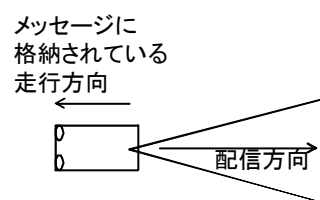


図4 拡散アルゴリズムにおける配信方向

配信アルゴリズムとしては、本来、配信方向のみで情報が配信されるべきであるが、忠実にその動作を実装した場合、情報生成箇所の後方に車両が存在しないとそこで配信が止まってしまう。そこで、今回は情報生成箇所の周辺では円形に情報を配信し、それ以外の場所では後方のみで情報が配信されるようにした。

今回の研究においては、配信方向においては次式のような重みづけを行った。ここで、 l_1 は情報配信範囲を示し、 l_0 より十分に長い距離を取ることとした。また、配信方向以外では、収束アルゴリズムと同様の重みづけを行った。

$$p = 1 - \frac{l}{l_1} \cdot \frac{\Delta t}{t_k}$$

4. 情報伝達アルゴリズムの評価

今回の研究において開発した情報配信アルゴリズムを、シミュレーションを用いて評価した。本章では、シミュレーション概要とシミュレーション結果について述べる。

4.1 シミュレーションの概要

今回の研究において開発した情報配信アルゴリズムを評価するためにシミュレータを開発した。開発したシミュレータは、交通流シミュレータと通信シミュレータを組み合わせたものである。

本シミュレータを用いて、東京西地区のシミュレーションを行った。シミュレーション規模は、東西約 10km × 南北約 20km で、幅 5.5m 以上の道路をすべて含んでいる。また、朝 6 時から朝 9 時までの 3 時間のシミュレーションを行った。この間、延べ 27 万台の車両が生成されている。更に、CLP 車両の混入率は 5% とした。

【研究活動紹介】

4. 2 収束アルゴリズムの評価

前節で述べたシミュレーションによって、収束アルゴリズムの評価を行った。評価は、同じ地点の情報に3つ以上集まった場合に道路情報が生成されるアプリケーションを利用し、道路情報が生成されるまでにかかった時間を比較することによって行った。

シミュレーション結果を図5及び図6に示す。それぞれ、調布駅周辺及び東八道路周辺における道路情報生成までにかかった時間の頻度分布である。

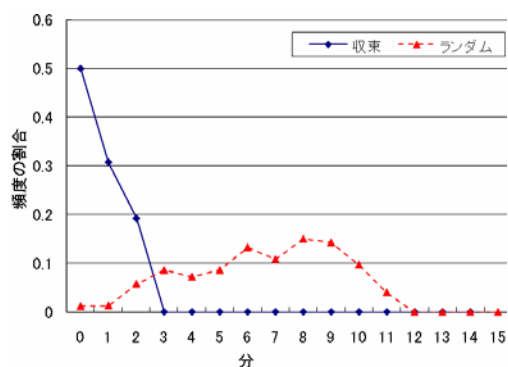


図5 渋滞情報生成時間(調布駅周辺)

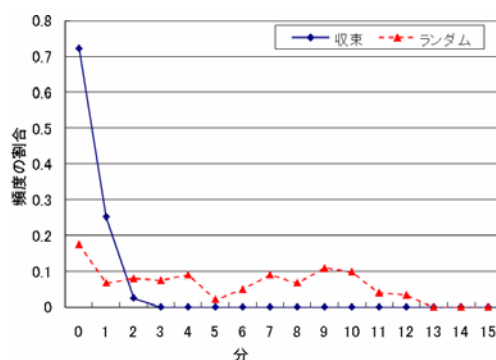


図6 渋滞情報生成時間(東八道路周辺)

調布駅周辺の場合を見てみると、殆どの道路情報が3分以内に生成されているのに対して、ランダム配信の場合は12分かかっているものもあることがわかる。東八道路の場合にも同様の傾向が見て取れる。これは、ランダム配信アルゴリズムの場合は、ばらばらの場所で情報が配信されるた

め、同一地点に関する情報を収集しにくいと考えると考えられる。

4. 3 拡散アルゴリズムの評価

収束アルゴリズム同様に、拡散アルゴリズムの評価もシミュレーションを用いて行った。評価は、配信方向に対してどの程度早く情報を配信できるかを計測することにより行った。

しかし、今回のアルゴリズムにおいては拡散アルゴリズムと収束アルゴリズムにおいて有意な差は見られなかった。

原因としてはシミュレーションパラメータの設定が不適切だったことが考えられる。今回のシミュレーションではプローブ車両の混入率を5%としたため、期待値としては20台に1台がプローブ車両となる。一般的な車両の長さは約5m、渋滞時の車間を2mとすると、渋滞時に20台の自動車が進むと140mとなり、今回想定した通信メディアの通信範囲ぎりぎりとなる。このため、車速以上に情報を伝達するのが難しくなる。

今後、混入比率を高めたり、より適切な無線デバイスを想定することによって、よりよい結果が得られると考えられる。

5. まとめ

本稿では、CLPのための情報伝達アルゴリズム及びその評価について述べた。CLPでは、アプリケーションが利用するための多様な情報配信アルゴリズムが必要となる。今回は、収束アルゴリズムと拡散アルゴリズムの開発を行った。また、シミュレーションを用いてこれらのアルゴリズムを評価し、特に収束アルゴリズムが情報を収集する上で有効に機能することを確認した。

文献

- 1) センタレスプローブ情報システムの開発に関するフェージビリティスタディ報告書, 財団法人日本自動車研究所, (2007-03).