

センタレスプローブシステムにおける交通情報統合による 信頼性向上の評価

小宮粹史 堀口良太 小出勝亮 花房比佐友
(株) アイ・トランスポート・ラボ

本研究では、車車間通信により情報を共有・流布するセンタレスプローブシステム (CLP) における情報統合アルゴリズムを開発した。一台のプローブ車両が生成した旅行速度等の交通データは、そのままでは信頼性が低いため、他車が生成した交通データと統合することで、統計的により信頼性が向上した交通情報にする必要がある。本編では、情報統合アルゴリズムの処理内容を説明すると共に、そのアルゴリズムを組み込んだ CLP がどのように交通情報を共有・流布するかを検証するため、広域交通シミュレーションと通信シミュレーションにより CLP を再現し、CLP 車両の混入率と情報の信頼性の関係を報告する。

Knowledge Integration in the Center-less Probe Vehicle System to Increase the Reliability of Traffic Information

Tadashi Komiya Ryota Horiguchi Katsuaki Koide Hisatomo Hanabusa
i-Transport Lab. Co., Ltd.

This paper describes the knowledge integration algorithm in the Center-Less Probe Vehicle System (CLP), which disseminates and shares the traffic information via vehicle-to-vehicle communication. The reliability of the traffic data such as section travel speed measured by only one vehicle is small because of its large variability. One of the feature of CLP is the knowledge integration which merges more than two traffic data measured by different CLP vehicles into one traffic information in order to increase the reliability of the information. This paper, along with the descriptive knowledge integration algorithm, explains the CLP algorithm to verify how to share the traffic information and discusses the relationship between the penetration rate of CLP and the reliability of the information through the computational experiment using traffic simulation.

Keywords: Center-less Probe, vehicle to vehicle communication, traffic simulation

1 はじめに

近年、プローブ情報システムの実用化が進みつつあるが、インフラ設備を伴う通信基盤やセンタシステムの整備コストや情報を収集・配信するための通信コストの負担が課題となっている。一方、車車間

通信を利用し、分散处理的に車載機だけで交通情報の生成から収集、提供を行うセンタレスプローブシステム (CLP)¹⁾ が提案されている。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、配信する「センタ型」に対比される形態で、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」を統合情報の合処理により生み出すものである。CLP では、大規模なインフラ整備が不要なため、比較的簡便な機器構成で実現可能である。

本研究では、CLP における情報統合処理アルゴリズムを説明すると共に、シミュレーション実験により、評価対象エリアでのプローブ混入率と情報の信頼性の関係性を評価した結果を報告する。

2 センタレスプローブシステム

CLP は車車間で情報を共有するプラットフォームであり、以下のモジュールから構成される²⁾。

- 車両情報取得モジュール
 - ◇ 車両位置や走行状態に関する情報と時刻情報を取得し、正規化して他のモジュールに提供する。
- 情報生成モジュール
 - ◇ 車両の走行状態に基づき交通情報を生成する。アプリケーションごとに実装される。
- 情報統合モジュール
 - ◇ 車車間で共有される情報の統合処理を提供する。アプリケーションごとに実装される。
- 情報流布モジュール
 - ◇ 車車間で共有する情報を蓄積する時空間情報データベースの管理と、蓄積した情報を優先順位付けし、次に送るべき情報を決定する機能を提供する。
- 通信モジュール
 - ◇ 走行中の車両どうしても安定して通信が行えるロバストな通信機能を提供する。
- 情報表示モジュール
 - ◇ 獲得した情報を車内のディスプレイに地図情報と共に表示する機能を提供する。

これらのモジュールの上で共有される情報は、地図プラットフォームに依存せずに情報共有を実現するため、緯度経度に基づき一意に定まるグローバル

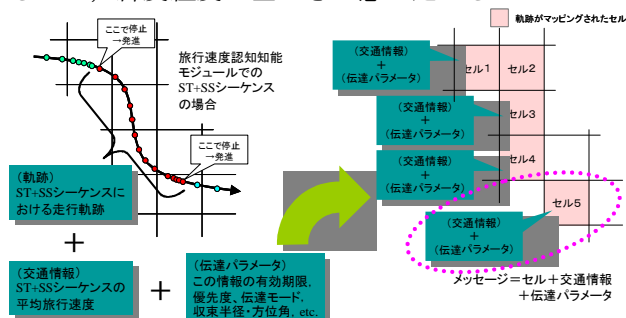


図-1 セルマッピングの概念図

ユニークな ID (セルコード) をキーとする「セル」に対して時空間情報をマッピングする³⁾。図-1 にセルマッピングの概念図を示す。

セルマッピングでは、セルコードの算出の他、セル内の進行方向に基づく方向コードの計算、生成時刻、有効期限、生成場所、伝達場所、コンテンツ情報のパッケージングが行われる。

3 統合アルゴリズム

3-1 統計処理による情報の信頼性向上

ある時間にある区間を通過した 1 台の車両が生成した旅行速度情報は、その近くの時間帯に通過した全車両の平均旅行速度に対してばらつくことに加え、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。そこで、同一時間帯の同一セルに関する情報が複数取得された場合に、それらに異常値除外、及び平均、分散等を求める統計処理を施し、信頼性が向上した情報に変える統合処理を行う。統合処理により異なる時間に生成されたセル情報を 1 つのセル情報に集積し、重複する情報を除去することで、通信リソースの節約のみならず、情報の信頼性向上が図られる。

3-2 古い情報の除去

分散処理においては、個々の端末による自律的な情報の流通管理が求められる。CLP では、時々刻々変化する交通状態を各車がそれぞれ異なる時刻に検知する。交通情報のように、情報の鮮度が信頼性を左右する大きな要因である場合、古い情報を扱うことは通信・計算リソースの浪費となる。このため、あらかじめ設定された有効期限が過ぎた情報を自律的に削除することにより、情報の鮮度を担保する。

このとき、CLP でこれ以上古い情報がやりとりされないことがないよう、情報流布モジュールに廃棄したメッセージの共有を停止するよう指示を出している。

3-3 重複情報の除去

CLP では、ある 1 つの情報が、様々なタイミングでそれぞれ別の CLP 車両を介して送られてくることがある。一度統合処理が適用された時空間セル情報を再度他車から受信した場合、再度統合処理を行ってしまうと、特定の車両が生成した情報を重複して統計処理してしまうこととなり、信頼性を正當に評価できなくなる。そのため、一度統合処理に適用した素情報 (統合される前の、ある 1 台の CLP 車両が生成した時空間セル情報) の ID を記憶しておき、統

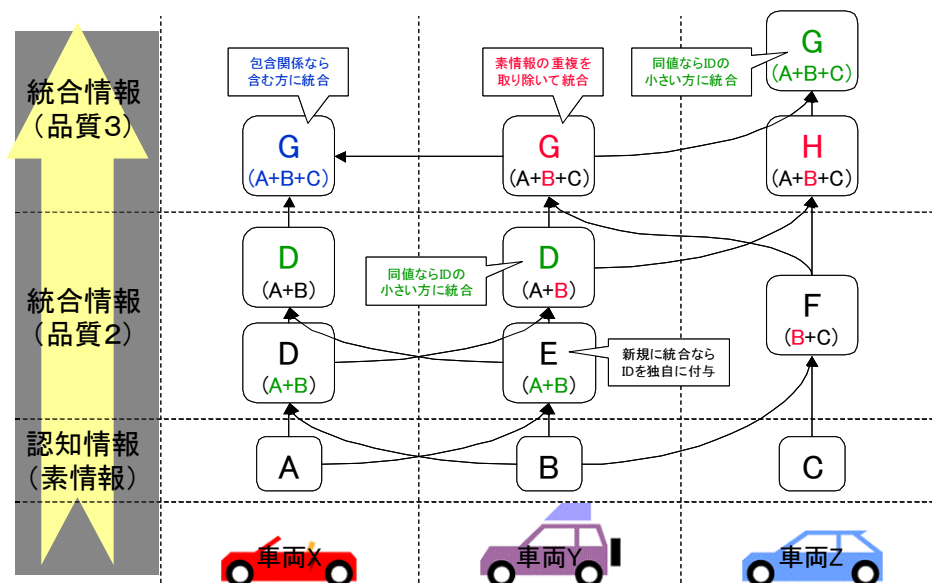


図-2 統合処理における重複情報の削除

合処理のたびに統合履歴をチェックし重複する素情報を除外する。

この場合も同様に、情報流布モジュールに対して、これ以降統合された時空間セル情報を送信しないように指示を出す。

3-4 統合時の時空間セル情報の ID 管理

図-2 に統合処理のイメージ図を示す。例えば、車両 X では素情報 A を生成した後、車両 Y から素情報 B を受信し、A と B から統合情報 D を生成する。一方の車両 Y でも、A と B から違う ID の統合情報 E が生成される。その後、再び車両 X と Y が情報 D と E を交換し、それらを統合しようとするが、実際には素情報が重複しているため、同じ内容の情報となる。このとき、グローバルなセル情報の ID 浪費を防止し、統合処理された情報をこれ以上送信しないよう、含まれる素情報が同値の情報どうしを統合する場合は、ID のべき順が小さいものを採用し、大きいものは削除することとした。

また、車両 X が保持する情報 D と、車両 Y から受け取った情報 G を統合する場合のように、それぞれが持つ素情報どうしが包含関係にある場合は、含む方 (図では G) の ID を採用することとした。

4 交通情報アプリケーション

CLP システムでは共有する情報の種類は問わない。例えば、交通情報としては旅行時間情報の他に、危険地点情報や燃料消費情報などを扱うアプリケーションも並列に稼働可能である。本研究では旅行時間情報を生成する交通情報アプリケーションのみを稼働させ、統合処理の評価を行う。

4-1 交通情報の生成

交通情報アプリケーションは 1 秒周期で動作し、混雑情報付きの旅行時間情報を生成する。旅行時間情報は、車両情報取得モジュールから取得する自車位置と時刻情報に基づき、長時間停車などの異常値を除去するクレンジング処理を施した上で、セル通過ごとに交通情報を生成する。生成した情報には、グローバルユニークな ID や情報の有効期限が付けられ時空間情報データベースに登録される。この時空間情報データベースには、自車が生成したセル情報だけでなく、他車から受け取った情報や、自車で統合した情報が全て格納される。

また、混雑判断には ST(short-travel)-SS(short-stop) イベントの渋滞パターン判定アルゴリズム⁴⁾を適用し、渋滞/非渋滞の状態を旅行時間情報に添付する。

4-2 交通情報の統合

同一セルの時空間セル情報に 3 章の統合アルゴリズムを、30 秒ごとに時空間情報データベース内のセル情報に適用する。図-3 に統合機能の概要図を示す。情報統合モジュールは、定期的に時空間情報データベースにアクセスし、時空間セル情報を取得する。次に時空間セル情報の有効期限を過ぎた素情報の確認、統合履歴の確認をし、有効期限を過ぎた情報、過去に統合済み情報は廃棄する。候補として残った素情報から、同一セルの情報を統合し新たな時空間セル情報を生成し時空間データベースに登録する。さらに統合元となった時空間セル情報も時空間データベースから削除する。

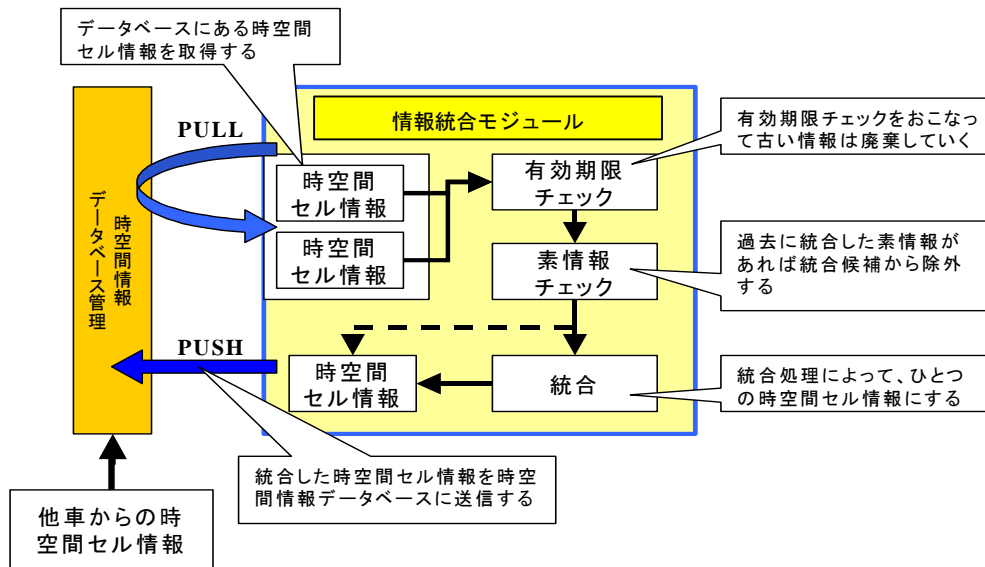


図-3 統合モジュールの実装

5 シミュレーションフレームワーク

CLPのシステム全体での有効性評価では、品質・精度の情報、生成頻度、伝達される範囲を定量的に把握することが求められる。そのためには、情報が伝達される距離よりも広域なエリアを対象フィールドとした評価が求められる。しかしながら、相応の規模で実車を用いた実証実験を実施するには、障害も多いため、シミュレーションによる評価を行う。

5-1 評価用シミュレーションプラットフォーム

評価用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。本研究で用いたプラットフォームでは、交通シミュレーションによる走行軌跡を、CLPアプリケーションの機能を模擬する機能を持つ「マクロ通信シミュレータ」に入力し、情報伝達アルゴリズムを動作させた。交通シミュレーションには広域交通シミュレーション「SOUND」⁵⁾を使用し、CLP車両として設定した車両の1秒ごとの走行位置を出力し走行軌跡を作成した。

このフレームワークでは、情報を受けたユーザの経路選択行動の反映は再現できないが、交通シミュレーション自体は1度の実行で済むことと、通信模擬の計算時間とリソースの有効利用の観点から、広域なエリアでの全車両の車車間通信による情報の伝達の評価には有利である。

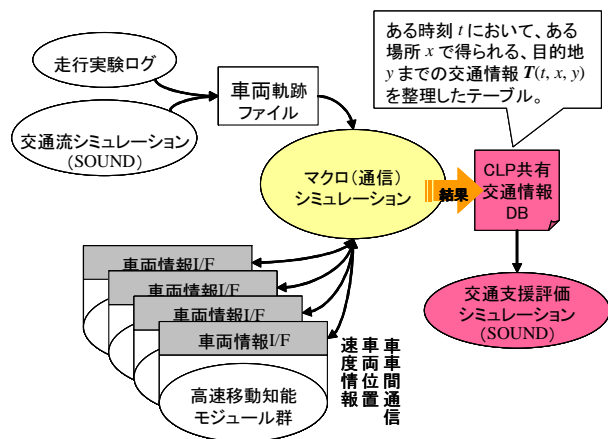


図-4 シミュレーションフレームワーク

5-2 CLP機能の再現

図-4に評価用シミュレーションフレームワークを示す。本研究で使用したシミュレーションフレームワークでは、まず、通信シミュレータが各CLP車両の毎秒の位置関係を検索し、車車間通信が行われる位置関係かを調べ、毎スキャンの通信実行車両を決める。次に、CLP各車両の走行軌跡に従い車載機能エミュレータに位置情報を入力し、アプリケーションを駆動させる。ここで組み込まれるアプリケーションは、車載器に搭載するアプリケーションと同一のプログラムを使用し情報の生成、統合処理を実行する。通信を実行するCLP車両は通信シミュレータが指定するCLP車両と、設定した通信帯域に達するまで時空間情報データベースに蓄積されている情報を、情報流布モジュールが決定する優先順に従って交換する。各スキャンの時空間情報データベースの内容をダンプし、評価を行う。

6 シミュレーションによる評価

CLPの混入率と情報の信頼性の関係について評価するため、東京都西部地区の交通シミュレーションデータを適用し検証した。本データは、東西約10km×南北約20kmの範囲を対象エリアとしている。

道路ネットワークは、エリア内の幅員5.3m以上の道路により構成され、約350箇所の主要な交差点に信号制御データが設定されている。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時間帯別の交通量に変換したものをを用いている。交通シミュレーション対象時間は、朝6時～9時の3時間とし、この間に274,362台を発生させている。

評価対象エリアは図-5の枠線で示した北原交差点を中心とする東西5km四方をとして設定した。北原交差点では6方向からの道路が接続するため、広い範囲のセル情報が集積され、十分な数の素情報と、メッセージの広範囲への伝播が見込まれる。

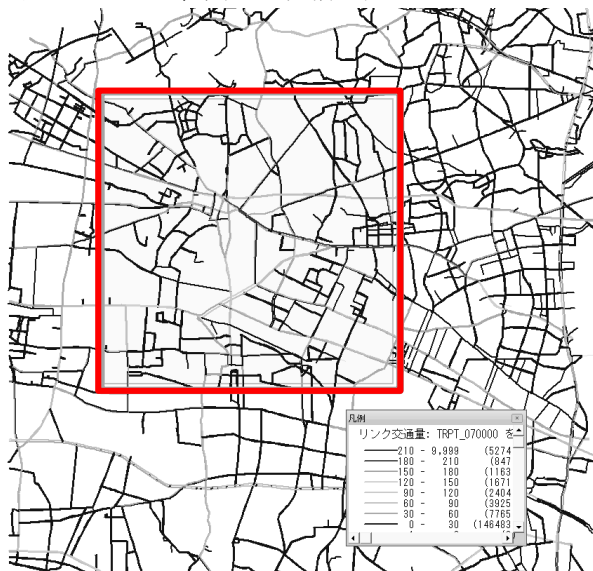


図-5 評価対象エリア

6-1 マクロ通信シミュレータの設定

表-1にシミュレーション評価の設定値をまとめる。ここで、通信要件は実車実験によりパラメータを計測した。なお、情報流布モジュールによる情報の優先順位付けは行わず、時空間情報データベースに蓄積された情報をランダムに配信した。

6-2 メッセージ発信能力の評価

図-6に混入率別の統合情報数を品質別に示す。品質の大小は、より信頼性が高い事を示す。統合情報が生成される要件は、同一セルの情報を有効期限内に複数取得する事であるので、高品質の統合情報の生成には、短時間に他車から同一セルの情報を複数

表-1 マクロ通信シミュレーション設定値

	設定項目	設定値	
CLP 車両	対象時間	7:00～8:00	
	発生交通量	23,664台	
	混入率	5%	10%
	CLP総台数	1,240台	2,467台
	瞬間平均走行台数	190台	370台
統合 処理	最大統合素情報数	15メッセージ	
	有効期限	15分	
通信 要件	通信帯域	15kbps	
	通信距離	120m (最大, 直線距離)	

受信する必要がある。本ケーススタディでは混入率の向上により、高品質の統合情報が多数生成された事が確認できた。

図-7に品質別の混入率5%ケースから10%ケースでの情報生成数の伸び率を示す。混入率5%に比べ混入率10%は4倍の発信延べ時間となっている。新たに受信したメッセージの素情報を既に受信していた場合、新たな統合情報を生成しないため、ランダム配信においては、冗長なメッセージの伝播が含まれるために発信延べ時間の増大に比例して高品質な統合情報が生成される訳ではない。

しかし、発信機会はCLP車両とのすれ違い回数で規定されるので混入率の二乗で増え、CLPの混入率が高くなるほど高品質の統合情報が効率的に生成される。図-7では品質8～14で300%の伸び率を示している事から、混入率の向上によって、信頼性の高い情報の生成が増大している事が確認できた。

次に、一つのセル情報に着目し、統合情報の品質向上による情報の信頼性を検証する。図-8、図-9に混入率5%、混入率10%について検証時間帯におけるセル旅行速度の遷移を品質別に示す。

図-8、図-9では、素情報は旅行時間のばらつきが大きい、統合情報は安定した値となっている。しかし、品質が高い情報ほど欠損が多くなる傾向が見られた。多数の素情報を獲得するためには、長時間走行していれば多数の車両と発信できるため、自然と統合すべき数は多くなる。しかし、情報の有効期限内に達した情報は廃棄されることから、混入率と走行速度(移動できる範囲)に応じて統合できる素情報の数は限定されるためである。ただし、生成からの経過時間が長い情報は、交通情報としての信頼性は低いことから、このケースでは、品質3～4の統合

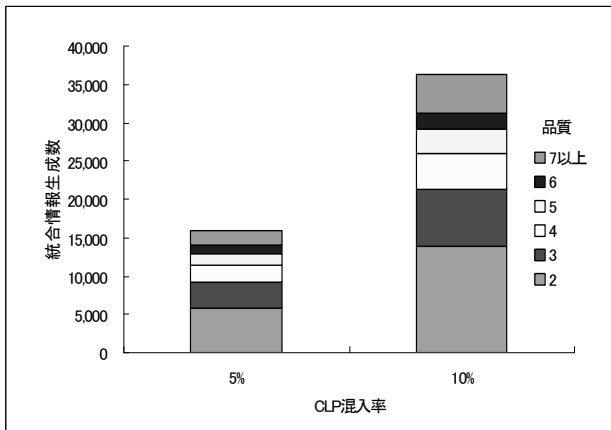


図-6 統合情報生成数

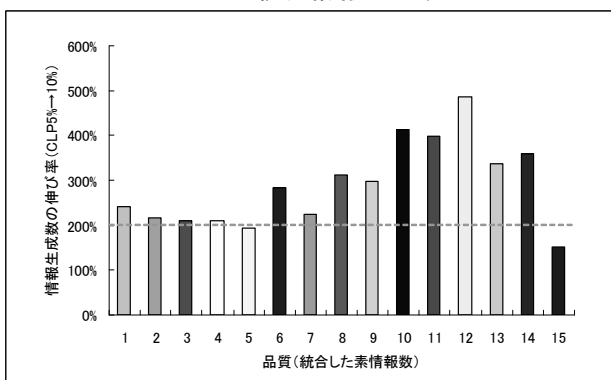


図-7 情報生成数の伸び率

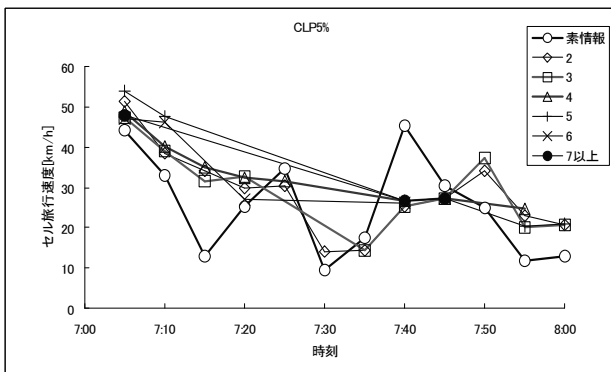


図-8 セル旅行速度の時間遷移 (混入率 5%)

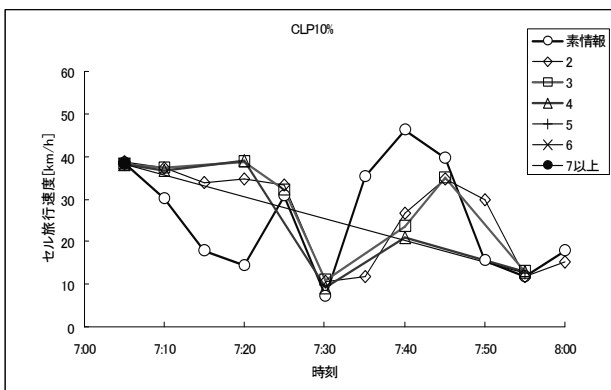


図 9 セル旅行速度の時間遷移 (混入率 10%)

情報が信頼でき、かつ安定して情報が取得できるものと言える。

7 まとめと今後の課題

本研究では、センタレスプローブシステムにおいて車間で共有される情報の統合アルゴリズムを紹介し、同アルゴリズムを実装したアプリケーションを組み込んだCLPシミュレーションフレームワークを構築した。CLP混入率を変化させたシミュレーションの結果、混入率が高いほど、高品質な情報が生成されること、統合アルゴリズムによりCLPで共有される情報の品質向上が確認できた。

一定品質以上の情報が欠損する時間帯も見られることから、旅行時間推定アルゴリズムの精緻化が求められる。多田ら⁶⁾の研究成果のCLPアプリケーションへの実装、および実空間での実証実験が今後の課題である。

【謝辞】

本研究は「センタレスプローブ研究委員会」の活動の一環として実施した。プロジェクト・メンバに謝意を表す。

【参考文献】

- 1) 和田光示：センタレスプローブの活用，自動車研究，第29巻，第10号，pp535-538，2007.
- 2) 植原啓介：情報伝達アルゴリズムとその評価結果，自動車研究，第29巻，第10号，pp543-546，2007.
- 3) 堀口良太：センタレスプローブ情報処理アルゴリズムの開発，自動車研究，第29巻，第10号，pp539-542，2007.
- 4) 堀口良太，和田光示：プローブの走行パターンを利用した統合型車載機での異常渋滞判定アルゴリズムの開発，第4回ITSシンポジウム2005論文集，2005.
- 5) <http://i-transportlab.jp/products/sound/>
- 6) 多田俊也，赤羽弘和，小出勝亮，小宮粹史：センタレスプローブシステムの交通情報過疎地域への適用，第29回交通工学研究発表会論文集，2009.