

# 車車間通信による車両情報を用いたリアルタイム交通流計測システム

大海健太<sup>†</sup>, 西村 豪<sup>††</sup>, 神戸英利<sup>††</sup>, 小泉寿男<sup>†</sup>, 澤本 潤<sup>†††</sup>

東京電機大学理工学部情報システム工学科<sup>†</sup>, 三菱電機<sup>††</sup>, 岩手県立大学ソフトウェア情報学部<sup>†††</sup>

## 1. はじめに

現在の人々の生活に自動車の利用は必要不可欠である。ITS ではカーナビゲーションの高度化が研究されており、現在では VICS によって渋滞情報を電子地図上に表示し、運転手への渋滞情報提供が実現されている。

一般に道路上にセンサを設置して交通量を測定する場合、データの集計・解析をサーバで行うため、タイムラグが発生する。それにより、提供される交通情報と実際の交通量に差が生じる場合がある。また、道路上にセンサを設置する必要があるため、インフラに依存するといえる。ITS の分野ではインフラに依存せず、情報を伝播する方法に車車間通信の研究<sup>[1]</sup>がある。

本研究では車車間通信を用いて各車両が定期的に自身の車両情報を送信する情報伝播方法を提案、評価する<sup>[2]</sup>。また、伝播された車両情報から渋滞を判別する方法を提案、評価する。

## 2. 車車間通信による車両情報伝播

### 2.1 伝播する車両情報

本研究では車両から得られる情報を車両情報と呼ぶ。伝播する車両情報は車両 ID, 速度, 加速度, 進行方向, 位置, 送信時刻, リンク ID である。

各車両にはあらかじめ ID が定められているものとし、受信した車両情報がどの車両のものであるのかを判別することができる。また、各車両は GPS 受信機を搭載し、車両の緯度, 経度および高度を知ることができる。同様に GPS によって車載コンピュータの時計を GPS と数  $\mu$  秒の精度で同期することができる。各車両の速度は速度センサから取得する。リンク ID は走行中の道路を示す。これはカーナビゲーション上の現在位置から判別する。

表1に保持するデータの具体例を示す。

表1 保持する他車両情報例

ID	速度 [km/h]	加速度 [km/h/s]	進行方向 [rad]	緯度 [°]	経度 [°]	送信時刻 [ $\mu$ s]	リンクID
1001	30	5.0	2.4556	25.443244	136.449887	1200304	1732
1002	45	2.5	3.4349	25.439422	136.450345	1200405	4723
1022	20	-5.0	0.0345	25.441123	136.345002	1201153	9612

また、各車両は無線通信機器, GPS 受信機, ナビゲーションシステムを搭載しているものとする。

### 2.2 受信車両情報によるメッセージ削減方式

本研究では、周囲のすべての車両へ車両情報を伝播しなければならない。そこで各車両が送信間隔  $T$  で車両情報をブロードキャストし、受信したメッセージをさらにブロードキャスト転送する Flooding 方式を用いる。しかし、Flooding 方式ではメッセージ数が増加し、ブロードキャストストーム現象<sup>[3]</sup>が起こってしまう。

本研究では Flooding 方式をもとにした、車両情報を用いることによってメッセージを削減する伝播方法を提案する。ここで  $V_n$  は  $V_m$  よりも先に車両情報を送信した車両であるとする。各車両が搭載する通信機器の通信範囲を  $\alpha$  [m] とし、車両  $V_n$  が GPS から取得した位置情報を  $x_n, y_n$ , 速度を  $v_n$  [km/h], 加速度を  $a_n$  [km/h/s], メッセージ  $n$  の送信時刻を  $S_n$  [ms], 車両  $V_m$  が送信したメッセージ  $m$  の受信時刻を  $R_m$  [ms] とする。そのときの車両  $V_n$  の移動距離  $l_n$  [m] を次式で表すことができる。

$$l_n = \frac{v_n(R_m - S_n) + \frac{1}{2}a_n \frac{(R_m - S_n)^2}{1000}}{3600} \dots (1)$$

また、経線を  $y$  軸, 緯線を  $x$  軸とし, 車両  $V_n$  の進行方向を  $\theta_n$  [rad] とすると,  $l_n$  [m] だけ移動後の予測位置  $X_n$  と  $Y_n$  は次式で表すことができる。

$$X_n = x_n + l_n \cos \theta_n, Y_n = y_n + l_n \sin \theta_n \dots (2)$$

ブロードキャストメッセージを受信した車両は保持しているすべての車両の情報が以下の条件のとき, メッセージをブロードキャストしない。ただし, 1 ホップ内の車両  $V_n$  と  $V_m$  の情報は既に受信して保持しているものとし, ブロードキャストメッセージを送信した車両  $V_n$  の予測位置を  $X_n, Y_n$ , 車両  $V_m$  の予測位置を  $X_m, Y_m$ , 送信判定を行なう車両  $V_l$  の現在位置を  $x_l, y_l$  とする。

$$\sqrt{(X_m - X_n)^2 + (Y_m - Y_n)^2} \leq \alpha_n \text{ または}$$

$$\sqrt{(x_l - X_m)^2 + (y_l - Y_m)^2} > \alpha_l \dots (3)$$

図1にブロードキャスト転送の判別例を示す。図では車両  $V3$  と車両  $V1$  のメッセージを車両  $V2$  が既に受信している場合,  $V1$  から  $V2$  へ送られてきたメッセージを解析し,  $V3$  が  $V1$  の送信範囲内に存在すると予測できた場合にブロードキャスト転送を行なわない。

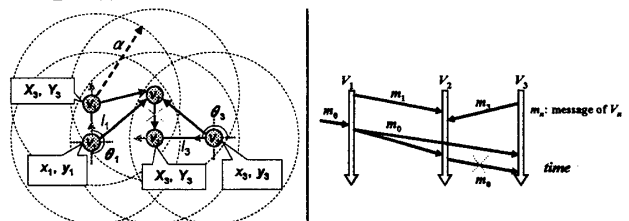


図1 提案方式のルーティング判別方法

A Real-time Traffic Flow Measurement System based on Vehicle Information by Inter-Vehicle Communication

<sup>†</sup>Kenta Omi: Tokyo Denki University

<sup>††</sup>Takeshi Nishimura: Mitsubishi Electric

<sup>†††</sup>Hidetoshi Kanbe: Mitsubishi Electric

<sup>†</sup>Hisao Koizumi: Tokyo Denki University

<sup>†††</sup>Jun Sawamoto: Iwate Prefectural University

### 2.3 リンクグループ方式

リンクごとに代表車両を決定し、代表車両が信号到達範囲を拡大した状態で周囲のリンクへ収集した車両情報を送信する方法を提案する。図2にリンク代表車両による通信範囲拡大の例を示す。

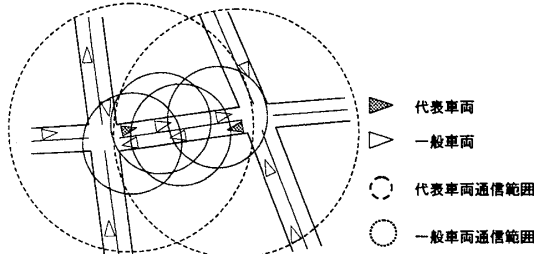


図2 一般車両と代表車両の通信範囲例

リンク上では一般車両と代表車両に区別され、新しくリンクに進入した車両が代表車両となり、前方車両へ代表車両交代メッセージを送信する。代表車両はリンク毎に定期的にリンク代表メッセージを送信する。また、代表メッセージにおいてもフラッディングをベースとしたメッセージ送信を行い、代表車両のみによって転送される。

各車両が他のリンクから送られてきた一般車両メッセージを取得した場合、車両情報は保持するが、ブロードキャスト転送は行なわない。また、新しい代表車両が前方へ代表交代メッセージを送る場合、リンクの長さによっては信号が届かない場合があるので同一リンク上に代表車両が2台存在する場合がある。

### 3. リアルタイム交通渋滞判別への適用検討

車車間通信によって伝播された車両情報からリアルタイムに渋滞を判別する方法を提案する。

リンク上で速度 10km/h 以下、加速度 5km/h/s 以下の車両が渋滞要素であるとする。その上で、リンク内の車両位置によって重み付けを行なう。進行方向の出口付近の重み付けを低くし、リンクの入り口付近の重み付けを高くする。重み付けパラメータ  $\beta$  を次式で表す。

$$\beta = -P + 1 \dots (4) \quad P = \frac{\text{入り口からの距離}[m]}{\text{道路長}[m]} \dots (5)$$

渋滞要素と非渋滞要素は車両位置によってこの重み付けパラメータを判定し、渋滞要素を正、非渋滞要素を負としたリンクごとの和を求め、負ならば非渋滞、正ならば渋滞であると判定する。図3では実際に渋滞要素に正の値、非渋滞要素に負の値を重み付けし、和を求めている。その和は 0.9 となり、このリンクは渋滞であると判断する。

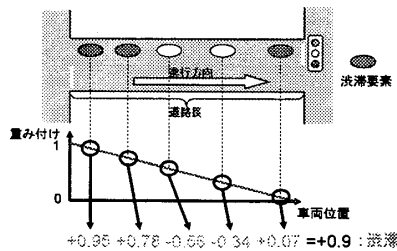


図3 リンク位置による重み付け例

## 4. 評価

### 4.1 車両情報伝播シミュレーション

川越市の電子地図を想定し、車両を移動させシミュレーションを行った。シミュレーションにおいてはフラッディング、メッセージ削減、リンクグループの3方式の伝播率を評価した。結果を図4に示す。

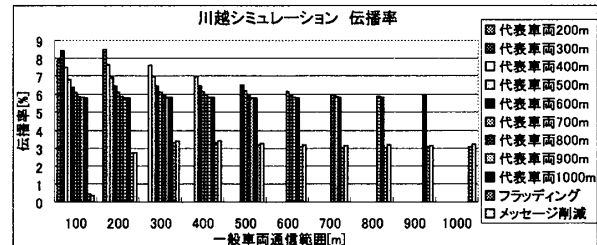


図4 車両情報伝播シミュレーション-伝播率

図4からフラッディング、メッセージ削減、リンクグループ方式の順で伝播率が向上したことがわかる。これにより、提案伝播方式が有効であると考える。

### 4.2 渋滞判別シミュレーション

車両情報伝播率を変化させたときの提案方式の渋滞判別の正確さを評価した。結果を図5に示す。

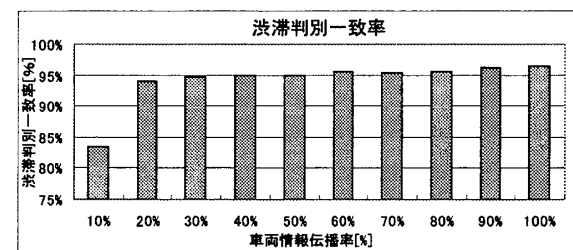


図5 渋滞判別シミュレーション-渋滞一致率

図5より、車両情報伝播率が 10% でも 80% 以上、20% 以上ならば 90% 以上の確率で渋滞を正確に判別することがわかる。つまり、ある範囲の車両情報伝播率が 20% 以上になれば提案方法は有効であると考える。

## 5. まとめと今後の研究

本研究では車車間通信を用いて各車両が車両情報を伝播する方法を提案した。

また、車両情報伝播の渋滞判別への適用検討をおこなった。

今後の研究として、本研究室で制作中である試作カーナビゲーションシステムによる小規模な実装実験をおこなってきたい。

### 参考文献

[1] Sadayuki Tsugawa, "Inter-Vehicle Communications and their Applications to Intelligent Vehicles: An Overview", Intelligent Vehicle Symposium, June 17-22, 2004.  
 [2] 大海健太, 西村豪, 神戸英利, 小泉寿男, 澤本潤, "車車間通信による車両情報を用いたリアルタイム交通流計測システム", 情処研報, Vol.2007, No.116, pp.9-16  
 [3] S.-Y. Ni, Y.-C. Tseng, Y.-S. Chen, and J.-P. Sheu, "The broadcast storm problem in a mobile ad hoc network", ACM Mobicom, pp.151-162, August 1999.