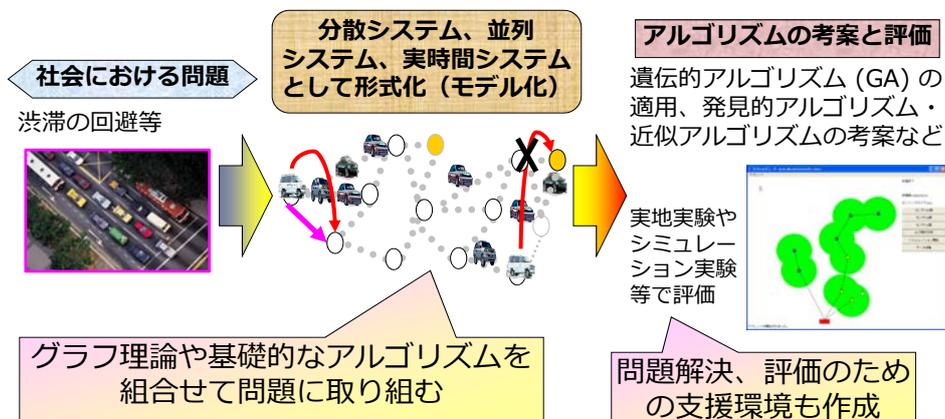


車車間通信ネットワークを用いた 情報流通および交通安全支援

静岡大学 若手グローバル研究リーダー育成拠点 特任助教 木谷 友哉

研究内容

問題を抽象的（本質的）に捉えてモデル化し、計算機に
解かせるためのアルゴリズム（ソフトウェア）を考案



車車間通信ネットワーク (VANET)

▶ VANET: vehicular ad hoc network

- ▶ 無線通信機器を搭載した車両間で作る自立的な無線ネットワーク
 - ▶ カーナビゲーションシステムなどの車載機器や無線通信装置の発展により現実化
- ▶ 車両がノードとなりネットワークを構成
- ▶ 固定インフラに頼らず、車両間での情報共有が可能



VANET vs. MANET

▶ MANET: mobile ad hoc network

- ▶ 移動可能なノードで構成される動的で自立的な無線通信ネットワーク
 - ▶ 一般的に人が持つ携帯情報端末やノートPCなどをノードとなる

	MANET	VANET
ノード	人間の持つ端末	車両
資源	電源、計算量に制限あり	特に制限なし
移動性	遅い (10km/h以下) 自由に方向移動	速い (60km/h) 道路上を移動

より頻繁にネットワークの接続関係が変化

- ▶ VANETでは、車両の移動特性などを考慮した通信プロトコルの開発が必要

VANETの通信プロトコルについての最新動向

- ▶ 物理層、MAC 層のプロトコル規格がそろそろ標準化 (2010年頃)
 - ▶ 北米
 - ▶ IEEE 802.11p、WAVE (IEEE 1609.X)
 - ▶ 日本
 - ▶ 交通安全を対象とした ASV (先進安全自動車) 向けの RC-005 (or RC-006)

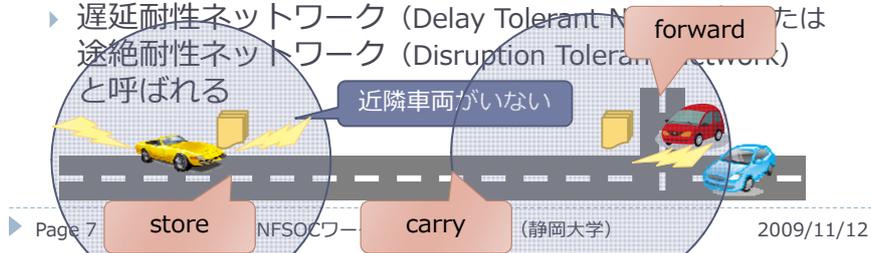
- ▶ 今後は、VANET の特徴を考慮したネットワーク層以上の通信プロトコル、新しいアプリケーションやサービスの考案が重要

VANET で実現できること

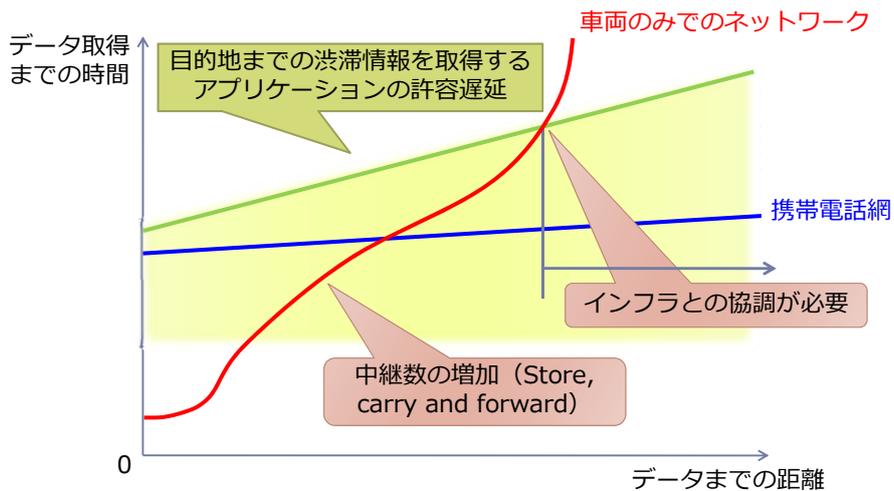
- ▶ 情報流通
 - ▶ 携帯電話網などの広域の固定インフラを用いずに、近隣の車両を中継していくことで局地的な情報共有が可能
 - ▶ 広範囲の情報を共有するためにはインフラ協調
- ▶ 交通安全支援
 - ▶ 直接通信できるために2車両間の通信遅延が小さい
- ▶ VSN (vehicular sensor network)
 - ▶ 各車両は各種のセンサを搭載可能
 - ▶ 渋滞情報、大気情報、道路状況など様々な情報を収集

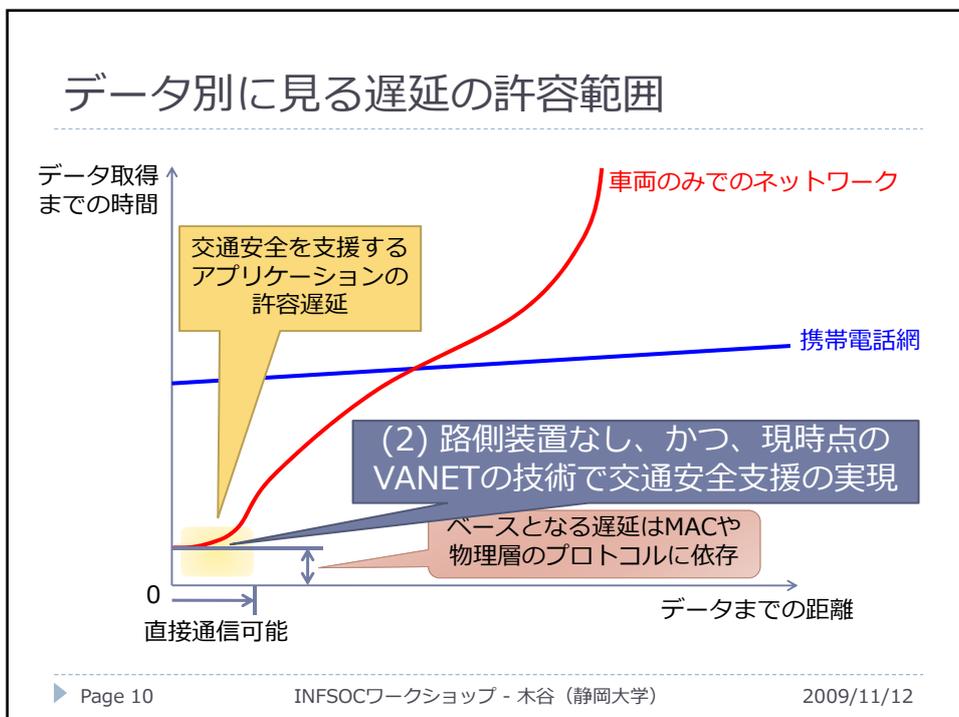
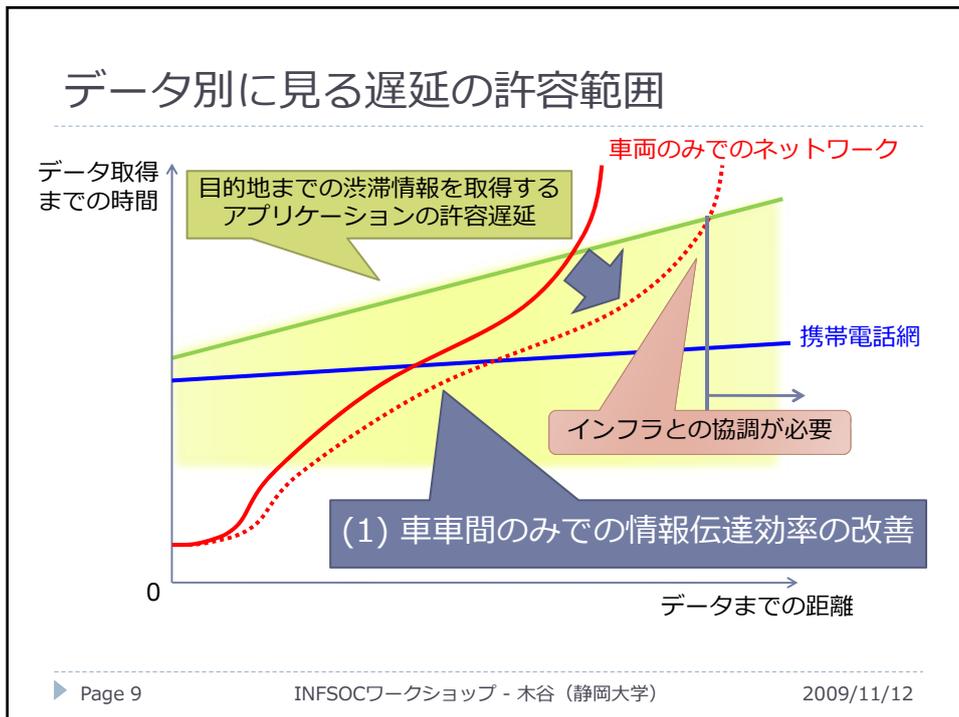
DTN：遅延・途絶耐性ネットワーク

- ▶ 頻繁に分断されるネットワーク
 - ▶ 任意のノード間に経路（セッション）を確立できない
 - ▶ マルチホップで即時的なデータ通信ができない
- ▶ データの到着に遅延が許容されるネットワーク
 - ▶ Store, Carry and Forward
 - ▶ 車両の高い移動性を利用：
 - 今、中継先車両が近くにいないければ、移動後に中継
 - ▶ 遅延耐性ネットワーク（Delay Tolerant Network）または途絶耐性ネットワーク（Disruption Tolerant Network）と呼ばれる



データ別に見る遅延の許容範囲





予定経路情報を用いた 車車間情報配送効率の改善

Page 11

INFSOCワークショップ - 木谷 (静岡大
学)

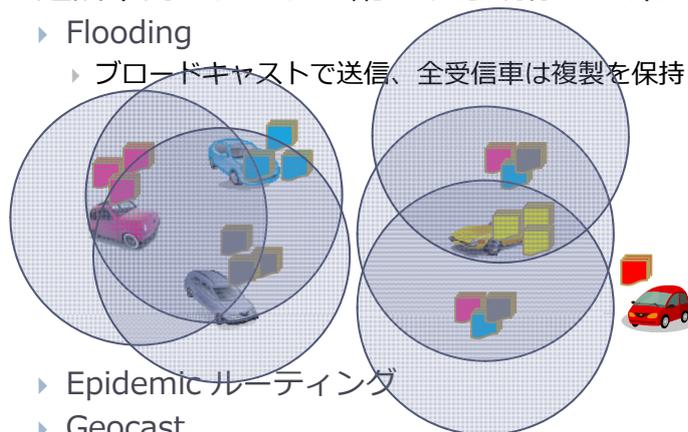
2009/11/12

VANET における情報配送

▶ 近隣車両にデータを配送する既存の方策

▶ Flooding

- ▶ ブロードキャストで送信、全受信車は複製を保持



▶ Epidemicルーティング

▶ Geocast

▶ Page 12

INFSOCワークショップ - 木谷 (静岡大学)

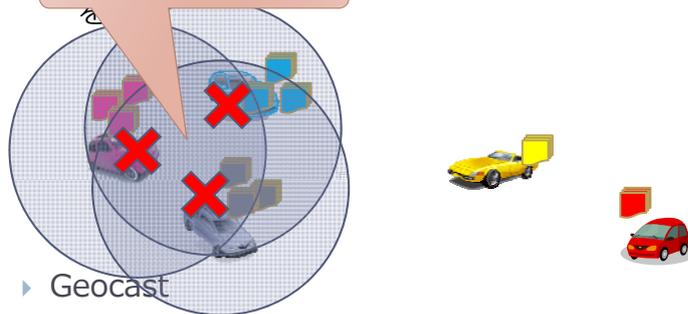
2009/11/12

VANET における情報配送

▶ 近隣車両にデータを配送する既存の方策

- ▶ Flooding
- ▶ Epidemic ルーティング

確率的に受信（感染） 送信、受信車はある確率（感染率）で複製

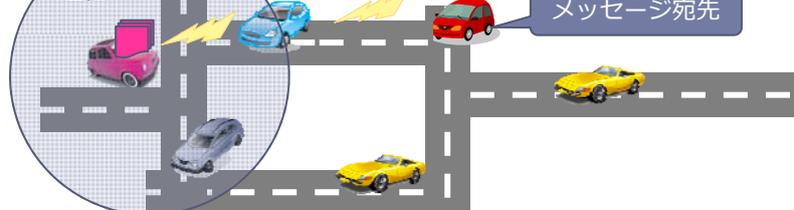


VANET における情報配送

▶ 近隣車両にデータを配送する既存の方策

- ▶ Flooding
- ▶ Epidemic ルーティング
- ▶ Geocast

- ▶ メッセージ宛先を地理的位置で指定
- ▶ 定期的に周囲の車両の位置情報を交換
- ▶ 近隣に自車よりメッセージ宛先に近い車両がいればその相手に送信



カーナビの予定経路情報の利用

▶ VANET

- ▶ 車両は道路上を移動
- ▶  MANETのノードよりも予定移動経路の推定が容易

▶ 我が国のカーナビ出荷台数3600万台（2009年6月） [1]

- ▶ 新車の7割以上がカーナビを装備
- ▶ GPS、地図情報、目的地までの経路探索機能を持つ

▶ 他国は普及率が低いが…

- ▶ Google が Android 携帯でカーナビアプリの提供を予定
- ▶ iPhone アプリなどでも利用可能

 目的地までの経路設定情報や移動履歴情報を活用

[1] 国土交通省, http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/vics_pdf/navi_vics.pdf

基本アイデア

▶ メッセージ

- ▶ 宛先は地理的位置で指定
- ▶ 宛先への到達デッドラインを付加

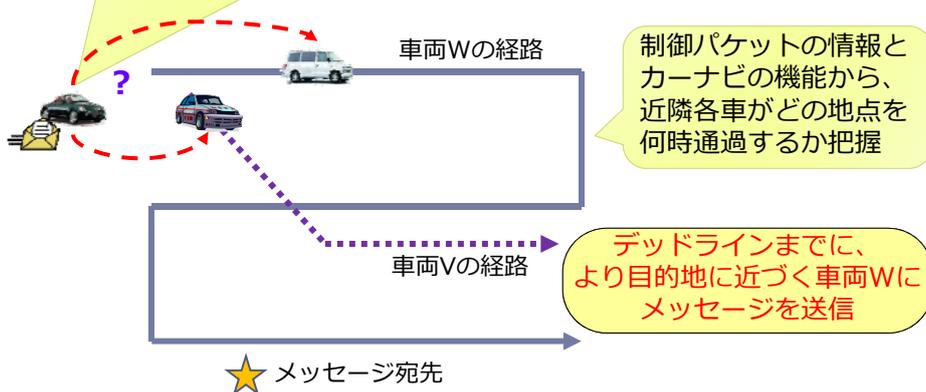
▶ プロトコル

- ▶ 制御パケットを周囲の車両に送信
 - ▶ 自車の現在位置、今後の移動予定経路情報を付加
- ▶ 受信した周囲の車両の制御パケットからテーブル作成
 - ▶ 一定以上経過したエントリは削除
- ▶ 自車の保持するメッセージの宛先近くを通る近隣車両があれば、その車両にメッセージを送信

動作例

- ▶ 経路情報を利用し、無駄なメッセージ中継を削減

自車がデッドラインまでにメッセージ宛先に近づくなら、送信しない (Store and Carry)

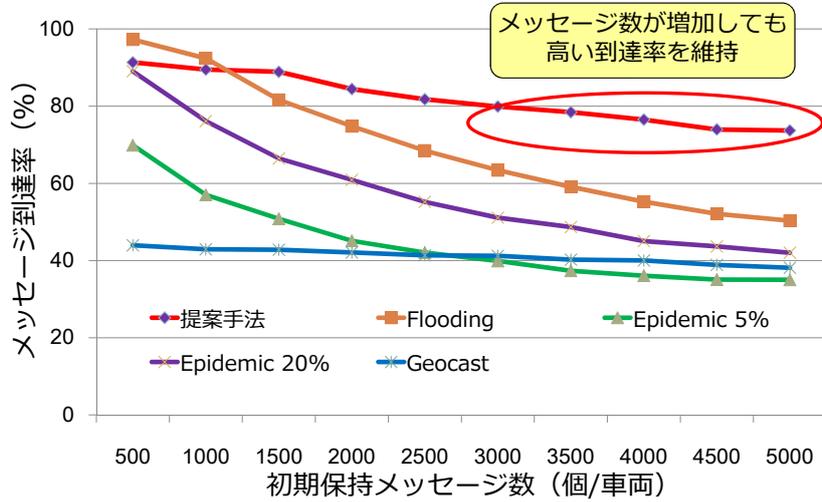


評価実験

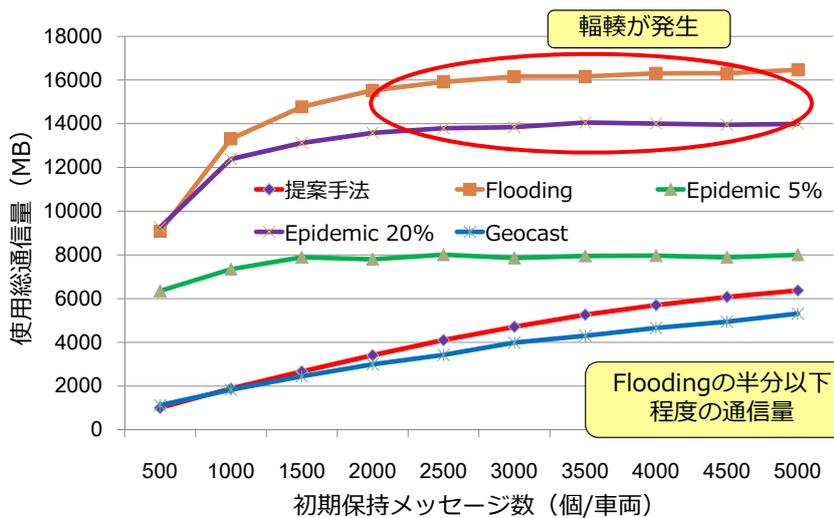
- ▶ 評価項目
 - ▶ メッセージ到達率
 - ▶ 総中継メッセージ量
- ▶ 比較手法
 - ▶ 提案手法
 - ▶ Flooding
 - ▶ Epidemic (5%, 20%)
 - ▶ Geocast
- ▶ 実験環境
 - ▶ 交通流シミュレータ NETSTREAM
 - ▶ 自作ネットワークシミュレータ
- ▶ 想定環境
 - ▶ 京都市内 : 1.4km×1.6km
 - ▶ 交差点数 26個、最高 60km/h
 - ▶ 通信方式 : CSMA/CA 12Mbps
 - ▶ メッセージ
 - ▶ サイズ : 1.5KB
 - ▶ デッドライン : 300秒



メッセージ到達率



総送信メッセージ量



まとめと今後の課題

▶ まとめ

- ▶ 予定経路情報を用いた車車間情報配送効率の改善と評価
 - ▶ カーナビに設定された移動予定経路情報を利用
 - ▶ 既存手法よりも低い通信量で、高いメッセージ到達率を確認

▶ 今後の課題

- ▶ より広域で車両密度を変化させて実験
- ▶ 車両密度に応じてメッセージ伝搬方法を切り替え
 - ▶ 高密度⇒Greedy、低密度⇒提案手法
- ▶ メッセージ返答を少ないオーバーヘッドで取得
 - ▶ 現時点では、片方向の通信のみ

VANET を用いた交通安全支援に関する研究

指向性アンテナを用いた歩行者位置推定手法

- ▶ 死角問題を解決
 - ▶ 車車間通信ネットワークを用いて他車両に検出結果を伝達
- ▶ できるだけ正確に歩行者を検出
 - ▶ 複数車両による歩行者位置推定結果を重ね合わせることで精度向上
- ▶ 路側装置などの余分なコストを必要とせず機能を実現
 - ▶ 各車両には GPS機能付きカーナビ、無線通信装置、歩行者位置検出用の指向性アンテナのみを仮定

存在確率をグリッド上に表現

指向性アンテナには、距離、角度それぞれに誤差を仮定

▶ Page 23 INFSOCワークショップ - 木谷 (静岡大学) 2009/11/12

歩行者位置推定アルゴリズム

歩行者はユニークなIDを持つビーコンを定期的に周辺に送信

歩行者のビーコンは t_b [s] 毎、各車両からの推定位置情報パッケージは t_c [s] 毎に定期的にブロードキャストされる

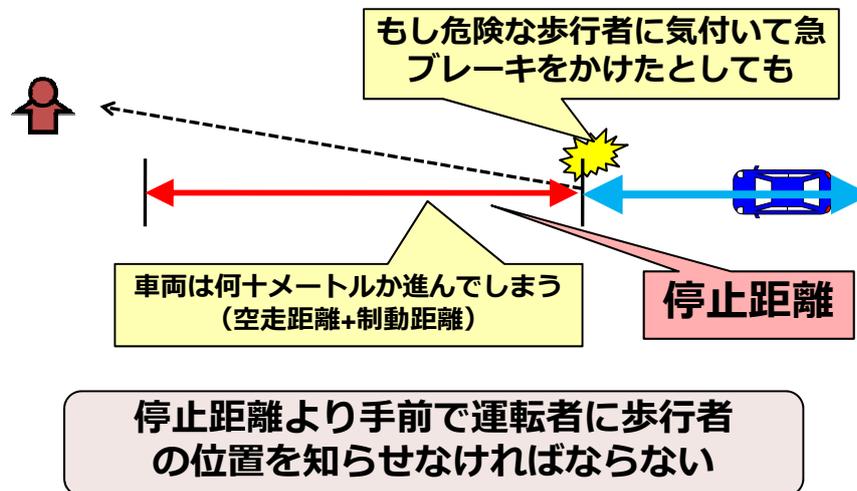
他車両からの歩行者推定結果から位置を推定した情報の推定が可能

ビーコンを受信した車両は、指向性アンテナの測定結果により、歩行者の位置を推定

その歩行者の推定位置情報パッケージを配布

▶ Page 24 INFSOCワークショップ - 木谷 (静岡大学) 2009/11/12

歩行者検出までの制約時間



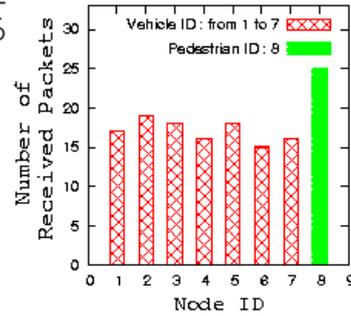
評価実験

- ▶ 環境
 - ▶ ネットワークシミュレータ : Qualnet
- ▶ 想定
 - ▶ 京都四条河原町交差点 (142m × 142m)

東西方向の車両数	2, 4, ..., 8 台
南北方向の車両数	2, 4, ..., 10 台
車両の速度	12 m/s (50km/h)
停止距離	22 m
通信プロトコル	IEEE 802.11b
通信可能範囲の半径	100 m
歩行者ビーコン、推定位置パケットの配布間隔	0.2 sec
ビーコンサイズ	100 byte
推定位置パケットサイズ	150 byte

ビーコン、推定位置パケットの受信数

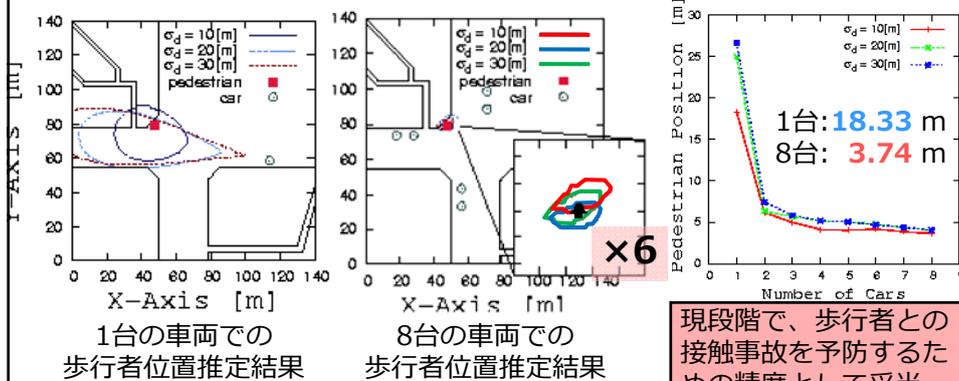
- 車両が正しく受信したビーコン、推定位置パケット数
 - 期間は、車両がある歩行者のビ
入ってから停止距離に到達する
- 交差点内の車両数を4~36台
とした全ての条件において、
各他車両から少なくとも
14パケット受信できている



実験結果から、歩行者位置推定に十分な量のビーコンおよび推定位置パケットが受信できているといえる

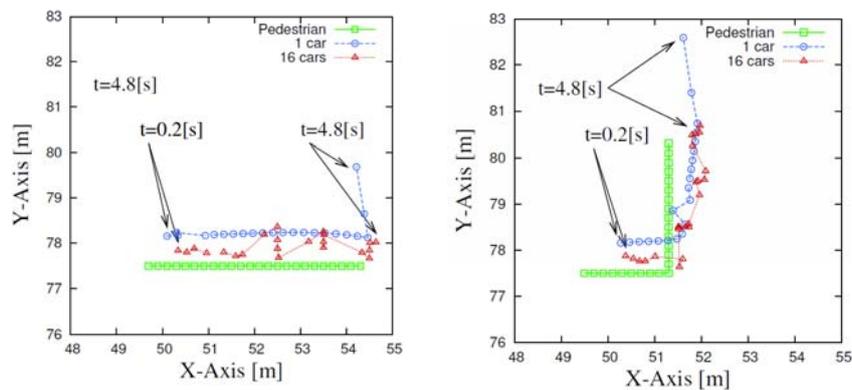
歩行者推定精度についての実験結果

- ▶ 指向性アンテナの誤差は正規分布に従うと仮定
 - ▶ 距離の誤差は分散を 10, 20, 30 [m]
 - ▶ 角度の誤差は分散を左右 6 [deg]



時系列のデータを元にした移動軌跡の推定

- ▶ 時系列の歩行者位置推定結果を元に、ベイズ推定
 - ▶ 歩行者の 8km/h 以上の移動を排除



- ▶ 誤差 2m 以内で軌跡を推定可能

まとめと今後の課題

- ▶ まとめ
 - ▶ 指向性アンテナを用いて歩行者位置の推定
 - ▶ 測定誤差の大きなセンサによるセンシング
 - ▶ 複数車両が車車間通信ネットワークを用いて協調することによる推定精度の向上
- ▶ 今後の課題
 - ▶ GPS 誤差の反映
 - ▶ 交差点内の多数の歩行者の中から危険な状態にある歩行者のフィルタリング

本発表のまとめ

- ▶ VANET について、現在取り組んでいる研究の紹介
 - ▶ DTN の情報流通プロトコルの配送効率の改善
 - ▶ 複数の車両が協調する交通安全支援手法

- ▶ 現在取り組んでいるその他の研究課題
 - ▶ 車車間通信ネットワーク実機テストベッドの製作（科研費）
 - ▶ 動的再構成可能プロセッサにおける設計効率化に関する研究
 - ▶ 省電力、低遅延の P2P オーバレイネットワークの構築に関する研究