

第1回(平成25年度第1回)CRCフォーラム(平成25年7月4日(木)開催)  
「ITシステムの利用者に安全安心をもたらすための研究開発」

# 安全安心のための通信基礎 無線マルチホップネットワーク

桧垣 博章 教授

未来科学部ロボット・メカトロニクス学科

**TDU**  
東京電機大学

# 2013年度 第1回 CRCフォーラム

## 安全安心のための通信基盤 無線マルチホップネットワーク

桧垣 博章

# I. 東日本大震災にみる 安全安心へのニーズ:「つながる」

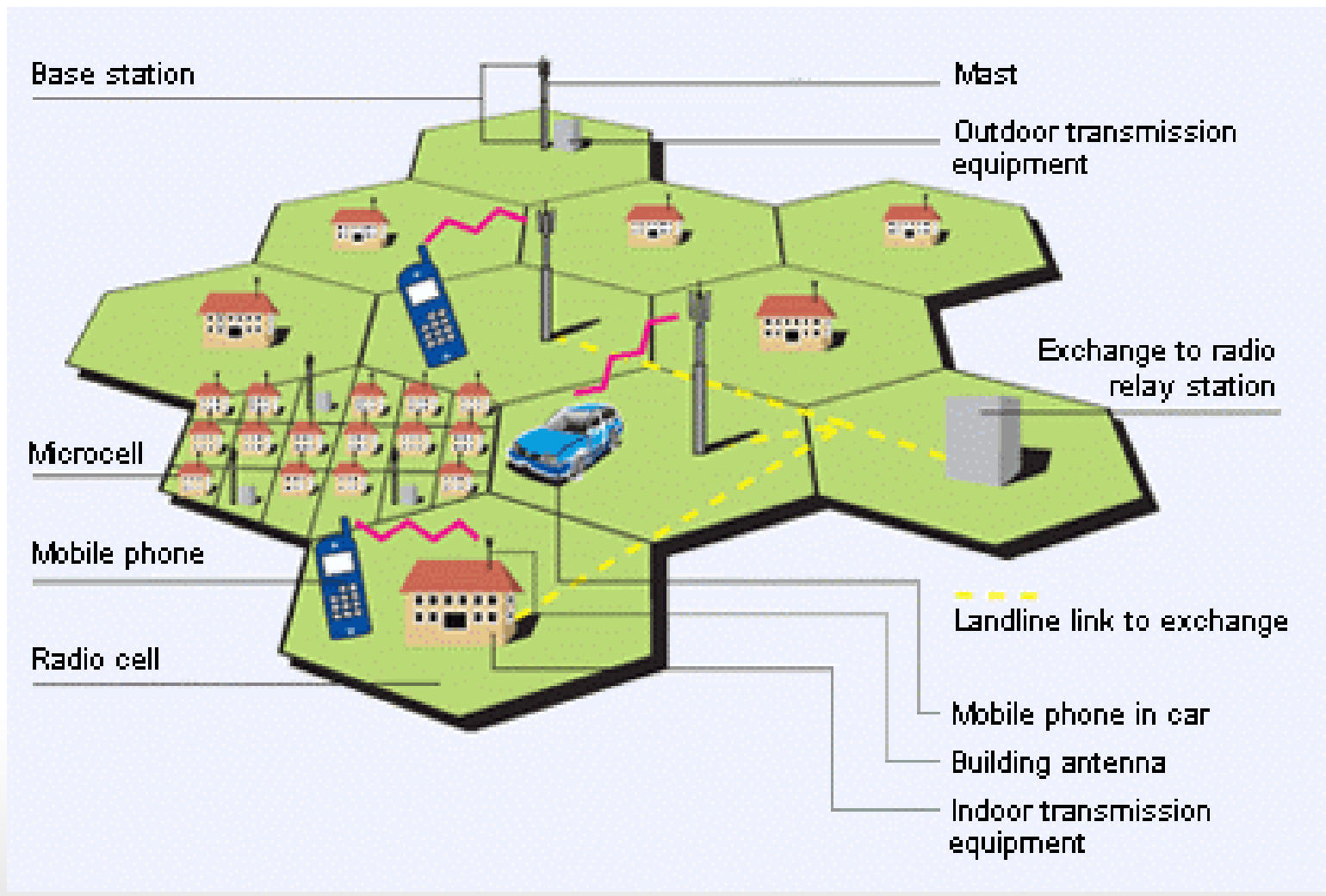
# 「いつでも」「どこでも」「だれとでも」

## 人と社会のコミュニケーション いつでも、どこでも、だれとでも

新たな社会的価値創造と課題解決のために  
ブロードバンド・ユビキタス社会の実現を目指します

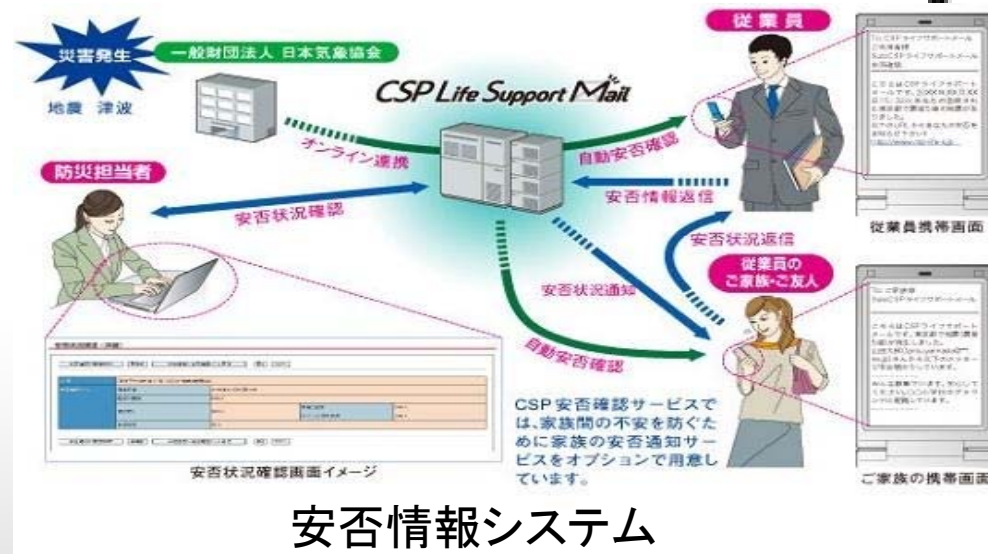
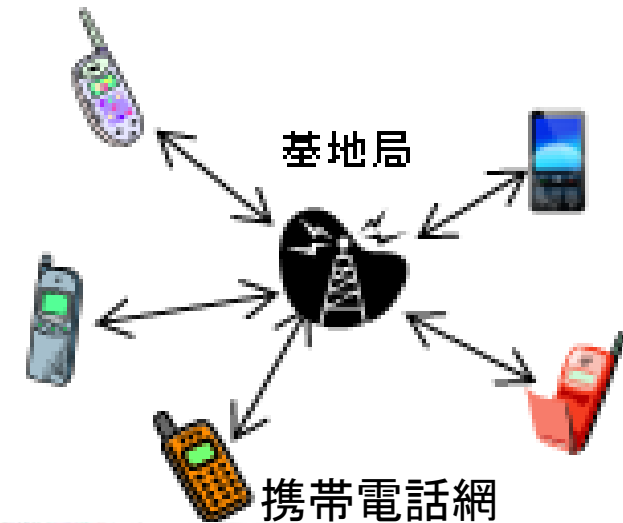
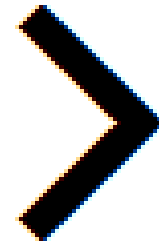
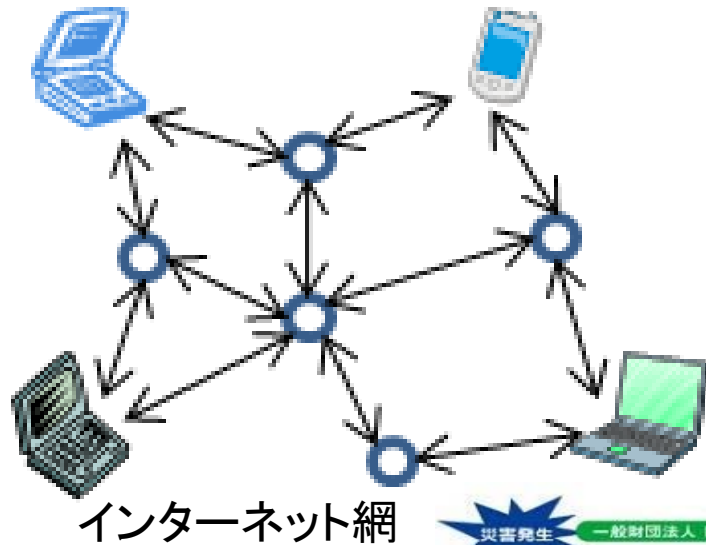


## ■ セルラネットワークの普及



# 大規模災害時における通信インフラの脆弱性 4/31

## ■ インターネット > (携帯)電話網

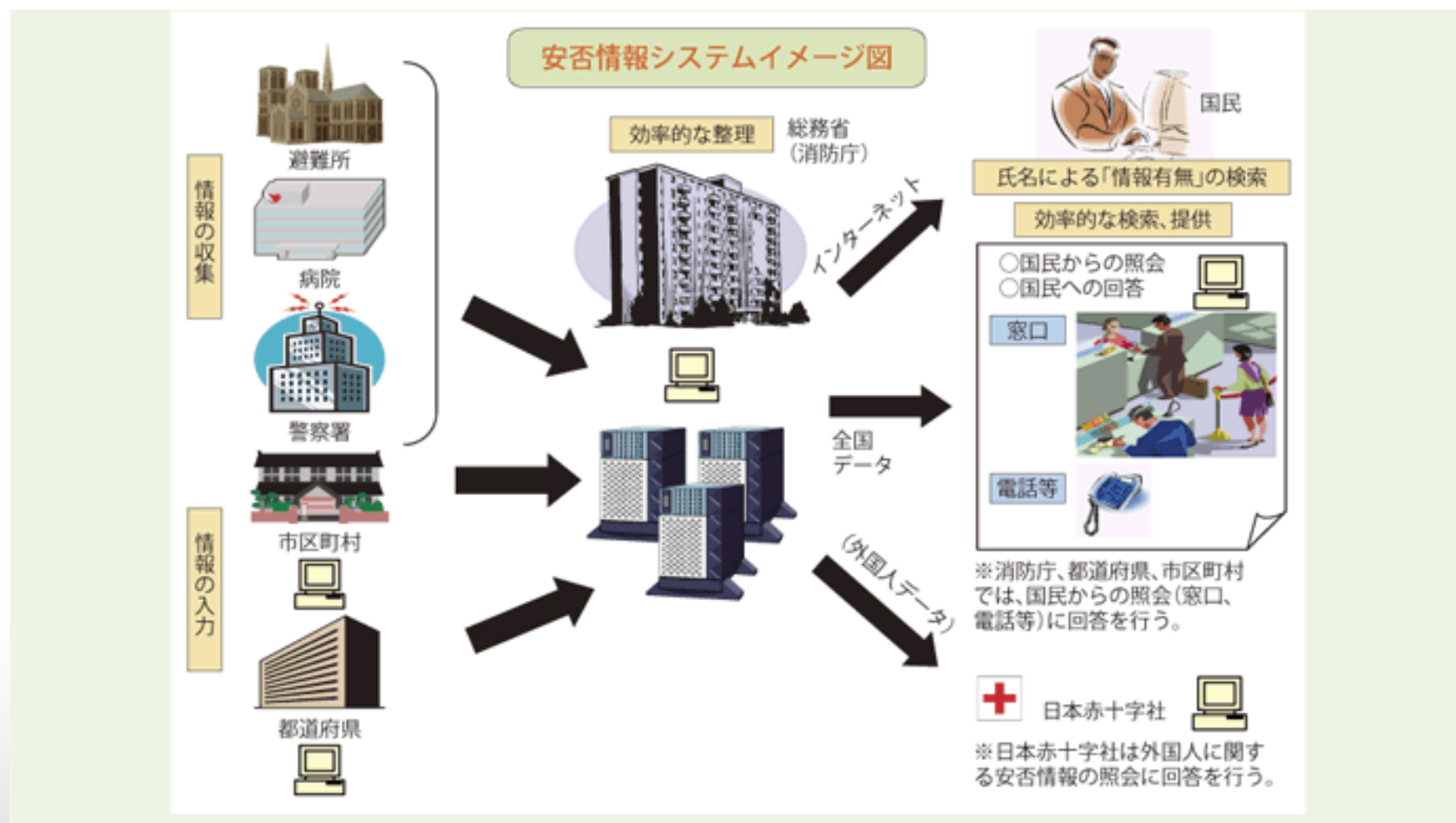


“フレキシブル無線分散ネットワーク,” <http://www.katayama.nuee.nagoya-u.ac.jp/works/FWDN/>.

“CSP安否確認サービス,” <http://www.atpress.ne.jp/view/27723>.

# 大規模災害時における通信インフラの脆弱性 5/31

## ■ 安否情報交換サービス





# 大規模災害時における通信インフラの脆弱性 6/31

## ■ 安否情報交換サービス

### 安否情報システムの運用実績

		NTT	KDDI	ソフトバンク
携帯電話	基地局障害	NTTドコモ 6720局	au 3680局 (東北6県1933局)	ソフトバンクモバイル 3786局
	通信規制(通話)	80～90%	95%	70%
	(メール)	30%	なし	なし
インターネット	回線障害	フレッツ光 513000回線	auひかり メタルプラス au one net	ソフトバンクBB 145000回線
	回線障害	NTT東日本 加入電話 898000回線	390000回線	ソフトバンクテレコム 約31000回線
固定電話	回線障害	加入電話 898000回線	390000回線	約31000回線
	通信規制	結果として90%	なし	なし

(各社からのヒアリングを元に作成)

### 主な安否情報システム

ツール	システム名称	提供者	システム開始	今回の対応開始時間	利用数	(3月11日)	(12日)	(13日)	(1か月累計)	中越地震時実績	
電話定	災害用伝言ダイヤル	NTT東日本・西日本	1998年～	11日17時47分	登録 再生	367500 139500	674700 114900	525800 85000	2726300 551200	112700 241900	
		NTTドコモ	2004～	11日14時57分	登録 確認	708334 745018	230343 508544	112215 291554	1479702 2615328	106216 145520	
携帯電話	災害用伝言板 (5社一括検索)	KDDI (au)	2005～	11日15時21分	登録 確認	558300 2145853	166916 1344515	81314 561913	1067315 5378492	なし	
		ソフトバンクモバイル	2005～	11日14時55分	登録 ページビュー	448724 1807177	113162 787993	46090 317846	904498 4289793	なし	
		ワイレコム	2006～	11日14時56分	登録 確認	3162 14741	1884 22565	937 14545	9632 87082	なし	
		イーモバイル	2008～	11日14時57分	登録 確認	約150 約79000	約70 約65000	約50 約36000	約450 約347000	なし	
		5社計				登録	約1720000	約512400	約24600	約3462000	
		インターネット	災害用ブロードバンド伝言板 (web 171)	NTT東日本・西日本	2006～	11日15時46分	登録 確認	24900 27600	14500 24200	14600 30100	83800 165900
インターネット	ファミリーリンク	赤十字国際委員会	1999～(海外) 2010～(国内)	12日1時49分	登録者 (のべ)	145	711	920	5914	なし	
	パーソンファインダー	グーグル	2010～(海外) 今年～(国内)	発災約2時間後	登録者 (のべ)	3000	(16日) 約20万	(29日) 約59万	60万超	なし	
放送	NHK 安否情報放送	NHK	1964～	受付:11日18時～ 放送:11日18時45分～	無事情報(※) 総数	約70 約1900	約700 約11000	約1000 約6500	約5700 約31000	86 17102	

※岩手、宮城、福島県からの登録数(無事情報以外も含む)  
(各社からのヒアリングを元に作成)



# 大規模災害時における通信インフラの脆弱性<sup>7/31</sup>

## ■ 東日本大震災における基地局の倒壊



“ITpro,” <http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/NEWS/20110330/358932/>.

“WirelessEstimator,” [http://www.wirelessestimator.com/t\\_content.cfm?pagename=Cell\\_Tower\\_News\\_12.09](http://www.wirelessestimator.com/t_content.cfm?pagename=Cell_Tower_News_12.09).

“5NBCDFW.com,” <http://www.nbcdfw.com/news/breaking/High-Winds-Storms-Move-into-North-Texas-163238856.html>.

# 大規模災害時における通信インフラの脆弱性 8/31

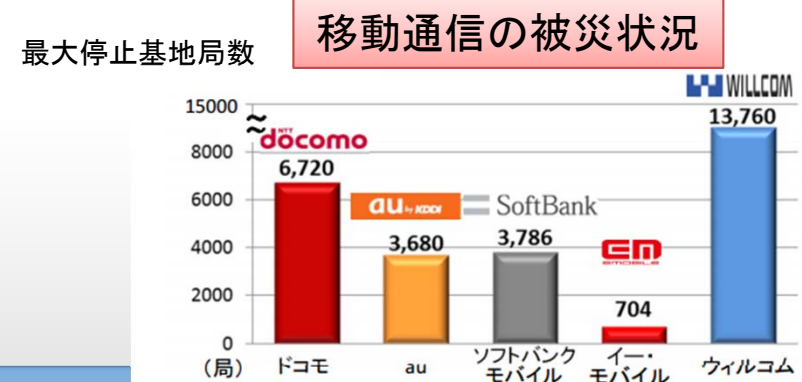
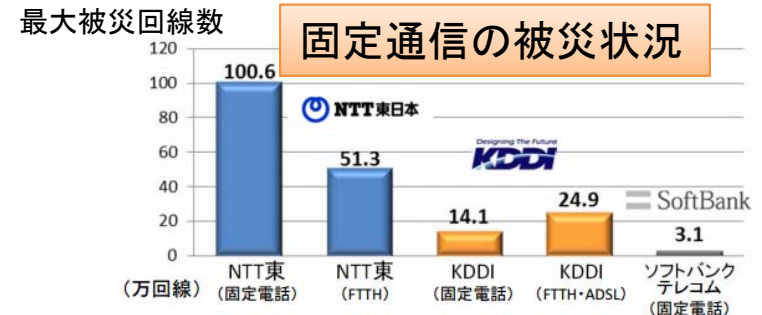
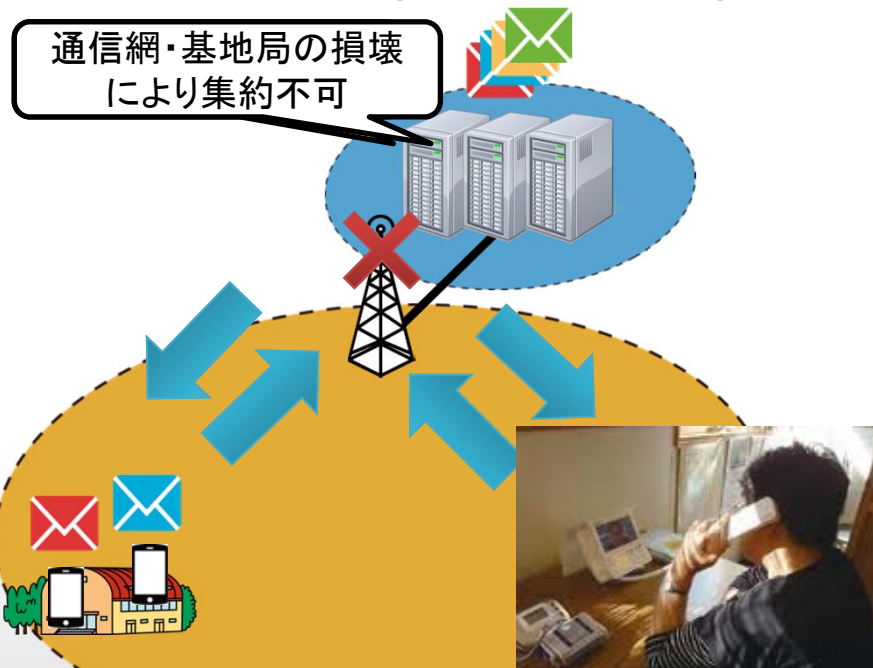
## ■ 衛星を用いたインターネット接続



## ■ 被災地域内から被災地域外へ → 救援方針のための情報収集

### – 災害用伝言サービス [NTT]

- 安否情報を被災地域外のサーバに集約
- 190万回線の通信回線と2万9千局の基地局が被災



“平成23年度 情報通信白書,” (2011).



## ■ 被災地域内での安否情報交換

→ 初動期における被災者の安心



“宮城県避難者名簿 石巻市・石巻専修大の掲示板,” <http://www.47news.jp/47topics/e/201368.php> .

“避難所で食料不足 被災者は1日250mlの水と1~2個のおにぎり,” [http://japanese.china.org.cn/photos/2011-03/14/content\\_22133147.htm](http://japanese.china.org.cn/photos/2011-03/14/content_22133147.htm).

## ■ 信号の破損による交通マヒ, 事故



“相馬の被害状況(2011.3.31),” <http://blogs.yahoo.co.jp/pocoyuko2006/53418207.html>.

“暖風-harukaze-,” <http://blog.goo.ne.jp/drees-bowwow/e/856f2b5305bc979fd20f2d4f84b84696>.

## ■ 大規模停電による交通マヒ, 事故



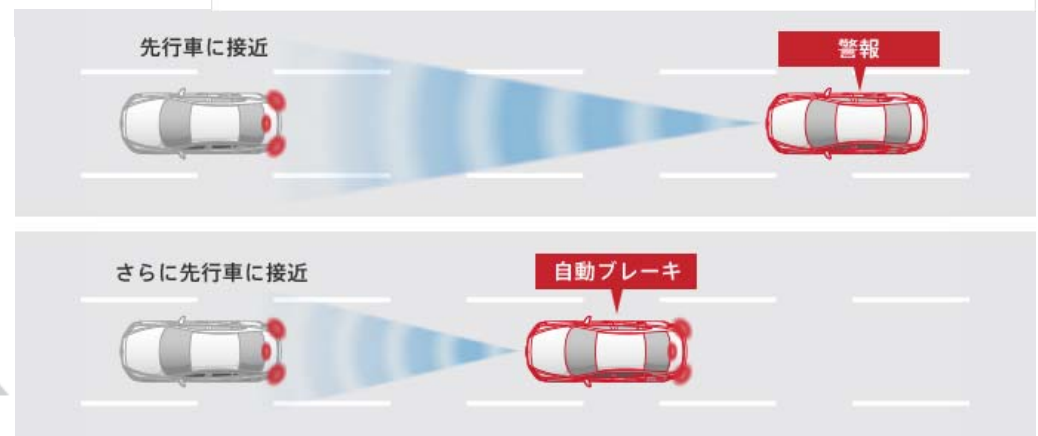
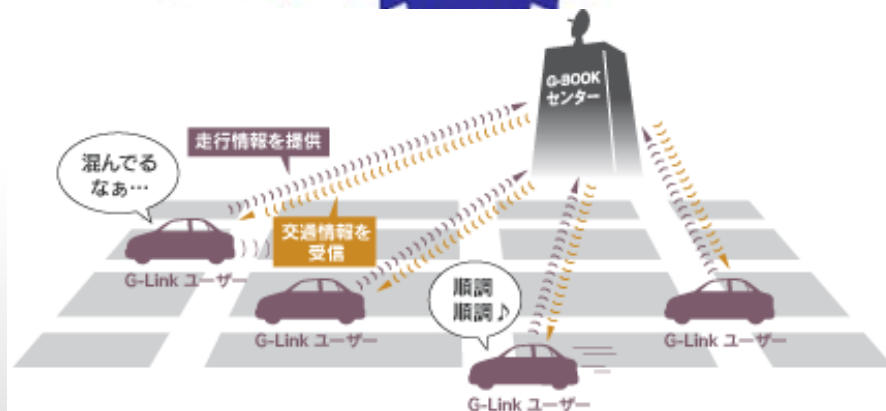
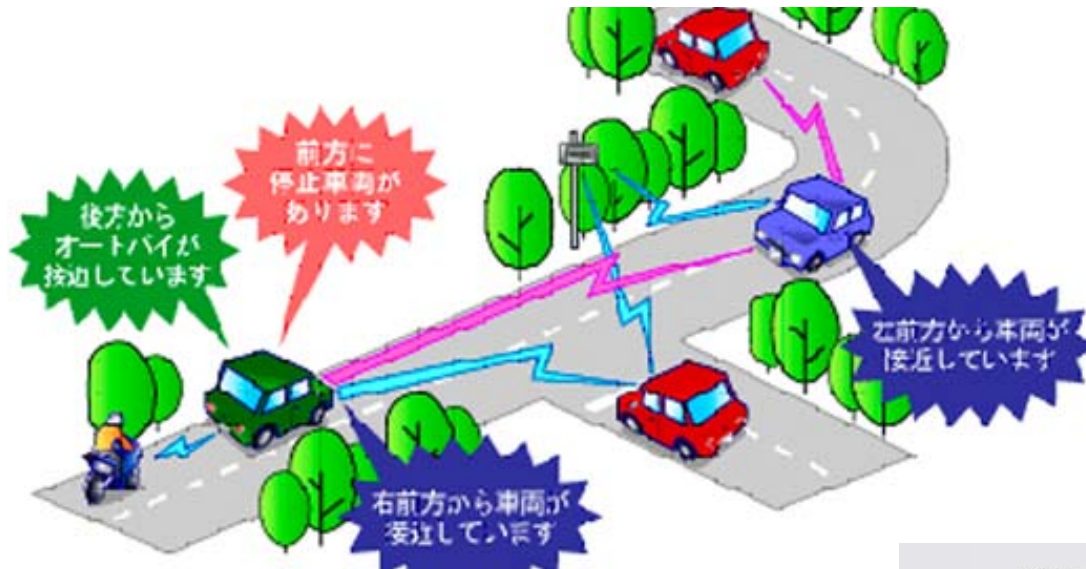
“JAPAN-EARTHQUAKE Vol.39 宮城で震度6強 400万世帯一時停電,” <http://photo.sankei.jp.msn.com/kodawari/data/Earthquake/201104/408teiden/>.

“東京パニック,” <http://www.suketto-service.com/nikki/nikki78.html>.



## ■ ITS (高度道路交通システム)

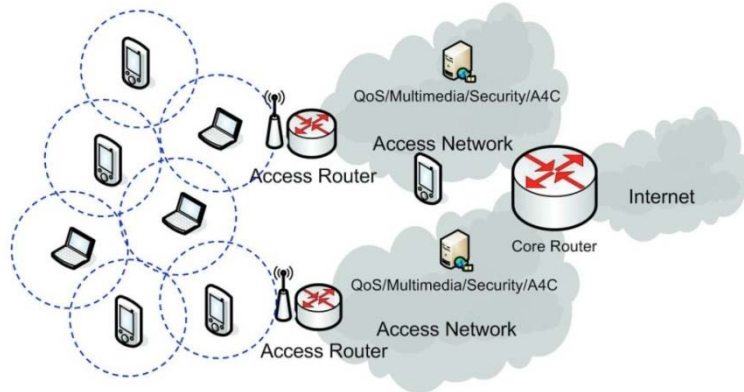
- 追突回避/出会い頭事故回避/情報提供/料金収集 など



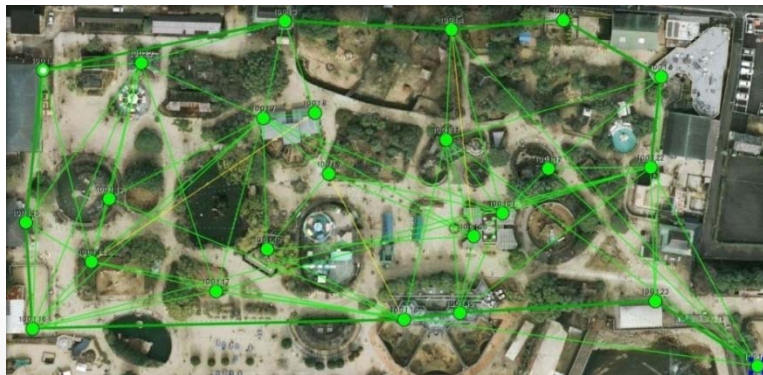


## II. 無線マルチホップネットワーク研究

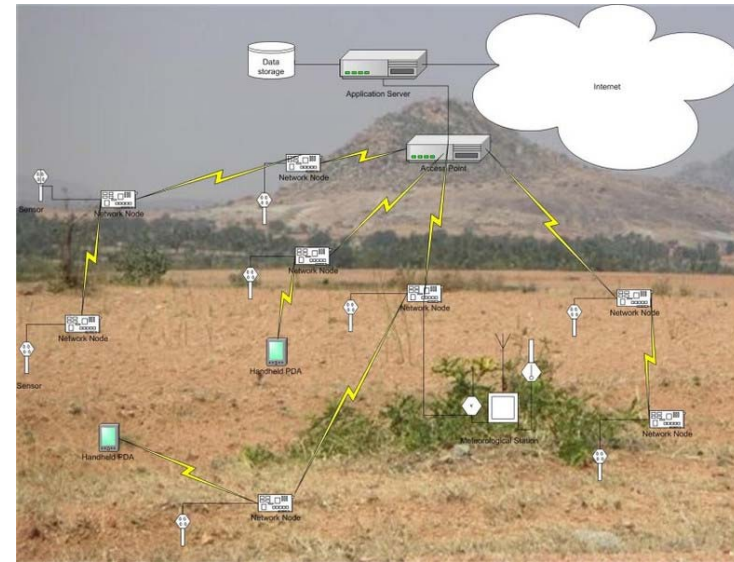
## ■ 中継ノードの転送によるエンドエンド接続



無線アドホックネットワーク



無線メッシュネットワーク



無線センサネットワーク

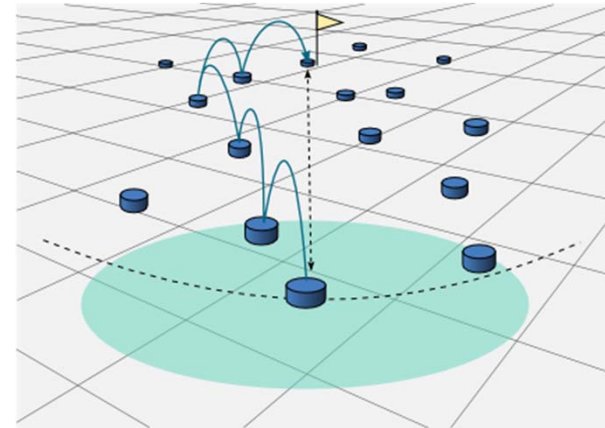


“Thinktube,” <http://thinktube.com/wiki/index.php?Thinktube-Wiki/>.

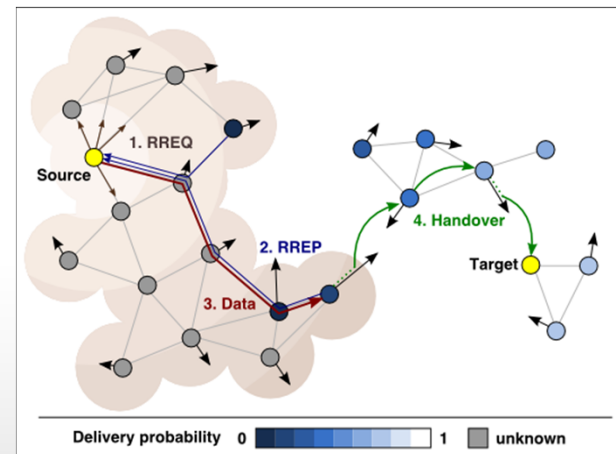
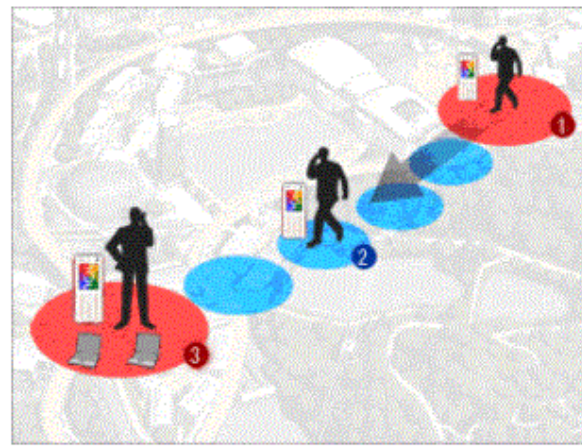
“COMSYS,” <http://www.comsys.rwth-aachen.de/teaching/ss-12/wireless-sensor-networks-lab/>.

“Security and Privacy in Mobile Ad Hoc Networks,” [http://www.personal.psu.edu/sxr360/blogs/sucharita\\_ray/](http://www.personal.psu.edu/sxr360/blogs/sucharita_ray/).

## ■ ノード移動を前提としたときの接続性保証/保障



保証: つなぐ → マルチホップ通信路の構築と維持



保障: つながっているかのようにする → DTN

“ITmedia Mobile,” [http://www.kddi.com/corporate/news\\_release/2005/0610/besshi1.html](http://www.kddi.com/corporate/news_release/2005/0610/besshi1.html).

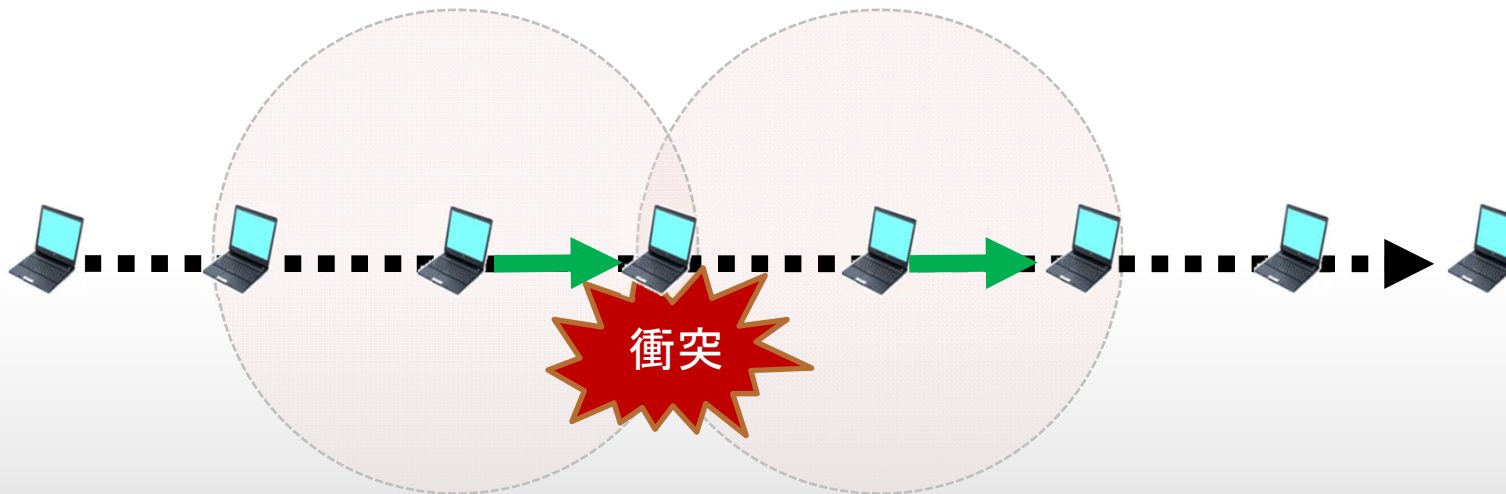
“INTERNET Watch,” [http://internet.watch.impress.co.jp/docs/news/20130222\\_589038.html](http://internet.watch.impress.co.jp/docs/news/20130222_589038.html).

“CoNe Computer Networks and Telematics,” <http://archive.cone.informatik.uni-freiburg.de/people/ruehrup/research-e.html>.

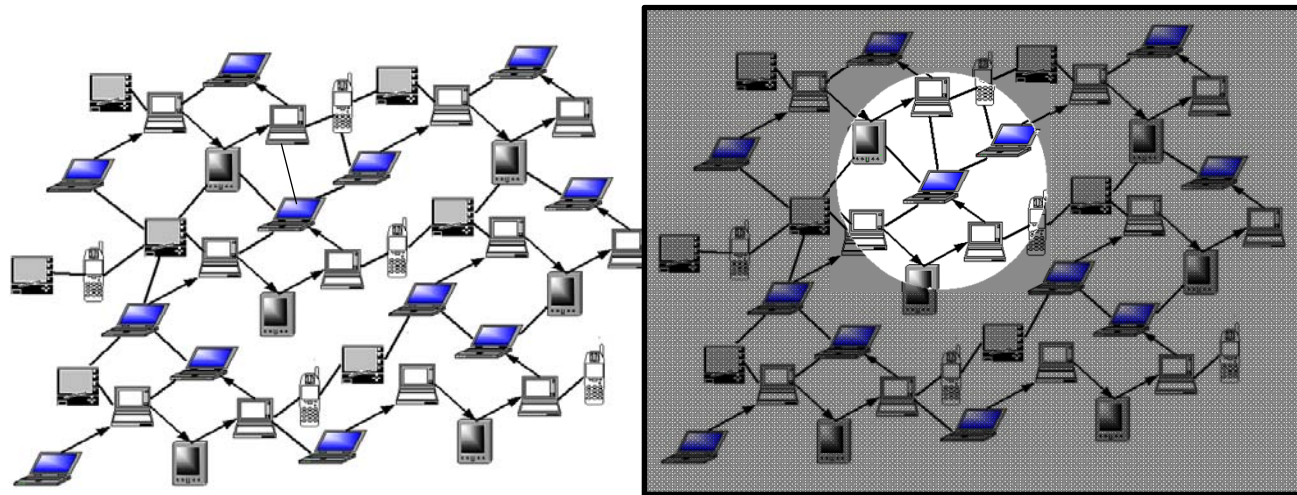
## 無線通信の晒し端末/隠れ端末問題



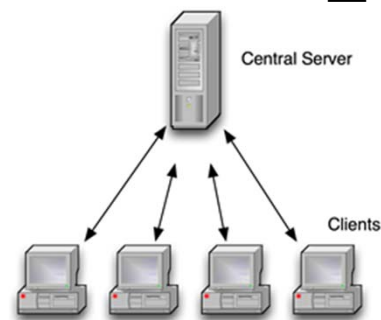
## 無線マルチホップネットワーク上の隠れ端末問題



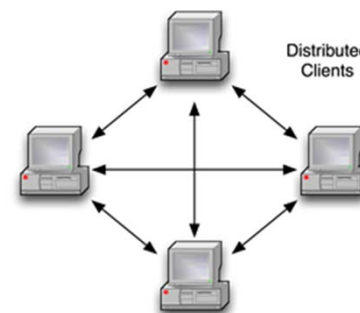




全域情報の欠如



Client / Server



Peer to Peer

クライアントサーバ vs P2P (対等分散)

point of failure / ボトルネックの回避

“情報通信ベンチャー企業センター,” [http://www.venture.nict.go.jp/contents/node\\_2695/node\\_2706/node\\_3642](http://www.venture.nict.go.jp/contents/node_2695/node_2706/node_3642).

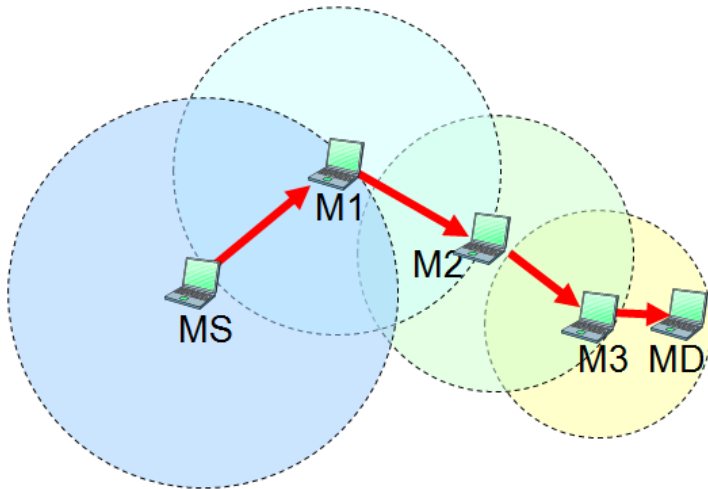
“GOGRID,” <http://blog.gogrid.com/2009/05/07/peer-to-peer-is-not-cloud-computing-but%E2%80%A6/>.

“大阪大学,” [http://www.anarg.jp/achievements/web2012/research\\_2net.html](http://www.anarg.jp/achievements/web2012/research_2net.html).

# 松垣研究室のアプローチ

## ・ルーティング

- 片方向無線リンクを含むアドホックルーティング LBSR
- 経路の脆弱性に対処するマルチルートルーティング MR-AODV
- 経路内衝突回避プロトコルRH2SWL
- 経路間衝突回避プロトコル
- 位置情報を用いたルーティングプロトコルFast-FACE
- 高信頼化FACEプロトコル
- 位置情報通知を行わないFACEプロトコル拡張NB-FACE
- 高移動耐性配送プロトコル
- 再送信代行による低遅延マルチホップ配送プロトコルMMDTP
- 複数チャネルマルチホップ通信
- TDMAに基づくマルチホップ通信
- 片方向通信路対による高性能マルチホップ通信



## ・位置情報管理

- 低オーバーヘッド位置広告手法ABLA
- 隣接関係を保存するノード位置推定手法
- 通信QoSと観測QoSに基づくセンサネットワークの動的構成

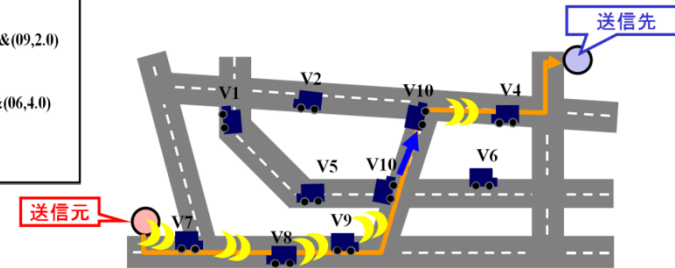
## ・間欠的通信(DTN)

- 隣接ノード群間での情報交換プロトコルWSCP
- 道路地図に基づく車輪ネットワークにおけるDTN通信
- 移動計画に基づくDTN通信



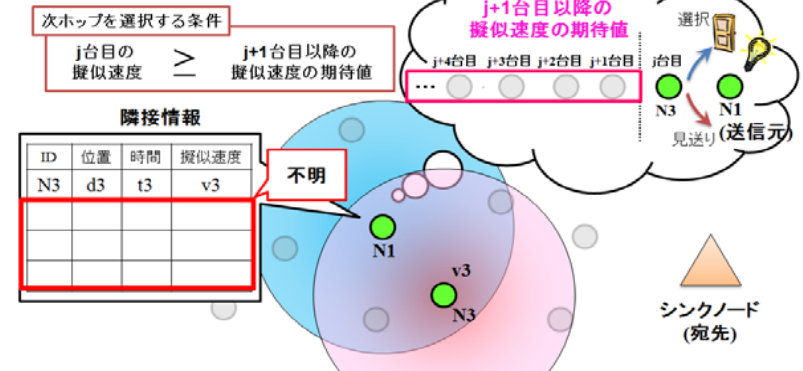
ルート情報

S(02,16.0)
↓
X1(02,20.0)&(07,6.0)
↓
X2(07,12.0)&(09,2.0)
↓
X3(09,8.0)&(06,4.0)
↓
D(06,2.0)



## ・資源配分

- FECとBECの組合せによる高信頼高性能通信
- 無線アドホックネットワークにおける流量保証通信
- バッファオーバーフローを回避するセンサデータ配送
- 優先度を与えられたセンサデータ配送手法
- 省電力センサデータ配送手法

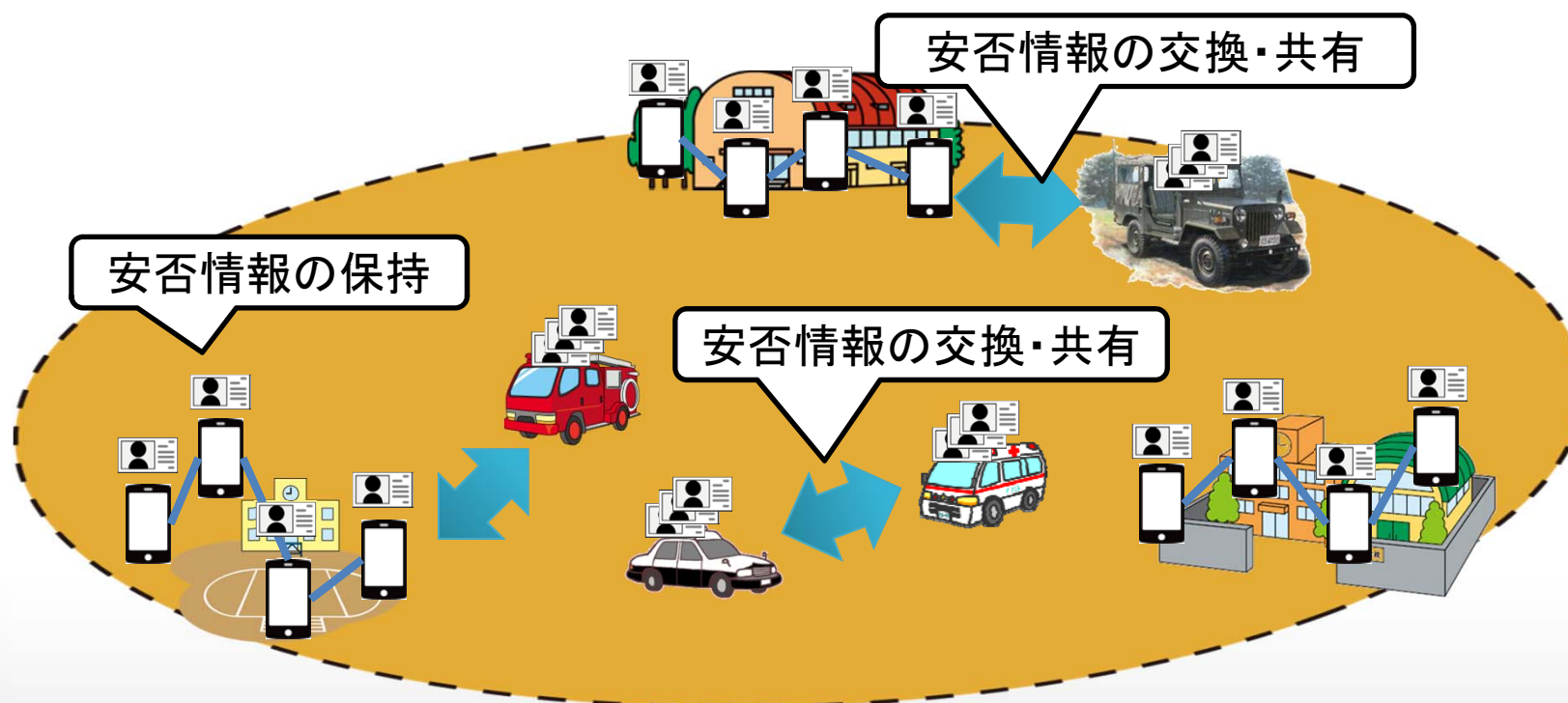


国際会議論文 86件 (2002~2012)



## ■ 安否情報交換システム

- 避難所では携帯端末群が安否情報を保持
- 車載端末間で構成されるDTNによって安否情報を配送



**初動期の被災地域内における安否情報の交換を実現**



## ■ 仮想交通信号機システム

### ー 路肩設置装置(物理信号機)の排除

東北



地震により破損した信号機

関東



計画停電で消えた信号表示



真夜中に使用しない信号機



赤信号で無意味に待つ運転手

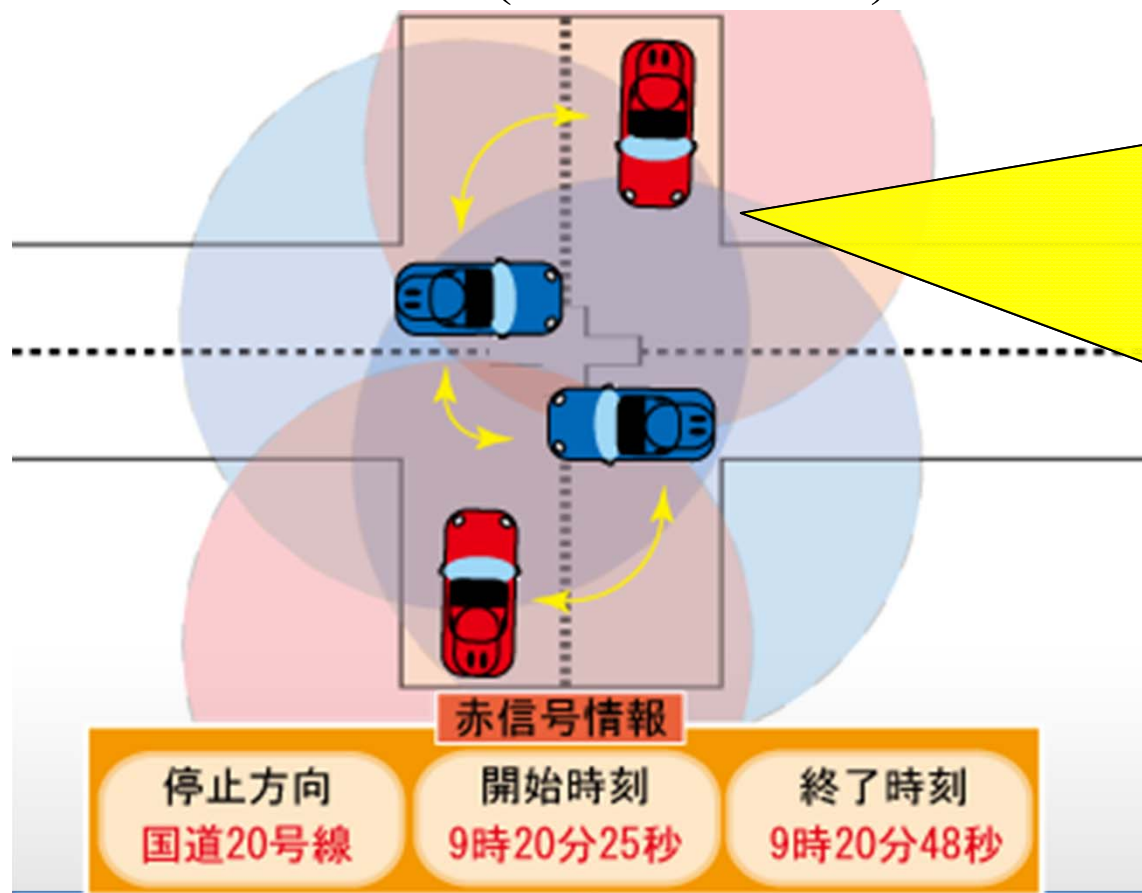
“JAPAN-EARTHQUAKE Vol.39 宮城で震度6強 400万世帯一時停電,” <http://photo.sankei.jp.msn.com/kodawari/data/Earthquake/201104/408teiden/>.

“相馬の被害状況(2011.3.31),” <http://blogs.yahoo.co.jp/pocoyuko2006/53418207.html>.

“東京パニック,” <http://www.suketto-service.com/nikki/nikki78.html>.

## ■ 仮想交通信号機システム

- 通信とソフトウェアによる交通制御
  - ・ ヒト機能(アイコンタクト)の拡張

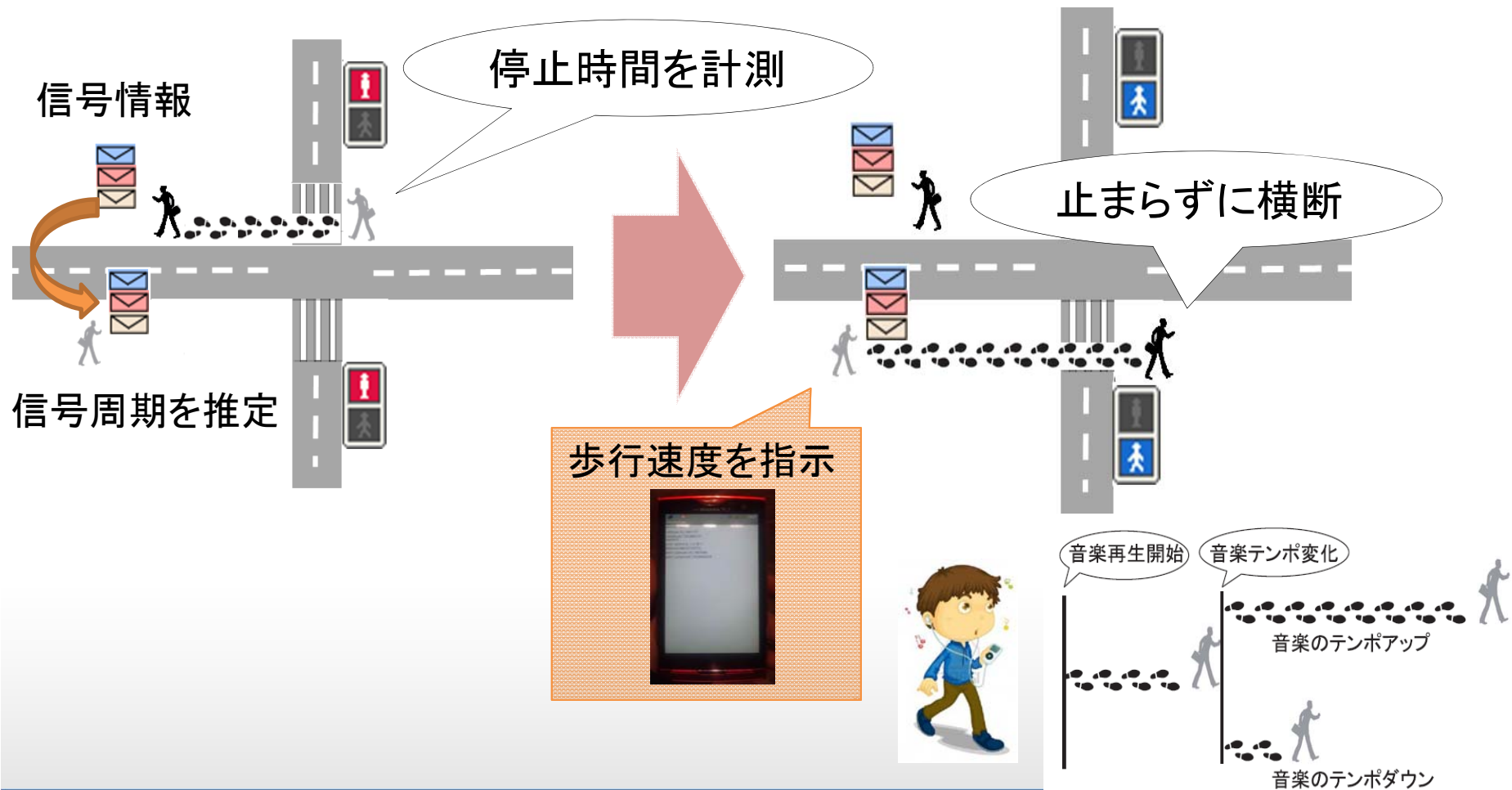


“カーナビゲーションシステム,” [http://www.mazda.co.jp/philosophy/tech/safety/precrash\\_safety/sbs.html](http://www.mazda.co.jp/philosophy/tech/safety/precrash_safety/sbs.html).

阿部, 桧垣, "車車間通信による仮想信号機を用いた衝突回避," 電子情報通信学会アドホックネットワーク研究会, 信学技報, Vol.112, No.405, pp.13-18 (2013).

## ■ 快適な歩行支援

### – 信号周期の推定とDTNによる広告





# 2013年度 第1回 CRCフォーラム

## 安全安心のための通信基盤 無線マルチホップネットワーク

東京電機大学 コンピュータネットワーク研究室

阿部恵介 岩井正敏 鶴巻利樹 中川雄太 中川岳士 塙祐樹 松浦央 今井雄介  
金持徹也 熊谷翔 齊藤元貴 相良悠貴 関秀隆 二宮健彰 沼田直弥 山田崇嗣