



# 実空間情報連動型ネットワークシステムの研究開発 (平成26年度～平成28年度)

2016/10/28

研究代表者：中村勝一 (iD)

研究分担者：永田晃 (iD) , 野林大起, 塚本和也, 池永全志 (九州工業大学)



# 発表内容

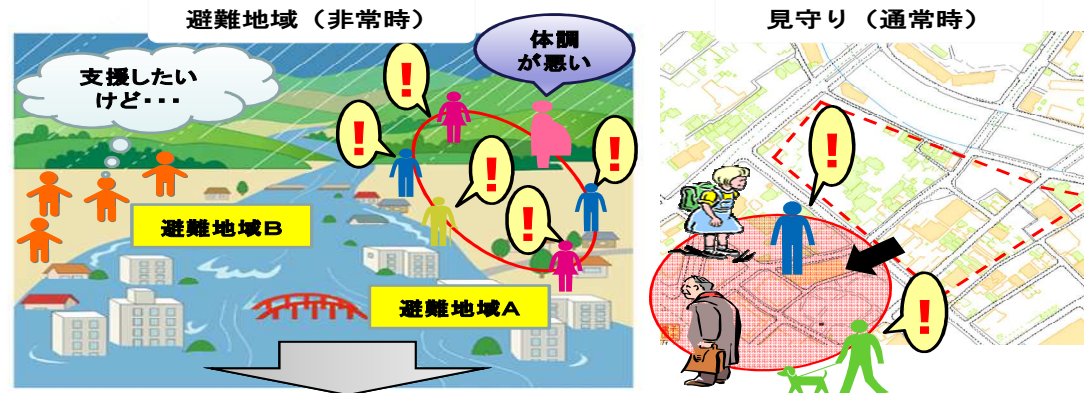
- 全体説明
- サブテーマ 1
  - 実空間情報連動型ネットワーク管理システムのプロトタイプ開発
- サブテーマ 2 (a)
  - 実空間情報連動型通信方式（実空間情報収集方式）の研究開発
- サブテーマ 2 (b)
  - 実空間情報連動型通信方式（適切なグループへの情報配信方式）の研究開発
- 実機実験
- まとめ

## インターネット & SNSの普及

スマートフォン  
世帯普及率  
62.6%  
全世界のSNSユーザ数  
18.2億人  
(情報通信白書  
平成26年度版)

「いつでもどこでも誰かとつながる」仮想空間が世界規模で展開

実空間：人々が実際に生活や活動する空間

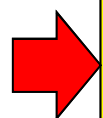


## 本研究の目的

- 実空間グループコミュニケーションの実現
- 特定の事象に関連性が強く、かつ、物理的に身近で活動する人々を動的に結びつけ
- 特に、そもそも適切な相手がわからない状態における多対多コミュニケーションの創出

## 本研究のアプローチ

- 実空間を考慮して コミュニケーションすべき相手を抽出する システムの考案
- アプリケーションとしての実現ではなく プラットフォーム(情報通信基盤) として実現



実空間を考慮した情報配信網の必要性  
→ 実空間情報連動型ネットワークシステム(r-Space)の提案



# 実空間コミュニケーションのための要件（続）

## □ 要件 1)

- ユーザの属人情報および物理的位置情報の把握・管理

## □ 要件 2)

- 要求に応じた実空間の設定および該当属性ユーザの抽出

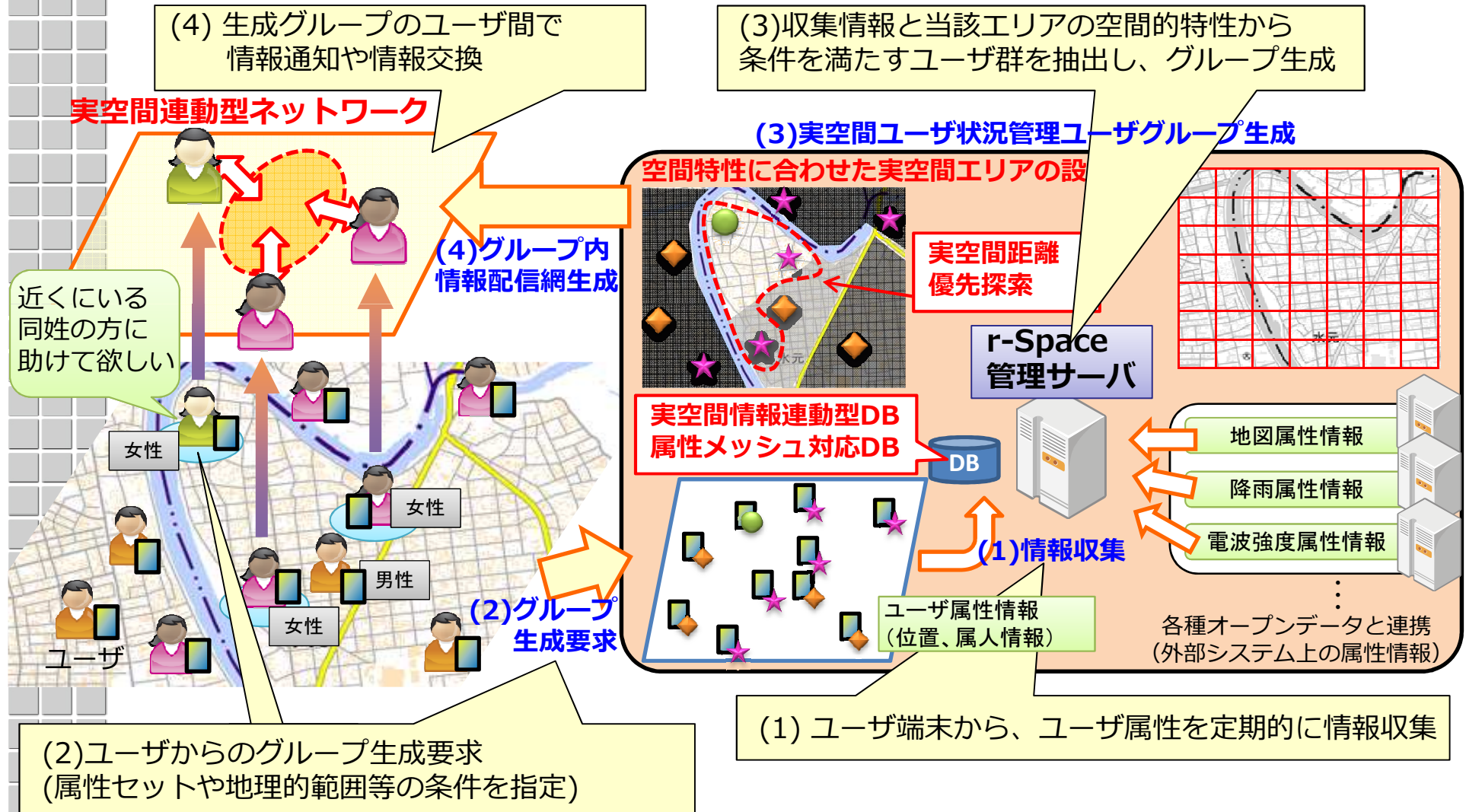
## □ 要件 3)

- 抽出ユーザ間の相互通信手段の提供



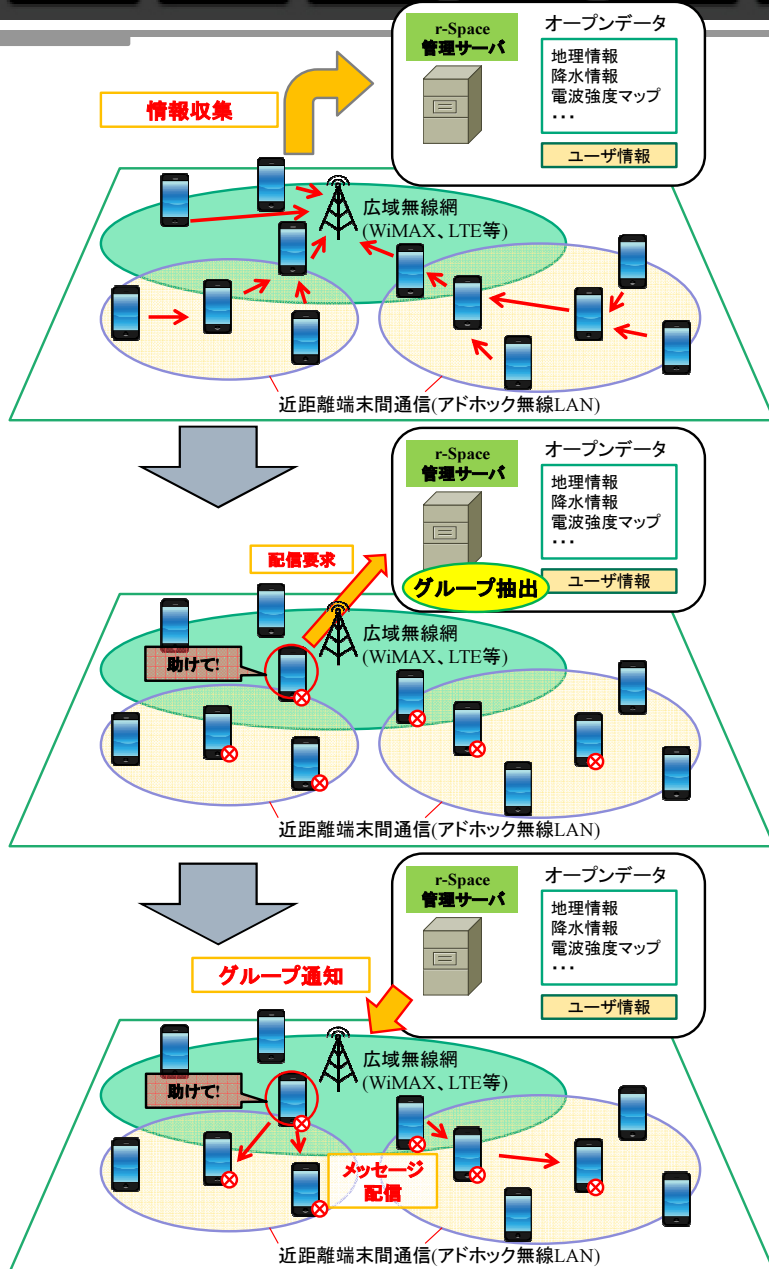
# 実空間情報連動型ネットワークシステム(r-Space)の概要

管理サーバとユーザ端末との連携により、**実空間属性に連動するユーザグループ**に対する情報配信・情報交換サービスを提供





# 3つの研究開発課題サブテーマ



(サブテーマ2)  
実空間情報連動型通信方式  
の研究開発  
(a)実空間情報収集方式

➡ 主担当：九州工業大学

(サブテーマ1)  
実空間情報連動型ネット  
ワーク管理システムのプロ  
トタイプ開発

➡ 主担当：株式会社 i D

(サブテーマ2)  
実空間情報連動型通信方式  
の研究開発  
(b)適切なグループへの情報  
配信方式

➡ 主担当：九州工業大学



## サブテーマ1)

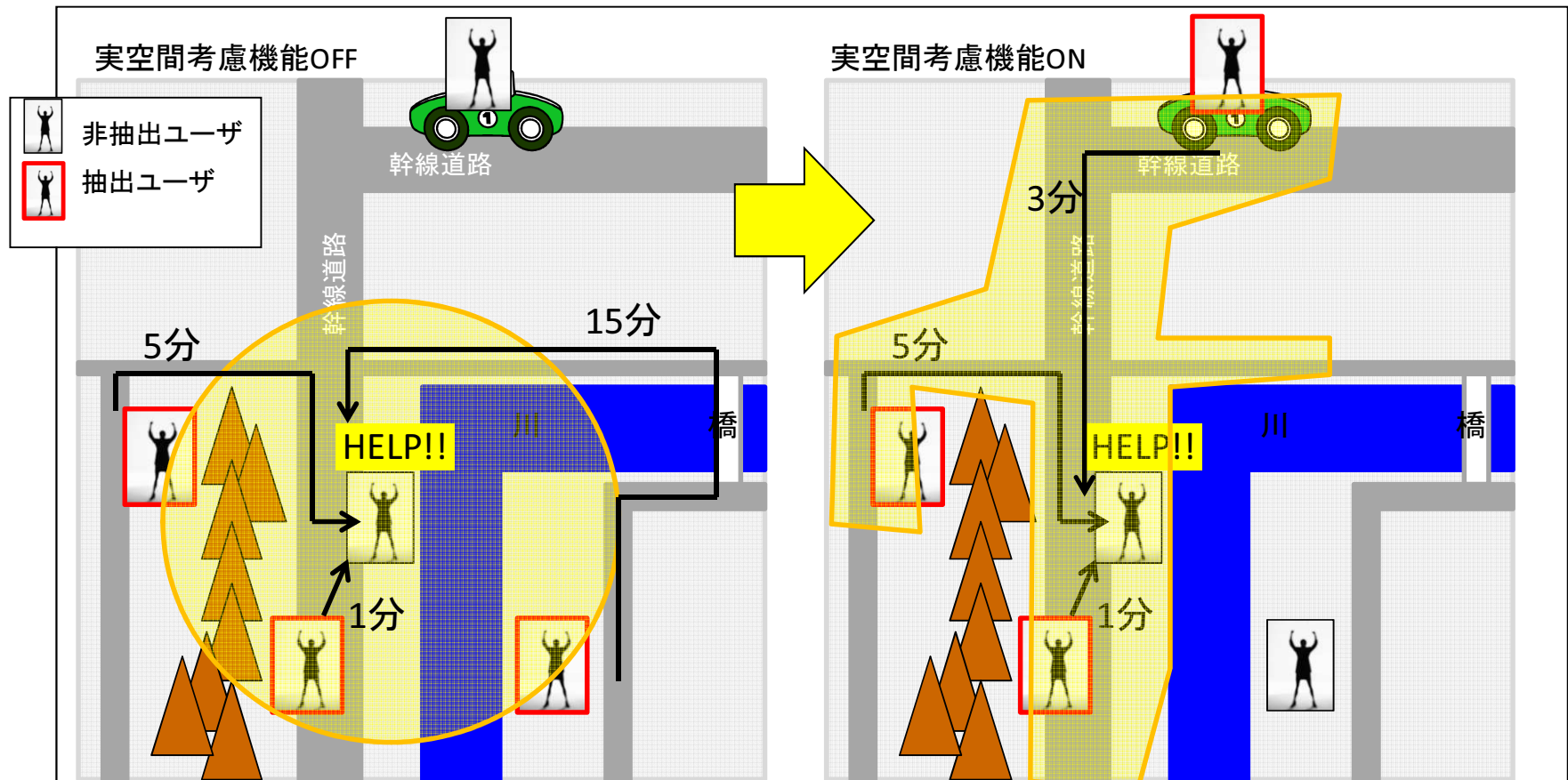
# 実空間情報連動型ネットワーク管理システムの プロトタイプ開発



# 実空間エリアと連動するユーザグループ (やりたいこと)

従来：  
位置情報の活用は可能であっても  
直線距離的な「近隣ユーザ」への配信

本システム：  
位置情報 + 地理的特性を考慮した  
「近隣ユーザ」への情報配信





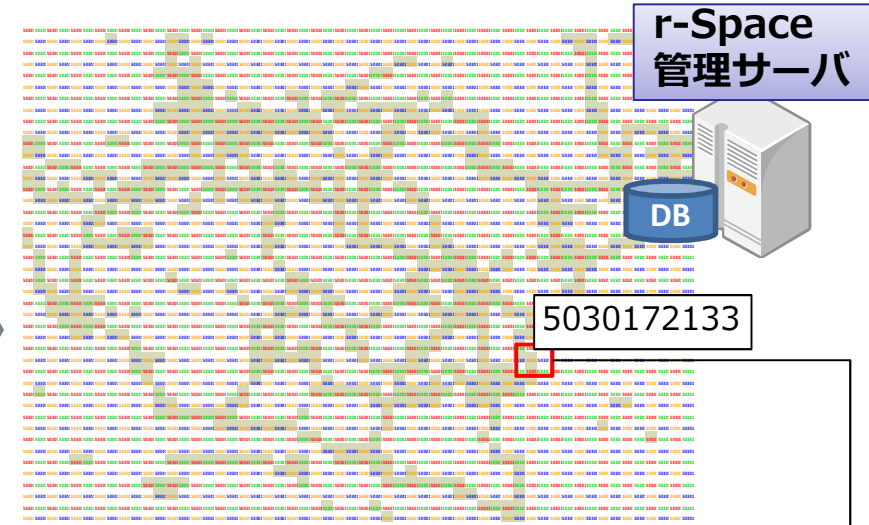




# 実空間管理方針（メッシュ管理）

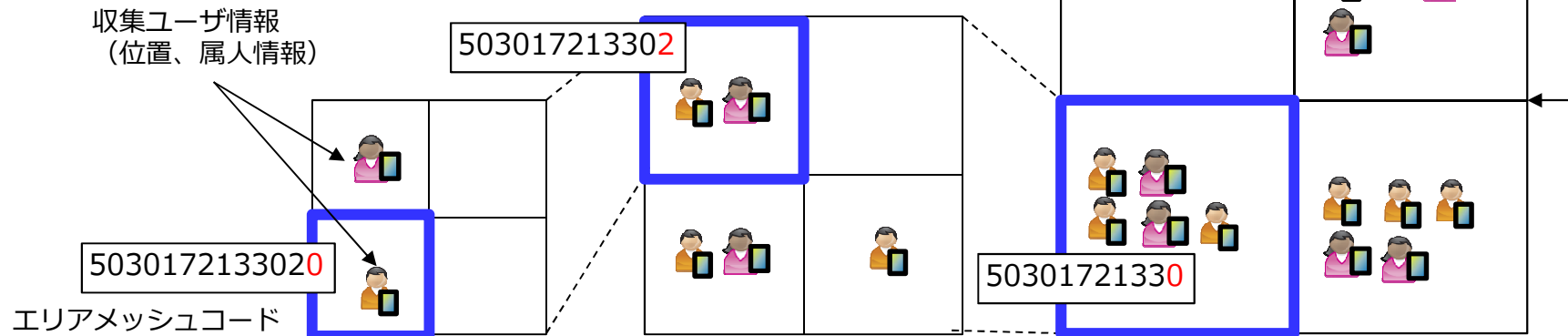


外部オープンデータ（地図データ）



メッシュ形状に分割・コスト変換したマップ

実空間情報（地図）をメッシュ形状で管理し  
メッシュごとに収集情報（ユーザ情報）を対応付け、  
グループ検索をメッシュコストベースで行う



エリアメッシュコード



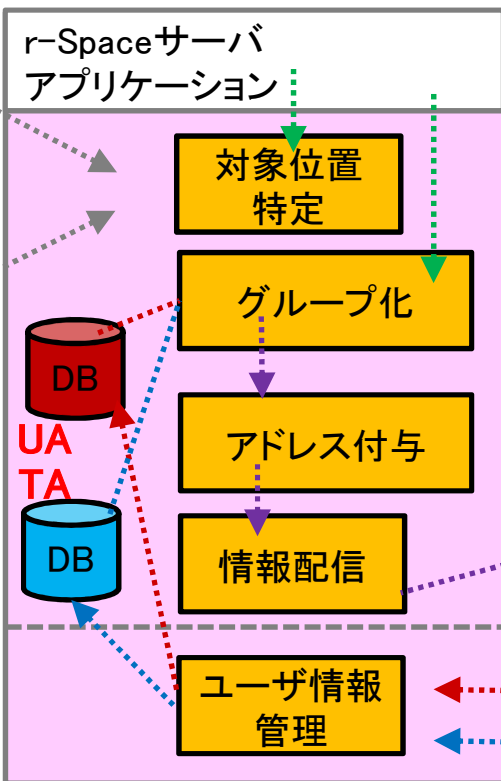
# r-Spaceシステム概要

地理情報システム

(1)外部システムから情報取得



道路交通システム



対象となるTAとUAの指定

(4)ユーザ抽出

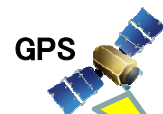
(5)グループ内情報配信網生成

(2)ユーザ端末から情報収集(定期的)

UA(低頻度)  
TA(高頻度)



(6)情報配信



r-Spaceサーバ

ユーザ端末

r-Spaceプラットフォーム



広域無線網



Wi-Fi



TA(端末属性情報) → 位置情報・ネットワーク情報など

UA(属人属性情報) → 職業・嗜好・活動傾向など

- 福岡県添田町の町役場周辺 (2.5km x 2km) にユーザ30人をランダム配置
- 地理情報 (取得先 = OpenStreetMap API)
- ユーザの位置情報 (緯度経度座標 = ランダム配置)
- ユーザの移動手段 (徒歩 : 自転車 : 自動車 = 7:2:1の比率でランダム割当)
- ユーザ1人が支援要請グループ生成、駆け付け所要時間を条件 (300, 600, 1200秒以内)

位置情報に基づく直線距離だけでグループ生成

個々の属性情報を詳細に把握・考慮したグループ生成

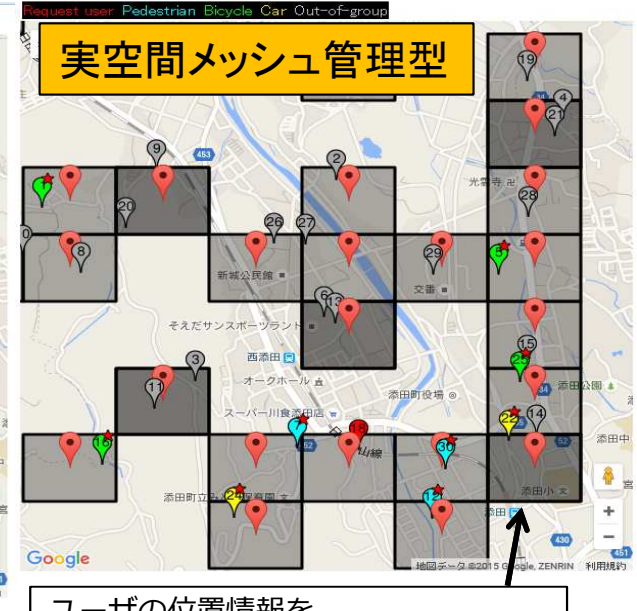
管理の簡単化のためにメッシュ単位で位置情報を集約する形態でグループ生成



要求発信者から直線距離で600秒の範囲



● 要求元ユーザ    ● グループ外  
● グループメンバ(属性=徒歩)  
● グループメンバ(属性=自転車)  
● グループメンバ(属性=車)



ユーザの位置情報をメッシュ (312.5m四方) で集約管理 (≒位置情報をメッシュで丸め)

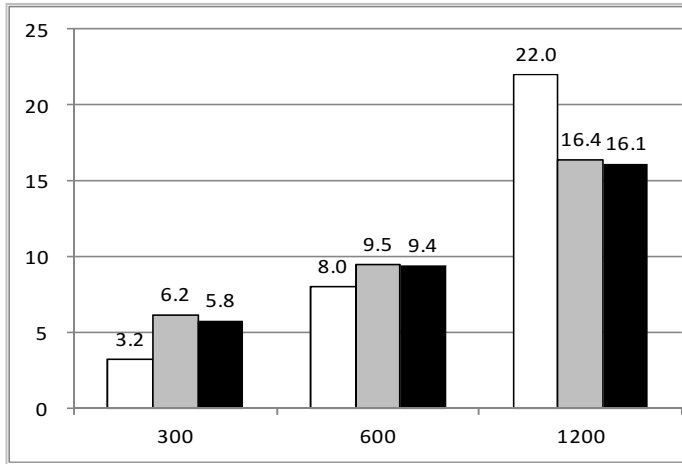
メッシュの中央座標



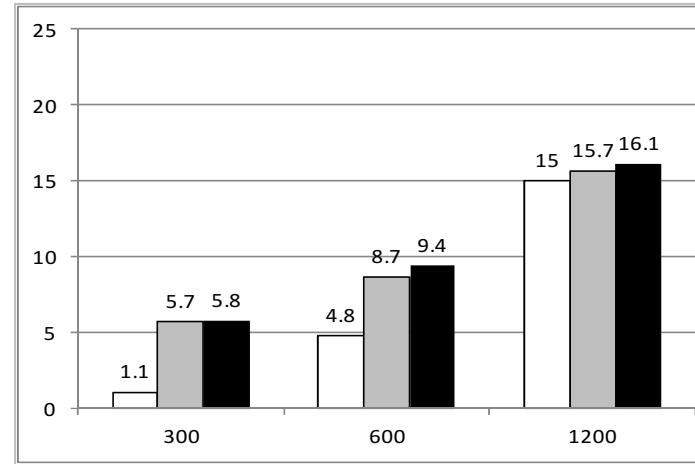
# 基礎実験 (2)

直線距離型: ▲誤抽出が多く含まれ、条件満足ユーザ数が少ない  
 詳細管理型: ○条件満足ユーザ数が最大で5倍(対:直線距離型)  
 メッシュ管理型: ○位置情報の集約管理でも詳細管理型とほぼ同等の性能を達成

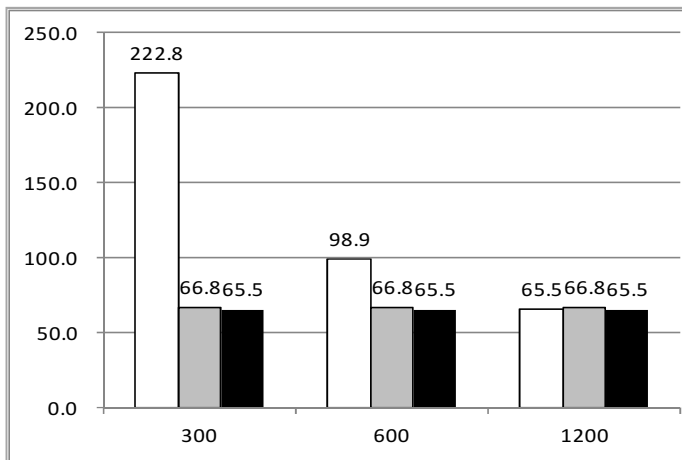
グループユーザ数 (人)



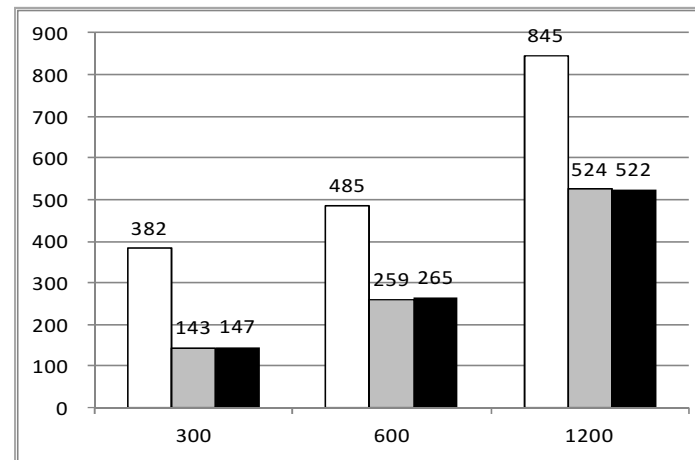
条件満足ユーザ数 (人)



最小駆付け時間 (秒)



平均駆付け時間 (秒)



横軸: グループ化条件 (駆付け所要時間上限 (秒))





## サブテーマ2)

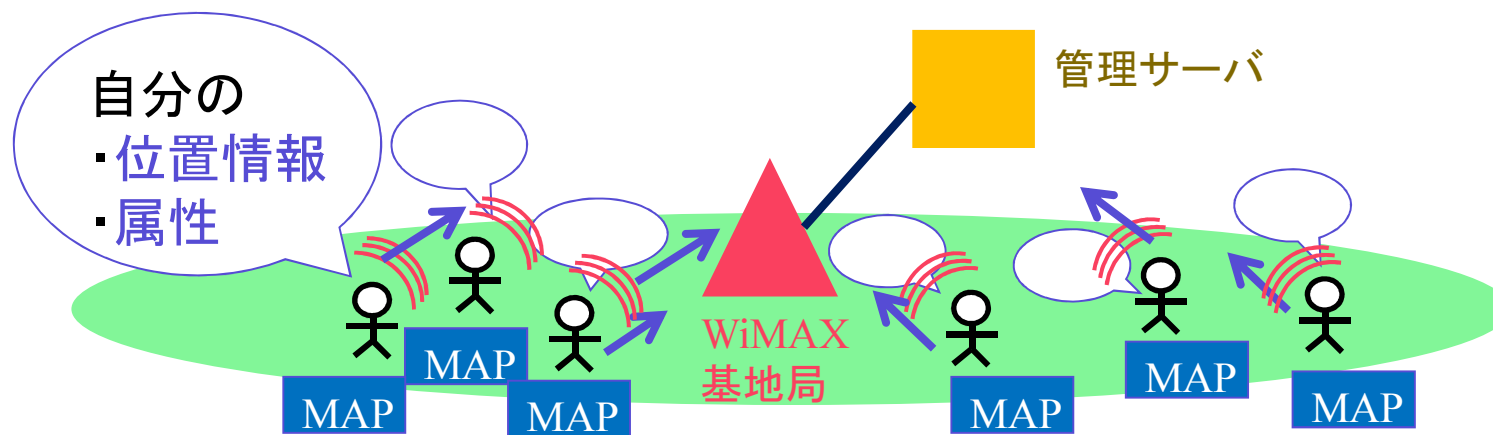
# 実空間情報連動型通信方式の研究開発

## (a) 実空間情報収集方式



# ユーザからの情報収集

- ◆ 本研究では、実空間情報連動型システムのような、グループコミュニケーション実現のための基盤となる「ユーザからの情報収集」部分に着目
  - 全ユーザの、同じ条件下(同時刻)の情報が、定期的に必要
- ◆ アプリケーションを利用するユーザの情報を収集
  - 広域無線通信網を利用
    - 本研究では、WiMAXを想定する





# 情報収集時の課題

## ◎ ユーザ情報をできるだけ短い間隔で収集，更新したい！

- しかし，ユーザ数増加時
  - 送信遅延
  - メッセージロスが増加してしまう
- リアルタイム性を損なうため，致命的



### 提案 1

(静止ノード対象)

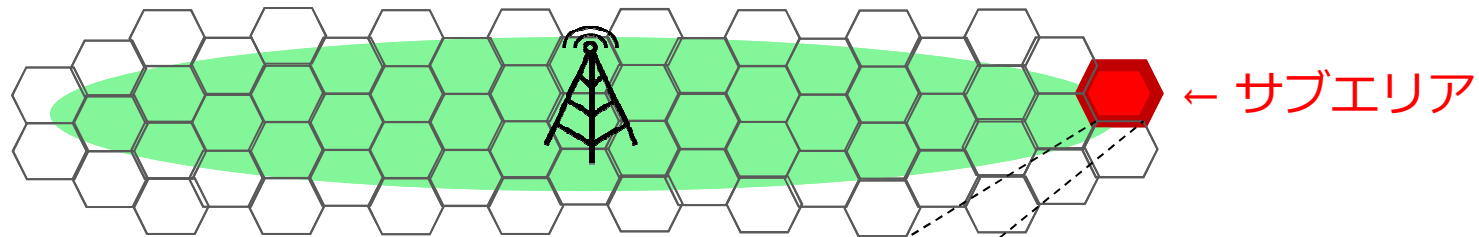
管理サーバへの**通知メッセージ数の削減**  
(=送信遅延やメッセージロスの削減)を  
目指す情報収集手法を提案<sup>[\*]</sup>

[\*] 藤ひとみ，塚本和也，尾家祐二，石西洋，中村勝一，"実空間グループコミュニケーション実現のための効率的な情報収集手法の提案，" 電子情報通信学会技術研究報告，vol. 114，no. 477，pp.227-232，2015年3月.

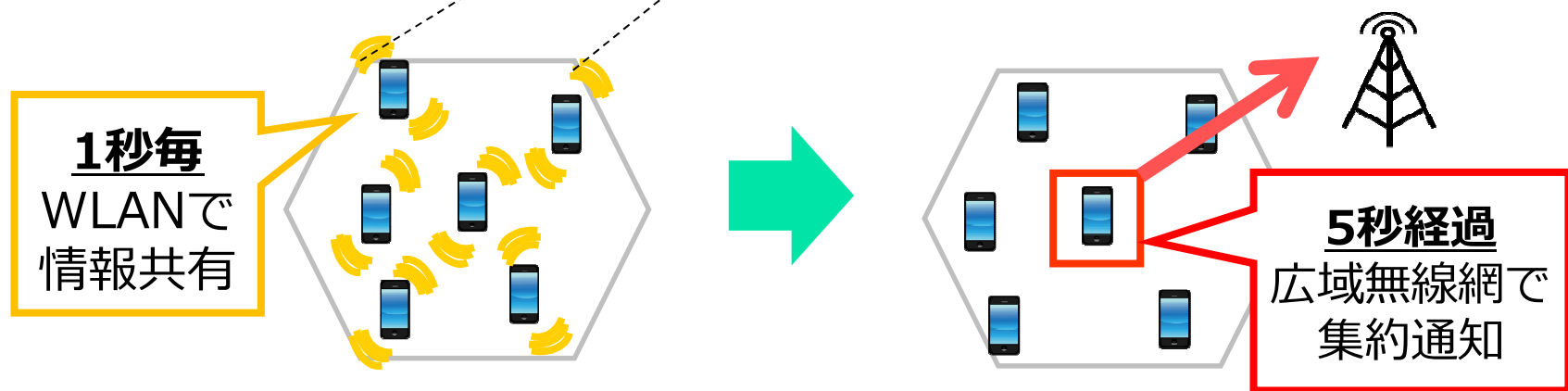


# 提案 1) 情報収集手法

1. 広域無線網の空間エリアを【サブエリア】で仮想的に分割



2. サブエリア内で，無線LANを用いて1秒毎に情報共有する
3. 5秒間で収集した情報を基に，自律的に【代表ノード】を決定  
+ 代表ノードは他ノードの情報を集約し，管理サーバへ集約通知



[3] 藤ひとみ, 塚本和也, 尾家祐二, 石西洋, 中村勝一, “実空間グループコミュニケーション実現のための効率的な情報収集手法の提案,” 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 114, no. 477, pp.227-232, 2015年3月.



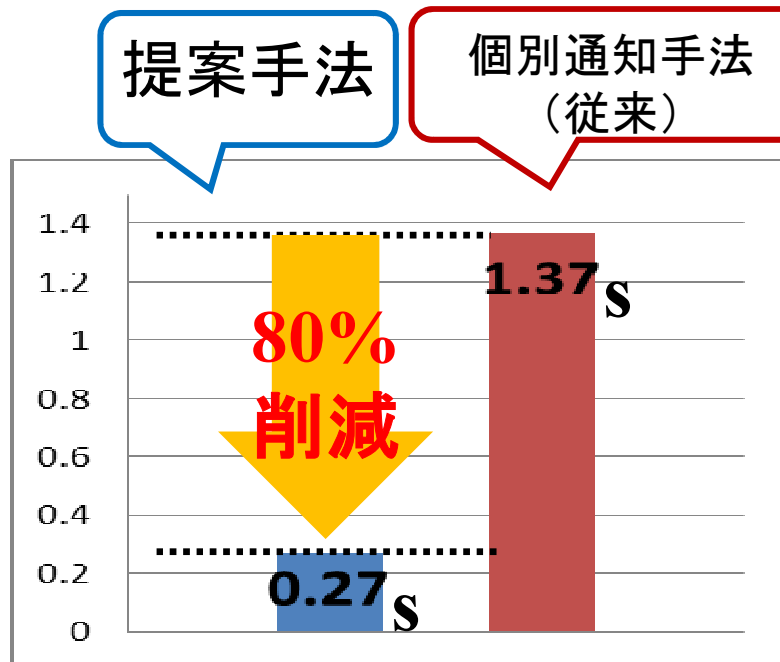
# 提案1)シミュレーション評価

## ◆ シミュレーション環境

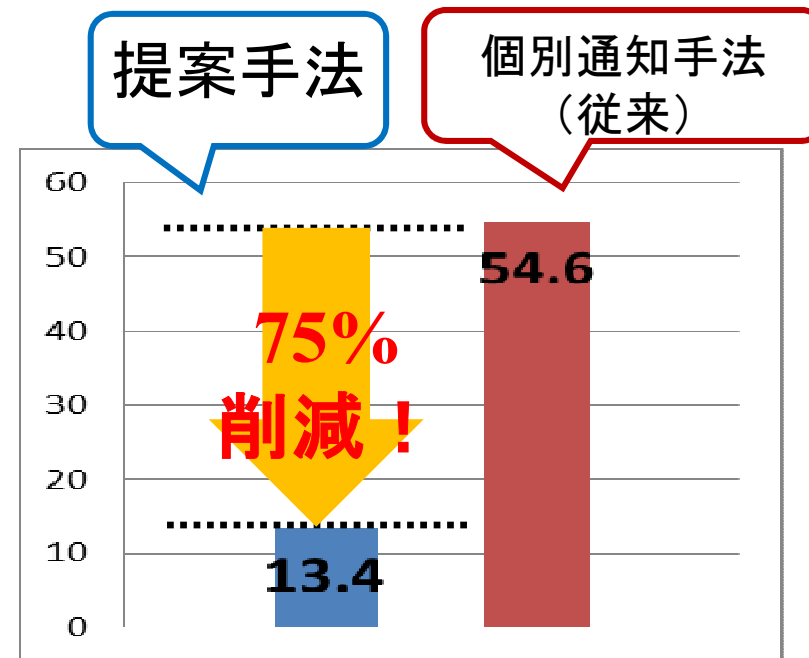
- WiMAXのエリアは基地局から半径約1.2km以内
- ノード配置は、現実的な環境を想定
  - 基地局周辺:ノード密度 高 (約15人 / サブエリア)
  - 基地局から離れた所:密度 低 (約4人 / サブエリア)

表:シミュレーションパラメータ

サブエリア数	80
全ノード数	400
ノード配置	ランダム
無線LANによる ブロードキャスト	1秒毎



平均送信遅延時間



ロスしたメッセージ数





# ノードの移動性への対応

## ◆ r-Spaceシステムの前提

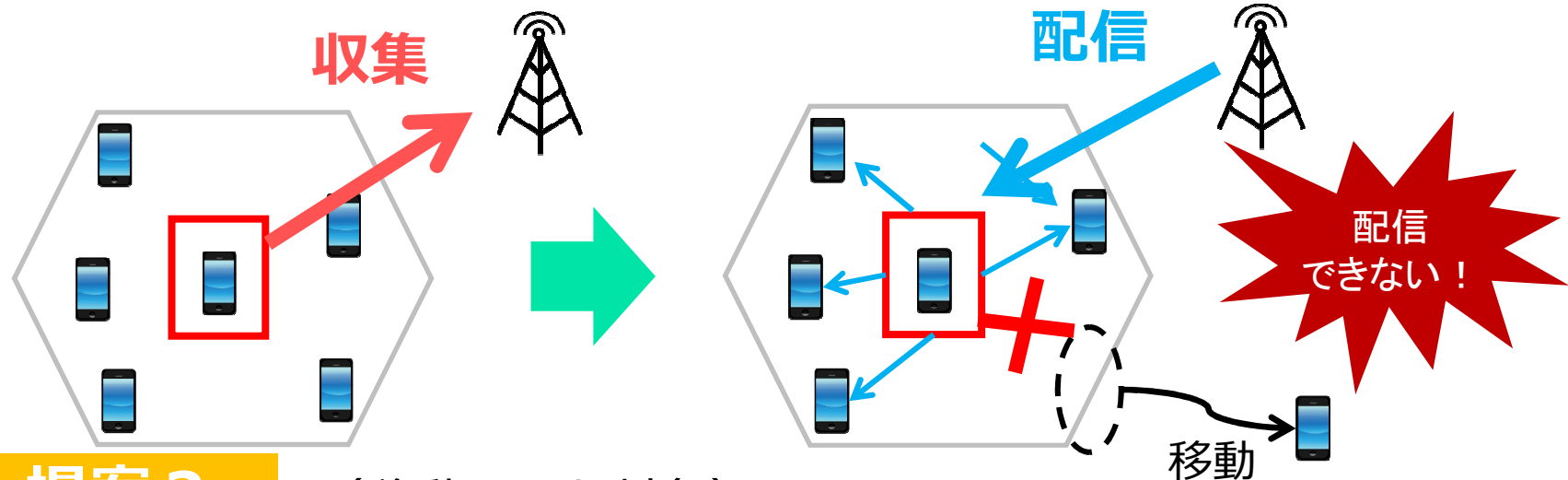
- 収集時の収集単位（代表ノードとの関係）を利用した情報配信

## ● 収集（5秒間隔）と配信のタイミングのズレ

※5秒間の移動距離

- ✓ 歩行者（4km/hの場合）：約6m
- ✓ 自転車（12km/hの場合）：約17m
- ✓ 車（60km/hの場合）：約84m

- 移動により、配信時に代表ノード配下から離脱→ 情報配信失敗



提案2

(移動ノード対象)

配信を考慮した収集 + 送信メッセージ数削減



## 提案 2)

# 移動を考慮した収集 + 配信性能の向上

### ◎ 配信を考慮した収集 + 送信メッセージ数を削減!

#### ◆ 収集時【2階層型情報収集手法】

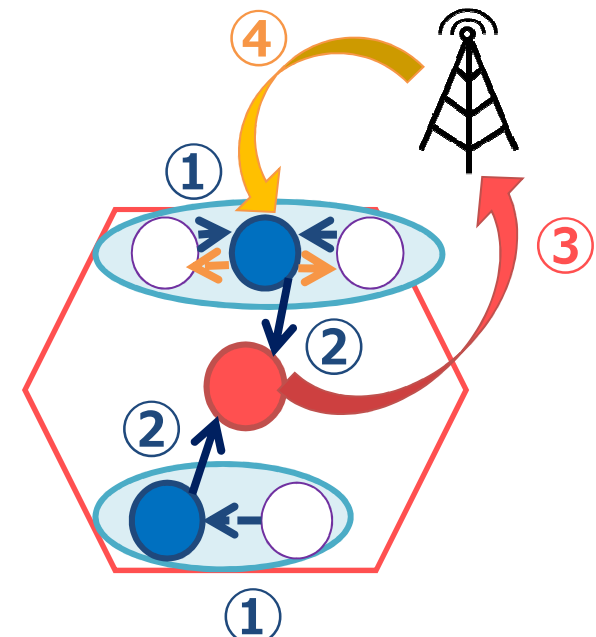
##### STEP 1 : 移動グループ単位で集約

- ① 同一サブエリア内で、移動傾向が類似するノード群で移動グループを形成 + 移動グループリーダノードがグループ内の他ノードの情報を集約

##### STEP 2 : サブエリア単位でさらに集約

- ② サブエリアリーダノードが複数の移動グループ情報を集約
- ③ サブエリアリーダノードが管理サーバへ集約通知

- サブエリアリーダノード
- 移動グループリーダノード



#### ◆ 配信時【移動グループベース情報配信手法】

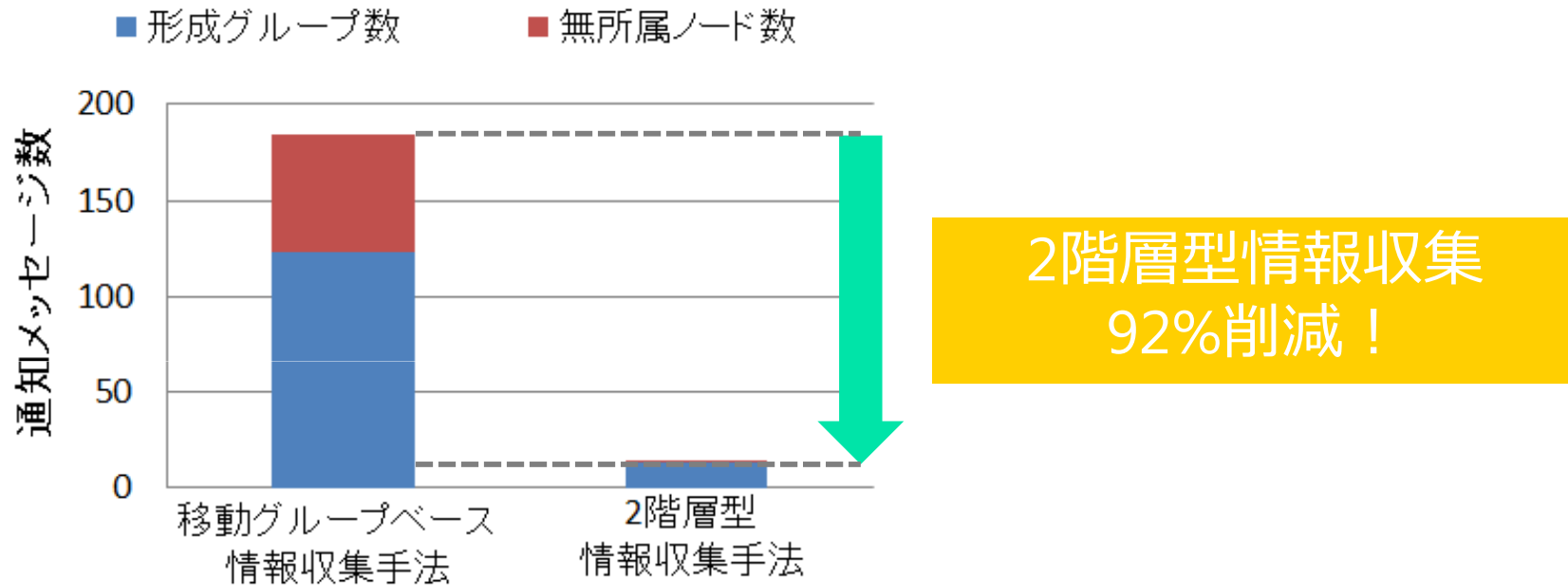
- ④ 移動グループ単位 (移動グループリーダノード経由) で配信

\* 藤ひとみ, 塚本和也, 尾家祐二, 永田晃, 中村勝一, “移動ノードによる実空間グループコミュニケーション実現のための2階層型情報収集手法,” 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会, 2016年3月



## 提案2) シミュレーション評価 収集時の効果

### ◆ 管理サーバへの通知メッセージ数



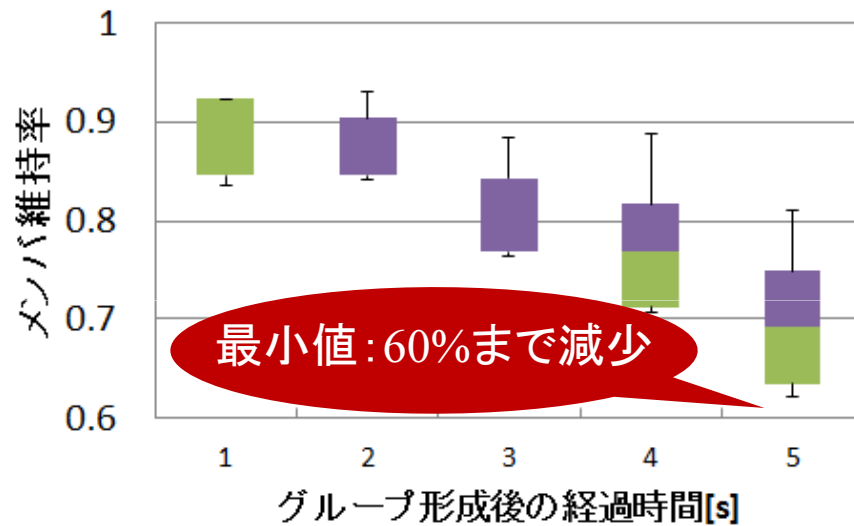
- (左) **移動グループベース情報収集手法**  
移動グループメンバーを厳選しているため、形成グループ数が多くなる。  
また、無所属ノードも多くなるため、メッセージ数が増大する。
- (右) **2階層型情報収集手法**  
サブエリア単位で集約するため、メッセージ数がエリア内のサブエリア数とほぼ一致する。



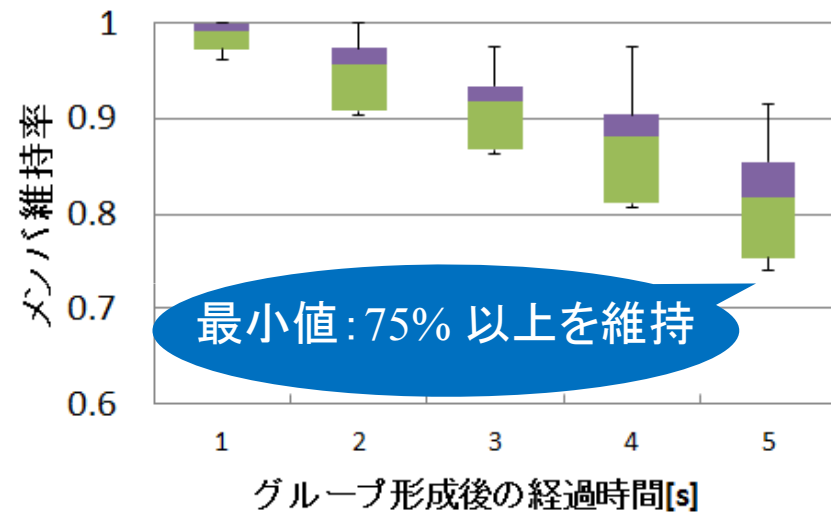
## 提案2) シミュレーション評価 配信へのプラス効果

### ◆ メンバ維持率 (シミュレーション試行10回の分散)

(左) サブエリアベース配信手法



(右) 移動グループベース配信手法



- (左) サブエリアベース情報配信手法

移動傾向を考慮しないため、メンバ内に様々な移動傾向のノードが存在  
→ 維持率の分散が大きい

- (右) 移動グループベース情報配信手法

ノードの移動傾向を考慮して移動グループを形成するため  
→ 安定した維持率



intelligent design

## サブテーマ2)

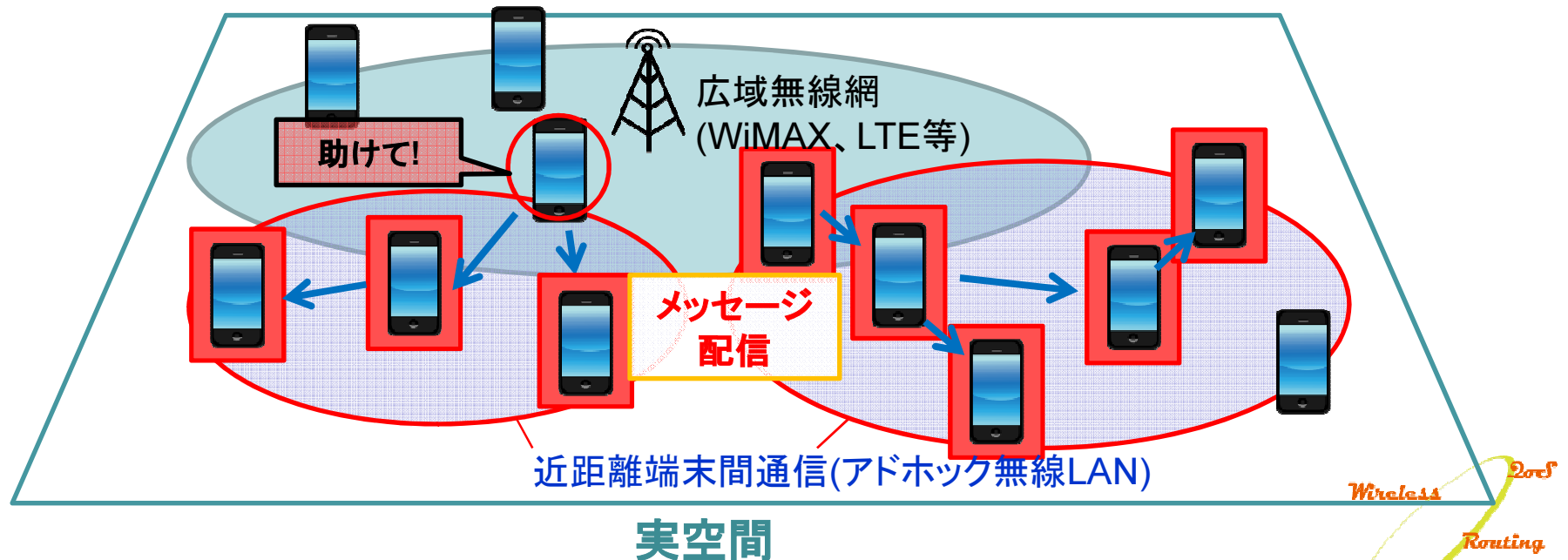
### 実空間情報連動型通信方式の研究開発

#### (b) 適切なグループへの情報配信方式



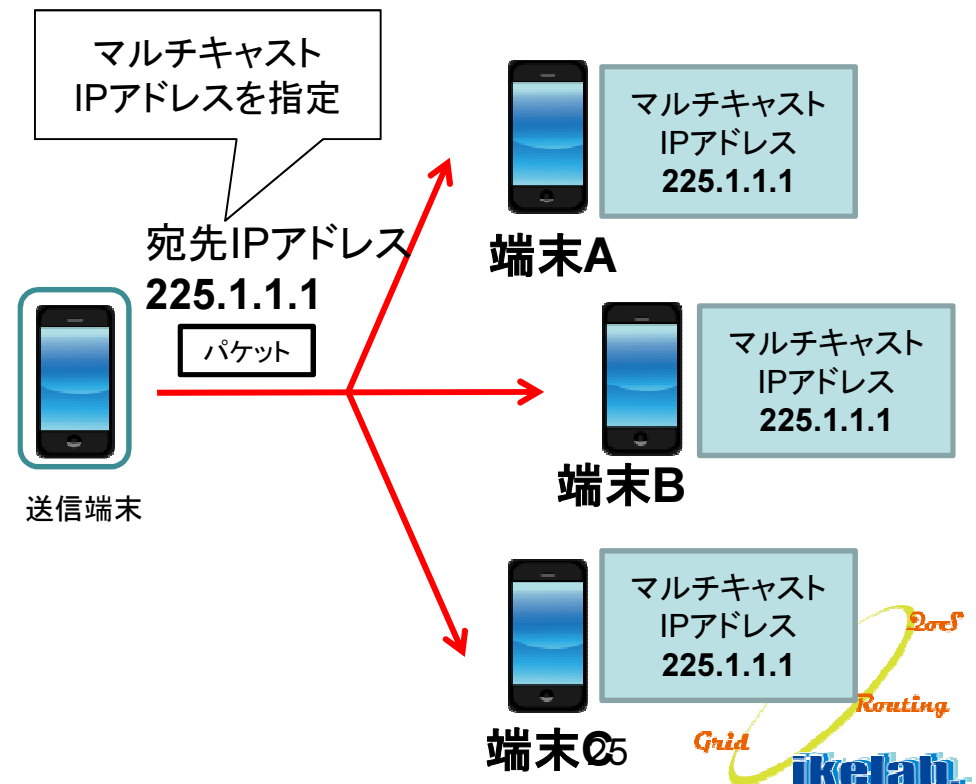
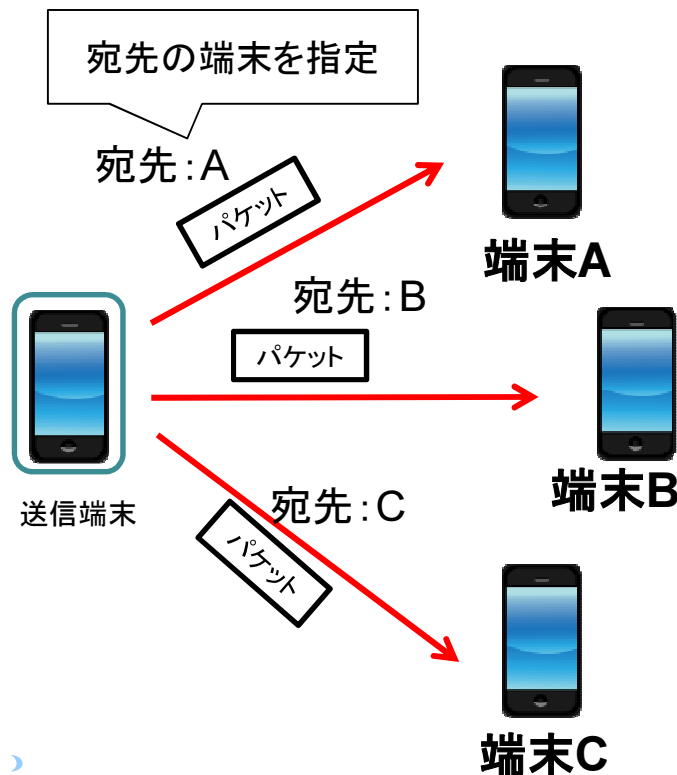
# 送信手法の要件

- グループ内の複数のユーザに同時に配信
- 無線LANを用いた従来の送信方法
  - ユニキャスト送信
  - マルチキャスト送信



# メッセージの送信方法

- ユニキャスト送信
  - 1回の送信で1つの端末にパケットを送信
  - 再送処理により配信率が高い
  - 複数の端末に送信する場合、送信パケット数、配信遅延が増大
- マルチキャスト送信
  - 1回の送信で複数の端末にパケットを送信
  - 送信パケット数、配信遅延の面では効率的
  - 再送の仕組みがないため、送信の成功率が低い



# 提案手法概要

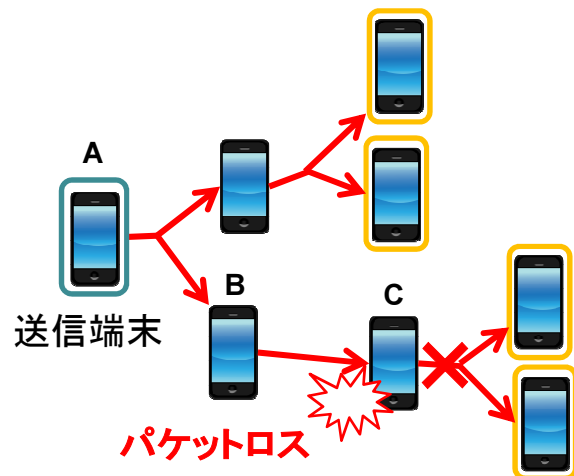
- 配信率、遅延を考慮した配信方式の検討
  1. ユニキャスト送信とマルチキャスト送信の切り替え
    - 隣接ノードの数により送信方法を決定
  2. マルチキャスト送信時に、FECによる信頼性向上
    - 演算には XOR を利用
    - 隣接端末の数と通信性能により、最適な冗長度を決定



# 送信方法切り替え手法 1/2

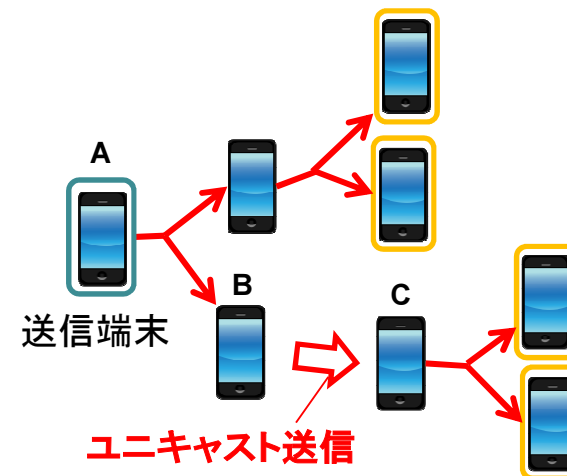
- 隣接端末の数により、通信方法を切り替える
  - 1台の場合：ユニキャスト送信
  - 複数台の場合：マルチキャスト送信

従来の送信方法



転送できる保証がなく、経路の先の端末への配信率に影響

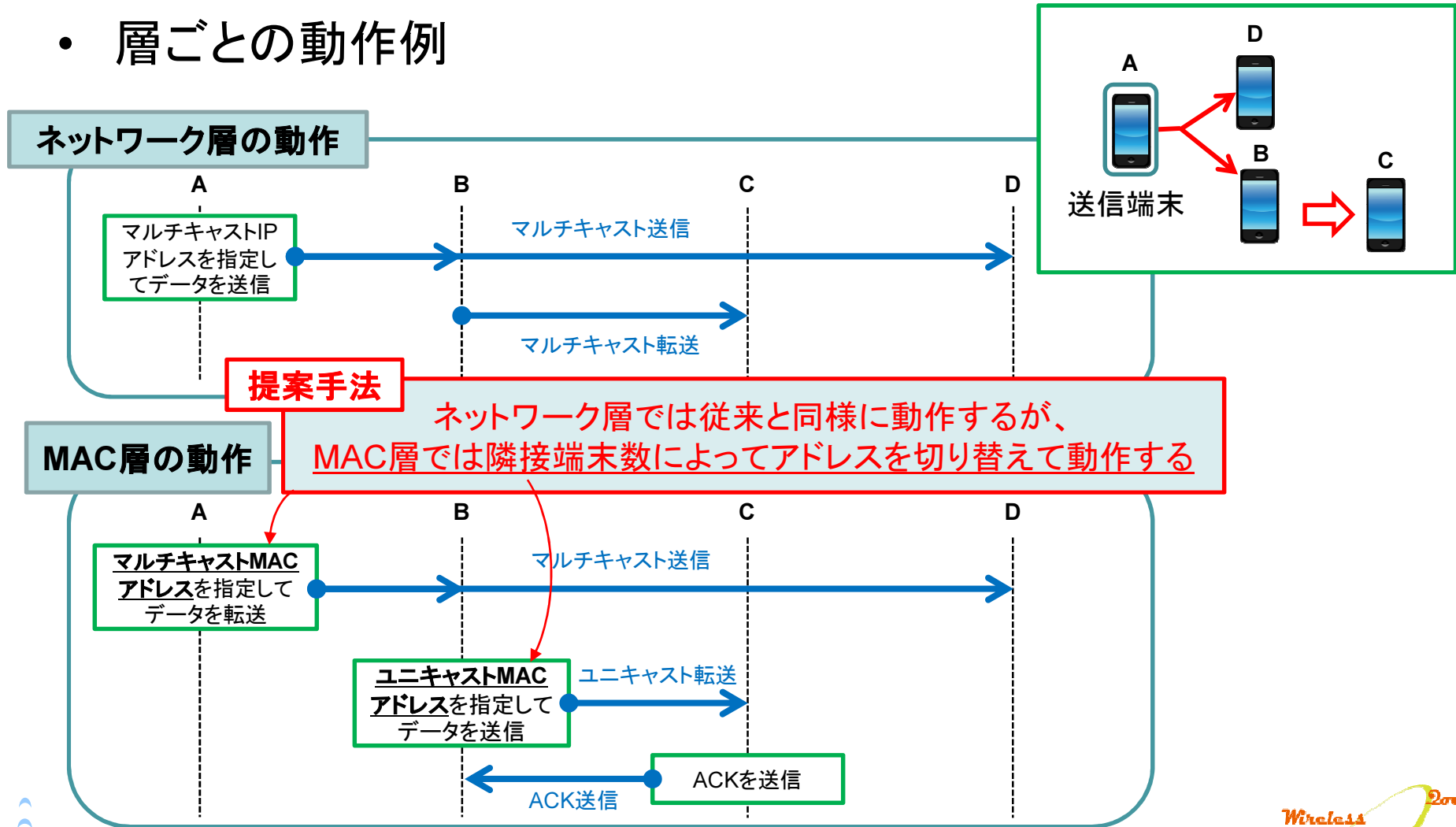
提案手法



遅延を増大させずに  
全体の配信率を向上

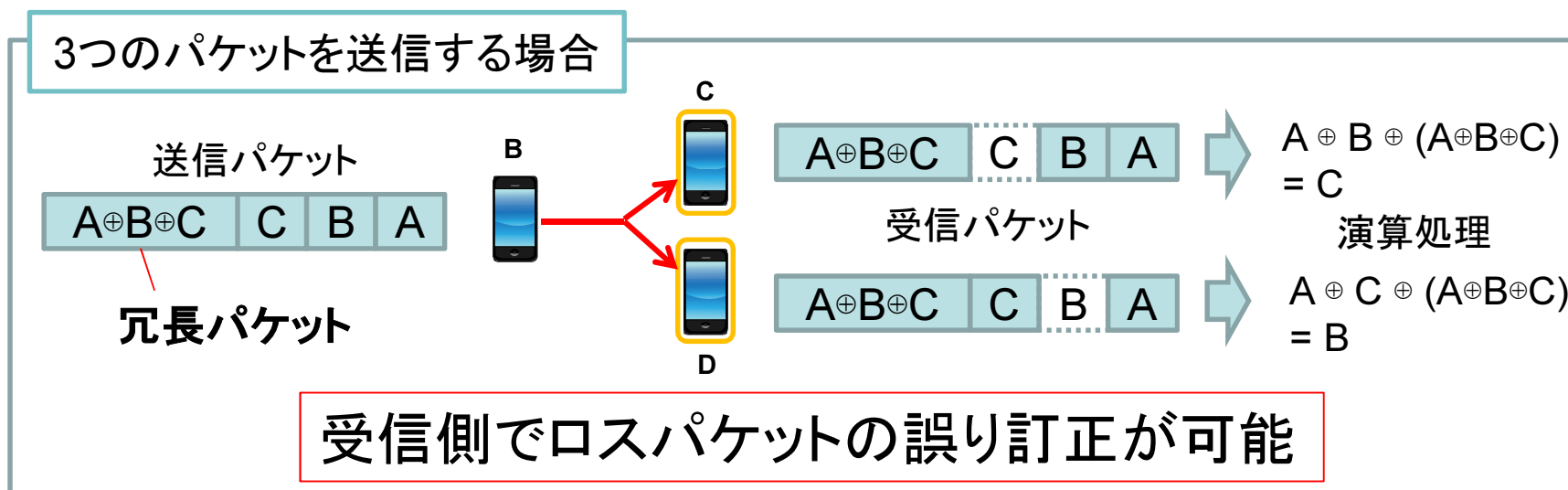
# 送信方法切り替え手法 2/2

- 層ごとの動作例



# FECによる配信率の向上 1/3

- マルチキャスト伝送に FEC(Forward Error Correction)を利用
  - 冗長パケット演算にはXOR演算を用いる
    - 演算処理が単純で、端末への負荷や遅延が少ない



# FECによる配信率の向上 2/3

- 冗長度によって、性能が変化
  - 送信パケット  $r$  個に対して、1つの冗長パケットを付与

冗長度[大]  
→ 配信率[高]  
→ 遅延[大]

冗長度 $1/r$	冗長パケット
1/2	A B A $\oplus$ B C D C $\oplus$ D E F E $\oplus$ F ...
1/3	A B C A $\oplus$ B $\oplus$ C D E F D $\oplus$ E $\oplus$ F ...
1/4	A B C D A $\oplus$ B $\oplus$ C $\oplus$ D E F ...
...	...

本研究における冗長度とパケット構成



# FECによる配信率の向上 3/3

- 冗長度  $1/r$  の決定方法
  - 隣接端末との通信性能(Frame Error Rate, FER)を電波強度より推定
  - 目標配信率  $p$  を設定
  - 以下の式を満たす  $r$  の最大値を決定

$$\left( (1 - FER_{max})^{r+1} + (1 - FER_{max})^r \times FER_{max} \times r \right)^n \geq p$$

(全端末に配信が成功する確率)

$FER_{max}$ : 隣接端末のFERの最大値,  $n$ : 隣接端末の数

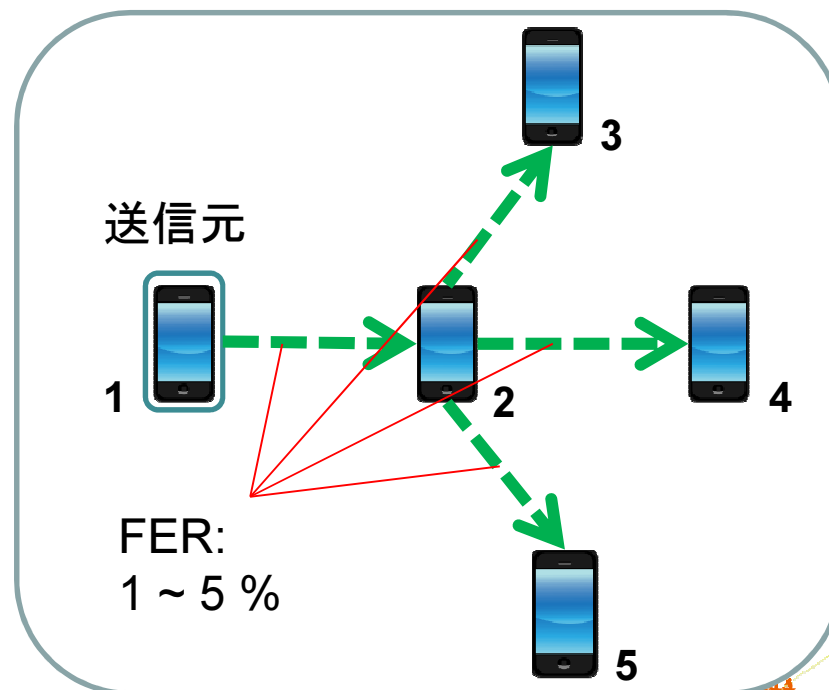
遅延を低減しつつ、高い配信率を実現

# シミュレーション評価

- 提案手法の有効性を評価
  - 隣接ノードの FER が 1~5 % の場合を評価
  - [評価指標] 配信成功率(全ノードが全パケットを受信した確率)、送信パケット数、配信遅延

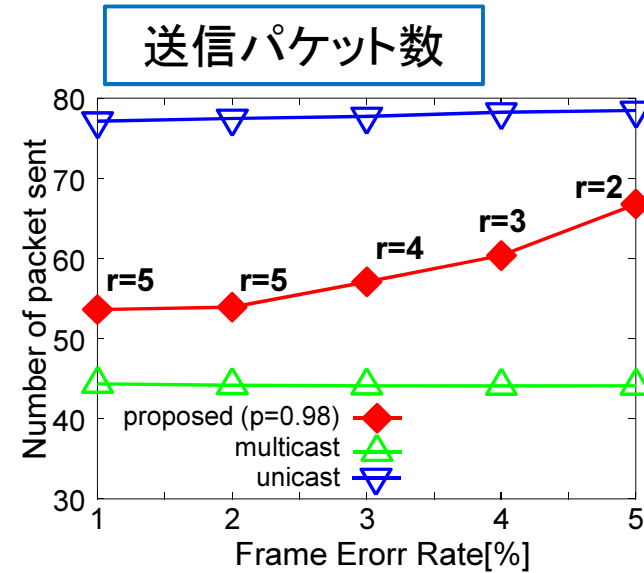
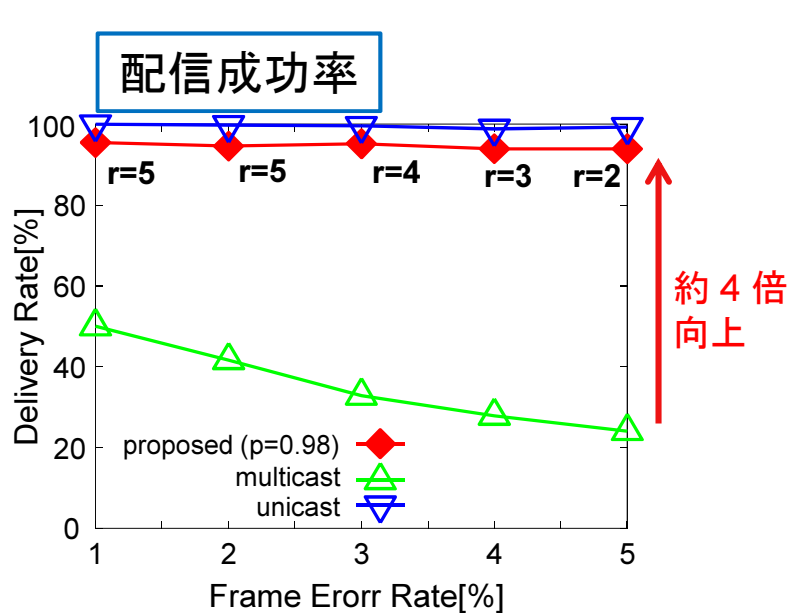
シミュレータ	QualNet 5.2
無線インターフェース	IEEE 802.11a
接続レート	6 Mb/s
トランスポートプロトコル	UDP
CBR パケットサイズ	1472
送信パケット数	5
シミュレーション時間	30 s

シミュレーション諸元

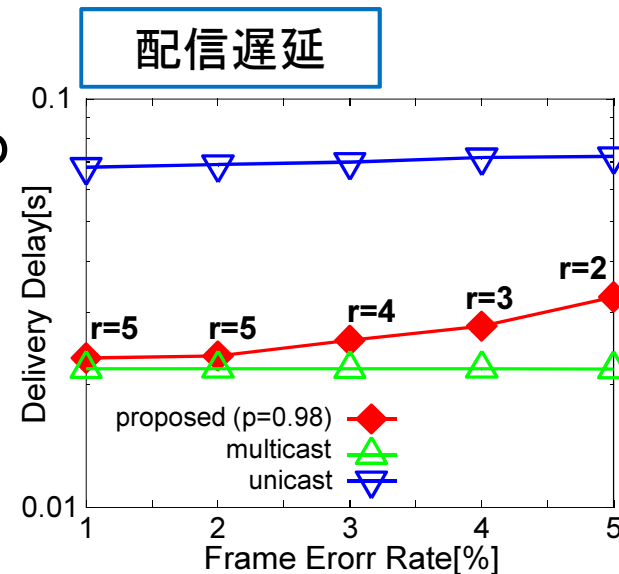


シミュレーショントポロジ

# シミュレーション結果



- 提案手法はマルチキャストと比べると配信成功率が大幅に向上
- 提案手法はユニキャストと比べると送信パケット数と配信遅延を低減





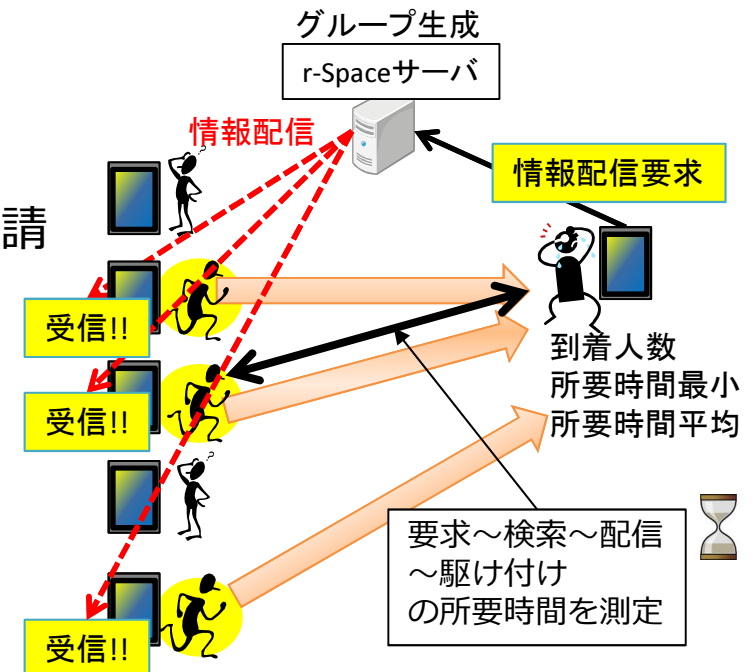
# 実機実験

(2016年3月、九州工業大学周辺)



# 実機実験の内容

- 九州工業大学 戸畑キャンパス周辺  
(福岡県北九州市)
  - サーバ+ユーザ端末6台
  - 考慮属性：
    - ユーザの位置情報 (緯度経度座標)
    - ユーザの移動手段 (徒歩 or 自転車)
    - 地理情報 (OpenStreetMap API)
  - シナリオ：
    - 1人が駆けつけ支援(300秒以内)を要請
    - 受信者は配信情報に従い駆け付け
  - 実空間考慮の有無で比較：
    - グループ生成効率 (適切なメンバ数、要求～駆け付けの所要時間)
- (※基礎評価のためメッシュ管理は用いず)





# 実験の様子

支援要請中～3人のメンバを検出しました

ユーザ登録

ユーザ5  
自転車

ユーザ3  
徒歩

この内容を見て、  
発信者の元へ駆け付け

支援要請がありました



ユーザ0  
要請元

条件（駆け付け300秒以内）  
を指定して情報配信要求



◎300秒以内に  
駆け付け可

受信者の  
位置



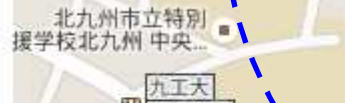
配信内容  
「すぐ来て」

要求発信者の位置

ユーザ1  
徒歩



▲線路や川の迂回で  
300秒以上必要

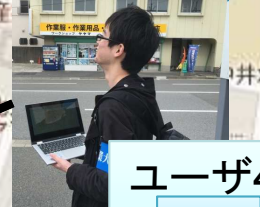


ユーザ2  
徒歩



ユーザ0(要求発信)から  
直線距離で300秒の範囲

ユーザ4  
徒歩





## □ 実空間考慮なし（位置情報＋直線距離）でグループ生成&配信

- グループユーザ数（駆けつけ人数）：3
- 条件満足ユーザ数：2（誤配信率：33.3%）
- 駆けつけ所要時間最小：186秒
- 駆けつけ所要時間平均：307.7秒



## □ 実空間情報考慮（位置情報＋地理情報＋移動属性）でグループ生成&配信

- グループユーザ数（駆けつけ人数）：3
- 条件満足ユーザ数：3（誤配信率：0%）
- 駆けつけ所要時間最小：168秒
- 駆けつけ所要時間平均：179.3秒



実空間情報を考慮したユーザグループ生成が機能していること、および、r-Spaceプロトタイプシステムの基本動作を確認

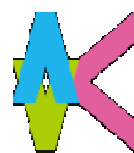




## まとめ

- 実空間グループコミュニケーション実現のため、以下を行った。
  - 実空間情報連動型ネットワークシステム(r-Space)の提案
  - 情報収集手法の提案と評価
  - ユーザグループ生成手法の提案と評価
  - 情報配信手法の提案と評価
- rSpaceプロトタイプを試作し、管理サーバ+アプリケーション（端末6台）で、情報配信実験を行った。
- 情報収集～グループ生成～配信までのシステム全体の基本動作の検証、期待通りの実空間コミュニケーションが得られることを確認した。

ご清聴ありがとうございました



国立大学法人

九州工業大学

※この研究の一部は、総務省戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE)の委託により実施しています。