

# 東北大学説明資料

# 東北大学災害復興新生研究機構



★ 東北大学  
復興アクション100

復興・地域再生支援研究

総合研究開発拠点形成

★ 災害科学国際研究推進プロジェクト  
〔新設: 災害科学国際研究所〕

★ 地域医療再構築プロジェクト

★ 環境エネルギープロジェクト

★ 情報通信再構築プロジェクト

★ 東北マリンサイエンスプロジェクト

★ 放射性物質汚染対策プロジェクト

★ 地域産業復興支援プロジェクト

★ 復興産学連携推進プロジェクト

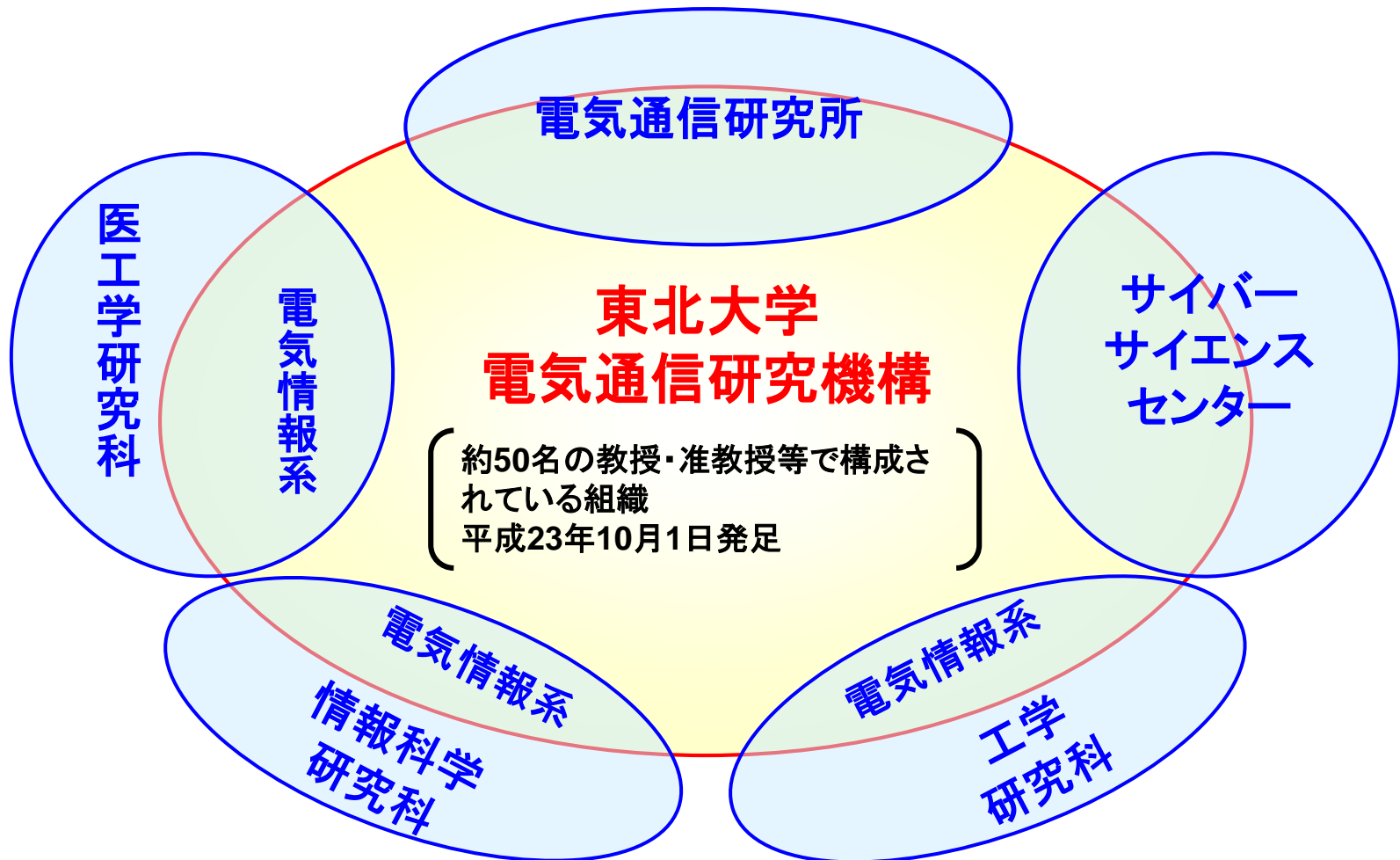
地域に根ざした社会・くらしの再生

世界をリードする先端科学技術

プロジェクトは、自律的(自立的)運営を基本とするが、プロジェクトリーダー会議等を通じて復興推進のための連携を強く図る

# 電気通信研究機構

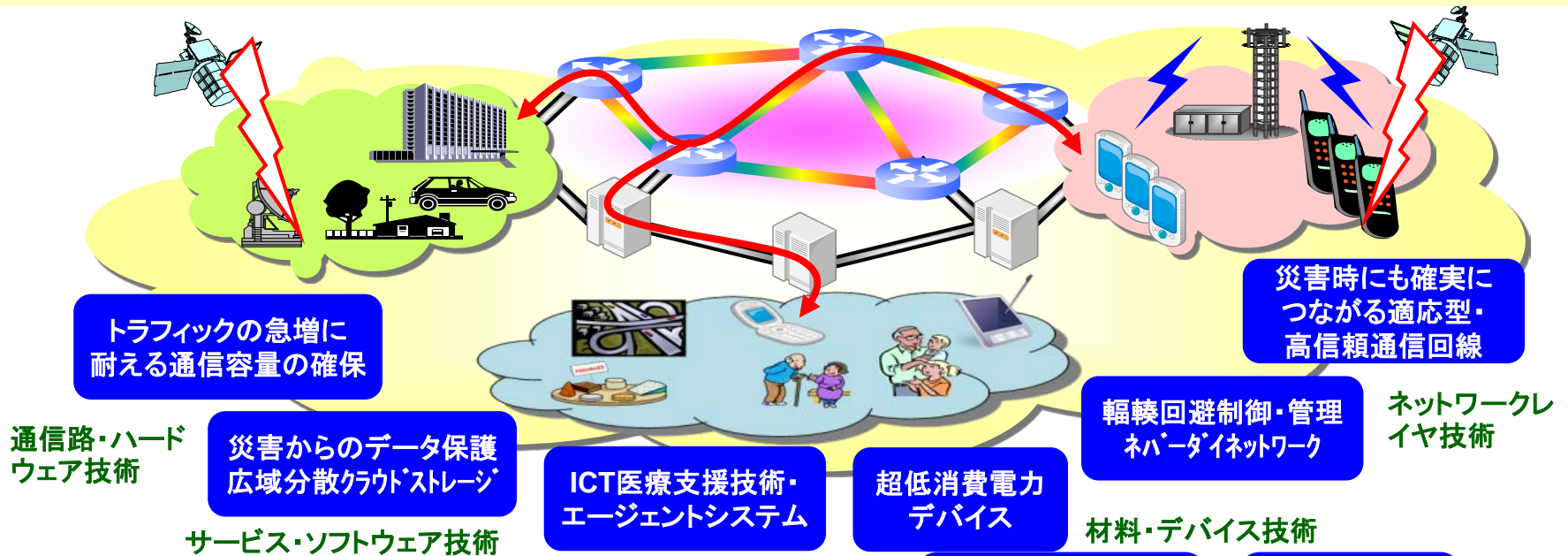
「災害に強い情報通信ネットワーク」の実現には、課題解決型の総合力の発揮が必要不可欠であるため、電気通信研究所を中心に、工学研究科、情報科学研究科、医工学研究科など、複数の部局にまたがる電気・情報系の研究者を「透明な環」によってリンクさせ、関連研究者や組織間の綿密かつ柔軟な連携を可能とする新たな組織を2011年10月1日に創設。



# 情報通信再構築プロジェクト

## 災害に強い情報通信インフラの開発・実証拠点の形成

本機構は、本学の電気、通信、電子及び情報の各分野の研究者及び技術者の英知を結集し、災害に強い情報通信ネットワークの構築及び世界をリードする革新的研究開発を通じて、被災地である東北における情報通信・エレクトロニクス産業の興隆、さらに我が国における新しい情報通信・エレクトロニクス分野の新産業創出に寄与し、社会的課題にこたえる戦略的研究の推進、地域政策及び国家政策への貢献並びに産学連携研究の推進を行うことを目的とする。



東北地域の自治体および大学連携

### ICTによる被災地の創造的復興

- ICTを利用した災害に強い安全安心な未来型都市の構築
- ICT技術の研究開発を通じた地域産業の振興

All Japan体制  
産学官連携

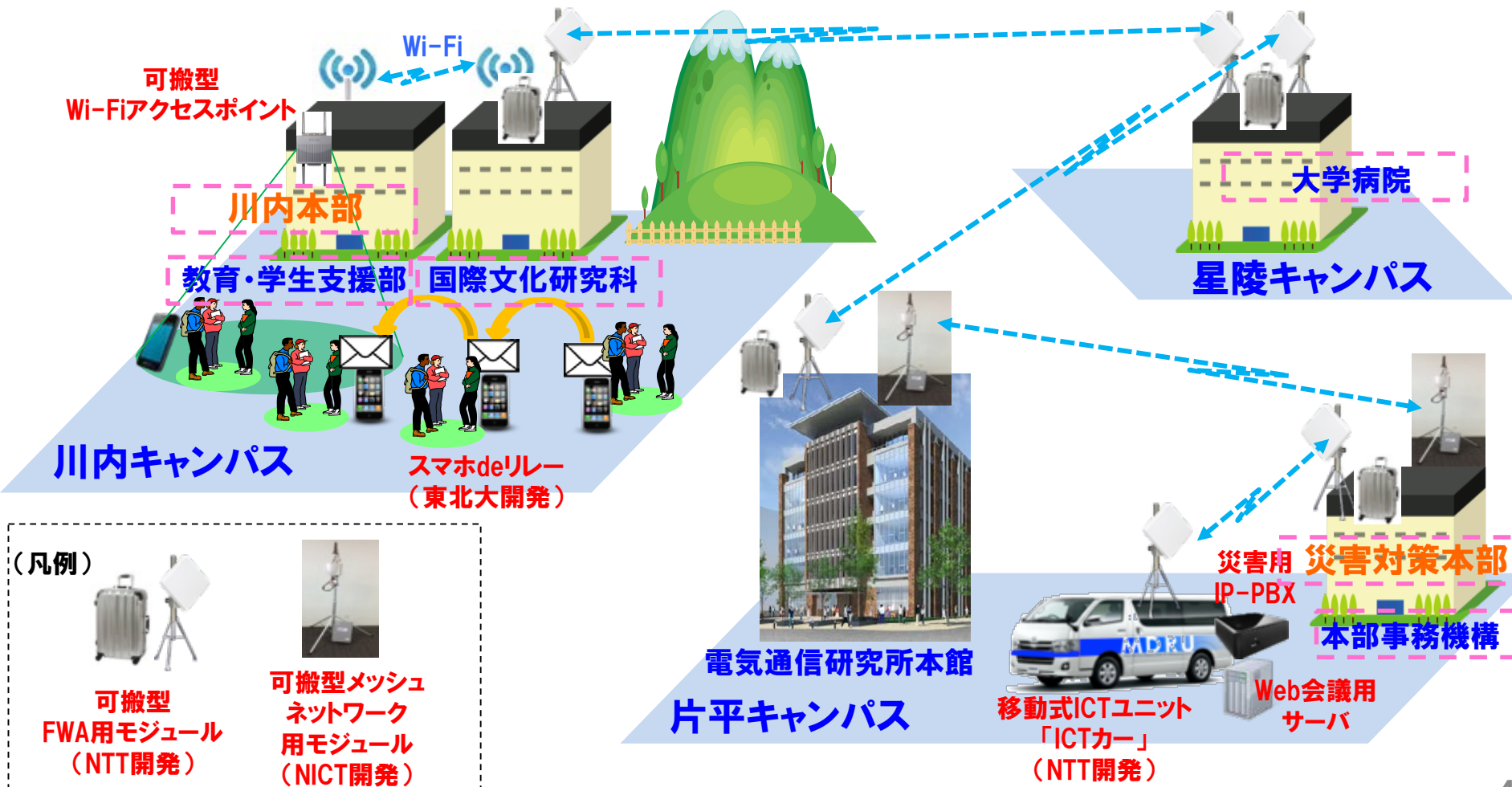
Globalな  
協力体制

### ICT分野の産学連携拠点・世界的拠点(耐災害)

- 情報通信・エレクトロニクス分野における新産業創出・興隆
- 世界をリードする革新的ICT技術の研究開発

# 東北大学総合防災訓練における 耐災害ICT技術の実証実験

- 東北大学本部防災訓練(2015年10月23日)にて、移動式ICTユニットである「ICTカー」を中心に、可搬型の無線通信システム(FWA)とメッシュネットワークで川内キャンパスと片平キャンパス間に通信回線を確認し、災害用IP-PBXによるスマートフォンでの通話、Web会議、Webカメラによる監視を実施。
- スマートフォンにインストールされたスマホde'リレーで、可搬型Wi-Fiアクセスポイントまでメールを伝達。





# アドホック通信技術の研究から社会実装まで ～スマホdeリレーの事例～

国立大学法人東北大学  
大学院情報科学研究科／電気通信研究機構  
情報通信技術論分野(加藤・西山研究室)

2016年2月25日

総務省 非常時のアドホック通信ネットワークの活用に関する研究会

# ネットワーク分野における研究領域の位置づけ

※2014年1月時点の研究室の研究グループ(RG)構成

## [RG1] 衛星航空通信ネットワーク

衛星携帯電話、環境観測衛星、津波検知システム、惑星探査衛星、光衛星通信、衛星センサシステム、階層型衛星ネットワーク、STICS、WINDS、ETS-VIII、QZSS、無人航空機、UAS、メッセージフェリー、モバイルシンク

## [RG2] 端末間ネットワーク

モバイルアドホック、端末間マルチホップ通信、D2D、M2M、H2H、H2M、V2V、V2I、V2X、DTN、OppNet、Bluetooth、ZigBee、WiFi-Direct、LTE-Direct、**スマホdeリレー**

## [RG3] ネットワークとサービス

ネットワークアーキテクチャ、トポロジ、SDN、Openflow、NFV、オーバーレイネットワーク、ネットワーク仮想化、データセンターネットワーク、データ分散・複製制御、ネットワーク符号化、ビッグデータ解析、IoT、セキュリティ・マネジメント

## [RG4] 無線と光のネットワーク

R&F, RoF, Fiber-Wireless (FiWi), Smart FiWi (SFWiWi), PON, WLAN, 省電力化, 無線メッシュネットワーク, 携帯電話網, Heterogeneous Network (HetNet), LTE-B, Movable and Deployable Resource Unit (MDRU), NerveNet

## [RG5] ネットワークとエネルギー

グリーンネットワーク, グリーン基地局, 環境発電, 再生可能エネルギー, スマートグリッド, スマートメータ

# RG2の代表的研究成果：スマホdeリレー

- **携帯電話等の通信基地局を使用せずに**、近隣のスマートフォン同士での直接通信を実現。通信相手の自動切り替えも可能。
- 通信圏外地域(山間部・通信インフラ未整備の発展途上国等)での情報伝達、一定エリア内(工事現場・工場・倉庫)での情報共有、アウトドア施設や商業エリアでの情報配信に利用可能。

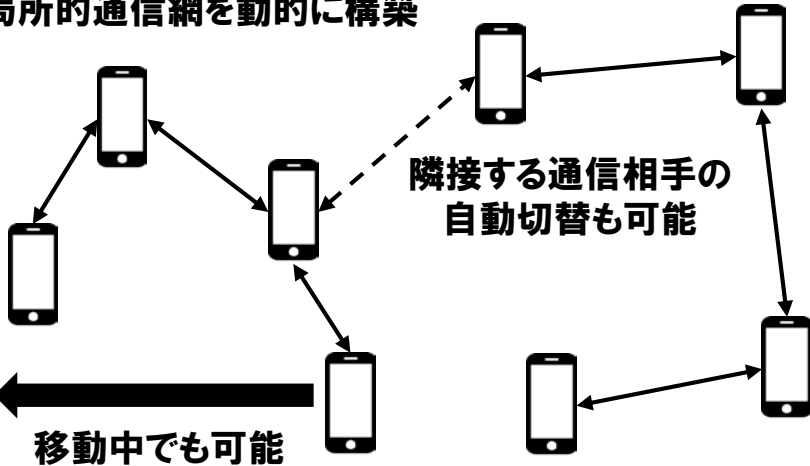
**第29回 独創性を拓く  
先端技術大賞特別受賞**

東北大学、  
株式会社NTTドコモ、  
株式会社構造計画研究所  
の三者による共同受賞



高円宮妃久子様(左)へのご説明の様子

局所的通信網を動的に構築



メッセージングの例



※多種多様なアプリケーションで利用可能(メール、Web、SNS、ファイル共有等)

**リレーは完全自動  
スマホ操作は一切不要  
東北大学独自技術採用**

**移動中でも  
孤立しても  
リレー継続**

**スマホ用アプリ  
インストールで  
すぐに使える!**

**構造計画研究所と共同で  
製品化開発に着手**



スマホdeリレー




ドローンdeリレー



# これまでの主な取り組み

## 第1世代

### 国際標準化 寄与文書提出



ASIA-PACIFIC TELECOMMUNITY  
The 16<sup>th</sup> Meeting of APT Wireless Group (AWG-16)  
18 – 21 March 2014, Pattaya, Thailand



ITU-T  
TELECOMMUNICATION  
STANDARDIZATION SECTOR  
OF ITU

FG-DR&NRR  
Version 1.0  
(05/2014)

### 相互接続実験



小型無人航空機  
中継システム



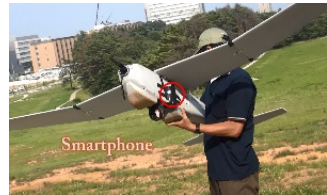
ICTカー



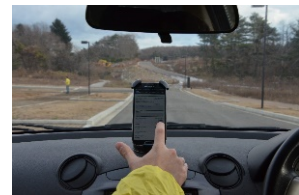
市街地での大規模実証



ドローン



無人航空機(固定翼)



自動車

### 移動体への搭載実験

## 第2世代

### 第29回独創性を拓く 先端技術大賞特別賞受賞



### 海外実証(予定) フィリピン現地調査完了



### 東北大学総合防災訓練での試行



新たなステージ  
通信モジュール化  
リアルタイム重視

2013

2014

2015

2016

# マスメディアによる報道

## ■ テレビ

- 仙台放送(H26年3月3日)
- ミヤギテレビ(H27年11月5日)
- NHK(H28年2月21日)

## ■ 新聞

- 河北新報(H25年2月19日15面)
- 読売新聞(H25年2月22日38面)
- 日経産業新聞(H25年8月29日11面)
- 電波タイムズ(H25年9月4日1面)
- 東京新聞(H25年9月5日夕刊8面)
- 山陽新聞(H25年9月6日朝刊9面)
- 中国新聞(H25年9月6日夕刊4面)
- 宮崎日日新聞(H25年9月6日朝刊8面)
- 茨城新聞(H25年9月12日朝刊8面)
- 電気新聞(平成26年1月21日8面)
- 日経産業新聞(平成26年2月6日11面)



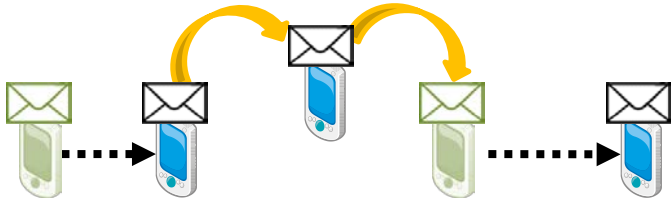


# スマホdeリレーの概要

- リレー方式
- システム構成
- (参考)アドホック通信システムに関する技術課題例

# リレー方式

## 遅延許容ネットワーク (DTN)



特徴	端末間直接通信によるバケツリレー
欠点	<b>リレー回数が多く非効率</b>



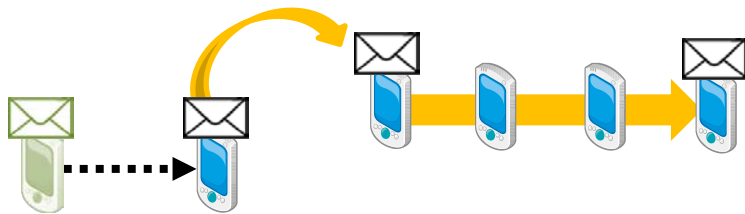
## モバイルアドホックネットワーク (MANET)



経路構築によるリレー効率化

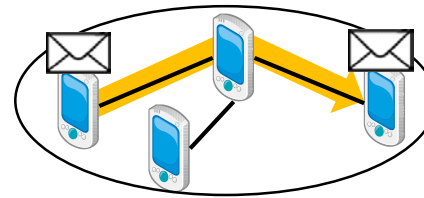


## 第1世代“スマホdeリレー”



**経路構築最適化**でリレー性能向上

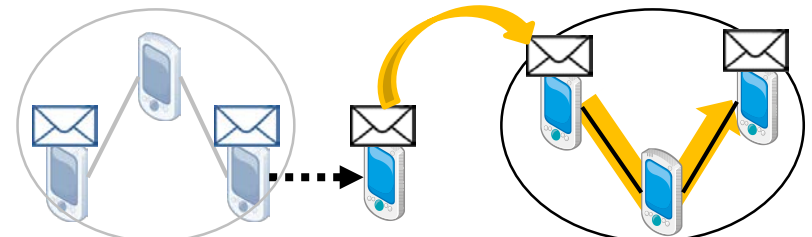
## Wi-Fi Direct



グループ構築による  
リレー効率化

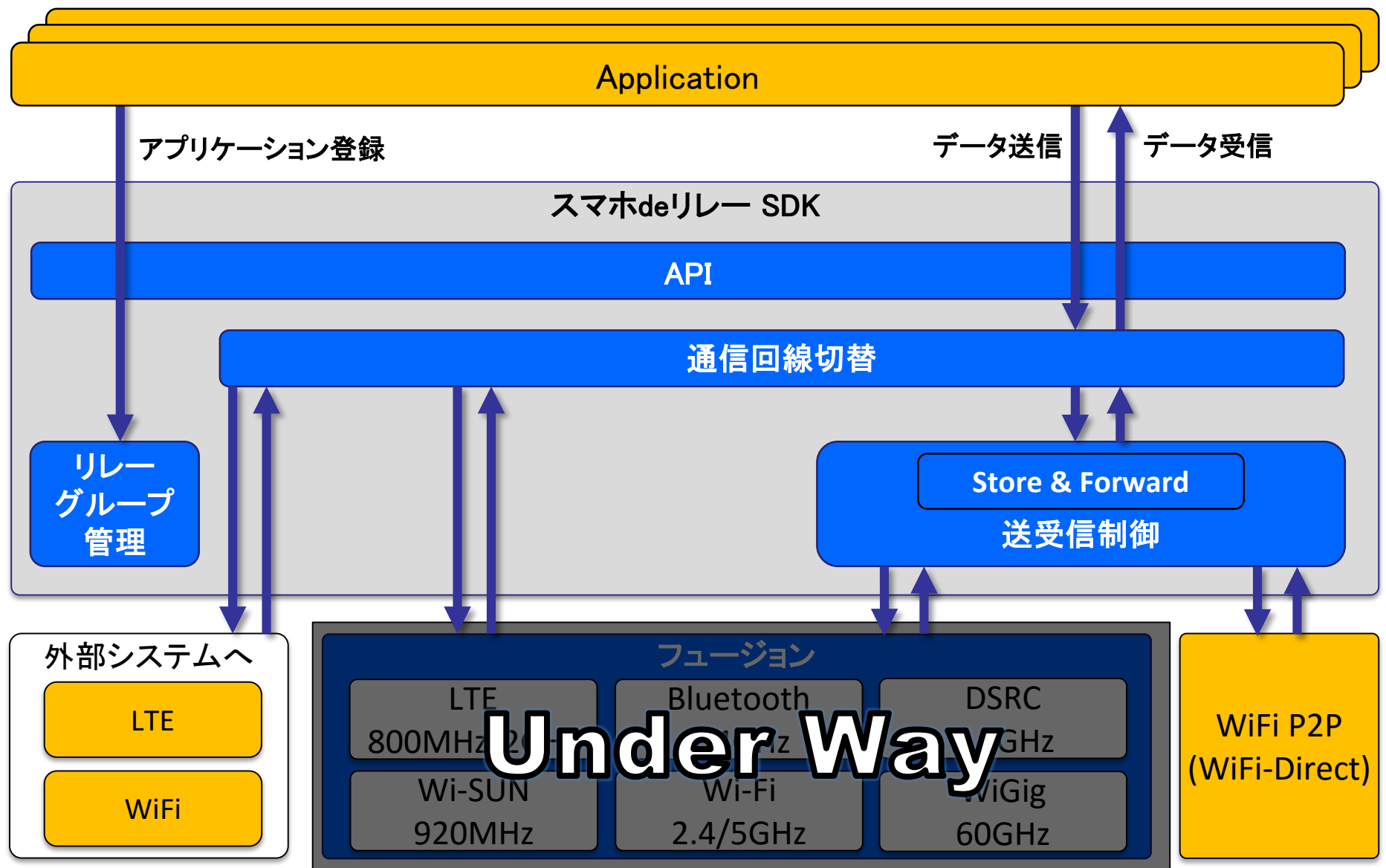


## 第2世代“スマホdeリレー”



**グループ構築最適化**でリレー性能向上

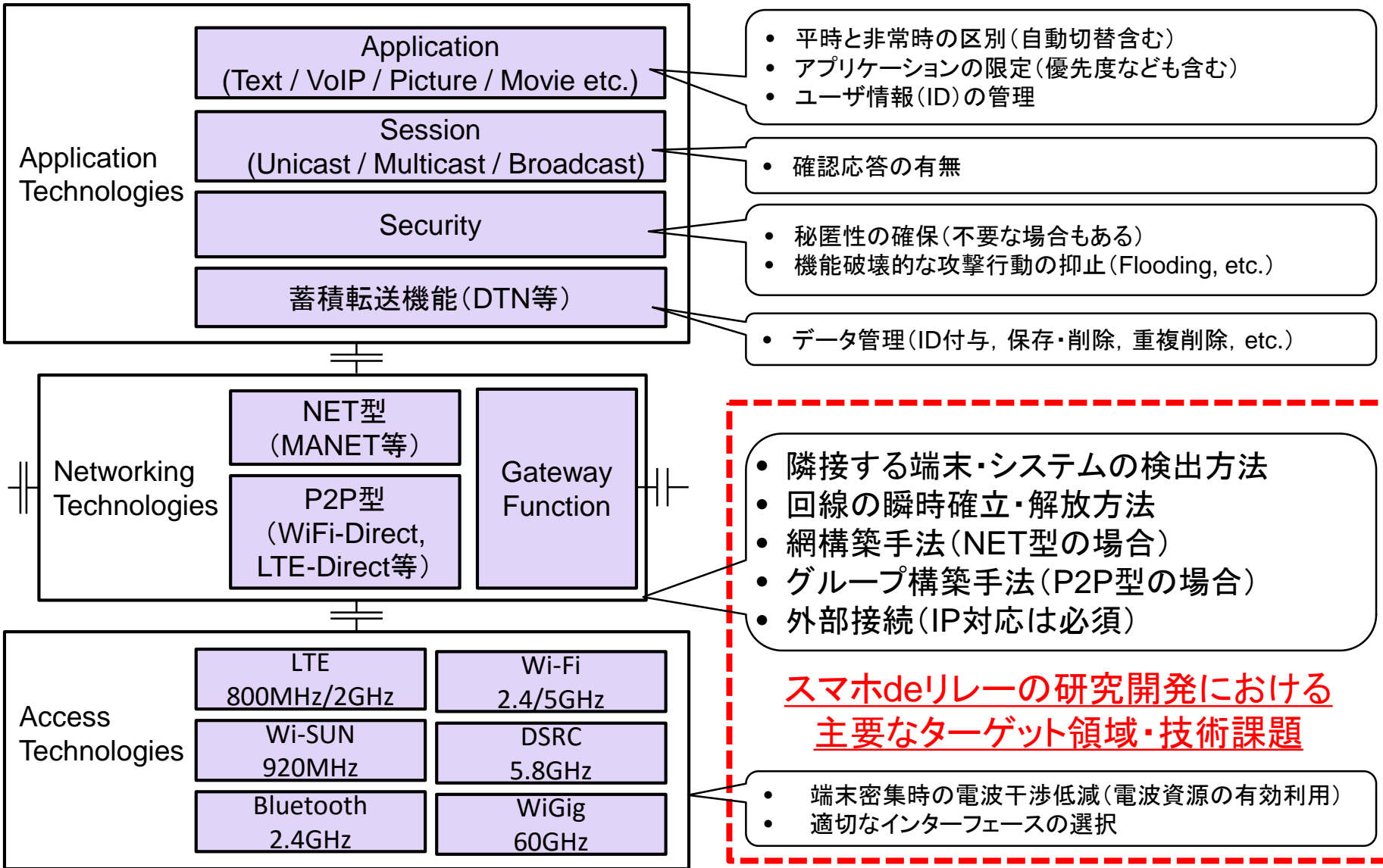
# システム構成(第2世代初期)



**Under Way**

(参考)

# アドホック通信システムに関する技術課題例

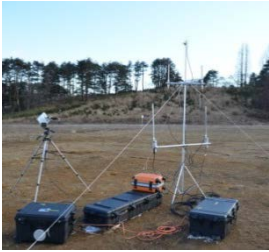
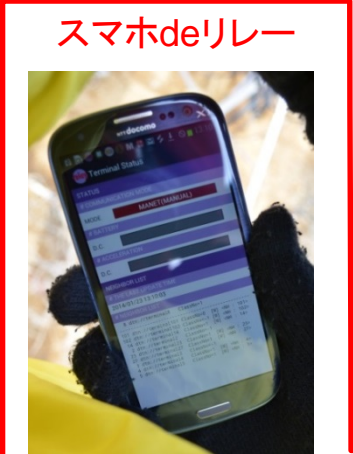




# 相互接続に関する取り組み

- ICTカーとの相互接続
- 小型無人航空機中継システムとの相互接続

# ICTカーとの相互接続



1. Toshikazu Sakano, Satoshi Kotabe, Tetsuro Komukai, Tomoaki Kumagai, Yoshitaka Shimizu, Atsushi Takahara, Thuan Ngo, Zubair Md. Fadlullah, Hiroki Nishiyama, and Nei Kato, "Bringing Movable and Deployable Networks to Disaster Areas: Development and Field Test of MDRU", IEEE Network, , vol. 30, no. 1, pp. 86-91, Jan. 2016.
2. 西山大樹, 加藤寧, “災害時にも使える！Wi-Fiネットワーク研究の最前線～スマホdeリレーとICTカーが見せる新たなWi-Fi利用～”, J-LIS, 地方公共団体情報システム機構, vol. 1, no. 4, pp. 31-35, Jul. 2014.

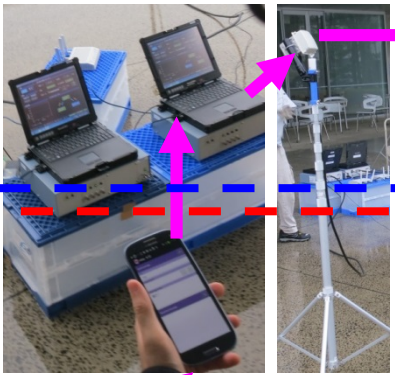
● 実験は総務省受託研究事業「被災地への緊急運搬及び複数接続運用が可能な移動式ICTユニットに関する研究開発」の一環として、NTT未来ねっと研究所の協力を受けて実施しました。



# 小型無人飛行機中継システムとの相互接続

## 小型無人飛行機中継システム

孤立地域を想定



スマホdeリレー(送信)

外部地域を想定



スマホdeリレー(受信)



対地高度約300mの上空で定点旋回



【スマホdeリレー】  
孤立地域内のスマホで簡単に  
応急ネットワークを構築可能

+

【小型無人飛行機中継システム】  
広範囲に点在する孤立地域を  
外部地域と接続可能

=

災害による孤立地域等において  
一般ユーザが外部に向けて  
簡単に情報発信できる

1. Hiroki Nishiyama, Masaya Ito, and Nei Kato, "Relay-by-Smartphone: Realizing Multihop Device-to-Device Communications," IEEE Communications, vol. 52, no. 4, pp. 56-65, Apr. 2014.

• 実験は総務省受託研究事業「無人航空機を活用した無線中継システムと地上ネットワークとの連携及び共用技術の研究開発」の一環として、情報通信研究機構耐災害ICT研究センターの協力を受けて実施しました。



# 移動体への搭載に関する取り組み

- 自動車への搭載
- ドローン(マルチコプタ)への搭載
- 無人航空機(固定翼)への搭載

# 自動車への搭載(1/2)

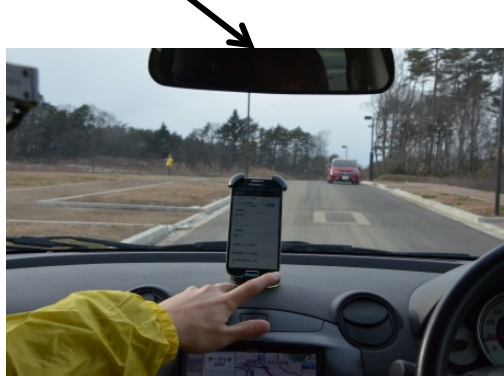
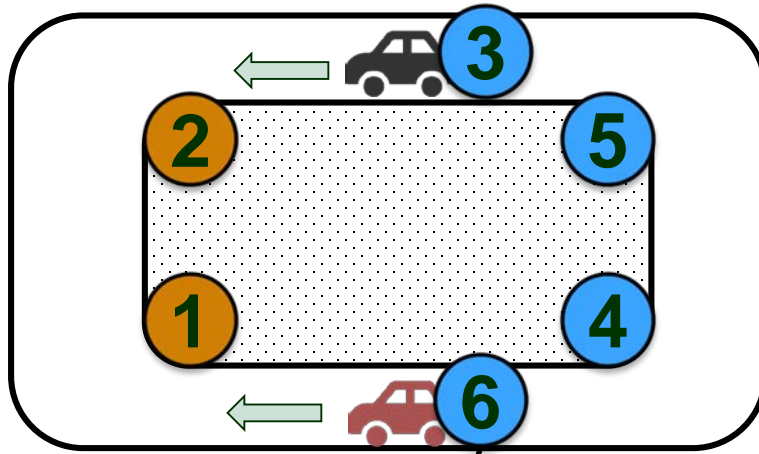
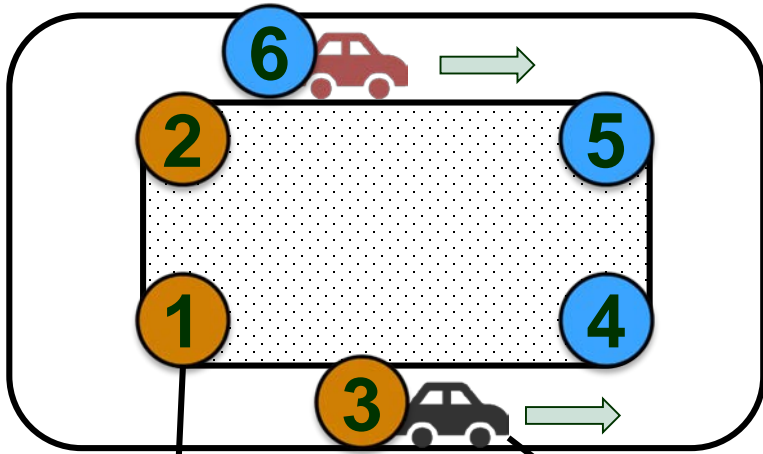


1. Hiroki Nishiyama, Thuan Ngo, Shoki Oiyama, and Nei Kato, "Relay by Smart Device: Innovative Communications for Efficient Information Sharing Among Vehicles and Pedestrians," IEEE Vehicular Technology Magazine, vol.10, no.4, pp.54-62, Dec. 2015.

# 自動車への搭載 (2/2)

**Before:**  
Group A: 1 – 2 – 3  
Group B: 4 – 5 – 6

**After:**  
Group A: 1 – 2  
Group B: 4 – 5 – 6 – 3



# ドローン(マルチコプタ)への搭載

マルチコプターBの  
飛行エリア



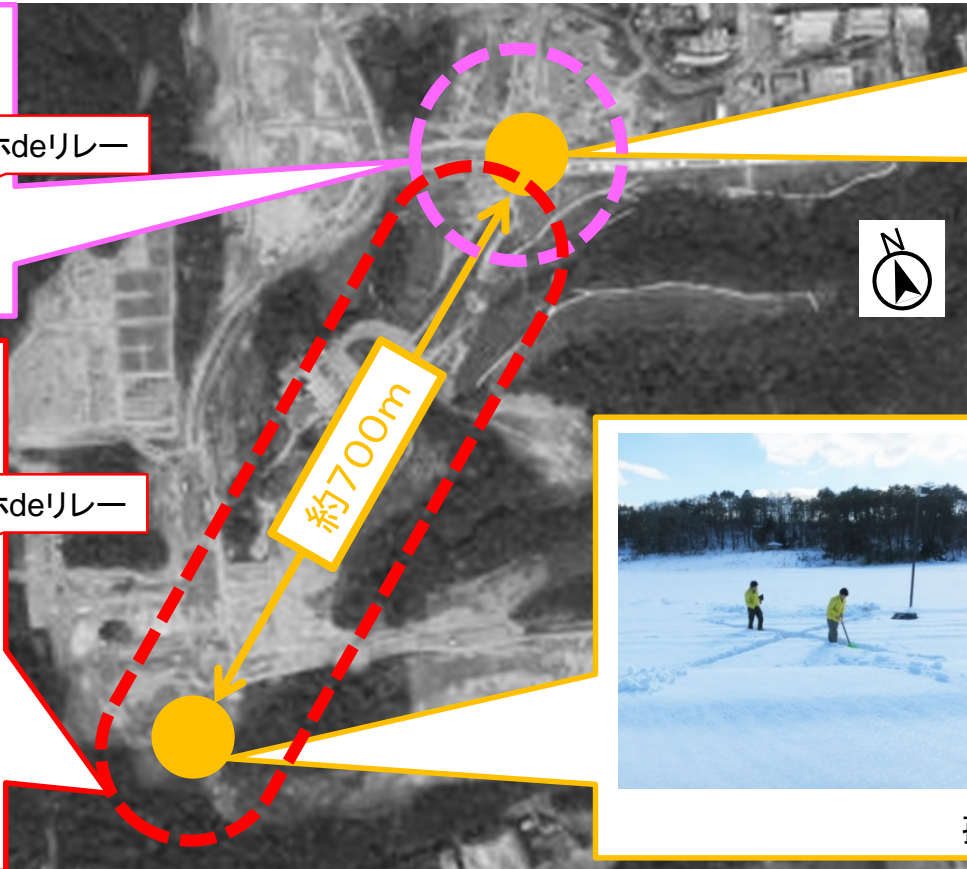
スマホdeリレー

マルチコプターAの  
飛行エリア

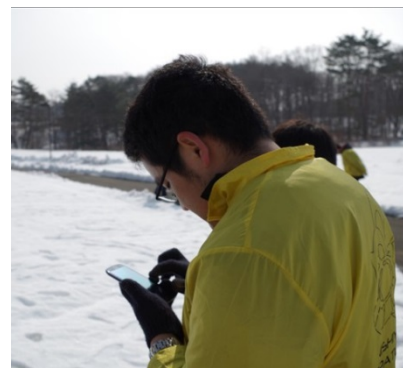


スマホdeリレー

上空約100mを  
自律飛行



安全地域

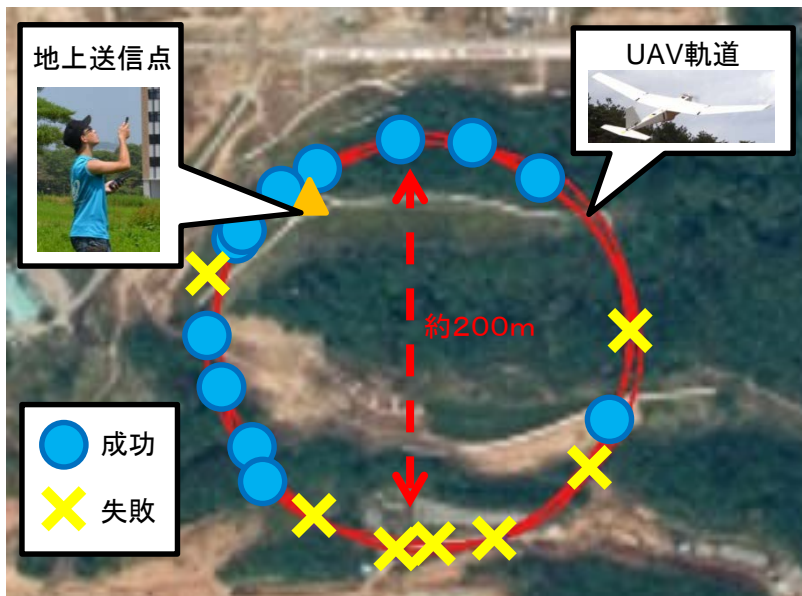


孤立地域

1. Zubair Md. Fadlullah, Daisuke Takaishi, Hiroki Nishiyama, Nei Kato, and Ryu Miura, "A Dynamic Trajectory Control Algorithm for Improving the Communication Throughput and Delay in UAV-aided Networks," IEEE Network, vol. 30, no. 1, pp. 100-105, Jan. 2016.

• 実験は総務省受託研究事業「無人航空機を活用した無線中継システムと地上ネットワークとの連携及び共用技術の研究開発」の一環として実施しました。

# 無人航空機(固定翼)への搭載



## 「飛躍するドローン」2016年1月発刊



- 序論 ドローンの先端技術とビジネス最前線および近未来展望
- 第1章 タイプ別概説
- 第2章 制御
- 第3章 駆動系
- 第4章 通信

**第2節 長距離高速通信のための中継技術**  
 -WiFi通信機での基礎検討-  
 西山大樹, 加藤寧(東北大学)

- 第5章 利用形態
- 第6章 海外動向—国際情勢とその背景
- 第7章 リスクと対策
- 将来展望 ドローンが切り拓く新たなビジネスモデルとその市場動向

• 実験は総務省受託研究事業「無人航空機を活用した無線中継システムと地上ネットワークとの連携及び共用技術の研究開発」の一環として、情報通信研究機構耐災害ICT研究センターの協力を受けて実施しました。



# 自助・共助の支援ツールとしての スマホdeリレーの活用

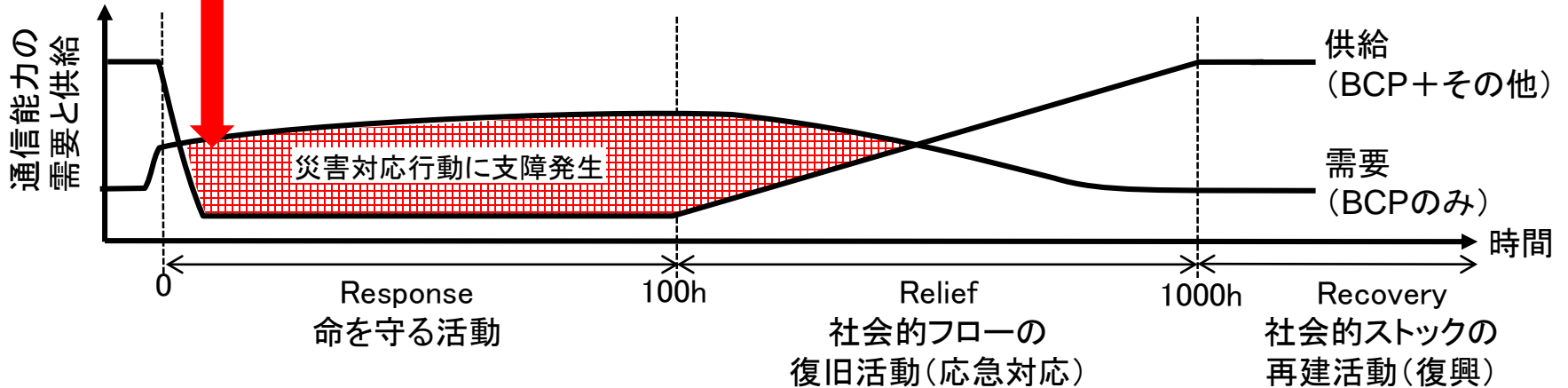
- 事業継続計画 (BCP: Business Continuity Planning) から考えるユースケース
- 仙台市中心部でのデモンストレーション (国際標準化寄与)
- 東北大学総合防災訓練でのデモンストレーション

# アドホック通信が必要とされる災害規模と期間

危機レベル	レベルの定義(投入される資源に基づく危機レベルの定義)
Lv 1 (Incident)	予め規定された対応に従って投入された資源で対応できる事象
Lv 2 (Emergency)	被災した組織が持つ資源を投入すれば対応できる事象
Lv 3 (Crisis)	近隣組織の相互支援の通常の見取り決りによる支援を受けて対応できる事象
Lv 4 (Disaster)	被災した地理的管轄区内にある全組織からの支援を受けて対応できる事象
Lv 5 (Catastrophe)	被災地をもつ中央政府によって二国間条約及び国際組織の既存の協約が実施される事象

[参考]危機対応標準化委員会, 世界に通じる危機対応, 日本規格協会, 20014.

通信事業者のインフラの「機能停止」×「応急対応待ち」が想定される  
(つまりアドホック通信が必要とされる)

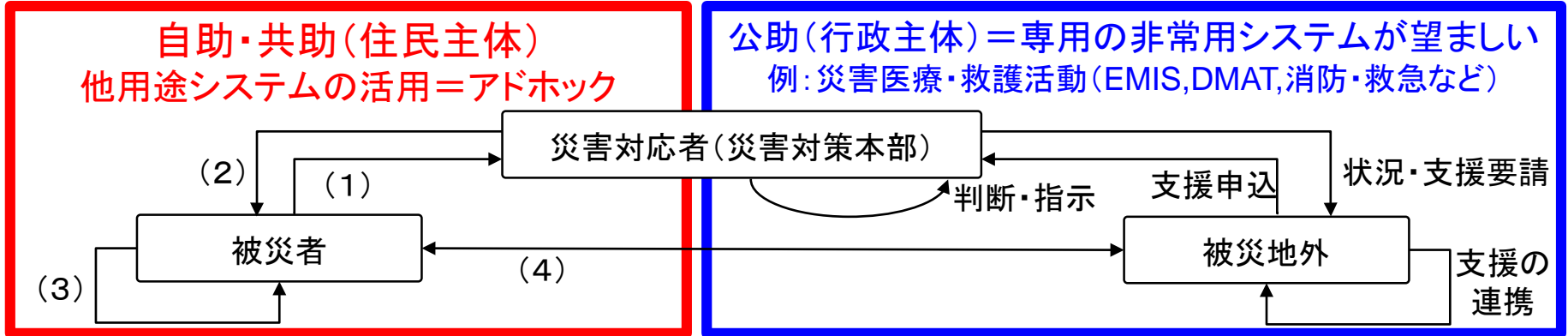


[参考]NTT・京大リジリエンス共同研究グループ, しなやかな社会への試練, 日経BPコンサルティング社, 2012.

[参考]NTT・京大リジリエンス共同研究グループ, しなやかな社会の創造, 日経BPコンサルティング社, 2009.



# アドホック通信を利用する主体と情報の流れ

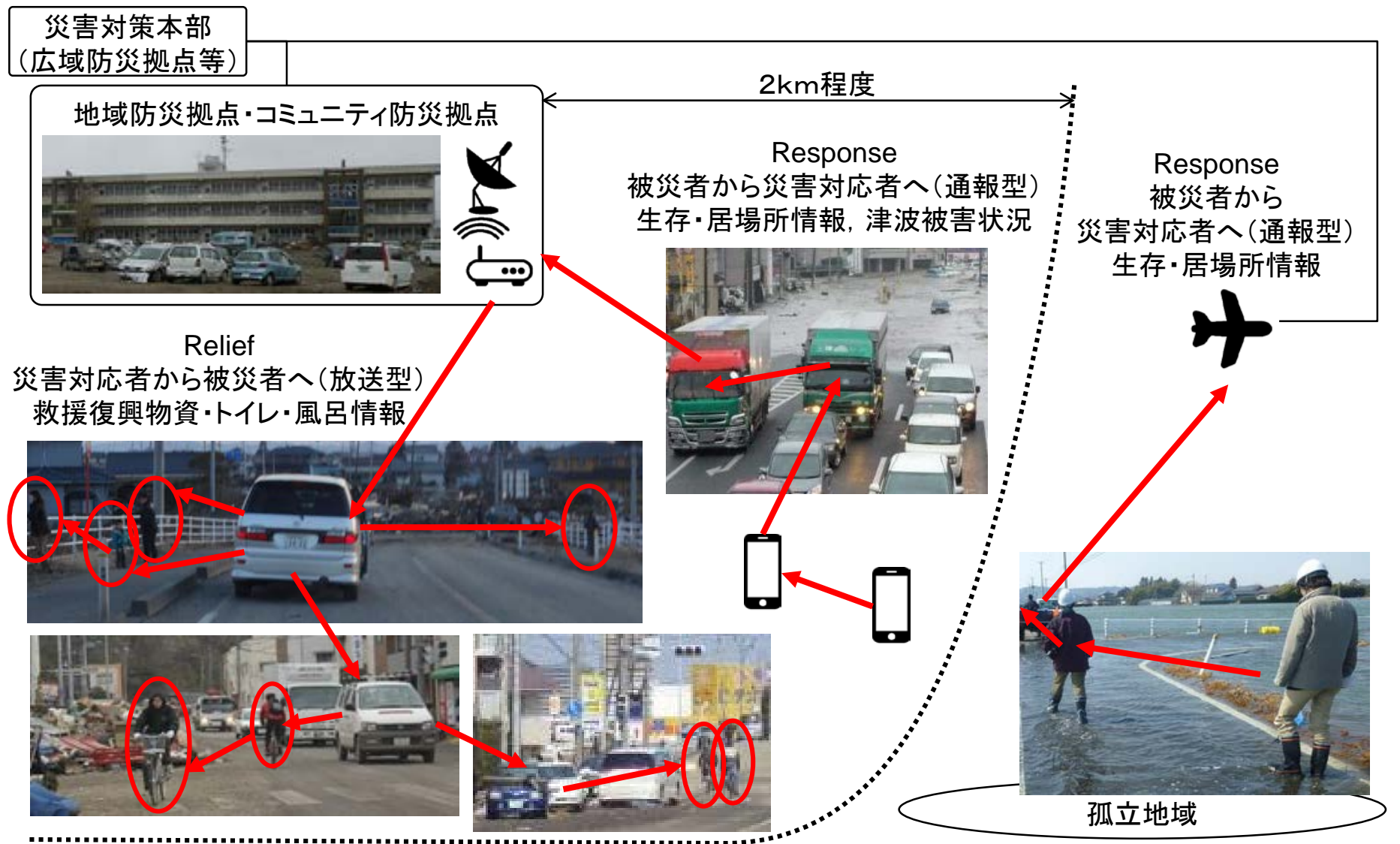


	(1)被災者から災害対応者	(2)災害対応者から被災者	(3)被災者から被災者	(4)被災者と被災地外
Response	<ul style="list-style-type: none"> <li>生存・居場所情報</li> <li>ライフラインなどの生活情報</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>マルチハザード情報</li> <li>二次災害・リスクの予知予測</li> <li>病院・救護所・緊急避難場所情報</li> <li>移動手段・避難誘導の方法</li> <li>ライフライン(水・食料など)の情報</li> <li>家族・友人・知人の安否情報</li> <li>震度・水位などの観測情報</li> <li>被災地から自宅までの徒歩ルート</li> <li>ボランティア情報</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>安否情報</li> <li>災害対応者の支援策</li> <li>被害状況・復旧状況</li> <li>日常的コミュニケーション</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>安否情報</li> <li>親戚知人間の支援</li> </ul>
Relief	<ul style="list-style-type: none"> <li>現在の居場所</li> <li>必要な支援情報</li> <li>被災者のニーズ・要望・不安</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>被害情報</li> <li>救援復興物資, トイレ・風呂, 仮設住宅の情報</li> <li>復旧のための支援方法</li> <li>コミュニティ形成支援</li> <li>ライフラインの復旧状況</li> <li>利用可能な連絡手段</li> <li>住民の健康状態, 治安に関する情報</li> <li>町内会長・民生委員・医師などの連絡先</li> </ul>		

[参考]NTT・京大リジリエンス共同研究グループ, しなやかな社会への試練, 日経BPコンサルティング社, 2012.

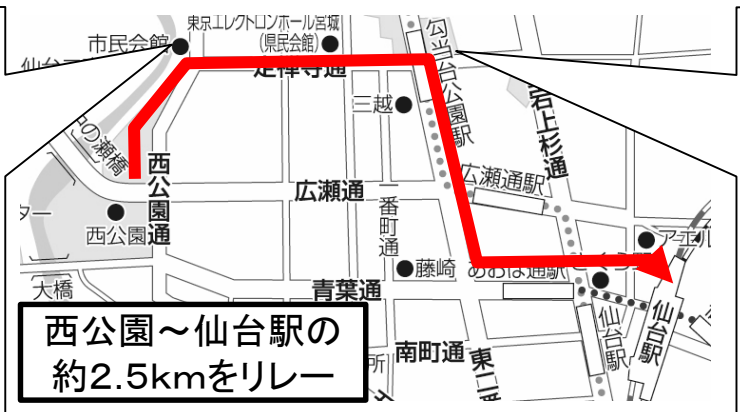
[参考]NTT・京大リジリエンス共同研究グループ, しなやかな社会の創造, 日経BPコンサルティング社, 2009.

# スマホdeリレーの利用例(通報型と放送型)



[参考] 広域防災の拠点整備に関する調査, [http://www.mlit.go.jp/kokudokeikaku/souhatsu/h16seika/10bousai/10\\_sky2.pdf](http://www.mlit.go.jp/kokudokeikaku/souhatsu/h16seika/10bousai/10_sky2.pdf), 2016年2月22日アクセス.

# 総延長2.5kmのリレー成功(国際標準化寄与)



地震・津波・洪水・台風・豪雨・豪雪・雪崩・土砂災害・火山噴火など様々な災害時の被災・孤立地域においてあらゆる通信システムにつながるためのハブ機能をスマホ群で実現

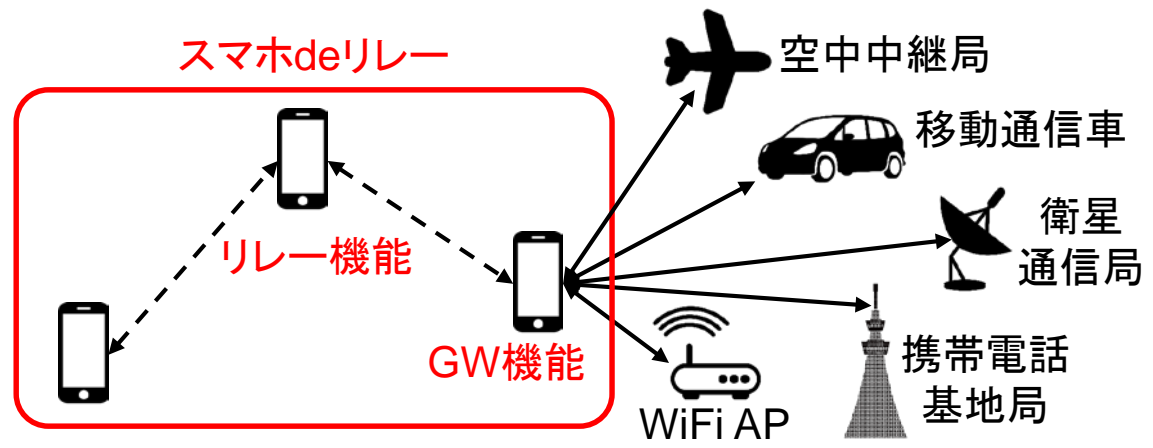
**ITU-T**  
TELECOMMUNICATION STANDARDIZATION SECTOR OF ITU

**FG-DR&NRR**  
Version 1.0 (05/2014)

国際電気通信連合電気通信標準化部門

**ASIA-PACIFIC TELECOMMUNITY**  
The 16<sup>th</sup> Meeting of APT Wireless Group (AWG-16)  
18 - 21 March 2014, Pattaya, Thailand

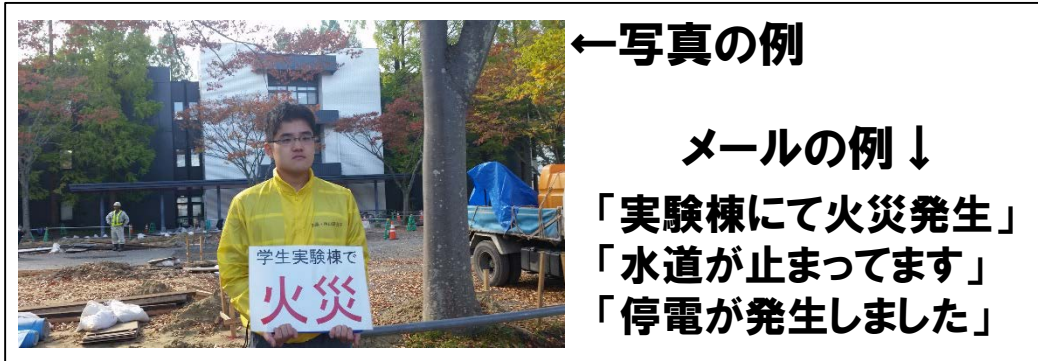
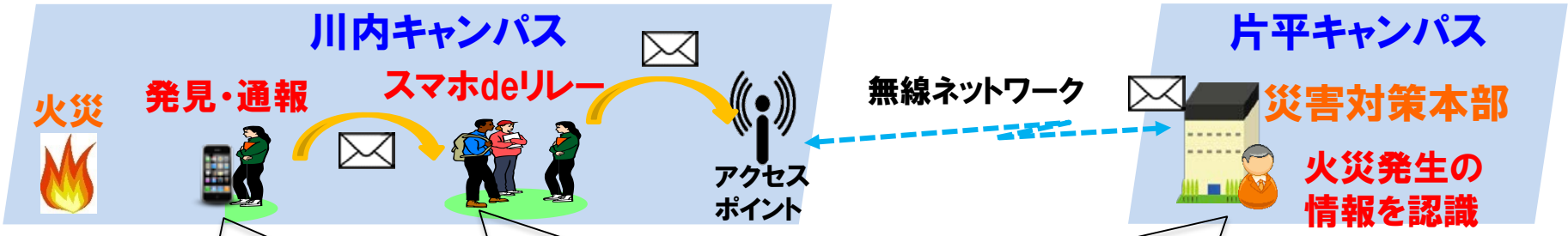
アジア・太平洋電気通信共同体無線通信グループ



1. Hiroki Nishiyama, Masaya Ito, and Nei Kato, "Relay-by-Smartphone: Realizing Multihop Device-to-Device Communications," IEEE Communications, vol. 52, no. 4, pp. 56-65, Apr. 2014.

• デモンストレーションは総務省受託研究事業「災害に強いネットワークを実現するための技術の研究開発」の一環として実施しました。

# 総合防災訓練でインシデントの通報に活用



**テキストメール675通と  
写真44枚を受信**

# 最後に... 3.11の真実

電話のようにすぐに話せるわけでもなく  
送信してもいつ届くのか分からず  
届いたことを確認することも難しい

そんなアドホック通信ネットワークではあるが

**多くの人々がそれを切実に必要とした**

自助・共助のための通信システムの研究開発・社会実装は  
経済的合理性に委ねるだけで果たして実現できるのか



仙台市提供



本資料中の写真の一部は「みちのく震録伝」提供のもので、東北大学災害科学国際研究所が推進する東日本大震災アーカイブプロジェクト「みちのく震録伝」は、学術的な観点から東日本大震災に関するあらゆる記憶、記録、事例、知見を収集し、災害アーカイブのグローバル・スタンダードを目指しています。