

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

中間取りまとめ(案)

平成 28 年●月●日

目次

1. 背景.....	1
1-1. 災害時における通信	
1-1-1. 東日本大震災における通信の状況	
1-1-2. 熊本地震における通信の状況	
1-1-3. 災害時における通信確保の必要性	
1-2. 車載通信機及びスマートフォンの普及	
1-3. アドホック通信ネットワーク	
1-3-1. アドホック通信ネットワークとは	
1-3-2. 関連するこれまでの取組事例	
1-4. 災害時におけるアドホック通信ネットワークの活用	
2. ユースケースと課題の整理.....	12
2-1. 災害時におけるアドホック通信ネットワークのユースケース	
2-2. ユースケースごとにアドホック通信ネットワークに求められる機能と課題	
2-2-1. 避難情報の配信	
2-2-2. 救助要請の送信	
2-2-3. 車両走行実績情報の収集	
2-2-4. 安否情報等の共有	
2-2-5. 拠点間通信	
2-2-6. 各ユースケース共通	
3. 技術的検討.....	18
3-1. 検討の視点・対象	
3-2. 各ユースケースに係る検討	
3-2-1. 避難情報の配信	
3-2-2. 救助要請の送信	
3-2-3. 車両走行実績情報の収集	
3-2-4. 安否情報等の共有	
3-2-5. 拠点間通信	
3-2-6. 緊急モードへの切替え	
3-2-7. 総括	
4. 社会実装に向けて.....	50
4-1. システム構築に向けた検討	
4-1-1. 無線メディアについての検討	
4-1-2. 車載通信機についての検討	
4-1-3. スマートフォンアプリについての検討	
4-1-4. 平時利用との連続性	
4-1-5. 他システムとの連携／拡張性／標準化	
4-2. 実証試験による検証	
4-2-1. 検討、検証が必要な課題例	
4-2-2. 実証試験による課題検証の段階的アプローチ	
4-2-3. アドホック通信ネットワークに関連した実証の取組事例	
4-2-4. 実証試験構築案	
参考資料.....	66

1. 背景

本章では、非常時のアドホック通信ネットワークの活用に関して検討を実施した背景について、近年の大規模災害時の通信状況を概観しながら、災害時における通信確保の必要性及び社会のIoT(Internet of Things)化の進展に伴う通信機器の普及という点に焦点を当てて説明する。

1-1. 災害時における通信

本節では、平成23年3月に発災した東日本大震災及び平成28年4月に発災した熊本地震における通信の状況を概観するとともに、災害時における通信確保の必要性について述べる。

1-1-1. 東日本大震災における通信の状況

平成23年3月に発災した東日本大震災では、大規模な地震とともに、太平洋沿岸を中心に高い津波が発生し、東日本全域に甚大な被害が及んだ。通信インフラについても、地震及び津波の影響により、通信ビル内の設備の倒壊・水没・流失、地下ケーブルや管路等の断裂・損壊、電柱の倒壊、架空ケーブルの損壊、携帯電話基地局の倒壊・流失などの被害が広範囲にわたり発生した。さらに、震災の影響で長時間にわたる停電が生じたことから、地震や津波による直接の被害を受けなかった設備が、バッテリーや自家用発電機の燃料等の枯渇により機能を停止する事態も発生した。こうした影響により、東日本大震災においては、被災地を中心とした広範囲で通信の途絶が発生した。

具体的な被害としては、固定通信網については、NTT東日本で、385ビルが機能停止し、架空ケーブルが6,300km(沿岸部)流出・損傷し、中継伝送路が90ルート切断されるとともに、電柱が6.5万本(沿岸部)流出・折損した。この結果、アクセス回線では、約190万回線が被災した。また、携帯電話・PHS基地局については、基地局と交換機間の伝送路が被害を受けたこと、また、長時間の停電によりバッテリー等が枯渇したことにより、合計約2万9千局が機能停止した(図1、図2)。このような通信インフラの被害の復旧には、概ね同年4月末までの7週間程度の期間を要した。

東日本大震災では、通信回線や基地局が被災し、被災3県を中心に大規模な通信の途絶等が発生。

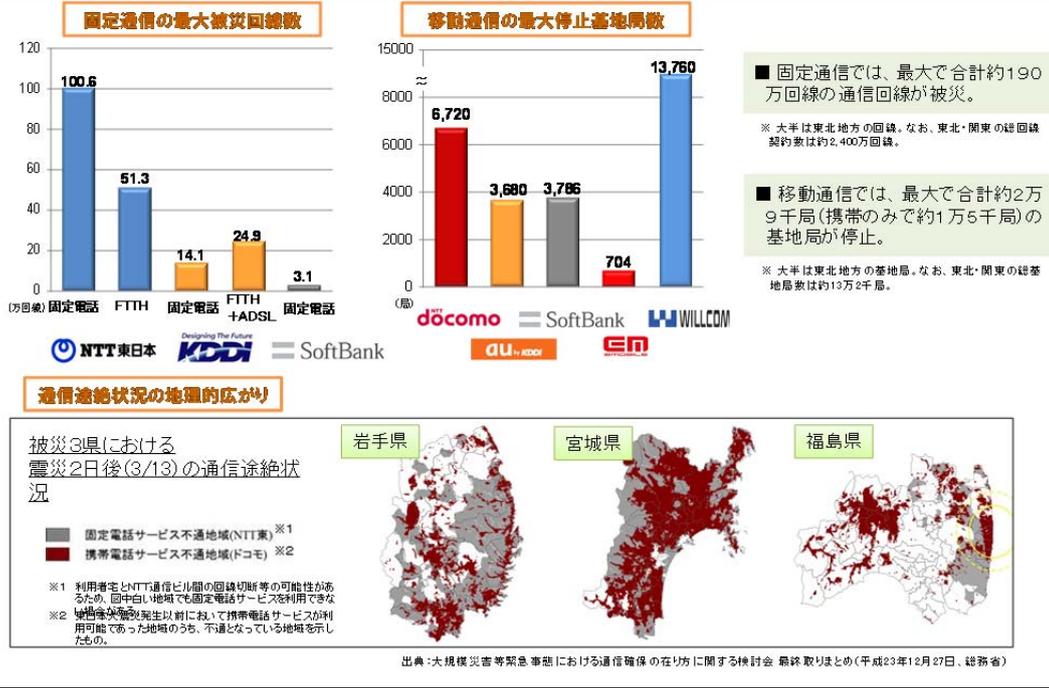


図1 東日本大震災における通信被害の状況

東日本大震災により、固定電話回線への影響、携帯電話基地局の停波が長期間にわたり継続。

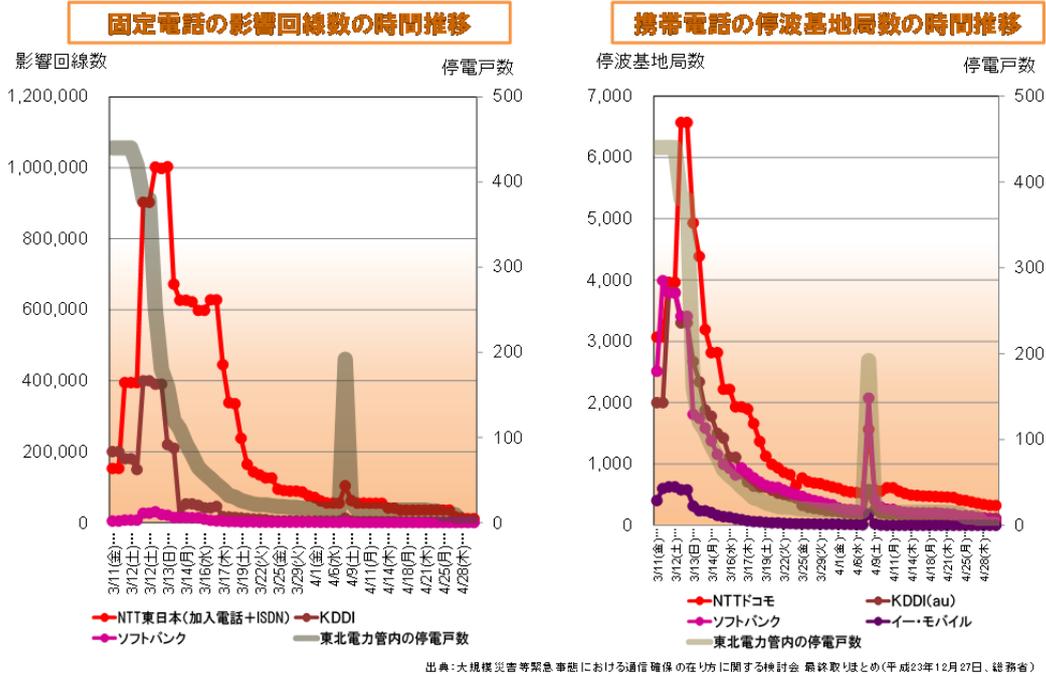


図2 東日本大震災における通信被害の時間推移

また、同震災においては、利用者からの音声の発信が急増し輻輳状態が発生したため、固定電話では最大80%~90%、携帯電話では最大70%~95%の規制が実施され、特に、携帯電話の通信規制については断続的に数日間にわたり実施された。携帯電話におけるメールなどのパケット通信についても、NTTドコモでは一時的に最大30%の通信規制が実施された。

1-1-2. 熊本地震における通信の状況

平成28年4月に熊本県熊本地方を震源として発生した熊本地震では、4月14日の前震(マグニチュード6.5、最大震度7)、続く4月16日の本震(マグニチュード7.3、最大震度7)により、熊本県、大分県の両県において通信インフラに被害が発生し、被災地の一部で通信の途絶が発生した。

具体的には、固定通信網について、NTT西日本で約300回線が不通となった他、ソフトバンクでADSL約900回線が不通となった。携帯電話・PHS基地局については、伝送路の切断及び停電が主な原因となり、最大時には約400局が機能停止した(図3)。

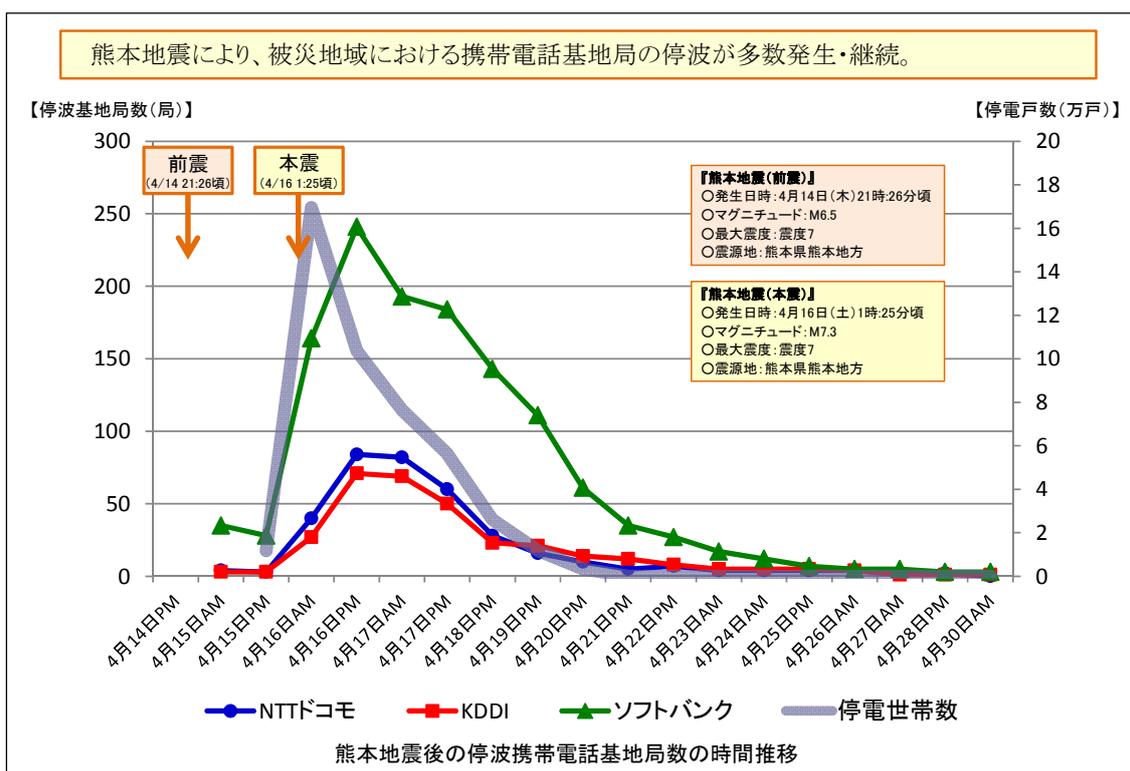


図3 熊本地震における通信被害の時間推移

このような被害が発生したものの、通信事業者各社は、東日本大震災での経験を踏まえて基地局の停電対策強化等の措置を講じていたことから、本震の発生した4月16日のうちにはNTTドコモがすべての役場において通信の疎通を確保するなど、被害の影響を抑えることが

可能となった。それでもなお、通信エリアの全面的な回復には、発災から1週間程度の期間を要した。

1-1-3. 災害時における通信確保の必要性

災害時には、災害の発生や予兆を知らせ、被害を防ぎ、救命活動や応急対応、復旧復興活動を進めるため、時間経過に応じて被災地内外で多様な情報の伝達が必要とされる。

例えば、災害の発生や予兆を知らせるための情報としては災害に係る警報などが、被害を防ぐための情報としては避難指示などが、救命活動のための情報としては救助要請などが、応急対応のための情報としては安否情報やインフラ被災状況の情報などが、復旧復興活動のための情報としてはボランティアに関する情報などが挙げられる。

一方、前節までで述べたように、災害の発生時には、通信インフラが被害を受けるなどして、被災地において一時的に通信の途絶や輻輳が発生する可能性がある。この場合、被災地における通信の需要と供給の間にギャップが生じることとなり、その解消を図るためには、被災した通信インフラを代替する通信手段が必要となる。

1-2. 車載通信機及びスマートフォンの普及

本節では、近年の情報通信環境の動向として、IoT の広がりの中で進む車載通信機及びスマートフォンの普及について概観する。

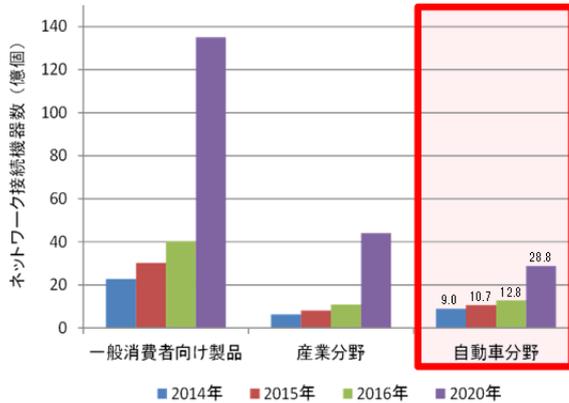
■車載通信機の普及

社会の様々な分野で IoT 化が進展する中、自動車分野においても、車内に通信機器を搭載し、インターネットなどのネットワークに接続できるようにすることで、新たな価値を生み出そうとする動きが加速している。例えば、車載通信機器を介することで、自動車内のカーナビやディスプレイオーディオ等に対して情報を配信することが可能となる。また、自動車の走行履歴や車体状態、自動車をプローブとして計測した道路情報等を収集することも可能となり、収集されたデータを活用した運転支援や車体診断、保険、交通管理など、新たなサービスの創出が相次いでいる。

このような通信機器を搭載してネットワークに接続することが可能な自動車は「コネクテッドカー」と総称され、その市場規模は急速な拡大が見込まれている。Gartner 社の調査によると、2020年には、自動車分野におけるネットワーク接続機器数が約28億個に達し、全ての自動車のおよそ5台に1台にあたる2.5億台以上の自動車がネットワークに接続されるようになると予測されている(図4)。

社会のIoT(Internet of Things)化が進展する中、通信機器を搭載し、ネットワークに接続することが可能な自動車「コネクテッドカー」の普及が急速に拡大。

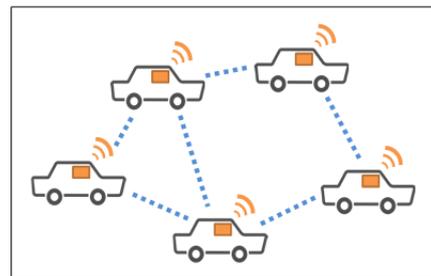
自動車分野におけるネットワーク接続機器数の増加見込み



出典: Gartner Says 6.4 Billion Connected "Things" Will Be in Use in 2016, Up 30 Percent From 2015(平成27年11月10日、Gartnerを基に総務省作成)



自動車がAP/基地局を介してネットワーク(インターネット等)に接続



自動車同士が相互に直接接続し、アドホック通信ネットワークを構築

※アドホック通信ネットワーク: 基地局等を介さず、端末同士の直近無線通信やケーブル方式の通信により構築されるネットワーク。

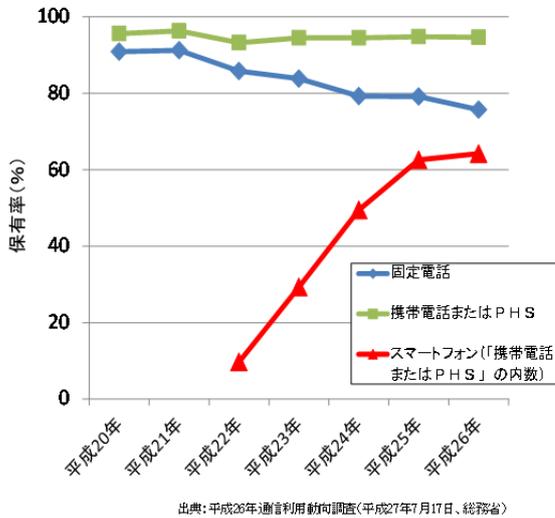
図4 IoT 社会の進展と「コネクテッドカー」の急速な普及

■スマートフォンの普及

平成 22 年以降、国内のスマートフォン保有率は急速に増加し、平成 26 年時点で 60%を上回る割合となっている。スマートフォンでは、OS 上にアプリをインストールすることで、通信機能を含む端末の動作を柔軟に制御することが可能である。また、スマートフォンでは一般に、携帯網での基地局との通信に加えて、無線 LAN や Bluetooth 等による通信も可能であり、これらの通信機能により端末間通信を行える機種も進んでいる(図5)。

平成22年以降、国内でスマートフォンの保有率が急速に増加し、平成26年時点で既に60%を上回る割合。スマートフォンは一般に、携帯網での基地局との通信に加え、無線LANやBluetooth等による端末間通信が可能。

国内におけるスマートフォン保有率の急速な増加



スマートフォンは一般に、携帯網での通信に加え、無線LANやBluetooth等による通信が可能。



双方が対応する場合、無線LANやBluetooth等により、スマートフォンと自動車間、スマートフォン間での直接通信が可能

図5 スマートフォンの本格的な普及

1-3. アドホック通信ネットワーク

本節では、通信インフラに依存しないことから災害時の通信需給ギャップを埋める手段の候補となるアドホック通信ネットワークについて、その概要と、これまでの関連する取組事例を述べる。

1-3-1. アドホック通信ネットワークとは

アドホック通信ネットワークとは、携帯網の基地局や無線LANのアクセスポイントなどの通信インフラを利用せず、端末同士の無線通信のみにより構築されるネットワークのことを言う。アドホック通信ネットワークは、固定されたインフラを必要としないことから、必要な機能を備えた端末が集まりさえすれば場所を選ばず柔軟に構築することが可能であるという長所をもつ。その一方、ネットワークを集中管理するシステムや固定された通信インフラのない中で端末が移動することで、端末相互間の接続が不安定になることや、ネットワークポロジが動的に変化することなども想定される。したがって、そのような状況においてもデータ伝送を行えるようにするため、例えば迅速性や確実性の低下を許容するなどの工夫が必要となる場合もある(図6)。

- アドホック通信ネットワークとは、携帯網の基地局や無線LANのアクセスポイントなどのインフラを利用せず、端末同士の無線通信のみにより構築されるネットワークのこと。
- アドホック通信ネットワークは、インフラを必要としないことから、必要な機能を備えた端末が集まりさえすれば場所を選ばずに構築することが可能。
- 端末が移動することも想定されるため、そのような状況で端末の配置が変動したり端末相互間の接続が不安定になったりした場合にも、迅速性や確実性の低下を許容してデータを伝送するための工夫が必要。

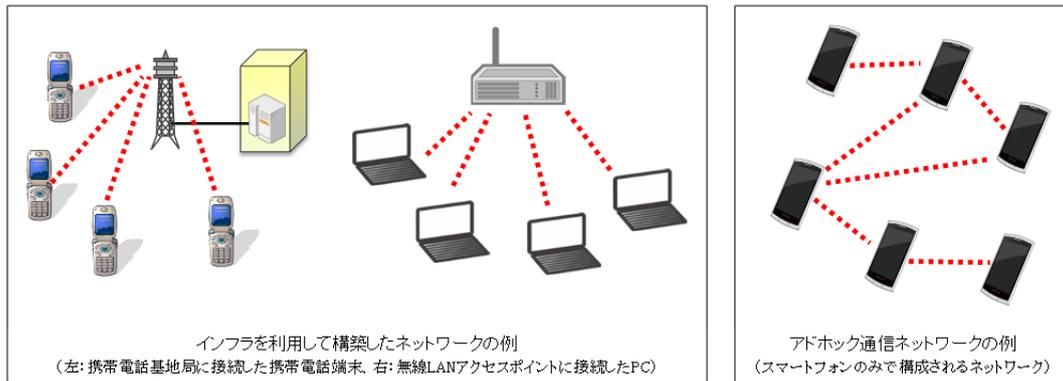


図6 アドホック通信ネットワーク

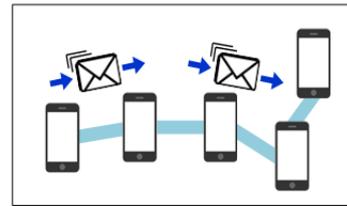
アドホック通信ネットワークの実現方式として広く知られているものとしては、MANET (Mobile Ad hoc Networking) と DTN (Delay Tolerant Networking / Delay and Disruption Tolerant Networking) がある (図7)。

MANET (Mobile Ad-hoc NETWORK)

分散した端末間であらかじめ経路を構築し、その経路中にデータを流す方式。

- ・経路が確立されれば、速やかにデータを流すことが可能。
- ・端末の位置が激しく変化するには通信が困難。
- ・1997年以降、IETFのMANET WGで議論。^{*}
- ・複数のルーティングプロトコルが標準化。通信要求が行われてから経路を構築する「Reactive型」(DYMO等)と、随時経路を構築・更新する「Proactive型」(OLSR等)が主流。

^{*} 加えて、IEEE 802.11s TGでは、2004年以降、ルーティングプロトコルをMAC層に実装した無線LANメッシュネットワーク技術が標準化。

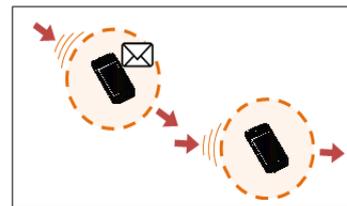


MANETによるデータ伝送イメージ

DTN (Delay Tolerant Network)

端末内にデータを保持したまま移動し、近傍に別端末が現れた際に受け渡す「バケツリレー」により、端末から端末へ順次データを受け渡していく方式。

- ・端末の位置が激しく変化する場合であっても通信が可能。
- ・データ伝送に時間を要する。
- ・2002年以降、IETFのDTNRGで議論。
- ・2007年に策定されたRFC 4838により、方式の全体像を規定。



DTNによるデータ伝送イメージ

図7 アドホック通信ネットワークの代表的な実現方式

MANET は、予めデータの送信元から送信先までの経路を構築した上で、その経路上にデータを流す方式であり、低遅延かつ確実にデータを伝送することが可能であるが、端末の位置が激しく変化する場合などでは経路の構築や利用を行えず、通信を行うことが困難である。

DTN は、端末同士の接続が常に存在しているとは限らない状況を想定し、そのような状況においてもデータ伝送を実現しようとする方式である。具体的には、端末内にデータ蓄積機能をもたせて、端末が移動するなどして別端末と接続を確立した際に蓄積していたデータを伝送する蓄積運搬型通信技術を用いて、端末から端末へバケツリレーのように順次データを受け渡していく。DTN は、その方式に起因して遅延を伴うが、端末の位置が激しく変化する場合などにおいてもデータ伝送できる可能性をもたらすものである。

1-3-2. 関連するこれまでの取組事例

本項では、アドホック通信ネットワークの活用に関連してこれまでに実施された取組事例として、東北大学による「スマホ de リレー」及びNTTドコモによる「Adhoc Communication SDK」の2つの事例を紹介する。これらの事例はいずれも、スマートフォンを活用してアドホック通信ネットワークを構築するものである。車載通信機を活用した事例については、第4章で紹介している。

■ スマホ de リレー

東北大学では、携帯電話基地局を使用せず、近隣のスマートフォン同士を無線 LAN により接続して、リレー方式によりメール送受信や Web 閲覧、SNS 利用、ファイル共有等を可能とする技術「スマホ de リレー」の研究、開発を進めている(図8)。



図8 スマホ de リレー (東北大学)

「スマホ de リレー」は、スマートフォン同士によるアドホック通信ネットワークの構築に当たり、バケツリレー方式のDTNで動作するモードと、予め経路構築を行うMANET(または、グループ構築を行うWi-Fi Direct)で動作するモードを組み合わせ使用。これにより、DTNのリレー回数の多さに伴う伝送効率の悪さの補完を可能としている。また、本技術では、ネットワークや端末の状況に応じて自動的に最適な使用モードや接続先端末が選択され、スマートフォン利用者による特別な操作は必要ない仕組みとなっており、スマートフォンにアプリをインストールするだけで容易にアドホック通信ネットワークが利用可能となる。

平成 27 年 10 月 23 日に東北大学で実施された総合防災訓練の中では「スマホ de リレー」の実証試験も実施され、大学キャンパス内の被災状況に関する 675 通のテキストメールや 44 枚の写真を集め、災害対策本部へ伝送することに成功している。

■ Adhoc Communication SDK

NTTドコモでは、携帯電話基地局を使用せず、近隣のスマートフォン同士を Bluetooth によ

り接続して、リレー方式によりテキストや画像等のメッセージ交換を可能とするためのソフトウェア開発キット(SDK)「Adhoc Communication SDK」を開発、提供している(図9)。

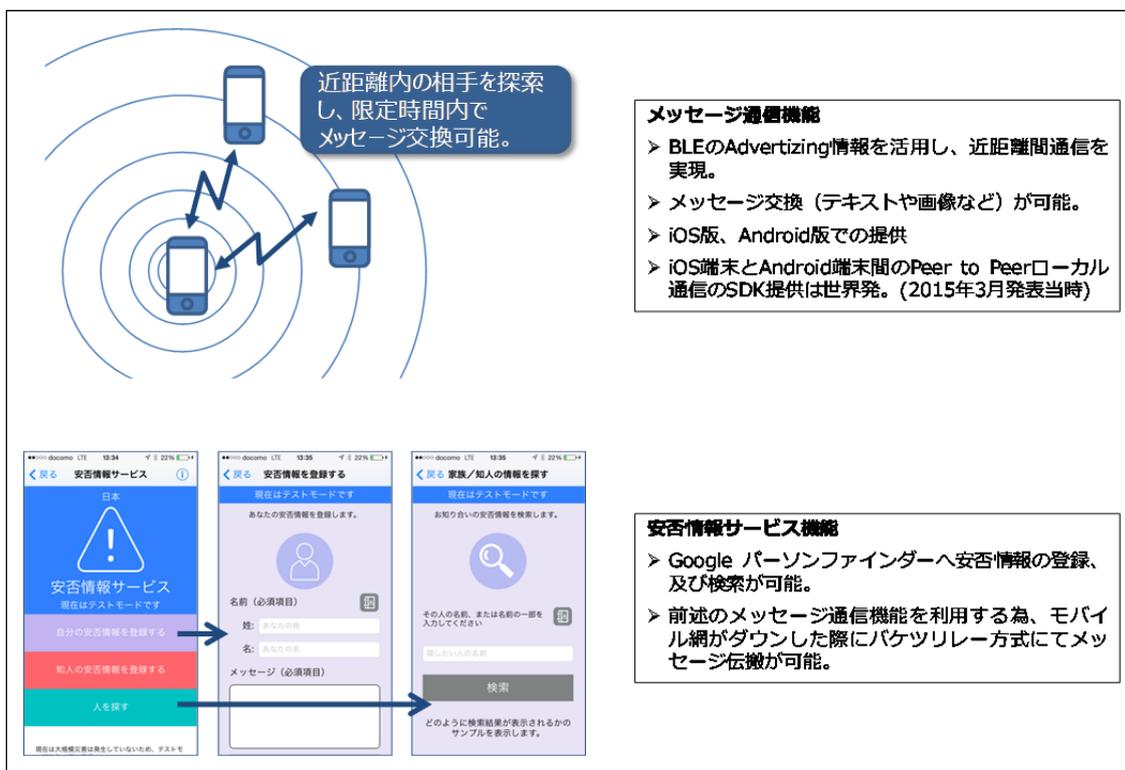


図9 Adhoc Communication SDK (NTTドコモ)

同 SDK は iOS 版と Android 版が提供されており、iOS 端末と Android 端末の間であっても Bluetooth 接続によるデータ伝送が可能となっている。また、Google が提供する Google パーソンファインダーへの安否情報の投稿機能も備えており、安否情報を端末間でリレー方式により伝送し、インターネットに接続した端末から Google パーソンファインダーへ送信することも可能となっている。

1-4. 災害時におけるアドホック通信ネットワークの活用

前節までで述べてきたとおり、災害時においては既存通信網の途絶等が生じ得る一方で、災害対応のために通信の需要が高まり、通信の需給にギャップが生じることが懸念されているところである。

このような中、通信を取り巻く状況に目を向けると、コネクテッドカーの広がりに伴う車載通信機器の普及、また、スマートフォンの普及が進んでおり、これらの端末機器同士によりアドホック通信ネットワークを構築できる素地が整いつつある。また、これら端末機器はいずれも、電源を備え、また高度な情報処理リソースをもつことから、平時利用に加えて災害時においても有効に活用できる可能性がある。

以上の点を踏まえ、本研究会では、大規模災害等が発生し、アクセス集中や設備損壊等により携帯電話等の既存の情報通信ネットワークが使用できない状況となった場合に、車載通信機やスマートフォンの通信機能を利用してアドホック通信ネットワークを構築し、通信の需給ギャップを埋めて災害対応に活用するため、必要な技術的検討を実施した。

2. ユースケースと課題の整理

本章では、災害時におけるアドホック通信ネットワーク活用の具体的なユースケースを挙げ、各々のユースケースにおいてアドホック通信ネットワークに求められる機能と課題を整理する。

2-1. 災害時におけるアドホック通信ネットワークのユースケース

第1章で述べたとおり、災害時には既存の通信ネットワークが利用できなくなる場合も想定される一方で、被災地においてはさまざまな通信が必要とされる状況となる。こうした関係を時系列に沿って整理したものが図 10 である。

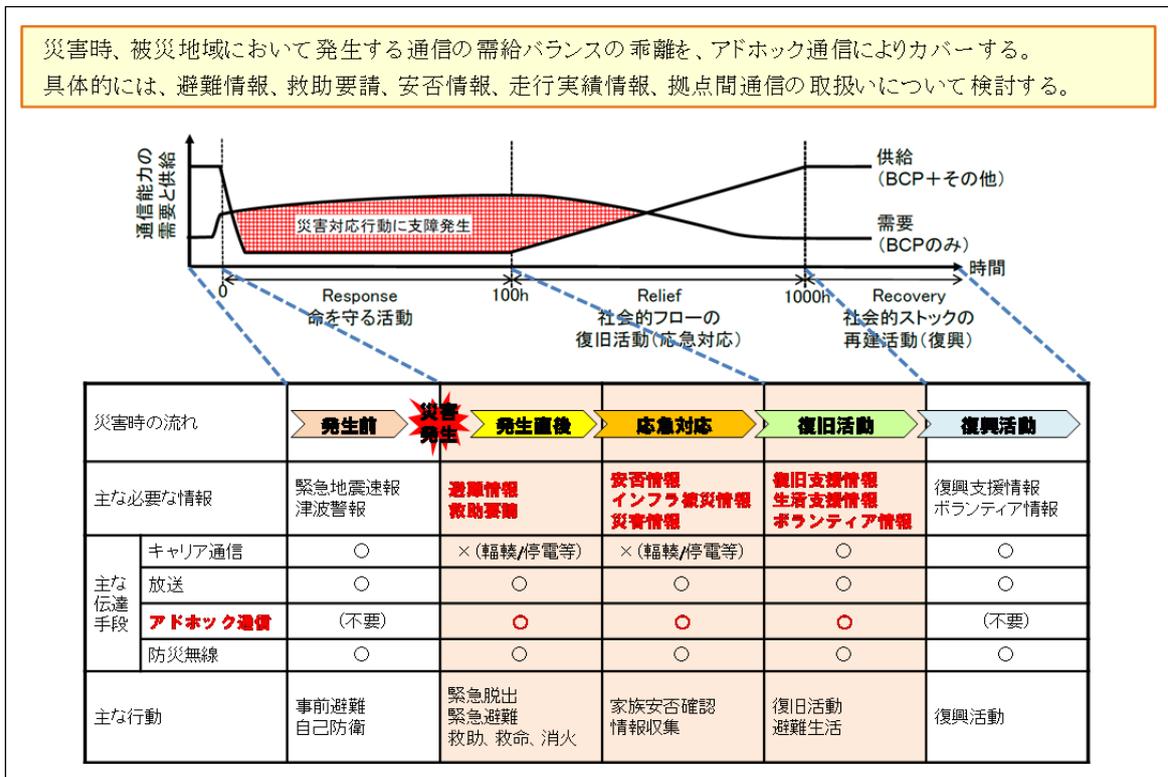


図 10 災害時におけるアドホック通信ネットワークのユースケース

図 10 に示したとおり、災害の発生直後、応急対応、復旧活動の各段階において通信ネットワークが利用できなくなる可能性があり、これらの各段階において必要とされる避難情報、救助要請(以上、災害発生直後のフェーズ)、安否情報、インフラ被災情報、災害情報(以上、応急対応フェーズ)、復旧支援情報、生活支援情報、ボランティア情報(以上、復旧活動のフェーズ)の伝達をアドホック通信により補完することが考えられる。今般の検討においては車載通信機やスマートフォンにより構築されるアドホック通信ネットワークを念頭に置いていることも含めて考えると、その活用例として、次の5つのユースケースを挙げることができる。

- ①避難情報の配信(←避難情報)
- ②救助要請の送信(←救助要請)
- ③車両走行実績情報の収集(←インフラ被災情報)
- ④安否情報等の共有(←安否情報、生活支援情報、ボランティア情報)
- ⑤拠点間通信(←災害情報、復旧支援情報)

なお、図 10 から明らかなように、これらのユースケースのうち、命に係わる情報である「避難情報の配信」、「救助要請の送信」については災害の発生直後のフェーズに必要性が高まり、「車両走行実績情報の収集」「安否情報等の共有」「拠点間通信」については、避難行動や救助活動の後、応急対応以降のフェーズにおいて必要性が高まることに留意が必要である。

2-2. ユースケースごとにアドホック通信ネットワークに求められる機能と課題

本節では、第1項から第5項で、前節で挙げた5つのユースケースごとに、アドホック通信ネットワークで実現すべき機能を検討し、技術面での課題を整理する。また、各ユースケースに概ね共通する課題については第6項で整理する。なお、これらの課題への対応方策については、第3章で技術的検討を実施する。

2-2-1. 避難情報の配信

ユースケース「避難情報の配信」のイメージを図 11 に示す。本ユースケースでは、自治体等の公共機関から、災害により避難が必要な地域にいる者に対して、アドホック通信ネットワークを介して、災害の発生や予兆に関する情報、それに伴う避難に関する情報を配信する。これにより、要避難者の避難を促すことが可能となる。



図 11 ユースケース:避難情報の配信

災害の発生、予兆に関する情報としては、地震、津波、洪水、土砂崩れ、火災に関する情報などが想定される。

避難に関する情報としては、これらの災害に伴う避難の必要性や、避難場所、避難方法などが想定される。

本ユースケース実現のためには、例えば次の課題がある。

- ・ 情報伝達エリアの特定・限定方法
- ・ 発信者の確認・制限(いたずら/なりすまし対策)
- ・ 重複送受信の回避・削減(輻輳防止)
- ・ 情報鮮度管理(古い情報による混乱防止、伝達終結方法)
- ・ 地図情報を持たない端末への対応
- ・ 大容量データの伝送
- ・ 有効な避難ルートの生成

2-2-2. 救助要請の送信

ユースケース「避難情報の配信」のイメージを図 12 に示す。本ユースケースでは、救助が必要な者から、周囲の者や救急機関等に対して、アドホック通信ネットワークや、その先に繋がったインターネットを介して、救助を要請している旨のメッセージを伝達する。これにより、メッセージを受信した周囲の者や救急機関等による要救助者の救助を促すことが可能となる。

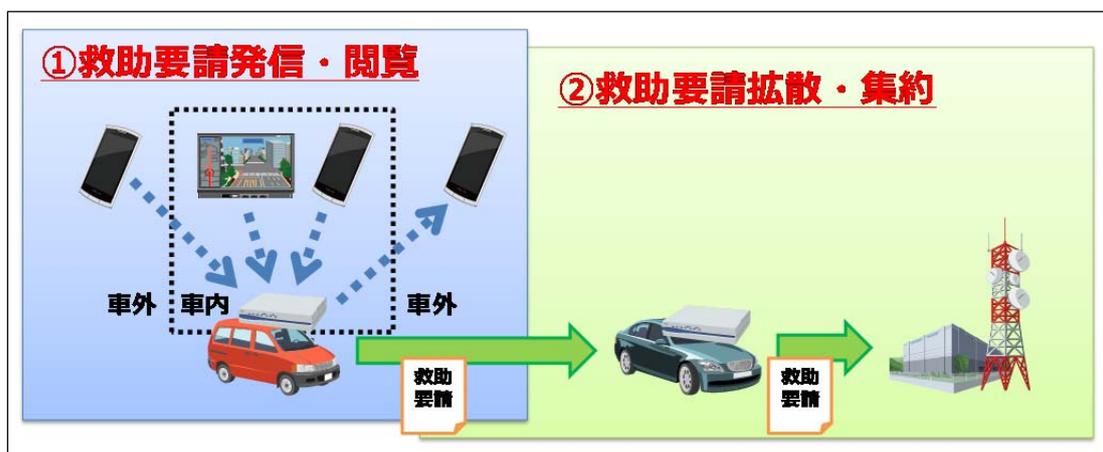


図 12 ユースケース:救助要請の送信

救助を要請しているメッセージの内容としては、要救助者の位置情報などが想定される。

本ユースケース実現のためには、例えば次の課題がある。

- ・ 発信者の確認・制限(いたずら/なりすまし対策)
- ・ 緊急機関への接続、ルーティング設定、到達確認

2-2-3. 車両走行実績情報の収集

ユースケース「避難情報の配信」のイメージを図 13 に示す。本ユースケースでは、災害発生後に被災地を走行する自動車から、アドホック通信ネットワークや、その先に繋がったインターネットを介して、走行実績情報を情報収集サーバに送信、集約する。これにより、被災地で災害発生後に車が通行可能な道路情報を生成し、災害対応に活用することが可能となる。



図 13 ユースケース: 車両走行実績情報の収集

車両走行実績情報としては、一定時間ごとに記録した、時刻情報と自動車の位置情報のセットなどが想定される。

本ユースケース実現のためには、例えば次の課題がある。

- ・ 発信者の確認・制限(いたずら/なりすまし対策)
- ・ 情報収集サーバへの接続、ルーティング設定、到達確認
- ・ アドホック通信ネットワークのリソース使用の節減

2-2-4. 安否情報等の共有

ユースケース「避難情報の配信」のイメージを図 14 に示す。本ユースケースでは、まず、避難所の避難者が、近傍を走行する車等に搭載されたサーバのデータベースに対して、自身の安否情報を入力する。続いて、サーバを搭載した車が、近傍を走行する別の車との間でアドホック通信を繰り返し、互いのデータベースの情報を共有・同期する。これにより、安否情報を参照しようとする者が、近傍を走行する車等に搭載されたサーバのデータベースにてアクセスして、必要な情報を参照することが可能となる。

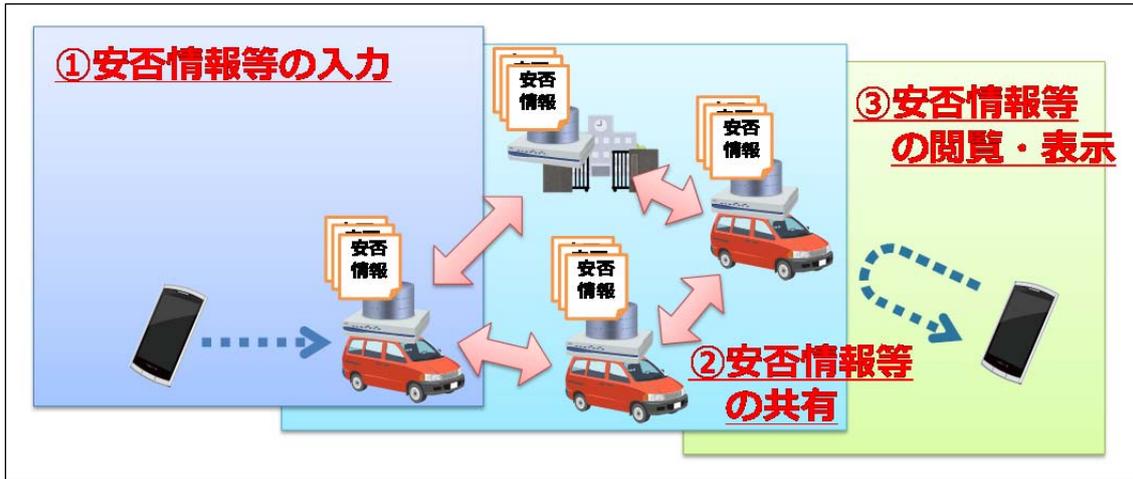


図 14 ユースケース:安否情報等の共有

安否情報としては、避難者の氏名とその避難場所などが想定されるが、共有する情報は安否情報に限定されず、例えば、避難所の場所とその避難所において必要としている物資の情報や、被災者等が参照する災害対応マニュアル等を共有することも想定される。

本ユースケース実現のためには、例えば次の課題がある。

- ・ 発信者の確認・制限(いたずら/なりすまし対策)
- ・ 重複送受信の回避・削減(輻輳防止)
- ・ 情報鮮度管理(伝達終結方法)

2-2-5. 拠点間通信

ユースケース「避難情報の配信」のイメージを図 15 に示す。本ユースケースでは、自治体施設など災害時の拠点施設間に車載通信機を搭載した車を数珠繋ぎ状に固定配置して、車載通信機間でアドホック通信ネットワークを構築することにより、両拠点間に臨時の通信経路を確立する。これにより、両拠点間でデータファイルのやり取りや VoIP アプリを用いた音声通話などを行うことが可能となる。



図 15 ユースケース:拠点間通信

本ユースケース実現のためには、例えば次の課題がある。

- 車両配置ポイントの設定
- ネットワークの構成・状態把握

2-2-6. 各ユースケース共通

ここまでで述べたユースケースごとの課題に加えて、各ユースケースに概ね共通するものとして、例えば次の課題がある。

- 平時・災害時のモード切替え(タイミング、方法、対象エリア設定、解除等)
 - 災害発生時に、車載通信機器等を平時モードから緊急モードに切り替える方法等を検討することが必要
- 緊急情報とその他の情報の判別と優先扱い
 - アドホック通信ネットワーク内で、緊急に伝達が必要な情報を優先的に取り扱えるようにすることが必要
- 機器間、ネットワーク間でのインターオペラビリティの確保
 - 異なる製造者の機器間、異なるネットワーク間でも情報を伝達可能とすることが必要
- 個人情報の取扱い
- 情報の入力、表示方法(定型化)

3. 技術的検討

本章では、第2章で挙げた災害時におけるアドホック通信ネットワーク活用の各ユースケースについて、アドホック通信ネットワークの課題を解決してユースケースを実現するための技術的手法を検討する。

3-1. 検討の視点・対象

本節では、技術的手法の検討の前提として想定する状況や、検討に際しての着眼点等について述べる。

■ 検討の前提とする想定状況等

次のような状況の下、ユースケースごとに具体的なユースシナリオを想定して技術的検討を実施する。

○ 災害による通信途絶の発生

- ・災害の発生により、携帯電話網や公衆無線 LAN 環境などの既存の情報通信ネットワークが、一定の範囲内で途絶している。
- ・ただし、被災地から離れば、携帯電話網や公衆無線 LAN 環境などが回復しており、これらのネットワークを介してインターネットに接続することが可能となっている。例えば、大規模災害発生時に通信事業者が公衆無線 LAN を災害用統一 SSID「00000JAPAN」により無料開放する取組などがある。

○ 車載通信機及びスマートフォンの普及

- ・車載通信機及びスマートフォンが普及している。
- ・車載通信機及びスマートフォンはいずれも、オペレーティングシステム(OS)上で複数のアプリケーションを動作させることが可能。
- ・車載通信機及びスマートフォンはいずれも、機器間でアドホック通信を行うことが可能。
- ・車載通信機には、オペレーティングシステム(OS)やアプリケーションの動作を平時利用時の「平時モード」とは異なるものとする「緊急モード」が存在し、各ユースシナリオにおいて車載通信機は「緊急モード」で動作している(「緊急モード」及び「平時モードから緊急モードへの切替え」については3-2-6で詳述する。)

■ 検討の対象範囲

本検討においては、図 16 に示すとおり、TCP/IP モデルにおけるインターネット層からアプリケーション層までを主要な検討対象とする。また、リンク層についても、ユースケースから要求

される条件や、当該条件を満足する技術について、中立的な観点から考察することとする。

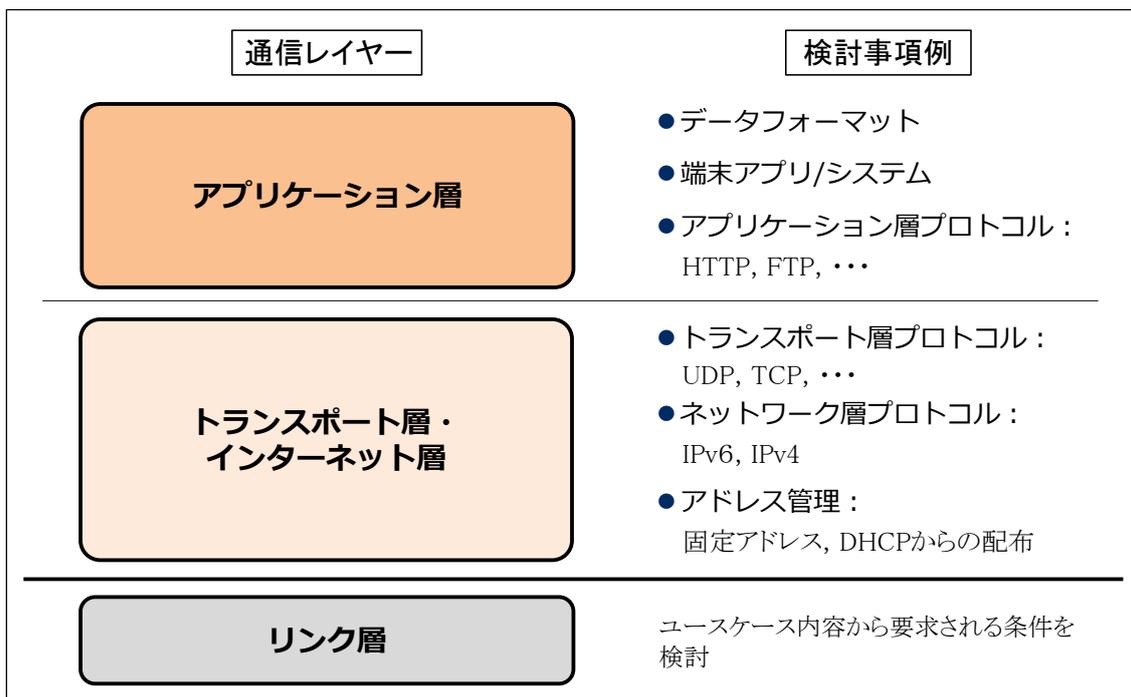


図 16 検討範囲とする通信レイヤーと検討事項例

なお、本章では、技術的な手法、方式に注目して検討を行うこととし、車載通信機やスマートフォンへのアプリケーションの実装方法や、ユースケースを実現するシステムの運用方法など、ユースケースの社会実装に向けた具体的課題については第4章で別途検討を行うこととする。

3-2. 各ユースケースに係る検討

本節では、第1項から第5項で、アドホック通信ネットワークの5つのユースケースごとに具体的にユースシナリオを書き出し、シナリオ内の各構成要素を実現するための技術的手法を述べる。なお、各ユースケースに共通する、車載通信機のモード切替えに係るシナリオについては、第6項で述べる。また、5つのユースケースの技術的实现方法について、第7項で総括する。

3-2-1. 避難情報の配信

本項では、避難情報の配信に関して、ユースシナリオを書き出し、実現のための技術的手法を述べる。

避難情報の配信の目的は、自治体等の公共機関から、災害により避難が必要な地域にいる者に対して、災害の発生に関する情報やそれに伴う避難に関する情報を配信することにより、

要避難者の避難行動を促すことである。したがって、避難情報を可能な限り迅速かつより多くの要避難者に対して伝達することが必要である。また、重複情報の配信を抑止すること等によりアドホック通信ネットワークへの負荷を低減して効率的に情報を伝達すること、避難が必要な地域にいる者のみに限定して情報を配信することなどへの配慮も必要となる。

■ユースシナリオ(全体像)

避難情報の配信に関するユースシナリオについて、その実現のために蓄積運搬型通信技術を用いた例を、図 17 に示す流れに沿って説明する。

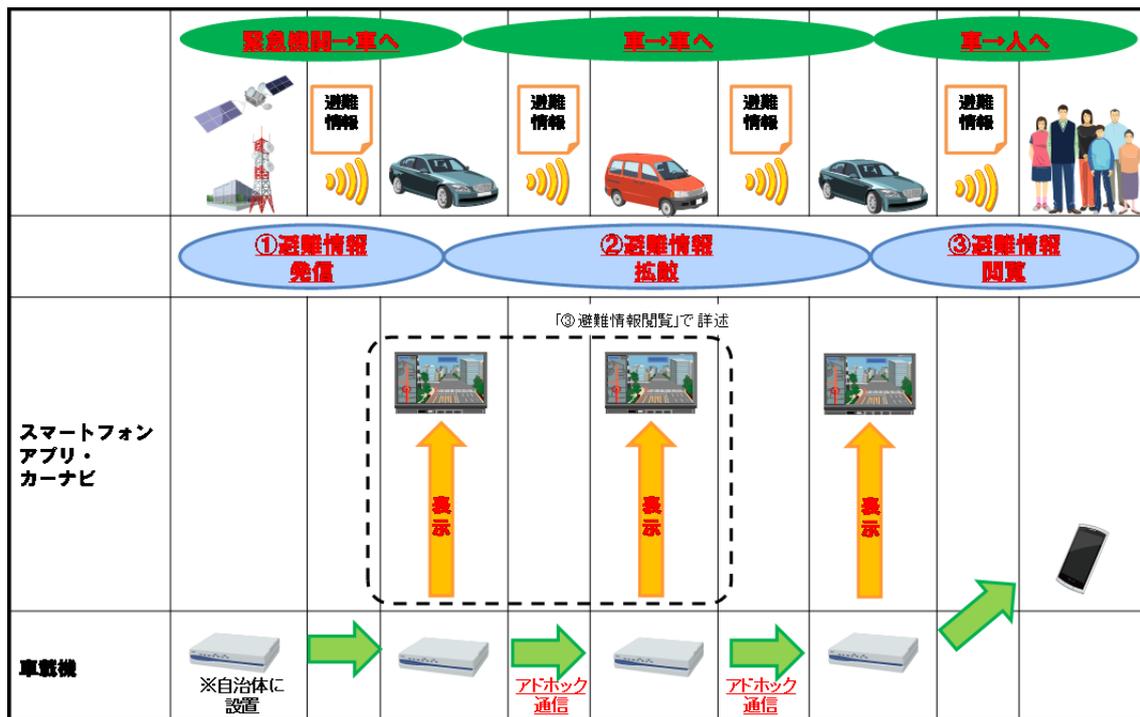


図 17 ユースシナリオ:避難情報の配信 概略

図 17 に示すとおり、避難情報の配信に関するユースシナリオを、①避難情報発信、②避難情報拡散、③避難情報閲覧、の3つのフェーズに分け、以下では各フェーズについて説明する。

■ユースシナリオ(①避難情報発信)

図 18 に避難情報発信に係るユースシナリオを示す。

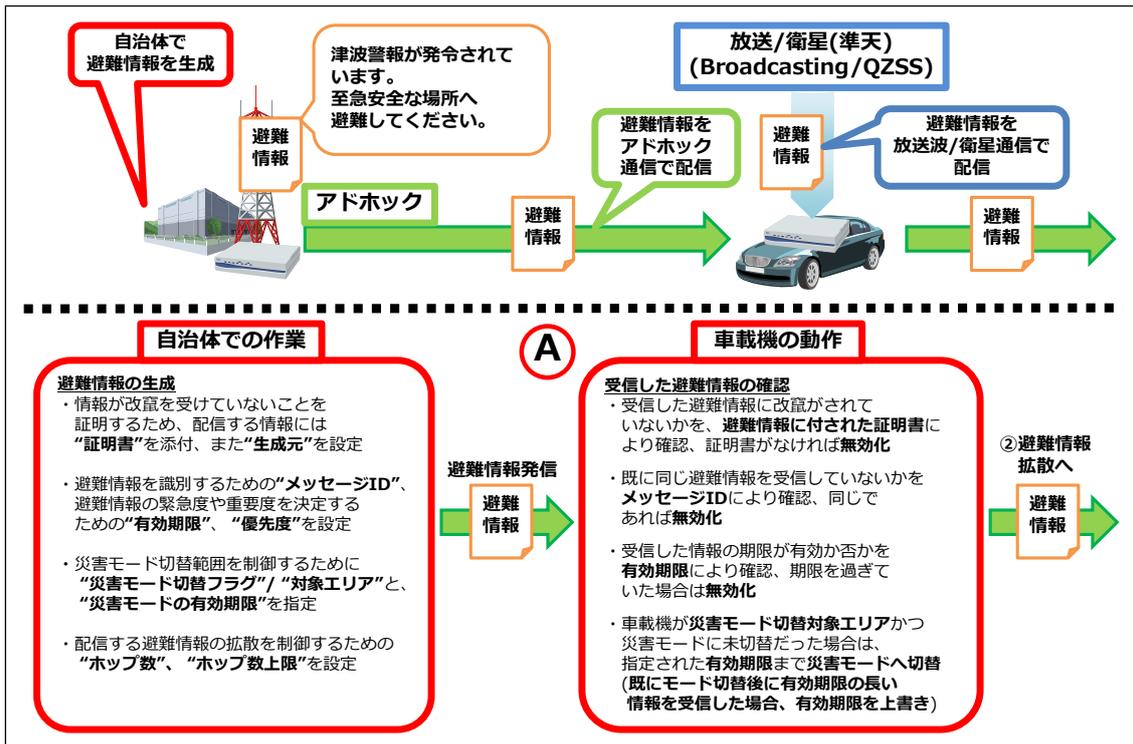


図 18 ユースシナリオ:避難情報の配信 ①避難情報発信

まず、自治体等において、災害の発生や予兆に関する情報を受け、当該情報に伴う避難情報を生成して、アドホック通信により自動車内の車載通信機に情報を拡散する。生成する避難情報は、付随するいくつかの情報項目を設定可能としておき、情報が改竄されていないことを証明するための“証明書”の添付や、“生成元”の設定、識別子としての“メッセージ ID”、緊急度や重要度を示す“優先度”、情報の“有効期限”、情報拡散を制御するための“ホップ数”、“ホップ数上限値”等を設定する。また、必要な場合には、情報を受信した車載通信機を緊急モードに切り替える判断のための“緊急モード切替えフラグ”、“対象エリア”、“緊急モード有効期限”も同時に設定する(緊急モードへの切替えについては第6項で詳述する。)

次に、上記の避難情報を受信した自動車内の車載通信機は、証明書の有無やメッセージ ID、有効期限などの設定情報から、受信した避難情報が有効なものであるかを判断する。さらに、避難情報内に緊急モードへの切替えに係る情報が設定されている場合には、関連する設定情報を利用して、車載通信機の緊急モードへの切替えについても同時に判断する。

なお、避難情報については、アドホック通信だけではなく、放送波や準天頂衛星システム(QZSS)等を用いた衛星通信により自動車内の車載通信機に配信される場合も想定される。

■ ユースシナリオ (②避難情報拡散)

図 19 に避難情報拡散に係るユースシナリオを示す。

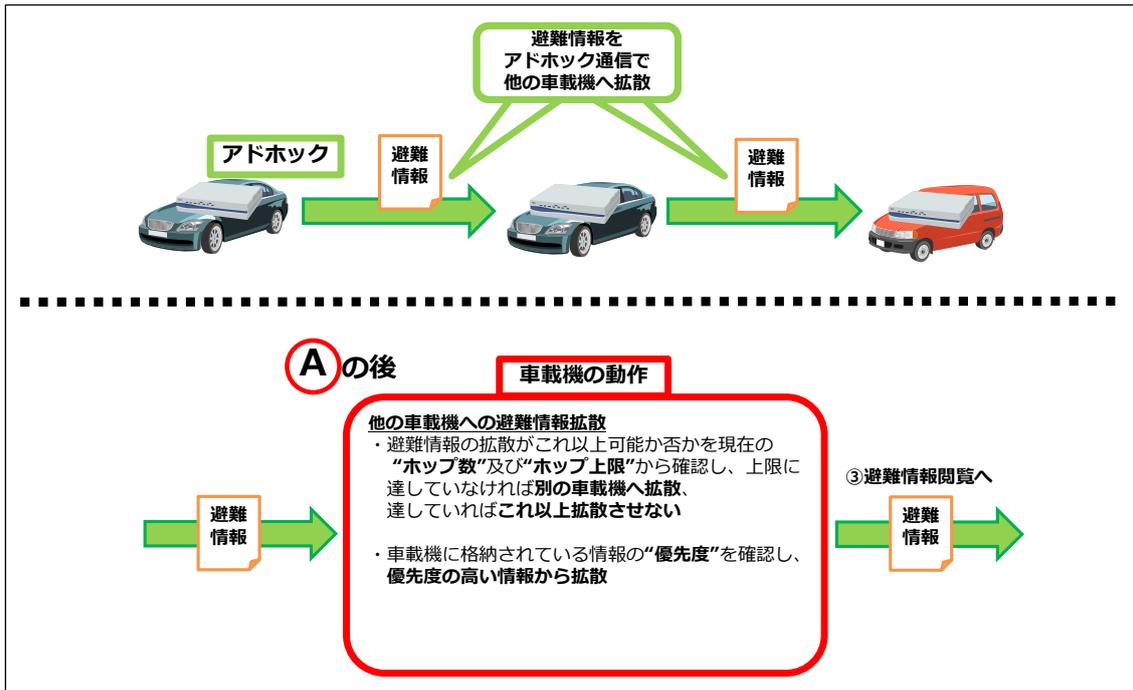


図 19 ユースシナリオ:避難情報の配信 ②避難情報拡散

車載通信機内では、受信した避難情報について、避難情報内に設定されている“ホップ数”や“ホップ数上限値”を参照し、当該情報の拡散が必要かどうかを判断する。車載通信機は、ホップ数が設定されている上限値に達していない場合はアドホック通信により別の車載通信機に避難情報を拡散し、上限値に達している場合は、以降の情報拡散を停止する。なお、情報拡散の際には、車載通信機の緊急モードにおける動作として、避難情報内に設定されている“優先度”を参照し、優先度の高い情報から拡散を行うことで、重要かつ緊急性が高い情報を優先的に取り扱う。

■ ユースシナリオ (③避難情報閲覧)

図 20 に避難情報閲覧に係るユースシナリオを示す。

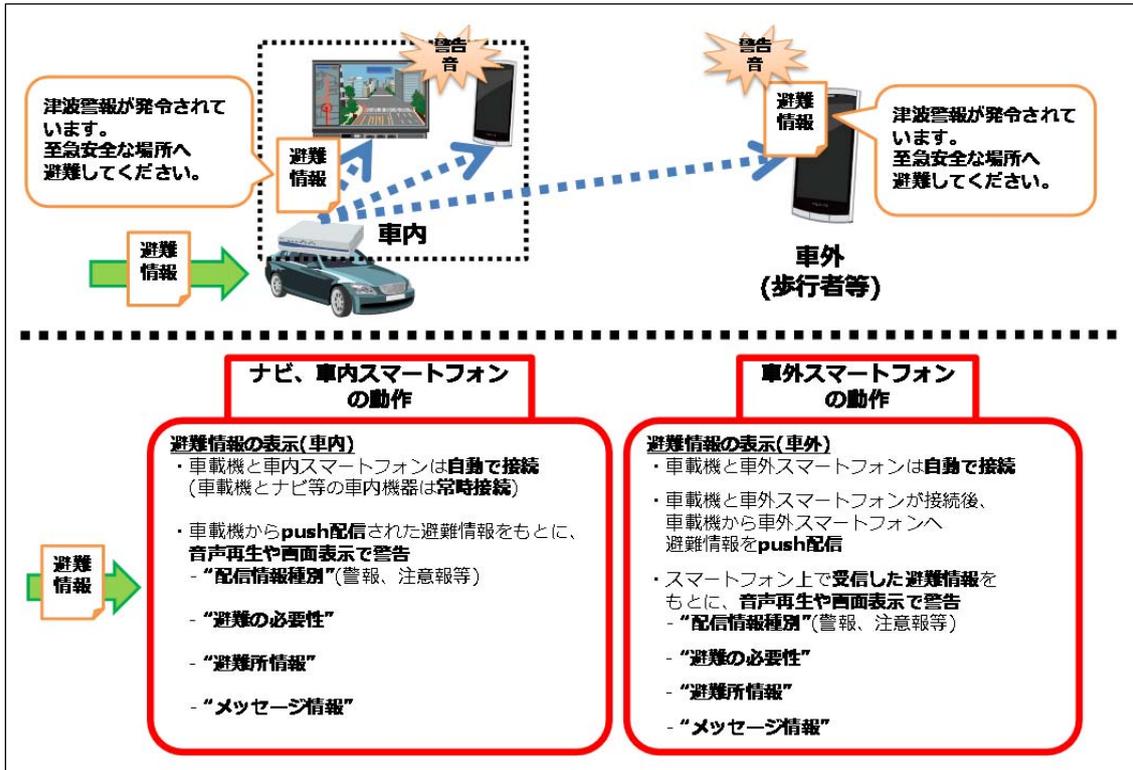


図 20 ユースシナリオ:避難情報の配信 ③避難情報閲覧

車載通信機で受信した避難情報は、自動車内に設置されたカーナビゲーション等、または車載通信機に無線接続した周辺歩行者の保有するスマートフォン等を介して、各機器の画面への表示や警告音・音声案内等により、自動車の乗員や周辺歩行者に届けられる。この際、自動車内に設置されたカーナビゲーションや周辺歩行者が保有するスマートフォン等は、受信した避難情報内に設定されている“配信情報種別”、“避難の必要性”、“避難所情報”、“メッセージ情報”等を参照し、自動車の乗員や周辺歩行者が必要とする情報を選択して表示、通知する。

なお、避難情報は、その性質からプッシュ型で配信する必要があるため、災害時には車載通信機と歩行者の保有するスマートフォン等との無線接続が自動的に確立されることが望ましい。

■プロトコル等に係る検討 全体像

これまでに説明した避難情報の配信に係るユースシナリオを実現するため、TCP/IP モデルの各階層に求められる条件や適用し得るプロトコル等を検討した。以降、図 21 に示す階層図を用いて、階層ごとの検討結果を説明する。

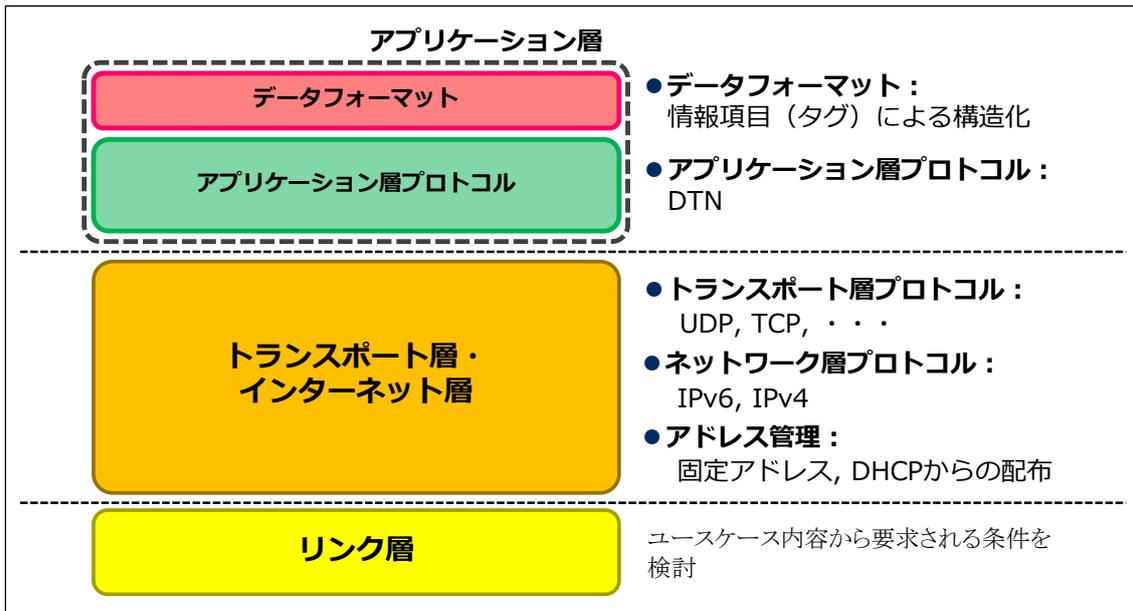


図 21 ユースシナリオ:避難情報の配信 プロトコル等に係る検討

■プロトコル等に係る検討 A.アプリケーション層

アプリケーション層では、ユースシナリオで述べた各種情報項目 (タグ) による情報の構造化等を行うことにより、情報受信者が受信後の情報をどのように扱うべきか効率的に判断できるようになる。また、避難情報の拡散時には、効率的な伝送のため、ルーティングテーブルを伴う必要のないエピソード型の情報伝搬を行うとともに、情報の重複保持の防止やアドホック通信ネットワークのトラフィック低減制御などを考慮することが有効である。アプリケーション層での適用技術例としては、DTN などが挙げられる。

■プロトコル等に係る検討 B.トランスポート層・インターネット層

トランスポート層及びインターネット層については、IP で通信を実現することを前提とする。適用技術例としては、トランスポート層については UDP や TCP 等のプロトコルが挙げられ、ネットワーク層では IP アドレス体系として IPv6、IPv4 などのプロトコルが挙げられる。

ここで、トランスポート層について、UDP を用いる場合には、データ伝送先との間で接続管理を行わないため素早くデータの伝送を行えるが、その到達の確実性は保証されない。一方、TCP を用いる場合には、伝送データに漏れがあった場合に再送されるなど、接続が維持される限りデータ伝送の確実性は高まるが、接続の確立を始めとした追加的なプロセスが必要となることから通信に要する時間も増加する。したがって、今般の検討で想定しているように通信端末間のリンク層での接続が不安定な場合には、リンク層での接続が維持されている間にデータ伝送を終えることができない可能性が高まる。

また、ネットワーク層については、IP アドレスが、情報配信に関わる各車載通信機についてユニークなものとなっていれば十分であるが、避難情報を配信する場合には、対象となる車載

通信機が膨大な数となる。この点を踏まえれば、車載通信機には、アドレスのユニーク性を考慮して、IPv6 アドレスを固定的に割り振ることが理想的と考えられる。さらに、避難情報は配信の即時性が重要であり、通信確立を可能な限り高速に行う必要があることから、IPv4 を使用する場合に必要となる DHCP 等での処理が不要である点も有効に寄与すると考えられる。その一方で、IPv6 は、避難情報のように比較的小さなデータサイズの情報に拡散する場合には、アドレス体系に起因するオーバーヘッドが大きくなり、アドホック通信ネットワークの帯域の負荷を高めてしまうおそれもある。

以上のように、適用し得る複数の具体的技術には、各々に利点と欠点が存在する場合があり、こうしたトレードオフの関係については、今後、実証試験の実施も含めて検証していく必要がある。

■プロトコル等に係る検討 C.リンク層

リンク層について、避難情報は自動車及び歩行者に対して広く拡散する必要があり、図 22 に示すように、経路を固定せず、リレー方式によるデータ転送と通信グループ内データ共有を組み合わせて情報を拡散できるようにすることが効率化に有効である。また、自動車及び歩行者の移動に起因して、通信端末間では通信リンクの接続と切断が頻発することから、リンク層にはある程度の遅延耐性を具備した方式を用いることが望ましい。

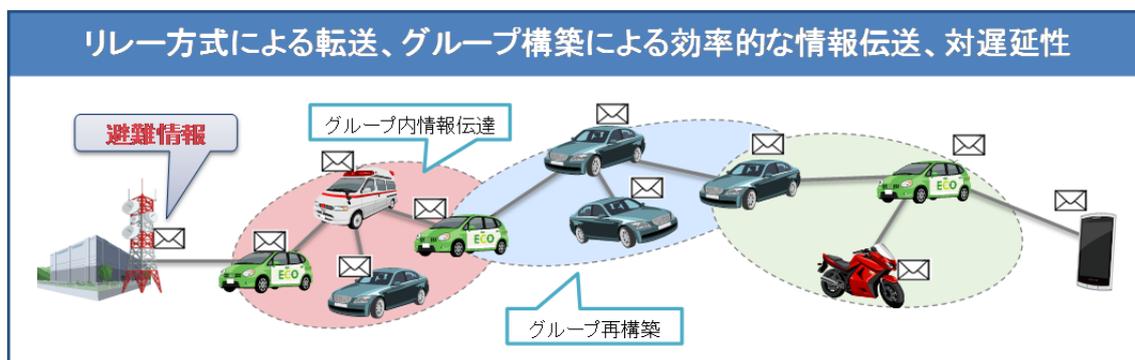


図 22 ユースシナリオ:避難情報の配信 リンク層に対する要求条件

また、リンク層に対するその他の要求条件として、次のような点も挙げられる。

【車載通信機同士の接続の際に求められる条件】

- ・車載通信機同士が自動かつ高速に接続可能であること

自動車同士がすれ違う際に通信することを考慮すると、自動かつ高速で接続できることが必要であるため。

- ・車載通信機の接続先となる通信端末が固定化されないこと

渋滞時など自動車の動きが少ない場合に、車載通信機の接続先となる通信端末のグループが固定化されると、新たな通信端末に情報を拡散することができなくなるため。

【車載通信機とスマートフォンの接続の際に求められる条件】

- ・スマートフォンで利用可能な通信方式であること

歩行者には Android 端末や iOS 端末等のスマートフォンを介して避難情報を届ける必要があるため。

- ・車載通信機とスマートフォンが自動で接続可能なこと

歩行者にもプッシュ型で避難情報を配信する必要があるため。

【一般的に求められる条件】

- ・車載通信機のアンテナの指向性が強過ぎないこと

車載通信機は、自動車の進行方向前後以外の方向にいる周辺歩行者のスマートフォンとも接続可能である必要があるため。

- ・アドホック通信のみで接続可能であること

携帯電話網や公衆無線 LAN 環境などの既存の情報通信ネットワークが途絶している環境でのアドホック通信ネットワークの構築を想定しているため。

以上のような要求条件を満足する具体的な通信方式の選択や、その有効性の評価については、今後、実証試験の実施も含めて検証していく必要がある。

3-2-2. 救助要請の送信

本項では、救助要請の送信に関して、ユースシナリオを書き出し、実現のための技術的手法を述べる。

救助要請の送信の目的は、災害等で建物の倒壊に巻き込まれるなどして救助を必要とする者が、周囲の歩行者や自動車、緊急機関等に対して救助が必要な旨を連絡して、早期の救助対応に結びつけることである。

■ユースシナリオ(全体像)

救助要請の送信に関するユースシナリオについて、その実現のために蓄積運搬型通信技術を用いた例を、図 23 に示す流れに沿って説明する。

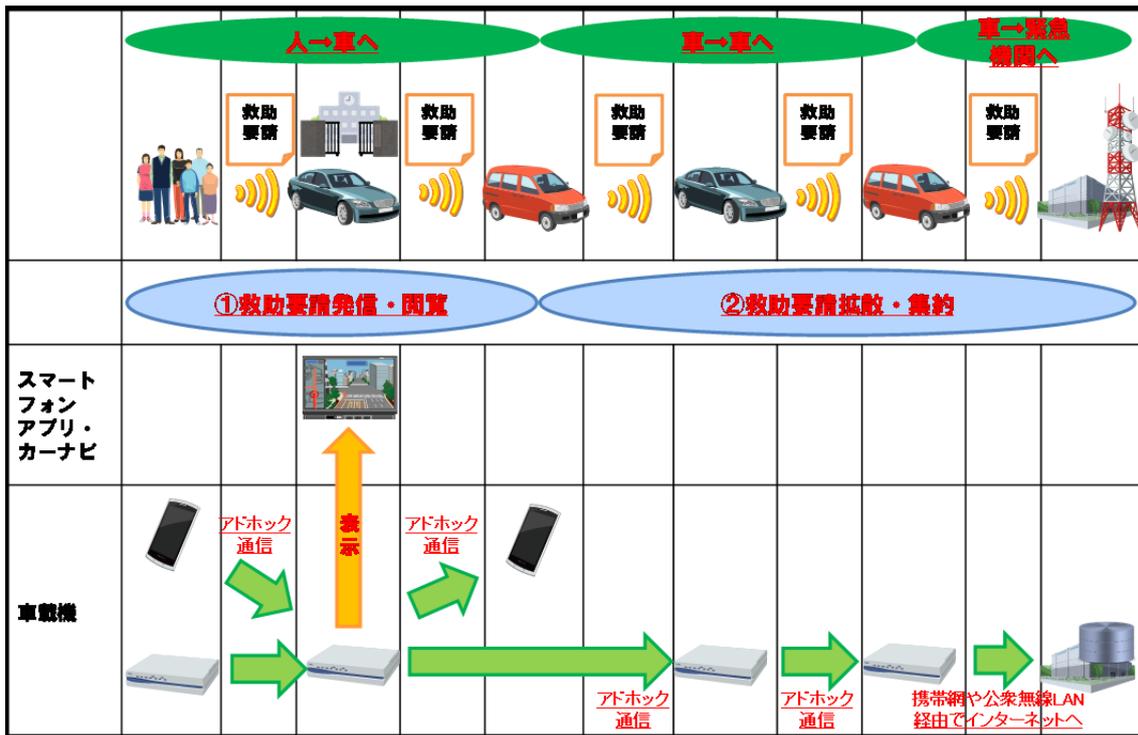


図 23 ユースシナリオ:救助要請の送信 概略

図 23 に示すとおり、救助要請の送信に関するユースシナリオを、①救助要請発信・閲覧、②救助要請拡散・集約、の2つのフェーズに分け、以下では各フェーズについて説明する。

■ユースシナリオ(①救助要請発信・閲覧)

図 24 に避難情報配信・閲覧に係るユースシナリオを示す。

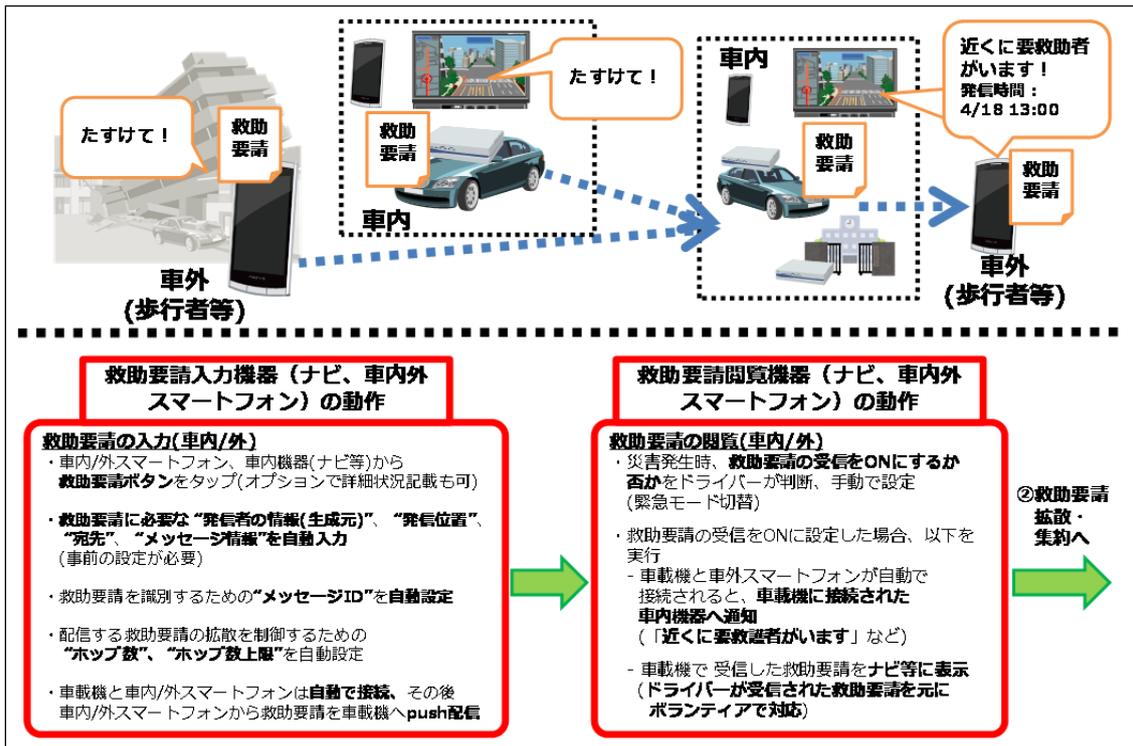


図 24 ユースシナリオ:救助要請の送信 ①救助要請発信・閲覧

まず、災害等の発生で家屋の倒壊に巻き込まれるなどした要救助者は、スマートフォンが利用可能であれば、自身のスマートフォンに必要な情報を入力して救助要請メッセージを作成する。この救助要請メッセージには、前項で説明した避難情報と同様にいくつかの付随情報、例えば、救助に必要な“発信者情報”、“発信者の位置”、“宛先”、“メッセージ情報”などを設定可能としておく。これらに加えて、救助要請を識別するための“メッセージID”や、送信する救助要請の情報拡散を制御するための“ホップ数”、“ホップ数上限値”等が自動的に設定されるようにしておく。なお、“発信者情報”などの情報は緊急時に入力する手間を省くため、事前にスマートフォン内で設定しておくことが望ましい。

次に、要救助者のスマートフォンで作成した救助要請メッセージを、アドホック通信により周囲の自動車内の車載通信機に拡散する。緊急時に要救助者がスマートフォンで複雑な操作を行うことは困難な可能性があるため、車載通信機とスマートフォンとの間では、自動的に接続が確立されることが望ましい。なお、救助要請メッセージは、車載通信機において、同機が緊急モードである場合にのみ受信可能とすることを想定する。ただし、車載通信機の外部信号による緊急モードへの切替え前に救助要請が発信され得ることも考慮すると、自動車の乗員が、車載通信機を災害時に限らず手動で緊急モードに設定しておくことも考えられる(緊急モードへの切替えについては第6項で詳述する。)

続いて、救助要請メッセージを受信した車載通信機は、メッセージ内に設定された情報項目内容を参照して、カーナビゲーション等の画面への表示や音声案内等により、自動車の乗員に救助要請メッセージを届ける。また、救助要請メッセージを受信した車載通信機の周辺に歩行者の保有する接続可能なスマートフォンが存在する場合には、車載通信機からアドホック

通信により救助要請メッセージを送信し、周辺歩行者に対しても救助要請メッセージを届ける。

ここまではスマートフォンから救助要請メッセージを発信する場合について説明したが、自動車の乗員が車中で被災して救助が必要となる場合も想定されることから、スマートフォンからだけでなく、カーナビゲーション等の機器をインターフェースとして救助要請を発信できるようにしておくことも必要である。

なお、救助要請の送信に際しては、避難情報の配信とは異なり、メッセージへの証明書の添付を求めている。これは、自治体等に限らず、あらゆる者が情報発信元となり得ることから、救助要請メッセージを扱う車載通信機及びスマートフォンへの証明書の実装が事実上困難であること等を考慮したためである。

■ 救助要請の拡散・集約

図 25 に救助要請の拡散・集約に関するユースシナリオを示す。

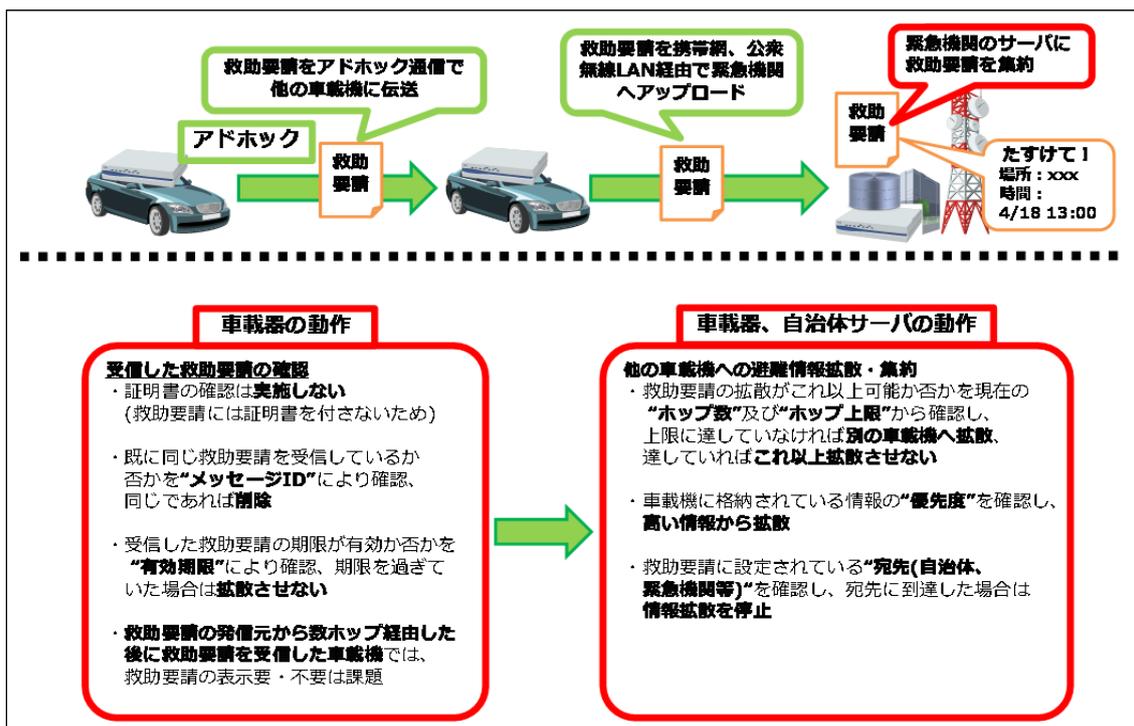


図 25 ユースシナリオ:救助要請の送信 ②救助要請拡散・集約

車載通信機内では、受信した救助要請メッセージについて、メッセージ内に設定されている“ホップ数”や“ホップ数上限値”を参照し、メッセージの拡散が必要かどうかを判断する。車載通信機は、ホップ数が設定されている上限値に達していない場合はアドホック通信により別の車載通信機に避難情報を拡散し、上限値に達している場合は、以降の情報拡散を停止する。なお、情報拡散の際には、車載通信機の緊急モードにおける動作として、避難情報内に設定

されている“優先度”を参照し、優先度の高い情報から拡散を行うことで、重要かつ緊急性が高い情報を優先的に取り扱う。

また、メッセージ内に“宛先”としてインターネット上のサーバが指定されている救助要請メッセージを受信した車載通信機は、携帯電話網や公衆無線 LAN 環境によりインターネットに接続可能な場合には、インターネット経由で指定サーバへ救助要請メッセージを送信する。

アドホック通信での情報拡散またはインターネット経由での送信により救助要請メッセージが緊急機関等に到達した際には、緊急機関等に設置された車載通信機またはサーバがメッセージの“宛先”情報を照合した上で、送信元の車載通信機からの以降の情報拡散を停止させる。

■プロトコル等に係る検討

これまでに説明した救助要請の送信に係るユースシナリオを実現するため、TCP/IP モデルの各階層に求められる条件や適用し得るプロトコル等については、第1項で述べた避難情報の配信の場合と同様である。

3-2-3. 車両走行実績情報の収集

本項では、車両走行実績情報の収集に関して、ユースシナリオを書き出し、実現のための技術的手法を述べる。

車両走行実績情報の収集の目的は、災害発生後の被災地における車両走行実績情報を集約することで、被災地で通行可能な道路情報を生成し、災害対策に活用することである。車両走行実績情報は、自動車の走行中常に生成・蓄積され続けることが想定されることから、その伝送の際にはアドホック通信ネットワークへの負荷に留意することが必要となる。

■ユースシナリオ(全体像)

車両走行実績情報の収集に関するユースシナリオについて、その実現のために蓄積運搬型通信技術を用いた例を、図 26 に示す流れに沿って説明する。

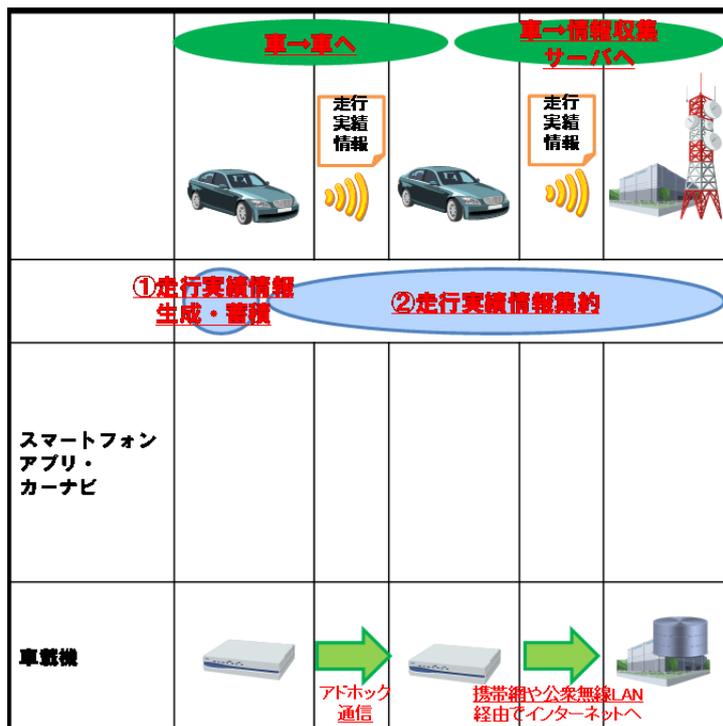


図 26 ユースシナリオ: 車両走行実績情報の収集 概略

図 26 に示すとおり、車両走行実績情報の収集に関するユースシナリオを、①車両走行実績情報生成・蓄積、②車両走行実績情報集約、の2つのフェーズに分け、以下では各フェーズについて説明する。

■ユースシナリオ(①車両走行実績情報生成・蓄積)

図 27 に車両走行実績情報生成・蓄積、集約に係るユースシナリオを示す。

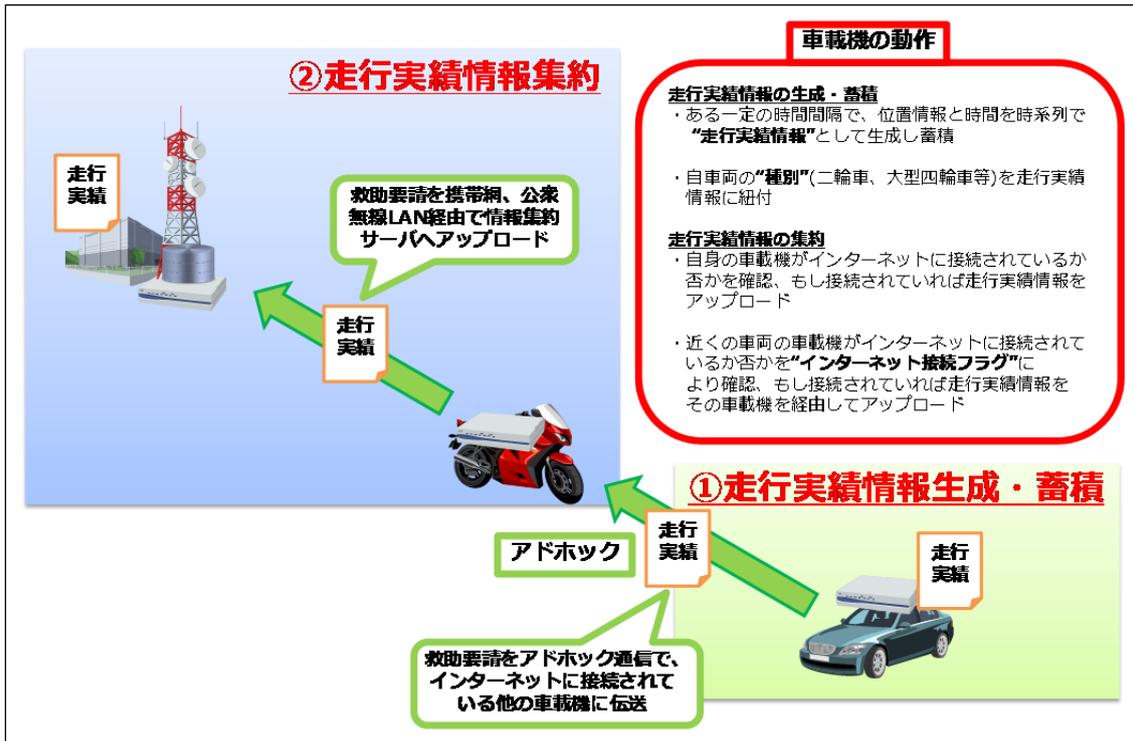


図 27 ユースシナリオ: 車両走行実績情報の収集 走行実績情報①生成・蓄積、②集約

まず、災害発生後に被災地を走行する自動車は、自車両の通行ルートを示す車両走行実績情報(時刻情報及び位置情報の組を一定の時間間隔で継続的に記録したデータセット)を生成・蓄積する。なお、車両走行実績情報には、付随する情報項目として、自車両の“種別”(大型、普通、二輪、原付、等)を設定可能としておき、情報集約後、車両種別ごとに通行可能であった道路情報を参照できるようにする。

■ ユースシナリオ(②車両走行実績情報集約)

車両走行実績情報は、自動車の走行中常に生成・蓄積され続けることが想定される。したがって、被災地を走行する多くの車が、無秩序に車両走行実績情報をアドホック通信ネットワークに流し込むと、ネットワークの通信負荷が増大し、輻輳を発生させるおそれがある。このため、車両走行実績情報はアドホック通信で常に拡散させるわけではなく、送信先となる車載通信機が携帯電話網や公衆無線LAN環境によりインターネットに接続可能な場合にのみ、当該通信機へアドホック通信により送信することとする。情報を受信した車載通信機においては、受信情報をインターネット経由で情報集約サーバに送信し、同情報については、それ以降アドホック通信による拡散を行わない。なお、車両走行実績情報を生成・蓄積している車載通信機自身がインターネットに接続可能な場合には、生成・蓄積した情報をインターネット経由で情報集約サーバに送信し、同情報のアドホック通信による拡散は行わない。

このような処理を行うためには、車載通信機がインターネットに接続可能であるか否かを示す“インターネット接続フラグ”を情報項目として設定し、車載通信機間でのアドホック通信に

よる車両走行実績情報の送信に先立ち、送信先となる車載通信機の“インターネット接続フラグ”を参照することが有効である。

■プロトコル等に係る検討結果

これまでに説明した車両走行実績情報の収集に係るユースシナリオを実現するため、TCP/IP モデルの各階層に求められる条件や適用し得るプロトコル等については、第1項で述べた避難情報の配信の場合と同様である。ただし、車両走行実績情報の収集においては、通信端末として車載通信機のみ関与を想定するため、車載通信機とスマートフォンの接続の際に求められる条件については考慮する必要がない。

3-2-4. 安否情報等の共有

本項では、安否情報等の共有に関して、ユースシナリオを書き出し、実現のための技術的手法を述べる。

安否情報等の共有の目的は、自治体等の避難所に避難するなどした家族・友人・知人等の被災者へ自身の安否情報等を伝達することである。したがって、安否情報等の共有に当たっては、迅速に情報を共有するよりも、多くの被災者との間で情報を共有できるようにすることが重要となる。このため、情報共有先を限定せず広範囲で情報を共有する仕組みを提示するが、効率化のため、重複情報のやり取りを抑止する方法を考慮することも必要となる。

■ユースシナリオ(全体像)

安否情報等の共有に関するユースシナリオについて、その実現例を図 28 に示す流れに沿って説明する。本シナリオでは、各車載通信機内に安否情報等のデータベースを構築し、自動車の走行により車載通信機同士の接続が確立した際にデータベース内容を共有・同期する分散データベース方式をとっている。また、通信方式としては、プッシュ型の通信だけでなく、情報閲覧等の際にはプル型の通信も用いることを特徴とする。本方式は、将来的には、送出者が特定の受信者を想定せずにメッセージを送出し、受信者が送出者を問わず自ら望んだカテゴリに送出されたメッセージを受信する、Pub/Sub メッセージングモデルへの拡張の可能性も備えている。

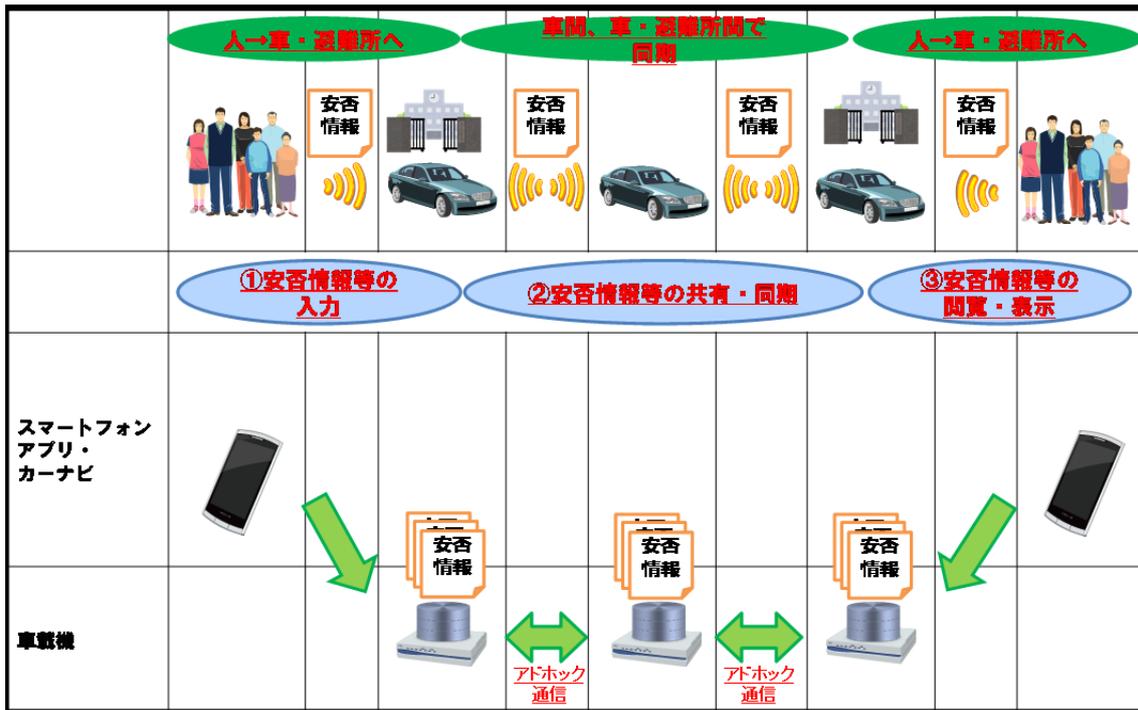


図 28 ユースシナリオ:安否情報等の共有 概略

なお、本項では、少しでも多くの被災者に安否情報等を届けられるようにする仕組みとして、Web ブラウザ(スマートフォン側)と Web サーバ(車載通信機側)をインターフェースとして用いた実装方式を例として説明する。Web ブラウザと Web サーバ以外を用いる方法については、第4章で別途検討する。

図 28 に示すとおり、安否情報等の共有に関するユースシナリオを、①安否情報等の入力、②安否情報等の共有・同期、③安否情報等の閲覧・表示、の3つのフェーズに分け、以下では各フェーズについて説明する。

■ユースシナリオ(①安否情報等の入力)

図 29 に安否情報等の入力に係るユースシナリオを示す。



図 29 ユースシナリオ:安否情報等の共有 ①安否情報等の入力

まず、スマートフォンと車載通信機がアドホック通信により無線接続し、スマートフォンの Web ブラウザから車載通信機の Web サーバにアクセスして安否情報等を入力することで、車載通信機内のデータベースに当該安否情報等をプッシュ型で登録する。この際、車載通信機とアドホック通信による無線接続が可能で、かつ Web ブラウザが実装された機器であれば、スマートフォンだけではなく PC やゲーム機等からでも安否情報等を入力することができる。

入力する安否情報等としては、氏名や電話番号等のキーワードと自由文のメッセージ等が考えられる。

なお、安否情報等の入力の際、スマートフォンと車載通信機はアドホック通信ネットワークを構築するが、インターネットには接続していないことが想定されているため、車載通信機内で緊急時用の DNS を動作させる(車載通信機内で既に DNS が動作している場合には、その設定を緊急時用に変更する)ことで、スマートフォンの Web ブラウザに自動的に安否情報等共有用の Web ページを表示させることもできる。また、安否情報等共有用の Web ページは、将来的な互換性の維持を考慮して、できるだけ単純な HTML で記述することが望ましい。

■ ユースシナリオ (②安否情報等の共有・同期)

図 30 に安否情報等の共有・同期に係るユースシナリオを示す。

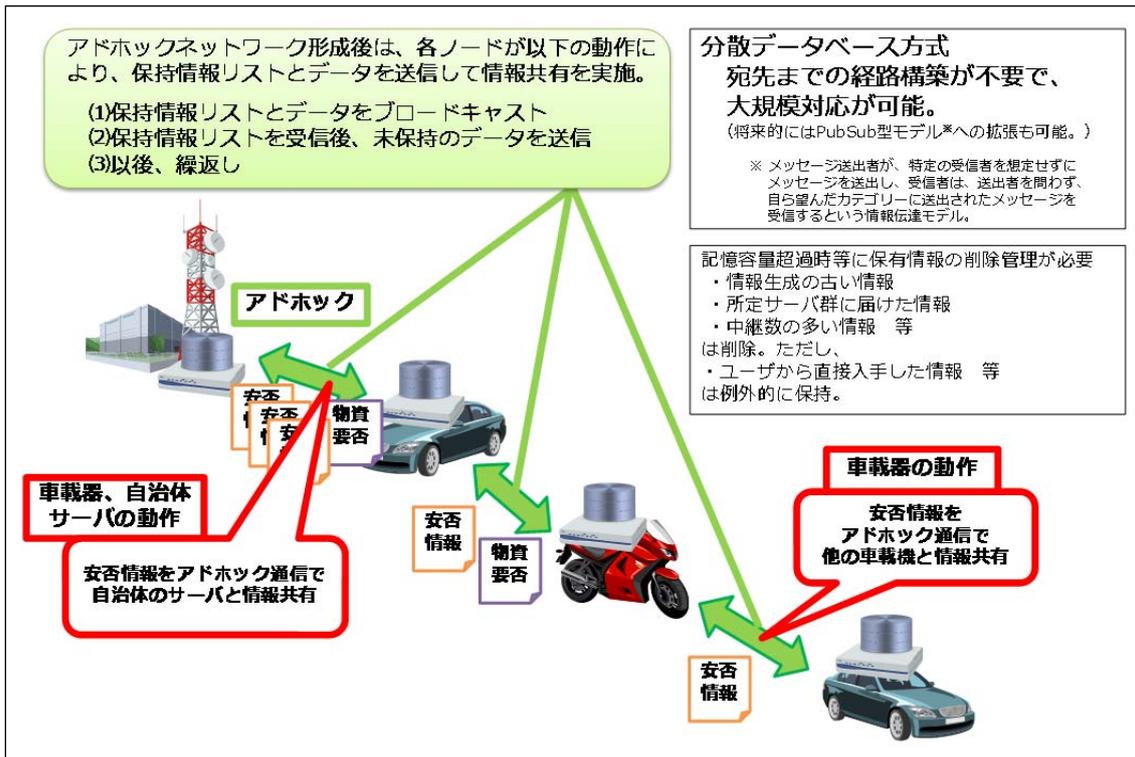


図 30 ユースシナリオ:安否情報等の共有 ②安否情報等の共有・同期

安否情報等のデータベースを搭載した車載通信機が別の車載通信機とアドホック通信により接続した際、各車載通信機が保持情報リストを用いた次の動作を行うことにより、接続した車載通信機間でデータベース内容の共有・同期を実施する(図 31)。

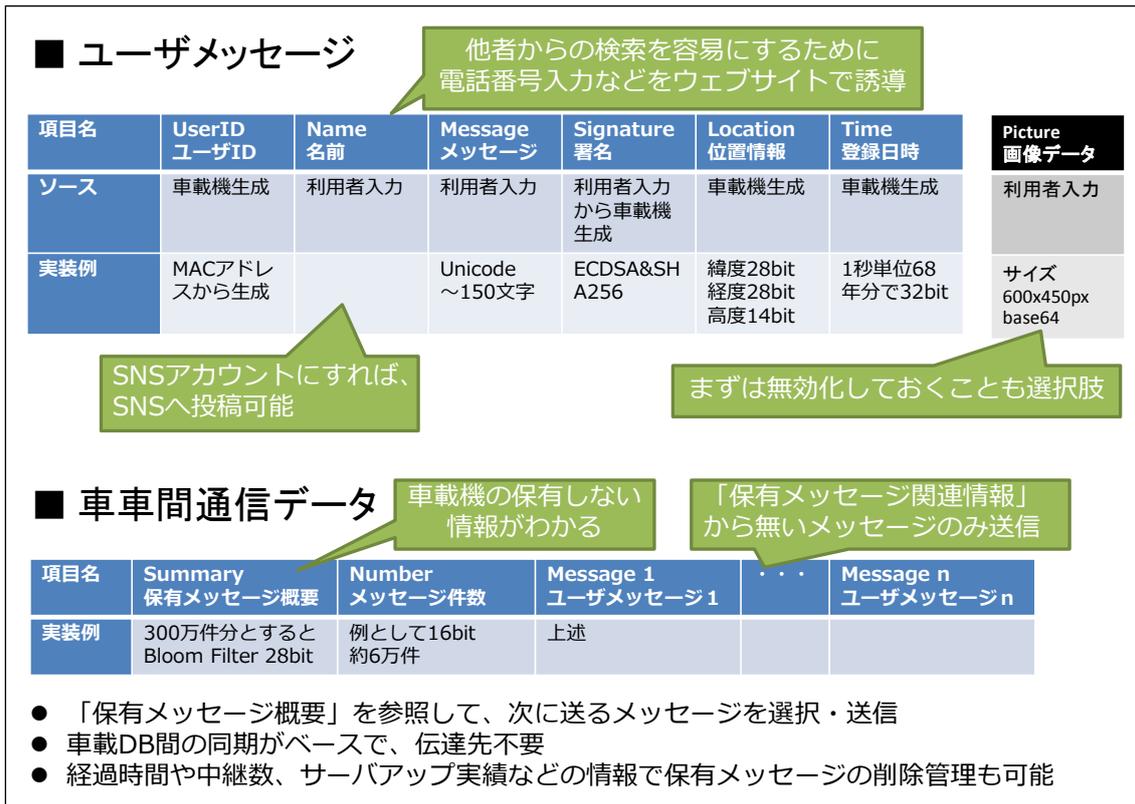


図 31 ユースシナリオ:安否情報等の共有 データフォーマット(案)

- (1) 保持情報リストと任意のデータを他の車載通信機に送信
- (2) 他の車載通信機から保持情報リストとデータを受信
- (3) (2) で受信したデータを未保持の場合はデータベースに登録
- (4) (2) で受信した保持情報のリストを参照し、他の車載通信機が未保持のデータを、保持情報リストとともに、他の車載通信機に送信
- (5) 以降、(2)～(4)の繰り返し

車載通信機同士のアドホック通信ネットワークでは通信可能時間が短くなることも想定されるため、やり取りするデータサイズは比較的小さくしておくことが望ましい。上述のシナリオで保持情報リストを用いているのも、やり取りするデータサイズを小さくするためである。保持情報リストは、例えばブルームフィルタを使用した場合、300 万件分の安否情報を 28bit で表現することが可能である。

また、上述の分散データベース方式は、原理上、大規模なデータの取扱いにも親和性があるが、車載通信機内の記憶容量には制限があるため、情報生成日時の古い情報、所定のサーバ群に届けた情報等はデータベースから削除することが望ましい。

■ ユースシナリオ (③安否情報等の閲覧・表示)

図 32 に安否情報等の閲覧・表示に係るユースシナリオを示す。

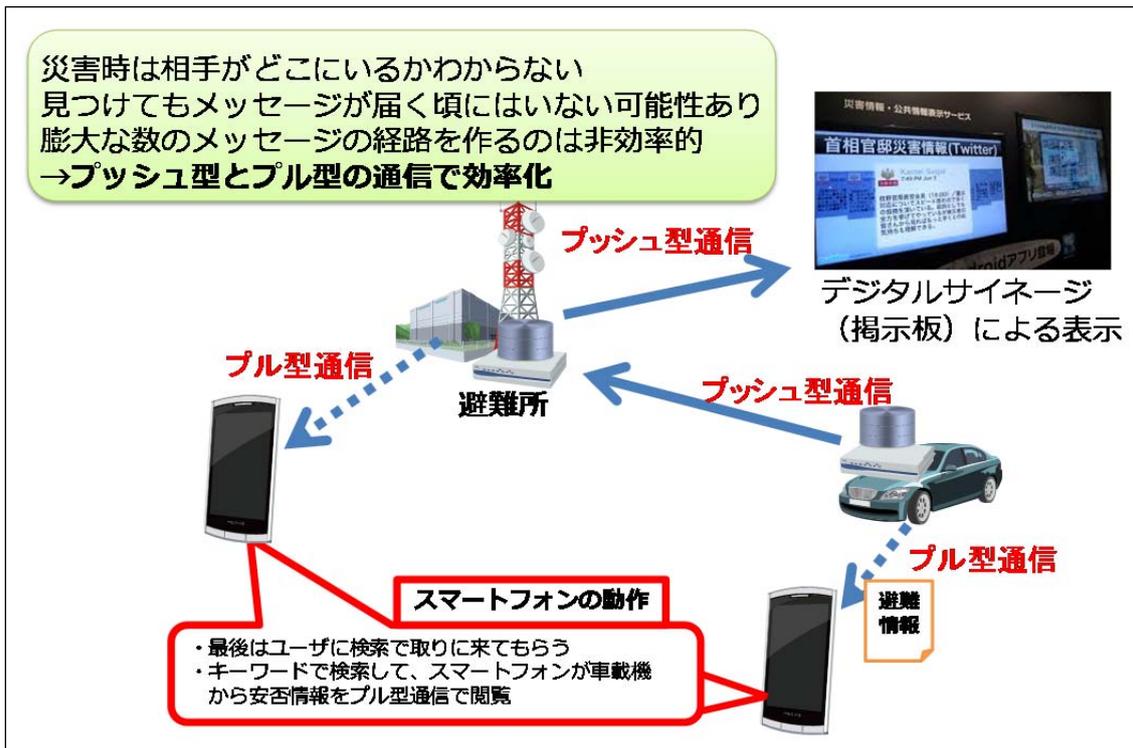


図 32 ユースシナリオ:安否情報等の共有 ③安否情報等の閲覧・表示

災害時、安否情報等の伝達相手の避難先を把握することは一般に困難であり、また、把握できたとしても、安否情報等が伝達された際には別の避難先に移動している可能性もあるため、多数の安否情報等について各々伝達先に応じた経路を設定して情報伝達を行うことは非効率的である。したがって、安否情報等は車載通信機内のデータベース間で拡散させるに留め、安否情報等を参照する者は任意のタイミングで車載通信機内のデータベースにアクセスして、必要な情報を検索してプル型で取得することを考える。

具体的には、スマートフォンと車載通信機がアドホック通信により無線接続し、スマートフォンの Web ブラウザから車載通信機の Web サーバにアクセスする。ここで、車載通信機の Web サーバが提供する Web サイトを介し、氏名や電話番号等を用いて車載通信機内のデータベースから必要な情報を検索し、該当する情報をスマートフォンに引き出して閲覧する。

また、車載通信機から避難所に設置されたサーバに対して、データベースに登録された安否情報等をプッシュ型の通信で送信し、避難所内のデジタルサイネージや掲示板に表示することも考えられる。

■プロトコル等に係る検討 全体像

これまでに説明した避難情報の配信に係るユースシナリオを実現するため、TCP/IP モデルの各階層に求められる条件や適用し得るプロトコル等を検討した。以降、図 33 に示す階層図を用いて、階層ごとの検討結果を説明する。

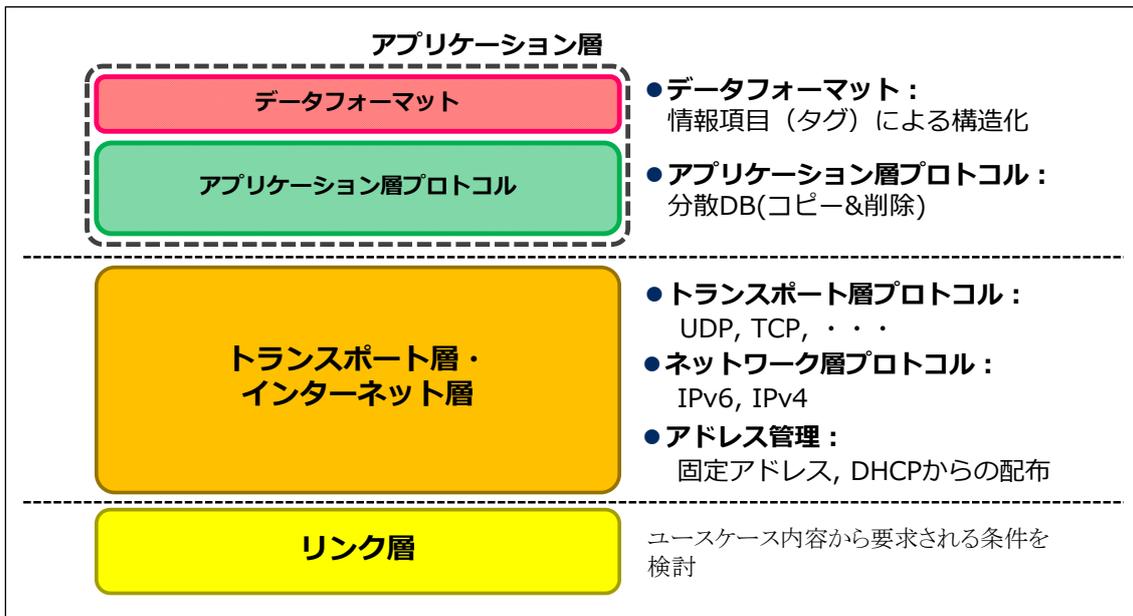


図 33 ユースシナリオ:安否情報等の共有 プロトコルに係る検討

■プロトコル等に係る検討 A.アプリケーション層

アプリケーション層では、ユースシナリオで述べたデータベース内容の共有・同期を行うため、接続先から受信した「保有メッセージ概要」を参照して、接続先が保有していないメッセージを選択、送信することを繰り返す。

データベース内容の共有・同期を行っている途中で、自動車の移動等により車載通信機間の接続が切断される可能性もあるため、今後、通信可能時間の予測に基づいたデータ送受信など、時間的・空間的に効率のよいデータ共有手法を実証試験の実施も含めて検証していく必要がある。

■プロトコル等に係る検討 B.トランスポート層・インターネット層

トランスポート層・インターネット層に求められる条件や適用し得るプロトコル等については、第1項で述べた避難情報の配信の場合と同様である。

■プロトコル等に係る検討 C.リンク層

リンク層について、安否情報等の共有は、車載通信機で構成するアドホック通信ネットワークを介して行うことから、車載通信機間のグループ接続を高速に行い、通信可能時間内で情報伝送を完了させる必要がある。また、分散データベース間のデータ共有・同期を効率的に行えるようにするため、図 34 に示すように、経路を固定せず、通信グループの構築方法を最適化する必要がある。なお、通信グループの組換えにより車載通信機間では通信リンクの接

続と切断が頻発することから、リンク層にはある程度の遅延耐性を具備した方式を用いることが望ましい。

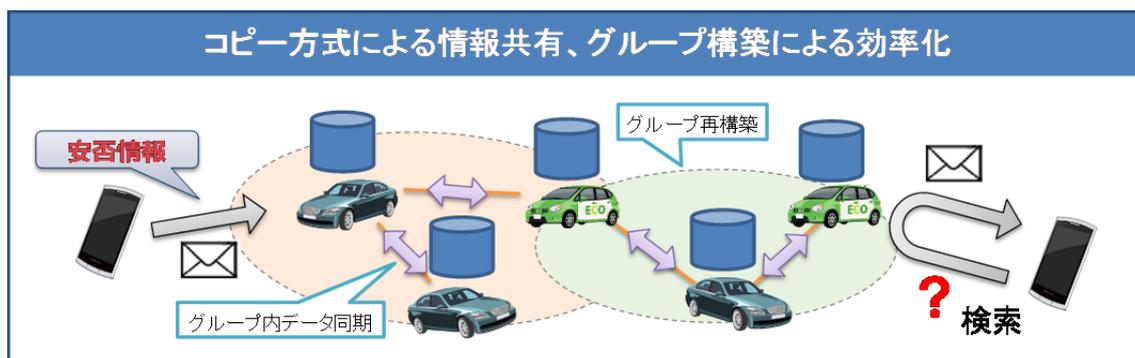


図 34 ユースシナリオ:安否情報等の共有 リンク層に対する要求条件

その他、【車載通信機同士の接続の際に求められる条件】、【車載通信機とスマートフォンの接続の際に求められる条件】、【一般的に求められる条件】については、第1項で述べた避難情報の配信の場合と同様である(ただし、車載通信機とスマートフォンが自動接続可能という条件を除く。)

以上のような要求条件を満足する具体的な通信方式の選択や、その有効性の評価については、今後、実証試験の実施も含めて検証していく必要がある。

3-2-5. 拠点間通信

本項では、拠点間通信に関して、ユースシナリオを書き出し、実現のための技術的手法を述べる。

拠点間通信の目的は、災害発生時、自治体施設、病院、避難所などの拠点施設間に、車載通信機を搭載した自動車を固定配置して、車載通信機間でアドホック通信ネットワークを構築し、拠点施設間に臨時の通信経路を確立することである。これにより、携帯電話網や公衆無線 LAN 環境などが途絶している環境であっても、拠点施設間において、音声通話、メール、情報サーバの同期等を行うことが可能となる。なお、これらのアプリケーションのうち、特に音声通話を行うためには、拠点施設間を結ぶネットワークにおいて安定性や低遅延性等を確保することが必要である。

■ユースシナリオ(全体像)

拠点間通信に関するユースシナリオについて、その実現例を図 35 に示す流れに沿って説明する。

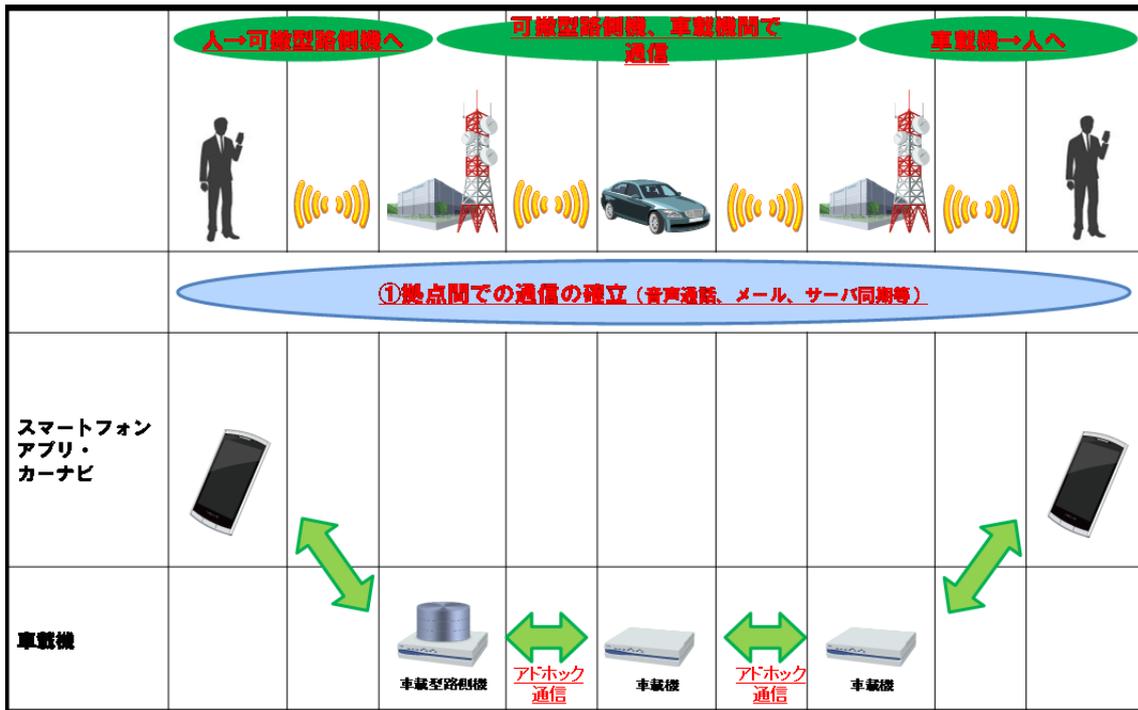


図 35 ユースシナリオ;拠点間通信 概略

図 35 に示すとおり、拠点間通信に関するユースシナリオとして、①拠点間での通信の確立 (音声通話、メール、サーバ同期等)、について以下で説明する。

■ユースシナリオ(①拠点間での通信の確立 (音声通話、メール、サーバ同期等))

図 36 に拠点間での通信の確立 (音声通話、メール、サーバ同期等)に係るユースシナリオを示す。

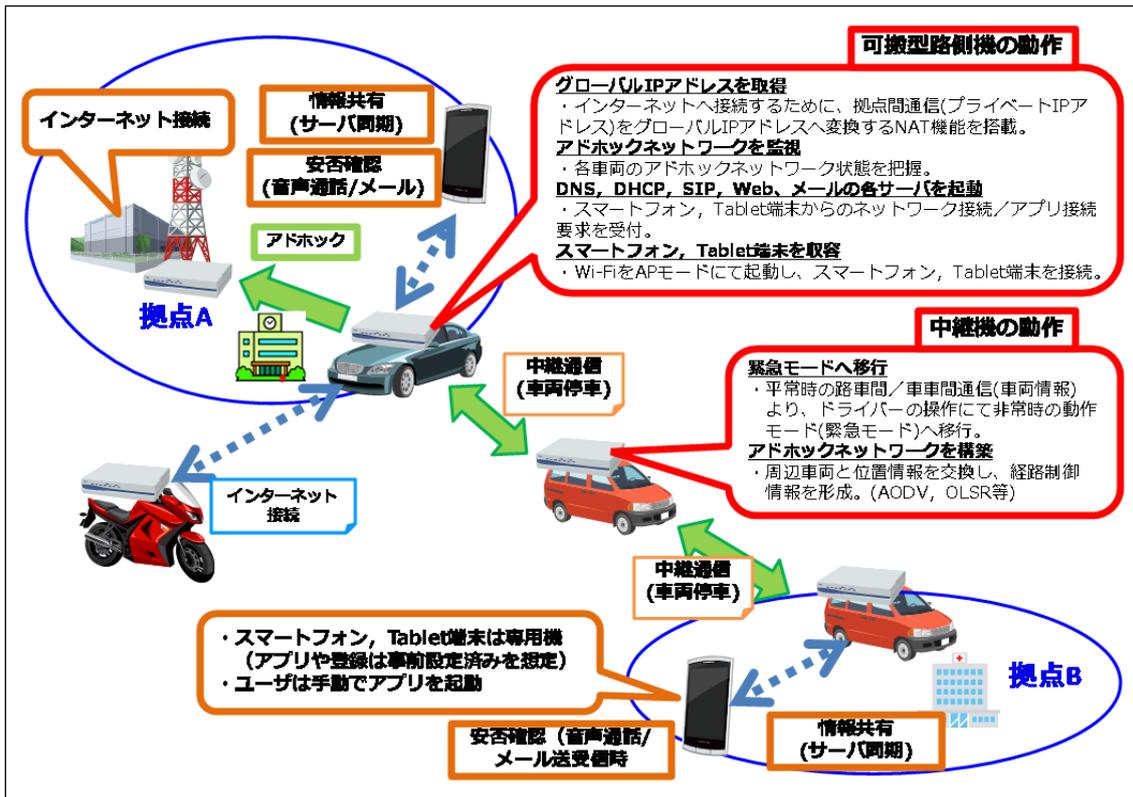


図 36 ユースシナリオ: 拠点間通信 ①拠点間での通信の確立(音声通話、メール、サーバ同期等)

拠点 A と拠点 B との間の臨時的通信経路を確立する場合を例に説明する。

まず、拠点 A に「可搬型路側機」の機能をもつ車載通信機を搭載した自動車を出動配備する。同時に、拠点 A と拠点 B との間には「中継機」の機能をもつ車載通信機を搭載した自動車を出動配備する。ここで、「中継機」は、アドホック通信ネットワークを構築する動作を行う。「可搬型路側機」は、「中継機」と同様にアドホックネットワークを構築する動作に加え、アドホック通信ネットワークの監視、DNS、DHCP、SIP、Web、メール等の各機能を提供するとともに、スマートフォン等の端末を無線で収容する機能を提供する。さらに、「可搬型路側機」を介してインターネットに接続する場合には、拠点間通信に係るローカルネットワーク内のプライベート IP アドレスをグローバル IP アドレスに変換する NAT 機能も提供する。

これらの機器の動作により拠点間に通信経路が確立されると、拠点間でのサーバの同期動作による情報共有、スマートフォンによる音声通話やメールでの安否確認等が可能となる。

なお、ここで述べた各車載通信機を搭載した自動車は、緊急時に出動配備させることが必要であり、また、平時においても訓練等に活用することが求められるため、本ユースケースの実現に責任をもつ自治体等の所有とすることが想定される。

また、本ユースケースで音声通話の際に利用するスマートフォン等の端末は、車載通信機への収容のための事前登録や設定を行う必要となるため、予め使用する端末を特定しておくことが現実的である。

■プロトコル等に係る検討 全体像

これまでに説明した拠点間通信に係るユースシナリオを実現するため、TCP/IP モデルの各階層に求められる条件や適用し得るプロトコル等を検討した。以降、図 37 に示す階層図を用いて、階層ごとの検討結果を説明する。



図 37 ユースシナリオ:拠点間通信 プロトコル等に係る検討

■プロトコル等に係る検討 A.アプリケーション層

アプリケーション層では、SIP サーバやメールサーバ等を動作させることにより、VoIP による音声通話サービスやメールサービス等を実現する。また、確立された通信経路上で、第1項～第3項で述べた情報項目（タグ）により構造化されたデータフォーマットを用いて、避難情報、救助要請、車両走行情報等の情報を伝送することも可能である。

アプリケーション層で用いるプロトコルとしては、HTTP、FTP等加えて、音声通話サービスのための SIP、メールサービスのための POP3、IMAP、SMTP 等が考えられる。

なお、拠点間通信を実現するために必要となる経路設定（ルーティング）は、基本的にトランスポート層・インターネット層において対応することが想定されるが、例えば MANET の代表的なルーティングプロトコルである OLSR、AODV 等は経路設定に当たり経路探索メッセージの一斉送信を行うなどすることから、アプリケーション層との連携についても考慮する必要がある。

■プロトコル等に係る検討 B.トランスポート層・インターネット層

拠点間通信を実現するために必要となる経路設定（ルーティング）については、送信者から

受信者までの間の端末の移動が少ないことが前提となっていることから、例えば、MANET において OLSR、AODV 等のルーティングプロトコルを用いことが考えられる。これにより、通信経路の設定が通信要求の出される前 (OLSR) か後 (AODV) かという違いはあるが、通信は決められた経路上を流れることとなる。なお、IP アドレス体系 (IPv6、IPv4 等) に係る状況については、第1項で述べた避難情報の配信の場合と同様である。

■プロトコル等に係る検討 C.リンク層

リンク層について、拠点間通信は、携帯電話網や公衆無線 LAN 環境などが途絶している環境で災害対応拠点間の重要な通信を扱うことを想定している。このため、図 38 に示すように、送信者から受信者までの間の端末の移動が少ないことを前提として、当該区間内で経路設定を行い、確実にデータ伝送を行えることが必要である。また音声通話を実現可能な安定性や低遅延性等を確保することも必要である。

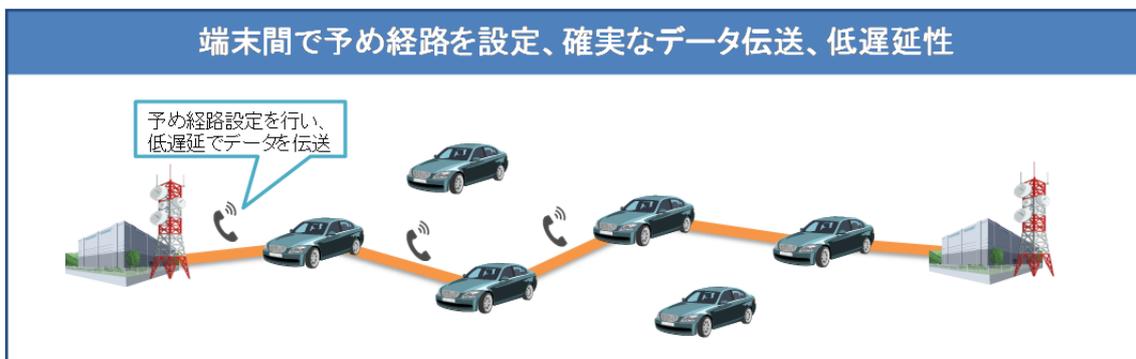


図 38 ユースシナリオ;拠点間通信 リンク層に対する要求条件

以上のような要求条件を満足する具体的な通信方式の選択や、その有効性の評価については、今後、実証試験の実施も含めて検証していく必要がある。

3-2-6. 緊急モードへの切替え

本節では、車載通信機の平時モードから緊急モードへの切替えに関して、その実現のための技術的手法を説明する。

■緊急モードとは

3-1で説明したとおり、今般の検討では、車載通信機に、OS やアプリケーションの動作を平時利用時の平時モードとは異なるものとする緊急モードが存在し、ここまでで説明した各ユースシナリオにおいて、車載通信機は緊急モードで動作している状況を想定している。

車載通信機は、平時モードから緊急モードに切り替わることで、緊急用アプリケーション(避

難情報の配信、救助要請の送信、等)を起動するとともに、次の「アプリケーションやデータの優先処理」及び「インターオペラビリティの確保」のポリシーにしたがった動作を開始するものとする。

○アプリケーションやデータの優先処理

- ・車載機の OS レベルでの制御により、緊急用アプリケーションを平時用アプリケーションよりも優先的に処理する。必要な場合には、平時用アプリケーションの動作を停止する。
- ・車載機の OS レベルでの制御により、緊急用アプリケーションの中でも、避難情報の配信や救助要請の送信等の特に緊急性の高い情報を扱うアプリケーションを優先的に処理する。
- ・緊急用アプリケーション内で取り扱うデータに優先度ランクの情報が付与されている場合には、当該優先度に従い、アプリケーション内でデータを優先的に取り扱う。

○インターオペラビリティの確保

- ・平時には情報のやりとりを行わないネットワークに属する機器間であっても、緊急モードでは情報のやりとりを可能とする。その際、異なる製造者の機器間であっても情報のやりとりを可能とする。
- ・さらに、各ユースケースにおいて、情報発信元として想定される者からの情報は、例えばいずれの自治体等からの情報であっても、事前登録等の手続きを経ずに伝達可能とする。

■緊急モードへの切替えの具体的方法

車載通信機を平時モードから緊急モードへの切替えの具体的方法として、①アドホック通信メッセージによる方法、②放送波/衛星通信による方法、③キャリア通信による方法、④手動切替えによる方法、の4つの方法を説明する(図 39)。

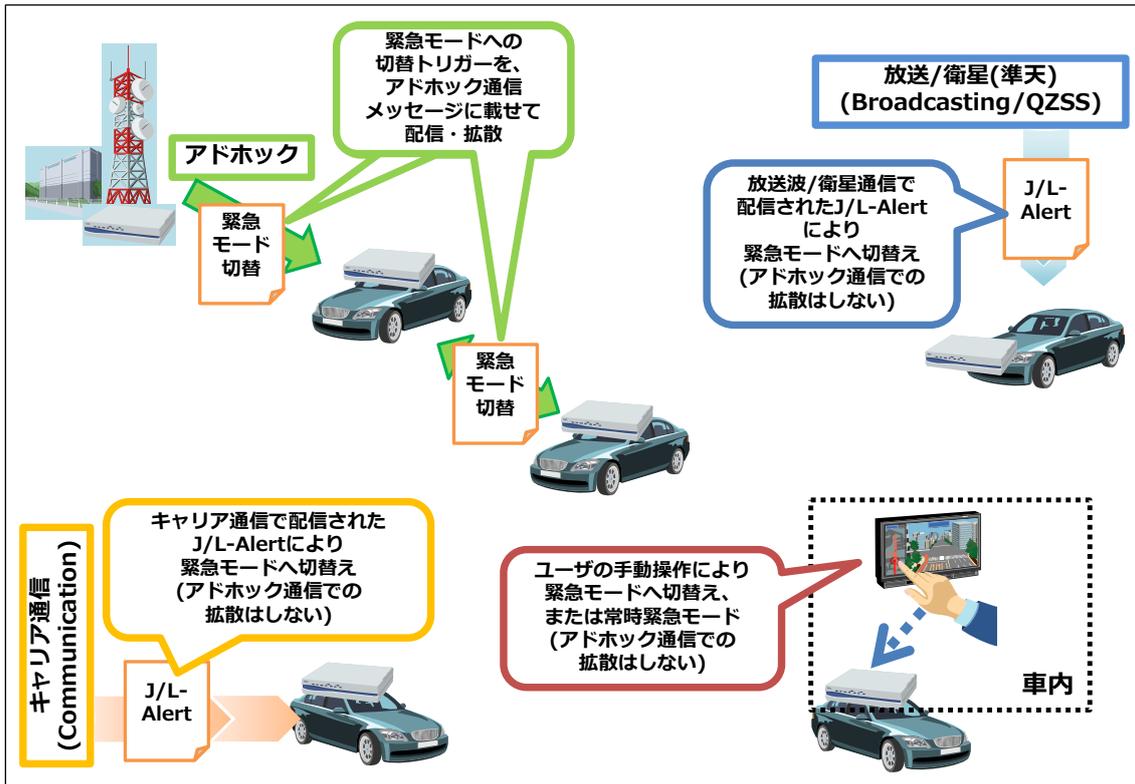


図 39 ユースシナリオ(共通):緊急モードへの切替え

①アドホック通信による方法

自治体等から各車載通信機に対して、緊急モードへの切替えのトリガーとする情報を、第1項で説明した避難情報に重畳させて配信する。

具体的には、自治体等で作成する避難情報の中に、情報受信側の車載通信機を緊急モードに切り替える判断を行うための“緊急モード切替フラグ”、“対象エリア”、“緊急モード有効期限”を追加で設定し、この情報をアドホック通信により各車載通信機に配信する。

情報を受信した車載通信機では、受信した情報に含まれる“緊急モード切替フラグ”、“対象エリア”、“緊急モード有効期限”を参照し、該当する場合に緊急モードへの切替えを実施する。

この際、配信される情報が改竄されていないことは、配信情報に添付された“証明書”により確認することができる(“証明書”添付の詳細については第1項を参照。)

必要な場合には、自治体等から情報を配信する際、避難情報を含めず、緊急モードへの切替えのトリガーとする情報と、拡散に必要な情報のみを配信することも考えられる。

②放送波/衛星通信による方法

V-Low マルチメディア放送等の放送波や準天頂衛星システム(QZSS)等を用いた衛星通信により、自治体等から各車載通信機に対して、緊急モードへの切替えのトリガーとする情報

を配信する。トリガーとする情報として、例えば J-ALERT や L-ALERT を活用することも考えられる。

情報を受信した車載通信機では、受信した情報を参照し、該当する場合に緊急モードへの切替えを実施する。

なお、情報が改竄されていないことを証明するための“証明書”が添付されていない場合は、受信した情報のアドホック通信による拡散は行わない。

③キャリア通信による方法

携帯電話網のインフラに被害がなく、また輻輳等が発生しておらず、その通信を利用可能な場合に限られるが、携帯電話網を通じたキャリア通信により、自治体等から各車載通信機に対して、緊急モードへの切替えのトリガーとする情報を配信する。トリガーとする情報として、例えば J-ALERT や L-ALERT を活用することも考えられる。

情報を受信した車載通信機では、受信した情報を参照し、該当する場合に緊急モードへの切替えを実施する。

なお、情報が改竄されていないことを証明するための“証明書”が添付されていない場合は、受信した情報のアドホック通信による拡散は行わない。

④手動操作による方法

災害発生時等に、車の利用者の手動操作により車載通信機を緊急モードに切り替える。利用者が必要と判断する場合には、車載通信機を常時緊急モードとしておくことも選択肢となる。

3-2-7. 総括

■避難情報/救助要請/車両走行実績情報のデータフォーマット

「避難情報の配信」、「救助要請の送信」、「車両走行実績情報の収集」の各ユースケースでは、伝送する情報に、“メッセージ ID”、“優先度”、“有効期限”等の項目(タグ)を設定することとしている。このように設定が必要な項目(タグ)を整理すると、これら3つのユースケースで伝送する情報のデータフォーマットとして、図 40 に示すような、項目(タグ)内容を列記したフォーマットを考えることができる。

なお、データの記述方法としては、表中に例示しているとおり XML や JSON を用いることが考えられる。また、必要に応じて、新たな項目(タグ)を設けることも可能である。

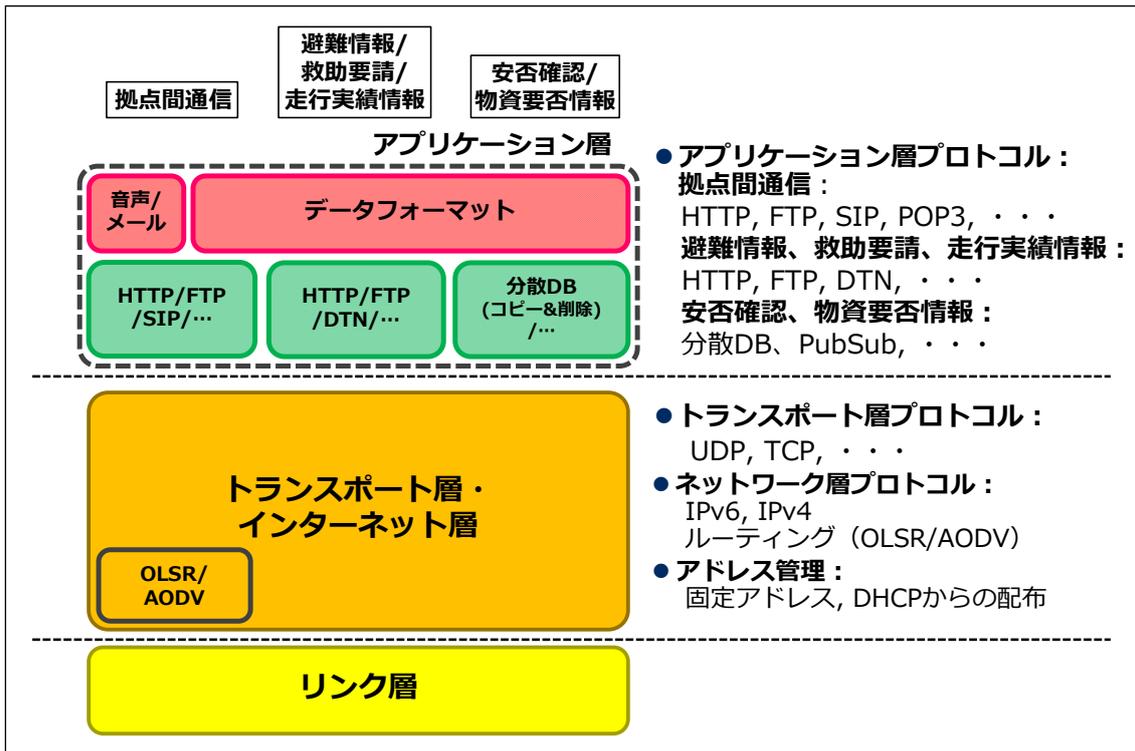


図 41 各ユースケース プロトコル等①

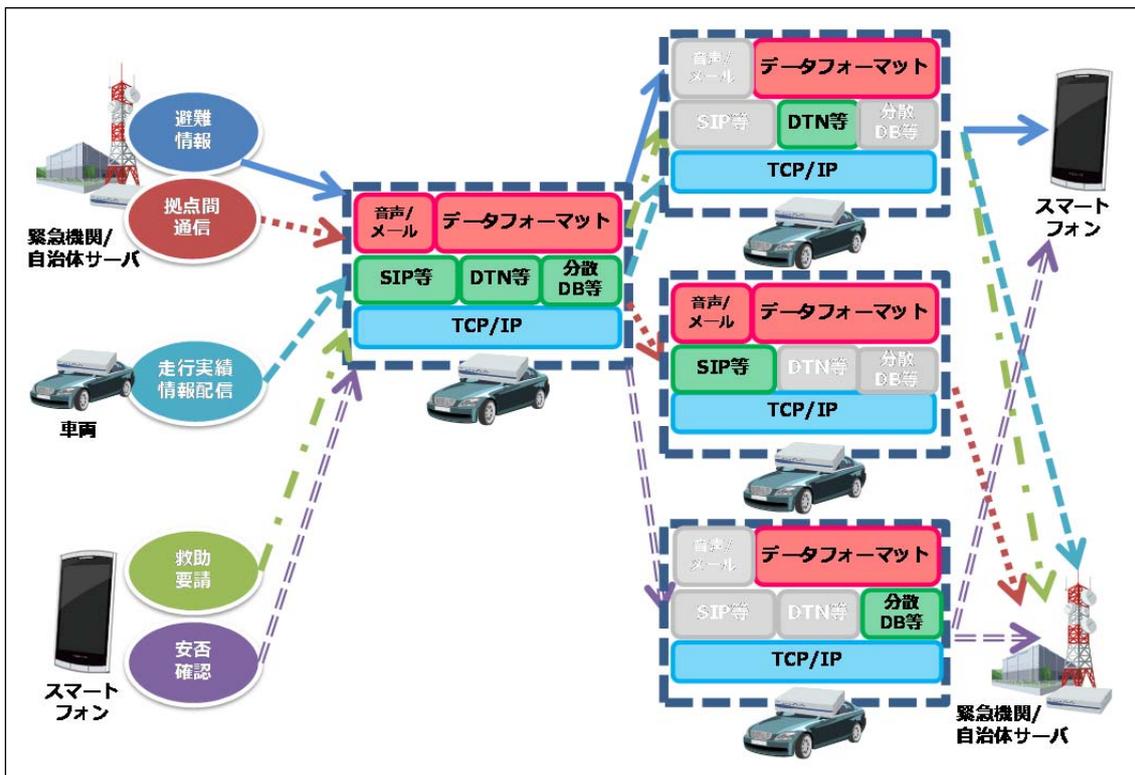


図 42 各ユースケース プロトコル等②

4. 社会実装に向けて

本章では、これまでの技術的検討を踏まえ、災害時に活用されるアドホック通信の社会実装に向けた検討を進めていく。

初めに、アドホック通信ネットワークの具体的な構築方法とともに、災害時活用に必要な機能が車載通信機や携帯端末にどのように実装されていくかについて検討しておく必要がある。ここでは物理層の議論や車載通信機及びスマートフォン等への機能実装方法の選択肢について、課題や評価の観点等の整理を行った。また、災害時活用の土台となる平時利用との関係についても触れる。

これらの課題を解決して社会実装を推進していくためには、これまでに議論した解決方策の実現性を、実証試験を通じて実際に検証していくことが必要となる。本章では、今後の実証試験の実施に向けて、検証事項や実施方法等を検討するとともに、検討に際して参考となる事例として、実際に自動車に車載通信機を搭載してアドホックネットワークの構築や機能検証を実施した取組を紹介する。

なお、本章での議論は、現段階では社会実装に向けた試行的検討と捉えることが適当であり、今後、技術開発や車載通信機普及の状況等を見つつ、実証試験での検証事項やその実施方法等を具体化させて検討していくことが必要と考えられる。

4-1. システム構築に向けた検討

本節では、アドホック通信ネットワークの構築と災害時活用を実現するために必要な機能について、車載通信機や携帯端末に実装するための方法と課題を具体的に整理した。また、これらの災害時用機能の実装に当たり、実装対象となる車載通信機や携帯端末の災害時利用と平時利用との関係性を検討した。さらに、災害時においてアドホック通信ネットワークをより効果的に活用するため、他システムとの連携等についても検討した。

4-1-1. 無線メディアについての検討

アドホック通信ネットワークを構築する無線メディアの選択に際しては、以下のような観点からの検討が必要である。

■ 要求条件への対応

第一に、第3章において検討したアドホック通信に係る要求条件に基づき、自動車に搭載可能な種々の無線システムを評価検証することが必要である。既存の無線通信方式のパラメータの最適化等のみによって必要な条件が全て満たされるとは限らず、機能拡張や新たな技術開発等が必要となる場合も考えられる。

現時点で利用可能な無線LAN等を活用してアドホック通信ネットワークを構築し、性能評価

や課題抽出等を行った先行的事例が複数あるため、後述する。

■普及性

情報伝達過程で携帯端末が送受信装置として活用されるユースケースにおいては、スマートフォン等の携帯端末に広く普及している通信方式をサポートすることが車載通信機に求められる。また、当該通信方式は、標準化されたものであることが望ましい。

■インターオペラビリティ／共存性

相互運用性の実現を考慮すると、同一のユースケースはなるべく同一の無線通信方式が広く活用されることが望ましいが、必ずしも無線通信方式が統一されなくとも、車載通信機において複数の無線通信方式を利用可能として、状況に応じて切り替えて利用することも考えられる。

一方、同一の無線通信方式で複数のユースケースをサポートする状況も考えられるが、この場合、各ユースケースにおいては要求条件の観点から最適な無線通信方式とはならない可能性もある。

なお、アドホック通信ネットワークで利用する無線通信方式が他システムでも利用されており、両者の利用場所等が重複・近接する場合には、それらの共存が可能であるか検証する必要がある。

4-1-2. 車載通信機についての検討

車載通信機への機能実装に関しては、第3章においてプロトコル等を中心に議論したが、その他にも、例えば次のような観点から検討が必要と考えられる。

■アンテナの形態

車載通信機のアンテナについては、車内設置のアンテナとするか、車外設置のアンテナとするか、車体に内蔵されたアンテナとするか等により、通信可能な方向・範囲や、無線通信性能に影響が生じる。ユースケースごとに要求条件への適合性も踏まえつつ、実フィールドでの実証試験において関連データを取得、分析して検討することが必要と考えられる。

■自動車内リソースの活用

車載通信機は、携帯端末と比較して、電源の確保やサイズの制約の観点からは有利であり、携帯端末には実装することが難しい高度な機能にも対応し得る。例えば、複数の無線通信方式のサポートや携帯端末よりも長距離の通信の実現、各種サーバの構築など、平時と災害時

の両方のユースケースを想定して、様々な機能を搭載していくことが想定される。

一方、このような様々な機能を共存させるとともに、その確実な動作や円滑な動作の切替えを保証するためには、複数の通信方式やプロトコル、サーバ機能等を搭載することを前提とした車載通信機のシステムアーキテクチャを検討することが必要となる。

■メンテナンス性

車載通信機には、振動や衝撃等に対する物理的な耐久性が求められるとともに、長期間にわたる利用を前提としてシステムを設計することが必要であり、ソフトウェア更改や機能変更等をどのように実施するかも課題となる。

特に、車載通信機に搭載するアプリケーションは、利用者が自ら更改や変更等を実施することが一般に困難であるため、アプリケーションへの機能追加が必要な場合等の運用方法についても検討が必要である。

4-1-3. スマートフォンアプリについての検討

アドホック通信ネットワークのユースケースに係る検討において、情報の入力や表示、閲覧にスマートフォンを利用するケースが多く挙げられた。災害時におけるスマートフォンアプリの利用には複数の形態考えられ、今回は次の4つの形態を検討の対象とした。

- ①ウェブブラウザを利用
- ②SNS アプリ、メール、SMS等の既存アプリをそのまま利用
- ③SNS アプリ、メール、SMS等の既存アプリに機能拡張を加えて利用
- ④専用アプリを利用

各形態での利用イメージを図 43 にまとめた。

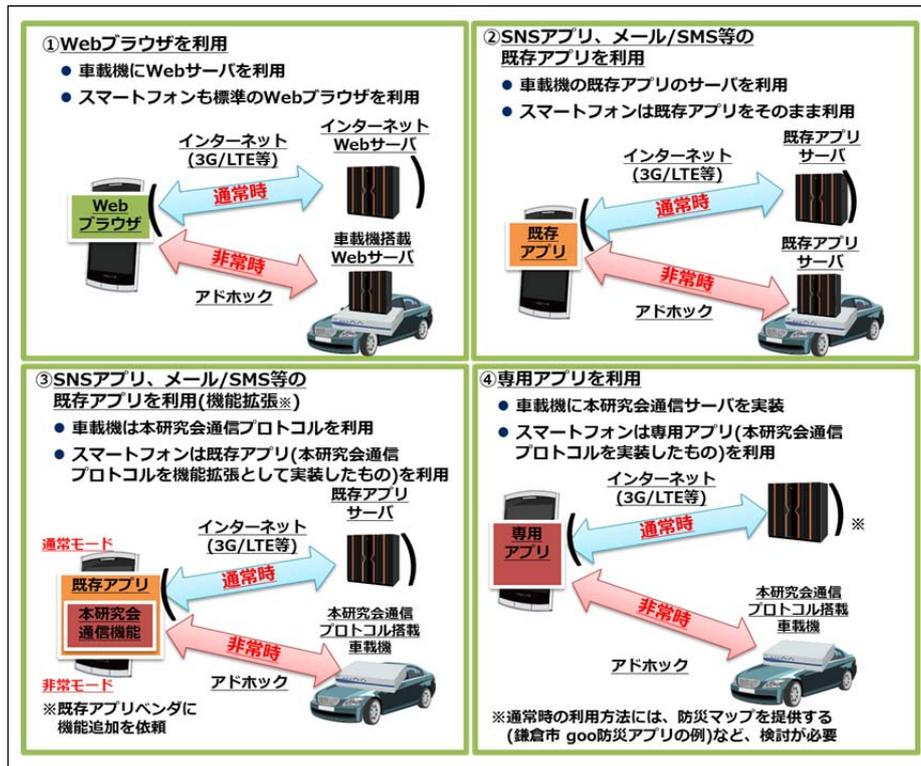


図 43 スマートフォンアプリの実装形態

これらの利用形態に対して、

- ①特別な操作なしに車載通信機と接続し、情報の入力や送受信が実現できること
- ②アプリ等をユーザへ別途配布する必要があること
- ③メンテナンス性等

を観点として、どのような利点や課題があるかを検討した。ユースケースごとの検討結果を図 44～図 46 にまとめている。なお、安否情報等の共有のユースケースにおいては、スマートフォンと車載通信機の間は手動接続を前提としていることから、避難情報の配信や救助要請の送信とは異なり、上記①に関して特に検討を要さない課題もある。

いずれの形態においても何らかの長短所があることから、課題の克服方策の検討を進めるとともに、実証試験の中で、ユーザビリティ等とのバランスも勘案しつつ実装方法を絞り込んでいくことが考えられる。

ユースケース実現のための必要要件		特別な操作なしで車載機と接続し 避難情報を受け取りたい		スマートフォンへアプリ等を 別途配布することは避けたい	システム保守に係る コスト等を低減したい
実装方法/評価項目		車載機との 自動接続	(車載機との接続後の) スマートフォンへの push配信	普及性	メンテナンス性
①Webブラウザを利用	車載機の アクセスポイント プロファイル 配布有	○ 自動接続可能	✗ 現状Webブラウザの 自動起動は 不可のため、push配信を 受けられない	△ 車載機のアクセスポイントと接続する ためのプロファイル配布が必要 プロファイルだけを配布することは アプリ配布に比べハードルが高い 標準のWebブラウザが利用可能	△ アプリ側： Webブラウザベンダ側で メンテナンス可能 サーバ側： 車載機側Webサーバで 動作確認が必要
	車載機の アクセスポイント プロファイル 配布無	✗ ユーザは初回のみ車載機の アクセスポイントと 手動で接続する操作が必要 ただし、1回接続すれば 次回以降は自動接続が可能		◎ 別途新規アプリの配布は不要 標準のWebブラウザが 利用可能	
②SNSアプリ、 メール/SMS等の 既存のアプリを利用	車載機の アクセスポイント プロファイル 配布有	○ 自動接続可能	✗ 通常の既存アプリの メッセージと 避難情報のメッセージとの 区別が困難	△ 車載機のアクセスポイントと接続する ためのプロファイル配布が必要 プロファイルだけを配布することは アプリ配布に比べハードルが高い	✗ アプリ側： 既存アプリベンダ側で メンテナンス可能 サーバ側： 車載機側既存アプリ用の サーバのメンテナンスが必要 (高コスト)
	車載機の アクセスポイント プロファイル 配布無	✗ ユーザは車載機の アクセスポイントと 手動で接続する操作が必要 ただし、1回接続すれば 次回以降は自動接続が可能		○ 既存アプリがインストールされていれば 別途新規アプリの配布は不要	
③SNSアプリ等の既存アプリを利用 (機能拡張)		○ 既存アプリに車載機の アクセスポイントとの 自動接続機能を機能拡張して 実装することで実現可能	○ アプリ機能で実現可能 通常のメッセージと避難情報の メッセージとの区別が容易	○ 既存アプリがインストール・ アップデートされていれば 別途新規アプリの配布は不要	△ アプリ側： 既存アプリベンダ側で メンテナンス可能 サーバ側： 車載機側サーバの メンテナンスが必要
④専用アプリを利用		○ 専用アプリに車載機の アクセスポイントとの 自動接続機能を実装することで 実現可能	◎ アプリ機能で実現可能 実装の自由度が高い	△ 別途アプリの配布が必要 ただし通信事業社に 標準アプリ化を依頼する ことで対応できる可能性あり	✗ アプリ側： 専用アプリ向けメンテナンスが 必要(高コスト) サーバ側： 車載機側サーバの メンテナンスが必要

図 44 スマートフォンアプリの実装形態の検討(避難情報の配信)

ユースケース実現のための必要要件		特別な操作なしで(文字入力含む)車載機と接続後 スマートフォンから救助要請を送信したい		スマートフォンへアプリ等を 別途配布することは避けたい	システム保守に係る コスト等を低減したい
実装方法/評価項目		ワンクリックでの 救助要請送信 (アプリはユーザが 手動起動)	車載機との自動接続	普及性	メンテナンス性
①Webブラウザを利用	車載機の アクセスポイント プロファイル 配布有	✗ 車載機とスマートフォンが 接続しない限りは 救助要請は発信不可 救助要請の再送も不可	○ 自動接続可能	△ 車載機のアクセスポイントと接続する ためのプロファイル配布が必要 プロファイルだけを配布することは アプリ配布に比べハードルが高い 標準のWebブラウザが利用可能	△ アプリ側： Webブラウザベンダ側で メンテナンス可能 サーバ側： 車載機側Webサーバで 動作確認が必要
	車載機の アクセスポイント プロファイル 配布無		✗ ユーザは初回のみ車載機の アクセスポイントと 手動で接続する操作が必要 ただし、1回接続すれば 次回以降は自動接続が可能	◎ 別途新規アプリの配布は不要 標準のWebブラウザが 利用可能	
②SNSアプリ、 メール/SMS等の 既存のアプリを利用	車載機の アクセスポイント プロファイル 配布有	✗ 文字入力が発生 救助要請の再送は可能	○ 自動接続可能	△ 車載機のアクセスポイントと接続する ためのプロファイル配布が必要 プロファイルだけを配布することは アプリ配布に比べハードルが高い	✗ アプリ側： 既存アプリベンダ側で メンテナンス可能 サーバ側： 車載機側既存アプリ用の サーバのメンテナンスが必要 (高コスト)
	車載機の アクセスポイント プロファイル 配布無		✗ ユーザは初回のみ車載機の アクセスポイントと 手動で接続する操作が必要 ただし、1回接続すれば 次回以降は自動接続が可能	○ 既存アプリがインストールされていれば 別途新規アプリの配布は不要	
③SNSアプリ等の既存アプリを利用 (機能拡張)		○ 実装方法によっては 文字入力を省略可能 救助要請の再送も可能	○ 既存アプリに車載機の アクセスポイントとの 自動接続機能を機能拡張して 実装することで実現可能	○ 既存アプリがインストール・ アップデートされていれば 別途新規アプリの配布は不要	△ アプリ側： 既存アプリベンダ側で メンテナンス可能 サーバ側： 車載機側サーバの メンテナンスが必要
④専用アプリを利用		◎ 実装方法によっては 文字入力を省略可能 実装の自由度が高い 救助要請の再送も可能	○ 専用アプリに車載機の アクセスポイントとの 自動接続機能を 実装することで実現可能	△ 別途アプリの配布が必要 ただし通信事業社に 標準アプリ化を依頼する ことで対応できる可能性あり	✗ アプリ側： 専用アプリ向けメンテナンスが 必要(高コスト) サーバ側： 車載機側サーバの メンテナンスが必要

図 45 スマートフォンアプリ実装形態の検討(救助要請の送信)

ユースケース実現のための必要要件	手動接続を前提として車載機と接続し、プッシュ型通信とブル型通信を行いたい	スマートフォンへアプリ等を別途配布することは避けたい	ユーザが平易に操作できるようにしたい	システム保守に係るコスト等を低減したい
実装方法/評価項目	プッシュ型通信とブル型通信の実現可能性	普及性	ユーザビリティ	メンテナンス性
①Webブラウザを利用	◎ 既存ブラウザで実現可能	◎ ブラウザ機能のある機器で利用可能	△ 接続の操作後、Webブラウザを起動してメッセージを入力	△ アプリ側： Webブラウザベンダ側でメンテナンス可能 サーバ側： 車載機側Webサーバで動作確認が必要
②SNSアプリ、メール/SMS等の既存のアプリを利用	△ プッシュ型通信に特化したアプリもある	○ 既存アプリがインストールされている機器で利用可能	△ 接続の操作後、既存アプリを起動してメッセージを入力	× アプリ側： 既存アプリベンダ側でメンテナンス可能 サーバ側： 車載機側の既存アプリ用のサーバのメンテナンスが必要（高コスト）
③SNSアプリ等の既存アプリを利用（機能拡張）	○ 既存アプリに機能拡張することで実現可能	○ 既存アプリがインストール・アップデートされている機器で利用可能	△ 接続の操作後、アプリを災害モードへ移行して（実装方法次第）メッセージを入力	△ アプリ側： 既存アプリベンダ側でメンテナンス可能 サーバ側： 車載機側サーバのメンテナンスが必要
④専用アプリを利用	○ 専用アプリに機能を実装することで実現可能	△ 新規アプリの配布が必要 ただし通信事業社に標準アプリ化を依頼することで対処できる可能性あり	△ 接続の操作後、アプリを起動してメッセージを入力	× アプリ側： 専用アプリ向けメンテナンスが必要（高コスト） サーバ側： 車載機側サーバのメンテナンスが必要

図 46 スマートフォンアプリ実装形態の検討(安否情報等の共有)

4-1-4. 平時利用との連続性

災害時活用のためアドホック通信ネットワークを社会実装する際に、災害時専用の機器やシステムを用意することはコスト面から困難な場合が多い。利用者の操作性の観点から平時にも一定程度利用されている方が望ましいことも勘案すると、平時に商用あるいは公用で利用されている通信機器を、災害時には緊急モードへと切り替えて利用できるようにする形を中心に検討を進めることが現実的と考えられる。

車載通信機の平時利用形態としては、例えば次のようなものが考えられる。

- ①公共車両：市バスのバスロケーションシステム、公用車の車両管理
- ②緊急車両：緊急車両から周辺の車両等への情報発信（緊急車両の接近情報等）
- ③商業車両：タクシーの決済用通信システム
- ④一般車両：個人所有車のエンターテインメントやテレマティクス、車体メンテナンス情報管理、車両通行情報の収集 等

これらの多くは、携帯電話網等の公衆通信サービスを活用して情報の送受信を行うものであるが、アドホック通信についても、グループ走行する車両間での情報共有等の際に活用されることが考えられる。

①及び②については、災害時にアドホック通信ネットワークを構成する通信ノードとして、避難情報の配信や拠点間通信等に活用することで、自治体等の災害対応能力の向上に繋がるといった利点がある。また、③及び④についても、災害時に避難情報の配信や救助要請の送信等に活用可能であることは、乗員の安全確保等に繋がり、車載通信機の付加価値として認識される可能性がある。

①及び②の場合は、平時から公共目的で利用されていることから、機器やシステムの運用主体が、平時と災害時で同一であるか相当に密接な関係にあることが期待できる。このような機器やシステムを導入する自治体等と連携を図り、平時利用のために調達された機器やシステムの災害時の活用方策として、本章で検討している実証等を実施することが、アドホック通信ネットワークの災害時活用の実現に効果的であると考えられる。

4-1-5. 他システムとの連携／拡張性／標準化

アドホック通信ネットワークを活用したシステムの設計に当たっては、例えば、安否確認システムの構築方法や多様化する緊急時の情報配信方式、緊急情報の種類や内容の整理等、これまでに行われてきた研究の成果や現在提案されている方式等を踏まえて検討する必要がある。

例えば、準天頂衛星システムを活用した災害時用サービスとして衛星安否確認サービスが検討されており、実証に向けた検討が進められているが、アドホック通信ネットワークとの連携やデータベースの共通利用、相互接続等について検討することは有益と考えられる。また、ユースナリオの中でも一部触れたとおり、Jアラート及びLアラートにより国や地方公共団体等から配信されている緊急情報を、車載通信機においても直接またはアドホック通信経由等で受信できるようにすることは検討課題となり得る。さらに、災害時に送信する救助要請の情報フォーマットの検討を進めるに当たっては、NATO(北大西洋条約機構)が局所災害用の救命情報共有手法として開発し、国内でも活用の取組が進むMETHANEレポートの情報フォーマットを参照し、情報の互換性等に配慮することも有益と考えられる。

なお、準天頂衛星をはじめとした、車載通信機により構成されるアドホック通信ネットワーク以外の災害時に活用が想定される無線メディアやシステムについて、第3章では車載通信機の緊急モードへの切替え手法として検討したが、今後これらのメディアやシステムを用いた災害時用のシステムの活用が進む場合には、アドホック通信ネットワークとの連携や共存について検討することが課題となる。

加えて、本研究会では直接議論しなかったケース(例えば、スマートフォンによるリレー方式の情報伝達や、人口密集地におけるマルチキャストによる一斉情報配信等)について、災害時、平時の区分に必ずしもとらわれずに検討を拡張していくことも課題として考えられる。

4-2. 実証試験による検証

本節では、第1節で挙げた各観点も踏まえ、アドホック通信ネットワークの社会実装に向けて、特に実証により検証することが必要な事項を整理する。その際、アドホック通信ネットワークに関連して実施された過去の実証試験の取組事例を参照するとともに、今後実証試験を実施する際の試験モデルについても例示する。

4-2-1. 検討、検証が必要な課題例

第1節での実装方法の議論を踏まえてアドホック通信ネットワークを構築した上で、ユースケースを実現するために検討、検証等が必要な事項について議論する。

まず、図 47 に、無線LANを活用したアドホック通信ネットワーク構築のために検討、検証が必要な事項の例を挙げている。無線LANの場合、1台の親機に対して複数の子機が接続して1つのネットワークを構成する構造をとっており、その構造は基本的には固定されるため、例えば、異なるネットワークが互いに通信可能な範囲に入った場合であっても、それだけではネットワーク間の通信が行われない。また、同じ特徴に起因して、バケツリレー方式での通信は子-親-子の最大3機までに制限される。



図 47 実装に向けて検討、検証が必要な課題例（ネットワーク構築）

これらについては、ネットワークの解除・再構築等の手法により解決が図られる可能性があるが、具体的にシミュレーションや実証を実施することにより、災害時の活用が可能であることを検証する必要がある。

続いて、安否情報等の共有について、無線LANを用いてシステムを構成する際のイメージを図 48 に示している。これまでの検討でも言及してきたように、普及性や相互接続性を考慮して、メッセージのやり取りには標準的なプロトコルを採用している。このようなプロトコルを用いる前提で、無線接続や情報共有の方式を具体的に検討し、車載通信機のシステムアーキテクチャとして整理することが必要である。

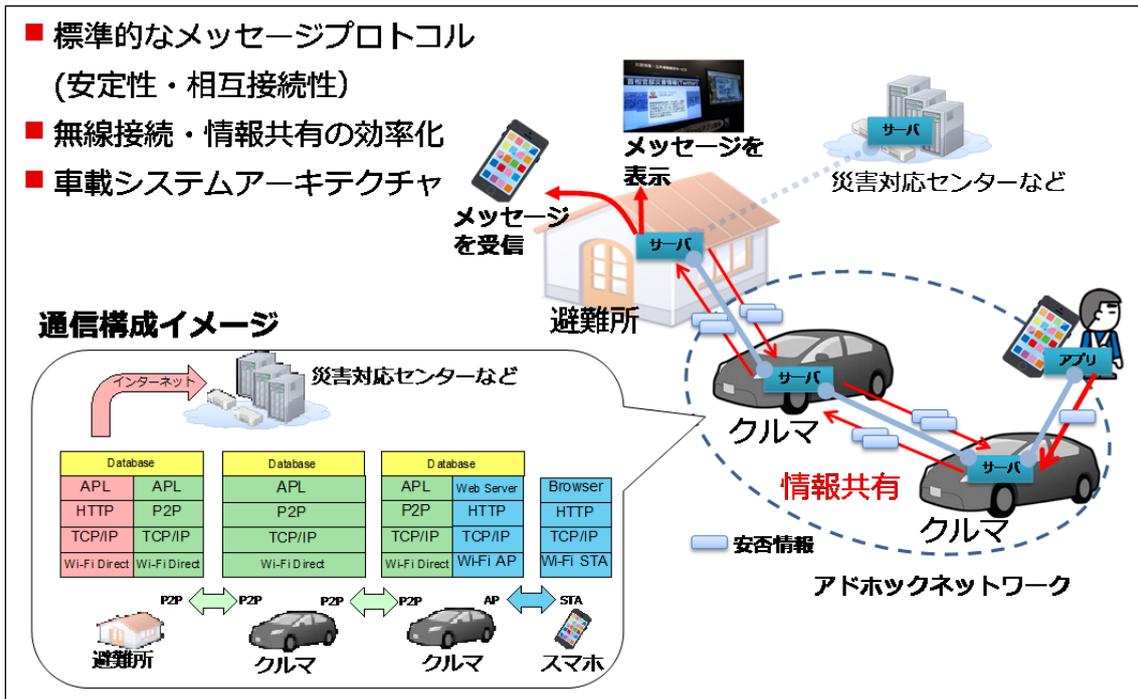


図 48 実装に向けて検討、検証が必要な課題例(安否情報等の共有)

4-2-2. 実証試験による課題検証の段階的アプローチ

これまで見てきたように、実証試験で検証することが必要な項目は多岐にわたるため、全ての項目を一度に検証することは困難であり、小規模な項目から順に着手することが現実的と考えられる。その際、例えば、次のような段階ごとに実証に向けた検討を進めるというアプローチが考えられる。

■アドホック通信ネットワークの基本機能の検証

現時点で実際に利用可能な技術によりアドホック通信機能を機器やシステムに実装した際に、通信機器同士の接続性や、実際に情報を拡散できるかといった基本機能を確認し、アドホック通信ネットワーク構築のフィージビリティを検証する。

(例) ノード間で情報の受け渡しを行えるか、マルチホップによる情報伝達を行えるか、等

■ユースケース実現に向けた動作実証

ユースケースを実現するために必要な情報の伝達や拡散を効率的に行うことができるかといった観点から、アドホック通信に係る各種方式やパラメータの検証、最適化を実施する。

(例) モード切替え方式、マルチホップの際のホップ上限数、情報有効期限、等

■ インターオペラビリティ(相互接続性/異システム共存性)の検証

これまでに議論してきたインターオペラビリティ確保の方策について、異なる製造者の機器や異なるシステム間の相互接続性を検証するとともに、異なるシステムが共存できることを確認する必要がある。特に、無線システムの共存性については、電波利用環境(無線局の存在密度等)の異なる状況を設定できることが望ましい。

■ 実スケール実証/拡張性の検討

実フィールドで、自治体や自動車乗員等のシステム利用者と連携して、機器やシステムのユーザビリティ、スケーラビリティ(規模拡張性)等を検証する。さらに、平時、災害時双方での活用について、実証や実運用を行った自治体等の事例を他の自治体等へと横展開する等の取組を進めることにより、一層の普及展開が期待できる。

4-2-3. アドホック通信ネットワークに関連した実証の取組事例

今後の実証試験実施に向けた検討に際して参考となる事例として、実際に自動車に搭載した車載通信機を用いて実施した、アドホック通信ネットワークの構築や、その機能検証に関するこれまでの取組を紹介する。

■ 無線LANを活用した車載通信機の無線接続試験例①

無線LANを活用して、屋外の固定通信機と車載通信機との間のアドホック通信の接続性や速度を実験した事例を図49に紹介する。本実験は、屋外の路上脇に設置した固定通信機と、その周辺を走行する自動車に搭載した車載通信機との間での無線通信の状況を測定したものである。両通信機間で接続が可能な範囲は、固定通信機から400m程度以内の路上であった。この区間を時速35~40キロで折り返し走行したところ(時間にして30~40秒)、1回当たり約2MBのデータ通信を行うことが可能であった。本結果は、今後、具体的なユースケースを想定し、必要とするデータ量を検討しつつ、実際に無線システムによるデータ伝送が求められる条件下でユースケースを実現できるか検証する際に参考となるであろう。

また、固定通信機のアンテナをビルの4階に設置して、車載通信機との間の接続性を実験したところ、無線接続が不安定という結果を得た。本結果は、自治体等から車載通信機により構成されるアドホック通信ネットワークに情報を流し込む際に用いるアンテナ構成等を検討する際に参考となるであろう。

なお、無線通信の接続性や速度は、車載通信機の移動速度やアンテナの設置形態だけではなく、電波の伝搬環境にも依存することから、今後の実証試験に際しては、都市部や郊外など様々な環境で検証を実施することが望ましいと考えられる。



図 49 無線 LAN を活用した車載通信機の無線接続試験例①

■無線LANを活用した車載通信機の無線接続試験例②

無線LANを活用して、屋外を走行する緊急車両間のアドホック通信による接続性を実験した事例を図 50 に紹介する。本実験で構築したシステムでは、緊急車両の後方に無線 LAN アクセスポイント(AP)、前方に無線 LAN ステーションを各々搭載し、ステーション側の無線 LAN インターフェースが前方を走行する車両の AP をスキャンして接続し、また、無線 LAN のローミング機能を活用することで、車両同士の位置関係が変化しても、自律的に前方を走行する車両の AP へ接続を切り替えながらアドホックにネットワークを構築する。このシステムでは、無線 LAN の AP とステーションによる接続を使用しているため、各車両の AP を予め別々のチャンネルに割り当てることで、複数のチャンネルを使用した無線リンクによりネットワークを構築できる。このため、マルチホップ通信を行った際にもスループットを低下させることなく高速に通信を行える特徴がある。また、車両の前方及び後方に取り付けられた車載通信機には、各々前方及び後方に対して指向性をもたせたアンテナも併用しており、車両間の距離が 600m 程度離れても、見通しがあれば無線リンクを維持できる。なお、車載通信機は、アドホック通信ネットワークの経路制御プロトコルである OLSRv2 を拡張した経路制御プロトコルが動作するルータを介して互いに接続しており、無線の接続状態が変化しても OLSRv2 により自律的に経路制御が行われる。

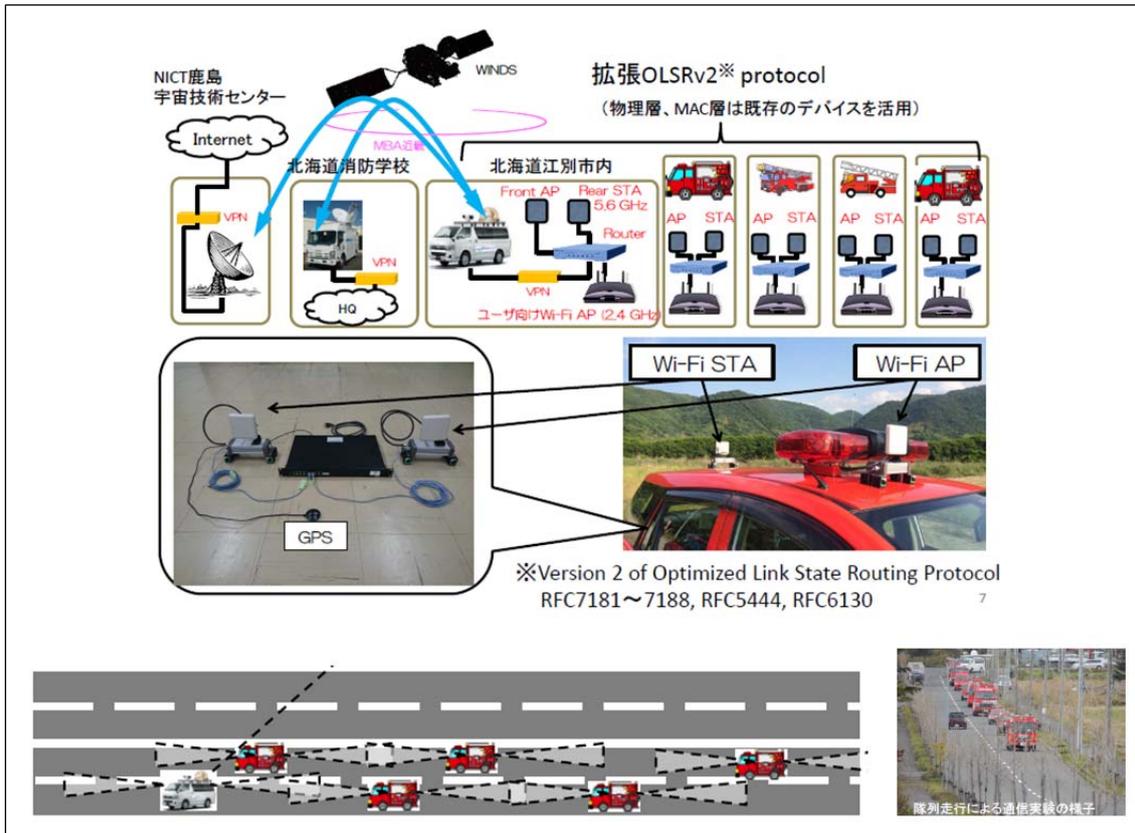


図 50 無線 LAN を活用した車載通信機の無線接続試験例②

本実験では、消防車両9台と、高速インターネット衛星(WINDS)地球局を搭載した移動衛星通信車両に本無線通信システムを搭載し、各車両が停止した状態でのスループット計測や、隊列走行時のインターネットへの映像ストリーミング伝送を行った。その結果、各車両が停止した環境では、10台の車両により総延長3.5kmのマルチホップ通信を実現し、TCPスループット計測では8ホップでも10Mbps以上のスループットを得た。また、10台が隊列走行する際、先頭を走行する車両で撮影したハイビジョン映像を、最後尾を走行するWINDS地球局車両を介してインターネットに伝送できることも確認した。ただし、本システムでは無線LANのローミング機能と経路制御機能を十分に連携させることができていないことから、隊列走行時にネットワークが複数の車群に分裂してしまうことがあった。また、ステーションは同時に複数のAPに接続できないことから、構築できるネットワークのトポロジに制約があるといった課題もあり、今後、このような不具合や課題の解決を図っていくことが必要である。

■車載通信機を活用した災害時の拠点間通信経路構築例

自動車には一般に運転時の安全確保等用の車載通信機が搭載されていることを踏まえ、当該車載通信機を活用して災害時の自動車間ネットワーク構築試験を実施した事例を図51に紹介する。本試験は、車載通信機の中継通信機能を活用したアドホック通信により、2km四方の範囲内に存在する自治体災害対策本部、避難所、病院等の災害時拠点間に、臨時の通

信経路を 30 分程度で構築することを目標として実施したものである。なお、構築した通信経路では、音声通話やメール、地域 Wi-Fi 等を介したインターネット接続を行うことを想定した。試験の結果、図 51 に示すように、車載通信機を搭載した自動車を隣接自動車と通信可能な位置に固定配備することで通信経路を構築することができ、次の各点の知見を得られた。

- ・自動車配備後、ネットワーク構築(通信機起動～ネットワーク管理サーバに全通信機の経路情報集約～経路構築確認)に必要な時間は数分間程度。
- ・2km(6 ホップ)程度の距離であれば、緊急時の音声通話回線として十分に利用可能(スループット:100kbps、通信遅延:130ms)。
- ・拠点間を結ぶ自動車間ネットワークは重複経路が不要な構成で対応可能。
- ・ルーティングプロトコルは構築フェーズと通信路確立フェーズで使い分けることが有効。
- ・マルチプロトコル対応は通信経路の安定性確保に有効。
- ・他のネットワークへの接続には、IP ネットワークとの接続性の確保が必要。

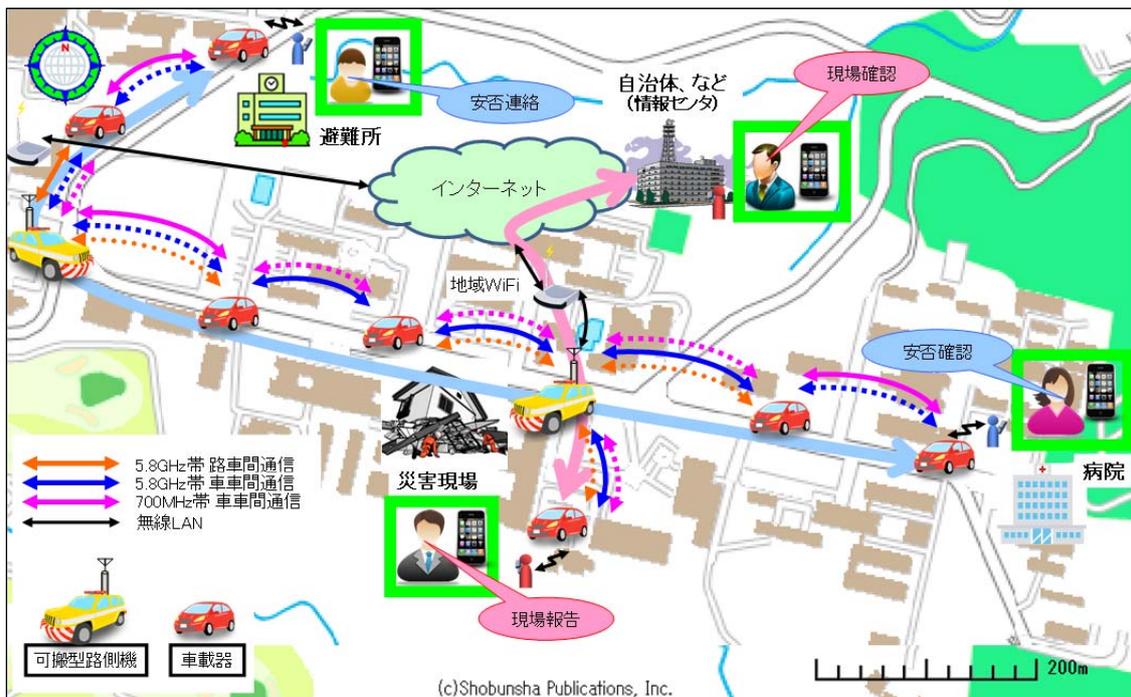


図 51 車載通信機を活用した災害時の拠点間通信経路構築例

また、検討等が必要な課題として、次の各点が認識された。

- ・平時システムとの共用を実現する技術的手法の検討(例えば、車載通信機の平時/災害時のモード切替え方法の検討)
- ・自動車配置位置の事前設定、確認の実施(例えば、災害訓練の一環としての実施)
- ・自動車が立ち入れない環境に対応するための携帯型端末の開発
- ・地域ネットワークと接続するための、接続先ネットワーク構成の把握方法の検討

これらの課題も踏まえつつ、今後は無線通信方式を無線 LAN 等に拡張したシステムの検証も必要になると考えられる。

4-2-4. 実証試験構築案

これまでに述べた状況を踏まえると、アドホック通信ネットワークに関して、今後、例えば次のような実証試験環境を構築して、その効果と課題を検証していくことも有効な取組の一例と考えられる。

■ 車載通信機により構成されるアドホック通信ネットワーク内での情報拡散手法の最適化

車載通信機により構成されるアドホックアドホック通信ネットワーク内で情報拡散を行う上で、ネットワークを構成する端末間での接続性や情報の受け渡し可否等の基本機能の確認、また、ネットワーク構成端末数が増加した場合の情報拡散の可否やその効率性の検証は欠かすことができない。

図 52 に示す実証試験構築案は、平時にはバスロケーションシステムのために活用されている、市バスに搭載された車載通信機を利用して、アドホック通信ネットワーク構築のための基本機能の確認から、同ネットワークにおける情報拡散の効率性までを検証するものである。特に、ネットワーク構成端末数を2台から順次増加させた場合、車載通信機を搭載したバスの配置や動きを変化させた場合、ネットワーク構築のための各種制御パラメータを調整した場合等にごのような影響が生じるかを実フィールドで実証することで、情報拡散手法の最適化を図ることができると期待される。

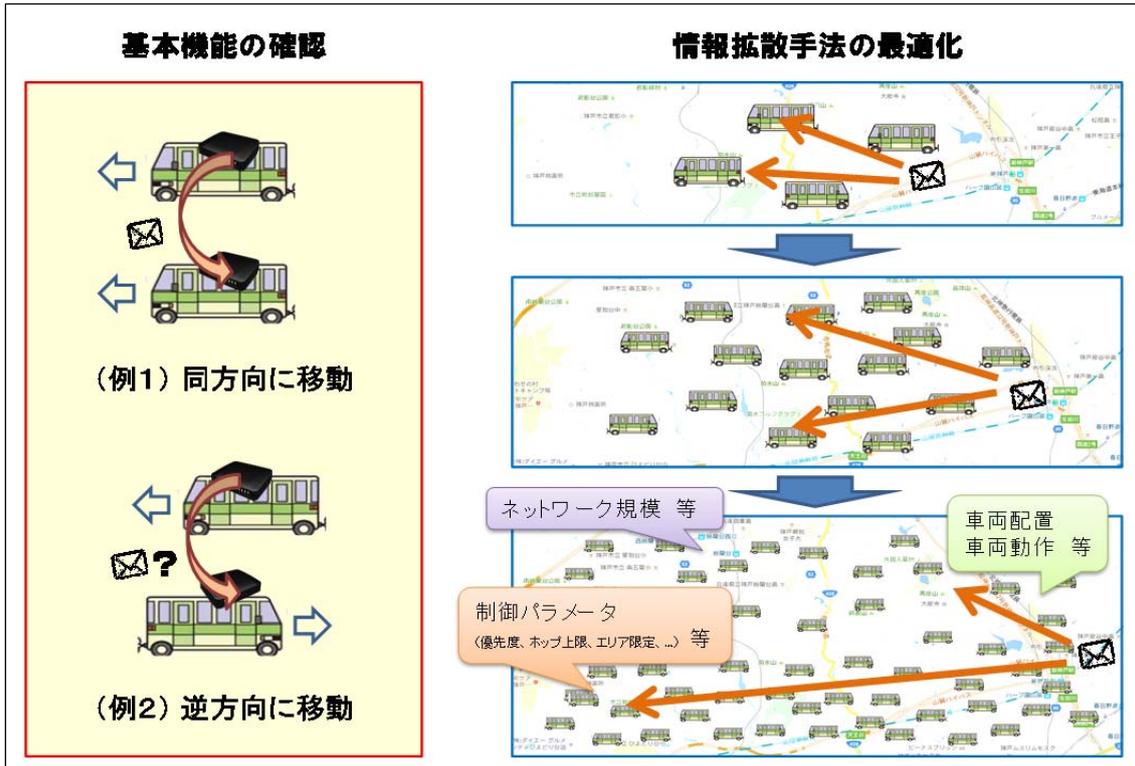


図 52 車載通信機により構成されるアドホック通信ネットワーク内での情報拡散手法の最適化

■ ネットワークの階層化による情報共有基盤のスケールラビリティ確保

アドホック通信ネットワークによる情報共有基盤を構築する際、社会実装を考慮すると、そのカバーエリアを可能な範囲から順次拡大していくスケールラビリティの確保が重要となる。

図 53 に示す実証試験構築案では、災害時に避難所となる 70 の小中学校に固定された無線通信機(以後、「基地局」という。)を設置し、さらに、近接した7ヵ所程度の基地局ごとに「エリア」を構成する。災害時、エリア内では車載通信機を搭載した専用自動車等が定期的に巡回し、エリア内歩行者の情報の基地局への集約や、基地局間での情報共有を行う。



図 53 ネットワークの階層化による情報共有基盤のスケーラビリティ確保

また、各エリアを、区役所等の災害時拠点(以後、「センター」という。)に近いエリアから遠いエリアに向けて階層的なクラスタ構成をとるように構築し、異なる階層のエリア同士をまたぐ位置にも基地局(以後、「集配」という。)を設けることで、階層を超えた全エリアでの情報共有とセンターへの情報集約を実現する。

情報共有範囲を拡大する場合は、新たにエリアを追加するだけでよく、既存のシステムに変更を加える必要がないため、容易かつ柔軟に情報共有基盤の規模拡大を進めることが可能となる。

本構築案は、机上検討の段階であり、今後の実証試験において、有効性の評価や社会実装に向けた課題を整理していくことが必要である。

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 構成員一覧

(五十音順、敬称略)

大石 康夫	本田技研工業(株) 四輪事業本部 事業企画統括部 グローバルテレマティクス部 サービス研究開発室 TC/技師
大口 敬	東京大学 生産技術研究所 教授
大西 亮吉	(株) トヨタ IT 開発センター 研究部 シニアリサーチャー
清宮 幸夫	PCI ソリューションズ(株) 執行役員 研究開発事業部 事業部長
高田 潤一 (主査)	東京工業大学大学院 理工学研究科 教授
田中 英明	(株) KDDI 研究所 執行役員 研究プロモーション部門担当
浜口 雅春	沖電気工業(株) 社会システム事業本部 交通・防災システム事業部 無線技術研究開発部 部長
堀口 賞一	(株) NTT ドコモ R&D イノベーション本部 サービスイノベーション部 担当課長
松本 善徳	ソフトバンク(株) プロダクト本部 法人プロダクト企画部 プロダクト企画3課 課長
三浦 龍	(国研) 情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク研究所 ディペンダブルワイヤレス研究室長
渡邊 敏博	日本電気(株) システムデバイス事業部 技術部長

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
 アドホック・タスク・グループ 構成員一覧

(五十音順、敬称略)

大石 康夫	本田技研工業(株) 四輪事業本部 事業企画統括部 グローバルテレマティクス部 サービス研究開発室 TC/技師
大西 亮吉	(株) トヨタ IT 開発センター 研究部 シニアリサーチャー
佐野 勝大	(株) ユビキタス 代表取締役社長
清宮 幸夫	PCI ソリューションズ(株) 執行役員 研究開発事業部 事業部長
浜口 雅春	沖電気工業(株) 社会システム事業本部 交通・防災システム事業部 無線技術研究開発部 部長
三浦 龍	(国研) 情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク研究所 ディペンダブルワイヤレス研究室長
渡邊 敏博 (座長)	日本電気(株) システムデバイス事業部 技術部長

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 開催状況

○第1回（平成28年1月26日（火））

- ・研究会の開催について
- ・構成員からのプレゼンテーション
（大西構成員、大石構成員）

○第2回（平成28年2月25日（木））

- ・構成員等からのプレゼンテーション
（渡邊構成員、東北大学大学院 加藤教授、西山准教授、浜口構成員）
- ・今後の検討の進め方について

○第3回（平成28年3月31日（木））

- ・ATGにおける検討状況について
- ・構成員からのプレゼンテーション
（三浦構成員）

○第4回（平成28年4月21日（木））

- ・これまでの検討について
- ・構成員等からのプレゼンテーション
（清宮構成員、（株）ユビキタス 佐野代表取締役社長）
- ・ATGにおける検討状況について

○第5回（平成28年5月31日（火））

- ・構成員からのプレゼンテーション
（堀口構成員）
- ・中間取りまとめ（骨子案）について

○第6回（平成28年6月16日（木））

- ・中間取りまとめ（案）について

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
アドホック・タスク・グループ 開催状況

- 第1回（平成28年3月3日（木）～平成28年3月30日（水）、メール審議）
 - ・ATGにおける検討の進め方について
 - ・ATGにおける検討事項の分担について
 - ・ユースケース実現のための技術的手法について

- 第2回（平成28年4月1日（金）～平成28年4月20日（水）、メール審議）
 - ・ユースケース実現のための技術的手法の詳細について
 - ・スマートフォンへの機能実装方法について

- 第3回（平成28年4月22日（金）～平成28年5月30日（月）、メール審議）
 - ・研究会中間取りまとめ（骨子案）について

- 第4回（平成28年6月1日（水）～平成28年6月15日（水）、メール審議）
 - ・研究会中間取りまとめ（案）について