

# 大規模災害急性期サーチ・アンド・レスキュー支援システム

福井良太郎<sup>†1</sup> 嶋津恵子<sup>†2</sup> 重野寛<sup>†3</sup>

大規模災害による犠牲者の数を最小にするためには、災害医療支援チームのために要救助者に関する正確な情報を通知する必要がある。本開発研究の目的は、平常時に一般の目的向けに利用されている移動体通信機能と新世代ネットワークの機能を、大規模災害発生時に救命に必要な情報共有システムにシフトチェンジさせることである。このシステムによって災害発生直後から急性期（72時間以内）のサーチ・アンド・レスキュー作業の確実な実行を支援する。

## Search-and-rescue support system for large-scale disasters acute phase

RYOTARO FUKUI<sup>†1</sup> KEIKO SIMAZU<sup>†2</sup>  
HIROSHI SIGENO<sup>†3</sup>

In order to minimize the number of victims of large-scale disaster, it is necessary to notify the accurate information about the main rescuer for disaster medical assistance team. The purpose of this development study is to shift change the information sharing system composed by the function of the new generation network and the mobile communication network to the purposes for large-scale disaster stage use from the purposes for general the normal state use. As a result, this system support the secure execution of the search-and-rescue work within 72 hours after the disaster.

### 1. はじめに

本研究開発は、平成25年度に総務省が実施した先進的通信アプリケーション開発推進事業による研究開発資金で実施したものである。

東日本大震災の後、災害時の通信システムの強化策や復旧策に関する各種の研究開発が行われている。通信事業者や大学の研究機関などの取り組みでは、災害時に可搬基地局（ICTリソースユニット）を現場に設置して通信を復旧させるものや、遅延許容ネットワークの提案、緊急災害時にも通信を確保することができる重層的通信ネットワークの提案などがある。いずれも、研究開発の目的が災害時の通信機能の復旧に関する通信構成方法に置かれている。

一方、大規模災害発生直後の被災者の救急・救命のための作業に必要な通信に対する要求や、運用方法などアプリケーションに係るところまでは十分な研究が進められていなかったように思われる。

本開発は、災害発生直後72時間のサーチ・アンド・レスキューを確実に実行するために、災害発生から24時間前後までに被災現場の情報をできるだけ収集し、救命処置担当者に提供できるような具体的なアプリケーションを想定した情報通信システムの構築について検討したものである。

### 2. 背景と目的

平成23年3月11日の東日本大震災では、大規模災害時救命隊DMAT (Disaster Medical Assistance Team)などが、地震発生直後に東北の災害現場に集結することができた。ところが、巨大津波が通信を含むすべてのインフラを断絶させた結果、最悪の被災状況地域では物理的な人の移動も叶わないことから、要救命者の存在を確認する方法が皆無となった。その結果、現地に到着したDMATは、救急救命者を自らの足で探して回る状況に陥った。いつまでも医療措置が行われない場所があった一方で、DMATと自衛隊医務官の両方が急行し、医療スタッフの余剰が発生する場所も存在した。

大規模災害による死者数を最小に抑えるには、災害発生直後から、急性期（72時間以内）の期間が重要であると知られている。さらに、これまでの救命実績の報告を参照すると、72時間以内のサーチ・アンド・レスキュー（捜索救難）を実現しようとする場合には、大規模災害発生から「24時間」でレスキューが開始できるかどうか肝要である（図1）。図が示す通り、東日本大震災におけるレスキュー数のピークは、被災者の生存率が20～30%に落ちてからになっていた。

<sup>†1</sup> 慶應義塾大学  
Keio University

<sup>†2</sup> 慶應義塾大学  
Keio University

<sup>†3</sup> 宇宙航空研究開発機構  
Japan Aerospace Exploration Agency

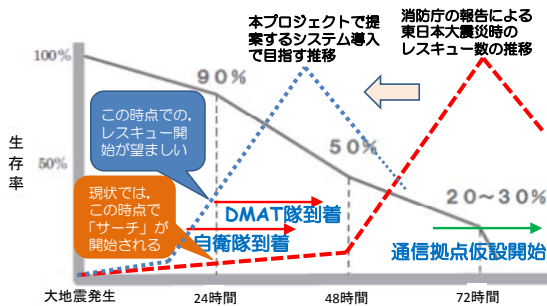


図1 東日本大震災でのレスキュー数のピークと提案システム導入による期待効果

災害時の救命隊にとって必要不可欠となるのは、要救助者に関する精度の高い情報（所在地と症状と人数など）を入手することである。

本研究開発は、平常時に一般の目的向けに利用されている無線 LAN や ITS の DSRC(Dedicated Short Range Communication)などの移動体通信手段と機器を、大規模災害発生時に救命に必要な情報共有システムにシフトチェンジさせることによって、被災者の要救命者を早期に把握することを目的として実施したものである。

### 3. 全体システムの構想

#### 3.1 求められる主な機能

本研究開発で検討した全体システムに求められる主な機能は次のようになる。

##### (1) 操作制約

- ・要救命者（救命信号発信者）と救命作業者（サーチ結果利用者）と、さらにサーチに必要な情報入力者のすべてにとって日常的に使い慣れた情報端末を操作環境として利用する。

- ・本システムを操作するステークホルダーを、あらかじめ指定したサーチ・アンド・レスキューの専門家に限定する。

##### (2) 機能要求

- ・平常時に稼働している通信手段が利用できないことを前提としているため、救命信号発信電波を稼働している基地局まで何等かの代替無線手段で接続する。

- ・代替無線手段は、壊滅被災現場を一定時間で移動しながら、救命信号を収集し、集計サーバに送信する。

- ・集計サーバは、サーチに必要な情報が部分的かつ時系列で変化することを想定し、あらかじめ指定した情報体系に従い、ID 部分情報ごとに、更新部分情報を紐づかせて配信する。

- ・システムは、サーチ結果情報を地図上に一定地域ごとに表示するとともに、テキスト一覧としても出力する。

- ・システムは、サーチ結果の第一報を、サーチ・アンド・レスキューの専門家の持つ端末上に、大規模災害発生直後

から 24 時間以内に配信する。

尚、ここで“あらかじめ指定した情報体系”とは、通信回線が潤沢でなく、状況が刻々と変化する大規模災害現場で、効率的・効果的に情報を集積し集約するための情報分類フレームワークである。

#### 3.2 情報体系

本プロジェクトでは、2003 年から日本に導入され始めた METHANE レポート構造の利用について検討した。METHANE レポートは、集団防衛と危機管理と協調的安全保障を任務とする NATO（北大西洋条約機構）が、最小の情報量で精度高く“サーチ”結果を“レスキュー”に活かすことを目的に開発したものである。具体的には、表 1 に示すような情報の各頭文からなる属性値に分類するものである。

表 1. METHANE レポートの内容

|   |                      |                                       |
|---|----------------------|---------------------------------------|
| M | Major incident       | 国や公の機関が発令する大規模災害発令                    |
| E | Exact location       | 救命者の存在場所                              |
| T | Type of incident     | 救出方法や医療処置の必要性、怪我、疾病、溺れなど要救命者の症状       |
| H | Hazard               | 現在/今後発生する危険、低温化やガス漏れや水位上昇など           |
| A | Access to scene      | 災害や事故の発生場所への到達経路に関する情報                |
| N | Number of casualties | その場所に何人くらいの要救命者がいるか                   |
| E | Emergency services   | 要救命者の救出や救命に必要な装備、また受入可能医療施設や移送可能な医師情報 |

実際の災害現場のサーチ・アンド・レスキューでは、この情報体系が効率的な作業に役立つと考えられている。国際的に災害現場における無線という限られた情報伝達手段で活用されている実績から、脆弱な通信回線の上のテキスト送信として展開できる可能性が高いと考えられる。

国内では防災一般に利用しようとする動きが開始しており、METHANE レポートの集約した結果の提示方法として、採用の妥当性が高いと考えられる[1][2]。

#### 3.3 システム全体に対する要求機能

以上の結果から、大規模災害急性期サーチ・アンド・レスキュー支援システム全体に求められる機能は「大規模災害の発災後 72 時間以内の救命率の向上のために、災害発生から 24 時間前後までに METHANE 情報をできるだけ収集し、救命処置担当者に提供できるような情報通信システムを構築する」ことである。

この機能の実現のために、全体のシステムに対する要求

事項を検討し、システム要求仕様書としてまとめた。仕様書の記載項目は以下のとおりである。

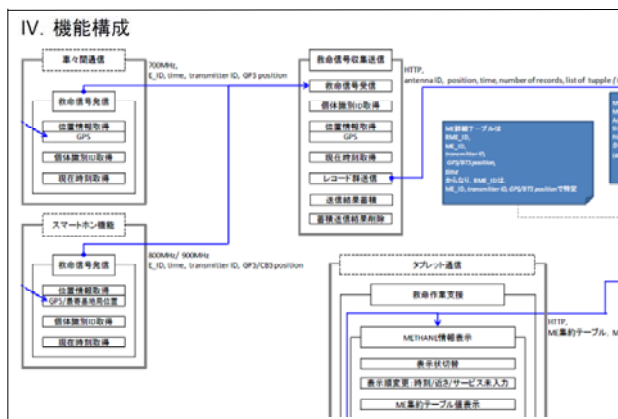
I. 概要 (省略)

II. Terminology (省略)

III. ユースケースとシナリオ (以下に一部分例示)

|                      |   |
|----------------------|---|
| ユースケース No            | P-1   |
| ユースケース名              | 救命信号の収集と送信  |
| 起動機能                 | 救命信号発信機能, 救命信号収集送信機能, ME テーブル生成機能   |
| Primary Actor/Role   | 救命信号発信者   |
| Secondary Actor/Role | ME テーブル生成機能搭載クラウドサーバ  |
| 事前条件                 | 救命信号発信者の所有する通信機器にあらかじめ専用アプリケーションが搭載されていること。<br>救命信号収集送信機能が、地域に存在すること。   |
| 事後条件                 | なし  |
| 基本フロー                | Primary Actor が救命信号発信ボタンを押す。救命信号を示す ID を先頭として、時刻、個体識別 ID、位置情報を一組の情報として発信。<br>救命信号収集送信機能搭載機器が無線回線によって発信信号を受信する。<br>救命信号収集送信機能搭載機器が、収集信号に自身の個体識別 ID と位置と時刻と受信件数を付与して Secondary Actor に送信する。 |
| 代替フロー                | なし  |

IV. 機能構成 (以下に一部分例示)



V. 機能仕様一覧 (以下に一部分例示)

| 機能 No | 機能名    | プロセス仕様   | 振る舞いとプロシジャ  | 性能               | 詳細化に必要な作業 |
|-------|--------|--|---|------------------|-----------|
| 1.1   | 救命信号発信 | Input: 1.1.1, 1.1.2, 1.1.3 の出力結果<br><br>Output: リスト (E-ID, time, transmitter ID, GPS position) | 出力結果に E-ID を付与したリストを生成。<br><br>E-ID 以外の属性値の値域は null を含むすべての信号 | E-ID 値欠損率 10% 以下 | E-ID 値の決定 |

|       |        |  |                          |         |  |
|-------|--------|--|--------------------------|---------|--|
|       |        |  | 起動トリガー:<br>利用者による専用ボタン選択 |         |  |
|       |        |  | 終了トリガー:<br>電源切           |         |  |
| 1.1.1 | 位置情報取得 | Input: テレホン<br>Output: GPS もしくは BTS position | 本機能搭載部品が所有する位置情報特定機能を起動。 | 搭載機能に依存 |  |

VI. GUI デザイン案 (省略)

4. 通信システムの検討

4.1 全体構成

このシステムでは、新世代通信網の持つ柔軟なネットワークの設定・運用による確実な情報伝達の考え方を、移動体通信ネットワークとの連携によって災害現場まで広げることが基本的な考え方とした。

消防、警察、市町村の各種公的業務用車両などの自治体の公用車両に災害対応モードを有する移動体通信手段の機能を持たせる。被災者情報の収集手段としては、一般的に携帯端末として広く利用されている無線 LAN 端末や、今後自動車の安全運転支援システムとして利用できる車車間・路車間通信などを対象とする。

(1) 通常業務時の救急車両通信システム

まず救急車両の移動体通信システムをモデルとして、通常業務の高度化に資する通信機能を明確化した。先進的な地域における救急現場業務の高度化の現状としては、従来搭載している業務用の専用通信システムに加え、移動電話網などを導入する事で情報共有するシステムの試行が各所で実施されている。岐阜県の事例 (図 2) では救急業務の高度化試行として、主に汎用機器を利用している。

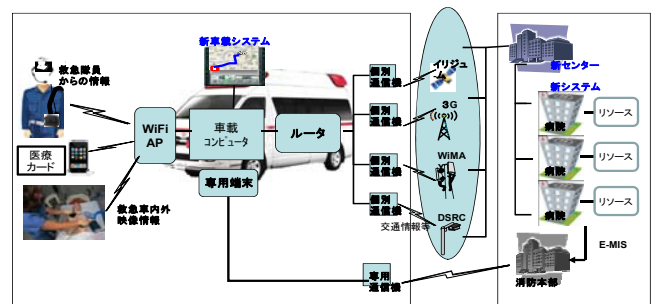


図 2. 救急業務の高度化試行システム例

すなわち、WiFi によって救急車両内外で発生する情報を集約し、車載 PC とルータにより救急車両をアクセスポイ

ント化している事例が見られた。この事例を本事業開発のベースの概念としたが、民生で使われる WiFi 活用での限界や、センター間の情報連携などの問題が伴っている。本開発ではこれらの課題の解決のために、新世代通信網の適用を前提とする。さらに新規の通信方式として T109 を導入する事で、ITS と連携した救急車運用が飛躍的に高度化する事が予測される。2030 年を目指して交通安全社会の創造が国家目標の中、自動走行による交通事故の削減が政策となっており、そのための中核技術が T109 であり、全自動車への搭載化も仮定として置く事が出来る。

## (2) 大規模災害時の全体システム

「大規模災害時」には災害対応モードに切り替えて周辺の被災者端末との間の情報伝達機能を確立することによって、新世代ネットワークを介した被災現場と災害対応センターとの確実な情報伝達を可能とする。

システム要求仕様書を受け、具体的な通信システム構成としてまとめたのが図3(開発全体を説明するイメージ図)である。公用車両として救急車両に適用した例として示している。

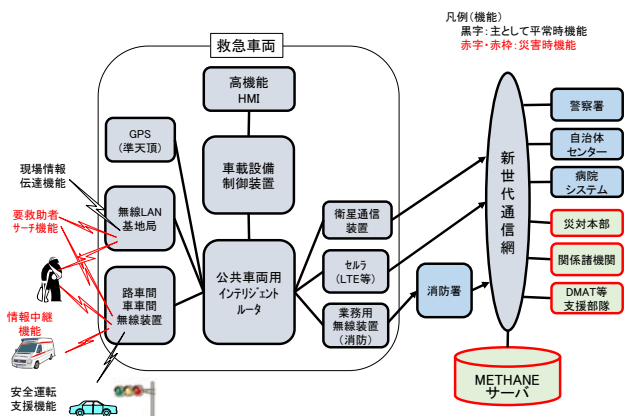


図3. 通信システムの全体構成図

## 4.2 新世代通信網の利用

本研究開発は、新世代通信網の先進的通信アプリケーション開発推進事業として実施したものである。本開発が目的とする大規模災害時における METHANE 情報の集約機能にとって、新世代通信網の利用は以下のような効果が期待できる[3]。

・新世代通信網は、回線の障害に対して、生きている回線ルートを選択して通信路を再構築できるような耐災害性を有しており、大規模災害時の情報伝達機能として大変有効な通信手段と考えられる。

・OpenFlow の持つパケットの転送と書き換え機能を組み合わせることにより、METHANE 情報パケットが OpenFlow スイッチ通過するパケットの宛先を必要な METHANE 情報サーバに書き換えて転送できる。

・同じく OpenFlow スイッチにおけるパケット流量を調べる機能を利用し、ネットワークの負荷や METHANE 情報サーバの負荷を下げる事ができる。

## 4.3 大規模災害現場の通信システム

本開発の目的である大規模災害の発生から 24 時間前後までに「METHANE」情報を可能な限り収集するためには、被災者の情報を速やかに収集するための災害現場における通信機能の確立が課題となる。

被災者の情報を収集する手段としては、災害現場などで利用できる通信方式が災害専用の特別なものではなく、普段から利用されている方式であることが重要である。

平常時利用可能なシステムの災害時利用を条件とした無線方式として、通信要求条件に基づき災害現場の通信システムの方式を検討した。

### (1) 候補

無線 LAN (WiFi) / 5.8GHz 帯 DSRC (ARIB STD-T75) / 700MHz 帯 DSRC (ARIB STD-T109) / モバイル WiMAX / 公衆移動通信(携帯電話) / その他放送系メディアなど

### (2) 検討

・広く普及している携帯電話の利用が望ましいが、公用車両に通信事業者の基地局機能を搭載することは困難である(将来は携帯端末同士が直接 ID を交換できる LTE ダイレクト方式の利用も可能かもしれない)。

・放送系の送信設備は公共車両の通常業務時に必要とはされない。

### (3) 方式の選定

以上の結果から、現状で利用可能な以下の 3 方式を選定した。

- ・無線 LAN (WiFi)
- ・5.8GHz 帯 DSRC (ARIB STD-T75)
- ・700MHz 帯 DSRC (ARIB STD-T109)

なお、5.8GHz 帯 DSRC については、現在は路車間通信しか利用できないが、すでに隊列走行や CACC の実験では 5.8GHz 帯による車車間通信の実験などが行われており T109 と同様の形態の車車間通信への利用拡大も可能性がある。ここでは 700MHz 帯 T109 の検討に含めることとする[4][5]。

### (4) 歩行者～車両間の通信

現在、ITS 関係者などによって、歩行者や自転車のような交通弱者の安全を確保のための研究が進められている。そこで検討されているような、DSRC の車車間通信機能によって歩行者の存在を車両に知らせる方法を用いれば、災害現場における被災者の検知にも適用が可能である。高齢



者・児童・障害者などの存在を知らせるペンダントのような端末も災害時の被災者検知手段の一つとして考慮する。

以上をまとめると、大規模災害現場における通信システムの構成は図4のようになる。

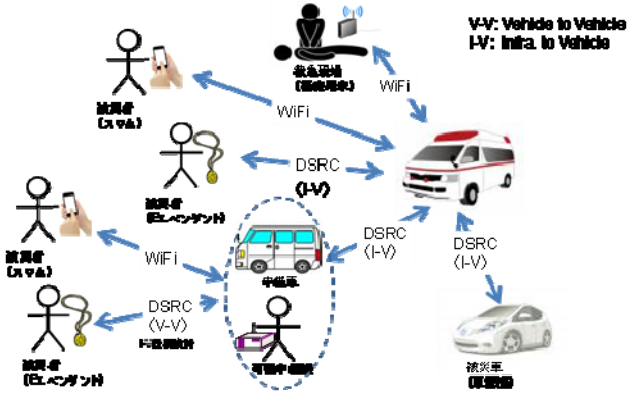


図4. 大規模災害現場の通信システム構成

4.4 METHANE 情報の収集

(1) 情報の流れ

災害現場で収集する METHANE レポートの7種の情報は、被災者の端末から収集される情報と、公共車両から収集される情報とに区分できる。検討の結果として、災害現場とセンター側との情報の流れを整理したのが図5である。

端末や車載装置から自動的に収集できる情報と、手入力が必要な情報がある。例えば被災者の位置情報には、端末がGPS等の位置情報を自動的に取得できるものと、できないものが存在する。Access 情報に関しては、災害現場までの走行経路を走行履歴データとして自動的に蓄積して送信する情報と、乗務員が手入力で報告する情報が考えられる。

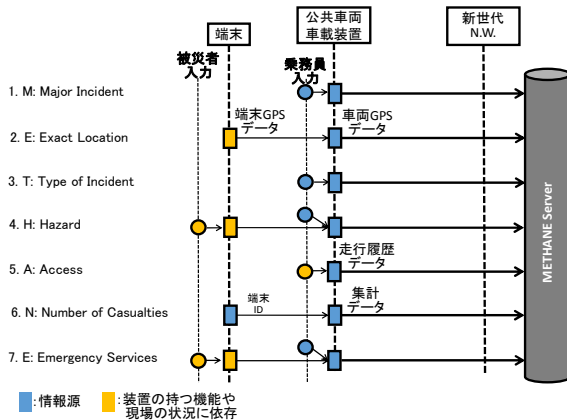


図5. 災害現場からの METHANE 情報の流れ

(2) 災害現場の通信輻輳対策

東日本大震災では、利用者から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%の規制が実施された。一方、メールなどのパケット通信は繋がりがやすかったため、今後の取り組むべ

き事項として設備増強対策などが報告されている。しかしながら、今後音声のパケット化をはじめとするIPデータ系の通信の利用拡大は必至であり、災害現場における METHANE 情報の収集についても、あらかじめ通信の輻輳について十分な対策を検討しておくことが重要である。

A. 災害時の緊急モード切り替え

緊急車両に搭載された通信システムは、自身が移動基地局となり、周辺ノードに緊急モードレベルを通知するように考える。緊急モードレベルとは、次項(2)に記載する通信統制方式のレベルを表す。モード切り替え手順は以下の通りである(図6参照)。

- METHANE 情報収集車両に搭載された無線機に緊急モードの切り替えを指示
- 移動基地局に切り替え
- 周辺のノードに対し、時刻情報と路車間通信期間情報を周知(周期通信)
- 周辺のノードに対し、緊急モード切り替えを通知
- 緊急モードレベルとトラフィッククラスに基づくデータ通信

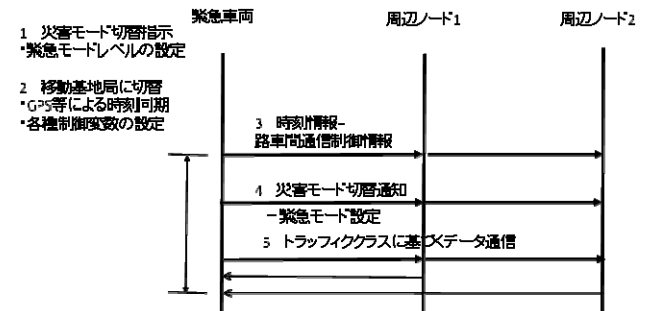


図6. モード切り替え手順

B. 通信統制方式

各ノードにおいて、指定された緊急モードレベルに応じて特定の通信を優先することで、移動基地局周辺で通信の統制を実現する。緊急モードレベルとトラフィッククラスから送信情報の通信クラスを決定する。通信統制のための方式として、大きく以下が考えられる。

- 方式1: 通常通信の強制的な破棄。
- 方式2: フレームの送信待ち時間制御による優先通信
- 方式3: 送信禁止期間の制御による通常通信の抑制

方式3は原理的には可能であるが端末単位の設定をフレーム毎に変更することは煩雑であり、方式1と方式2を選択的に用いることを考える。

C. T109の災害時利用に関する検討

無線LAN(IEEE802.11)は普及率が高く有力な情報収集手段であり、既にQoS制御機能を有しており、概ね要求される機能が実現している。

一方、T109の災害時利用については検討が必要であるた

め、計算機シミュレーションを行い、提案した通信統制方式を評価した。その結果、T109の災害時利用は十分可能性があり、通信統制方式も有効であることが判った。

## 5. まとめと今後の取り組み

全体構想の検討では、災害の急性期に必要なとされる METHANE 情報を収集するための“大規模災害時急性期サーチ・アンド・レスキュー支援システム”の要求機能を明確にし、システム要求仕様書としてまとめた。

大規模災害現場の通信システムの検討では、対象となる無線方式の抽出・検討を行い、災害現場の通信システム構成を明確にした。また、必要となる通信統制の方式を検討し、今後の車車間通信として普及が見込まれる無線方式 T109 を対象としたシミュレーションによる評価を行った。

本研究を通じて、平常時に一般の目的向けに利用されている移動体通信機能と新世代通信網の機能を、大規模災害発生時に救命に必要な情報共有システムにシフトチェンジさせ、急性期におけるサーチ・アンド・レスキューの支援を可能とするシステムに関する基本構想が策定できた。

今後の取り組みとしては、大規模災害現場の情報収集機能と、センター側の METHANE 情報サーバの機能を接続し、METHANE 情報の収集と、刻々と変わる状況に応じた更新を含めた救命率向上の全体機能の実証を行いたい。

具体的には、

- ・ 救急車などの公用車をモデルとし、インテリジェント・ルータを中心とした車載システムの機能実験環境を開発する。
- ・ 大規模災害時急性期サーチ・アンド・レスキュー支援システムの要求機能を組み込んだ METHANE 情報サーバの実験環境を開発する。
- ・ 以上2種類の実験環境を OpenFlow 機能を組み込んだ実験用通信ネットワークで接続し、災害現場から METHANE 情報を収集する総合的な実証実験を実施する。

METHANE レポートは、NATO によって最小の情報量で精度高く“サーチ”し、結果を“レスキュー”に活かすことを目的に開発されたものであるが、ICT 技術を有効に活用して効率よく正確に METHANE 情報を収集・提供できる本システムのような具体的な提案は現段階では行われていないようである。本研究開発における今後の実証実験等に結果は、国際的にも貢献できるのではないかと期待している。

**謝辞** 本研究開発は総務省の競争的資金により実施できた研究開発の成果である。また、本研究開発に協力頂いた株式会社 IIC の皆様に、謹んで感謝の意を表する。

## 参考文献

- 1) Kevin Mackway-Jones/ Advanced Life Support Group: Major Incident Management and Support/ The Practical Approach at the Scene/ Third Edition, Wiley-Blackwell (2012)
- 2) Timothy J Hodgetts and Crispin Porter: Major Incident Management and Support/The scene aide memoire for Major Incident Management and Support, BMJ Books (2012)
- 3) 高宮安仁, 鈴木一哉: OpenFlow 実践入門, 技術評論社(2013)
- 4) 守倉正博, 久保田周治: 802.12 高速無線 LAN 教科書, インプレス(2006)
- 5) 700MHz 帯高度道路交通システム標準規格/ARIB STD-T109 1.0 版, 電波産業会 (2012)