

## 情報送受信装置の検証 (第2報)

—ネットワーク機能の検証—

有山 修平\*, 鈴木 照雄\*\*, 菅原 洋一\*\*\*

### 概 要

災害活動を情報面から強力に支援することを目的とした映像情報を共有する方策については、平成 17 年度に各種検証を実施し、その有効性について確認されたところである。

今年度は、情報の共有化の更なる強化を図り、確実な情報共有を図ることを目的とし、通信経路を自動的に最適なネットワークに適宜組み換える方式（アドホックネットワーク）を用いて、主にネットワーク面に対し各種検証を実施した。更に、構造が複雑な防火対象物等についても対応するため、有線と無線ネットワークを組み合わせた方策についても検証を実施し、実際の地下鉄駅舎等を用いた通信検証等も実施した。

### 1 はじめに

平成 17 年度は、隊員と現場指揮本部間の情報の共有及び情報の確認を更に強化するために『ヘッドマウントディスプレイ（以下「HMD」と言う。）』を用いた装備品を試作した。これは、災害活動時に隊員と現場指揮本部間で相互に「映像情報」や「文字情報」の提供を行い、活動安全性の一層の向上を目的としたシステムとして空気呼吸器と一体化した『隊員端末』と現場指揮本部用の

『本部端末』から構成されるものである。更に本システムは、各隊員端末が中継機能を有し、自動的にネットワークを構築する画期的な機能を有している。

平成 18 年度は、更に各種改良を進め、主にネットワーク機能について検証を進めたものである。本稿では、紙面の都合からその一部について報告する。



図1 システム構成

## 2 システムの構成及び機器の概略

本機器は、図1に示すように隊員端末及び本部端末から構成され、無線により映像情報及び文字情報の送受信を行う形態とした。

本部端末及び隊員端末にそれぞれカメラが附属しており、本部端末には全ての隊員端末から送られてくる映像と本部端末に附属するカメラの映像が表示され、それらの映像情報の中から任意の映像情報を各隊員端末に配信することも可能である。配信されたそれらの情報は、隊員端末のHMDに表示される。無線は、2.4GHz帯無線LAN (IEEE802.11g) を使用した。

また、「文字情報」とは、本部端末から配信される「命令」及び「情報」等の文字列であり、隊員端末のHMDに継続的に表示される。

それら各種情報の円滑な伝達を実現するため、各隊員端末には中継機能を持たせ、隊員端末間を相互に中継することにより、災害現場でアドホックネットワークを構築をし、障害を迂回し、より遠くの隊員に対し情報を伝達する事が出来るものとした。

HMDには、空気呼吸器の残圧及び自己の周囲温度についても合わせて表示される。

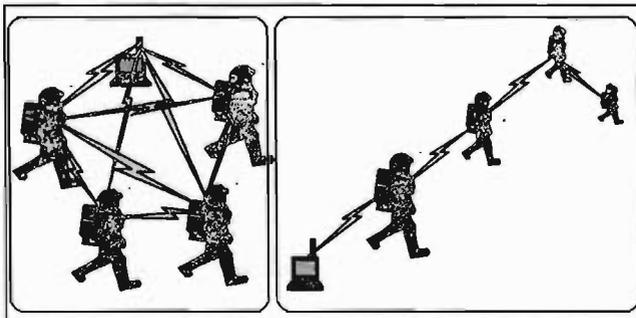


図2 アドホックネットワークの構築例

(左:各端末が接近している時には、端末同士がそれぞれ通信経路を持つのでより安定した通信が可能  
右:各端末が散開している場合には、中継をすることでより遠くまで通信経路を維持することが可能)

## 3 検証用試作機の概要

隊員端末4機及び本部端末1機を用いて検証を実施した。各機器の概要は以下のとおりである。

### (1) 隊員端末

検証のために試作した隊員端末は、写真1及び2に示すように空気呼吸器の背負い板に取り付けた本体部、面体に取り付けたカメラ、HMD、拡声装置等、更に肩バンド部分に取り付けた温度センサ等から構成される。

HMDは写真3に示すように各種情報(指揮本部端末から送信される『映像情報』、『文字情報』、自身が装着する空気呼吸器の『残圧力』及び『周囲温度』)を表示することにより隊員端末を装着する隊員に対し情報提供を行う。更に、指揮本部端末に対しても『自己のカメラ映像』、『残圧力』及び『周囲温度』の情報を送信する機能

を持たせている。

また、自動的にネットワークを構築し、より遠方にある他の隊員端末に対し、中継する機能も有している。操作方法は、電源スイッチを入れるのみで動作を開始し、提供される情報についての制御は全て本部端末で行われるため、操作方法はほぼ通常の空気呼吸器と同様である。

隊員端末の主要諸元は表1のとおりである。



写真1 隊員端末の外観

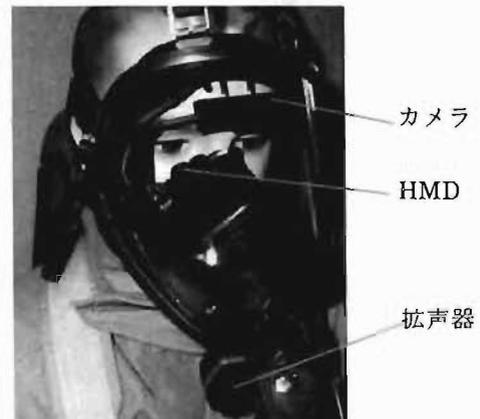


写真2 面体部の状況



写真3 HMD画面表示状況

表1 隊員端末の諸元

本体部 (空気呼吸器以外の箱型部分)	大きさ	370×160×50mm
	電源	リチウムイオン電池使用 (AC100V,DC12/24Vで充電可能) 連続使用可能時間約2.5時間
HMD部	映像	1m先の14インチモニタに相当
	質量	8g(映像投影部分)
	映像	800×225dot フレームレート最大10FPS

## (2) 本部端末

本部端末は、本体部（ノートパソコン）及び暗所でも撮影可能なカメラ（赤外線 LED 搭載型）及び無線通信部から構成されている（写真4）。

平成17年度試作機の試用結果を踏まえ、今年度は、屋外での使用を重視し、防水防塵構造かつ晴天屋外でも見やすいディスプレイを用いた。

ディスプレイに表示される画面は、写真5のとおりである。

ディスプレイ上の各隊員端末からの映像にオーバーラップして温度及び圧力が表示される。これにより、指揮本部端末でも各隊員の状況がより正確に認識され、指揮者から隊員への適時適切な命令や情報の伝達により、安全性の更なる向上が期待できる。

基本的な操作方法も平成17年度試作機とほぼ同等であり、誰でも容易に操作が可能ないように配慮している。



写真4 本部端末の外観



写真5 本部端末の画面表示例

また、タッチパネル方式のディスプレイを用いることにより、簡易な動作で操作ができるようにした。本部端末及び各隊員端末からの映像のうち、各隊員に送信する映像の選択は、送信したい映像のディスプレイに触れることで選択され、ディスプレイ左上のオレンジ枠内に「送

信中の映像」として表示される。

更に、「送信中の映像」の部分に触れると、そのディスプレイを拡大表示することができる。

各隊員端末に送信する文字情報（「命令」及び「情報」）の入力についても、ディスプレイ右上欄内にキーボードを用いて直接入力することも出来るが、多く使う文章については、あらかじめ登録しておき、ディスプレイに触れることによりプルダウンメニュー方式で入力することも出来る。

## 4 検証

### (1) 通信性能試験（見通し直線状態）

#### ア 計測方法

十分な見通し直線距離が確保できる環境下で、本部端末から徐々に隊員端末を移動させ、通信が確立する最大距離を計測した。隊員端末については、背負って装着するため、アンテナが装着者の体に隠れてしまい到達範囲が変化することから、指向性についても合わせて検証した。

#### イ 結果

##### (ア) 端末及び隊員端末（1機）の場合

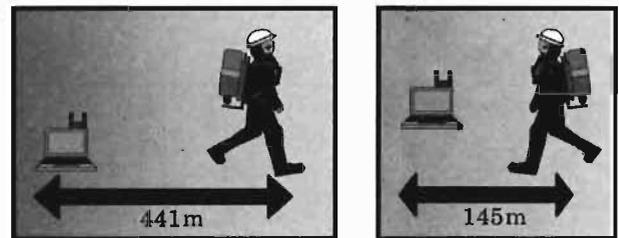


図3、4 隊員端末1機（装着者の体の向きによる比較）

装着者が本部端末に背を向けた状態での最大通信距離は441mであった（図3）。

また、装着者が本部端末側を向いた状態での最大通信距離は、145mであった（図4）。

##### (イ) 本部端末及び隊員端末（4機）の場合

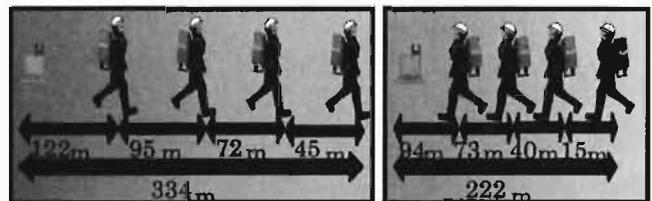


図5、6 隊員端末4機（装着者の体の向きによる比較）

装着者が本部端末に背を向けかつ少し横を向いた状態で隊員端末を4機を一直線上に移動した場合には、本部端末から末端の隊員端末までの最大距離が334m（図5）、装着者が本部端末方向に向いた状態では、本部端末から末端の隊員端末まで222mであった（図6）。

アドホック通信において、隊員端末4機を一直線に配置した通信環境（図2右）はネットワーク構築上、一

番不利な状況である。これは、本部端末に近い側の隊員端末になるに従って、末端側のそれぞれの隊員端末からの情報（カメラ映像等）を中継しなければならないため情報量が増加し、通信経路にかかる負担も大きくなる。このため隊員端末1機の場合と比べて必要なデータ量を送受信できる通信距離が短くなったと推測される。しかし、本結果からは、障害物が無い状態であれば、本部端末から概ね100m付近の範囲であれば、また、障害物があっても数十mの範囲内であれば、ネットワークを構築することが可能であると言える。



写真6 検証実施状況

(2) 通信障害となり得る構造物に対する通信性能試験（耐火建物外周部）

ア 計測方法

耐火建物（耐火6/1建て1,344㎡延べ5,360㎡）の外周部（壁体面から13.5mの位置）に本部端末を設定し、建物周囲に1機の隊員端末を移動させ、通信状態を観測した。更に、隊員端末を複数固定配置した状態で隊員端末を移動させ、同様に通信状態を観測した。

イ 結果

a 本部端末のみ固定配置し、1機の隊員端末を移動させた場合（図7）

本部端末が見通せる位置においては、通信可能であったが、建物の陰に入り込み、約10m程度進むと通信が途切れた。

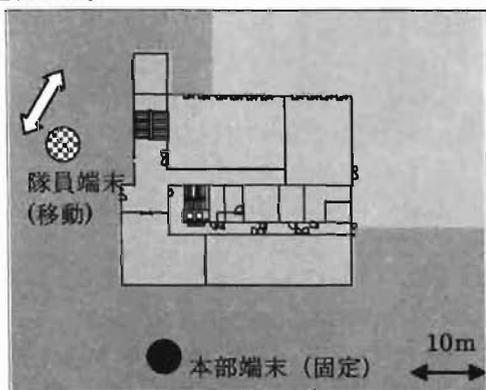


図7 通信可能範囲（着色部）

b 本部端末及び2機の隊員端末を配置（固定）した状態で、更に1機の隊員端末を移動させた場合（図8）  
前aで不感であった部分も隊員端末（2機）を配置し

たことによりネットワークが構築され、建物外周部全ての範囲で移動する隊員端末での通信が可能となった。

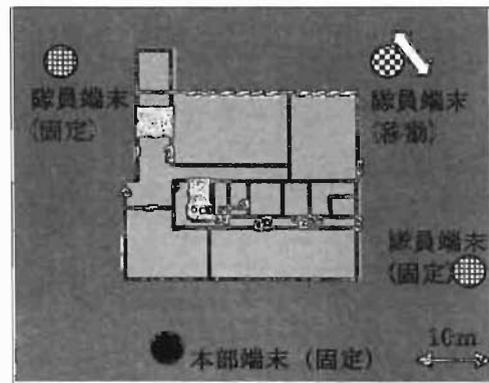


図8 通信可能範囲（着色部）

(3) 通信性能試験（耐火建物内部）

ア 計測方法

耐火建物（耐火6/1建て1,344㎡延べ5,360㎡）の4階から6階部分を使用し、4階部を地上1階と仮想した耐火3階建て建物と見立て、4階陸屋根上（建物壁体面から10mの位置）に本部端末を設定し、建物内部で1機の隊員端末を移動させ、通信状態を観測した。更に、建物内に立体的な中継を目的とした隊員端末を複数配置して、ネットワークを構築した状態で1機の隊員端末を移動させ、同様に通信状態を観測した。（本検証については、以後4階部分を1階、5階部分を2階、6階部分を3階と読み替える。）（写真7参照）



写真7 使用した建物

イ 結果

a 1機の隊員端末を移動させた場合

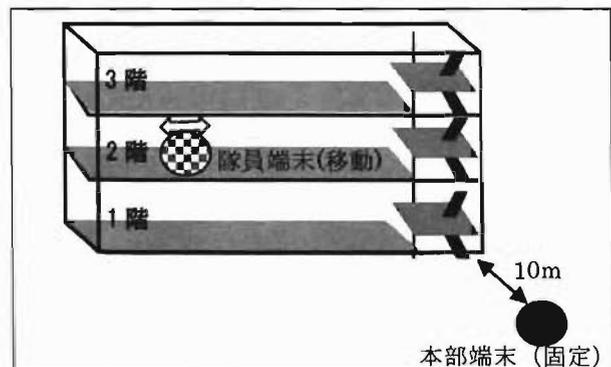


図9 各端末の配置イメージ

1機の隊員端末を移動させた場合(図 9)全ての階で本部端末に近い側(陸屋根側)で通信が可能であった(図 10)。

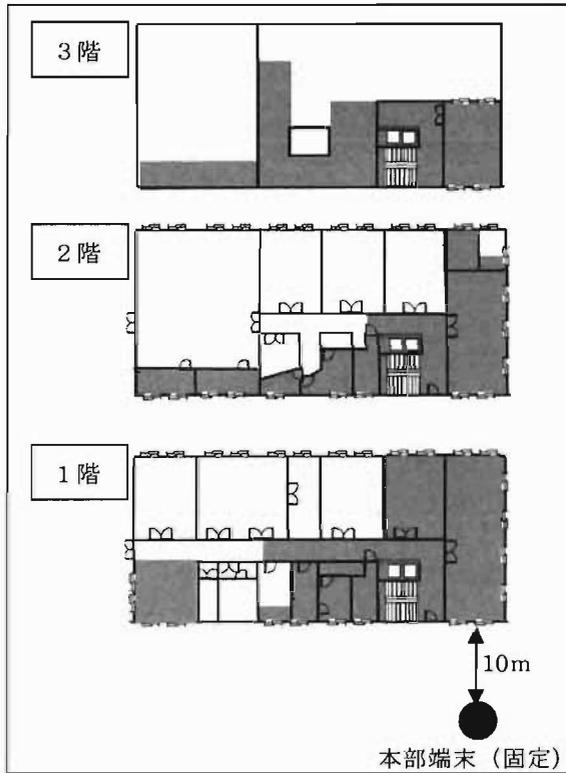


図 10 通信可能範囲 (着色部)

b 中継用の複数の隊員端末を配置した状態で、隊員端末を移動させた場合

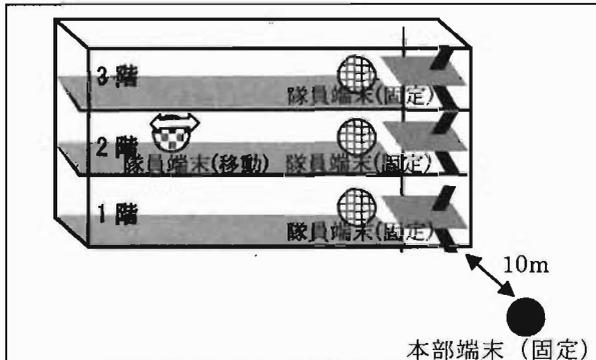


図 11 各端末の配置イメージ

各階に隊員端末を配置した状態(図 11)では、ネットワークが構築されて中継機能が有効に働き、建物内の全ての部分において通信が可能となった(図 12)。

(なお、a、b どちらの想定においても、移動する隊員端末の場所によって、映像送信のフレームレートが毎秒 1~3 フレームに落ちることもあったが、映像が途切れない限り『通信可能』として扱った。)

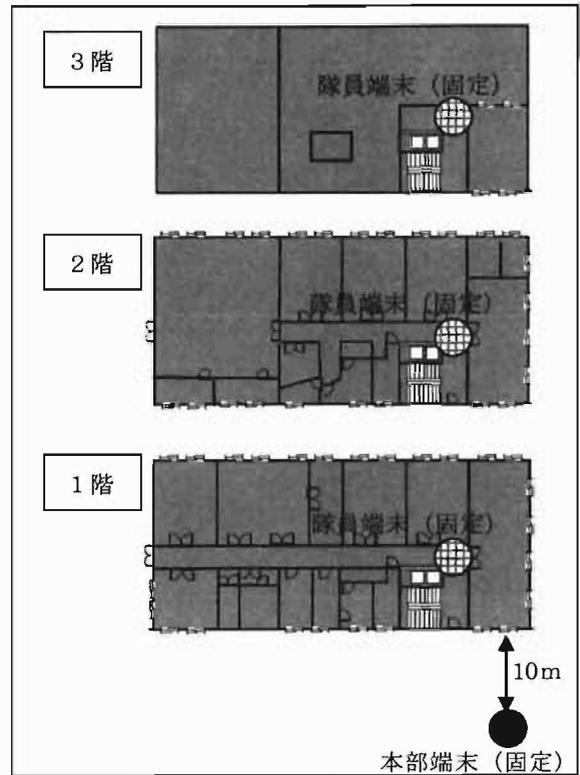


図 12 通信可能範囲 (着色部)

(4) 通信性能検証 (有線 LAN ケーブルを使用した地下部分での安定した通信)

無線によるネットワークを、更に幅広く使用するため、有線 LAN ケーブルとの併用による使用法について検討を実施した。本部端末の無線通信部と本体部をつなぐ LAN ケーブルは当初 1 m 程であったがこれを 100m の物に変更し、活動拠点付近へ直接無線通信部を持ち込むことで、その場所を基点としたネットワークを構築し、深度の深い地下駅舎などでの活動時を想定したものである。今回は、東京都交通局の協力を得て、実際に営業中の地下駅舎を使用して検証を実施した。(図 13、写真 8~10)

ア 設定状況

地上部分 (A1 出口) に本部端末を設置し(写真 8)、活動拠点である地下 3 階のホーム上まで LAN ケーブルを延長し無線通信部を設定し(写真 9)、ホーム上に隊員端末を配置して地上部分との通信状態を確認した(写真 10)。なお、LAN ケーブルの総延長距離は 77m であった。

表 2 当該駅舎の概要

実施駅	都営大江戸線西新宿五丁目駅
実施日時	平成 19 年 3 月 26 日 10 時 00 分~12 時 00 分 (非ラッシュ時)
当該駅構造	地上 0 階地下 3 階 (深さ 23.3 m、ホーム長約 137m)
一日乗降客数	約 2 万人

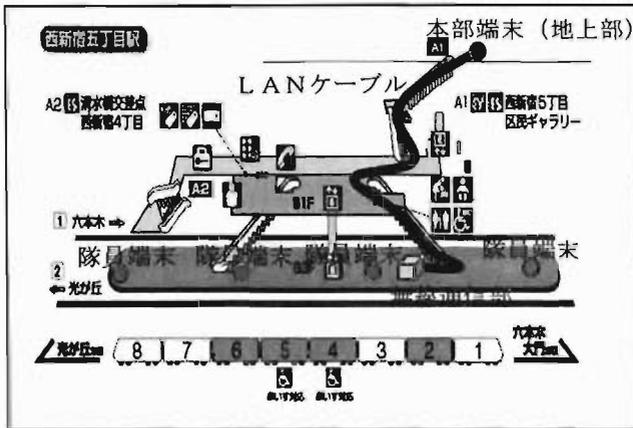


図 13 各端末の配置イメージ



写真 8 本部端末設定状況 (地上部 A1 出口)



写真 9 無線通信部設定状況 (地下 3 階ホーム上)



写真 10 隊員端末配置状況 (地下 3 階ホーム)

## イ 結果

通信状況は写真 11 のとおり良好であり、地上部分の本部端末と地下 3 階部分の隊員端末間で通信が可能であった。更に、ホーム上において隊員端末を等間隔に配置しない状態でも通信は可能であり、当該駅舎では無線通信部を活動階 (ホーム上) に配置すれば、良好な通信が可能であった。



写真 11 本部端末の受信状況画面

ウ 更に深い駅舎への対応のため、LAN ケーブルを継ぎ足して使用した場合

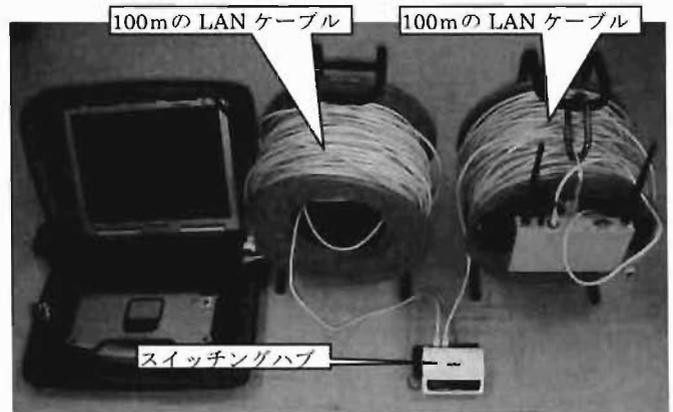


写真 12 スwitchングハブを用いて、更に 100 m (合計 200 m) の LAN ケーブルを延長した場合

大規模な地下鉄駅舎などへの進入を考慮して、新たに 100m の LAN ケーブルとスイッチングハブを追加して LAN ケーブルの長さを計 200m として、無線通信部を設定する方策についても当該駅舎を使用して検証を行った (写真 12)。

その結果、LAN ケーブルが 200m になっても、通信状態が劣化することなく、100m 単独の時と同様の性状が見られ、地上と地下ホーム間において安定した通信状態を構築することが可能であった。

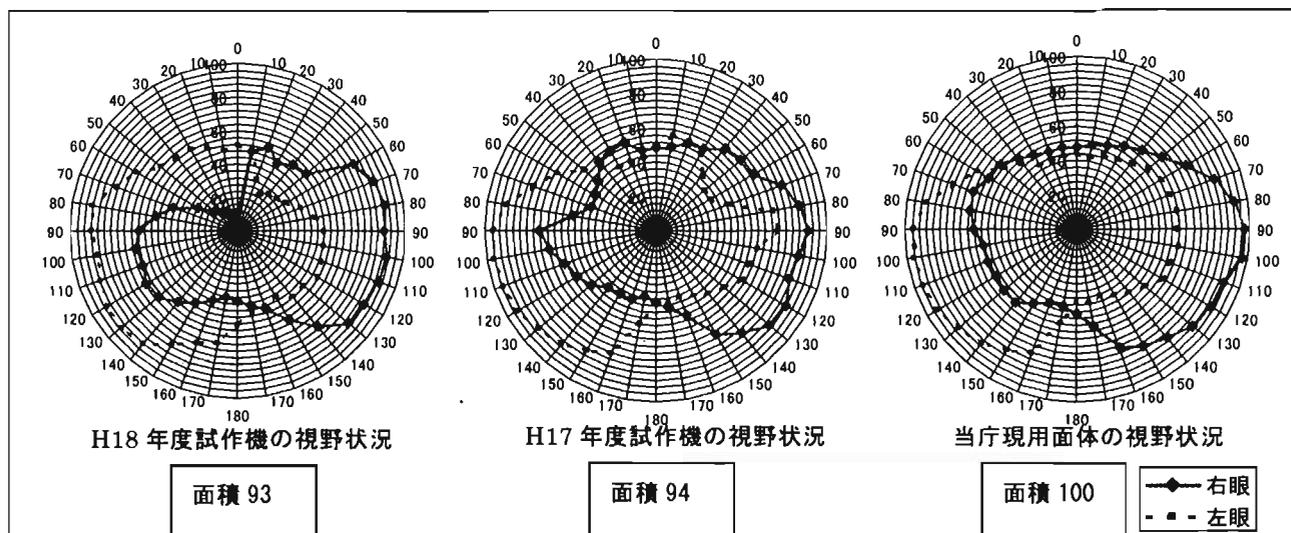


図 14 視野範囲計測結果

### (5) 視野範囲計測

隊員端末に、カメラ、HMD 及び配線等が取り付けられているため、これらの部位が視野範囲に与える影響を明らかにするため、視野計を用いて視野範囲を計測した。

#### ア 計測方法

視野計（竹井機器工業株式会社 T.K.K101）を用いて、試作機（隊員端末）装着時、当庁現用面体装着時及び素面状態での計測を実施した。計測結果は 10° ごとの視野範囲を片眼ずつ円グラフにプロットする方式とし、被験者 3 名の平均とした。また、どちらかの眼が見える範囲を「視野範囲」として円グラフ上の面積を算定した。

#### イ 結果

平成 18 年度試作機は図 14 に示すとおり、前額部付近に装着したカメラが、暗所撮影対応や広角レンズの使用などにより大型化しており、また配線の取り回しも影響を受けたため、両眼とも平成 17 年度試作機に比較して上部及び横側の部分の面積の減少が見られた。

しかし、どちらかの目が見えている範囲を『視野範囲』とした場合に、グラフ上でその面積を比較すると、当庁現用面体装着時を 100 とした場合、平成 17 年度試作機は 94、平成 18 年度試作機は 93 であり、平成 18 年度試作機は平成 17 年度試作機とほぼ同程度の視野範囲を確保することが出来た。

### 5 まとめ

今年度検証した災害現場でネットワークを構築し情報伝達し共有する方策は、災害活動時における更なる安全性の向上が期待される。特に、陽圧防護衣装着時等の活動においては、災害の特殊性として危険区域内に進入出来る人員が限られ、最先端の活動状況の把握がしにくいと言った現状であるが、この方策はそのような災害の最先端で活動する部隊の安全管理に、極めて有効な装備品となる可能性がある。当庁では安全管理隊の正式運用

などを実施し、災害活動時の安全管理について万全を期しているところであるが、更にこのような装備品を活用することにより、ネットワークを構築して複数の目で災害活動をバックアップすることでより一層の安全化の推進が期待できる。また、専門家（災害時支援アドバイザーや防火対象物関係者など）への状況説明や関係者にディスプレイを見せながら情報を得ることも利用が可能で、活動時の安全性の向上はもとより、災害の早期鎮滅などの効果についても期待が持てる。

2 ヶ年に渡る検証を経て、本装置の可能性について検証を進めたが、『メッシュネットワーク』や『アドホックネットワーク』などと呼ばれる『各機器自体が自動的に構築するネットワーク構成』と、『HMD』と呼ばれる各個人に映像を供給するシステムは、消防活動において現場の情報収集、隊員の安全管理面で第一線の隊員から支持を受けた。アドホックネットワークについても、災害現場で自動的に構築されるネットワークを活用した消防活動とそうでないものとは指揮命令、情報収集分野においては大差が生じるものと思われる。

携帯電話やインターネット、無線 LAN と言った 10 年前には思いも及ばない技術を万人が使いこなしている昨今、更に数年の後にもめくるめく進歩を遂げていることと推測される。消防活動における、情報伝達分野においても、情報収集や安全管理面において技術革新に目を向けることも重要な観点であり、ネットワーク技術を取り入れた効率的な活動は現場活動において有効な一方策であると察するものである。

〔参考文献等〕

日立造船技報第 63 巻第 3 号：小河・伊藤・阿部「ウェアラブル PC を用いた保全用情報端末システム」  
東京都交通局ホームページ

# Experiment on the Network Function of Data Send/Receive Devices (Part 2)

Shuhei ARIYAMA\*, Teruo SUZUKI\*\*, Yoichi SUGAWARA\*\*\*

## Abstract

Image data sharing aims to strongly assist disaster relief operations through information utilization. Effectiveness was already proved in the experiments carried out in 2005.

This year, we mainly examined network-related subjects using a system where communication routes are automatically switched to the optimum network (ad-hoc network), with the aim of further improving the information sharing system so that information will be reliably shared. We also conducted an experiment on wired-wireless networks and communication in actual subway stations, to support structurally-complex fire resistive objects as well.