

情報送受信装置の検証

有山 修平*, 鈴木 照雄*, 鎌形 健司*

概要

各種活動時における映像情報の共有手段について検証するため、多目的に使用が可能な小型ディスプレイ（HMD）及びカメラを空気呼吸器に付加し、各種情報の提供を行う装置を製作した。

また、当該機器に対し各種性能検証及び消防隊員による使用検証を実施し、その有効性及び問題点を確認した。

1 はじめに

消防活動時における安全性の向上方策については、様々な分野から試みられている。装備安全課においても各種個人装備品の機能向上、小型軽量化などの技術改良及び検証を実施し、その成果は、当庁の装備品に反映されているところである。

今年度は、隊員間及び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相互に「映像情報」や「文字情報」の提供を行うことにより、活動安全性の一層の向上を目的としたもので、活動する隊員を介してネットワークが構築される画期的なシステムであり、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。

加えて、今回の試作では、平成16年度に当課（旧消防科学研究所・第一研究室）で実施した「残量監視機能付き空気呼吸器の研究開発」で得られた成果を随所に活用し、より実戦的な機器となるように配慮した。

本稿では、試作機の概要と各種検証について紙面の都合からその一部を報告する。

※ HMDとは（Head Mounted Display）頭部に装着する映像表示装置の総称で、両手を空けたまま映像情報を得る事ができるため、疑似体験装置や航空機の操縦支援をはじめ、軍事、各種保守業務など様々な分野で活用が図られ始めているものである。

2 システムの構成

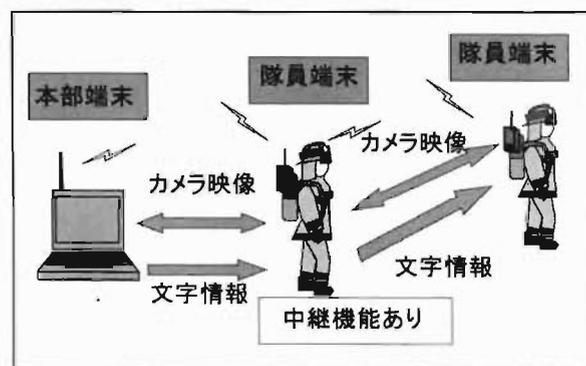


図1 システム構成図

システムの構成は、図1に示すように、映像情報及び文字情報の送受信を行う形態とした。

「映像情報」について詳述すると、本部端末及び隊員端末には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。

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通信を実現するため、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、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。

更に、隊員固有の情報として、空気呼吸器の残圧及び周囲温度についてもHMDに合わせて表示される。

* 装備安全課

3 試作機の概要

今年度は、隊員端末2機及び本部端末1機を試作した。概要は以下の通りである。

(1) 隊員端末

ア 概要

隊員端末は、写真3に示すように、面体部に取り付けられたHMD、カメラ及び拡声装置、肩バンドに取り付けられた温度センサ(写真4)、空気呼吸器本体に取り付けられた本体部及び圧力センサ等により構成される。(写真1、2)



写真1 隊員端末の外観



写真2 本体部分の状況



写真3 面体内外部の状況

面体内部には、視野範囲を広く確保しながらも、鮮明な映像情報を視認しやすくするため、装着者の右眼下にHMD部を配置した。また、カメラについても、視野範囲が水平43°垂直32°のものを用い、眉間上部に設置した。また面体外部には、拡声装置も取り付け、無線交信等の利便性の向上も図った。(写真3)

本体部は、映像を送受信するための通信機器、映像信号変換機器及び各種制御を行うコンピュータ部分等から構成されているが、これら全ての電源を単独の電源(充電機)で賄う方式とした。電源管理が容易であり、1つの筐体に主要な部分を収納したことにより、シンプルな形状となった。

更に、火災対応時の安全確認の指標とするための新たな試みとして、肩バンド(右側)に温度センサを設置し(写真4)、HMDに温度を表示することとした。この温度センサの取り付け位置については、過去に当該で実施した実験結果等から、活動中の隊員の熱傷を考慮すると輻射熱及び対流熱の両方に起因する温度変化について把握できることが望ましいことから、装着者の前面に来る部分で、かつ、なるべく上方に取り付ける必要があり、今回は肩バンド部分で装着者の胸部上方に取り付けることとした。温度センサは、シーラ熱電対を金属板に溶接した物を使用した。なお、センサは反射率についての影響も考慮し、1機は黒色に塗装した。(写真5)



写真4 温度センサ取り付け位置及び装着状況

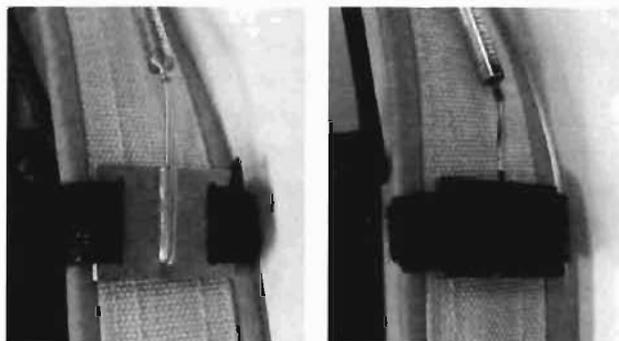


写真5 温度センサ (左:未塗装、右:黒色塗装)

イ HMDに表示される画像情報

HMDに表示する情報は、図2のような表示とした。これは、装着者の右眼下に配置し、特殊なレンズを使用することにより、装着者に見えるHMDの映像は、1m先にある14インチモニタを見るのと同程度の大きさで表示される。



図2 HMD画面表示例(画面はハメコミ)

画面中央部に映像情報(静止画・動画)を配置し、動画の場合は毎秒8~16フレーム程度の速さで表示される。その上部に「命令」、下部に「情報」としての文字情報、右側に残圧の数値及びプログレス・バー(主にパソコンで用いられている進捗状況を示すグラフ)状の図形表示(圧力の減少に伴い色の変化、表1参照)、更に右下に周囲温度を表示させている。(図2参照)

表1 残圧力表示の色及び状態

残圧値	~10.1MPa	10.0~6.6MPa	6.5MPa~
数字の色及び状態	緑	黄	赤(点滅)

ウ 操作方法等

本試作機では、操作方法の簡略化を図るため、電源スイッチを入れるだけの操作で各種表示を開始し、その他の操作は通常の空気呼吸器と変わらないものとした。更に、各隊員端末は、自動的にそれ自身が中継器となる機能も有しており、隊員を介して更に遠くへ情報伝達することが可能となる。

エ 諸元・性能

表2 隊員端末の諸元

本体部	大きさ	372×161×67.5mm
	質量	3,186g(コネクタ部等含む)
	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3時間
HMD部	映像	1m先の14インチモニタに相当
	映像	800×225dot フレームレート8~16FPS
空気呼吸器	質量	約11kg(面体含む・当庁配器品)

(2) 本部端末

ア 概要

本部端末は、本体部、通信部及びカメラ部等から構成される。(写真6参照)

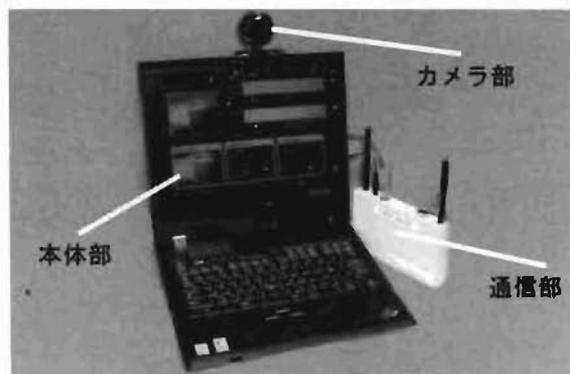


写真6 本部端末の外観

本体部画面(図3)には、各隊員端末に付属するカメラからの映像が表示され、複数の場所からの映像情報を把握することを可能としたほか、本部端末に付属するカメラの映像及び各隊員端末の映像の中から任意の映像を、各隊員のHMDへ送信することが可能である。

文字情報は、本部端末で文章を作成し、送信ボタンを押すだけで全ての隊員端末に送信が可能であり、各隊員のHMDに継続的に表示させることが可能である。文字の入力も、緊急時に多く使用する命令文や、用語を予め登録しておくドロップダウン方式を採用したことにより、クリックするだけで選択し表示させることが可能である。

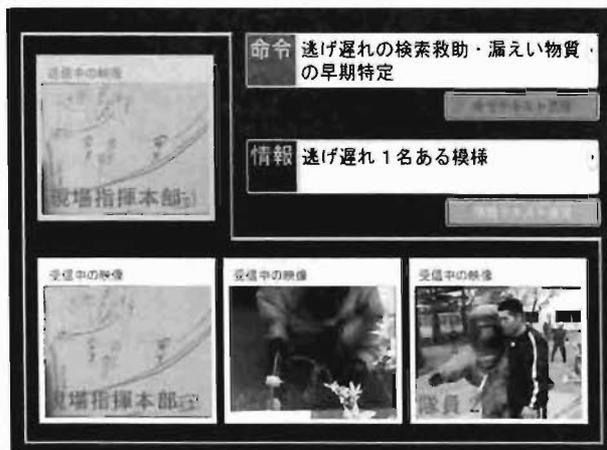


図3 本部端末の画面表示例(画面はハメコミ)

イ 諸元

表3 本部端末の諸元

大きさ	約329×283×51mm
質量	3.8kg
電源	約2時間
無線方式	IEEE802.11g

4 性能検証

(1) 視野範囲計測

隊員端末の面体には附属するカメラ部、HMD 部及び配線等が、取り付けられている。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。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。



写真7 視野範囲の計測状況

イ 結果

結果は図4に示すものとなった。図内の面積は、当庁現用面体装着時の視野面積を 100 として計上したものである。試作機（隊員端末）の視野範囲は、面体上方に取り付けてあるカメラ部の影響により、両眼ともそれぞれ影響がでているものの、右眼、左眼それぞれが補い合っ、カメラ部の影響による際立った死角は生じさせ

ていない。また、右眼下のHMD部等に起因する視野の減少も若干であった。このため、どちらかの眼で見えている範囲を視野範囲としたときの面積は、当庁現用面体装着時と比較して約6%の減少に留まった。

(2) 通信性能検証

試作機の通信可能範囲を検証するため、障害物の無い状況及び建築物内部等で計測した。

ア 障害物の無い環境での通信状態

(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、本部端末を設定し、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。更に、中継機能を活用した場合についても計測した。なお、隊員端末については、アンテナの取り付け方法に起因して装着者の向く方向により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。



写真8 計測実施場所

(イ) 結果

a 隊員端末装着者が本部端末に対し背を向けた状態

本部端末及び隊員端末間の最大到達距離は 350mであった。更に、隊員端末を 1 機追加し、中継機能を使用した場合の本部端末及び先端の隊員端末間の最大到達距離は 450mであった。

b 隊員端末装着者が本部端末方向を向いた状態

本部端末及び隊員端末間の最大距離は 100m、中継器

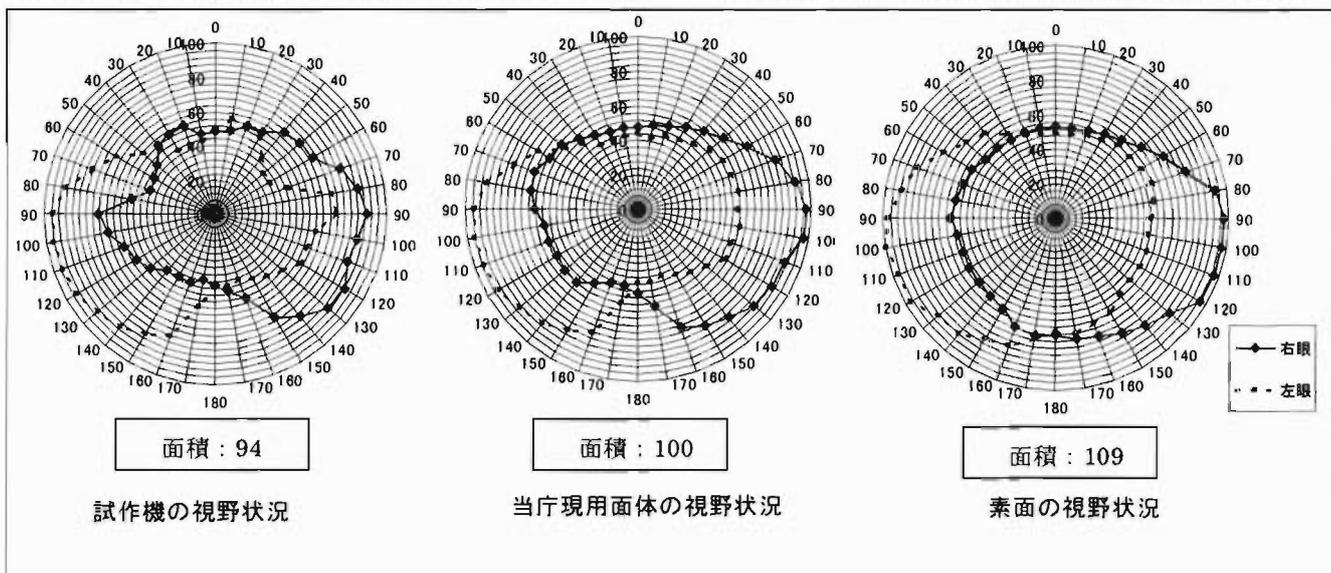


図4 視野計測結果

を使用した場合の最大到達距離は、150mであった。

イ 耐火建物

耐火建物（耐火 6/1 建 1,344 m²、延べ 5,360 m²）の外部（壁体面から 13.5mの位置）に本部端末を設定し、建物周囲及び内部で隊員端末を移動させ、通信状態を観測した。

検証結果の一部について以下に示す。

(ア) 結果

a 隊員端末を建物外周部に沿って移動させた場合

結果を図5に図示する。（ただし、通信可能範囲にあつては、建物周囲に限定して図示したが、実際の通信可能範囲は、障害物がない限り更に広範囲にわたるものである。以下についても同じ。）

b 隊員端末を建物内部で移動させた場合

結果を図6に示す。

隊員端末を建物外周部で移動させた場合、中継器を用いない場合については、本部端末が見通せない建物の陰へ約 10m 回り込んだ場合に、通信が不安定になるか断絶することを確認した。また、中継のための隊員端末を1機配置させた状態では、その中継器が見通せない建物の陰へ数m回りこんだ場合に、やはり通信が不安定になるか断絶した。

更に、本部端末を建物外部に固定し、建物内部について隊員端末を移動させた場合には、本部端末からの直線距離が短い場合であっても、窓のない部屋などについては、通信が断絶した。しかし、本部端末側に窓のある部屋については、比較的通信状態が良好であった。

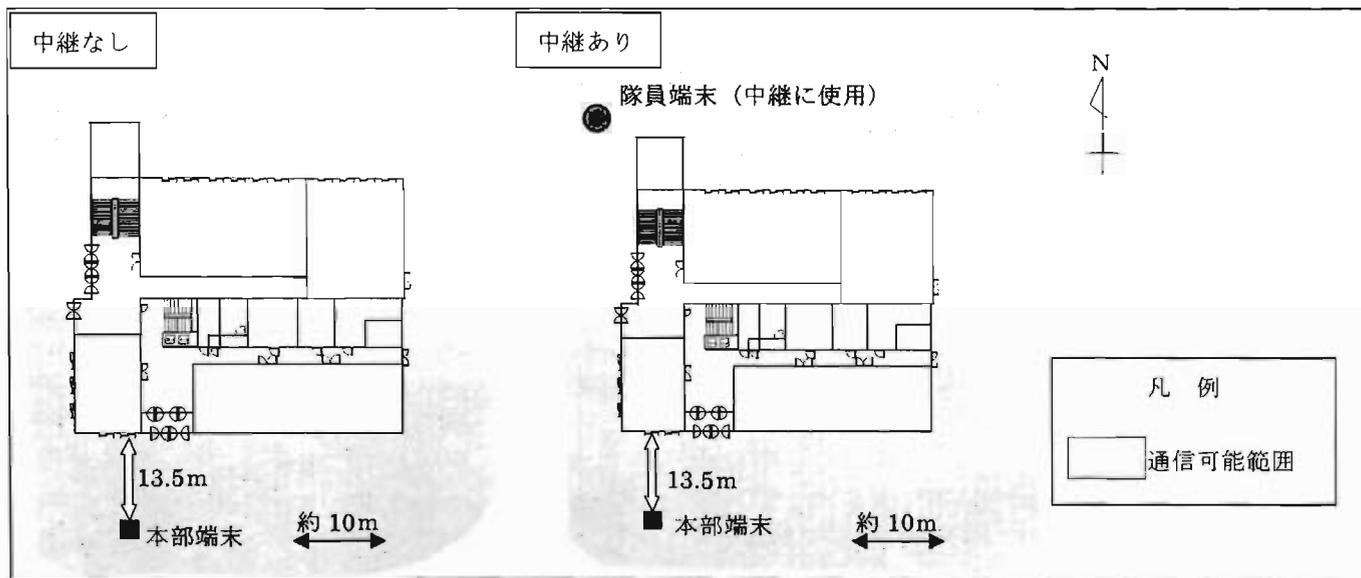


図5 建物周囲の通信状況

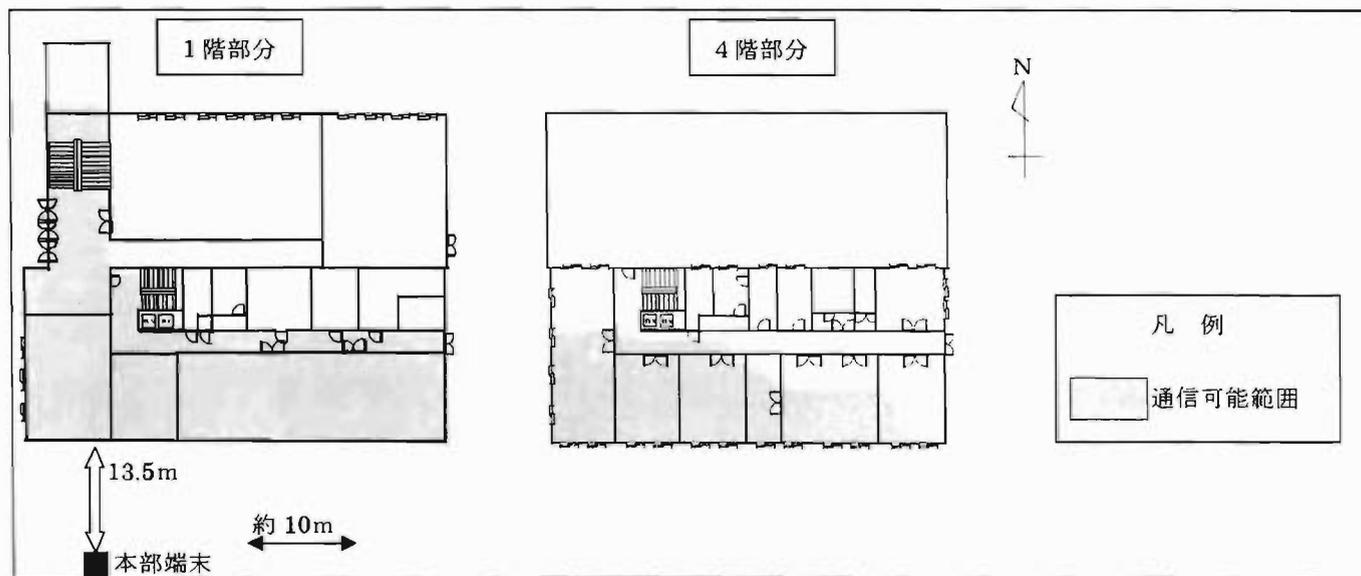


図6 建物内部の通信状況

(3) 温度表示機能検証

温度センサ（肩バンドに付加）を用いた温度表示機能について、検証を実施した。

ア 検証方法

当技術安全所燃焼実験室（縦 3.6m 横 3.3m 高さ 2.15 m）の内部で 2 単位クリブを燃焼させた。防火衣並びに隊員端末を着装した隊員 2 名を、燃焼の最盛期に燃焼実験室の開口部から 1 m の位置に立たせ温度表示を確認した。また、クリブの燃焼が最盛期を過ぎ、有炎現象が終了した後に燃焼実験室内に入り、折膝及び立位での温度表示を確認した。なお、試作機に組み込まれた熱電対は、一つが黒色（つや消し）塗装、もう一方は未塗装（銀色）であり、反射率の違いによる影響も検証した。



写真9 検証状況

イ 結果

(ア) 開口部（約 1 m 離れた位置）での状況

開口部前に立位で留まった場合、温度表示は緩やかに上昇を始めた。熱電対部分を黒色に塗装したものは最高温度 51℃に、未塗装のものは 41℃であり、10℃の差が計測された。（この時、ケブラー手袋を着装した手の甲を火点に向けると、チリチリとした熱さを感じた。）その後、熱源から完全に離れ気温約 5℃の建物外部に退避したところ、温度表示は緩慢に変化し、約 30 秒後に外気温まで降下した。

(イ) 有炎現象終了後に、実験室内に入った状況

室内に入り開口部付近で折り膝の姿勢をした場合、熱電対部分を黒色に塗装したものは最高温度が 53℃、未塗装のものは 42℃を計測した。また、黒色に塗装したものを装着して立位になった時には 63℃を計測した。ちなみに、この時の防火帽の頂上に取り付けた温度計は 113℃を計測した。

ウ 考察

開口部での検証は、主に輻射熱を主眼としたものである。この時、温度センサを黒色に塗装した方が、未塗装のものに比較して約 10℃高い表示となった。このことから、輻射熱の感知感度を考慮すると、反射率の低下を

考慮した黒色の温度センサが、望ましい結果となった。

しかし、温度センサ自体の熱容量のために、周囲の温度が変化しても、表示される温度変化の反応速度が緩慢である状況が散見された。現場活動では、刻々と変化する温度状況に対応できることが望ましいことから、より熱容量の少ない温度センサへの改良が必要である。

次に、燃焼実験室内での検証は、対流熱を主としたものである。この結果、胸元での温度と防火帽の上部との間に 50℃近い温度差が存在した。このことから、消防活動上の活用においては、このような空間内の高さ起因する温度差があることを認識し、危険度を示す一つの指標としてこの温度データを活用することが不可欠であろう。

5 試用検証

試作した各機器の使用感及び機能性を明らかにするため、警防隊員に訓練で試用してもらい、その後アンケートを実施した。なお、訓練想定は、NBC災害を想定した特殊災害及び火災対応などについて実施し、それぞれへの活用方策について検証した。

(1) 試用部隊

消防救助機動部隊 1 隊及び消防署 3 署において、隊員及び各級指揮者に対し、訓練時における試用検証を実施し、その後アンケート調査を実施した。（平成 18 年 2 月 10 日～3 月 13 日実施。）実施人数：隊員端末 46 名、本部端末 41 名。（写真 10、11 参照）



写真10 検証状況



写真11 検証状況

(2) 結果

以下にアンケート結果の一部を示す。

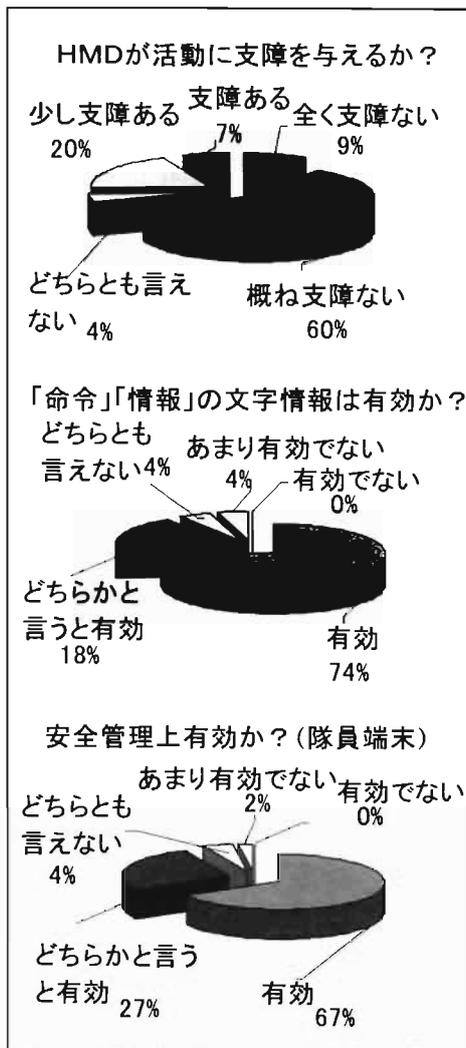


図7 隊員端末アンケート結果(抜粋)

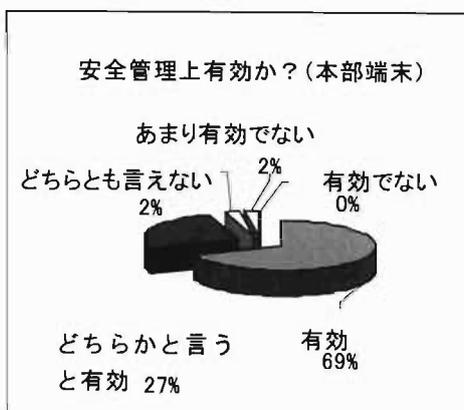


図8 本部端末アンケート結果(抜粋)

隊員端末については、「HMDを取り付けたことにより活動に支障が生じるか?」との問に対し、69%が「全く支障ない」または「概ね支障ない」と回答している一方、27%が「少し支障ある」または「支障ある」と回答している。支障の理由は、「暗所では、HMD画面の明るさのために、周囲の状況が見えづらくなる。」や「HMDが気になってつい見てしまう」等の意見があった。

「文字情報」があることについては、92%が「有効」または「概ね有効」と回答しており、大部分に賛同される結果となったが、「『情報』の文字が小さくて見えにくい」等の意見もあった(本試作機の画面構成については、「情報」に比べ「命令」の文字を大きくしてある)。

本試作機の最大の目的である「安全管理上有効か?」との問に対しては、隊員端末を使用した94%、本部端末を使用した96%が「有効」又は「どちらかと言うと有効」と回答し、安全管理をサポートする機器としては現場のニーズにあったものであることが確認された。

6 考察・まとめ

装備品の小型軽量化及び単純化が求められる中で、本試作機に対する評価を求めたところ、第一線の消防職員からは非常に好意的に受け入れられた。

当庁では、平成17年7月から『安全管理専任隊』の試行をはじめ、特殊災害支援アドバイザー制度の導入等、安全対策のための体制作りを継続して強化している。本試作機については、更に改良を進め、小型軽量化をはじめ現場活動に耐えうる強度と機能を持つものとなれば、当庁が推進する安全管理体制を装備面からバックアップする有効な方策の一つとなり、消防活動時の安全化を更に向上させることが期待できる。

【参考文献】

- 1) 消防科学研究所報 第26、32、42号
- 2) 国土画像情報(カラー空中写真); 国土交通省

Verification of Information Transmission and Reception Appliances

Shuhei Ariyama*, Teruo Suzuki*, Kenji Kamagata*

Abstract

In order to verify the measures in place to share visual information at the time of various operations, we added a miniature display screen (HMD) and a camera, both of which can be used for multiple purposes, on air breathing apparatus, and thus made an appliance that can disseminate various information.

We also carried out performance verifications of all appliances, and the firefighters carried out usage verifications as well. This allowed us to confirm the efficiency and detect the problems of such appliances.

*Equipment Safety Section