

進入管理装置の検証

鈴木 照雄*, 鎌形 健司*, 江藤 和歳**

概要

消防隊員の活動する災害現場では、被害を最小限にとどめるという使命を有しており、活動に対する緊急性や迅速性が求められている。しかし、いくら緊急性や迅速性が求められている活動であっても消防隊員の安全管理を疎かにした活動はできない。従って、危険要素が多数潜在する現場の最前線での安全管理を図る手段のひとつとして、進入管理装置を試作し検証を行った。

1 はじめに

試作した進入管理装置は、内部進入中の隊員は誰か、いつ進入し何分経過したか等の進入状況を把握し、安全管理を図るためのものである。消防隊員が屋内進入あるいは、危険区域に進入する際に、各隊長が携帯する端末機（以下「PDA」という。）から隊員の装着したICタグを読み込むと進入隊員の情報をPDAの画面上に表示させ、同時に無線により指揮本部端末に同内容を送信し、指揮本部上でも進入隊員の情報を把握することができ、各隊長と指揮本部で情報を共有することができるものである。

自分のPDAで読み込んだ隊員の進入状況を他の隊長のPDAにも送信し表示させることができ、逆に他のPDAで読み込んだ進入状況も、自分のPDAで受信し表示する機能を有する。

2 装置の構成

進入管理装置は、指揮本部端末機、PDA、リーダー/ライター、無線アンテナユニットから構成される。（装置全体を写真1に示す。）



写真1 進入管理装置

(1) 指揮本部端末機（写真2）

指揮本部端末機（ノート型パソコン）は各隊長が携帯するPDAからの隊員の進入データを受信し、内部進入を図っている隊員の情報を画面上に表示させたり、逆に各PDAにも隊員情報を送信するものである。



写真2 指揮本部端末機

指揮本部端末機には、無線アンテナユニット及びリーダー/ライターが付属している。

また、電源供給は端末機の内蔵バッテリーの他にDC-DCコンバータを接続し、車両のシガーライターソケット（12v, 24v）からも電源供給を可能なものとした。

(2) 無線アンテナユニット（写真3）

無線アンテナユニットは、各隊長が携帯するPDAからの無線信号を指揮本部端末機で受信するためのアンテナユニットであり、USB端子にて指揮本部端末機と接続されている。



写真3 無線アンテナユニット

(3) リーダ/ライター（写真4）

リーダー/ライターはICタグに隊員の情報を入力したり、書き換える時に使用するものである。

リーダー/ライターの上にICタグを乗せ、内容の登録や変更を行う。

無線アンテナユニット同様にUSB端子で接続されている。



写真4 リーダ/ライター

(4) 携帯端末機（PDA）（写真5）

PDAは各隊長が携帯し、隊員の進入時に隊員の装着したICタグをこのPDAで読み込み、隊員情報を画面表示させるのと同時に特定小電力無線で指揮本部端末機との送信、受信を行う。

* 装備安全課 ** 目黒消防署



写真5 携帯端末機 (PDA)

3 装置の操作説明

(1) 指揮本部端末機

指揮本部端末機はノート型パソコンを使用している。端末機の電源を入れると、自動的に写真6に示す進入管理装置メニュー画面が立ち上がる。

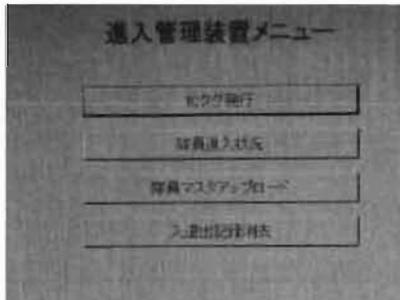


写真6 進入管理装置メニュー画面

ア ICタグ発行画面

ICタグに個人データを入力する画面である。

進入管理装置メニュー画面の「ICタグ発行」タブをクリックすると、写真7に示すICタグ発行画面に移行する。この画面はICタグへの登録、編集、削除を行うための画面である。

ICタグへの登録内容は、小隊名、階級、氏名、年齢、血液型である。これは現在使用している隊員カードの内容を基本としている。

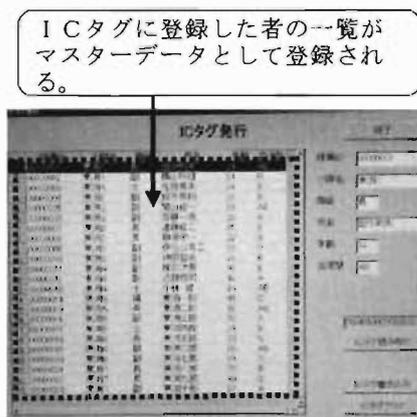


写真7 ICタグ発行画面

イ 隊員進入状況画面

進入状況を表示する画面である。

進入管理装置メニュー画面の中の「隊員進入状況」タブをクリックすると、写真8、9に示す隊員進入状況画面

面に移行し、各PDAから送られてきた進入隊員の状況が表示される。

表示内容は、ICタグに入力されている情報に加え、進入・退出時刻、進入経過時間が表示される。更に進入中は赤色文字で進入時間の長い隊員順に表示され、退出後は黒色文字に変化し下部に表示される。

なお、進入状況画面はプリント出力が可能である。



写真8 隊員進入状況画面 (進入隊員がない場合)

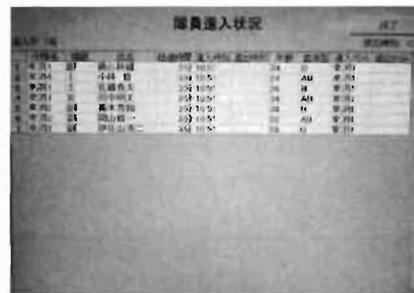


写真9 隊員進入状況画面 (進入隊員がいる場合)

(2) 携帯端末機 (PDA)

PDAは各中小隊長が携帯し、内部進入を図る隊員の装着しているICタグを読み込み、PDAの画面上で隊員名等を把握できるものである。同時に、特定小電力無線で指揮本部端末機に隊員進入データを送信する。

指揮本部端末に送信されたデータは、指揮本部端末上に画面表示され、更に他のPDAにデータ送信され、複数のPDA、指揮本部端末において進入データが共有できる。

(進入中の隊員表示を写真10に示す。)

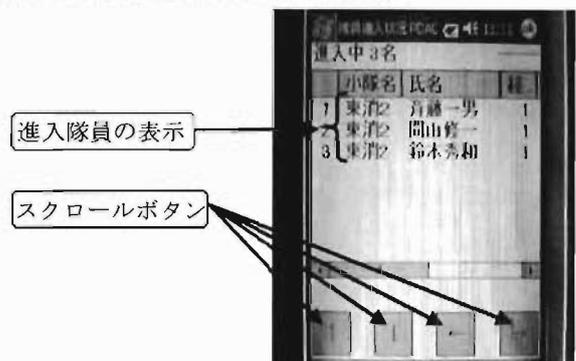


写真10 進入中の隊員表示

隊員進入中の画面表示では、小隊名と氏名は固定セルとし、画面上のスクロールボタンを押すことにより、進入経過時間、進入時刻、階級、年齢、血液型の順でスクロール表示される。

退出した隊員は
進入表示から削
除される。



写真11 隊員が退出した場合の画面

4 ICタグ

(1) ICタグとは何か

ICタグとは、内部に情報蓄積が可能なICチップと、これに接続された金属製のアンテナから構成され、RFID(Radio Frequency Identification)、RFタグ、無線タグなど、さまざまな名称で呼ばれている。

ICチップの中の情報はリーダ/ライタと無線でやりとりして、読み出したり、書き込んだりできる。

(本検証で使用したICタグのインレットを写真12、13に示す。)

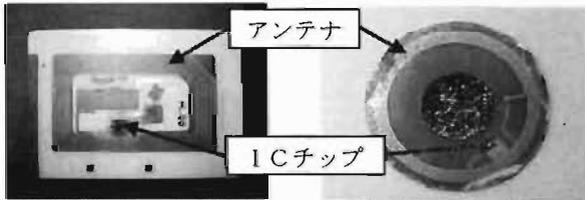


写真12 シート型ICタグのインレット

写真13 コイン型ICタグのインレット

(2) パッシブタグとアクティブタグ

ア パッシブタグ

自らは電池を持たず、リーダから出される電波照波に応じて情報を発信するタグである。一般的にパッシブタグは、電池を搭載しないため飛距離に限度があるが、半永久的に用いることが可能である。

イ アクティブタグ

自ら電池を持ち、情報を自発的に発信するタイプである。特徴としては、電池を持つためにパッシブタグよりも通信距離が長い。

(3) ICタグの動作原理

ICタグとリーダ/ライタとの間のデータ通信の原理を図1に示す。

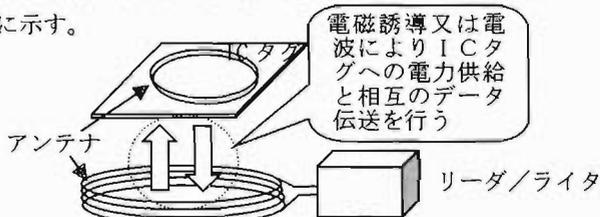


図1 ICタグとリーダ/ライタのデータ通信

ア ICタグの頭脳ともいえるICチップには、コイル状のアンテナが繋がっている。

イ リーダ/ライタのアンテナから、情報を電波又は磁界に乗せて送信すると、ICタグのアンテナがそれを受信する。

ウ 整流(電波の場合)又は共振(磁界の場合)によりICタグのアンテナに電力が発生する。

エ この電力を使ってICチップが駆動し、リーダ/ライタから送られてくるデータを受信したり、自らのメモリに格納されている情報を送信したりする。

(4) ICタグの特徴

ア 非接触通信

ICタグの通信は、電波又は電磁誘導方式を使うので電力供給及び、データ送受信のために接触端子を用いることなく、データの読み書きができる。どのくらいの距離から読み書きができるかは、周波数及び使用するリーダ/ライタ及びICタグのアンテナの大きさ、環境条件(ICタグを金属の近くに置く場合や水分の多いものに貼付する場合等)によって異なる。

イ 透過性

金属以外のものであれば、リーダ/ライタとICタグの間に存在しても、ほとんど影響を受けずにデータの読み書きができる。バーコードは間に障害物があると読めないが、ICタグの場合には、読み書きすることが可能である。

(5) 本検証で使用したICタグ

今回の検証で使用したICタグは、シート型とコイン型の2種類のパッシブ型のICタグを用いた。(写真14及び仕様を表1に示す。)

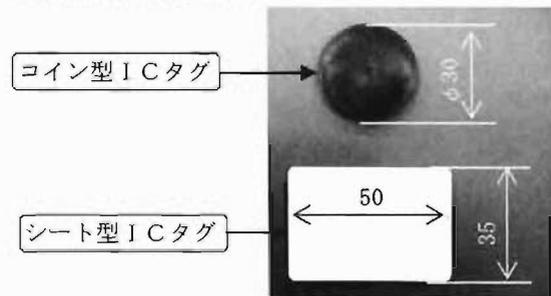


写真14 ICタグ

表1 ICタグ仕様表

項目	仕様	
	シートタグ	コインタグ
品名	シートタグ	コインタグ
動作周波数	13.56MHz	
エア-インターフェース規格	ISO/IEC 15693 準拠	
メモリ容量(ユーザーエリア)	2048bit (2048bit)	1024bit (896bit)
サイズ	50×35×1.2mm	φ30×3mm
表面材質	PET	PPS
動作温度	-25～+70℃	-20～+70℃

保存温度	-40～+85℃	-20～+120℃
金属対応	有	

5 ICタグの機械的性能検証

(1) 高温環境に放置した後における読み取りの可否

ア 検証方法

ICタグ（シート型、コイン型）それぞれを周囲温度が100℃、150℃、200℃、240℃の環境の中に20分間放置した後のPDAによる読み取りの可否を検証した。

イ 使用装置

恒温装置（タバイ・エスペック社製 STPH-201）



写真 15 恒温装置外観

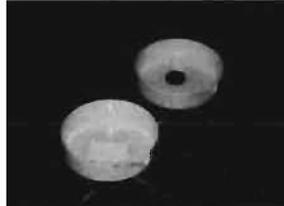


写真 16 恒温装置内のICタグ

ウ 検証結果

高温環境に放置した後におけるPDAでの読み取りの可否を表2に示す。

表2 加熱後のICタグの読み取りの可否

温度	シート型ICタグ	コイン型ICタグ
	表面の状況 (20分間放置)	表面の状況 (20分間放置)
100℃	表面の変化なし 読み取り 可	表面の変化なし 読み取り 可
150℃	表面の変化なし 読み取り 可	表面の変化なし 読み取り 可
200℃	熱により表面が若干波打っている 読み取り 可	表面の変化なし 読み取り 可

240℃	表面がインレットから剥離を起こしている 読み取り 否	溶融し変形を起こしている 読み取り 可
------	-----------------------------------	----------------------------

(2) 荷重を加えた後における読み取りの可否

ア 衝撃荷重後の読み取り

(ア) 検証方法

質量15kgの鉄製の重り（バーベル）を15cm、20cmの高さからICタグ（シート型、コイン型）の上にそれぞれ落下させ、その衝撃荷重後におけるPDAによる読み取りの可否を検証した。

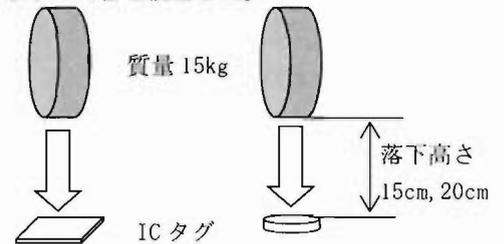


図2 衝撃荷重

(イ) 検証結果

衝撃荷重後におけるPDAでの読み取りの可否の結果を表3に示す。

表3 衝撃荷重後のICタグの状況

落下高さ (質量15kg)	シート型ICタグ	コイン型ICタグ
	重り落下後のICタグの状況	重り落下後のICタグの状況
15cm	表面損傷なし 読み取り 可	表面損傷なし 読み取り 可
20cm	表面損傷なし 読み取り 可	衝撃により側面が破損している 読み取り 可

イ 静荷重後の読み取り

(ア) 検証方法

ICタグ(シート型、コイン型)上に100kgの静荷重を1分間加えた後におけるPDAによる読み取りの可否を検証した。

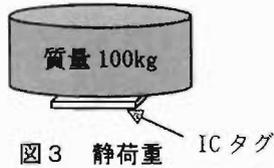
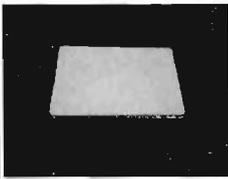


図3 静荷重 ICタグ

(ウ) 検証結果

静荷重後におけるPDAでの読み取りの可否の結果を表4に示す。

表4 静荷重後のICタグの状況

荷重	シート型ICタグ	コイン型ICタグ
	静荷重後のICタグの状況	静荷重後のICタグの状況
静荷重 100kg	表面損傷なし  読み取り 可	表面損傷なし  読み取り 可

(3) 折り曲げ後における読み取りの可否

ア 検証方法

シート型ICタグを長辺方向及び短辺方向にそれぞれ、表、裏交互に100回づつの折り曲げを行った後におけるPDAによる読み取りの可否を検証した。(コイン型ICタグは折り曲げ不能のため未実施)

イ 検証結果

折り曲げ後におけるPDAでの読み取りの可否の結果を表5に示す。

表5 折り曲げ実施後のICタグの状況

短辺方向に100回の折り曲げ	長辺方向に100回の折り曲げ
表面損傷なし  読み取り 可	表面損傷なし  読み取り 否 長辺方向では90回の折り曲げで読み取りは不能となった。(アンテナ破損のため)

(4) 水没させた後における読み取りの可否

ア 検証方法

水道水を満たしたビーカー内にICタグ(シート型、コイン型)を浸した後におけるPDAによる読み取りの可否を検証した。なお、ビーカー内の水没は1ヶ月間実施した。



写真17 ビーカー内の水に浸したICタグ

イ 検証結果

1ヶ月間毎日、PDAによる読み取りを実施したが、シート型ICタグ、コイン型ICタグ共に読み取りは可能であった。この場合、ICタグの表面が水に濡れている状態であっても読み取りは可能であり、支障は生じていない。

これは、フィルム状のインレットに表面材がサンドイッチのように両側から接着されているためであると考えられる。

6 ICタグとPDAの読み取り距離の検証

(1) ICタグ単体での読み取り距離

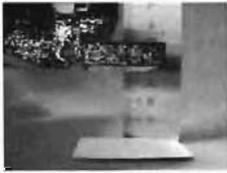
ア 検証方法

ICタグにPDAを近づけていき、PDAがICタグの情報を読み取れた時の距離を測定した。

イ 検証結果

ICタグとPDAの読み取り距離の結果を表6に示す。

表6 ICタグとPDAの読み取り距離

ICタグ	PDAの読み取り距離
シート型ICタグ 	35 mm
コイン型ICタグ 	25 mm

シート型ICタグとコイン型ICタグのPDAの読み取り距離の違いについては、シート型ICタグ自体の大きさが、コイン型ICタグよりも大きいため、内部のアンテナの占める面積も大きいため読み取り距離も長くな

るものであると考える。

(2) 防火衣内側に I C タグを取り付けた場合の読み取り距離

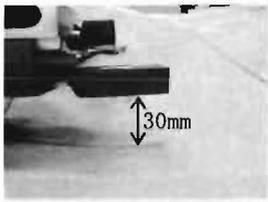
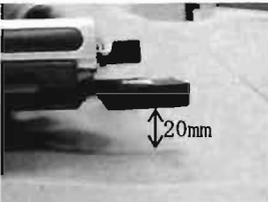
ア 検証方法

I C タグの特徴の一つである透過性を検証するため、防火衣上衣の左胸部分の内衣内側（身体側）に I C タグを取り付け、防火衣外側から P D A を近づけていった場合の読み取りの可否と読み取り距離を検証した。

イ 検証結果

防火衣外側からの読み取り結果を表 7 に示す。

表 7 防火衣上衣外側からの読み取り距離

I C タグ	P D A の読み取り距離
シート型 I C タグ	 <p>読み取り 可</p>
コイン型 I C タグ	 <p>読み取り 可</p>

(3) 防火帽及び保安帽の内側に I C タグを取り付けた場合の読み取り距離

ア 検証方法

防火衣の場合と同様に、I C タグの透過性を検証するため、防火帽及び保安帽の衝撃吸収ライナーの内側（頭部側）に I C タグを取り付け、防火帽及び保安帽の外側から P D A を近づけていった場合の読み取りの可否と読み取り距離を測定した。

イ 検証結果

防火帽及び保安帽の外側からの読み取り結果を表 8 に示す。

表 8 防火帽・保安帽の外側からの読み取り距離

	防火帽	保安帽
シート型 I C タグ	 <p>読み取り 可</p>	 <p>読み取り 可</p>

シート型 I C タグ	 <p>読み取り 可</p>	 <p>読み取り 可</p>
	 <p>側面のみ読み取り 可</p>	 <p>側面のみ読み取り 可</p>
コイン型 I C タグ	 <p>読み取り 可</p>	 <p>読み取り 可</p>

(4) 携帯無線機の電波発射中における読み取りの影響

ア 検証方法

携帯無線機のプレストークを押して、電波を発射した状態での P D A による I C タグ（シート型、コイン型）の読み取りの可否を検証した。（写真 17 参照）

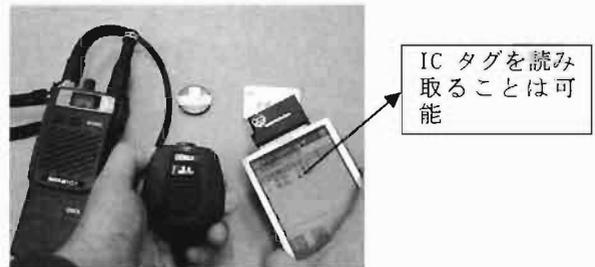


写真 18 携帯無線機の影響による読み取りの可否

イ 検証結果

携帯無線機の各無線波の発射中においても I C タグは P D A で読み取ることは可能であった。従って、携帯無線機の電波の影響による読み取り障害は認められない。

7 指揮本部端末機と P D A 間の無線通信の検証

(1) 通信可能見通し直線距離の検証

ア 検証方法

障害物のない見通し直線距離が確保できる場所を選定して、指揮本部端末機と P D A 間の通信可能見通し直線距離を検証した。（写真 18 参照）

イ 検証場所

江東区若洲35番地
若洲海浜公園

ウ 天候

晴れ



写真19 無線通信の検証

エ 検証結果

指揮本部端末機とPDA間の通信見通し直線距離は100mであった。

(2) 耐火建物内外における無線通信の検証

消防学校の主訓練棟(耐8/2)を使用して、指揮本部端末機とPDA間の無線通信の可能範囲を検証した。

ア 検証方法

指揮本部端末機を主訓練棟の北西隅の屋外に設置し、訓練棟の内外においてPDAと指揮本部端末機との無線通信の可能範囲の状況を検証した。

イ 検証結果

PDAが建物内部に入ってしまうと各階とも通信不能であった。また、屋外の通信範囲の結果は写真20、21及び図4の通りである。

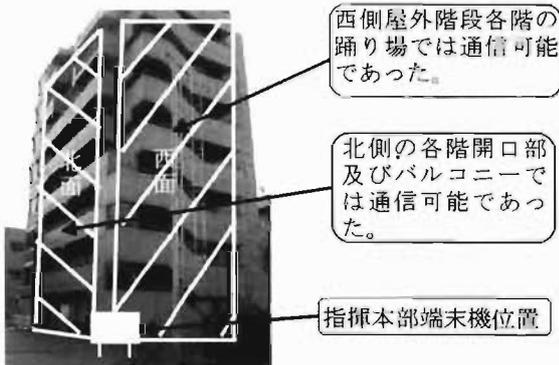


写真20 訓練棟北西側

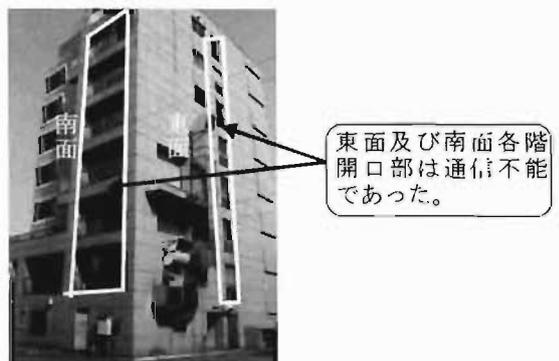


写真21 訓練棟南東側

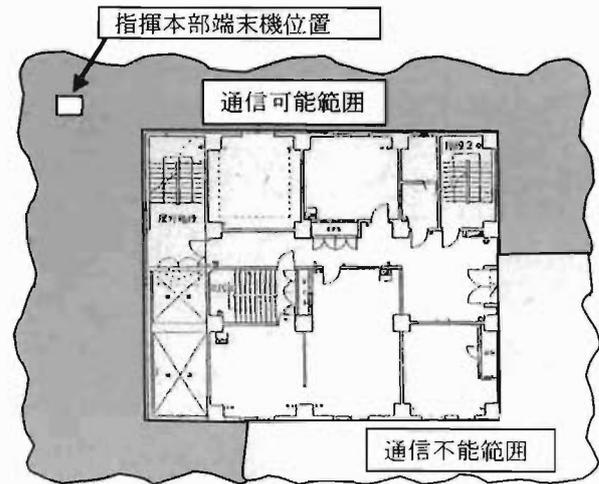


図4 訓練棟外周部の地上部分での無線通信範囲

7 試用検証

今回試作した進入管理装置を第二消防方面本部消防救助機動部隊、世田谷消防署、新宿消防署、尾久消防署の協力を得て、警防隊員(合計51名)に試用してもらいアンケートによる聞き取り調査を実施した。

(1) 検証内容

警防隊員に屋内進入を図るという想定のもと、各隊長がPDAで隊員のICタグを読み取ってもらい、読み取る側、読み取られる側及び情報を指揮本部でも確認できることについて、意見を聴取した。



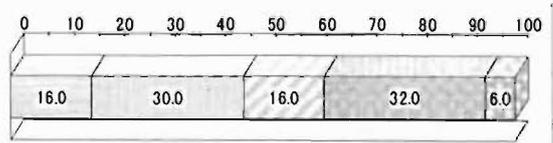
写真22 検証風景

(2) 検証結果

ア アンケートによる聞き取り調査結果(抜粋)

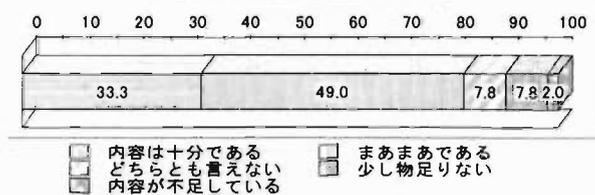
携帯端末機(PDA)

PDAの大きさ(携帯性)についてどう思いますか?

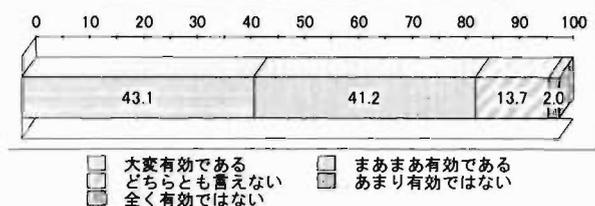


ちょうど良い大きさである
 どちらとも言えない
 大きすぎる
 まあまあである
 少し大きい

画面表示の情報内容はどうか？

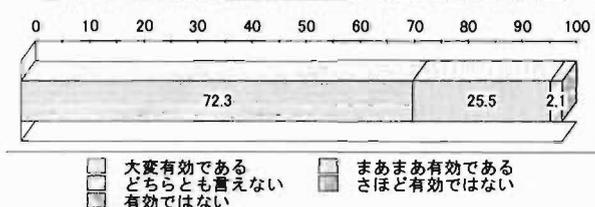


隊員カードによる進入把握と比べてどうか？

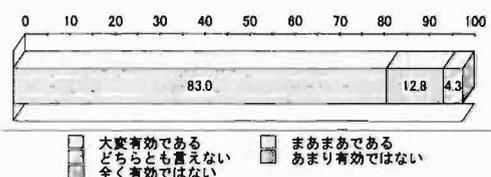


指揮本部端末機

指揮本部で進入隊員が把握できることについてどう思いますか？



NBC災害や進入統制のかかる災害等での隊員の安全管理上、進入管理装置は有効だと思いますか？



イ その他の主な自由意見

- (ア) PDAのボタンスイッチが小さく、手袋をしたままでは押しづらい。
- (イ) PDAの耐久性、耐衝撃性が必要である。
- (ウ) PDAで表示する情報は必要最小限でよい。
- (エ) 入退出時には、必ずPDAでチェックしないと、正確な情報は把握できない。
- (オ) ICタグを読み込む時に、確認音が出るとよい。
- (カ) PDAはもう少し軽いほうがよい。
- (キ) ICタグの取り付け位置については、下記の3つに分類される意見であった。

- ・ 防火衣の胸部分
- ・ 手首部分
- ・ 防火帽（保安帽）の後ろ部分

8 考察

(1) 携帯端末（PDA）について

災害現場では、屋内や危険区域に進入する際に、現在では、隊員カードを活用して隊員の進入把握を行って

る。進入管理装置では、隊員カードの代替として各隊員にICタグを装着させ、進入時に各隊長がPDAにより隊員にICタグを読み込む訳であり、PDAを持つこととなる各隊長の活動時において、PDAが活動の障害になる懸念や負担にならない携帯性が要求される。

しかしながら、「隊員カードによる進入把握と比べてどうか」の質問に対しては、「大変有効である」「まあまあ有効である」と回答した者が84.3%に達していることから、活動上の有効性は確認できたと言える。この理由として、自隊の隊員以外の進入しているすべての隊員の情報がPDAの画面に表示されることが要因として挙げられる。

指揮本部端末機との無線データ通信については、指揮本部端末と見通しが利かない建物の陰や建物内部にPDAがある場合等は、指揮本部端末との通信が不能になってしまうことから、安定した通信が可能な方策を考える必要がある。

(2) 指揮本部端末機について

災害現場で、各隊長がPDAで読み取った進入情報を指揮本部上で確認できることから、「大変有効である」「まあまあ有効である」と回答した者を合わせると97.8%の者が指揮本部で進入把握できることの有効性を回答している。更に、NBC災害等進入統制が強力にかかる現場においては「大変有効である」「まあまあ有効である」と回答している者が95.8%に達していることから、PDA同様に隊員の安全管理上有益なもの確認できたと言える。

(3) ICタグの取り付け位置について

ICタグの取り付け位置については、警防隊員の自由意見の中から防火衣の胸部分、手首部分、防火帽（保安帽）といった意見に分類されるが、防火帽だと隊長が確かに読み取ってくれたのか、自分で確認できないため不安であるといった意見も散見された。

9 まとめ

危険要素が多数潜在する消防活動の災害現場では、緊急性や迅速性が求められているが、消防隊員の安全管理を踏まえた上での活動であることは言うまでもない。

その安全管理を図る一つ的手段としてこの進入管理は、屋内進入や危険区域内に進入する隊員を把握するために、安全管理上その有効性が導き出せたと言える。

ICタグ自体は、製品として耐衝撃性や防水性については保障されていないものだが、検証内容からも消防活動上支障のない範囲である。また、ICタグの特徴である透過性を生かすためにも、防火衣や防火帽の内側にICタグを取り付ければ火災熱による損傷を受けないものと推察できる。

各端末機については、防水性や耐衝撃性を満足させることは勿論のこと、PDAの操作性の向上や携帯性の問題、更にPDAと指揮本部端末間の通信性の向上等を図り、過酷な災害現場で耐えうる装置とするために種々の改良を加えていく必要がある。

Verification of an Approach Control Appliance

Teruo Suzuki*, Kenji Kamagata*, Kazutoshi Etou**

Abstract

When operating at disaster sites, firefighters' mission should be to keep the damage at a minimum, and they must approach all operations with urgency and readiness. However, even though operations should be carried out with urgency and readiness, firefighters' cannot operate if they fail to manage their own safety. Therefore, as one of the measures to carry out adequate safety control at the frontline of the disaster site, which is filled with hidden dangers, we made a prototype of an approach control appliance and verified it.