

ICTを活用した救急活動の強化に関する検証

加藤 久弥*, 徳永 敦司*, 佐藤 衛寿***, 高崎 雅宏**, 宍戸 洋平**, 渡邊 茂男*

概要

情報通信技術を活用し、傷病者情報の迅速かつ確実な伝送により救急活動時間の短縮と活動の効率化を図ることを目的として、傷病者の状況を映像により伝送する方策について検討した。

市販の映像伝送装置を用い、救急活動訓練を実施し、救急隊指導医及び訓練を行った隊員に撮影した映像の画質及び撮影方法に関するアンケートを行い、救急活動時に要求される装置の基本性能等を確認した。

1 はじめに

現在、救急隊と救急隊指導医（以下「指導医」という。）の間における傷病者の情報伝達は、音声通話が主体であるが、音声に映像情報を付加することで指導医からより迅速・的確な指示・助言が得られることが期待される。

そこで、本検証は、救急活動における映像伝送装置の活用を想定して、現在市販されている映像伝送システムを用い、送信側カメラの性能別に受信側画質の有効性を検証するとともに送信側の撮影方法について検討を行った。

2 検証に使用した映像伝送システム及び機材

(1) 映像伝送システム

検証に使用した映像伝送システムを図1に示す。このシステムは、市販されているシステムであり、無線LANまたは、携帯電話回線等を介して映像及び音声を伝送するシステムである。本システムの概要を表1に示す。本検証では、無線LANを使用し映像伝送を行った。

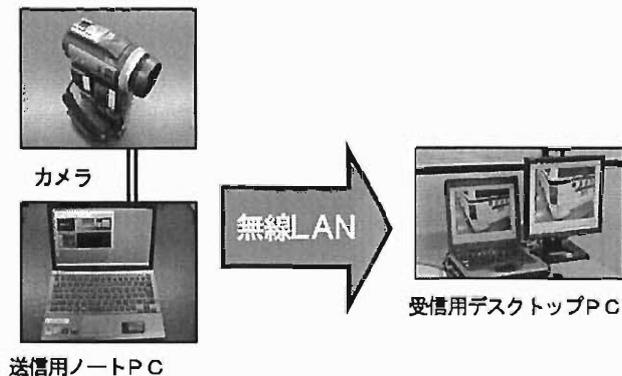


図1 映像伝送システム

表1 映像伝送システム概要

項目		仕様概要
インターフェイス	送信側	DV(i.LINK/IEEE1349 4ピン)
	受信側	・SDI embedded Audio(DI コンポーネントBNC端子) ・コンポジットビデオ(RCA端子) ・音声(StereoMiniジャック) ・Sビデオ(ミニDIN4ピン) ・DV(i.LINK/IEEE1349 4ピン)
解像度	携帯電話回線	352×240
	LAN	480×480/352×240
フレームレート ※1	携帯電話回線	5~15 fps
	LAN	5~30 fps
ビットレート ※2	携帯電話回線	64~160 kbps
	LAN	768~3072 kbps/192~1024 kbps

※1 単位時間あたりにどれだけのフレームが更新されるかという動画再生時の品質に関する指標。

単位はfps(frame per second)。

※2 通信回線で圧縮された映像データ等が単位時間あたりに送れる情報量。単位はbps(bit per second)。

(2) カメラ

検証に使用したカメラを写真1から4に示す。また、各カメラの仕様等を表2に示す。カメラは直接手で持って撮影を行う「手持ち型カメラ」及びゴーグルの中心部にカメラを設置し、ゴーグルを装着することでフリーハンドで撮影が可能となる「ゴーグル型カメラ」の2種類4機種とした。

手持ち型カメラ2及びゴーグル型カメラに使用するカメラ

にはファインダーがなく、撮影者は送信画像を確認できないことから、ファインダーの代替としてHMD (Head Mount Display : ヘッドマウントディスプレイ) を用い、送信画像を確認するものとした。HMDは写真5のようにゴーグルの左レンズに設置し、撮影画像の信号をHMDを経由して送信した。



写真1 手持ち型カメラ1



写真2 手持ち型カメラ2

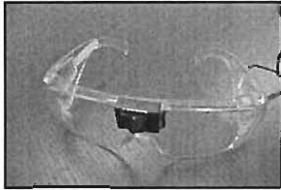


写真3 ゴーグル型カメラ1

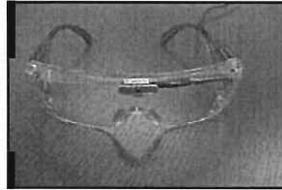


写真4 ゴーグル型カメラ2

表2 カメラの仕様等

	カメラ形式等	解像度 (有効画素数等)
手持ち型カメラ1	S社製、形式 DGR-PC300K (デジタルビデオカメラ)	約 205 万画素
手持ち型カメラ2	SC社製、形式 SC-N82480 (CCDカメラ)	768×494 (約 38 万画素相当)
ゴーグルカメラ1	SC社製、形式 SC-TS004 (CCDカメラ)	512×492 (約 25 万画素相当)
ゴーグルカメラ2	SC社製、形式 SC-TS005 (CCDカメラ)	320×240 (約 7 万画素相当)

また、検証に使用した映像伝送システムの送信用ノートPCの映像入力はDV方式であるため、手持ち型カメラ1以外のHMDを使用するカメラについては、DV信号に変換するためのコンバータを介して送信用ノートPCに接続した。HMDを使用した映像送信の概要を図2に、HMD及びコンバータの仕様等を表3に示す。



写真5 HMDの取付状況

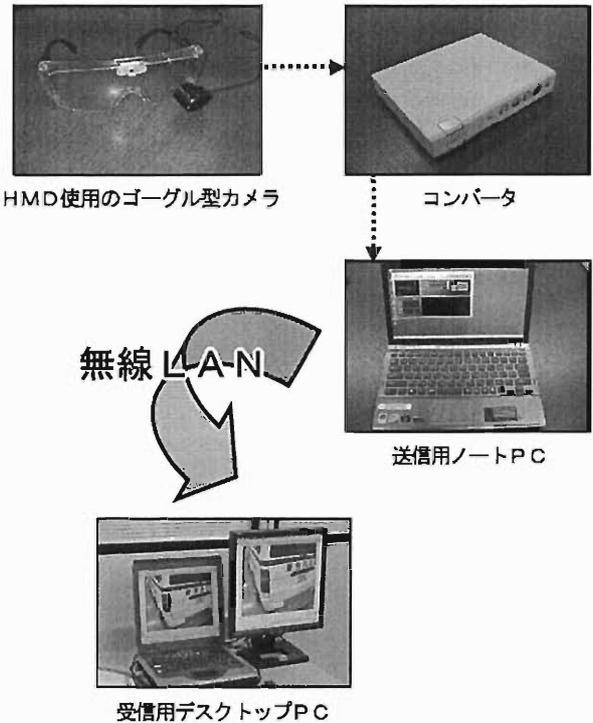


図2 HMDを使用した映像送信

表3 HMD等の仕様等

機器	仕様等
HMD	A社製、解像度 800×225 (18 万画素相当)
コンバータ	C社製、形式 ADVC - 110、アナログ-DV コンバータ

3 検証方法

(1) 画質

映像伝送における受信側の画質は、受信側モニター及び送信側カメラの解像度、さらに、映像伝送システムのフレームレートにより差が生じる。本検証では、受信側モニターの解像度を一定と仮定し、カメラ解像度及びフレームレートの違いによる受信画質の比較検証を行った。

ア 指示・助言に有効なカメラの解像度

救急活動現場から指導医へ送信される映像の有効性をカメラごとに検証した。表2に示す各カメラでヒトの瞳孔を撮影し、録画した映像を10名の指導医に見てもらい画質の良し悪しについてアンケートを行った。各指導医による評価は、「非常に良い」を+2点(最上位)として以下点数を1点ごと5段階に設定し、「非常に悪い」を-2点(最下位)、「どちらともいえない」を0点とし、各カメラによる撮影映像ごとに、点数を付けてもらい10名の点数を合算した。併せて、救急活動に映像伝送システムを導入することについての意見収集を行った。

イ 指示・助言に有効なフレームレート

救急活動現場から指導医へ送信される映像の有効性をフレームレート別に検証した。救急活動訓練を表2に示す手持ち

型カメラ2で撮影し、その映像を、表4に示すフレームレートに変換した。この各映像を10名の指導医に見てもらい、画質の良し悪しについて前アと同様にアンケートを行い、フレームレートの差による画質の有効性を評価した。

表4 検証条件

フレームレート
2fps、5fps、7fps、10fps

(2) 撮影方法

カメラを使用した傷病者の撮影方法について、手持ち型カメラによる場合及びゴーグル型カメラによる場合とで活動上どちらが優位であるか比較検証を行った。手持ち型カメラは、表2及び写真2に示す手持ち型カメラ2にHMD（ゴーグルと一体型）を接続したものをを使用した（写真5）。また、ゴーグル型カメラは、同じく表2及び写真3に示すゴーグル型カメラ1にHMDを取付けたものをを使用した。

これら2種類のカメラを消防技術安全所員30名（救急技術認定者11名を含む）に交替で試用してもらい、活動性に関するアンケートへの回答を依頼した。アンケート項目は表5に示すとおり、活動性を携帯性、使用感、操作性に分類しさらに、総合的な評価について回答を依頼した。評価は、「非常に良い」を+3点（最上位）として以下点数を1点ごと7段階に設定し、「非常に悪い」を-3点（最下位）、「どちらともいえない」を0点とし、各カメラごとに、点数を付けてもらい30名の点数を合算した。

併せて、HMDの活動上の有効性について画像の見易さ、ゴーグルを介した視界、総合評価についても同様にアンケート

を行った。また、その他、撮影方法についての意見収集も行った。

表5 アンケート項目

アンケート項目	評価項目の定義
携帯性	持ち運びやすさ
使用感	撮影中の活動性
操作性	装置の操作
総合評価	総合的な評価

4 結果

(1) 画質

ア 指示・助言に有効な解像度

写真6に手持ち型カメラ1、手持ち型カメラ2、ゴーグル型カメラ1、ゴーグル型カメラ2のそれぞれのカメラでヒトの瞳孔を撮影した映像を示す。また、写真6の映像をもとに、指導医にアンケートを行った結果を図3に示す。

アンケートの結果、解像度について指導医からはいずれのカメラについてもプラスの評価を得た。当然の結果ではあるが、解像度が高いほど良好であるとの結果となった。アンケートを通じて指導医からは、手持ち型カメラ2（768×494:38万画素相当）以上の解像度が必要との意見が寄せられた一方で、何を指導医に見てもらいたいのかによって求められる解像度は変わってくるとの意見も多く寄せられた。指導医から寄せられた意見を表6に示す。

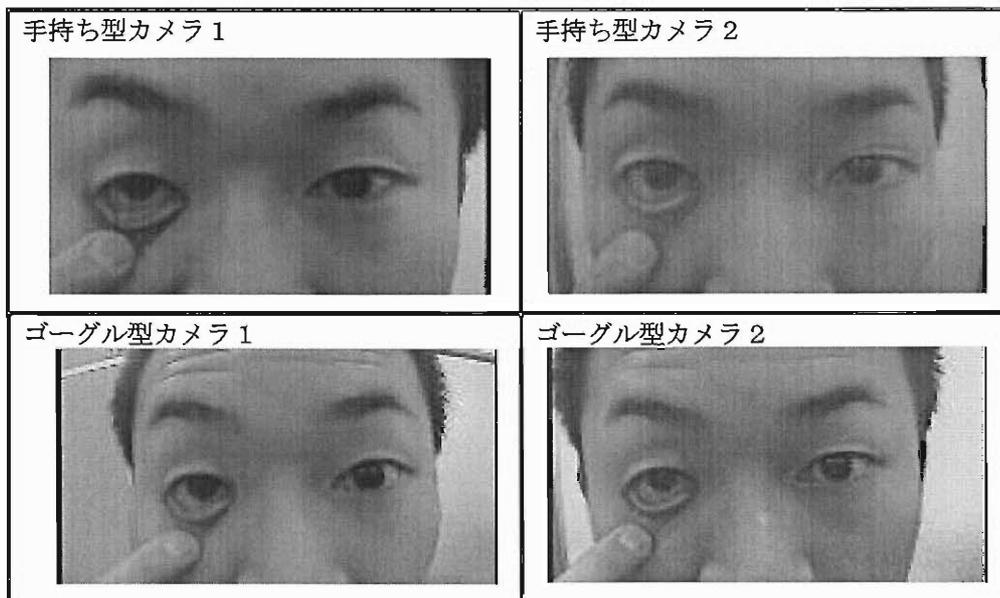


写真6 カメラ別比較

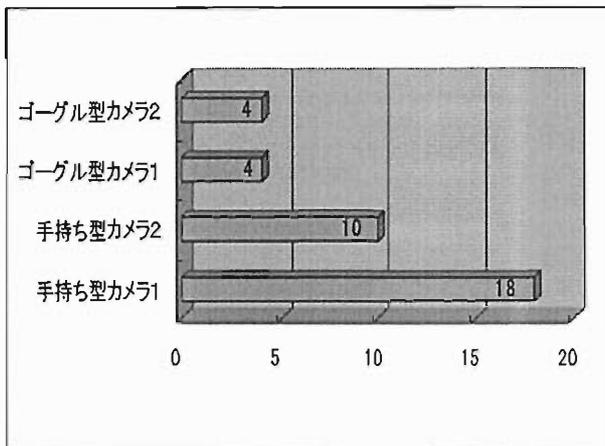


図3 画素数別の評価

表6 指導医から得られた意見

システム全体に対する意見	
・ 隊長の現場判断が最優先されるという前提において意義のあるものと思う	
・ 画像を送ることで現場の救急隊が医師に見られることがストレスになり、活動がスムーズに行えなくなる可能性がある	
・ 映像を送ることで救急隊の活動時間が長くなるなら意味がない。多数傷病者の事案や、特殊な事案には有用だが、通常の活動では活動時間が延びるというデメリットがある	
・ 瞳孔や偏視等、口頭で伝えられるものは言葉で送った方が効率良く、外傷の状況等を伝えるだけなら静止画でも良い場合もある (他1意見)	
・ 救急隊指導医が活動内容だけ把握するかどうかによって求められる画素数やフレームレートが変わってくる (他3意見)	
・ 防犯対策等で車内の固定カメラとした方が良い	
活動に関する要望	
・ 救急隊員の活動を制限しない工夫が必要	
・ 救急資格者が撮影するかどうかで視点が変わってくる	
・ 機関員ではなく隊長・隊員等、観察する者がカメラを持つべき	
・ ゴーグルカメラは隊長がつけるのがベスト。機関員ではわかりづらい	
・ 必要な時だけ映像を送る方が負担にならないと思う	

イ 指示・助言に有効なフレームレート

フレームレート別の画像の有効性について指導医にアンケートを行った結果は、図4のとおりである。フレームレートについては10fpsがプラス評価となったが、他の条件では、いずれもマイナスの評価となり、指導医が救急活動や傷病者の状態を把握するためには、最低10fps以上のフレームレートが必要であるという結果となった。ただし、フレームレ

トが10fpsであっても、眼振の確認は困難であるとの意見があった。

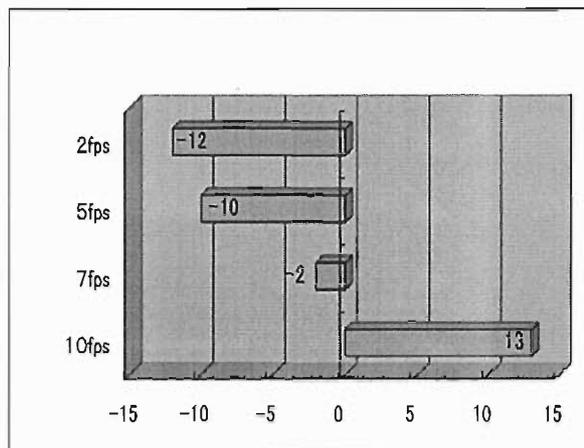


図4 フレームレート別の評価

(2) 撮影方法

ア 手持ち型カメラの場合

消防技術安全所員30名が手持ち型カメラを試用した場合の活動性についてアンケートにより調査した結果は図5のとおりである。

手持ち型カメラは、活動中常に片手が使えないことから、携帯性でマイナス評価となった。しかし、操作性、使用感及び総合評価はプラスの評価であった。この要因として、手持ち型カメラは、被写体にカメラをすばやく向け易いことが評価につながったものと考えられる。手持ち型カメラに対する意見等を表7に示す。

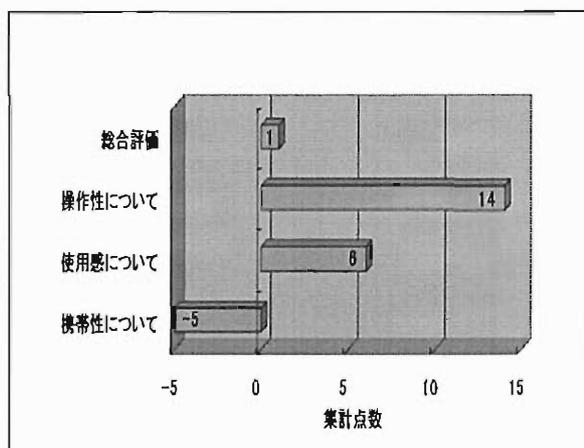


図5 手持ち型カメラの評価

表7 手持ち型カメラに対する意見等

	推奨意見	改善意見・要望	改善策
機能に関する要因	<ul style="list-style-type: none"> ・大きさが手頃 ・ゴーグル型カメラよりも撮りたい映像をより詳細に撮れる ・ワイヤレスにできれば良いと思う（他1意見） 	<ul style="list-style-type: none"> ・市販のハンディサイズカメラが良い（他1意見） ・防水性や耐久性が不安（他2意見） ・コードが邪魔（他1意見） 	<ul style="list-style-type: none"> ☆耐水・高い耐衝撃性の液晶ファインダーを装備したハンディカメラの採用（MIL規格に近い機能のものを採用） ☆配線の集約・ワイヤレス化
活動に関する要因	<ul style="list-style-type: none"> ・カメラを動かしやすい（他1意見） ・操作性が良い（他4意見） ・顔が自由に動かせるのは良い ・PA等でポンプ隊員が使用して活動支援すれば便利だと思う ・撮影専属隊員にとっては使いやすい 	<ul style="list-style-type: none"> ・片手にカメラを持つのであればHMDは必要がない（他1意見） ・手が塞がる為、活動と同時に撮影はできない（他8意見） 	<ul style="list-style-type: none"> ☆液晶ファインダーを装備したハンディカメラの採用によりHMDを省略 ☆紛失防止用のワイヤー等を付加 ☆撮影訓練で習熟
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・撮影専属隊員がいれば傷病者への負担が軽減する 	<ul style="list-style-type: none"> ・撮影することで傷病者や家族等に不快感を与えそう（他3意見） 	<ul style="list-style-type: none"> ☆都民に対する広報で理解を得る

イ ゴーグル型カメラの場合

消防技術安全所員30名がゴーグル型カメラを試用した場合の活動性についてアンケートにより調査した結果は図6のとおりである。ゴーグルとカメラを一体化したことによりフリーハンドが実現されることから、携帯性について高い評価が得られた。しかし、ゴーグルのずれや、傷病者に顔を近づけて撮影する場面が生じるなどの理由から使用感についてマイナス評価となった。ゴーグル型カメラに対する意見等を表8に示す。

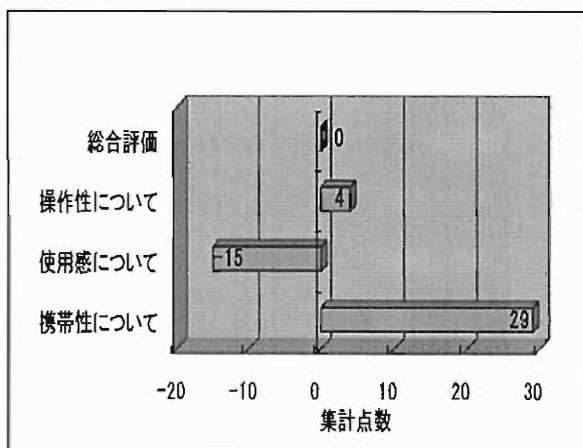


図6 ゴーグル型カメラの評価

ウ HMDの有効性

手持ち型カメラ1以外のカメラは、ファインダーがなく撮影者自身が送信映像を確認することができないため、本検証では、撮影者にHMDを取り付けたゴーグルを装着させ、送信映像を確認させることとした。HMDの有効性について、アンケートを行った結果を図7に示す。HMDを装着することにより、左眼の視界を遮るほか、HMDの映像に目の焦点を合わせにくいという意見が多く、すべてのアンケート項目でマイナス評価となった。HMDに対する意見等を表9に示す。

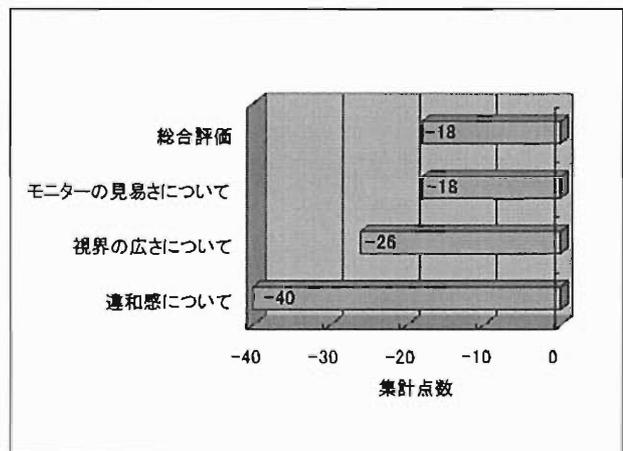


図7 HMDの評価

表8 ゴーグル型カメラ評価項目ごとの意見と改善策

	推奨意見	改善意見・要望	改善策
機能に関する要因	<ul style="list-style-type: none"> ・ワイヤレスだとなお良い ・携帯性が良い（他1意見） 	<ul style="list-style-type: none"> ・コードが短い・邪魔（他2意見） ・装置一式がかさばる（他5意見） ・耐久性・耐水性が不安（他7意見） ・ゴーグルが曇る（他1意見） ・夜間に使えるか心配 	<ul style="list-style-type: none"> ☆配線の改善 ☆装置の小型化 ☆耐久・耐水性の向上 ☆レンズの撥水性化
活動に関する要因	<ul style="list-style-type: none"> ・取り外しができれば良い（他1意見） ・手持ちカメラより動きが少ないので良い ・実際に目で見た映像とカメラの映像が同じ視線で良い（他3意見） ・両手が塞がらないのは良い（他6意見） ・血液ばく露の現場ではゴーグルをするのでちょうど良い 	<ul style="list-style-type: none"> ・ゴーグルがずれる（他6意見） ・視界がかなり減り、つまづき等の恐れがある（他3意見） ・周囲の状況を感じ取りにくい（他2意見） ・傷病者への気遣い等が薄れる ・傷病者を触れた手でゴーグルを触ると自分の顔に触れる危険性がある ・傷病者のアップの映像を撮るときに撮りにくい（他2意見） ・頭部を動かしながら考えたり目を動かしたりすると気持ちが悪くなる ・撮影の微調整が難しい（他2意見） 	<ul style="list-style-type: none"> ☆ゴーグルのずれ防止機能の追加 ☆網膜投影型ディスプレイの採用 ☆カメラを取外し可能な構造に変更 ☆撮影訓練で習熟
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・全体的には悪くない 	<ul style="list-style-type: none"> ・傷病者や関係者に不快感を与えそう（他8意見） ・傷病者の顔や口、患部に自分の顔を接近させることによりかなり抵抗がある ・見る側が遠隔操作できない ・撮影の為に作業を止めて顔を近づけるといいう作業は手持ちカメラと変わらない。 	<ul style="list-style-type: none"> ☆都民に対する広報で理解を得る ☆車内据付け型カメラを検討

表9 HMD評価項目ごとの意見と改善策

	推奨意見	改善意見・要望	改善策
機能に関する要因	<ul style="list-style-type: none"> ・思ったより画像がきれい ・シースルー型であれば良い（他1意見） ・位置が変えられるのは良い 	<ul style="list-style-type: none"> ・画質が悪い（他4意見） ・配線が邪魔（他1意見） ・ズレやすい（他5意見） ・防水性やの耐久性が不安（他3意見） 	<ul style="list-style-type: none"> ☆網膜投影型ディスプレイの採用 ☆液晶ファインダーを装備したハンディカメラの採用によりHMDを省略
視認性に関する要因	<ul style="list-style-type: none"> ・撮影画面を見る為の補助的存在としては必要 ・映像対象を確認する意味で必要だと思う（他4意見） ・無いと不安 	<ul style="list-style-type: none"> ・視界を遮ってしまい、活動障害となる（他8意見） ・焦点を合わすのが慣れないので疲れる（他10意見） ・位置の決定が難しい（他3意見） 	<ul style="list-style-type: none"> ☆撮影訓練で習熟 ☆網膜投影型ディスプレイの採用
その他		<ul style="list-style-type: none"> ・液晶パネルのファインダーを装備したハンディカメラがあれば必要ない（他9意見） 	<ul style="list-style-type: none"> ☆液晶パネルのファインダーを装備したハンディカメラの採用によりHMDを省略

5 おわりに

(1) 受信側画質

ア 今回使用した映像伝送システムによる受信画像については、指導医から概ねプラスの評価を得た。

イ 指導医が指示・助言に有効と考える画質については、カメラの解像度は768×494(38万画素程度)以上で、フレームレートは10fps以上である。

(2) 撮影方法

表10は手持ち型カメラおよびゴーグル型カメラに対する意見をもとにそれらのメリットとデメリットをまとめたものである。

手持ち型カメラの場合、撮影と同時の処置は困難となり、撮影専従隊員が必要となることも考慮しなければならない。カメラにファインダーがない場合はHMDを装着しなければならない負担も生じる。利点は撮影対象を容易に捕らえることができるので映像は安定する。

ゴーグル型カメラの場合、撮影と同時の処置が可能とな

り、感染防止の効果も期待できる。しかし、隊員の動きにより映像が不安定になることや、HMDに視線を合わせるという負担も大きく、周囲への注意が散漫となることから現状では安全管理上好ましくない。

本検証において、HMDは一般的なビデオカメラに設置されているファインダーの代替として、ファインダーを装備していないカメラ(手持ち型カメラ2及びゴーグル型カメラ)を使用した場合の撮影者による送信画像の確認を目的に使用したものである。このことから、HMDを使用する手持ち型カメラ2よりも液晶パネルのファインダーを装備した小型デジタルビデオカメラの方が活動上優位であると言え、PA連携時など活動隊員が比較的多く、映像伝送に専従する隊員を指定できる現場ではこの方式が有効であると考えられる。しかし、救急隊のみでの活動現場で救命対応時など3名の救急隊員の稼働率が100%となる場合は、フリーハンドでの映像伝送が望ましく、携帯性に優れたゴーグル型カメラの使用が有効であるといえる。

表10 各撮影手法によるメリットとデメリット

方式	メリット	デメリット
手持ち型カメラ	<ul style="list-style-type: none"> 対象となる映像を迅速確実に送信できる 	<ul style="list-style-type: none"> 撮影しながらの処置は困難 場合によっては撮影専属の隊員が必要 HMDの画像に視線を合わせることに負担がかかる 撮影に関して傷病者や関係者に十分な説明が必要
ゴーグル型カメラ	<ul style="list-style-type: none"> ハンズフリーのため同時に処置が可能 感染防止を兼ねている 	<ul style="list-style-type: none"> 映像が隊員の活動でぶれる 周囲への注意が散漫になる HMDの画像に視線を合わせることに負担がかかる 撮影に関して傷病者や関係者に十分な説明が必要
その他システム全体の意見		
<ul style="list-style-type: none"> 救急単独で活動する際、三次対応レベルの現場で映像を送るのは非常に困難 特異な症例に遭遇した場合など、指導医に助言要請する時に威力を発揮する 救急単隊で活用するのは活動に支障をきたすため、PA連携向きの資機材だと思う PA連携でポンプ隊が持って帰ってしまったたり、指導医からの指示が理解できない場合があるので救急隊が基本的に持つのが良い 		

Verification of the Improvement of Emergency Medical Operations Using ICT

Hisaya KATOU*, Atsushi TOKUNAGA*, Eiju SATOU***, Masahiro TAKASAKI**,
Youhei SHISHIDO**, Shigeo WATANABE*

Abstract

With the aim of shortening the emergency activity time and making the operations more efficient through the prompt and reliable transmission of information on injured/sick people, we studied the measures to transmit patient condition data in the form of images.

We conducted emergency medical operations training using an off-the-shelf image transmission system, and afterwards issued a questionnaire to doctors and the EMS personnel trained to seek their views about the quality of the images taken and the shooting method, and thus to check the basic performance of the equipment for emergency medical operations.