

救急用高度医療情報伝送システムの開発に関する
フェージビリティスタディ報告書
- 要旨 -

平成23年3月

財団法人 機械システム振興協会

委託先 株式会社ドゥリサーチ研究所



この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

<http://ringring-keirin.jp>

序

わが国経済の安定成長への推進にあたり、機械情報産業をめぐる経済的、社会的諸条件は急速な変化を見せており、社会生活における環境、都市、防災、住宅、福祉、教育等、直面する問題の解決を図るためには技術開発力の強化に加えて、多様化、高度化する社会的ニーズに適応する機械情報システムの研究開発が必要であります。

このような社会情勢の変化に対応するため、財団法人機械システム振興協会では、財団法人JKAから機械工業振興資金の交付を受けて、機械システムに関する調査研究等補助事業を実施しております。

これらを効果的に実施するために、当協会に総合システム調査開発委員会(委員長：東京大学名誉教授 藤正 巖氏)を設置し、同委員会のご指導のもとに推進しております。

本「救急用高度医療情報伝送システムの開発に関するフィージビリティスタディ」は、上記事業の一環として、当協会が株式会社ドゥリサーチ研究所に委託し、実施した成果であります。関係諸分野に関する施策が展開されていくうえで、本フィージビリティスタディの成果が一つの礎石として、皆様方のお役に立てれば幸いです。

平成23年3月

財団法人 機械システム振興協会

はじめに

わが国における救急医療は、患者のたらい回しや周産期救急医療の崩壊などと報じられるように、危機的な状況に陥っています。現在の救急医療体制は、対応の範囲を都道府県が作成する医療計画に基づく2次医療圏内と定めており、更に、患者の重症度に応じて3段階（初期救急、2次救急、救命救急）に分類されています。救急指定病院は、重症度のどの段階までに対応するかを想定して受入を行っていますが、重症度分類に応じた救急体制には限界があり、初期～3次救急や独歩来院を包括的に診療する北米型ERシステムを導入する病院も出現してきています。

一方、先進的なIT技術、高性能な医療機器の開発力を有する日本は、医療分野においても先進的な診断システムを有しています。しかし、複雑な保険制度や、多くの時間を要する薬事申請等の法制度の問題により、必ずしもそれらの技術力が活かされているとはいえないのが現状です。

そのような課題を解決するために、本フィージビリティスタディ（以下「F/S」という。）は、救急車をプレホスピタルと定義し、救急救命士の超音波診断装置のプロープ操作、医師の伝送されたイメージの診断技術等、大規模な実証実験を通し、その有用性を検証、法制度の緩和の可能性を探ります。更に一連の技術をドクターヘリ、離島医療等の遠隔医療、在宅診療、高齢者の見守り事業等への応用を図り、現在の医療制度の再生及び問題解決のための手掛かりとなり、更に先進的医療機器や高度情報通信システムを救急医療に応用し導入を推進することで、救急医療の効率化を図り、国民の健康と安心な生活に寄与することができましたら幸いです。

ドゥリサーチ研究所は、長年に亘り日本の医療機器産業の活性化に関する調査・開発事業に従事してまいりました。平成21年度には(財)機械システム振興協会の委託事業として「先端医療技術の製品開発に伴うリスク・費用分担に関する調査研究」も実施いたしました。これら一連の調査・研究から日本の医療産業の優位性や課題、そして、それらの技術力を用いた多くの可能性があることがわかってきました。

最後に、本F/Sの実施については、商務情報政策局医療福祉機器産業室、更には医学系・工学系大学の研究者の方々、関連企業や団体の皆様をはじめ、多くの方々にご協力をいただきました。ここに謹んで、感謝の意を表するものです。

平成23年3月

株式会社 ドゥリサーチ研究所

目 次

序

はじめに

1	F/S の目的	1
2	F/S の実施体制	2
3	F/S の内容	5
第 1 章	救急車用高解像度ポータブルエコーの開発	5
1.1	超音波診断装置の現況	5
1.2	超音波画像の画質評価と画像伝送	8
1.3	超音波診断装置の救急医療への応用の可能性	11
1.4	救急医療活動における超音波診断の意義と救急救命士の業務拡大	15
第 2 章	モバイル通信環境下におけるリアルタイム動画伝送技術の明確化と標準化	25
2.1	電子診療袍を利用したモバイル通信環境における救急車内映像伝送	25
2.2	ブロードバンド情報転送システム検証体制	35
第 3 章	マルチ遠隔診断への応用可能性の検討	45
3.1	救急車内における FAST 施行及びリアルタイム超音波画像のモバイル伝送 ...	45
3.2	伝送前後における超音波画像の画質評価	49
3.3	救命救急士の業務拡大に関する法制度緩和の検討	50
3.4	離島地域における救急医療の現状	51
4	F/S の今後の課題及び展開	54

1 . F/S の目的

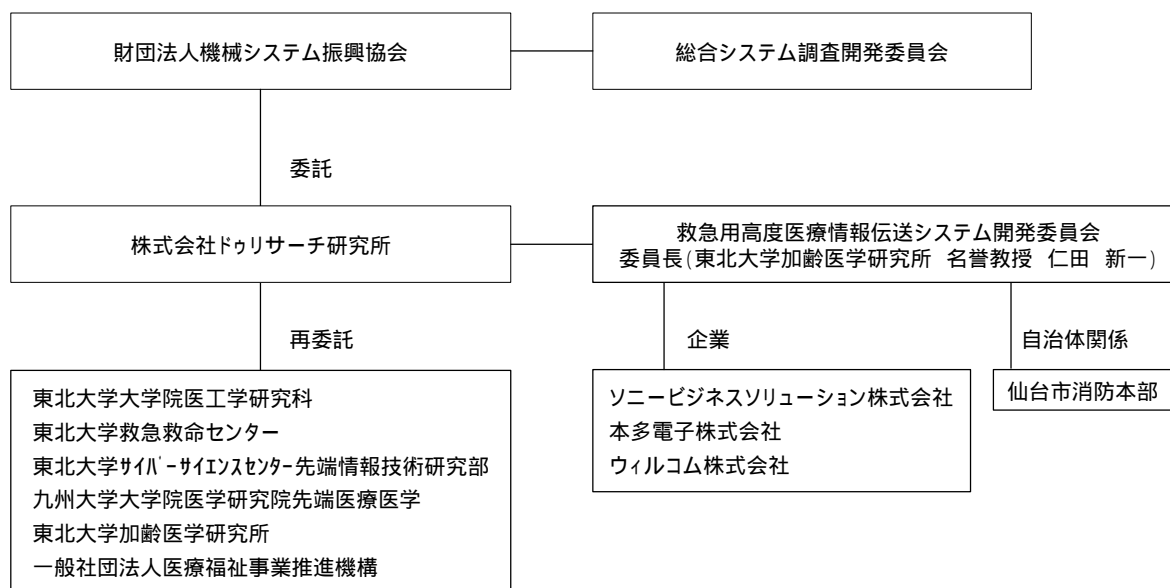
わが国における救急医療は、患者のたらい回しや周産期救急医療の崩壊などと報じられるように、危機的な状況に陥っている。現在の救急医療体制は、対応の範囲を都道府県が作成する医療計画に基づく2次医療圏内と定めており、更に、患者の重症度に応じて3段階（初期救急、2次救急、救命救急）に分類されている。救急指定病院は、重症度のどの段階までに対応するかを想定して受入を行っているが、重症度分類に応じた救急体制には限界があり、初期～3次救急や独歩来院を包括的に診療する北米型 ER システムを導入する病院も出現してきている。

一方、先進的な IT 技術、高性能な医療機器の開発力を有する日本は、医療分野においても先進的な診断システムを有しているが、複雑な保険制度や、多くの時間を要する薬事申請等の法制度の問題により、必ずしもそれらの技術力が活かされているとはいえないのが現状である。

そのような課題を解決するために、本 F/S は、救急車をプレホスピタルと定義し、救急救命士の超音波診断装置のプロープ操作、医師の伝送されたイメージの診断技術等、大規模な実証実験を通し、その有用性を検証、法制度の緩和の可能性を探る。更に一連の技術をドクターヘリ、離島医療等の遠隔医療、在宅診療、高齢者の見守り事業等への応用を図り、先進的医療機器や高度情報通信システムを救急医療に応用し導入を推進することで、救急医療の効率化を図り、国民の健康と安心な生活に寄与することを目的とする。

2 . F/S の実施体制

本 F/S の実施体制として、財団法人機械システム振興協会内にある「総合システム調査開発委員会」の審議を受け、株式会社ドゥリサーチ研究所では、医学、工学系の研究者、技術開発を担当する企業の専門家、自治体の中核的救命センター、自治体（消防本部）からの参加者等で構成される「救急用高度医療情報伝送システム開発委員会」を設置し、その指導の下に具体的な方策について、F/S を実施したものである。



総合システム調査開発委員会委員名簿

(順不同・敬称略)

委員長	東京大学 名誉教授	藤 正 巖
委員	埼玉大学 総合研究機構 教授	太 田 公 廣
委員	独立行政法人産業技術総合研究所 エレクトロニクス研究部門 研究部門長	金 丸 正 剛
委員	独立行政法人産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門 招聘研究員	志 村 洋 文
委員	早稲田大学 研究戦略センター 教授	中 島 一 郎
委員	東京工業大学大学院 総合理工学研究科 教授	廣 田 薫
委員	東京大学大学院 工学系研究科 准教授	藤 岡 健 彦

救急用高度医療情報伝送システム開発委員会名簿

(順不同・敬称略)

氏名	所属	役職
(委員長)		
仁田 新一	東北大学	名誉教授
(委員)		
遠藤 智之	東北大学病院 救命救急センター	助教
大川 宏 ^{注1)}	ウィルコム株式会社 ソリューション営業部副本部 兼 医療ソリューション推進部	副本部長 部長
大平 猛	九州大学大学院医学研究院 未来医用情報応用学	准教授
小林 和人	本多電子株式会社 メディカル事業部	取締役、事業部長
金野 敏	東北大学 加齢医学研究所病態計測制御分野	助教
西條 芳文	東北大学大学院 医工学研究科 医用イメージング分野	教授
高井 憲彦 ^{注2)}	株式会社ウィルコム 事業戦略室	室長
橋爪 誠	九州大学大学院医学研究院 先端医療医学	教授
三宅 信正	ソニービジネスソリューション株式会社 執行役員 ネットワーク 新規ソリューションビジネス担当 バリュー・クリエーション副部門長	
山家 智之	東北大学 加齢医学研究所病態計測制御分野	教授
吉澤 誠	東北大学サイバーサイエンスセンター 先端情報技術研究部	教授

注1) 第1回委員会 注2) 第2回委員会より

3 . F/S の内容

第 1 章 救急車用高解像度ポータブルエコーの開発

1 . 1 . 超音波診断装置の現況

本 F/S は救急車に搭載した超音波画像を伝送し、搬送先病院の決定等に应用することを目的としている。この際に、搭載する超音波診断装置や画像伝送装置のスペックの決定は重要である。本章では、救急現場や ICU 等で用いられている QVGA クラスの画質の小型超音波診断装置と検査室・病棟等で用いられている SVGA クラスのミドルレンジの超音波診断装置の情報に関して述べる。

1 . 1 . 1 ミドルレンジ小型超音波診断装置の現況

ミドルレンジ超音波診断装置は、現在、臨床現場に最も多く存在しており、わが国の 1 年間の超音波診断装置の販売台数の約 8 割を占めると言われている。本 F/S では表 1.1.1-1 に示す代表的な機種についてその特徴や画像などを比較検討した。

表 1.1.1-1 今回検討した機種の一覧

機種	メーカー	大きさ (mm)	重量	バッテリー駆動	VGA出力
Fazone M	富士フィルム	250x250x73	2.5kg		-
Viamo	東芝メディカルシステムズ	350x99x398	8.2kg		-
Vivid i	GEヘルスケア	353x59x313	4.5kg		-
MicroMaxx	SonoSite	302x277x80	3.5kg		+

(1) Fazone M

本機種は、「Smart カート」「スキャンエンジン」の二通りの使い方があり、最小構成で 2.5kg である。B モード、M モード、カラードプラ、パワードプラ、パルスドプラが可能であるが、連続波ドプラには対応していないため心臓の精密検査には向いていない。図 1.1.1-1 に画像の例を示す。

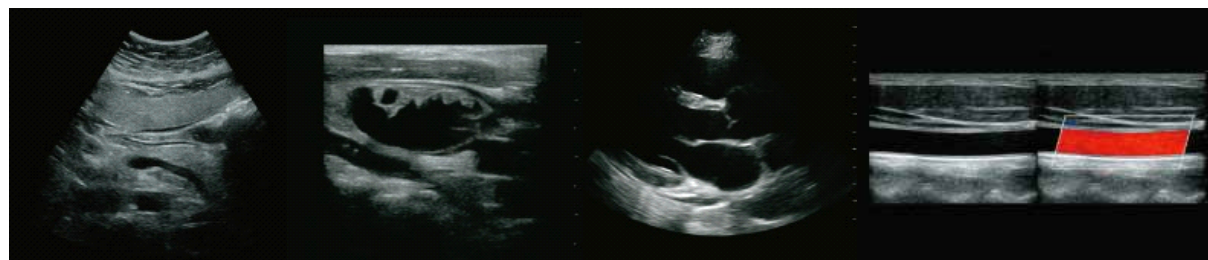


図 1.1.1-1 Fazone M の画像の例
出所：富士フィルム社ホームページ

(2) Viamo

本機種は、タッチパネルによるオペレーションが特徴である。Bモード、Mモード、カラードブラ、パワードブラ、パルスドブラが可能であるが連続波ドブラには対応していないため心臓の精密検査には向いていない。図 1.1.1-2 に装置の外観と画像の例を示す。

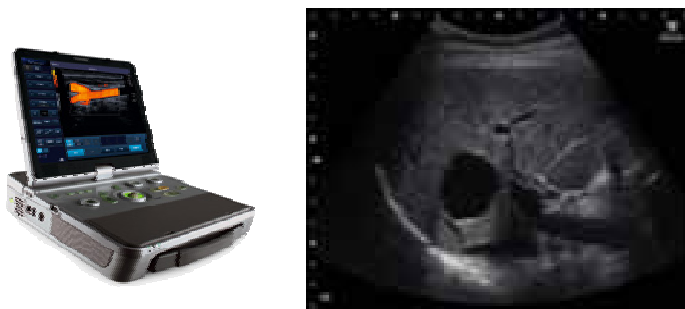


図 1.1.1-2 Viamo の外観と画像の例

出所：東芝メディカルシステムズ社ホームページ

(3) Vivid i

本機種は、Bモード、Mモード、カラードブラ、パワードブラ、パルスドブラ、連続波ドブラが可能で、心臓の精密検査も可能である。心移植の際にドナーの心機能評価や渡航心移植直前の心機能評価などに用いられている。最近マイナーチェンジにより組織ドブラにも対応している。図 1.1.1-3 に装置の外観と画像の例を示す。

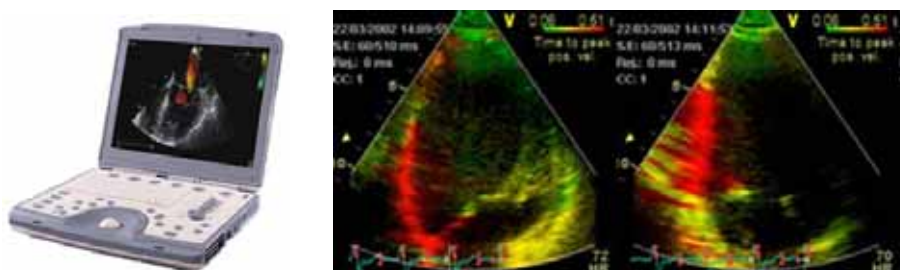


図 1.1.1-3 Vivid i の外観と画像の例

出所：GE ヘルスケア社ホームページ

(4) MicroMaxx

SonoSite 社はポータブル超音波診断装置の先駆けとして、他メーカーよりも早く小型機を市販していたが、当初販売していた機種の画質がミドルレンジ機種に劣り、予想どおりの販売を示すことができなかつたため、最近では画質も重視した機種を市販している。本機種は、Bモード、Mモード、速度カラードブラ、パワーカラードブラ、パルスドブラ、連続波ドブラが可能で、心臓の精密検査も可能である。図 1.1.1-4 に装置の外観と画像の例を示す。



図 1.1.1-4 MicroMaxx の外観と画像の例

出所：ソノサイト社ホームページ

1.1.2 小型超音波診断装置の現況

小型超音波診断装置については表 1.1.2-1 が今回検討した機種の一覧である。

表 1.1.2-1 今回検討した機種の一覧

機種	メーカー	大きさ (mm)	重量	バッテリー駆動	VGA出力
P10	Siemens	56x97x145	725g		-
Vscan	GEヘルスケア	135x73x28	390g		-

(1) P10

本機種は、聴診器代わりに使用できる機種として、Siemens 社が 2008 年に販売を開始した。B モード画像が表示可能で、当初はソフトウェアのアップグレードによりカラードプラも可能と言われていたがまだ実現していない。液晶は 3.7 インチ VGA を用いているが、超音波画像部分は QVGA 相当である。図 1.1.2-1 に装置の外観と画像の例を示す。

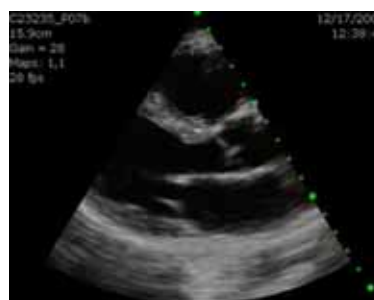


図 1.1.2-1 P10 の外観と画像の例

出所：Siemens 社ホームページ

(2) Vscan

本機種は P10 が販売後約 1 年で GE ヘルスケア社から販売され、P10 の約半分の重量でカラードプラ画像も表示可能という点が最も大きな特徴である。専門医の外来診断にも活用されている。液晶は 3.5 インチ QVGA であるが、図 1.1.2-2 のように液晶を縦長に配置しているため、実際の表示部分もほぼ QVGA 相当である。

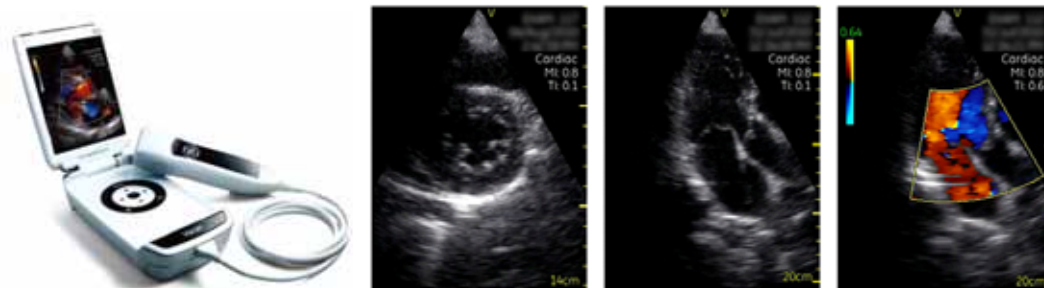


図 1.1.2-2 Vscan の外観と画像の例

出所：GE ヘルスケア社ホームページ

1.2 超音波画像の画質評価と画像伝送

1.2.1 使用した超音波診断装置

本 F/S では他の同クラス機種と同等の画質で、画像伝送用の VGA 出力を有するという理由で、QVGA クラスの小型超音波装置として本多電子社製 HS-101V、検査室・病棟等で用いられている SVGA クラスのミドルレンジの超音波診断装置として本多電子社製 HS-2100 を用い、これらの機器の操作性や画像が臨床使用目的に十分かどうかを検討した。

(1) HS-101V

本装置は牛・馬・豚・犬・猫用超音波画像診断装置として農林水産省の認可を得た装置である。主な特徴として、大きさ 270×184×62mm、重量 1.8kg、5.7 インチ QVGA ディスプレイ、約 2 時間の連続作業が可能なバッテリー駆動、使いやすいシンプルなボタン配置、オートゲイン機能の採用で画像調整が不要、業界初のカーコードをプローブに採用、USB 端子を標準装備などがあげられる。図 1.2.1-1 に装置の外観を示す。



図 1.2.1-1

HS-101V

(2) HS-2100

本装置は超音波診断装置として厚生労働省の薬事認可を取得済みの装置である。主な特徴は、大きさ 335×200×380mm、重量 11kg、10.4 インチ広視野角・高コントラスト液晶、フルデジタルシステム、新開発の H-res 技術及び新設計の高精細プローブで中型機に匹敵する高画質を実現、患者データベース機能を搭載し、本体内部または、USB メモリに患者情報を保存可能、などがあげられる。図 1.2.1-2 に装置の外観を示す。



図 1.2.1-2

HS-2100

1.2.2 画質評価

それぞれの装置を用いて、5名のソノグラファー（1名：超音波専門医、3名：超音波検査士の資格を持つ臨床検査技師、1名：超音波検査士の資格を持たない臨床検査技師）が、正常ボランティアの心嚢、肝周囲、右胸腔、脾周囲、左胸腔、骨盤腔を観察した。使用プローブは両機種ともに周波数 3.5MHz のコンベックス型プローブである。

その際に、コントラスト分解能・距離分解能・方位分解能・時間分解能を 1～5 の 5 段階で評価し比較検討した。結果は表 1.2.2-1 に示すとおりであった。

表 1.2.2-1 画質の評価結果

機種	HS-101V	HS-2100
コントラスト分解能	3.2±0.8	4.6±0.5
距離分解能	3.4±0.9	4.4±0.5
方位分解能	3.4±0.5	4.2±0.4
時間分解能	3.0±0.7	4.8±0.4

ソノグラファーの総合的な意見として、HS-101V の操作性は非常に簡便であり大きさ・重量についても使用する上での問題はないが、画質は明らかに HS-2100 に比較して劣るということであった。また、経験豊かなソノグラファー（超音波検査士の資格を持たない 1 名を除く）は検査上のテクニックにより、診断が可能な程度の画像を描出できるが、ただ単に FAST の部位にプローブをあてただけでは臨床診断は難しいということであった。当初は HS-101V と HS-2100 の画像伝送を行う予定であったが、HS-101V については腹腔内臓器の診断には不向きという判断で、画像伝送実験には HS-2100 のみを用いることとした。

1.2.3 画像の伝送前後での画質評価

(1) 予備実験

ソニー社製リアルタイム・ビデオトランスミッター LocationPorter (RVT-SD100) を用いて画像の伝送実験を行う前に、予備実験として仙台市内における映像伝送時のビットレートの確認を行った。具体的には、下記の場所を実際に走行しながら車内に搭載したビデオカメラのライブ映像を 3G 回線経由で加齢医学研究所に伝送し、ビットレートとフレームレートを記録した。伝送経路は、送信側から携帯電話中継局を通し、インターネットを介して受信機におとしモニターで見るという経路である。

実験場所は以下のとおりである。

市街地：加齢医学研究所付近

郊外：青葉山の裏側

トンネル内：西道路（トンネル内基地局あり）、郷六（トンネル内基地局なし）

結果は表 1.2.3-1 のとおりであった。

表 1.2.3-1 各エリアにおけるビットレートとフレームレートの実測値

	ビットレート(kbps)	フレームレート(fps)
市街地	250	15
郊外	100-200	5-10
トンネル内（基地局あり）	150-200	8-10
トンネル内（基地局なし）	50-70	2-3

以上の結果から、市街地においてはリアルタイム・ビデオトランスミッターのほぼフルスペックで送受信することが可能であるが、郊外や基地局のあるトンネル内ではビットレート、フレームレートともに低下することが示された。更に、基地局のないトンネル内においては、フレームレートは著しく低下した。

NTT docomo のサービスエリア情報では、今回実験を行った場所はすべて FOMA 3G (HI-SPEED) の対応エリアとなっていたが、長時間携帯電話回線に接続している際には docomo 側から接続を切られてしまうということもわかった。

(2) 画像伝送実験

次に、車中に小型超音波診断装置 HS-2100 を搭載し、リアルタイム・ビデオトランスミッター2種類による画像伝送実験を行った。実験プロトコールは以下のとおりである。

小型無停電電源装置から超音波診断装置へ 100V-AC 電源供給

超音波診断装置からのコンポジット出力をリアルタイム・ビデオトランスミッターに入力、同時に HDD ハンディカムにも分配して録画

臨床検査技師による走査（肝臓、心臓）を行う

加齢医学研究所で映像を受信、HDD ハンディカムへ録画

上記のセッティングにより超音波画像の送受信が可能であった。懸念された事項のうち、車内での超音波診断装置使用時のノイズの発生及び自動車の揺れによる超音波診断操作性低下は認められなかった。

2種類のリアルタイム・ビデオトランスミッターのスペックのうち、LocationPorter では、オリジナル画像 (VGA 相当) が QVGA 画像に圧縮されるために、市街地走行中の車中からの伝送画像の画質はやや悪化した。知的クラスター創成事業にてソニーが試作したビデオトランスミッターは、15fps までの VGA 画像が伝送可能であった。腹部エコーのフレームレートは 12~15fps であり、このシステムを用いることで、画質に大きな劣化がなく画像を伝送することが可能であった。心臓の診断については通常 30fps 以上のフレームレートの B モード画像が用いられているが、カラードブラ画像では現在でも 10fps 程度で観察することもあり、心臓の大きな動きを観察するだけであれば、VGA、15fps の画質で可能と考えられた。

1.3 超音波診断装置の救急医療への応用の可能性

1.3.1 福島県会津若松市における現況調査

救急車に超音波診断装置を搭載し、FAST に関わる画像を救急病院に送信する事業の是非について考察するために、広域地方医療圏の一例として会津若松市を中心とする会津医療圏の救急医療について、救急医療に関係した科（循環器科、心臓血管外科、整形外科）医師に聞き取り調査を行うとともに、正確な数に関するデータについては公表されている資料を抜粋した。

(1) 福島県の医療圏

福島県の平成 18 年度の人口 10 万人あたりの医療施設従事医師数は、全国平均の 206.3 人に対し、176.1 人で全国 38 位と少なく、医師一人あたりの面積も全国平均の 1.38k m² に対し、3.76k m² で全国 44 位と広く、医師数が絶対的に不足しているのに加え、病院勤務医の不足、地域及び診療科間の偏在も深刻な状況である。県内の医療圏は 8 つある。図 1.3.1-1 に医療圏ごとの人口 10 万人あたりの医療施設従事医師数を示す。

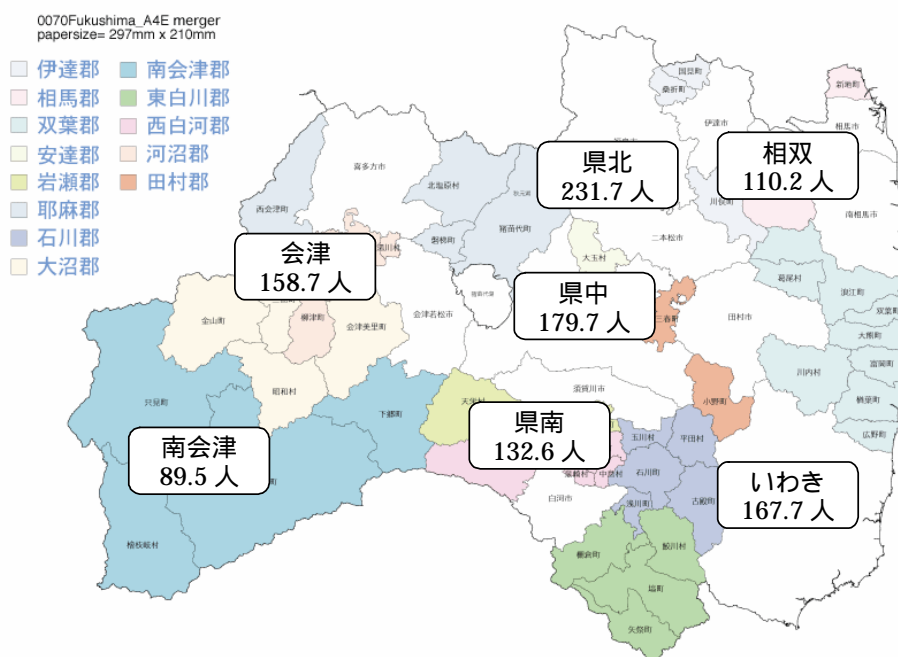


図 1.3.1-1 人口 10 万人あたりの医療施設従事医師数
(平成 18 年 医師・歯科医師・薬剤師調査)

白地図出所：http://technocco.jp/n_map/0070fukushima.html

このうち、会津医療圏は 158.7 人と県平均を下回っている。また、隣接する南会津医療圏には、県立南会津病院しか病院がなく、医師数、病院数とも全国の二次医療圏で最少となっている。

平成 18 年度福島県患者調査によれば、南会津医療圏の外来患者自足率は 70.3%で、28.7%が会津医療圏に流出しており、同じく一般病床の入院患者自足率は 27.8%で、65.9%が会津医療圏へ流出しているなど、南会津医療圏は、医療機能の多くを会津医療圏に依存している。したがって会津医療圏では隣接する南会津医療圏への医療供給も行う必要があるため統計的な数字以上に医療リソースが不足していると考えられる。

(2) 会津若松市の救急医療の現況と主な医療機関

会津若松市では市のホームページや市政だよりなどを通じ、夜間や休日に急病になっても安心して医療が受けられるよう、病気などの症状に応じた救急医療を周知している。会津若松市の主な医療機関は以下の 3 つである。

県立会津総合病院

財団法人 竹田総合病院

財団法人温知会 会津中央病院

(3) 会津中央病院のドクターカー

会津医療圏内の高度医療機関は会津若松市に集中しているため、喜多方地方の 60%、南会津地方の 50%の救命患者は会津若松市まで管外搬送されているが、これらの地方では搬送に 2 時間近くかかる地域もあり、途中状態が悪化して不幸な転帰をとる患者も少なくない。この診療までにかかる無駄な時間を少しでも短縮させ、重症患者の救命率を向上できるように会津中央病院では昭和 61 年 11 月ドクターカーシステムを導入した。ドクターカーの運用方式はいくつかあるが、当病院は遠方よりの搬送患者の初療までに要する時間の短縮が目的であるため、ドッキング方式を採用した。これは現場に駆けつけた救急隊がドクターカーを要請、当施設へ向け搬送中の救急車と当施設から向かったドクターカーが途中路上で中継し、患者の受け渡しを行うという方式である。

ドクターカーの内部には図 1.3.1-2 に示されるように超音波診断装置が設置されており、必要時には医師が救急車内で超音波診断を行うことができる。



心臓が痙攣したように細かく震えて血液が拍出できない致死的不整脈に電気ショックをかけて、ふるえを取り除く際に使用

図 1.3.1-2 会津中央病院のドクターカー内部

出所：会津中央病院ホームページ

(4) 小括

会津及び南会津医療圏では、医療リソースに乏しいために、超音波診断装置を搭載したドクターカーを導入している。ドクターカー自体は昭和54年に兵庫県西宮市で導入されたのが日本初といわれているが、会津中央病院のドクターカーもかなり早い時期から導入されたものである。ドクターカーの方式としてはドッキング方式を採用しており、地方広域医療圏における交通事情及び救急医療の実情を考慮したものとなっている。画像情報の伝送も行われているが、超音波診断装置の操作自体は医師が行っている。

1.3.2 整形外科領域における超音波診断の現況調査

FASTは一般的には腹部疾患の診断や腹部外傷における出血の有無の判断に用いられているが、そのほかの救急疾患における有用性について検討するために、整形外科領域における有用性について各専門医に聞き取り調査を行い検討した。

(1) 整形外科領域における超音波診断の有用性

整形外科領域における超音波診断の有用性は、X線では評価できない軟骨・筋肉・腱・靭帯・神経を描出することが可能であることと、MRIでは評価が困難な滑膜や関節液の貯留、血流のリアルタイムな情報や筋肉や関節の動きを評価することができることである。また、肘や膝の靭帯やアキレス腱などの腱の断裂状態を動的に判断でき、肩の腱板断裂では腱板の付着する骨面の状態や断裂の範囲、腱板の断端の確認が可能である。更に超音波は非侵襲的な検査法であるため、病態の経過観察法としての有用性も高く、他の画像診断装置と比較してもコンパクトであるため、術中やフィールドなど検査室外での検査にも使用可能で幅広い分野で活用できる。

骨折の診断は従来X線で行われてきたが、スポーツ外傷の現場では超音波による骨折部位の診断、骨折部位周囲の血腫の確認などが有用であり、整形外科救急医療において今後超音波診断が果たす役割は大きい。

秋田県城東整形外科の皆川医師は、成長期のスポーツ外傷、特に少年野球での肘の離断性骨軟骨炎について、骨端軟骨の表面の形状や厚み、更には骨端核の骨化状態を確認することにより早期診断が可能であることを示している。少年野球チームの練習場にポータブルエコーを持ち込み全員検査したところ、症状のない少年の肘にも病的エコー所見を多数認め、スポーツ少年団活動やスポーツ外傷の領域においても超音波診断は有用であることが示されている。

(2) 整形外科領域における超音波画像の実例

小型超音波診断装置メーカーのソノサイト社では、同社のホームページ上で、同社製の小型超音波診断装置による画像も例示している(図1.3.2-1、図1.3.2-2)。

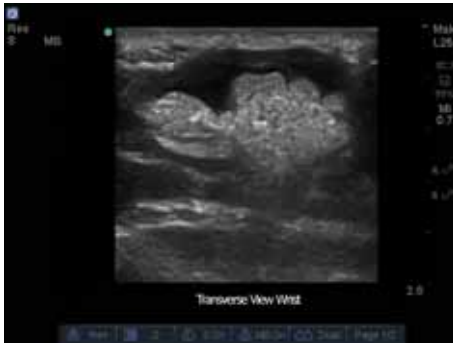


図 1.3.2-1 腱鞘炎の超音波画像 図 1.3.2-2 関節包への注射針刺入時の超音波画像
出所：ソノサイト社ホームページ

1.3.3 血管外科領域における超音波診断の現況調査

FAST は腹部における出血の有無の判断に用いられており、腹部大動脈瘤破裂など血管外科領域においても有用性が期待される。このため、血管外科専門医に聞き取り調査を行い検討した。

血管外科が扱う主な疾患のうち腹部大動脈瘤の精密診断としては造影CTによる三次元構築が普及してきており、以前の血管造影及び DSA (Digital Subtraction Angiography) はあまり用いられなくなってきた。しかし、スクリーニングや切迫破裂に近い病態の救急医療においては、腹部/胸部大動脈の形態、出血の有無、解離腔・血栓の存在などの診断に超音波診断は現在でも重要な役割を果たしている。図 1.3.3-1 は腹部大動脈解離の超音波画像であり、真腔と偽腔が明瞭に描出されている。

また、末梢血管のインターベンション治療のガイドにも超音波診断は有用である。京都桂病院の宇都宮らは重症腎不全のために造影剤が使用できない患者に対して超音波のガイドのみで末梢血管インターベンションを行った。図 1.3.3-2 は大腿動脈完全閉塞部位に対するインターベンション治療中の超音波画像である。

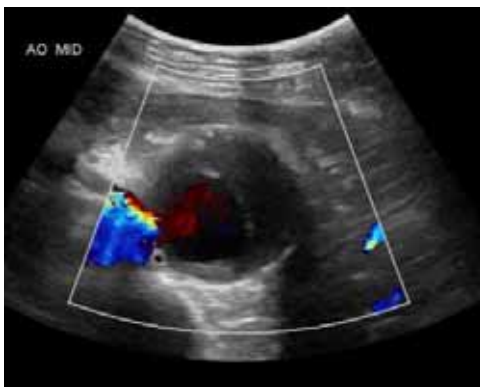


図 1.3.3-1 腹部大動脈解離の超音波画像
出所：<http://www.keepingyouwell.com/CareAndServices/VascularLabServices/AbdominalAorticAneurysms.aspx>

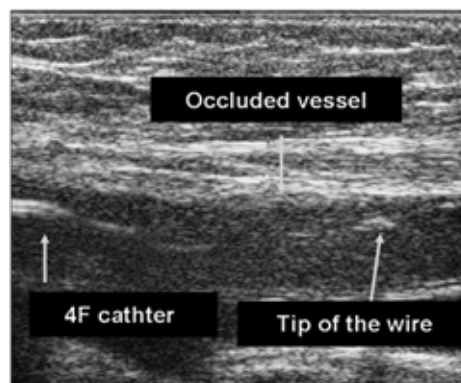


図 1.3.3-2 大腿動脈完全閉塞部位に対するインターベンション治療中の超音波画像
出所：Cardiovascular Revascularization Medicine 11 (2010) 175–181

1.4. 救急医療活動における超音波診断の意義と救急救命士の業務拡大

本 F/S の中心となる超音波診断装置は、日常医療における診断、治療のための必須ツールであるが、時間に限りのある救急医療活動における活用方法、意義について明確にする必要がある。また、救急救命士（以下、「救命士」という。）による超音波診断装置の操作は、現在の厚生労働省による「救急救命士法施行規則」においては認められていない。そこで、現状の救命士の業務の範囲を明確にし、超音波診断を救命士活動プロトコルに導入するために検討すべき事項について明らかにする。

1.4.1 救急患者での超音波診断装置による病態診断

救急医療に求められる超音波診断は、詳細な病変の検出ではなく、緊急治療を要すると思われる生命に関わる異常を発見し、治療の優先度を決定（トリアージ）することである。以下に、緊急時に診断と治療に価値のある超音波所見の具体例を示す。

（1）生理学的には検出し得ない液体（出血等）の検出（図 1.4.1-1）

胸腔内液体貯留；肺炎、心不全、出血、癌性等、原因は様々である。外傷では血胸の早期診断に有用である。

腹腔内液体貯留；消化管穿孔、出血、肝硬変、癌性腹膜炎等、原因は様々である。外傷では腹腔内出血の早期診断に有用である。

心嚢液貯留；心膜炎、出血等、原因は様々である。外傷では心損傷による出血からの心タンポナーデの早期診断に有用である。



図 1.4.1-1 液体の検出（左から、胸水貯留、腹腔内（肝腎境界）液体貯留、心嚢液貯留）

（2）形態的異常

大動脈；大動脈瘤（図 1.4.1-2）、大動脈解離（図 1.4.1-3）等の診断に有用である。



図 1.4.1-2 腹部大動脈瘤

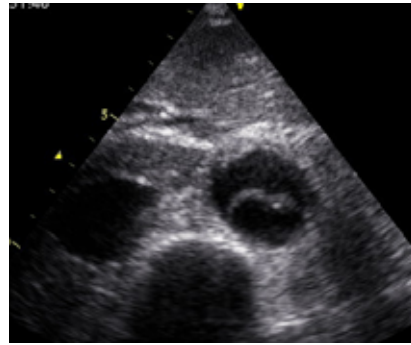


図 1.4.1-3 大動脈解離（フラップ）

腹部・後腹膜臓器；胆嚢（図 1.4.1-4）、肝臓、脾臓、膵臓、腎臓（図 1.4.1-5）、子宮、卵巣、膀胱、腸管の異常所見の検出に有用である。



図 1.4.1-4 胆石



図 1.4.1-5 水腎症

（ 3 ） 機能的異常

心臓；左心室壁運動異常（図 1.4.1-8）、右心系負荷所見（図 1.4.1-9）の診断に有用である。

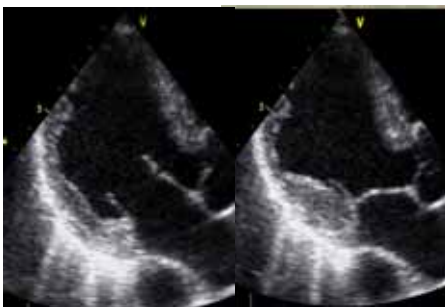


図 1.4.1-8 左心室壁運動異常
（左：拡張期、右：収縮期）



図 1.4.1-9 肺塞栓（右心系負荷）

（ 4 ） 血管内容量の推測

下大静脈径（図 1.4.1-10）、左心室拡張末期径等により血管内容量を推測できる。

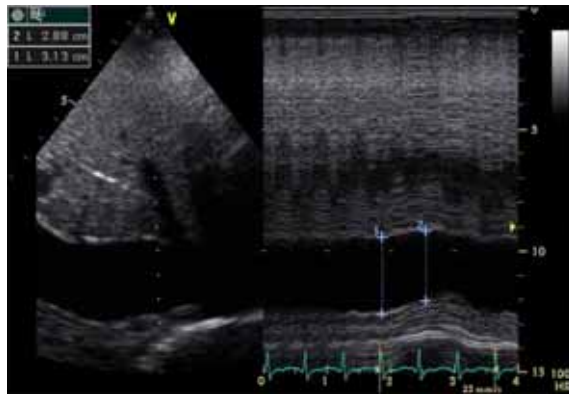


図 1.4.1-10 下大静脈拡大と呼吸性変動の消失

1.4.2 救命士による超音波診断により期待できる効果

救命士による患者評価の方法には、視診、触診、打診、聴診器の使用による心音・呼吸音の聴取、血圧計の使用による血圧の測定、心電計の使用による心拍動の観察及び心電図伝送、パルスオキシメーターによる血中酸素飽和度の測定等がある。これらの評価方法の限界として、体表から確認できないものについては情報を得る手段がなく、現場での評価は諦めるしかないのが現状である。

超音波診断を病院前で実施することができれば、外傷患者であれば以下のような病院選定が可能になり、限られた救急医療資源の適正投入に役立つと思われる。

心タンポナーデ(+)であれば、緊急開胸手術のできる病院を選定

腹腔内出血(+)であれば、緊急開腹手術/緊急血管内止血術を実施できる病院を選定

FAST(-)、頭部外傷(-)、バイタルサインが安定していれば、2次医療機関選定が可能 3次医療機関の負担を軽減

多数傷病者発生時には、搬送順位を決定するのに有用

1.4.3 救命士による超音波診断の問題点

そもそも超音波診断には以下のような限界、問題点がある。

(1) 検出できない部位

骨や空気など、超音波が透過できない部分の検出はできない。

(2) 装置の能力

超音波診断装置で得られる画質は、装置の解像度に依存する。

(3) 患者側・環境の要因

高度な肥満、呼吸性変動、体位等により適正な画像を描出できないことがある。更に救急車内で超音波を実施する場合には、狭隘なスペースでの検査となり難易度が上がる。

(4) 実施者の技術

検査で得られる画質は、検査を実施する者のレベルに依存する。

以上のような多様な問題点を考慮すると、救命士自身に超音波検査及び画像の評価を全て委ねることは困難と言える。良質な病院前患者評価を実現するためには、経験ある医師が彼らの活動を保証する必要がある、超音波画像を伝送しリアルタイムに医師が確認するシステムが必要であると思われる。

1.4.4 外傷初期診療の標準化について

本 F/S では病院前超音波診断の中でも、特に外傷診療における FAST の実施を主な課題としているが、救命士の外傷患者に対する現在の活動プロトコルを把握し、メディカルコントロール下での適切な導入を図らなければ、有効な現場活動や検証を行うことができない。そこで、現在のわが国における外傷初期診療の標準化・プロトコルについて現状を明らかにする。

(1) 予防できる外傷死亡

平成 13 年度データによると、救命救急センターにおける重症外傷患者（心肺停止患者を除く）の外傷死亡患者のうち 40% 近くが「予防できる外傷死亡」と報告している。このようなことを背景に、日本救急医学会は、わが国の病院前救護における外傷現場活動の標準化プログラム「JPTEC™」を作成した。このプログラムは、わが国の現場活動に適合する、メディカルコントロールの基盤となる、JATEC™との整合性を図る、の 3 点に重点をおいて作成された。

(2) Japan Prehospital Trauma Evaluation and Care、JPTEC™；救命士による病院前外傷患者評価と治療

本活動内容に FAST を導入するのであれば、車内収容後の「継続観察」、あるいは「詳細観察」において実施するのが妥当であると思われる。FAST に要する時間は 5 分以内となるように訓練するべきであり、それが実現できれば病院選定を行っているわずかな時間で FAST を実施できる可能性がある。問題点としては、救急隊の人員不足（原則 3 名での活動）、バックボードによる固定の影響、着衣の離脱、狭い救急車内での操作、不慣れな操作による時間の浪費、エコープローブの血液汚染などが考えられる。

(3) Japan Advanced Trauma Evaluation and Care、JATEC™；病院救急部門による外傷患者評価と治療

病院到着後は、JATEC のプロトコルにより蘇生が開始される。そもそも FAST はプライマリーサーベイで実施すべき検査の一つであり、プライマリーサーベイで循環に問題がある場合には、FAST と胸部・骨盤単純写真の結果に基づいて迅速な治療介入が開始される。また FAST の利点として非侵襲的に繰り返し実施できるため、容体変化時には再評価のための FAST が行われる。

1.4.5 救急救命士の業務の範囲

現在、超音波診断装置の使用は、「救急救命士法施行規則」においては認められてない。そこで、現状の救命士の業務の範囲を明確にする。

(1) 救急救命士法

救急救命士法は平成3年4月23日に公布され、同年8月15日から施行した。全五章から成り立っている。この法律が救命士全般の職務、規則、資格を規定し、救命活動の根拠となっている。具体的な業務範囲についての規定はなく、同法第二条において「(救急救命処置とは)病院又は診療所に搬送されるまでの間に、当該重度傷病者に対して行われる気道の確保、心拍回復その他の処置であって、当該重度傷病者の症状の著しい悪化を防止し、又はその生命の危険を回避するために緊急に必要なものをいう。」という条文と、同法第四十四条において特定行為を規定する「救急救命士は、医師の具体的な指示を受けなければ、厚生労働省令で定める救急救命処置を行ってはならない。」という条文があるにすぎない。

(2) 救急救命士法施行規則

救急救命士法施行規則は、救急救命士法を補完する厚生労働省令で平成3年8月14日に公布された。全三章から成り立っている。同法第二十一条が救急救命士法第四十四条の特定行為に関する処置を具体的に定めている。この条文は何度も改正されているが現行法では、「厚生労働大臣の指定する薬剤を用いた静脈路確保のための輸液」、「厚生労働大臣の指定する器具による気道確保」、「厚生労働大臣の指定する薬剤の投与」と限定している。

(3) 救急救命処置の範囲等について

「救急救命処置の範囲等について」は厚生労働省が公布する省令で、平成4年3月13日に公布された。この省令は救急救命士法第二条の「救命処置」を具体的に特定行為も含め明文化している。以下が省令に記載された行為である。

自動体外式除細機による除細動

乳酸リンゲル液を用いた輸液

食道閉鎖式エアウェイ、ラリングルマスク又は気管内チューブによる気道確保

精神科領域の処置

小児科医領域の処置

産婦人科領域の処置

自己注射が可能なエピネフリン製剤によるエピネフリンの投与

聴診器の使用による心音・呼吸音の聴取

血圧計の使用による血圧測定
心電計の使用による心拍動の観察及び心電図伝送
鉗子・吸引器による咽頭・声門上部の異物の除去
経鼻エアウェイによる気道確保
パルスオキシメーターによる血中酸素飽和度の測定
ショックパンツ使用による血圧保持及び下肢の固定
自動式マッサージ器の使用による体外式胸骨圧迫心マッサージ
特定在宅療法継続中の傷病者の処置の維持
口腔内の吸引
経口エアウェイによる気道確保
バッグバルブマスクによる人工呼吸
酸素吸入器による酸素投与
気管内チューブを通じた気管吸引
器具を使用した気管挿管

1.4.6 業務範囲を拡大する法改正

救急救命士の業務内容又は業務範囲を規定しているのは厚生労働省の省令であることから、救急救命士の業務拡大を図ることは、つまり厚生労働省令の改正を意味する。ここでは、実際にどのようなプロセスを経て省令が改正されるかを説明する。第1段階として消防庁、厚生労働省が共同で立ち上げた「救急救命士の業務のあり方に関する検討会」が救急の現状や現場の声をリサーチし、追加するべき業務について検討する。検討会では、追加又は拡大する業務について、以下の5点を指標として検討する。

良質かつ適切な医療提供の一環であること

診断の確実性と緊急度が高いものであること

国際蘇生協議会のガイドラインがあるものは、クラス1（実施すべきものとされ、利益とリスクを比べた際、得られる利益の方がはるかに大きい）又はクラス2a（実施が効果的とされ、利益とリスクを比べた際、得られる利益が大きい）に指定されている行為

迅速な搬送の妨げにならないこと

処置が単純明快でプロトコル化できるもの、などがある

追加、拡大する行為について検討がなされたら、次は厚生労働省科学研究班による分析、実証実験でその有効性や安全性が検証される。研究班は検討会で検討された業務について安全性、有効性、簡易性の面を考慮して改正の妥当性の適否を報告書にまとめる。その後、新しい業務が厚生労働省令の改正をもって公布され施行される。

1.4.7 新業務の運用にあたっての Protokol 作成

(1) Protokol 作成にあたって

1.4.6 で、厚生労働省令を改正し、新たな業務として追加されるまでの流れを記したが、実際に業務を運行するにはその業務の Protokol が必要になる。救急救命を実際に取り仕切るのは地域医療圏ごとに設置されている地域メディカルコントロール（以下「MC」という。）であるわけで、運用する業務 Protokol は、地域の実情を把握している地域 MC 協議会が適任とされ、また責務となっている。そのため協議会には地域医療圏ごとの救急医療体制や地域 MC 体制を勘案した業務 Protokol の作成が望まれる。また、地域 MC 協議会には救命処置の事後検証を行うことも求められており、救急救命に精通した医師の検証のもとで業務 Protokol の見直し、改正することも求められている。

厚生労働省は、地域 MC 協議会が業務 Protokol を作成するにあたって、厚生労働省科学研究班の実証研究の報告書をもとに、遵守すべきベースとなる Protokol のアウトラインを総務省との連名で各協議会に通達する。各協議会はそれを参考に、独自の業務 Protokol を作成していく。図 1.4.7-1 に気管挿管 Protokol を一例として示す。

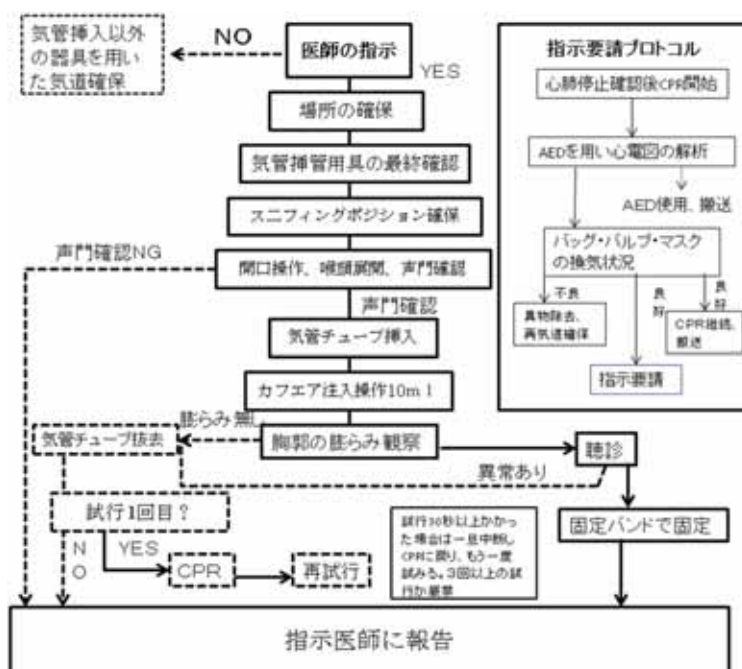


図 1.4.7-1 気管挿管 Protokol

(2) Protokol の相違

厚生労働省が 24 都道府県 84MC 協議会の Protokol 作成状況を調査した結果、業務の適応範囲など、各協議会の Protokol にばらつきがあることがわかった。

気管挿管: 66MC 協議会が適応範囲を設定している。18MC 協議会は設定していない。適応している 66MC 協議会のうち 32MC 協議会が 8 歳以上とし、12MC 協議会が 15

歳以上、年齢と体重又は身長条件を組み合わせているのが 8MC 協議会、その他の適応範囲を定めているのが 14MC 協議会であった。

薬剤投与：80MC 協議会が適応範囲を設定している。4MC 協議会は設定していない。適応している 80MC 協議会のうち 61MC 協議会が 8 歳以上とし、1MC 協議会が 15 歳以上、年齢と体重条件を組み合わせているのが 18MC 協議会であった。

静脈路確保のための輸液：6MC が適応範囲を設定している。設定していないのが 78MC 協議会。適応範囲を設定している 6MC 協議会のうち、8 歳以上としているのが 5MC 協議会、8 歳以上又は体重 25kg 以上としているのが 1 MC 協議会であった。

除細動：82MC 協議会で適応範囲を設定している。設定していないのは 2MC 協議会のみ。設定している 82MC 協議会のうち、1 歳以上としているのが 76MC 協議会、8 歳以上としているのが 1MC 協議会、16 歳以上としているのが 1MC 協議会、年齢と体重条件を組み合わせているのが 4MC 協議会であった。

気道確保：2MC 協議会で適応範囲を設定している。82MC 協議会で設定していない。設定している 2MC 協議会は 8 歳以上と 15 歳以上という内訳であった。

1.4.8 救命士の教育

業務の追加にあたって、救命士の教育は必須であり、技術的に高度な処置や傷病者に対して負担の大きな処置などには一定量の講習と資格認定の試験が必要である。現在、救命士の業務の中で、認定証が必要な業務に薬剤投与、気管挿管がある。救命士であっても資格を有しなければ薬剤投与も気管挿管も行えないということである。それらの資格を習得するための講習内容を、厚生労働省が規定している。

改正前の救命士は気管挿管再講習及び薬剤投与再講習を受ける必要があるが、法改正後に救命士になったものは、養成所の養成課程のプログラムに両講習が含まれているため再講習を受ける必要はない。実習の終了のみで認定証の交付を受けることができる。

1.4.9 救命士による超音波診断に必要な教育

ここでは、救命士による超音波診断装置の使用が認められた場合に必要な教育とその課題について考察する。

超音波画像リアルタイム伝送が実現できた場合においても、救命士自身に最低限の超音波診断に関する知識とスキルがなくては、適切な情報伝達がなされることはない。救急現場における超音波診断にかけてよい時間は限られるため、なおさら救命士個人のスキルアップが望まれることになる。救命士は、その養成課程において解剖学や生理学といった基礎をすでに学習しており、超音波診断装置使用のために必要な講習は気管挿管講習や薬剤投与講習のようなボリュームは不要であると思われる。非侵襲的な検査であることから、主として検査機器を実際に使用した訓練に時間を割くことが必要である。また JPTEC の活動に組み込んだプロトコルを作成し、現場活動を想定したシミュレー

シヨントレーニングを行う必要がある。米国のパラメディックに病院前超音波検査導入した1件の報告によれば、事前のトレーニングは6時間としており、比較的短時間の講習で導入できる可能性がある。

以下に必要と思われる教育課題について列記する。

解剖学・超音波診断の基礎知識の習得

超音波診断装置の操作方法の習得

- 検査時の傷病者体位
- 本体操作（ゲイン、深度、計測、データ保存、装置保全など）
- プローブ基本操作（腹部プローブ、心臓用プローブ）
- プローブの感染対策

健康者を対象とした実習 適切な探査部位、プローブ角度、呼吸の影響、正常解剖の理解

院内検査部門/ERでの見学・実習 より実践に近いトレーニングを行い、手技のスピードと正確性を向上

FASTのみならず、心臓超音波についても基礎知識と操作手技を可能な限り習得
救急車内での現場活動を想定したシミュレーショントレーニング

それぞれのトレーニングに必要とされる時間や経験症例数については今後の検討が必要である。また認定の要件についても地域MC下で検討していく必要がある。

1.4.10 検証

救命士による病院前超音波診断については、その有効性について地域MCでの事後検証が必要となる。具体的には以下のような項目について検証されるべきである。

(1) リアルタイム伝像画像の信頼性

救命士操作により伝送された超音波画像が診断的価値を持ちえたかどうかについて受け入れ病院の医師の評価を踏まえて検証する必要がある。

(2) 搬送病院選定

FASTにより、より適切な病院選定が可能であったかどうかについて地域MCにより検討が必要である。

(3) 蘇生処置内容

FASTの情報を得た救急医療機関の搬入前準備、来院後の蘇生処置にどのような影響があったのか、また病院前のFASTと、救急外来でのFAST所見に乖離が見られた場合は、時間経過によるものか、検査スキルによるものかについて検証する必要がある。

(4) 患者予後

(1) ~ (3) を踏まえ病院前 FAST が患者予後に与えた影響を検証する必要がある。

1.4.11 FAST 以外での超音波診断

これまでは、主として FAST について検討してきたが、超音波診断は、心血管救急・心肺停止においても必須のツールとなっている。JPTEC のプロトコルに FAST を導入するのと同様に、心血管救急・心肺停止においても病院前超音波診断をメディカルコントロール下に導入することができれば、より適切な患者評価ができ、外傷と同様に病院前から救急外来に至るシームレスな診断と治療を実施できる可能性がある。

日本版ガイドライン 2010 の二次救命処置のアルゴリズムを図 1.4.11-1 に示す。可逆的な原因の検索と是正、心拍再開後の評価に超音波診断が必要とされている。具体的には急性心筋梗塞、肺塞栓症、心タンポナーデ、急性大動脈解離、腹部大動脈瘤破裂、腹腔内出血などが検出できる可能性がある。

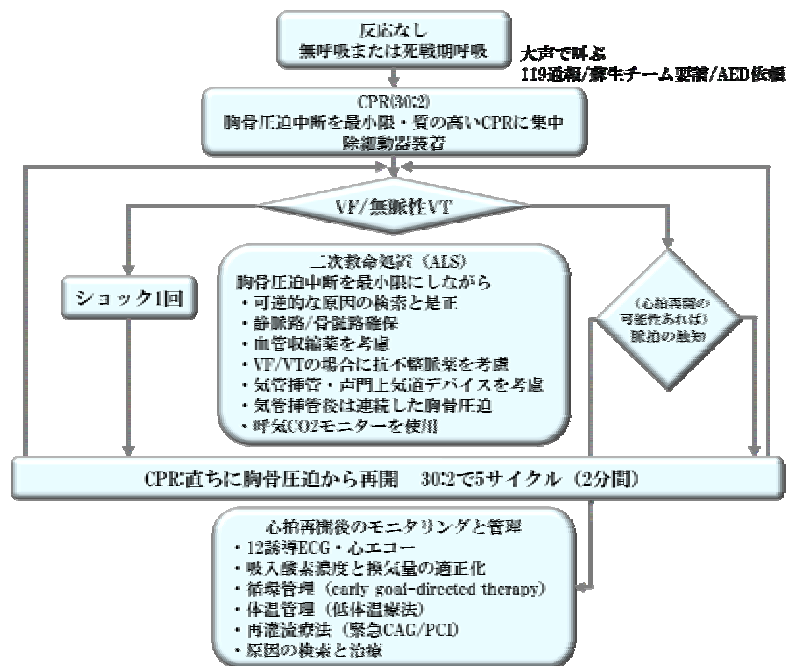


図 1.4.11-1 二次救命処置アルゴリズム

出所：日本版ガイドライン 2010

第2章 モバイル通信環境下における リアルタイム動画伝送技術の明確化と標準化

2.1 電子診療袍を利用したモバイル通信環境における救急車内映像伝送

2.1.1 目的

救急車内における救急救命士による FAST を可能にするためには、取得する超音波エコー映像が医師の意図したものであるかどうかが重要である。すなわち、医師が救急救命士に対しプローブ位置及び姿勢の修正を遠隔指示する必要がある、その実現には、患者の身体の実写映像と超音波エコー映像の両方を同時にリアルタイムで、救急車から病院に伝送できることが望ましい。本 F/S では、東北大学を中心とするコンソーシアムで開発した電子診療袍を利用することで、固定インターネット回線のない救急車でも利用可能なモバイル通信環境において、ポータブル超音波エコー映像と小型カメラによる患者映像を高品質で安全に同時送信することが可能な技術の応用可能性及び救急車内通信システムと関連機器の標準化のあり方に関する検討を行う。具体的には モバイル通信系ブロードバンドを使った検証、回線が細い場合に画像品質を確保する方法、救急用医療機器やシステムの標準化のあり方、新しい教示システム、について検討する。

2.1.2 望ましいシステムの概要

図 2.1.2-1 に本 F/S で対象とするモバイル通信環境下における救急車内映像伝送システムの概念図を示す。

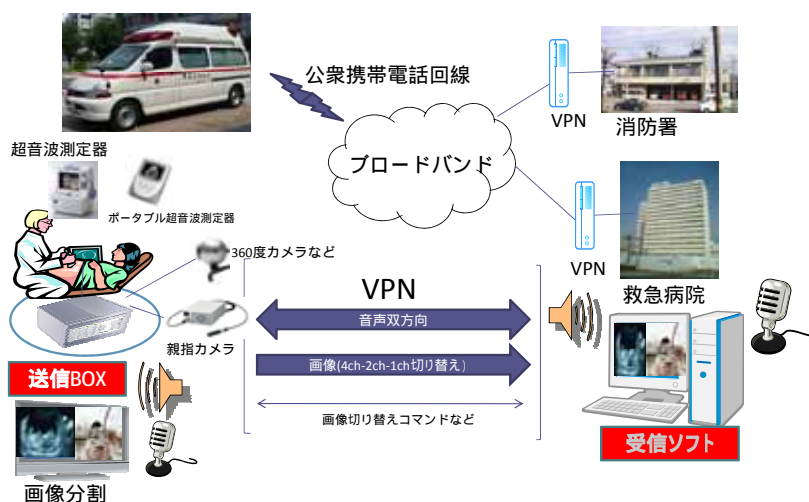


図 2.1.2-1 救急用医療情報伝送システムの概念図

携帯電話あるいは PHS 回線を利用したモバイル通信環境であれば、移動体においても無線によるブロードバンドのインターネット接続環境が実現でき、比較的low額である。

これによって、救急車と消防署及び救急病院との間の高画質リアルタイムの映像通信環境が構築可能となる。

FAST を中心とする場合、対象となる映像は腹部及び胸部に対する超音波エコー映像である。ただし、この映像だけだと、超音波エコー映像に基づく診断において重要な操作者のプローブ位置及び姿勢の情報が遠隔にいる医師に伝えられない。そこで図 2.1.2-2 に示すように、映像源としては超音波エコー映像の他に、プローブ、操作者、患者、その他車内の光景が伝送されることが望ましい。そのため、これらを取得するための複数カメラや、医師側では超音波エコー映像とプローブ等の環境映像の両方を同時に見られる画面が分割されて表示されるシステムなどが必要となる。更に、緊急時のトリアージに有効と思われる生体情報である心電図、血圧、聴診データも伝送できるようなシステムとすべきである。当然、医師と救急救命士間の音声による通話も滞りなく実行できなければならない。これらの情報は、救急車からインターネット回線を通じて送るため、患者の個人情報保護のために何らかの形でリアルタイムに暗号化することも必要である。

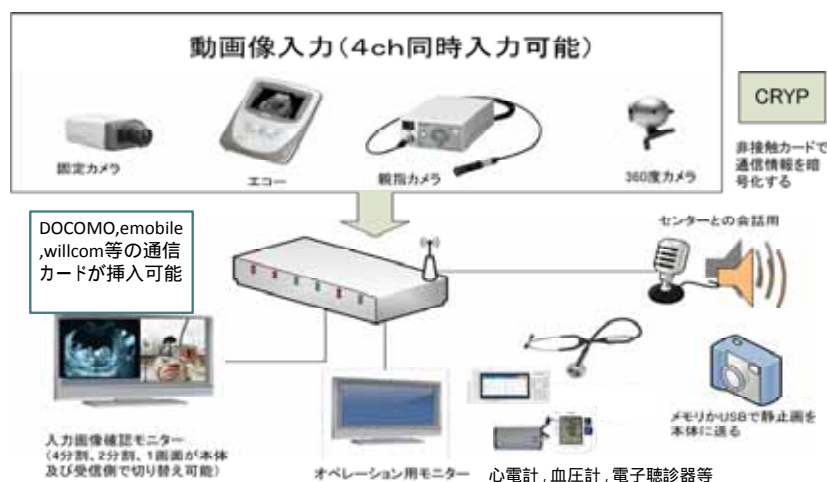


図 2.1.2-2 救急車における情報通信機能

2.1.3 電子診療靴

(1) 電子診療靴の概要

2.1.2 で述べたような要件を満たす既存のシステムとして「電子診療靴」がある。本システムは高画質映像を中心とした生体情報を、モバイル通信環境を利用することで、いつでもどこでも簡便に伝送可能な遠隔医療システムであるモバイル健診装置である。電子診療靴は、そのモバイル通信環境を利用する映像に基づく遠隔医療の機能から見て、救急車にも適用可能である。そこで、本 F/S では電子診療靴を実験手段として採用した。

(2) 電子診療靴の機能

電子診療靴の機能及び外観を図 2.1.3-1 に示す。本装置は超音波エコー装置を除き、

心電計及び血圧計を含め一つのトランクに収納できる。本 F/S では、看護師・患者と医師との間に使用されるハンズフリーの携帯電話セットの代わりに、映像も同時に双方向で伝送できる Skype 端末装置を用いている。

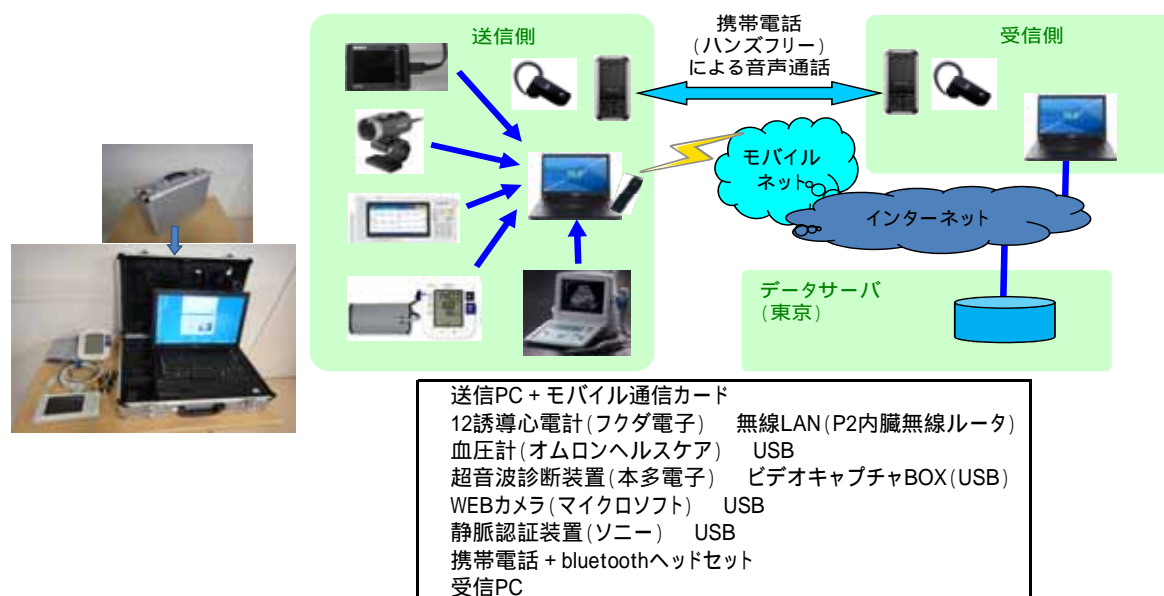


図 2.1.3-1 電子診療鞆の概観と機能

(3) 実施例

2009 年から 2010 年にかけて、4 つの診療所及び 1 つの中核病院において、模擬患者を用いて看護師及び医師が本装置を実際に操作する実験を行った。この実験では、模擬患者の映像及びその超音波エコー動画を伝送することによって医師側から在宅模擬患者の状態が十分把握できること、及び血圧計と心電計について計測した情報をほぼ自動的に簡単に医師側に伝送することができることを確認した。評価を行った医師からは、システムの性能としては臨床での使用上十分であるという見解を得る一方で、超音波エコーの解像度及び可搬性・操作性を更に向上させるべきであるという意見があった。在宅診療を専門に行っている医師 2 名に本システムの臨床上的有効性を評価してもらった結果、可搬性・操作性を更に向上させる必要があるとの意見があった。また、本システム普及のためには、訪問診療を行っている医師が本システムを必要とする環境を整える必要があり、潜在的ニーズの掘り起こしが重要であるという見解を得た。更に、価格設定や診療報酬のレベルの如何によって普及が左右されることも指摘された。

また本装置は、2010 年 10 月には日本の代表的な離島である沖縄県宮古島においても実証実験を行っている。宮古島は離島であるにもかかわらずモバイル通信環境は本土並みに整っている。しかしながら、台風対策のため一般民家も多くがコンクリート製であり、家の中における携帯電話の電波環境はあまりよくなく、屋外と室内とで通信環境が大きく異なることが電子診療鞆の適用上課題であることが明らかとなった。

2.1.4 電子診療鞆を使った救急車における映像伝送実験

(1) 実験の目的

上述のように、電子診療鞆は患者宅のような固定した場所での電波による伝送には、回線の混雑度合や大量の通信がなされたときの伝送抑制に応じた変動を除き、通信環境の時間的な変動は少ない。これに対し、救急車において使用する場合、救急車の移動に伴いモバイル通信系の電波環境が大幅に変化するため、電子診療鞆が実際に救急車に適用可能かどうかを判定するためには、実際の運用を想定した通信実験を実施しなければならない。本実験はこれを確かめるために実施するものである。

(2) 方法

使用機器

本実験では通信環境の調査であるため、救急車の代わりに普通ワゴン車(バン)を使用した。実験車に上述の電子診療鞆と双方向通話のために、携帯電話の代わりに Skype 端末 (救急車側: ASUS AiGuru SV1T、医師側: Sony VAIO P) を使用し、そのために別途モバイル用無線ルータを使用した。

各生体情報収集装置と送信 PC とのデータの伝送方式

- a) 12 誘導心電計 無線 LAN またはメモリ渡し
- b) 血圧計 画面撮影または読み上げ
- c) WEB カメラ USB

モバイル通信系インターネットアクセス方法

- a) E-mobile 3G (USB 接続)
- b) DIS mobile WiMAX 無線ルータ

伝送データの種類

- a) 生体情報 : 心電図データ、血圧値データ (読み上げ及び画面をカメラで撮る)
- b) 映像情報 : カメラデータ
- c) 音声情報 : Skype 端末・携帯電話による通話

走行経路

実験対象とした走行経路を図 2.1.4-1 の実線で示す。



図 2.1.4-1 実験対象とした経路

A)が市街地域で、B)が郊外地域である。スタート地点は丸印の東北大学工学部（青葉山）で、反時計回りにA)からB)に至り、またA)に入り、スタート地点に戻った。

(3) 結果

2010年11月5日に実験を行った。走行スピードは40km/hないし50km/hであった。

A)市街地域

図 2.1.4-2 に市街地域 A)の計測結果を示す。主要な地区の結果は次のとおりであった。

a)E-Mobile 3G (電子診療靴)

- i) スタート（電気・通信工学専攻玄関前）：上り 1410kbps、下り 2.5Mbps
- ii) 青葉山の麓付近：接続不可能
- iii) 本町一丁目歩道橋（エアカナダ前）：上り 1.7Mbps、下り 4Mbps
- iv) 文殊菩薩堂（八幡7丁目バス停付近）付近：接続不可能
- vii) 青葉山トンネル付近：接続不可能

b) DIS mobile WiMAX 無線ルータ(Skype用)

市街地域 A)ではiv)よりおよそ1km東の国見町八幡フットサル場付近までは良好だったが、それ以西では通信不能。

市街地域ではほとんどの場所で良好な通信速度を得られたが、山沿いやトンネル内で通信不能の箇所があった。



図 2.1.4-2 市街地域 A)の計測結果

B)郊外地域

図 2.1.4-3 に市街地域 B)の計測結果を示す。主要な地区の結果は次のとおりであった。

a)E-Mobile 3G (電子診療靴)

- v) 県道 55 号線付近～愛子大仏付近：やや良好

vi) 開成橋～広瀬中～愛子バイパス付近：良好

b) DIS mobile WiMAX 無線ルータ(Skype 用)

全域で通信不能ないし不良

v)の地区は市街地域から離れた地区であったが、丘陵地帯で見通しがよく通信状況が予想よりよかった。



図 2.1.4-3 市街地域 B)の計測結果

以上をまとめると、次のようになる。

a)E-Mobile 3G (電子診療鞆)

docomo 回線を使った 10 月 4 日の実際の救急車に搭載した実験では、画像伝送を行った後、数分して急に伝送スピードが落ちた。これは、連続的に大容量の通信を行っているユーザーに対して送信容量制限が行われたためと思われる。

11 月 5 日の実験は E-mobile で行ったが、仙台中心部では安定した画像伝送が行われた。一部の電波の弱い地域では 1 秒間隔程度フリーズした。トンネルなどの場合は、当然であるが伝送不能に陥った。

b) DIS mobile WiMAX 無線ルータ

市街地では良好な結果となり、WiMAX では送信容量制限などは行われていないと推測された。ただし、カバーエリアは市街地域が中心としており狭いようである。

(4) 考察

現在のわが国で使用可能なモバイル回線によるブロードバンド・サービスは、大きく携帯電話 (PHS) 系と WiMAX 系に分けられる。携帯電話 (PHS) 系では、上り・下りで 10Mbps ないし 20Mbps であり、WiMAX 系では上り 10Mbps、下り 40Mbps となっている。電子診療鞆のように、ユーザーで発生した情報を一旦中央のサーバーに上げる場合には、上りの通信速度が重要である。これに対して WEB ページ閲覧や動画配信などの場合には中央から一般ユーザーへの通信速度、すなわち下りの速度を高めた方

が都合がよい。このために、多くのサービスでは上りより下りの方を速く設定している。

現在本研究室で入手しているモバイル通信系インターネットアクセス方法は4種類であり、今回の実験では、E-mobile 3G（電子診療鞆用；D31HD、USB接続）：上り5.8Mbps、下り21Mbpsと、WiMAX（Skype 端末用）DIS mobile WiMAX 無線ルータの2つを用いた。DIS mobile WiMAXの公称速度は不明であるが、10Mbps、下り40Mbpsであると推測される。

今回の実験では、E-mobile 3Gの最高速度は、本町一丁目歩道橋（エアカナダ前）での上り1.7Mbps、下り4Mbpsであった。公称値が10Mbpsないし20Mbpsであることに比較して低い値であるが、モバイル系の通信速度計測サイトなどの例を見ても、この値は普通である。電子診療鞆の場合、上りの通信速度がおよそ300kbps以上あれば動画通信が可能となっており、仙台市の場合、市街地走行に限ればモバイル通信環境は整っていると判断される。また、情報からはE-mobile 3G系とDIS mobile WiMAX系の両者ともに今回実験した郊外地域B)もサービスエリアとなっはいるが、峠や山間部はエリア内であっても通信困難な場所があることが走行実験において確かめられた。

（5）結 論

本実験では、モバイル通信環境を利用した救急車映像伝送システムとして、訪問診療用が開発された電子診療鞆が適用可能かどうかを、実車走行実験を行うことにより確認した。その結果、各キャリアのサービスエリア内においては実測した通信速度は公称値より低いながらも通信には十分であることが確かめられた。ただし、サービスエリア内であっても山間部や峠付近では通信不能の場所が局在する。したがって、実際に救急車内で運用するには、あらかじめ各所における通信可能状況を予め調査しておくことが推奨される。

また、キャリア毎にカバーエリアやデータ通信制限に差異があるので、どのキャリアを採用するかについても判断するべきであることがわかった。更に、実際に運用することになると、救急車等の移動体でのデータ通信は、やはり安定した通信の確保が困難になることが予想されるので、通信断後の自動復帰システムが必要である。できれば複数のキャリアに加入し、最適な通信キャリアを自動で切り替える方式が必要である。どうしても通信が途絶えがちになる際には、リアルタイム性が少ないデータは、一旦PCに保存し、ファイル転送などにする仕組みも必要であると思われる。

一方、救急車などの公共性が高いものに対しては各キャリアで行っていると推測される通信制限を解除するような仕組みの導入も期待される。

2.1.5 新しい教示システムの検討

（1）目的

ここでは、医師が救急救命士に対しプロローブの位置及び姿勢の修正を遠隔指示するた

めの教示システムについて検討する。

(2) 課題

超音波エコー映像の遠隔教示システムに求められる条件としては次のとおりである。

1) 病院の医師

- 車内固定カメラの映像で患者の全体を確認する
- 小型カメラで患部を確認する
- 救命士にエコーの対象部分を指示する
- エコー映像で体内の状況を確認する
- 適切な映像となるまで救命士にプローブ位置・姿勢を指示する

2) 救命士

- 小型カメラで医師が見たい患部等を映す
- 医師の指示でプローブを操作し、プローブの位置・姿勢を保つ

超音波エコー装置の取扱いと FAST に求められるプローブの位置・姿勢に熟知している救命士であれば、医師からの言葉による指示だけで適切なプローブの位置・姿勢を保つことが可能であると思われる。しかし、初期訓練時の救命士や経験の浅い救命士に適切なプローブの位置・姿勢を言葉だけで伝えることは困難である。基本的に、プローブの位置・姿勢は 3 次元的な情報であるので、これを 2 次元の実写映像に基づいて医師が口頭での指示だけで教示できるかが問題である。また、救急車に搭載するには、システムが小型・軽量・安価であり、操作性に優れている必要がある。

(3) 新しいシステムの設計

教示システムについては、先行研究例もあるが、装置が大がかりで高価であるなどの欠点がある。特に、患者の皮膚にプロジェクタの映像を投影することは、明るさや患者の位置が一定しない、計測者の手や腕でプロジェクタ画像が隠蔽される、などの点で現実的ではない。そこで、従来提案されている教示システムの欠点を補うシステムとして、次のような条件を考える。

1) 救急車の中でも使用できること

- 設置が容易
- 小型・軽量
- 他の救急処置の邪魔にならない
- 高耐久性
- 安価
- 既存のプローブに脱着可能

2) 的確な教示ができること

- 目標プローブ位置へ直感的に誘導できる
- 操作者の手や腕の影響がない

- 入力装置やインジケータとパソコン間の通信は無線とし、邪魔なコードを持たない
- 操作者は行動が制約されるような HMD 等を装着しない
- 操作者のインジケータとプローブは一体化しており、視認性がよい
- 教示者へ提示される映像には、実際のプローブと教示者によって動く目標プローブが両方表示される

3) 目標プローブ位置・姿勢に関する教示すべき、図 2.1.5-1 のような次の諸量が教示できること。理想的には、ベクトル p と u が立体的に表示されるべきである。

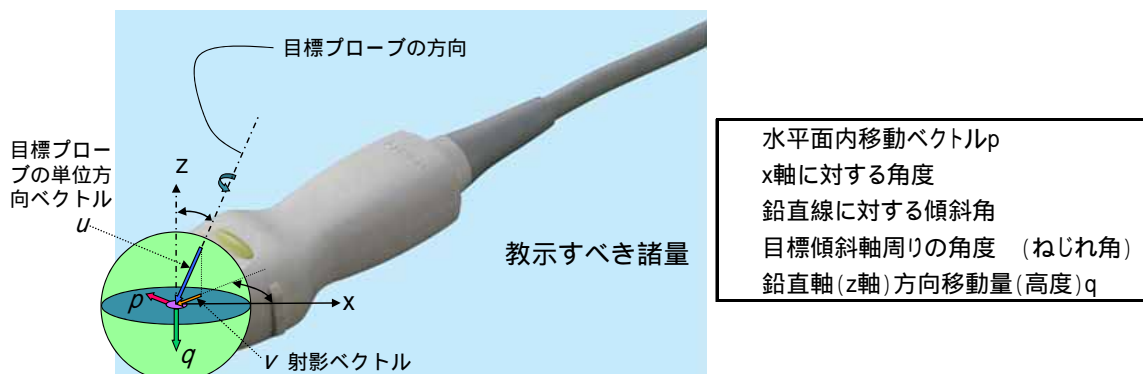


図 2.1.5-1 目標プローブ位置・姿勢に関する教示すべき諸量

(5) 提案システム

そこで、本 F/S では次のような教示システムの試作器を作製した。

システム全体の構成を図 2.1.5-2 に示す。教示者側はポヒマスなどの磁気式の 3 次元デジタルで教示情報を PC に送り、モバイル通信系のインターネット経由でその情報を計測者側（救急車側）に送る。

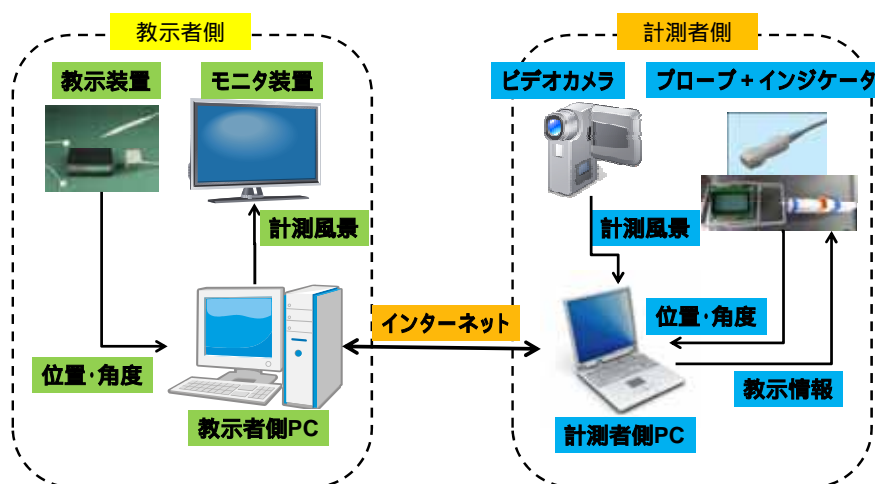


図 2.1.5-2 システム全体の構成

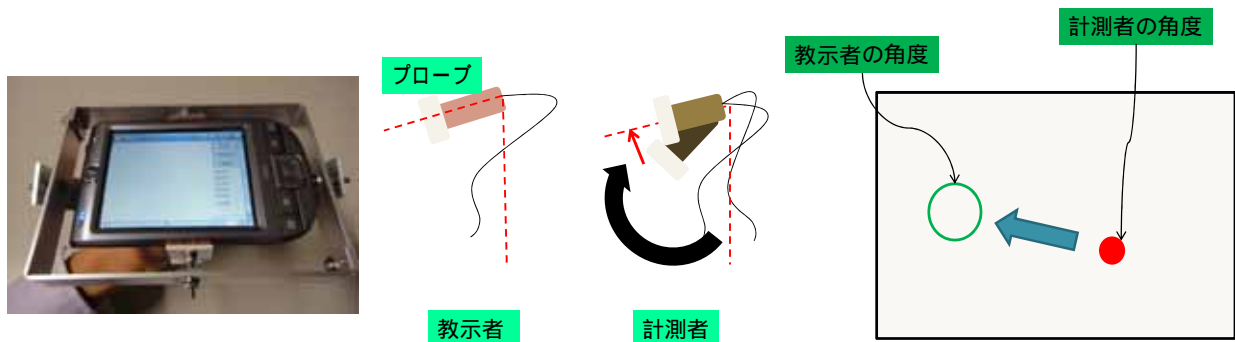


図 2.1.5-3 試作したインジケータと画面の表示

計測者側では、プローブと一体化した図 2.1.5-3 のようなインジケータにその情報を表示する。インジケータは PDA (Hewlett-Packard 社製 iPAQ112) がジンバルによって 2 自由度で自由に回転する構造を持ち、PDA の表示面が常に水平となるようになっている。ジンバルの支持軸はプローブと一致しているので、計測者はプローブをどのように動かしても PDA の表示画面を常に参照することができる。ジンバルの支持軸には角度センサ (任天堂 Wii リモコンまたはワイヤレステクノロジー社製 6 軸加速度・ジャイロセンサ Waa-006) が装着しており、この量が無線でインジケータ用の計測者用 PC に送られ、これを処理した量が PDA と医師用 PC に送られる。PDA の表示画面には、図 2.1.5-3 のように、目標値と実際の値に相当する量が 2 次元平面内の点として表示され、計測者は図の円の中に点を入れるようにプローブを操作する。

(6) 提案システムの評価

現在のところ、ジンバル支持軸の角度センサから PDA への表示に約 1 秒の遅延があり、操作性に難点がある。また、ジンバルの制動が適切でないため PDA の表示面が安定せず、視認性が悪い。更に、正確には直交座標と回転座標の 6 自由度の量が自然に教示できることが望ましいが、本システムでは安価な加速度・ジャイロセンサを使用しているため、プローブの姿勢角に関する 3 自由度のうちの 2 自由度のみが表示でき、他の 1 自由度 (ねじれ) と直交座標の位置 (3 自由度) の表示ができない。価格を度外視すると、センサとして絶対位置も計測できる磁気式センサを使用すればよいが、近くに鉄のような強磁性体があると精度が落ちる恐れがある。今後は PDA の代わりに、単独でインターネット接続ができるスマートフォンなどをディスプレイに使用することが考えられる。

2.2 ブロードバンド情報転送システム検証体制

本 F/S では、FAST 画像情報とともに転送されることを必須とされる、救急画像情報転送について検討した。救急現場では図 2.2-1 に示すような多数の情報が救急隊と救命センター間で行われている。このような煩雑とも取れる画像環境の中で救急隊及び救命センターとの間の画像情報転送における要件を、情報共有用ヘッドマウントディスプレイ、傷病者生命反応及び急性腹症情報転送システム、ワイヤレス喉頭鏡の 3 項目について検証した。また実際の救急現場で使用される多くのパワーソース使用環境の画像への影響について評価を行った。また、東北地区と九州地区の数か所で同じスタイルにて画像転送性能を評価すべき項目として地形及び救急車両の運用における地域格差を検証した。

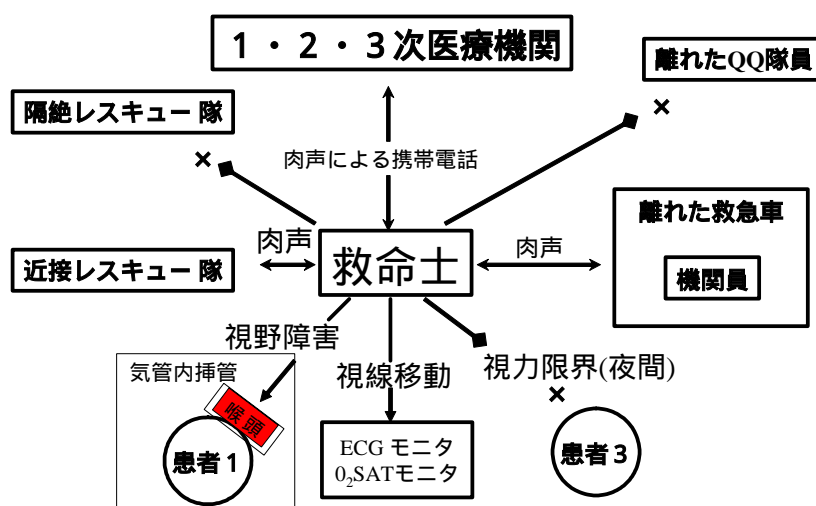


図 2.2-1 救急現場における情報共有上の問題点

2.2.1 救急隊及び救命センターとの間の画像情報転送における要件の検証

(1) 情報共有用 Head Mount Display の開発と検証

3D 画像情報に適応する ICITI 社の 3D ヘッドマウントディスプレイを使用し、救急現場における救命士・レスキュー隊に必要とされる仕様条件を検証した。まず救急隊員について検討を開始した。検証に使用される画像は、ワイヤレス喉頭鏡画像と救命センターより救急隊に転送される画像データである。今回評価対象である超音波画像の代用として救急車内に設置した定点 CCD 画像を超音波画像に置き換えて他のデバイスからの画像情報との混在環境における評価を行った。試験的に出場した救命士が 3D ヘッドマウントディスプレイを装着したところ、多様で広い活動範囲を有する救急隊にとって救命センターより提供される医学的指導は有益ながら、傷病者の早期搬送が最優先事項であり、その点で 3D 型ヘッドマウントディスプレイは現状での傷病者の処置への支障という問題が生じることがわかった。そこで、図 2.2.1-1 に示すモニターの背側に 28

万画素の CCD ワイヤレスカメラが配置してあり、救急隊が置かれている現象をライブ転送可能な単眼フレキシビリティ型ヘッドマウントディスプレイを用いることとし、ブロードバンドによるリアルタイム画像転送の有用性について評価した結果、救急活動現場における有用な情報の方向性が目まぐるしく変化することが判明した。



図 2.2.1-1 単眼フレキシビリティ型 Head Mount Display

救急隊が現場に到着してまず必要とされる画像情報は救急隊から救命センターへの現状報告としての画像情報であった。現状報告画像は極めて有用であり、内因性疾患では傷病者の表情と色調などが鮮明な画像で送付されることによって病態の重症度を一目で救命センタードクターが把握するに至った。また、交通外傷では事故状況を直接観察することによって、傷病者の置かれている状況を把握するとともに、搬送自体に入るまでのおおよその時間も見て取れると判断された。しかし、簡略型の軽量使用としたため、動作を吸収するダンパー機構を付加していないことで、救命センターより、一瞬見たい瞬間を救命士に音声伝達して胎動を止めてもらう時間が必要になるという問題点が明らかとなった。このことは少なからずとも救命士の活動を阻害することとなるため、単眼 CCD 内部に一般化した手振れ補正機構の増設検討が必要であると考えられた。

上記の過程で全く機能していなかったのが救急車内の定点カメラであった。傷病者の車内収容前には、救急車から救命センターへの情報転送チャンネルが超音波画像の必要ない分、性能的には空白となる時間帯である。よって、超音波画像を転送できるスペックを有するエンコーダーを使用する場合、車外救命士のヘッドマウントディスプレイに装着している CCD 映像にすべての画像転送能力を集中させることによって、体動はあるものの傷病者の病態をより鮮明に観察できる画像の転送が可能であることが判明した。今回の検証では、救急車内の映像と救命士のヘッドマウントディスプレイの画像は機関士によるマニュアル切り替えという手段しか検証できなかったが、この切り替えが救命センターからネット環境を通して行える仕様を採用すれば、機関士の救命活動参加を阻害しないこととなり、より効率的な救命活動が可能となると考えられた。

次に本検証中問題となったのが暗闇での救命活動であった。救急活動では、暗闇での交通事故・列車事故が存在し、日中においてもトンネルやマンホールにおける事故など

救命活動に暗闇が存在する現場は想像以上に多い。そこで、ヘッドマウントディスプレイの先端の CCD に赤外線照射型 CCD を使用することによって暗闇での情報転送も検証した。従来の発光ダイオードによる CCD 映像であるが全く傷病者の状態を把握できないが、赤外線小型カメラを併用することによって救急活動における暗闇の問題はクリアできることが検証できた。更に、本課題の本題である超音波画像のブロードバンド通信を施行する上で、上記の赤外線映像情報の伝達が可能であるかの検証では、通常での CCD 画像に比較して赤外線画像の方が画像情報量の少ない分非常に良好な画像転送が可能であることが確認できたことは大きな収穫であった。以上のことを小括するとプレホスピタルにおける救急隊に適應されるヘッドマウントディスプレイは単眼型軽量モデルが理想的で、単純に救命センターより一方向性に画像が転送されても意味がなく、暗闇にも対応する小型 CCD ユニットの有する双方型画像転送ユニットとすることで極めて有用なデバイスと成り得ることが確認された。

(2) 傷病者生命反応及び急性腹症情報転送システム

傷病者受け入れのために一刻を争う救命センター業務の中では、限りなく救急隊から転送されてくる画像情報を観察している余裕がない場合が存在するのも事実である。このような状況では、まず救命センターの受け入れ態勢を完全な形でスタンバイするために、傷病者の状態を把握する基本情報を現状の静止画とともに認知できるシステムの併用が有用となる。そこで、ブロードバンド情報転送との併用にて極めて有効な基礎情報転送システムを開発し検証した。検証項目は、転送情報自体の有用性と動画に先行する、あるいは動画の合間に瞬間に確認可能な軽い運用性能である。今回使用したデバイスはマイクロコンピューター OQO (図 2.2.1-2) であり、軽量かつ通常のコンピューター同様にクライアントとしての使用以外にデータ出力も可能なモデルとなっている。



図 2.2.1-2 救急用マイクロコンピューター：OQO

救命士が状態を瞬時にラジオボタンのタッピングにて入力が可能で、救命センターには、交通外傷の規模、自動車の損傷状態より想定される傷病者の外傷の可能性、また傷病者の最新の生命情報が一瞬にして把握できる内容となっている。本ソフトを実際の救急車両を想定した車と救命センターにて情報交換を行った。

この静止画を利用した画像転送は、救急活動の合間や、動画転送の間に瞬時に転送す

ることが可能であり、救命センター液晶掲示板にその情報を救急隊が救命センターに到着する直前まで情報を更新しながら掲示するし、いつでもスタッフはそれを目にしながら受け入れ準備を行うことが可能であった。更に本検証を進める中で、整形外科疾患の他、腹部疾患について救急隊を利用しての病院間搬送が非常に多いことがわかった。しかし、救命センターと異なり2次病院から救命センターへの搬送は、少数の医師とコメディカル環境からの搬送ということもあって、従来の情報診療提供書の準備に時間がかかり、更に救急隊も病院からの情報に依存し腹部情報の伝達が行われず、結局多くの情報が伝達されずに救命センターに到着する結果となっている。この救急搬送の問題を、将来的な救急車を介しての2次病院からの画像転送システムにおける基本情報の充実を目的に腹部救急用基礎情報画像転送システムを構築した。画像転送中にメール感覚で基礎情報及び前医にて施行された画像情報の転送が可能である。図 2.2.1-3 に救命センターに転送された情報を示す。マウスを置くだけで同画像の拡大も可能である。



図 2.2.1-3 QQ 用アプリケーション Ver.1.03 にて救命センターに転送された情報

本システムで最も重要な点がセキュリティーの問題である。そこで、本システムではオリジナルの QQ ファイルを作成することによって、本ソフトをともに所有するシステム間でなければ情報の共有が不可能となるシステムとした。表 2.2.1-1 は従来の携帯電話の利用による救急隊から救命センターへの基本情報転送と本システムを利用したの情報転送の効率の評価であるが、超音波動画の転送の合間に情報送信しても軽い情報量も手伝って容易に画像情報付きで基礎情報の送付に成功した。以上小括すると、ブロードバンドリアルタイム画像転送だけでは把握困難な傷病者の総合的な基礎情報と病状を伝える画像の転送は、セキュリティーを確保したオリジナル転送ソフトを使用することによって完全なシステムとなりうると考えられた。

表 2.2.1-1 従来の携帯電話利用と本システム利用による情報転送の効率の評価

n=3 mean	QQO	携帯電話
情報サンプリング時間(秒)	1 : 241	1 : 826
QQO:聴取-入力	2 : 213	2 : 691
電話:聴取-書き取り	3 : 189	3 : 712
情報転送時間(秒)	1 : 18	1 : 972
QQO:サーバー転送	2 : 23	2 : 681
電話:呼出し伝達	3 : 9	3 : 428
情報記録時間(秒)	1 : 0	1 : 380
QQO:モニター参照	2 : 0	2 : 317
電話:書き取り・呼出し・書き取り	3 : 0	3 : 424

(3) ワイヤレス喉頭鏡

救急現場で問題になる大きな課題の一つに、特定行為の実施率の低下があげられる。実際に特定行為を要求されるような場面は非常に短時間に判断及びその処置の施行が求められており、救急救命医の補助を借りる前に最善の処置時期を逸することが多い。この特定行為の中でも、適切・迅速に施行されれば救命率の向上にもつながり、逆に誤って施行されれば死期を早める可能も大きい気管内挿管に焦点を当て、ブロードバンド画像転送環境を利用し、救命センター医師によるリアルタイム気管内挿管ガイダンスを試みた。多くの救命士が慣れ親しんだ喉頭鏡をそのまま流用し、九州大学オリジナルに開発した CCD ユニットを組み込んだワイヤレス喉頭鏡を開発した(図 2.2.1-4)。



図 2.2.1-4 ワイヤレス CCD ユニと用 CCD ヘッドの適応

本デバイスからの映像はワイヤレストランスミッターを介して、自分の単眼 CCD 液晶画面に拡大表示され、喉頭への侵入を確実に補足できるとともに本研究使用の SONY 製エンコーダーを介して救命センターに送られる。救命センタードクターは救急車から送信されてくる喉頭映像を観察しながら気管内挿管の指示を出すことが可能となる。このことは、今回の課題であるリアルタイム画像がどれだけのノイズをもって、タイムラ

グなく転送できるか、という本質的な課題に直接かかわってくる問題であった。後述の救急車両の位置によるノイズとタイムラグがあるものの、救命士はアプローチしようとしている挿入ラインを認識することは十分可能であり、食道挿管や食道円蓋部損傷の危険性を排除するには十分な画像が得られることを確認できた。また、送られてくる映像を観察することによって、本来期待していた気管内挿管を完全に安全に完了するといった課題以外に副次的な恩恵が得られることが明らかになった。それは、傷病者の気道損傷による出血の有無であり、気道から排出される喀痰の性状であり、中枢気道そのものの粘膜の状態であった。

以上のことは、内因性気道疾患における分泌物の判定はもとより、外因性疾患による気道損傷と出血の程度の把握や熱傷患者における気道熱傷の程度のおおよその把握まで可能とすることが明らかとなった。また、喉頭鏡の方向による画像ノイズは見られるものの瞬間的なフリッカーノイズであり、診断・指導に支障をきたすものではなかった。また、救命士 241 名による挿管シミュレーションにより検証した結果、本ワイヤレス喉頭鏡を使用した挿管率は 100% をマークし、その有用性が明らかに確認できた。以上を総括すると、ワイヤレス喉頭鏡は救命士自ら視野を確保しにくい喉頭の映像をヘッドマウントディスプレイにて明瞭に確認しながら特定行為である挿管処置が可能であり、その有用性、確実性は 241 名の救命士によるシミュレーションでも確認された。また、挿管指導を行う救命センター医師は救命士の挿管処置を手伝うのみならず気道の状態及び気道分泌物の性状を認識することによって傷病者の病態と緊急性を把握することも可能であることが検証された。また、超音波映像転送エンコーダーを使用したブロードバンド通信はリアルタイム指導を必要とする本デバイスの運用においてその機能を十分に発揮し、超音波画像の転送との併用によってその傷病者救命率及び病態の診断率に寄与することが確認された。

2.2.2 感染防御・情報共有用ヘッドマウントディスプレイとベッドサイド診断的腹腔鏡セットの有用性検証

(1) 感染防御・情報共有用ヘッドマウントディスプレイの有用性検証

ブロードバンド画像情報転送によって救命センター初療室に刻々と救急隊より情報が転送されるが、救命センターでは医師、看護師、ME による傷病者受け入れ体性の整備のため、転送動画を定点観測することは全く不可能であった。そのためハンドフリーにてリアルタイム対応可能な画像モニターシステムが必須であることが確認された。ここで、マニュアル操作によるヘッドマウントディスプレイと肉眼の交換作業が行える動力仕様の場合には、操作する機会を逸し、しばしば可視状態が得られない狭い隙間からの肉眼作業を行う救急医師が出現することが確認されたため、ヘッドマウントディスプレイの CCD 画像と肉眼をボイスコントロール可能とすることにした。ただし、マニュアル操作のコントローラーは救急ドクターのベルトに固定し使用できるようにした。

本デバイスの運用結果としては、傷病者の診断的腹腔鏡救急処置を行っている最中に、救急隊との画像交信及び手術室への搬送の必要伝達のための院内画像交信が可能であることが確認された。このハンドフリーヘッドマウントディスプレイの運用は、画像情報のリアルタイムでの情報共有という恩恵の他に、救急医師の目の感染防御と処置中の両手の滅菌環境を解除することなく画像情報・傷病者基礎情報把握と処置中の体内 CCD 映像のモニターという離れ業が可能であることが確認された。ブロードバンドにより救急現場及び病院間と院内での多数の画像情報をモニターしながら処理を遂行する環境において極めて有効な手段と成り得ることが確認された。

(2) ベッドサイド診断的腹腔鏡セットの有用性検証

傷病者の手術確定及び新たな傷病者受け入れの同時対応を同一医師が要求されることは少なくなく、この状況を打開するため、救命センターの画像運用システムに組み込むための緊急手術確定補助 CCD デバイスを開発した(図 2.2.2-2)。本システムはヘッドマウントディスプレイに投影される救急車両からのブロードバンド画像配信とのコラボレーションを前提に開発したデバイスであり、同モニターにて外部画像情報入力と容易に切り替え可能である。このことは、救急車両との画像通信のみならず、救命センター内の各科専門医への画像コンサルテーションにも対応する。本システムは、胸腹部観察用のみならず、外傷患者における開頭画像の情報転送への応用可能性も含めた仕様となっている。



図 2.2.2-2 LOCAL GAS DORM FORMATION SYSTEM (LGDFS)

本デバイスはベッドサイドに滅菌状態で常にスタンバイ可能であり、また、緊急手術の必要性とその手技の可能性を確認する目的で、損傷部の有無と場所を確認できる最低限の視野の確保がなされる、局所送気視野展開をデバイスの特徴としている。よって、腹腔内圧を上昇させることなく呼吸器系負荷なくヘッドマウントディスプレイにて必要情報を短時間に確認し、必要医師及び手術室への画像転送が可能となる。本システムのブロードバンド画像転送システム内での運用は、前出の感染防御・情報共有用ヘッドマウントディスプレイと同様の状況にて検証可能であった。小括すると、ベッドサイド診断的腹腔鏡セットは、ヘッドマウントディスプレイと併用することにより、救急隊からのブロードバンド転送画像と救命センター手術及び救命センターの専門医の画像リ

ンクにおいて救急業務を円滑にし、救急隊からのブロードバンド転送画像を標準化するために寄与するデバイスであることが確認された。

2.2.3 救命センター画像取得環境と外科処置用パワーソースによる画像ノイズの検証

(1) 救命センター画像取得環境における画像ノイズの検証

明瞭な大容量画像が救命センターに配信されても、それを許容するだけのシステムが構築されていなければ対応することはできない。そこで、得られる画像の質に影響を及ぼす因子をその影響の程度についての結果を報告する。ヘッドマウントディスプレイの運用を容易にするために使用されるディスプレイの可動システムにはそれ自体にノイズの発生源と成り得るアクチュエーターが必要となる。このアクチュエーターはディスプレイ及びワイヤレス送受信に關与するユニット近傍に配置される状況が多く、少なからずともその動作時の画像への影響をもつ。今回はそのアクチュエーターとして通常のサーボモーター駆動のためのコイル型モーターと、電磁石を使用した応力変換装置と電磁波に影響を及ぼす可能性の低いとされている超音波モーターについてそのノイズ混入を検証した。検証結果を表 2.2.3-1 に示す。本結果より、アクチュエーターとして有力であったのが、MRCT におけるアクチュエーターとしてもクローズアップされている超音波モーターであった。サイズ的にも超音波モーターは小型軽量のモデルが存在しヘッドマウントディスプレイに適応する条件を満たしていた。

表 2.2.3-1 ヘッドマウントアクチュエーターによるノイズ

	Electrical Motor	Electro-magnetic force	Ultrasound Motor
76MHz	always (blizzard)	40% (flicker)	5% (flicker)
1.2GHz	always (blizzard)	20% (flicker)	0
2.4GHz	always (blizzard)	5% (flicker)	0

(2) 外科処置用パワーソースによる画像への影響

救急初療室で多用される止血凝固用パワーデバイスによる画像ノイズの検証結果を記載する。現在使用されているパワーソースは傷病者のボディーアースによるモノポーラ型電気メスとコンピュータープログラムにより通電制御された第二世代のバイポーラメス、及び摩擦力を利用して切開凝固を行う超音波メスがあげられる。それぞれの使用環境における画像ノイズの評価では、ノイズとして最も影響が大きかったのがモノポーラ型電気メスであった。超音波切開凝固装置に関してもノイズ混入は観察されたが、

今回テストしたパワーソースデバイスの中では最もノイズ発生率とその程度が軽かった。今回の検証結果よりモノポラ型パワーソースを使用する環境では、救急処置を開始した後に転送されてくる画像に大きなノイズが混入する可能性を意識しての使用が求められるということである。この電気メスによるノイズ混入は電気メスの配備エリアが広大であるが故に、ブロードバンド画像転送システムの稼働にあわせて、今回の結果を広く周知する必要があると考えられた。また、超音波切開装置を使用できる環境においては、超音波切開装置の使用も許容されることを提示できると考えられた。

2.2.4 救急車両からのブロードバンド映像転送効率の九州地区での検証

最後に救急車両からのブロードバンド映像転送の九州福岡地区での検証結果を提示する。検証に先立ち、福岡市におけるブロードバンド映像転送に使用可能な電波状況を確認する作業を行った。検証作業に使用した車両・器材の仕様・配置とブロードバンド映像転送のために使用した SONY 製エンコーダーを図 2.2.4-1 に示す。使用電波は、WiMAX 通信は繁華街である博多区でも通信状態が非常に不安定であり、検証に値しない環境であると判断されたため、3G 環境について福岡市を大きく 4 つのカテゴリーにわけ、電波状況の検証を行った。

- | | |
|------------|-----------------------------|
| * 通信 | : NTT Docomo USBユニット(LO5-A) |
| * 車両 | : SIBARU Breo |
| * 通信機器設定位置 | : 車両後部荷台上(アンテナ位置:同部) |
| * 通信画像 | : ワイヤレス喉頭鏡画像 |
| * 受信映像確認 | : Head Mount Display |



図 2.2.4-1 九州地区での検証における使用機材及び使用条件



図 2.2.4-2 福岡における電波状況の検証地域

検証の結果、ブロードバンド映像転送上、全く問題がないと考えられたのはC地区であった(表2.2.4-1)。A地区の繁華街では全体として極めて有用な結果が得られたが、ビル街にて一時的ではあるが画像の途絶が見られた。D地区の山間地帯では、画像のノイズ・一時中断が山間迂回路にて発生し、救急車両の進行方向でも画像のフリッカーが認められた。大きな問題を抱えたのがB地区の湾岸沿いの救急車両が頻繁に利用する高速道路下の主幹道路で、交差点で減速時に最大で2分50秒の画像転送不可能状態を経験した。これは、高速道路の頭上位置の問題と高速道路自体が多数の情報用ケーブルを持っているため、高速道路の基礎金属支柱や通信ケーブルに起因する電波障害が大きかったものと考えられた。今後、救急車両の使用経路の検証を進め、現在検討されている地下鉄内での無線環境整備と同様に幹線道路のトンネル現象の見られる部分でのワイヤレス環境整備は救急ブロードバンド映像転送において必須であると考えられた。小括すると、現在の福岡市で配備が進んでいるWiMAXを利用してのブロードバンド映像転送は困難であり、3Gでの検証では、地域全体の建築環境や地形の条件も重要であるが、救急車両が使用する幹線道路の状況が重要であり、救急車両の運行状況の統計をとり、実装試験により各幹線道路上での電波条件の問題をクリアしていく必要があると判断された。

表 2.2.4-1 4地区における通信状況

地区	通信状況
A 繁華街・ビル街	情報転送OK(ビル街にて最大12秒途絶)
B 海岸線	高速道路下にて画像途絶あり(最大2分50秒途絶・信号)
C 閑静住宅街	問題なし
D 山間部	若杉山迂回路にて画像ノイズ・途絶あり(最大1分26秒)

最後に今回検証しえた救急用デバイスを複合的に使用することで、救急現場におけるブロードバンド映像転送を有効に活用することは可能であると考えられた。以上システムが配備されると完了すると思われる救急環境情報通信の概略図を図2.2.4-3に示す。

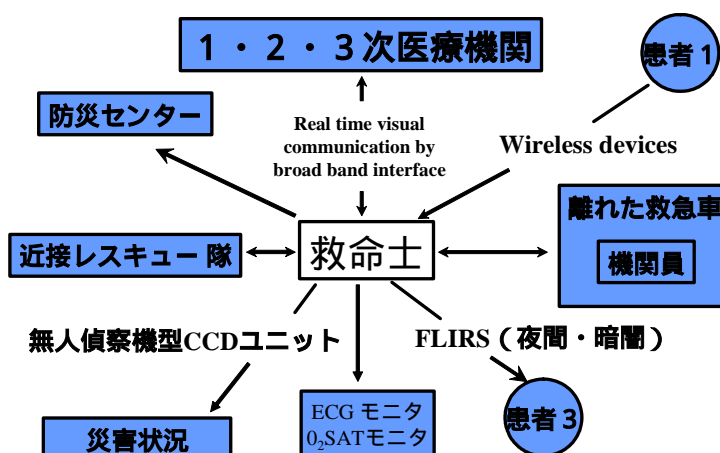


図 2.2.4-3 システムの配備により完了すると思われる救急環境情報通信

第3章 マルチ遠隔診断への応用可能性の検討

3.1 救急車内における FAST(Focused Assessment with Sonography for Trauma) 施行及びリアルタイム超音波画像のモバイル伝送

FAST(Focused Assessment with Sonography for Trauma、以下「FAST」という。)とは、胸腔内、肝・脾臓周囲、骨盤腔などの液体の貯留しやすい場所を迅速に走査する超音波検査の手技であり、主に救急外傷診療において体腔内出血の有無を迅速に確認するために用いられる。このような体腔内出血は受傷者の予後を大きく左右することから、可能な限り早期に FAST のような簡便な手技を用いて出血の有無を確認することは、救命率向上の観点からも非常に重要である。また、FAST の特徴としては、臓器実質の観察は行わないため慣れると短時間(2-3分)で実施可能であること、ポータブルな超音波診断装置があればベッドサイドや救急車内など場所を選ばずに検査を施行できること、比較的短期間のトレーニングで習得可能であること、などがあげられており、これらの特徴から、特にモバイル通信を用いた遠隔医療の領域での FAST 活用が期待されている。本 F/S では、3G モバイル回線を介してリアルタイム超音波画像を送信する手段として、映像伝送システム RVT-SD100 を用いた予備実験、及びその改良版である P2 を用いた超音波画像伝送実験を実施し、伝送された超音波画像の画質評価や臨床的有用性などの観点から検討を行った。

3.1.1 映像伝送システム RVT-SD100 を用いた予備実験

(1) 目的

本予備実験では、救急車内から超音波映像を転送して専門医のアドバイスを受ける場面を想定し、3G 携帯回線経由で走行中の車両内から映像伝送システム RVT-SD100 を用いて大学の研究室に設置された受信装置まで映像をリアルタイムに伝送することで、救急車内からの超音波映像伝送の臨床的有用性及び実施時における問題点の検証を目的とした。

(2) 実験方法

本予備実験で使用した RVT-SD100 の仕様は表 3.1.1-1 のとおりである。図 3.1.1-1 の実験装置の構成に示すように、車両内に設置した超音波診断装置からのコンポジット映像出力をソニー(株)の映像伝送システム RVT-SD100 に入力し、室内及び移動中の車両内から NTT docomo の 3G 携帯電話回線からインターネットを経由して東北大学加齢医学研究所の研究室内に設置した受信装置へリアルタイム超音波画像を伝送した。送信側及び受信側映像からの映像は、映像出力ケーブルを分岐してそれぞれ HDD ビデオカメラに SD 解像度の高画質モード(8-10Mbps Mpeg2 圧縮)で録画するとともに、

各送信場所における伝送ビットレート及びフレームレートを経時的に記録した。実験では電波状況の良好な市街地、やや電波が不安定な郊外、及び電波環境の悪いトンネル内の3カ所)を走行する車両内から超音波画像のリアルタイム伝送を行い、種々の電波状況下における伝送画像の画質及び通信安定性について検証した。

表 3.1.1-1 RVT-SD100 機器仕様 (FOMA 3G 使用時)

<ul style="list-style-type: none"> ・ 画像解像度：352 × 240 ピクセル ・ フレームレート：5 - 15 fps ・ 映像ビットレート：60 - 160 kbps ・ 映像圧縮方式：H.264 / MPEG-4 AVC Main Profile ・ ビデオ入出力：Composite IN/OUT

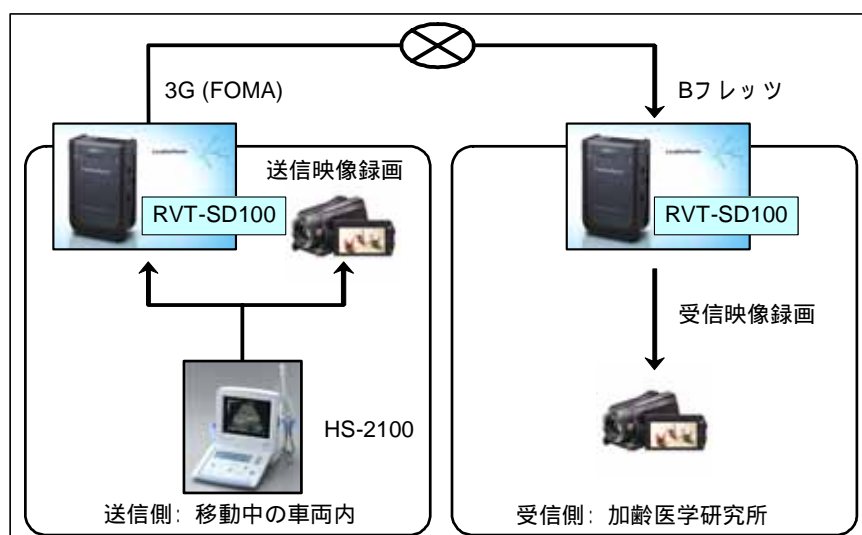


図 3.1.1-1 予備実験で用いた実験装置の構成

(3) 実験結果

それぞれの場所における平均的な計測値を表 3.1.1-2 に示す。

表 3.1.1-2 各測定場所におけるビットレート・フレームレート計測結果

	ビットレート (kbps)	フレームレート (fps)	備考
市街地	250	15	
郊外	100-200	5-10	1
トンネル内 基地局あり	150-200	8-10	1 2

1. 一時的にコマ落ち、ブロックノイズが認められる
2. トンネル内の一部では電波が弱くビットレート低下あり

市街地のような電波状況が良好な環境下においては、伝送装置の仕様である 250kbps/15fps でのリアルタイム映像伝送が可能であり、画質的にも出血や腹水貯留の確認などの FAST による診断が十分に可能であると考えられた。車両走行に伴う振動やノイズの影響は観察されなかった。

(4) 考察

予備実験で利用した映像伝送システム RVT-SD100 では、送信側と比較して受信側では解像度が約半分の QVGA となるため臓器実質のディテールは失われてしまう傾向にあり、詳細な臓器の観察や診断には実際の超音波診断装置と比較して不利である可能性が考えられるが、臓器実質の観察を伴わない FAST のような手技においては、十分に臨床的有用性を有すると考えられた(図 3.1.1-2)。また、郊外やトンネル内の走行中など、電波状況によっては映像フレームレートが大きく低下することがあるため、実際の運用にあたっては事前に電波状況や通信手順などの確認が重要であると考えられた。

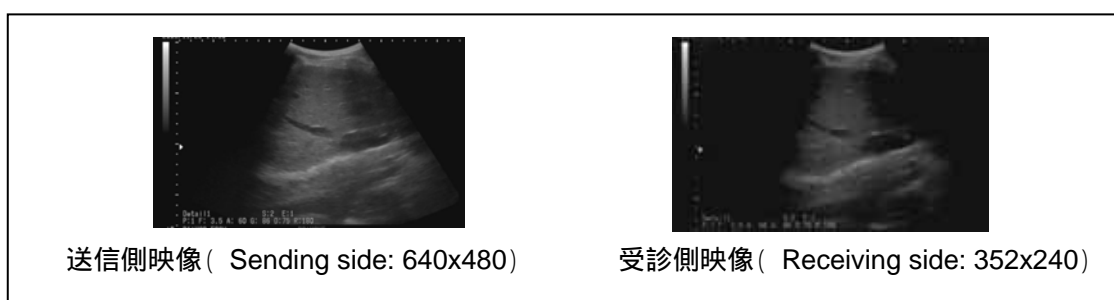


図 3.1.1-2 送信側(左)及び受信側(右)における超音波映像表示の例

3.1.2 映像伝送システム P2 を用いた FAST 実証実験

(1) 目的

予備実験の結果では、QVGA 解像度での超音波画像の伝送においても FAST のような超音波観察手技での利用については十分な臨床的有用性をもつことが示唆された。しかしながら、外傷性疾患以外で救急搬送頻度の高い心血管系疾患あるいは一般的な消化器系疾患などにおいては、臨床的に十分な診断精度を得るためには少なくとも VGA 解像度に相当する超音波画像の伝送が必要となる可能性が高いと考えられる。そこで、本 F/S では東北大学を中心としたコンソーシアムと共同で開発を継続している画像伝送システム P2 を使用した場合における超音波画像伝送の有用性について検討した。

(2) 実証実験のシステム構成及び方法

予備実験で使用した映像伝送システム RVT-SD100 と P2 との最大の相違点は、P2 では RVT-SD100 と同等の 3G 携帯電話ネットワークを使用しながら、VGA 解像度と 15fps のフレームレートでの映像伝送を実現している点である。また、P2 では PC ベー

スでのソフトウェアベースの映像圧縮を用いており、3G 経由で外部に設置した中継サーバーを介して映像を伝送（配信）しており、複数地点での同時受信が可能となっている。また、受信側のシステムとしてはブラウザベースのインターフェースを採用しているため、認証されたクライアント PC があればどこからでも映像を受信することが可能である（図 3.1.2-1）。更に P2 では、超音波信号をはじめとした外部映像入力以外にも、心電図信号、血圧、静脈認証などの各種の生体情報のセキュアな伝送が実現されている。

今回は送信側の環境として仙台市消防局の協力のもとに救急車を用いて、救急現場に近い実験環境を再現した。実験場所としては、予備実験と同様の仙台市内の（１）市街地、（２）郊外、（３）トンネル内の３カ所における救急車内での医師による FAST の実施、及び研究室に待機している指示役の医師との携帯電話音声によるコミュニケーションを介した模擬的な救急現場の再現を実施し、システムの臨床的有用性及び運用面での課題に関する検証を行った。



図 3.1.2-1 実証実験に使用した画像伝送システム P2 の基本構成

（３）実験結果及び考察

携帯電話による音声通話はすべての一般道路（トンネル内を含む）で途切れることなく可能であり、研究室側からの指示によって FAST の施行、及び研究室側でのリアルタイムの超音波映像の評価が可能であった。また、受信側の超音波映像の画質に関しては、予備実験で使用した QVGA のシステムと比較しても画像の劣化がほとんど感じられず、電波環境の良いエリアからの送信時には臓器実質の詳細についてもかなり高度な超音波診断装置による評価が可能と考えられた。

指摘された問題点としては、映像のストリーミング送信は音声通話よりも電波状況の良否の影響を受けやすく、特に今回使用した 3G 回線では送信場所によってアップロード速度の低下が顕著に認められた。更に、超音波診断装置のユーザーインターフェース等に関しては、被検者と診断装置の画面が離れていてプローブの走査がやりにくい点が問題となるため、実際に救命救急車両などにシステムを配備する際には、超音波診断装置のモニター位置やプローブのとりまわしの工夫が必要になると考えられる。

3.2 伝送前後における超音波画像の画質評価

(1) 目的

映像圧縮技術の発展とともに、非可逆的な画像圧縮による画質の劣化を数値的に評価するために様々な評価手法が提案されてきた。一般的なデジタル圧縮映像の画質評価手法としては、DSCQS（2重刺激連続品質評価尺度）などの主観的評価手法が用いられることが多い。これは、図 3.2-1 に示すようなアナログスケールを用いて、2枚の画像を交互に視聴させた場合の画質の良好さを被験者に主観的に回答してもらうことで、2枚の画像の画質の差異を数値的に記述することを目指した評価手法である。DSCQS などでは視聴に用いる映像装置や視聴環境が厳密に規定されており、また被験者も非専門家 15 名以上が必要とされる。

しかし、超音波画像をはじめとする医療用画像の画質評価については、専門家と非専門家の間で画像認識力の差が非常に大きく、非専門家による画像の解釈や画質評価が困難であることなどの理由から既存の主観的評価手法をそのまま適用することは現実的ではなく、いまだ統一されたスタンダードな評価手法が存在しないのが現状である。

本 F/S では、従来の主観的評価手法に変わって近年様々な手法が提案されている画質評価アルゴリズムを用いた客観的評価手法の超音波画像評価への適用について検討することを目的とする。

Excellent					
Good					
Fair					
Poor					
Bad					

図 3.2-1 DSCQS 評価シートの例

(2) 実験方法

これまでに様々な画質評価アルゴリズムを用いた研究報告があるが、今回は圧縮画像の客観的評価手法として人間の視覚特性に近いアルゴリズムを持つとされる SSIM（Structural SIMilarity）Index を使用して検証した。開発者の論文では SSIM Index は従来の主観的評価手法と良好な相関を示すことが報告されている。実験では、画像伝送システムによる画像圧縮及び送受信が画質に与える影響を検証するため、予備実験で用いた RVT-SD100 による超音波映像の送信側、受信側の録画映像からランダムに 20 ペアの同時刻フレームを切り出し、PC 上で Matlab を用いて SSIM Index を算出した。

(3) 結果及び考察

電波環境が良好な市街地において送信された超音波画像の評価結果を図 3.2-3 に示す。SSIM Index = 100 は劣化が全くない状態であるが、受信側の画像では Index が 87 まで低下しており、これは主観的評価スケールにおける Excellent と Good の差に相当すると考えられる。

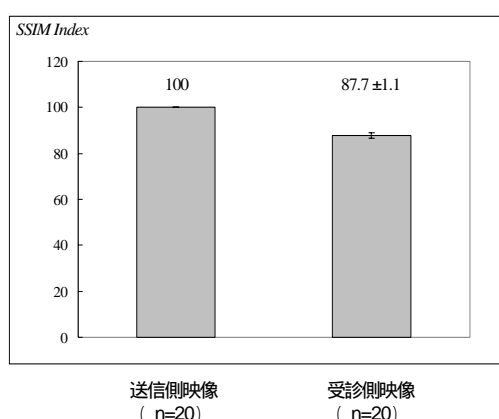


図 3.2-3 SSIM Index による送受信前後の画質比較結果

今回用いた RVT-SD100 による画像では解像度が約半分に低下していることによる画質の劣化が評価数値として示された可能性が考えられるが、画像の全体的な構造や印象は保たれるように画質のチューニングがなされており、全体的な画質としてはかなり良く保たれていると考えられる。また、複数の医師及び臨床検査技師による送信側と受信側の映像を視聴してもらった際のコメントでは、映像圧縮によってディテールが失われるため詳細な臓器実質の評価は実機に劣る部分があるが、救急医療における腹腔内出血の確認や心機能の評価など、用途を限定すれば十分に有用であるとの評価を得ており、これは SSIM Index による客観的評価結果ともほぼ一致している。

SSIM Index のような客観的評価手法の特徴として、アルゴリズムをソフトウェア化することでそのまま画像伝送システムに組み込むことが可能であり、例えば伝送中の画質をリアルタイムに評価して補正するような使用方法も実現不可能ではないことから、医師や臨床検査技師などの専門家による主観的画質評価手法とうまく使い分けることによって、より臨床的有用性の高いシステム構成が可能になると考えられる。

3.3 救命救急士の業務拡大に関する法制度緩和の検討

3.3.1 救急救命士の業務拡大に関する法制度緩和に関する議論の現状

1991 年の救急救命士法の制定により救急救命士が制度化され、救急現場における蘇生措置などいくつかの行為が条件付きながら可能となった。その業務(処置)範囲についても、現場からのニーズや法制度との関わりなど様々な議論を経ながら少しずつでは

あるが拡大されてきている。

3.3.2 救急救命士の業務拡大に関する法制度の緩和の進め方について

平成 21 年 10 月に岩手県盛岡市で開催された日本救急医学会総会・学術集会で、現役の救急救命士の約 75%が救命時の処置拡大を望んでいるとのアンケート結果が発表された。他の報告などからも救命率向上のためには救急救命士の処置範囲の拡大が必須だと考えられ、実際に多くの救急救命士もそれを望んでいることが明らかとなった。

救急救命士法、救急救命士法施行規則でいうところの救急救命士の業務（処置）範囲については、厚生労働省が発表した「救急救命処置の範囲等について」で具体的に定められており、同時に厚生労働省はその省令を改正する権限も担っている。また、救急救命士の業務内容にどのような業務（処置）を追加すべきかについては、消防庁及び厚生労働省が共同で設置した「救急救命士の業務のあり方に関する検討会」で検討したうえ、更に厚生労働省科学研究班の分析、考察をもとに処置範囲拡大の適否が検討されることが必要となる。一方、新たな業務（処置）を認めることは、救急救命士への十分な教育を前提とすべきものであることから、救急救命士の教育体制の確保等に要する経済的負担・人的資源等の医療資源も勘案し、有効性や必要性等の観点から慎重に検討すべきと考えられる。以上の議論を踏まえて、平成 22 年 4 月に「救急救命士の業務のあり方に関する検討会」で 血糖測定と低血糖発作症例へのブドウ糖溶液の投与、重症喘息患者に対する吸入 刺激薬の使用、心肺機能停止前の静脈路確保と輸液の実施、の 3 つの処置の追加について適否かどうかの報告書がまとめられた。それによると、救急救命士の教育体制、医師の具体的な指示体制等のメディカルコントロール体制が十分に確保された地域において、研究班が中心となって医療関係者と消防関係者が共同で実証研究を行い、その結果を踏まえ、検討会において更に検討することが適当であるという結論に至ったことが記載されている。

3.3.3 法制度緩和の可能性についてのまとめ

本 F/S の目標を達成するためには、最終的に救急救命士による超音波診断装置のプローブ操作を業務として追加可能かどうかという議論を、消防庁及び厚生労働省が共同で組織する「救急救命士の業務のあり方に関する検討会」に上げていく必要がある。そのためには、前述した 5 つの指標に基づき、利益とリスクのバランスに重点を置いた評価が重要となる。今後もこれらの点を踏まえて、法制度の緩和を目指した多角的な分析、検証を継続する必要がある。

3.4 離島地域における救急医療の現状

(1) はじめに

本 F/S において開発された救急用高度医療情報伝送システムが実際に医療現場で使

用される場面を想定した場合、将来的には救急現場だけではなく、高度医療機関や専門医などの医療資源が相対的に不足している過疎地域や離島などで特にその臨床的有用性が発揮されることが予想される。そこで本 F/S では、日本国内において最も多くの離島地域を擁する沖縄県における救急医療体制を概観したうえで、救急用高度医療情報伝送システムを導入する場合の課題などについての検討を行う。

(2) 沖縄県離島地域における医療の現状について

沖縄県には東西 1000 km、南北 400 km の広大な海域にわたって沖縄本島以外に 40 もの有人離島が点在しており、約 12 万人がそれらの離島に恒久的に居住している。これら離島のうち病院や診療所があるのは約半数にとどまっており、また診療所が存在する場合であっても医師一人だけの場合が多数であることから、高度医療や緊急性の高い治療が必要となった場合には沖縄本島や宮古島、石垣島などの設備が整った医療機関に患者を緊急搬送する必要性が生じる。

今回、離島の医療状況調査のために訪問した宮古保健医療圏は、沖縄本島から南西約 300km に位置する宮古島をはじめとする 8 つの島から構成されており、面積 225 平方キロメートル、1 市 1 村で人口は 54960 人（2010 年 7 月末現在）である。また、宮古島医療圏の特徴としては、沖縄県全体と比較して年齢階級別人口で 65 歳以上の割合が高くなっており高齢化の進行がみられること、更に医療従事者の人材確保が難しいために他医療圏と比較して住民一人あたりに提供することが可能な医療資源が相対的に少ない点があげられる。

平成 20 年度における宮古保険医療圏の医師数は 87 人で、人口 10 万人あたり 159.3 人となっている。産婦人科の医師数は、4 人、小児科の医師数は 10 人であり、医療圏内における一般診療所数は 38 である。また、宮古保険医療圏の小規模離島には県立または町立の診療所が 1 ヶ所ずつ設置されており、ここでの医師の確保は自治医科大学、県立病院のプライマリケア研修修了医、及び県外からの公募医によって確保されている。

(3) 離島地域における救急搬送について

沖縄離島地域のような広大な海域に診療所が点在するような環境においては、航空機あるいはヘリコプターなどによる空路を用いた緊急患者搬送が唯一の現実的な搬送手段となる。

全国的には、90 年代の終わり頃から厚生労働省ドクターヘリ事業として、国と自治体の費用負担によって僻地からの空路緊急搬送体制が整備されてきた経緯がある。当初は 3 県において運用が開始されたドクターヘリ事業であったが、その後も徐々に拡充がなされた結果、2010 年には 1 道 1 府 15 県で 21 機のドクターヘリの運用が実施されるまでになった。現状のドクターヘリ運用における課題としては、事業を維持するための自治体への高額な費用負担や、ドクターヘリの運行が日中のみ制限されており夜間の

救急搬送には対応できない点、更にはヘリに搭乗する救急専門の医師の人材確保などがあげられている。また、ドクターヘリ内部の装備としては自治体や医療機関ごとに違いはあるものの、通常の救急車が備えるモニター装置や輸液装置類に加えて、医師が現場で診断や治療に使用する AED やポータブル型超音波診断装置などの医療機器を装備している機体も数多く運用されている。

これに対して、沖縄県ではドクターヘリ事業が開始されるはるか以前の 1970 年代から 24 時間、365 日の救急搬送体制を維持しており、これまでに既に 9000 回以上の急患搬送実績がある。このような搬送体制は、陸上自衛隊と海上保安庁の申し合わせにより実現されており、陸上自衛隊が沖縄本島と離島間の空輸搬送を担当し、海上保安庁が宮古島及び石垣島周辺の搬送を担当するように区分けがなされている。沖縄離島地域の特徴として、無医村あるいは医師一人のみの離島から搬送するケースが数多いため、急患の空輸搬送においては近年医師の同乗は増えてきてはいるものの、現状では必ずしも医師が同乗していないケースもある。また夜間の空輸搬送は特に天候が悪い場合には大きな危険を伴うことが指摘されており、空輸搬送に従事していた医師や搭乗クルーが墜落により生命を失う事例が実際に過去に 2 例ほど報告されている。また、他県のドクターヘリ事業においては、消防からの要請によって現場へドクターヘリが出動する場合がほとんどであるのに対し、沖縄県離島地域においては大部分が離島の診療所からの要請での出動である点も特徴的である。

琉球大学救急部が公表している沖縄県離島地域における救急搬送の疾患別割合によると、循環器系疾患（心筋梗塞、不安定狭心症、急性大動脈解離など）と脳神経系疾患（脳出血、脳梗塞、くも膜下出血など）の割合の合計が 50%を超えており、3 位に外傷性疾患が続くかたちとなっている。また、6 位に産科関連の疾患（約 7%）があることも注目される。

（４）考察及びまとめ

疾患別割合のグラフの上位に示される疾患のなかでも、循環器系疾患の急性期における心エコーでの病態評価や外傷性疾患における FAST の施行は、救急現場において超音波診断装置が最もその真価を発揮する場面であると考えられる。沖縄県のような離島地域の救急搬送システムに、本 F/S で実施しているような超音波映像伝送による遠隔診断を取り入れることにより、救急搬送用のヘリコプターや航空機の出動にかかる多大な費用負担や、夜間の救急搬送に伴う患者や乗員の生命リスクを大きく減らすことができる可能性がある。更に、離島地域においてはもともと医療資源が乏しいことから、上述のようなコストや人材への負担軽減は医療資源の適切な配分・有効活用につながることで期待される。

4 . F/S の今後の課題及び展開

本 F/S では、FAST による救急車でのトリアージの可能性を検討することであった。これは救命という見地から出血死の防止は重要課題であり、救命センターにおける重傷外傷者の外傷死亡患者のうち「40%が予防できる外傷死亡」と言われることから、FAST を可能とする装置の救急車搭載とその超音波画像伝送は外傷性死亡率を抑えるために不可欠であるからである。そのため、メディカルコントロール下での救急救命士へのエコー操作メソッドは重要である。

一方、救急救命の中で緊急性が高く優先的に解決すべき課題としてニーズの高いものとして、心疾患のトリアージがあることがわかった。心疾患の早期治療は、単に命を救うだけでなく、その後の社会復帰率の向上のために大きく貢献する。そのため、救急車での心エコー搭載とそれを用いた迅速なトリアージを実現するためのシステムは本 F/S の今後の展開として重要な分野である。

救急用高度医療情報伝送システムの開発に関する F/S の結果、残された課題と今後の展開の方向として、以下の5つの項目をあげることができる。

(1) 電波状況の問題

本フィージビリティスタディにおける超音波診断用画像等の伝送において、大容量のデータ伝送を携帯電話網で行ったが、一般にサービスされているパブリック回線では使いづらく、回線の混雑度や救急車の地理的位置に影響を受け、また、一定時間以上の連続使用では回線が切断されるという事態が生じる。そのため、現在のままでは、確実にオンラインで画像を安定的に送ることが難しい。今後の展開としては、救急に対する専用回線の利用の可能性など電波利用の方法、更にはオンラインの必要性も含め、救急救命のトリアージ用画像送信の方式の検討が必要である。

(2) 法的制約の問題

現在の法律(医師法等)では、医師、看護師、臨床検査技師以外は超音波診断装置を操作することができない。そのため、救急救命士が独自に超音波診断装置を操作できず、医師の指示に従って操作するか、一定の定められた手順に従って実施することがマニュアル化されていないといけない。今後の展開としては、救急医療学会では75%が医行為の拡大を望んでいるので、法的緩和等によって救急救命士の医行為の拡大を積極的に求めていくことが必要である。

(3) FAST から心エコーへの展開の問題

FAST に関してはその手順が学会で確立されている。技術的には超音波診断装置を使用し FAST から、更に救急救命でニーズの高い心エコー画像伝送によるトリアージへの

展開が可能であるが、学会では、まだ、心エコーの診断手順等が進んでいない。今後の展開としては、心エコーの救急救命での利用に関して、学会レベルでの検討が必要である。

(4) 現場等の画像送信における個人情報保護の問題

救急車における画像伝送の有効性は、救急救命の分野では認められており、技術的にも実現可能である。しかし、個人情報保護や現場での救急救命士の撮影作業負担の問題によって実現されていない。今後の展開としては、個人情報保護を扱う委員会への正式諮問を通じて、救急救命現場での個人の顔を含めた映像の伝送制約の緩和や社会全体に対して現場映像の救命率向上に果たす役割の重要性の理解促進を積極的に求めていくことが必要である。

(5) 市場性の問題

超音波診断画像など救急救命関連の画像を含めた大容量データをセキュリティ確保しつつ伝送できる無線通信システムを搭載する救急車の台数は国内では限定的である。そのため、民間企業だけの資金で開発をするには量が乏しいことから、民間単独でのこの市場への参入を期待することが難しい。今後の展開としては、民間の参入に対するインセンティブを与えるためにも、ある程度の開発段階までは官民共同でシステムの開発を推進していくことが必要である。

- 禁無断転載 -

システム開発 22 - F - 8

救急用高度医療情報伝送システムの開発
に関するフィージビリティスタディ報告書

- 要旨 -

平成 23 年 3 月

作 成	財団法人機械システム振興協会 東京都港区三田一丁目 4 番 2 8 号 TEL 03-3454-1311
委託先名	株式会社ドゥリサーチ研究所
住 所	東京都港区赤坂二丁目 1 7 番 6 2 号 TEL 03-5570-0841