

NAIST-IS-MT0951128

## 修士論文

# 救急医療支援のためのウェアラブルカメラと PTZカメラを併用した傷病者情報共有システム

山崎 純一

2011年3月17日

奈良先端科学技術大学院大学  
情報科学研究科 情報システム学専攻

本論文は奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科に  
修士(工学) 授与の要件として提出した修士論文である。

山崎 純一

審査委員：

横矢 直和 教授 (主指導教員)

砂原 秀樹 教授 (副指導教員)

山澤 一誠 准教授 (副指導教員)

神原 誠之 准教授 (副指導教員)

# 救急医療支援のためのウェアラブルカメラと PTZカメラを併用した傷病者情報共有システム\*

山崎 純一

## 内容梗概

救急医療では、迅速な搬送先病院選定や適切な病院到着前処置を実施するために、救急隊と医療機関での正確な傷病者情報の共有が重要となる。従来、救急医療現場では傷病者の観察情報を音声で伝達していたため、医師が傷病者の容態を視覚的に確認できないことから正確な情報共有は困難であり、情報伝達に時間を要する問題が発生していた。この問題に対して、動画像やバイタルサインをインターネットや携帯電話回線を用いて救急車から医療機関へ伝送することで、医師が傷口の状態や顔色、心拍などの情報を実時間で確認できるシステムの開発が進められてきた。また傷病者情報のより円滑な共有を目的として、地域の複数の病院で情報を閲覧する機能が必要とされている。本研究では、複数医療機関での傷病者情報の閲覧が可能であり、救急車内に設置されたタッチパネルで救急隊員から観察情報の入力・更新を行うことができる傷病者情報共有システムの構築を目的とする。提案システムでは、パン・チルト・ズーム (PTZ) カメラとウェアラブルカメラを併用することにより、救急隊員が容易に車内の撮影を行うことができる環境を構築する。救急隊員はインタフェース上からカメラの操作と情報の入力を行い、インターネットを通じて接続可能なサーバに送信することで、複数の医療機関に傷病者情報を提供する。医療機関では、Web ブラウザで傷病者情報を一覽でき、迅速かつ容易に傷病者の情報を得ることができる。本研究では、システ

---

\* 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 情報システム学専攻 修士論文, NAIST-IS-MT0951128, 2011年3月17日.

ムの運用を想定した公開実証実験を行い、救急隊員と医師のコメントから本システムの有用性を示した。

キーワード

救急医療，情報共有，PTZ カメラ，ウェアラブルカメラ，画像配信

# Patient's Information Sharing System Using Wearable Camera and PTZ Camera for Emergency Medical Support\*

Junichi Yamazaki

## Abstract

In an emergency medicine, rescue crews should share patient's information with doctors for rapid transportation and emergency treatment. A doctor spends much time to understand patient's status because rescue crew reports the information by voice via cell-phone for wireless communication. In order to overcome problem, come transmission system of patient's video have been proposed. In order to realize more high quality emergency medicine, it is necessary to share patient's information between rescue crew and doctors of hospitals which have a capability to accept the patient. In addition, it is important to develop a system which has easy-to-use interface for rescue crew. This thesis describes an information sharing system which presents patient's information via a web browser. The proposed system equips Pan, Tilt and Zoom (PTZ) cameras and a wearable camera, rescue crew can control those cameras easily to capture movies. The system has efficient an interfaces for controlling cameras using a touch panel monitor in an ambulance. Since input information is sent to servers through internet, doctors of hospitals can get detailed patient's information with a web browser.

---

\* Master's Thesis, Department of Information Systems, Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology, NAIST-IS-MT0951128, March 17, 2011.

**Keywords:**

emergency medicine, Information Sharing, PTZ Camera, Wearable Camera, Video Transmission

# 目次

1. はじめに	1
2. 救急救命活動支援を目的とした情報通信システムと本研究の位置づけ	3
2.1 救急隊の活動支援を目的とした情報通信システム	4
2.2 本研究の位置づけ	15
3. PTZ カメラとウェアラブルカメラを併用した傷病者情報共有システム	16
3.1 提案システムの概要	16
3.2 システムの機器構成	17
3.3 傷病者情報の追加・更新	19
3.3.1 管理フォーム	21
3.3.2 観察フォーム	23
3.3.3 カメラコントロールフォーム	24
3.4 傷病者情報の閲覧	26
3.4.1 Web ブラウザ上での操作方法	27
4. 傷病者情報共有システムを用いた実運用環境での実証実験	29
4.1 実験環境	29
4.2 実験内容	30
4.3 実験結果	32
4.3.1 傷病者情報の登録・追加	32
4.3.2 傷病者情報の提示	34
4.4 考察	36
5. まとめ	38
謝辞	39
参考文献	40

## 目 次

1	画像配信システム利用のイメージ . . . . .	2
2	救急隊の現場到着時間および病院収容時間の推移 [5] . . . . .	3
3	救急救命活動の流れ [6] . . . . .	4
4	救急隊の活動内容と各所要時間の関係 . . . . .	5
5	トリアージプログラム入力画面 . . . . .	6
6	FAST の標準システム構成 [11] . . . . .	7
7	受入医療機関決定までに受入に至らなかった理由 [14] . . . . .	8
8	救急医療情報システムの利用頻度 [15] . . . . .	9
9	画像伝送システム（総務省消防庁）[19] . . . . .	12
10	遠隔操作可能なエコーロボット [22] . . . . .	13
11	Mobile ER [20] . . . . .	14
12	提案システムの概要 . . . . .	17
13	システムの全体図 . . . . .	18
14	ウェアラブルコンピュータ . . . . .	19
15	情報入力用フォームの遷移図 . . . . .	20
16	管理フォームの画面例 . . . . .	21
17	初期観察項目の詳細 . . . . .	22
18	観察フォーム選択・確認エリアの詳細 . . . . .	23
19	外傷フォーム . . . . .	24
20	カメラコントロールフォームの画面例 . . . . .	25
21	医師端末での閲覧画面例 . . . . .	26
22	Web ブラウザ上での表示項目の詳細 . . . . .	27
23	Web ブラウザ上で画像拡大時の表示項目の詳細 . . . . .	28
24	救急車内に配置された機器の構成 . . . . .	29
25	傷病者収容後の車内の様子 . . . . .	31
26	システムを利用する救急隊員の様子 . . . . .	32
27	添付された画像（左下肢） . . . . .	33
28	添付された画像（右上肢） . . . . .	34



29	添付された画像 (頭部) . . . . .	34
30	医師に提示された一覧情報 . . . . .	35
31	HP 上から図 27 の画像を閲覧している場面 . . . . .	35

## 表 目 次

1	システムに用いる機器の仕様 . . . . .	30
2	隊員によって入力された情報 . . . . .	33

## 1. はじめに

救急医療における救命率向上のためには、救急救命士による現場での適切な処置、および適切な搬送先医療機関の選択と医師への早期引き継ぎなどの救急活動の時間短縮が重要である [1] [2]。そのような背景から、日本国内では救急救命士の処置可能範囲の拡大や、自治体による迅速な救急活動を行うことができる体制の整備などが進められている。さらに近年、救急車からの無線通信が高速ネットワークにより接続可能になったことに伴い、救急隊の活動を遠隔から支援し、より高度な救急医療の実現を目指すシステムが数多く開発されている。

数ある救急隊支援を目的としたシステムの中でも特に、図 1 に示すような救急車内で撮影された動画画像やバイタルデータの伝送を可能とした機器およびシステムを利用した救急支援画像配信システムが期待されている [3]。このようなシステムを用いることで、救急隊と医師が画像や数値を利用した視覚的な情報共有が可能となり、現状の携帯電話や無線通信等を用いた音声主体の情報伝達では多くの時間を要していた傷病者の詳細な情報を正確かつ短時間で伝達可能となった。その結果、現場の救急隊では正確な判断を行うことが困難な場合において、医師の指示を受けながらの医療処置や病院選定を行うことができることや、病院側でも受け入れ準備をスムーズに行うことができるなどの効果が得られると報告されている。

一方、近年の救急需要増加に伴った救急隊の不足および病院の受入不能問題によって救急隊が行う受け入れ先病院選定に要する時間の増加が問題となっている。しかし、救急隊が効率的に受け入れ先病院を選定する方法は検討段階にあり、有効なシステムはあまり提案されていない。そこで本研究では、救急車からインターネットに接続可能な救急医療支援システム Mobile ER [4] をプラットフォームとして、医師の診断に十分な傷病者情報の伝達・共有救急が可能な医療支援システムを構築し、救急隊の受け入れ先病院選定を支援するシステムを提案する。具体的には、救急車からインターネットを通じて接続可能なサーバに救急隊が入力した傷病者情報を保持することで、各医療機関の医師、および救急隊による音声を用いない傷病者情報の共有を実現する。また、傷病者情報に動画画像やバイタルデータを含めることで、医師は詳細な情報を得ることができる。救急隊員は、

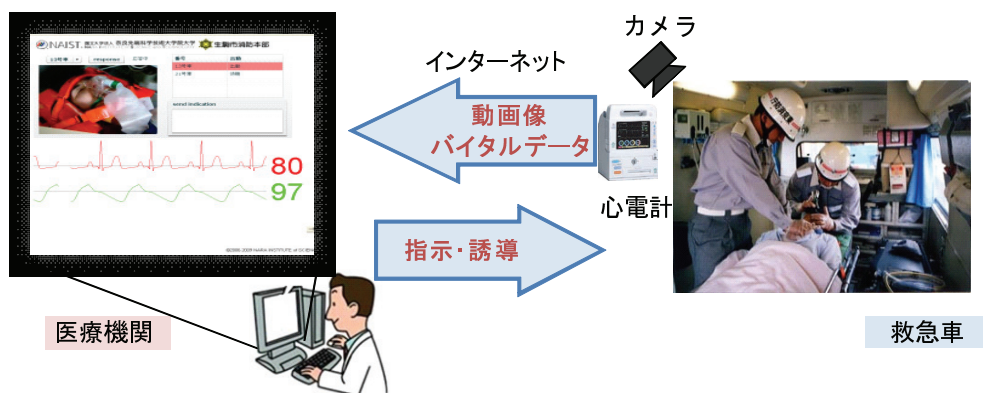


図 1 画像配信システム利用のイメージ

サーバ上にデータを追加することで複数の医療機関に傷病者情報を提供でき、音声による個別の対応が必要なくなる。医療機関では、インターネットを介して傷病者情報を獲得し、一覧することが可能となる。なお、救急隊員による情報の追加・修正は救急車内に設置されたタッチパネル上で行うことで、迅速な情報の更新が可能である。

以下、2章では救急医療支援を目的とした情報通信システムについて概観し、本研究の位置づけを示す。3章では本研究で構築した傷病者情報共有システムについて述べる。4章では、実際の運用環境を想定し行った実証実験の結果と、実験に参加した医師・救急救命士へのアンケートから提案システムの評価を行う。最後に、5章で本論文のまとめと今後の課題について述べる。

## 2. 救急救命活動支援を目的とした情報通信システムと 本研究の位置づけ

救急医療では、早期の適切な医療措置、および早急な医療機関への搬送により救命率の向上が期待できる。しかし、日本国内における救急隊の現場到着時間と病院収容時間は図2に示すように年々増加している [5]。このような救急救命活動における治療開始の遅延は、傷病者の生存率や社会復帰率低下の原因となることから、救急隊の活動時間短縮は救急医療における大きな課題となっている。そこで本章では、日本国内における救急救命活動における救急救命活動の活動内容と遅延の原因、およびそれらを解決するために開発された情報通信システムについて概観し、本研究の位置づけを示す。まず2.1節では、現在の救急救命活動の段階毎に主な活動内容と現在発生している問題および現在開発・運用が行われている救急救命活動支援を目的とした情報通信システムについて述べる。次に、2.2節では本研究の位置づけと研究の方針について述べる。

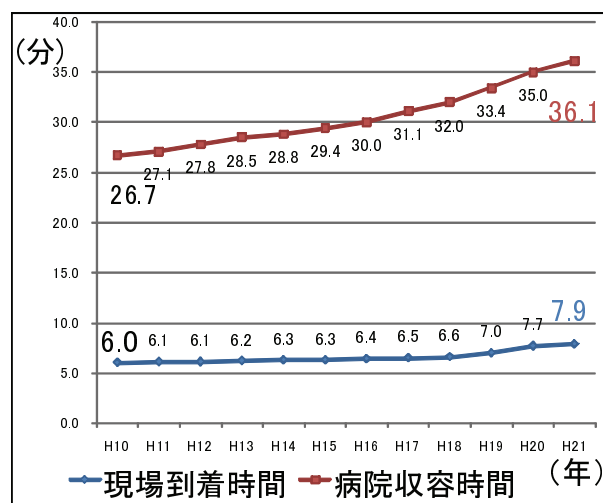


図2 救急隊の現場到着時間および病院収容時間の推移 [5]

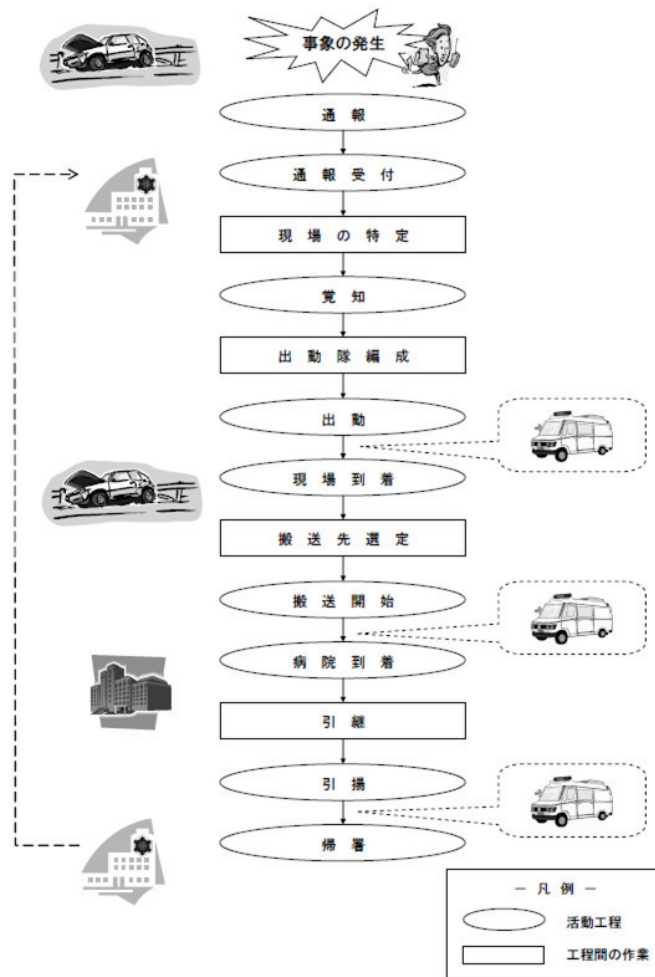


図3 救急救命活動の流れ [6]

## 2.1 救急隊の活動支援を目的とした情報通信システム

現在の日本国内での救急救命活動は一般的に図3に示すような流れで行われる。そこで本節では、救急救命活動の概要と、現在の問題点を図3の流れに沿って確認していく。また、それらの問題を解決するために開発された情報通信システム

を概観していく。なお、本章では救急救命活動に要する時間を図4に示すように活動段階毎に分け、通報受付から現場到着までの時間を現場到着時間、現場到着から搬送開始までの時間を現場活動時間、通報受付から病院到着までの時間を病院収容時間と呼ぶ。

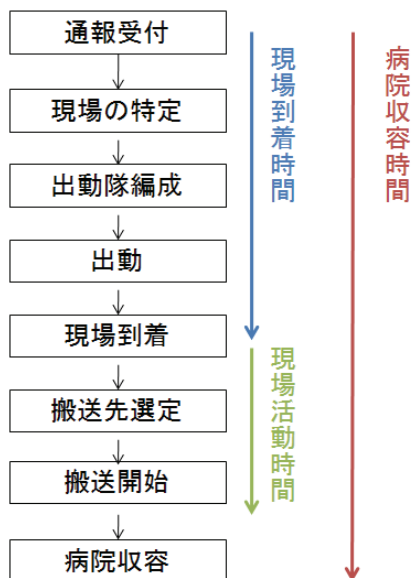


図4 救急隊の活動内容と各所要時間の関係

#### 1. 通報受付～出動隊編成

通報を受けた指令部は、通報車の電話番号、もしくは通報者からの情報をもとに現場を特定する。その後、通報内容から適切と思われる救急隊を編成し、出動指令を出す。しかし、近年救急隊出動数の増加に伴う救急隊の不足が問題となっている。この原因としては、高齢者や単独世代の増加と共に、救急車による搬送の必要がないような軽傷での利用も増えていることも一因であると言われている。このような救急搬送人員の増加は、病院の受け入れ不能を引き起こす要因であると共に、近隣の救急隊が対応できないことによる現場到着時間の遅延にも繋がる。

図 5 トリアージプログラム入力画面

救急搬送人員の減少に向けた救急通報を利用したトリアージ (横浜市)

現在横浜市では、119番通報時に通報内容から傷病者の緊急度・重症度を識別し、傷病者の状態に応じた救急隊等を出動させる横浜ディスパッチシステムと呼ばれる救急出動体制が取られている [7] [8]。ディスパッチシステムは、トリアージプロトコル [9] に基づいて通報内容から図 5 の選択肢の中から項目を選択することで傷病者の緊急度・重症度が判定され、軽傷と判断された傷病者には、現地に向かう隊員数や車両数を減らしたり、搬送を行わないなどの対応を行うことで、緊急度の高い傷病者への対応を充実させることを目的としている。また、救急隊の過剰な出動を抑制できることから、近年問題となっている救急隊の不足による現場到着の遅れを抑制できると考えられる。今後の発展として判定された緊急度・重症度などの情報を病院選定に利用することも検討されている [10]。

## 2. 出動～現場到着

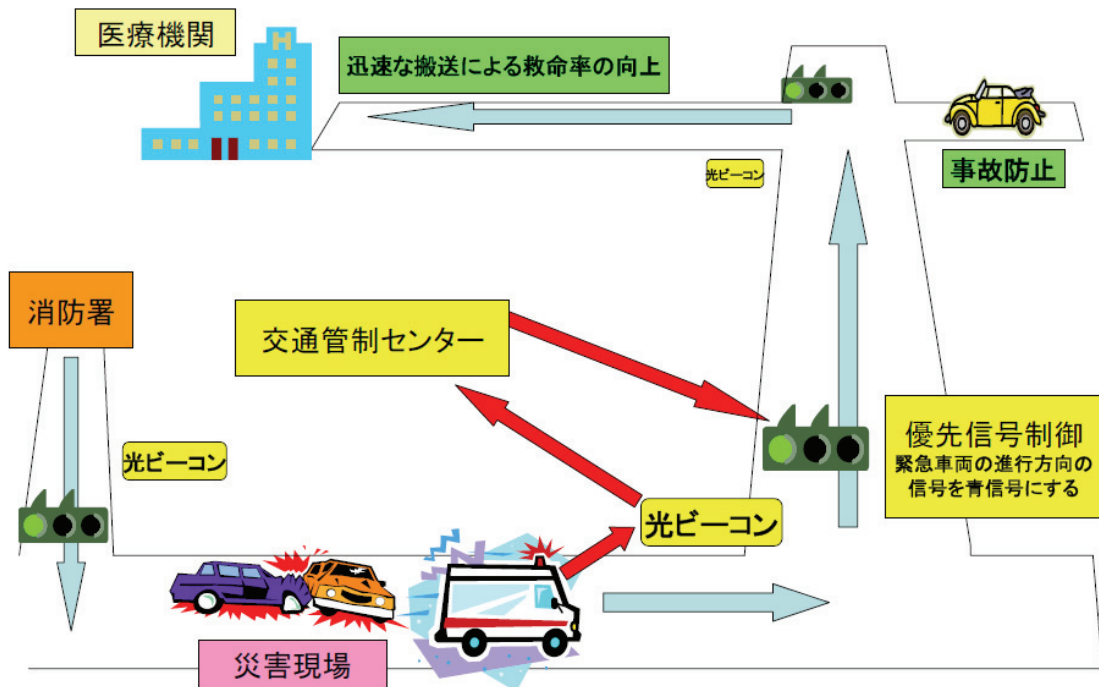


図 6 FAST の標準システム構成 [11]

編成された救急隊は、通報より特定された現場に向け出発する。通常は緊急車両が利用されるが、医師が同乗したドクターヘリやドクターカーを利用して、現地で医療措置を行う場合もある。

#### 現場急行支援システム (FAST)

現場急行支援システム (Fast Emergency Vehicle Preemption Systems:FAST) [12] とは、警察庁が中心となり推進している新交通管理システム (Universal Traffic Management Systems) 構想におけるサブシステムの一つであり、緊急車両を優先的に走行させるための信号制御等を行い、緊急車両が迅速に走行できるように支援するシステムである。FAST は図 6 に示すように通信指令システム、FAST 関係装置、交通管制システムで構成されており、光ビーコンを活用し、緊急車両に対する優先信号制御、経路誘導、一般車へ



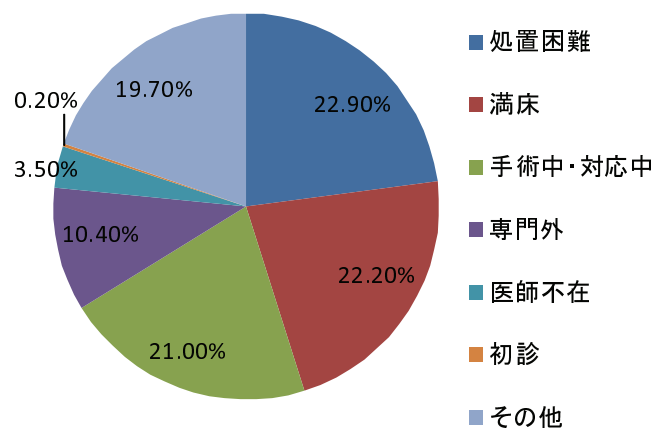


図 7 受入医療機関決定までに受入に至らなかった理由 [14]

の緊急車両接近の警告等を行い，緊急車両の安全かつ効率的な走行を実現させるものである．2007年に行われた救急車へのFASTの導入実験 [11] とその後の検証 [13] により，救急車両の走行速度の向上とそれに伴う走行時間の短縮，加えて走行時の安定走行の確保が確認され，FASTの交通管理工学的効果と医学的な効果が認められた．

### 3. 現場到着～搬送先決定

救急隊は傷病者を観察し応急処置や救命措置を行った後，傷病者の症状に応じた医療機関を選定し受け入れ先を決定する．しかし，傷病者の受け入れ決定までの照会回数が増加している [14]．現在救急隊は，電話等を用いて選定した医療機関に受け入れ照会を行うため，照会回数が増加は，救急隊の活動時間増加の原因となっている．救急隊による受け入れ照会時に，医療機関側が受入不能とした理由としては，図7に示すように病床が満床であることのほか，処置困難や手術中・対応中，専門外，医師不在などが挙

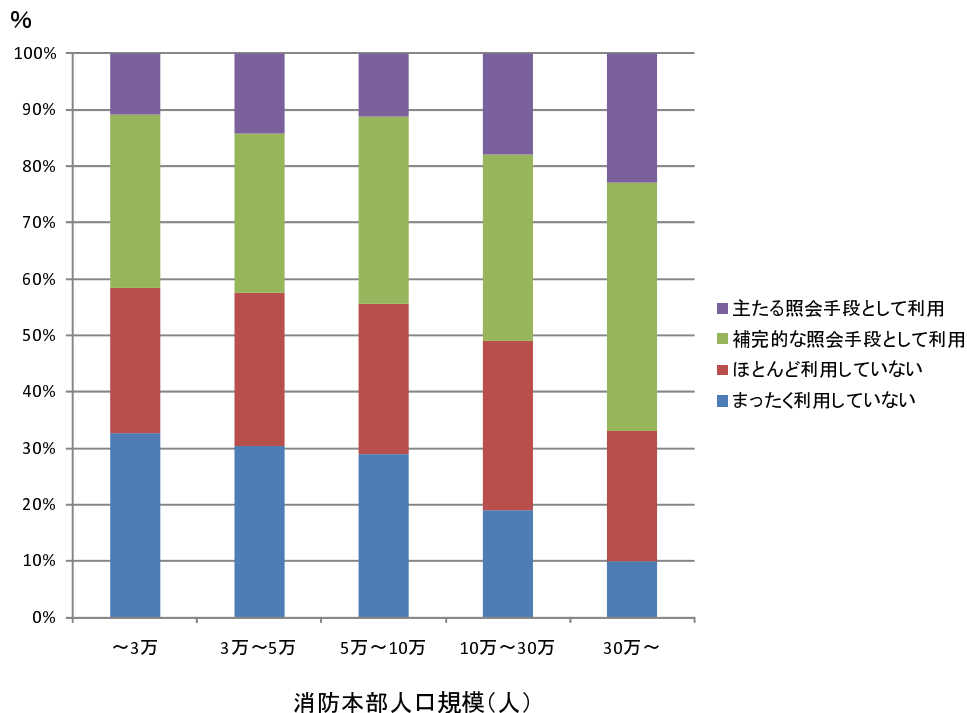


図 8 救急医療情報システムの利用頻度 [15]

げられており、これらは医師不足や搬送人員の増加などが要因として考えられる。

#### 救急医療情報システムを用いた受入医療機関情報の収集

救急医療情報システムは、自治体によって詳細は異なるが、救急医療機関の空床や対応可能な診療科、輪番医療機関などの情報を救急隊へ提供するシステムであり、現在 44 都道府県に整備されている。出動している救急隊には無線や携帯電話、救急車の車載端末、FAX などの紙媒体を通じて伝達している。しかし、図 8 に示すように平成 19 年度の総務省消防庁の調査結果 [15] では、システムが利用されていないケースが半数近くを占めている。この原因としては、人口規模が小さい自治体では、搬送可能な医療機関が限られていることで当番制・輪番制により十分対応可能であり、システム

自体の需要が低いこと，人口規模の大きい都市部などでは病院による受け入れ状況の更新がリアルタイムでないために，確実な受入が期待できないことが挙げられている．しかしながら，医師不足・看護師不足や急増する救急搬送への対応で医療機関は多忙化しており，システム運用上の問題である医療機関での情報更新は難しい状況にある．

#### 4. 搬送開始～病院収容

救急隊は決定した受け入れ先医療機関へ傷病者を搬送する．この際，医師の指示に応じて救急救命士が特定行為を行う場合がある．救急救命士は医師からの適切な指示を受けるために傷病者の状況を医師に伝達する必要があるが，従来の携帯電話等による音声での通信では詳細な伝達は困難であり，かつ言い直し・聞きなおしなどの発生もあり多くの時間を要している．

##### 動画像とバイタルデータの伝送による傷病者情報の共有

救急隊から医師へ詳細な情報を伝達することを目的として，動画像やバイタルデータを無線通信を介して伝送する画像伝送システムも盛んに研究・開発が行われている．これは，携帯電話回線などの無線通信サービスの高速化 [16] や無線回線の整備に関する研究 [17] [18] が行われたことにより移動中の救急車から画像を伝送するのに十分な帯域を持つ無線通信が可能になったことにより実現した．主な取り組みとして，総務省消防庁では「救急業務における ICT の活用に関する検討会」を設置し，平成 20 年度に金沢でベッドサイドモニタに表示される心電図や脈拍などの波形表示されたデータと，心拍数や呼吸数などの数値データと共に，車内に設置された電動式カメラの映像を医師の携帯電話の画面に伝送する実験 [3] を，行っており，翌年の平成 21 年度には千葉市でビデオ会議システムを利用して消防局指令センターと千葉大学付属病院で車内の動画像とバイタルデータを閲覧可能なシステムの実証実験を行っている [19]．図 9 に 21 年度の実験で伝送された画像を，図にシステムを利用している医師の様子を示す．その結果，画像伝送の有用性は医療機関で 8 割，消防機関では 9 割以上の搬送事例で効果があったと回答されており，画像伝送の有用性が見られた．また，車

内に設置されたカメラではなく、救急隊員が頭部に装着したカメラの映像を伝送するシステムも開発されている [4] [20] [21]。図 11 にカメラを装着した隊員の様子と伝送された映像の提示画面例を示す。これらのシステムでは、救急隊員の視点の映像を利用することで、医師は隊員と視界を共有することができ、よりの確な指示を出すことができるようになっている。また、文献 [20] では Web ブラウザー上で情報を閲覧できるようにすることで、導入コストを抑えることが可能となっている。また、ビデオカメラで撮影された画像だけでなく、エコー画像を同時に伝送するシステムも開発されている [21]。このシステムを用いた実験では、ブロードバンド無線ネットワークを利用して、救急隊員の頭部に取り付けられたカメラで撮影された動画像、バイタルデータに加えて、図 10 に示す遠隔から操作可能なエコーロボット [22] [23] により取得されたエコー画像を同時に伝送している。このシステムでは、エコー画像は医師の診断に有用であるが、初期費用が高くなることが問題として述べられている。



(a) 救急車から伝送された動画像の表示例



(b) ユーザの外観と提示画像例

図 9 画像伝送システム（総務省消防庁）[19]

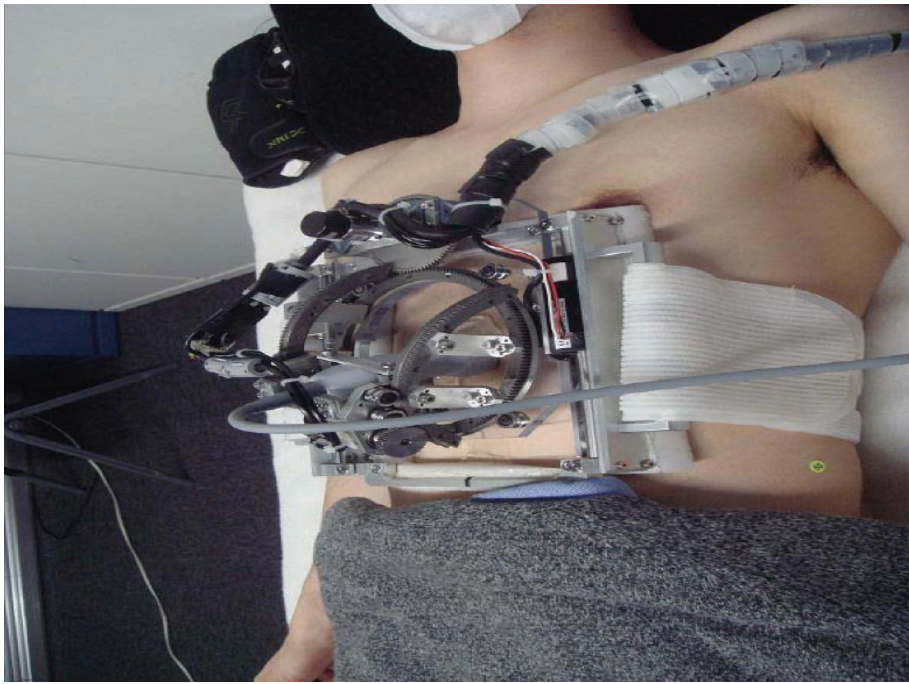


図 10 遠隔操作可能なエコーロボット [22]



(a) 救急隊員の外観



(b) 医師への提示例

図 11 Mobile ER [20]

## 2.2 本研究の位置付け

前節では、救急救命活動を大きく4つに分け、それぞれの活動を支援する情報通信システムについて述べた。

出動隊編成に通報内容からのトリアージを利用するシステムでは、救急隊の不足による現場到着時間遅延の抑制が期待できる。また、緊急車両の走行時間を短縮可能なシステムでは、出動から現場到着および搬送開始から病院収容の時間を短縮可能であり、現場到着時間と病院収容時間の短縮に効果がある。動画像やバイタルデータなどを伝送可能な画像伝送システムは、救急隊に音声より詳細かつ迅速な情報共有の手段を提供することで、照会時の情報伝達時間の短縮に効果がある。しかし画像伝送システムでは、画像やバイタルデータと音声を併用した一対一のやりとりを想定しており、従来の病院選定時に問題となっていた救急隊員による繰り返しの情報伝達による時間の浪費を抑制することはできない。

そのため本研究では、画像伝送システムのプラットフォームを利用した救急隊員による受け入れ先病院選定の支援を目的としたシステムを提案する。提案システムでは従来の病院選定時の問題であった電話等を用いた繰り返しの連絡による時間の浪費を解決するために、救急車から複数の医療機関への情報の一斉配信を行う。また、医師が効率的に受け入れの可否を決定できるよう、画像と文字情報を組み合わせて傷病者の様子を伝達する。

具体的には、傷病者情報をサーバ上に集約し、複数の病院から参照可能とすることで、従来問題となっていた同じ情報を繰り返し伝達することによる無駄を省き、効率良く複数の病院に情報を伝達できる環境を作る。また、救急車内にタッチパネルを設置し、救急隊員が文字・静止画・動画などを組み合わせて傷病者の情報を記録し、医師に提示できるシステムを構築することで、より正確な情報伝達を実現する。これにより、従来問題となっていた複数拠点への情報伝達に要した時間を短縮し、かつ詳細な情報を医師に伝達することが可能となる。



### 3. PTZカメラとウェアラブルカメラを併用した傷病者情報共有システム

本節では、提案する PTZ カメラとウェアラブルカメラを併用した傷病者情報共有システムの概要について述べる。3.1 節で傷病者情報共有システムの概要について、3.2 節ではシステムの機器構成について述べる。最後に、3.3 節では、設計したフォームを用いた傷病者情報の追加・更新の方法について述べる。

#### 3.1 提案システムの概要

提案する傷病者情報共有システムは、救急搬送中の傷病者の情報を、現場の救急隊員から複数医療機関の医師へ伝達・共有し、効率的に搬送先病院を決定することを目的としている。本システムの概念図を図 12 に示す。

本システムは、救急車内で救急隊員が入力した傷病者に関する情報をデータベース上に保存し、Web ブラウザを介して医療機関に提供することで医師が受け入れの可否を判断する。データベース上に保存される情報は、救急救命士および医師からのリスニングと、現在行われている救急活動における伝達項目をもとに設計された入力用フォームを利用することで医師の受け入れの可否に必要な情報を的確に伝達できる。医師側では、情報を閲覧するためのインタフェースとして Web ブラウザを用いることで、一部の特殊な機能を除き、特別なハードウェアやソフトウェアの準備は必要ない。

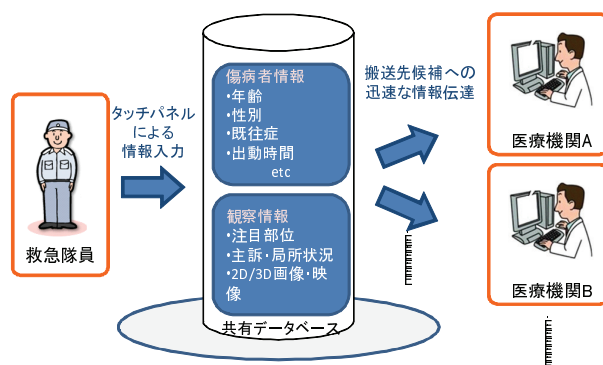


図 12 提案システムの概要

### 3.2 システムの機器構成

図 13 にシステムの全体図を示す．本システムは，インターネットに接続可能な救急車，医療機関および救急車から接続可能なサーバ，医療機関の端末で構成される．救急車内には車内の情報を集約するための PC とパン・チルト・ズーム (PTZ) カメラ，情報入力用タッチパネルが搭載されており，救急隊員はウェアラブル PC とゴーグルを装着する．救急隊員のゴーグルには，HMD とウェアラブルカメラが取り付けられている．車内のサーバ PC，ウェアラブル PC および PTZ カメラは車内に搭載されたルータを経由して，インターネットに接続可能である．以下にシステムで用いる機器について述べる．

計算機：タッチパネルから入力される操作により，観察情報のアップロード，および PTZ カメラの制御と映像取得を行う．

PTZ 機能付きネットワークカメラ：救急車内後部高さ 1.6m の地点に 12cm 間隔で 2 台取り付けられており，両眼視点の映像を撮影する．2 台の PTZ カメラ間および救急車との位置関係は固定であり，設置場所と車内の相対的な位置・姿勢は計測済みである．

タッチパネルモニタ：右側壁面に取り付けられ，救急隊員による観察情報の登録に用いられる．

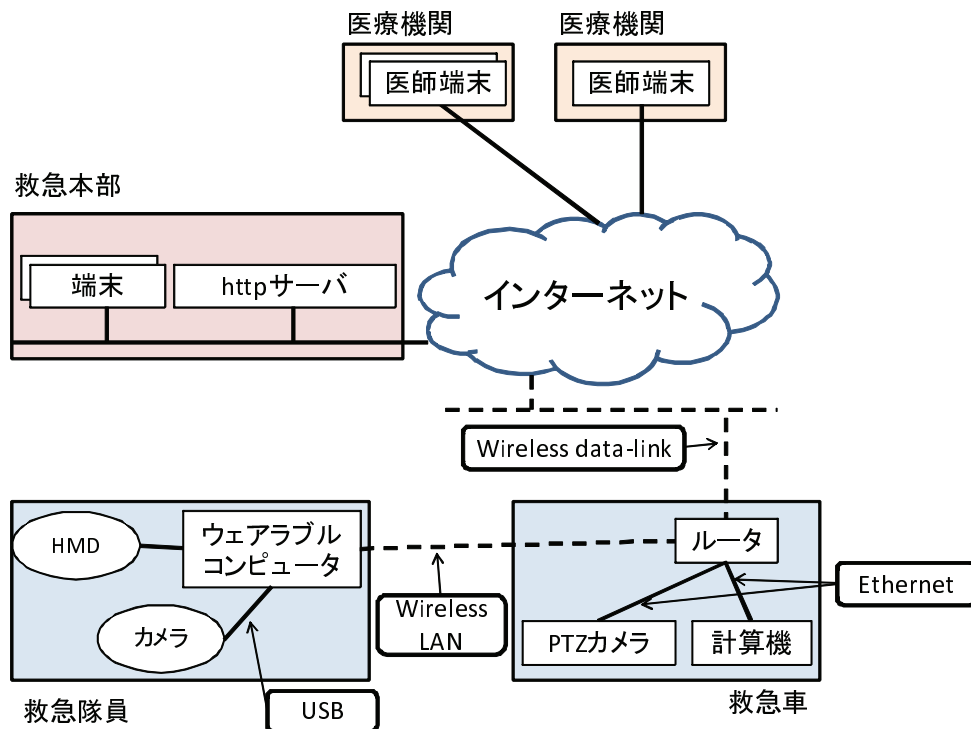


図 13 システムの全体図

救急隊員は図 14(a) のように、ウェアラブルコンピュータを装着している。ウェアラブルコンピュータには HMD とウェアラブルカメラが接続されており、それらはゴーグルに取り付けられている。以下にウェアラブルコンピュータに関する機器について述べる。

計算機：無線 LAN 通信可能、ウェアラブルカメラで撮影した映像を車内の計算機に転送している。また、PTZ カメラから無線 LAN を介して映像を取得する。

ウェアラブルカメラ：救急隊員の装着するゴーグルの眉間部に取り付けられている。救急隊員が見ている現実環境と同様の映像を獲得する。

HMD：ゴーグルの右眼レンズに画面を投影する。投影される画面は左半分が現



(a) ウェアラブルコンピュータを装着した救急隊員 (b) カメラとHMDが実装されたゴーグル

図 14 ウェアラブルコンピュータ

在ウェアラブルカメラで撮影している映像，右半分がPTZカメラで撮影している映像となっており，タッチパネルモニタを利用しなくても，映像を確認できるようになっている．

以降，3.3節でシステムの利用方法について述べる．

### 3.3 傷病者情報の追加・更新

本節では提案する情報共有システムの救急隊による傷病者情報の追加方法について説明する．本システムでは，傷病者の状況に合わせた複数の登録フォームが準備されており，救急隊員はそれらを選択して利用することで効率的な傷病者情報の入力ができる．また，各登録フォームは，東京都の救急隊観察基準をもとに設計しているため，フォーム上から必要な項目を選択することで，医師の受け入れ判断に十分な情報が集約可能である．

隊員は現地で傷病者を車内に収容した後，タッチパネル上に表示される登録フォームを操作することで，傷病者情報の入力を行う．図 15 に本システムでの画面遷移を示す．本システムでは，傷病者情報の登録用フォームとして基本的な観察項目の登録と他のフォームへの移動と移動先のフォームで入力した情報の確認

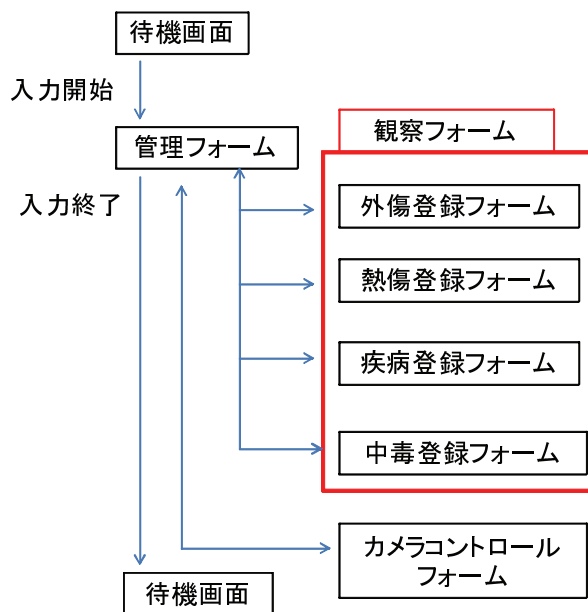


図 15 情報入力用フォームの遷移図

が可能な「管理フォーム」、傷病者の症状に応じた医師への伝達項目が選択可能である「観察フォーム」、カメラの操作および画像の取得を行うための「カメラコントロールフォーム」が用意されている。また、観察フォームは「外傷」「熱傷」「疾病」「中毒」の4種類が用意されており、傷病者の状況に応じて救急隊が適宜選択することが可能である。救急隊はシステム起動後に表示される管理フォームより観察カードを選択することで画面が遷移し、登録が完了した時点で管理フォームに戻る。カメラコントロールフォームを利用して、必要に応じて選択された観察カードに動画像・静止画を添付することも可能である。救急隊員は必要に応じて同じ観察フォームを複数回選択することや、複数の観察フォームを選択すること、複数枚の画像情報を登録することが可能である。

以下、それぞれの利用方法を述べる。

図 16 管理フォームの画面例

### 3.3.1 管理フォーム

図 16 に管理フォームの画面例を示す。管理フォームは“ 初期観察項目エリア ”と“ 観察フォーム選択・確認エリア ”に分かれている。ユーザは管理フォームを用いて、“ 傷病者の初期観察結果の登録 ”と“ 観察フォームの新規登録・管理 ”の 2 つの作業を行う。

#### 1. 傷病者の初期観察結果の登録

初期観察結果の登録は図 16 の”初期観察項目エリア ”を用いて行う。図 17 に各項目の詳細を示す。ここでは、救急隊が傷病者を観察した結果、確認できた項目を入力していく。年齢・性別が確認できた場合には、該当する項目をコンボリストのリスト中から選択する。既往症は、チェックボックスから選択する。ここでは、複数の選択を可能としている。年齢・性別・既往症の 3 項目については、確認できない場合は未選択・もしくは不明を選択する。顔色・意識レベルは、最も該当すると思われる項目をチェックボックス中からそれぞれ一つ選ぶ。以上の作業により、傷病者の初期観察が終了する。

**年齢・性別選択コンボボックス**




**傷病者詳細**

年齢  
青年(15-39歳)

性別  
男性

既往症

心疾

脳血

高血圧

消化

泌尿

顔色

正常

鮮紅色

土気色

蒼白・チアノーゼ

意識レベル

清明

1     20     100

2     30     200

3     300

外傷    頭部

 創傷: 擦過傷.

左上肢

 負傷範囲: 左前腕  
骨折: 変形.

画像添付

外傷    熱傷

中毒    疾病

送信

**既往症選択チェックボックス    顔色・意識レベル選択チェックボックス**

図 17 初期観察項目の詳細

## 2. 観察フォームの新規登録・管理

本システムでは、傷病者の怪我や病気などの情報を観察フォームを登録することで医師に伝達する。図 16 の”観察フォーム選択・確認エリア”では、その際に用いる観察フォームの新規登録と変更・削除を行う。図 18 に各項目の詳細を示す。図 18 の”登録済み確認フォーム”には、すでに登録した傷病者の情報が表示されている。ここには、対応する各フォームの名前と、そこで入力された傷病名や負傷部位などの情報と、サムネイル表示エリアに添付されている画像のサムネイルが表示されている。ここでは、サムネイル表示エリアにタッチすることでカメラコントロールフォームに移動し、添付画像の追加・削除が、それ以外のエリアにタッチすることで登録時の観察フォームに移動し、内容の編集・削除ができる。一方、未登録の観察フォーム選択エリアには、4つの観察ボタン名が表示されたボタンと、サムネイル表示エリアがある。観察フォーム選択ボタンから登録したい情報が表示されたボタンを選択することで、対応するフォームに移動できる。移

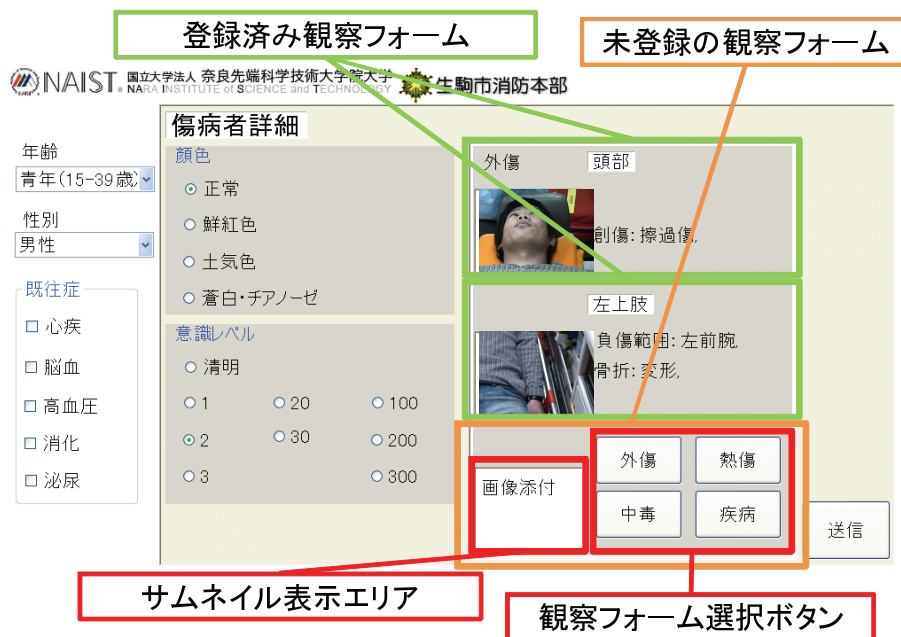


図 18 観察フォーム選択・確認エリアの詳細

動後に各フォームで登録を実行した場合、未登録エリアは登録済みエリアに変更される、サムネイルエリアをタッチすることで、対応するフォームに画像を添付することができる。

### 3.3.2 観察フォーム

観察フォームは“外傷”、“熱傷”、“疾病”、“中毒”の4つのフォームがあり、傷病者の状態に応じて、管理フォームより適時選択して利用する。以下でそれぞれのフォームの利用方法について述べる。

#### 1. “外傷”フォーム

外傷フォームでは、創傷や骨折などの傷病者の情報を入力するために利用する。画面例を図 19(a) に示す。ここでは、医師が外傷に関する診断を行う際の判断基準となる”負傷部位”と”局所状況”の二つに分けて選択できるよ



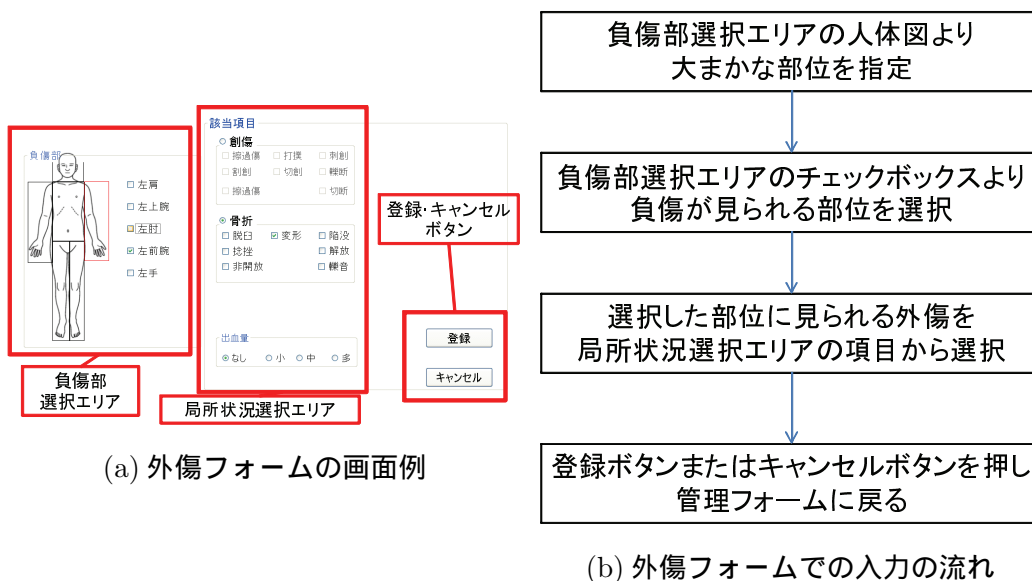


図 19 外傷フォーム

うにしている [24]。外傷フォームでの選択の流れを図 19(b) に示す。負傷部の指定の方法は、人体図を用いて大まかな部位を指定すると、右側のチェックボックスに関連する部位名が表示されるので、そこから該当する部位を選択することで指定できる。複数の部位を選択することも可能である。

局所状況の指定では、先に選んだ負傷部に見られる傷病名を項目の中から選択することで指定できる。こちらも複数の項目を選択することができる。十分な項目が選択できたら、登録ボタンを押下することで管理フォームに戻り、観察フォームに入力していた情報が管理フォームの確認フィールドに反映される。キャンセルボタンを押下した場合は、入力していた内容がリセットされ、管理フォームに戻る。入力した情報は反映されない。

### 3.3.3 カメラコントロールフォーム

カメラコントロールフォームの画面例を図 20 に示す。カメラコントロールフォームでは、PTZ カメラの制御、および PTZ カメラとウェアラブルカメラで撮影さ

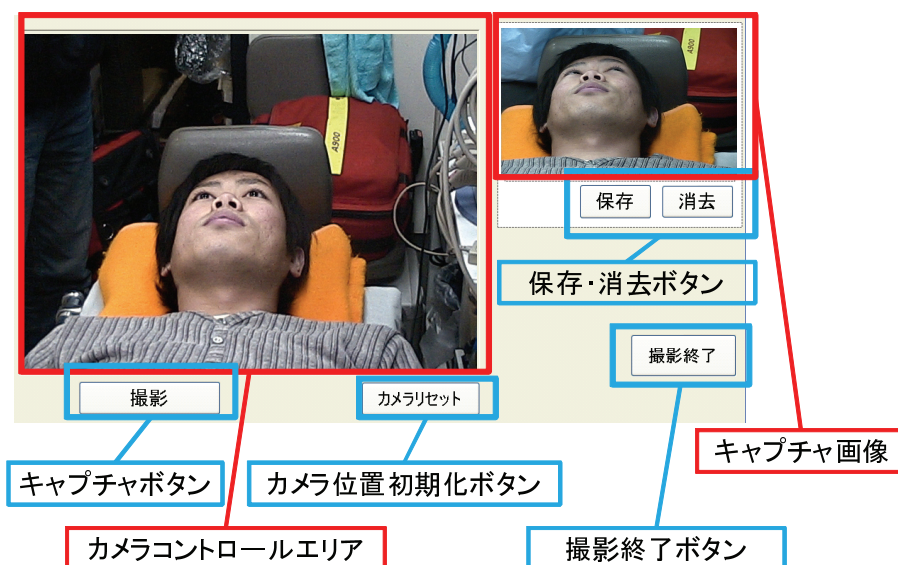


図 20 カメラコントロールフォームの画面例

れた映像の保存を行う。カメラコントロールエリアには、現在選択中の PTZ カメラもしくはウェアラブルカメラの映像が提示されている。救急隊員は、撮影箇所に適したカメラを選択することができる。PTZ カメラが選択中の場合には、カメラコントロールエリア上をクリックすると、クリックした点がエリアの中心に来るようにカメラのパンとチルトが調整され、一定量の光学ズームが行われる。カメラ位置初期化ボタンを押すと、PTZ カメラのパン・チルト・ズームが初期値に戻る。対象を撮影するのに十分な状態であることを確認できたら、キャプチャボタンを押すことで現在のフレームの画像を保存することができる。キャプチャした画像はフォーム右上にサムネイル形式で提示され、確認することができる。この時点では画像は保存されていないため、サムネイル下部の保存ボタンもしくは消去ボタンを押してサムネイルの元となる画像を保存、もしくは消去する。撮影が終了したら撮影終了ボタンを押すことで管理フォームに戻ることができる。その際に画像が保存されていた場合には、管理フォームの対応するサムネイル表示領域に保存した画像が表示される。



図 21 医師端末での閲覧画面例

### 3.4 傷病者情報の閲覧

救急隊により入力された傷病者情報は、Web サーバ上に集約されており、医療機関から Web ブラウザを利用して参照することができる。閲覧時の画面例を図 21 に示す。閲覧画面では、救急隊の現在の出動状況や受け入れ要請中の救急隊一覧が表示されており、リストより選択した傷病者の情報が画面中央から右側に表示されている。画面中央下部には初期観察項目が、画面右側には観察フォームに登録された情報、および画像が提示される。この画面は救急隊からの受け入れ要請を受けた医療機関で見ることができ、医師は画面中から情報を得て、受け入れの判断に役立てることができる。

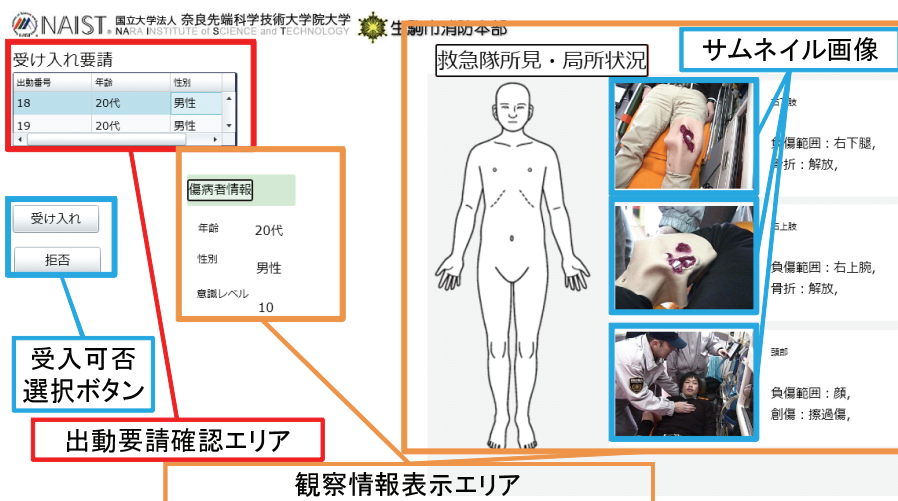


図 22 Web ブラウザ上での表示項目の詳細

### 3.4.1 Web ブラウザ上での操作方法

Web ブラウザ上において表示される各項目について図 22 に示す。“ 出動要請確認エリア ”には現在，受入要請が出されている傷病者に関する出動番号と年齢，性別の情報が表示されている．リストボックスの中から出動番号を選択することで，対応する傷病者の情報が“ 観察情報表示エリア ”に表示される．“ 観察情報表示エリア ”には，“ 出動要請確認エリア ”で選択された傷病者の初期観察項目，および観察情報がサムネイルと共に表示されており，一覧することができる．観察情報から受入の可否を判断した医師は“ 受入可否選択ボタン ”の対応するボタンを選択することで，救急隊員へ要請の受理を連絡することができる．



図 23 Web ブラウザ上で画像拡大時の表示項目の詳細

医師が詳細な画像を閲覧したい場合には、観察情報表示エリア内のサムネイル画像を選択することで、図 23 に示す画像表示用ページに移行することができる。画像表示用ページでは、サムネイル画像を高解像度で閲覧することが可能である。また、“ 2 D ボタン ” を選択すると表示エリアの画像が 2D に、“ 3D ボタン ” を選択すると表示エリアの画像が 3D 対応画像になる。3D 対応画像が表示されている時には、対応するモニタを利用することで画像を立体視することが可能である。” 戻る ” ボタンを選択することで、画像表示用ページを閉じることができる。

## 4. 傷病者情報共有システムを用いた実運用環境での実証実験

本章では、生駒市消防本部で2011年2月11日に実施した Mobile ER の公開実証実験について述べる。今回の実証実験は、本システムを搭載した救急車が出動し、受入先医療機関を決定するという状況を想定して行った。

以降 4.1 に本実験の実験環境を、4.2 節では実験の方法について述べる。4.3 節では実験結果を述べ、最後に 4.4 節で実験結果に対する考察を述べる。

### 4.1 実験環境

今回の公開実験ではデモを行う都合上、本来システムで想定している図 13 における医療機関を生駒市消防本部に、消防本部を奈良先端科学技術大学院大学に移してシステムを構成した。なお、救急車からのアップリンクには、UQWiMAX を用いており、実験環境での上り帯域は 0.9Mbps であった。救急車内に設置した機器について、表 1 に各機器の仕様を、図 24 に救急車内における機器構成と配置を示す。

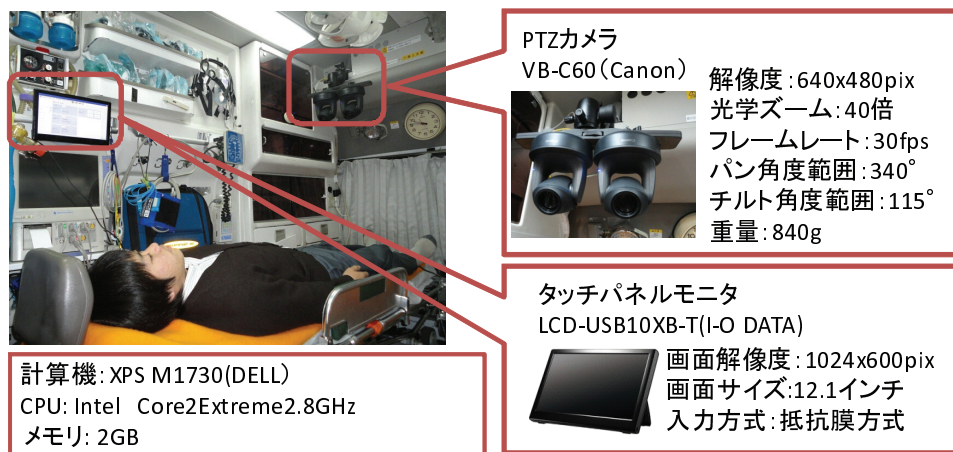


図 24 救急車内に配置された機器の構成

表 1 システムに用いる機器の仕様

(a) 救急車内に設置した機器の仕様

機器の種類	名称	仕様
計算機	XPS M1730(DELL)	CPU:Core2Extreme 2.8GHz メモリ:2GB
入力用タッチパネルモニタ	LCD-USB10XB-T(I-O DATA)	画面サイズ:12.1インチ 画面解像度:1024×600
PTZカメラ	VB-C60(Canon)	解像度:640×480 光学ズーム:40倍 フレームレート:30fps パン角度範囲:340° チルト角度範囲:115° 重量:840g

(b) ウェアラブルコンピュータの仕様

機器の種類	名称	仕様
計算機	Vaio type u(Sony)	CPU: Celeron M 1.06GHz メモリ:512MB 重量:492g
ウェアラブルカメラ	自作	解像度:640×480 フレームレート:30fps
HMD	SV-6(Micro Optical)	画面解像度:640×480

## 4.2 実験内容

今回の実証実験では、外傷を負った成人男性を救急車内に収容した状況を想定し、傷病者役の男性1名と救急隊員3名、および受け入れ候補となる病院の医師2名で行う。傷病者役男性を収容後の救急車内の様子を図25に示す。傷病者役男性は左下肢と右上肢に開放骨折を模したアタッチメントを取り付けている。救急隊員はシステムより男性の症状を入力し、受け入れ候補となる病院へ送信した。システムを利用して情報を入力している救急隊員の外観を図26(a)に、操作している画面を図26(b)に示す。なお、今回の実験では候補となる病院を、救急本部



(a) 救急車側方から見た様子

(b) 救急車後方から見た様子

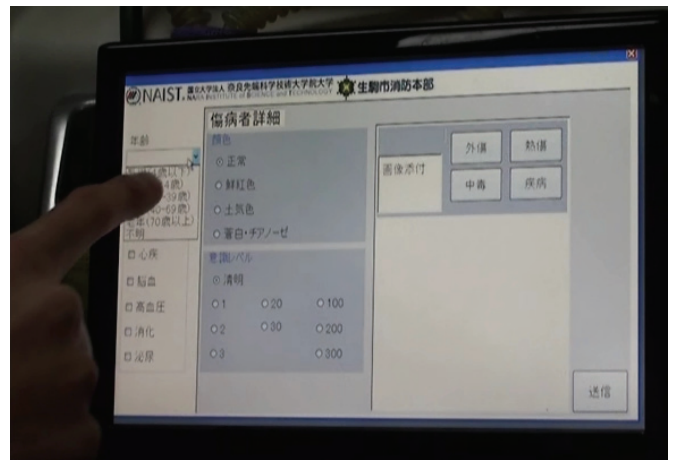
図 25 傷病者収容後の車内の様子

の2名の医師とし、救急隊から両名にメールによる通知が行われ、傷病者情報の閲覧が可能な URL へのリンクが提供される。提供された URL から傷病者の状況を確認した医師は、受け入れを判断し、可能であれば救急隊に直通の電話をかけるという流れで実験が行われた。





(a) 救急隊員の外観



(b) 操作中の画面

図 26 システムを利用する救急隊員の様子

## 4.3 実験結果

### 4.3.1 傷病者情報の登録・追加

救急隊員によって入力された情報について述べる。隊員により入力された情報を表 2 に、同時に添付されていた画像情報を図 27 から図 29 に示す。隊員はまず管理フォームから傷病者の年齢、性別を登録し、その後左下肢の負傷・右上肢の負傷・顔面の負傷について合計 3 箇所の観察フォームを新規作成し、それぞれに一枚の画像を添付された。画像は全て PTZ カメラを利用して撮影された。また、顔面の状況については、同時に動画像の撮影が行なわれた。

今回の実験では、サーバにアップロードされたデータ量は 18MB であった。救急隊員のシステム利用開始から、医師が Web ブラウザ上で傷病者情報を閲覧可能となるまでに要した時間は 7 分 11 秒であり、うちデータアップロードの待ち時間として 3 分半程度を要している。複数回の試行の結果、隊員が入力に要した時間は平均 3 分 25 秒であった。

表 2 隊員によって入力された情報

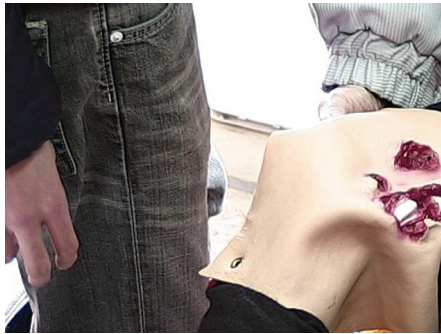
観察カードの種類	部位	範囲	傷病分類	傷病名	画像	動画
外傷	左下肢	左下腿	骨折	開放骨折	あり	なし
外傷	右上肢	右上腕	骨折	開放骨折	あり	なし
外傷	頭部	顔	創傷	擦過傷	あり	あり



(a) 左目画像

(b) 右目画像

図 27 添付された画像 (左下肢)



(a) 左目画像

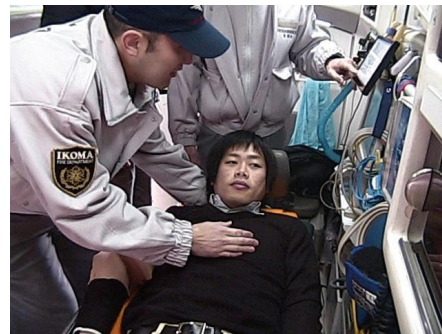


(b) 右目画像

図 28 添付された画像 (右上肢)



(a) 左目画像



(b) 右目画像

図 29 添付された画像 (頭部)

#### 4.3.2 傷病者情報の提示

本節では医師に提示されたブラウザ画面について説明する．ブラウザ画面の例を図 30 から図 31 に示す．ブラウザ画面上には隊員が入力した情報が管理フォーム，および観察フォーム毎に表示されることを確認した．3D 画像閲覧時には医師が偏光メガネと対応するディスプレイを用いることで立体的にシーンを把握することができた．

NAIST 国立大学法人 奈良先端科学技術大学院大学 NARA INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY 生駒市消防本部

受け入れ要請

出動番号	年齢	性別
18	20代	男性
19	20代	男性

受け入れ

拒否

傷患者情報

年齢 20代

性別 男性

意識レベル 10

救急隊所見・局所状況



右下肢  
負傷範囲：右下腿，  
骨折：解放，

右上肢  
負傷範囲：右上腕，  
骨折：解放，

頭部  
負傷範囲：顔，  
創傷：擦過傷，

図 30 医師に提示された一覧情報


NAIST 国立大学法人 奈良先端科学技術大学院大学 NARA INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY 生駒市消防本部

受け入れ要請

出動番号	年齢
17	20代
18	20代

受け入れ

拒否



2D

3D

戻る

図 31 HP 上から図 27 の画像を閲覧している場面

## 4.4 考察

本節では、本システムの導入による効果を評価するとともに、実運用にあたって必要となる機能、および運用環境を検討する。

### (1) システムの導入により期待される効果について

本システムの導入による効果を医師と救急隊員の意見からの定性評価およびシステムの利用時間からの定量的評価により検証する。

- 救急隊員と医師からのコメントによる評価

提案システムを利用した救急隊員からは、システムを利用することにより繰り返しの電話連絡の負担が減ることが利点として述べられた。医師からは言葉では表現が難しい情報を画像・バイタルデータを利用することで容易に確認でき、処置が可能かどうかを判断できることが評価された。

これらの意見より、本システムは救急隊員の病院選定に対する作業量の減少や、傷病者情報の伝達ミスによる搬送後に他の医療機関へ転院が必要になるなどの事故を防止できることが期待される。

- 医師・救急隊員の意見によるシステムの改善案

実証実験に医師および救急隊員から寄せられた要望として、傷病者の状況が変化した際に情報を更新できる機能の実装があった。

この機能を追加する際には、救急隊員の操作だけではなく、Web ブラウザ上から撮影指示などを行えるインタフェースを実装することで医師の要求を満たした情報の更新を実現することや、撮影位置の情報を利用して画像を自動で更新するなどの工夫を行う必要があると考えられる。

- 提案システムによる受け入れ決定までの時間について

従来、生駒消防では2次救急での受け入れ先病院への照会数は平均3回程度であり、一度の照会に3~5分を要する。それに対し、本システムでは隊員による入力に要する時間約7分と医師による確認・返答に要する時間として約2分を要した。そのため、2回以上の照会が必要な場合には本システ

ムを利用することで受け入れ先病院選定に要する時間を短縮することができると考えられる。

## (2) システムの運用に必要となる環境について

本システムでは静止画・動画像を医師に提示するために、救急車からサーバにそれらの情報をアップロードする必要がある。今回の実験では20秒の動画像を10MB程度になるように圧縮率を設定した。

回線速度の変化とシステムの問題から9MBの動画像をアップロードする際に1分以上の時間を要した。また、医師からは動画像の解像度に不満があることが評価により分かった。

医師が隊員が入力した情報を確認するのが入力後1分以内であることが予想される。また、内因性症状の傷病者に対してシステムを利用する場合には、色再現性や細かな動作などを動画像より読み取る必要があることから、現在よりも高品質かつ長時間の動画像を利用する必要がある。このことから、システムの実運用にあたっては50-100MBのファイルを1分以内にサーバにアップロードするために1.7Mbps以上の上り帯域を持つ無線通信網が必要となると考えられる。これに該当するものとして、今回の実証実験に採用したUQWiMAXなどがあるが、サービスエリアが都市圏に限定されるという問題が残っている。システムの本格的な運用には今後の高速かつ広範囲で利用可能な無線通信網の実現が期待される。

## 5. まとめ

本論文では救急隊による医療機関での傷病者受け入れ判断に必要となる観察情報を迅速に集約し、複数の医療機関へ伝達可能なシステムを提案した。提案システムでは、救急隊員はタッチパネルを用いて注目部位の指定と観察カードに基づいた主訴・局所状況の項目を選択し、関連する画像を登録することで傷病者の情報を集約し、ネットワーク上で共有する。医療機関から特定の URL にアクセスすることでデータベース上の救急隊員が登録した傷病者情報を参照でき、傷病者の情報を文字・画像情報を一覧することが可能であるため、効率よく情報を伝達することができる。このシステムでは、Web ブラウザが利用できる環境があれば情報を得られることから、スマートフォンなどの利用も視野に入れると、あらゆる場所で傷病者の情報を確認できる。また、MobileER に救急車内の画像を取得する手段として、従来の隊員視点カメラに加えて PTZ カメラを導入した。PTZ カメラは救急隊員の動作に関係なく安定して高解像度な画像を取得でき、また遠隔からの操作が可能であるため、隊員視点カメラとの併用により医師へ状況に応じた画像情報を提供することが可能である。

実験では、提案システムの導入により救急隊員の病院選定において繰り返しの情報伝達を行う必要がなくなることによる作業量削減や、画像とバイタルデータの利用により医師への情報伝達ミス抑制が期待できることを確認した。また、複数の医療機関へ受け入れ要請を行う事例において、一度の情報入力対象となる全ての医療機関に傷病者情報が提供可能なため、各医療機関への個別の情報伝達が不要となり、搬送先病院決定までの時間を短縮できることがわかった。

今後の課題としては、医師が要求する高品質な映像を伝送に必要となる高速な無線通信網の整備が必要がある。さらに、傷病者の状況変化に対応するために、救急隊員による傷病者情報の更新や、医師が救急隊に情報更新を要請する機能の追加が挙げられる。

## 謝辞

本研究の全課程を通して、細やかな御指導、御鞭撻を賜りました視覚情報メディア講座 横矢直和教授に心より感謝致します。本研究を進めるにあたり、有益なご助言を頂いたインターネット・アーキテクチャ講座 砂原秀樹教授に厚く御礼申し上げます。本研究の全課程を通して温かい御指導を頂いた視覚情報メディア講座 山澤一誠准教授に深く感謝致します。本研究を行うにあたり多大なる御助言、御鞭撻を賜りました環境知能学講座 神原誠之助教に深く感謝いたします。本研究の遂行に適切な御助言を頂きました視覚情報メディア講座、佐藤智和助教に心より感謝いたします。特に、神原誠之准教授には本研究のテーマ設定から本論文の執筆、その他発表論文の添削、発表練習に到るまで細やかな御指導頂きました。重ねてお礼申し上げます。また、本研究の遂行にあたり重要な御助言を頂きました奈良県立五條病院副院長の今西正巳氏に厚く御礼申し上げます。本研究の遂行にあたり実験場所の提供と無数の御助言を頂きました生駒市消防本部の関係各位に厚く御礼申し上げます。研究室での生活を物心両面で支えて頂いた秘書の中村美奈女史および高橋美央氏に厚く御礼申し上げます。最後に、研究活動だけでなく日々の生活においてもお世話になった視覚情報メディア講座の諸氏に深く感謝致します。



## 参考文献

- [1] 救急救命士標準テキスト 上巻 改訂第7版, へるす出版, 2007.
- [2] 救急救命士標準テキスト 下巻 改訂第7版, へるす出版, 2007.
- [3] 総務省消防庁: “救急業務における ICT の活用に関する検討会 報告書”, 報道資料, 2009.
- [4] K. Ishibashi, N. Morishima, M. Kanbara, H. Sunahara and M. Imanishi: “Toward Ubiquitous Communication Platform for Emergency Medical Care,” *IEICE Transactions on Communications*, Vol. 92, No. 4, pp. 1077–1085, 2009.
- [5] 総務省消防庁: “平成 21 年救急・救助の概要 (速報)”, 消防通信, Vol. 37, No. 10, pp. 31–33, 2010.
- [6] 財団法人国際交通安全学会: “プレホスピタル・サポートシステムの開発 報告書”, , 2008.
- [7] 横浜市安全管理局救急課: “「横浜型新救急システム」の運用状況について”, 報道資料, 2009.
- [8] 鈴木範行: “横浜市における 119 番通報の重症度・緊急度判定について-横浜ディスパッチシステム-”, 救急医療ジャーナル, Vol. 15, No. 6, pp. 72–74, 2008.
- [9] 大重賢治: “横浜ディスパッチシステムにおける 119 番トリアーゴリズム”, 救急医療ジャーナル, Vol. 15, No. 6, pp. 72–74, 2007.
- [10] 川上ちひろ, 大重賢治: “救急医療における情報通信システム”, 電子情報通信学会誌, Vol. 93, No. 10, pp. 867–872, 2010.
- [11] 総務省消防庁: “現場急行支援システムに関する検討会 報告書”, 報道資料, 2008.

- [12] 横山雅之: “「FAST」(現場急行支援システム)について”, 予防時報, Vol. 213, No. 6, pp. 14–19, 2003.
- [13] 高田邦道, 稲葉英夫, 南部繁樹: “金沢市における現場急行支援システム (FAST) の導入効果”, 国際交通安全学会誌, Vol. 34, pp. 47–54, 2009.
- [14] 総務省消防庁: “救急搬送における医療機関の受入状況等実態調査の結果について”, 報道資料, 2008.
- [15] 総務省消防庁: “平成 20 年度救急業務高度化推進検討会 報告書”, 報道資料, 2009.
- [16] FOMA データ通信, <http://www.nttdocomo.co.jp/service/data/foma/>.
- [17] 福田正輝, 高山純一, 中山晶一郎: “三次救急搬送活動を対象とした医療情報デジタル伝送システム運用のためのアンテナ基地局配置方策の検討”, 土木計画学研究・講演集, Vol. 39, 2009.
- [18] 太田現一郎, 鎌田史隆, 寺村允安, 北條博史: “5GHz 帯屋外無線 LAN の高速移動アプリケーションの実証実験 : 高速鉄道ならびに救急医療現場での検証”, 103, 社団法人電子情報通信学会, pp. 99–102, 2003.
- [19] 総務省消防庁: “平成 21 年度 救急業務における ICT の活用に関する検討会 報告書”, 報道資料, 2009.
- [20] 高濱, 寺田, 岡本, 藤川, 砂原: “救急医療支援システムにおける Web ストリーミングアプリケーションの開発”, マルチメディア・分散・協調とモバイル (DICOMO2010) シンポジウム論文集, pp. 889–894, 2010.
- [21] 原田博司, 阪田徹, 太田現一郎, 石原義隆, 梶田晃司, 竹内良平, 寺村允安: “救急医療現場におけるブロードバンド移動通信技術と実証実験”, 電子情報通信学会技術研究報告・無線通信システム, Vol. 105, No. 88, pp. 23–28, 2005.

- [22] 梶田晃司, 加藤央明, 野本悠香梨, 渡辺弘樹, 原田博司, 竹内良平: “ブロードバンド無線ネットワークを活用した遠隔操作エコーロボットと高精細動画像伝送の実証実験”, 整形・災害外科, Vol. 49, pp. 1035–1041, 2005.
- [23] 梶田晃司, 加藤央明, 野本悠香梨, 渡辺弘樹, 原田博司, 竹内良平: “パンタグラフ型超音波診断ロボットの軽量化と走行する救急車 病院間での遠隔診断実験”, 第 23 回日本ロボット学会学術講演会論文集, 2005.
- [24] JPTEC 協議会: JPTEC ガイドブック, へるす出版, 2010.