

表 題 救急医療活動における ICT (Information and Communication Technology) 技術の応用に関する研究

論文の区分 論文博士

著 者 名 米 川 力

所 属 自治医科大学 救急医学講座

2014年10月15日申請の学位論文

紹介教員 地域医療学系 専攻 救急医学 教授 鈴木 正之

目次

I はじめに	1 頁
II 研究 1：救急画像伝送システム	
1) 研究の背景と目的	5 頁
2) 方法	6 頁
3) 倫理的配慮	7 頁
4) 評価項目	9 頁
5) 結果	9 頁
6) 研究 1 の考察	13 頁
7) 研究 1 の限界	14 頁
III 研究 2：緊急通報システム	
1) 研究の背景と目的	16 頁
2) 方法	16 頁
3) 模擬出動実験	21 頁
4) 倫理的配慮	22 頁
5) 評価及び解析	23 頁
6) 結果	23 頁
7) 研究 2 の考察	25 頁
8) 研究 2 の限界	27 頁
IV 全体の考察	
1) 一般向け ICT 技術の医療への活用による低コスト化	29 頁
2) 個人情報保護・セキュリティの確保	32 頁
3) 今後の展望	35 頁
V おわりに	37 頁
参考文献	38 頁

I はじめに

Telemedicine は日本では「遠隔医療」と呼ばれ、主に遠隔地同士での医療情報のやり取りの意味で用いられる。マルチメディア技術の発展やインターネットの普及に伴い 1970 年代に研究が始まり¹⁾、日本では主に専門医の確保できない過疎地域における医療格差の是正を目標に導入が進められてきた。具体的には、患者から遠隔地にいる医師が送信された映像や音声を通じて患者の情報を取得し治療に役立てる direct patient care、医療用画像（病理標本、内視鏡像、X 線画像、CT、MRI、心電図、超音波画像など）を伝送して専門医の助言を受ける teleconsultation、学会などで手術の様子を中継し議論を交わす teleconference などが実践されている。これら telemedicine の導入には Information and Communication Technology（以下 ICT）技術の発展が大きく貢献しており、医療への ICT 技術の積極的な応用が進んできている²⁾。

救急医療分野でも telemedicine の導入は積極的に行われてきており、古くは救急車内から心電図伝送を行い、搬送中の心疾患患者の病態や重症度の予知に活用したり³⁾、最近では TV 会議システムと放射線画像読影システムを結び、早期の脳卒中診断を可能にした遠隔脳卒中診療（telestroke）⁴⁾や、携帯電話を利用して 119 番通報してきた一般市民に対し消防通信指令員が心肺蘇生法を直接指導する方法など⁵⁾、多岐にわたる試みがなされている。

このように様々な形で telemedicine の有用性が示されてきているが、反面、全国的に普及しているとはいえないと考える。事実、厚生労働省の統計データによると一般病院・診療所合わせての遠隔医療導入件数は 2005 年には 3117 件であったが⁶⁾、3 年後の 2008 年には 2247 件まで減少している⁷⁾。普及が進まない要因は様々な考えられるが、その要因の一つはコストの問題である。総務省

による自治体アンケート調査において、地域 ICT 利活用における課題として、47.5%の自治体が「費用対効果が不明確」、15.8%が「費用対効果が見合わない」ことを挙げており、普及のためにはコスト問題の解決が必要不可欠と考えられる⁸⁾。Telemedicine システムの実践には事業確立のための費用、システム機器そのものの費用、維持費、通信費、運営に当たるスタッフ費等を考慮する必要があるが⁹⁾、多くはシステムの開発や通信機器導入、及び維持にかかる費用である。オーストラリアで行われた癌診断のための telemedicine では実験終了までに 442,276 豪\$を要したが、そのうちシステム機器導入に 122,256 豪\$ (27.6%)、システム維持にかかるスタッフの人件費に 224,160 豪\$ (50.6%) の費用を要しており、いかに多額の費用を必要とするかが分かる¹⁰⁾。我が国では新たな ICT 技術を用いた telemedicine システムを導入する際に、普及支援目的の単年度の助成はあっても、導入終了後も必要になる維持費に関してはシステム導入元の医療機関側が負担することが多く、その結果継続が困難となるケースが多数見られている。医療費全体で考えれば ICT 技術の利活用により結果的に医療費削減につながるというデータが示され始めているが¹¹⁾¹²⁾、導入時にかかる多額の費用負担の軽減、維持費の負担軽減など目に見える部分での費用削減がない限り全国的な普及は期待できないであろう。

一方、近年 ICT 技術の中でも注目されているのがインターネットや携帯電話である。これまでは高額かつ専用の機器でしかなし得なかった情報通信が個人の携帯電話で利用可能となり、爆発的な普及を遂げている。平成 24 年度末で携帯電話の人口普及率は 94.5%に達している¹³⁾。またいわゆる多機能携帯電話（スマートフォン）も普及が進み、これらの機器で利用可能なアプリケーションには医療に関するものも数多く開発され¹⁴⁾、一部のアプリケーションは医療従事者用に開発され日常の医療業務で利用されているものも多い。これまでの

telemedicine システムは安定したインターネット接続の保証や専用ソフトウェアの開発、更に専用機器購入に多額の費用を要したが、これら一般化した ICT 技術を用いた機器、ならびに一般的なインターネット回線あるいは携帯電話通信会社が提供するデータ通信を用いることで導入・維持にかかる費用を大幅に削減できる可能性がある。

WHO (World Health Organization) は医療機関へのアクセスが不足している発展途上国において、最も telemedicine が有効である可能性を示唆している¹⁵⁾。その中では telemedicine 開始にかかるコスト、すなわちシステム導入にかかる経費をできる限りおさえる事を強調し、さらに導入する ICT 技術は telemedicine に用いるのみならず、政府機関や教育機関でも利用可能かどうか重要な要素であると述べている。つまり、現在の telemedicine は社会全体の中に構築された情報共有ネットワークの一部と捕らえることができ、現存する ICT 技術をどのようにして医療に利用するかを考える事が重要である。このような考え方は発展途上国のみならず、先進国とりわけ我が国にも当てはまる事である。我が国においては既にネットワーク環境は整備されている。この既存のネットワークを活用し、さらに現在の ICT 技術、とりわけ携帯電話を利用した場合、これまで我が国で実践してきた telemedicine の一部は多額の費用を掛けずに代替できる可能性があり、更に新たな telemedicine の開発においても低価格で開始可能と考えられる。また、一般消費者が利用可能な ICT 技術を用いることは、導入費用のみならず、そのシステムを操作するスタッフにとっても普段から使っている機器とほぼ同様の操作のため容易に扱うことが可能であり、導入に当たっての操作訓練も省略できる。またメンテナンスについても、通常範囲内の使用であれば各メーカーに保証を申込むことも可能で、保守費用の削減にもつながる。このように、導入・維持にかかるコストを抑えることで、

telemedicine の一層の普及が促進すると思われる。

以上を踏まえ、本研究では救急医療活動において既に運用されている、もしくは今後活用が予想される遠隔医療システムを、日本国内で市販されている安価な一般消費者向けの ICT 技術を用いて再現し、代替可能かどうかについて検討した。更に安価な遠隔医療システムの導入における問題点を抽出し、今後同様のシステムが全国に普及していくための課題について考察を加えた。

II 研究 1：救急画像伝送システム¹⁶⁾

1) 研究の背景と目的

近年行われている遠隔画像診断システムは読影医の負担軽減や画像のダブルチェックによる医療の質の向上など有効性が高い反面、システムの導入やサーバーの設置に多額の費用を要し、かつ相応のランニングコストも必要である。システムの構成によりその導入費用は変動するが、サーバー等も含めたシステム導入費用は数千万円程度必要である。救急医療現場においても遠隔画像診断システムは有用性が高い。外傷による肝損傷患者を例に挙げると、初療の現場では CT 画像から手術や血管内治療あるいは保存的加療の選択を瞬時に判断することが求められ、バイタルサインが安定していない患者では更に時間的余裕が少なくなる。最終的に手術適応の判断は外傷外科医が行うことになるが、病院内に外傷外科医が不在の場合でも、遠隔画像診断システムを用いることで迅速に治療方針を決定することができる。また、これまで手術適否の判断のため外傷患者が搬送されるたびに病院へ呼び出されていたが、遠隔画像診断により不要な出勤が減ることになる。このように、遠隔画像診断システムの導入によって外傷外科医の負担軽減や、スムーズな治療方針決定が期待できる。現在導入可能な遠隔画像診断システムは構築するシステムの規模にもよるが数千万～数億円の費用が必要なため、導入を断念している施設も多く存在すると思われる。このような高額なシステムの代替として、携帯電話端末で利用可能なビデオ通話ソフトを利用し、院内から院外の医師に CT 画像並びに手術中の映像を伝送し、その画像で読影可能かどうか、助言・指導が可能かどうかを検討した。

2) 方法

Apple 社製ビデオ通話ソフトである“FaceTime”はインターネットに接続された iPhone 等の iOS デバイスならびにマッキントッシュ・コンピューター (mac) いずれか 2 台間でビデオ通話が可能である。院内当直医師が院外にいる医師に治療方針等意見を聞きたい場合に iPod touch から CT 画像を伝送し、iPad2 を用意した自宅待機医師が伝送された画像を読影、助言・指導を行うことを想定した。2011 年 10 月 1 日から同年 10 月 31 日の一ヶ月間に当院救命救急センターに救急搬送された AIS(Abbreviated Injury Scale)3 点以上の重症外傷患者 35 症例のうち、CT 画像により治療方針が左右されたと考えられる 23 症例を抽出し (表 1)、直接会話ができない 2 地点間で画像伝送実験を行った。実際の運用では当直医師から脳外科、消化器外科等の他科医師へのコンサルトも想定されるが、本研究では画像伝送の画質評価を主目的としたため救命救急センター所属の医師 11 人のみで送信側・受け手側の役割を分担し、CT 画像を共有しながら治療方針についての協議を行った。

患者数	
23 症例	(男性 14 症例、女性 9 症例)
平均年齢 61.8 歳	(男性 59.6 歳、63.8 歳)
損傷部位(重複を含む)	
頭部・顔面	15
胸部	3
腹部	4
四肢・骨盤	4

表 1 画像伝送を行った外傷症例の内訳

外傷患者の手術中の画像に関しては、機器内蔵のカメラで撮影するためには術者とは別に撮影者が必要になるため、CCD (charge-coupled device)カメラを mac 外部カメラとし、ビデオキャプチャー装置を介して mac 本体に接続し、ハンズフリーの状態で術者視線の撮影ができるように工夫した (図 1)。実験では当院手術室の LAN 環境が未整備であったため、前述の装置で一旦録画し、録画画像を FaceTime で伝送する方法で検証を行った。伝送される画像の画質についてはリアルタイムに伝送するものと変化は無い。また、実験に用いた動画は救命救急センター所属医師が執刀医となった腹部外傷症例 2 例を用い、手術に携わらなかった救命救急センター所属外傷外科医が伝送画像を確認、FaceTime を用いてディスカッションを行った。

本アプリケーションは各々の端末でメールアドレスと Apple ID を FaceTime 用連絡先として登録する必要があり、通信の際にはこのメールアドレスを入力する。通信が確立されたのち、お互いの顔を直接確認した上で画像伝送を開始するため、第 3 者へ誤送信されることが防止できる。

3) 倫理的配慮

個人情報の取り扱いには細心の注意を払った。CT 画像を伝送する場合は PACS 画面を予め操作し、個人情報 (ID、氏名、生年月日等) を非表示にし、CT 画像からは個人が特定できないようにしてから画像伝送を開始した。手術中の映像については患者の顔が見えない限りは個人の特定は困難と判断した。また、この研究に当たっては自治医科大学疫学研究における倫理審査 (疫 10-50 号) の承認を得ている。

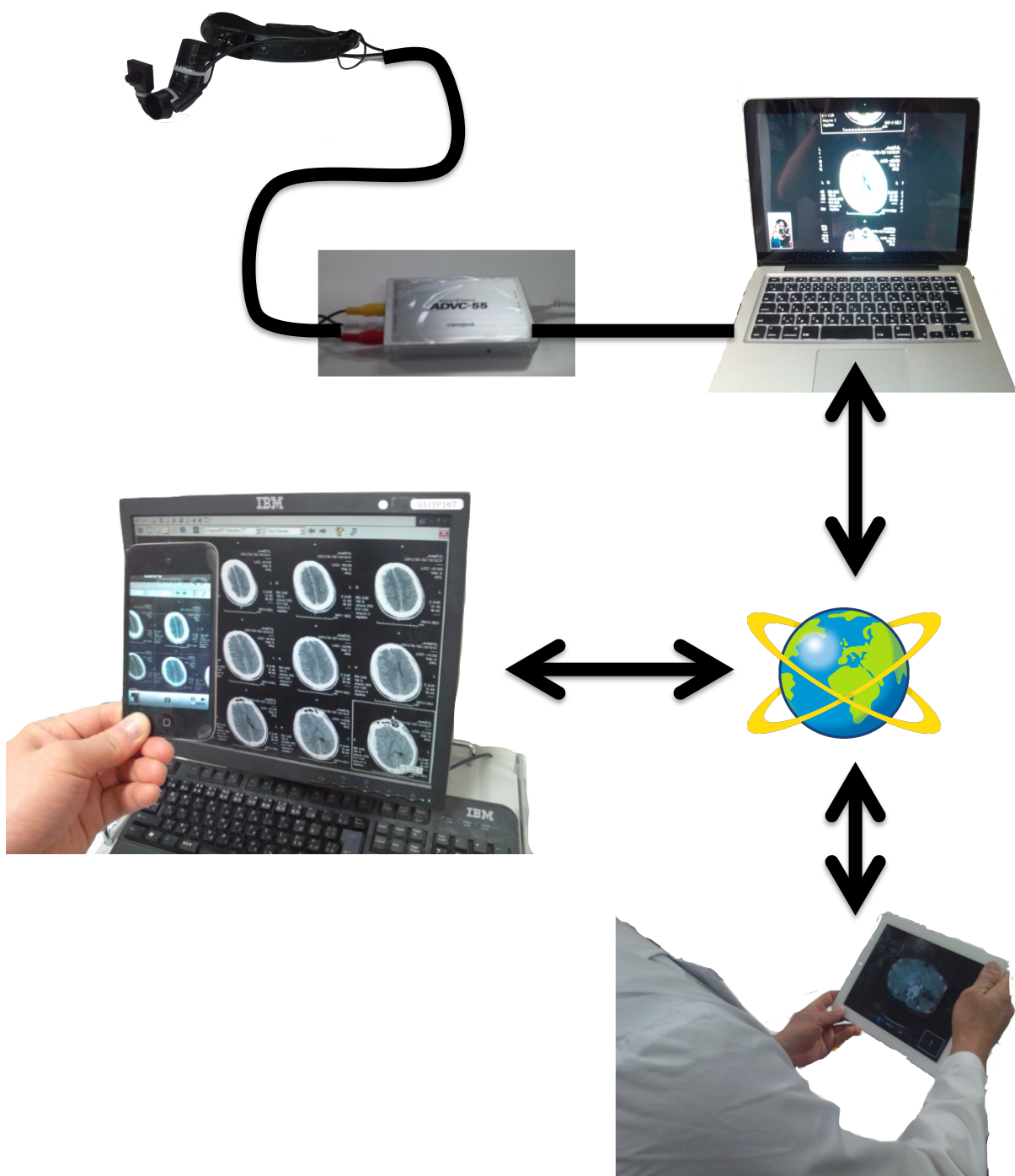


図1 画像伝送システム概略図

CT 画像は iPod touch から直接伝送される。手術中の映像は、CCD カメラで撮影し、ビデオキャプチャー装置を介して mac に接続した。受信側は全て iPad2 で画像を閲覧した。

4) 評価項目

実験を通し、伝送される画像の画質、画像伝送の中断の有無、会話の音質について評価を行った。

また実験終了後、送信側・受診側それぞれの医師に聞き取りによるアンケートを行った。アンケートでは画像伝送に携わった救命救急センター勤務医師 11 人全員に、①伝送される画像で読影可能かどうか、②操作性はどうか、③日常業務に有用かどうかについて質問を行い、有効性の評価に用いた。

5) 結果

導入に要する価格は携帯端末 (iPod touch、iPad2) がそれぞれ 2～5 万円台、ノート型 PC (mac) は 10 万円前後で購入可能で、CCD カメラやビデオキャプチャー装置も 1～3 万円程度である。使用に当たってはインターネット環境が必須であるが、我が国においてはインターネットの普及率が高く、新たなインターネット環境構築には費用がかからないものと考えた。

実験中技術的な問題の発生は無くリアルタイムに画像伝送を行うことが可能であった。伝送される CT 画像の画質も読影可能なレベルであった。代表的な外傷写真を図に示す (図 2 a、b)。PACS 画面の操作により画像のぶれを感じるものがあったが、キーフィルムの供覧の際には操作を停止するため、読影にあたっては特に問題にはならなかった。手術中の動画映像はビデオキャプチャー装置を介したため、CT 画像に比べると画質の低下が見られた。更に CCD カメラが術者の頭部に固定されている為、術者の頭部の動作により画像が大きくぶれるため、時に受信側に不快感を与えることがあった。しかし、術者が助言をもらいたい場面では視点が固定することでカメラも固定され、さらに術野に近接することで十分評価可能な画像伝送が可能であった。動画のうち代表的な伝送

画像の 1 コマを示す（図 3）。

アンケート結果（表 2）においては、緊急での処置判断においては全ての医師が読影可能な画質であると答えた。一方で、放射線科が行うよう詳細な読影は困難であるという意見が 11 人中 2 人から挙げられた。また、接続確立の際の問題、PACS 画面の操作に不慣れなため戸惑った、詳細な画像を送信するための工夫（拡大・近接など）が必要だったなど、操作性を問題にあげる意見が 11 人中 5 人と半数近くに見られた。日常業務に有用かどうかという点については。これまでの電話によるコンサルトに比べ説明も容易で、更に受け手側も画像情報も踏まえた形での助言・指導が可能であったため、治療方針の決定が従来よりもスムーズに行えるとの意見が 11 人全員から聞かれた。



図2a FaceTime を使用し、iPod touch から伝送され iPad2 で閲覧した画像(頭部外傷)
右急性硬膜下血腫が確認できる (矢印)



図2b FaceTime を使用し、iPod touch から伝送され iPad2 で閲覧した画像 (腹部外傷)
肝損傷 type Ib(M)が確認できる (矢印)

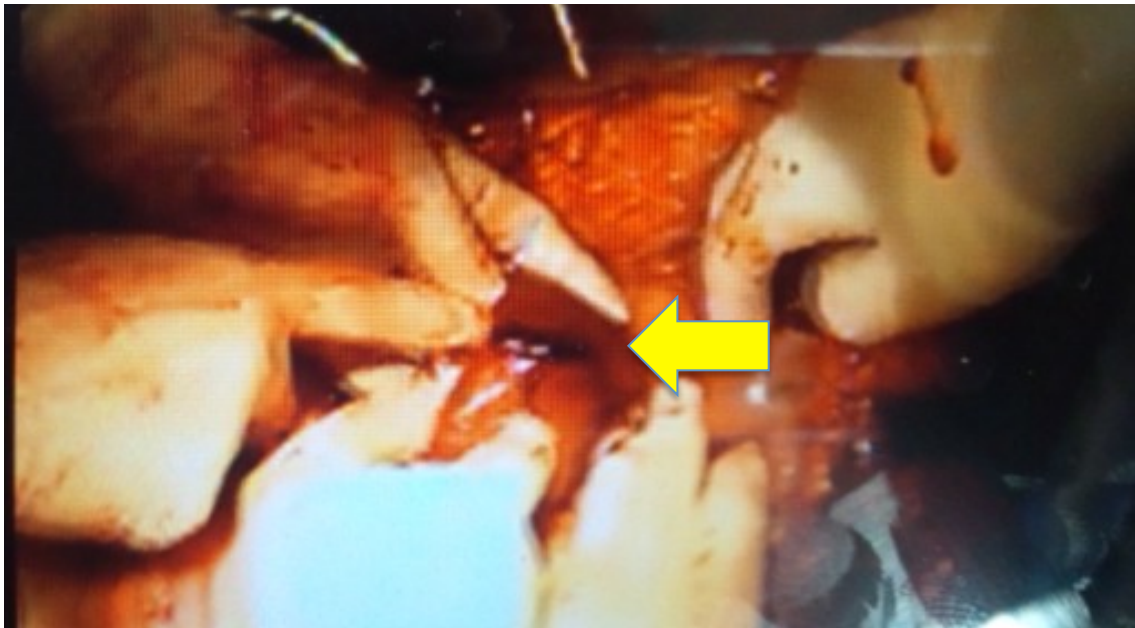


図3 手術中の動画の1コマ

腎損傷が確認でき（矢印）、動画では持続的な出血が確認できた。手術中に医師同士で修復術か腎臓摘出かの議論を行うことができる。

反対意見

①読影可能かどうか	はい 11 人	いいえ 0 人	<ul style="list-style-type: none"> ・救急現場で用いるには十分だが、詳細な診断は困難 ・放射線科が行う読影にはもう少し画質の精度を上げる必要がある
②操作性は十分か	はい 6 人	いいえ 5 人	<ul style="list-style-type: none"> ・FaceTime の使い方がよく分からない ・ネットにうまく接続できない ・PACS の操作がうまくできない ・画像の拡大、縮小などが面倒 ・カメラの固定が大変
③日常業務に有用か	はい 11 人	いいえ 0 人	

その他自由回答

- ・コンサルトが容易に行えるようになる
- ・治療方針の決定がスムーズに行える
- ・リアルタイムでの手術の様子が見られ、術後の管理のイメージがわく
- ・カメラが動くと画質が低下する

表2 画像伝送後のアンケート結果

6) 研究1の考察

本研究の結果から、救急医療分野における治療方針を判断するための画像伝送システムは従来の高額なシステムを用いずとも安価な TV 電話システムで代替できることが示唆された。アンケート結果からは操作性に対する問題点の指摘が多く挙げられたが、機器操作を繰り返すことで徐々に改善していくものと考えられた。

現在様々な形での医師間のコンサルテーションが行われているが、その手段は電話による音声情報のみのことが多い。その際に実際の画像が加わることでコンサルテーションを受ける側の取得でできる情報が飛躍的に増加し、判断しやすくなることはいうまでもない。院内コンサルテーションに限らず、病院間のコンサルテーションや現場活動を行っている救急隊からの画像伝送が増加することで、患者に提供する医療の適正化や質の向上が図られることが予想される。遠隔画像診断システムの導入を検討しているものの導入費用が高額のため断念している病院でも本システムを用いることで安価に導入が可能となる。一方で専用システムは操作性やセキュリティの確保、ならびに発展性の面で安価なシステムでは行えない機能を有するのも事実である。アンケート結果にもあったように、詳細な読影を行うためには専用システムの導入が必要になるであろう。従って、何を目的として画像伝送システムを導入するかによって必要とされるシステムの要件は変化する。実際のシステム導入に当たっては導入目的を明確にした上で、導入可能なシステムを比較、各々の費用対効果を検討することが望ましいと考えられる。

本研究では同一施設内の医師間コンサルテーションのみの使用を念頭に実験を行った。実際の運用に当たっては脳外科・消化器外科など複数科同士での情報の共有も考えられる。更に他病院間でのコンサルテーションもこのような安

価なシステムを積極的に導入することで、普及促進が進む可能性がある。

これまでは病院間の患者転送は限られた情報の中で行われてきた。事前に情報を受け取り実際に転送されてきた患者を診察した結果、転送が不要であったという場面も多く経験している。医療画像の共有並びに会話による話し合いが進むことで不要な患者転送が減少するならば、患者の搬送による負担が軽減するのみならず、勤務医の負担も軽減することにつながるものと考えられる。更に、医療情報に関するネットワークを病院・診療所・在宅・救急隊間に広げることで（図4）、効率の良い医療を展開することができ、当初の遠隔医療の目的である医療格差の是正、医療費の削減などが進んでいくことが予想される。

ICT 技術の発展は近年急速かつ飛躍的であり、日々新たなデバイスが開発されている。技術的には現状のデバイスで十分に医療用画像の共有は可能であり、今後はそのデバイスを用いどのような運用を行って行くかという運用面での検討が必要と考えられる。

7) 研究1の限界

伝送される画像の画質については、携帯端末などが接続されているネットワーク環境に影響されるため、本研究では画素数やフレームレートなどの画質に関わる詳細な検討は行っていない。そのため研究結果における読影可能な画質という評価も主観的な要素が強い。今後システムの普及のためには、医療用画像の伝送に必要な画素数、フレームレート、更には通信環境の条件など客観的な指標に関する追加調査が必要であると考えられる。

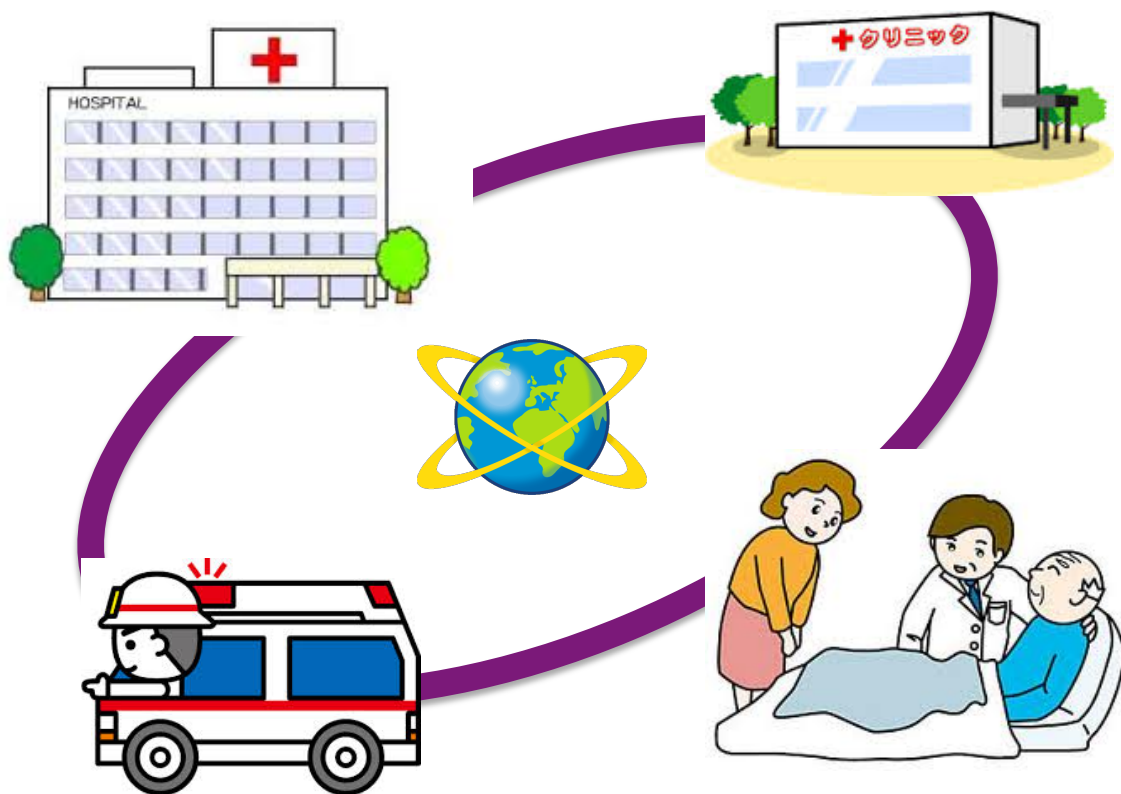


図 4 今後の展望

医療圏を一つの単位とした各病院・診療所・在宅・救急隊などを全てネットワークで結ぶことで情報の共有が可能となり、効率的な医療が展開できる。

III 研究 2：緊急通報システム¹⁷⁾

1) 研究の背景と目的

院外心肺停止患者の蘇生率向上の為には早期の心肺蘇生と除細動が重要である¹⁸⁾¹⁹⁾。蘇生率向上の為の方法の一つとして蘇生ガイドラインでは PAD (public access defibrillation) プログラムの実践を推奨しており、その中には救急隊が院外心肺停止患者に接触する前の **First Responder** (以下 **FR**) による除細動が含まれ、蘇生率の向上に寄与するとしている²⁰⁾。**FR** とは消防通信指令から出動指令を受け、救急隊が現場到着する前に早期の蘇生を提供するボランティアグループで、いくつかの研究で院外心肺停止患者の蘇生率向上が示されている²¹⁾²²⁾。日本ではこのような **FR** システムはこれまで実行されていなかった。我々は、これまでに日本で **FR** システムを実践する為に必要な要素を調査してきた²³⁾。**FR** システムの効果、すなわち蘇生率を最大にする為には応答時間 (出動～現場到着) の短縮が必須である。そのためには **FR** システム構築の際には迅速に **FR** が応答する為の出動指令システムが必要不可欠と考えた。そこで、一般向けに販売されている位置情報システムを利用し、**FR** 用指令システムを構築し応答時間 (出動～現場到着時間) の短縮が可能かどうかを検討した。

2) 方法

GPS 機能を有する携帯電話を携行した登録メンバーの位置情報が確認できるクラウド型の”位置情報サービス DP2” (ナビッピドットコム、東京) を **FR** 通信システム用にカスタマイズし使用した (図 5)。本システムは携帯電話の製造メーカーや種類を問わず使用可能であるが、情報処理能力の観点から **Android OS** を搭載したスマートフォンを用い研究を行った。個々の **FR** は専用アプリケ

ーションをスマートフォンにダウンロードし、個人情報（名前、携帯電話番号、メールアドレス）を登録することで本システムが使用可能となる。出動指令を送信する消防通信指令課では OS Windows 7 を搭載したノート型コンピューターを用い、Web 上の操作画面にアクセスする。FR に出動指令メッセージを送信するために予め FR の情報を登録しておく。本システムでは院外心肺停止患者発生場所からの距離に応じて FR にメッセージを送信するかどうかを設定することができる（本実験では半径 3000m に設定）（図 6）。さらに、地図上に AED 情報を登録することも可能であるが、本実験では検証は行わなかった。



図 5 基本操作画面

通信指令員は FR の現在位置、状況などを確認することができる。

FR は自らの状況（「出動可能」、「出動不可能」、「出動中」、「到着」）を発信することができ（図 7）、通信指令員が web 上で個々の FR が出動可能かどうかを確認することができる。FR の状況が「出動中」に変化すると、スマートフォンは GPS 位置情報を 1 分間隔で自動的にサーバーへ情報を送信するため、ほぼリアルタイムで FR の動態を確認することができる。FR の位置情報は状況が「出動不可能」の場合はサーバーに送信されない。

119 番通報が入り通信指令員が FR 対応事案と判断した場合は、通信指令員は現場住所ならびに目標となる情報（世帯主名やビル名称など）を入力する。本システムは自動的に出動可能でかつ現場住所から半径 3000m 内に存在する FR を選択しメッセージを送信する。この際、自動的に選択されなかった FR を追加で選択することも可能である（図 8）。送信されたメッセージには現場住所や世帯主名などの現場を特定できる文字メッセージの他に、スマートフォンに内蔵されている地図アプリケーション（Google map）へのリンク先が埋め込まれており、必要に応じて現場までの地図を確認することも可能である（図 9）。現場を確認し、出動を決めた FR は自らの状況を「出動中」に変更し現場へと向かう。FR が急行中、通信指令員は基本画面上で FR の動態を確認でき（図 10）、必要に応じて「途中で AED を確保するように」などの追加の情報を送信することができる。



図 6 設定画面

(a)FR の登録。(b)FR 個人設定。メールアドレス、電話番号、活動グループなどを登録する。(c)グループ設定画面。出動指令を送信する範囲を現場からの距離に合わせて変更が可能。



図 7 FR が携行するスマートフォン画面

(a)FR の登録。(b)FR 個人設定。メールアドレス、電話番号、活動グループなどを登録する。(c)グループ設定画面。出動指令を送信する範囲を現場からの距離に合わせて変更が可能。

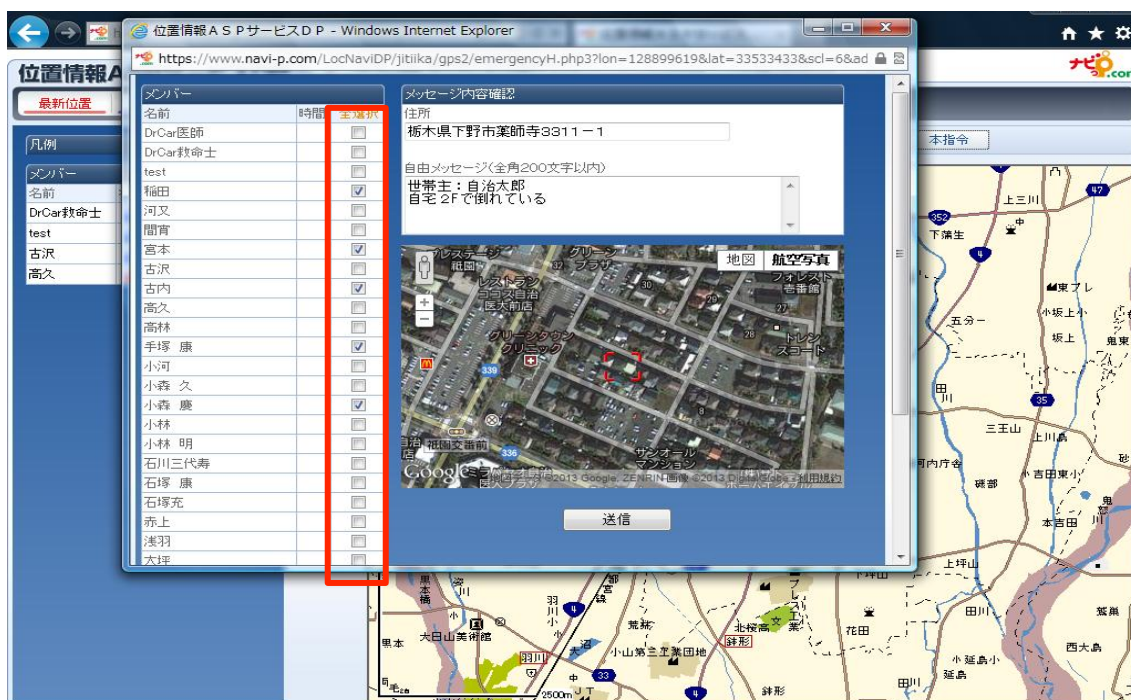


図 8 出動指令入力画面

現場住所を入力すると、自動的に近くの FR が選択される（赤枠）。文字情報と地図情報が FR に送信される。



図 9 出動指令メッセージ

(a) 指令員から送信された出動指令メッセージが自動で表示される

(b) 内蔵された Google map 上で現場位置を確認可能



FR の状況表示：
現在の状況、最終時刻を表示

FR の位置・状況が地図上で表示される。表示された円の中で出動可能な FR のみに出動指令が送信される。

図 10 FR 動態確認画面（基本画面）

出動指令は半径内の出動可能な FR のみに送信される。半径は予め指令員が設定する。FR の動態は瞬時に判断できるように色分けされている。

3) 模擬出動実験

本システムを用い、栃木県茂木町（図 11）で模擬出動実験を行った。茂木町は面積 172km² の中に 2013 年 4 月の時点で人口約 14600 人が住む過疎地域で、我々は将来この地域で FR システムを実践する予定である。2013 年 4 月の任意の 2 日間に、30 人の非番消防職員を FR として実験を行った。実験では、2012 年の 1 年間に茂木町で発生した院外心肺停止患者に対する救急出動事案を比較対象とし、発生現場への模擬出動指令を行った。FR の出動範囲は現場から半径 3000m 以内に設定した。現場までの移動は全例 FR の自家用車を使用した。出動指令内容としては、現場住所と世帯主名とし、時に現場が特定できる目標物を送信した。FR システム実践の際には各 FR が AED を携行した状態で待機す

る予定としたため、模擬出動実験においても出動した FR は町内に設置されている AED を取得することなく、現場に向かうこととした。

4) 倫理的配慮

FR に送信するメッセージ内には現場が特定できる情報のみで、個人を特定できる情報については送信しないこととした。また、この研究に当たっては自治医科大学疫学研究における倫理審査（疫 12-15 号）の承認を得て行った。



図 11 模擬出動実験エリア

5) 評価および解析

実験開始に当たり、参加者全員の携行する腕時計を日本標準時に修正し、その上で通信指令員による出動指令メッセージ入力開始から送信までの時間、ならびにメッセージ送信から **FR** が現場到着するまでの時間を計測した。同時に **FR** の移動距離については、実際の自宅から現場までの距離を移動に用いた自動車の走行距離計を用いて計測した。過去の出動における応答時間（出動～現着）と、模擬出動で得られた応答時間とを比較検討した。応答時間の統計解析については Mann-Whitney U 検定を用い、P 値 0.05 未満で有意差有りと判断した。移動距離と時間の関連については Spearman 相関分析による解析を行った。

6) 結果

コストの面では、システムのカスタマイズのために 100 万円程度の費用を要し、ランニングコストは操作 PC が 5000 円/月、携帯端末 1050 円/月を要した。他に携帯端末の基本使用料とデータ通信料として 1 台当たり 6000 円前後の費用が必要であった。

通信指令員による情報入力の平均時間は 37 秒（range 21-60 秒）であった。**FR** が救急隊よりも先に現場に到着できた事案は 30 件中 25 件で、率にして 83% であった。**FR** が出動指令を受信してから現場に到着するまでの時間を救急隊の応答時間と比較すると 3 分 37 秒早く **FR** が到着可能で ($P<0.001$)、応答時間を 36% 減少することができた。メッセージ入力時間も加えた場合の応答時間でも 3 分の違いがあった（表 3）。**FR** の平均移動距離は 3.4km（range 0.2-7.2km）で応答時間と移動距離には正の相関が認められた ($r=0.689$)（図 12）。

(a)現場先着

	現場先着(n)	現場先着(%)
FR	25	83
救急隊	5	16

(b)応答時間(分:秒)

	救急隊応答時間(n=30)	FR 応答時間 (n=60)	時間差	入力時間
Mean	9:58	6:21	3:37(P<0.001)	0:37
SD	4:57	2:40	2:17	0:08

(c)FR 移動距離(km)

Mean	3433
SD	1361

表 3 過去の事例と比較した 30 件の模擬出動実験結果

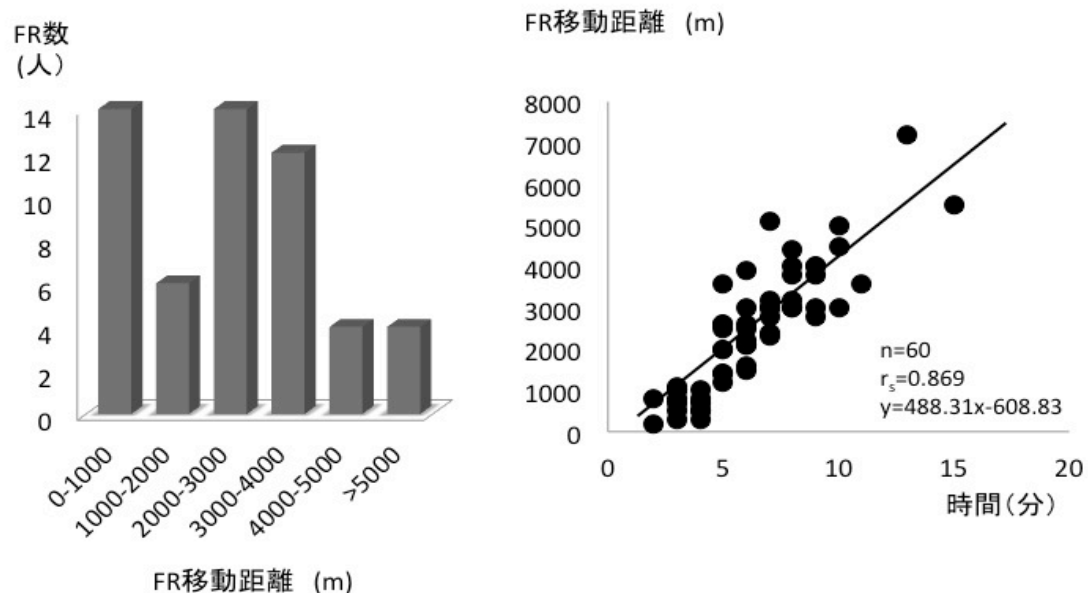


図 12 FR 移動距離、ならびに移動距離と応答時間との相関

7) 研究2の考察

日本では2004年に一般市民によるAEDの使用が解禁され、急速にAEDの設置が進んできた。2011年12月の時点で、およそ33万台のAEDが設置されている²⁴⁾。院外心肺停止患者の蘇生率向上の為に、AEDの設置のみならずAEDの適切な使用が必要であり、PADプログラムの実践方法の一つであるFR体制の構築はその目的にかなっている。FRの効果を最大限に発揮する為には、応答時間の短縮が必要であり、その為には迅速な出動指令に加えFRが道に迷うことなく現場に到着できることが必須である。FRへの通信方法はこれまでの研究でも決まったものは無く、海外の例ではFRに対する出動指令はポケットベル、電子メール、無線や電話連絡など様々な方法が行われているが、FRが活動する範囲、人口、FRの人数によっても望ましい通信手段は変化する。従って、FRシステムを提供する地域の実情にあった通信手段の確立が必要である。

近年の通信技術の進化によって、携帯電話は音や文字、画像や動画など様々な情報を双方向通信することが可能になっている。FRが迅速に現場到着する為に、当然これらの技術が利用されるべきであろう。事実海外では、携帯電話のSMSメッセージ機能やGPS機能を用いたFR用通信システムが研究報告されている²⁵⁾²⁶⁾。これらの実験では院外心肺停止患者発生場所のみがFRに発信されるため、道に迷い現場到着できない事案も発生している。従って、FRに伝える情報には地図情報が不可欠であると考ええる。さらに、これまでの研究ではFRへの情報伝達は指令員からの一方向に限られており、ひとたび出動指令を発信しても、出動しているFRが存在するのか、何人のFRが出動しているのか、誰がAEDを持って行くのかなどの情報を通信指令員が把握することは困難であった。PADプログラムの実践にはAED携行は不可欠である。現場に急行するFRの中で、誰が地域に設置されているAEDに最も近いかを把握した上で、出

動指令を送信するには **FR** の位置情報の把握が必要であるが、本システムではそれが可能になる。一方で出動している **FR** が複数いる場合には、お互いの情報を共有することも効率的な **FR** 活動には重要になってくる。本システムでは通信指令が追加メッセージを発信することで、出動中の **FR** に対しての情報提供が可能であるが、指令員の負担を考慮した場合、**FR** 自らが情報共有できることが必要であろう。今後は **FR** 自身も地図上でお互いの位置情報を共有できるシステムへのカスタマイズが望まれる。

また本実験において、**FR** は **AED** を既に携行しているという条件で現場に向かったが、他地域で **FR** システムを展開する場合は地域に配置された **AED** を取得することがほとんどと考えられるため、どこに **AED** を設置するかも重要な要素になる。日本における **AED** の普及は大規模なスポーツ施設、公共施設を中心に広がってきており、そもそも **FR** システムを導入しようとする過疎地域においては **AED** の設置自体が無い地域もあり得る。近年 **AED** の最適配置についても研究がなされてきているが²⁷⁾、公共施設や医療施設が近くにはない僻地においては社会的なインフラの1つとして **AED** の設置が望まれるため²⁸⁾、**FR** の配置とも含めた計画段階での議論が必要不可欠であろう。

本システムは救急隊への出動指令システムとは独立しており、指令員は現場情報を追加で入力する必要がある。結果的にはそれでも **FR** は救急隊よりも現場に先着することは可能であったが、救急隊への出動指令と同時に **FR** へ出動指令を出すことができれば更なる応答時間の短縮が図られるはずである。現時点では個人情報保護の観点から、消防通信指令システムに外部のシステムを接続することは困難である。さらに、消防通信指令システムに **FR** 用への出動指令を組み込む際にはカスタマイズ費用として数百～数千万円程度の費用が見込まれている。それに比較すると、本実験で要したカスタマイズ費用は 100 万円程度で、

通信費も FR が普段使用している携帯電話を使用すると考えた場合、追加の費用負担はアプリケーションの使用料のみとなるため、十分持続可能な費用と考えられる。

FR の適正な活動範囲については明確ではない。これまでの研究では、効果的な除細動の為には、FR は院外心肺停止患者発生（虚脱）より 8 分以内に現場到着する必要があるとしている²⁹⁾。本実験では現場から半径 3000m 以内に存在する FR に対し出動指令を送信した。実際の出動時、直線的に移動できることはまれで、本実験でも 7000m 以上も移動を要したケースもある。本実験結果から得られた移動時間・距離の回帰式 $y=488.31x-608.83$ にこの 8 分を当てはめると、FR が 8 分以内に移動可能な距離は最長で 3300m と計算された。この 8 分間には 119 番通報-救急隊出動指令-FR への出動指令（実験では平均 37 秒）にかかる時間が含まれていないため、実際に移動できる距離は更に短くなる可能性がある。また移動可能距離は FR が活動する地域の状況によっても変化する。信号機の有無や交通量によっても移動可能時間は変化することを考慮する必要がある。一方で、救急隊が到着するまでかなりの時間が予想される地域においては、FR が到着するまで 8 分以上かかる場合でも FR を出動させるべきかもしれない。FR の活動範囲および適正な応答時間については更なる調査が必要である。

8) 研究 2 の限界

本研究に参加した FR は普段消防職員として日常的に火災現場、救急現場に出動している。ほとんどの FR は自宅と勤務地が異なっているため、過去に出動した場所への模擬出動は認められなかったが、一般人と比較し現場到着しやすい状況だった可能性がある。更に、AED 取得にかかる時間も本実験では考慮して

いない。適正な AED 配置、並びに FR 現在位置の相互共有により AED 取得に係る時間は本実験結果に影響を及ぼさないものと考えられるが、研究結果を普遍的なものにするためには上記条件を踏まえた上での更なる追加研究が必要である。更に、システムの導入効果を明らかにするためにはコストの比較のみならず、患者の蘇生率・救命率の向上を示す必要があると考えられる。短期間の研究では症例数も限られる為、今後症例の蓄積が必要不可欠である。さらに、患者背景には地域特性もみられると予想されるため、多施設による研究が必要である。

IV 全体の考察

1) 一般向け ICT 技術の医療への活用による低コスト化

1970 年代に始まった我が国の遠隔医療への取り組みは、ICT 技術の発展とともに 1990 年代に導入が本格化、以後官民一体の取り組みがなされ、1996 年には厚生労働省に遠隔医療研究班が組織され、その研究班によって「遠隔医療とは、映像を含む患者情報の伝送に基づいて遠隔地から診断、指示などの医療行為および医療に関連した行為を行うこと」と定義された³⁰⁾。遠隔医療の果たす当初の目的は医師不足、医療提供の地域的偏在の解消であった。遠隔画像診断や遠隔病理診断などがその具体的な内容となるが、そのために鮮明な画像を脆弱な通信基盤で伝送するかといった技術的な側面に関する研究開発が推進されてきた。反面、遠隔医療で何ができるか、どんな利点があるか、社会でどのように役立てるかといった運用上の議論が不十分であったために最終的な目的や意義を見いだせず、システムやネットワーク等の維持管理、それらに従事する関係者の体制の維持管理等にかかる人的負担や費用負担などマイナスのイメージが前面に出たため、国の予想に反して普及が進んでいない現状がある³¹⁾と考える。事実、1997 年から 2003 年の間に 944 件の遠隔医療プロジェクトが実施されたが 2003 年の時点で継続プロジェクトは 288 件のみで³¹⁾、その多くは実証実験のみが行われ継続に至らなかった。

遠隔医療の実践には多額の費用を必要とするのは事実である。近年は費用対効果を分析し、その有用性を明確にする試みがなされている。平成 24 年の総務省の試算では医療分野の ICT 化により「医療費抑制」「病院収入」「社会便益」の 3 つにおいてそれぞれ、1043 億円、1292 億円、3317 億円の経済効果があると報告している³²⁾。しかし、この ICT 化による効果に関しては実施する場所、

規模、何を比較するかによっても結果が変わる可能性があり、2012 年の系統的レビューにおいても、この 20 年間で telemedicine は従来の医療と比較して費用対効果があるという決定的なエビデンスは見いだせなかったと結論づけている³³⁾。目に見える形でコスト負担に関する課題が解決しない限りは、地域における ICT 利活用の取り組みが局所的・一時的なものに留まり、他地域への展開や取り組みの継続的实施は進んでいかないものと考えられる。国による補助金もある程度効果は期待されるが、やはり導入・維持費用をいかに抑えるかという現実的な対策が必要であり、その解決策として本研究のような一般消費者向けの既に実現されている技術を利用し、導入費用を抑えるという考え方は理にかなっている。

研究 1 で行った画像伝送による telemedicine は、これまでは通信速度の問題や伝送される画像の解像度の問題から、専用システム以外では実現が難しいといわれていた。しかし ICT 技術の飛躍的な向上により、個人向け携帯電話による telemedicine が実現可能となっている。本研究で使用したビデオ通話アプリケーション”Face Time”では 1280x720 ピクセル（いわゆる HD 画質）での画像伝送を可能としている。安定した画像伝送のためには有線もしくは無線 LAN（Local Area Network）への接続が必須ではあるが、携帯電話通信サービスである 3G 回線や LTE 回線への接続でも使用することが可能で、その利用シーンはアイデア次第で無限にあると考えられる。実際に、海外でも近年 telemedicine システム開発において “low-cost” や “inexpensive” は重要な要素であり、無料もしくは一般消費者向けの機器を用いた telemedicine の報告が見受けられるようになってきた³⁴⁾³⁵⁾³⁶⁾。WHO は low-cost telemedicine が発展途上国の保健医療に有益性をもたらすと述べているが、これらの技術は先進国においても同様に有用であり、前述の通り我が国の遠隔医療は導入費用の問題で全国的に普

及しているとはいいい難く、これら低価格の ICT 技術の積極的な導入が望まれる。

ICT 技術の利用において、医療用の専用システムには当然メリットもあり全てを否定するわけではないが、telemedicine を開始する場合には、ゼロからシステムを開発するだけではなく、既存のシステムや技術をいかに利用できるかといった柔軟なアイデアを出すことも必要であろう。研究 2 はその典型例と考えてよい。複数の FR に対して住所（文字情報）と地図（画像）を同時に送信し、かつリアルタイムに FR の動向を把握するシステムをイメージし、実現のために必要なアプリケーションを捜すことから始まった。情報伝達のみであればいわゆる電子メールでも実現可能であったが、位置情報を有効に活用するために既存の位置情報システムのカスタマイズにたどり着いた。カスタマイズには若干の費用を要したが、新たにシステム開発する場合より遥かに低額で、その維持費も月々の通信料に加え端末管理料のみであり、従来の ICT 事業にかかる費用に比較して継続可能なレベルといえよう。

近年、スマートフォンで利用可能な多くの医療用アプリケーションが開発され、医師のみならず患者自身も広く利用している。今後もスマートフォンを利用した保健医療活動は進化していくものと考えられる。これらのアプリケーションはエビデンスに基づいた医療の実践に役立つのみならず、医師対医師・医師対患者間のコミュニケーションツールとしても用いることができる。今後も患者に対する教育や疾病管理、遠隔モニタリングなど様々なシーンでの活用が予測され³⁷⁾、医療従事者もこれらの技術に精通していく必要があると考えられる。

2) 個人情報保護・セキュリティの確保

一方、ICT 技術が身近なものとなり、容易に telemedicine が実践しやすくなった反面、考慮しなくてはならないのが個人情報の問題である。システムそのものを開発する場合には、予め個人情報保護やセキュリティについて考慮する必要がある。本研究のように市販されている機器やアプリケーションを用いる場合は、どこまでのセキュリティが担保されるか独自に検証が必須である。一般的に遠隔医療で扱う情報は患者自身の個人情報であり、その取り扱いについては平成 15 年の「個人情報の保護に関する法律」に規定されている。さらに、厚生労働省からは「医療・介護関係事業者における個人情報の適切な取り扱いのためのガイドライン」³⁸⁾や「医療情報システムの安全管理に関するガイドライン」³⁹⁾が提示され、遠隔医療を推進する日本遠隔医療学会においても 2011 年に「遠隔診療指針」⁴⁰⁾が発表されている。遠隔医療は一部の医療関係者のみが扱う事案ではなくなりつつあり、日本医師会も遠隔医療の必要性を重視し、日本医師会 Home Page 内に医の倫理の基礎知識を掲載、その中の各論的事項として「遠隔医療」に関しての情報提供を行っている。これらを言い換えると、安易な導入は個人情報保護の理念に抵触する恐れがあると捉えることができる。遠隔医療の実践に当たってはこれらのガイドラインを熟知し適切な措置を講じることが必要不可欠である。

「個人情報」とは、個人情報保護法により生存する個人に関する情報であつて、当該情報に含まれる氏名、生年月日、その他の記述等により特定の個人を識別することができるものと規定されている。医療機関における個人情報の具体的例としては、診療録、処方箋、手術記録、看護記録、検査所見記録、エックス線写真、紹介状、サマリーなどが挙げられる。「医療・介護関係事業者における個人情報の適切な取り扱いのためのガイドライン」³⁸⁾によれば、これらの

個人情報情報を匿名化することで個人情報情報は保護されると解釈できるとされている。研究 1 においては患者の X 線写真や手術時の状況の伝送時に、患者 ID、個人名、更には撮影日時などを非表示にし、個人を特定できないような形で情報共有を行っている。手術映像の伝送についても、術野の映像のみでは個人を特定することは困難であると考えられるため、個人情報保護は担保されているものと考えられる。一方、研究 2 においては現場を特定するために住所並びに世帯主名を FR に対し提供している。あくまでも世帯主名であって、患者個人名ではないという考え方もできるが、個人を特定できる危険性は排除できない。このケースでは心肺停止患者もしくは心肺停止の恐れのある患者に対して早期の応急救護を目的としており、個人情報保護第十五条第 3 項二項の「人の生命、身体又は財産の保護のために必要がある場合であって、本人の同意を得ることが困難であるときは個人情報保護取り扱い規定を適用しない」という一文から運用可能と判断できる。ただし匿名化が図られる場合においても、個人情報の取り扱いには本人の同意を得ることが重要であるため、telemedicine 開始に当たっては十分な説明が必要であることは言うまでもない。研究 2 においては事前に消防本部を通じて町長や町議会、更には住民への説明会も実施している。telemedicine の規模によっては公共機関並びに住民への事前説明と同意の取得が必要不可欠と考えられる。

以上より、本研究の内容においては個人情報の匿名化のみで運用は可能と考えられた。しかし、ひとたび個人情報が漏洩した場合の社会的責任を考えた場合、そのみで個人情報保護対策が十分とはいえない。本研究のケースでは、個人情報はリアルタイムに送信され、データとしては保存されない。従って、実際に情報共有のために外部とネットワークが接続されている部分での安全管理がより重要である。具体的には「送付すべき相手に」「正しい内容を」「内容

を覗き見されない方法で」情報を送付することが必要になる³⁷⁾。すなわち、送信元の送信機器から送信先の受信機器までの間の通信経路において上記内容を担保する必要がある、送信元や送信先を偽装するなりすましや送受信データに対する盗聴及び改ざん、通信経路への侵入及び妨害等の脅威から守られなければならない。セキュリティの強度は言い換えるとどれだけセキュリティ対策に予算が掛けられるかということになる。通信回線も含めシステム全体を事業者が委託する場合、ネットワーク上のセキュリティの担保はサービス提供事業者にある。一方、本研究のようなケースでは導入した医療機関が独自でネットワーク接続機器の適切な管理、通信経路の適切な暗号化等の対策を行わなくてはならない。オープンなネットワーク接続を用いる場合のセキュリティの考え方は Open Systems Interconnection (OSI) 階層モデルで定義される 7 階層のうち、どこの階層でセキュリティを担保するかによって異なってくる。詳細については「医療情報システムの安全管理に関するガイドライン」の実装事例に関する報告書などが参考になるが⁴¹⁾、情報技術に関する専門的な知識が必要であるため、具体的事例を各医療機関で共有しながらシステム導入を図っていくことがより現実的と考えられる。さらに、ハード面の対策のみならず、ソフト面でのセキュリティ対策もより重要で、具体的な運用方法や遵守すべき手順などのセキュリティポリシーの策定が必要不可欠である。セキュリティポリシーは策定しただけでは意味をなさず、業務の変化に合わせて変更が必要で、現状に適切であるかどうか定期的に見直しを行う必要がある、いわゆるマネジメントサイクルとしての PDCA サイクルに沿ったスパイラルアップによってセキュリティレベルを断続的に改善していくことができる。安価に telemedicine が導入できることと、安価故にセキュリティは必要最低限ということは決してあってはならないことである。導入コストを下げるということは、どこまでセキュリティ

対策を掘り下げていくかにかかっている。導入コスト、運用的な負担などを総合的に判断し、適切なバランスを求めていくことが重要である。

3) 今後の展望

我々医療従事者は患者の情報に関して守秘義務が存在する。これまで患者情報は医師対医師、医師対看護師など面と向かった状態での情報共有がほとんどで、時に電話間のやり取りであった。ICT 技術の進歩と共に音声・文字のみならず画像・動画も共有できる時代となったのである。これまで以上に個人情報保護に努め、かつ新しく取り入れる ICT 技術を利用した患者情報の共有の際には患者・家族に対しての説明と同意が必須であり、また ICT 技術に関しても相応の知識を身に付け、また専門家によるセキュリティの担保など、我々医療従事者がこれまで専門的に扱っていなかった分野での運用体制の確立が必要不可欠である。

2000 年代に入ってから、情報通信技術と周辺機器類の発達は急速で著しく、これを応用して医師・患者間にある地理的・時間的制約を超える医療が提供可能となり、日本遠隔医療学会はこれまでの遠隔医療の定義を「通信技術を活用とした健康増進、医療、介護に資する行為」と再定義した⁴²⁾。これ以前の遠隔医療は主に専門医師が他の医師の診療を支援する遠隔画像診断や遠隔病理診断など Doctor to Doctor の関係で述べられることが多かったが、現在は医師が遠隔地の患者を診察する Doctor to Patient の関係、更には病院間の医療情報連携、救急医療支援、健康管理・予防支援、介護・福祉サービス連携、健康情報提供、医師教育など様々な分野での遠隔医療事業が展開されてきている。

今回我々が着目した救急医療における ICT 利活用の効果データとしては①救命治療の質の向上、②搬送間患者情報の確認時間の短縮、③搬送時間（搬送先

選定時間)の短縮、④救命率の向上などが挙げられている。具体的な例では救急車内の画像伝送や⁴³⁾、救急管制支援⁴⁴⁾など有効性・安全性に関するデータ(エビデンス)等の収集・蓄積に取り組んでいる最中である。更に、今後救急救命士の業務拡大に伴い、病院前救護における医療の質の担保としてのメディカルコントロールの重要性が益々増加してくる。これまでは事前のプロトコールの策定、電話によるオンラインメディカルコントロールの実施を行ってきたが、ICT技術を利用した Doctor to Paramedic の関係構築が急務であると思われる。前述の通り一部地域では画像伝送の試みがなされているが、全国的な普及にはほど遠いのが現状である。とりもなおさず、費用の問題で普及が阻まれているのであれば、本研究で実践した一般消費者向けの技術を用いた遠隔医療の確立も許容できるものとする。実践に当たっては各種ガイドラインを遵守することは言うまでもないが、実践で得られたデータを評価し、継続的に遠隔医療を実施して行く上で、PDCA サイクルを円滑に回すことが重要であると考えられる。

V おわりに

救急医療の現場では軽症の救急患者たらい回しだけでなく、重症患者の搬送困難事例が問題になっている。安易な軽症患者の救急要請も問題の一因ではあるが、救急医療に携わる医師の絶対的な不足や専門分野以外の患者は断ってしまう状況など、医療側の問題も存在するのも事実である。我が国の救急医療の再構築の為には行政・病院・患者（一般市民）全ての努力が必要であることは言うまでもない。その中で、ICT 技術が貢献できる部分が少なからずあると考えられる。救急に携わる医師の負担軽減としての遠隔画像診断、適正な病院選定・患者搬送のための救急管制支援システムなど、既に動き出している事業も存在する。しかし、与えられたシステムが全ての地域でうまくいくとは限らない。やはり地域の実情・ニーズにあったシステムの構築が不可欠であり、そのためには第一線の現場で働く医療従事者がシステム構築のアイデアを出し実践して行くことが必要である。医療に携わる医師の負担軽減だけではなく、より良い医療を効率よく提供して行くための遠隔医療の普及のためには、本研究で実践した低価格な遠隔医療システムを導入し、全国的な効果検証を行い、システムの再構築を図って行くことが重要であると考えられる。

参考文献

1. Dunn EV, Conrath DW, Bloor WG, Tranquada B. An evaluation of four telemedicine system for primary care. *Health Serv Res.* 23:19-29,1977.
2. 大槻昌夫. テレメディスンと次世代通信網. *医学の歩み*.173:735-738,1995.
3. 藤原秀臣, 秋山淳一, 徳永毅, 雨宮浩, 青沼和隆, 家坂義人, 今野誠一. 救急心電図電話伝送システム-運用の実際と有用性-. *日救急医誌*.2:49-55,1991.
4. 相澤仁志, 澤田潤, 斎藤司, 遠藤寿子, 片山隆行, 長谷部直幸, 平沼初音, 高橋康二, 羽根田俊, 守屋潔. Telestroke の有用性と課題. *脳卒中*. 33:84-88,2011.
5. Lee JS, Jeon WC, Ahn JH, Cho YJ, Jung YS, Kim GW. The effect of a cellular-phone video demonstration to improve the quality of dispatcher-assisted chest compression-only cardiopulmonary resuscitation as compared with audio coaching. *Resuscitation*. 82:64-68,2011.
6. 厚生労働省「平成 17 年（2005）医療施設（静態・動態）調査・病院報告の概要」, <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/iryosd/05/index.html>（参照 2014-3-25）.
7. 厚生労働省「平成 20 年（2008）医療施設（静態・動態）調査・病院報告の概要」, <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/iryosd/08/index.html>（参照 2014-3-25）.
8. 総務省（2013）「ICT 地域活性化懇談会 提言」, http://www.soumu.go.jp/main_content/000121425.pdf（参照 2014-3-25）.

9. Crowe BL. Cost-effectiveness analysis of telemedicine. *J Telemed Telecare*. 4 Suppl 1:14-17,1998.
10. Darshit AT, Richard M, Ian O, Sabe S. Cost savings from a telemedicine model of care in northern Queensland, Australia. *MJA*. 199:414-417,2013.
11. Brunetti ND, Dellegrottaglie G, Lopriore C, Giuseppe GD, Gennaro LD, Lanzone S, Biase MD. Prehospital Telemedicine Electrocardiogram Triage for a Regional Public Emergency Medical Service: Is It Worth It? A Preliminary Cost Analysis. *Clin Cardiol*. 37:140-145,2014.
12. Demaerschalk BM, Switzer JA, Xie J, Fan L. Cost utility of hub-and-spoke telestroke networks from societal perspective. *Am J Manag Care*. 19:976-985, 2013.
13. 総務省 (2013) 「平成 24 年通信利用動向調査の結果」, http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/statistics/data/130614_1.pdf (参照 2014-3-25).
14. Steinhubl SR, Muse ED, Topol EJ. Can mobile health technologies transform health care? *JAMA*. 10:2395-2396,2013.
15. World Health Organization (2011) TELEMEDICINE: opportunities and developments in member states report. In Second Global Survey on eHealth Global Observatory for eHealth Series, vol 2. WHO Press, Switzerland
16. 米川力,伊澤祥光,阿野正樹,山下圭輔,鈴川正之. ビデオ通話ソフト “FaceTime”を使用した救急画像伝送の試み. *日救急医誌*.33:369-72,2012.
17. Yonekawa C, Suzukawa M, Yamashita K, Kubota K, Yasuda Y, Kobayashi A, Matsubara H, Toyokuni Y. Development of a

- first-responder dispatch system using a smartphone. *J Telemed Telecare*.20:75-81,2014.
18. Stiell IG, Wells GA, Field B, Spaite DW, Nesbitt LP, Maio VJ, Nichol G, Cousineau D, Blackburn J, Munkley D, Toohey LL, Campeau T, Dagnone E, Lyver M. Advanced cardiac life support in out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med*. 351:647-656,2004.
 19. Nishiuchi T, Hayashino Y, Fukuhara S,Iwami T, Hayashi Y, Hiraide A, Ikeuchi H, Yukioka H, Matsuda T. Survival rate and factors associated with 1-month survival of witnessed out-of-hospital cardiac arrest of cardiac origin with ventricular fibrillation and pulseless ventricular tachycardia: the Utstein Osaka project. *Resuscitation*. 78:307-313,2008.
 20. Mancini ME, Soar J, Bhanji F, Billi JE, Dennett J, Finn J, Ma MH, Perkins GD, Rodgers DL, Hazinski MF, Jacobs I, Morley PT. Part 12: Education, implementation, and teams: 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science With Treatment Recommendations. *Circulation*. 122:S539-581,2010.
 21. Capucci A, Aschieri D, Piepoli MF, Bardy GH, Ionomu E, Arvedi M. Tripling survival from sudden cardiac arrest via early defibrillation without traditional education in cardiopulmonary resuscitation. *Circulation*. 106:1065-1070,2002.
 22. Hallstrom AP, Ornato JP, Weisfeldt M,Travers A, Christenson J, McMurine MA, Zalenski R, Becker LB, Schron EB, Proschan M. Public-access defibrillation and survival after out-of-hospital cardiac

- arrest. *N Engl J Med*. 351:637-646,2004.
23. Toyokuni Y, Suzukawa M, Yamashita K, Yonekawa C, Kubota K, Yasuda Y, Kobayashi A, Matsubara H. Introduction of the community first responder system into Japan : is that possible? *Int J Emerg Med*. 6:e34,2013.doi:10.1186/1865-1380-6-34.<http://www.intjem.com/content/6/1/34> (参照 2013-3-25) .
 24. Kitamura T, Iwami T, Kawamura T. Nagao K, Tanaka H, Hiraide A. Nationwide public-access defibrillation in Japan. *N Engl J Med*. 362:994-1004,2010.
 25. Scholten AC, van Manen JG, van der Worp WE, IJzerman MJ, Doggen CJM. Early cardiopulmonary resuscitation and use of Automated External Defibrillators by laypersons in out-of-hospital cardiac arrest using an SMS alert service. *Resuscitation*. 82:1273-1278,2011.
 26. Ringh M, Fredman D, Nordberg P, Stark T, Hollenberg J. Mobile phone technology identifies and recruits trained citizens to perform CPR on out-of-hospital cardiac arrest victims prior to ambulance arrival. *Resuscitation*. 82:1514-1518,2011.
 27. 片岡裕介,浅見泰司,浅利靖,郡山一明.心停止発生地点に着目した AED の最適配置. *日循予防誌*. 46:237-242,2011.
 28. 日本循環器学会 AED 検討委員会. AED の具体的設置・配置基準に関する提言. *心臓*. 44:392-402,2012.
 29. Folke F, Gislason GH, Lippert FK, Nielsen SL, Weeke P, Hansen ML, Fosbol EL, Andersen SS, Rasmussen S, Schramm TK, Kober L, Pedersen CT. Differences between out-of-hospital cardiac arrest in

- residential and public locations and implications for public-access defibrillation. *Circulation*. 122:623-630,2010.
30. 日本遠隔医療学会（2013）「図説・日本の遠隔医療」, http://jtta.umin.jp/pdf/telemedicine/telemedicine_in_japan_20131015-2.jp.pdf（参照 2014-3-25）.
 31. 内閣府「高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部（IT 戦略本部）第 10 回評価専門調査会 2004/09/27 議事資料 2(2) 遠隔医療の現状と課題」, http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/hyouka/dai10/10siryou2_2.pdf（参照 2014-3-25）.
 32. 総務省（2014）「平成 24 年版情報通信白書」, <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h24/pdf/24honpen.pdf>（2014-3-25 参照）.
 33. Hema M. Systematic review of studies of the cost-effectiveness of telemedicine and telecare. Change in the economic evidence over twenty years. *J Telemed Telecare*. 18:1-6,2012.
 34. Paul BM, Innes CB, Michael B, Trevor H, Kimberly M, Nova P, Lawrence M, Chad GB, Luna G, Carlotta G, Andrew WK. Simple, Almost Anywhere, With Almost Anyone: Remote Low-Cost Telementored Resuscitative Lung Ultrasound. *J Trauma*. 71:1528-1535,2001.
 35. Tetsuya M, Yasuhiro I, Yusuke N, Takahisa G. FaceTime for teaching ultrasound-guided anesthetic procedures in remote place. *J Clin Monit Comput*. 28:211-215,2014.
 36. Yannis MP, Noel PT. Inexpensive, realtime tele-ultrasound using a commercial, web-based video streaming device. *J Telemed Telecare*.

- 18:185-188,2012.
37. Abu SM, Illhoi Y, Lincoln S. A systematic review of healthcare applications for smartphones. BMC Med Inform Decis Mak. 12:67, 2012.doi:10.1186/1472-6947-12-67.
38. 厚生労働省（2004）「医療・介護関係事業者における個人情報の適切な取り扱いのガイドライン」, <http://www.mhlw.go.jp/houdou/2004/12/dl/h1227-6a.pdf>（参照 2014-3-25）.
39. 厚生労働省（2013）「医療情報システムの安全管理に関するガイドライン」, http://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12601000-Seisakutoukatsukan-Sanjikanshitsu_Shakaihoshoutantou/0000026087.pdf（参照 2014-3-25）.
40. 日本遠隔医療学会（2011）「在宅等の遠隔診療を実施するにあたっての指針」, <http://jtta.umin.jp/pdf/14/indicator01.pdf>（参照 2014-3-25）.
41. 保健・医療・福祉情報セキュアネットワーク基盤普及促進コンソーシアム；HEASNET（2007）「医療情報システムの安全管理に関するガイドライン」
<http://www.heasnet.jp/open/document/report2007/A01.pdf>（参照 2014-06-27）.
42. 日本遠隔医療学会（2013）「図説・日本の遠隔医療」, http://jtta.umin.jp/pdf/telemedicine/telemedicine_in_japan_20131015-2.jp.pdf（参照 2014-3-25）.
43. 総務省消防庁（2010）「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」, http://www.fdma.go.jp/html/intro/form/pdf/ict_kento/h21_houkokusyo.p

[df](#) (参照 2013-3-25) .

44. 総務省 (2013) 「平成 24 年度版 地域 ICT 利活用事業事例集 奈良県救急医療管制支援システム事業 (e-MATCH)」 ,
http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/top/local_support/ict/dاتا/jireishu/h24/k078819_jirei_h24.pdf (参照 2014-3-25) .