

研究テーマ

「Mobile Trauma Unit」に必要な電子化技術の確立と実装に関わる研究

研究代表者

施設名：日本医科大学千葉北総病院
救命救急センター

氏名：益子 一樹

研究テーマ：「Mobile Trauma Unit」に必要な電子化技術の確立と実装に関わる研究

所属先：日本医科大学千葉北総病院 救命救急センター

氏名：益子 一樹

【研究の背景と概要】

日本において救命救急センターは、人口30万人～40万人をカバーする立地条件を目指して、多くの場合、均等に配置されている。

一方で高齢化社会による内因性急病の増加や交通安全意識の高まり、車両の安全性向上などによる交通外傷の減少などにより、重症外傷の発生頻度は経年的に低下している。そのため、全国に約300か所設置されている救命救急センターに、超重症外傷の治療に長けたスタッフ、資器材を均等配置することは困難となっている。

それを受けて日本外傷学会は、より広域の医療圏において、外傷に対する急性期の蘇生治療からリハビリテーションまでを複数の施設で機能分担するような医療体制を提案した。

このように、従来の医療圏より広域に設定される重症外傷医療圏で重症、手術患者が同時多発する多重交通事故や、感染ひっ迫時の病院機能停止等のリスクに対応するには従来の消防組織が運用する救急車による搬送のみでは長い搬送時間、搬送距離を担保できず、ドクターヘリ、ドクターカーなどの「医療搬送」の必要性が高まることとなる。

一方で2001年に運航開始したドクターヘリによって一気に拡大した病院前医療介入の機運は、それを地域によって代替するドクターカーの普及も相まってさらに高まることになったが、実際にはこれら医師派遣システム（ドクターヘリ、ドクターカー）は、医師、看護師を搭乗させ現場から医療行為を始めることはできても、一部の極めて先進的なシステムを除いては、その医療行為自体は院内で提供可能な高度医療とはかけ離れている。具体的には多くの医師派遣システムにおいて、十分な蘇生に必要な輸血、X線やCTスキャンなどによる画像診断、止血手術などを提供することはできない。

我々はこれらの背景を打破すべく、移動しながら重症外傷に対する高度の評価、治療、輸血、手術までを可能にする**Mobile Trauma Unit（MTU：仮称）**の実装を目指している。いわばMTUは次世代型医師派遣システムであり、高度の医療を提供するハードウェアを内部に配置する。MTUがもたらす副次効果として、未知の感染症が拡大した場合、重大な事案や大災害発生時などに、病院と離れたエリアに展開させ、隔離して「仮設救急室」「仮設診療所」として運用することが可能となる。

このように基地病院と遠隔地で介入開始した高度医療を院内にシームレスに繋げる

ためには、展開されている医療を基地とシームレスに共有する必要があり、電送システムを実装する必要がある。しかし特にドクターヘリは航空機であり、自由な電波使用はできず、これまでそのようなシステムが実装された前例はない。

これらの背景のもと、本研究はMTU実装に必要な電送環境の確立を目指して行った。

【研究の方法】

本研究においては、二つのシステムに対して実証実験を行うこととした（図1）。

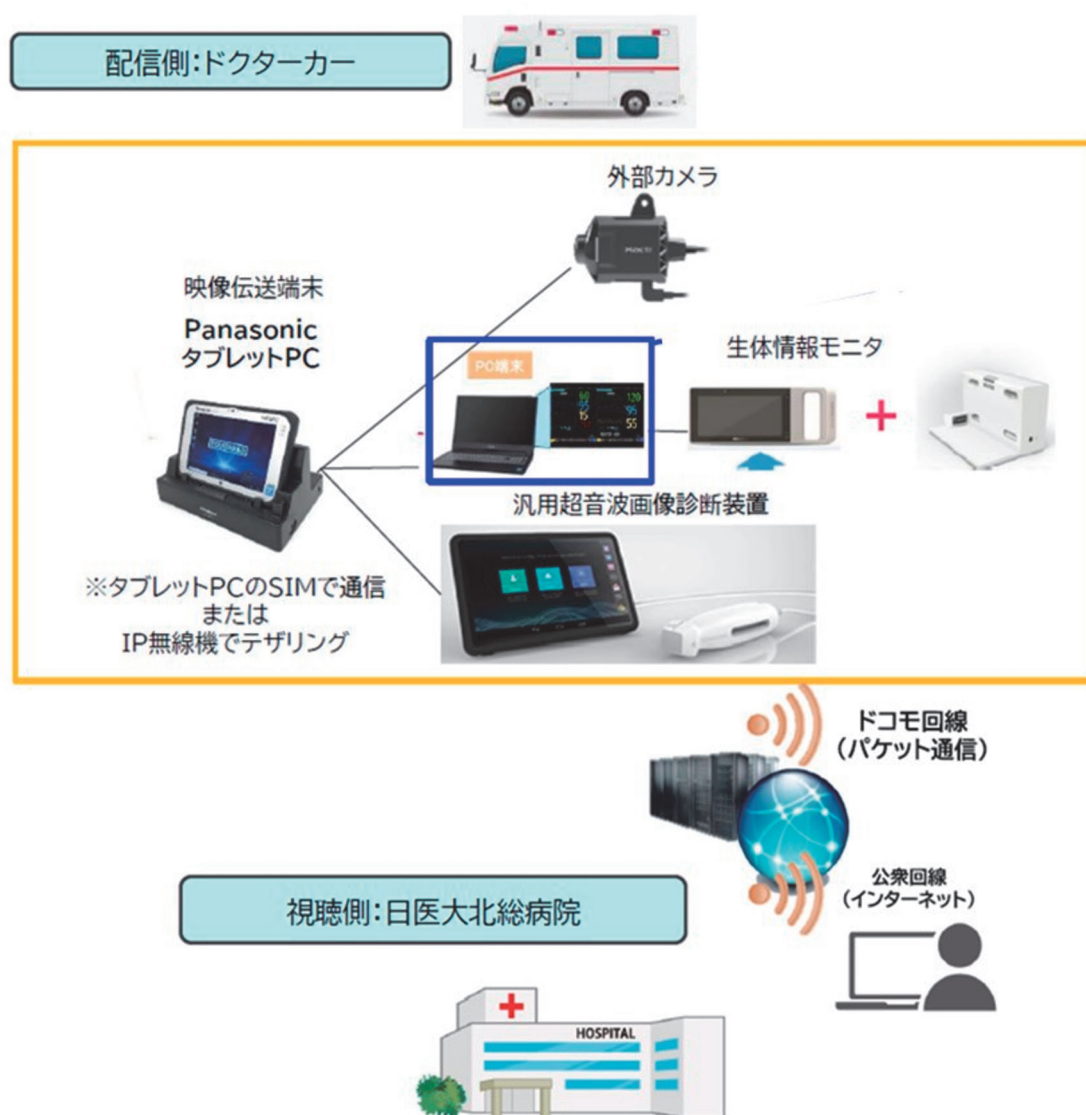


図1 本研究の概念図

- ① MTU：救急車内に医療機器をビルトインし、基地に電送するシステム
 - ② Air-MTU：ドクターヘリ内に医療機器をビルトインし、基地に電送するシステム
- いずれもセントラルオペレーションシステムとしてインフォコム社V-FASTを用いることとし、V-FASTと様々な医療機器をリンクさせ、Wi-Fi環境を用いてMTU/Air-MTUの基地である日本医科大学千葉北総病院へ電送、共有するシステム構築を目指した。V-FASTは離島や遠隔地におけるテレメディシンや遠隔診療を可能にするシステムとしてすでに実用化されており、様々なアプリケーションを接続することにより遠隔地に医療情報を共有することを可能とするシステムである。

セントラルオペレーションシステムであるV-FASTに接続するのは、生体情報モニター（心電図、非観血的血圧、経皮的酸素飽和度など）であるIntelliVue X3（フィリップス社）、車内/機内環境をモニタリングするためのカメラXacti（ザクティ社）、ポータブル超音波機器であるSonosite iViz（富士フィルム社）とした。また、V-FAST自体がGPSを基地に表示させるシステムを併せ持っており、現在位置の共有も可能となる（図2）。



図2 V-FASTが表示する院内PCの画面構成（MTU）

陸上を走行するMTUには電波使用の制限はないため、V-FAST自体がNTT docomo社の4G回線を経由して情報通信を行うシステムとなっているが、ドクターヘリは航空機であり、一般的な電波発生機器使用に対する規制が強い。今回、ドクターヘリ内からの情報通信のツールとして、現行のシステムでは唯一、テザリングを含めたインターネットプロトコル無線（IP無線）として認可されているIP-Net社のIP無線機を選択した。

各実証実験における機器の配置については各社、実際に医療行為を担当する、医師、看護師と協議し決定した。特にAir-MTU実証実験においては、模擬患者を配置せず、実際の救急患者のミッション時に本システムを使用するため、システム不具合はあつてはならず、念のため既存のドクターヘリ内のシステムを従来の位置に配置したまま行った。

① MTU自傷実験における機器配置



図3 MTU実証実験の車内

V-FASTのシステムは2台のタブレット型PCを必要とする。一台のPCの画面をそのまま基地のPCに送信する使用となっておりその通信はPC内のSIMからNTTdocomoの4G回線を介して行う。

② Air-MTU実証実験における機器配置



図4 Air-MTU実証実験における機内配置

Air-MTU実証実験に関しては、ドクターヘリ実運航内で行うことが必要であり、実患者の救急事案内で実証実験を行うことに対して倫理的配慮を必要とした。これについては日本医科大学千葉北総病院において倫理審査を行い、承認を受けた上で研究を行っている。

【結果】

1) MTU実証実験

日本医科大学千葉北総病院が保持している搬送用救急車に、V-FAST、IntelliVue X3、Xacti、Sonosite iVizを配置し、病院外で模擬診療を行い、基地に送信した。健康な模擬患者（研究協力者）と模擬シナリオを使用して実証実験を行った。実証実験時には自動録画機能がV-FASTに実装されておらず、手動での録画となった。音声は鮮明に拾っており、問題なく実施されている医療行為や会話を把握可能であった。ただし、本実証実験においては緊急走行を行っていないため、救急車のサイレンを使用していない。実際のミッションの際にはサイレンを使用するため、音声情報の取得は本実験よりは低下する可能性がある。

なお、サブモニターでは車両のフロントカメラの情報が表示されており、GPSから入手する現状での走行位置もほぼリアルタイムで把握できた。これは転院搬送、とくに「お迎え搬送」時に転院搬送元への情報提供として応用可能と思われた。

実証実験の動画

<https://youtu.be/tSE8BE94RjI>

<https://youtu.be/VBwKyBEsJ-Q>

2) Air-MTU実証実験

通常運航している北総ドクターヘリにV-FAST、IntelliVue X3、Xacti、Sonosite iVizを配置し、北総ドクターヘリの実運用に併せて実証実験を行った。ドクターヘリのキャビン内はローター音が強いため、音声の通信は行わず、動画と生体情報モニターのみの送信であったが、機内での医療状況は十分に把握可能であった。ヘリが着陸、電源カットするまで配信を行うことができた。一方で上空に電波状況が悪いエリアがあり、その近傍では満足な配信ができないという問題が明らかになった。

本実証実験においては、研究参加した医師、看護師などのスタッフにシステムの有用性、簡便性、導入への希望などのアンケート調査を行った。

実証実験の動画

<https://youtu.be/AEMyQhX2BmU>

【考察】

本研究の最大目標は、医療搬送中の医療行為や進捗状況をリアルタイムに基地である医療機関に共有し、引継ぎなくスムーズに高度医療を提供することにある。

現行のドクターヘリ/ドクターカーが搬送中に行っている医療行為は、病院到着後に提供される高度の医療行為とは大きな隔たりがあるが、車両自体とビルトインされるシステムを高度化することでさらに高度のシステムに変貌する可能性を秘めている。一方で、現在のシステムでは、電話や医療無線などの情報ツールを介在させ、主に医師が口頭で伝達をしていた。このシステムでは、患者の重症度が高く、処置が煩雑化していればいるほど、情報伝達すべき医師が高度医療に没頭してしまうことから、情報の共有に代償を払うことになるか、情報共有の優先度を下げざるを得ない。これは、情報共有のニーズが高い重症患者になればなるほど情報共有のための負担が大きいことを意味している。

本研究で実証したシステムの最大のメリットは、現場で活動する医療者に負担をかけることなく、自動で情報を共有することにある。Air-MTU実証実験のアンケートにおいて、延べ24件のアンケートの5段階評価においては、システムが有用かとの質問に対して「とても優れている」が6件、「なかなかよい」が6件、「ふつう」が9件と、ポジティブな意見が多かった（図5）。また、使い勝手については、「とても簡便だ」が3件、「簡便だ」が9件、「ふつう」が7件と、こちらもポジティブな意見が多かった（図6）。一方でネガティブな意見として、電波状況により通信が劣悪な場合があったため、安定した通信の質を求める声が多かった。

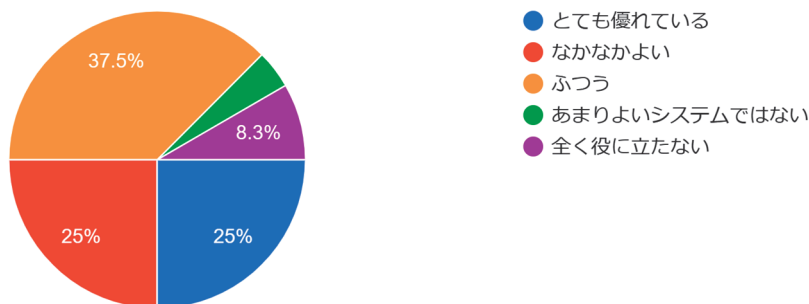


図5 システム評価

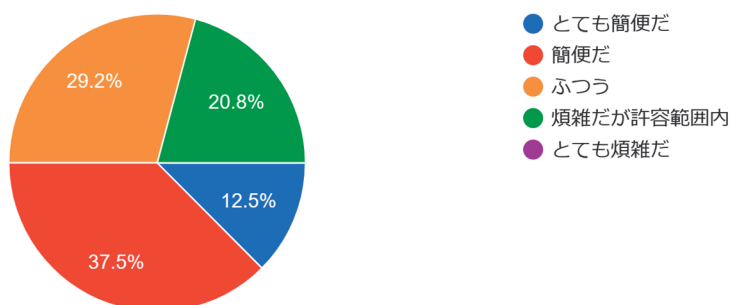


図6 使い勝手

本研究においては、セントラルオペレーションシステムであるV-FASTについて、既存の設定画面、表示サイズなどをそのまま用いた。画面表示の視認性については、同様のアンケート調査において、「とても見やすい」が5件、「まあまあ見やすい」が9件、「ふつう」が8件と、ほぼ問題なく視認できたとされる（図7）一方で、空欄が発生する、サイズ変更ができずフォーカスがしにくい、などの意見が閲覧者からでた。今後のシステム全体の課題として、MTU/Air-MTUに特化、最適化したデフォルトの画面設定を構築すること、情報の重要度に応じてサイズ変更を可能にするようなシステム変更が可能であれば解決すると考えられた。

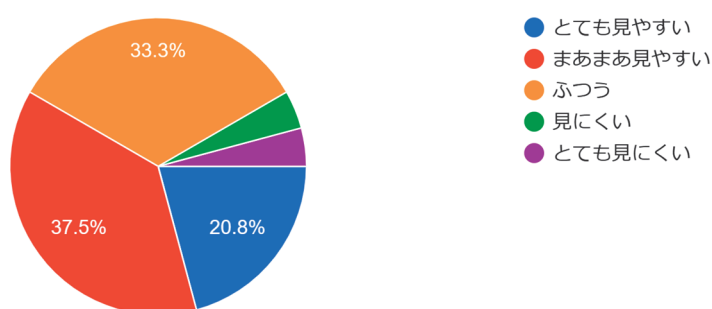


図7 視認性

また直接の視認性以外にも、システム起動までのタイムラグが長く、短時間で搬送できる距離になると、十分な情報通信ができぬまま搬送が終了してしまう可能性があった（北総ドクターヘリの飛行時間は5分～15分程度が一般的であり、この飛行時間で半径50kmの医療圏をカバーしている）。これは特にAir-MTUに特化した問題で、ドクターヘリは着陸後、着陸中はすべての電源がオフになってしまうため、関連機器の電源も自動切断されていた。実際にはバッテリーなどを併用することで電源を維持することは可能と思われるが、今回の実証実験ではそこまでの準備ができておらず、今後の課題として残った。

これまでドクターヘリは、基本的に比較的短い飛行時間を想定しているため、搬送中医療の高度化が課題に挙がってきにくかった。これは狭いヘリコプターのキャビン、シートベルト装着、着座指定での搬送、など、ヘリコプターならではの要因もある。これらを解決するよう機体そのものや機体の運用にも着目すれば電送機能を十分に生かすことができるようなシームレスな高度医療が提供可能となるだろう。

電波環境の問題については、北総ドクターヘリが平時の運航でカバーするエリアは比較的携帯電話の電波環境に問題が少ないエリアと考えられていたが、実際には一部で情報通信が困難であった。

上空、ドクターヘリが飛行する地上200mの高度における電波環境は地上のものとは全く異なっていた。しかし今後ドローンや「空飛ぶクルマ」などが社会実装され運用されるようになるにつれてこの問題は解決することが予想される。

【まとめ】

- ① MTUに関わる電送技術は機器や画面の構成などに改善の可能性があるもののほぼ実装可能である。
MTU実装で搬送中医療の高度化が可能となるため、それに併せるような医療資器材の配置や人員配置などの運用体制整備を視野に入れる必要がある。
- ② Air-MTUに関わる電送技術は特に電波環境が課題であり、早急な改善に期待したい。現行のドクターヘリのキャビン環境や安全面からは、搬送中医療自体の高度化はMTUと同等には進めることができず、「次世代型医療用ヘリコプター」の出現が待たれる。