

第4章 システムの実現に向けた課題と方策

4.1 技術的課題（マルチホップ無線システム）

救急業務用高度医療伝送システムについては、現在開発が進められているVHFマルチホップ無線伝送システムの技術を使用することにより、その実現が可能であることが明らかになったと言える。

一方で、実際の導入・構築にあってはさらに検討しあるいは考慮すべき事項があることも見出された。

4.1.1 伝送品質

高度医療情報伝送システムは、動画像をはじめとし音声、バイタルデータ等の多様な情報を一元的に伝送することが求められている。これらの情報が有用に活用されるためには、それら情報の伝送品質の確保が重要であり、そのための課題は次のとおりである。

（1）周波数帯域の確保

デジタル伝送においては、画像・音声等の情報の品質を確保するためには十分な伝送容量が必要となり、また、無線伝送においては、一般的に伝送容量を大きくすると占有する周波数帯域幅が増大する関係にある。

本システムは汎用無線LAN規格のIEEE802.11aをベースとし、クロックダウン（信号をあえて低速化すること）により狭帯域化することでVHF帯での使用を実現しようとするものである。

VHF帯の電波は、無線LANが通常使用するマイクロ波帯やミリ波帯と比較して、一般的に伝搬距離が長いため、本システムのマルチホップ機能との組み合わせにより、広い範囲を効果的にカバーすることが期待できる。

しかし、一方で、VHF帯はその電波伝搬特性等から需要が多く、公共業務用をはじめ各種の重要無線に利用されており、数kHz単位のチャンネルセパレーション(周波数割当間隔)で細分化して利用しているのが実態である。

本システムは、汎用無線LANに比べ伝送容量を小さく設定するとはいえ、動画像の伝送を行うことから、数百kHzから数MHzといった相当の占有周波数帯域を必要とする。

このため、実用化に当たっては、VHF帯において必要な周波数帯域を専用的に確保することが課題であり、また、他方で品質を確保しながら所要周波数帯幅を最小限にするための検討も求められる。

所要周波数帯域幅

所要品質の動画をマルチホップ機能により2hop(3無線区間)して伝送することを想定した場合の所要の占有周波数帯域幅は、表4-1のとおりである。(詳細は第2章参照)

表4-1 所要周波数帯域幅

所要品質動画のデータ量	無線区間数 (hop数+1)	所要伝送レート		占有周波数帯幅	備考
		アプリ層	物理層		
300kbps (300×240画素×107フレーム/秒)	3区間 (2hop)	300×3 kbps	1440×3 kbps	975kHz	64QAM パケット長 1400Byte

更なる狭帯域化の可能性

上記に示した占有周波数帯域幅は、医師の意見等により、傷病者の容態を把握するための必要最低限の画像品質を特定し、それを伝送するために必要な一定の技術的前提の元での所要値を算出したものである。したがって、これを安易に縮減することは、本システムの有用性自体を損なう可能性があるが、周波数事情等を考慮し、技術的な要素を工夫することにより、所要の画像品質を保ちながら更に狭帯域化を実現できる可能性として、次のような事項が上げられる。

・データの圧縮符号化方式

動画の映像データは情報量が膨大なため、圧縮を行いデータ量を小さくしてから伝送するのが一般的である。占有周波数帯幅を算出する際の前提とした所要映像品質を得るためデータ量(アプリケーション層での伝送速度)300kbpsはMPEG-4/SPと呼ばれる圧縮符号化方式の使用を想定しているが、圧縮符号化方式は日々進歩しており、更に圧縮率の高い方式を採用することで、同品質の映像データ量を小さくすることが出来、これにより、占有周波数帯幅の縮小も可能となる。

ただし、一般的には高圧縮率の符号化方式は、圧縮、伸張の際の遅延時間が大きくなる傾向があるので、留意が必要である。

・伝送効率の向上(1)

第2章2.3.4において、必要な伝送容量の確保策として、パケットサイズを300byteから1400Byteに変更した場合の試算を示した。これにより、アプリ層の高速化が図るものであるが、これを実験等により確認するとともに画像伝送における最適設定値の追求が必要である。

・ 伝送効率の向上（2）

本システムでは通信プロトコルとして、インターネットの標準プロトコルであるTCP/IPを採用しているが、トランスポート層のプロトコルをTCPからUDPに変更することで、送受信間の確認応答（ACKノレッジ）やフロー制御等のオーバーヘッドが省略され、アプリ層における伝送レートの向上が期待できる。ただし、UDPではパケットの管理等はアプリケーション側が負うこととなり、システムを普及の進んでいる廉価な汎用機器で構成することが困難になることや専用機器の開発や生産量の少ない装置が必要となるため、システム構築費は格段に高価となるおそれがある。

（2）伝送遅延の短縮

IPプロトコルを使用した無線伝送においては、一定の遅延は避けることができない。遅延時間が発生する原因としては、データを圧縮／伸張するコーディング処理の時間、それをIPパケット化する時間、ネットワークを經由して相手先に届くまでの時間が上げられる。

特に、本システムでは、マルチホップ機能を使用した中継を想定しているため、1hop当たり100～150ms程度の遅延が生じると予想され、無線区間での伝送時間が比較的大きくなる可能性がある。

画像伝送の遅延

画像伝送の遅延は、傷病者の容態を把握することのみが目的であれば問題とならないが、医師が、伝送された画像を見ながら救急救命士の行う処置に関してリアルタイムで指示しようとする場合は、音声と画像との間で時間のずれが生じるために注意が必要である。

この問題に関しては、カメラ（及び圧縮装置）、無線伝送装置、パソコン（表示装置）それぞれにおいて遅延の縮小のための研究開発が待たれるが、十分に遅延が少ないシステムが構築できない状況化にあっては、その運用上において十分な周知・理解を得ることが必要と考えられる。

音声伝送の遅延

システムの映像同様、状況把握のための一方的な伝送であれば問題にならないが、双方向の通話の場合は遅延により会話の違和感を生じる。遅延時間は、通常の固定電話で100ms以下、携帯電話では150msであり、400msを超えると相当の違和感を生じると言われている。

本システムでは、2 hopの場合無線区間だけで往復の遅延時間が300ms程度となり、他の要素を加えると相当大きくなるので、双方向通話に使用する場合は遅延を最小限とするため、音声パケットを優先的に伝送する等の工夫と関連する技術の開発が必要である

4.1.2 サービスエリア

(1) 伝送距離

救急用高度医療情報伝送システムにおいては、少ない基地局のもとでも走行中の救急車から患者の状況が最小限把握できる通信時間を確保することが望ましいと考えられ、基地局1局に対する通信可能な伝送距離を十分に確保する必要がある。

他方で過度に大きな送信電力で通信を行った場合広範囲で周波数を占有することとなるため、今後、さらに詳細かつ広範な用途も考慮した運用形態や置局モデルの検討と通信実験を行い、必要かつ十分な送信電力及びアンテナ性能の基準を検討する必要がある。

(2) 基地局の効果的な配置

本システムの通信可能なエリアについては、救急機関の管轄区域の全域にわたって、通信が行えることが理想であるが、比較的電波伝搬距離が長いVHF帯を使用するとはいえ、伝送容量の大きい本システムではひとつの基地局による大きなゾーンを構成することが難しいため、段階的な整備を想定する必要がある。

このためには、地域ごとに異なる地形等の状況、主な搬送ルート、有線系のインフラの整備状況等を考慮し、有線系のネットワークと接続した基地局とマルチホップ中継局を適正に配置して、効果的なエリアを形成することが考えられる。

なお、複数の機関による基地局共同設置や相互利用によるサービスエリアの確保については4.3で述べる。

(3) 連続的通信の確保

システムの構築に当たっては半径数kmのサービスエリアをもつ基地局を適切に配置し、必要なサービスエリアを構成することになると考えられるが、隣接エリア間を移動する場合に通信がとぎれることないようにさらに円滑なハンドオーバー機能が求められる。

4.1.3 信頼性の確保

本システムは、災害時においても安定した運用が求められ、また、十分なセキュリティ対策が講じられていることが求められるものであり、次のような事項を中心に、できる限り障害に強いのみならず、障害が生じた場合の復旧についても、マルチホップ中継局の仮設等迅速な対応についての継続的な検討が必要である。

(1) 停電対策

本システムの装置は比較的小型の装置となることが期待され、基地局・中継局は学校・公民館の建物等、専用局舎を設けずに設置されることも考えられるが、災害時の運用も期待されるため、災害等により停電した場合でも一定の通信が確保できるように、主要な基地局及びマルチホップ中継局には予備電源設備の整備が望まれる。

(2) ネットワークセキュリティの確保

医療情報は個人のプライバシーに関わる情報を含んでいることから、無線の盗聴対策をはじめ、セキュリティについて十分な配慮が必要である。有線区間を含めたエンド - エンドのセキュリティ対策が施されることが絶対条件となる。

4.2 技術的課題（付属装置・その他）

救急車から動画映像を中心としたより高度な情報の伝送を行うためには、伝送装置以外に、カメラをはじめとする各種装置を接続・装備することになる。

実証試験等を通じ、これらの装置の操作性が救急隊員や医師にとって大きな負担となる場合があり、また、この装置の設置方法や調整・設定がシステム全体の性能に大きな影響を与える可能性があることが明らかとなっていることから、設置に当たってはこれら付属装置についても十分に留意すべきである。

4.2.1 救急車内の設備

救急車側に装備する際に注意すべき設備・装置には、次のようなものがある。

- ・固定カメラ
- ・視線カメラ（ヘッドマウントカメラ）
- ・照明
- ・音声装置
- ・バイタルデータ計測装置（心電計等）

なお、これらのうち、視線カメラ及びバイタルデータの計測装置については有効性等について意見が分かれているが、装備する場合にあっては同様に操作性等についても考慮を払う必要がある。

（1）映像ぶれの防止

救急車内で傷病者の映像を撮影する場合、走行による振動等によりぶれが生じ、映像の質（見かけ上の解像度）の劣化や映像データの増大によるフレームレートの低下の原因となる。これらの影響を軽減するためには、設置・運用について表4-2のような考慮を払うことが有効である。

表4-2 画像ぶれ防止の手法

事項	内容
カメラの固定の堅牢化	カメラを堅牢に設置する。これにより背景のブレを抑えることができフレームレートを確保する上でも有効である。
手ぶれ防止機能の利用	ビデオムービー等に採用されている光学的または電子の手ぶれ防止機能の活用が考えられる。救急隊員のヘルメット等に視線カメラを設置する場合は特に有効と考えられる。
シャッター速度の高度化	カメラの「シャッター速度」を十分速くすることは、静止画はもちろん動画においても明瞭度を確保する上で有効である。なお、シャッター速度を早くするためには十分な照明が必要である。

(2) 照明環境の確保

救急車内において、有用な映像を撮影するためには、車内の照明環境が重要であり、表4-3の点について留意する必要がある。

表4-3 照明環境の確保の留意点

事項	内容
十分な照度	上記4.2.1(1) に述べたように、映像のブレを防止するため、十分に速いシャッター速度を設定する必要がある。このためには、十分に明るい(口径比の大きい)レンズを用いるとともに、十分な照度を与えることが有効である。他方、大きな照度は、患者に心理的な影響を与える可能性があり、特にスポット照明については抵抗感を持つ人がいる可能性があるとの指摘があった。
照度の安定とカメラの設定	いわゆる「とび」(撮影対象部分が明るすぎ、白く写る)や「つぶれ」(撮影部分が暗すぎ、黒く写る)を防止するため、照度が安定になるよう留意する必要がある。 このため、あまり明るくない車内で強いスポットライトが当たることや、撮影範囲の一部に強い光があること、走行方向の変化等で窓から不安定な外光が車内に差し込むこと(明るさの自動調整が追いつかず画面が「とび」、「つぶれ」を起こす)等を避けるよう設定する必要がある。

(3) 付属装置類の安全性・信頼性の確保

救急救命士等の安全や活動の妨げ、機器の保全のためにカメラ等の車内に設置する機器については、表4-4に示す点に考慮を払う必要がある。

表4-4 機械的な安全性・信頼性の確保

事項	内容
小型化	救急隊員と干渉しないよう十分に小型で突起も少ないことが求められる。
堅牢性	救急隊員のヘルメット等との衝突も考えられるので、堅牢であるとともに可動部はカバー内に納められていること(視線カメラ(ヘッドマウントカメラ)についてはヘルメットとの一体性等特に十分な堅牢性を確保する必要がある。)
清掃の容易化	救急車内が頻繁に清掃され、消毒等を受けることも多いため、耐水、耐薬品性を有することが必要である。

(4) 車内装置の操作性

救急隊員が短時間に多くの作業を実施することを考慮し、車内装置は表4-5に示す事項をはじめ、操作が容易にできるよう配慮されていることが肝要である。

表4-5 車内装置における操作性について

事項	内容
操作の最小限化	<p>機器の操作については、電源操作等の最小限にとどめる必要があり、カメラの方向等は救急病院の医師等の遠隔操作によることが必須であり、焦点・明るさについても自動調整とする必要がある。</p> <p>また、バイタルデータについても、センサ等装着の操作に注意が必要であることから、伝送に係わる救急隊員の操作は十分に簡便であることが期待されるため、例えば心電図については、必要に応じて車内の心電図画面をカメラで撮影する方法や心拍のピーブ音を音声に重畳して伝送することでも有意義とする意見もあった。</p>
軽量化・ワイアレス化	<p>救急隊員に視線カメラ(ヘッドマウントカメラ)を装備する場合は、十分軽量且つ堅牢であるとともに、行動を拘束しないようワイアレス化が必須と考えられている。</p>

なお、現在のところ、心電図等のバイタルデータの測定装置については、汎用のIP方式のインターフェース搭載が必ずしも普及していないことから、今後IPインターフェースの搭載された装置の開発・普及が期待される。

4.2.2 医療機関の設備

(1) 操作性の確保

操作の容易性

医療機関では、担当医が、救急隊員との固定電話による連絡を取りながら操作をすることも想定されることから、片手で簡単にシステム起動や操作ができることが重要である。

また、担当医師は、救命救急室以外で連絡を受けることも想定されるので、セキュリティに配慮しつつ病院内のLANに接続された任意のパソコンからアクセスできるような工夫も必要である。

遠隔操作機能の実現

救急救命士が傷病者への救命処置に専念できるように、救急車両内に設置するカメラの撮影方向等は、救急病院の医師等が遠隔で操作できることが必須と考えられる。最低限必要とされる遠隔操作項目は、次のとおりである。

- ・カメラの切り替え（複数台設置の場合）
- ・モード切替（精細度優先・動き優先）
- ・ズーム機能
- ・パン機能

(2) 表示の一元化

本システムでは、傷病者の映像の他、各種のバイタルデータの伝送が想定されるが、これらのデータは、出来る限り個別専用の機器ではなく、パソコン上等の一つの画面内に分割又は選択して表示できることが望ましく、機器開発に加えてこのようなソフトウェアの開発も期待される。

4.3 制度的課題

4.3.1 設置主体

高度医療情報伝送システムは、搬送中の救急車内におけるプレホスピタルケアの充実を図るとともに、病院の受け入れ準備の適切化にも貢献するものとして、救急機関、医療機関双方から期待されている。

一方、このシステムは、人命の安全に直接かかわる救急救命の業務に利用されるものであることから、ある程度の柔軟性や無線通信としての不安定な要素を持ちつつも一定の信頼性を確保できるものであることが極めて重要である。加えて、新しいシステムの構築にはコストも必要であるため、この実現のためには、「誰がどのように設置するか」について整理が必要と考えられる。

(1) 救急機関による設置

現在運用されている救急業務用の無線電話と同様に救急（消防）機関が設置することが考えられる。救急機関の管轄区域毎に計画的な整備が期待でき、管理運営上の責任体制も明確となる。このためには、救急業務用の設備の一環としての予算の確保を図る必要があり、また公的予算を確保・投入することとなるため、救急制度における情報通信のひとつとして位置付けを明確化することが重要となる。

(2) 医療機関による設置

医療機関におけるプレホスピタルケア分野への積極的な関与・指導の機運が出てきている中、本システムを「医師の行う医療業務の質の向上のための設備」と位置づけ、医療機関が中心となって整備することを検討することとなる可能性もある。このような考え方については同分野全体における今後の推移を見守る必要があるが、維持・運用上の責任や救急隊員による操作等検討すべき個別の問題も多く、広域的な整備計画の調整等が難しいなど検討すべき課題は多い。

なお、このような考え方にまで至らずとも、財政負担の分散・軽減を目的として救急機関と医療機関とが共同または分担して設置することを考慮することも選択肢のひとつになると考えられる。

(3) 救急業務以外の他の業務との共同利用

本システムは、できるだけ広いサービスエリアを期待されるにも係わらず、ひとつの基地局・中継局のエリアは必ずしも大きくなく、多くの局の設置が必要と考えられる。

このため、次の理由から、消防、防災等の公共業務を中心に複数の関係機関で共同でシステムを構築し共同利用を行うことについて、その実現の可能性についての検討が望まれる。

なお、災害時等の通信の輻輳を避ける必要があることから、共同利用を推進する場合であっても、公共機関など一定の範囲に用途を限って構築する必要があると考えられる。

マルチホップ機能により、機動的にサービスエリアを構成することができて、IPプロトコルにより簡単に動画等の大容量通信を可能とする移動通信システムは防災をはじめとする公共分野において、潜在的に広く需要があると考えられること

大容量無線システムは、相当の周波数帯域を必要とするため、それぞれの業務毎に専用に割り当てることは困難であること

公共機関に限定した場合、動画等の通信トラフィックは、極端に大規模な災害発生時等の特別な場合を除き大きな集中はないものと考えられ、機関相互の適切な調整により比較的大きな災害時も含めて共用が可能であると考えられること

大容量の移動無線システムにおいて、基地局1局当たりのサービスエリアが比較的小さい方式により実用的に十分な広いサービスエリアを構成しようとする場合、多くの基地局建設が必要となる。このためインフラ構築に相当のコストを要するが、複数の業務で共用することにより、コスト負担を分散し、システムの利用率も向上させることが出来ること

基地局建設において、共同利用を行う各公共機関の施設を利用することで、インフラ整備のコストの低廉化が図れる。これにより、一定水準以上の防災対策がとられた施設の確保が容易となり、インフラの信頼性の向上が期待できること

同一方式のシステムを多くの業務で共用することにより、移動端末等の価格の低廉化が期待できること

4.3.2 運用責任

本システムは、救急医療の高度化を図ることを目的とするものであるが、救急業務と医療業務は実施機関が別であり、制度的にも分離されているため、このような業務上の役割分担を考慮しつつ本システムの運用管理上の責任が曖昧にならないような責任体制作りが重要である。

それぞれの制度の中で運用体制を構築するためには、次の事項を含め情報通信の位置付けが明確にされることが極めて重要である。

- (1) 救急業務とメディカルコントロールにおける情報通信の役割
- (2) 情報通信施設の整備と管理の責任と分担

なお、4.3.1に示す、防災関係機関等との共同設置においては、運用主体とその責任について機関相互間の協議と体制の明確化が必要である。

4.3.3 財政支援制度

救急医療機関への搬送時間が長くなる場合が多い僻地等において、本システムがより有用性を発揮することが考えられる。一方、このような地域は財政基盤の脆弱であることが予想され、このような地域においても必要性に応じて整備が円滑に行われるように適切な財政支援が必要であろう。

4.3.4 無線局免許制度

本システムを実現するためには、VHF帯を使用する大容量移動通信システムの免許制度が整備される必要がある。このためには、より詳細な技術基準の策定や4.1.1に示した周波数帯の確保に加え、特に、4.3.1における公共業務共同利用型の運用形態を想定する場合は、次の点について整理が必要である。

(1) 免許主体

共用となるインフラ設備の管理責任を明確にする必要があり、一般的には利用機関（消防・救急機関、防災機関等）全てによる多重免許、あるいは利用機関全体で構成する団体を免許主体とするいずれかの方法で利用者が責任を負うことになると考えられる。しかし、利用機関を適切に制限する等災害時の輻輳を回避できることを前提に電気通信事業者による電気通信サービスとして提供し、当該事業者が免許主体となって管理責任を負う形態も否定されるものではない。

(2) 割当て周波数の確保

本システムの実現に必要な1チャンネル分の周波数帯域については、4.1において触れているが、次の観点から複数のチャンネル（周波数）の確保を考慮する必要があると考えられる。

現在の救急・消防業務用の無線システムと同様の周波数利用形態を想定すると、自治体（又は広域行政組合）単位で周波数の割当が必要であり、隣接地域と干渉をある程度容認した場合でも2波ないし4波程度の割当を行うことが望ましいこと

公共業務用として共同利用を行う場合は、災害発生時のトラフィック増大等を想定する必要があること

将来の技術進展や関係業務内容の多様化に伴う新たな要望に対してさらなる大容量化への発展性を確保し、その場合の新旧相互の上位互換性（新旧機器混在においても旧方式で通信が可能）を保ちながらシステムの高度化が図られるように配慮するためには、あらかじめ連続した周波数の確保を図る必要があること

4.4 その他の課題

4.4.1 プライバシーへの配慮

情報通信上のセキュリティの確保は傷病者のプライバシーの保護の観点からも重要であり、適切な対応を行う必要がある。一方、伝送された情報の救急機関及び医療機関内における取り扱いの配慮も重要であり、現在既に実施されている救急・医療業務における傷病者情報のプライバシー保護への配慮と同等の考え方に基づき取り扱うべきと考えられる。

しかしながら、救急業務における画像の撮影に関しては実用事例が少なく、心理的な抵抗感もさらに強いことが考えられることから、実際の配備・運用に当たっては、次のような具体的事項についても検討・配慮していく必要がある。

(1) 撮影及び画像伝送の実態の周知

画像伝送が現に行われ、それが救急業務上重要であることの理解を得るために、例えば救急車内の掲示等により、画像の撮影及び伝送が行われる旨を明らかにする配慮を行う必要がある。

(2) 伝送画像情報の保管

伝送された画像情報はもっぱら搬送中におけるプレホスピタルケアの向上を目的とするものであって、画像の記録（録画）の必要性は少ないと考えられる。一方、伝送された画像の漏洩や悪用を避け、また関係機関における保管の安全性確保についての負担を避ける必要もあることから、特に必要性が明確である場合を除き、原則として録画を行わないこととし、場合によっては安易に記録・保管がされないような技術的手法の検討も必要と考えられる。

4.4.2 実用化に向けた検証

本システムにより画像情報等の伝送を実現することは、プレホスピタルケアの高度化の観点から医療機関、救急機関ともに期待が大きい。

VHFマルチホップ無線装置については既に試作も行われ、また、本検討会においては必要とされる医療情報の種類と求められる品質とそのため的高度医療情報伝送システムの構成、所要の性能等を明らかにしてきた。しかし、実用化に向けては、救急制度と医療制度の調整、システム仕様の具体化、現場での運用方法等、詰めを行うべき細部の課題は多く残されていると考えられる。

これらの課題を洗い出し、その対策等を検討するためには、実際の救急医療の現場において検証を行うことが有効であり、例えば数箇月以上の期間にわたる継続的な実証試験の実施が望まれる。