

DMATでの活用を見据え災害時にも手動設定変更不要で 平常時に近い接続性を提供するネットワークの実現

辻井 高浩¹ 大平 健司² 垣内 正年¹ 油谷 暁¹ 猪俣 敦夫¹ 藤川 和利¹

概要: 2011年3月11日に発生した東日本大震災以降、事業継続を考慮したインフラ・システム整備が各組織において急務となっている。特に災害発生時には拠点病院およびDMAT(災害医療派遣チーム)間の情報共有は、効率的な患者搬送・機能施設の確認等のために必要不可欠である。この情報共有を実現するためには、耐災害の高い通信路として衛星回線を活用し、災害時においても平常時に使用している端末をそのまま利用できる平常時に近い接続性を維持したネットワークを実現することである。

災害が起きてから衛星通信回線を契約・設置すると、当該災害発生直後の急患対応用途には使用できないので、平常時からの契約・設置をすることは有効な手段である。しかしながら常時利用を行う回線としては、遅延時間が非常に大きい、回線費用が高い、利用可能帯域が狭いなどデメリットも多い。また、非常時だけ使用することを想定したシステムでは、通常時にその故障に気づくことが難しく、いざ必要となった際に使えないシステムとなっている可能性が懸念される。

本稿では、複数箇所の病院、DMAT組織および奈良先端科学技術大学院大学(以下、NAIST)に地球局を設置、衛星回線と地上有線網の両方を利用したハイブリッド型のネットワークとして医療拠点間専用ネットワークを構築し、どのような通信が当該回線上で有効であるかを試し、衛星回線が高遅延狭帯域の回線と言えど死蔵せず、いざ必要となったときに備えることが出来るかを考察する。

A Network Suited for DMAT to Perform BYOD

TAKAHIRO TSUJII¹ KENJI OHIRA² MASATOSHI KAKIUCHI¹ AKIRA YUTANI¹ ATSUO INOMATA¹
KAZUTOSHI FUJIKAWA¹

Abstract:

On 11 March 2011, the Great East Japan Earthquake has struck the north-east coast. We are forced that we needed to take into consideration for the institute continuity from such a severe situation. Especially, it is indispensable for DMAT (Disaster Medical Assistance Team) to manage an efficient emergency medical transport. In order to establish the information sharing for such the stakeholder, we thought that it is to make use of the satellite channel as a disaster resistant communication and to manage between the network connectivity and its device for close to a normal situation. In this paper, we introduce our implemented the dedicated network for some medical bases to provide effective and robust communication on hybrid network both the satellite and the ground for hospitals, DMAT organizations and NAIST. Also we report that we executed experimentation which type of communication channel is more effective and then mention about the preparation on very long delay and narrow band network such the satellite channel for a future severe situation.

1. はじめに

東日本大震災では、情報通信インフラにおいて甚大な被害が発生し、通信網については東北・関東地方を中心に、回線の途絶や、停電等により情報通信機器が使用できなくな

¹ 奈良先端科学技術大学院大学 総合情報基盤センター
Nara Institute of Science and Technology, Information Initiative Center

² 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科
Nara Institute of Science and Technology, Graduate School of Information Science

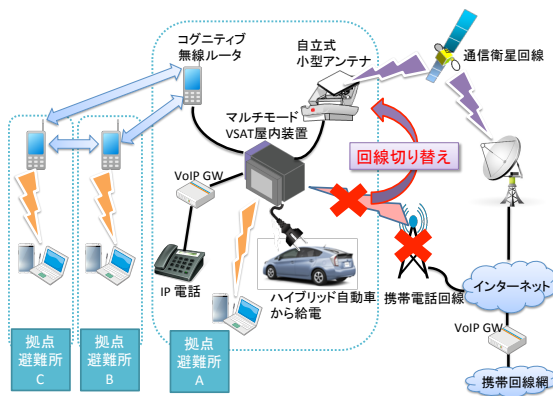


図 1 関連研究の実験図 ([3] より引用)

るなどの被害が発生した。医療機関における建物・施設被害の有無・患者収容の可否・ライフラインの可否などを入力し、連携支援の可否を判定するシステムである広域災害救急医療情報システム（以下、EMIS (Emergency Medical Information System)) [1] への接続も被災地では一時不能となった。災害時の医療現場における EMIS への接続は必須であり、耐災害性の高い通信路として衛星回線を利用することは有効な手段であるが、災害が起きてから衛星通信回線を契約・設置すると、災害発生直後には使用できない。例え、平常時からの契約・設置をしたとしても、常時利用を行う回線としては、遅延時間が非常に大きい、回線費用が高い、利用可能帯域が狭いなどデメリットも多い。また、非常時だけ使用することを想定したシステムでは、通常時にその故障に気づくことが難しく、いざ必要となった際に使えないシステムとなっている可能性が懸念される。医師、看護師、業務調整員（医師・看護師以外の医療技術職員や事務職員）で構成され、大規模災害や多傷病者が発生した事故などの現場に急性期（おおむね 48 時間以内）に活動できる機動性を持った医療チームである DMAT (Disaster Medical Assistance Team) [2] において災害時の初期活動時、音声通信は必要不可欠にも関わらず利用していた衛星携帯電話が繋がりにくい場合もあった。

本稿では、複数箇所の病院、DMAT 組織と NAIST に地球局を設置、帯域保証も可能な衛星回線と地上優先網の両方を利用したハイブリッド型のネットワークを構築し、災害発生時に、どのような通信が当該回線上で有効であるかを試し、衛星回線が高遅延狭帯域の回線と云えど死蔵せず、いざ必要となったときに備えることができるかを考察する。

2. 関連研究

ICT イノベーションフォーラム 2014 において「災害時に有効な衛星通信ネットワークの研究開発」[3] として発表されたマルチモード地球局技術の実験 (図 1) では、地上/衛

星回線を自動で切り替えることができるマルチモード地球局を IDU (InDoor Unit)、容易な操作で IP データ通信を素早く構築できる自立式可搬型 VSAT (Very Small Aperture Terminal) を ODU (OutDoor Unit) として使用し、災害時に地上系の通信が途切れた場合に IDU 装置からの指令により、ODU のアンテナ展開・衛星捕捉・通信開始前に必要な衛星通信事業者の制御局との疎通確認試験 (UAT: Uplink Access Test) を自動で行い人手を介さずに地上回線と衛星回線の切り替えが可能であることを確認している。

3. 災害時に必要とされる通信

本章では、医療拠点間専用ネットワークを構築するにあたり、必要要件を明確にしておくために聞き取り調査を実施し、関連研究および聞き取り調査結果により明確にした本ネットワーク構築の目的、災害時にアクセスが必須である EMIS および医療拠点間専用ネットワークに要求される要件について述べる。

3.1 現状の聞き取り調査

医療拠点間専用ネットワークを構築するにあたり、以下の方々に医療現場におけるニーズを把握するために聞き取り調査を実施した。

- (1) 鹿児島県米盛病院 [5] の DMAT 隊員
- (2) 兵庫県災害医療センターの医師
- (3) 岩手医科大学の医師
- (4) DMAT 事務局のスタッフ

聞き取り調査から判明した結果は以下である。

- (1) 災害時においても必ずインターネットに接続できること。
- (2) 平常時利用している端末が災害時においても使用できること。
- (3) 災害時における急性期患者の医療情報を共有できること。

3.2 目的の明確化

現状の聞き取り調査および総務省の大規模災害時におけるインターネットの有効活用事例集 [4] より、災害時の医療現場におけるニーズは以下と判断した。

- (1) EMIS へのアクセス
- (2) 音声通話・TV 会議システム
- (3) 急性期患者の医療情報共有

上記のニーズを実現するためには、災害時においても必要な通信のみインターネットへ常時接続できる安全なネットワークを構築することである。そこで情報が集約する医療拠点に固定地球局を設置し、災害時においてもインターネットに接続できる医療拠点間専用ネットワークを構築し、関連研究および聞き取り調査において判明している問題点と課題の解決に付録 A.1 節に示す体制で取り組むこと

にした。

3.3 EMIS とは

EMIS (Emergency Medical Information System) は、災害時に被災した都道府県を越えて医療機関の稼働状況など災害医療に関わる情報を共有し、被災地域での迅速且つ適切な医療・救護に関わる各種情報を集約・提供することを目的としている。

3.3.1 EMIS 整備の経緯

阪神・淡路大震災では、災害時の初期医療体制が十分確立していなかったほか、医療機関のお互いの情報、行政や他県医療機関等への情報発信、共有ツールが無く、被災時は電話の輻輳など通信手段の問題もあり、互いの情報がわからないままという状態であった。その結果、それぞれの医療機関が自ら『最後の砦』の決意で、ベストを尽くそうと。後日の検証によって、被災地域内の病院医師一人当たりの患者数(傷病者)が1桁台から3桁台までのばらつきがあることが判明した。こうした背景から、EMIS が構築された。

3.3.2 EMIS の機能

EMIS の主な機能は、以下である。

- 災害時に最新の医療資源情報を関係機関(都道府県、医療機関、消防等)へ提供
- 超急性期の診療情報(緊急情報)を即時に集約、提供
- 急性期以降の患者受入情報(詳細情報)等を随時集約、提供
- DMAT 指定医療機関から派遣されるDMAT の活動状況の集約、提供

3.4 ネットワークに要求される要件

医療拠点間専用ネットワークに要求される要件は、以下となる。

- EMIS サーバへの接続
EMIS サーバへの接続にはインターネットへの接続が必須である。
- 地上/衛星回線の通信断がない自動切り替え
常時、医療拠点間専用ネットワーク機能を維持する。
- インタラクティブな音声・映像通信
災害時における IP 電話・TV 会議システムの利用を可能とする。
- 医療拠点間専用ネットワークの常時提供
災害が発生しようとも特別な機器利用や操作をせずに情報システムを利用できるように、平常時においても医療拠点間専用ネットワークを提供する。
- 急性期患者の医療情報共有
災害時において急性期患者の医療情報は重要であり、安全なネットワークを構築する必要がある。本研究では、安全なネットワークを実現するための基盤を提供

する。

4. 問題点と課題

4.1 インターネット接続

EMIS への接続には、インターネット接続が必須であるが、一方、急性期患者の医療情報共有には安全なネットワーク構築が必要である。災害時の外部との通信も必要であり、音声・TV 会議システムの利用についても考慮する必要がある。

4.2 地上/衛星回線自動切り替え時間

関連研究においては、基本的に平常時に衛星回線は利用せず、自立式可搬型 VSAT により必要時に衛星回線を確立する、このために地上から衛星への通信切り替えに5分程度、衛星から地上への通信切り替えに1分程度の時間を要しており、この間の通信は途絶えることになる。

4.3 通信の遅延・帯域確保

関連研究においては、通信帯域最適化により輻輳緩和を実現しているが、静止衛星を利用した衛星通信において不可避の問題である遅延については言及はされていない。災害時におけるインタラクティブな音声通信においては、通信の遅延が少ないことが期待される。TV 会議システムにおいては、通信の遅延を少なくする事と映像を流すための帯域確保が問題となってくる。

4.4 ネットワーク常時提供によるコスト軽減

災害発生時においてロジスティクスが衛星捕捉や機器設定などの通信環境を構築することは大変な労力であり、彼らのコスト削減を検討すべきである。また、DMAT 隊員が災害発生時に使用する機器においても、平常時使用している情報端末を利用できると、災害発生時に本来注力すべき業務に専念できる。

5. ネットワークデザイン

本章では、今回構築するネットワーク構成の概要、機器構成、論理構成およびアクセス形態について述べる。

5.1 ネットワーク構成の概要

ネットワーク構成の概要を図 2 に示す。医療拠点間専用ネットワークにおけるデータ通信は、通常時は主として地上有線網を使用するが非常時には衛星回線に切り替える必要があり、SDN(Software Designed Networking) による回線制御機構を利用し構築する。切り替え制御のための通信は災害時においても切断されてはならないので、常時衛星回線上に流す。衛星回線を通常時も使用していることにより設置運用予算獲得を有利に進める可能性を高めることができるものと考えている。衛星回線は、VSAT システム

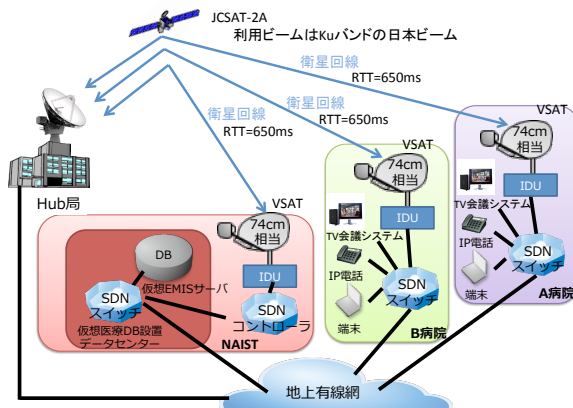


図 2 ネットワーク構成の概要

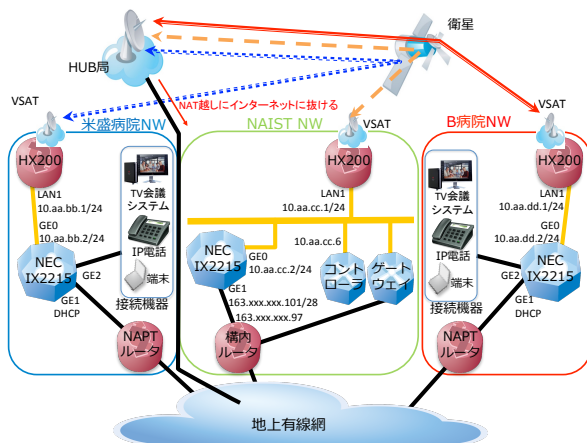


図 3 機器構成

で構成される。VSATシステムは、通信衛星と通信制御を行うVSAT制御地球局（以下、HUB局）、各地に置かれるVSAT地球局（以下、VSAT）および地上有線網により構成される。今回利用するVSATシステムは、スター型VSATシステムであり、送受信信号が常時、HUB局を経由するタイプであり、RTT（Round Trip Time）は、VSATとVSATの間で概ね1300msec、HUB局とVSAT間で概ね650msecである。医療拠点間専用ネットワークは、医療情報の共有を考慮した安全なネットワーク構築が必要であり、EMISへの接続および音声・映像通信のために必要な通信のみインターネット接続できるようにする。

5.2 機器構成

医療拠点間専用ネットワークの機器構成を図3に示す。衛星回線により割り当てられたネットワークには、IDU、SDNスイッチ、SDNコントローラ（NAISTのみ）を接続する。各組織のSDNスイッチは、各組織で提供される地上有線網にも接続する。現在、鹿児島県米盛病院とNAISTの機器設置・接続は概ね完了しているが、鹿児島県米盛病

院設置のSDNスイッチにおいては有線網へ接続されていない。

医療拠点間専用ネットワークを構成する主要システムは以下である。

- 衛星
 - JCSAT-2A(スカパー JSAT 保有)
利用ビームは Ku バンドの日本ビーム
- VSAT のアンテナ
 - Skyware 製 Type756
- VSAT の ODU
 - 新日本無線株式会社製 BUC 3W
 - 新日本無線株式会社製 LNB DRO
- VSAT の IDU
 - Hughes Network Systems 製 HX200
- SDN スイッチ
 - NEC 製 IX2215
- SDN コントローラ/ゲートウェイ
 - Linux KVM の仮想化技術を利用
 - Oracle 社製 Oracle Server X5-2

CPU:	Intel Xeon E5-2630 2.40GHz
メモリ:	32GB
HDD:	3.6TB
OS:	UBUNTU 14.10
コントローラ:	ryu 3.20(OpenFlow)
NOS	VyOS 1.1.5

5.2.1 地上系有線網

地上系有線網はデータ通信における平常時の利用を想定している。災害が発生したとしても、全組織が地上系有線網と不通にはならないので、データ通信には地上系有線網を優先的に活用する。

5.2.2 衛星回線

今回スカパー JSAT から提供される回線における伝送速度としては上り最大1200kbps、下り最大8Mbpsまでである。複数ユーザーと共有するためベストエフォート型になるが、論理的に伝送速度を保証する設定も可能となっており、平常時にトラフィックが流れないのであれば、帯域割当は行われず、データが流れ始めた段階でトラフィック量に応じて帯域割当が自動的に行われる。全体で輻輳が生じない十分な帯域が用意されていれば、あらかじめ設定された最大レートまで帯域が割り当てられる。用意した帯域で収容できないトラフィック量となった場合は、あらかじめ設定された最大レートまではあがらずに、全体で平準化されている。IDU内でデータがある程度バッファリングするので簡単にはパケットの損失は発生しないが、輻輳状態になるとパケットが損失してしまう可能性がある。

5.3 論理構成

SDNスイッチを利用し、NAISTと各医療拠点の間に以

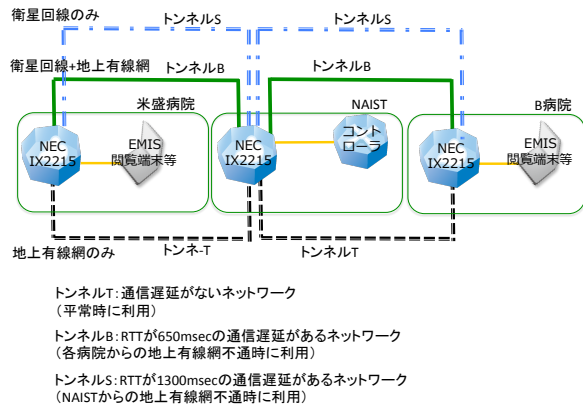


図 4 トンネル構成

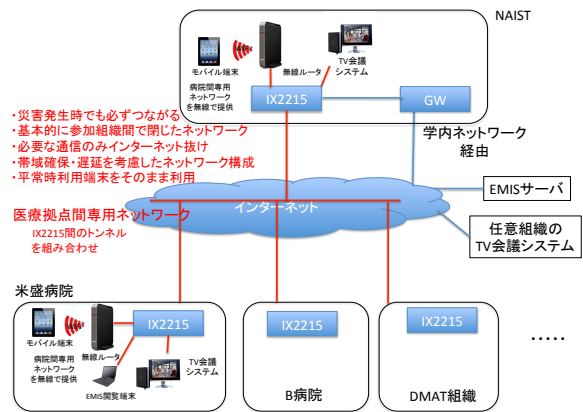


図 5 医療拠点間専用ネットワーク

下のようなトンネル(図 4)をばり、トンネルの組み合わせにより状況に応じた最適な医療拠点間専用ネットワーク(図 5)を構築する。

- トンネル T (Ether over IPsec)
(NAIST) 163.xxx.xxx.29 – (医療拠点) DHCP
【※病院ルータで NAT】
- トンネル B (Ether over IPsec)
(NAIST) 163.xxx.xxx.29 – (医療拠点) 10.aa.xx.2
【※ HUB 局で NAT】
- トンネル S (Ether over IP)
(NAIST) 10.aa.cc.2 – (医療拠点) 10.aa.xx.2

トンネル T は地上有線網により構成される。トンネル B は地上有線網と衛星回線により構成され、RTT は、650msec である。トンネル S は衛星回線のみを構成され、RTT は、1300msec である。各トンネルは、各医療拠点に設置している SDN スイッチ (IX2215) に送信元 IP アドレスベースのポリシールーティングを設定し、常時存在する形態にしておく。災害発生時に地上有線網に不通箇所が発生した場

合は、SDN コントローラにより、適切なトンネルに切り替わり、最適な医療拠点間専用ネットワークを構築する。

5.4 アクセス形態

利用者のアクセス形態は、以下の 2 種類に分けられる。

(1) インターネットへのアクセス

災害発生時における必要な通信としては、EMIS サーバへのアクセスと音声通信・TV 会議システムである。EMIS へのアクセスにおいては、通信遅延については考慮する必要は少ないので、衛星回線の利用は有効であるが、TV 会議システムにおいては、通信の遅延と帯域が問題となってくる。医療情報共有の基盤としての利用を考慮すると、必要な通信のみインターネット接続できるようにする必要がある。

(2) 各医療拠点間内のアクセス

医療情報を各医療機関のみがアクセスできる安全なネットワークを構築する必要がある。

6. 評価 (予定) 項目

6.1 インターネット接続

安全に医療情報共有をできるようにインターネット通信できるアプリケーションを制限する必要がある。データトラフィックの収集により最適なアクセス制御を検討する必要がある。

6.2 地上/衛星回線自動切り替え時間

平常時には、SDN の制御を担うコントロールプレーンに衛星回線を利用し、データプレーンとして地上有線網を利用する。SDN により災害発生時に不通となった箇所を判別し、データプレーンを最適な衛星回線に通信断を発生させずに切り替える。

6.3 通信の遅延・帯域

NAIST・米盛病院間のコントロールプレーンは、2 ホップの衛星回線による図 5 のトンネル S を利用した医療拠点間専用ネットワークであり、ping(ペイロード 56 バイト)を 10 回試した結果、RTT は平均 1197.8ms、標準偏差 26.2ms であった。一方、NAIST・米盛病院間のデータプレーンは、現状では 1 ホップの衛星回線による図 5 のトンネル B を利用した医療拠点間専用ネットワークであり、ping(ペイロード 56 バイト)を 10 回試した結果、RTT は平均 674.7ms、標準偏差 12.5ms であった。いずれの場合も理論値に近い結果であった。通信の遅延においては、地上回線を有効利用することにより問題が解消できると考えている。音声通信においては、どれほどの遅延までが許容できるかの計測も必要だと考えている。衛星回線の利用コストを鑑みなければ、衛星回線における輻輳状態を回避するためには、IDU の帯域割当て機能を利用して事前に帯域

を確保した後、SDN コントローラにより衛星回線の各拠点間帯域を制御することが有効だと考えている。今回の衛星回線においては、上り/下りの伝送速度が違うので、TV 会議システムの映像配信において、どのような帯域制御が有効かも検証する必要がある。

6.4 ネットワーク常時提供によるコスト軽減

被災地の現場では、衛星通信を利用するためにアンテナ設営や機器設定が必要である。本研究では、情報が集約する医療拠点に事前に固定地球局を設置し、平常時においても医療拠点間専用ネットワークを構築しているため、平常時から使用している機器を災害時においても同様に使用することができ、災害発生直後にかかるロジスティクスの作業コストを軽減できると考えている。

7. まとめ

災害時の救急医療現場においては、EMIS への接続、音声通信は必須であり、災害発生時には速やかな医療拠点間専用ネットワークの構築が重要である。本論文では、EMIS への接続、音声通信・TV 会議システム利用、災害時における急性期患者の医療情報共有のために必要なネットワーク構築に焦点をあてた。EMIS への常時アクセス手段として SDN によるネットワークを構築し、地上/衛星回線の自動切替の実現を検討しているが、災害時における急性期患者の医療情報共有に必要な安全性確保を考慮した SDN コントローラおよび SDN スイッチの設置場所および各組織からのアクセス権限設定等が課題である。音声通信では衛星回線特有の遅延が問題であり、衛星回線を最小限利用するネットワーク構成にする必要がある。TV 会議システムでは映像を流す最低限の帯域を保証する仕組みが課題である。

付 録

A.1 研究推進体制

本研究を推進させるための各組織間の体制を図 A.1 に示す。スカパー JSAT 株式会社（以下、スカパー JSAT）が各組織との橋渡しの役割を担い、基本的に大学・企業とスカパー JSAT との間は、共同研究契約を締結し、医療拠点とスカパー JSAT との間はアプリ開発の助言、共同検証等に関する覚書をかかわすこととした。スカパー JSAT との共同研究契約としては、組織を以下のように 3 種類に分類し、各々に順じた契約内容が必要だと想定している。

- (1) 技術提供・開発をする大学
- (2) 附属病院設置の大学
- (3) 設備提供・技術提供・開発をする企業

現時点では、スカパー JSAT と (1) による共同契約をかかわした NAIST、スカパー JSAT と覚書をかかわした鹿児島県

の米盛病院の参画は確定している。米盛病院は、最新設備を集約したハイブリッド ER、機動力を発揮するための救急医療用ヘリ、ドクターカー、ドクターバイクを装備した救急医療にも注力している病院であり、共同検証により有用な情報抽出が期待できる。米盛病院以外の複数組織についても参画を検討している。医療拠点間専用ネットワークへの途中からの参画は、技術的には可能であり、事務的にも容易となる体制としている。

謝辞 本論文のシステム構築、回線提供および組織間連携のための調整に御協力頂いた、スカパー JSAT 株式会社 瀬尾淳様、佐藤晃一様、北澤一憲様、篠田祐介様、検証環境の提供および現状の聞き取り調査に協力頂いた、米盛病院 米盛公治様、福岡譲二様、畑倫明様、伊地知寿様、内山圭様、現状の聞き取り調査に協力頂いた、兵庫県災害医療センター 松山重成様、川瀬鉄典様に謹んで感謝の意を表す。

参考文献

- [1] 広域災害救急医療情報センター：広域災害救急医療情報システム (EMIS)
入手先 <<https://www.wds.emis.go.jp/topcontents/W01F14P.pdf>>
(参照 2015.05.11)
- [2] 日本 DMAT：DMAT とは？
入手先 <<http://www.dmat.jp/DMAT.html>>
(参照 2015.05.11)
- [3] 総務省：ICT イノベーションフォーラム 2014 発表資料 災害時に有効な衛星通信ネットワークの研究開発
入手先 <http://www.soumu.go.jp/main_content/000323174.pdf>
(参照 2015.05.11)
- [4] 総務省：大規模災害時におけるインターネットの有効活用事例集
入手先 <http://www.soumu.go.jp/main_content/000173747.pdf>
(参照 2015.05.11)
- [5] 米盛病院：米森病院救急科
入手先 <<http://www.yonemorihp.jp/emergency/>>
(参照 2015.05.11)

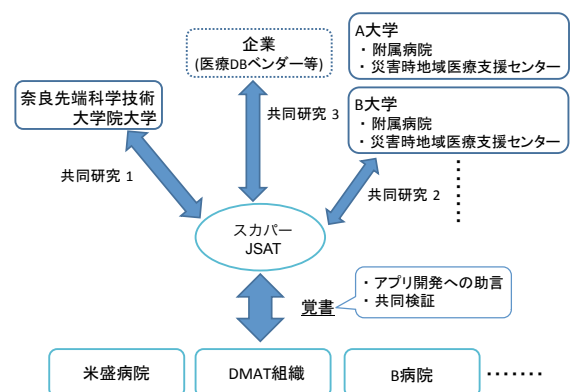


図 A.1 研究推進体制図