

## インマルサット衛星を通じた遠隔医療システムの構築

## Development of Telemedicine System through INMARSAT Satellite Channel

千葉 雅史<sup>1</sup>, 野地 保<sup>2</sup>, 田中 滋樹<sup>3</sup>, 生方 香代<sup>3</sup>, 藤田 泰裕<sup>3</sup>, 海津 徹<sup>3</sup>, 千田 洋士<sup>4</sup>  
 Masafumi Chiba<sup>1</sup>, Tamotsu Noji<sup>2</sup>, Shigeki Tanaka<sup>3</sup>, Kayo Ubukata<sup>3</sup>, Yasuhiro Fujita<sup>3</sup>, Toru Kaizu<sup>3</sup>, Hiroshi Senda<sup>4</sup>

## 1. はじめに

本学では、国際総トン数 2,174 トンの海洋調査研修船「望星丸」を利用し、毎年 2 月中旬に日本を出港し、約 40 日間かけて南方の国々を歴訪しながら、国際交流と異文化理解、環境教育、外洋航海と船上生活を通じた協調性を実践的に学ぶ機会を 43 年の長きに渡って実施している。このような活動を実施する上で、乗船する学生や教職員の安全確保、とりわけ医療に関わるサポート体制の確立が重要である。実際にこの研修を受ける学生の安全のみならず、学生を送り出す保護者に向けて安心を提供できる環境が必要となってくる。活動の際には、医師および看護師を常時乗船させてはいるものの、乗船した医師にとって専門外の傷病が発生した場合、そのサポートは電話とファクシミリに頼らざるを得なかった。そこで 2006 年よりインマルサット衛星とインターネットを活用した洋上教育現場の安全確保を目指し、動画と静止画、文字によるリアルタイム双方向通信などの機能を充実させる遠隔医療の試みをスタートさせた。一般的にインターネットを利用したシステムは、高速回線等の潤沢な通信環境の整備を前提としており、インマルサット衛星のように狭帯域通信回線での利用では様々な制約が存在する。そこで本研究では、狭帯域回線の環境下において、動画を含むリアルタイム配信を行ない、南太平洋上において遠隔医療を実施展開するための基盤システムの構築について、特に 2006 年以降に行った実験の結果を報告する。

## 2. 実験機器

実験機器の基本的な構成の概略を図 1 に示す。本実験において鍵となる要素は、通信端末と映像伝送機器である。インマルサット衛星との通信が必要なため、通信端末機器に関してはある程度限定されるものの、それ以外のパソコンやカメラなどの周辺機器については、一般的に入手可能でかつ安価な準備容易であるもので構成し、冗長性を向上させた。送受信を行う拠点の装置は、パソコンと USB 接続のカメラ、ヘッドセットなどの汎用品で構成した。一方、画像の送受信に用いるソフトウェアとハードウェアについても、各種のシステム構成で予察試験を行った[1-3]。

通信の核となるのは、インマルサット衛星と、それとの通信を行う機器である。表 1 に実験に用いた通信端末と映像伝送装置、速度ならびに接続方式について年度を追ってまとめた。実験当初から 2007 年度にかけては NERA 社の World Communicator により 64 kbps の ISDN 回線を用いて行なった。これは、陸上用の通信端末を船内に持ち込んで洋上から通信を行う必要性があり、アンテナ保持者と実際

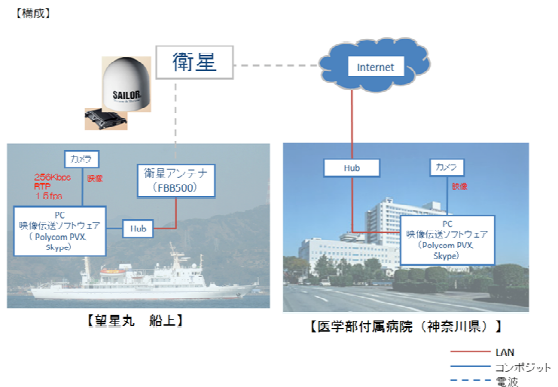


図 1 通信システムの概念図。

表 1 通信端末と映像伝送機器の一覧。

年度	実験地	通信端末	映像伝送機器	通信速度	接続方式
2006	父島	NERA	NetMeeting	64kbps	ISDN
2007	駿河湾	NERA	NetMeeting	64kbps	ISDN
2008	熊本三角港	F77	NetMeeting	64kbps	ISDN
2009	奄美大島	FB500	XVD Camcast	256kbps	Streaming
2009	四国沖	FB500	XVD Camcast	256kbps	Streaming
2009	釜山	FB500	Skype/Polycom PVX	256kbps	Streaming/Packet
2010	南太平洋海域	FB500	Skype	256kbps	Streaming

の通信担当者の 2 名必要であった。2008 年度以降は通信可能な設備が望星丸に常設されたため、通信実施にあたる人員は削減でき、運用も容易となった。さらに 2009 年度より 7 月の皆既日食の中継に向けて設備の更新が図られたため、回線速度と機器の操作性が向上した[4]。すなわち、2008 年度以降は日本デジコムが提供する Thrane & Thrane 社の EXPLORER 700 を用いて陸上試験を行い、望星丸に搭載した Thrane & Thrane 社の Fleet Broad Band 500 を用いた試験を行った。

## 3. 結果

## 3.1 映像伝送プロトコル・通信方式の検討

まず最初に、2009 年の奄美大島航海において実施した実験の結果について述べる。この実験に関する映像伝送機器には全て XVD Camcast を利用した。これは映像伝送の専用機器であり、後に示す短所も指摘されるが、専用装置であるが故の安定性に富んでおり、他のパラメータに及ぼす影響が極めて少なく、比較試験には最適であると判断した。また、伝送に用いたフレームレートは 30 で、伝送速度は 256 kbps 一定とした。なお表 2 には本実験のパラメータである通信方式ならびに伝送プロトコルを一覧にした。

実験の結果、伝送方式がストリーミング通信であってもパケット通信であっても結果に差異はなく、むしろ伝送プ

1 東海大開発工, Dept. of Mat. Chem., Tokai Univ.

2 東海大情報通信学部, Dep. of Manage. Sys. Eng., Tokai Univ.

3 東海大総合情報センター, Info. Tech. Center, Tokai Univ.

4 (株)日本デジコム, Jpn. Digital Commu. Ltd.

表2 伝送プロトコルおよび通信方式の比較.

試験番号	3-1	3-2	3-3
送映像装置伝	映像伝送速度	256 Kbps	同左
	フレーム数	30	同左
	伝送プロトコル	TCP	RTP
通信方式	ストリーミング	同左	パケット
結果	映像が途切れる	問題なし	問題なし

ロトコルが TCP の場合には途中の映像に途切れが見られ、画像伝送品質に及ぼす影響が大きいことが明らかとなった。

### 3.2 映像伝送機器の検討

伝送プロトコルに RTP を用いることで安定した双方向画像送受信が可能であることが明らかとなったので、次に映像伝送機器に関する調査検討を行った。これは、本研究の主題が空間的に制限のある船内における遠隔医療であることから、限られた環境と情報過疎な状況を想定する必要があり、可能な限り一般的に入手可能な汎用装置とソフトウェアを用いて構築することが重要な要件となるためである。

表3には画像伝送の専用機器である XVD Camcast を利用した場合と、一般的な民生用パソコンに汎用ソフトである Skype をインストールした場合、さらにパソコンにテレビ会議専用ソフトの Pokycom PVX をインストールして画像伝送に供した場合を比較検討し、その長所と短所を一覧にした。遠隔医療を受ける側の船内にたとえ XVD Camcast を設置する空間が確保できたと仮定しても、遠隔医療システム全体を考えた場合、緊急医療を提供する全ての医療機関側にこの装置の導入を求めることはほぼ不可能であると考えられる。そこで次節では一般的に入手可能なソフトウェアを用いた通信品質の検討を行なった。

### 3.3 ソフトウェアの比較

特殊な場合を除き、汎用物で品質の高い画像伝送が可能であれば、導入コストが低く押さえられるので、遠隔医療システムの普及率も向上することが見込まれる。そこで表4に Skype と Polycom PVX に焦点を絞って検討を行った結果を取りまとめた。Polycom PVX を用いた通信では、望星丸からの音声のダイナミックレンジがわずかに低下し、さらに通信時間当りのパケット数が 3.19 倍必要であった。その結果、通信費用も約 3.3 倍高額となった。一方、無料ソフトの Skype は、船上での設定の簡便さを確保しながら、システムとして耐障害性を向上可能であることが確認できた。

## 4. おわりに

遠洋を舞台とする教育研究活動を実施する上で、乗船者の医療的見地からの安全確保は重要であり、安心を提供できる環境作りが重要となっている。そこで、遠隔地の安全確保を目指し、インマルサット衛星とインターネットを活用した動画と静止画、文字による船内と医療施設間のリアルタイム双方向通信などの機能を充実させる遠隔医療の構築を試みた。その結果、狭帯域回線の環境下において、動画を含むリアルタイム配信により、南太平洋上において遠隔医療を実施展開するための基盤システムを構築することに成功した。しかし、実験当初と比較すると通信速度は 4

表3 映像伝送機器の比較.

	メリット	デメリット
XVD Camcast	<ul style="list-style-type: none"> <li>あらかじめ設定をしておけば、現場での設定不要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>有償ハードウェア</li> <li>XVD Camcast 同士でのみ映像伝送が可能であり、伝送先を変更することができない</li> </ul>
Skype	<ul style="list-style-type: none"> <li>無償提供ソフトウェア</li> <li>通信時のデータ量が Polycom PVX に比べて少ない</li> <li>テレビ会議機能の他にテキスト送信 (チャット)、画像送信が可能</li> <li>一般的に使い慣れたソフトウェアである</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ソフトウェアが動作停止してしまうことがある</li> <li>全経路において Skype での通信を許可しなければならない</li> </ul>
Polycom PVX	<ul style="list-style-type: none"> <li>有償ソフトウェアであるため、動作がある程度保証されている</li> <li>固定 IP アドレスにて利用すれば、相手側のネットワークのセキュリティレベルを下げることなく利用可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通信時のデータ量が Skype に比べて多い</li> <li>有償ソフトウェア (1 ライセンスあたり 50,555 円 (税込))</li> <li>一般的に使い慣れたソフトウェアではない</li> </ul>

表4 2009年釜山航海での実験条件と評価.

利用ソフト	通信方法	パケット数/通信時間	通信料(円)	通信結果
Skype	パケット接続	通信時間: 3分 パケット数: 1.6MB	2,418	◎
	ストリーミング256接続	通信時間: 3分	17,325	◎
Polycom PVX	パケット接続	通信時間: 3分 パケット数: 5.1MB	7,932	○
	ストリーミング256接続	通信時間: 3分	17,325	○

倍となったものの、提供できる動画情報の精細度については劇的な向上が図れているわけではなく、今後は通信帯域を有効に使うため、情報転送時に通信経路を有効に使用するための情報圧縮などの冗長性を低下させない方策について検討する必要がある。

**謝辞** 本研究は、本学海洋実習ならびに学校法人東海大学海外研修航海をはじめとする各種航海の一部を利用して展開されたものであり、関係各位にお礼申し上げます。また、実験にご協力頂いた、本学海洋調査研修船望星丸の河内尚船長はじめ乗組員一同に感謝致します。

## 参考文献

- [1] 千葉, 田中, 生方, 藤田, 佐藤, 千田: 平成 22 年度教育改革 ICT 戦略大会論文集, 152(2010).
- [2] 生方, 田中, 海津, 藤田, 千田, 千葉: 2011 年春季 第 58 回応用物理学関係連合講演会講演予稿集, 18-069(2011).
- [3] 生方, 田中, 海津, 藤田, 千田, 千葉: 2010 年秋季第 71 回応用物理学学会学術講演会講演予稿集, 18-033(2010).
- [4] 久保田, 田中, 生方, 藤田, 千葉: 2010 年春季 第 57 回応用物理学関係連合講演会講演予稿集, 18-064(2010).