

洋上での衛星通信について

情報通信研究機構
ワイヤレスネットワーク総合研究センター
宇宙通信研究室

内容

- NICTが超高速インターネット衛星「きずな」で実施してきた実験例
- 保健指導への衛星通信の活用について
- 洋上での衛星通信サービスの動向
- 補足資料
 - 商用衛星通信の専用回線利用の可能性について
 - 移動衛星通信の動向（周波数割当）

NICTが超高速インターネット衛星 「きずな」で実施してきた実験例

超高速インターネット衛星「きずな」

・マルチビームアンテナ

日本本土の大部分とアジア主要都市をカバー。

・電子走査ビームアンテナ

アジア・太平洋全域をカバー。
離島や海洋域でもブロードバンド通信が可能。

軌道	: 静止軌道 (東経143度)
質量	: 約4,850kg (打上げ時)
寸法	: 2m × 3m × 8m (太陽電池パドルを含めた全幅: 21.5m)
設計寿命	: 打上げ後5年 (目標)
発生電力	: 5,200W以上
周波数	: USB (CMD/TLM), Ka帯 (通信ミッション)
打上げ	: 2008年2月23日/H-IIA
運用終了	: 2019年2月27日

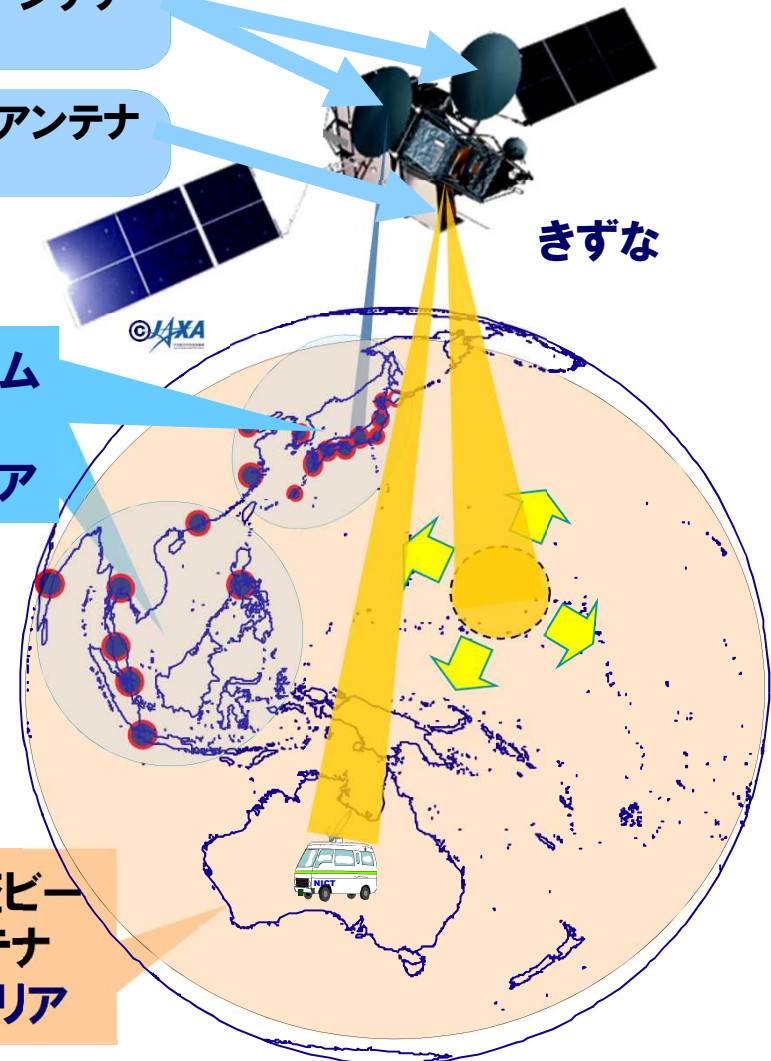
マルチビームアンテナ

電子走査ビームアンテナ

マルチビーム
アンテナ
カバーエリア

電子走査ビーム
アンテナ
カバーエリア

きずな



海洋ブロードバンド化：洋上プラットフォームにおける衛星通信の実証実験



JAMSTEC 調査船
(全長106m 幅16m 4,517t)



無人洋上中継器 (ASV)
(全長4m, 幅2m, 最大5ノット)



日本サルヴェージ 海難救助船
(全長45.13m 幅10m 497t)



小型底曳網漁船 (14t)

カセグレンアンテナ

Cassegrain Antenna

アンテナサイズ: $\Phi 0.80\text{m}/0.54\text{m}$



調査船用小型地球局



ASV用小型地球局

GaN採用BUC※

BUC using GaN

送信出力: 20W

熱交換システム

Heat exchanging system

※Block Up Converter: 送信電力部に相当

無人海底探査機撮影画像のリアルタイム伝送実験

超高速インターネット衛星「きずな」を使用し、若狭湾及び東シナ海での無人海底探査機（ROV）による海没潜水艦及び沈没船調査を行い、陸上拠点へのリアルタイム伝送実験を「ニコニコ生放送」にて実施。来場者数はそれぞれ約39万人/26万人、コメントは約22万件/13万件、**海洋上からの高精細画像のリアルタイム伝送について多くの反響。**一部沿岸域では画像乱れ等の発生が確認されながらも、地上LTEでの伝送も実施。



インターネット配信時のネットワーク構成



(a) 若狭湾実験
2018.6.18-21



(b) 東シナ海実験
2018.8.24-26

実験の様子

みんなで特定しよう！旧日本海軍「伊58」潜水艦 水中ロボによる海底探査を生中継(2017年8月22日より)

<https://live.nicovideo.jp/watch/lv304091245>

ドイツ生まれの潜水艦・旧日本海軍「呂500」を追え！日本海より探索調査を生中継(2018年6月17日より)

<https://live.nicovideo.jp/watch/lv313510754>

太平洋戦争で沈んだ悲劇の客船「大洋丸」を追え！東シナ海から海底探査を生中継(2018年8月23日より)

<https://live.nicovideo.jp/watch/lv314822735>

船内での衛星経由インターネット利用のアンケートの例

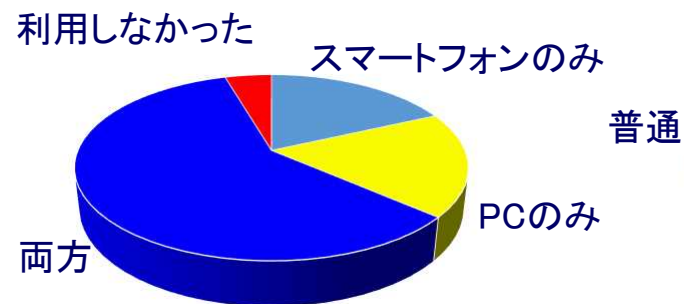


TV会議の様子

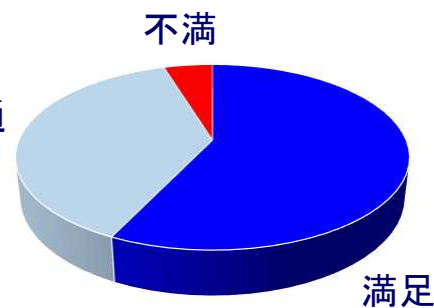


インターネット利用の様子

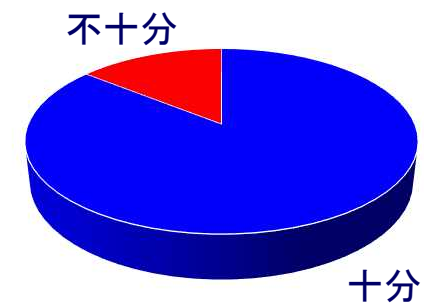
- 衛星通信回線によるインターネットの利用方法



- 通信速度の満足度



- インターネット環境の満足度



メディカルラリーにおけるトリアージシステム伝送実験

2014年5月25日

大規模地震の発生により、公衆網のネットワークが使用できなくなった状況で、列車事故が原因で多数の負傷者が発生した。(想定)

- ・現場到着した医療チームは現場指揮本部からの指示を受け、トリアージをメインに活動
 - 衛星ネットワークを使用してトリアージシステムを使用した現場でのトリアージ、救護所でのトリアージ、医療機関へ連絡、医療機関へ収容するまでの訓練を実施
 - 集約されたトリアージ情報は医療チーム、現場指揮本部、災害対策本部、医療機関で共有



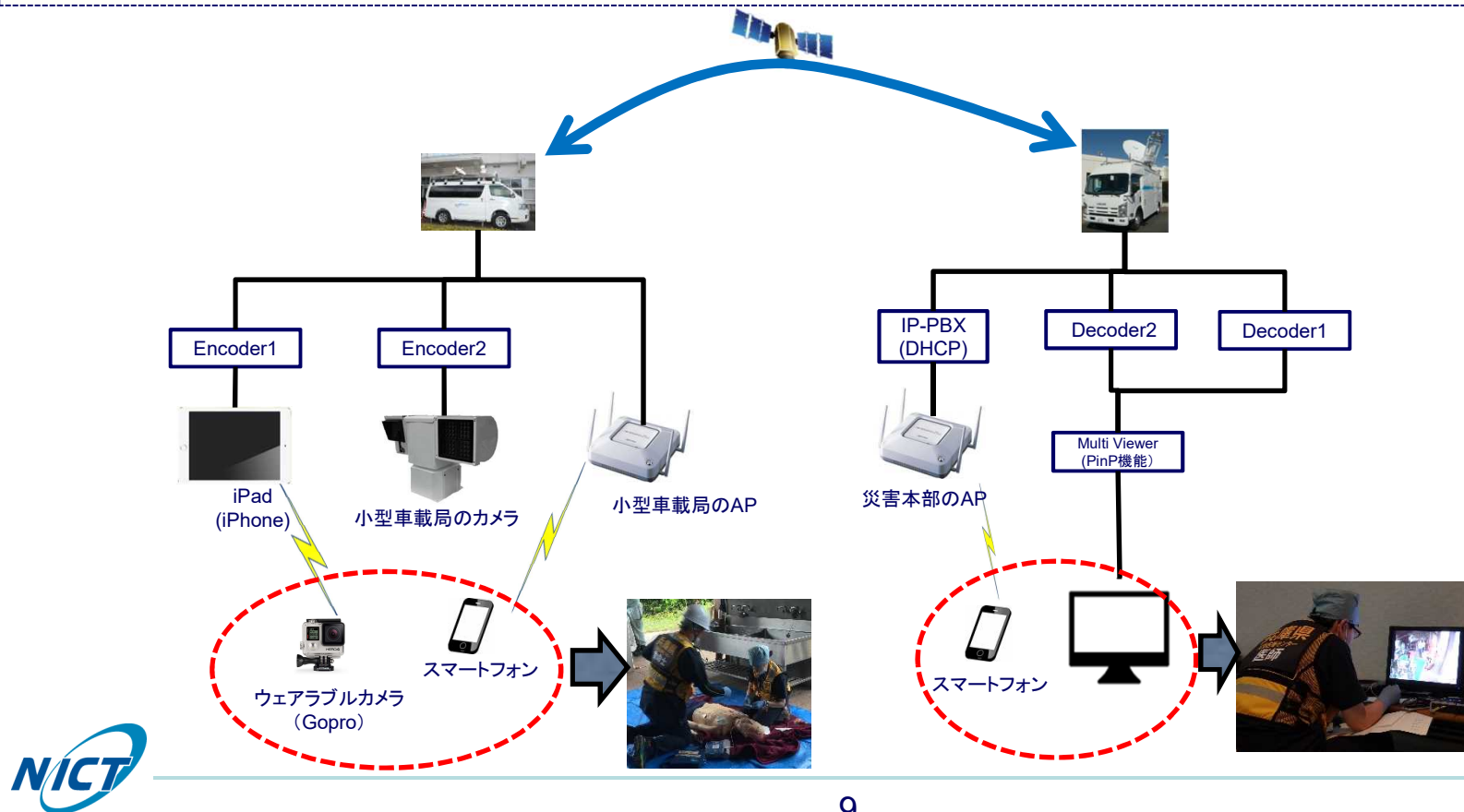
図 1

笠井,「衛星および小型車載地球局等を使用したデジタル式トリアージシステム実証実験報告」, 消防防災の科学, No.131, pp.37-42, 2018

メディカルラリーにおける映像等伝送(1/2)

2016年5月28日

大規模災害発生と同時に、乗用車が沿線傍の家屋に突っ込んだ交通事故が発生。家屋の倒壊により救出に時間を要する傷病者1名が発生。救助隊による救出準備ができた状況で圧迫解除前にCPA(心配停止状態)の輸液確保が救命士によって行えるか。また、危険区域により医療従事者が対象者に接触できない状況で現場と医師が待機する本部が離れており、情報共有が困難な状況で、衛星通信を使用した指示体制が構築できるかを検証。



メディカルラリーにおける映像等伝送(2/2)



現場指揮隊長の
ウェアラブルカメラ

災害現場(交通事故)の様子



ウェアラブルカメラ映像

小型車載局カメラ映像
(事故現場の全体を
見ることが可能)

対策本部に送られてくるウェアラブルカメラ及び小型車載局カメラ映像



対策本部の様子(危険な現場だったため、医師は現場から送られてくる映像を見ながら携帯電話(スマホ)を用いて現場の救急隊に指示をしている。)



ステージが終わった後、他のTeamの対応状況を見ているところ。

保健指導への衛星通信の活用について

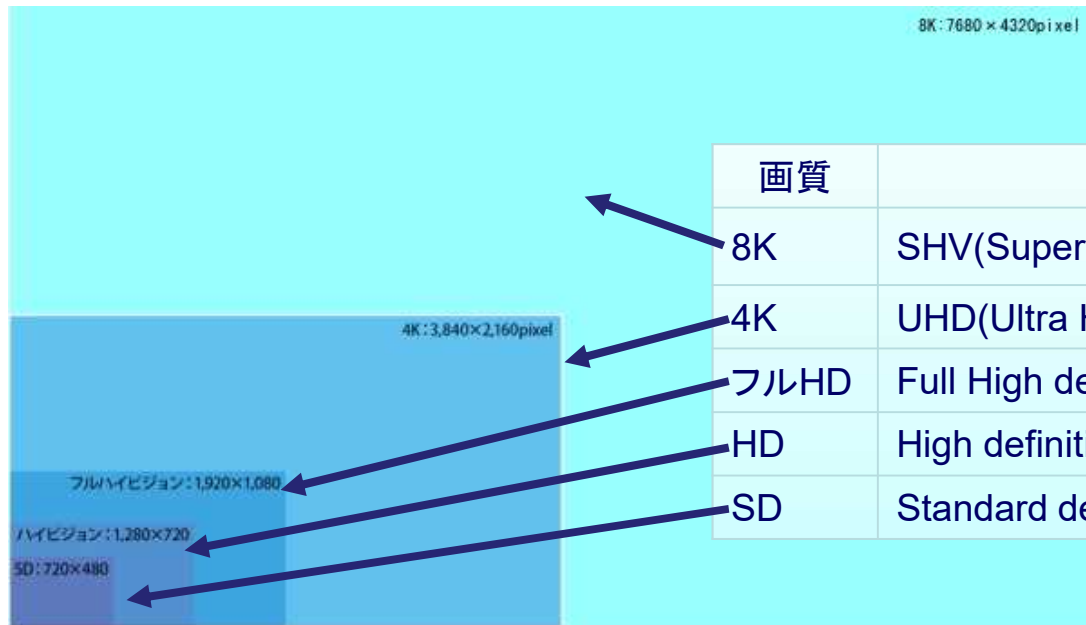
洋上衛星通信実験等からの教訓

項目	教訓
伝送速度	これまでの衛星通信実験の経験上、 1~2MbpsあればHDクラスの動画を伝送可能
通信端末	普段使用している(使いなれている)端末が接続できること
WiFiについて	基本的に船体は金属のため電波を通さない ⇒各船室にWiFi APを設置 ドアを開けておく(プライバシーは?) 船室間はPLC(電力線、TV信号線使用)あるいは DLC(内線電話線使用)の使用がよい 運航に必要なシステムに干渉を与えないことは必須
衛星通信について	遅延を許容する必要あり(GEO使用時1/4秒で相手に届く) マスト等アンテナ-衛星間に障害物があると通信断 ⇒通信時には船の向きに注意 通信断への対策(バックアップ等)が必要
セキュリティーに関して	業務用と業務以外(福利厚生等)用は分離 個人情報伝送には暗号化

動画配信に必要な通信速度

サービス	Hulu	U-NEXT	Netflix	dTV	Amazonプライムビデオ	Youtube
通信速度	3-6Mbps	1.5-3Mbps	0.5-25Mbps SD: 3Mbps HD: 5Mbps UHD(4K): 25Mbps	0.5-4Mbps	0.9-15Mbps SD: 900kbps HD: 3.5Mbps UHD: 15Mbps	500kbps以上 SD: 1.0Mbps HD: 2.0Mbps フルHD: 3.0Mbps UHD(4K): 25Mbps

出典: https://internet-navi.jp/communication_speed/



画質	意味	画素数
8K	SHV(Super High-Vision)	(7680 × 4320)4320p
4K	UHD(Ultra High definition)	(3840 × 2160)2160p
フルHD	Full High definition video	(1920 × 1080)1080p
HD	High definition video	(1280 × 720)720p
SD	Standard definition television	(720 × 480)480p

洋上での通信の用途による利用方法比較

目的	船種	航海期間	必要頻度	利用方法
保健指導	内航船*	数日	月に1回程度	地上LTEの活用 (停泊時や沖合待機時に受診可能)
	外航船	数か月	月に1回程度	衛星通信(高速)が必要
福利・厚生	内航船*	数日	常時接続	地上LTEの活用
	外航船	数か月	常時接続	衛星通信(高速)が必要
船主等の重要通信	内航船*	数日	常時接続	船舶電話やテレックスなど
	外航船	数か月	常時接続	SOLAS条約により、海域によっては衛星通信が必要
リアルタイムIoT的情報収集	内航船*	数日	常時接続	地上LTEの利用
	外航船	数か月	常時接続	衛星通信(高速)が必要

*沿岸から20km程度の海域の航行を想定
(参考に19ページをご参照下さい)

遠隔医療のコミュニケーション機能

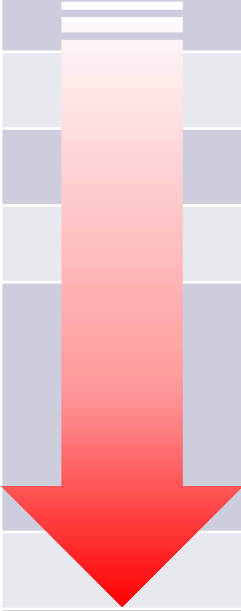
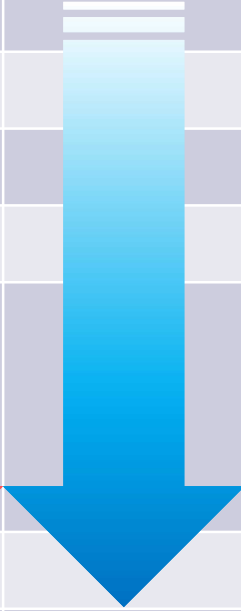
機能		機能概要	備考
コミュニケーション機能	テレビ通話機能	医師と患者をつなぎ、相互に表情や顔色を確認しながら、問診を行うための機能	カンファレンスシステム既往を流用することも可能。高機能モデルでは、患者から医師に向けて送信する映像は、患者の状態を的確に判断できるよう、色の再現性が高い機器を採用。
	ハンドカメラ機能	医師が患者の患部を観察するため、患者側のカメラ入力を手持ちカメラに切り替え、コメディカルが患部を拡大撮影できる機能。（その場合、PinP機能により、医師側に送られる映像をコメディカルが確認できることが望ましい。）	

総務省：遠隔医療モデル参考書

出典：https://www.soumu.go.jp/main_content/000127781.pdf

洋上での衛星通信サービスの動向

日本周辺での衛星通信サービス

呼び方	衛星に使用される周波数帯	衛星通信のサービス名	通信容量	降雨減衰
Lバンド	1.2～1.7GHz	・インマルサットBGAN ・イリジウム衛星携帯電話	小さい	少ない
Sバンド	1.7～2.7GHz	ワイドスターⅡ サービス		
Cバンド	3.4～7.0GHz			
Xバンド	7.0～8.5GHz	地球観測衛星等		
Kuバンド	10.6～15.7GHz	・IPSTAR衛星インターネット 接続サービス ・OceanBB, ExBird サービス		
Kバンド	18～26GHz			
Kaバンド	17.3～31GHz	・IPSTARゲートウェイ回線 ・インマルサット5	大きい	大きい

海上ブロードバンドサービスの現状

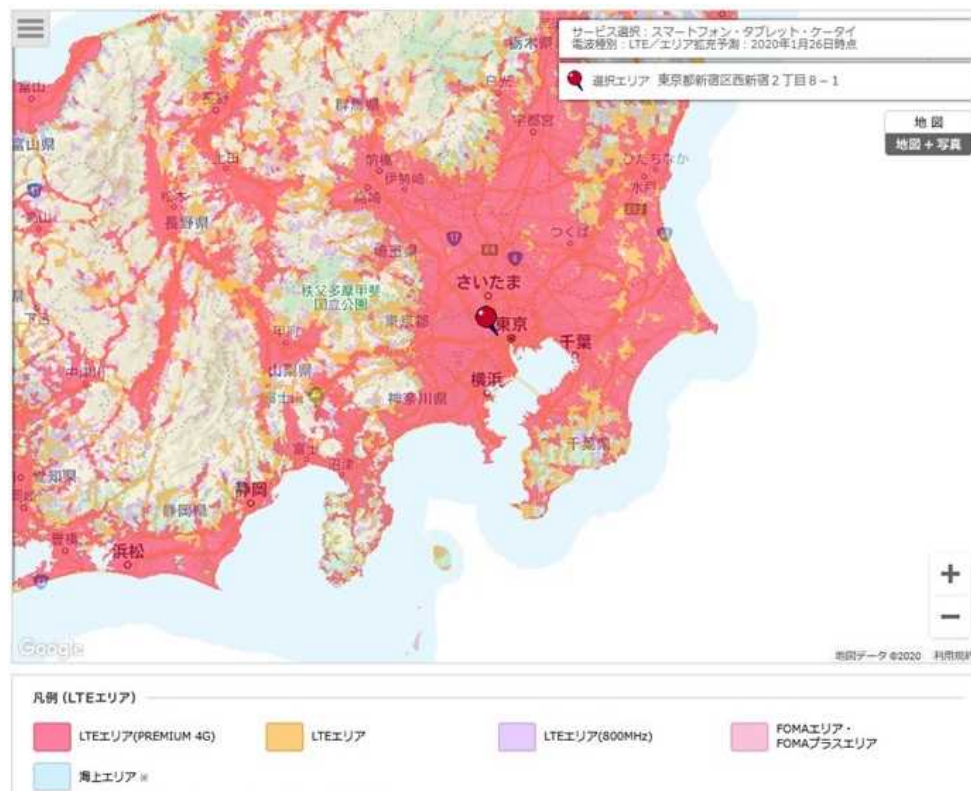
令和元年8月現在

	最大通信速度 (ベストエフォート)	通信料金の例	端末イメージ (アンテナの大きさは最小60cm程度)
インマルサット Fleet Xpress (H29.11～)	(海→陸) 4Mbps (陸→海) 8Mbps	初期費用：45万円+端末：350万円程度～ 料金：20万円/月(定額) (陸→海 1Mbps) 120万円/月(定額) (陸→海 8Mbps)	
イリジウム OpenPort (H20.7～)	(海→陸) 128kbps (陸→海) 128kbps 2019年～新世代へ 1.4Mbps	初期費用：1万2千円+端末：90万円 料金：20万5千円/月(1GBまで) 41万8千円/月(5GBまで)	
NTTドコモ ワイドスターⅡ (H22.8～)	(海→陸) 144kbps (陸→海) 384kbps 2020年～新世代へ 1Mbps	初期費用：3,000円+端末：70万円 月額料金：4,900円+300円(インターネット) データ通信料金：0.1円/128バイト ※参考：検索サイト(45円)、 メール2,000文字(4円)、 写真(400KB)添付(550円)	
スカパーJSAT Ocean BB Plus (H30.4～)	(海→陸) 3Mbps (陸→海) 10Mbps	初期費用：10万円+端末：400万円程度 料金：48万円(40GBまで) (陸→海 10Mbps) 33万円/月(定額) (陸→海 1Mbps)	
KDDI Optima Marine (H25.10～)	(海→陸) 512kbps (陸→海) 1Mbps	初期費用：1万円+端末：650万円程度 料金：45万円/月(定額) (陸→海 1Mbps) 38万円/月(定額) (陸→海 512kbps) 31万円/月(定額) (陸→海 256kbps)	
ipstar JAPAN IPSTAR Marine (H26.4～)	(海→陸) 2Mbps (陸→海) 4Mbps	初期費用：550万円(端末、工事費含む) 料金：5万円/月(定額) (陸→海 4Mbps) 3万円/月(定額) (陸→海 2Mbps)	

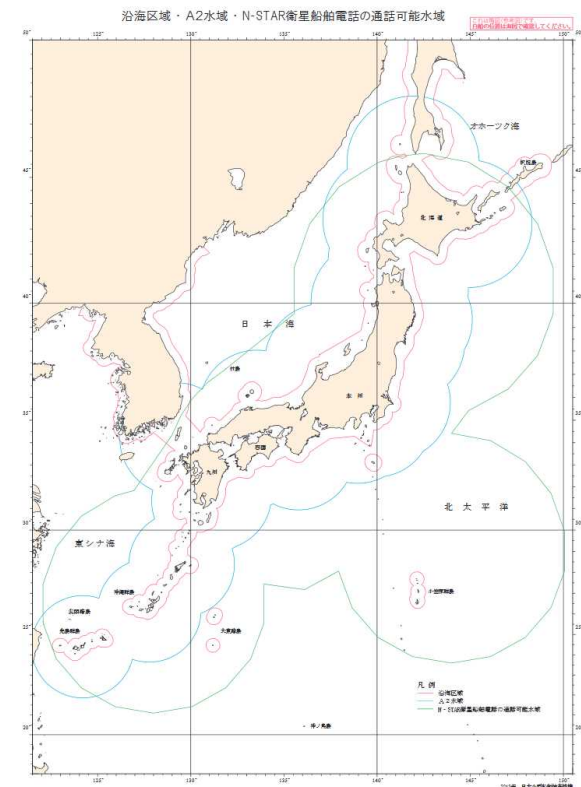
出典：<https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001305595.pdf>
海上ブロードバンドサービスの現状と普及に向けた取組(総務省)

電話サービスの洋上でのカバーエリア

- 携帯電話は、陸上基地局と電波が届く範囲で利用可能
(ドコモのサービスエリアで沿岸から約20km程度通信可能)
- 衛星船舶電話(N-STAR)では、海上約200海里まで通信可能



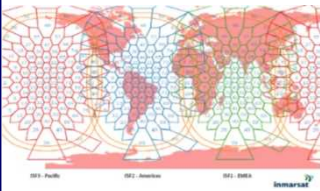
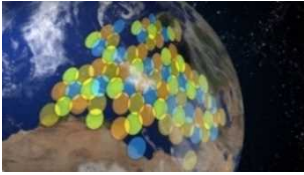
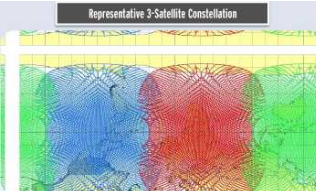
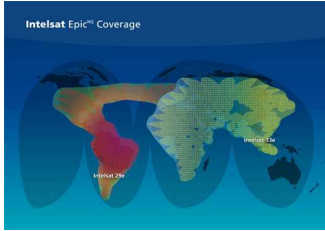
出典: <https://www.nttdocomo.co.jp/>



出典: http://jci.go.jp/areamap/pdf_etc/enkai_a2.pdf

衛星通信の大容量化・高速化の世界動向

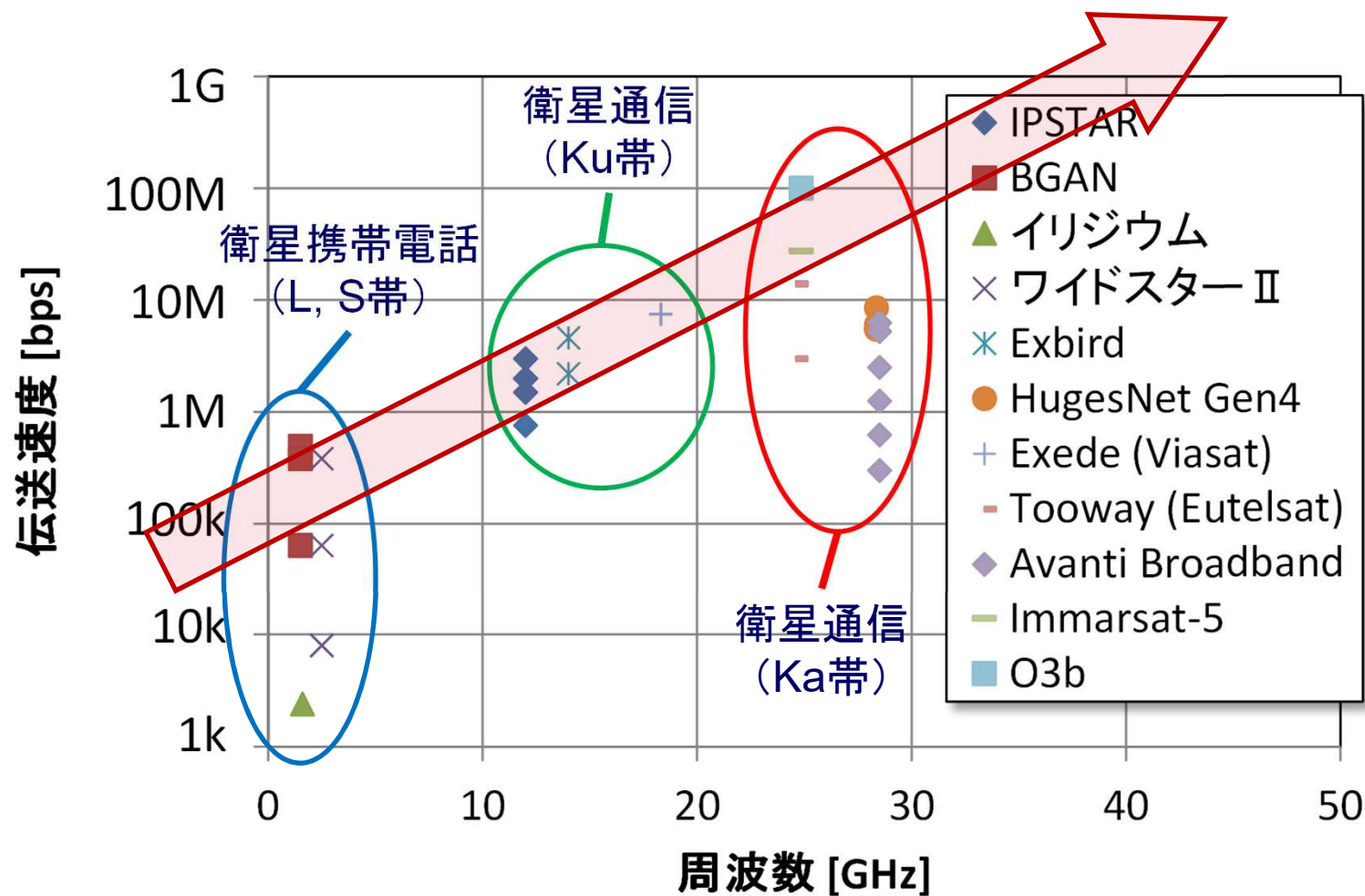
欧米を中心に数十～百Gbps程度の大伝送容量を有するハイスループット衛星※が登場

Inmarsat-5 (事業者: Inmarsat)	O3b (事業者: O3b Networks)	KA-SAT (事業者: Eutelsat)	Viasat-3 (事業者: VIASAT)	Epic (事業者: Intelsat)
概要: 全世界を3機でグローバルにカバーしKa帯衛星通信サービスを実施、2015年8月から3機体制でフルサービスの予定 ビーム数: 89ビーム/1機 キャパシティ: 50Gbps 伝送速度: Maritimeサービス • Downlink: 50Mbps(60cm) • Uplink: 5Mbps(60cm) 打上: 2015年8月28日に3機体制 用途: 航空機、船舶、車載、固定	概要: 新興国市場への3G/WiMAXワイヤレスサービスを提供 ビーム数: 10可動ビーム/1機 キャパシティ: 84Gbps(8機構成) 伝送速度: 大型船舶用の例 • Downlink: 350Mbps(2.2m) • Uplink: 150Mbps(2.2m) 打上: 2014年12月18日に12機を打上げ、現在軌道上運用中 用途: 船舶、固定	概要: 欧州で最初のKaバンドマルチビーム衛星で、衛星ブロードバンド通信サービスをtoowayサービスとして提供 ビーム数: 82ビーム/1機 キャパシティ: 70Gbps 伝送速度: toowayサービスの例 • Downlink: 10.24Mbps(max) • Uplink: 4.096Mbps(max) 打上: 2010年12月26日 用途: 航空機、固定、車載	概要: 衛星3機で全地球をカバーし、Kaバンドで地上系および移動体(航空機、船舶)の衛星ブロードバンドサービスを提供 ビーム数: 1000ビーム/1機 キャパシティ: 1Tbps 伝送速度: exedeサービスの例 • Downlink: 20Mbps(75cm) • Uplink: 10 Mbps(75cm) 打上: Viasat-1は2011年10月19日、Viasat-2は2016年予定、Viasat-3は2019、2020、2021年 用途: 航空機、固定、車載	概要: 既存の送受信機を活用できるオープン・アーキテクチャー方式を採用、インテルサット29e、同33eの2機を、2015年から2016年にかけて打ち上げる計画。 ビーム数: 10 周波数: C, Ku, (Ka) キャパシティ: 25～60Gbps 伝送速度: eXConnectサービス • Downlink: 40～160 Mbps • Uplink: 1～4 Mbps 打上: 2016年1月、8月打上 用途: 航空機等移動体
 	 	 	 	 

出典: 各社Webサイト等より

※ハイスループット衛星: High Throughput Satellite (HTS)

商用衛星通信サービスと伝送速度



補足資料

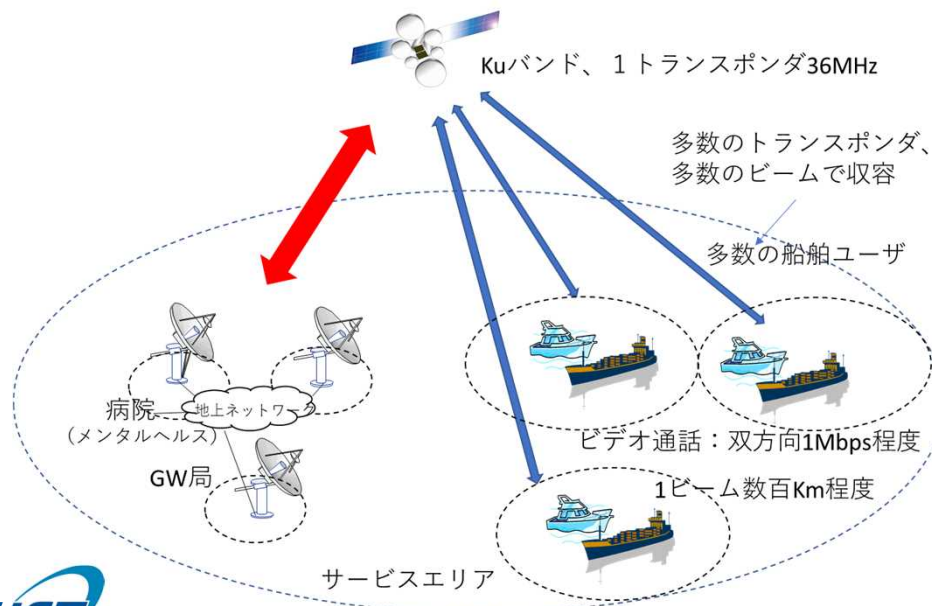
商用衛星通信の専用回線利用の 可能性について

Ku帯衛星通信の通信容量の検討例(1/2)

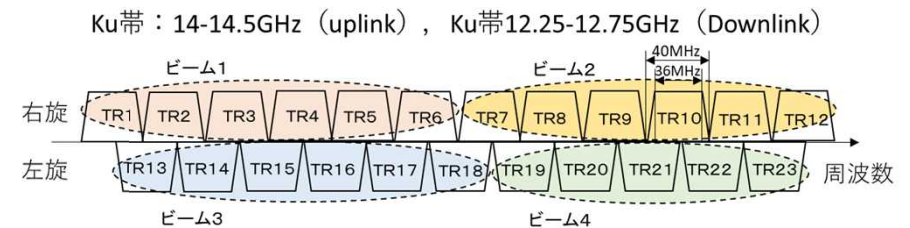
概要: Ku帯衛星通信システムにおける船舶通信に対する通信容量、トランスポンダ数、サービス等について検討

- 想定するサービス: 船舶におけるビデオ通話
(スカイプ等: 双方向1Mbps程度: 片方向500kbps)
- 想定衛星システム: Kuバンド、1トラポン36MHz、GW大型アンテナ5m程度、船舶VSATアンテナ0.65m程度等
- 1機のKu帯衛星通信システムにおける船舶の収容ユーザ数

Kuバンド衛星通信を使用した船舶におけるビデオ通話の構成



周波数配列 (例)



通信方式は、固定方式とし、多元接続はTDMA,FDMA等で理想的に行われると仮定すると回線設計上、1トラポン36MHzで例えば28Mbps⇒28チャネル程度の回線が成立する

Ku帯衛星通信の通信容量の検討例(2/2)

回線設計より、1機のKuバンド衛星通信システムの通信容量を推定

常時接続

1トランスポンダ(36MHz)で収容できるチャンネル数:28

搭載36MHzトランスポンダ数:23 for 周波数配列(例)

1機トランスポンダ23台に対して通信容量:644Mbps(644チャンネル)

収容船数 644隻程度 対地上双方向1Mbpsビデオ通話

非常時接続

➤ デマンドアサインメントの場合

呼損率:0.02

平均通信量:0.5(1時間当たり30分通信)

1トランスポンダ(36MHz)で収容できるチャンネル数:42

1機トランスポンダ23台に対して通信容量:966Mbps(966チャンネル)

収容船数 966隻程度 対地上双方向1Mbpsビデオ通話

➤ スケジューリングで実施

(例えば1日10時間を1時間ずつシェアする場合)

1機トランスポンダ23台に対して通信容量:6440Mbps(6440チャンネル)

収容船数 6440隻程度 対地上双方向1Mbpsビデオ通話

将来のKa帯HTS通信では中継容量⇒数百Gbps(ユーザ収容数等サービス向上)

Ku帯衛星通信の通信料金の検討例(参考)

仮定: Kuバンド1トランスポンダ(36MHz)の年間使用料約1億円/年

常時接続

➤ リアルタイムの場合

収容船数 644隻程度 357万円/年/隻

非常時接続

➤ デマンドアサインメントの場合
1時間当たり30分通信

収容船数 966隻程度 238万円/年/隻

➤ スケジューリングで実施
例えば1日10時間を1時間ずつシェアする場合

収容船数 6440隻程度 36万円/年/隻

内航船9000隻全ての同時利用には工夫が必要だが、上記のレベルのサービスが可能。

内航船9000隻全てで分担すれば、**26万円/年/隻**となる。
また、常時洋上に出ている内航船の数が少なければ、
その分多くの船に通信サービスが提供できる。
(例えば644隻程度であればリアルタイムにサービス可能)

移動衛星通信の動向（周波数割当）

◆ ESV (Earth Station on board Vessel)

- 世界無線通信会議(WRC-03)において、海上での一次業務としてESVの導入が決定
- ESVは陸上固定業務と周波数共用
- C帯(5925-6425MHz) : 300km以上
- Ku帯(14.0-14.5GHz) : 125km以上 沿岸から離れて運用

※日本では14.0-14.4GHzは固定業務への割当がなく、離隔距離の制限はない

◆ ESIM (Earth Station in Motion)

- 世界無線通信会議(WRC-15)において、ESIMが定義され導入が決定
- Ka帯(19.7-20.2GHz、29.5-30.0GHz)
- WRC-19にて周波数拡大(17.7-19.7GHz、27.5-29.5GHz)

※5Gを保護するため、認められた領土内のみ運用でき、ESIM地球局の出力制限値などが定められた。

出典 : <https://www.tele.soumu.go.jp/resource/j/system/satellit/04-02.pdf>

https://www.soumu.go.jp/main_content/000477512.pdf

<http://soumusyou.web.stream.ne.jp/www11/soumusyou/shiryuu/20191224.pdf>