

SEMINAR REPORT

超高速インターネット衛星「きずな」(WINDS)の東日本大震災におけるNICT支援について



(独)情報通信研究機構
ワイヤレスネットワーク研究所
宇宙通信システム研究室
研究マネージャー
高橋 卓氏

本日は、3月11日にありました東日本大震災で NICT が超高速インターネット衛星「きずな」で行った支援活動について紹介します。

はじめに、今回使用した「きずな」の概要を説明し、この「きずな」を使って NICT が行った代表的な実験事例を紹介します。その後で、東日本大震災時の活動について紹介します。

超高速インターネット「きずな」の概要

超高速インターネット衛星「きずな」の概要を図1に示します。お椀型のマルチビームアンテナ (MBA) が2つと、四角いアクティブ・フェーズド・アレイ・アンテナ (APAA) を備えています。また、ATM (Asynchronous Transfer Mode) で動作する交換機を搭載しており、地上からの信号を一旦復調し、スイッチングした後、再度変調して地上に送信しています。

この衛星では、交換機を使った再生中継では 155Mbps、交換機をバイパスした Bent-pipe 中継では 1.2Gbps までの通信が可能です。この衛星が使用できる帯域幅は 1.1GHz あります。使用周波数帯は Ka バンドで、アップリンクが 28GHz 帯、ダウンリンクが 18GHz 帯となっています。

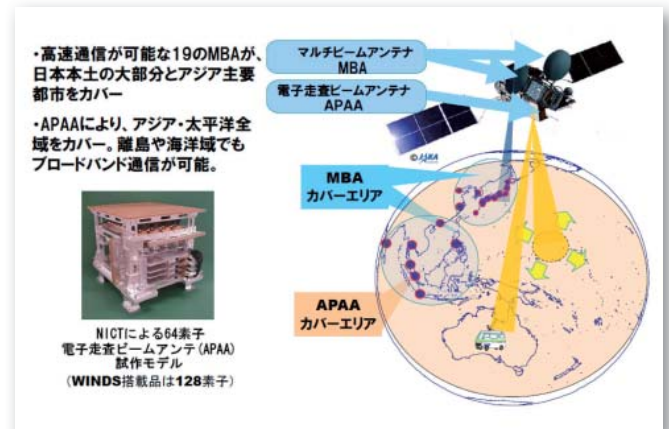
屋内装置 (In Door Unit: IDU) のインタフェースは地上系と接続しやすいイーサネットを使っています。

図2は WINDS のカバー域です。

MBA では、日本と東南アジアの主要な都市をカバーしています。APAA は 128 素子のもので、衛星から見える全地域にビームを動かすことができますが、MBA に比べるとビームが大きいため



〈図1〉高速インターネット衛星「きずな」の概要

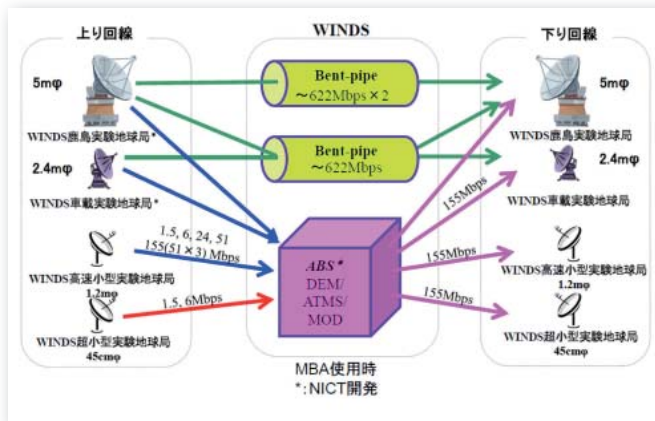


〈図2〉アジア太平洋全域をブロードバンドでカバー

10dB 程送受信能力が劣っており、その分地球局を大きくしてカバーする必要があります。

図3「WINDSの通信回線構成」は地球局の大きさ、通信の伝送レートを表した模式図です。

一番小さい地球局は 45cm 径のアンテナで、アップリンクは 1.5 または 6Mbps、ダウンリンクは 155Mbps です。これは再生交換機を使用します。次に大きい 1.2m 径のアンテナはアップリンクで 155Mbps まで使用できます。その上になると、2.4m 径のアンテナで、これはベントパイプ中継で 622Mbps の通信が可能です。さらに上の 4.8m 径のアンテナの4種類にカテゴ



〈図3〉 WINDS 通信回線構成

ライズして地球局の開発を行ってきました。

図4は「NICTが運用する主な WIND 地球局」です。

大きく分けて6種類のアンテナを持っています。LETはNICT鹿島にあるもので、アンテナ径が4.8mあります。SDR-VSATはアンテナ径が2.4mあり、車に搭載し、目的地に移動してアンテナを広げて通信が可能というものです。

C-VSATはベントパイプで使用するもので、多様な伝送レートを抑えるものを作りたいということで、JAXA 殿と一緒に共同開発したものです。1.2mのアンテナで、40Wの出力を持っています。

再生中継系では、1.2mのアンテナで40Wの51M-VSAT、1mで40Wの可搬型VSAT、1.2mで250WのHDR-VSATがあります。可搬型VSATは今回の震災被災地の気仙沼などに持っていったものです。これは大きなスーツケースに入れて持ち運ぶことができる可搬型です。

NICTのWINDS実験

NICTでは「きずな」を使った色々な実験を行っていますので、いくつか紹介します。

(1) スーパーハイビジョン (SHV) 伝送実験







「きずな」は、1.1GHzという非常に広い帯域を持っていますので、高精細映像伝送などに力を発揮するだろうということで、NHK放送技術研究所と共同で2009年5月、NHK放送技術研究所の一般公開に合わせてスーパーハイビジョンの伝送実験を行いました。

札幌のテレビ塔にスーパーハイビジョン用のカメラとマイクロホンアレーを設置し、その映像をテレビ塔の近くにあるNHKで符号化などの処理をして、地上網(JGN 2plus)を使ってNICT鹿島へ伝送しました。NICT鹿島であらかじめ録画していた番組2つと併せて、3番組を多重して、「きずな」を使って、砧のNHK放送技術研究所に伝送し、特設のモニタで来場者に公開しました。

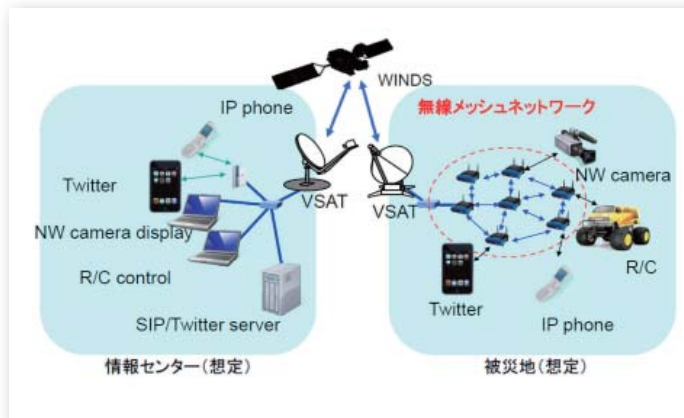
(2) 日食映像伝送実験

「きずな」のもう一つの特徴であるAPAAを使うとMBAがカバーしていない所でも実験ができますので、当初の計画になかった地域も、後から実験に組み込むことができます。

2009年7月の皆既日食の時、硫黄島へ地球局を持っていき、APAAを使ってハイビジョンカメラの映像を伝送しました。硫黄島からの信号は小金井のNICTに置いてあるJAXA 殿のアンテナで受けて、JGN 2を経由して、インターネットなどへ伝送されました。また、伝送された映像はNHKの番組で硫黄島からの映像として使ってもらいました。

地球局	LET	SDR-VSAT	C-VSAT	51M-VSAT	可搬型VSAT	HDR-VSAT
項目						
伝送速度	ベントパイプ中継 622Mbps × 2	ベントパイプ中継 622Mbps	ベントパイプ中継 1.6M/6.5M/26M /52M/104Mbps	再生中継 1.5/6/24/51 Mbps	再生中継 1.5/6/24/51 Mbps	再生中継 1.5/6/24/51 /155Mbps
上り	622Mbps × 2	622Mbps	1.6M/6.5M/26M /52M/104Mbps	155Mbps	155Mbps	155Mbps
下り	再生中継	再生中継				
アンテナ径	4.8m	2.4 m	1.2m	1.2m	1.0m	1.2m
送信機出力	250W TWTA 40W SSPA	250W TWTA	40W	40W	40W	250W
サービスエリア	MBA/APAA	MBA/APAA	MBA/APAA	MBA	MBA	MBA/APAA
外観写真						
備考	自動追尾機能有り	自動追尾機能有り			衛星捕捉機能有り	
設置場所	NICT鹿島	NICT鹿島	NICT鹿島	NICT鹿島、YRPなど	NICT鹿島	NICT小金井

〈図4〉 NICTが運用する主な WINDS 地球局



〈図5〉 WINDSメッシュネットワーク接続実験

【被災地で活動する災害対応応援部隊と派遣元間の通信支援】

- ✓ 大規模災害のため、広域の緊急消防支援や災害派遣実施
- ✓ 現地で活動する部隊と派遣元本部間の通信が厳しい状況
 - 公共通信インフラの途絶の影響が極めて深刻
 - 被災地の停電・基地局損壊に加え、広範囲な通話規制
- ✓ 限られた衛星携帯だけでは十分な意思疎通や情報伝達が困難。
 - 派遣元においても十分な情報収集と意思疎通のニーズ

3月14日～20日 緊急消防援助隊活動の支援
 東京消防庁本庁(大手町) ⇄ 気仙沼防災センター・気仙沼消防署
 気仙沼市で活動する東京都隊との通信回線を提供

3月20日～4月6日 災害派遣活動の支援
 航空自衛隊入間基地 ⇄ 航空自衛隊松島基地

〈図6〉 超高速インターネット衛星(WINDS)を用いた災害時対応

(3) 立体ハイビジョン映像伝送実験

2010年1月に神戸国際展示場で開催された外科医師の会議(CCT2010)の場で立体ハイビジョン映像の公開実験を行いました。神奈川県の大和成和病院で実際に手術している映像を、「きずな」を使って神戸へ伝送して、神戸の会場で来場者にご覧いただくという実験です。これは眼鏡を使ったタイプの3D映像です。これは医療技術の伝承、医療関係の教育などに非常に有効であると関係者の方から評価をいただいています。

(4) WINDS サバイバリティアプリケーション実験

災害が起こった時に衛星通信を役立たせるためのアプリケーションとしてNICTが検討していたものに、サバイバリティ・アプリケーションがあります。このアプリケーションの1つは飛行機からのリモートセンシングデータをそのまま衛星経由で伝送するアプリケーションです。これは「きく8号」を使って2011年3月に実験しています。今後、「きずな」でも実験できないかと、開発を進めているところです。

もう一つ、被災地の状況を遠隔地から把握するのに映像は非常に重要だということで、より多くの情報を得られる高精細映像の伝送実験を行っています。

また、被災地で通信設備が利用できなくなった時に、地球局を設置して、臨時的通信網を開設する研究などを行っています。

● 「きずな」メッシュネットワーク実験

2011年1月には「きずな」メッシュネットワーク実験を行いました。これは図5に示しますように、被災地を想定したところに、メッシュの無線LANのネットワークを展開し、そこにIP電話やネットワークカメラなどを接続して、コントロールセンターからの操作で、現地の状況を確認したり、リモコンを操縦したりするといった実験です。

● 平城京大極殿の超高精細映像(4K映像)伝送実験

2010年7月に、奈良平城京で遷都1300年祭が行われた時に、ハイビジョンの4倍の精細さをもつ4Kカメラによる大極殿の映像を、「きずな」を使って伝送し、NICTで一般公開を行っている会場で投影しました。奈良からの送信には車載の2.4mの地球局を設置し、小金井は1.2mのアンテナで受信しました。同じことを鹿島でも行っています。

● 立体4K映像伝送実験

2010年11月には「けいはんな情報通信研究フェア」での公開実験で、立体4K映像をライブ中継しました。この時も大極殿の映像を送りましたが、今度はベントパイプ中継で、NICTで開発した622Mbpsを通すモデムを使った実験です。

この時は622Mbpsを使える地球局が2つしかなく、1つは鹿島固定ですので、結局、大極殿から一回鹿島に伝送し、そこから光ファイバー網(JGN 2plus)で「けいはんな」に伝送するという長距離伝送実験でした。

(5) 防災機関等との共同実験

2010年10月、沖縄でAPEC電気通信・情報産業大臣会合が行われました。その時に「きずな」を使ってデモンストレーション実験を行っています。この時はタイで震災があり、東京消防庁から国際救助隊が派遣されたというシナリオで実験しました。派遣された人たちと派遣元の人たちが「きずな」を介して通信しながら救援活動を行うというデモンストレーション実験をしています。この時の縁で、今回、震災の後、東京消防庁の方と一緒に気仙沼などに出かけることになりました。

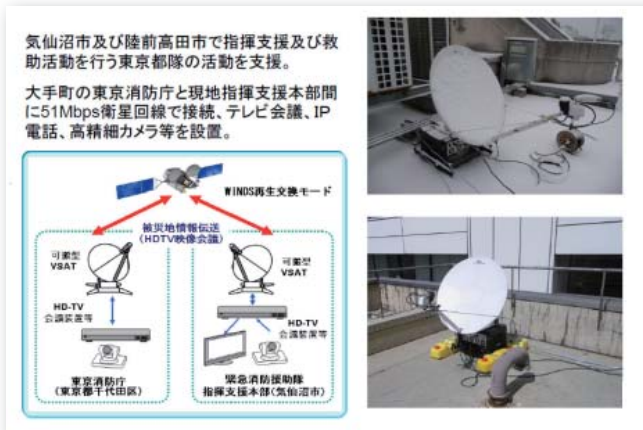
超高速インターネット衛星「きずな」(WINDS)の東日本大震災におけるNICT支援について

図6に「超高速インターネット衛星「きずな」(WINDS)を用いた災害時対応」を示します。

東日本大震災での被害は死者・行方不明者が約2万人で、倒壊家屋が約11万棟です。通信インフラも携帯の基地局が14,000局停波したり、固定電話が150万回線不通なったりと地上網も非常に大きな被害を受けています。

今回、私たちNICTは気仙沼と東松島にある航空自衛隊の松島基地に行きました。この時、JAXA殿も岩手で支援活動を行っていたので、衛星のリソースをシェアする調整を行ってから出掛けました。

我々は3月14日に出発し、実際に気仙沼で運用を始めたのは15日です。東京消防庁の方と一緒に行き、気仙沼と東京消防庁の本庁の間を「きずな」の回線で結びました。その後、初期の活動に目途が立ったということで、20日で気仙沼を切り上げ、松島へ移動し、航空自衛隊の支援のため埼玉県の入間基地と衛星回



〈図7〉気仙沼市における緊急消防援助隊の活動支援

線で結びました。こちらは4月6日まで行っています。

東日本大震災は非常に大きな地震でしたので、各地から緊急消防支援などの災害派遣が行われましたが、今回は特に地上網が被害を受け、使用することが困難でしたので、派遣された人たちと派遣元の間での通信が非常に厳しい状況になっていました。

今回は衛星が活躍しました。防災機関も衛星携帯電話を持っているのですが、通信できるのは音声だけでしたので、複雑な情報の伝送が困難だったようでした。気仙沼消防署は丘の上にあるため、この付近だけを見るとただ停電しているだけのように見えますが、1～2Km程先は非常にひどい状況で、まだ煙が立ち上っており、消防の方も忙しそうでした。

3月20日に気仙沼から松島に移動した際は、道路の部分だけは一応片づいていましたが、まだ周りにがれきが寄せられている状態でした。人の高さ程の水が来た跡が残っている所もありました。

図7は「気仙沼市における緊急消防援助隊の活動支援」です。気仙沼には1mのアンテナの地球局を持って行って設置しました。これは下に40ワットのSSPA (Solid-State Power Amplifier)が入っている箱があり、そこから別の場所に設置したIDUにケーブルで接続するという形になっています。

ここではハイビジョンのテレビ会議、ファイル転送用のPC、IP電話といった普段、実験でよく使いなれたものを持って行って、東京消防庁に使っていただくために提供しました。電源は、気仙沼消防署付近は停電していたので、東京消防庁から派遣された車の発電機から供給していただきました。消防庁の方々が本来の業務を行う時には「きずな」回線は休みという形での作業になりました。

硫黄島での日食実験のときの縁で、松島基地と入間基地間の通信に自衛隊から日食の実験で使った衛星が使えないかという話があり、検討の結果、気仙沼から松島へ移動することになりました。

図8は「災害派遣活動を行う自衛隊基地の支援」です。

松島側は気仙沼から1mのアンテナを移設して使いました。入間側には、鹿島から別の1.2mのアンテナを運んで使っています。今回の支援において色々な要望がありました、その対応も含め紹介します。

(1) インターネット接続

気仙沼では、気仙沼と大手町の間だけを結んでいましたが、松島ではインターネット接続の要求があり、松島と鹿島の間を結び、鹿島を経由してインターネットに接続しました。ハイビジョンテレビ会議やファイル転送用のPCなども提供しています。

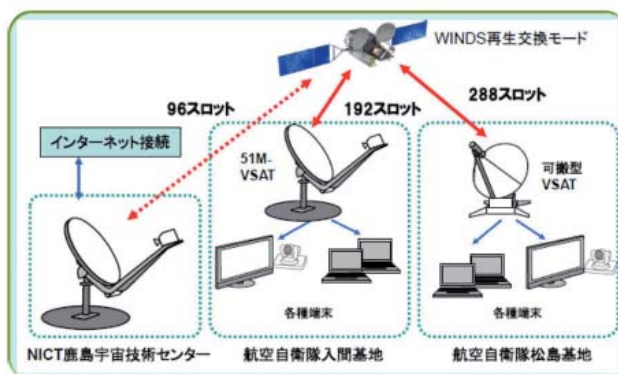
(2) 2地点間の常時通信確保

常時、派遣先と派遣元の2地点間の通信ができるようにして欲しいという要求があり、この要求は、今回持って行ったテレビ会議やIP電話で通信が確保されていたので達成できました。

(3) 大容量ファイル転送

動画などの大容量のファイルを送りたいという要求に対しては、約30Mbps程度のスループットで映像のファイルを転送できましたので、実現できたと思います。

防衛省航空幕僚監部の要請により、松島基地及び入間基地に直径1メートル程度の小型の地球局設備を臨時に設置し、NICT鹿島宇宙技術センターに設置されている大型地球局とあわせて計3拠点を結ぶ仮設のブロードバンド通信網を構築しました。



松島基地に設置した可搬型VSAT



入間基地に設置した51M-VSAT

〈図8〉災害派遣活動を行う自衛隊基地の支援

(4)ハイビジョン映像の伝送

相手側に張った地図を、普通の映像では何が書いてあるかわからないので、ハイビジョンクラスの映像で映したいという要望もありました。ハイビジョンクラスのネットワークカメラは持っていきましたが、映し方などスムーズに利用できなかった点など、今後の検討課題として残りました。

(5)ファックスの利用

ファックスを使いたいという希望がありました。PCでのファイル転送では不十分ということで、スキャナとプリンターで実現する手法などを今後の課題として検討しています。

(6)ワイヤレスシステムの利用

IP電話は持参したのですが、離れた場所からワイヤレスで使いたいという希望がありました。ワイヤレスのシステムも鹿島には準備してあったのですが、今回は持って行きませんでした。次回は、そういったことも考慮したいと考えています。

(7)離れた場所との通信確保

放水場所のように地球局と離れた場所との通信を確保したいという要望もありました。今回は地球局のある場所の間での通信しか行いませんでした。放水場所は地球局から多少離れた所にありますので、そこでの通信の確保が課題になっています。これには無線LANを使って対応できるのではないかとということで、今、実験の準備を進めています。

現在、メッシュネットワークを展開して、それを現地に設置したVSATに接続して、災害対策本部などに接続するといったものを考えています。地球局から離れた場所には長距離用(数Km)の無線LANを使用することを検討しており、今回、この震災の後で私たちが用意したもので3Km程通信できるものを入手しましたので、それを使ったネットワークの構築を考えています。

活動のまとめ

「きずな」を使った、再生交換機による通信で、消防庁や自衛隊の活動の支援を行ってきました。今回は岩手で活動していました JAXA 殿と帯域をシェアすることによって、私たちの活動を行っています。「きずな」は東北ビームを持っており、51Mbpsの波を3波使えるようになっています。そのうちの2波を JAXA 殿が使い、私たちが1波使いました。

利用したアプリケーションは次のものです。

- ① ハイビジョンのテレビ会議、IP 電話
- ② PCによる高速ファイル転送

回線をシェアして約30Mbps相当のスループットを使用することができ、それから、セキュリティを考慮して、IPSecが使える市販のVPNルータも持って行きプライベートネットワークも構成可能であることも確認しました。

- ③ インターネット接続

インターネットへの接続は鹿島宇宙技術センターからISPに接続しました。

今後の課題としては、初動の早さが非常に大切と感じています。今回、私たちは3月15日から回線提供を行いました。その2、3日後には気仙沼では携帯電話が復旧し始めました、もっと早くから行って利用してもらえていれば、もっと効果が大きかったと思いました。

今回は私たちの思い込みでアプリケーションを用意して持って行きましたが、もう少し役に立てるようなアプリケーションを現場の方たちと平素から連携をとって開発していく必要があると感じています。

また、地球局から離れた場所で、例えば無線LANなどの利用が現場の方から求められたことから、衛星区間以外の通信アプリケーションの重要性も考慮した支援体制を検討したいと考えています。

今後も東京消防庁の消防訓練に、「きずな」を使った通信支援という形で参加しようと考えています。