

## 災害時に簡易な操作で設置が可能な小型地球局（VSAT）の研究開発

Research and development of very small aperture terminals (VSAT) that can be installed by easy operations during disasters

### 研究代表者

笹沼 満 スカパーJSAT 株式会社  
Misturu Sasanuma SKY Perfect JSAT Corporation

### 研究分担者

内山 浩<sup>†</sup> 名古屋 翼<sup>†</sup> 古川 操<sup>†</sup> 本久 貴志<sup>†</sup>  
Hiroshi Uchiyama<sup>†</sup> Tasuku Nagoya<sup>†</sup> Misao Furukawa<sup>†</sup> Takashi Motohisa<sup>†</sup>  
<sup>†</sup>スカパーJSAT 株式会社  
<sup>†</sup>SKY Perfect JSAT Corporation

研究期間 平成 23 年度～平成 24 年度

### 概要

災害時の情報伝達基盤となる通信ネットワークの耐災害性強化を目指し、地震・津波で地上系インフラが損壊した場合でも、容易かつ迅速に衛星通信ネットワークを構築し代替通信路の確保を可能とすべく、災害時に簡易な操作で設置が可能な VSAT の研究開発に取り組んだ。開発した VSAT は衛星通信を開始する前に必要な衛星捕捉作業と UAT (Uplink Access Test : 回線開通前試験) が完全自動化されており、携帯電話等が繋がらない地域からでも、また、衛星通信の知識がない素人でも、迅速（通常 3 分程度）に通信を確立して電話・インターネットなどを行うことが可能となる。

### 1. まえがき

東日本大震災においては、広域にわたり、地上系の通信手段は甚大な被害を受けた。しかし、地震による影響を受けにくい衛星通信は、災害現場での電話回線確保や災害対策機関等からの情報収集など、幅広い分野において活躍し、衛星通信は被災地における通信の確保に必要不可欠な状況であった。

他方、衛星通信ネットワークの臨時構築に必要な不可欠な存在である小型地球局（VSAT）の設置に際しては、熟練した作業員が必要であることから、どこでも VSAT を設置するだけで通信が可能という衛星通信の特長を活かした機動的な設置が困難という課題も顕在化したところ。（図 1）

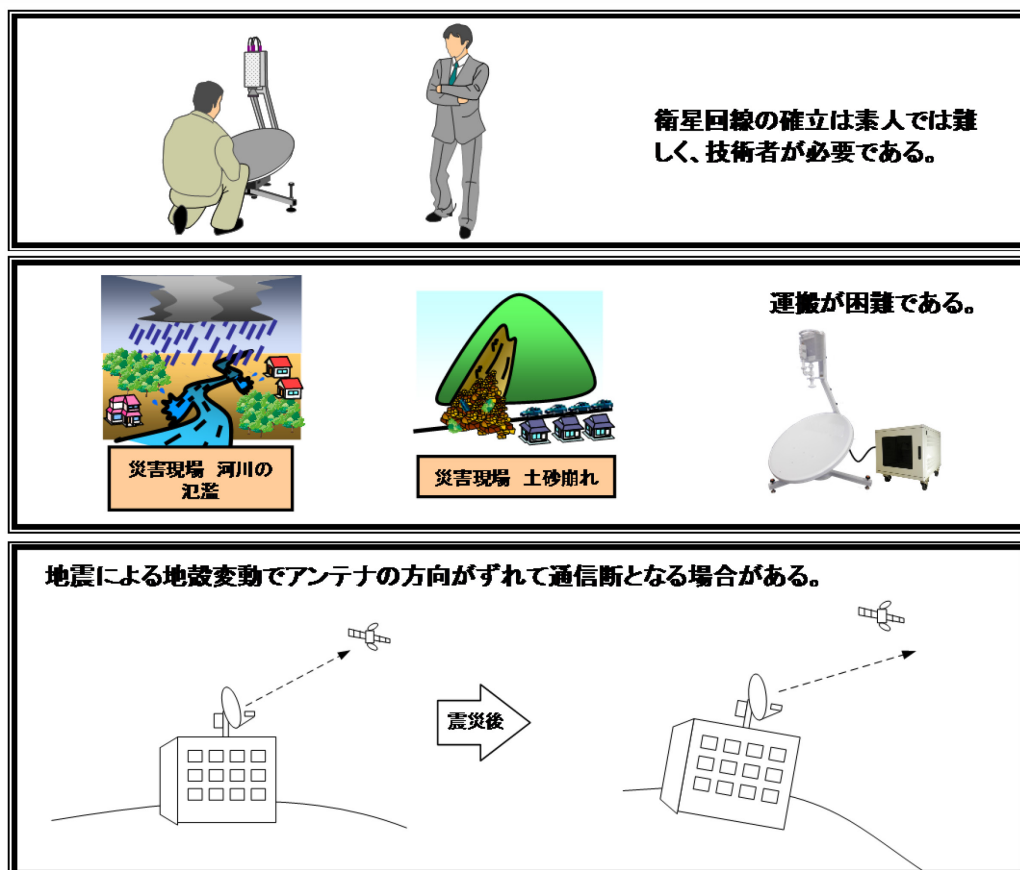


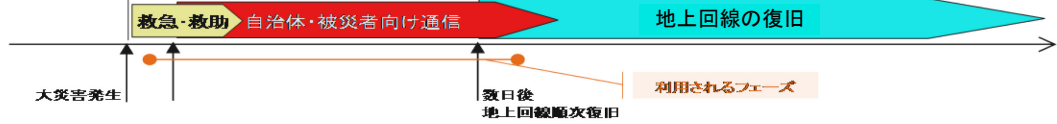
図 1 東日本大震災で浮き彫りになった衛星通信の課題

こうしたことから、災害時の情報伝達の基盤となる通信ネットワークの耐災害性強化を目指し、地震・津波で地上系通信インフラが損壊した場合でも、容易かつ迅速に衛星通信ネットワークを構築し代替通信路の確保を可能とすべく、災害時に簡易な操作で設置が可能な VSAT の研究開発に取り組んだ。

なお、本研究で開発した VSAT の利用イメージは、下図 2 に示すような、災害発生から地上回線が復旧するまでの数週間から数ヶ月程度の期間で、まずは現状把握や情報収集という利用用途を想定し、数 Mbps 程度の回線とした。

### 開発システムの利用されるフェーズ

- 本研究の対象となるシステムは大災害発生直後から地上系通信インフラが復旧する数日間を対象のフェーズとして考えている。



### 想定される利用シーン

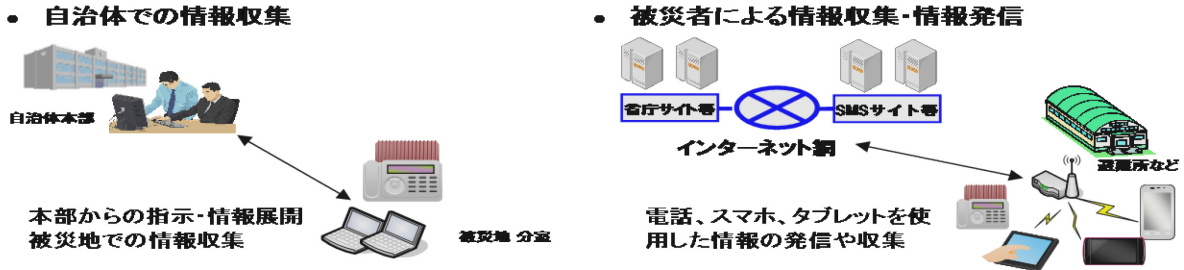


図 2 本研究で開発した VSAT の利用シチュエーション

## 2. 研究開発内容及び成果

災害発生により地上系通信インフラが損壊した場合でも、誰でも簡単に操作が可能で、迅速に電話・インターネットなどを使用出来るプロトタイプ VSAT を開発した。本研究開発において取り組んだ課題とそれぞれの研究開発成果は以下の通り。

**2. 1 課題ア) 衛星自動捕捉技術**  
 衛星通信において地球局の設置に欠かせない衛星へのアンテナ指向作業を自動化することで、設置現場の作業者に高度な技術を求めることなく設置作業が完了できる技術

**2. 1. 1 研究開発内容及び目標**  
 上記の背景に基づき、VSAT アンテナについて、地面の傾斜を考慮しつつ、方位角、仰角及び偏波角の調整を自動的に実施し、衛星を自動的に捕捉する技術を開発した。衛

星通信システムにおいて一般的に利用されている制御回線信号 (42kHz 程度) の狭帯域信号をリファレンス信号として利用しつつ、衛星自動捕捉を電源投入から捕捉完了まで 2 分以内で実現し、最大 7 度の任意傾斜において衛星への指向方向及び偏波角の誤差が  $\pm 0.5$  度以内であることを目標とした。また、地震等によりアンテナがずれた場合には自動的に再捕捉する機能を実現することを目標とした。

**2. 1. 2 成果概要**  
 本体傾斜が 7 度以内において、偏波角の誤差が  $\pm 0.5$  度以内で、且つ目標の 2 分以内で衛星捕捉が完了できた。(図 3 に衛星捕捉時間と本体傾斜角の関係を示す。) また、図 4 に示すとおり、狭帯域信号でも広帯域キャリアと比べても衛星捕捉完了時間に大きな違いが出ないことを確認できた。さらに、地震によるアンテナのずれを検知でき、自動的に衛星の再捕捉を行うことを確認した。

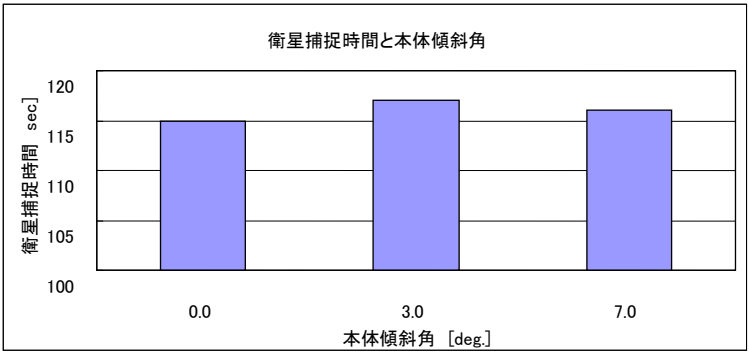


図 3 衛星捕捉完了時間と本体傾斜角の関係

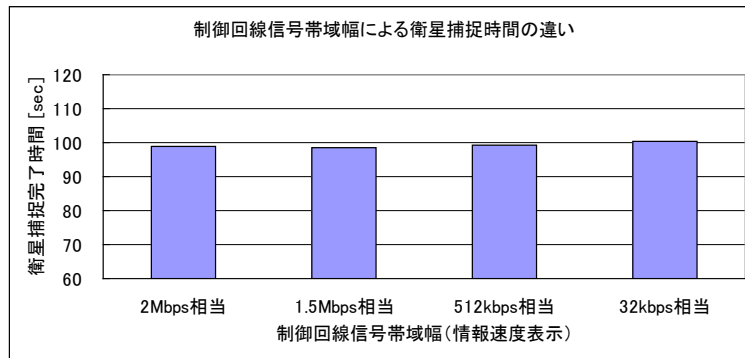


図4 制御回線信号帯域幅による衛星捕捉時間の違い

## 2.2 課題イ) 組立ての簡易化及び可搬性の向上

VSAT の設置において、設置現場の作業者に特殊な工具や高度な知識・技術を求めることなく設置作業を可能とするための技術

### 2.2.1 研究開発内容及び目標

VSAT の小型化を図るとともに、VSAT の設置手順について未経験者がどのような場面で作業が困難な状態になるかを検討し、組立ての容易性と可搬性の両立を図った VSAT のプロトタイプを開発した。VSAT は高い可搬性・機動性を確保するために人力にて運搬できることを目標とした。また、組立てに際しては、特殊な工具の使用を不要とするとともに、設置作業の進捗状況に応じ、適切な支援が可能な自動音声ガイドシステムおよびグラフィカルユーザインターフェースの実現を目標とした。



図5 プロトタイプ概観図

### 2.2.2 成果概要

誰でも簡単に操作できる VSAT を実現するためには組立の容易化が最重要課題と位置づけ、組立て不要の一体構造でありながら小型化、軽量化を図るための工夫を施した。具体的には、アンテナは収納性の高い性能を示す平面型を採用し、重量のかさむ駆動部品には小型高性能のものを使用し、筐体の材料に軽量で剛性の高い炭素素材を採用するなど、従来と比較して小型化と軽量化を兼ね備えた VSAT が完成した。

電源投入後は、本体から発せられる音声ガイダンスに従って、液晶画面の「開始」ボタンをワンタッチするだけで衛星通信が開始できるものとした。図6に開始から捕捉完了までの液晶画面の遷移イメージを示す。音声ガイダンス、液晶表示とも設置工程のアンテナ展開、衛星捕捉、自動 XPD (Cross Polarization Discrimination: 交差偏波識別度) 調整などの各工程においてそれぞれ状況を通知する音声・表示内容としており、操作者の状況把握を助けるものとなっている。

本研究では、プロトタイプの容積・重量が、 $0.26\text{m}^3 \cdot 38.5\text{kg}$  となり、目標とした  $1\text{m}^3 \cdot 40\text{kg}$  を満足することができた。スペックを表1に示す。また、運搬の容易性を向上させるために本体の両側に棒状の持ち手を具備することで、人力でも運搬が楽にできるよう工夫を凝らした。概観図を図5に示す。

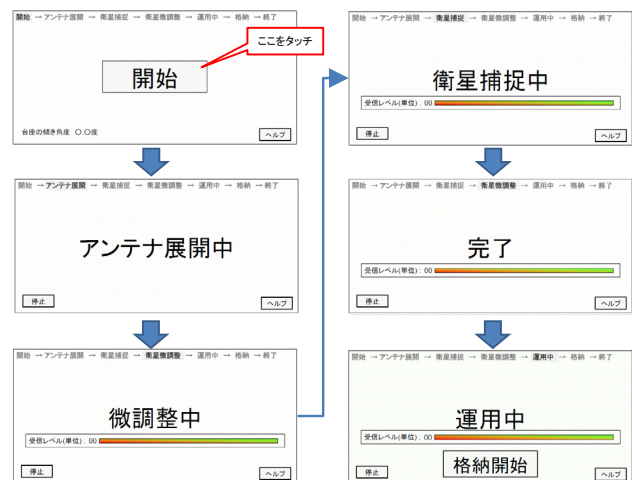


図6 液晶画面遷移図イメージ

表 1 プロトタイプスペック

項目	適用
アンテナ有効開口	640mmφ相当の平面アンテナ
アンテナ送信利得	36dBi 以上 (@14.25GHz)
アンテナ受信利得	34.8dBi 以上 (@12.5GHz)
送信周波数範囲	14.0~14.5GHz
受信周波数範囲	12.25~12.75GHz
送信出力電力(飽和)	25 W (@ 25℃、14.2GHz)
伝送レート	32kbps~8192kbps (14段階に可変可能)
衛星自動捕捉傾斜範囲	±7° 以上 (ロール角/ピッチ角)
操作部表示方式	タッチパネル
動作温度範囲	-5℃~40℃ (外気温)
相対湿度	95%以下(@35℃、結露なし)
防塵防滴	IPX34 相当
電源電圧	単層 AC100V±5%以内
消費電力	400W 程度
格納時の外形寸法	966mm (奥行き) × 578mm (幅) × 455mm (高さ) (突起部含まず)
重量	38.5kg
運用可能最大瞬間風速	14m/s 以下

### 2. 3 課題ウ) UAT 試験の自動化技術

衛星通信で VSAT の設置に必須となっている UAT 試験を自動化することで、設置現場の作業者に高度な知識・技術を求めることなく設置作業を可能とする技術 (図 7)

#### 2. 3. 1 研究開発内容及び目標

VSAT は設置後の運用開始に際し、管制局 (HUB 局) と VSAT 側が連携し、UAT 試験を実施する必要がある。衛星通信の知識がない素人でも簡単に UAT 試験を行うことが出来、携帯電話等が繋がらない地域からでも実施出来るよう、UAT 試験を自動的に実施する技術を開発した。衛星からの制御回線の信号そのものが受信不能にならないよう、管制局 (HUB 局) 側から VSAT アンテナを遠隔制御し、最大 7 度の任意傾斜において、XPD の調整を含めて調整を 10 分以内で完了し、衛星通信を自動的に確立させる事を目標とした。このとき、10 分の調整で、スカパーJSATにて採用している XPD の調整規定値 25dB を満足する確率を 95%以上となることを目標として設定した。また、地震等によりアンテナがずれた場合に、UAT 試験の自動再実施率が 95%以上確保することを目標とした。

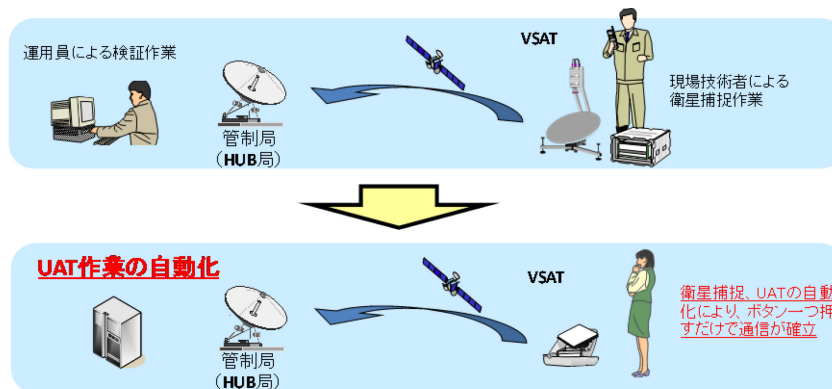


図 7 UAT 試験の自動化

#### 2. 3. 2 成果概要

VSAT 局の設置される傾斜を変えながら、自動 XPD 調整を 20 回連続で実施したところ、目標の 95%以上の確率で時間内 (数分程度) に規定値を満たす XPD 調整が完了することができた。また、自動 XPD 調整を行うことで、ほとんどのケースで、XPD 値が向上していることを確認した。XPD が改善されない場合であっても、誤差の範囲内であり、通信に必要とされる条件を満たしていることから、実運用において問題がないレベルであることを確認した。

なお、表 1 の結果は自動 XPD 調整前においても規定の XPD 値を満足しているが、自動 XPD 調整の有効性を確認するため、最良点に調整する試験を行った結果である。本運用の際は、規定の XPD 値を十分に超えた値を示した場合は最良点に追い込む作業を省略することで通信回線の確立までの時間を短縮することが可能であることから、今後検討を進める。

表 2 自動 XPD 調整実施前後の XPD 値の違い

No.	自動XPD調整前	自動XPD調整後	No.	自動XPD調整前	自動XPD調整後
1	34.20	37.20	11	36.06	37.30
2	36.49	37.27	12	37.21	37.61
3	37.62	37.46	13	37.07	37.57
4	37.18	37.33	14	37.19	37.32
5	34.13	37.28	15	37.52	37.70
6	37.42	37.39	16	37.60	37.77
7	33.91	37.89	17	35.21	37.32
8	34.71	37.93	18	37.42	37.64
9	35.68	38.07	19	34.05	37.21
10	37.56	37.93	20	33.82	37.29

### 3. 今後の研究開発成果の展開及び波及効果創出への取り組み

#### 3. 1 今後の研究開発成果の展開

- ・研究開発成果の周知活動のため、各地域の非常通信協議会、防災関連フォーラム、展示会などにおいて発表・展示・デモなどを行う。
- ・研究開発成果の普及促進を図るため、防災関連機関・民間企業等への紹介を行う。
- ・自治体衛星通信機構（LASCOM）の防災ネットワークへの導入を図るため、本技術の紹介・デモなど導入に向けた働きかけを行う。
- ・研究開発成果の実用化にむけた技術検討を行うと共に希望するメーカーへの仕様公開を行う。
- ・技術検討を完了し、実用化を行う。
- ・研究開発技術の普及のため、利用者獲得のための活動を行う。

#### 3. 2 波及効果創出への取り組み

衛星を自動で捕捉する手法は、操作が簡易であるだけでなく、他の衛星やトランスポンダへの電波の誤発射や干渉を防ぐことが可能であり、通信の信頼性向上に大きく貢献すると考えられる。

本研究開発で実現した VSAT の指向方向調整及び偏波角調整は、災害の有無に依らず、平時であっても衛星通信の利用において課題となっている手順である。この調整作業の自動化が実現され、静止軌道衛星を用いる衛星通信機器に広く普及することは衛星通信市場に対して大きな活性化を与えるものと考えられる。

このため、自治体等での災害時における衛星利用だけに留まらず、平常時にも衛星通信を利用している防災関連機関・民間企業等に対しても積極的に周知を行い、実用化に向けて取り組んでいく。

### 4. むすび

短い研究開発期間の中で、携帯電話等が繋がらない場合でもボタンひとつで誰でも衛星通信が利用でき、電話・インターネットなどが使用可能になるプロトタイプ VSAT を完成したことは、今後の災害対応等に貢献する礎を築けたと思料する。

本研究の運営委員会にて委員としてご協力頂いた有識者の方々、及び各地域の防災関連フォーラム、協議会等において今回の研究開発内容を披露する機会を多数作り、積極的に研究開発の目標等をご説明したところ、いずれも多くの方々から研究目的についての強い共感・賛同を得ることが出来た。特に 2013 年 3 月 25 日～26 日に東北大学等で行なわれた耐災害 ICT 研究シンポジウムでは、緊急時に未経験者でも利用可能など多くの賛同の声を頂いた。また、東日本大震災の被災地であり、震災発生直後に通信回線断絶という状況を経験した宮城県の山元町、岩手県盛岡市や高知県土佐町で実施したデモンストラーションにおいて、多くの参加者に賛同の声を頂くとともに、既存の小型地球局の設置経験のある防災関連機関の方々から、本研究開発成果ならば運用現場の負荷軽減に繋がるとのお声や、南海トラフ地震での被災により孤立した地域（集落）の通信手段として大いに期待出来るとの高い評価を頂いた。

今後も、自治体・防災関連機関・民間企業等への紹介による潜在ユーザーの掘り起こしを行いつつ、本研究開発技

術の実用化に向けた検討を進めていく。

#### 【誌上发表リスト】

- [1] Tasuku NAGOYA, Hiroshi UCHIYAMA, Mitsuru SASANUMA, "Lessons learned from 'Great East Japan Earthquake' as a satellite service provider. Japan's contribution to the world in disaster prevention and preparedness.", 掲載誌名：電子情報通信学会技術研究報告(IEICE Technical Report) SAT2012-36-SAT2012-46 pp107-110 (2012 年 10 月 24 日～25 日)
- [2] 笹沼満・内山浩・名古屋翼・古川操・本久貴志, "災害時に簡易な操作で設置が可能な小型地球局 (VSAT) の研究開発～地球局設置作業の簡素化を実現するための課題とその解決～", 電子情報通信学会技術研究報告(IEICE Technical Report) SAT2012-47-SAT2012-61 pp1-3 (2013 年 2 月 21 日～22 日)

#### 【参加国際標準会議リスト】

- [1]ITU-T・Focus Group on Disaster Relief Systems, Network Resilience and Recovery(FG-DR&NRR)、東京、2013 年 2 月 5 日～7 日

#### 【申請特許リスト】

- [1]スカパーJSAT 株式会社、自動交差偏波識別度測定システム、日本国、2013 年 8 月 13 日

#### 【報道掲載リスト】

- [1] "防災・減災に先端 IT 通信確保など「南海トラフ」に備え 自治体に導入", 日本経済新聞 (夕刊)、2013 年 4 月 17 日
- [2] "簡単操作で衛星通信 東北大など基地局開発 大規模災害時に力", 河北新報、2013 年 4 月 26 日
- [3] "災害時もネット接続 スカパーが小型アンテナ 自治体に売り込み 東南ア開拓", 日本経済新聞、2013 年 8 月 14 日

### 用語解説

- ・ VSAT : "Very Small Aperture Terminal" の略。通信衛星を介した通信を行なうために、地上側に設置される地球局無線設備。電波法では、管制局 (HUB 局) から制御されることが必須な地球局で、無線従事者が不要であると言う利点がある。
- ・ UAT : "Uplink Access Test" の略。VSAT との地球局を設置した後、運用開始前に通信事業者等により実施される衛星捕捉精度検証等の作業。
- ・ 偏波角 : 地球が球体であるため、地上にあるアンテナと通信衛星の位置関係により生じる偏波面のずれの角度。
- ・ 交差偏波識別度 : XPD "Cross Polarization Discrimination" とも言う。衛星通信では直線偏波を使用している。直線偏波には、水平偏波と垂直偏波があり、目的偏波の電波の強度と裏偏波の電波の強度の比で求められる。単位はデシベル (dB)。