

総合評価試験

藤野義之 三浦 周 岡田和則 秋岡真樹 織笠光明 辻 宏之

STICSの研究開発に関する総合評価試験について述べる。これは、ア項で製作した地上衛星系総合ネットワーク監視管理装置に、イ項で開発したチャネライザ／DBF装置等の装置を組み合わせた試験である。災害時の通信を模擬し、通常時と比較して衛星の帯域を柔軟に割り振ることができることを、大規模電波暗室内に構成した模擬装置を使って示した。このことで、ここで開発した技術の有効性について示すことができた。

1 まえがき

これまでに示したSTICSの研究開発はア項、イ項と独自に進んでいた。5年間の研究開発の集大成として、これらをまとめた総合試験を計画した。このため、この総合試験はア項、イ項と対比される形で、ウ項とも呼ばれている。

この実施内容としては、ア項で毎年度毎に機能追加をすることで最終的に完成した地上衛星系総合ネットワーク監視管理装置と、イ項で開発した様々な開発品、例えばチャネライザ／DBF装置や給電部、さらにイ項の試験に使用した大型展開鏡面モジュールを組み合わせる、総合評価模擬評価装置を開発することと、この装置を使ってア項及びイ項をまとめた総合評価試験を行うことである。

この装置を使用して、災害時通信再構成試験、端末通信試験、画像伝送試験の3つの試験を実施した。これらの試験を行うことで、平常時と災害時を模擬し、ダイナミックネットワーク技術に基づく総合ネットワーク監視管理装置によって、東日本大震災時のトラフィックを例に取り、災害地のトラフィック集中について、衛星のリソース(帯域幅)を通常の6倍まで動的に割り振ることによって、優先呼等が容易につながるようになることを示すと共に、実際のチャネライザ／DBFの帯域が動的に変化することを示した。このことで、有限な衛星上のリソースを災害時に有効に活用することが可能であることを示した。

2 総合評価試験の実施

2.1 総合評価試験の位置づけと概要

ア項における総合試験として、地上衛星系総合ネットワーク監視管理装置を用いて、呼制御動作の確認を行うと共に、宮城県北部～岩手県南部における東日本

大震災時のトラフィック状況をシミュレーションすることができた。まず、これらに関して簡単に紹介する。

呼制御動作としての機能は以下の通りである。

実通信端末からの発呼に対し、次に示す呼制御を実装することで、実際の音声通信を、経路を動的に切り替えて行える。

①地上基地局エリア内の場合

⇒地上基地局に向けて発呼

②地上基地局の回線に空きが無い場合、またはエリア外の場合

⇒衛星局に向けて発呼

③衛星局の回線に空きが無い場合

⇒一般端末であれば発呼失敗

⇒優先端末であれば一般端末の通話を切断して発呼成功

④地上基地局経由で通話中の端末がエリア外に移動した場合

⇒衛星局を使用した通話にハンドオーバー

⑤一般端末と優先端末を識別した。

地上／衛星共用携帯電話システムの有用性や課題を明らかにするため、東日本大震災により近いトラフィック環境を模擬したシミュレーション環境を構築した。また、災害発生時における実通信端末の呼制御機能を確認し、優先端末の優位性の確認を行った。この結果は2-7に述べられているが、そのシミュレーションの概要を再掲する。

東日本大震災のトラフィック状況を模擬するシミュレーションはそのエリアを最大震度域及び沿岸部周辺を中心に、宮城県北部～岩手県南部を選択した。シミュレーション期間は震災発生前の2011/3/11 14:00から発生後の26:00までとした。また、トラフィックモデルはNTTドコモから発表された東日本大震災時のトラフィックの時間変化のデータ¹⁾を使用している。シミュレーションエリアを図1に、トラフィック状況

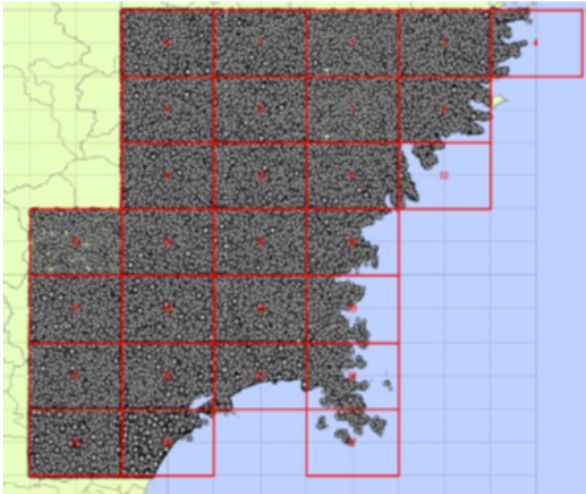
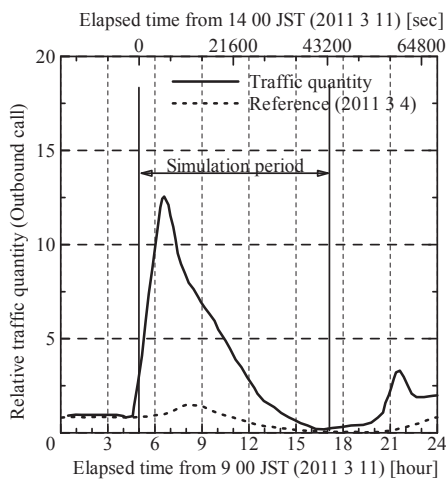


図1 シミュレーションエリアと端末配置

図2 震災時のトラフィックの時間変化^[1]

の時間変化を図2に示す。図2では、被災地からの発信呼について、通常の場合と比較して示しているが、災害発生後トラフィックが急増し、15時から16時頃最大値を記録し、時間の経過に従って漸減していることを示している。

シミュレーションエリアの選択にあつては理想的にはSTICSのカバーエリア全体で評価するべきではあるが、計算機容量の都合上限定されたエリアとした。また、シミュレーション期間は震災発生間前後としたが、トラフィックが深夜になって減少してきた時点を終了点と考え、深夜2時とした。

地上基地局の呼損発生状況と、優先端末の呼損発生状況から地上／衛星共用携帯電話システムの有用性や、優先端末の制御方式についてシミュレーション・評価を実施した。その結果、大規模災害時には現段階で想定している衛星局の回線数では被災地の通話需要全体の収容は困難であるが、特に通信回線を確立すべき優先端末に着目した場合、一般端末の通話を強制

終話させることによって衛星局によってそのほとんどを収容することが可能であり、衛星局は非常に有効である。また、輻輳状況において実通信端末を優先端末として発呼させ、衛星局を使用して回線確立が行える優先呼制御が実現できていることも確認できた。

また、イ項の成果としては低サイドローブ技術、超マルチビーム形成技術、イ項の総合評価等を実施している。この中で、大型電波暗室内でチャネライザ／DBF装置や給電部、さらに別途開発した大型展開鏡面モジュールを組み合わせた試験を実施した。この中で、実際に暗室内で電波を発射した状態で試験を行い、ビーム形成を確認すると共に、送受信チャネライザに関して再構成を行うことで、通信帯域幅を任意に切り替えられることを検証した。さらに、開発したチャネライザ／DBFについてQPSK信号を通して総合的な機能や伝送特性を確認すると共に、モデムにより画像または音声を送送する試験を実施した。

ウ項の総合試験の目的は、これらのア項イ項の開発品を電波暗室内に構築し、実際の電波を使用した大規模な検証実験を実施することであった。このための実験シナリオとしてはア項の総合試験で使用したシナリオを使用し、地震発生に伴って発生地域のトラフィックが急増し、このことを検知して被災地に相当する衛星ビームの帯域幅を、イ項で開発した衛星搭載デジタルチャネライザを再構成することで、増加させることであった。この試験を以降、災害時通信再構成試験と呼ぶ。

また、このとき通信端末に相当する装置を作成し、優先端末と一般端末の機能を切り替えることで、災害時での一般端末や通信端末の状況を、実際の音声で通話した状態で模擬体験することができるよう構築した。このことで、端末の通話に関する試験を実施した。この試験を以降、端末通信試験と呼ぶ。

さらに、デジタルチャネライザの拡張した帯域幅を実感するため、動画を送受信する能力を同時に構築した。このことで、帯域幅が狭いときと広いときでの伝送情報の違いを体感できるように構築を行った。この試験を画像伝送試験と呼称することとする。

これら総合試験を構成する災害時通信再構成試験、端末通信試験、画像伝送試験の実験をそれぞれ実施することでSTICSで開発した技術の有効性を実証した。

2.2 試験装置の構成

総合評価の実施のため、ユーザ局、衛星局、フィーダリンク局を組み合わせた総合評価試験を実施する。図3に総合評価試験の試験構成を示す。地上／衛星ダイナミック制御装置(地上衛星系総合ネットワーク監視管理装置ともいう)がア項側の試験装置であ

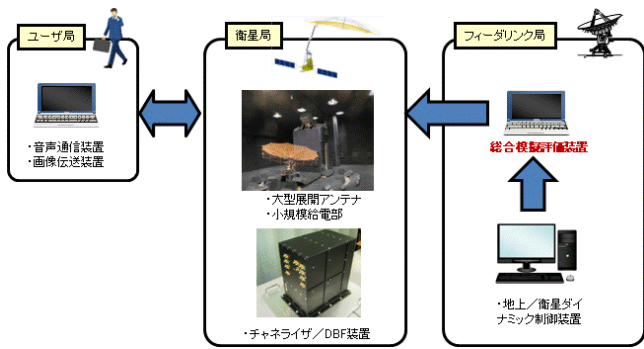


図3 総合評価試験の全体構成

り、トラフィックのモニタ状況をもとに、衛星帯域幅やDBF係数等の指示を発生する。この装置は衛星へのコマンドを作成送信するという意味で機能的にはフィーダリンク局の一部をなすものである。衛星局側は超多ビーム送受信DBFチャネライザ、給電部等の開発品と大型展開アンテナで構成されており、フィーダリンク局側からのコマンドの指示はこの中のDBFチャネライザにおいて実行される。

暗室内に構成したこれらの試験システムの構成図を図4に、これらの機器間の系統図を図5に示す。また、図6に各ラックの配置図を示す。STICSの通信システムは、フィーダリンク局、衛星局、ユーザ局で構成される。以下に各局の機能を説明する。

□フィーダリンク局：

フィーダリンク局を構成する地上／衛星ダイナミック制御装置は、STICSの中核をつかさどる装置であり、地上、衛星のトラフィックの状況を逐次把握して、試験シナリオを進行する。衛星局、ユーザ局は、フィーダリンク局の指示に応じて動作する。この装置は衛星フィーダリンク模擬装置と総合ネットワーク監視管理装置に分かれており、衛星フィーダリンク模擬装置は衛星のビーム配置やそのリソース(帯域幅)配分を分担している。総合ネットワーク監視管理装置は地上衛星系を含む全てのトラフィックの配分の司令塔であり、トラフィックの状況を監視する装置である。



図4 試験構成詳細図

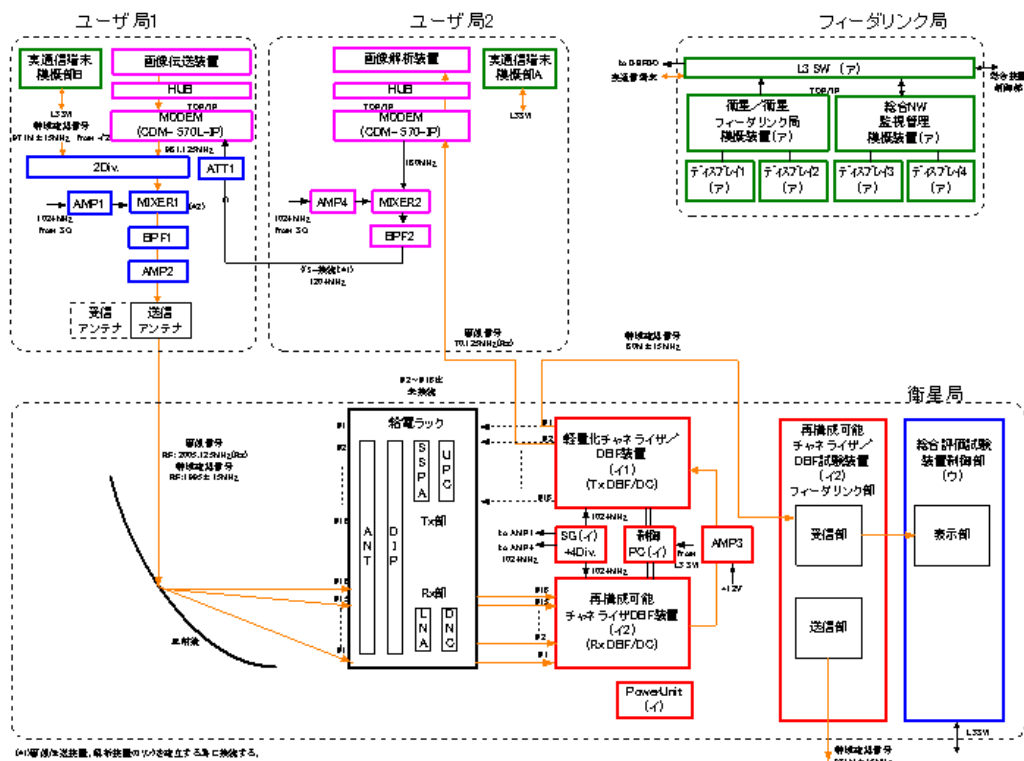


図5 試験系統図

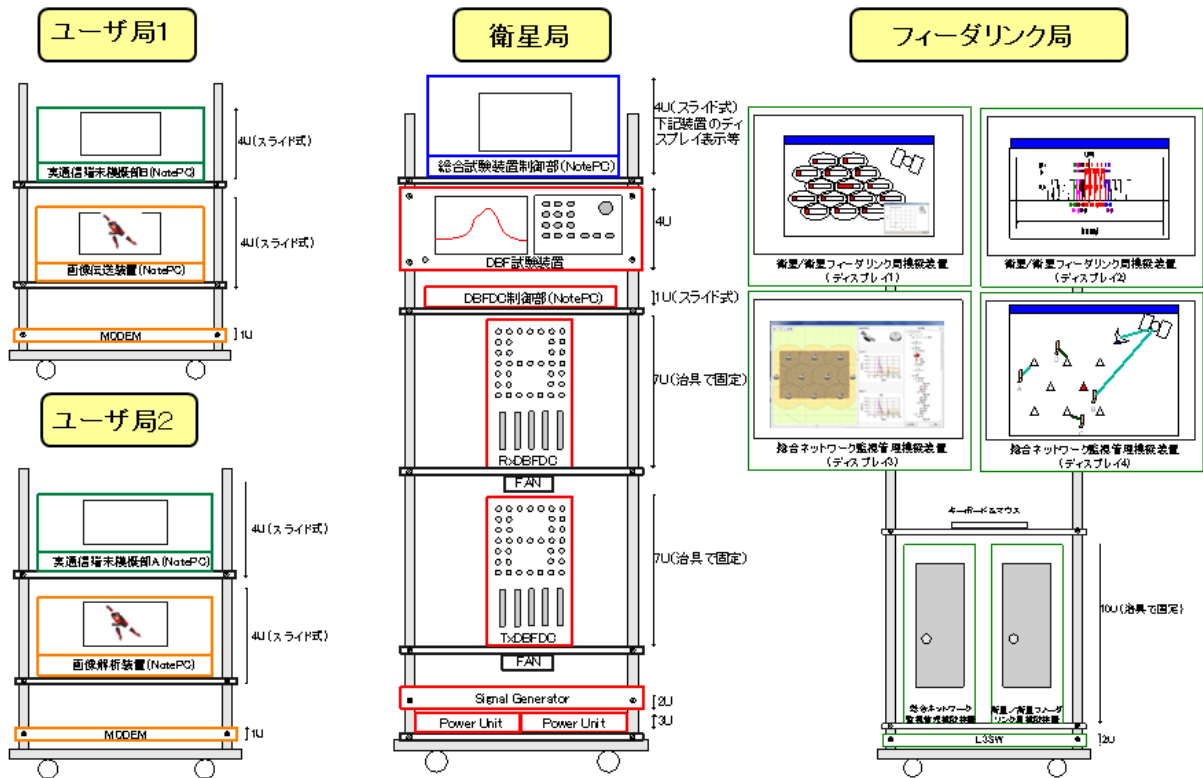


図6 各局のラック構成図

□衛星局：

衛星局は、STICS システムにおける衛星に相当する機能である。大型展開アンテナ、小規模給電部、送信チャネライザ／DBF 装置、受信チャネライザ／DBF 装置で構成される。

□ユーザ局：

ユーザ局は、音声通信装置、画像伝送、解析装置から構成される。音声通信装置は、シナリオ試験時に使用し、画像伝送、解析装置は画像伝送試験時に使用する。同一の機能を持ったユーザ局を2式作成している。

次に、図5の試験系統図に基づいて総合試験の信号の流れを説明する。ユーザ局からの音声信号や画像信号は電波暗室天井にあるユーザ局送信アンテナより送信される。この信号は衛星局で受信される。具体的には衛星局の大型展開アンテナで反射され、小規模給電部で電気信号に変換され、受信チャネライザ DBF 装置に入力される。この装置はまず DBF によってビーム形成が行われ、その後チャネライザで帯域の交換が行われる。交換後の信号はフィーダリンク側にダウンリンクされるが、この機能は電波を飛ばして確認するのではなく、ハードワイヤ接続で確認している。このため受信信号をフィーダリンク側でそのまま折り返すことにしており、そのため衛星局内の送信チャネライザ DBF にフィーダリンク側から入力される。この装置のチャネライザを用いて受信側と同様に信号を交換したのち、DBF で送信ビームを形成する。その後、ユー-

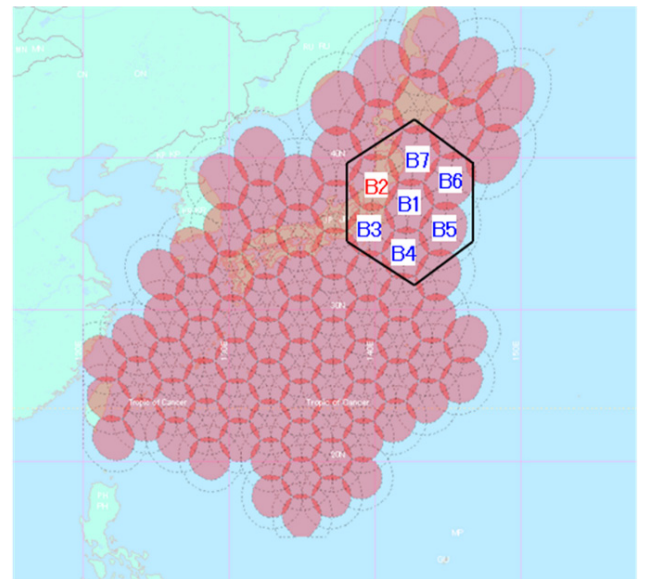


図7 ビーム配置

ザ局へはハードワイヤにて信号を伝送している。これは、電波暗室を使った送受信系が受信のみ対応しているためである。

2.3 災害時通信再構成試験

2.3.1 シミュレーション範囲

図7に災害時通信再構成試験の試験で用いるビーム配置を示す。災害エリアを東日本大震災の被災地(宮城県付近)(赤丸部 B2)とする。黒枠は、試験時におけるシミュレーション範囲である。試験において、災害

時に衛星リソースを災害エリアに集中する。また、平常時、災害時のトラフィックの時間変化、地上系基地局停波状況等のシナリオを、ダイナミック制御装置に入力し、トラフィック量に応じて適切な衛星リソース選択が可能であることを示す。

2.3.2 災害時通信再構成試験

図8に災害を想定した災害時通信再構成試験の概要を示す。災害の発生と時系列での推移は東日本大震災を例に、シナリオと呼ばれる災害発生と衛星側の対応

順序を構築した。図9に試験シナリオを示す。

シミュレーション開始を2011年3月11日14時00分00秒とし、以降この時点からの経過時刻をT[sec]で表す。災害発生時点は14時46分であるので、T=2760[sec]である。また、災害発生直後から被災地でのトラフィックが増大するため、これを検知した統合ネットワーク監視管理模擬装置が衛星側にチャネライザを使った帯域幅の増大を指示し、衛星側では該当ビームの帯域幅を増大している。通常はこのビームの

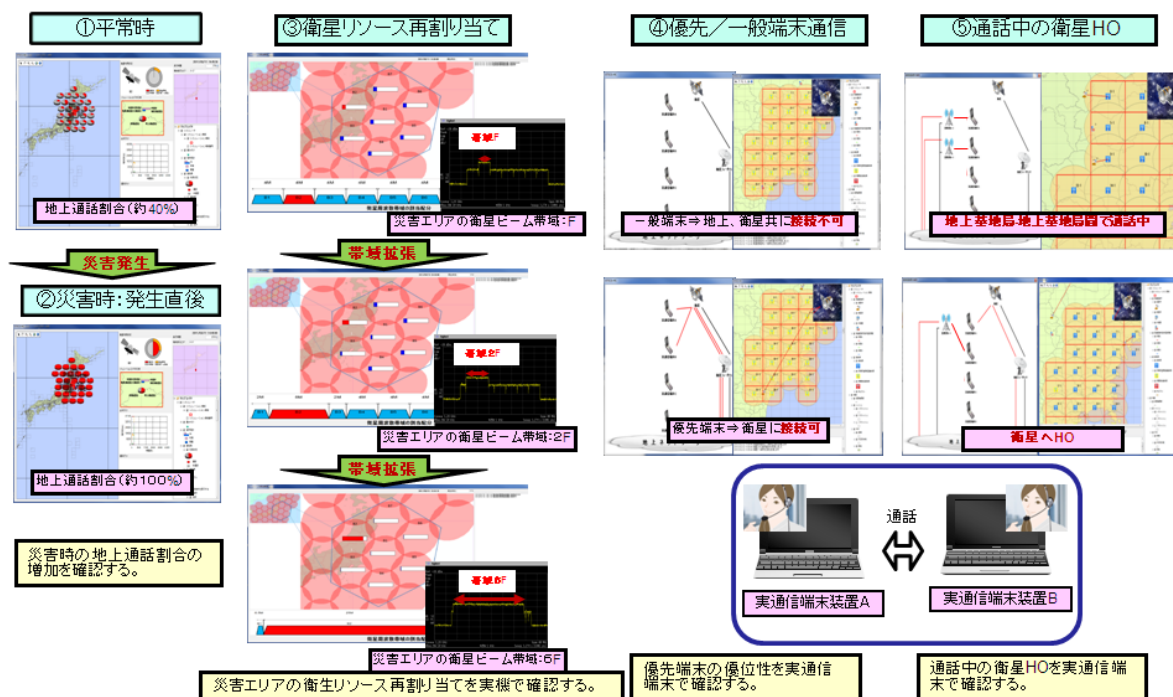


図8 災害を想定した総合試験概要

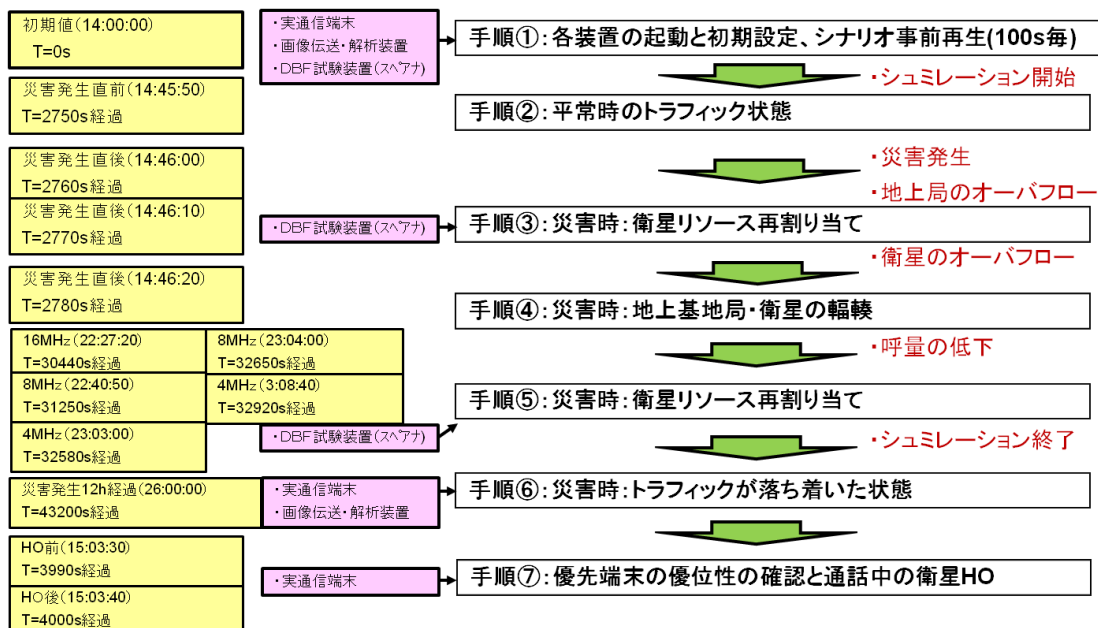


図9 試験シナリオ(災害発生と衛星側の一連の対応手順)

4 総合評価試験

帯域幅は4 MHzであるが、これを8 MHz、16 MHzと段階的に拡張し、最終的に25 MHzまで拡大している。この状況をトラフィックが落ち着くまで継続し、 $T=30400$ [sec] (22時27分20秒)において16 MHzに戻したほか、 $T=32650$ [sec] (23時04分00秒)において8 MHzまで戻し、 $T=32920$ [sec] (23時08分40秒)において通常の4 MHzまで戻している。

まず、平常時 ($T=2750$ [sec]) のトラフィック状態(手順②)を図10、11に示す。図10より、地上網の容量に対する通話割合は約40%程度であることが確認できた。また、図11より、基地局の状態が全エリアにおいて正常(青色)の状態であることが確認できる。

平常時の衛星局のトラフィック状態を図12から図14に示す。平常時の衛星リソース割当ては、7周波繰り返し内で等間隔(4 MHz)のリソース配分であることが、図12の下部よりわかる。また、図12の上部より、ビームの配置と衛星リソース配分が対応づけられており、災害地ビームを特に赤色で、その他を水色で示し

であり、これも7ビーム均等に割り振られていることがわかる。衛星系の収容数の時間変化を図13に示し、これも平常の状態である。このときの災害地のビームに関するDBF帯域を図14に示す。これも4 MHzの帯域幅で均等な割当てである。

次に、災害発生直後 ($T=2770$ [sec]) のトラフィック状態を図15、16に示す(手順③)。図15より、地上の通話割合はほぼ100%であり、ピンクの棒グラフから一部の基地局で呼損が発生していることが確認できた。また、図16より、基地局の状態が回線収容数

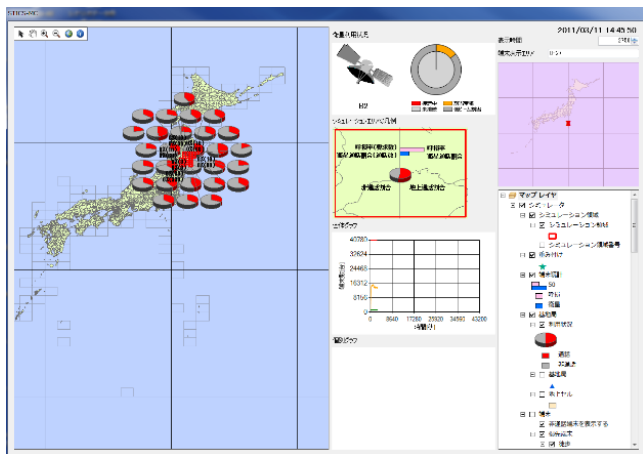


図10 平常時のトラフィック状態(総合ネットワーク監視管理装置)

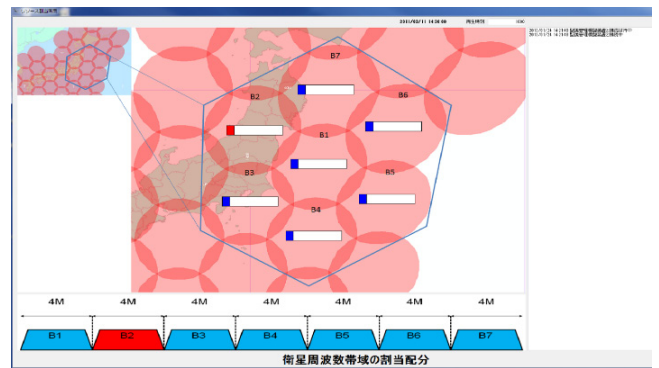


図12 平常時のトラフィック状態(衛星フィーダリンク模擬装置)

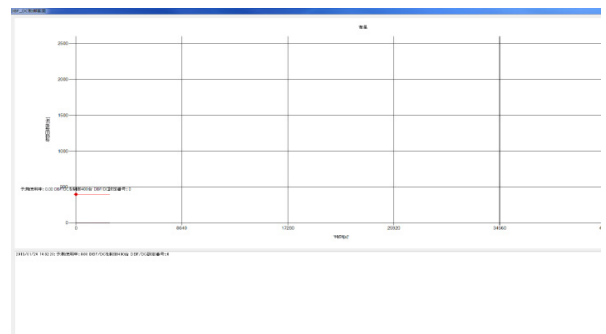


図13 平常時のトラフィック状態(衛星フィーダリンク模擬装置)

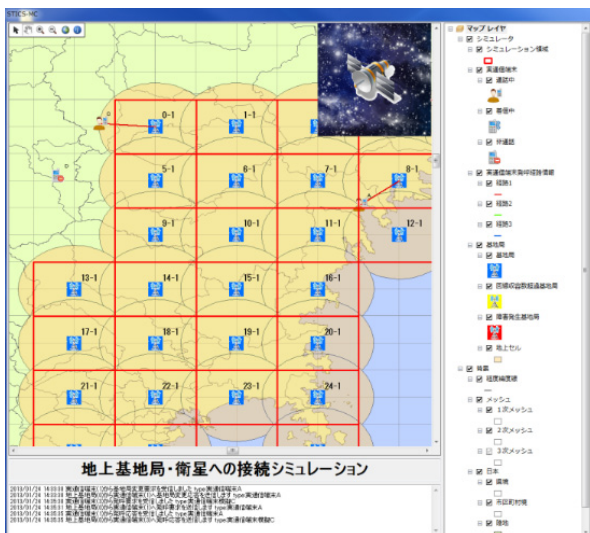


図11 平常時のトラフィック状態(総合ネットワーク監視管理装置)

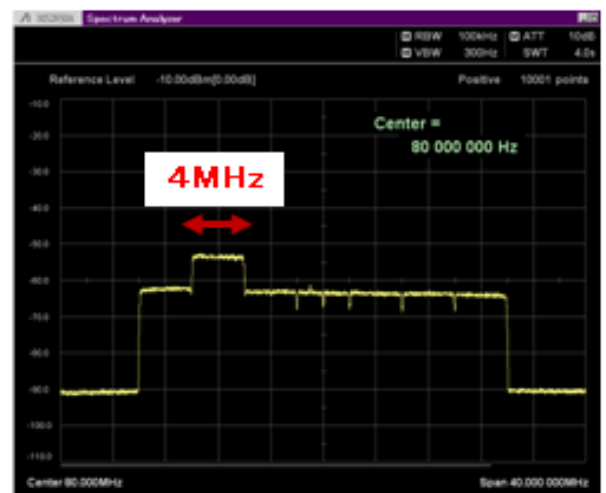


図14 平常時のトラフィック状態(DBF試験装置)

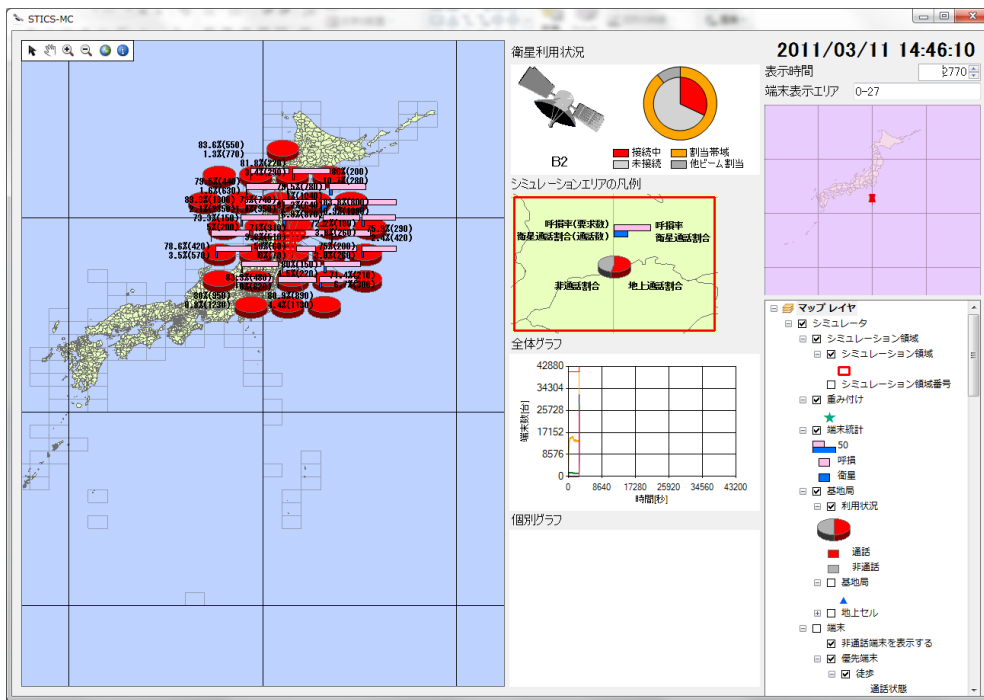


図 15 災害発生直後のトラフィック状態 (総合ネットワーク監視管理装置)



図 16 災害発生直後のトラフィック状態 (総合ネットワーク監視管理装置)

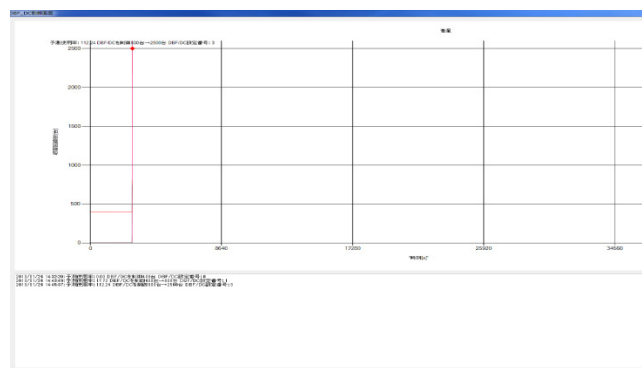


図 18 衛星リソースの再割当て (衛星フィーダリンク模擬装置)

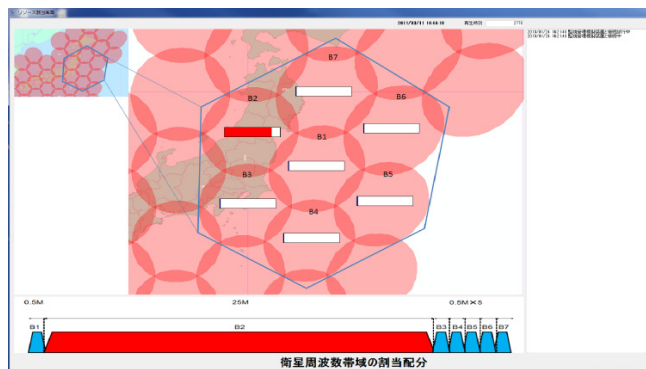


図 17 衛星リソースの再割当て (衛星フィーダリンク模擬装置)

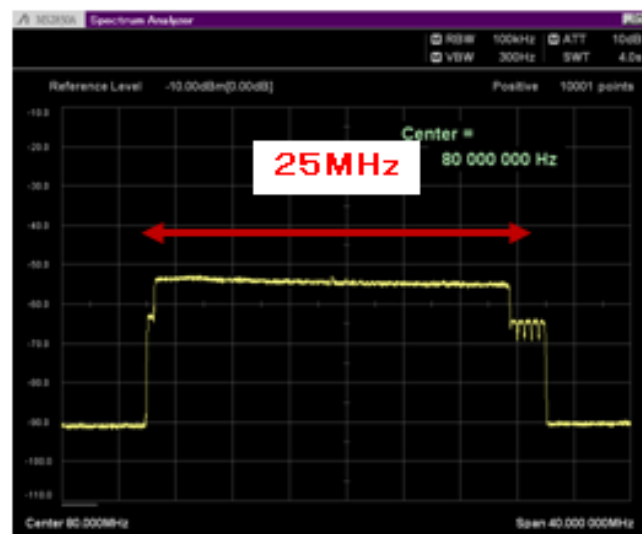


図 19 衛星リソースの再割当て (DBF 試験装置)

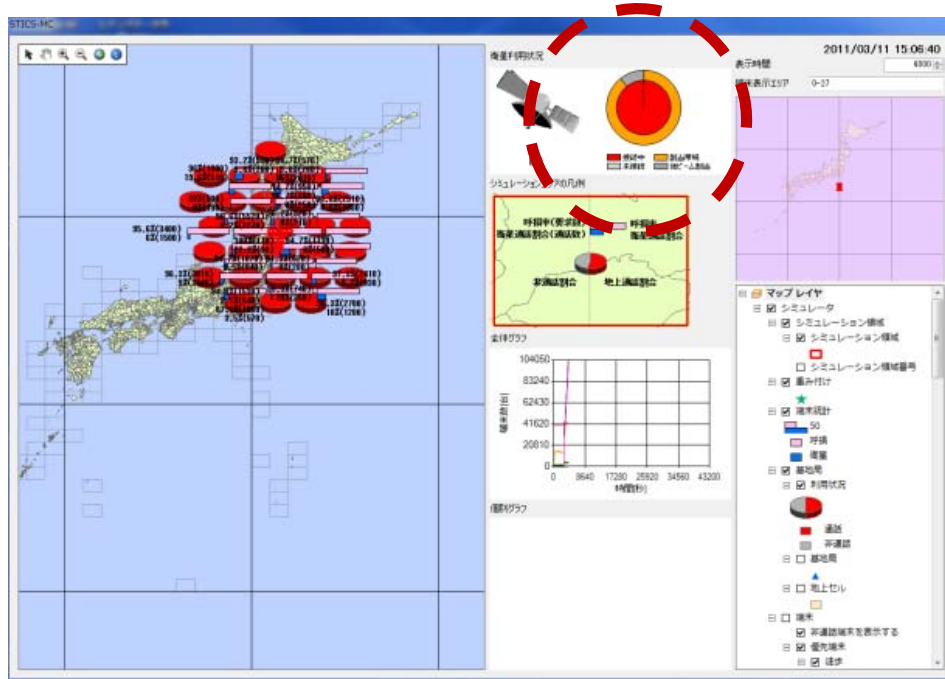


図 20 地上基地局・衛星の輻輳(総合ネットワーク監視管理装置)

を超過(黄色)している状態であることを示している。

災害発生時の衛星局のトラフィック状態を図 17 から図 19 に示す。図 17 の下部に赤字で示すように、ビーム帯域の一部が通常時の 4 MHz から 25 MHz まで拡張されており、それが災害地であることが図 17 上部のビーム配置図でわかる。このことで、災害エリア外のビームについてはそれぞれ 0.5 MHz の分配となっている。また、図 18 では災害地ビーム収容数の時間変化を示しており、通常時の 6 倍の収容数に引き上げられたことがわかる。図 19 は DBF 帯域幅を示しており、これも 25 MHz まで拡大していることがわかる。

このときの、地上基地局・衛星の輻輳状態を図 20 に示す(手順④)。衛星利用状況のグラフ円内(赤丸部)を確認した。衛星の接続数が内側の円グラフで表されており、これが全て赤色となっていることから、衛星の能力全てを使って回線接続がされていることがわかる。

災害後、時間の経過 ($T=43200$ [sec]) と共に、トラフィックが落ち着いた状態(手順⑥)を図 21、22 に示す。図 21 において、左側の複数の円グラフに示す地上通話の使用率が赤から灰色となり、地上通話の容量に余裕ができたことが確認される。また、図 22 に示される複数の地上基地局の状態が色で示されており、回線収容数超過状態(黄色)から正常(青色)になったことが確認できる。

また、衛星のリソース配分の状態を図 23~25 に示す。災害発生前(平常時)に衛星リソース配分が戻ったことが確認できた。図 23 では、災害ビームを含む全てのビームが初期の 4 MHz の割当てに戻っている

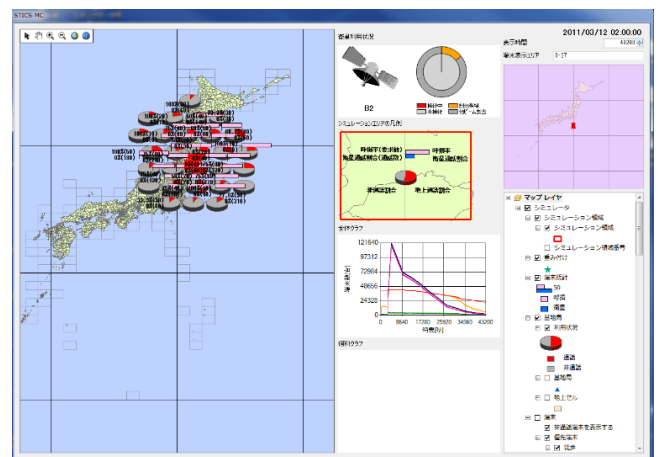


図 21 トラフィックが落ち着いた状態(総合ネットワーク監視管理装置)

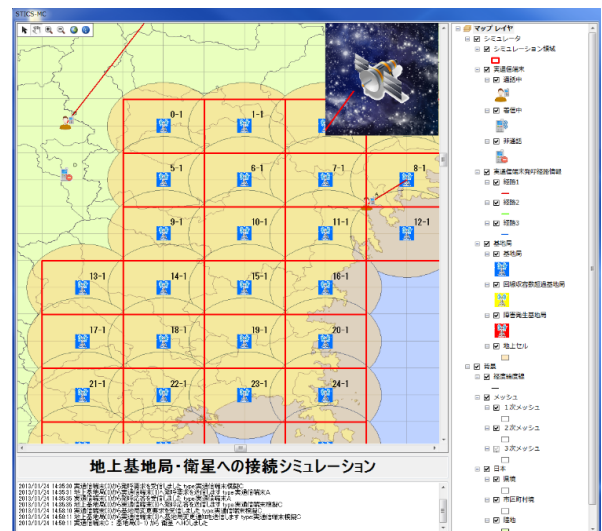


図 22 トラフィックが落ち着いた状態(総合ネットワーク監視管理装置)

ことが確認できる。図 24 では災害ビームの回線数の時間変化を示しており、トラフィックの低下に伴って、初期の回線数に戻していることが確認できる。図 25 では、このときの災害ビームの DBF 試験装置の帯域幅が 4 MHz に戻っていることが確認できる。

2.3.3 端末通信試験

次に、通信が非常に輻輳している状態の時に、実通信端末を用いた通信を実施する。一般端末と優先端末の双方で発呼を行い、優先端末の優位性を確認する。また、平常時において地上／衛星共用携帯電話システムの利点である継続性のある通信を確認するために、通話中の端末における衛星へのハンドオーバー（以降 HO と記載）を確認する。

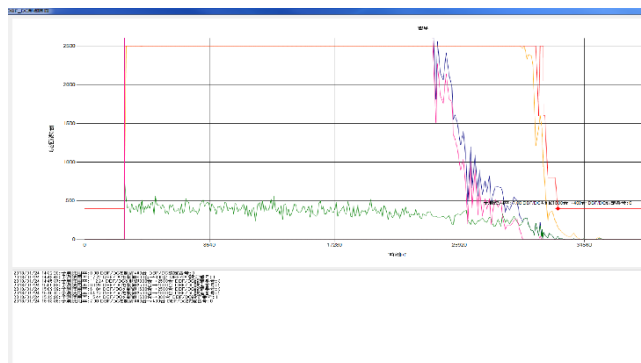


図 24 トラフィックが落ち着いた状態 (衛星フィーダリンク局模擬装置)

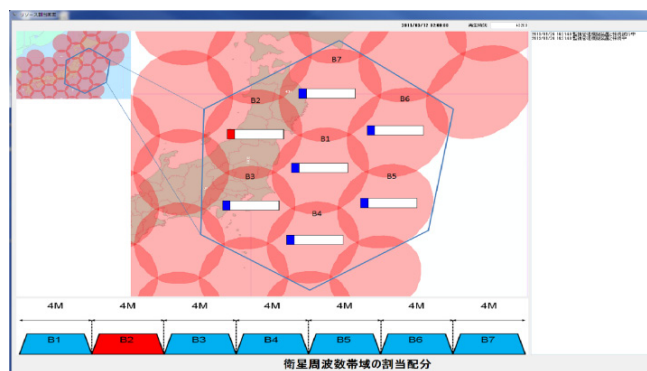


図 23 トラフィックが落ち着いた状態 (衛星フィーダリンク局模擬装置)

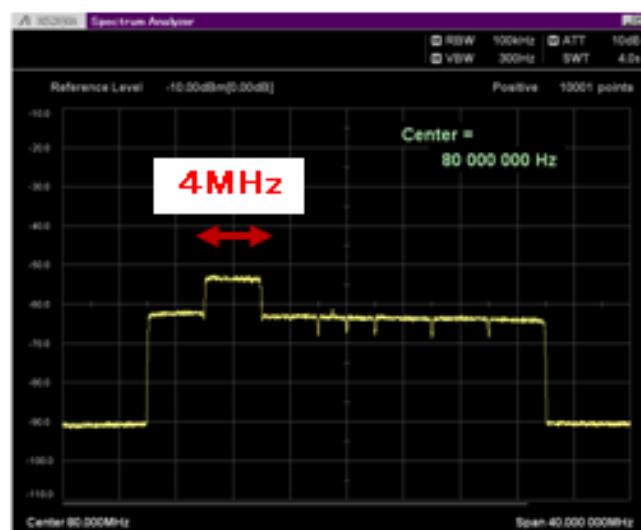


図 25 トラフィックが落ち着いた状態 (DBF 試験装置)



図 26 実通信端末の通話 (輻輳時：一般端末)



図 27 実通信端末の通話（輻輳時：優先端末）

災害発生後、 $T=4000$ [sec] 前後の衛星／地上とも非常に輻輳している場合において、実通信端末（一般端末）の通話の可否を確認した。図 26 に端末装置の表示を示す。左側が端末 A の画面であり、右側が端末 B の画面である。いま、端末 A から通話ボタンをクリックして発呼しようとしたが、ダイアログ左上のステータスが赤色で切断中となり、一般端末では発呼できないことを確認した。

次に、同じ時刻での実通信端末（優先端末）の通話を確認した。基地局・衛星輻輳時においても優先端末では通話が可能であることを図 27 の端末装置の表示により確認した。図 27 では、端末 A から端末 B に発呼したのち、ダイアログ左上のステータスが通話中となり通信ができていくことがわかる。図 28 が監視管理装置の表示であり、端末 A と端末 B の位置及び通信経路が表示されている。通話は、ヘッドセットを用いて相手の音声を確認した。また、図 29 に実通信端末の通話経路が示され、衛星経由であることがわかる。

次に、平常時において通話中の端末の衛星回線へのハンドオーバーを確認する。

まず、総合ネットワーク監視管理装置の図 30、31 から地上経由の通話であることを確認する。

次に、実通信端末 A の端末位置をエリア外に設定する。図 32 左の赤丸部分の実通信端末 A を基地局のカバーエリア外へ移動させることで、端末を地上エリア外に設定する。すると、図 32 右より、実通信端末

の接続経路が従来は基地局経由であることが赤丸部分でわかっているが、これが衛星経由に切り替わったことが、確認できた。

2.3.4 画像伝送試験

本試験では、下記試験構成による画像伝送装置を用いた通信試験を行う。数百チャンネル分の音声通信チャンネルを代用する通信として、広帯域なチャンネル幅を有する画像伝送を実施して、通信システムとしての有効性を実証する。図 33 にこの実験構成図を示す。

図 33 に画像伝送試験の信号経路を示す。ユーザ局 1 の WEB カメラで撮影した画像は、IP 通信にてモデム (CDM-570 L-IP) に入力される。モデムで QPSK 変調した信号は、大型反射鏡、給電ラックを介して受信チャネライザ / DBF 装置に入力される。受信チャネライザ / DBF 装置の DBF、チャネライジング機能部から出力されるフィードリンク信号を、衛星局内にて折り返して送信チャネライザ / DBF 装置に入力する。送信チャネライザ / DBF 装置のチャネライジング、DBF 機能部から出力された RF 信号をユーザ局 2 のモデム (CDM-570-IP) で受信して、画像解析部 (ノート PC) で画質を確認する。

次に試験手順を示す。

- 手順 1：総合試験装置制御部をデバッグモードに設定する。
- 手順 2：送信、受信 DBFDC を画像転送試験用に設定する。

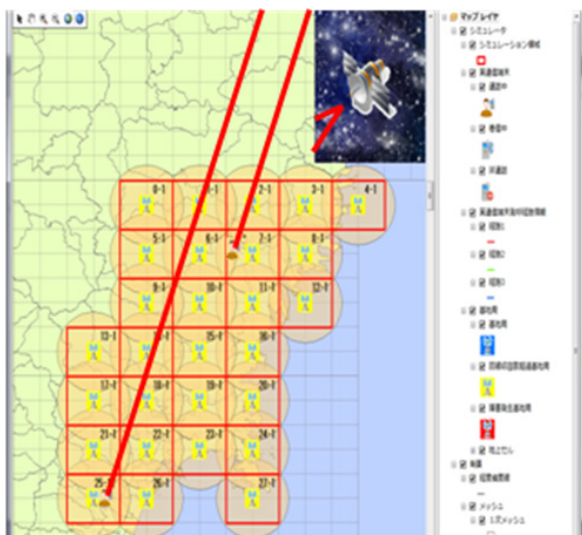


図 28 輻輳時の通話 (総合ネットワーク監視管理装置) (輻輳時：優先端末)

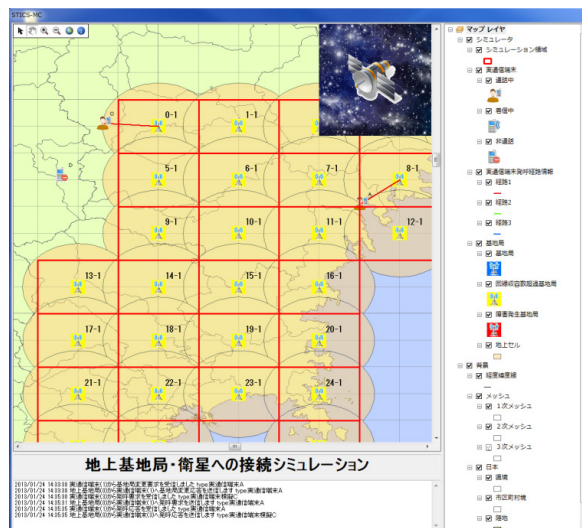


図 30 平常時の通話 (総合ネットワーク監視管理装置) (平常時：一般端末)



図 29 輻輳時の通話 (総合ネットワーク監視管理装置) (輻輳時：優先端末)

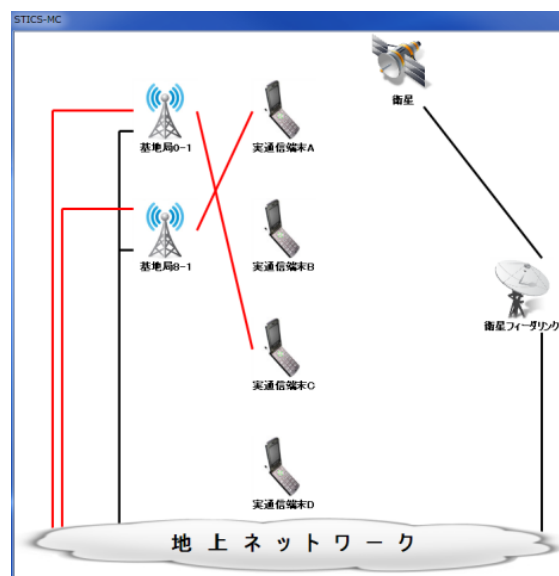


図 31 平常時の通話 (総合ネットワーク監視管理装置) (平常時：一般端末)

- 手順 3：総合試験装置制御部で 0.5 MHz 帯域を設定する。
- 手順 4：モデムの帯域を 0.5 MHz に設定する。(狭帯域設定)
- 手順 5：DBF 試験装置でスペクトラムを確認する。
- 手順 6：画像解析装置にて画質を確認する。
- 手順 7：総合試験装置制御部で 4 MHz 帯域を設定する。
- 手順 8：モデムの帯域を 4 MHz に設定する。(広帯域設定)
- 手順 9：DBF 試験装置でスペクトラムを確認する。
- 手順 10：画像解析装置にて画質を確認する。

図 34 に手順 5 の波形を示す。また、手順 9 の波形を図 35 に示す。広帯域スペクトラムにて、台形の波

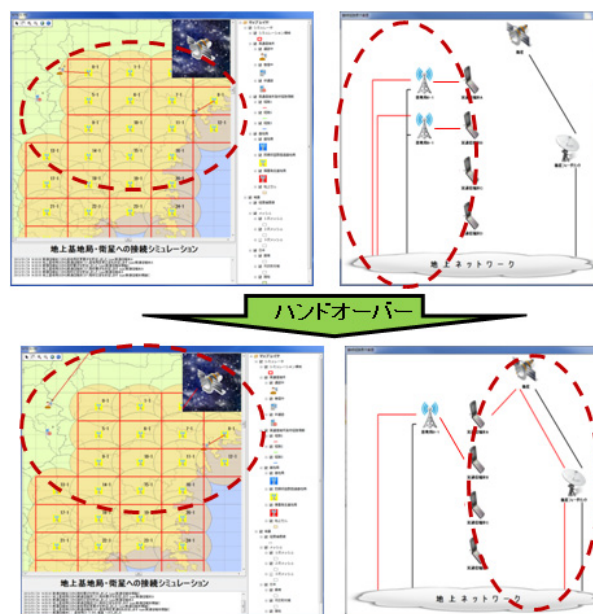


図 32 平常時のハンドオーバー (総合ネットワーク監視管理装置) (平常時：一般端末)

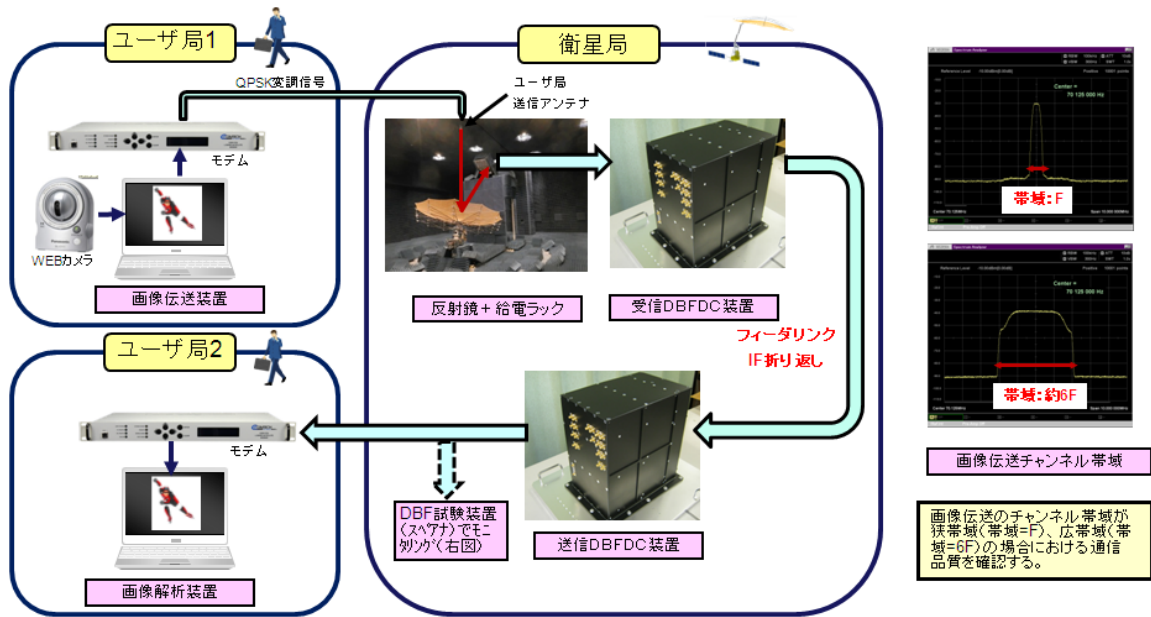


図 33 画像伝送試験

形になっているのはモデムの出力スペクトラムによる。また、帯域拡張の状態の確認を容易にするために、使用チャンネル以外のチャンネルはチャネライザの機能を用いて全て信号出力をオフに設定している。広帯域スペクトラムの4000 kHz設定は、モデムの制約(MAX5000 kHz程度)による。

下記の波形より、受信チャネライザ/DBF装置と送信チャネライザ/DBF装置のチャネライジング機能が正常に動作していることが確認できる。

また、画像伝送・解析装置を用いた試験において、狭帯域設定の場合と広帯域設定の場合で画質を比較した結果、狭帯域設定の場合は信号のコマ落ちや遅延が確認できたが、広帯域設定の場合は、コマ落ちや遅延がほぼ無く、スムーズな信号伝送が実現できていることを目視で確認した。

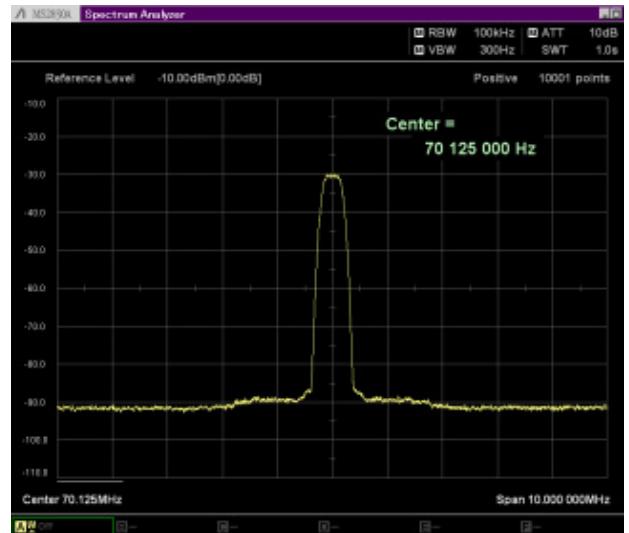


図 34 狭帯域スペクトラム (500kHz 帯域)

3 まとめ

5年間のSTICS研究開発のまとめの試験として、これまで開発したア項、イ項の成果を元に、総合評価試験を実施した。

この試験では災害時通信再構成試験、端末通信試験、画像伝送試験の実験をそれぞれ実施した。災害時通信再構成試験としては、ア項のダイナミックネットワーク技術に基づく総合ネットワーク監視管理装置によって、東日本大震災時のトラフィックを元に、災害地のトラフィック集中の時間変化を模擬している。このデータを元に、衛星側のリソース(災害地ビームの帯域幅)を通常(4 MHz)の6倍(25 MHz)まで動的に割り振ることが可能であることを示した。また、端末通

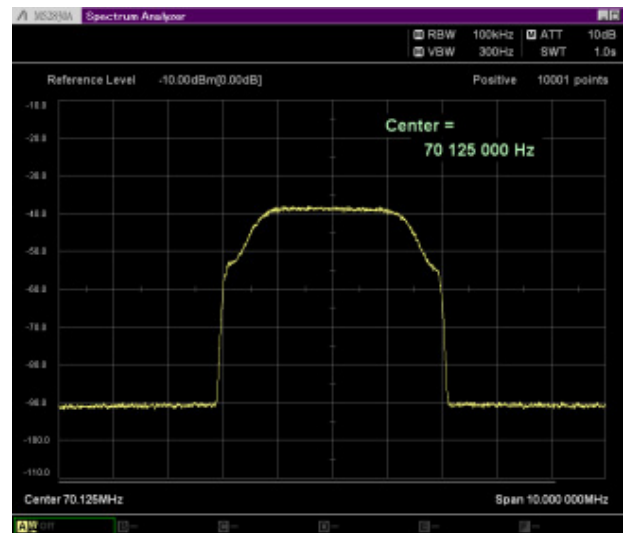


図 35 広帯域スペクトラム (4000kHz 帯域)

信試験として、一般呼、優先呼の機能を通信端末に装備し、災害時でも衛星経由の優先呼が容易につながることを示した。さらに、画像伝送試験として、数百チャンネル分の音声通信チャンネルを代用する通信として、広帯域なチャンネル幅を有する画像伝送により、実際のチャネライザ／DBFの帯域の変化について、理解を容易にすることが可能となった。

これらの試験により、有限な衛星上のリソースを災害時に有効に活用することが可能であることを示しSTICSの研究開発を通じて開発した技術の有効性を実証した。

4 謝辞

本研究は、総務省の研究委託「地上／衛星共用携帯電話システム技術の研究開発」により実施した。関係各位に深謝する。

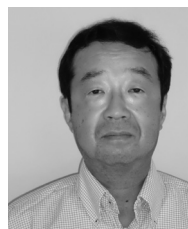
【参考文献】

- 1 総務省、大規模災害等緊急事態における通信確保のあり方に関する検討会（ネットワークインフラWG資料2-1）



秋岡真樹（あきおか まき）

ワイヤレスネットワーク研究所企画室専門推進員
博士(理学)
太陽地球物理、光学システム、宇宙システム、小型衛星



織笠光明（おりかさ てるあき）

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主任研究員
博士(工学)
衛星通信、アンテナ



辻 宏之（つじ ひろゆき）

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主任研究員
博士(工学)
航空機・無人機通信システム、ミリ波帯高速移動体通信



藤野義之（ふじの よしゆき）

東洋大学理工学部電気電子情報工学科教授／元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主任研究員
(～2013年4月)
博士(工学)
衛星通信、アンテナ、無線電力伝送



三浦 周（みうら あまね）

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主任研究員
博士(情報科学)
衛星通信、アンテナ



岡田和則（おかだ かずのり）

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主任研究員
博士(工学)
移動通信ネットワーク、非常時通信、宇宙通信システム