

地上／衛星共用携帯電話システムの研究開発の概要

藤野義之

平成 20 年度に情報通信研究機構は地上／衛星共用携帯電話システムの研究開発を総務省から受託した。本稿ではその概要と全体システム構成や、プロジェクト推進体制等を紹介する。

1 まえがき

「地上／衛星共用携帯電話システム技術の研究開発」は、平成 20 年に総務省が電波利用料による研究開発として公募した 5 年間の研究開発プロジェクトであり、情報通信研究機構がこれを受託した。これは、携帯電話の利便性や高機能化を、防災・減災・安全対策等での利用を目的に、地上系システムと衛星系システムを統合した新たな通信システムの研究であった。

当時の国際的な衛星サービスの中で、米国 MSV 社（現 lightsquared 社）等が衛星通信の補完対策としての地上系サービス共用を行う Skyterra 衛星を開発していたところでもあり、日本としてこの研究開発を実施することは意味のあることであった。研究開発途上の平成 23 年 3 月 11 日に東日本大震災が発生し、死者行方不明併せて 18,400 名という我が国未曾有の大災害となった。地上系携帯電話サービスに関してもその影響は大きく、携帯電話基地局が最大 14,000 局停止し、その復旧には 1 ヶ月以上の長期間を要した。このため、全ての携帯電話基地局が倒壊しても通信が可能となる衛星系の携帯電話の重要性が見直され、地上系携帯大手 3 社においては、震災後、衛星携帯サービスの開始や従来サービスの大幅な拡充を行っている。

今回の「地上／衛星共用携帯電話システム技術の研究開発」はこれらの震災において見直されつつある衛星系と地上系のシステムを統合する更に進んだシステムであり、災害対策としてのみならず、衛星系の周波数を地上とも共用し、周波数有効利用にも資するシステムでもある。

情報通信研究機構研究報告として 5 年間の研究開発に関して総括しまとめることで、今後の実用化等への橋渡しとなれば幸いである。

2 本特集の構成

本特集の構成を以下に示す。1 は研究開発の概要と経緯をまとめた。2 は「地上／衛星系協調制御技術」

であり、研究開発中では「ア項」と呼ぶ研究開発をまとめている。その中で、周波数共用方式の提案やその評価に関して 2-1 及び 2-5 で詳しく述べている。また、周波数共用方式の提案にあたっては、地上系が衛星系へ及ぼす干渉の評価が不可欠であり、これを実際の測定を行って実施した。実験は大きく分けて 3 種類行い、それぞれ 1 章を割り当ててある。2-2 では、地上携帯電話の送信電力評価として主として陸上を自動車で行って受信電力を測定した結果をまとめた。2-3 では、航空機を用いて上空から携帯電話の干渉波測定を行った結果を述べる。2-4 では、屋内／屋外の測定として、主として建物内外におかれた携帯電話からの干渉波測定の結果をまとめた。これら 2-2 から 2-4 までの結果をまとめ、周波数共用方式の評価を 2-5 において行っている。

さらに、上位レイヤの研究として、2-6 に地上衛星共用を実現するためのアーキテクチャ及びダイナミック制御アルゴリズムの検討を行っている。また、2-7 において、地上衛星系協調制御技術全体の評価についてまとめた。

また、3 は「地上衛星干渉回避及び周波数割当技術」であり、いわゆる「イ項」の研究開発である。3-1 で衛星搭載通信システムの全体構成について述べる。衛星系の研究開発として以降は開発した個別要素技術に関して各節で紹介していく。3-2 で特にアンテナシステムの設計に関して述べる。また、3-3 においては耐飽和低雑音増幅器と高線形固体増幅器に関して開発成果を紹介する。3-4 においては、アンテナ励振分布設計アルゴリズムについて、サイドローブ抑圧を主眼とした新たなアルゴリズムに関して紹介する。また、3-5 においては低サイドローブ化技術に関して主に開発品から得られた成果に関して紹介する。また、3-6 においては超マルチビーム形成技術に関して、「100 ビーム級」の研究開発の成果について述べる。3-7 は本研究開発を衛星搭載デジタル技術に関する研究開発として見たときに産業的に非常に重要である「リソース割当構成技術」に関して述べており、最終的な

衛星としての成立性検討までを述べている。

4 においては、2 及び 3 で行った研究を総合して、総合評価試験を行ったのでその成果について述べている。5 はこれらの研究開発の副産物として、国際標準化に関して貢献を行っており、その成果と現状に関して述べる。6 はまとめである。

3 研究開発の経緯

近年、携帯電話を始めとする移動体通信サービスの社会的役割はますます増大しており、特に携帯電話はその利便性や高機能化を受けて防災・減災等での利用も検討されている。しかしながら地上系通信システムには災害に対する脆弱性、すなわち、中継回線の寸断による不通、停電による基地局・中継局の停波や、輻輳による通信規制等が想定される^[1]。さらに圏外エリアのユーザや沿海域航行の船舶、山岳登山者などが直面する不感地域対策も必要である。平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災はこれらの脆弱性を顕在化する結果となり、携帯基地局に最大で 14,000 局の停波が生じ、その修復には 1 ヶ月を超える期間を要した^[2]。

これらの対策として特に有効であると考えられるのは、普段使用している携帯端末での衛星通信の実現である^[3]。これは、地上系と衛星系の携帯電話システムを統合し、共用携帯端末を用いてサービスを提供するシステムである。従来の衛星携帯電話（ワイドスター II^[4] やイリジウム^[5] など）は、衛星の持つ広域性により広いサービスエリアを実現可能である反面、端末のサイズや重量の低減化、専用端末が必要、等の課題がある。このため、緊急用の衛星通信専用端末は、平常時に適切な訓練や整備を要しており、場合により災害時に使用できないことが想定される。そこで、住民が普段使用している携帯端末に衛星通信機能を付加することにより、普段は地上系の携帯電話網に接続するとともに山岳地域や沿海域等の地上携帯電話不感地帯で衛星回線を使用し、災害時は衛星回線を活用することが可能となる。

このような、衛星系と地上系の通信システムを補完統合したネットワークの研究開発は各国で進められている。衛星系と地上系の移動通信システムの統合については、近年諸外国において L 帯（1.5～1.6GHz 帯）や S 帯（2GHz 帯）で移動衛星サービス（Mobile Satellite Service: MSS）用周波数帯を地上系サービスと共用し、静止衛星を用いたシステムの実現に向けた法制化・実用化の動きがある。米国では、衛星携帯電話をメインとして地上系を補完的に利用する ATC（Ancillary Terrestrial Component）方式^[6] の MSS/ATC システムがサービス開始または計画中であり、

欧州においても同様の方式を CGC（Complementary Ground Component）と呼び、例えば地上系第 3 世代携帯電話で衛星による SDMB（Satellite Digital Multimedia Broadcasting）サービスが開始している^[6]。

日本では地上系と衛星系通信システムを統合して周波数有効利用のため、同一周波数帯を共用しつつ通信を行う「地上／衛星共用携帯電話システム」(Satellite/Terrestrial Integrated Mobile Communication System: 以下 STICS と呼ぶ)の研究開発が行われている^[7]。これは、地上系と衛星系の携帯電話システムを統合し、共用携帯端末へサービスを提供するシステムである。このため、次世代安全安心 ICT フォーラム衛星通信分科会等で衛星通信システムの活用に関して検討が実施され、平成 20 年度に総務省の研究課題として公募され、情報通信研究機構が研究を受託した。

情報通信研究機構においては、全体システムに関しては地上／衛星間の同一周波数共用に伴う干渉量の評価、動的リソース割当て制御方式の検討、干渉評価の基礎データとするための現用携帯電話システムの電波強度データの収集・分析等を通じた周波数共用方式の評価を実施している。また、衛星系ハードウェアに関してデジタル技術による 100 ビーム級のビーム形成及びチャネライザの開発、低サイドローブ化技術として 100 ビーム級のフェーズドアレー給電反射鏡アンテナのサイドローブ低減技術の検討、100 素子級のアンテナ素子を含む給電回路技術の開発等を実施している。

4 想定するシステム

図 1 に地上／衛星共用携帯電話システムの利用イメージと特徴を示す。STICS は、平常時には山岳地域や沿海域等の携帯電話不感地帯でのデジタル・ディバイド対策として、また災害時は住民等への的確な災害情報の伝達や迅速な救援活動等に不可欠な情報通信インフラとして利用可能なシステムである。また、従来は衛星系と地上系でそれぞれ専用の端末であり、また専用の周波数帯が割り当てられていたのに対し、STICS では共用端末で地上系と衛星系のどちらの通信網にも接続可能であり、さらに同一の周波数帯を共用することで高い周波数利用効率を実現することができる。周波数帯としては例えば IMT-2000 の移動衛星サービス（MSS）用周波数帯（S 帯の上り 1980-2010 MHz、下り 2170-2200 MHz の各 30 MHz）が想定されている。図 1 に示す全体システム構成では、携帯端末や可搬端末等の共用端末は地上系と衛星系のどちらの通信網にも接続可能なデュアル通信機能を有する。携帯端末は超小型の衛星アンテナによる音声通信を主なサービスとし、可搬端末は小型の衛星アンテナ

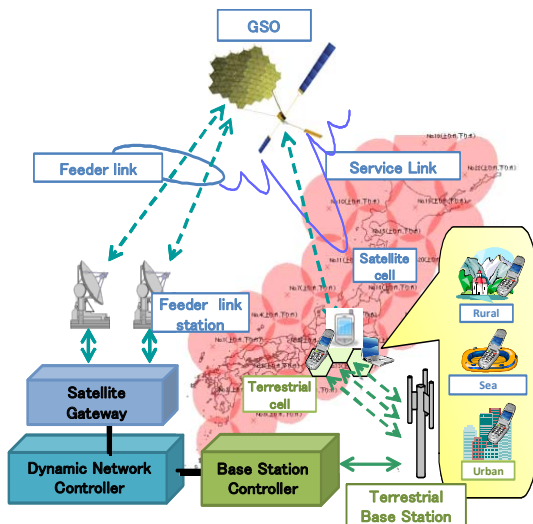
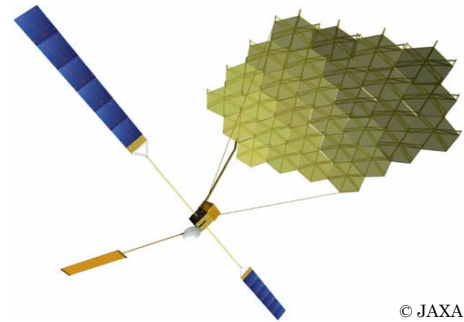


図1 地上／衛星共用携帯電話システムの利用イメージ

によるデータ通信を主なサービスとする。地上局や基地局はそれぞれの制御装置で管理され、さらにコア・ネットワークを通して地上・衛星共通制御装置によって一元的に管理される。本システムをまとめると以下の通りである。

- (1) 既存の衛星系通信システムに分配された周波数を地上系システムと共用することで周波数の有効活用を図る。
- (2) 災害時での地上系インフラが遮断された場合でも衛星系システムを利用することで通信インフラの確保を図る。
- (3) 衛星に開口径 30 m 級の大型アンテナを搭載し、100 ビームクラスの衛星ビームを形成することで地上携帯電話と同程度サイズ及び重量の共用端末の実現を図る。
- (4) 地上系及び衛星系からの周波数割当て、送信電力等の制御情報を一元的に管理することで干渉回避の最適化を図る。

また、衛星系の想定に関しては **3** に記述するが、衛星搭載アンテナ (図 2) の諸元は以下の通りを仮定している。送受信共用オフセットパラボラアンテナ 1 面を有し、その直径は約 30m、給電方式はフェーズドアレー給電を利用した離焦点給電である。想定している焦点距離と開口径の比 (F/D) は 0.6、素子数とビーム数はともに 100 程度である。このときのビームスポット直径は約 200 km となる。サービスエリアは日本の領土及び経済水域が対象であり、近隣諸国に対してもフレキシビリティを持つこととしている。これらの値も研究開発を推進する中で、衛星通信分科会のメンバーを中心に関係者が協議をする中で決定を行った。



© JAXA

図2 STICSにおいて想定する衛星搭載アンテナ

5 研究開発項目と年次目標

研究課題は2つに分かれている。主に地上／衛星のシステム的な検討である、「地上／衛星系協調制御技術の研究開発」及び主に実現に必要な衛星系の研究開発である「地上／衛星間干渉回避及び周波数割当技術の研究開発」である。このうち、後者は耐飽和増幅器技術、超マルチビーム形成技術、低サイドローブ化技術、リソース割当再構成技術の4つの小項目に分類されている。これらの研究開発課題と年次計画を図3に示す。次節でそれぞれの研究課題の詳細を示す。

5.1 地上／衛星系協調制御技術

地上／衛星系協調制御技術は主に地上／衛星のシステム的な検討を中心としている。本質的に本システムは地上システムと衛星システムという異種のネットワークを協調制御する必要があるため、そのための具体的な手法について検討を行う。図3に示すスケジュールには3項目の研究開発項目があり、各々「ア-1. 周波数協調制御技術の研究開発」「ア-2. ダイナミックネットワーク技術の研究開発」「ア-3. ア項総合試験」である。このうち、ア-1とア-2は一体的に実施することにした。それらの研究においては、シミュレータ系の研究開発として、干渉評価シミュレータやトラフィック監視管理シミュレータといった項目と、干渉波となる地上携帯電話の送信電力測定項目に分けられており、最終年度にこれらを統括して総合試験としている。

まず、地上／衛星間の干渉を評価する干渉評価シミュレータを構築した。地上系と衛星系を共存させる際にはこれらの干渉が必ず問題となる。本研究開発ではマルチビーム化された衛星ビームの周波数を分割した際に、地上と共用する際の干渉検討を実施している。地上システムと衛星システムの干渉評価シミュレータの機能を拡張して、時間、周波数、空間等リソースの有効利用を最適化するための評価を実施した。この中で、本システムの収容局数を9千万局と概算した⁽⁸⁾

研究開発のスケジュール

研究開発内容	平成20年度	平成21年度	平成22年度	平成23年度	平成24年度
ア)地上／衛星系協調制御技術					
1. 周波数協調制御技術の研究開発	全体システム検討、ユーザ発生シミュレータの試作	リソース最適化シミュレータの試作	トラフィック監視管理シミュレータ試作	前年度までのシミュレータ試作の組合せ確認と評価	
2. ダイナミックネットワーク技術の研究開発	地上携帯電話送信電力測定試験試作	地上携帯電話送信電力測定試験	地上携帯電話送信電力測定試験の継続	地上携帯電話送信電力測定・評価解析	
3. ア)項 総合試験・評価					ア)項全体の総合試験
イ)地上／衛星間干渉回避及び周波数割当技術					
1. 耐飽和増幅器技術	耐飽和低雑音増幅器要素試作、高線形性個体増幅器要素試作	送受共用給電部と耐飽和増幅器の組合せ試験			
2. 低サイドロープ化技術		ビーム方向変化の補正手法検討	低サイドロープ技術の基礎検討、ヌル形成技術の検討	組み合わせ試験による低サイドロープ技術の確認	
3. 超マルチビーム形成技術	送受共用給電放射素子試作	送受共用給電放射素子と耐飽和増幅器組合せ試作	小規模(16素子以上)給電部の試作	組み合わせ試験によるビーム形成機能の確認と評価	
4. リソース割り当て再構成技術	DBF用動振分布シミュレータ試作、チャネライザ処理方式検討	チャネライザ/DBF方式基本回路試作・評価	小規模チャネライザ/DBF装置試作・評価、周波数変換ユニットの試作、超多ビームユニット部基本部分試作	小規模チャネライザ/DBF装置と給電部の組合せ試験、超多ビームチャネライザ/DBF基本部分試作、試作機の搭載性検討の実施	超多ビームチャネライザ/DBF装置と給電部組合せ試験、チャネライザ/DBFの軽量化等を実施
5. イ)項 総合試験・評価					イ)項全体の総合試験
ウ)総合試験・評価					ア)項、イ)項全体の総合試験

図3 研究開発の項目とスケジュール

ほか、災害発生時の回線数の最適化機能を付加^[9]した。また、地上系トラフィック(地上系ユーザ数)及び衛星系トラフィック(衛星系ユーザ数)の常時監視及び管理を行う監視管理模擬装置を試作し、干渉評価の詳細化とともに^[10]災害時等のトラフィックが変動した状況での干渉を評価している。また、地上系と衛星系間の統合的な制御手法の一環として、ダイナミック制御の検討を開始し、地上系と衛星系を接続する管理サーバの基本的な機能についてアルゴリズムの構築を実施している^[11]。この中で、地上系に3GPPシステムを前提とすると、衛星系はNon-3GPPシステムととらえることも可能であること^[12]、また、これらのSTICSシステムで想定される輻輳時の回線規制の手段について、衛星システムのチャンネルに重要通信呼のみ使用可能な重要通信優先チャンネル枠を設け、枠外のチャンネルを一般呼と重要通信呼で共有することを提案し、重要通信を確保しつつチャンネルの使用率を高めることができることをシミュレーションにより示している^[13]。

また、地上携帯電話の送信出力の測定のための実験については、送信電力制御された地上携帯電話の送信電力測定のための実験装置を開発し、実験車に搭載して全国各地を走行し、都市部から低人口密度地域まで場所、時間等を変化させて測定を実施し、データを蓄積している^{[14][15]}。また、同装置を航空機に搭載し、航空機において携帯電話上り周波数及び携帯基地局下り

周波数を同時に受信することで、上空の衛星方向での干渉量を直接測定している。この試験も前記と同様に都市部から郊外部、加えて海上等での測定を実施している。この中で、いずれの場所においても、携帯電話上り周波数での受信電力は、携帯基地局下り周波数のそれと比較して、20dB以上低い事が判明した^[16]。基地局(下り回線)では、地上通信はアンテナ指向性を下方にチルトさせており、衛星方向への放射はさほど大きくないと期待されたが、衛星への干渉量は携帯電話上り回線の方がより小さいことが判明した。これは、ノーマルモードにおける干渉量とリバースモードにおける干渉量を比較したときに、リバースモードの方が大きいということを示しており、本システムを導入する際の指針を得ている。

さらに、携帯端末は屋外で使用されるとは限らず、屋内においてある端末からの干渉量の評価に関して、鉄筋コンクリートの建物屋内での出力測定実験を^[17]実施し^[18]、干渉量評価に役立て^[10]ている。

これらを元に、STICSの地上／衛星回線の同時収容局数の評価を緻密化した干渉モデルのもとで実施し、平時で衛星システム側は常に最大回線数の回線が収容でき、地上システム側も1,000万局オーダーの回線が収容できることを確認した^[19]。災害時のビーム配置においても一例として同等の回線数が収容可能であることを確認できた。

さらに、平成 23 年度までに試作評価の結果を組み合わせ、総合試験のための地上衛星系総合ネットワーク監視管理装置を構築することで、大規模システム化を図った。

- ①総合監視管理模擬装置、衛星局、衛星フィーダリンク局、実通信端末装置に機能を分散化し、実態に近いシミュレーションを行った。
- ②イ項開発品である DBF チャネライザとのインタフェースを組み込み、実際にダイナミック制御を確認した。
- ③シミュレーション能力を向上させ、平成 24 年度は前年度の 80 倍の端末数の大規模なシミュレーションの実行が可能となり、東日本大震災に近い状況を模擬できるようになった。これにより、より実態に近い地上／衛星共用システムの協調制御を実証することができた。
- ④東日本大震災発生後 10 時間程度のシミュレーションを動作させることによって、大規模な地上通信設備損傷においても、一定の発呼規制を行うことにより優先端末が衛星回線を利用することにより維持可能であり、衛星回線の有効性がシミュレーションにより確認された。

5.2 地上／衛星間干渉回避及び周波数割当技術

これらは当該システムの実現に必要な衛星系の要素技術の研究であり、耐飽和増幅器技術^[20]、超マルチビーム形成技術、低サイドロープ化技術、リソース割当再構成技術の 4 つの小項目に分類されている。

耐飽和増幅器技術として、地上／衛星共用携帯電話システムの低雑音増幅器 (LNA) は、地上系システムからの高レベルの干渉が想定されるため、線形性を有しつつ低い雑音指数が望まれる。このため、干渉波が所望波より 40 dB 以上高い状況においても有効に動作する LNA を開発した^[21]。また、固体増幅器は多数の通信チャネルを同時に増幅するため、高度な線形性と高効率動作が望まれる。このため、電力付加効率 60% 以上で、IM3 が 16 dB 以上の GaN デバイスを用いた固体電力増幅器を開発した。

超マルチビーム形成技術は、衛星上で 100 個もの多数のマルチビームを形成して、衛星上で使用しない周波数を地上に割当て可能とすることで、周波数の有効利用を図るための技術である。まず、アンテナ素子を数種のうちから選定して試作し、特性が最良の形式として、キャビティ付近接結合パッチアンテナ^[22]を選定し、さらに高密度アンテナ給電回路として、放射素子 1 素子と送受分離用のダイプレクサ、大電力増幅器／耐飽和低雑音増幅器を組み合わせた送受共用給電部の基本部分を試作した。この中で、アンテナの配列

試験等を実施している。その後、これらの成果を元に、16 素子小規模アレーの構築を STICS 衛星の諸元を反映したパラメータを用いて実施した。

また、低サイドロープ化技術としては、地上から衛星への干渉波は衛星ビームの主ビームの近傍にあるサイドロープから受信されることになるため、サイドロープの低減により干渉を軽減するための課題であるが、より困難な課題として、衛星搭載大型反射鏡アンテナには、指向方向やサイドロープの時間変動があることが近年判明し、これらにも役立つ衛星搭載アンテナの低サイドロープ技術の研究も同時に必要となってきた。まず、衛星搭載アンテナ鏡面や構体の変動に起因するビーム方向変化の補正手法を検討する一環として、ビーム方向変化に関する指向変動補正模擬ソフトウェアの作成を実施^[23]した。これは、複数の地上局による素子電界ベクトル回転法 (REV 法)^[24]を適用し、軌道上の一次変形まで推定し補正することで有効性を示した。本手法について大型展開アンテナを使用した実験を行いその有効性を示すとともに、これらのソフトウェアの精緻化を実施している。

リソース割当再構成技術は衛星搭載のデジタルビーム形成 (Digital Beam Forming : DBF) 及び周波数有効利用に資するチャネライザの技術を称している。近年、デジタル技術における集積度の向上はめざましく、衛星搭載においても例外ではない。このため、高機能で低消費電力な衛星搭載デジタル機器の構成が容易になりつつある。特に、FPGA (Field Programmable Gate Array) 等を使用した再構成可能な衛星搭載デジタル機器は衛星のオンボード機能の変更が可能であるという利点を持つ^[25]。また、デジタルベントパイプ方式は、いずれの変調方式も採用が可能であるという利点があるため、STICS おいて採用することとした。

DBF／チャネライザについては、基礎的な検討を実施したのち、チャネライジングと DBF 一体化処理方式の基本設計を反映し基本回路を試作し、AD／DA 変換、準同期検波部、DBF 及びデジタルチャネライザ演算部の単体評価と総合評価を実施した^[26]。さらに、16 素子以上の給電部に対応したチャネライザ／DBF 装置の試作と、デジタル部と給電部を接続する周波数変換ユニットの試作を行った。これら小規模モデルを使用してビーム形成や低サイドロープに関する等の試験を実施した。

さらに、より大規模化した実験として、超多ビームに対応したチャネライザ／DBF 装置を開発^[27]し、給電部を組み合わせた試験として、100 素子相当の等価的なアレーアンテナ、チャネライザ／DBF、給電部の試験及び、100 ビーム相当のアレーアンテナ、チャ

1 地上／衛星共用携帯電話システムの研究開発の概要

ネライザ／DBF、給電部の実施し、超マルチビーム、低サイドローブを実現するためのデジタルチャネライザの有効性とアンテナシステムとしての成立性を実証した。また、衛星機器内部のデジタル機器による排熱対策として、従来より大容量なヒートパイプによる排熱手法を提案し、排熱構造モデルの試作、振動試験、熱真空試験を含む評価により、小型軽量化技術を適用した送受信チャネライザ／DBF装置が実装構造的に実現可能であることを確認した。また、この排熱構造を搭載することで、衛星搭載を想定した受信DBF／デジタルチャネライザの寸法、質量見積もりにおいて、寸法(体積)で約63%、質量で約40%削減されることを確認した。

さらに、デジタルチャネライザ／DBF装置を駆動するための再構成可能チャネライザ／DBF用ソフトウェアを開発し、衛星搭載とする際必要な、再構成機能、自己診断機能、SEU(シングルイベントアップセット)対策機能等を搭載し、その有効性を確認するとともに、イ項に関する総合試験で活用した。さらに、

今後このソフトウェアを拡張発展することで実用化にかかる衛星搭載に活用可能であることを実証した。

衛星搭載として、支配的影響を与えるSSPA及び、チャネライザ／DBFの試作結果及び今後の技術的發展を外挿して必要となるリソース(質量、消費電力)を算出した。この結果より、同時収容1万回線条件として、打上げ時6トン級の静止衛星により、本ミッションを達成する通信衛星が成立する見込みを得た。特に、本研究の一環として実施したGaN利用のSSPAが十数パーセントの回線数増加に寄与することがわかった。

5.3 総合評価試験

総合評価試験として、ア)項の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装置や給電部等、さらに大型展開鏡面モジュールを組み合わせ、低サイドローブ技術、超マルチビーム形成技術を検証するための実際の衛星構成による大規模な総合評価を行うための総合模擬評価装置を開発し、ア)項及びイ)項をまとめた総合評価試験

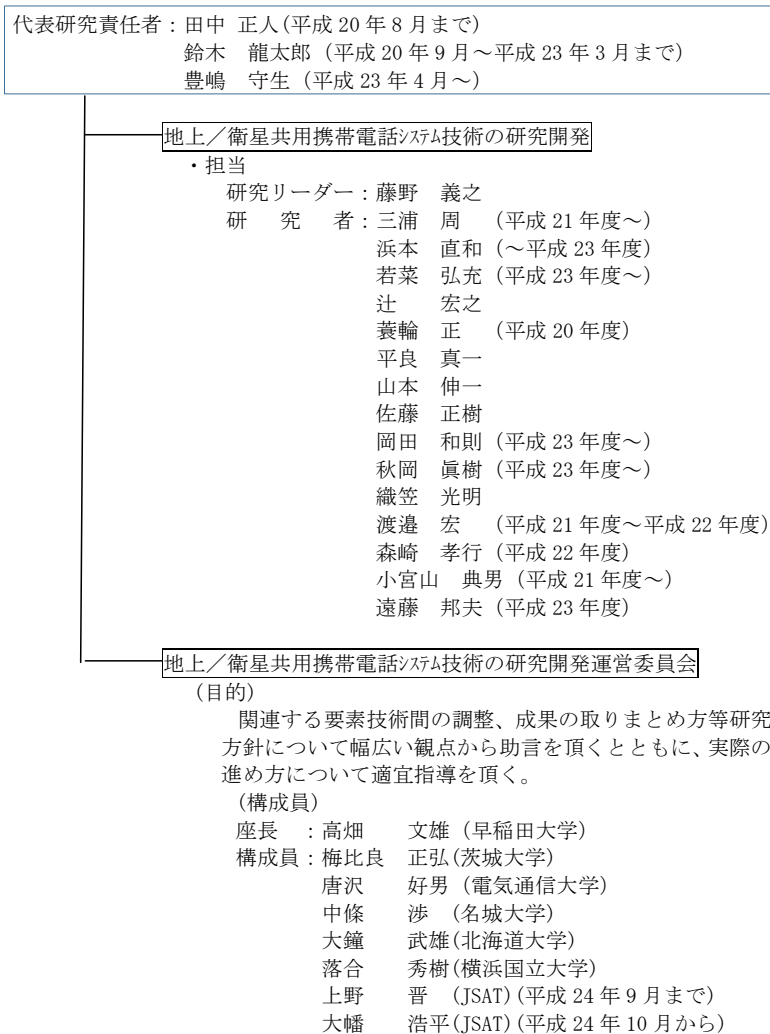


図4 研究開発体制図

を実施することを目標とした。

ア) 項開発品とイ) 項開発品を接続して、総合評価を行うための総合評価模擬装置を開発し、ウ) 項の総合評価試験として使用した。総合評価試験では、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もと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ともに、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²⁸⁾。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。

6 実施体制

図4に実施体制の図を示す。基本的には総務省を委託者、NICTを受託者とした研究開発である。NICTにおいては、無線通信関連のセクションである新世代ワイヤレス研究センター(現：ワイヤレスネットワーク研究所)における宇宙通信関連の担当研究室である宇宙通信ネットワークグループ(現：宇宙通信システム研究室)が担当し、宇宙通信の研究室が一丸となって研究にあたるために、宇宙通信研究システム室長を研究責任者とした。

また、研究開発に関する適宜のコメントを頂くため、「研究開発運営委員会」を組織し、研究開発の状況を年数回の運営委員会を開催することでコメントを頂き、開発の方針等に反映した。さらに、次世代安全ICTフォーラム衛星通信分科会殿においては、本研究開発に関してユーザ側、衛星開発側、事業者側等の様々な立場の方々からコメントを頂く場を提供していただいた。

7 まとめ

本稿においては、平成20年度に総務省から受託した、地上／衛星共用携帯電話システムの研究開発について、その概要と全体システム構成や、プロジェクト推進体制等について紹介した。

本研究開発はNICTの宇宙通信グループとしては他に例を見ない長期の外部資金による研究開発であった。そのため、通常の研究開発に要する人、物、資金、時間等のリソースを融通していただいたことは非常に有り難いことであった。特に人材の面での厚いサポートを頂き、何とかこのプロジェクトを出口に導くことができた。これまでの支援に感謝する。

8 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。

【参考文献】

- 1 泉田, “大規模災害時の情報通信に対する期待,” 2009 電子情報通信学会ソサイエティ大会, TK1-1, Sept. 2009.
- 2 “情報通信分野における東日本大震災による被害状況とこれまでの復旧状況,” 情報通信審議会 情報通信政策部会(第37回) 資料 37-1-10, June 2011.
- 3 山本他, “ワイドスターIIの概要,” 2010 電子情報通信学会ソサイエティ大会, B1-1-9, Sept. 2010.
- 4 <http://www.kddi.com/business/iridium/keitai/index.html>
- 5 G. M. Parsons and R. Singh, “An ATC Primer: The Future of Communications,” Mobile Satellite Ventures, 2006.
- 6 P. Febvre, “Integrated Mobile Satellite Terrestrial Systems,” ICSSC2009 Colloquium, Edinburgh, June 2009.
- 7 蓑輪他, 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. J91-B, No.12, pp.1629-1640, Dec. 2008.
- 8 三浦他, “地上／衛星共用携帯電話システムの衛星上り回線干渉量の解析,” 2009 電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-3-6, Sept. 2009.
- 9 三浦他, “地上／衛星共用携帯電話システムリソース最適化装置の開発,” 2010 電子情報通信学会総合大会, B-3-3, March 2010.
- 10 三浦他, “地上衛星共用携帯電話システムにおける地上システム上り回線からの干渉モデルのパラメータスタディ,” 2010 電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-3-2, Sept. 2010.
- 11 三浦他, “地上／衛星統合移動通信システムアーキテクチャに関する一検討,” 2011 電子情報通信学会総合大会, B-3-20, March 2011.
- 12 G. Motoyoshi et.al. “Overall Architecture and Traffic Dynamic Control Method in the Satellite/Terrestrial Integrated Mobile Communication System”, 29th AIAA ICSSC-2011, Nov. 2011.
- 13 島津, 岡田, 藤野, “地上／衛星共用携帯電話システムにおける重要通信優先チャネル枠設定時の諸特性評価,” 電子情報通信学会 第2回安全・安心な生活のための情報通信システム研究会, Nov. 2012.
- 14 渡邊他, “地上／衛星共用携帯電話システムの干渉量評価のための携帯電話端末送信出力測定実験,” 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. J94-B, No.3, pp.419-422, March 2011.
- 15 渡邊他, “地上／衛星共用携帯電話システムの干渉量評価に関する北海道地区での携帯電話出力測定実験,” 2011 電子情報通信学会総合大会, B-3-23, March 2011.
- 16 辻他, “地上／衛星共用携帯電話システムにおける航空機を利用した携帯電話端末及び基地局からの干渉量測定実験,” 2010 電子情報通信学会総合大会, B-3-5, March 2010.
- 17 三浦他, “地上／衛星共用携帯電話システムの干渉評価のための携帯端末と疑似衛星局を用いた屋内／屋外搬送基礎実験,” 2010 電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-3-3, Sept. 2010.
- 18 三浦他, “地上／衛星共用携帯電話システムの干渉評価のためのビル街屋外／屋内環境における地上携帯電話送信電力評価実験,” 2011 電子情報通信学会総合大会, B-3-24, March 2011.
- 19 三浦周, 辻宏之, 遠藤邦夫, 藤野義之, 豊嶋守生, “地上／衛星共用携帯電話システムの収容局数評価について,” 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. SAT2013-19, pp.47-52, July 2013.
- 20 藤野他, “地上・衛星共用携帯電話システムにおける衛星搭載低雑音受信機と固体電力増幅器の検討,” 2009 電子情報通信学会総合大会, B-2-54, Sept. 2009.
- 21 藤野他, “地上衛星共用携帯電話システムのための衛星搭載用耐飽和低雑音増幅器の開発,” 電子情報通信学会論文誌 B, J97-B (11) pp.1066-1070, Nov. 2014.
- 22 藤野他, “低軸比特性を有するキャピティ装荷4点給電広帯域円偏波MSAの試作結果,” 2010 電子情報通信学会総合大会, B-1-146, March 2010.
- 23 織笠他, “衛星搭載大型展開アンテナ指向変動等補正模擬ソフトウェアの開発,” 2010 電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-3-4, Sept. 2010.
- 24 真野他, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J65-B, No.5, pp.555-560, May 1982.
- 25 Thomas C. Butash and Joseph R. Marshall, “Leveraging Digital On-Board Processing to Increase Communications Satellite Flexibility and

1 地上／衛星共用携帯電話システムの研究開発の概要

- Effective Capacity' 28th AIAA International Communications Satellite Systems Conference (ICSSC-2010), " AIAA2010-8715, 30 Aug. -2 Sept. 2010, Anaheim, California
- 26 小宮山他, "地上／衛星共用携帯電話システム用衛星側チャネライザ／DBFの基本回路開発," 2010 電子情報通信学会ソサイエティ大会 ,B-3-5, Sept. 2010.
- 27 Yoshiyuki Fujino, Amane Miura, Horoyuki Tsuji, Teruaki Orikasa, Kunio Endo, Kazunori Okada, and Norio Komiyama, "Overall demonstration experiment of Satellite/Terrestrial Integrated mobile Communication System at the emergency disaster," 2013 Asia-Pacific Radio Science Conference, Sept. 2013.
- 28 三浦, 織笠, 辻, 藤野, 小石, 小林, 熊谷, 松崎, "地上／衛星共用携帯電話システム用 DBF／チャネライザの開発," 電子情報通信学会論文誌 B J97-B (11), pp.1032・1042, Nov. 2014.



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