



衛星通信の世界動向

情報通信研究機構
ワイヤレスネットワーク研究所
門脇直人



0

S帯の世界動向

□ 衛星携帯端末サービスの衛星

- Thuraya衛星(ボーイング製)中近東・ヨーロッパ・アジアをカバーするThuraya衛星(ボーイング製)がある。ユーザ数30万台(110カ国)、Lバンド、電気開口径12.25mアンテナ、クラスタ給電方式によるアンテナビーム形成。携帯端末としては衛星と地上(GSM)へアクセス。
- ETS-VIIIは、周波数がS-band(2.5GHz帯)、電気開口径は約13m、フェーズドアレー方式を用いることでビーム指向を自由に設定。
- 米国ではATC (Ancillary Terrestrial Component)方式(同じ周波数帯での地上衛星共用携帯電話サービス方式)として、Skyterra1,2(Lバンド、22mアンテナ)、TerreStar衛星(Sバンド、18mアンテナ)、ICO(Sバンド、12mアンテナ)の開発(一部打ち上げ済み)、現在Dish NetworksがICO-G1とTerreStar-1衛星を取得しMSS/ATSシステムのサービスを検討中。
- 欧州においても、同様なシステムでCGC(Complementary Ground Component)システムが計画され、2009年5月にSolaris MobileとInmarsatのシステムに事業免許。Solaris Mobileはすでに打上げられているEutelsat W2Aにより限定的に試験的サービスを実施。
- 韓国においてもS帯通信衛星に関する新たな通信方式について研究開発を実施
- 我が国は米国のATC方式と同様な地上衛星共用携帯電話サービスの実現を目指して総務省が研究開発施策を実施。NICTは電波利用料案件として地上系通信システムと統合した携帯端末を用いる衛星通信システム(地上/衛星共用携帯電話システム: STICS)の実現に向け、同一エリアで移動体衛星通信と地上携帯端末の周波数共用を可能とする技術及び災害時に地上の携帯電話等の通信需要に柔軟に対応可能する周波数共用技術について研究開発を実施中。



携帯端末用衛星通信システムの現状と計画(1/2)

衛星名 (運営事業体)	サービスエリア	備考
SkyTerra-1, 2 & SA (米国／カナダ; SkyTerra(旧 MSV))	北米、中米および南米	<ul style="list-style-type: none"> ・LバンドのMSS/ATCシステム ・初号機は2010年に打上げ ・搭載アンテナ径22m ・GPSとの干渉あり、2012年に倒産、Light Squaredに譲渡
TerreStar-1&2 (米国; TerreStar Network)	米国、カナダ、 エルトリコ	<ul style="list-style-type: none"> ・SバンドのMSS/ATCシステム ・初号機は2009年7月に打上げ ・搭載アンテナ径18m ・2010年倒産、DishNetworksに譲渡
ICO-1 (米国; ICO North America)	米国、エルトリコ	<ul style="list-style-type: none"> ・SバンドのMSS/ATCシステム ・搭載アンテナ径12m ・衛星は2008年1月にアトラスVで打上げ ・事業停止、DishNetworksに譲渡
Eutelsat-W2A (Eutelsat / SES Global)	ヨーロッパ地域	<ul style="list-style-type: none"> ・衛星系(SDMB)と地上系(3G/Beyond3G)携帯電話を複合した移動体通信システム ・衛星は2009年にSea Launchで打上げ ・搭載アンテナ径12m



静止移動体衛星通信システムの現状と計画(2/2)

衛星名 (運営事業体)	サービスエリア	備考
Thuraya (アラブ首長国連邦; Thuraya Satellite Telecommunications)	ヨーロッパ、中央アジア 中東、北および 中央アフリカ、日本	<ul style="list-style-type: none"> ・2001年6月商用サービス開始 ・1号～3号機を運用 ・搭載アンテナ径12.25m ・衛星地上デュアルユース:衛星／GSM ・携帯端末重量:170g(衛星・地上)、130g(衛星のみ) ・利用者:30万人
GARUDA-1 (インドネシア; ACeS)	アジア全域	<ul style="list-style-type: none"> ・2000年9月から商用サービス開始 ・搭載アンテナ径12m ・衛星地上デュアルユース:衛星／GSM ・携帯端末重量:210g(衛星・地上)、 2号機の計画については未定
イリジウム	グローバル	<ul style="list-style-type: none"> ・Lバンドの非静止衛星システム(66個の周回衛星を使用) ・携帯端末重量:375g



世界の携帯端末用衛星通信システムの現状

□ 現在、携帯端末で通信が可能な衛星システム

- ・静止移動体衛星通信システム: Thuraya、Garuda 、Immarsat I-4

- ・非静止移動体衛星通信システム: イリジウム

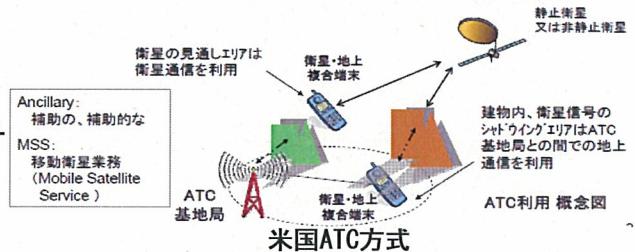
□ 衛星携帯のみのシステムと、衛星/地上のデュアルモードのシステムがある

□ 近年、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方式(Ancillary Terrestrial Component) の3つのMSS/ATCシステムを計画中(一部は衛星打上済); SkyTerra、Dish Networks

□ ヨーロッパでも、地上系3G携帯端末で衛星によるSDMB(Satellite Digital Multimedia Broadcasting)サービスを計画; Eutelsat

□ これらシステムは、衛星系と地上系で同一周波数帯を共用することが特徴

- ・衛星移動通信(MSS)周波数帯域において、衛星通信事業者にのみ許された地上系を補助的に利用するシステム
- ・衛星通信事業者のみ使用可能で、地上系通信事業者は使用できない
- ・衛星はマルチビームアンテナを使用し、ビームごとに異なる送受信周波数を使用する
- ・衛星系と地上系の周波数をビームごとに替え、同一周波数帯を共用する



4

LightSquaredの動向

□ LightSquared(SkyTerra衛星)の状況

□ GPS干渉によりサービス延期

□ システム構成

北米4箇所のフィーダリンク局で管理。また、Skyterra衛星を用いて、この事業者が管理している8ビームの衛星(MSAT)のビーム形成も可能であり、バックワードコンパチビリティを確保。ATCに関しては都市部以外での展開は考えていない。ローカル地域はあくまでも衛星。

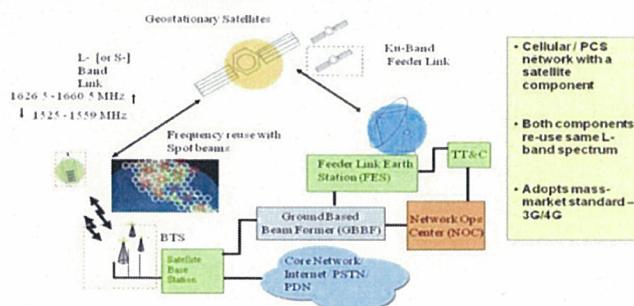


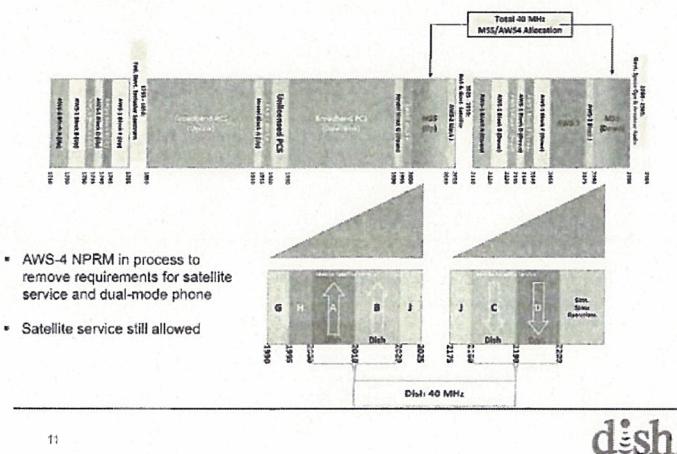
Figure1: Simplified hybrid MSS ATC network concept

□ 2012年5月にチャプター11を申し立て

(<http://www.lightsquared.com/press-room/press-releases/lightsquared-implements-voluntary-chapter-11-restructuring/>)

Dish Networksの動向

Dish Spectrum Position



- 事業停止したTerreStarとICOを買収し、S帯のスペクトルを有効利用
- 左図のスペクトルはTerreStar衛星とICO衛星の20MHz帯域を示す
- 予備衛星の保有、地上ネットワークへの展開等のATCの条件の緩和をFCCに要求中
- 地上通信利用として注目された、米国ATC、欧州CGCは共に市場としては未成立

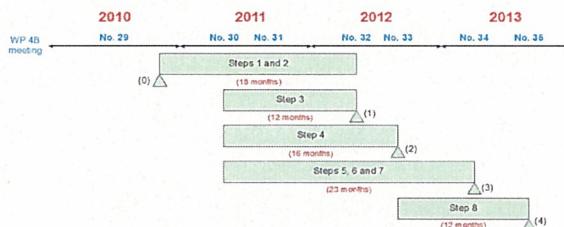


標準化の状況

ITU-Rにおける標準化活動

- ITU-Rにおける関連Study Group(SG)及びWorking Party (WP)はSG 4 (Satellite Service)、WP 4BおよびWP 4C
- WP4Bにおいては、LTE-Advancedをベースとした衛星無線インターフェースの勧告化の議論が実施されており、従来韓国のみ寄与文書を提出していたが、最近中国も提出してきている。

ITU-R決議57 "Principles for the process of development of IMT Advanced"



IMT Advanced Satellite Interfaceの研究スケジュール(既に勧告化直前)

IMT衛星コンポーネントに関する検討は、これまで韓国主導により進められてきた。

SAT-OFDMの技術的条件の勧告化に向けて韓国及び中国から提案(前会合)

両提案をまとめて一つの勧告とすることで合意。韓国と中国提案を併記することが合意され、新勧告草案(PDNR) M.[IMT-ADVANCED-SAT]に向けた作業文書が合意された。

→衛星特有の課題に対応する方法が提案されている。

低いPAPR(Peak to Average Power Ratio)に抑える方式

長いラウンドトリップタイムに対応する方式

但し、きちんとした第3者評価はされていない。



標準化の状況(2)

AWGにおける標準化活動

NICTにおける活動

- APT諸国の理解を得、STICSの成果をレポートとしてまとめ支持を得ることを目的。
- AWG(APT Wireless Group)も議論を実施。NICTからはこれまで4件の寄書を行い、現在「災害時における衛星と陸上業務の効率的な相互運用のための研究」のレポート化を実施。
 - 2011年3月: AWG-10 STICSの概要を入力
 - 2011年9月: AWG-11 STICSにおける衛星側の干渉に関して検討
 - 2012年3月: AWG-12 STICSにおける干渉検討の継続
 - 2012年9月: AWG-13 地上システムと衛星システムの間をダイナミックに制御するアルゴリズムを提案
 - 2013年3月: AWG-14 これまでの寄書をまとめ、レポートして成立
- AWG-14/OUT-03 New APT Report on Studies for the Efficient Interoperability between Satellite and Terrestrial Services in the Area of Disaster Mitigation and Relief



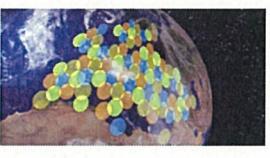
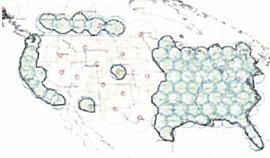
8

Ka帯の世界動向

- SpaceWay衛星がATM-like交換機を搭載している。WINDSに搭載されているATM交換機はSpaceWayのATM交換機に比べて高速。
- 2009年11月打ち上げられたインテルサット14号に、米国防総省DODのIRIS(IP routing In Space)ミッションとしてシスコシステムズが開発したIPルータを搭載。
- レイヤー3のルータ機能を衛星に搭載することに関しては、低速通信であれば可能であるが、WINDSの高速伝送能力を生かせるレイヤー3機能の実装については、今後研究開発が必要。
- WINDSについては、NICTが開発した622Mbps/1.2Gbps高速バーストモードは世界最高速の衛星通信を実現。ベントパイプ型の衛星中継においても、1.2Gbpsという世界最高速の衛星伝送速度を実現。マルチビーム対応のサテライト・スイッチド時分割多元接続を行える点も世界初。
- Ka帯の衛星サービスとしては、衛星事業者によりKA-SATやViaSAT-1等が打ち上げられ、Inmarsat-5やEpic等が計画。(次項参照)



Kaバンド(26~40GHz)衛星の世界の動向

KA-SAT (衛星事業者:Eutelsat)	ViaSAT-1 (衛星事業者:VIASAT)	Inmarsat-5 (衛星事業者:Inmarsat)	Epic (衛星事業者:Intelsat)
ビーム数:82 キャパシティ:70Gbps 打ち上げ:2010年12月26日	ビーム数:56 キャパシティ:140Gbps 打ち上げ:2011年10月19日	ビーム数:89ユーザビーム キャパシティ:50/5 Mbps (down/up) 打ち上げ:2014年予定	ビーム数:10 周波数:C, Ku, Ka キャパシティ:25~60Gbps 打ち上げ:2015年予定
 	 	 	<p>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探用し、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。各エピック衛星は、毎秒25~60ギガビットの通信容量を提供することが期待され、各スポットビームは、航空機に割り当てられた毎秒80メガビットまでの手段と、スループットの毎秒200メガビットを提供する。パナソニックアビオニクスが毎秒1ギガビット容量をリースする予約を確定し、航空プロードバンドサービスのためこの衛星を利用する予定。</p> 

L帯(測位)の動向(1/2)

□ 測位衛星の動向

- GPSでは、1987年の開発当初からの測位信号L1-C/A、L2Pに加えて、GPS近代化の新たな測位信号であるL1C、L2C、L5が、2010年以降のGPSの衛星で2機運用。
- QZS-1では、L1C、L2C、L5を搭載し、L1-C/A、L1-SAIF、LEX(実験用、ガリレオE6と同じ)も搭載。
- 実用QZSSでは、L1-SAIF(サブm級補強)に災害情報等を乗せる、S帯での双方向メッセージ通信機能を追加、更にLEXの半分を使用して公用信号も、2号機以降では増加予定。
- GLONASSはL帯でも多少相違(FDMA)、2012年には24機体制を予定。
- 欧州のGALILEOは2005年、2008年に試験衛星、2012年には4機に増え、2018年に30機体制での運用を目指す。
- 中国のBeiDouは、2007年以降に実用システムとして16機を打ち上げ、2012年12月現在14機で運用中(静止軌道5機、中高度周回軌道4機、8の字軌道5機)(2機は予備機)。2012年12月27日に中国・アジア太平洋地域へサービスを提供開始。2020年までに35機体制を目指す。
- インドのIRNSSはL5帯+S帯で、静止3機+非静止4機体制で2015年運用開始を目指す。

L帯(測位)の動向(2/2)

□ 利用技術

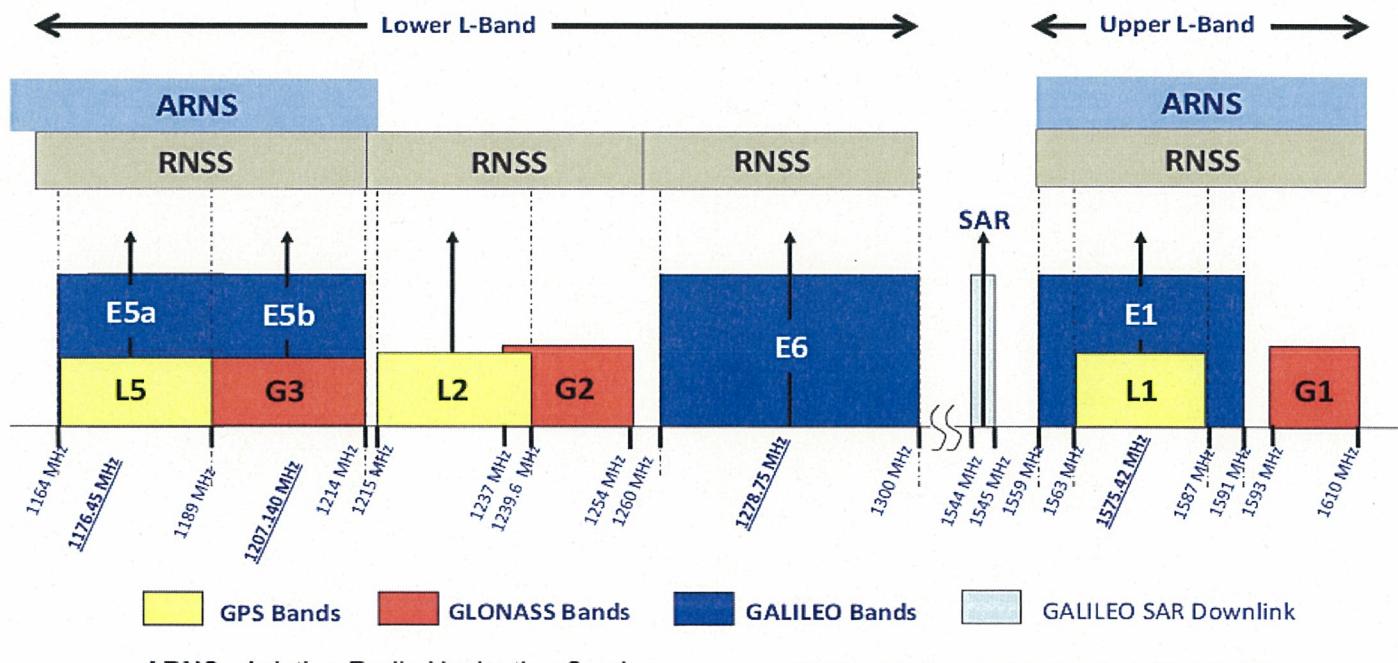
- 2011年から、JAXAを中心としてマルチGNSSアジア(MGA)が立ち上がり、アジア・オセアニア地域でマルチGNSSの利用推進を目的に、利用実証の共同実験を推進する枠組みができ、JAXAによるモニタ局の配置(1次分14局、最終的に60局)、韓国、台湾、マレーシア、オーストラリア等と共同実験が行われている。今後、測位補強技術、津波観測・警報等の日本の技術の東南アジアへの売り込み(ODAを含む)等もされようとしている。
- 屋内測位では、JAXA+GNSS社のIMES(L1で電波を出し、その地点を使用)や、無線LANを使用したもの(<http://lisra.jp/>)等の開発がされてきているが、どの方式が実用化されるかは不透明である。無線LANを使用したものは、一部ショッピングセンター等で実証されている。

出典:安田、「マルチGNSSアジア(MGA)とAOR-WS」、第10回衛星測位と地理空間情報フォーラム、2012年5月16日、http://www.eiseisokui.or.jp/ja/pdf/forum_10/forum_10-06.pdf。など。

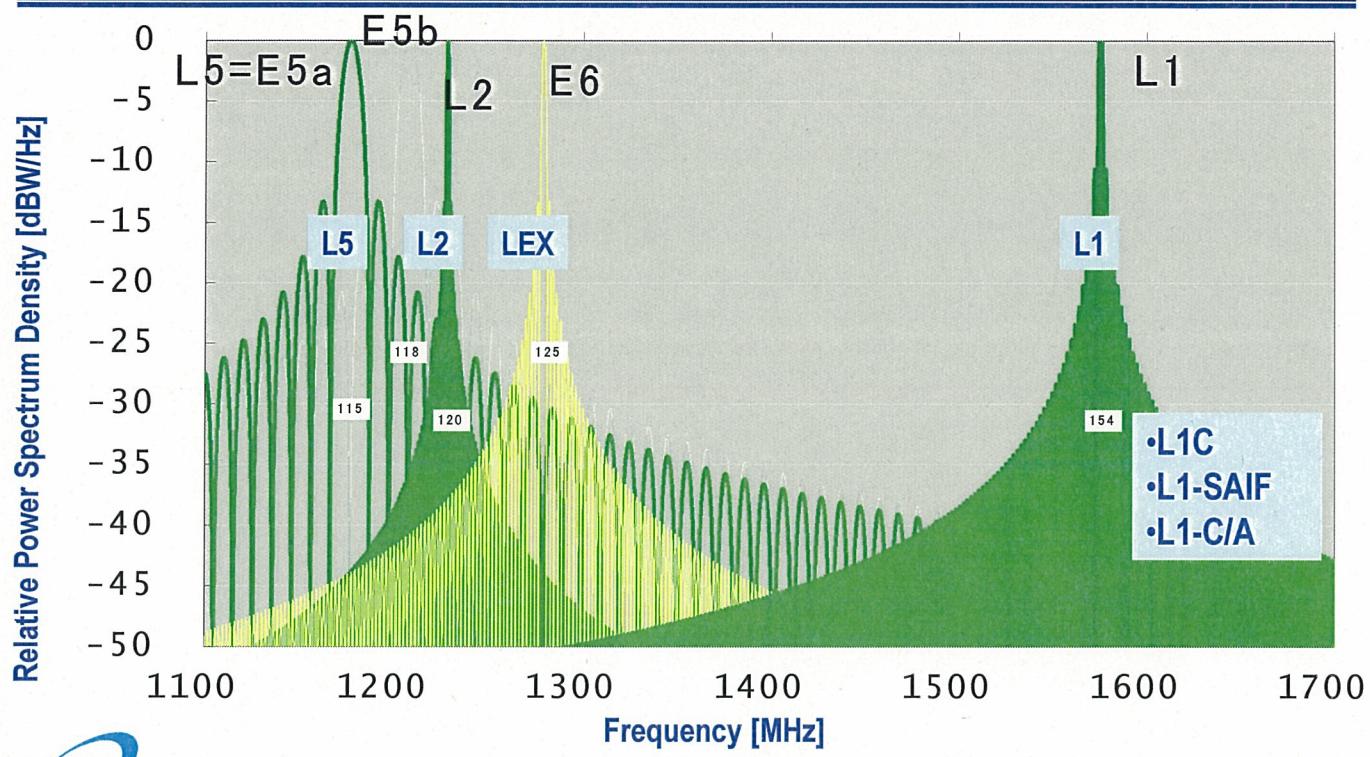


12

GPS, GLONASS, Galileo衛星の周波数帯域



QZSSで計画中の測位信号周波数



(参考) 地上/衛星共用携帯電話システム(STICS)の概要

- 地上移動通信と衛星移動通信の周波数共用基盤技術の確立
- 地上系と衛星系の周波数の共用化により、周波数有効利用の促進と非常災害時通信の提供の同時実現が可能

