

## 3.2.2 新世代ワイヤレス研究センター 宇宙通信ネットワークグループ

グループリーダー 鈴木龍太郎 ほか 34 名

### 高度衛星通信技術に関する研究開発

#### 【概要】

衛星通信の技術実証として、技術試験衛星Ⅷ型「きく8号」(ETS-Ⅷ)を用いての超小型携帯端末(300g程度)による航空衛星通信を含む高度移動体衛星通信実験、超高速インターネット衛星「きずな」(WINDS)を用いての世界最高速の1.2Gbps衛星通信実験を実施した。また、国民の安心・安全を支える基盤技術としての衛星通信技術実証を推進するとともに、東日本大震災の災害対策支援としてWINDSによる臨時衛星回線接続を実施した。

衛星搭載通信機器高度化の研究としては、通常時には大容量の基幹回線、災害時は小容量の多数回線へ変換する等、再構成可能な中継器の開発を進めるとともに、将来のデータ伝送系に必須な10Gbpsクラスのミリ波・光衛星通信の基礎技術研究を進めた。

一方、衛星通信を支える宇宙基盤技術としては、衛星間隔を10m精度で決定できる受動測距技術の研究、衛星の信頼性の向上を図るための宇宙における遠隔検査・操作技術の研究開発を実施するとともに、宇宙実証の機会を増やし高度な衛星搭載機器の開発を促進するための小型衛星等による軌道上実証手段の研究を推進した。

#### 【平成22年度の成果】

##### (1) ETS-Ⅷによる高度移動体衛星通信実験

- ① 衛星の「食」時の約0.1度の大型S帯展開アンテナ指向変動を確認し、ビーム形成回路の制御により変動幅を約2.5dBから1dBに低減できることを実証した(図1)。
- ② 衛星追尾アレアンテナを航空機に搭載し、航空機SARデータのリアルタイム伝送を実証した。

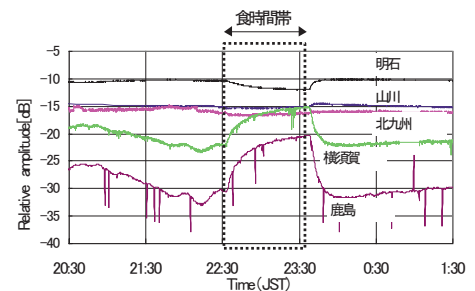


図1 軌道上での大型展開アンテナ特性測定

##### (2) 地上/衛星周波数共用携帯電話システム技術の研究開発

- ① 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精度向上のため、車両及び航空機等を使用した携帯電話システムの送信電力測定を実施し、基地局からの干渉が主要因となることを示した(図2)。
- ② アンテナ給電部及びDBF部の要素試作を実施した。

##### (3) WINDSによる高速衛星通信実験

- ① 622Mbps/1.2GbpsTDMA方式通信装置改良により、622Mbps×2波伝送および衛星通信では世界最高速の1.2Gbps多地点WINDS通信を達成した。
- ② WINDSの搭載機器や地球局の機能を活用した具体的なアプリケーションの研究開発を重視し、サバイバビリティ・アプリケーションやHD画質以上の高精細画像伝送等の実証実験を実施した(図3)。

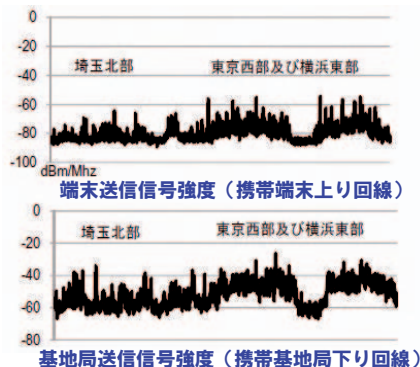


図2 都市部および郊外における受信強度変化

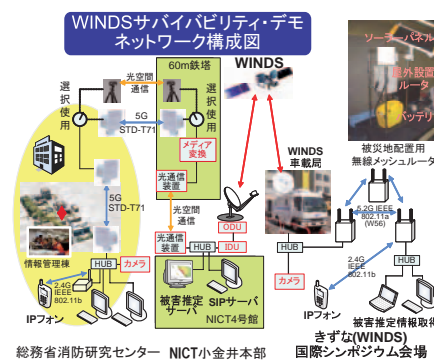


図3 サバイバビリティ・アプリケーション実験

- ③ APEC 電気通信・情報産業担当大臣会合に合わせて災害推定システムのデモンストレーション実験を実施した。

**(4) 適応型衛星通信技術の研究開発**

- ① スキャンニング型可変スポットビームアンテナ技術として、ビーム指向方向やビーム径を可変とするアンテナビーム形成技術を開発した (図 4)。
- ② 多値変調技術、誤り訂正符号化技術及び送信電力制御等の組み合わせにより、Ka帯における回線マージンとして30dB以上を確保し回線稼働率が99.99%以上を確保できることを示した。また、マルチビーム及び偏波多重技術等を総合して周波数利用効率が10倍以上得られることを示した (図 5)。

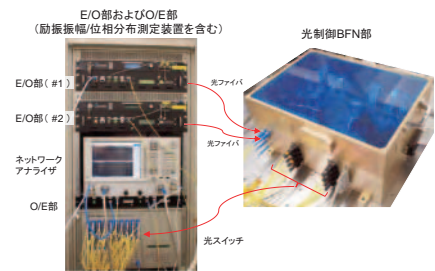


図 4 可変スポットビームアンテナ機能試験装置

**(5) 衛星搭載用再構成可能な通信機器の研究開発**

- ① 中継器の高機能化・高信頼化を図るため、回路構成を再プログラム可能なFPGAデバイスを用い、打ち上げ後も中継器の構成を変更可能とする再構成通信機の衛星搭載モデル (EFM) の開発を完了した。
- ② 再構成通信機 EFM の宇宙実証手段として、国際宇宙ステーションでの通信および観測ミッション実験について提案し、実験の可能性検討を開始した。



図 5 適応型デジタル中継器と対応する地球局装置を接続した総合試験環境の外観

**(6) 光衛星通信に関する研究**

- ① 衛星搭載用光衛星通信機器・要素技術の研究開発として、宇宙用光ファイバンプを開発した。放射線試験、振動試験等の宇宙環境試験を終了し、衛星搭載性を確認した。
- ② 複数の光変調方式に対応可能なデジタルコヒーレント受信機の地上試験モデルを開発した。3Gbps、6GbpsのBPSKおよび6GspsのQPSK復調機能をFPGAを用いて開発し、今期目標の10Gbps以上の伝送速度を達成した (図 6)。
- ③ 空間量子暗号機器による1.37kmの空間量子鍵配信実験をビル間で実施し、大気ゆらぎのデータをシンチロメータにより同時に計測した (図 7)。また、ESA量子鍵配布実験国際協力の合意により、トピカルチーム会合に参加し、国際協力を推進し、ウィーン大との共同研究を実施した。
- ④ 総合伝送速度1.28Tbpsを達成した超小型光無線通信装置の実用化に向け、精追尾機構に関する設計技術を民間企業等に技術供与するとともに大学や研究機関との共同研究を進めた。

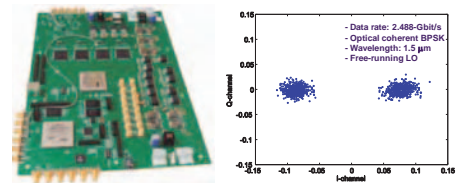


図 6 デジタルコヒーレント光 BPSK 復調ボード

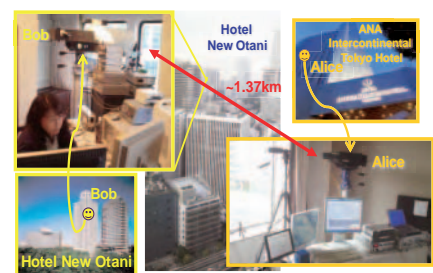


図 7 空間量子鍵配信実験 (ビル間 1.37km)

**(7) ミリ波衛星通信の研究開発**

- ① アンテナ素子毎に光ファイバと変調器を用い、レーザダイオードの温度と電流を制御する方式の光制御フェーズドアレーアンテナをマイクロ波帯において実証した (図 8)。
- ② ミリ波衛星通信回線の降雨減衰補償技術では、複数のKu帯衛星の降雨減衰データを取得し、衛星軌道ダイバーシチにおいて方位差を40度とれば良いことを明らかにした。

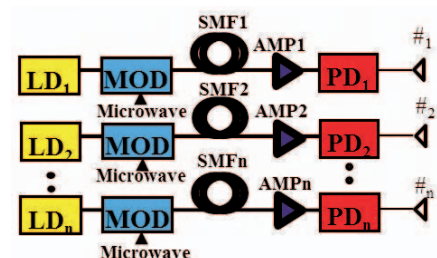


図 8 光制御フェーズドアレーアンテナの構成



(8) 精密軌道管理技術に関する研究

- ① 通信衛星の通信信号相関を用いる多地点受動測距方式を開発するとともに、主局における測距機能および遠隔局を含む2局に拡張したリアルタイム測距機能を実証した。実用衛星通信システムに適用し、運用した結果世界水準の10倍の精度(10cm)を得、軌道決定精度1m(RMS)を実現した(図9)。
- ② NICTが開発したCバンド及びKuバンド衛星の通信信号を受信し衛星の軌道位置を監視する可動基線干渉計、Cバンド可搬型小型干渉計、光学望遠鏡による静止衛星軌道観測システムを組み合わせ、静止衛星軌道監視の長期的運用を実施した。特に混雑が激しい軌道位置に対し、高精度(衛星の赤経、赤緯値で1~5/1,000度レベル)の連続監視データを取得し、衛星運用機関へ情報提供すると共に、望遠鏡画像に基づく静止衛星の経緯経度情報をインターネット上で提供した。

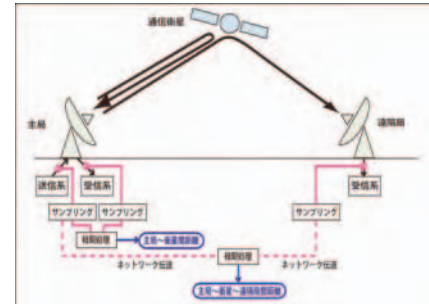


図9 リアルタイム多地点受動測距の原理



図10 UK-DMC衛星によるハンドオーバー実験

(9) 小型衛星を用いる宇宙実証の研究

- ① UK-DMC衛星を用いたハンドオーバー実験を実施。これにより、小型衛星においても大容量のデータダウンロードが可能となった(図10)。
- ② 50kg級の小型衛星搭載用の小型光ターミナルの概念設計を実施。さらにEM/FMの設計・製作に着手した。

(10) ETS-VIII、WINDSを用いた災害時対応

- ① 航空機搭載合成開口レーダ(Pi-SAR2)による観測データを、航空機上から衛星(きく8号)経由で、地上へと伝送する実験に成功した。これにより災害時に迅速に対応し、観測追加の指示を受けるなどインターラクティブな観測運用が期待される(図11)。
- ② 東日本大震災に際して、東京消防庁の支援要請に基づき、WINDSを用いて東京消防庁作戦室(大手町)と緊急消防援助隊指揮支援本部(気仙沼市)との円滑な情報共有を実現した(図12)。また、物資輸送拠点となった松島基地と入間基地をWINDS回線で接続しネットワーク環境を提供した。

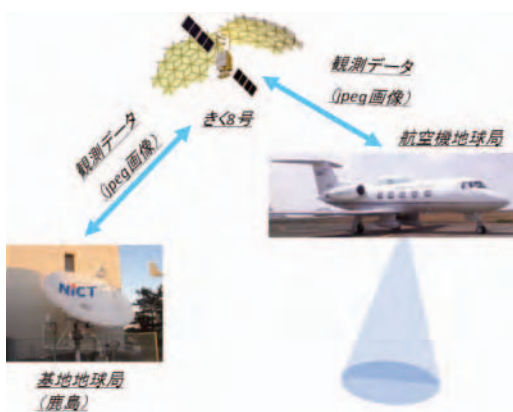


図11 ETS-VIIIによる観測データ伝送システム

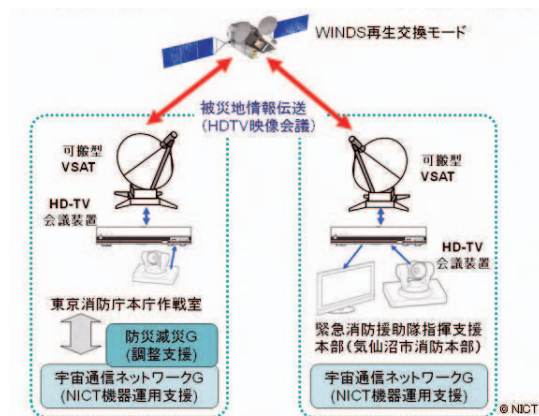


図12 WINDSを用いた災害対策活動支援システム