

IAC2009 参加報告

情報通信研究機構(NICT)
豊嶋守生

1. はじめに

2009年10月11日～2009年10月17日まで、韓国大田市大田コンベンションセンターで International Astronautical Congress (国際宇宙会議)が開催された。SCAN (SPACE COMMUNICATIONS AND NAVIGATION COMMITTEE) のシンポジウムセッションを中心に会議の内容を報告する。



▲ IACの学会会場の様子

2. オープニングセッション

今回の第60回のIACは韓国大田市の大田コンベンションセンターにて、3000人規模の参加を持って開催された。韓国での開催は初めてであり、オープニングセレモニーにおいては、李明博(イ・ミョンバク)大統領が祝辞を述べるなど、国を挙げての力の入れようであった。韓国では、2009年8月に初のロケットKSLV-1を打ち上げたが、フェアリングが片方開かないという不具合があった。大統領は「あれは失敗ではなく多くのことを学んだ」とはっきり言っていた。



▲ 李明博大統領挨拶

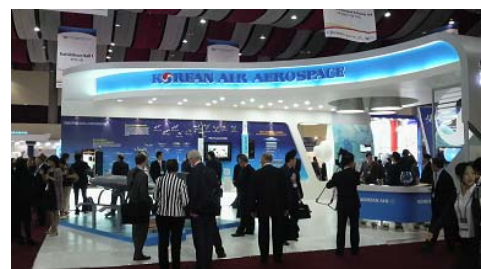
韓国の人工衛星は、KOMPSAT衛星シリーズやCOMS衛星やなどがあり、通信・測位ミッションを持っている。写真に示すように、Korean Air Aerospaceも宇宙開発をしている。気になったのは大田にあるSI(Satrec Initiative)という会社で、IACのスポンサーの一つになっていたが、地球観測用の1mクラスの解像度が出せる光学望遠鏡や、SI-200 BUS, SI-100 BUSというバスを持っていたり、サブコンポーネントや地上局までいろいろ手掛けている様子で、韓国にもしっかりしたメーカーがあることが分かった。



▲ 展示の様子(COMS衛星)

3. SCAN委員会

筆者は、IAC国際会議において、SCAN委員として委員会に参加した。10月13日に行われたSCAN委員会



▲ 展示の様子
(Korean Air Aerospace)

においては、発表のキャンセル状況、メンバの更新情報、来年プラハで開催のプレナリーセッション、座長等の担当などが議論された。キャンセル状況では、67 件中 23 件のキャンセルがあり、これは 34%に当たる割合で、その内中国からのキャンセルが目立ち、その率はキャンセル中 7 割以上であった。次回の SCAN 委員会はパリで 3 月 22 日の週に行われる予定である。

4. 各セッションにおける議論

SCAN の各セッションでの概要を以下に示す。

B2.1. Fixed and Broadcast Services セッション

ロシアの Grazprom スペースシステムズから、YAMAL というシステムの紹介があった。これは、衛星 12 個で産業界向けにビデオ伝送などのサービスを提供している。NICT 藤野氏からは、STICS について発表があり、偏波について受信端末で問題がないか質問があり、受信側では何の問題ないと回答していた。インドの Devas Multimedia からは、S バンドを用いたインタラクティブ Satellite Digital Multimedia(SDM) システムが報告された。インタラクティブな、衛星と地上系のハイブリッドシステムの例として、ICO や Solaris Mobile システムがある。ICO G1 は 2008 年 4 月に打ち上げられ、ローラール 1300 標準バスで、2GHz 帯で北アメリカにベントパイプで任意の波形の伝送を可能としている。Solaris Mobile は、Eutelsat と SES Astra のベンチャー企業で、ビデオやデータサービスをヨーロッパでモバイルハンドセットや車載局へサービスしているものである。

China Academy of Space Technology (CAST)からは、モバイル衛星通信用のマルチビームを計算し、ライフタイムで変化するユーザ要求に対応し、アンテナパターンを変化させるということで、アンテナパターンのコンタープロットを計算していた。ドイツの OHB からは、SGEO に関するバスの開発状況が報告された。現在、60 人体制で開発しており、衛星バスは 2009 年に Phase-C/D に入っており、HISPASAT ミッションは 2009 年に Phase-B に入っており、2012 年に打ち上げを予定している。また、SGEO は、2013 年、2014 年打上の EDRS や Heinrich Hertz システムへそれぞれ供給されるとの事で、ITAR フリーのシステムである。また、インドの Sona 工科大学からは、2007 年と 2008 年の TRMM の観測データを用いて、降雨のモデル化を行った発表がなされた。地球上の 4S-8N° までは、非常に降雨が激しいとの事であり、緯度経度だけでは関数とならない難しさがあるとの事であった。通信への影響について質問があり、今後応用すると回答していた。また、中国西安衛星制御センターから、静止軌道のセパレーションについて、離心率と軌道傾斜角で 4 つ衛星を配置して軌道制御する方法が述べられ、衛星の物理的な過密化や RF 分離に役立つとの事であった。

B2.2. Mobile Communications and Satellite Navigation Technology セッション

デルフト工科大学から、低軌道衛星から地上局と通信する際には、リンクが途切れてしまうため、これを解決するための途絶耐性ネットワーク(DTN)のプロトコルについて発表があった。例として、軌道高度 650km を周回するデルフト工科大学と中国 Tsinghua 大学の FAST (Formation for Atmospheric Science and Technology Demonstration)での検討がなされ、TCP/IP プロトコルでは実現

できない、遅延時間で 6300~6700 秒あっても稼働できるシステムを構築していた。

ソウル国際大学からは、キャリア位相を精度良く検出する Gaussian sum filter individual residual method(GSFIR)方式が検討され、 χ^2 乗分布、カルマンフィルタ等と比較を行っていた。シミュレーションでは、他の方式が位置誤差にして数 cm に対して、提案方式では 1cm 程度となり、一番良い結果であった。同様に、Korea Aerospace Research Institute (KARI)からは、GPS におけるキャリア位相測定における Integer ambiguity を改善し、ロバストにする方式が提案されていた。また、ソウル国際大学では、将来の惑星探査で必要となるローバ等の移動に、局所的に数か所アンテナを設置し、GPS を構築する方法を検討しており、静止している物体で約 1.5cm(rms)、移動している状態で約 2cm(rms)の精度で計測可能なことを示していた。また、同大学からは、2 つの衛星のフォーメーションフライトにおいて、誤動作検出にカルマンフィルタを用いた方式を提案し、誤差を低減できるという報告があった。また、KARI からは、差動 GPS を用いて自動地上車載局を精度よく制御する方式を提案し、データ伝送速度は 4Hz で、約 0.3m 程度の位置誤差を実現していた。

B2.3. Mobile Communications and Satellite Navigation Systems セッション

イタリアの Politecnico di Trino からは、パルサーを使って位置を決める手法について発表があり、位置決め精度としては、150m くらいは達成可能なようである。これは、どこの宇宙空間でも測位を可能とする技術で、もちろん地球周回軌道においても使用可能である。ESA からは、IRIS プログラムについて発表があり、航空機トラフィックのマネジメントを行うもので、ARTEMIS10 によってファンディングされており、ARTEMIS の L バンドミッションが好評だったのを受けて 2007 年から検討が開始された。IRIS は、L バンドのミッションで航空機とフォワードリンク 64kbps、リターンリンク 36kbps の通信を行うもので、2015 年に技術実証を目指している。JAXA からは、準天頂衛星の発表があり、現在、衛星インテグレーションが終了し、プロトフライト試験を行っているとのことで、2010 年の夏期打ち上げを目指している。

B2.4. Near-Earth and Interplanetary Communication Systems セッション

ESA の Wittig 氏から、月探査機への通信について発表があり、Data Relay for Moon(DROM)というミッションで、最短で 2017 年に打ち上げ、2021 年までの運用を考えている。地上局と月探査プラットフォーム間、月探査プラットフォームと月面ランダー間での通信を検討していた。光通信を用いる場合には、地上には 1m の光地上局、月探査プラットフォームには 26cm の望遠鏡、月面ランダーには 4cm の光学望遠鏡が仮定され 100Mbps が達成できる。光と Ka バンドの通信を合わせたハイブリッドな通信とすることで、99.9% 以上の時間率で通信が可能であると報告があった。

NICT の有本主任研究員からは、地球と火星間での 2050 年に来る通信について検討があり、光通信で 10Gbps が達成可能だと報告があった。JAXA ISAS からは、深宇宙探査用の通信機器開発の報告があり、以前製作した X バンドの深宇宙用デジタルトランスポンダを Ka バンド用にアップグレードし EM を開発した報告がなされた。X バンドトランスポンダは、2010 年の Planet-C に供される。

カナダの Royal Military College からは、液晶を使った光のフェーズドアレイの製作について発表

があった。まだ取りかかったところのようで、検討が不十分な印象を受けたが、機械的な可動部分なくビーム偏光を行うデバイスを製作中である。NASA の De Paula 氏からは、Ka バンドの深宇宙ネットワークについて発表があり、クライオスタットを用いたり、低雑音増幅器を 10K に冷却し、1~150Mbps の速度で月や L2 と通信することが可能である。最初のサポートは、2013 年に James Webb Space Telescope (JWST) とのことである。

B2.5. Advanced Technologies セッション

ミュンヘン工科大学からは、Ka バンド用のアンテナ駆動機構について発表があった。2 自由度を持ち、0.05~5deg/sec までの駆動が可能であり、ベアリング、ギア、潤滑系の性能がラボレベルで確認された。Satrec Initiative からは、COMS 衛星用の Ka バンドトランスポンダの開発が報告され、Ka バンドトラポンは ETRI が開発しており、SI は共同開発者である。アップリンク 30GHz、ダウンリンク 20GHz であり、ペイロード I/F は ETRI、コントロール I/F は KARI、SI は設計を担当している。2009 年の 11 月に打ち上げを予定していたが、2010 年に延期されるようである。KAIST からは、STSAT-3 衛星の通信システム用に、Xilinx の FPGA を用いてデジタル的に LPF を行う発表があった。14 ビット、62Msps の ADC を用いてデジタル回路を製作していた。

Sirius XM Radio からは、既にサービス運用している静止の 8 の字衛星システムがあるが、この衛星のデオービットについて発表がなされた。軌道高度 31000km のデオービット軌道で、100 年はこの軌道に居座り安定しているとのことである。KARI からは、カルマンフィルタを用いて、DPS ベースの GPS 受信器の報告があった。位置と速度誤差としては、約 17m と約 0.094m/s の性能であった。トロント大からは、3.5kg のナノ衛星への TLE を用いた軌道決定について発表がなされ、2009 年 4 月 20 日に打ち上げられた CanX-2 では、1km 程度の誤差を達成している。

英国の Dundee 大学からは、Space Fiber について報告があった。Space Fiber は衛星バスの通信を 2.5Gbps まで上げられるもので、文字通り光ファイバを用いて通信を行う。グラーツ工科大学の Koudelka 氏からは、ナノ衛星のデータ伝送について、1 台のリレー衛星が他の衛星のデータをリレーする中断耐性ネットワーク(DTN)のprotocolsについて発表があった。また中国の University of Aeronautics and Astronautics からは、X 線パルサーを用いた測位と衛星間通信に関する発表がなされた。

B2.6. Advanced Systems セッション

本セッションは、座長は、米国 Robert Prevaux 氏と NICT 鈴木グループリーダーが務め、筆者が Rapporteur を務めた。写真は、セッションの様子を示しており、奥に筆者が写っている。

韓国の Korea Air Force Academy から、いくつかのクロック位置でサンプリングし、マルチビットを使って GMSK の BER 改善について報告があった。



▲ B.2.6 学術セッションの様子

英国 Dundee 大学からは、Space Wire についての紹介があり、RMAP(Remote Memory Access Protocol)方式で簡単にアドレッシングでき、Lunar Reconnaissance Orbiter, Exso Mars, Beppi Colombo など、40 ものミッションで採用されていると紹介があった。

ESA の Wittig 氏からは、災害対策のための衛星通信に関する発表があり、過去 8 年の災害で 230 万人もの人々が災害で死亡し、54 億人もの人々が影響を受け、1642 億ドルの損害があったと報告があった。通信ミッションとしては、緊急対応、平和維持、国境警備など、様々な用途があり、高速通信、低速通信の用途があり得る。筆者から、衛星通信により何%の人々が災害から救えると思うかと質問したが、一生かかって見出す間いだろうという回答だった。Sirius Satellite Radio の Croom 氏からは、現在 3 台の軌道傾斜角を持つ静止軌道の衛星で Satellite Digital Audio Radio Services (SDARS)を行っているが、2009 年 6 月に SIRIUS FM-5 が新たに打ち上げられ、ほとんど自動化された衛星運用について報告があった。ホームページベースの画面のみで、全ての衛星運用が可能なシステムとなっている。ミュンヘン工科大学からは、50kg クラスの衛星に 5kg のアンテナを搭載し、自動でアンテナ指向制御を行う報告があった。シミュレーションにより 50 秒間で 0.01° 以下の姿勢誤差となっており、マヌーバ時でも 0.05° を超えない結果であった。

NICT 織笠主任研究員からは、ETS-VIII の LDRA の 31 エレメントのフェーズドアレイの FFP の軌道上評価結果が報告された。シミュレーション結果に比べ実測には少しずれがあり、これは太陽の熱入力による機械的な歪が原因であり、適切に温度等のモニタリングを行えば、ビーム形成時に補償可能であるとのことであった。Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais からは、カオス通信を衛星に適用するという画期的な報告があった。送受信機において、カオスではシステムがディターミニスティックに決まる特徴を生かして、カオスで発生させた波形を伝送し、受信側で同期をかけ復調する方式の様である。120km の光ファイバで伝送試験を既に行っているとのことで、これからの応用が期待される。Institute for Space Studies of Catalonia からは、ロスレスでデータを圧縮する方式が提案され、従来方式より 2.5 倍の効率があると報告があった。

ベルリン工科大学からは、REXUS-4 というサウンディングロケットで S バンドの送信機を実証する HSPICO という通信実験についての結果が報告されていた。REXUS-4 は 1.175kg あり、ミッションペイロード部は、150kg の搭載が可能である。大学で主に利用されるが、5 大学と DLR の合計 6 ミッションが同時に搭載され、1 年毎に行われている。175km 上空まで上がり、10 分程度の実験が可能であり、20g 程度の負荷がかかるようである。通信ミッションとしては、1W の RF 送信電力で、伝送速度 1Mbps、DQPS+Turbo 符号にて 6dB のマージンで $10E-5$ の BER で実験が成功しており、2013 年の BeeSat-3 に向けた開発との事であった。

おまけ ～車載型光学望遠鏡～

会場で、光学望遠鏡を搭載した可搬局があった。ツインで望遠鏡がコンテナに設置されており、おそらく韓国の天文台が、全国どこにでも移動して、一般の人に星を見せられるようにするために開発されたものと思われる。以下に写真を示すが、おそらく、将来、車載型可搬光地上局を構築する場合には、このようなイメージのものになるだろう。



▲ 上方からの天文観測車の様子



▲ 天文観測車の横からの様子

5. 開催地概要

韓国の大田市は、空港から高速バスで3時間を要し、アクセスはあまり良くない場所であった。今回、IAC2009の国際会議に韓国のイ・ミョンバク大統領が祝辞を行うとのことで、セキュリティがかなり厳しく、IDカードの提示、X線による荷物の検査など警備も物々しいもので、入場の際にペットボトルなどはすべて回収されてしまうような、空港と同様の厳しい対応となった。天候は、普段この時期には雨はほとんど降らないとの事であったが、急に夕立が来てレセプションで雨合羽を配布して対応するなど、通常はあまり考えられない対応があったり、会場では、他の会場のワイヤレスマイクがクロストークし、別の会場の発表を遮ったり、会場のインターネットが全くつながらなかつたりと、この手の国際会議の開催にしては不手際が目立った。

個人的な問題としては、インフルエンザ対応用に紫外線装置が会場の入り口の通路の左右に設置されていて、そこにオーダーメイドで作ったスーツのズボンをつっかけたまま、破れてしまった。急遽仕立屋に行き応急処置をした。セキュリティ会社の担当者が、隣町から3時間をかけて駆けつけ示談したが、結局こちらの携行品の補償として旅行保険で対応することにした。旅行先では、不測の事態が発生するが、今後の教訓として活かしたい。■