

## 実用近い宇宙光通信をテーマにして

### — Broadsky Workshop2007 (Torino) 報告 —

首都大学東京、 情報通信研究機構  
福地 一、 高山佳久

はじめに

**2006**年冬のオリンピック、荒川静香のフィギュアスケート金メダルで日本中を沸かしたトリノ、ここで第5回 Broadsky Workshop (以下、ワークショップ) が、第13回 Ka and Broadband Communications Conference (以下、Ka-Conference) と併催の形で開催された。Ka-Conference は 2007年9月24日から26日まで3日間開催され、その初日24日の午後にワークショップが開催された。参加者は、Ka-Conference 参加者として約150人である。

実は、このワークショップチェアを福地が勤めさせていただいたが、前日23日の夜に現地で関係者に、「ワークショップは最後の日だけ？」と質問して不安をあたえるとともに響きを買ってしまった。この質問の背景には、前回ナポリのワークショップがKa-Conferenceの終了後に開催されたため、参加者が少なかったという印象が強く残っていたことがある。今回はそのような教訓をもとに、関係者相談のうえ初日に企画され、それが奏功して後述するように多くの参加者を得て成功であった。

ワークショップのテーマ選定では、長年この企画にあたっている情報通信研究機構 (NICT) の門脇直人氏が頭を悩ますこととなった。というのも、当初は技術試験衛星Ⅷ型の打上成功を受けて、関連のテーマを企画候補としていたが、若干の不具合でそうもいなくなり、急遽企画変更を余儀なくされたのである。そこで浮上したのが、” The Potential of Lasers for Wideband Communications in Space”、つまり光宇宙通信である。企画変更とは

いうものの、NICT、JAXA はじめ関連の研究者の努力により、日米欧の最新の宇宙光通信のプレゼンテーションを実現することができたこと、また6月に打ち上げられたドイツの TerraSAR-X が 5.5Gbps の大容量光宇宙通信のミッションを有して関心を集めていることなどから、タイムリーなテーマとして好評を博し、結果的に大成功になった。ピンチヒッターがホームランを打ったようなものである。



▲ 会場のホテル NH Hotel Santo Stefano

#### プログラムなど

##### 1 全体的な雰囲気

イタリアはどこも同じかもしれないが、トリノは歴史ある町で、一時はイタリアの首都でもあった

らしい。会場となった趣あるホテル（NH Hotel Santo Stefano）の近くにも、ローマ帝国時代の古い門や古代史跡の発掘場所があった。また、イタリア映画の発祥の地ともいわれ、映画「トリノ、24時からの恋人たち」の舞台にもなった映画博物館モーレもその尖塔の高さを誇っている。



▲ 映画博物館モーレ（レセプション会場）

## 2 ワークショップのプログラム

プログラムは NICT の門脇直人氏によって進行され、内容は以下のとおりである。

- (1) 開催のスピーチ： NICT 小川博世
  - (2) 光無線の展望：首都大学東京 福地 一
  - (3) 最先端技術発表
- ①ゾラン・ソドニク（ESA/ESTEC）” Status of Laser Communication in Europe”
  - ②城野隆（JAXA）” Status and Plan of Space Communication Program in Japan”
  - ③ウイリアム・ファー（JPL）” Prospects for

Improvement of Interplanetary Laser Communication Data Rate by 30dB”

④ベルナード・エップル（DLR）” Mobile Optical Communication Projects at DLR and Prospects on Future Developments”

⑤国森裕生（NICT）” Lesson and Results from Gnd-OICETS Experiment and Following Activities on Optical Communications in space”

⑥自由討論：進行 ゾラン・ソドニク

(4) 閉会挨拶： NICT 門脇直人



▲ 開会の様子（進行：NICT 門脇さん）



▲ NICT小川さんの開会スピーチ

プログラムは、NICTの新世代ワイヤレス研究センター長 小川博世氏により、パソコンを手で持った開会スピーチで幕をあげた。首都大学東京の福地による導入のプレゼンでは、ミリ波と光

波の無線通信の利害得失とそれぞれの研究開発の焦点についてレビューした。最後には、最近の成果として、NICTの有本好徳氏による10Gbps双方向で、シングルモードファイバの有線-無線(1km)-有線接続を巧みな光追尾捕捉機構により成功させたことを紹介した。

### 3 光宇宙通信技術の最新技術

さて、肝心の最先端光宇宙通信技術の講演に関しては、福地では荷が重いため、ここから、光無線通信の専門家であり、OICETS実験も成功に導いたNICTの高山佳久氏に総括してもらいましょう。では、高山さんお願いします。

#### (1) ESA (欧)

ESAは、SILEXプログラムで実証した $0.8\mu\text{m}$ 帯での光通信として、静止衛星ARTEMISと低軌道衛星SPOT4によるLEO→GEO片方向通信、テネリフェ島に配置した光地上局OGSとARTEMISとによる衛星-地上局間通信、ARTEMISとJAXAの低軌道衛星OICETSによる双方向衛星間通信、およびARTEMISと航空機による双方向光通信を紹介した。データ伝送は、ARTEMISからの送信は2Mbps、ARTEMISへは50Mbpsである。

現在は次期の技術として $1\mu\text{m}$ 帯の位相変調方式に着目しており、欧州の活動としては、この光通信装置を搭載した低軌道衛星TerraSAR-XをDLRが2007年6月に打ち上げている。同光通信装置は米国の低軌道衛星NFIRE(2007年4月打ち上げ)にも搭載されており、両衛星間での光通信実験が予定されている。データ伝送速度は5.6Gbpsである。今後はESAのAlphaSatやDLRのTanDEM-Xといった衛星にも $1\mu\text{m}$ 帯位相変調方式の光通信装置を搭載する検討が進められている。

#### (2) JAXA (日)

JAXAの講演では、WINDS、ETS-VIII、OICETS等の衛星・プロジェクトについて説明があり、特に光通信実験としてESAのARTEMISとOICETSによる双方向衛星間光通信、NICT光地上局との低軌道衛

星-地上局光通信実験およびDLR可搬局との低軌道衛星-地上局光通信実験の成果が発表された。将来プランとして、データ中継衛星や低軌道周回衛星を用いたDisaster Management Support Systemが紹介され、光通信技術の研究開発もJAXAとNICTが共同で進めていることが示された。

#### (3) JPL (米)

JPLは、Interplanetary Laser Communicationとして、火星との通信を行うための光通信装置を開発した。この装置は作製されたが、現在はプロジェクトそのものが停止されている。深宇宙光通信を行うため、Adaptive optics、Telescope larger than 10-m in effective diameter、Space-borne receiver、Higher order PPM、WDMなどを重要な技術として位置づけている。

#### (4) DLR (独)

DLRは、光可搬局を用いた光通信実験として、HAPからのダウンリンクを行うCAPANINAおよびOICETSからのダウンリンクを行うKIDODプロジェクトについて紹介した。大気影響の解析およびその低減技術についても検討を行っており、将来のシナリオとして、GEO-地上、LEO-地上および衛星-HAP間の光通信実験を想定している。また、衛星と地上との光通信リンクの形成確率を向上するため、サイトダイバーシティ技術の取り込みも積極的に行っている。現在は、DLRの衛星TerraSAR-Xとのダウンリンク光通信を計画・実施の最中である。

#### (5) NICT (日)

NICTは、 $0.8\mu\text{m}$ 帯で実施したETS-VIとの衛星-地上局光通信、 $1.5\mu\text{m}$ 帯に着目したNeLSターミナルおよび、OICETSを用いたKODEN実験について成果を発表した。また今後の技術として $1.5\mu\text{m}$ 帯に着目し、衛星搭載用の光増幅器の開発と同時に、強度変調/コヒーレント通信など異種の通信方式に対応可能な光受信器の開発および光可搬局の作製の計画を紹介した。一方、将来の技術として量子通信技術も視野に入れた研究開発シナリオを



示した。

#### (6) 自由討論

Free discussion は、ESA のゾランさんの進行により行われ、特に使用波長についての話題が中心となった。欧州、米国および日本における検討では、これまでの軌道上で実証された  $0.8\mu\text{m}$  帯につづき、現在は  $1\mu\text{m}$  帯および  $1.5\mu\text{m}$  帯へ注目が移行しており、 $1\mu\text{m}$  帯はコヒーレント BPSK 方式および PPM 方式、 $1.5\mu\text{m}$  帯は強度変調直接検波方式への適用が考えられている。ESA および NASA/JPL は深宇宙通信への光通信の利用を検討している。共通した応用先としては、データ中継、(レーザ光の鋭い指向性による) 秘匿通信、環境計測や観測データの伝送などが示された。

高山さん、どうもありがとうございました。

JAXA の発表では、最近の成果として ETS-VIII のパワーポイントが 1 枚あったばかりに、講演に関する質問で、ETS-VIII のアンテナに関する質問がでて、光宇宙通信の研究者が回答に窮する場面もありました。しかし、光宇宙通信技術に関しては、日米欧の最新の研究開発状況が十二分に披露されたものと思います。特に、ESA/ESTEC のゾランさんの講演は欧州での広範囲なアクティビティが丁寧に発表され多くの方の関心を得ていました。



▲ 光宇宙通信の日米欧研究者たち



▲ 注目を集めたゾランさんの講演



▲ ゾランさんの進行による自由討論

### ソーシャルイベントから

ワークショップを含む今回の Ka-Conference では、24 日に有名なモーレ映画博物館での歓迎レセプションとそこへ向かう途中のエジプト博物館見学、25 日に晩餐会という 3 つのソーシャルプログラムが設けられた。それぞれの印象について紹介しよう。

#### 1 エジプト博物館

トリノのエジプト博物館は、エジプトの博物館として 1537 年設立で世界最古、大きさで、カイロ博物館、英国博物館につぐ 3 番目という有数の博物館とのことである。ワークショップ会場からガイドさんつきで徒歩のツアーがあり、ところどころの史跡の説明を聞くことができた(聞くことが

できたのであって理解できたかどうかは別)。15分位あるだろうか、科学アカデミア通りにある古い建物がエジプト博物館。ガイドさんがいたから無事着けたようなものの、観光客が1人ではなかなか見つけれられないのではないだろうか。

たしかに、多くの展示物に圧倒される。どこかの教科書でみたような、「ラムセス2世」、「トトメス3世」の像が、やけに新しくみえて、生生しく来場者を魅了する。エジプトファンは必見のスポットでしょう。ミイラの中には包帯を解かれて、おどろおどろしいものもあったが、なぜかブロードバンド研究者の興味をひいていた。



▲なぜかミイラに興味のあるブロードバンド研究者

## 2 モーレ映画博物館

エジプト博物館からまた歩いて10分くらい、尖塔のやけに高い教会風の建物がモーレ映画博物館になっている。正式には、モーレ・アントネリアーナ国立映画博物館と訳せる名前になっている。歓迎レセプションでは残念ながら展示物を見ることはできなかったが、建物中央を一気に上っていくユニークなエレベータ (panoramic lift) にはのることができ、参加者は、ほろ酔い気分で順番に丸屋根の展望台にでてトリノの夜景を楽しんでいた。パンフレットにも、”The highest museum in the world “ とうたっているように、167mの尖塔高さを誇っている。

ユニバーサルスタジオとは異なり、マリリンモ

ンローの着た衣装など、展示が主であるが、リュミエール兄弟の撮影した初期の映画を始めてみて、身がのけぞるほどびっくりした気分も味わえる映像技術の博物館であった (なぜ、筆者は展示物を解説できるのだろうか?)。いずれにせよ、映画好きの方は必見のスポットでしょう。

## 3 バンケット

バンケットは風情のある古いイタリアのレストランで催された。音楽あり、お酒あり、美味しい食事ありであった。失敗は、ここがイタリアであることを忘れて、前菜あたりでお腹一杯にしてしまったことである。多くの参加者がメインディッシュを食べられずにいた。やはり、イタリアでのパーティの場合は、全体のメニューを把握してから望むことが良いと再認識した次第。



▲ 毎回バンケットを盛り上げるイタリアンエンタテイナー

バンケットでは、いつも唄と名司会を披露してくれるイタリアンエンタテイナーが参加者を楽しませてくれる。今回もその例にもれず、宴もたけなわとなっていく。そこで、恒例の各国の唄の競演とあいなるわけである。日本代表団は、あらかじめそれを予想して、団長とも曲名を相談しながら、歌詞カードまで用意して望んでいる。他の国はそこまではせず、日本の生真面目さが世界に知られることとなる。件の司会者もよく知っていて、2



番目くらいに、「ジャパン！」と最初にアクセントがある独特のイタリアンイントネーションで日本チームを呼び出した。なぜか、団長はバンケットに顔をださなかったが、我々は無事にいつもの「すきやき」を披露して役目を立派にはたし、参加者から拍手をいただいた。このだしものに関しては、日本代表団の中で、いつも「すきやき」では芸がないという意見があるようで、意表を突く出し物を次回に披露するために、事前合宿を企画しているという噂も聞いている。聞いたところでは、何年か前の競演では、幸いなことに、NHK 放送技術研究所から玄人はだしの歌のうまい参加者がカンツオーネを熱唱し、全参加者から絶賛をあげたとのこと。



▲ 予定通り「すきやき」を熱唱する日本代表団  
(団長はなぜか不在)

本稿の最後にあたって、次回の Ka-Conference あるいはワークショップに参加しようと思っている方々にお知らせです。もちろんブロードバンド関連の良い成果を発表することは必要条件ですが、是非、唄の得意な研究者の参加をお願いしたいと思います。

次回の開催情報は以下のとおり ([www.kaconf.org](http://www.kaconf.org))。

日程：2008年9月24-26日

場所：Matera, Italy

アブストラクト締め切り：2008年3月31日



▲ Ka-Conference の議長 Frank Gargione さん  
上機嫌で唄う



▲ ワークショップの現地対応チーム  
(中央と右端が筆者)

### 謝辞

このワークショップの企画や準備に奔走された NICT の 浜本直和さん、門脇直人さん、吉村直子さん、国森裕生さん、豊嶋守生さん、そして筆者でもある高山佳久さんに感謝いたします。日本のブロードバンド宇宙通信のリーダーシップを示すことのできる良いワークショップですので、是非次回も、有意義なワークショップを企画されることを楽しみにしています。さらに、多忙な中、ワークショップでご講演いただいた日米欧の講演者の方々にも感謝いたします。