

基調講演 2

The Future of Communications and Satellite Systems

by

JOSEPH N. PELTON, Ph.D.

Director, Space & Advanced Communications Research Institute,

George Washington University

Director, Arthur C. Clarke Institute

おはようございます。皆様、目が覚めているでしょうか。まるで教会で話しているようですね。教会の後ろの席に皆さんがいらっしゃるような感じです。今回ここでお話しさせていただくことをたいへんうれしく思います。飯田博士、若菜博士、組織委員会の皆様がすばらしい仕事をされました。また今日はたいへん天気がいいということで、ここに来られましたことをたいへんうれしく思っております。

特に飯田博士は、1991年に私の大学に来ていただきまして、その時、ウインズの最初のコンセプトを展開されたのですが、一緒にお仕事ができ大変楽しいことでした。それから、ずっとこうして協力関係は続いております。もちろんそれ以前にもありましたが、皆様の中にはご存じの方もいらっしゃると思いますが、飯田博士とSESグローバルのEd Ashfordさんといっしょに、『フューチャー・オブ・サテライトコミュニケーション』という題名の本を著しまして、AIAA プレスから出版されております。その本で、私が書きましたのは基本的に長期的な展望についてです。私はいつも長期的なお話をするのですが、その中で5年というようなことではお話しいたしません。というのは、やはり規制上制約、周波数の分配、免許の問題によって、なかなか予想通りには行かないことがあります。5年というようなことであまり楽観的な予想はしないようにしております。そこで、10年後の予想になると、大きな技術進歩の話はなかなかできないわけで、どうしても保守的になります。ですから25年とか50年で予想を立てることにしております。そうすれば誰もあとで間違っていたとか何とか言われるようなことはないだろうということで、それが安心ということでやっております。

さて、今回新しいネットワークについて勉強したいと思い日本に参りました。今朝のことでしたが、日本でしか見られないあるものを見つけました。「ブライダル・ネットワーク・ディテクティブ・エージェンシー（結婚相談所?）」という看板がありました。「ディテクティブ・エージェンシー」とはいったい何をするとところだろうと思いましたが、大変興味深いネットワークであることは確かなようです。とにかく、ちょっとした看板でした。

さて、ここで何枚かスライドをお見せいたしまして、いくつかの課題についてより視野を広めていただければと思います。それではスライドをお願いします。

このスライドですが、会議に参加されている皆様に、まず広いビジョンを持っていただきたいと思います。衛星や無線通信の将来はアプリケーションによって規定されるので、技術によってではありません。デジタルサービスとシステムの統合によって起こるのです。いわゆる5Cといわれるものです。コミュニケーション、コンピューター、コンシューマー・エレクトロニクス、そしてコンテンツ、ケーブルTVです。これらのデジタルサービスが、デジタル技術によって結びつけられ融合した姿を今日我々は見ているのです。すなわち、私たちはこの会議でもそうですが、非常に技術主導で物事を見ていて、アプリケーションには十分な注意を払っていない。衛星と無線世界を技術とアプリケーションが融合したものと見ていません。特に広帯域移動サービスの統合でキーとなるものは、衛星・無線のインターネット/イントラネット、成層圏プラットフォーム、携帯電話、ウェブマッピング、メッセージング、エンターテインメント、ナビゲーションシステムです。将来の広帯域システムが我々にもたらすこれらのサービスとアプリケーションが融合したものを強調するような優れたプレゼンテーションを聞いてきました。

衛星設計者はもっとアプリケーションについて知らなければいけない。例えば、遠隔教育、遠隔医療、同報、放送、1日24時間、週168時間稼動するグローバルコーポレーションの発達やテレコミュティング(電子通勤)などについてです。電子通勤は今後20年間で最も大きなものになるだろうと思います。米国では、今日約1200万人が電子通勤をしているといわれています。ここ10年で、これが7500万人にも増えるだろうと思います。これはエネルギーの節約、公害に対する関心、横浜や東京のような大都市の高額な開発費によって引き起こされるのです。また、セキュリティに関する重要な問題もあります。ニューヨークの世界貿易センターが攻撃に遭いましたが、このように一つのスポットにすべてを集めるということはセキュリティ上問題であるということも出てくると思います。最後にブロードバンド・モバイル・アプリケーションです。このように、テクノロジーのプッシュとプル両方、これが世界の中でますますクリティカルになってくることが言えると思います。我々はいっとアプリケーションのプルに注目する必要があると私は思います。

それでは、ちょっと過去を振り返ってみたいと思います。まず、この地球の人類の歴史を振り返ってみますと、非常に長い間、地球の人口は約1億人でした。それが17世紀にはペストのために世界の人口の3分の1が亡くなりました。そのあと新しい農業革命があり、人口が急激に増加いたします。そして今日、60億人ということが言われます。ただ、国連では、2050年から2075年のあたりになると、おおよそ100億から110億人で落ち着くのではないかというふうに言われております。また、日本のような経済先進国では、人口の増加が1.85ぐらいになっているわけですが、人口が変化しないようにするためには、これが2.1でないといけません。ある程度のところまで行きますと、人口が減っていくことになってくるわけです。

次に都市の発展について見ていきましょう。13世紀に北京が世界最大の都市でした。数マイル歩けば都市の中のどこへでも歩いていけるものでした。国際的な旅行などは非常にまれで、すべて歩くことによって成り立っていました。その後、交通手段は進んでくるわけで、現在では東京や横浜のように、人口の集中が起こるわけですが、それはまさに非常に近代的な交通システムの発達によって支えられているもので、さらに通信や情報サービスの発達によるところも大きくなってきます。例えば、ロサンゼルスの場合、かつては『ロサンゼルス・タイムズ』を市内全域に配布するために1つの印刷工場で充分でしたが、今ではそれでは足りません。少なくとも4つの工場を通信回線で結んで、印刷し配布しています。その結果、数百万ドルもコストを削減できたというようなことが起こったわけです。21世紀になりますと、都市や人口は、交通機関の発展よりも、こうした情報システムや電子通勤などの進歩に大きく影響を受けるようになってくると思います。

さて、人類の歴史の発展を建物に、20マイルの高さの1万階の建物に例えてみますと、人類の始まりから数えて、農業の始まりは9,980階にあたります。コンピューター、ロボット、衛星、TV、スパンデックス、そのような偉大な発明のすべては、1万階の建物のうち最上階からほんの10インチにも満たないということになります。しかし、この建物を歴史と見なさず、情報の発達の観点から見直しますと、トランジスターの発明までのすべての知識は、2000階に相当することになります。インターネットの開始が4000階ですので、そのあと6000階分をさらに追加してきたことになります。これから数年でどこまで行くのかというのは非常に興味深いところです。次のスライドを見ていただきますと、いま情報が倍になるのは3年ごとというふうに言われております。ある人はそれが9ヵ月と言っています。今それを3年として同じスケールで進むものとしますと、2015年にはなんとこの情報ビルディングは15万階に匹敵するようになってきます。300マイル延長しなければならなくなります。思い出してください、15万階のうちの下から4000階だけがインターネット以前の歴史です。データベースはテラバイトではなくて、ペタバイト単位で増えていく時代に直面していくと思います。

このように技術の革新がどんどん進んでいます。ローレンス・グロスマンはこう言っています。「印刷技術の発明により誰でもが本を読むようになった。ゼロックスやコピーが我々みんなを出版者にした。テレビによって視聴者がつくられた。デジタル化とネットワーキングが我々をすべての人々を出版者にし、情報の提供者にした。」明らかに、ネットワーク化された衛星やレーザーシステムは、「Worldwide Mind」や「グローバルブレイン」と言えるような何かを作りつつあります。先進国においてはグローバルビレッジと言えるものが現実になっています。この20年間で、完全にネットワーク化されたグローバル社会が実現することになると思います。

最初に、デジタル技術によって、すべてのタイプの市場が融合していくと申し上げました。このスライドが示すように片側に製造業者とサプライヤーがいます。左側にはサービス・プロバイダーをおきました。この

ようにすべてがデジタル・マーケットの大きな中にいます。ケーブルTVのプロバイダーから出版者、遠隔教育、遠隔医療の提供者のすべてが、大きなデジタル・マーケットの中でリンクされている。情報、通信、教育に関していても、今やなんと4兆ドルの市場規模です。つまり、すべての生産の12分の1が、情報、通信、教育に関わるものになっているといえます。すなわち、約2兆ドルが情報、コンピューターから本や新聞、映画、コンピューターゲームにいたる様々なものになります。通信は、8億5000ドルぐらいになるわけです。そしてエンターテインメント関係というのは1兆ドルです。ここでアイスエージ、ICE (Information, Communication, Entertainment) Age と書きましたが、世界の中でこれが唯一の特定できるマーケットとなるわけです。

150年間でデジタルがどのように成長していくかというのを見たときに、まずは伝送技術があります。1000億から10兆ビット毎秒のところにあります。アプリケーションを見てみますと、開発の初期には伝送システムがこの曲線をドライブしています。しかし、21世紀になるとアプリケーション、今までの話の中で出てきたアプリケーションがこの曲線、衛星通信や無線通信に対する需要を制御するようになると思います。

21世紀のダイナミック・フォースを見てみますと、冷戦がグローバル化、すなわち世界規模の資本の流れに置き換えられました。今日では1日あたり、1兆から2兆ドルのオーダーの資金移動が電子的に行われています。1年間でみれば、400兆ドルを超えるところにもなるわけです。50兆ドル規模のグローバル経済の何倍かのサイズになります。このような超高速世界において、電子的な資金移動というものがますます進んできて、ファイバにおける技術革新はモアの法則を上回るもので、伝送量は1年で倍のスピードになります。

このグローバリゼーションは、国の中のダイナミックなバランスに支配されています。例えば、軍事的な力と政治的な力。そしてビジネスでは、市場の力と資金の力、国を超えた個人の、文化的な力と宗教的な力。これをバランスをとるという形で行われてき。ある人は、今日、いわゆるウエストファリアン・システムの終焉を見ているのだといえます。すなわち、国家がすべてをコントロールしてきたシステムです。多国籍企業の力が、国際的に文化的な宗教的な違いというものを超えようとしている。それがまた今日の大きな問題点でもあるわけです。

グローバルな影響力というのは、しばしばテレパワー、イノベーション、資本、そして情報に基づいている。つまりジョセフ・シュンペターの経済理論です。いわゆる情報による「創造的な破壊」でありまして、結局発展というのは新しいテクノロジーがその前のテクノロジーを置き換えねばならないということが言われています。この創造的な破壊が出現してきていますし、情報創出のスピードが上がっております。その中で途上国と先進国の間のギャップが拡大しています。これは原理主義的な社会と技術的に高度な社会の間のギャップと言ってもいいと思いますが、このギャップが非常に拡大している。これが不安定化につながっているということです。

この新しい世界において先進国というのは、グローバル経済・政治システムに関する第三世界の問題に対して脆弱です。トム・フリードマンの本に『レクサスとオリーブの木』の比喻がありますが、結局世界全体が繁栄、安定するには、またテロに対抗するには、教育や医療や繁栄をみなくてはならないということです。マクドナルドがたくさんあるような国は革命活動を行わないというようなフリードマンの説もありますが、今のところ、これはあまり正しくないかもしれません。

これから通信がどういうふうに変わっていくか。コミュニケーションがどういうふうに変わっていくかであります。マイク・ネルソンが予測していますが、彼はホワイトハウスにいたのですが、今IBMにいます。彼の予測では、これから20年ぐらいの間に、インターネットの接続は1000倍増え、情報のアクセスは3桁増えるということです。つまり、開発とグローバル化が進めば世界平和につながるのかどうか。これは、はたしてそうなのかわかりませんが、トム・フリードマンは『レクサスとオリーブの木』という本の中でそのように主張しています。

そして、10億以上のアクセスポイントがグローバルな電子マシーンにおいて実現すると言われておりまして、30年後には50億に増えると思われます。

テレコミュニケーション・サービスを見てみましょう。このように大きなトレンドが見られます。ブルーが既存のサービス、赤は新しいサービスでこれから実現するもの、黄色はこれから20年間の中で実現する新規サービスということです。このレートは毎秒テラビットといったようなアプリケーションにまでなっていきます。そしてますますグローバルなアプリケーションへと進んでいくでしょう。

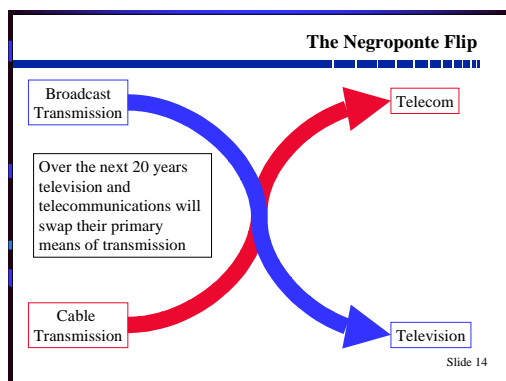


図1 ネグロポンティ・フリップ

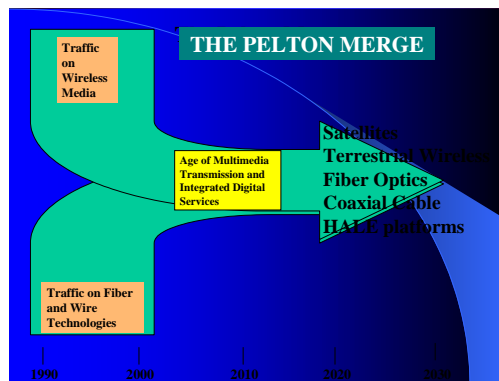


図2 ペルトン・マージ

それでは、将来をどのように見通すかということです。10年ぐらい前の話です。ニコラス・ネグロポンテ、彼はMITのメディアラボのディレクターですが、基本的にはこういうふうに言っています。つまり逆転現象が見られる。ワイヤーベースのサービス、固定電話のようなもの、これがブロードバンドのほうはケーブル・ファイバーに行きまして、放送タイプのサービス、無線サービスがワイヤレスをサポートしていく。この予測は技術的な原因がありまして、スペクトラムがどんどんなくなっている。したがってブロードバンドサービスは

ワイヤーに行き、ナロバンドのアプリケーションがワイヤレスになるだろうということです(図1参照)。

予測をテクノロジーベースにしてしまいますと問題があります。マーケットも見なくてはならない。さもないと間違いを犯してしまいます。私はモデルを分析し1994年に提案したのですが、マーケットのトレンドとしてはこうならないと考えています。いったん、結局人々がモバイルや無線サービスを手に入れれば、ブロードバンドのアプリケーションのサービスも欲しがるだろうということです。私のほうからいわゆるペルトン融合(図2)というのを提唱しております。これは私が名付けたわけではなくて、テレコミュニケーションマガジンが名付けたのですが、どうも衛星、地上ケーブル、光ファイバー、成層圏プラットフォームが組み合わせられ、有線ベースのテクノロジー、あるいは無線メディアが融合していく。そしてチャレンジとしてはオープンなネットワーク・アーキテクチャーを構築する。そうするとシームレスな形ですべてのサービスを接続していくことができるでしょう。

今日、直接放送、DBSとかダイレト・ツー・ホーム衛星、これはブロードバンドのアプリケーションですが、急速に各地で進展をしておりまして、受信機1億台ぐらいが今、世界にみられます。

そして、さらなる3Gの展開、4Gの議論、ブロードバンド・アプリケーションの議論が行われておりますが、スペクトラム不足、帯域不足によって問題が起きて克服できないというような議論にはなっていないようです。周波数のさらなる再利用、例えばスマート・ビーム・テクノロジー、これはあとでお話します。そういった話も出ております。またより高い周波数の割り当て、Ka以上のバンド、ミリ波を使うというような話も出ておりまして、それでブロードバンド・アプリケーション・サービスをサポートしようということです。

衛星の世界をみていきますと、従来のトレンドラインが描かれておりますが、可能性としては、衛星やワイヤレスのアプリケーションがもっとコスト効率良く機能し、より高いスループットを実現するということも考えられます。しかし、これを衛星の過去と将来という見方をしないで、衛星はどの方向に動く必要があるのか。そのニーズのほうを見てみます。これはブロードバンドのニーズとか、ファイバーのアプリケーションとの競争力を保つ上でどういう方向に行くべきかということを考えると、まったく新しい技術やアーキテクチャーがなければ、これは可能ではないというふうに言えます。

このスライド(図3)はCRLの飯田博士が作成したものでありまして、これは我々の共同研究に基づいたものです。この3年間、CRLと先端的な衛星の概念について共同研究を行っておりますので、もし従来の技術を外挿した場合に、実際のこれからの方向性というよりも、どの方向に行かなくてはならないのかということを示しております。こういったような概念になるのか。すなわち、将来を見通しまして、どういう方向に行かねばならないのか。どういうふうに行くのかということではなくてです。

まず、地上から考えますと、0.1 から1ワットのレンジの出力にしたユーザー端末です。これは健康上の標準などを満たす上で必要でありますし、バッテリーとか端末の寿命、つまり充電前のライフタイムを考えま

すが必要です。

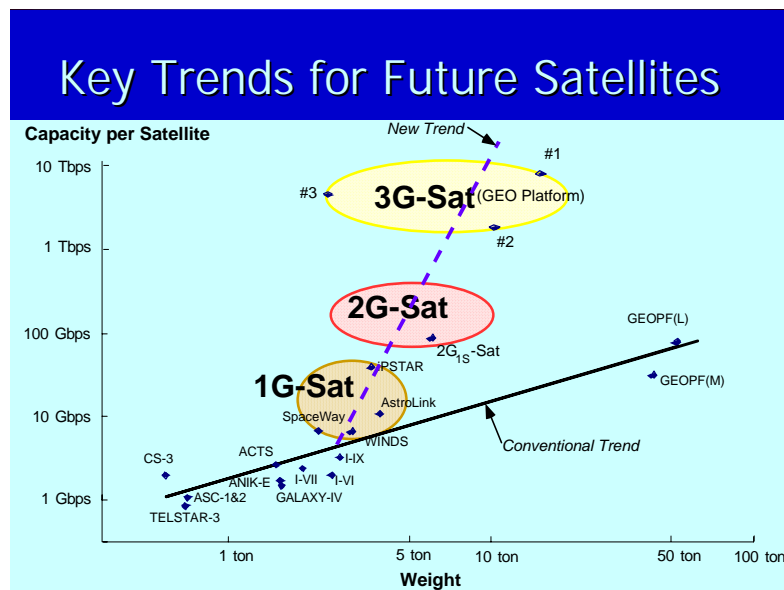


図3 将来の衛星の動向

それから、小さなキーパッドに情報を入力しなくてもいいように、音声から文字へのインターフェースの開発。それからマルチ機能のデバイス、これには音声やデータ、ページング、コンピューティングの能力も含まれます。さらにインターネット・インタフェース、ウェブマッピングの能力、ウェブサーチの能力、カレンダーの能力、いわばPDAの機能も含まれるということです。

それから、スマート・フェーズド・アレーあるいはパッチ・アンテナのデザインの進歩。アイ・ループ・ビデオでオプティカル・インタフェースをするということ。リアルタイムでデータを訂正できるようにということ。結局ユーザー端末はこういったようなニーズを満たしていかなければならないと考えます。

それから、最初のコンセプト(図4)は、もっと高い性能がほしいが、重量を上げたくないというものです。そこで検討しているのが、ポリアミドタイプのアンテナです。ハンツピルのNASAで開発しているアンテナで、大きさが7メートル、直径で22から23フィート、重量で25キロぐらいのものを開発しております。

考えとしてはそれらを一群にまとめて、テザー(牽引装置)や光ファイバーで接続するということです。衛星給電システムを真ん中に置いて、いわば平衡をとる上でのデッド・サテライトを下に置きます。非常に大型に見えまして実際大型なんですけど、しかし重量としてはそれほど大きくありません。今日、全質量が3000から4000キロの衛星を考えますと、かなり違って見えます、大変重く見えますが、質量と展開を比較して見ますと、現在の衛星とさほど変わりません。

これは複雑に見えますが、ほかにもいろいろな技術が考えられます。これは圧電タイプのリフレクターで、ビームが電子銃とフィギアセンサーによって形成されます。これは下のほうに表示されています。そのこ

とでアンテナのアーチが得られ、必要なRMS特性を満たすことができます。

右側で示すのは、牽引型のシステムでありまして、2つのエンドマスを長いテザーでつなぐものです。そして一つの統合的なシステムとして働きます。

これは(図5)、自由飛行のシステムであります。燃料を用いて適切な構成を維持するという形をとります。これは2Aというコンセプトです。2Bも検討しております。パラボラ・リフレクターの代わりに、フラットなフェーズドアレーアンテナのデザインを用いるものです。経済性を考えますと、経済的に機能できるかどうかは、まだ確認しておりません。

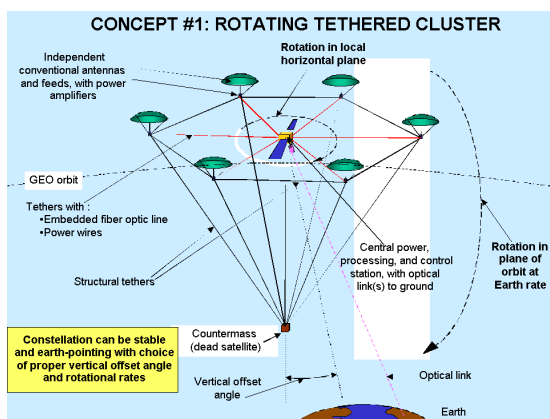


図4 回転するテザー型クラスター衛星

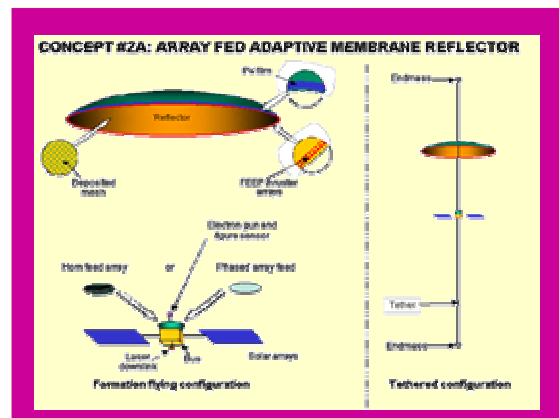


図5 アレー・フィード・適応型リフレクター

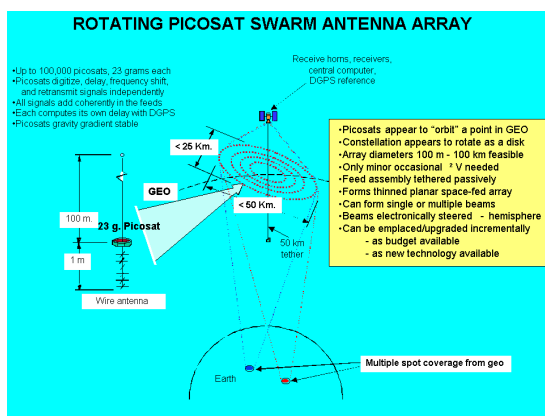


図6 多数のピコサットを用いたシステム

もっともエキゾチックなコンセプト(図6)は、最初のものも次のものもエキゾチックだと思いますが、これは超小型の衛星、ピコサテライトであります。ホッケーのパックの大きさです。重さは23グラムという超小型の衛星です。これを地球軌道において展開します。重力特性によって、軌道位置を維持することができます。10万ピコサテライトぐらいを展開しまして、電磁チャージですから、もう一度回収して、もう一回展開することができます。

このフェーズド・アレーの面の上に、全ブラットホーム上で動作する衛星を配置しますと、非常にたくさん

の数のビームを形成することができます。これはまだコンセプトの段階です。現在、第5フェーズの研究モードでありまして、コンセプトをもう少し精緻化しております。ほかにも適応できる技術があると思われるので、より小型、よりシンプルにしたいと思っています。とくに二つテクノロジーを検討しているのは、スマート・ビーム・テクノロジーが一つです。同じ周波数を何度も繰り返し利用できるように、ワン・ビーム・イン・ツーという形です。もう一つの技術は、非常に高度なモデムに関してです。情報を1ヘルツあたり2ビット、あるいは4ビットまでもっていきたいと思っています。そのことでシステムをシンプルにできると考えています。

しかし、目標は、将来のアンテナシステムを製作することですが、今以上にコスト効率の良いものを実現したいと考えています。それによって、先ほど見せたグラフでいえば、従来型曲線ではなくて、新規の高い方の曲線が実現できると考えています。

衛星通信の将来であります、劇的に新しいアーキテクチャーの衛星を開発できると思います。我々の三つのデザインコンセプト以外にもいろいろあると思いますが、いずれにせよ従来の外挿型以外の新しいアーキテクチャーを考える必要がある。そして、よりスマートな、よりユーザーフレンドリーな、あるいはユーザーを引き付けるアンテナ、つまりウエアラブル・アンテナ、そして低消費電力のものに進化させねばならない。

また新しい軌道概念としては、準天頂衛星システムが先ほどの講演の中でも出てきております。そういった種類の軌道を用いることで、80%というような見通し率が可能になります。そして飛行機だけではなく、東京ダウンタウン、横浜のダウンタウンでも移動体衛星通信サービスを実現することができる。

また衛星と成層圏プラットフォームをハイブリッドに融合させるということが考えられます。成層圏プラットフォームを東京や横浜のような都市部での上空で利用して、地域とグローバルなサービスを実現するために衛星と組み合わせる。また、レーザーを用いたコミュニケーション・システムも、光衛星間通信リンクとして使うなどの将来性があります。

ブロードバンド移動通信サービスを可能にするもの、例えば、高効率モデム、それから符号化、スマート・ビーム、そして今以上にビームあたりの周波数帯域を再利用するという、こういうことも考えられます。

いずれにせよ高度なサービスビジョンと共にテクニカルなビジョンが必要だということです。このテクニカルビジョンがなければ、結局高度なサービスビジョンを掲げても意味がありません。

ワシントンDCで最近NASAがスポンサーのワークショップが開催されました。また米国政府、業界の協力を得ておりますし、専門グループも協力をしています。結論としては、航空宇宙の雇用が1989年における120万人から、今日60万から70万人に下がってしまった。それは何故かといいますとビジョンが欠けていたのではないかということです。衛星のシステム、将来像がもっと魅力的にならなくてはならないということ

です。そうした新しいビジョンを与えるものは、太陽エネルギーのプラットフォームで、1,000 個の太陽に匹敵するような、ギガワットの電力を生成できるような太陽パワー・プラットフォームです。あるいはまったく新しい材料やアーキテクチャーの宇宙プラットフォーム、あるいは月のコロニーといったようなものもビジョンとして掲げたいと思います。

新しいステップとして、より学際的な思考が必要だと思います。テクノロジーとアプリケーションを融合させるようなもの、先ほどアイスエージというふうに言いました。情報、コミュニケーション、そしてエンターテインメント・サービスを統合化することです。また、サービス・プロバイダー、研究者、衛星メーカーの間に今ギャップがあると思いますが、これは危険なことです。テクノロジーを見ている技術者、あるいはアプリケーションを見ている別の人、そしてサービスの人たちがそれぞれ独自に動いていると思います。もっとチームワークを、たとえば大学を通じて、その他のメカニズムを通じて実現し、より協力態勢が必要です。また、事業計画における新しい現実性が必要です。衛星は、ワールド・ワイド・マインドの重要な要素になりえますが、しかし今、戦略的な対策を講じなければなりません。

最後に、衛星通信の未来を、いわゆる“スーパーマンズ Super Month”のコンテキストの中でお話をしたいと思います。先ほど人類の歴史について話しましたが、そこでは1秒が2年に匹敵する。このスーパーマンズで、29 日目と 22 時間半の間、我々はいわゆる遊牧民、狩猟採取をやっていた。残りの1時間半で、農業を行った。ルネッサンスは最後の4分間。工業化時代は最後の2分。そして最後の15秒がコンピューターや衛星の時代だということです。これから 20 から 30 秒の間に、先ほどの月のコロニーとか、太陽エネルギーシステムとか、高度なコミュニケーション・システム、あるいはマストライバー・テクノロジーについてどれくらい進展がみられるのか。それによって、たとえば東京からニューヨークの間を、1、2時間で走る、地下の真空状態を利用した列車を実現することができるでしょう。もし我々がビジョンを持ち、実際に衛星企業が我々を前進させる技術革新の一部を担うことになれば、これらは実現可能でしょう。

これから数日間、こういった興味あることについての議論ができればと思っております。旧友と旧交を温め、また新しい友人もつくりたいと考えております。ありがとうございました。(拍手)