

によるものがある。このうち、周波数帯域の不足については、ユーザリンクよりもむしろ、ユーザリンクを束ねたフィーダリンク回線で問題が顕在化しやすい。例えば100Gbpsのデータ伝送を行うためには、システム全体として100Gbpsのフィーダリンク回線容量が必要となるが、1回線での伝送では困難であるために、多数局のフィーダリンクで賄うことが多く、地上局構築コストは膨大なものとなる。したがって、100Gbps以上の大容量システムにおいては、たとえば適切なサイトダイバーシティ技術を用いた光通信回線によるフィーダリンク構成等も有効であると考えられる。

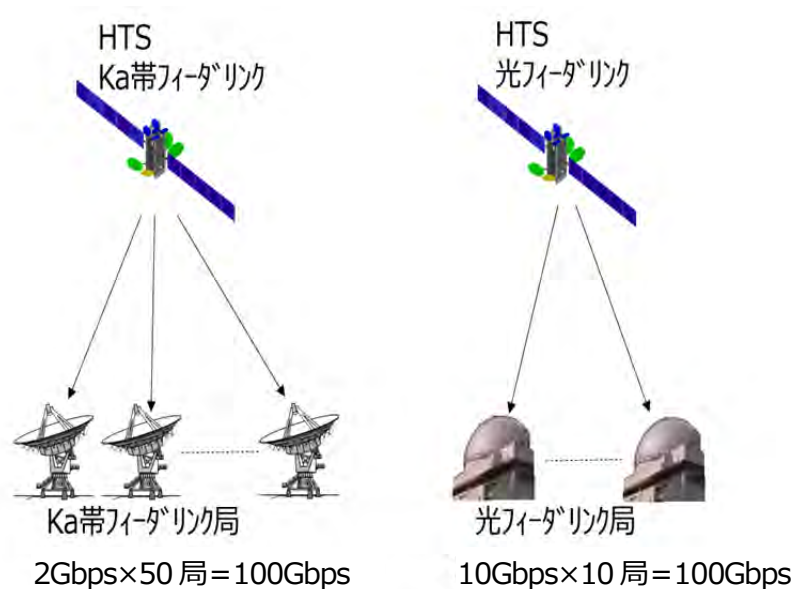


図3 フィーダリンク回線（光フィーダリンクの有効性）

(iii) 市場動向調査

以上の要件は現時点での世界市場から想定される将来の市場を想定したものであり、今後の世界的な技術動向により新たな流れが生まれる可能性もある。特にここ数年で衛星適用に至った新技術も多く、その運用実績等も含め技術動向の注視は重要である。今後の市場動向により、バス、ミッションに求められる主な機能を継続的に調査・分析することが不可欠である。

**ア（2を鑑みた）技術的な可能性と軌道実証の意義**

国際競争力の観点から衛星製造者等が衛星通信システムの海外展開を図るうえでも、衛星本体又は衛星搭載コンポーネントといった衛星事業ビジネスに加え、地上系システムをセットとしたパッケージ型ビジネスへ転換をはかることで、急速な社会インフラ構築を目指す海外への受注獲得に繋げることが期待できる。世界の通信・放送衛星市場は今後も安定した成長が見込まれているが、これは通信・放送衛星が今後もさらに通信放送分野で重要な役割を果たしていくと同時に、宇宙産業の80%を占める最大の市場がさらに増大して

いくことを示している。世界の商業宇宙市場の規模が拡大する見通しのなか、自国内に宇宙産業基盤を有さない宇宙活動国に我が国の衛星を展開することで、我が国の宇宙産業の競争力強化が期待できる。

衛星の研究開発、製品開発、事業化、普及化といった一連のプロセスの中で、大きな課題となるのが軌道上実績である。衛星システムや搭載機器は、軌道上実績により製品価値が認知される。また開発衛星とは異なり国内外の実用衛星では、宇宙での軌道上実績を有するものしかほとんど採用されていないという実情を十分に考慮する必要がある。さらに保険契約においては、商用衛星の場合に軌道上実績のないものは、そもそも保険対象とならないか、又はきわめて高い保険料率となり事業が成立しない状況に陥ることが多い。また、国際市場において市場シェアを獲得するためには、単一の軌道上実績では不十分であり、複数の成功実績を経て、海外政府や商用通信オペレータなどの顧客に評価されることとなる。

以上のとおり、軌道上実証は極めて有力であるものの、衛星の静止軌道の投入には高額のコストを要し、衛星製造業者の内部資金調達による方法のみでは実現困難である。我が国に比較して圧倒的な実績を有する欧米においては、商用利用に先駆けて、膨大な防衛目的の衛星通信分野の研究開発費を有する米国や、自国の産業力強化のためのプログラムを有し、実験・実証と実用を組み合わせた宇宙プログラム等による効率的開発を実行している欧州などがある。これらの動向に対応し、我が国の宇宙産業力強化やこれらの海外展開のためには宇宙実証機会を最大限に活用することが求められる。

## イ バスの基本構想

バスについては、主として衛星大電力化への対応及びオール電化衛星技術の適用の2点をポイントに、競争力の強化を狙う。要求目標としては、1年前に行った検討から、その後の世界的な動向を勘案しても変更はないため、前回の検討結果を用いることとする。

商用衛星市場における国際競争力を獲得するためには、大電力化を実現しつつ打上げ質量の軽量化とトランスポンダ搭載数の増大を図る衛星バス技術を実現する必要がある。

具体的には、将来衛星バスでは、打上げ質量当たりのペイロード供給電力 4 kW/ton 程度を達成することで世界を凌駕することを目指す（図4）。

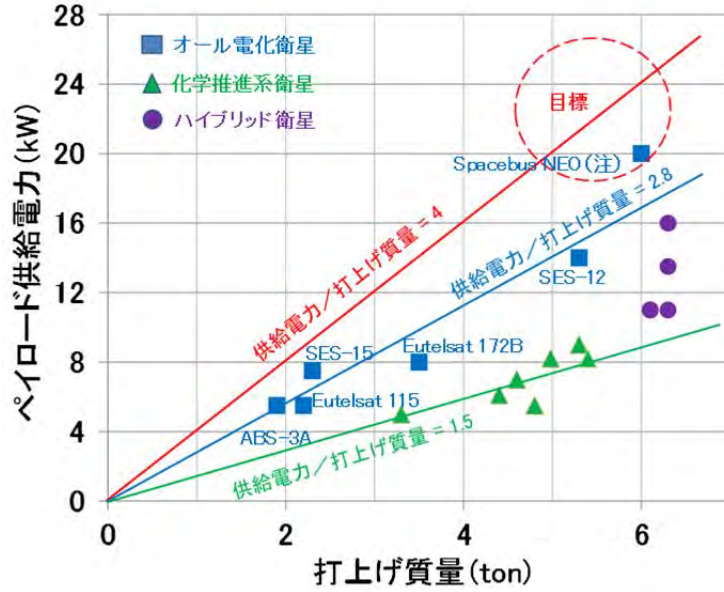


図4 打上げ質量とペイロード供給電力

この将来衛星バスを実現するための要素技術は、以下のとおり。

【衛星大電力化への対応】

通信衛星市場の将来動向において通信容量が大容量化に向かうことに伴い、ペイロード供給電力及びトランスポンダ搭載数が増大することが見込まれる（図5、図6）。こうした市場ニーズに対応するため、将来衛星バスには、大電力化及び打上げ質量当たりのペイロード供給電力（供給電力と打上げ質量の比）の向上が求められる。

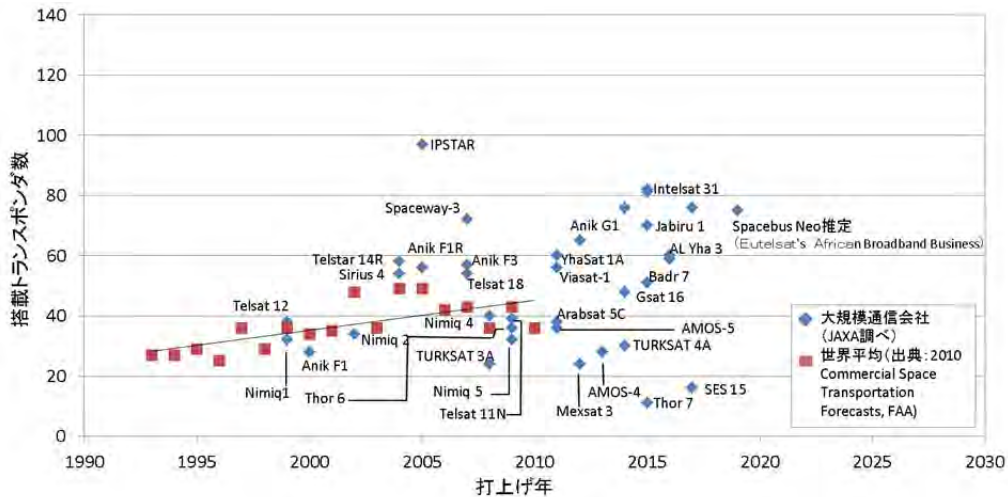


図5 通信衛星搭載トランスポンダ数の傾向分析

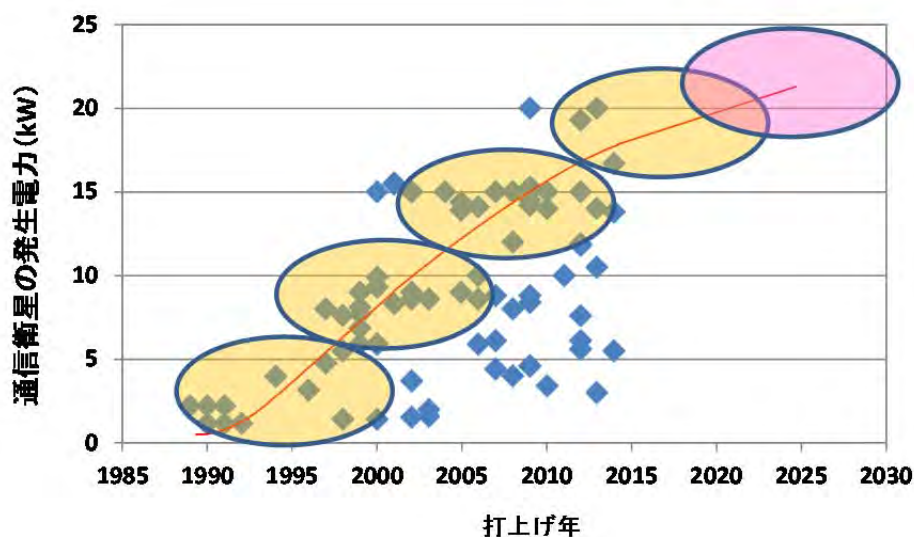


図6 通信衛星電力の傾向分析

大電力化について、図6の傾向分析によると、最大規模の通信衛星の発生電力は2000年代が15 kW程度、2010年代が20 kW程度であるのに対し、2020年代の将来予測は24 kW以上となる見込みである。これに対応するため、将来衛星バスの発生電力は、24 kW以上が必要である。なお、電気推進の大推力化に関しては、大推力化に必要なシステムマスの増大（デメリット）とそれによってサービスインが早まる効果のバランスを総合的に勘案したうえで、目標推力レベルを決めることが望ましい。

#### 【オール電化衛星技術の適用】

打上げ質量の観点において、化学推進系を搭載した静止衛星の質量内訳で最も多くを占めているのが、静止軌道への遷移等に必要となる推進剤となっている（図7）。大電力化する将来衛星バスに化学推進系を搭載すると、衛星打上げ質量が増大し、打上げコスト、ひいてはライフサイクルコスト全体の増加に繋がる。これに対応するため、打上げ質量をほぼ半分に低減することが可能となる「電気推進系を搭載したオール電化衛星」技術が必要である。

オール電化衛星の軌道遷移は、電気推進系による微小の連続推力で行うため、従来の化学推進系を搭載した衛星と比較し、軌道遷移に要する期間が増加する。具体事例として、オール電化衛星を初めて実用化し、商用通信衛星市場に投入した米国Boeing社の小型静止衛星バス702 SPは、電気推進系としてイオンエンジン（XIPS-25）を搭載しており、軌道遷移に約6ヶ月を要している。衛星通信事業者にとっては、この軌道遷移期間の長期化、すなわちサービスインの時期が遅くなることは、事業計画に影響を与える一因となるため、「遷移期間の短縮」は競争力強化を図るうえで有効である。これに対応するため、イオン

エンジンに比較して比推力は半分程度と劣るものの（化学推進系と比較すると5～10倍と高い）、大推力（数百 mN 級）が得られる「ホールスラスト」を開発・搭載することで、軌道遷移期間の短縮を図ることができる。

また、静止軌道における軌道保持運用やリアクションホイールのアンローディングにもホールスラストを適用することで、従来の化学推進系を搭載した衛星と比較し消費燃料が極めて少なく済むため、運用の長寿命化に繋がる。

なお、ホールスラストの導入により、従来の電気推進系に比べ軌道遷移期間が短縮されるものの、化学推進系を搭載した場合に比べると軌道遷移期間は長くなる。これに対し、バンアレン帯の通過等による放射線の影響評価として、搭載機器の部品動作寿命や太陽電池の劣化をシミュレーション解析し、オール電化衛星の軌道遷移期間が問題にならないことを計算上確認している。

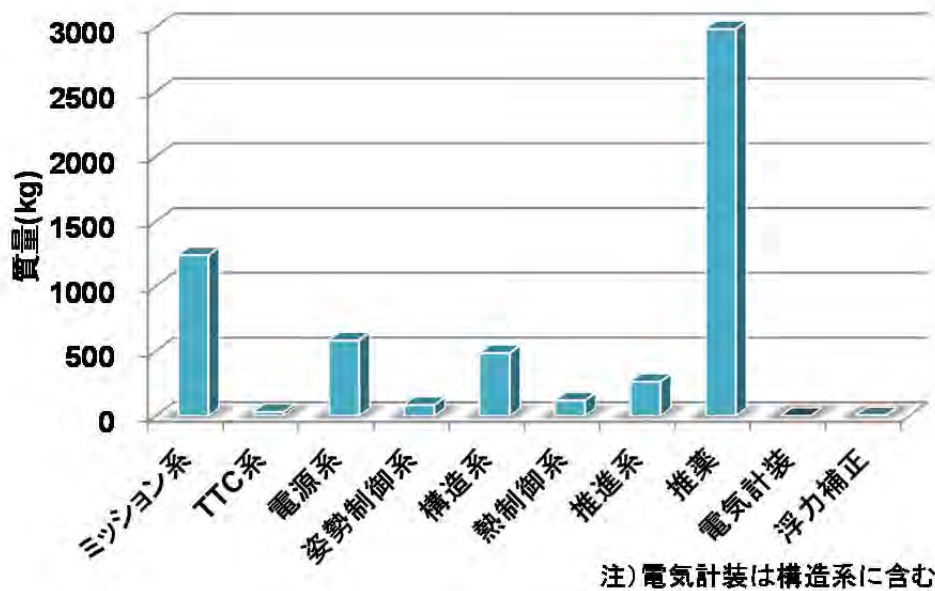


図7 化学推進系を搭載した静止衛星の質量内訳（代表例）