

過酷環境向け光製品:ミリタリ市場

By Stephen Montgomery, ElectroniCast

過酷環境用光リンクアプリケーションは多く、多様だ。アプリケーション毎に環境的、パフォーマンス的仕様が異なっており、それぞれ独自のものであり、商用(COTS)コンポーネントの機能を越えた仕様となっている。また、年代を追うにしたがって仕様も変わる傾向がある。この分析では、これらのアプリケーションを集めて2つの主要なカテゴリに分類した。ミリタリ/エアロスペースと産業/商用の2つ。これらは、さらに次のように細分化できる。ミリタリ/エアロスペースでは、軍用航空機、宇宙船/軌道ステーション、船/潜水艦、ミサイルシステム、基地施設、固定設備、可搬設備、その他の軍/エアロスペース。産業/商用では、工場、移動型重作業機械、自動車/トラック、商用航空機、列車/船舶他、移動型機械、探査/資源データ収集、医療他。

ミリタリ/エアロスペースアプリケーションは、過酷環境光コンポーネントでは最大の世界消費額を形成しており、産業/商用セグメントよりも急激な成長が予測されている。これには、過酷環境で用いられるPOFリンクも含まれる。

図に示すように、過酷環境用光コンポーネント(HEFO)は2009年に6億3100万ドルに達し、2012年にはHEFOコンポーネントの世界消費額は9億3000万ドルに達すると予測されている(ElectroniCast調査)。

商用/産業用セグメントはミリタリ/エアロスペースと異なっている重要な点が多くある。産業/商用過酷環境用コンポーネントは、同等機能のミリタリ/エア

ロスペース用コンパネンと比べると遙かに低価格であるが、使用される数量が遙かに多く、絶えることなく進行する自動化トレンドや信号データレートの上昇によって規定されている。

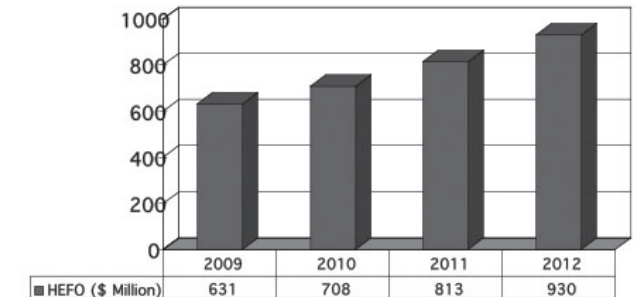
ミリタリ/エアロスペース

過酷環境で使用する光コンポーネントの世界消費額は、ミリタリ/エアロスペース用途で2009年は4億4200万ドルだった。この分野ではミサイルシステムが2012年まで市場を牽引する。これらのアプリケーションは、比較的短距離(<1km)、低ビットレート(<1Gbps)のものが主流。このため、マルチモードファイバ(MMF)とLED送信器が普通であるが、データレートの高まりにともないVCSELベースの送信器がシェアを伸ばしつつある。自動車用途ではPOFが大きなシェアを占めており、2009-2014年の間に大きな成長が見込まれている。

初期の軍用機では、銅線ケーブル仕様だったが、光ファイバケーブルは重量とサイズ、またRFI/EMI-EMPの点でも大きなメリットがあり、電気システムの進化に伴うデータレート向上でも移行が容易である。

技術進化に対応するフォトリクス

武器体系は過去20年の間に進化しており、わずかな自動プラットフォームシステムから複数の機能を統合した集積シ



ステムが変わってきた。また、設計的にも複数のシステムを、テラビット情報のフローを必要とする情報システムを組み込んだサブシステムに進みつつある。軍用機、特に主要な長期的コアとなる航空機は20-30年の生産、導入スパンにわたる設計的前進を通じて進化するのが一般的だ。初期の世代から進化してきた各電気機器は新たなインタコネクタリンクを必要とするようになっていく。また、最先端の航空機世代は新たな機能機器部品との相互動作が求められることが多々ある。特定の航空機世代では、ミッションによって導入されている一連の装置が異なっている。信号/データチャンネルの数は継続的に増える方向に変わってきている。これはチャンネルあたりのデータレートが、過去10年で10/100Mbpsから2Gbpsへと増加し、現在10Gbpsが出てきているためだ。コアプロセッサの急速な速度進化により、センサ、武器の効率、他の機能のパフォーマンスは目覚ましく進歩した。

光ファイバは、極めて高いデータレート対応、低挿入損失(特にSMF)であるので、システムのアップグレードに、場合によっては同じファイバケーブルを用いながら、柔軟に対応可能だ。

世代を追うにしたいデータストリームの数が増え、新たなケーブルのリブレースではWDMモジュールの導入もありうる。少なくとも128ch/SMFのWDMは技術的に可能であり、128のジャケットファイバに対して大幅な重量とサイズの減少となる。

真空管からスーパーコンピュータへ

光データリンクは、コンピューティングスループットの進歩と軌を一にしており、複数の航空電子工学システムを集積して単一のシステムとする流れをサポートしており、戦闘機にも実装できるほどのレベルでパフォーマンスが向上している。

現行の航空電子工学システムで複数要素の集積化が進んだため、累積データフローはコアプロセッサで100Gbpsを超えている。これは、2.5Gbps伝送容量で、100本のファイバリンク（冗長系を入れて×2、システムによっては冗長系を二重にする）を必要とすることになる。今後、リンク数はさらに増え、データレートも高くなる。

軍用機のプラットフォームバックボーンでファイバリンク数を減らすためにDWDMモジュールを利用すると、チャンネルあたりのデータレートが高くなり、このためMMFからSMFへ、LEDから短期的にはレーザーダイオード（端面発光、EELD）、シングルモードVCSEL（長期的）への移行傾向がでている。

微小化傾向

ミリタリ/エアロスペースの戦闘機では、立方インチあたりのスペースが重要になる。10年単位で見ると、航空機で伝送されるデータ量が何桁も増えており、光電子伝送リンクの占めるスペースをそれに応じて拡大することが難しく

なっている。逆に、データスループット向上に比例した高密度化（Gbps/inch³）が不可欠となっている。この微小化をサポートする進歩はトランシーバの進化に見られる。I/OリンクはMTフェルルールベースのコネクタで終端されるリボンファイバとなっている。ロッキードマーチンがこの種のトランシーバを開発している。

ミリタリ（非商用）航空機/宇宙船

このカテゴリは、軍の機関が契約した全ての航空機とミサイルに、他の少数の政府系機関（US NASAなど）を加えた消費額となる。これらのカテゴリでは、サイズ、パフォーマンス、ミッション仕様、製造量の幅は広い。環境や信頼性の仕様に対する課題は航空機の価格に比例し、航空機が有人か無人かにも依存する。コンポーネント価格は仕様の難易度に比例し、製造量に逆比例する。数億ドルをかけて、宇宙空間で数年間活動するように設計されている人工衛星一機に用いられるコンポーネントは、短距離ミサイルやロケットで用いられる1万ドル～10万ドルレベルで同等のパフォーマンスを持つコンポーネントと比べると、何倍も高価になる。

航空機/宇宙船アプリケーションは、過酷環境用光コンポーネントの世界消費では最高額となっているが、2008-2015年のスパンではミサイルシステムセグメントの伸びがこれよりも急速に伸びていく。

送信器/受信器が宇宙船光コンポーネントを主導

宇宙船と軌道ステーションで使用されるアクティブ光コンポーネントの世界消費額は、2008年の1640万ドルから、

2012年には5900万ドルまで拡大する。このアプリケーションでのパッシブコンポーネントも同様の金額だが、伸び率は比較的緩やか。送信器/受信器モジュールがこの短距離アプリケーションでは消費額を主導する。微小化が強く求められており、特にトランシーバはその傾向が強い。

宇宙船や軌道ステーションの建設数は少なく、特定の設計/プロジェクトで一機ということも少なくない。一機あたりのコストは数千万ドルから10億ドルまでの範囲。光リンクは、センサ、ガイダンス、通信およびその他の機能のインタコネクに用いられる。一機あたりのコストが非常に高いため、また有人衛星も含まれるため、光リンクには極めて高い信頼性が要求される。機器や光リンクの冗長化は一般的だ。

一般的な宇宙船のファイバを用いた電気システムは、ミッションデータコントローラ（MDC）と、最大16の光レンズインタフェース（OBI）ユニットで構成されており、32までのリモートステーションに使用される。MDCは、冗長系のMMFリンクで接続されている。送信器は1.3μmの端面発光レーザーダイオードで、PINレーザと対になっている。OBIは、センサ、通信ユニット、その他のエレクトロニクスのデータ制御インタフェースとなる。ネットワークは、宇宙用として評価済みであり、100kRAD超の放射能に対する耐性があり、宇宙船の厳しい衝撃や振動に耐える設計になっている。

このミッションデータネットワークは、初期の銅線インタコネクシステムの置き換えとなる。銅線システムは、帯域では現システムの15%の容量しかなく、重量は2倍以上、消費電力も2倍以上だった。