安全飛行を目標にしたIR防衛システム

ゲイル・オーバートン

標的に迫るミサイルを阻止するために設計された赤外防衛システム（ＩＲＣＭ）は軍用機に標準装備されている。オプトエレクトロニクス技術の継続的な改良により、その採用は商用航空機にも及んでいる。

ミサイルが熱またはプルームを探知して標的へ到達することを阻止するために設計された赤外防衛システムは、一般に、フレア、レーザまたはその他の明るい照明光源と光学系を組み合わせ、空軍機や海軍の哨戒機に搭載されて、ミサイルによる標的の把握を混乱させる。

今日の赤外防衛システム（IRCM）は、ほとんどの軍用機の標準装備になっている。ホワイトハウスは2005年に、商用航空機ミサイル防衛法と名付けた法案のH.R.2780とS.1193を上院に提出したが、いずれも法制化されなかった。それにもかかわらず、IRCMは商用航空機の分野でも進歩し、強力なレーザおよび改良されたオプトエレクトロニクス部品とオプトメカニクス部品を使用することで、寸法と重量が減少し、あなたの身近な飛行にも使われようとしている。

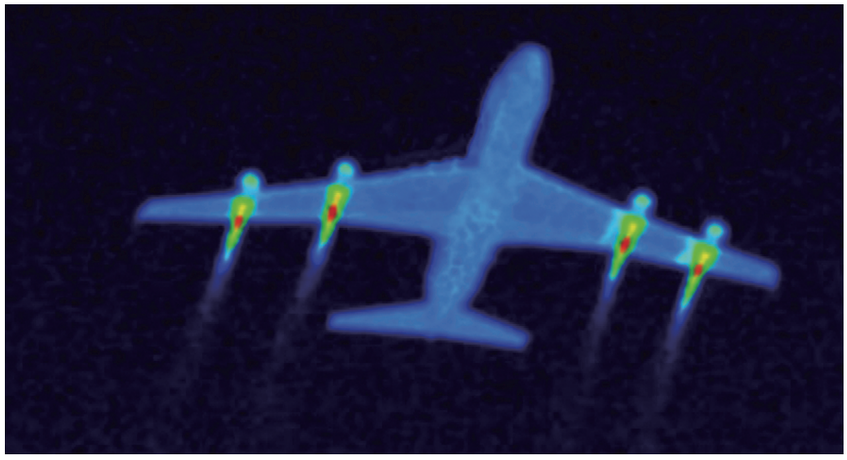

図1　標準的な商用航空機はエンジンからの強い熱放射が3～5μmの赤外領域に現われ、熱探索ミサイルにとって追跡の容易な標的になる。（資料提供：オランダ・インフラレッドコンサルティング・アンド・モデリング）

IRCM技術

最新のIRCM技術の多くは独自の仕様で開発されているが、それぞれのシステムは基本的に、IRカメラと光学系によるミサイル追跡システム、接近するミサイル、つまり「シーカー」を混乱させる防衛用光源としての「ジャマー」、パターン認識と制御機能をもつデータ処理システムおよび撮像装置と光源を平行移動/回転する機械的部品から構成されている。

オランダ・インフラレッドコンサルティング・アンド・モデリング（Netherlands Infrared Consulting and Modeling, NIRCM）の技術コンサルティングを務めるウイリアム・カプラン氏（William Caplan）は、「すべてのシーカーはかなり狭い視野のジェットエンジンプルームを標的とし、検出信号を変調して、ミサイルの飛行方向に関係するエネルギー源の場所を追跡する。ジャマーは追跡する航空機の熱源と同じ視野にある高強度変調光源を使用可能にする（図1）。指向性IRCM（DIRCM）の場合、光源はレーザビームをシーカーに向けるタレット上に取付けられる。ジャマー信号はミサイル追跡エレクトロニクスを混乱させ、その機能を元のIR光源に固定して追尾する」と語っている。カプラン氏によると、異なるシーカーは異なるスペクトル帯、例えば1～3μmや3～5μmバンドで動作するので、IRCMはすべてのバンドのジャミング信号を送信する必要がある。カプラン氏は「MANPADS（一人で運搬できる航空防衛システム）は20年来ほとんど大きな変更がなく、シーカーの多くは短波から中波の赤外線（SWIRからMWIR）信号を標的にする。幸いなことに、不法（テロリスト）グループは可視バンドの画像シーカーを広く利用できない。それでもなお、IRCMメーカーは敵の戦闘技術が高度化するのに先行して、シーカーの検出バンドを網羅する多重の

スペクトルとバンドをもつジャマーを設計する必要がある。MANPADSが標的を2～10秒で検出し妨害できることを考慮すると、ジャマーは効果的かつ迅速に動作する必要がある」と付け加えた。

米BAEシステムズ社（BAR systems）のIRCMは、砂漠の嵐、ボスニア、コソボなどの数多くの作戦に使われてきた。同社の航空機外フレアを用いる航空機登載ジャマー ALQ-144Aは、新旧両方のIR脅威に対して標的を保護できるが、AN/ALQ-212（V）先進型脅威IR防衛/共通ミサイル警戒システム（ATIRCM/CMWS）はすべてのIR脅威バンドに対する保護が可能となり、点火試験において10種のIR特徴解析モデルすべての阻止に成功している。BAEのIRCMシステムは接近するミサイルを検出し、すべての失敗警報を拒絶し、航空機登載IRジャミングシステムのミサイルの位置に向うジャムに合図を出す。ジャムヘッドがそのIR追跡システムでミサイルを発見すると、高エネルギーIRビームを発射してミサイルのIRシーカーを破壊し、1つ以上のIRジャムヘッドが多数のミサイルによる攻撃を防衛する。

最初にIRジャミングレーザを構築した米ノースロップ・グラマン社（Northrop Grumman）は、2002年から現在まで、2000Viperレーザを使用している。Viperは周期分極ニオブ酸リチウム（PPLN）を用いるダイオードポンプNd:YAGレーザを使用し、重量が10ポンド以下、サイズが13×2インチのハウジング内で波長変換を行なう。ノースロップ・グラマンはViperを真の多重バンドレーザと名付け、異なる波長をもつレーザの共アラインメントの重要性を強調しているが、すべてのIRCMメーカーと同様に、レーザの変調方式の詳細仕様を公表していない。

ノースロップ・グラマンのIRCM事業開発部長を務めるジャック・プレッジャー氏（Jack Pledger）は、「このレーザはロックオンを光学的に解除することが可能であり、レーザ信号の観測にしたがって、ミサイルの方向を標的から激しく瞬間的に変更できる。標的の熱の特徴強度比に対するジャミング強度の比、つまりJ/Sは、ランプの場合の10/1からレーザを使うことで1000/1に増加し、ミサイル検出の進歩に歩調を合せたDIRCMレーザの必要性が向上した。ツリウムレーザとQCL（量子カスケードレーザ）は、コストと重量の低減およびIRCMの−45℃から+40℃までの動作環境における信頼性の増加を十分に期待できる」と語っている。

複数のメーカーが中赤外レーザに挑戦し、その立ち上げを進めている。米デイライトディフェンス社（Daylight Defense）の事業開発部長を務めるエリック・タケウチ氏（Eric Takeuchi）は、「われわれのQCLにもとづくJammIRレーザシステムはノースロップ・グルマンのViper OPO（光パラメトリック発振器）、BAEシステムの多重バンドOPOおよびエルビット（Elbit）のMUSICファイバレーザポンプシステムとはさまざまな点で異なる。QCLを変調アーキテクチャに採用することで、システムは要求に合せた波長とパワーレベルの抽出と選択のインテグレータになった」と語っている。タケウチ氏によると、QCLシステムは非常に少ない部品点数を使用して、信頼性の改善と注入電流からの直接動作を行い、正確な波長での電子の注入と光子の放出を可能にしている。タケウチ氏は「反対に、Viper OPOとツリウムファイバレーザ励起OPOは、熱探索ミサイルを無力化するために、正確な波長を発生する一

連の光ポンピングと非線形周波数変換が必要になるので、レーザシステムの構造が非常に複雑化し、コストが高く、信頼性も不利になる。また、9.5ポンドのJammIR『シリーズB』QCLシステムは−54℃から+71℃の極端に広い温度範囲で動作し、各種の軍用ヘリコプタによる搭載飛行試験が行われ、熱探索ミサイルの無力化が実証され、蒸発冷却を必要としない固体熱管理だけによる動作も実証されている」と付け加えた。

米ITT社は米国陸軍が近く実施する共通赤外防衛システム（CIRCM）の競争入札にデイライトディフェンスのQCL技術を使用する。このプログラムは陸軍の4000機以上の軽-中重量級ヘリコプタにIRCMを導入し、向う5年間に15から20億ドルの支出を予定している。米ITTエレクトロニックシステムズ社（ITT Electronic Systems）の陸軍プログラム部長を務めるボブ・ローラー氏（Bob Lawler）は、「ITTは陸軍のIRCMに対するQCL技術の重要性を最初に認識した防衛企業の1社だ。われわれはQCLレーザが陸軍の要求を満足するように、デイライトとの共同開発を進めてきた。QCLは既存のレーザに比べると、大きい出力と高い信頼性を低い重量で得ることができる。これらの3つの要件はわれわれの目的に対して、いずれもシステムの成功に直結する重要な基準になる」と語っている。

ウォールプラグ効率（WPE）は中赤外QCLのもう1つの重要な特性になる。米プラナリティカ社（Pranalytica）は非共鳴抽出（NRE）QCL設計を使用し、冷却と無冷却の両方の選択に対して、10%以上のWPEを3.6〜17μmの波長領域で実現している。室温における連続波MWIR出力パワーレベルは、関心領域の短波長端では>2W、長波長端では>4Wが得られる。プラナリティカはMWIR領域の2つ以上の波長とSWIR領域の2.0μmの波長窓においてマルチワットのパワー出力をもつ多波長システムも所有している。このレーザシステムはコリメートされた共線出力ビームを放射し、すべてのモジュールがMIL-STD 810Gの振動／衝撃仕様と温度仕様を満足している。

図2　ノースロップ・グラマンのGuardian燃料補助タンクに収容される取外し可能なIRCM（a）と、エルビットシステムズのC-MUSIC収容補助タンク（b）を示している。（資料提供：ノースロップ・グラマンとエルビットシステムズ）

商用航空機への障害と機会

NIRCMのカプラン氏は「IRCMを商用航空機に採用するには、コスト、重量、抗力の3つが主要な障害になる。

完全なIRCMシステムは100万ないし200万ドルのコストが予想されるが、この技術の大幅な採用にはコストが制約条件になる[1]。この業界で議論になるもう1つの数値は、IRCMを装備した航空機の燃料消費量がシステム重量と空気力学抗力によって3%の増加になることだ。この数値は商用航空機にとって非常に大きい」と語っている。

しかしながら、北大西洋条約機構（NATO）の主席科学者として10年以上にわたりDIRCMの実現に従事したカプラン氏は、これらの障害を克服できる進歩の可能性を予想している。彼は「9/11の以後、ケニア共和国のモンバサでは2002年に商用機への攻撃が起こり、2003年にはDHLの航空機が攻撃された。これらは商用機の飛行に対するMANPAD脅威の顕著な増大を警告している」と付け加えた。確かに、エアロスペース アメリカ誌の2006年のレポートは民間機と商用機に対して35件のMANPAD攻撃が行われ、500人が死亡したと推定した。この報告書は米国のIRCMに対する支出が2006年の6億ドルをわずかに下回る金額から2009年以降は10億ドル近くに増加すると予測している。また、2006年のIRCM市場はBAEシステムズとノースロップ・グラマンがそれぞれ約40%のシェアを占有していると分析している[2]。

確かに、ノースロップ・グラマンは、この年が最初のIRCMシステムの開発から50年周年になったことを祝賀した[3]。ノースロップ・グラマンのプレッジャー氏は「われわれは米国DHS（国土安全保障省）の防衛MANPADSの要請に対応して、軍用IRCMのカメラ、レーザ、光学系、電子回路などの部品を使用し、われわれの移動可能な500ポンドのGuardian燃料補助タンクに収納し、2名による10分間の作業で商用機に取付けることができた（図2）。われわれの商用航空会社の顧客は容器に収納し、高脅威の地政学的場所を飛行しなければならない航空機や脅威が増大している状況のときの航空機に設置する方法を希望している。われわれは補助タンクを搭載したFedEx航空機による2万時間の飛行を行い、必要な燃料の増加は算出できない程度に収まることを確認した」と語っている。プレッジャー氏はシステムの高コストに関して、「コストは人の注意をそらすもの（燻製ニシン）だ。コストを100万ドル以下に下げる最善の方法は規模の経済の実現にある。われわれは乗客1人当たり1ドルの追加料金を徴収すれば、妥当な数量のIRCM補助タンクを配置し、高脅威の場所と状況での飛行を20年にわたり保護できると推定している」と付け加えた。

しかし、商用IRCMはノースロップ・グラマンだけのものではない。2011年のパリ航空ショー（www.paris-show.com）において、イスラエルのエルビットシステムズ・エレクトロオプティクス社（Elbit Systems Electro-Optics）、つまりエロップ社（Elop）は同社の商用DIRCM燃料タンクを展示し、エロップが商用航空会社とDIRCMシステムを供給する最初の契約を結んだことは間違いない[4]。エロップの電子光学システム・レーザ担当副社長を務めるダン・スラスキー氏（Dan Slasky）は、「われわれは10年にわたり商用航空機に必要な動作と現在のDIRCMシステムの欠点を分析し、レーザ性能とジンバル技術の両方に対して競争優位に立つことができた。われわれがMUSICと名付けたマルチスペクトル赤外防衛システムは非常に狭い筐体のなかにファイバレーザを収容し、この技術に本質的な高い信頼性や低いコスト、サイズ、重量などの利点を生かしている。この技術は広いスペクトル領域にわたり高い効率が得られ、われわれのジンバルは旧式の外部機構を排除し、封止されたドームのなかに収容して、航空機外の移動部品を不要にしている」と語っている。スラスキー氏によると、エロップの2.7m長の商用MUSIC（C-MUSIC）DIRCM補助タンクは、その高さと重量が競合システムの半分以下になり、航空機の空気抗力を非常に低いレベルに抑えている。また、C-MUSICのミサイル警戒システムを構成するジンバルの高速動作とカメラの非常に広い視野は、このIRCMをBoeing 747やAirbus 320などの大型航空機に理想的なシステムにしている。スラスキー氏によると、エロップはMISICとC-MUSICのマーケティングにおいて非常な成功を収め、軍や民間航空会社ばかりでなく、軍事的に危険な地域への飛行を契約する貨物航空会社やVIP専用機の会社からも引合いを受けている。

最近の民間人に対する脅威の増大を考えると、政府や民間の機関がIRCMを製品化する方法を見いだすであろう。カプラン氏は「わたしはわれわれの産業界や規制当局が、悲惨なテロ攻撃、つまりIRCM技術を用いれば防止と人命救助が可能になるかも知れない事態の発生を待つようなことはしないと思いたい」と語っている。

参考文献

（1）D.L. Rockwell, Aerospace America（May 2002）;http://bit.ly/mXVgTJ.

（2）D.L. Rockwell, Aerospace America（April 2006）;http://bit.ly/pgVZXW.

（3）Northrop Grumman company announcement（June 21, 2011）;http://bit.ly/kHUPh2.

（4）Elbit Systems company announcement（June 25, 2009）;http://bit.ly/r7AXbQ.

LFWJ