

航空電子光学(EO)システムにおけるSWIRイメージング SWIR & NIR 25 – 250mm 連続ズームレンズ

はじめに

革新的技術が戦略的作戦を推進するのか、それとも進化的作戦が戦略的技術進歩を推進するのか、という議論があります。どちらも真実であると思われ、航空電子光学システムにおける短波長赤外線 (SWIR) センサーの使用にはつきりと見ることができます。



画像 1: EOシステムを搭載した無人航空機

航空EOシステムは、運用波長の全範囲で動作可能な汎用性の高い光学系を必要とします。最近のフィールドでの経験から、これらのシステムはより包括的である一方、より小さなペイロードを必要とし、ミッション時間を最大化する傾向にあります。高速航空機や偵察機から大型UAVや小型UAVに至るまで、これらのシステムは視界不良を含む厳しい環境下を航行し、現場でレーザーポインタを検出し、デコードする必要があります。

SWIR センサー(一般的に $0.9\text{--}1.7\mu\text{m}$ 波長領域で定義される)は、低照度条件に優れながら、日中でも画像をキャプチャする能力を提供することで、サーマル (MWIR / LWIR) システムを補完する機能を提供します。さらに、SWIRはレーザー用途の強力なツールとしても登場し、高度な航空EOシステム製品の新たな可能性を切り開く、さまざまなユニークな特性を提供しています。

課題

航空EOシステムは、歴史的に可視光とサーマルの2つのイメージング・チャンネルを搭載してきました。MWIRまたはLWIRサーマルセンサを小型軽量の光学系で使用することは、より大きなセンサアレイでより小さなピクセルサイズを導入することで容易になりました。可視光チャンネルは、これらのシステムが採用するシリコンアレイに固有の近赤外線 (NIR) 機能を含むことが多いです。実際的狀況で使用すると、ユーザーはこの2つのチャンネルでは不十分であることが判明したいくつかの領域を定義します。SWIRは、これらのアプリケーションをカバーするための答えとなりました。以前のシステムと同様に技術企業は、課題を満たすためにイメージング・システムを開発、設計、製造しなければなりません。センサー技術は、より良い効率、より大きなアレイ、より小さなピクセルサイズによって改善されましたが、光学系はユニークなミッション要件を満たす統合オプションがほとんどなく、依然として難題でした。オフフィールドは、特に視界が制限されるような用途において、EOシステムの精度、正確性、効率性の向上に貢献する利点を備えた小ピクセル検出器のニーズに応えるため、25-250mm連続ズームレンズを開発しました。



画像 2: EOシステムを前面に装備したヘリコプター。クレジット: U. S. Navy Mass Communications Specialist 3rd class James Vasquez

SWIRのエネルギー帯域が可視画像や熱画像よりも明らかに優れている点が6つあります:

- 大気中の不明瞭物質の透過
- 熱干渉への耐性 (熱クロスオーバー)
- 自然光の利用
- 日中の長距離観測
- ガラス透過
- レーザーデジグネーターの"シースポット"ソリューション

大気中の不明瞭物質の透過性

SWIRは、霞、煙、海上霧を透過する固有の能力を持つので、航空画像には欠かせない要素です。EOシステムにSWIRを使用することで、厳しい条件下でも視認性が大幅に向上します。オフィールのSWIR 25-250mm連続ズームレンズは、不明瞭なものを見通す鮮明な画像を提供します。

熱干渉に対する耐性

サーマルイメージャーは放射されるエネルギーに依存しているため、背景と対象物の温度が近くなると撮影が困難になることがあります。これはサーマルクロスオーバーと呼ばれます。反射エネルギーを使用するSWIRテクノロジーを追加することで、航空EOシステムがダイナミックな熱環境で動作するような困難な状況でもコントラストを向上させることができます。

自然光の利用

SWIRセンサーは、太陽光、月明かり、人工照明などの自然環境光源を利用し、日中や低照度下での操作時に反射光画像のキャプチャを可能にします。反射光画像は、放射光画像と比較すると、人間や人工知能 (AI) が画像を解釈する際の鍵となります。現在、航空EOシステムの多くの用途では、交戦規則の一部として識別が必要とされています。オフィールのSWIR 25-250mm連続ズームレンズは、多様な運用ニーズに対応し、信頼性の高いパフォーマンスを発揮します。

日中の長距離観測

SWIRの波長は、日中の長距離観測に非常に有効で

す。MWIRやLWIR領域とは異なり、SWIR放射は可視 (VIS) 領域と同様に、シーンオブジェクトから散乱されます。



画像 3: 可視光 vs. SWIR、同時に撮影された画像

このため、SWIRは特に日中の観測や、星明りや月明かりが重要な要素となる場合に適している。さらに、SWIRの波長は霧や水蒸気を透過することができるため、最高の可視光画像と比較しても、悪天候下での運用に不可欠なものとなっています。



画像 4: (上から下へ) 25mm WFOV画像風景; 25mm NFOV 画像風景 (1km の距離)

ガラス透過

MWIRやLWIRとは異なり、SWIRの波長はガラスを透過する。この特性により、SWIRは特に監視用途に適しています。オフィール社のSWIR 25 - 250mm連続ズームレンズは、EOシステムの航空ミッションにおいて、この機能を活用するのに特に適しています。

レーザーデジグネーター用“シースポット”ソリューション
波長領域を拡張したSWIR イメージャーは、NIRからSWIR波長 (0.7~1.7 μ m) で動作します。これにより、NIR波長域 (850, 905, 1064, 1550nm) の一般的な軍事活動に使用されるレーザーを撮像することができます。オフィールSWIR 25 - 250mm連続ズームレンズは、この能力を最大限に活用し、これらのレーザーを鮮明かつ正確に撮像するのに最適なレンズです。

ソリューション

オフィールのSWIR & NIR レンズ 25–250mm f/5.5 (NOFV) f/4 (WFOV) は、画像ピッチ5 μ m、10 μ m、15 μ m、アレイサイズ最大1280 x 1024 (5 μ mと10 μ m)の複数のSWIRセンサとシームレスに統合できるように設計された、低SWaPパッケージの画期的な連続ズームレンズです。



画像 5: オフィール SWIR & NIR 25-250mm

オフィールのSWIR & NIR ズームレンズの主な特長:

1. 光学的柔軟性
このアポクロマートレンズは光学的柔軟性を再定義し、最小限のパッケージで最大の能力を提供します。この特性は、コンパクトなジンバル設計に不可欠であり、多様な運用シナリオにおいて優れた性能を発揮します。さらに、高度なアルゴリズムにより、システム設計者はオフィールレンズで撮影した画像をシームレスなマルチスペクトルコンテンツに統合することができます。
2. 光学性能
MTFテストでは、特にSXGA 5 μ mディテクタを使用した場合、すべてのフィールドポジションにおいて狭い視野角 (FOV) で回折限界に近い性能を示し、すべてのズームポジションにおいて極めて低いディストーションを実現しています。全てのレンズ設計と同様に、オフィール社ではフィールド性能が全ての設計基準を満たすことを確認するために徹底的なテストを実施しました。

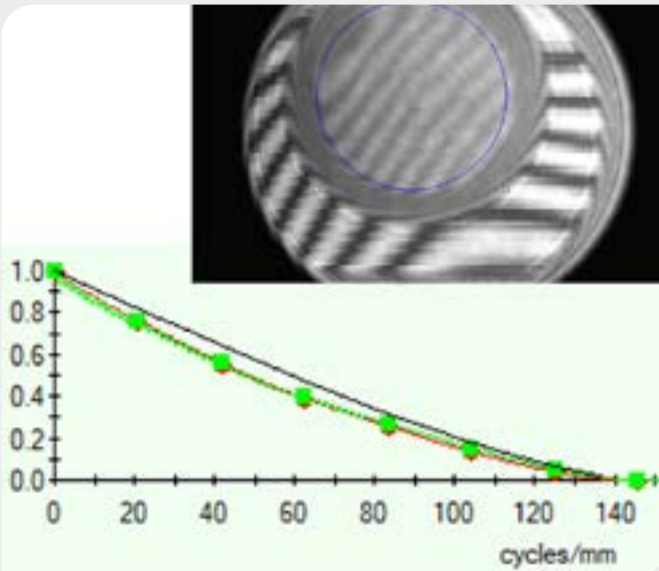
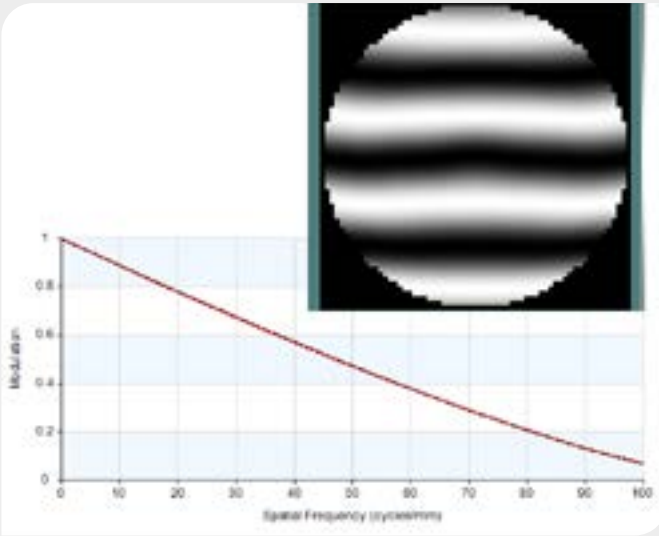


図 1 (上から下へ): NFOV (250mm EFL)での理論値 (黒)と測定値 (緑 - サグ、赤 - タン)の MTF 対 1.52 μm および軸上の光の空間周波数 (サイクル / mm)。右上隅の数字

3. 広帯域スペクトル

700~1700nmのスペクトル範囲により、このレンズは NIR~SWIRの広帯域をカバーします。この広範なカバレッジは様々なサブバンドをサポートし、レーザーデジグネーターの“シースポット”ソリューションを必要とするものを

含む、多くのアプリケーションへの適合を保證します。

4. 低 SWaPデザイン

重量わずか860g、全長わずか224mmのこのレンズは、軽量・コンパクト設計の新たな基準を打ち立てました。この特性により、コンパクトなシステム設計に非常に適しており、運用耐久性の向上とミッションの効率化に貢献します。

5. 色収差補正

広帯域にわたって高品質なイメージングを実現するためには、色収差補正が課題となります。SWIR領域はVIS領域に比べ、使用可能な光学ガラスの種類が少ないため、色収差補正がより要求されます。広範な光学ガラスの選択と戦略的なダブルレットの配置により、ズーム全域でアポクロマート補正を実現しました。

結論

オフィールの25-250mm 連続ズーム SWIR & NIRレンズは、長距離探知と小型航空機システムへの統合におけるパラダイムシフトを象徴しています。優れた性能により、あらゆる気象条件下においてクリアで高精度なイメージングを実現します。低SWaP特性で設計されているため、UAVや航空機、その他の低SWaPアプリケーションに組み込まれたコンパクトなジンバル設計のニーズに完全に合致します。このレンズはアポクロマート設計、連続ズーム機能、様々なピクセルピッチとの互換性により、高性能SWIRイメージングシステムに最適です。オフィールの光学ソリューションの歴史は、この25-250mm 連続ズーム SWIRレンズによって実証されています。