

長波長赤外線技術の現状及び社会の安全を乱す各種障害探知への 応用に関する実証的研究

(一財)ディフェンスリサーチセンター 研究委員 谷内 一正

本報告は赤外線物理的特性、赤外線応用に必要な基本的コンポーネントについて概観したのち、赤外線応用の全般と赤外線映像システムを用いた応用について現状を調査するとともに新たな応用について検討し提言を行うものである。

1. 赤外線の物理的特性

赤外線は1800年に英国の天文学者 William Herschel によって発見された。赤外線は電波と可視光の間に位置して、波長が可視光の赤端 $0.78 \mu\text{m}$ から $100 \mu\text{m}$ の領域にある。

物体がその温度に応じた電磁波を放射していることに関し、黒体放射の概念が導入され、物体の温度の上昇に伴い全放射量が増加するとともに、短波長領域の放射量が増加することが示された。常温物体からは $10 \mu\text{m}$ 付近の放射が多い。実際の物体の放射量は、物体の性質及び表面状態によって黒体の放射に分光放射率 ($0 \sim 1$) を乗じた量に減少する。赤外線映像システムの応用にとって、放射率の相異をコントラストとして利用できる。

赤外線を地上で利用する場合、対象物から放射された赤外線は赤外線検知器と対象物の間の大気により減衰を受ける。大気による赤外線の減衰の原因には主として大気を構成している分子による吸収と大気中の浮遊物即ち霧、霽その他のエアロゾルによる散乱とがある。赤外線を良く透す波長領域には $3 \sim 5 \mu\text{m}$ と $8 \sim 14 \mu\text{m}$ があり大気の窓と称されている。

2. 赤外線光学材料と検知器

赤外線の光学材料は透過窓、フィルタ及びレンズとして用いられる。近年、透過光学系の性能が向上し、集光系には殆どレンズが用いられシステムの小型化に寄与している。

赤外線検知器は熱型と量子型に大別される。熱型は赤外線吸収による温度上昇による物性変化を利用するものである。量子型は半導体が赤外線を吸収して生ずる電子・正孔対を信号として取り出すもので、光起電力型と光導電型がある。

3. 赤外線の応用例

[赤外線放射]物質に赤外線を照射すると物質を形成する原子や分子が赤外線を共鳴吸収し、

効率よく分子の振動を活発化して温度を上昇させる。この特性を利用して暖房や自動車の部品塗装をはじめ工業製品の加熱乾燥分野で広く応用されている。

人体の細胞が外傷により損傷した場合、傷に低レベル赤外線レーザを照射するとミトコンドリアは大量のアデノシン二リン酸（ADP）を発生させ、これが外傷を快復するアデノシン三リン酸(ATP)を生成し、けがを治したり痛みを和らげる機能を活性化する。

[赤外線反射]暗視装置は地上に届く微弱な赤外線からの反射を像に結ばせこの像を肉眼でも視認し得る明るさにまで電子的に増幅するものである。暗視装置は夜間監視カメラとして幅広く用いられている。

[赤外線送受]近赤外線を送受することにより通信に利用されている。自由空間通信は近距離通信として小型で持ち運びが簡単なため、コンピュータ及び周辺機器との間のデータ授受その他家電情報機器に幅広く使用されている。光ファイバ通信は減衰量が少なく長距離通信に有利であると共に短距離としては、オフィスビル内のネットワーク、航空機や艦船において利用されている。

[赤外線計測]物質に特有の赤外線の分子吸収を用いて化学構造に関する情報を得る方法に赤外線分光がある。近赤外線は皮膚表面から数ミリメートルの深さまで浸透する。この特性を用いて指や手のひら内部の静脈模様により個人を認識する静脈認証が行われている。

4. 赤外線映像システム

[赤外線映像システムの方式]赤外線映像システムは対象物からの赤外線放射の分布を光学系により像を結ばせ、この像を電気信号に変換・増幅して可視像とするものである。

量子型赤外線検知器は、その特性上必然的に周囲からの赤外線が雑音として働く。従って量子型赤外線検知器を良好な S/N で使用するために、一般的に冷却して使用する。

[赤外線映像システムの現状]2次元素子アレイが実現された現在は「画素の狭ピッチ化」「多画素化」「高フレーム化」等高性能化を追求する一方で「小型軽量化」「量子型検知器の高温動作化」「冷却器の小型化」等操作性と低コスト化が追求されている。

5. 赤外線映像システムの応用

赤外線映像システムは、遠隔から安全に非接触で目標物からの情報を得ることができる。

(1) 赤外線映像システムの応用の現状

[非接触検査・調査]石油やガスの資源探査、森林の生態調査、ダム・河川等の管理、海洋・

港湾・埋め立て地等の調査、洪水被害マッピングによる洪水被害対策、ヒートアイランドマッピングによる都市の熱環境の解析等への応用が行われている。

建築物や橋梁等の外壁等広い面積を有するコンクリート内部の亀裂等により空洞ができた場合、コンクリートの表面には正常な部分とは異なる熱放射特性を示すので画像化できる。又、建造物が漏水を起こした場合、漏水の経路に沿った温度変化を映像化できるので水の進入口、経路等の特定が容易になる。

[監視]夜間においては通常の防犯カメラでは機能が発揮できない場合でも、近赤外線反射映像をとる暗視装置は十分に機能を発揮する。更に建築物の中や明りのない場所においては、目標自身が放射する赤外線を映像化する赤外線映像システムが有効である。

多くの資材や大規模な石炭堆積場での石炭貯蔵は外部の刺激に曝されなくても自然発火のリスクがある。火災が起こる前にホットスポットを検出することができ従って必要な対処をすることができる。

[計測]ほとんどの天体が赤外線を放射しているため、赤外線天文学の観測対象は惑星、星、銀河、銀河団、クエーサーなど多岐にわたる。赤外線は可視光線に比べて透過力が強く、星間のガスや塵で隠された天体なども観測することができる。

世界各国でインフルエンザなどウィルス感染時に発熱する人を発見するモニタリングツールとして空港・医療機関その他公共施設で感染封じ込めに有効に使用されている。

(2) 赤外線映像システムの更なる応用の提言

赤外線映像システムの更なる応用について当ディフェンス リサーチ センター内で討論し、応用の可能性について検討した。結果を以下に紹介する。

[非接触検査・調査]道路の切通し斜面、トンネル内壁面、滑走路、道路等のコンクリートによる建造物は交通量や使用頻度が多く空洞化の発見は、赤外線映像システムを車両に搭載して、対象となるコンクリート面を走査できるようなシステムを構築すれば遠隔にかつ短時間で診断が可能になる。

[監視]自動化工場における発熱を伴うトラブルに対して非常に広範囲に監視できる。又、火災の前段階の温度上昇状況を知ることができるため、火災の予防に役立つ。

[計測]人体が病気により発熱する場合、その場所、時間的变化等に対する赤外線映像をデータベースとして蓄積し、病名の早期決定に応用することができる。物言わぬ動物に対しても同様に、発熱部位から異常部位の特定、病名の決定に応用することができる。