【赤外線サーモグラフィ搭載型ドローンによる点検診断技術】

建築物外壁において劣化状況を効率的に診断する技術

山北調査設計株式会社（福島県郡山市）　大平 英樹

赤外線サーモグラフィ搭載DRONE

カメラ：ZenmuseXT

- 検出方式：非冷却型VOx マイクロボロメータ
- 空間分解能：0.895mr
- 検 出 波 長：7.5～13.5μm
- 有効画素数：640(H)×512(V)

◆ 建築物外壁診断に対する新たな調査技術 ◆

昨今，日本全国のあちこちで外壁等の落下事故が報告されている。

平成29年3月_県立高等学校の体育館外壁落下。
ラスモルタル外装材(約0.9m×約6m、厚さ約3cm、重さ約100Kg)が落下。
歩行していた男性教諭に直撃(頭部骨折等の重傷)。

平成29年7月_ビルの外壁が歩道に落下。
タイル外装材(約2m×約0.5m、厚さ約5cm)が落下。
けが人はなし。

※ 茨城新聞ネット情報より引用。

既存建築物の老朽化に伴い，外壁仕上げ材等の崩落事例が増加する恐れがある。
今般の建築基準法関連の改定による国土交通省告示 第282号(平成20年4月1日施行)において，外壁 のタイル等の劣化および損傷を調査する方法として全面的なテストハンマーによる打診とともに赤外線調査法が広く知られるようになった。

★ 赤外線法と打音法の特徴比較

コンクリート中の空洞を調査する方法としては，赤外線法（サーモグラフィー法），弾性波法，電磁波レーダー法等があるが，装置の手軽さや対象範囲をコンクリートの表層部に限ると打音法が最も一般的と考えられる。
下表に打音法と，それに対して非接触でかつ一度に大面積を調査することができる赤外線法について，それぞれの特徴を下記する。

項　目	赤外線法	打音法
診断精度	○ ノイズ対策要	○ 経験要
コスト	○	×
仮設設備	○ 特殊な場合は高所作業車要	× 作業足場要
作業効率	○	×
工　期	○	×
気象条件	× 雨天等天候の影響を受ける	○
安 全 性	○	× 足場上作業
建物への影響	○ 非接触	× ・浮き部が広がる危険性有り ・壁つなぎ処理
居住者への影響	○	× 振動，騒音
記　録	○	× 手書き

※特殊建築物の外壁診断における赤外線調査ガイドライン(日本赤外線劣化診断技術普及協会)より抜粋

赤外線カメラ

・検出方式：非冷却
　　マイクロボロメータ
・温度分解能：0.065℃（@30℃）
・検出波長：7.5～13μm
・有効画素数：640（H）×480（V）

★ 新たな調査手法との比較 ★

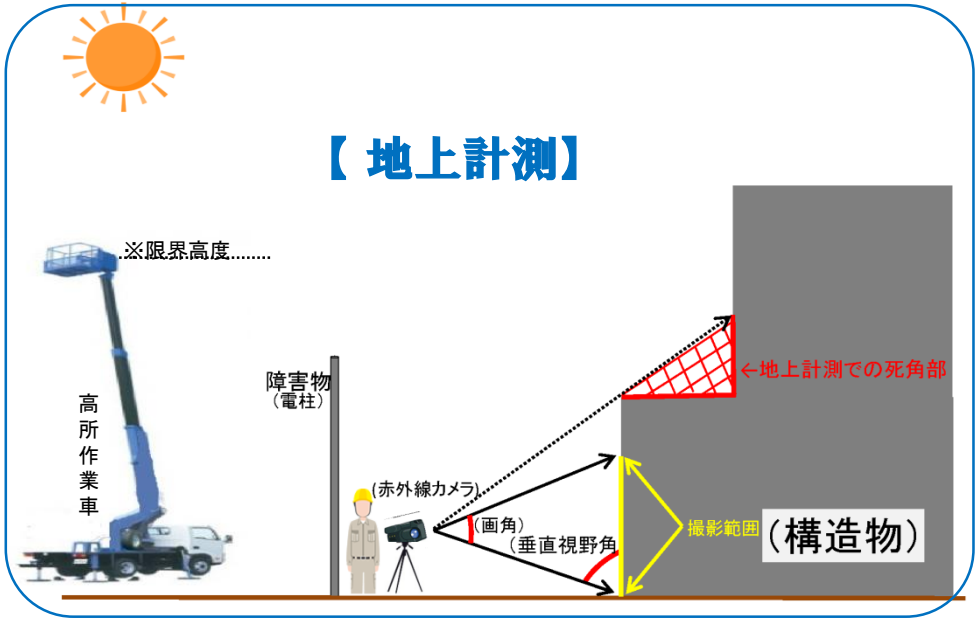
調査対象外壁面を

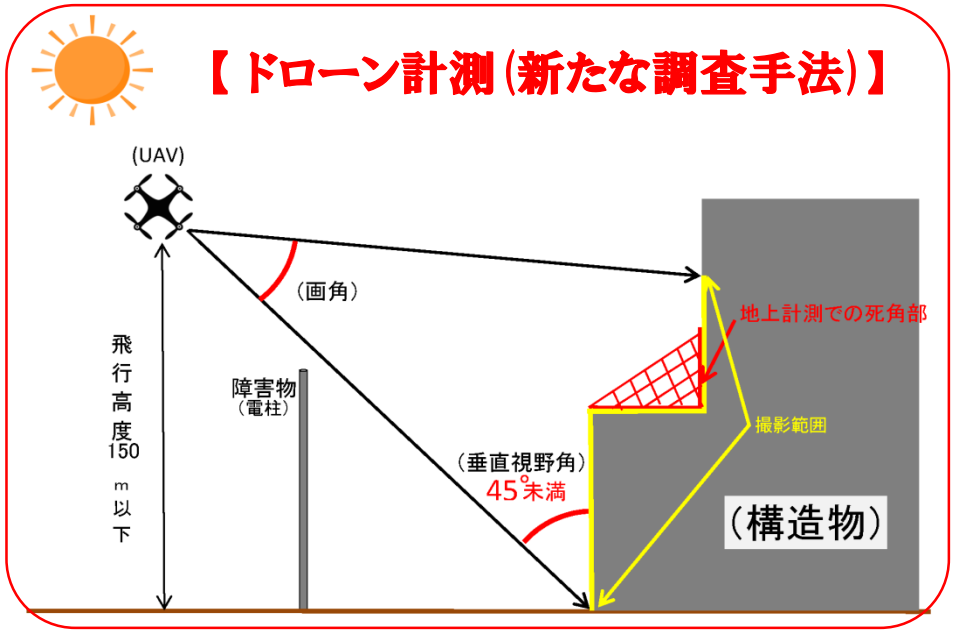
・地上から赤外線調査した場合
・・・右上図

・空中から赤外線調査した場合
(UAV法)・・・右下図

【 ドローン計測のメリット 】

- 撮影範囲が広く、撮影枚数が少ないので解析時間が早い。
- 障害物による支障が少なく、調査できる範囲が広い。
- 高さ150m程度までの建造物に対応できる。
- 高所作業がなくなるため作業時の安全性を確保できる。
- 上空に制限がない限り、対象物に垂直方向で撮影ができるので、的確な温度情報が得られ、調査精度が高い。



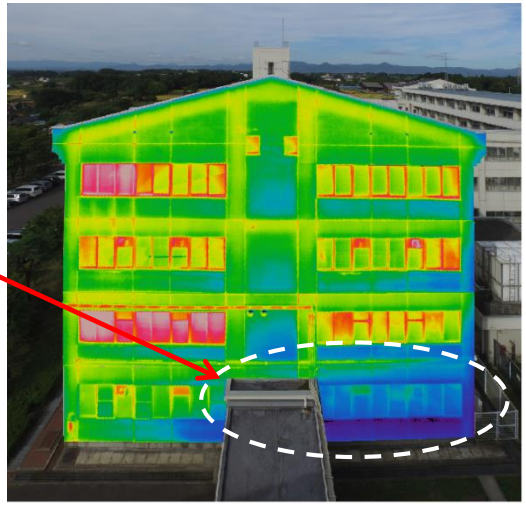


同一壁面を一般的な地上から計測する調査法と，新技術としてドローンを用いた上空からのUAV法との2手法により実施した計測画像を下図する。

地上計測法

UAV法を利用することで，地上計測での死角部の温度情報を得ることが可能。

ＵＡＶ法



★ 考察

建物の外壁診断として，高層建築物及び調査壁面の面積が多くなるに連れ，従来の打診調査より，赤外線装置法による調査手法の方がコスト的にメリットがあることは周知されている通りである。

今までは高層建築物や施設立地状況により，高所作業車またはロープワーク等を併用しながら点検をしなければいけなかった。

しかし，昨今のドローン性能を活かし，性能の高い赤外線サーモグラフィを搭載することで調査精度品質を低下することなく，診断できると考える。

また，高所作業車や足場等の仮設費用を考慮すると調査費用のコスト削減及び作業効率性の向上に繋がるものと考えられる。

【モルタル吹付けのり面において老朽化状況を効率的に診断する技術】

◆ モルタル吹付のり面に対する維持管理の新たな展開 ◆

近年，吹付のり面の背面空洞化が進行し，崩壊に繋がる事例が報告されている。

のり面点検（防災点検）
- 遠望目視（一時点検）
- 近接目視（二次点検）
- 打音検査

※遠望目視で発見できる異常箇所は，漏水箇所，亀裂など外見に明らかな変化のある箇所。

吹付のり面等の背面の状況を把握することは非常に困難。
今後，吹付のり面の老朽化に伴い，崩壊事例が増加する恐れがある。
これらの背景を踏まえ，吹付けのり面の調査法として，赤外線サーモグラフィを使用して，のり面の表面温度の差（高温時と低温時）を調査し，のり面背面の不良部（空洞等）を検出する調査手法が有効である。

★ 従来調査手法との比較 ★

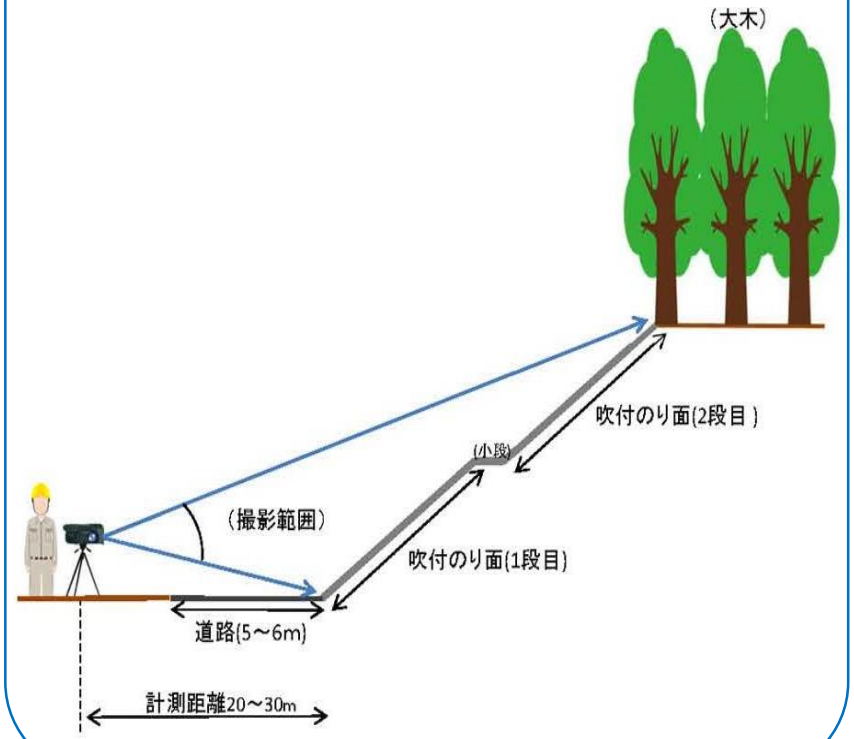
モルタル吹付法面を

・地上(道路上)から赤外線調査した場合(定置法)・・・左下図

・空中から赤外線調査した場合(UAV法)・・・右下図

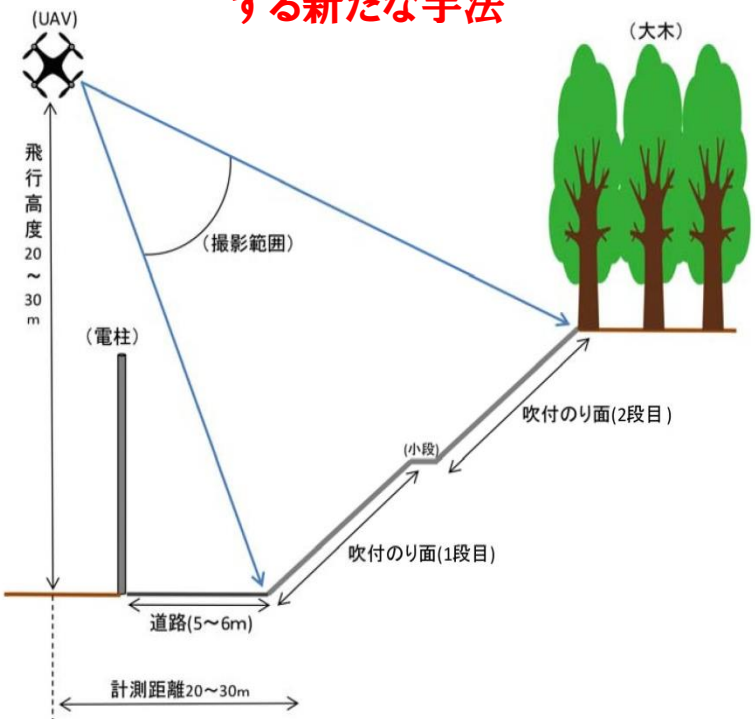
【定置法】

地上から撮影する従来手法



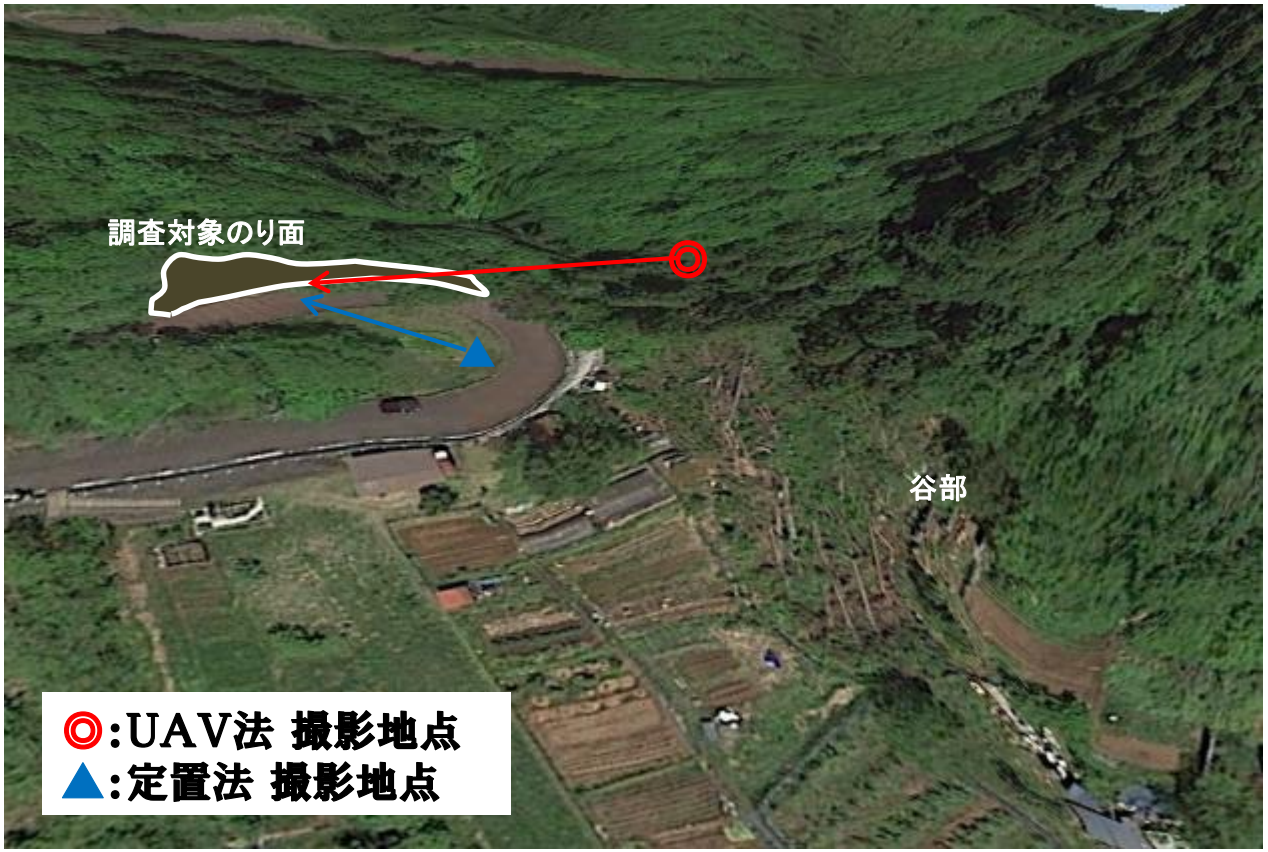
【UAV法】

UAVに搭載して撮影する新たな手法



★ドローン調査利用のメリット

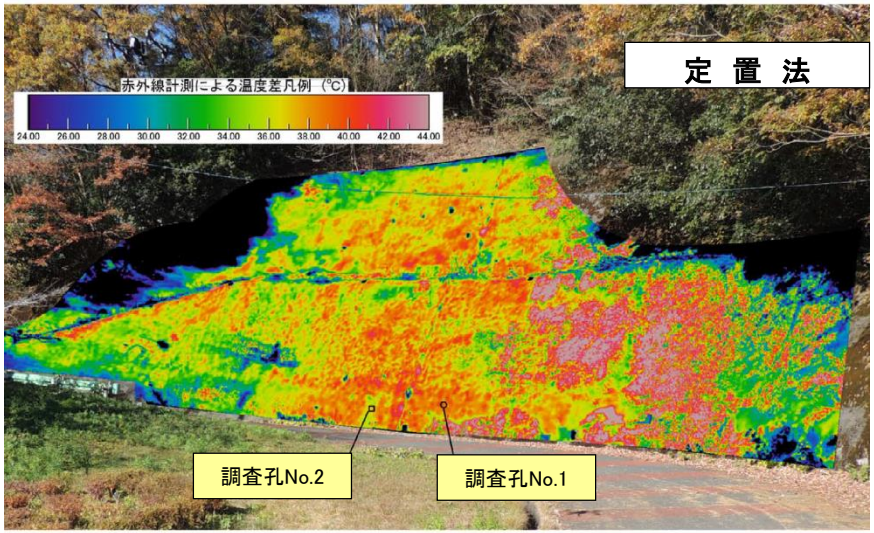
定置法は対象のり面から30m程度離れた位置から撮影(位置が限定される)。
UAV法は対象のり面から40m程度離れた位置で高度10m程度の高さから撮影できる。

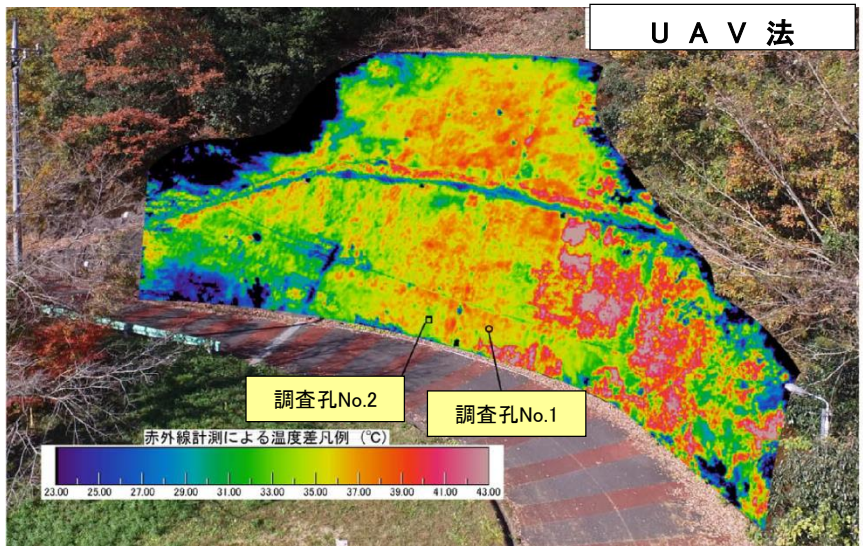


定置法 撮影状況

UAV法 撮影状況

一般的な地上から計測する「定置法」と新技術としてUAVを用いた上空からの「UAV法」の2手法を実施し，計測される温度分布の相違を検証。





UAV法を利用することで，のり面に対し直交する角度で計測できることから的確な温度情報が得られる。
また，のり肩や小段の状況を把握することも可能。

1法面の面積を2,000㎡程度と想定した場合、従来の赤外線調査との比較を下表に示す。

赤外線調査手法		従来による 地上からの２時刻法	ＵＡＶ活用 空中からの２時刻法	ＵＡＶ活用 空中からの１時刻法
概算調査費用		￥7,000,000	￥6,000,000	￥3,500,000
備　考		法面清掃費用は含まない	法面清掃費用は含まない	空洞化調査，既存資料の検討，対策工法の提案等，法面清掃費用は含まない
調査精度		高所部等の情報が不足する箇所有	高所部でも精度担保確保	高所部でも精度担保確保
調査作業範囲		高所作業車や保安施設等が必要な場合は大	3.0m×3.0m程度	3.0m×3.0m程度
調査安全性		高所作業車の転倒に注意，また道路上での保安施設が必要	調査スペースが確保されない場合，一時的な保安施設が必要	調査スペースが確保されない場合，一時的な保安施設が必要
赤外線撮影 調査日数		2.0 日	1.5 日	0.75 日
全体工期日数		150 日	120 日	90 日
解析時間		解析枚数が多くなるほど解析時間増	地上撮影より解析枚数が減らせるため解析時間減	地上撮影より解析枚数が減らせるため解析時間減
総合評価	コスト	△	○	◎
	精度	○	◎	◎
	妥当性	◎	◎	○
	安全性	○	◎	◎
	効率性	△	○	◎

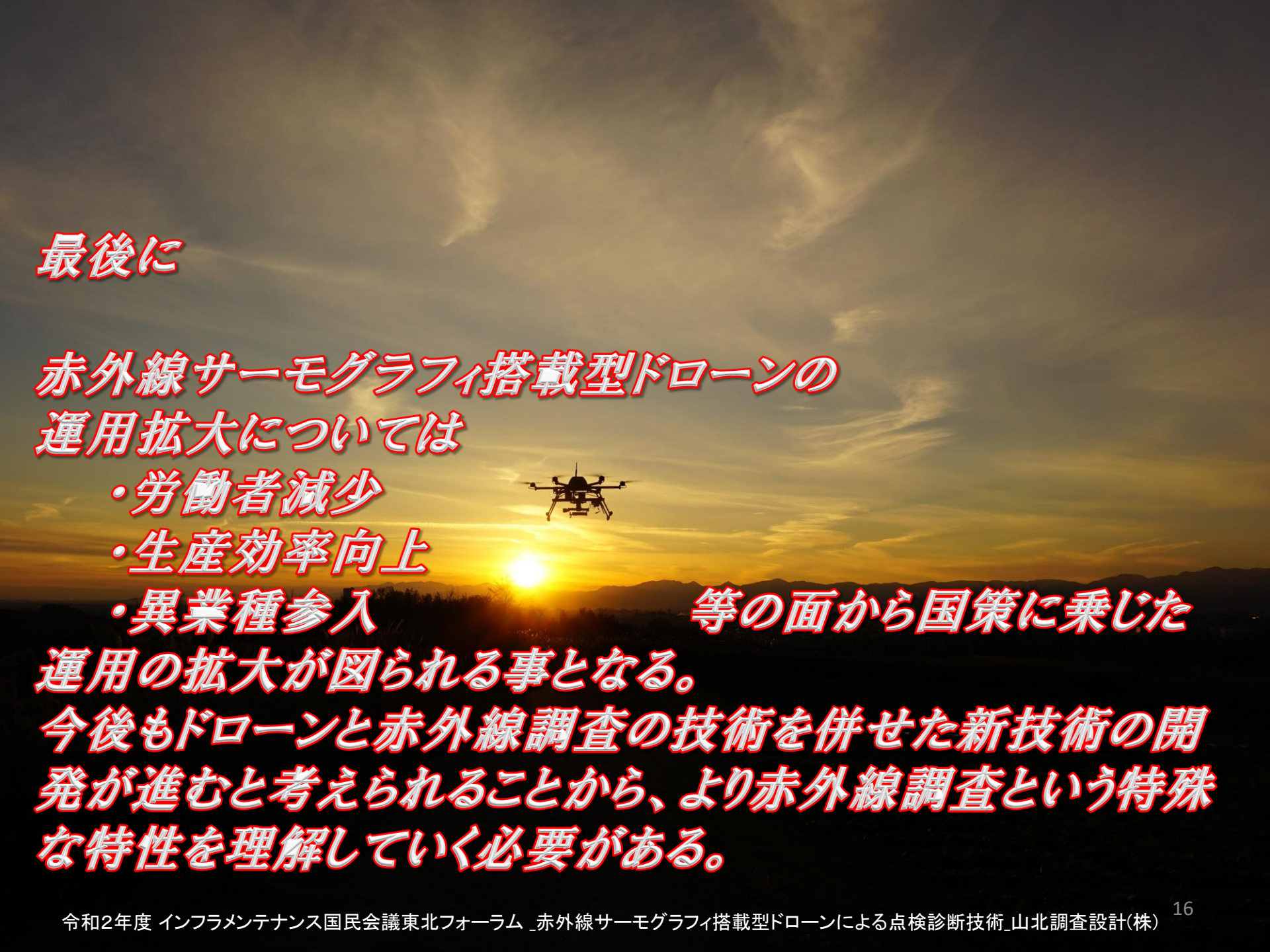
★ 考察

・これらのことから，従来の定置法に対し赤外線サーモグラフィ調査をUAV法で実施することで，調査安全性や調査費用・調査時間などにメリットが生じると考える。

・また，UAV赤外線１時刻点検法は従来手法より数多くの点検法面を短時間にて調査でき，その中での法面評価に対する健全性・危険性など概略的に優先順位を付けることで計画的な予算措置が可能であると考える。

★ 今後の展望

赤外線サーモグラフィをUAVに搭載することで，調査精度、調査費用及び調査・解析時間に，作業安全性に優れることが明らかになった。
今後、法面点検手法の一つとして「赤外線サーモグラフィ搭載型UAV調査法」の汎用性を高めていき，法面の健全度評価・構造物の維持・修繕計画の策定等に活用していきたい。



最後に

赤外線サーモグラフィ搭載型ドローンの
運用拡大については
・労働者減少
・生産効率向上
・異業種参入　　等の面から国策に乗じた
運用の拡大が図られる事となる。
今後もドローンと赤外線調査の技術を併せた新技術の開発が進むと考えられることから、より赤外線調査という特殊な特性を理解していく必要がある。

御清聴ありがとうございました